

## 신재생에너지 개요

### 제 1 절 태양광

#### 1. 태양광 이용기술

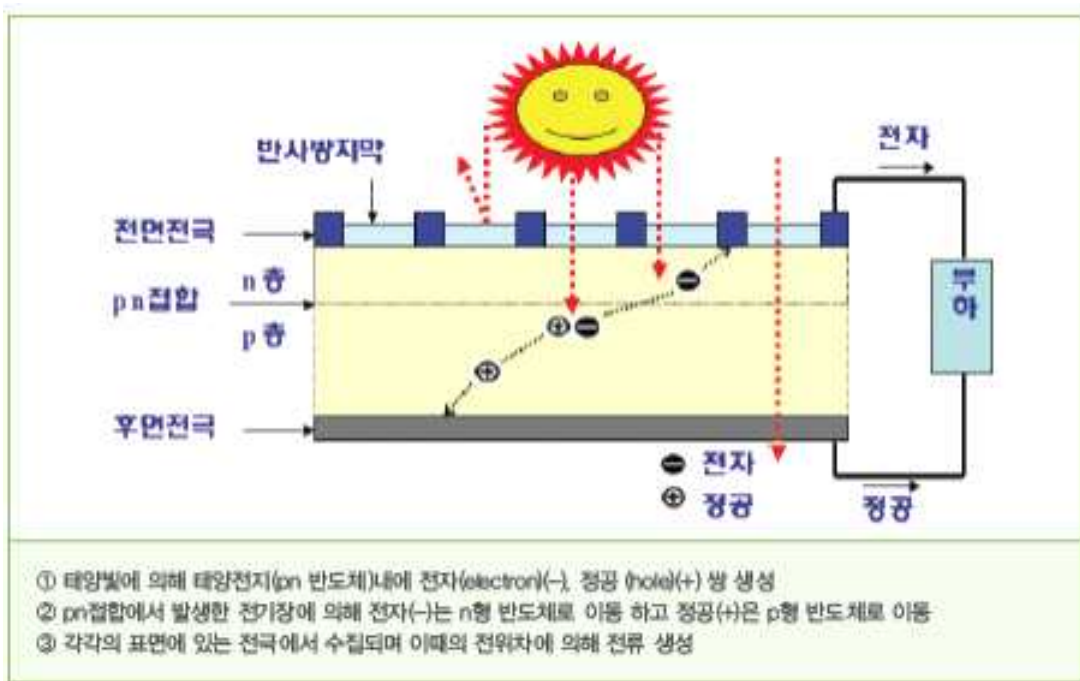
- 가. 태양광 발전은 태양의 빛에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전 기술
- 나. 햇빛을 받으면 광전효과에 의해 전기를 발생하는 태양전지를 이용한 발전방식
- 다. 태양광 발전시스템은 태양전지(solar cell)로 구성된 모듈(module)과 축전지 및 전력변환장치로 구성

#### 2. 태양전지(Solar Cell)

- 가. 태양전지의 정의
  - (1) 태양에너지를 전기에너지로 변환할 목적으로 제작된 광전지로서 금속과 반도체의 접촉면 또는 반도체의 pn접합에 빛을 받으면 광전 효과에 의해 전기가 발생됨
  - (2) 금속과 반도체의 접촉을 이용한 것으로는 셀렌광전지, 아황산구리 광전지가 있고, 반도체 pn접합을 사용한 것으로는 태양전지로 이용되고 있는 실리콘광전지가 있음
- 나. PN접합에 의한 발전원리
  - (1) 태양전지는 실리콘으로 대표되는 반도체이며 반도체기술의 발달과 반도체 특성에 의해 자연스럽게 개발됨
  - (2) 태양전지는 전기적 성질이 다른 N(negative)형의 반도체와 P(positive)형의 반도체를 접합시킨 구조를 하고 있으며 2개의 반도체

경계부분을 PN접합(PN-junction) 이라 함

- (3) 이러한 태양전지에 태양빛이 닿으면 태양빛은 태양전지 속으로 흡수되며, 흡수된 태양빛이 가지고 있는 에너지에 의해 반도체 내에서 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 태양광 발전의 원리임



<그림 1> 태양전지(Solar cell)가 전기를 생성하는 원리

#### 다. 태양전지의 역사

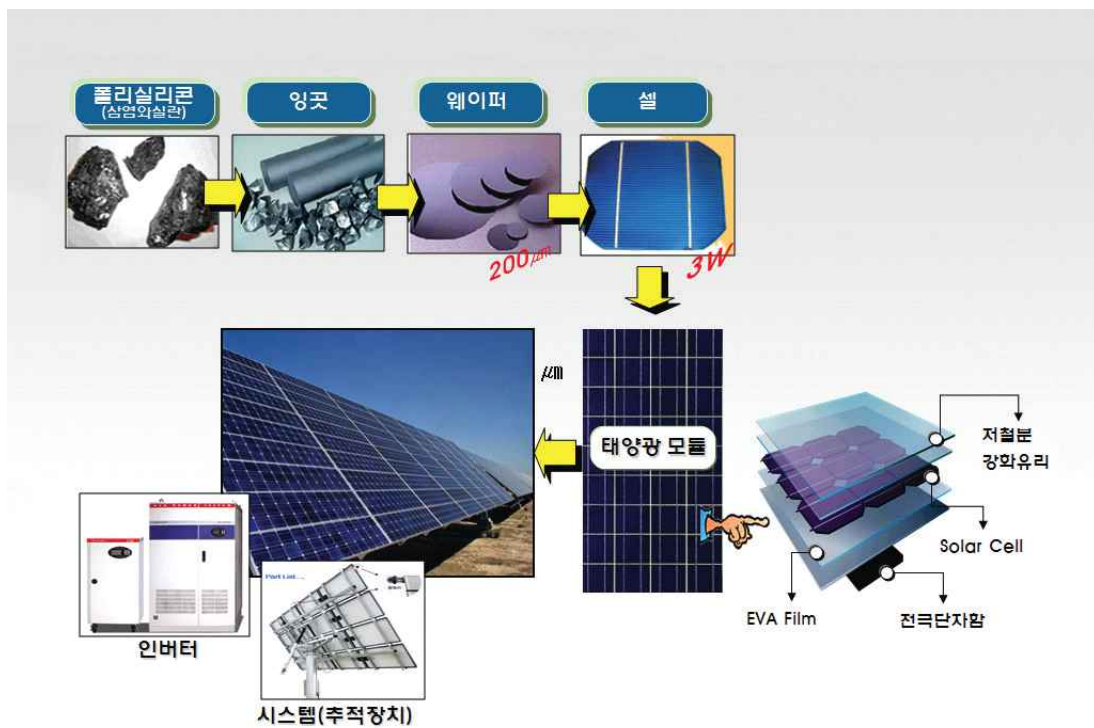
- (1) 1839년 E. Becquerel(프랑스)이 최초로 광전효과(Photovoltaic effect)를 발견
- (2) 1870년대 H. Hertz의 Se의 광전효과연구 이후 효율 1~2%의 Se cell이 개발되어 사진기의 노출계에 사용
- (3) 1940년대~1950년대 초 초고순도 단결정실리콘을 제조할 수 있는 Czochralski process가 개발
- (4) 1954년 Bell Lab.에서 효율 4%의 실리콘 태양전지를 개발
- (5) 1958년 미국의 Vanguard 위성에 최초로 태양전지를 탑재한 이후 모든 위성에 태양전지를 사용
- (6) 1970년대 oil shock이후 태양전지의 연구개발 및 상업화에 수십억 달러가 투자되면서 태양전지의 상업화가 급진전
- (7) 현재 상용화된 셀과 모듈의 현황은 아래 표와 같음

**<표 1> 상용화된 셀과 모듈의 현황**

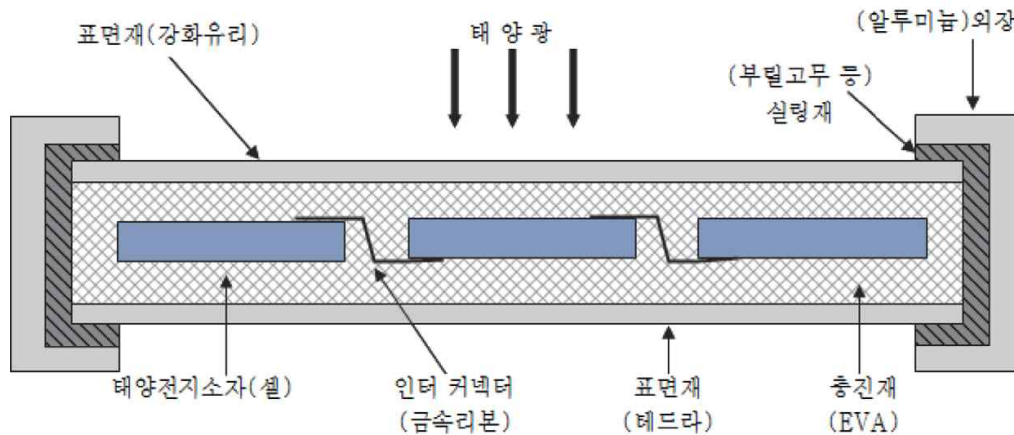
기술종류	박막 태양광(2, 3세대)			결정형 실리콘(1세대)	
	a-Si	CdTe	CIGS	단결정	다결정
셀 효율(%)	8~12	11~15	11~14	19.5~20	18~19
모듈 효율(%)				17.5~18	16~17

<표 2> 태양전지 구성요소

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
부품소재	인버터	직류를 교류로 변환하는 전력변환장치
	필름	EVA-글라스, 셀, Backsheet 접합 및 외부로부터
		태양전지보호
	유리	Backsheet - 외부로부터 태양전지 보호
		태양광용 강화유리
	메탈페이스트	태양광용 전극소재
	리본 전극	전해질막과 전극 접합장치
	쿼츠	태양전지 전후면 도포재



<그림 2> 태양전지 구성요소



<그림 3> 태양전지 모듈 구조도

라. 태양광발전 기술의 분류

(1) 태양전지 : 재료에 따라 결정질 실리콘, 비정질실리콘, 화합물반도체  
분류



<그림 4> 재료에 따른 태양전지 분류

(2) 시스템이용 : 계통연계형, 독립형(축전지 이용), 복합발전형

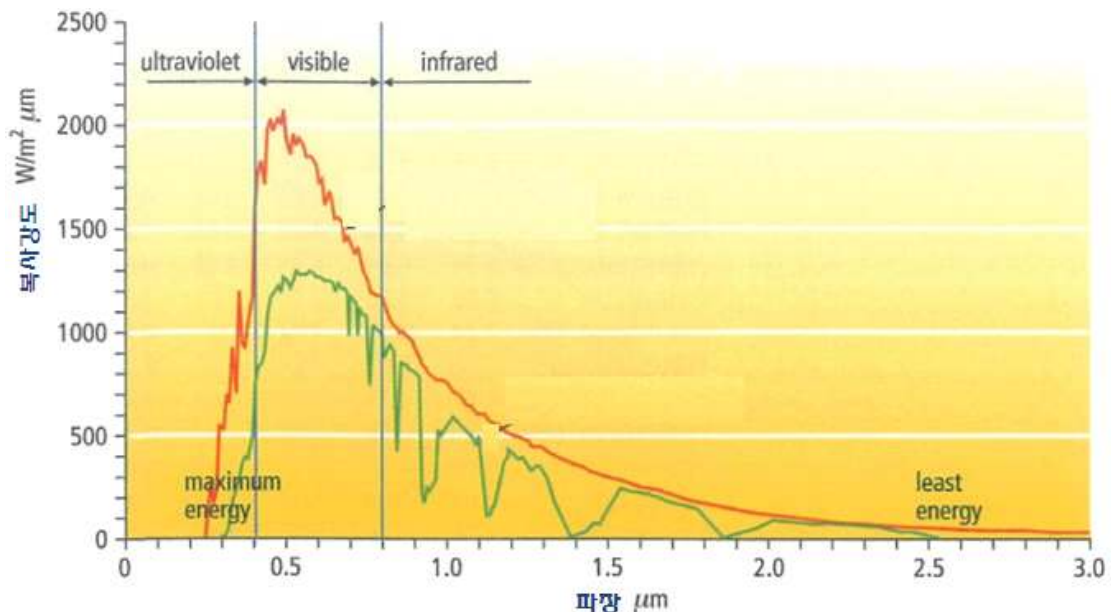


<그림 5> 태양광발전 시스템 구성도

## 제 2 절 태양열

### 1. 태양열에너지 정의

- 가. 지표면에 도달되는 태양 복사에너지는 저밀도의 에너지(최대  $1,100\text{W/m}^2$  이하)로 주간에만 존재하며, 시간에 따라 변화가 큼
- 나. 태양 복사에너지는 파장대별 분포를 가지며, 주로 열에너지로 이용하는 파장대는 가시광선(visible) 대임



<그림 6> 일사광선의 파장 분포

### 2. 태양열 이용기술

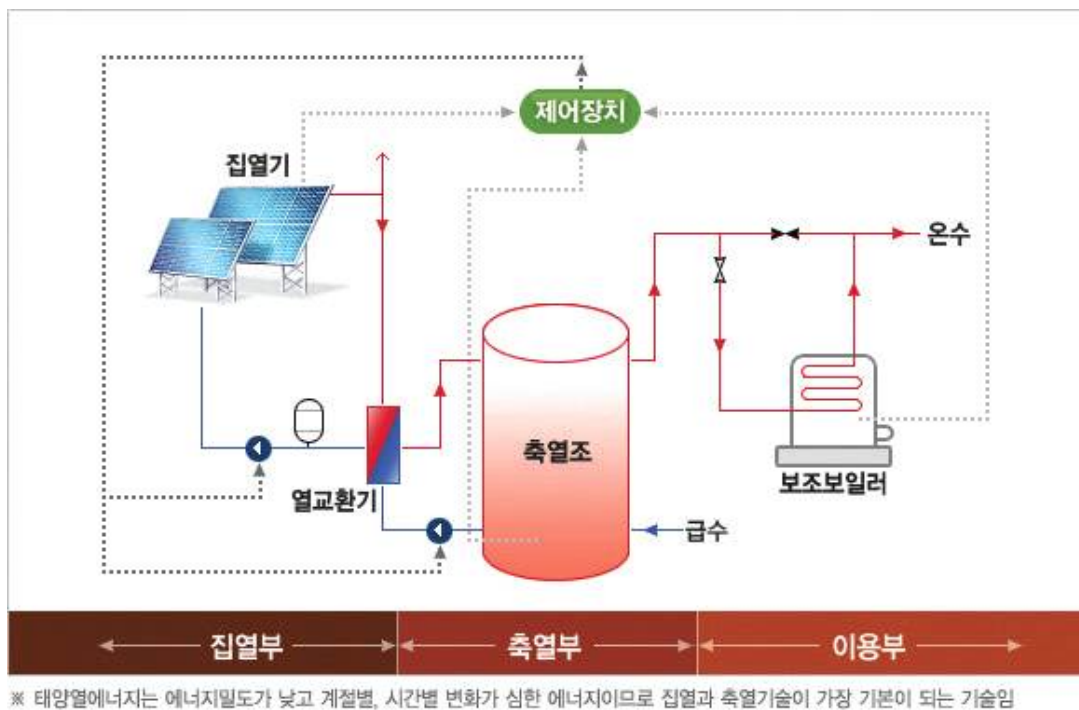
- 가. 태양열은 태양으로부터 오는 복사광선을 흡수해서 열에너지로 변환 (필요시 저장)하여 이용하는 방법과 복사광선을 고밀도로 집광해서 열 발전 장치를 통해 전기를 발생하는 방법이 있으며 건물의 냉난방 및 급탕, 산업공정열, 열발전 등에 활용
- 나. 태양열 이용기술의 핵심은 태양열 집열기술, 축열기술, 시스템 제어

기술, 시스템 설계기술 등이 있음

### 3. 태양열시스템 구성 및 집열기의 종류

#### 가. 시스템 구성

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



<그림 7> 태양열 시스템 구성도



#### 나. 태양열 이용기술의 분류

(1) 태양열 시스템은 자연형(passive) 시스템과 설비형(active) 시스템으로 구분

① 자연형 시스템은 동력 또는 기타설비를 설치하지 않고 온실, 트롬볼과 같이 남측의 창문이나 벽면 등 주로 건물 구조물을 활용하여 태양열을 집열하는 방식

② 설비형 시스템은 별도의 집열기와 열매체 구동장치를 활용해서 태양열을 집열하는 방식으로 열매체 구동장치 유무에 따라 자연순환형과 강제 순환형으로 구분

(2) 집열 또는 활용온도에 따라 저온용, 중온용, 고온용으로 분류되며, 이용분야는 태양열 온수급탕시스템, 태양열 냉난방시스템, 태양열 산업공정열시스템, 태양열 발전시스템 등이 있음

**<표 3> 태양열 이용기술 구분**

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 수산업 냉·난방, 담수화, 산업공정열, 열발전	산업공정열, 열발전, 우주용, 광촉매폐수처 리 광화학, 신물질제조

#### 다. 태양열 집열기의 종류

##### (1) 평판형 집열기

- ① 전세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 집열기로서 평판형 형태이며, 투과체, 흡수판, 열매체관 단열재로 구성
- ② 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

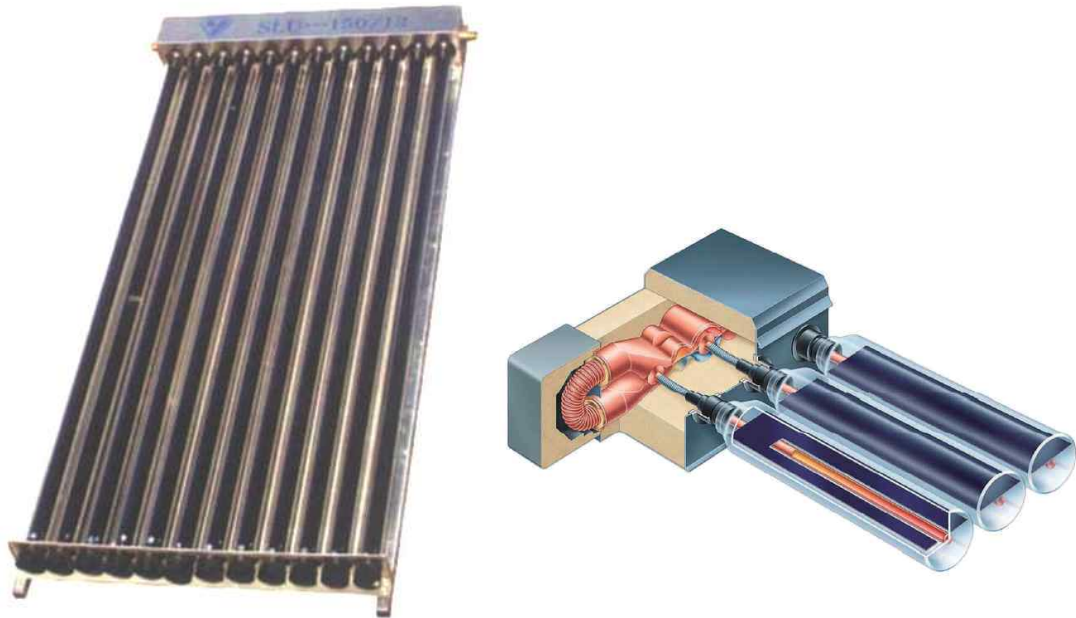
- 흡수판 : 복사광선을 최대한 흡수하여 열에너지로 변환
- 지 관 : 흡수판에서 변환된 열에너지를 열매체로 전달시켜서  
    축열조나 필요한 곳으로 열을 이동
- 단열재 : 집열된 열에너지 손실을 줄여주는 단열 역할



<그림 8> 평판형 집열기

## (2) 진공관형 집열기

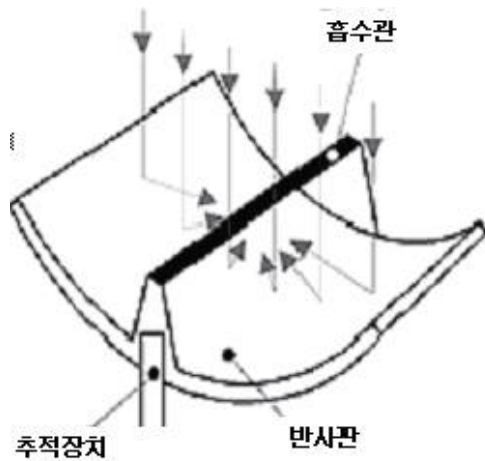
- ① 투과체 내부를 진공으로 만들어 그 내부에 흡수판을 위치시킨  
    집열기로서 진공관의 형태에 따라서 단일 진공관과 2중  
    진공관으로 구분
- ② 단일진공관은 유리관 내부 전체가 진공으로 된 것이며, 이중  
    진공관은 유리관이 2중으로 되어 있어 유리관 사이가 진공상태
- ③ 흡수판은 진공관 내부에 위치하며, 진공관은 진공보온병의  
    진공층과 같이 대류 및 전도 열손실을 차단하여 내부와 외부의  
    열손실을 막음



<그림 9> 진공관형 집열기

### (3) PTC(Parabolic Trough Concentrator)형 집열기

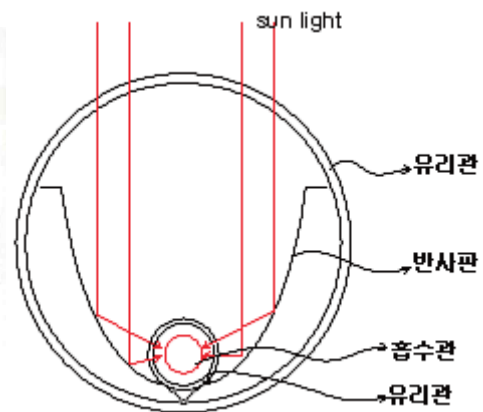
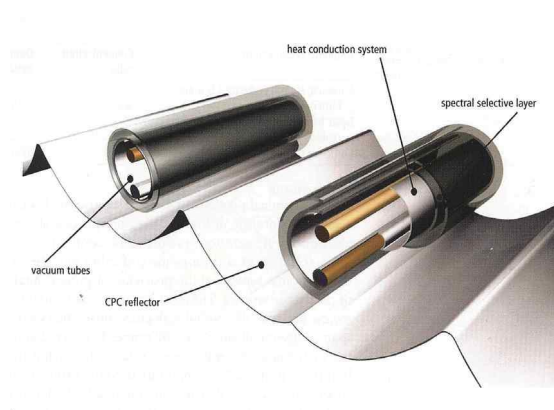
- ① 포물선 형상의 반사판(태양의 고도에 따라서 태양을 추적함)이 있고 그 가운데 흡수관 역할을 하는 집열관이 있음
- ② 반사판에 의해서 집광(선집광 : Line Focus)된 일사광선은 집열관에 집광되어 집열관 내부의 열매체를 가열
- ③ 집열기는 일사광선을 고밀도로 집광되기 때문에 고온의 온도를 얻을 수가 있으며, 또한 열손실 면적이 집열관에 국한되기 때문에 200~250℃ 정도의 온도를 얻을 수 있음
  - ▷ ▷ 태양으로부터 직접 오는 직달일사만 집열이 가능하고 집열기에 입사되는 각도가 일정치 않은 산란일사는 집열관에 집광이 되지 않으므로 직달 일사가 많은 청명한 지역에서 사용되는 것이 효과적임



<그림 10> PTC형 집열기

#### (4) CPC(Compound Parabolic Concentrator) 집열기

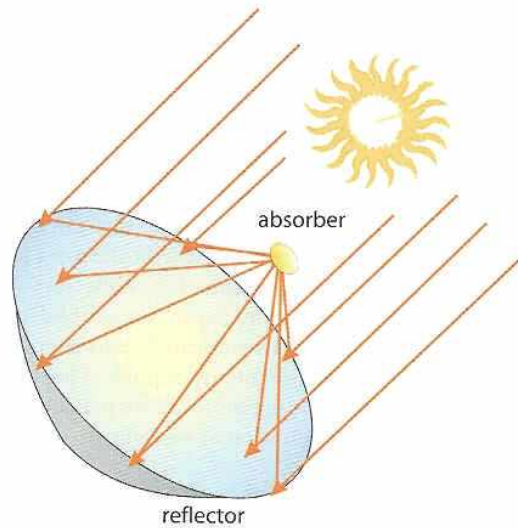
- ① 집광비가 적은 반사판으로 일사광선을 집광해서 집열하는  
집열기로 반사판이 태양추적 없이 직달 및 산란일사 모두를 집광  
할 수 있음
- ② 외부의 유리관이 없는 것도 있으며, 내부에 있는 유리관 및  
흡수관 대신에 진공관 집열관을 사용하는 것도 있음



<그림 11> CPC 집열기

(5) Dish형 집열기

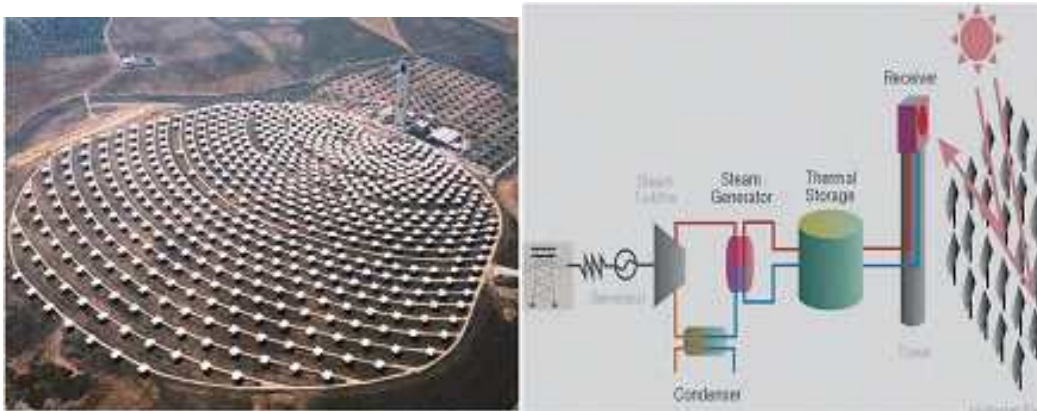
- ① 일사광선이 한 점(Point focus)에 집광이 될 수 있는 접시 모양의 반사판이 있는 집광형 집열기로서 태양을 3차원으로 추적하는 추적장치가 있으며, 적은 면적의 흡수부가 있음
- ② 집광비에 따라서 집열온도가 달라지며, 주로 수백도의 온도를 집열하는데 사용이 가능하여 태양열 발전용으로 사용



<그림 12> Dish형 집열기

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

- ① 작동유체(물, 증기, 용융염)가 집열기에서 열을 받아 뜨거워져 타워상부에서 증기를 생산하고 이 증기를 이용하여 지상의 증기 터빈을 구동하여 전력을 생산하는 발전시스템
- ② 스페인에서 2007년 최초로 상업용 타워형 태양열 발전시스템 (11MW급) 가동 중



<그림 13> CRS 타워형 태양열 발전시스템

## 제 3 절 바이오에너지

### 1. 바이오에너지 이용기술

가. 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 일컬음

- Biomass란 태양에너지를 받은 식물과 미생물의 광합성에 의해 생성되는 식물체·균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 생물 유기체

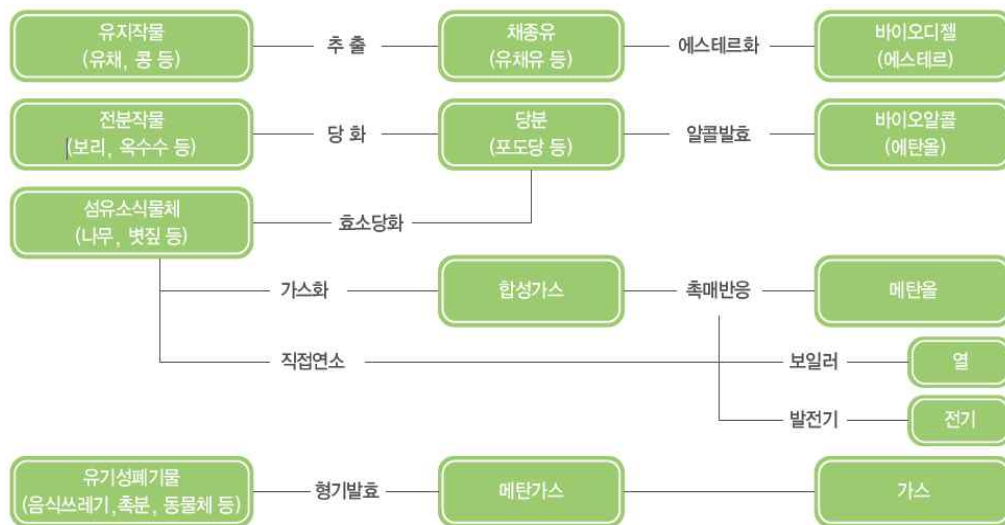
### 2. 종류 및 변환

<표 4> 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 <sub>2</sub> 고정화 기술	바이오매스 재배, 산림녹화, 미세조류 배양기술
	바이오 고형연료 생산, 이용기술	바이오 고형연료 생산 및 이용기술 (왕겨탄, 우드칩, RDF(고형연료 등))



<그림 14> 바이오에너지 변환 시스템

## 제 4 절 풍력

### 1. 풍력이용기술

가. 풍력은 바람에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전 기술

### 2. 특징 및 시스템 구성

가. 풍력이 가진 에너지를 흡수, 변환하는 운동량변환장치, 동력전달장치, 동력 변환장치, 제어장치 등으로 구성

#### (1) 기계장치부

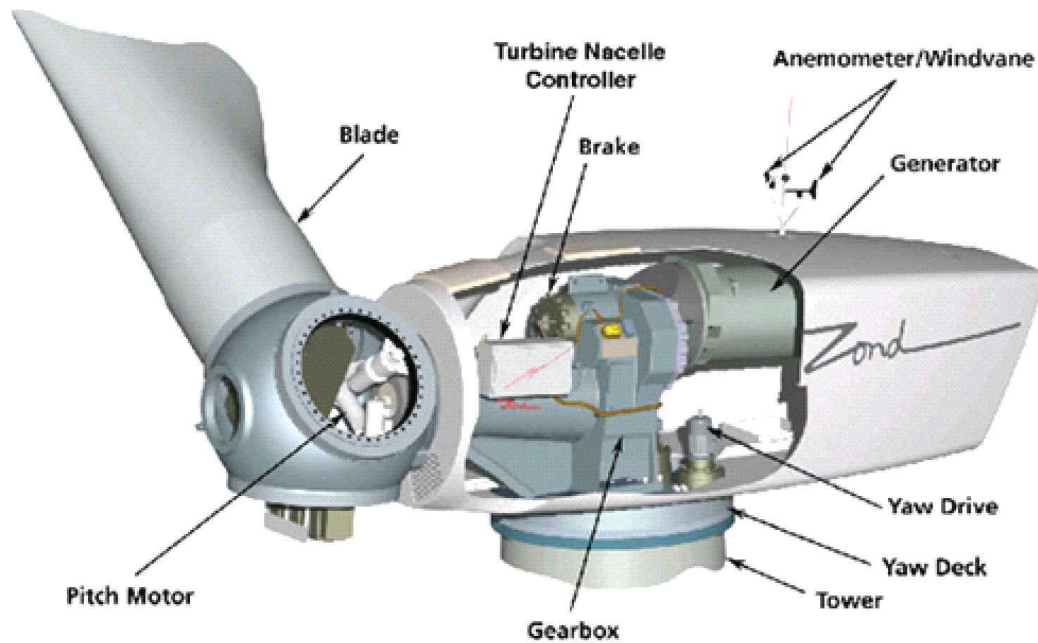
- 바람으로부터 회전력을 생산하는 Blade(회전날개), Shaft(회전축)를 포함한 Rotor(회전자), 이를 적정 속도로 변환하는 증속기(Gearbox)와 기동·제동 및 운용 효율성 향상을 위한 Brake, Pitching & Yawing System 등의 제어장치부분으로 구성

#### (2) 전기장치부

- 발전기 및 기타 안정된 전력을 공급하도록 하는 전력안정화 장치로 구성

#### (3) 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 방향조절
- Pitch Control : 날개의 경사각(pitch) 조절로 출력을 능동적 제어
- Stall(失速) Control : 한계풍속 이상이 되었을 때 양력이 회전 날개에 작용하지 못하도록 날개의 공기 역학적 형상에 의한 제어



<그림 15> 풍력 시스템 구성도

<표 5> 풍력 시스템 구성표

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)

나. 회전축방향에 따른 구분



<그림 16> 수직축 발전기



<그림 17> 수평축 발전기

- (1) 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

다. 운전방식에 따른 구분



<그림 18> Gearless형 풍력발전시스템 <그림 19> Geared형 풍력발전시스템

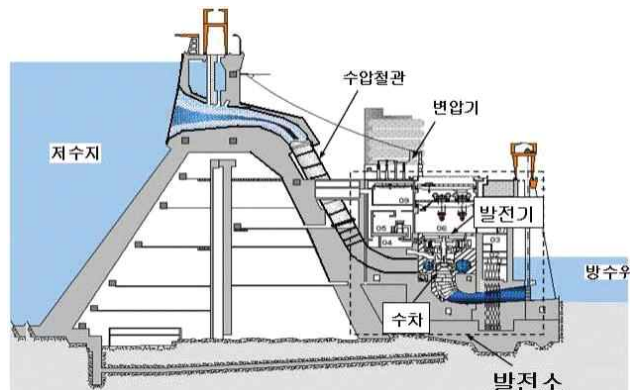
## 제 5 절 수력

### 1. 수력발전기술

가. 수력발전은 물의 유동 및 위치에너지를 이용하여 발전

(1) ' 05년 이전에는 시설용량 10 MW 이하를 소수력으로 규정 하였으나, 개정법(신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법)에서는 수력설비용량 기준을 삭제하여 소수력을 포함한 수력 전체를 신·재생에너지로 정의함

- 신·재생에너지 연구개발 및 보급 대상은 주로 발전설비용량 10 MW 이하를 대상으로 하고 있으며, 발전차액지원제도는 5MW 이하를 지원하고 있음



<그림 20> 수력발전 시스템 구성도



<그림 21> 수차의 형상

## 2. 종류 : 설비용량, 낙차, 발전방식에 따라 분류

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

<표 6> 수차의 설비별 특징

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

나. 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

**<표 7> 소수력의 설비용량, 낙차, 발전방식에 따른 분류**

소수력	분류			비고
	설비용량	Micro hydropower	100kW 미만	국내의 경우 대부분 토건비 부담으로 터널식보다 경제성이 있는 기존에 설치되어 있는 댐식을 주로 이용
		Mini hydropower	100~1,000kW	
		Small hydropower	1,000~10,000kW	
	낙차	저낙차(Low head)	2~20m	
		중낙차(Medium head)	20~150m	
		고낙차(High head)	150m 이상	
	발전방식	수로식 (run-of-river type)	하천경사가 급한 중·상류지역	
		댐식 (Storage type)	하천경사가 작고 유량이 큰 지점	
		터널식(Tunnel type)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 댐식과 수로식을 혼합한 방식으로 지형상 지하 터널로 수로를 만들어 큰 낙차를 얻을 수 있는 곳</li> <li>• 하천의 형태가 오메가(<math>\Omega</math>)인 지점</li> </ul>	



## 제 6 절 수소 · 연료전지

### 1. 수소에너지

#### 가. 수소에너지 기술

(1) 수소에너지 기술은 물, 유기물, 화석연료 등의 화합물 형태로

존재하는 수소를 분리, 생산해서 이용하는 기술

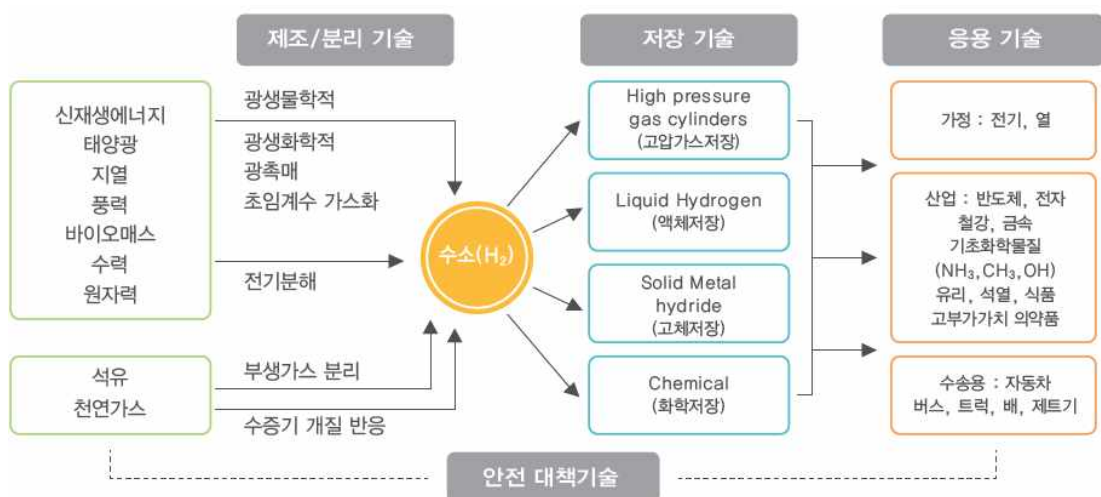
- ① 수소는 물의 전기분해로 가장 쉽게 제조할 수 있으나 입력에너지(전기에너지)에 비해 수소에너지의 경제성이 너무 낮으므로 대체 전원 또는 촉매를 이용한 제조기술을 연구 중

- 에너지보존법칙상 입력에너지(수소생산)가 출력에너지(수소 이용)보다 큰 근본적인 문제가 있음

(2) 수소는 가스나 액체로서 수송할 수 있으며 고압가스, 액체수소,

금속수소화물 등의 다양한 형태로 저장이 가능

- ① 현재 수소는 기체상태로 저장하고 있으나 단위 부피당 수소저장 밀도가 너무 낮아 경제성과 안정성이 부족하여 액체 및 고체 저장법을 연구 중



<그림 22> 수소에너지 시스템

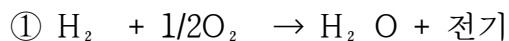
<표 8> 기술개발 내용

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

## 2. 연료전지

### 가. 연료전지 기술

(1) 연료전지는 수소와 산소의 화학반응으로 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술



② 생성물이 전기와 순수(純水)인 발전효율 30~40%, 열효율 40% 이상으로 총 70~80%의 효율을 갖는 신기술임

### 나. 연료전지 발전원리(단위전지)

(1) 연료 중 수소와 공기 중 산소가 전기화학 반응에 의해 직접 발전

① 연료극(양극)에 공급된 수소는 수소이온과 전자로 분리

② 수소이온은 전해질층을 통해 공기극으로 이동하고 전자는 외부

회로를 통해 공기극으로 이동

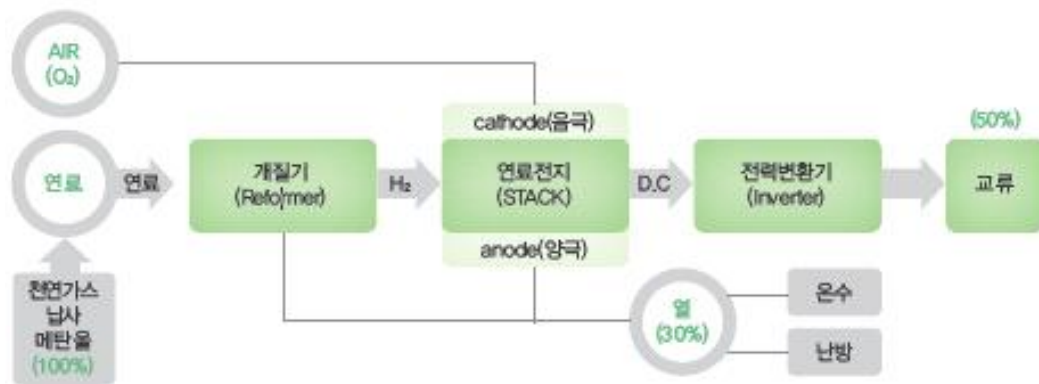
③ 공기극(음극)쪽에서 산소이온과 수소이온이 만나 반응생성물(물)을 생성

⇒ 최종적인 반응은 수소와 산소가 결합하여 전기, 물 및 열 생성

다. 연료전지의 종류 : 전해질 종류에 따라 연료전지를 구분

<표 9> 연료전지의 종류

구 분	알카리 (AFC)	인산형 (PAFC)	용융탄산염형 (MCFC)	고체 산화 물형 (SOFC)	고분자전 해질형 (PEMFC)	직접메탄 올형 (DMFC)
전해질	알카리	인산염	탄산염	세라믹	이온교환 막	이온교환 막
동작 온도( ℃)	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~수백 kW)	중·대형 건물 (100kW~MW)	소·중·대 용량 발전(1kW ~MW)	가정·상 업용 (1~수십k W)	소형이동 (1kW 이하)
특징	-	CO 내구성 큼, 열병합 대응 가능	발전 효율 높음, 내부개질 가능, 열병합대응 가능	발전 효율 높음, 내부개질 가능, 복합발전 가능	저온작동 고출력밀 도	저온작동 고출력밀 도



<그림 23> 연료전지 발전시스템 구성도

## 라. 연료전지 발전시스템 구성도

### (1) 개질기(Reformer)

- ① 화석연료(천연가스, 메탄올, 석유 등)로 부터 수소를 발생시키는 장치
- ② 시스템에 악영향을 주는 황(10ppb 이하), 일산화탄소(10ppm 이하) 제어 및 시스템 효율향상을 위한 compact가 핵심기술

### (2) 스택(Stack)

- ① 원하는 전기출력을 얻기 위해 단위전지를 수십장, 수백장 직렬로 쌓아 올린 본체
- ② 단위전지 제조, 단위전지 적층 및 밀봉, 수소공급과 열회수를 위한 분리판 설계·제작 등이 핵심기술

### (3) 전력변환기(Inverter)

- ① 연료전지에서 나오는 직류전기(DC)를 우리가 사용하는 교류(AC)로 변환시키는 장치

### (4) 주변보조기기(BOP: Balance of Plant)

- ① 연료, 공기, 열회수 등을 위한 펌프류, Blower, 센서 등을 말하며, 연료전지에 특성에 맞는 기술이 미비함

라. 연료전지 제조산업 밸류체인(Supply Chain)

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

셀	스택	연료처리장치	BOP	시스템
				
<ul style="list-style-type: none"> <li>전극촉매, 전해질, 기체확산층으로 구성, 전기를 발생하는 핵심부품</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>직렬 연결된 다수의 셀을 적층하여 구성된 발전본체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소 공급 및 개질수소를 제조하는 장치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>물/연료/공기를 공급하는 기기</li> <li>직류 전기를 송압 또는 교류로 변환시키는 장치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>스택, 연료처리장치, BOP 로 구성되며, 상호기능 수행</li> </ul>

<그림 24> 연료전지 Supply-Chain

- ① (업스트림) 전력변환기, 블로워, 펌프류 등 BOP 제조는 중저위 기술이 요구되는 노동집약적 산업으로 시장 진입 장벽이 낮은 편 (영업이익률 약 15%)
- ② (다운스트림) 셀, 스택, 연료처리장치, 시스템은 다양한 산업의 특징을 복합적으로 갖고 있는 응용산업 (영업이익률 약 30%)
  - ▷ ▷ 전문 기술이 요구되는 기술집약형 장치산업으로 시장진입 장벽은 높으나 고부가가치 창출가능

## 제 7 절 석탄(중질산사유)가스화 · 액화

### 1. 석탄(중질산사유)가스화 · 액화 정의

가. 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 가스화 기술, 합성가스 정제기술, 합성가스 전환기술로 구분

- 중질잔사유 : 원유를 정제하고 남은 최종 잔재물로서 감압증류 과정에서 나오는 감압잔사유, 아스팔트와 열분해 공정에서 나오는 코크, 타르 및 피치 등

### 2. 석탄(중질산사유)가스화

가. 석탄가스화의 가장 대표적인 활용 방식인 가스화 복합발전(IGCC: Integrated Gasification Combined Cycle)은 저급연료를 고온 고압 조건에서 불완전연소 및 가스화 반응을 시켜 합성가스(CO와 H<sub>2</sub>가 주성분)를 만들어 정제공정을 거친 후 가스터빈으로 1차 발전, 증기터빈으로 2차 발전하는 고효율, 친환경적 복합발전방식

### 3. 석탄액화

가. 고체 연료인 석탄을 휘발유 및 디젤과 같은 액체연료로 전환시키는 기술로 고온 고압 상태의 석탄에 용매를 첨가하여 전환시키는 직접 액화기술과, 석탄가스화 후 촉매 상에서 액체연료로 전환시키는 간접 액화 기술이 있음

#### 4. 특징 및 시스템 구성도

##### 가. 특징

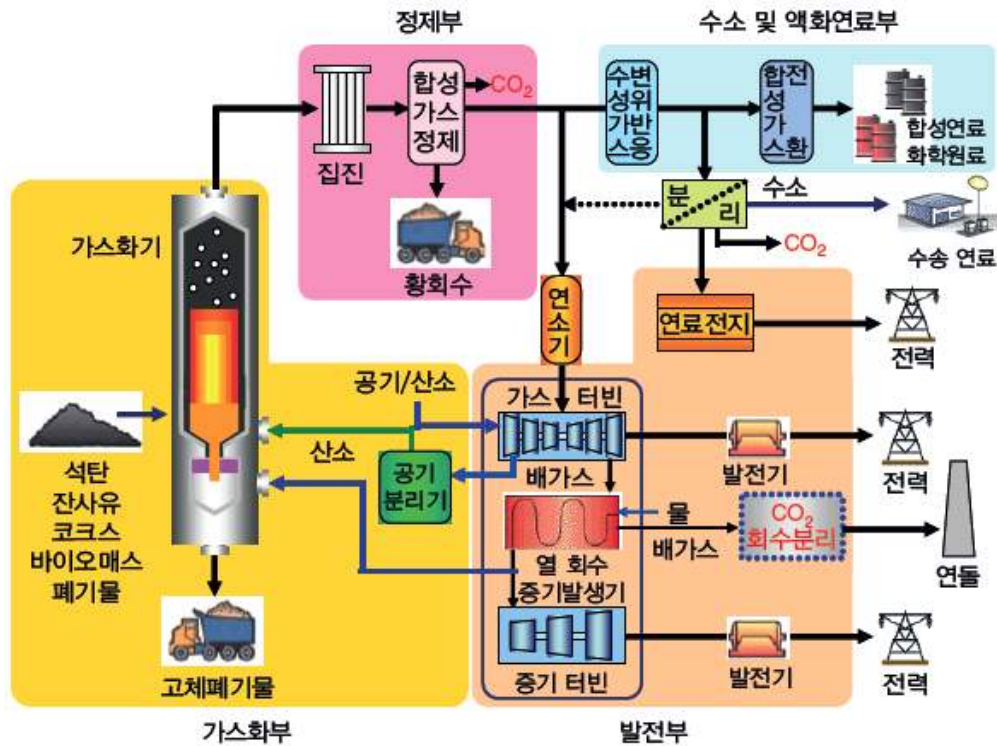
- (1) 석탄 IGCC 발전기술은 기존 석탄 화력발전소 대비 발전효율(현재 38~42%, 고성능 가스터빈사용시 46%가능(고위발열량 기준), 송전단 기준)이 높고, 고청정 환경성(SOx 95% 이상, NOx 75% 이상, CO<sub>2</sub> 15%대 저감)일 뿐만 아니라 석탄 외에 중질잔사유, 바이오매스, 폐기물 등 다양한 연료 사용이 가능
- (1) 자원이 부족한 우리나라에서는 에너지의 안정적인 수급을 위하여 세계적으로 매장량이 풍부한 석탄자원의 활용이 필수적이나 일반 석탄화력발전의 경우 SOx, NOx 및 CO<sub>2</sub> 등의 배출량이 타 발전원보다 상대적으로 많으므로 IGCC 발전은 지구온난화 문제에 대응하기 위한 차세대 석탄 발전기술임

<표 10> 석탄이용기술 장·단점

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

##### 나. 시스템 구성도

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

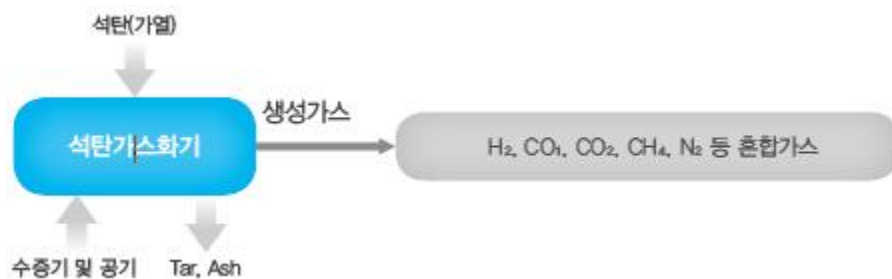


<그림 25> 석탄이용 기술 시스템 구성도

## 5. 기술의 분류

### 가. 석탄가스화 기술

- (1) 석탄을 고온·고압 상태의 가스화기에서 한정된 산소와 함께 불완전연소시켜 CO와 H<sub>2</sub>가 주성분인 합성가스를 생성하는 기술로 전체 시스템 중 가장 중요한 부분으로 석탄 종류 및 반응조건에 따라 생성가스의 성분과 성질이 달라지며 건식가스화 기술과 습식 가스화 기술이 있음



<그림 26> 석탄가스화 기술 도식



## 나. 가스정제 공정

- (1) 생성된 합성가스가 고효율 청정에너지로 활용될 수 있도록 오염  
가스와 분진( $H_2$ , S, HCl,  $NH_3$  등) 등을 제거하는 기술



<그림 27> 가스정제공정 도식

## 다. 가스터빈 복합발전 시스템(IGCC)

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

## 라. 수소 및 액화연료 생산

- (1) 연료전지의 원료로 사용할 수 있도록 합성가스로부터 수소를  
분리하는 기술과 생성된 합성가스의 촉매반응을 통해 액체연료인  
합성석유를 생산하는 기술

## 제 8 절 해양

### 1. 해양에너지 기술

가. 해양에너지는 해양의 조수·파도·해류·온도차 등을 변환시켜 전기 또는 열을 생산하는 기술로써 전기를 생산하는 방식은 조력·파력·조류·온도차 발전 등이 있음

나. 조력발전

- (1) 조석간만의 차를 동력원으로 해수면의 상승하강운동을 이용하여 전기를 생산하는 기술
- (2) 조석의 이용 횟수에 따라 단류식과 복류식으로 분류되며, 단류식은 해수를 내보내 면서 발전하는 낙조식과 해수를 채우면서 발전하는 창조식 발전으로 구분

다. 파력발전

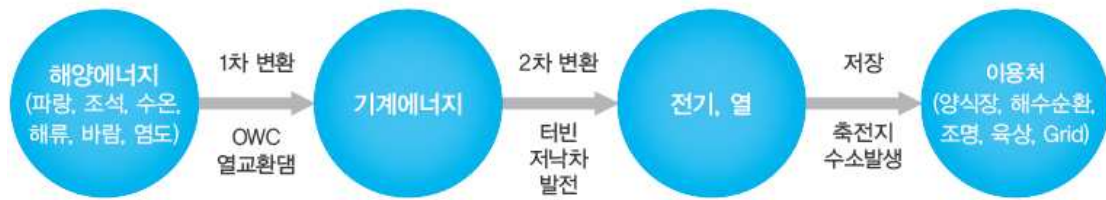
- (1) 연안 또는 심해 파랑의 운동 및 위치에너지를 이용하여 전기를 생산하는 기술
- (2) 에너지 변환원리에 따라 가동물체형, 진동수주형, 월파형 방식이 적용되고 있으며, 설치 형태에 따라서 착저식(또는 고정식)과 부유식으로 구분

라. 조류발전

- (1) 해수의 유동에 의한 운동에너지를 이용하여 전기를 생산하는 기술
- (2) 터빈의 회전방향에 따라 수평축터빈과 수직축터빈으로 구분

마. 온도차발전

- (1) 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



<그림 28> 시스템 구성도

## 2. 종류 및 입지조건

가. 에너지 이용방식에 따라 조력, 파력, 조류, 온도차 발전으로 구분되며, 기타 해류발전, 근해 풍력발전, 해양 생물자원의 에너지화 및 염도차 발전 등이 있음

<표 11> 해양에너지 기술 발전 종류 및 입지조건

구분	조력발전	파력발전	조류발전	온도차발전
입지 조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 평균조차 : 3m 이상</li> <li>● 폐쇄된 만의 형태</li> <li>● 해저의 지반이 견고</li> <li>● 에너지수요처와 근거리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 자원량이 풍부한 연안</li> <li>● 육지에서 거리 30km 미만</li> <li>● 수심300m 미만의 해상</li> <li>● 항해, 항만 기능에 방해되지 않을 것</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 조류의 흐름이 2m/s이상인 곳</li> <li>● 조류 흐름의 특징이 분명한 곳</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 연중 표·심층수와 온도차가 17℃ 이상인 기간이 많을 것</li> <li>● 어업 및 선박 항해에 방해되지 않을 것</li> </ul>

## 제 9 절 폐기물

### 1. 폐기물에너지기술

- 가. 폐기물에너지는 폐기물을 변환시켜 연료 및 에너지를 생산하는 기술
- 나. 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

### 2. 폐기물 신·재생에너지의 종류

- 가. 성형고체연료
  - : 가연성 생활폐기물(종이, 나무, 비닐 등), 플라스틱, 폐타이어, 건설 폐목재 등의 고체폐기물을 파쇄, 분리, 건조, 성형 등의 공정을 거쳐 제조된 고체연료
- 나. 폐유 정제유
  - : 자동차 폐윤활유 등의 폐유를 이온정제법, 열분해 정제법, 감압 증류법 등의 공정으로 정제하여 생산된 재생유
- 다. 플라스틱 열분해 연료유
  - : 플라스틱, 합성수지, 고무, 타이어 등의 고분자 폐기물을 열분해하여 생산되는 청정 연료유
- 라. 폐기물 소각열
  - : 가연성 폐기물을 CO, H<sub>2</sub> 및 CH<sub>4</sub> 등의 혼합가스 형태로 전환하여 증기 생산 및 복합발전을 통한 전력 생산, 화학원료 합성 등으로 이용



<그림 29> 폐기물 소각 시설 예시

(좌 : 충남계룡 소각열 발생시설, 우 : 원주시 RDF 생산시설)

## 제 10 절 지열

### 1. 지열에너지 정의

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



<그림 30> 지열에너지 개요

### 2. 지열에너지 분류

가. 온도에 따라 중·저온( $10\sim 90^{\circ}\text{C}$ ) 지열에너지와 고온( $120^{\circ}\text{C}$  이상) 지열 에너지로 구분

나. 일반적으로 직접이용(direct use)과 간접이용(indirect use) 기술로 분류

- (1) 기준이 다소 모호한 깊이나 온도로 지열에너지를 분류하는 방법보다 명확하기 때문에 현재 전 세계적으로 널리 통용되는 구분법
- (2) 열(heat)을 생산하면 직접이용, 전기(electricity)를 생산하면 간접 이용

다. 지열에너지 직접이용(direct use)

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

구분	설비용량(capacity), MWth					직접이용량(utilization), TJ/year				
	2015	2010	2005	2000	1995	2015	2010	2005	2000	1995
지열원	49,89	33,13	15,38			325,0	200,1	87,50	23,27	14,61
히트				5,275	1,854					
펌프	8	4	4			28	49	3	5	7
지역/										
개별	7,556	5,394	4,366	3,263	2,579	88,22	63,02	55,25	42,92	38,23
난방						2	5	6	6	0
온실	1,830	1,544	1,404	1,246	1,085	26,66	23,26	20,66	17,86	15,74
						2	4	1	4	2
양식/										
양어	695	653	616	605	1,097	11,95	11,52	10,97	11,73	13,49
						8	1	6	3	3
농산물										
건조	161	125	157	74	67	2,030	1,635	2,013	1,038	1,124
산업										
이용	610	533	484	474	544	10,45	11,74	10,86	10,22	10,12
						3	5	8	0	0
온천										
및	9,140	6,700	5,401	3,957	1,085	119,3	109,4	83,01	79,54	15,74
수영						81	10	8	6	2
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	70,32	48,49	28,26	15,14		587,7	423,8	273,3	190,6	112,4
	9	3	8	5	8,664	86	30	72	99	41

<표 12> 세계 지열에너지 직접이용 현황(1995-2015)

### (3) 지열 히트펌프

- ① 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



<그림 31> 지열히트펌프

- ② 일반적으로 토양열원 히트펌프, 지하수열원 히트펌프, 지표수열원 히트펌프, 하이브리드 지열 히트펌프 시스템 등으로 구분
- ③ 건물 냉난방 부하 및 지역 여건에 따라 다양한 종류의 지중열 교환기 설치가 가능하며, 지열을 회수하는 파이프(열교환기) 회로 구성에 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 10~150m, 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

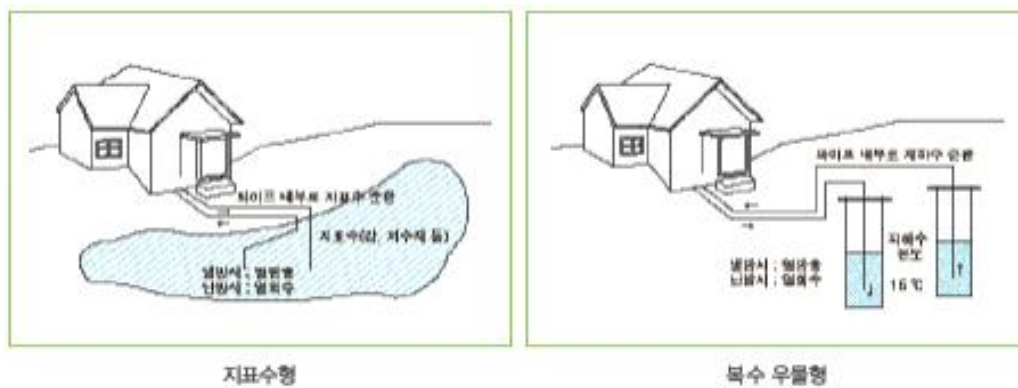


파이프가 개방되어 있는 것으로 풍부한 수원지가 있는 곳에서 적용 가능

- 파이프 내에서 직접 지열이 회수되므로 열전달 효과가 높고 설치비용이 저렴한 장점이 있으나 밀폐형에 비해 운전 유지 보수 주의 필요
- 하천, 호수, 연못의 물을 직접 이용할 경우 개방형이며 이들 물 속에 파이프를 침전시켜 이용할 경우에는 밀폐형으로 분류



<그림 32> 밀폐형 지열시스템 구성도



<그림 33> 개방형 지열시스템 구성도

라. 지열에너지 간접이용(indirect use)

- (1) 땅에서 추출한 고온수나 증기(120~350℃)의 열에너지로 터빈을 구동하여 전기를 생산하는 지열발전으로 건증기, 습증기, 바이너리, EGS 발전 등으로 구분

## (2) 지열 발전

① 땅에서 추출한 고온수나 증기(120~350℃)의 열에너지로 터빈을 구동하여 전기 생산

② 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

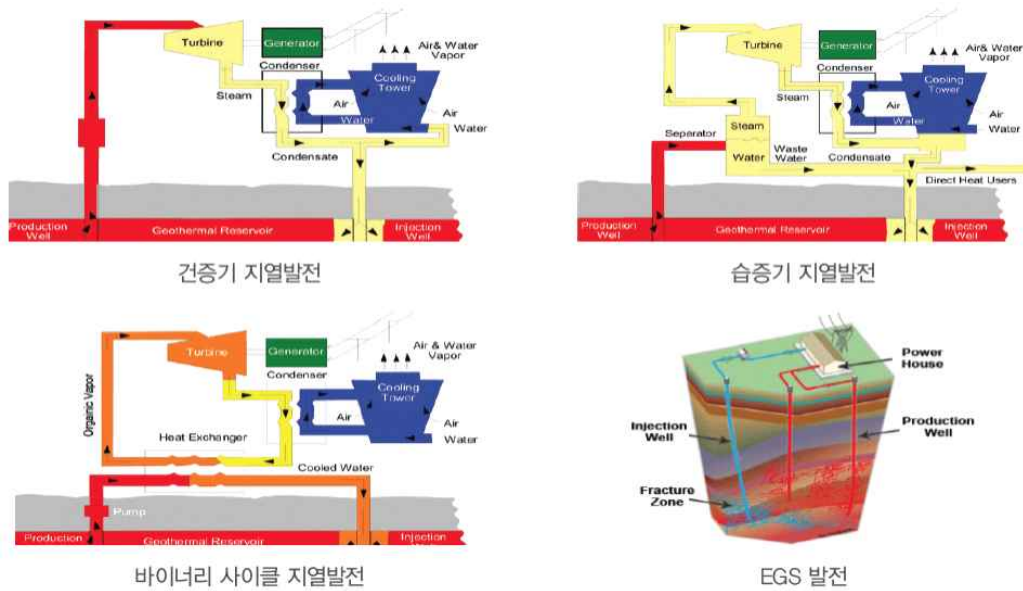
### - 바이너리 사이클(2유체 사이클) 지열발전

- 지하에서 추출한 저온 지열수(100~120℃)가 비등점이 상대적으로 낮은 2차 유체를 증발시켜 터빈 구동
- 2차 유체로는 냉매계열 · 프로판 · 펜탄 · 암모니아 등을 이용

③ 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



<그림 34> 지열 발전 시스템 구성도

## 제 11 절 수열

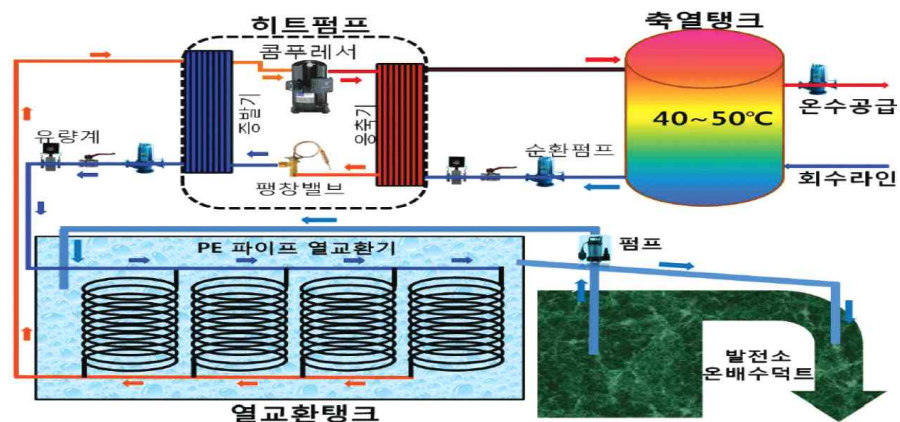
### 1. 수열에너지의 정의

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

### 2. 기술적 특징



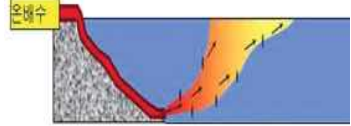
가. 열화수 기술의 구성

(1) 발전소 온배수열 활용을 위한 주요설비는 ①열회수 시설, ②히트 펌프\*, ③열배관시설, ④최종 열이용시설 인입단의 열교환기로 구성



<그림 35> 열화수 기술 구성도

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

구분	온배수배출방법	사례
표층배수	①영동화력 - 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	

**<표 13> 온배수 배출방법**

#### 나. 활용의 의미

- (1) ‘발전소 온배수열’의 활용은 해당지역 경제분야(농업·수산·원예 등)의 경쟁력 강화, 에너지 효율향상 제고 및 COP (Paris Agreement) 대응에 기여 가능
- (2) 특히, 온배수열 활용을 통한 지역주민의 에너지비용 감소 효과는 발전소 등 혐오·기피시설에 대한 ‘수용성제고’ 및 ‘지역사회의 상생모델(Win-Win Strategy)’로 활용성이 큼
- (3) 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)