

01

신·재생에너지란?

우리나라의 신·재생에너지는 「신에너지 및 재생에너지개발·이용·보급촉진법」 제2조에 따라 「기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하여 재생가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지」로 정의하고 12개 분야로 구분

- 신에너지 : 수소에너지, 연료전지, 석탄액화가스화 및 중질잔사유가스화(3개 분야)
- 재생에너지 : 태양광, 태양열, 바이오, 풍력, 수력, 해양, 폐기물, 지열, 수열(9개 분야)

1 신·재생에너지의 특성

지속 가능한 에너지 공급체계를 위한 미래에너지원



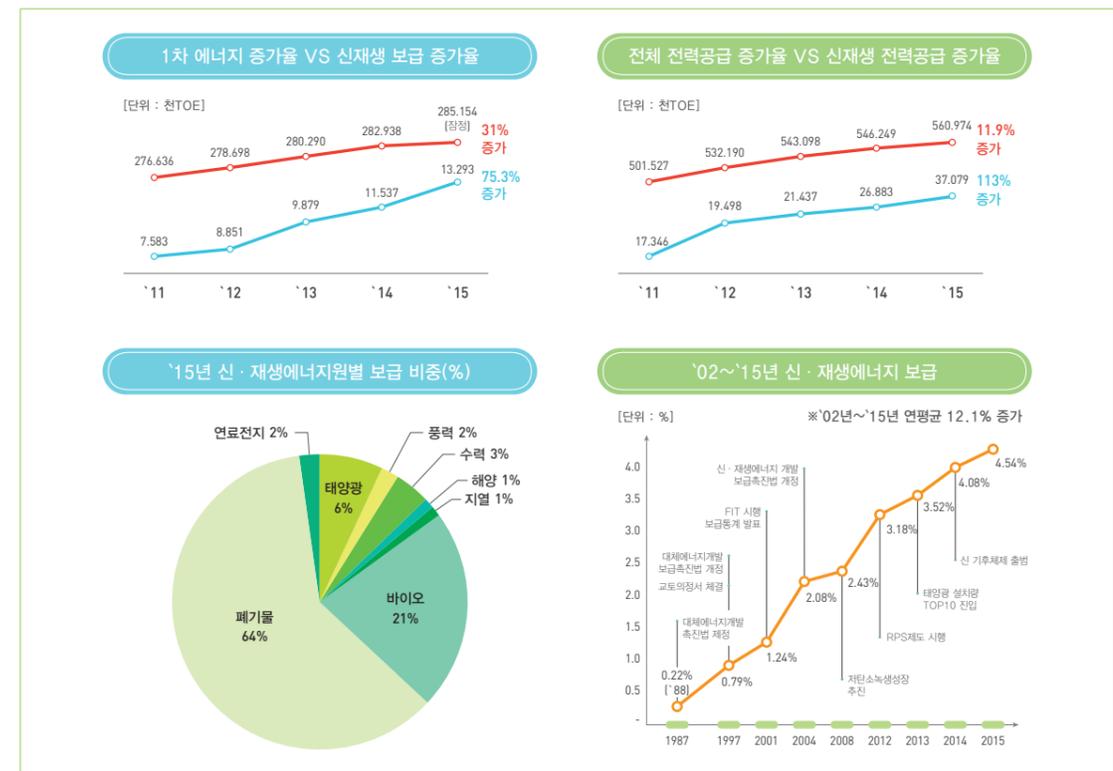
2 신·재생에너지 중요성

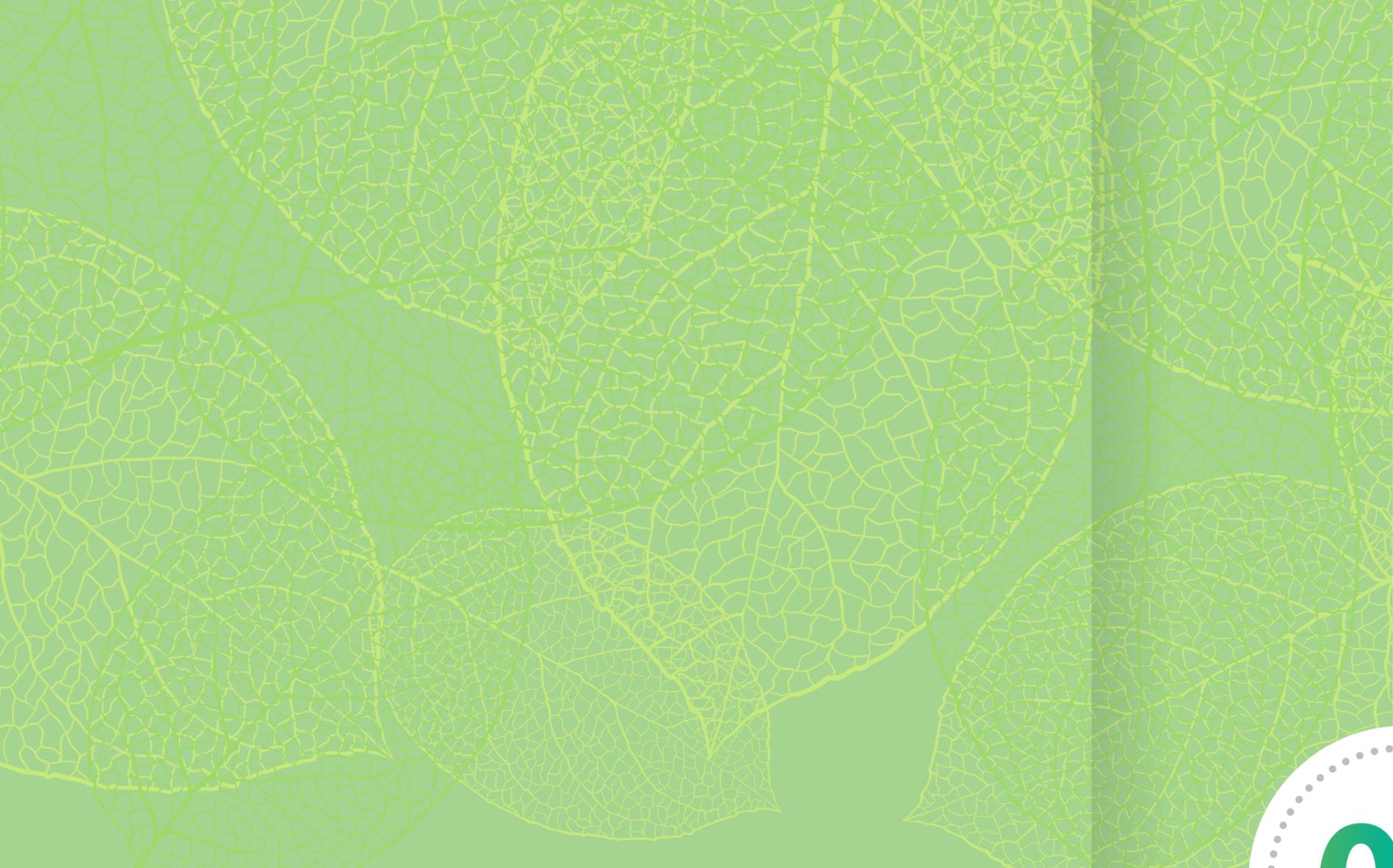
신·재생에너지의 초기투자 부담에도 불구하고 화석에너지의 고갈 및 환경문제에 대한 핵심 해결방안이라는 점과 국가 신성장산업으로서의 미래 잠재력 때문에 선진 각국에서는 신·재생에너지에 대한 과감한 연구개발과 보급정책 등을 추진

- 최근 유가의 불안정, 기후변화협약 규제 대응 등 신·재생에너지의 중요성이 재인식되 면서 에너지공급방식 다양화 필요
- 기존 에너지원 대비 가격경쟁력 확보시 신·재생에너지산업은 IT, BT, NT산업과 더불어 미래의 新성장 동력산업으로 급성장 예상
- 우리나라는 2035년 총에너지의 11%를 신·재생에너지로 보급(2015년 4.5% 달성)한다는 장기적인 목표 하에 신·재생에너지기술개발 및 보급사업 등에 대한 지원 강화

3 국내 보급현황

2011년 대비 2015년 신·재생에너지 보급 증가율 75.3%, 신재생 전력공급 113% 증가 (1차 에너지 증가 3.1%, 전체 전력공급 증가 11.9%)





02

태양광(Photovoltaic)

- ① 개요
- ② 국내·외 현황 및 동향
- ③ 국내 보급현황

02

태양광 (Photovoltaic)

1 개요

태양광 이용기술

- 태양광 발전은 태양의 빛에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전기술
 - 햇빛을 받으면 광전효과에 의해 전기를 발생하는 태양전지를 이용한 발전방식
- 태양광 발전시스템은 태양전지(solar cell)로 구성된 모듈(module)과 축전지 및 전력변환장치로 구성

태양전지(solar cell)

태양전지의 정의

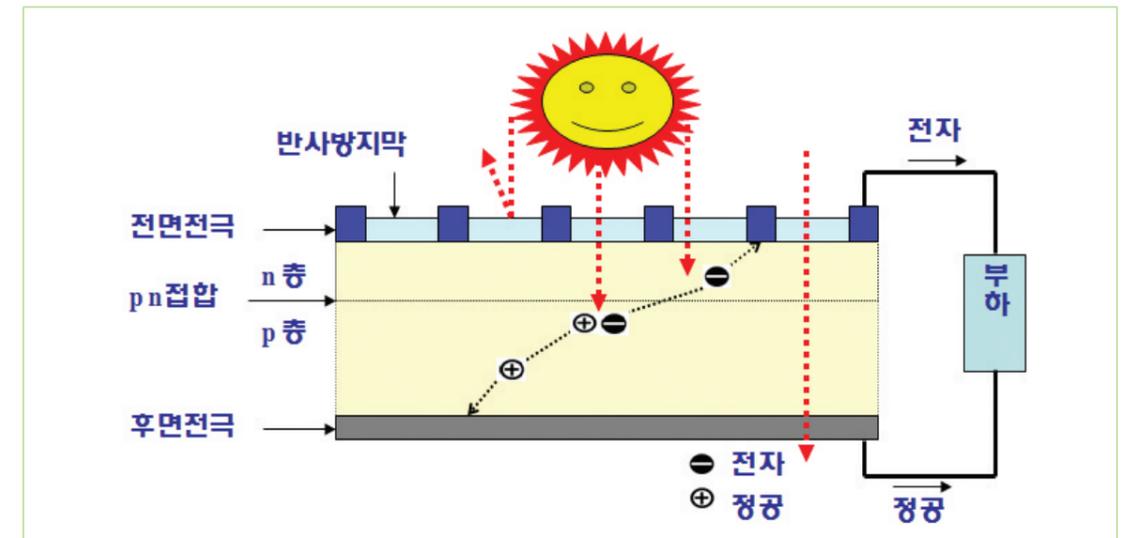
- 태양에너지를 전기에너지로 변환할 목적으로 제작된 광전지로서 금속과 반도체의 접촉면 또는 반도체의 pn접합에 빛을 받으면 광전효과에 의해 전기가 발생됨
- 금속과 반도체의 접촉을 이용한 것으로는 셀렌광전지, 아황산구리 광전지가 있고, 반도체 pn접합을 사용한 것으로는 태양전지로 이용되고 있는 실리콘광전지가 있음

PN접합에 의한 발전원리

- 태양전지는 실리콘으로 대표되는 반도체이며 반도체기술의 발달과 반도체 특성에 의해 자연스럽게 개발됨
- 태양전지는 전기적 성질이 다른 N(negative)형의 반도체와 P(positive)형의 반도체를 접합시킨 구조를 하고 있으며 2개의 반도체 경계부분을 PN접합(PN-junction) 이라 함
- 이러한 태양전지에 태양빛이 닿으면 태양빛은 태양전지 속으로 흡수되며, 흡수된 태양빛이 가지고 있는 에너지에 의해 반도체내에서 정공(正孔: hole)(+)과 전자(電子: electron)(-)의 전기를 갖는 입자(정공과 전자)가

발생하여 각각 자유롭게 태양전지 속을 움직이게 되지만, 전자(-)는 N형 반도체 쪽으로, 정공(+)는 P형 반도체 쪽으로 모이게 되어 전위가 발생하게 되며 이 때문에 앞면과 뒷면에 붙여 만든 전극에 전구나 모터와 같은 부하를 연결하게 되면 전류가 흐르게 되는데 이것이 태양전지의 PN접합에 의한 태양광발전의 원리임

[태양전지(Solar cell)가 전기를 생성하는 원리]



- 태양빛에 의해 태양전지(pn 반도체)내에 전자(electron)(-), 정공 (hole)(+) 쌍 생성
- pn접합에서 발생한 전기장에 의해 전자(-)는 n형 반도체로 이동 하고 정공(+)은 p형 반도체로 이동
- 각각의 표면에 있는 전극에서 수집되며 이때의 전위차에 의해 전류 생성

태양전지의 역사

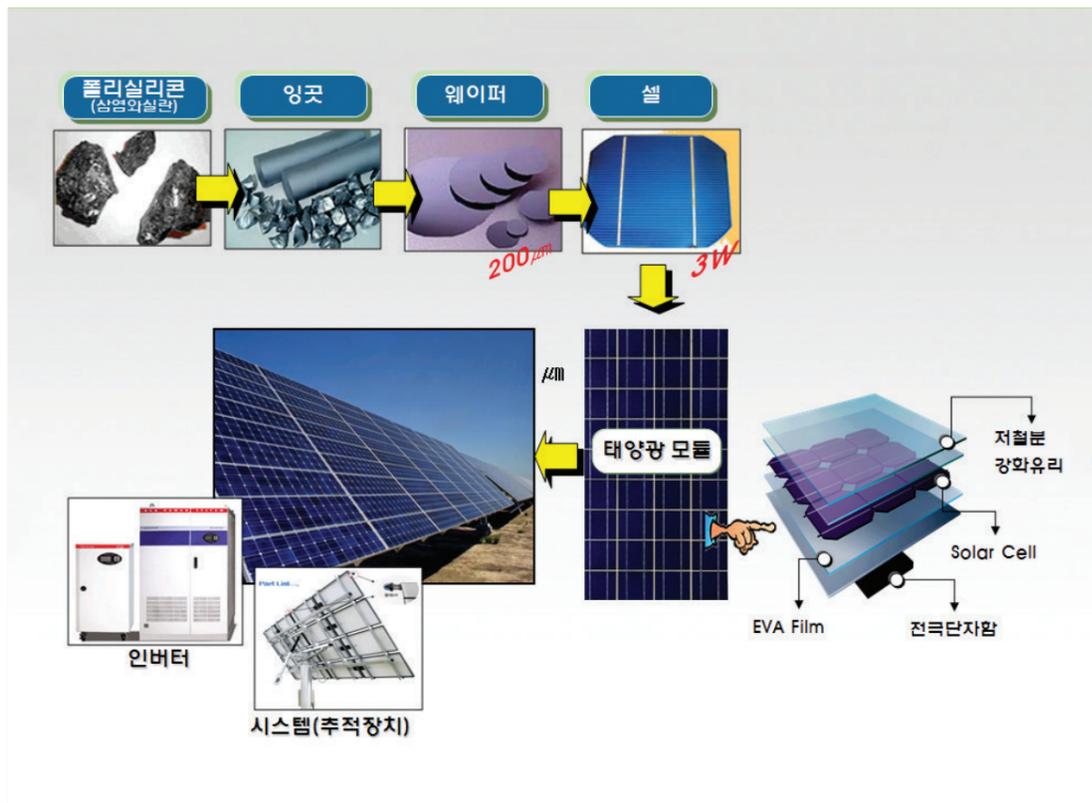
- 1839년 E. Becquerel(프랑스)이 최초로 광전효과(Photovoltaic effect)를 발견
- 1870년대 H. Hertz의 Se의 광전효과연구 이후 효율 1~2%의 Se cell이 개발되어 사진기의 노출계에 사용
- 1940년대~1950년대 초 초고순도 단결정실리콘을 제조할 수 있는 Czochralski process가 개발
- 1954년 Bell Lab.에서 효율 4%의 실리콘 태양전지를 개발
- 1958년 미국의 Vanguard 위성에 최초로 태양전지를 탑재한 이후 모든 위성에 태양전지를 사용
- 1970년대 oil shock이후 태양전지의 연구개발 및 상업화에 수십억 달러가 투자되면서 태양전지의 상업화가 급진전
- 현재 상용화된 셀과 모듈의 현황은 아래 표와 같음

기술종류	박막 태양광(2, 3세대)			결정형 실리콘(1세대)	
	a-Si	CdTe	CIGS	단결정	다결정
셀 효율 (%)	8~12	11~15	11~14	19.5~20	18~19
모듈 효율 (%)				17.5~18	16~17

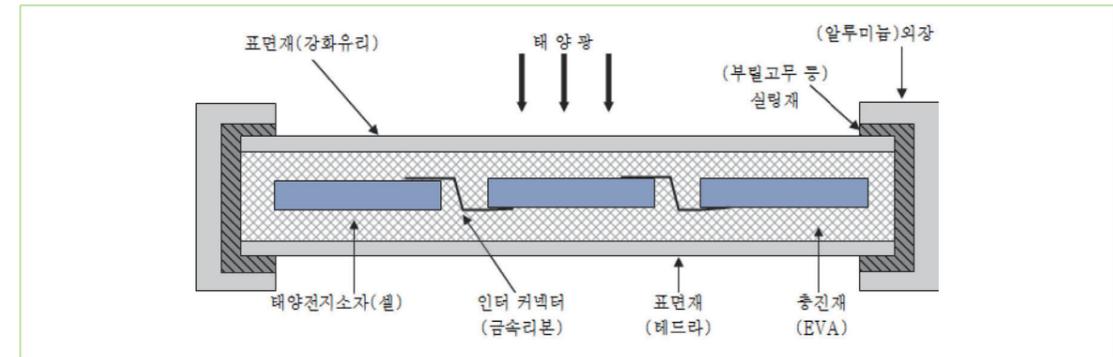
자료: IEA PVPS 2015 (2016) 및 분석 등

태양전지 구성요소 (결정질)

분류	내용	
폴리실리콘	태양전지의 원료인 핵심기초소재	
잉곳/웨이퍼	폴리실리콘 결정체/태양전지 원판	
태양전지	웨이퍼를 가공하여 제작	
모듈	여러 개의 태양전지를 모아 제작	
장비	태양전지, 모듈 등 태양광 양산 장비	
부품 소재	인버터	직류를 교류로 변환하는 전력변환장치
	필름	EVA-글라스, 셀, Backsheet 접합 및 외부로부터 태양전지보호
		Backsheet - 외부로부터 태양전지 보호
	유리	태양광용 강화유리
	메탈페이스트	태양광용 전극소재
	리본 전극	전해질막과 전극 접합장치
	쿼츠	태양전지 전후면 도포재

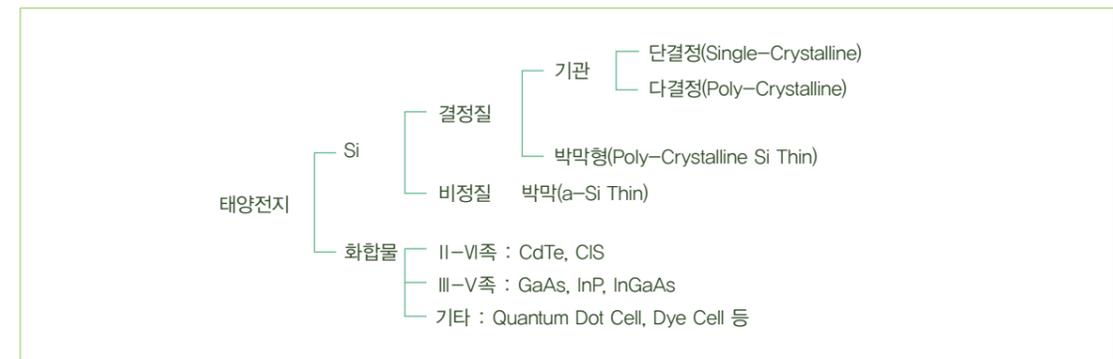


[태양전지 모듈 구조도]



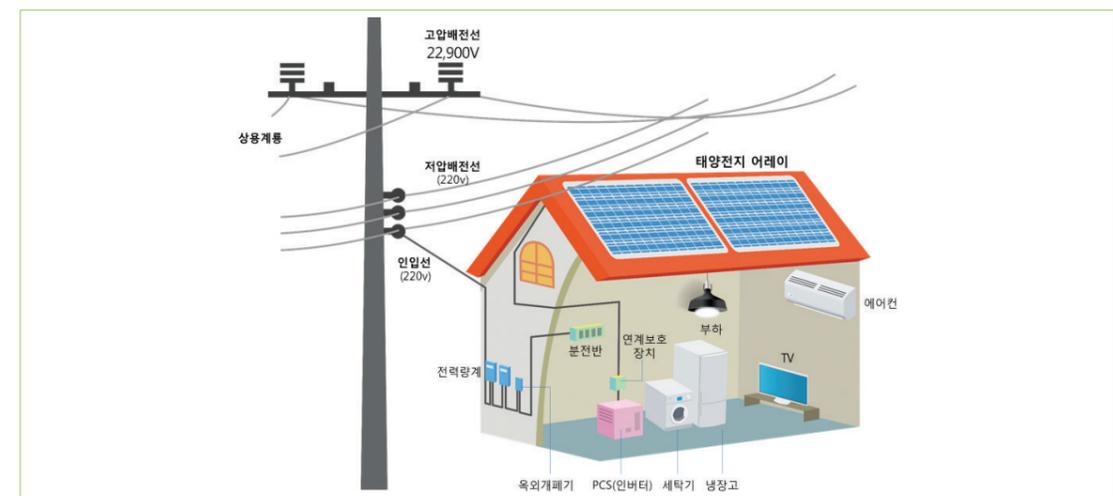
태양광발전 기술의 분류

- 태양전지 : 재료에 따라 결정질 실리콘, 비정질실리콘, 화합물반도체 분류

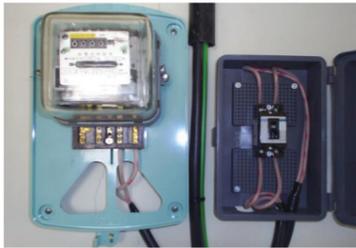


- 시스템이용 : 계통연계형, 독립형(축전지 이용), 복합발전형

[태양광발전 시스템 구성도]



[설치사례]



접속반



3kW급 인버터



경남 함안 3kW급 태양광주택



춘천 30kW급 태양광발전



인버터



접속반



경북 예천 1MW, 고정가변형 지지대 시스템



전남 영암 1.5MW, 간척지 활용 태양광 발전소



전남 장흥 1MW, 케이디이 태양광 발전소



전남 신안 24MW, 세계 최대 추적식 태양광 단지

2 국내·외 현황 및 동향

해외현황

세계 태양광 시장환경의 변화

- 세계 태양광 시장은 저유가와 경기 둔화에도 불구하고, 15~20%의 고성장을 지속하고 있으며 '20년에는 연간 신규 태양광 보급이 100GW 시대에 접어들 것으로 전망

[세계 태양광 시장 보급 및 전망('16~'20), IHS]

연도	'16	'17	'18	'19	'20
시장규모(GW)	68	68	75	82	90

- '15년까지 세계 누적 보급량은 227.1GW이며, 중국이 43.5GW, 독일 39.7GW, 일본 34.4GW, 미국 25.6GW를 기록(IEA)
- 규모의 경제 확보 및 저가·고효율화 기술경쟁 가속화에 따라 세계 주요 태양광 기업들은 생산설비 증설에 적극 투자하고 있으며 제품가격은 지속적으로 하락 중
 - '15년 상위 20개 주요기업의 모듈생산설비는 약 46.3GW에 이르며 상위 20개 기업이 차지하는 비중은 79%에 달함
 - (태양전지 가격) '15.1월 0.32\$/Watt → '16.1월 0.34\$/Watt → '16.9월 0.19\$/Watt
(결정질 모듈가격) '15.1월 0.61\$/Watt → '16.1월 0.55\$/Watt → '16.9월 0.40\$/Watt
- '10년을 기점으로 공급과잉 상황이 심화되면서, 태양광 기업들은 원가 경쟁력 확보를 위한 수직계열화에서 수요기반 확보를 위해 프로젝트 개발 및 시공까지 통합하는 방식으로 사업전략을 전환함
 - 태양광산업에서 발생하는 부가가치는 제조분야가 10%, 시공분야가 10%, 나머지 80%가 사업개발, 금융, 운영에서 발생하고 있음(한국 수출입은행)

지역별 현황

- 최근 세계시장은 중국, 일본, 미국 Big3 시장이 리드하고 있음
 - '15년 주요국 설치량(GW) : ①중국(15.2), ②일본(11.0), ③미국(7.3), ④독일(1.5), ⑤한국(1.0) (IEA)
- 경제위기 이후 태양광 시장을 이끌던 유럽은 그 역할이 축소되었으며, 향후 '30년까지 세계 태양광 신규시장의 50% 이상을 아시아 시장이 점유할 전망
 - 독일 등에서는 재생에너지의 급격한 확대에 따른 전기요금 부담가중 등에 따라, 그간 태양광 보급 주요수단이었던 FIT제도를 축소하고, 경매입찰 방식으로 전환 추진 중
- 여러 국가에서는 태양광 보급 활성화를 위해 태양광 시스템 설치에 대한 보조, 세무혜택, 용자 제도 등 지원
 - (미국) 29개주 및 DC에 RPS 제도 운영, '16년 말 종료 예정이었던 재생에너지 발전설비 투자 세액공제(ITC)

적용기간을 '22년까지 연장

- (일본) 후쿠시마 원전사고 이후, '12년 7월부터 FIT 재도입하였으며, 전기료 부담 급증, 과도한 태양광 편중 등에 따른 제도 문제점을 개선해가며 지속 추진 중

국내현황

국내 태양광 보급 현황

- 국내 태양광 시장은 태양광주택보급사업('04년~), 발전차액지원제도('01~11년) 등을 통해 본격적으로 보급이 확대되어, '15년 기준 약 3.6GW의 태양광설비 설치
 - 연도별 설치량(MW) : ('11) 79 → ('12) 295 → ('13) 531 → ('14) 926 → ('15) 1,134
- 특히, '12년 RPS제도 도입 이후 보급량이 급격히 증가하고 있으며, '15년 1GW가 보급되어 세계 7대 태양광 시장으로 부상
 - 세계 태양광 시장('15) : 중국(1위), 일본(2위), 미국(3위), 독일(6위), 한국(7위)
- '15년 기준, 국내 총 발전량 중 태양광 발전 비중은 0.71%이며 신·재생에너지 발전량 내에서는 10.7%를 차지
 - 국내 총 발전량은 560,974GWh이며 태양광 발전량은 3,979GWh 수준

[국내 태양광의 연도별 생산량과 발전량]

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
생산량 (Toe)	2,468	3,600	7,756	15,325	61,128	121,731	166,152	197,198	237,543	344,451	547,430	849,379
발전량 (MWh)	9,872	14,399	31,022	71,279	284,315	566,191	772,801	917,198	1,103,227	1,605,182	2,556,300	3,979,159

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

[국내 발전량 추이]

(단위 : GWh)

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
총발전량	342,148	364,639	381,180	426,647	422,355	433,603	474,660	501,527	532,191	543,098	546,249	560,974
신재생	4,534	3,950	3,899	4,395	4,227	4,617	5,889	17,346	19,498	21,438	26,882	37,079
태양광	9.9	14.4	31.0	71.3	284	566	773	917	1,103	1,605	2,556	3,979

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

국내 태양광 산업현황

- '15년 국내 신·재생에너지 산업 매출액 11.3조원 중 태양광이 7.6조원을 차지함. 이는 전체의 67% 수준으로 국내 신·재생에너지 산업을 이끌고 있음.
 - 태양광산업 종사인원은 신재생산업 전체의 절반 이상(54%)을 차지

[신·재생에너지 및 태양광분야 산업통계]

구분		2010	2011	2012	2014	2015
기업체수 (개)	신재생전체	209	225	200	447	493
	태양광(%)	92 (44%)	99 (44%)	83 (42%)	123 (28%)	127 (26%)
고용인원 (명)	신재생전체	13,149	14,563	11,836	15,545	16,177
	태양광(%)	8,906 (68%)	10,660 (73%)	8,302 (70%)	8,239 (53%)	8,698 (54%)
매출액 (십억원)	신재생전체	7,663	9,357	6,467	9,905	11,308
	태양광(%)	5,859 (76%)	7,420 (79%)	4,208 (65%)	6,336 (64%)	7,564 (67%)
수출액 (Mil. \$)	신재생전체	3,929	4,770	2,523	3,059	3,601
	태양광(%)	3,506 (89%)	4,259 (89%)	1,968 (78%)	2,418 (79%)	2,995 (83%)

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 산업통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

- 글로벌 태양광산업의 구조조정, 공급과잉 등에도 불구하고 국내 태양광 수출은 지속적 성장세를 보이고 있음
 - 지난 3년간 태양광 수출액(억불) : ('12) 19.7 → ('14) 24.2 → ('15) 30.0
 - 폴리실리콘(18%), 셀·모듈(56%)이 태양광 수출의 74% 차지 ('15년 기준)

[태양광 주요 품목별 매출액 현황 ('15년 실적)]

(단위 : 억원)

구분	폴리실리콘	잉곳	웨이퍼	셀	모듈	장비	인버터	부품/소재	집광채광기	계
매출액	13,338	4,437	2,288	1,578	41,118	3,222	4,128	5,502	26	75,637
내수	717	926	214	405	10,092	3,030	3,629	3,937	26	22,975
수출	12,621	3,512	2,074	1,173	12,256	192	500	1,565	-	33,892
해외매출	-	-	-	-	18,770	-	-	-	-	18,770
비중(%)	17.6%	5.9%	3.0%	2.1%	54.4%	4.3%	5.5%	7.3%	0.0%	100%

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 산업통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

● 국내 태양광산업은 '05년 이후 본격화되어, 상대적 후발주자로 출발하였으나, 단기간에 전체 밸류체인에 걸쳐 생산기반을 확보함. 유럽 경제위기, 공급과잉 등으로 인한 업계 전반의 구조조정을 거치면서 인수합병, 발전소 프로젝트 개발, 고효율제품 시장공략 등으로 수익성 강화를 위한 전략을 구사, 체질을 강화함

- 한 기업이 태양광발전에 필요한 기초 원재료인 실리콘부터 잉곳 및 웨이퍼, 태양전지, 모듈, 발전시스템 구축사업에 이르기까지 모든 태양광에너지 요소사업에 진출하는 수직 계열화 추세에 발맞추어, 폴리실리콘부터 시스템까지 GW 규모의 생산기반을 확보
- 셀·모듈의 경우 한화큐셀의 셀·모듈 공장 증설 등으로 생산용량이 대폭 확대

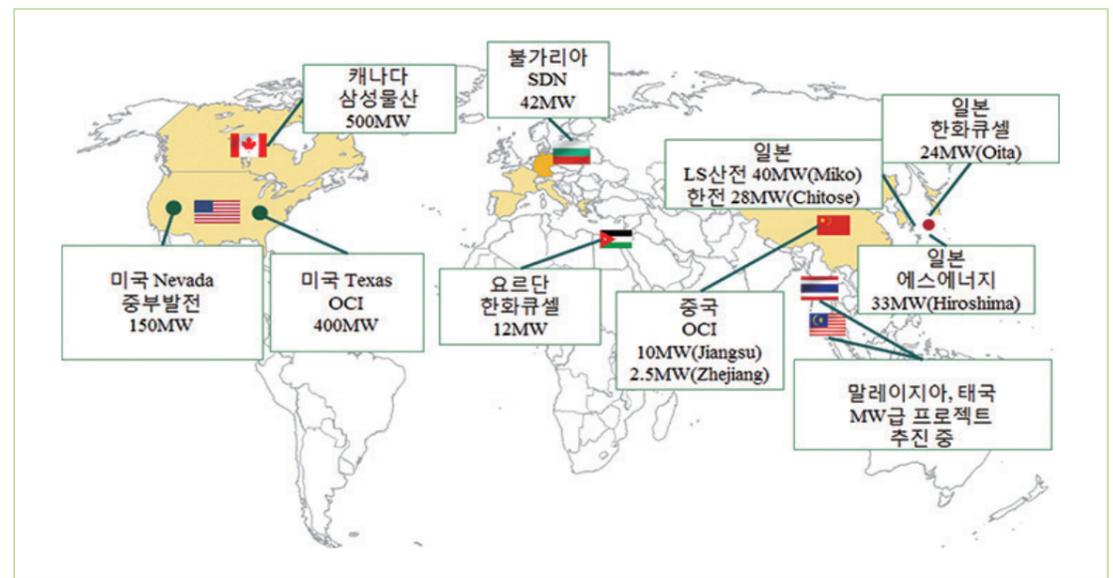
[태양광 가치사슬별 국내 생산용량]

분류	2010	2011	2012	2013	2014	2015
폴리실리콘 (ton)	36,200	57,800	56,000	53,000	67,000	90,000
웨이퍼 (MW)	1,270	2,890	2,690	2,420	2,730	2,380
셀 (MW)	1,180	2,040	1,775	1,580	1,680	3,745
모듈 (MW)	1,860	3,154	2,857	2,783	3,580	4,940

* 자료 : 한국태양광 산업협회(2016.5)

※ 기존의 제품수출 중심에서 벗어나, 태양광발전 프로젝트 개발·시공·운영까지 이어지는 EPC(Engineering, Procurement, Construction)의 형태로 해외시장 진출

[태양광 발전소 개발을 통한 해외진출 사례]



* 자료 : 한국태양광 산업협회(2016.5)

[국내 태양광산업 분야별 주요기업 현황]

분류	업 체 명
폴리실리콘	OCI, 한화케미칼, SMP, 한국실리콘 등
잉곳/웨이퍼	웅진에너지, SKC솔믹스, 넥솔론 등
셀/모듈	LG전자, 현대중공업, 한화큐셀, LS산전, 신성솔라에너지, 에스에너지, 한솔테크닉스, 솔라파크, 탑선 등
장비	주성엔지니어링, 원익IPS, 제우스, 에스테크, 엔씨디, 맥사이언스, 제너섬, 에버솔라에너지 등
인버터	헥스파워시스템, 윌링스, 다스텍, 한솔테크닉스 등
소재	한화첨단소재, SKC, SFC, 대주전자재료, 동진씨미켄, 삼성SDI, 롯데알미늄 등
부품	쿼츠테크, 랩코리아 등
시공	한화큐셀코리아, LG CNS, KT, BJ파워, 탑인프라 등
운영관리	KD파워, 하이레벤 등
대여사업	솔라이엔에스, 에스파워, 에스피브이, 이든스토리, 한라이엔씨, 한빛이디에스, 한화큐셀코리아, 해양도시가스

3 국내 보급현황

[연도별 설치현황]

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	계
설치용량 (kW)	8,532	4,990	22,322	45,347	275,665	166,838	126,645	78,818	295,158	530,720	926,263	1,133,900	3,615,198

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

[연도별 발전량]

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
발전량 (MWh)	9,872	14,399	31,022	71,279	284,315	566,191	772,801	917,198	1,103,227	1,605,182	2,556,300	3,979,159

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

[지역별 태양광 보급용량(누적, '15년까지)]

구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	세종	경기
설치용량 (kW)	65,027	77,323	42,897	44,503	75,818	26,619	19,803	11,582	209,792
구분	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	계
설치용량 (kW)	156,752	157,107	369,983	662,738	920,216	377,967	291,394	105,677	3,615,198

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

[태양광주택보급현황]

구분	~'10	'11	'12	'13	'14	계
주택수	64,899	28,990	43,280	25,406	10,872	173,447
보급량(kW)	66,150	19,104	36,222	20,623	22,392	164,491
지원금 (백만원)	287,580	49,993	54,824	26,061	21,283	439,741

태양광 산업 밸류체인

Value Chain	폴리실리콘	잉곳/웨이퍼	셀	모듈
기술특징	<ul style="list-style-type: none"> · (폴리실리콘, 잉곳/웨이퍼) 기술집약형 장치산업, 시장진입장벽이 높은 편 · (셀 제조, 모듈 조립) 시장진입장벽이 낮아 참여업체가 많음 			
국가별 시장점유율 ('14년기준)	① 중국(34%) ② 미국(23%) ③ 독일(20%) ④ 한국(15%) ⑤ 일본(7%)	① 중국(75%) ② 대만(9%) ③ 일본(6%) ④ 한국(5%) ⑤ 독일(1%)	① 중국(64%) ② 대만(19%) ③ 일본(5%) ④ 독일(2%) ⑤ 한국(2%)	① 중국(67%) ② 일본(6%) ③ 한국(3%) ④ 대만(3%) ⑤ 미국(3%)
기술경쟁력 (선진국=100)	98~100	91	92~93	92~93
주요기업 (한국)	OCI, 한국실리콘, 한화케미칼, SMP 등	웅진에너지, 넥셀론, SKC솔믹스 등	한화큐셀, 현대중공업, 신성솔라에너지, LG전자 등	한화큐셀, LG전자, 에스에너지, 현대중공업 등
수출비중	86.9%	90.3%	75.4%	47.4%

※ 수출비중 : 2014년 기준으로, 총 매출액 대비 수출액 비중임(해외공장 제외)



03

태양열(Solar Thermal)

- ① 개요
- ② 국내·외 현황 및 동향
- ③ 국내 보급현황

03

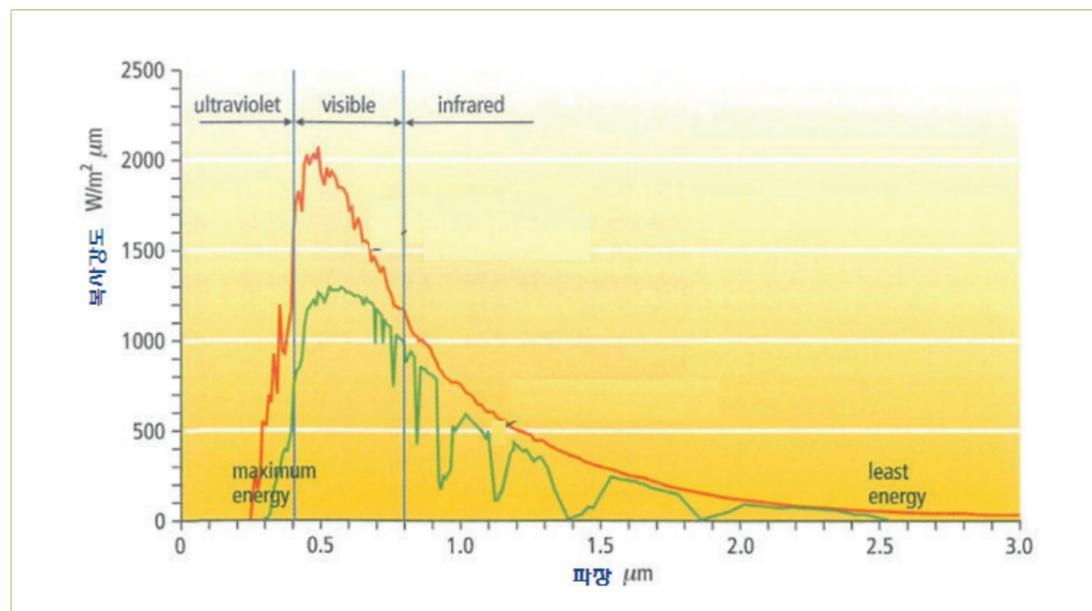
태양열 (Solar Thermal)

1 개요

태양열에너지 정의

- 지표면에 도달되는 태양 복사에너지는 저밀도의 에너지(최대 1,100W/m² 이하)로 주간에만 존재하며, 시간에 따라 변화가 큼
- 태양 복사에너지는 파장대별 분포를 가지며, 주로 열에너지로 이용하는 파장대는 가시 광선(visible) 대임

[일사광선의 파장 분포]



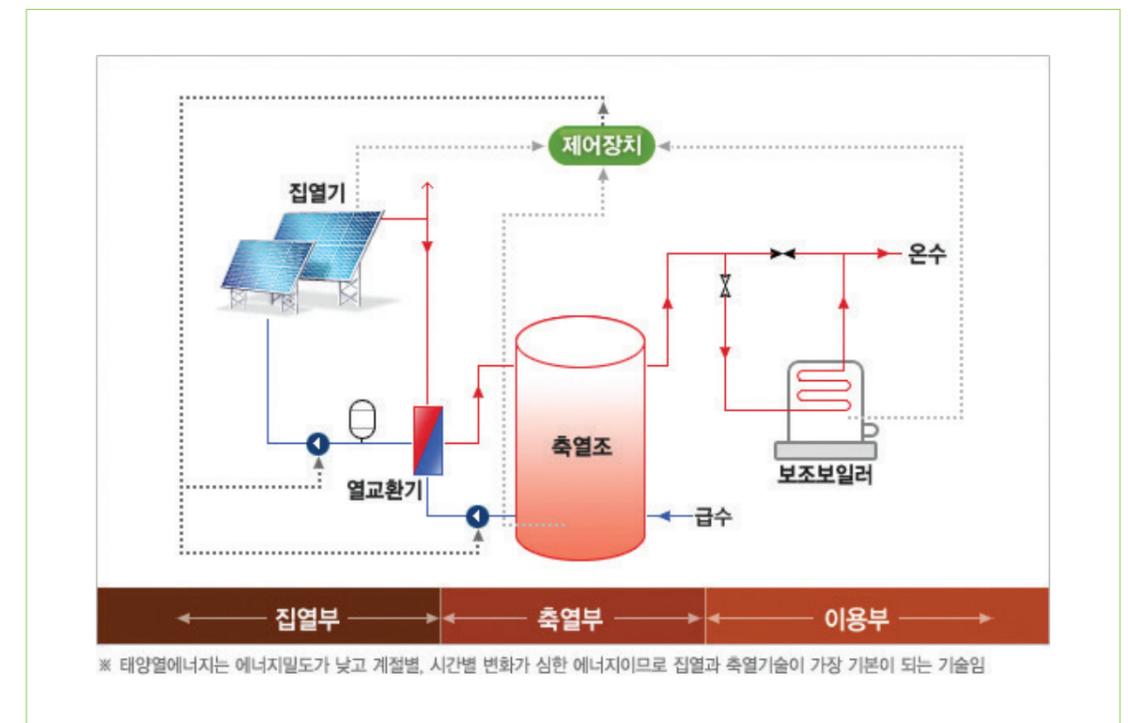
태양열 이용기술

- 태양열은 태양으로부터 오는 복사광선을 흡수해서 열에너지로 변환(필요시 저장)하여 이용하는 방법과 복사광선을 고밀도로 집광해서 열 발전 장치를 통해 전기를 발생하는 방법이 있으며 건물의 냉난방 및 급탕, 산업공정열, 열발전 등에 활용
- 태양열 이용기술의 핵심은 태양열 집열기술, 축열기술, 시스템 제어기술, 시스템 설계기술 등이 있음

태양열시스템 구성 및 집열기의 종류

시스템 구성

- 집열부 : 태양열 집열이 이루어지는 부분으로 집열온도는 집열기의 열손실율과 집광장치의 유무에 따라 결정됨
- 축열부 : 열 시점과 집열량이 이용시점과 부하량에 일치하지 않기 때문에 필요한 일종의 버퍼(buffer) 역할을 할 수 있는 열저장 탱크
- 이용부 : 태양열 축열조에 저장된 태양열을 효과적으로 공급하고 부족할 경우 보조열 원에 의해 공급
- 제어장치 : 태양열을 효과적으로 집열 및 축열하고 공급, 태양열 시스템의 성능 및 신뢰성 등에 중요한 역할을 해주는 장치



[설치사례]



광주서구문화센터 단일진공관 냉난방실증



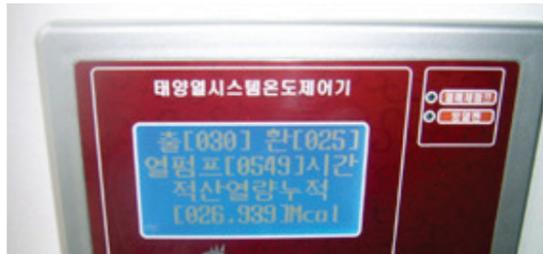
과천 정부청사 평판형 태양열설비



강원 인제 평판형 태양열설비



강원 강릉 30m² 진공관형 태양열주택



경남 김해 30m² 평판형 태양열주택

태양열 이용기술의 분류

- 태양열 시스템은 자연형(passive) 시스템과 설비형(active) 시스템으로 구분
 - 자연형 시스템은 동력 또는 기타설비를 설치하지 않고 온실, 트롬볼과 같이 남측의 창문이나 벽면 등 주로 건물 구조물을 활용하여 태양열을 집열하는 방식
 - 설비형 시스템은 별도의 집열기와 열매체 구동장치를 활용해서 태양열을 집열하는 방식으로 열매체 구동장치 유무에 따라 자연순환형과 강제순환형으로 구분
- 집열 또는 활용온도에 따라 저온용, 중온용, 고온용으로 분류되며, 이용분야는 태양열 온수급탕시스템, 태양열 냉난방시스템, 태양열 산업공정열시스템, 태양열 발전시스템 등이 있음

구분	자연형	설비형		
	저온용	중온용	고온용	
	60℃ 이하	100℃ 이하	300℃ 이하	300℃ 이상
집열부	자연형 시스템 공기식 집열기	평판형 집열기	PTC형 집열기 CPC형 집열기 진공관형 집열기	Dish형 집열기 Power Tower
축열부	Tromb Wall (자갈, 현열)	저온축열 (현열, 잠열)	중온축열 (잠열, 화학)	고온축열(화학)
이용분야	건물공간난방	냉난방·급탕, 농수산(건조, 난방)	건물 및 수산분야 냉·난방, 담수화, 산업공정열, 열발전	산업공정열, 열발전, 우주용, 광촉매폐수처리 광화학, 신물질제조

* 주 : PTC(parabolic trough solar collector), CPC(compound parabolic collector)

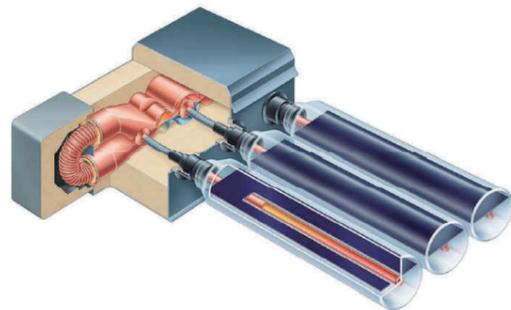
태양열 집열기의 종류

- 평판형 집열기
 - 전세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 집열기로서 평판형 형태이며, 투과체, 흡수판, 열매체관 단열재로 구성
 - 일사광선이 투과체를 통해서 흡수판에 도달되면 흡수판에서는 태양복사광선을 흡수해서 열에너지로 변환. 흡수판의 온도가 높아지게 되면 흡수판에 붙은 열매체관 내의 열매체(보통 부동액)로 전달되어 온도가 상승. 열매체는 축열조나 기타 사용부로 순환되어 이용
 - 투과체 : 태양 복사광선을 투과시키면서 집열기로부터의 열손실을 줄여주고, 흡수판을 보호
 - 흡수판 : 복사광선을 최대한 흡수하여 열에너지로 변환
 - 지 관 : 흡수판에서 변환된 열에너지를 열매체로 전달시켜서 축열조나 필요한 곳으로 열을 이동
 - 단열재 : 집열된 열에너지 손실을 줄여주는 단열 역할



● 진공관형 집열기

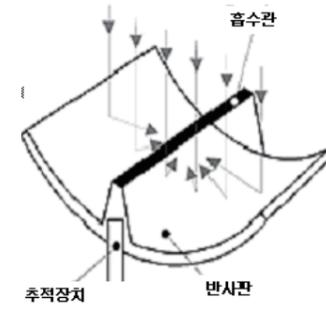
- 투과체 내부를 진공으로 만들어 그 내부에 흡수판을 위치시킨 집열기로서 진공관의 형태에 따라서 단일 진공관과 2중 진공관으로 구분
- 단일진공관은 유리관 내부 전체가 진공으로 된 것이며, 이중진공관은 유리관이 2중으로 되어 있어 유리관 사이가 진공상태
- 흡수판은 진공관 내부에 위치하며, 진공관은 진공보온병의 진공 층과 같이 대류 및 전도 열손실을 차단하여 내부와 외부의 열손실을 막음



● PTC(Parabolic Trough Concentrator)형 집열기

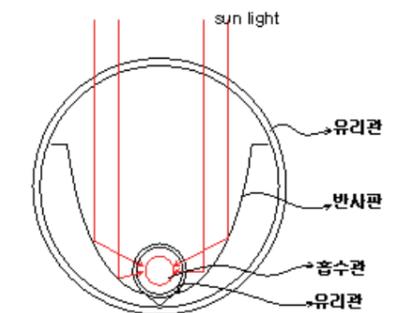
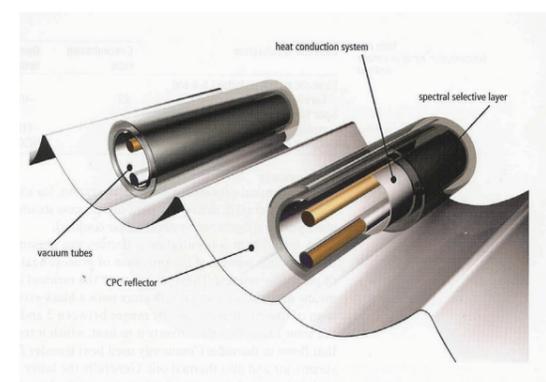
- 포물선 형상의 반사판(태양의 고도에 따라서 태양을 추적함)이 있고 그 가운데 흡수판 역할을 하는 집열관이 있음
- 반사판에 의해서 집광(선집광 : Line Focus)된 일사광선은 집열관에 집광되어 집열관 내부의 열매체를 가열

- 집열기는 일사광선을 고밀도로 집광되기 때문에 고온의 온도를 얻을 수가 있으며, 또한 열손실 면적이 집열관에 국한되기 때문에 200~250℃ 정도의 온도를 얻을 수 있음
- ▶ 태양으로부터 직접 오는 직달일사만 집열이 가능하고 집열기에 입사되는 각도가 일정치 않은 산란일사는 집열관에 집광이 되지 않으므로 직달 일사가 많은 청명한 지역에서 사용되는 것이 효과적임



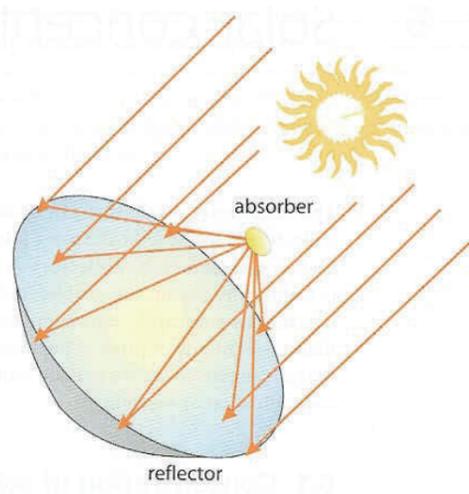
● CPC(Compound Parabolic Concentrator) 집열기

- 집광비가 적은 반사판으로 일사광선을 집광해서 집열하는 집열기로 반사판이 태양추적 없이 직달 및 산란일사 모두를 집광할 수 있음
- 외부의 유리관이 없는 것도 있으며, 내부에 있는 유리관 및 흡수관 대신에 진공관 집열관을 사용하는 것도 있음



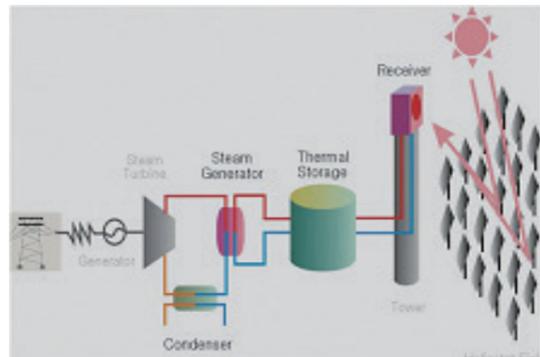
● Dish형 집열기

- 일사광선이 한 점(Point focus)에 집광이 될 수 있는 접시 모양의 반사판이 있는 집광형 집열기로서 태양을 3차원으로 추적하는 추적장치가 있으며, 적은 면적의 흡수부가 있음
- 집광비에 따라서 집열온도가 달라지며, 주로 수백도의 온도를 집열하는데 사용이 가능하여 태양열 발전용으로 사용



● CRS(Central Receiver System)(타워형 태양열 발전시스템)

- 작동유체(물, 증기, 용융염)가 집열기에서 열을 받아 뜨거워져 타워상부에서 증 기를 생산하고 이 증기를 이용하여 지상의 증기터빈을 구동하여 전력을 생산하는 발전시스템
- 스페인에서 2007년 최초로 상업용 타워형 태양열 발전시스템(11MW급) 가동 중



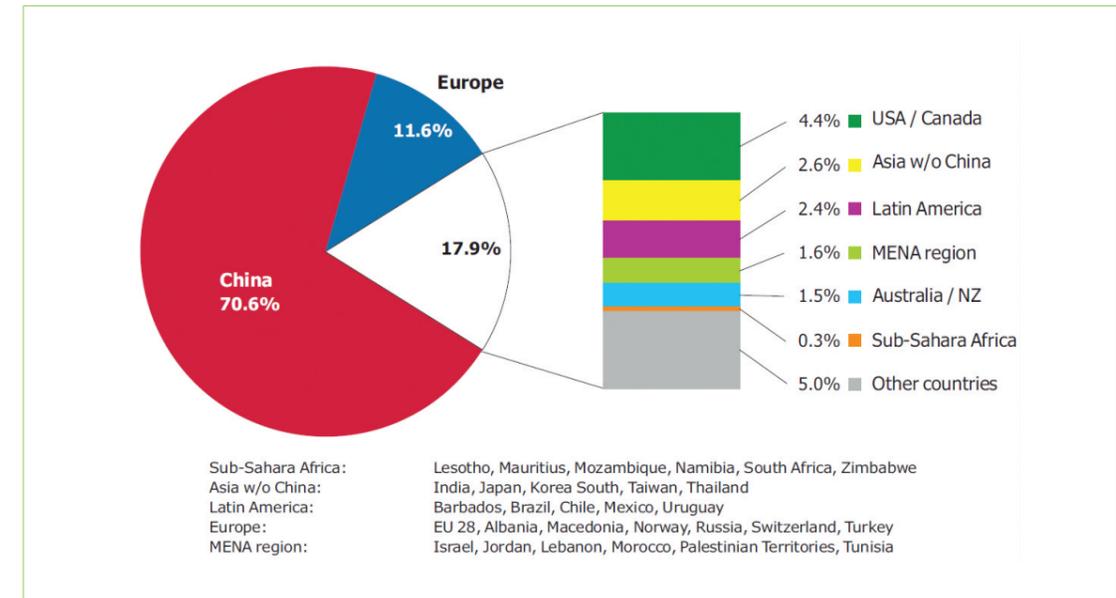
2 국내·외 현황 및 동향

해외현황

- 태양열 적용분야 중 집열효율이 높고 생산단가가 낮은 온수급탕 및 난방분야를 중심으로 시장형성 및 상용화 집중

- 전 세계 태양열 시장은 크게 중국, 미국, 유럽, 브라질 등이 이끌고 있으며, 2014년 기준 세계적으로 586백만㎡(열 생산용량 기준 410GWh)의 태양열 집열기 설치
- 특히, 세계시장의 약 70%를 중국시장이 차지하고 있으며, 유럽은 11.6%, 북미는 4.4%를 차지
 - ▶▶ 2014년 신규 설치시장은 중국이 78.6%, 유럽이 7.4%의 점유율 차지

[2014년 태양열 집열기 설치 현황(누적)]



※ 출처 : Solar Heat Worldwide, 2016)

- 세계 태양열 시장은 꾸준한 성장세를 유지하여 왔으나, '08년을 기점으로 최근 몇 년간 성장률이 낮아지고 있는 추세임
- 슈퍼단열, 고효율 창호 등 건물에너지절약기술과 태양열 하이브리드 시스템 기술을 활용한 제로에너지 하우스, 그린빌리지 등과 같이 복합적용을 통해 적용효과를 극대화 할 수 있는 방안과 대규모 태양열 시스템(지역난방) 보급 확대 추진
- 태양열 이용기술 개발은 저온 분야의 경우 신소재 개발을 통한 시스템 저가화 및 대량생 산화, 고효율에 집중
 - 집열기 제조공정 및 제조원가를 줄이기 위한 폴리머 소재의 집열기 개발
 - 발전과 열 생산을 동시에 할 수 있는 태양광-태양열 복합기(PVT; PV-Thermal) 개발
 - 집열기를 건물의 외장재로 사용할 수 있는 건물외장재용 태양열 집열장치 개발
 - 200℃ 전후의 중온을 얻어 태양열 냉방용 또는 산업용으로 사용 가능한 중온용 태양열 집열기 개발
- 1977년부터 IEA Solar Heating & Cooling(SHC) 프로그램을 통해 태양열 건물 냉난방 관련 프로그램이 추진되고 있으며, 중고온의 경우 IEA Solar PACES 프로그램을 통해 태양열발전, 산업용시스템 및 태양열화학의 기술개발 및 실용화 연구 수행

- 태양열 발전분야는 1980년대부터 개발되기 시작하여 타워형, Dish형, 구유형(PTC), 선형 프레빌형(LFR)이 사용되고 있으며, 타워형은 2000년대, 구유형은 1990년대 이미 상업화에 진입하여 현재는 발전단가를 줄이고 효율을 높이기 위한 기술개발 진행
- 최근에는 태양열 지역난방 시스템, 태양열 발전 및 산업 공정열에 태양열을 적용한 시스템 등에 대한 성장세가 뚜렷하게 나타나고 있는 추세임
 - 독일에서는 Solar Thermie 2000 프로젝트를 통해 10여개의 신축단지에서 태양열로 난방 및 급탕 부하의 대부분을 공급하는 대규모 태양열 블록열공급 시범단지 조성

국내현황

국내 기술개발 현황

- 태양열 급탕·난방 등 소규모 태양열 시스템 설계 기술에 대한 기술개발은 완성되었으나, 대규모 플랜트 설계 기술 등 부족
- 태양열 온수 급탕기술은 상용화되어 가정용온수기 및 골프장, 양어장 등의 급탕시설에 보급되었으나, 한정된 수요처에 보급이 집중되고 있어 품질향상을 위한 생산, 평가, 대규모시스템 설계기술의 확보 필요
- 태양열 냉난방 분야는 한국에너지기술연구원에서 태양열을 이용한 흡수식 냉방시스템 실증연구가 완료되었으며, 대규모 태양열 지역 냉난방 및 급탕시스템 개발을 위한 연구도 성공적으로 완료되어 지역난방공사에서 축열조 없이 연중 활용 가능한 시스템 진행
- 선진 외국에서 주력하고 있는 산업이용 및 발전을 위한 중고온 집광장치 분야는 PTC형 집열기의 경우 실용화 단계에 있으며, Dish형 집광장치, 타워형 태양열발전에 대한 연구도 현재 실증단계임
- 미래부 친환경에너지타운 사업을 통해 2015년부터 계간축열 방식을 적용한 대규모 태양열 집열기에 대한 개발과 실증을 위한 연구 진행(한국에너지기술연구원 주관)

국내 태양열 산업 현황

- 국내 태양열 시장은 대기업의 시장진출 없이 중소/중견기업이 참여하고 있으며, 평판형 집열기, 자연순환식·강제순환식 온수기, 단일진공관형 태양열 집열기 등이 상용화되어 보급 추진 중
- 태양열 보급시장은 정부의 보급사업 및 설치의무화사업 등을 중심으로 형성되었으며, 2007년부터 주택지원사업을 통해 온수 위주의 주택용 태양열 시스템 보급
 - 태양열은 적용분야에 따라 에너지 절감효과의 차이가 크므로 연중 열부하가 지속적으로 있는 분야 위주로 진행

3 국내 보급현황

연도별 설치현황

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	계
설치용량 (천㎡)	1,095	28	24	15	52	97	70	55	64	48	32	29	1,609

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

연도별 생산량

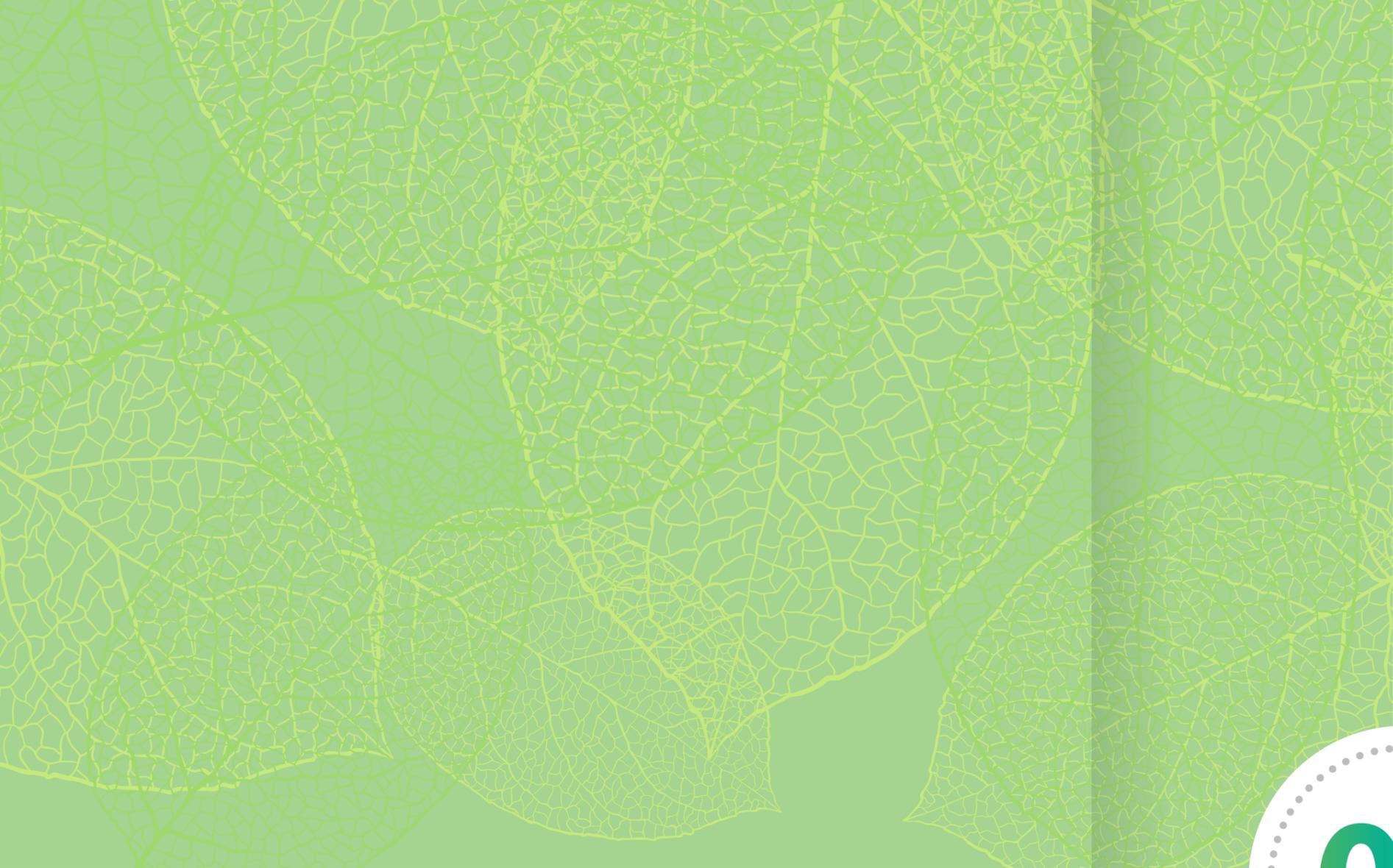
구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
공급량 (toe)	36,143	34,729	33,018	29,375	28,036	30,669	29,257	27,435	26,259	27,812	28,485	28,469

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

2015년도 용도별 설치 내역

구분	가정용	공공 시설	교육 시설	사회 복지시설	산업 시설	상업 시설	기타	계
설치용량 (㎡)	10,274	5,320	2,298	5,315	37	2,497	3,321	29,033

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)



04

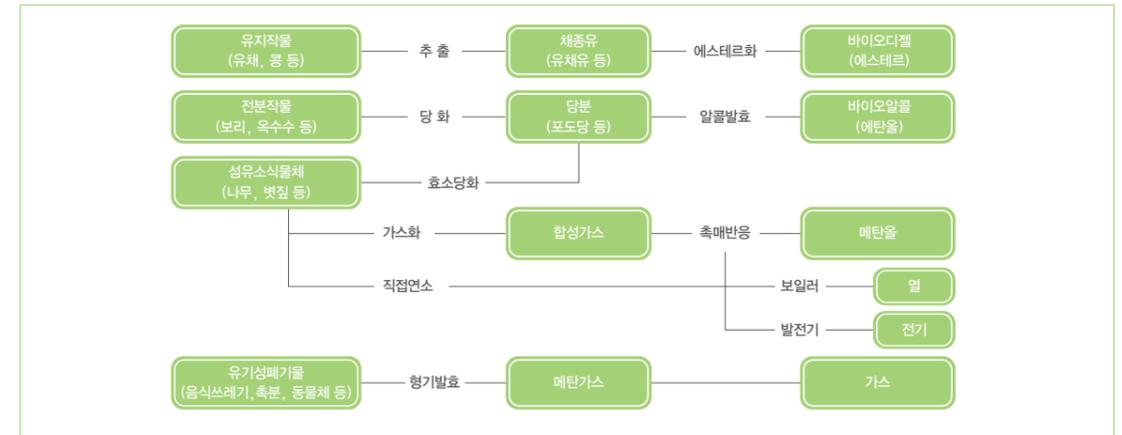
바이오에너지 (Bio-Energy)

- ① 개요
- ② 국내·외 현황 및 동향
- ③ 국내 보급현황

04

바이오에너지 (Bio-Energy)

바이오 에너지 변환 시스템



Pellets



Wood Briquette



Wood Chip



Palm Tree



혐기성 소화시스템



우드칩 열병합 발전소



바이오디젤 생산공장



공정시설 내부

1 개요

바이오에너지 이용기술

- 바이오에너지 이용기술이란 바이오매스(Biomass, 유기성 생물체를 총칭)를 직접 또는 생·화학적, 물리적 변환과정을 통해 액체, 가스, 고체연료나 전기·열에너지 형태로 이용하는 화학, 생물, 연소공학 등의 기술을 일컫음
 - Biomass란 태양에너지를 받은 식물과 미생물의 광합성에 의해 생성되는 식물체·균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 생물 유기체

종류 및 변환

바이오에너지 기술의 분류

대분류	중분류	내용
바이오액체연료 생산기술	연료용 바이오에탄올 생산기술	당질계, 전분질계, 목질계
	바이오디젤 생산기술	바이오디젤 전환 및 엔진적용기술
	바이오매스 액화기술 (열적전환)	바이오매스 액화, 연소, 엔진이용기술
바이오매스 가스화기술	혐기 소화에 의한 메탄가스화 기술	유기성 폐수의 메탄가스화 기술 및 매립지 가스 이용 기술(LFG)
	바이오매스 가스화기술(열적전환)	바이오매스 열분해, 가스화, 가스화발전 기술
	바이오 수소 생산기술	생물학적 바이오 수소 생산기술
바이오매스 생산, 가공기술	에너지 작물 기술	에너지 작물 재배, 육종, 수집, 운반, 가공 기술
	생물학적 CO ₂ 고정화 기술	바이오매스 재배, 산림녹화, 미세조류 배양기술
	바이오 고형연료 생산, 이용기술	바이오 고형연료 생산 및 이용기술 (왕겨탄, 우드칩, RDF(고형연료 등))

2 국내·외 현황 및 동향

해외 현황

미국

- 수송용 바이오연료 보급량 확대
 - 재생에너지 연료기준 프로그램(RFS2)하에 온실가스 감축량이 높고 비식량계 원료 기반(특히 목질계 바이오매스)위주로 보급을 확대
 - ▶ 2020년까지 재생에너지 연료 360억 갤런의 공급을 목표로 하며 에너지 독립·보안법에 따라 재생에너지연료 의무 공급량을 설정
 - 바이오연료 보급확대를 통해 2025년까지 해외 수입석유의 1/3 감축
 - 2020년까지 2005년 CO₂ 배출량 기준 17% 감축
- 2017년까지 바이오연료 350억갤런(전체 수송용 에너지의 15%) 보급 목표 설정
 - 바이오디젤 2010년 29억리터 규모로 생산, 2020년 65억리터 규모로 생산 예정
 - 바이오에탄올 생산량은 브라질과 함께 350억 리터로 추정되며, 바이오에탄올을 10%(E10)이상 직접 혼합하는 방식 이용
- 재생에너지 연료 보조금 정책 및 기술개발 투자 확대
 - 바이오에탄올에 대한 물품세 공제와 보조금 지급, 소규모 에탄올 생산업자에 대한 세금공제 등 에탄올 혼합가솔린에 대한 보조정책 또한 활발히 실시
 - 이를 통해 가솔린과의 가격차를 좁혀 에탄올의 가격경쟁력을 확보하여 사업투자 촉진
 - 다양한 에너지 식물 및 풍부한 산림자원의 활용도를 높이기 위해 리그닌, 셀룰로오스 등 식물 섬유질을 이용한 기술개발 투자가 확대
 - 2050년까지 바이오에너지로 해외 석유 수입분 완전 대체를 목표

EU

- 바이오연료 지속가능성 기준 도입 및 보조금 프로그램 시행
 - EU는 EU지역에서 생산·수입되는 바이오연료에 대해 '바이오연료의 지속가능성 기준 도입'
 - (목적) 원료작물 생산으로 인해 산림파괴 및 식량문제가 유발됨에 따라 신재생연료의 지속가능성 기준 필요
 - (주요 내용) 전주기 분석(LCA)를 통해 온실가스 배출량을 선정하여 온실가스 감축 기여가 큰 바이오연료 사용 권고
 - 독일, 프랑스, 이탈리아는 혼합경유에 대하여 과세경감조치 및 에너지작물 재배를 국가에서 보조해주는 프로그램을 시행
 - EU는 에너지작물 재배를 보조해주고 조세감면 허용에 대한 법제화 시행중
- 2020년까지 연간 200만 톤의 항공 바이오연료 사용 위한 이니셔티브 발족
 - EU집행위원회와 EU 항공사, 바이오연료 생산업체는 2020년까지 연간 200만 톤의 바이오연료를 사용하기로 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 'European Advanced Biofuels Flightpath'라 불리는

이니셔티브를 발족

- ▶ 이니셔티브에 동참하는 항공사는 Airbus, Lufthansa, Air France/KLM, British Airways, 바이오연료 생산업체는 Choren Industries, Neste Oil, Biomass Technology Group, UOP 등
- 목표 달성을 위해 1차로 2015~16년까지 제2세대 바이오연료 플랜트 가동을 목표 하고 있으며, 2차로 2020년까지 조류바이오연료 및 Pyrolytic Oils from Residues 플랜트를 완공시킬 계획
 - 3년 내에 자원 확보 매커니즘 확립을 위해 'Biofuel in Aviation Fund'를 구축할 예정

브라질

- 바이오연료 혼합비율 증가 및 과세경감
 - 2020년까지 바이오디젤 혼합비율을 20%까지 확대할 예정이며, 바이오디젤 생산확대를 위해 281억 헤알(약 18조)투자 예정
 - 대두유, 팜유, 해바라기유 등을 원료로 한 바이오디젤을 2013년도부터 BD5로 의무사용
 - 혼합경유에 대해 과세 경감

일본

- 바이오에탄올 실증사업 및 상용화 방안 전개
 - 전국 7개 지역에서 바이오에탄올을 생산하여 E3(3% 혼합가솔린) 제조 이용에 관한 실증사업 전개
 - 식량 이외에 목질 등 셀룰로오스를 이용한 에탄올 생산 공정의 상용화 방안을 위해 브라질에서부터 바이오에탄올을 수입

중국

- 바이오에탄올 세금혜택 제공
 - 옥수수를 원료로 하는 E10 보급을 추진하고 있으며, 2005년부터 E10 의무화로 사용 공표 및 보조지원
 - 에탄올 생산업자에 대해 부가가치세 반환, 에탄올 소비세 5%면제, 에탄올 톤당 100위안 전후의 이윤보증 등 에탄올에 대한 간접세 환급

국내현황

바이오디젤

- '07년 제1차 바이오디젤 중장기 보급계획을 수립하여 혼합비율을 최초 설정하고 면세 인센티브를 통해 자발적 혼합사용을 유도
 - ▶ 혼합비율(%) : ('07)0.5→('08)1.0→('09)1.5→('10~'13)2.0
- 면세 종료 후, '12년부터 석유 및 석유대체연료사업법 경유 품질고시('11.12.30)를 통해 혼합의무화 시행(혼합비율 : 2.0%)
- '13. 7월 신·재생에너지 연료혼합의무(RFS) 제도 시행을 담은 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 개정('15.7.31 시행)

- 신·재생에너지 연료혼합의무(RFS) 제도 시행('15.7.31~)
 - ▷ 연도별 혼합비율(%) : ('15.7.31~'17)2.5→('18~'20)3.0

바이오에탄올

- 휘발유 규격을 개정하여 MTBE 대체재로 바이오에탄올을 최대 6.7%까지 전 휘발유차량에 사용 가능
- E10(휘발유90%+바이오에탄올10%)초과의 경우, 자동차 제작사의 적용차량(FFV) 개발 시점에 맞추어 품질규격을 제정 예정
 - ▷ FFV(Flexible Fuel Vehicle) : 휘발유, 에탄올 조성에 관계없이 사용할 수 있는 연료 가변형 자동차
- 바이오 에탄올의 수급을 위한 정책연구로 “해외 바이오 에탄올의 도입타당성 분석 연구('05.7~'12)”를 수행
- 저유소-주유소 유통단계에서 발생가능한 문제점 파악을 위한 실증연구를 완료
 - 석유관리원을 주관기관으로 국내정유 4개사 및 바이오에탄올 업체 참여

바이오가스

- 유기성 폐기물의 통합소화 기술개발로 바이오가스 생산성 향상 기술개발 및 파일럿 실증연구가 진행 중
 - 고농도 바이오매스를 이용한 바이오가스화 플랜트에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있음
- 고순도 정제 바이오가스를 차량 연료로 실증 보급 확대 중
- 해양수산부의 해양투기 금지원칙 발표에 따라 육상처리를 위한 혐기소화 시스템에 관한 관심이 높아지고 있음 ('13년부터 시행)
 - 환경부, 농식품부 등의 시범사업 추진 중
- 수도권 매립지에 바이오가스(CNG방식)를 이용한 차량용 충전시설 완공('11. 6)
 - 별도로 기술개발 사업으로 바이오가스를 LNG화하는 방식 기술개발 완료
- '14년 말 음식물류 등 유기성폐자원에서 바이오가스를 생산·이용하는 시설은 71개소로 바이오가스를 2억 4,800만㎥ 생산하여 활용
 - * 출처 : 환경부 2014 유기성폐자원 에너지활용시설 현황(2015)

목재펠릿

- '15년 말 기준 여주 등 23개 제조시설에서 약 82천톤 목재펠릿을 생산 중이며, '20년까지 100만톤 규모 생산능력 확보계획 ('20년까지 해외수입은 400만톤)
 - (국내) '12년 51,343톤 → '15년 82,137톤
 - (수입) '12년 122,447톤 → '15년 1,470,685톤
- 목재펠릿 보일러는 '08년 시범사업으로 24대 보급을 시작으로, '15년 말까지 21,392대 보급
 - 산림청의 주도로 가정용, 산업용 등에 보일러를 보급 중
 - * 출처 : 산림청 목재펠릿 통계자료(2016)
- '12년부터 실시하고 있는 RPS에서는 바이오에너지는 1.0, 목질계 바이오매스 전소발전은 1.5의 가중치 부여

[설치사례]



전주 바이오에탄올 생산 플랜트



군산 목재 펠릿 제조 설비

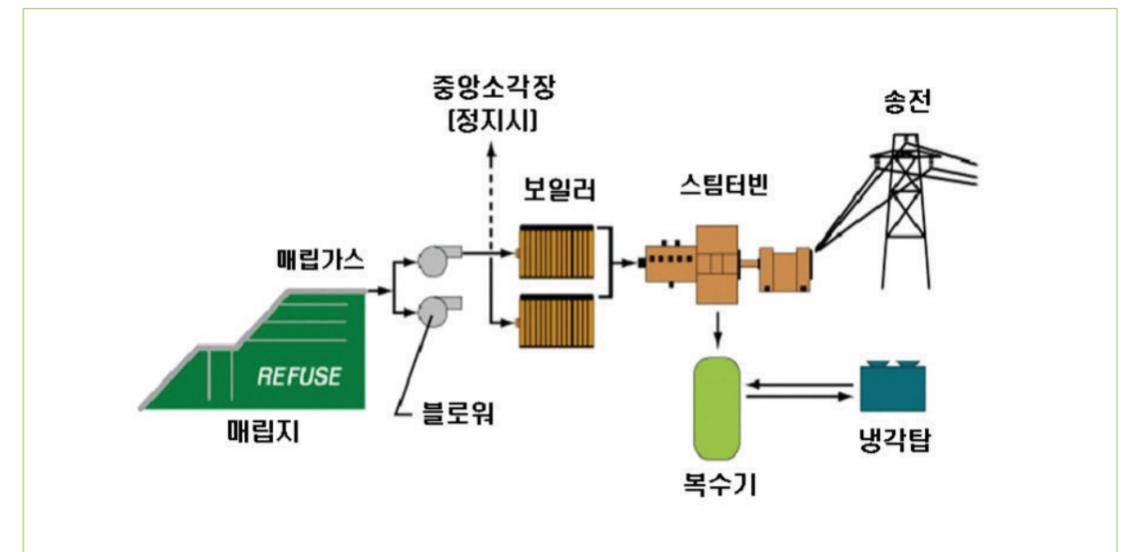


경기 이천 축산분뇨 가스화 시설



축산분뇨 가스화 발전설비(혐기소화조)

[LFG 공정도]



3 국내 보급현황

연도별 바이오에너지 생산량

(단위 : toe)

구 분	'10	'11	'12	'13	'14	'15
바이오 전체	754,623	963,363	1,334,724	1,558,492	2,821,996	2,765,657
바이오가스	80,343	91,184	107,430	139,370	142,937	108,734
매립지가스	114,990	124,220	116,073	97,497	79,918	75,804
바이오디젤	356,822	336,054	359,916	369,081	387,699	441,345
우드칩	132,230	163,022	164,542	168,466	190,687	373,308
성형탄	23,053	24,591	23,857	23,517	24,927	15,828
임산연료	23,419	23,665	56,481	49,622	5,163	44,790
목재펠릿	23,766	50,995	120,055	268,129	795,215	823,763
폐목재	-	149,632	140,874	175,983	191,142	103,998
흑액	-	-	228,337	229,254	322,304	231,008
하수슬러지 고형연료	-	-	17,159	37,574	41,477	78,484
Bio-SRF	-	-	-	-	527,270	208,392
바이오중유	-	-	-	-	113,257	260,203

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)



05

풍력(Wind)

- ① 개요
- ② 국내·외 현황 및 동향
- ③ 국내 보급현황

05

풍력 (Wind)

1 개요

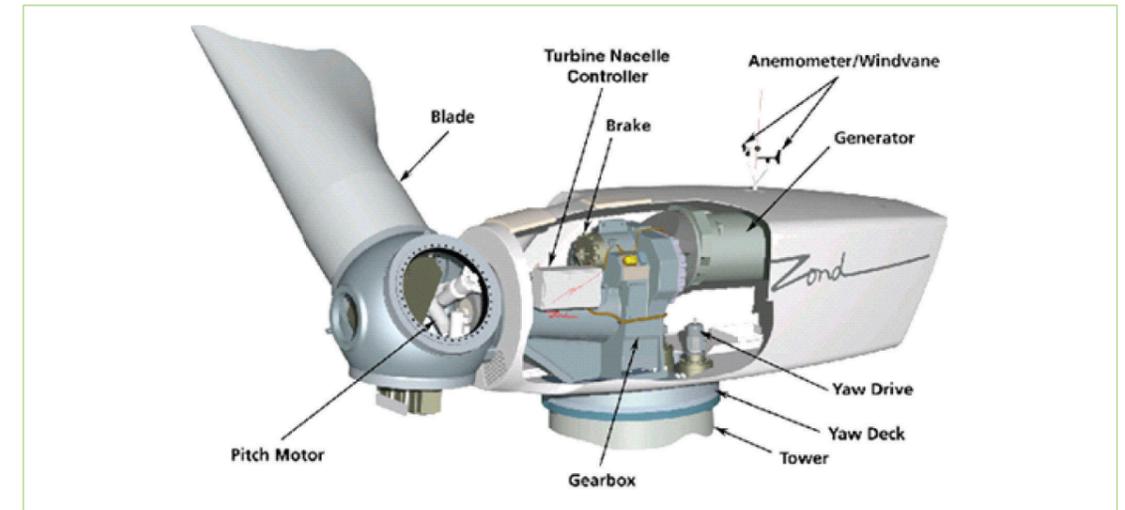
풍력이용기술

- 풍력은 바람에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전 기술

특징 및 시스템 구성

- 풍력이 가진 에너지를 흡수, 변환하는 운동량변환장치, 동력전달장치, 동력 변환장치, 제어장치 등으로 구성
 - 기계장치부
 - 바람으로부터 회전력을 생산하는 Blade(회전날개), Shaft(회전축)를 포함한Rotor(회전자), 이를 적정 속도로 변환하는 증속기(Gearbox)와 기동·제동 및 운용 효율성 향상을 위한 Brake, Pitching & Yawing System등의 제어장치부문으로 구성
 - 전기장치부
 - 발전기 및 기타 안정된 전력을 공급하도록 하는 전력안정화 장치로 구성
 - 제어장치부
 - 풍력발전기가 무인 운전이 가능토록 설정, 운전하는 Control System 및 Yawing & Pitching Controller와 원격지 제어 및 지상에서 시스템 상태 판별을 가능케 하는 Monitoring System으로 구성
 - Yaw Control : 바람방향을 향하도록 블레이드의 방향조정
 - Pitch Control : 날개의 경사각(pitch) 조절로 출력을 능동적 제어
 - Stall(失速) Control : 한계풍속 이상이 되었을 때 양력이 회전날개에 작용하지 못하도록 날개의 공기역학적 형상에 의한 제어

[시스템구성도]

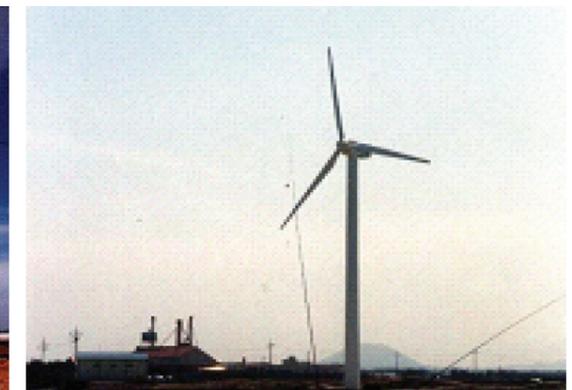


구조상 분류 (회전축 방향)	수평축 풍력시스템(HAWT) : 프로펠라형
	(회전축 방향)수직축 풍력시스템(VAWT) : 다리우스형, 사보니우스형
운전방식	정속운전(fixed roter speed type) : 통상 Geared형
	운전방식가변속운전(variable roter speed type) : 통상 Gearless형
출력제어방식	Pitch(날개각) Control
	출력제어방식Stall(失速) Control
전력사용방식	계통연계(유도발전기, 동기발전기)
	전력사용방식독립전원(동기발전기, 직류발전기)

회전축방향에 따른 구분



수직축 발전기



수평축 발전기

- 수직축은 바람의 방향과 관계가 없어 사막이나 평원에 많이 설치하여 이용이 가능하지만 소재가 비싸고 수평축 풍차에 비해 효율이 떨어지는 단점이 있음, 수평축은 간단한 구조로 이루어져 있어 설치하기 편리하나 바람의 방향에 영향을 받음
 - 중대형급 이상은 수평축을 사용하고, 100kW급 이하 소형은 수직축도 사용됨

운전방식에 따른 구분



Gearless형 풍력발전시스템



Geared형 풍력발전시스템

[설치사례]



강원 풍력 98MW, 49기



영덕 풍력 39.6MW, 24기



군산 비응도 풍력 7.9MW, 10기



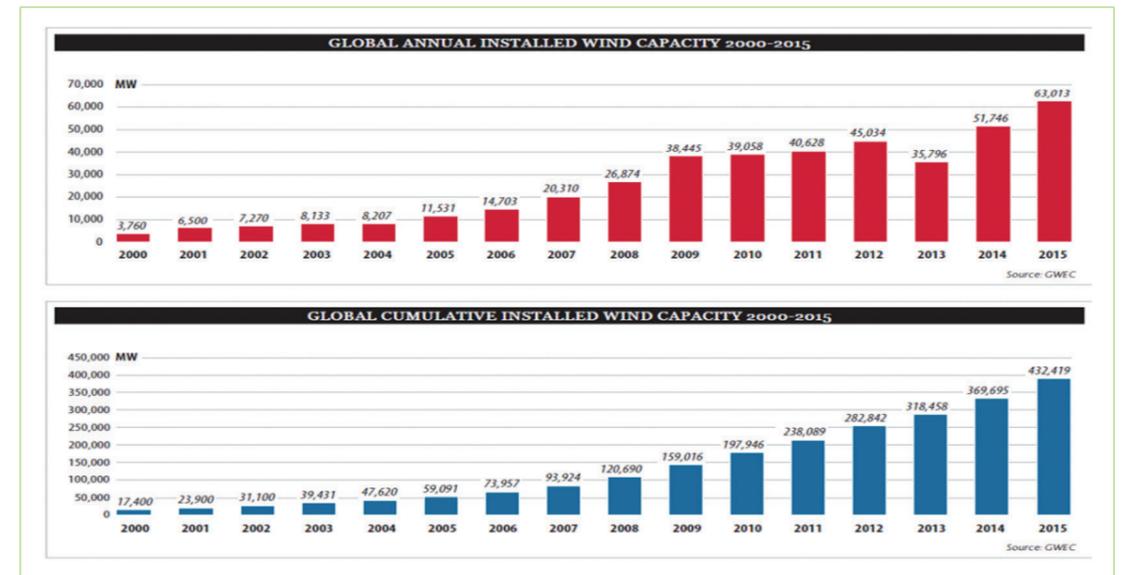
제주 행원 풍력 10MW, 15기

2 국내·외 현황 및 동향

해외현황

- 세계 풍력시장 현황 및 전망
- 매년 100조원 규모의 신규수요가 발생하는 유망산업으로 성장
 - 전 세계적으로 '15년 풍력은 전년대비 23.4% 증가한 63GW 신규 설치되었으며 누적설치용량은 432.4GW에 도달 (해상풍력 누적설치용량 : 12.5GW)
 - 세계 풍력 수요는 육상풍력(성숙기)이 압도적 비중(98%)을 차지하고 있으나, 해상풍력(도입기) 산업이 급속히 확산되고 있는 상황
 - 중국의 내수확대, 미국의 세제지원, 브라질의 신규설치, 각국의 원전 대체수단으로의 풍력보급정책 등에 힘입어 꾸준히 증가하는 추세

[세계 풍력 신규 및 누적 설치용량('00~'15)]



* (출처) Global Wind Statistics 2015('16.2)

- 해상풍력의 경우, 영국, 독일 등 유럽을 중심으로 '15년 기준 약 3.4GW가 신규 설치되었으며, 극소수의 국가(15개)에서만 설치 중
- 중국이 전 세계 풍력 최대시장으로 부상하고 있으며, 2015년 한해 동안 30,753MW가 설치되고(전체 신규 설치량인 63,467MW의 48.5%), 누적에서도 총 145,362MW가 설치되어 전 세계 설치량의 33.6%를 차지
- '15년 기준 중국, 미국, 독일, 인도 등 4개 국가가 전 세계 설치용량의 67%를 차지

[2015년말 현재 세계 국가별 풍력 설치 용량]

NO	2015년			합계 (2015년까지)		
	NO국가	신규(MW)	(비중)	국가	누적량(MW)	(비중)
1	중국	30,753	(48.5%)	중국	145,362	(33.6%)
2	미국	8,598	(13.5%)	미국	74,471	(17.2%)
3	독일	6,013	(9.5%)	독일	44,947	(10.4%)
4	브라질	2,754	(4.3%)	인도	25,088	(5.8%)
5	인도	2,623	(4.1%)	스페인	23,025	(5.3%)
6	캐나다	1,506	(2.4%)	영국	13,603	(3.1%)
7	폴란드	1,266	(2.0%)	캐나다	11,205	(2.6%)
8	프랑스	1,073	(1.7%)	프랑스	10,358	(2.4%)
9	영국	975	(1.5%)	이탈리아	8,958	(2.1%)
10	터키	956	(1.5%)	브라질	8,715	(2.0%)
	기타	6,950	(11.0%)	기타	67,151	(15.5%)
	Top10	56,517	(89%)	Top10	365,731	(84.5%)
	합계	63,467	(100%)	합계	432,883	(100%)

- 풍력산업을 선도할 것으로 예측되고 있는 해상풍력 분야는 2015년까지 영국 등 15개국에서 총 12,107MW가 설치

[2015년말 현재 세계 국가별 해상풍력 설치 용량]

(단위 : MW)

구분	2015(신규)	2015(누적)
영국	572.1	5,066.5
독일	2,282.4	3,294.6
덴마크	0	1,271.3
중국	360.5	1,014.7
벨기에	0	712.2
네델란드	180	426.8
스웨덴	0	201.7
일본	3	53
핀란드	0	26.3
아일랜드	0	25.2
한국	0	5
스페인	0	5
노르웨이	0	2.3
포르투갈	0	2
미국	0	0.02
합계	3,398	12,107
비중	2.5%	1.8%

* 자료 : BTM Consult (2013.3)



독일 리프가트 해상풍력단지



일본 치바현 Choshi 해상풍력단지

- '15년 기준 432GW인 누적 설치용량은'40년 2,033GW까지 늘어날 전망
 - 투자 규모는 약 2.8조 달러가 형성할 것으로 예상, 중국 및 인도 등 아시아 지역이 세계 풍력수요의 절반이상을 차지할 전망
- '16년 세계 풍력산업 투자액은 전년대비 3%증가한 1,110억 달러에 달할 전망
 - 아시아지역이 500억 달러로 최대이며, 미국이 250억 달러를 투자할 전망

유럽

- 최근 경쟁증가와 터빈 가격 하락으로 공급과잉 현상*이 지속되었으나, 기술력 부족업체 퇴출로 세계 터빈 공급용량은 완만히 감소중
 - * ('13년) 수요 34.4GW, 공급 70GW → ('16년) 수요 47.2GW, 공급 62GW
- 중국을 제외한 풍력 제조업체는 인수합병(M&A)등을 통하여 시장점유율 확보를 위한 경쟁이 가속화되는 추세

중국

- '15년 기준으로 세계 신규설치용량(63GW) 중 48.4%인 30GW 설치하고, 누적설치용량 432GW 중 33.6%(145GW)를 점유하는 등 세계 풍력시장을 주도
- 석탄 발전에 따른 대기오염 문제로 인해 풍력발전 보급을 더욱 확대할 가능성이 높으며, '20년까지 250GW 달성이 목표

미국

- 2015년 신재생 세액공제 연장결정에 따라 투자 및 설치 확대 전망
- 풍력발전 설비용량은 '15년 4분기에만 5GW가 신규 설치되었으며, '15년 신규 설치량(8.6GW)은 전년대비 77% 증가한 수준

- '16년부터 '21년까지 250억불이 추가 투자될 것으로 전망되어, 44GW까지 확대가 예상되나, 세액공제* 연장에 따라 '16년 신규설비 중 일부는 후년도로 연기되어 '16년 신규설비용량은 감소 전망
 - ▶▶ ITC(Investment Tax Credit) : 신재생 전원 투자금액의 일정 비율을 세액공제
 - ▶▶ PTC(Production Tax Credit) : 신재생 발전량(kWh)에 대해서 세액공제('16년 0.023\$/kWh), 발전소 운전 시점부터 10년간 지급

국내현황

국내 풍력 산업 현황

- 정부는 2015년까지 총 40조원(정부 7조원, 민간 33조원)을 투자하여 태양광·풍력 중심의 세계 5대 신·재생에너지 강국으로 도약한다는 「신·재생에너지산업 발전전략」 마스터플랜을 발표
- 풍력산업은 경제성 확보를 위해 대형화 추세이며, 이에 따라 가변속 운전기술 등 고도의 엔지니어링 기술이 요구
- 국내 풍력에너지 공급가능 잠재량은 육상 3.6GW, 해상 8.8GW 수준이며, 풍력자원은 남해안 지역이 가장 우수
- 육상풍력은 인허가 규제완화*에 따라 지속적 증가가 예상되며, 국내 바람자원과 입지등을 고려시 3GW수준까지는 성장할 것으로 기대
 - ※ 인·허가 간소화가 포함된 '육상풍력 개발사업 환경성평가 지침' 제정('14.9.26)
- 해상풍력은 '지속적인 국내시장 창출로 해상풍력 산업기반 구축 및 글로벌 경쟁력 확보'를 목표로 서남해 해상풍력단지 실증사업, 제주도 해상풍력 지구 지정 등 추진 중
- 국내 총발전량 중 풍력 발전 비중은 0.24%이며 신·재생에너지 발전량 내에서 3.62% 차지(2015년 기준)
 - ▶▶ 국내 총 발전량은 560,974GWh이며 풍력발전량은 1,342GWh 수준

[국내 풍력의 연도별 생산량과 발전량]

구분	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
생산량 (Toe)	32,472	59,728	80,763	93,747	147,351	175,644	185,520	192,674	242,354	241,847	283,455
발전량 (MWh)	129,888	238,911	375,641	436,034	685,353	816,950	862,884	912,760	1,148,179	1,145,557	1,342,439

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계 (한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

해상풍력개발 추진 현황

- 2019년 세계 3대 해상풍력 강국으로 도약하기 위해 민·관 합동으로 총 10.2조원을 투자하여 서남해안에 2.5GW 대규모 해상풍력단지를 단계적으로 개발하는 해상풍력 개발 로드맵 추진

- '08년 10월부터 2년 동안 우리나라 전체 해상을 대상으로 풍황, 수심, 계통연계조건, 해안과의 이격거리, 변전소 이격거리, 확장성 등을 조사하여 서남해안권 해상을 최적지로 선정
- '16년 3월 전원개발사업 실시계획 승인 이후 해상시추조사를 시작으로 서남해안권 해상에 80MW급 실증단지 조성사업을 추진중이며, '19년이후 시범·확산단지까지 총 2.5GW 규모의 대규모 해상풍력발전단지 건설할 예정

[해상풍력단지 배치도]



구분	1 실증	2 시범	3 확산
목적	해상 Test Bed 구축	Track Record 확보	대규모 단지 개발
위치	전북 부안군 및 고창군 해역	전북 부안 ~ 전남 영광 해역	
용량	80MW	400MW	2,000MW
사업기간	'16.1월~'18년까지	'18~'20년	'20년 이후
예상사업비	4,256억원	약 2조원	약 10조

- 산업통상자원부 국책연구과제로 지원한 두산중공업 3MW TC S 풍력발전 시스템이 개발중에 있는 향후 서남해2.5GW 실증단지에 설치 될 예정으로 세계 해상풍력 시장 진출의 중요한 발판을 마련

3 국내 보급현황

연도별 설치현황

구분	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	계
설치용량 (kW)	190,017	2,770	105,270	35,276	33,436	51,944	72,811	91,906	61,363	207,791	852,584

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

연도별 발전현황

구분	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
발전량 (MWh)	238,911	375,641	436,034	685,353	816,950	862,884	912,760	1,148,179	1,145,557	1,342,439

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

풍력 산업 밸류체인

Value Chain	타워	블레이드	증속기	발전기	시스템												
기술특징	<ul style="list-style-type: none"> 기술집약형 산업 운송, 설치, 운전 등의 과정으로 인해 고용창출 효과 대 Track Record(운전이력)가 없으면 시장진입이 어려워 진입장벽 높음 																
국내기업 시장 점유율	<table border="1"> <tr> <td>국외</td> <td>7,600MW (12%)</td> <td>0MW (0%)</td> <td>0MW (0%)</td> <td>9MW (0.1%)</td> <td>9MW (0.1%)</td> </tr> <tr> <td>국내</td> <td>224MW (100%)</td> <td>3MW (1.3%)</td> <td>0MW (0%)</td> <td>58MW (25.9%)</td> <td>105MW (46.9%)</td> </tr> </table>	국외	7,600MW (12%)	0MW (0%)	0MW (0%)	9MW (0.1%)	9MW (0.1%)	국내	224MW (100%)	3MW (1.3%)	0MW (0%)	58MW (25.9%)	105MW (46.9%)				
국외	7,600MW (12%)	0MW (0%)	0MW (0%)	9MW (0.1%)	9MW (0.1%)												
국내	224MW (100%)	3MW (1.3%)	0MW (0%)	58MW (25.9%)	105MW (46.9%)												
기술경쟁력 (선진국=100)	100	70	65	90	70												
주요기업	CS윈드, 동국 S&C, Win&p	KM, 휴먼컴퍼지	(우림기계)	현대중공업, 유니슨, 효성중공업	현대중공업, 유니슨, 두산중공업, 한진산업												
수출비중	97.1%	0%	0%	13.4%	7.9%												



수력(Hydro)

- 1 개요
- 2 국내·외 현황 및 동향
- 3 국내 보급현황

06

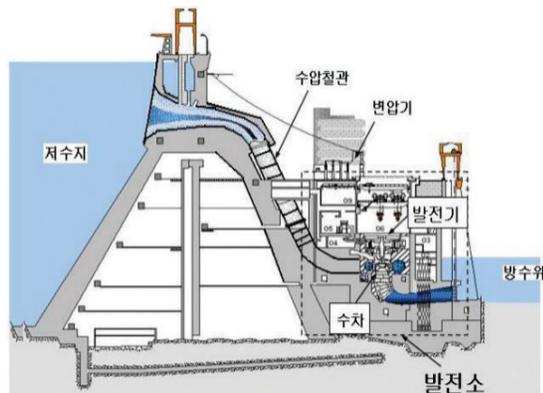
수력 (Hydro)

1 개요

수력발전기술

- 수력발전은 물의 유동 및 위치에너지를 이용하여 발전
 - '05년 이전에는 시설용량 10MW 이하를 소수력으로 규정하였으나, 개정법(신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법)에서는 수력설비용량 기준을 삭제하여 소수력을 포함한 수력 전체를 신·재생에너지로 정의함
 - 신·재생에너지 연구개발 및 보급 대상은 주로 발전설비용량 10MW 이하를 대상으로 하고 있으며, 발전차액지원제도는 5MW 이하를 지원하고 있음

수력발전 시스템 구성도



수력발전 시스템 구성도



수차의 형상

종류 : 설비용량, 낙차, 발전방식에 따라 분류

- 소수력의 가장 중요한 설비는 수차(Turbine)이며, 설비별 특징은 다음과 같음

수차의 종류		특징
수차	중동수차 펠턴(Pelton)수차 터고(Turgo)수차 오스버그(Ossberger)수차	<ul style="list-style-type: none"> 수차가 물에 완전히 잠기지 않음 물은 수차의 일부 방향에서 공급, 운동에너지만을 전환
	반동수차 프란시스(Francis)수차	<ul style="list-style-type: none"> 중저낙차에 이용가능하며 가장 널리 사용
	카플란(Kaplan)수차 튜브러(Tubular)수차 벌브(Bulb)수차 림(Rim)수차	<ul style="list-style-type: none"> 수차의 축방향에서 물이공급 저낙차 고유량 조건에 적합

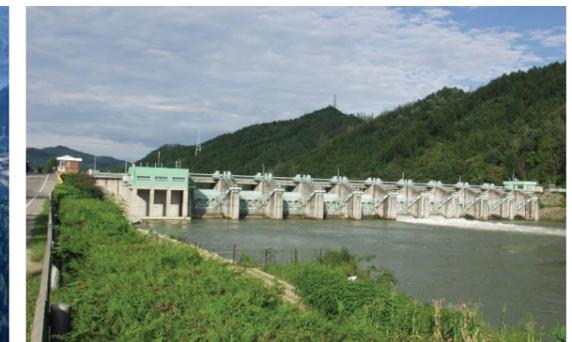
- 소수력발전은 하천이나 저수지의 물을 낙차에 의한 위치에너지를 이용하여 수차의 회전력을 발생시키고, 수차와 직결되어 있는 발전기에 의해서 전기에너지를 생산하는 방식으로 설비용량, 낙차 및 발전방식에 따라 분류

분류			비고
소수력	설비용량	Micro hydropower Mini hydropower Small hydropower	100kW 미만 100~1,000kW 1,000~10,000kW
	낙차	저낙차(Low head) 중낙차(Medium head) 고낙차(High head)	2~20m 20~150m 150m 이상
	발전방식	수로식 (run-of-river type) 댐식 (Storage type) 터널식(Tunnel type)	하천경사가 급한 중·상류지역 하천경사가 작고 유량이 큰 지점 •댐식과 수로식을 혼합한 방식으로 지형상 지하 터널로 수로를 만들어 큰 낙차를 얻을 수 있는 곳 •하천의 형태가 오메가(Ω)인 지점

[설치사례]



광천 소수력 발전소 450kW



안동 소수력 발전소 1,500kW

2 국내·외 현황 및 동향

해외 현황

- 수력발전이 많이 보급된 국가는 중국, 브라질, 미국, 캐나다, 러시아, 인도, 노르웨이 순이며, 지리적으로 수자원이 풍부한 중국, 캐나다, 미국, 브라질 등에서 수력에너지를 활발하게 이용
 - ※ 2015년 보급 순위 : 중국(27.9%), 브라질(8.6%), 미국(7.5%), 캐나다(7.4%), 러시아(4.5%), 나머지 전세계(39.7%)
 - *출처 : 2016 재생에너지 현황보고서(REN21, 2016. 6)
- 중국은 급격한 경제개발로 인해 세계에서 가장 많은 수력에너지를 이용하는 국가이며, 2015년 기준, 수력 총 용량이 296GW에 달하고 있음
- 2015년 브라질은 수력 총 용량이 91.7GW에 이르렀고 발전량은 382TWh에 달하며, 2011년과 비교하여 설비용량이 11% 증가했지만, 가뭄 탓에 발전량은 15% 감소
 - 기후변화 위기, 증가하는 전력수요, 변동하는 재생에너지 비중 증가에 대응하고자 수력 발전에 대한 수요가 증가 중

국내 현황

- 신·재생에너지 의무할당제(RPS)로 수력개발 필요성이 증폭되면서 농업용 저수지, 하수처리장, 수도관로, 하수종말처리장, 화력발전소의 냉각수 등을 이용한 소수력개발이 활발하게 추진
- 수차 기술개발은 소수력 분야의 경우 정부의 기술개발 지원 및 제작사의 노력으로 활용도가 높은 카플란수차, 튜블러 수차, 프란시스 수차는 국산화가 완료되어 현재 상용화 단계
- 수차 및 관련 요소 부품을 국산화 개발하기 위해 대양전기, (주)일진전기, 효성에바라, 신한정공 등에서 외국업체와의 기술제휴로 기술개발에 참여

[국내의 소수력에너지 보급잠재량]

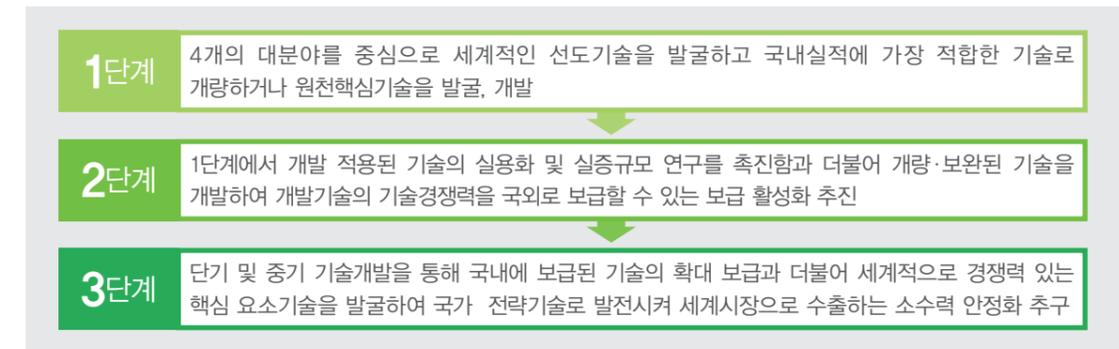
구분	지점수	개발가능용량(kW)
일반하천	120	1,412,500
하수처리장	63	5,300
정수장	58	2,500
농업용저수지	163	48,000
농업용보	18,252	5,000
다목적댐의 용수로	6	6,744
양식장의 순환수, 양수발전소 하부댐, 기력발전소의 냉각수 이용 등	25~30	19,956
합계		1,500,000

- 향후 소수력 분야의 기술개발은 ① 국내 부존자원의 최대 활용과 소수력발전 기술 확보, ② 수차발전기 국산화 및 표준화로 보급 활성화, ③ 소수력발전 원천기술 확보를 기본방향으로 설정

- 다양한 자원조건에 적용할 수 있는 친환경적인 자원조사 및 활용기술, 발전설비의 국산화 및 표준화 기술, 계통보호 및 자동화 기술, 수차발전설비의 성능평가 및 현대화 기술 등 핵심 4개 분야에 대해 단기, 중기, 장기 3단계로 나누어 추진
- 단계별 기술개발 전략을 수립하여 핵심기술 확보를 위한 기술개발을 우선적으로 추진하고, 실증연구를 통해 상용화 보급을 확대하며 마지막으로 시장안정화 및 지속적 발전을 견인

[각 단계별 개발목표]

구분	단기	중기	장기
단계	1단계(2012년까지)	2단계(2020년까지)	3단계(2030년까지)
개발목표	기술력 상승	보급 활성화	안정화



3 국내 보급현황

연도별 설치현황(대수력 포함)

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	계
설치용량 (kW)	1,579,144	4,774	5,010	9,120	5,680	13,433	5,520	96,619	27,700	7,508	14,356	2,718	1,771,582

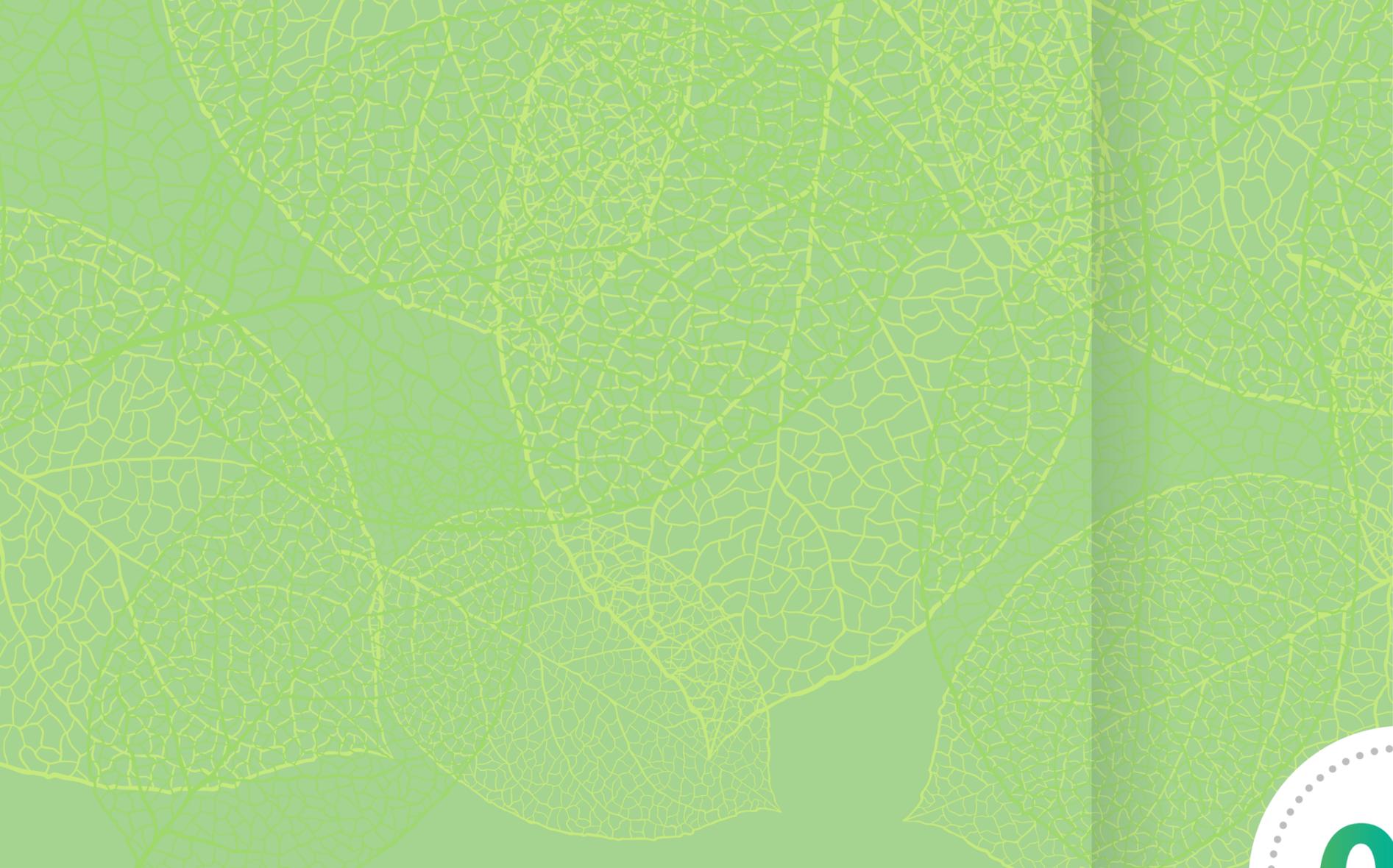
* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

연도별 수력 발전량(대수력 포함)

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
발전량 (GWh/년)	4,329	3,674	3,468	3,632	3,070	2,822	3,685	4,490	3,862	4,228	2,754	2,150

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

* 주 : '03년부터 수력에 대수력 포함



07

수소·연료전지 (Hydrogen, Fuel Cell)

- ① 개요
- ② 국내·외 현황 및 동향
- ③ 국내 보급현황

07

수소·연료전지 (Hydrogen, Fuel Cell)

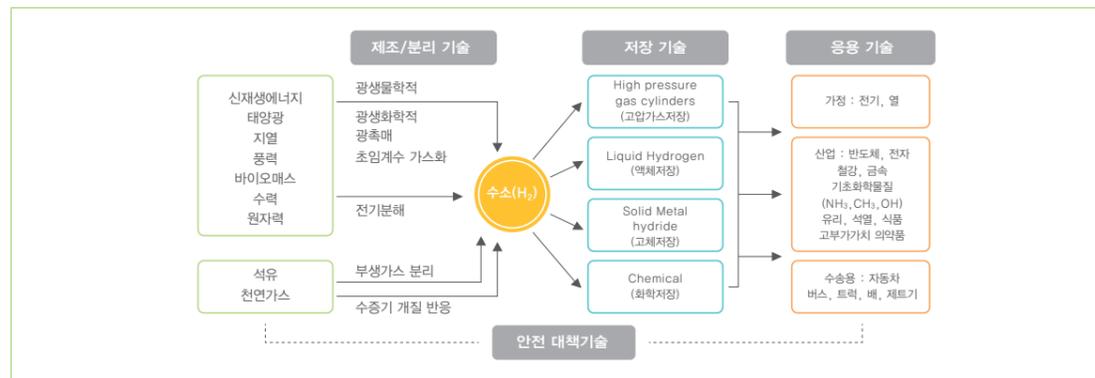
1 개요

수소에너지

수소에너지 기술

- 수소에너지 기술은 물, 유기물, 화석연료 등의 화합물 형태로 존재하는 수소를 분리, 생산해서 이용하는 기술
 - 수소는 물의 전기분해로 가장 쉽게 제조할 수 있으나 입력에너지(전기에너지)에 비해 수소에너지의 경제성이 너무 낮으므로 대체전원 또는 촉매를 이용한 제조기술을 연구 중
 - ▶▶ 에너지보존법칙상 입력에너지(수소생산)가 출력에너지(수소이용)보다 큰 근본적인 문제가 있음
- 수소는 가스나 액체로서 수송할 수 있으며 고압가스, 액체수소, 금속수소화물 등의 다양한 형태로 저장 가능
 - 현재 수소는 기체상태로 저장하고 있으나 단위 부피당 수소저장밀도가 너무 낮아 경제성과 안정성이 부족하여 액체 및 고체저장법을 연구 중

수소에너지 시스템



기술개발 내용

대분류	중분류	기술개발내용
제조	물로부터 수소제조	전기분해(SPE, 태양광, 풍력 등 대체전원이용 등)
		저온열분해(산화물, 유황화합물, 염화물, 불화물, 요드화물 등)
		광촉매(금속산화물, 페롭스카이트, 제올라이트 등)
		바이오(광합성 직·간접, 혐기발효, 광합성 발효 등)
	화석연료로부터 수소제조	수증기개질
		플라즈마 개질(반응기, 플랜트 건설)
수소정제	고온열분해(이론정립, 촉매, 반응기)	
	고순도 수소 제조(PSA, MH 이용 등)	
	물리적 저장	기체저장
액체저장(저장용기, 극저온 연구 등)		
고체저장(재료, 고용량저장, 무게 등)		
CNT(재료, 합성, 공정기술 등)		
이용	이용	CO ₂ 이용 메탄올, 에탄올 합성
	이용	가정(전기, 열), 산업(반도체, 전자, 철강 등), 수송(자동차, 배, 비행기)

연료전지

연료전지 기술

- 연료전지는 수소와 산소의 화학반응으로 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술
 - $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O + \text{전기}$
 - 생성물이 전기와 순수(純水)인 발전효율 30~40%, 열효율 40% 이상으로 총 70~80%의 효율을 갖는 신기술임

연료전지 발전원리(단위전지)

공기: 산소
공기극
전해질층
연료극
연료: 수소

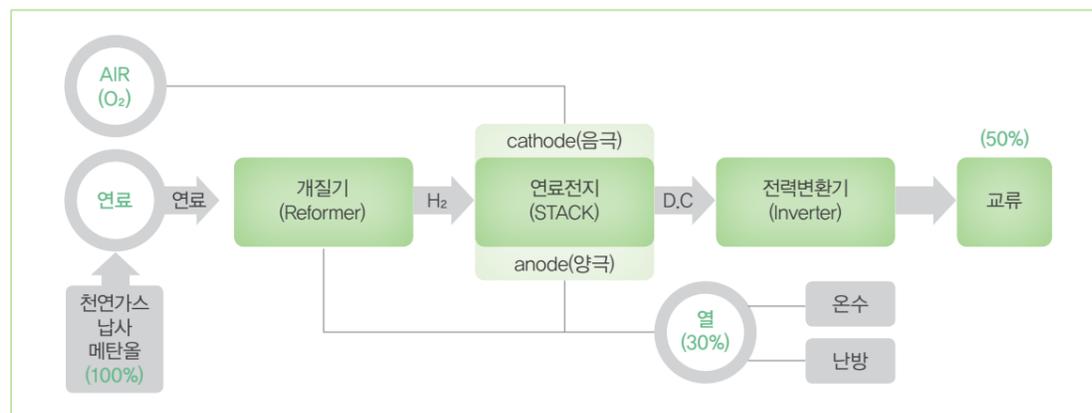
- 연료극(양극)에 공급된 수소는 수소이온과 전자로 분리
- 수소이온은 전해질층을 통해 공기극으로 이동하고 전자는 외부회로를 통해 공기극으로 이동
- 공기극(음극)쪽에서 산소이온과 수소이온이 만나 반응생성물(물)을 생성
⇒ 최종적인 반응은 수소와 산소가 결합하여 전기, 물 및 열 생성

연료전지의 종류 : 전해질 종류에 따라 연료전지를 구분

구분	알카리 (AFC)	인산형 (PAFC)	용융탄산염형 (MCFC)	고체산화물형 (SOFC)	고분자전해질형 (PEMFC)	직접메탄올형 (DMFC)
전해질	알카리	인산염	탄산염	세라믹	이온교환막	이온교환막
동작온도(°C)	120 이하	250 이하	700 이하	1,200 이하	100 이하	100 이하
효율(%)	85	70	80	85	75	40
용도	우주발사체 전원	중형건물 (수십~수백kW)	중·대형건물 (100kW~MW)	소·중·대용량 발전(1kW~MW)	가정·상업용 (1~수십kW)	소형이동 (1kW 이하)
특징	-	CO 내구성 큼, 열병합대응 가능	발전효율 높음, 내부개질 가능, 열병합대응 가능	발전효율 높음, 내부개질 가능, 복합발전 가능	저온작동, 고출력밀도	저온작동, 고출력밀도

* AFC(Alkaline Fuel Cell), PAFC(Phosphoric Acid FC), MCFC(Molten Carbonate), SOFC(Solid Oxide), PEMFC (Polymer Electrolyte Membrane), DMFC(Direct Methanol) → 순서대로 기술발전 단계임

연료전지 발전시스템 구성도



- 개질기(Reformer)
 - 화석연료(천연가스, 메탄올, 석유 등)로부터 수소를 발생시키는 장치
 - 시스템에 악영향을 주는 황(10ppb 이하), 일산화탄소(10ppm 이하) 제어 및 시스템 효율향상을 위한 compact가 핵심기술
- 스택(Stack)
 - 원하는 전기출력을 얻기 위해 단위전지를 수십장, 수백장 직렬로 쌓아 올린 본체
 - 단위전지 제조, 단위전지 적층 및 밀봉, 수소공급과 열회수를 위한 분리판 설계·제작 등이 핵심기술
- 전력변환기(Inverter)
 - 연료전지에서 나오는 직류전기(DC)를 우리가 사용하는 교류(AC)로 변환시키는 장치
- 주변보조기기(BOP: Balance of Plant)
 - 연료, 공기, 열회수 등을 위한 펌프류, Blower, 센서 등을 말하며, 연료전지에 특성에 맞는 기술이 미비함

연료전지 제조산업 밸류체인 (Supply Chain)

- 연료전지 산업은 「셀 - 스택 - 연료처리장치 - BOP(주변기기) - 시스템」 등 시스템을 구성하는 부품에 따라 각각의 사업영역이 구분

[연료전지 Supply-Chain]

셀	스택	연료처리장치	BOP	시스템
• 전극촉매, 전해질, 기체확산층으로 구성, 전기를 발생하는 핵심부품	• 직렬 연결된 다수의 셀을 적층하여 구성된 발전본체	• 수소 공급 및 개질수소를 제조하는 장치	• 물/연료/공기를 공급하는 기기 • 직류 전기를 승압 또는 교류로 변환시키는 장치	• 스택, 연료처리장치, BOP 로 구성되며, 상호기능 수행

- (업스트림) 전력변환기, 블로워, 펌프류 등 BOP 제조는 중저위 기술이 요구되는 노동집약적 산업으로 시장 진입 장벽이 낮은 편(영업이익률 약 15%)
- (다운스트림) 셀, 스택, 연료처리장치, 시스템은 다양한 산업의 특징을 복합적으로 갖고 있는 응용산업 (영업이익률 약 30%)
 - ▶▶ 전문 기술이 요구되는 기술집약형 장치산업으로 시장진입장벽은 높으나 고부가가치 창출가능

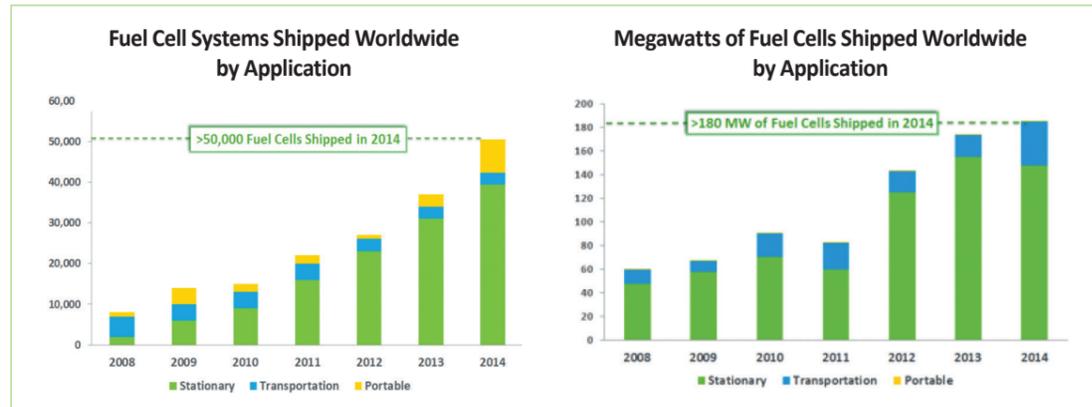
2 국내·외 현황 및 동향

해외 현황

세계 연료전지 보급현황 및 전망

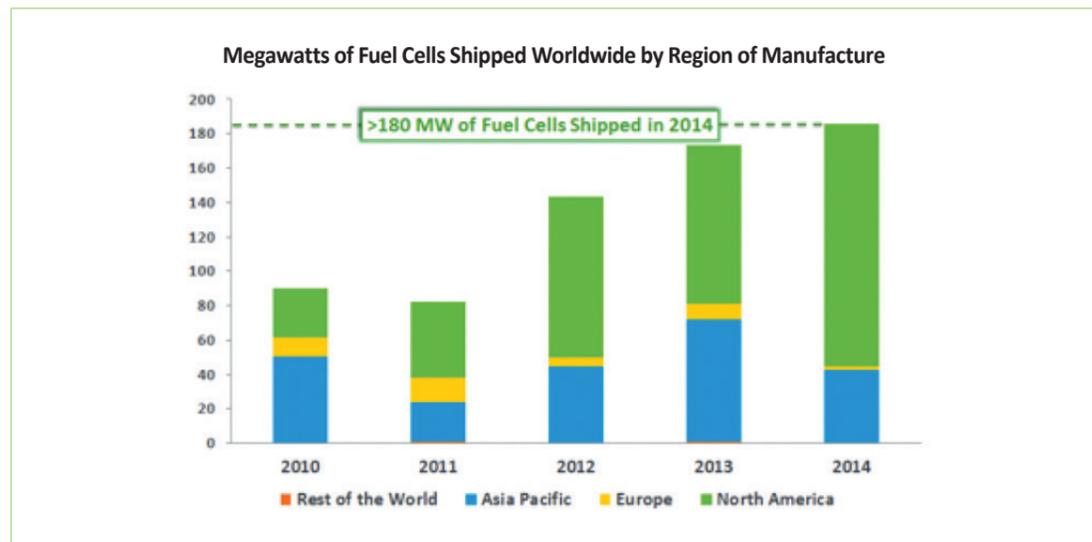
- 전 세계 연료전지 시장은 최근 5년간 연평균 약 30%의 빠른 성장세를 보이며, 용도별로는 정치형(stationary)이, 지역별로는 아시아 지역이 가장 빠른 수준의 시장 확대 주도
 - 2014년 기준, 연료전지 시스템의 출하량은 지속적인 성장을 통해 총 50,000 대 이상을 보급하여 2012년에 비해 거의 두 배에 이르는 결과를 보임
 - 출하된 시스템의 총 전력 규모는 180MW 이상으로 정치형 시스템이 산업을 주도
 - 지역적인 면에서 지난 5년간 아시아 국가 특히 일본과 한국이 연료전지 시장을 선도하고 있으며 2013년 출하는 53% 성장세를 보였고 2014년 75%로 급성장

[연료전지 용도별 출하량(대수)/ 용량(MW)]



- 연료전지 유형별로는 MCFC, PEMFC가 발전용, 주택·건물용 시장의 주력기술로 지속적인 성장세를 보이고 있음

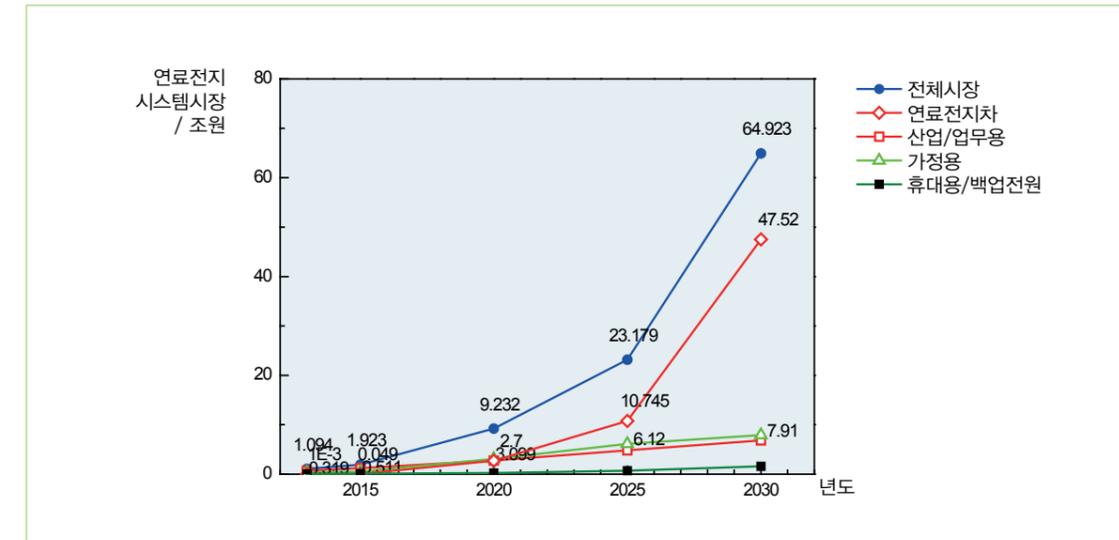
[지역별 연료전지 출하량(MW)]



* [출처] Navigant Research (2008-2013) & E4tech (2014-2015) (DOE Fuel Cell Technologies Market Report 2014)

- 해외 시장은 2013년 1조원에서 2030년 64.9조원으로 약 65배 증가할 것으로 기대되며, 2020년경 주택·건물용에서 2030년 이후에는 수송용이 시장을 주도할 것으로 예측
 - 용도별로는 연료전지 자동차 시장이 2013년 10억원 규모에서 2030년 48조원 규모로 48,000배 증가하여 최대 성장부문으로 예상
 - 업무/산업용시장은 2013년 0.7조원에서 2030년 6.8조원으로 9.7배, 가정용 연료전지 시장은 0.3조원에서 7.9조원 규모로 26배 성장 전망

[세계 연료전지 시스템 시장규모]



* [출처] 2015년 연료전지 기술 시장의 장래전망, 후지경제

연료전지 용도별 현황

- 발전용 연료전지**
 - 발전용 연료전지 시장은 2015년을 시점으로 폭발적으로 성장하여 2019년까지 약 605MW 규모가 설치될 것으로 예상되며 연평균 약 31.3%로 성장할 전망
 - Bloom Energy와 Fuel Cell Energy는 미국 연료전지 발전시장을 주도하며 California 주에 2013년까지 131MW를 보급하였으며 Connecticut 주에는 2013년 12월 14.9MW 발전소, 바이오매스발전소에 5.6MW 연료전지 시스템을 설치
 - 미국 California 주가 시행하고 있는 자가발전 인센티브 프로그램 (SGIP)이 발전용 시장을 견인하고 있으며 FuelCellEnergy(MCFC, 400kW+), Bloom Energy (SOFC, 250kW) 등이 대표 제조사임
- 주택·건물용 연료전지**
 - 일본은 2009년 5월 'ENE-FARM'을 출시하여 2015년말 기준 약 15만대의 시스템을 보급하였으며 2019년까지 시스템 가격 80만엔 달성을 목표로 함
 - 건물용 열병합 발전 시장 규모가 큰 높은 유럽 시장은 2020년에 약 8만대 규모의 건물용 연료전지 시장이 형성되고 차 후 본격적인 보급이 이루어질 것으로 예측
 - 대규모 실증사업으로 독일에서는 Callux 사업(2008-2015)을 통하여 PEMFC, SOFC 474대를 도입하여 운전 중이며, EU 12지역에 1,000 대를 도입하는 Ene-Field 프로젝트(2012-2017)가 진행되고 있음
- 수송용 연료전지**
 - 각국은 자동차 산업육성, 대기질 개선과 온실가스 감축 차원에서 정책·재정 수단을 활용하여 전략적으로 수소차 보급을 추진중
 - 세계 자동차 시장에서 수소연료전지차는 30년 1.8%(240만대), '50년 17.7%(3,530만대)를 차지할 전망('12,

IEA)이며, 보급 초기 단계로 15년 상반기 기준미국·유럽에 250대 및 일본에 200대 보급됨

- 대형트럭, 소형선박 등의 보조전원은 연료다변화기술을 통한 단기 시장 진입 시 고수명, 친환경, 저소음이라는 장점으로 인해 신규시장 창출과 고부가가치 산업으로의 성장 가능성이 높음
- 이동전원용 연료전지
 - 2009년 일본의 도시바는 핸드폰, PDA 등 소형 전자기기를 충전할 수 있는 DMFC 충전기를 3,000대로 한정 판매하였으며, 생산 규모 확대를 준비 중
 - 독일의 SFC Energy는 2011년까지 20,000대의 DMFC시스템을 누적 판매하였으며, 군사용 DMFC 전원도 납품

국내 현황

수소스테이션 현황

- 연구개발 및 실증사업(산업부), 보급사업(환경부), 민간투자 등으로 총 19개소 구축하였으며 10개소 운영(휴지 4개소, 폐기 5개소)

[국내 수소충전소 구축 및 운영현황(2016.4월)]

운영 현황	설치년도	설치 지역	충전소형태	운영주체	압력 (기압)	용량 (kg/d)	지원 기관
폐기 (5)	2001	경기(화성)	튜브트레일러	현대차	350	-	민간
	2006	대전(유성)	개질(NG)	KIER	350	-	교육부
	2007	서울(신촌)	개질(납사, NG)	GS칼텍스	350	-	산업부
	2007	대전(유성)	개질(LPG, NG)	SK에너지	350	65	산업부
	2008	서울(홍릉)	이동식	KIST	350	-	산업부
휴지 (4)	2009	울산(매암)	튜브트레일러	동덕산업가스	350	220	산업부
	2009	여수(중흥)	파이프라인	SPG케미칼	350	220	산업부
	2010	제주(김영)	수전해	현대차	350	10	산업부
	2011	전북(부안)	수전해	KIER	350	50	지자체
운영 (10)	2005	경기(용인)	튜브트레일러	현대차	700	110	민간
	2007	인천(송도)	개질(NG)	한국가스공사	350	65	산업부
	2009	경기(남양)	튜브트레일러	현대차	700	430	민간
	2009	경기(화성)	튜브트레일러	교통안전공단	700	20	국토부
	2010	서울(양재)	튜브트레일러	현대차	350	110	산업부
	2010	서울(상암)	개질(매립가스)	서울시	350	65	지자체
	2012	울산(매암)	튜브트레일러	현대차	700	520	산업부
	2013	대구(서변)	수전해	이엠코리아	700	110	지자체
	2014	광주(진곡)	튜브트레일러	광주그린카진흥원	700	220	환경부
	2015	충남(내포)	튜브트레일러	충남테크노파크	700	430	환경부

연료전지 용도별 현황

- 발전용 연료전지
 - RPS 정책의 영향으로 2015년 기준 누적 설치용량은 184MW로 확대되었으며, 전체 신·재생에너지설비 설치용량 12.2GW 대비 1.5% 수준을 차지
 - 서울시는 2030년까지 서울시 신·재생에너지의 47.6%(700MW)를 수소연료전지로 보급하고, 이중 600MW를 도심형 및 분산형 연료전지로 설치할 계획
 - 대표적인 성과로는 포스코에너지가 경기도 화성에 58.8MW급(2013년) 세계최대 연료전지 발전소를 건설하였으며 두산은 부산 해운대에 30.8MW급(2017년) 도심형 연료전지 발전소 건설을 진행 중
 - '18년까지 연료전지 발전소 건설계획 용량은 481MW(19개소)로, '15년말까지 설치된 연료전지 용량(184MW)의 2.6배 수준
- 가정·건물용 연료전지
 - 가정용은 PEMFC를 중심으로 주택지원 등 정부 보급사업을 통해 시장을 형성
 - ▶▶ 주택 대상 연료전지 보급 추이(kW) : ('12) 245 ('13) 232 ('14) 207 ('15) 313
 - 공공건물 신·재생에너지 설치의무화 제도, 서울시 녹색건축물 설계 기준 등에 의하여 건물용 연료전지 시장이 본격적으로 형성되고 있음
 - ▶▶ 연평균 8% 수준의 성장률과 함께 2020년에는 최대 1,000억원 이상 수준의 시장(CAGR 14.15%)이 형성될 것으로 예상
 - 기존 연료인 LNG 외에 부생수소, LPG, DME 등의 연료전지 다변화를 통해 자원의 효율적 이용과 시장확대가 가능하며, 사용연료의 다양화는 LNG 인프라가 공급 되지 않은 지역에서도 LPG, 가솔린, 등유 등이 이용 가능한 건물용 연료전지 설치가 가능하여 보급 확대가 기대
- 수송용 연료전지
 - 현대자동차는 연료전지 자동차의 실증완료(2012년) 및 2012년 9월 ix35 Fuel Cell을 공개하고 세계 최초로 연료전지 자동차 양산라인 구축을 완료(2013년, 연간 생산 규모 1,000대)했으며, 향후 생산 규모를 연간 10,000대 이상으로 계획하고 있음
 - 수소차는 지자체와 공공기관을 중심으로 78대 보급(2016년)
- 이동 전원용 연료전지
 - 메탄올을 이용하는 DMFC의 경우 국내기업, 출연기관, 대학에서 DMFC시스템, MEA제조기술, 촉매물질 개발과 관련된 기반기술이 개발 중
 - 5~200W급 휴대전원 시스템, 2kW급 연료전지 카트 개발 사업이 진행 중이며, 소형 카트용 연료전지 하이브리드 시스템 실증 중

3 국내 보급현황

연도별 신재생 대비 연료전지 보급 현황

(단위 : MW)

구분	~'11	'12	'13	'14	'15	계	
신재생	7,460	681	1,796	1,992	1,869	13,729	
연료전지	전체	58	3	68	43	6	171
	발전용	56	3	68	43	6	168
	자가용	1.7	0.2	0.4	0.2	0.4	3
비중	0.8%	0.4%	3.8%	2.2%	0.3%	1.2%	

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)



08

석탄(중질잔사유) 가스화·액화

- ① 개요
- ② 국내·외 현황 및 동향
- ③ 국내 보급현황

08

석탄(중질잔사유)가스화·액화

1 개요

석탄(중질잔사유)가스화·액화 정의

- 가스화·액화기술(gasification and liquefaction)은 저급연료(석탄, 중질잔사유* 등)를 산소 및 스팀에 의해 가스화한 후 생산된 합성가스(일산화탄소와 수소가 주성분)를 정제하여 전기, 화학원료, 액체연료 및 수소 등의 고급에너지로 전환시키는 복합기술로서 가스화기술, 합성가스 정제기술, 합성가스 전환기술로 구분
- * 중질잔사유 : 원유를 정제하고 남은 최종 잔재물로서 감압증류 과정에서 나오는 감압잔사유, 아스팔트와 열분해 공정에서 나오는 코크, 타르 및 피치 등

석탄(중질잔사유)가스화

- 석탄가스화의 가장 대표적인 활용 방식인 가스화 복합발전(IGCC: Integrated Gasification Combined Cycle)은 저급연료를 고온고압 조건에서 불완전연소 및 가스화 반응을 시켜 합성가스(CO와 H₂가 주성분)를 만들어 정제공정을 거친 후 가스터빈으로 1차 발전, 증기터빈으로 2차 발전하는 고효율, 친환경적 복합발전방식

석탄액화

- 고체 연료인 석탄을 휘발유 및 디젤과 같은 액체연료로 전환시키는 기술로 고온 고압 상태의 석탄에 용매를 첨가하여 전환시키는 직접액화기술과, 석탄가스화 후 촉매 상에서 액체연료로 전환시키는 간접액화 기술이 있음

특징 및 시스템 구성도

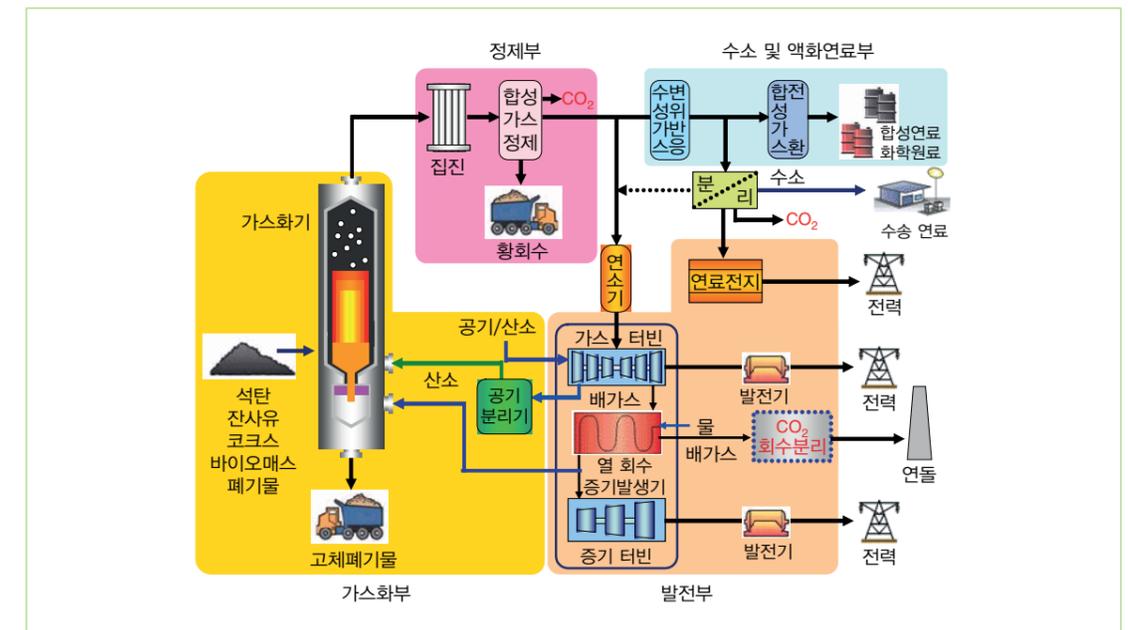
특징

- 석탄 IGCC 발전기술은 기존 석탄 화력발전소 대비 발전효율(현재 38~42%, 고성능 가스터빈사용시 46%가능(고위발열량 기준), 송전단 기준)이 높고, 고청정 환경성(SOx 95% 이상, NOx 75% 이상, CO₂ 15% 대 저감)일 뿐만 아니라 석탄 외에 중질잔사유, 바이오매스, 폐기물 등 다양한 연료 사용이 가능
- 자원이 부족한 우리나라에서는 에너지의 안정적인 수급을 위하여 세계적으로 매장량이 풍부한 석탄자원의 활용이 필수적이나 일반 석탄화력발전의 경우 SOx, NOx 및 CO₂등의 배출량이 타 발전원보다 상대적으로 많으므로 IGCC 발전은 지구온난화 문제에 대응하기 위한 차세대 석탄 발전기술임

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> 고효율 발전 SOx를 95% 이상, NOx를 75% 이상 저감하는 환경친화기술 다양한 저급연료(석탄, 중질잔사유, 폐기물 등)를 활용한 전기생산 가능, 화학플랜트 활용, 액화연료 생산 등 다양한 형태의 고부가가치의 에너지화 	<ul style="list-style-type: none"> 소요 면적이 넓은 대형 장치산업으로 시스템 비용이 고가이므로 초기 투자비용이 높음 복합설비로 전체 설비의 구성과 제어가 복잡하여 연계시스템의 최적화, 시스템 고효율화, 운영 안정화 및 저비용화가 요구됨

시스템 구성도

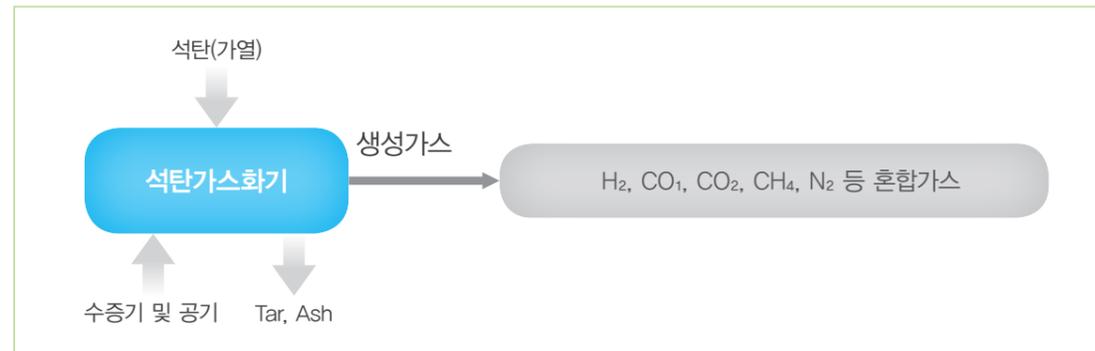
- 석탄이용기술은 가스화부, 가스정제부, 발전부 등 3가지 주요 Block과 활용 에너지의 다변화를 위해 추가되는 수소 및 액화연료부 등으로 구성됨



기술의 분류

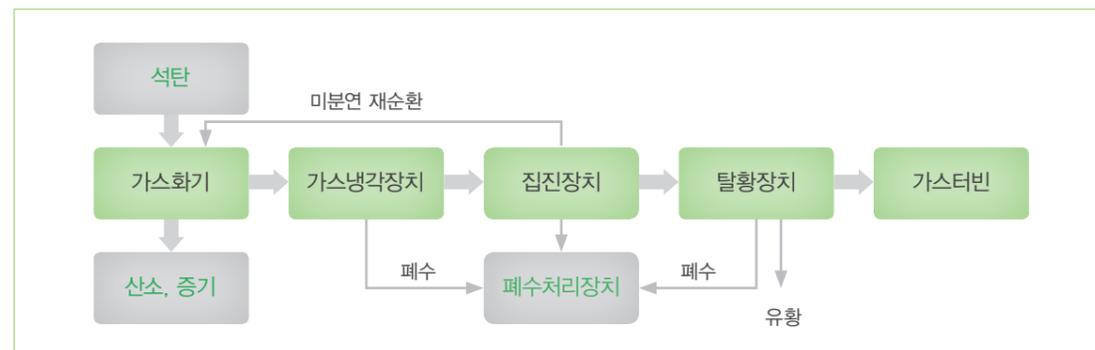
석탄가스화 기술

- 석탄을 고온·고압 상태의 가스화기에서 한정된 산소와 함께 불완전연소시켜 CO와 H₂가 주성분인 합성가스를 생성하는 기술로 전체 시스템 중 가장 중요한 부분으로 석탄 종류 및 반응조건에 따라 생성가스의 성분과 성질이 달라지며 건식가스화 기술과 습식가스화 기술이 있음



가스정제공정

- 생성된 합성가스가 고효율 청정에너지로 활용될 수 있도록 오염가스와 분진(H₂S, HCl, NH₃ 등) 등을 제거하는 기술



가스터빈 복합발전 시스템 (IGCC)

- 정제된 합성가스를 사용하여 1차로 가스터빈을 구동시켜 전기를 생산하고, 배기가스의 열을 이용한 보일러로 증기를 발생시켜 2차로 증기터빈을 구동시켜 발전하는 시스템

수소 및 액화연료 생산

- 연료전지의 원료로 사용할 수 있도록 합성가스로부터 수소를 분리하는 기술과 생성된 합성가스의 촉매 반응을 통해 액체연료인 합성석유를 생산하는 기술

2 국내·외 현황 및 동향

해외 현황

- 기후변화협약 등 환경규제 강화, 아시아지역의 경제성장, 노후 석탄발전설비 대체 수요를 고려할 때 석탄을 이용한 전력의 안정적 공급과 환경오염물질 감소라는 조건을 만족시키고 개발에 따른 파급효과가 큰 기술로서 관심이 높아지고 있어, 2030년에는 약 250GW(약 8,300억불)의 거대시장 형성 전망
- 세일가스 개발 확대, 유가 및 LNG 가격 하락 등 세계 에너지시장 재편으로 IGCC 확대와 관련해서는 현재 관망세가 유지중이나, CO₂ 규제 현실화 및 CCS 기술 상업화 시점을 고려할 때 2020년 전후로 IGCC 시장이 급격히 성장할 것으로 예상
- IGCC 기술은 차세대 환경친화적 발전기술로서 미국, 독일, 네덜란드, 일본, 중국에서 정부지원에 힘입어 실증플랜트의 설계/건설/운전을 통해 상용화를 위한 검증을 수행하였으며, 현재 상용화 초기단계에 진입
- 석탄가스화 플랜트 관련 세계시장은 미국의 GE Energy사와 ConocoPhillips사, Texaco, 네덜란드의 Shell사, 독일의 Krupp-Kopper 등 주요 선진국이 주도하고 있음
- 세계시장의 규모는 2020년까지 석탄 IGCC 발전소 20기, SNG 플랜트 5기, 석탄가스화 화학원료 생산플랜트 20기 정도로 추산되며 총 25조원 규모의 시장으로 전망함
- 2000년대 후반부터 자체 가스화기 기술인 OMB(습식)와 TPRI(건식) 기법이 100개의 가스화 플랜트에 적용되어 사용중이고, 전 세계적으로 총 60여개의 IGCC 플랜트가 건설 계획 중이며 미국, 일본, 스페인에 6개의 플랜트가 운영중

[대표적인 상용규모 IGCC 플랜트 업체 현황]

국가	네덜란드	미국	미국	스페인	일본
플랜트 명칭	Nuon (Buggenum)	Wabash River	TECO Plk (Tampa Electric)	Puertollano (ELCOGAS)	Nakoso
운전시기	1994/01	1995/10	1996/09	1997/12	2007/09
설비용량(MW)	253	262	250	350	250
효율(%), 저위발열량 기준	43	40	42	43	42.4

국내현황

- IGCC 원천기술을 쉘, GE, 미쯔비시 중공업 등 글로벌 주요기업만이 보유하고 있고, 국내는 선진국 대비 70% 수준의 기초기술을 확보하고 있음. 그동안 상용화 기술의 조기획득을 위해 해외의 상용급 석탄가스화기술 도입(300MW급 실증사업)과 합작회사 설립 등의 방식이 국내에서 추진됨

[국내 보유 석탄가스화 보유기술 현황]

기업명	보유기술	비고
두산중공업	300MW IGCC 가스화블록 설계 통합기술	300MW IGCC 실증사업 가스화부분 담당
현대중공업	IGCC 운전 시뮬레이터기술	300MW IGCC 실증사업 시뮬레이터 개발 담당
포스코	석탄가스화 SNG 플랜트 기술	광양에 연산 50만톤 석탄가스화 SNG 플랜트 건설
서부발전	300MW IGCC 플랜트 건설운전기술	300MW IGCC 실증사업 플랜트 건설
남부발전	석탄 합성가스 사용 SNG 기술	

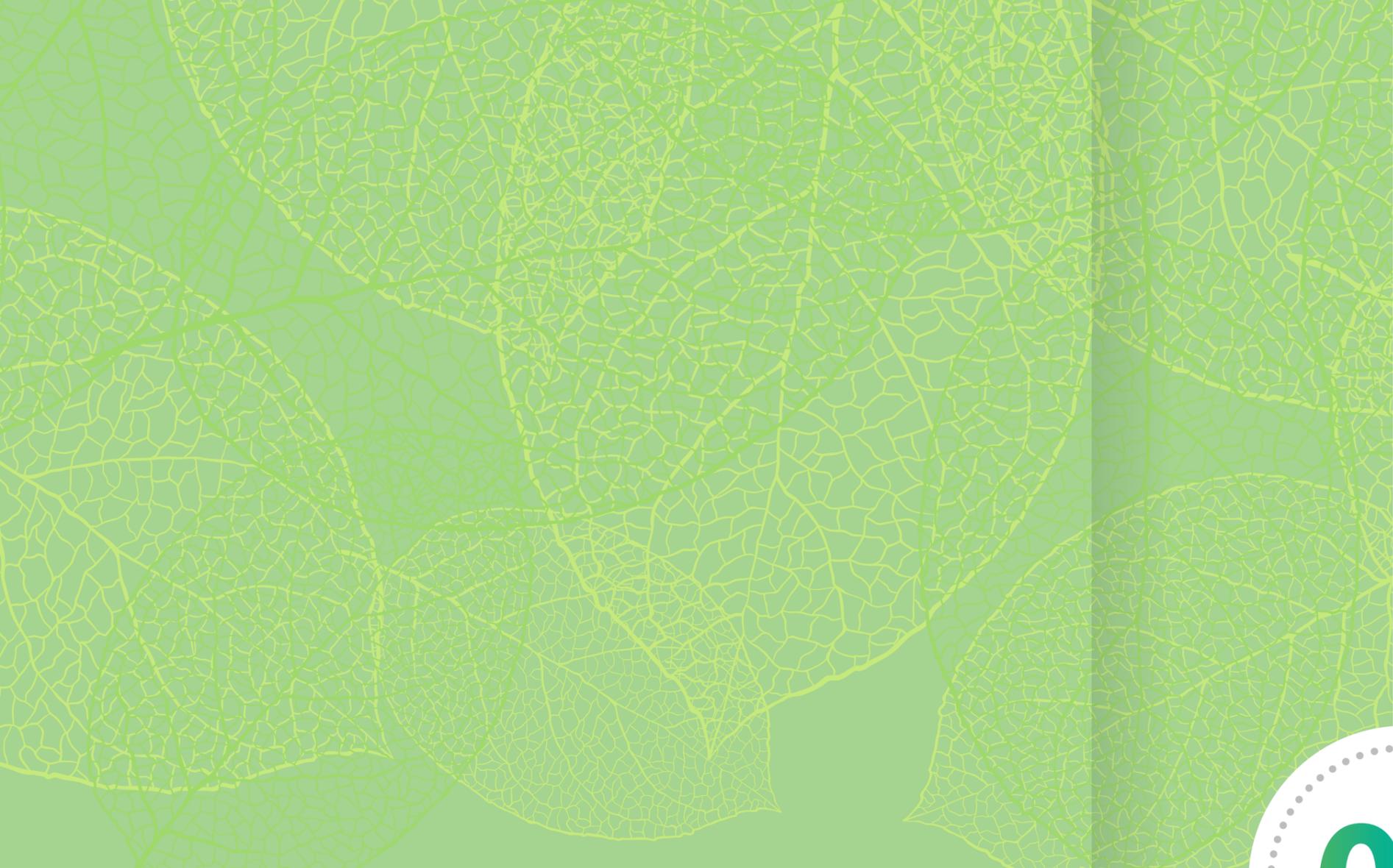
- 2006년 정부, 20여개 산학연 기관 및 7개 참여기업으로 구성된 IGCC 사업단이 발족 되어 한국형 IGCC 기술 확보를 위한 실증플랜트 건설 프로젝트가 착수
- 2002년까지는 주로 석탄을 이용하여 양질의 합성가스를 제조하는 분야에 대한 연구가 주로 진행되었으며, 2003~2010년에는 안정적인 연속운전 기술 개발과 함께 합성가스를 이용하여 전기, DME 생산 등 합성가스 활용에 대한 연구와 CO₂ 포집설비를 연계한 기술개발이 진행
- 저급석탄에 특화된 20톤/일급 분류층 석탄가스화 테스트 베드 설비가 태안화력발전소에 2015년 설치되어 운영 중에 있으며, CO 61%, 수소 28%, CO₂ 2.2% 조성인 합성가스가 생산 및 냉가스효율 75% 이상을 달성함
- 석탄 간접액화기술은 2007년부터 10~15배럴/일 규모의 국산 석탄액화 공정 개발연구가 진행되고 있으며, 10톤/일 규모의 국산 석탄가스화기 개발과 석탄가스화기 후단의 가스정제 설비 설계 및 운전하여 100톤/일규모의 파일럿 공정 설계를 목표로 추진
- 국내의 경우 상용규모의 대형 IGCC 플랜트를 건조할 투자비용 및 설계/건설/운전 등을 위한 기반기술이 부족한 상황이므로, 300MW급 IGCC 실증플랜트 건설을 통하여 기반기술을 확보하고 국내 중공업체의 건조능력을 활용하는 추진체계 구축이 필요
- 2011년부터 시작된 “한국형 300MW급 IGCC 실증플랜트 기술개발사업”을 통하여 2030년까지 IGCC 실증플랜트 건설 및 제작기술개발, 실증운전 및 표준모델 개발을 통한 상용화를 목표로 추진중



태안화력 IGCC 조감도

3 국내 보급현황

- 현재까지 국내 보급실적은 없으나, 서부발전이 총괄주관을 맡고 발전 5사를 비롯 두산중공업, 현대중공업 등 민간기업과 고등기술연구원, 국내 주요대학 등 20개 기관이 참여하여 총 1조 3,760억원을 투입, 2015년까지 석탄 IGCC 플랜트를 준공하였고, 2015년 국내 첫 태안IGCC 상업운전을 개시함
- 현재 진행중인 300MW 실증연구사업의 성과를 바탕으로 제 7차 전력수급기본계획에 2025년 300MW급 2기 건설을 계획 중임



09

해양(Marine)

- ① 개요
- ② 국내·외 현황 및 동향
- ③ 국내 보급현황

09

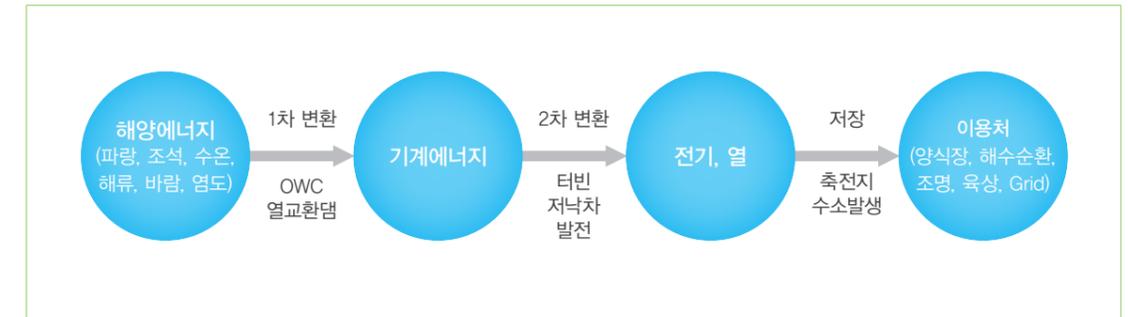
해양 (Marine)

1 개요

해양에너지기술

- 해양에너지는 해양의 조수·파도·해류·온도차 등을 변환시켜 전기 또는 열을 생산하는 기술로써 전기를 생산하는 방식은 조력·파력·조류·온도차 발전 등이 있음
- 조력발전
 - 조석간만의 차를 동력원으로 해수면의 상승하강운동을 이용하여 전기를 생산하는 기술
 - 조석의 이용 횟수에 따라 단류식과 복류식으로 분류되며, 단류식은 해수를 내보내면서 발전하는 낙조식과 해수를 채우면서 발전하는 창조식 발전으로 구분
- 파력발전
 - 연안 또는 심해 파랑의 운동 및 위치에너지를 이용하여 전기를 생산하는 기술
 - 에너지 변환원리에 따라 가동물체형, 진동수주형, 월파형 방식이 적용되고 있으며, 설치 형태에 따라서 착저식(또는 고정식)과 부유식으로 구분
- 조류발전
 - 해수의 유동에 의한 운동에너지를 이용하여 전기를 생산하는 기술
 - 터빈의 회전방향에 따라 수평축터빈과 수직축터빈으로 구분
- 온도차발전
 - 해양 표면층의 온수(예: 25~30℃)와 심해 500~1000m 정도의 냉수(예: 4~7℃)와의 온도차를 이용하여 열에너지를 기계적 에너지로 변환시켜 전기를 생산하는 기술

시스템 구성도



종류 및 입지조건

- 에너지 이용방식에 따라 조력, 파력, 조류, 온도차 발전으로 구분되며, 기타 해류발전, 근해 풍력발전, 해양 생물자원의 에너지화 및 염도차발전 등이 있음

구분	조력발전	파력발전	조류발전	온도차발전
입지 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 평균조차 : 3m 이상 • 폐쇄된 만의 형태 • 해저의 지반이 견고 • 에너지 수요처와 근거리 	<ul style="list-style-type: none"> • 자원량이 풍부한 연안 • 육지에서 거리30km 미만 • 수심300m 미만의 해상 • 항해, 항만 기능에 방해되지 않을 것 	<ul style="list-style-type: none"> • 조류의 흐름이 2m/s 이상인 곳 • 조류흐름의 특징이 분명한 곳 	<ul style="list-style-type: none"> • 연중 표·심층수와 온도차가 17℃ 이상인 기간이 많을 것 • 어업 및 선박 항해에 방해되지 않을 것

2 국내·외 현황 및 동향

해외현황

조력 발전

- 프랑스(La Rance), 캐나다(Annapolis), 중국(Jiangxia) 등에서 조력 발전소 운영 중

발전소명	국가	시설용량(MW)	최대조차(m)	준공년도	발전방식
La Rance	프랑스	240	13.5	1966	복류식 (양수가능)
Annapolis Royal	캐나다	20	8.7	1984	단류식
Jiangxia	중국	3.2	8.4	1985	복류식

[랑스 조력발전소 전경]



- 중국, 영국, 미국, 호주, 스페인, 인도, 러시아에서도 조력발전 건설계획을 추진하고 있어 시장 규모는 더욱 확대될 전망

파력 발전

- 영국, 덴마크, 포르투갈, 미국, 일본 등을 중심으로 연구개발이 이루어졌으며, 다양한 실험역에서 실증 진행 중
- 영국(Limpet), 포르투갈(Pico), 일본(Mighty Whale)에서 진동수주형 파력 발전장치 운영
- 덴마크에서 최대 4MW급 월파형 파력 발전장치(Wave Dragon)를 개발하여 실증 진행 중
- 현재는 가동물체형 파력발전시스템의 기술개발 활발(덴마크 100kW 실증성공)

조류 발전

- 영국, 미국, 이탈리아, 캐나다 등을 중심으로 시스템 개발을 완료하고 해상에서 실증사업을 통해 상용화 진입을 모색
- ▶▶ 영국 : "SEAGENS 프로젝트"를 통해 수십 kW급~1.2MW급 시험 조류발전 설비가 설치되었으며, 향후 100MW급 이상의 조류발전 단지 조성 계획 중

온도차발전

- 해양 온도차발전은 미국과 일본을 중심으로 본격적인 기술개발이 착수
- 미국은 1993년부터 하와이에 210kW 출력의 육상형 개순환식 온도차발전장치를 운용

복합 발전시스템 기술개발

- 영국 Wavegen사는 연안고정식 파력 발전과 풍력 발전장치를 조합하여 3.5MW급(WSOP3500) 발전장치 제안

- 일본은 초대형 해양구조물 상부에 태양광 및 풍력발전, 수면에서는 파력발전, 수면하에서는 조류발전하는 복합발전방식 제안

국내현황

조력

- 국내 서해안 지역은 세계적인 조력발전 적지로서 우수한 개발 여건을 지니고 있으며, 가로림만 500MW, 인천만 1,500MW, 강화만 800MW, 해주만 2,300MW 등 총 6,500MW의 부존량 보유
- 시화호, 가로림만, 강화, 인천만, 아산만 등 서해안 5개 지역에서 조력발전사업이 추진 중
 - 이 중 254MW 용량으로 Rance 조력발전소를 능가하는 세계 최대 규모의 조력발전소인 시화호 조력발전은 '11년 8월 완공되어 상업발전 개시
 - 나머지 4개 발전사업은 인허가 및 타당성 검토, 주민보상 등 진행 중

구분	시화호	가로림만	강화	인천만	아산만
총사업비	3,551억원	약 1조22억원	약 1조2,473억원	약 3조9,000억원	약 7,834억원
설비용량	254MW (25.4MW×10기)	520MW (26MW×20기)	420MW (30MW×14기)	1,320MW (30MW×44기)	254MW (25.4MW×10기)
연간발전량	552.7GWh	950GWh	710GWh	2,414GWh	545GWh
발전방식	단류식 창조발전	단류식 낙조발전	단류식 낙조발전	단류식 낙조발전	단류식 낙조발전
사업주체	한국수자원공사 (대우, 삼성, 신동아, 대보)	가로림 조력발전(주) (서부발전, 민간건설사)	인천시, 강화군, 중부발전, 대우건설컨소시엄	한수원, GS건설	대우건설, 동서발전
진행현황	'11. 8월 완공	인허가 및 타당성 검토, 주민보상 등 진행 중			

[시화호 조력발전소 전경]



파력

- 국내 연안해역의 파력에너지 부존량은 6,500MW로 평가되며, 대상을 외해역까지 확장하면 50GW의 막대한 파력에너지 자원이 부존
- 국내에서는 천해 연안역 적용에 유리한 착저식 진동수주형 파력발전장치, 단일공 또는 자켓형 지지구조물을 사용하는 월파형 파력발전장치, 가변 수주진동식 등의 파력발전 기술개발 진행 중
- 선박해양플랜트연구소에서 개발한 500kW급 진동수주형 파력발전장치의 시험파력발전소가 2016년 6월 제주 해역에 준공, 시운전 개시

조류

- 국내의 조류발전 대상 적지로는 울돌목 50MW, 장죽수도 150MW, 맹골수도 250MW 등이 대표적이며, 총 1,000MW의 부존량 보유
- 1MW급의 울돌목 시험조류발전시스템이 2009년 완공되어 시험운영 진행
- 2006년부터 부유식 조류발전 기술에 관한 연구가 진행 중이며, 2009년 100kW급 실증 플랜트 실험역 설치

[울돌목 조류발전소]



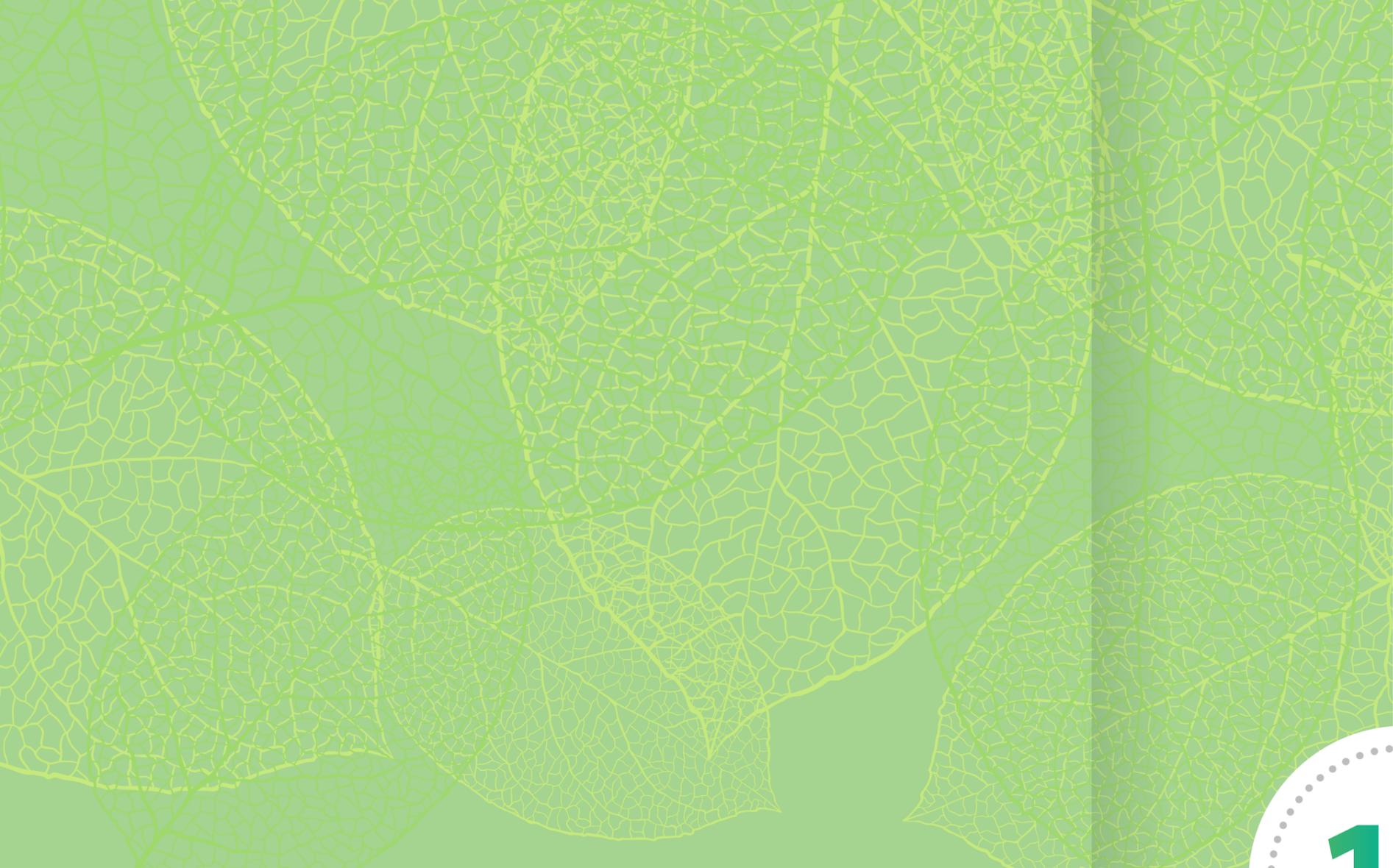
온도차발전

- 해수온도차를 이용한 냉난방 기술에 관한 연구가 진행되어 2008년 삼척에 실증플랜트가 설치되어 운영
- 최근 해양심층수의 개발이 활성화 되면서 심층수의 저온성을 활용한 해수온도차 이용기술에 관한 연구 진행 중

3 국내 보급현황

구분	울돌목 조류 발전	시화호 조력 발전
위치	전남 진도군 진도대교 인근해역	경기도 안산시 대부동 시화방조제
설비용량	1MW(500kW×2기)	254MW(25.4MW×10기)
가동시점	2009. 5	2011. 8
연간발전량	1,039MWh(*10년)	552GWh
사업주체	한국해양연구원 (동서발전)	한국수자원공사 (대우, 삼성, 신동아, 대보)

* 실증사업인 울돌목 조류발전 연간발전량은 '11년 2.8MWh, '12년 0.18MWh임 (*13년부터는 발전량 통계치 없음)



10

폐기물(Waste)

- ① 개 요
- ② 국내·외 현황 및 동향
- ③ 국내 보급현황

10

폐기물 (Waste)

1 개요

폐기물에너지기술

- 폐기물에너지는 폐기물을 변환시켜 연료 및 에너지를 생산하는 기술
- 사업장 또는 가정에서 발생하는 가연성 폐기물 중 에너지 함량이 높은 폐기물을 열분해에 의한 오일화, 성형고체 연료의 제조기술, 가스화에 의한 가연성 가스 제조기술 및 소각에 의한 열회수 기술 등의 가공·처리 방법을 통해 고체 연료, 액체 연료, 가스 연료, 폐열 등을 생산하고, 이를 산업 생산활동에 필요한 에너지로 이용될 수 있도록 재생에너지를 생산하는 기술

폐기물 신·재생에너지의 종류

성형고체연료

- 가연성 생활폐기물(종이, 나무, 비닐 등), 플라스틱, 폐타이어, 건설폐목재 등의 고체폐기물을 파쇄, 분리, 건조, 성형 등의 공정을 거쳐 제조된 고체연료

폐유 정제유

- 자동차 폐윤활유 등의 폐유를 이온정제법, 열분해 정제법, 감압증류법 등의 공정으로 정제하여 생산된 재생유

플라스틱 열분해 연료유

- 플라스틱, 합성수지, 고무, 타이어 등의 고분자 폐기물을 열분해하여 생산되는 청정 연료유

폐기물 소각열

- 가연성 폐기물을 CO, H₂ 및 CH₄ 등의 혼합가스 형태로 전환하여 증기 생산 및 복합발전을 통한 전력 생산, 화학원료 합성 등으로 이용



충남계룡 소각열 발생시설



원주시 RDF 생산시설

2 국내·외 현황 및 동향

해외현황

- 소각폐열
 - 미국은 PURPA(Public Utility Regulatory Policies Act)정책에 의하여 1990년대 전반 소각폐열 보일러에서 전력생산량이 대폭 증가
 - 전력회사에서 매입하는 가격이 점차 하락하면서 1990년 후반부터는 신규설비가 크게 감소하였으나, 최근 소각정책 장려
 - 2010년 2천 9백만 톤의 생활폐기물을 폐기물 에너지화 시설에 이용
 - 일본은 생활폐기물의 90% 정도를 1만 여개가 넘는 소각로에서 소각처리하고 있으며 대형소각로의 소각폐열은 대부분 활용
 - 폐기물 처리시설의 포화로 신규 소각시장은 거의 없고 낡은 소각로를 교체하는 정도의 시장만이 형성
- SRF(고형연료제품)
 - 유럽은 SRF를 석탄화력 발전소에서 보조연료로 5~10% 혼소하거나 시멘트제조공장에서 소성용 연료로 사용하는 경우가 많으며 전용소각발전 보일러도 사용
 - SRF를 제품화하여 국가간 거래를 실시
 - 일본은 1990년대 중반에 중소도시의 중소형 소각로에서 배출되는 다이옥신이 사회적으로 심각한 문제가 됨에 따라서 중소형 소각로를 SRF 시설로 대체

- 생산된 고품연료를 대형 고품연료 전용발전소에서 일괄적으로 처리하는 광역화 처리개념으로 고품연료 시장 확대

● 열분해/가스유화

- 플라스틱 유화시장은 일본과 독일을 중심으로 기술개발 시작
 - 경제성과 플랜트 안정성 문제로 현재는 일본과 한국에서 소수의 플랜트만 유지
 - 유화 선도업체는 일본 니가타 유화센터, 삿쵸로 리사이클 및 후지리사이클과 독일 함부르크공대 및 DBA process 그리고 미국 Tosco-II Process 등
 - 일본의 삿쵸로 리사이클만 현재까지 가동 중



혼합폐플라스틱 유화시설



유화시설 내부

[주요 국가의 폐플라스틱 열분해 기술개발 현황]

국가	공정 명칭	반응기 형태	온도(°C)	용량(톤/년)	생성물
독일	BASF Process	Tubular Reactor	450	15,000	Feed Stock
	DBA Process	Rotary Kiln	450-500	40,000	Fuel Oil
	Otto Noel Process	Rotary Kiln Reactor	650	40,000	Oil, Gas
미국	Tosco-II Process	Rotary Kiln Reactor	550	Pilot Plant	Fuel, Carbon Black
중국	Royco Process	Continuous Stirred Tank Reactor	350-400	1,000-3,000	Light Oil

국내 현황

소각폐열

- 생활폐기물의 소각열을 이용하는 시설은 대형 및 중형 생활폐기물 소각시설을 포함하여 122개소의 시설이 운영 중에 있으며, 사업장폐기물을 대상으로 하는 소각열 이용시설은 131개소의 시설이 운영 중에 있음
- 일정수준 이상의 에너지를 회수하는 소각시설을 에너지 회수시설로 인정하여 인센티브를 부여하는 정책 추진
 - 이에 따라 소각시설은 점차 단순 소각시설에서 에너지를 회수하는 소각시설로 변화될 것으로 예측

고형폐기물 연료

- '15년 6월 기준으로 제조시설 224개소, 사용시설 127개소로 총 351개소 가동 중

[원주 생활폐기물 연료화시설]



- 처리용량 : 80톤/일
* 5톤/hr, 1일 16시간 가동
- 사업비 : 115억원 투자

열분해 유화/가스화

- (열분해 유화) 기본적으로 액상 형태의 연료유를 생산하는 기술로 폐플라스틱 또는 페타이어 등의 고분자 합성수지 물질을 대상으로 사업화가 진행
 - 고유가와 정부의 EPR제도에 의한 정부 지원금 그리고 포장재 관련 협회의 적극적인 사업화 등에 의해 수십 개의 중소기업이 열분해 유화사업에 참여
 - 원료확보의 어려움과 경제성 및 공정의 안정성 부족 등으로 사업에 한계가 있음
- (가스화) 국내 폐기물 가스화 기술의 본격적인 시장은 아직 형성되지 않은 상태이나 가연성 산업폐기물을 대상으로 하는 가스화 기술에 대하여 많은 업계에서 관심이 고조되고 있어 상용화플랜트의 시장 도입이 가능할 것으로 예측

3 국내 보급현황

연도별 폐기물에너지 생산량

(단위 : toe)

	'10	'11	'12	'13	'14	'15
폐기물 전체	4,862,296	5,121,534	5,998,509	6,502,414	6,904,733	5,078,806
폐가스	2,114,825	2,175,167	2,999,138	3,343,253	4,148,491	4,820,305
산업폐기물	851,834	873,206	860,472	886,943	780,801	16,818
생활폐기물	94,406	184,506	147,247	169,121	157,178	132,473
대형도시쓰레기	717,671	753,252	748,372	698,870	725,420	-
시멘트킬른보조연료	618,082	681,415	752,890	899,151	837,114	14,000
RDF/RPF/TDF	93,275	220,171	261,022	286,419	-	-
SRF	-	-	-	-	58,935	53,100
정제연료유	227,497	233,816	229,368	218,657	196,794	42,110
폐목재	144,706	-	-	-	-	-

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)



11

지열(Geothermal)

- ① 개요
- ② 국내·외 현황 및 동향
- ③ 국내 보급현황

11

지열 (Geothermal)

1 개요

지열에너지 정의

- 토양, 지하수, 지표수 등이 태양복사열 또는 지구 내부의 마그마 열에 의해 보유하고 있는 에너지



지열에너지 분류

- 온도에 따라 중·저온(10~90℃) 지열에너지와 고온(120℃ 이상) 지열에너지로 구분
- 일반적으로 직접이용(direct use)과 간접이용(indirect use) 기술로 분류
 - 기준이 다소 모호한 깊이나 온도로 지열에너지를 분류하는 방법보다 명확하기 때문에 현재 전 세계적으로 널리 통용되는 구분법
 - 열(heat)을 생산하면 직접이용, 전기(electricity)를 생산하면 간접 이용

지열에너지 직접이용(direct use)

- 지열에너지 직접이용은 가장 오래된 기술로서 지열 히트펌프, 온천, 건물난방, 시설원에 난방, 지역난방 등이 대표적인 기술
- 땅에서 중온수(30~150℃)를 추출하여 사용자에게 직접 공급(집단에너지 개념)할 수 있으며, 또한 히트펌프나 냉동기와 같은 에너지 변환기기의 열원으로 활용

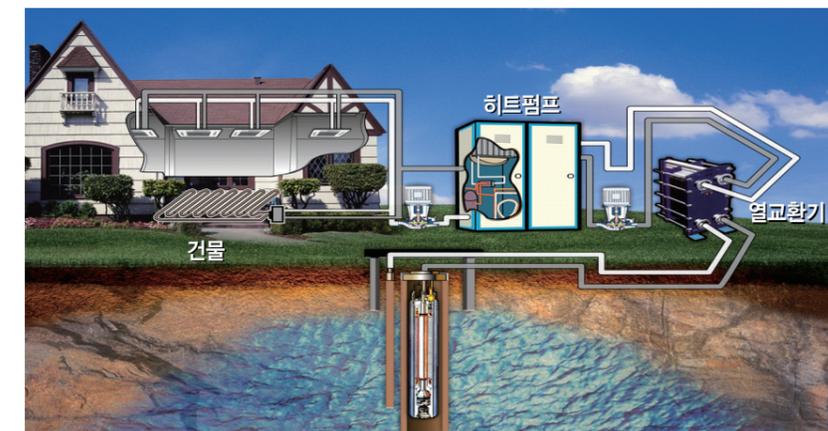
[세계 지열에너지 직접이용 현황(1995~2015)]

구분	설비용량(capacity), MWth					직접이용량(utilization), TJ/year				
	2015	2010	2005	2000	1995	2015	2010	2005	2000	1995
지열원 히트펌프	49,898	33,134	15,384	5,275	1,854	325,028	200,149	87,503	23,275	14,617
지역/개별난방	7,556	5,394	4,366	3,263	2,579	88,222	63,025	55,256	42,926	38,230
온실	1,830	1,544	1,404	1,246	1,085	26,662	23,264	20,661	17,864	15,742
양식/양어	695	653	616	605	1,097	11,958	11,521	10,976	11,733	13,493
농산물 건조	161	125	157	74	67	2,030	1,635	2,013	1,038	1,124
산업 이용	610	533	484	474	544	10,453	11,745	10,868	10,220	10,120
온천 및 수영	9,140	6,700	5,401	3,957	1,085	119,381	109,410	83,018	79,546	15,742
냉방/제설	360	368	371	114	115	2,600	2,126	2,032	1,063	1,124
기타	79	42	86	137	238	1,452	955	1,045	3,034	2,249
합계	70,329	48,493	28,269	15,145	8,664	587,786	423,830	273,372	190,699	112,441

출처: Lund and Boyd, 2016년

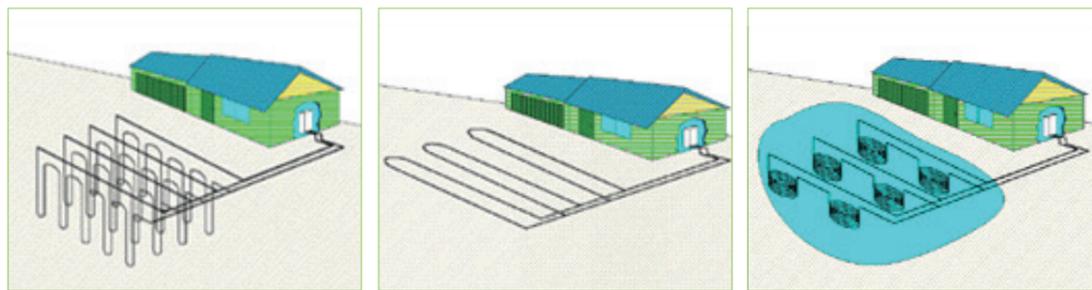
지열 히트펌프

- 연중 일정한 온도(10~22℃)의 땅 속에 매설된 지중열교환기를 순환하는 열매체(물 또는 부동액) 또는 지하수와 하천수 등을 지열 히트펌프 시스템의 열원으로 활용하여 건물 냉난방과 급탕 공급



- 일반적으로 토양열원 히트펌프, 지하수열원 히트펌프, 지표수열원 히트펌프, 하이브리드 지열 히트펌프 시스템 등으로 구분
- 건물 냉난방 부하 및 지역 여건에 따라 다양한 종류의 지중열교환기 설치가 가능하며, 지열을 회수하는 파이프(열교환기) 회로구성에 따라 밀폐형(closed-loop)과 개방형(open-loop)으로 구분
 - 밀폐형(closed-loop) : 수직형, 수평형, 슬린키형, 에너지파일, 에너지슬래브
 - 파이프 내에는 지열을 회수(열교환)하기 위한 열매가 순환되며, 파이프의 재질은 고밀도 폴리에틸렌이 사용
 - 루프의 형태에 따라 수직, 수평루프시스템으로 구분되는데 수직으로 100~150m, 수평으로는 1.2~1.8m 정도 깊이로 묻히게 되며 상대적으로 냉난방부하가 적은 곳에 쓰임
 - 개방형(open-loop) : 단일 우물형, 복수 우물형, 스탠딩 컬럼웰 등
 - 수원지, 호수, 강, 우물 등에서 공급받은 물을 운반하는 파이프가 개방되어 있는 것으로 풍부한 수원지가 있는 곳에서 적용 가능
 - 파이프 내에서 직접 지열이 회수되므로 열전달 효과가 높고 설치비용이 저렴한 장점이 있으나 밀폐형에 비해 운전 유지보수 주의 필요
- 하천, 호수, 연못의 물을 직접 이용할 경우 개방형이며 이들 물속에 파이프를 침전시켜 이용할 경우에는 밀폐형으로 분류

[밀폐형 지열시스템 구성도]

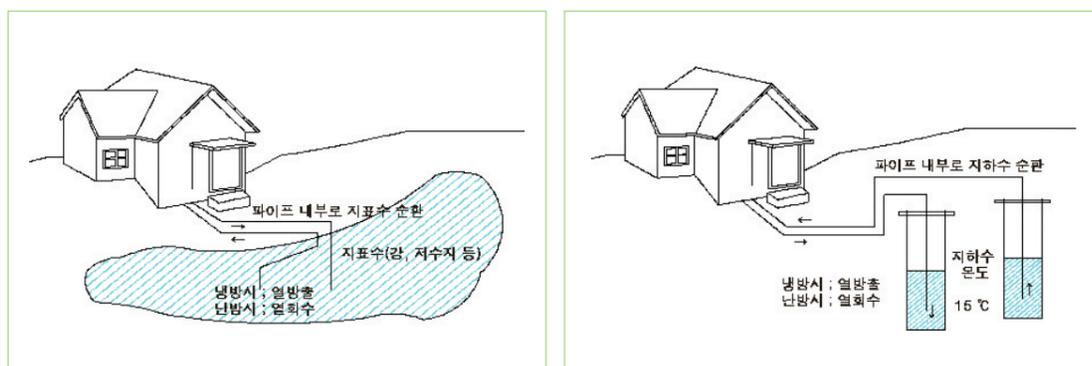


(a) 수직형 Vertical Type

(b) 수평형 Horizontal Type

(b) 수평형 Horizontal Type

[개방형 지열시스템 구성도]



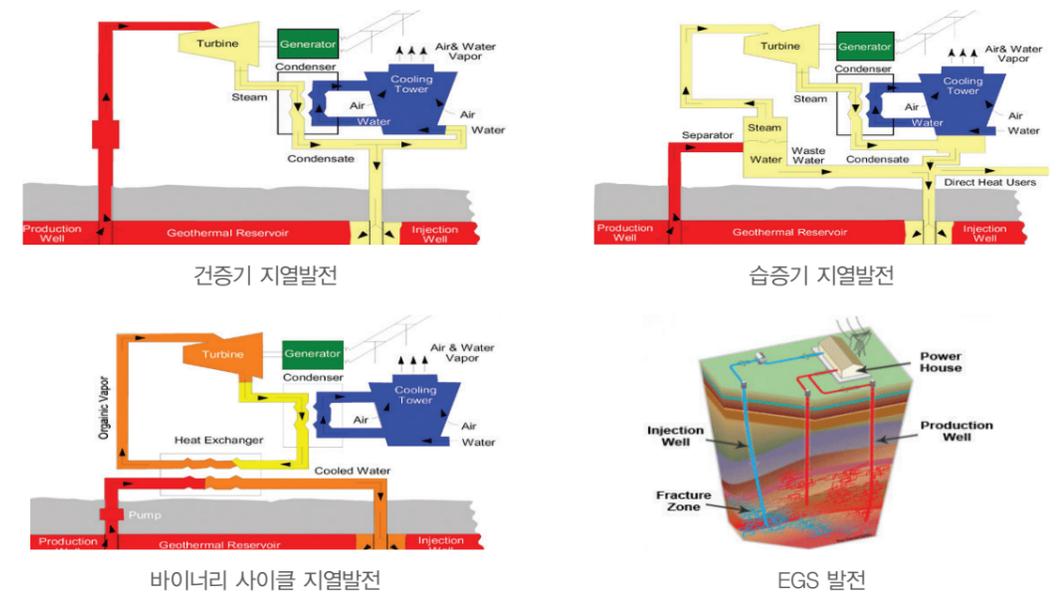
지표수형

복수 우물형

지열에너지 간접이용(indirect use)

- 땅에서 추출한 고온수나 증기(120~350°C)의 열에너지로 터빈을 구동하여 전기를 생산하는 지열발전으로 건증기, 습증기, 바이너리, EGS 발전 등으로 구분
- 지열 발전
 - 땅에서 추출한 고온수나 증기(120~350°C)의 열에너지로 터빈을 구동하여 전기 생산
 - 전통적인 지열발전 방식 : 건증기, 습증기, 바이너리 발전 등
 - 건증기 지열발전
 - 역사가 가장 오래된 방식으로 고온의 증기가 풍부한 지역에서 활용
 - 완전 포화상태 또는 과열상태의 건증기를 하나 또는 여러 개의 보어홀에서 추출 한 후 지상 배관을 통해 플랜트의 터빈으로 직접 보내 전기 생산
 - 습증기 지열발전
 - 습증기 또는 플래시증기 지열발전은 현재 가장 널리 보급된 방식
 - 터빈의 단 수에 따라 1단과 2단 습증기 지열발전으로 분류하며, 최근 에너지 이용 효율을 높이기 위해 3단 습증기방식도 도입
 - 바이너리 사이클(2유체 사이클) 지열발전
 - 지하에서 추출한 저온 지열수(100~120°C)가 비등점이 상대적으로 낮은 2차 유체를 증발시켜 터빈 구동
 - 2차 유체로는 냉매계열·프로판·펜탄·암모니아 등을 이용
 - EGS(enhanced geothermal systems) 발전
 - 심부 고온암체에 인공 파쇄대를 형성한 후, 이 파쇄대를 통해 물을 주입하여 열을 추출하는 방식
 - 물을 주입하는 수압 파쇄용 시추공, 인공 저류층 그리고 뜨거운 물을 퍼올리기 위한 생산정 등으로 구성
 - 화산지대가 아닌 지역에서도 지열 발전이 가능하기 때문에 최근 전 세계적으로 증장기 기술개발 프로젝트로 많은 관심을 받고 있음

[지열발전 시스템 구성도]



건증기 지열발전

습증기 지열발전

바이너리 사이클 지열발전

EGS 발전

2 국내·외 현황 및 동향

해외현황

지열 히트펌프시스템

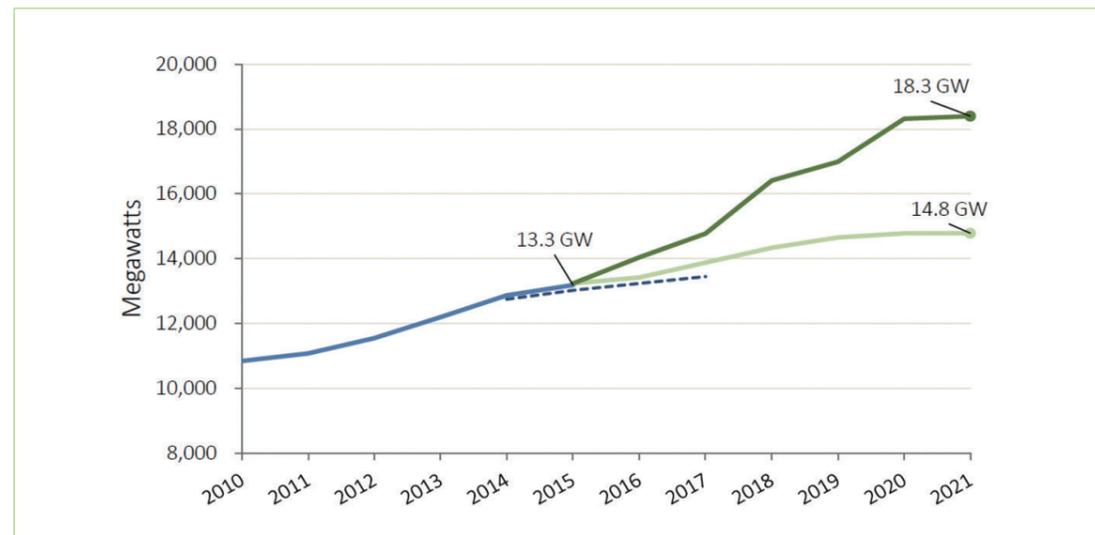
- 2015년 기준, 지열직접 이용 설치용량은 70,885MWth로 2010년 대비 46.2%증가하였으며, 이 중 지열히트펌프는 49,898MWth로 전체의 약 70%를 차지
- EU의 지열원 열펌프 시스템 설치 시장가격은 10 kW급 가정용의 경우 수직밀폐 형이 1,500~2,500 Euro/kW 수준이며, 대형 건물 등에 100 kW급 이상이 설치될 경우에는 개방형의 가격이 500~800 Euro/kW 범위
- 2016년 세계 지열 시장은 약 20조원 규모일 것으로 추정되며, 미국이 약 7조원, EU 및 중국이 약 12조원을 점유할 것으로 예측

*출처 :Lund and Boyd, 2016

지열발전

- 2016년, 전 세계 지열발전 플랜트는 약 13.3GW가 보급되었으며, 5년 후에는 14.8~18.3GW까지 보급이 확대될 것으로 전망

[지열발전 보급 전망(GEA2016)]



- 국제재생에너지협회(IRENA)와 UNFCCC는 고온열수발전의 잠재량은 200GW를 상회하며, 2030년 까지 지열발전의 목표를 65GW로 설정
- 지열발전의 주요 기술 부품인 turbine은 일본의 Toshiba, Mitsubishi, Fuji 3개사가 전세계 시장의 70% 이상을 점유하고 있으며, 그 다음으로 이탈리아의 Ansaldo-Tosi, 미국의 ORMAT 등이 주요 제작사

*출처 :GEA 2016

국내현황

지열 히트펌프시스템

- 2015년 기준, 국내 지열 열펌프 시스템의 설치용량은 약 174MWth이며, 공공기관 지방이전에 따른 설치의무화 사업 설치용량 증가로 전년 대비 약 40% 증가, '15년 누적 설치용량은 약 852MWth
- 열펌프, 냉동기, 건축설계, 건축설비 분야의 순환계통과 배관계통 그리고 자동제어 산업 등 관련 제조 기반이 지열 산업성장에 기여함
- 대형 건설사는 물론 도급순위 50위 이내의 국내 주요 건설사들은 지열 시스템에 큰 관심을 보이고 있으며, 민간 투자사업에도 지열 시스템 반영이 확대되고 있음
- 실제 공동주택과 단지 내 주민 복지센터, 그린홈 모델건물 등에 지열 시스템을 적용하는 사례가 늘고 있음

*출처 : 2015년 지열분석 보고서, 송병후

[지열히트펌프 시스템 설치사례]



735kW 덕평복합휴게소

3,972kW 부산대 병원



17.5kW 양평 지열주택

262.5kW 미평힐타운하우스 지열주택

지열발전

- 지열발전 플랜트 개발에 필요한 초기 비용과 위험도 그리고 기술력 부족 등으로 인해 국내 지열발전 시장은 아직 형성되지 않았으며, 최근 EGS 방식의 MW급 지열 발전소 건설에 대하여 실증연구 개발 수준임

3 국내 보급현황

연도별 설치현황

구 분	~'10	'11	'12	'13	'14	'15	계
설치용량 (kW)	233,828	73,515	123,838	121,465	124,915	174,347	851,907

* 자료 : 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

2015년도 사업별 설치 내역

구 분	주택 지원	건물 지원	지역 지원	융복합사업	설치 의무화	계
설치용량 (kW)	32,106	7,781	869	4,310	112,537	157,603



12

수열(Ocean-water heat)

: 발전소 온배수열 중심

- ① 개 요
- ② 국내·외 현황 및 동향

12

수열 (Ocean-water heat) : 발전소 온배수열 중심

1 개요

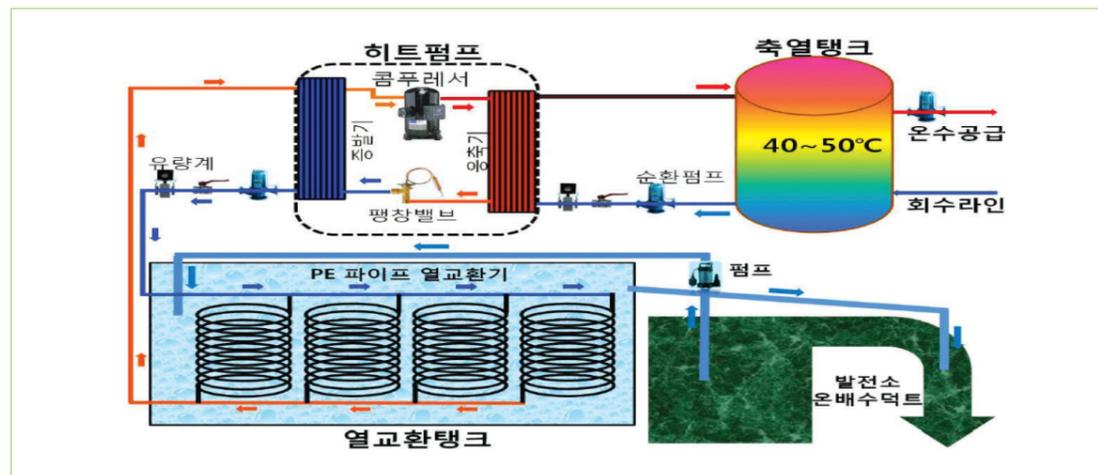
수열에너지의 정의

- 해수 표층의 열을 히트펌프(heat pump)를 사용하여 변환시켜 얻어지는 에너지

기술적 특징

열회수 기술의 구성

- 발전소 온배수열 활용을 위한 주요설비는 ①열회수 시설, ②히트펌프*, ③열배관시설, ④최종 열이용시설 인입단의 열교환기로 구성



* 온배수열 활용에서 주요한 설비인 히트펌프는 저온의 열원에서 열을 흡수하여 고온의 열로 공급하는 설비임



온배수 배출방법

구분	온배수배출방법	사례
표층배수	① 영동화력 - 온배수 방수관에서 하천으로 방류하며, 온배수와 섞인 하천수는 바다로 합류	
	② 당진화력, 하동화력 - 개수로를 따라 흘러 바다로 배출	
수중배출	③ 남제주화력 - 온배수 피트에서 파이프 배관을 통해 바다쪽으로 약 3~4km 나가 방류됨	

활용의 의미

- '발전소 온배수열'의 활용은 해당지역 경제분야(농업·수산·원예 등)의 경쟁력 강화, 에너지 효율향상 제고 및 COP(Paris Agreement) 대응에 기여 가능
- 특히, 온배수열 활용을 통한 지역주민의 에너지비용 감소 효과는 발전소 등 혐오·기피시설에 대한 '수용성제고' 및 '지역사회의 상생모델(Win-Win Strategy)'로 활용성이 큼
- 정부는 온배수를 활용한 에너지 신산업 적극 육성 방침에 따라, 발전소 온배수 활용시 경제성을 확보할 수 있도록 수열에너지(발전소 온배수 포함)를 신·재생에너지에 포함토록 법령을 개정, 제도화함('15.3월)

2 국내·외 현황 및 동향

국내 현황

- 수산부문(육상양식장)에 주로 이용되어 왔으며, 최근 시설원예, 난방 등 농업부문에 시범단지 조성 및 추진계획이 확대 중

- ① (동서발전) 당진화력의 온배수를 활용하여 발전소 인근 2~3km이내에 영농단지 조성 시범사업 추진 중
- ② (농어촌공사) 화력발전소 온배수 이용 가능한 인근지역에 10ha규모의 신축온실을 대상으로 설정하여 사업성 검토 중
- ③ (경상북도) 울진원자력 발전소의 온배수를 활용, 해수자원활용 연구센터 조성사업 추진(시설원예, 양식장, 해양바이오에너지 생산시설 등 구축)
- ④ (경주시) 월성원자력발전소의 온배수를 활용하여 혼합형 바다목장 조성 사업 및 친환경 채소단지 조성사업 추진중
- ⑤ (보령화력) 바다목장(500ha 규모 인공어초, 해중림, 낚시터 등) 조성
- ⑥ (영동화력) 해삼종묘 생산(60% 비용감축)
- ⑦ (당진화력) 가두리양식장, 어류생태 체험관 등
- ⑧ (태안화력) 300ha 규모 관광식물원, 전문원예단지 조성
- ⑨ (서천화력) 4계절 해수욕장 조성(해수풀장, 야외놀이시설, 스파 등)
- ⑩ (남제주화력) 애플망고, 감귤 등 고부가가치 작물재배

국내 온배수 배출량

- 최근 10년간('03~'12) 발전사(원전·화력)의 총 온배수 배출량은 5,068억톤, 한수원 약51%(2,603억톤) 차지 (단위: 억톤)

연도	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	합계
한수원	265	250	266	262	258	269	265	253	265	250	2,603
남동발전	29	45	52	48	48	48	69	78	68	71	556
중부발전	38	47	47	41	47	51	57	61	63	58	511
서부발전	38	33	40	37	50	43	49	54	51	52	446
남부발전	38	46	44	44	48	54	54	50	49	58	484
동서발전	36	38	42	44	50	48	48	50	52	60	468
소계	444	459	491	476	501	513	542	546	548	549	5,068

출처 : 한국전기연구원, '발전소 온배수 등 폐열 활용 촉진을 위한 제도개선 방안 연구', 2015.4

국내 수열에너지 활용 및 사업 추진사례



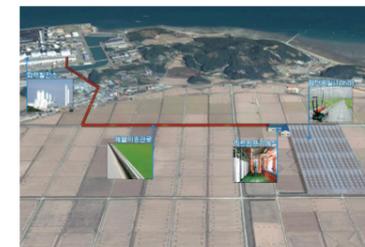
영동화력 육상양식장



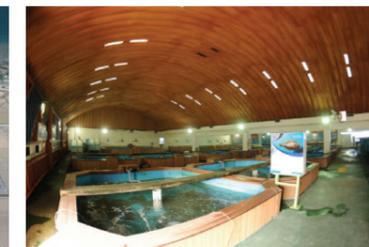
남제주화력 시설원예단지



하동화력 미세조류 배양장



농어촌공사 시범지구



월성원자력발전소 피쉬팜



당진화력 영농단지 조성시범사업

해외 현황

- 유럽의 경우 프랑스, 영국, 독일을 중심으로 농업, 수산업에 온배수를 활발히 활용하고 있는 추세이며,
- 미국은 굴, 바다가재, 새우 양식에, 일본은 어패류 종묘 육성, 치어사육과 더불어 수영장·식물원·낚시공원 등 공공시설 운영에도 적극적으로 활용하고 있음

[해외 온배수열 활용현황]



- 일본은 원전 및 화력발전소에서 배출된 온배수를 활용하여 육상양식장, 온실난방 등 다양한 분야에 적용하고 있음

[일본 농업분야 발전소 온배수 활용현황]

발전소	대상어종
동북전력 용대화력발전소	서비스빌딩PR관의 난방에 활용
관서전력 다카하마발전소	관엽식물 온실난방에 활용 (120㎡x1동)
관서전력 미야즈에너지연구소	화초, 엽채류 온실난방에 활용 (110㎡x3동, 160㎡x1동)
구주전력 센카이원자력발전소	관엽식물류등 온실에 활용 (167㎡x3동)

출처 : 에너지기술연구원, '미활용에너지 자원조사', 2007. 7.

[일본 수산업분야 발전소 온배수 활용현황]

발전소	사업주체	설립 년도	면적(㎡)	대상어종		
					원자력 발전소	화력 발전소
동해발전소	온수양어개발협회	1971	2,300	참돔, 뱀장어, 보리새우		
하마오카발전소	시즈오카현 온수이용연구센터	1972	250	참돔, 넙치, 전복, 보리새우		
프루가발전소	후쿠이현 수산시험장	1971	1,695	참돔, 넙치, 보리새우		
다카하마발전소	관서전력	1977	210	전복, 보리새우		
아키다발전소	아끼다현 수산시험장	1973	667	전복, 도미		
센다이발전소	동북발전공업	1963	726	전복		
구쓰가와발전소	구쓰가와 어협	1977	326	전복, 보리새우		
오와세미다발전소	오와세미다발전소	1965	375	참돔, 넙치, 전복		
다나가와발전소	관서환경센터	1977	220	참돔, 보리새우		
다나가와발전소	대판수산시험장	1978	224	보리새우		
마쓰야마발전소	사국전력	1969	9,180	보리새우		
가후가발전소	레부시전복양식장	1980	210	전복		

출처 : 에너지기술연구원, '미활용에너지 자원조사', 2007. 7

- (유럽) 프랑스, 영국, 벨기에 등에서는 발전소가 내륙에 위치하는 경우가 많아 하천수나 냉각탑을 이용해 냉각이 이루어지며, 수산양식과 화훼 및 채소작물재배에 활용되고 있음

[유럽의 발전소 온배수 활용현황]

발전소	규모(MW)	냉각방식	활용내역
Bugay	937×2	냉각탑	29ha에 채소재배플랜트 운영
Chinon	919×4	냉각탑	4.8ha 온실에서 토마토, 화훼재배, 목재소에서 열 이용
Cruas	921×4	냉각탑	5.8ha 온실에서 토마토재배, 시청, 교회, 수영장에서 열 이용
Dampierre	937×4	냉각탑	인근 120ha 농원에 온배수 공급설비 설치, 15개 회사가 화훼, 채소 등 온실에 이용
St. Laurent-Des-Eaux	956×2	냉각탑	0.53ha에 고품질 장미, 채소생산, 커뮤니티센터, 수영장에 온배수 공급
Tricastin	955×4	하천수	29ha에 토마토, 장미, 베고니아 재배
Gravelines	951×6	해수	민간기업이 수산물양식
Le Blayais	951×4	하천수	철갑상어 시범양식
Tihange	934×3	냉각탑	5,400톤 수조와 1ha 연못에 온배수의 3%이용 수산물 연간 400톤 생산
Hinkley Point	321×2 640×2	해수	광어, 장어양식에 온배수 이용
Wylfa	565×2	해수	서대, 연어양식
Asco	930×2	냉각탑	발전소 온실에서 관상용 식물재배

출처: 강원발전연구원, '화력발전소 온배수 활용 그리고 강원도', 2014. 2