

# 에너지, 신재생에너지

허 은 녕

서울대학교 에너지시스템공학부 / 기술경영경제정책과정(TEMEP) 교수  
녹색성장위원회/에너지위원회 위원



## 에너지 글로벌 환경 변화

T. Ramishvili 주한 러시아 대사, (2004년 6월)

“에너지 안보에 대한 대책을 마련하지 못한 유일한 나라가 한국이며  
이는 미국, 유럽 등과 다른 모습”이라고 핀잔

- ① 미 국 : 2001년 National Energy Policy (일명 Cheney 보고서)작성
- ② 일 본 : 2003년 국가에너지기본계획 수립, 절약과 안보 동시달성
- ③ 스위스: 2002년 2,000W Society 건설계획 수립 (2050년 목표)
- ④ 러시아: 2002년 ‘2020년 까지의 에너지전략’ 수립

- \* 선진국들은 1999부터 국가차원의 장기에너지계획 수립  
에너지 안보에 대한 국가경영전략적 차원의 방향제시  
에너지수급안정/기후변화협약대응 이라는 두 마리 토끼를 동시에 잡고자 노력
- \* 우리나라 2008년에 제1차 국가에너지기본계획 수립  
이후 2009년에 자발적 온실가스감축목표 발표

# 에너지 글로벌 환경 변화

## 유럽의 문제인식과 대응

- ✳ 유럽의 에너지 수입의존도는 50%로 한국과 일본보다 훨씬 낮지만 2020년까지 수입의존도가 70%까지 달할 것으로 우려, 장기계획 수립
- ✳ 보유하고 있는 북해유전 및 프랑스 원전에 에너지절약/재생에너지 추가
- ✳ 기술개발 중심, 수요관리 중심 전략, 기후변화협약 협상에 유리한 조건 형성
- ✳ 미래의 비전, 목표를 미리 설정하고 미래의 모습에서부터 현재로 역추적하는 back-casting 방법을 많이 채택

## 주요국별 특징

- ✳ 독일 : LEEN 시스템 도입, 기업의 에너지절감 노력 지원
- ✳ 네덜란드 : 대학-연구소 주축, 단기계획(10년), 중기계획(25년)과 장기계획(50년)을 모두 포함하는 종합적인 전략 수립
- ✳ 스위스 : 2050년까지 에너지소비를 현재 인구일인당 소비의 40% 수준으로 줄이려는 과감한 "2000 와트 사회구축을 위한 비전" 제시

# 에너지 글로벌 환경 변화

## 미국의 문제인식과 대응

- ✳ 석유 수입의존도 심화로 원자력에너지 공급비율의 하락 및 석유매장량 감소
- ✳ "에너지안보는 미국의 사활적 이익"으로 규정하고 부시 대통령 취임 6일 만에 부통령을 의장으로 하는 국가에너지정책발전위 구성
- ✳ 발전위는 NEP(Cheney) 보고서를 작성, 2001년 5월에 대통령에게 제출

## 보고서 주요내용

- ✳ 에너지 상황의 현황 파악 및 원인 분석, 다양한 정책시나리오 검토
- ✳ National Energy Policy (일명 Cheney 보고서, 14개 부처 참여)
  - 해외 유전개발 진출 : 중동, 카스피해, 아프리카
  - 중동질서 재편을 통한 국제유가 안정
  - 원자력발전 동결에서 원전 재개로 선회 촉진
- ✳ 전형적인 공급자 중심 에너지 전략 (에너지수급 중심)
- ✳ 에너지업계의 개발사업 투자 유인 자극, 이후 Shale Gas / Shale Oil 등 비전통에너지 자원개발기술의 R&D 및 성공으로 이어짐

# 에너지 21세기 글로벌 환경 변화

- ① 유럽 : 기존에 가지고 있던 북해유전/가스전 & 프랑스 원전에  
에너지 절약과 재생에너지 확대를 추가하는 방식으로  
에너지안보와 기후환경협약문제 동시 해결  
기술개발 중심의 수요관리 정책 + '에너지절약'(높은 가격)
- ② 미국 : 국내 Shale Gas의 성공적인 개발로  
에너지안보와 기후환경협약문제 동시 해결  
전력 가스발전으로 대체, 산업경쟁력 확보  
기술개발(공급) 중심, "제조업(경제) 부활"중심
- ③ 동아시아 (한·중·일)3국 : 높은 인구밀도로 옵션 부족  
'기술개발 중심'은 동일하나 부존자원 부족으로 성과에 한계  
3개국 모두 원자력 추진하였으나 일본 후쿠시마 사태로 중단

- ✳ 미국/유럽, 목표는 같아도 다른 정책 추구 (수요관리 vs 공급확대)  
지난 10여 년간의 기후변화'협약'에 대한 양 진영의 정책차이
- ✳ 모두 '자기가 가지고 있는 자원'을 기초로 '기술개발'을 통하여 에너지확보  
다시금 예전의 에너지 형태로... 주(Main) Energy 시대가 끝나감

## 에너지 글로벌 환경 변화 - 우리나라

### ❖ 1970~80년대 우리나라의 대표적 에너지정책 성공사례

- 원자력 발전의 도입 (1970년대)으로 전기sector의 탈 석유화
- 천연가스 난방시스템의 도입 (1980년대)으로 난방부문에서 석유 탈피
- ☞ CO<sub>2</sub> 발생 줄고 편리... 국민생활향상과 탈 석유화 동시에 이룸  
'석유수입기금' 성장동력 근원 (동력자원부 설립 등 정책집중 효과)  
그 대신 에너지 자급자족률 3% 이하로 추락 ('80년대 초 40%)  
( '80년대 말 저유가 시대 도래 및 석탄산업합리화의 성공적 시행)

### ❖ 2000년대 대표적 에너지 정책

- 신재생에너지 (2002년 1차 기본계획 수립, 현재 4차(2014))
- 해외자원개발 (2001년 1차 기본계획 수립, 현재 5차(2014))
- ☞ 우리나라 에너지 자급자족율 향상 + 우리나라 기술력으로 개발  
'자립도 향상', '기술개발'이 에너지정책의 주요 축으로 자리잡음  
그러나 성공한 모델로 자리잡지 못함

# 에너지 글로벌 환경 변화 - 우리나라

**Table 3-10 Energy consumption by source**

(Unit: %)

	1968	1973	1978	1983	1988	1993	1998	2003	2008
Total consumption	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Coal	34.2	30.2	26.0	33.4	33.4	20.4	21.7	23.8	27.4
Petroleum	34.8	53.8	63.3	55.9	47.0	61.9	54.6	47.6	41.6
LNG	—	—	—	—	3.6	4.5	8.3	11.2	14.8
Hydraulic	1.5	1.3	1.2	1.4	1.2	1.2	0.9	0.8	0.5
Nuclear	—	—	1.5	4.5	13.3	11.5	13.5	15.1	13.5
Renewable and others <sup>a</sup>	29.5	14.7	8.0	4.8	1.5	0.6	0.9	1.5	2.2
Per capita consumption (TOE)	0.51	0.73	1.03	1.24	1.79	2.87	3.58	4.49	4.95

Source: National Statistical Office (<http://www.kosis.kr>).

Note: <sup>a</sup> Other energy sources include charcoal.

표 출처 : Il SaKong & Youngsun Koh Ed. "THE KOREAN ECONOMY - Six Decades of Growth and Development -" KDI, 2010

## 21세기 에너지 신산업 - 패러다임 변화

### \* Lupin \*

1900년대,  
그 시절 최고급이었던  
루팡의 자동차(모로렙통)는  
몇마력 ?

지금 여러분들 자동차  
마력은 ?



### 20년 뒤 어떤 자동차 ?

내연기관 ?

전기모터 ?

연료전지 ?

그리고 20년 후 여러분들이  
몰고 다닐 자동차는 마력은 ?



# 전기의 사용 증가와 에너지 믹스

서울대 관악캠퍼스 내 전력 사용량(2015, KWH)



자료 : 서울대학교

## 7<sup>th</sup> Basic Plan for Electricity Supply and Demand (2015)



### Future Forecast

- Power consumption is expected to annually increase by 2.1% and maximum power by 2.2% on average during the period of the 7<sup>th</sup> Basic Plan (2015-2029)

Category	Performance in 2015 (A)	Base demand in 2029 (B)	Demand management in 2029 (C)	Final demand in 2029 (D=B-C)	Annual average growth rate of final demand (D)
Power consumption (GWh)	483,655	766,109	109,226	656,883	2.1%
Maximum power (MW)	82,972	127,229	15,300	111,929	2.2%

- Demand management goal of the 7<sup>th</sup> Basic Plan is to reduce power consumption by 109,226GWh and maximum power by 15,300MW by 2029 (same as closing down one 1,000MW nuclear power plant every year)

Measures for managing demand: demand resource trading market, smart devices (ex. AMI), high-efficiency devices (ex. LEE)

### Installation Plan

Appropriate reserve rate

- Set the reserve rate at 22% (15%+7%) in consideration of various uncertainties and minimum installation reserve rate needed for a stable supply of electricity

New installation volume

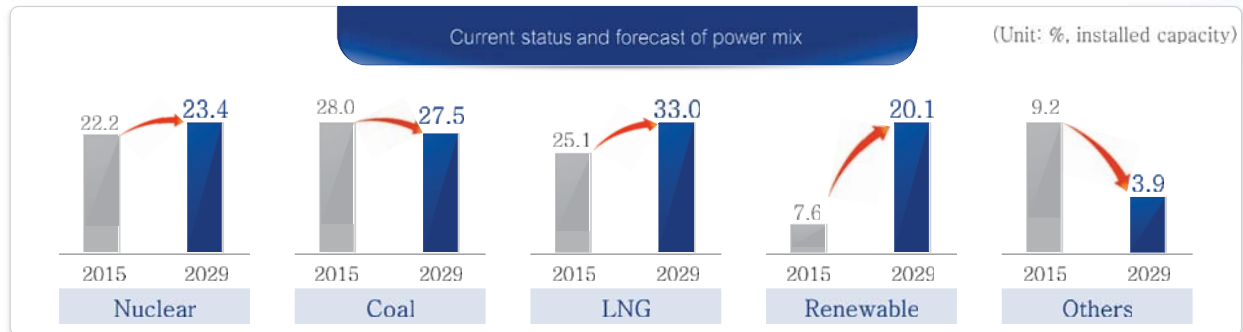
- 2 reactors in consideration of economic and social costs of each power source





## Power Mix

- ① Strengthened the low-carbon power mix in preparation for the new climate regime
- ① Minimized CO2 emissions by closing down four existing coal-fired power plants and meeting new installation volume with low-carbon energy sources
- ① Decided to allow construction to replace thermal power facilities that have been in operation for more than 40 years only when environmental conditions are improved
- ① Compared to 2015, ratio of coal decreased (0.5%p) but that of non-fossil fuels, such as nuclear and renewables, will increase (1.2%p, 12.5%p respectively)



## Future Plan

- ① The 8<sup>th</sup> Basic Plan for Electricity Supply and Demand will be formulated in 2017 after consultations with experts in consideration of recent high temperature volatility and new power demand, such as electric vehicles

화면 전체 출처: 산업통상자원부 (2016)

## 에너지 산업 - 우리나라는 없다

### Forbes Ranking (매출액순위) (2014, 단위: Billion \$)

	Sales	Profits
1. Wal-Mart Stores	476.5	16.0
2. Royal Dutch Shell	451.4	16.4
3. Sinopec-China Petro	445.3	10.9
4. Exxon Mobil	394.0	32.6
5. BP	379.2	23.6
6. Petro China	328.5	21.1
7. Volkswagen	261.5	12.0
8. Toyota Motors	255.6	18.8
9. Glencore International	232.6	7.5 (광업, 스위스)
10. Total	227.9	11.2
11. Chevron	211.8	21.4
12. Samsung	208.9	27.2
14. Apple	173.8	37.0
15. Gazprom	164.6	39.0
17. Phillips66	157.9	3.7

(현대자동차: 79.8, SK Inno: 60.9, KEPCO: 49.4, KOGAS: 34.8)

# 신·재생에너지

## 신·재생에너지 (우리나라 법 지정)

신에너지 : 연료전지, 수소, IGCC (에너지원이 아닌 에너지(변환)기술)

재생에너지 : 태양광, 태양열, 풍력, 지열, 해양, 폐기물, 바이오, 소수력  
+ 미활용 (?)

## 신·재생에너지의 특징

우리나라 에너지 자원 !!!

국내에서 만들어 내는 에너지 (에너지 자급자족)

에너지수입/국제에너지가격 상승 문제에서 해방

기술에너지

기술개발로 수출까지 가능 – 에너지 패러다임 변화

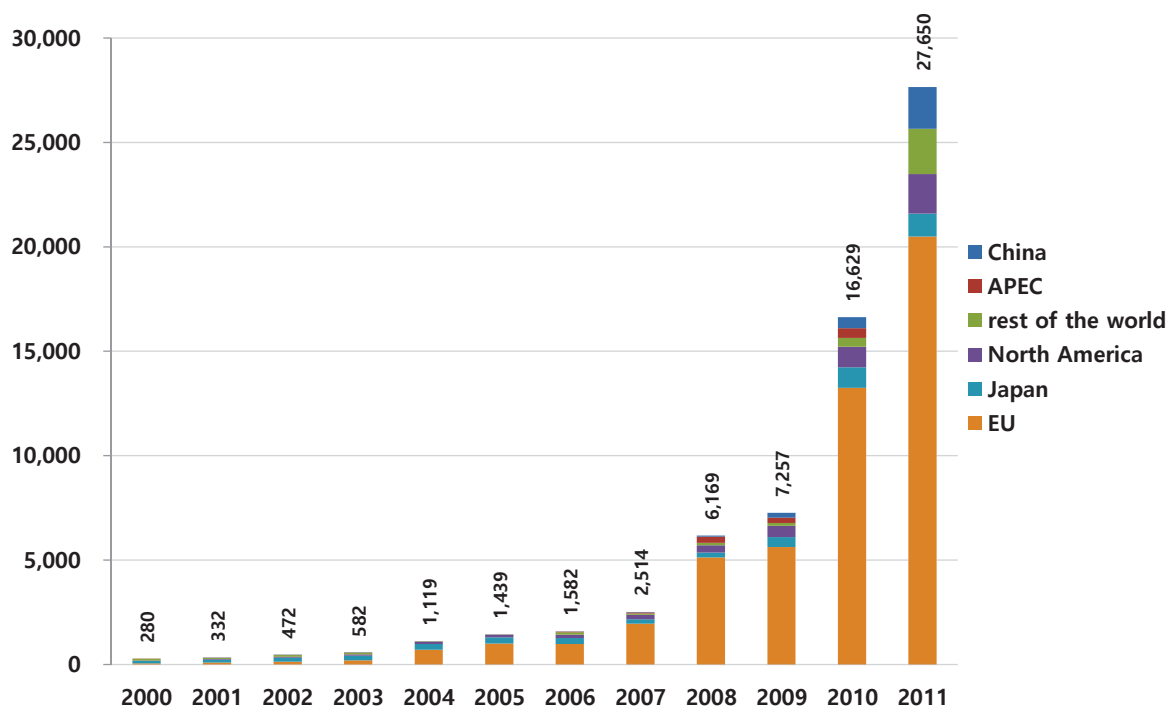
국제유가 상승으로 미래 신성장 동력으로서의 위치 확보

청정에너지 · 소비자친화형 (분산형) 에너지

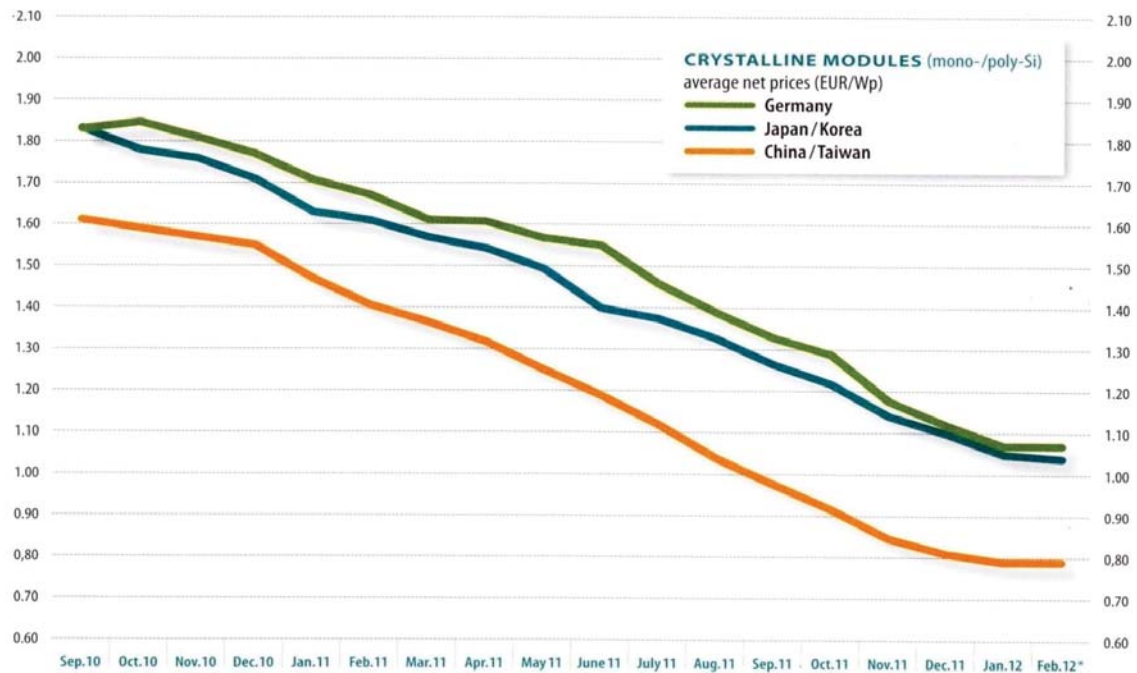
지구온난화 가스 발생 감소

가가호호 동네마다 ... 사용자 선택 가능 (프로슈머)

## 세계 태양광 시장 규모 (MW)



# 국제 현물시장가격 (PV Panel)



## 신·재생에너지 – 기술/제품/산업

분야	핵심분야	단기일반분야	장기미래분야
태양열	저온형 태양열설비 개발	중대규모 태양열 발전기술 실용화	초고온 태양로 기술 태양열 수소생산기술
태양광	실리콘 태양전지	박막 태양전지 (a-Si, CIGS)	3세대 나노 태양전지 (연료감응형, 양자점 태양전지)
풍 력	보급형 육상풍력 및 3MW이상급 해상풍력 개발	5MW 이상급 해상풍력 개발	10MW 이상급 풍력발전 개발 하이브리드 스마트 풍력시스템
바이오매스	바이오디젤의 경제성 향상	목질계바이오매스 원료 수집, 가공, 활용 기술	차세대 유기물질 회수 및 활용 기술
지 열	지열냉난방 가격저감화 기술	지열 이용 열펌프 시스템 기술	지열 발전 기술
수 력	소수력 자원조사 및 국내 적합기 술 개발	발전설비 표준화 기술 계통보호 및 자동화 기술	타 에너지원과 연동하는 차세 대 통합 운영기술
폐기물	공정 효율 향상	보급기여도 달성을 위한 실용화 기반기술	하이브리드 소각 폐열 발전기 술
석탄 IGCC	300MW급 IGCC 발전소 건설	600MW급 IGCC 개발	차세대 IGCC NextGen 개발
해 양	국내 실증 및 적용 평가	해양환경평가 및 저감기술	대단위 발전 복합단지 구성
수 소 연료전지	산업화 진입 기술	시스템 경제성 향상 (가격 저감 기술)	

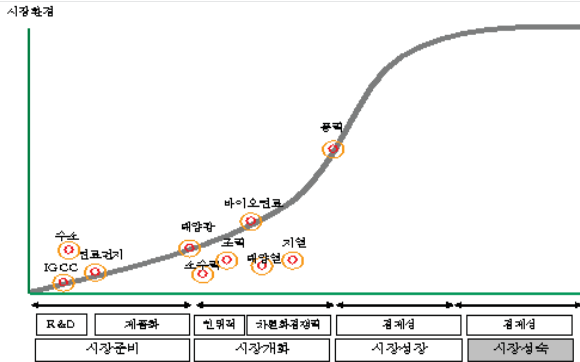
※ 핵심분야 : 시급성, 기술파급성, 상업성, 예산투입 필요성 등 최우선 분야  
단기일반분야 : 5~10년 이후에 중점분야로 예측되는 기술 분야  
장기미래분야 : 장기 Blue Ocean 분야

자료 출처 : 한국에너지기술연구원(2008)



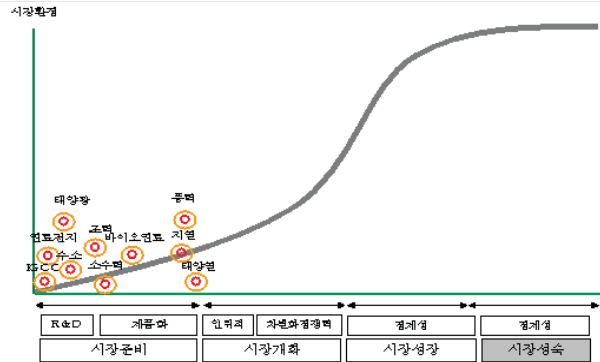
# 신·재생에너지 - 시장상황

## ■ 글로벌 차원



- 풍력분야만이 시장 성장기에 진입하기 시작
- 태양광분야는 각국 정부의 인센티브를 통해 시장 개화기에 진입
- 수소연료전지, IGCC는 연구개발단계에 있으며 일부 제품만 틈새시장을 개척
- 바이오, 태양열 및 지열은 정부의 인위적 시장형성을 거쳐 기업들이 차별적 경쟁력을 쌓으며 시장 성장기로 진입 준비단계에 있음

## ■ 우리나라



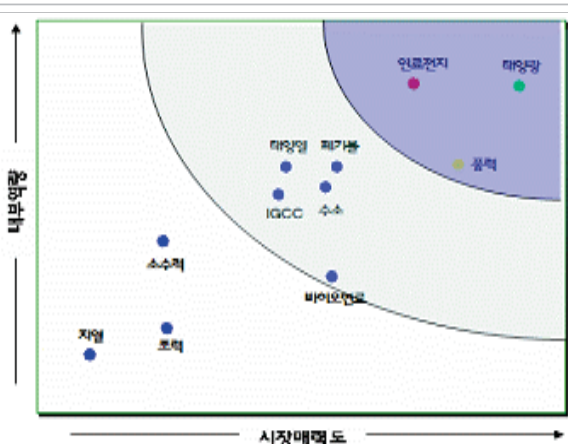
- 국내 신재생에너지는 모든 분야에서 시장준비 단계에 놓여 있음
- 풍력, 태양열, 지열은 정부의 시장확대 정책을 통해 시장개화단계로 발전 가능
- 태양광 발전의 경우 시장 잠재력은 높으나 아직 시장개화 단계에는 진입하지 못한 상황으로, R&D 확대 및 효율화를 통한 유망 item 선점 노력이 요망되는 시점

❖ 자료: 신재생에너지 산업화 촉진방안, 2008, 삼성경제연구원

17

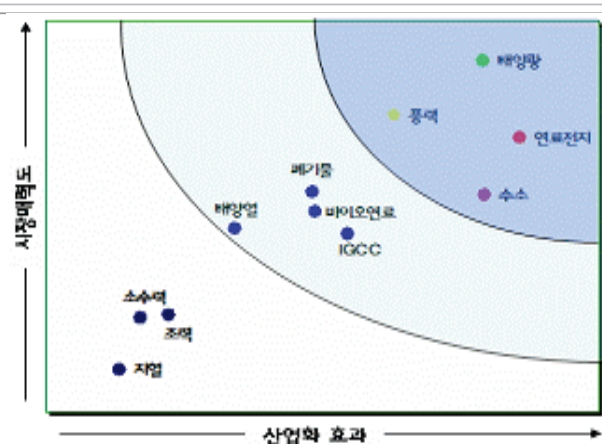
# 신·재생에너지 - 시장매력도

## 시장매력도·내부역량 측면



- 시장매력도와 내부역량 측면에서 태양광, 연료전지, 풍력의 순서임
- 시장매력도는 1) 국내외 시장의 현재 상황과 향후 전망, 2) 원료 수급 및 각국 정부 지원의 불확실성 등을 포함
- 내부역량에는 1) 국내기술수준과 2) 관련 부품소재 구축 현황이 포함

## 시장 매력도·산업화 효과



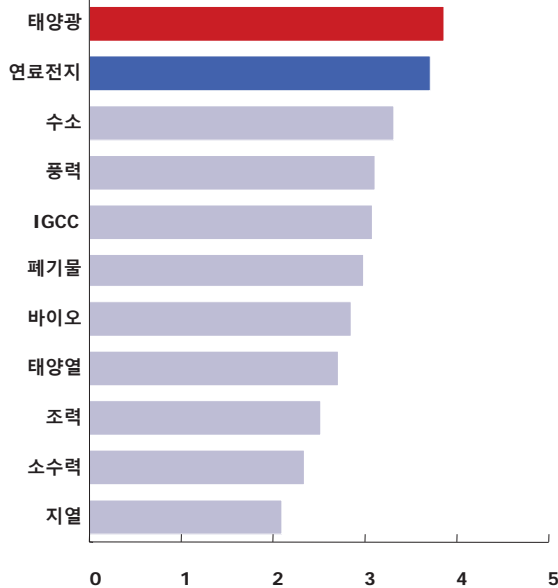
- 시장매력도와 산업화 효과 측면에서 태양광, 연료전지, 풍력, 수소 분야가 높게 나타남
- 산업화 효과에는 1) 연관산업 육성효과, 2) 수출산업 육성 가능성, 3) 자본집약도 등이 포함

❖ 자료: 신재생에너지 산업화 촉진방안, 2008, 삼성경제연구원

18

# 신·재생에너지 – 해외진출가능성(제조)

## 해외시장 진출 가능성



- 해외 시장 진출 가능성(수출가능성): 태양광, 수소 · 연료전지, 풍력의 순서
- 소수력, 조력, 지열 등은 Locality 성격이 강하여 글로벌 사업으로의 한계를 지님
- 태양광, 수소 · 연료전지, 풍력 등은 산업화(녹색성장) 중심 전략 수립을, 소수력, 조력, 지열 등은 국내보급 중심 전략수립 필요
- 풍력은 국내보급에도 유리(경제성)하고 해외진출가능성도 높음
- 지열은 최다 에너지원을 가지고 있으며 심부지열 개발이 필수적
- IGCC는 신재생 아니나 CCS(CO<sub>2</sub> 포집&저장) 기술 측면에서 충분한 고려 필요

❖ 자료: 신재생에너지 산업화 촉진방안, 2008, 삼성경제연구원

정청하여주셔서 감사합니다