

입문자를 위한 신재생에너지 개론

신재생에너지에 대한 개념을 확립하고 싶은 분들을 위한
입문자를 위한 신재생에너지 개론

포스코 미래창조아카데미 지음



[차례]

Part 1. 신재생에너지란?

1-1. 신재생에너지의 개념

1-2. 신에너지

1-3. 재생에너지

Part 2. 신에너지 종류와 장단점

2-1. 수소에너지

2-2. 연료전지

2-3. 석탄액화가스

Part 3. 재생에너지 종류와 장단점

3-1. 태양열에너지

3-2. 태양광에너지

3-3. 바이오매스

3-4. 풍력에너지

3-5. 소수력에너지

3-6. 해양에너지

3-7. 지열에너지

3-8. 폐기물에너지

● ● ● **PART1** ● ● ●

신재생에너지란?

1-1. 신재생에너지의 개념

1-2. 신에너지

1-3. 재생에너지

01

신재생에너지의 개념



신재생에너지(新再生에너지, New and Renewable Energy)는 기존 화석연료 체계의 한계를 극복하고, 지속 가능한 발전을 도모하기 위해 도입된 새로운 에너지 체계의 총칭이다. 이는 좁게는 '재생에너지'를 가리키기도 하지만, 우리나라에서는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 따라 '신에너지'와 '재생에너지'를 모두 포괄하는 용어로 사용된다. 다시 말해, 신재생에너지는 단일한 특정 에너지원이 아니라, 다양한 범주의 에너지원을 포괄하는 상위 개념이라고 할 수 있다.

◎ 신재생에너지 개념의 형성 배경

현대 사회의 에너지 구조는 오랫동안 석탄, 석유, 천연가스 등 화석연료에 의존해왔다. 그러나 이러한 체계는 몇 가지 심각한 문제를 내포한다.



1. 화석 연료는 한정된 자원으로 장기적으로 고갈될 수밖에 없다.
2. 화석 연료의 연소 과정에서 발생하는 온실가스는 지구온난화와 기후변화를 초래한다.
3. 화석연료 매장량이 특정 지역에 편중되어 있어 국제적인 공급 불안정성을 야기한다.

이러한 한계를 극복하고, 지속 가능한 사회로 나아가기 위해 전 세계적으로 새로운 에너지원에 대한 필요성이 제기되었고, 그 결과 신재생에너지라는 개념이 자리 잡게 되었다.

◎ 신재생에너지의 의의

신재생에너지는 단순히 에너지 자원의 대체 수단에 그치지 않고, 사회적·경제적·환경적 측면에서 중요한 의미를 지닌다.

환경적 측면	<ul style="list-style-type: none">- 온실가스 배출 저감- 기후변화 대응- 생태계 보전
---------------	---

경제적 측면	<ul style="list-style-type: none"> - 신산업 창출 - 일자리 확대 - 에너지 기술 경쟁력 강화
에너지 안보 측면	<ul style="list-style-type: none"> - 자원 수입 의존도 감소 - 지역 에너지 자립성 향상

즉, 신재생에너지의 도입은 단순한 기술 발전이 아니라, 인류 사회가 지속 가능한 발전을 이어가기 위해 반드시 선택해야 할 전략적 과제이다.

◎ 신재생에너지의 특징

신재생에너지는 다음과 같은 특징을 지닌다.

1. 지속 가능성

장기적으로 고갈되지 않고 반복적으로 활용 가능하다.

2. 환경 친화성

화석연료 대비 대기오염물질과 온실가스 배출이 현저히 적다.

3. 분산 에너지 공급

대규모 중앙집중식 발전에 의존하지 않고, 지역 단위에서 분산적으로 발전할 수 있다.

4. 기술 의존성

효율성과 경제성은 과학기술의 발전 수준에 크게 좌우된다.

◎ 정리

결론적으로, 신재생에너지는 “기존 화석연료를 대체하고, 미래 사회의 지속 가능성을 보장하기 위해 개발·활용되는 새로운 에너지 체계”를 의미한다. 이때 신재생에너지는 신에너지와 재생에너지라는 두 가지 범주를 포함한다.



02

신에너지

신에너지(新에너지, New Energy)는 기존의 화석연료를 단순히 연소하여 사용하는 방식에서 벗어나, 새로운 기술적 과정을 통해 변환하거나 응용하여 얻을 수 있는 에너지를 의미한다. 즉, 자연적으로 주어지는 에너지를 직접적으로 활용하는 재생에너지와 달리, 신에너지는 기술적 가공과 변환 과정을 거쳐야만 생산이 가능하다는 특징을 가진다. 우리나라 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에서는 신에너지의 범주를 '수소에너지, 연료전지, 석탄가스화 및 액화가스화, 중질유 가스화' 등으로 규정하고 있다.

◎ 신에너지의 정의와 성격

신에너지는 재생에너지와 달리 자연적으로 무한히 재생되는 에너지원은 아니지만, 기존 화석연료의 이용 효율을 높이고, 환경적 부담을 줄이며, 새로운 에너지 체계를 구축한다는 점에서 의미가 크다. 이는 기술 혁신을 기반으로 한 '제2세대 에너지'라 할 수 있으며, 전통적 화석연료와 재생에너지 사이의 '과도기적 에너지' 성격도 동시에 지닌다.

◎ 신에너지의 주요 유형

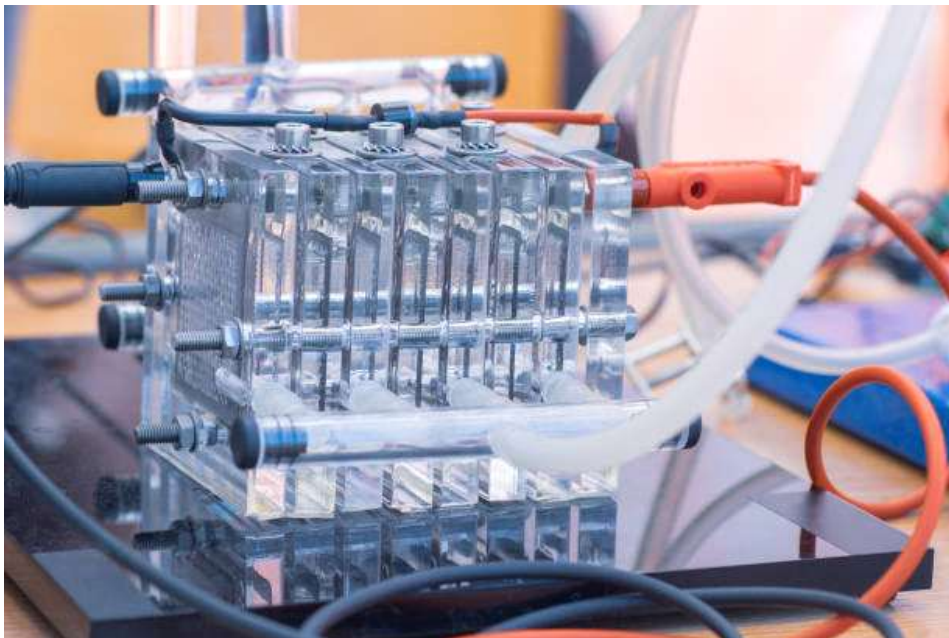
1. 수소에너지(Hydrogen Energy)

수소는 우주에서 가장 풍부한 원소이자, 연소 시 이산화탄소(CO_2) 대신 물(H_2O)만을 배출하는 청정 에너지 자원이다. 다만 자연 상태에서 자유로운 형태의 수소는 존재하지 않으며, 물(H_2O)이나 탄화수소(예: 천연가스, 석유)로부터 분리·추출해야 한다.



장점	<ul style="list-style-type: none"> - 연소 시 오염물질 배출이 거의 없음 - 에너지 밀도가 높음
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 수소의 생산·저장·수송 과정에서 많은 에너지와 비용이 필요함

2. 연료전지(Fuel Cell)



연료전지는 수소와 산소의 전기화학적 반응을 통해 전기를 생산하는 장치이다. 화학 반응에서 발생하는 전기를 직접 이용하기 때문에 발전 효율이 높으며, 화력발전과 달리 연소 과정이 없어 대기오염물질 배출이 거의 없다.

장점	<ul style="list-style-type: none"> - 고효율 - 저공해 - 소음이 적음 - 분산형 전원으로 적합
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 촉매로 사용되는 백금(Pt) 등 고가의 자원이 필요 - 대량 보급을 위한 경제성이 부족함

3. 석탄액화(Coal Liquefaction) 및 석탄가스화(Coal Gasification)



석탄을 액체 연료(석탄액화유) 또는 가스로 변환하여 활용하는 기술이다. 이는 석탄의 고체 연료로서의 제약을 극복하고, 석유 대체 연료를 확보하는 데 목적이 있다.

장점	<ul style="list-style-type: none"> - 석탄의 활용도를 높임 - 석유 수입 의존도를 줄일 수 있음
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 이산화탄소 발생량이 많음 - 환경적 부담이 여전히 큼

4. 중질유 가스화(Heavy Oil Gasification)



석유 정제 과정에서 발생하는 잔사유(重質油, heavy oil residue)를 가스로 전환하여 활용하는 기술이다. 이는 석유 정제 부산물의 고부가가치 활용을 가능케 한다.

장점	<ul style="list-style-type: none">- 기존 석유자원의 효율적 이용- 산업 부산물 활용
단점	<ul style="list-style-type: none">- 설비 비용이 높음- 이산화탄소 발생 문제를 완전히 해결하지는 못함

◎ 신에너지의 의의

신에너지는 단순히 새로운 에너지원 확보 차원을 넘어, 기존 화석연료 의존 체제와 청정에너지 체제 사이의 연결 고리로서 역할을 한다. 특히 수소에너지와 연료전지는 미래 '수소경제(Hydrogen Economy)'로의 전환을 가능하게 하는 핵심 기술로 평가된다. 또한 석탄액화·가스화 기술은 에너지 안보 차원에서 여전히 중요한 연구·개발 분야로 간주된다.

◎ 신에너지의 한계와 과제

신에너지는 기술적 잠재력이 크지만, 다음과 같은 과제가 존재한다.

- 생산 비용이 높아 경제성이 낮음
- 대규모 상용화를 위한 기술적 안정성 부족
- 일부 기술은 여전히 온실가스 배출 문제를 안고 있음
- 수소 저장 및 수송과 같은 인프라 구축 필요

◎ 정리

신에너지는 자연적으로 무한히 재생되지 않음에도 불구하고, 기존 화석연료의 한계를 극복하기 위한 기술적 대안으로 중요한 위치를 차지한다. 이는 재생에너지로의 전환을 가속화하기 위한 교량적 역할을 수행하며, 특히 수소와 연료전지를 중심으로 한 신에너지 기술은 미래 에너지 패러다임을 근본적으로 변화시킬 잠재력을 지니고 있다. 따라서 신에너지의 연구·개발 및 보급 확대는 지속 가능한 에너지 체계로 나아가기 위한 핵심 과제 중 하나라 할 수 있다.

03

재생에너지



재생에너지(再生에너지, Renewable Energy)는 태양, 바람, 물, 지열, 바이오매스 등과 같이 자연계에서 끊임없이 순환하거나 반복적으로 얻을 수 있는 에너지를 의미한다. 이는 인간의 사용으로 고갈되지 않고, 장기간에 걸쳐 지속 가능한 공급이 가능하다는 점에서 기존 화석연료와 근본적으로 구별된다. 또한 재생에너지는 에너지원 자체가 자연적으로 발생하기 때문에, 그 과정에서 온실가스와 대기오염물질의 배출이 극히 적어 환경적으로도 친화적이다.

◎ 재생에너지의 정의와 특성

재생에너지는 자연적 순환에 기반한 에너지 자원으로 정의할 수 있다. 태양 복사에너지가 지구에 도달하면서 발생하는 빛과 열, 바람, 물의 순환은 인류가 활용할 수 있는 막대한 에너지 자원이 된다. 이와 같이 재생에너지는 '무한성(infinity)'과 '지속 가능성(sustainability)'을 특징으로 한다.

무한성	지구에 도달하는 태양에너지와 대기·수권의 순환은 사실상 고갈되지 않는다.
환경친화성	화석연료 대비 온실가스 배출과 오염물질 발생이 적다.
분산성	특정 국가나 지역에 편중되지 않고, 다양한 지역에서 생산 가능하다.
기술 의존성	재생에너지 활용의 효율성은 발전 기술 수준에 따라 크게 달라진다.

◎ 주요 재생에너지 유형

1. 태양에너지(Solar Energy)



태양에서 방출되는 복사에너지를 활용하는 방식이다. 태양열(Heat)을 직접 이용하는 태양열 발전과, 태양광(Photovoltaic)을 전기로 변환하는 태양광 발전으로 나뉜다.

장점	<ul style="list-style-type: none"> - 자원의 무한성 - 전 세계 어디서든 활용 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 일사량(태양광 세기)과 기후 조건에 크게 좌우됨

2. 풍력에너지(Wind Energy)



대기 중의 바람의 운동에너지를 발전기에 의해 전기에너지로 전환하는 방식이다.

장점	<ul style="list-style-type: none"> - 상용화 수준이 높음 - 대규모 발전 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 풍속의 불안정성 - 입지 제약 - 소음 문제

3. 수력에너지(Hydropower)

하천이나 댐에서 흐르는 물의 위치에너지를 전기에너지로 변환하는 방식이다. 대규모 댐 건설을 통한 발전과 소규모 하천을 이용한 소수력 발전으로 나뉜다.



장점	<ul style="list-style-type: none"> - 발전 효율이 높음 - 안정적인 공급 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 댐 건설 시 생태계 파괴 - 주민 이주 문제 발생

4. 지열에너지(Geothermal Energy)



지각 내부에 존재하는 열을 이용하여 전기나 난방 에너지로 전환하는 방식이다.

장점	- 기상 조건과 무관하게 안정적 에너지 공급 가능
단점	- 특정 지역에 한정 - 지열수 이용 시 환경적 영향 가능

5. 바이오매스(Biomass Energy)



목재, 농업 부산물, 음식물 쓰레기 등 유기성 자원을 연료로 이용하거나, 메탄가스 등으로 전환하여 에너지로 활용하는 방식이다.

장점	- 폐기물 활용 가능 - 탄소 중립적 성격
단점	- 연소 과정에서 오염물질 발생 가능 - 토지 이용 문제

6. 해양에너지(Ocean Energy)

파력(波力, 파도의 힘), 조력(潮力, 조수간만의 차), 해류, 온도 차 등을 이용하는 발전 방식이다.



장점	- 잠재적 에너지 자원이 풍부
단점	- 기술 성숙도가 낮음 - 상용화 초기 단계

7. 폐기물에너지(Waste-to-Energy)



생활 쓰레기나 산업 폐기물을 연소하거나 가스로 전환하여 에너지를 얻는 방식이다.

장점	- 폐기물 처리와 에너지 생산을 동시에 달성 가능
단점	- 완전 연소가 이루어지지 않을 경우 대기오염 우려

◎ 재생에너지의 의의

재생에너지는 지속 가능한 에너지 체계 구축에 있어 핵심적 역할을 한다. 이는 단순히 전력 생산을 위한 수단을 넘어, 기후변화 대응, 에너지 안보 강화, 새로운 산업 생태계 조성과 같은 다층적 의미를 지닌다. 특히, 탄소중립(Carbon Neutrality) 실현을 위한 국제적 합의 속에서 재생에너지의 비중 확대는 선택이 아닌 필수로 자리매김하고 있다.

◎ 재생에너지의 한계와 과제

재생에너지는 친환경성과 지속 가능성을 갖추었음에도 몇 가지 도전 과제를 안고 있다.

- 간헐성(Intermittency): 태양과 풍력은 기상 조건에 따라 발전량이 달라진다.
- 입지 제약: 풍력·수력·지열 등은 특정 지역에서만 경제성이 높다.
- 초기 비용: 발전 설비 구축에 많은 자본이 필요하다.
- 사회적 수용성: 경관 훼손, 소음, 생태계 변화 등으로 지역 주민 반대 가능성 존재

◎ 정리

재생에너지는 인간의 활동으로 고갈되지 않는 자연 자원을 바탕으로 하며, 환경 친화적이고 지속 가능한 발전을 가능하게 한다. 그러나 기술적·경제적·사회적 제약이 여전히 존재하므로, 향후 재생에너지 보급 확대는 기술 혁신, 제도적 지원, 사회적 합의가 함께 이루어져야 한다. 그럼에도 불구하고 재생에너지는 기후위기 시대에 가장 중요한 에너지원으로, 미래 사회의 지속 가능성을 담보하는 핵심적인 열쇠라 할 수 있다.

● ● ● **PART2** ● ● ●

신에너지 종류와 장단점

2-1. 수소에너지

2-2. 연료전지

2-3. 석탄액화가스



Part 2

신에너지 종류와 장단점

신에너지는 기존 화석연료를 단순 연소하여 이용하는 방식에서 벗어나, 첨단 기술적 변환 과정을 거쳐 생산되는 에너지이다. 재생에너지가 자연적 순환에 기반한 에너지원이라면, 신에너지는 기술 혁신을 바탕으로 새로운 에너지 체계를 창출한다는 점에서 차별성을 가진다. 우리나라의 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 따르면, 신에너지의 주요 범주는 수소에너지, 연료전지, 석탄액화 및 석탄가스화 등으로 정의된다.



01

수소에너지

◎ 개념과 분류

수소에너지란 수소(H_2)를 에너지 매개체로 활용하는 전 주기를 의미한다. 수소는 연소 시 물(H_2O)만 생성하므로 잠재적으로 매우 청정하지만, 자연 상태의 자유 수소가 거의 없어 생산→저장·운송→활용의 전 과정이 필요하다.



1. 색상 분류(관용적 구분)

그레이 수소	천연가스 개질(SMR: Steam Methane Reforming) 등 화석연료 기반 생산, CO ₂ 포집 없음
블루 수소	화석연료 기반이되 CO ₂ 를 포집·저장(CCS: Carbon Capture & Storage) 또는 활용(CCUS)하는 수소
그린 수소	재생전력을 이용한 물 전기분해 기반 수소
핑크/옐로 수소	원자력(핑크) 또는 계통전력(옐로)으로 전기분해
터쿼이즈	메탄 열분해로 고체 탄소를 부산물로 얻는 방식

[용어 설명]

- 전기분해(Electrolysis): 물에 전기를 흘려 수소와 산소로 분해하는 공정
- 개질(Reforming): 탄화수소를 고온·촉매 하에 수소가 풍부한 합성가스(Syngas: H₂+CO)로 바꾸는 공정
- CCS/CCUS: 이산화탄소를 포집해 저장(CCS)하거나 화학·연료 합성에 활용(CCUS)하는 기술

◎ 생산 기술과 공정

1. 화석연료 기반

SMR(증기개질)	<ul style="list-style-type: none"> - $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$, 이후 수성가스 전환 반응($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$)으로 H₂ 수율을 증대 - 상용 성숙도가 높음
ATR/POX	<ul style="list-style-type: none"> - 부분산화(POX) 또는 자열개질(ATR)로 촉매 반응과 열수지를 최적화 - CCS 결합이 용이
석탄 가스화	<ul style="list-style-type: none"> - 고체 연료를 합성가스로 전환 후 전환 반응을 통해 H₂를 확보

2. 전기분해 기반

알칼라인 전해 (AEL)	- 성숙·저가 - 대용량 적합
PEM 전해	- 고전류밀도·동적 응답 우수 - 전해 스택에 귀금속 촉매 필요
SOEC (고체산화물 전해)	- 고온(700~850°C)에서 높은 전류 효율·전력 효율 - 열원 연계에 유리하나 내구성·열충격 관리가 과제

3. 기타 경로

바이오매스 가스화, 바이오리포밍, 광전기화학(PEC), 광촉매 수소생산 등은 연구·실증 단계가 다양함

◎ 저장·운송 기술

1. 기체 압축 저장

- 350/700 bar 용기
- 단순·범용이나 체적 에너지 밀도 낮음

2. 액화 수소(LH₂)

- -253°C 극저온 저장
- 높은 체적 밀도
- 단 보일오프(증발 손실)·냉동 에너지 요구

3. 암모니아(NH₃)·메탄올·LOHC(Liquid Organic Hydrogen Carrier, 액상 유기수소운반체)

- 장거리 운송 유리
- 현장 분해(크래킹)·촉매 비용·효율 손실 고려 필요

4. 금속 수소화물·화학 저장체

- 높은 저장 밀도 가능
- 방출 속도·온도 조건 최적화 과제가 있음

[용어 설명]

- 수소취성(Hydrogen Embrittlement): 금속 내부로 침투한 수소가 재료의 인성을 저하시키는 현상

- 가역 저장체: 흡·탈수소가 반복 가능한 물질 체계

◎ 활용 분야

- 연료전지 전원(고정형 CHP, 건물·데이터센터 백업, 분산전원)
- 이동체(수소자동차·버스·트럭·철도·선박·항공 R&D)
- 공업용 환원재(철강 직접환원, 암모니아 합성)
- 에너지 저장(파워-투-가스) 등

02

연료전지



◎ 원리와 구성

연료전지는 연료(대개 수소)와 산화제(공기 중 산소)의 전기화학 반응을 이용해 직접 전기를 생산한다.

1. 핵심 구성

양극(애노드)·전해질·음극(캐소드)으로 이루어진 MEA(Membrane Electrode Assembly)

2. 효율

- 연소-기계 변환을 거치지 않아 전기효율 40~60% 수준
- 열회수(CHP) 결합 시 종합효율 80~90% 가능

3. 보조계통(BoP)

가습기, 공기 공급, 개질기(필요 시), 열관리, 전력변환(인버터) 등이 전체 성능·내구를 좌우

[용어 설명]

- 전기화학 반응: 산화·환원 반응에서 전자가 이동하며 전류를 생성하는 반응
- 전해질: 이온만을 선택적으로 통과시키는 물질(막·액체·고체)

◎ 연료전지의 주요 유형과 특성

PEMFC (고분자전해질형)	<ul style="list-style-type: none">- 60~80℃ 저온 운전- 고출력 밀도·빠른 기동- 자동차·가정·이동형 전원에 적합- 촉매로 백금족(PGM) 사용- CO·황에 민감- 고순도 수소 요구(ISO 14687 등)
PAFC (인산형)	<ul style="list-style-type: none">- 150~200℃- 건물·상업용 CHP 상용화 성숙- 내연료성은 PEMFC보다 넓으나 출력 밀도 낮음
MCFC (용융탄산염형)	<ul style="list-style-type: none">- 600~700℃- CO/CH₄까지 연료로 활용 가능- 대형 분산발전- 고온 부품 내구·부식 관리 필요
SOFC (고체산화물형)	<ul style="list-style-type: none">- 700~1,000℃- 니켈-YSZ 등 세라믹 전해질 사용- 내부개질·고효율- 장주기 기동·부하추종 한계

AFC (알칼리형)	<ul style="list-style-type: none"> - 우주 분야 전통 - CO₂ 민감
DMFC (직접메탄올형)	<ul style="list-style-type: none"> - 휴대·소형 전원 - 에너지 밀도·투과(크로스오버) 과제가 있음
Reversible(가역) 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - SOEC 전해 ↔ SOFC 발전 모드 전환 가능 - 계통 연계 저장 기술로 주목

[용어 설명]

- 촉매 피독(Poisoning): CO·황분 등이 촉매 활성점을 막아 성능을 저하시키는 현상
- BOP(Balance of Plant): 스택 외의 모든 부대장치

◎ 내구성과 신뢰성

1. 열·습도 사이클

막·전극 열화, 크랙, 탈수/과습 관리가 수명 좌우

2. 재료·부식

고온형은 금속부품 산화·부식, 저온형은 카본 부품의 부반응 관리 중요

3. 연료 품질

수소 중 CO, H₂S, 실록산 등 불순물 규격 준수가 필수

◎ 내구성과 신뢰성

고정형	<ul style="list-style-type: none"> - 건물·산업용 CHP - 데이터센터·통신 중계기 백업 - 마이크로그리드
이동체	<ul style="list-style-type: none"> - 승용·버스·상용차 - 지게차·물류장비 - 철도·선박(연료·암모니아 개질) 시범 확대

특수용도	<ul style="list-style-type: none"> - 군수 - 우주 - 원격지 전원
-------------	--

◎ 경제·환경 평가

1. 비용 구조

- 스택(막·촉매·분리판) + BOP + 설치·운영
- 귀금속 저감
- 대량생산
- 수명 연장이 핵심

2. 환경성

- 운전 시 오염물질 극소
- 단 연료 공급망(수소·개질 가스)의 탄소강도에 따라 전 주기 배출량이 결정

03

석탄액화가스



◎ 석탄 액화(CTL)

1. 직접 액화(Direct Coal Liquefaction, DCL)

석탄을 고온·고압의 조건에서 수소첨가 촉매를 사용하여 직접 액상 탄화수소로 전환하는 방식이다. 공정이 단순하다는 장점이 있으나, 많은 양의 수소를 필요로 하고 촉매의 관리가 까다롭다는 점, 그리고 원료 석탄의 성상에 민감하다는 제약이 있다.

2. 간접 액화(Indirect Coal Liquefaction, ICL)

석탄을 먼저 가스화하여 합성가스를 얻고, 이를 정제한 뒤 피셔-트롭슈(FT) 합성 공정을 통해 액체 연료를 제조하는 방식이다. 이 방법은 공정이 다소 복잡하고 초기 투자비가 크지만, 제품의 품질이 우수하고 다양한 연료로 전환이 가능하다는 장점이 있다.

[용어 설명]

- 피셔-트롭슈(FT) 합성: CO와 H₂를 촉매 반응시켜 장쇄 탄화수소(연료·왁스)를 만드는 공정

◎ 석탄 가스화(Coal Gasification)



석탄 가스화(Coal Gasification)는 제한된 양의 공기 또는 산소와 수증기를 주입하여 석탄을 부분적으로 산화시켜, 일산화탄소(CO)와 수소(H₂)가 주성분인 합성가스를 생산하는 공정이다. 가스화 기술은 이동층, 유동층, 분류층(엔트레인드 플로) 등 여러 유형으로 나뉘며, 이는 석탄의 품질과 발전소 규모에 따라 달라진다. 이렇게 생산된 합성가스는 타르, 미립자, 황화합물 등의 불순물을 제거한 후, 필요할 경우 수성가스 전환 반응을 통해 H₂/CO 비율을 조정한다. 정제된 합성가스는 가스터빈에서 연소된 뒤, 배기가스로 발생한 열을 증기터빈에서 재활용하는 복합발전 방식인 IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle)에 사용된다. IGCC는 기존 석탄 연소 발전에 비해 발전 효율이 높고, 질소산화물(NO_x)과 황산화물(SO_x)의 배출을 줄일 수 있다는 점에서 장점이 있다. 또한 석탄 가스화는 연소 이전 단계에서 이산화탄소를 분리·포집할 수 있어 CCS(Carbon Capture and Storage) 기술과 결합하기 용이하다.

며, 이는 블루 수소 생산과 같은 저탄소 연료 체계의 기반이 된다.

◎ 중질유 가스화

석탄 이외에도 정유 공정에서 발생하는 잔사유(중질유, 페트코크 등)를 가스화하여 합성가스, 수소, 전력 혹은 수소가 풍부한 연료를 생산하는 기술이 있다. 이러한 중질유 가스화는 정유·석유화학 산업 클러스터에서 부산물을 고부가가치 에너지로 전환하는 수단으로 주목받고 있다. 그러나 황이나 금속 불순물의 관리가 필수적이고, 이산화탄소 포집·저장 설비에 대한 투자가 병행되어야 한다는 한계가 따른다.

◎ 환경적 특성과 한계

석탄 액화와 가스화 기술은 환경 측면에서 전통적인 석탄 연소보다 상대적으로 청정하다. 가스화 및 정제 단계에서 오염물질을 전처리할 수 있어 대기오염물질 배출이 줄어들기 때문이다. 그러나 이산화탄소 배출량은 여전히 많기 때문에, CCS 또는 CCUS와 같은 탄소 저감 기술과 반드시 결합되어야 한다. 또한 이들 공정은 냉각과 정제 과정에서 많은 양의 물을 필요로 하며, 슬래그나 석탄재와 같은 고형 잔재가 발생하므로 이들 부산물의 처리와 재활용 방안이 함께 마련되어야 한다.

◎ 경제적 평가와 전략적 의미

경제적으로는 석탄 액화와 가스화 설비가 대규모 초기 투자를 요구한다. 산소 분리 장치, 가스 정제 시설, 이산화탄소 포집·저장 설비 등을 포함하면 자본 비용이 매우 높아진다. 또한 원료 석탄의 가격과 품질, 예를 들어 회분 함량이나 황 함량, 수분 비율 등은 발전 효율과 안정적 운영에 큰 영향을 미친다. 그럼에도 불구하고 이러한 기술은 석유 수입 의존도를 줄이고 국내 매장 석탄 자원의 활용도를 높일 수 있다는 점에서 전략적 의미가 있다.

● ● ● **PART3** ● ● ●

재생에너지 종류와 장단점

3-1. 태양열에너지

3-2. 태양광에너지

3-3. 바이오매스

3-4. 풍력에너지

3-5. 소수력에너지

3-6. 해양에너지

3-7. 지열에너지

3-8. 폐기물에너지



Part 3

재생에너지 종류와 장단점

재생에너지(再生에너지, Renewable Energy)는 자연계에서 끊임없이 순환하거나 반복적으로 얻을 수 있는 자원을 기반으로 하는 에너지 체계이다. 인류가 소비하더라도 고갈되지 않으며, 지속 가능한 공급이 가능하다는 점에서 기존 화석연료와 구별된다. 또한 발전 과정에서 온실가스와 대기오염물질의 배출이 적기 때문에, 환경 친화적이고 기후변화 대응에 기여할 수 있다. 그러나 재생에너지는 입지 제약, 기상 조건에 따른 간헐성, 초기 투자비용 등 여러 한계도 동시에 지닌다.

01

태양열에너지

◎ 개념

태양열 이용은 인류가 가장 오래 활용해 온 재생에너지의 한 형태다. 고대 그리스의 주거 건축은 남향 배치를 통해 자연적인 태양열을 최대한 흡수하도록 설계되었고, 로마 시대에도 목욕탕 가열에 태양열 집열이 사용되었다. 현대의 태양열 시스템은 집열판을 통해 태양 복사에너지를 열로 모아 난방, 온수, 심지어 냉방에까지 활용한다.



특히 집광형 태양열 발전(Concentrated Solar Power, CSP)은 대규모 전력 생산이 가능한 기술이다. 포물면 거울이나 타워형 집광 장치로 태양광을 집중시켜 고온의 열을 얻고, 이 열로 증기를 발생시켜 터빈을 구동한다. 열을 저장할 수 있는 용융염 저장 시스템을 결합하면 야간에도 발전이 가능하다.

◎ 장단점

장점	<ul style="list-style-type: none">- 열 저장이 가능해 간헐성 완화 가능- 열병합발전(CHP) 형태로 전기와 열을 동시에 공급할 수 있음
단점	<ul style="list-style-type: none">- 넓은 부지 필요- 고도의 일사량을 가진 지역에서만 경제성이 높음

02

태양광에너지

◎ 개념

태양광 발전은 반도체 소자를 이용해 태양빛을 직접 전기로 변환하는 기술이다. 태양전지(Photovoltaic Cell, PV)는 1950년대 우주선 전력 공급을 위해 처음 상용화되었으나, 현재는 주택 지붕에서부터 대규모 발전 단지까지 폭넓게 설치된다.



오늘날 태양광 기술은 결정질 실리콘 기반이 주류이나, 박막형, 페로브스카이트형과 같은 차세대 전지가 개발 중이다. 이러한 발전은 건물일체형 태양광 (Building-Integrated PV, BIPV)처럼 도시 환경과 융합되며 새로운 가능성을 열고 있다.

◎ 특징과 제약

<p>특징</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 모듈 단위로 설치가 가능 - 유지·관리 비용이 낮음
<p>제약</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 기후·일사 조건에 따라 출력 변동이 큼 - 대규모 발전소는 토지 이용 문제를 동반

04

풍력에너지



◎ 개념

풍력에너지는 대기 순환에서 발생하는 바람의 운동에너지를 기계적·전기적 에너지로 변환하는 기술이다. 인류는 오래전부터 풍차를 이용해 곡물을 방아에 찜거나 물을 퍼 올리는 데 바람을 활용했다. 현대의 풍력발전기는 공기역학적 설계가 적용된 블레이드, 발전기, 변속기, 제어장치 등으로 구성되며, 바람의 운동에너지를 전기 에너지로 직접 전환한다.

풍력발전은 기술 성숙도가 높아 현재 세계 재생에너지 확대의 핵심 축으로 자리 잡았다. 특히 육상 풍력은 건설과 유지 관리가 비교적 용이해 빠르게 보급되었고, 최근에는 대형 터빈을 해상에 설치하여 대규모 전력을 생산하는 해상 풍력이 각광받고 있다. 해상 풍력은 육상보다 바람 세기와 안정성이 높고, 넓은 설치 공간을 확보할 수 있다는 장점이 있지만, 초기 건설 비용과 유지보수 비용이 크다는 단점이 따른다.

풍력 발전은 출력 변동성이 크다는 기술적 제약이 있다. 바람의 세기와 방향은 시간·계절·기후 조건에 따라 달라지므로, 발전량 예측이 어렵고 전력망 안정성에도 영향을 준다. 또한 설치 지역의 경관 훼손, 저주파 소음, 조류 충돌 등은 사회적 갈등을 유발할 수 있다.

◎ 장단점

장점	<ul style="list-style-type: none"> - 발전 효율이 높고 기술 성숙도가 높아 단기간 보급 가능 - 설치 후 운전 중 온실가스 배출이 거의 없음
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 간헐성 - 입지 제약 - 소음과 생태계 영향 등 사회적 수용성 문제

05

수력에너지



◎ 개념

수력에너지는 하천이나 댐의 낙차를 이용해 물의 위치에너지를 전기에너지로 변환하는 방식이다. 인류는 고대부터 수차(水車)를 사용해 곡물을 뿜거나 제철을 하는 등 기계적 동력원으로 물을 이용해왔다. 19세기 후반 전기공학의 발달과 함께 수력발전이 본격화되었고, 오늘날에도 세계 전력 공급에서 수력은 가장 오래되고 안정적인 재생에너지원 중 하나로 자리 잡고 있다.

수력 발전 방식은 크게 대규모 댐 수력과 소수력으로 구분된다.

1. 대규모 댐 수력



인공적으로 저수지를 형성하여 낙차를 높이고 대용량 터빈을 돌려 발전한다. 효율이 높고 대규모 전력 생산이 가능하지만, 광범위한 지역 침수, 생태계 단절, 주민 이주와 같은 부작용이 크다.

2. 소수력 발전



하천의 자연 낙차나 비교적 작은 댐을 활용하여 전력을 생산하는 방식이다. 환경 훼손이 적고 지역 분산형 전원으로 활용할 수 있다는 장점이 있다.

◎ 장점과 한계

<p>장점</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 발전 효율이 90% 이상으로 매우 높아 에너지 손실이 적음 - 전력 공급이 안정적이며 기저부하(Base Load) 발전원으로 활용 가능 - 저수지의 물을 농업·공업·음용수 등 다목적으로 이용할 수 있음
<p>한계</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 대규모 댐 건설 시 생태계 파괴, 어류의 이동 차단, 수몰지 발생, 주민 강제 이주 등 사회적 갈등이 발생 - 지진이나 댐 붕괴 등 대형 사고의 위험이 있음 - 기후변화로 인한 강수량 변동은 수력발전량에도 큰 영향을 미침



06

해양에너지



◎ 개념

해양은 지구 표면의 70% 이상을 차지하며, 막대한 에너지가 잠재되어 있다. 해양에너지는 크게 조력, 파력, 해류, 해양온도차(OTEC)로 구분된다.

1. 조력발전



조수간만의 차를 이용하는 방식으로, 프랑스 랑스 조력발전소가 대표적이다. 조석 차가 큰 지역에서 경제성이 높으며, 기술 성숙도가 가장 앞서 있다.

2. 파력발전



파도의 상하 운동이나 압력 차를 이용한다. 장치의 내구성과 발전 효율이 과제이지만, 도서 지역과 해안선을 따라 적용 가능성이 크다.

3. 해류발전



바닷물의 흐름을 이용하는 방식으로, 해저에 터빈을 설치한다. 바람보다 밀도가 큰 물의 흐름을 이용하기 때문에 발전량이 상당하지만, 해저 설치·유지 비용이 높다.

4. 해양온도차 발전(OTEC)

해수 표층과 심층의 온도 차이를 활용한다. 열대 해역에서 잠재력이 크지만, 아직 상용화 초기 단계에 머물고 있다.

◎ 장점과 한계

장점	<ul style="list-style-type: none">- 자원이 방대하며, 해안선을 가진 국가에서 활용 잠재력이 매우 큼- 일부 방식(조력)은 예측 가능성이 높아 안정적 발전 가능
한계	<ul style="list-style-type: none">- 발전 단가가 아직 높아 경제성 낮음- 해양 생태계, 어업 활동에 영향을 줄 수 있음- 해상 설비의 내구성과 유지보수 비용이 큼



07

지열에너지



◎ 개념

지열에너지는 지구 내부의 열을 활용하는 에너지원이다. 마그마 활동이 활발한 화산 지대에서는 지열 증기를 직접 이용한 발전이 가능하며, 지열 히트펌프는 전 세계적으로 보급되어 냉난방에 활용되고 있다.

지열 발전 방식은 크게 세 가지로 나뉜다.

1. 건식 증기 발전(Dry Steam)



지하에서 직접 증기를 끌어올려 터빈을 돌리는 방식이다.

2. 플래시 증기 발전(Flash Steam)



고온의 지하수를 지상에서 감압하여 증기를 발생시킨 뒤 발전에 활용한다.

3. 이진 사이클 발전(Binary Cycle)

온도가 낮은 지열수의 열을 이용해 저비점 액체를 증발시켜 터빈을 돌리는 방식이다.

◎ 장점과 한계

장점	<ul style="list-style-type: none">- 기상 조건에 영향을 받지 않고 안정적인 공급 가능- 난방·온수 등 다목적으로 활용 가능- 에너지 자립도가 높은 지역 단위 전원으로 적합
한계	<ul style="list-style-type: none">- 특정 지질 조건에서만 가능하므로 입지 제약이 큼- 지열수 과다 이용 시 지반 침하, 수질 오염 우려가 있음- 초기 개발 비용이 크고, 탐사 실패 위험 존재

08

폐기물에너지



◎ 개념

폐기물에너지는 생활 쓰레기나 산업 폐기물을 단순 소각하거나 가스화하여 전력·열을 생산하는 방식이다. 에너지 생산과 동시에 폐기물 처리 문제를 해결할 수 있다는 점에서 환경적·사회적 가치가 크다.

대표적 방식으로는 소각 발전, 폐기물 가스화, 폐기물 메탄발효가 있다. 소각 발전은 폐기물을 연소하여 얻는 열을 전력 생산에 활용하며, 가스화는 산소와 수증기를 제한적으로 주입해 합성가스를 얻는 방식이다. 메탄발효는 음식물 쓰레기나 하수 슬러지와 같은 유기성 폐기물을 혐기성 소화 과정을 거쳐 바이오가스로 전환한다.

◎ 장점과 한계

<p>장점</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기물 처리와 에너지 생산을 동시에 달성할 수 있음 - 화석연료 대체 효과와 자원 순환에 기여 - 도시 근처에서 운영이 가능하여 송전 손실이 적음
<p>한계</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 소각 과정에서 다이옥신, 중금속 등 유해물질 발생 가능성이 있음 - 지역 주민의 환경·건강 우려로 사회적 수용성이 낮을 수 있음 - 재활용 가능한 자원까지 에너지화할 경우 자원 순환 정책과 충돌할 수 있음

입문자를 위한

신재생에너지 개론

초판 발행 · 2024년 1월 1일

지은이 · 포스코 미래창조아카데미

펴낸이 · 포스코 미래창조아카데미

펴낸곳 · 포스코 미래창조아카데미

홈페이지 · <https://www.posco.co.kr/>

- 잘못된 책은 위의 홈페이지를 통해 문의주시기 바랍니다.
- 이 책에 실린 모든 내용, 디자인, 이미지, 편집 구성의 저작권은 (주)포스코 미래창조아카데미에 있습니다.
- 이 책은 허락 없이 복제할 수 없습니다. 혹시 이 책이 무단 게재되거나 스캔본이 유통되는 경우 한국저작권보호원에 신고해 저작권자를 보호해 주십시오.
(한국저작권보호원 불법복제물 신고 전화 1588-0910, <https://www.copy112.or.kr>)