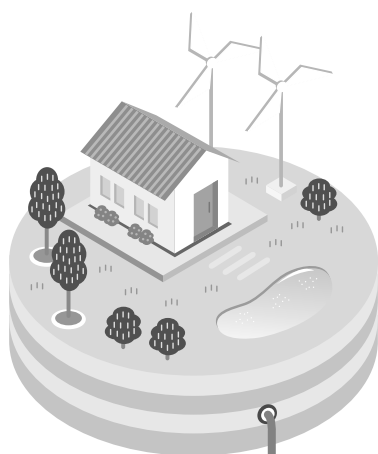


# 신재생 에너지 확대와 미래 환경변화 대응을 위한 대토론회

2019. 9. 26.(목), 27.(금)

LW컨벤션(서울역) 크리스탈+다이아몬드홀



---

# 환영사

---

안녕하십니까. 한국환경정책·평가연구원 원장 윤제용입니다.

오늘 “신재생 에너지 확대와 미래 환경변화 대응을 위한 대토론회”를 위하여 바쁘신 가운데 귀한 발걸음을 해주신 여러분께 환영의 인사를 드립니다. 신재생 에너지의 각 분야에 계신 전문가를 모시고 이러한 심포지엄을 개최하게 되어 매우 기쁘게 생각합니다.

기후변화 해결의 필요성이 점점 더 강조되는 지금, 전 세계적으로 온실가스를 감축하기 위한 노력을 전개하면서 핵심적인 대안으로 신재생 에너지가 부상하게 되었습니다. 정부도 2030년까지 신재생 에너지 전력량 20% 보급의 목표를 제시하고 있으며, 이러한 에너지 정책 하에 신재생 에너지는 지속적으로 확대될 것으로 보입니다.

화석연료의 사용을 줄이고 온실가스를 감축할 수 있는 대안으로 제시되고 있는 신재생 에너지 사업은 에너지 패러다임 전환의 필요성에도 불구하고 생태계, 주민 갈등과 같은 또 다른 환경적, 사회적 갈등을 유발하고 있어 여러 가지 가치가 충돌하고 있습니다.

이러한 시점에서 우리는 신재생 에너지의 현재를 바르게 진단하여 신재생 에너지의 확대를 위한 방향을 고민하는 자리가 필요하다고 생각합니다. 오늘 이 자리에는 정부 정책을 잘 이해하고 관련 분야에 대한 전문성과 경험이 풍부한 전문가들이 모였습니다. 육상풍력, 육상태양광, 수상태양광과 같이 신재생 에너지의 주요 분야에 대해 각각의 현안과 앞으로의 추진 방향이 심도 있게 논의될 수 있도록 여러분의 고견을 모아주시기를 부탁드립니다.

또한 오늘 심포지엄의 성과가 여러 기관 간 협동 연구로 이어지고, 다 부처에서의 정책 수립과 이행에 기여하기를 희망합니다. 우리 KEI도 국민이 체감하는 환경문제 해결과 지속가능한 미래를 선도하는 환경정책 연구기관으로서 신재생 에너지 확대를 위해 사회문제와 환경문제를 풀어가기 위해 최선을 다해 노력하겠습니다.

다시 한번 오늘 심포지엄에서 귀한 의견을 발표해주실 각 기관의 연구자들과 토론자 여러분께 진심으로 감사드리며, 이번 심포지엄이 재생에너지 계획의 환경성과 수용성을 개선하는 데 중요한 발걸음이 되기를 기대합니다. 끝으로 이번 심포지엄을 준비하신 모든 관계자 여러분의 노고에 감사의 말씀을 드립니다.

KEI(한국환경정책·평가연구원)  
원장 윤제용

---

## 인사말

---

안녕하십니까. 한국환경정책·평가연구원 환경평가본부 본부장 문난경입니다. 바쁜 일정에도 불구하고 오늘 심포지엄에 참석해 주신 모든 분께 감사의 인사를 드립니다.

KEI 환경평가본부는 환경 분야의 오피니언 리더로서 지속가능한 국토발전을 위하여 항상 매진하고 있습니다. 개발계획이 친환경성을 확보하여 이행될 수 있도록 관련 연구와 업무를 수행하면서, 강화되고 있는 신재생 에너지 확대 정책과 맞물려 신재생 에너지 발전사업이 크게 확대되고 있음을 체감하고 있습니다.

신재생 에너지 사업이 늘어남에 따른 환경적 문제와 사회적 갈등이 유발되고 있어 다각적인 측면에서의 논의와 객관적 사실에 근거한 올바른 인식개선, 여론 정립이 필요한 시점이라 생각합니다.

이러한 문제의식을 출발점으로 미래 환경변화에 대응할 수 있는 신재생 에너지 계획의 효율적인 추진 방향을 논의하기 위한 심포지엄을 준비하게 되었습니다. 오늘 자리가 보다 시의성 있는 논의의 장이 될 수 있도록 고심하여 심포지엄을 구성하였습니다.

본 심포지엄은 오늘과 내일 이틀에 걸쳐 총 네 개의 세션으로 구성되었습니다.

먼저 육상풍력과 육상태양광, 수상태양광을 주제로 신재생 에너지 각 분야의 현안과 추진방안을 세 개의 세션으로 구성되었습니다. 첫 번째 세션에서는 “육상풍력 발전사업의 현황과 추진 방향”을 주제로, 두 번째 세션에서는 “육상태양광 발전 보급 활성화를 위한 추진 방향”을 주제로 논의하고자 합니다.

내일 개최되는 세 번째 세션에서는 육상 태양광 발전의 대안으로 부각되고 있는 “수상태양광 발전사업 현황과 효율적 추진방안”에 대해 함께 고민해 주시면 감사하겠습니다.

마지막은 이번 심포지엄을 종합하는 세션으로 “재생에너지 보급의 지속가능한 추진 전략”을 논의하고자 합니다. 앞서 분야별로 논의된 재생에너지의 환경적, 사회적 수용성을 확보할 수 있는 정책 방향을 함께 모색하는 심층적인 토론의 자리가 되기를 기대합니다.

이번 심포지엄이 정부, 산업계, 학계 전문가, 시민단체 등 다양한 이해관계자가 모여 미래세대와 지속가능한 발전을 위한 신재생 에너지 계획의 방향을 논의하기 위한 중요한 자리가 되기를 희망합니다. 앞으로 KEI 환경평가본부도 오늘의 논의를 바탕으로 우리 세대가 고민하는 다양한 환경문제의 해결과 미래의 환경변화에 선제적으로 대응하기 위해 노력을 다하겠습니다.

심포지엄을 위해 자리해 주신 발표자, 토론자, 내빈 여러분께 다시 한번 인사를 드립니다. 감사합니다.

KEI(한국환경정책·평가연구원)  
본부장 문난경

---

# PROGRAM

26일	12:30~12:40	참가자 등록	
	12:40~13:00	개회식	사 회   김유미 KEI 자원에너지평가실 실장 환영사   윤제웅 KEI 원장 인사말   문난경 KEI 환경평가본부 본부장
	13:00~15:10	Session 1   육상풍력 발전사업의 현황과 추진 방향	좌장: 김지영 KEI 명예연구원
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발표 1   육상풍력 발전사업의 기술적 입지조건 및 시장잠재량_김현구 한국에너지기술연구원 센터장</li> <li>• 발표 2   풍력발전의 국내외 시장 및 기술동향_박원서 유니스 풍력본부장</li> <li>• 발표 3   육상풍력 발전사업에 대한 환경적 인식_이후승 KEI 부연구원</li> <li>• 토 론   서재철 녹색연합 전문위원 / 양이원영 에너지전환포럼 사무처장 위진 GS E&amp;R 상무 / 이동근 서울대학교 교수</li> </ul>	
	15:10~15:30	휴식	
	15:30~17:30	Session 2   육상태양광발전 보급 활성화를 위한 추진 방향	좌장: 권영한 KEI 명예연구원
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발표 1   육상태양광 발전사업의 보급 활성화를 위한 에너지 제도 개선 방안_김창훈 에너지경제연구원 연구위원</li> <li>• 발표 2   육상태양광 확대를 위한 주민참여 방안_임성희 녹색연합 팀장</li> <li>• 발표 3   농촌 태양광발전 보급의 문제점과 개선방안_김연중 농촌경제연구원 선임연구원</li> <li>• 발표 4   재생에너지 보급 확대를 위한 육상태양광발전 입지 가이드라인 개선방안_이상범 KEI 선임연구원</li> <li>• 토 론   김윤성 녹색에너지전략연구소 책임연구원 / 김철 서울에너지공사 부장 사공정희 충남연구원 책임연구원 / 이영재 KEI 연구위원</li> </ul>	
27일	09:00~09:30	참가자 등록	
	09:30~09:30	개회식	사 회   KEI 이상윤 공공인프라평가실 실장
	9:30~12:00	Session 3   수상태양광 발전사업 현황과 효율적 추진 방안	좌장: 박수택 前 SBS 환경전문기자
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발표 1   수상태양광 발전의 효율적 추진의 어려움과 개선방안_정우식 한국태양광산업협회 부회장</li> <li>• 발표 2   수상태양광 패널 및 전기시설의 안전성_안형근 건국대학교 교수</li> <li>• 발표 3   수상태양광 환경적 안전성 및 사업추진 시 고려사항_노태호 KEI 선임연구원</li> <li>• 토 론   김명철 SOKN생태보전연구소 소장 / 오봉록 한국수자원공사 처장 이철재 환경운동연합 정책위원 / 이후승 KEI 부연구원</li> </ul>	
	12:00~13:00	오찬 (사전신청자 대상)	
	13:00~15:00	Session 4   종합: 재생에너지 보급의 지속가능한 추진 전략	좌장: 정영근 환경정책학회 학회장
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발표 1   지자체 주도형 계획입지 필요성 및 도입방안_박성우 한국에너지공단 실장</li> <li>• 발표 2   재생에너지 사회적 수용성 제고 방안_이유진 녹색전환연구소 연구원</li> <li>• 발표 3   재생에너지 발전사업의 환경평가 현황 및 추진 방향_이영준 KEI 선임연구원</li> <li>• 토 론   강찬수 중앙일보 논설위원 / 권기영 한국에너지기술평가원 풍력PD 이창근 전력거래소 부장 / 조경두 인천연구원 센터장</li> </ul>	

# CONTENTS

## Session 1 육상풍력 발전사업의 현황과 추진 방향

- |                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 발표 1   육상풍력 발전사업의 기술적 입지조건 및 시장잠재량 | 3  |
| 김현구 한국에너지기술연구원 센터장                 |    |
| 발표 2   풍력발전의 국내외 시장 및 기술동향         | 27 |
| 박원서 유니스 풍력본부장                      |    |
| 발표 3   육상풍력 발전사업에 대한 환경적 인식        | 51 |
| 이후승 KEI 부연구위원                      |    |

## Session 2 육상태양광발전 보급 활성화를 위한 추진 방향

- |  |     |
|--|-----|
| 발표 1   육상태양광 발전사업의 보급 활성화를 위한 에너지 제도 개선 방안   | 71  |
| 김창훈 에너지경제연구원 연구위원                            |     |
| 발표 2   육상태양광 확대를 위한 주민참여 방안                  | 85  |
| 임성희 녹색연합 팀장                                  |     |
| 발표 3   농촌 태양광발전 보급의 문제점과 개선방안                | 113 |
| 김연중 농촌경제연구원 선임연구위원                           |     |
| 발표 4   재생에너지 보급 확대를 위한 육상태양광발전 입지 가이드라인 개선방안 | 133 |
| 이상범 KEI 선임연구위원                               |     |

## Session 3 수상태양광 발전사업 현황과 효율적 추진 방안

- |                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 발표 1   수상태양광 발전의 효율적 추진의 어려움과 개선방안 | 153 |
| 정우식 한국태양광산업협회 부회장                  |     |
| 발표 2   수상태양광 패널 및 전기시설의 안전성        | 175 |
| 안형근 건국대학교 교수                       |     |
| 발표 3   수상태양광 환경적 안전성 및 사업추진 시 고려사항 | 189 |
| 노태호 KEI 선임연구위원                     |     |

## Session 4 종합: 재생에너지 보급의 지속가능한 추진 전략

- |                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 발표 1   지자체 주도형 계획입지 필요성 및 도입방안     | 213 |
| 박성우 한국에너지공단 실장                     |     |
| 발표 2   재생에너지 사회적 수용성 제고 방안         | 227 |
| 이유진 녹색전환연구소 연구원                    |     |
| 발표 3   재생에너지 발전사업의 환경평가 현황 및 추진 방향 | 247 |
| 이영준 KEI 선임연구위원                     |     |



## Session 1

# 육상풍력 발전사업의 현황과 추진 방향

발표 1 | 육상풍력 발전사업의 기술적 입지조건 및  
시장잠재량

김현구 한국에너지기술연구원 센터장

발표 2 | 풍력발전의 국내외 시장 및 기술동향

박원서 유니스 풍력본부장

발표 3 | 육상풍력 발전사업에 대한 환경적 인식

이후승 KEI 부연구위원



# 발표 1

## 육상풍력 발전사업의 기술적 입지조건 및 시장잠재량

김현구 한국에너지기술연구원 센터장





## 육상풍력 발전사업의 기술적 입지조건 및 시장잠재량

한국에너지기술연구원 김현구

신기후체제가 도래하면서 청정한 에너지의 이용 확대에 대한 대내외적 압력이 증가하고 있고, 다른 한편으로는 후쿠시마 원전사태 이후 안전한 에너지에 대한 대중적 요구가 급증하고 있다. 이러한 대내외적 요건은 신재생에너지 보급 확대에 대한 국가적인 요구로 이어지고 있다.

신재생에너지 보급 확대를 위해 선행되어야 할 것은 합리적인 보급 목표의 설정이다. 그리고 합리적인 보급 목표의 설정은 국내에서 활용 가능한 신재생에너지 잠재량을 정확하게 산정함으로써 실현될 수 있다.

지금까지 우리나라는 신재생에너지 잠재량을 기술의 관점에서 접근해왔고 기술적 잠재량(technical potential)의 산정과 신재생에너지 자원지도(resource map)의 고도화 등의 학술적 성과를 이루었다. 하지만 시장의 상황을 반영한 실질적으로 공급 가능한 잠재량인 시장잠재량(market potential)에 대한 분석은 다소 미진하였다. 즉, 제4차 신재생에너지기본계획 수립시 기술적 잠재량 만으로는 현실적인 보급 목표 및 보급 전략의 제시가 어렵다는 한계에 직면하였다. 향후 제5차 신재생에너지 기본계획부터는 필연적으로 환경규제, 기술진보, 지원정책, 원간경쟁, 사업경제성 등 현실적인 상황을 가장 적절하게 반영하는 시장 잠재량의 분석이 요구되었다.

본 연구에서는 핵심 신재생에너지원 중 하나인 풍력에너지의 시장잠재량을 산정하는 모델을 제시하고 이를 기반으로 육해상 풍력에너지 시장잠재량을 산정하였다.

풍력에너지 시장잠재량 산정을 위해 우선 잠재량에 영향을 미칠 수 있는 지리적, 기술적, 경제적, 정책적 영향요인을 식별하였다. 선정된 영향요인을 투입 요소로 하여 시장잠재량을 산정하는 시장잠재량 산정 모델을 도출하였다. 시장잠재량 산정모델은 이론적 잠재량에서부터 시장잠재량까지 각각의 잠재량 단계별로 해당 영향요인들을 반영함으로써 잠재량을 조정하고 신재생에너지 자원지도의 격자를 잠재량 산정에서 배제하는 방식으로 구축되었다. 이렇게 구축된 시장잠재량 산정 모델을 바탕으로 국내 풍력에너지 기술적 잠재량과 시장잠재량, 그리고 경제적 잠재량을 산정하였다.

본 연구에서는 풍력 발전의 시장잠재량을 산정하는 모형을 제시하고 이를 기반으로 풍력발전의 시장잠재량을 산정한다. 풍력발전의 시장잠재량 산정을 위해 우선 잠재량에 영향을 미칠 수 있는 지리적, 기술적, 경제적, 정책적 영향요인을 고려하였다. 추가적으로 현재의 지원 정책 없이 실현 가능한 경제적 잠재량 추정도 시도하고자 한다. 본 연구에서는 시장잠재량 및 경제적 잠재량 추정을 위한 방법론을 제시하며, 추정결과는 추후 연구에서 제시하고자 한다.



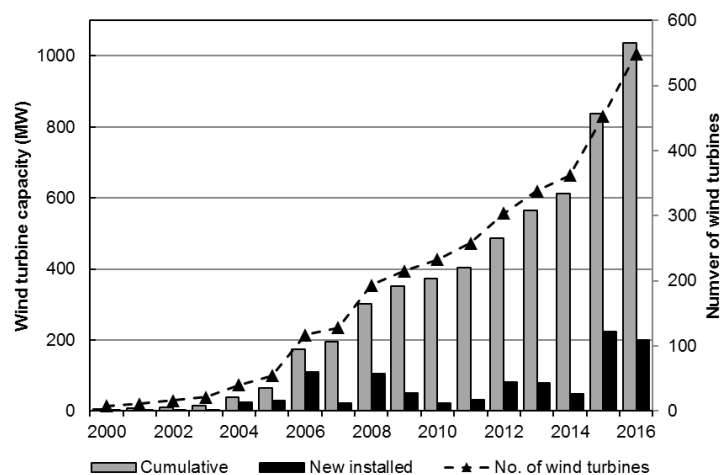
# 육상풍력 발전사업의 기술적 입지조건 및 시장잠재량

김현구  
신재생에너지자원센터

KIER 한국에너지기술연구원  
KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH



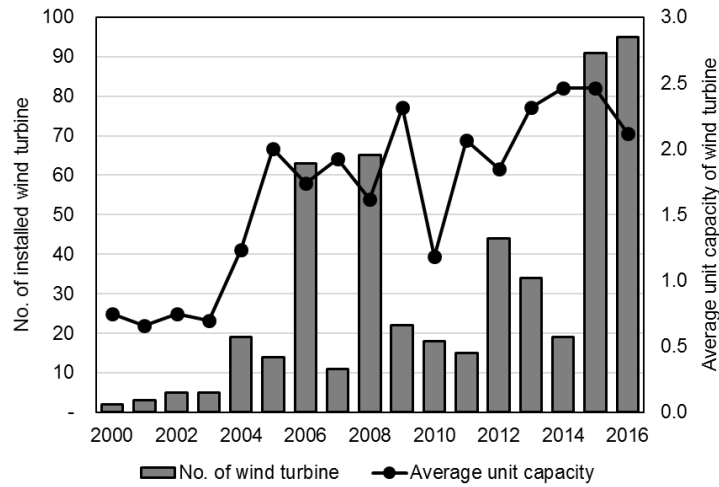
## 한국전력거래소 전력시장 통계 (2018)



**600+ WTGS / 1420 MW / 2472 GWh / 21.7 %**

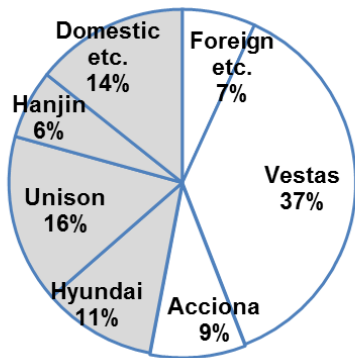
한국에너지기술연구원 Since 1977

## 정책과 보급의 상관성



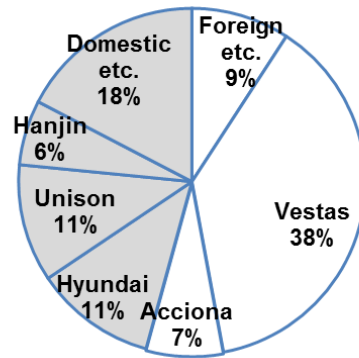
2004 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 (FIT)  
 2008 제3차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획  
 2012 신·재생에너지공급의무화제도 (RPS)  
 2012.12 환경부 육상풍력발전시설 입지선정 가이드라인  
 2014 국무조정실 규제개혁 사례 100선 (환경부, 산림청)

## 풍력터빈 보급현황



풍력터빈 대수

국산 : 외산 = 47 : 53

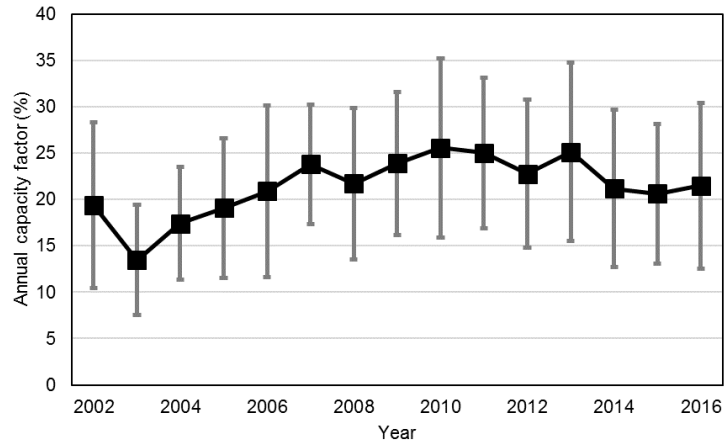


풍력 설비용량

국산 : 외산 = 46 : 54

**만일 RE3020 중 20GW 중 절반을 국산으로 보급하면?  
 2GW x 5000대 / 12.1 bil USD (13.3조원)**

## 연간 설비이용률



최근 10년간 연간 이용률 = 23±1.8%

경북 > 제주 > 강원 > 경남 > 전남 > 전북 > 경기  
 25.9% > 23.7% > 23.7% > 20.8% > 17.6% > 13.9% > 11.9%

설비이용률(capacity factor) = 실제 발전량 / 이론적 최대발전량 (%)

## 전세계 설비이용률 (IEA Wind)

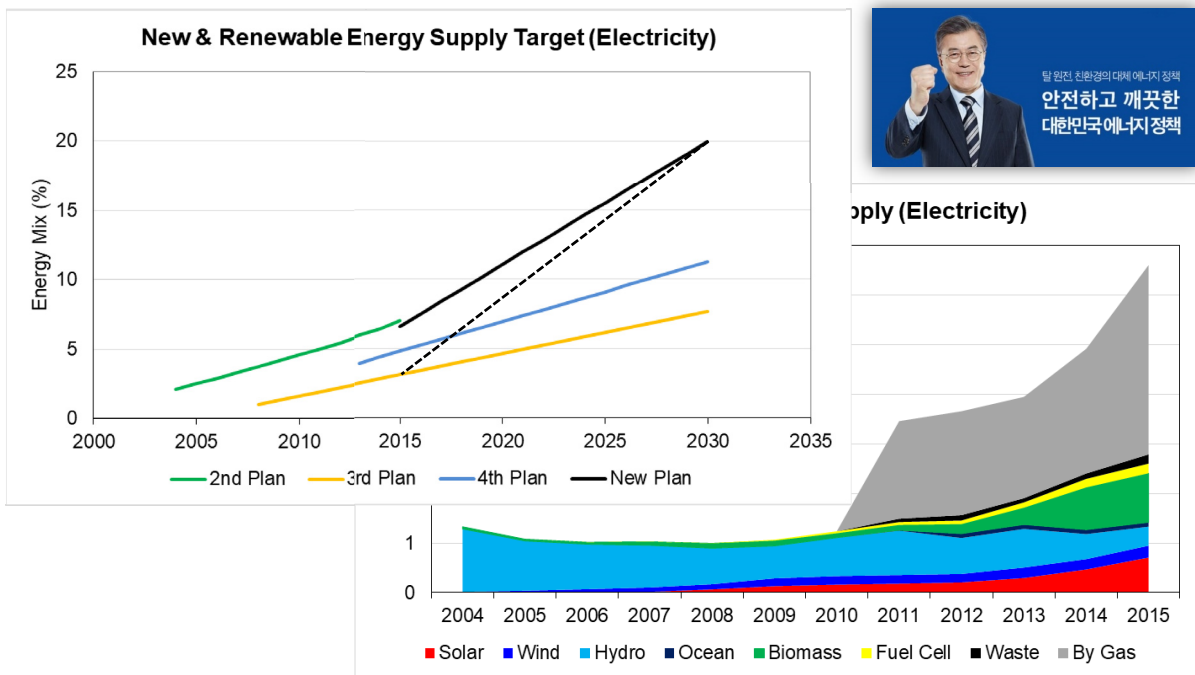
Country	Annual capacity factor(%)				Average (%)	Rank
	2011	2012	2013	2014		
Austria	-	30.0	24.0	24.0	26.0	12
Canada	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	2
China	-	22.4	23.7	21.6	22.6	16
Denmark	28.4	22.6	27.1	30.8	27.2	8
Finland	28.0	24.0	26.0	27.0	26.3	11
France	21.7	24.0	23.2	22.6	22.9	15
Germany	19.0	-	18.5	18.7	18.7	21
Greece	-	-	27.5	27.5	27.5	7
Ireland	31.6	28.4	30.5	28.7	29.8	5
Italy	18.0	-	21.0	20.0	19.7	19
Japan	19.0	19.9	17.0	22.0	19.5	20
Korea	25.0	22.8	25.1	21.2	23.5	14
Mexico	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	4
Netherlands	-	20.0	22.3	22.0	21.4	17
(offshore)	-	(39.5)	(38.6)	(37.5)	(38.5)	-
Norway	31.3	31.2	29.2	31.0	30.7	3
Portugal	26.0	28.0	29.0	28.0	27.8	6
Spain	-	24.1	26.9	25.4	25.5	13
Sweden	-	26.0	28.3	26.7	27.0	10
Switzerland	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	18
UK	27.4	27.4	-	26.4	27.1	9
(offshore)	(36.8)	(36.7)	-	(37.0)	(36.8)	-
US	33.0	33.0	32.1	32.3	32.6	1

## 풍력발전 변동성

Ramp ratio	10min		30min		60min	
	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative
0~10%	46.7	44.6	42.4	42.0	39.3	39.4
10~20%	3.3	3.4	5.2	5.7	6.5	7.1
20~30%	0.7	0.6	1.6	1.4	2.4	2.3
30~40%	0.2	0.2	0.5	0.4	0.9	0.8
40~50%	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3
50~60%			0.1	0.1	0.2	0.1
60~70%					0.1	0.1
70~80%					0.1	0.1
80~90%					0.1	
90~100%					0.1	
Severe	0.4	0.3	1.0	0.7	1.7	1.4

중대 증감발 이벤트(정격용량 30% 초과) 출현빈도는 계통연계된 풍력단지가 증가할수록 변동폭 상쇄효과가 있지만 면밀한 분석 필요

## 재생에너지 3020



## 난해한 재생에너지 3020

2017년 12월

RE3020 이행계획 (제8차 전력수급기본계획 참조)

2030년 전력소비량 579.5 TWh의 20%인 116 TWh를 재생에너지로 공급

태양광 30.8 GW + 풍력 16.5 GW = 48.7 GW 신규 설치 (2018~2030)

태양광 36.5 GW(CF=15%) + 풍력 17.7 GW(30%) + 기타 9.6 GW(25%)  
 = 48 TWh + 46.5 TWh + 21.5 TWh = 116 TWh

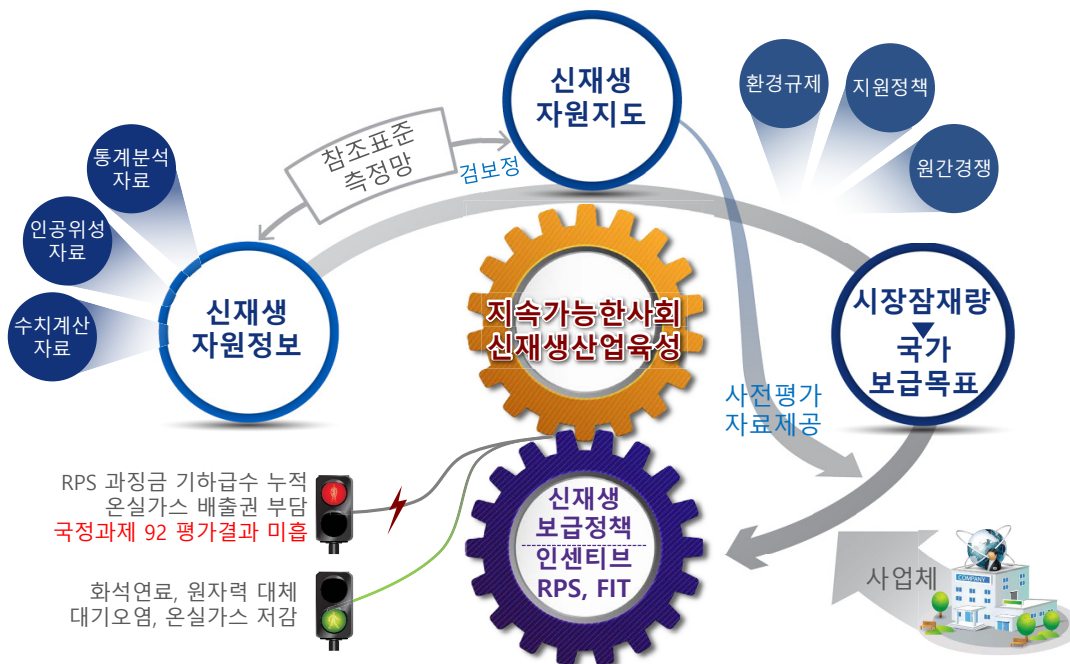
① 자가용(주택, 건물) 2.5 GW + ② 소규모사업 7.5 GW  
 + ③ 농가 태양광 10 GW + ④ 대규모 발전사업 28.8 GW = 48.7 GW

① 도시형 태양광 지원 + ② 한국형 FIT, REC 가중치(?)  
 + ③ 염해간척지, 영농형 태양광 + ④ 대규모 프로젝트, RPS 상향조정

한국에너지기술연구원에서 산업부 발표를 근거로 추산한 것임

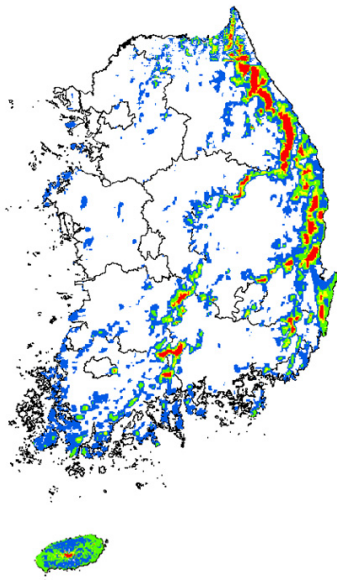
한국에너지기술연구원 Since 1977

## 신재생 자원지도 및 잠재량의 중요성

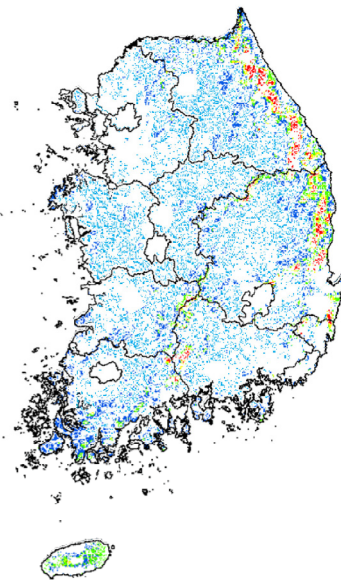


한국에너지기술연구원 Since 1977

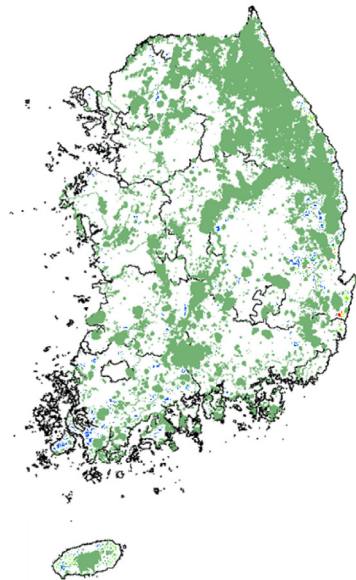
## 풍력자원 잠재량 산정사례 (2013)



**Theoretical Potential**  
= 45GW



**Technical Potential**  
= 17GW



**Available Potential**  
= 1.6GW

**WE Target = 3.0GW**

김현구 (2014) Energy Procedia

한국에너지기술연구원 Since 1977

## 과학적 잠재량 산정에 의한 규제개혁 (2014)

### 대규모 풍력발전 건설로 경제, 환경 두 마리 토끼를 잡다!

"환경 살리는 풍력발전, 한국에선 수년에 헛바퀴만 돌고 있습니다." 풍력협회 관계자 J씨의 말이다. 신재생에너지로 각광받는 풍력발전은 그동안 입지 규제로 인해 한국에선 크게 발전하지 못해왔습니다. 풍력발전시설을 신장에 설치할 수 있는 면적이 3만㎡ 미만으로 제한돼 있었기 때문입니다. 또한 풍력발전시설에 설치할 진입로에 대한 기준도 별도로 없어 까다로운 산림관리기반시설 기준에 맞아야 했습니다.

그러나 풍력발전시설에 대한 기준이 별도로 마련돼 대규모 풍력발전시설 사업에 박차를 가할 수 있게 됐습니다. 허가면적을 3만㎡에서 10만㎡ 이하로 완화하고, 진입로 기준도 풍력발전시설의 특성을 감안해 마련한 것입니다. 또한 풍력발전시설의 내구연한을 고려해 신지설시사용허가기간도 최대 10년에서 최대 20년으로 연장해 앞으로 국내 풍력발전 업계의 기술축적과 해외진출이 기대됩니다.



• 태백·이령·양산지역의 풍력단지 개발사업 재개로 약 1,500~2,250억원의 투자효과 예상



#### 개선 전

산지에 설치 가능한 풍력발전시설 면적이 3만㎡ 미만으로 제한 풍력발전시설 진입로 설치기준 : 별도 기준이 없어 '임도시설의 타당성 평가'와 설계 및 시설기준 적용

#### 개선 후

풍력발전시설 설치 면적 제한을 10만㎡ 이하로 완화해 대규모 풍력발전시설 설치 가능 풍력발전시설 진입로 설치기준 : 별도의 기준 마련 '신지설시 사용규칙' 개정 (산림청, '14.8월)

### 친환경 풍력에너지, 1등급 권역에서도 땀땀~

"환경 살리기 위한 풍력발전인데 환경규제에 막혀 발전하지 못하고 있네요." D기업 관계자의 말이다. D기업은 육상풍력발전단지를 건설하려 했지만 사업부지가 '생태자연도 1등급 권역'을 포함하고 있어 계획을 추진하지 못 했습니다. '생태자연도 1등급 권역'이란 멸종위기종, 희귀야생 동·식물이 서식해서 보존가치가 높은 지역입니다.

이제 D기업은 계획의 차질 없이 풍력단지를 건설할 수 있습니다. 생태자연도 1등급 권역이라도 야생 동·식물에 대한 피해를 최소화할 대책만 마련된다면 육상풍력개발사업 입지가 가능하도록 '육상풍력개발사업 환경성 지침'이 만들어진 덕분입니다. 이로써 풍력개발사업의 활성화뿐 아니라 온실가스 감축 효과까지 거둘 수 있게 됐습니다.



• 시설 투자 및 입지차 창출 효과, 온실가스 감축

- 추진 중인 7개소 개발 시 3,000명 고용 창출, 5,000억원 투자유발 효과, 연간 300만 톤 온실가스 감축효과(수나무 7천만그루 대체효과)  
- 원지 개발계획이 수립된 육상풍력발전지는 48개소(약 432,000억원 투자 예상)



#### 개선 전

생태자연도 1등급 권역의 보존, 복원을 고려해 개발을 제한 1등급 지정기준과 한정한 차이가 나는 경우 육상풍력개발사업 입지 검토 가능

#### 개선 후

환경보호대책이 전제된 경우 생태자연도 1등급 권역에 대해서도 육상풍력개발사업의 입지가 가능 검토 가능 육상풍력개발사업 허가사항 개정 (환경부, '14.9월)

한국에너지기술연구원 Since 1977

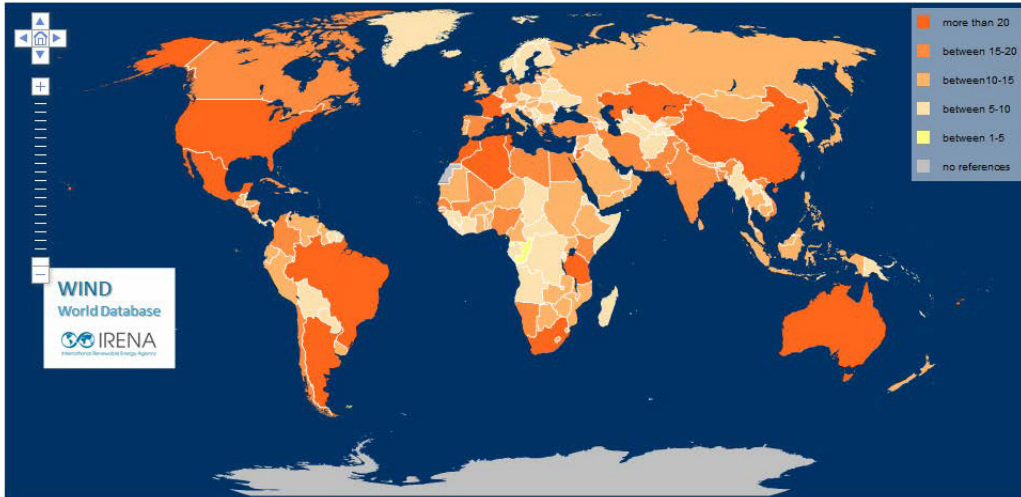
# 전세계 잠재량 연구동향

## Studies on Renewable Energy Potential



WIND SOLAR BIOMASS HYDRO MARINE GEOTHERMAL

The color codes on the maps represent the number of studi Countries/Territories Choose any one



# 신재생 자원측정 역사 (1982~)



신재생 에너지 통합 모니터링 시스템 연구원 태양 에너지 자원 측정 시스템 2011.10.14 / AM 09 : 28 (평안남도, 조양군 조양읍 114-009)

**일사 기상별 측정**

방향: 33.61 deg

풍속: 0.74 m/s

습도: 88.30 %

수평면 일사량(H<sub>0</sub>): 30.87 W/m<sup>2</sup>

기온: 13.21 °C

수평면 산란일사량(D<sub>0</sub>): 28.08 W/m<sup>2</sup>

**성분별 일사량 측정**

평면면 직달일사량: 0.00 W/m<sup>2</sup>

수평면 직달일사량(D<sub>0</sub>): 34.79 W/m<sup>2</sup>

평면면 산란일사량: 24.82 W/m<sup>2</sup>

수평면 산란일사량: 34.08 W/m<sup>2</sup>

**피장별 기상별 측정**

저위선: 2.50 W/m<sup>2</sup>

중위선: 382.70 W/m<sup>2</sup>

고위선: 32.90 W/m<sup>2</sup>

저위선 편도 B: 0.07 W/m<sup>2</sup>

저위선 편도 A: 3.49 W/m<sup>2</sup>

**경사별 일사량 측정**

남향 0°	31.37 W/m <sup>2</sup>
남향 15°	30.37 W/m <sup>2</sup>
남향 30°	30.19 W/m <sup>2</sup>
남향 45°	26.45 W/m <sup>2</sup>
남향 60°	20.99 W/m <sup>2</sup>
남향 75°	17.11 W/m <sup>2</sup>
남향 90°	13.81 W/m <sup>2</sup>
동향 90°	15.14 W/m <sup>2</sup>
서향 90°	13.20 W/m <sup>2</sup>
북향 90°	15.38 W/m <sup>2</sup>

SOLAR  
태양에너지

WIND  
풍력에너지

HYDRO  
수력에너지

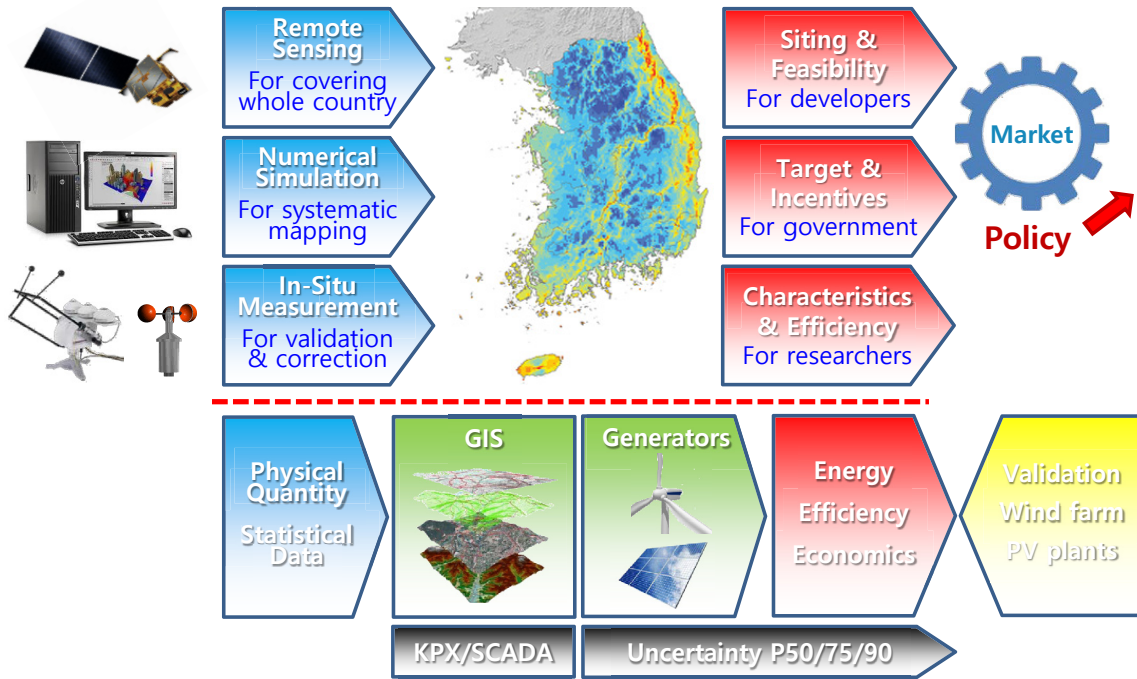
BIOMASS  
바이오매스에너지

GEOTHERMAL  
지열에너지

OCEAN  
해양에너지

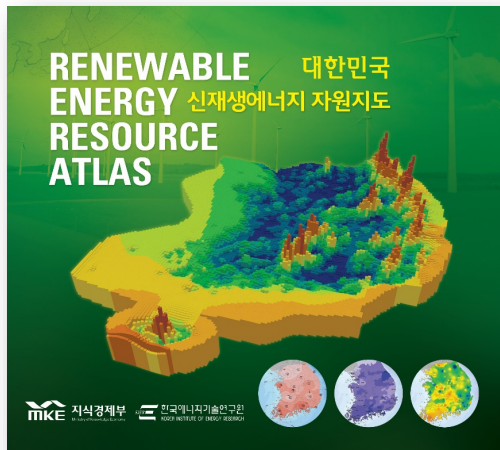
WASTE  
폐기물에너지

## 신재생 자원지도 생산체계



한국에너지기술연구원 Since 1977

## 대한민국 신재생자원지도 맵북



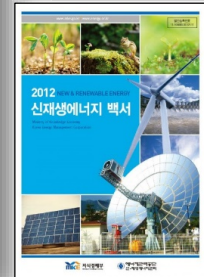
1st Edition (2010)



Korea RE Mapbook  
(Korean, English, French, Russian, etc.)  
[www.kier-atlas.org](http://www.kier-atlas.org)  
[www.facebook.com/kier.atlas](https://www.facebook.com/kier.atlas)



3rd Edition (2018) KR/EN

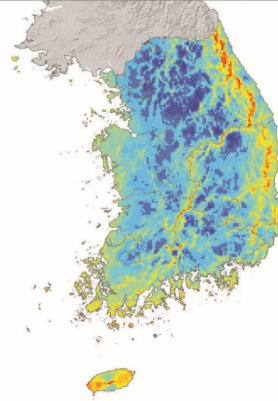


한국에너지기술연구원 Since 1977



# WIND

Wind power generation technology, which generates electric power by operating a generator with rotary power transformed from wind kinetic energy using aerodynamic characteristics, has the highest economic feasibility and technological maturity among the various renewable energy fields. Wind power generation is rapidly and continuously growing all over the world, leading to the development of wind farms around Jeju Island and Kangwon-do province in Korea (Capacity 640MW in 2015).

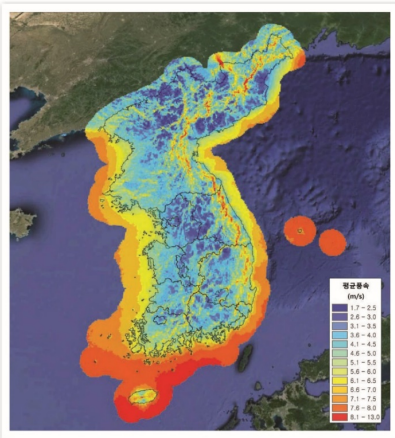


# WIND ENERGY

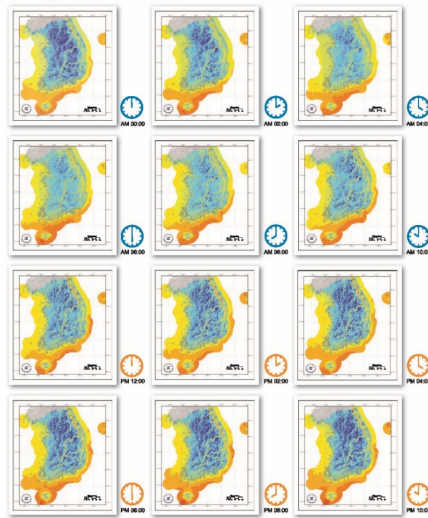
Renewable Energy Resource Atlas

## □ Average wind speed distribution

The Korea Institute of Energy Research, using their own numerical analysis technology, has developed a wind resource map of the Korean peninsula with a spatial resolution of 100m (vertical spatial resolution 10m). The resource map below shows the annual average wind speed distribution at 80 meters above ground level.



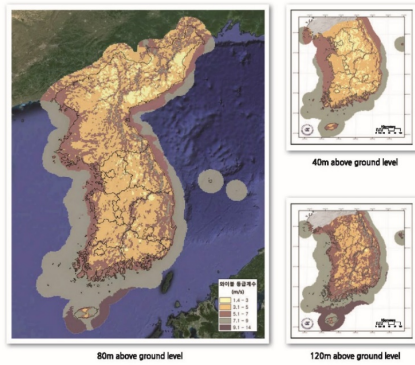
## □ Hourly variation of wind speed



# WIND ENERGY

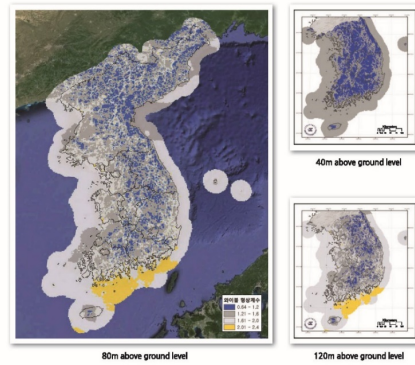
## □ Weibull scale factor

Probability distribution of wind speed should be analyzed to quantify an areas wind resources. Wind speed distribution can be expressed by the Weibull distribution. Weibull scale factor shows the center of wind speed distribution. The larger the key factors of Weibull distribution such as average wind speeds, the superior the wind power resources will be.



## □ Weibull shape factor

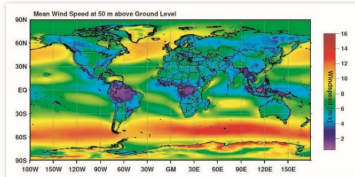
Weibull shape factor is a parameter that represents a distribution shape between a high wind speed regime and a low wind speed regime of the Weibull wind speed distribution. The smaller the Weibull shape factor, the greater the probability of a high wind speed regime.



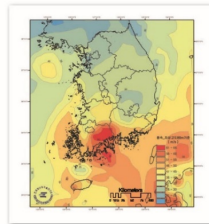
# WIND ENERGY

## □ Global wind resource map compiled by reanalysis data

A wind resource map is made from the numerical simulation of the reanalysis data with the mesoscale model which is WRF (Weather Research Forecasting), and then its resolution is refined by the wind flow model, WindSim. In this process, the Korea Institute of Energy Research applied their own technology such as terrain roughness model (US8229720), wind power density model (PCT007077), and acceleration algorithm of numerical calculation (PCT010080).



## □ Extreme wind speed map

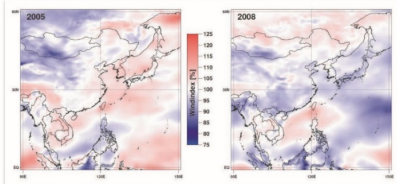


The rate that typhoons affecting the west coast of the Korean peninsula is rising due to the effects of climate change, and also the maximum wind speed of these areas are increasing. It is very important to make an accurate estimation when designing a wind farm because wind turbines are tall and huge structures that should withstand strong winds.

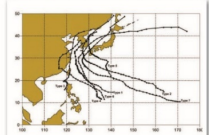
The left resource map, produced in partnership with the Atmospheric Environmental Information Research Center of Inje University, is an occurrence map of extreme wind speeds in Korea. These results are calculated at 80m high, the hub height of a wind turbine, by recalculating wind speed of typhoon passed through Korea in the last 15 years.

## □ Intra-annual variability of wind resources

Wind resources on the Korean Peninsula are directly affected by worldwide climate change such as the El Nino and the La Nina. Wind resources in 2005 were great due to the El Nino but poor in 2008 due to the La Nina. (Source: SANDER + PARTNER)



## □ Typhoon tracks that passing through the Korean peninsula



There are seven common typhoon tracks that impact on the Korean peninsula and it is divided into tracks passing through the western sea, the southern sea and the east sea by region.

## □ Typhoon that Has affected on the Korean peninsula

Year	Name of typhoon	Number
1999	Haebyung(9907), Pauro(9908), Sonamu(9910), Ambo(9917), Bar(9918), Dera(9920)	7
2000	Katmai(0006), Suiwen(0008), Wukong(0010), Pepsicon(0013), Seonam(0014)	5
2001	Chebi(0102), Febu(0111)	2
2002	Baerun(0205), Nakreun(0206), Fengshen(0209), Ruai(0215)	4
2003	Lyn(0304), Soulin(0306), Ewos(0310), Maemi(0314)	4
2004	Mindulle(0401), Nantehuan(0410), Megi(0415), Chaba(0416), Songpa(0418), Nak(0414)	5
2005	Ewin(0503), Wukong(0510), Shanshan(0513)	3
2007	Man-yi(0704), Uragi(0705), Nari(0711)	3
2008	Kalmegi(0807)	1
	<b>Total</b>	<b>35</b>

The total number of typhoons that had an impact on the Korean peninsula from 1999 to 2008 is 35, resulting in an average of 3.18 typhoons per year.

## 풍력자원지도 생산기술

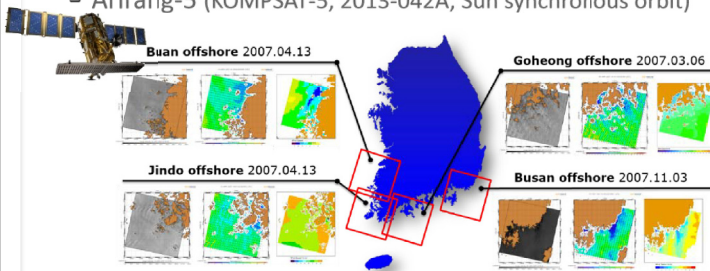


### Onshore Wind Mapping for Complex Terrain

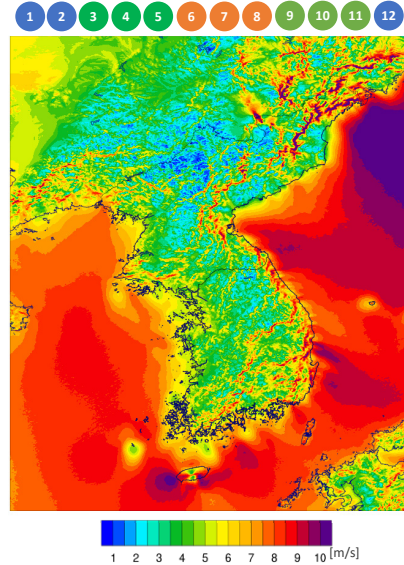
- World's best accuracy:  $R^2=0.84$  (vs. monthly Power, 100m/10yr)  
Downscaling method of wind power density, US 14420190, EU
- Terrain roughness algorithm for complex terrain  
Wind flow simulation method in complex terrain, US 8229720, JP
- Directional wind flow simulation algorithm  
Acceleration method of wind flow simulation, US 14440019, EU

### Offshore Wind Mapping Using Satellite Imagery

- Airrang-5 (KOMPSAT-5, 2013-042A, Sun synchronous orbit)



Offshore Wind Retrieval from SAR Imagery



Statistical Dynamic Downscaling via NWP-CFD

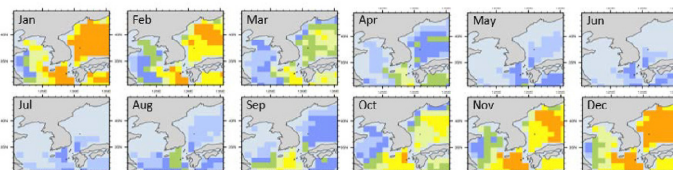
## 풍력자원지도 응용기술

### Wind Sector Classification

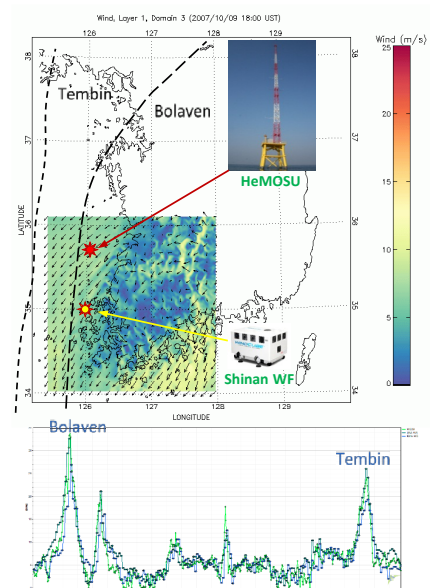
- Based on Similarity of time-series wind vectors  
Kim et al. (2016) Asian Journal of Atmospheric Environment, 10(2)
- Based on Principal component analysis of meteorological, geographical, morphometric parameters  
Kim et al. (2017) Wind Engineering, 41(2)

### Wind Power Forecasting

- Long-term forecasting based on satellite data ensemble  
Kim et al. (2017) Energies, 10 (994)
- Short-term forecasting based on mesoscale data ensemble  
Wind power forecasting by wind pattern classification, KR 0802402



Monthly wind power forecasting by satellite data ensemble

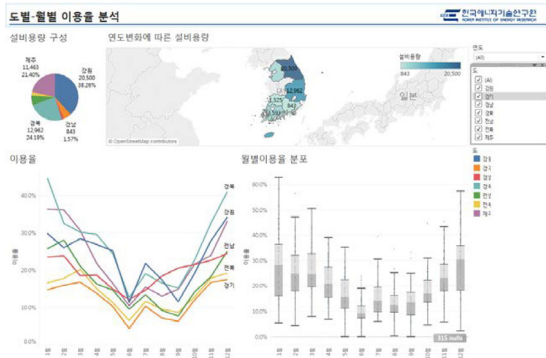


Wind power forecasting in Typhoon case

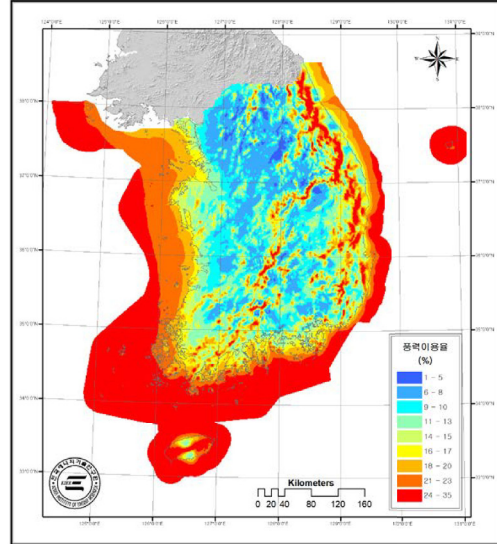
# 시장잠재량 산정기술

## GIS-Based Exclusion Analysis

- Cascade calculation of wind resource potential  
 Theoretical-geographical-technical-economical-market potentials in 1km grid system
- Validation and correction of capacity factor  
 Countrywide wind farm SCADA vs. wind map prediction (1066 MW, 547 wind turbines)



Analysis of countrywide capacity factor

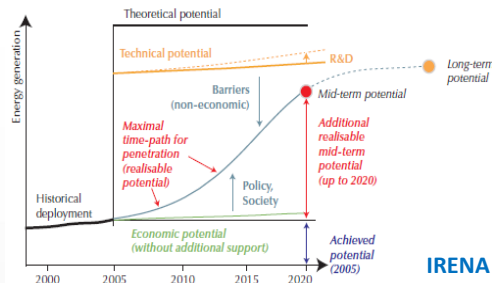
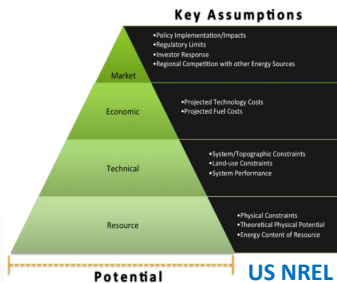


Exclusion zones for wind farm development

# 시장잠재량 정의

## 신재생에너지 잠재량 정의

- 신재생에너지 자원 잠재량 세분화: 여러 가지 제약조건 하에서 보급 가능한 잠재량을 확인하고 대상지역을 발굴하기 위해 피라미드형 정의를 채택 (이론-지리-기술-시장)
- 신재생에너지 보급목표 및 보급전략 수립: 신재생에너지 자원 잠재량 분석이 필수적으로 요구됨



## 신재생에너지 시장잠재량 산정과정

우리나라의 신재생에너지 보급은 많은 장애요인이 존재하므로 현실적이며 달성 가능한 보급목표의 수립을 위해 『제4차 신재생에너지 기본계획』부터 산학연 전문가 100여명으로 구성된 태스크포스팀 운영

## 잠재량 분류체계 및 영향요인

잠재량 단계	잠재량 정의
이론적 잠재량	현재의 과학적 지식 하에서 어떠한 제약도 존재하지 않을 때 이론적으로 활용가능한 에너지의 양
기술적 잠재량	이론적 잠재량 중 지리적 영향요인과 기술적 영향요인을 반영할 때 활용가능한 에너지의 양
시장 잠재량	기술적 잠재량 중 경제적 영향요인과 정책적(지원, 규제) 영향요인을 적용할 때 실질적으로 활용가능한 에너지의 양

영향요인	영향요인 정의	사례
지리적 영향요인	현재의 기술수준 하에서 극복 불가능한 지리적인 제약요인	급경사, 심해 등
기술적 영향요인	현재의 기술수준으로 인해 신재생에너지 활용에 영향을 미치는 요인	설비효율, 설비이용률 등
경제적 영향요인	경쟁재화와의 가격경쟁력 측면에서 신재생에너지 활용에 영향을 미치는 요인	LCOE <sup>1)</sup> , SMP <sup>2)</sup>
지원정책 영향요인	정부의 정책적 판단으로 인해 신재생에너지의 활용을 촉진하는 제도적 요인	REC <sup>3)</sup> , 설치보조금 등
규제정책 영향요인	정부의 정책적 판단으로 인해 신재생에너지 활용 및 신재생에너지설비의 설치를 제약하는 제도적 요인	환경규제, 인허가규제 등

한국에너지기술연구원 Since 1977

## 잠재량 분류체계 및 영향요인

잠재량 단계	잠재량 정의
이론적 잠재량	영토와 영해에 설비용량밀도 5 MW/km <sup>2</sup> 로 풍력터빈을 설치한 경우 설치할 수 있는 설비용량 또는 생산 가능한 에너지양
기술적 잠재량	지리적으로 설치 불가능한 지역을 제외하고 기술적 제약을 반영할 경우 설치할 수 있는 설비용량 또는 생산 가능한 에너지양
시장 잠재량	정부의 지원정책과 규제정책을 반영하여 경제성이 확보될 경우 설치할 수 있는 설비용량 또는 생산 가능한 에너지양

잠재량 구분	영향요인 구분	영향요인 반영 방법
이론적 잠재량	이론적 영향요인	설비용량밀도 5 MW/km <sup>2</sup> 로 풍력터빈을 설치한 경우를 가정하여 이론적 설비이용률에 의한 격자별 잠재량을 계산
기술적 잠재량	지리적 영향요인	지리적 영향요인에 해당하는 면적을 잠재량 산정에서 제외 ex) 하천, 습지, 건물, 경사 20° 이상, 수심 200 m 이상 등
	기술적 영향요인	풍력터빈 설치높이 80m, 성능곡선, 손실계수 등을 반영하여 잠재량 재산정
시장 잠재량	지원정책 영향요인	풍력 설비입지에 따라 발전 경제성을 평가하고, 정부지원 하에서도 경제성이 부족한 격자를 잠재량에서 제외 ex) LCOE와 SMP, REC 비교
	규제정책 영향요인	격자 내에 각종 규제정책 영향요인이 하나라도 포함될 경우 해당 격자를 잠재량 산정에서 제외 ex) 천연기념물 서식지, 생태자연도 1등급, 자연공원 등

한국에너지기술연구원 Since 1977

## 잠재량 분류체계 및 영향요인

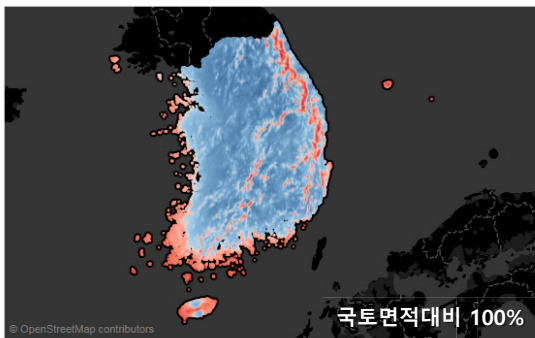
구분	세부	설비용량 (GW)			연간발전환산량 (TWh/년, *TWhh/년)			최종에너지 (10 <sup>3</sup> TOE/년)			1차에너지 (10 <sup>3</sup> TOE/년)			
		이론적	기술적	시장	이론적	기술적	시장	이론적	기술적	시장	이론적	기술적	시장	
태양	광	106,831	1,807	321	137,347	2,338	411	11,811,842	201,068	35,346	28,980,217	493,318	86,721	
	열*	106,831	4,778	150	137,347	6,181	191	11,811,842	531,566	16,426	11,811,842	531,566	16,426	
풍력	육상	499	352	17	942	756	39	81,012	66,016	3,353	198,762	159,516	8,229	
	해상	462	387	22	1,385	1,176	71	119,110	101,136	6,106	292,235	248,136	14,981	
수력	-	28	12	3	246	41	9	21,156	3,526	774	51,906	8,651	1,899	
지열	천부*	22,236	1,256	334	55,796	932	29	4,798,456	80,152	2,494	4,798,456	80,152	2,494	
	심부	350	3	0	3,066	19	0	263,676	1,634	0	646,926	4,009	0	
해양	조류	430	109	0	3,766	957	0	323,876	82,302	0	794,626	201,927	0	
	조력	13	11	1	112	46	2	9,632	3,956	203	23,632	9,706	497	
	파력	129	18	0	1,128	40	0	97,008	3,440	0	238,008	8,440	0	
	해수 온도차	발전	64	0	0	557	4	0	47,902	344	0	117,527	844	0
		냉난방*	15	9	0	85	51	0	7,310	4,386	0	7,310	4,386	0
바이오	-	12	10	0.4	89	72	3	7,677	6,190	248	18,836	15,188	609	
폐기물	-	6	4	4	45	32	32	3,845	2,739	2,739	9,433	6,721	6,721	
합계		237,906	8,756	852	341,911	12,645	787	29,404,344	1,087,455	67,689	47,989,716	1,772,560	138,577	

2018 신재생에너지백서, 산업통상자원부, 한국에너지공단

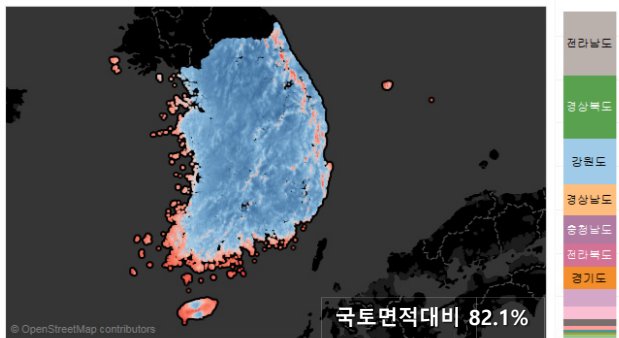
한국에너지기술연구원 Since 1977

## 육상풍력잠재량

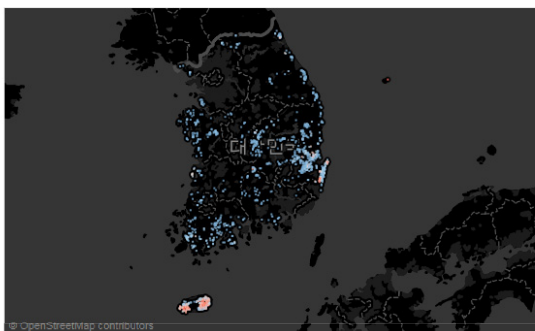
이론적잠재량(발전량:942TWh 설비용량:534GW)



기술적잠재량(발전량:756TWh 설비용량:439GW)



시장잠재량(발전량:46TWh 설비용량:20GW)



잠재량(GWh) 0.00 ~ 25.00

특성/해상 해상

LCOE 추정 전제		
항목	육상풍력	해상풍력
CAPEX(원/kW)	2,500,000	5,000,000
OPEX(원/kW/yr)	47,500	210,600
설비용율(%)	격자별 차등 (육상 평균 20.1, 해상 평균 34.1)	
할인율(%)	6.0	
효율감소율(%)	0.3	
O&M 증가율(%)	2.5	
설비수명(yr)	20	

한국에너지기술연구원 Since 1977

# 해상풍력잠재량

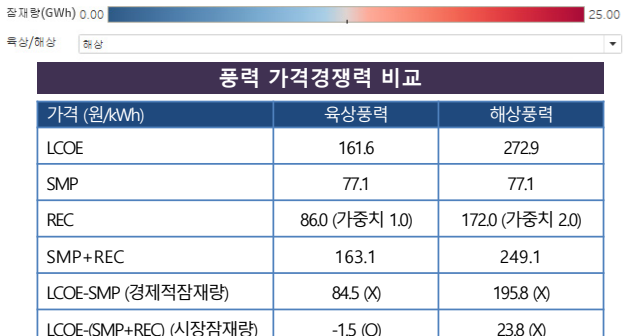
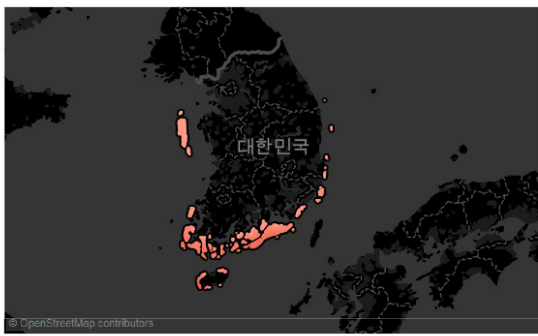
이론적잠재량(발전량:1,298TWh 설비용량:427GW)



기술적잠재량(발전량:1,176TWh 설비용량:387GW)



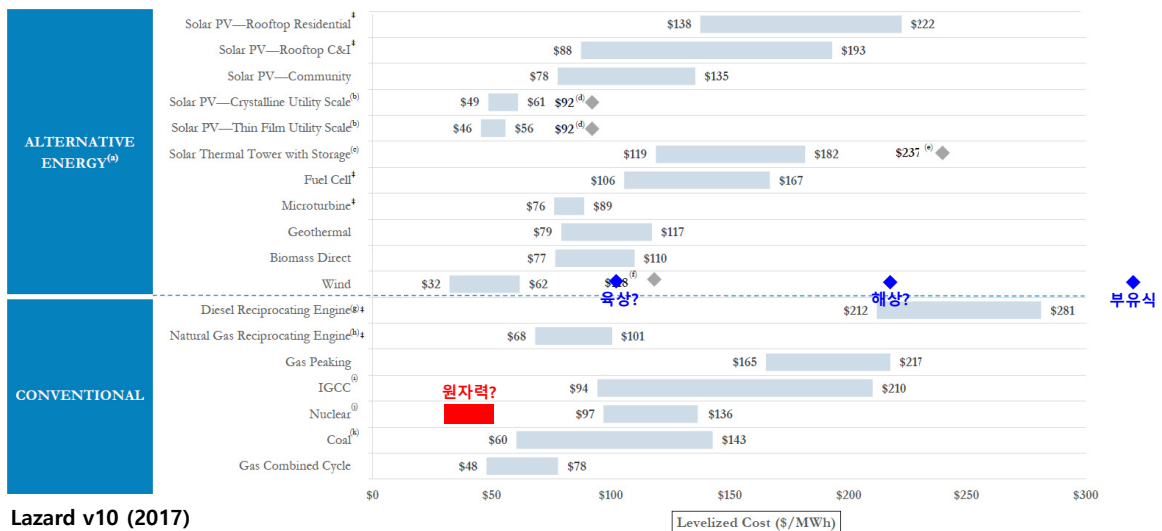
시장잠재량(발전량:71TWh 설비용량:22GW)



## 균등화발전단가

### Unsubsidized Levelized Cost Of Energy (LCOE)

The price at which electricity must be generated from a specific source to break even including all the costs over its lifetime



Source: Lazard estimate.  
Note: Here and throughout this presentation, unless otherwise indicated, analysis assumes 60% debt at 8% interest rate and 40% equity at 12% cost for conventional and Alternative Energy generation technologies. Reflects global illustrative costs of capital, which may be significantly higher than OECD country costs of capital. See page 15 for additional details on cost of capital. Analysis does not reflect potential impact of recent draft rule to regulate carbon emissions under Section 111(d). See pages 18–20 for fuel costs for each technology. See following page for footnotes.  
‡ Denotes distributed generation technology.

## 육상 풍력 발전단가 (US NREL)

Table 1. Summary of Inputs and Reference Project LCOE for 2015 Land-Based Installations

	2.0-MW Land-Based Turbine (\$/kilowatt [kW])	2.0-MW Land-Based Turbine (\$/megawatt-hour [MWh])
Turbine capital cost	1,209	33.2
Balance of system	330	9.1
Financial costs	151	4.1
Capital expenditures (CapEx)	<b>1,690</b>	<b>46.4</b>
Operational expenditures (OpEx; \$/kW/yr)	51	14.6
Fixed charge rate (%)	9.6	
Net annual energy production (MWh/MW/yr)	<del>3,494</del>	<b>2,059</b>
Net capacity factor (%)	<del>39.9</del>	<b>23.5%</b>
<b>TOTAL LCOE (\$/MWh)</b>	<del>61</del>	<b>103</b>

<sup>a</sup> Sources are listed in the relevant sections of this report related to the specific cost components.

$$LCOE = \frac{(CapEx \times FCR) + OpEx}{(AEP_{net}/1,000)}$$

## 해상 풍력 발전단가 (US NREL)

Table 13. Summary of Inputs and Results for the Fixed-Bottom Offshore Wind Project

	4.14-MW Offshore Turbine (\$/kW)	4.14-MW Offshore Turbine (\$/MWh)
Turbine capital cost	1,466	41.8
Balance of system	2,167	61.9
Financial costs	983	28.0
Capital expenditures (CapEx)	<b>4,615</b>	<b>131.7</b>
Operational expenditures (OpEx; \$/kW/yr)	179	49.6
Fixed charge rate (%)	10.3	
Net annual energy production (MWh/MW/yr)	<del>3,608</del>	<b>2,878</b>
Net capacity factor (%)	<del>41.2</del>	<b>34%</b>
<b>TOTAL LCOE (\$/MWh)</b>	<del>181</del>	<b>219</b>

<sup>a</sup> Sources are listed in the relevant sections of this report related to the specific cost components.

Note: Reported costs are in 2015 U.S. dollars using U.S. Consumer Price Index data (Bureau of Labor Statistics 2016).

## 부유식 풍력 발전단가 (US NREL)

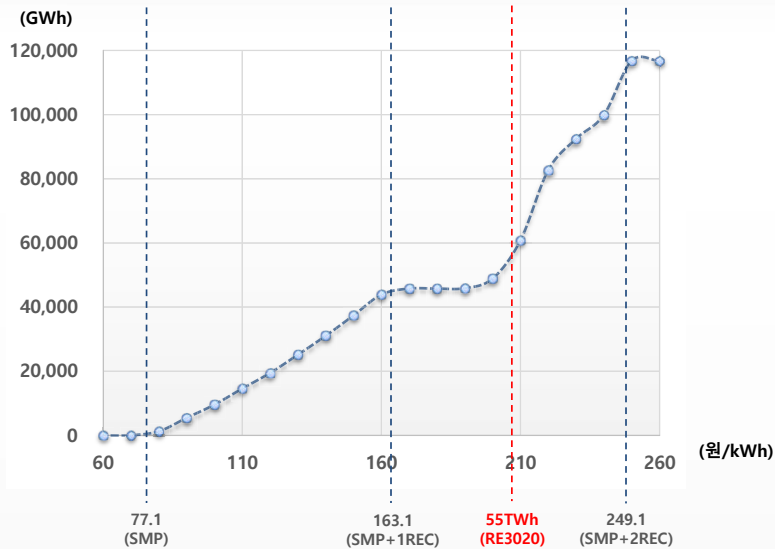
Table 14. Summary of Inputs and Results for the Floating Offshore Wind Project

	4.14-MW Offshore Turbine (\$/kW)	4.14-MW Offshore Turbine (\$/MWh)
Turbine capital cost	1,466	42.0
Balance of system	4,146	118.6
Financial costs	1,035	29.6
Capital expenditures (CapEx)	<b>6,647</b>	<b>190.4</b>
Operational expenditures (OpEx; \$/kW/yr)	138	38.4
Fixed charge rate (%)	10.3	
Net annual energy production (MWh/MW/yr)	<del>3,595</del> <b>2,628</b>	
Net capacity factor (%)	<del>41.0</del> <b>30%</b>	
<b>TOTAL LCOE (\$/MWh)</b>	<del>-229</del> <b>313</b>	

<sup>a</sup> Sources are listed in the relevant sections of this report related to the specific cost components.  
 Note: Reported costs are in 2015 U.S. dollars using U.S. Consumer Price Index data (Bureau of Labor Statistics 2016).

## LCOE에 따른 시장잠재량 변화

- 시장잠재량 시나리오 S3 기준



## 재생에너지 3020 입지면적

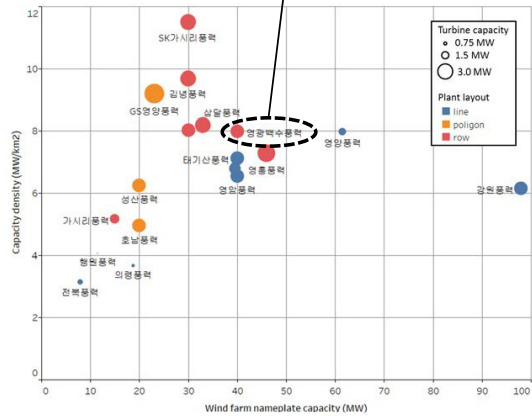
입지면적: 풍력단지 실제 점유면적  
 허가면적: 풍력단지 토목공사 면적

### 육상풍력 입지면적

풍력설비밀도 8MW/km<sup>2</sup> (KIER)  
 보급목표 5GW 필요면적  
 = 5GW / (8MW/km<sup>2</sup>) = 625km<sup>2</sup>

### 해상풍력 입지면적

풍력설비밀도 15MW/km<sup>2</sup> (NREL)  
 보급목표 15GW 필요면적  
 = 15GW / (5MW/km<sup>2</sup>) = 3000km<sup>2</sup>



김현구 (2016) Wind Energy Journal

## 입지면적 기준 잠재량

### 육상풍력 입지면적

= 국토면적 - 도시면적 - 제한구역

### 육상풍력 설비밀도

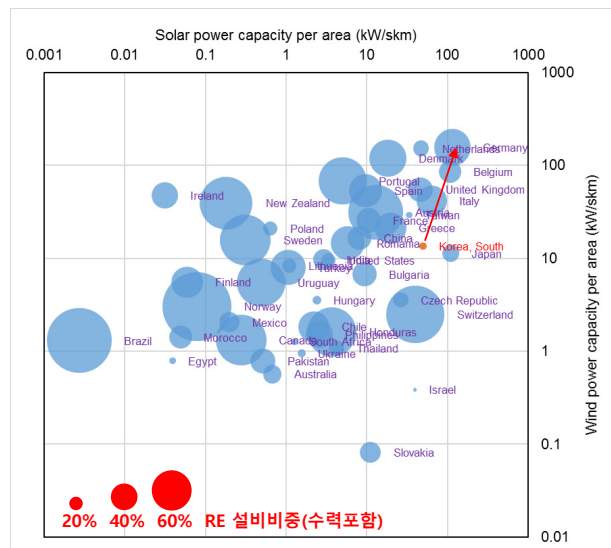
= 설비용량 / 입지면적

### 현재 세계최고 수준까지 보급하면?

독일 157kW/km<sup>2</sup> (2017)  
 보급가능 육상풍력 = 16GW

### 미래 세계최고 수준까지 보급하면?

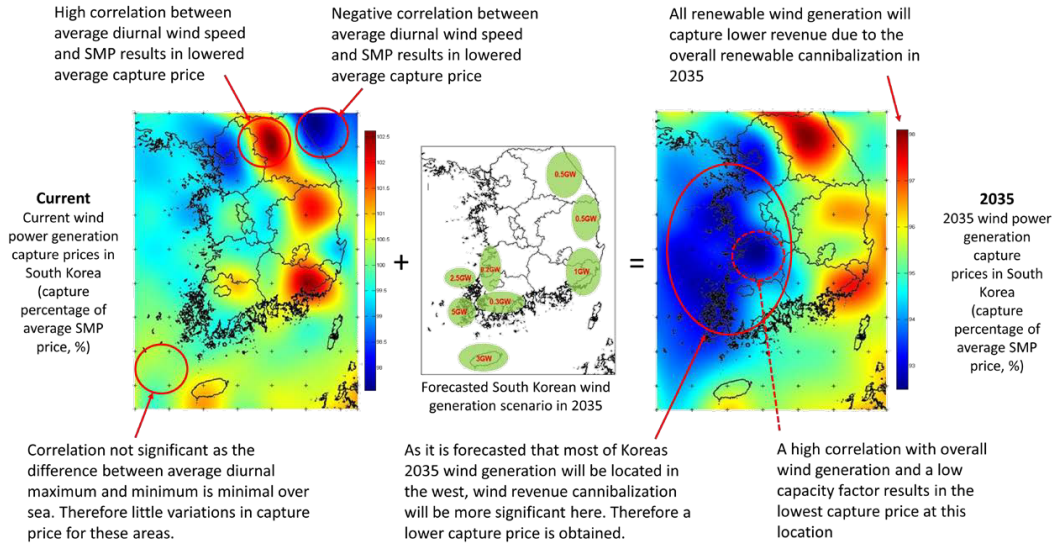
독일 215kW/km<sup>2</sup> (2030)  
 보급가능 육상풍력 = 22GW



김현구 (2017) Renewable Energy

## 재생에너지 계통영향

전력수급 운영측면에서는 육상풍력이 절대적으로 유리  
 풍력단지가 증가할수록 상호상쇄에 의해 변동성은 낮아짐



Byrne, 김현구 (2016) 태양에너지논문집

한국에너지기술연구원 Since 1977

## 해상 풍력자원 재검토(2018)

남한 해상 풍력자원 경제성 매우 낮음 (전세계 1,200위권 밖)

Rank	Project Name	Location	Score
1220	Sinan - Hanwha E & C	Yellow Sea	7.78
1316*	Jeonnam 5GW Offshore Zone - Sinan- 200MW Phase 2	Yellow Sea	7.29*
1316*	Jeonnam 5GW Offshore Zone - Sinan- 300MW Phase 1	Yellow Sea	7.29*
1353	Saemangeum	Yellow Sea	7.14
1353	Southwest Offshore Demonstration	Yellow Sea	7.14
1353	Southwest Offshore Phase 2	Yellow Sea	7.14
1359	Jeonnam 5GW Offshore Zone	Yellow Sea	7.12
1377	Southwest Offshore Phase 3	Yellow Sea	7.01
1387*	Taeon - KOWEPO	West Korean Peninsular	6.95*
1419*	Incheon Offshore Wind Farm	West Korean Peninsular	6.66*

한국에너지기술연구원 Since 1977

## 시장잠재량 산정 시사점

- **재생에너지 3020 이행계획**

- 63.8GW를 설치하면 달성되는 것인가? 116TWh를 생산해야 달성되는 것인가?
- 신재생 자원지도 및 잠재량에 근거한 정책수립 및 진도관리 필요
- 한국에너지기술연구원 신재생자원정책센터를 통한 RE3020 정책분석 필요

- **육상풍력 5GW → 10GW로 비중확대 필요**

- 육상풍력 시장잠재량의 25%인 5GW 보급의 기술적 문제는 없음
- 환경규제 회피 및 주민수용성 해결, 국산 풍력터빈 보급을 통한 산업화가 관건

- **해상풍력 15GW → 10GW로 신중한 접근 필요**

- 해상풍력 시장잠재량의 75%인 15GW 보급은 기술적, 경제적 문제가 큼
- 육상 포화시 → 근해상 → 원해상, 부유식은 기술실증 이후 (2030~), 서남해상?
- 풍력발전 투자계획 조사(2017.10) = 육상풍력 7GW + 해상풍력 12GW

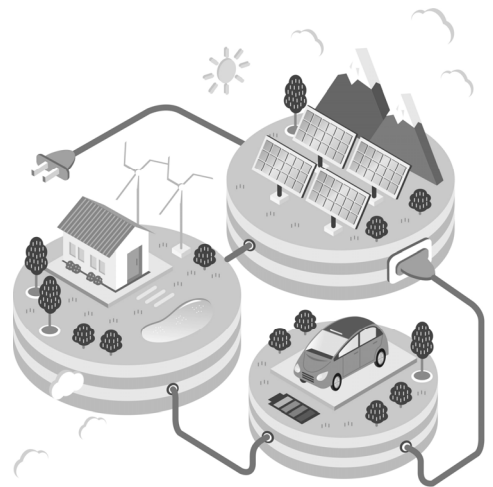


감사합니다

## 발표 2

# 풍력발전의 국내외 시장 및 기술동향

박원서 유니스 풍력본부장





## 풍력발전의 국내외 시장 및 기술동향

유니스 박원서

1888년경 인류 최초로 풍력발전기가 만들어진 이래, 약 100여년간의 기술적 준비단계를 거쳐 1970년대 오일쇼크를 계기로 덴마크식 풍력발전기가 산업의 표준기술로 정립되었다. 이후 1992년 유엔 기후변화협약과 1997년 교토의정서 체결을 계기로 풍력발전이 화석연료(특히 석탄발전)를 대체하는 재생에너지원으로 급부상하게 되었으며, 2000년대 들어서 풍력발전은 풍력터빈의 대형화와 원가하락에 힘입어 매우 빠른 속도로 성장하였다.

오늘날 전세계 풍력발전 설비는 총 591GW에 달하며, 총 전력수요의 약 5.6%를 담당하고 있다. 매년 약 50GW~60GW의 풍력발전설비가 신규로 설치되고 있다. 특히 유럽지역은 양호한 바람자원 및 선진기술력을 바탕으로 전세계 풍력발전 시장과 산업을 선도하고 있다. EU28개국의 전체 전력소비량 2,645TWh 중 약 14%인 362TWh가 풍력에 의해서 커버되고 있으며, 국가별 풍력발전비중은 덴마크 41%, 아일랜드 28%, 포르투갈 24%, 독일 21% 등이 매우 높은 수준을 보이고 있다. 유럽외에도 중국, 미국, 인도, 브라질, 캐나다 등의 풍력보급율이 높으며, 최근에는 라틴아메리카, 중동 및 북아프리카지역, 동남아시아 지역 등 전세계적으로 풍력발전 설치가 확산되고 있다.

이처럼 풍력발전이 에너지 전환의 대표 주자로서 자리매김한 것은 풍력 기술의 눈부신 성과가 있기에 가능했다. 2000년대 들어 풍력터빈의 크기는 100kW급에서 5MW급으로 약 50배가 커졌다. 반면에 터빈 가격은 신기술 적용 및 대량생산에 따른 학습효과로 지속적으로 하락하였으며, 이를 통해 결과적으로 육상풍력의 발전단가(LCOE)가 하락하고, 기존 화석연료보다 경제성이 높아지는 그리드 패리티(Grid Parity) 수준에 도달하였다.

하지만 우리나라의 경우 입지조건상 풍력 에너지 자원이 미약하고, 풍력기술 도입 시기 역시 상당히 뒤쳐진 결과, 2018년말 기준 풍력발전 누적보급실적이 약 1.3GW에 불과한 실정이며, 전체 발전량에서 풍력이 차지하는 비중 역시 극히 낮은 수준이다. 그럼에도 불구하고, 국내 풍력 기술개발은 선택과 집중 전략에 의한 기술추격으로 최소한 육상풍력에서는 선진국과의 기술격차를 많이 좁혀놓은 상태이며, 이를 바탕으로 정부의 재생에너지 3020 이행계획에서 제시된 육상풍력 4GW 보급목표 달성을 위한 기술적 준비가 되어있다.

현재 발전사업허가 기준 9GW의 잠재수요가 존재하나, 이들 중 대부분은 인허가, 환경이슈, 지역민원 등에 부딪혀 실질적인 수요로 전환되지 못하고 있는 실정이다. 육상풍력 입지난 해소를 위한 범정부적 제도개선이 시급히 이루어져서, 국내 육상풍력 시장 활성화와 풍력산업생태계 육성, 그리고 국가 에너지전환 목표가 달성될 수 있기를 기대한다.





## 풍력발전의 국내외 시장 및 기술 동향

박원서  
유니슨(주) 풍력본부장

2019. 9. 26.



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

### 목차



1. 해외 풍력발전 시장 동향
2. 해외 풍력발전 기술 동향
3. 국내 육상풍력 현황 및 과제



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.



# 1장 해외 풍력발전 시장 동향



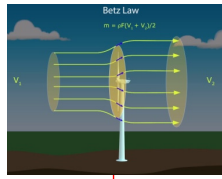
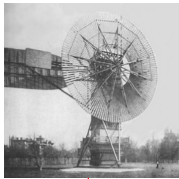
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 풍력발전 : 변방에서 중심으로



1. 풍차의 시대 (~18세기) → 2. 기술적 태동기 (1880~1970) → 3. 산업적 맹아기 (1970~2000) → 4. 산업적 성장기 (2000~현재)

**풍력발전기 최초 개발(미국) Betz 법칙**  
 • Charles F. Brush  
 • 최초 전기생산(발전기)  
 • 이후 현대식 풍력 발전기 설계 기술 적립

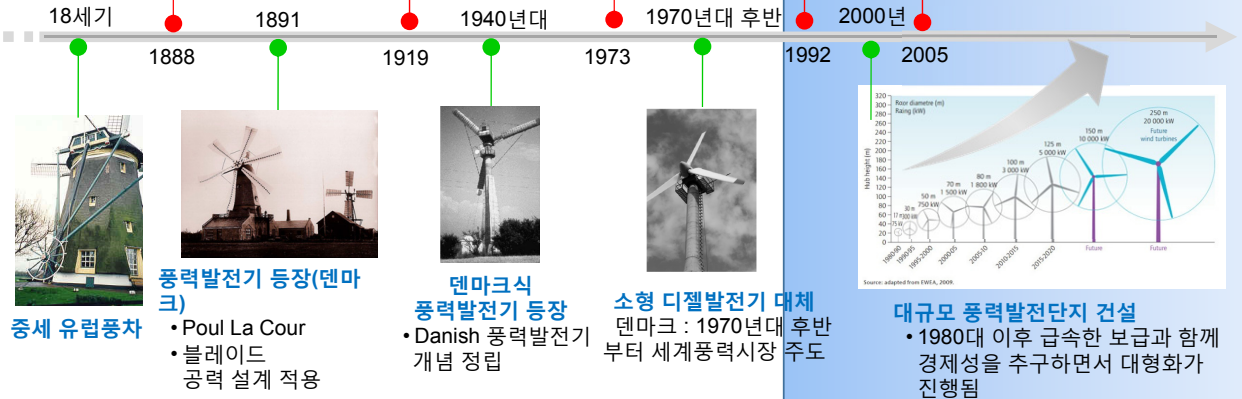


**중동오일쇼크**  
 • 석유의존도를 줄이는 정책

**석탄발전의 대안으로 급부상**

**UN기후변화 협약**  
 • 온실가스 감축을 위한 신기후체제 마련

**교토의정서 발효**



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

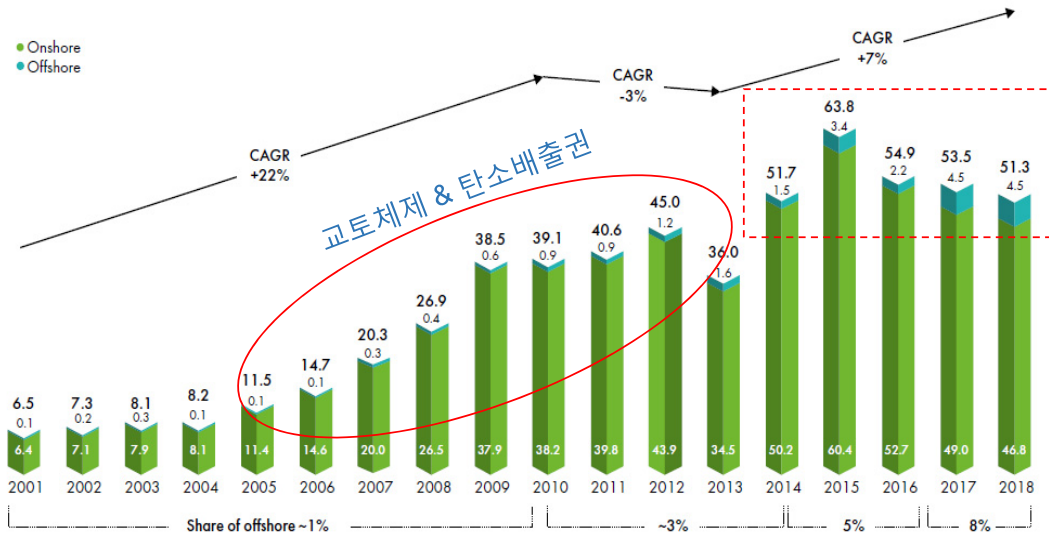
# UN기후변화체제下 풍력발전의 급성장



UN기후협약 및 교토협약체제(2005~12)에서 대형 풍력발전소 건설은 비약적으로 성장하게 되었으며, 최근 5년간 매년 50GW 이상의 신규 설비가 설치되고 있음.

## □ 풍력발전 신규 설치 용량(GW)

되돌이킬 수 없는 대세



(‘92)UN기후협약→(‘97)교토협약→(‘05)비준(발효)→(‘12)의무해제



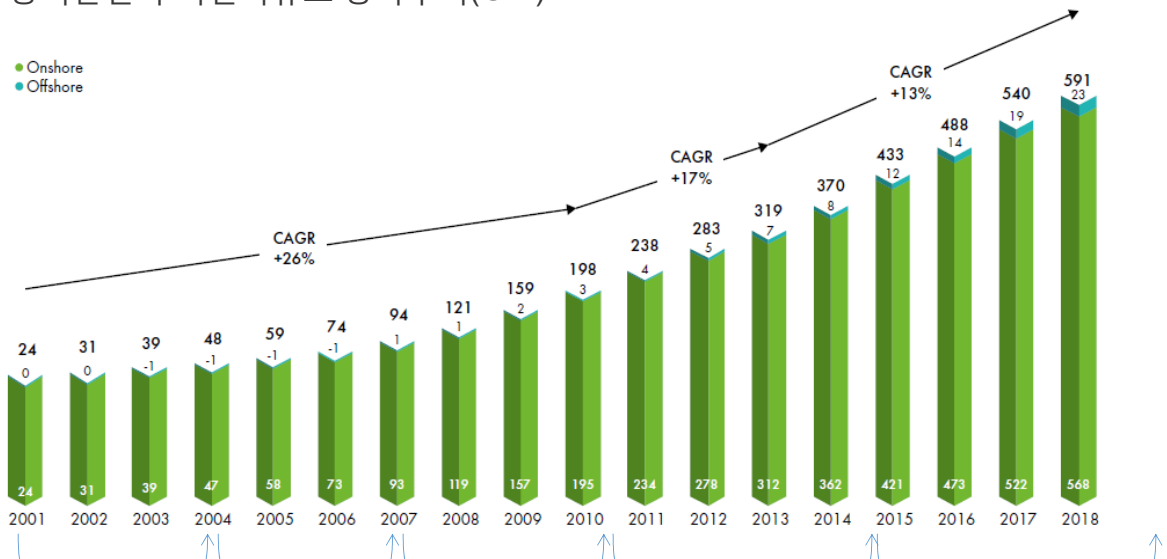
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 풍력발전 누적 설비의 지속적 증가



전세계 풍력발전 누적설비는 기존 풍력선진국인 유럽 및 미국을 벗어나, 중국, 인도 등 아시아 지역 및 브라질, 멕시코 등 중남미 국가들을 중심으로 계속 확대되고 있음.

## □ 풍력발전 누적설비규모 증가추이(GW)



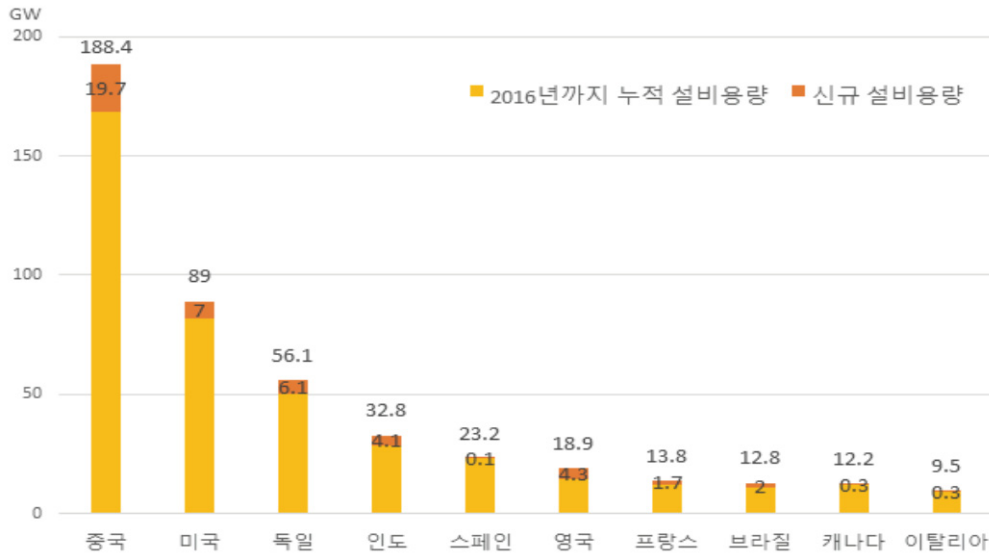
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 세계 풍력발전시장을 주도하는 국가



중국, 미국, 독일, 인도 등 주요 4대 국가의 비중이 약 70%를 차지함.

□ 국가별 풍력 신규 설비용량(2017년)



자료 : REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.110, p.212.



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 풍력발전의 전세계로의 팽창



최근에는 라틴아메리카, 중동 및 아프리카 등 전세계, 전대륙 지역으로 확산

□ 대륙별/국가별 풍력발전 설비용량

Onshore (MW)	신규설치 2017	신규설치 2018	누적설비 2018	비중(%)
<b>Americas</b>	10,572	11,940	135,041	23.8%
<b>USA</b>	7,017	7,588	96,635	17.0%
Canada	341	566	12,816	2.3%
Brazil	2,027	1,939	14,707	2.6%
Mexico	478	929	4,935	0.9%
Chile	269	204	1,621	0.3%
<b>Asia-Pacific</b>	23,927	24,902	256,320	45.1%
<b>China</b>	18,499	21,200	206,804	36.4%
<b>India</b>	4,148	2,191	35,129	6.2%
Japan	170	262	3,661	0.6%
South Korea	103	127	1,229	0.2%
<b>Europe</b>	13,865	9,016	171,328	30.1%
<b>Germany</b>	5,334	2,402	53,180	9.4%
France	1,692	1,563	15,307	2.7%
Sweden	197	717	7,216	1.3%
United Kingdom	2,641	589	13,001	2.3%
Turkey	766	497	7,370	1.3%
Other Europe	3,235	3,248	75,435	13.3%
<b>Africa, Middle East</b>	632	962	5,720	1.0%
<b>Total onshore</b>	48,996	46,820	568,409	100.0%



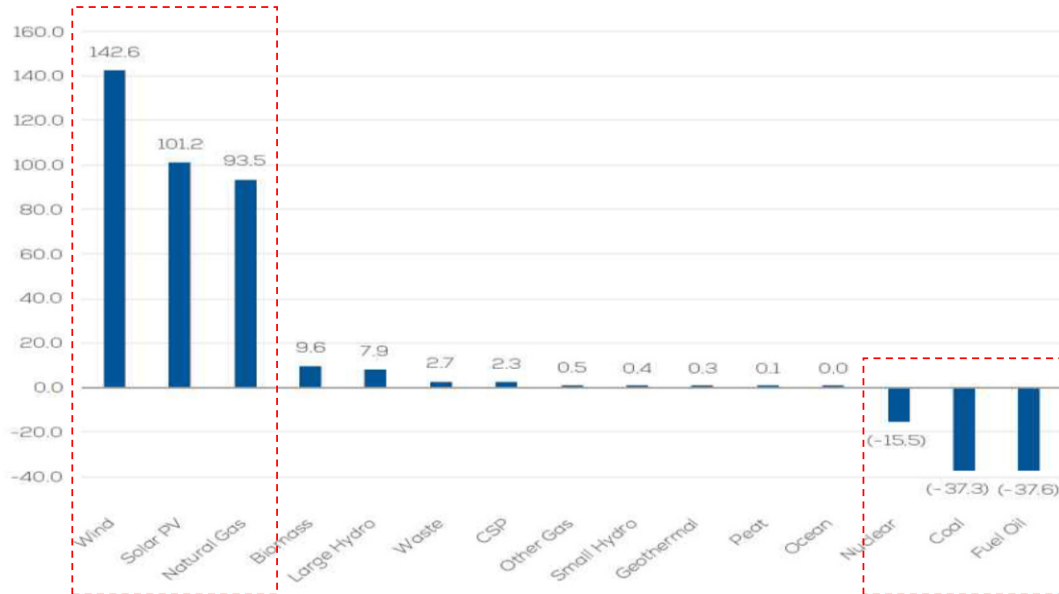
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 에너지전환을 주도하는 풍력발전



석탄/석유/원자력 에너지를 대체할 미래 에너지로서 풍력발전의 약진

□ EU의 에너지원별 누적 발전설비 운용량(2000~2016년) (단위: GW)



자료: WindEurope

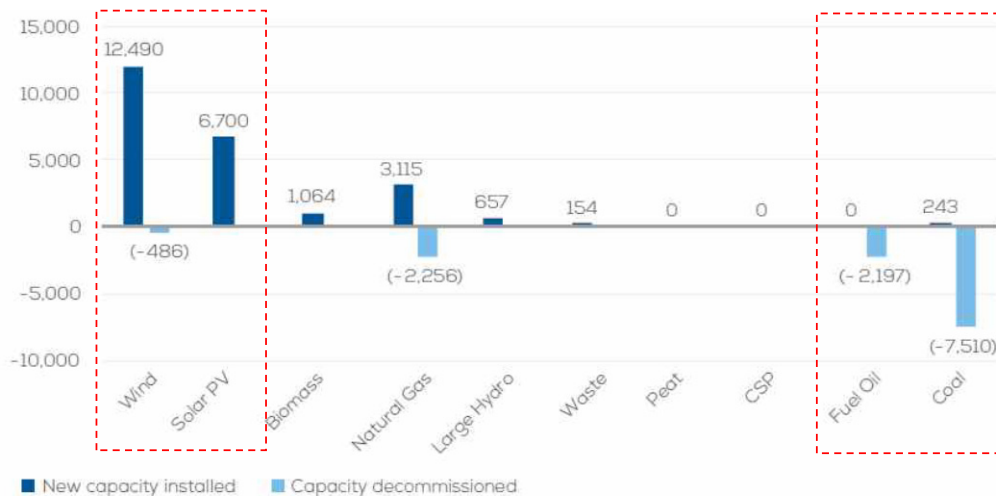
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 에너지전환을 주도하는 풍력발전



극명하게 대비되는 에너지 전환의 흐름과 이를 주도해나가는 풍력발전

□ EU의 에너지원별 발전설비 증설 및 폐쇄용량(2016년) (단위: MW)



자료: WindEurope



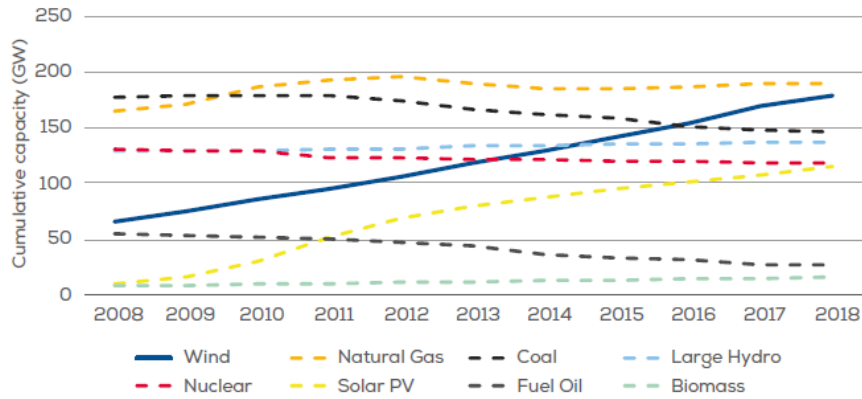
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 풍력, 주요 에너지원중 2위로 부상



EU에서 풍력발전은 석유('07), 원자력('13), 수력('15), 석탄('16)을 제치고 LNG발전 다음으로 중요한 에너지원으로 자리매김

□ EU의 에너지원별 누적 발전설비용량(2005~2018년) (단위: GW)



Source: WindEurope

자료: WindEurope



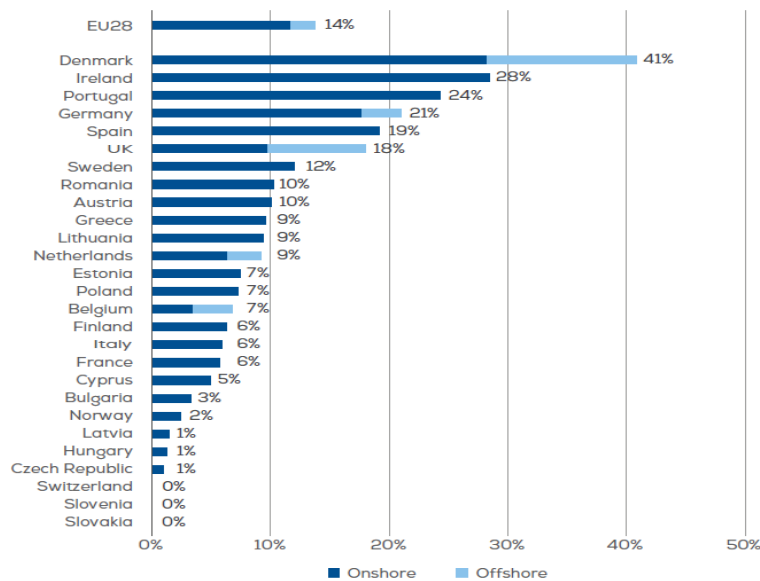
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## EU에서의 풍력발전 위상



EU 전체 전력소비량(2,645TWh) 중 약 14%에 해당하는 362TWh를 풍력으로 조달

□ EU 전력수요 중 풍력 비중(2018년)



Source: WindEurope



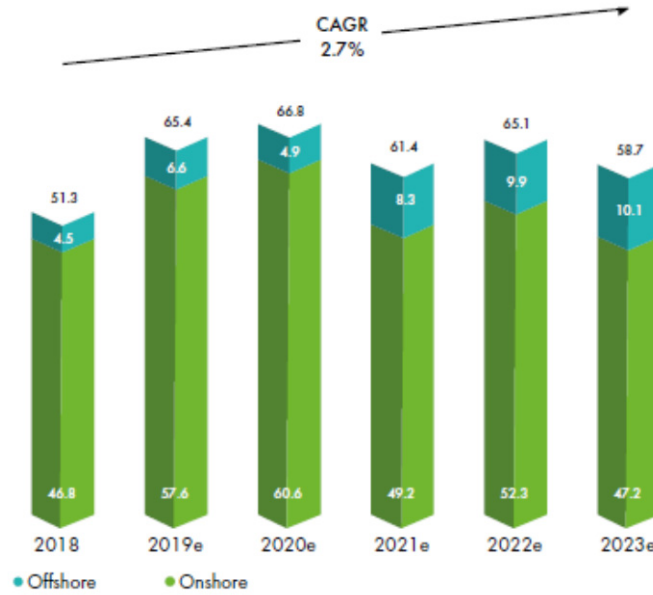
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 풍력발전시장 향후 전망



앞으로도 매년 약 60GW 내외의 신규 설비가 꾸준히 설치될 것으로 보이며, 해상풍력의 비중이 2023년에 10%까지 증가할 것으로 전망됨.

□ 신규 설치 예상(2018~2023년)

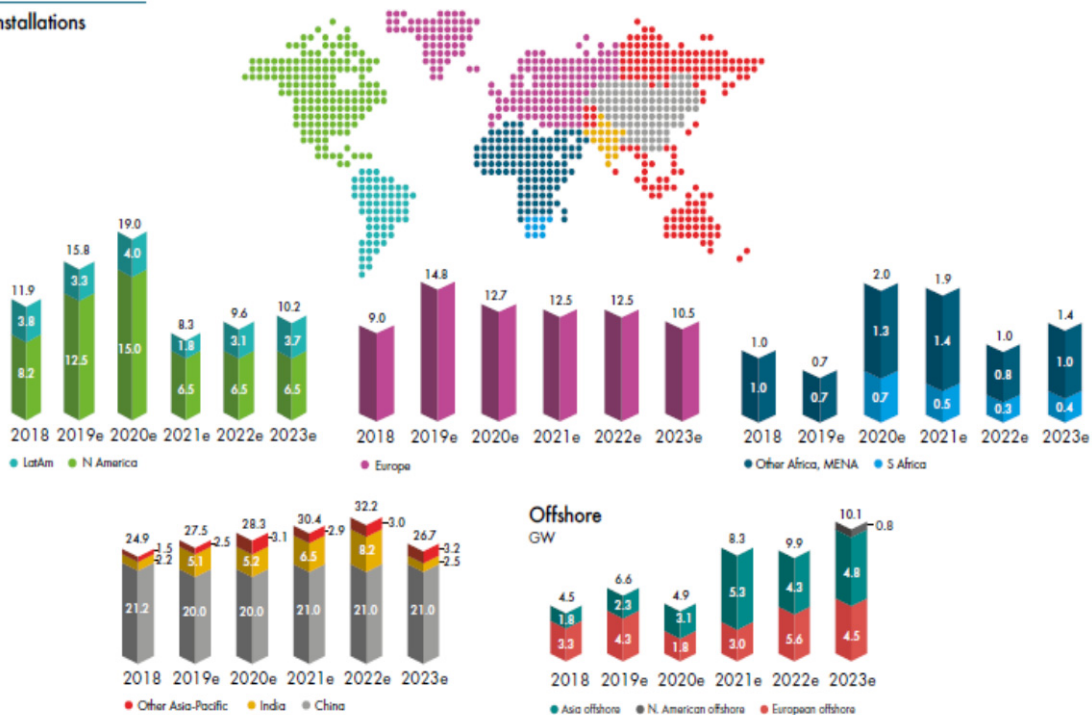


COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 풍력발전시장 향후 전망 - 지역별



New installations  
GW



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.



# 2장 해외 풍력발전 기술 동향



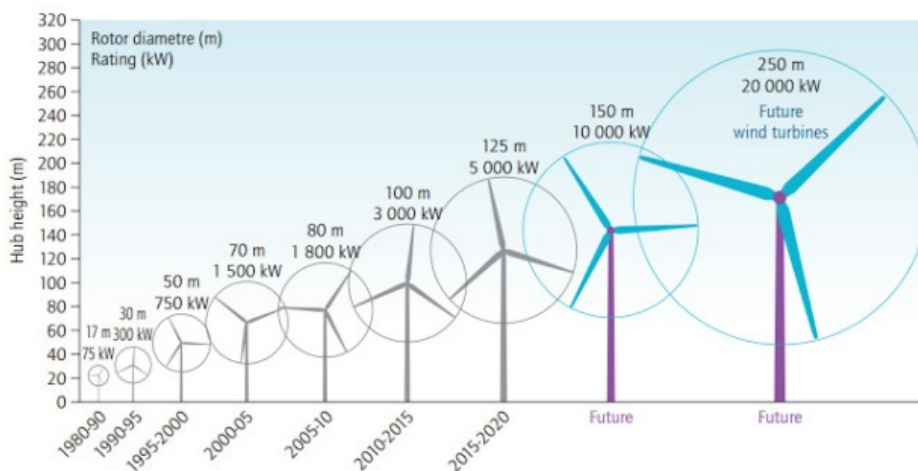
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 풍력터빈의 대형화



2000년대 풍력발전의 급성장을 가능하게 만든 핵심요인은 터빈 대형화 기술개발

□ 신규 출시 풍력터빈의 블레이드 크기 및 발전 용량



Source: adapted from EWEA, 2009.



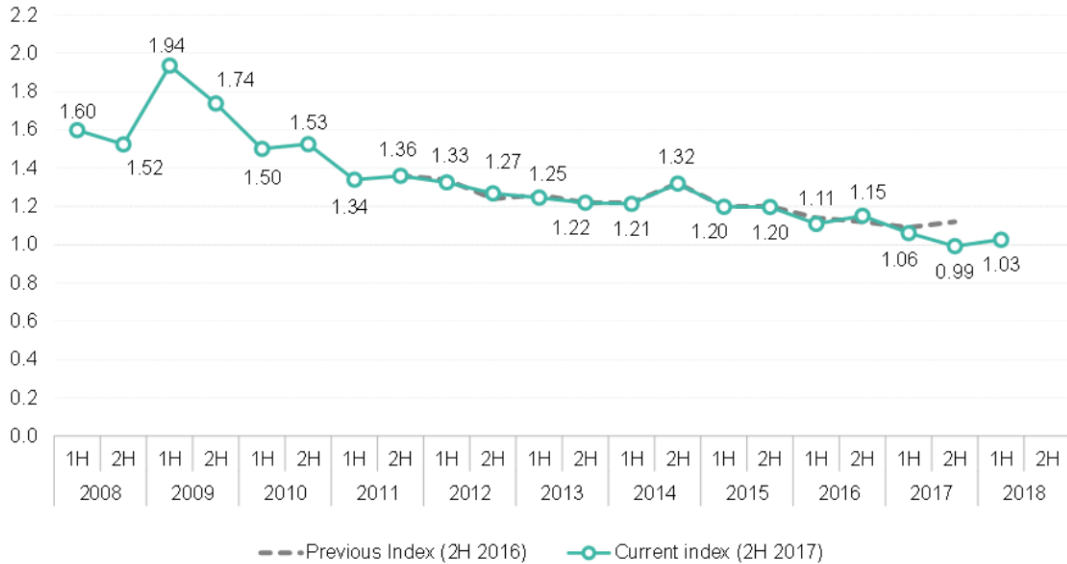
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 터빈가격의 지속적 하락



터빈 대형화 기술개발 및 대량생산에 따른 규모의 경제에 힘입어, 풍력터빈의 MW당 단가는 지속적으로 하락

터빈 가격 추이(\$m/MW)



자료 : BNEF, 2018, 1Q 2018 Global Wind Market Outlook, p.30.



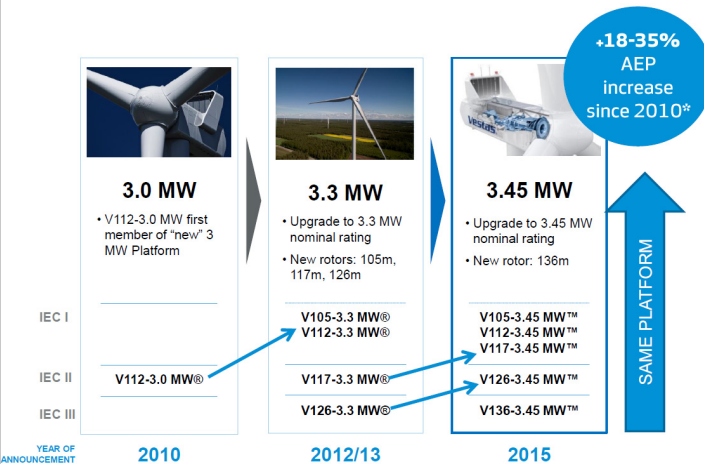
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 풍력터빈의 발전효율성 증대

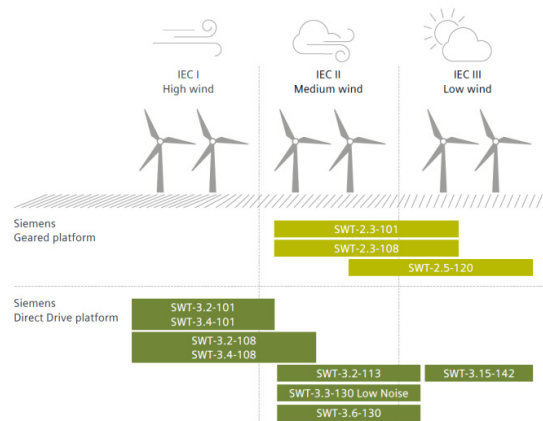


한번 개발한 풍력터빈의 동일 플랫폼에, 블레이드 길이를 증가시키거나, 타워 높이를 더 높게 만들어서 발전량을 증가시키는 기술 개발

Vestas



Siemens



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 풍력의 발전 단가(LCOE)도 꾸준히 하락

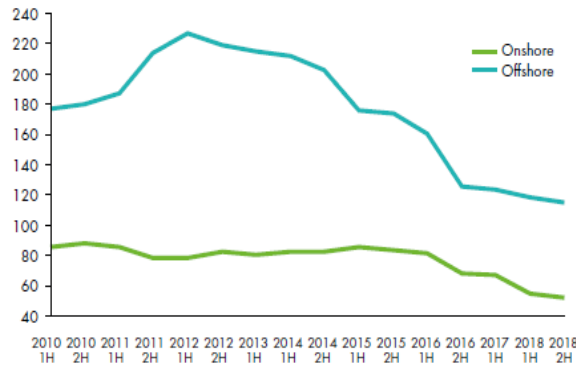


최근 5년간(2012→17년), 육상풍력 LCOE 약 15%, 해상풍력 LCOE 약 25% 하락

(IEA, 'World Energy Outlook 2018')

향후 전망 : 풍력발전기의 기술 성숙 및 터빈 크기(회전 면적) 증가로 인해 최대 발전용량 및 발전 성능이 개선되어 2030년까지 육상풍력의 평균 LCOE는 5~15%, 해상풍력의 평균 발전단가는 30% 이상 하락 전망

LCOE - Historic development  
USD/ MWh



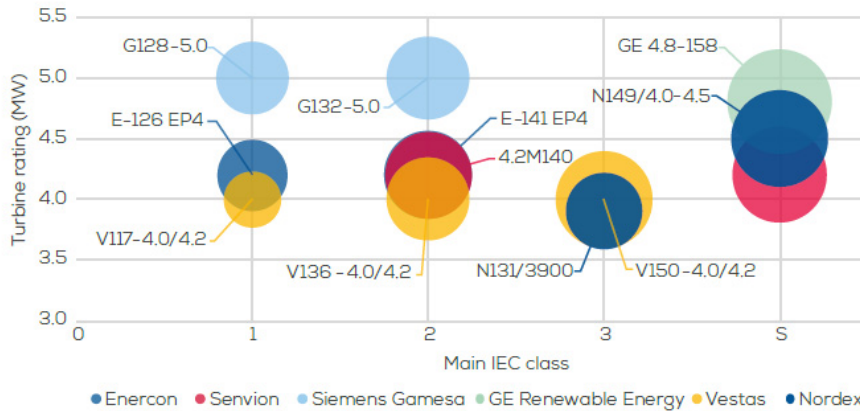
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 최근 동향 - 육상터빈



현재 유럽에서 출시되는 육상터빈 신제품은 정격 용량이 4MW급 이상이며, 블레이드 직경이 최대 158m까지 가능함.

## □ 제조사별 출시 제품 (육상용 터빈)



Source: WindEurope



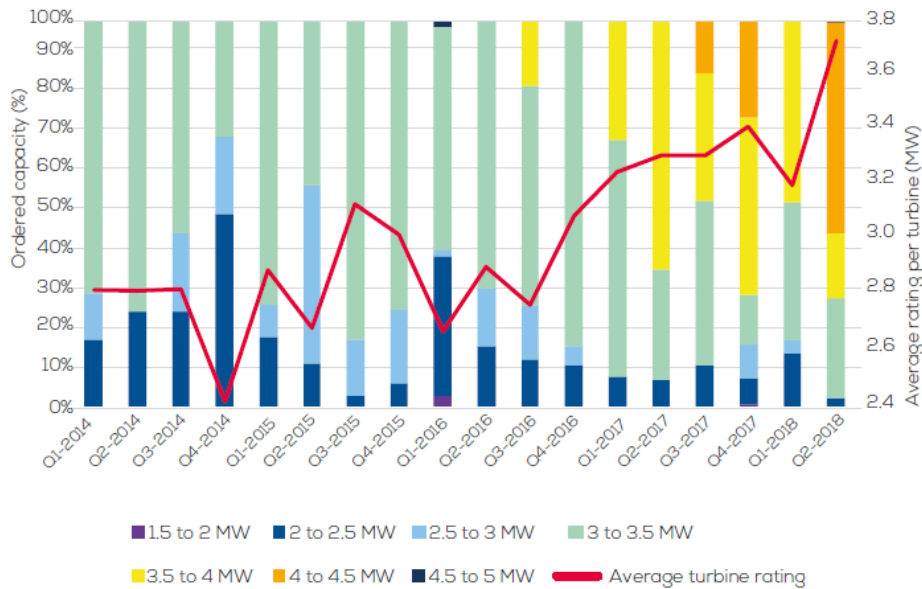
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 최근 동향 - 육상터빈 (발주 기준)



신규 발주되는 프로젝트의 경우, 4MW 이상급에 대한 선호가 증가함.

□ 유럽지역에서 신규 발주된 육상풍력 터빈의 정격용량



Source: WindEurope



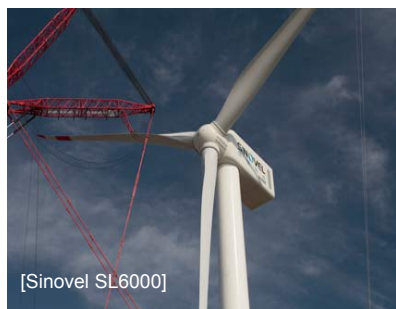
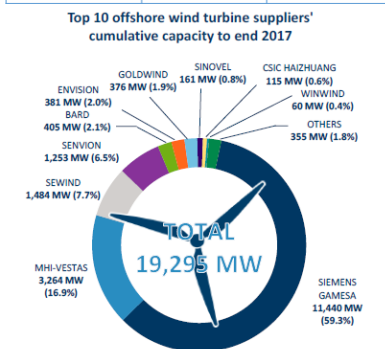
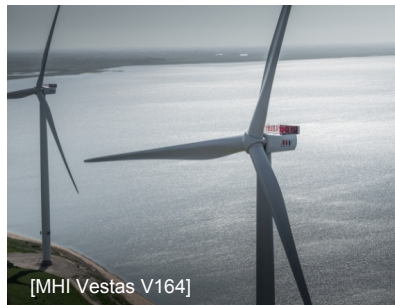
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 최근 동향 - 해상터빈



□ 글로벌 기업의 해상풍력터빈 개발동향

Manufacturer	Rated power	Rotor diameter
MHI-Vestas	8MW +	164 m
Siemens	8MW	154 m
Mingyang	6MW	140 m
Senvion	6.3MW	152 m
GE	6MW	150.8 m
Sinovel	6MW	155 m



Note: MHI-Vestas and SiemensGamesa's cumulative offshore wind installation includes Vestas and Adwen (Areva)'s historical offshore installations.  
Source: FTI Intelligence, April 2018

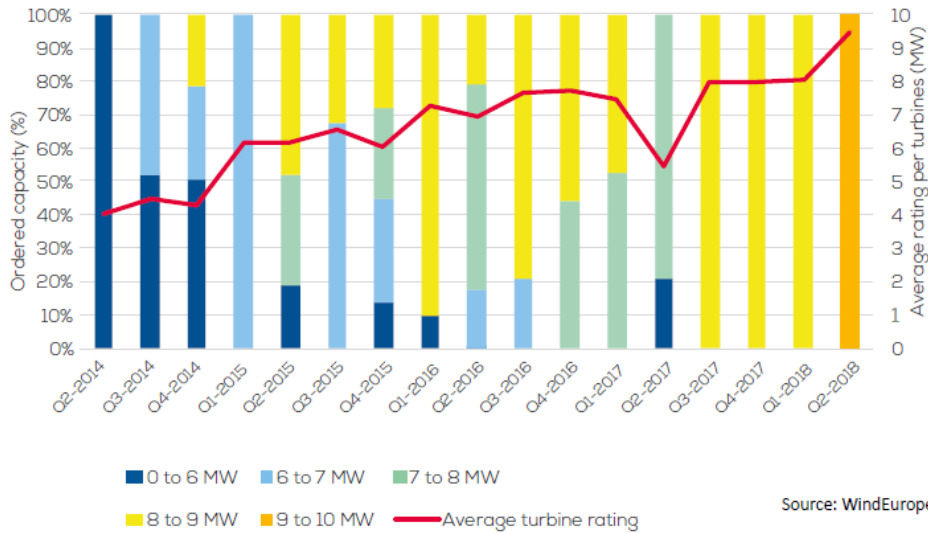
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 최근 동향 - 해상터빈 (발주 기준)



2017년 3분기 이후부터 신규 발주되는 해상풍력 프로젝트의 경우, 8MW 이상이 대부분을 차지함.

□ 유럽지역에서 신규 발주된 해상풍력 터빈의 정격용량



Source: WindEurope



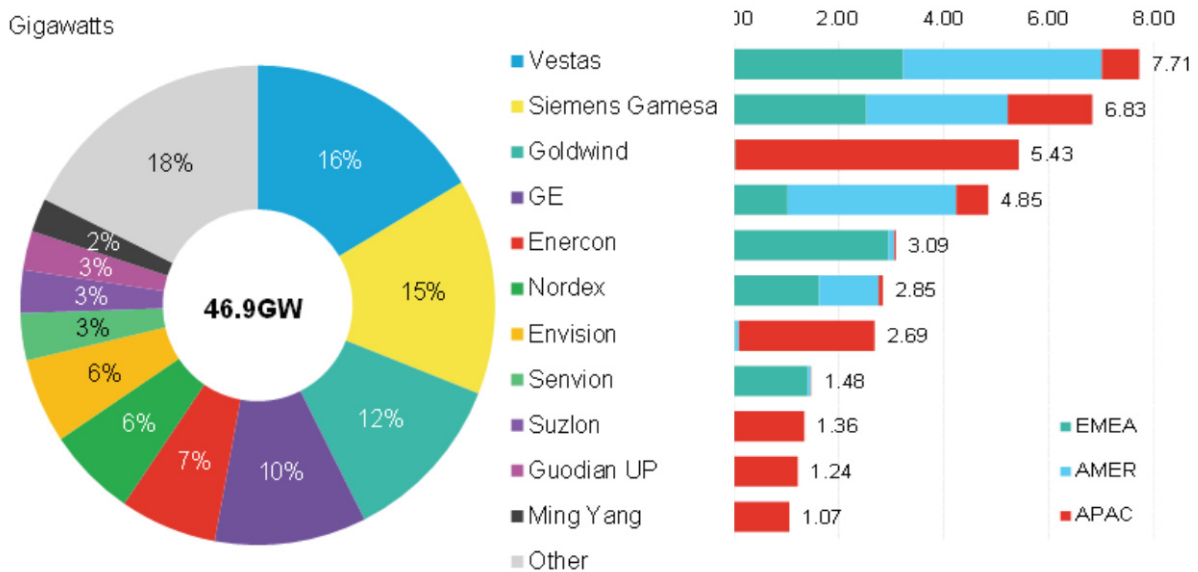
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESERVED.

## 풍력발전터빈 제조업체



1GW이상 생산하는 기업은 11개, 중국 제외시 6개 업체가 세계 시장을 과점

육상풍력 터빈 제조사(2017년)



자료 : BNEF, 2018, Technical and Financial Service in the Wind Sector, p.3.



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESERVED.

# 풍력발전기 부품업체



□ M&A를 통한 대형화 추세



□ 상위 소수 업체로 과점화 경향

### Blade Suppliers



### Gearbox Suppliers



### Bearing Suppliers



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

풍력발전의 국내외 시장 및 기술동향



## 3장 국내 육상풍력 현황 및 과제



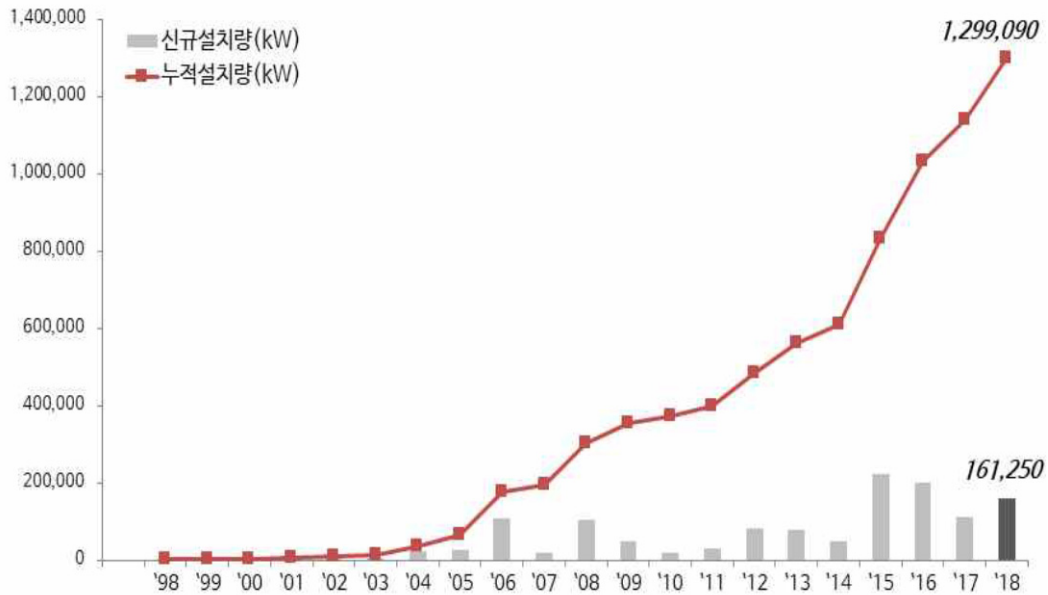
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 국내 풍력 보급 실적



한국 풍력발전 설치량은 1.3GW (2018년말)로서, 글로벌 대비 0.2%에 불과한 실정

- 육상 94개소 607기, 해상 5개소 28기



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 풍력 보급현황 - 연도별 추이



신규 설치용량 기준으로 2015년, 16년 200MW를 넘었으나, 17년, 18년 다시 감소

□ 연도별 신규 설치 용량

연도	신규설치용량	누적설치용량	연도	신규설치용량	누적설치용량
1998	1,200kW	1,200kW	2009	50,900kW	352,845kW
1999	2,145kW	3,345kW	2010	19,750kW	373,295kW
2000	1,500kW	4,845kW	2011	31,100kW	400,860kW
2001	1,980kW	6,825kW	2012	84,050kW	484,910kW
2002	3,750kW	10,575kW	2013	80,150kW	563,650kW
2003	4,230kW	14,085kW	2014	47,860kW	611,510kW
2004	23,390kW	38,195kW	2015	224,350kW	833,500kW
2005	28,000kW	66,195kW	2016	200,750kW	1,031,220kW
2006	109,350kW	175,545kW	2017	111,450kW	1,139,910kW
2007	21,150kW	196,695kW	2018	161,250kW	1,299,090kW
2008	105,250kW	301,945kW			



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 국내 육상풍력 지역별 분포



국내 풍력단지의 약 90%가 4개 지역(강원도, 전남, 제주, 경북)에 집중

No	지역	사업자수	단지수	설치기수	설치용량	점유율
1	강원도	12개사	24개소	171기	326,300kW	25.12%
2	전라남도	13개사	20개소	138기	311,800kW	24.00%
3	제주도	16개사	23개소	120기	270,590kW	20.83%
4	경상북도	8개사	11개소	121기	260,450kW	20.05%
5	경기도/인천	4개사	5개소	24기	54,250kW	4.18%
6	경상남도	5개사	6개소	40기	48,500kW	3.73%
7	전라북도	6개사	6개소	18기	22,800kW	1.75%
8	충청남도	1개사	1개소	1기	2,000kW	0.15%
9	울산	1개사	1개소	1기	1,650kW	0.13%
10	부산	1개사	1개소	1기	750kW	0.06%
계		-	98개소	635기	1,299,090kW	100%

※ 복수의 지역에서 사업을 영위하는 사업자가 존재하므로 전체 사업자수는 취합하지 않음



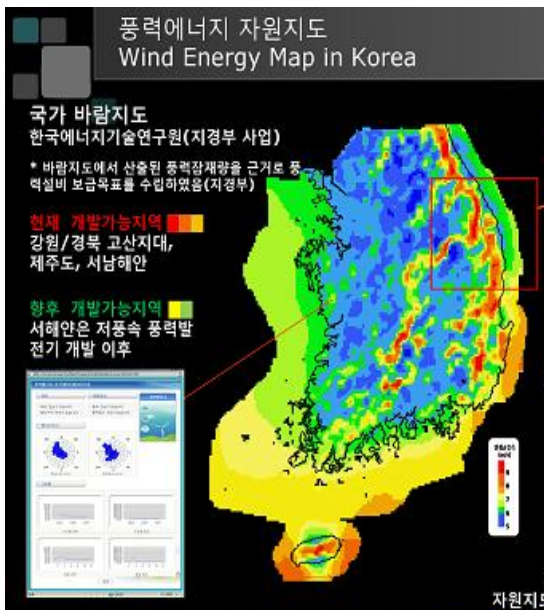
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 국내 바람자원과 육상풍력 입지개발의 한계



풍력발전 입지 개발을 위해서는 최소한의 풍속조건을 충족해야 하나, 이러한 지역은 환경적 요인으로 인해 단지 건설을 위한 인허가 획득이 어려움.

□ 국내 풍력에너지 지도 및 풍력발전 설치 지역 분포



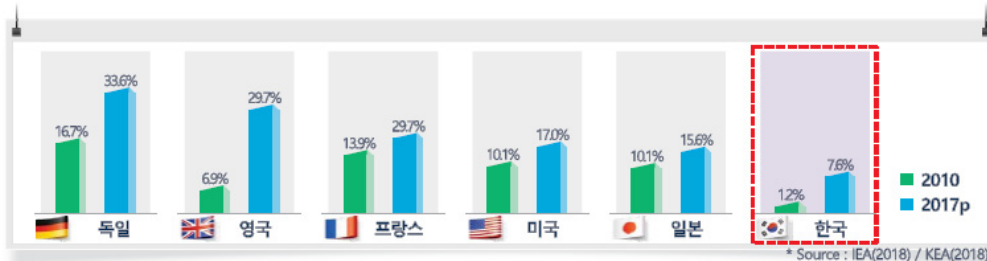
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 에너지전환의 초라한 성적표

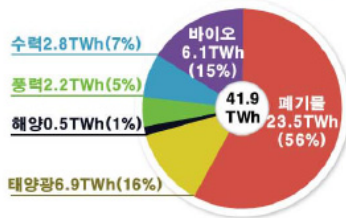


우리나라의 재생에너지 비중은 선진국과 비교할 때 매우 미미한 수준에 머물고 있음. 재생에너지中 풍력발전은 설비 기준 약 7.7%, 발전량 기준 약 5%에 불과한 실정.

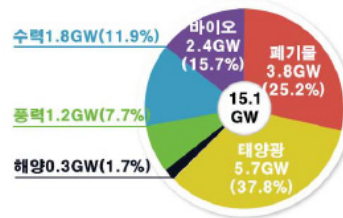
## □ 국내 재생에너지 발전량 비중



### 원별 발전량 비중('17(잠정))



### 원별 누적 설비용량('17(잠정))



### 신규 설비용량('17P(잠정))



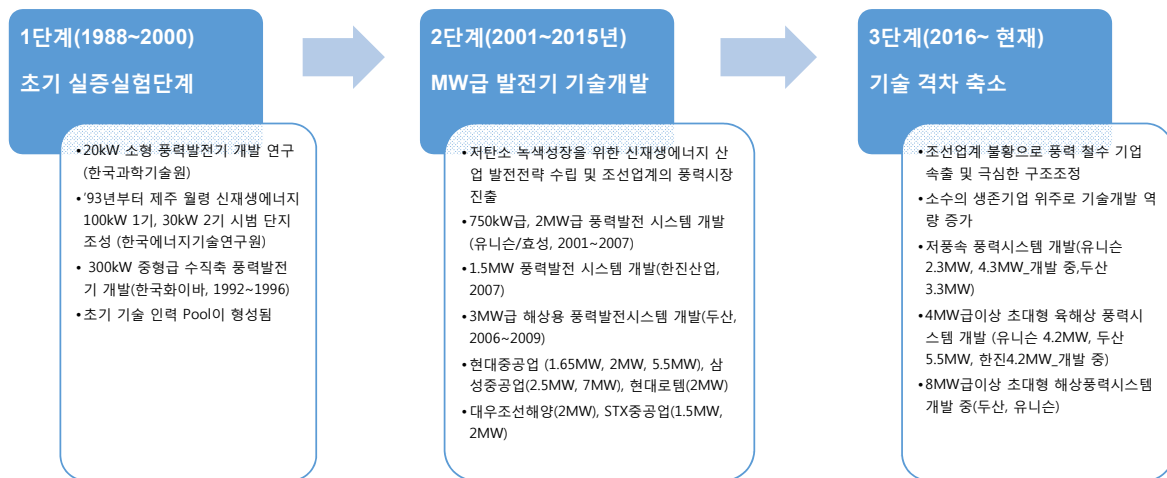
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 국내 풍력 기술개발 현황



90년대 들어와서 뒤늦게 연구개발 시작하였으나, 주로 외산 기자재 수입하여 실증 실험 위주로만 진행. 2008~10년경 국내 대기업의 풍력시장 진출 및 대형 상업용 발전기에 대한 본격적인 기술개발이 이루어짐. 이후 약 10년에 걸쳐 매우 빠른 속도로 기술 습득 및 선진국과의 기술격차 축소.

## □ 국내 풍력 기술개발 단계

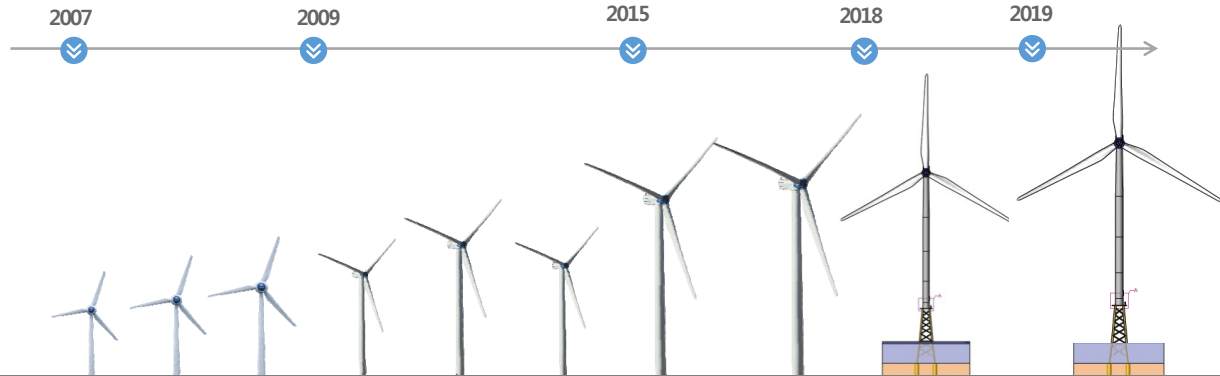


COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 국산 풍력터빈 개발 - 유니슨의 사례



글로벌 기업과의 기술격차가 초기 750kW제품은 약 10년, 2MW제품군은 약 5년 정도 존재하였으나, 이후 3MW제품군을 포기하고 4MW제품개발에 도전하여 기술 격차를 1년 이내로 좁힘. (선택과 집중)



	U50	U54	U57	U88	U93	U88E	U113	U120	U136	U151
<b>MW</b>	750kW			2.0MW			2.3MW		4.2MW	4.3MW
Wind Class	IEC IA	IEC IA	IEC IIIA	IEC TC IIA	IEC TC IIIA	IEC TC S(IIA+)	IEC TC S	IEC TC IIIB+	IEC TC IA	IEC TC IIIA+
Rotor Dia.	50m	54m	57m	88m	93m	88m	112.8m	120m	136m	151m
H.H	50m	60m	68m	80m	80m, 100m	75m	83.5m, 100m, 140m	100m	95m / Site specific	95m / Site specific



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 국내 시장 경쟁 - 4MW급 육상풍력터빈



최근 국내시장에 출시된 육상풍력터빈 제품을 비교해보면, 국산과 외산 발전기의 정격 용량, 로터 직경 및 출력성능 측면에서 대등하게 경합하고 있음.

□ 2018~19년 국내 육상풍력시장 출시 제품

Manufacturer	UNISON		Vestas.		SIEMENS Gamesa RENEWABLE ENERGY			ENERCON ENERGIE FÜR DIE WELT
Model	U136	U151	V136	V150	SWT DD 130	SWT DD 142	SG 4.5-132	E-136 EP5
Rated Power	4.2 MW	4.3 MW	4.2 MW	4.2 MW	4.3 MW	4.1MW	4.5 MW	4.65 MW
Rotor Diameter	136m	<u>151m</u>	136m	<u>150m</u>	130m	142m	132m	136m
Hub Height	95m/117m	95m/117m	105m/112m	105m/155m	85m/115m/ 135m	109m/129m	84m & site specific	109m/120m/ 132m
Turbine Class	I A	III A+	II B	IIIB	I B	II B	I A	I A



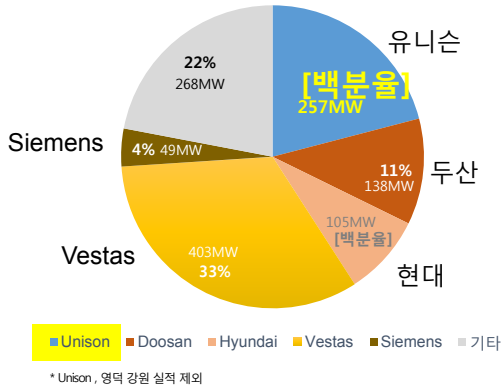
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 국산 풍력터빈 시장 점유율



2010년 6%에 불과하던 국산터빈 시장점유율이 2018년에는 52.3%로 상승.

[국내 터빈 설치 실적(2018, 누적기준)]



[국산 터빈 점유율(2010→2018년)]

구분	2010년	2018년
설치 용량	373MW	<b>1,299MW</b>
단 지수	28	<b>90</b>
Turbine수	233	<b>635</b>
국산 비율	5.9%	<b>52.3%</b>

\* 국내 풍력설비 보급 현황 비교 [풍력산업협회]



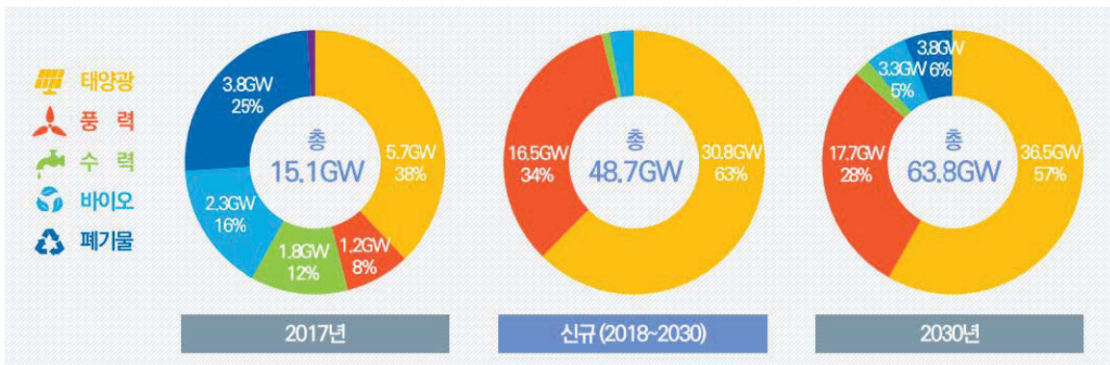
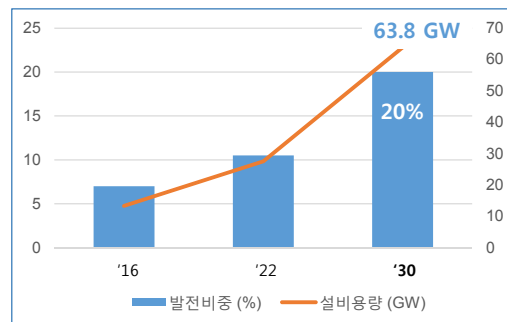
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

# 향후 과제 - 재생에너지 3020 이행계획



- '30년 재생에너지 발전량 비중 **20%**
- '30년 재생에너지 설비용량(누적) **63.8GW**
- '30년 풍력발전 설비용량(누적) **17.7GW**
- 육상 **4GW**, 해상 **12.5GW**

[재생에너지 발전비중 및 설비용량]



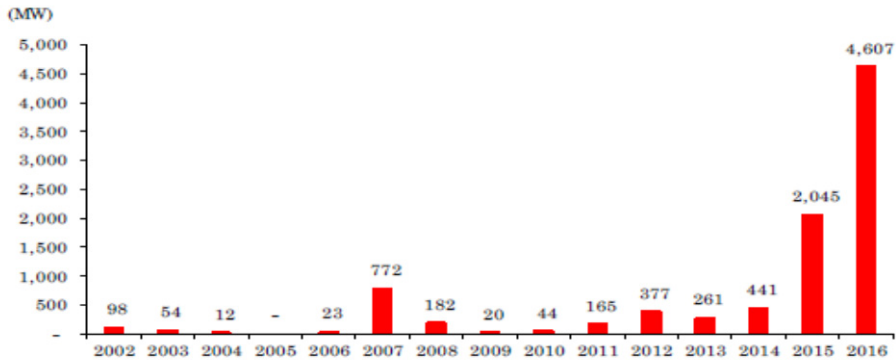
COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 향후 과제 - 육상풍력 신규수요 창출



해상풍력의 경우, 프로젝트 사전 개발 및 인허가 준비단계에 매우 오랜 기간이 소요됨.  
따라서 재생에너지 3020 계획의 목표 달성을 위해서는 우선적으로 육상풍력 활로모색이 시급.

국내 육상 풍력 발전사업 허가 현황 (합계 : 약 9GW)



→ 잠재수요(발전사업허가 취득)로부터 실질수요(착공 인허가 획득)로 전환되어야 함



COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 향후 과제 - 육상풍력 입지난 해소



### □ 육상풍력 입지개발 3대 과제

인허가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 풍력 인허가 지원단 발족(One-Stop-Shop으로 발전)</li> <li>• 인허가 관련 법령 및 제규정 점검 및 상충 해소</li> </ul>
환경 이슈	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사전환경컨설팅 제도 도입</li> <li>• 사후 환경 모니터링 및 행정지도 강화</li> <li>• 저소음 친환경 기술 개발 및 적용</li> </ul>
지역 민원	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주민참여형 사업 모델 도입 및 확산</li> <li>• 지역민원 협의 절차 및 객관적 보상 원칙 제정</li> </ul>

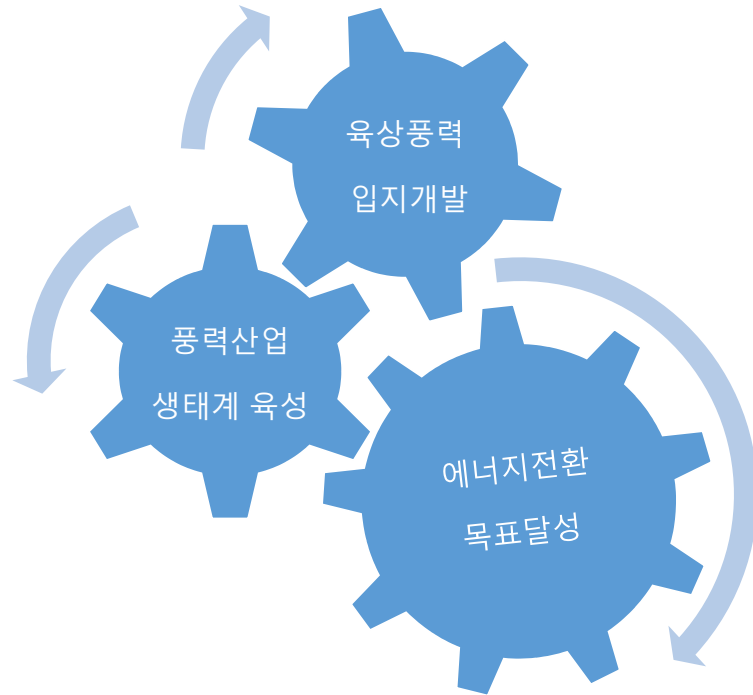


COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 향후 과제 - 에너지전환과 국내산업육성의 선순환 구조 창출



육상풍력 입지개발을 통해, 국내 풍력산업 생태계를 활성화하고 에너지전환의 목표도 달성할 수 있는 선순환 구조를 창출해야 함.



UNISON®

COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.



감사합니다!

풍력발전을 통한 [에너지 전환과 깨끗한 지구환경]을  
위한 노력을 다하겠습니다.

UNISON®

COPYRIGHT © UNISON CO., LTD ALL RIGHTS RESEVED.

## 발표 3

# 육상풍력 발전사업에 대한 환경적 인식

이후승 KEI 부연구위원





## 육상풍력 발전사업에 대한 환경적 인식

- 생태계 영향을 중심으로 -

한국환경정책·평가연구원 이후승

육상풍력발전을 포함한 신재생에너지로의 전환의 당위성은 이미 잘 알려져 있으며, 우리나라를 포함한 전 세계 국가들이 적극적으로 추진하고 있는 분야이다. 다만 국가차원에서 적극적인 신재생에너지로의 전환을 성공적으로 이끌고 있는 덴마크, 독일 등의 유럽국가와 달리, 우리나라는 원자력 위주의 에너지정책에서 탈피하지 못하고 있었으나, 최근 「재생에너지 3020 이행계획」 수립 후 보다 적극적인 추진을 도모하고 있다. 하지만 재생에너지 보급을 확대함에 있어 환경 훼손, 입지 갈등, 주민 갈등 등 다양한 문제가 부각되고 있는바 이에 대한 보다 적극적인 문제해결 노력이 필요한 시점이다. 본 발표에서는 재생에너지 중 육상풍력 발전사업을 추진함에 있어 환경·생태문제와 갈등이 된 근본적인 원인을 분석하기 위하여 육상풍력이 생태계에 미치는 영향을 최근 연구 동향을 정리하여 객관적으로 제시하고자 한다. 특히 조류와 포유류에 미치는 영향에 대한 장기연구 결과 사례분석을 통해 그동안 간과된 생태계 영향이 무엇인지 그리고 왜 우리나라에서만 유독 생태환경 훼손문제로 인한 갈등이 높았는지를 분석하고 문제해결을 위해 고려해야할 사항을 무엇인지를 고찰하고자 한다.





# 육상풍력 발전사업에 대한 환경적 인식

- 생태계 영향을 중심으로 -



이 후 승

한국환경정책·평가연구원  
환경평가본부  
wslee@kei.re.kr



## 육상풍력 목표 대비 달성 수준 미흡의 원인?

연도	달성률 (%)	프로젝트 수
2018년 전체	84.0	168
2019년 상반기	20.4	133

※ ( )안은 보급규모, MW      자료: 산업통상자원부

자료: 문화일보(19.8.23.)

한겨레

사회 환경

### 육상풍력 발전사업 환경영향평가 엄격해진다

등록: 2018-03-15 13:59 수정: 2018-03-15 15:54

환경부, 울안 계획입지제 도입 생태우수지역 환경성검토 강화키로  
김은경 장관 "생태자연도 1등급지에 풍력시설 안되는 것이 원칙"

경향신문

### "소음 피해-경관 훼손" 역풍 맞는 풍력발전기

김충균-윤희일 기자 khk5056@kyunghyang.com  
입력: 2010.01.17 18:02 | 수정: 2010.01.17 23:52

제주, 인근 평감도 떨어져 추가 사업 중단  
백두대간 허리 대관령 일대선 흉물 전략  
"유럽처럼 해상풍력 위주로 가야" 지적

연합뉴스

### 생태계 단절·우수 식생 훼손... "영양 풍력단지 입지 부적절"

기사일력 2017/08/02 15:40 송고



## 규제 (規制)

발음 [규제 ㄱ위제]

부표제어 규제-되다, 규제-하다

### 「명사」

「1」 규칙이나 규정에 의하여 일정한 한도를 정하거나 정한 한도를 넘지 못하게 막음.

- 수입에 대한 규제.
- 예술계에서는 예술 작품에 대해 지나치게 규제를 가하는 것은 결코 바람직하지 않다고 반발했다.
- 많은 학자들은 지금보다도 규제를 더욱 강화하여 배출 가스를 대폭 줄여야 한다고 주장하고 있다.

출처: <https://stdict.korean.go.kr/search/searchDetailWords.do> (검색일: 2019.9.20.)



## 생태자연도 현황

지역	1등급		2등급		3등급		별도관리지역	
	면적(km)	비율(%)	면적(km)	비율(%)	면적(km)	비율(%)	면적(km)	비율(%)
전국	9,058.3	9.1	45,030.1	45.4	36,539.3	36.9	8,511.0	8.6
강원	4,267.5	4.4	6,515.2	6.6	2,795.4	2.8	2,504.3	2.5
경기	666.5	0.7	4,359.7	4.4	4,715.0	4.9	288.3	0.3
경남	463.0	0.5	5,592.6	5.6	3,510.0	3.5	987.4	1.0
경북	2,054.6	2.1	9,984.2	10.2	5,555.7	5.7	1,460.2	1.5
광주	4.8	0.0	147.4	0.1	318.0	0.3	27.5	0.0
대구	28.9	0.0	415.5	0.4	386.0	0.4	52.1	0.1
대전	16.8	0.0	261.1	0.3	244.3	0.2	18.3	0.0
부산	30.3	0.0	362.1	0.4	346.5	0.3	26.1	0.0
서울	17.9	0.0	94.7	0.1	442.0	0.4	53.2	0.1
세종	11.8	0.0	225.1	0.2	227.4	0.2	2.0	0.0
울산	89.0	0.1	531.7	0.5	389.5	0.4	47.6	0.0
인천	6.8	0.0	233.8	0.2	638.5	0.6	17.8	0.0
전남	407.6	0.4	5,551.4	5.6	5,292.7	5.4	977.5	1.0
전북	247.3	0.2	3,279.0	3.3	3,658.2	3.7	786.7	0.8
제주	128.7	0.1	403.5	0.4	1,156.2	1.2	169.9	0.2
충남	311.2	0.3	3,298.3	3.3	4,337.9	4.4	287.5	0.3
충북	305.6	0.3	3,774.8	3.8	2,526.0	2.5	804.6	0.8

표 1. 생태·자연도 등급별 면적 (2017년 12월 기준)

### ○ 1등급

- 멸종위기 동식물의 주된 서식지
- 생태계가 특히 우수하거나 경관이 수려한 지역
- 생물의 지리적 분포한계에 위치한 생태계
- 대표적인 주요 식생군락 등

### ○ 2등급

- 1등급에 준하는 지역(장차 보전의 가치가 있는 지역, 1등급지역의 외부지역)

### ○ 3등급

- 1,2등급, 별도관리지역을 제외한 지역
- 개발 또는 이용 대상이 되는 지역

### ○ 별도관리지역

- 다른 법률의 규정에 의하여 보전되는 지역 중 자연공원, 생태경관보전지역 등 역사적, 문화적, 경관적 가치가 있는 지역
- 도시의 녹지보전 등을 위하여 관리되고 있는 지역



# 국내 일부 풍력발전단지의 생태 영향



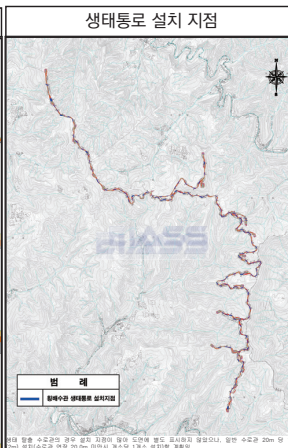
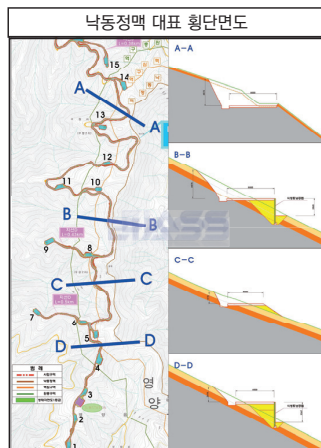
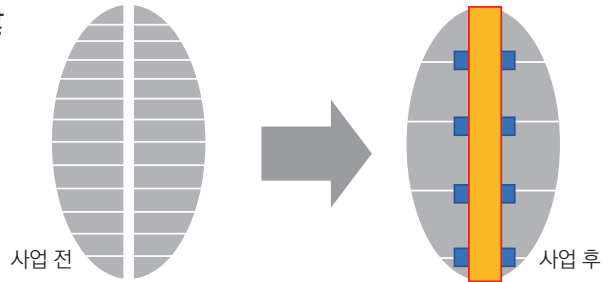
5



# 국내 일부 풍력발전단지의 생태 영향

## ○ 저감방안의 근본적인 취지에 부합하지 않는 방안

- 종적인 생태축에 대한 횡적 생태통로 제시
- 통로 축소에 따른 생태적 병목현상으로 종간 및 종내 갈등 유발
- 산림 생태계의 지속성 측면에서 불균형 유발
- 생태적 격리 초래로 다양성 악화



이동로	대안 유형	생태축 및 생태통로	형태
교량형	교량형의 이동	교량형의 이동	
	<교량형 연결> - 구간 및 지역의 생태계 연결 - 너비 : 보통 100m 이상	<교량형 연결> - 폭이 넓은 산책로, 단열로, 통로 등 - 너비 : 보통 800m 이상	
방사교량형	교량형의 이동	교량형의 이동	
	<방사교량형 연결> - 구간 및 지역의 생태계 연결 - 너비 : 보통 100m 이상	<방사교량형 연결> - 폭 50m 이상 - 중첩교량형 : 보통 1m 이상 - 폭로 내 방벽, 등호등과 방호구조물	

6





## 국내 일부 풍력발전단지의 생태 영향



7



## 국내 일부 풍력발전단지의 생태 영향



8





## 미국 풍력발전단지의 생태 단절 영향

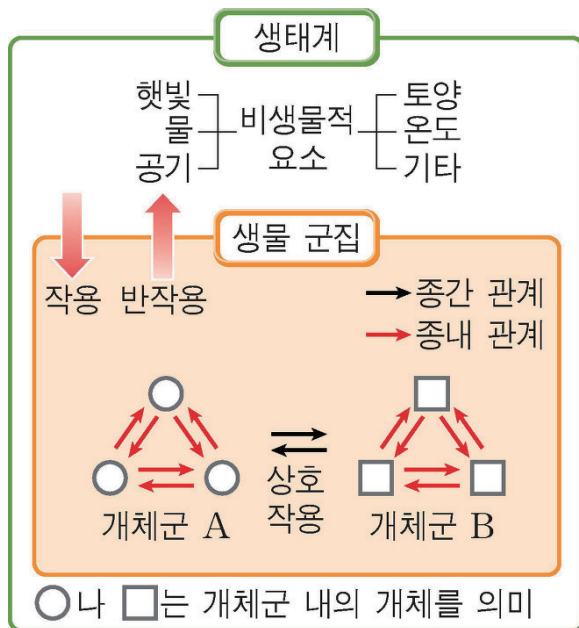


출처: <http://www.rosenlake.net/vwv/UPC-marshall.html> (검색일: 2019.9.20.)

9



## 생태계 기초



출처: <http://blog.daum.net/econs11/1620> (검색일: 2019.9.20.)

10



### ○ 생태계의 구성

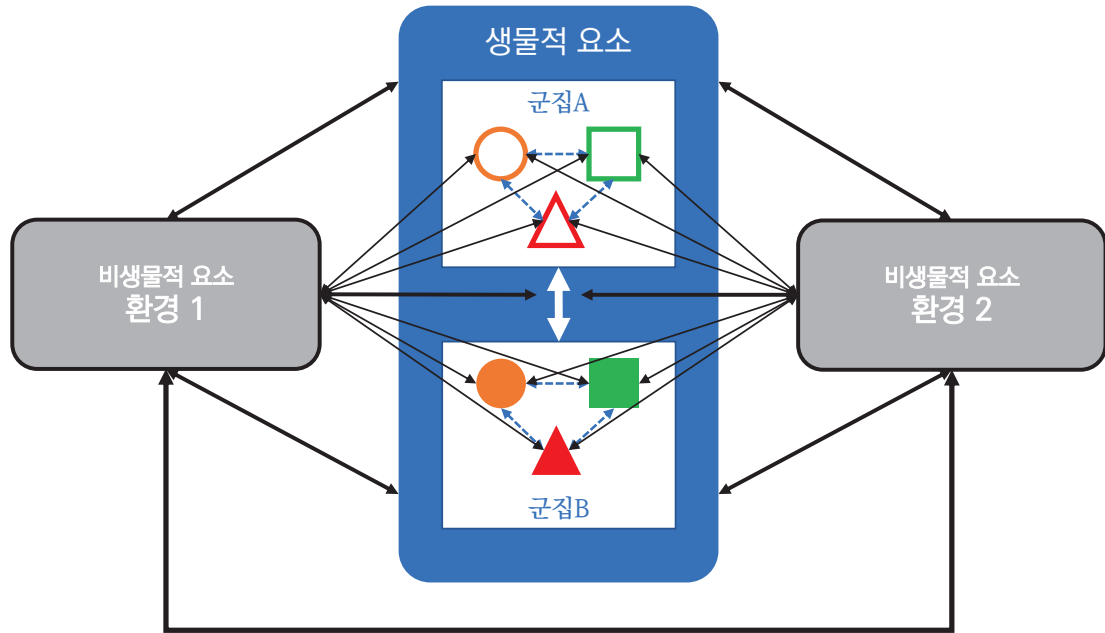
- 생물적 요소(예, 동물, 식물 등)
- 비생물적 요소(예, 물, 온도 등)

### ○ 생태학에서의 관계

- 생물과 주변 환경(비생물적)이 서로 영향을 주고 받는 관계
  - 작용-반작용의 관계
- 환경영향이 종 간 영향을 서로 주고 받는 관계
  - 종간 관계(상호작용)
- 환경영향이 종 내 영향을 주고 받는 관계
  - 종내 관계



# 개발 등 인위적 환경변화가 생태계에 미치는 영향

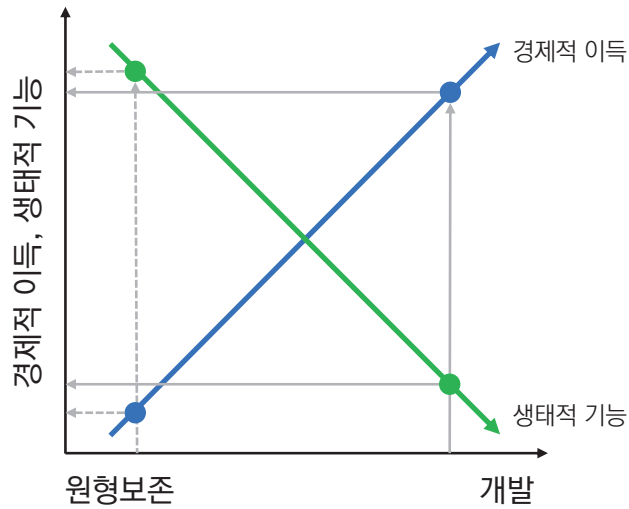


## trade-off

*/ˈtrɑːd , ɒf/*

*noun*

a balance achieved between two desirable but incompatible features; a compromise.  
"a trade-off between objectivity and relevance"

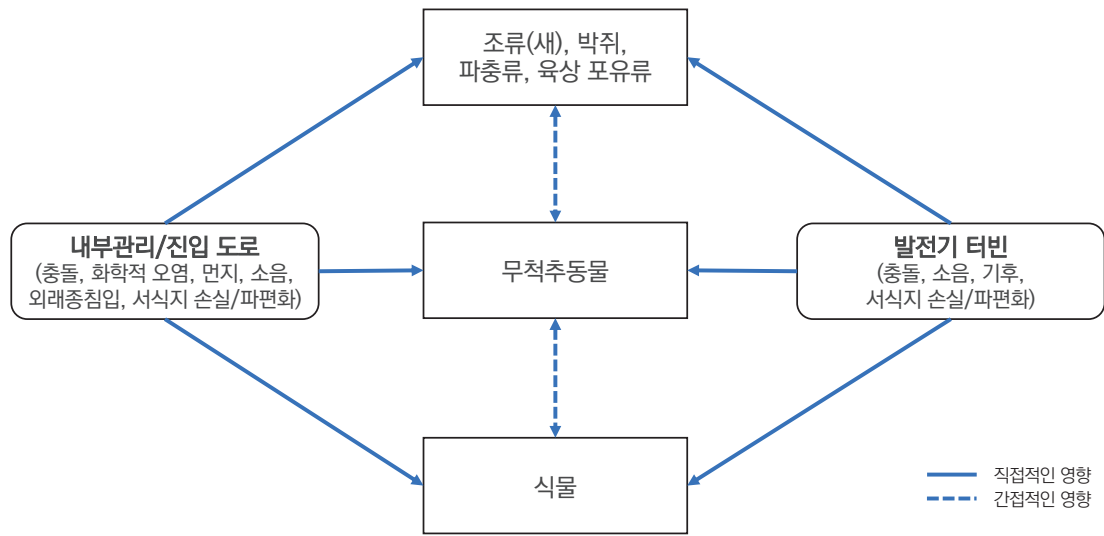


자료: Klasen et al. (2016) 재구성





## 육상풍력의 생태계 영향



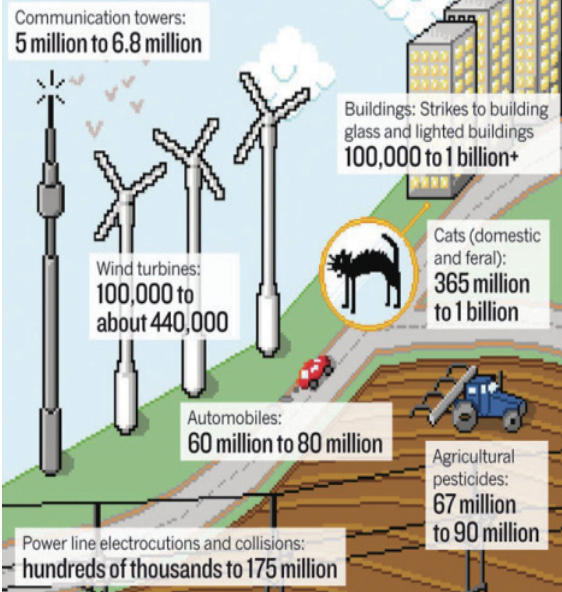
자료: Perrow (2017) 재구성



## 풍력발전으로 죽는 조류의 수는 알려진 것 보다 많다!!

### BIRD KILLERS

Wind farms kill fewer birds than most other hazards, but pose a particular threat to species including raptors. Estimates of annual fatalities — shown for the United States — are highly uncertain.



BC Patriots  
2018년 12월 28일

### Birds Killed

Oil Company = 85  
Wind farms = 440,000



### Fines

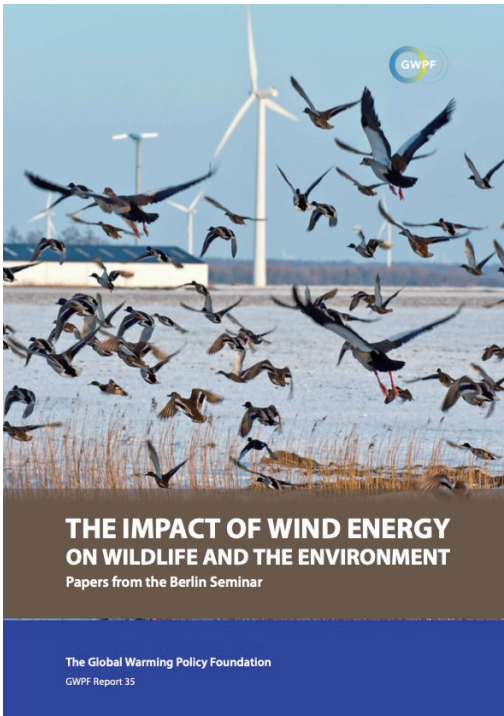
Oil Company = \$600,000  
Wind Farms = \$0

자료: <https://www.facebook.com/bc.canada.politics/photos/a.878942795523666/2074962529255014/?type=3&theater> (검색일: 2019.9.20.)

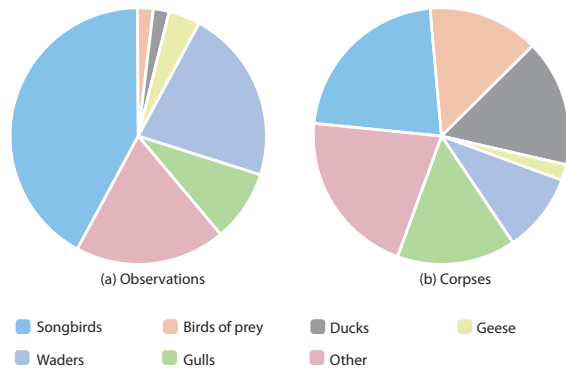
자료: <https://www.carbonbrief.org/bird-death-and-wind-turbines-a-look-at-the-evidence> (검색일: 2019.9.20.)



## 풍력발전으로 죽는 조류의 수는 알려진 것 보다 많다!!



- 비행할 수 있는 조류, 박쥐, 곤충에게 치명적인 영향을 초래
  - 2012년 미국 기준 연간 573,000 마리(83,000 보호종인 맹금류 포함) 사망 (Smallwood, 2013)
  - Farfán et al. (2017)은 대부분의 풍력발전기와 충돌로 사망하는 조류는 대형 조류 중심으로 조사됨
  - 소형 조류의 경우 식생으로 사체의 발견이 어렵거나 또는 죽은 사체가 포식자에 의해 먹힘 등으로 사라질 확률이 높은 바 실질적 충돌 사망수를 더 많을 것임



자료: Peiser (2019)

15



## 독일의 풍력발전으로 인한 맹금류 개체 수 감소 예측!!



Table 4: Impact rates for selected species.

Species	Impact rate (Collisions/turbine/year)	
	Median	Confidence interval
Buzzard	0.471	0.142-0.909
Red kite	0.141	0.005-0.458
Sea eagle	0.038	0.000-1.373
Lapwing	0.649	0.170-1.299

- \* PROGRESS study
- \* 12주간 7,600km 이상을 걸으며 모니터링 수행.
- \* 12,800 발전기 터빈(약 독일 전체의 절반)

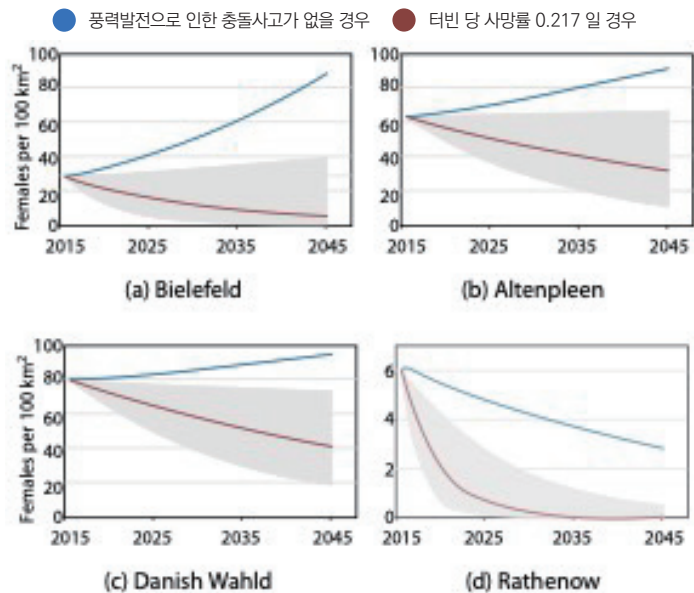


Figure 8: Effect of wind turbines on buzzard populations.

자료: Peiser (2019)

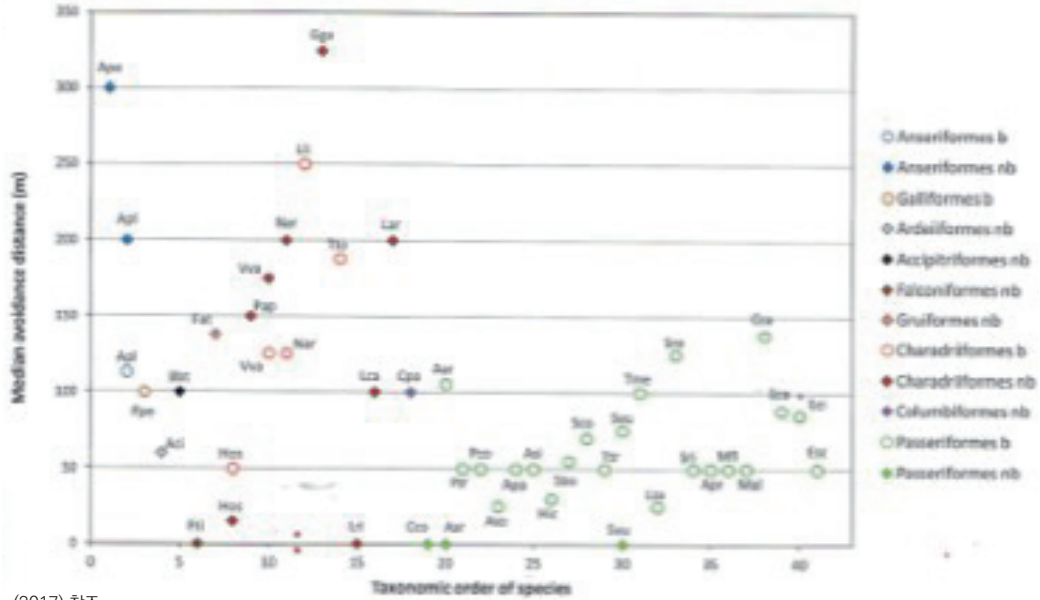
16





## 풍력발전에 따른 조류 개체군 회피 영향

- 풍력발전 설치에 따른 조류 개체군의 회피 거리는 종 간(between species), 종 내(within species), 시기(번식기 vs 비번식기)에 따라 다름
  - 발전기 설치 위치 및 터빈의 높이 등에 따라 회피 거리의 영향이 달라질 수 있음

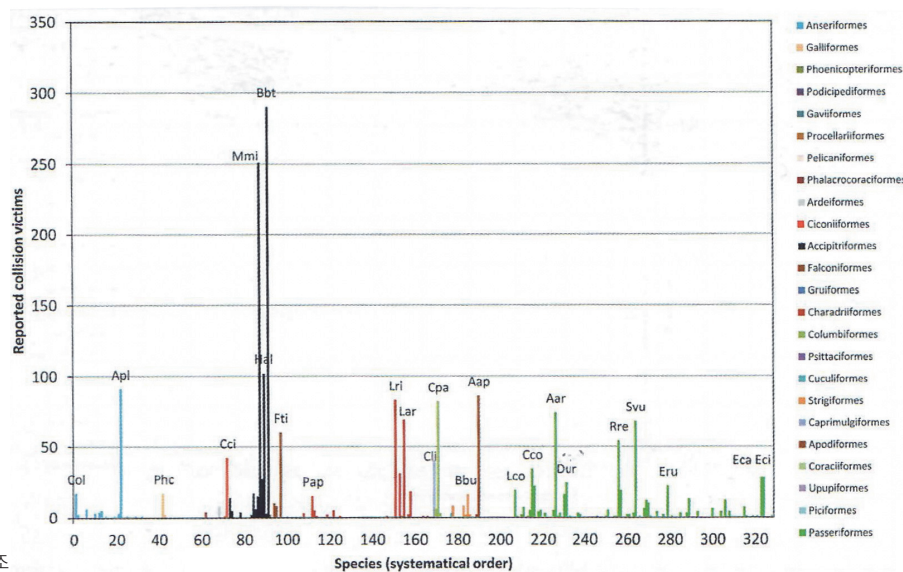


자료: Perrow (2017) 참조



## 풍력발전에 따른 조류 개체군 충돌 영향

- 독일 풍력발전기와 조류와의 충돌 현황(2002-2014.12.11)을 보면, 다양하고 많은 조류가 풍력기와 충돌했음이 보고됨
  - 자료 수집의 한계성으로 인하여 실제 충돌을 훨씬 많을 것이며, 본 결과는 풍력발전으로 인한 조류 충돌이 높음을 시사함



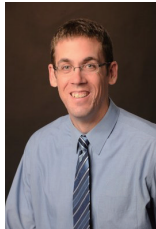
자료: Perrow (2017) 참조





## 잘못 인용되는 사망률 추정치

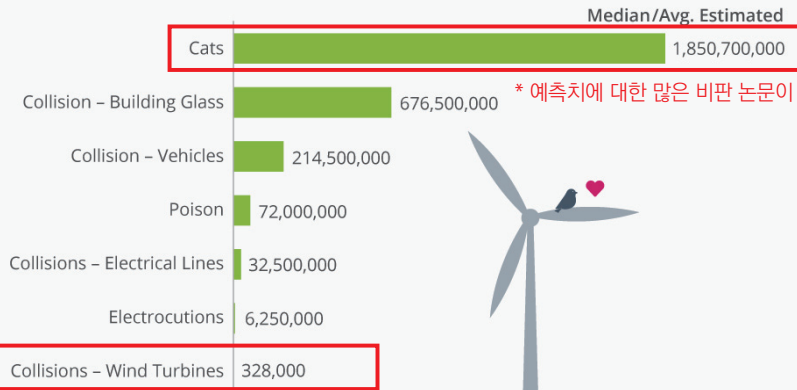
- 조건에 따라 사망률 추정치는 다를 수 있으니 오해 금지(Johnson et al. 2016)
  - 140,000~328,000: Loss et al. (2013), 발전 터빈 당 사망 조류 수와 발전기 높이 이용
  - 573,093: Smallwood (2013), 발전용량 메가와트 당 사망 조류 수 이용
  - 214,000~368,000: Erickson et al. (2014), 발전용량 메가와트 당 사망 조류 수 이용



Scott R. Loss

### Wind Turbines Are Not Killing Fields for Birds

Annual estimated bird mortality from selected anthropogenic causes in the U.S.



출처: Loss et al. (2013)



Source: U.S. Fish and Wildlife Service

statista



## 독일 약1.2조마리의 곤충이 풍력발전기에 의해 사망!!

- 독일 야생생물 재단(German Wildlife Foundation)은
  - 초기 연구결과를 통해 풍력발전으로 인하여 1.2조 마리(약 3,600톤) 곤충이 사망하는 것으로 확인,
  - 지난 20년간 풍력발전의 빠른 증가와 약 75% 비행성 곤충(flying insects)의 감소의 상관관계를 분석하기 위한 연구 실시



Figure 3: Examples of insect residues found on wind rotor blades. Left: Deposits of a swarm of the beetle *Omophlus lepturoides* (BladeCleaning 2018). Center: Unidentified insect roughness on rotor blades (Wilcox et al. 2017). Right: Soiled leading edge of a rotor blade near to the blade tip (Hinsch & Westermann 1996).



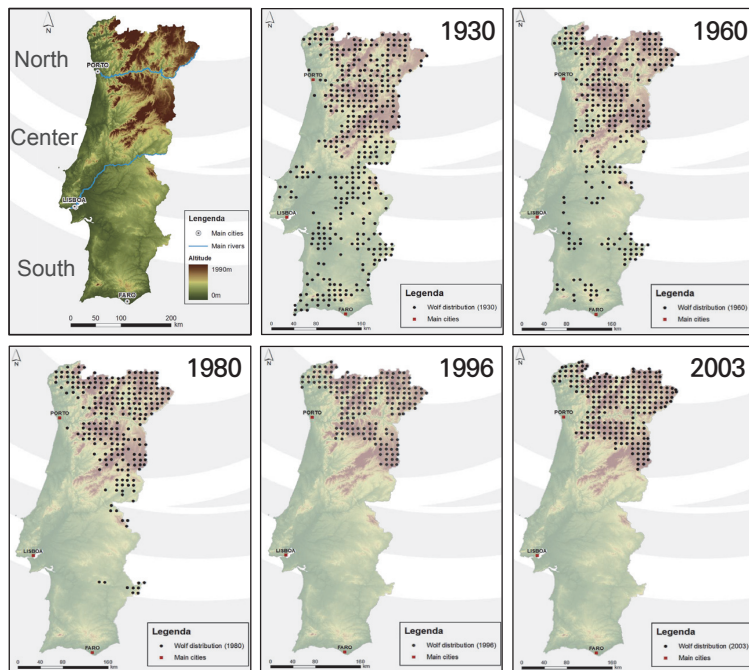
## 풍력발전이 육상 포유류에 미치는 영향

### ○ 포르투갈 이베리안늑대

- 멸종위기종(EN)
- 200-400 개체
- ± 60 무리(packs)



자료: [https://en.wikipedia.org/wiki/Iberian\\_wolf](https://en.wikipedia.org/wiki/Iberian_wolf) (검색일: 2019.9.20.)



자료: Ferrão da Costa et al. (2017) 참조

21

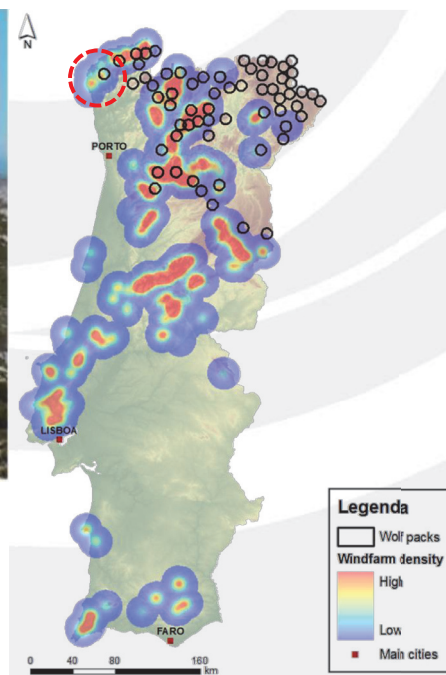


## 풍력발전이 육상 포유류에 미치는 영향



포르투갈 Alto Minho 풍력발전 공사현장

자료: Perrow (2017) 참조



포르투갈 육상풍력 발전기 분포와 이베리안 늑대 분포 현황

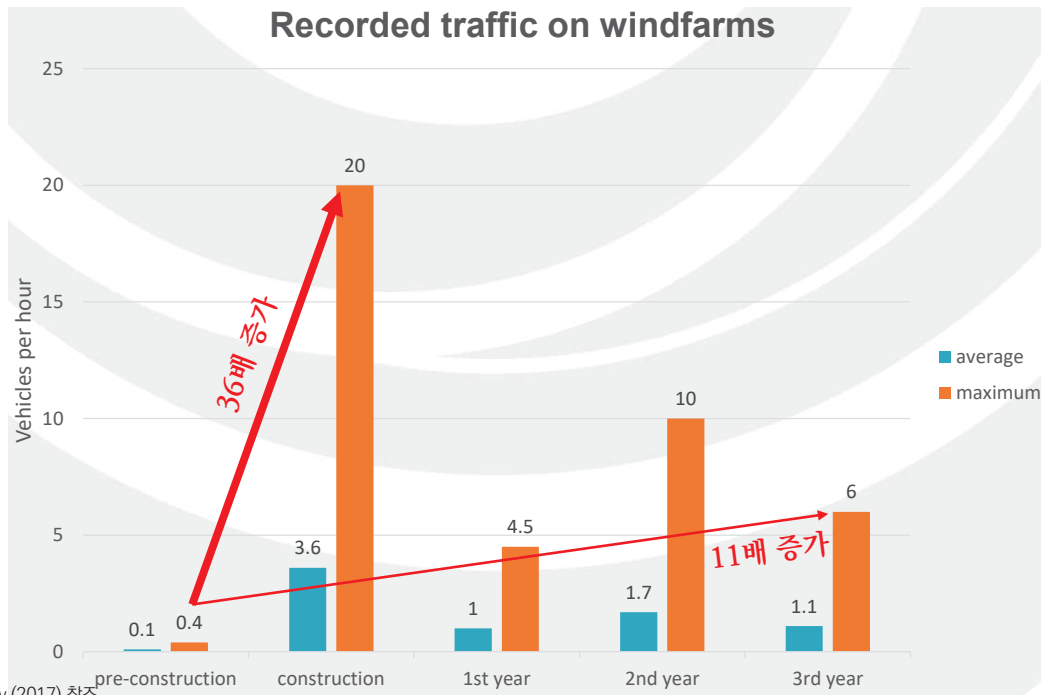
22





## 풍력발전이 육상 포유류에 미치는 영향

- 공사 전 대비, 공사 시 및 운영 시 교통량이 대폭 증가함(사고 위험성 증가)



자료: Perrow (2017) 참조

23

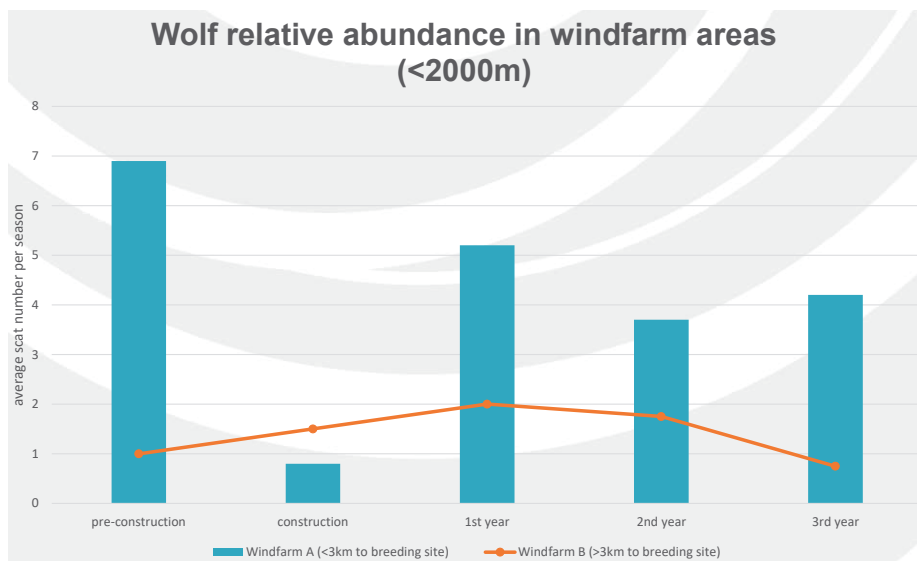


## 풍력발전이 육상 포유류에 미치는 영향

- 개체수의 크기를 예측할 수 있는 배설물 수의 경우, 공사 전 대비

- 공사 시에는 급격히 감소
- 공사 완료 후에는 증가

→ 공사 후, 개체군 회복?



자료: Perrow (2017) 참조

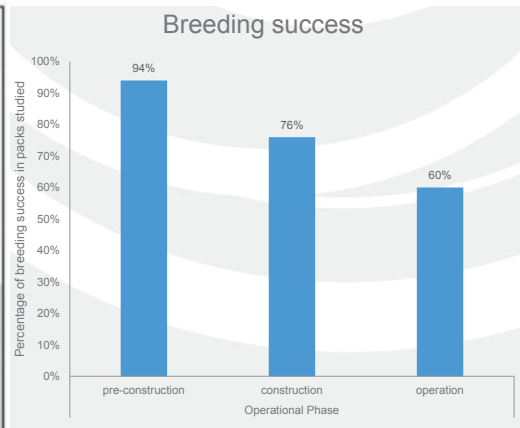
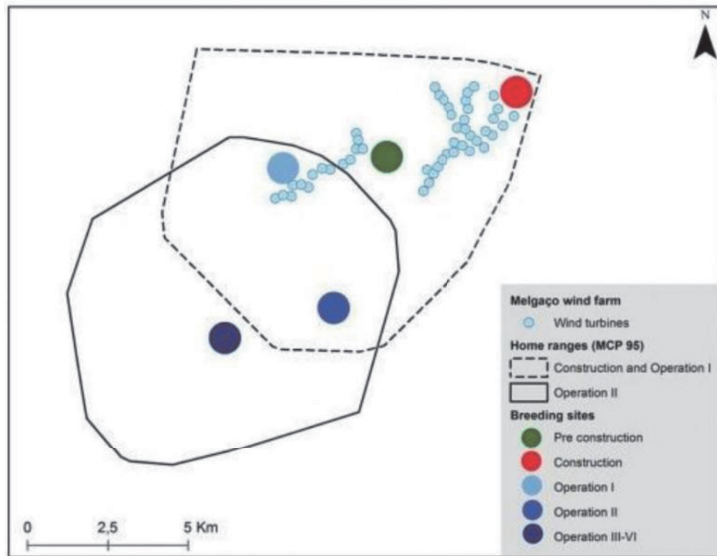
24





## 풍력발전이 육상 포유류에 미치는 영향

- 운영 기간에 따라 풍력발전기에서 이베리안 늑대의 번식지가 멀어지고 있음
  - 번식지로의 친소성(fidelity)과 번식성공율을 낮추며, 부적합한 장소로 번식지를 유도하여 무리의 생존 감소를 초래



자료: Perrow (2017), Marques et al. (2018) 참조



## 생태환경영향이 최소인 입지에서의 추진

**PERSPECTIVE**  
<https://doi.org/10.1038/s41560-017-0036-5>  
 nature energy

NATURE ENERGY | VOL 3 | JANUARY 2018 | 10-15 | www.nature.com/natureenergy

### Mapping synergies and trade-offs between energy and the Sustainable Development Goals

Francesco Fuso Nerini<sup>1,2\*</sup>, Julia Tomei<sup>3\*</sup>, Long Seng To<sup>4,5</sup>, Iwona Bisaga<sup>6</sup>, Priti Parikh<sup>6</sup>, Mairi Black<sup>4</sup>, Aiduan Borrión<sup>6</sup>, Catalina Spataru<sup>1</sup>, Vanesa Castán Broto<sup>7,8</sup>, Gabriel Anandarajah<sup>9</sup>, Ben Milligan<sup>9\*</sup> and Yacob Mulugetta<sup>4</sup>

Energy systems can have direct impacts (for example, local pollution or competition for space with energy infrastructure) and indirect impacts (for example, ocean acidification or climate change<sup>47</sup>) on conservation, restoration and enhancement of marine and terrestrial ecosystems and other natural resources (SDG9, 14–15)<sup>48,49</sup>. SDG15 is intertwined with the nature of energy transitions, especially where livelihoods are dependent on ecosystem goods and services<sup>50</sup>. Energy systems that fully account for these interdependencies including the multiple benefits and values of the environment (Target 15.9, 17.9) can minimize adverse impacts of energy use on ecosystems and biodiversity<sup>51</sup> (Target 12.2).

**WIND POWER GENERATION PROJECT MANNAR, SRI LANKA**

**ISSUES: CUMULATIVE IMPACTS AND BIRD MIGRATIONS**  
 Birds return flight of mass migration is usually between March to April. This period has not been covered by this assessment.

**TURBINE SHUT DOWN**  
 Economic viability of the project due to the emergency shut down has not been adequately assessed and evaluated.

**BIRD MIGRATION** is a globally important phenomena and Sri Lanka is geographically integral to the sustainability of the biodiversity of the global bird population.

**BACKGROUND**  
 - Erecting 39 wind turbines in the Mannar area aims to increase access to clean and reliable power supply enhanced by 2025.

**STRATEGIC AGENDAS**  
 - Environmentally sustainable growth  
 - Inclusive economic growth

**SAFEGUARD CATEGORIES**  
 1. Environment A  
 2. Involuntary Resettlement B  
 3. Indigenous Peoples C

**BUSINESS SECTOR**  
 Energy

**STATUS**  
 Approved

**SOURCE OF FUNDING**  
 Loan (US\$200.00 MILLION)

**RESPONSIBLE ADB OFFICER**  
 Khamidkhanov, Mukhtor

**LOGOS:** ADB, IFC, UN Women, UN Women on ADB



감사합니다



## Session 2

# 육상태양광발전 보급 활성화를 위한 추진 방향

발표 1 | 육상태양광 발전사업의 보급 활성화를 위한  
에너지 제도 개선 방안

김창훈 에너지경제연구원 연구위원

발표 2 | 육상태양광 확대를 위한 주민참여 방안

임성희 녹색연합 팀장

발표 3 | 농촌 태양광발전 보급의 문제점과 개선방안

김연중 농촌경제연구원 선임연구위원

발표 4 | 재생에너지 보급 확대를 위한

육상태양광발전 입지 가이드라인 개선방안

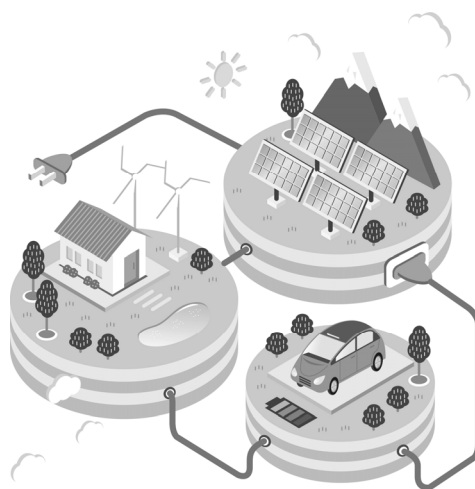
이상범 KEI 선임연구위원



# 발표 1

## 육상태양광 발전사업의 보급 활성화를 위한 에너지 제도 개선 방안

김창훈 에너지경제연구원 연구위원





## 육상태양광 발전사업의 보급 활성화를 위한 에너지 제도 개선 방안

에너지경제연구원 김창훈

### □ 최근 동향

- 정부의 재생에너지 3020 정책에 따라 태양광과 풍력을 중심으로 국민참여형 발전사업(주로 중소 규모)과 대규모 프로젝트가 동시에 추진될 예정
- 그러나 최근 들어 재생에너지 사업의 수익성이 악화되는 현상이 심화되고 있는데 특히 소규모 태양광 사업자들에게 영향을 미칠 것으로 보임
- 정부 정책은 신재생 사업자들의 입찰 의무를 부여하여 시장참여를 강화하는 추세인데 전력중개 사업자를 통해 소규모 사업자들이 참여하더라도 수익모델 정립이 어려운 상황
- 계획입지 제도, 공공부문 주도 재생에너지 사업 등에서 보듯이 정부 정책의 초점이 대형 프로젝트들에 맞춰져있어 상대적으로 소규모 사업자들에게 불리한 상황
- 최근 심화된 환경 관련 규제와 기초지자체 차원에서의 거리제한 등의 개발행위 허가 기준 강화 등이 영향을 미치고 있음
- 그러나 한편으로는 지자체의 전기사업 허가 위임범위가 최근 들어 점차 확대되고 있는 추세이고 그동안 문제가 많았던 전기사업 허가 및 개발행위 허가와의 일원화 움직임도 가시화되고 있음
- 또한 정부 차원 계획에서도 지역에너지센터 설립이 명문화되고 지역에너지 및 분산에너지 정책 추진체계의 전면적 재정비에 나서는 등 변화의 움직임  
⇒ 육상 태양광이 발전하기 위해서는 소규모 태양광 사업 참여 활성화가 관건이며 이를 중앙정부에서 대응하기에는 한계가 있으므로 지역의 역할범위를 확대할 필요

### □ 정책환경 분석

- 재생에너지 관련 정부 정책이 여전히 중앙집중형 `국가사업` 관점의 정책이어서 기존 전통적 에너지원에서 발생한 갈등들이 더욱 확대, 재생산될 가능성이 있으며, 소규모 사업의 경쟁력 상실이 우려됨
- 지역 주도의 분권형 에너지시스템이 구현되기 위해서는 그동안 중앙정부 정책집행 단순 경로의 역할에서 벗어날 필요가 있는데, 특히 광역지자체의 중재 및 조정 역할과 기초지자체의 역량 강화가 필요

### □ 제도개선 방향

- 지역 주도의 에너지전환 실현을 위해 `분권화`와 `지역산업화`를 양대 축으로 하여 정책을 설계할 필요가 있음
  - 분권화 : 지역의 갈등 이슈들을 대부분 지역 내에서 해결할 정도의 지역분권 개념 구현
  - 지역산업화 : 지역이 사업 주체가 되어 스스로 편익을 극대화하도록 제반 여건 마련
- 지역주도 계획입지 제도 보완
  - 환경성과 경제성 평가가 융합된 형태의 사전 지역계획 수립과 전략환경영향평가 관련 비상설 협의체 운영
- 지역 자체적인 소규모 사업 자원 확보체계 구축
  - 각종 지역 지원금을 소규모 사업의 재원으로 활용하도록 하고 신재생 지원금 수준을 상향시킬 필요



# 육상태양광 발전사업의 보급 활성화를 위한 에너지 제도 개선 방안

에너지경제연구원  
지역에너지연구팀 연구위원 김창훈



## 차 례

---

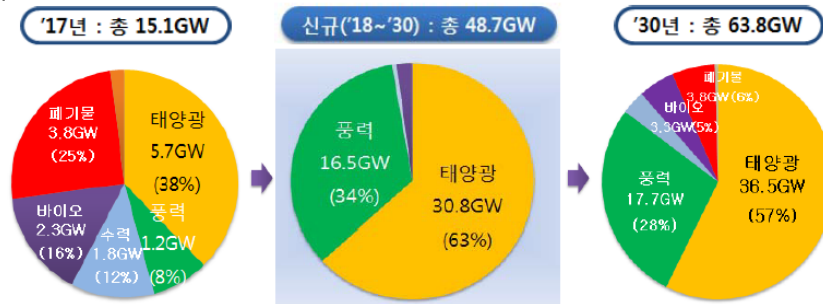
1. 최근 동향
2. 정책환경 분석
3. 제도개선 방향

# 차 례

1. 최근 동향
2. 정책환경 분석
3. 제도개선 방향

## 재생에너지 3020 목표

❖ 원별 목표 : 신규설비 95% 이상을 태양광, 풍력 등 청정에너지로 공급



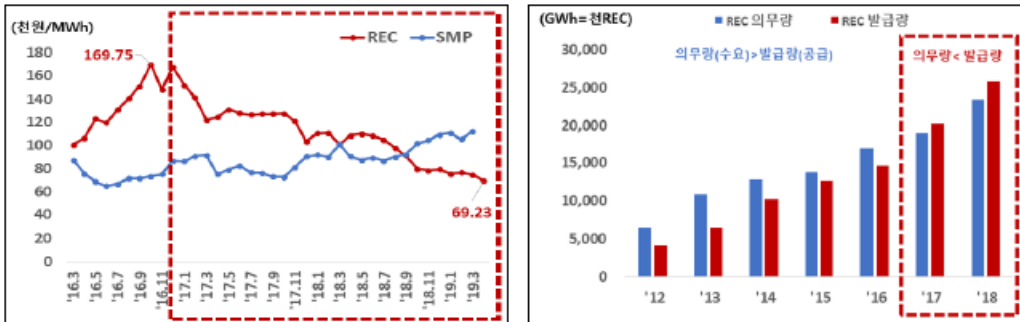
❖ 주체별 : 국민참여형 발전사업과 대규모 프로젝트 동시 추진



## 사업수익성 악화

- ❖ REC 현물가격 `17년부터 하락하여 `19.4월 기준 약 69천원까지 하락(고점 대비 약 60%)
  - 최근에는 60천원대도 붕괴되는 등 사업자들의 투자비 회수에 위기감이 조성되고 있는 상황
- ❖ 이는 설비 투자비 하락과 RPS 의무 발전사들의 자체사업 증가, SMP상승 등 여러 요인 작용
- ❖ 한국형 FIT 도입 등에도 불구하고 소규모 사업자의 수익성은 갈수록 악화될 것으로 예상
  - 향후 입찰의무가 부여되거나 경매제도 도입이 가시화될 경우 더욱 심화될 가능성

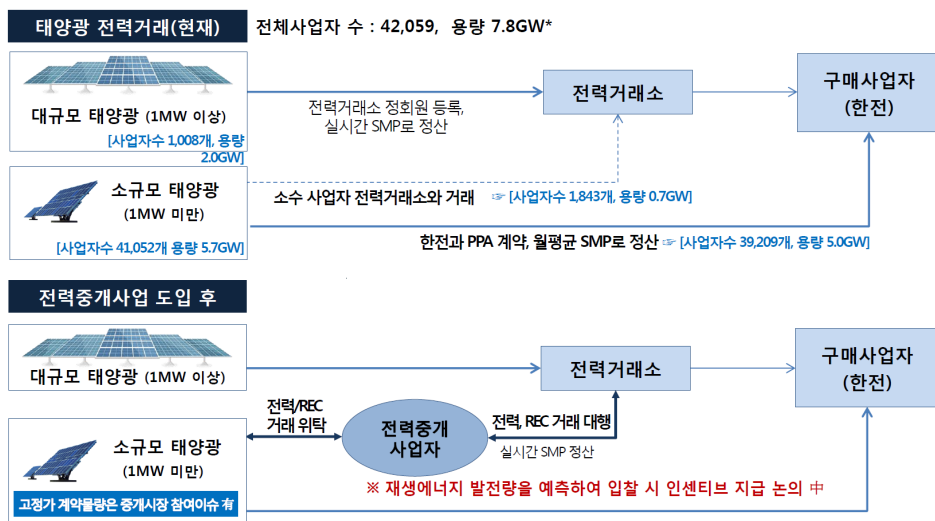
<REC 및 SMP 가격 추이(왼쪽) 및 의무량과 발급량 추이(오른쪽)>



자료: KDB산업은행(2019. 7.), 산은조사월보

## 신재생 사업자 시장참여 강화 추세

- ❖ 신재생 사업자에 대한 출력 및 예측 정보 제공 책무 부여 방안
  - 일정 기준 이상 신재생에너지 사업자는 발전기에 대한 출력감시, 예측, 평가 및 제어에 필요한 특성 자료와 출력정보, 예측정보, 발전단지 기상정보 등을 전력거래소와 한전에 제공하도록 할 계획(`18.4)



\* 태양광 사업자 수 및 설치용량 출처: `19.4.15기준 KPX 전력통계정보시스템  
 자료: IoT시대 전력 신사업 현황과 전망 세미나 자료(2019.4)

## 대형 사업 위주 정책

- ❖ 계획입지 제도, 공공기관, 대기업 주도의 대규모 발전단지 추진
  - 계획입지 제도 : 광역지자체가 적합부지를 발굴하여 민간사업자에게 공급하고, 민간 사업자가 수립한 지구개발 실시계획을 정부가 승인하여 인허가를 일괄 의제처리 추진
  - 공공부문 주도의 재생에너지 사업 추진 : '19년 4월 기준 142개소 24GW 발굴
  
- ❖ 발전소 주변지역 지원사업의 지원대상에서 2MW 이하의 발전소는 제외됨
  - 반지름 5km 이내의 읍·면·동을 대상으로 전력산업기반기금에서 지원사업 예산을 지원 중
  - 기본지원금 단가(원/kWh) : 신재생 0.1, 가스 0.1, 유연탄 0.15, 원자력 0.25 등
  - 연간 2천만원 수령을 위해서는 태양광 기준으로 160MW 규모가 되어야 함

<2018년 발주법 지원사업금 배부현황>

발전원	개소수	기본지원금(백만원)	특별지원금(백만원)
신재생	264	7,009	15,241
석탄	24	42,389	
원자력	7	50,749	

자료: 산업부 자료

- 7 -

## 환경 관련 규제 심화

- ❖ 환경 관련 규제 강화
  - 경사도 강화·잡종지 전환금지('18.12월), 인센티브 축소(REC 1.2 → 0.7, '18.6월), 수면적 사용기준 (10%) 삭제('18.3월) → 10% 기준 재도입('19.4월) 등
  
- ❖ 에너지 관련 조례 운영 중인 105개 기초지자체 중 95개에서 거리제한 조례를 운영
  - '17.3월에 '태양광 발전시설 입지 가이드라인'으로 이격거리 100m 기준이 제시되었으나 유명무실

- 8 -

## 지자체 허가범위 확대 움직임

---

- ❖ 지자체의 전기사업 허가 위임범위 확대 움직임
  - 3MW이하 설비는 시도지사에 허가권이 위임되었으나 기초지자체 위임 범위는 지역마다 상이
  - 강원도, 전북도 등은 1천kW, 충남도는 500kW 이하에 대한 허가권을 시·군에 재위임
- ❖ 전기사업허가와 개발행위허가 일원화 의제처리 움직임
  - 전남도는 '18년에 전기사업허가와 개발행위허가 일원화 원스톱 처리방안 권고안 채택
  - 충북 단양군, 진천군은 최근 운영지침을 만들어 일원화 서비스 시행

- 9 -

## 지역분권 및 분산형 에너지 강화 움직임

---

- ❖ 제3차 에너지기본계획에서 지역 주도의 에너지정책 실현을 위한 거점으로서 지자체별 지역 에너지센터 자율적 설립 명문화
  - 지역에너지계획 수립을 지원하고, 에너지 분야 각종 지역 지원금 효율적 활용 전략 마련 목적
  - 에너지 분야 지역지원사업 위탁 관리, 지역 특성에 맞는 사업 발굴 기획, 주민, 지자체 대상 에너지 분야 교육·홍보, 소통의 매개체 역할 수행
- ❖ 정부 차원에서 지역에너지 및 분산에너지의 정책 추진체계 혁신방안 수립 중
  - 중앙정부가 시행해오던 사업들 중 지역성이 강한 정부 사업들에 대해 지자체(또는 지역 전담조직)와의 역할분담체계를 재검토하고 관련 예산과 기능을 조정할 방침
  - 국내 현실에 부합하게 분산에너지의 정의를 새로 확립하고 다양한 분산자원 간의 융합을 위한 종합적인 로드맵 수립

- 10 -

## 차 례

---

1. 최근 동향
2. 정책환경 분석
3. 제도개선 방향

- 11 -

## 여전한 중앙집중형 `국가사업` 관점의 정책

---

- ❖ Oates의 분권화 정리(Oates' Decentralization Theorem)에 의하면 지역 간 스페일오버(spillover)가 충분히 높은 경우에는 중앙집권형 의사결정이 더 효율적임
  - 이에 따라 과거 우리나라도 소수 지역 희생에 바탕을 둔 중앙집권형 에너지 공급체계를 구축하여 왔음
- ❖ 반면 분권적 의사결정 체계 하에서는 스페일오버가 최소화되는 것이 가장 효율적이나 현 재생에너지 정책은 이를 반영하지 못함
  - 재생에너지가 분산형 전원이 되지 못하고 전국적인 전력망을 통해 타 지역에 공급될 경우 생산지 주민의 피해의식이 상존
  - 현재 정책체계 하에서 전국으로 확대할 경우 이와 같은 부작용이 더욱 확대·재생산될 가능성이 있음
- ❖ 국가사업 단위의 대형사업에 비해 지역 기반 소규모 사업은 갈수록 시장경쟁력 상실 우려
  - 세계에너지기구(IEA)의 보고서(IEA Insights Series, 2017) 등에 따르면 대규모 발전단지의 경우 송전 비용 부담을 감안하더라도 충분한 경제성이 확보될 수 있음

- 12 -

## 에너지정책에서 지역분권 개념이 미흡한 상황

---

- ❖ 지자체의 역할이 단순한 중앙정부 정책의 집행·경로·에 그치고 있는 실정임
  - 관련 민원이나 갈등이 발생할 경우 지역 차원에서 해소되지 못하고 결국 중앙정부로 수렴
- ❖ 특히, 에너지사업을 규모의 경제로 이끌고 중재 역할을 할 광역지자체의 역할과 권한이 미흡
  - 광역지자체가 독자적으로 권역 내에서 발생하는 사업내용에 대해 관여할 수 있는 권한 부재
  - 대규모 사업 추진을 위해서는 기초지자체 간 조정 역할이 필요하나 이와 관련한 권한도 부족
  - 중재 역할 부재로 인해 기초지자체는 민원을 우려해 사업행위를 불허하고 일선 사업자는 결국 중앙정부를 상대로 행정소송 등을 하는 실정임
- ❖ 직접 주민 대상으로 사업을 추진하거나 민원을 상대해야 하는 기초지자체는 역량과 인프라가 절대적으로 미흡
  - 사업설계 역량과 지분참여형 사업을 위해 필요한 지원 역량이나 제도적 장치들이 부족
  - 역량이 부족한 기초 단위를 묶어 사업기획과 민원 중재, 자금지원을 해줄 수 있는 광역 단위 노력 한계

- 13 -

## 차 례

---

1. 최근 동향
2. 정책환경 분석
- 3. 제도개선 방향**

- 14 -

## 기본방향

- ❖ 지역 주도의 에너지전환 실현을 위해 ‘분권화’와 ‘지역산업화’를 양대 축으로 하여 정책을 설계할 필요가 있음
  - 분권화 : 지역의 민원·갈등 이슈들이 대부분 지역 내에서 가능할 정도의 지역분권 개념 구현
  - 지역산업화 : 지역이 사업 주체가 되어 스스로의 편익을 극대화 하도록 제반 여건과 평가체계 구축

구분	<방향 1> 에너지시스템의 분권화 <i>“지역 이슈의 지역 내 자체 해결”</i>	<방향 2> 성과 기반의 지역사업화 <i>“지역이 주체가 되어 스스로의 편익을 극대화”</i>
법제도 측면	지역 권한범위의 확대와 중앙-광역-기초 간 역할분담 기준 정립을 위한 법령체계 개선	각종 예산/기금 및 법정 지원금 운영 관련 제도 정비로 지역산업화 투자기반 강화
사업 추진 체계 측면	지자체 에너지사업 전담조직 (지역에너지센터 등)의 역할 및 임무의 구체화	정부 사업 중 지역성 강한 사업들은 지자체로 사업주체 조정
협력 및 환류 측면	지자체 전담기관과 중앙정부 기관 간의 협력체계 구축 및 기능조정	지역계획과 성과평가를 바탕으로 한 인센티브 및 페널티 체계 구축

- 15 -

## 방향 1 : 생산지-소비지 일치를 위한 에너지시스템 분권화

- ❖ (법제도 측면) 민원·갈등을 미연에 방지하기 위해 지역의 여론을 수렴하여 에너지 생산에 대한 의사결정을 주도적으로 할 수 있도록 지자체 권한 또는 위임사항을 확대하고 중앙-광역-기초 간 역할분담 체계를 정립
- ❖ (사업추진 측면) 지역에너지센터 등 지자체 에너지사업 전담조직의 구체적인 역할과 임무 부여 방안을 마련할 필요
- ❖ (협력·환류 측면) 지역에너지센터 등 지자체 전담기관과 중앙정부 기관 간의 역할분담 명확화와 협력체계 구축 방안 마련할 필요

- 16 -

## 방향 2 : 지역에 직접적 이익이 되도록 에너지사업의 지역산업화

- ❖ (법제도 측면) 예산(에특 등), 기금(전산기금 등) 및 지원금(발주법, 송주법 등)이 지자체 주도의 에너지사업 투자로 선순환될 수 있도록 운영체계 정비
- ❖ (사업주진 측면) 중앙정부가 시행해오던 사업들 중 지역성이 강한 정부 사업들에 대해서는 시행주체를 지자체(또는 지역 전담조직)로 조정할 필요
- ❖ (협력·환류 측면) 지역계획과 성과평가를 바탕으로 한 인센티브 및 페널티 체계 구축

- 17 -

## (방안 제시 1) 지역 주도 계획입지 제도 보완

- ❖ 환경성 및 경제성 평가가 융합된 형태의 사전 지역계획 마련
  - 지역 자율성 결여 및 주민 반대 이유 중 하나가 지역 입지에 대한 정보 확보와 공개 노력 부족임
- ❖ 세부절차
  - 재생에너지 개발을 위한 고도의 지역계획 수립 및 개발 우선순위 선정
    - 환경성 평가 : 풍속, 생태, 주거지역 분석 및 군사보호지역, 야생동물보호구역, 생태자연도 1등급지 등의 제척
    - 경제성 평가 : 환경성 평가 결과 도출된 가능지역에 대해 CAPEX, OPEX, 할인율 및 지가 등을 반영하여 LCOE 추정
  - 재생에너지 지역계획 주민공람 실시 및 최종 지역계획 확정
  - 후보지에 대한 전략환경영향평가 실시
  - 전략환경영향평가 비상설 협의체 운영
    - 구성원 : 지자체, 관련 공공기관 지역본부(에너지공단, 환경공단, 환경청, 산림청, 한전 등), NGO 등
    - 전략환경영향평가 분석 결과를 바탕으로 주민 참여 및 보상방안, 토지이용계획 대안 검토 등을 협의
    - 광역지자체 차원의 운영이 바람직(기존 광역 에너지위원회 등을 활용할 수 있음)
- ❖ 지역에너지계획 반영을 통해 국가계획과의 연계성 도모 가능

- 18 -

## (방안 제시 2) 지역 차원의 소규모 사업 자원 확보체계 구축

- ❖ RPS제도 하에서 사업환경 악화가 예상되는 소규모 사업은 지자체 차원의 지원이 바람직
  - 지자체 자체 기금을 통한 수익보전 장치 마련으로 지역 사정을 고려한 합리적 지원체계 마련
  - 소규모 사업에 대해서는 지역 고유의 사업이 가능하도록 일종의 포괄보조금 개념으로 접근
  
- ❖ 지역 지원금은 소규모 재생에너지 확대의 선순환을 돕는 기금 역할로 재정립
  - 지역단위의 장기발전계획 사업보다 소규모 선심성 사업에 사용되거나 활용도 미흡한 시설에 투자
  - 지역지원금 활용실태 정밀 분석을 통해 에너지전환 관련 기금으로 활용하도록 점진적으로 유도
  - 지자체 예산사업과 분리하도록 하며, 대규모 단지 유치 인센티브를 위해 신재생 지원금 수준 상향 필요

구 분	발주변 지원금		송주변 지원금	지역자원시설세
규모(억원)	'18) 2,128	'18) 558	'18) 1,415	'17) 2,839
재원부담	정부(전력기금)	원전사업자(한수원)	사업자(한전)	사업자(발전사 등)
시행자	지자체(기초) 발전사업자, 문화재단	한수원	한전	지자체(광역/기초)
근거법	발전소 주변지역 지원에 관한 법률		송변전설비 주변지역의 보상 및 지원에 관한 법률	지방세법, 지방재정법 등

- 19 -

# 감사합니다.



## 발표 2

# 육상태양광 확대를 위한 주민참여 방안

임성희 녹색연합 팀장





## 육상태양광 확대를 위한 주민참여 방안

녹색연합 임성희

정부는 재생에너지 3020 이행계획을 발표하며, 태양광을 30.8GW 신설하겠다고 했으나, 재생에너지 발전설비를 확산해가는 가는 과정에서 주민들의 낮은 수용성과 갈등으로 인해 보급, 확대에 속도를 내지 못하고 있다. 이제까지 발전소는 외부의 사업자 혹은 거대 기업이 소유하고 운영하는 시설물이었다면, 생활권으로 깊이 침투할 수밖에 없는 소규모 발전 방식의 재생에너지는 그 특성 상 직접 소유가 가능하고, 투자도 가능하며 발전 수익이 분배되는 시설이어야 지역 내 수용이 가능하다.

재생에너지 발전설비를 둘러싼 갈등의 원인은 재생에너지에 대한 유해시설이라는 왜곡된 인식이 주변에 작용하였으나, 사실상 발전설비를 통해 전력을 구매, 공급받는 것 외에 어떠한 이익도 공유받지 못한 탓이 크다. 그런 가운데 환경과 경관, 산사태 위험 등에 대한 우려가 겹쳐지면서 기피시설로 자리하게 되고, 갈등은 증폭되면서 갈등 비용 또한 증가하게 되었다.

발전 수익이 외부 사업자에게 독점되거나 일방적으로 부지가 선정, 설치되는 등 사업추진, 의사결정 과정에서 지역민들이 배제되어 왔던 것이 갈등의 주요 원인이었다고 진단할 수 있다. 에너지 다소비 도시를 위한 농촌 지역의 희생을 반복을 강요한다는 평가 역시 타당하다. 재생에너지 발전설비 입지를 둘러싼 갈등은 사업자와 주민간의 대립을 넘어 주민 간 갈등으로 비화되고, 마을 공동체를 조각내는 사태까지 발생하고 있어, 재생에너지가 무엇을 지향하는가라는 질문까지 던지게 되는 상황이다.

주민이 의사결정에 참여하고 경제적, 사회적 편익이 공정하게 배분될수록 재생에너지에 대한 수용성이 증가한다는 점은 강조해도 지나치지 않는다. 재생에너지 비중이 높은 독일의 경우, 재생에너지 발전설비의 40% 이상을 시민·농민이 직접소유하고 있다. 시민의 힘으로 에너지전환을 이끈다는 모토가 사회전반에 작동하고 있는 것이다. 그에 비해 우리나라의 주민·시민 주도 재생에너지 설비는 매우 초라한 실정이다.

우리도 재생에너지로의 전환에 박차를 가하기 위해 주민참여를 강조하지만, 아직은 형식적, 구호적 차원에 머물고 있어, 국내에 실질적인 주민참여 발전설비 모델은 미진하다. 그럼에도 주민참여 및 주도 모델을 개발하고 시도하는 사례들은 주민참여 모델의 확산 과정에 어떤 어려움이 존재하는지, 난관 극복을 위한 지원의 필요성을 시사하고 있다. 시민들이 주체적으로 발전사업에 나서도록 주민 직접 소유 및 운영을 통한 소득창출모델의 지원, 개발 및 확산, 지역주민 참여를 실질적으로 끌어내기 위한 장벽 제거 및 지원, 지역발전기금의 공동체에너지 시설 투자를 통한 수익재창출 유도, 시민들의 직접투자를 통한 이익 공유 모델 확대 등을 통해 시민이 주도하고 홍보하고 시민에 의해 확산되는 재생에너지를 만들어갈 필요가 있다.



# 육상태양광 확대를 위한 주민참여방안

2019. 9. 26.

녹색연합 전환사회팀장 임성희

## 발표 순서

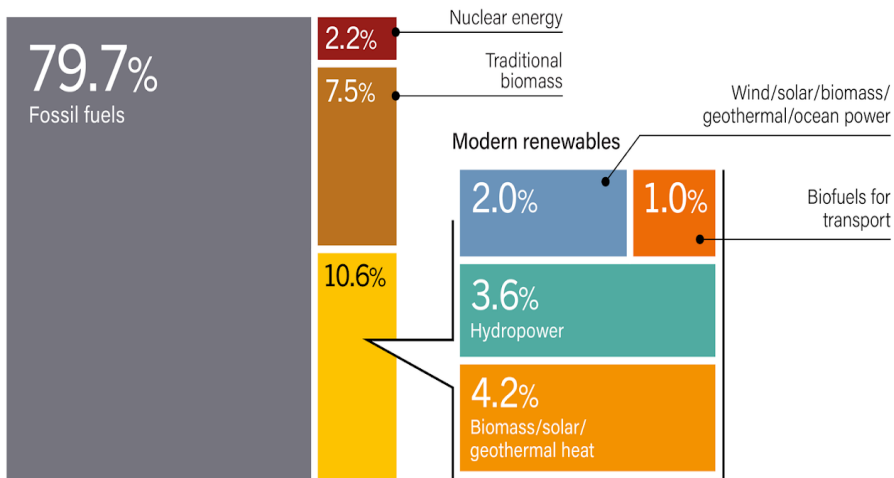
1. 세계 에너지전환 정책 흐름과 성과
2. 국내 재생에너지 확대 계획과 과제
3. 육상태양광발전 보급 확대의 저해요인
4. 해외 (독일) 사례
5. 국내 주민참여·주민주도 태양광 발전 사업 사례
6. 주민참여·주민주도 육상태양광 발전 확대를 위한 방안

# 1. 세계 에너지전환 정책 흐름과 성과



## 최종 에너지에서 차지하는 재생에너지 비중 (2017)

Estimated Renewable Share of Total Final Energy Consumption, 2017



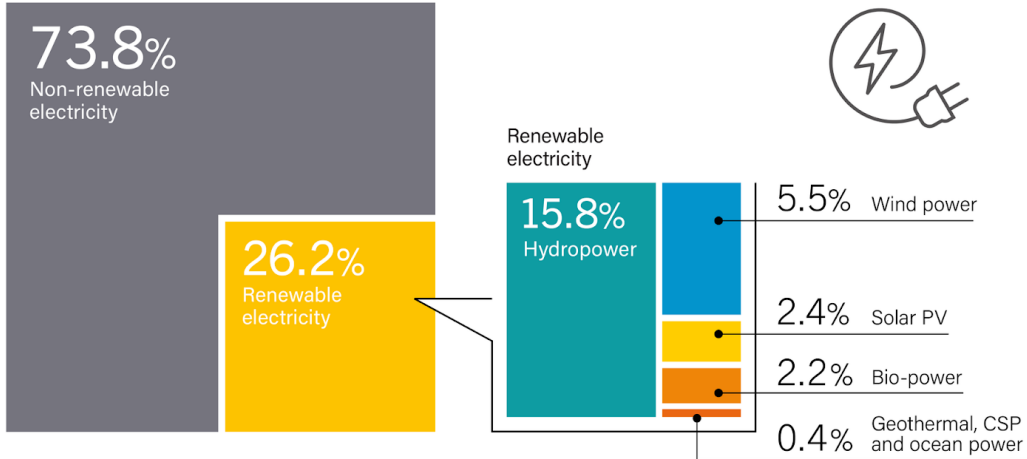
Note: Data should not be compared with previous years because of revisions due to improved or adjusted data or methodology. Totals may not add up due to rounding.

Source: Based on OECD/IEA and IEA SHC.



# 전력생산에서 차지하는 재생에너지 비중 (2018)

Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2018



Note: Data should not be compared with previous version of this figure due to revisions in data and methodology.

REN21 RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT



# 재생에너지분야 일자리 수 (2017)

Jobs in Renewable Energy

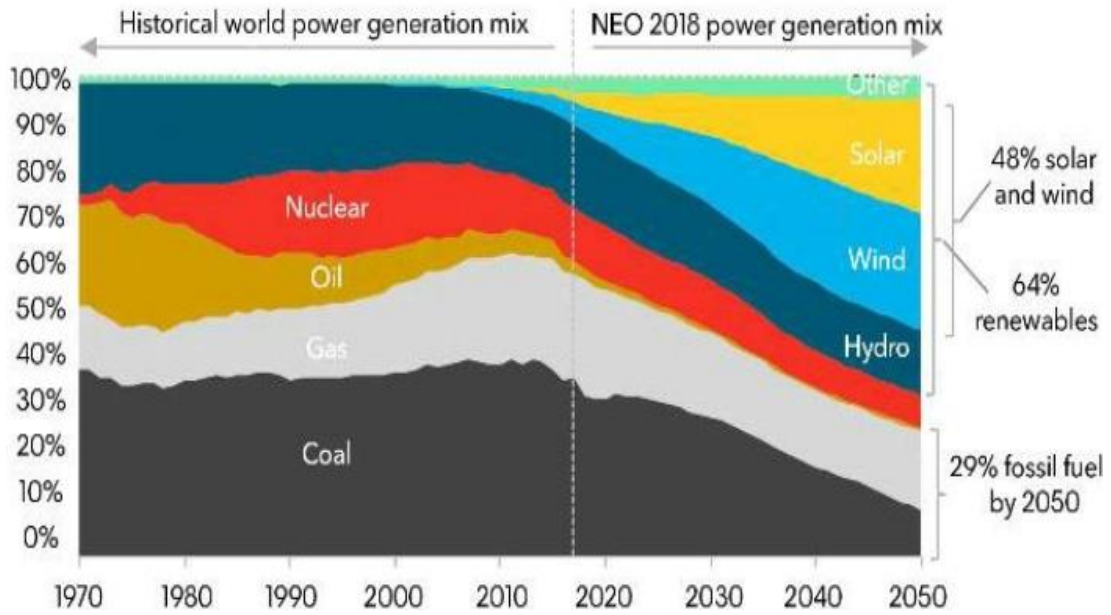


Source: IRENA.

REN21 RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT



# 2050년 전력생산 믹스 전망

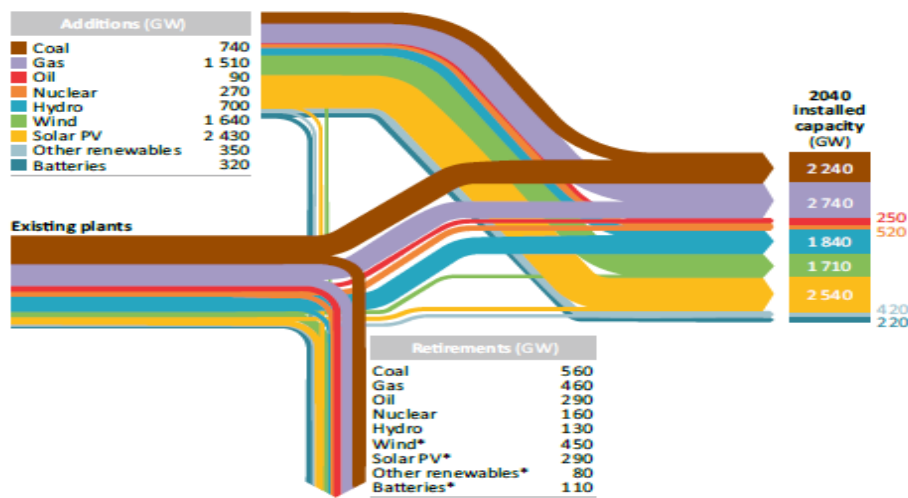


BNEF, 2017, New Energy Outlook 2017.



# 전력생산 추가 및 신규 용량 2018-2040

Figure 8.15 Global power generation capacity additions and retirements in the New Policies Scenario, 2018-2040



Much of today's power plant fleet will still be operating in 2040, with renewables stepping up to replace capacity retirements and meet new demand

\* A portion of capacity additions of renewables and battery storage are retired by 2040, consistent with the average lifetime assumption for wind and solar PV of 25 years, and 10 years for batteries.

World Energy Outlook 2018

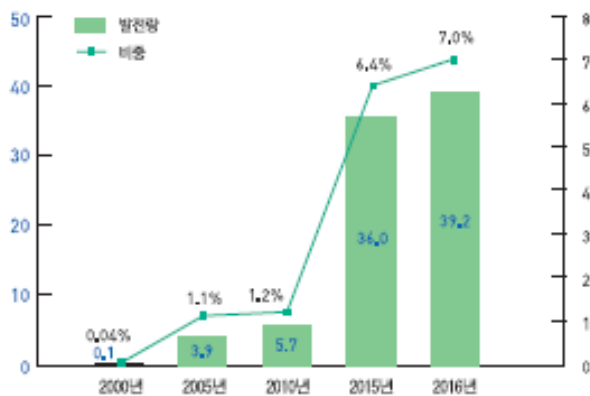


## 2. 국내 재생에너지 확대 계획과 과제



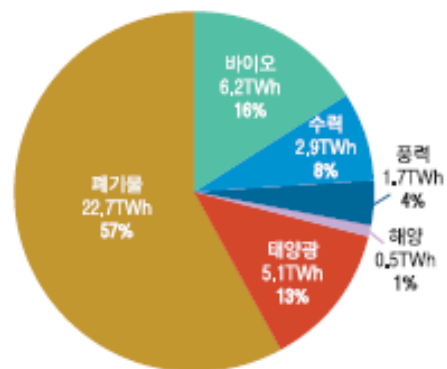
### 국내 재생에너지 발전 믹스 (2017)

발전량 비중(%) 및 발전량(TWh)



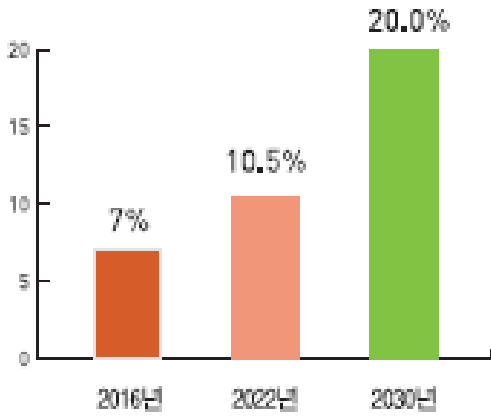
※ EA 기준 2016년 재생에너지 비중은 2.2%

신재생에너지 원별 발전량

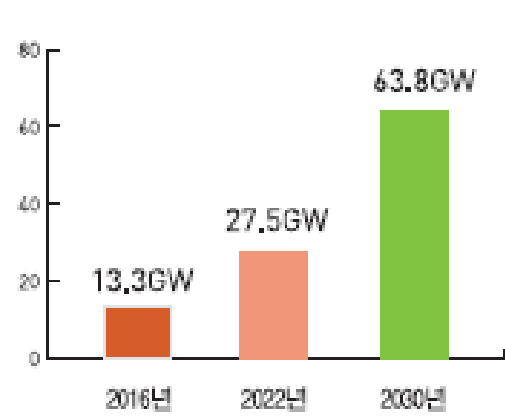


# 재생에너지 3020 이행계획

재생에너지 발전 비중

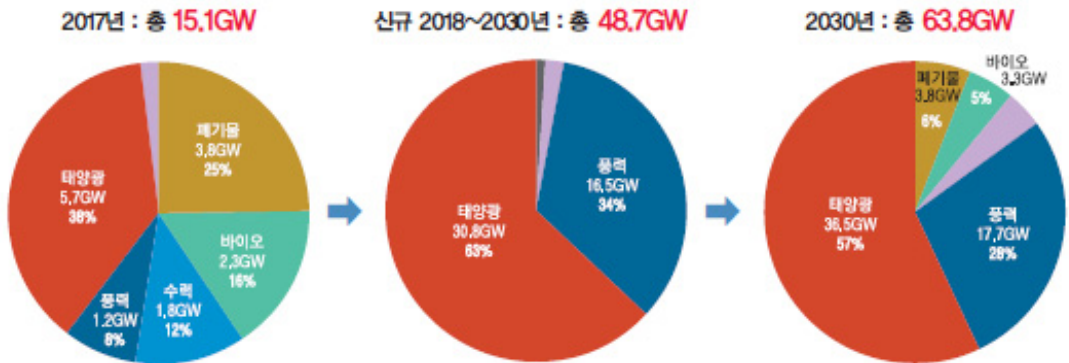


재생에너지 설비 용량



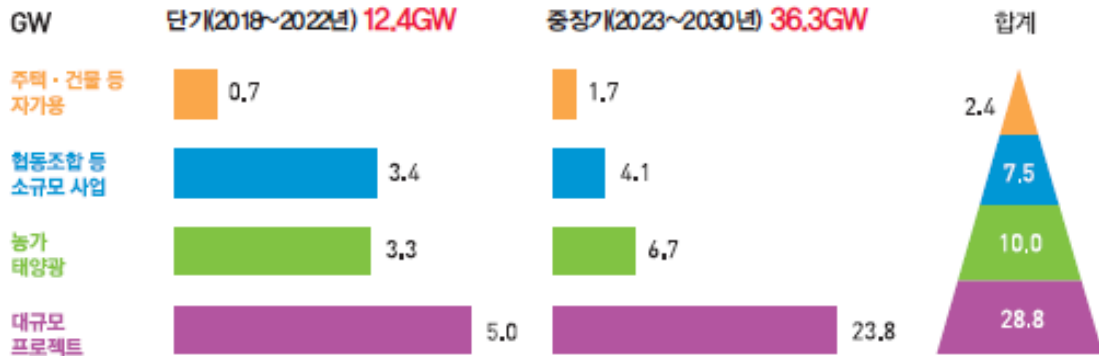
# 태양광과 풍력 중심으로 확대

원별 : 신규설비 96% 이상을 태양광, 풍력 등 청정에너지로 공급



## 목표 달성 방안

주체별 : 국민참여형 발전사업, 대규모프로젝트를 통해 목표 달성



## 국내 태양광 잠재량

잠재량 구분	영향요인 구분	영향요인 반영 방법
이론적 잠재량	이론적 영향요인	일사량을 기반으로 격자별로 잠재량을 계산
기술적 잠재량	지리적 영향요인	지리적 영향요인에 해당하는 면적을 잠재량 산정에서 제외 ex) 산지, 하천, 경사 20°, 산사태 1등급, 표고 1000 m 이상
	기술적 영향요인	설비효율 및 설치면적, 설비용량 등을 반영하여 잠재량 재산정
시장 잠재량	지원정책 영향요인	태양광 설비입지에 따라 발전 경제성을 평가하고, 정부지원 하에서도 경제성이 부족한 격자를 잠재량에서 제외 ex) LCOE와 SMP, REC 비교
	규제정책 영향요인	격자 내에 각종 규제정책 영향요인이 하나라도 포함될 경우 해당 격자를 잠재량 산정에서 제외 ex) 천연기념물 서식지, 자연공원 등

태양광 잠재량 연산 및 산정 기준에 따른 영향 요인. 2018신재생에너지 백서



## 규제정책 영향요인

분류	세부항목
용도지역	자연환경보전지역
	취락지구
	공항
문화재지역	문화재보호구역
	국가지정
	시도지정
	등록문화재
개발불가지역	야생동물보호구역
	천연기념물서식지
	휴전선/민간인통제선
	환경보전해역
	자연공원
	갯벌
	수자원보호구역
	지역계획 절대보전
	특별관리해역
	연평도NLL
생태자연도	1등급
	별도관리구역
	백두대간보호구역
기타	농업진흥지역
	주요도로 이격거리(6m 이상 도로 100m 이격)

태양광 규제정책 영향 요인. 2018 신재생에너지 백서



## 태양광 321GW, 국내 총 발전량 527GW<sub>(2017)</sub>의 77.9%

구분	세부	설비용량 (GW)			연간발전총량 (TWh/년, *TWh/년)			최종에너지 (10 <sup>3</sup> TOE/년)			1차에너지 (10 <sup>3</sup> TOE/년)			
		이론적	기술적	시장	이론적	기술적	시장	이론적	기술적	시장	이론적	기술적	시장	
태양	광	106,831	1,807	321	137,347	2,338	411	11,811,842	201,068	35,346	28,980,217	493,318	86,721	
	열*	106,831	4,778	150	137,347	6,181	191	11,811,842	531,566	16,426	11,811,842	531,566	16,426	
풍력	육상	499	352	17	942	756	39	81,012	65,016	3,353	198,762	159,516	8,229	
	해상	462	387	22	1,385	1,176	71	119,110	101,136	6,106	292,235	248,136	14,981	
수력	-	28	12	3	246	41	9	21,156	3,526	774	51,906	8,651	1,899	
지열	천부*	22,236	1,256	334	55,796	932	29	4,798,456	80,152	2,494	4,798,456	80,152	2,494	
	심부	350	3	0	3,066	19	0	263,676	1,634	0	646,926	4,009	0	
해양	조류	430	109	0	3,766	957	0	323,876	82,302	0	794,626	201,927	0	
	조력	13	11	1	112	46	2	9,632	3,956	203	23,632	9,706	497	
	파력	129	18	0	1,128	40	0	97,008	3,440	0	238,008	8,440	0	
	해수 온도차	발전	64	0	0	557	4	0	47,902	344	0	117,527	844	0
		냉난방*	15	9	0	85	51	0	7,310	4,386	0	7,310	4,386	0
바이오	-	12	10	0.4	89	72	3	7,677	6,190	248	18,836	15,188	609	
폐기물	-	6	4	4	45	32	32	3,845	2,739	2,739	9,433	6,721	6,721	
합계		237,906	8,756	852	341,911	12,645	787	29,404,344	1,087,455	67,689	47,989,716	1,772,560	138,577	

2018 신재생에너지 백서



### 3. 육상태양광 발전 보급확대 저해요인



### 입지 잠재량은 충분! 확대보급이 지체되는 원인은?

계통연계의 어려움??? 발전사업 허가 취소의 1/3이 민원.. 갈등..



## 갈등! 피할 수 있는가???

☞ 재생에너지 확산 과정에서 벌어지는 갈등과 마찰은 필연적인 것

☞ 에너지전환은 에너지산업과 권력의 재편과정  
기존 에너지시스템을 유지해오던 산업계와  
새롭게 등장하는 재생에너지산업간의 충돌은  
두 당사자들간의 갈등으로만 외화되지 않음  
불필요한 고품해와 우려 : 빛반사, 전자파, 복사열, 카드뮴 유출,  
화학세척제, 식수원오염...

☞ 지역주민 반대 → 민원비용으로 해결, 사업포기,  
입지가 용이한 부지 재발굴,  
민원무시 공사강행

**“갈등은 회피할 수 있는 것이 아니라 예방, 조정되어야 하는 것.  
문제는 갈등을 어떻게 해석하고 접근할 것인가의 문제”**



## 민원 발생 및 갈등의 원인

### ☞ 지역상생개념 부재

지역상생 개념 없는 외부 발전사업자의 일방적인 발전단지/설비 조성  
발전소는 지역(마을)에! 발전수익은 외부로! : 발전수익의 외부 유출/전유  
발전수익으로부터의 배제

에너지 다소비 대도시를 위한 대규모 발전단지 개발을 통한 지역의 희생 강요. 박탈감  
민주적 의견 수렴 절차 없는 일방적 사업 추진  
고려되지 않은 주민들의 주거문화권  
-> 불편함을 주는 기피시설로 전략

**“재생에너지 발전설비를 둘러싼 주민반대와 갈등의 대부분은  
시설계획 및 입지 과정에서 해당지역주민이 배제되거나  
외지인이 이익을 독점하면서 발생.  
주민이 의사결정에 참여하고 경제적, 사회적 편익이 공정하게 분배될 수록  
재생에너지에 대한 수용성은 증가”**



## 민원 발생 및 갈등의 원인

### 환경 및 경관 훼손

경제성만을 고려한 분별없는 입지 선정  
우수생태계 보전지역, 경관보호구역, 산사태 우려에 대한 고려 없이 입지

친환경 에너지설비가 생태적으로 민감한 지역에 대한 고려없이 입지

지역주민 삶의 터전에서 경관적 가치의 중요성 간과

환경 및 경관 보전과 충돌 ; 환경단체와의 대립 역시 불가피

에너지전환과 환경보전이란 상충될 수 없는 가치의 충돌



## 사업자:주민의 갈등이 주민 간 갈등으로

### 전북 무주군 중리마을 (불법 건축물 민원으로 번져)

전북 무주군 덕유산 국립공원 자락, 적상면 포내리 중리마을 일대  
부지 : 24,915㎡, 지목:전. 보전관리지역, 산사태 1.2등급 일부 포함  
용량 : 2,343kW 규모 태양광  
중중리 마을 18가구를 대상으로 설명회 진행.  
지역발전기금과 가구별 3kW태양광 설치 약속.  
상.하중리 마을 주민 반대.  
2018년 8월, 발전사업 허가 및  
소규모영향평가 완료  
2018년 12월 개발행위허가 신청.  
부결(무주군, 표고차 100미터 이상)  
사업자는 행정심판 제기  
불법 건축물 27건 신고 됨. 4건을 제외하고 반려.  
행정심판 승소, 태양광 사업 진행되면,  
주민간 싸움이 거세질 것 우려.



## 사업자:주민의 갈등이 주민 간 갈등으로

### 충남 부여군 지선리(식수 탱크 사용으로 번져)

부여군 지선리 마을산 일대 122,000㎡, 100kW씩 분양  
포개기 수법으로 소규모환경영향평가 피해가며 인허가 시도  
주민들은 하나의 사업으로 간주할 것 요구  
경관저해, 생태계파괴, 산사태, 토사유출 등  
자연재해 우려

“멸종위기종 수달, 원앙, 수리부엉이, 매 자생  
소하천 범람하여 피해를 입는 지역”

새로 놓여지는 주민들의 식수탱크 부지 소유자  
(발전소 찬성)와  
발전소 반대 주민들의 대립으로 비화.  
발전소 진입로 개설 공사에 동의해주어야  
본인 소유의 식수탱크 사용가능 ...

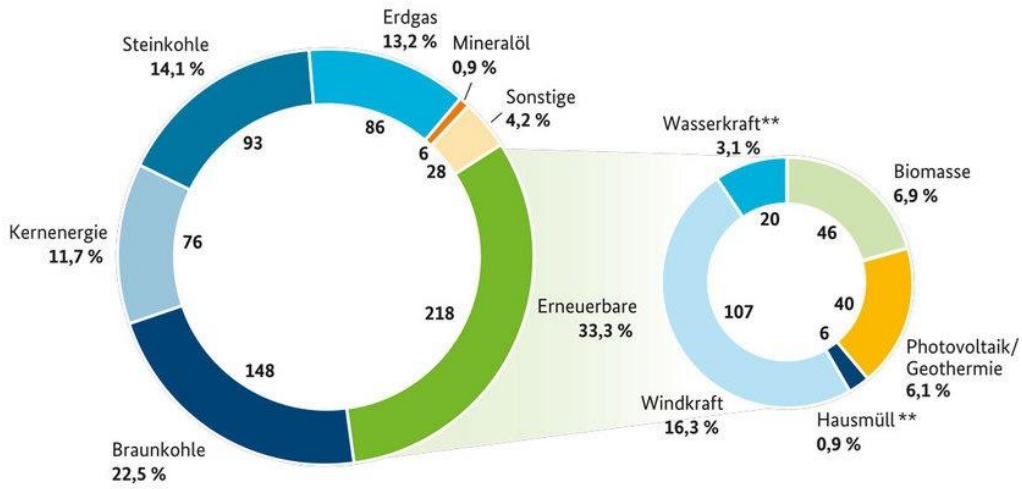


GREEN  
KOREA  
녹색연합

## 4. 해외 사례 (독일-주민주도형 재생에너지)

GREEN  
KOREA  
녹색연합

## 전력 믹스 및 재생에너지 전력 비중 (독일, 2017)

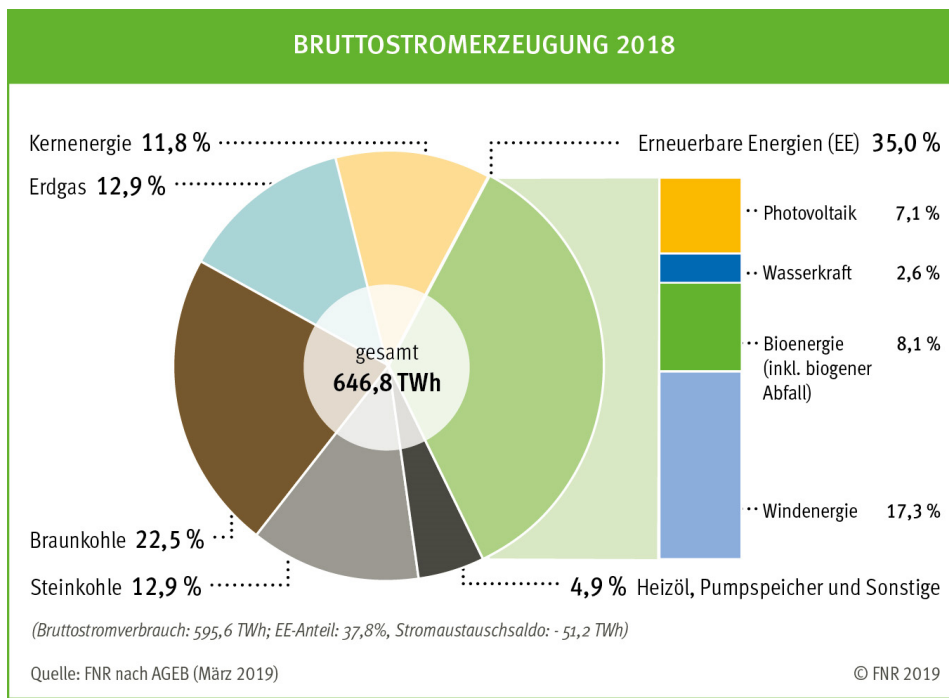


Geothermie aufgrund der geringen Menge in Photovoltaik (PV)  
\*vorläufig, \*\*regenerativer Anteil

Bruttostromerzeugung in Deutschland 2017 in TWh (Stand: Februar 2018 © AG Energiebilanzen)

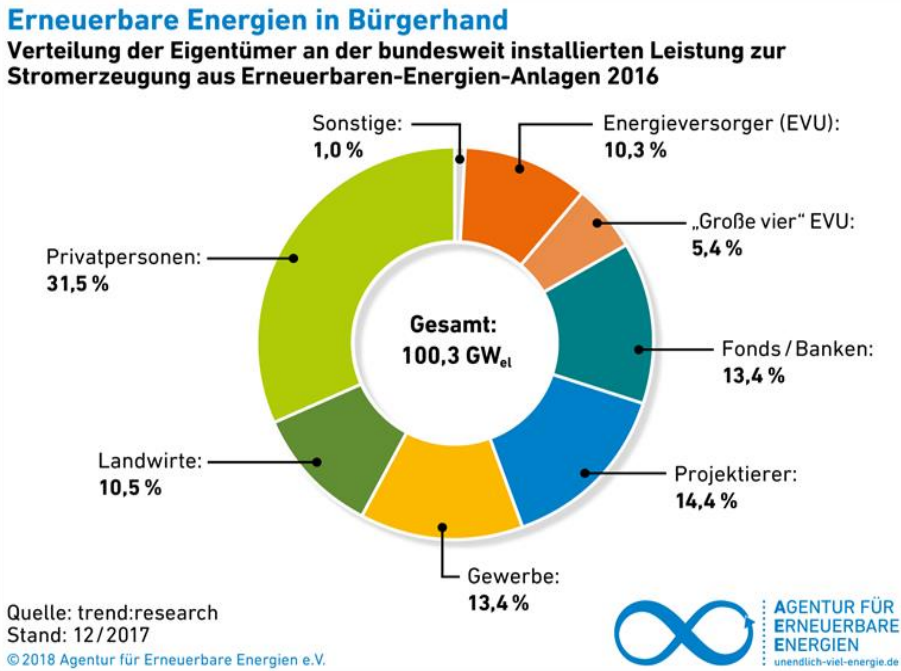


## 전력 생산량 (독일, 2018)



# 재생에너지 발전설비 소유구조 (독일, 2017)

42%가 시민(개인·농민) 소유

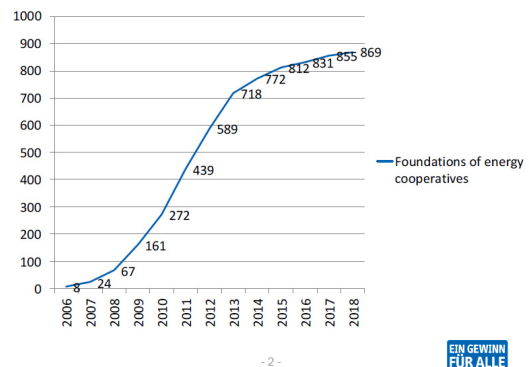


# 에너지 전환, 시민의 힘으로



독일 에너지협동조합 869개.  
조합원 수 183,000명 (2018)

Foundations of energy cooperatives since 2006 (cumulated)



## 5. 국내 주민참여, 주민주도 태양광 발전 사례



### 시민발전협동조합

#### 안산시민발전협동조합

2013년 5월 호수동 중앙도서관 옥상에 1호 발전소를 준공한 이후 2018년 12월 기준 21호기까지 누적 2,193KW 운영을 목표로 건설 중.  
시민(조합원)들로 부터 출자를 받아 공공기관 및 교육시설 건물 등을 임대하여 설치 운영하는 시민참여형 태양광발전소



안산시민발전협동조합 햇빛 1호발전소



19호 발전소



## 제주도 동회천

**마을태양광** 1992년 회천 쓰레기 매립장 시설 사용 연장에 따라 쓰레기매립장 주변영향지역주민지원금 추가 발생, 동회천 마을은 21억원을 태양광발전시설에 투자하기로 결정  
2015년, 마을 전가구(57가구)에 태양광발전설비 3kW와 마을태양광발전소 408kW 설치  
'동회천마을회' 비영리법인으로 사업자 등록, 발전소 수익 연간 약 1억원은 공동운영비를 제외하고 전가구에 균등 분배 (가구별 연간 약 120만원)



GREEN KOREA  
녹색연합

## 주민발전(주)

**영광 상하사주민발전**

영광·백수 풍력단지 발전 지원기금을  
양광발전소 설립 비용으로 투자  
-> (주)주민발전 설립. 2MW 태양광

발전 수익금은  
마을주민들로 구성된 주주들에게 균등 분배,  
주민들의 고정 수입원화 계획

간척지 국유지매각 불허처분에 따라  
임대로 진행

약수리, 지산2리, 축동리, 신성리, 송암2리  
(주)주민발전 설립 -> 백수읍·염산면 내  
총 4.8MW 주민태양광발전소 건립 중



GREEN KOREA  
녹색연합

# 시민펀드형 재생에너지투자자 모집

## 루트에너지

클라우드 펀딩 플랫폼을 활용, 재생에너지 프로젝트 파이낸스 소액투자 모집  
양천 햇빛공유발전소 1차를 시작으로 삼척미래슬라발전소 2호까지 태양광 36호기 투자상품을  
모집, 완료 (총 101억 700만원)



상위 순위 중  
양천햇빛공유발전소  
태양광 3호

수익률	기간	규모	지역
7.75 %	12 개월	95.85 kW	서울 양...

100% 1억7000만원 / 1억7000만원



GREEN KOREA  
녹색연합

# 주민참여형 농촌태양광

## 함양 에너지 농가

지원 대상 : 1년 이상 태양광 읍 면(연접포함)에 주민등록이 되어 있는 농업인·어업인·축산인이  
허가 또는 신고 처리된 축사·창고 지붕 또는 마을소유 건축물 지붕 등 농업용 건축물 옥상,  
농업진흥구역 외에 있는 비 영농 토지, 유휴 경작지 등 태양광 설치가 가능한 토지에 태양광  
발전설비 설치를 희망하는 경우.

공사비의 최대 90%까지 1.75% 용자 지원. 5년 거치 10년 분할 상환 우대혜택

정책자금융자비율이 낮아 추가 대출이 필요한 경우 농협 태양광 금융상품 활용

시공업체는 한국에너지공단 입찰시장 또는 RPS 공급의무자와의 FIT 체결 지원

신청 제한 : 주요도로 (고속국도, 국도, 지방도, 군도)내에서 직선거리로 100미터 이내,  
주거밀집지역의 경계로부터 직선거리로 100미터 이내. 관광지, 공공시설 부지 경계로부터  
직선거리 100미터 이내, 경지정리구간(농업진흥구역)

- 현행 조례는 주요도로에서 800미터, 주거밀집지역.관광지.공공시설에서 500미터 이격 규정
- 건축물 위에 설치하는 경우 1~3호 거리 이격 제한 사항을 적용 받지 않음

신청 용량 : 300kW 이하

GREEN KOREA  
녹색연합

## 주민참여형 농촌태양광

### ☞ 함양 에너지 농가

사업허가는 총 127건, 18,699KW (이 중 11건 1,288KW는 사업 취소)  
사업개시 된 발전설비 총 8,651KW (69건)  
건물지붕에 설치하는 발전용량은 총 3,889KW (36건)



태양광 협회장 소유 농촌태양광 199kW



마을 주민소유 300kW 농촌태양광



## 군민직접참여형 신재생에너지사업

### ☞ 봉화군 도촌리/화천리 태양광발전사업

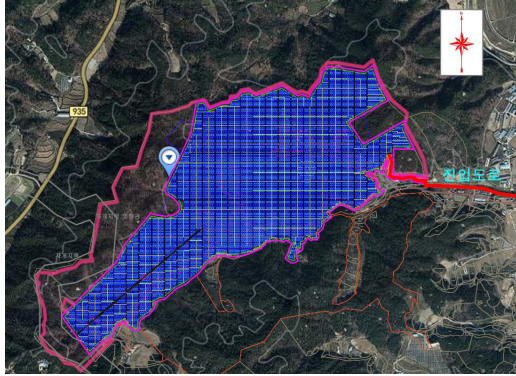
봉화군과 사업자 간 투자양해각서 체결. 2018.2.  
발전사업 허가 완료. 군계획시설 결정 승인 대기 중 (내년 상반기)  
군은 발전사업의 60%를 군민에게 우선 분양할 경우 행정절차 지원  
도촌리와 화천리에 각각 55MW, 50MW 를 추진했으나,  
경사도 15도 이상 제적 등으로 사업지 축소  
100kW급 600곳으로 감소됨.  
270분의 군민 계약 완료된 상태.  
한국형 FIT 적용.  
대출 NH농협 최고 80% 이자 3.7%  
양계단지로 예정되었던 곳이라, 태양광발전단지로 전환하는 것에 대해  
발전소 사업에 주민이 참여할 수 있다는 점 (수익의 외부유출 제어)이  
수용성을 향상시킨 것이라는 판단  
소규모환경영향평가 진행 예정  
한전과 계통연계 협의 중

일반태양광 분양사업과 차이???



# 군민직접참여형 신재생에너지사업

## ☞ 봉화군 도촌리/화천리 태양광발전사업



도촌리 태양광 발전소 배치도(안) 55MW



화천리 태양광발전소 배치도(안) 60MW



# 영농형태양광

## ☞ 보성 영농형태양광

논밭농사 + 햇빛농사로 농가소득 증대  
농업과 태양광 발전사업 병행을 위해  
구조물 설계 및 시공  
지역 작물 선정 및 재배방법 변경

공익적 기능을 하는  
농지보전 (생산량 감소율 약15%)

발전수익의 농업인 귀속 (농민중심)



“도시자본, 기업이 농촌에 들어와서 태양광발전사업을 하면  
농촌은 또 다시 박탈감을 느낄 수밖에 없다.  
농촌지역이 스스로 살아가는 방법을 찾아야 한다.  
200kW까지는 거리이격 제한을 폐지해야 되지 않겠나.  
농지일시사용허가를 20년으로 늘려야”



# 영농형태양광

### 농업인 주도 영농형태양광 발전소 추진배경

- 보성을 옥암리 인구 변동현황
 

년 도	인 구	농업 농가	비 고
1990년	552	100	
2019년 현재	137	28	30여년 후
증 감	▲415	▲72	

\* 농 농업을 근간으로 농촌사회가 유지되었으나 IPR협상 등의 사유로 농업의 근간이 흔들리며 이농·탈농현상의 급증이 마을규모의 축소로 이어짐
- 농촌마을 재구축 및 활성화 방안 중 영농형 태양광발전 사업도 하나의 방안이 될 수 있음
- 태양광사업 추진 방향
  - 가. 마을단위 태양광 사업모델 추진
  - 나. 저수지를 임대하여 태양광발전조합 설립
  - 다. 영농형 태양광발전 스마트팜 단지 구축

사 업 명	사 업 량	사업비(국비)	비 고
한국형 태양광 영농시스템 시범 구축	5개소	15(7.5)	
신재생 에너지 활용 스마트팜 단지 조성	5동(4,950㎡)	50(25)	

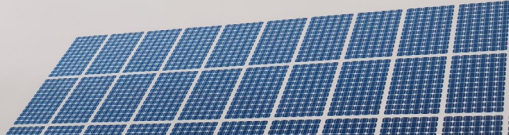
(단위: 억원)  
\* 농협 + 행정 공동추진(주관: 농협)

**향후 계획**

- 영농형 태양광 발전시설 하부경지 농작물(벼) 생육 및 생산량, 품질 분석 등
- 영농형 태양광 발전량 및 소득파악, 영농형 태양광(벼+태양광) 소득분석
- 영농형 태양광 발전시설과 스마트 영농시스템 융·복합 모델 개발
- 태양전지모듈 하부경지 농작물 재배 + ICT 스마트제어기술(물김치) 측정 자동물관리시스템, 지상형 카메라를 이용 병해충 예방, 액비 및 농약 분무시스템 등) 도입

### 농협 마을단위 태양광 조합 추진계획

- 추진목표
  - 조합원과 농협의 태양광합동조합 설립을 통한 농가소득 증대
- 추진 효과
  - 농가는 부지만 제공하면 태양광 사업참여 가능
    - ☞ 농협의 출자로 농가의 자금부족문제 해소
  - 공동사업 추진으로 민원예방 및 설치단가 인하 가능
  - 복잡한 행정절차를 태양광조합이 대행하여 영세·고령농참여 가능
  - 농가소득 안정으로 청년농유입 동기요인 제공 가능
    - ☞ 2018년말 현재 40세 이하 청년농은 9,200명으로 전체 농업인의 약 0.4% 수준임
    - ☞ 연내 시범사업 1개소 이상 목표로 사업 추진중





## 6. 주민참여.주도형 태양광발전 확대 방안



## 주민참여.주도 태양광, 여전히 어렵다!

### 협동조합 1인1표. 평등. 에너지민주주의에 가장 적합한 방식

전국시민발전협동조합연합회 소속 시민참여형 에너지협동조합 34개. (2017)  
전국 에너지협동조합 141개  
RPS제도하에서 발전공기업에 전력 판매하거나 낮은 가격으로 한전에 전력 판매.  
재생에너지 산업의 주요 주체로 평가받기 보다, 소규모 공급대상으로 취급  
여전히 소규모발전사업자와 협동조합의 실태. 현황, 어려움에 대해 파악된 것이 없음

햇빛발전소 부지 임대 난항. 공공건물 옥상 임대 추진 -> 실패

“... 민간이 공공재산을 활용해 태양광사업을 할 수 있는 가능성을 열어 두었지만, 세부적인  
규정이 없어 공공건물을 관리 담당하는 부서차원에서는 임대에 부담을 느낄 수밖에 없다..  
조례나 지침을 통해 구체적인 절차와 조건을 명시할 필요가 있다.”

“결국 시민들에게 공공재산을 빌려주기 싫다는 입장 아닌가...  
시민참여를 막는 퇴행적 모습일 뿐이다”

경기도에서는 최초로 시민참여 에너지전환조례 제정,  
담당부서에서는 세부지침을 담은 조례를 준비중...



## 주민참여.주도 태양광, 여전히 어렵다!

### 일반국민의 수용성에 비해 낮은 발전소 주변지역의 주민수용성

주민발전소 참여에 대한 수익을 기대는 일반국민과 발전소 주변지역주민간 편차가 큼  
(태양광에 대한 기대수익 연 3.1% : 12.3%).

에너지경제연구원 2017. 신재생에너지주민수용성 제고 방안 연구)

- > 발전소가 생활권 내에서 운영된다면
- > 발전소가 주변지역의 지역공동체 활성화와 연계되어야 하며,  
지역주민의 직접적 이익공유로 귀결될 수 있도록 설계되어야 함
- > 이익공유와 가치공유가 함께 논의되는 가운데, 에너지시민성 또한 향상



## 주민참여.주도 태양광, 여전히 어렵다!

### 주민참여 이익공유제도가 실효성 있게 설계되었는가

- .RPS 주민참여 가중치 우대 확대, 지분투자, 채권투자, 펀드투자 제도 설계.도입!
- .발전소 소재 반경 1km이내 1년 이상 거주 농업인이 참여하는 1MW 이상 사업은 총 사업비의 2% 이상은 최대 10%, 총사업비 4% 이상은 20% 우대!
- .농업인만으로 5인 이상 참여시 20% 가중치 부여!
- .1MW이하 농촌태양광의 전력계통 무제한 접속 허용!

- Q. 지분참여? 지분참여 장벽을 허물고 있는가?
- Q. 농촌태양광 정책금융의 문턱이 높지는 않은가?  
한국에너지공단 정책자금 최대 90% 지원 1.75%, 5년 거치 10년 분할상환  
농협중앙회 시설투자액의 최대 80% 3.4% 대출 전용상품  
; 누구나 할 수 있는 태양광발전사업으로 적절한가?
- Q. 개인소유발전의 확대를 보장하는가???



## 주민참여.주도 태양광, 여전히 어렵다!

### 주민참여 절차는 보장되어 있는가

주민참여는 투자를 통한 참여와 절차를 통한 참여 양 측면 다 고려되어야.

발전시설 입지 선정, 사업추진 절차, 환경피해, 주민거주권 침해 등에 관한 충분한 사전 공지 및 협의 필요.

재생에너지발전시설에 직간접적으로 영향을 받는 주민들이 실질적으로 참여하여 설계할 수 있도록.

“재생에너지 확대 보급이 필요한 것은 자명하나, 양적 목표만을 염두에 둘 경우, 주민주도 에너지전환, 에너지민주주의 실현이라는 합의를 내포하지 못한 채, 주민주도재생에너지를 위축시키고 결과적으로 재생에너지 확대를 위한 생태계 조성에 실패할 수 있음.”



## 주민참여.주도 태양광 확대를 위한 방안

### 재생에너지협동조합 활성화를 위한 지원

공공임대 보장을 위한 세부적인 조례 및 지침 필요

- . 중앙정부 정책상의 부지 제공 의지와 실제 공공부지 관리주체 간의 간극 해소
- . 대도시의 경우 학교와 공공건물 옥상, 주차장, 건물벽면과 유리창에 설치하는 건물일체형 활용을 높일 수 있도록. 이는 수요처에 바로 공급이 가능하므로 변전소나 송전선비용을 절감할 수 있음을 감안하여 편리와 혜택을 주어야 함. 부지를 제공한 공공기관에 대한 인센티브.
- . 계통연계비 면제, 자연재해 등 보험상품 다양화, 발전소 인허가.설치 등록, 전력판매절차 간소화.
- . 에너지협동조합 출자금에 대한 소득공제, 배당소득세 인하, 조합원차입금의 이자소득세율 인하 등 시민참여의 장벽을 허물어야.
- . 협동조합형 발전소에 대한 인센티브 강화 : REC가중치 제공  
예) 농촌태양광 1M 이상 주민참여형의 경우 20% 가중치 시행



## 주민참여.주도 태양광 확대를 위한 방안

### 녹색금융 확대

- . 설치비의 90%까지 소규모 발전소 설치자금 저리 융자 확대
- . 설비와 전기요금을 담보로 하는 상품개발
- . 시민들이 재생에너지 발전소의 지분을 갖는 직접 참여 외에도 펀드 투자를 통한 간접 참여  
종대 - 주식회사 출자, 지자체 공모펀드, 금융기관의 투자상품
- . 예) 서울시 제1호 태양광 시민펀드, 양천햇빛발전소, 경기도 주차장, 배수지, 도로 IC 등 11개 부지에 약 12.2MW 태양광발전소 건설을 위한 도민펀드, 에스파워가 보유한 태양광발전소 매출을 바탕으로 P2P금융업체 8% 투자 상품 출시 6억원에 2,386명 참여



## 주민참여.주도 태양광 확대를 위한 방안

### 시민들이 주체적으로 발전사업에 나서서 재생에너지 생태계를 조성할 수 있도록

주민 직접 소유, 운영을 통한 소득창출모델 지원, 개발 및 확대  
지역 주민 참여를 실질적으로 끌어낼 수 있도록 재정 장벽 제거 및 지원  
지역발전기금의 공동체에너지시설 투자를 통한 수익 재창출 유도  
시민들이 직접 투자하고 이익을 공유할 수 있는 모델의 전략적 배치  
외지인과 사업자 중심의 닫힌 구조에서 마을기업(주), 협동조합, 공모펀드 등의 형태 확장  
지자체, 공기업이 주도하는 사업에 지역민의 출자 등 참여 보장  
공공기관 유휴부지, 아파트단지, 학교를 중심으로 공동체재생에너지 확대  
특히 공공기관 건물, 시설물, 유휴부지에 대한 실태조사를 통해 시민펀드, 협동조합,  
시민주식회사 등 다양한 모델들이 발전소 부지로 활용할 수 있도록 해야.  
지원센터(광역, 지역, 기초, 마을) 설치 ; 지역 주민 스스로 지역별 특성에 맞는 정보,  
절차, 갈등 조정 등 에너지서비스 제공

👉 시민이 주도, 홍보, 시민에 의해 확산되는 재생에너지



감사합니다.



## 발표 3

# 농촌 태양광발전 보급의 문제점과 개선방안

김연중 농촌경제연구원 선임연구위원





## 농촌 태양광발전 보급의 문제점과 개선방안

한국농촌경제연구원 김연중

전 세계적으로 에너지 소비량이 증가하고 있으며, 향후 지속적으로 증가할 것으로 보인다. 이로 인해 지구온난화뿐만 아니라 화석연료 사용에 따른 미세먼지가 사회적 문제로 크게 부각되고 있다.

정부는 이러한 상황에 대처하기 위하여 2017년 12월에 재생에너지 3020 이행계획을 발표하였으며, 2017년 7% 수준인 재생에너지 발전 비중을 2030년까지 20%로 확대할 계획이다. 이 계획에 따르면 태양광 발전량은 2017년 5.7GW에서 2030년에는 태양광 36.5GW까지 확대하는 것이다.

태양광 보급확대를 위해서 사전에 주요 이슈로 부각되는 것을 파악하고, 이에 대한 대책이 수립되어야 한다. 주요 이슈로는 환경적 이슈, 기술적 이슈, 제도적 이슈, 경제적 이슈, 사회적 이슈 등으로 나누어 살펴 보았다.

환경적 이슈로는 농지와 산지의 환경 및 경관 훼손, 기술적 이슈로는 태양광, 풍력과 같은 재생에너지는 발전량이 일정하지 않아 전력계통의 문제점이 있을 수 있고, 경제적 이슈로는 타 에너지원 대비 발전시설 설치비용이 높아, 아직 시장에서 자율적으로 보급되기 어려운 상황, 제도적 이슈로는 법률, 지자체의 규제 및 조례, 인허가 문제, 이격거리 제한, 사회적 이슈로 재생에너지에 대한 국민 수용성과 주민 수용성이 낮아 주민의 반발, 특히 외지인의 부동산 투기 가능성 등으로 농지가 타 용도로 전환 하는 등 많은 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 단기적, 중장기적으로 해결 방안을 모색했다.

이 발표자료가 태양광 시설을 설치하려는 농어업인과 태양광을 설치하는 업체, 재생에너지 이행을 위한 발전사업자, 에너지를 담당하는 중앙정부 그리고 이를 시행하는 지자체 등에게 도움이 되길 바랍니다.



# 농촌 태양광발전 보급의 문제점과 개선방안

2019. 9. 26.

김 연 중  
한국농촌경제연구원

KREI 한국농촌경제연구원  
Korea Rural Economic Institute

KREI

목 차  
Contents

- I 재생에너지 보급의 필요성 및 정책
- II 재생에너지 주민 인식도
- III 태양광 보급관련 주요 이슈
- IV 태양광 보급관련 정책 제안

## I 재생에너지 보급의 필요성 및 정책

1. 재생에너지 보급의 필요성
2. 태양광 범위
3. 재생에너지 보급 정책
4. 태양광 관련 정책

## I 재생에너지 보급의 필요성 및 정책

### 1. 재생에너지 보급의 필요성

화석연료 고갈대비  
(유가상승)

지구온난화 대비  
(탄소배출감축)

환경문제 대응  
(지속 가능한 환경)

에너지 문제 대응

에너지 저감 시설 기술 개발

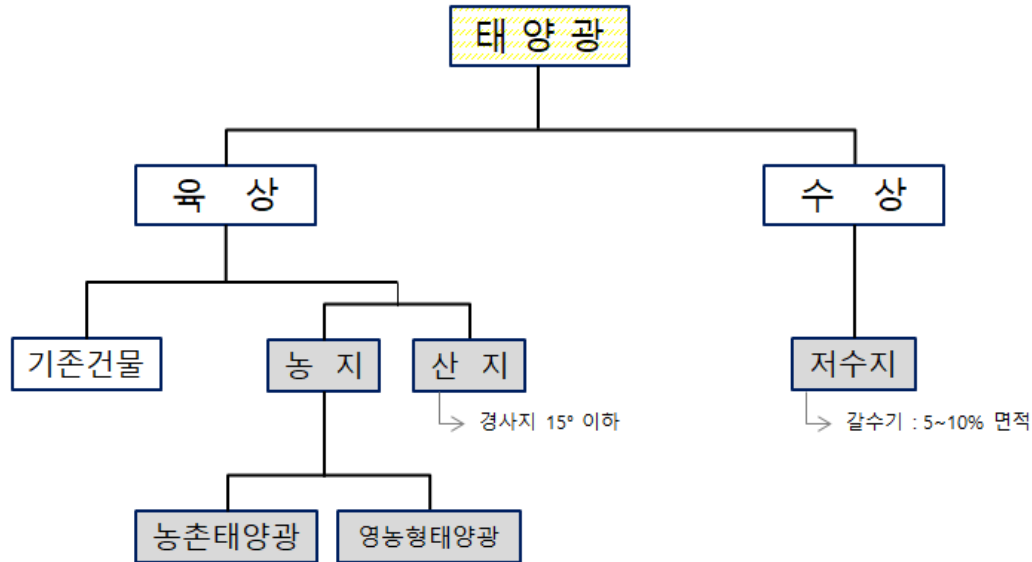
열회수환기장치, 배기열 회수장치,  
보온커튼, 수막재배 등

화석에너지 대체  
신재생에너지 기술 개발 및 보급정책

바이오에너지, 지열, 공기열  
태양열, 태양광, 폐열, 해수열, 온배수 등

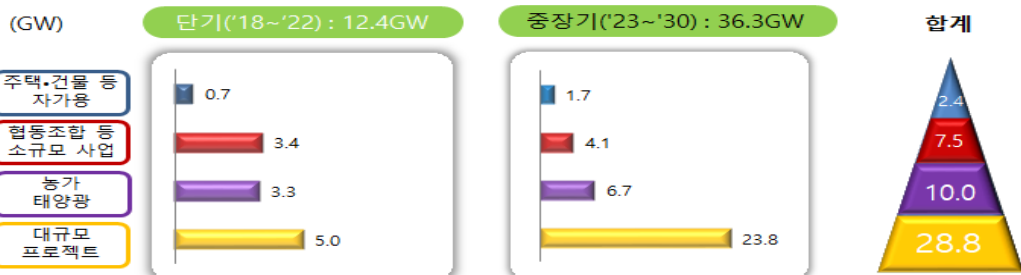
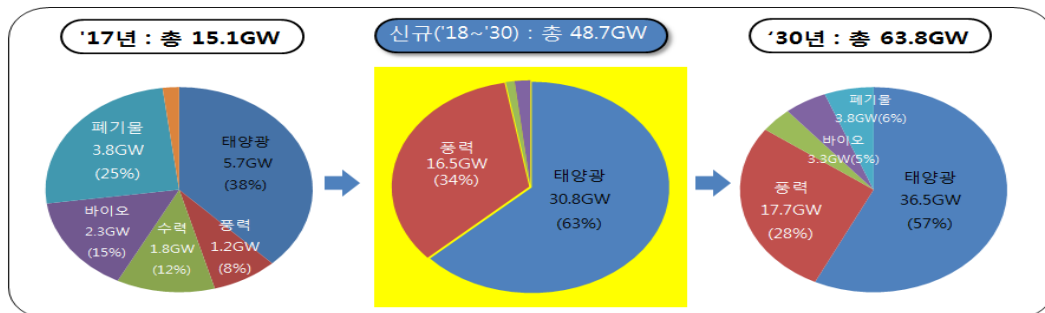
재생에너지 보급 확대

## 2. 태양광 범위



자료: 김연중 외. 2018. 농촌태양광 보급의 문제점과 개선방안. KREI

## 3. 재생에너지 보급 정책



자료: 재생에너지 3020 이행계획(안)(산업통상부자원부 2017. 12)

## 4. 농촌태양광 관련 정책

지원 제도	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 간척지, 농업진흥지역외, 농업진흥지역내 건축물 지붕, 농업병행 태양광 보급(영농형), 주민수용성 및 환경성 사전확보를 위해 계획입지제도 도입.</li> <li>- 에너지공단, REC 가중치 우대, 정책자금지원(1.75%, 5년거치, 10년 분할상환). 고정가격계약 경쟁입찰 사업자 선정 평가시 우대.</li> <li>- 발전소 소재 반경 1km 이내 1년 이상 주민등록 되어있는 5인 이상의 농업인과 외부투자자가 참여하는 1MW 이상의 사업의 경우 주민참여율이 일정 비율 이상인 경우 가중치 부여(총사업비 2% 이상 최대 10%, 총사업비 4%이상 20%),</li> <li>- 외부투자자 없이 농업인만으로 5인 이상 참여시 20% 가중치.</li> <li>- 농업인 1인 단독형, 2~4인 공동형, 5인 이상 조합형 발전소 모델 제시.</li> <li>- 1MW 이하 농촌 태양광 전력계통 무제한 접속 허용, 계통 접속 소요기간 단축(17개월에서 11개월)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 진흥지역외 태양광 설치 시 농지전용부담금 50%감면</li> <li>- 진흥지역내 건축물 지붕 태양광 시설 설치 허용</li> <li>- 농어촌공사, 공사 소유 3,400개 저수지에 대해 수상 태양광발전소사업 추진 (수상발전 효율&gt;지상 발전 효율)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농협에너지사업부 신설 - 농촌 태양광협력사 간담회 개최</li> <li>- 에너지공단과 농촌 태양광활성화 협약을 체결한 이후 농식품부로부터 농협 태양광사업 승인을 얻어 시범사업 진행</li> <li>- 시설투자액의 최대 80%까지 저금리(3.4%)로 대출해주는 태양광 발전 전용상품 제공,</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농어촌 태양광 지원사업 - 사회적 경제조직 및 사회복지시설, 취약가구에 태양광 발전설비를 설치하여 에너지복지 증진 및 신재생에너지 보급 확대</li> </ul>

자료: 산업통상자원부(2018).

PAGE 7

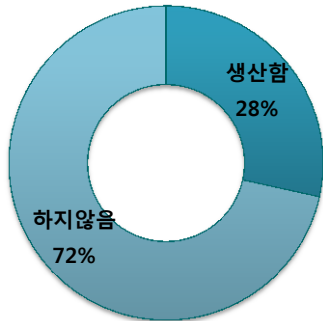
## II 재생에너지 주민 인식도

1. 재생에너지 발전 여부
2. 발전시 판매 및 사용여부
3. 재생에너지 발전시 생산하고 있는 에너지원
4. 재생에너지 호감도
5. 농촌태양광에 대한 관심도
6. 농촌태양광 설치의향

## 표 재생에너지 주민 인식도

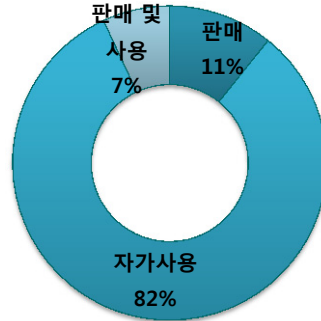
KREI 한국농촌경제연구원  
Korea Rural Economic Institute

### 1. 재생에너지 발전 여부



자료: KREI 자체조사

### 2. 발전시 판매 및 사용 여부



자료: KREI 자체조사

### 3. 재생에너지 발전시 생산하고 있는 에너지원

	태양광	태양열	풍력	지열	수력	수열	해양	기타	합계
비율(%)	85.4	20.8	0.0	6.9	0.0	0.8	0.0	0.0	100.0

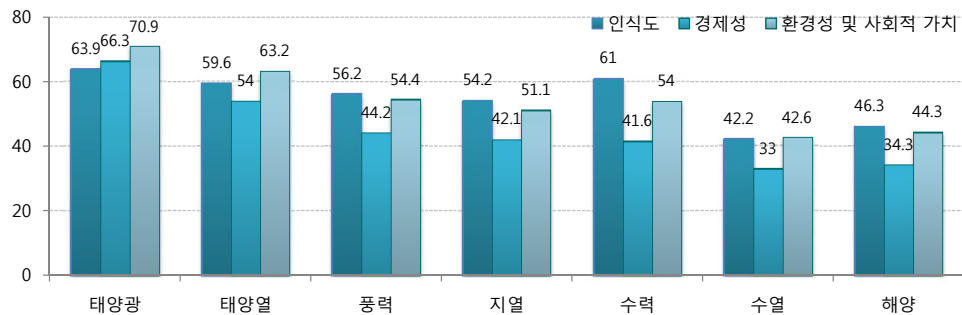
자료: KREI 자체조사  
주: 중복응답 가능.

PAGE 9

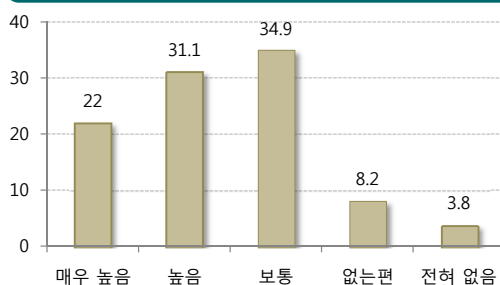
## 표 재생에너지 주민 인식도

KREI 한국농촌경제연구원  
Korea Rural Economic Institute

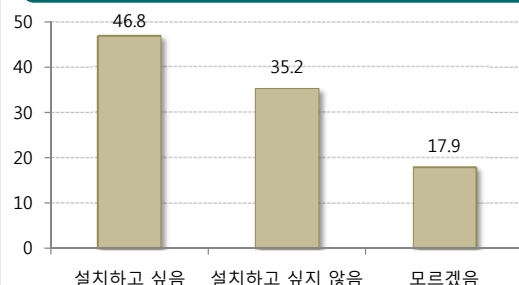
### 4. 재생에너지원별 호감도(%)



### 5. 농촌 태양광에 대한 관심도(%)



### 6. 농촌 태양광 설치 의향(%)



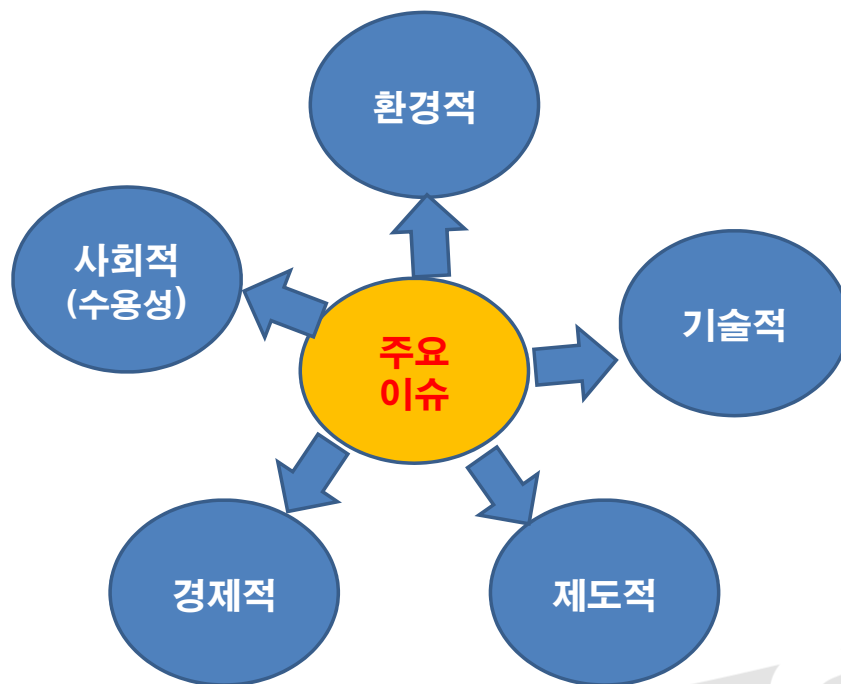
자료: KREI 자체조사

### Ⅲ 태양광 보급관련 주요 이슈

1. 환경적 이슈
2. 기술적 이슈
3. 제도적 이슈
4. 경제적 이슈
5. 사회적 이슈



### Ⅲ 태양광 보급 관련 주요 이슈



## 1. 환경적 이슈 - 경관훼손



차폐림

영국의 덤불숲(Hedgerow)



## 1. 환경적 이슈 - 주변환경공해

전자파



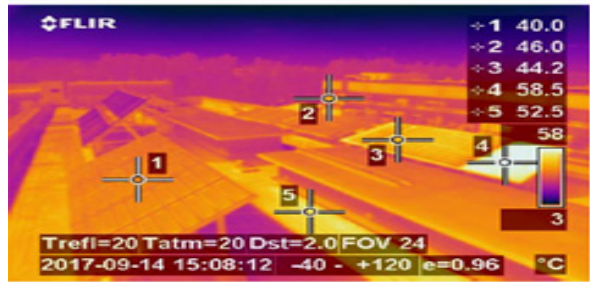
태양광 시설, 주변 온도 상승 없음



반사율에 의한 농작물 피해



친환경 태양광발전과 양들의 공생으로 발전수의 외의 축산수의 부가 가치 창출 사업



#### 1. 환경적 이슈 - 산사태 및 토양침식

산사태 - 토양침식



- 벌목과 표토제거로 인해 토사유출과 산사태 발생
  - 산림 내부로 도로개설, 산림 생태계 서식환경 훼손-교란
  - 농촌의 경관 훼손 예상
- (인허가 기준 강화)**

#### 2. 기술적 이슈 - 기반공사별 기술

- 농지기초 공사: 토목공사가 쉬움
- 임야기초 공사: 지반조사, 콘크리트 활용한 줄기초, 스파일러 구조

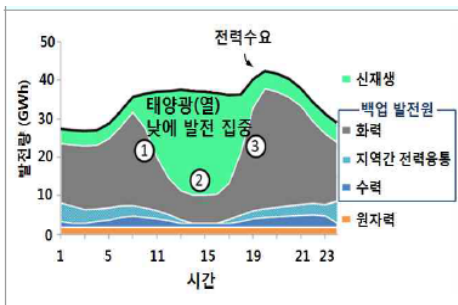
#### 2. 기술적 이슈 - 기반공사별 기술

- 일반고정형: 고정형 어레이(array), 구조지지가 안정적, 풍속, 태풍 등 자연재해 지역 가능(단, 태양광 모듈 고정되어 발전효율 낮음)
- 가변형
  - 고정 가변형: 계절별 또는 원별 경사각 조정, 고정형보다 효율 5% 증가 (단, 고정형 보다 안정성 떨어짐, 별도의 고정장치 필요)
  - 추적 가변형: 발전 효율 좋음. (유지보수비, 초기투자비, 프로그램 교육 필요)
- 집광형

## 2. 기술적 이슈 - 축전기술(ESS)

- 에너지 저장장치로 생산된 전력을 저장하였다가 전력에 필요한 시기 제공
- 태양광 보급확대는 전력계통의 수급 균형 유지에 부정적
  - 태양광은 기후조건에 따라, 가동시간 및 출력
  - 태양광은 일출, 일몰시간 출력변화 수급불균형

<태양광 전원 증가에 따른 전력계통 운영 애로>



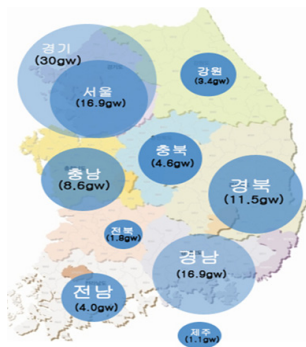
- ① 일출이후 약 4시간 동안 태양광 출력↑  
→ 백업 발전원의 지속적 출력 감발 필요
- ② 정오 무렵 태양광 발전의 출력 최대  
→ 백업 발전원의 최소발전 필요
- ③ 일몰까지 약 4시간 동안 태양광 출력↓  
→ 백업 발전원의 지속적 출력 증발 필요

## 2. 기술적 이슈 - 전력계통 연계

- 태양광 발전 시스템, 자가발전 설비를 전력회사의 계통에 접속

- 표준시설 부담금, 이격 거리에 따른 비용
  - 예) 저압연계 200kW, 신설거리 700m인 경우
  - 산출기본 시설 부담금:  $\{(200-5) \times 86,000\text{원}\} + 220,000\text{원} = 16,990,000\text{원}$ (별도)
  - 거리 시설 부담금:  $\{700-200\} \times 43,000\text{원} = 21,500,000\text{원}$ (별도)

### ■ 계통접속 여유현황(2018.6)



- 계통접속 여유: 서울(16.9GW), 경기(30GW) 여유가 있음. 전북(1.8GW), 전남(4.0GW) 전남과 전북은 추가 설비가 필요
- 전국 태양광 대기 건수: 전북이 1만 3,350건으로 가장 많았으며, 전남 1만 556건, 경북 4,065건 순으로 나타남.

## 3. 제도적 이슈

- **농지법:** 2018년 4월 30일 개정된 “농지법” 시행령에 의해 농업진흥구역 안 모 든 건축물의 지붕으로 확대·상향 조정되었음
- **농업인 소득 증대**
  - 농업보호구역은 농지법 제32조 제2항 제2호의 “농업인 소득증대에 필요한 시설로서 대통령으로 정하는 건축물에 태양광 발전사업 가능
- **영농형 태양광 발전**
  - 영농형 태양광 발전시설 설치 농지에 대한 수확량 보고 및 확인 체계 가 갖추어진다면 앞서 농업보호지역 내 일시사용 허가 형태의 영농 형 태양광 시설 설치도 검토 필요
- **농촌 태양광 문제**
  - 지자체가 중심이 되어 주민참여 입지 가능한 공간계획 수립
  - 토지소유 및 보유형태: 개인, 공동사업(조합), 마을사업, 지자체 사업 등
  - 전기구매자(한전)와 에너지 생산자에 대한 지자체의 에너지 자치권 행사

## 4. 경제적 이슈 – 국제간 설치비용

- **중국:** 모듈 대량생산, 인건비 낮음(가격경쟁력)
- **독일:** 전력공급 기존 인프라 활용, 설치기간 한국 보다 4배 적음

<국가간 태양광 설치비 비교(100kW)>

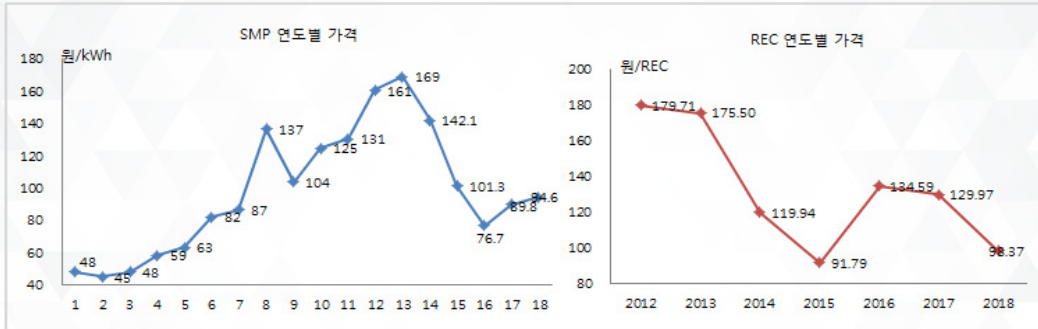
항목	직접비(원)						한국 대비 비율(%)		
	한국		중국		독일		한 국	중국	독일
	비용	구성비(%)	비용	구성 비(%)	비용	구성 비(%)			
모듈	62,124,000	56.9	40,759,266	56.2	55,207,890	69.7	100	65.6	88.9
인버터	14,375,000	13.2	8,855,770	12.2	10,010,222	12.6		61.6	69.6
접속반	2,200,000	2.0	12,865,930	17.7	6,976,821	8.8		147.9	80.2
전기 배선	601,678	0.6							
구조물	5,895,677	5.4	10,025,400	13.8	6,976,821	8.8		41.9	29.2
설치공 사비	23,933,435	21.9							
소계	109,129,790	100.0	72,506,366	100.0	79,171,755	100	66.4	72.5	

자료: 이철용 외(2017).

## 4. 경제적 이슈 - 태양광 발전수익

- 발전수익 = 전기판매대금(SMP) + REC(공급인정서) 매매 대금
- 전기판매대금(SMP) = 연간발전량(kWh) \* REC 낙찰가

### SMP, REC 추세



### 시사점

- SMP 2001년 48원 대비 최대 2.5배, 0.7배 상승 (18년간) → 향후 20년 후 SMP가격은?
- REC 2012년 178.7원 대비 0.45배 감소(6년간) → 의무공급량 10 → 28% 상향시 REC가격은?
- \* 최근 3개년 재생에너지 판매가격 (16년 181원, 17년 219.8원, 18년 193원) 평균 198원/KWh

## <참고> REC

### 태양광 에너지 REC 가중치

구분	공급인증서 가중치	대상에너지 및 기준	
		설치유형	세부기준
태양광에너지	1.2	일반부지에 설치하는 경우	100kW미만
	1.0		100kW부터
	0.7		3,000kW초과부터
	0.7	임야에 설치하는 경우	
	1.5	건축물 등 기존 시설물을 이용하는 경우	3,000kW이하
	1.0		3,000kW초과부터
	1.5	유지의 수면에 부유하여 설치하는 경우	
	1.0	자가용 발전설비를 통해 전력을 거래하는 경우	

#### 4. 경제적 이슈 - 초기투자비, 운영비

##### < 일반형 태양광 발전사업 초기 투자비(100kW, 400평) >

단위: 천 원

구분	내역	비용	
인허가 비용	발전사업허가 및 개발행위허가	· 필요서류 작성 및 인허가 대행	8,000
	계통연계부담금	· 계통연계부담금=용량부담금+거리부담금 · (용량부담금)100KW, 저압, 공중공급: 839만 원 (VAT 별도) · (거리부담금)400m, 신설, 저압, 공중(삼상): 860만 원(VAT 별도) *최초 200m에 대해서는 미부과 *전봇대에서 400m 떨어진 곳으로 가정	18,689
	농지보전부담금	· 농지공시지가(31,734원/m <sup>2</sup> ) × 30% × 1,322m <sup>2</sup> × 50%	6,295
	소계		32,984
시공비	모듈 가격	· 일반 모듈단가: 600원/W · 영농형: 일반형 × 1.5	60,000
	인버터 가격	· 100KW=25KW × 4개 · 500만 원/25KW	20,000
	설계감리, 구조물, 시공비 등	· 모듈설치, 구조물설치, 전기설비 시공 등	60,000
	소계		140,000
총 초기 투자비		172,984	

주: 연구진 작성.

#### 4. 경제적 이슈 - 초기투자비, 운영비

##### < 일반형 태양광 발전사업 운영비 (100kW, 400평) >

단위: 천 원

구분	내역	회당	20년
전기안전관리비	· 전기안전관리대행 수수료 : 96,800원/월 * 50KW초과~100KW이하 * VAT 별도	106	25,555
보험료	· 화재보험료(대출가입시 필수) * 시공비의 0.6%	840	16,800
유지관리비	· 통신비, 전기료, 제초관리, 소규모 보수 등	200	4,000
정기점검	· 정기점검 : 234,696원 * 저압계통연계 기준: 기본료 137,200원, 20KW초과 이후 952원/KW * 3년마다 점검	235	1,643
인버터 교체 비용	· 인버터 교체비용 : 2천만 원 * 7년마다 교체	20,000	40,000
폐기물처리비용 등	· 폐기공사 및 산업폐기물 처리 비용 * 사업 종료 시점에 비용 발생	6,000	6,000
총 운영비			93,998

주: 연구진 작성.

#### 4. 경제적 이슈 - 수익

- 일반형 태양광 발전사업의 수익
  - 매전단가는 2018년 상반기 장기고정가격계약제도 낙찰가인 206.7원을 사용, 1년 전력 생산량은 일 평균 3.5시간 발전, 127,750KW로 가정 또한 매년 1.1%씩 발전효율이 감소하는 것으로 가정함.
- 20년간 일반형 태양광 발전사업의 총 순편익(수익-비용), 초기비용 조달방법
  - 자기자본 활용 시 2억 943만 원
  - 농협대출 활용 시 1억 4,453만 원
  - 정책자금 활용 시 1억 8,769만 원으로 추산됨.
- 연평균 순편익은 자기자본 활용시 1,047만 원, 농협대출 활용시 723만 원, 정책자금 활용시 939만 원으로 추정



#### 5. 사회적 이슈 - 주민반발 및 인허가 지연

- 주민반대로 '16년 말 기준 11개 프로젝트, 900MW 설비 도입 지연
  - '15년 신규 태양광 발전설비용량의 80% 수준
- 태양광 발전시설에 이격거리 규제 등 각종 규제 및 인허가 존재
  - 우리나라 이격거리 규제 : 도로 및 주거지로부터 100~100m
  - 해외 주요국 이격거리 규제 : 일본, 영국은 없음. 미국, 캐나다 등은 5~45m 수준



#### 5. 사회적 이슈 - 태양광 확대의 문제점

- **지자체에서 설정한 농촌 태양광 관련 규제로 확대에 장애**
  - 이격거리 문제: '도로' '주거지역' 100-1,000m
  - 농지에 태양광 설치하는 농지의 다원적 기능 저해
  - 태양광 시설 부지 임대 수준 : 연 1만원~2만원/Kw → 실제 농가의 소득 증대 효과 크지 않음
- **간척지 유희지 등에 우선설치**
  - 순차적으로 축사, 농산물 저장고, 저수지, 담수호, 용배수로 보급 확대
  - 전국 휴경지 면적은 517km<sup>2</sup> 로 태양광 39GW 설치 가능 (정부의 2030년 태양광 목표는 30GW)
- **민원최소화를 위한 설계유형 개발 보급**
  - 농촌주민형(마을 단위), 농가참여형(영농조합, 농업법인)



#### 5. 사회적 이슈 - 태양광 확대의 문제점

- **사업참여자 수익성 확보 (인센티브 강화)**
  - REC 1.2 이상 및 세제혜택 (법인세 감면, 배당소득세 면제, 부가가치세 면제, 지방세 감면)
  - 손익분기점 약8년 (현행 5년 거치 10년 상환 → 8년 거치 10년 상환 조정)
- **사업 역량강화를 위한 교육과 컨설팅 제공**
  - 태양광 발전의 기본지식, 운영과 유지관리, 금융조달 관리, 전력거래제도, 정부정책 등에 대해 교육과 컨설팅 필요
- **태양광 발전에 대한 홍보 및 지자체 의지 강화**
  - 태양광 발전에서 나온 전자파로 농작물 생육방해, 가축 폐사 원인 주장에 대한 오해 교육
- **발전소 명칭에 대한 용어 순화를 통한 거부감 배제**
  - 발전소라 하면 혐오시설로 인식, 태양광 발전소를 다른 용어로 대체 (예: 햇빛마을 조성 등)



## IV 태양광 보급관련 정책제안

### IV 태양광 보급 관련 정책제안

이슈	정의	정책	정책기간
환경적	산지 및 경관 훼손	환경영향평가 강화 및 복원 가능	단기
기술적	태양광은 낮에만 발전	계통운영, 전원믹스 등	장기
경제적	발전단가가 하락했음에도 불구하고 전통에너지에 비해 비용이 높음.	RPS 등, 고정가격, 세제 개편 등	중기
제도적	규제, 법, 제도, 인허가 문제	정부 및 지자체 협력	단기
사회적 (수용성)	신재생에너지에 대한 국민수용성이 높지 않고, 특히 지역에서 주민 반발이 높음.	주민참여형, 농촌 태양광, 영농형태양광 활용 등	단기

자료: 저자작성.

# 감사합니다

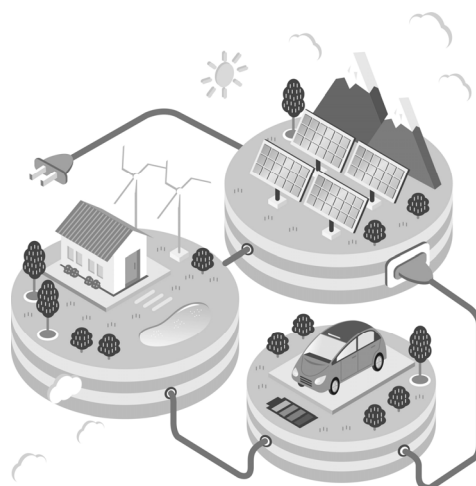
(yjkim@krei.re.kr)

A large, stylized white letter 'R' is positioned in the bottom right corner of the page, partially overlapping a decorative wavy graphic that transitions from light blue to light grey.

## 발표 4

# 재생에너지 보급 확대를 위한 육상태양광발전 입지 가이드라인 개선방안

이상범 KETI 선임연구위원





## 재생에너지 보급 확대를 위한 육상태양광발전 입지 가이드라인 개선방안

한국환경정책·평가연구원 이상범

정부가 발표한 “재생에너지 3020 이행계획(안)”에 따르면 재생에너지 발전용량을 총 63.8GW로 확대하고 이중 57%에 해당하는 36.5GW를 태양광발전으로, 그리고 17.7GW는 풍력으로 계획하였다. 따라서 재생에너지 확대 보급에 있어 태양광발전 보급은 매우 중요하나 현재 육상태양광발전을 둘러싼 사회적 논란과 갈등을 살펴보면 태양광발전 용량 확보는 매우 어려울 것으로 예상된다.

최근 2~3년간의 산지 태양광발전 개발로 인한 산림 훼손과 주민반대 등 사회갈등 발생 빈도나 심각성을 고려할 때, 육상태양광발전 개발에 대한 환경-주민수용성에 대한 고려가 사전에 충분하게 이루어지지 않은 것을 확인할 수 있다. 산지 태양광발전의 난개발을 방지하기 위하여 환경부에서는 2018년 “육상태양광발전 환경성평가 협의 지침”을 마련하여 급경사 지형이나 산림이 양호한 산지에서의 육상태양광발전 개발을 방지하고자 하였다.

환경부 “육상태양광발전 환경성평가 협의 지침”이 시행된 이후, 산지에서의 육상태양광발전은 급격하게 줄어들어 정책 효과는 매우 높은 것으로 나타났으나, 육상태양광발전 보급을 위한 대책은 마련되지 않고 있다. 환경부 지침은 산지에서의 태양광발전 난개발을 방지하기 위한 목적으로 개별 입지 기준에 중점을 맞추고 있어 육상태양광발전 입지 가능지 제시나 지역별 육상태양광발전 계획수립 등에 관한 내용은 담고 있지 못한 한계가 있다. 특히 태양빛이라는 공공재를 이용하는 태양광발전 특성과 경관영향 등을 사유로 지역주민 반대가 크게 발생하고 있으나 주민수용성 확보를 위한 주민협의나 참여방안 등에 관한 내용은 부족하다고 할 수 있다.

해외 육상태양광발전 가이드라인을 살펴보면 태양광발전 입지 가능지나 태양광발전 설비 설치가 가능한 농지 등을 제시하고 있으며 주민협의와 철거·폐기물 처리 등에 관한 내용을 포함하고 있다.

따라서 육상태양광발전을 확대 보급하기 위해서는 환경부 지침 등 기존 육상태양광발전 가이드라인을 개정하여 육상태양광발전 입지 가능지를 제시하고 이를 토대로 육상태양광발전 지역계획을 수립하는 제도적 정비가 필요하다. 특히 지역주민과의 협의 및 참여방안에 대한 기준이 미비하여 사업자 부담이 크게 발생하는 문제는 시급하게 개선될 필요가 있을 것이다.



# 재생에너지 보급 확대를 위한 육상태양광발전 입지 가이드라인 개선방안

2019. 9. 26.

한국환경정책·평가연구원

환경평가본부

이상범 선임연구위원

## 목 차

- I. 국내 육상태양광발전 사례 및 입지 가이드라인
- II. 해외 육상태양광발전 입지 가이드라인 사례
- III. 육상태양광발전 보급 활성화를 위한 제도 개선방안

# I. 국내 육상태양광발전 사례 및 입지 가이드라인

## I - 1. 국내 육상태양광발전 보급 계획

### ❖ 신재생에너지 3020 이행계획에 따른 육상태양광발전 증가 예상

- 신재생에너지 내 태양광발전 비율을 현재 38%에서 향후 57%까지 확대 계획
- “국민참여형 발전사업, 대규모 프로젝트를 통해 목표 달성”을 계획  
⇒ 현재 태양광·풍력발전 사업 대부분은 소규모환경영향평가에 해당
- 농촌지역 태양광 활성화를 계획하고 있으나 현재 대부분 태양광발전 소규모환경영향평가 사례는 산지에 계획되고 있음

#### ③ 농촌지역 태양광 활성화 (농식품부·지자체·산업부 협업)

- 농업인 참여 활성화 : 임해간척지(농업진흥구역 內), 농업진흥지역 外 농지 등에 태양광 설치 활성화 (30년까지 10GW)
- 농사와 태양광 발전을 병행하는 ‘영농형 태양광 모델’ 신규 도입



□ 원별 : 신규설비 95% 이상을 태양광, 풍력 등 청정에너지로 공급



## I - 2. 국내 육상태양광발전 환경영향평가 사례

### ❖ 태양광발전 환경영향평가 사례 1 (강릉시 주문진읍 향호리)

- 78,600㎡ 규모 태양광발전
- 산림 내부 식생보전III등급지, 농경지, 일부 토취장 나지 포함
- 절토 14.2만㎡, 성토 8.7만㎡, 총 토공량 229,886㎡. 20.18m 절토고, 8.04m 성토고

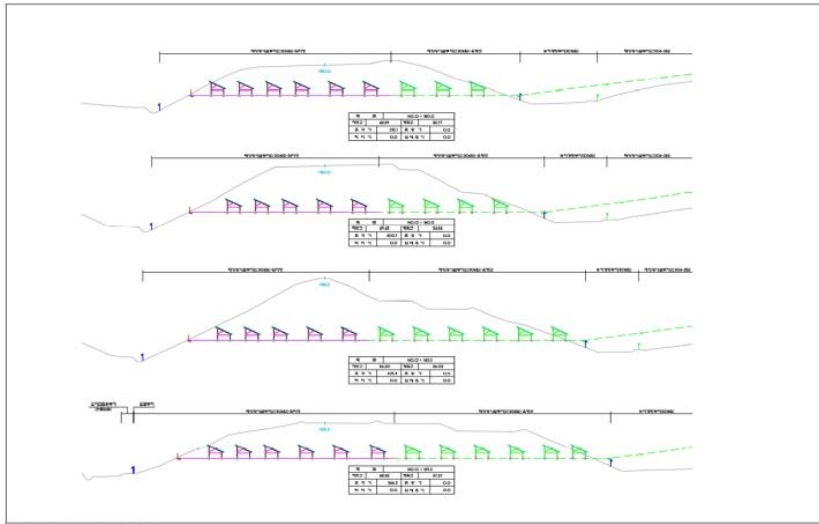


그림 5.2.5-19) 횡단면도3(일머봉,운향간)

## I - 2. 국내 육상태양광발전 환경영향평가 사례

### ❖ 태양광발전 환경영향평가 사례 2 (경주시 강동면 왕신리)

- 199,063㎡, 195,663㎡, 115,265㎡ 규모 3개 태양광발전단지가 동시에 연접하여 총 509,991㎡ 면적 개발
- 20° 이상 급경사지 비율 22.7%, 35.6%, 25.6%; 평균경사도 16°, 15.1°, 17.1°
- 표고차 130~150m
- 과거 산불로 인한 교란이 있었으나 천이를 통하여 자연성 회복중에 있음
- 남측으로 풍력발전 3기 운영중이며 인근에 산업단지와 공원묘지가 위치하고 있음
- 법정보호종 삼이 조사되었으며 저수지가 연접하고 있음

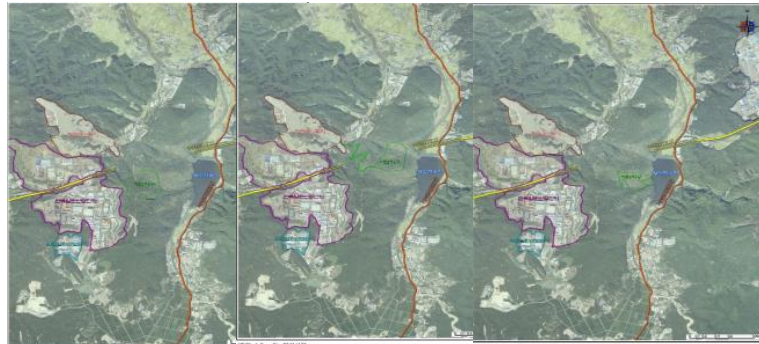


그림 1.3-5) 위성사진

그림 1.3-5) 위성사진

## I - 2. 국내 육상태양광발전 환경영향평가 사례

### ❖ 태양광발전 환경영향평가 사례 3 (강원도 철원군 갈말읍 문혜리)

- 211,232 m<sup>2</sup>, 83,618 m<sup>2</sup> 규모 2개 태양광발전단지가 동시에 연접 계획
- 남-북으로 연접하여 210,706 m<sup>2</sup>, 170,202 m<sup>2</sup> 규모의 2개 태양광발전단지가 기 협의됨
- 총 672,758 m<sup>2</sup> 규모의 태양광발전단지가 연접하고 있어 누적적 환경영향이 예상됨
- 20° 이상 급경사지 비율 22.7%, 35.6%, 25.6%; 평균경사도 16°, 15.1°, 17.1°
- 법정보호종 삶이 조사되었으며 주변 도로 등 주요 조망점에서의 경관영향이 예상됨
- 일부 사업부지는 북사면에 위치하고 있음



## I - 3. 국내 태양광발전 관련 규정

### ❖ 산업자원부-지자체 별 태양광발전 관련 규정

- 산업자원부 태양광 발전시설 입지 가이드라인은 지자체 별 태양광발전 관련 조례의 문제점을 해소하고자 주거지로부터의 이격거리 제한에 초점을 맞추고 있음
- 현재 지자체 별로 태양광발전 관련 조례가 상이하게 규정되거나 없는 경우가 있어 혼선을 초래하고 있음
- 산업자원부-지자체 별 태양광발전 관련 규정은 대부분 주거지로부터의 이격거리 및 펜스 설치에 관련되어 있으며 환경영향에 대한 고려는 없음

#### 산업자원부 태양광 발전시설 입지 가이드라인

##### 가. 목적

태양광 발전시설을 토지에 설치하는 것과 관련한 규제를 체계적으로 정비하여 태양광 발전시설의 보급·확산을 촉진하고자 함

##### 나. 기본원칙

지방자치단체장은 태양광 발전시설에 대한 이격거리 기준을 설정·운영하지 아니함

##### 다. 예외

지방자치단체장은 태양광 발전시설에 대해 객관적 필요성이 인정되고, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 필요 최소한의 범위에서 이격거리(태양광 발전시설로부터 직선거리로 계산함) 기준을 설정·운영 할 수 있음. 다만, 이 경우 이격거리는 최대 100미터를 초과할 수 없음

1. 10호 이상 주민이 거주하는 주거밀집지역으로부터 이격거리를 두는 경우. 다만, 이 경우에도 해당 주민들이 동의하는 경우에는 태양광 발전시설을 허용할 수 있음.
2. 도로(도로법상 도로에 국한)로부터 이격거리를 두는 경우. 다만, 이 경우 왕복 2차로 이상의 포장도로로 한정함.

## I - 3. 국내 태양광발전 관련 지자체 규정

### ❖ 국내 지자체별 개발행위허가 조례

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 포천                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 경사도 25도 이하</li> <li>2. 산자락하단부로부터 지반의 평균높이가 50m 미만</li> </ul> </li> <li>➢ 밀양                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 평균경사도 20도 이하</li> </ul> </li> <li>➢ 장흥군                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 경사도 25 미만</li> </ul> </li> <li>➢ 청송군                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 경사도 18도 미만</li> <li>2. 도로로부터 표고 50m 미만</li> </ul> </li> <li>➢ 산청군                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 평균경사도 25도 이하</li> <li>2. 도로로부터 표고 50m 미만</li> <li>3. 비오톱 I-II등급</li> </ul> </li> <li>➢ 거창군                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 경사도 18도 미만</li> <li>2. 도로로부터 표고 50m 미만</li> <li>3. 비오톱 I-II등급</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 양구군                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 수목이 우거져 산림 보호 필요 지역. 경관보존 필요 지역</li> </ul> </li> <li>➢ 태안군                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 5영급 산림 이상 지역은 보전</li> <li>2. 태양광시설은 토사 반출량이 없어야 함</li> </ul> </li> <li>➢ 논산시                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 태양광시설은 경사도 15도 미만</li> <li>2. 도로로부터 표고 50m 미만. 비오톱 I-II등급</li> <li>3. 보전용도지역(보존, 생산, 농림)은 용도지역 지적목적에 부적합하고 난개발 우려가 있을 경우 불허</li> <li>4. 산지 경관보호를 위하여 산지 표고 100분의 50미만</li> </ul> </li> <li>➢ 합천군                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 태양광시설은 경사도 15도 미만</li> <li>2. 도로로부터 표고 50m 미만</li> <li>3. 비오톱 I-II등급</li> </ul> </li> <li>➢ 진주시                     <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 경사도 12도 미만</li> <li>2. 도로로부터 표고 50m 미만</li> </ul> </li> </ul> |
|--|---|

## I - 3. 국내 태양광발전 관련 지자체 규정

### ❖ 육상태양광발전사업 환경성 평가 협의 지침 (2018. 7. 2) (1)

#### 나) 입지 관련 분야

##### (1) 입지를 회피해야 할 지역

- 아래 제시한 환경보호지역 및 생태적 민감지역은 태양광발전시설 입지를 회피하여야 함
  - 백두대간 및 정맥 보호지역(핵심-완충구역), 주요 산줄기(기맥, 지맥 등) 능선 축 중심으로부터(도면상에서 수평 거리) 기맥은 좌우 각각 100m 이내, 지맥은 좌우 각각 50m 이내
  - 생태경관보전지역, 야생생물보호구역, 습지보호지역, 상수원보호구역 등 환경보전관련 용도 등으로 지정된 법정보호지역
  - 멸종위기 야생생물 및 천연기념물 등 법정보호종의 서식지 및 산란처, 주요 철새도래지 등 법정보호종 서식환경 유지를 위하여 보존이 필요한 지역
  - 생태·자연도 1등급(식생보전I-II등급, 비오톱지도가 있는 경우, 비오톱 I-II등급 지역)
  - 생태·자연도 2등급이면서 식생보전등급 III등급 이상인 지역
  - 산사태 및 토사유출 방지를 위하여 경사도 15° 이상이면서 식생보전등급 IV등급 이상인 지역(경사도 산정방법은 「산지관리법」을 준용)
  - 과도한 지형 훼손을 방지하기 위하여 지형변화지수<sup>1)</sup> 1.5 이상 발생이 예상되는 지역
    - 1) 지형변화지수 = 토공량[절토량(m<sup>3</sup>) + 성토량(m<sup>3</sup>)] / 사업면적(m<sup>2</sup>)
  - 생태·경관보호구역, 문화재보호구역 등 경관보전이 필요한 지역
  - 생태계변화관찰 지역 등 생태계조사가 지속적으로 실시되는 지역

## I - 3. 국내 태양광발전 관련 지자체 규정

### ❖ 육상태양광발전사업 환경성 평가 협의 지침 (2018. 7. 2) (2)

#### 나) 입지 관련 분야

##### (2) 입지의 신중한 검토 필요 지역

###### ① 자연생태환경

- 생태·자연도 2등급지(식생보전IV등급)이면서 경사도 15° 이하 지역
- 동물 이동로가 되는 주요 능선 및 계곡, 산림-수계 연결지역 등 생태적 보전가치가 높은 지역 (동물 이동경로 훼손 및 절·성토로 인한 지역 생태축 단절 등)
- 식생보전III-IV등급 양호한 산림으로 둘러싸여 있거나 산림 내부로 침투하는 산림 지역 (예시: 산림 내부로의 100m 이상 진입도로 개설이 필요한 지역)
- 상수보호구역, 백두대간보호지역 등 법정 입지제한 보호지역의 반경 1km 이내 인접지역으로서 환경적으로 민감한 지역
- 전체 또는 일부지역이 식생보전V등급 초지로 이루어져 있으나 법정보호종 야생생물의 서식환경에 중요한 지역
- 법정보호종은 아니나 무리를 지어 번식·휴식하는 동물(조류, 양서·파충류 등)의 서식지, 지역의 전통문화나 전통지식에 따라 보호가 필요하다고 여겨지는 동·식물 서식지(예시: 반딧불이·가재 서식지 등)

###### ② 지형·지질 및 토양

- 입지 회피지역에 해당되지 않는 생태축의 능선부 좌우 일정 이격거리 (10m~50m 범위, 사업지역 여건에 따라 협의기관이 판단) 이내의 지역
- 노두 등 특이 지형·지질, 폭포, 용소, 산간습지, 석호, 사구, 해빈 등이 분포하고 있어 자연경관 및 역사·문화·향토적 측면에서 보전가치가 있는 지역

###### ③ 수질

- 수질보전대책의 시행에도 불구하고 주요 하천, 저수지 및 산간 계류 등 토사유출로 인한 수질 및 육수생태계에 영향이 우려되는 지역

###### ④ 경관

- 수려한 경관, 특색 있는 자연경관지역, 경관 관련 보전용도지역
- 랜드마크(대표, 상징경관), 역사문화자원 등 경관자원에 대한 영향이 예상

## I - 3. 국내 태양광발전 관련 지자체 규정

### ❖ 육상태양광발전사업 환경성 평가 협의 지침 (2018. 7. 2) (3)

#### 다) 환경성 평가 시 고려사항

##### ① 자연생태환경

- 최근 5년 이내 산림경영 및 수목갱신을 사유로 벌목·간벌이 이루어진 지역은 주변 산림의 식생보전등급이나 기존 생태·자연도 등급으로 산정
- 생태축·녹지축 등 생태적 연속성에 미치는 영향(생태축 단절, 서식지 파편화 등)을 검토하고 생물다양성 증진 및 생태계 기능의 연속성 유지를 위한 저감방안 마련 유도
- 다수의 태양광발전시설이 집단화되는 지역은 개발총량 증가에 따른 영향가중, 연결개발에 의한 동물의 이동제한 등 지역적 누적환경영향 등을 저감하기 위한 방안(개발규모 축소, 토지이용계획 변경 등 대안 검토 및 연결녹지·생태통로 확보 등) 마련 여부를 검토
- 인근지역에 멸종위기동물이 서식하거나 울타리·펜스 설치로 인한 생태단절이 우려되는 경우에는 울타리·펜스 하단(15cm 내외) 개방 [전기설비기술기준의 판단기준 제44조, 산업통상자원부 공고 제2018-102호]
- 토사유출 방지를 위하여 태양광모듈 하부 및 사면부에 자생종을 활용한 식생피복 계획 또는 이와 동등한 수준의 적절한 대책 수립
- 배수로·산마루측구·집수정·침사지 등 시설물 설치 시, 소형동물(양서·파충류 등) 탈출을 위한 생태측구 설치 등의 보호대책 수립

##### ② 지형·지질 및 토양

- 발전사업 종료 이후 원상복구를 위한 기존 지형의 훼손최소화 방안
- 사업부지 조성, 진입로 및 관리도로의 개설로 인한 동물 이동경로 등 생태적 단절·지형 훼손 및 산사태 등 재해방지대책을 마련(적정 사면 경사도 및 식생복구 계획 등)

##### ③ 수질

- 사업규모를 고려하여 토사유출 등 환경영향 저감 및 환경기준 준수를 위한 이격거리 확보 및 충분한 규모의 저감시설 설치·운영·관리 계획

##### ④ 경관

- 주요 조망점에서의 경관 시뮬레이션 등을 통해 자연경관 영향을 검토하여 주요 조망점(도로, 주거지 등)에서 차폐 가능 여부를 검토
- 수목 차폐를 통한 경관영향 저감 가능 여부
- 지역주민 탐문을 통하여 지역의 전통지식 등을 조사한 후, 이를 토대로 해당지역의 중요 경관자원에 대한 경관영향 발생 여부

##### ⑤ 주민 민원

- 태양광발전시설 조성 계획에 대한 주민 반대 등 민원 발생 여부

## II. 해외 육상태양광발전 관련 사례

### II . 해외 육상태양광발전 입지 가이드라인 사례: 영국 (1)

#### ❖ 영국 태양광발전 시설 설치 가이드라인

##### 입지 회피 지역

1. 50kWp 이상의 지면 설치 태양광 발전 프로젝트는 이상적으로 이전에 개발된 토지, brownfield, 오염된 토지, 산업 용지 또는 농경지 3b, 4, 5 등급을 활용해야 함(가능한 한 최상급 및 작물 재배양이 많은 경작지의 사용을 피하면서).
2. 선택한 토지는 자연 경관의 시각적 측면에 영향을 주지 않는 것을 목표로 하여야 함. 자연의 아름다움을 유지하고 생물타리, 수목선 등으로 잘 차폐되어야 하며 인근 국내 부동산이나 도로에 과도한 영향을 미치지 않아야 함

##### 환경영향평가지 고려사항

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 부지 평탄화 작업</li> <li>2. 현재 토지이용과 관련한 개발</li> <li>3. 농지에 대한 영향 평가</li> <li>4. 지면 유지 보수</li> <li>5. 건축물</li> <li>6. 토양제거, 저장 및 교체</li> <li>7. 접근로</li> <li>8. 보안 울타리/조명</li> <li>9. 지면 고정</li> <li>10. 추적 및 방향</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>9. 풍경/시각 영향</li> <li>10. 생태학</li> <li>11. 역사적인 환경</li> <li>12. 배수, 지표수 유출 및 범람</li> <li>13. 반짝임과 눈부심</li> <li>14. 지역사회 참여와 이익</li> <li>15. 공항 안전</li> <li>16. 전기 발생 능력</li> <li>17. 계획 권한 기간</li> <li>18. 방문객 유치원/교육시설</li> </ol> |
|---|--|

자료: BRE Solar Centre, "Planning guidance for the development of large scale ground mounted solar PV systems", 검색일: 2018.10.23.

## II. 해외 육상태양광발전 입지 가이드라인 사례: 영국 (2)

### ❖ 영국 태양광발전 시설 설치 가이드라인

대규모 태양광발전 환경영향평가 시 농지 평가 내용		
제안된 개발 지역의 농지 분류를 확인하여야 함. 현재 가용한 지도로는 grade 3 땅이 3a 또는 3b인지 식별할 수 없음. 부지가 grade 3이라면 토지가 3a 또는 3b 기준에 부합하는지 여부를 구체적으로 평가해 함.		
Grade 1 또는 2	Grade 3a	Grade 3b, 4, 또는 5
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 국가 계획 정책은 일반적으로 최고의 농경지 개발을 지원하지 않음</li> <li>2. 최상의 토지는 농업 목적으로 사용되어야 함</li> <li>3. 농업용에서 완전히 벗어난 토지에 대한 개발이 가져다 줄 수 있는 혜택에 대한 명확한 정당성이 입증되어야 함</li> <li>4. grade 3 토지에 대한 모든 기준을 고려해야 함</li> </ol>	<p>개발자의 제안은 다음과 같아야 함.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 개발이 왜 그 지역에 위치해야 하는가에 대한 설명을 제공하고 그 지역 내 적은 농업 분류의 땅에 위치하지 말아야 함</li> <li>2. 제안된 개발이 지역 내 동일한 등급의 농경지에 미치는 영향에 대한 정보를 제공하여야 함</li> <li>3. 제안된 개발 현상이 기존 농장의 일부분을 구성하는 경우 이 농장의 생존 가능성에 대한 정보를 현장 개발 동안(농업 단위로서) 계속 제공하여야 함</li> <li>4. 제안된 개발 및 기타 허가된 대규모 태양광 발전의 누적 영향을 고려하여 지역별 동일한 분류 내 농지 공급에 대한 고려</li> </ol>	<p>제안이 대체 할 농업 관행(해당 관행을 제안서와 함께 계속 진행할 수 없는 경우)이 환경이나 지역 경제에 특별한 기여를 하지 않는 한 추가 정보는 필요하지 않음.</p>

자료: BRE Solar Centre, "Planning guidance for the development of large scale ground mounted solar PV systems", 검색일: 2018.10.23.

## II. 해외 육상태양광발전 입지 가이드라인 사례: 호주

### ❖ 호주 태양열·태양광발전 시설 설치 가이드라인

#### 1. 입지 선택의 중요성

- 대규모 태양 에너지 개발을 위한 매우 적합한 장소를 정의하는 바람직한 조건;
- 대규모 태양 에너지 개발에 사이트가 적합하지 않거나 잠재적인 토지 이용 갈등 또는 용납할 수 없는 환경적 결과를 줄이기 위해 추가적인 완화 조치 또는 보다 혁신적인 시설 설계가 필요할 수 있음을 제시하는 제약 조건 등

#### 2. 바람직한 입지 조건

- 적절한 토지 면적, 지질학 및 수문학, 적절한 접근 및 도로 연결, 건설 교통 관리 옵션을 포함한 현장;
- 다음과 같은 지역화 된 영향을 최소화하는데 도움이 될 수 있는 특성이 있는 사이트 :
  - 토착 식물을 포함하지 않거나 이전에 농촌 환경에서 산업 유형 목적 (브라운 필드 현장)으로 사용 및 제거 된 토지,
  - 평평한 저지대 지형을 가진 눈에 잘 띄지 않는 입지
  - 시각적 영향을 줄이기 위해 경계선을 따라 쉽게 식생 될 수 있는 것과 같이 상영 될 가능성이 있는 입지
- 기존의 또는 더 나은 상태로 쉽게 폐기되고 복구 될 수 있는 토지;
- 지역 사회가 개발을 광범위하게 지지하는 지역;
- 정부가 신재생 에너지 개발에 최적인 지역으로 확인;
- 예상되는 연결 지점에서 사용할 수 있는 전기 네트워크 및 연결 용량에 근접. 등

#### 3. 입지 제한 구역

- 우림, 열대 우림, 우드랜드, 습지, 히스 랜드, 관목 지대, 초원 지대 및 지질학적 특징을 포함하여, 서식지 내 또는 인접한 멸종 위기 종 또는 생태계 서식지의 토착 식물 또는 서식지;
- 전략적 농지 (중요한 산업 클러스터와 생물 물리 전략적 농경지)를 포함한 중요한 농업 토지 및 토양 능력 클래스 1, 2 및 3이 있는 토지. 현존하는 농업 산업의 중대한 파편이나 변이에 대해서도 고려해야 함
- 눈에 잘 띄거나 높은 지면 위치에 있는 것과 같은 시인성이 높은 장소 또는 사이트를 바라보는 고지에 거주하는 계곡에 위치한 사이트); 등

자료: Planning and Environment, Planning and Environment, "Large-Scale Solar Energy Guideline", 검색일: 2018.10.23.

## II . 해외 육상태양광발전 입지 가이드라인 사례: 일본

### ❖ 일본 야마나현 태양광발전 시설 적정 설치 지침

#### 4. 계획 단계

##### (1) 입지를 피해야 영역

- ① 후지산 경관 배려 지구 · 후지산 북쪽 기슭 세계 유산 경관 보전 지역
- ② 자연 공원 특별 지역과 일반 지역
- ③ 자연 환경 보전 지역 및 자연 기념물
- ④ 보안림
- ⑤ 사방 지정지 등 재해 위험 지역
- ⑥ 농용 지구역 등
- ⑦ 풍치 지구
- ⑧ 문화재 지정 구역
- ⑨ 시정촌 경관 계획의 중점 지구 등
- ⑩ 기타 입지를 피해야 영역

##### (2) 위치에 신중한 검토가 필요한 영역

- ① 재해의 위험이 높은 지역
- ② 지역 산림 계획 대상 민유 숲
- ③ 시정촌 경관 계획 경관 형성 거점 등
- ④ 중요한 관광 시설 등에 인접한 지역
- ⑤ 매장 문화재包蔵지역

##### (3) 적절한 도입을 위해 준수해야 할 사항

- ① 방재면에서 준수해야 할 사항
- ② 경관면에서 준수해야 할 사항
- ③ 환경면에서 준수해야 할 사항
- ④ 설비면에서 준수해야 할 사항

##### (4) 시정촌에 사전 확인 · 상담 등 및 주민과의 협의 형성

- ① 시정촌에 사전 확인 · 상담 등
- ② 주민과의 협의 형성

##### (5) 필요한 법령 절차

- ① 전기 사업법 관계
- ② 토지 이용 관계

#### 5. 설치 후

##### (1) 유지 관리

- ① 보수 점검 및 유지 관리에 관한 실시 계획의 책정 및 체제
- ② 보안 규정 등에 따른 점검
- ③ 사업 지역의 적절한 관리
- ④ 비상 대처

##### (2) 철거 · 폐기 관계

- ① 청소에 관한 법률 (폐기물 처리법)
- ② 건설 공사와 관련되는 자재의 재 자원화 등에 관한 법률 (건설 리사이클 법)
- ③ 환경성의 지침

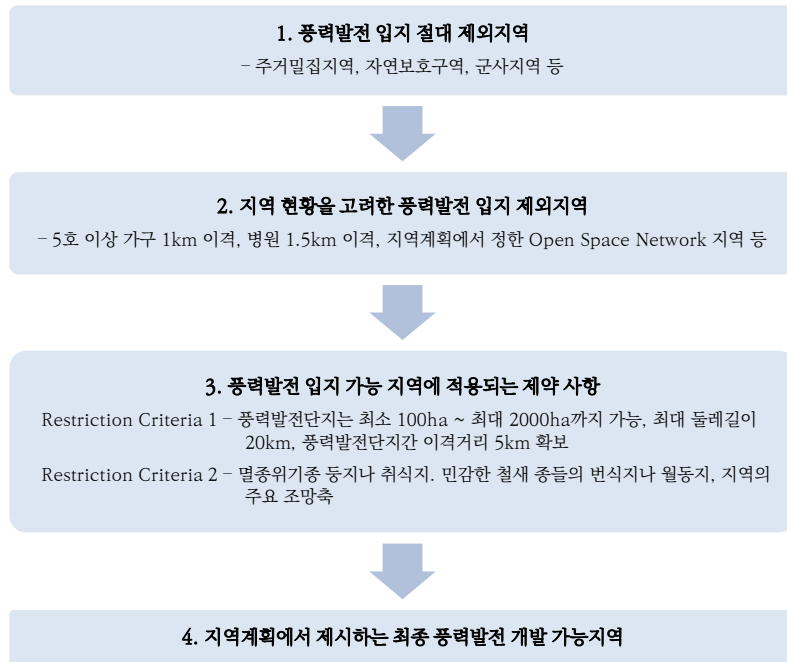
자료: Yamanashi Prefecture, "태양광발전시설의 적정 설치 지침", 검색일: 2018.10.23.

## II . 해외 육상태양광발전 피해 사례

### ❖ 일본 육상 태양광발전 피해 사례 - 토사유출 등 환경영향



❖ 독일 풍력발전 개발을 위한 지역계획 수립 절차



## III. 육상태양광발전 보급 활성화를 위한 제도 개선방안

### III-1. 현행 육상태양광발전 입지 가이드라인 개선방안 (1)

#### ❖ 현행 육상 태양광발전 환경성 검토 가이드라인 준수

- 육상태양광발전 개발계획 수립 시 현행 '육상 태양광발전 환경성 검토 가이드라인'에 따라 적절한 입지를 선정하고 토지이용계획을 수립하여야 함

#### ❖ 개별 입지 특성에 초점을 맞춘 기존 가이드라인 개정 검토

- 현행 '육상 태양광발전 환경성 검토 가이드라인'은 개별 입지에 대한 사항만을 제시하고 있어 육상태양광발전 우선 개발가능지 기준에 대한 제시는 없음
- 풍력발전 대비 저지대 산지 입연부에 계획되는 태양광발전 개발 현황을 고려하여 산지 개발로 인한 환경영향을 토대로 대규모 태양광발전 개발 가능성을 사전에 분석하여 입지를 유도
- 태양광발전단지간 이격거리에 관한 규정이나 연구가 미비한 현황을 고려하여 이에 대한 보완 대책이 필요
- 과도한 주민민원 방지 및 주민수용성 개선을 위한 제도 정비 필요

### III-1. 현행 육상태양광발전 입지 가이드라인 개선방안 (2)

#### ❖ 육상 태양광발전 환경성 검토 가이드라인 개선방안

1. 개별 입지 규제보다는 입지 가능지 제시 방안 고려
  - 호주의 경우와 같이 육상태양광발전 개발 가능지를 가이드라인에 포함하는 방안 고려
  - 기 개발지 위주 태양광발전 보급 방안 모색
2. 육상태양광발전 개발가능 총량 산정
  - 최근 『도시기본계획』 부문별 계획의 '에너지' 분야에 신재생에너지 보급 확대가 포함되고 있으며, 광역-기초지자체 별로 태양광-풍력발전 개발 가능 총량을 환경-주민수용성 측면에서 사전에 계획할 필요가 있음
  - 독일 사례 등을 참조하여 지자체 별로 풍력-태양광발전 개발 가능지역을 사전에 분석·제시하는 방안 모색
3. 주민반대 등 사회갈등 최소화를 위한 가이드라인 포함
  - 현행 가이드라인에 간략하게 포함되어 있는 주민민원 관련 사항을 개선하여 주민 참여-보상에 대한 구체적인 기준이나 절차 마련
4. 태양광패널 철거·폐기 관련 가이드라인 추가
  - 사업종료나 재해 등으로 인하여 발생하는 태양광패널 폐기물 처리 규정 및 절차 등을 추가
5. 태양광발전 연접 규정 필요
  - 태양광발전 밀집에 따른 과도한 경관영향 등 누적적 환경영향 발생을 회피·저감하기 위한 기준 필요

❖ 육상태양광발전 지역계획 수립과 환경영향평가의 실효적인 연계방안 (1)

1. 육상태양광발전 지역계획 수립

기초지자체-광역지자체-중앙정부

재생에너지 개발을 위한 지역계획 수립

- 풍속, 생태, 주거지역 등 현황을 토대로 태양광-풍력발전 입지 가능지 분석
- 기존 재생에너지 시설로 인한 누적적 환경영향을 고려한 이격거리 확보
- 군사보호지역, 야생동물보호구역, 생태·자연도 1등급지 등 보호지역 제척

재생에너지 지역계획 주민공람

- 재생에너지 개발을 위한 지역계획(개발가능지역)을 주민에게 공개하고 의견 수렴
- 재생에너지 개발로 인한 정확한 환경영향 범위 및 저감방안 제시
- 주민, 지자체 등 지역계획 수립 관계자가 참여하는 토론회, 공청회 등 개최
- 주민 참여 및 보상 방안 제시

주민의견 반영한 최종안 선정

- 지역주민 의견을 토대로 충분한 이격거리 확보 등 지역계획 변경 가능성 검토
- 최종 계획안 제시

▶ 재생에너지 지역계획 수립 시 고려사항

1. 군사보호구역, 생태·자연도 1등급지 등 보호지역
2. 백두대간-정맥 보호구역 및 기맥-지맥 등 지역생태축으로 중요한 지역
3. 주거지역, 병원-학교 등 주요 정주시설 이격거리
4. 법정보호종/박쥐 등 서식지, 산사태 위험-특이지형 분포 여부(돌리네 지형 등), 지역경관 영향
5. 기존 재생에너지발전시설 연접으로 인한 누적적 환경영향 발생

❖ 육상태양광발전 지역계획 수립과 환경영향평가의 실효적인 연계방안 (1)

2. 개별 육상태양광발전 개발계획 환경영향평가

기초지자체 또는 사업자

(전략)환경영향평가협의회를 통한 정보공개

- 기존 재생에너지 및 지역 갈등 현황
- 태양광-풍력발전 지역계획 현황
- 환경-주민수용성과 발전효율 측면을 모두 고려한 입지 선정
- 협의회를 통한 주민공지-참여 가능
- 주요 대안 검토사항
  1. 입지 / 토지이용계획 대안
  2. 주민참여 / 보상 방안

광역지자체-산업자원부-환경부

계획입지제도에 따른 전략환경영향평가 진행

- 환경-주민수용성 측면에서 최적의 입지 선정
- 실효적 주민참여방안 선정·제안
- 환경훼손 최소화를 위한 입지 및 토지이용계획 대안 검토
- 재생에너지시설 집중화 여부 및 대책
- 주민공람을 통해 입지-토지이용계획 변경
- 주요 대안 검토사항
  1. 입지 / 토지이용계획 대안
  2. 주민참여 / 보상 방안

사업자-환경부

환경영향평가 진행

- 예상되는 환경영향을 최대한 회피·저감하기 위한 토지이용계획 대안 검토
- 주민참여 사후환경영향조사계획(기간, 범위 등)
- 주요 대안 검토사항
  1. 입지 / 토지이용계획 대안
  2. 주민참여 / 보상 방안
  3. 환경영향 저감방안

▶ 계획입지제도와 환경영향평가 연계를 위한 전제 조건

- 1) 광역-기초지자체는 사업자가 제안하는 계획을 환경-주민수용성 고려 없이 단순 취합하여 계획입지로 제안하지 않아야 함
- 2) 재생에너지 계획입지 계획수립자 또는 중재자로서 적극적으로 개입하여야 함
- 3) 도시·군기본계획의 보전축(녹지축)을 훼손하지 않고 지역환경현황이나 전통지식에 따라 보전이 필요한 지역은 계획입지 대상지에서 제외

감사합니다.



## Session 3

# 수상태양광 발전사업 현황과 효율적 추진 방안

발표 1 | 수상태양광 발전의 효율적 추진의 어려움과  
개선방안

정우식 한국태양광산업협회 부회장

발표 2 | 수상태양광 패널 및 전기시설의 안전성

안형근 건국대학교 교수

발표 3 | 수상태양광 환경적 안전성 및 사업추진 시  
고려사항

노태호 KEI 선임연구위원



# 발표 1

## 수상태양광 발전의 효율적 추진의 어려움과 개선방안

정우식 한국태양광산업협회 부회장





## 수상태양광 발전의 효율적 추진의 어려움과 개선방안

한국태양광산업협회 정우식

- 한국 수상 태양광발전의 현황
  - 국내 수상 태양광발전의 잠재력
    - 농어촌공사, 수자원공사 등의 저수지와 댐 등이 수천 곳 있어 발전잠재력 높다. 또한 육상 태양광에서 적용되는 이격거리 규제에서 자유로운 편이다. 최근 환경부 및 일부 지자체에서 수상 태양광에 이격거리를 적용하는 안을 검토하고 있다.
    - 그럼에도 항만 등의 공유 수면 위에도 설치 가능하다는 점, 국토 면적이 상대적으로 좁은 우리나라의 조건상, 태양광 입지 확대에 필요하다는 점 때문에 주목받고 있다.( 새만금 등 추진 중)
- 수상태양광 발전의 효율적 추진의 어려움
  - 수상태양광의 안전관리
    - 물 위에 계류 혹은 앵커로 고정하면서, 태풍 등의 자연재해로 인해 사고발생 우려된다.
    - 수상태양광 설치대상이 강, 하천, 댐, 저수지, 바다 등이므로 다양한 수면상태에서 물의 유동성, 바람, 부유폐기물, 파도 등이 안전성을 저해하는 요인으로 발생할 우려가 있다. 또한 수상에서 장기간 발전하면서 생길 수 있는 부식, 용출 등으로 인한 환경훼손을 우려하는 시각도 있다.
  - 주민수용성 문제(인접주민들의 반대)
    - 전자파, 빛반사 등 과학적 근거가 없는 반대와 경관 훼손 우려 등으로 인해 주민민원이 발생
  - 관련 인허가 문제
    - 지자체별로 개발행위를 허가해주는 조건에 차이가 있어 문제가 발생한다. 수상태양광발전은 수면 위에 설치하므로 토지의 형질변경이 수반되지 않는 것으로 판단해, 개발행위허가의 대상이 아니라고 판단하는 지자체 있는 반면 수상태양광발전은 수면 위에 설치되어도 개발행위허가대상이라고 판단하는 지자체 있다.
      - \* 전남 해안군의 경우, 저수지와 호수 등에 설치되는 수상태양광시설에 대한 제한이 없어서 저수지 주변 마을들간의 갈등이 심화되고 있다고 판단하여, 저수지와 호수 등의 수면에 태양광발전 설치하는 것에 대해 개발행위허가 규정을 신설해 규제를 할 예정. 저수지와 호수는 농업기반시설이므로 규제대상이 될 수 있다는 논거 (뉴시스, 2019년 8월 19일)
- 수상태양광발전 개선방안
  - 안전 문제 우려에 대한 기술적 접근이 필요함
    - 수상 태양광의 다양한 설치지역별(저수지, 댐, 하천, 강, 바다 등) 특성에 맞는 설계의 시공기술 구현해야 한다. 이를 통해 수상에서 발생할 수 있는 다양한 환경변화에 대응할 수 있는 안전성 확보할 수 있다. 뿐만 아니라 1) 수면 유동의 변화, 수상에서 부유하는 폐기물에 의한 파손, 파도의 변화, 2) 태풍과 같은 자연변화로 인한 바람, 홍수 등의 재해 영향, 3) 수상태양광과 연계된 수상케이블, 송변전설비 등의 안전성 등에 대한 기술력 확보는 수상태양광발전의 해외진출 시 국내 태양광산업의 경쟁력 확보로 이어지는 만큼 정부차원의 지원대책이 필요하다.
  - 지속적인 모니터링
    - 수상 태양광의 역사가 아직 짧음, 수질 및 수생태계 영향에 대한 지속적, 장기적인 모니터링 필요하다.
  - 수상태양광발전사업 기본계획 수립
    - 에너지기본계획에 맞춰 수상태양광발전 기본계획도 종합적으로 수립, 이해당사자들의 동의를 유도해야 한다.
    - 계획 속에서 종합적이고 예측가능한 마스터플랜을 통해 사업자들의 사업타당성 검토, 사업준비와 개발, 입지확보, 투자자 확보를 유도를 통한 시장 활성화 가능해진다.
    - 장기적으로 수상태양광발전의 균형적인 입지개발/ 분산형과 대규모 수상태양광 균형적 개발 추진해야 한다.



# 수상태양광 발전의 효율적 추진의 어려움과 개선방안

2019년 9월 27일

**KOPIA**

한국태양광산업협회



## 목 차

1 수상 태양광발전의 개요

2 국내의 수상태양광발전

3 수상태양광발전의 어려움

4 수상태양광발전 개선방안



**KOPIA** 한국태양광산업협회

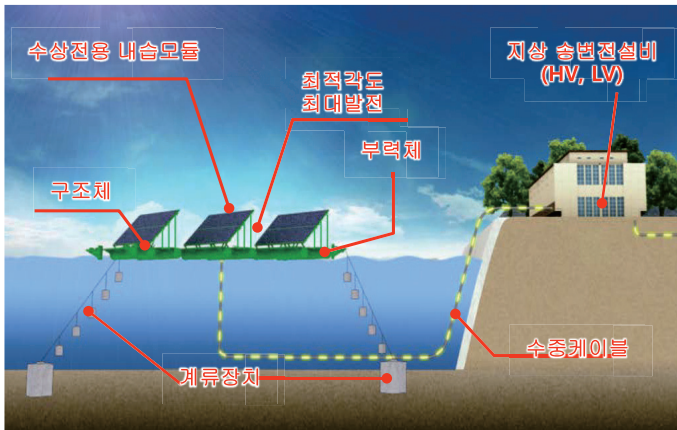
# 1. 수상태양광발전 개요



**KOPIA** Korea Photovoltaic Industry Association

## 수상 태양광 구성

### ◆ 시스템 구성



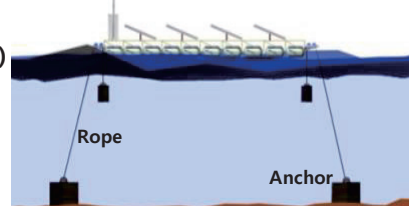
### ➡ 수상태양광발전의 주요 기술

- ④ 친환경 내습 태양광모듈(Pb Free, Acid Free, 절연저항 50MΩ이상)
- ④ 안정적인 부유체(사고나 환경변화로 인한 부력감소 최소화)
- ④ 수위변화 대응 및 뒤틀림 방지를 위한 계류장치
- ④ 부식에 강한 알루미늄 적용 및 하중을 고려한 설계

### ◆ 주요 기자재



### ◆ 계류장치



FUTURING SMART ENERGY

[출처; LS산전 발표자료, 2017년]

G<sup>3</sup>65 Global-Green-Grand

## 수상 태양광발전 설치의 효과

### 환경적 효과

- 육상 태양광발전의 식생훼손 및 자연훼손 논란에 대응할 수 있는 새로운 패러다임으로서, 수상태양광발전이 대안으로 부상
- 수상태양광 설치로 인한 햇빛 차단 효과로 녹조 증식 억제
- 수면의 상부에 태양광발전이 설치됨으로 인해 수분증발을 억제하는 효과발생

### 경제적 효과

- 수면을 통한 냉각효과로 육상 태양광발전보다 높은 발전량 기대
  - 결정질실리콘 모듈은 섭씨 25도를 넘으면 발전량이 감소
  - 수상태양광은 수면을 통해 모듈 표면온도가 낮아지면서 발전량 증가
- 수상태양광발전에는 REC가중치가 1.5가 적용되어 사업의 수익성도 높아지게 됨

[출처; LS산전 발표자료]

5

## 수상 태양광 사업의 가치

### □ 새로운 해외진출 수단

- 선진국은 물론이고 다양한 개발도상국에서 검토 및 추진 중. 이런 여건을 잘 활용하면, 국내 태양광산업의 해외 시장 다변화에도 기여
- 국내 업계의 장점 중 하나인 고신뢰성과 기술력으로 시장개척 가능
  - 수상 태양광에 요구되는 높은 내습성, 부식저항성, 장기신뢰성, 부유안정성, 내풍압 능력 등의 사양을 맞추는 기술력 높은 제품의 생산과 시스템 구축 가능
  - 아직은 육상태양광 분야보다 가격경쟁의 압박이 적으므로 기술과 실적을 바탕으로 시장 개척에 유리

### □ 입지확대

- 이격거리, 산지제한 등의 규제가 늘어난 육상분야에서의 부지축소를 보완
- 대형 태양광 발전소 개발 가능
  - 간척지역, 호수 등 활용해 한 곳당 수십MW 이상의 발전규모 확보 가능

# 글로벌 수상태양광발전의 잠재량과 비용

## □ 세계은행의 잠재량 분석

○ 세계은행(The World Bank)에 따르면 전 세계적 수상태양광 발전 잠재량은 **404GW ~ 4044GW**

○ 보수적 예측(conservative assumption) : **404GW**

- 전세계 자연 유수지 및 인공 저수지의 1%를 사용한 경우

대륙별	아프리카	북미	유럽	중동·아시아	남미	오세아니아
잠재량	101GW	126GW	20GW	116GW	36GW	5GW

○ 태양광에 친화적인 여건(favorable scenario) : **2,022GW**

- 전세계 수면의 5%를 태양광발전으로 사용

대륙별	아프리카	북미	중동·아시아	기타
잠재량	506GW	630GW	578GW	308GW

○ 최상의 조건(best scenario) : **4,044GW**

- 전세계 수면의 10% 위에 태양광발전 설치할 경우의 예상 설치용량



## □ 수상 태양광 시공비용

○ 글로벌 평균 비용(2018년) : **\$0.80~\$1.20/wp**

○ 장소, 수심, 부유환경, 시스템 용량 등에 따라 다름

[출처: PV Magazine, '18년 11월]

# 해외의 수상태양광 개발 사례

○ 수상태양광발전은 많은 국가들이 적극적으로 도입하거나 계획 중

## ○ 수상태양광발전의 해외 개발 사례

**영국** : 6.3MW 설치  
(단일규모 유럽 최대 수상 태양광) 기타 2.9MW 설치



**네덜란드**  
2023년까지 총 2,000MW의 수상태양광 설치 예상



**일본**  
2017년까지 91MW 이상의 수상태양광 설치완료



**프랑스 남부** : 17MW 설치  
(2018년말)



**대만**  
14MW 설치중  
2025년까지 1,200MW 수상태양광 입찰 계획



**인도**  
2021년까지 총 10,000MW의 수상태양광 입찰 계획  
\*2018년 11월 처음으로 50MW 수상태양광 입찰



**베트남** : 47MW 설치  
(2018년말)



**브라질**  
304kW 준공('17년)  
1MW 개발('18년)  
4MW 준공예정('19년)



출처 Solar Energy Research Institute of Singapore, PV Magazine 2018년 11월

## 수상 태양광사업의 글로벌 선도기업 사례

### □ Ciel & Terre : 프랑스의 태양광 EPC 기업

- 일찍부터 수상태양광에 집중해 실적 축적
  - 일본에서 수십MW이상의 수상 태양광 설치
  - 중국에서 70MW의 수상 태양광발전소 개발 중
- 수상태양광 분야에서 기술과 실적으로 브랜드화
  - HDPE(고밀도 폴리에틸렌) 사용한 지지대와 부유체 기술
  - 수상태양광용 프레임 기술
  - 섬유유리와 PP(폴리프로필렌)을 활용한 접속핀
  - 알루미늄, PP, 섬유유리 등의 재료 사용한 레일(rail)
  - 수상태양광발전용 적재(mounting)와 유지보수 기술
  - 고신뢰성 : UV, 부식, 풍압 등
  - 수상 태양광 브랜드화 : HYDRELIO



### □ 주요 실적

- 2018년까지 수상 태양광 72개 시공
- 일본 - Tano(2.5MW), Komaga(2.3MW), Besso(1.6MW), Naga Ike Higashi(2.1MW), Sayama Ootori(2.5MW)
- 중국 - Pei현(9.98MW)
- 대만 - Agongdian(2.3MW)
- 영국 - Queen Elizabeth II(6.3MW), Godley(3.0MW)



## 2. 국내의 수상태양광발전



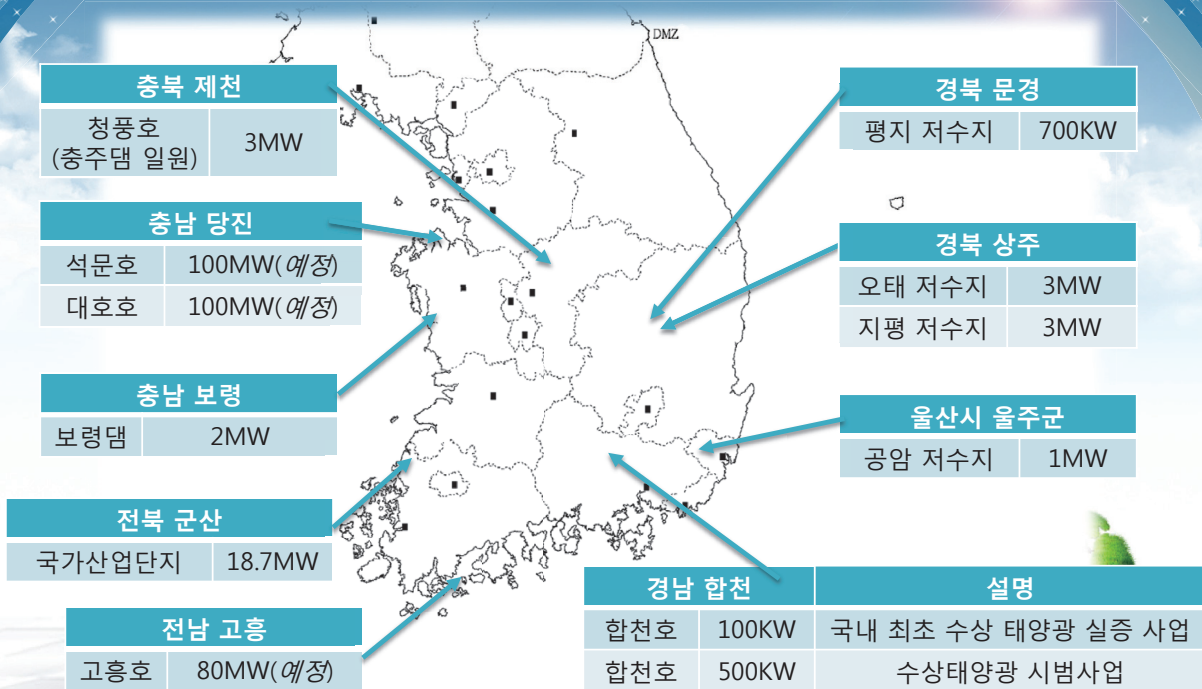
## 국내 수상 태양광발전 잠재량

- 수상 태양광발전의 잠재력
  - 농어촌공사, 수자원공사 등의 저수지와 댐 등이 수천 곳 있어 발전잠재력 높음
    - \*이외에도 담수호, 배수로, 용수로에도 설치 가능
  - 육상 태양광에서 적용되는 이격거리 규제에서 자유로움
    - \* 단 최근 환경부 및 일부 지자체에서 수상 태양광에 이격거리를 적용하는 안을 검토 중에 있음
  - 항만 등의 공유 수면 위에도 설치 가능
  - 국토 면적이 상대적으로 좁은 우리나라의 조건상, 태양광 입지 확대에 필요
    - \* 간척 사업 등으로 만들어진 수면을 활용하면 100MW 이상의 대형 태양광발전 단지 조성 가능 (새만금, 서해 간척지 등)
- 국내 수상태양광발전 잠재량

구분	저수지	담수로	용배수로	총 발전용량
발전 가능 지역 수	3,394곳	21곳	폭 5m 이상 지역	5,966MW
잠재발전용량	3,260MW	2,633MW	73MW	

[출처: 한국에너지공단, 매일경제신문 '18년 5월 26일자 기사 재인용]

## 국내 중대형 수상태양광 설치 및 개발 사례



[출처: 관련 보도내용 정리]

## 농어촌공사의 저수지 태양광발전 개발사례

□ 2012~2016년

준공 연도	지역 본부	지사	장소	발전 규모 (kW)	사업비 (백만원)	소재지
합계			7개소	2,439	8,075	
2012.12	전북	부안	청호	30	147	전북 부안군 하서면 청호리 871
2013.10	경남	밀양	덕곡	200	705	경남 밀양 부북면 덕곡리 175
2013.10	전남	장성함평	달성	210	883	전남 장성군 북이면 달성리 45-1
2015.11	전남	나주	대도	500	1,680	전남 나주시 문평면 대도리 622-1
2015.11	경남	창녕	장척	500	1,682	경남 창녕군 영산면 신계리 1497
2015.12	충북	충주제천단양	용당	500	1,681	충북 충주시 신니면 문승리 301-2
2016.12	경남	창녕	봉산	499	1,297	경남 창녕군 계성면 봉산리 1580

## 농어촌공사의 저수지 태양광발전 개발사례

□ 2017~2018년

준공 연도	지역 본부	지사	장소	발전 규모 (kW)	사업비 (백만원)	소재지
합계			18개소	2,439	8,075	
2017	경기	강화	난정 (길정)	499	1,440	인천 강화군 양도면 길정리 436
2017		안성	고삼(장계)	499	1,493	경기 안성시 죽산면 창계리 726
2017	강원	강릉	경포(동막)	499	1,440	강원 강릉시 구정면 어단리 180
2018	충북	충주제천단양	추평	2,006	4,980	충북 충주시 엄정면 추평리 98-1
2018		옥천영동	개심	2,006	4,980	충북 옥천군 이원면 개심리 산6-1
2018		괴산증평	소수	2,006	4,980	충북 괴산군 소수면 길선리 158
2018	충남	보령	청천	2,006	4,980	충남 보령시 죽정동 2-7
2018	전북	전주완주임실	구이	2,006	4,980	전북 완주군 구이면 두현리 1
2018		군산	대위	1,500	3,750	전북 군산시 회현면 고사리 426-1
2018	전남	장성함평	수양	950	2,500	전남 장성군 삼서면 수양리 58
2018	경북	안동	만운	2,006	4,980	경북 안동시 풍산읍 만운리 418
2018		경천	운암	950	2500	경북 예천군 용문면 내지리 598
2018		청송영양	화장	950	2500	경북 청송군 부남면 화장리 365
2018	경남	함안	명관	950	2500	경남 함안군 군북면 명관리 1034
2018			완사	950	3,200	경남 사천시 곤명면 정곡리 981
2018		서부	완사2	700	1,750	경남 천시 곤명면 금성리 1094
2018			두량2	2,006	4,980	경남 하동군 하동읍 송림1길 12
2018		밀양	가산	2,006	4,980	경남 밀양시 부북면 대항리 850

## 국내의 수상 태양광발전 설치사례



## 수상태양광발전 개발계획

- RPS 의무이행 발전사들의 대형 프로젝트 개발계획에서도 수상태양광발전이 많은 비중을 차지

\* 태양광발전 개발예정 프로젝트 74개: 13.3GW, 풍력 60개: 11.6GW

\* 수상태양광, 염해 간척지 중심의 대형 프로젝트 개발 (예: 석문호 100MW)

구 분		용량 (MW)	프로젝트 (개수)	사업비 (억원)
태양광	육 상	9,487	40	150,507
	수 상	3,861	34	106,545
	소 계	<b>13,348</b>	<b>74</b>	<b>257,052</b>
풍 력	육 상	1,881	32	53,003
	해 상	9,699	28	496,432
	소 계	<b>11,580</b>	<b>60</b>	<b>549,435</b>
합 계		<b>24,928</b>	<b>134</b>	<b>806,487</b>

※ 2018년 기준이며 새만금 태양광발전 2.8GW(수상태양광 2.1GW)는 포함되지 않은 수치임

# 새만금 수상 태양광발전 사업

## 사업개요

- 사업참여 : 새만금 개발공사·발전공기업·민간기업 등이 참여하는 특수목적법인(SPC)
- 사업위치: 전라북도 새만금 방조제 내측 공유수면(약 30km<sup>2</sup>)
- 설비용량: 수상태양광 2.1GW  
\* '18년까지 전세계에 설치된 수상 태양광발전 용량(1.3GW)의 1.6배 규모
- 총투자비: 약 4조 6천억원

### □ 진행일정

- '19년 7월 -> 발전사업허가(산업부)
- '20년 상반기 -> 해역이용 협의(해수부), 환경영향평가(환경부), 공유수면점유사용허가(새만금개발청)
- '20년 하반기 -> 공사계획인가(산업부), 착공



## 3. 수상태양광발전 쟁점과 어려움



## 수상 태양광 쟁점 I

이슈	관련 연구	연구 결과	비고
유해물질 용출	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경평가연구원: 주요 기자재 장기용출 실험(14년) - 부력재, 수중케이블, 전선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1년 용출(전선): 아연, 구리, 나트륨 용출</li> <li>2년 용출(전선): 불소, 구리, 나트륨 용출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>모두 기준치 이하로 용출</li> <li>장기간 지속적 실험 필요</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경정책평가연구원: 태양광 폐패널의 관리 실태 조사 - 모듈 용출 실험(18)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>중금속 7종[Cu, Pb, Cd, As, Hg, Cr, Cr<sup>6+</sup>] 모두 기준치 이하 검출</li> <li>Hg, Cr, Cr<sup>6+</sup> 는 검정 한계 이하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pb 는 용출량 기준인 3mg/l에 훨씬 못미침</li> <li>수상태양광용으로 납이 극미량인 Pb-free모듈 사용</li> </ul>
모듈 세척제 수질 오염	<ul style="list-style-type: none"> <li>수상태양광 패널은 자연 강우로 세척하거나, 패널 하부의 물을 양수해 세척 =&gt; 세척제 수질 오염 가능성은 희박</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>모듈 표면은 이물질 부착을 막는 AS코팅(anti-soil coating), AR코팅(anti-reflective coating)으로 세척 불필요</li> </ul>

[출처: 한밭대학교, 2018년]

## 수상 태양광 쟁점 II

이슈 사항	관련 연구	연구 결과	비고
정체구역 발생으로 인한 수질오염	<ul style="list-style-type: none"> <li>한국농어촌공사: 농업용 저수지 대상으로 수상 태양광 영향권과 비영향권의 수질 비교(17~18년)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수상태양광 영향권과 비영향권의 수질특성(수온, 용존 산소량, 전기 전도도, 유기물, 질소·인 등의 유기염)에 통계적으로 유의미한 차이가 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수상태양광의 설치면적·배열형태 등의 다양한 변수에 따른 정체 수역 조사필요</li> <li>수류 순환을 원활하게 하는 설계와 시공 필요</li> </ul>
수상 태양광의 차광으로 인한 수질변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>한밭대학교: 수상회전식 태양광발전 시설 설치에 따른 농업용 저수지의 수질변화 평가(17년)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수상태양광 으로 인한 차광 구역과 비차광 구역의 수질 특성에 통계적 유의차 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장기적인 수질 모니터링 필요</li> </ul>

[출처: 한밭대학교, 2018년]

## 수상 태양광 쟁점 Ⅲ

이슈 사항	관련 연구	연구 결과	비고
수상생물 군집생태 변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>한밭대학교 : 농업용 저수지 수상태양광발전 시설 설치지역의 어류 군집 특성 조사 (17년)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수상 태양광발전으로 인한 수온과 광량 변화로 인해 국부적·일시적으로 수생생물의 군집이 변화될 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수상태양광 설치로 인해 생기는 환경 변화(일사량 감소 기초 생산량 감소, 미소생태계 형성 등)는 장기적으로 수생생물 군집의 변화를 야기할 수 있음</li> </ul>
수상태양광 의 차광으 로 인한 수질변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>한국화학융합시험연구원 : 태양광 패널 전자파 강도 측정 (12년)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>태양광 발전에서 발생하는 전자파는 세계보건기구(WHO)의 권고 기준인, 인체의 전자파 노출 기준의 20% 미만수준임</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자기장 세기는 변압기로 부터 멀어질 수록 감소</li> </ul>

[출처: 한밭대학교, 2018년]

## 수상태양광의 안전관리

- ❖ 물 위에 계류 혹은 앵커로 고정하면서, 태풍 등의 자연재해로 인해 사고발생 우려
- ❖ 수상태양광 설치대상이 강, 하천, 댐, 저수지, 바다 등이므로 다양한 수면상태에서 물의 유동성, 바람, 부유폐기물, 파도 등이 안전성을 저해하는 요인으로 발생할 우려
- ❖ 수상에서 장기간 발전하면서 생길 수 있는 부식, 용출 등의 신뢰성 우려



朝日新聞 映像報道部 ● @asahi\_photo · 9월 9일  
夕ム水面の太陽光パネルが数十枚燃える / 千葉・市原  
t.asahi.com/wcm4

- 2019년 9월 초에 태풍 파사이(Faxai)로 인해 태양광 모듈들이 파손되면서 화재가 발생한 일본 Yamakura댐(치바현 소재) 수상태양광발전소 사례 (용량: 13.7MW)<sup>22</sup>

# 주민들의 수상태양광 반대

<p>수상태양광 주민반대 보도 사례</p>	<p>충북 서천군 주민들의 반대 시위</p>
 <p>저수지마다 태양광 발전소...주민 반발 고조</p>	
<p>경남 창원군 주민들의 반대 시위</p>	<p>강원 고성군 주민들의 반대 시위</p>
	

## 지자체나 기관별로 규제기준이 다른 경우 있음

### ▶ 지자체별 개발행위허가 조건의 차이

- 수상태양광발전은 수면 위에 설치하므로 토지의 형질변경이 수반되지 않는 것으로 판단해, 개발행위허가의 대상이 아니라고 판단하는 지자체 있음
- 반면 수상태양광발전은 수면 위에 설치되어도 개발행위허가대상이라고 판단하는 지자체 있음
- # 전남 해안군의 경우, 저수지와 호수 등에 설치되는 수상태양광시설에 대한 제한이 없어서 저수지 주변 마을들간의 갈등이 심화되고 있다고 판단하여, 저수지와 호수 등의 수면에 태양광발전 설치하는 것에 대해 개발행위허가 규정을 신설해 규제를 할 예정.  
저수지와 호수는 농업기반시설이므로 규제대상이 될 수 있다는 논거 (뉴시스, 2019년 8월 19일)

### ▶ 지방환경청별 기준의 차이

- 환경영향평가 기준에 따라 수상태양광은 해당 수자원의 만수위 기준으로 태양광발전 설치면적을 5% 혹은 10% 이내로 제한
- 만수위 기준을 적용하는 지방환경청이 있는가 하면, 연평균저수위를 기준으로 적용하는 지방환경청도 있음 => 설치가능용량이 크게 감소
- 만수위 기준 10%로 통일화하기를 요망.



# 변전시설 설치 문제

## ▶ 전기실 설치의 어려움

- 수상태양광은 수면 위에서 발전하고, 인근 산지에 송변전을 위한 전기실을 설치하는 경우들이 많음.
- 해당 산지가 국유림일 경우, 산림청 규제로 전기실 설치가 어려움
- 수상태양광발전용 전기실을 산지에 설치하게 되면 산지전용이 되어서 산지전용허가를 받아야 함. 산지전용허가를 받기 위해서는 해당시설에 연결되는 도로를 만들어야 함. 저수지나 댐 주변의 산지에는 도로가 없는 경우들이 대부분이라 전기실 부지확보를 위한 산지적용이 힘들
- 그간 수상태양광발전용 전기실 설치로 인한 산림훼손이 없었음.
- 따라서 산림청 국유재산관리규정에(국유림 시설설치) 수상태양광에 대한 예외조항을 두어, 수상태양광발전용 전기실의 설치를 허용
- 아울러 산지에 전기시설 설치할 경우 도로확보에 대해서도 예외조항 요망

## ▶ 계통연계에서의 불리함

- 통상 태양광공사 시공 전에 인근 한전지사예 변전소 잔여용량 확인함.
- 그런데 수상태양광의 공사기간이 육상 태양광보다 길어지게 됨  
즉 수상태양광시설이 먼저 착공되었어도 다른 육상 태양광발전소가 먼저 완공되어 변전소의 잔여 용량을 확보하게 되면, 계통연계가 어렵게 됨. 25



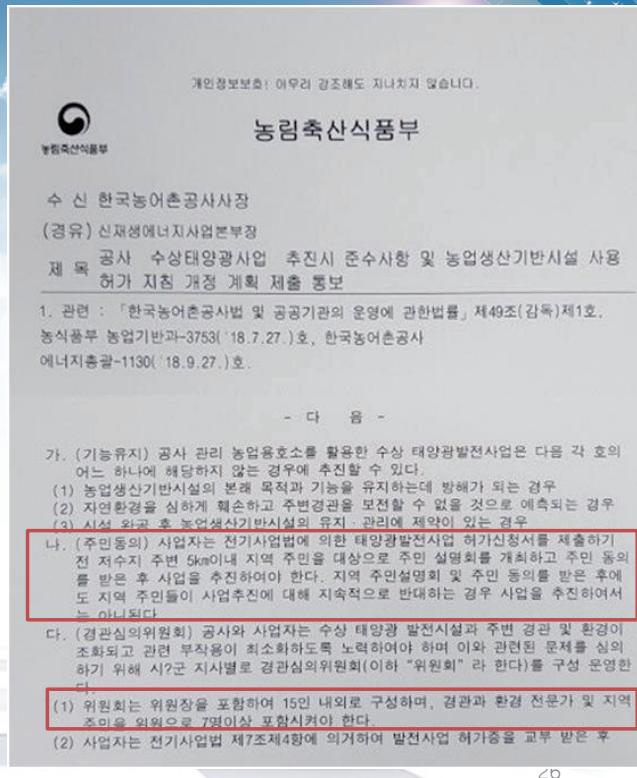
# 사전절차

## ▶ 주민설명회와 동의 요구

- 수상태양광발전을 할 경우, 저수지 주변 5km이내 거주자들을 대상으로 하는 주민설명회 개최와 동의를 요구
- 5km 대상의 주민까지 주민동의를 받는 것은 과도한 부담요소임 (2018년 10월 25일, 한국일보)

## ▶ 경관심의위원회 구성

- 수상태양광발전의 환경조화성을 검토받기 위해, 15인 내외의 경관심의위원회 심의 필요
- 경관심의위원회에 환경전문가들이 필수적으로 배치되나, 에너지 관련 전문가들은 심의위원 구성의 필수참여 대상이 아님. 이에 따라 발전시설의 특성을 고려하지 않고 경관위주로만 심의되는 경우 발생



## 4. 수상태양광 보급 위한 개선방안



**KOPIA** Korea Photovoltaic Industry Association

## 수상태양광발전의 4대 중점 이슈

- 환경재해에 대한 우려
- 홍수 및 태풍, 가뭄으로 인한 안전성 검토 필요
- 규모가 확대될 경우를 대비한 최소한의 규격 제정 필요
- 태형동물에 의한 피해

안전성 측면

수용성 측면

- 친환경적이니 무조건 확대 및 보급해야 한다면 국민들의 반대에 부딪힐 수 있음
- 지역주민들의 충분한 정보 공개 및 설득의 과정 필요
- 국민적 공감대 형성을 위한 장기적이고 지속적인 환경 모니터링이 필요

- 그린과 그린의 충돌
- 녹조 저감의 긍정적 효과
- 넓은 면적으로 설치할 경우 산소공급 등의 순기능 저지
- 어류서식처 제공 및 산란효과
- 장기적·지속적 환경 모니터링이 필요

환경적 측면

경제적 측면

- 안전시설 투자 및 부식방지 비용 등의 기타 부대비용 발생
- 현기준에 경제성이 약하지만 10년~20년 후 대세가 될 것임
- 정부의 선투자 형식으로 지원 우선 고려
- 수상태양광에 관한 시스템 개념까지 함께 수출한다면 국제 경쟁력을 획득 가능

[한국환경정책평가연구원 발표자료, 2015년]

28

# 기술적 접근

## 안전성 확보 기술

- 수상 태양광의 다양한 설치지역별(저수지, 댐, 하천, 강, 바다 등) 특성에 맞는 설계와 시공기술 구현
- 수상에서 발생할 수 있는 다양한 환경변화에 대응할 수 있는 안전성 확보
  - 수면 유동의 변화, 수상에서 부유하는 폐기물에 의한 파손, 파도의 변화, 태풍과 같은 자연변화로 인한 바람, 홍수 등의 재해 영향, 수상태양광과 연계된 수상케이블, 송변전설비 등의 안전성
  - 안정성 기술확보는 수상태양광발전의 해외진출에서 국내 태양광산업의 국제경쟁력 확보로 이어질 수 있음

## 지속적인 모니터링

- 수상태양광발전의 역사가 아직 짧다 보니 수질 및 수생태계 영향에 대해 지속적이고 장기적인 모니터링 필요
  - 장기용출특성
  - 정체수역과 차광 등으로 인한 수질오염 정도
  - 일사량감소, 기초생산량 감소 등으로 인한 수생생태계 구성요소들의 장기적인 군집변화



29

## 수상태양광의 장기신뢰성 확보

◆ 3000시간 이상의 damp heat 테스트에도 안정적인 모듈생산  
=> 수상태양광모듈의 인증조건이 3000시간 이상의 damp테스트 적용할 것으로 예상 (기존 육상 모듈은 1000시간)

◆ 수상 전용 내습 모듈 VS 일반모듈

봉지재	EVA (기존 주류)		Polyolefin	
	BS S11	BS S16	PVM S300F	PVM S250P
제품명	BS S11	BS S16	PVM S300F	PVM S250P
출력량 5000시간	9.9%	10.2%	97%	97.5%
외관 품질				
	Ribbon/busbar 부식	Ribbon/busbar 부식	외관 이상무	외관 이상무

구분	수상전용 모듈	일반 모듈
출력 보증	10년 : 92% 25년 : 85%	10년 : 90~92% 25년 : 80~83%
봉지 접합제	특수 봉지제 (Polyolefin)	EVA
BUSBAR 재질	Pb free	Pb 사용 (납성분 포함)
IP등급	IP67	IP64
절연 등급	> 50MΩ	>40MΩ
수질오염 물질 구성 여부	전혀 없음, 음용수 테스트 통과	EVA에서 알데히드 검출 가능, Bus-bar에서 납성분 검출 가능
고온다습 환경	강함	취약

### ◆ Damp Heat (고습, 고온)시험이란?

수상태양광처럼 고온일 때 습도가 높아지는 환경에서 20~25년 동안 태양광 모듈에 일어나는 현상들을 장시간 관찰할 수 없기에 20~25년이라는 긴 시간의 조건을 3000~5000시간이라는 짧은 시간에 대입시키는 대신 조금 더 가혹한 조건을 부여하여 장기간에 일어날 현상을 짧은 시간 내 판별해 내려는 목적의 테스트임.

테스트 조건은 Damp Heat(85°C, RH 85%), 3000~5000시간.

## 조화로운 보급

### ● 자연경관과의 조화

- 태양광발전시스템으로 인해 생기는 자연환경과의 경관적 이질성이 주민들과 국민들의 수용성을 저해할 수 있음
- 설계, 시공, 설치 등의 전 단계에서 자연경관과 조화될 수 있는 방안과 표준 가이드마련
- 경관에 대해 부정적 영향을 미칠 수 있는 시설은 지양할 필요 있음

### ● 이해당사자들간의 조화

- 사업자, 지역주민, 제조업체, 지자체, 연구기관 등의 관계자 및 그룹이 모두 참여하는 협의체 구성
- 이해당사자들의 협의로 환경적 조화를 구현할 수 있는 가이드라인 구축
- \* 설치뿐만 아니라 운영관리와 사후철거, 재활용 및 재사용 등도 협의

### ● 전력인프라와의 조화

- 안정적인 전력계통 확보와 운영이 가능하도록 계통보강



[출처: KEI, 수상태양광 발전정책 안착을 위한 제언, 2018년]<sup>31</sup>

## 주민수용성 확보

### ▶ 주민과의 이익공유 시스템 구축

- 입지주변 지역주민들과 이익을 공유하는 상생형 사업추진
- 새만금 수상태양광사업의 경우, 전체 사업의 약 30%는 지역주민이 채권투자 형태로 사업에 참여해 이익(예상수익률 7%)을 확보할 수 있도록 사업추진
- \* 에너지경제연구원의 2017, 2019년 조사보고서(신재생에너지 주민수용성 제고방안 연구)에 따르면 안정적 수익이 확보될 경우 태양광사업에 참여하겠다는 의향을 밝힌 농어촌 지역주민의 비율이 67%임

### ▶ 정보유통

- 지역주민들과의 충분한 정보 공유
- 태양광발전에 대한 왜곡된 정보를 바로잡는 교육 및 홍보활동

### ▶ 안전성 확보

- 안전시설 투자, 부식 및 용출방지 등의 신뢰성 확보, 자연재해 대응
- 수상태양광발전시설 운용지침의 제정 및 보완

### ▶ 그린과 그린의 충돌 방지

- 환경단체, 시민단체들의 수상태양광반대에 대한 기술적, 정량적 반론 데이터 확보
- 수상태양광의 해당 지역환경영향성에 대한 협업 모니터링과 검증



32

# 수상태양광발전사업 기본계획 수립

- 수상태양광발전사업 기본계획 수립의 필요성 혹은 기대효과
  - 에너지기본계획, 신재생에너지보급기본계획 등에 맞춰 수상태양광발전 기본계획도 종합적으로 수립해, 이해당사자들의 이해와 동의를 유도
  - 안정성, 환경성, 경제성, 수용성 등을 고려하는 균형잡힌 비전 수립
  - 지역주민참여와 지역주민과의 이익공유를 기본으로 하는 개발계획 검토
  - 환경적 영향을 최소화하는 체계적이고 장기적인 개발전략 수립
    - => 안전하고 환경친화적인 수상태양광발전시설의 상용화와 확대
  - 종합적이고 예측가능한 마스터플랜을 통해 사업자들의 사업타당성 검토, 사업준비와 개발, 입지확보, 투자자 확보를 유도
  - 수상태양광 관련 제품, 시공, 운영, 철거 등의 각 기술을 체계적으로 개발하는 로드맵 구축
  - 중장기적으로 수상태양광발전의 균형적인 입지개발
- \* 분산형 수상태양광과 대규모 수상태양광의 균형적인 개발을 추진



[KEI, 2018년 발표내용 편집]

33

## 감사합니다.





## 발표 2

# 수상태양광 패널 및 전기시설의 안전성

안형근 건국대학교 교수





## 수상태양광 패널 및 전기시설의 안전성

건국대학교 안형근

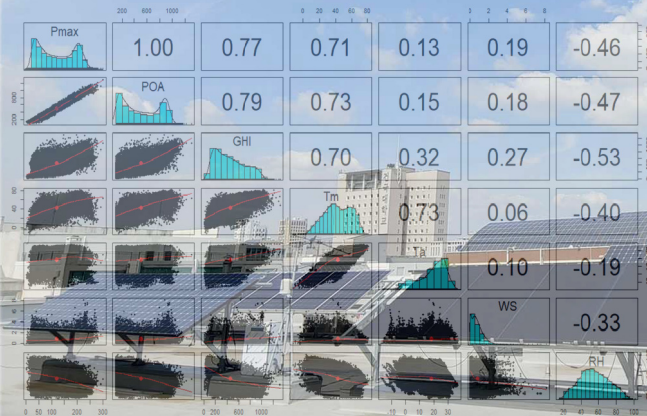
발표에서는 수상태양광의 국내외 역사와 설치비용의 경향을 제시하고 현재 많은 관심이 되고 있는 수상태양광 설비의 기술적 환경적 안전성들에 관련한 사항들을 항목별로 체크해 보고자 한다. 특히 국내에서 많은 연구가 진행되어오고 있는 Pb Free 태양광모듈의 개발 현황과 다양한 형태의 장수명 고출력 태양광 모듈의 현황을 소개하고 검토하고자 한다. 아울러 지속적으로 논란이 되고 있는 태양광 모듈의 유해성 평가와 더불어 모듈 세척의 필요성과 방법을 제시하며, 이러한 기술적인 결과를 바탕으로 주민 수용성을 높이기 위한 관련법과 정책개발의 필요성을 제시하고자한다. 또한 기후 변화와 더불어 엄청난 자연재해의 상황 하에서도 안전성을 확보할 수 있는 시스템 개발의 필요성과 내구성 확보의 당위성을 실험결과를 통해 제시하고자 하며 아울러 중대형 규모의 수상 태양광발전 시설들은 반드시 전기실의 위치에 따라 출력의 손실이 필연적으로 발생함에 따라 그 해결책을 제시하고 향후 기술적으로 선결해야할 항목들을 점검하고자 한다. 또한 많은 관심의 초점이 되고 있는 수상태양광 발전시스템의 항목 중 특히 국내의 개발 현황과 더불어 해외사의 개발현황과 기술적 도전등을 함께 제시함으로써 향후 국내산업이 나아가야할 방향을 제시하고자 한다. 끝으로 내수면 지역이나 저수지등의 수상환경보다도 더 열악한 상황으로 판단되는 해상환경에 적용 가능한 태양광모듈 및 발전 시스템도 함께 소개하고 점검함으로써 향후 기술적으로 우리나라의 수상 및 해상 태양광이 나아가야할 바람직한 방향을 제시하고자 한다.



# 수상 태양광 패널 및 전기시설의 안전성

2019. 09. 27

건국대학교  
안형근 교수



Next Generation Photovoltaic Module & Power System Research Center

## 목차

KU KONKUK UNIVERSITY

- 1 수상 태양광의 역사
- 2 수상 태양광 설비 안전성 관련 이슈
- 3 향후 연구 추진 방향
- 4 결론:수상태양광의 한계와 가능성



# 국내외 수상태양광의 역사



Solar Lily Pads(태양광 수련 잎)  
Glasgow Clyde River (2008.05)



SPG Solar, Napa Valley (2008.06)  
400kW 4.5 M\$(1250만원/kW)



전남 주암 다목적댐 2.4 kW (2009)  
국내최초수상 태양광 실증 플랜트 사업



군산 유수지 18.7 MW (2018.06)  
국내 최대 규모수상 태양광 발전소



합천댐 500 kW (2012.09)세계 최대 규모  
Pb Free 수상 태양광 사업화 모델



미래의 해상도시

# 수상 태양광 설비 관련 이슈



## 2 수상 태양광 모듈

환경 유해성을 고려한 수상전용 모듈 개발

납 성분이 불 포함된 태양광 모듈 사용

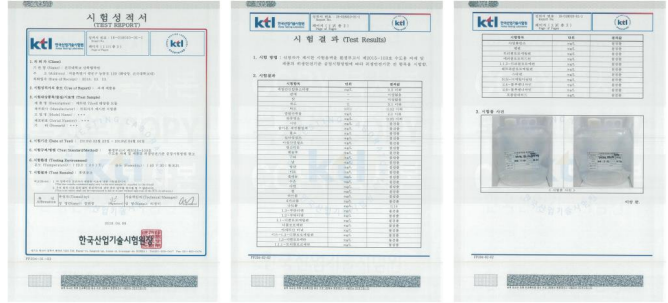
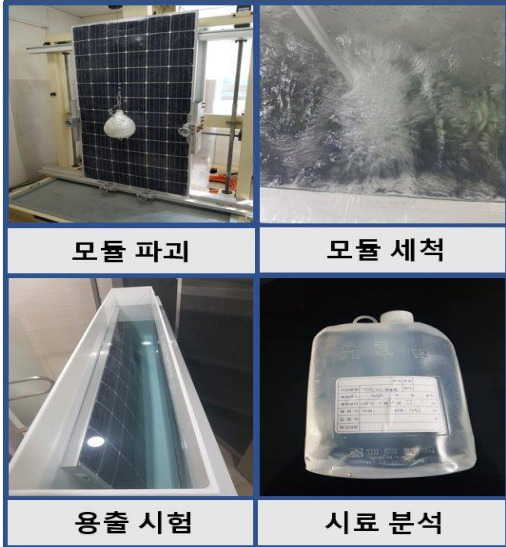


# 수상 태양광 설비 관련 이슈



## 2 수상 태양광용 패널의 안전성

환경 유해성 평가를 위한 수상 태양광 모듈 용출시험



- 6대 유해물질
- 카드뮴 : 불검출
  - 납 : 불검출
  - 수은 : 불검출
  - 6가크롬 : 불검출
  - PBBs : 불검출
  - PBDEs : 불검출

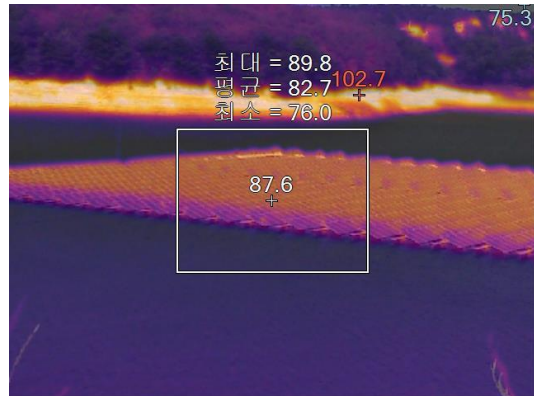


# 수상 태양광 설비 관련 이슈



## 2 수상 태양광용 패널의 Hot Spot

Shading 및 PID를 고려한 모듈출력 관리 필요



국부출력감소 및 조류 배설물 등 Hot Spot에 의한 출력 저하 고장진단 필수



# 수상 태양광 설비 관련 이슈



## 2 수상 태양광 패널 Cleaning?

조류 배설물의 대책 - Wiring 설치 및 국부제거



환경요소를 고려한 태양광 패널 클리닝의 필요성과 방법

# 수상 태양광 설비 관련 이슈



## 2 부력체의 설치 위치에 따른 장단점

	프레임형	일체형
		
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 강재 프레임과 부유체의 구조 역할 분담으로 외력 대응 우수</li> <li>- 구조 안정성 우수</li> <li>- 모듈 설치각도를 0~30°까지 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제성이 우수</li> <li>- 구조체가 부력 하중까지 지지하여 외력 대응에 취약</li> <li>- 모듈 설치각도를 15° 이하 설계</li> </ul>



# 수상 태양광 설비 관련 이슈

## 2 계류 장치 및 시스템 안전성

순간풍속 300km/h를 넘나드는 기후변화에 30년 이상 대응

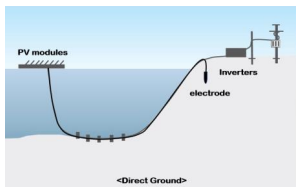


# 수상 태양광 설비 관련 이슈

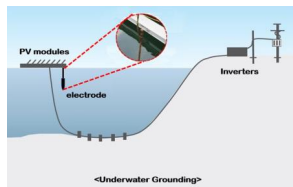
## 2 접지 설비

### ■ 전기설비 기술기준 및 판단기준

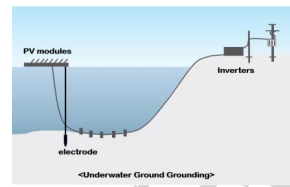
- 전기설비기술기준 제 6조 (전기설비의 접지) → 접지는 대지로 흐를 수 있도록 하여야 한다고 규정되어 있음
- 전기설비기술기준 제 21조 (발전소 등의 시설) 및 제 21조의 2 (발전소 등의 부지 시설 조건)
  - **발전소 등의 부지 시설 조건에서 수상 태양광 발전소 부지 시설 조건에 해당하는 항목 부재**
- 전기설비기술기준의 판단기준 제 2장 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳의 시설 제 44~54
  - **수상 환경을 고려한 별도의 판단 기준 부재**
- 전기설비기술기준의 판단기준 제 7절 수상 전선로 및 물밀 전선로
  - **저수지, 댐, 담수호 환경에 적합한 수상전선로 및 물밀 전선로의 판단 기준 부재**
- 전기설비기술기준의 판단기준 제 3절 제 27조(전로의 중성점의 접지)
  - **수상 환경에 대한 별도의 전로 중성점의 접지 규정 부재**



대지 접지



수중 접지



수중 대지 접지



# 향후 연구 추진 방향

3

## 전기 시설 위치의 중요성

○ 전기변환 설비 위치(케이블 길이)에 따른 전압강하에 의한 손실 추정

■ 하천 저수지 (예시) : **설비 용량이 커질 경우 가정** ※동일 태양광 모듈, 케이블, 배선 가정

설비 용량	200 kW (하천저수지)			2,066.4 kW		
	150 (현)	400	650	150 (현)	400	650
전압강하율-1 (%) (태양광 모듈~접속함)		0.268			0.268	
전압강하율-2 (%) (접속함~인버터)	0.973	2.78	4.598	1.349	3.681	6.123
누적 전압 강하율 (%)	1.238	3.308	4.854	1.613	3.939	6.370
연간 태양광 모듈 발전량 (kWh)		289,080			2,986,774	
연간 전력 손실 량 (kWh)	3,578.8	9,562.8	14,031.9	48,176.7	117,649	190,257.5
연간 전력 판매 손실 (천 원)	609.7	1,629.2	2,390.6	8,208.2	20,043.6	32,413.7



- 발전시간 : 3.96h (PVsyst), SMP : 80.42원 / kWh, REC : 59,956 원/MWh
- 케이블 거리 증가에 따라 200kW 및 2,066.4 kW에서 연간 각 3,562 원/m 및 48,412원/m의 전력 판매 손실 발생
  - 용량차이가 약 10배인 반면, 전력판매 손실 차이가 약 13.6배
  - (접속함-인버터 사이의 케이블에 흐르는 전류 증가에 의해 전압강하 상승)
  - 용량이 커질 수록 전압강하에 의한 손실이 커지므로 더 큰 단면적의 케이블 사용 등 대안이 요구됨

$$e = \frac{35.6L}{1,000A}$$

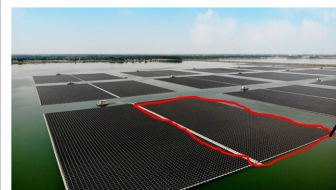


# 향후 연구 추진 방향

3

## 수상 변전실의 필요성

1. Site 주소: Guqiao Town, Fengtai County, Huainan City, Anhui Province(안휘성 화이남시 풍다이하현 구교촌)
2. 용량: 150MW(초기 계획) → 190MW(현재 설계 변경 허가 중), 세계 최대 수상 태양광발전소
3. 건설 현황: 63MW 건설중 → 상압발전 중, 127MW 건설 중

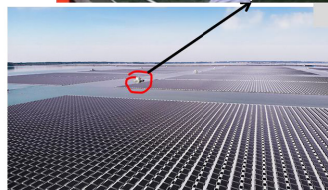
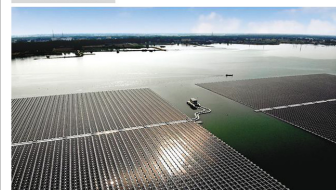


1 Block 용량: 3MW

\* 수심: 4-10m



3MW 수상전기실



여러개소에 케이블을 고정하여 진동에 의한 케이블 연결부위 파손 방지



직상 용변전실 (35kV-110kV)

## 3 초고효율 태양광 모듈

해외사의 기술적 도전

Rated power	380 W (front)
Cell type	monocrystalline / half-cut / PERC / bifacial
Cell efficiency	22.0%
Module efficiency	18.9% (front side)
Short-circuit current	11A
Open circuit voltage	48.8 V
Rated current	10.5A
Rated voltage	40.5 V
Temperature coefficient	-0.37%
Quantity per pallet	26



- 3%~15% more energy generation
- framed design, ease of transportation and installation
- Superior low irradiance performance
- Excellent temperature dependent performance

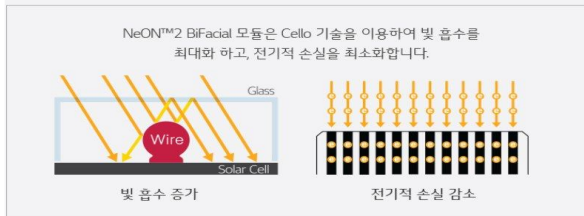


## 3 초고효율 태양광 모듈의 가능성

스트링 기술을 활용한 모듈 디자인

### Cello Technology

NeON™2 BiFacial 모듈은 Cello 기술을 이용하여 빛 흡수를 최대화 하고, 전기적 손실을 최소화합니다.



공칭 최대 출력(W)	410 W
공칭 최대출력 동작전류(A)	9.91 A
공칭 단락전류(A)	10.55 A
작동 온도 범위(°C)	-40 ~ +90 °C
Maximum series fuse rating	20 A

공칭 최대출력 동작전압(V)	41.4 V
공칭 개방전압(V)	49.5 V
모듈 효율(%)	19.8
최대 시스템 전압(V)	1,000 V
Power tolerance(%)	0 ~ +3

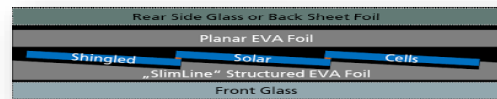


3

## 초고효율 기와형 태양광 모듈의 가능성과 도전



수상 및 해상 적용을 위한 기와형 태양광 모듈 Test Site 가동 중



\*ref) Comparison of Layouts for Shingled bifaciality PV Modules in terms of Power Output, Cell-to-Module Ratio and Bifaciality, 36<sup>th</sup> EUPVSEC

## 4.결 론 (수상태양광의 한계와 가능성)

- 국토 면적 한계 극복을 위한 차별화된 장수명 고효율 태양광 발전 시스템 개발의 중요성
- 환경 문제 우려 해소 및 국내산업 활성화와 수출 산업화를 위한 Pb-free 수상 태양광 패널 개발의 중요성
- 설치 특성상 Cooling Effect 장점 극대화를 위한 고효율 고효율 신개념 태양광 패널 및 부력체 디자인의 중요성
- 수상 태양광 발전 시스템의 전기 안전성 및 경제성 확보 위한 관련 연구의 필요성
- 수상 태양광 발전 시스템의 주민 수용성 확보를 위한 구체적인 기술의 안전성 결과 제시와 더불어 관련법 개정 및 정책개발의 필요성

# No.1 Floating Photovoltaics in the World

*Next Generation Photovoltaic Module & Power System Research Center*

*Welcome to PoF Test Site  
for future Floating and Marine Photovoltaics !*

*Next Generation Photovoltaic Module & Power System Research Center*



## 발표 3

# 수상태양광 환경적 안전성 및 사업추진 시 고려사항

노태호 KEI 선임연구위원





## 수상태양광 환경적 안전성 및 사업추진 시 고려사항

한국환경정책·평가연구원 노태호

- 지속가능발전의 패러다임으로서 국내외의 태양광사업은 빠르게 성장하고 있지만 입지선정 및 환경적 영향 등에 대한 다양한 입장이 상이, 해결방안의 모색이 시급
  - 원자력과 미세먼지 및 지구온난화를 초래하는 화석연료의 문제해결을 위한 태양광·풍력 등의 신재생에너지 전환 시급하나 찬반의 다양한 의견 상충
  - 특히 산지 등 환경이 우수한 지역에 입지할 경우 소위 '녹색 갈등'을 초래할 수 있어 지속가능한 신재생에너지 정책 대안 모색이 긴급
  - 이러한 측면에서 수상태양광 발전은 육상태양광 발전시설의 환경적 문제점을 보완하는 대안으로서 지속가능한 이용을 목적으로 추진 가능
  
- KEI는 이러한 측면에서 세계최초 상용화 수상태양광 발전시설(500kW)이 설치된 합천호에서 2011년부터 2019년까지 총 4회에 걸친 사전예방주의에 입각한 환경모니터링 실시하고 있음
  - 발전시설 직하부와 대조지점 지역 간의 상이한 차이점을 보이지 않아 환경적으로 부정적인 영향은 현재까지 나타나지 않음
  
- 그러나 수상태양광 발전시설의 경우 장기간 사용에 따른 환경적 영향 및 안전성 등에 있어 불확실성이 아직 상존함
  - 과도한 면적의 설치는 환경적으로 부적절한 영향을 초래할 것임을 입증한 다양한 연구결과가 보고되고 있어 전체 수면적 대비 시설설치면적의 적정성 확보를 위한 관리규정의 제도화 필요성이 높음
  - 기후변화에 따른 재해(호우 및 태풍 등)에 대비한 물리적 안전성 확보는 매우 중요한 사안으로 대두(최근 일본의 경우 화재발생)
  - 장기간에 사용에 따른 기자재용출 기인 오염발생 가능성을 사전에 예방하는 친환경 제품의 사용 및 생애주기를 고려한 세부 관리방안의 도입도 시급
  - 국가 중요 수면관리자(한국수자원공사/한국농어촌공사)의 환경성을 우선 시하는 수상태양광 발전방안 원칙 수립 및 이행이 긴급. 따라서 보수적 관점에서의 발전시설 면적 제한(평수위 대비 5% 이하)하고 "안전한 환경관리 기반의 수상태양광 발전시설 상용화"를 핵심가치로 하는 한국형 수상태양광 발전모델 개발로 국제 경쟁력 확보하는 전략이 요구됨
  
- "사전예방주의 원칙"에 입각한 수상태양광 발전시설의 효율적 추진
  - 상수원보호구역 등과 같이 규제성 환경법률로 보호받는 지역은 입지대상에서 제외하고, 법률적 제한을 받지 않는 담수역 활용을 우선적으로 고려
  - 평수위 대비 5% 미만의 설치를 전제로 대규모 "집적화"를 통한 선택과 집중의 사업 추진을 신중히 고려
  - 수상태양광 발전사업의 마스터플랜 수립(산자부)을 통한 전략적 환경평가(환경부)를 시행하고, 지역과 이익을 공유하는 주민참여형 발전방안을 추진



# 수상태양광 환경적 안전성 및 사업추진 시 고려사항

노 태 호

2019. 09



한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

## 내용

- 1 개요
- 2 합천호 수상태양광 환경모니터링 결과
- 3 쟁점사항과 해석
- 4 사업추진 시 문제점과 고려사항
- 4 제언

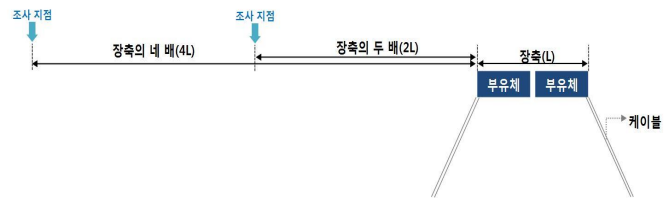
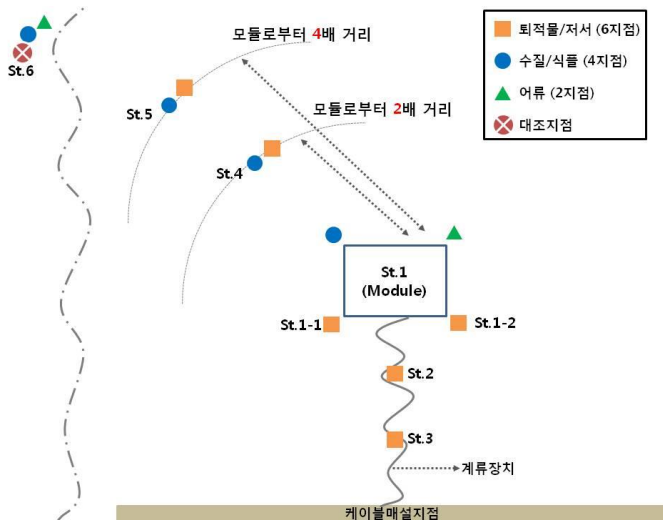
## 관련 연구 현황(KEI 수행)

### 합천호 수상태양광 발전시설(500kW) 환경모니터링 및 관련 연구

- 수상태양광 발전사업의 환경영향분석 및 제도 개선 방안(2011~2012)
  - 수환경 영향분석, 경제성 분석, 관계 법령/제도 현황 및 잠재량, 공청회
- 수상태양광 발전사업 환경모니터링 및 환경적 안전성 검증(2013~2014)
  - 생물상 분석 및 수환경의 이화학적 분석, 기자재용출 및 퇴적물 분석
  - 환경모니터링 가이드라인, 운용 지침 및 체크리스트, 포럼 운용
- 수상태양광 환경협의체 운영 및 환경모니터링(2015~2016)
  - 생물상 분석 및 수환경의 이화학적 분석, 기자재용출 및 퇴적물 분석
  - 환경협의체 (국회 1인, 정부 3인, 학·연구계 4인, 산업계 2인, 시민사회단체 2인)
- 수상태양광 설치에 따른 환경적 안전성 평가(2018~현재)
  - 생물상 분석 및 수환경의 이화학적 분석, 기자재용출 및 퇴적물 분석
  - 관련 법령, 규정 및 지침 검토·분석 및 보완, 모니터링 가이드라인 보완, 포럼운용



## 500kW 발전시설 조사 범위



## 환경모니터링 주요 내용

- ▶ 설치 지점 직하부의 수직, 수평적 수온분포와 이에 따른 표수층 흐름, 성층화 현상, 저층의 혐기화
- ▶ 호소의 수질을 판단하기 위한 관련 법령에서 규정하고 있는 항목 & 기초 이화학적 수질지표에 대한 분석
- ▶ 어류, 식물플랑크톤, 저서무척추동물 등 시설물 주변 수생태계에 대한 영향
- ▶ 시설물의 반사광 발생여부와 조류접근 곤란 등 시설물이 주변 조류에 미치는 영향
- ▶ 수상태양광 수중케이블의 환경적 영향분석을 위한 퇴적물 조사
- ▶ 수상태양광 발전시설 관련 기자재로 인한 용출영향

# 합천호 수상태양광 환경모니터링 결과

## 분석 결과(수질)

	구분	2012, 2014, 2016		2018~19(동계)		영향 유무	비고
		발전시설 직하부 및 영향권역	대조지점	발전시설 직하부 및 영향권역	대조지점		
생활 환경 기준 10 항목 및 수온	수온	4.9~30.9	4.1~29.6	-	-	없음	
	pH(mg/L)	7.32~9.34	7.22~9.47	7.65~7.68	7.69	없음	
	BOD(mg/L)	0.8~1.93	1.2~1.77	-	-	없음	
	COD(mg/L)	1.0~3.6	0.6~3.5	2.2~2.3	2.1	없음	
	TOC(mg/L)	1.51~3.82	1.44~6.12	2.4~2.5	2.4	없음	
	SS(mg/L)	0~2.6	0~2.6	0~1.0	1.0	없음	
	DO(mg/L)	4.96~12.61	5.4~12.20	9.8~10.4	9.9	없음	
	T-P(mg/L)	0~0.06	0~0.06	0.01	0.01	없음	
	T-N(mg/L)	0.53~1.63	0.37~1.64	1.53~1.56	1.56	없음	
	Chl-a(mg/L)	0~16.3	0~10.5	0.8~1.4	0.9	없음	
	대장균군 (균수/100mL)	6~25,000	1~3,100	1.0~2.0	0	일시적	'13. 10

## 분석 결과(생물다양성 및 퇴적물)

	구분	2012, 2014, 2016		2018~19		영향 유무	비고
		발전시설 직하부 및 영향권역	대조지점	발전시설 직하부 및 영향권역	대조지점		
생물 학적 요소	플랑크톤	0.52~2.40	0.41~2.28	분석 중		없음	개체수 현존량 유의미한 차이 없음  *법정보호종(2014, 2016)
	저서무척추 동물	2종(실지렁이, 깔다구류)				-	
	어류	6과 13종*	3과 6종			현존량	
	조류	41종 296개체(12년), 54종 852개체(14년), 50종 850개체(16년)				-	
퇴 적 물	TOC(%)	0.88~2.47	2.14~3.08	분석 중		없음	I~II 등급
	T-N(mg/kg)	0.084~2880	0.258~3500			없음	I~II 등급
	T-P(mg/kg)	571.5~1170.7	876~1098.3			없음	I~II등급
	Cr(mg/kg)	0~34.21	0.6~27.47			없음	I등급
	Cd(mg/kg)	0~1.29	0~1.39			없음	I~II등급
	Cu(mg/kg)	9.6~26.7	16.1~25.2			없음	I등급
	Pb(mg/kg)	17.4~80.9	21.2~46.5			없음	I등급
	As(mg/kg)	0~10.93	2.30~11.69			없음	I등급
	Zn(mg/kg)	63.6~111.1	75.9~114.0			없음	I등급
Hg(mg/kg)	0~0.1	0~0.1	없음	I등급			



## 분석 결과(생물다양성 및 퇴적물)

	구분	2012, 2014, 2016		2018~19(동계)		영향 유무	비고
		발전시설 직하부 및 영향권역	대조지점	발전시설 직하부 및 영향권역	대조지점		
생물 학적 요소	플랑크톤	0.52~2.40	0.41~2.28	0.28~2.75	0.26~1.96	없음	개체수 현존량 유의미한 차이 없음  법정보호종(14, 16년)
	저서무척추 동물	2종(실지렁이, 깔다구류)		-		-	
	어류	6과 13종	3과 6종	1과 3종	1과 1종	현존량	
	조류	41종 296개체(12년) 54종 852개체(14년) 50종 850개체(16년)		26종 313개체		대조지점 조사불가. 16년 동계 대비 19년 4종 증가 119개체 감소	
퇴 적 물	TOC(%)	0.88~2.47	2.14~3.08	2.16~3.31	4.33	없음	I~II 등급
	T-N(mg/kg)	0.084~2880	0.258~3500	0.173~0.305	0.401	없음	I~II 등급
	T-P(mg/kg)	571.5~1170.7	876~1098.3	928~1382	1638	없음	I~II등급(12, 14, 16년) III~IV등급(19년)
	Cr(mg/kg)	0~34.21	0.6~27.47	24.1~34.7	23.4	없음	I등급
	Cd(mg/kg)	0~1.29	0~1.39	0	0	없음	I~II등급(12, 14, 16년) I등급(19년)
	Cu(mg/kg)	9.6~26.7	16.1~25.2	10.2~14.1	17.5	없음	I등급
	Pb(mg/kg)	17.4~80.9	21.2~46.5	18.4~24.3	21.8	없음	I등급
	As(mg/kg)	0~10.93	2.30~11.69	7.1~11.1	12.2	없음	I등급
	Zn(mg/kg)	63.6~111.1	75.9~114.0	91~113.3	109.7	없음	I등급
Hg(mg/kg)	0~0.1	0~0.1	0	0	없음	I등급	



## 분석 결과(기자재 용출)

▶ 수도법 위생안전기준에서 규정하는 44개 항목

구분	기자재			분석 시편	기준 이하 검출항목
	부력제(FRP)	수중케이블	구조체(알루미늄)		
2012	불검출 또는 기준 이하	불검출 또는 기준 이하	불검출 또는 기준 이하	시제품	4개 (아연, 구리, 나트륨, 과망간산 칼륨소비량)
2014	불검출 또는 기준 이하	불검출 또는 기준 이하	불검출 또는 기준 이하	시제품(부력제, 구조체) 침수시편(수중케이블 교체)	9개 (불소, 아연, 나트륨, 망간, 증발잔유물, 과망간산칼륨소비량, 색도, 탁도, 잔류염소 감량)
2016	불검출 또는 기준 이하	N/A	불검출 또는 기준 이하	침수('15.8 부력/구조; '16.3 수중) 시편	7개 (셀레늄, 불소, 나트륨, 증류잔류물, 과망간산칼륨소비량, 탁도, 잔류염소 감량)
2018~19	분석 중			침수시편	-

2015



2019



## 소결 및 함의

2012년 이후 3~4차례에 걸친 환경모니터링 결과,

- ▶ 수질 및 퇴적물시료는 발전설비 설치지점의 결과가 영향권역지점 및 대조지점들과 유의성 있는 차이가 나타나지 않음
- ▶ 식물플랑크톤과 저서무척추동물의 결과 또한 설치운영에 따른 부정적 영향이나 유의미한 차이점 없는 것으로 평가됨
- ▶ 어류의 경우, 구조물 하부에서 치어 및 이를 먹이로 하는 어종들까지 비교적 다양한 어류가 서식하는 것으로 나타남
- ▶ 합천댐 일대의 조류(새)는 수상태양광 시설에 따른 영향을 거의 받지 않는 것으로 분석됨
- ▶ 기자재 용출실험 결과 대부분 항목이 불검출 되었으며 일부 검출된 항목은 기준값 이하의 수치를 나타냄

## 소결 및 함의

- ▶ 기자재 용출에 있어 사전예방주의 원칙에 입각하여 가장 엄격한 기준을 적용
  - 위생안전기준은 모두 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙(환경부령 제792호) 먹는물 수질기준에 근거하고,
  - 수질오염 배출허용기준은 물론이고, 먹는물 수질기준보다 약 10배 정도 강화된 기준을 적용

항목	위생안전기준 <sup>1)</sup>	먹는물 수질기준 <sup>2)</sup>	수질오염 배출허용기준 <sup>3)</sup>	단위
비소	0.001	0.01	0.05	mg/L 이하
구리	0.1	없음	1	
아연	0.1	3	1	
나트륨	20	없음	없음	
셀레늄	0.001	0.01	0.1	
불소	0.15	1.5	없음	
염소이온	25	250	없음	
과망간산칼륨 소비량	1.0	10	40 (COD)	
잔류염소의 감량	0.7	4.0	없음	



1) 수도권 시행령 (별표 1의 2) 위생안전기준  
 2) 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙(환경부령 제792호) [별표1] 먹는물 수질기준  
 3) 물환경보전법(환경부령 제745호) 제34조 [별표13] 수질오염물질의 배출허용기준

## 소결 및 함의

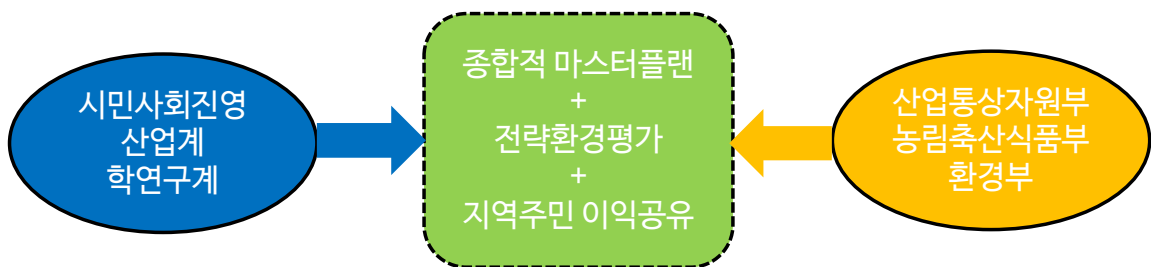
- ▶ 외국에 비해 높은 수준의 환경기준을 적용하고 있고, 수상태양광 발전사업 환경성평가협의지침( '16. 12)은 육상태양광보다 먼저 제정
  - ➔ 상대적으로 조밀한 초기 관리 및 고도의 환경기준 적용
- ▶ 수자원공사에 우선 엄격하게 적용되었으며, 농어촌공사 저수역 발전시설은 수질기준이 다르다는 이유로 이완된 기준 적용
  - ➔ 수면관리자인 공기업의 최우선 목표는 효율적 통합물관리 체계 정착
  - ➔ 용수 간 상이한 수질기준을 고려하더라도 엄격한 환경관리는 사업추진의 전제사항
- ▶ 사업시행 초기 사전예방주의 원칙에 입각한 가이드라인 및 환경기준의 탄력적 개선
  - ➔ 환경평가 협의지침, 기자재 용출 기준 등 전문가 의견을 고려 할 필요성 대두



# 쟁점 사항과 해석

## 쟁점사항 1, 2

- 쟁점 1: 정부부처의 시각과 산업계 입장 간의 온도차

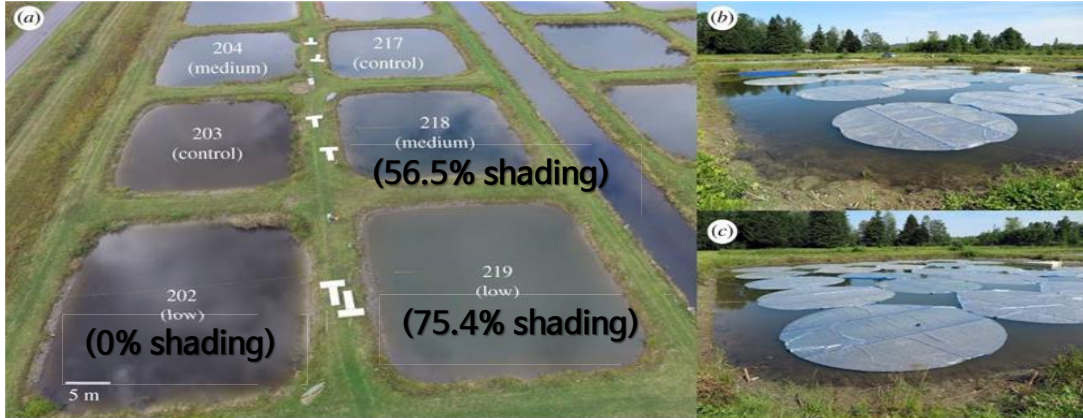


- 쟁점 2: 한국농어촌공사의 기 임대시설 관리 및 과도한 설치면적 적용 가능성
  - 수면임대는 5년 후 1회 연장, 수익성 확보(20년 이상)에 애로사항 발생
  - 시설 노후와 관리상의 문제를 책임질 주체가 불명확해질 가능성
  - 과도한 면적 적용 시 환경적 문제 발생 소지 및 주민수용성 저하 여지

### 쟁점사항 3

■ 쟁점 3: 발전시설의 조류발생 가능성

- "A shady phytoplankton paradox: when phytoplankton increases under low light" Masato Yamamichi 등 2018을 인용



Each pond is 0.09 ha surface area (30 × 30 m) with a 0.04ha central deep area (20 × 20 m) at 1.5 m depth

→ 수상태양광 발전시설 입지역과 비교하여 과도한 인공환경 및 설치면적

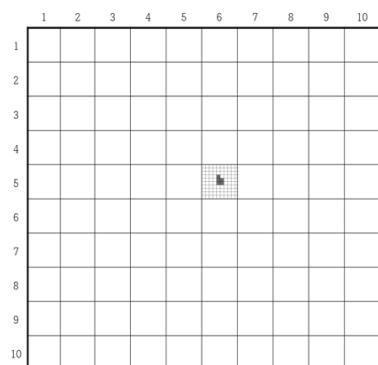
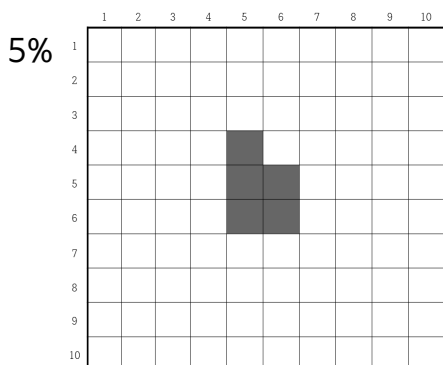
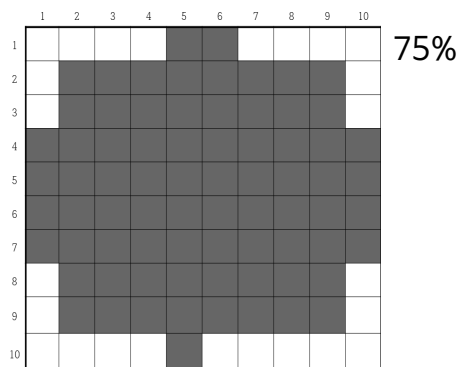
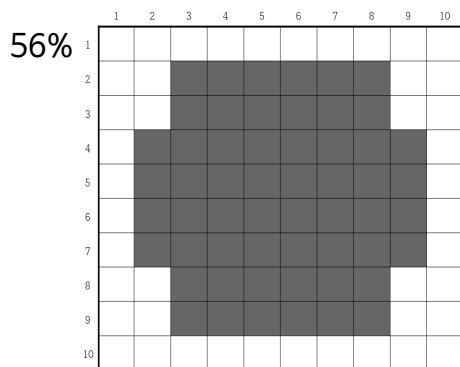
→ 환경영향평가 시 관리되는 설치면적비(5~10%)와 현실적으로 비교 불가



한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

→ 발전시설물 빛투과율이 50% 이상임을 고려할 때 실질적인 빛차단 면적은 반감

### 쟁점사항 3



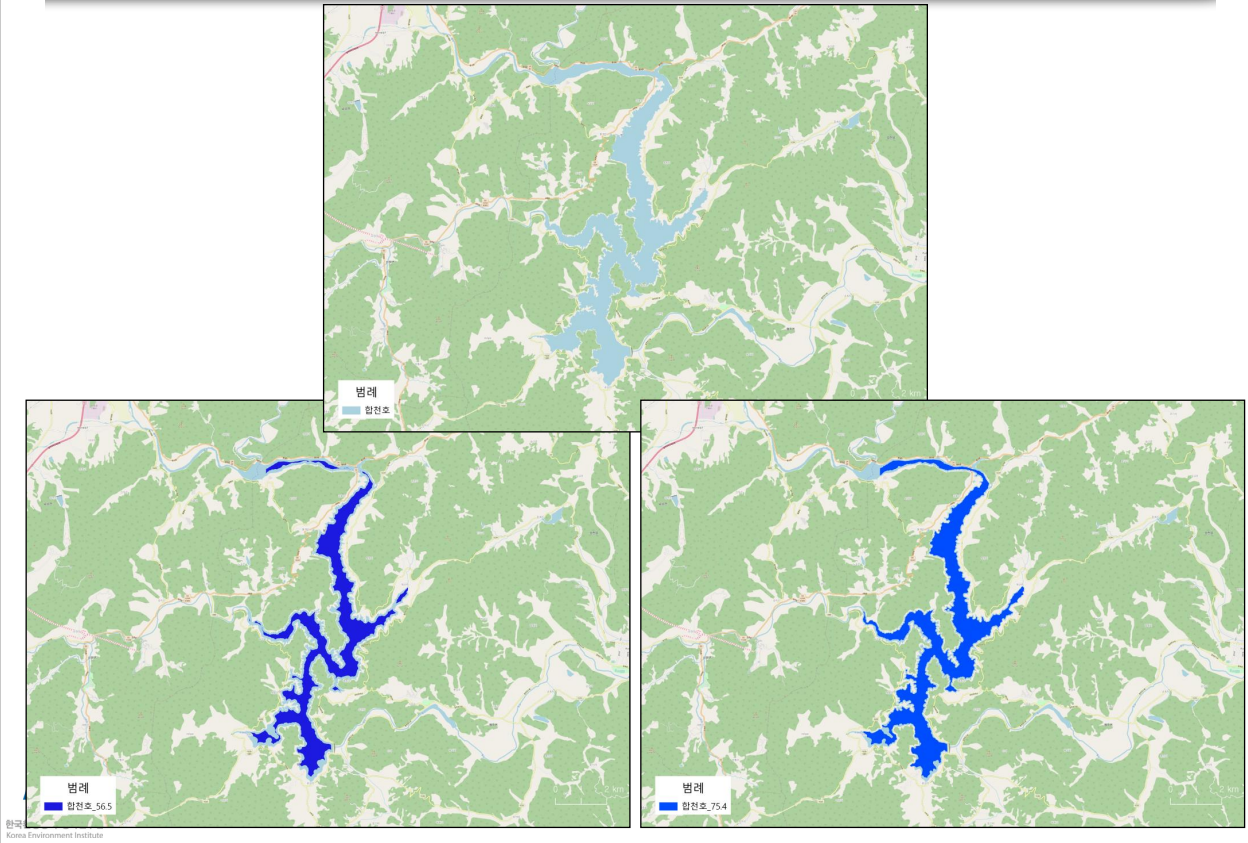
홍수위 대비  
합천호 0.03%  
충주호 0.04%

평수위 대비  
합천호 0.045%  
충주호 0.06%



한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

## 합천호 Covering area



## 쟁점사항 3(일본 사례)

### 가와지마 수상태양광 발전시설(8MW)

- ✓ 세계 최대 상용시설(2015년 당시)
- ✓ 수상태양광 발전시설은 유수지의 총 면적의 약 60%
- ✓ 프랑스 Ciel & Terre사의 제품, 수상태양광 시설 판넬에서 유해물이 발생하지 않는다는 영국과 일본에서의 결과를 수용하여 수질관리조합에서 허가
- ✓ 수질검사는 시에서 1회, 회사에서 1회 실시하여 연 2회를 정기적으로 시행
- ✓ 개별법에 위배되지 않으므로 환경영향평가를 실시하지 않음
- ✓ 운영기간은 20년이며, 운영 시기가 종료 시 사업자가 시설물을 철거 원상복구
- ✓ 안전 관리 측면에서 자연재해 등의 피해에 대비하여 사업자가 관련 보험에 가입



### 쟁점사항 3(일본 사례)

- 일본 내 수상태양광 발전사업은 소규모를 지향하는 방식으로 진행
  - 육상태양광은 포화상태이며 이러한 상황에 대한 국민적 공감대가 형성되어 있어 일본의 수상태양광 발전시설은 환경에 민감한 입지역이 아닌 소규모 저수지를 중심으로 확산
  - ➔ **인허가를 포함한 일본의 수상태양광 발전사업의 추진과정은 이러한 측면에서 우리나라의 경우와 차이점을 지님**
- 일본의 경우 환경적으로 민감한 저수역을 피해 입지역으로 선정, 환경영향평가 시에 논란이 유발되거나 사업 추진이 지연되는 경우가 거의 발생하지 않음
- 환경 및 안전상의 문제 발생에 대해서는 충분한 대책을 사업자에게 요구함으로써 “사업자 책임제”를 구현하여 공공수역에 대한 안전한 이용을 촉진
  - 운영과정에서 지자체와 주민이 참여하는 환경협의체 운영
- 향후 수상태양광 시장이 지속적으로 확대될 경우 가까운 장래에 상당한 수준의 규제가 제도적으로 마련될 가능성이 높다는 것이 현지 관계자의 전망
- 일본의 경우 안전성 측면에서는 아직 개선할 여지가 높으며 수질의 관리는 농공용수의 관리 기준에 국한된 한계점을 지님
  - ➔ 따라서 국내에서 논쟁이 되고 있는 안전한 음용수의 확보와 상수원수의 보전을 위한 체계와는 거리가 먼 시설 및 관리수준



### 쟁점사안 4

- **쟁점 4: 물리적 안전성과 생태독성**
  - 2012년 8월 합천호에 영향을 미친 ‘BOLAVEN’ 순간 최대풍속 36m/sec
    - 수상태양광 발전시설은 고장이나 문제 발생 없이 견뎌냄으로써 자연 재해에 대한 안정성 입증
  - 기자재가 접하고 있는 퇴적물을 대상으로 수중생물인 깔따구(*Chironomus riparius*) 위해성 평가결과 생존율 100%
    - 세포 조직기형성 평가 (핵, 위심막, 미세용모, 미토콘드리아, 세포연접) 결과 모두 정상으로 나타남

〈수상태양광 퇴적물에 대한 *Chironomus riparius* 생존율 평가〉

Hours of exposure	Survival rates (%)	
	수상태양광 설치지점 퇴적물	대조구 퇴적물
24	100	100
48	100	100
72	100	100
96	100	100
120	100	100
144	100	100



# 사업추진 시 문제점과 고려사항

## 사업 추진의 문제점과 고려사항

### 1. 수면적 대비 발전시설 설치면적의 적정성 확보

- 전체 발전시설물의 규모는 저수면적의 규모에 따라 5%~10% 이내 범위에서 제한하는 것이 바람직
  - 일본의 경우 과도한 수면적 점유에 의한 환경적 문제 발생의 잠재성이 높은 점은 이를 반증
- 한국수자원공사가 관리하는 담수역의 경우 대규모적인 성격임을 고려할 때, 타 저수역에 비해 보다 보수적인 기준의 설정이 필요
  - 전체 수면적 대비 시설물의 면적은 5% 이하로 설정하는 것이 타당
  - 시설물 설치면적을 ① 연평균 기준 수면적, ② 만수위 기준 수면적, 및 ③ 연간저수율 기준 대비 수면적 비율을 각각 비교.평가하고 이중 가장 보수적으로 접근
- 한국농어촌공사의 경우 저수지의 규모가 매우 다양하여 일정 규모(30만톤) 이상의 저수역 활용을 유도
  - 입지역의 규모를 고려한 탄력적인 설치면적 비율을 전술한 적정 범위 내에서 고려

## 사업 추진의 문제점과 고려사항

### 1. 수면적 대비 발전시설 설치면적의 적정성 확보

- 태양광의 수면투과를 감소시키는 환경적 영향을 유발, 이러한 영향이 과도하거나 집중화되지 않도록 시설 유닛을 분산, 배치시키는 방안 필요
  - 계획된 시설물의 규모와 수량을 확인하고 각 시설물의 단위 유닛의 구조를 고려하여 각 유닛의 수면적 점유율을 조정
  - 가장 보수적인 환경상황에서 수면적 대비 기준 유닛의 최대 크기가 전체 수면적의 1%를 넘지 않도록 계획을 수립
  - 각 유닛간의 간격은 유닛 각축(가로, 세로) 연장길이의 50%이상에 해당하는 거리로 이격

### 소형 저수지 내 과도한 면적의 발전시설 설치 영향



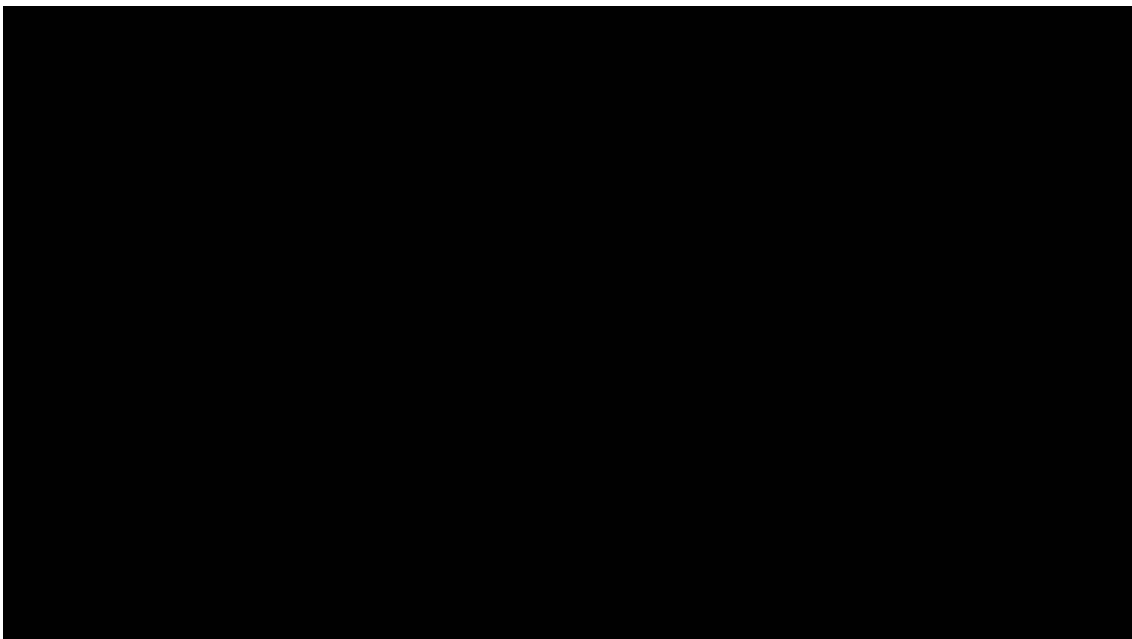
## 2. 물리적(태풍 등 재난) 안전성 확보



일본 이치하라시 야마쿠라댐 화재: 2019년 15호 태풍 파사이 (최대풍속 21m/s)



## 2. 물리적(태풍 등 재난) 안전성 확보



합천호: 2012년 블라벤(최대풍속 35.6m/s)



## 2. 물리적(태풍 등 재난) 안전성 확보



보령댐: 2019년 13호 태풍 링링(최대풍속 25.6m/s)

## 사업 추진의 문제점과 고려사항

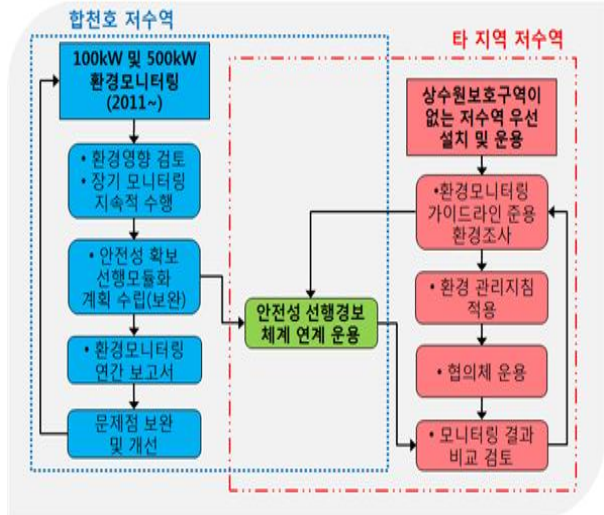
### 3. 기자재 용출 등 생애주기를 고려한 관리 방안 수립

- 전 과정 관리방안에 있어 사전예방주의원칙에 의거한 엄격한 계획의 수립
  - 선행된 연구에서 도출된 수상태양광 발전시설 환경관리 운영지침(안)을 기반으로 개별입지역에 대한 세부 지침 적용
- 중금속 등 유해물질을 포함하지 않는 친환경 부품의 사용과 부품별 사용연한 및 내구성 차이를 고려한 관리 방안의 수립
- 수상태양광 발전시설은 최소 20년을 상정하고 있어 장기간에 걸친 관리의 적정성 확보가 필요
  - 용출실험을 위한 기자재의 시편 침수 및 용출시험 공정의 규격화 필요
- 장기 운용에 따른 수상태양광 구조체의 파손 및 훼손 등에 의한 사고에 대응 메뉴얼 개발
  - 행동요령을 관련자를 대상으로 하는 교육훈련계획을 수립 시행
  - 사용연한 이후 시설물의 해체 및 폐기에 관한 계획을 수립

## 사업 추진의 문제점과 고려사항

### 4. 환경공시제도의 도입과 사전경보체계 활용

- 시설물에 대한 장기적인 모니터링을 지속적으로 가이드라인에 따라 실시를 전제로 한 **수상태양광 환경공시제도 도입**
  - 불필요한 환경적 논란을 경감하고 운용의 신뢰성 및 투명성 확보
- 현재 환경적 영향이 없는 것으로 나타난 합천호 수상태양광 발전 시설물을 타 지역 후발 설치 수상태양광 발전시설물의 “**사전경보(예보)장치**”로서 활용 전략
  - 여러 차례에 걸친 현지조사에 기반한 모니터링 결과를 토대로 7(~8)년을 앞선 “**사전예방의 모듈**”로서 활용
  - 합천호 시설의 환경적 안전성 문제 발생 시 후발 시설물에 대한 보강, 보완 또는 폐쇄 등을 고려



## 사업 추진의 문제점과 고려사항

### 5. 주요 수면관리자인 공기업의 패러다임 전환

- 음용수의 환경안전성을 우선 시 하는 패러다임 강화 및 통합물관리 시대에 부합하는 수면관리자로서의 공사 역할 개선
  - 우리나라 수면관리자 중 가장 중요한 기능을 수행하고 있는 한국수자원공사 및 한국농어촌공사의 ‘**선 수환경성 제고**’ ‘**후 발전시설 효율성 확보**’라는 일관된 전략 수립과 이행계획 필요
    - 한국수자원공사의 경우 발전시설 면적 제한하여 평수위 대비 5% 이하로, 한국농어촌공사의 경우 30만톤 이상 저수지(총 3,630개소 중 1,302개소: 약 7만ha 해당)에 국한하여 10% 이내로 설치하는 방안을 도입
  - “안전한 환경관리 기반의 수상태양광 발전시설 상용화”를 핵심가치로 하는 “한국형 수상태양광 발전모델” 개발로 국제 경쟁력 확보
- 정부의 제도적 개선과 함께 이에 대한 이해당사자들의 의견이 효과적으로 환류 될 수 있는 거버넌스 기능의 유지
  - 상수원보호구역으로 지정된 공간역을 제외한 담수역의 수상태양광 발전시설 설치에 포괄적 이해당사자와 계획 적정성 및 입지 타당성을 논의

# 제언

## 제언

### 사전예방주의에 입각한 집적화 및 지역 주민과의 이익공유

- 상수원보호구역 등과 같이 규제적 환경법률로 보호받는 지역은 입지대상에서 제외하고, 법률적 제한을 받지 않는 담수역 활용을 우선적으로 고려
  - 사전예방주의 원칙에 입각한 관리 철학 필요
    - ∴ 수상태양광은 육상태양광 발전시설의 **환경적 취약성을 보완하는 대안으로서 인정가치를 지닌다는 전제**에서 출발
    - 5% 미만\*의 대규모 “집적화” 를 통한 선택과 집중의 사업 추진을 신중히 고려
      - 한국수자원공사의 경우, **댐 내 원수를 취수하지 않는 댐**(안동댐, 군위댐, 충주댐, 합천댐)에 **대규모 시설로 입지하는 방안**을 우선 검토
        - \*평수위 대비 5% 미만의 설치면적, 수질개선 및 관리 강화 병행 필요
- 지역과 이익을 공유하는 주민참여형 발전방안을 적용
  - 차입금형 특수목적법인(SPC), SPC 주민지분참여형, 협동조합형, 시민펀드형 등을 모색

## 제언

### 시민사회단체, 학연구계 및 산업계가 공감하는 수상태양광 발전사업의 마스터플랜 수립을 통한 전략적 환경평가 시행

- **수상태양광 발전사업 개발기본계획을 국가가 종합적으로 수립하면** 체계적이고 종합적인 사업 추진 가능
  - 산업통상자원부가 중심이 되어 환경부 및 농림부와 유기적으로 추진되어야 할 사항
  - 한국수자원공사 및 한국농어촌공사의 관할 담수역에서의 발전시설 설치, 운영, 사후철거를 종합적으로 관리하는 내용을 포함
  - 지역 주민 이익공유를 위한 종합적 계획 및 친환경성과 지속가능성 완성도를 제고
- **수상태양광 종합발전계획에 대한 전략환경영향평가를 실시하여** 객관적인 평가 가이드라인을 엄격히 적용하고 **사후환경영향조사를 강화**
  - 환경부가 중심이 되어 추진되어야 할 사항
  - 환경영향평가 효용성 확보 차원에서 평가대상 태양광 사업 규모를 현재 100MW 이상의 평가 대상사업 규모를 강화(10MW 이상 등)
  - 환경관리 운영지침을 포함하는 사후환경영향조사를 강화하여 운영 중 생애주기를 고려한 관리방안을 제도화
  - 발전시설 운용협의회 구성을 통한 거버넌스 운영 및 감독 방안 포함

# 감사합니다.

## Session 4

### 종합: 재생에너지 보급의 지속가능한 추진 전략

발표 1 | 지자체 주도형 계획입지 필요성 및 도입방안  
박성우 한국에너지공단 실장

발표 2 | 재생에너지 사회적 수용성 제고 방안  
이유진 녹색전환연구소 연구원

발표 3 | 재생에너지 발전사업의 환경평가 현황 및  
추진 방향  
이영준 KEI 선임연구위원



# 발표 1

## 지자체 주도형 계획입지 필요성 및 도입방안

박성우 한국에너지공단 실장





## 지자체 주도형 계획입지 필요성 및 도입방안

한국에너지공단 박성우

에너지 안보와 기후변화 대응, 새로운 미래 산업 육성과 같은 국가적 과제를 해결하기 위해 세계 각국은 재생에너지 보급 확대에 나서고 있다. 우리나라도 이미 오래전부터 재생에너지 보급을 위해 노력해 왔고, 최근에 와서는 그 노력을 가속화하고 있다.

2017년 12월에 재생에너지 3020 이행계획 발표 이후, 2018년부터 2019년 상반기까지 보급된 재생에너지 발전설비 규모는 4,583MW로서 보급 목표를 1.5배 이상 초과 달성하였다.

이러한 과정에서 입지 선정, 지역상생 등과 관련하여 사회적 갈등이 발생하는 경우도 있다. 이에 정부에서는 지자체가 주도하고 주민이 참여하는 재생에너지 보급 정책을 활성화하고자 계획하고 있다.

대표적으로는 수용성과 환경성을 고려하여 사업부지를 계획적으로 조성하기 위한 계획입지 제도를 도입할 필요가 있다. 계획입지 제도는 마을공모 방식 등을 통해 지자체가 부지를 발굴하면 전략환경영향평가, 타당성조사 등을 통해 발전지구로 지정을 하여 사업자를 공모로 선정하고 환경영향평가, 각종 인허가 등을 거쳐 사업 시행을 하는 절차로 이루어져 있다.

지자체 주도로 발굴한 부지에 대해 입지 적정성을 사전에 검토하여 사업자에게 부지를 공급함으로써 주민 수용성과 대규모 재생에너지 사업의 원활한 추진이 가능하게 될 것이다.

2019년 하반기에는 한국에너지공단 내에 풍력발전 추진지원단을 신설하여, 풍력발전 사업 타당성조사, 사전 환경성 검토와 인허가 획득, 사업 개시후 단지 운영과정 등 풍력사업 추진 전 과정을 지원할 예정이다. 특히 주민 수용성 확보를 위해 주민 참여형 사업을 확대하고 지분투자, 시설기부 등 다양한 모범사례를 만들어 확산할 계획이다.



재생에너지 3020 이행을 위한  
지자체 주도형 계획입지 필요성 및 도입방안

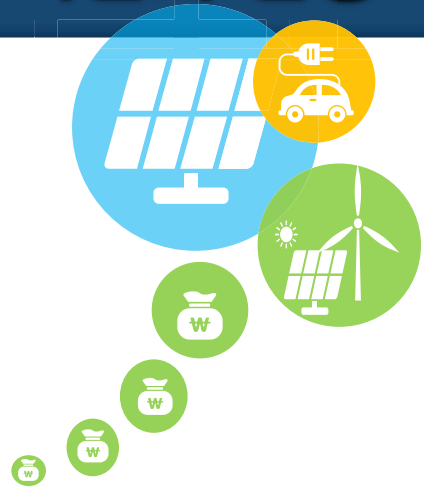
2019. 9. 27

 한국에너지공단  
신·재생에너지센터

목 차

- 1 태양광 · 풍력 보급 확산과 갈등
- 2 지자체 · 주민 주도형 3020 정책
- 3 지자체 주도형 활성화 방안
- 4 지자체 보급계획 수립과 협업

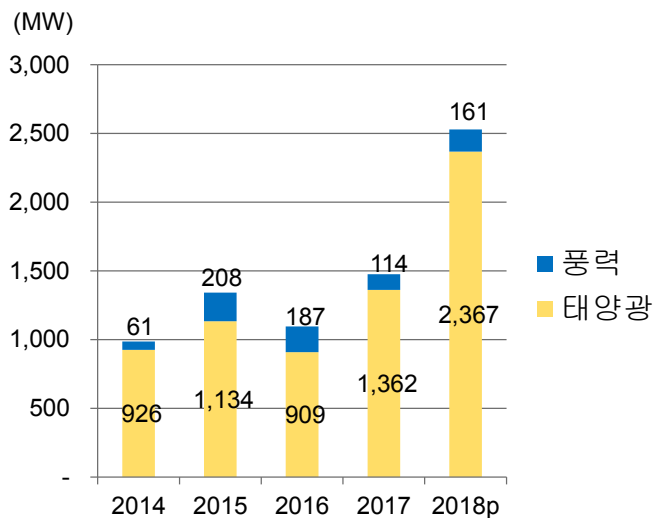
# 1 태양광 · 풍력 보급 확산과 갈등



## 1. 태양광 · 풍력 보급 현황과 갈등

### 태양광 · 풍력 발전설비 보급 현황

■ 現 정부 출범('17.5)이후 전 국민적 기대감 높아져 태양광 중심 보급 급격히 확대



【 연도별 태양광 및 풍력 신규설비용량 】



# 1. 태양광 · 풍력 보급 현황과 갈등

## 재생에너지 발전설비를 둘러싼 갈등의 쟁점과 원인

무분별한  
입지 선정

- 산림 훼손, 진입도로, 송전선로공사로 인한 지형변화
- 산사태 등 재해위험
- 보전지역 우수생태계 훼손

제도 미비  
변칙 활용

- 형식적인 주민의견수렴절차
- 소규모 난개발 규제 장치 미흡
- 부지조개기로 환경성평가 회피

지역 상생  
개념 부재

- 외부 발전사업자의 일방적인 발전단지 조성
- 지역상생과 무관 - 발전수익의 외지인 독점
- 대규모발전단지 중심

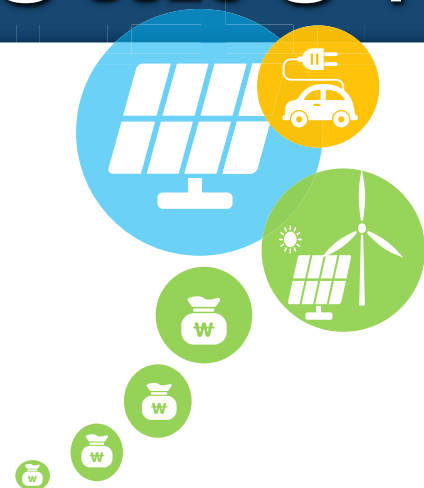
갈등 해결  
기구 부재

- 재생에너지에 대한 인식과 정보 제공 부족
- 지자체 행정력 미비
- 주민과 발전사업자 갈등중재조직 부재

보급확대 따른 사회적 갈등 現 실태파악 ➡ 해소 대책마련 시급

- 5 -

## ② 지자체 · 주민 주도형 3020 정책



## 2. 지자체 · 주민 주도형 3020 정책

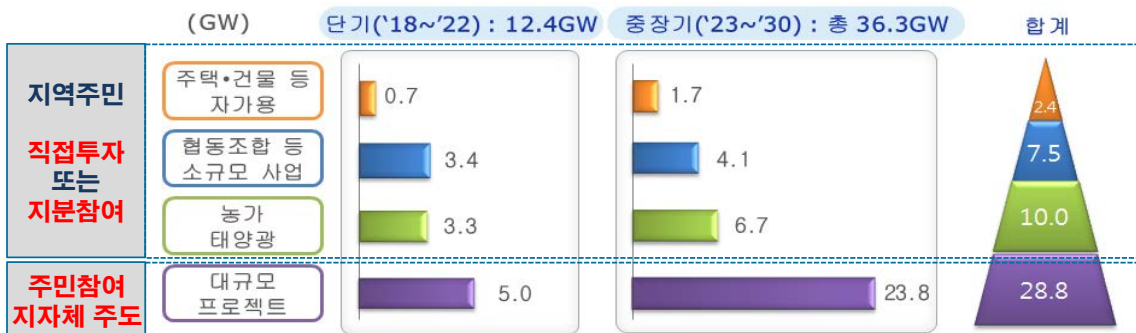
2030년 재생에너지 발전량 비중 20% 달성(신규용량 48.7GW)

**95% 이상**  
**태양광 · 풍력**

태양광 : 5.7GW (2017년) ➔ 30.8GW (신규)

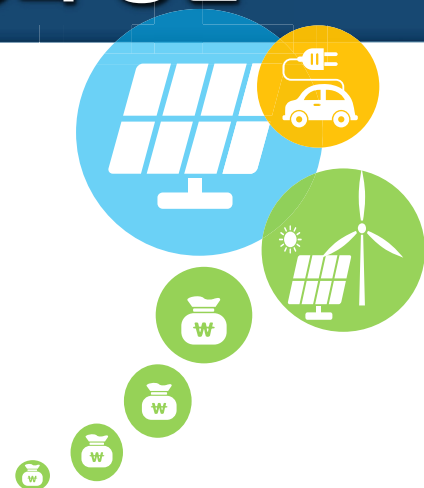
풍 력 : 1.2GW (2017년) ➔ 16.5GW (신규)

### “지역주민 · 지자체 주도형 보급촉진 정책”



- 7 -

## ③ 지자체 주도형 활성화 방안



### 3. 지자체 주도형 활성화 정책 방안

#### 지자체 및 지역주민 참여 확대

- REC 가중치 적용 확대 (지역주민 +20%, 지자체 +10%)

#### 지자체 주도형 『계획입지제도』 도입

- 여기구 의원 입법발의(12/27) 및 제도운영 세부절차 마련 중

#### 주민 참여형 대규모 프로젝트 추진

- 총 16개 社 중심, 전국 127개 프로젝트 (총 22.5GW) 진행 중

#### 지역 환경을 고려한 재생에너지 확대

- 갈등요인 선제적 해소(사회적 갈등 T/F 가동 중), 도시형 태양광 등 확대

#### 지자체 역량 강화 지원 (전환 : 보급의 조력자 → 주체자)

- 조직·인력보강(행안부 협조), 중장기 보급계획 수립, 정부합동 협의체 가동 중

#### 지자체 지원시스템 구축 및 홍보 강화

- 전국 통합 관리(사업허가) 온라인 시스템 구축(입력·처리·조회·분석·개선)

#### 에너지공단내 풍력발전 추진 지원단 신설

- 사업 타당성 조사, 주민수용성 확보, 환경성, 인허가 및 운영 지원 등

- 9 -

### [지자체 주도형 계획입지제도 도입]



한국  
(제주도)

- 2030년 까지 100% 신.재생에너지로 공급(육상 350MW, 해상 2GW 신규설치)
- 계획입지제도(2011년): 후보지 공모 → 신청(마을) → 타당성조사 → 후보 선정 → 지구지정 신청 → 심의(도청) → 심의(도의회) → 고시 및 공고(도청) → 기본설계 및 인허가 이행 → 사업자 공모 및 선정 → 전기사업허가·개발행위허가 신청(사업자) 및 승인 → 착공(사업자)



네덜란드

- 2023년까지 전력생산의 16% 재생에너지로 공급 (해상 3.5GW 신규설치)
- 계획입지 제도(2013년): 지구 지정(정부) → 예비조사·단지설계·환경영향평가 → 계통연계 설계(송전망사) → 자료 공개 및 사업자 간담회 → 부지 확정(정부) → 사업자 선정 → 착공(사업자), 계통연계 지원(송전망사)



덴마크

- 2020년까지 전력수요 50% 풍력으로 공급(육상 1.8GW, 연안 0.4GW, 해상 1GW)
- 계획입지 제도(2009년): 지구지정(정부) → 예비조사, 계통연계 설계, 환경영향평가(송전망운영사) → 자료 공개 및 사업자 간담회 → 입찰 → 사업자 선정 → 착공(사업자), 계통연계 지원(송전망운영사)



영국

- 2020년까지 전력생산의 30%를 재생에너지로 공급
- 계획입지 제도(2008년): 전체 해양 대상 전략환경영향평가(정부) → 적합지구 지정 → 사업자 선정 → 예비조사, 단지설계, 환경영향평가(사업자) → 인허가(사업자) → 승인(정부)



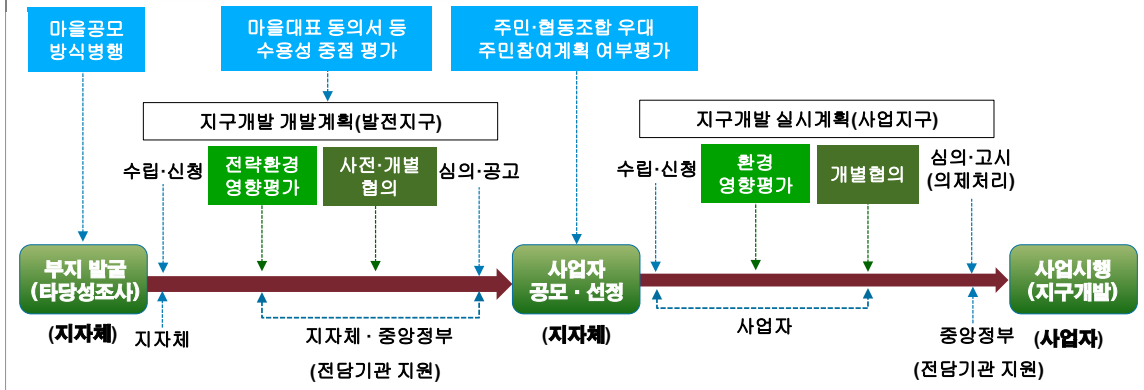
일본

- 2030년까지 전력생산의 22~25%를 신재생에너지로 공급
- 해상풍력육성관련 법령 제정 추진 중 ('18.3월 발의)  
① 최소 25년 이상 사업권 보장, ② 개발권자 선정절차 마련(입찰방식), ③ 환경영향평가(EIA), 계통연계 등 관련 규정 조율, ④ 지자체 인·허가사항 중앙정부에서 추진, ⑤ 지역주민동의 등 위한 관련 위원회 신설

- 10 -

# [지자체 주도형 계획입지제도 도입]

## 1. 계획입지제도 추진절차



## 2. 계획입지 추진 기본방향

- **보급목표** : 2030년까지 신규 설비용량 총 48.7GW (누계 63.8GW)
- **이행방안** : 지자체 주도의 대규모 프로젝트 발굴 및 발전사업자에 부지공급
- **환경성·수용성 제고** : 개발계획 심의 前 "전략환경영향평가" 실시, 주민 참여방식 확대
- **인센티브 지원** : 개발이익 공유 및 지역 발전지원, 계통연계 등 인프라 조성 우선지원

# [지자체 주도형 계획입지제도 도입]

## ▶▶▶ 계획입지 지정


### 『계획입지』로 정부지원·관리하기 위한 대상지 지정 단계

<p><b>산업부</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 문헌 등 자료를 통한 적합 후보지 사전조사 - 참여 지자체 평가 및 참여 유도를 위한 자료로 활용</li> <li>▶ 계획입지 신청안내(공모) 및 접수·심의·선정 - 지역주민 수용성 및 환경성·계통연계 등 환경여건 평가에 반영</li> <li>▶ 선정 지자체 『계획입지』 추진 사업비 및 전문가 지원 - 사업 추진에 필요한 사업비 및 인력 지원 (정부 및 지자체 50% 매칭)</li> </ul> <p style="text-align: right;"><b>[전담기관 지원]</b></p>
<p><b>지자체</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 관할지역의 수용성·환경성 등 검토 후 산업부(전담기관)에 신청 - 지자체 주관으로 지역 주민 지분참여 등 실효성 반영 (용량 40MW 이상)</li> <li>▶ 지자체 매칭 예산을 통한 『발전지구』 지정을 위한 『개발계획』 수립 진행 - 세부 타당성 조사, 전략환경영향평가 등 추진</li> </ul>

## [지자체 주도형 계획입지제도 도입]

### 발전지구 지정


#### 세부 타당성 · 수용성 · 환경성 등 검토 후 **적정 부지** 지정 단계

<p><b>지자체</b> (개발계획수립)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 세부 타당성조사(풍황, 해황, 어업권, 계통연계 등) 및 경제성 분석</li> <li>▶ 환경성을 위한 『전략환경영향평가』 수행 [환경영향평가법 제9조]</li> <li>▶ 수용성을 위한 주민(동의서) 및 관계전문가 등 의견서(증빙자료)</li> <li>▶ 사전협의 및 개별협의 인·허가 결과 보고서 (발전사업자 선정 후 진행검토)             <ul style="list-style-type: none"> <li>* (사전협의) 전파영향평가, 매장문화재지표조사, 해상교통안전진단</li> <li>* (개별협의) 해역이용협의</li> </ul> </li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>『발전지구』 지정 받기 위해 『개발계획』 수립 ⇒ 신청(산업부)</b></p>
<p><b>산업부</b> (심의·지원)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 산업부는 신청서(개발계획서)를 심의위원회를 통해 평가             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력계통연계, 주민 수용성, 환경성, 경제성 등 계획입지 조건평가</li> </ul> </li> <li>▶ 평가결과 공고 및 『발전지구』 지정 후 『전력수급기본계획』 반영             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력 계통연계 우선권 및 타 법 의제처리(전원개발촉진법 제6조) 근거 적용</li> </ul> </li> </ul> 

## [지자체 주도형 계획입지제도 도입]

### 발전사업자 선정

#### 지자체 주도(지역사회 · 주민참여 등)의 사업자 공모/선정

<p><b>지자체</b> (사업자 선정)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 지자체는 발전 사업권자를 공모(신청기간 30일 이상)로 모집             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공모시 사업자가 납부해야 할 기술료(기본계획 수립에 소요된 국비·지방비) 명기</li> </ul> </li> <li>▶ 지자체장은 산업부 장관의 위임을 받아 발전사업자 평가·선정             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역주민 참여형, 지역사회 발전 전략과 환경개선 노력 등 가산점 부여</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>발전사업자</b> (공모 참여)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 경제성 분석결과에 따른 지역주민 및 사회·경제 기여방안 제시</li> <li>▶ 발전사업자의 『실시계획』 등 수립 능력 및 역할             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재무적·기술적 능력을 보유</li> <li>- 발전사업 원가산출 및 5년간 손익 산출내역서 제공</li> <li>- 지역사회·경제·문화 발전의 기여도(환경복원 계획 및 노력)</li> <li>- 신속한 실시계획(개별 인·허가 등) 수립 능력 및 지구개발 노력</li> </ul> </li> </ul> <p>* 실시계획 인가완료 이전 양도·양수 금지(투기목적 사업권자 배제) * 실시계획 승인 후 개발행위 위한 투자자 모집으로 일부 사업권 양도·양수 가능</p> 

## [지자체 주도형 계획입지제도 도입]

### ▶▶ 사업지구 지정

#### 환경영향평가 · 각종 인허가 등 통한 사업 가능부지 확정단계

##### 발전사업자 (실시계획수립)

- ▶ 발전사업자는 『사업지구』로 지정 받기 위해 『실시계획』 수립
  - 『사업지구』 대상 위치와 면적 및 풍력발전설비 개요
  - 사업 진행계획(일정 등) 및 자금조달 관련 증빙자료
  - 발전사업 허가 및 환경성과 개별협의 인·허가 결과 보고서
    - \* (환경성) 환경영향평가서, 국공유지 영구시설 임대를 위한 조치(신법 제26조)
    - \* (개별협의) 해역이용영향평가, 사전재해영향성 검토협의, 연안관리계획 관련협의

##### 산업부 (심의·지원)

- ▶ 산업부는 발전사업자가 신청한 『실시계획』을 심의
  - 심의 전 시도지사·시장·군수·구청장 의견을 듣고 관계 중앙기관장 협의 후 심의
  - 사업에 영향을 받는 지역주민 및 관계 전문가 등 의견수렴(열람 및 설명회)
- ▶ 산업부는 『실시계획』 승인 및 『사업지구』로 지정·공고
  - 실시계획이 승인된 경우 『허가·인가·면허·결정·승인·해제·협의·처분 등』 의제처리
  - 산업부는 『사업지구』 지정 고시 후 관할 지자체에 관련 서류 사본 송부 (14일 이상 열람)

- 15 -

## [지자체 주도형 계획입지제도 도입]

### ▶▶ 사업지구 개발 · 시공

#### 사업자 중심의 지구개발 · 정부 모니터링 · 지원 · 홍보

##### 발전사업자 (개발·시공)

- ▶ 발전사업자는 『사업지구』 개발 · 시공
- ▶ 승인된 『실시계획』에 지역 사회와 지역 주민에 대한 지원사항 이행



##### 산업부 (개발 모니터링)

- ▶ 산업부 승인된 『실시계획』 진행 및 이행사항 모니터링
  - 일정, 자금조달, 풍력설비, 수용성 및 환경성 이행사항 등
- ▶ 사업진행 과정에 장애 요인 발생시 관계기관 공동대응
- ▶ 우수선행사업 벤치마킹 후 제도개선 및 타 지역 모범사례 전파



- 16 -

## 4 지자체 보급계획 수립과 협업



### [지자체 현실과 협력체제 구축 필요성]

지역의 발전	지역산업 육성 · 일자리 창출 주민 소득증대 · 생활환경 개선	재생에너지 보급확산 정책 필요성 (인식 공감)
갈등과 민원	발전사업 신청 건 · 민원 증가 지역주민 피해 · 환경훼손 갈등	인력 · 조직 · 전문성 부족 지역별 차별성 (운영 한계)
지원과 협업	중앙정부 · 지자체 · 전문기관 체계적인 운영관리 Network 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역특성 고려한 보급확산 정책</li> <li>타 지자체들간 Bench marking</li> <li>중앙정부 · 전문기관 지원 확대</li> </ul>

“지역 재생에너지 확대 정책의 합리적 · 효율적 수립/이행 실현”

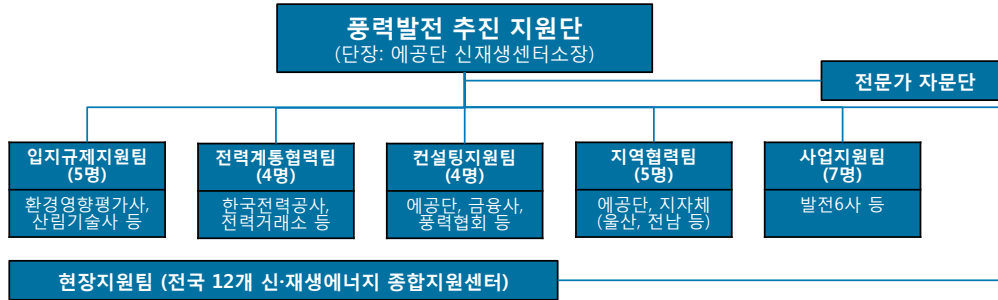


# [지자체 현실과 협력체제 구축 필요성]

## 풍력발전 추진 지원단 신설

### ■ 에너지공단內 「풍력발전 추진 지원단」을 신설, ONE-STOP지원체제 구축

- 사업 타당성 조사(자원잠재량, 계통연계, 경제성), 수용성 확보, 환경성(환경부, 산림청 사전 컨설팅 연계), 인허가 및 운영 지원 등 (19년 하반기부터 운영, 향후 신재생법 개정을 통해 인허가 소관부처 공무원 파견추진)



### ■ 주민수용성 확보 지원

- 지역주민이 직접 풍력사업에 참여하여 소득을 창출하는 주민참여형 사업확대하고, 지분투자, 시설기부 등 다양한 BM 발굴 추진

\* 현행 총사업비 2~4% 이상 주민이 투자시 REC 가중치 0.1~0.2부여

# 감사합니다



## 발표 2

# 재생에너지 사회적 수용성 제고 방안

이유진 녹색전환연구소 연구원





## 재생에너지 사회적 수용성 제고 방안

녹색전환연구소 이유진

정부의 재생에너지 3020 발표이후 재생에너지 수용성 강화 방안 연구는 여러 국책연구원을 포함해 대통령직속 정책기획위원회(2019.2.28)에서도 다룬 바 있음. 이제는 이런 연구와 토론회를 바탕으로 정부의 구체적인 대책이 나와야 하는 시점.

2018년 4월 산업통상자원부가 발표한 '재생에너지 사회적갈등 해소방안'은 산지태양광 REC 하락, 산지농지 일시사용허가제도 도입은 갈등 심화에 따른 단발성 제도 개선이었음. 현 시점에서는 재생에너지 갈등과 수용성을 높이기 위한 제도, 인프라, 거버넌스 구축이 필요함.

이를 위한 대안은 다음과 같이 제시함.

1. 사회 전반의 재생에너지 부정인식 확산 → 인식, 교육, 홍보가 중요(특히 공무원). 공무원, 지자체장, 발전사업자, 지역주민들에게 에너지전환의 필요성, 협력소통 대화법 등을 교육. 갈등해결 전담기관과 인력양성. 잘못된 정보를 바로잡는 교육 홍보 진행
2. 분산에너지로의 전환은 모두가 처음 → 갈등 해결 역량 함께 키워야 → 문제를 해결하려면 실행 전략, 인력, 예산이 필요
3. 컨트롤타워는 산업통상자원부 → (규제) 재생에너지 영향 범위 설정 → 태양광과 풍력 등의 주민 영향 범위는 원전이나 석탄발전보다 좁게 설정해야 함(협의와 지원)  
※ 현행 발전소 주변지역 지원은 발전원에 대한 구별 없이 반경 5km와 인접한 읍면동을 주변 지역으로 지정
4. 정부의 재생가능에너지 입지 제도 불명확 → 정부가 설치할 수 없는 지역(생태계우수지역, 경관 우수지역, 안전문제 발생지역)을 명확하게 설정하고, 그 외에는 설치가 가능해야 함. 재생에너지 입지가 갖춰야 할 요건을 관련 법규상에 명시하고 관련된 상세한 해석 및 실행 지침을 마련하거나 세부적인 재생에너지 입지가이드라인을 마련해야 함(박지혜, 2018). 사전에 충분한 논의, 합의되면 집행될 수 있도록 하는 구조
5. 지자체(기초) 역할과 역량 강화 → 행정인력과 중간지원조직 → 지자체장의 의지 → 현재 산업통상자원부가 수립 중인 지역에너지 정책에 반영 → BP 사례 만들어야
6. 실질적인 주민참여형 방식을 제시하되, 주민들의 책임 필요(에너지시민) ※ 들러리를 세워도, 불로소득원이 되어서도 안됨



# 재생에너지 사회적 수용성 제고 방안

이유진  
leeyujin2010@gmail.com

녹색전환연구소 연구원  
지역에너지전환 전국네트워크 공동대표

## 발표를 시작하기 전에 - 해결의지

재생에너지 수용성 강화방안, 대통령직속 정책기획위원회 (2019.2.28)

재생에너지 3020 실현 방안 - 규제와 수용성을 중심으로(2019.3.21)  
국회의원 추미애, 국회의원 노웅래, 민주연구원 ; 주관 : 민주연구원 집단지성센터

에너지경제연구원, 농촌경제연구원, 환경정책평가연구원 등 다수의 수용성 관련 연구

**분산형·참여형 에너지시스템 구축**

**3 참여 분권형 거버넌스 구축**

소통 강화·국민참여

- 주인참여·이익 공유형 프로젝트 활성화
- 체계적 소통·갈등예방 프로세스 도입(예:유형 ESTEEM 모델)

지역·지자체 역할·책임 강화

- 재생에너지 계획입지제도 도입
- 지역에너지계획 내실화, 지역에너지센터 설립 검토

에너지 복지

- 하절기 냉방 복지 지원, 지원 수준 제고(단가 인상, 대상 확대)
- 지원체계 효율화(전담기관 기능조정 등)

출처: 산업통상자원부, 2019. 제3차에너지기본계획

'19~'23 녹색성장 5개년 계획의 중점과제

<p><b>01 혁신적인 에너지수요 관리</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>선진국(OECD 평균) 수준의 에너지원단위 달성</li> <li>부하관리 정책 개선 및 수요관리 시장 효율화</li> <li>에너지 상대가격의 합리적 조정</li> </ul>	<p><b>02 재생에너지 확산 기반 마련</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지 산업생태계 구축</li> <li>재생에너지 지원제도 개선</li> <li>신재생에너지 거래체계 구축</li> </ul>
<p><b>03 에너지분권·자립 거버넌스 구축</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>국민참여형 에너지 거버넌스 구현</li> <li>지자체 에너지 분권 강화</li> </ul>	<p><b>04 정의로운 에너지 전환 추진</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 빈곤층 복지 강화</li> <li>에너지 전환에 따른 지역사회 복원대책 추진</li> <li>에너지 갈등의 효과적 해결</li> </ul>

출처: 관계부처합동, 2019. 제3차 녹색성장 5개년 계획

## 재생에너지 3020 실현 방안 - 규제와 수용성을 중심으로

■ 실제 우리나라의 재생에너지 보급은 급격히 확대되었으나 **입지갈등, 주민갈등, 환경훼손, 소비자피해** 등 다양한 사회적 갈등 야기

- 특히, 입지갈등 및 환경훼손, 소비자피해 증가 등으로 재생에너지 보급 과정에 **규제도입 필요성** 증가
- 정부에서는 재생에너지 규제강화를 주요내용으로 하는 **‘재생에너지 사회적 갈등해소방안’**을 마련하여 추진('18.4)

〈 사회적 갈등해소방안 규제강화 주요내용('18.4) 〉

- 환경훼손 방지 : 산지태양광 REC 가중치 하향(0.7, '18.6), 산지일시사용허가제도 도입('18.12), 산지태양광 허가기준 강화('18.12)
- 부동산 가격급등 방지: 농지 일시사용허가제도 도입(농지법 개정안 발의 중), 발전사업권 양도·양수 제한(전기사업법 개정안 발의 중)
- 소비자피해 예방: 소비자 피해사례 접수·신고 강화, 태양광 임의분할 방지(연구용역 추진 중)

출처 : 이상훈(2019)

3

## 재생에너지 3020 실현 방안 - 규제와 수용성을 중심으로

■ 지속가능한 재생에너지 보급과 수용성 확보를 위해서는 재생에너지 **보급방식에 대한 변화와 개선노력** 필요

- 입지선정 및 개발, 사업방식, 갈등관리 등 다양한 분야에서 제도적 변화가 필요한 시점
- 사회적 수용성 확보를 위해 재생에너지 사업에 주민, 시민 등 각 분야 **다양한 주체의 참여모델**을 만들어 보급하는 것이 중요

■ **진흥정책을 기본으로** 하되, 다양한 사회적문제가 우려되는 분야에 대해서는 **적극적인 규제를 병행할** 필요

- 재생에너지에 대한 진흥정책과 규제정책의 **적절한 조화**가 중요

〈 중장기 재생에너지 보급 추진방향 〉

- (개발형태) 외지인 중심 사업개발 → 현지인, 주민참여형 방식
- (입지) 사업자 단독 개발방식 → 계획입지제도, 입지분양 방식
- (설치) 임야, 농지 중심 → 간척지, 건축물, 수상 등 도심형·유휴부지 중심
- (갈등관리) 사업자와 주민 간 협의 → 갈등관리위원회 등 제3자 중재방식

출처 : 이상훈(2019)

4

## 재생에너지 수용성 강화방안 - 정책기획위원회

### 1. 재생에너지 설비의 친환경성 보장을 위한 규제, 가이드라인 정비

- 재생에너지 설비로 인한 환경영향 전반을 고려한 규제, 가이드라인 재정비 필요
- 개발행위 허가 과정에서 환경성 검토 내실화
- 지자체들의 상이한 이격거리 제한 등의 규제 정비

### 2. 재생에너지 설비 계획 과정에의 주민 참여 기회 확대

- 계획입지제도 법제화 및 환경영향평가협의회 제도 도입
- 발전사업 허가 기준 고시 개정안(2018)의 정보 공개 조항 강화
- 참여 주민의 범위와 주민의 역할에 대한 합리적인 규정 마련
- 풍력 설비 등 재생에너지 설비 재산권 침해 보상에 관한 세부 규정 정비 또는 신설

### 3. 환경성을 고려한 입지 계획 수립과 주민 참여

- 환경영향 최소화와 발전효율간 절충을 통한 입지 선택
- 계획입지제도 전략환경영향평가에서의 입지대안 비교 및 개발가능 총량 검토
- 계획입지제도에 따른 개발계획에 대한 환경영향평가 절차 마련
- 재생에너지 지역계획 수립과 입지 계획이 연동 지자체 지역에너지계획 지침 개선

### 4. 재생에너지 사업 이행에 필요한 지자체 역량 지원

- 재생에너지 담당 인력의 부족이 지역의 불필요한 규제를 낳기도 함
- 발전사와 지자체 간 소통을 가능하게 하는 전문 중재자 양성

출처 : 정책기획위원회(2019) 5

## 재생에너지 수용성 강화방안 - 정책기획위원회

### 5. 주민참여 이익 공유제 강화 및 지원제도 정비

- 다양한 이익공유 유형에 대한 인센티브 제도 확대
- 마을공모형 계획 입지 경매 제도 도입
- 채권, 펀드 투자 모델 상세 개발
- 주민 참여형 설비 및 지자체 참여형 설비 인센티브 신설 제도 보완

### 6. 재생에너지 인식 제고 방안 마련

- 지역 언론에 의한 왜곡된 재생에너지 정보 시정
- 지자체 관련 담당자를 위한 에너지전환과 재생에너지 교육 과정 상설화
- 중앙 정부 공무원들의 에너지전환 교육 의무화
- 이익공유 모델 확산, 모범 사례 공유 네트워크 재생에너지 인식 제고
- 재생에너지 관련 정부 기관의 재생에너지 홍보 예산 증액

### 7. 지역에너지계획에 기반한 에너지전환 로드맵 구상

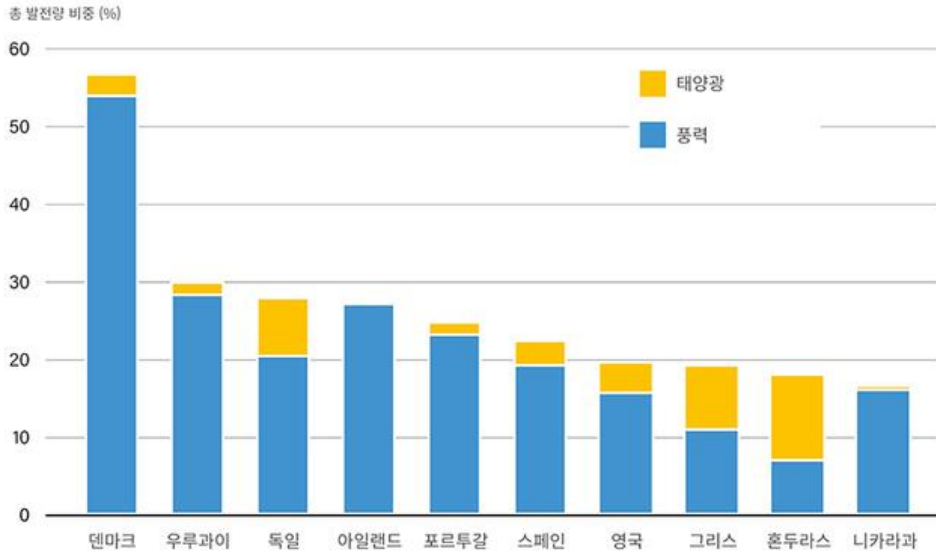
- 주민참여형 재생에너지 지역계획 수립 환경 조성
- 에너지전환위원회 설치 및 에너지전환에 관한 사회적 공론화 계획
- 수용성 강화 방안 연구 지원

출처 : 정책기획위원회(2019)

6

## 덴마크 전력 믹스 절반 이상 태양광과 풍력

국가발전량 중 태양광/풍력발전 비중이 가장 높은 10개 국가 순위 (2017)

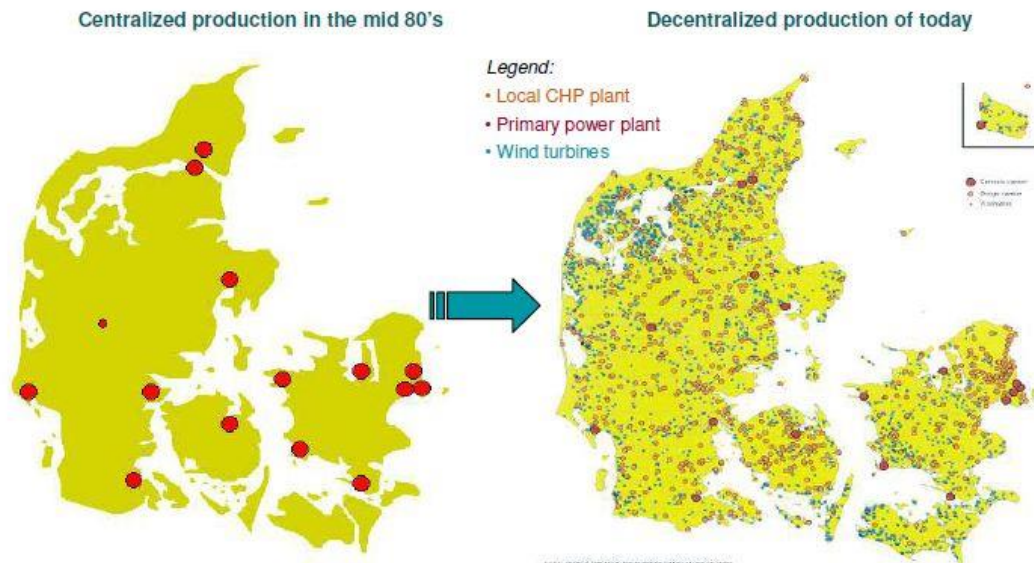


REN21 RENEWABLES 2018 GLOBAL STATUS REPORT

출처: IRENA

7

## 덴마크의 분산에너지시스템으로의 여정 (40년)



Danish Energy Agency

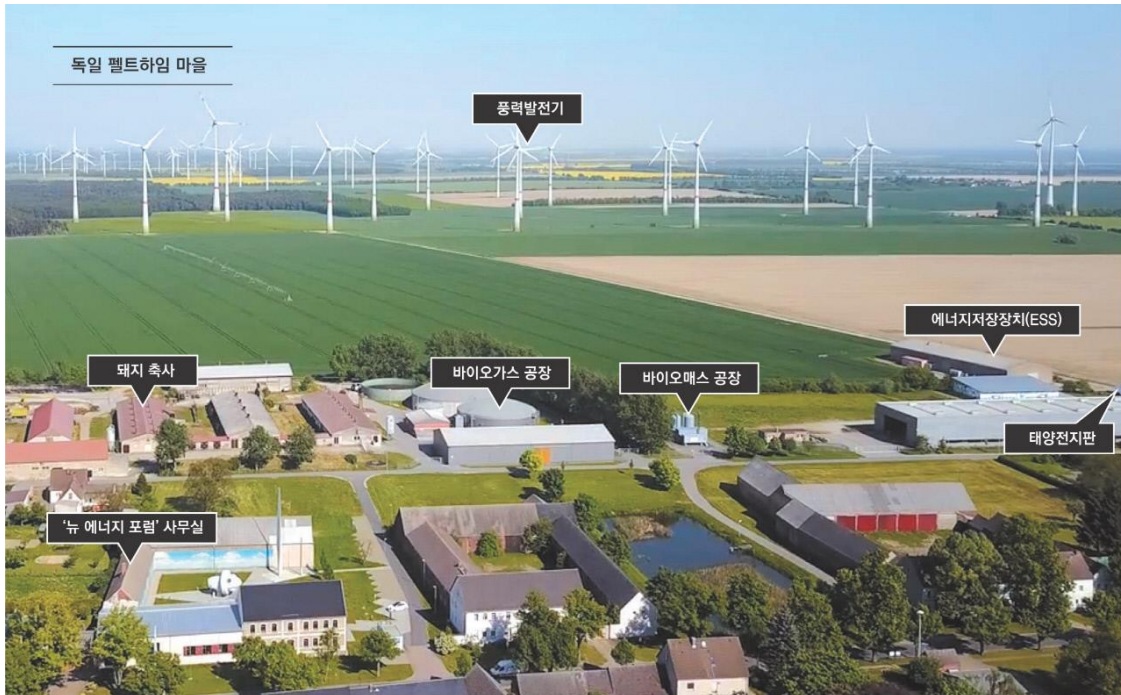
October 17, 2018

Page 11

출처 : Danish Energy Agency (2018)

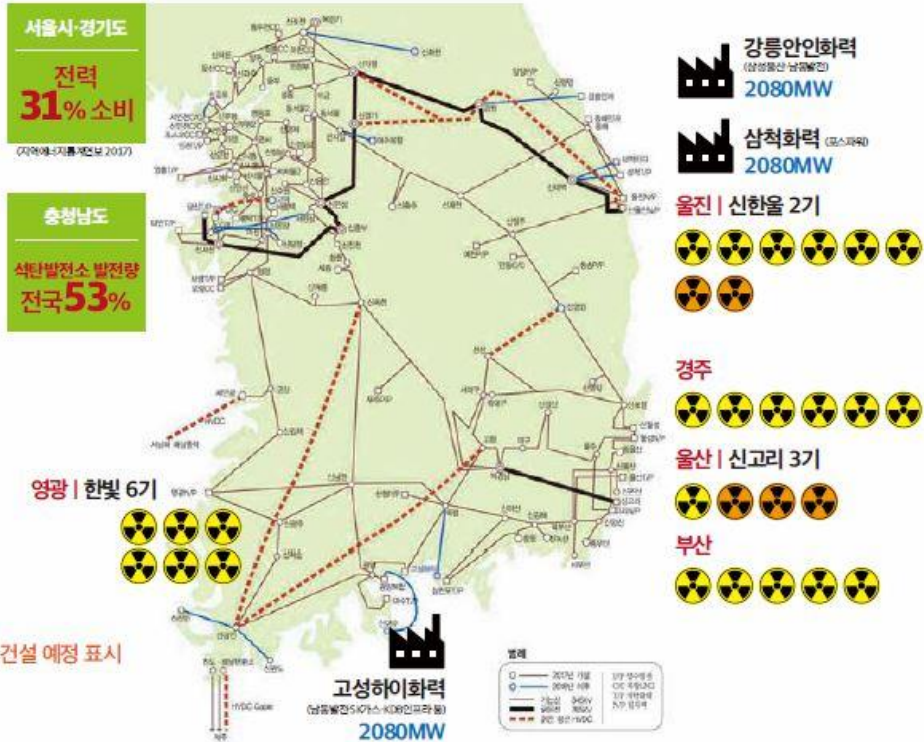
8

# 독일 펠트하임 자립마을 - 재생에너지 지역경제



독일 브란덴부르크주 트로이엔브리첸시에 있는 펠트하임 마을 전경. 한국에너지정보문화재단  
[http://news.khan.co.kr/kh\\_news/khan\\_art\\_view.html?artid=201811282131005#csidxfe62d1a0e447f1d97a998c610cb3772](http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=201811282131005#csidxfe62d1a0e447f1d97a998c610cb3772)

## 한눈에 보는 지역에너지 현안 지도



## 재생에너지 수용성 강화방안 – 거버넌스의 축적

- 사회전반의 재생에너지 부정인식 확산 → 인식, 교육, 홍보가 중요(특히 공직자)
- 분산에너지로의 전환은 모두가 처음 → **갈등해결 역량** 함께 키워야 → 문제를 해결하려면 실행전략, **인력, 예산**이 필요
- 컨트롤타워는 산업통상자원부 → (규제) 재생에너지 영향범위 설정 → 태양광과 풍력 등의 주민 영향 범위는 원전이나 석탄발전보다 좁게 설정해야 함(협약과 지원)  
※ 현행 발전소 주변지역 지원은 발전원에 대한 구별 없이 반경 5km와 인접한 읍면동을 주변지역으로 지정
- 지자체(기초) 역할과 역량 강화 → 행정인력과 중간지원조직 → 지자체장의 의지 → 현재 산업통상자원부가 수립중인 지역에너지 정책에 반영 → BP 사례 만들어야
- 실질적인 주민참여형 방식을 제시하되, 주민들의 책임 필요(에너지시민)  
※ 들러리를 세워도, 불로소득원이 되어서도 안됨
- 사전에 충분한 논의, 합의되면 집행될 수 있도록 하는 구조

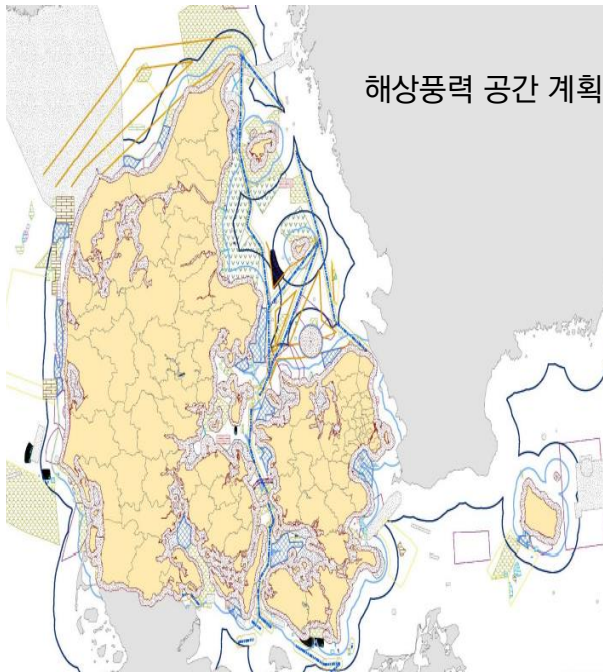
11

## 정부의 역할 – 산업통상자원부를 중심으로

- 주민 수용성 이전에 **공직사회 재생에너지 수용성** 높여야 → 에너지전환 정책에 대한 이해와 교육, 인식확장
- 계획입지제도, 주민참여형 REC 인센티브 개선
- 재생에너지 관련 제도의 지속적인 개선과 보완(부처간 논의 + 지자체 제도 개선) : 규제와 가이드라인, One-Stop Shop (덴마크), 해상풍력입지 지도
- 2018년 4월, 재생에너지 갈등해소방안 → 갈등해결 인프라 구축과 거버넌스 관점에서 재수립
- 지역에너지 전환 정책 강화 – 지자체 재생에너지 수용성 확대 역량 지원
- 재생에너지 입지와 갈등 해결 전담 기관 만들어야
- 시민을 대상으로 한 역량강화 프로그램 지원(일본사례)

12

## 정부의 역할 - 덴마크 해상풍력지도



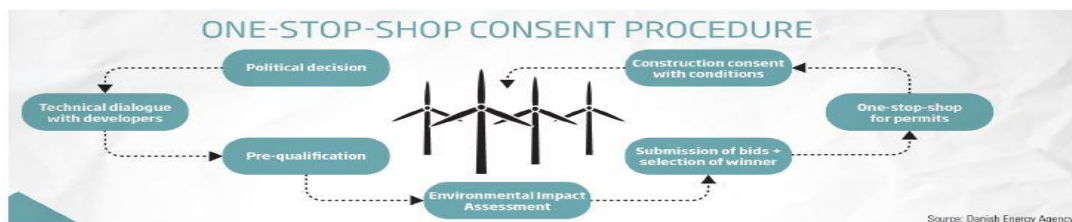
### 해상풍력 공간 계획 - 계획단계에서 이해당사자 결합

Continuous process since 1995 led by DEA and involving:

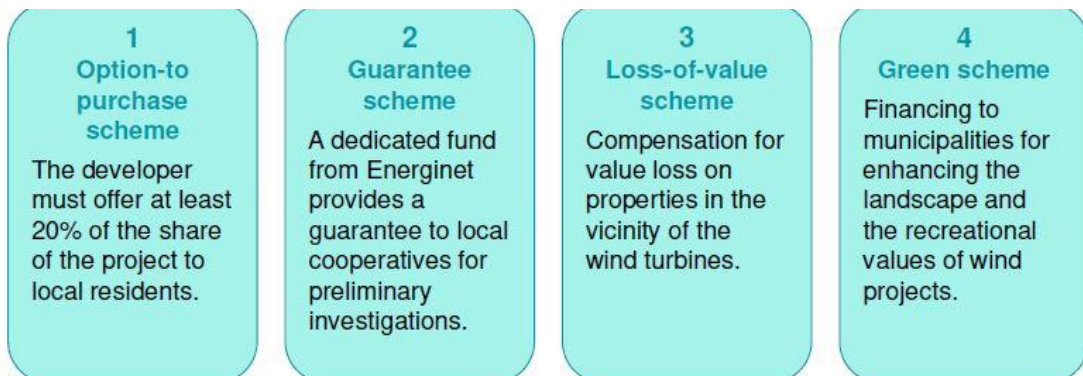
- Ministry of Energy, Utility and Climate (offshore resources)
- TSO and local grid operators
- Ministry of Environment and Agriculture (natural environment and fishery)
- Ministry of Transportation and Buildings (safety at sea)
- Ministry of Defense (naval issues)
- Ministry of Culture (visual interest, etc.)
- Wind Industry and R&D institutes

출처 : MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK 13

## 정부의 역할 - 덴마크 One Stop Shop과 수용성 확대 4대 전략



Source: Danish Energy Agency



- 행정절차 간소화를 지원하면서 동시에 발전사업자에게 주민수용성을 높이는 의무 반영

출처 : Danish Energy Agency (2018)

14

## 정부의 역할 - 덴마크 One Stop Shop과 수용성 확대 4대 전략

### ○ 덴마크 재생에너지 수용성 확대를 위한 4대 전략

✓ 풍력발전 계획 단계부터 지역소유제(local ownership), 보증기금(guarantee fund) 등의 제도적 장치로 지역 주민들이 주도적으로 풍력설비를 받아들일도록 제도를 설계함. 풍력발전사업에서도 주로 주민들이 참여하는 협동조합이 주도적인 역할을 함. 전국의 풍력 발전에서 협동조합이 차지하는 비중은 80%

### ✓ 덴마크의 재생에너지 수용성 확대 4대 전략은

- 1) 참여전략 풍력발전사업자는 지역주민들에게 프로젝트의 적어도 20% 지분에 투자할 수 있는 권리를 보장해야 함(풍력 시설 4.5km 이내 주민) 지분을 주는 것이 아니라 투자하는 것임. 20%를 반드시 채워야 사업을 시작할 수 있는 것은 아님.
- 2) 보장전략 에너지넷 (Energyinet)의 전용기금으로 지역협동조합의 예비조사를 지원
- 3) 손실가치전략 풍력발전 터빈 설치로 인근에 발생하는 재산상의 손실에 대해 발전사업자가 보상
- 4) 녹색전략 풍력발전 프로젝트의 경관과 레크레이션 가치를 높이기 위해 지자체에 대한 재정지원 행정절차 간소화를 지원하면서 동시에 발전사업자에게 주민수용성을 높이는 의무 반영

출처 : Danish Energy Agency (2018)

15

## 정부의 역할 - 에너지전환 중간지원조직 구축

구분	독일 100% 재생가능에너지 지역	독일 튀링엔주 바이오에너지 프로그램	오스트리아 귀빙 마을	영국 트르네스 전환마을	
중간지원조직	본산형에너지 기술연구소(E)	튀링엔바이오에너지 컨설팅기구(COBETH)	유럽재생가능 에너지센터(EEE)	트렌지션 타운 트르네스(TTT)	
설립 목적	연방정부 '100% 재생 가능에너지 지역 사업 지원	튀링엔주 바이오에너지 프로그램 지원	귀빙마을을 신재생에너지 메카로 조성	전환마을 트르네스 실현	
설립주체(연도)	연방정부(2007)	주정부(2008)	주정부(1996)	주민(2006)	
조직적 특성	서비스 유형	가능적	가능적	중합형	전문적
	서비스 대상	전국 100% 재생가능 에너지 지역 프로그램에 참여한 마을의 NGO, 주민조직 등	튀링엔주 바이오에너지에 관한 컨설팅을 필요로 하는 NGO 주민조직, 지자체 등	귀빙지역 및 오스트리아 전국, 유럽 등 국내외의 NGO, 연구기관, 기업 학교 등	트르네스 전환마을 주민조직 및 트르네스 시장부 관련 기관
	네트워크 범위	전국	튀링엔주(광역)	귀빙, 오스트리아, 유럽 등 해외	트르네스, 영국, 해외
	운영주체	거버넌스형 카셀 대학내 IDE에 위탁운영	주정부 출연 컨설팅기구에서 거버넌스형	협회 형태의 거버넌스형	주민주도형
지원조달	연방 환경부 보조금+ 프로젝트 및 자체 수익 사업	튀링엔주 보조금+ 프로젝트 및 자체 수익 사업	프로젝트 및 자체 수익 사업	기부금, 자체 수익사업 및 프로젝트	
주요 기능과 역할	역량강화 (지원서비스 및 역량형성)	●	●	●	●
	응답	○	○	●	●
	조정	●	○	●	●
	자원동원 및 네트워킹	○	○	●	●
모니터링 및 평가	●	○	○	○	

주: ● 높음 ○ 중간 ○ 낮음

출처 : 고재경 외 (2016)

The image shows a screenshot of the EASME website. The top part displays the EASME logo and navigation menu. Below that, there's a section titled 'Local and regional energy agencies' with a map of Europe. To the right, there's a section for 'Intelligent Energy Europe' with icons for projects, day-to-day management, office documents, and publications. Below the map, there's a banner for '100ee-Regionen' with the text 'Regionen mit Visionen - Vorreiter einer nachhaltigen Energieversorgung'. Further down, there's a welcome message in German: 'Herzlich Willkommen beim Netzwerk der "100% Erneuerbare-Energie-Regionen"'. At the bottom, there's a section for 'UNTERNEHMEN' and 'EUROPÄISCHES ZENTRUM FÜR ERNEUERBARE ENERGIE GÜSSING' with a photo of the building.

## 정부의 역할 - 일본 환경부 공동체 태양광 지원정책



## 지자체의 역할

- 지역 재생에너지 갈등의 방관자 → 중재자 → 해결자
- 재생에너지를 지역 경제와 일자리 확대 수단으로 인식
- 주민참여에서 주민주도형으로 확산될 수 있도록 제도 설계(사례 : 봉화군, 여주시, 당진시, 신안군 등) ⇔ 지자체와 정부 문제해결을 위한 소통 체계 필요
- 지역주민 투자 활성화를 위한 지역금융 연계, 지역주민 교육 활동가 양성
- 지역에너지 계획 수립 시 지역의 재생에너지 자원 조사를 통한 계획입지 반영
- 지자체 공무원 역량강화를 위한 연수와 교육, 에너지위원회, 에너지조례, 에너지펀드, 지역에너지 센터 구축
- 에너지정책전환을 위한 지방정부협의회와 한국에너지공단, 지역에너지전환전국네트워크 협업

## 지자체의 역할 - 봉화군 사례

▶ 에너지분권과 지역주민들의 소득증대를 위해 총 4가지 형태의 태양광사업 발굴 및 추진

<p><b>분양형 (100MW)</b> 발전사업자가 전체사업량의 60%를 봉화군민에게 직접 분양</p> <p><b>발전소 분양</b></p>	<p><b>협동조합형 (100MW)</b> 국·공유지 임대를 통한 유희부지 활용 군민들이 직접 투자</p> <p><b>다수 주민 참여</b></p>
<p><b>영농복합형 (500MW)</b> 축사, 버섯재배사 등 영농 건축물에 직접 태양광 설치</p> <p><b>농외소득 창출</b></p>	<p><b>계획입지형 (500MW)</b> 태양광산업단지를 조성하여 지역주민 및 귀농귀촌인에게 분양</p> <p><b>지역주민 안정적 소득과 연계</b></p>

19

## 지자체의 역할 - 봉화군 사례

▶ 2018. 9. 20. 봉화군 군 계획 조례 개정

• 지역주민 소득 증대 및 외지인들의 무분별한 개발 방지를 위해 제도 개선

구분	주요 내용
당초	도로로부터 직선거리 500m이내 및 주거밀집지역으로부터 300m이내는 발전시설 입지 불가
개정	<p><b>주민참여 예외규정 신설</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3년 이상 봉화군에 거주하고 있는 자가 100kw미만 소규모 발전시설을 설치하는 경우</li> <li>• 전체 발전용량 중 60% 이상을 군민에게 분양하는 경우(계획입지 포함)</li> <li>• 봉화군 공기업이나 협동조합 등이 군민이 투자한 금액으로 발전시설을 설치하는 경우</li> </ul>

20

## 지자체의 역할 – 봉화군 사례

▶ 2018년 **군민 직접참여 분양형 태양광사업 성공적 추진(1차 사업)**

– 군민 340세대 34MW 발전사업 허가 완료

▶ **태양광발전사업 관련 조례 개정(이격거리 등 규제 완화, 지역주민 우선)**

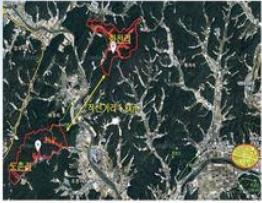
– 지역주민 신규 허가 : 2017. 7. ~ 2018. 6.(79건/총 283건)

2018. 7. ~ 2019. 6.(455건/총 1,020건)

▶ (사)에너지 전환 포럼 주관 지방자치 부문 **에너지 전환상 수상**

– 정부의 신재생에너지 전환정책에 동참, 새로운 주민참여형 재생에너지 모델 마련

▶ **관내 태양광발전 설치사진**



분양형 태양광 예정지



영농복합(축사) 태양광



영농복합(버섯재배사) 태양광



건축물 활용 태양광

21

## 지자체의 역할 – 봉화군 사례

▶ **주민 직접 참여 분양형 태양광발전사업 주민협의체 운영**

• 구성일시 : 2018. 11월

• 회 원 수 : 20여명(도촌 및 화천 각 10명 내외)

• 주요활동 : 기자재 선정, 태양광 운영 협의 등



주민협의체

▶ **지역주민 주도 협동조합형 태양광사업 추진**

• 당초 펀드형 태양광 추진(전 국민대상)

• 지역주민 참여 확대를 위해 협동조합형 변경 추진

▶ **자발적인 민간단체 구성 및 활동**

• 단 체 명 : 봉화태양광에너지연구회

• 구성일시 : 2018년 7월(회원수 140여명)

• 주요활동 : 정보공유(SNS), 제도개선 연구, 설명회 개최



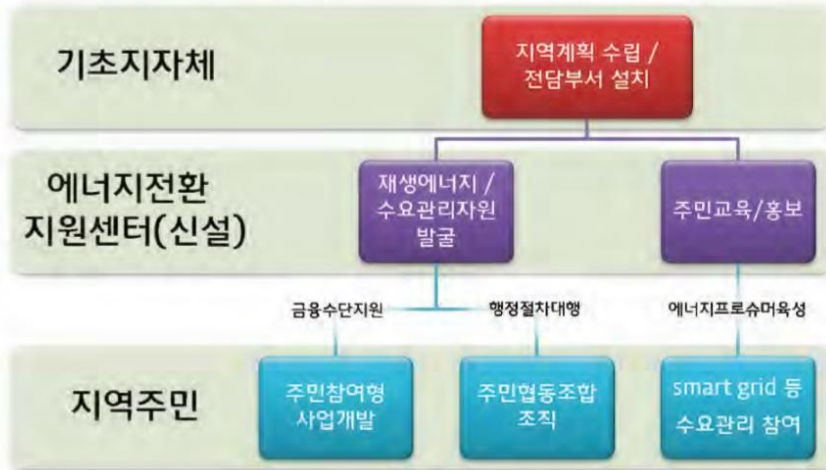
봉화태양광에너지연구회

22

## 지자체의 역할 - 기초지자체 행정체계 개편방안

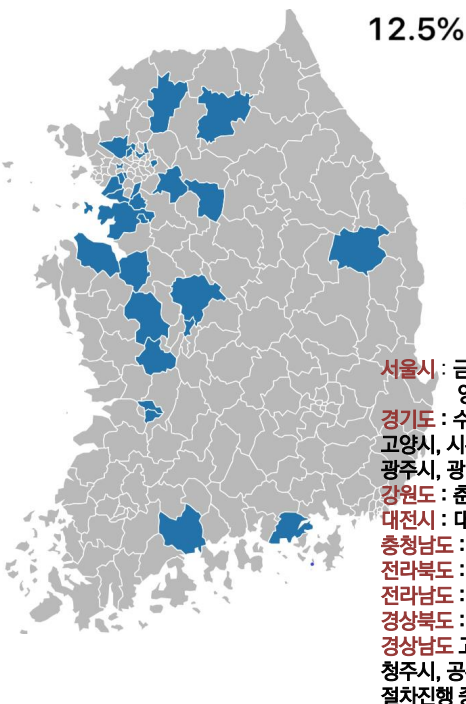
### ● 행정 지원체계의 개편

- 기초지자체는 에너지전환을 총괄할 수 있는 전담부서를 설치
- 지자체별로 에너지전환지원센터를 신설하여 ① 재생에너지/수요관리자원 발굴 ② 주민조직 조성 ③ 주민교육 및 홍보 등의 역할을 부여



출처 : 김성환, 2019 공존의 시대와 에너지분권 [2019 제2회 지역에너지전환 전국포럼]

## 지자체의 역할 - 에너지정책전환을 위한 지방정부협의회



# 지자체와 시민사회 협업 - 경기도 사례

## 경기도 시민참여형 에너지전환 지원 조례안 (신정현 의원 대표발의)

의안번호 531

발의연월일 : 2019년 5월 3일  
발 의 자 : 신정현·남종섭·박근철·안해영·김용성·김영준·배수분·염종현·정운경·고은정·최종현·최갑철·김태형·유광혁·유영호·민정선·김강석·임재철·김우석·이종인 의원 (총 20명)

### 1. 제안이유

- 가. 세계적으로 탈핵·탈석탄을 통한 친환경적이고 안전한 에너지로의 전환이 가속화되고 있고, 문재인 정부 역시 같은 취지에서 에너지전환 정책을 추진 중임.
- 나. 그동안 경기도 에너지정책은 에너지 생산자와 공급자 중심으로 이루어져 시민들이 생활하는 각 가정과 마을의 에너지 체계를 가질 또는 자발적으로 전환시키는 것과는 거리가 있었음.
- 다. 신·재생에너지 생산과 에너지 효율화 등의 에너지전환 사업에 마을공동체 단위로 시민이 직접 참여해 이익을 공유토록 함으로써 시민들의 에너지전환에 대한 수용성을 높이고, 수요자 중심의 정책 추진이 가능해짐으로써 에너지전환이 실질적으로 확대될 수 있음.
- 라. 경기도가 전국 최초로 시민참여형 에너지전환 지원 정책을 체계적으로 추진하도록 함으로써 에너지전환과 에너지분산을 통한 도민의 삶의 질 향상에 적극 기여하고자 함.

제4조(도지사의 책무) ① 경기도지사(이하 “도지사”라 한다)는 「경기도 에너지기본조례」에 따른 에너지정책 중 수요자중심의 시민참여형 에너지전환을 위한 시책을 수립·시행하여야 한다.

② 도지사는 마을공동체가 주체가 된 에너지자립 정책이 실시될 수 있도록 노력하여야 한다.

제7조(시범지구 조성) ① 도지사는 「경기도 에너지 기본 조례」 제11조에 따른 시범지구 조성에 있어 마을공동체 중심의 시민참여형 에너지전환 사업을 우선 추진하여야 한다.

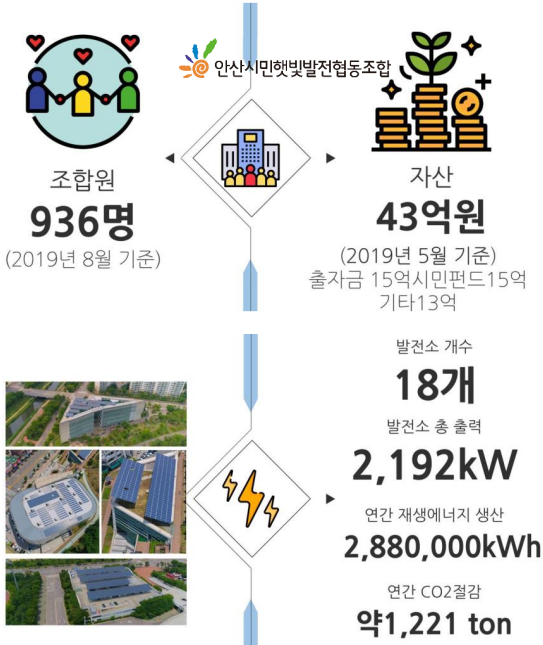
제10조(주거복지사업 등과의 연계) ① 도지사는 도가 추진하는 주거복지사업 또는 도시재생사업 등과 연계해 시민참여형 에너지전환 사업을 추진할 수 있다.

제11조(에너지 통합관리 시스템 구축) ① 도지사는 시민참여형 에너지전환 정책을 선진적·과학적으로 지원하기 위한 에너지 통합관리 시스템(이하 “시스템”이라 한다)을 구축할 수 있다.

제14조(에너지 프로슈머 활성화 지원 등) 도지사는 에너지 프로슈머 활성화를 위해 다음 각 호의 사업에 대하여 행·재정적으로 지원할 수 있다.

1. 에너지 프로슈머 활성화 기반구축 및 홍보·교육사업
3. 에너지 프로슈머 중개사업 활성화 지원

# 지자체와 시민사회 협업 - 경기도 사례



### 에너지협동조합 100개 만들기 프로젝트

## 햇빛받아 발전發電

**인사 “에너지, 함께 만들자”**

모집기간: 2019년 8월 26일 - 9월 23일 매주 월요일 오후 4시~6시 (4주, 오후 2시~4시)  
장 소: 추곡궁지  
참여대상: 재생에너지에 관심있는 성남시민 30여명  
문의처: 성남시민햇빛발전협동조합 031-753-5515  
경기도지속가능발전위원회 010-5016-3021

일	내용	장소
1강 8월 26일 4시~6시	기후변화와 미래전지를 해결하는 에너지전환	민정현 광복대학교 교수
2강 9월 2일 4시~6시	전력과 전기요금(국제 해박)	한성호 한국과학기술기술포럼기반사업추진위원
3강 9월 9일 4시~6시	가상발전소의 원리와 제도 운영사례	김영석 경기에너지연구소 민선산업경제혁신센터 책임연구원
4강 9월 16일 4시~6시	마을에서 에너지를 발전하자	김현우 대안에너지기술포럼 수석대표
5강 9월 23일 4시~6시	성남시민햇빛발전소 현황과 과제	김현우 성남시민햇빛발전협동조합 운영이사

### 경기도민 에너지프로슈머 리더대학

도민에너지프로슈머 양성교육

이렇게 된 이상, 에너지처럼요! 건다!

2019년 9월 23~24일 (매주 월, 화요일 10:00~12:00 (9월 10일(화) 휴일))  
보통환 3일 8강, 우등환 4강, 우등환 4강, 우등환 4강

일	강사	주제	장소
9월 23일	김현우	에너지전환의 사회적 의미와 에너지 프로슈머	신원
9월 24일	김현우	가상발전소의 원리와 제도를 활용한 에너지전환	신원
9월 25일	김현우	에너지전환의 사회적 의미와 에너지 프로슈머	신원
9월 26일	김현우	가상발전소의 원리와 제도를 활용한 에너지전환	신원
9월 27일	김현우	에너지전환의 사회적 의미와 에너지 프로슈머	신원
9월 28일	김현우	가상발전소의 원리와 제도를 활용한 에너지전환	신원
9월 29일	김현우	에너지전환의 사회적 의미와 에너지 프로슈머	신원
9월 30일	김현우	가상발전소의 원리와 제도를 활용한 에너지전환	신원

# 시민사회와 시민의 역할

## 민간단체 협력사업 선정단체

### □ 선정단체

구 분	주관기관	참여기관
1	통영거제환경운동연합	○ 거제시청 ○ 거제경제정의실천시민연합
2	푸른광명21실천협의회	○ 광명시청
3	여주시지속가능발전협의회	○ 여주시청 ○ 여주지역자활센터 ○ 바르게살기운동
4	광양환경운동연합	○ 광양시청
5	대전충남녹색연합	○ 대덕구청
6	창원기독교청년회 (창원YMCA)	○ 창원시청 ○ 기후환경네트워크 ○ 해맑은
7	청주YWCA	○ 청주시청 ○ 녹색청주협의회



**2019 대덕 마을 에너지 활동가 학교**

장 소 | 2019년 9월 20일 ~ 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
장 소 | 대전광역시 유성구 대덕동 151-15 대덕마을에너지센터 2층 (대전광역시 유성구 대덕동 151-15 대덕마을에너지센터 2층)

목 표 | 대덕 주민자치회 활성화, 대덕 주민 자발적 참여 유도, 대덕 주민의 에너지 이해 증진, 교육 기회 제공  
목 표 | 마을 주민자치회 활성화, 주민 자발적 참여 유도, 주민의 에너지 이해 증진, 교육 기회 제공

특 점 | 100% 여성 참여 유도  
수료 | 1. 에너지 이해 증진 (에너지 이해, 에너지 이해, 에너지 이해)  
2. 에너지 이해 증진 (에너지 이해, 에너지 이해, 에너지 이해)  
3. 에너지 이해 증진 (에너지 이해, 에너지 이해, 에너지 이해)

장 소 | 대전광역시 유성구 대덕동 151-15 대덕마을에너지센터 2층 (대전광역시 유성구 대덕동 151-15 대덕마을에너지센터 2층)

문의 | 042-253-3343, 010-7666-5775

188 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
189 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
190 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
191 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
192 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
193 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
194 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
195 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
196 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
197 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
198 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
199 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)  
200 8020 2020년 9월 17일 (매주 화요일 10시 ~ 15시)

# 시민사회와 시민의 역할

한국 매니페스토 실천본부는 2019년부터 7월에 개최되는 전국기초단체장 매니페스토 우수사례 경진대회에 청정분권부문을 신 지역에너지 전환 우수 사례 시상

### □ 공모 분야

분 야	세 부 내 용
1 일자리 및 경제 분야	(일자리 및 소득격차 해소 관련 공약) ○ 일자리 창출 및 소득격차 해소 관련 우수 공약 사례 ○ 기업유치를 통한 일자리 관련 우수 공약 사례 ○ 사회경제적 등 공약까지 관련 우수공약 사례 등
2 도시재생 분야	(도시재생 관련 공약) ○ 청년주도 우수 공약 사례 ○ 주민 민간조직 산학연 등 다자간 협력 우수 공약 사례 ○ 경제·사회·문화적 가치 창출, 시민자산화 우수 공약 사례 등
3 에너지분권 분야	(에너지복지 및 청정에너지 관련 공약) ○ 지자체 에너지효율, 생산 우수 공약사례 ○ 지자체 에너지제도 개선 우수 공약사례 ○ 시민참여 에너지 활동 우수 공약사례 등
4 초고령화 대응 분야	(초고령화 대응 관련 공약) ○ 저출생 대책 우수 공약 사례 ○ 고령화 대응 우수 공약 사례 ○ 고 의 초고령화 사회 대응 관련 우수 공약 사례 등
5 지역문화 활성화 분야	(지역문화 활성화 관련 사례) ○ 활동공간 및 프로그램 지원 우수사례 ○ 지역축제 청년활동 우수사례 ○ 기타 지역문화 활성화 관련 우수사례
6 시민참여·마을자치 분야	(시민참여·마을자치 관련 사례) ○ 시민참여를 통한 풀뿌리 민주주의 구현 우수사례 ○ 주민 주도의 주민자치, 마을자치 공동체 우수사례 ○ 기타 민관협력, 민주적 참여문화 구축 우수사례 등
7 소식지·방송 분야	(주민과의 상호소통을 위하여 효과적인 소식지·방송을 운영하고 있는 사례) ○ 지자체 발행 소식지 우수사례 ○ 지자체 운영 자체방송 우수사례

**K-Solar League**

# 대한민국 솔라리그

**태양에너지에 자신 있다면**

솔라리그는 한국의 지자체와 시민조직들의 재생에너지 보급실적을 겨루는 '태양에너지 발전 경쟁리그'로 독일 환경지음협회 등이 2003년부터 독일 전 지역을 대상으로 태양광, 태양열 발전량을 평가하고 그 순위를 매겨 신재생에너지 보급확산에 활용하는 독일의 솔라 분데스리가(Solar Bundesliga)의 한국형 사업입니다.

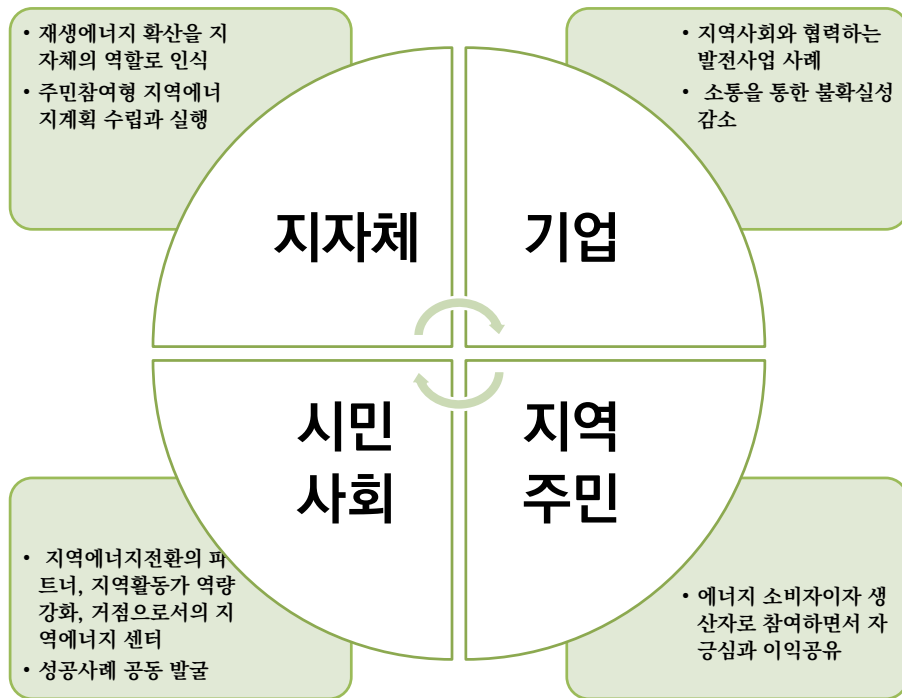
대상일시 **2019. 9. 25(수) 14:00**

종료기간 **2019. 7. 8(월)~7. 28(일)**

참여대상 **17개 광역지자체, 226개 기초지자체, 민간단체**

장 소 경남 거제  
문의 전국지속가능발전협의회 042-223-1141 / sdksa.org@hanmail.net  
주 최 한국에너지공단, 에너지정책연구원(환경친화적개발부담위원회)  
주 관 전국시민참여연대(환경친화적, 지역에너지 전환한국네트워크, 전국지속가능발전협의회)  
후 원 산업통상자원부, 한국에너지정보포럼, 한국태양광산업협회, (사)에너지지킴이포럼

## 시민사회와 시민의 역할



29

## [참고] 지역에너지전환 전국네트워크

- 2018년 3월 창립, 지역에너지 전환과 자립을 지향하고 실천하는 시민사회단체, 사회적경제조직, 민관협력기구, 시민모임의 전국네트워크
- 사무국 : 지속가능발전협의회
- 주요 참여 단체 : 운영위원회 : 광역네트워크 (경기, 대구, 부산, 충남, 경남, 전북, 대전), 부문(협동조합, 에너지자립마을)

목표	전략
에너지분권 제도화 - 제도를 바꿔 외연을 넓히고	1) 정부주도 중앙집중식 에너지 계획과 집행방식을 시민과 지자체가 주도하는 분산형 지역에너지 시스템으로 전환하기 위해 개헌논의와 에너지기본계획 수립에 적극 개입한다.
지자체 에너지 정책기반 마련 - 내가 사는 지역을 바꾸고	2) 지역 내 에너지 생산, 공급, 배분을 담당하는 사업 및 설비에 대한 지역 내의 공공적 소유, 운영, 관리, 통제를 추구한다.
지역에너지 전환 역량 확보 - 사람을 키운다	3) 시민들이 주도하고 참여해 지자체의 에너지 계획, 집행, 평가 시스템이 구축될 수 있도록 지역에서 활동한다.
	4) 지역에너지 전환을 위한 역량을 갖추기 위해서 정보와 경험을 공유하고, 활동가를 양성한다.



## 발표 3

# 재생에너지 발전사업의 환경평가 현황 및 추진 방향

이영준 KEI 선임연구위원





## 재생에너지 발전사업의 환경평가 현황 및 추진 방향

한국환경정책·평가연구원 이영준·박종윤

산업통상자원부가 발표한 재생에너지 확대를 위한 '신재생3020 이행계획'에 따르면 신재생에너지 비율 20%의 목표 연도인 2030년까지 48.7GW 규모의 신규 발전설비 보급이 전제되어야 한다. KEI에서는 2017-2019에 걸쳐 지금까지 협의가 이루어진 환경평가 자료를 바탕으로 신재생에너지 중 가장 보편적으로 활용되고 있는 육상풍력발전 및 육상태양광발전에 대한 현황을 분석하고, 최근 저수지, 담수호 등의 유휴수면을 활용한 태양광발전의 잠재력이 주목을 받고 있는 수상태양광발전에 대하여 개발 가능성과 그 잠재량을 평가하였다.

2019년 6월까지 환경영향평가정보지원시스템(EIASS)에 등록된 육상풍력발전사업 총 80건을 분석한 결과(전체 설비용량 2,145MW, 899기 설치), 80개 중 63개(79%) 사업이 산지에 입지하고 있는 것으로 파악된다. 육상풍력발전의 입지 특성상 산 정상부 및 능선부에 입지하는 경향이 높으나, 이러한 풍력발전 개발가능지역의 상당부분이 환경적 측면에서 보호가 우선적으로 고려되어야 하는 생태자연도 1등급 지역 또는 주요 능선에 인접하게 계획되고 있는 것으로 나타나고 있다. 육상풍력의 경우 지표면 50m 높이에서 풍속 3등급 이상(평균풍속 6.4m/s)의 확보가 필요한 자연조건을 감안할 때 우리나라의 지형 특성 상 풍력잠재량이 상대적으로 높은 산지에 사업이 입지할 수밖에 없는 실정이다.

향후 정부의 신재생에너지 확대정책과 연계하여 산능선부를 따라 집중되는 육상풍력사업의 입지 타당성에 대한 검토가 환경가치, 경제성, 사회적 수용성 등을 종합적으로 고려하여 체계적으로 이루어질 필요가 있으며, 환경보존과 신재생에너지 확대가 상호 공존할 수 있는 다양한 정책 및 해법이 필요하다.

2019년 6월까지 EIASS에 등록된 육상태양광발전사업은 총 7,363건에 이른다. 지난 15년간 환경평가를 통해 추진된 육상태양광발전사업의 75%에 해당하는 5,073여건의 사업이 최근 2년 6개월(2017.01~2019.06) 사이에 협의된 것으로 나타난다. 2019년 6월 기준 누적 발전설비용량은 9.8GW이며, 여기에 전체 약 149.5km<sup>2</sup>의 대지 면적이 소요된 것으로 나타난다. 개발면적은 전남, 전북, 경북 순으로 분포하고 있다.

지목별 면적 비율은 임야가 53%(81.3km<sup>2</sup>)로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 지역별 개발면적에서 임야가 차지하는 비중은 경북(80%)과 충북(74%) 지역에서 상대적으로 높게 나타났다. 식생보전 등급별 면적을 분석한 결과, 여의도 면적 16배 크기에 달하는 47.1km<sup>2</sup> 면적의 산림(식생보전 III-IV등급)이 태양광사업으로 인해 훼손된 것으로 나타났다.

추가적으로 재생에너지 3020 이행계획의 태양광 보급목표 달성을 위해서는 28.4GW(30.8GW 중 주택·건물 등 자가용 태양광 2.4GW 제외)의 신규 설비를 위한 444km<sup>2</sup>(=세종시 면적 465km<sup>2</sup>의 96%)의 대지가 필요할 것으로 추정된다.

육상태양광 발전시설로 인해 산림자원 감소와 생태계 훼손 등의 부정적 영향을 최소화할 수 있는 대안으로 유휴수면을 활용한 수상태양광발전이 대두되고 있다. 그러나 수상태양광발전은 환경적 측면

에서의 불확실성을 포함하여 안전성, 경제성 및 사회적 수용성 등의 쟁점들이 여전히 존재하고 있다. 2019년 6월 기준 EIA에서 확인되는 수상태양광발전사업의 협의 건수는 총 60건이며, 이 중 51건은 한국농어촌공사 관리 농업용저수지 43개소에서 추진되었다. 시설 개소수 51개소(60건)에 대한 총 발전규모는 135MW이며 총 171ha의 수면적을 차지하고 있다.

한국농어촌공사 관리 전국 3,397개(2017년 통계자료 기준)의 농업용저수지를 활용한 수상태양광발전 잠재량을 산정하였다. 여기서 잠재량은 전체 수면적의 합에 단위용량(1MW) 당 소요면적을 나누어 계산되며, 개발 가능성과 제약요소에 따라 부존, 가용, 환경적 잠재량으로 구분하였다.

총 만수면적 42,634ha의 10%를 활용할 경우(1.3ha/MW 적용), 3,280MW 부존 잠재량을 갖는다. 그러나 저수지 규모(유효저수량 30만<sup>3</sup> 이상)와 실제 수면적 차지비율(만수면적의 5% 이하), 상수원 보호구역, 경제성(발전용량 500kW 이상)을 고려하면, 638개 저수지에서 1,247MW의 가용 잠재량이 산정된다. 여기에 제약사항으로 여유수심 3m 유지(만수위-사수위>3m)와 한발빈도(10년 미만), 환경입지(야생동식물보호구역, 국립공원, 생태자연도1등급)를 고려하면 540개 저수지에서 1,084MW의 환경적 잠재량을 갖는 것으로 분석되었다.

2019년 현재 농업용저수지를 활용한 수상태양광은 잠재량 대비 보급 비율이 5.5%로, 향후 개발 가능성과 잠재 규모가 커 산업유발 효과 또한 큰 에너지원이라 할 수 있다.

재생에너지 3020의 성공적 시행을 위해서는 녹색 간 충돌 문제에 대한 해결이 선결 과제이다. 산림을 훼손하는 재생에너지사업이 지속가능한 재생에너지 발전사업의 모델이 될 수 없다는 것에 대한 사회적 공감대도 확산되고 있다. 친환경에너지로서 재생에너지의 확대·보급을 위해서는 환경적, 경제적, 안전성, 수용성 측면을 고려한 입지와 규모를 파악하여 보급목표를 설정한 후, 우선순위에 따라 사업을 추진하는 것이 필요하다.

계획입지제도 등을 도입하여 개발가능지역을 대상으로 자연보존 등급이 상대적으로 낮은 지역부터 입지의 우선순위를 정하여 사업을 추진하는 확대 전략이 필요하다. 이와 함께 기존 운영 사업지에 대한 중장기적인 모니터링을 통해 생태계에 미칠 수 있는 비가역적인 영향을 최소화 할 수 있는 과학적인 근거를 마련하는 것이 동시에 이루어져야 한다.

또한 기술적, 환경적, 사회·경제적 측면에서 이용 또는 수용할 수 있는지 그 개발 가능성을 우선적으로 검토할 필요가 있다. 이를 통해 재생에너지 원별 보급 목표량의 적정성 여부를 가늠할 수 있으며, 우리나라 실정에 맞는 재생에너지 원별 최적 모델을 발굴하고, 지역별 특성을 고려한 맞춤형 재생에너지 보급 정책을 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 여기에는 에너지 효율(예, 광전변환효율 등)을 향상시킬 수 있는 기술 발전이 반드시 수반되어야 한다.

# 재생에너지 개발사업의 환경평가 현황 및 추진 방향

2019. 9. 27

이영준, 박종윤

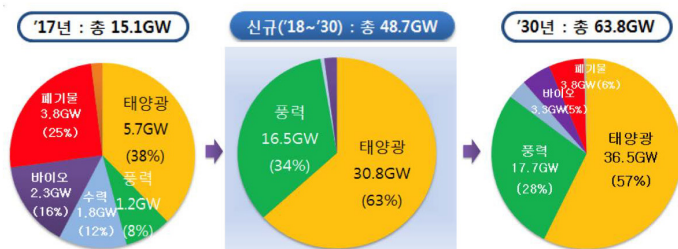
**KEI** 한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

## 재생에너지 확대

### 재생에너지 3020 이행계획(2017, 산업통상자원부)

#### 원별 보급목표

신규설비 95% 이상을 태양광, 풍력 등 청정에너지로 공급



#### 주체별 보급목표

국민참여형 발전사업, 대규모 프로젝트를 통해 목표 달성



➔ 2030년까지 48.7GW의 신규 발전설비 보급을 전제되어야

# 재생에너지 3020 이행계획 (산업통상자원부)

## 보급목표 이행방안

- ◆ (기본방향) 삶의 질을 높이는 참여형 에너지체제로 전환
  - (분야) 폐기물·바이오 중심 ⇨ 태양광·풍력 등 청정에너지 보급
  - (주체) 외지인·사업자 중심 ⇨ 지역주민·일반국민 참여 유도
  - (방식) 개별입지 난개발 ⇨ 대규모 프로젝트 형태의 계획적 개발

### ■ 국민참여 확대 정책 추진

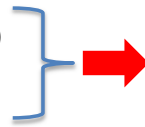
- 도시형 자가용 태양광 확대
- 농가 태양광

### ■ 계획입지 조성

- 수용성, 환경성을 사전에 확보하고 부지를 계획적으로 조성하기 위한 계획입지제도 도입 추진

유휴 농지로 태양광 설치를 유도

- ✓ 농업진흥구역 내 염해간척지\*(1.5만 ha)
- ✓ 농업진흥지역 이외 농지(86만 ha)
- ✓ 농업용 저수지(188ha) 등



개발 잠재 부지  
약 8,752km<sup>2</sup>  
(국토면적의 약 9%)

3

# 신·재생에너지 백서(2018)

## ● 시장 잠재량

- 육상풍력 : 17GW(※ 3020 목표 4.5GW의 3.8배)
- 해상풍력 : 22GW(※ 3020 목표 12GW의 1.8배)
- 육상태양광 : 321GW(※ 3020 목표 30.8GW의 10.4배)

※시장 잠재량 : 기술적 잠재량 중 경제적 영향요인과 정책적(지원, 규제) 영향요인을 적용할 때 실질적으로 활용가능한 에너지의 양

(산업통상자원부, 한국에너지공단)

- 신재생에너지 개발 가능 입지와 잠재 규모를 분석·평가

## ● 자연보존 대 청정에너지 확대의 딜레마

- 하지만 육상의 경우, 최소 3.8배에서 최대 10.4배의 잠재량에도 불구하고,
- 환경평가를 통해 나타나는 이행계획의 실제적인 사업추진 현황은 신정부의 신재생에너지 보급 확대와 관련하여 자연보존과 청정에너지원 확대의 명분이 지역에 따라 상호 상충되고 있는 상황이 발생

4

# 재생에너지 사업의 환경평가 대상

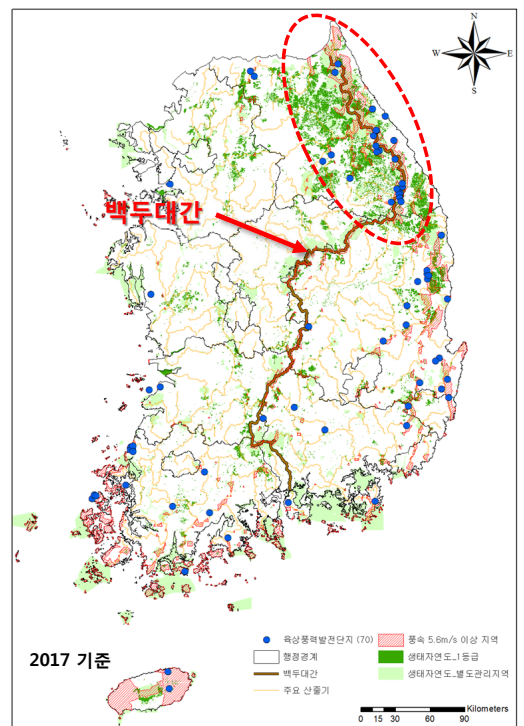
- 전력환경영향평가(전원개발촉진법 제11조 3항에 근거)
  - 에너지개발 : 전원개발사업 예정구역 지정
- 환경영향평가(전원개발촉진법 제5조 1항에 근거)
  - 에너지개발사업 : 태양광, 풍력의 경우 발전시설용량 10만 KW(100MW) 이상
- 소규모환경영향평가(국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제6조에 근거)
  - 제2호에 따른 관리지역인 경우
    - 1) 보전관리지역 : 5,000m<sup>2</sup>
    - 2) 생산관리지역 : 7,500m<sup>2</sup>
    - 3) 계획관리지역 : 10,000m<sup>2</sup>
  - 제3호에 따른 농림지역의 경우
    - 1) 7,500m<sup>2</sup>
  - 제4호에 따른 자연환경보전지역의 경우
    - 1) 5,000m<sup>2</sup>

5

# 육상풍력 현황 (KEI 2017)

## 입지특성 분석

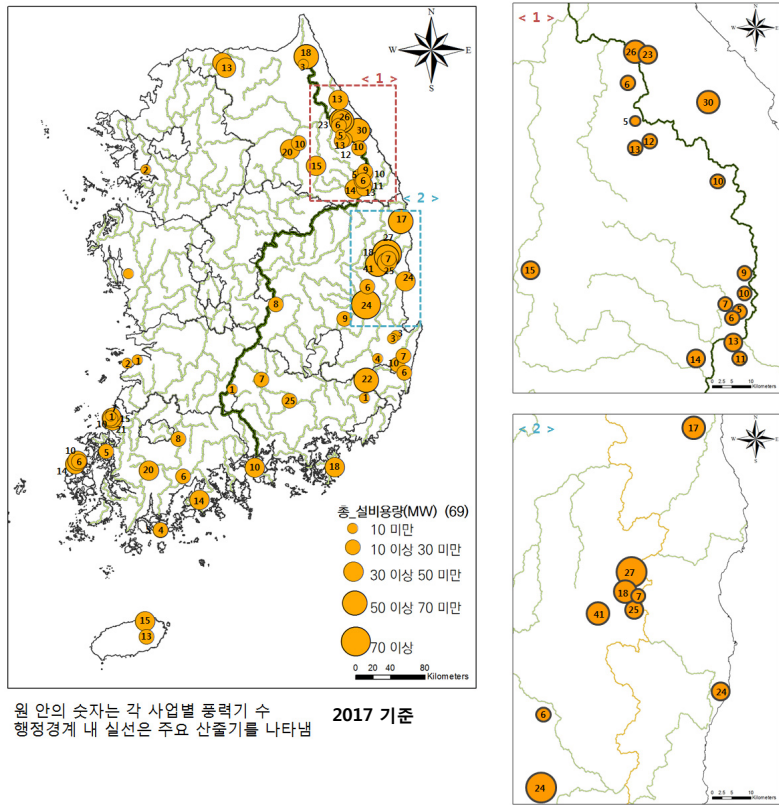
- 풍속 조건을 만족하는 대부분의 산지는 백두대간, 정맥 등 주요 산줄기를 포함하고 있음
- 육상풍력발전사업 80개 중 63개 사업이 산지에 입지(79%, 2019년 상반기 기준)
- 강원 및 영남 지역에 분포하는 주요 산줄기와 인접하는 고지대에 총 47건의 사업이 집중
- 환경평가서상 확인이 가능한 79개 사업의 전체 설비용량은 2,145MW이며 총 899기의 풍력기가 설치
- 자연환경 훼손에 대한 우려가 높은 실정
- 발전사업 허가 후 환경평가 과정에서 심각한 입지 문제가 제기되는 경우가 많음
- 사전 입지컨설팅 필요



6

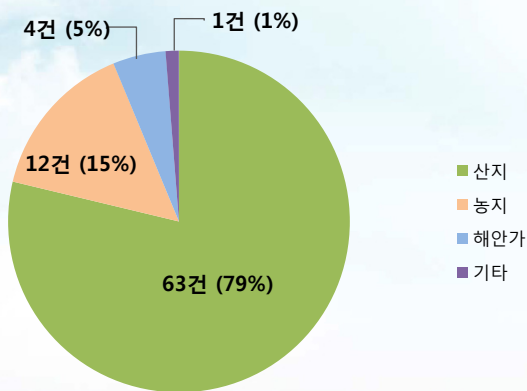
## 육상풍력발전사업 분포 및 규모

- 1,000MW 규모의 전기를 생산할 수 있는 원자로 1기의 약 43% 정도의 발전량(유효설비용량 20%)을 담당

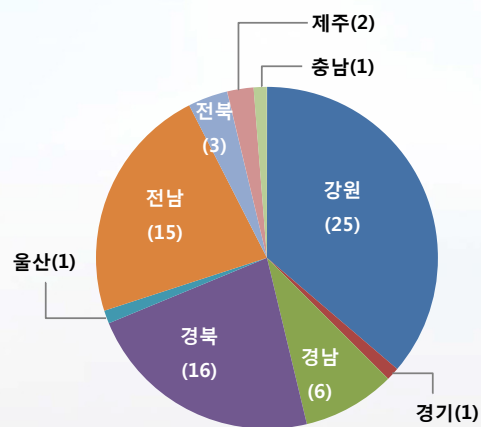


## 육상풍력발전사업 입지특성 분석

### 토지피복 분류에 따른 육상풍력발전사업 입지 현황



### 지역별 육상풍력발전사업 현황



## 육상풍력발전사업 입지특성 분석

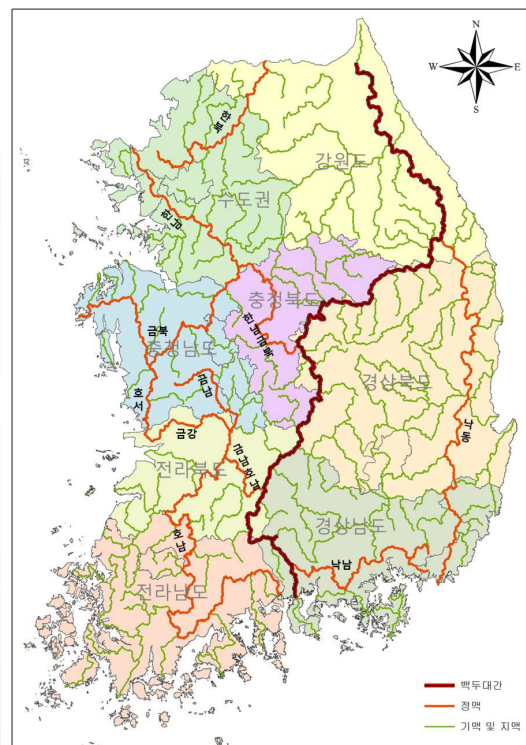
- 풍력단지가 산지에 설치될 경우, 공사 시 풍력기 및 자재 운반에 필요한 진입도로와 운영 시 관리에 필요한 관리도로 형태의 부수도로가 필요
- 사업당 **최단 0.9km에서 최장 15.9km**의 부수도로가 설치되는 것으로 파악
- 부수도로는 기존의 임도를 활용하는 경우도 있지만 풍력 터빈을 구성하는 대규모 블레이드나 타워 부품을 수송하기 위한 신규 도로개설이 불가피하게 요구되어 **양호한 식생 훼손을 야기할 가능성이 높음**
- 풍력발전단지에서 생산되는 전력을 인근 변전소로 연결하기 위하여 설치되는 송전선로의 규모는 **최단 0.3km에서 최장 36.1km**에 이르고 있음
- 특히 산지에 들어서는 사업의 경우 확인 가능한 **송전선로는 사업 당 평균 12.3km** 정도로 계획되고 있음

## 지형적 입지 특성

- 대간, 정맥, 기맥, 지맥 등을 포함하는 **능선축은 자연환경뿐만 아니라 인문사회적 측면에서도 매우 중요**
- 정맥(7), 기맥(6)은 수 백km 연장, 기맥(146)은 최소 30km 이상 연장(남한 기준)
- 능선축에 대한 체계적이고 과학적인 정보는 자연환경 현황 파악, 환경영향평가 등에 활용
- 동물의 이동성 및 서식처 확보 측면에서 **중요한 광역생태축 기능**

산줄기 위계에 따른 육상풍력발전사업 분포 현황

위계	종류	핵심 구역 설정	사업 수
1급	백두대간	고시 구간	5
2급	주요 정맥	핵심구역 150m	9
3급	기맥 등	핵심구역 150m	1
4급	지맥 등	핵심구역 100m	10
5급	소규모 능선축	핵심구역 100m	38
총계			63



## 환경보존에 대한 핵심 쟁점

### - 산림생태계 훼손

- 육상풍력발전시설이 입지하는 고지대 능선부는 식생이 우수하고 산림생태계가 잘 보전되고 있어 지속가능측면에서 **행정적인 보호·관리를 받고 있는 지역이 대부분**
- 고지대 능선부에 풍력발전단지가 입지할 경우 생태축 훼손, 토사유출의 피해, 지역 생태계 생물종 변화, 외래종 침입에 따른 생태계 교란 등이 우려
- 풍력발전기 블레이드와의 조류 충돌, 조류 이동경로에 미치는 영향 등도 제기

### - 지형 영향

- 지형훼손에 대한 이슈가 적은 외국과 달리 우리나라는 풍력발전단지 조성지역 대부분이 광역생태축 기능을 하는 주요 산줄기(특히 **대간, 정맥, 기맥, 지맥** 등)에 입지
- 주로 경사지를 포함하는 능선부에 계획되어 풍력기 및 관리도로에 의한 **상당한 지형변화가 발생**

### - 기타 환경적 영향

- **지역주민들과의 충분한 소통과 협의없이 진행되는 풍력발전단지 조성사업의 경우** 능선부에 조성되어 광범위하게 노출되는 경관부조화를 지역주민들이 쉽게 받아들이지 않는 경향이 큼
- 소음, 저주파, 경광등, 그림자, 결빙, 기류변화 등의 환경 영향 제기

## 주요 환경 영향(해외 자료)

- 서식지 훼손에 따른 물리적-생태적 단절
- 도로 사면과 같은 직접적인 물리적 단절뿐만 아니라 기존 서식공간과 다른 서식환경이 만들어짐에 따른 동물 접근성 변화 등 **서식환경에 미치는 영향**
- 이로 인한 **서식환경변화는 산림내부 서식공간을 선호하는 동물들의 접근과 이동을 방해하게 되며 외래종 침입 증가** 등 추가적인 생태계 서식환경 훼손·단절이 발생
- 조류 및 박쥐의 터빈 충돌

- 가장 심각한 환경적 영향은 풍력 터빈이나 송전선로보다는

**도로 건설(또는 개량)에서 발생**

- 도로 폭 및 길이 확장에 따른 자연 서식지 상실
- 숲 또는 기타 자연 서식지의 파괴
- 토양 침식 및 산사태

(Ledec and Posas 2003, Ledec 2005)

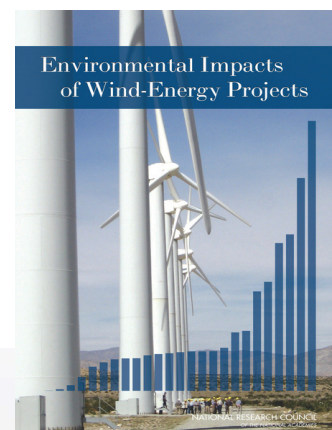
### Impacts of Wind Power on Natural Habitats

• **Land Clearing** (~1-2 ha/MW) for turbine platforms, access roads, construction staging areas, etc.

• **Habitat Fragmentation** from rows of turbines and connecting roads.

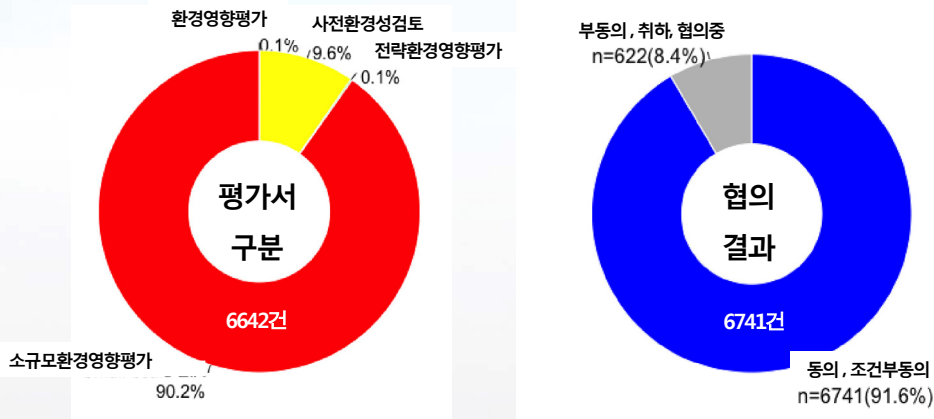
#### Special Cases:

- Specialized, endemic ridge-top vegetation may be disproportionately affected (especially in tropics).
- Downwind sand dunes might be altered.



# 환경평가 협의 현황

- ❖ 2014년부터 2019년6월까지 EIA에 등록된 육상태양광사업은 총 7,363건으로 집계됨(수상태양광, 지붕 및 옥상 등의 시설물을 이용한 태양광사업 제외)
- ❖ 2019년 9월 기준 7,335건의 사업이 협의완료 상태임
- ❖ 이중 6,741건(92%)의 사업이 환경평가 동의(조건부동의 포함)를 득함

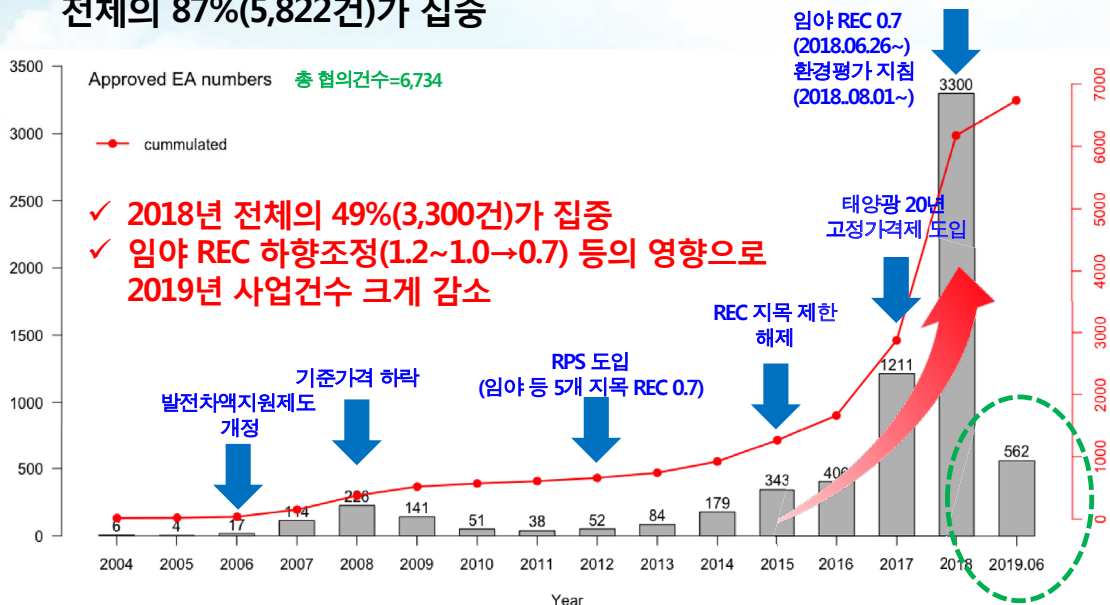


13

# 육상태양광

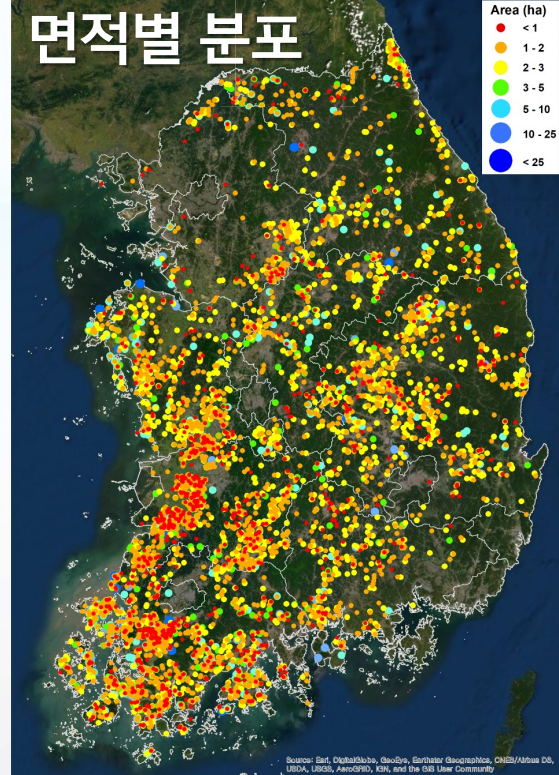
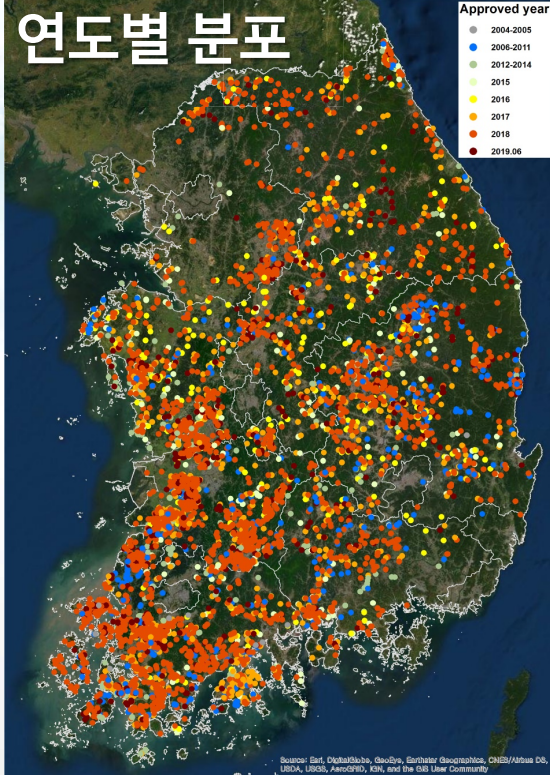
## 전국 연도별 환경평가 협의 건수

- ❖ 2012년 RPS 제도 도입 이후 증가추세 뚜렷, 최근 5년(2015-2019.06) 전체의 87%(5,822건)가 집중



14

# 육상태양광

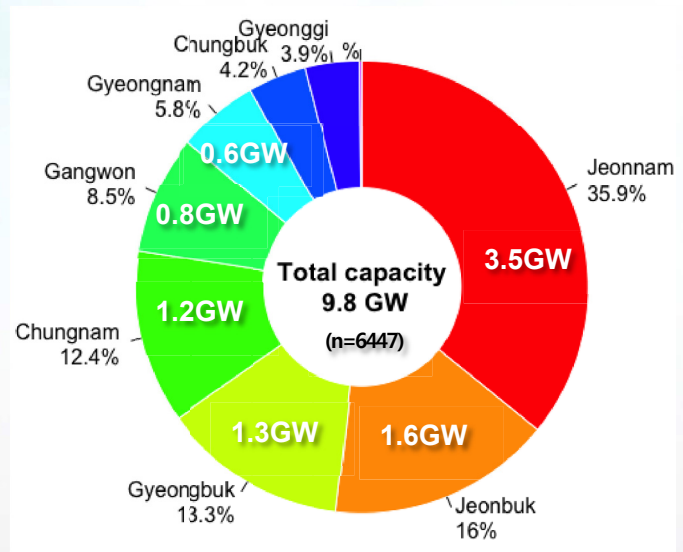
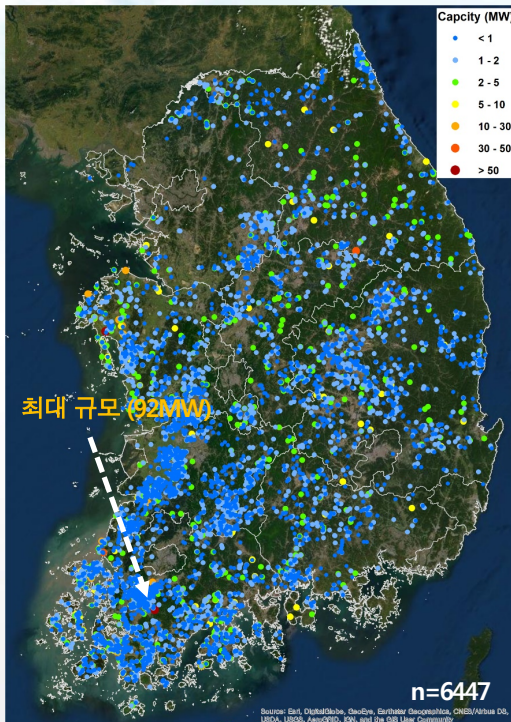


15

## 지역별 시설용량 분포

❖ 총 시설용량 9.8 GW(면적 149.5km<sup>2</sup>)의 절반에 가까운 52%가 호남

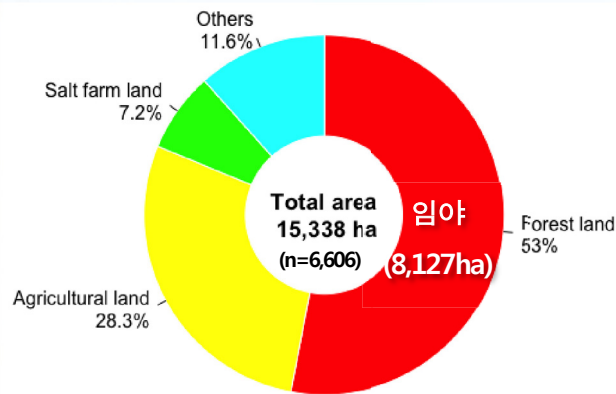
지역에 분포



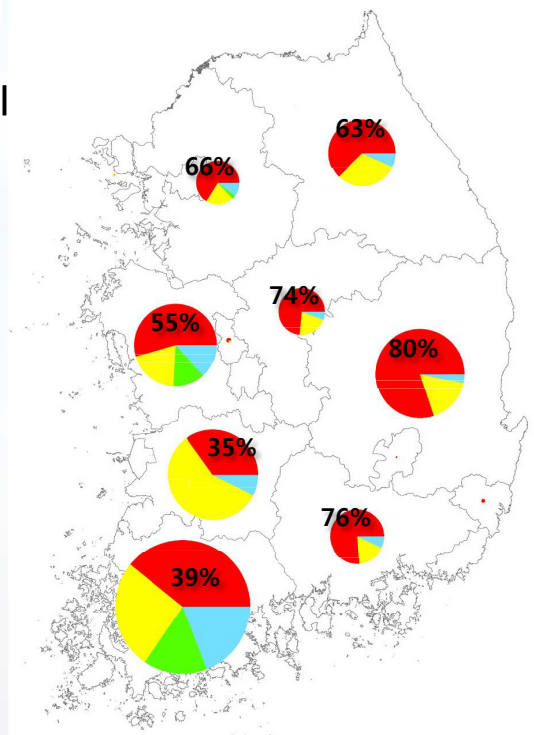
16

## 지목별 개발면적 분포

- ❖ 전체 개발면적의 53%가 지목상 임야
- ❖ 이 중 전남(26%)과 경북(23%)의 임야면적이 차지하고 있는 비중이 높음
- ❖ 경북과 경남, 충북 내륙지방에 분포하는 사업의 총 임야비율이 상대적으로 큼



전체 개발면적에 대한 지목별 비율



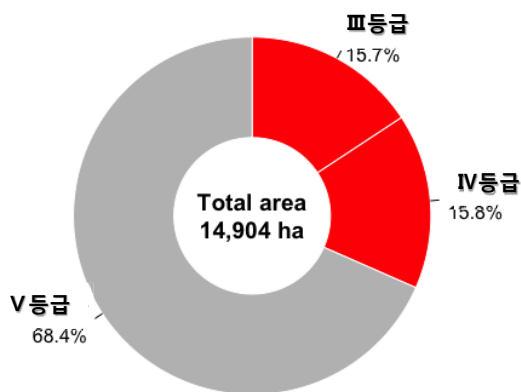
지역별 개발면적에 대한 지목별 비율

17

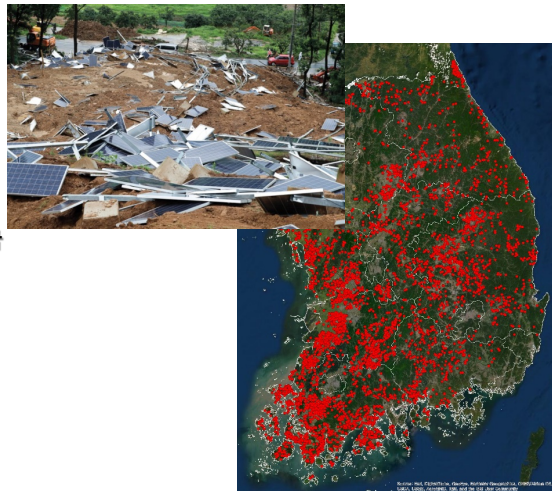
## 육상태양광

### 식생보전등급별 분포

- 사업지구가 **식생보전 3-4등급지를 포함하는 경우를 산지태양광으로 규정**
- 총 개발면적의 32%(4,707ha)가 산지에 해당되며, 이는 여의도 면적 16배 크기의 산림이 태양광사업으로 인해 훼손되었다고 볼 수 있음



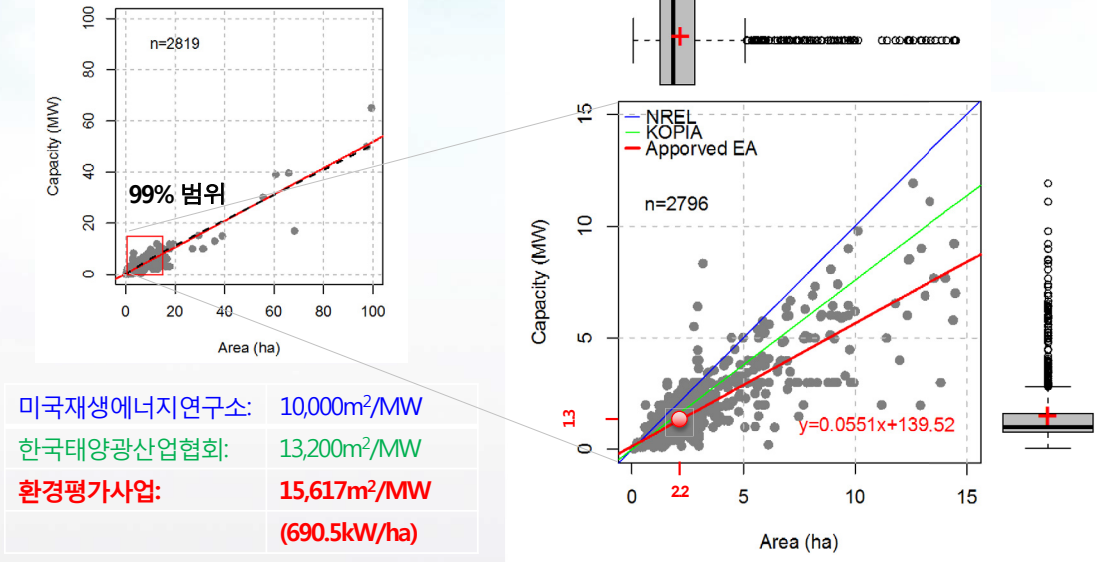
식생보전등급 비율



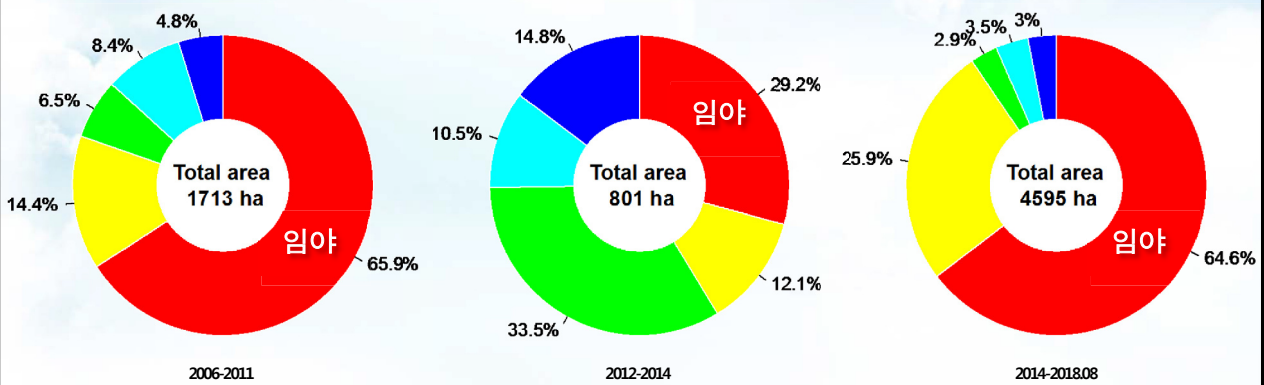
18

# 개발면적-설비용량 관계 분석

- ❖ 개발면적-설비용량간 선형회귀식을 도출하여 1MW(Utility급) 설비 설치에 소요되는 면적을 추정
- ❖ 개발면적은 태양광패널, 진입도로, 사면녹지 등을 포함한 전체 면적



# 에너지 정책과 지목별 비율 변화

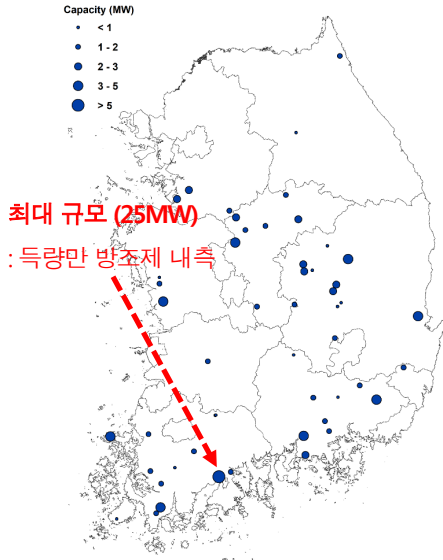


- ❖ RPS 도입과 동시에 임야 등 5개 지목의 REC를 0.7로 설정함에 따라 해당 지목의 비율이 크게 감소
- ❖ 즉, REC 정책에 기인하여 개발지역의 지목별 비율이 크게 변동함을 확인
- ❖ 임야 REC 하향 조정의 영향으로 임야에서의 개발사업이 감소할 것으로 예상

# 수상태양광

## 수상태양광발전사업 추진 현황

- 2019년 9월 기준 환경영향평가정보지원시스템(EIASS)에 추진 협의된 수상태양광 발전사업은 총 60건(전남이 18건으로 가장 많은 협의 건수를 나타냄)
- 이 중 51건은 한국농어촌공사 관리 농업용저수지 43개소에서 추진됨

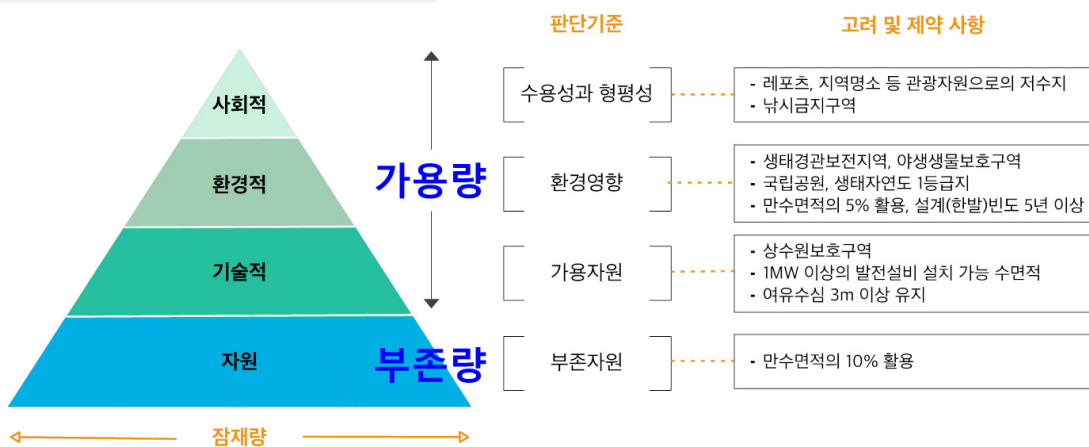


- ❖ 시설 개소수: 51개소
  - 한국농어촌공사: 44개소(배수로 1개소)
  - K-water: 2개소(보령댐, 충주댐)
  - 한국수력원자력: 1개소
  - 담수호: 2개소
  - 지자체 관리 저수지: 1개소
- ❖ 총 수면적: 171 ha
- ❖ 총 설비용량: 135 MW

21

# 수상태양광 (2017)

## 잠재량 산정 기준 도출

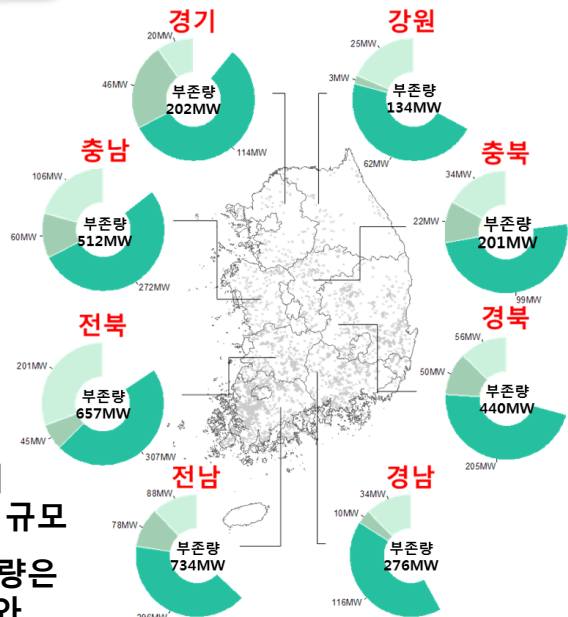
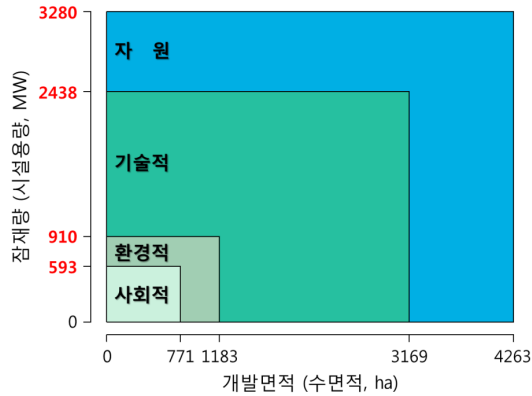


- 자 원:** 전국 3,397개 저수지 만수면적의 10%를 활용하여 얻을 수 있는 잠재량
- 기술적:** 수상태양광 발전설비가 입지할 수 있는 여건을 고려
- 환경적:** 환경적 입지 여건, 환경영향 최소화 및 재해 안전성 측면을 고려
- 사회적:** 사회적 수용성과 형평성을 고려(이해당사자간의 충돌 가능성)

22

# 수상태양광 (KEI 2017)

## 잠재량 산정 결과 및 지역별 분포

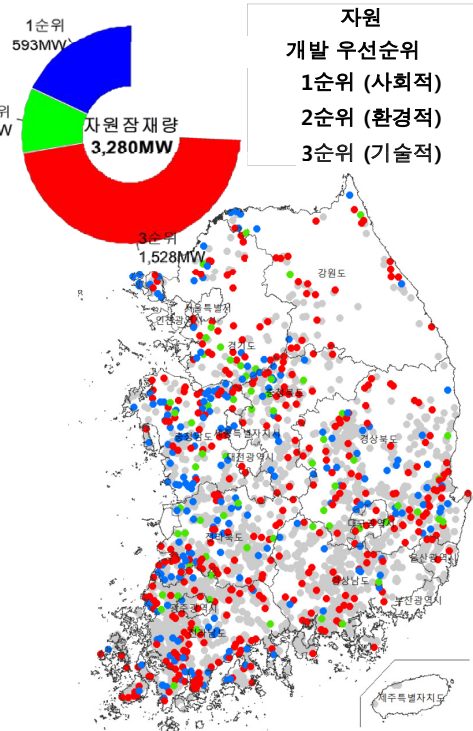


- ✓ 자원 잠재량 3,280MW(부존량)에서 74%에 해당하는 2,438MW가 가용 규모
- ✓ 환경적, 사회적 요소가 고려된 잠재량은 각각 자원 잠재량의 28%(910MW)와 18%(593MW)에 해당

# 수상태양광

## 수상태양광발전사업 전략 제언

- 2019년 현재 농업용저수지를 활용한 수상태양광은 기술적 잠재량 대비 보급 비율이 5.5%에 불과(향후 성장 가능성)
- 친환경에너지로서 수상태양광의 무조건적인 확대·보급보다는 개발 가능 입지와 규모를 파악(전략환경영향평가) 하여 보급목표를 설정한 후, 우선순위에 따라 사업을 추진하는 것도 하나의 방법
- 그러나, 기술적으로 해결이 가능하고 환경적 영향과 안전성이 검증된다 하더라도 이해관계의 대립은 풀기 어려운 문제(사회적 잠재량 산정의 한계)



# 재생에너지 개발 방향

## 보급목표 및 이행방안의 적절성

- 재생에너지원별 보급 목표량(비율 및 잠재량)은 적정한가?
  - 태양광, 풍력, 바이오, 폐기물, 지열 등
- 태양광 및 풍력의 경우, 우리나라 실정에 가장 맞는 유형은?
  - 태양광 : 도시형(건물, 옥상), 농지, 산림, 폐염전, 수상 등
  - 풍력 : 옥상 및 해상
- 국토 이용의 효율성 측면에서 대규모 토지가 요구되는 발전사업의 방향성?
  - 환경평가 협의된 옥상태양광사업의 총 개발면적은 104km<sup>2</sup>(여의도 36배)
  - 신규 재생에너지 발전사업에 필요한 대규모 토지 공급 적절성 검토가 요구됨
  - 면적 집약적 사업 -> 환경적 측면에서는 토지이용 효율성 고려해야
- 지역별 특성을 고려한 맞춤형 재생에너지 보급 정책?
  - 지자체 주관 예정인 계획입지제도의 실효성 검토 필요
- 사회적 수용성 확보 방안?
  - 지역(주민)에 대한 인센티브 제도(실질적인 혜택), 개발이익 공유 등



25

# 재생에너지 개발 방향

## 입지의 타당성

- '재생에너지 3020 이행계획'
  - 2030년까지 재생에너지 설비용량(누적)을 63.8GW까지 보급 계획(48.7GW 규모의 신규 발전설비 보급이 전제)
  - 95% 이상을 태양광(30.8GW), 풍력(16.5GW) 등 청정에너지로 공급



신규 태양광 28.4GW  
확대를 위한 대지면적  
444km<sup>2</sup> (15,617m<sup>2</sup>/MW 적용)



환경영향 최소화 동시에  
정책방향에 부합할 수 있는  
방향?

- 기술적, 환경적, 사회-경제적 측면에서 이용 또는 수용 가능한 개발 가능성 검토 필요
  - 자원이 지닌 부존량이 풍부
  - 환경 비용 최소화
  - 사회적 수용성

26

## 자연보존 대 청청에너지 확대

2014년 기준,

우리나라 산림공익기능의  
총 평가액은 126조원으로  
평가됨(출처: 산림청)

### Forest Ecosystem Services

- Biodiversity conservation 생태계 보존
- Watershed services 수원함양
- Soil conservation 토사유출방지
- Carbon storage 탄소 저장
- Recreational service 산림휴양 등

영광풍력단지(140MW):

온실가스(CO<sub>2</sub>)는 소나무 4,000만 그루를 대체하는 연간  
11만1052ton 저감

27

## 재생에너지 개발 방향

### 향후 과제

- 자연보존과 재생에너지 목표를 상호 만족할 수 있는 공존 방향 모색
- 환경보존 지역과 재생에너지 개발가능 지역 도출
- 지역별 잠재량 및 개발가능 입지 분포도 작성(전력계통과 연계)
- 개발가능지역 중 입지의 우선순위를 통한 사업 확대
- 기존 운영 사업지에 대한 중장기 환경모니터링 필요
- 사전입지컨설팅과 같은 사전예방적 도구로서 마련된 제도의 활용
- 이를 위하여 입지 관련 정보가 포함된 "잠재량 및 입지 지도"와 같은 일원화된 최신 정보의 공공 서비스가 필요
- 에너지전환효율 향상을 위한 기술 발전

28

감사합니다.









