

GREEN MONITOR

TECHNOLOGY&POLICY REVIEW 2017 VOL.05 NO.1

그린모니터 기술·정책 리뷰 2017 VOL.05 NO.1

CONTENTS

I | 권두칼럼 1

이관영 / 고려대학교 그린스쿨대학원 원장
임태훈 / 한국과학기술연구원(KIST) 부원장

II | 연구성과 4

Facile Sintering of MoS₂ Counter Electrode Using Near-IR Pulsed Laser Sintering for the High Efficiency Dye-Sensitized Solar Cells 8
고민재 | KIST 광전하이브리드연구센터 책임연구원 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수

Pyrite-Based Bi-functional Layer for Long-term Stability and High Efficiency of CH₃NH₃PbI₃ Perovskite Solar Cells 10
고민재 | KIST 광전하이브리드연구센터 책임연구원 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수

Nitrogen-doped Graphene-wrapped Iron Nano Fragments for High-performance Oxygen Reduction Electrocatalysts 12
김진영 | KIST 연료전지연구센터 책임연구원 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수

Enhanced Photocurrents with ZnS Passivated Cu(In,Ga)(Se,S)₂ Photocathodes Synthesized Using a Nonvacuum Process for Solar Water Splitting 14
민병권 | KIST 청정에너지연구센터 센터장 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수

Observation of Locally Stable Oxygen Species on Nanostructured Silver for Electrochemical CO₂ Reduction 16
민병권 | KIST 청정에너지연구센터 센터장 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수

Synthesis of the Solution-Processed Wide Band-Gap Chalcopyrite CuGa(S,Se)₂ Thin Film and its Application to Photovoltaics 18
민병권 | KIST 청정에너지연구센터 센터장 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수

Effects of Backbone Planarity and Tightly Packed Alkyl Chains in the Donor-Acceptor Polymers for High Photostability	20
손해정 KIST 광전하이브리드연구센터 선임연구원 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Synergistic Effects of Solvent and Polymer Additives on Solar Cell Performance and Stability of Small Molecular Bulk Heterojunction Solar Cells	22
손해정 KIST 광전하이브리드연구센터 선임연구원 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Photosynthetic Production of Squalene from CO ₂ by Metabolically-engineered Cyanobacteria	24
이선미 KIST 청정에너지연구센터 선임연구원 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Suppressed Formation of Conductive Phases in One-pot Electro-deposited CuInSe ₂ by Tuning Se Concentration in Aqueous Electrolytes	26
이도권 KIST 광전하이브리드연구센터 책임연구원 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Application of Carbon Foam as Adsorbent for Heavy Metal Removal from Industrial Plating Wastewater	28
이상협 KIST 물자원순환연구단 책임연구원 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
One-pot Catalytic Reaction to Produce High-carbon-number Dimeric Deoxygenated Hydrocarbons from Lignin-derived Monophenyl Vanillin Using Al ₂ O ₃ -cogelled Ru Nanoparticles	32
하정명 KIST 청정에너지연구센터 책임연구원 / 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Analysis of Aluminum Back Surface Field at Different Wafer Specifications	34
강윤목 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Effects of Annealing on Firing Stability of a Al ₂ O ₃ /SiNx Stack Passivation Layer for Crystalline Silicon Solar Cells	36
강윤목 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	

그린모니터 기술·정책 리뷰 2017 VOL.05 NO.1

CONTENTS

Electric-Field-Induced Degradation of Methylammonium Lead Iodide Perovskite Solar Cells	39
김동환 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
MAPbI ₃ Perovskite Solar Cells Prepared via a Modified Sequential Deposition Process	42
김동환 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Enzyme Precipitate Coating of Pyranose Oxidase on Carbon Nanotubes and Their Electrochemical Applications	46
김중배 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Fabrication of Enzyme-based Coatings on Intact Multi-walled Carbon Nanotubes as Highly Effective Electrodes in Biofuel Cells	51
김중배 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Highly Dispersed Pd Catalysts Prepared by a Sonochemical Method for the Direct Synthesis of Hydrogen Peroxide	55
이관영 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Hydrocracking of Vacuum Residue Using NiWS(x) Dispersed Catalysts	58
이관영 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Effect of Acceleration Voltage on Phosphorus Implanted Emitter	63
이해석 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
UV Degradation and Recovery of Perovskite Solar Cells	67
이해석 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	
Regional Environmental Kuznets Curves and their Turning Points for Air Pollutants in Korea	71
강성진 고려대학교 그린스쿨대학원 교수	

Global Competitiveness Analysis of Energy Storage System: Model and Index ... 75
 김경남 | 고려대학교 그린스쿨대학원 교수

사회연결망 분석을 활용한 한국 환경 NGO와 기업 간 협력구조 연구: 자원의존인가, 녹색의 색조 차이인가? 78
 김성진 | 고려대학교 그린스쿨대학원 연구교수

파리기후체제는 효과적으로 작동할 것인가? 81
 김성진 | 고려대학교 그린스쿨대학원 연구교수

III | 연구논단 85

Chemical Bath Deposition 방법을 이용한 CIGS 태양전지 Zn(S,O,OH) 버퍼층 제조법 및 후열처리 효과 86
 박기순 | 고려대학교 그린스쿨대학원 박사과정

암모니아 기반 수소제조 시스템 92
 차준영 | 고려대학교 그린스쿨대학원 석사과정

브라질과 인도네시아의 바이오에너지 정책이행 시기와 효율의 차이 100
 권영만 | 고려대학교 그린스쿨대학원 석사과정

중국 환경 시장 진출 지원 정책에 대한 연구: 三廢분야의 국내 중소기업 진출을 중심으로 ... 112
 위강순 | 고려대학교 그린스쿨대학원 박사과정

AHP 기법을 적용한 스마트그리드 기술사업화 촉진요인 간 중요도 분석 128
 이준성 | 고려대학교 그린스쿨대학원 박사과정

그린모니터 기술·정책 리뷰 2017 VOL.05 NO.1

CONTENTS

**GREEN
MONITOR**
TECHNOLOGY · POLICY REVIEW

IV | 특집 141

2016 Green School-JDI International Conference: Global Responses
for Post 2020 Climate Change Regime 142

V | 국내외 정책·기술 동향 169

태양광 170
연료전지 186
수처리 및 해수담수화 199
바이오연료 216
이산화탄소 포집 및 처리(CCS) 229
전기차 242

VI | 그린스쿨 주요 활동 및 일정 257

2016년 하반기 국제협력 성과 1 (미국: GABI 연수기) 258
2016년 하반기 국제협력 성과 2 (싱가포르: NUS-ESI 연수기) 276
2016년 하반기 국제협력 성과 3 (독일: Fraunhofer ISE-ESA 연수기) 289
그린스쿨 교수진 활동 (2016년 9월 ~ 2017년 2월) 297
그린스쿨 학생 활동 (2016년 9월 ~ 2017년 2월) 299
2017년 상반기 주요 행사 일정 (2017년 3월 ~ 2017년 8월) 301

I

권두칼럼

- 권두칼럼..... 1

이관영 / 고려대학교 그린스쿨대학원 원장
임태훈 / 한국과학기술연구원(KIST) 부원장

I. 권두칼럼



이관영

| 고려대학교 그린스쿨대학원 원장

그린모니터 9호의 발간을 축하합니다. 2013년 미래창조과학부의 지원에 의해 창간호가 나온 이래, 그린모니터는 매년 두 권씩 꾸준히 발간되어 왔습니다. 그린스쿨 내부 연구진의 우수한 연구실적, 국내·외 전문가들의 특별기고, 에너지·환경 업계의 최신 동향, 그리고 반기마다 그린스쿨의 구성원들이 행한 다양한 활동들이 차곡차곡 쌓이며, 어느덧 아홉 번째의 결실을 맺게 되었습니다. 이번 호에도 발간을 위해 물심양면으로 힘써 준 모든 교수진과 학생들의 큰 수고에 진심으로 감사의 말씀을 드리고 싶습니다.

더 강조할 필요가 없을 정도로, 대내외적으로 환경과 에너지 사안의 중요성은 날이 갈수록 더해지고 있습니다. 기후변화의 위험은 점점 더 확실해지고 있고, 국제 에너지 시장의 상황은 점점 더 불확실해지고 있습니다. 산업혁명 이래 상승일로를 거듭해 온 대기 중 온실가스량은 이제 위험수위에 근접해 가고 있고, 이에 시급히 대응하기 위해 인류 전체의 노력이 필요한 상황입니다. 작년에 조기 발표된 파리협정, 그리고 여전히 많은 비용이 들어감에도 불구하고 발전에 발전을 거듭하고 있는 재생에너지 분야의 추세를 보면, 여전히 존재하는 무지와 저항에도 불구하고 기후변화 대응이라는 중차대한 문제는 결코 퇴행하지 않을 최우선순위의 사안으로 확립되어 갈 것이 예상됩니다. 세월혁명, 저유가, 산유국 정세의 불안, 새로운 협력의 움직임으로 대표되는 에너지 시장의 변화 역시 대단히 역동적이어서, 장차 다가올 세상의 모습을 예측하기 어렵게 만들고 있습니다. 에너지집약적산업으로 먹거리를 창출하며, 에너지 수급성 확보에 국가적 역점을 두고 있는 한국은 이제까지의 노력을 크게 상회하여 혁신적 전략의 도출을 새롭게 해야만 하는 상황입니다. 연구와 교육을 통해 그린스쿨이 배출한 에너지·환경 분야의 아이디어 및 전문가의 중요성·필요성이 그 어느 때보다도 크다고 느껴집니다.

현재 그린스쿨은 에너지·환경 분야에서 국내 최고 수준의 전문대학원으로 자리 잡았고, 향후 세계적인 수준의 기관으로 도약하고자 하는 비전을 갖고 있습니다. 최고의 대학(고려대)과 최고의 연구원(한국과학기술연구원)의 결합은 강력한 시너지 효과를 일으켜, 세계적으로 인정받는 우수한 연구 성과를 다수 거두었습니다. 전혀 상이한 분야로 여겨져 온 기술 분야와 정책 분야의 연계가 교육과 연구 면에서 이루어지면서, 그린스쿨은 국내 그 어디에서도 쉽게 보기 어려운 융합연구의 산실로 거듭나고 있습니다. 올해부터는 에너지·환경 분야와 다른 과학기술 분야(나노, 바이오, 정보통신, 인지과학 등)와의 밀접한 협력을 통해, 더 혁신적인 융합 효과를 창출하고자 계획 중에 있습니다. 그린스쿨이 표방하는 학·연 협력, 기술·정책 연계, 그리고 에너지·환경과 여타 분야의 융합이라는 세 가지 흐름은 현재 세계 주요 선진국들이 경쟁적으로 나아가고 있는 방향과 정확히 일치하고 있습니다. 단일 기술 분야나 조직 분야, 또는 학문 분야를 넘어서, 이질적인 요소들의 융합을 통해 새로운 돌파구를 찾고 국가성장의 동력을 확보하고자 하는 의지가 그린스쿨의 비전을 뒷받침하고 있습니다. 앞으로도 착실한 실력 축적을 통해, 사회, 국가 및 세계에 기여할 수 있는 에너지·환경 분야 전문대학원으로 더욱 더 발전해가기를 진심으로 소망합니다. 감사합니다.



임태훈

| 한국과학기술연구원(KIST) 부원장

2017년 정유년 새해가 밝았습니다. 새해 독자 여러분들 그리고 각자의 가정에 복된 일이 가득하기를 기원합니다. 2016년에는 에너지 분야에서 많은 일들이 있었습니다. 2015년 파리 기후변화협정이 작년 11월에 정식 발효되었습니다. 미국과 중국의 공동 비준 이후로 세계 주요 국가들이 잇따라 비준하면서 발효조건인 55개국 이상, 그리고 전세계 배출량의 55% 이상을 만족하게 되었습니다. 2017년 새해에는 화석연료에서 재생에너지로의 전환이 더욱 빨라질 거라 예상됩니다. 이미 2015년에 전 세계에 세워진 재생에너지를 이용한 발전시설은 같은 기간 석탄, 천연가스, 석유 등의 화석연료 발전시설을 합친 설비용량을 뛰어 넘었습니다. IEA에 따르면 재생에너지 기술 발전으로 인한 원가 하락과 기후변화 대응에 적극적인 국가에서 이뤄지고 있는 보조정책 등으로 인해 재생에너지의 성장추세는 계속 될 거라는 전망입니다.

주요국가를 살펴보면, 미국에서는 2016년 한해 동안 전력망에 연계된 설비용량 중 63%가 재생에너지였습니다. 중국도 이미 재생에너지 설비용량이 전체 발전설비용량의 1/3에 이르렀습니다. 우리나라도 전력생산에서 최소비용을 위한 경제급전순위우전에서 환경비용을 고려한 대안급전순위로의 변화를 고려하고 있습니다. 또한 RPS 보급율을 2018년부터 매년 1%씩 증가시켜서 2023년에는 RPS가 10%대로 진입하려는 방안을 세우는 등 뒤늦게나마 우리나라도 다른 국가들에 발맞춰 기후변화대응을 해나가고 있는 것 같습니다.

기후변화를 위한 대응은 시급한 문제입니다. 기상청에 따르면 작년, 2016년의 평균기온은 평년보다 1.1도나 높았고 이는 평균온도를 산출하기 시작한 이래 가장 높은 해였다고 합니다. 우리나라뿐만 아니라 미국도 작년이 역사상 두번째로 더웠고 기후에 따른 자연재해 피해액도 55조원에 이른다고 합니다.

기후변화대응을 위해서, 에너지 전환을 위해서 우리 각자가 해야 할 일들이 무엇이 있을까 생각해봤으면 좋겠습니다. 그린스쿨은 에너지안보, 에너지전환, 기후변화 대응 같은 문제에 관해 다양한 시각에서 해법을 찾으려는 노력을 지속해 왔습니다. 고려대와 KIST의 학연 공동연구 그리고 기술과 정책의 공동연구 등 국내에서 보기 드문 다학제간 연구를 계속해 오고 있습니다.

이러한 노력의 일부를 독자여러분들에게 그린모니터라는 지면을 통해 소개코자 합니다. 이번 그린모니터 9호 발간을 위해 수고하신 필진 여러분들과 편집을 도와주신 그린스쿨 학생분들에게 감사의 말씀을 전합니다. 다들 분주했던 2016년 수고 많이 하셨습니다.