

# 2023 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회

2023 KSES Annual Spring Conference

2023. 4. 19(수) ~ 21(금)

경주 더케이호텔



한국태양에너지학회  
THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY

세종특별자치시 한누리대로 249 에스제이타워 804호(나성동)  
·전화: 044-864-1977 ·팩스: 044-864-1978 ·이메일: solar@kses.re.kr

# 모듈 단위 파워 옵티마이저

## 태양광 인버터 솔루션



### 건축물 태양광 최적화 솔라엣지 MLPE 솔루션

수익 증대

- / 발전 시스템 수명 주기동안  
에너지 생산 증대와 수익 증가
- / 태양광 모듈간 불일치로 인한  
에너지 손실 감소

안전성 개선

- / 비상시 SafeDC™ 통합 기술로  
시스템 내 안전 전압 상태로 자동 방전
- / 아크 조기 감지 기능

비용 절감

- / 업계 최장 보증 프로그램:  
인버터 12년, 파워옵티마이저 25년 보증  
모니터링 시스템 25년 무상 제공
- / 스트링 설계의 유연성으로 인한  
BoS 비용 절감 (DC 케이블 비용 등)
- / 모듈 단위 모니터링으로 인한  
O&M 비용 절감

# 2023 한국태양에너지학회 준계학술발표대회

2023 KSES Annual Spring Conference

2023. 4. 19(수)~21(금)  
경주 더케이호텔



한국태양에너지학회  
THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY

세종특별자치시 한누리대로 249 에스제이타워 804호(나성동)  
·전화: 044-864-1977 ·팩스: 044-864-1978 ·이메일: solar@kses.re.kr

“본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥기금으로 추진되어 사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.”

# CONTENTS

■ 초대의 글	5
■ 서문	6
■ 축사	7
■ 2023 한국태양에너지학회 춘계학술대회 조직위원회 구성	8
■ 2023 한국태양에너지학회 춘계학술대회 프로그램위원회 구성	9
■ 진행 일정	10
■ 목차	11
■ 참가 및 등록안내	33
■ 주요 행사일정 및 장소	34
■ 구두 및 포스터 발표 안내	36
■ 좌장 및 발표자 숙지사항	37
■ 발표장 안내도	38
■ 더케이호텔 오시는 길	39
■ Special Session	41
■ 태양열융합 워크숍	65
■ 청년 및 대학원생 교육	71
■ Oral Session	77
건물에너지설비 Building Energy System (BES)	77
제로에너지건물 Zero Energy Building (ZEB)	89
건축환경 Building Environment Engineering (BEE)	101
태양광에너지 Photovoltaic Energy (PVE)	113
태양열융합 Solar Thermal Convergence (STC)	139
풍력에너지 Wind Energy Conversion (WEC)	151
신재생융합 Renewable Energy Convergence (REC)	159
자원량평가 Renewable Energy Resources (RER)	171
에너지저장 Energy Storage System (ESS)	187
태양수소에너지 Solar to Hydrogen (S2H)	197
■ Poster Session	203



## 초대의 글



한국태양에너지학회 회원 및 과학기술인 여러분께

2023년도 한국태양에너지학회 춘계학술대회의 조직위원장 박창대입니다.

우리 학회는 천년고도 경주에서 4월19일부터 21일까지 3일간의 일정으로 2023년도 춘계학술대회를 개최합니다. 이번 학술대회에서는 건물에너지설비, 제로에너지건물, 건축환경, 태양광에너지, 태양열융합, 신재생융합, 풍력에너지, 자원량평가, 에너지저장, 태양수소에너지의 10개 분과에서 최신 연구 동향 및 연구결과를 발표합니다. 또한 산업통상자원부 에너지MD 이원용 박사님과 성균관대학교 송두삼 전임회장님의 특별강연, 산업공정열 특별세션, 에너지정책 및 기업기술 특별세션, 워크샵, 청년실무능력강화 및 대학원생 지원 프로그램 등 다양한 프로그램을 준비하였습니다. 특히 기업기술 특별세션은 우리 학회와 특별회원사와의 상승 효과를 위해 기업의 기술을 소개하고 공동 R&D 등을 통하여 기업의 애로기술을 해결하고자 하는 소통의 장으로 준비를 하였습니다.

이번 학술대회의 준비를 위하여 많은 분들이 노력해주셨습니다. 프로그램 위원장으로 고생하신 임병주 박사님과 김진희 교수님께 감사드립니다. 고석환 부회장님, 김홍욱 부회장님, 사무국 염지선 과장님 등 조직위원회와 프로그램위원회 위원님들, 기업기술 특별세션 김의경 교수님도 많은 노력을 해주셨습니다. 또한 우리 학회의 특별회원사를 비롯하여 후원기업들에게도 감사를 전합니다.

올해는 우리 정부의 에너지정책 변화로 인해 많은 어려움이 예상됩니다. 하지만, 친환경에너지와 탄소중립이라는 시대적 사명앞에 굴곡은 있지만 분명한 방향성에 감내할 수 있습니다. 햇살이 눈부신 4월 따뜻한 경주에서 좋은 학술 축제를 준비하였습니다.

부디 많이 오셔서 유익하고 즐거운 시간을 가지시길 바랍니다.

2023. 4

사단법인 한국태양에너지학회  
2023 춘계학술대회 조직위원장 박 창 대 올림

# 서문

안녕하세요, 한국태양에너지학회 회원 및 회원사 여러분!

신라 1000년의 수도 경주에서 2023년 춘계 태양에너지학술대회를 개최합니다. 코로나 19 기간 동안 제약이 많았던 환경에도 불구하고 우리 학회는 매년 학술대회를 성공적으로 이루어냈습니다. 이제 코로나 19로 인해 위축되어 있던 분위기를 벗어나 다시 사회 전반적으로 활기를 찾아가고 있는 만큼 이번 학술대회도 더욱 생동감 있고 서로 상생하는 장을 이루어냈으면 합니다.

이번 학술대회는 태양광에너지, 태양열융합, 풍력에너지, 신재생융합, 자원량평가, 에너지저장, 태양수소에너지, 건물에너지설비, 제로에너지건물, 건축환경 분과로 구성되어 신재생에너지부터 건축 분야까지 태양에너지 관련 다양한 분야로 준비되어 있으며, 산업공정열 및 가상발전소 관련 특별세션과 태양열융합 워크샵을 포함하여 약 200 여 편의 논문이 제출되었습니다. 뿐만 아니라, 표준일사량, ChapGPT 활용 실습, 태양수소 등의 신진과학자 및 대학원생 연구역량 강화를 위한 교육까지 다양한 프로그램을 준비하였습니다. 또한, 국내 건축환경 분야의 전문가이자 전임 회장님이신 성균관대학교 송두삼 교수님과 산업통상자원부 에너지 MD 이원용 박사님을 모시고 탄소 중립을 위한 주제로 초청 강연을 준비했습니다. 그리고 학술대회의 성공적인 개최를 위해 힘써주신 회원사들의 홍보를 위한 발표의 장을 처음으로 선보일 예정입니다.

본 학술대회의 준비를 위해 많은 분들이 지원과 헌신의 노력을 아끼지 않으셨습니다. 특히 프로그램 구성에 힘써주신 프로그램 분과위원장과 위원님들께 감사드리며, 물심양면으로 지원해주신 임동건 회장님, 박창대 조직위원장님, 엄지선 과장님께도 깊이 감사드립니다. 마지막으로 학술대회를 응원해주시는 후원사 분들께도 감사의 말씀드립니다.



2023. 4

사단법인 한국태양에너지학회

2023 춘계학술발표대회 프로그램위원장 임 병 주 올림  
김 진 희 올림

## 축 사



존경하는 한국태양에너지학회 회원 여러분,

2023년 한국태양에너지학회 춘계학술대회 방문을 진심으로 환영합니다.

이번 춘계학술대회는 봄의 정취로 가득한 경주에서 4월 19일부터 21일까지 개최됩니다.

긴 겨울 찬바람을 견뎌내며 봄을 맞이하는 기쁨은 더 크게 느껴졌습니다. 하지만 최근 봄을 맞이하면서 기쁘지만은 않은 것은 우리가 수시로 변해가는 날씨를 경험하게 되었다는 것입니다. 이러한 상황에서 탄소중립 실현을 위한 기술 개발은 점점 더 중요한 가치를 갖게 되고 있습니다. RE100, 탄소국경세 등에서 알 수 있듯이 재생에너지원의 경제적 가치와 미래가치는 계속해서 높아지고 있습니다. 우리 학회는 이러한 변화에 적극적으로 대처하면서 새로운 에너지와 미래를 위한 대안들을 모색하고 있습니다. 이에 대한 공유와 논의를 위해 매년 학술대회를 개최하고 있습니다.

이번 학술대회에서는 태양광, 태양열, 풍력, 신재생융합, 자원량평가, 건물에너지, 제로에너지, 에너지저장, 태양수소에너지 등 9개 분야의 논문 발표 외에도, 이론이 현장에서 적용될 수 있는 방법을 찾기 위한 기업기술 특별세션을 마련했습니다.

이번 춘계학술대회가 성공적으로 준비될 수 있도록 혁신적으로 노력해주신 박창대 조직위원장, 임병주, 김진희 프로그램위원장, 조직위원회, 프로그램위원회, 사무국의 엄지선 과장, 그리고 후원 및 협찬을 해주신 기업과 기관에게 깊은 감사를 드립니다.

어느 시에서 “누군가에게 다가가 봄이 되려면 내가 먼저 봄이 되어야지”라고 하였습니다. 우리가 이 아름다운 봄을 더 오래 느끼기 위해 우리의 노력이 헛되지 않도록 춘계학술대회를 준비하였습니다. 지식의 교류로 즐거움이 가득한 2023년 한국태양에너지학회 춘계학술대회에서 행복한 만남의 시간을 가지시기를 진심으로 기원합니다.

2023. 4

사단법인 한국태양에너지학회

회장 임동건 올림

## 2023 한국태양에너지학회 춘계학술대회 조직위원회 구성

분과	이름	소속
조직위원장	박창대	한국기계연구원
총무	김홍욱	에이블에너지
재무	박 인	(주)에코다
	이주윤	(주)바이솔라
전시/협찬	이상현	(주)원광에스앤티
	이재우	한국태양광공사협회
	이도성	한국태양열융합협회
	고석환	한국에너지기술연구원
프로그램	임병주	한국기계연구원
	김진희	공주대학교
강좌/워크숍	임철현	녹색에너지기술연구원
	양정엽	군산대학교
	박종성	경상국립대학교
	김종규	한국에너지기술연구원
홍보/출판	김준동	인천대학교
	오민석	(주)대진
	박진주	청주대학교
	최석민	한국기계연구원
사무국	엄지선	한국태양에너지학회

## 2023 한국태양에너지학회 춘계학술대회 프로그램위원회 구성

분 과	이 름	소 속	역 할
1. 프로그램위원회	임병주	한국기계연구원	프로그램위원장(에너지)
	김진희	공주대학교	프로그램위원장(건물)
1) 건물에너지설비 Building Energy System (BES)	조재완	인하대학교	분과위원장
	문선헤	에버리젠	분과위원
	곽영훈	서울시립대학교	분과위원
	김동수	한밭대학교	분과위원
2) 제로에너지건물 Zero Energy Building (ZEB)	최영진	경기대학교	분과위원장
	김주욱	조선대학교	분과위원
	임현우	건국대학교	분과위원
	윤성민	성균관대학교	분과위원
3) 건축환경 Building Environment Engineering (BEE)	조영흠	영남대학교	분과위원장
	신대욱	군산대학교	분과위원
	조가영	서울기술연구원	분과위원
	도성록	한밭대학교	분과위원
4) 태양광에너지 Photovoltaic Energy (PVE)	김창현	녹색에너지연구원	분과위원장
	임종철	충남대학교	분과위원
	박종성	경상국립대학교	분과위원
	탁성주	포항산업과학연구원	분과위원
	신우균	한국에너지기술연구원	분과위원
5) 태양열융합 Solar Thermal Convergence (STC)	김종규	한국에너지기술연구원	분과위원장
	김정배	한국교통대학교	분과위원
	김하늘	한국에너지기술연구원	분과위원
	이현진	국민대학교	분과위원
6) 풍력에너지 Wind Energy Conversion (WEC)	강기원	군산대학교	분과위원장
	노재규	군산대학교	분과위원
7) 신재생융합 Renewable Energy Convergence (REC)	강은철	한국에너지기술연구원	분과위원장
	김종현	한국폴리텍대학	분과위원
	최휘웅	부경대학교	분과위원
8) 자원량평가 Renewable Energy Resources (RER)	윤창열	한국에너지기술연구원	분과위원장
	조상민	에너지경제연구원	분과위원
	김진영	한국에너지기술연구원	분과위원
9) 에너지저장 Energy Storage System (ESS)	김한기	한국에너지기술연구원	분과위원장
	박정선	포투원	분과위원
	이왕근	UNIST	분과위원
10) 태양수소에너지 Solar to Hydrogen (S2H)	조현석	인하대학교	분과위원장

## 진행 일정

- 일 시 : 2023년 4월 19일(수) ~ 21일(금)
- 장 소 : 경주 더케이호텔

4월 19일 (수요일)						
Time	거문고B	가야금A	가야금B	가야금C	가야금D	거문고A
12:00~14:00	학술대회 접수/등록					
14:00~14:30		청년 실무능력강화 I (표준일사랑 교육- 오명찬)				
14:30~15:00	태양열융합 워크샵 I (신재생에너지 기술 개발 및 보급정책)					
15:00~15:30		청년 실무능력강화 II (ChatGPT 활용 실습-이제현)		특별세션 (VPP기술)		
15:30~16:00	태양열융합 워크샵 II					
16:00~16:30	Coffee Break 및 포스터 발표 I (태양광 및 태양열 분야, 거문고A)					
16:30~17:30	태양광-1 (PVE-1)	태양열융합-1 (STC-1)	대학원생지원 (태양수소교육- 조현석)			건축환경-1 (BEE-1)
17:30~18:00						

포스터 및  
전시부스  
(청년 취업·창업  
지원)

4월 20일 (목요일)											
Time	거문고B	가야금A	가야금B	가야금C	가야금D	거문고A					
09:30~10:00	학술대회 접수/등록										
10:00~11:30	특별세션 (산업공정열)	태양수소 (S2H)	에너지저장 (ESS)	자원량평가-1 (RER-1)	건축환경-2 (BEE-2)						
11:30~12:00	Coffee Break 및 포스터 발표 II (태양광 및 태양열 외 분야, 거문고A)										
12:00~13:00	중식 (1층 서라벌)										
13:00~13:20	개회식 (거문고B)										
13:20~14:20	특별강연 I : 2050 탄소중립 목표 달성을 위한 건물부문의 대응 (송두삼, 성균관대학교 건설환경공학부 교수) 특별강연 II : 탄소중립을 위한 혁신적 에너지 기술 개발 전략 (이원용, 산업통상자원부 에너지 MD) (거문고B)										
14:20~14:30	Coffee Break										
14:30~16:00	태양광-2 (PVE-2)	풍력에너지 (WEC)	신재생융합-1 (REC-1)	자원량평가-2 (RER-2)	특별세션 (에너지정책 및 기업기술)						
16:00~16:10	Coffee Break										
16:10~17:00	태양광-3 (PVE-3)	태양열융합-2 (STC-2)	제로에너지-1 (ZEB-1, 한국에너지공단 공동주최)	건물에너지-1 (BES-1)							
17:00~17:40											
17:40~18:30	Coffee Break										
18:30~20:30	만찬(거문고B)										

포스터 및  
전시부스  
(청년 취업·창업  
지원)

4월 21일 (금요일)						
Time	거문고B	가야금A	가야금B	가야금C	가야금D	거문고A
10:00~11:30	태양광-4 (PVE-4)		신재생융합-2 (REC-2)	건물에너지-2 (BES-2)	제로에너지-2 (ZEB-2)	
11:30~11:40	Coffee Break					
11:40~12:30	폐회식 (거문고B)					

포스터 및  
전시부스  
(청년 취업·창업  
지원)

# 목차

## Special Session

일시 : 2023년 4월 19일(수)~20일(목)

장소 : 더케이호텔(가야금C, 거문고B, 가야금D)

### 4월 19일(수)

VPP 기술	더케이호텔(가야금C) 14:30~16:00	좌장 : 김 병 기(한국에너지기술연구원)
VPP-S-1 14:30~14:45	분산에너지지원의 전력망 연계를 위한 가상발전소 기술현황과 제도개선에 관한연구 신기열 <sup>†</sup> (영남대학교 기계공학부), 정모(주식회사 에이원엔지니어링)	43
VPP-S-2 14:45~15:00	제주 지역 신재생에너지 출력제한을 방지하기 위한 융합형 VPP 플랫폼 개발 방안 김병기 <sup>†</sup> , 유경상, 김대진, 남양현, 윤승진, 김찬수(한국에너지기술연구원 전력시스템연구팀)	44
VPP-S-3 15:00~15:15	재생에너지 출력제어 저감을 위한 배전용 ESS의 응용방안 유경상 <sup>†</sup> , 김찬수, 김병기, 김대진, 남양현, 윤승진(한국에너지기술연구원 전력시스템연구팀)	45
VPP-S-4 15:15~15:30	비계량 태양광을 고려한 제주도 전력부하 예측 김현구 <sup>†</sup> , 김창기, 김진영, 오명찬(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실), 김병기(한국에너지기술연구원 전력시스템연구팀)	46
VPP-S-5 15:30~15:45	제주지역 출력제한 해결을 위한 태양광 예보 기술 개발 김창기 <sup>†</sup> , 김현구, 강용혁, 김진영(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실), 김병기(한국에너지기술연구원 JGRC 전력연구팀)	47
VPP-S-6 15:45~16:00	풍력자원 특성을 고려한 풍력 공급량 예측 기술 개발 <sup>†</sup> 김진영 <sup>†</sup> , 김현구, 황수진, 김창기, 오명찬, 김건훈, 윤창열, 강용혁(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실)	48

### 4월 20일(목)

태양열 융합 산업공정열	더케이호텔(거문고B) 10:00~11:40	좌장 : 노 상 양(에스앤지에너지)
STC-S-1 10:00~10:10	산업공정용 열공급을 위한 태양열 융합 열공급시스템 개발 및 스마트 O&M시스템 구축 기술개발 박종일 <sup>†</sup> , 노상양, 우상준((주)에스앤지에너지)	49
STC-S-2 10:10~10:25	태양열-히트펌프 융합 산업공정열 공급시스템 설계 및 경제성 분석 임병주, 조성훈, 최석민(한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실), 이가람, 박정대 <sup>†</sup> (한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실/과학기술연합대학원대학교 플랜트기계공학과)	50
STC-S-3 10:25~10:40	산업공정용 태양열 히트펌프 융합 열공급시스템의 설계 플랫폼 개발 조성훈(한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실), 이가람(한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실/과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템), 최석민, 임병주(한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실), 박정대 <sup>†</sup> (한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실/과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템)	51

STC-S-4 10:40~10:55	중온열 생산이 가능한 평판형 집열기 설계 및 제작 ..... 52 이왕제, 주홍진, 안영섭(한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실), 백남춘, 신우철(대전대학교 건축공학과), 이경호(한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실)
STC-S-5 10:55~11:10	이중 투과체 평판형 태양열 집열기 열성능해석 프로그램 개발 ..... 53 이송섭(대전대학교 대학원 건축공학과), 이왕제, 이경호(한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실), 백남춘, 신우철 <sup>†</sup> (대전대학교 건축공학과)
STC-S-6 11:10~11:25	태양열 시스템의 스마트 유지관리 시스템 개발 ..... 54 조아진, 정규진(경희대학교 기계공학과 대학원), 송재만, 흥희기 <sup>†</sup> (경희대학교 기계공학과)
STC-S-7 11:25~11:40	산업공정 태양열 시스템의 온실가스 저감효과의 자발적 거래시장 활용방안 연구 ..... 55 박민수 <sup>†</sup> , 정대영(주식회사 베리워즈)

**에너지정책 및 기업기술** 더케이호텔(가야금D) 14:30~17:00 **좌장 : 김 의 경(인천대학교)**

TEC-S-1 14:30~14:50	The Direction of the Government's ZEB Policy Promotion ..... 56 최성우 <sup>†</sup> (한국에너지공단 건물에너지실)
TEC-S-2 14:50~15:10	Guidance on the Government's R&D Process ..... 57 이종훈 <sup>†</sup> (한국에너지기술평가원 재생에너지실)
TEC-S-3 15:10~15:30	Government's Empirical R&D Enforcement Situation and Business Response Proposal ..... 58 우성민 <sup>†</sup> (충북테크노파크 차세대에너지센터)
TEC-S-4 15:30~15:50	Development of Resource Recycling Process Technology for Solar Power Waste Modules ..... 59 노청민 <sup>†</sup> ((주)월광에스엔티)
15:50~16:00	Coffee Break
TEC-S-5 16:00~16:15	Demonstration Status of solar Power-connected Smart Farm Construction in Mongolia ..... 60 이항주 <sup>†</sup> ((주)제이에이치에너지 기술연구소)
TEC-S-6 16:15~16:30	A study on the production of multi-purpose movable containers using solar power generation .. 61 서창혁 <sup>†</sup> ((주)해인기술)
TEC-S-7 16:30~16:45	Ultra-high Efficiency Ion Heating System Technology for Industrial and Building Heat Supply .... 62 하은정 <sup>†</sup> (뉴에너지(주))
TEC-S-8 16:45~17:00	Development of Renewable Energy Generators using Solar Heat Collection Technology ..... 63 오재석 <sup>†</sup> ((주)해모아에너지)

## 태양열융합 워크숍

일시 : 2023년 4월 19일(수)

장소 : 더케이호텔(거문고B)

**4월 19일(수)**

<b>신재생에너지 기술개발 및 보급정책</b>	더케이호텔(거문고B) 14:30~15:30	좌장 : 정 재 용(세한에너지)
---------------------------	-------------------------	-------------------

STC-W-1 14:30~14:50	재생 열에너지 의무화 제도에 관한 연구 ..... 김성수 <sup>†</sup> (한국에너지기술평가원 에너지기술PD단), 이종훈(한국에너지기술평가원 재생에너지실)	67
STC-W-2 14:50~15:10	탄소중립과 재생에너지 정책 방향 ..... 박성우 <sup>†</sup> (한국에너지공단 신재생정책실)	68
STC-W-3 15:10~15:30	신재생에너지 보급정책 현황 ..... 류지현 <sup>†</sup> (한국에너지공단 신재생지원사업실)	69

## 청년 및 대학원생 교육

일시 : 2023년 4월 19일(수)  
장소 : 더케이호텔(가야금A, 가야금B)

4월 19일(수)		
<b>청년 실무능력강화 I</b>	더케이호텔(가야금A) 14:00~15:00	좌장 : 오 명 찬(한국에너지기술연구원)
EDU-1 14:00~15:00	태양에너지 참조표준데이터 활용 세미나 ..... 오명찬 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실)	73
<b>청년 실무능력강화 II</b>	더케이호텔(가야금A) 15:00~16:00	좌장 : 이 제 현(한국에너지기술연구원)
EDU-2 15:00~16:00	Open API를 사용한 ChatGPT 활용 실습 ..... 이제현 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 계산과학연구실)	74
<b>대학원생지원</b>	더케이호텔(가야금B) 16:30~17:30	좌장 : 조 현 석(인하대학교)
EDU-3 16:30~17:30	태양광/태양열 에너지를 활용한 수소/탄소중립 연료 생산 기술 소개 및 동향 ..... 조현석 <sup>†</sup> (인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 키우리연구단/인하대학교 기계공학과)	75

## Oral Session 건물에너지설비 Building Energy System (BES)

일시 : 2023년 4월 20일(목)~21일(금)

장소 : 더케이호텔(가야금C)

### 4월 20일(목)

BES Session 1	더케이호텔(가야금C) 16:10~17:40	좌장 : 곽 영 훈(서울시립대학교)
BES-O-1 16:10~16:28	후면 환기 조건에 따른 강판일체형 태양광 모듈의 온도 특성 분석 연구 ..... 최문규, 김재원, 최민주, 이효문, 윤종호, 김동수 <sup>†</sup> (한밭대학교 건축공학과)	79
BES-O-2 16:28~16:46	캠퍼스내 건물의 모델기반 예측제어를 위한 난방기 모델 개발 및 사물레이션 연구 ..... 박진형, 조재원 <sup>†</sup> (인하대학교 스마트시티공학과)	80
BES-O-3 16:46~17:04	순환여과식 육상양식장 에너지 사용 현황 조사 및 통계분석을 통한 에너지 예측 모델 개발 ..... 구자빈(서울시립대학교 건축공학과), 꽈영훈 <sup>†</sup> (서울시립대학교 건축학부), 신학종, 김지원(서울시립대학교 건축공학과), 조성균(한국전자통신연구원 지능화융합연구소), 허정호(서울시립대학교 건축학부)	81
BES-O-4 17:04~17:22	태양광 및 실내 조명을 위한 통합 에너지 시스템을 구축하기 위한 투명 태양광 발전 ..... 말케시쿠마 팔렐, 김상호, 나빈 쿠마, 슈버라즈 고쉬(인천대학교 전기공학과), 이기범(주)솔라라이트, 김준동 <sup>†</sup> (인천대학교 전기공학과)	82
BES-O-5 17:22~17:40	열반사 단열재의 단열성능 평가법에 관한 실험적 연구 ..... 안종권*, 김진희(공주대학교 그린에너지기술연구소), 김준태 <sup>†</sup> (공주대학교 그린스마트건축공학과/에너지시스템공학대학원)	83

### 4월 21일(금)

BES Session 2	더케이호텔(가야금C) 10:00~11:30	좌장 : 조 재 원(인하대학교)
BES-O-6 10:00~10:18	소형 건축물의 시간단위 단기 데이터를 활용한 건물에너지 모델의 파라미터 베이지안 추론과 실증 ..... 배우빈, 김용길((재)한국건설생활환경시험연구원 기후환경실증센터), 허정호 <sup>†</sup> (서울시립대학교 건축공학과)	84
BES-O-7 10:18~10:36	적외선 신호를 이용한 교육시설 건물의 Model-based predictive control (MPC) 구현 방법론 ..... 최광원(인하대학교 스마트시티공학과), 조재원 <sup>†</sup> (인하대학교 스마트시티공학과/인하대학교 건축공학과)	85
BES-O-8 10:36~10:54	날씨에 따른 실시간 빌딩 에너지 손실 추경에 관한 연구 ..... 김수연, 오재호 <sup>†</sup> , 허모랑, 오지원(나노웨더)	86
BES-O-9 10:54~11:12	상업건물의 모델기반 예측제어를 위한 기계학습 기반의 제어 방법론 개발 ..... 타립아부, 조재원 <sup>†</sup> (인하대학교 스마트시티공학과)	87
BES-O-10 11:12~11:30	인공신경망 기반 상업용 건축물 에너지 예측 모델 개발 ..... 이현진, 연상훈(고려대학교 대학원 건축학과), 김철호(고려대학교 공과대학 공학연구원), 이광호 <sup>†</sup> (고려대학교 공과대학 건축학과)	88

## Oral Session 제로에너지건물 Zero Energy Building (ZEB)

일시 : 2023년 4월 20일(목)~21일(금)

장소 : 더케이호텔(가야금B, 가야금D)

### 4월 20일(목)

ZEB Session 1 - 한국에너지공단 공동주최	더케이호텔(가야금B) 16:10~17:40	좌장 : 최 영 진(경기대학교)
ZEB-I-1 16:10~16:36	국내 제로에너지건축물 인증기준을 위한 자립률 기준 개선에 관한 연구 ..... 김예원 <sup>†</sup> , 유기형(한국건설기술연구원 건축에너지연구소)	91
ZEB-O-1 16:36~16:52	탄소중립을 위한 Zero Energy 국제 표준화 동향 및 주요 이슈 해결 방안 ..... 이항주 <sup>†</sup> (JH Energy 기술연구소), 김인수(가천대학교 산학협력단), 박주연((주)ZeroEn 기업부설연구소)	92
ZEB-O-2 16:52~17:08	진공단열패널을 이용한 건물 단열외피 시스템의 성능평가 ..... 김상명(공주대학교 에너지시스템공학과), 김진희(공주대학교 그린에너지기술연구소), 김준태 <sup>†</sup> (공주대학교 그린스마트건축공학과)	93
ZEB-O-3 17:08~17:24	BIPV 모듈 및 시스템의 외피 유형별 열적 특성 분석 ..... 유지숙(공주대학교 에너지시스템공학전공), 김진희(공주대학교 그린에너지기술연구소), 김준태 <sup>†</sup> (공주대학교 그린스마트건축공학전공/에너지시스템공학전공)	94
ZEB-O-4 17:24~17:40	국내 건축물의 에너지절약 설계를 위한 주요 설계 요소에 관한 연구 ..... 이준호 <sup>†</sup> , 박인, 이상수(주식회사 에코다)	95

### 4월 21일(금)

ZEB Session 2	더케이호텔(가야금D) 10:00~11:30	좌장 : 박 인((주)에코다)
ZEB-O-5 10:00~10:18	공동주택의 에너지효율등급 인증현황 분석 -서울, 경기지역 공동주택을 중심으로- ..... 김지현(대전대학교 건축공학과), 최현식((주)한국건설환경 지속가능기술연구소), 신우철 <sup>†</sup> (대전대학교 건축공학과)	96
ZEB-O-6 10:18~10:36	한국형 공동주택 에너지 시뮬레이션 모델링을 위한 건물 형태 및 에너지 사용 특성 분석 ..... 이루다, 강은호, 윤종호, 김동수 <sup>†</sup> (한밭대학교)	97
ZEB-O-7 10:36~10:54	가정용 보일러에 연계된 공기열원 히트펌프 운전에 따른 동절기 도시가스 절감량 ..... 우스만 무하마드, 김용기 <sup>†</sup> , 엄지영, 최경석(한국건설기술연구원 건축에너지연구소)	98
ZEB-O-8 10:54~11:12	원룸형 소형주택을 모사한 Mock-up 제작 및 패시브/액티브/제어기술의 기후환경 실증시험 계획 ..... 안승택, 배우빈, 김용길 <sup>†</sup> ((재)한국건설생활환경시험연구원 기후환경실증센터)	99
ZEB-O-9 11:12~11:30	하절기 공기식 PVT 시스템을 통한 실내 열쾌적성 향상과 제습방방효과에 관한 연구 ..... 유아인, 김강현, 정은성, 최영진 <sup>†</sup> (경기대학교 건축공학과)	100

## Oral Session 건축환경 Building Environment Engineering (BEE)

일시 : 2023년 4월 19일(수)~20일(목)

장소 : 더케이호텔(가야금D)

### 4월 19일(수)

BEE Session 1	더케이호텔(가야금D) 16:30~18:00	좌장 : 이 동 석(계명대학교)
BEE-O-1 16:30-16:48	CPU 이용률 제어를 위한 데이터센터 시뮬레이션 모델 개발 및 검증 ..... 장아민, 진산, 이찬우, 김민호, 도성록 <sup>†</sup> (한밭대학교 건축설비공학과)	103
BEE-O-2 16:48-17:06	태양에너지 활용 흡수식 냉동기를 적용한 동시냉난방 시스템의 효용성 분석 ..... 이석현, 이유진, 신대욱 <sup>†</sup> (군산대학교 건축공학과)	104
BEE-O-3 17:06-17:24	코일 파울링에 따른 열교환 유용도 및 HVAC 시스템 에너지 사용량 평가 ..... 진산, 장아민, 김민호, 도성록 <sup>†</sup> (한밭대학교 설비공학과)	105
BEE-O-4 17:24-17:42	글로벌 데이터를 이용한 로컬 일사 예측 모델 개발 및 평가 ..... 전병기(인하대학교 대학원 스마트시티공학과), 김의종 <sup>†</sup> (인하대학교 건축공학과)	106
BEE-O-5 17:42-18:00	냉동사이클을 이용한 공기 열원 히트펌프 시스템 에너지 효율 향상에 관한 연구 ..... 이한결(영남대학교 일반대학원 건축학과), 김효준(영남대학교 공업기술연구소), 조영흠 <sup>†</sup> (영남대학교 건축학부)	107

### 4월 20일(목)

BEE Session 2	더케이호텔(가야금D) 10:00~11:30	좌장 : 신 대 육(국립군산대학교)
BEE-O-6 10:00-10:16	겨울철 난방시 사무실에서 난방 쿠션 매트 사용이 인체의 심박변이도에 미치는 영향 ..... 임재한 <sup>†</sup> (이화여자대학교 건축도시시스템공학과)	108
BEE-O-7 10:16-10:32	모델기반 예측제어의 단순 제어규칙 도출을 위한 Pre-cooling예측 모델 개발 ..... 박세미, 조재원 <sup>†</sup> (인하대학교 건축공학과)	109
BEE-O-8 10:32-10:48	예측 모델을 활용한 외기 낭방 시스템의 설정값 제어 알고리즘 개발 ..... 이진현*(영남대학교 공업기술연구소), 조영흠 <sup>†</sup> (영남대학교 건축학과)	110
BEE-O-9 10:48-11:04	모듈화 주택의 외피 시스템 단열성능 평가 ..... 조우진 <sup>†</sup> (삼성물산(주) 건설부문 ENG실 기반기술팀 친환경기술그룹), 이용준, 오은주((주)비이엘테크놀로지 친환경외피공학연구소)	111
BEE-I-1 11:04-11:30	EPD 자재 적용에 따른 학교시설의 내재탄소 감축 가능성 ..... 김재문*((주)삼우씨엠건축사사무소 기술연구소 친환경 파트)	112

## Oral Session 태양광에너지 Photovoltaic Energy (PVE)

일시 : 2023년 4월 19일(수)~21일(금)

장소 : 더케이호텔(거문고B)

### 4월 19일(수)

PVE Session 1	더케이호텔(거문고B) 16:30~18:00	좌장 : 신 우 균(한국에너지기술연구원)
PVE-I-1 16:30~16:45	"FIND" 플랫폼 비즈니스 모델 기반 에너지신사업 활성화에 관한 연구 ..... 박채영 <sup>†</sup> , 정진승, 정준영, 김남규(한국남동발전 디지털융합처)	115
PVE-O-1 16:45~17:00	반 전압법을 이용한 태양광발전 시스템의 1선 지락 위치 검출 ..... 이용규, 홍순일, 최의성 <sup>†</sup> (네오에너지커넥터)	116
PVE-O-2 17:00~17:15	태양광 물리모델과 기계학습을 이용한 발전성능 추정 ..... 오현규(한국에너지기술연구원 재생에너지연구소 태양광연구단/충남대학교 에너지과학기술대학원), 신우균, 주영철, 배수현, 황혜미, 강기환, 고석환 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 재생에너지연구소 태양광연구단), 장효식 <sup>†</sup> (충남대학교 에너지과학기술대학원)	117
PVE-O-3 17:15~17:30	자기발전 소자를 통한 태양광 모듈 바이패스 다이오드 발열현상 감지 및 결함모드 분석 ..... 고재환, 김충일, 이수운(서울과학기술대학교 안전공학과), 신우균, 고석환(한국에너지기술연구원 태양광연구단), 송형준 <sup>†</sup> (서울과학기술대학교 안전공학과)	118
PVE-O-4 17:30~17:45	태양광발전설비 고장 및 수명예지 진단을 위한 머신러닝기반 태양광 발전량 진단시스템 ..... 김창준, 권영서 <sup>†</sup> ((주)제이케이코아)	119
PVE-O-5 17:45~18:00	디볼체 상호작용을 고려한 부유식 해상태양광 플랫폼의 하중 해석에 관한 연구 ..... 임지수, 고혁준 <sup>†</sup> , 장재경, 김정태(고등기술연구원 그린에너지/인텔리전스센터)	120

### 4월 20일(목)

PVE Session 2 - 투명 태양전지 특별포럼	더케이호텔(거문고B) 14:30~16:00	좌장 : 박 종 성(경상국립대학교)
PVE-I-2 14:30-14:56	투명 태양광 기반 에너지 및 휴먼 일렉트로닉스 ..... 김준동 <sup>†</sup> , 프리양카 바트나가, 말케시쿠마 파텔(인천대학교 전기공학과)	121
PVE-O-6 14:56-16:12	다양한 기상조건하에서 태양광 패널에 대한 Spectral Mismatch Factor 특성 분석 ..... 김창기 <sup>†</sup> , 김현구, 강용혁, 오명찬(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실)	122
PVE-O-7 16:12-16:28	스퍼터링된 Mo:BiVO4 박막 기반의 투명한 에너지 시스템을 위한 태양광 광전효과 ..... Shuvraj Ghosh, Malkeshkumar Patel, 김준동 <sup>†</sup> (인천대학교 전기공학과 차세대 에너지 융합 연구소)	123
PVE-O-8 16:28-17:44	산화물 반도체 기반의 투명 자외선 광 검출기 및 억방향 전압을 통한 응답 특성 향상 및 소자 응용 ..... 이준식, Naveen Kumar, Malkeshkumar Patel, 김준동 <sup>†</sup> (인천대학교)	124
PVE-O-9 17:44-16:00	pilot 규모 CVD의 실시간 모니터링을 위한 PSG 박막 성장의 잔류가스 분석방법 ..... 김문세(한국에너지기술연구원 태양광연구단/충북대학교 물리학과), 송희은, 박성은, 조윤애, 김용진, 김도형, 정경택, 강민구 <sup>†</sup> , 이상희 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 태양광연구단), 김가현 <sup>†</sup> (충북대학교 물리학과)	125

## PVE Session 3 -

한국교통대학교 태양광기술연구소 공동주최

더케이호텔(거문고B)

16:10~17:40

좌장 : 탁 성 주((재)포항산업과학연구원)

PVE-I-3 16:10-16:25	건축설계사 맞춤형 건물형 태양광 적용 정보 모델링(PIM)과 개방형 라이브러리 구축에 관한 연구 ..... 전현우, 최규혁, 박병준(비아이엠에스), 박경도 <sup>†</sup> (건국대학교 건축학과)	126
PVE-O-10 16:25-16:40	BIPV 수직 화염확산성 평가방법 설계에 대한 연구 ..... 박계임 <sup>†</sup> (한국화재보험협회 부설 방재시험연구원)	127
PVE-O-11 16:40-16:55	건물일체형 태양광 시스템 표준 현황 및 실증 연구 ..... 김덕성, 류의환, 김규진 <sup>†</sup> ((재)한국건설생활환경시험연구원)	128
PVE-O-12 16:55-17:10	건물형 태양광발전(BIPV) 모듈의 제조 및 시공 사례 연구 ..... 김동민((주)코에스), 고형민((주)에이아이디), 장남학((주)코에스), 박건호, 김창현((주)에이아이디), 고지훈 <sup>†</sup> ((주)코에스)	129
PVE-O-13 17:10-17:25	건물형 태양광발전 기술 사용처 다변화 ..... 탁성주, 김영수, 김소정, 김아통 <sup>†</sup> ((재) 포항산업과학연구원 환경에너지연구소 에너지연구그룹)	130
PVE-O-14 17:25-17:40	벽면설치형 건물일체형 태양광발전(BIPV) 시스템의 실측데이터 기반 장기성능 평가 ..... 김재원, 이효문, 최민주, 김동수, 윤종호 <sup>†</sup> (국립 한밭대학교 건축공학과)	131

4월 21일(금)

## PVE Session 4

더케이호텔(거문고B)

10:00~11:30

좌장 : 김 창 현(녹색에너지연구원)

PVE-I-4 10:00-10:15	RE100 구현을 위한 산단형 지능분산에너지 센터 사업 ..... 윤성민, 정재환 <sup>†</sup> (한국생산기술연구원)	132
PVE-O-15 10:15-10:30	자기발전도서지역 태양광발전 연계 에너지저장장치 연구 ..... 김창현 <sup>†</sup> ((재)녹색에너지연구원 태양에너지연구실), 조재영, 박아름(원광전력(주) 기술연구소), 김주희, 김지현((재)녹색에너지연구원 태양에너지연구실)	133
PVE-O-16 10:30-10:45	양면형 태양광발전 모듈의 KS표준화 연구 ..... 정태희 <sup>†</sup> (한국산업기술시험원 신재생에너지기술센터)	134
PVE-O-17 10:45-11:00	태양광 분야 표준화 및 인증 최신 동향 ..... 횡수현 <sup>†</sup> , 신정현, 최현동, 김승주(한국기계전기전자시험연구원(KTC))	135
PVE-O-18 11:00-11:15	조류에 의한 해상태양광 패널의 기울임 각도 변화에 따른 풍하중 특성 분석 ..... 최석민*, 박창대, 조성훈(한국기계연구원 플랜트융합연구실), 이가람(과학기술연합대학원대학교 플랜트기계공학과), 임병주 <sup>†</sup> (한국기계연구원 플랜트융합연구실)	136
PVE-O-19 11:15-11:30	외부환경을 고려한 태양광 패널의 설치기준의 적정성에 관한 연구 ..... 이준호 <sup>†</sup> , 박인, 이상수(주식회사 에코다)	137

\* 신진과학자

## Oral Session 태양열융합 Solar Thermal Convergence (STC)

일시 : 2023년 4월 19일(수)~20일(목)

장소 : 더케이호텔(가야금A)

### 4월 19일(수)

STC Session 1	더케이호텔(가야금A) 16:30~18:00	좌장 : 김 종 규(한국에너지기술연구원)
STC-O-1 16:30~16:48	주택용 액체식 태양광·열(PVT) 시스템의 실사용 패턴에 따른 계절별 작동특성 ..... 조성구, 문병용 <sup>†</sup> ((주)이맥스시스템)	141
STC-O-2 16:48~17:06	인공신경망 기반 평면형 태양열 집열기의 에너지 생산량 예측 모델 개발 ..... 전호성, 연상훈, 김동우(고려대학교 대학원 건축학과), 김철호(고려대학교 공과대학 공학연구원), 이광호 <sup>†</sup> (고려대학교 공과대학 건축학과)	142
STC-O-3 17:06~17:24	도로 살얼음 방지를 위한 온수 배관방식 포장 시스템의 동절기 표면온도 변화 분석 ..... 우스만 무하마드, 손병후 <sup>†</sup> , 김용기(한국건설기술연구원 건축에너지연구소), 전성일, 전진환(한국건설기술연구원 도로교통연구본부)	143
STC-O-4 17:24~17:42	태양열 및 태양광 시스템의 고장진단 현황 분석 ..... 이기람 <sup>†</sup> (과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템학과/한국기계연구원 탄소중립기계연구소 신에너지플랜트연구실), 임병주, 조성훈, 최석민(한국기계연구원 탄소중립기계연구소 신에너지플랜트연구실), 박창대 <sup>†</sup> (과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템학과/한국기계연구원 탄소중립기계연구소 신에너지플랜트연구실) * 신진과학자	144
STC-O-5 17:42~18:00	단독주택에 적용된 공기열원 히트펌프 및 PVT 시스템의 연간 운영성능 분석 ..... 권유진(한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실/대전대학교 건축공학과), 이왕제, 김하늘, 김종규(한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실), 임희원((주)다이슨스피어), 신우철(대전대학교 건축공학과)	145

### 4월 20일(목)

STC Session 2	더케이호텔(가야금A) 16:10~17:40	좌장 : 주 홍 진(한국에너지기술연구원)
STC-I-1 16:10~16:40	섹터커플링과 열(熱)에너지 저장에 관한 연구 ..... 김성수 <sup>†</sup> (한국에너지기술평가원 에너지기술PD단), 이종훈(한국에너지기술평가원 재생에너지실)	146
STC-O-6 16:40~17:00	플러스에너지커뮤니티 구현을 위한 5세대 지역냉난방시스템 적용성 분석 ..... 김민희 <sup>†</sup> , 이왕제, 안영섭, 주홍진, 한광우(한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실)	147
STC-O-7 17:00~17:20	융합형 재생에너지 시스템 개발을 위한 소용량 히트펌프 및 성능시험장치 개발에 관한 연구 ..... 이용석((주)혁신이앤씨), 이형민 <sup>†</sup> ((주)케이엔에스에너지)	148
STC-O-8 17:20~17:40	흡착식 히트펌프와 PVT로 구성된 열공급시스템의 냉난방 시뮬레이션 분석 ..... 김하늘, 김종규 <sup>†</sup> , 이왕제, 권유진(한국에너지기술연구원 재생에너지연구소 신재생열융합연구실), 임희원(다이슨스피어(주))	149

## Oral Session 풍력에너지 Wind Energy Conversion (WEC)

일시 : 2023년 4월 20일(목)

장소 : 더케이호텔(가야금A)

4월 20일(목)		
WEC Session	더케이호텔(가야금A) 14:30~16:00	좌장 : 김 학 근(군산대학교)
WEC-O-1 14:30~14:45	20kW급 복합재 블레이드의 디본딩 손상 예측을 위한 고유주파수 변화 특성 기반 알고리즘 연구 ..... 153 김형진(군산대학교 기계공학과), 장윤정(군산대학교 해상풍력연구원), 김학근, 강기원 <sup>†</sup> (군산대학교 기계공학과)	
WEC-O-2 14:45~15:00	IEA 15MW 초대형 부유식 풍력터빈 제어 알고리즘 설계 및 검증 ..... 154 전태수(강원대학교 에너지·인프라 융합학과 기계에너지시스템·환경공학전공), 백인수 <sup>†</sup> (강원대학교 에너지·인프라 융합학과 메카트로닉스전공)	
WEC-O-3 15:00~15:15	풍동실험을 이용한 Wake steering 제어 성능 검증 연구 ..... 155 김동명, 전태수, 김재천(강원대학교 에너지·인프라융합학과), 백인수 <sup>†</sup> (강원대학교 에너지·인프라 융합학과/메카트로닉스전공)	
WEC-O-4 15:15~15:30	풍력 보급 확대를 위한 IEA wind 연구 방향 ..... 156 김진영 <sup>†</sup> , 김현구(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실)	
WEC-O-5 15:30~15:45	동해 해상환경에 적합한 25MW 초대형 해상풍력시스템 핵심파라미터에 대한 연구 ..... 157 허치훈 <sup>†</sup> , 박미호, 김종화, 손재훈, 김정태, 문경록(고등기술연구원)	
WEC-O-6 15:45~16:00	풍력 복합재 블레이드의 장기운용을 위한 접착모델 기반 접합부의 피로균열진전 수명 평가에 관한 연구 ..... 158 김학근*, 장윤정(군산대학교 해상풍력연구원), 강기원 <sup>†</sup> (군산대학교 기계공학과)	* 신진과학자

## Oral Session 신재생융합 Renewable Energy Convergence (REC)

일시 : 2023년 4월 20일(목)~21일(금)

장소 : 더케이호텔(가야금B)

### 4월 20일(목)

REC Session 1	더케이호텔(가야금B) 14:30~16:00	좌장 : 김 종 현(한국폴리텍대학)
REC-O-1 14:30~14:48	재생에너지를 적용한 역삼투압(Reverse Osmosis) 막여과 공정의 에너지 절감 및 수온에 따른 영향 연구 .. 161 이상우 <sup>†</sup> (지엔원에너지(주) 기술연구소), 김종현(한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 그린에너지설비과)	
REC-O-2 14:48~15:06	실내 공기질 개선을 위한 환기냉방용 AHU 시스템 성능 분석 연구 ..... 162 김유진(UST 재생에너지공학), 나호상, 이범준, 강은철 <sup>†</sup> (KIER 열변환시스템연구실)	
REC-O-3 15:06~15:24	신재생에너지를 포함한 도심형 대용량 하이브리드 열공급 스마트플랫폼 구축 ..... 163 이재하 <sup>†</sup> , 민경천(지엔원에너지(주)), 김종현(한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 그린에너지설비과)	
REC-O-4 15:24~15:42	태양열 공기-물 가열기 연계한 액체식 재생시스템 성능분석을 위한 실험 연구 ..... 164 문광암, 김성빈(부경대학교 냉동공조공학과 대학원), 최휘웅(부경대학교 산학협력단), 최광환 <sup>†</sup> (부경대학교 냉동공조공학과)	
REC-O-5 15:42~16:00	비제어 파사드 일체형 PVT 시스템의 성능 및 안정성에 관한 연구 ..... 165 김윤수, 윤용수, 흥희기 <sup>†</sup> (경희대학교 기계공학과)	

### 4월 21일(금)

REC Session 2	더케이호텔(가야금B) 10:00~11:30	좌장 : 최 휘 웅(부경대학교)
REC-I-1 10:00~10:26	부착형 PVT에 있어 접촉부 열저항에 따른 접열성능 개선에 관한 실험적 연구 ..... 166 류남진 <sup>†</sup> (운제산업 기술연구소), 배상무(부산대학교 생산기술연구소), 남유진(부산대학교 건축공학과)	
REC-O-6 10:26~10:42	에너지 저장 및 담수화를 위한 담수화 배터리: 에너지-물 네이션스 난제 해결 ..... 167 김남혁, 이왕근 <sup>†</sup> (울산과학기술원 에너지 및 화학공학과)	
REC-O-7 10:42~10:58	핀 및 저항체가 부착된 PV/T 접열기의 전기 및 열효율 성능 실험 연구 ..... 168 김성빈, 문광암(부경대학교 냉동공조공학과 대학원), 최휘웅(부경대학교 산학협력단), 최광환 <sup>†</sup> (부경대학교 냉동공조공학과)	
REC-O-8 10:58~11:14	실증설비에 근거한 PVT-GSHP 융합 시스템의 에너지 및 경제성 분석 ..... 169 김유진(UST 재생에너지공학), 이의준, 신흥기, 강은철 <sup>†</sup> (KIER 열변환시스템연구실)	
REC-O-9 11:14~11:30	핀이 설치된 태양열 공기 가열기 공기 채널 내 난류촉진체에 의한 열전달 및 압력강하 분석 ..... 170 최휘웅(부경대학교 산학협력단), 김성빈, 문광암(부경대학교 냉동공조공학과 대학원), 안병학((주)야베스), 최광환 <sup>†</sup> (부경대학교 냉동공조공학과)	

## Oral Session 자원량평가 Renewable Energy Resources (RER)

일시 : 2023년 4월 20일(목)

장소 : 더케이호텔(가야금C)

4월 20일(목)		
RER Session 1	더케이호텔(가야금C) 10:00~11:30	좌장 : 윤 창 열(한국에너지기술연구원)
RER-I-1 10:00~10:24	다중·군집위성의 위성정보 활용 ..... 이정호 <sup>†</sup> , 이선구, 송정현, 김보람(한국항공우주연구원 국가위성정보활용지원센터 위성활용부)	173
RER-O-1 10:24~10:35	태양광 시장잠재량 모델 고도화 연구 ..... 임덕오, 조상민 <sup>†</sup> (에너지경제연구원 재생에너지정책연구팀)	174
RER-O-2 10:35~10:46	대전 지역 위성산출물을 활용한 복사전달모델 결과와 지상관측 데이터의 분석을 통한 GK-2A와 HIMAWARI 정지궤도위성의 구름 광학 두께 데이터의 검증 ..... 이동규(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실/연세대학교 대학원 지구천문대기학부(대기과학)), 김창기 <sup>†</sup> , 김현구, 강용혁(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실)	175
RER-O-3 10:46~10:57	국내 태양광 이격거리 규제 동향 및 전망 ..... 장연재 <sup>†</sup> , 조일현(에너지경제연구원 재생에너지정책연구팀)	176
RER-O-4 10:57~11:08	건물벽면형 태양광 잠재량 분석 ..... 윤창열, 오명찬, 김보영, 이제현, 김진영, 황수진(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실), 임덕오, 조일현, 조상민(에너지경제연구원 재생에너지정책연구팀), 김창기, 김현구, 강용혁(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실), 김용일 <sup>†</sup> (서울대학교 건설환경공학부)	177
RER-O-5 11:08~11:19	주택용 태양광 설치 가구의 스마트미터링 자료 특성 분석 ..... 조일현 <sup>†</sup> , 안재균(에너지경제연구원 재생에너지정책연구팀)	178
RER-O-6 11:19~11:30	재생에너지 민간참여 및 투자 확대를 위한 금융모형 연구: 재생에너지 자산유동화 ..... 이재석 <sup>†</sup> , 박정순, 최영선(한국에너지경제연구원), 김정인(중앙대학교 경제학부), 유종민(홍익대학교 경제학과), 박혜진(한국자본시장연구원 펀드·연금실)	179
RER Session 2	더케이호텔(가야금C) 14:30~16:00	좌장 : 최 요 순(부경대학교)
RER-I-2 14:30~14:55	탄소중립형 스마트도시 추진을 위한 탄소공간지도 구축방안 ..... 손재선, 허용 <sup>†</sup> (국토연구원 공간정보사회연구본부)	180
RER-O-7 14:55~15:08	딥러닝을 이용한 태양 복사 직사 분리 모델의 성능 향상 ..... 리알 라자국국, 이현진 <sup>†</sup> (Department of Mechanical Engineering, Kookmin University)	181
RER-O-8 15:08~15:21	국내 태양광발전소의 타당성 조사를 위한 위성영상 기반 일사량의 Site Adaptation의 경제적 영향 연구 ..... 다타 엘비나 파우스티나(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실/과학기술연합대학원대학교 에너지공학), 김창기 <sup>†</sup> , 김현구(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실)	182
RER-O-9 15:21~15:34	360 VR 카메라를 이용한 태양광 전기차 주차 구역 분석 시스템 개발 ..... 홍지민(부경대학교 에너지자원공학과), 백지은(부경대학교 에너지자원연구소), 최요순 <sup>†</sup> (부경대학교 에너지자원공학과)	183
RER-O-10 15:34~15:47	도시 특성에 따른 건물형 태양에너지 패턴 분석 ..... 오명찬, 윤창열, 김보영(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실), 이제현(한국에너지기술연구원 계산과학연구실), 강용혁, 김현구 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실)	184
RER-O-11 15:47~16:00	에너지 공유 공동체의 재생에너지 자립률 추정 ..... 김다원(부경대학교 에너지자원공학과), 장용해(한국수자원공사 부산에코델타시티사업단), 최요순 <sup>†</sup> (부경대학교 에너지자원공학과)	185

## Oral Session 에너지저장 Energy Storage System (ESS)

일시 : 2023년 4월 20일(목)

장소 : 더케이호텔(가야금B)

4월 20일(목)

ESS Session	더케이호텔(가야금B) 10:00~11:45	좌장 : 김 한 기(한국에너지기술연구원)
ESS-O-1 10:00~10:15	고수명 해수 전지를 위한 산화-환원 전해액의 대량생산 ..... 이세영, 이왕근 <sup>†</sup> (울산과학기술원 에너지화학공학과)	189
ESS-O-2 10:15~10:30	양극 시스템 구성에 따른 해수 이차전지 성능평가 ..... 김한기 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 제주글로벌연구센터 해양융복합연구팀), 유정준, 백정훈(한국에너지기술연구원 에너지저장연구실), 이동건(한국에너지기술연구원 제주글로벌연구센터 해양융복합연구팀), 김범진, 강상희(한국에너지기술연구원 에너지저장연구실)	190
ESS-O-3 10:30~10:45	해수전지에서의 메탈 덴드라이트 형성과 고체전해질 틸락 현상에 관한 연구 ..... 조지훈, 이왕근 <sup>†</sup> (울산과학기술원 에너지화학공학과)	191
ESS-O-4 10:45~11:00	비활성 메탈을 활용할 수 있는 가역적인 무음극 해수전지 시스템 ..... 정영재, 이왕근 <sup>†</sup> (울산과학기술원 에너지공학과)	192
ESS-O-5 11:00~11:15	고에너지 밀도 에너지 저장 장치에 대한 새로운 접근법: 반액체 전극 구성의 가능성과 잠재력 ..... 김도완, 이왕근 <sup>†</sup> (울산과학기술원 에너지화학공학과)	193
ESS-O-6 11:15~11:30	에너지 저장을 위한 반응성 금속: 소듐-해수 배터리 시스템 ..... 김용일(포항산업과학연구원), Stefano Passerini <sup>†</sup> (Department of Chemistry -Sapienza University of Rome)	194
ESS-O-7 11:30~11:45	해수 기반 에너지 저장장치를 위한 세라믹 전해질 개발 ..... 장일섭, 박건희(한국세라믹기술원 신성장소재연구본부/고려대학교 신소재공학부), 천진녕(한국세라믹기술원 신성장소재연구본부)	195

## Oral Session 태양수소에너지 Solar to Hydrogen (S2H)

일시 : 2023년 4월 20일(목)

장소 : 더케이호텔(가야금A)

4월 20일(목)		
S2H Session	더케이호텔(가야금A) 10:00~11:20	좌장 : 조 현 석(인하대학교)
S2H-O-1 10:00~10:20	태양열 이용 메탄 분해 수소 생산 반응기 개발 ..... 김하늘, 김종규 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실), 김학주(한국에너지기술연구원 탄소전환연구실), 이상남(한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실)	199
S2H-O-2 10:20~10:40	세륨 산화물 기반 태양열 열화학적 물분해의 효율화를 위한 계산과학 모델링 연구 동향 ..... 이규희*, 조현석(인하대학교 수소기반 기계시스템 키우리연구단), 이은상 <sup>†</sup> (인하대학교 기계공학과) * 신진과학자	200
S2H-O-3 10:40~11:00	태양광 에너지 및 탄소중립연료합성 에너지를 활용한 수소 생산 기술에 대한 특허 분석 및 글로벌 세계 동향 분석 ..... 최명재 <sup>‡</sup> , 이은상(인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 키우리연구단/인하대학교 기계공학과)	201
S2H-O-4 11:00~11:20	열화학 이단계 분해 싸이클 반응을 통한 물/이산화탄소 분해 탄소중립 연료 생산 연구 ..... 조현석 <sup>‡</sup> , 이규희, 이은상(인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 키우리연구단/인하대학교 기계공학과)	202

## Poster Session 1

일시 : 2023년 4월 19일(수)

장소 : 거문고A

### 태양광에너지 Photovoltaic Energy (PVE)

좌장 : 김창현(녹색에너지연구원), 이승재(한국기계전기전자시험연구원), 신우균(한국에너지기술연구원)

PVE-P-1	영농 고정형 태양광 시스템의 작물 종류에 의한 후면 일사량 변화 분석 ..... 정재성 <sup>†</sup> (한국전자기술연구원 신재생에너지연구센터), 정여원(파루, 기업부설연구소), 오수영(영남대학교 화학공학과), 김정희(한국중부발전 신재생사업처 태양광사업부), 손정민(전북대학교 토목/환경/자원에너지공학부)	205
PVE-P-2	파워 옵티마이저가 적용된 태양광발전시스템 직류 전로 사고 실증 ..... 조성구 <sup>†</sup> (한국전기안전공사 전기안전연구원)	206
PVE-P-3	메시지 브로커 기반 태양광에너지 거래 관리 시스템 환경 구축 ..... 배동규 <sup>†</sup> , 정규청(한국전자기술연구원)	207
PVE-P-4	태양광 발전량 예측을 위한 알고리즘 개발 ..... 박현수 <sup>†</sup> , 오성문, 정규청(한국전자기술연구원)	208
PVE-P-5	위치정보 및 발전량 기반의 태양광 고장진단을 위한 최근점 발전 개소 피어슨 상관계수 검출 기법 ..... 전준영 <sup>†</sup> , 김민국, 손명우, 김용현(한국광기술원 AI에너지연구센터)	209
PVE-P-6	태양광 고장 요소에 따른 I-V 곡선 패턴 분석 및 분류 ..... 신우균, 주영철, 황혜미, 고석환(한국에너지기술연구원 태양광연구실)	210
PVE-P-7	탄소중립을 위한 ICT연계형 수상태양광 시스템에서의 에너지 관리 전략 ..... 최성훈, 박동환, 안정훈 <sup>†</sup> (한국전자기술연구원)	211
PVE-P-8	120um급 부분공정 결정질 태양전지의 전/후면 전극에 따른 강도 특성에 관한 연구 ..... 임종록, 김필규, 한성민, 정태희, 김성원 <sup>†</sup> (한국산업기술시험원 신재생에너지기술센터)	212
PVE-P-9	태양광 모듈 전력 보상을 위한 마이크로컨버터 MPPT 제어 특성 연구 ..... 김주희(녹색에너지연구원 태양에너지연구실), 김지현(녹색에너지연구원 태양에너지연구실/전남대학교 광공학협동과정), 김창현 <sup>†</sup> (녹색에너지연구원 태양에너지연구실)	213
PVE-P-10	SCLC 방법을 사용한 하이브리드 페로브스카이트 박막의 결합 밀도 규명 ..... 윤시원, 이원종, 김선규, 한혜지, Adnan Muhammad, Zobia Irshad, 임종철 <sup>†</sup> (충남대학교 에너지과학기술대학원)	214
PVE-P-11	태양광발전소의 발전량 예측·제어 관리시스템의 설계 및 구축 ..... 김지현(전남대학교 광공학협동과정/녹색에너지연구원), 김주희, 김창현 <sup>†</sup> (녹색에너지연구원)	215
PVE-P-12	고출력 태양광 모듈의 레이아웃 및 배선 설계 ..... 김주희, 어승아(성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과), 임동건(한국교통대학교 전자공학과), 이재형 <sup>†</sup> (성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과)	216
PVE-P-13	페로브스카이트 광인성 향상을 위한 첨가물 작용기 역할 규명 ..... 이원종, 김선규, 윤시원, 한혜지, Adnan Muhammad, Zobia Irshad, 임종철 <sup>†</sup> (충남대학교 에너지과학기술대학원)	217
PVE-P-14	광전분석학을 이용한 정공전달층의 종류와 두께에 따라 달라지는 광량화 특성 증명 ..... 김선규, 이원종, 윤시원, 한혜지, Adnan Muhammad, Zobia Irshad, 임종철 <sup>†</sup> (충남대학교 에너지과학기술대학원)	218
PVE-P-15	열 해석을 통한 이종접합 태양광 모듈 출력 특성분석 ..... 함금희, 이재형 <sup>†</sup> (성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과), 임동건(한국교통대학교 전자공학과)	219
PVE-P-16	태양광 모듈의 실내 가속 복합 테스트 ..... 조영호(충북테크노파크 차세대에너지센터 태양광산업팀/한국교통대학교 전자공학과), 조용현, 김규광, 신연배(충북테크노파크 차세대에너지센터 태양광산업팀), 임동건 <sup>†</sup> (한국교통대학교 전자공학과)	220

PVE-P-17	실리콘 태양 전지의 터널 산화막 패시베이션 향상을 위한 열처리 방법 연구 ..... 221 김용진, 김도형, 이상희, 조윤애, 정경택, 박성은, 강민구, 송희은 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 태양광연구단)
PVE-P-18	온도에 따른 결정질 실리콘 태양전지 fill factor 손실 분석 ..... 222 이상희, 강민구, 송희은, 정경택, 강기환, 박성은 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 태양광연구단)
PVE-P-19	n-TOPCon 태양전지의 고효율화를 위한 전극프로세스 최적화 연구 ..... 223 조윤애 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 태양광연구단), 박준성(한국에너지기술연구원 태양광연구단/고려대학교 그린스쿨대학원), 김용진, 김도형, 이상희, 정경택, 강민구, 박성은, 송희은(한국에너지기술연구원 태양광연구단), 이해석(고려대학교 그린스쿨대학원)
PVE-P-20	co-evaporator증착 방식 FAPbI <sub>3</sub> 페로브스카이트 적용을 통한 차세대 고효율 태양전지 연구 ..... 224 정민지, 장효식 <sup>†</sup> (충남대학교 에너지 기술대학원)
PVE-P-21	p-TOPCon 태양전지 poly-Si층 표면결함 및 전하수송특성 연구 ..... 225 김도형 <sup>†</sup> , 김용진(한국에너지기술연구원 태양광연구단), 이민우(뉴사우스웨일즈대학교 태양광-재생에너지공학과/뉴사우스웨일즈대학교 재료공학과), 윤재성(뉴사우스웨일즈대학교 태양광-재생에너지공학과/서리대학교 전기전자공학과), 이상희, 임규현, 김문세, 박준성, 조윤애, 정경택, 박성은, 강민구, 송희은 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 태양광연구단)
PVE-P-22	페로브스카이트 태양전지의 입자 군집 최적화 알고리즘을 이용한 광 발광 이미지 분석 ..... 226 이재선(한국에너지기술연구원 태양광연구단/고려대학교 에너지환경대학원 신재생에너지학과), 김용진, 이상희, 배수현, 송희은, 강민구, 조임현, 김민진, 조윤애, 김도형, 정경택(한국에너지기술연구원 태양광연구단), 전용석(고려대학교 에너지환경대학원 신재생에너지학과), 박성은 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 태양광연구단)
PVE-P-23	노후 태양광 모듈의 견전성 및 위험도 평가방안 수립을 위한 현장진단 ..... 227 김근호, 양나래, 임철현 <sup>†</sup> (재)녹색에너지연구원
PVE-P-24	태양광 모듈의 구성 요소 별 누설 전류 분석 ..... 228 배수현 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 태양광연구단)
PVE-P-25	페로브스카이트 태양전지의 정공 전달 층에 적용 가능한 이온염 물질 연구 ..... 229 김문화(국립군산대학교 물리학과), 신종찬, 이민재 <sup>†</sup> (국립군산대학교 화학과), 양정엽 <sup>†</sup> (국립군산대학교 물리학과)
PVE-P-26	Multifunctional PDMS Films for Highly Efficient Perovskite and Organic Photovoltaics ..... 230 Hanbin Lee, Seungyeon Hong, Sunghub Lee, Hyo Jung Kim <sup>†</sup> (School of Chemical Engineering, Pusan National University)
PVE-P-27	Powder-based MAPbI <sub>3</sub> Perovskite Solar Cells Depending on the Antisolvent Types ..... 231 윤근영, 서효민, 김효정 <sup>†</sup> (School of Chemical Engineering, Pusan National University)
PVE-P-28	공기식 PVT 유로 벽면 타공을 적용한 PVT 유로 설계 ..... 232 김하성, 김현식(한국생산기술연구원 그린에너지나노연구그룹/한양대학교 기계공학부), 김영원 <sup>†</sup> (한국생산기술연구원 그린에너지나노연구그룹)
PVE-P-29	Wide-gap poly-SiO <sub>x</sub> Rear Emitter Material for Bifacial Four-terminal III-V//c-Si Tandem Devices ..... 233 Duy Phong Phama(Department of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University), Seungyong Hanb(Interdisciplinary Program in Photovoltaic System Engineering, Sungkyunkwan University), Minh Phuong Nguyen(School of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University), Hyun-Beom Shind, Ho Kwan Kangd(Korea Advanced Nano Fab. Center), Youngkuk Kime <sup>†</sup> , Junsin Yie <sup>†</sup> (College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University)
PVE-P-30	Ammonium Salt Additives for High Efficiency Vacuum Assist-perovskite Solar Cell in Ambient Air Process ..... 234 Kyungmin Lee, Hyo Jung Kim <sup>†</sup> (School of Chemical Engineering, Pusan National University)
PVE-P-31	피코초 레이저를 활용한 ITO 박막의 스크라이빙 ..... 235 김세웅, Vijay C. Karade, 송수민, 이상민, 조아라, 황인찬, 안승규, 김기환, 정인영, 유진수, 조준식, 안세진, 박주형, 신동협, 이아름, 곽지혜, 어영주 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 태양광연구단)
PVE-P-32	Anti-solvent Free Process p-i-n Perovskite Solar Cell using Alkyl Amines as Additive ..... 236 Sung Hun Lee, Hyo Jung Kim <sup>†</sup> (School of Chemical Engineering, Pusan National University)

PVE-P-33	Synchrotron x-ray GIWAXS Studied to Investigate the Alkylamine Ligands Effects on Metal-halide Perovskite Films .....	237
	Seungyeon Hong, Hyo Jung Kim <sup>†</sup> (School of Chemical Engineering, Pusan National University)	
PVE-P-34	금속산화물 기반의 고성능 투명 전극 및 전자파 차단 효과 .....	238
	조성원, 이정현, 김준동 <sup>†</sup> (인천대학교 전기공학과 차세대 에너지 융합 연구소)	
PVE-P-35	OMO 구조의 광투과적 특성 개선을 위한 Essential Macleod Program (EMP) 활용성 평가 .....	239
	최찬혁, 이정현, 김준동 <sup>†</sup> (인천대학교 전기공학과 차세대 에너지 융합 연구소)	
PVE-P-36	실내 조명에너지 및 전기에너지 절감을 위한 루버형 집광캐캐시스템의 최적 활용구조에 관한 연구 .....	240
	전용준(동의대학교 지속가능한 커뮤니티 연구소), 이재우, 박경순 <sup>†</sup> (동의대학교 건설공학부 건축공학전공)	
PVE-P-37	폐 태양광 셀로부터 HCI 반응 시간에 따른 실리콘 회수 연구 .....	241
	왕제필 <sup>†</sup> (부경대학교 융합소재공학부 금속공학전공/마린융합디자인공학과(첨단소재공학)), 김현종, 임종덕(부경대학교 금속공학과)	
PVE-P-38	Effect of Solder Flux on the Incidence of Hot Spots in the Resistive Solder Bond (RSB) during the Fabrication of Solar Module Circuitry .....	242
	Seungyong Han(Interdisciplinary Program in Photovoltaic System Engineering, Sungkyunkwan University), Yeonghyeon Cho(College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University), Sungbae Cho(Graduate School of Energy Science & Technology, Chungnam National University/SK Solar Energy), Youngkuk Kim(College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University), Koo Lee <sup>†</sup> (College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University/Graduate School of Energy Science & Technology, Chungnam National University), Junsin Yi <sup>†</sup> (College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University)	
PVE-P-39	Optimal Solar Cell Sorting Method for High Module Production Reliability .....	243
	Minseo Kim, Yong-Jin Kim, Yunae Cho, Sang Hee Lee, Do Hyung Kim, Min Gu Kang, Hee-eun Song, Kyung Taek Jeong, Sungeun Park <sup>†</sup> (Photovoltaics Research Department, Korea Institute of Energy Research)	
PVE-P-40	태양광 폐모듈의 자원순환 공정기술 연구 .....	244
	노청민 <sup>†</sup> , 황민, 임별이, 조승섭, 이도윤, 서광민, 윤대식((주)원광에스엔티)	
PVE-P-41	태양광 발전장치용 모듈단위 진단장치 개발 .....	245
	황민 <sup>†</sup> , 노청민, 임별이, 조승섭, 이도윤, 서광민, 윤대식((주)원광에스엔티)	
PVE-P-42	차양형 BIPV 적용에 따른 건물 내 일사저감 효과 분석 .....	246
	정진우(한국건설기술연구원 기획조정본부), 구보경 <sup>†</sup> (한국건설기술연구원 건축에너지연구소)	
PVE-P-43	M12 태양전지를 이용한 양면형 태양광모듈 개발 및 옥외설증 분석 .....	247
	김지현(전남대학교 광공학협동과정/녹색에너지연구원), 김주희(녹색에너지연구원), 김정훈((주)립선), 김창현(녹색에너지연구원)	
PVE-P-44	육상 재생에너지 개발사업의 친환경 입지를 위한 환경영향 분석 .....	248
	김교범, 박종운 <sup>†</sup> (한국환경연구원)	
PVE-P-45	보론 에미터 도핑 프로파일과 소성 조건에 따른 Ag/AI 전극의 상관관계 .....	249
	박준성(한국에너지기술연구원 태양광연구단/고려대학교 그린스쿨대학원), 조유애, 강민구, 박성은, 이상희, 김용진, 김도형, 정경택(한국에너지기술연구원 태양광연구단), 이해석(고려대학교 그린스쿨대학원), 송희은(한국에너지기술연구원 태양광연구단)	
PVE-P-46	갈륨 도핑된 p-PERC 태양전지 모듈의 광열화 현상 회복 과정 반응 동역학 연구 .....	250
	김수민 <sup>†</sup> (구미전자정보기술원 실감미디어기술연구센터)	
PVE-P-47	구조해석 모델을 활용한 대면적 태양광 모듈의 기계적 하중에 따른 태양전지 파손과 출력특성의 관계 .....	251
	노요한, 이재형 <sup>†</sup> (성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과)	

## 태양열융합 Solar Thermal Convergence (STC)

좌장 : 김종규(한국에너지기술연구원)

STC-P-1	고효율 DISH형 집광시스템을 활용한 발전시스템 연구 ..... 오재석 <sup>†</sup> , 신재호, 위광환((주)해모아에너지)	252
STC-P-2	다중효용확산 태양열증류기의 공급 열유속 및 유방에 따른 성능 분석 ..... 이가람*(과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템학과/한국기계연구원 탄소중립기계연구소 신에너지플랜트연구실), 임병주, 조성훈, 최석민(한국기계연구원 탄소중립기계연구소 신에너지플랜트연구실), 박창대 <sup>†</sup> (과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템학과/한국기계연구원 탄소중립기계연구소 신에너지플랜트연구실)	253
* 신진과학자		
STC-P-3	태양열 시스템의 배수시스템 ..... 임병주, 조성훈, 최석민(한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실), 이가람, 박창대 <sup>†</sup> (한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실, 과학기술연합대학원대학교 플랜트기계공학과)	254
STC-P-4	다중효용 태양열 담수기의 설계 및 성능 ..... 임병주, 조성훈, 최석민(한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실), 이가람, 박정대 <sup>†</sup> (한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실/과학기술연합대학원대학교 플랜트기계공학과)	255
STC-P-5	태양열 집열기를 이용한 유기랭크사이클용 1-kW 급 마이크로터빈 설계 및 성능해석 ..... 고웅준, 장우석(한국생산기술연구원 그린에너지나노연구그룹/한양대학교 기계공학부), 박자운, 김영원 <sup>†</sup> (한국생산기술연구원 그린에너지나노연구그룹)	256

## Poster Session 2

일시 : 2023년 4월 20일(목)

장소 : 거문고A

### 건물에너지설비 Building Energy System (BES)

좌장 : 김홍욱(에이블에너지), 김진희(공주대학교)

BES-P-1	환경 열교환기의 성능 향상을 위한 냉매측 유로 분배 최적화 연구 ..... 쉐흐리아 이샤크, 김만희 <sup>†</sup> (경북대학교 공학설계연구소)	259
BES-P-2	현희 기반 시제적성 개선을 위한 전기변색 스마트창의 빛환경 성능평가 실험 연구 ..... 이성주, 서영훈, 김동수, 윤종호(한밭대학교 건축공학과)	260
BES-P-3	Electrochromic Window (ECW) 적용에 따른 실내 온열환경 및 냉·난방 에너지 성능평가 연구 ..... 서영훈, 이성주, 윤종호, 김동수 <sup>†</sup> (한밭대학교 건축공학과)	261
BES-P-4	복사냉난방 통합형 광선반 시스템의 냉난방 에너지 소비량 평가 ..... 이규남 <sup>†</sup> (부경대학교 건축공학과)	262
BES-P-5	단독주택용 수소 연료전지 설치를 위한 전용실 설계에 관한 연구 ..... 정영선 <sup>†</sup> , 김용기(한국건설기술연구원 건축에너지연구소)	263
BES-P-6	알파벳을 활용한 실시간 빌딩 에너지 손실 추정에 관한 연구 ..... 김수연, 오재호 <sup>†</sup> , 허보량, 오지원(나노웨더)	264
BES-P-7	국내 지역별 기후에 따른 복사냉방시스템의 결로 해결을 위한 공급수 온도 설정 및 방열량 분석 ..... 신서희(가천대학교 설비소방공학과), 박세은(가천대학교 대학원), 정웅준 <sup>†</sup> (가천대학교 설비소방공학과)	265
BES-P-8	수배전반 시설 관리에 관한 어플리케이션 디자인 제안 ..... 박자형 <sup>†</sup> , 정규청(한국전자기술연구원)	266

### 제로에너지 건물 Zero Energy Building (ZEB)

좌장 : 김홍욱(에이블에너지), 김진희(공주대학교)

ZEB-P-1	에너지 자립형 스마트윈도의 에너지 흐름 분석 ..... 이현영 <sup>†</sup> , 배호준, 김서훈, 김정호, 박종빈(한국조명ICT연구원 그린에너지센터)	267
ZEB-P-2	서울지역 아파트 세대별 전력소비 패턴 및 발코니 태양광 설비의 발전량 분석 ..... 엄지영, 김용기 <sup>†</sup> (한국건설기술연구원 건축에너지연구소)	268

### 건축환경 Building Environment Engineering (BEE)

좌장 : 김홍욱(에이블에너지), 김진희(공주대학교)

BEE-P-1	육상태양광 개발사업의 토지이용효율성 분석에 관한 연구 ..... 박종윤 <sup>†</sup> (한국환경연구원 환경평가본부)	269
BEE-P-2	급기팬 운전 변화에 따른 발열 요인 분석 ..... 정우성(영남대학교 건축학부), 이진현(영남대학교 공업기술연구소), 이혜인(영남대학교 일반대학원 건축학과), 조영희 <sup>†</sup> (영남대학교 건축학부)	270
BEE-P-3	이코노マイ저 외기 온·습도 센서 결함에 따른 에너지 사용량 분석 ..... 김민호, 진산, 이찬욱, 장아민, 도성록 <sup>†</sup> (한밭대학교 설비공학과)	271

BEE-P-4	변풍량시스템의 급배기풍량에 따른 실내 압력 분석	272
	김경원(영남대학교 건축학부), 이진현(영남대학교 공업기술연구소), 조영희 <sup>†</sup> (영남대학교 건축학부)	
BEE-P-5	전기 히트펌프 시스템의 설정값 변화에 따른 낭방 에너지 소비량에 관한 실험적 연구	273
	김태양(영남대학교 건축학부), 김효준(영남대학교 공업기술연구소), 이한결(영남대학교 일반대학원 건축학과), 조영희 <sup>†</sup> (영남대학교 건축학부)	
BEE-P-6	자연형 태양열 수벽(Water-Wall) 시스템의 축열 및 난방에너지 절감효과 비교실험 연구	274
	송광현, 김민성, 서민혁, 김동수, 윤종호 <sup>†</sup> (한밭대학교 건축공학과)	

## 풍력에너지 Wind Energy Conversion (WEC)

좌장 : 김한기(한국에너지기술연구원), 전병욱(군산대학교)

WEC-P-1	머신러닝을 이용한 육상 풍력자원 예측 연구	275
	김민자(강원대학교 에너지인프라 융합학과 기계에너지시스템·환경공학전공), 백인수 <sup>†</sup> (강원대학교 에너지인프라 융합학과/메카트로닉스전공)	
WEC-P-2	설계 하중 조건을 고려한 100kW 급 풍력터빈 요(Yaw) 베어링 구조해석	276
	김석일, 황예찬, 전태수(강원대학교 에너지인프라 융합학과), 백인수 <sup>†</sup> (강원대학교 에너지인프라 융합학과/메카트로닉스전공)	
WEC-P-3	설계 하중 조건(Design Load Case)을 적용한 100 kW 중형풍력터빈 나셀 프레임 구조해석	277
	황예찬, 전태수(강원대학교 에너지·인프라융합학과), 백인수 <sup>†</sup> (강원대학교 에너지·인프라융합학과/메카트로닉스전공)	
WEC-P-4	풍력 블레이드용 카본 펄트루션 스파캡 적용을 위한 CFRP/GFRP 이종소재 층간분리 특성 분석	278
	이세진(군산대학교 기계공학과), 김학근(군산대학교 해상풍력연구원), 강기원 <sup>†</sup> (군산대학교 기계공학과)	
WEC-P-5	대구경 파일 효과를 고려한 해상풍력터빈 지지구조물의 세균 위험도 평가	279
	김영진(군산대학교 해상풍력연구원), 노덕부(군산대학교 해양산업공학과), 김동현 <sup>†</sup> (군산대학교 건축·해양건설융합공학부)	
WEC-P-6	해상풍력발전단지 유지보수 작업인력 수송선(CTV)의 강회학습 기반 충돌 회피	280
	김진균, 전해명, 노재규 <sup>†</sup> (군산대학교 조선해양공학과)	
WEC-P-7	열화상을 이용한 풍력 블레이드용 탄소섬유복합재료의 파손 거동 연구	281
	윤중훈, 박정완(군산대학교 기계공학과), 이상일 <sup>†</sup> (군산대학교 풍력에너지학과)	
WEC-P-8	5MW급 풍력 블레이드 공력 설계 및 해석 연구	282
	이용규, 박현범 <sup>†</sup> (군산대학교 기계공학부)	
WEC-P-9	M&S기반의 풍력발전기 화재 감시시스템	283
	최정일((주)무하기술), 주학림((주)티인테크놀로지), 박채영, 정준영(한국남동발전(주))	

## 신재생융합 Renewable Energy Convergence (REC)

좌장 : 김한기(한국에너지기술연구원), 전병욱(군산대학교)

REC-P-1	인젝터 훌 수에 대한 커먼레일 엔진의 배출가스 특성에 대한 실험적 연구	284
	조건영, 신윤찬, 임철현, 양나래((재)녹색에너지연구원), 조홍현 <sup>†</sup> (조선대학교)	
REC-P-2	기상 데이터 및 환경데이터를 활용한 LSTM 기반 태양광 발전량 예측 시스템	285
	유호균((주)에스제이정보통신), 하태진 <sup>†</sup> ((주)비온사이노베이터)	
REC-P-3	바이오디젤 생산을 위한 2종의 Oleaginous Microalgae의 직접-에스터전이반응 최적화	286
	김근호 <sup>†</sup> , 양나래((재)녹색에너지연구원)	
REC-P-4	공기식 태양광/열 집열기 내 비교일 삼각 단면을 갖는 난류 측진체에 의한 열전달 및 압력강하 성능 분석	287
	김성빈, 문광암(부경대학교 냉동공조공학과 대학원), 최휘웅(부경대학교 산학협력단), 최광환 <sup>†</sup> (부경대학교 냉동공조공학과)	

## 자원량평가 Renewable Energy Resources (RER)

좌장 : 김한기(한국에너지기술연구원), 전병욱(군산대학교)

RER-P-1	태양광 잠재량 시계열 변화특성 분석	288
	윤창열, 김진영(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실), 임덕오, 조상민(에너지경제연구원 재생에너지정책연구팀), 김현구, 강용혁 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실)	
RER-P-2	음영 면적을 고려한 고층 건물의 외벽 태양광 발전 잠재량 평가	289
	구지윤, 김채연(서울대학교 에너지시스템공학부), 박형동 <sup>†</sup> (서울대학교 에너지자원공학과/서울대학교 에너지자원신기술연구소)	
RER-P-3	탄소중립을 위한 경상남도 에너지 자립마을 선도모델 연구	290
	김수환(경상국립대학교 미래융복합기술연구소), 신승구, 박종성 <sup>†</sup> (경상국립대학교 에너지공학과)	
RER-P-4	일사량 및 수치예보 데이터 활용 태양광 발전량 예측 모델링	291
	이제현(한국에너지기술연구원 계산과학연구실), 윤창열 <sup>†</sup> , 오명찬, 김보영, 김현구, 강용혁(한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실)	

## 에너지저장 Energy Storage System (ESS)

좌장 : 김한기(한국에너지기술연구원), 전병욱(군산대학교)

ESS-P-1	배터리 내부 임피던스 계측을 통한 ESS 이상징후 사전 감지에 대한 연구	292
	추문식, 정종윤, 송성근, 안정훈(한국전자기술연구원)	
ESS-P-2	금속-고분자 라미네이트 실링 기술의 수분 투과도와 해수이차전지 수명 간 관계 연구	293
	김동준, 박정선 <sup>†</sup> (주식회사 포투원)	
ESS-P-3	귀금속 나노입자가 확산된 탄소나노월의 특성 분석	294
	김철수, 김강민(국립한밭대학교 전기공학과), 신규리, 김정현(국립한밭대학교 신소재공학과), 김도영(울산과학대학교 전기전자공학부), 최원석 <sup>†</sup> (국립한밭대학교 전기공학과)	
ESS-P-4	탄소나노섬유가 방사된 탄소나노월 전극의 특성 분석	295
	김강민, 김철수, 강현일, 최원석 <sup>†</sup> (국립한밭대학교 전기공학과)	
ESS-P-5	블루배터리 전극의 스페이서 유효 면적에 따른 충방전 성능 비교	296
	이채연, 서보석(제주대학교 환경공학과), 이동건(제주대학교 에너지화학공학과/한국에너지기술연구원 제주글로벌연구센터 해양융복합연구팀), 황규철(한국에너지기술평가원), 김한기 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 제주글로벌연구센터 해양융복합연구팀)	
ESS-P-6	블루배터리 단위 셀에서 유량에 따른 충방전 성능 비교	297
	서보석, 이채연(제주대학교 환경공학과), 이동건(제주대학교 에너지화학공학과/한국에너지기술연구원 제주글로벌연구센터 해양융복합연구팀), 황규철(한국에너지기술평가원), 김한기 <sup>†</sup> (한국에너지기술연구원 제주글로벌연구센터 해양융복합연구팀)	
ESS-P-7	배터리 이상징후 사전감지를 위한 계측기술	298
	임병주, 조성훈, 최석민(한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실), 이가람, 박창대 <sup>†</sup> (한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실/과학기술연합대학원대학교 플랜트기계공학과)	

## 태양수소에너지 Solar to Hydrogen (S2H)

좌장 : 김한기(한국에너지기술연구원), 전병욱(군산대학교)

S2H-P-1	수소 생성 광촉매 효율 향상을 위한 티타늄 퍼옥소/인 이종구조 설계 및 합성	299
	정낙현, 이제형 <sup>†</sup> (성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과)	
S2H-P-2	Type 4 비정형 복합재 수소압력용기의 점진적 파손 특성 평가	300
	전병욱*(군산대학교 복합재료연구센터), 김장혁(군산대학교 기계공학과), 최찬웅(재)자동차융합기술원, 강기원 <sup>†</sup> (군산대학교 기계공학과)	* 신진과학자

## 참가 및 등록안내

### 등록비 안내

- 학술대회 등록

사전 등록: 2023년 2월 15일(화) ~ 4월 3일(월)

현장 등록: 2023년 4월 19일(수) ~ 4월 21일(금)

- 참가비

구분	학생회원		회원(종신회원, 정회원)		비회원	
	사전등록	현장등록	사전등록	현장등록	사전등록	현장등록
연회비 납부자	120,000원	150,000원	190,000원	240,000원	300,000원	350,000원
연회비 미납자	150,000원	180,000원	250,000원	300,000원		

### 등록비 결제 안내

카드결제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학회홈페이지 학술행사 → 온라인등록 → 결제페이지 연결</li> <li>• 초록 등록 및 온라인등록 완료 후 마이페이지 → 결제 → 결제 대기 목록에서 결제</li> </ul>
계좌이체	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 은행명 : 우리은행</li> <li>• 계좌번호 : 126-433275-01-005 / 예금주 : 사단법인 한국태양에너지학회            * 기관명으로 입금할 경우 반드시 학회 이메일로 관련 정보를 알려주시기 바랍니다.            (solar@kses.re.kr)</li> </ul>

### 연락처와 홈페이지 안내

- (사)한국태양에너지학회 ([www.kses.re.kr](http://www.kses.re.kr))
- 주 소 : (우)30127, 세종특별자치시 한누리대로 249, 에스제이타워 804호(나성동)
- 전 화 : 044-864-1977, 팩스 : 044-864-1978, 전자우편 : [solar@kses.re.kr](mailto:solar@kses.re.kr)

## 주요 행사일정 및 장소

### ▣ 개회식 및 특별강연

- 일 시 : 2023년 4월 20일(목) 13:00-14:20
- 장 소 : 거문고B
- 대 상 : 2023 춘계학술발표대회 등록자, 한국태양에너지학회 회원 및 일반인

### ▣ 한국태양에너지학회 이사회

- 일 시 : 2023년 4월 20일(목) 17:40-18:30
- 장 소 : 가야금D
- 대 상 : 한국태양에너지학회 이사진

### ▣ 워크숍(태양열융합)

- 일 시 : 2023년 4월 19일(수) 14:30-16:00
- 장 소 : 거문고B
- 대 상 : 태양열융합분야에 관심있는 회원 및 일반인

### ▣ 특별세션-1(VPP기술)

- 일 시 : 2023년 4월 19일(수) 14:30-16:00
- 장 소 : 가야금C
- 대 상 : VPP(Virtual Power Plant) 기술에 관심있는 회원

### ▣ 특별세션-2(산업공정열)

- 일 시 : 2023년 4월 20일(목) 10:00-11:30
- 장 소 : 거문고B
- 대 상 : 태양열 이용 산업공정 열공급 분야에 관심있는 회원 및 일반인

### ▣ 특별세션-3(에너지정책 및 기업기술)

- 일 시 : 2023년 4월 20일(목) 14:30-17:00
- 장 소 : 가야금D
- 대 상 : 에너지정책 및 기업기술에 관심있는 회원 및 일반인

### ▣ 청년 실무능력강화 I (표준일사랑 교육)

- 일 시 : 2023년 4월 19일(수) 14:00-15:00
- 장 소 : 가야금A
- 대 상 : 신진과학자, 대학원생 및 청년 취업·창업 희망자

### 청년 실무능력강화II (ChatGPT 활용 실습)

- 일 시 : 2023년 4월 19일(수) 15:00-16:00
- 장 소 : 가야금A
- 대 상 : 신진과학자, 대학원생 및 청년 취업·창업 희망자

### 대학원생 지원 강좌(태양수소교육)

- 일 시 : 2023년 4월 19일(수) 16:30-17:30
- 장 소 : 가야금B
- 대 상 : 대학원생 및 청년 취업·창업 희망자

### 신진과학자 학술발표대회

- 일 시 : 2023년 4월 19일(수) - 4월 21일(금)
- 장 소 : 더케이호텔
- 대 상 : 태양에너지를 연구하는 신진과학자

### 기업전시 및 상담

- 일 시 : 2023년 4월 19일(수) - 4월 21일(금)
- 장 소 : 거문고A 내
- 대 상 : 2023 춘계학술발표대회 등록자, 한국태양에너지학회 회원 및 일반인

### 학회등록자 중식

- 일 시 : 2023년 4월 20일(목) 12:00-13:00
- 장 소 : 더케이호텔 1층(서라벌)
- 대 상 : 2023년 춘계학술발표대회 등록자

### 만찬(Banquet)

- 일 시 : 2023년 4월 20일(목) 18:30-
- 장 소 : 거문고B
- 대 상 : 한국태양에너지학회 임원, 2023 춘계학술발표대회 등록자

### 폐회식

- 일 시 : 2023년 4월 21일(금) 11:40-12:30
- 장 소 : 거문고B
- 대 상 : 2023 춘계학술발표대회 등록자, 한국태양에너지학회 회원 및 일반인

## 구두 및 포스터 발표 안내

### ▣ INVITED SESSION

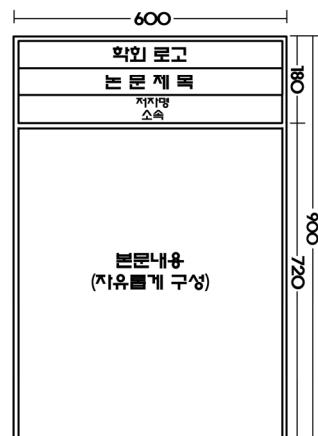
- 발표 시간 : 25분(발표 20분, 질의 · 응답 5분) ※ 분과별로 발표시간은 조정될 수 있음.
- 시청각 기자재 : 빔 프로젝트
- 요청 사항 : 발표자는 발표파일을 USB메모리로 지참하여 해당 발표세션 전 휴식시간에 발표장 컴퓨터에 파일을 복사한 후, 정상적으로 화면에 보이는지 확인 요망

### ▣ ORAL SESSION

- 발표 시간 : 15분(발표 10분, 질의 · 응답 5분) ※ 분과별로 발표시간은 조정될 수 있음.
  - 시청각 기자재 : 빔 프로젝트
  - 요청 사항 : 발표자는 발표파일을 USB메모리로 지참하여 해당 발표세션 전 휴식시간에 발표장 컴퓨터에 파일을 복사한 후, 정상적으로 화면에 보이는지 확인 요망
- ※ 구두발표부문 우수발표상 평가 실시

### ▣ POSTER SESSION

- 발표 장소 : 더케이호텔 거문고A홀
- 포스터 규격 : 600\*900(예시를 참조하여 작성)
- Poster 시상 : 정해진 시간내에 게시한 모든 포스터에 대해서 서면평가를 통해 선정시상함.  
※ 포스터발표부문 우수포스터상 평가를 실시
- Poster check-in(포스터 체크인 및 부착) :
  - (태양광에너지 및 태양열융합 세션) 4월 19일(수) 12:00 ~ 15:00 까지 / 포스터 전시장내 (거문고A)
  - (태양광에너지 및 태양열융합 외 세션) 4월 19일(수) 18:00 ~ 20일(목) 10:30 까지 / 포스터 전시장내 (거문고A)  
※ 발표자 혹은 공동저자가 체크인데스크에서 확인 후, 포스터를 부착함.
  - ※ 접수번호가 아닌 프로그램북에 배정된 세션별 논문번호를 확인 후 부착함.
  - ※ 부착된 모든 포스터는 제거 시각까지 부착되어 있어야 함.
- Poster presentation(포스터 발표) :
  - (태양광에너지 및 태양열융합 세션) 4월 19일(수) 16:00 - 16:30
  - (태양광에너지 및 태양열융합 외 세션) 4월 20일(목) 11:30 ~ 12:00  
※ 지정된 포스터 발표자가 배석하여 연구자들과 질의응답을 진행함.
- Poster removal(포스터 제거) : 4월 21일(금) 11:40까지  
※ 부착된 모든 포스터를 제거하여야 하며, 기한내에 제거하지 않은 포스터는 임의로 폐기함.



\*포스터 규격 예시

## 좌장 및 발표자 숙지사항

### 좌장

- ① 담당분야의 시간과 발표장을 확인해 주십시오.
- ② 발표시작 10분전까지는 발표장에 입실해 주십시오.
- ③ 발표자들이 모두 참석했는지 발표시간 전에 확인해 주십시오.
- ④ 발표시간은 질의응답 5분 포함 초청강연 총 25분, 일반구두 총 15분입니다.  
(세션별 발표시간이 다를 수 있으므로 프로그램북을 확인해주세요.)
- ⑤ 발표시작 전 채점표를 확인해 주십시오.
- ⑥ 종료시간을 알리는 종은 발표종료 3분 전 한 번, 종료 시 두 번 종을 울리십시오.
- ⑦ 두 번째 종소리 후에는 발표를 종료시켜 주십시오.

### 초청강연자

- ① 발표분야, 발표장 및 시간을 확인해 주십시오.
- ② 발표 시작 10분전까지는 발표장에 입실해 주십시오.
- ③ 발표파일을 USB메모리로 지참하여 해당 발표세션 전 휴식시간에 발표장 컴퓨터에 파일을 복사한 후, 정상적으로 화면에 보이는지 확인하시기 바랍니다. 개인 노트북도 사용 가능하나 휴식시간 중에 미리 연결하여 확인하시기 바랍니다.

### Oral 발표자

- ① 발표분야, 발표장 및 시간을 확인해 주십시오.
- ② 발표 시작 5분전까지는 발표장에 입실해 주십시오.
- ③ 발표시간은 총 15분이고 10분 발표 5분 질의·응답입니다.  
(세션별 발표시간이 다를 수 있으므로 프로그램북을 확인해주세요.)
- ④ 종료시간을 알리는 종은 발표종료 3분 전 한 번, 종료 시 두 번 종을 울립니다.
- ⑤ 두 번째 종소리 후에는 곧 발표를 종료하여 주십시오.
- ⑥ Oral 발표 기자재는 "빔 프로젝트"와 "레이저포인터"입니다.
- ⑦ 발표파일을 USB메모리로 지참하여 해당 발표세션 전 휴식시간에 발표장 컴퓨터에 파일을 복사한 후, 정상적으로 화면에 보이는지 확인하시기 바랍니다. 개인 노트북도 사용 가능하나 휴식시간 중에 미리 연결하여 확인하시기 바랍니다.

### Poster 발표자

- ① Poster Check-in, Presentation 시간을 확인해 주십시오.
- ② 발표장소는 2F 거문고A이며, 태양광에너지 및 태양열융합 세션의 경우 4월 19일(수) 12:00 ~ 19(수) 15:00, 태양광에너지 및 태양열융합 외 세션의 경우 4월 19일(수) 18:00 ~ 20일(목) 10:30 사이에 포스터 부착을 완료 하여주시기 바랍니다.
- ③ 포스터 규격(600×900)과 홈페이지에 제시된 양식을 준수해 주시고, 프로그램북에 배정된 세션별 논문번호를 확인 후, 해당되는 판넬에 부착해 주십시오.

## 발표장 안내도

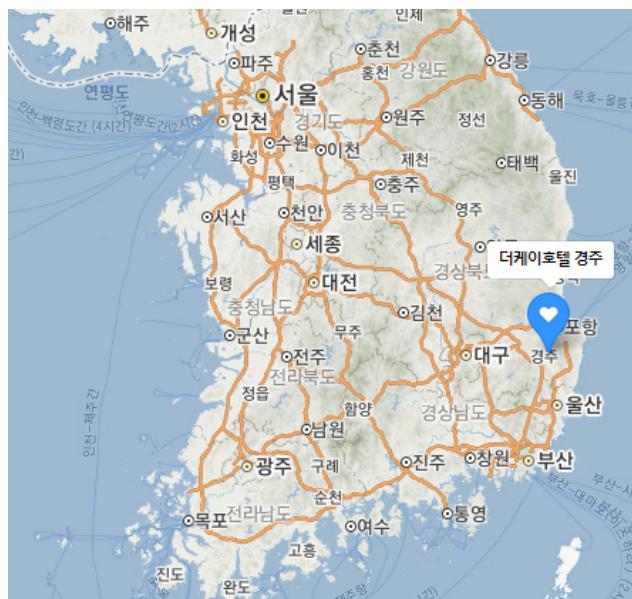


The K Hotel 2F

### ▣ 행사장 안내 : 거문고A~B, 가야금A~D

- 거문고A: 포스터 발표, 전시회 부스
- 거문고B: 구두 발표, 개회식 및 폐회식
- 가야금A~D: 구두 발표

## 더케이호텔 오시는 길



<b>주소</b>	경상북도 경주시 엑스포로 45 (우38116)
<b>전화</b>	사무실 : 054-745-8100 FAX : 054-748-8563
<b>홈페이지</b>	<a href="https://www.thek-hotel.co.kr/gjmh/">https://www.thek-hotel.co.kr/gjmh/</a>

### bus 주변버스

- 일반 16 (밀레니엄파크) 16 (밀레니엄파크, 경주월드) 16 (북군동, 상리마을) 16 (상리마을, 북군동)
- 좌석 18 (경주역, 경주월드, 소방서) 18 (경주월드) 700 (경주역, 안암지)  
700 (경주역, 안암지, 불국사, 경주월드, 안암지, 경주역)

### car 자가용

출발지	소요시간	경로
서울	3시간 40분	서울 → 경부고속도로 → 청주IC → 당진영덕고속도로 → 낙동JCT → 상주영천고속도로 → 영천JCT → 경부고속도로 → 경주IC → 서라벌대로 → 보문로 → 더케이호텔경주
부산	1시간	부산 → 경부고속도로 → 경주IC → 서라벌대로 → 보문로 → 더케이호텔경주
대구	1시간	대구 → 경부고속도로 → 경주IC → 서라벌대로 → 보문로 → 더케이호텔경주
대전	2시간 30분	대전 → 경부고속도로 → 대구 → 경주IC → 서라벌대로 → 보문로 → 더케이호텔경주
광주	4시간	광주 → 광주대구고속도로 → 중부내륙고속도로 → 금호IC → 경부고속도로 → 경주IC → 서라벌대로 → 보문로 → 더케이호텔경주

### 대중교통

- 경주고속버스터미널 건너 승강장에서 좌석버스 710번, 100번, 일반버스 10번 이용하여 힐튼호텔 앞 하차. 도보 5분거리
- KTX 신경주역 → 좌석버스 710번, 700번 이용하여 더케이호텔경주 앞 하차(약 40분소요)

운행구간	첫차	막차	배차시간	소요시간
서울 → 경주	06:10	23:55	1시간	3시간 40분
부산 → 경주	08:30	22:30	1시간 30분	50분
대구 → 경주	04:30	23:05	20분	1시간
대전 → 경주 (동대구 환승)	06:30	20:40	50분	2시간 30분
광주 → 경주	09:45	16:50	3시간	3시간 20분

### 학회 지정 숙박 안내

No.	호텔명	전화번호	주소
1	더케이호텔 경주	02-526-9666	경상북도 경주시 엑스포로 45
2	소노벨 경주	1588-4888	경상북도 경주시 보문로 402-12
3	코모드 호텔	054-740-8100	경상북도 경주시 보문로 422
4	힐튼 호텔	054-745-7788	경상북도 경주시 보문로 484-7

# Special Session

VPP 기술, 태양열 융합 산업공정열, 에너지정책 및 기업기술





VPP-S-1

# 분산에너지자원의 전력망 연계를 위한 가상발전소 기술현황과 제도개선에 관한 연구

## Virtual Power Plant Technology for System Integration of Distributed Energy Resources into Power Grid and its Institutional Improvement

신기열<sup>\*†</sup>, 정모<sup>\*\*</sup>Kyeol Shin<sup>\*†</sup>, Mo Chung<sup>\*\*</sup><sup>\*</sup>영남대학교 기계공학부, <sup>\*\*</sup>주식회사에이원엔지니어링

**Abstract :** 재생에너지 보급이 확대되고 분산발전용량이 증가함에 따라 계통운영의 안정성에 미치는 영향요소가 증가하고 있고 이에 대한 대응 기술의 개발이 시급한 시점이다. 분산발전의 증가에 따른 계통운영에서 대응기술의 한계와 유연성자원에 의한 잉여전력의 활용기술이 부재한 상태에서 발생한 문제점이다. 특히 제주도와 같이 준 독립계통망에서 과도한 재생에너지 발전출력은 계통한계에 영향을 주고 급기야 출력제한 조치로 인해 분산발전사업자와 전력계통 운영자 모두에게 문제가 되고 있다. 다양한 분산발전원의 계통연계기술은 변동성과 안정성을 고려하여 부하변동과 연동하여 운영하는 등 실시간 변동성에 대응하기 위한 고도의 운영기술이 필요하다. 본 연구에서는 다수의 분산에너지자원의 전력계통연계 운영기술인 가상발전소의 기술현황과 국내 적용을 위한 한계점과 해결방안을 제시하고자 한다. 최근 재생에너지 발전량 예측제도 도입으로 출력변동성에 대응하고 계통운영의 안정성에 기여하고자 노력하고 있다. 하지만 분산전원 집합체에 의한 가상발전소 운영기술을 실현하기 위해서는 다양한 요소기술과 제도적 검토가 필요하다. 기상예측, 발전출력예측, 부하변동량 예측, 수요관리, 계통용량 및 주파수 등의 전력품질관리 등의 기술개발과 실시간 전력단가 변동, 계측 데이터의 관리와 보안정책 등의 제도적 개선방안도 필요할 것이다. 탄소중립의 목표달성과 국가전력수급계획에는 분산자원 발전량에 대한 목표와 함께 운영기술의 고도화와 다양한 제도적 개선도 병행하여야 할 것이다.

**Key Words :** 재생에너지(Renewable energy), 분산에너지자원(Distributed energy resources), 전력계통연계(Power system integration), 가상발전소(Virtual power plants), 제도개선(Institutional limitations)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: shinky@ynu.ac.kr

### 후기

이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (2021202090056B, ② 에너지 회수 향상 및 온실가스 저감을 위한 융복합 기술개발 및 실증 연구).

## 제주 지역 신재생에너지 출력제한을 방지하기 위한 융합형 VPP 플랫폼 개발 방안

### Method for Development of Mixed Virtual Power Plant Platform to Prevent the Curtailment of Renewable Energy Sources in Jeju Island

김병기<sup>\*†</sup>, 유경상\*, 김대진\*, 남양현\*, 윤승진\*, 김찬수\*

Byungki Kim<sup>\*†</sup>, Kyung-Sang Ryu\*, Dae-Jin Kim\*, Yang-Hyun Nam\*,  
Seung-Jin Yoon\*, Chan-Soo Kim\*

\*한국에너지기술연구원 전력시스템연구팀

**Abstract :** 제주의 경우, ‘20년 기준 재생에너지 출력 제한으로 인한 손실이 34억 원(19.4GWh)으로 추산됨 제주의 출력 제어로 인한 손실은 ’34년까지 기하급수적으로 증가해 5,100억 원(2,931GWh) 상당의 전기를 생산하지 못할 것이라는 전망이 나와 국가 차원의 대책 마련이 시급한 상황이다. 또한, 장기적으로는 소규모 중개거래시장에 DR(Demand Response), ESS(Energy Storage System) 등 수요자원이 참여하는 형태의 융합형 VPP 시장이 확대 운영될 것으로 전망됨에 따라 향후 PBP(Price Based Pool) 시장에 대응할 기술이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 다수의 VPP를 계통자원화하고 로컬계통을 방사상으로 운영할 수 있는 융합형 VPP 기술의 개발방안을 제안하다. 구체적으로 제주지역의 변전소단위 계통입지 및 지역/선로별 유연자원 적합도 분석으로 융합형 VPP 적합도 평가기술 개발을 수행하고, 재생에너지 및 DER(Distributed Energy Resource) 자원의 Best-Mix 방안을 도출하여 재생에너지 출력제한 절감효과를 가져올 수 있는 방안을 제시한다.

**Key Words :** 가상발전소(Virtual Power Plant), 신재생에너지(Renewable Energy Source), 출력제한(Curtailment), 分  
산형에너지(Distributed Energy Resource), 수요반응(Demand Response)

<sup>†</sup>Corresponding author, E-mail: bk\_kim@kier.re.kr

#### 후 기

본 연구는 2023년도 한국에너지기술연구원 기본사업(C3-2416-01)과 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No.20213030160080).

VPP-S-3

# 재생에너지 출력제어 저감을 위한 배전용 ESS의 응용방안

## Application of Distribution ESS for Reducing Renewable Energy Curtailment

유경상<sup>\*†</sup>, 김찬수\*, 김병기\*, 김대진\*, 남양현\*, 윤승진\*

Kyung-Sang Ryu<sup>\*†</sup>, Chan-Soo Kim\*, Byungki Kim\*, Dae-Jin Kim\*,

Yang-Hyun Nam\*, Seung-Jin Yoon\*

한국에너지기술연구원 전력시스템연구팀

**Abstract :** 대규모 발전소 및 송전선로 건설 관련 사회적 갈등 및 비용 증가로 수요지 인근에서 생산하는 분산에너지 공급에 대한 요구가 확대되고 있으나 변동성 재생에너지 증가는 전력계통의 불안정성을 증가시키고 안정적인 전력 수급에 문제를 야기 시킨다. 특히 제주도는 재생에너지 비중이 높아짐에 따라 출력제한 횟수가 2015년 3회에서 2022년 132회(풍력:104회, 태양광: 28회)로 가파른 증가 추세를 보이고 있으며 발전비중 또한 20%를 넘어서고 있다. 재생에너지 보급단계별 대책 및 필요사항을 제시한 IEA 보고서에 따르면 2020년 제주는 이미 전력계통 영향 3단계로 재생에너지 변동성 및 초과발전에 대한 대책이 필요한 상황으로 가상발전소, 에너지저장장치, 섹터커플링 기술 등 다양한 방안에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 재생에너지의 출력제한을 줄이기 위한 방안으로 에너지저장장치의 응용 방안을 제시한다. 즉, 에너지저장장치를 변전소, 부하, 재생에너지 인근에 설치하여 출력저감을 실행하고 있는 현재의 운영방안을 달리하여 선로의 특정점에 연계하여 최소한의 용량으로 효과를 극대화 할 수 있는 방안을 제시하고 시뮬레이션을 통해 그 효과를 입증한다.

**Key Words :** 에너지저장장치(Energy storage system), 재생에너지(Renewable energy), 배전계통(distribution system) 출력제어(Curtailment), 가상발전소(Virtual power plant)

<sup>†</sup>Corresponding author, E-mail: ksryu@kier.re.kr

### 후 기

본 연구는 2023년도 한국에너지기술연구원의 기본사업을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다(과제번호 : C3-2416-01).

## 비계량 태양광을 고려한 제주도 전력부하 예측

### Electricity Load Forecasting in Jejudo Considering Behind-the-Meter Photovoltaics

김현구<sup>\*†</sup>, 김창기\*, 김진영\*, 오명찬\*, 김병기\*\*

Hyun-Goo Kim<sup>\*†</sup>, Chang Ki Kim\*, Jin-Young Kim\*,

Myeongchan Oh\*, Byong-Ki Kim\*\*

\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실, \*\*한국에너지기술연구원 전력시스템연구팀

**Abstract :** 전력계통의 안정적이고 효율적인 운영을 위해서는 부하예측(Load Forecasting)이 필요하다. 지난 수년간 신재생에너지 보급확대 정책에 의해 전력거래에 참여하는 태양광 발전소뿐만 아니라 비계량(BTM; Behind-the-Meter) 소규모 태양광 설비가 급격하게 증가하였다. 비계량 발전량은 전력부하를 왜곡시키는 주요요인 중 하나이며 이른바 덕커브(Duck Curve) 현상과 같이 부하예측의 불확실성을 유발한다. 따라서 전력 부하예측에 비계량 요인을 편히 포함시켜야 한다. 본 연구에서는 제주도 전력부하 시계열(Time-Series) 자료를 이용하여 비계량 태양광 포함여부에 따른 예측능력의 민감도를 분석하고자 한다. 전력부하 예측은 일반화가법모델(GAM, Generalized Additive Model)을 사용하였고 기온의 영향과 주중 및 주말의 패턴을 구분하였다.

**Key Words :** 태양광 발전(Photovoltaic), 비계량(Behind-the-meter), 부하예측(Load forecasting), 시계열 (Time-series), 일반화가법모델(GAM; Generalized Additive Model)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: hyungoo@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국에너지기술연구원 주요사업으로 수행한 결과입니다. (과제번호 : C3-2416)

VPP-S-5

# 제주지역 출력제한 해결을 위한 태양광 예보 기술 개발

## Development of Solar Power Forecast for Resolving Curtailment in Jeju Island in Korea

김창기<sup>\*†</sup>, 김현구\*, 강용혁\*, 김진영\*, 김병기\*\*

Chang Ki Kim<sup>\*†</sup>, Hyun-Goo Kim, Yong-Heack Kang\*,

Jinyoung Kim\*, Byung-Ki Kim\*\*

\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실, \*\*한국에너지기술연구원 JGRC 전력연구팀

**Abstract :** 신재생 발전설비의 급격한 보급과 함께 수요·공급간 전력 불균형은 제주 지역에 전력 공급자에게 출력제한을 요구하는 상황이 발생하고 있다. 이를 해결하기 위하여 가상발전소 (Virtual Power Plant) 사업자 등을 통해 신재생 발전설비 규모를 증가시켜 전력 수요 및 공급 관리를 용이하게 하고 있다. 그러나 전력 수요·공급간 균형은 발전 계획에 따라 하루 전 시장에 의하여 최소 24 시간 이전에 확정이 되어야 한다. 따라서 전력 수요 및 공급에 대한 예보 기술의 필요성이 높아지고 있는 실정이다. 한국에너지기술연구원에서는 하루 전 시장에 대하여 최소 24 시간 이전에 전력 공급 즉, 태양광 발전량 예보 기술을 개발하여 기초 데이터로서 제공을 모색하고 있다. 태양광 발전량은 구름 및 강수현상에 민감하므로 지역적 특성에 영향을 받는다. 따라서 Site Adaptation과 같은 지역적 특성을 반영할 수 있는 기술이 적용되어야 하고 예보 시간이 증가함에 따라 예보 오차가 증가하기 때문에 이를 완화시킬 수 있는 양상을 예보 기술도 필요하다. 본 발표에서는 이러한 기술에 대해서 소개하고자 한다.

**Key Words :** 출력제한 (Curtailment), 태양광 발전량 (Solar Power Forecast), 앙상블 예보 (Ensemble Forecast), 가상 발전소 (Virtual Power Plants)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: ckkim@kier.re.kr

### 후기

본 연구는 한국에너지기술연구원 주요사업(C3-2416-02)으로 수행한 결과입니다.

## 풍력자원 특성을 고려한 풍력 공급량 예측 기술 개발

### Development of Wind Energy Prediction Technique Considering Characteristics of Wind Resources

김진영<sup>\*†</sup>, 김현구\*, 황수진\*, 김창기\*, 오명찬\*, 김건훈\*, 윤창열\*, 강용혁\*

Jin-Young Kim<sup>\*†</sup>, Hyun-Goo Kim\*, Su-Jin Hwang\*, Chang Ki Kim\*,

Myeong-Chan Oh\*, Keun-hoon Kim\*, Changyeol Yun\*, Yong-Heack Kang\*

\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실

**Abstract :** 제주도는 에너지원중에서 재생에너지 발전비중이 2016년 9.3%, 2020년 16.2%, 2022년 18.31% 높아졌으며 이 중 50% 이상이 풍력에너지이다. 풍력에너지는 변동성이 큰 발전원으로, 출력변동률은 5분 단위 20% 수준, 1시간 단위 30% 수준에 이른다고 한다. 실제 제주도의 출력제한은 지속적으로 증가하고 있으며 이를 해결하기 위한 변동성이 큰 풍력공급원을 수용할 수 있는 유연성 있는 계통 운영 및 계획이 시급한 실정이다. 본 연구에서는 변동성 풍력자원의 특성을 고려한 예측 기술 개발 전략을 소개하고자 한다. 사실 전력거래시장의 예보구간에 따라 예측모델의 구성은 달라지는데, 학술대회에서는 하루 전 수요-공급의 불균형 및 변동성 위험 여부를 판단할 수 있도록 풍력 발전량과 변동성 예측 사례를 제시할 예정이다.

**Key Words :** 풍력발전(Wind power), 하루 전 예측(Day-ahead prediction), 발전량 예측(Power prediction), 변동성 예측(Ramp prediction)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jinyoung.kim@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 기본사업(C3-2416-02)을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다.

STC-S-1

# 산업공정용 열공급을 위한 태양열 융합 열공급시스템 개발 및 스마트 O&M시스템 구축 기술개발

## Development of Solar Thermal Convergence System and Smart O&M System for Industrial Process Heat

박종일<sup>\*†</sup>, 노상양\*, 우상준\*

Jongil Park<sup>\*†</sup>, SangYang Lho\*, Sangjun Woo\*

\*(주) 에스앤지에너지

**Abstract :** 건물부문에 이어 산업공정에도 전기화가 확대되고 있다. 전기를 이용한 열생산은 전환손실로 인해 비효율적이다. 온실가스를 감축하기 위해서는 태양열설비와 같이 열을 직접 생산하고 소비와 매칭해야 한다. 국내 태양열 시장은 저온용 시장이 대부분이며, 중고온용 시장은 거의 없는 상태이다. 사용처도 건물 급탕용이 대부분이며 산업용은 미미하다. 태양열설비에 대한 신뢰성 제고를 위한 O&M시스템 구축도 중요하다. 이에 산업공정용 중고온 열 수요 대체를 위해 120~180 °C 수준의 집열이 가능한 고효율 태양열 집열기와 열저장 기술 개발, 태양열과 히트펌프 융합 열공급 시스템과 스마트 O&M기술 개발을 통한 비지니스 모델화에 대하여 논하고자 한다.

**Key Words :** 산업공정열(Industrial process heat), 열공급시스템(Thermal energy supply system), 태양열(Solar heat), 히트펌프(Heat pump), 스마트운영유지(Smart operation and maintenance)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: sng@g-sng.kr

### 후 기

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.  
(과제번호 : 20220810100020).

# 태양열-히트펌프 융합 산업공정열 공급시스템 설계 및 경제성 분석

## Design and Economic Analysis for Industrial Process Heat Supply System with Solar Assisted Heat Pump Convergence

임병주\*, 조성훈\*, 최석민\*, 이가람\*,\*\*, 박창대\*,\*\*,†

Byung-Ju Lim\*, Sung-Hoon Cho\*, Seok-Min Choi\*,

Ga-Ram Lee\*,\*\*, Chang-Dae Park\*,\*\*,†

\*한국기계연구원, 고효율에너지기계연구본부, 신에너지플랜트연구실,

\*\*과학기술연합대학원대학교, 플랜트기계공학과

**Abstract :** 국내 제조 공정에 사용되는 에너지 중 열에너지의 비율이 가장 높다. 그리고 열에너지의 대부분은 화석연료로부터 얻기 때문에 탄소 배출이 심각한 상황이다. 신재생에너지와 히트 펌프 기술을 융합하면 열에너지 공급을 위한 화석연료 비율을 낮출 수 있어 친환경적인 열공급시스템 확보가 가능하다. 본 연구는 기존 0.5 톤/h급 보일러로 열에너지를 확보하고 있는 산업공정을 히트 펌프 융합 열공급시스템으로 대체하기 위한 융합 시스템을 설계하고 이에 대한 타당성 확보를 위해 TRNSYS로 검증을 하였다. 그리고 산업공정의 열부하가 정해졌을 때 히트펌프의 사양, 태양열 집열기 수, 축열조 크기 등을 최적화하기 위해 화석연료 의존율과 투자 회수 기간을 도출하였다. 경제성 분석 결과 융합 시스템의 투자 회수 기간은 평균 2.4년이며, 기존 대비 60,000천 원/년의 운영비를 절감할 수 있을 것으로 보인다.

**Key Words :** 태양열 에너지(Solar thermal energy), 히트펌프(Heat Pump), 산업공정열(Industrial Process Heat), 융합 Convergence

† Corresponding author, E-mail: parkcdae@kimm.re.kr

### 후기

본 연구는 산업자원통상부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20220810100020, 20213030160040).

STC-S-3

# 산업공정용 태양열 히트펌프 융합 열공급시스템의 설계 플랫폼 개발

## Development of Design Platform of Solar Thermal Supply System Integrated with Heat Pump for Industrial Process

조성훈\*, 이가람\*\*, 최석민\*, 임병주\*, 박창대\*,\*\*†

Sung-Hoon Cho\*, Ga-Ram Lee\*\*, Seok-Min Choi\*,

Byung-Joo Lim\*, Chang-Dae Park\*,\*\*†

\*한국기계연구원 고효율에너지기계연구본부 신에너지플랜트연구실,

\*\*과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템

**Abstract :** 신재생에너지 중 태양열은 70°C 이상의 열을 공급할 수 있기 때문에 냉난방, 온수 공급뿐만 아니라 산업공정에도 이용될 수 있다. 그러나 태양열은 일사량 변동으로 인한 안정적 열공급이 어려운 문제가 있다. 태양열 시스템의 이러한 한계를 극복하기 위한 방안으로 태양열과 히트펌프를 융합하여 산업공정에 열을 공급하는 연구를 하고 있다. 산업공정용 태양열 히트펌프 융합시스템은 수요처의 설계 조건에 따라 적합한 설계는 크게 달라진다. 또한 이러한 설계 사양에서 도출된 경제성이 기존 열공급 설비나 경쟁기술과의 경제성보다 우위에 있도록 설계가 이루어져야 한다. 하지만, 수요처에 따라 설계 조건(기존 열공급설비 사양, 열부하량, 필요 온도, 가용 부지 면적, 일사량, 폐열 유무 등)은 매우 달라지고 이러한 다른 조건들마다 최적 공정설계를 하는 것은 많은 시간과 자원이 소모된다. 따라서, 수요처의 조건이 결정되면 신속히 최적 공정을 설계할 수 있도록 하는 설계 플랫폼 개발이 필요하다. 설계 플랫폼은 경제성 분석 결과까지 도출하기 위하여 기후 및 설비 사양 데이터뿐만 아니라 각 구성품의 비용 데이터베이스(DB)를 포함한다. 최종적으로는 ROI(Return on Investment), Payback time, LCOH(Levelized cost of heat), 탄소저감량 등 다양한 경제성 지표에서 다른 열공급시스템들과 비교 분석하여 최적의 공정 설계를 수행한다. 본 논문은 이러한 설계 플랫폼의 개념과 개발 과정을 제시하고자 한다.

**Key Words :** 설계 플랫폼(Design Platform), 산업공정(Industrial Process), 열공급 시스템(Heat Supply System), 태양 열 시스템(Solar Thermal System), 히트펌프(Heat pump)

† Corresponding author, E-mail: parkcdae@kimm.re.kr

### 후기

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.  
(과제번호 : 20220810100020).

## 중온열 생산이 가능한 평판형 집열기 설계 및 제작

### Design and Manufacture of Flat Plate Solar Collector of Producing Midium-temperature Heat

이왕제\*, 주홍진\*, 안영섭\*, 백남춘\*\*, 신우철\*\*, 이경호\*<sup>†</sup>  
Wangje Lee\*<sup>†</sup>, Hongjin Joo\*, Youngsub Ahn\*, Namchoon Baek\*\*,  
Ucheul Shin\*\*, Kyoungho Lee\*<sup>†</sup>

\*한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실, \*\*대전대학교 건축공학과

**Abstract :** 본 연구에서는 평판형집열기를 이용하여 180°C 내외의 열생산이 가능하고, 중온(120°C 내외)영역대에서 열손실 최소화 할 수 있는 즉, 작동영역에서의 집열성능을 극대화 할 수 있는 집열기 개발을 위해 시뮬레이션 툴(Tool)을 활용하여 설계변수를 도출하였다. 평판형 집열기의 주요 설계 변수로는 투과체 종류와 유리 특성, 단열재 종류 및 단열성능 등이 있으며, 열성능을 높이기 위해 투과체는 이중투과체로 선정하였다. 이중투과체 층진재로는 크립톤(Kr)과 아르곤(Ar), 진공(Vacuum) 등을 고려하였으며, 투과체의 투과율을 높이기 위해 저철분 유리(Low-Iron glass)를 사용하였다. 집열성능을 높이기 위해 투과체 각 면에 반사방지(Anti Reflection)코팅과 Low-e(Emissivity)코팅을 선택적으로 적용하였으며, 중온형 평판형 집열기의 열손실을 최소화하기 위해 집열기 단열재는 에어로겔(Aerogel)과 유리섬유(Glass-woll)를 조합하여 제작하였다. 개발하는 시작품 집열기는 성능분석을 위해 열전대(Thermocouple) 온도센서를 투과체의 내·외부 표면과 투과체와 흡수판 사이 공기층, 흡수판 표면, 단열재 상·하부, 집열기 후면 등에 10포인트 내외 온도센서를 설치하였다. 사전평가 목적으로 옥외 노출시험을 진행하였으며, 집열기의 각 부위별 정체온도(Stagnation temperature)를 바탕으로 평가하였다.

**Key Words :** 평판형 태양열 집열기(Flat plate solar collector), 이중투과체(Double glazing), 진공유리(Vacuum glass), 단열재(Insulation), 정체온도(Stagnation temperature)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: khlee@kier.re.kr

#### 후 기

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP) 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20220810100020).

# 이중 투과체 평판형 태양열 집열기 열성능해석 프로그램 개발

## Development of Thermal Performance Analysis Program for Double-Glazed Flat Plate Solar Collector

이송섭\*, 이왕제\*\*, 이경호\*\*, 백남춘\*\*\* 신우철\*\*\*†

Song seop Lee\*, Wang je Lee\*\*, Kyoung ho Lee\*\*,

Nam choon Baek\*\*\*, U Cheul Shin\*\*\*†

\*대전대학교 대학원 건축공학과, \*\*한국에너지기술연구원 신재생열용합연구실,

\*\*\* 대전대학교 건축공학과

**Abstract :** 본 연구에서는 이중 투과체로 구성된 평판형 태양열집열기의 상세 모델링을 위한 해석 프로그램을 개발하였다. 해석모델에서 투과체의 태양 복사열전달은 광선 추적법(ray-tracing technique)을 사용하였으며, 흡열판의 내부 및 외부 에너지 평형을 기반으로 반복법을 통해 집열기를 구성하는 주요 컴포넌트의 온도분포와 열전달 계수를 결정하게 된다. 프로그램의 주요 설계변수로서 이중 투과체의 광학적 특성(굴절률 및 소거율)과 충진가스 종류(공기 및 알곤, 크립톤 등), 로이코팅 방사율 등을 설정하였으며, 주요 결과로 KS B 8295:2015(태양열집열기)에 따른 순간효율과 입사각 수정계수, 부위별 정체온도 등을 제시하였다. 본 프로그램과 기존의 해석 프로그램(CoDePro 및 FSEC)에서 해석된 순간효율(최고효율과 열손실계수)의 상대오차는 1~4% 미만으로서 두 결과가 거의 일치하는 것으로 나타났다.

**Key Words :** 광선 추적법(Ray-tracing technique), 입사각 수정인자(Incident angle modifier), 이중투과체(Double glazed cover), 정체온도(Stagnation temperatures), 평판형집열기(Flat-plate collector)

† Corresponding author, E-mail: shinuc@dju.ac.kr

### 후 기

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No.1415182139)입니다.

## 태양열 시스템의 스마트 유지관리 시스템 개발

### Development of Smart Operation and Maintenance System of Solar Thermal Systems

조아진\*, 정규진\*, 송재만\*\*, 흥희기\*\*†

Ajin Jo\*, Kyu Jin Jeong\*, Jaeman Song\*\*, Hiki Hong\*\*†

\*경희대학교 기계공학과 대학원, \*\*경희대학교 기계공학과

**Abstract :** 태양열-히트펌프 융합 시스템은 지속적이고 안정적으로 에너지를 생산하는 것을 목적으로 한다. 이에 이 시스템에서는 ‘작동(Operation)’뿐만 아니라 ‘유지(Maintenance)’가 필요하다. 스마트 ‘O&M(Operation & Maintenance)’ 기술은 태양열, 히트펌프 융합시스템 설비의 사용자, 설비 엔지니어, 안전 관리자 등이 시스템의 원격 모니터링, 고장진단 및 제어, 유지관리 및 안전관리를 할 수 있게 하는 서비스 플랫폼이다. 이를 통해 시스템의 운전, 운영, 유지관리 및 열거래 등을 효율적으로 수행할 수 있도록 통합운영센터(TOC)를 연계할 것이다. 시스템의 성능 유지를 위한 ‘O&M’은 ’모니터링‘, ’제어‘ 그리고 ’진단‘이라는 세 가지 방향으로 이루어진다. 모니터링에 대해서, 시스템의 주요 상태 정보를 사용자 및 관리자에게 제공한다. 각 설비의 원격 모니터링을 통하여 데이터를 축적하고 고장정보 및 정비정보를 제공한다. 제어 측면에서, 적절치 않은 때에 시스템이 작동하면 태양열을 받기 위한 태양열 패널이 오히려 방열판이 되어 축열조에 모아둔 열을 역으로 내보내는 일이 발생할 수 있다. 또한 강한 일사에 방치할 때에 집열판 과열을, 사용량보다 많은 열을 획득할 때는 축열조 과열을 발생시킨다. 이러한 여러 운전 문제를 해결하기 위해 환경에 맞는 적절한 시스템의 제어가 필요하다. 또한, 자연적 또는 인위적인 사고로 인해 시스템에 부정적 영향이 발생할 수 있다. 부적절한 관리나 유지보수가 이루어지지 않으면 생산능력이 떨어지거나 사용수명이 짧아지게 된다. 이러한 이유로 정기적인 청소와 점검이 필요하지만, 그로 인해 생기는 시간과 물질적 비용을 간과할 수 없다. 모니터링을 통해 얻은 데이터로 통합운영센터에서 이루어지는 원격진단은 이러한 비용 문제를 절감해줄 수 있을 것이다.

**Key Words :** 지능형 유지 관리 시스템(Automated Operating & Maintenance systems), 진단 알고리즘(Diagnosis algorithm), 히트펌프(Heat pump), 태양열(Solar energy), 시스템 제어(System Control)

† Corresponding author, E-mail: hhong@khu.ac.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 에너지기술평가원의 재원으로 산업공정용 열공급을 위한 태양열 융합 열공급 시스템 개발 및 스마트 O&M시스템 구축 기술개발 과제의 지원을 받은 연구입니다. (과제번호 : 20220810100020).

# 산업공정 태양열 시스템의 온실가스 저감효과의 자발적 거래시장 활용방안 연구

## Study of Ways to Utilize the Voluntary Trading Market for Greenhouse Gas Reduction Effects of Industrial Process Solar Thermal Systems

박민수<sup>\*†</sup>, 정대영\*

Minsoo Park<sup>\*†</sup>, Daeyoung Jung\*

\*주식회사 베리워즈

**Abstract :** 산업현장에서 사용되는 대표적인 에너지원은 전력과 열로 구분할 수 있다. 이에 비해 우리나라에는 에너지·자원 소비량의 92.8%를 수입에 의존함에 따라 에너지 자립률이 매우 취약한 상황이다. 이러한 상황에 재생에너지의 사용은 에너지 자립률 향상 및 국가감축목표(NDC: National Determined Contributions) 달성을 위한 중요한 방법 중 하나이다. 그러나 태양광발전, 풍력발전 등 전력관련 재생에너지에 비하여 열관련 재생에너지에 대한 수요는 매우 미비한 상황이다. 이는 산업부문 특성이 고려된 열에너지를 공급하기 위한 태양열 시스템의 집광면적 확보의 어려움과 경제적 문제에 따른 것으로, 재생열에너지 확대를 위해서는 산업부문의 재생열에너지 공급을 위한 기술개발 뿐만 아니라 추가적 경제성 확보를 위한 방안이 필요하다. 기후변화 대응을 위한 각국의 온실가스 규제정책의 실시로 재생에너지 사용에 따른 추가 경제성 확보가 가능해졌으나, 규제의 특성상 인정받기 위한 까다로운 절차 및 기준으로 태양열 분야에 활용은 미비한 상황이다. 해외에서도 태양열 보급을 위한 의무제도를 실시하고 있으나 건물, 일반가정을 대상으로 하는 등 대상이 제한적이다. 이에 본 연구에서는 태양열 시스템으로 인한 온실가스감축효과를 최근 대두되고 있는 자발적 시장에 적용 가능성에 대하여 분석하고, 이를 통한 추가적 경제성의 확보를 바탕으로 산업공정 태양열 시스템의 활용성을 도출하기 위하여 추진하였다. 태양열 시스템과 히트펌프 시스템의 하이브리드형 시스템의 온실가스감축효과를 도출하기 위한 모니터링 기준, 효과 산정 등에 대한 디자인과 국내·외 자발적 온실가스 감축시장의 현황 및 기준 등을 분석하여 태양열 시스템을 활용한 비즈니스 모델의 발굴을 목적으로 한다. 그중 본 연구에서는 현재 국내·외 자발적 온실가스 감축시장의 특성/현황과 온실가스 감축을 위해 필요한 기본 개념 및 산업공정 태양열 시스템의 일치성에 대하여 도출하였다.

**Key Words :** 온실가스 감축(Greenhousegas reduction), 자발적거래시장(Voluntary trading market), 태양열 시스템 (Solar thermal system), 탄소중립(Carbon neutral), 국가감축목표(National determined contribution)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: mspark@verywords.com

### 후기

본 연구는 2022년도 한국에너지기술평가원의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20220810100020).

## The Direction of the Government's ZEB Policy Promotion

최성우<sup>\*†</sup>

Sung Woo Choi<sup>\*†</sup>

\*한국에너지공단 건물에너지실

**Abstract :** The government is promoting the obligatory zero-energy building as a way to promote carbon neutrality in the building sector, and introduces related policy directions, support systems, and technologies to promote energy efficiency in the building sector and expand the supply of zero-energy buildings.

**Key Words :** zero-energy building, ZEB policy, ZEB technologies

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: [sungwoo@energy.or.kr](mailto:sungwoo@energy.or.kr)

TEC-S-2

## Guidance on the Government's R&D Process

이종훈\*†

jonghoon Lee\*†

\*한국에너지기술평가원 재생에너지실

**Abstract :** The government promotes R&D in the energy sector budget allocation, planning, contest, evaluation, and selection. It introduces these information to energy-related companies so that many companies can participate.

**Key Words :** R&D in the energy sector budget, R&D allocation, R&D planning, R&D contest

† Corresponding author, E-mail: ljh@ketep.re.kr

## Government's Empirical R&D Enforcement Situation and Business Response Proposal

우성민\*†

Sung-min Woo\*†

\*충북테크노파크 차세대에너지센터

**Abstract :** Various ministries of the government(Mistry of Industry and Energy, Ministry of SMEs and Startups, Ministry of Environment, etc.) are promoting empirical R&D, and by introducing measures to promote such empirical R&D, we intend to encourage companies to strengthen their R&D functions.

**Key Words :** promote such empirical R&D, strengthen companies R&D functions

† Corresponding author, E-mail: ywoosm@cbtpor.kr

TEC-S-4

## Development of Resource Recycling Process Technology for Solar Power Waste Modules

노정민\*†

Cheong Min Noh\*†

\*(주)월광에스엔티

**Abstract :** Along with the exponential increase in supply of solar modules, social/environmental problems related to waste modules that may occur in large quantities in the future are emerging. In order to effectively recycle waste solar modules that will be included in the EPR system from 2023, related infrastructure is required. Prior to this, eco-friendly and economical technology development is required. In the future, the goal is to develop a low-cost/eco-friendly/high-return recycling technology to treat waste solar panels that will occur in large quantities and build a recycling facility system that can be operated in an integrated manner.

**Key Words :** waste module, recycle waste solar modules, EPR, recycling facility system

† Corresponding author, E-mail: ncm1565@wksnt.com

## Demonstration Status of Solar Power-connected Smart Farm Construction in Mongolia

이향주<sup>\*†</sup>

Hang Ju Lee<sup>\*†</sup>

<sup>\*</sup>(주)제이에이치에너지 기술연구소

**Abstract :** Mongolia, which imports electricity energy from Russia and China, has serious low efficiency problems such as aging power plants, high transmission loss of 13%, and operational loss of 15%. Mongolia's agricultural products previously depended on imports from China, but imports have recently become difficult. In order to solve these problems, I would like to introduce cases of international cooperation projects that spread the supply of renewable energy and improved productivity through the convergence of renewable energy, ICT, and agricultural technology.

**Key Words :** Mongolia international cooperation projects, solar power, smart pharm.

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: hangss@jh-e.co.kr

TEC-S-6

## A Study on the Production of Multi-purpose Movable Containers using Solar Power Generation

서창혁\*†

Chang Hyuk Suh\*†

\*㈜해인기술

**Abstract :** Recently, with active activities for carbon neutrality by local governments, manufacturing and installing energy self-sufficient facilities using mobile and self-powered containers attached with solar modules, I intend to replace mobile offices and mobile bus stops to alleviate the high cost burden and respond to local governments' decarbonization policies.

**Key Words :** self-powered containers, solar power, decarbonization policies

† Corresponding author, E-mail: haein6656@daum.net

## Ultra-high Efficiency Ion Heating System Technology for Industrial and Building Heat Supply

하은정\*†

Nikita Ha\*†

\*누에너지(주)

**Abstract :** The ion heating system is a technology that directly heats water by using the principle that heat is generated by the friction(kinetic energy) of water molecules while moving through the ions of electrons by flowing electricity through the electrolyzed water. This is a heating system that maintains a constant temperature without wasting energy with technology that controls each electronic particle.

**Key Words :** Ion heating system

† Corresponding author, E-mail: n.energy19@gmail.com

TEC-S-8

## Development of Renewable Energy Generators using Solar Heat Collection Technology

오재석<sup>\*†</sup>

Jae-seok Oh<sup>\*†</sup>

<sup>\*</sup>(주)해모아에너지

**Abstract :** This is a device that generates electricity by converting thermal energy into rotational energy with a heat engine by boiling and circulating the thermal oil in the fuel tank at a temperature of 400°C with solar heat(850°C) generated by collecting sunlight on a heat collecting plate.

**Key Words :** solar thermal energy, heat engine, solar heat generate

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jsoh@haemoa.co.kr



# 태양열융합 워크숍





STC-W-1

# 재생 열에너지 의무화 제도에 관한 연구

## A Study on Renewable Heat Energy Mandatory System

김성수<sup>\*†</sup>, 이종훈<sup>\*\*</sup>

Seong-su Kim<sup>\*†</sup>, Jong-hoon Lee<sup>\*\*</sup>

\*한국에너지기술평가원 에너지기술PD단, \*\*한국에너지기술평가원 재생에너지실

**Abstract :** 국제적인 재생에너지 통계기관인 REN21(2020년)의 발표에 따르면 최종에너지소비에서 열(熱)에너지의 비중은 51%로 절반 이상을 차지하고 있지만, 대부분 화석연료(化石燃料)를 열에너지로 변환하여 사용(재생에너지 비중은 10.2% 불과) 하고 있습니다. 글로벌 아젠다인 탄소중립 실현을 위해서는 재생에너지 등 친환경 열에너지 생산 및 공급기술이 필요합니다. 또한 이를 활성화하기 위해서는 유럽과 같은 의무화제도 또는 인센티브 지원에 대한 정부 차원의 검토가 필요합니다. 본 연구에서는 글로벌 재생 열에너지 지원제도를 검토하고, 국내 도입 필요성에 대해서 연구했습니다. 일찍이 국회입법조사처에서도 “EU 열 공급(냉·난방) 부문 재생에너지 보급 정책 현황 및 시사점”을 통해 열 공급 부문 재생에너지 보급 확대에 대한 정책 수립의 중요성을 강조한 바 있습니다. 2016년에는 이를 실현하기 위한 입법화를 추진했으나 국회 회기 만료로 폐기된 바도 있습니다. 본 연구에서는 열에너지 생산·저장·활용의 적용기술 분야와 지원제도(RHO & RHI, Heat fund) 비교 분석을 통해 국내 도입의 대안을 제시합니다.

**Key Words :** REN21(Renewable energy policy network for the 21st century), 재생열에너지(Renewable heat energy), 재생에너지 열 공급의무화(Renewable Heat Obligation), 재생에너지 열 차액 지원제도(Renewable Heat Incentive), 열에너지 지원 기금(Heat fund)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: sskim@ketep.re.kr

### 후기

본 연구는 기술개발의 당위성 및 타당성을 검토하기 위한 자체 연구내용입니다.

## 탄소중립과 재생에너지 정책 방향

### Carbon Neutrality and Policy Direction for Renewable Energy

박성우<sup>\*†</sup>

Seong Woo Park\*

\*한국에너지공단 신재생정책실

**Abstract :** 탄소중립을 위한 우리나라의 재생에너지 보급 동향과 정부의 향후 정책방향(합리적이고 실현가능한 재생에너지 확대, 비용효율적인 재생에너지 확대, 계통 부담을 고려하는 재생에너지 보급, 주민수용성에 기반한 재생에너지, 산업발전과 함께하는 재생에너지)에 대하여 설명하고, 전 세계적으로 기업들이 자발적으로 재생에너지 전력 사용을 선언하는 RE100에 대해 소개합니다.

**Key Words :** 재생에너지 정책 방향(Policy Direction for Renewable Energy), RE100, 탄소중립(Carbon Neutrality)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: swpark777@gmail.com

#### 후기

본 자료는 국내 탄소중립을 위한 재생에너지 정책방향에 관한 자료입니다.

STC-W-3

## 신재생에너지 보급정책 현황

### Status of New & Renewable energy Supply Policy(Self-Use)

류지현\*†

jihyun Ryu\*

\*한국에너지공단 신재생지원사업실

**Abstract :** 저탄소 사회·경제로의 이행을 가속화하는 것을 목표로 하는 신재생에너지 보급계획에 있어, 신재생에너지 설비를 국내 소비자가 직접 사용하는 자가용 설비의 정부 보조사업과 신재생에너지 설치의무 제도의 추진방향을 이해할 수 있도록 각 사업(주택, 건물, 지자체, 의무화사업 등)의 23년 변경 사항과 추진방향을 소개 합니다.

**Key Words :** 신재생에너지 보급(Supply of New & Renewable energy), 자가용(Self-use), 공공설치의무화(Obligation in Public Installation)

† Corresponding author, E-mail: iam@energy.or.kr

#### 후기

본 자료는 국내 신재생에너지 보급정책 자료입니다.



# 청년 및 대학원생 교육





EDU-1

## 태양에너지 참조표준데이터 활용 세미나

### Solar Energy Standard Reference Data Utilization Seminar

오명찬<sup>\*†</sup>

Myeongchan Oh<sup>\*†</sup>

\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실

**Abstract :** 참조표준데이터는 머신러닝, 인공지능 등 데이터 사이언스 기반의 다양한 연산과 연구가 수행되는 현 시점에서 가장 중요한 개념 중 하나이다. 데이터 사이언스에서는 입력 및 출력 변수로 사용되는 데이터의 수준과 질이 아주 중요하며 수준이 나쁜 데이터를 사용할 경우 당연하게도 수준이 나쁜 결과만 나오게 된다. 참조표준데이터는 불확도 개념을 포함한 표준 데이터로 데이터의 수준을 정량적으로 나타낼 수 있다. 따라서 참조표준데이터를 사용할 경우 연산 결과에 대한 정량적 불확도를 평가할 수 있게 된다. 본 세미나에서는 이러한 참조표준데이터를 활용하여 태양에너지의 예상량을 평가하는 방법을 배우고 이에 대한 실습을 수행한다. 이 과정에서 신재생에너지 데이터센터의 자료에 대한 기본 개념과 취득 방법, 활용 방법을 제공한다.

**Key Words :** 참조표준(Standard Reference Data), 일사량(Solar Irradiance), 태양광(Photovoltaic), 대표기상연도 (Typical Meteorological Year), 자원지도(Resource map)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: amir117@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업(C3-2412)을 재원과 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지 기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구과제(20223030010090)의 결과입니다.

## Open API를 사용한 ChatGPT 활용 실습

### Hands-on with ChatGPT using Open API

이제현<sup>\*†</sup>

Jehyun Lee<sup>\*†</sup>

\*한국에너지기술연구원 계산과학연구실

**Abstract :** 딥러닝은 대량의 데이터를 사용해 모델을 학습시키는 기술로, 기존의 통계학적 기법에 비해 더욱 정확하고 복잡한 패턴을 인식할 수 있다는 장점이 있다. 이를 통해 자연어 처리, 이미지 인식 등의 분야에서 높은 성능을 발휘하고 있으며 혁신의 핵심 도구로 활용되고 있다. 최근 OpenAI 가 공개한 ChatGPT는 이러한 딥러닝의 효용성을 대중들로 하여금 직접 체감할 수 있게 하며, 많은 이공계인들이 어려워하는 글쓰기를 효과적으로 보완해주고 있다. 그러나 웹브라우저에서의 채팅 모드가 아닌 API를 사용하면 결과를 목적에 맞게 조정할 수 있고, 다른 API들과의 연동을 통해 다양한 일을 처리할 수 있다. 본 실습에서는 ChatGPT API를 사용하는 실습을 통해 본인 연구의 효율성을 높일 수 있는 기초 기술을 제공한다.

**Key Words :** 머신 러닝(Machine Learning), 파이프라인(Pipeline), 최적화(optimization), 하이퍼파라미터 (hyperparameter), 자동화(Automation)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jehyunlee@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 한국에너지기술연구원 기본사업(과제번호: C3-2449)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

# 태양광/태양열 에너지를 활용한 수소/탄소중립 연료 생산 기술 소개 및 동향

## Technical Review of Solar-driven Hydrogen/carbon-neutral Fuel

조현석\*,\*\*†

Hyunseok Cho\*,\*\*†

\*인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 키우리연구단, \*\*인하대학교 기계공학과

**Abstract :** 태양에너지를 신재생 에너지의 자원으로 활용하는 연구는 지구의 온난화 및 오염물질 배출 등의 환경문제를 해결하기 위해 오랫동안 다양한 방식을 통해 제안되고 개발되어 왔다. 그중 태양광을 활용하여 PV(Photovoltaic) 패널을 통한 전기를 생산하는 방식과, 태양열 집광 및 열저장매체를 활용한 태양열 집광 전기 생산(Concentrated solar power, CSP)등은 실용화되어 보급된 바 있다. 한편, 태양에너지를 저장이 가능한 수소, 탄소중립 연료 등의 생산이 가능하다. 태양연료로 정의되는 태양에너지를 활용한 수소 및 합성가스등의 생산은 저장 및 이동의 한계를 극복하는 이점을 가지기 때문에 최근에 큰 관심을 받고 있다. 본 연구에서는 최근에 활발하게 진행되고 있는 태양에너지의 전기/열 화학적 전환을 통한 수소 및 탄소중립 연료의 생산 방식들을 소개하고, 각 기술의 특징에 대해 서술하고자 한다.

**Key Words :** 태양열 에너지(Solar thermal energy), 열화학싸이클(Thermochemical cycle), 수소(Hydrogen), 물/이산화탄소분해( $H_2O/CO_2$  splitting), 탄소중립 연료(Carbon-neutral fuel)

† Corresponding author, E-mail: danielcho@inha.ac.kr

### 후기

이 논문은 2022년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 혁신성장 선도 고급연구인재 성장지원(KIURI) 시범사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2021M3H1A1064135)

This research was supported by the Korea Initiative for fostering University of Research and Innovation (KIURI) Program of the National Research Foundation (NRF) funded by the Korean government (MSIT)(No. NRF-2021M3H1A1064135)



# Oral Session

건물에너지설비

Building Energy System (BES) Session 1, 2



## 후면 환기 조건에 따른 강판일체형 태양광 모듈의 온도 특성 분석 연구

### A Study on Thermal Behaviors of the Steel Plate Integrated Photovoltaic Module according to Rear Ventilation Conditions

최문규\*, 김재원\*, 최민주\*, 이효문\*, 윤종호\*, 김동수\*<sup>†</sup>

Mungyu Choi\*, Jaewon Kim\*, Minjoo Choi\*, Hyomun Lee\*,

Jongho Yoon\*, Dongsu Kim\*<sup>†</sup>

\*한밭대학교 건축공학과

**Abstract :** 전 세계적으로 탄소 배출량 절감을 위해 건물과 태양광발전 시스템을 결합한 건물일체형 태양광 시스템(Building Integrated Photovoltaic; BIPV)을 확장·도입하고 있다. 하지만 건물일체형 태양광 발전 시스템의 최적 적용을 위해선 다양한 물리적 요소가 고려되어야 한다. 그중 태양광 모듈의 온도 상승은 발전량 저하, 열섬 현상과 같은 악영향을 끼친다. 이러한 온도 상승은 기상조건 외에도 주변 마감 조건이나 접합재료와 같은 건물의 외피 마감 특성에 따라 다른 특성을 보인다. 따라서 그에 적합한 후면 설계가 필요하다. 이에 본 연구에서는 강판일체형 태양광 모듈과 강판을 활용한 실측 실험을 통해 후면 환기 조건에 따른 후면 공기 온도 및 후면 표면 온도를 분석하고, 최종적으로 건물일체형 태양광 시스템의 적절한 후면 조건 설계를 목표로 하였다. 실험은 실제 건물일체형 태양광 시스템을 모사하여 30도 각도로 제작한 두 개의 목업에 각각 강판일체형 태양광 모듈과 강판을 부착한 뒤, 각 포인트에 대한 데이터를 수집하였다. 실험 조건은 목업의 상단부와 하단부에 설치된 환기 조절용 벤트의 개폐 여부에 따라 나눠 실험을 진행하였다. 실험 결과 상단부와 하단부 환기 조절 벤트를 모두 차단한 실험 조건이 모두 개방된 실험 조건에 비해 하절기 고조도 조건( $800 \text{ W/m}^2$ )에서 태양광 모듈 후면 온도가 평균 약  $11^\circ\text{C}$  높게 측정되었다. 이를 통해 BIPV 시스템 적용 시 후면 환기 조절의 필요성을 확인하였으며, 향후 다양한 설치 조건 설계에 대한 기초자료를 수립하였다.

**Key Words :** 신·재생 에너지(New and renewable energy), 건물일체형 태양광 시스템(Building integrated photovoltaic), 강판일체형 태양광 모듈(Steel plate integrated photovoltaic module), 후면 조건(Rear air channel condition)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: doungsu.kim@hanbat.ac.kr

#### 후 기

이 논문은 2020년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 20203030010200, 건물 적용 가능한 강판일체형 태양광 모듈 개발).

## 캠퍼스내 건물의 모델기반 예측제어를 위한 난방기 모델 개발 및 시뮬레이션 연구

### Grey-box Model Development and Simulation Study for Model-based Predictive Control of Campus Building in heating Season

박진형\*, 조재완\*†

Jinhyung Park\*, Jaewan Joe\*†

\*인하대학교 스마트시티공학과

**Abstract :** 이 연구는 대학 캠퍼스 내에 위치한 저층건물의 연구실에서 그레이박스 모델을 개발하고, 이를 기반으로한 모델 기반 예측제어의 시뮬레이션을 하는 것을 목적으로 한다. 실험은 2023년 1월 30일부터 3월 6일까지 진행되었다. 최대 4명의 재실자가 이용하는 약 25m<sup>2</sup>의 연구실 내부에 8개의 온도 센서를 설치하여 내부 공기온도 및 난방기구의 운영 스케줄 데이터를 1분 간격으로 수집하였다. 기상청에서 제공하는 실외온도 및 일사량 데이터를 활용하여 모델링에 반영하였다. 36일 간의 모델링 결과, 난방기간 모델의 예측 성능은 RMSE 값이 0.7로 준수한 수준으로 나타났다. 이를 이용하여 MPC 시뮬레이션을 수행하였다. 재실자에 의한 난방기 가동 혹은 스케줄에 의한 자동 가동으로는 재실 시작 시간에 comfort 조건을 만족할 수 없는 반면 MPC는 정확하게 예측제어하는 것을 볼 수 있었다. 온열환경의 향상 뿐 아니라 난방기간 전기에너지 비용 절감량 또한 우수한 것으로 나타났다.

**Key Words :** 캠퍼스 건물 (Commercial building), 그레이박스 모델(Grey-box model), 모델 기반 예측제어(Model-based predictive control), 실내 온도 제어(Room temperature control)

† Corresponding author, E-mail: jjoe@inha.ac.kr

#### 후 기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2021R1A4A1031705).

## 순환여과식 육상양식장 에너지 사용 현황 조사 및 통계분석을 통한 에너지 예측 모델 개발

### Development of Energy Prediction Model through Investigation and Statistical Analysis of Energy Consumption in Recirculating Aquaculture System

구자빈\*, 곽영훈\*\*†, 신학종\*, 김지원\*, 조성균\*\*\*, 허정호\*\*  
 Jabin Goo\*, Younghoon Kwak\*\*†, Hakjong Shin\*, Jiwon Kim\*,  
 Sengkyoun Jo\*\*\*, Jungho Huh\*\*

\*서울시립대학교 건축공학과, \*\*서울시립대학교 건축학부,  
 \*\*\*한국전자통신연구원 지능화융합연구소

**Abstract :** 우수한 제품 생산을 목적으로 하는 온실이나 축사, 양식장 등의 동식물 관련 시설은 에너지 다소비 건축물 중 하나이다. 수조를 이용하는 순환여과식 육상양식장은 양식에 사용된 대부분의 물을 수처리 시설을 통해 재사용하는 양식 시스템이다. 육상양식장은 내부 수조에 따라 일반적인 건축물과 상이한 실내 환경 분포를 나타내며, 수온 및 수질 조절, 산소 및 양식 용수 공급을 위해 양식 시스템들이 상시 가동되어 에너지 부하가 매우 높다. 따라서 양식장의 에너지 효율성 개선을 위해서는 실내 환경이 시스템에 미치는 영향과 에너지 사용 현황을 파악하고, 효율적으로 관리할 수 있는 에너지 예측 모델의 개발이 필요하다. 그러나 국내의 경우에는 측정의 어려움으로 인해 이러한 연구들은 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서, 본 연구에서는 범장어 순환여과식 육상양식장을 대상으로 실내 온습도, 수온, 용존산소의 환경 데이터와 전력 사용량을 수집하였다. 이를 통해 기기별 에너지 사용 현황을 분석하고, 전력 사용량과 환경 데이터 간의 상관관계를 파악하여 에너지 예측 모델을 개발하였다. 개발된 예측 모델은 양식장에 대한 구체적인 에너지 절감 방안을 모색하고, 에너지 효율성 개선을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

**Key Words :** 양식장(Aqua farm), 순환여과식 양식시스템(Recirculating aquaculture system), 에너지 사용량(Energy consumption), 예측 모델(Prediction model)

† Corresponding author, E-mail: ikyh2@uos.ac.kr

#### 후기

본 연구는 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021-0-00225, 최적의 수산 양식 설계·운영을 위한 디지털 아쿠아 트윈 핵심 플랫폼 기술 개발). 본 연구는 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022R1A2C1004879).

## 태양광 및 실내 조명을 위한 통합 에너지 시스템을 구축하기 위한 투명 태양광 발전

### Transparent Photovoltaics for Building Integrated Energy Systems for Sunlight and Indoor Illumination

말케시쿠마 파텔\*, 김상호\*, 나빈 쿠마\*, 슈버라즈 고쉬\*, 이기범\*\*, 김준동\*†  
Malkeshkumar Patel\*, Sangho Kim\*, Naveen Kumar\*, Shuvraj Ghosh\*,  
Kibum Lee\*\*, Joondong Kim\*†

\*인천대학교 전기공학과, \*\*(주)솔라라이트

**Abstract :** Clean energy sources are promising to support current and future energy demands for sustainable growth. The photovoltaics-based device offers onsite power generation, which is crucial for onsite energy and storage of hydrogen from sunlight and indoor light illuminations. Herein, we aim for transparent photovoltaics (TPVs) combined with transparent photoelectrochemical cells (TPECs) for concurrent electric power and hydrogen generation in the building-integrated framework. Transparent photovoltaic electrodes are designed for photocathode and photoanode operation to be applied in a TPV-TPEC energy system with good transparency, generating a high open-circuit voltage, short-circuit current density, and power conversion efficiency of >1% under standard solar irradiance of AM1.5G. Interestingly, the prototype device exhibited superior performances under indoor illumination due to spectral match of quantum efficiency and LED irradiance. The transparent photocathode integrated with Pt clusters size of ~4nm shows a maximum photocurrent density of 4 mA/cm<sup>2</sup> at 0.5 V vs. RHE, driving stable solar hydrogen production. This study suggests a promising future for the TPV-TPEC integrated energy system for the simultaneous generation, supply, and alteration of energy in a building structure. As a result, such system-integrated building windows can enable continuous clean energy production with a clear vision.

**Key Words :** 투명 태양전지(Transparent photovoltaics), 에너지 시스템(See-through energy system), 태양 수소(Solar hydrogen), 광음극(Photocathode), 광전기 화학 전지(Photoelectrochemical cells)

† Corresponding author, E-mail: joonkim@inu.ac.kr

# 열반사 단열재의 단열성능 평가법에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on Thermal Performance Evaluation of Reflective Insulation

안종권\*, 김진희\*, 김준태\*\*†

Jonggwon Ahn\*, Jinhee Kim\*, Juntae Kim\*\*†

\*공주대학교 그린에너지기술연구소, \*\*공주대학교 그린스마트건축공학과/에너지시스템공학대학원

**Abstract :** 열반사 단열재는 기존의 열전도를 낮추는 저항형 단열재와 달리, 저방사 표면으로 전달되는 복사열을 차단하는 단열재이다. 열반사 단열재 개발 초기에는 주로 PE폼(Polyethylene foam)의 외부표면에 알루미늄 박판이 부착된 형태로서, 복사열을 차단하는 형태(Radiant barriers)로 활용되었다. 최근에는 열반사 단열재 내부 PE폼의 형상을 변경하거나 공기층을 갖도록 설계하는 등, 단열재 내부구조를 개선함으로써 복사열 차단뿐만 아니라 실내로 전달되는 전도열을 낮추는 목적으로 개발되고 있다. 따라서 저방사 금속박판 재료와 내부 PE 폼으로 이루어진 복합단열재로서 적절한 단열성능 평가방법이 요구된다. 그러나 국내에서 열반사 단열재의 단열성능은 콘크리트, 마감재 등과 함께 구성된 복합 구조체로서 열관류율(U-value) 시험을 통해 제시하고 있으며, 열반사 단열재 자체의 열저항 값은 제시하지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 열반사 단열재의 성능평가를 위해 국내·외 표준을 검토하였으며, 열반사 단열재의 국제표준시험법에 근거한 실험을 통해 단열성능을 평가하였다.

**Key Words :** 열반사단열재(Reflective insulation), 열관류율(U-value), 성능평가법(Performance evaluation methods)

† Corresponding author, E-mail: jtkim@kongju.ac.kr

## 소형 건축물의 시간단위 단기 데이터를 활용한 건물에너지 모델의 파라미터 베이지안 추론과 실증

### A Study on the Parameters Bayesian Inference and Demonstration of Building Energy Model using Hourly Short-Term Data of Small Buildings

배우빈\*, 김용길\*, 허정호\*\*†

Woo-Bin Bae\*, Yong-Gil Kim\*, Jung-Ho Huh\*\*†

\*(재)한국건설생활환경시험연구원 기후환경실증센터, \*\* 서울시립대학교 건축공학과

**Abstract :** 건물에너지 모델의 파라미터는 확률적 특성을 내포하고 있으며, 모델의 보정과정에서 파라미터 추론 시 확률적 접근이 필요하다. 베이지안 추론은 사전 지식과 측정 데이터를 바탕으로 모델의 불확실성을 고려한 파라미터의 확률분포 추정이 가능하다. 그러나 베이지안 추론의 연산 복잡도는 가우시안 프로세스 학습 데이터의 세제곱에 비례하며, 주로 월단위 데이터를 이용하여 파라미터를 추론하고 있다. 월단위 데이터의 경우 데이터 수집이 비교적 용이하지만, 파라미터 추론을 위한 정보가 월단위로 함축되어 있어 파라미터 추론에는 비효율적인 것으로 나타났다. 또한, 건물에너지 모델을 이용한 파라미터 베이지안 추론에 대한 실증연구가 충분하지 않다. 따라서, 본 연구의 목적은 소형 건축물에서 시간단위 단기 전력량 데이터를 이용하여 건물에너지 모델의 주요 파라미터의 추론 가능성을 검토하는 것이다. 이를 위해 기후환경챔버에 테스트셀을 설치하고, 통제된 기후환경조건에서 파라미터 베이지안 추론에 대한 실증연구를 수행하였다. 연구 결과로, 건물에너지 모델의 파라미터 추론에 대한 시뮬레이션 연구와 실증연구 시 발생하는 차이에 대한 원인을 설명하고, 재설자 행동여부에 따른 파라미터 추론 결과를 비교한다.

**Key Words :** 건물에너지 모델(Building energy model), 베이지안 추론(Bayesian Inference), 파라미터 추론(Parameter Inference), 기후환경챔버(Climatic environment chamber), 실증 실험(Empirical Experiment)

† Corresponding author, E-mail: hjh0715@uos.ac.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 국토교통부의 재원으로 건설분야 성능기반 표준실험절차 개발 사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 23DPSC-C163235-02).

# 적외선 신호를 이용한 교육시설 건물의 Model-based predictive control(MPC) 구현 방법론

## Infrared Signal-based Implementation Methodology of Model-based Predictive Control (MPC) in Educational Building

최광원\*, 조재완\*\*

Kwangwon Choi\*, Jaewan Joe\*, \*\*†

\*인하대학교 스마트시티공학과, \*\*인하대학교 건축공학과

**Abstract :** 본 연구는 Model-based Predictive Control(MPC)을 이용하여 실제 건물의 온도를 자동으로 제어하는 방법을 개발하는 것을 목적으로 한다. MPC 구현은 적외선 신호, WI-FI 등 여러 가지 방법으로 적용될 수 있으며, 문헌고찰을 통하여 선례를 정리하였다. 본 연구에서는 적외선 신호와 arduino를 활용하여 MPC를 구현하고자 하며 방법론은 다음과 같다. 먼저 MATLAB을 활용하여 과거 데이터를 이용한 grey-box modeling을 진행한다. Grey-box modeling 결과로 얻어지는 건물의 물리 정보를 활용하여 최적화 시뮬레이션을 진행하는데, 이 때 미래 기상데이터는 기상 웹 사이트에서 제공된 한 시간 단위의 실시간 예측 데이터(외기온도, 일사량)를 사용하며, 실시간 실내온도는 건물 내부에 설치된 온도 센서 데이터(실내온도)를 사용한다. 최적화 시뮬레이션을 통해 얻어지는 실내 온도 제어 신호를 매 time-step마다 실시간 업데이트가 되도록 반복 진행하며, 이를 arduino로 송신하여 적외선 신호로 변환시킨다. 또한 arduino는 변환된 적외선 신호를 온도조절기, 리모컨 등으로 보내는 송신 장치로 사용한다. 이 과정으로 교육시설 건물의 온도는 자동으로 제어됨과 동시에 에어컨, 온도조절기, 리모컨 등의 파손 없이 비교적 간단하게 제어 가능하다.

**Key Words :** 구현 (Implementation), 모델기반 예측제어 (Model-based predictive control), 그레이박스 모델 (Grey-box model), 적외선 신호 (Infrared signal), 아두이노 (Arduino)

† Corresponding author, E-mail: jjoe@inha.ac.kr

### 후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2021R1F1A1064452).

## 날씨에 따른 실시간 빌딩 에너지 손실 추정에 관한 연구

### A Study on the Real-Time Building Energy Loss Estimation Dependent on Weather

김수연\*, 오재호<sup>\*†</sup>, 허모랑\*, 오지원\*

Suyeon Kim\*, Jaiho Oh<sup>\*†</sup>, Morang Huh\*, Jiwon Oh\*

\*나노웨더

**Abstract :** 온실가스 배출의 대부분을 차지하는 에너지 분야에서 1/4가량을 건물 부문이 차지하므로 건물의 에너지 사용 효율을 높이는 것은 탄소 중립을 이루는데 필수적이다. 건물의 에너지 소모는 난방, 온수, 창문 등 다양한 범위에서 일어나는데 이 중, 창문에서 발생하는 열 손실은 건물에서 발생하는 열 손실의 45%에 달한다. 건물의 효율적인 에너지 관리를 위해 창문에서 발생하는 열 손실에 대한 계산이 요구된다. 좁은 면적에 많은 인구가 밀집한 한국의 환경상 고층 건물이 많고, 같은 시간과 장소이더라도 고도에 따라 기온이 다르다. 이 점을 고려하여 본 연구에서는 실시간 연직 기온 데이터를 사용해 건물의 에너지 손실을 추정하는 연구를 수행하였다. 임의의 건물을 설정하고 해당 위치의 연직 기온을 건물의 각 층별로 적용하여 열 손실을 계산한 후 건물 전체의 에너지 손실을 추정하였다. 고도에 따라 기온 데이터를 달리 적용하므로 지상의 기온만 사용하여 에너지 손실을 추정하는 기존의 방식보다 더 정확한 결과를 얻을 수 있다. 추후, 본 연구를 실제 건물에 적용하고 에너지 손실율을 측정하는 실증을 통해 정확도를 개선하고 활용성을 확인할 수 있을 것으로 기대된다.

**Key Words :** 실시간(real-time), 입체 기상(3-D weather), 스마트 빌딩(smart building), 건물 에너지(building energy), 열손실(heat loss), 관리(management)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jjho2023@gmail.com

#### 후기

본 성과는 환경부의 재원을 지원받아 한국환경산업기술원 "신기후체계 대응 환경기술개발사업"의 연구개발을 통해 창출되었습니다(2022003570008)

BES-O-9

## 상업건물의 모델기반 예측제어를 위한 기계학습 기반의 제어 방법론 개발

### Machine Learning based Heating and Cooling Operation for Model-based Predictive Control of Commercial Buildings

타립아부\*, 조재완\*†  
 Abu Talib\*, Jaewan Joe\*†  
 \*인하대학교 스마트시티공학과

**Abstract :** This study presents the general methodology for the development of model based predictive control (MPC) in commercial buildings. Based on experimental data, we perform a comparative analysis of the grey-box model based on a resistance-capacitance (RC) thermal network and different machine learning models for multistep ahead prediction of building dynamics (i.e., room temperature and heating and cooling rate). Furthermore, the MPC routine targeting the reduction of cooling cost consumed in roof top unit is presented. In the case of MPC with the grey-box model, optimal control can be achieved in a straightforward manner by applying a typical optimizer, such as linear programming assuming a linear time-invariant model. This approach can yield the exact solution when thermal comfort is hard-bounded by inequality constraints. However, in the case of the machine learning models, a linear programming cannot be used. Thus, we proposed an approach based on predefined trajectories for transition of heating and cooling rate demand from on peak to off peak hours of the day. The predefined trajectory estimating the lowest heating and cooling rate is identified as optimal trajectory, which is then input to grey box model to fairly evaluate the control performance of both MPCs in comparison to feedback controller. A significant performance of proposed strategy is achieved in comparison with grey box model that can easily be replicated for other buildings.

**Key Words :** 모델 기반 예측 제어 (Model-based predictive control), 그레이박스 모델 (Grey box model), 기계 학습 (Machine learning), 예측 모델 (Prediction model)

† Corresponding author, E-mail: jjoe@inha.ac.kr

#### 후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2021R1F1A1064452).

## 인공신경망 기반 상업용 건축물 에너지 예측 모델 개발

### Development of Energy Prediction Model for Commercial Buildings based on Artificial Neural Networks

지현진\*, 연상훈\*, 김철호\*\*, 이광호\*\*\*<sup>†</sup>

Hyeonjin Ji\*, Sanghun Yeon\*, Chulho Kim\*\*, Kwangho Lee\*\*\*<sup>†</sup>

\*고려대학교 대학원 건축학과, \*\*고려대학교 공과대학 공학연구원, \*\*\*고려대학교 공과대학 건축학과

**Abstract :** 국내의 총 에너지 소비량 중 24%가 건물 에너지 소비량이며, 건물에서의 에너지 소비량을 절감시키는 것이 필수적인 상황이다. 이를 위해 변화하는 재실 환경에 대한 지속적인 관찰 및 실시간 에너지 최적 제어가 이루어져야 한다. 하지만, 실제로 재실자가 실시간으로 변화하는 에너지 소비 환경을 파악하여 모니터링하고 제어하기에는 한계가 있다. 이를 해결하기 위해 건물 에너지 분야에 인공지능 기술도입이 활발히 이루어지고 있다. 본 연구는 인공지능과 Digital Twin을 통해 실시간 건물에너지 예측 및 에너지 절감을 위해 최적제어 솔루션 제공을 목적으로 한다. 에너지 예측 모델 개발을 위해 'S' 사의 그린시티 3캠퍼스 프레스동의 냉난방 에너지 및 제어 변수 데이터를 실측 후, ANN(Artificial Neural Networks)을 활용하여 냉난방 에너지 소비량 예측 모델 개발하였다. 난방 에너지 소비량은 2월 1일부터 2월 28일까지 총 28일(672개)의 데이터를 사용하였으며, Training set 70%(472개), Test set 30%(200개)로 데이터를 할당하였다. 냉방 에너지 소비량 분석 시에 4월 15일부터 5월 15일까지 총 31일의 데이터를 사용하였으며, 냉동기가 작동하는 시간(335개)의 데이터를 사용하여 할당하였다. 모델의 예측 성능 평가는 Cv(RMSE) 지표를 통해 진행하였다. 시간별 데이터에 대한 예측 모델의 정확도 검증 결과, 난방 에너지 예측 모델의 경우 약 22.67%, 냉방 에너지 예측 모델은 약 21.09%의 Cv(RMSE)가 도출되었다. 이는 ASHRAE Guideline 2014에서 제시된 시간당 데이터 표준인 30% 미만 기준에 부합된 것으로 분석되었다. 추후 본 연구의 결과를 기반으로 냉난방 에너지 절감을 위한 최적제어 모델을 개발하고자 한다.

**Key Words :** 인공신경망(Artificial neural network), 냉방 에너지(Cooling energy), 난방 에너지(Heating energy), 에너지관리시스템(Energy management system)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: kwhlee@korea.ac.kr

#### 후기

이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KETI) 연구비 지원에 의한 연구임(20014154).

# Oral Session

제로에너지건물

Zero Energy Building (ZEB) Session 1, 2





# 국내 제로에너지건축물 인증기준을 위한 자립률 기준 개선에 관한 연구

## A Study on the Improvement of Self-sufficiency Rate Criteria for Domestic Zero Energy Building Certification

김예원<sup>\*†</sup>, 유기형\*

Yeweon Kim<sup>\*†</sup>, Ki-hyung Yu\*

\*한국건설기술연구원 건축에너지연구소

**Abstract :** 본 연구에서는 단계적 제로에너지건축물 인증제도를 시행하며, 건축물에너지 소요량 뿐 아니라 신재생 생산량에 대한 의무기준의 유사성을 가지고 있는 국내제로에너지건축물 인증제도의 특성을 분석하고자 한다. 제로에너지등급별 소비량 대비 생산량을 각각 도식화 하였으며, 실제 인증받은 사례들을 조사하여 등급별 소요량 및 생산량의 분포를 검토하였다. 국내 제로에너지 인증 제도에서는 신재생에너지 설치 이전에 일정 기준이상 성능을 만족시킬 수 있도록 건축물에너지효율등급 1++ 을 의무화하고 있다. 따라서 건물에너지소비량 대비 의무적 생산량(자립률)이 선형구조는 아니었으며, 5등급 구간의 일정량의 소비량을 가지는 건축물에 대해서 자립률을 만족하더라도 등급을 받을 수 없도록 정책이 설계되어있었다. 그럼에도 불구하고 실제 인증받은 건축물의 사례조사를 보았을 때, 등급용 소요량 보정에 따라 유사 선형구조를 보이고 있음이 확인되었다. 추후 점차적으로 건축물에너지절약기준 등 건축물 성능에 대한 의무기준이 높아짐에 따라 신재생 생산 산량 과대 설계를 방지하기 위한 효율등급 의무사항은 정책적 배경 및 판단에 따라 간략 보정이 가능할 것으로 보인다.

**Key Words :** 제로에너지빌딩(zero-energy building : ZEB), 건물에너지정책(building energy policy) 자립률(self-sufficiency rate; certification), 제로에너지건축물인증기준(criteria of ZEBs)

<sup>†</sup>Corresponding author, E-mail: yeweon.kim@kict.re.kr

### 후기

본 연구는 2023년도 한국건설기술 연구원 주요사업의 제원으로 제로에너지 건물 최적 설계·시공 지원 시스템 구축'의 지원을 받아 수행한 연구 과제임(과제번호:20230130-001).

ZEB-O-1

## 탄소중립을 위한 Zero Energy 국제 표준화 동향 및 주요 이슈 해결 방안

### Zero Energy International Standardization Trends for Carbon Neutral and Solutions to Key Issues

이항주<sup>\*†</sup>, 김인수<sup>\*\*</sup>, 박주면<sup>\*\*\*</sup>

Hangju Lee<sup>\*†</sup>, Insoo Kim<sup>\*\*</sup>, Jumyon Park<sup>\*\*\*</sup>

\*JH Energy 기술연구소, \*\*가천대학교 산학협력단, \*\*\*㈜ZeroEn 기업부설연구소

**Abstract :** The share of energy in global and Korean carbon emissions accounts for 73% and 87%, respectively, so net zeroing in the energy sector has become a key point to realize carbon neutrality. With the introduction of the zero-energy building certification system in 2017, mandatory step-by-step was promoted, and Korea declared carbon neutrality in 2021 along with the international community due to climate change in the global society. Accordingly, the need for setting standards for quantitative evaluation methods for zero energy was highlighted, and ISO TC 301 developed energy management guides and reduction methodologies centered on buildings and industries.. ISO 50010, published by TC 301, presented a method for implementing an ISO energy management system to achieve, maintain, and improve NZE(Net Zero Energy) definition and NZC(Net Zero Carbon), and it seems that domestic industries, buildings, etc. will focus on carbon-neutral boundaries and building goals. Due to the absence of carbon neutrality and verification methods, ISO 50010 developed in TC 301 is expected to be applied to buildings (industrial), villages, and cities to increase its use by RE100, expanding and integrating new and renewable energy by carbon neutral declaration companies, presenting and verifying energy independence. ISO 50010 will be published as a leading proposal in Korea and can be used as a means to fulfill corporate/local/national carbon neutrality goals, and will be appropriately used to establish national vision, strategies, and goals in line with international standards.

**Key Words :** 넷 제로에너지(Net Zero Energy), 넷 제로카본(Net Zero Carbon), RE100, ISO 50010, 제로에너지빌딩(Zero Energy Building),

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: hangss@jh-e.co.kr

#### 후기

본 연구는 2020년도 산업통상자원부 한국산업기술평가원의 재원으로 국가표준기술개발및보급사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 제2020-0050호).

ZEB-O-2

# 진공단열패널을 이용한 건물 단열외피 시스템의 성능평가

## Performance Evaluation of Building Insulated Envelope System with Vacuum Insulation Panel (VIP)

김상명\*, 김진희\*\*, 김준태\*\*\*†

Sangmyung Kim\*, Jinhee Kim\*\*, Juntae Kim\*\*\*†

\*공주대학교 에너지시스템공학, \*\*공주대학교 그린에너지기술연구소,

\*\*\*공주대학교 그린스마트건축공학과

**Abstract :** 건물 외피의 단열기준은 꾸준히 강화되고 있으며, 현재 중부1지역 기준 공동주택 외벽의 열관류율 기준은 패시브 하우스 수준인  $0.15\text{W/m}^2\text{K}$  이하까지 도달하였다. 강화된 열관류율 기준을 만족하기 위해서는 외벽의 단열두께가 증가하게 되며, 이로 인해 외벽두께의 증가 및 실내 점유공간이 감소하는 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 건축 분야에서는 기존 건축 단열재보다 높은 단열성능을 가지고 있는 고효율 단열재가 요구되고 있다.

진공단열패널은 고효율 단열재 중 하나로 기존 건축 단열재보다 약 8배 높은 단열성능을 가지고 있다. 진공단열패널은 심재와 외피재로 구성되어 있으며, 심재가 위치한 내부를 진공상태로 유지함으로써 높은 단열성능을 가진다. 하지만 외부 충격으로부터 외피재가 손상되어 진공상태가 파괴될 경우 단열성능이 급격하게 저하되며, 건물적용 시 열교에 의한 단열성능 저하가 발생할 수 있어 건물적용 및 활성화에 대한 어려움을 겪고 있다.

본 연구에서는 건물 시공이 용이하고 진공단열재의 파손을 방지하며, 열교를 최소화할 수 있는 진공단열패널을 이용한 단열외피 시스템을 개발하였다. 제안된 진공단열패널 단열외피 시스템은 전열해석 시뮬레이션 프로그램과 KS F 2277 표준의 열관류율 시험에 근거하여 단열성능 및 특성을 분석하였다.

**Key Words :** 진공단열패널(Vacuum insulation panel), 단열외피시스템(Insulated envelope system), 열관류율(Thermal transmittance), 단열 성능시험(Insulation performance test),

† Corresponding author, E-mail: jtkim@kongju.ac.kr

### 후기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20202020800360).

## BIPV 모듈 및 시스템의 외피 유형별 열적 특성 분석

### Analysis of Thermal Characteristics By Envelope Type of BIPV Module and System

유지숙\*, 김진희\*\*, 김준태\*\*\*†

Ji-Suk Yu\*, Jin-Hee Kim\*\*, Jun-Tae Kim\*\*\*†

\*공주대학교 에너지시스템공학전공, 공주대학교 그린에너지기술연구소,

\*\*\*공주대학교 그린스마트건축공학전공/에너지시스템공학전공

**Abstract :** BIPV(Building Integrated Photovoltaic) 시스템은 건물의 지붕, 입면, 창호 등에 적용되며, 건물 외벽구조 방식(철근콘크리트(RC)구조, 철골구조)에 따라 BIPV 모듈의 설치방법과 후면 구성이 달라진다. RC 구조는 단열재 적용 위치에 따라 내단열과 외단열시스템으로 구분되며, 일반 G/G(Glass-to-Glass) 모듈을 구조체 외부에 별도 하지프레임에 연결하여 설치한다. 따라서 후면 BIPV 모듈 후면 온도는 단열재 위치에 따라 영향을 받는다. 철골구조는 실내에 조망이 가능한 비전부와 단열재가 적용된 스판드렐부로 구분된다. 비전부의 경우 복층화된 G/G 모듈이 적용되므로, 복층화 내부의 간한 공기로 인해 모듈의 온도가 높게 상승되며, 실내 온도가 민감하게 반응한다. 이러한 건물 구조 특징에 따라 BIPV 모듈의 온도와 발전 특성이 다르고, 건물 내부 온도 분포에 영향을 주기 때문에 외피 유형별 BIPV 시스템의 열전달 특성 연구가 필요하다. 따라서 본 논문은 시뮬레이션을 통해 건물에 적용되는 외피유형별 BIPV 모듈 및 시스템의 열 특성을 분석하였고, 건물 구조체로서 BIPV 모듈의 온도로 인한 열전달 특성과 단열성능(U-value)으로 인한 실내 온도 분포에 미치는 영향을 확인하는 것을 목적으로 한다. BIPV 모듈은 일반 G/G 모듈과 복층화 G/G 모듈이며, 외피 유형은 RC 구조의 외단열과 내단열시스템, 철골구조의 비전부와 스판드렐부의 4가지 유형으로 선정하였다. 시뮬레이션 프로그램은 PHYSIBEL을 이용하였고, 실험을 통한 G/G 모듈의 광학성능 데이터를 반영하여 모델링하였다. 추가적으로 외피유형별 특성을 고려하여 BIPV 시스템 설계 시 고려사항을 제안하였다.

**Key Words :** BIPV 모듈(BIPV module), BIPV 시스템(BIPV system), 건물 외피 유형(Building envelop type), 온도 특성(Temperature characteristics), 발전 특성(Power generation characteristics)

† Corresponding author, E-mail: jtakim@kongju.ac.kr

#### 후기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원과 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20223B10100020, 2021R1A2C2092760).

ZEB-O-4

## 국내 건축물의 에너지절약 설계를 위한 주요 설계 요소에 관한 연구

### A Study on the Major Design Elements for Energy-Saving Design of Domestic Buildings

이준호<sup>\*†</sup>, 박인\*, 이상수\*

Juneho Lee<sup>\*†</sup>, In Park\*, Sangsoo Lee\*

\*주식회사 에코다

**Abstract :** 건축물의 성능향상과 지구 환경변화에 따른 냉난방 기기의 증가에 따라 건축물의 에너지 소비량은 점차 증가하고 있으며, 지구 환경변화에 따라 온실가스 저감은 이제 선택이 아닌 의무가 되어가고 있는 실정이다. 국내에서도 이를 바탕으로 제로에너지건축물 인증 의무화 확대, 신재생 에너지 의무 비율 지정 등의 규제가 이루어지고 있으며, 국제적으로도 LEED 인증, ESG 경영, RE100 등의 이슈가 증가하고 있어 국내외에서는 건축물의 에너지 절감을 위해 제로에너지건축물, 제로카본 건축물 등 건물의 에너지자립률 확보를 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 건물의 에너지자립률 향상을 위한 건축물의 에너지 소요량 감소를 통해 신재생에너지 도입을 최적화하고, 효율적 운영이 가능하도록 국내 건축물의 특성을 고려한 에너지절약 설계 요소를 도출하고 건축물의 지역적, 용도적 특성에 따라 에너지절약을 위한 최적의 설계 방향을 제시하는 것을 목표로 한다. 분석을 위해 건축물 최적화 설계 시뮬레이션인 디자인빌더를 활용하였다.

**Key Words :** 에너지절약형 설계(Energy saving design), 에너지요구량(Energy need), 패시브디자인(Passive design)  
제로에너지건축물(Zero energy building), 건축물에너지성능(Energy performance of buildings)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: vanillin@ecoda.kr

## 공동주택의 에너지효율등급 인증현황 분석 - 서울, 경기지역 공동주택을 중심으로 -

### An Analysis of Energy Efficiency Ratings in Apartment Cases of Seoul and Gyeonggi Areas -

김지현\*, 최현식\*\*, 신우철\*†

Ji-Hyeon Kim\*, Hyeun-Sik Choi\*\*, U-Cheul Shin\*†

\*대전대학교 건축공학과, \*\*(주)한국건설환경 지속가능기술연구소

**Abstract :** ‘2021년 인구주택 총 조사 보고서’에 따르면 국내 전체 주택 중 공동주택이 차지하는 비율이 78.3%로, 건축물의 에너지 절감에 있어 공동주택의 에너지성능 향상 및 안정적인 인증 취득이 무엇보다 중요하다. 하지만 ‘건축물의 에너지 절약 설계기준’과 ‘에너지 절약형 친환경 주택의 건설 기준’에 따라 지역별, 규모별, 시기별 설계요소의 기준이 매우 규격화되어 있음에도, 공동주택의 에너지효율등급 인증현황을 살펴보면 2등급에서 1+++등급까지 편차가 크게 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 건축물에너지효율등급 인증 취득 시 제공되는 ‘건축물에너지효율등급 인증 평가서’를 수집, 조사하여 서울, 경기지역 90개 공동주택 단지의 인증 취득 현황을 분석하였으며, 이를 통해 공동주택의 에너지성능 수준과 인증 취득 등급의 편차 발생 원인을 분석하였다. 서울, 경기지역 공동주택의 에너지요구량과 등급산정 1차 에너지소요량을 비교한 결과, 에너지요구량의 경우 큰 차이가 없는 반면, 등급산정 1차 에너지소요량의 경우 1++등급 86.0kWh/m<sup>2</sup>h, 1+등급 106.1kWh/m<sup>2</sup>h, 1등급 133.3kWh/m<sup>2</sup>로 최대 2.3배의 편차가 발생하는 것으로 나타났다. 요소별로 1차 에너지소요량을 분석한 결과, 난방>조명>급탕>환기 순으로 난방 에너지소요량이 편차 발생의 가장 큰 비중을 차지하였으며, 이는 에너지효율등급 평가프로그램인 ECO2 프로그램 입력 시 난방방식의 차이(지역난방, 개별난방) 및 펌프 용량 산정방식의 문제로 분석되었다.

**Key Words :** 공동주택 (Apartment), 건축물 에너지효율등급(Building energy efficiency rating), 에너지절약설계기준 (Energy-saving design criteria), 에너지요구량(Energy requirements), 에너지소요량(Energy consumption)

† Corresponding author, E-mail: shinuc@dju.ac.kr

#### 후기

본 연구는 2022년, 2023년도 산업통산자원부의 재원으로 에너지기술개발사업 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20220810100020).

# 한국형 공동주택 에너지 시뮬레이션 모델링을 위한 건물 형태 및 에너지 사용 특성 분석

## Investigation on Architecture and Energy End-Use Characteristics of Korean Apartments for Whole-Building Energy Simulation Modeling

이루다\*, 강은호\*, 윤종호\*, 김동수\*†

Ruda Lee\*, EunHo Kang\*, Jongho Yoon\*, Dongsu Kim\*†

\*국립한밭대학교 건축공학과

**Abstract :** 한국에서 아파트는 가장 일반적인 주거 유형으로 약 75%를 차지하고 있으며, 향후 아파트 건축물 보급은 계속 증가될 전망이다. 따라서 해당 유형의 건물에너지 사용량에 대한 분석은 매우 중요하며, 정확한 에너지 사용량 예측과 절감 방안 모색을 위한 다양하고 정확한 특성이 반영되어야 한다. 그러나 대표적인 건물에너지 시뮬레이션 툴에서 제공되는 건물 모델의 경우 범용적 사용이 가능하도록 개발되었기 때문에 국내 실정을 반영한 추가적인 모델 보정이 필요하다. 건물에너지의 예측과 실측의 오차를 최소화하기 위해 벤치마킹 모델의 정확성을 향상시키는 것은 매우 중요하며, 건물에너지 분석의 상세한 정보 입력을 통해 그러한 오차를 최소화할 수 있다.

따라서 본 연구는 한국형 아파트의 물리적 형태와 에너지 사용 특성을 분석하는 것을 목적으로 한다. 모델 보정에 가장 중요한 대표 요소를 선정하고 그에 따른 통계 자료와 실측 데이터를 통한 표준값을 제시하고자 한다.

총 10,426,137가구의 통계 분석과 공동주택관리정보 시스템(K-apt)에서 제공되는 전국의 5,983개 아파트 단지에 대한 전기에너지 사용량을 조사하였으며, 대전 지역의 9개 아파트 단지를 선정 후 실측 데이터를 정밀 분석하였다. 총수, 난방방식 등 물리적 특성의 경우 대부분 비슷한 양상을 보였으나 일부 특정 지역의 경우 전혀 다른 결과를 보여 지역 특성을 고려해야 함을 확인하였다. 또한, 그동안 수행되지 않았던 공용부하와 세대부하에 대한 전력에너지 소비 비율 분석을 수행하였다. 그 결과 공용부하의 비율이 향후 증가될 것이며 이에 주목해야 함을 입증하였다. 시간별 사용량 분석을 통해 하절기 사용량이 급증하는 패턴을 발견하였고 경년변화 분석에도 하절기 에너지 사용량에 주의해야 함을 확인하였다. 본 연구 결과를 종합하여 건물에너지 시뮬레이션 툴을 이용한 한국형 공동주택 모델을 개발하고 단지나 지구 단위의 에너지 수급 예측 및 신재생에너지 적용성 분석을 수행할 계획이다.

**Key Words :** 아파트(Apartment), 건물에너지 시뮬레이션(Building energy simulation), 벤치마킹 모델(Benchmarking model), 실측 데이터(Measured data), 전력에너지 소비(Electric energy consumption)

† Corresponding author, E-mail: dongsu.kim@hanbat.ac.kr

## 가정용 보일러에 연계된 공기열원 히트펌프 운전에 따른 동절기 도시가스 절감량 분석

### Analysis of City Gas Savings in the Winter Season According to the Operation of a Air Source Heat Pump Linked to a Residential Boiler

우스만 무하마드\*, 김용기<sup>\*†</sup>, 엄지영\*, 최경석\*

Muhammad Usman\*, Yongki Kim<sup>\*†</sup>, Jiyoung Eum\*, Gyeongseok Choi\*

\*한국건설기술연구원 건축에너지연구소

**Abstract :** 정부는 녹색건축 활성화를 위하여 제로에너지건축물 의무화를 시행하고 있다. 서울시에서는 건물에너지효율화사업(BRP)을 추진하고 있으며, 고양시에서는 녹색건축물조성사업을 시행하는 등 많은 지자체에서 다양한 에너지효율화사업을 추진하고 있다. 또한, 최근 들어 전기 및 난방요금이 상승하고 있어 에너지 절감에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 연구에서는 고양시 소재의 경로당 건물을 대상으로 동절기 난방을 위하여 기존 방식인 가스보일러 단독운전과 가스보일러와 연계된 공기열원 히트펌프 복합운전의 경우에서의 난방운전특성과 가스소비량을 비교 분석하였다. 경로당의 연면적은 134m<sup>2</sup> 규모이고, 주로 주간에만 운영되고, 야간에는 사용되지 않는다. 난방방식으로는 가정용 보일러를 이용한 바닥복사난방을 사용하고 있다. 기존 열원공급 시스템에 추가로 건물 옥상에 태양광 발전설비 6kW<sub>p</sub>와 급탕이 가능한 12kW<sub>th</sub> 공기열원 히트펌프, 300L 축열조 및 거실에 난방능력 12kW<sub>th</sub> FCU 1대를 설치하였다. 히트펌프에서 생산된 50 ~ 60°C 온수는 축열조를 거쳐 보일러 난방수 리턴 배관에 연계되어 공급된다. 1대의 히트펌프에서 생산된 온수는 1층의 거실에 위치한 FCU와 지하1층 탁구장(기존 비난방 공간)에 설치된 FCU에 공급되나, 본 연구에서는 경로당 1층만을 대상으로 난방운전특성을 분석하였다. 동절기 실험은 2022년 12월부터 2023년 1월까지의 가스보일러 단독운전 9일과 복합운전 19일간의 데이터를 수집 및 분석하였다. 분석결과, 경로당 운영시간(오전 9시부터 오후 6시까지) 동안의 실내외 온도차가 10°C, 15°C, 20°C 일 경우 복합운전의 경우가 단독운전보다 가스소비량을 60 ~ 67% 절감하였다. 따라서 바닥복사난방에 기존 가스보일러와 공기열원 히트펌프 연계 운전이 가능함을 확인하였고, 전기를 사용하는 히트펌프 사용에 따라 가스를 사용하는 보일러의 가스소비량이 절감되는 것을 확인하였다. 다만, 전기식 히트펌프의 전기 사용량은 옥상에 설치된 태양광 발전량으로 충당되어야만, 에너지 자립율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

**Key Words :** 가정용 보일러(Residential boiler), 공기열원 히트펌프(Air source heat pump), 복합 운전(Combined operation), 에너지 절감 효과(Energy saving effect), 바닥복사난방(Radiant floor heating)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: kimyk@kict.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국건설기술연구원의 자체연구사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : KICT 20210519, 20220417).

## 원룸형 소형주택을 모사한 Mock-up 제작 및 패시브/액티브/제어기술의 기후환경 실증시험 계획

### Mock-up Production of a small One-room House and Climate Environment Demonstration Test Plan for Passive/Active/Control Technology

안승택\*, 배우빈\*, 김용길\*†

Seung-Taek Ahn\*, Woo-Bin Bae\*, Yong-Gil Kim\*†

\*(재)한국건설생활환경시험연구원 기후환경실증센터

**Abstract :** 정부의 탄소중립 정책에 따라 지속적으로 건축물의 에너지를 절감하는 것이 매우 중요한 요소로 자리 잡고 있다. 현재 주거용 건축물 중 가장 많은 에너지 소비량과 주거 비율을 보이는 공동주택의 경우 에너지·환경과 관련된 많은 연구들이 진행되고 있다. 하지만 최근 산업화, 단독가구 증가 등으로 사회구조가 변화하면서 원룸형 소형주택의 주거 비율이 상승하고 있다. 이에 공동주택 뿐만 아니라 오피스텔, 다가구주택 등과 같은 원룸형 소형주택에 대한 에너지·환경 관련 연구가 필요한 실정이다. 본 연구는 원룸형 소형주택을 모사하여 Mock-up을 제작하고 대형 기후환경실험실을 활용하여 기후환경 조건(계절별, 극한환경 등)에서 패시브/액티브/제어기술을 적용한 실증시험을 목적으로 한다. 연구절차는 다음과 같다. 첫째 원룸형 소형주택의 범위를 정의하고 면적 형태 유형을 파악한다. 둘째 현재 가장 많은 비율을 차지하는 원룸형 소형주택의 준공연도와 지역을 구분하여 Mock-up의 표준적인 성능을 설정한다. 셋째 기후환경 조건과 패시브/액티브/제어기술 요소를 선정하고 실증시험을 진행한다. 기후환경을 모사한 실증시험을 통해 기후환경에 따른 영향요소를 상대적으로 빠르게 분석할 수 있으며, 적용된 패시브/액티브/제어기술의 성능을 평가하여 추후 시뮬레이션과의 비교나 시험방법의 고도화를 기대할 수 있을 것이다.

**Key Words :** 목업 주택(Mock-up House), 건물에너지(Building Energy), 기후환경챔버(Climatic Environment Chamber)  
실증시험(Empirical Experiment),

† Corresponding author, E-mail: ykkim@kc.re.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 국토교통부의 재원으로 건설분야 성능기반 표준실험절차 개발 사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 23DPSC-C163235-03).

## 하절기 공기식 PVT 시스템을 통한 실내 열쾌적성 향상과 제습냉방효과에 관한 연구

### A Study on the Improvement of Indoor Thermal Comfort and Dehumidification Cooling Effect through Air PVT System in Summer

유아인\*, 김강현\*, 정은성\*, 최영진\*†

AIn Yoo\*, Kanghyun Kim\*, Eunsung Jeong\*, Youngjin Choi\*†

\*경기대학교 건축공학과

**Abstract :** Recently, as social interest in global warming and greenhouse gas reduction increases, various studies on the utilization of new and renewable energy have been actively conducted. Among them, solar energy is drawing particular attention for its infinite energy sources, applicability to buildings, and relatively easy maintenance. However, the thermal energy that can be obtained from the summer air-type PVT(Photovoltaic-Thermal) system has a high temperature, making it difficult to directly supply it indoors. Therefore, this study aims to find out the degree to which the indoor air inflow of the improved PVT system contributes to air temperature reduction and comfort improvement by comparing the PVT system using mist humidification and dehumidification cooling that can increase the value of solar energy in summer. The experimental environment of the PVT system and the improved PVT was conducted under the same conditions, and as a result, it was found that the indoor air inflow of the PVT system through desiccant cooling in summer lowers the indoor air and helps improve indoor thermal comfort. In addition, the PVT system showed the effect of reducing the ventilation load by lowering the indoor air temperature using dehumidified and cooled air.

**Key Words :** PVT시스템(PVT System), 맴스트 가습(Mist humidification), 제습냉방(Degumidification cooling), 열쾌적성(Thermal Comfort)

† Corresponding author, E-mail: yjchoi@kyonggi.ac.kr

#### 후 기

본 연구는 2023학년도 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었음.

# Oral Session

건축환경

Building Environment Engineering (BEE) Session 1, 2



BEE-O-1

# CPU 이용률 제어를 위한 데이터센터 시뮬레이션 모델 개발 및 검증

## Development and Validation of Data Center Simulation Model for CPU Utilization Control

장아민\*, 진산\*, 이찬욱\*, 김민호\*, 도성록\*†

Ahmin Jang\*, San Jin\*, Chanuk Lee\*, Minho Kim\*, Sung Lok Do\*†

\*한밭대학교 건축설비공학과

**Abstract :** 인터넷 산업의 발달로 인한 디지털 데이터양의 증가로 데이터센터(Data center)의 중요성이 증대되고 있다. 데이터센터는 디지털 데이터를 저장하고 관리하는 시설로, 서버, 스토리지 등의 IT 장비를 보관하는 특수목적 건물이다. 데이터센터 내 IT 장비의 소비 전력 99%는 열로 변환되며, 데이터센터는 그 목적에 따라 상시 운영되기 때문에 데이터센터 내 많은 열부하가 발생한다. IT 장비의 발열은 주로 컴퓨터에서 데이터를 처리하는 장치인 CPU(Central processing unit)에 의한 것으로 데이터센터 발열량은 CPU 이용률에 많은 영향을 받는다. CPU 이용률이 상승하면 데이터센터 발열이 증가하는데 IT 장비는 고온에서 디지털 데이터 손실 문제를 유발하기 때문에 냉방 시스템을 통한 IT 장비의 발열량 제거가 필수적이다. 그러나 데이터센터 운영자는 냉방 에너지 소비량을 고려하지 않고 IT 장비 고장 방지를 위한 목적으로 냉방 시스템을 가동한다. 데이터센터 냉방 에너지 소비량은 데이터센터 전체 소비 에너지의 40% 이상을 차지하고 있으며 이에 대한 절감이 필수적이다. 따라서 본 연구는 데이터센터 냉방 에너지 분석을 위해 CPU 이용률의 제어가 가능한 실측 데이터 기반 데이터센터 모델을 개발하였다. 모델은 EnergyPlus를 통해 제작되었으며, 모델의 검증은 실측 냉방에너지 및 IT 발열량을 이용하여 진행되었다.

**Key Words :** 데이터센터(Data center), IT 장비(IT equipment), CPU 이용률(CPU utilization), 냉방 에너지(Cooling energy), 시뮬레이션 모델(Simulation model),

† Corresponding author, E-mail: sunglokdo@hanbat.ac.kr

## 태양에너지 활용 흡수식 냉동기를 적용한 동시냉난방 시스템의 효용성 분석

### Effectiveness Analysis of Simultaneous Heating and Cooling System with Solar Energy Absorption Chiller

이석현\*, 이유진\*, 신대욱\*†

Seokhyun Lee\*, Yujin Lee\*, Daeuk Shin\*†

\*군산대학교 건축공학과

**Abstract :** 동시냉난방시스템(Simultaneous heating and cooling system, SHCs)은 히트펌프 한 번의 작동으로 냉방 부하와 난방 부하를 제거할 수 있는 시스템이다. 따라서 냉방과 난방이 동시에 필요한 건물에 매우 효과적인 시스템이나, 냉방과 난방의 사용량이 항상 동일하지 않으므로 보조 열원 기기의 사용이 불가피하다. 한 건물에서 냉방 부하가 난방 부하보다 많이 걸린다고 가정할 때, 동시냉난방 시스템으로 제거되지 못하는 냉방 부하는 보조 냉방 기기를 사용해야 한다. 일반적인 흡수식 냉동기(Absorption chiller)는 재생기에서 지역난방열을 사용하지만, 태양열 흡수식 냉동기(Solar absorption chiller)는 흡수식 냉동기의 재생기에서 필요한 열을 태양열로 공급하는 방식이다. 태양광(Solar photovoltaic)은 PV패널을 통해 태양광 발전을 수행하여 전력을 생산하고, 건물에 공급하는 방식으로 사용될 수 있다. 이에 본 논문에서는 태양에너지(Solar energy)인 태양광과 태양열(Solar heat)를 각각 PV패널과 흡수식냉동기에 활용하여 난방부하와 냉방부하가 동시에 발생하는 건물에 적용하여 기존의 동시냉난방 시스템의 에너지 사용량과 비교해보고자 한다.

**Key Words :** 동시냉난방 시스템(Simultaneous heating and cooling), 태양에너지(Solar energy), 흡수식 냉동기(Absorption chiller),

† Corresponding author, E-mail: daeuk.shin@kunsan.ac.kr

#### 후 기

본 연구는 2022년도 의 한국연구재단의 재원으로 기본연구 사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 2022R1F1A10630651140182064070101).

BEE-O-3

## 코일 파울링에 따른 열교환 유용도 및 HVAC 시스템 에너지 사용량 평가

### Evaluation on Heat Exchange Effectiveness and HVAC System Energy Consumption according to Fouling on Coil

진산\*, 장아민\*, 김민호\*, 도성록\*†

San Jin\*, Ahmin Jang\*, Minho Kim\*, Sung Lok Do\*†

\*한밭대학교 설비공학과

**Abstract :** HVAC 시스템 요소 중, 냉방코일은 먼지 혹은 스케일링 등 다양한 물질에 의한 오염이 쉬운 환경에 노출되어 있기 때문에 시간이 지남에 따라 코일 외·내부 전열면에 오염물질이 점차 침착되며, 이러한 현상을 파울링이라고 한다. 파울링은 코일 외·내부 표면에 열 저항층을 생성하여 코일의 열교환 유용도를 감소시키며, 이는 전체 HVAC 시스템의 성능 저하 및 에너지 사용량 증가로 이어진다. 따라서 본 연구는 건물 에너지 시뮬레이션 툴인 EnergyPlus의 Fault model을 이용하여 파울링이 발생하는 상황을 가정하여 코일에 파울링이 발생한 경우, 열교환 유용도와 HVAC 시스템의 에너지 사용량을 분석하였다. 분석 결과, 열 교환 유용도는 시간이 지남에 따라 감소하였으며, 내부 표면 파울링이 외부 표면 파울링보다 유용도 저하 및 에너지 사용량 증가에 더 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

**Key Words :** 냉방코일(cooling coil), 파울링(Fouling), 열 교환 유용도(Heat exchange effectiveness), 에너지 사용량 (Energy consumption)

† Corresponding author, E-mail: sunglokdo@hanbat.ac.kr

## 글로벌 데이터를 이용한 로컬 일사 예측 모델 개발 및 평가

### Performance Evaluation of LSTM based Solar Irradiance Prediction Models without Long-Term Local Weather Data

전병기\*, 김의종\*\*†

Byung-ki Jeon\*, Eui-Jong Kim\*\*†

\*인하대학교 대학원 스마트시티공학과, \*\*인하대학교 건축공학과

**Abstract :** 건물의 Predictive control에서 건물 부하 및 신재생에너지의 생산량에 영향을 주는 일사량을 예측하는 것은 매우 중요하다. 그러나 대부분의 일사예측 모델은 대상 지역에서 장시간 측정된 기상 데이터를 통해 모델을 학습하는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 LSTM layer와 BI-LSTM layer를 혼합한 Hybrid layer 기반의 일사예측 모델을 제안하고, 타지역 weather data로 학습한 모델에 예측 일 하루 전 현장에서 측정한 시간별 일사량만을 가지고 다음 날의 일사 예측을 수행하였다. 제안된 일사예측 모델은 RMSE 69.5W/m<sup>2</sup>로 건물 예측제어용으로 활용할 수 있는 수준의 오차를 보였고 학습 데이터가 타지역임에도 불구하고 기존 해당 지역에서 측정한 장기데이터로 학습한 모델과 유사한 성능을 보였다. 해당오차는 본 연구와 유사한 목적으로 개발된 일사 예측 모델을 기준(76W/m<sup>2</sup>)으로 유사한 오차 수준이며, 선행 연구에서는 30개월 동안 측정된 로컬 데이터를 사용했다는 점에서 제안된 모델은 오랜기간 측정을 통해 데이터베이스가 잘 갖추어진 지역의 데이터를 활용하는 방법으로 일사량을 예측하는 실용적인 모델로 활용이 가능하다.

**Key Words :** 딥러닝(Deep Learning), 수평면 전일사량(Total horizontal irradiance), 모델 예측제어(Model Predictive Control), LSTM (Long short Term Memory)

† Corresponding author, E-mail: ejkim@inha.ac.kr

#### 후기

이 연구는 한국연구재단의 연구비 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호: 2021R1A4A1031705).

# 냉동사이클을 이용한 공기 열원 히트펌프 시스템 에너지 효율 향상에 관한 연구

## A Study on Energy Efficiency of the Air Source Heat Pump System using Refrigeration Cycle

이한결\*, 김효준\*\*, 조영흠\*\*\*†

Hangyeol Lee\*, Hyojun Kim\*\*, Younghum Cho\*\*\*†

\*영남대학교 일반대학원 건축학과, \*\*영남대학교 공업기술연구소, \*\*\*영남대학교 건축학부

**Abstract :** 공기 열원 히트펌프 시스템은 건물 외부의 열을 이용하여 내부를 냉난방하는 시스템이다. 공기 열원 히트펌프 시스템은 공기를 열원으로 사용하므로, 실내외 공기 온도에 따른 성능 저하가 발생할 수 있다. 이에, 본 연구에서는 냉방 운전 시 공기 열원 히트펌프 시스템의 성능 향상 제어 방법을 개발하고자 한다. 일반적으로 냉매선도 상에 냉동사이클의 증발기 압력은 높을수록, 응축기 압력은 낮을수록 성능은 높게 나타난다. 냉방 운전 시 증발기는 실내 측, 응축기는 실외 측에 위치하며, 동일한 실외 온도 조건에서 증발기 팬의 제어하여 증발기 측 열교환량을 조절하여 공기 열원 히트펌프 시스템의 성능 향상시킬 수 있다. 냉동사이클을 활용하여 증발기 측 엔탈피 변화량에 따른 증발기 팬 제어를 통한 에너지 절감 방법을 개발하였다. 개발한 제어 방법은 동적 에너지 시뮬레이션인 TRNSYS를 이용하여 분석 및 평가하였다. 기존 제어 방법은 실험실 목적의 대상 공간에서 R410A 냉매를 사용하는 정격 냉방능력이 4.53 kW인 공기 열원 히트펌프 시스템의 운영 데이터를 분석하여 설정하였다. 냉방 운전 기간에 대한 분석 결과 제안한 성능 향상 제어 방법이 기존 제어 대비 최소, 최대, 평균 모두 성능이 향상되어 운영됨을 확인하였다. 또한, 기존 제어 대비 냉방 운전 시 소요 에너지가 감소함을 확인하였으며, 냉방기간 총 증발기 팬 소요 에너지가 기존 제어 대비 약 61% 감소함을 확인하였다.

**Key Words :** 공기 열원 히트펌프 시스템(Air source heat pump system), 냉동사이클(Refrigeration cycle), 성능계수 (Coefficient of performance)

† Corresponding author, E-mail: yhcho@ynu.ac.kr

### 후기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP) 연구비 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No.20202020800360).

## 겨울철 난방시 사무실에서 난방 쿠션 매트 사용이 인체의 심박변이도에 미치는 영향

### Effect of Heating Cushion Mat use on Heart Rate Variability of Residents in Office Building During Heating in Winter

임재한\*†

Jaehan Lim\*†

이화여자대학교 건축도시시스템공학과

**Abstract :** 일반적으로 중소규모 사무실에는 천장매립형 EHP(electric heat pump)가 설치되어 겨울철에 난방운전된다. 이 경우 수직적으로 공기온도의 성층화 현상이 나타남으로 인해 재실자가 의자에 앉아서 생활하는 경우, 하부의 낮은 온도로 인해 국부적인 추위를 느끼게 된다. 기존 대류 방식의 공조설비를 전반공조 방식으로 운전하면서 동시에 재실자에게 국부적인 난방 조건을 제공하여 재실자의 온열쾌적조건을 개선함으로써 전체 난방기간 동안 소비되는 에너지를 절감할 수 있다. 본 연구에서는 국부적 난방방식을 이용하여 재실자의 온열감에 따라 PMV와 HRV, HR의 변화 특성을 분석하고자 하였다. 이를 위해 오피스건물에서 겨울철 난방 쿠션 매트를 이용하여 엉덩이(buttock)나 등(back)을 국부적으로 난방하는 경우 재실자의 심박변이도(HRV, Heart rate variability)와 심장박동수(HR, Heart rate)의 변화를 측정 분석함으로써, 국부적인 난방장치로 인한 인체의 생리적 변화 특성을 분석하였다. 그리고 피험자 실험을 통해 인체의 HRV, HR를 측정하여 비교분석함으로써, 생리적 변수로서 HRV나 HR이 개별 재실자의 온열쾌적성에 영향을 미치는지를 평가하였다. 반복적인 측정 결과, 동일한 실내 환경조건에서 HRV는 일정한 패턴을 보이지만, HR은 다소 변화폭이 크게 나타났다. 또한 국부적 난방에서 HRV 변화의 유의성을 일부 파악할 수 있었다. 다만, 피험자별로 HRV 변화특성이 상이하여 일반화는 어려울 것으로 판단된다.

**Key Words :** 국부적 난방(local heating), 온열감(Thermal sensation vote), 예상온열감(Predicted mean vote), 심박변이도(Heart rate variability), 심박수(Heart rare), 난방 쿠션 매트(heating cushion mat)

\* Corresponding author, E-mail: limit0@ewha.ac.kr

#### 후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2023R1A2C2007911).

BEE-O-7

# 모델기반 예측제어의 단순 제어규칙 도출을 위한 Pre-cooling 예측 모델 개발

## Prediction Model Development of Pre-cooling Amount for Simplified Rule Extraction of Model-Based Predictive Control

박세미\*, 조재완\*  
 Semi Park\*, Jaewan Joe\*†  
 \*인하대학교 건축공학과

**Abstract :** Model-based predictive control(MPC)를 실제 건물에서 구현하기 위해서는 냉난방기기와 실시간으로 최적화되는 MPC simulation의 결과 그리고 implementation program과 연결하는 과정이 필요하다. 이러한 과정은 굉장히 복잡하기 때문에 구현하는데 많은 시간과 돈이 소모된다. 따라서 본 연구는 이러한 과정을 생략하고 기존의 Rule 기반의 제어와 같이 MPC를 구현하기 위한 기계학습 기반의 간단한 제어 규칙을 도출하여 implementation 하는 것을 목표로 한다. 본 연구는 첫 번째 단계로, MPC를 통해 계산된 pre-cooling의 양을 해당 일의 외기온, 일사량의 대표 값(평균, 최대값 등)을 이용하여 예측하는 회귀 모델을 개발하였다. 대상 건물로는 인하대학교 캠퍼스 내의 두 사무실 공간과 미국의 Oak Ridge National Lab의 2층 규모의 상업건물 (Flexible Research Platform)이다. 시뮬레이션 스터디를 통하여 기존의 MPC를 이용한 결과와 비교하여 그에 상응하는 우수한 냉방 에너지 및 비용 절감이 달성되었다.

**Key Words :** 구현 (Implementation), 모델기반 예측제어 (Model-based predictive control), 그레이박스 모델 (Grey-box model), regression

† Corresponding author, E-mail: jjoe@inha.ac.kr

### 후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) through a grant funded by the Korean government (MSIT) (No. 2021R1A4A1031705).

## 예측 모델을 활용한 외기 냉방 시스템의 설정값 제어 알고리즘 개발

### Development of Set-point Control Algorithm of Economizer System using Prediction Model

이진현\*, 조영흠\*\*†

Jinhyun Lee\*, Younghum Cho\*\*†

\*영남대학교 공업기술연구소, \*\*영남대학교 건축학과

**Abstract :** Economizer system is one of the measure to improve building energy efficiency by reducing the cooling load through the introduction of outdoor air during intermediate season. There are dry-bulb temperature control and enthalpy control in economizer control method. The dry-bulb temperature control considers only sensible heat and has a limitation that humidity cannot be considered. A control that compensates for these limitations is an enthalpy control. Currently, economizer system is applied only to some large buildings, and it is not properly operated, such as being passively operated by the manager's experience. In addition, the set-point of economizer system is controlled at a constant value. Because of this, in some outdoor conditions, indoor comfort and indoor air quality problems may occur and energy may be wasted. Therefore, it is necessary to develop an algorithm that automatically controls the set-point according to the indoor and outdoor air conditions when controlling the economizer system. For this, a sensible and latent heat load prediction model was developed using the Matlab. And using the developed prediction model, an algorithm to control the set-point of the economizer system was developed, and the developed control algorithm was evaluated through simulation. As a result, it was confirmed that the energy was saved compared to the existing control when controlling the economizer system according to the application of the developed algorithm.

**Key Words :** 혼합 온도 설정값(Mixed air temperature set-point), 공조시스템(HVAC system), 외기 냉방 제어 (Economizer control), 제어 알고리즘(Control algorithm), 예측 모델(Prediction model)

† Corresponding author, E-mail: yhcho@ynu.ac.kr

#### 후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00214493).

BEE-O-9

## 모듈화 주택의 외피 시스템 단열성능 평가

### A Study on the Evaluation for Envelope Insulation Performance of Modular Housing

조우진<sup>\*†</sup>, 이용준<sup>\*\*</sup>, 오은주<sup>\*\*</sup>

Woojin Cho<sup>\*†</sup>, Yongjun Lee<sup>\*\*</sup>, Eunjoo Oh<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>삼성물산(주) 건설부문 ENG실 기반기술팀 친환경기술그룹,

<sup>\*\*</sup>(주)비이엘테크놀로지 친환경외피공학연구소

**Abstract :** 본 연구는 모듈화 주택에 적용한 중단열 외벽 시스템(IDW)의 외벽 패널과 슬래브 간 접합부 등 각 부위별 상세에 대한 3차원 전열해석 시뮬레이션을 통해 시공 시 발생하는 열교에 의한 열성능 저하를 정량적으로 산출하였다. 본 연구에서 해석한 부위는 부산 EDC 스마트빌리지의 C, D Type을 대상으로 선정한 23개의 접합부에 대하여 산출한 상당열관류율 값과 1차원 열관류율을 비교하였다. 또한, 열교 발생에 영향을 미치는 주요 변수로 중단열 외벽 시스템의 단열재 두께 변화에 따른 1차원 열관류율을 선정하여 단열성능 변화에 따른 열교 영향 산출식을 도출하였다. 개발된 상관식을 활용하면 단열 사양에 따른 전체 외피의 열성능 변화를 즉각적으로 판단할 수 있어 설계 단계에서 활용 시 중단열 외벽 시스템을 적용한 모듈화 주택 단열설계 최적화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

**Key Words :** 모듈화 주택(Modular housing), 중단열 외벽 시스템(Insulation Double Wall, IDW), 열교(Heat bridge), 전열해석(Heat transfer analysis), 단열성능평가(Insulation performance evaluation)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: woojin54.cho@samsung.com

# EPD 자재 적용에 따른 학교시설의 내재탄소 감축 가능성

## Possibility of Embodied Carbon Reduction in School Facilities due to the Application of EPD Materials

김재문<sup>\*†</sup>

Jaemoon Kim<sup>\*†</sup>

<sup>\*</sup>(주)삼우씨엠건축사사무소 기술연구소 친환경 파트

**Abstract :** 본 연구의 목적은 학교시설 29개 건축물을 대상으로 건축물 전과정 평가를 수행하고, 효과적인 온실가스 감축 설계가 가능하도록 자재별 환경영향도를 제안하는데 있다. 환경영향도 파악을 위해 ISO 기준에 따라 건축물 전과정 평가 Tool을 개발하였고, 총 29개의 초, 중, 고등학교, 특수학교를 대상으로 6대 환경영향 평가를 수행하였다. 평가 결과 6대 환경영향에서 생산단계, 운영단계가 차지하는 비중은 GWP 94.9%, ODP 80.6%, ADP 94.6%, EP 89.6%, POCP 92.8%로 높게 나타났다. 그러나 운영에너지는 그린뉴딜 정책에 의해 저에너지 설계가 이뤄지고 있어 현 단계에서 운영단계를 통한 추가적인 온실가스 저감은 신재생에너지를 통해 실현이 가능하다. 그러나 단순히 신재생에너지 설치를 통한 온실가스 저감 보다 에너지 외 항목에서 추가적으로 온실가스를 절감시키기 위해 생산단계의 자재별 환경영향을 비교하였다. 6대 환경영향의 생산단계에서 상위 5개 자재가 차지하는 비중은 GWP는 83.3%, ODP는 94.4%, ADP는 91.6%, AP는 77.9%, EP는 76.3%, POCP는 93.9%를 차지하였다. 상위 5개 자재는 주로 콘크리트, 철근, 시멘트, 조적, 금속바닥재 등 구조 재료가 차지하는 비중이 높게 나타났다. 이러한 자재에 대해 생산단계에서의 온실가스 저감 설계를 위해 기업에서 자발적으로 환경성적표지 인증 또는 저탄소인증을 받은 제품으로 대체하여 자재 생산단계만 비교해본 결과 GWP 38.2%, ODP 78.2%, ADP 28.9%, AP 33.24%, EP 25.0%, POCP 76.8% 절감된 것으로 분석되었다. 이러한 자재생산단계에서의 절감은 전 단계에서 GWP 11.96%, ODP 38.96%, ADP 13.21%, AP 1.18%, EP 5.53%만큼 절감시키는 효과를 보였다. 따라서 설계단계에서 자재 선정만으로도 온실가스를 감소시킬 수 있어 자재의 중요성 인식과 건축물 전과정평가를 통한 건물부문의 효율적인 탄소 중립을 위해 제품 생산 업체의 저탄소 제품 개발을 위한 지원 및 환경이 조성될 필요가 있을 것으로 사료된다.

**Key Words :** 전과정평가(Life Cycle Assessment), 학교시설(School Facility), 6대 환경영향 요소(Six Environmental Impacts), EPD(Environmental Product Declaration)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jaem0216@samooecm.com

# Oral Session

태양광에너지

Photovoltaic Energy (PVE) Session 1, 2, 3, 4



## “FIND” 플랫폼 비즈니스 모델 기반 에너지신사업 활성화에 관한 연구

### FIND: A Study of Revitalization of Energy New Business Based on Platform Business Models

박채영<sup>\*†</sup>, 정진승\*, 정준영\*, 김남규\*

Chae-young Park<sup>\*†</sup>, Jin-seong Jeong\*, Jun-young Jeong\*, Nam-kyu Kim\*

\*한국남동발전 디지털융합처

**Abstract :** 한국남동발전은 2021년 11월 소규모 전력증개거래시장이 본격화됨에 따라 이와 연계된 서비스를 제공하기 위해 플랫폼에 기반한 사업을 추진하고 있다. 한국남동발전은 2017년 9월부터 태양광사업자 매칭 플랫폼인 유솔(U'sol)을 통해 운영 중이던 기존 사업을 금융(Finance), 정보(Information), 신사업(New Business), 데이터(Data)의 4가지 분야로 개편하여 분산형 전원 중심의 에너지플랫폼 FIND(<https://www.koenergy.kr/platform>)를 구축하였다. 신규 플랫폼을 통한 주요 사업으로 소규모 전력증개거래시장 사업정보 제공과 신재생에너지 공공데이터 개방 등이 있으며, 핵심기술 연구개발을 통해 새로운 사업을 추진하고 있다. 그 예로 태양광발전단지 효율분석 시스템을 통해 태양광 고장진단 서비스를 기획하고 있으며, 온실가스 배출권 가격예측 및 구매전략 최적화 의사 결정 시스템으로 중장기 배출권 가격전망자료를 공공데이터로 제공할 계획이다. 이처럼 한국남동발전은 플랫폼 사업을 통해 에너지신사업 활성화를 위한 양질의 대국민 서비스를 제공에 주력하고 있다.

**Key Words :** 플랫폼 비즈니스(Platform Business), 재생에너지(Renewable Energy), 에너지신사업(Energy New Business)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: cyoung@koenergy.kr

## 반 전압법을 이용한 태양광발전 시스템의 1선 지락 위치 검출

### Detection of 1-line Ground Fault Location in Photovoltaic System using Half Voltage Method

이용규\*, 흥순일\*, 최의성\*†

Yongkyu Lee\*, Soonil Hong\*, Euiseong Choi\*†

\*네오에너지커넥터

**Abstract :** 정부의 ‘재생에너지 3020정책’, ‘2050 탄소중립 추진전략’ 이행에 따라 신재생 에너지 설비의 보급이 확대되고 있다. 신재생에너지 중에서도 청정 무한한 태양의 빛 에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 태양광 발전에 대한 수요가 계속해서 증가하고 있다. 하지만 외부 환경에 설치하는 태양광 발전 시스템은 외부적인 요인에 의해 다양한 형태의 고장이 발생할 수 있다. 특히, 1선 지락 고장은 태양광발전 시스템의 인버터를 정지시키며 심할 경우에는 화재사고로 이어질 수 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 기술 연구가 필요하다.

본 연구에서는 태양광발전 시스템의 1선 지락고장을 검출하기 위해 반 전압방식을 적용하였다. 반 전압방식은 태양광 스트링의 (+)단자에서 F.G 사이의 전압과 (-)단자에서 F.G사이의 전압을 측정하며 측정된 전압 값의 편차를 이용하여 1선 지락고장을 검출할 수 있다. 또한, 본 연구에서는 실증을 통하여 태양광발전 시스템의 1선 지락 고장 위치를 검출할 수 있음을 확인하였다. 해당 기술은 태양 광발전 시스템의 효율을 저하시키는 1선 지락고장을 검출하여 태양광 발전소가 안정적이고 효율적으로 운영되는데 기여할 것으로 기대된다.

**Key Words :** 반 전압법(Half voltage method), 1선 지락(1-Line ground fault), 태양광발전 시스템(PV system)

† Corresponding author, E-mail: : yglee@neo-ec.com

# 태양광 물리모델과 기계학습을 이용한 발전성능 추정

## Estimation of Power Generation Performance using Solar Physics Models and Machine Learning

오현규\*,\*\*, 신우균\*\*, 주영철\*\*, 배수현\*\*, 황혜미\*\*, 강기환\*\*, 고석환\*\*† 장효식\*†  
 Hyun Gyu Oh\*,\*\*, Woo Gyun Shin\*\*, Young Chul Ju\*\*, Soo Hyun Bae\*\*,  
 Hye Mi Hwang\*\*, Gi Whan Kang\*\*, Suk Whan Ko\*\*†, Hyo Sik Chang\*†  
 \*충남대학교 에너지과학기술대학원, \*\*한국에너지기술연구원 재생에너지연구소 태양광연구단

**Abstract :** 본 논문에서는 건물일체형 태양광발전(BIPV) 시스템에서 발전 성능 출력을 예측하기 위해 회귀 알고리즘을 이용한 머신러닝 모델을 제안한다. BIPV 시스템에는 컬러 모듈이 적용되어 있으며, 3.5 kW급 인버터의 측정 데이터를 사용하여 실험을 수행했다. 실험에서는 태양광 시스템의 물리 모델과 제안한 모델을 실제 측정된 발전량 데이터와 비교분석했다. 총 세 가지 물리적 모델이 사용되었으며 각 모델의 결정계수, 평균제곱근오차(RMSE), 정확도를 평가하고 선형 회귀 분석을 수행했다. 실험 결과, 제안한 모델은 물리 모델만 사용했을 때보다 RMSE값이 0.1046 kW 감소하였고 정확도는 10.12% 향상된 것으로 나타났습니다. 본 논문에서 제안한 모델은 물리적 모델만을 사용하는 것에 비해 인공지능 기법을 사용하여 보다 정확한 추정과 예측을 할 수 있는 능력을 가지고 있으며, 향후 제안한 모델의 정확도를 향상시키기 위해 더 많은 양질의 데이터를 투입하고 세분화된 형태의 빅데이터를 구축하는 작업이 필요 할 것이라고 생각된다.

**Key Words :** 건물일체형 태양광발전(BIPV), 회귀 알고리즘(Regression algorithms), 평균제곱근오차(Root mean square error), 선형 회귀 분석(Linear regression analysis)

† Corresponding author, E-mail: hschang@cnu.ac.kr, korea19@kier.re.kr

### 후기

본 연구는 산업통상자원부와 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No:20223030010200).

## 자가발전 소자를 통한 태양광 모듈 바이패스 다이오드 발열현상 감지 및 결함모드 분석

### Bypass Diode Heat Detection and Failure Mode Analysis at PV Modules with a Thermoelectric Module

고재환\*, 김충일\*, 이수운\*, 신우균\*\*, 고석환\*\*, 송형준\*<sup>†</sup>  
Jaehwan Ko\*, Chungil Kim\*, Suwoon Lee\*, Woo-Gyun Shin\*\*,  
Suk-Whan Ko\*\*, Hyung-Jun Song\*<sup>†</sup>

\*서울과학기술대학교 안전공학과, \*\*한국에너지기술연구원 태양광연구단

**Abstract :** 태양광 모듈에서 Hot-spot과 바이패스 다이오드 고장은 빈번하게 발생하는 불량으로 발생 시 바이패스 다이오드의 온도를 높여 신뢰성과 효율을 저하시키는 원인으로 알려져 있다. 열화상으로 측정 시 태양광 모듈의 바이패스 다이오드는 실제 동작환경에서 Hot-spot이 발생하는 경우 전류가 흘러서 100°C까지 상승하며 바이패스 다이오드에 결함이 발생하고 인버터가 정상 작동하지 않는 경우 병렬로 연결된 다른 어레이의 전류가 역전류로 흐르게 되어 온도가 200°C까지 상승하여 정션박스 용융이나 화재로 연결될 수 있다. 이러한 온도 상승을 모니터링하기 위해 발생된 열을 이용하여 통신설비 구동이 가능한 열전 소자를 바이패스 다이오드에 부착하여 발열 시 감지하고 결함모드를 분석하는 방안을 제시하고자 한다. 다양한 입사광 세기( $600, 800\text{W}/\text{m}^2$ )와 기온( $0, 20, 40^\circ\text{C}$ )에서 열전 소자로 발전 성능을 검증한 결과 일사량이  $600-800\text{W}/\text{m}^2$ 인 경우 Hot-spot 조건에서 열전 소자의 발전량이  $8.47-19.73\text{mW}/\text{cm}^2$ , 바이패스 다이오드가 손상되고 인버터가 꺼진 경우 열전 소자의 발전량은  $27.98-49.36\text{mW}/\text{cm}^2$ 이다. Hot-spot과 바이패스 다이오드 결합 시 열전 소자의 발전량과 온도 특성이 상이하므로 발전소의 구성, 일사량, 인버터 전원 등의 정보와 연동한다면 Hot-spot과 바이패스 다이오드 결합의 고장모드를 정확하게 식별할 수 있는 시스템이 된다. 고안된 시스템은 기존 태양광 설비에 적용할 수 있으며, 비대면, 원격 감지가 가능하고 전력소비가 없이 바이패스 다이오드 발열 상황에서만 활성화되는 장점이 있고 열전 소자를 활용하여 발열 부위에 부착해 해당 설비의 고장 모드를 식별할 수 있어 넓은 확장성과 범용성을 가질 것으로 예상된다.

**Key Words :** 바이패스 다이오드(Bypass diode), 열전 소자(Thermoelectric module), 핫스팟(Hot-spot), 바이패스 다이오드 결함(Bypass diode Failure), 결함 모드 분석(Failure mode analysis)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: hj.song@seoultech.ac.kr

#### 후기

본 연구는 한국연구재단의 중견연구 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20193010014570).

PVE-O-4

# 태양광발전설비 고장 및 수명예지 진단을 위한 머신러닝기반 태양광 발전량 진단시스템

## Machine Learning-based Solar Power Generation Diagnosis System for Diagnosis of Failure and Life Prediction of Solar Power Generation Facilities

김창준\*, 권영서\*†

Chang-Joon Kim\*, Young-Seo Kwon\*†

\*주식회사 제이케이코어

**Abstract :** 본 연구의 목적은 태양광발전 O&M 활성화를 위해 인공지능기법을 활용하여, O&M의 기초가 되는 발전설비 고장 및 수명예지를 진단하기 위함이다. 본 연구는 한국에너지기술연구원 태양광연구단과의 공동 연구를 통해 개발한 태양광 발전량 진단 알고리즘을 도입하였으며, 웹 프로그램 기반의 머신러닝 기반 태양광 발전량 진단시스템을 구축하였다. 해당 시스템은 태양광 발전 뿐만 아니라 일사량, 온도와 같은 데이터기반의 인공지능기법 학습을 통해 현재발전량 추정하고, 현재 발전량과 비교하여 발전설비 상태와 수명을 예지할 수 있다. 이를 활용하여 태양광발전성능을 추정하는 시뮬레이션 모델을 도입하여 발전량 추정 정확도를 향상시킬 수 있다. 본 연구 결과를 바탕으로 머신러닝 기반 태양광 발전량 시뮬레이션 진단 데이터와 실제 발전 데이터의 비교·분석을 통해 고장 설비를 색출함으로써 발전 효율을 높이고 사고를 방지 할 수 있고, 기존 통합모니터링 시스템과 같은 단순한 모니터링이 아닌 인공지능 활용 시스템 분석/감시 시스템으로서의 역할을 기대할 수 있을 것으로 기대된다.

**Key Words :** 태양광 고장진단(Solar fault diagnosis), 태양광 수명예지(Solar power life prediction), 머신러닝 (machine learning), 태양광발전량 진단 알고리즘(Solar power generation diagnosis algorithm), 빅데이터 분석(Big Data Analysis)

† Corresponding author, E-mail: shuttle9@jkcore.com

# 다물체 상호작용을 고려한 부유식 해상태양광 플랫폼의 하중 해석에 관한 연구

## Load Analysis of Floating Offshore Photovoltaic Platform Considering Multi-body Interaction

임지수\*, 고혁준<sup>\*†</sup>, 장재경\*, 김정태\*

Ji-su Lim\*, Hyeok-Jun Koh<sup>\*†</sup>, Jae-Kyeong Jang\*, Jung-tae Kim\*

\*고등기술연구원 그린에너지/인텔리전스센터

**Abstract :** 국내 태양광 발전은 대규모 보급이 진행됨에 따라 육상태양광에서 수상 및 해상태양광으로 발전방향을 전환함으로써 설치부지 부족 문제나 민원 문제를 해결하기 위해 노력하고 있다. 부유식 해상태양광 플랫폼의 경우 지반에 고정되는 육상태양광 플랫폼과는 달리 해상에 부유식 구조물을 띄우고 그 위에 태양광 발전을 위한 시스템을 구축하게 된다. 높은 발전량을 위한 대규모 해상태양광 플랫폼의 경우 여러 개의 단위 유닛들이 연결되어 하나의 플랫폼을 구성하게 되는데 이때 단위 유닛들은 일반적으로 소형 부력체들을 프레임으로 연결한 구조물 위에 태양광 패널이 탑재된 형태로 구성된다. 이러한 해상태양광을 설계할 시에는 파랑, 바람 및 조류 등의 환경외력으로 인해 부유식 구조물이 받는 하중을 계산하고 규정에 따라 안정성을 평가하는 절차가 필요하다. 구조물들의 다중 배열로 구성된 해상태양광 플랫폼은 배열에 따른 가림효과(Shielding effect)가 발생하므로 정확한 하중 계산을 위해서 구조물 간의 상호작용을 반영한 다물체 해석이 요구된다. 본 연구에서는 다중 배열 유닛으로 구성된 해상태양광 플랫폼에 대해 단일 해석을 통해 도출된 단위 유닛의 동적계수를 모든 유닛으로 확장해 적용한 결과와 다물체 해석을 통해 도출된 각 유닛의 개별 동적계수를 적용한 해석 결과를 비교 검토하여 가림효과에 따른 플랫폼의 하중 변화 특성을 확인하였으며, 해석법에 따른 차이점을 정립하여 추후 다물체로 이루어진 태양광 플랫폼에 대해 적합한 하중 해석 방법을 제안하고자 한다.

**Key Words :** 부유식 해상태양광 플랫폼(Floating offshore Photovoltaic Platform) 다물체 해석(Multi-body Analysis), 가림효과(Shielding effect)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: hjkoh@iae.re.kr

### 후기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20203040010240).

## 투명 태양광 기반 에너지 및 휴먼 일렉트로닉스

### Transparent Photovoltaics for Energy and Human-electronics

김준동<sup>\*†</sup>, 프리양카 바트나가\*, 말케시쿠마 패텔\*

Joondong Kim<sup>\*†</sup>, Priyanka Bhatnagar\*, Malkeshkumar Patel\*

\*인천대학교 전기공학과

**Abstract :** Sunlight provides a huge quantity of energy and has enormous potential to satisfy energy requirements on a global scale. However, the present class of nontransparent or opaque solar systems hinders the wide adoption of solar energy in natural environments. To overcome this obstacle, we herein discuss the production of solar power through transparent photovoltaic (TPV) systems. A TPV device transmits visible light but uses nonvisible light to produce electric power, which can be used to supply power on-site where power is consumed. The transparency of TPV devices allows them to be used in windows of buildings and vehicles and in displays, thereby supporting the shift to sustainable energy. Moreover, TPV devices are promising for human electronics and neuromorphic applications as self-powered invisible devices. How will TPVs revolutionize emerging bioelectronics and memory applications? The concept of invisible electronics has grabbed tremendous attention recently, as evident from its application in transparent solar cells. The use of selected bands of radiation for energy conversion and the transmittance of visible radiation by these transparent devices has opened an avenue for solar-to-electrical energy conversion. These TPVs offer the significant benefit of being transparent in the visible range and are thus freed from the visual barrier of conventional opaque solar cells. As a result, TPVs can serve on-site as invisible power generators, such as in windows and on the surfaces of buildings, vehicles, and other structures. In addition, it endows these devices with the capacity of self-operation, which is a highly desired feature in today's optoelectronic devices.

**Key Words :** Transparent photovoltaic (TPV), On-site power, Solar-to-electric energy, human-electronics.

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: joonkim@incheon.ac.kr

## 다양한 기상조건하에서 태양광 패널에 대한 Spectral Mismatch Factor 특성 분석

### The Characteristics of Spectral Mismatch Factor for Solar Cells under Diverse Atmospheric Environments in Korea

김창기<sup>\*†</sup>, 김현구\*, 강용혁\*, 오명찬\*

Chang Ki Kim<sup>\*†</sup>, Hyun-Goo Kim\*, Yong-Heack Kang\*, Myeongchan Oh\*

\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실

**Abstract :** 최근 소재 기술의 발달로 태양광 패널 또는 셀의 효율이 지속적으로 증가하고 있다. 태양 광 셀 효율에 대한 평가는 일반적으로 표준 실험 장비 또는 환경에서 이뤄지는데 ASTM G-173이 그 것이다. ASTM G-173에서 태양 천정각은 48도 정도로 Air Mass를 1.5로 유지하고 미세먼지 등 대기 환경은 1976년 미국 표준대기를 준용한다. 따라서 미세먼지 농도는 Ångström Turbidity를 기준으로 0.084이고 수증기량은 가장수량으로 표현했을 때 14.2 cm를 이다. 그러나 실제 대기환경은 이와는 큰 차이가 있어 태양광 패널 또는 셀을 실제 대기환경에 적용했을 때 효율에 차이가 생긴다. 이를 Spectral Mismatch Factor라 정의하여 정량화하는데 최근 발표된 연구에 의하면 일본 대기환경에서 Perovskite는 최대 11%정도 셀 효율이 감소함을 보였고, CIGS는 3%정도 셀 효율이 감소함을 보였다. 본 연구에서는 우리나라 대기환경에 대해서 Spectral Mismatch Factor를 분석하여 중국에 영향을 받는 동아시아 지역의 대기환경에서 최적의 셀 소재를 파악하고자 한다. 나아가 셀 소재별로 Spectral Mismatch Factor가 차이가 발생하는 이유를 다양한 기상조건하에서 제시하고자 한다.

**Key Words :** Spectral Mismatch Factor, 태양 스펙트럼 (Solar Spectrum), 셀 효율 (nameplate efficiency), 기상환경 (Atmospheric Environment)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: ckkim@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국에너지기술연구원 주요사업(C3-2412)으로 수행한 결과입니다.

PVE-O-7

# 스퍼터링된 Mo:BiVO<sub>4</sub> 박막 기반의 투명한 에너지 시스템을 위한 태양광 광전효과

## Transparent Photovoltaic and Photoelectrochemical Activity for See-through Energy Systems based on Co-sputtered Mo:BiVO<sub>4</sub> Thin Films

Shuvaraj Ghosh\*‡, Malkeshkumar Patel\*‡, 김준동\*†

Shuvaraj Ghosh\*‡, Malkeshkumar Patel\*‡, Joondong Kim\*†

\*인천대학교 전기공학과 차세대 에너지 융합 연구소

**Abstract :** Nowadays, photovoltaic (PV) and photoelectrochemical (PEC) cells have engrossed cumulative attention for clean and low-cost sustainable energy. Here, we propose transparent PV (TPV) and PEC (TPEC) based on sputtered BiVO<sub>4</sub> semiconducting thin films to unite electric power and hydrogen generation for see-through energy systems. The Mo-doped BiVO<sub>4</sub> (Mo:BiVO<sub>4</sub>)-based TPV and TPEC devices showed better performance under white light illumination with an average visible transmittance of ~60%. Such enhancements are due to the Mo doping in BiVO<sub>4</sub>, which offers better optoelectronic properties suitable to TPV and PEC devices than BiVO<sub>4</sub> thin films. Mo:BiVO<sub>4</sub>-based TPV-TPEC device shows a high open circuit voltage of 0.43 V with a fill factor value of 33.8% and a short-circuit current density of 0.415 mA/cm<sup>2</sup>. These co-sputtered Mo:BiVO<sub>4</sub>-based TPV and TPEC devices can further enhance the robust power-generating systems for see-through onsite energy production.

**Key Words :** Mo:BiVO<sub>4</sub>, Transparent Photovoltaic(TPV), Transparent Photoelectrochemical(TPEC) cell, Co-sputtering; Thin film

† Corresponding author, E-mail: joonkim@inu.ac.kr

‡ These authors contributed equally

## 산화물 반도체 기반의 투명 자외선 광 검출기 및 역방향 전압을 통한 응답 특성 향상 및 소자 응용

### TCO – based Transparent Photodetector and Enhancement of Device Characteristic through Bias Tuning and the Application of Device

이준식\*, Naveen Kumar\*, Malkeshkumar Patel, 김준동\*†

Junsik Lee\*, Naveen Kumar\*, Malkeshkumar Patel\*, Joondong Kim\*†

\*인천대학교

**Abstract :** Most transparent ultraviolet (UV) photodetectors are composed of metal oxide materials with a wide energy bandgap. Here, we manufactured a high-performance transparent photodetector that specifies the UV region using a heterojunction structure of a metal oxide (n-type ZnO / p-type NiO) with a wide energy band gap. In particular, ZnO and NiO have low harmfulness to the human body, chemically stable structure, and low cost due to abundant reserves. Our device can be applied to various fields of photoelectric devices including solar cells and a photodetector. This NiO/ZnO structured device can be operated without need for external voltage due to its high power conversion efficiency from P-N heterojunction. But we reported that the optical response speed and the photocurrent were improved by applying a reverse bias. The characteristics of devices and their effects on electrical changes inside the device(an increase of depletion region, improvement of carrier collection, improvement of carrier velocity, an increase of the electric field intensity, etc.) by reverse bias were analyzed. Furthermore, we applied this device as a UV monitoring system is able to measure UV dose by combining the device with machine learning.

**Key Words :** Transparent Photodetector, TCO(Lighting energy saving), NiO/ZnO, Reverse bias, Machine learning

† Corresponding author, E-mail: joonkim@inu.ac.kr

PVE-O-9

# Pilot 규모 CVD의 실시간 모니터링을 위한 PSG 박막 성장의 잔류가스 분석방법

## Lighting Residual Gas Analysis methods of PSG Layer Growth for In-situ Monitoring of Pilot-Scale CVD

김문세\*,\*\*, 송희은\*, 박성은\*, 조윤애\*, 김용진\*, 김도형\*, 정경택\*, 강민구\*†,  
이상희\*†, 김가현\*\*†

Munse Kim\*,\*\*, Hee-eun Song\*, Sung Eun Park\*, Yunae Cho\*,  
Yong-Jin Kim\*, Dohyung Kim\*, Kyung Taek Jeong\*, Min Gu Kang\*†,  
Sang Hee Lee\*†, Ka-Hyun Kim\*\*†

\*한국에너지기술연구원 태양광연구단, \*\*충북대학교 물리학과

**Abstract :** In industrial settings, predictive maintenance (PdM) for the chemical vapor deposition (CVD) technique is indispensable to prevent unexpected malfunctions or defects. The residual gas analyzer (RGA) is a suitable tool for the PdM as it enables in-situ monitoring of the variation in flowing gas without affecting the CVD process. In this paper, we present a method for the RGA-based in-situ monitoring system for phosphosilicate glass (PSG) deposition process in a pilot-scale low-pressure CVD (LPCVD). By using the RGA, we explored the thickness change of PSG film depending on the amount of supplied reaction gas during the CVD process. Based on these results, we were able to successfully estimate the dependence of PSG deposition growth rate on the flow rates of the supplied reaction gas. This in-situ monitoring method of thin film growth will contribute to establishing PdM strategies by enabling better reproducibility and quality control through the closed loop systems in mass production. Furthermore, it has the potential to support the implementation of smart factory systems.

**Key Words :** Chemical vapor deposition (CVD), Residual gas analyzer (RGA), Phosphosilicate glass (PSG), Pilot-scale, Predictive Maintenance (PdM)

† Corresponding author, E-mail: mgkang@kier.re.kr, lshee@kier.re.kr, kahyunkim@chungbuk.ac.kr

## 건축설계사 맞춤형 건물형 태양광 적용 정보 모델링(PIM)과 개방형 라이브러리 구축에 관한 연구

### A Study on the Personalized Building Solar Application Information Modeling (PIM) of Architectural Designers and the Establishment of Open Library

전현우\*, 최규혁\*, 박병준\*, 박경도\*\*†

Hyunwoo Jeon\*, Kyuhyeok Choi\*, Byongjun Park\*, Kyungdo Park\*\*†

\*비아이엠에스, \*\*건국대학교 건축학과†

**Abstract :** 최적의 건물형 태양광을 적용한 건축물이 되기 위해서는 건축설계자의 설계단계에서 건축 규제를 고려한 건물형 태양광 설계가 필요하다. 하지만, 건축설계자의 입장에서 다양한 건축 규제와 건축분야, 전기분야, 설비분야까지 관련 규제를 통합적으로 고려해야 하는 BIPV의 특성 때문에 건물의 설계과정에서 건물형 태양광 적용하는데 어려움이 있다. 또한, 건설산업에서는 건축물의 설계에 BIM(Building Information Modeling) 기술 적용의 의무화가 시행 중이다. 이에 따라 건물의 요소인 BIPV를 BIM으로 설계하기 위해선 상용화된 BIPV 제품에 대한 BIM 정보 분류 체계를 건축설계 단계에 따라 구분하여, 건축설계자가 설계단계에 맞춰 사용할 수 있도록 라이브러리를 구축하는 것이 중요하다. 또한, 구축한 라이브러리를 수요자들이 편리하게 활용할 수 있는 협업 환경을 갖추는 것이 필요하다. 이에 본 연구에서는 BIPV 산업 경쟁력 강화를 위해 건축설계사, 전기설계사, 건설사가 BIPV 제품에 쉽게 접근하고, 다양한 건축 규제에 대응할 수 있는 BIPV 설계 시스템 구축하고 건축 BIM 기술과 연계한 BIPV 제품의 출력, 크기, 중량, 색상 등 관련 정보를 구축하여 활용할 수 있는 PIM(Integrated PV Information Modeling) 기술을 구현하는 것을 목표로 한다. PIM 기술은 건물별 일사량 분석, 음영분석, 실측 발전량 DB를 기반으로 한 발전량 시뮬레이션으로 BIPV 설계의 적합성을 검토하는 환경을 조성하여 건축설계사 및 건설사가 전기설계/건축 규제 등에 대응할 수 있는 시스템 구축에 관한 연구를 제시하고 한다.

**Key Words :** 건물정보통합설계(Building Information Modeling), 건물형 태양광(Building Integrated PhotoVoltaic), 개방형 라이브러리(Open Library), 시뮬레이션(Simulation)

† Corresponding author, E-mail: hspk@konkuk.ac.kr

#### 후기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20223030010390).

PVE-O-10

# BIPV 수직 화염확산성 평가방법 설계에 대한 연구

## A Study on Designing the BIPV Test Method in Vertical Flame Spread

박계원<sup>\*†</sup>Kye-Won Park<sup>\*†</sup>

\*한국화재보험협회 부설 방재시험연구원

**Abstract :** 현재 BIPV 모듈시스템은 KS C 8577에 의해 내화성시험방법에 의해서 그 화재안전성을 평가하고 있으나, 이는 통상 지붕면에 설치되는 수평적 모드의 PV의 화염확산성을 평가하는 것이기에 수직 입면형으로 설치되는 PV시스템에는 적합하지 않는 측면이 있다. 화재는 수평방향보다 수직방향일 때 부력에 의한 화염확산성이 더 가혹해지기 때문에 수직입면형 PV시스템의 방향성을 고려한 화재평가방법의 구축이 필요하다. 더불어 수직입면형 PV에는 에너지 효율을 감안하기 위해 바탕외벽으로부터 일정간격을 띠우는 중공층이 반영되는 시공법이 채택되고 있는데, 이는 화재시 화염의 굴뚝 효과를 야기시켜 건물 전체의 외벽화재로 확대될 수 있는 위험성을 내재하고 있다. 따라서 수직입면형 BIPV는, 내부의 중공층에 의한 수직 기류 화염확산성을 체크할 수 있는 화재평가방법이 구축되어야 제대로 된 그 위험성을 평가할 수 있기에 본 연구에서는 수직화염확산성이 고려된 평가방법의 설계에 대한 연구과정을 소개하고자 한다. 이를 위해 1) 1개층에 시공되는 수직 입면형 BIPV의 샘플링 표면적 결정, 2) 바탕면에 시공되는 BIPV의 중공층의 결정, 3) 화원(버너)의 적정 열출력 및 환기 흡입 덕트유량의 설계, 4) 시험편과 버너의 배열 방법, 5) 화재시나리오(design fire)의 설계, 6) 교정시험방법의 설계와 실물규모 화재평가방법의 상관성 분석, 7) 측정 요소와 판정기준에 대한 고려 등 상세 평가시나리오에 대한 연구를 전개하였다. 본 연구는 비단 일체형(BIPV) 태양광패널 뿐만 아니라 기존의 부착형(BAPA) 태양광패널이 수직형으로 시공될 경우에도 채택하여 화재확산 위험성을 평가할 수 있도록 개발하고 있으며, 현재 유통되고 있는 BIPV의 화재연소성능 분석시 현 시험방법상의 기술적 한계를 극복하여 제조업체로 하여금 화재안전성이 확보된 제품개발에 기여할 수 있도록 기술적 가이드라인을 구축코자한다. 더 나아가 ISO TC92(국제표준화 기구 화재안전 기술위원회)에 수직입면형 BIPV의 화재평가방법을 신규로 제안하여 국제표준으로 개발함을 부가적인 목표로 설정하고 있으며, 궁극적으로 BIPV 산업체의 기술개발 견인과 글로벌 평가기준 설정을 한국이 주도할 수 있도록 기어코자 한다.

**Key Words :** 건축일체형태양광(Building Integrated PhotoVoltaic), 연소성능(Reaction-to-fire performance), 화재안전(fire safety), 외장재(facade materials), 중공층(air cavity)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: 25hyun@daum.net

### 후기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (과제번호 : 20223030010250).

## 건물일체형 태양광 시스템 표준 현황 및 실증 연구

### Building Integrated Photovoltaic System Standard Status and Empirical Study

김덕성\*, 류의환\*, 김규진\*†

Deoksung Kim\*, Euihwan Ryu\*, Kyujin Kim\*†

\*(재)한국건설생활환경시험연구원\*

**Abstract :** 제로에너지건축 구현을 위한 핵심 기술인 건물일체형 태양광 시스템(Building Integrated Photovoltaic System, 이하 BIPV)이 신재생에너지 보급지원 사업 등 정부의 지원을 통해 시장이 공공 주도로 확대되고 있으며, 일반 태양광 모듈보다 심미성 측면에서 기술 개발이 이루어지고 있다. 이에 따라 BIPV의 다양한 제품 특성을 수용할 수 있도록 적용 범위를 확대한 KS 표준(KS C 8577:2022)을 개정하였고, 관련 인증 전수가 해마다 증가하는 추세이다. 본 연구에서는 BIPV의 표준 현황을 소개하고, 다양한 BIPV 제품의 발전량 및 이용률, 화재 안전성을 확인할 수 있는 연구 자료를 통해 BIPV 산업 생태계 활성화를 위한 표준·인증 고도화 방안에 활용하고자 한다.

**Key Words :** 제로에너지건축(Zero Energy Building), 건물일체형 태양광(Building Integrated Photovoltaic System), 표준(Standard), 실증 연구(Empirical Study), 화재 안전성(Fire Safety)

† Corresponding author, E-mail: kjkim@kcl.re.kr

#### 후기

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20203040010330).

PVE-O-12

# 건물형 태양광발전(BIPV) 모듈의 제조 및 시공 사례 연구

## Case study on the Manufacturing and Installation of Building-integrated Photovoltaic (BIPV) Modules

김동민\*, 고형민\*\*, 장남학\*, 박건호\*\*, 김창현\*\*, 고지훈\*†

Dongmin Kim\*, Hyungmin Ko\*\*, Namhak Jang\*, Gunho Park\*\*,

Changhyun Kim\*\* Jihoon Ko\*†

\*(주)코에스, \*\*(주)에이아이디

**Abstract :** 2022년 산업통상자원부가 발표한 ‘건물일체형 태양광 (BIPV) 산업생태계 활성화 방안’에 따르면 건물형 태양광발전 시스템은 일반 태양광발전 시스템과 달리 도심지역에 적용이 용이하고, 도시미관 개선효과가 높아 국토면적이 좁고 고층건물이 많은 국내 보급환경에 적합한 것으로 평가하고 있다. 특히 건물형 태양광발전 시스템은 태양광발전을 위하여 별도의 설치부지를 확보할 필요가 없고, 건축물의 디자인과 융화되어 수평, 수직면에 다양하게 활용할 수 있어 주민 수용성을 확보하는데 용이한 태양광 발전 시스템으로 평가받고 있다. 특히 제로에너지건축물 의무화 정책의 확대, 국가 온실가스 감축목표(NDC) 달성을 추진 등 신재생에너지 보급정책 기조에 따라 향후 건물형 태양광의 급속한 보급확대가 예상된다. 본 연구에서는 건물형 태양광발전 시스템의 실제 적용사례를 통하여 건축물의 디자인, 건축설계, 건축물 수직입면에 설치되는 고심미성 컬러 태양광모듈의 제조, 실제 건축물 시공 및 인허가 절차에 이르는 건물형 태양광발전 시스템의 적용 과정을 살펴보고 각 수행 단계별 시사점을 논의한다. 특히 건축물의 심미성을 높이기 위해 다양하게 적용되는 디자인 요소를 적용하기 위해 컬러 태양광모듈과 기존의 건물외장재를 융합하는 사례를 통하여 고심미성 BIPV의 적용 방법에 대하여 논하고자 한다.

**Key Words :** 건물일체형 태양광발전(Building-integrated Photovoltaic System), 컬러태양광(Colored Photovoltaic), 양면유리모듈(Glass-Glass), 건물일체형 태양광발전 리모델링(BIPV Remodeling)

† Corresponding author, E-mail: hoonjiko@koesenergy.com

## 건물형 태양광발전 기술 사용처 다변화

### Diversification in the BIPV technologies

탁성주\*, 김영수\*, 김소정\*, 김아룡\*†

Sung Ju Tark\*, Young-su Kim\*, So Jeong Kim\*, A-rong Kim\*†

\*(재) 포항산업과학연구원 환경에너지연구소 에너지연구그룹

**Abstract :** 건물 에너지 수요 규제 강화 및 태양광발전 확산 추세와 맞물려 건축 외장재로서 BIPV 보급이 확산되고 있는 추세이나 고객 Needs(경제성, 심미성, 발전성능, 안전성)를 만족하는 제품 부족으로 활성화에 걸림돌이 되고 있다. BIPV는 기존 태양광 발전 시스템과 달리 전력 생산과 건축이라는 융복합 사업 개념으로 접근하여야 하며, 특히, 건축 외장재로서 심미성을 높이는 디자인 요소와 전기/화재안전성이 필요하다. 외장재 측면에서 BIPV 모듈의 주변 건축물 또는 환경과의 조화성은 설계 및 시공의 중요한 선택기준이며, 구조/전기/화재 안전성 확보는 향후 유지관리 및 수용성 확보에 매우 중요한 요소이다. BIPV 시장확대를 위해서 기존 건축 외장재와 가격 경쟁력을 갖기 위해 모듈 단가를 낮출 수 있는 신소재 개발 및 소재별 장기 신뢰성 확보, 리모델링, 수리교체가 용이한 제품 설계 및 시공기술 개발과 함께 발전량 예측, 고장 진단, 온도제어 기술 확보 등이 필요할 것이다. 또한 건물 입면/지붕, 방음시설물, 공공구조물 등 적용 분야에 맞는 기능 및 외관을 확보하고, 한정된 공간 적용을 위한 다양한 외장재 결합 융복합 기술이 개발되어야 한다. 따라서 다양한 설치 환경 및 외장재 요구조건에 적합한 BIPV 모듈/시스템의 구조 및 소재를 소개하고 발전 이용률 향상을 위한 방안을 논의하고자 한다.

**Key Words :** 건물일체형 태양광 발전(Building Integrated Photovoltaic), 건축외장재(Architectural exterior materials), 결정질 실리콘 태양전지(c-Si Solar cell), 컬러 패널(Color Panel)

† Corresponding author, E-mail: arkim83@rist.re.kr

#### 후 기

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20203040010330).

PVE-O-14

# 벽면설치형 건물일체형태양광발전(BIPV) 시스템의 실측데이터 기반 장기성능 평가

## Long-term Performance Evaluation based on Measured Data of Wall Type BIPV System

김재원\*, 이효문\*, 최민주\*, 김동수\*, 윤종호\*†

Jaewon Kim\*, Hyomun Lee\*, Minjoo Choi\*, Dongsu Kim\*, Jongho Yoon\*†

\*국립 한밭대학교 건축공학과

**Abstract :** 건물에너지 성능 향상을 위해 다양한 형태의 BIPV(Building Integrated Photovoltaics) 시스템이 건물에 적용되고 있다. 하지만 BIPV 설치에 관한 관심이 증가함에도 불구하고, 설치 후 성능 유지에 대한 노력은 여전히 부족한 실정이다. 태양광 시스템의 유지관리에 대한 부재는 장기간 운영 시 성능저하로 이어지며, 설계 초기에 계획된 성능과 방식대로 운영되지 않는 문제점이 있다. 게다가 BIPV 성능에 관한 대부분의 연구가 설치 초기에 측정된 단기간의 데이터를 반영한 분석이며, 장기간 측정 데이터를 기반으로 분석한 성능 유지에 관한 연구는 여전히 미흡한 상태이다. 따라서 본 연구는 상업용 건물에 적용된 대규모 수직 BIPV 시스템의 실측 운영 데이터를 바탕으로 BIPV에 대한 장기간 발전성능을 평가하였다. 10년간 측정된 데이터를 사용해서 운영성능을 검토하고, 인버터의 입/출력된 전류와 전압을 통해 모듈 및 인버터의 노후로 인한 연간 효율 저하를 분석하였다. 건물일체형 태양광시스템은 남측 수직입면(방위각: 192°)에 총 1,252개의 태양광 모듈이 36개 어레이로 적용되어 있다. 이 중 주변 식재에 의한 음영과 같이 외적 요인에 의해 발전성능에 영향을 받을 수 있는 그룹을 제외하고 총 19개의 어레이를 분석 대상으로 하였다. 설치 초기의 총 19개 어레이의 평균 성능 비율(Performance Ratio, PR)은 78%이며, 11년 후인 2020년의 PR은 70%로 분석되었다. 이 기간 중 PR에 대한 최대 저하는 10%, 최소 저하는 2%로 나타났다. 시스템 손실(BOS Loss)은 2 ~ 4%의 범위에서 변동을 보였으며 시간에 따른 감소율은 유의미한 변화를 보이지 않았다. 반면 획득손실(Capture Loss)은 2%에서 최대 10%까지 저하를 보였다. 이는 시스템손실과 비교할 때 획득손실이 전체 효율 저하의 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 태양광 모듈에 대한 지속적 유지보수가 매우 중요함을 시사하며, 적절한 유지관리를 통해 BIPV 시스템의 발전성능을 효과적으로 지속시킬 수 있다고 판단한다.

**Key Words :** 건물 일체형 태양광 발전시스템(Building Integrated Photovoltaic system; BIPV), 장기 운영 성능 (Long-Term Operational Performance), 성능계수(Performance Ratio, PR), 성능손실(Performance Loss), 수직 태양광 설치 조건(Vertical Installation Condition of PV module)

† Corresponding author, E-mail: jhyoon@hanbat.ac.kr

## RE100 구현을 위한 산단형 지능분산에너지 센터 사업

### Intelligent-Distributed Energy Center on Industrial Complex for RE100

윤성민\*, 정재환\*†

Sungmin Youn\*, Chaehwan Jeong\*†

\*한국생산기술연구원

**Abstract :** 세계는 기후변화 위기대응을 위한 준비로 탄소중립 정책을 강력히 주장하고 있으며, 탄소중립 agenda는 더 이상 위기대응을 위한 도의적 대응 수준을 넘어 탄소세 도입을 통한 경제적 성격 등 다양한 모습으로 변모하고 있습니다. 특히 유럽으로 수출되는 제조품의 경우 RE100을 실현하지 않으면 탄소세의 도입으로 제품의 가격 경쟁력 저하의 요인으로 작용할 예정이며, 수출 주도 국가인 우리나라에서 수출품에 대한 RE100 달성을 매우 중요한 문제로 부상하였습니다. 기업의 RE100달성을 실현하기 위해 제조기업 밀집 지역인 산단에 재생에너지보급 사업이 매우 시급하며, 재생에너지의 보급을 촉진할 마중물 형태의 센터 운영의 필요성이 크게 부상하였습니다. 산단형 지능분산에너지 관련 기업의 지원을 추진하여 산단 내 기업을 통한 RE100목표를 달성하여 기후위기 대응 및 국가 경쟁력 확보를 제고하고자 기업공동연구활용센터 구축사업을 시작하였습니다.

**Key Words :** 분산에너지(Distributed generation), 탄소중립(Carbon neutrality), AI 에너지관리(AI energy management), 재생에너지(Renewable energy), 에너지 저장 시스템(Energy storage system)

† Corresponding author, E-mail: chjeong@kitech.re.kr

PVE-O-15

## 자가발전도서지역 태양광발전 연계 에너지저장장치 연구

### A Study of Energy Storage System with Photovoltaics for Self-powered Island

김창현<sup>\*†</sup>, 조재영<sup>\*\*</sup>, 박아름<sup>\*\*</sup>, 김주희<sup>\*</sup>, 김지현<sup>\*</sup>

Changheon Kim<sup>\*†</sup>, Jaeyoung Cho<sup>\*\*</sup>, Arum Park<sup>\*\*</sup>, Ju-Hee Kim<sup>\*</sup>, Jihyun Kim<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>(재)녹색에너지연구원 태양에너지연구실, <sup>\*\*</sup>원광전력(주) 기술연구소

**Abstract :** 우리나라는 전 세계의 주요국이 목표로 삼은 RE100을 달성하기 위하여 태양광, 풍력 등 재생에너지원에 의한 발전비중 목표를 2030년 기준 21.6%로 설정하였다. 이는 목표치 달성을 많이 부족한 설정이지만 현재보다 재생에너지 발전 비중을 적극적으로 높여야한다. 국토가 좁고 섬이 많은 지역 특성 상 고립계통으로 인한 재생에너지 조달이 어려운 국내 여건에서 유인도서의 자가 발전 연계형 태양광발전 및 ESS(Energy Storage System)의 설치는 재생에너지 확산에 좋은 시작이 될 수 있다. 본 연구에서는 재사용배터리를 활용한 태양광 연계 소규모 3kWh급 ESS 개발과 관련 표준화 동향에 대해 보고한다.

**Key Words :** 태양광발전(PV), 재사용배터리(Re-used batteries), 에너지저장시스템(Energy Storage System), 자가발전도서(Self-powered Island)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: chkim@gei.re.kr

#### 후기

본 연구는 2022년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임[S3260942].

## 양면형 태양광발전 모듈의 KS 표준화 연구

### A Study on Korea Standards for testing of Bifacial Photovoltaic (PV) Modules

정태희<sup>\*†</sup>

Taehee Jung<sup>\*†</sup>

\*한국산업기술시험원 신재생에너지기술센터

**Abstract :** 최근 국내외적으로 양면형 태양광의 제조 및 보급이 활발하게 이루어지고 있는 상황에 있으며 양면 모듈은 단면 모듈 대비 동일 면적에서 출력이 약 10% 정도 커 정확한 출력 평가가 이루어지지 않으면 시스템의 안전을 저해하는 중요한 요인으로 작용한다. 이에 IEC에서는 IEC TS 60904-1-2:2019에서 양면 구조에 대한 출력을 측정하는 방법과 모듈의 성능 및 내구성을 평가하는 표준인 IEC 61215:2016에 양면형 특성을 반영하여 개정·발표된 상황이다. 국내에서도 일찍 양면형 모듈에 대한 보급이 활발하게 이루어지고 있어 양면형 모듈을 평가하기 KS 표준화 필요성이 부각되고 있는 상황에 2020년 한국에너지공단(KEA) 관련 사업을 발주하고 한국산업기술시험원(KTL)이 수주하여 수행하고 있다. 본 사업을 수행함에 있어 국제표준 동향, 국내 전문가 및 산업체 의견, KS인증과의 연계성을 고려하여 현재 시행 중인 결정질 실리콘 태양광발전 모듈 표준(KSC 8561)에 반영 개정안 작업 중이며, 실제 모의시험을 통하여 개정안의 적절성을 검증하였다.

**Key Words :** KS 표준화(Revision of Korea Standards), 양면형 태양광 모듈(Bifacial PV module), 단면적 태양광 모듈(Monofacial PV module), 모의시험(Pre-testing)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: thjung@ktl.re.kr

PVE-O-17

## 태양광 분야 표준화 및 인증 최신동향

### Latest Trends in Standardization and Certification about the Photovoltaic Field

황수현<sup>\*†</sup>, 신정현\*, 최현동\*, 김승주\*

Soohyun Hwang<sup>\*†</sup>, Jeonghyun Shin\*, hyundong Choi\*, Seoungjoo Kim\*

\*한국기계전기전자시험연구원(KTC)

**Abstract :** 최근 제 10차 전력수급기본계획이 발표됨에 따라 전력 수요-공급 간의 불균형을 해소하기 위한 방법들이 다양하게 제시되고 있다. 특히, 분산에너지 계통접속 확대에 따라 계통의 강건성을 확보하기 위한 주파수 변동성 안정화, 전압 변동성 안정화, 정전 복구능력, 등의 기능이 포함된 전력변환장치의 개발 및 인증이 요구되고 있다. 뿐만 아니라, 전력피크를 분산하고 태양광 이용률을 극대화하기 위한 동서형 건물 지붕 태양광 기술개발 및 인증에 대한 요구역시 크게 증가하고 있다. 이러한 흐름은 분산형 전원 특히 태양광 발전 시스템의 계통접속 비율이 증가함에 따라 더욱 중요해 질 것으로 예상한다. 태양광 분야 표준화 및 인증 동향은 현재 국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission, IEC) 산하 태양광분과(Technical committee 82, TC82) WG 2, 3&6, 8에서 주로 다뤄지고 있다. 본 발표를 통해 태양광 분야 표준의 국제적 추이와 국내 부합화를 위한 핵심 안건들을 분석하고자 한다. 이를 통해 국내 태양광 분야 산업계의 국제 진출을 인증 경쟁력을 강화하는데 기여하고자 한다. 또한, 태양광 분야 표준화전략 및 인증로드맵 과제 수행을 통해 태양광 분야 인증 로드맵을 수립함으로써 국내 태양광 분야 기업들의 기술경쟁력을 강화하고, 태양광 산업계의 국제 수출 경쟁력에 기여할 수 있도록 인증 및 표준화 분야에서 논의하고자 한다.

**Key Words :** 태양광시스템 (PV System), 표준화(Standardization), 인증(Certification), 시험 평가(Testing and evaluation)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: soohyun@ktc.re.kr

#### 후기

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 국가표준기술개발 및 보급사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20022345 / 과제명 : 태양광 발전기술 표준화 및 보급 활성화 기반 구축).

## 조류에 의한 해상태양광 패널의 기울임 각도 변화에 따른 풍하중 특성 분석

### Effect of Wind Loads on Tilting Angle of Solar Panel Array of Floating Photovoltaic System by Wave

최석민\*, 박창대\*, 조성훈\*, 이가람\*\*, 임병주<sup>†\*</sup>

Seok-Min Choi\*, Chang-Dae Park\*, Sung-Hoon Cho\*,

Ga-Ram Lee\*\*, Byung-Ju Lim<sup>\*†</sup>

\*한국기계연구원 플랜트융합연구실, \*\*과학기술연합대학원대학교 플랜트기계공학과

**Abstract :** 태양광에너지는 여러 에너지 원 중에서도 급격한 기후위기의 문제가 되고 있는 온실가스를 저감하기 위한 해결책으로 가장 각광받고 있는 중요한 에너지원이다. 최근 부족한 육지가 아닌 해상에 태양광시스템을 설치하여 에너지를 얻고자 하는 시도가 세계 각국에서 활발히 진행되고 있다. 하지만 해상태양광 시스템은 육상에 설치되었을 때와는 달리 풍하중뿐만 아니라 파도에 의한 조류에 의한 영향을 받게 된다. 따라서 본 연구에서는 조류에 의해 변경되는 해상태양광 시스템의 태양광 패널의 각도 변화에 따른 풍하중 특성에 대하여 분석 하였다. 풍하중을 산정하기 위하여 수치해석을 수행하였다. 또한 다양한 바람의 입사 각도의 영향도에 대하여 분석을 수행하였다. 태양광 패널의 각도가 커지는 경우에는 첫 번째와 마지막 패널의 바람막이효과가 커지게 되어 유동박리가 더욱 커져 가운데 배열의 풍하중이 감소하는 경향을 보였다. 반면, 태양광 패널의 각도가 작아지는 경우에는 첫 번째와 마지막 패널의 바람막이효과가 작아지게 되어 그 다음열의 태양광패널의 풍하중이 증가하는 경향을 보이게 되었다. 따라서 해상태양광 시스템을 설계할 시 첫 번째와 마지막 배열의 구조물 뿐만 아니라 그 다음열의 구조물도 보다 강건하게 설계해야 한다.

**Key Words :** 해상태양광(Floating photovoltaic system), 풍하중(Wind load), 기울임 각도(Tilting angle), 태양광 패널(Solar panel)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: bzoo77@kimm.re.kr

#### 후기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No.20203040010240, No.20213030160040).

PVE-O-19

# 외부환경을 고려한 태양광 패널의 설치기준의 적정성에 관한 연구

## A Study on the Adequacy of Installation Criteria for Solar Panel Considering External Environment

이준호<sup>\*†</sup>, 박인\*, 이상수\*

Juneho Lee<sup>\*†</sup>, In Park\*, Sangsoo Lee\*

\*주식회사 에코다

**Abstract :** 최근 건축물의 에너지자립률 향상을 위한 다양한 규제강화가 이루어지고 있다. 국내에서는 제로에너지건축물 인증 의무화 확대, 신재생에너지 의무 비율 지정 등의 이루어지고 있으며, 국제적으로는 LEED 인증, ESG 경영, RE100 등의 이슈가 증가하고 있어 국내외에서는 건축물의 신재생에너지 설치 확대가 필수적이다. 이에 따라 건물의 외벽, 지붕, 경사로 등에 태양광 패널의 설치가 이루어지고 있다. 국내에는 신·재생에너지 설비 지원 등에 관한 지침 별표1에서 이러한 신재생에너지 원별 시공기준(제7조제1항 관련)을 마련하고 있으며, 에너지원별 설치 가능한 방위, 조건 등부터 안전을 위한 설치상태까지 지정하고 있다. 하지만, 시공기준 중 “건축물의 지붕 또는 지표면으로부터 노출(돌출)될 경우 바람, 강우, 태풍, 폭설 등의 자연재해를 대비하여 설치 시공되어야 한다.”라고 되어 있지만, 이를 위한 상세한 검토기준이 미비하여 설치 후 태풍 등에 따라 태양광 패널 등의 붕괴, 파손, 이탈 등의 문제가 발생하고 있어 이를 위한 대책이 필요하다. 본 연구에서는 국내 신재생에너지 원별 시공기준에 따라 시공시 주변 환경의 영향성을 전산유체역학 프로그램을 통해 검토하여, 환경조건에 따른 태양광 패널의 지지 하중 등을 검토하였다.

**Key Words :** 태양광패널의 설치기준(Installation Criteria for Solar Panel), 외부환경(External environment) 풍하중(Wind load), 전산유체역학(Computational fluid dynamics)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: vanillin@ecoda.kr



# Oral Session

태양열융합

Solar Thermal Convergence (STC) Session 1, 2



STC-O-1

# 주택용 액체식 태양광·열(PVT) 시스템의 실사용 패턴에 따른 계절별 작동특성

## Seasonal Operation Characteristics on Actual using Pattern of Liquid Type Photo Voltaic Thermal System for Detached House

문병용<sup>\*†</sup>, 조성구\*

Byung-yong Mun<sup>\*†</sup>, Sung-goo Cho\*

\*(주)이맥스시스템

**Abstract :** 현재 전 세계적으로 발등에 떨어진 지구 온난화 극복이라는 과제를 해결하기 위한 방안으로 2050년 탄소중립을 실현하기 위하여 모든 부문에서 로드맵을 만들고 이를 실천하기 위하여 다양한 CO<sub>2</sub> 저감방안을 수립 및 실행하기 시작했다. 이를 위하여 여러 부문중에서 특히 탄소배출량의 큰 비율을 차지하고 있는 건물 및 산업부문에서의 탄소배출량 저감에 대한 관심이 고조되고 있는 상황이며 국가적으로 제로에너지건물, RE100 등의 구체적인 방안들을 시행하고 있다. 또한 기존 건축물의 탄소중립을 위하여 그린리모델링 정책을 중점적으로 추진하고 있다. 이러한 추세에 따라 건물부문에서는 단위 설치면적당 신재생에너지 생산밀도가 높고 공간효율적인 신재생 에너지원이 크게 요구되고 있으며, 향후 밀도있게 추진될 것으로 예상되는 전력화의 핵심기기인 히트펌프와의 융합기기로서 단일모듈에서 전력과 열을 동시에 생산할 수 있는 PVT 복합모듈을 이용한 융합시스템이 전세계적으로 관심을 받고 있으며 급격하게 보급이 확산되고 있는 상황이다. 본 연구에서는 단독주택에 설치된 액체식 PVT융합시스템의 실사용 패턴에 따른 계절별 작동특성에 대하여 논하고 이와같은 작동특성에 따른 실질적인 적용방안에 대하여 논하고자 한다.

**Key Words :** PVT복합모듈(PV & Thermal module), 탄소중립(Carbon neutral), 제로에너지건물(Zero energy building), CO<sub>2</sub>배출(Carbon emission), PVT융합시스템(PVT fusion system), 전력화(Electrification)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: solexsgc@gmail.com

### 후기

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (과제번호 : 20173010140800).

## 인공신경망 기반 평판형 태양열 집열기의 에너지 생산량 예측 모델 개발

### Development of Energy Production Prediction Model for Flat-plate Solar Thermal Collector using Artificial Neural Networks

전호성\*, 연상훈\*, 김동우\*, 김철호\*\*, 이광호\*\*\*†

Hoseong Jeon\*, Sanghun Yeon\*, Dongwoo Kim\*,

Chulho Kim\*\*, Kwangho Lee\*\*\*†

\*고려대학교 대학원 건축학과, \*\*고려대학교 공과대학 공학연구원,

\*\*\*고려대학교 공과대학 건축학과

**Abstract :** IEA의 글로벌 추세에 따르면 2017년 CO<sub>2</sub> 배출량은 1990년에 비해 60% 증가함을 보였다. 이에 따라 CO<sub>2</sub> 배출량을 줄이기 위한 노력과 함께 신재생 에너지에 대한 관심은 급증하고 있다. 하지만 신재생 에너지는 기온, 습도와 같은 외부적 요인과 계절적 요인에 의해 크게 영향받기 때문에 불확실성이 발생한다. 이를 개선하기 위해 에너지 예측을 통한 효과적인 에너지 관리 및 저장시스템 설계가 필요하다. 본 연구에서는 ANN(Artificial Neural Networks) 기반 태양열 에너지 생산 예측 모델을 개발하였다. 예측모델 개발을 위해 진천 친환경에너지타운 실증단지의 6개 공공건물에 설치된 평판형 태양열 집열기의 데이터를 사용하였다. 데이터는 2019.8.1.부터 2020.7.31.까지의 시간별 외기온도, 외기습도, 일사량 그리고 태양열 집열량으로 구성된다. 예측 모델의 성능평가는 ASHRAE Guideline 2014에서 권장하는 Cv(RMSE)를 통해 진행하였다. 시간별 데이터에 대한 예측 모델의 정확도 검증 결과, 태양열 집열기 에너지 생산량 예측 모델의 Cv(RMSE)는 약 17%로 도출되었다. 이는 ASHRAE Guideline 2014에서 제시된 시간당 데이터 표준인 30% 미만 기준에 부합된다. 추후 연구에서는 LSTM(Long-Short Term Memory)기반의 부하예측 모델과 결합을 통해 에너지 최적제어 시스템 개발하고자 한다. 개발된 모델은 효율적인 생산에너지 관리, 건물부하 최소화 등의 효과를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

**Key Words :** 태양열 에너지(Solar Thermal Energy), 평판형 태양열 집열기(Flat-plate Solar Collector), 인공신경망(Artificial Neural Network), 머신러닝(Machine Learning), 에너지 생산량 예측(Energy Production Prediction)

† Corresponding author, E-mail: kwhlee@korea.ac.kr

#### 후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2022R1A2C2006469).

## 도로 살얼음 방지를 위한 온수 배관방식 포장 시스템의 동절기 표면온도 변화 분석

### Surface Temperature Variation Analysis in Winter for Hydronic Heated Pavement System to Prevent Road Black Ice Formation

우스만 무하마드\*, 손병후<sup>\*†</sup>, 김용기\*, 전성일\*\*, 장진환\*\*  
 Muhammad Usman\*, Byonghu Sohn<sup>\*†</sup>, Yongki Kim\*,  
 Sungil Jeon\*\*, Jinhwan Jang\*\*

\*한국건설기술연구원 건축에너지연구소, \*\*한국건설기술연구원 도로교통연구본부

**Abstract :** Hydronic heated(heating) pavement(HHP) system have well studied and documented by many researchers. However, most of the systems run on asphalt, only a few are tested with concrete, and there rarely is a comparison between those two common road materials in their heating and cooling performance. The aim of this study is to investigate the thermal performance of the HHP, such as heating efficiency in winter season while focusing on the surface temperature of the concrete and asphalt pavement. For preliminary study a small-scale experimental system was designed and installed to evaluate the heat transfer characteristics of the HHP. The system consists of 3 concrete and 3 asphalt slabs made of 0.25 m in height, 1 m in width and 1 m in depth. Among 3 concrete and 3 asphalt slabs, first slab has X-L pipe embedded at a depth of 0.08 m, second slab has X-L pipe embedded at a depth of 0.12 m and the third slab has X-L pipe embedded at a depth of 0.2 m at intervals of 0.16 m to compare the supplied heat flux rate. Heating performance in winter season is tested with inlet temperatures of 25°C, 30°C, 35°C and 40°C. The results indicated that concrete's heating performance is better than that of asphalt, showing higher surface temperatures for the whole experiment scenarios. However, the surface temperature of both concrete and asphalt pavement slabs remained above 0°C for all experimental conditions. During coldest day(2023.01.21.) when the outside air temperature was recorded to be around -10°C the average surface temperature for concrete pavement slab with X-L embedded at the depth of 0.2 m was measured to be above 10°C while that of asphalt was above 2°C with inlet temperature of 40°C.

**Key Words :** 온수 배관방식 포장 시스템(Hydronic heated pavement system), 도로 살얼음(Road black ice), 표면온도(Surface temperature), 콘크리트 포장(Concrete pavement), 아스팔트 포장(Asphalt pavement)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: byonghu@kict.re.kr

#### 후 기

본 연구는 한국건설기술연구원의 2023년 주요사업(수요기반 중소·중견기업 지원사업) 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : KICT 20230175-001).

## 태양열 및 태양광 시스템의 고장진단 현황 분석

### Status Analysis of Failure Diagnosis on Solar Thermal and Photovoltaic Systems

이가람\*,\*\*, 임병주\*\*, 조성훈\*\*, 최석민\*\*, 박창대\*,\*\*†  
Ga-Ram Lee\*,\*\*, Byung-Ju Lim\*\*, Sung-Hoon Cho\*\*,  
Seok-Min Choi\*\*, Chang-Dae Park\*,\*\*†  
\*과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템학과,  
\*\*한국기계연구원 탄소중립기계연구소 신에너지플랜트연구실

**Abstract :** 재생에너지 설비의 고장은 에너지 생산량을 감소시킴은 물론 작동 불능을 넘어 화재 등의 재해로 이어진다. 태양광 발전설비의 경우 2016~2018년간 연평균 138건 정도의 화재가 발생하였고, 태양열 시스템의 경우 16%가 고장 혹은 불능 상태였다. 본 연구에서는 태양열 및 태양광 시스템의 모니터링 및 고장진단 현황을 조사하여 현재 시스템 고장 관리 현황을 파악하고자 하였다. 우선 태양열 및 태양광 시스템에 대한 고장 모드, 빈도, 심각도 등에 대한 자료를 수집 및 분석하였다. 태양열 시스템의 경우 집열기 부자재의 결함, 밸브 막힘 등의 빈도가 높았고, 제어장치 고장, 열매체 기포가 가장 심각한 고장으로 확인되었다. 태양광 시스템은 태양광 어레이와 인버터에서 고장이 자주 발생하였다. 태양광 모듈의 경우에는 전면박리, 셀 크랙, PID 고장 등이 심각도가 높으며, 인버터의 경우에는 마그네틱 콘택트의 고장 심각도가 높았다. 한편, 조사된 고장모드가 기존 REMS 고장 모니터링 항목에 포함되어 있는지를 검토하였다. 태양광 시스템은 약 80%의 고장 모드가 REMS 내 고장 항목에 포함되거나 기존 항목으로부터 추측 가능하지만, 태양열 시스템은 반대로 80%의 고장모드가 포함되지 않았다. 이를 통하여 태양열 시스템의 경우 고장 모니터링 및 대응이 상대적으로 크게 미흡함을 알 수 있다. 따라서, 신재생열에너지의 확대 보급이 필요한 시기에 태양열 시스템의 확대보급을 위해서는 태양열 시스템 고장 진단 기술 개발 및 적용이 시급한 것으로 판단된다.

**Key Words :** 태양 에너지(Solar energy), 태양열 시스템(Solar thermal system), 태양광 시스템(Solar photovoltaic system), 고장 진단(failure diagnosis)

† Corresponding author, E-mail: parkcdae@kimm.re.kr

#### 후 기

본 연구는 2021년도 및 2022년도 산업자원통상부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20213030160040, 20220810100020).

## 단독주택에 적용된 공기열원 히트펌프 및 PVT 시스템의 연간 운영성능 분석

### Annual Operational Performance Analysis of Air Source Heat pump and PVT System Applied on Detached House

권유진\*,\*\*\*, 이왕제\*, 김하늘\*, 김종규\*†, 임희원\*\*, 신우철\*\*\*  
 Yujin Kwon\*,\*\*\*, Wangje Lee\*, Haneol Kim\*, Jongkyu Kim\*†,  
 Heewon Lim\*\*, Ucheul Shin\*\*\*

\*한국에너지기술연구원 신재생열용합연구실, \*\*(주)다이슨스피어, \*\*\*대전대학교 건축공학과

**Abstract :** 2050 탄소중립 목표에 따라 건물부문에서는 제로에너지건축물 의무화를 시행중이며, 건축물에 설치할 수 있는 태양에너지는 건물 내 전기 공급의 탈탄소화에 기여할 수 있다. 본 연구에서는 실증주택에 공기열원 히트펌프(이하 ASHP)와 태양광열(이하 PVT)시스템을 설치했고, 이들의 연간 운영성능과 에너지자립율을 분석하여 건물의 에너지 효율을 극대화하고자 한다. 난방은 ASHP로 공급하고, 급탕은 ASHP+PVT로 공급한다. PVT는 일사량과 차온 제어에 따라 작동하게 되며 생산된 열과 전기는 각각 급탕용 온수 활용과 계통으로 전송되거나 자가소비로 쓴다. 이러한 실증주택의 ASHP와 PVT의 운영성을 분석하기 위해 웹 모니터링 시스템을 구축하여 '22년 3월부터 '23년 2월의 1년간 측정값을 분석하였다. 12월~2월의 동절기간 히트펌프 생산열량은 총 4,860 kWh로, 연간 총 생산열량인 7,528 kWh의 64.6%에 해당하는 수치이고 동절기간 평균은 1,620 kWh로 연평균 627 kWh의 2배가 넘는다. 이것으로 급탕+난방을 하는 동절기는 난방을 하지 않는 달보다 생산열량이 높게 나타남을 확인했다. 히트펌프 COP는 외기온도가 낮아지는 12월~2월의 동절기간 평균 2.14로 연평균 3.17보다 낮게 나타나는 것을 확인했다.

**Key Words :** 공기열원 히트펌프(Air source heat pump), 태양광열(Photovoltaic thermal), 운영성능(Operational performance), 난방/급탕(Heating/Hot water), 에너지자립율(Energy independence rate)

† Corresponding author, E-mail: rnokim@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP) 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20192050100060).

## 섹터커플링과 열(熱)에너지 저장에 관한 연구

### A Study on Sector Coupling and Thermal Energy Storage

김성수<sup>\*†</sup>, 이종훈<sup>\*\*</sup>

Seong-su Kim<sup>\*†</sup>, Jong-hoon Lee<sup>\*\*</sup>

\*한국에너지기술평가원 에너지기술PD단, \*\*재생에너지실

**Abstract :** 변동성 재생에너지(VRE)의 공급과 소비의 불일치는 출력제어(Curtailment)와 계통혼잡, 과전압 발생 등으로 전력계통의 신뢰도(적정성, 안정성)를 위협한다. 섹터커플링 기술은 이와 같은 출력제어 에너지를 전력-非전력(열, 가스·연료 등)間 에너지 전환·저장·활용 시스템을 통해 변동성 재생에너지의 수급 불균형 문제를 개선할 수 있는 기술(P2X)이다. 특히 잉여전력을 热에너지의 형태로 저장(TES) 활용하는 P2Heat 기술은 Heat Pump나 전극보일러 등을 이용하여 열에너지를 온수, 스팀으로 저장·활용하는 기술이다. 이와 같은 저장 열에너지의 유효성을 증대하기 위해서는 운영시스템의 고도화와 아울러 고온·고밀도 측열기술이 필요하다. 热저장의 장기·단기·저온·고온의 필요에 따라 부하 대응 가능한 열매체(화학열, 상변화, 잠열 캡슐화, 신소재) 및 고밀도( $300\text{kWh/m}^3$  온열) 저장 소재 개발(재생 및 미활용 에너지 연계 열저장 수용률 30%)을 위한 연구개발이 이루어지고 있다. 热에너지의 고온저장은 전기히터 등을 이용하여 인공 돌, 용융염(Molten salt) 등을 사용하여 대용량으로 측열한 에너지를 카르노배터리-스팀터빈시스템으로 재전력화(X2Power)하여 화력설비의 좌초자산 활용(Retrofit)에도 기여 할수 있다. 국내 열에너지의 고온저장 재전력화 기술개발은 실제 시스템을 구현한 사례 없으나, DOE(美에너지부)에서는 10시간~100시간(4일) 발전으로 LCOE 5cent/kWh 및 RTE(총효율) 50% 목표로 연구가 진행되고 있으며, Google, ABB, GE, Siemens 등도 미래에너지기술로 연구를 진행하고 있다. 국내에서도 국제공동연구와 더불어 독자적인 기술개발을 추진하고 있다.

**Key Words :** Variable Renewable Energy(VRE), Sector Coupling(Power-to-X), Thermal Energy Storage(TES), Carnot Battery, Google Malta X, Siemens Gamesa ETES, MAN ETES

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: sskim@ketep.re.kr

#### 후 기

본 연구는 기술개발의 필요성 등을 검토하기 위한 자체 연구내용입니다.

STC-O-6

## 플러스에너지커뮤니티 구현을 위한 5세대 지역냉난방시스템 적용성 분석

### Energy Performance Analysis of 5th Generation District Heating and Cooling System for Plus Energy Community

김민희<sup>\*†</sup>, 이왕제\*, 안영섭\*, 주홍진\*, 한광우\*

Min-Hwi Kim<sup>\*†</sup>, Wangje Lee\*, Youngsub An\*, Hongjin Joo\*, Gwangwoo Han\*

\*한국에너지기술연구원 신재생열용합연구실

**Abstract :** 최근 기존의 발전소의 폐열등을 활용하여 지역에 난방을 공급하는 3세대 지역난방에서 신재생에너지 및 미활용열원을 활용하기 위한 4세대 지역난방에 대한 연구가 국제적으로 활발하게 이루어져왔다. 하지만, 유럽에 비해 냉방부하비율이 높은 우리나라의 냉방에 대한 신재생에너지 비율을 또한 높이고, 도시단위 에너지전환을 위한 지역냉난방시스템에 대한 적용 및 연구가 필요한 실정이다. 이에 본 연구에서는 플러스에너지커뮤니티 구현을 위하여 5세대 지역냉난방시스템에 대한 커뮤니티 적용성을 분석하고, 열네트워크의 에너지밸런스에 대한 유지방안을 분석하였다. 5세대 지역냉난방은 기존의 4세대 지역난방과는 달리 히트펌프의 열원에 대한 열네트워크를 구현하고, 열네트워크의 에너지밸런스를 유지하기 위한 축열시스템으로 구성된다. 각 건물은 히트펌프를 활용하여 필요한 냉방, 난방 및 급탕에 필요한 열을 생산하여 공급한다. 열네트워크 내 온도는 10°C에서 25°C를 유지하는 것을 목표로 하며, 이때 열네트워크 배관에서의 열손실은 매우 낮은 장점이 있다. 열네트워크의 온도가 충분히 낮고, 실내 습도가 잘 유지되는 건물에서는 열네트워크의 열을 직접 냉방에도 활용할 수도 있다. 기존 4세대 지역난방에서는 50°C 이상의 열만 네트워크에 공급되어 신재생에너지를 활용할 수 있으나, 5세대 지역냉난방에서는 더 낮은 온도의 재생에너지 및 미활용열을 활용할 수 있어, 열네트워크의 신재생에너지 비율 및 활용성을 더 높일 수 있다. 이러한 열네트워크의 온도를 유지하고 밸런스를 유지하기 위해서는 계절간 열을 저장할 수 있는 계간축열설비가 요구된다. 본 연구에서는 기존 플러스에너지커뮤니티에 설치된 설비 대비 5세대 지역냉난방시스템으로 구현할 경우 에너지절감효과에 대해서 정량적으로 분석을 진행하였다.

**Key Words :** 플러스에너지커뮤니티(Plus energy community), 열 네트워크(Heat network), 5세대 지역냉난방(5th generation district cooling and heating), 건물일체형태양광·열발전(Building integrated photovoltaic thermal)

<sup>†</sup>Corresponding author, E-mail: mhkim001@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업(C3-2415)을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다.

## 융합형 재생에너지 시스템 개발을 위한 소용량 히트펌프 및 성능시험장치 개발에 관한 연구

### Research of Heat pump and Performance Test bed for the Development of Hybrid Renewable Energy System

이용석\*, 이형민\*\*†  
Yongseok Lee\*, Hyungmin Lee\*\*†  
\*(주)혁신이앤씨, \*\*(주)케이엔에스에너지

**Abstract :** Power-to-X(P2X)로 표현되는 섹터커플링(Sector coupling)은 간헐성·변동성을 갖는 재생에너지의 전력생산에 대한 출력제한 문제를 해결하기 위해 재생전력을 다른 형태의 에너지로 변환하여 효율적으로 사용할 수 있게 하는 시스템을 의미한다. 대표적인 경우로 히트펌프 등을 활용한 전기를 열로 변환하여 사용하는 냉난방 전력화기술(P2H,P2C)을 들수 있으며, 이는 추가적인 인프라 투자를 최소화하면서도 구현 가능한 섹터커플링 분야로 평가되고 이에 대한 연구개발과 실증이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 대부분의 사례에서 두 가지 이상의 재생에너지를 단순히 조합하여 에너지시스템 통합을 이루어거나 추가적인 인프라 구축으로 시스템의 거대화가 되는 등 섹터커플링의 목적에 부합하여 간헐성과 변동성에 대한 해결은 가능하지만 제한적인 에너지를 활용한 효율적인 시스템 운영에 대한 부분은 아직 부족한 것으로 보여진다. 본 연구에서는 에너지융합 시스템 구현을 위한 소용량 히트펌프와 성능시험장치를 개발하여 태양광·태양열·히트펌프 등 다양한 에너지원을 활용한 최적운영 방안을 도출하고자 한다. 단순히 두 가지 이상의 시스템을 조합하는 것이 아닌 서로 다른 에너지원을 상호보완적으로 융합시키고 대형시스템에서는 확인하기 어려운 미시적인 영역의 분석을 통해 보다 신뢰성 있는 시험을 수행하고 각 시스템 고유의 최적 효율을 끌어내어 섹터커플링의 효과를 극대화시킬 수 있는 융합모델을 제시하고자 한다.

**Key Words :** 에너지융합(Integrated energy), 성능시험장치(Test bed), 섹터커플링(Sector coupling), 신뢰성 시험 (Reliability test)

† Corresponding author, E-mail: skypalace15@naver.com

# 흡착식 히트펌프와 PVT로 구성된 열공급시스템의 냉난방 시뮬레이션 분석

## Simulation Analysis of Thermal Supply System for Cooling and Heating Using Adsorption Heat Pump and PVT

김하늘\*, 김종규<sup>\*†</sup>, 이왕제\*, 권유진\*, 임희원\*\*

Haneol Kim\*, Jongkyu Kim<sup>\*†</sup>, Wangje Lee\*, Kwon Yujin\*, Heewon Lim\*\*

\*한국에너지기술연구원 재생에너지연구소 신재생열융합연구실, \*\*다이슨스피어(주)

**Abstract :** 본 연구에서는 테스트베드에 냉방 및 난방 공급을 위한 흡착식 히트펌프 및 PVT 연계 열공급시스템에 대해 TRNSYS를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 테스트베드의 설치위치는 대전이며 면적 45 m<sup>2</sup>, 높이 4 m의 단층 건물로 구성하였다. 히트펌프의 정격능력은 냉방 기준 10 kW이며 필요 열원 및 전력은 1차적으로 건물 옥상에 설치된 84 m<sup>2</sup> 면적의 PVT 및 5 m<sup>2</sup>의 축열조를 통해 공급되며 부족할 경우 자체 또는 외부 전력을 통해 추가적인 열원이 공급된다. 이에 테스트베드의 냉방 및 난방 설정온도가 각각 27°C, 24°C이고 설치지역의 기후조건, 건물의 외피성능, 운영스케줄 등을 고려했을 때 연간 냉방도일 및 난방도일은 각각 4,110°C·day, 19.24°C·day로 나타났다. 연간 냉방, 난방부하는 각각 1,636 kWh 및 1,116 kWh이며 1월 및 8월에 가장 많은 부하를 요구하는 것으로 나타났다. 이외에도 PVT의 전기 및 열 생산량, 히트펌프의 열 생산량, 전체 시스템의 에너지밸런스 등이 이번 연구를 통해 분석되었다.

**Key Words :** 히트펌프(Heat pump), 태양광열(Photovoltaic thermal), 건물냉난방(Building heating and cooling), 트랜시스(TRNSYS)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: rnokim@kier.re.kr

### 후기

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20212050100010).



# Oral Session

풍력에너지

Wind Energy Conversion (WEC) Session



# 20kW급 복합재 블레이드의 디본딩 손상 예측을 위한 고유주파수 변화 특성 기반 알고리즘 연구

## A Study on Algorithm based on Natural Frequency Change Characteristics for Debonding Damage Prediction of 20kW Class Composite Blades

김형진\*, 장윤정\*\*, 김학근\*, 강기원\*†

Hyeong-Jin Kim\*†, Yun-Jung Jang\*\*, Hak-Geun Kim\*, Ki-Weon Kang\*†

\*군산대학교 기계공학과, \*\*군산대학교 해상풍력연구원

**Abstract :** 최근 환경오염 문제로 인해 친환경 에너지인 풍력 발전에 대한 관심이 증가하고 있으며, 한정된 국토에서 보다 많은 연간 에너지 생산(Annual Energy Production, AEP) 확보를 위해 풍력 터빈의 대형화가 이루어지고 있는 추세이다. 블레이드가 대형화되면서 크기와 중량이 증가하는 문제의 해결을 위해 비강도, 비강성이 우수하고 보다 가벼운 복합 재료를 사용하여 블레이드를 제작하고 있다. 이러한 복합재 블레이드는 제작과정에서의 공정 불량 문제, 운영중 발생하는 외부요인으로 인해 전단웹(shear web)과 스파캡(spar cap), 전단(leading edge), 후단(trailing edge)과 같은 부재간 접합부가 떨어지는 디본딩(debonding) 손상이 발생할 수 있다. 디본딩 손상은 운행중인 블레이드의 구조적 특성 변화를 일으켜 구조적 파괴를 야기할 수 있어 이를 사전에 탐지하는 연구가 필요하다. 현재 수행되고 있는 다양한 손상 탐지 기법 중 진동 특성을 이용한 손상 탐지 기법은 손상 발생시 강성이 변하여 고유주파수를 변화시키므로 내부 손상 탐지에 적합하다. 그러나 손상 요인에 따른 고유주파수의 변화 경향이 너무 복잡하여 일반적인 분석으로는 인자간의 관계성을 정의하기에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 데이터 간의 관계성을 정의할 수 있는 인공신경망기법을 이용하여 블레이드의 디본딩 손상을 예측하는 알고리즘을 연구하였다.

**Key Words :** 조명에너지 절감(Lighting energy saving), 지능형 차양시스템(Automated shading systems), 자연채광(Daylighting), 차양제어 알고리즘(Shading control algorithm), 일영각(Profile angle)

† Corresponding author, E-mail: kwkang68@kunsan.ac.kr

### 후기

본 연구는 산업통산자원부와 한국산업기술평가원이 지원하는 산업기술혁신사업(No. 20011920)으로 수행된 연구결과입니다.

## IEA 15MW 초대형 부유식 풍력터빈 제어 알고리즘 설계 및 검증

### Design and Validation of Control Algorithm for IEA 15MW Supersized Floating Wind Turbine

전태수\*, 백인수\*\*†

Taesu Jeon\*, Insu Paek\*\*†

\*강원대학교 에너지 · 인프라 융합학과 기계에너지시스템 · 환경공학전공,

\*\*강원대학교 에너지 · 인프라 융합학과 메카트로닉스전공

**Abstract :** 본 연구에서는 15MW급 초대형 부유식 풍력터빈의 피로하중 및 부유체 모션을 저감시키기 위한 제어 알고리즘을 설계하고 검증하였다. 대상 풍력터빈은 미국 국립재생에너지연구소(NREL)와 Maine 대학에서 공동으로 연구되어 제시된 반잠수식 IEA-15-240 RWT 모델이며, 풍력터빈 상용 해석 프로그램인 DNV 사의 Bladed를 통해 수치 모델링되었다. 또한, 대상 부유체에 입사, 확산, 방사에 의한 유체력의 영향을 적용하기 위해, Ansys/AQWA를 이용한 부유체 해석 결과가 수치 모델링에 적용되었다. 제안된 제어 알고리즘으로는 부유체 모션의 안정성을 확보하기 위해 부유체 가진을 방지하기 위한 개인 튜닝 및 LCP(Low Control frequency Pitch control)/HCP(High Control frequency Pitch control) 기법, 부유체 피치 모션 및 타워의 피로하중을 저감시키기 위한 나셀 피드백 기법, 로터에서의 추력 하중을 저감시키기 위한 피크 쉐이빙 기법, 블레이드 피치 및 발전기 토크 제어지령의 과도 응답을 저감시킬 수 있는 편향제어 기법이 적용되었다. 제안된 제어 알고리즘의 성능을 검증하기 위해, IEC 61400-3-2 부유식 해상풍력터빈 국제표준 기술서에 제시된 DLC1 바람/해상 조건에서 동적 시뮬레이션을 수행하였으며, 제안된 제어 알고리즘 이외에도, 부유식 풍력터빈 적용을 위해 설계된 기본 PI 제어 알고리즘과 NREL에서 오픈 소스코드로 제시한 부유식 ROSCO (Reference Open Source COnroller) 제어 알고리즘이 함께 설계되어 제어성능의 비교 및 분석이 수행되었다. 시뮬레이션 결과, 제안된 제어 알고리즘은 ROSCO제어 알고리즘 대비 출력 편차 및 회전속도 편차, 부유체 피치 모션을 저감시킬 수 있었다.

**Key Words :** 초대형 부유식 풍력터빈(Supersized floating wind turbine), 반잠수식 부유체(Semi-submersible platform), 자세제어(Motion control), 하중저감제어(Load reduction control), 설계하중조건(Design load case)

† Corresponding author, E-mail: peak@kangwon.ac.kr

#### 후기

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20203030020270).

## 풍동실험을 이용한 Wake steering 제어 성능 검증 연구

### A Study on the Performance Validation of Wake Steering Control Using Wind Tunnel Test

김동명\*, 전태수\*, 김재천\*, 백인수\*\*†

Dongmyoung Kim\*, Taesu Jeon\*, Jaecheon Kim\*, Insu Paek\*\*†

\*강원대학교 에너지 · 인프라융합학과, \*\*강원대학교 에너지 · 인프라 융합학과 / 메카트로닉스전공

**Abstract :** 본 연구에서는 풍동실험을 이용한 Wake steering 제어의 성능 검증을 수행하였다. Wake steering 제어 전략은 풍력발전단지 내 상류 풍력터빈의 요지령을 조정함으로써, 하류 풍력터빈의 후류 영향을 감소시키며, 풍력발전단지 전체 발전량을 향상시키는 방법으로 제안된 방법이다. 풍동실험은 약 40W의 정격출력을 갖는 동일한 풍력터빈 축소모델 2기로 구성된 실험환경에서 수행되었으며, 대상 풍력터빈은 상용 PLC와의 연동을 통해 제어알고리즘 업로드 및 실시간 모니터링이 가능하도록 설계 및 제작되었다. Wake steering 제어의 성능을 확인하기 위해 풍동 내부에 설치된 2기의 풍력터빈 축소모델 중 상류 풍력터빈의 요각도를 다양한 값으로 조절하며 실험을 수행하였다. 결과적으로 수행된 풍동실험 결과는 풍력발전단지 성능 개선을 위한 제어알고리즘 국산화 개발 및 고도화 연구에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

**Key Words :** 웨이크 스티어링(Wake steering), 풍동실험(Wind tunnel test), 풍력터빈 축소모델(Scaled wind turbine)

† Corresponding author, E-mail: paek@kangwon.ac.kr

#### 후 기

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(NO.20203030020270)

## 풍력 보급 확대를 위한 IEA wind 연구 방향

### Directions of IEA Wind Research for Accelerating Wind Deployment

김진영<sup>\*†</sup>, 김현구\*

Jin-Young Kim<sup>\*†</sup>, Hyun-Goo Kim\*

\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실

**Abstract :** Of late, IEA Wind conference on the Grand Challenges in the Science Wind Energy has been held. The Topical Export Meeting gathered around of the greatest minds in wind energy technology from across the globe. The TEM number 109 is a continuation of the TEM nubmer 89 that produced the first Grand Challenge in Science in 2019. The focus was on interdisciplinary collaboration for the design and deployment of wind farms with coupling social scientists, turbine designers, resource scientists, environmental scientists, policymakers so on, such as the wind potential committee in the KSES. In this paper, directions of wind research are introduced in terms of contents of TEM109 (2023.2.28.-3.1, Boulder, CO, USA)

**Key Words :** 세계에너지기구(IEA), 풍력(Wind), 전문위원회(TEM)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jinyoung.kim@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 기본사업(C3-2412)을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다.

# 동해 해상환경에 적합한 25MW 초대형 해상풍력 시스템 핵심파라미터에 대한 연구

## The Determination of 25MW System Design Parameters Suitable for Site-specific External Conditions of Korean East Sea

허치훈<sup>\*†</sup>, 박미호\*, 김종화\*, 손재훈\*, 김정태\*, 문경록\*  
 Chihoon Hur<sup>\*†</sup>, Miho Park\*, Jonghwa Kim\*, Jaehoon Son\*,  
 Jungtae Kim\*, Kyeongrok Mun\*  
 \*고등기술연구원

**Abstract :** In recent years, wind turbines have been increasing in size to reduce the levelized cost of energy (LCOE), with super large offshore wind turbine systems of 15MW or more being developed. To support this trend, the International Energy Agency's Wind TCP has released a reference model for super large-scale wind turbines, including a 15MW offshore wind system and a 22MW offshore wind system currently in progress. As the demand for larger wind turbines continues to grow, this project aims to develop a specialized reference model suitable for the Korean domestic environment. In this study, we will identify the key system parameters for a 25MW reference turbine based on site-specific conditions of Korean east sea to reduce the LCOE. We will explain the methodology for identifying these key parameters and explore the significance of developing a reference model for the Korean domestic environment. This project's results are expected to contribute to the development of more efficient and cost-effective wind power systems in Korea, with potential applications in other regions.

**Key Words :** 초대형 (Super large-scale), 해상풍력 (Offshore wind turbines), 시스템 디자인 (System design), 사이트 특성 (Site-specific), 외부 조건 (External conditions)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: c.hur@iae.re.kr

### 후기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제 (과제번호 : 20228520020020)입니다.

## 풍력 복합재 블레이드의 장기운용을 위한 접착모델 기반 접합부의 피로균열진전 수명 평가에 관한 연구

### A Study on Fatigue Crack Growth Life Evaluation of Adhesive Joints Based on Cohesive Model for Long-term Operation of Wind turbine Composite Blade

김학근\*, 장윤정\*, 강기원\*\*†

Hakgeun Kim\*, Yunjung Jang\*, Kiweon Kang\*\*†

\*군산대학교 해상풍력연구원, \*\*군산대학교 기계공학과

**Abstract :** 블레이드는 MW급 풍력발전기의 주요 구성 요소 중 하나이다. 특히, 블레이드는 제조 공정의 결함이나 운용중에 외부 피로 하중으로 인한 접착파손, 크랙 및 층간분리와 같은 내부 손상이 있을 수 있다. 이러한 손상 모드 중 접합부에서의 접착파손이 가장 중요한 손상 모드이다. 따라서 복합 블레이드의 Spar-web과 Trailing Edge(TE) 접합부에서 파손 메커니즘을 규명할 필요가 있다. 이러한 매커니즘은 블레이드의 접합 부위의 디본딩 손상을 외부 작용하중에 의하여 발생 및 성장하므로 풍력 터빈에 작용하는 피로하중조건하에서 검토가 필요하다. 그러므로 풍력 블레이드 접합 부위에 발생하는 디본딩 손상을 분석하기 위해 피로하중 조건하에서 수행되어야 한다. 이를 위해 우리는 접합부에 대한 정량적인 분석을 위하여 Mode I, Mode II, Mixed mode 시험을 통한 파괴인성을 선정하였다. 그리고 피로하중을 고려한 Mode I에 대한 피로균열진전 시험을 통해 재료상수 및 상관관계를 분석하였다. 이러한 동적 특성을 고려한 NREL 5MW급 풍력 복합재 블레이드에 대하여 확장 유한요소법(Extended Finite Element Method; XFEM)을 기반한 VCCT(Virtual Crack Closure Technique) 기법을 통해 유한요소모델을 구축하였다. 또한, 대표적인 접합구조인 TE와 Spar-web 사이의 접촉 조건을 고려하여 손상 모델을 구축하였다. 마지막으로 접합부 디본딩에 따른 피로균열진전 수명을 분석하였다.

**Key Words :** 접합부 파손(Adhesive joint failure), 풍력발전기용 복합재 블레이드(Wind turbine composite blade), 피로균열진전(Fatigue crack growth), 파괴인성(Fracture toughness), 혼합굽힘모드(Mixed mode bending)

† Corresponding author, E-mail: kwkang68@kunsan.ac.kr

#### 후기

본 연구는 한국에너지기술평가원(KETEP)의 정부지원사업의 지원으로 수행된 연구(No.20213030020120)와 산업통산자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(No.20011732, Commercial development of carbon pultrusion materials and rotor blade for 3MW large scale wind turbine).

# Oral Session

신재생융합

Renewable Energy Convergence (REC) Session 1, 2



REC-O-1

# 재생에너지를 적용한 역삼투압(Reverse Osmosis) 막여과 공정의 에너지 절감 및 수온에 따른 영향 연구

## A Study on the Energy Savings and Effects of Water Temperature in Reverse Osmosis Membrane Filtration Process using Renewable Energy

이상우<sup>\*†</sup>, 김종현<sup>\*\*</sup>Sangwoo Lee<sup>\*†</sup>, Jonghyun Kim<sup>\*\*</sup>

\*지엔원에너지(주) 기술연구소, \*\*한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 그린에너지설비과

**Abstract :** 역삼투압막(Reverse Osmosis membrane, 이하 RO막) 여과 방식은 초순수 제조, 하폐수 재이용 등의 분야에서 활용되는 기반 기술로 소재, 부품 등 관련 산업의 파급효과가 크다. 하지만 RO 막여과 방식은 공정의 특성상 가압펌프의 높은 에너지 소비가 단점으로 지적되고 있으며 특히 겨울철 수온 저하에 따른 물의 점도 상승으로 여과에서 요구되는 압력이 높아지는 문제가 있다. 해당 문제는 펌프의 동력을 높이는 방식으로 해결이 가능하지만 에너지 소비가 증가하는 원인이 되며, 지난 연구에서 이러한 문제를 해결하기 위해 재생에너지(수열)를 활용한 개선된 RO 막여과 공정 모델을 설계하여 막여과 공정 유입수 승온에 따른 에너지 절감을 TRNSYS를 이용하여 분석하였다. 결과적으로 1차와 2차 RO 막 가압펌프의 경향성을 입증하였으며 개선된 RO 막여과 공정의 소비전력량 감소를 확인하였다. 해당 모델을 기반으로 실제 겨울철 유입 수온값을 적용하여 개선된 RO 막여과 공정의 에너지 소비량 분석을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 겨울철 수온이 매우 낮은 환경에서의 에너지 절감량이 높아지는 것을 확인하였으며, 겨울철 5°C 이하의 수온에서는 에너지 소비량이 매우 큰 폭으로 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 개선된 RO 막여과 공정에서 에너지 절감이 가능한 낮은 수온을 확립하며, 이를 활용하여 에너지 절감효과를 가장 크게 발휘 할 수 있는 공정 운영 방향성을 확인할 수 있었다. 현재 수열에너지를 활용한 RO 막여과 공정 파일럿 플랜트를 구축중이며, 이를 활용하여 실공정에서의 에너지 절감효과 및 분석을 진행 할 예정이다.

**Key Words :** 재생에너지(Renewable energy), 역삼투압막(Reverse Osmosis membrane), 수열에너지(Hydrothermal energy), 히트펌프(Heat pump), 막여과(Membrane filtration), 트란시스(TRNSYS)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: swlee0508@genone.co.kr

### 후기

본 연구는 2020년도 한국환경산업기술원(KEITI)의 재원으로 환경기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호: 2020003130002).

## 실내 공기질 개선을 위한 환기냉방용 AHU 시스템 성능 분석 연구

### A Performance Analysis Study of AHU System for Ventilation & Cooling to Improve Indoor Air Quality

김유진\*, 나호상\*\*, 이범준\*\*, 강은철\*\*<sup>†</sup>

Yu-Jin Kim\*, Ho-Sang Ra\*\*, Beomjoon Lee\*\*, Eun-Chul Kang\*\*<sup>†</sup>

\*UST 재생에너지공학, \*\*KIER 열변환시스템연구실

**Abstract :** 최근 다양한 요인들로 인해 실내 생활은 증가하고 있으며, 이로 인해 실내 공기질에 대한 재실자의 관심이 높아지고 있다. 실내 환경을 쾌적하게 유지하기 위한 다양한 HVAC 설비들(냉방, 난방, 제습, 환기, 공기정화 등)이 보급되고 있으며, 이 중 공기정화설비에 사용되는 VOCs 흡착필터와 CO2 흡착제 등은 일정한 온도의 열을 공급하여 재생해줌으로써 고유성능을 유지한다. 이러한 공기정화용 흡착제들은 대체로 전기히터를 활용하여 흡착제 재생을 하고 있다. 한편, 여름철 실내 환경을 쾌적하게 유지하기 위해서는 냉방, 환기, 제습 등이 필요하다. 하지만 현재 건물에서 냉방과 제습은 에어컨으로 해결하고 환기는 창문을 개방하거나 전열교환기를 활용하여 처리하고 있어, 환기시 냉방 부하가 증가하는 문제가 있다. 본 연구에서 소개하는 AHU(Air Handling Unit)은 환기유니트와 히트펌프를 융복합한 형태의 컴팩트형 HVAC 시스템이다. 이 시스템은 기본적으로 여름철에 환기, 냉방, 환기냉방이 가능하며 실외기 배열을 이용하여 공기정화용 흡착제 재생열을 공급할 수 있다. 또한 겨울철에는 환기, 난방, 환기난방 운전이 가능하다. 본 논문에서는 기 개발한 AHU 시스템의 성능 분석을 수행한 결과를 제시하였다. KS C 9306의 냉방표준운전 조건에서 시험을 수행하였으며, 냉방모드, 환기냉방모드에서 과열도가 약 3°C, 6°C 일 때의 AHU의 성능을 비교 분석하였다. 그 결과 AHU의 실외기 배열온도는 모든 운전 조건에서 50°C 이상(실내온도 27°C 일 때) 높게 나타났으며, 이는 실외기 배열을 이용하면 흡착제 재생열로 활용되는 전기에너지를 절감할 수 있음을 보여주는 것이다. 아울러 AHU 시스템의 COP는 과열도가 약 6°C 일 때 냉방모드에서 약 3이 나왔으며, 환기냉방모드에서는 약 4정도로 높게 나타났다.

**Key Words :** HVAC (Heating, Ventilation and Air-Conditioning), AHU (Air Handling Unit), Heat Pump, Cooling Standards Condition

<sup>†</sup>Corresponding author, E-mail: kec8008@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 한국에너지기술연구원의 기본사업(C3-2441)을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다.

# 신재생에너지를 포함한 도심형 대용량 하이브리드 열공급 스마트플랫폼 구축

## Construction of Smart Platform for Large Scale Hybrid Heat Supply including Renewable Energy in Urban Area

이재하<sup>\*†</sup>, 민경천\*, 김종현\*\*

Jaeha Lee\*, Kyoungchon Min<sup>\*†</sup>, Jonghyun Kim\*\*

\*지엔원에너지(주), \*\*한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 그린에너지설비과

**Abstract :** 신재생에너지의 확대 보급 필요성은 날로 증가하고 있으나, 전기에너지 대비 열에너지의 보급은 상대적으로 미흡한 실정으로 신재생 열에너지의 확대 보급이 요구된다. 신재생에너지의 에너지 생산의 간헐성과 공급과 수요의 불일치 등 미흡한 부분을 보완하고 열에너지를 안정적으로 공급하기 위한 방안으로 지역난방과 연계한 하이브리드 시스템을 제안하였다. 본 연구에서는 태양열, 지열, 연료전지 3종의 신재생에너지에서 생산되는 열을 지역난방 네트워크와 연계하여 3곳의 건물에 열에너지를 공급할 수 있도록 하이브리드 열공급 스마트플랫폼을 구축하였다. 실증운전은 총 69일 진행하였으며, 그 결과 신재생에너지의 공급량은 10,302 kWh<sub>th</sub>, 지역난방의 공급량은 120 kWh<sub>th</sub>로 전체 공급량 중 신재생에너지의 공급비율은 98.8%를 차지함으로써 재생열에너지의 안정적인 공급을 확인하였다. 본 연구를 통해 향후 신재생에너지에서 생산된 열에너지와 지역난방을 연계한 하이브리드 시스템의 보급이 확대를 기대하며, 지역적인 열네트워크가 구성되 있는 경우 안정적인 열공급 관리와 스마트플랫폼 운영으로 열공급사업자와 신재생에너지설비를 보유한 프로슈머간의 상생방안이 될 것으로 예상된다.

**Key Words :** 신재생에너지(New renewable energy), 스마트 플랫폼(Smart Platform), 하이브리드 열공급(Hybrid Heat Supply), 지역난방(District Heating)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jh\_lee@genone.co.kr

### 후기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20173010140840).

## 태양열 공기-물 가열기 연계한 액체식 재생시스템 성능분석을 위한 실험 연구

### Experimental Study for Performance Analysis of Liquid Dessicant Regeneration System connected with Solar Air-water Heater

문광암\*, 김성빈\*, 최휘웅\*\*, 최광환\*\*\*†

Kwangam Moon\*, Seongbin Kim\*, Hwiung Choi\*\*, Kwanghwan Choi\*\*\*†

\*부경대학교 냉동공조공학과 대학원, \*\*부경대학교 산학협력단, \*\*\*부경대학교 냉동공조공학과

**Abstract :** The liquid dehumidification system is to remove moisture from the air supplied by contacting liquid dehumidifiers with air, and a number of studies are being conducted to reduce the capacity of heat source devices by removing latent heat of moisture during cooling. The dehumidification system is essential for continuous operation, and solar energy is used as alternative energy to reduce the use of fossil fuels and electrical energy necessary for the production of renewable heat sources. In addition, in the case of conventional solar regeneration systems, studies have been conducted by heating dehumidifiers using liquid solar collectors or supplying heated air using solar collectors. In this study, a solar air-water heater having all of the above characteristics is connected to a regeneration system for regeneration performance, and hot water and heated air produced in the solar air-water heater are simultaneously supplied to the regeneration tower and regeneration performance according to operating conditions is investigated.

**Key Words :** 태양열 공기-물 가열기(Solar air-water heater), 액체 제습제(Liquid dessicant), 재생 시스템(Regeneration system), 열효율(Thermal efficiency), 재생 성능(Regeneration performance)

† Corresponding author, E-mail: choikh@pknu.ac.kr

#### 후 기

이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2020-R1F1A107279411).

# 비제어 파사드 일체형 PVT 시스템의 성능 및 안정성에 관한 연구

## A Study on the Performance and Stability of an Uncontrolled Facade Integrated PVT System

김윤수\*, 윤용수\*, 홍희기\*†

Yoonsu Kim\*, Yongsoo Yoon\*, Hiki Hong\*†

\*경희대학교 기계공학과

**Abstract :** 대형 시스템과 달리 소형 시스템에서의 차온제어기는 비용 측면에서 다소 큰 부분을 차지한다. 일반적인 PVT 시스템은 태양열 시스템과 같이 집열기 입출구의 차온제어로 열매체 순환펌프를 제어한다. 본 연구에서는 PV에서 실시간으로 생산한 전력으로 열매체 순환펌프가 작동되는 비제어 방식으로 실증실험을 진행하였다. 집열면적  $2.09 \text{ m}^2$ 인 PVT 모듈을 정남향  $90^\circ$ 로 설치한 파사드 일체형 PVT 시스템의, 청명한 겨울철 1일 집열량(2023.01.20)은  $11.8 \text{ MJ}$ (집열효율 26.1%), 생산 전력량은  $4.96 \text{ MJ}$ ( $1.38 \text{ kWh}$ )(전력효율 11.0%)이다. 태양열 시스템의 큰 문제 중 하나로 온수 미사용과 하절기의 강한 일사는 과열을 발생시킨다. 고온에 노출되면 집열기와 배관 부속 등의 수명과 내구도가 급격하게 저하되고 이는 고장의 원인이 된다. 해결책으로 파사드 일체형 PVT는 하절기에 태양의 고도가 높아지면 적은 일사를 받아 과열이 되지 않으며 온수 급탕이 많이 필요한 동절기에 태양의 고도가 낮아져 큰 열을 생산하는 장점을 가진다. K-Apartment 부하패턴을 적용하여 실험(2023.01.20)했을 경우 축열조 하루 최고 온도는  $29.8^\circ\text{C}$ 으로 다소 낮은 값을 보여 히트펌프나 가스보일러의 승온이 필요하다. 사용자가 온수를 사용하지 않았을 경우(2023.02.27)온수를 사용하지 않는 무부하 상태인 경우  $48.3^\circ\text{C}$ 로 다소 상승하였다. 실증실험 결과 비제어 파사드 일체형 PVT 시스템은 유지관리가 쉽고 간단하여 소형시스템에 적합한 것으로 판단된다.

**Key Words :** 파사드 일체형 태양광열(Facade integrated PVT, photovoltaic thermal), 과열(Overheating), 비제어(Uncontrolled), 차온제어(Differential temperature control)

† Corresponding author, E-mail: hhong@khu.ac.kr

### 후기

본 연구는 2022년도 에너지기술평가원의 재원으로 산업공정용 열공급을 위한 태양열 융합 열공급시스템 개발 및 스마트 O&M시스템 구축 기술개발 과제의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20220810100020).

## 부착형 PVT에 있어 접촉부 열저항에 따른 집열성능 개선에 관한 실험적 연구

### An Experimental Study on the Improvement of Heat Collecting Performance According to the Thermal Resistance of the Contact surface in Attached PVT

류남진<sup>\*†</sup>, 배상무<sup>\*\*</sup>, 남유진<sup>\*\*\*</sup>

Namjin Lyu<sup>\*†</sup>, Sangmu Bae<sup>\*\*</sup>, Yujin Nam<sup>\*\*\*</sup>

\*운제산업 기술연구소, \*\*부산대학교 생산기술연구소, \*\*\*부산대학교 건축공학과

**Abstract :** 본 연구는 부착형 PVT(Photovoltaic Thermal)모듈의 열접촉부 구조에 따른 집열기의 열효율 개선에 관한 실험적 연구임. 일반적인 PVT 모듈은 PV모듈과 집열기(Solar collector)를 일체화하여 제작한 구조인데 비해 본 연구에서 사용하는 부착형 PVT모듈은 기존의 PV모듈 후면에 접촉시키는 형태로 제작된다. PVT모듈의 열접촉부의 전열특성에 따라서 집열기의 열성능이 큰 차이를 보일 수 있다. 본 연구에서는 접촉부의 형태를 세가지로 디자인하여 시공상태에 따른 PVT의 집열성능을 비교하고자 하였다. 세가지 접촉부 형태는 각각 접촉부 본딩층이 없는 구조, 일반적인 본딩층의 경우, 최적화 본딩층의 경우의 세가지 경우로 제작되었으며 각각 집열기의 열효율을 비교실험 하였다. 집열성능의 경우 초기효율과 열손실계수의 1차식으로 표현하였으며 세 모델의 초기효율은 각각 35.9%, 40.9%, 45.0%로 나타났으며, 열손실계수는 각각 6.56 [W/m<sup>2</sup>K], 7.95 [W/m<sup>2</sup>K], 10.87[W/m<sup>2</sup>K]로 나타났다. 열 접촉부 최적화 정도에 따라서 5%(P)~9.1%(P) 의 초기효율 향상이 나타났으며 이는 상당한 성능개선이 있음을 알 수 있다. 또한 열손실계수 값이 높게 나타나는 것은 접촉부의 열전도율 향상에 따른 결과적인 특징으로 나타남을 알 수 있다.

**Key Words :** PVT(Photovoltaic Thermal), 부착형 PVT(Attachable PVT), 집열효율(Thermal Efficiency), 태양열집열기 (Solar Collector), 접촉부 열저항 (Thermal Resistance)

<sup>†</sup>Corresponding author, E-mail: ocyndus@hanmail.net

#### 후기

본 연구는 2022년도 한국남동발전의 재원으로 현장기술연구개발과제 사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(과제번호:제2022-현장(여수)-01호).

# 에너지 저장 및 담수화를 위한 담수화 배터리: 에너지-물 네이스 난제 해결

## Desalination Battery for Energy Storage and Desalination: Addressing Challenges of the Energy-Water Nexus

김남혁\*, 이왕근\*†

Namhyeok Kim\*, Wang-Geun Lee\*†

\*울산과학기술원 에너지 및 화학공학과

**Abstract :** Water and energy are indispensable entities for any flourishing life and civilization. Seawater desalination is a promising and sustainable solution for meeting the industrial water demand. However, seawater desalination is still an energy intensive process leaving a huge carbon footprint. Therefore, the integration of the renewable energy into water desalination systems has become increasingly attractive due to the growing demand for the water and energy, and the reduction of the contributions to the carbon footprint. To better connect the conventional desalination technology with the renewable energy, we constructed a novel desalination battery and demonstrated its performance in this study, which simultaneously stores renewable energy and desalts ions through the electrochemical process. This system employs  $\text{Na}^{+/\text{0}}$  and  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$  redox chemistry for negative and positive electrode respectively. It was also verified that 56% of energy consumption in a reverse osmosis(RO) process could be saved by substituting a conventional battery into the desalination battery for connecting renewable energy with the RO process, which is the conventional desalination technology. Collectively, combining energy storage and water desalination into the bifunctional device offers the opportunity to address the challenges of the energy-water nexus in the renewable energy desalination field.

**Key Words :** 담수화 배터리(Desalination battery), 태양에너지 연계 담수화 기술(Solar energy integrated desalination -technology), 태양에너지 연계 역삼투막 기술(Photovoltaic connected reverse osmosis process), 전기화학-수처리 기술(Electrochemical water treatment technology), 해수전지(Seawater battery)

† Corresponding author, E-mail: wglee8786@unist.ac.kr

## 핀 및 저항체가 부착된 PV/T 집열기의 전기 및 열효율 성능 실험 연구

### An Experimental Study Evaluating the Electrical and Thermal Efficiency of a PV/T Collector with the Fin and Rib

김성빈\*, 문광암\*, 최휘웅\*\*, 최광환\*\*\*†

Seongbhin Kim\*, Kwangam Moon\*, Hwiung Choi\*\*, Kwanghwan Choi\*\*\*†

\*부경대학교 냉동공조공학과 대학원, \*\*부경대학교 산학협력단, \*\*\*부경대학교 냉동공조공학과

**Abstract :** The purpose of this study is to evaluate the electrical and thermal efficiencies of a novel type of photovoltaic/thermal (PV/T) collector experimentally under actual climate conditions in Korea. The PV/T collector is the system that reduces the temperature of the PV cell by flowing fluid under the PV cell to prevent a decrease in its electrical efficiency. Also, the fluid heated by PV cells can produce useful thermal energy. Commonly, the PV/T collector was made by attaching an air duct below the PV cell without any heat transfer enhancement device. However, the PV/T collector using air as a fluid normally has low thermal efficiency because of the low heat conductivity of air. Thus, the PV/T collector, which was designed and tested in this study, had a fin and rib to maximize its thermal performance. As a result, the electrical and thermal efficiencies were 16-17% and 35-45%, respectively. Also, it was found that the PV/T collector used in this study improved solar energy utilization by more than 3.0 times compared to traditional PV modules, which generally have an electrical efficiency of about 18%.

**Key Words :** 태양광/열 집열기(PV/T), 핀(fin), 저항체(rib), 실험(Experiment), 전기 효율(Electrical efficiency), 열 효율(Thermal efficiency)

† Corresponding author, E-mail: choikh@pknu.ac.kr

# 실증설비에 근거한 PVT-GSHP 융합 시스템의 에너지 및 경제성 분석

## Energy and Cost Analysis Study of a PVT-GSHP Hybrid System based on Demonstration

김유진\*, 이의준\*\*, 신형기\*\*, 강은철\*\*<sup>†</sup>

Yu-Jin Kim\*\*, Euy-Joon Lee\*\*, Hyungki Shin\*\*, Eun-Chul Kang\*\*<sup>†</sup>

\*UST 재생에너지공학, \*\*KIER 열변환시스템연구실

**Abstract :** 지구온난화가 사회적 이슈로 떠오르면서 다양한 형태의 온실가스 저감 기술들이 개발되고 있다. IEA Annex 73 보고서에 따르면 건물에서 소비되는 에너지는 전체 에너지 소비의 40%를 차지하며, 재생에너지 기술들을 통하여 이러한 에너지 소비를 최소 30%에서 최대 80%까지 줄일 수 있다. 이러한 이유로 우리나라는 재생에너지 보급 사업, 제로에너지건물의무화 사업 등 다양한 친환경에너지 정책들을 시행하고 있다. PVT-GSHP 융합 시스템은 태양에너지와 지열에너지를 열원으로 활용하여 건물에서 요구하는 냉난방 및 온수, 전기 에너지를 생산하는 기술로써 국가 재생에너지 보급 확대를 위한 대용 가능한 기술이다. 본 연구에서는 산업용 건물을 대상으로 PVT-GSHP 융합 시스템 기술을 실증 적용하고, 실증설비를 대상으로 냉난방 운전을 수행하여 데이터를 수집하였다. 아울러 수집한 데이터를 기반으로 TRNSYS 모델을 구축하였다. 실증 모델과 TRNSYS 모델의 비교 검증 결과, 난방 운전시 히트펌프 부하 및 시스템 전력 소비량은 7.3%, 8.5%의 오차를 나타내었고, 냉방 운전시 히트펌프 부하 및 시스템 전력 소비량은 4.5%, 1.5%의 오차를 나타내어 TRNSYS 모델의 신뢰성을 확보하였다. 그리고 이 TRNSYS 모델을 기반으로 히트펌프 및 시스템 운전 제어 민감도 분석을 수행하였다. 분석 결과 Fuzzy Logic으로 시스템을 제어할 경우 연간 9,765 kWh의 에너지를 소비하였고, NPV는 7.5년으로 나타났으며, 제시한 제어 기법 중에서 가장 에너지를 절감하는 것으로 확인되었다.

**Key Words :** PVT (Photovoltaic Thermal), GSHP (Ground Source Heat Pump), SAGSHP (Solar Assist Ground Source Heat Pump), Tri-generation, TRNSYS, Fuzzy Logic

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: kec8008@kier.re.kr

### 후기

본 연구는 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20202020800030, 제로에너지건축물 구현을 위한 스마트 외장재·설비 융복합 기술개발 및 성능평가 체계 구축, 실증).

## 핀이 설치된 태양열 공기 가열기 공기 채널 내 난류촉진체에 의한 열전달 및 압력강하 분석

### Analysis of Heat Transfer and Pressure Drop by the Turbulence Promoter in a Finned Air Channel of a Solar Air Heater

최휘웅\*, 김성빈\*\*, 문광암\*\*, 안병화\*\*\*, 최광환\*\*\*\*†

Hwiung Choi\*, Seongbin Kim\*\*, Kwangam Moon\*\*,

Byunghwa An\*\*\*, Kwanghwan Choi\*\*\*\*†

\*부경대학교 산학협력단, \*\*부경대학교 냉동공조공학과 대학원, \*\*\*\*(주)야베스,

\*\*\*\*부경대학교 냉동공조공학과

**Abstract :** 종래 태양열 집열기에서 열전달 성능 향상은 주로 전열부 표면에서 난류를 촉진시켜 열전달계수를 향상시키는 난류촉진체 혹은 열전달 면적을 넓히는 확장표면 방식이 적용되었다. 하지만 종래 연구에서는 주로 두가지 방법 중 하나의 방법만 채용하여 성능 평가를 수행하였고 난류촉진체 및 확장표면이 함께 적용된 집열기 성능에 대한 연구는 아직 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 확장표면이 적용된 태양열 집열기 공기 채널 내 난류촉진체 설치에 따른 열전달 성능 향상 및 압력강하 특성을 확인해보고자 하였다. 열전달 및 압력강하 특성은 상용 열유체 해석 프로그램인 Ansys Fluent를 활용하여 수행하였다. 그 결과, 핀이 설치된 공기 채널 내에 난류촉진체가 설치될 시 열전달 성능은 3.49배 이상 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 압력강하 대비 열전달 향상을 나타내는 열수력 성능도 1 이상을 보여 난류촉진체 설치의 유용성을 확인할 수 있었다. 또한, 본 연구는 난류촉진체에 의한 열전달 향상과 압력강하 증가에 대한 분석만을 범위로 하였으며, 향후 연구에서는 제안된 열전달 향상 장치에 의한 실제 집열기에서의 열성능 향상에 대한 평가가 필요할 것으로 사료되었다.

**Key Words :** 태양에너지(Solar energy), 태양열 시스템(Solar thermal system), 태양열 공기 가열기(Solar air heater), 열전달(Heat transfer), 전산유체역학(Computational fluid dynamic)

† Corresponding author, E-mail: choikh@pknu.ac.kr

# Oral Session

자원량평가

Renewable Energy Resources (RER) Session 1, 2



RER-I-1

## 다중·군집위성의 위성정보 활용

### Satellite Imagery Utilization in Multi-satellites and Satellite Constellation

이정호<sup>\*†</sup>, 송정현\*, 김보람\*, 이선구\*

Jeongho Lee<sup>\*†</sup>, Jeongheon Song\*, Boram Kim\*, Sungu Lee\*

\*한국항공우주연구원 국가위성정보활용지원센터 위성활용부

**Abstract :** 전세계는 초소형군집위성을 필두로 본격적인 다중위성 시대에 진입하였고, 우리나라도 군집위성을 비롯하여 다양한 위성을 개발하고 있다. 이와 같은 다중·군집위성 시대에는 폭발적인 데이터의 증가와 함께 인공지능을 비롯한 첨단기술의 접목으로 위성영상의 활용이 더 다양한 분야로 확대되고 새로운 어플리케이션이 등장할 것으로 기대된다. 본 논문에서는 다중·군집위성 시대의 위성정보와 관련된 국내외 여러 동향을 종합적으로 분석하였다. 국내외 위성개발 및 운용 현황, 유럽, 미국 등 해외 선진국과 우리나라의 우주 및 위성 정책 동향, 위성영상 관련 시장현황 및 향후 성장 예측, 국내외 위성정보 주요 활용 분야, 위성정보 관련 산업 및 기술 트렌드, 위성영상 분석기술 개발, 위성활용 시스템 개발 사업 현황 등에 대해 분석하였다.

**Key Words :** 위성(Satellite), 위성영상(Satellite imagery), 위성활용(Satellite application)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jeongho@kari.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국항공우주연구원의 위성정보활용 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

RER-O-1

## 태양광 시장잠재량 분석 모델 고도화 연구

### A Study on Advanced Model for Solar PV market potential analysis

임덕오\*, 조상민\*†

Deokoh Lim\*, Sangmin Jo\*†

\*에너지경제연구원 재생에너지정책연구팀

**Abstract :** 본 연구에서는 우리나라 태양광 발전 시장잠재량 산정을 위한 주요 경제적 변수를 업데이트하고, 분석 모델을 고도화하였다. 먼저 코로나 19 및 우크라이나-러시아 사태 등의 대외악재에 따른 국내 태양광 경제성 변화를 분석하기 위해 2020년부터 2022년까지 지상태양광의 규모별 평균 설비비용 및 운영유지비용, 토지비용 등을 시장 조사하여 그 추세를 확인하였다. 또한, 조사된 결과와 업데이트한 경제적 전제조건을 바탕으로 2022년 기준 시장잠재량 분석을 위한 지상태양광 발전 단가(LCOE)를 추정하고, 현재까지의 추세를 분석하였다. 분석 결과 2022년 기준 국내 평균적인 태양광 LCOE는 128원/kWh ~ 155원/kWh 수준으로 전년대비 약 4 ~ 7% 상승한 것으로 나타났고, 과거 10년 동안 지속적으로 하락하던 추세가 일시적으로 상승세로 전환한 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 추가적으로 지역별 시장잠재량 고도화를 위해 한국에너지공단의 RPS 실적 자료와 몬테카를로 시뮬레이션 방법론을 활용하여 시군구별 태양광 LCOE 확률 분포를 분석하였다. 이러한 분석된 결과는 향후 시장잠재량 분석 모델에 적용함으로써 현실성을 고려한 국내 지역별 태양광 시장 잠재량 산정에 활용될 예정이다. 본 연구결과는 우리나라 태양광 시장잠재량 산정을 위한 주요 방법론으로 활용될 것이며, 태양광 최적입지 선별 및 국가 재생에너지 정책 수립을 위한 주요 참조 자료로 활용될 것으로 판단된다.

**Key Words :** 태양광 발전(Solar PV), 경제성 분석(Economics Analysis), 몬테카를로 시뮬레이션 (Monte Carlo-simulation), 확률분포(probability distribution), 시장잠재량 분석 모델 고도화(Advanced market potential analysis model)

† Corresponding author, E-mail: smin0621@keei.re.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 한국에너지기술평가원의 재원으로 신재생에너지 핵심기술개발의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

RER-O-2

# 대전 지역 위성산출물을 활용한 복사전달모델 결과와 지상관측 데이터의 분석을 통한 GK-2A와 HIMAWARI 정지궤도위성의 구름 광학 두께 데이터의 검증

**Verification of Cloud Optical Thickness of GK-2A and HIMAWARI  
Geo-stationary Satellites Through Analysis of Ground Observation  
Data and Results of Radiative Transfer Model Using Ancillary Data  
in Daejeon**

이동규\*, \*\*, 김창기\*, †, 김현구\*, 강용혁\*

Dong Kyu Lee\*, \*\*, Chang Ki Kim\*, †, Hyun-Goo Kim\*, Yong-Heack Kang\*

\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실, \*\*연세대학교 대학원 지구천문대기학부(대기과학)

**Abstract :** 태양 자원을 활용함에 있어 가장 크게 영향을 끼치는 요소는 대기의 특성이다. 때문에 대기의 특성에 대한 이해가 필수적인데, 대기의 요소 중에서 큰 부분을 차지하는 것이 바로 구름이다. 이러한 구름 내부의 물방울 입자 혹은 얼음 입자가 일사량의 감쇠에 끼치는 영향을 정량적으로 나타낸 지표가 구름 광학 두께, 혹은 구름 광학 깊이이다. 이 구름 광학 두께는 인공위성에서의 관측 데이터를 활용한 통계모델이나 복사 전달 모델에 의해 계산되는데, 이러한 특성 때문에 동일한 위치에 대한 관측을 실행하더라도 각 위성에서 사용되는 독자적인 모델에 의해 상이한 값의 광학 두께가 도출될 수 있다. 대한민국을 관측하는 정지궤도위성으로는 크게 한국의 천리안위성(GK-2A)과 일본의 HIMAWARI가 있는데, 앞서 언급하였듯이 두 위성에서 산출되는 구름 광학 두께 값이 서로 상이하다. 따라서 본 연구에서 앞의 두 위성의 구름 광학 두께 데이터를 비교 검증하고자 한다. 이에 대한 방법론으로써 두 위성에서의 산출물과 관측 데이터를 복사 전달 모델에 적용시켜 자외선 A 영역의 일사량을 구하고, 지상에서의 관측값을 참값으로 가정하여 비교하였다. 본 연구에서 사용된 데이터는 2021년 3월부터 2022년 2월까지 약 1년간의 두 위성의 산출물과 관측 데이터, 그리고 동일 기간 동안 대전 소재의 한국에너지기술연구원에서 관측한 자외선 일사량 데이터이다. 위성에서 산출된 구름 광학 두께를 운상에 따라 분류하여 비교하였으며, 복사 전달 모델 결과와 지상 관측 데이터를 비교하여 두 위성의 구름 광학 두께를 검증하였다. 자세한 결과는 오는 학회에서 발표하고자 한다.

**Key Words :** 데이터 분석 (Data Analysis), 구름 광학 두께(Cloud Optical Depth), 복사전달모델(Radiative Transfer Model)

† Corresponding author, E-mail: ckkim@kier.re.kr

## 후기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업(C3-2412)을 재원으로 수행한 연구 과제의 결과입니다.

## 국내 태양광 이격거리 규제 동향 및 전망

### Overview of Setback Regulation Policy on Solar Photovoltaic Deployment

장연재<sup>\*†</sup>, 조일현\*

Yenjae Chang<sup>\*†</sup>, Ilhyun Cho\*

\*에너지경제연구원 재생에너지정책연구팀

**Abstract :** 태양광 이격거리 규제는 태양광 발전 보급에 대표적인 장애요인이며 산업부는 이격거리 규제를 해소하기 위해 표준안을 제시하고 다양한 인센티브를 제공하고 있으나 최근 지역별 태양광 이격거리 규제는 오히려 심화되고 있다. 이격거리 규제는 난개발 및 경관훼손 방지, 주민 민원, 산지 훼손 등의 이유로 도입되고 있으나 과학적·기술적인 분석 근거가 충분하지 않은 경우가 많으며 이러한 불확실성은 향후 태양광 보급목표 달성을 위한 우려를 놓고 있다. 이에 본 연구는 태양광 이격거리 규제의 도입 과정을 조사하고 이를 토대로 전국 지자체별 규제환경의 변화 양상을 분석하고자 한다. 또한 규제적 요인이 초래하는 태양광 잠재설치면적의 영향을 파악하여 지역별 태양광 보급에 대한 전망 및 관련 정책에 대한 시사점을 도출하고자 한다.

**Key Words :** 이격거리 규제(Setback Regulation Policy), 태양광 발전 보급(PV Solar Deployment), 재생에너지 정책 (Renewable Energy Policy)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: yjchang@keei.re.kr

#### 후기

본 연구는 에너지경제연구원의 2023년도 기본과제 「태양광 이격거리 규제의 보급영향 평가 연구」로 수행하고 있는 내용의 일부를 발췌한 것입니다.

RER-O-4

## 건물벽면형 태양광 잠재량 분석

### Building integrated Photovoltaic Potential Analysis

윤창열\*, 오명찬\*, 김보영\*, 이제현\*, 김진영\*, 황수진\*, 임덕오\*\*, 조일현\*\*, 조상민\*\*, 김창기\*, 김현구\*, 강용혁\*, 김용일\*\*\*†

Changyeol Yun\*, Myeongchan Oh\*, Boyoung Kim\*, Jehyun Lee\*,  
Jinyoung Kim\*, Sujin Hwang\*, Deokoh Lim\*\*, Ilhyun Cho\*\*, Sangmin Cho\*\*,  
Changki Kim\*, Hyungoo Kim\*, Youngheack Kang\*, Yongil Kim\*\*\*†

\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실, \*\*에너지경제연구원 재생에너지정책연구팀,  
\*\*\*서울대학교 건설환경공학부

**Abstract :** 건물벽면형 태양광 설비의 발전량은 주변 건물에 의한 그림자 영향과 수직면 설치조건에 의해 일사량의 손실이 발생하게 된다. 이러한 상황으로 인해 시점과 지리적 위치에 따라 지면형 태양광 설비와 다른 일사량과 발전량 패턴이 발생하며, kWh당 설치/유지보수 단가에도 영향을 주게 된다. 그림자 영향까지 고려한 태양광 발전량을 분석한다면 일반적으로 1시간 간격 이내의 일사량 정밀 분석이 필요하다. 건물 밀집지역이라면 특히 건물 3D 데이터를 확보하여 연산에 반영해야 한다. 본 연구에서는 1m×1m 공간해상도 3D 건물 데이터를 활용하여 도출한 일사 분포 데이터를 근거로 하여, 한국에너지기술연구원-에너지경제연구원의 잠재량 연산모델에 적용하고 지역별 잠재량 통계량을 도출하였다. 잠재량 연산모델에서는 토지활용성과 경제성 모델에 의해 격자별 잠재량 인자를 연산하며, 잠재량 포함조건 달성 여부를 고려하여 개별 격자별로 잠재량을 도출한다. 기존 토지형, 건물지붕형 시장잠재량 모델에서 확장하여 향후 전국 단위의 건물벽면형, 영농형, 수상형 시장잠재량 연산결과를 도출할 예정이다.

**Key Words :** 태양광(Photovoltaic), 잠재량(Potential), 건물(Building), 건물일체형 태양광(BIPV; Building Integrated Photovoltaic)

† Corresponding author, E-mail: yik@snu.ac.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(C3-4334).

## 주택용 태양광 설치 가구의 스마트미터링 자료 특성 분석

### Analysis of Smart Metering Data for Household with Residential PV

조일현<sup>\*†</sup>, 안재균\*

Iihyun Cho<sup>\*†</sup>, Jaekyun Ahn\*

\*에너지경제연구원 재생에너지정책연구팀

**Abstract :** 본 연구는 53가구의 2021~2022년의 실시간 자료를 바탕으로 태양광 설치 가구의 전력 소비 및 발전 특성을 분석하였다. 분석 결과 발전은 사업용에 비해 부족하며 환경적 요인이 미치는 영향이 큰 것을 확인하였다. 전력 소비 분석 결과 태양광 설치 가구의 전력 소비가 더 많고 냉난방에 적극적임을 확인하였다. 태양광 설치 가구의 계절별 일일 전력 소비 패턴은 일반가구와 차이가 없지만, 전력을 더 많이 소비하고 여름과 겨울철 차이가 벌어졌다. 이러한 현상은 회귀분석에서도 확인되며 특히 15~24도를 벗어날 때 전력소비에 차이가 벌어져 태양광 설치 가구가 더욱 적극적으로 냉난방함을 확인하였다. 시간대별 태양광 설치 가구의 순수요 변화는 크고 봄철에 두드러졌는데, 일반가구의 일일 순수요의 변화는 2배 이내에서 변화하였지만, 태양광 설치 가구는 7배~11배 수준으로 일일 순수요의 변화가 나타났다. 주택의 전력 수요가 저녁 시간대이기에 덱커브 현상이 뚜렷이 나타난 것으로 계절적으로 봄철에 두드러졌다. 3kW 설비를 설치한 가구 기준 연간 자가 소비율은 0.40, 자가 공급률은 0.28로 추정되었다.

**Key Words :** 주택용 태양광(Residential PV), 스마트미터 자료(Smart meter), 전력 소비 패턴(Electricity consumption pattern), 자가 소비율(Self consumption ratio), 자가 공급률(Self sufficiency ratio)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: ihcho@keei.re.kr

#### 후기

본 연구는 2022년도 에너지경제연구원의 기본연구로 수행한 연구입니다.

## 재생에너지 민간참여 및 투자 확대를 위한 금융모형 연구: 재생에너지 자산유동화

### A Study of Financial Model for Private Participation and Investment Expansion in Renewable Energy : Renewable Energy Asset-Backed Securitization

이재석<sup>\*†</sup>, 박정순\*, 최영선\*, 김정인\*\*, 유종민\*\*\*, 박혜진\*\*\*\*  
 Jaeseok Lee<sup>\*†</sup>, Jeongsoon Park\*, Youngsun Choi\*, Jeongin Kim\*\*,  
 Jongmin Yu\*\*\*, Hyejin Park\*\*\*\*

\*한국에너지경제연구원, \*\*중앙대학교 경제학부, \*\*\*홍익대학교 경제학과,  
 \*\*\*\*한국자본시장연구원 펀드·연금실

**Abstract :** 정부 지원에 의존하는 재생에너지 보급 전략은 정부 재정 부담을 증가시키는 등 지속적인 재생에너지 보급 확대에는 적절하지 않은 전략이다. 지속적인 재생에너지 투자 확대와 재원 확보를 위해서는 다양한 민간투자 금융모형의 개발과 활성화가 필수적이다. 금융기관의 금융모델을 통한 재생에너지 신규 금융 조달은 일부로 한정되어 있으며, 민간투자 참여 기회도 제한되어 있는 우리나라와는 달리, 해외 주요국들은 지속적인 재생에너지 보급을 위해 민간투자 촉진 및 금융재원 확보를 위해 다양한 민간투자 금융모형의 개발 및 활성화를 추진중에 있다. 재생에너지 자산유동화는 지역 및 담보 유형에 따라 다양한 금융모형이 가능하며, 모형 설계에 따라 민간투자 기회도 확대할 수 있는 등 다양한 장점을 가지고 있다. 본 연구는 국내 재생에너지 자산유동화에 대해 고찰한 첫 연구로써, 주요국의 대표적인 재생에너지 민간투자 금융모형인 자산유동화증권에 대해 분석하고 국내 투자자와 환경 특성을 반영한 맞춤형 금융모형 설계 및 도입방안을 제시해보고자 한다.

**Key Words :** 에너지전환(Energy Transition), 재생에너지투자 (Renewable Energy Investment), 자산유동화(Asset Backed Securitization)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: leejs@keei.re.kr

#### 후기

본 연구는 2023년 한국에너지경제연구원 기본연구과제로 수행하고 있는 연구 과제입니다.

## 탄소중립형 스마트도시 추진을 위한 탄소공간지도 구축방안

### Geospatial Construction of Carbon Inventory Map for Carbon Neutrality Smart City

손재선\*, 허용\*†

JaeSoen Son\*, Yong Huh\*†

\*국토연구원 공간정보사회연구본부

**Abstract :** 탄소중립기본법이 시행되고 지자체 탄소중립 의무가 강화되고 있지만 광역지자체 단위의 배출원 중심 온실가스통계는 지역 단위의 도시계획수립에 활용하기에는 근본적인 한계를 가지고 있다. 반면 국외 선진국의 경우 온실가스 인벤토리를 세부적인 공간단위로 구축하여 도시계획에 활용하는 것은 물론, 다양한 정책 도입 시 이산화탄소 저감효과 예측에까지 활용하고 있다. 본 연구에서는 해외 활용 사례를 분석하고 국내 관련 공공데이터 현황을 검토하여 격자 및 행정구역 등의 공간단위로 탄소공간지도를 구축하는 방안 및 데이터모델 설계를 제안한다. 탄소발생과 관련해서는 주택부문의 경우 국가건물에너지통합관리시스템의 자료를 활용하였으며, 수송부문의 경우 기종점 통행량 데이터 및 한국석유공사 주유소 판매량 데이터 등을 활용하여 공간격자 형태로 지도를 구축하였다. 탄소흡수와 관련해서는 국토계획에 따른 녹지지역도, 토지피복도 등을 활용하여 공간격자 형태로 지도를 구축하였다. 탄소공간지도를 공간정보시스템 환경에 구현하기 위하여 시범지역을 대상으로 공간격자의 크기를 1km, 500m, 100m 등으로 구분하여 그 결과를 비교해보았다.

**Key Words :** 탄소중립(Carbon neutrality), 스마트시티(Smart city), 탄소공간지도(Carbon inventory map)

† Corresponding author, E-mail: yhuh@krihs.re.kr

#### 후기

본 연구는 2022년도 국토교통부 및 스마트도시협회의 「탄소중립형 스마트도시 추진을 위한 탄소공간지도 구축방안 연구」의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

RER-O-7

# 딥러닝을 이용한 태양 복사 직산 분리 모델의 성능 향상

## Enhancing the Performance of Solar Radiation Decomposition Models using Deep Learning

리알 라자국국\*, 이현진\*†

Rial A. Rajagukguk\*, Hyunjin Lee\*†

\*Department of Mechanical Engineering, Kookmin University

**Abstract :** Decomposition solar radiation models are commonly used to separate direct and diffuse irradiance from global irradiance. However, most of these models are designed to process hourly data, which may not be sufficient to capture rapid changes in solar irradiance that occur within a shorter time scale. To address this issue, this study examined the performance of existing decomposition models at different temporal resolutions ranging from 1 minute to 1 hour. The study found that the error of the decomposition models increases as the temporal resolution decreases. Specifically, as the time scale is reduced from hourly to every minute, the relative root-mean-square error (rRMSE) increases by more than 5%. These findings highlight the need for developing accurate models that can process sub-hourly data. Therefore, this study proposes the use of deep learning models to estimate direct irradiance on sub-hourly data. The proposed models significantly reduce the rRMSE by more than 7% compared to existing models on a 1-minute time scale. The results indicate that deep learning models can provide accurate estimates of direct irradiance even at sub-hourly temporal resolutions.

**Key Words :** 법선면 직달 일사량(Direct normal irradiance), 직산 분리 모델(Decomposition model), 딥러닝(Deep learning), 시간 분해능(Temporal resolutions)

† Corresponding author, E-mail: hyunjinlee@kookmin.ac.kr

### 후기

본 연구는 산업통상자원부에서 지원하는 자동차산업기술개발사업(시장자립형 3세대xEV 산업육성 기술개발 사업, 과제번호 : 20018646)에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 국내 태양광발전소의 타당성 조사를 위한 위성영상 기반 일사량의 Site Adaptation의 경제적 영향 연구

### Economical Impact of Site Adaptation for the Satellite-Derived Solar Irradiance on Feasibility Study for the PV Power Plants Installation in Korea

다타 엘비나 파우스티나\*,\*\*, 김창기\*, 김현구\*

Elvina Faustina Dhata\*,\*\*, Chang Ki Kim\*, Hyun-Goo Kim\*

\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실, \*\* 과학기술연합대학원대학교 에너지공학

**Abstract :** Tilted or plane of array solar irradiance (POA) is an important component to be considered in feasibility studies for photovoltaic (PV) plant projects. The POA is derived from the global horizontal irradiance (GHI), direct normal irradiance (DNI), and diffuse horizontal irradiance (DHI), which can be obtained through ground measurements or satellite model outputs. The University of Arizona Solar Irradiance Based on Satellite-Korea Institute Energy Research (UASIBS-KIER) model produced the GHI, while DNI and DHI can be obtained through decomposition models. The accuracy of satellite models can be improved by site-adaptation models. However, the correction for DNI is currently unsatisfactory, and a new approach utilizing a machine learning algorithm and an alternative decomposition and site-adaptation model is being pursued to improve accuracy. Utilizing various decomposition and site-adaptation models, a collection of time-series solar irradiance data with various levels of deviation is built. The resulting POA and thus the PV power produced are expected to vary, providing a range of possible outcomes in annual energy production and the net present value of a PV plant project.

**Key Words :** 일사량(solar irradiance), 현장 적응(site-adaptation), 직산분리 모델(decomposition model), 태양광 발전량(Pphotovoltaic power generation), 타당성 조사(feasibility study)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: ckkim@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국에너지기술연구원 주요사업(C3-2412)으로 수행한 결과입니다.

RER-O-9

## 360 VR 카메라를 이용한 태양광 전기차 주차 구역 분석 시스템 개발

### Development of Parking Area Analysis System for Solar Electric Vehicle using 360 VR Camera

홍지민\*, 백지은\*\*, 최요순\*†

Jimin Hong\*, Jieun Baek\*\*, Yosoong Choi\*†

\*부경대학교 에너지자원공학과, \*\*부경대학교 에너지자원연구소

**Abstract :** 최근 태양광 패널을 차량의 지붕, 외관에 설치하여 주행 혹은 주차 중 태양광 발전으로 자가 충전이 가능한 태양광 전기차에 관한 대중적 관심이 높아지고 있다. 본 연구에서는 차량 지붕에 설치된 360 VR 카메라를 이용하여 실외 주차장 주변의 영상을 촬영한 후, 수목, 건물 등과 같은 수광 장애 요인을 분석하여 태양광 전기차의 최적 주차 구역을 찾아 주는 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 삼성 기어 360 카메라와 스마트폰으로 구성된다. 360 VR 카메라로 촬영한 영상을 처리하여 하늘 이미지(sky image)를 생성하고, 이미지의 RGB 성분 값과 이용한 수광장애 요인 탐지와 태양 경로(sun path) 중첩 분석을 통해 영상을 촬영한 주차면에서 주차예정 시간 동안의 solar access 값을 계산한다. 계산된 solar access 값의 상대 비교를 통해 해당 주차장에서 태양광 발전에 가장 유리한 주차면을 찾을 수 있다. 개발된 시스템을 부경대학교 대연캠퍼스 내 해양 공동연구관 주차장과 양어장 주차장에 적용한 결과, 차량 운전자가 주차장에서 비어 있는 주차면의 solar access 값을 실시간으로 확인하고, 상대 비교를 통해 태양광 발전에 유리한 주차 구역을 선택할 수 있음을 확인하였다. 또한, 상용 태양광 입지분석 도구인 Solmetric Suneye 210 카메라를 이용한 비교실험을 통해 개발된 시스템의 신뢰성을 분석하였다.

**Key Words :** 태양에너지(Solar energy), 태양광 전기차(Solar-powered electric vehicle), 주차 구역(Parking area), 360 VR 카메라(360 VR camera), 스마트폰(Smartphone)

† Corresponding author, E-mail: energy@pknu.ac.kr

## 도시 특성에 따른 건물형 태양에너지 패턴 분석

### Building-type Solar Energy Pattern Analysis according to Urban Characteristics

오명찬\*, 윤창열\*, 김보영\*, 이제현\*\*, 강용혁\*, 김현구\*<sup>†</sup>  
Myeongchan Oh\*, Changyeol Yun\*, Boyoung Kim\*, Jehyun Lee\*,  
Yongheack Kang\*, Hyun-Goo Kim\*<sup>†</sup>

\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실, \*\*한국에너지기술연구원 계산과학연구실

**Abstract :** 신재생에너지의 보급과 운영은 탄소중립을 포함한 다양한 이슈에 핵심적이며 현재는 모두가 동의하는 중요한 사안이다. 그러나 한국의 경우 국토 면적에 비해 많은 인구 밀도와 에너지 사용량으로 인해 에너지 밀도가 낮은 신재생에너지 보급이 충분히 이루어질 수 있는지에 대한 지적이 꾸준히 존재해왔다. 이러한 상황에서 건물형 태양광은 신재생에너지 보급 측면에서 국토 활용도를 높일 수 있는 핵심적인 기술로 볼 수 있다. 하지만 일반적인 유틸리티 태양광과 비교하여 상대적으로 낮은 발전 효율과 높은 비용, 심미성 등 추가적인 요소들이 존재하여 실제 보급에는 많은 어려움이 존재한다. 본 연구에서는 이러한 상황을 합리적으로 평가하고 해결하기 위해 건물일체형 태양광(BIPV)을 포함한 건물형 태양에너지의 잠재량을 도시의 특성에 따라 정량화하고 분석하였다. 도시의 특성은 건물의 분포와 밀도, 높이 등을 뜻하며 이러한 요소는 건물 옥상과 측면의 그림자를 만들어 태양에너지의 이용률을 감소시킨다. 본 연구 결과는 향후 전국 도시형 태양광 잠재량의 연산이나 인공지능을 활용한 학술적 연구에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**Key Words :** 건물일체형 태양광(Building-Integrated Photovoltaic), 일사량(Solar Irradiance), 그림자 분석(Shadows analysis), 도시 태양에너지(Urban Solar Energy), 자원지도(Resource map)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: hyungoo@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업(C3-2412)을 재원과 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지 기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구과제(20223030010090)의 결과입니다.

RER-O-11

# 에너지 공유 공동체의 재생에너지 자립률 추정

## Estimation of Renewable Energy Self-sufficiency Rate in an Energy-shared Community

김다원\*, 장용해\*\*, 최요순\*†

Dawon Kim\*, Yonghae Jang\*\*, Yosoong Choi\*†

\*부경대학교 에너지자원공학과, \*\*한국수자원공사 부산에코델타시티사업단

**Abstract :** 온실가스 배출량을 줄이고 기후변화에 대처하기 위해 마을에서 필요한 에너지를 자체 생산·공유하는 에너지 공유 공동체가 증가하고 있다. 에너지 공유 공동체는 재생 가능한 에너지원, 에너지 효율적인 건물 및 스마트 에너지 관리 시스템의 조합을 통해 마을에서 소비하는 만큼의 에너지를 자체 생산하는 것을 목표로 한다. 본 연구에서는 에너지 공유 공동체의 에너지 효율과 재생에너지 자립률을 추정하기 위한 모델을 개발하였다. 패시브하우스 건축기술과 태양광발전시스템이 적용된 마을을 연구지역으로 선정하고 자료를 수집하였다. NREL SAM 소프트웨어를 이용한 시뮬레이션을 통해 개별 주거공간과 공용공간에서 생산되는 태양광 발전량을 예측하였고, 연구지역에서의 실측값과 비교하여 보정 식을 도출하였다. 보정 식을 이용하여 실제와 유사한 환경 및 설계조건으로 연구지역의 태양광 발전량을 예측할 수 있는 모델을 개발하였다. 개발된 모델과 표준기상년 데이터(TMY)를 이용하여 연구지역의 연간 발전량을 예측하고, 에너지자립률을 추정하였다.

**Key Words :** 에너지 공유 공동체(Energy-shared community), 태양광발전시스템(Photovoltaic system), 에너지자립률(Energy Self-Sufficiency Rate), 표준기상년 데이터(Typical meteorological year data), 에너지사용량(Energy Consumption)

† Corresponding author, E-mail: energy@pknu.ac.kr



# Oral Session

에너지저장

Energy Storage System (ESS) Session



ESS-O-1

# 고수명 해수 전지를 위한 산화-환원 전해액의 대량생산

## Mass production of Redox-Active Organic Anolytes for High cycle life of Seawater Batteries

이세영\*, 이왕근\*†

Seyoung Lee\*, Wang-Geun Lee\*†

\*울산과학기술원 에너지화학공학과

**Abstract :** In order to satisfy global demands of eco-friendly energy, the growth of energy storage systems (ESSs) is essential. Rechargeable seawater batteries (SWBs) have gained great attention because of their environmental influence and competitive price. In SWBs, the most abundant resource seawater is used as an cathode material, and the infinite seawater supplies sodium cations to anode part through NASICON ceramic electrolyte limitlessly. However, the instability of interphase between anode and liquid electrolyte of anode part leads to degradation of SWBs. Therefore, the composition of anode compartment is important for the sustenance of capacity and cyclability. Especially, NASICON ceramic obstructs transference of electrons between anode and cathode, so the requirements of liquid electrolyte for SWBs are different from those of typical sodium ion batteries; electrochemical stability window at the low voltage range, and available electronic conductivity.

In this study, saturated Na/biphenyl/dimethoxyethane (Na-BP-DME) solution is worked as a redox-active functional anolyte which can offer high cycle life of SWBs. Na-BP-DME has shown great electrochemical compatibility with high-capacity Na metal anode in SWBs, unlike other organic liquid electrolytes. While the conventional electrolyte makes SWBs have low cyclability, Na-BP-DME does not show gas evolution and continuous consumption of electrolytes, thus, these lead to high cycle performance. Also, Na-BP-DME shows higher ionic conductivity, too. Seawater batteries including both of coin cells and prismatic cells using Na-BP-DME electrolyte would contribute to the high electrochemical stability, superior cycle performance, and cost-effectiveness over conventional electrolyte systems.

**Key Words :** Electrolyte, Energy storage, Organic redox chemistry, Seawater batteries, Sodium

† Corresponding author, E-mail: wglee8786@unist.ac.kr

## 양극 시스템 구성에 따른 해수 이차전지 성능평가

### Evaluation of the Performance of Seawater Secondary Battery according to the Configuration of Cathode System

김한기<sup>\*†</sup>, 유정준<sup>\*\*</sup>, 백정훈<sup>\*\*</sup>, 이동건<sup>\*</sup>, 김범진<sup>\*\*</sup>, 강상희<sup>\*\*</sup>

Hanki Kim<sup>\*†</sup>, Jung Joon Yoo<sup>\*\*</sup>, Jeong Hun Baek<sup>\*\*</sup>, Dong-Gun Lee<sup>\*</sup>,  
Bum Jin Kim<sup>\*\*</sup>, Sang Hui Kang<sup>\*\*</sup>

\*한국에너지기술연구원 제주글로벌연구센터 해양용복합연구팀,

\*\*한국에너지기술연구원 에너지저장연구실

**Abstract :** 탄소중립사회로 전환하기 위해서는 재생에너지 보급확대가 필수적이다. 반면, 재생에너지는 간헐성 및 예측불확실성 등의 문제가 있어 수요자 측면에서 수용성에 어려움을 겪고 있다. 일례로 제주지역의 경우 2015년 이후 급격하게 증가한 태양광 발전용량에 따른 간헐성과 높은 재생에너지 발전비중 (18.2%)에 의한 불확실성 문제로 인해 출력제어 문제를 겪고 있다. 현재까지 출력제어 문제를 해결하기 위한 다양한 방법 (예: 대용량 에너지저장, 수요반응, 가상발전소, 섹터커플링 등)이 제안되었으며, 이 중 대용량 장주기 에너지저장시스템은 재생에너지의 간헐성에 따른 전력수요와 공급의 불일치 문제를 시계열로 해결하고, 예측불확실성에 대응할 수 있는 예비력으로 활용 가능성이 높아 많은 관심을 받고 있다. 기존의 에너지저장시스템은 대부분 리튬(Li)이온배터리를 기반으로 하는데, 배터리 화재 문제 및 원자재 (리튬, 코발트 등) 수급문제가 있다. 반면, 해수를 이용한 이차전지 (해수 이차전지)는 해수를 양극으로 사용하고 음극은 해수로부터 공급된 소듐(Na)을 사용하기 때문에 화재에 대한 위험성을 원천적으로 방지할 수 있으며, 가격이 저렴한 장점이 있다. 대용량의 재생에너지를 저장하기 위해서는 고에너지 밀도의 해수이차전지 개발이 필요하다. 본 연구에서는 해수 이차전지의 에너지저장밀도를 향상시키기 위해 해수 이차전지의 양극구조를 개선하였으며 해수 내 산소의 산화환원 반응속도 등을 고려한 대용량 해수이차전지 시스템 설계 방안 등을 고찰하였다.

**Key Words :** 해수이차전지(Secondary seawater battery), 양극(Cathode), 에너지저장(Energy Storage), 산소환원반응(Oxygen Reduction Reaction), 출력제어(Curtailment)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: hankikim@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 한국에너지기술연구원 기본사업 (과제번호: C3-2407)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

## 해수전지에서의 메탈 텐드라이트 형성과 고체전해질 탈락 현상에 관한 연구

### Investigating Metal Dendrite Growth and Failure of Solid Electrolyte in Rechargeable Seawater Battery

조지훈\*, 이왕근\*†

Jihun Cho\*, Wang-Geun Lee\*†

\*울산과학기술원 에너지화학공학과

**Abstract :** Among all types of batteries, the rechargeable seawater battery (SWB) has emerged as a promising option, owing to its unrestricted capacity, cost-effectiveness, and thermal stability, all made possible by the infinite Na<sup>+</sup> source, seawater. To achieve high energy density, SWB employs Na metal as an anode material, which can match the enormous cathode capacity. However, high-rate metal plating process can result in the formation of metal dendrites, leading to the failure of the ceramic NASICON solid electrolyte and eventually causing a short circuit in SWB. Due to the unique solid-liquid electrolyte combined structure and electronic conductive property of the liquid electrolyte, the growth of metal dendrites in SWB could occur differently from conventional metal batteries. In this study, we propose a possible metal dendrite path in SWB based on the charge transfer mechanism (Na<sup>+</sup>, e<sup>-</sup>) and visualize metal dendrites in symmetric cells using X-ray computed tomography. Under low current conditions, metal is uniformly plated on the side of the NASICON solid electrolyte and no dendritic failure is observed. However, high-current plating induces uneven metal accumulation on the NASICON, eventually cracking the solid electrolyte and leading to a short circuit. We also discuss the principle of mechanical failure of solid electrolytes due to metal accumulation, drawing on previous metal dendrite research on all-solid-state batteries. Based on our findings, we suggest that the metal dendrite of SWB can be controlled by releasing interfacial metal accumulation in a specific direction, which could lead to the development of a high-rate seawater battery without metal dendrite issue.

**Key Words :** 해수전지 (Rechargeable seawater battery), 소듐메탈전지 (Sodium metal battery), 메탈 텐드라이트 (Metal dendrite), 음극 계면 (Anodic interphase), 세라믹 고체전해질 (Ceramic solid electrolyte), 엑스레이 전산화 단층촬영 (x-ray computed tomography)

† Corresponding author, E-mail: wglee8786@unist.ac.kr

## 비활성 메탈을 활용할 수 있는 가역적인 무음극 해수전지 시스템

### Reversible Anode-free Seawater Battery by Reutilizing Dead Na

정영재\*, 이왕근\*†

Youngjae Jung\*, Wang-Geun Lee\*†

\*울산과학기술원 에너지공학과

**Abstract :** Sodium metal is the most promising anode material because of its low voltage range and high specific capacity. However, it is difficult to use in practice due to its unstable plating/stripping properties. In particular, the reversibility of Na metal plating/stripping is significantly decreased due to the formation of inactive ‘dead sodium’ which is electronically disconnected from current collector. Here, we proposed a fundamental solution for the ‘dead sodium’ by connecting electronic channel and reutilizing as active anode materials. According to the use of solid electrolyte in seawater battery, redox-active sodium-biphenyl (NaBP) was used as electrolyte which has both ionic and electronic conductivity. This electronic channel can enhance the Na stripping properties and suppress the accumulation of dead sodium. Finally, utilize the seawater cathode which has infinite cathode capacity to maximize the advantage of anode-free seawater battery with coulombic efficiency of 100% over 60 cycles with high areal capacity of ~25mAh/cm<sup>2</sup>.

**Key Words :** 전지(Batteries), 전해액(Electrolytes), 전자전도성(Electronic conductivity), 금속(Metals), 산화환원 반응물(Redox-active)

† Corresponding author, E-mail: wglee8786@unist.ac.kr

# 고에너지 밀도 에너지 저장 장치에 대한 새로운 접근법: 반액체 전극 구성의 가능성과 잠재력

## A New Approach to High-Energy-Density Energy Storage Devices: The Feasibility and Potential of Semi-liquid Electrode Configuration

김도완\*, 이왕근\*†

Dowan Kim\*, Wang-geun Lee\*†

\*울산과학기술원 에너지화학공학과

**Abstract :** The increasing demand for high-energy-density energy storage devices has led to research into developing high-voltage, high-capacity active materials such as silicon-based anodes and Li-rich cathodes. However, the use of solid state active and conductive materials in conventional electrode systems can result in issues like low mechanical strength and low conductivity. These problems become more severe as the loading of the active and conductive materials increases, hindering progress towards high-energy-density energy storage devices. To overcome these limitations, we present a semi-liquid electrode configuration that employs a liquid state, electrically conductive electrolyte to enhance ion and electron transfer. The semi-liquid electrode, with its fluid nature, can attain a high areal capacity, and its simple and scalable fabrication process makes it suitable for industrial applications. In this study, sodium-biphenyl (Na-BP) is used as the electrically conductive electrolyte, and hard carbon (HC) as the active material, demonstrating successful sodiation and desodiation in a semi-liquid electrode configuration. The semi-liquid electrode was prepared by stirring HC and Na-BP, during which the  $\text{Na}^+/\text{e}^-$  stored in Na-BP were transferred to a portion of the HC capacity. The  $\text{Na}^+$  intercalation and extraction process in the semi-liquid electrode was studied by examining the morphology of HC in its initial, charged, and discharged states. It showed the occurrence of intercalation of HC during charging and reversible  $\text{Na}^+$  extraction from HC during discharge. This study demonstrates the feasibility and potential of the semi-liquid electrode configuration as a solution for high-energy-density energy storage devices, offering a new approach that overcomes the limitations posed by the use of solid conductive materials in conventional methods.

**Key Words :** Energy storage, Battery system, Sodium-ion battery, Seawater battery, hard carbon, redox-targeting

† Corresponding author, E-mail: wglee8786@unist.ac.kr

ESS-O-6

## 에너지 저장을 위한 반응성 금속: 소듐-해수 배터리 시스템

### Reactive Metals for Seasonal Energy Storage: Sodium-Seawater Battery Systems

김용일\*, Stefano Passerini\*\*†

Yongil Kim\*, Stefano Passerini\*\*†

\*포항산업과학연구원, \*\*Department of Chemistry –Sapienza University of Rome

**Abstract :** 소듐-해수 배터리(Na-SWB)는 대규모 에너지 저장 및 해양 부문을 위한 가장 유망한 전기 화학 장치 중 하나로 간주될 수 있습니다. 실제로 개방형 구조의 양극을 사용함으로써 바닷물에서 소듐을 무제한으로 공급받을 수 있습니다. 즉, 이러한 시스템의 에너지는 본질적으로 닫힌계인 음극의 용량에 의해 제한되지만, 계절별/연간 에너지 저장을 위해 셀 외부에 저장할 수도 있습니다.

**Key Words :** 해수전지(Seawater batteries), 반응성금속(Reactive metals), 소듐금속(Sodium metal), 음극액(Anolytes), 소듐바이페닐(Sodium biphenyl)

† Corresponding author, E-mail: stefano.passerini@uniroma1.it

ESS-O-7

# 해수 기반 에너지 저장장치를 위한 세라믹 전해질 개발

## Development of Ceramic Electrolytes for Energy Storage Systems based on Seawater

장일섭\*,\*\*, 박건희\*,\*\*, 천진녕\*†

Il-Seop Jang\*,\*\*, Gunhee Park\*,\*\*, Jinyoung Chun\*†

\*한국세라믹기술원 신성장소재연구본부, 고려대학교 신소재공학부\*\*

**Abstract :** 해수(seawater) 이차전지는 바닷물에 녹아있는 소듐(sodium) 이온을 이용하여 에너지를 저장 및 활용하는 차세대 이차전지로, 해양 산업 및 해안 인근 에너지 저장장치(ESS)로의 적용에 특화된 이차전지로 주목받고 있다. 해수 이차전지는 해수 자체를 양극 활물질로 활용하는데, 고전압 구현을 위해 음극부는 유기계 전해질 및 음극 활물질로 구성되어 있다. 따라서 수계 양극부와 유기계 음극부의 접촉을 원천적으로 차단하되 소듐 이온만을 선택적으로 통과시킬 수 있는 세라믹 전해질의 도입이 필수적으로 요구된다. 나시콘(NASICON, Na super ionic conductor) 구조의 산화물계 세라믹은 해수 내에서 상대적으로 우수한 화학적 안정성과 함께 높은 소듐 이온전도도를 나타내어, 해수 이차전지용 세라믹 전해질로 활발히 연구가 진행되고 있는 소재이다. 이에 본 연구에서는 해수 이차전지에 활용될 수 있는 나시콘 구조 세라믹 소재의 조성 제어를 통해 이온전도도 및 밀도를 보다 향상시킬 수 있는 기술을 개발하고 조성 제어가 세라믹 소재의 주요 물성에 미치는 영향을 분석하였다.

**Key Words :** 해수전지(Seawater batteries), 세라믹 전해질(Ceramic electrolyte), 분리막(Separator), 나시콘(NASICON)

† Corresponding author, E-mail: jchun@kicet.re.kr

### 후기

본 연구는 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20215610100040, 해수이차전지 20Wh 이상급 단위 셀 기술 개발).



# Oral Session

태양수소에너지

Solar to Hydrogen (S2H) Session





S2H-O-1

## 태양열 이용 메탄 분해 수소 생산 반응기 개발

### Development of a Solar-Thermal Methane Decomposition Reactor for Hydrogen Production

김하늘\*, 김종규<sup>\*†</sup>, 김학주\*\*, 이상남\*

Haneol Kim\*, Jongkyu Kim<sup>\*†</sup>, Hakjoo Kim\*\*, Sangnam Lee\*

\*한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실, \*\*한국에너지기술연구원 탄소전환연구실

**Abstract :** 본 연구에서는 집광되는 태양열을 이용하여 메탄을 수소와 카본블랙으로 분해하기 위한 반응기를 개발하였다. 초기 직접가열식 반응기를 시작으로 내구성을 높이고 및 열손실을 최소화하기 위해 여러 실험 및 시뮬레이션을 통해 단계적으로 개선하였으며 최종적으로 열차폐코팅 및 컴팩트캐비티가 적용된 간접가열식 반응기를 개발하였다. 반응온도를 낮추고 메탄-수소 전환율을 높이기 위해 반응기 내부에는 NiCrAl 지지체에 카본 파우더를 코팅한 측매를 적용하였다. 최종 반응기에 대해 40 kW<sub>th</sub> 태양로를 이용하여 메탄 분해 실험을 수행했으며 반응기 중심부 온도가 1,000°C 이상, 메탄 유량이 20 L/min일 때 96.7%, 40 L/min일 때 82.6%의 메탄-수소 전환율을 달성하였다.

**Key Words :** 메탄(Methane), 분해(Decomposition), 반응기(Reactor), 수소(Hydrogen), 태양로(Solar furnace)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: rnokim@kier.re.kr

#### 후 기

본 연구는 환경부 ‘글로벌 태양열 분해 수소 생산 기술개발사업’의 지원을 받아 수행되었습니다(과제번호: 2017002410010).

S2H-O-2

## 세륨 산화물 기반 태양열 열화학적 물분해의 효율화를 위한 계산과학 모델링 연구 동향

### Review on Computational Modelling for Efficient Solar-driven Thermochemical Water-splitting Process using Cerium Oxides

이규희\*, 조현석\*, 이은상\*\*†

Gyu Hee Lee\*, Hyun Seok Cho\*, Eun Sang Lee\*\*†

\*인하대학교 수소기반 기계시스템 키우리연구단, \*\*인하대학교 기계공학과

**Abstract :** 태양 집열 에너지를 사용하여 물분해를 통해 수소를 생산하는 열화학적 수분해 사이클의 효율을 개선하기 위한 계산 과학 분야의 연구 동향을 소개하였다. 태양열을 이용한 물분해를 위해 세륨 산화물 기반의 촉매가 사용되며 공정상 발생하는 수소의 수득율은 태양열에 의해 가열되는 온도에 크게 의존적이며 촉매 재료에 따라 최적의 열 환원 (thermal reduction) 그리고 물 분해 (water decomposition) 공정 온도가 변하게 된다. 촉매의 구성을 변화시킴을 통해 전체 사이클의 최대 효율 온도를 낮추고, 산화-환원 공정 간의 온도 편차를 줄인다면 보다 적은 에너지로 수소를 생산할 수 있게 된다. 양이온의 도핑이 증가함에 따라 세륨 산화물 결정의 격자 구조가 변형되고 결정 내부의 전자 밴드 구조 및 밴드갭을 변화시켜 산소 이온의 이동도의 조절에 기여한다. 하지만 도핑 양이 과도하면 상변태와 결정 구조의 기계적 결함이 발생되기 쉬워져 반복되는 열 사이클에 대한 내구도가 감소하며 촉매의 제작에 있어서는 균일상을 유지하기 어려워진다. 양이온 혼합으로 인한 표면 부반응 및 구조적 불안정성을 동반한 균열 전파에 의한 영향을 최소화하면서도 산소 이온 이동도를 높이기 위한 결정 구조 탐색에 대한 다양한 계산 과학 연구가 이루어지고 있다. DFT 계산을 통한 마이크로 스케일의 제일원리 모델에서부터 매크로 스케일의 상분리 모델에 이르기까지 멀티스케일적 접근방식의 계산과학 모델링 분야의 연구 동향을 소개한다.

**Key Words :** 태양열(Solar heat), 열화학적 수분해(Thermochemical water splitting), 세륨 산화물(Cerium oxide), 산화-환원 사이클(Redox cycle), 계산과학 모델링(Computational modelling)

† Corresponding author, E-mail: leeess@inha.ac.kr

#### 후기

이 논문은 2023년도 정부(과기정통부)의 재원으로 한국연구재단 혁신성장 선도 고급연구인재 성장지원(KIURI) 시범사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2021M3H1A1064135).

S2H-O-3

# 태양광 에너지 및 탄소중립연료합성 에너지를 활용한 수소 생산 기술에 대한 특허 분석 및 글로벌 세계 동향 분석

## Patent Analysis and Global Trend for Hydrogen Production Technology through Solar Power and Synthesis of Carbon-neutral Fuels

최명재\*, \*\*†, 이은상\*, \*\*

Myoungjae Choi\*, \*\*†, Eunsang Lee\*, \*\*

\*인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 키우리연구단, \*\*인하대학교 기계공학과

**Abstract :** 전세계적으로 수소 경제 활성화를 위해 다양한 에너지원을 활용하여 수소연료전지가 개발되고 있으며, 수소에너지 관련 기술 로드맵을 개발되고 있는 상황이다. 본 연구는 태양열을 활용한 수소의 생산 방법에 관한 특허 및 태양광을 통한 전기를 사용하는 수전해 방식과 태양열을 화학반응의 열원으로 사용하는 특허에 관한 기술 특허 분석 연구에 관한 것이다. 본 연구에서는 태양열을 사용하여, 고온의 열에너지를 화학반응의 열원으로 사용하는 태양열 열화학 기술 뿐만 아니라 유동층 반응기와 환원-산화 반응성의 금속산화물을 사용한 그리고 바이오매스 및 친환경 방법으로 수소의 생산 및 이산화 탄소 분해 기술에 대한 특허 및 기술트렌드에 대해서 분석하였다. 이밖에도 태양열 반응기의 수소 포집에 관한 기술 및 탄소 중립연료 합성에 관한 특허에 대해서도 분석하였다. 이를 통해 향후 수소 연료 분야 emerging technology에 대해서 선제적으로 파악하고 향후 어떤 분야에 연구를 집중해야될지 연구정책에 대한 고견을 제시하고자 한다. 아울러 분석된 수소 연료전지 기술개발 정책을 특히 중심으로 분석하여 세계 수소 연료전지 기술개발 동향을 이해하는데 도움을 주고자 하였다.

**Key Words :** 태양열에너지특허(Solar thermal energy patent), 수소기술특허(Hydrogen technology patent), 물분해(Water-splitting patent), 탄소중립연료(Carbon-neutral fuel)

† Corresponding author, E-mail: mj1234@inha.ac.kr

### 후기

이 논문은 2023년도 정부(과기정통부)의 재원으로 한국연구재단 혁신성장 선도 고급연구인재 성장지원(KIURI) 시범사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2021M3H1A1064135).

## 열화학 이단계 분해 싸이클 반응을 통한 물/이산화탄소 분해 탄소중립 연료 생산 연구

### Thermochemical Two-step Cycle Reaction for H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> Splitting and Synthesis of Carbon-neutral Fuels

조현석\*, \*\*†, 이규희\*, \*\*, 이은상\*, \*\*

Hyunseok Cho\*, \*\*†, Gyuhee Lee\*, \*\*, Eunsang Lee\*, \*\*

\*인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 키우리연구단, \*\*인하대학교 기계공학과

**Abstract :** 태양열을 활용한 수소의 생산 방법으로는 태양광을 통한 전기를 사용하는 수전해 방식과 태양열을 화학반응의 열원으로 사용하는 열화학 싸이클로 분류할 수 있다. 본 연구에서는 집광을 통한 태양열을 사용하여, 고온의 열에너지를 화학반응의 열원으로 사용하는 태양열 열화학 이단계 물분해 싸이클 반응을 통해 수소를 생산할수 있고, 또한 같은 반응경로를 통해 물/이산화탄소를 동시에 분해하여 수소/일산화탄소를 생산할수 있는 반응에 대해 연구를 실시하였다. 물/이산화탄소를 동시에 분해하여 수소/일산화탄소를 생산할 수 있다면, 이를 연계한 피셔-트롭쉬 반응 등과 융합하여, 탄소중립 연료의 생산이 가능하다. 물/이산화탄소를 분해하기 위한 중요 성능 지표로는 반응 기 내부 온도, 압력, 반응 활성화에 필요한 금속산화물 촉매의 종류와 형태 등이 있다. CeO<sub>2</sub>를 기본으로 하는 다양한 조성의 금속산화물과 반응온도를 통해 각 조건에서의 반응 경향을 검토하였다.

**Key Words :** 태양열에너지(Solar thermal energy), 열화학싸이클(Thermochemical cycle), 수소(Hydrogen), 물/이산화탄소분해(H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> splitting), 탄소중립연료(Carbon-neutral fuel)

† Corresponding author, E-mail: danielcho@inha.ac.kr

#### 후기

이 논문은 2022년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 혁신성장 선도 고급연구인재 성장지원(KIURI) 시범사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2021M3H1A1064135).

This research was supported by the Korea Initiative for fostering University of Research and Innovation (KIURI) Program of the National Research Foundation (NRF) funded by the Korean government (MSIT)(No. NRF-2021M3H1A1064135).

# Poster Session 1

태양광에너지 Photovoltaic Energy (PVE)

205

태양열융합 Solar Thermal Convergence (STC)

252





## 영농 고정형 태양광 시스템의 작물 종류에 의한 후면 일사량 변화 분석

### Solar Irradiance Analysis of Back Side in Ground Mounted PV System for Agrophotovoltaic System by Crops

정재성<sup>\*†</sup>, 정여원<sup>\*\*</sup>, 오수영<sup>\*\*\*</sup>, 김정화<sup>\*\*\*\*</sup>, 손정민<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
 Jaeseong Jeong<sup>\*†</sup>, Yeowon Jeong<sup>\*\*</sup>, Sooyoung Oh<sup>\*\*\*</sup>, Junghwa Kim<sup>\*\*\*\*</sup>,  
 Jungmin Sohn<sup>\*\*\*\*\*</sup>

\*한국전자기술연구원 신재생에너지연구센터, \*\*파루, 기업부설연구소, \*\*\*영남대학교 화학공학과,  
 \*\*\*\*한국중부발전 신재생사업처 태양광사업부, \*\*\*\*\*전북대학교 토목/환경/자원·에너지공학부

**Abstract :** 본 논문에서는 영농용 고정형 태양광 11.2kWp를 설치하였다. 모듈 설치 높이는 경작을 위해 최소 3m이고 양면형 결정질 모듈이 설치되었다. 일사량은 수평, 경사, 그리고 후면 일사량 센서를 모듈 옆에 설치하였다. 1년 동안 밀, 들깨, 파 등 다양한 색과 높이를 가진 농작물이 경작되었다. 모듈 후면에 설치된 일사량 센서는 1년 동안 농작물 변화에 따라 후면일사량을 측정하였다. 태양광 모듈 하부에 다양한 색과 높이의 농작물의 변화는 후면반사 일사량 강도에 어떠한 영향을 미치는지 측정 및 분석되었다.

**Key Words :** 영농형 태양광(agrophotovoltaic system), 일사량(Solar irradiance), 농작물(Crops)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jjseicp@keti.re.kr

#### 후기

본 연구는 2020년도 한국중부발전의 재원으로 현장기술개발사업 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 제 2020-현장-02호).

## 파워 옵티마이저가 적용된 태양광발전시스템 직류 전로 사고 실증

### An Empirical Study of DC Line Fault at PV Systems with Power Optimizer

조성구<sup>\*†</sup>

Sungkoo Cho<sup>\*†</sup>

\*한국전기안전공사 전기안전연구원

**Abstract :** 전 세계적으로 기후 변화에 따른 위기에 대응하기 위해 신재생에너지 보급정책이 활발하게 이루어지고 있다. 국내에서는 분산전원 활성화를 위한 정책적 노력에 따라 다양한 보상을 통해 도심지에서의 건물과 구조물 등의 태양광 설치를 통해 태양광 발전 입지를 다변화 되고 있다. 특히 건축물에 적용되는 태양광발전시스템의 보급 및 확산을 위해서는 태양광 안전성 확보는 매우 중요하다. 이를 위하여 미국에서는 건물에 적용되는 태양광발전시스템에서 파워 옵티마이저를 이용하여 Rapid Shutdown과 같은 안전기능을 포함하도록 의무화하고 있다. 파워 옵티마이저는 기존 태양광 발전 시스템처럼 중앙 집중형 인버터를 적용한 시스템과 구조적으로 다르므로 이를 위한 법적 제도적 기준이 기존 중앙 집중형 시스템과 다르게 적용되어야 한다. 본 연구에서는 파워 옵티마이저의 법적 제도적 기준 마련을 위한 연구로써 실제 국내에 보급된 옵티마이저를 선정하여 직류 전로의 다양한 사고 시나리오를 통해 사고 특성을 분석하고 그 결과를 보였다.

**Key Words :** 파워옵티마이저(Power Optimizer), 급속차단(Rapid Shutdown), 직류 전로 사고(DC Line Fault), 실증 실험(Field Test and Evaluation)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: chosk@kesco.or.kr

#### 후 기

본 연구는 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20213030010280).

# 메시지 브로커 기반 태양광에너지 거래 관리 시스템 환경 구축

## Establishment of Solar Energy Transaction Management System Environment based on Message Broker

배동규<sup>\*†</sup>, 정규창\*  
 Donggyu Bae<sup>\*†</sup>, Gyuchang Jeong\*  
 \*한국전자기술연구원

**Abstract :** 본 논문은 P2P 전력거래 활성화를 위한 기술 연구의 일환으로, 메시지 브로커를 기반으로 하여 알고리즘을 통한 에너지 프로슈머의 잉여 태양광에너지 거래 관리 시스템에 대하여 환경을 구축해보고자 한다. 에너지 프로슈머 각 가정의 태양광 발전을 통한 발전량을 데이터로 수집하기 위한 전력계측기를 인터넷에 연결하여, 각 계측기들은 수집된 태양광 발전 데이터를 MQTT 메시지 브로커 서버로 전송한다. 수많은 데이터들은 토픽으로 분류되고, 클라이언트 측에서는 필요한 토픽을 구독하여 데이터를 필터링하여 확인할 수 있다. MQTT로 전송되는 태양광 데이터는 알고리즘에 의해 블록체인 네트워크로 전송된다. 해당 알고리즘은 태양광 발전량, 전력사용량을 비교 후 잉여전력량/필요전력량에 따라 해당 전력판매 혹은 전력구매 대상으로 분류하며, 비슷한 수치를 나타내는 대상을 연결하여 전력거래를 시행한다.

**Key Words :** 태양광에너지(Solar energy), MQTT(Message queueing telemetry transport), 전력거래(Power trading), 에너지 프로슈머(Energy prosumer), 블록체인(Blockchain)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: cake10@keti.re.kr

### 후기

이 논문은 2023년도 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신산업진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (S0103-23-1002, 에너지 프로슈머 빅데이터 분석 및 AI 알고리즘을 활용한 P2P 에너지 블록체인 기술개발).

## 태양광 발전량 예측을 위한 알고리즘 개발

### Development of Algorithm for Forecasting Solar Power Generation

박현수<sup>\*†</sup>, 오성문\*, 정규창\*

Hyeonsu Park<sup>\*†</sup>, Seongmun Oh\*, Kyuchang Jung\*

\*한국전자기술연구원

**Abstract :** 태양광 발전량 예측을 위한 알고리즘을 개발하기 위해 1시간 단위의 2년간, 1년간의 실제 발전량 및 수요 데이터를 사용하여 예측 알고리즘을 개발하였다. 사용한 태양광 발전량데이터는 일사량, PV 셀 온도, DC전력, AC전력, 발전량으로 구성되어 있고 추가로 태양광 발전량에 영향을 미칠 수 있는 습도, 외기 온도 등 기상 조건을 추가하여 알고리즘을 개발하였다. 태양광 발전량 예측을 위해 ANN(Artificial Neural Network) 기반의 모델을 사용하여 알고리즘을 개발하였다. 본 논문에서는 ANN 기법 중 CNN(Convolutional Neural Network) 및 GRU(Gated Recurrent Unit)을 혼합해서 사용하여 태양광 발전량 예측 모델을 개발하였다. 태양광 발전 데이터는 1시간 단위의 시퀀스 데이터로 1D CNN 모델을 통해 시퀀스 특징을 효과적으로 추출할 수 있다. 1D CNN을 사용하여 전처리한 데이터를 GRU에 사용하였다. CNN-GRU 알고리즘을 사용하여 태양광 발전예측을 수행하였다. 2016-01-01~2019-03-17기간에 취득한 시간 단위의 발전량 데이터와 추가로 기상 조건을 사용하여 2018-12-31까지 데이터를 훈련데이터로 하여 알고리즘을 개발하고 2019-01-01~2019-03-17의 테스트 데이터를 예측 결과를 검증하기 위한 데이터로 하였다. 태양광 발전량 예측의 결과를 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)와 NMAE(Normalized Mean Absolute Error)를 통해 검증한 결과 MAPE: 14.53%, NMAE: 5.39%로 24시간 발전량 예측을 수행할 수 있다.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Actual_i - Predict_i}{Actual_i} \right| * 100\% \quad NMAE = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Actual_i - Predict_i|}{nominal capacity of PV}$$

MAPE는 낮을수록 NMAE는 0에 까까울수록 예측정밀도가 높다. 본 논문에서 개발한 알고리즘을 통해 24시간 예측은 충분한 정밀도를 보여주는 것으로 확인하였다. 앞으로 알고리즘을 고도화하여 1주일, 1달 등 장시간 예측도 충분히 가능할 것으로 보인다.

**Key Words :** 태양광에너지(Photovoltaic Energy), 발전량예측(Power Generation Prediction), 알고리즘(Algorithm), 인공지능(A.I)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: hapark@keti.re.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원(KIAT)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No. P0022205).

# 위치정보 및 발전량 기반의 태양광 고장진단을 위한 최근접 발전 개소 피어슨 상관계수 검출 기법

## Pearson Correlation Coefficient Detection Technique for Nearest Power Generation Site for PV Fault Diagnosis based on Location Information and Power

전준영<sup>\*†</sup>, 김민국\*, 손명우\*, 김용현\*

Joonyoung Jeon<sup>\*†</sup>, Minkook Kim\*, Myoungwoo Son\*, Yonghyun Kim\*

\*한국광기술원 AI에너지연구센터

**Abstract :** 본 논문은 태양광 출력전력량 및 위치정보를 활용한 태양광 원격 고장진단 시스템에서 고장으로 진단된 단일 개소가 최근접 이웃 개소와의 피어슨 상관계수를 활용한 비교를 통하여 최종 고장진단을 하게되는 알고리즘을 소개한다. 이 시스템에서 위치정보는 고장으로 판단되어 진단이 필요한 태양광 시스템과 환경정보가 유사한 주변 태양광시스템을 검출하는데 사용되고, 태양광 발전 시 각각의 패널과 인버터는 위치를 기반으로 평면(x,y) 또는 3차원(x,y,z)좌표를 부여받고 이 좌표는 평면 또는 3차원 공간에 매핑된다. 전체 시스템의 출력은 정규화 및 표준화 과정을 거치고 평균, 분산 및 표준편차를 계산하여 일정 기간 동안의 태양광 시스템의 출력이 출력의 평균과 검출계수와 표준편차의 곱의 차 이하로 낮아질 경우 검출 알고리즘이 동작한다. 출력알고리즘이 동작하면 위치정보를 기반으로 최근접 발전 개소를 추출한다. 각 추출 된 발전개소는 로컬(Local) 발전 개소로 집합이 형성되고 로컬 발전 개소 내부의 정규화 과정을 거친다. 그리고 출력이 낮아진 단일 개소는 단일 개소의 위치 정보를 기반으로 단일 개소의 위치와 근접한 발전개소를 중심으로 로컬 발전 개소 집합을 구성한다. 이때 최근접 발전 개소의 발전량이 저하된 단일 개소의 상관 분석을 진행하는 이유는 최근접한 발전 개소의 환경조건이 유사하기 때문이고 이에 따라 일시적인 환경 조건의 변화로 인한 출력 저하인지 아니면 태양광 인버터 또는 태양광 패널의 문제로 인한 출력 저하인지 알 수 있게 된다.

**Key Words :** 태양광발전(Photovoltaic power generation), 고장진단(Fault diagnosis), 위치 정보(Location information), 출력전력량(Output wattage), 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jyjeon@kopti.re.kr

### 후기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 신재생에너지기반 마을단위 마이크로그리드 실증 기술개발 - ② 생활·문화공동체형의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

## 태양광 고장 요소에 따른 I-V 곡선 패턴 분석 및 분류

### I-V Curve Pattern Analysis and Classification according to PV Failure Factor

신우균\*, 주영철\*, 황혜미\*, 고석환\*<sup>†</sup>

Woogyun Shin\*, Youngchul Ju\*, Heymi Hwang\*, Sukwhan Ko\*<sup>†</sup>

\*한국에너지기술연구원 태양광연구실

**Abstract :** 기후변화와 탄소중립에 대응하기 위해 세계 각국은 재생에너지에 적극 투자하고 있다. 그 중 태양광은 신재생에너지원 중 가장 빠르고 넓게 보급되고 있다. 2021년 기준 전 세계 누적 태양광 설치량은 약 940GW이며, 앞으로도 설치량은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 태양광의 설치가 증가함에 따라 발전소의 유지 관리 및 운영(O&M) 시장도 증가하고 있다. 태양광 O&M 활동은 수명 기간 동안 효율적인 운영을 통해 PV 시스템의 에너지 생산 목표의 안정성을 보장하는 일련의 활동을 말한다. 관련 보고서에 따르면, 세계 태양광 O&M 시장은 2022-2027년 동안 연평균 복합 성장률(CAGR) 14.49%로 성장하여 2021년 약 33억 3,073만 달러에서 2027년에는 73억 3,960만 달러에 이를 것으로 예상된다. 태양광 발전소의 O&M은 발전소의 성능과 고장을 진단하는 것이 가장 중요한 목적이며, 이를 위한 다양한 측정 기법이 존재한다. 본 논문에서는 태양광 스트링 I-V 곡선 측정 데이터를 기반으로 고장을 진단할 수 있는 연구를 진행하였다. 다양한 발전소에서 측정된 I-V 곡선을 고장 원인에 따라 분류하고, 패턴과 매칭하여 I-V 곡선을 분류하였다. 분류된 데이터는 딥러닝 학습에 이용하여 고장을 진단하는데 활용할 계획이다.

**Key Words :** 태양광 I-V 곡선(PV I-V curves), 고장 분석(Fault analysis), 분류(Classification), Operation and maintenance (유지 보수)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: korea19@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 2021년도 한국에너지기술평가원 신재생에너지핵심기술사업의 지원을 받아 수행한 연구과제임(20213030010340).

# 탄소중립을 위한 ICT연계형 수상태양광 시스템에서의 에너지 관리 전략

## The Energy Management Strategy in an ICT-integrated Floating Photovoltaic Plant System for Carbon Neutrality

최성훈\*, 박동환\*, 안정훈\*†

Seonghun Choi\*, Dong-Hwan Park\*, and Jung-Hoon Ahn\*†

\*한국전자기술연구원

**Abstract :** 세계적으로 온실가스 배출량을 감축하기 위해 친환경 에너지에 대한 관심이 많아지며 기술 개발이 가속화되고 있다. 태양광 발전은 주로 구조물의 지붕이나 산림 등 지상에 설치하지만, 설치 장소 부족과 산림훼손 등의 문제가 있다. 그러므로 면적이 넓은 댐이나 지역 호소수를 활용한 수상태양광 발전이 시도되고 있다. 본 논문은 정보 통신 기술(ICT)을 이용해 구축한 수상태양광 시스템에서의 탄소중립을 위한 에너지 관리 전략을 제안한다. 제안한 알고리즘은 실시간 모니터링된 전력량을 기반으로 동작되며, 수상태양광을 통해 발전된 전력으로 호소수 인근 지역의 기존 부하전력을 충당하여 전기세와 온실가스 배출량을 저감시킨다. 또한 초과된 발전전력은 호소수의 분수, 워터스 크린, 경관조명 등 관광자원에 활용하여 호소수를 홍보할 수 있다. 제안한 알고리즘의 검증을 위해 수상태양광 설치 호소수의 기존 부하들에 대한 소비전력 데이터를 기반한 PLECS 시뮬레이션 모델을 구축하여 확인하였다.

**Key Words :** 태양광발전(PV), 정보 통신 기술(Information and Communication Technology, ICT), 탄소중립

† Corresponding author, E-mail: jhahn@keti.re.kr

### 후기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20206900000020).

## 120um급 부분공정 결정질 태양전지의 전/후면 전극에 따른 강도 특성에 관한 연구

### A Study on the Strength Characteristics of 120um Partially processed c-Si Solar Cells according to Front/rear Electrodes

임종록\*, 김필규\*, 한성민\*, 정태희\*, 김성원\*†

Jongrok Lim\*, Pilkye Kim\*, Sungmin Han\*, Taehee Jung\*, Sungwon Kim\*†

\*한국산업기술시험원 신재생에너지기술센터

**Abstract :** 최근 태양광 모듈은 지속적인 연구개발과 대규모 양상 등의 노력으로 단가가 지속적으로 하락하고 있다. 태양광 모듈의 기술 격차가 거의 없는 상황에서 모듈의 가격 경쟁력 확보가 중요하며, 이를 위해서는 모듈의 가격에서 가장 큰 부분을 차지하는 웨이퍼의 두께를 얇게 하는 것이 필요하다. 하지만 웨이퍼의 두께를 얇게 할 경우, 태양전지를 제작하는 과정에서 열팽창 계수의 차이에 의한 휨 현상이 발생하며, 심할 경우에는 크랙이 발생하여 정상적인 태양광 모듈로써 동작이 불가능하다. 박형 태양전지를 제작하기 위해서는 휨 현상에 대한 연구도 중요하지만 파손을 저감하기 위한 기계적 강도 특성에 대한 분석도 충분히 이루어져야 한다. 하지만 현재 결정질 태양전지의 강도 특성에 대한 연구는 웨이퍼에 대한 강도 특성 분석에 대한 연구만 진행 되었을 뿐, 태양전지의 구성요소인 웨이퍼, 전/후면 전극의 상호 구성에 대한 연구는 진행되지 않고 있다. 이에 본 논문에서는 결정질 태양전지를 이루고 있는 실리콘 웨이퍼와 전/후면 전극을 이용하여 부분공정 태양전지를 제작하였으며, 이를 활용하여 특수 제작된 4bending 실험 장비를 활용하여 상호 특성을 분석하였다.

**Key Words :** 결정질 태양전지(c-Si solar cell), 굽힘 시험(Bending test), 전후면 전극(Front/rear side electrode), 기계  
강도 (Mechanical strength)

† Corresponding author, E-mail: Jongrok@ktl.re.kr

# 태양광 모듈 전력 보상을 위한 マイクロコンバータ MPPT 제어 특성 연구

## A Study on the MPPT Control Characteristics of Micro-converter for Photovoltaic Module Power Compensation

김주희\*, 김지현\*,\*\*, 김창현\*,†

Ju-Hee Kim\*, Jihyun Kim\*,\*\*, Changheon Kim\*,†

\*녹색에너지연구원, 태양에너지연구실, \*\* 전남대학교, 광공학협동과정

**Abstract :** 태양광발전 시스템은 일반적으로 중앙집중식 인버터를 사용하며, 태양광 모듈은 직렬 또는 병렬 연결되어 인버터로 연결된다. 구조가 간단하며, 하나의 인버터로 제어할 수 있는 장점이 있지만 부분음영과 같은 일부 모듈에 문제가 발생되면 전체 시스템에 영향을 미치는 문제점이 있다. 부분음영과 같은 환경요인에 따른 개별 태양광 모듈의 출력 저하를 보완하기 위해 마이크로 인버터가 제안되었으나, 가격이 비싸다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 마이크로컨버터가 제안되었으며, 이 방식은 개별 모듈에 DC-DC 컨버터를 연결하고 이를 다시 하나의 메인 컨버터로 연결하여 처리하는 구조로 최대효율로 전력을 생산할 수 있게 한다. 본 연구에서는 Buck-Boost 타입의 마이크로컨버터를 이용하여 부분 음영에 따른 태양광 최대전력점추적(MPPT, Maximum power point tracking) 제어 특성을 분석하였다. 부분 음영에 따른 태양광발전 특성은 375Wp급 단결정 실리콘 태양광 모듈을 이용하였으며, 모듈 내 부분 음영에 따라 태양광 스트링에서의 MPPT 특성 변화를 분석하였다. 나아가 마이크로컨버터 유·무에 따라 일간 발전량 분석을 진행하였다.

**Key Words :** 태양광발전시스템(Photovoltaic system), 마이크로컨버터(Micro-converter), 모듈단위전력전자소자(MLPE, Module level micro converter), 파워옵티마이저(Power optimizer), 최대전력점추적(MPPT, Maximum power point tracking)

† Corresponding author, E-mail: chkim@gei.re.kr

### 후기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20223030010180).

## SCLC 방법을 사용한 하이브리드 페로브스카이트 박막의 결함 밀도 규명

### Revealing Defect Densities in Hybrid Perovskite Films via Space-Charge-Limited Current Measurements

윤시원\*, 이원종\*, 김선규\*, 한혜지\*, Adnan Muhammad\*, Zobia Irshad\*, 임종철\*†  
Siwon Yun\*†, Wonjong Lee\*, Sunkyu Kim\*, Hyeji Han\*, Adnan Muhammad\*,  
Zobia Irshad\*, Jongchul Lim\*†

\*충남대학교 에너지과학기술대학원

**Abstract :** The Space-charge-limited current (SCLC) characterizations have been employed widely to investigate the trap density and charge-carrier mobility in perovskite solar cells (PSCs). However, its applications among metal halide perovskites are quite complicated because of the electronic and mixed ionic nature of these materials. Herein, we used Pulsed Voltage Space Charge Limited Current (PV-SCLC) method to eliminate the impact of mobile ions and to obtain the accurate electric values. We investigated that hybrid perovskite thin-films with the composition of  $\text{Cs}_{0.17}\text{FA}_{0.83}\text{Pb}(\text{I}_{0.77}\text{Br}_{0.23})_3$ , undergoes forward and reverse scans without any hysteresis. Moreover, this study also clarifies that a trap-filled voltage increases linearly as the film thickness increases. Therefore, we believe that PV-SCLC measurements is one of the novel methods for the accurate investigations of the intrinsic transport characteristics of the metal-halide perovskites.

**Key Words :** SCLC (space-charge-limited-current), trap density (트랩 밀도), electrical conductivity (전도도), hysteresis (호스테리시스), charge carrier mobility (전하 이동도)

† Corresponding author, E-mail: jclim@cnu.ac.kr

# 태양광발전소의 발전량 예측·제어 관리시스템의 설계 및 구축

## Design and Construction of Predictive Control Management System of Power Generation of Photovoltaic Power Plant

김지현\*, \*\*, 김주희\*\*, 김창현\*\*<sup>†</sup>

Jihyun Kim\*, \*\*, Ju-Hee Kim\*\*, Changheon Kim\*\*<sup>†</sup>

\*전남대학교 광공학협동과정, \*\* 녹색에너지연구원

**Abstract :** 현재 우리나라는 파리협정에 따라 장기 저탄소 발전전략(LEDS) 비전 및 5대 기본방향을 마련하였으며 국가 전반의 녹색전환을 위한 방향을 제시하였다. 또한 세계 기후정상회의를 계기로 미국, 영국, 일본 등 대폭 상향된 ‘2030 NDC’(국가결정기여 온실가스 감축목표)를 발표함에 따라 우리나라 역시 ‘2050 탄소중립 시나리오’ 및 ‘2030 NDC 상향안’을 확정·발표하였다. 에너지 공급 부문의 탄소중립을 위해서는 전력생산의 중심이 태양광, 풍력 등 청정에너지를 기반으로 한 재생에너지가 되어야 한다. 하지만 자연을 활용해야하는 재생에너지의 특성상 불가피하게 발생하는 변동성, 간헐성에 대한 문제를 반드시 해결해야한다. 이를 위해 발전량을 정확히 예측할 수 있고, 안정적인 전력공급을 위한 제어 가능한 관리시스템이 개발되어야 한다. 본 연구는 실시간 신재생 발전·예측 데이터를 활용하여 지역 계통운영의 안정성을 확보하고, 계통운영 비용을 절감할 수 있는 신재생지역 관제시스템(LRMS) 구축에 대하여 보고한다.

**Key Words :** 태양광발전소(Potovoltaic Power Plant), PV 시스템(PV System), 신재생지역 관제시스템(Local Renewable Management system, LRMS)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: chkim@gei.re.kr

### 후기

본 연구는 산업통상자원부 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : S20193 71010006A).

## 고출력 태양광 모듈의 레이아웃 및 배선 설계

### Layout and Wiring Design of High-output Solar Modules

김주휘\*, 어승아\*, 임동건\*\*, 이재형\*†

Juhwi Kim\*, Seungah Ur\*, Donggun Lim\*\*, Jaehyeong Lee\*†

\*성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과, \*\*한국교통대학교 전자공학과

**Abstract :** In recent, the solar market had mainly been using high-power and high-density solar module technologies such as shingled modules and MBB (Multi Busbar) modules. Shingled modules were a technology that improves module output by dividing solar cells and bonding them with ECA (Electrically Conductive Adhesives), while MBB modules were a technology that vertically scrubs solar cells in a half-cut shape and connects them with multiple wires. These high-density solar module technologies could be maximized in effect by layout and wiring design. Therefore, In this study conducted design and simulation for each module type and presented appropriate layout and wiring designs. The solar cells used are M6 (166 mm x 166 mm) in size, and the area was designed considering the width of the solar layer. For shingled modules, the overlap and number of junctions were varied, and the size of the cover glass used in actual production was considered. MBB modules were designed considering the number of junctions and diodes.

**Key Words :** 쟁글드 태양광모듈(Shingled module), MBB 모듈(Multi-busbar module), 레이아웃(Layout), 배선 설계(Wiring design), 시뮬레이션(Simulation)

† Corresponding author, E-mail: jaehyeong@skku.edu

#### 후기

본 연구는 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20213030010290, 장기신뢰성(25년 이상)과 안전성이 확보된 건물형 태양광 핵심소재 개발).

## 페로브스카이트 광안정성 향상을 위한 첨가물 작용기 역할 규명

### Demonstration Functional Group of Additive to Improve Light Stability for Perovskite Film

이원종\*, 김선규\*, 윤시원\*, 한혜지\*, Adnan Muhammad\*,  
Zobia Irshad\*, 임종철\*†

Wonjong Lee\*, Sunkyu Kim\*, Siwon Yun\*, Hyeji Han\*, Adnan Muhammad\*,  
Zobia Irshad\*, Jongchul Lim\*†

\*충남대학교 에너지과학기술대학원

**Abstract :** Long-term stability, especially the photostability of organic-inorganic perovskite solar cells (PSCs), is the most critical parameter for commercialization. However, continuous irradiation of UV light causes a decrease in PSCs efficiency because of the perovskite degradation and ions escaping from the perovskite. Therefore, in this study, we employ the anti-solvent additive for ions passivation in the grain boundary. The anti-solvent additive method can effectively passivate grain boundary and does not change perovskite composition. As we employed functional groups have lone pair electrons and those electrons can passivate by ionic bonding with  $Pb^{2+}$ ,  $I^-$  and preventing decomposition. Moreover, We have used extensive advanced spectroscopic characterization such as steady-state photoluminescence spectroscopy (SSPL), time-resolved photoluminescence spectroscopy (TRPL), and pulsed voltage space-charge limited current (PV-SCLC) for revealing the mechanism of photostability.

**Key Words :** 페로브스카이트 태양전지 (Perovskite solar cells), 안티 솔벤트 첨가물 (Anti-solvent additive), 패시베이션 (Passivation), 광안정성 (Photostability), 분광학 (Spectroscopy)

† Corresponding author, E-mail: jclim@cnu.ac.kr

## 광전분석학을 이용한 정공전달층의 종류와 두께에 따라 달라지는 광량화 특성 증명

### Proof of Photometric Characteristics Depending on HTL Thickness and Materials Using Spectroscopy Measurement

김선규\*, 이원종\*, 윤시원\*, 한혜지\*, Adnan Muhammad\*,  
Zobia Irshad\*, 임종철\*†

Sunkyu Kim\*, Wonjong Lee\*, Siwon Yun\*, Hyeji Han\*, Adnan Muhammad\*,  
Zobia Irshad\*, Jongchul Lim\*†

\*충남대학교 에너지과학기술대학원

**Abstract :** Many studies are being conducted to improve the efficiency and stability of perovskite solar cells. Among them, photoelectric analysis is essential to foresee electronic transfer in perovskite films. The photoluminescence(PL) and time-resolved photoluminescence(TRPL) are representative spectroscopic methods that can observe the time and quantity of electrons excitation from valence band to conduction band. And when they recombination again using the phenomenon that it is emitted in the form of the light. In recent studies, most measurements were made using one power according to the lab. However, according to our team's research. it can be seen that even the same substarte has different forms of PL and TRPL graphs depending on the different excitation power. Besides, there is an experiment depending on the energy of the light. As a result, the power conversion efficiency(PCE) gap between the different conditions also different. Therefore, in accordance with this, we want to present a more accurate and reliable result using the appropriate excitation laser power. depending on the user's environment. And we believe that simple and fast spectroscopic measurements can get more accurate and reliable data

**Key Words :** 조명에너지 절감(Lighting energy saving), 지능형 차양시스템(Automated shading systems), 자연채광  
(Daylighting), 차양제어 알고리즘(Shading control algorithm), 일영각(Profile angle)

† Corresponding author, E-mail: jclim@cnu.ac.kr

PVE-P-15

## 열 해석을 통한 이종접합 태양광 모듈 출력 특성분석

### Output Power Characteristics of Hetero Junction Modules using Thermal Analysis

함금희\*, 이재형<sup>\*†</sup>, 임동건\*\*

Geumhee Ham\*, Jaehyung Lee<sup>\*†</sup>, Donggeon Lim\*\*

\*성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과, \*\*한국교통대학교 전자공학과

**Abstract :** The hetero junction solar cell has two different absorption wavelength bands, so it has a higher light conversion efficiency than a conventional solar cell. Recently, there is growing interest in shingled technology to manufacture high-power modules. By applying shingled technology to hetero junction solar cells, it can further increase the output power of solar modules. In this study, the circuit layout of a hetero junction solar cell with a shingled structure was studied by using a pspice circuit simulator. To reflect the output power reduction factor due to the temperature rise of the module to the simulation model, thermal-electrical analysis was studied by applying insolation of 600-1000w/m<sup>2</sup> in the simulation and compared with the module power output.

**Key Words :** 이종접합 태양전지 (Hetero Junction Solar Cell), 열 해석 (Thermal Analysis), 대면적 태양전지 (Large Area Solar Cell), 쟁글드 모듈 (Shingled Module)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jaehyeong@skku.edu

## 태양광 모듈의 실내 가속 복합 테스트

### Indoor Accelerated Complex Test of PV Module

조영호\*, \*\*, 조용현\*, 김규광\*, 신연배\*, 임동건\*\*†

YoungHo Cho\*, \*\*, YongHyun Cho\*, GyuGwang Kim\*,  
YeonBae Shin\*, Donggun Lim\*\*†

\*충북테크노파크 차세대에너지센터 태양광산업팀, \*\*한국교통대학교 전자공학과

**Abstract :** It is clear that there is increasing global interest in carbon neutrality and policy institutions are taking steps to address climate change. The international community has recognized the seriousness of the problem and set a goal of achieving carbon neutrality by 2050. South Korea has also set goal of reducing emissions by 40% compared to 2018 levels by 2030. However, the current IEC standards for testing and certifying silicon solar cells do not include complex tests for environmental factors such as sunlight or artificial light sources, temperature, humidity, and electrical characteristics. This means that the tests are not fully representative of the actual outdoor field environmental conditions, and stress factors such as temperature, humidity, amount of ultraviolet rays, rain, and wind are not considered in the testing process. In this study, we present an accelerated test model that simulates real outdoor field environmental conditions and can reduce absolute time by applying a complex test rather than a IEC single test. For the test, 5 tests (DH, TC, HF, LID, UV) based on IEC 61215 and PID test based on IEC TS 62804-1 were conducted. The accelerated test referred to DIN75220, a German industrial standard. As a result, actual field environmental conditions were simulated, and output degradation rate data was secured similarly to the existing IEC standard by applying artificial light source, temperature, and humidity complex tests. In addition, an accelerated test that can shorten the time by about three times compared to the IEC test was conducted. We think that the accelerated test test, in which stress factors act similarly to the external environment, will also show utility in future photovoltaic reliability tests.

**Key Words :** 신뢰성 테스트(Reliability Test), 가속 테스트 (Accelerated Test), 필드 테스트(Field Test), 태양광 모듈 (PV module), 고온고습 (Damp Heat), 온도사이클(TC), 자외선 (UV)

† Corresponding author, E-mail: dglim@ut.ac.kr

#### 후기

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20203040010350).

# 실리콘 태양 전지의 터널 산화막 패시베이션 향상을 위한 열처리 방법 연구

## Optimal Thermal Annealing Method for Improving Tunnel Oxide Passivated Contacts of Silicon Solar Cells

김용진\*, 김도형\*, 이상희\*, 조윤애\*, 정경택\*, 박성은\*, 강민구\*, 송희은\*<sup>†</sup>

Yong-Jin Kim\*, Dohyung Kim\*, Sang Hee Lee\*, Yunae Cho\*,  
Kyung Taek Jeong\*, Sungeun Park\*, Min Gu Kang\*, Hee-eun Song\*

\*한국에너지기술연구원 태양광연구단

**Abstract :** Tunnel oxide passivated contact (TOPCon)은 고효율인 실리콘 태양전지를 개발하는 유망한 방법으로 제안되어 왔다. 본 연구에서는 초기 온도 조절을 통한 열처리 방법이 p-형 TOPCon의 패시베이션 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 초기 온도를 조절하고 샘플을 950°C에서 열처리한 후 다시 초기 온도로 냉각하는 방법을 활용하였다. 이를 통해 패시베이션 특성은 기존의 빠른 열처리 방법에 비해 개선되었으며, 최적의 초기 온도는 800°C로 확인되었다. 개선된 패시베이션 특성의 근본적인 메커니즘을 파악하기 위해, 서로 다른 열 프로파일로 열처리 후 도핑 프로파일을 조사하였다. 이를 통해, 붕소의 내부확산에 의한 전계 기반 패시베이션과 Auger 재결합의 경쟁으로 최적의 초기 온도가 결정되고, 견고한 터널 산화물층이 중요한 역할을 한다는 것을 발견하였다. 이러한 결과는 높은 효율의 결정성 실리콘 태양전지를 개발하기 위한 고품질 TOPCon 구조물의 설계 및 이해에 유용한 접근 방법을 제공할 것으로 기대한다.

**Key Words :** TOPCon, 열처리(Thermal annealing), 패시베이션(Passivation), 오제 재결합(Auger recombination), 실리콘 태양전지(Silicon solar cell)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: hsong@kier.re.kr

## 온도에 따른 결정질 실리콘 태양전지 fill factor 손실 분석

### An Analysis of Fill Factor Loss Depending on the Temperature for the Crystalline Silicon Solar Cells

이상희\*, 강민구\*, 송희은\*, 정경택\*, 강기환\*, 박성은\*†

Sang Hee Lee\*, Min Gu Kang\*, Hee-eun Song\*, Kyung Taek Jeong\*,

Gi Hwan Kang\*, Sungeun Park\*†

\*한국에너지기술연구원 태양광연구단

**Abstract :** Since the temperature of a PV module is not consistent as it was estimated at a standard test condition, the thermal stability of the solar cell parameters determines the temperature dependence of the PV module. Fill factor loss analysis of crystalline silicon solar cell is one of the most efficient methods to diagnose the dominant problem, accurately. In this study, the fill factor analysis method and the double-diode model of a solar cell was applied to analyze the effect of  $J_{01}$ ,  $J_{02}$ ,  $R_s$ , and  $R_{sh}$  on the fill factor in details. The temperature dependence of the parameters was compared through the passivated emitter rear cell (PERC) of the industrial scale solar cells. As a result of analysis, PERC cells showed different temperature dependence for the fill factor loss of the  $J_{01}$  and  $J_{02}$  as temperatures rose. In addition, we confirmed that fill factor loss from the  $J_{01}$  and  $J_{02}$  at elevated temperature depends on the initial state of the solar cells. The verification of the fill factor loss analysis was conducted by comparing to the fitting results of the injection dependent-carrier lifetime.

**Key Words :** Fill factor 손실 분석(Fill factor loss analysis), 이중 다이오드 모델(Double diode model), PERC(PERC), 온도 의존도(Temperature dependence), 재결합 전류 밀도(Recombination current density)

† Corresponding author, E-mail: separk@kier.re.kr

## n-TOPCon 태양전지의 고효율화를 위한 전극프로세스 최적화 연구

### Study of Optimal Metalization Process for High Efficient n-TOPCon Solar Cells

조윤애<sup>\*†</sup>, 박준성<sup>\*,\*\*</sup>, 김용진<sup>\*</sup>, 김도형<sup>\*</sup>, 이상희<sup>\*</sup>, 정경택<sup>\*</sup>, 강민구<sup>\*</sup>, 박성은<sup>\*</sup>,  
송희은<sup>\*</sup>, 이해석<sup>\*\*</sup>

Yunae Cho<sup>\*†</sup>, June Sung Park<sup>\*,\*\*</sup>, Yong Jin Kim<sup>\*</sup>, Dohyung Kim<sup>\*</sup>,  
Sang Hee Lee<sup>\*</sup>, Kyung Taek Jeong<sup>\*</sup>, Min Gu Kang<sup>\*</sup>, Sungeun Park<sup>\*</sup>,  
Hee-eun Song<sup>\*</sup> Hae-Seok Lee<sup>\*\*</sup>

\*한국에너지기술연구원 태양광연구단, \*\*고려대학교 그린스쿨대학원

**Abstract :** To achieve high efficiency in silicon solar cells, it is necessary to carefully consider both the passivating and metal contact layers. One promising approach for achieving high efficiency is the use of a Tunnel Oxide Passivated Contact (TOPCon) structure, which involves developing a passivation layer and metal contact. Typically, Ag-Al metallic paste is used on the front side of the TOPCon solar cell to make contact with the p+ boron emitter, which is covered with SiNx and Al2O3 passivation layers. The firing profile is a critical parameter in ensuring high-quality metallization based on thermal reaction. We conducted research to determine the effect of the burn-out range and peak temperature on metallization properties and resulting solar cell performance. By controlling the burn-out range and peak temperature, we used X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), and transmission electron microscopy (TEM) measurements to characterize the structural and material properties during the firing process, which helped us understand the mechanism of Ag/Al metal contact formation. Finally, we compared the specific contact resistance of the metal contact and solar performance to identify the optimal firing profile. Our research contributes to a better understanding of the firing process and enables the realization of highly efficient solar cells.

**Key Words :** 실리콘 태양전지(Silicon solar cells), 전극화(Metalization), 소성프로파일(Fire profile)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: yacho@kier.re.kr

## co-evaporator증착 방식 FAPbI<sub>3</sub> 페로브스카이트 적용을 통한 차세대 고효율 태양전지 연구

Next-generation High-efficiency Solar Cells by Applying  
Co-evaporator Deposition Method FAPbI<sub>3</sub> Perovskite

정민지\*, 장효식\*†

Minji Jeong\*, Hyo Sik Chang\*†

\*충남대학교 에너지 기술대학원

**Abstract :** 고효율을 확보 할 수 있는 차세대 태양전지로 태양전지 구조의 발달과 실리콘태양전지 또는 박막형 태양전지와 결합된 텐덤 구조 태양전지 개발연구가 활발히 연구되고 있다. 텐덤 구조 적용에서 이슈는 trap site를 줄이는 방법이 핵심이다. 용액 공정의 단점을 보안하기 위한 방법으로 동시기상증착방법의 페로브스카이트를 제작한다. 페로브스카이트 제작법에는 다양한 방법들이 널리 알려져 있다. 균일도와 두께컨트롤을 통하여 고효율 소자 연구를 위해 FAPbI<sub>3</sub>기반 페로브스카이트를 동시기상증착방법을 이용하여 증착하였다. 동시기상증착방법의 장점은 우수한 균일도, 두께컨트롤이 가능하며 용액공정 대비 핀홀 생성이 적기 때문에 전자와 정공이 손실로 이어져 재결합이 되는 deep trap site를 줄여 높은 효율의 태양전지를 기대 할 수 있다. Formamidinium lead iodide (FAPbI<sub>3</sub>)기반의 페로브스카이트는 Methylammonium lead iodide(MAPbI<sub>3</sub>)대비 상대적으로 상(phase), 열(thermal), 습도(humidity)가 더 우수한 장점을 가진다. 동시 기상증착방식 페로브스카이트 특성을 분석하고자 한다.

**Key Words :** Co-evaporation, Inorganic perovskite, Thermal stability

† Corresponding author, E-mail: hschang@cnu.oc.kr

PVE-P-21

# p-TOPCon 태양전지 poly-Si층 표면결함 및 전하수송특성 연구

## Studying Surface Defects and Charge Carrier Transport Properties in Poly-Si Layers for p-TOPCon Solar Cells

김도형<sup>\*†</sup>, 김용진\*, 이민우<sup>\*\*.\*\*\*</sup>, 윤재성<sup>\*\*.\*\*\*\*</sup>, 이상희\*, 임규현\*, 김문세\*,  
박준성\*, 조윤애\*, 정경택\*, 박성은\*, 강민구\*, 송희은<sup>\*†</sup>

Dohyung Kim<sup>\*†</sup>, Yongjin Kim\*, Minwoo Lee<sup>\*\*.\*\*\*</sup>, Jae Sung Yun<sup>\*\*.\*\*\*\*</sup>,  
Sang Hee Lee\*, Kyuhyeon Im\*, Mun Se Kim\*, Jun Sung Park\*, Yunae Cho\*,  
Kyung Taek Jeong\*, Sungeun Park\*, Min Gu Kang\*, Hee-eun Song\*

\*한국에너지기술연구원 태양광연구단, \*\*뉴사우스웨일즈대학교, 태양광-재생에너지공학과,  
\*\*\*뉴사우스웨일즈대학교, 재료공학과, \*\*\*\*서리대학교, 전기전자공학과

**Abstract :** Tunnel oxide passivated contact (TOPCon) solar cells currently attract considerable attention for high efficiency above 24% in industries due to excellent passivation effect and improved charge carrier transport. Most TOPCon solar cells are based on a phosphorous-doped (n-type) Si wafer owing to its lifetime stability and defect tolerance compared to a boron-doped (p-type) Si wafer. A gallium-doped (p-type) Si wafer is now a mainstream for the passivated emitter and rear cell (PERC). To use the existing facilities and reduce the cost in the solar industries, it is still important to adopt p-type TOPCon solar cells. In this study,  $\text{SiO}_x$  (tunnel oxide) and p+ (B-doped) poly-Si layers are successfully fabricated by in-situ low pressure chemical vapor deposition on two different doping types (B- and Ga-doped) of p-type Si wafers. We perform carrier lifetime measurements using quasi-steady-state photoconductance to quantify bulk and surface carrier lifetime. The active boron concentration is measured by an electrochemical capacitance-voltage method to explore the doping level and profiles. In addition, Kelvin probe force microscopy measurements are carried out to investigate the local photovoltages and defect dynamics on the surfaces.  $I-V$  measurements are also conducted to characterize the current behavior in dark and under illumination. Our results reveal Si wafer-dependent surface defects and provide different charge carrier dynamics in p+ poly-Si layers/ $\text{SiO}_x$ /p-type (B- and Ga-doped) Si wafers. Therefore, our study will elucidate the underlying mechanisms of different charge carrier transport associated with surface defects in two different types of p-type Si wafers.

**Key Words :** 탑콘 태양전지(TOPCon solar cells), P-타입 웨이퍼(P-type wafers), 보론 도핑 폴리실리콘(B-doped poly-Si), 표면 결함 (Surface defects), 전하수송 (Charge carrier transport)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: dohyung.kim@kier.re.kr, hsong@kier.re.kr

### 후 기

본 연구는 2020년도 산업통산자원부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 :20203030010300).

# 페로브스카이트 태양전지의 입자 군집 최적화 알고리즘을 이용한 광 발광 이미지 분석

## Photoluminescence Imaging Technique based on Particle Swarm Optimization Algorithm of Perovskite Solar Cells

이재선\*,\*\*, 김용진\*, 이상희\*, 배수현\*, 송희은\*, 강민구\*, 조임현\*, 김민진\*,  
조윤애\*, 김도형\*, 정경택\*, 전용석\*\*, 박성은\*†

Jae Sun Lee\*,\*\*, Yong-Jin Kim\*, Snag Hee Lee\*, Soohyun Bae\*,  
Hee-eun Song\*, Min-Gu Kang\*, Yimhyun Jo\*, Minjin Kim\*, Yun Ae Cho\*,  
Do Hyung Kim\*, Kyung Taek Jeong\*, Yongseok Jun\*\*, Sungyun Park\*†

\*한국에너지기술연구원 태양광연구단, \*\*고려대학교 에너지환경대학원 신재생에너지학과

**Abstract :** 영문 페로브스카이트 태양전지(Perovskite solar cells)는 실리콘 태양전지의 효율 한계를 뛰어넘는 산업에의 응용 가능한 차세대 태양전지로 현재까지 많은 주목을 받고 있다. 하지만, 대량생산을 위해서 태양전지의 특성 중 하나인 전압-전류 곡선을 측정하는 데 히스테리시스(hysteresis)가 발생하여 정확한 효율 평가의 어려움이 있다. 이번 연구에서, 등가회로 모델을 기반으로 한 입자 군집 최적화(particle swarm optimization) 알고리즘을 사용하여 페로브스카이트 태양전지의 신뢰할 수 있는 태양전지 인자(효율, 곡선인자, 개방전압, 단락전류 등)을 빠르게 얻는 방법을 소개한다. 우리는 시뮬레이션 할 태양전지 등가회로 내에서 커패시터의 위치(병렬 및 직렬, 이중 다이오드 모델)에 따라 전류-전압 곡선의 특성을 탐구하고 실험 결과와 일치하는 피팅 곡선을 얻었다. 피팅 매개 변수를 사용하여, 히스테리시스가 나타나지 않는 전류-전압 곡선과 그에 해당하는 태양전지 인자를 추출했다. 이 접근법을 광 발광 이미징(photoluminescence imaging) 기술과 결합하여, 우리는 공간적으로 해결된 태양 전지 특성을 성공적으로 시각화했다. 본 연구는 페로브스카이트 태양전지의 공정 개발을 위한 기본적인 분석틀과, 대량생산을 위한 빠르고 신뢰할 수 있는 분석방법을 제공할 것으로 기대된다.

**Key Words :** 페로브스카이트 태양전지(Perovskite solar cells), 광 발광 이미징(Photoluminescence imaging), 히스테리시스(Hysteresis), 입자 군집 최적화 알고리즘(Particle swarm optimization algorithm), 전류-전압 곡선(Current-voltage curve)

† Corresponding author, E-mail: separk@kier.re.kr

PVE-P-23

# 노후 태양광 모듈의 건전성 및 위험도 평가방안 수립을 위한 현장진단

## On-site Diagnosis to Establish a Health and Risk Assessment Plan for Old PV Modules

김근호<sup>\*†</sup>, 양나래\*, 임철현<sup>\*†</sup>Geun Ho Gim\*, Na Rae Yang\*, Chelohyun Lim<sup>\*†</sup>

\*(재)녹색에너지연구원

**Abstract :** Since domestic PV was supplied around 2004, 20,000 tons in 2030 and 80,000 tons in 2040 are expected to be generated. Accordingly, recycling and reuse projects of waste modules are being promoted, but the effect is still insignificant. In particular, technologies and management systems for power generation efficiency, performance maintenance, durability increase, and resource circulation of small and medium-sized power generation facilities, which account for more than 70% of existing photovoltaic power generation facilities, are required. In this study, the test site for technology development for ICT safety management and remote intelligent operation and maintenance(O&M) of old small-capacity solar power facilities, recovery and recycling of old modules as follows; ①Songgwang site(10kW, 250Wx40ea), ②Yongdang site(12kW, 200Wx60ea), ③Dongbu site(21.5kW, 215Wx100ea), ④Wooseok site(25.2kW, 300Wx84ea). On-site test analysis(thermal imaging drones, I-V curve, etc.) was promoted for small-capacity old solar power facilities installed on the rooftops of a total of four demonstration sites. As a result of taking and analyzing thermal images using drones for each demonstration site, some hot-spot or bypass diode phenomena were commonly found due to shadows caused by external facilities and failures of initially installed devices. The maximum power generation reduction was investigated to be within 10%. Based on the above results, ①After removing suspicious PV modules from the light transmission site, we plan to promote failure diagnosis analysis of old solar modules through EL analysis, algorithm development, module life and soundness measurement, and risk assessment.

**Key Words :** Small-capacity old PV modules(소용량 노후 태양광 모듈), Life-time prediction(수명 예측), failure diagnosis(고장진단), Thermal image(열화상), I-V curve(I-V 곡선)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: chlim@gei.re.kr

### 후기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) of the Republic of Korea (No. 20203040010420).

## 태양광 모듈의 구성 요소 별 누설 전류 분석

### Leakage Current Analysis of Silicon PV Module Components

배수현<sup>\*†</sup>

Soohyun Bae<sup>\*†</sup>

\*한국에너지기술연구원 태양광연구단

**Abstract :** 태양광 모듈은 서로 직렬로 연결되고 고전압을 발전한다. PV 모듈은 접지된 프레임과 모듈 내부 전지 사이의 높은 전위차에 지속적으로 노출되고 출력 저하를 유발하며 이를 PID(Potential Induced Degradation)라고 한다. 모듈 외부와 태양전지 사이에 전위차가 발생하면 봉지재를 통해 누설전류가 흐르며 그 크기는 온도, 습도, 전압에 따라 달라진다. 현재까지 PID 메커니즘은 유리와 태양전지 사이의 누설 전류에 기인하며, 전류의 흐름과 함께 sodium 이온 등의 이동이 발생하기 때문에 알려져 있다. 따라서 모듈 내부에서 주요 누설 전류의 경로 및 온도 습도에 의한 변화를 확인하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 유리/EVA, EVA/백시트 등 태양광 모듈 구성 요소 별 적층 구조를 준비하고 다양한 온도, 습도 및 전압에서 누설 전류 및 체적 저항을 측정하였다. 또한 재료에 대한 온도 습도 환경 영향 분석 및 활성화 에너지가 가장 낮은 누설 전류 경로를 확인하였다.

**Key Words :** 고전압열화(Potential induced degradation), 태양광모듈(Photovoltaic module), 누설전류(Leakage current)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: soohyunbae@kier.re.kr

# 페로브스카이트 태양전지의 정공 전달 층에 적용 가능한 이온염 물질 연구

## Research on Ionic Salt Material Applicable to Hole Transport Layer of Perovskite Solar Cells

김문희\*, 신종찬\*\*, 이민재\*\*†, 양정업\*†

Moonhoe Kim\*, Jongchan Shin\*\*, Minjae Lee\*\*†, JungYup Yang\*†

\*국립군산대학교 물리학과, \*\* 국립군산대학교 화학과

**Abstract :** 페로브스카이트 태양전지는 저온 및 용액공정인 공정상의 이점과 물리적·광학적인 소재의 이점으로 단기적으로 높은 광전변환효율 성장을 보였으며, 최근 2022년 25.8%를 달성하였다. 정공 전달 층 연구는 초기 액상 전해질에서 고상 박막으로 연구가 진행되었으며, 특히 Spiro-OMeTAD나 PTAA 기반 박막이 높은 정공 추출 특성을 보이며 태양전지 소자 특성 향상에 많은 영향을 끼쳤다. 하지만 Spiro-OMeTAD나 PTAA 물질은 어려운 합성 방법과 낮은 가격 경쟁력으로 인해 이를 대체할 정공 전달 물질이 필요한 상황이다. 이에 본 연구에서는 합성이 간단하고 비용 경쟁력이 좋은 이온염 기반의 새로운 정공 전달 물질을 합성하였다. 합성된 이온염 물질은 thermogravimetric analysis(TGA)와 differential scanning calorimetry(DSC) 측정으로 200°C 이상에서 분해되지 않는 고온안정성을 보였다. 그리고 합성된 물질을 용액공정으로 스픽 코팅하여 페로브스카이트 태양전지에 적용하였다. 소자 제작 결과 current-voltage(IV) 특성에서 10% 이상의 광전변환효율을 확인하였다.

**Key Words :** 페로브스카이트 태양전지(Perovskite solar cells), 정공 전달 층(Hole transport layer), 유기염 물질(Ionic salt material), 고온 안정성(Thermal stability)

† Corresponding author, E-mail: minjae@kunsan.ac.kr, jungyup.yang@kunsan.ac.kr

### 후기

This work was supported by the Startup Growth Technology Development Project Strategic (Green New Deal) program of the Ministry of SMEs and Startups, Republic of Korea (S3214625).

## Multifunctional PDMS Films for Highly Efficient Perovskite and Organic Photovoltaics

Hanbin Lee\*, Seungyeon Hong\*, Sunghub Lee\*, Hyo Jung Kim\*†

\*School of Chemical Engineering, Pusan National University,

Busan 46241, Republic of Korea

**Abstract :** Recently, perovskite and organic solar cells have made great progress in power conversion efficiency (PCE) and are attraction attention as next-generation solar cells. Despite to the impressive progress in power conversion efficiency, their poor device stability still limits the practical use in outdoor applications and the commercialization of them. Since both organometal halide perovskite solar cells (PSCs) and organic solar cells (OSCs) are very sensitive to UV decomposition, UV is one of the most important factors to be protected from light absorbing materials among various factors affecting device stability. In this work, we propose a simple strategy to prevent the UV degradation and improve the stability of both PSCs and OSCs. To increase visible light absorption and at the same time provide UV protection, we fabricated a nano-textured PDMS films mixed with the UV absorber 2,2'-dihydroxy-4-methoxybenzophenone. With this multifunctional UVB (UV-blocking) PDMS films, solar cell devices showed 90% of the initial efficiency after UV irradiation for 72 hours. To confirm the texturing effect, we simulated FDTD calculation and compared the transmittance. By the surface texturing, the reflectance at the PDMS surface reduced and induced the enhancement of light absorption of the devices.

**Key Words :** 페로브스카이트 태양전지(Perovskite solar cells), 유기 태양전지(Organic solar cells), 자외선 차단(UV block)

† Corresponding author, E-mail: hyojkim@pusan.ac.kr

### 후기

This work was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Korean Government (NRF-2021R1A2C2010179), and the Korea Electric Power Corporation (R21EA07 & R22XO02-03). This work was supported by National R&D Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by Ministry of Science and ICT(No. RS-2022-00154676), and was also supported by the BK21 Four Program of the Pusan National University.

PVE-P-27

## Powder-based MAPbI<sub>3</sub> Perovskite Solar Cells Depending on the Antisolvent Types

윤근영\*, 서효민\*, 김효정\*†

Geun-young Yoon\*, Hyomin Seo\*, Hyo Jung Kim\*†

\*School of Chemical Engineering, Pusan National University,  
Busan 46241, Republic of Korea

**Abstract :** Comparing with the conventional method, the powder-based method is one of the effective ways to achieve high reproducibility and stability of metal-halide perovskite solar cell devices. In the conventional method, precursor solution is prepared by the dissolving both MAI (methylammonium iodide) and PbI<sub>2</sub> (lead iodide) in a solvent. In the powder-based method, MAPbI<sub>3</sub> powder is directly dissolved in a solvent, and we can precisely control stoichiometry without impurities and non-perovskite phases. In this work, we tried to control the metal-halide perovskite films by controlling solute solubility and solvent miscibility using different anti-solvents for preparing precursors in powder-based method. To understand the role of anti-solvents in powder-based method, we tested three different anti-solvents and compared metal-halide film quality with synchrotron x-ray 2D GIWAXS (Grazing Incident Wide Angle X-ray Scattering) and SEM (Scanning Electron Microscope) measurements. In the case of toluene as an anti-solvent for precursor, perovskite film showed excellent vertical crystal growth with large crystal grain size compared with other anti-solvents. In addition, we fabricated solar cell devices and compared the device characteristics with reference cells fabricated by the conventional method.

**Key Words :** Perovskite solar cells, Powder-based method, Anti-solvents, GIWAXS

† Corresponding author, E-mail: hyojkim@pusan.ac.kr

### 후기

This work was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Korean Government (NRF-2021R1A2C2010179), and the Korea Electric Power Corporation (R21EA07 & R22XO02-03). This work was supported by National R&D Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by Ministry of Science and ICT(No. RS-2022-00154676), and was also supported by the BK21 Four Program of the Pusan National University.

## 공기식 PVT 유로 벽면 타공을 적용한 PVT 유로 설계

### Design of PVT Flow Channel of Air-PVT by Adopting Flow-passing Hole Arrangement

김하성\*,\*\*, 김현석\*,\*\*, 김영원\*†

Ha Seong Kim\*,\*\*, Hyun Seok Kim\*,\*\*, Young Won Kim\*†

\*한국생산기술연구원 그린에너지나노연구그룹, \*\*한양대학교 기계공학부

**Abstract :** 태양광열 복합발전(Photovoltaic Thermal, PVT)은 전기에너지와 열에너지를 동시에 얻을 수 있다는 장점이 있어 최근 많은 연구가 진행되고 있다. PVT의 전체 효율을 향상시키기 위해서는 PVT 열회수 유로 설계가 중요하다. PVT 열회수 유로 종류는 사용하는 열매체의 종류에 따라 공기식과 액체식 그리고 복합형으로 구분될 수 있다. 본 연구에서는 공기식 PVT 용 유로설계를 수행하였다. 공기가 유로채널에 체류할 수 있는 시간을 늘리기 위해서 사각 나선형 방식의 유로를 설계하였다. 채널의 중심부근에 유체가 급격하게 빨라지는 구간을 제어하기 위하여 벽면에 원형의 타공을 형성하였다. 공기의 체류시간을 파악하기 위하여 전산해석을 수행한 결과 체류시간은 평균적으로 약 8.9초인 것으로 파악되었으며 이는 기존 세로형 방식의 채널 대비 약 15% 향상된 결과이다. 타공 유무에 따른 채널 내 유체의 dead-zone 특성을 가시화 하였다. 한편, 상기 채널을 적용 및 태양광 패널의 열특성을 반영하여 PVT의 효율을 분석하였다. 본 연구에서 얻은 평균 열효율은 약 56%인 것으로 파악되었으며, 본 연구의 결과는 향후 PVT 시스템의 채널 설계에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

**Key Words :** Photovoltaic Thermal(PVT), 공기식 PVT 컬렉터(Air-PVT collector), 공기유동(Air Flow), 열효율(Thermal efficiency), CFD(Computational Fluid Dynamics)

† Corresponding author, E-mail: ywkim@kitech.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국생산기술연구원 기본사업 "차세대 모빌리티용 AI 융합 자가발전·충전 핵심 요소기술 개발(KITECH EH-23-0013)"의 지원으로 수행한 연구입니다.

## Wide-gap Poly-SiO<sub>x</sub> Rear Emitter Material for Bifacial Four-terminal III-V//c-Si Tandem Devices

Duy Phong Pham\*, Seungyong Han\*\*, Minh Phuong Nguyen\*\*\*,  
 Hyun-Beom Shin\*\*\*\*, Ho Kwan Kang\*\*\*\*,  
 Youngkuk Kim\*\*\*\*\*†, Junsin Yi\*\*\*\*\*†

\*Department of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University,  
 Suwon 16419, Republic of Korea

\*\*Interdisciplinary Program in Photovoltaic System Engineering, Sungkyunkwan University,  
 Suwon 16419, Republic of Korea

\*\*\*School of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University,  
 Suwon 16419, Republic of Korea

\*\*\*\*Korea Advanced Nano Fab. Center, Suwon 16229, Republic of Korea

\*\*\*\*\*College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University,  
 Suwon 16419, Republic of Korea

**Abstract :** We investigate a four-terminal III-V/c-Si multijunction device under bifacial illumination. The III-V top cell is a GaInP/GaAs tandem structure, whereas the c-Si bottom is a tunnel oxide passivating contact (TOPCon) structure. The TOPCon structure features a boron-diffusion emitter and a wide-gap polysilicon oxide (poly-SiO<sub>x</sub>) passivating rear contact. The wide-gap poly-SiO<sub>x</sub> is utilised to improve the albedo-reflectance light at the rear of the c-Si absorber. Under bifacial illumination with 0.25-sun illuminated light at the rear, overall efficiency of the multijunction device increases by 2.67%. Using wide-gap poly-SiO<sub>x</sub> at the back and albedo-reflectance light are feasible solutions to overcome the c-Si bottom efficiency limitation in multijunction devices and hence improve overall performance.

**Key Words :** III-V//c-Si multijunction solar cells; TOPCon solar cells; Bifacial illumination; Wide-gap materials.

† Corresponding author, E-mail: bri3tain@skku.edu and junsin@skku.edu

### 후기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government (MOTIE) (No. 20218520010100) and (No. 20203040010320).

## Ammonium Salt Additives for High Efficiency Vacuum Assist-perovskite Solar Cell in Ambient Air Process

Kyungmin Lee\*, Hyo Jung Kim\*†

\*School of Chemical Engineering, Pusan National University,  
Busan 46241, Republic of Korea

**Abstract :** Organic-inorganic halide perovskite solar cells (PSCs) have already achieved power conversion efficiencies (PCE) above 26%, making them an attractive photovoltaic device. However, achieving high-performance perovskite typically requires inert gas condition and anti-solvent process, which has been a critical obstacle for the commercialization of PSCs. In this paper, we fabricated a perovskite film by using the vacuum assisted process, an effective solvent removal method, under ambient air conditions for the effective commercialization of PSCs. For the high device performance in the vacuum assisted process, we added ammonium salt( $\text{NH}_4\text{X}$ , $\text{X}=\text{I},\text{Cl},\text{SCN}$ ) additives to the perovskite precursor to increase its resistance to moisture in the air because the ammonium ion( $\text{NH}_4^+$ ) interacts with the moisture in the air, which helps the perovskite crystal growth. Those ammonium salts were effective to increase power conversion efficiency, but device stability decreased in  $\text{NH}_4\text{Cl}$  and  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Only  $\text{NH}_4\text{I}$  showed high PCE with improved stability. At the optimum condition, the PSC with ammonium iodide( $\text{NH}_4\text{I}$ ) was 19.8%, compared to the PCE of 17.96% for the control device. The improved stability was due to the passivation effect of the iodide ion( $\text{I}^-$ ) of the  $\text{NH}_4\text{I}$  additive, i.e it seems that  $\text{I}^-$  passivated the halide vacancy of the perovskite fil,. To confirm the  $\text{I}^-$  passivation effect, we measured and analysis TR-PL (Time-resolved Photoluminescence) and GIWAXS (Grazing Incidence Wide Angle X-ray Scattering) data.

**Key Words :** Perovskite solar Cell, Anti-solvent free process, Vacuum-flash process, Ammonium salt additive

† Corresponding author, E-mail: hyojkim@pusan.ac.kr

### 후기

This work was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Korean Government (NRF-2021R1A2C2010179), and the Korea Electric Power Corporation (R21EA07 & R22XO02-03). This work was supported by National R&D Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by Ministry of Science and ICT(No. RS-2022-00154676), and was also supported by the BK21 Four Program of the Pusan National University.

PVE-P-31

## 피코초 레이저를 활용한 ITO 박막의 스크라이빙

### Selective Scribing Of ITO/Glass Substrate with Picosecond Laser

김세웅\*, Vijay C. Karade\*, 송수민\*, 이상민\*, 조아라\*, 황인찬\*, 안승규\*,  
 김기환\*, 정인영\*, 유진수\*, 조준식\*, 안세진\*, 박주형\*, 신동협\*, 이아름\*,  
 곽지혜\*, 어영주\*†

Saewoong Kim\*, Vijay C. Karade\*, Soomin Song\*, Sangmin Lee\*, Ara Cho\*,  
 In Chan Hwang\*, Seung Kyu Ahn\*, Kihwan Kim\*, In-Young Jeong\*,  
 Jin Soo Yoo\*, Jun Sik Cho\*, Sejin Ahn\*, Joo Hyung Park\*, Donghyeop  
 Shin\*, Ahreum Lee\*, Jihye Gwak\*, Young Joo Eo\*†

\*한국에너지기술연구원 태양광연구단

**Abstract :** The laser scribing method is one of the integral parts of the module fabrication technology. It is a non-destructive technique that has several advantages over the mechanical scribing method. In this work, we performed selective laser scribing for ITO/glass substrate with a picosecond laser (532 nm) and optimized conditions with different preparative parameters. The initial optimization study was performed by varying laser power and pulse repetition frequency. Later laser spot overlap and processing speed were controlled to obtain a precise scribing edge. During the study, we found that the low laser (power) fluence fails to effectively separate the two scribing regions, while the application of high laser power and laser spot overlap caused ITO damage. Thus, by controlling the laser power, processing speed, and laser spot overlap we successfully achieved the P1 scribing conditions for ITO/glass substrate. The present could be useful for the fabrication of BIPV, semitransparent, and different solar cell technologies.

**Key Words :** 태양전지(Solar cell), 태양광모듈(Module), 레이저 스크라이빙(Laser scribing), P1(Pi), 인듐주석산화물(ITO)

† Corresponding author, E-mail: yjeo@kier.re.kr

#### 후 기

본 연구는 2023년도 과학기술정보통신부의 재원으로 기후환경연구개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 2022M3J1A1063019).

## Anti-solvent Free Process p-i-n Perovskite Solar Cell using Alkyl Amines as Additive

Sung Hun Lee\*, Hyo Jung Kim\*†

\*School of Chemical Engineering, Pusan National University,  
Busan, 46241 Republic of Korea

**Abstract :** We applied alkylamine ligands with different alkyl chain length as additive to improve perovskite film quality in 2-Methoxyethanol based anti-solvent free process. Among the addition of different alkyl chain length molecules, we could obtained the more flat film with the fewer number of pinholes due do the fast crystallization by OAm molecules. We measured In-situ GIWAXS about film formation during spin-coating to investigate film formation process in real-time measurement. As a result, we found that addition of alkyl amines leaded to fast crystallization with high crystallinity but also induced less aligned crystallite. A device with addition of OAm exhibited enhanced device performance (21.01%) in comparison with pristine 2ME based device (11.65%).

**Key Words :** Perovsktie solar cell, Anti-solvent free process, Alkyl amine ligands, In-situ GIWAXS

† Corresponding author, E-mail: hyojkim@pusan.ac.kr

### 후기

This work was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Korean Government (NRF-2021R1A2C2010179), and the Korea Electric Power Corporation (R21EA07 & R22XO02-03). This work was supported by National R&D Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by Ministry of Science and ICT(No. RS-2022-00154676), and was also supported by the BK21 Four Program of the Pusan National University.

PVE-P-33

## Synchrotron x-ray GIWAXS studied to Investigate the Alkylamine Ligands Effects on Metal-halide Perovskite Films

Seungyeon Hong\*, Hyo Jung Kim\*†

\*School of Chemical Engineering, Pusan National University,  
Busan 46241, Republic of Korea

**Abstract :** The synergetic effects of the linker molecule oleylamine(OAm) substituting A-site vacancies were separately observed in metal-halide perovskite films by adopting a simple drying process during perovskite structure formation. Without the drying process, the synergetic effect was observed in the OAm added films. As a linking effect, the (100) vertical alignment of crystals was improved, and the surface passivation was also observed. However, when dry process applied before thermal annealing, the only passivation effect of the OAm was observed. Despite to the lack of linking effect, the device performance was improved by the surface passivation effect in dry processed film. Despite the initial device performance of the OAm device showed the most improved power conversion efficiency (PCE), the PCE of OAm + Dry device degraded the least due to strongly induced passivation effect. The OAm + Dry maintained 70.4% of their initial PCE after 1000 h without encapsulation in the ambient air.

**Key Words :** Perovskite solar cells, Alkylamine ligand, synchrotron-based analysis, crystal orientation

† Corresponding author, E-mail: hyojkim@pusan.ac.kr

### 후기

This work was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Korean Government (NRF-2021R1A2C2010179), and the Korea Electric Power Corporation (R21EA07 & R22XO02-03). This work was supported by National R&D Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by Ministry of Science and ICT(No. RS-2022-00154676), and was also supported by the BK21 Four Program of the Pusan National University.

## 금속 산화물 기반의 고성능 투명 전극 및 전자파 차단 효과

### High-functional Transparent Electrode Design and Shielding Effect

조성원\*, 이정현\*, 김준동\*†

Seongwon Jo\*, Junghyun Lee\*, Joondong Kim\*†

\*인천대학교 전기공학과 차세대 에너지 융합 연구소 소속

**Abstract :** Electromagnetic Interference(EMI) is becoming very important. Because, recently, individuals' time to use electronic devices has been increasing, and the World Health Organization's IARC has designated electromagnetic waves as carcinogenic substances. So this study was conducted based on the need for substances to replace the rare and high price of Indium Tin Oxide (ITO), which is most commonly used in the market. We set the substrate to PET and used AgO to promote the growth and ensure stability of Ag. For this reason, it was possible to deposit Ag so that it was evenly distributed even when it was deposited less than 9nm. In addition, the use of AZO on top of it could efficiently obtain high optical transmittance, low sheet resistance and EMI SE value. AgO is 8nm under 50W DC, Ar 50 sccm, O<sub>2</sub> 3 sccm, 5 mtorr conditions. Ag is 5nm under 50W DC, Ar 50 sccm, 5 mtorr conditions. AZO was deposited at 40.5nm under 100W DC, Ar flow 50 sccm, and 5 mtorr conditions. and As a result, obtain the transmittance (at 550nm) was 83.7%, the sheet resistance was 6.5, and EMI SE 29.54dB.

**Key Words :** AgO(AgO), 전자기 차폐(EMI Shielding), 은 성장률(Ag growth), 반응성 스퍼터링(Reactive sputtering), AgO/Ag/AZO 필름(AgO/Ag/AZO film)

† Corresponding author, E-mail: joonkim@inu.ac.kr

PVE-P-35

# OMO 구조의 광투과적 특성 개선을 위한 Essential Macleod Program (EMP) 활용성 평가

## Usability Assessment of EMP for Improved Optical Properties of OMO Structure

최찬혁<sup>\*‡</sup>, 이정현<sup>\*‡</sup>, 김준동<sup>\*†</sup>

Chanhuk Choi<sup>\*‡</sup>, Junghyun Lee<sup>\*‡</sup>, Joondong Kim<sup>\*†</sup>

\*인천대학교 전기공학과 차세대 에너지 융합 연구소 소속

**Abstract :** Transparent film is designed by Macleod simulation program for optimum optical features. Metal oxide-metal-Metal oxide (OMO) structure is applied for the transparent film with varying the thickness. ITO is adopted for the metal oxide material and silver is choosed for the metal layer. Using the Macleod program, ITO/Ag/ITO (35 nm/20 nm/30 nm) structure is simulated to have transmittance values of 71% for visible light (at 550 nm), 12-24 % for Infrared region, and zero transparency for ultraviolet range. Based on the simulation results, ITO/Ag/ITO film was practically fabricated to show similar transmittance profiles to Macleod simulation. This indicates that the more efficient way can be found by using Macleod simulation tool to satisfy the specific requirements for transmittance of absorption along to the wavelengths for functional design of transparent films.

**Key Words :** OMO 구조 (Metal Oxide-Metal-Metal Oxide structure), ITO(Indium Tine Oxide), 맥클라우드 프로그램 (Essential Macleod program), 투과도(Transmittance)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: joonkim@inu.ac.kr

<sup>‡</sup> These authors contributed equally

## 실내 조명에너지 및 전기에너지 절감을 위한 루버형 집광채광시스템의 최적 활용구조에 관한 연구

### A Study on the Optimal Utilization Structure of a Reflector-Type Concentrating Lighting System for Energy Saving of Indoor Lighting and Electricity Energy

전용준\*, 이재우\*\*, 박경순\*\*†

Yongjoon Jun\*, Jaewoo Lee\*\*, Kyungsoon Park\*\*†

\*동의대학교 지속가능한 커뮤니티 연구소, \*\*동의대학교 건설공학부 건축공학전공

**Abstract :** 온실효과 저감의 필요성이 증대되고 국제정세 등의 불안요소에 따라 화석연료에 소비되는 비용이 급등함에 따라 신재생에너지사용의 필요성은 더욱 집중되고 있다. 에너지 소비량은 매년 증가하고 있으며 이중에서 전기에너지가 차지하는 비율은 더욱큰데 건물에서 소비되는 전기에너지의 사용비중은 조명에너지가 큰 비중을 차지하고 있다. 경제 성장 및 생활수준의 향상에 따라 조명에너지의 소비는 질적 / 양적으로 증가하고 있으므로 이에 대한 신재생에너지의 접목은 더욱 관심을 모으고 있다. 본 연구에서는 루버형 집광 채광 시스템을 활용하여 건물에서 사용하는 조명에너지를 절감하고, 재실자가 부재할 때에는 천장에 설치된 태양광 모듈에서 실내로 유입된 반사광을 수집하여 태양광 발전에 활용하는 구조를 고안하였다. 이때 루버 슬랫(Slat)의 반사각을 조절하여 목적한 위치에 태양빛이 반사되도록 유도하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 연구의 목적을 달성하기 위하여 루버의 슬랫을 서보모터로 개별제어하는 동시에 태양의 위치와 목적으로 하는 표적위치에 따른 루버의 반사각을 조절각도에 관한 상관식을 도출하여 알고리즘에 대입하였다. 실내의 조도측정 및 태양광 발전모듈의 발전성능을 측정하여 효율에 대한 검증이 이루어 졌다.

**Key Words :** 조명에너지 절감(Lighting energy saving), 루버형 집광채광시스템(Louver-type light collecting system), 자연채광(Daylighting), 태양광발전(Photovoltaic system), 반사광(Reflected light)

† Corresponding author, E-mail: pk2180@deu.ac.kr

#### 후 기

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호 : NRF-2021R1C1C200950013, NRF-2022R1A2C200663312).

# 폐 태양광 셀로부터 HCl 반응 시간에 따른 실리콘 회수 연구

## A Study on the Recovery of Silicon by the Time of HCl Reaction from Waste Photovoltaic Cells

왕제필<sup>\*†</sup>, 김현종<sup>\*\*</sup>, 임종덕<sup>\*\*</sup>

Jei Pil Wang<sup>\*†</sup>, Hyun Jong Kim<sup>\*\*</sup>, Jong Deok Lim<sup>\*\*</sup>

\*부경대학교 융합소재공학부 금속공학전공, 마린융합디자인공학과(첨단소재공학),

\*\*부경대학교 금속공학과

**Abstract :** 태양광 발전은 무공해 발전으로 정부 정책 강화, 효율성 개선, 생산비용 절감 등에 의해 지난 30년간 전 세계적으로 설치량이 급격하게 증가해오고 있다. 태양 전지판의 평균 수명은 약 20~30년으로 그 이후에는 성능이 크게 저하된다. 이에 따라 수명이 다한 폐 모듈 또한 다량 발생할 것으로 예상된다. 태양광 모듈은 주성분인 실리콘을 포함하여 은, 구리, 알루미늄, 중금속인 납 등으로 구성되어 있다. 이러한 성분들을 회수 및 재활용 한다면 PV 기반 재료들의 교체 지연을 감소시킴으로써 지속 가능성을 향상시키고, 폐기물 관리 문제를 해결할 수 있다. 또한 Siemens process을 통한 실리콘 태양 전지의 제조와 관련된 에너지 부담을 완화할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는 태양광 모듈 중 ribbon wire를 제거한 태양광 셀로부터 고순도의 실리콘을 선택적으로 회수하기 위한 기초연구를 수행하였다. 우선 태양광 셀의 SEM-Mapping, XRD 및 ICP-MS 분석을 통해 성분상 및 함량을 파악하였다. 성분 분석 결과를 토대로 열역학 프로그램을 통해 각 성분에 대해 일반적으로 사용되는 산 용액별 반응을 확인하였다. 이후 선정한 HCl 용액을 사용하여 침출 반응에 대한 변수 중 침출 반응 시간에 따른 연구를 진행하였다. 침출 조건은 선행 연구를 통해 도출된 HCl 농도 2M, 침출 반응 시 사용되는 초음파 세척기의 최대 사양인 60°C로 고정하여 침출 반응 시간을 30, 60, 90, 120분으로 변수를 두어 실험하였다. 그 결과 침출 반응 시간 90분에서 순도 99.92%, 회수율 97.8%의 실리콘을 회수할 수 있었다.

**Key Words :** 태양광 셀(Potovoltaic cells), 실리콘(Silicon), HCl(Hydrochloric acid), 침출 반응 시간(Leaching reaction time), 순도(Purity)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jpwang@pknu.ac.kr

### 후기

본 연구는 부산광역시 및 (재)부산인재평생교육진흥원의 BB21플러스 사업으로 지원된 연구임.

## Effect of Solder Flux on the Incidence of Hot Spots in the Resistive Solder Bond (RSB) during the Fabrication of Solar Module Circuitry

Seungyong Han\*, Yeonghyeon Cho\*\*, Sungbae Cho\*\*\*,\*\*\*\*,  
Youngkuk Kim\*\*, Koo Lee\*\*,\*\*†, Junsin Yi\*\*†

\*Interdisciplinary Program in Photovoltaic System Engineering, Sungkyunkwan University,  
Suwon Gyeonggi-Do, 16419, Republic of Korea

\*\*College of Information and Communication Engineering, Sungkyunwan University,  
Suwon 16419, Korea

\*\*\*Graduate School of Energy Science & Technology, Chungnam National University,  
Daejeon 34134, Korea

\*\*\*\*SK Solar Energy. Co. Ltd. 112 Jangwookjin-ro, Yeondong-myeon, Sejong-City 34018,  
Korea

**Abstract :** Large-scale solar photovoltaic (PV) power facilities frequently experience Resistive Solder Bond (RSB) hotspots, which cause production reductions of between 30% and 60% in the affected modules. In this investigation, modules were created under four distinct circuit configurations and tested for bonding strength using tab pulls. Also confirmed was the relationship between bonding power and deterioration following the Damp Heat (DH) test. The results showed that samples treated with flux had soldering strength decreases ranging from 1.12% to 8.52%, while samples not treated with flux had decreases ranging from 16.52% to 30.01%. It is crucial to restore and reuse solar modules in an economical and ecologically responsible way in order to support sustainability in the photovoltaic sector. The causes of RSB hotspots in solar modules are analyzed, compared, and troubleshooting solutions are offered in this white paper

**Key Words :** Contact angle, Hydrophobic, Plasma coating, Leakage current, High voltage insulator

† Corresponding author, E-mail: junsin@skku.edu, engine29@naver.com

### 후기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government (MOTIE) (No. 20218520010100) and (No. 20203040010320).

PVE-P-39

## Optimal Solar Cell Sorting Method for High Module Production Reliability

Minseo Kim\*, Yong-Jin Kim\*, Yunae Cho\*, Sang Hee Lee\*, Do Hyung Kim\*,  
Min Gu Kang\*, Hee-eun Song\*, Kyung Taek Jeong\*, Sungeun Park\*<sup>†</sup>

\*Photovoltaics Research Department, Korea Institute of Energy Research

**Abstract :** In photovoltaic module manufacturing processes, it is essential to achieve high production reliability of modules based on the given cells with scattered characteristics. This study aims to investigate the optimal cell sorting method to minimize the deviation of module power via simulation analysis. We consider the given solar cells to have different electrical characteristics with Gaussian distributions and ideal interconnections. We examine the resultant power distributions of modules for various cell sorting methods based on various cell parameters such as maximum power current, maximum power voltage, and maximum power of the cells. Our simulation shows that the average powers maximum of the modules in different sorting methods have a marginal difference and the mismatch loss by the different cell characteristics is not a key factor to reduce the module reliability, but the standard deviation of the maximum powers of modules can be largely reduced by one order of magnitude if the cells are sort out based on the reference of the average power maximum of the participated cells. Our study will provide useful guidance for cost-efficient and reliable photovoltaic modules in the manufacturing process.

**Key Words :** Cell sorting, PV module, Module reliability

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: separk@kier.re.kr

## 태양광 폐모듈의 자원순환 공정기술 연구

### A Study on Resource Circulation Process Technology for End of Life Photovoltaic Modules

노정민<sup>\*†</sup>, 황민\*, 임별이\*, 조승섭\*, 이도윤\*, 서광민\*, 윤대식\*

CheongMin Noh<sup>\*†</sup>, Min Hwang\*, Byeoll Im\*, SeungSeop Jo\*, DoYun Lee\*,

KwangMin Seo\*, DaeSik Youn\*

\*(주)원광에스앤티

**Abstract :** 태양광 에너지는 전 세계적인 기후변화와 관련하여 탄소중립을 달성하기 위해 화석연료를 대체할 신재생에너지로 각광받아 지속적인 성장을 하고 있다. 이에 따라 수명이 다한 태양광 폐모듈의 발생량 및 자연재해로 인한 조기 파손으로 발생하는 태양광 폐모듈의 발생량이 증가하고 있다. 이와 같이 발생한 대량의 태양광 폐모듈의 처리에 대한 문제가 대두되고 있으며, 해당 문제에 대한 정부의 관련 정책 및 기업들의 연구개발 또한 활발히 진행되고 있다. 지난 2018년 태양광 폐모듈을 전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률에 포함하는 법률의 입법이 예고되었으며, 이와 관련한 정부와 업계의 협의를 통해 EPR(Extended producer responsibility) 제도가 현재 시행되고 있다. 이러한 정책 기조에 발맞추어 본 연구에서는 기 구축된 태양광 폐모듈 재활용 장비의 성능 보완 및 생산성 향상을 위한 장비 및 공정 기술 개발 연구와 공정 후 회수되는 소재의 재자원화 및 시스템 확립을 위한 연구를 진행하고자 한다.

**Key Words :** 태양광 모듈(Potovoltaic module), 재활용(Recycling), 자원순환(Resource circulation)

<sup>†</sup>Corresponding author, E-mail: wks000101@wksnt.com

#### 후 기

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 녹색혁신기업 성장지원 프로그램(사업화)의 지원을 받아 연구되었습니다(2022003170007).

## 태양광 발전장치용 모듈단위 진단장치 개발

### Development of Module Unit Diagnosis Device for Solar Power Generation Device

황민\*†, 노청민\*, 임별이\*, 조승섭\*, 이도윤\*, 서광민\*, 윤대식\*

Min Hwang\*†, CheongMin Noh\*, Byeoll Im\*, SeungSeop Jo\*, DoYun Lee\*,  
KwangMin Seo\*, DaeSik Youn\*

\*(주)원광에스앤티

**Abstract :** 최근 지구온난화와 기후변화 대응을 위한 탄소중립 전언에 따라 화력발전의 대폭 축소를 지향하며 재생에너지 발전 확대로 에너지 전환을 가속화하고 있다. 이에 정부는 재생에너지 이용 확대와 수용의 강화, 재생에너지 중심 전력 공급체계의 안정성 확보를 위해 정책을 제안하고 ESG 경영 강화로 태양광 발전에 대한 기업 수요가 꾸준히 증가하는 추세이다. 그러나 시간, 날씨, 구름(음영) 등에 따른 영향으로 태양광 발전량의 지속적인 충족이 어려워 태양광 발전량이 감소하는 문제가 발생한다. 이처럼 태양광 발전(소)은 점차 증가하고 있지만 이를 안정적으로 제어하기 위한 모듈 단위 진단장치 개발이 필요한 상황이다. 본 연구에서는 다양한 용량의 모듈을 감당할 수 있는 진단장치를 설계하고, 시간, 날씨, 구름 등의 영향으로 음영이 생길 때 출력 감소를 최소화하기 위해 일사량의 변동에 따라 최대의 출력점을 찾는 알고리즘 및 설계 연구를 진행하고자 한다.

**Key Words :** 태양광패널(PHOTOVOLTAIC panel), 태양광 발전 장치(Photovoltaic generation devices), 태양광발전시스  
템(Photovoltaic system), 최대 전력 점 추적(Maximum Power Point Tracking)

† Corresponding author, E-mail: wks000101@wksnt.com

#### 후기

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 녹색혁신기업 성장지원 프로그램(연구개발)의 지원을 받아 연구되었습니다(2022003160013).

## 차양형 BIPV 적용에 따른 건물 내 일사저감 효과 분석

### Analysis of Solar Radiation Reduction in Buildings according to BIPV Application

정진우\*, 구보경\*\*†

Jinwoo Jeong\*, Bokyung Koo\*\*†

\*한국건설기술연구원 기획조정본부, \*\*한국건설기술연구원 건축에너지연구소

**Abstract :** 건물에너지 자립률 향상을 위한 BIPV 시스템이 활발히 적용되고 있으며 이를 활용한 패시브 기능 구현이 가능하도록 하여 전력 생산 뿐 아니라 실내 부하 저감에 기여가 가능하도록 하는 연구가 필요한 시점이다. 본 연구에서는 건물의 벽체에서 지면과 수평으로 돌출되어 부착된 PV 모듈이 건물 일사 저감을 위한 차양의 역할을 할 수 있을 것으로 판단하여 건물 내부로 유입되는 일사량의 변화를 분석하였다.

서울과 제주를 분석 지점으로 설정하였으며  $2,500 \times 2,000\text{mm}$  치수의 창호 상부에 900mm로 돌출되어 설치된 PV 모듈에 대하여 Ecotect Analysis를 사용하여 실내 유입 일사량을 계산하였다. 창호의 방위는 정남향을  $0^\circ$ , 남서향을  $45^\circ$ 로  $0\sim45^\circ$ 까지  $15^\circ$  단위로 4단계로 설정하였으며, 창호의 면적을 80등분하여 각 면에 입사되는 일사량을 면분석으로 방위에 따른 차양효과의 변화를 검토하였다. 두 지역의 하절기(6~8월) 평균 전일사량은 방위에 따라 각각  $18\sim20 \text{ kWh/m}^2$ (42~45%),  $21.5\sim23 \text{ kWh/m}^2$ (44~47%) 저감되었고, 직달일사량의 경우 각 지역에 대해  $5.4\sim7.2 \text{ kWh/m}^2$ (78~99%),  $8.3\sim9.4 \text{ kWh/m}^2$ (79~99%) 저감되었다. 서울에 비하여 일사량이 많은 제주에서의 연간 일사 저감량이 약  $11\sim12 \text{ kWh/m}^2$  높았으며, 남향의 경우 두 지역 모두 하절기 직달일사량이 99% 차단되었다. 본 형태로 설치된 PV 모듈이 하절기 직달일사를 차단하는 차양의 기능을 충분히 수행할 수 있음을 확인하였고, 특히 남향의 경우 거의 완전한 직달일사 차단이 가능할 것으로 분석되었다.

**Key Words :** 제로에너지빌딩(Zero energy building), 태양광발전(Photovoltaic), 건물일체형태양광(BIPV), 에너지 사용량(Energy Consumption)

† Corresponding author, E-mail: koo.bok@kict.re.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 중소기업기술정보진흥원 연구비 지원에 의한 결과의 일부임(과제번호 : S3227950, 발전 효율 20% 향상 및 발전 면적 2배 향상이 가능한 양반사 태양광 발전시스템 개발).

# M12 태양전지를 이용한 양면형 태양광모듈 개발 및 옥외실증 분석

## Development of Bifacial Module using M12 Solar Cells and Field Demonstration Analysis

김지현\*, \*\*, 김주희\*\*, 김정훈\*\*\*, 김창현\*\*<sup>†</sup>

Jihyun Kim\*, \*\*, Ju-Hee Kim\*\*, Junghoon Kim\*\*\*, Changheon Kim\*\*<sup>†</sup>

\*전남대학교 광공학협동과정, \*\*녹색에너지연구원, \*\*\* (주)탑선

**Abstract :** IEA(국제에너지기구) ‘2050 넷제로’ 로드맵에 따르면 전력 생산분의 재생에너지 비중을 88%까지 상향해야 한다고 발표하였다. 이에 정부의 2050 탄소중립 목표선언 및 기업들의 RE100 캠페인 참여로 저탄소 산업환경으로 변화될 것으로 전망된다. 이에, 태양광발전 시장 확대에 따른 경쟁력 확보를 위한 고효율/대면적화 태양광 모듈 기술개발이 필요하다. 또한 단위 수량당 고출력 특성으로 인한 공정시간 단축 및 원부자재 절감에 따른 가격 경쟁력 확보를 위한 M12 태양전지 기반 대면적 모듈화 기술개발이 중요하다. 본 연구에서는 645Wp급 대면적·고효율·고출력 모듈개발과 3kW급 필드실증을 통한 옥외안정성 검증을 실시하였다.

**Key Words :** 대면적(Large Area), 양면태양광 모듈(Bifacial Solar Module), 고효율/고출력(High Efficiency/High Power)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: chkim@gei.re.kr

### 후기

본 연구는 중소벤처기업부 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : S3193063).

## 육상 재생에너지 개발사업의 친환경 입지를 위한 환경영향 분석

### Analysis of Environmental Impact for Eco-Friendly Sites of Land Renewable Energy Development Projects

김교범\*, 박종윤\*†

Gyobeam Kim\*, Jongyoon Park\*†

\*한국환경연구원

**Abstract :** 2014년부터 재생에너지 발전사업이 지속적으로 증가하고 있으며 전 세계적으로 추진되고 있는 탄소중립 목표 달성을 따른 환경영향평가 대상 사업이 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. 2018년까지 증가되었던 산지 태양광 발전사업은 감소 추세를 나타내고 있으나, 최근 간척지, 농지, 폐염전에 입지를 계획하는 태양광 발전사업이 증가 추세를 보이고, 대규모의 설비용량을 계획하는 태양광 발전사업은 증가 추세를 보이고 있다. 환경부는 환경영향평가를 수행함으로써 태양광 발전 사업의 적합한 입지 선정을 위해서 「육상 태양광발전사업 환경성 평가 협의 지침」을 2018년에 제정 하였으며, 이를 통해 사업자가 사업 초기 단계부터 태양광 발전사업으로 인한 환경적 영향을 저감하기 위한 방향성을 제시하고 있다. 하지만 사업자가 환경영향평가 초기 단계부터 입지의 환경성을 검토하는 데 있어 정보 제공 기능에 대한 한계점을 가지고 있다. 본 연구에서는 육상 태양광 발전 사업의 입지 시 환경적 영향을 저감할 수 있는 입지를 선정하기 위한 환경영향평가 절차 및 쟁점에 대해 분석하고, 최근 증가되는 간척지, 농지, 폐염전 등에 입지하는 사업에 대한 사례 연구를 통해 사업자들이 적절한 저감 방안을 수립하기 위한 환경성의 정보를 제공하고자 한다.

**Key Words :** 육상태양광(Inland Photovoltaic Energy), 환경영향평가(Environmental Impact Assessment), 에너지전환정책(Energy Transition Policy), 입지 특성(Site Characteristics), 탄소 중립(Carbon neutral)

† Corresponding author, E-mail: jongyoonpark@kei.re.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 환경부의 재원으로 환경영향평가(재생에너지사업) 효과성평가 연구의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 2022-122).

# 보론 에미터 도핑 프로파일과 소성 조건에 따른 Ag/Al 전극의 상관관계

## Effect of Firing Conditions on the Correlation between Boron Emitter Doping Profile and Ag/Al Electorde

박준성\*,\*\*, 조윤애\*, 강민구\*, 박성은\*, 이상희\*, 김용진\*, 김도형\*, 정경택\*,  
이해석\*\*, 송희은\*†

June Sung Park\*,\*\*, Yunae Cho\*, Min Gu Kang\*, Sung eun Park\*,  
Sang Hee Lee\*, Yong-Jin Kim\*, Dohyung Kim\*, Kyung Taek Jeong\*,  
Hae seok Lee\*\*, Hee-eun Song\*†

\*한국에너지기술연구원 태양광연구단, \*\*고려대학교 그린스쿨대학원

**Abstract :** 본 연구는 보론 에미터의 도핑 프로파일과 소성 조건이 Ag/Al 전극에 미치는 전기적 특성의 영향을 확인하였다. 보론 에미터의 형성은  $BBr_3$ 를 기반으로 한 화산로에서 진행하였다. Ag/Al 전극 형성은 스크린 프린팅 기법으로 형성하였다. 주요 매개변수는 표면 농도와 접합 깊이에 따른 도핑 프로파일과 소성 온도의 변화이다. 그 결과로 접합 깊이의 증가와 소성 온도의 증가는 접촉 저항의 개선을 확인하였으며, 보론 에미터와 소성 조건의 변화를 통하여 보론 에미터와 Ag/Al 전극간의 전기적 특성 개선 방향을 위한 방안을 제시하였다.

**Key Words :** 보론 에미터(Boron emitter), Ag/Al 전극(Ag/Al electrode), 스크린 프린팅(Screen printing)

† Corresponding author, E-mail: hsong@kier.re.kr

## 갈륨 도핑된 p-PERC 태양전지 모듈의 광열화 현상 회복 과정 반응 동역학 연구

### Reaction Kinetics of Healing Process on Light-induced Degradation for p-PERC Module with Gallium Doped Wafer

김수민<sup>\*†</sup>

Soo Min Kim<sup>\*†</sup>

\*구미전자정보기술원 실감미디어기술연구센터

**Abstract :** The light-induced degradation (LID) phenomenon in solar cells reduces power generation output. Previously, a method was developed to prevent LID where a group III impurity that can replace boron is added to the silicon wafer. However, in a subsequent study, performance degradation was observed in gallium-doped solar wafers and cells, and a degradation pattern similar to that occurring in light and elevated temperature-induced degradation (LeTID) was reported. In this study, a 72-cell module was fabricated using gallium-doped PERC cells, and the treatment of the LID process for carrier injection in the range of 1 to 7 A at 130 degreeC was analyzed using kinetic theory. We selectively heated only the solar cells inside a 72-cell module using a half-bridge resonance circuit for remote heating. To monitor the treatment of LID process in real time, a custom multimeter manufactured using an ACS758 current sensor and a microcomputer was used. Least-squares curve fitting was performed on the measured data using a reaction kinetics model. When the carrier-injection condition was applied to the gallium-doped PERC solar cell module at a temperature of 130 degreeC, the observed degradation and treatment pattern were similar to LeTID. We assumed that the treatment rate would increase as the size of the injected carrier increased; however, the 5 A condition exhibited the fastest treatment rate. It was deduced that the major factors of change in the overall treatment of the LID process vary depending on the rate of conversion from the LID state to the treatment state. In conclusion, it can be expected that the deterioration state of the gallium-doped solar cell module changes due to the treatment rate that varies depending on the carrier-injection conditions.

**Key Words :** 광열화(Light-induced degradation), p-PERC(p-PERC), 반응동역학(Reaction kinetics)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: smkim83@geri.re.kr

#### 후기

This work was supported by the Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) (20015765, Technology development of the surface polishing equipment for passivation of large areas (M10-M12 p-PERC cell) funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE, Korea), and conducted under the framework of the Research and Development Program of the Korea Institute of Energy Research (C2-2402).

# 구조해석 모델을 활용한 대면적 태양광 모듈의 기계적 하중에 따른 태양전지 파손과 출력특성의 관계

## Mechanical Load and Photovoltaic Module Performance Relationship via Structural Analysis Model

노요한\*, 이재형\*†

Yohan Noh\*, Jaehyeong Lee\*†

\*성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과

**Abstract :** Recently, with various policies related to renewable energy, the expansion of the domestic solar power market is promising, and the importance of developing high-power/high-efficiency solar modules is being highlighted. Generally, the market is expected to be dominated by large-area solar modules utilizing M10 or larger solar cells to reduce the leveled cost of energy (LOCE). As the area of PV modules increases, the mechanical, chemical, and electrical long-term reliability characteristics of solar modules are required to withstand external environmental factors during installation. In order to develop high-power/high-efficiency PV modules, the large-area of modules is an essential element, but the high weight of large-area PV modules makes it difficult to secure mechanical characteristics against external loads such as wind loads and snow loads, as well as difficulties in construction and maintenance.

Therefore, research on securing mechanical characteristics that comply with IEC-61215, which is the standard for evaluating PV modules, is necessary. The degradation of output characteristics due to mechanical loads on solar modules is due to the damage of solar cells within the module. In this study, the distribution of mechanical stresses and strains generated in a large-area solar module using structural analysis was compared with the damage patterns of actual solar cells, and the influence of solar cell damage on the output of the entire module was analyzed.

**Key Words :** 대면적 태양광 모듈(Large area PV module), 구조해석 시뮬레이션(Structural analysis simulation), 기계적 신뢰성(Mechanical reliability), 태양전지 파손(damaged of solar cell)

† Corresponding author, E-mail: jaehyeong@skku.edu

### 후기

본 연구는 한국에너지기술평가원의 ‘태양광 설치단가와 LOCE 경쟁력 확보를 위한 700W+ 고출력 모듈 개발 및 양산성 검증’(과제번호: 2022303001 0180)의 일환으로 수행되었습니다.

## 고효율 DISH형 집광시스템을 활용한 발전시스템 연구

### Research on Power Generation Systems using High-efficiency DISH-type Concentrating Systems

오재석<sup>\*†</sup>, 신재호\*, 위광환\*

Jaeseok Oh<sup>\*†</sup>, Jaeho Shin\*, Kwanghwan Wi\*

\*(주)해모아에너지

**Abstract :** Solar energy is attracting attention as a clean energy source that does not affect the surrounding environment, such as sunlight. didn't get attention. In this study, by adjusting the individual angles of the 462 reflectors that make up the hemispherical solar collector, we succeeded in collecting 100% of the light from the collector, solving the problem of sunlight pollution caused by light reflection and maximizing the heat collection effect. A solar power generation system was fabricated by combining this high-efficiency solar concentrating system with a GPS azimuth tracking system using the sun altitude azimuth calculation formula. It is expected that this study will contribute to the spread of renewable energy in the future and provide an opportunity to expand the market for solar heat-based power generation systems that have great potential.

**Key Words :** 태양열 발전시스템(Solar power generation system), 접시형 집광시스템(Dish concentrating system), 태양 추적 시스템(Solar tracking system), 태양광 집광 효율(Solar concentrating efficiency), 재생에너지(Renewable energy)

# 다중효용화산 태양열증류기의 공급 열유속 및 유량에 따른 성능 분석

## Performance Analysis of Multi-effect Diffusion Solar Still with Feed Heat Flux and Flow Rate

이가람\*,\*\*, 임병주\*\*, 조성훈\*\*, 최석민\*\*, 박창대\*,\*\*\*†  
 Ga-Ram Lee\*,\*\*, Byung-Ju Lim\*\*, Sung-Hoon Cho\*\*, Seok-Min Choi\*\*, Chang-Dae Park\*,\*\*\*†

\*과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템학과,

\*\*한국기계연구원 탄소중립기계연구소 신에너지플랜트연구실

**Abstract :** 태양열증류기는 자연적으로 얻을 수 있는  $1.0 \text{ kW/m}^2$  이하의 태양열을 직접 흡수하거나 태양열 집열기와 같은 외부 기기와의 간접 열교환을 통해 많은 열량을 공급받아 해수를 기화시켜 담수를 생산한다. 후자의 경우, 설계자가 태양열 집열기의 용량을 조절할 수 있기 때문에  $1.0 \text{ kW/m}^2$ 을 초과하는 열유속을 태양열 증류기에 공급할 수 있다. 또한, 열유속을 증가시킴에 따라 태양열 증류기에 더 많은 유량을 공급함으로써 과열에 따른 증발면적의 감소, 스케일 형성을 억제할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 태양열증류기 공급 열량 및 열유속을 독립변수로 하여 실험을 수행하였으며, 담수 생산 성능을 분석하였다. 15중 효용단을 가진 확산형 태양열 증류기에 전기히터를 이용하여 1, 1.5, 2, 2.5  $\text{kW/m}^2$ 의 열유속을 공급하였고, 각 열유속에서 유량에 따른 실험을 수행하였다. 실험 결과, 열유속에 따라 담수를 최대로 생산할 수 있는 최적 유량이 존재하였으며, 열유속이 증가함에 따라 최적 유량은 0.9의 증가율을 보이며 증가하였다. 한편, 열유속이 증가함에 따라 담수 생산 효율이 증가하였다.

**Key Words :** 태양 에너지(Solar energy), 확산형 태양열 증류기(Diffusion solar still), 다중효용(Multi-effect), 열유속(heat flux), 유량(flow rate)

† Corresponding author, E-mail: parkcdae@kimm.re.kr

### 후 기

본 연구는 2021년도 및 2022년도 산업자원통상부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20213030160040, 20220810100020).

## 태양열 시스템의 배수시스템

### Drainback System of Solar Thermal System

임병주\*, 조성훈\*, 최석민\*, 이가람\*\*\*, 박창대\*\*†

Byung-Ju Lim\*, Sung-Hoon Cho\*, Seok-Min Choi\*,

Ga-Ram Lee\*\*\*, Chang-Dae Park\*\*†

\*한국기계연구원, 고효율에너지기계연구본부, 신에너지플랜트연구실,

\*\*과학기술연합대학원대학교, 플랜트기계공학과

**Abstract :** 태양열 시스템의 구성 기기는 크게 집열기, 열저장조, 펌프, 열교환기 등으로 구분한다. 그러나 국내 많은 업체들이 실제 태양열 시스템을 설치할 때 배수시스템(drainback system)을 포함한다. 배수 시스템은 태양열 시스템이 작동하지 않을 때 고온 및 저온 상황에서 집열기 및 배관이 파손되는 것을 방지하기 위해 설치하는 장치를 의미한다. 국내의 경우 특정 형태의 배수시스템을 사용하지만 실제 다양한 방식의 시스템이 존재한다. 본 논문에서는 태양열 시스템의 배수시스템에 대해 소개하고 특징 및 장단점을 정리하였다.

**Key Words :** 태양열 시스템 (Solar system), 배수 시스템(Drainback system), 집열기 (Collector), 파손 (failure)

† Corresponding author, E-mail: parkcdae@kimm.re.kr

#### 후기

본 연구는 산업자원통상부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20213030160040, 20203040010240).

STC-P-4

## 다중효용 태양열 담수기의 설계 및 성능

### Design and Performance of Multiple effect Diffusion Solar Still

임병주\*, 조성훈\*, 최석민\*, 이가람\*, 박창대\*,<sup>\*\*†</sup>

Byung-Ju Lim\*, Sung-Hoon Cho\*, Seok-Min Choi\*,

Ga-Ram Lee\*, Chang-Dae Park\*,<sup>\*\*†</sup>

\*한국기계연구원, 고효율에너지기계연구본부, 신에너지플랜트연구실,

\*\*과학기술연합대학원대학교, 플랜트기계공학과

**Abstract :** 본 논문은 다중효용 확산 방식을 이용한 태양열 담수기 (MED)의 분류 및 성능 특성을 정리하였다. 이 방식의 담수기는 크게 집열기 장착형 MED, 외부 열원이용 MED, 반사판적용 MED, 수조결합형 MED, 흰 평판형 MED, 경사형 MED, 수직형 MED로 구분할 수 있다. 이 연구를 통해 MED의 설계 특징, 최적 변수 값과 생산량에 미치는 영향 등을 제시하였다.

**Key Words :** 태양열 담수기 (Solar still), 다중효용(Multiple effect solar still), 설계 (design), 성능(performance)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: parkcdae@kimm.re.kr

#### 후 기

본 연구는 산업자원통상부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20213030160040, 20203040010240).

# 태양열 집열기를 이용한 유기랭킨사이클용 1-kW 급 마이크로터빈 설계 및 성능해석

## Design and Performance Analysis of 1-kW Microturbine of Organic Rankine Cycle for Solar Heat Collector

고웅준\*,\*\*, 장우석\*,\*\*, 박자운\*, 김영원\*†

Woong Jun Ko\*,\*\*, Ou Sek Chang\*,\*\*, Ja Woon Park\*, Young Won Kim\*†

\*한국생산기술연구원 그린에너지나노연구그룹, \*\*한양대학교 기계공학부

**Abstract :** 유기랭킨사이클 (Organic Rankine Cycle, ORC)은 기존의 랭킨사이클과 유사한 열역학적 사이클이나 작동유체가 물이 아닌 유기 냉매를 사용한다. ORC의 주요 장점 중 하나는 산업 공정의 폐열, 지열원 및 태양 에너지를 포함한 광범위한 열원을 사용할 수 있다는 것이며 최근 그 적용 폭이 넓어지는 추세다. 본 연구에서는 최근 공간 난방 또는 온수 공급용으로 개발되고 있는 태양열 집열기에서 생산되는 열 특성을 고려하여 1 kW 급 ORC 터빈을 설계하였다. 본 연구에서는 SoftInWay사의 AxCYCLE과 AxSTREAM을 각각 사이클 설계와 터빈 설계 프로그램으로 사용하였다. 태양열 집열기의 평균 생산 열량 및 ORC의 핵심 구성품인 터빈의 운전 조건 등을 고려하여 목표 출력 1 kW 급으로 설계하였으며, 시뮬레이션 결과 약 14.4%의 사이클 효율이 도출되었다. 터빈은 평균반경 설계법 (Meanline design)으로 설계하였으며 작동조건을 고려하여 입구온도 145°C, 입구압력 10 bar, 유량은 0.031 kg/s에서 설계하였다. 설계 결과, 회전속도 120,000 rpm 기준 터빈의 효율은 압력비 7.2에서 71.9%가 도출되었으며, 이후 실제 1 kW 급 소형 ORC를 제작하여 터빈의 효율 및 출력 특성을 검증 할 계획이다.

**Key Words :** 유기랭킨사이클(Organic Rankine Cycle), 태양열 집열기(Solar Heat Collector), 축류형 터빈(Axial turbine), 평균반경 선(Mean-line), 블레이드 설계(blade design)

† Corresponding author, E-mail: ywkim@kitech.re.kr

### 후기

본 연구는 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20222020800130, 중·저온 산업폐열 이용 하이브리드 발전시스템 개발·실증).

# Poster Session 2

건물에너지설비 Building Energy System (BES)	259
제로에너지 건물 Zero Energy Building (ZEB)	267
건축환경 Building Environment Engineering (BEE)	269
풍력에너지 Wind Energy Conversion (WEC)	275
신재생융합 Renewable Energy Convergence (REC)	284
자원량평가 Renewable Energy Resources (RER)	288
에너지저장 Energy Storage System (ESS)	292
태양수소에너지 Solar to Hydrogen (S2H)	299



BES-P-1

## 흰관 열교환기의 성능 향상을 위한 냉매측 유로 분배 최적화 연구

### A Study on Optimization of Refrigerant Side Flow Path Distribution for Performance Improvement of Finned Tube Heat Exchangers

쉐흐리야 이샤크\*, 김만회\*†  
Shehryar Ishaque\*, Man-Hoe Kim\*†  
\*경북대학교 공학설계연구소

**Abstract :** Finned tube heat exchangers are widely used in air conditioning and heat pump systems. The optimization of the refrigerant circuitry along with capillary distribution is a crucial parameter in order to improve the heat exchanger performance. This study focuses on the numerical simulation and optimization of the refrigerant circuitry and the capillary tube to improve the thermohydraulic performance of the heat exchanger. Permutation-based optimization is used to analyze the impact of refrigerant circuit arrangement and discusses how they affect the heat transfer rate and pressure drop. The optimization process aims to maximize the heat transfer rate while minimizing the pressure drop, resulting in an efficient and cost-effective heat exchanger. Furthermore, the length of capillary distribution is optimized in order to achieve the minimum outlet superheat deviation. The results of this study can be used to design and optimize finned tube heat exchangers for various applications, including air conditioning, heat pump, refrigeration and industrial processes.

**Key Words :** Finned tube heat exchanger, Refrigerant circuitry, Optimization, Heat pump, Thermohydraulic performance.

† Corresponding author, E-mail: manhoe.kim@knu.ac.kr

## 현희 기반 시쾌적성 개선을 위한 전기변색 스마트창의 빛환경 성능평가 실험 연구

### Daylight Performance Evaluation of Electrochromic Smart Window System to improve Glare-based Indoor Visual Comfort

이성주\*, 서영훈\*, 김동수\*, 윤종호\*†

Seongju, Lee\*, Younghun, Seo\*, Dongsu, Kim\*, Jongho, Yoon\*†

\*한밭대학교 건축공학과

**Abstract :** 창문을 통한 과도한 일사 유입은 실내의 불규칙한 조도 분포 및 과도한 휙도 대비로 인한 시각적 불쾌감을 유발한다. 실내 시쾌적성 향상을 위한 다양한 개선 방법이 있으나 일반적으로 블라인드와 같이 투과성이 낮은 차양 장치가 적용된다. 그러나 이러한 차양 장치는 손쉽게 적용할 수 있지만, 내·외부 환경에 따라 투과성능을 조절하면서 쾌적한 시환경을 유지하는 데 제한적이다. 위와 같은 문제점을 개선하기 위해, 재실자의 조망권은 유지하면서 실내로 유입되는 일사량 조절이 가능한 Electrochromic(이하 EC) 창호에 대한 연구가 주목받고 있으며, 시쾌적성에 대한 다양한 연구가 필요한 시점이다. 따라서 본 연구는 실내 빛 환경과 시쾌적성 향상을 위해 EC 창호를 활용한 실험 평가를 수행하였다. EC 창호 성능에 대한 정량적 평가를 위해서 동일한 조건의 두 실험 공간에서 슬랫블라인드와 EC 창호를 적용하고 비교실험을 진행하였다. 실험에 사용된 EC 창호는 일사 투과율이 가장 높은 1단계부터 가장 낮은 4단계까지 단계별로 착색하여 조절되며, 모든 단계에서 조망권 확보가 가능하다. 슬랫블라인드는 투과율이 각도 별로 조절되며, 슬랫 각도에 따라 조망권이 일부 확보된다는 특징이 있다. 두개의 실험 군을 실제 1.5m<sup>2</sup>의 창문이 설계되어 있는 목업에 설치하여 실험을 진행하였다. EC 창호와 슬랫블라인드의 설정 단계 수를 4단계로 통일 하기 위해 슬랫블라인드의 각도를 최대 투과율을 갖는 0도 부터 90도 까지 30도 간격별로 구분 하였다. EC창호와 슬랫블라인드의 최대 투과율을 갖는 1단계와 0도 부터 최소 투과율을 갖는 4단계와 90도 까지 단계별로 실 깊이에 따른 조도와 주광률을 측정하였다. 또한 창면과 벽체 상하부 면을 20개의 그리드로 나눈 뒤 휙도계를 사용하여 각 분위별 휙도대비를 통한 현희 발생여부를 분석하였다. 실험 결과 청천공 조건에서는 EC 4단계와 슬랫 90도 각도 일 때의 평균 실내 적정조도 수준이 유지되었다. 그러나 EC 창호의 경우 외부 물체 및 건물 식별이 가능한 조망 수준을 유지하였고 슬랫블라인드는 완전 차폐로 조망권 확보가 불가능하였다. 또한 EC 창호가 실 깊은 곳까지 더 높은 균제도를 보이는 것으로 확인되었다. 유리면과 벽체 위 휙도비의 경우 EC의 최소 및 최대 휙도비 범위는 약 5배에서 55배 사이, 슬랫블라인드는 약 6배에서 최대 약 96배로 더 높은 휙도비 범위를 나타낸 것으로 분석되었다. 담천공에서 EC 1단계, 2단계, 3단계 모두 실내 적정 조도수준을 유지하였고 슬랫블라인드는 0도, 30도 각도에서만 실내 적정 조도 수준을 유지하는 것으로 확인되었다. 청천공 및 담천공 모든 조건에서 EC 창호가 조망권 및 시쾌적성 면에서 모두 유리함을 확인하였다.

**Key Words :** EC 창호 (Electrochromic (EC) Window), 빛환경(daylight Environment), 실험성능평가(Field Experimental Evaluation), 조도분석 (Illuminance Analysis), 휙도분석 (Glare Analysis), 균제도(Daylighting Uniformity Factor)

† Corresponding author, E-mail: jhyoon@hanbat.ac.kr

#### 후기

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (과제번호 : 2022R1A2C1092138).

# Electrochromic Window (ECW) 적용에 따른 실내 온열환경 및 냉·난방 에너지 성능평가 연구

## Evaluation of Indoor Thermal Conditions and Cooling/Heating Energy Performance with Electrochromic Window System Application

서영훈\*, 이성주\*, 윤종호\*, 김동수\*†

Younghun Seo\*, Sungjoo Lee\*, Jongho Yoon\*, Dongsu Kim\*†

\*한밭대학교 건축공학과

**Abstract :** 일반적인 상업용 고층 건물은 창면적비가 높고, 전면이 유리로 이루어진 형태로 여름철 높은 일사 유입을 일으킨다. 여름철 과도한 일사 유입은 실내 냉방부하 증가의 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 조망권 확보와 동시에 일사량에 따라 투과율 조절이 가능한 전기 변색 창호 (Electrochromic Window; ECW)가 개발되어 건물 적용에 높은 관심을 보인다. 창호의 투과율은 건물에너지 사용량 및 실내 열 쾌적성에 직/간접적으로 영향을 미치는 요소이기 때문에 효과적인 ECW 적용을 위해 실내 열 쾌적성과 건물에너지의 변화량의 사전 검토가 필요하다. 따라서, 본 연구는 실측 실험과 건물에너지 시뮬레이션을 기반으로 ECW 적용에 따른 실내온도 변화와 냉·난방 에너지 소비 변화에 관한 연구를 수행하였다. 실험은 옥외에 설치되어 있는 목업에서 진행되었으며 슬랫형 블라인드와 ECW를 적용해 비교 실험을 진행하였다. 성능 비교 분석을 통해 최적의 ECW 설치안을 실험을 통해 제안하고, 실제 설치된 실험 시설의 정보를 바탕으로 건물에너지 시뮬레이션 모델을 구축하였다. 시뮬레이션 모델의 신뢰성 확보를 위해 측정된 실내 온도를 활용해서 비교검증을 진행했다. 검증된 시뮬레이션 모델을 이용해서, 내·외부 ECW 설치 위치에 따른 실내 온열환경과 월별/연간 냉·난방에너지를 분석하였다. 실험결과 실내 측에 ECW가 설치된 조건에서는 다른 조건에 비해 유리 표면 온도가 최대 15°C~20°C가량 높게 나타났으나 실내 공기 온도는 평균 1°C 내외로 다른 조건의 실내 공기 온도와 유사한 분포를 보였다. 실외 측에 ECW가 설치된 조건에서는 여전히 외표면 유리 온도는 가장 높았으나 실내 공기 온도는 다른 조건의 실내 공기 온도 대비 약 6°C~9°C가량 낮게 유지되는 것을 확인하였다. 건물에너지 시뮬레이션을 통해 분석한 결과 ECW의 투과율 제어를 통해 장기적인 열 성능 분석으로 실내로 들어오는 일사를 제어하여 여름철에는 실외 측에 설치해 냉방부하 절감 효과를 볼 수 있었으며, 겨울철에는 내측에 설치할 때 난방부하 절감에 효율적임을 확인할 수 있었다.

**Key Words :** 전기 변색 창호(Electrochromic window), 실내 공기 온도(Indoor air temperature), 냉·난방 에너지 (cooling and heating energy), 옥외 실측 실험(Field experiment), 건물에너지 시뮬레이션(Building energy simulation)

† Corresponding author, E-mail: dongsu.kim@hanbat.ac.kr

### 후기

본 연구는 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (No. 2022R1A2C1092138).

## 복사냉난방 통합형 광선반 시스템의 냉난방 에너지 소비량 평가

### Evaluation of Heating and Cooling Energy Consumption of a Light Shelf System Integrated with Radiant Heating and Cooling

이규남<sup>\*†</sup>

Kyu-Nam Rhee<sup>\*†</sup>

\*부경대학교 건축공학과

**Abstract :** 복사냉난방 통합형 광선반 시스템은 빛환경 향상 목적으로 활용되는 광선반을 열적으로 활성화시켜 열환경 제어의 기능도 겸하도록 제안된 시스템으로, 냉난방용량과 같은 기본적인 열성능은 보고된 바 있으나, 냉난방 에너지 소비량에 대한 분석은 이루어지지 않았다. 기존 연구에서 열적으로 활성화된 광선반 (Thermally activated light shelf, 이하 TALS)로 명명된 광선반은 단독으로는 냉난방 기능을 수행하지 못하고, 팬코일유닛(FCU)이나 복사냉난방패널 시스템과 같은 주된 냉난방 설비의 보조 시스템으로 활용될 수 있을 것이며, 이를 감안하여 본 연구에서는 FCU와 연계된 TALS 시스템을 TRNSYS 시뮬레이션으로 모델링하여 연간 냉난방에너지 소비량을 분석하였다. TALS에 상응하는 TRNSYS 모듈이 없는 관계로, Type 56 (Multizone building) 모듈 내의 Chilled ceiling 을 활용하여 TALS의 냉난방효과를 재현하였으며, TALS에 공급되는 냉온수는 FCU의 환수를 이용하는 것으로 설정하여, 하절기 결로 발생 또는 동절기 과열을 방지하도록 하였다. 한편 TALS 냉난방 에너지 절감성능을 분석하기 위한 기준 case로서는 FCU 단독운전의 경우를 상정하였다. 시뮬레이션 결과, TALS 가동으로 인해 시스템 운전시간은 난방시 최대 16.8%, 냉방시 최대 18.6% 까지 감소하였으며, 열원 온도차( $\Delta T$ )는 난방시 1.09 K, 냉방시 1.23 K 증가하는 것으로 나타나 열원효율 향상에 의한 에너지 절감 가능성을 보였다. 결과적으로 TALS 시스템 가동시 난방에너지에는 최대 10.5%, 냉방에너지에는 최대 11.8%까지 감소하여, 연간 냉난방 에너지에는 최대 11.2%까지 절감될 수 있는 것으로 분석되었다.

**Key Words :** 복사냉난방(Radiant heating and cooling), 광선반(Light shelf), TRNSYS 시뮬레이션(TRNSYS simulation), 냉난방 에너지(Heating and cooling energy)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: knrhee@pknu.ac.kr

#### 후기

이 논문은 2022년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 : NRF-2022R1A2C2011667).

# 단독주택용 수소 연료전지 설치를 위한 전용실 설계에 관한 연구

## Design Proposal of Installation Space with Hydrogen Fuel Cell System for Detached House

정영선<sup>\*†</sup>, 김용기\*

Young-Sun Jeong<sup>\*†</sup>, Yongki Kim\*

\*한국건설기술연구원 건축에너지연구소

**Abstract :** 수소의 활용은 재생에너지의 활용과 함께 탄소중립 사회의 구현을 위해 중요한 에너지전환의 기술적 방안으로 논의되고 있다. 이에 수소를 활용한 연료전지로부터 건축물의 에너지 공급의 가능성과 안전을 포함한 적용성에 대한 검토가 필요하다. 국외에서는 건물용 연료전지의 적용을 검토하는 다양한 연구들이 수행되고 있으나 국내는 미흡한 실정이다. 본 연구는 수소 직결식 연료전지(수소 연료전지)가 설치되는 연료전지 전용실에 대한 건축적 구성, 시스템 구성, 안전설비 구성에 대한 설계안을 제시하여 제시하는데 목적이 있다. 연구를 위해 친환경 건축설계가 반영되고 수소 연료전지 전용실을 구성하는 단독주택형 주택모델을 설정하였다. 수소 연료전지 전용실이 갖추어야 할 건축적 요건으로 전용실의 크기와 배치, 외벽 및 바닥 구조, 환기구 배치, 연료전지 및 관련설비의 배치에 대한 설계안을 제시하였다. 연료전지의 용량설계, 주택의 에너지부하와 연동된 운전/관리 시스템의 설계, 수소 누출에 대비한 안전 시스템의 설계에 관한 내용을 검토하였다. 또한 전용실에 수소 누출감지기, 비상차단 밸브 등 안전장치의 구비의 필요성을 확인하였다. 이를 통해 수소 연료전지가 설치된 전용공간을 제안하고 설계 시 검토사항을 제안하였다.

**Key Words :** 수소(Hydrogen), 연료전지(Fuel Cell), 전용실(Installation Space), 단독주택(Detached House), 에너지 효율(Energy Efficiency)

<sup>†</sup>Corresponding author, E-mail: sunj74@kict.re.kr

### 후기

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 : 22HSCT-B157909).

## 알파벳을 활용한 실시간 빌딩 에너지 손실 추정에 관한 연구

### A Study on the Real-Time Building Energy Loss Estimation Using AlphaMet

김수연\*, 오재호<sup>\*†</sup>, 허모랑\*, 오지원\*

Suyeon Kim\*, Jaiho Oh<sup>\*†</sup>, Morang Huh\*, Jiwon Oh\*

\*나노웨더

**Abstract :** 온실가스 배출의 대부분을 차지하는 에너지 분야에서 1/4가량을 건물 부문이 차지하므로 건물의 에너지 사용 효율을 높이는 것은 탄소 중립을 이루는데 필수적이다. 건물의 에너지 소모는 난방, 온수, 창문 등 다양한 범위에서 일어나는데 이 중, 창문에서 발생하는 열 손실은 건물에서 발생하는 열 손실의 45%에 달한다. 건물의 효율적인 에너지 관리를 위해 창문에서 발생하는 열 손실에 대한 계산이 요구된다. 좁은 면적에 많은 인구가 밀집한 한국의 환경상 고층 건물이 많고, 같은 시간과 장소이더라도 고도에 따라 기온이 다르다. 이 점을 고려하여 본 연구에서는 고해상도 기상 데이터 생산 플랫폼 알파벳의 실시간 연직 기온 데이터를 사용해 건물의 에너지 손실을 추정하는 연구를 수행하였다. 임의의 건물을 설정하고 관측소 데이터에서 추정한 값에 지형 고도를 적용하여 얻은 알파벳 기온을 건물의 각 층별로 적용하여 열 손실을 계산한 후 건물 전체의 에너지 손실을 추정하였다. 고도에 따라 기온 데이터를 달리 적용하므로 지상의 기온만 사용하여 에너지 손실을 추정하는 기존의 방식보다 더 정확한 결과를 얻을 수 있다. 추후, 본 연구를 실제 건물에 적용하고 에너지 손실율을 측정하는 실증을 통해 정확도를 개선하고 활용성을 확인할 수 있을 것으로 기대된다.

**Key Words :** 실시간(real-time), 입체 기상(3-D weather), 스마트 빌딩(smart building), 건물 에너지(building energy), 열손실(heat loss), 관리(management)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jjho2023@gmail.com

#### 후기

본 성과는 환경부의 재원을 지원받아 한국환경산업기술원 "신기후체제 대응 환경기술개발사업"의 연구개발을 통해 창출되었습니다(2022003570008).

# 국내 지역별 기후에 따른 복사냉방시스템의 결로 해결을 위한 공급수 온도 설정 및 방열량 분석

## Analysis of Cooling Supply Temperature and Thermal Output considering Condensation of Radiant Cooling System in Different Region in Korea

신서희\*, 박세은\*\*, 정웅준\*†

Seo Hee Shin\*, Se Eun Park\*\*, Woong June Chung\*†

\*가천대학교 설비소방공학과, \*\*가천대학교 대학원

**Abstract :** 복사시스템은 기존 대류시스템보다 실내 쾌적도 및 에너지 소비량 등 다양한 측면에 이점이 있어 효율적인 시스템으로 많은 관심을 받고 있다. 하지만 국내 여름철 고온다습한 기후에서는 복사냉방시스템에 결로현상이 나타나고 이를 해결하기 위해 공급수 온도를 높이게 되면 방열량이 저하되는 문제점이 발생한다. 반도의 특성과 장마철은 여름철 높은 습도에 영향을 미치며 강수량은 지역마다 상이하게 나타난다. 따라서 본 연구에서는 국내 지역별로 결로가 발생하지 않는 가장 낮은 공급수 온도를 도출하여 방열량을 계산하고 분석하고자 한다. 국내 기후를 Köppen-Geiger의 기후분류에 따라 인천, 강릉, 광주를 대표 지역으로 선정했으며 각 지역마다 동일한 표준건물을 적용하기 위해 Department of Energy Reference Building에서 제공된 소규모 오피스건물을 선정하였다. 공급수 온도 조절에 따른 건물의 방열량 변화를 계산 및 분석하기 위해 에너지플러스(EnergyPlus)를 사용하였으며 그 결과 결로가 발생하지 않는 공급수 온도가 실내 설정온도보다 높아 냉방이 불가능하였다. 결로현상은 6월부터 9월까지 나타나며 대부분 7, 8월에 발생하였다. 결로 발생일의 분포가 일정하지 않은 것을 고려하여 공급수 온도를 월별로 조절한 결과 기존 방식 대비 인천과 강릉의 방열량은 약 55%, 40% 향상됐으며 광주는 다른 지역에 비해 습도가 높아 약 10% 향상되었다.

**Key Words :** 결로(Condensation), 방열량(Thermal Output), 복사냉방시스템(Radiant Cooling System), 오피스건물(Office Building)

† Corresponding author, E-mail: wjchung@gahcon.ac.kr

### 후기

본 연구는 2023년도 국토교통부의 재원으로 건설분야 성능기반 표준실험절차 개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 23DPSC-C163235-03).

## 수배전반 시설 관리에 관한 어플리케이션 디자인 제안

### Proposal of Application Design for Switchgear Facility Management

박자형<sup>\*†</sup>, 정규창\*

jahyeong Park<sup>\*†</sup>, Kyu-chang Jeong\*

\*한국전자기술연구원 소속

**Abstract :** Maintenance is increasingly expanding. Compared to overseas, domestic maintenance and painting management are incomplete. Research to directly improve the durability of switchgear continues, but economical management has ended up being looked at by humans. In response, domestic LS is developing a switchgear management website using digital twins worldwide. In this article, we would like to do a design study to make the most of these websites.

**Key Words :** 수배전반(Switchgear facility), 어플리케이션(Application), UI 디자인(Ui design)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: wkud2008@keti.re.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No. 1415180750).

ZEB-P-1

# 에너지 자립형 스마트윈도의 에너지 흐름 분석

## Analysis of Energy Flow of Self-powered Smart Windows

이현영<sup>\*†</sup>, 배호준\*, 김서훈\*, 김정호\*, 박종빈\*

Hyunyoung Lee<sup>\*†</sup>, Hojune Bae\*, Seohoon Kim\*, Jungho Kim\*, Jongbin Park\*

\*한국조명ICT연구원 그린에너지센터

**Abstract :** 2050 탄소중립 추진목표에 따라 녹색건축물조성지원법으로 신축건물의 제로에너지빌딩(Zero Energy Building, ZEB) 의무화기준이 강화된다. 녹색건축물 조성 지원법」 및 같은 법 시행령 개정으로 ‘20년 제로에너지건축 인증 의무화 시행을 위한 법적 근거 마련(‘19년)20년 공공건축물 연면적 1천m<sup>2</sup> 이상을 시작으로 ‘23년부터는 공공건축물 연면적 5백m<sup>2</sup> 이상 ’25년부터 민간공동주택 연면적 1천m<sup>2</sup> 이상, ‘30년부터는 민간공동주택 연면적 5백m<sup>2</sup>부터 제로에너지빌딩 인증 의무화를 실시한다. 제로에너지빌딩은 단열, 기밀성능을 강화하여 냉·난방 에너지요구량을 최소화(패시브요소)하고 고효율설비, BEMS(액티브요소) 및 태양광, 지열등의 신재생에너지로 구성된다. 기존의 단열성능을 향상시키는 패시브적인 창호에서 창호유리의 색을 변화시켜 가시광선과 적외선의 투과도를 조절하여 냉난방 및 조명에너지 절감에도 효과적인 스마트윈도우에 대한 요구가 증가하고 있다. 스마트윈도우의 투과도 변색을 위해서 태양광모듈을 활용하면 에너지 자립형 스마트윈도우 구현이 가능하다. 에너지 자립형 스마트윈도우를 위해서는 태양광 모듈에서 생산하는 전력이 투과도 제어를 위한 스마트유리의 구동을 위한 전주기적 관점에서 효율적인 에너지 관리가 필요하며, 이를 위한 에너지 흐름을 분석하였다.

**Key Words :** 스마트창호(Smartwindow), 에너지(Energy), 전기변색(Electrochromic)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: cess517@kilt.re.kr

### 후기

본 연구는 2019년도 산업통상자원의 재원으로 에너지기수개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20192010107400).

## 서울지역 아파트 세대별 전력소비패턴 및 발코니 태양광 설비의 발전량 분석

### Analysis of Power Consumption Patterns and Power Generation Amount of Balcony Photovoltaic System by Apartment Household in Seoul

엄지영\*, 김용기\*†

Jiyoung Eum\*, Yongki Kim\*†

\*한국건설기술연구원 건축에너지연구소

**Abstract :** 정부는 30세대 이상의 공동주택에 대하여 공공부문은 2023년, 민간부문은 2024년부터 제로에너지건축물 의무화를 시행하고 있다. 다수의 지자체에서는 아파트 발코니에 설치할 수 있는 미니 태양광 설치 지원사업을 추진하고 있다. 아파트 미니 태양광 발전시스템은 발코니에 태양광 모듈을 설치하여 태양광 발전전력을 세대 콘센트로 직접 공급하는 개념이다. 본 연구에서는 서울지역 아파트를 대상으로 약 1년 동안의 실시간 전력소비패턴 분석과 발코니에 설치된 미니 태양광 설비의 발전량을 분석하고자 한다. 측정 대상 세대는 서울시 구로구와 성동구에 위치한 아파트를 대상으로 전용면적 80m<sup>2</sup> 이상이고 남동향인 4세대로 선정하였다. 태양광 설비의 설치용량은 구로구 2세대는 850W(L사 425W 2장), 성동구 2세대는 1.2kW(H사 300W 4장)이다. 발코니 태양광 모듈은 세대에 따라 2-4장이 직렬로 연결되어 발코니 난간에 경사각 70°로 설치되었다. 태양광 인버터는 효율 95% 이상의 제품을 사용하였다. 분석을 위한 데이터 항목은 발코니 태양광 발전전력과 세대 전체 사용전력이다. 세대별 실시간 전력소비패턴 분석을 위하여 분전반에 전력량계를 설치하였다. 전력량 데이터와 발전량 데이터는 1분 단위로 계측하였으며, 무선으로 데이터 서버에 전달된다. 데이터 수집 기간은 2021년 3월 25일부터 2022년 7월 2일까지이다. 세대별 전력소비패턴을 분석한 결과, 하루 중 저녁시간대의 전력소비량이 많고, 연 중 하절기, 특히 7월의 전력소비량이 가장 많다. 발코니 태양광의 발전량은 설치용량 및 설치환경에 따라 크게 달라짐을 알 수 있다. 추후 공동주택 단위세대 발코니형 및 건물일체형 태양광 등의 설치용량 확보 및 활용방안에 대한 연구를 진행할 예정이다.

**Key Words :** 아파트(Apartments), 전력소비패턴(Power consumption patterns), 발코니 태양광 발전시스템(Balcony photovoltaic system), 전기 소비량 절감(Electricity consumption saving), 제로에너지건축물(Zero energy building)

† Corresponding author, E-mail: kimyk@kict.re.kr

#### 후기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20172410104720). / 본 연구는 한국건설기술연구원의 주요사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : KICT 20230088-001).

BEE-P-1

## 육상태양광 개발사업의 토지이용효율성 분석에 관한 연구

### A Study on the Analysis of the Land use Efficiency for Photovoltaic Projects in South Korea

박종윤<sup>\*†</sup>Jong-Yoon Park<sup>\*†</sup>

\*한국환경연구원 환경평가본부

**Abstract :** 일반적으로 산림지역의 지형적 특성 때문에 태양광발전설비 설치를 위한 부지공사 시 절토사면이 발생할 수 있으며, 환경평가 단계에서는 양호한 산림역에 대해 원형보전을 요구하고 있다. 반면, 태양광 설치가 면적집약적 사업임을 고려할 때 환경적 측면에서는 토지이용효율성(면적 대비 설비용량)을 높여 지형 및 산림 훼손을 최소화하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 환경평가 협의를 완료한(2006 ~ 2018년) 육상태양광 개발사업 약 2,800건을 대상으로 설비용량(1MW 미만, 1 ~ 2MW, 2MW 이상) 및 입지(산지와 비산지) 구분에 따른 토지이용효율성(LUE: Land Use Efficiency)을 비교·분석하였다. 전체 분석 대상 사업의 50%가 1MW 미만의 소규모 태양광이며, 2MW 이상은 약 15%를 차지한다. 전체 평균 LUE는 631.7kW/ha이며, 산지와 비산지의 평균 LUE는 각각 623.0kW/ha, 642.4kW/ha로 비산지 태양광의 토지이용효율성이 다소 높은 것으로 분석되었다. 이를 설비용량 규모에 따라 비교해보면 2MW 미만의 사업에서 산지와 비산지 태양광의 LUE 차이가 커지는 것을 보여준다. 먼저, 설비용량이 1MW 미만인 산지와 비산지 태양광의 평균 LUE는 각각 571.8kW/ha와 608.9kW/ha로 1ha당 37.1kW의 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 1 ~ 2MW급 산지와 비산지 태양광의 평균 LUE 차이는 1ha당 52.7kW로 더 커지는 것으로 분석되었다. 연구 방법론과 분석 결과 등 자세한 내용은 발표를 통해 제시될 예정이다.

**Key Words :** 재생에너지(Renewable energy), 효율성 평가(Effectiveness evaluation), 토지이용(Land use), 소규모 태양광(Small-scale photovoltaic), 환경영향평가(Environmental impact assessment)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jongyoonpark@kei.re.kr

#### 후기

본 연구는 한국환경연구원의 2023년도 일반과제 「환경평가 지원을 위한 지역 환경현황 분석 시스템 구축 및 운영(GP2023-08)」의 지원으로 수행되었습니다.

## 급기팬 운전 변화에 따른 발열 요인 분석

### Analysis of Heat Generation Factors by Operating Change of the Supply Fan

정우성\*, 이진현\*\*, 이혜인\*\*\*, 조영흠\*†

Woosung Jung\*, Jinhyun Lee\*\*, Hyein Lee\*\*\*, Younghum Cho\*†

\*영남대학교 건축학부, \*\*영남대학교 공업기술연구소, \*\*\*영남대학교 일반대학원 건축학과

**Abstract :** 본 연구에서는 변풍량 시스템에서 터미널 댐퍼 개도율과 팬 속도 변화에 따른 발열을 확인하고 다중회귀분석을 통해 급기팬 발열 예측 모델을 제시하고자 한다. 공조기에서 소비되는 에너지를 줄이는 방법 중 하나로 외기 냉방 제어가 있다. 외기 냉방 제어는 외기온이 실내 온도 보다 낮을 때 외기 도입량을 조절하여 실내 냉방 부하를 절감한다. 팬의 작동은 팬의 전·후단에서 압력의 차이를 만들어내며, 공기의 흐름을 발생시킨다. 이때, 소음, 진동, 열과 같은 압력 손실이 발생한다. 급기팬 발열로 인해 혼합 온도 설정값과 급기 온도가 동일하지 않아 냉방 에너지가 낭비될 수 있다. 본 연구에서는 급기팬 발열로 인한 급기팬 전·후단의 온도차를 확인하고자 경산에 위치한 Y 대학교 실험실을 대상 공간으로 선정하여 실험하였다. 풍량과 압력에 영향을 주는 터미널 댐퍼 개도율과 팬 속도를 실험Case의 변수로 설정하였다. 팬 속도를 20Hz, 30Hz, 40Hz, 50Hz로 설정 후 각각의 속도에서 터미널 댐퍼 개도율을 20%, 40%, 60%, 80%, 100% 나누어 총 20개의 Case를 설정하였다. 실험 결과, 동일한 팬 속도에서 터미널 댐퍼 개도율을 증가시킴에 따라 풍량은 증가하며, 급기 차압은 감소하고, 온도차가 감소하는 것을 확인하였다. 동일한 댐퍼 개도율에서 팬 속도가 커짐에 따라 풍량이 증가하며, 급기 차압이 증가는 것을 확인하였으며, 온도차가 증가하는 것을 확인하였다. 실험 결과를 바탕으로 터미널 댐퍼 개도율과 팬속도를 독립변수로, 온도차를 종속변수로 설정하여 다중회귀분석을 통한 예측 모델을 개발하였다. 개발한 예측 모델을 통한 예측값과 실험값을 비교한 결과  $R^2$  값이 0.9494로 나타났다.

**Key Words :** 공조기(Air handling unit), 팬발열(Fan temperature rise), 급기팬(Supply fan), 외기냉방제어(Economizer)  
다중회귀분석(Multiple regression analysis)

† Corresponding author, E-mail: yhcho@ynu.ac.kr

#### 후기

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. 2022R1A2B5B01002618).

# 이코노마이저 외기 온·습도 센서 결함에 따른 에너지 사용량 분석

## Analysis of Energy Usage according to Faulty Outdoor Temperature and Humidity Sensor in Economizer

김민호\*, 진산\*, 이찬욱\*, 장아민\*, 도성록\*†

Minho Kim\*, San Jin\*, chanuk Lee\*, Ahmin Jang\*, Sung Lok Do\*†

\*한밭대학교 설비공학과

**Abstract :** 이코노마이저는 외기 도입 구간의 온도와 습도일때 외기 도입률을 증가시켜 냉방에 이용하는 에너지 절감 시스템이다. 이때, 외기 도입 구간은 중간기와 하절기에 외기 온도와 습도가 실내 온도보다 낮은 시기이다. 이코노마이저 제어 방법은 건구 온도 제어와 습도 제어, 엔탈피 제어가 있다. 그 중 건구 온도 제어는 가장 널리 이용되지만 온도로만 외기 도입률을 제어하므로 외기의 습도가 높을 경우, 외기 도입률의 증가는 오히려 에너지 사용량 증대를 야기한다. 엔탈피 제어 방법은 건구온도 제어 방법의 단점을 보완하기 위해 외기의 온도와 습도를 동시에 고려한 엔탈피를 기반으로 외기 도입률을 제어한다. 그러나 엔탈피 제어는 습도 측정 과정에서 수분 유입에 의한 결함 발생 사례가 빈번하다. 외기 온·습도 센서에 결함이 발생하면 실제 외기 엔탈피 값과 센싱된 엔탈피 값간의 차이가 발생한다. 센싱된 엔탈피 값이 실제 외기 엔탈피보다 낮을 경우, 정상 상태보다 높은 엔탈피의 외기 도입이 이루어져 냉방 에너지 사용량 증가를 야기한다. 반면, 센싱된 엔탈피 값이 실제 외기 엔탈피보다 높을 경우, 정상 상태보다 외기 도입이 적게 이루어져 이코노마이저로 인한 냉방 에너지 절감 효과가 감소한다. 이에 이코노마이저의 올바른 작동을 위해 외기 온·습도 센서 결함 시 발생되는 에너지 사용량 변동에 대한 분석이 필요하다. 따라서 본 연구는 건물 에너지 시뮬레이션 툴인 EnergyPlus의 Fault model을 이용하여 외기 온·습도 센서의 결함을 가정하고, 외기 온·습도 센서 결함 발생에 따른 에너지 사용량을 분석하였다.

**Key Words :** 이코노마이저(Economizer), 외기 도입률(Outdoor air intake rate), 엔탈피 제어(Enthalpy control), 센서 결함(Sensor fault), 에너지 사용량(Energy usage)

† Corresponding author, E-mail: sunglokdo@hanbat.ac.kr

## 변풍량시스템의 급배기풍량에 따른 실내 압력 분석

### Analysis of the Indoor Pressure by Supply and Exhaust Air Flow Rate of Variable Air Volume System

김경원\*, 이진현\*\*, 조영흠\*†

Gyeongwon Kim\*, Jinhyun Lee\*\*, Younghum Cho\*†

\*영남대학교 건축학부, \*\*영남대학교 공업기술연구소

**Abstract :** 건물에서 발생하는 압력차는 의도하지 않은 공기의 흐름을 야기하며, 이로 인해 냉난방 부하 증가, 습기 확산 등의 문제가 발생한다. 이에 건물에서 의도하지 않은 공기의 흐름이 발생하지 않도록 하기 위해서는 실내의 압력 제어가 필요하다. 본 연구에서는 실내에 공급 및 배기되는 풍량의 변화에 따라 발생하는 압력의 변화를 실험을 통해 확인하고자 한다. 실에 급기되는 풍량 변화를 주기 위해 변풍량시스템이 설치된 공간을 대상으로 실험을 진행하였다. 급배기되는 풍량의 변화를 주기 위해 급기팬 및 배기팬 속도, 터미널 댐퍼 개도율을 일정한 간격으로 증가시켰다. 두 개의 실간, 외벽에 설치된 차압센서를 통해 차압데이터를 수집하였고 열선 풍속계(TSI)로 각 실에 설치된 디퓨저의 풍속을 측정하여 풍량을 산정하였다. 실험 결과 급기팬 속도 및 댐퍼 개도율이 증가 할수록 풍량이 증가하여 건물 외부와의 차압이 증가였으며, 배기 팬의 속도가 증가할수록 배기되는 풍량이 증가하여 외부에 비해 실내 음압 형성이 커지는 것을 확인하였다. 또한 두 실에 기밀성능 차이로 인해 같은 압력에 도달하기 위한 풍량의 차이가 있으며, 동일한 공기량을 공급하더라도 실 간 압력차가 발생 수 있다는 결론을 도출하였다. 이를 통해 공조시스템의 변풍량 시스템 적용 시 실내로 급배기 되는 풍량 제어를 통한 실내 압력 제어가 가능할 것으로 판단된다.

**Key Words :** 변풍량 시스템(Variable air volume system), 차압(Differential pressure), 공급 풍량(Supply air flow rate)

† Corresponding author, E-mail: yhcho@ynu.ac.kr

#### 후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2021R1A4A1031705).

## 전기 히트펌프 시스템의 설정값 변화에 따른 냉방 에너지 소비량에 관한 실험적 연구

### Experimental Study on the Cooling Energy Consumption according to Changes in Set Value Operation Condition of the EHP System

김태양\*, 김효준\*\*, 이한결\*\*\*, 조영흠\*†

Taeyang Kim\*, Hyojun Kim\*\*, Hangyeol Lee\*\*\*, Younghum Cho\*†

\*영남대학교 건축학부, \*\*영남대학교 공업기술연구소, \*\*\*영남대학교 일반대학원 건축학과

**Abstract :** 지구온난화의 영향으로 실내 재실자의 냉방에 대한 의존이 점차 증가하면서 냉방 시스템 보급이 확대되었다. 현재 냉방 시스템 중 대부분 히트펌프 시스템이 사용되고 있으며, 전기 히트펌프 시스템(Electric heat pump : EHP)이 가장 많이 적용되고 있다. 하지만 EHP 시스템 보급량의 증가에 따라 에너지 소비량이 증가하였고, 이에 하절기 냉방 에너지 사용량 급증으로 인해 전력수급에 문제를 발생시켰다. 이에 본 연구는 하절기 EHP 시스템 에너지 소비량 절감할 수 있는 효율적인 운전 설정값을 도출하고자 하며, 실내 설정온도 및 풍량에 따른 냉방능력, 냉방 소요 시간, 에너지 소비량 및 성능계수를 비교·분석하였다. 대상공간 실내온도 측정을 위해 HOBO를 사용하였으며, 토출 풍 속 측정을 위해 열선풍속계를 중발기 취출구 입구에 설치하였다. 냉매 온도의 변화를 측정하기 위해 열전대를 중발기 및 응축기 입·출구 배관에 부착하였다. 시스템 설정온도 및 풍량에 따른 에너지 소비량을 분석하기 위해 설정온도와 풍량 설정값 변화를 각 Case 별로 분류하여 실험하였다. 실험 측정 결과, 온도가 가장 낮은 Case와 풍량이 가장 큰 Case에서 냉방능력은 가장 높게, 냉방 소요시간은 가장 짧게, 에너지 소비량은 가장 낮게, 성능계수는 가장 높게 나타났다. 본 연구를 통해 EHP 시스템 설정온도는 낮게, 풍량은 크게 설정하여 운전하는 것이 에너지 소비량 절감에 있어 가장 효율적인 설정값임을 도출하였다.

**Key Words :** 전기 히트펌프 시스템(Electric heat pump system), 에너지 소비량(Energy consumption rate), 냉방 능력(Cooling capacity), 성능계수(Coefficient of performance)

† Corresponding author, E-mail: yhcho@ynu.ac.kr

#### 후 기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2B5B01002618).

## 자연형 태양열 수벽(Water-Wall) 시스템의 축열 및 난방에너지 절감효과 비교실험 연구

### Natural Solar Water Wall System Comparative Experimental Study on Heat Storage and Heating Energy Savings

송광현\*, 김민성\*, 서민혁\*, 김동수\*, 윤종호\*†

Kwanghyun Song\*†, Minsung Kim\*, Minhyuk Seo\*, Dongsu Kim\*, Jongho Yoon\*†

\*한밭대학교 건축공학과

**Abstract :** 전 세계적 탄소중립 실현을 위해 건축물에서의 에너지 소비 절감 방안이 연구되고 있다. 자연형 태양열 시스템 중 간접 획득열 방식은 축열조를 통해 주간에 저장한 열을 야간에 방출함으로써, 실내 온도를 보다 균일하게 유지시키고, 야간에 난방부하를 감소시키는 역할을 수행한다. 그 중 축열 능력이 우수한 물을 폐 PET병을 활용해 투광성이 있는 축열조 형태로 적용한 수벽(Water-Wall) 시스템은 투과율에 따라 축열 성능이 다르게 나타난다. 본 연구에서는 수벽의 투과율에 따른 축열 성능을 분석하고, 수벽의 최적 제작 방안을 제안하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 본 연구에서는 실 체적을 축소한 Mock-UP TEST를 통해 축열조의 유무 및 축열재 종류에 따른 실내 온도 변화와 난방에너지 차이를 비교 분석하였다. 또한 수벽의 외피를 광학적 물성에 따라 네 가지로 분류하여 성능을 비교를 통해 최적 형태를 도출하였다. 수벽을 사용하였을 경우 축열조가 없는 기준모델 보다 실내부 최대 온도는 감소하지만 야간에 평균 5°C 이상 높게 실내 온도를 유지함으로써 축열 효과를 확인하였다. 난방 시 에너지 투입량을 비교 분석한 결과 수벽 사용 시 축열조를 설치하지 않은 기준모델 대비 난방에너지를 최대 32% 절감할 수 있었으며 동일 체적의 벽돌을 축열조로 사용한 경우 보다 약 10%의 난방에너지를 절감하였다. 더불어 흑색 용액을 사용하고 후면에 반사재를 붙여 흡수율과 반사율을 높인 수벽의 경우 기본 수벽 대비 최대 15°C까지 온도가 높게 유지됨을 확인함으로써 일사의 투과를 최소화하고 흡수 및 반사율을 높일 경우, 수벽의 성능이 크게 개선됨을 입증하였다.

**Key Words :** 자연형 태양열 시스템(Passive Solar System), 난방부하(Heating load), 축열(Heat Storage), 수벽 또는 물벽(Water-Wall), 최적화(Optimization)

† Corresponding author, E-mail: jhyoon@hanbat.ac.kr

#### 후기

이 논문은 연구는 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022R1A2C1092138).

# 머신러닝을 이용한 육상 풍력자원 예측 연구

## Prediction of Onshore Wind Resource using Machine Learning

김민지\*, 백인수\*\*†

Minji Kim\*, Insu Paek\*\*†

\*강원대학교 에너지 · 인프라 융합학과 기계에너지시스템 · 환경공학전공,

\*\*강원대학교 에너지 · 인프라 융합학과 / 메카트로닉스전공

**Abstract :** 본 연구에서는 단기간의 불규칙한 풍력자원을 이용한 머신러닝 알고리즘 기반의 풍력자원 예측 연구가 수행되었다. 풍력발전의 경우, 풍력자원의 가변적인 특성으로 인해 1년 또는 그 이상의 기간에 대한 연간발전량 예측과 관련된 다양한 연구가 수행되었다. 그러나 전력 계통의 입장에서, 가변적인 풍력자원을 이용한 불규칙한 출력은 단기간 차원에서 그리드의 안정적인 운영을 어렵게 한다. 이에 따라 단기간 및 다음날의 풍력자원 예측이 사전에 가능하다면 그리드의 운전 효율성 향상이 가능한 것으로 판단되며, 따라서 본 연구에서는 머신러닝을 통한 풍력발전기의 단기간 풍력자원 예측을 수행하였다. 우선, 풍력자원 예측을 위한 육상의 대상 지점을 선정하고, 국내 기상청에서 제공하는 1년 이상의 기간동안 실측된 풍력자원 데이터를 확보하였다. 이후 풍속 예측을 위한 머신러닝 알고리즘을 선정하고 확보된 데이터의 서로 다른 기간동안 측정된 데이터를 훈련 세트와 테스트 세트로 사용하여 알고리즘 학습을 수행하였다. 학습된 알고리즘을 통해 단기간의 풍속 예측을 수행하였으며, 동일 기간에 대한 국내 기상청에서 제공하는 실측 및 예측 정보와의 비교 검증을 통해 머신러닝을 이용한 풍력자원 예측의 정확도를 검증하고자 한다.

**Key Words :** 머신러닝(Machine Learning), 풍력자원(Wind Resource), 단기 예측(Short-term Forecast), 풍력발전기(Wind Turbine)

† Corresponding author, E-mail: paek@kangwon.ac.kr

### 후기

본 연구는 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(NO.20218520020010).

## 설계 하중 조건을 고려한 100kW 급 풍력터빈 요(Yaw) 베어링 구조해석

### Structural Analysis of 100kW Wind Turbine Yaw bearing Considering Design Load Cases

김석일\*, 황예찬\*, 전태수\*, 백인수\*\*†

Seokil Kim\*, Yechan Hwang\*, Taesu Jeon\*, Insu Paek\*\*†

\* 강원대학교 에너지 인프라 융합학과, \*\* 강원대학교 에너지 인프라 융합학과/ 메카트로닉스전공

**Abstract :** 풍력터빈 시스템에서 요베어링의 구조 안정성은 중요하다. 요베어링은 상단부에 나셀, 발전기, 블레이드 등 중요 요소들에 대한 하중을 받게 된다. 베어링 시스템에서 레이스와 볼은 점 접촉을 하는 구조이다. 이러한 특성은 전산 해석에 어려움이 있어, Ansys에서 제공하는 비선형 스프링 요소인 COMBIN39 스프링 요소를 사용하여 볼을 대체하였다. 구조해석에 사용된 하중은 상용 공력해석 프로그램인 Bladed 프로그램에서 모델링을 수행한 각각의 설계 하중 조건에 해당하는 시뮬레이션을 통해 산출 되었다. 프로그램에서 축출된 하중은 6개 자유도 하중과 합산하중이다. 본 연구에서는 Ansys/Mechanical을 활용하여 국내 100kW 급 풍력터빈의 요베어링에 인가된 하중에 대한 구조 안정성 평가를 수행하였다.

**Key Words :** 풍력 터빈(Wind turbine), 요베어링(Yaw Bearing), 유한요소해석(FEM)

† Corresponding author, E-mail: paek@kangwon.ac.kr

#### 후 기

본 연구는 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20218520020010).

# 설계 하중 조건(Design Load Case)을 적용한 100kW 중형풍력터빈 나셀 프레임 구조해석

## Structural Analysis of a 100 kW Medium-sized Wind Turbine Nacelle Frame using Design Load Case

황예찬\*, 전태수\*, 백인수\*\*†

Yechan Hwang\*, Taesu Jeon\*, Insu Paek\*\*†

\*강원대학교 에너지 · 인프라융합학과, \*\*강원대학교 에너지 · 인프라융합학과/메카트로닉스전공

**Abstract :** 본 연구에서는 정격출력이 100 kW인 국내 중형풍력터빈의 나셀 프레임을 대상으로 구조해석을 수행하였다. 구조해석은 상용 유한요소해석(Finite Element Method, FEM) 프로그램인 Ansys Mechanical을 사용하였으며, 상용 CAD 프로그램인 Ansys Spaceclaim을 이용하여 모델링 및 격자 생성을 위한 전처리를 수행하였다. 구조해석을 수행할 때 해석의 수렴성 및 경제성을 위해 나셀 프레임에서 볼트로 채결되는 연결 부분은 Beam 요소로 대체하였으며, 입력되는 하중의 경우 상용 공탄성 해석프로그램인 Bladed를 통해 계산된 설계 하중 조건(Design Load Case)를 적용하였다. Bladed에서 제시한 원점을 기준으로 설계하중조건에 대한 6자유도 하중을 나셀 프레임에 입력하였으며 타워와 연결되는 부분을 고정단(Fixed Support)으로 설정하였다. 이를 통해 설계하중 별 나셀 프레임의 구조 안정성을 확인하였으며, 각 설계 하중 조건별 나셀 프레임에 발생하는 하중을 비교 및 분석하였다.

**Key Words :** 나셀 프레임(Nacelle frame), 설계 하중 해석(Design load case), 구조해석(Structural analysis), 유한요소해석(Finite Element Analysis)

† Corresponding author, E-mail: paek@kangwon.ac.krkeses.or.kr

### 후기

본 연구는 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20218520020010).

## 풍력 블레이드용 카본 펄트루전 스파캡 적용을 위한 CFRP/GFRP 이종소재 층간분리 특성 분석

### Analysis of Delamination Characteristics of CFRP/GFRP Multi-Materials for Application of Carbon Pultrusion Spar cap for Wind Turbine Blade

이세진\*, 김학근\*\*, 강기원\*†

Sejin Lee\*†, Hakgeun Kim\*\*, Kiweon Kang\*

\*군산대학교 기계공학과, \*\*군산대학교 해상풍력연구원

**Abstract :** 풍력발전의 효율화를 위해 대형화 됨에 따라 주요 부품인 블레이드의 중량이 증가하여 경량화가 요구된다. 이를 위해 CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)와 GFRP(Glass Fiber Reinforced Plastic) 등의 복합재를 사용하여 기존에 비해 가볍고 내구성이 뛰어난 블레이드를 제작한다. 블레이드의 하중을 지지하는 핵심적인 역할을 하는 Spar cap은 CFRP를 활용하여 수지를 주입하여 경화시키는 방식(resin-infusion)을 통해 제작된다. 하지만 이 방식은 공정 중 기공, 주름, 층간분리 등 초기결함이 발생될 수 있다. 이에 따라 균일하고 일정한 단면을 연속적으로 성형하는 펄트루전(pultrusion) 공정을 통한 일체형 Spar cap 제작이 요구된다. 펄트루전은 기계적 물성이 뛰어나지만 Spar cap의 카본 펄트루전 적층 시 블레이드 익형에 따른 비틀림으로 디본딩 및 층간분리 결함이 발생되는 문제점이 있다. 이에 카본 펄트루전 복합재를 활용하여 ASTM D5528과 ASTM D7905 규격을 기반으로 DCB(Double Cantilever Beam)와 ENF(End Notched Flexure) 시험편을 제작하여 Instron사의 만능재료시험기를 사용하여 Mode I(opening mode)과 Mode II(shearing mode)시험을 수행하였다. 이 후 산출된 하중, 변위, 균열성장길이 등의 관계를 통하여 층간파괴인성을 산출하였다. 이러한 기계적 물성을 기반으로 유한요소해석프로그램 ABAQUS를 통하여 해석적 분석 및 카본 펄트루전과 GFRP 재료 간의 층간분리 특성을 비교 분석하였다.

**Key Words :** 블레이드(Blade), 복합재료(Composite material), 층간파괴인성(Interlaminar fracture toughness), 펄트루전(Pultrusion), 풍력터빈(Wind turbine)

† Corresponding author, E-mail: kwkang68@kunsan.ac.kr

#### 후기

본 연구는 한국에너지기술평가원(KETEP)의 정부지원사업의 지원으로 수행된 연구(과제번호 : 20213030020120) 와 산업통산자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호 : 20011732, Commercial development of carbon pultrusion materials and rotor blade for 3MW large scale wind turbine).

# 대구경 파일 효과를 고려한 해상풍력터빈 지지구조물의 세굴 위험도 평가

## Scour Risk Assessment for Offshore Wind Turbine Support Structures Considering Large Pile Effect

김영진\*, 노덕부\*\*, 김동현\*\*\*†

Young-Jin Kim\*, Duc-Vu Ngo\*\*, Dong-Hyawn Kim\*\*\*†

\*군산대학교 해상풍력연구원, \*\*군산대학교 해양산업공학과, \*\*\*군산대학교 건축·해양건설융합공학부

**Abstract :** Currently, offshore wind turbines are increasing in capacity to secure economic feasibility. In order to support the offshore wind turbine, the support structure is also increasing in size, and the diameter of the pile is also increasing. The pile size would be so large that the flow is in the so-called diffraction (and hence unseparated flow) regime. Therefore, the vortex shedding and the horseshoe vortex are not present. However, observations do show that scour occurs also in this regime. Clearly, the scour in this case must be related to mechanisms other than the previously mentioned vortex-flow processes. Sumer and Fredsøe(2001) studied the scour in the laboratory around large vertical piles subjected to waves. Their work indicated that the wave-induced steady streaming near the pile may be a possible candidate responsible for the transport of the sediment away from the pile, eventually leading to the formation of scour holes. In this study, the probability distribution of scour depth is calculated using the relationship between KC and scour depth of Sumer and Fredsøe (2002), and scour risk assessment is performed using the scour fragility calculated through structural analysis. The model used for scour risk assessment was a 5.5MW offshore wind turbine, and a pentapod support structure equipped with a suction bucket was used as the support structure.

**Key Words :** 해상풍력터빈(Offshore wind turbine), 석션 버켓(Suction bucket), 세굴(Scour), 세굴취약도(Scour fragility curve), 대구경 효과(Large pile effect)

† Corresponding author, E-mail: eastlite@naver.com

### 후기

본 연구는 2022년도 산업통상자원부 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행되었습니다 (No. 20214000000180).

# 해상풍력발전단지 유지보수 작업인력 수송선(CTV)의 강화학습 기반 충돌 회피

## Collision Avoidance based on Reinforcement Learning of Offshore Wind Farm Crew Transfer Vessel(CTV)

김진균\*, 전해명\*, 노재규\*†

Jingyun Kim\*, Haemyung Chon\*, Jackyou Noh\*†

\*군산대학교 조선해양공학과

**Abstract :** 전 세계적으로 신재생 에너지에 관한 관심이 높아지고 이에 따라 우리나라 해상풍력발전단지 신규 설치를 계획하고 있다. 해상풍력발전단지의 관리를 위해 작업자는 유지보수 작업인력 수송선(CTV)을 이용해 해상풍력발전단지로 이동한다. 해상풍력발전단지는 풍력발전기 하부구조물로 인하여 발생하는 와류, 풍력발전기 하부구조물 사이의 간격, 입지 조건으로 인한 강한 풍속으로 인해 수송선의 운용이 타 환경보다 어렵다. 따라서 수송선 운항 중에는 환경적 조건으로 인해 타 선박, 해양구조물 등의 장애물과 충돌하는 사고가 발생할 수 있으며 특히, 항해사의 오판단, 경계 소홀 등이 발생하였을 경우 사고의 확률이 높아진다. 이러한 충돌 사고를 방지하기 위해 CTV에 자율운항시스템을 도입해 인적 원인에 의한 사고율을 줄이고자 한다. 본 연구에서는 CTV의 자율운항시스템 도입에 필요한 주요 기술 중 장애물과의 충돌을 회피할 수 있는 알고리즘을 제시하고자 한다. 특히, 강화학습 알고리즘을 사용해 장애물을 회피하는 알고리즘에 관한 연구를 수행하였다. 강화학습 알고리즘은 어떤 환경 안에서 정의된 에이전트가 현재 상태(State)를 인식하여 선택 가능한 행동(Action) 중 보상(Reward)을 최대화하는 행동을 취하는 알고리즘이다. 본 연구에서는 강화학습 알고리즘 중 Deep Q-Network(DQN) 알고리즘을 사용해 학습된 파라미터를 이용하여 장애물을 회피하는 방법을 제시하고자 한다. 본 연구에서 사용된 시뮬레이션 환경은 Python과 Pytorch를 사용해 구현하였으며 선박의 운동모델은 Nomoto 방정식을 이용하고, 조타기의 모델은 전동 유압식 조타기의 수학모델을 이용하였다. 구현한 시뮬레이션 환경에서 학습된 에이전트가 장애물을 회피하고 목적지에 도착하는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 추후 연구에서 소형 실증 선박 모형을 제작하여 에이전트를 이식해 장애물 회피 성능을 확인할 예정이다.

**Key Words :** 충돌 회피(Collision avoidance), 강화학습(Reinforcement learning), DQN(Deep Q-Network), 해상풍력발전단지(Offshore wind farm), 유지보수 작업인력 수송선(Crew Transfer Vessel)

† Corresponding author, E-mail: snucurl@kunsan.ac.kr

### 후 기

본 연구는 2023년도 산업통산자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20213030020120).

# 열화상을 이용한 풍력 블레이드용 탄소섬유복합재료의 파손 거동 연구

## A Study on Failure Behavior of Carbon Fiber Composite for Wind Turbine Blades using Thermal Imaging Technology

윤중훈\*, 박정완\*, 이상일\*\*†

Jung-Hun Yun\*, Jeong-Wan Park\*, Sang-II Lee\*\*†

\*군산대학교 기계공학과, \*\*군산대학교 풍력에너지학과

**Abstract :** As wind turbine blades become larger, the use of carbon fiber composite materials is gradually increased. The structural reliability of large carbon blades has been studied by many researchers. The fatigue characteristics of wind turbine blades are directly correlated with their lifetime. In order to analyze the damage and failure mechanisms of wind blades, it is very important to analyze their fatigue behavior. In this study, thermal images of the carbon fiber composite material was observed under fatigue load test, and then the correlation between the failure process and temperature change was analyzed. The specimens, specified in ASTM D3039, were used in this experiment. As a result of the thermal imaging measurement during the fatigue test, it was analyzed that the temperature change was generated from the frictional heat caused by the fatigue testing machine grips and the frictional heat due to internal damages of carbon fiber composite. As a result of the thermal imaging analysis, the temperature change gradually increased from the grips to the center of the specimen as the internal crack grew. In addition, The thermal behavior was analyzed to occur over two steps during failure process. After the first failure, the temperature continued to increase at the de-bonding point, whereas the temperature decreased at the delamination point. In this study, it was possible to find a correlation between temperature change and fatigue behavior of carbon fiber composites using thermal imaging technology. Further studies on other types of damage such as void, buckling and wrinkle of carbon fiber composites will be conducted using thermal imaging technology.

**Key Words :** 풍력 블레이드(Wind turbine blade), 구조 신뢰성(Structural reliability), 피로 특성(fatigue characteristics), 탄소섬유복합재료(Carbon fiber composite), 열화상 분석(Thermal imaging analysis)

† Corresponding author, E-mail: silee@kunsan.ac.kr

### 후기

본 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 지원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 : 20213030020120).

## 5MW급 풍력 블레이드 공력 설계 및 해석 연구

### A Study on Aerodynamic Design and Analysis of 5MW Class Wind Turbine Blade

이용규\*, 박현범\*†

Yonggyu Lee\*, Hyunbum Park\*†

\*군산대학교 기계공학부

**Abstract :** Recently, the renewable energy has been widely used as a wind energy and solar energy resource due to lack and environmental issues of the mostly used fossil fuel. In this situation, the interest in wind power has been risen as an important energy source. In this study, a high efficiency wind turbine blade was designed with the proposing aerodynamic design. The NACA 63-421 airfoil was used considering the characteristics such as Reynolds number, maximum lift coefficients, stall angle of attack, maximum lift-drag ratio, maximum thickness and so on. In order to evaluate the designed blade, the aerodynamic performance analysis were carried out, and the design requirements were compared with the analysis results.

**Key Words :** 풍력 발전(Wind turbine), 블레이드(Blade), 공력 설계(Aerodynamic design), 공력 해석(Aerodynamic analysis), 수평축(Horizontal axis)

† Corresponding author, E-mail: swordship@kunsan.ac.kr

#### 후기

본 연구는 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 : 20213030020380, 육상 풍력 운송 한계 돌파를 위한 70m이상 접착식 분리형 블레이드 개발).

# M&S기반의 풍력발전기 화재 감시시스템

## Surveillance System based on M&S for Wind Turbine

최정일\*, 주학림\*\*, 박채영\*\*\*, 정준영\*\*\*<sup>†</sup>

Jungil Choi\*, Helein Zhu\*\*, Chae-young Park\*\*\*, Jun-young Jeong\*\*\*<sup>†</sup>

\*(주)무하기술, \*\*(주)티인테크놀로지, \*\*\*한국남동발전(주)

**Abstract :** 환경문제로 인해 신재생에너지에 대한 관심 및 필요성이 높아지고, 풍력발전기 및 풍력발전단지의 보급이 점차 확대되고 있음에 따라 풍력발전기에 대한 안전사고 및 화재 사고 역시 매년 증가하는 추세이다. 국내 해상 풍력발전시설의 경우 2021년 까지 6건의 화재 사건이 발생하였고, 화재의 원인으로 기계적인 마찰, 낙뢰, 전기적 결함 등을 의심하고 있으나 현재까지 명확한 원인 규명이 어려운 상황이다. 여러 원인 요소 중 풍력발전기의 전력변환기에 대한 화재감시 시스템이 미비하여 화재 원인으로 의심되고 있으며, 집중적인 상태 감시의 필요성이 요구되고 있다. 본 연구개발은 풍력발전기의 전력변환기에 대한 모니터링 및 화재감시에 활용하기 위해 전력변환기의 컨버터, 인버터 및 기타 전력변환장치를 대상으로 Ansys 기반의 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 풍력발전기의 전력변환기의 시뮬레이션 구성을 위해 저항, 커뮤니케이터 등 기본 소자로부터 컨버터, 인버터, 제어 모듈 등에 대해 subcircuit화 구성을 통하여 풍력발전 전력변환기 직·병렬 구조에 대하여 대응 할 수 있는 시뮬레이션 구성을 진행하였다. 이를 통해 풍력발전기의 전력변환기에 대한 화재 감시시스템의 예측 모델에 대한 기능 구현에 활용할 수 있으며, 운전데이터를 통한 시험 및 성능 보완으로 풍력발전기의 화재 예방을 위한 전력변환기의 Digital FP&P 플랫폼 개발에 활용하고자 한다.

**Key Words :** 풍력발전시스템(Wind Power System), M&S(Modeling and Simulation), FP&P(Fire Prediction & Detection)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: jeong@koenergy.kr

### 후기

본 연구는 한국남동발전(주)의 2022년 현장기술연구개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

# 인젝터 홀 수에 대한 커먼레일 엔진의 배출가스 특성에 대한 실험적 연구

## Experimental Study on the Exhaust Gas Characteristics of a Common Rail Engine with the Number of injector holes

조건영\*, 신윤찬\*, 임철현\*, 양나래\*, 조홍현\*\*†  
Geonyoung Jo\*, Yunchan Shin\*, Cheolhyun Lim\*,  
Narae Yang\*, Honghyun Cho\*\*†  
\*(재)녹색에너지연구원, \*\*조선대학교

**Abstract :** 디젤기관(Diesel Engine)은 현재 선박, 기차, 자동차, 공장 등 산업 전반에 사용되고 있다. 디젤엔진은 연소효율 및 연료 경제성이 우수하여 많이 사용되고 있으며, 특히 우리나라에서는 그 보급비율이 다른 선진국에 비해 높은 편이다. 그러나 공해 물질인 PM, NOx 등 대기오염의 주범이 되고 있어 이를 위한 대체연료 등 다양한 효율적인 배기가스 저감 대책이 요구되고 있다. 최근 국제 유가의 급등과 자동차 배출가스 규제의 강화로 인하여 대체에너지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 디젤엔진의 연소실에서 사용되는 인젝터의 분사 홀의 개수 변화에 따른 커먼레일 디젤엔진의 배기가스 특성에 대한 분석을 수행하였다. 인젝터 홀의 개수에 따른 배기 가스 성분 분석 결과, 2500 rpm에서 HC 감소율은 5홀 인젝터에 비해 6홀 인젝터는 77.6%, 7홀 인젝터는 132.4% 감소하였으며, NOx는 5홀 인젝터에 비해 6홀과 7홀 인젝터에서 각각 7%와 27% 이상 감소되는 것을 확인하였다. CO<sub>2</sub>는 780 rpm에서 5홀 인젝터에 비해 6홀과 7홀 인젝터의 CO<sub>2</sub> 발생량이 60% 정도 적게 발생하는 것으로 나타났으며, CO는 5홀 인젝터에 비해 6홀과 7홀 인젝터는 1500 rpm과 2000 rpm에서 각각 0.018%와 0.01%의 CO 농도의 감소효과를 확인하였다.

**Key Words :** CO(일산화탄소), CO<sub>2</sub>(이산화탄소), Common rail engine(커먼레일 엔진), exhaust gas(배출가스), HC (탄화수소), Injector(인젝터), NOx(질소산화물)

† Corresponding author, E-mail: hhcho@chosun.ac.kr

### 후 기

이 논문은 2022년 전라남도와 전남테크노파크의 지역수요맞춤형 연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구와 한국전력공사(Korea Electric Power Corporation, KEPCO)의 Open R&D 지원에 의하여 이루어진 연구입니다(과제번호: R22EO01).

# 기상 데이터 및 환경데이터를 활용한 LSTM 기반 태양광 발전량 예측 시스템

## LSTM-based Solar Power Generation Prediction System using Weather Data and Environmental Data

유호균\*, 하태진\*\*†

Hogyun Ho\*, Taejin Ha\*\*†

\*(주)에스제이정보통신, \*\*(주)비온시이노베이터

**Abstract :** 최근 태양광 발전량 예측은 태양광 발전량 설비 시스템의 안정적인 작동을 위한 조정 계획, 설비 규격 설정 및 생산 계획 일정을 수립하기 위한 필수적인 요소로 고려된다. 특히 전력 그리드 운영, 발전소 운영 및 유지보수, 투자 결정을 하기 위해 태양광 발전량 예측은 매우 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 본 논문에서는 날씨, 발전량, 전압, 전류 등 다양한 데이터를 활용한 LSTM(Long-Short Term Memory) 기반의 태양광 발전량 예측 기법을 제안한다. 본 연구에서 제안한 모델을 기반으로 현재 운영 중인 태양광 발전소에서 발전량을 예측하는 실험을 수행하여 예측 프로그램에서 얻은 예측 발전량과 실제 측정된 발전량을 비교하였다. 그 결과 실제 발전량과 예측 발전량의 오차율은 2.523%를 보였다. 이는 제시한 발전량 예측 기법이 태양광 발전소에서 발전할 수 있는 발전량을 예측하는데에 매우 유용한 도구가 될 것으로 볼 수 있다.

**Key Words :** 태양광 발전량 예측(Prediction of Solar Power Generation), 장-단기 메모리(Long-Short Term Memory), 딥러닝(Deep learning), 시계열분석(Time Series Analysis)

† Corresponding author, E-mail: tjha@boncrnd.co.kr

### 후기

이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20213030160140, 신재생에너지 기반 마을 단위 스마트팜형 마이크로그리드 실증).

## 바이오디젤 생산을 위한 2종의 oleaginous microalgae의 직접-에스터전이반응 최적화

### Optimization of Direct-Transesterification of Two Oleaginous Microalgae for Biodiesel Production

김근호<sup>\*†</sup>, 양나래\*

Geun Ho Gim<sup>\*†</sup>, Na Rae Yang\*

\*(재)녹색에너지연구원

**Abstract :** Direct-transesterification condition was optimized for biodiesel production from the microalgal biomass, and the FAME(Fatty acid methyl ester) yields of the two microalgae were investigated under the optimal conditions, which were as follows: 10 g biomass was treated with 6.0 mL sulfuric acid and 8.0 mL chloroform and boiled at 200 °C for 60 min. Under this condition, 70 mL methanol for *B. braunii* LB572 and 35 mL methanol for *P. tricornutum* B2089 were added, respectively. The inner pressure in the reactor was found to be about 75 bar at the optimum temperature of 200 °C. In addition, FAME yield(from non-disrupted wet biomass) of *B. braunii* LB572 and *P. tricornutum* B2089 through this reaction were found to be 95.6 and 96.2%(of lipid), respectively.

**Key Words :** Oleaginous microalgae(유지 미세조류), direct-transesterification(직접-에스터전이반응), biodiesel(바이오디젤), Lipid(지질), FAME(지방산 메틸 에스터)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: ggh1242@gei.re.kr

#### 후기

This work was supported by the Green Energy Institute of the Republic of Korea (선행연구과제 2022-2-연구02)).

# 공기식 태양광/열 집열기 내 비균일 삼각 단면을 갖는 난류 촉진체에 의한 열전달 및 압력강하 성능 분석

## Analysis of the Heat Transfer and Pressure Drop by the Turbulator Having a Non-uniform Triangular Cross-section in Air-type PV/T Collector

김성빈\*, 문광암\*, 최휘웅\*\*, 최광환\*\*\*†

Seongbin Kim\*, Kwangam Moon\*, Hwiung Choi\*\*, Kwanghwan Choi\*\*\*†

\*부경대학교 냉동공조공학과 대학원, \*\*부경대학교 산학협력단, \*\*\*부경대학교 냉동공조공학과

**Abstract :** The photovoltaic/thermal (PV/T) collector is the collector, which prevents a decrease in its electrical efficiency as reduce the temperature of the photovoltaic (PV) cell using the fluid. The air-type PV/T collector use an air as a fluid, but the thermal efficiency of this collector is commonly lower than other type of collector. Thus, the improvement of thermal efficiency of the air-type PV/T collector is important. In this study, as one of the methods for improving thermal efficiency of the collector, the heat transfer enhancement and pressure drop by the turbulator having a non-uniform triangular cross-section in PV/T collector were analyzed. The results were obtained by using the computational fluid dynamics analysis. As a results, the Nusselt number(Nu) and friction factor(f) were improved by 1.45 and 5.03 times, respectively, over smooth air channel. The maximum thermal hydraulic performance parameter, which consider both the enhancement in heat transfer and pressure drop increase, was found to be 1.22. In addition, the correlations for Nu and f have been developed as a function of geometric conditions of the turbulator. The result showed that the developed correlation could predicted the simulated values with mean absolute percentage error of 3.24% and 5.31% for Nu and f, respectively.

**Key Words :** 태양광/열 집열기(PV/T), CFD(Computational fluid dynamics), 열 전달(Heat transfer), Nu수(Nusselt number), 마찰계수(Friction factor)

† Corresponding author, E-mail: choikh@pknu.ac.kr

## 태양광 잠재량 시계열 변화특성 분석

### Photovoltaic Potential Time Series Change Analysis

윤창열\*, 김진영\*, 임덕오\*\*, 조상민\*\*, 김현구\*, 강용혁\*†  
Changyeol Yun\*, Jinyoung Kim\*, Deokoh Lim\*\*, Sangmin Cho\*\*,  
Hyungoo Kim\*, Younghaeck Kang\*†

\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실, \*\*에너지경제연구원 재생에너지정책연구팀

**Abstract :** 태양광 설비보급 확대를 위해 다양한 정책이 검토되고 있으며, 이러한 분석과정에서 태양광 잠재량 수치가 많이 인용되고 있다. 대표적인 잠재량 연산모델로 한국에너지기술연구원-에너지경제연구원의 연산모델이 있으며, 매 2년마다 한국에너지공단의 신재생에너지백서를 통해 수치를 공개하고 있다. 한국에너지기술연구원-에너지경제연구원 모델에서 태양광 설비 잠재량에 영향을 주는 주요 인자로 1)토지활용성과 관련한 배제지역(설비 설치 불가지역)과 2)경제성과 관련한 잠재량 인자(SMP, REC, 설비 설치가격/유지보수가격, 토지임대가 등)가 있다. 해당 데이터들은 적용시점에 따라 계속 변화되고 있는 모습이다. 본 연구에서는 개별 연산인자의 민감도를 분석하고, 특히 일사량, 토지임대가격의 변동에 따른 잠재량 분포 변화특성을 조사하였다.

**Key Words :** 태양광(Photovoltaic), 잠재량(Potential), 시계열(Time Series)

† Corresponding author, E-mail: yik@yhkang@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(C3-4334).

# 음영 면적을 고려한 고층 건물의 외벽 태양광 발전 잠재량 평가

## Evaluation of Building-Integrated Photovoltaics Potential in the Facades of Tall Buildings by Calculating Shadow Coverage

구지윤\*, 김채연\*, 박형동\*\*,\*\*\*†

Jiyoung Ku\*, Chaeyun Kim\*, Hyeong-Dong Park\*\*,\*\*\*†

\*서울대학교 에너지시스템공학부, \*\*서울대학교 에너지자원공학과,

\*\*\*서울대학교 에너지자원신기술연구소

**Abstract :** 국내에서는 2020년부터 연면적 1,000 m<sup>2</sup> 이상 공공건물을 대상으로 에너지 자립률에 기반한 제로에너지건축물 인증제를 도입해 시행하고 있으며, 2024년에는 적용 대상을 동일 면적의 민간 건물 및 공동주택까지 확대할 계획이다. 이에 에너지를 자체적으로 생산하기 위해 태양광 패널을 건물 옥상, 측면 등에 통합하는 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV, Building-Integrated Photovoltaics)에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 건물 외벽에 부착하는 옆면 태양광의 경우, 고층 건물이 많은 국내에서 활용성이 높을 것으로 예상된다. 특히 태양 고도각이 낮은 겨울철의 경우 일반적으로 옆면 태양광 발전량이 증가하지만, 음영이 길어지므로 발전량 저감 영향을 고려해야 할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 건물 외벽에서 계절과 시간에 따라 변화하는 그림자 면적을 계산하여 BIPV 잠재성을 평가하였다. 아파트 단지를 대상으로 그림자 유무에 따른 시간별 예상 발전량을 산출하였으며, 일반적으로 태양광 패널을 설치하는 남쪽 방향 외에도 이른 오전과 오후에 일사량이 풍부한 동쪽, 서쪽 면의 활용 가능성을 조사하였다. 본 연구의 그림자 투영 연산은 주변 지형의 영향을 받는 다양한 태양광 발전 계획에 확장 적용할 수 있다.

**Key Words :** 태양광(Potovoltaics), 건물일체형 태양광발전시스템(Building-integrated photovoltaics), 그림자 영향(Shadow effect), 태양 위치(Sun position)

† Corresponding author, E-mail: hpark@snu.ac.kr

### 후기

본 연구는 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (2021060003, 스마트 마이닝 전문 인력 양성).

본 연구는 산업통상자원부 지원 한국에너지기술평가원의 인력양성사업 기금으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 탄소중립을 위한 경상남도 에너지 자립마을 선도모델 연구

### A Study on a Leading Model for Energy Self-sufficient Villages in Gyeonam Province for Carbon Neutrality

김수환\*, 신승구\*\*, 박종성\*\*<sup>†</sup>

Suhwan Kim\*, Seonggu Shin\*\*, Jongsung Park\*\*

\*경상국립대학교 미래융복합기술연구소, \*\*경상국립대학교 에너지공학과

**Abstract :** 정부에서는 기후변화로 인한 국내 피해를 최소화하고, 국제사회의 책임 있는 일원으로서 기후위기 대응을 위해, 2017년 ‘재생에너지 2020 이행계획’, 2021년 ‘NDC 상향’, ‘2050 탄소중립’ 등에 따라 재생에너지 발전량 비중을 상향 조정하는 추세이다. 경남도는 정부 재생에너지 확대 정책에 동참하고자, 2020년 ‘제6차 경남 지역에너지계획’, 2020년 ‘재생에너지 보급 목표 수정 계획’ 등 재생에너지 발전량 비중을 확대하였다. 본 연구에서는, 한 마을 공동체에서 목표 자립률 달성을 위해 설치해야 할 신재생에너지 발전설비(태양광, 바이오가스 시설)의 규모 및 필요한 자본 금액 예측, 또는 자본 투입량 대비 달성 가능한 자립률의 추정치를 예측하는 수학적 모델을 제시하였으며, 마을 유형에 따라 농산촌형, 어촌형, 도시형 에너지자립마을으로 구분하며, 미래 기술이 아닌 현재 바로 설치 가능한 신재생에너지 설비를 중심으로 모델링하였다. 또한, 에너지자립마을의 경제성 및 파급효과 분석: 에너지원(바이오, 태양광)별 자립마을 적합도 분석, 에너지원별 발전비용 및 경제적 파급효과 분석을 통해 재생에너지 적용 가능성을 검토하였다. 또한 친환경 관광산업과 연계한 특화자원 발굴 모델을 김해시, 거제시 사례를 통해 제시하였다.

**Key Words :** Energy self-sufficient village(에너지자립마을), carbon neutrality(탄소중립), PV system(태양광 시스템)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: j.park@gnu.ac.kr

RER-P-4

# 일사량 및 수치예보 데이터 활용 태양광 발전량 예측 모델링

## Prediction Modeling of Photovoltaic Power Generation Using Solar Irradiance and Numerical Weather Predictions

이제현\*, 윤창열\*\*†, 오명찬\*\*, 김보영\*\*, 김현구\*\*, 강용혁\*\*

Jehyun Lee\*, Chang-Yeol Yun\*\*†, Myeongchan Oh\*\*, Boyoung Kim\*\*, Hyun-Goo Kim\*\*, Yong-Heack Kang\*\*

\*한국에너지기술연구원 계산과학연구실, \*\*한국에너지기술연구원 신재생자원지도연구실

**Abstract :** 본 연구에서는 2021년 4월부터 12월까지 9개월간의 데이터를 사용하여 태양광 발전량 예측 머신 러닝 모델을 개발하였다. 하루 4차례 공표된 48시간 수치예보(NWP)데이터 10종과 태양 일주운동 및 GHI, DNI, DHI 등 일사량 데이터를 획득해 예측 인자로 사용하였다. 수집된 데이터의 발전량 불균형이 심각하여 under sampling을 통해 이를 해소하려는 시도를 진행했으며, elastic net과 xgboost random forest 등 여러 종류의 선형 및 트리 모델을 활용해 불균형 및 과적합 문제를 일부 해소하였다. 최종적으로 4종의 트리 모델을 앙상블하여 평균절대오차(MAE) 기준 39.7 ( $R^2 = 0.88$ )을 확보하였으나 한편으로 야간 등 발전량 0 부근에 밀집된 데이터 불균형으로 인해 평균 제곱근 오차(RMSE) 기준으로는 83.4로 다소 높게 평가되었다. 본 연구를 통해 신속하고 정확한 태양광 발전량 예측에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**Key Words :** 태양광 발전(Potovoltaics), 수치 예보(Numerical Weather Prediction), 머신 러닝(Machine Learning), 앙상블 모델링(Ensemble Modeling)

† Corresponding author, E-mail: yuncy@kier.re.kr

### 후기

본 연구는 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받았으며, 또한 한국에너지기술연구원 주요사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : KIER C2-4334, C3-2449).

## 배터리 내부 임피던스 계측을 통한 ESS 이상징후 사전 감지에 대한 연구

### A Study on Early Detection of Abnormalities in Energy Storage Systems through Measurement of Internal Impedance of Batteries

추문식\*, 정종윤\*, 송성근\*, 안정훈\*†

Moonsik Chu\*, Jeong Jong Yun\*, Sunggeun Song\*, Jung-Hoon Ahn\*†

\*한국전자기술연구원

**Abstract :** 최근 정부의 신재생 에너지정책으로 인해 PV 연계 ESS의 설치가 증가하고 있다. 하지만 ESS에서 다수의 화재가 발생하였고, 그 중 PV와 연계된 시스템에서 일반 퍽크 저감용 ESS보다 많은 화재 사고가 발생하고 있다. 화재 사고는 배터리(ESS)의 결함, 전력변환장치(PCS) 결함, 관리 장치(BMS, PMS)의 결함 등 다양한 문제점들이 존재하고 있다. 본 논문에서는 배터리 셀 단위로 내부 임피던스를 측정해 이상징후를 사전에 감지하여 화재를 방지하거나, 원인분석에 활용할 수 있는 방안을 제시한다. 배터리 셀 내부의 임피던스 증가와 변화는 전류가 흐를 때 발생하는 전압 손실과 같이 배터리의 동작과 성능에 큰 영향을 미친다. 그러므로 배터리의 충/방전 속도, 발생하는 열의 양, 에너지 저장 성능의 노화, 에너지 출력성능의 변화를 측정하기 위해 내부 임피던스 계측이 필요하다. 따라서 내부 임피던스를 측정하기 위해 ESS 내부상태 계측 보드를 제작해 실제 배터리 모듈에 적용하여 개별 배터리 셀 내부 저항을 측정하였다.

**Key Words :** ESS(Energy storage system), PCS(Power conversion system), BMS(Battery management system), PMS (Power management system), 배터리 셀 내부 임피던스(The internal impedance of a battery cell)

† Corresponding author, E-mail: jhahn@keti.re.kr

#### 후 기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20206900000020).

## 금속-고분자 라미네이트 실링 기술의 수분 투과도와 해수이차전지 수명 간 관계 연구

### The Study of Relationship Between Water Permeability and Cycle Performance of Rechargeable Seawater Battery with Metal-polymer Laminate Sealing Technology

김동준\*, 박정선\*†

Dongjun Kim\*, Jeong-Sun Park\*†

\*주식회사 포투원

**Abstract :** 해수이차전지는 해수를 양극으로 사용하는 차세대 이차전지로, 해수의 무한한 나트륨 이온을 매개로 하여 높은 가격경쟁력과 열 안정성 및 높은 에너지밀도를 갖는다. 해수이차전지 단 셀은 컨셉 증명을 위한 코인형 플랫폼을 시작으로 에너지 집적화를 위한 파우치형 플랫폼과 각형 플랫폼이 개발되었다. 해수를 포함하는 해수이차전지의 셀 플랫폼은 유기 전해액을 포함하는 음극부가 해수의 수분으로부터 보호되어야 하므로 음극부의 방수 실링 기술이 필수적이다. 이를 위해 금속-고분자 기반의 라미네이팅 실링 기술을 바탕으로 셀 플랫폼이 설계되어 왔으나, 이에 대한 수분 투과도와 셀 성능간의 상관관계에 대한 연구는 수행된 바가 없다. 본 연구에서는 라미네이팅 실링 기술을 기반으로 한 해수이차전지 각형 셀 플랫폼의 수분 투과도에 대해 정량적으로 측정했고, 수분 투과도에 따른 해수이차전지 유기 전해액의 열화 정도를 측정했다. 나아가 수분 투과도와 해수이차전지 수명 특성간의 관계를 기술한다.

**Key Words :** 해수이차전지(Rechargeable seawater batteries), 유기 전해액(Organic electrolyte), 금속-고분자 적층(metal-polymer lamination), 수분 투과도(Water permeability), 수명(Cycle life)

† Corresponding author, E-mail: jspark9191@4toone.com

#### 후 기

본 연구는 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (과제번호 : 56101-00040).

## 귀금속 나노입자가 확산된 탄소나노월의 특성 분석

### Analysis of Properties in Carbon Nanowalls with Noble Metal Nanoparticles Spreaded

김철수\*, 김강민\*, 신규리\*\*, 김정현\*\*, 김도영\*\*\*, 최원석\*†

Chulsoo Kim\*, Kangmin Kim\*, Kyuri Shin\*\*, Junghyun Kim\*\*,

Doyoung Kim\*\*\*, Wonseok Choi\*†

\*국립한밭대학교 전기공학과, \*\*국립한밭대학교 신소재공학과, \*\*\*울산과학대학교 전기전자공학부

**Abstract :** 탄소나노월 (Carbon nanowall; CNW)은 탄소기반 나노물질 중에서 반응표면적이 가장 크며 우수한 강도 및 전기 전도성을 갖는 촉망받는 물질이다. 본 연구에서는 CNW의 응용을 위한 귀금속 나노입자가 분산된 CNW의 특성을 분석하였다. CNW은 메탄( $\text{CH}_4$ )과 수소( $\text{H}_2$ )의 혼합가스와 microwave plasma enhanced chemical vapor deposition (MPECVD)을 사용하여 성장하였으며, 200 W의 고주파 전력에서 플라즈마 처리를 통해 표면을 개질하였다. 이후 Ag 및 Pt 나노입자는 수분산법과 열처리를 통하여 CNW에 확산시켰다. 귀금속 나노입자가 확산된 CNW의 형상, 성분 및 구조 분석은 각각 field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), energy dispersive spectroscopy (EDS), Raman 분광법을 통해 수행하였으며 홀 측정 시스템을 사용하여 전기적 특성을 분석하였다. 이러한 연구는 CNW의 응용을 위한 나노입자 합성 방법을 제공하며 2차 전지 음극활물질로 적용이 가능하다.

**Key Words :** 귀금속 나노입자 (Noble metal nanoparticles), 탄소나노월 (Carbon nanowall), 확산 (Spreaded), Microwave plasma enhanced chemical vapor deposition

† Corresponding author, E-mail: wschoi@hanbat.ac.kr

# 탄소나노섬유가 방사된 탄소나노월 전극의 특성 분석

## Properties Analysis of Carbon Nanofiber Spun to Carbon Nanowall Electrode

김강민\*, 김철수\*, 강현일\*, 최원석\*†

Kangmin Kim\*, Chulsoo Kim\*, Hyunil Kang\*, Wonseok Choi\*†

\*국립한밭대학교 전기공학과

**Abstract :** 본 연구에서는 리튬 이온 배터리의 음극재에 활용하기 위해 전기 방사기와 마이크로웨이브 plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD) 시스템, 그리고 열처리를 통해 탄소나노섬유 (Carbon naofibers; CNFs)/탄소나노월 (Carbon nanowall; CNW) 구조의 새로운 복합재를 제작하였다. CNW는 마이크로웨이브 PECVD를 메탄 ( $\text{CH}_4$ )과 수소 ( $\text{H}_2$ ) 반응가스를 사용하여 합성하였다. CNF를 제작하기 전 나노섬유의 방사 용액은 Polyacrylonitrile (PAN), N-Methyl-2-Pyrrolidinone (NMP), Methyl Ethyl Ketone (MEK), N,N-Dimethyl Formamide (NMP)의 시료를 교반하여 바인더가 포함된 용액을 제조하였다. 이후 합성된 CNW 위에 전기 방사기를 사용하여 교반된 고분자 용액을 분사시켜 나노섬유를 제조하였다. 그다음, 탄화 과정을 거쳐 CNF를 제조하였다. 탄소나노소재로 성장 및 합성된 음극활물질의 표면 및 단면 상태를 확인하기 위하여 field emission scanning electron microscope (FE-SEM)을 사용하였고, 구조적 특성을 알아보기 위해 Raman 분광기를 사용하였다. 그리고 Hall measurement 분석을 통해 전기적 특성을 확인하였다. CNW의 특징인 넓은 표면적으로 인하여 에너지 저장 장치인 리튬 이온 배터리의 음극재에 사용되었을 때 빠른 리튬 이온 전자의 이동도를 갖기에 우수한 음극활물질로 기대된다.

**Key Words :** 탄소나노월 (Carbon nanowall), 탄소나노섬유 (Carbon nanofiber), 음극재 (Anode materials), 전기방사 (Electrospinning)

† Corresponding author, E-mail: wschoi@hanbat.ac.kr

## 블루배터리 전극의 스페이서 유효 면적에 따른 충방전 성능 비교

### Comparison of Charge and Discharge Performance according to Spacer Effective Area of Blue-battery Electrode

이채연\*, 서보석\*, 이동건\*\*,\*\*\*, 황규철\*\*\*\*, 김한기\*\*\*<sup>†</sup>

Chaeyeon Lee\*, Bosuk Seo\*, Dong-Gun Lee\*\*,\*\*\*,

Gyou Cheol Hwang\*\*\*\*, Hanki Kim\*\*\*<sup>†</sup>

\*제주대학교 환경공학과, \*\*제주대학교 에너지화학공학과,

\*\*\*한국에너지기술연구원 제주글로벌연구센터 해양융복합연구팀, \*\*\*\*한국에너지기술평가원

**Abstract :** 제주는 2030년까지 도내 화석연료의 사용 ‘0’을 목표하는 ‘탄소 없는 섬(Carbon Free Island) CFI 2030’을 추진 중이다. 제주는 신·재생에너지원으로 도내 소비전력을 100% 대응하기 위하여 신재생에너지 설비용량을 지속하여 증가시켰으며, 2022년 기준 제주의 신·재생에너지 비중은 전체 에너지의 18.3%로 전국 1위로 올라섰지만 ‘출력제어’ 문제가 발목 잡고 있다. ‘출력제어’는 재생에너지 생산량이 수요량을 넘어서 과부하 및 정전이 우려될 때 강제로 발전을 중단하는 조치다. 제주에서 2015년 처음 발생한 재생에너지 출력제어는 2022년 기준 총 132회가 발생하였으며, 2034년 기준 제주 출력제어 조치는 연간 326회, 손실액 5,100억 원으로 예상된다. 현재 출력제어를 예방하기 위한 다양한 대용량 에너지저장장치가 개발되고 있다. 그중 하나인 해수 기반 산-염기 흐름전지는 흔히 ‘블루배터리’라고 부르며, 충전과정에서 해수 내 염분을 양전해질 및 음전해질로 분리하여 재생에너지를 저장, 방전과정에서 양전해질 및 음전해질의 혼합엔탈피를 전기화학적으로 전환하여 전기를 생산한다. 블루배터리는 리튬 기반 에너지저장장치와는 다르게 해수를 이용하여 화재 발생 위험성을 원천적으로 배제할 수 있고 무한 청정한 원료를 이용하여 경제적이다. 본 연구에서는 전극 스페이서 유효 면적별 단위 셀 성능을 평가하였으며, 이를 이용하여 재생에너지 저장 시 경제성을 분석하고 출력제어 문제 대응 방안을 모색하였다.

**Key Words :** 에너지저장장치(Energy storage system), 출력제어(curtailment), 대용량(Large capacity), 해수(Sea water)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: hankikim@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 연구개발특구진흥재단 ‘지역의 미래를 여는 과학기술 프로젝트’의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 2022-DD-UP-0308-01-101).

## 블루배터리 단위 셀에서 유량에 따른 충방전 성능 비교

### Comparison of Charge and Discharge Performance according to Flow Rate in Blue-battery unit Cell

서보석\*, 이채연\*, 이동건\*\*,\*\*\*, 황규철\*\*\*\*, 김한기\*\*\*<sup>†</sup>

Bosuk Seo\*, Chaeyeon Lee\*, Dong-Gun Lee\*\*,\*\*\*,

Gyou Cheol Hwang\*\*\*\*, Hanki Kim\*\*\*<sup>†</sup>

\*제주대학교 환경공학과, \*\*제주대학교 에너지화학공학과,

\*\*\*한국에너지기술연구원 제주글로벌연구센터 해양융복합연구팀, \*\*\*\*한국에너지기술평가원

**Abstract :** 탄소중립 목표를 달성하기 위해 신재생 에너지 보급 확대와 재생 에너지 저장 기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 제주특별자치도의 신재생에너지 발전비중이 평균18%(2021년 기준)으로 높은 수준을 보이고 있지만, 기존의 태양광 및 풍력발전은 기상에 영향을 받아 변동성이 크며 전력 수요 및 공급 간의 불균형에 의해 출력제한 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 대용량 에너지 저장 기술이 대두되고 있다. 출력제한 문제를 해결할 뿐만 아니라 해수를 직접 이용하여 에너지를 저장하므로 화재위험을 배제할 수 있고 저장 용량을 늘려 많은 에너지를 저장할 수 있다. 본 연구의 충/방전 시스템은 산과 염기의 반응을 이용하여 에너지를 생산하고(방전), 해수를 산과 염기로 이온 분리하여 에너지를 저장(충전)하는 원리이다. 양이온 교환막과 음이온 교환막이 접합되어 샌드위치 형태로 구성되며, 그 사이는 가스켓으로 구분하여 스페이서를 통해 유체가 흐를 수 있는 공간을 만들어주어 각 이온교환막이 서로 다른 특성의 전하를 선택적으로 투과하게 한다. 이전 연구들에서 이온교환막 등 스택의 구성 차이가 성능에 영향을 주는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 유량에 따른 충·방전 시스템의 성능을 평가하고 분석하였다.

**Key Words :** 출력제한(Curtailment), 에너지저장기술(Energy storage system), 해양에너지(Marine energy)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: hankikim@kier.re.kr

#### 후기

본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단 ‘해수이용 CO2-전력 동시저장 융합시스템 구현을 위한 미래원천기술개발’의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : NRF-2022M3C1A3081432).

## 배터리 이상징후 사전감지를 위한 계측기술

### Measuring Technology for Pre-detecting Anomaly Signs of Thermal Runaway in Lithium-ion Batteries

임병주\*, 조성훈\*, 최석민\*, 이가람\*.\*\*, 박창대\*.\*\*†

Byung-Ju Lim\*, Sung-Hoon Cho\*, Seok-Min Choi\*,

Ga-Ram Lee\*.\*\*, Chang-Dae Park\*.\*\*†

\*한국기계연구원, 고효율에너지기계연구본부, 신에너지플랜트연구실,

\*\*과학기술연합대학원대학교, 플랜트기계공학과

**Abstract :** 리튬이온 배터리는 휴대용 장치부터 전기 자동차에 이르기 까지 인간의 생활에 깊숙이 적용되고 있다. 뿐만 아니라 신재생에너지나 발전소의 잉여에너지를 저장하는 수단으로도 활용되고 있어 향후 탄소중립을 위한 필수 기기중 하나라고 볼 수 있다. 그러나 리튬이온 배터리의 열폭주 문제는 지속적으로 발생하고 있어 사용에 큰 위협이 되고 있다. 따라서 배터리의 열폭주를 사전에 감지하고 제어할 수 있다면 안전성을 높일 수 있을 것이다. 본 연구에서는 열폭주를 발생시키는 대표적인 오용조건을 인가하여 열폭주가 발생하는 과정에서 다양한 환경변수를 측정하고, 각 변수들의 특징을 분석하였다. 열폭주는 크게 초기단계, 가스분출단계, 점화단계로 구분할 수 있으며 해당 단계를 대표할 수 있는 환경 변수 값이 존재하였다. 모든 단계에서 가장 대표적으로 사용할 수 있는 환경변수 값은 온도로 나타났다.

**Key Words :** 열폭주(thermal runaway), 리튬이온 전지(Lithium ion battery), 이상징후(Anomaly sign), 사전감지 (pre-detection)

† Corresponding author, E-mail: parkcdae@kimm.re.kr

#### 후 기

본 연구는 산업자원통상부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20206900000020, 20203040010240).

S2H-P-1

# 수소 생성 광촉매 효율 향상을 위한 티타늄 퍼옥소/인 이종구조 설계 및 합성

## Design and Synthesis of Ti-peroxo/phosphorus Heterostructures for Enhanced Photocatalytic Hydrogen Evolution

정낙현\*, 이재형\*†

Rak Hyun Jeong\*, Jae Hyung Lee\*\*†

\*성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과

**Abstract :** For the heterojunction composite photocatalyst, the contact interface is the key to charge carrier separation conditions. In order to present novel research through the interaction between these interfaces, the Ti-based peroxo complex (TP)/red phosphorus (RP) composite system was introduced and designed to improve carrier separation and transport properties during photocatalytic hydrogen evolution. In this study, we have successfully synthesized TP/RP by facile solution process through stirring at room temperature and pressure. Regarding the specific surface area, which is one of the important factors in the photocatalytic activity, it was confirmed that the specific surface area of the TP ( $166.4 \text{ m}^2/\text{g}$ ) and TP/RP ( $281.4 \text{ m}^2/\text{g}$ ) samples was dramatically improved as the particle surface was oxidized based on  $\text{TiH}_2$  ( $0.613 \text{ m}^2/\text{g}$ ), the precursor. And the photo-induced charge carrier life time of the TP/RP was extended by approximately 60% compared to the conventional TP. Finally, excellent research results were obtained in which the photocatalytic hydrogen evolution efficiency ( $17.05 \text{ mmol/h}$ ) under visible-light irradiation (200 W Xenon lamp) was improved by about 3 times than that of the conventional TP sample ( $5.26 \text{ mmol/h}$ ).

**Key Words :** 표면 산화(Surface oxidation), 이종구조 복합체(Heterostructure composite), 가시광 광촉매(Visible-light photocatalyst), 수소 생성 (Hydrogen evolution)

† Corresponding author, E-mail: jaehyeong@skku.edu

### 후 기

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(과제번호: 2020R1A2C1011764).

## Type 4 비정형 복합재 수소압력용기의 점진적 파손 특성 평가

### Evaluation of Progressive Failure Characteristics of Type 4 Atypical Conformal Hydrogen Pressure Vessel

전병욱\*, 김장혁\*\*\*, 최찬웅\*\*, 강기원\*\*\*<sup>†</sup>

Byung-Wook Jeon\*, Jang-Hyuk Kim\*\*\*, Chan-Woong Choi\*\*, Ki-Weon Kang\*\*\*<sup>†</sup>

\*군산대학교 복합재료연구센터, \*\*(재)자동차융합기술원, \*\*\*군산대학교 기계공학과

**Abstract :** Recently, the world is facing the risk of environmental pollution and energy crisis, so various new and renewable energies such as hydrogen energy, solar thermal energy, hydro energy, and wind energy have been developed. In particular, hydrogen energy is being replaced by energy in various fields due to advantages such as high energy efficiency, eco-friendliness, and reproducibility. In order to use hydrogen energy, in the automobile industry, research and development for a hydrogen composite pressure vessel in the form of a cylinder that can store hydrogen energy for commercial vehicles and passenger vehicles is in progress. However, there is a limitation in space utilization due to conventional hydrogen pressure vessel to a passenger car with space limitations. For this, researches on hydrogen composite pressure vessel, a new structure that can efficiently use space, have been conducted. This atypical conformal hydrogen composite pressure vessel is a major component that must withstand high pressure, but an internal damage or crack propagation occurs due to the cycle of charging and discharging during its life cycle. However, there is few researches on an atypical conformal hydrogen composite pressure vessels. In this paper, progressive failure was performed on the atypical hydrogen composite pressure vessel using the Puck's theoretical failure criterion. First, finite element analysis was performed on the Type 4 atypical conformal hydrogen composite pressure vessel with the working pressure of 70MPa using the commercial software, ABAQUS. The maximum pressure of 160MPa was applied to the inside of the atypical conformal hydrogen composite pressure vessel in consideration of safety margin. Through this, structural safety evaluation of the atypical conformal hydrogen composite pressure vessel was performed, and the location of initial failure was identified based on the failure criterion Puck's theory. In addition, the tendency of failure was analyzed by performing progressive failure analysis in which damage increases.

**Key Words :** 비정형 복합재 수소압력용기(Atypical conformal hydrogen composite pressure), 필라멘트 와인딩 (Filament winding), 점진적 파손해석(Progressive failure analysis), 퍽 이론(Puck theory),

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: kwkang68@kunsan.ac.kr

#### 후기

본 연구는 산업통상자원부와 한국 산업기술평가원이 지원하는 산업기술혁신사업(No. 20011920) 및 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 상용차산업 혁신성장 및 미래형 산업생태계 구축사업(No. P0018569)의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다.

# **2023 한국태양에너지학회**

## **춘계학술발표대회**

**2023 KSES Annual Spring Conference**

**발행처 :** 한국태양에너지학회

주소 : 30127 세종특별자치시 한누리대로 249, 에스제이타워 804호(나성동)

전화 : 044-864-1977 팩스 : 044-864-1978

E-mail : solar@kses.re.kr

**발행일 :** 2023년 4월 19일

**발행인 :** 임동건

**인 쇄 :** (주)에이피브

전화 : 02-2274-3666 팩스 : 02-2274-4666

## 주최



**한국태양에너지학회**  
THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY

## 후원

한국에너지공단

한국에너지기술연구원

한국태양광공사협회

한국태양열융합협회

## 협찬 및 특별회원사

금강전기산업(주)

(주)나인테크

뉴에너지(주)

(주)대신에스앤비

라씨

(주)맥사이언스

(주)비앤피인스트루먼트

선다코리아(주)

(유)솔라엣지테크놀로지스코리아

(주)아스트로텍

(주)에스알에너지

(주)에스지에너지

(주)엘에이티

(주)원광에스엔티

(주)제이에이치에너지

(주)코텍에너지

한화큐셀

한국남동발전(주)

(주)해모아에너지

(주)해인기술

성균관대학교 산업전자응용연구소

인천대학교 차세대에너지융합연구소

한국교통대학교 태양광기술연구소

한국기계연구원 신에너지플랜트연구실

## 전시기업

(주)비앤피인스트루먼트

(주)그랜드썬기술단

(주)에스지에너지

(주)에스앤지에너지

(주)야베스

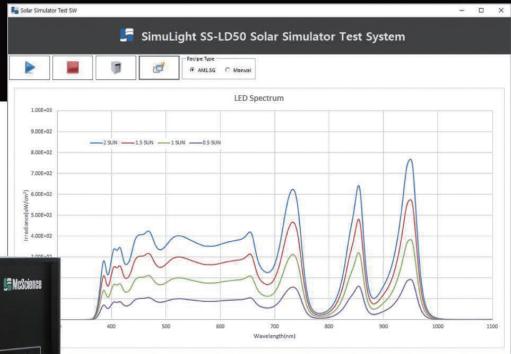


**SimuLight LED50 / 150 / 300**

## LED Solar Simulator (MPPT 포함)

LED Solar Simulator는 복수의 LED를 광원으로 사용하는 인공 태양광원 제품으로써, IEC 60904-9, ASTM E927 그리고 JIS C8912 등에서 규정하는 인공 태양광원의 국제 품질 규격을 준수합니다. 스펙트럼 일치도, 조사 면적 균일도, 광 안정도의 성능 모두 A 등급을 만족하여, 태양전지의 효율 측정 장시간 신뢰성 평가에 적용할 수 있습니다. 추가적으로, 개별 LED 구동 전류를 제어하는 방식으로 전체 조사 스펙트럼 분포 및 광량을 변경할 수 있는 기능을 제공합니다.

**Multi-LED** + **Class AAA** + **Controllable** + **Spectrum** + **Irradiance**



- Solar Simulator
- Multiple LED Light Source
- Class AAA Performance
- Solar Cell Efficiency Measurement
- PV Device Long Term Test
- Controllable Spectrum & Irradiance



LED Solar Simulator(SS-LED150)

LED Solar Simulator(SS-LED300)



## 회사 소개



(주)에스지에너지는 2019년에 설립한 BIPV 전문 제조기업으로서, BIPV 컨설팅-설계-제조-시공 등 Total solution을 제공하고 있습니다. 또한 핵심 역량을 보유한 인력들로 구성되어 제품의 loss를 최소화하고, 고객의 요구에 신속하게 대응할 기반을 갖추고 있습니다. 독자적으로 개발한 컬러 BIPV 모듈은 상용화 단계까지 진입하여 국내에서 가장 많은 납품 현장을 보유하고 있으며, 전문 인력의 지속적인 개발로 BIPV 전문 기업으로서 성장해 나가고 있습니다.

## 사업 분야

## 모듈 제조 / 판매

BIPV 모듈  
컬러 BIPV 모듈  
일반 PV 모듈  
태양광 루버  
태양광 가로등 모듈

## 프로젝트 사업

EPC.  
현지 맞춤형  
태양광시스템 디자인  
사후관리 및 모니터링

## 지원사업

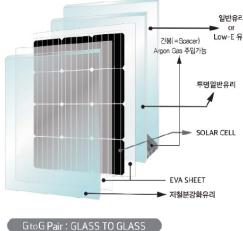
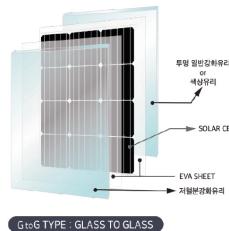
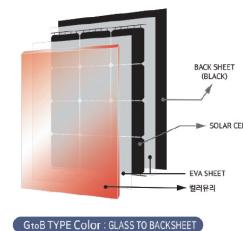
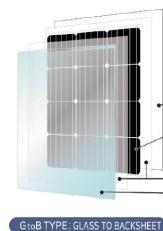
건물지원  
(BIPV 보급사업)  
주택지원  
설치의무화

## 스마트에너지신산업

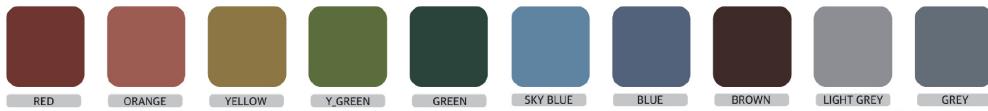
제로에너지빌딩(ZEB)대응  
BIPV솔루션 제공  
에너지지급지속  
스마트그린산업사업  
RE100 대응 재생에너지 공급

## 제품 소개

## | BIPV type |



## | 컬러 BIPV 색상 |



## 설치 사례



[ 5년 연속 BIPV(일반/컬러) 국내 판매량 1위 ]

대 표 이진섭  
주 소 본사공장: 대전광역시 대덕구 신일로 85번길 75  
경기지사: 경기도 안양시 만안구 덕천로 152번길 25  
전 화 042-384-0055  
팩 스 042-384-0056  
이 메 일 jslee@sgenergy1.com

C E O Jinseob Lee  
A D D HQ/factory: 75 Sinseo-ro 85beon-gil, Deok-dong, Daejeon, Korea  
T E L +82-42-384-0055  
F A X +82-42-384-0056  
E-mail jslee@sgenergy1.com

## 회사 연혁

2019

2019.04 (주)에스케이이엔씨 법인 설립  
2019.10 (주)에스지에너지 상호변경  
2019.10 태양광모듈 제조라인 구축(50MW/year)

공장 등록 완료 2020.01  
기업부설연구소 설립 2020.02  
벤처기업인증 2020.04

한국에너지기술연구원 패밀리 기업 지정 2020.06  
ISO9001/ISO14001 인증 획득 2020.09

2021

2021.06 창업기업 확인서  
2021.12 전기공사면허 등록  
2021.12 전기공사업 등록

사옥이전 2022.02

제조라인 증설(200MW/year) 2022.03

BIPV 모듈 KS인증 취득 2022.04

한국태양광공사협회등록 2022.05

경영혁신형 중소기업(Main-Biz) 선정 2022.06

경기지사 설립 2022.09

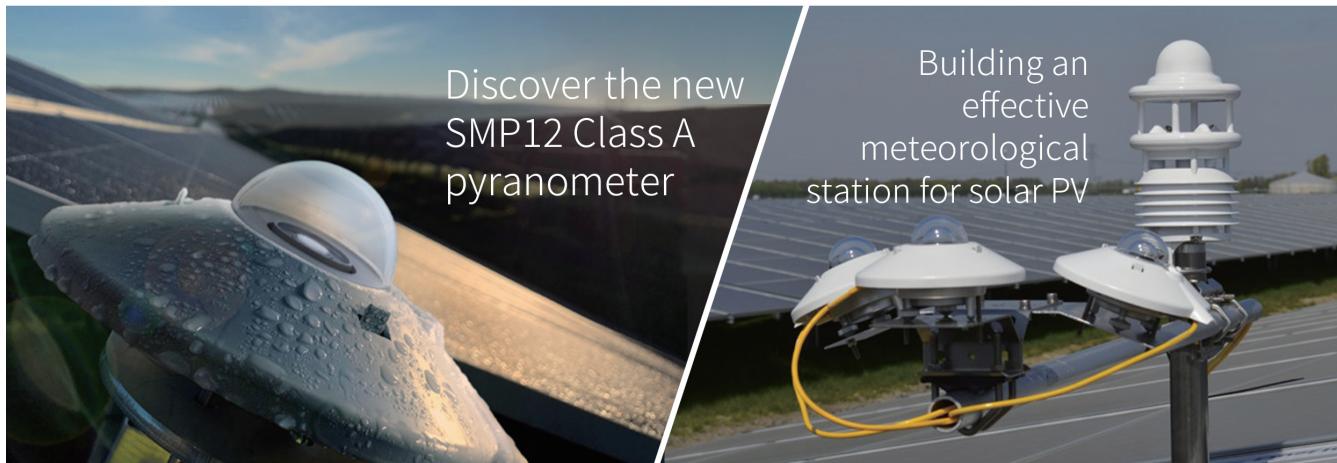
직접생산확인 증명 2022.10

2023

2023.01 정부조달마스협회 등록  
2023.04 태양광 접속함 KS인증 취득

2020

2022



### ■ 태양광 분야에 최적화된 스마트 일사량 센서\_SMP12



100년이 넘는 역사를 자랑하는 Kipp & Zonen 사의, 디지털 일사량 모니터링 시스템 SMP12는 일사량 및 기울기를 측정하여 디지털 통신방식(RS-485)으로 전송합니다.

- ISO 등급 : CLASS A (ISO 9060:2018 및 IEC 61724:2021 CLASS A 준수)
- 이슬 및 서리방지를 위한 히팅 둠 장착 및 센서 기울기 측정 (유지보수 최소화)
- EN 61000-6-2 산업 표준을 준수하는 등급 최고의 서지 보호
- RS-485 Modbus® RTU 인터페이스
- Smart Explorer Windows™ 무료 소프트웨어를 통한 실시간 모니터링

### ■ 주요 설치 현장



### ■ 태양광 모니터링에 적합한 통합기상센서\_WS500



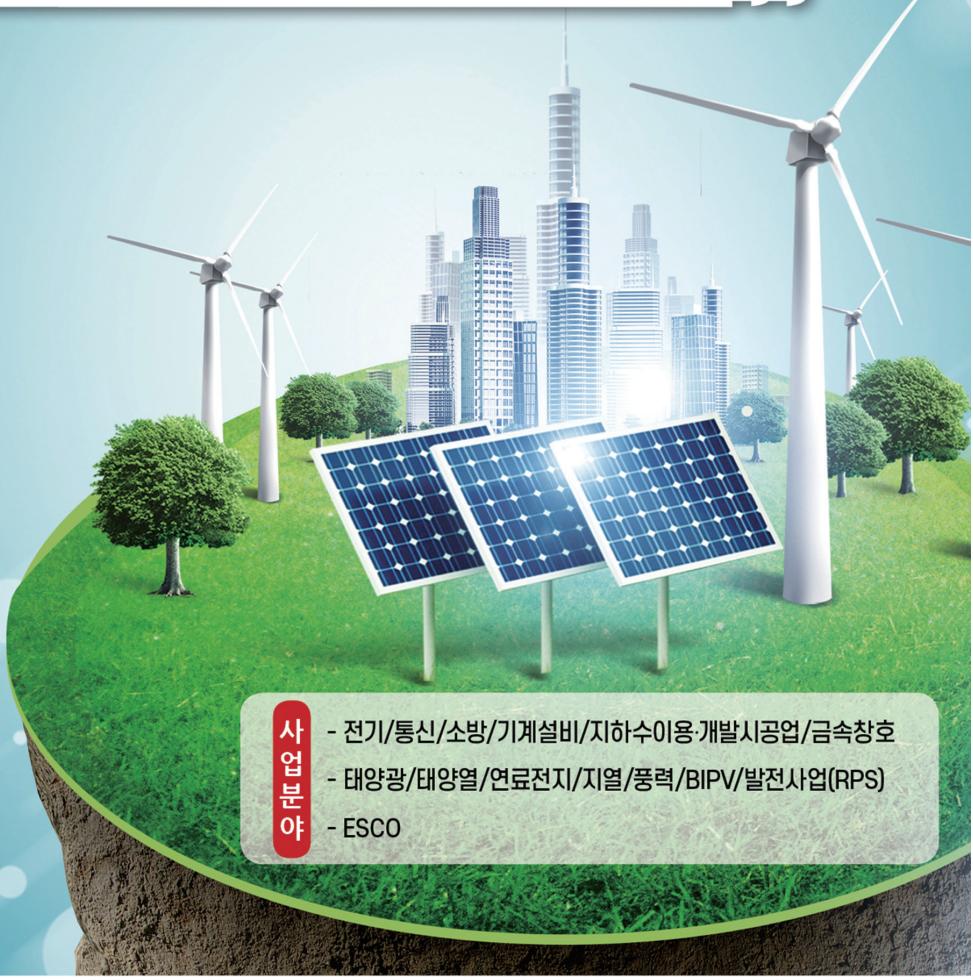
- 5개의 기상요소(온도/상대습도/기압/풍향/풍속) 측정
- 통신 : RS-485, SDI-12, Modbus
- WMO 지침에 따른 온도 및 습도 측정
- 서리방지를 위한 히터 내장

# 성실·책임시공을 기본으로 하는 기업! 최고의 기술로 만족을 드리는 기업!! 더 나은 내일을 추구하는 기업!!!

당신의 든든한 사업파트너

금강전기산업(주) 는 에너지특화기업 지정업체로

정부지원 사업에 전문화 되어 있는 기업입니다.



사  
업  
분  
야

- 전기/통신/소방/기계설비/지하수이용 개발사업/금속창호
- 태양광/태양열/연료전지/지열/풍력/BIPV/발전사업(RPS)
- ESCO



금강전기산업(주)  
KUMKANG ELECTRIC INDUSTRY Co.,Ltd.

충북 충주시 금봉대로 736(연수동) Tel. 043-845-5622 Fax. 043-845-5120  
E-mail. kum5622@g-electric.co.kr [www.g-electric.co.kr](http://www.g-electric.co.kr)



# [ 응·복합 첨단 장비 분야의 ]

(주)엘에이티



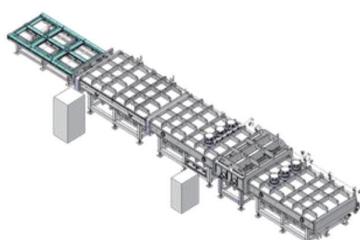
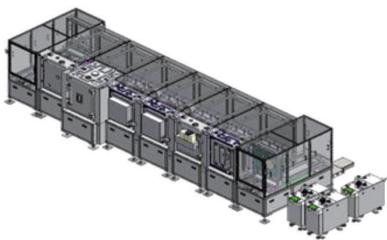
## Total Solution Provider ]



### 회사 연혁

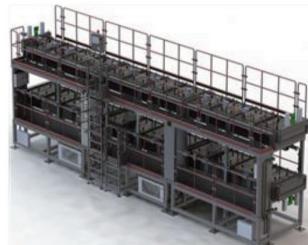
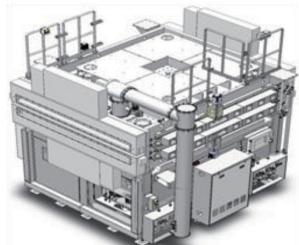
2014. 07	㈜엘에이티 법인 설립 및 사업자 등록
2015. 05	기업 부설연구소 설립 및 인정
2017. 04	벤처기업확인서 발급
2018. 04	소재·부품 전문기업 확인서 발급
2018. 06	토지 및 공장 매입(본사 확장 이전)
2018. 12	코넥스 상장
2019. 07	일자리 창출 우수기업 인증
2019. 07	ISO 9001 인증
2019. 10	기술혁신형 중소기업(Inno-Biz) 인증
2019. 11	경기도 유망중소기업 인증
2020. 02	ISO 14001, 45001 인증
2021. 12	3백만불 수출의 탑 수상

### 사업 영역



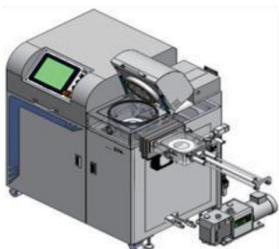
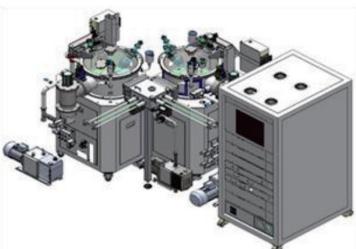
In-Line Sputter  
반도체/디스플레이

- MEMS 소자 제작용 Sputter
- OLED Metal Mask용 Sputter



연구용 장비  
반도체/디스플레이

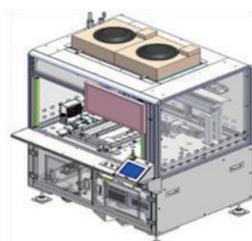
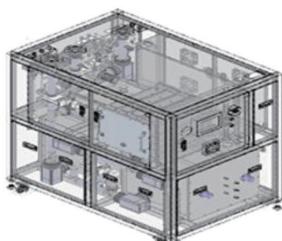
- Sputter
- CVD
- RTP



### 연구 개발

반도체/디스플레이/태양전지

- N2 Purifier
- Direct Bonding System
- Metal Mask Printer



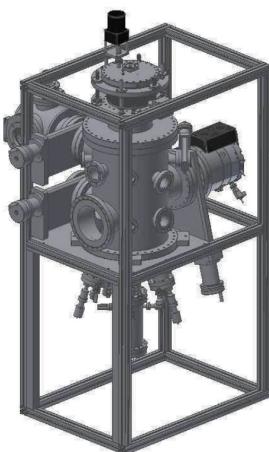
## 회사 소개

### 일반 현황

회사명 : (주)아스트로텍 대표자 : 김은도  
 회사설립일 : 2022년 1월 8일  
 업태 : 제조업, 도소매 종목 : 태양전지 제조장비, 연구개발  
 홈페이지 : [www.astrotek.co.kr](http://www.astrotek.co.kr)

아스트로텍은 다년간의 경험을 바탕으로 한 전문 진공 부품 회사로서 진공 기술을 기반으로 초고진공영역 적용 부품 및 장치의 솔루션을 제공하기 위해서 설립하였습니다.

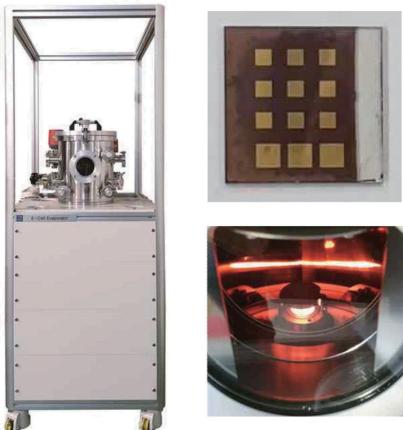
아스트로텍은 방사광가속기연구소, 그리고 기업에서의 수년간의 진공 관련 연구 경험을 바탕으로 설계와 실험에 관한 연구를 도울 수 있는 기술을 보유하고 있습니다.  
 MBE(Molecular Beam Epitaxy) System을 포함한 UHV(Ultra High Vacuum)용 진공 관련 부품을 생산, 수입, 판매하고 있습니다.



### Perovskite Evaporator / E-cell Evaporator

#### Feature of Perovskite Evaporator

- 증착물질 : 유기물, 금속 및 산화막
- 박막두께균일도: 4인치기판 기준 $\pm 5\%$  이하
- 증착방법 : Effusion cell과 plasma cell에 의한 증착
- 생산량 : 4인치기판 / 1회
- 진공도 : 최저진공도  $5.0 \times 10^{-7}$  Torr
- 기본진공도  $3.0 \times 10^{-5}$  Torr
- 진공챔버 : 공정챔버
- 시스템제어 : 수동제어
- 목적 : 연구개발



### System Line up



Thermal  
Evaporator



Sputter  
(2gun)



Sputter  
(3gun)



Plasma  
Treatment



VMD  
(Forensic)

# 인천대학교 차세대 에너지 융합 연구소



# MCIFE

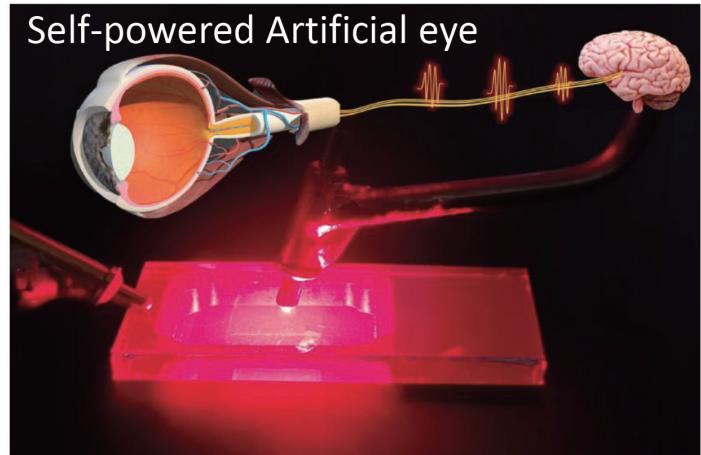
Multidisciplinary Core Institute for Future Energies

Website: [wesolar.kr](http://wesolar.kr)

전화: 032-835-4533



투명 태양전지



## 연구 협력 목록:

1. 투명 태양전지 물질 및 디자인
2. 고기능성 투명 전극 및 구조체
3. Self-powered Bionics 기술

## 해외 언론 보도

**TECH TIMES** TECH SCIENCE BUSINESS HEALTH CULTURE

Korean Scientists Create First 'Invisible Solar Panels' You Can Integrate into Mobile Phones!

January 2021, 7:41 pm EST By Nishil A. Tech Times

Years after the Paris Climate agreement, countries have continued to innovate on the quest to make a smooth exit from non-renewable energy and to switch to renewable energy sources for electricity.

A new study in Journal of Power Sources from Incheon National University, Korea demonstrates how they have made the first fully transparent solar cell. Led by Professor Jeonghoon Kim, the new study boasts of their newly-discovered innovative technique, specifically in the cell's heterojunction: the making of crystalline, thin films that is responsible for absorbing the light. This solar panel then converts the absorbed light into electricity. According to the study, it was through the combination of nickel oxide semiconductors and titanium dioxide that an effective and fully transparent solar cell has been made.



**Electronics Weekly.com**

NEWS BUSINESS MARKETS DESIGN PRODUCTS BLOGS RESOURCES EVENTS

### Transparent solar cell from simple metal oxides

A transparent solar cell can be made using straight-forward metal oxides, according to researchers at Incheon National University In Korea.

#### RECOMMENDED ARTICLES

The cell converts the ultra-violet portion of the sun's spectrum into electricity using a junction made from p-type NiO and n-type TiO<sub>2</sub> – the latter a well-known photo-electric material.

영국 최대 과학 및 비즈니스 저널인  
Electronics Weekly에 소개

**yahoo/news**

Korean Scientists Invest Transparent Solar Panels to Be Used on Phones



Yahoo 뉴스(위) 및  
Yahoo Finance (아래)에 소개

Smartphones could be charged by invisible solar panels hidden in screen, scientists say



Tech Times (미국 뉴욕)는 기술, 과학 및 의료 산업에서 발생하는 최신 혁신 및 개발에 대한 정보를 제공하는 매체



# HAEMOA SYSTEM

새로운 재생에너지 발전 기기로  
고객에게 탄소중립 솔루션을 제공합니다

고효율 태양열 집광시스템  
일 발전량 120kW 발전시스템  
전용선로가 필요없는 독립형 시스템  
전원공급 및 난방이 가능한 하이브리드 시스템  
지하수 펌핑시스템 이용한 스마트팜 구축 가능

## 제품문의

Tel. 062-971-7550  
E-mail. khwi@heamoa.co.kr

다년간 촉적된 경험과 기술력으로 안전하고 높은 발전량을 자랑하는 원스탑 솔루션 서비스를 제공하여 국내시장 90%를 차지하는 RPS(신재생에너지 공급의무화제도)시장 타겟하고 있습니다.

음영지역에 전력을 상승시키고, 지속성장 중인 BIPV 시장의 확대를 위해 조달청 우수제품 등록제품으로 공공기관 시장을 목표로 하고 있습니다.

친환경에 기반을 둔 디자인 특허를 바탕으로 영농형 태양광의 틈새시장을 공략하고 있습니다.

저희 (주)원광에스앤티는 수명연한이 다 된 태양광 모듈 재활용 전처리 전문기업으로 폐모듈 80% 이상을 재활용할 수 있는 원천기술을 기반한 급증하는 폐모듈 시장의 선도기업으로 유가금속 자원화에 주력하고 있습니다.

대표이사

이상현



## 친환경 태양광 발전사업

### 조달우수제품 특장점

#### ▶ 태양광 전력보상 시스템 소개

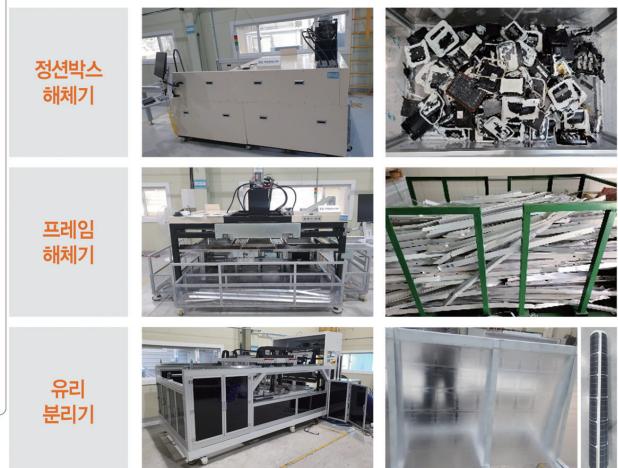
기존 태양광 발전 장치의 가장 큰 문제점인 음영 발생 구간의 낮은 발전량 해결을 위해 마이컴 제어 신호에 따라 임피던스 매칭 수행에 의해 음영 구간에 설치된 모듈이 함께 연결되는 최대 비교 출력 모듈에 동기화 되어 태양광 발전 효율을 극대화 시켜주는 시스템

## 태양광 자원순환으로 폐모듈 재활용

### 제품(연구) 특장점 Product Features

- 물리적 처리 시스템은 플라스틱(정선박스), 알루미늄, 유리 등 구성 요소에 대한 재활용률을 향상
- 기계적·물리적 처리 공정을 통하여 배가스와 같은 유해물질 발생률을 저감
- 태양광 폐모듈 재활용 공정에 필요한 에너지 절약  
재활용 공정 사용에너지 234.2MWh 절감(약 15.4백만원 절약)
- 소재간 혼입 배제 기술 및 자동화 공정 기술을 통하여 고품위 소재 확보 가능  
패널 형태의 편유리 회수 가능
- 23년 연간 처리량 3,600ton 규모의 재활용 설비 구축 계획

#### 원광에스앤티 (물리적 방법)



#### ▶ 전력보상기 정의 및 기능

- 정의 : 태양광 발전 효율 극대화 시스템
- 기능 : - 그림자, 적설, 오염 등으로 인해 발생하는 태양광 발전장치 손실에 대한 전력 보상기술로 기존 설비 대비 최소 10~20% 이상의 발전효율을 상승  
[공인 시험 기관 시험 데이터]  
- 신규 설치 태양광발전장치 뿐만 아니라 기존 태양광발전장치에도 적용 가능한 뛰어난 호환성

### 솔라루프

솔라루프(Solar Roof)는 기존 노후화된 공장 지붕 판넬 위에 솔라루프를 덧씌워 새로운 지붕과 함께 추가적인 구조물 작업이 필요없는 레일 구조의 지붕일체형 태양광발전 설비를 시공하는 공법입니다.

#### ▶ 솔라루프 특징

오래된 건물도 구조 검토를 통해 솔라루프 판넬로 안전한 태양광 발전소 설치



#### 태양광 폐모듈 재활용 공정



## 기업소개

당사는 1997년 창립아래 다년간 축적된 기술력과 노하우에 열정을 더하여 꾸준하게 성장하고 있습니다.  
신재생 에너지 전문기업으로 다수의 국가 R&D과제 수행과 EPC 사업을 영위하고 있으며, 실력 있는 기술인력을 기반으로 안전한 설계, 철저한 감리, 견실한 시공, 책임감 있는 유지 관리, 최적화된 진단 서비스를 제공해드리겠습니다.

## 사업분야

- 태양광·태양열·연료전지
- 설계·감리·공사·제조·O&M
- 한국에너지공단 보급사업
- 조달청 나라장터쇼핑몰 등록
- 발전사업(RPS) 전문기업
- 국가 R&D과제 및 학술용역
- 설계(전기·통신·소방·기계)
- 감리(전기·통신·소방·기계)
- 공사((전기·통신·소방·기계))
- 에너지진단전문기관
- 전기안전관리대행
- 기업부설연구소

## 현황

대표자	유정희	설립일	1997.08.01
주소	인천광역시 서구 북항로 120번길 13-26, 1동 3층	전화번호	032-573-5570
홈페이지	<a href="http://www.jh-e.co.kr">www.jh-e.co.kr</a>	이메일	jh-e@jh-e.co.kr

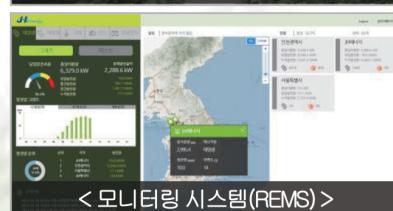
## 지식재산권 등록 현황

- 특허 및 디자인등록 외 32건
- 특허 국내 등록 19건, 국외 등록 2건
- 디자인 등록 9건, 상표 등록 1건, 실용신안 1건



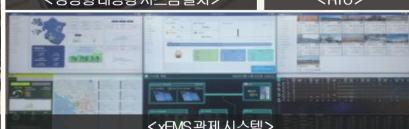
## 신재생 에너지 보급 실적

- 현재까지 약 25.4[MW]규모 신재생 에너지 보급



## 주요 제품

- 태양광발전장치
- 건물일체형 태양광발전장치
- 태양광 총전변치
- xEMS 관제 시스템
- RTU(원격단말장치)
- 경량형 태양광 구조물



## 국가 R&D 및 학술용역

- 에너지 및 신재생에너지 분야 실적(총 47건)
- 유통 물류시설 에너지관리용 ESS기반 융복합 제품 개발 및 실증연구
- 신재생에너지-물 자립섬 구현을 위한 지능형플랫폼 구축
- 해외 진출 및 상용화 지원사업
- 동꼴 보급형 태양광 연계형 스마트팜 구축 / 운영
- 캄보디아 신재생(태양광 + ESS + BIPV) 시스템 구축 / 운영



# Clean & Smart Energy Leader KOEN

자연과 함께 에너지를 만들고  
인류와 환경을 생각하는 KOEN  
대한민국 에너지의 새 지평을 열며  
First Mover로 나아갑니다.

new  
renewable  
energy

자연과 인류를 위한 과감한 행보는  
대한민국 에너지의 대표 브랜드가 되었습니다.

KOEN의 Clean & Smart Leader 정신은  
대한민국을 움직이는 힘입니다.

탐라해상풍력 전경

Clean & Smart Energy Leader!  
**KOEN** 한국남동발전

# 아직도 모니터링에 신경쓰고 계십니까?

보는게 다르면, 버는게 다르다

라씨 실시간 태양광 발전소 모니터링은 선택이 아닌 필수

1577-5823    [solar@lasee.io](mailto:solar@lasee.io)

체험 페이지 : [lasee.io](http://lasee.io)

ID : guest

PW : 0000



LASEE  
아이폰 앱



LASEE  
안드로이드 앱



LASEE  
홈페이지



**LASEE**  
LAboratory of Software  
Embedded Engineering



We aim for  
a greener tomorrow  
with completely clean  
energy solutions.

더 나은 내일을 만들어갑니다



한화큐셀

# 2023 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회

2023 KSES Annual Spring Conference

2023. 4. 19(수)~21(금)

경주 더케이호텔

## 주최

(사)한국태양에너지학회

## 후원

한국에너지공단

한국에너지기술연구원

한국태양광공사협회

한국태양열융합협회

에너지경제연구원

## 협찬 및 특별회원사

금강전기산업(주)

(주)제이에이치에너지

(주)나인테크

(주)코텍에너지

뉴에너지(주)

한화큐셀

(주)대신에스엔비

한국남동발전(주)

라씨

(주)해모아에너지

(주)맥사이언스

(주)해인기술

(주)비앤피인스트루먼트

성균관대학교

선다코리아(주)

산업전자응용연구소

(유)슬라잇지테크놀로지스코리아

인천대학교

(주)아스트로텍

차세대에너지 융합연구소

(주)에스알에너지

한국교통대학교

(주)에스지에너지

태양광기술연구소

(주)엘에이티

한국기계연구원

(주)원광에스엔티

신에너지플랜트연구실

## 전시기업

(주)비앤피인스트루먼트

(주)에스엔지에너지

(주)그랜드선기술단

(주)Oベース

(주)에스지에너지



한국태양에너지학회  
THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY

| 세종특별자치시 한누리대로 249 에스제이타워 804호 (나성동)

전화: 044-864-1977 · 팩스: 044-864-1978 · 메일: solar@kses.re.kr