



# 폐자원에너지화를 위한 가스화 기술의 활용



2021. 01. 20

고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터

구 재 회 연구위원

# 발표 순서

1

폐자원 가스화 기술 개요

2

국외 폐자원 가스화 기술 현황

3

국내 폐자원 가스화 기술 현황

4

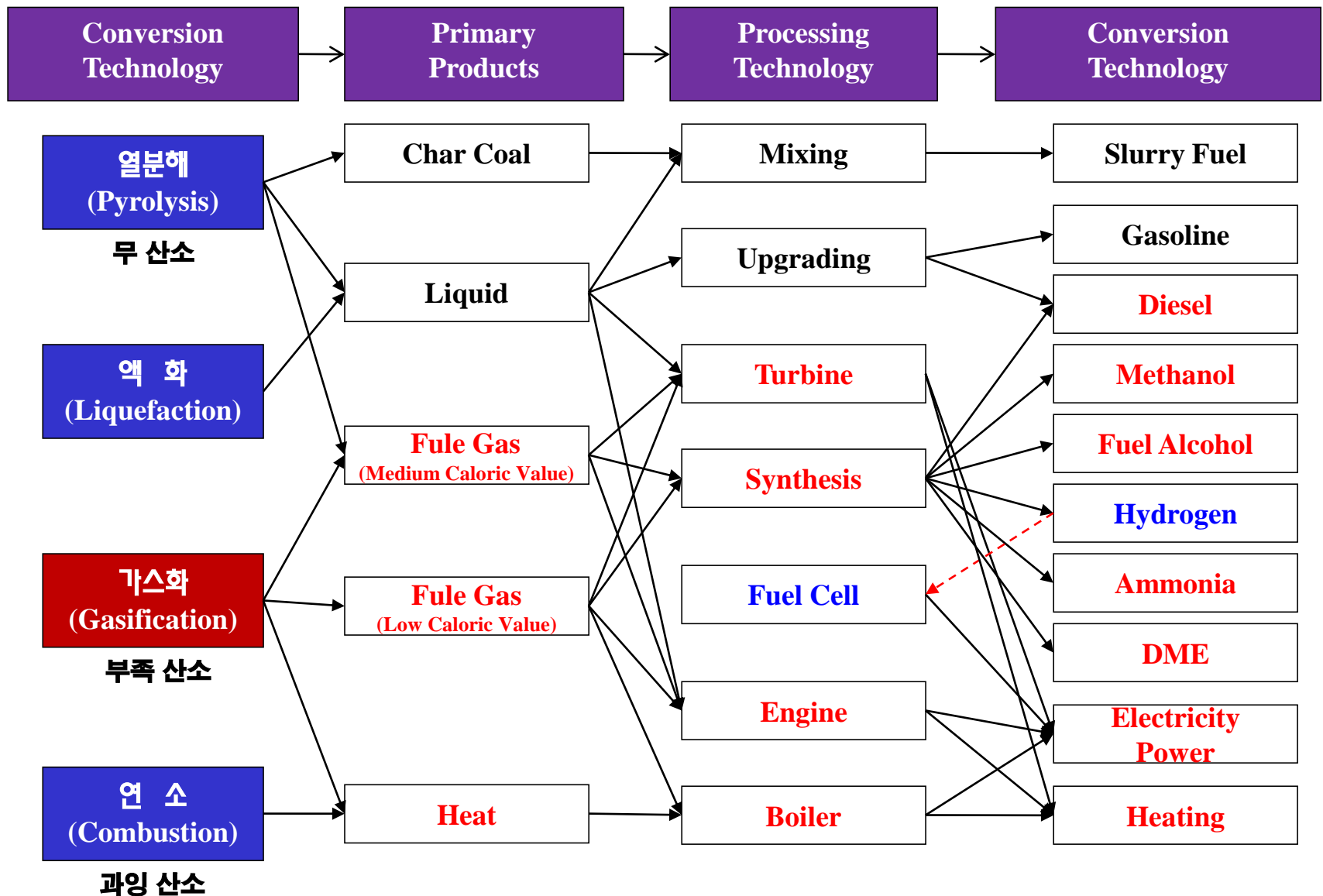
국내 폐자원에너지(가스화) 기술개발 로드맵 현황

5

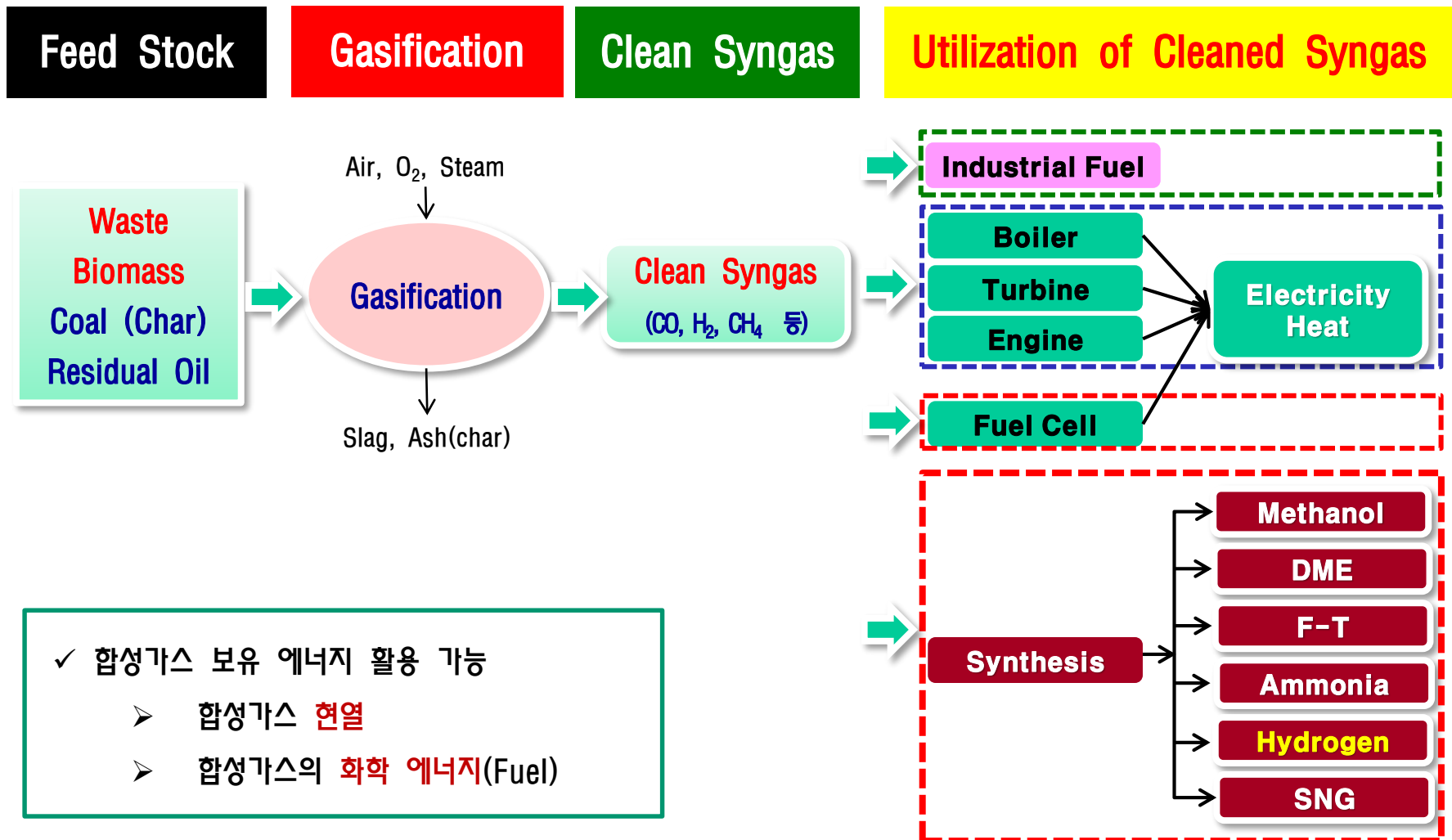
맺 음 말

# 1. 폐자원 가스화 기술 개요

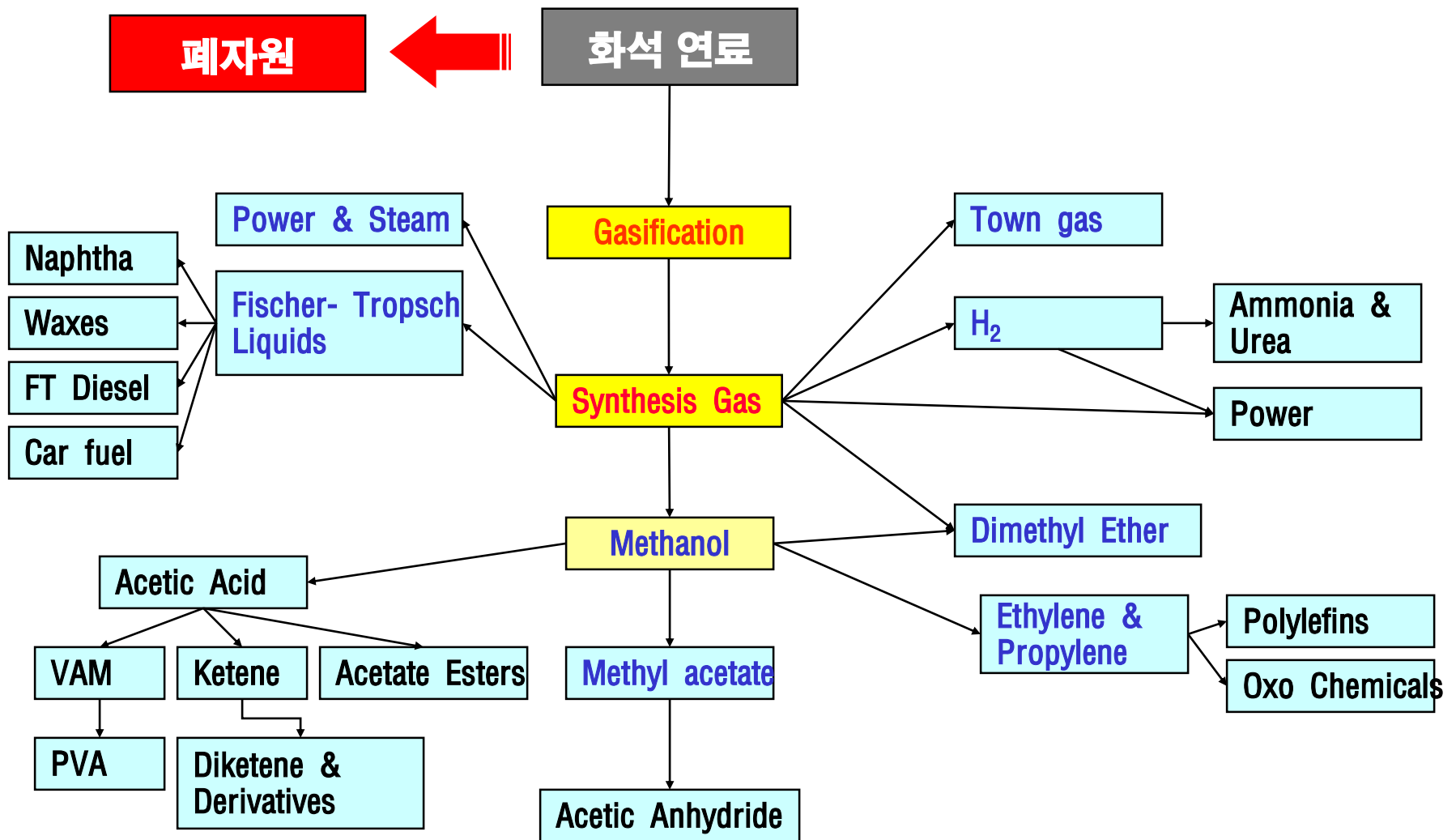
# 폐자원의 열적 에너지화 기술



# 폐자원 가스화 합성가스의 활용 – Energy & Chemical



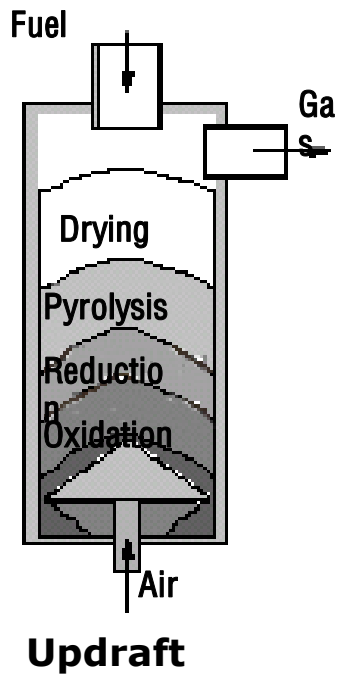
# 합성가스의 활용 방안



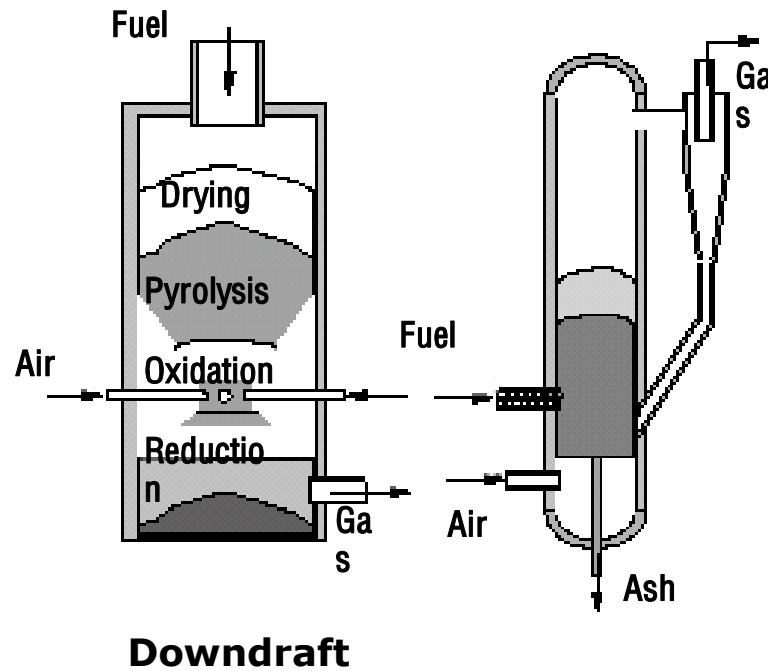
# 가스화 – 반응기의 종류

## 가스화 반응기의 종류 및 특징

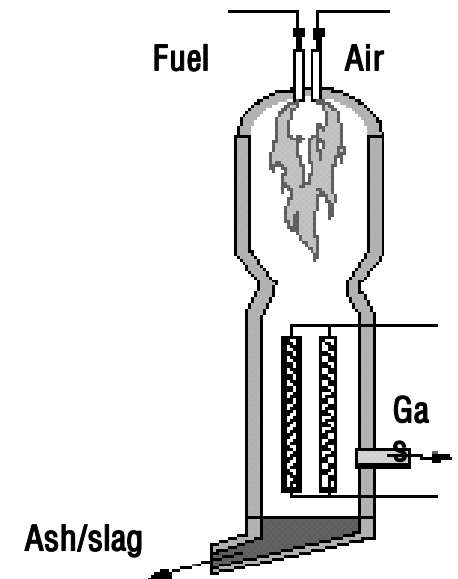
**Fixed bed type**



**Fluidized bed type**



**Entrained bed type**



# 가스화 / 용융 기술 – Near Zero Emission

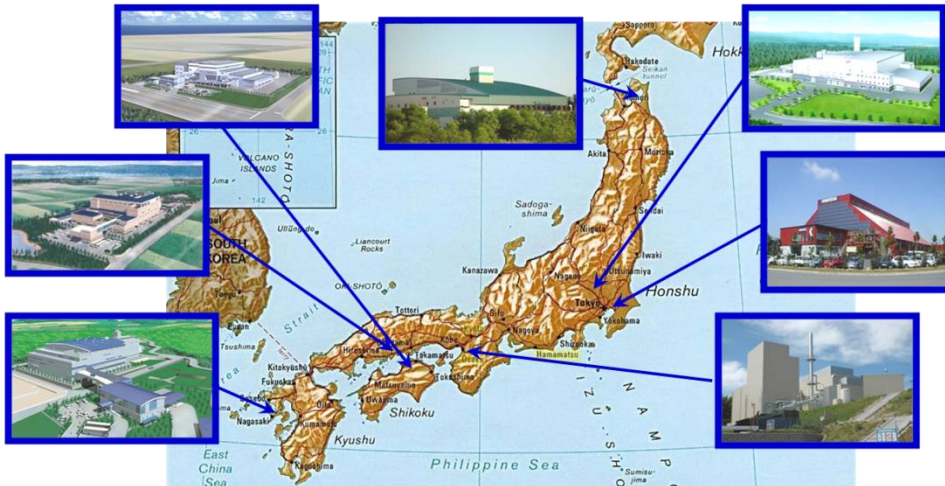
- ❑ 폐기물 처리시스템의 (Near Zero Emission) 실현 가능
- ❑ 대기 오염물질 처리 가스량 저감
  - ✓ 소각대비 1/6 수준 (순산소 가스화 기준)
- ❑ 오염물질 저감(Near Zero Emission)
  - ✓ 오염물질 사전 제거 공정 도입으로 Clean Syngas 생산
    - 오염물질 및 미세먼지 저감
    - 소각 대비 90~99% 저감 (합성가스 이용 Fuel & Chemical 생산 조건 -> 無 굴뚝)
  - ✓ 산소가 부족한 환원분위기 가스화로 : low SOx / NOx (거의 생성되지 않음)
  - ✓ 황성분 : H<sub>2</sub>S로 발생, 황산/유황으로 회수 가능
  - ✓ 1400℃ 고온의 환원성 분위기에서 유기물질 완전분해 및 재합성 방지
- ❑ 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출량 저감
  - ✓ 소각 대비 CO<sub>2</sub> 발생량 10% 저감
  - ✓ CO<sub>2</sub> 고농도(90% 이상) 회수로 CCU 적용 용이
- ❑ 순산소 가스화/용융 방식
  - ✓ 바닥재 : 용융 Slag로 생산(재활용) -> 無 매립

## 2. 국외 폐자원 가스화 기술 현황

# 폐기물 순산소 가스화/용융 상용플랜트 – TS(스위스)

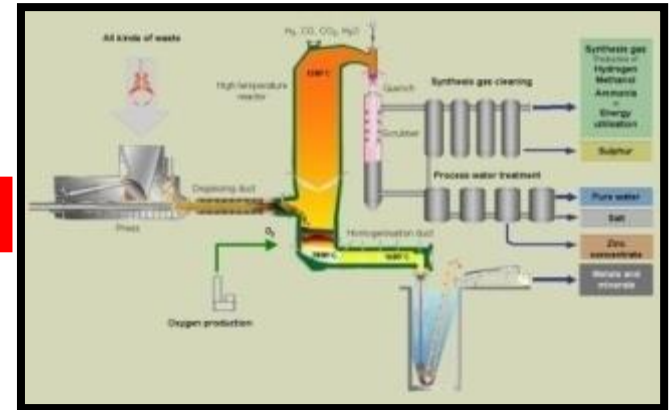
## ■ 일본, 폐기물 가스화/용융 플랜트 상업운전 현황

### Projects in Japan



*With six plants operating and one more in construction, the Thermoselect technology is very successful in Japan*

- ✓ 150톤/일 x 2기(일본千葉市 : 2000년 설치/운전)
- ✓ 70톤/일 x 2기(일본Mutsu : 2003년 설치/운전)
- ✓ 185톤/일 x 3기(일본Kurashiki : 2004년 설치/운전)
- ✓ 100톤/일 x 3기(일본Nagasaki : 2005년 설치/운전)
- ✓ 225톤/일 x 2기(일본Yorii : 2006년 설치/운전)



상업운전 폐기물 가스화 플랜트 공정도



# 폐기물 순산소 가스화/용융 상용플랜트 – EUP

일본, UBE사 폐기물 가스화 합성가스 연료/원료 회수 기술개발

Pilot

실증(30t/d)

상용화 (70t/d)

사업화 (200t/d)

일본, NEDO 재생에너지 기술개발 사업 – 폐기물 가스화 시스템 Pilot 개발

일본, NEDO 재생에너지 기술개발 사업 – 폐기물 가스화 시스템 30 ton/d급 실증 개발

일본, 폐기물 가스화 시스템 70 ton/d급 scale up 개발



쇼와덴코(Sowa Denko) 폐기물 가스화-수소 생산을 통한 → **암모니아 생산**  
(폐플라스틱 200 ton/day, **암모니아** 생산량 195 ton/day)

폐기물 가스화 플랜트



CO<sub>2</sub> 분리 + 암모니아 생산



# 폐기물 순산소 가스화/용융 상용플랜트 – EUP

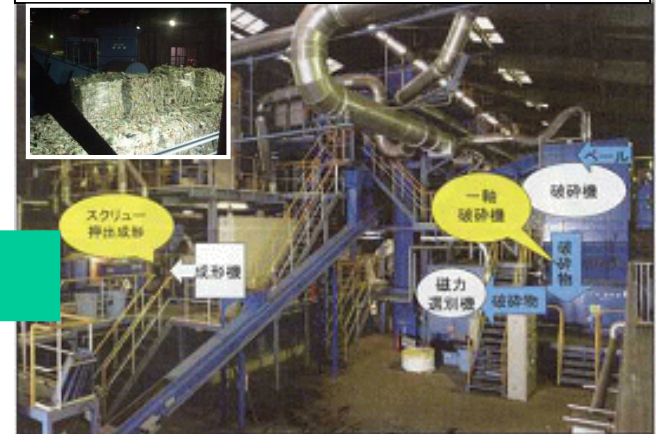
**쇼와덴코(Sowa Denko) 페플라스틱 가스화+암모니아 생산시설**  
**(페플라스틱 200 ton/day, 암모니아 생산량 195 ton/day)**

## 200 t/d 페플라스틱을 고형연료제조+가스화+암모니아 생산 공정



**RPF 가스화 플랜트 : 합성가스( $\text{CO} + \text{H}_2$ )생산**

## RPF 제조 플랜트



## CO<sub>2</sub> 분리 + 암모니아 생산

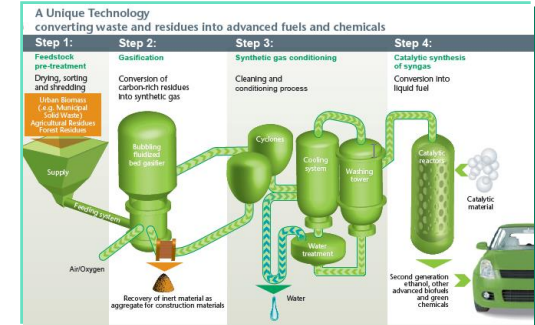


# 폐기물 순산소 가스화/용융 상용플랜트 – Enerkem

## Westbury, Quebec(Canada)



- ✓ Enerkem의 최종 상업용 플랜트
- ✓ 대상물질 : 폐목재, MSW (20 ton/d)
- ✓ 가스화 플랜트 건설 : 2001.10-2008.12
- ✓ 상업운전 : 2009
- ✓ Products : **Methanol, Acetates, Ethanol**
- ✓ 생산량 : 5 million liters /yr



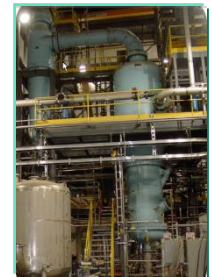
## Edmonton, Alberta(Canada)



- ✓ 대상물질 : MSW (Edmonton시와 25년간 계약)
- ✓ MSW 처리용량 : 100,000 ton/yr  
(재활용/퇴비화 포함)
- ✓ 가스화 플랜트 건설 : 건설(2010-2012)
- ✓ 상업운전 : 2013년
- ✓ Products : **Methanol, Ethanol**
- ✓ 생산량 : 36 million liters /yr



MSW전처리



가스화로



합성가스 정제



메탄올 전환

# 폐기물(SRF) 및 폐목재(우드칩) 혼합 가스화 발전 사례

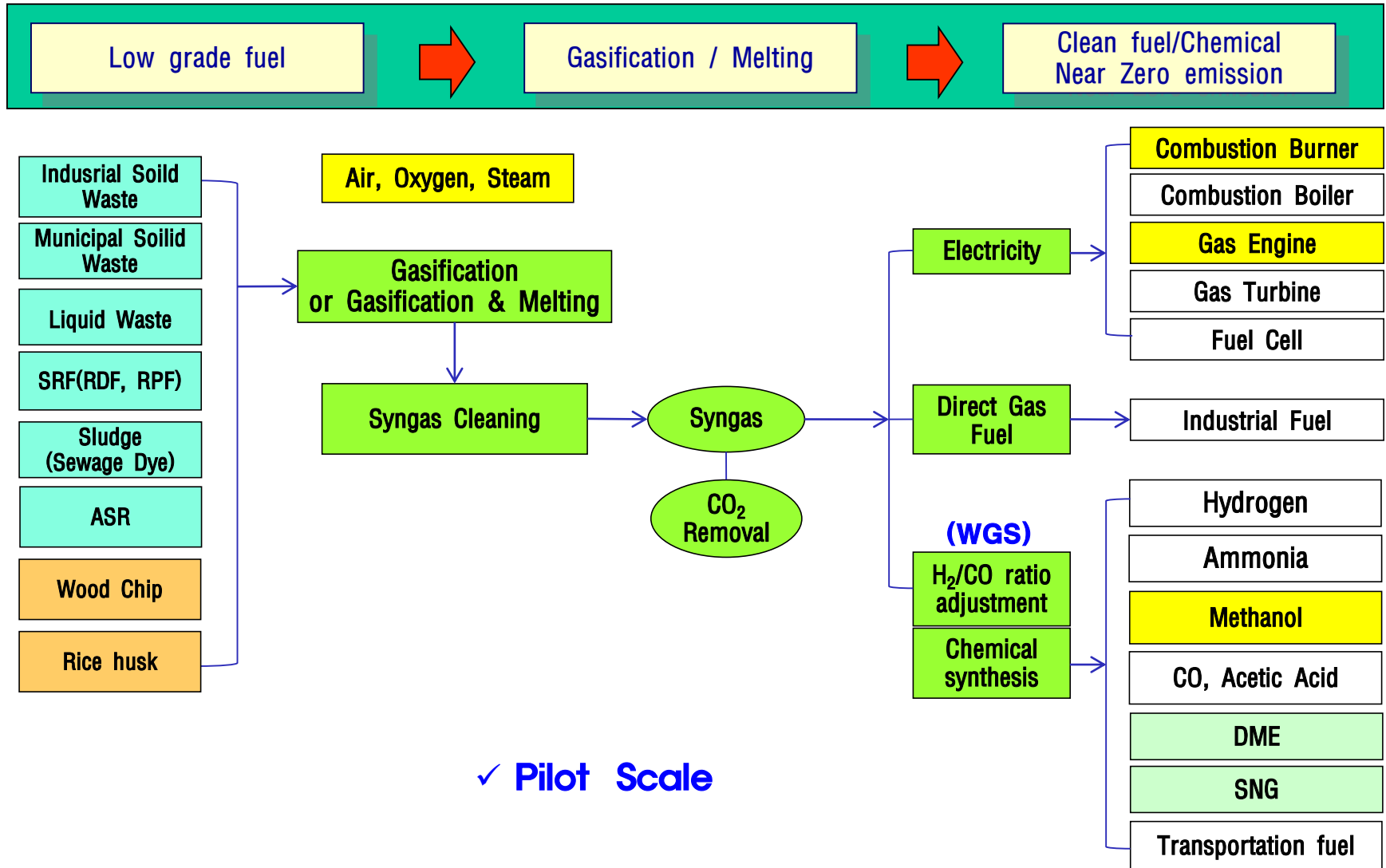
## ❖ 프랑스, CHO Power, SRF/Bio-SRF 가스화 열병합발전 플랜트

✓ 150 t/d 고정층 가스화-정제-가스엔진 발전, 10 Mwe 전력생산, 18MWth 온수 생산



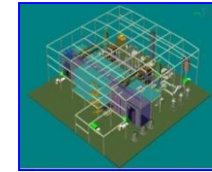
### 3. 국내 폐자원 가스화 기술 현황

# 국내 폐자원 가스화, 합성가스 활용기술 개발 현황



# 국내 폐자원 가스화 기술개발 현황

- ✓ 국내 고유모델 상용규모 실증플랜트 개발 필요
- ✓ 현재 기술개발 개발 단계에서 민간주도 사업화 추진 한계성



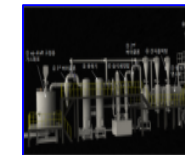
## 2013~ 2018

- ✓ SRF(폐기물) 공기/산소부화공기+스팀 가스화로-습식정제-가스엔진발전 시스템 개발 (8T/D급)
- ✓ 폐기물 순산소 가스화-합성가스 고온정제-개질-메탄올 전환 기술 개발 (200Nm<sup>3</sup>/hr급)
- ✓ 사업장폐기물 순산소 가스화를 통한 고품질 합성가스 생산기술 개발(100T/D급 설계 기술개발)
- ✓ 염색슬러지-왕겨 혼합 공기+스팀 촉매 유동층 가스화 기술개발 (2T/D급)
- ✓ 생활폐기물 공기사용 전처리-가스화-가스엔진 발전 기술 개발 (0.5T/D급 & 30T/D급)



## 2009~ 2012

- ✓ 바이오매스(왕겨) 공기 가스화로-습식정제-가스엔진 발전시스템개발(20T/D급)
- ✓ 건조슬러지 공기 가스화 합성가스 생산 및 습식정제 시스템 개발(Pilot급)
- ✓ 순산소 가스화 합성가스의 재생원료(CO)의 초산 원료화 네트워크 타당성 연구



## 2007~ 2009

- ✓ 순산소 폐기물 합성가스 활용을 위한 H<sub>2</sub>/CO 생산비 제어기술개발(Pilot급)
- ✓ 순산소 사업장폐기물/탈수슬러지 혼합 가스화 합성가스 생산기술개발(Pilot급)
- ✓ 순산소 연계 폐기물 합성가스 순산소 연소 버너 개발 (Pilot급)

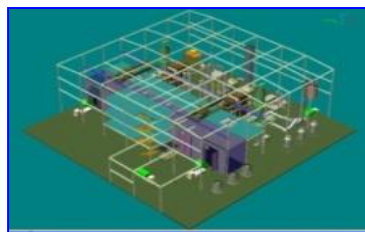


## 2000 ~ 2007

- ✓ 폐기물 순산소 폐기물 가스화 용융로 및 합성가스 습식정제 기술 개발 (Pilot급)
- ✓ MSW, ISW, ASR, RDF, RPF, 액상폐기물(폐유 등) 등



# 국내 폐자원 순산소 가스화/용융 기술개발 수준



2012년 ~ 2015년

- 100 T/D급 폐기물 합성가스 플랜트 설계 기술 개발

2011년 ~ 2014년

- 100 Nm<sup>3</sup>/h급 폐기물 합성가스로부터 메탄올 전환기술 개발 완료 (275 °C, 60bar)

2009년 ~ 2011년

- 복합폐기물 합성가스 이용 화학원료 회수 타당성 평가

2007년 ~ 2009년

- 합성가스 활용 H<sub>2</sub>/CO 생산비 제어기술 개발

2000년 ~ 2007년

- 가연성 폐기물 대상의 민간주도 및 국가주도 Pilot 규모(1~5톤/일급) 가스화기 개발



가스화 type 1



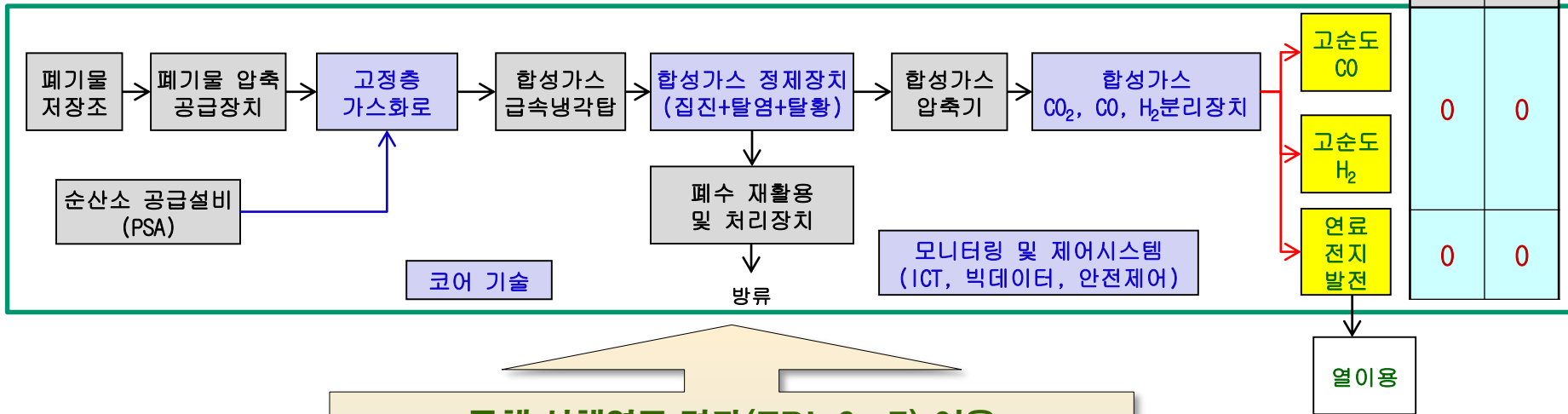
가스화 type 2



가스화 type 3

# 국내 폐자원 순산소 가스화/융용 기술개발 수준

폐자원 50 ~ 100 T/D : 고순도 CO, H<sub>2</sub> 생산 및 열병합 플랜트 개발 필요



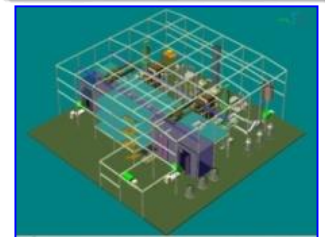
타겟 시장	
국내	해외
0	0
0	0

국책 선행연구 결과(TRL 6~7) 이용  
50 ~ 100 T/D Plant 상용규모 실증플랜트 개발

TRL 6 완료 : 폐기물 합성가스 생산 Pilot Plant (5 T/D급)



TRL-7 :  
100 T/D급 기본설계



# 국내 폐자원 열분해(무산소)-가스화(순산소) 기술개발 사례

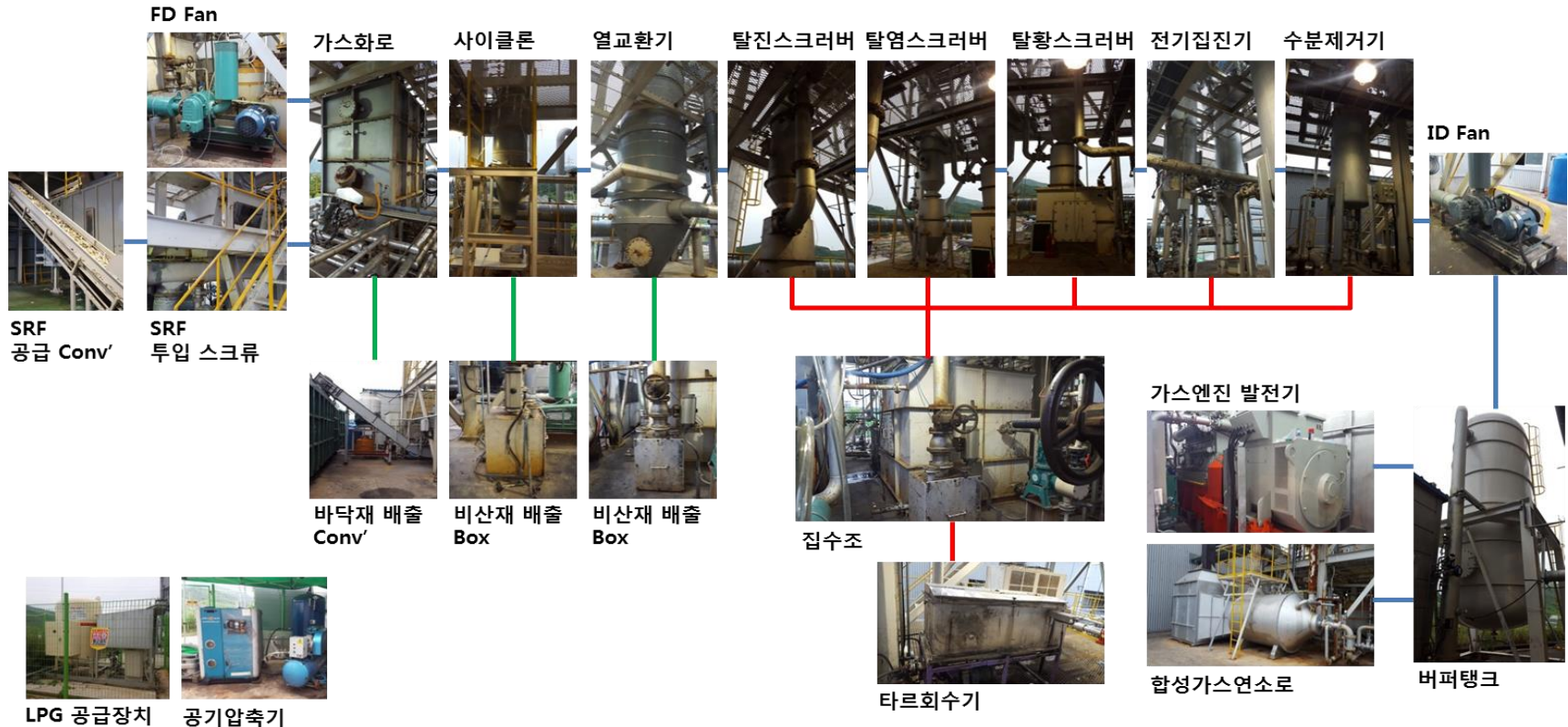
◆ 24톤/일급 의료폐기물 열분해(RK) + 가스화(분류층) + Ash 응용



# 국내 폐자원 공기/산화부화공기 고정층 가스화 기술개발 사례

## ❖ 8 톤/일급, SRF 가스화-합성가스 정제-가스엔진 발전 플랜트

- Down-draft 가스화로(Up-draft 운전가능) + Updraft 개질로 일체형
- 산화제 : 공기, 공기-스팀, 산소부화공기-스팀
- 2013년-2015년 Bench급 개발(8TPD설계, 제작/시운전), 2016년-2018년 upgrade개발(설비개선/시운전)
- 2016년 14일 이상 연속운전 달성 (공기+스팀), 2018년 7일 이상 연속운전 달성 (산소부화공기+스팀)



# 국내 폐자원 공기 유동층 가스화 기술개발 사례

## ◆ 혼합 바이오매스(왕겨-염색슬러지) 유동층 가스화

- ✓ 촉매 유동층 가스화 시스템
- ✓ 설비용량 : 2 톤/일급
- ✓ 산화제 : 공기 + 스팀



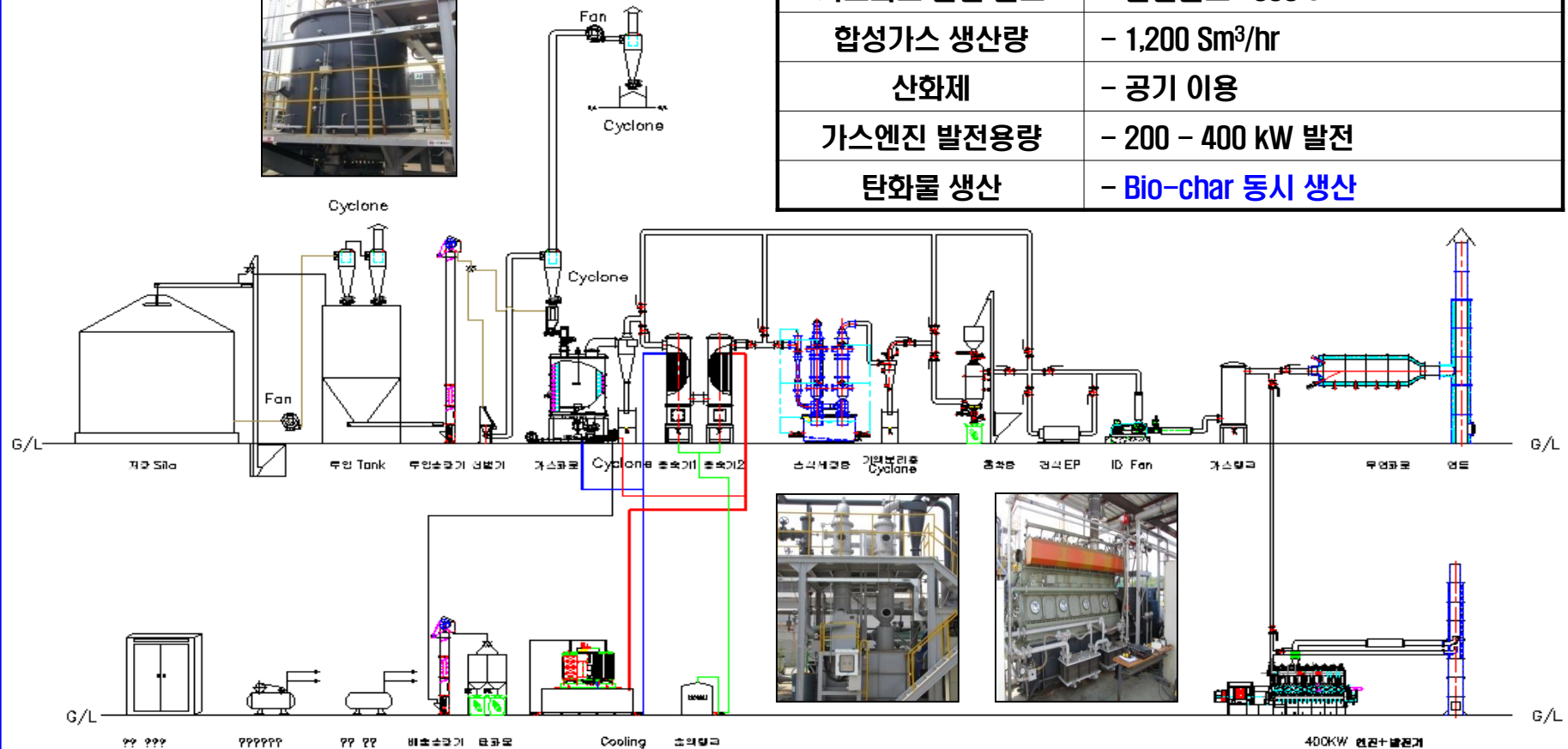
## ◆ 하수슬러지 유동층 가스화

- ✓ 건조 하수슬러지 Dual 유동층 가스화 시스템
- ✓ 설비용량 : 10 톤/일급 (탈수하수슬러지 기준)
- ✓ 산화제 : 공기



# 국내 바이오매스(왕겨) 가스화 기술개발 사례

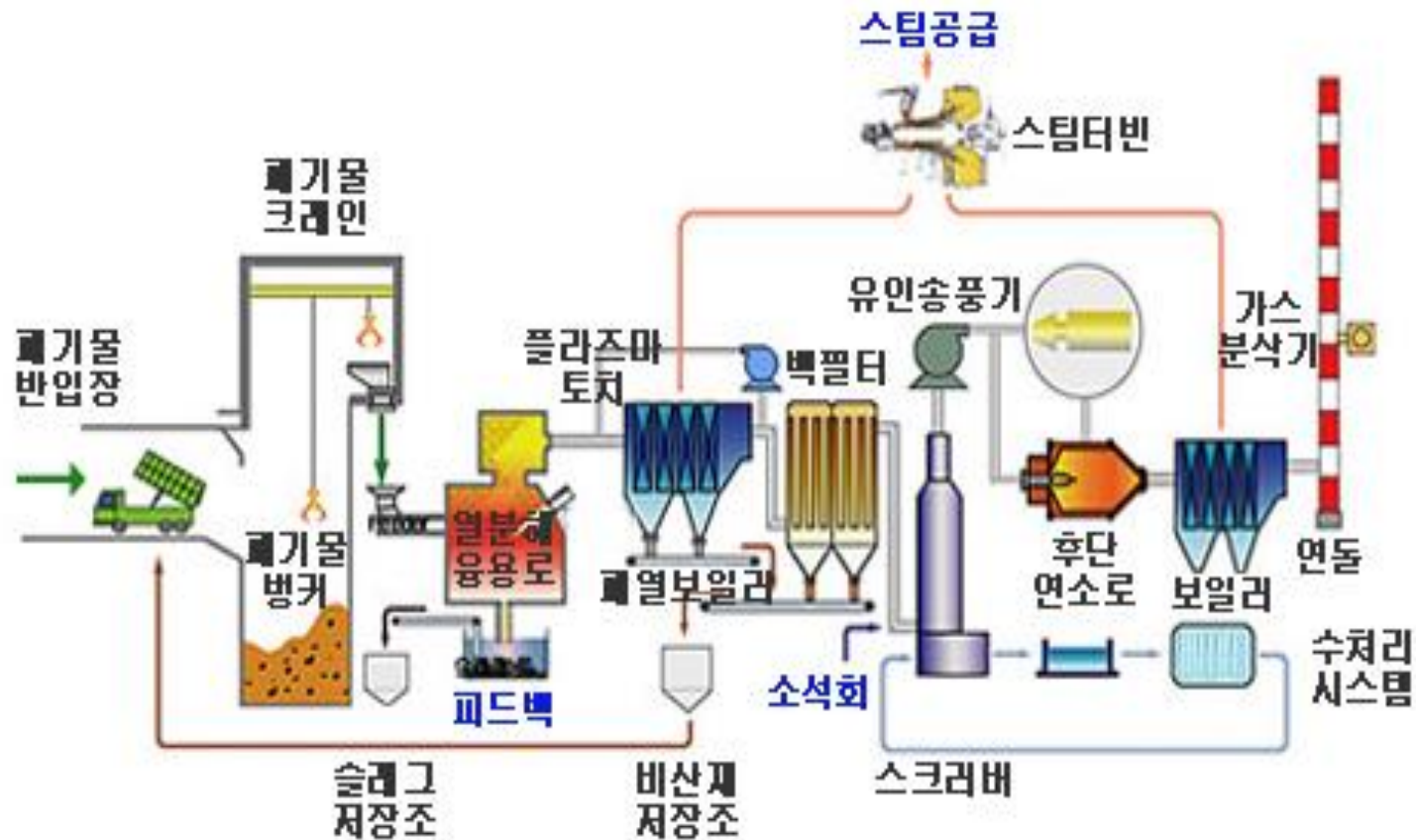
## ◆ 공기사용 고정층 왕겨 가스화 발전 시스템 (20톤/일급)



구분	설계 기준
설계 용량	- 20톤/일급 용량 (24시간 연속운전)
가스화로 운전 온도	- 운전온도 : 850°C
합성가스 생산량	- 1,200 Sm <sup>3</sup> /hr
산화제	- 공기 이용
가스엔진 발전용량	- 200 - 400 kW 발전
탄화물 생산	- Bio-char 동시 생산

# 국내 폐자원 플라즈마 가스화/용융 기술개발 사례

10톤/일급 플라즈마 가스화 공정 (공기 사용)



# 국내 폐자원 열분해 가스화/소각 용융 시설 현황

구분	용량	수주업체	원천기술	방식	년도	비고
양산시	100톤/일 2기	포스코건설	NSC	샤프트로	2003	생활폐기물
양주시	100톤/일 2기	동부건설	R21	로타리킬른	2005	생활폐기물
고양시	150톤/일 2기	포스코건설	NSC	샤프트로	2006	생활폐기물
은평 뉴타운	48톤/일 1기	GS건설 +효성에바라	EBARA	유동층	2006	생활폐기물
판교	45톤/일 2기	한라산업개발	KOBELCO	유동층	2006	생활폐기물
화성시	150톤/일 2기	GS건설 +효성에바라	EBARA	유동층	2007	생활폐기물
청주	24톤/일 1기	에틴시스템	에틴시스템	RK+분류층	2007	감염성폐기물
양양	30톤/일 1기	한라산업개발	한라산업개발	고정층		생활폐기물
청송	10톤/일 1기	GS플라텍	GS플라텍	플라즈마	2008	생활폐기물

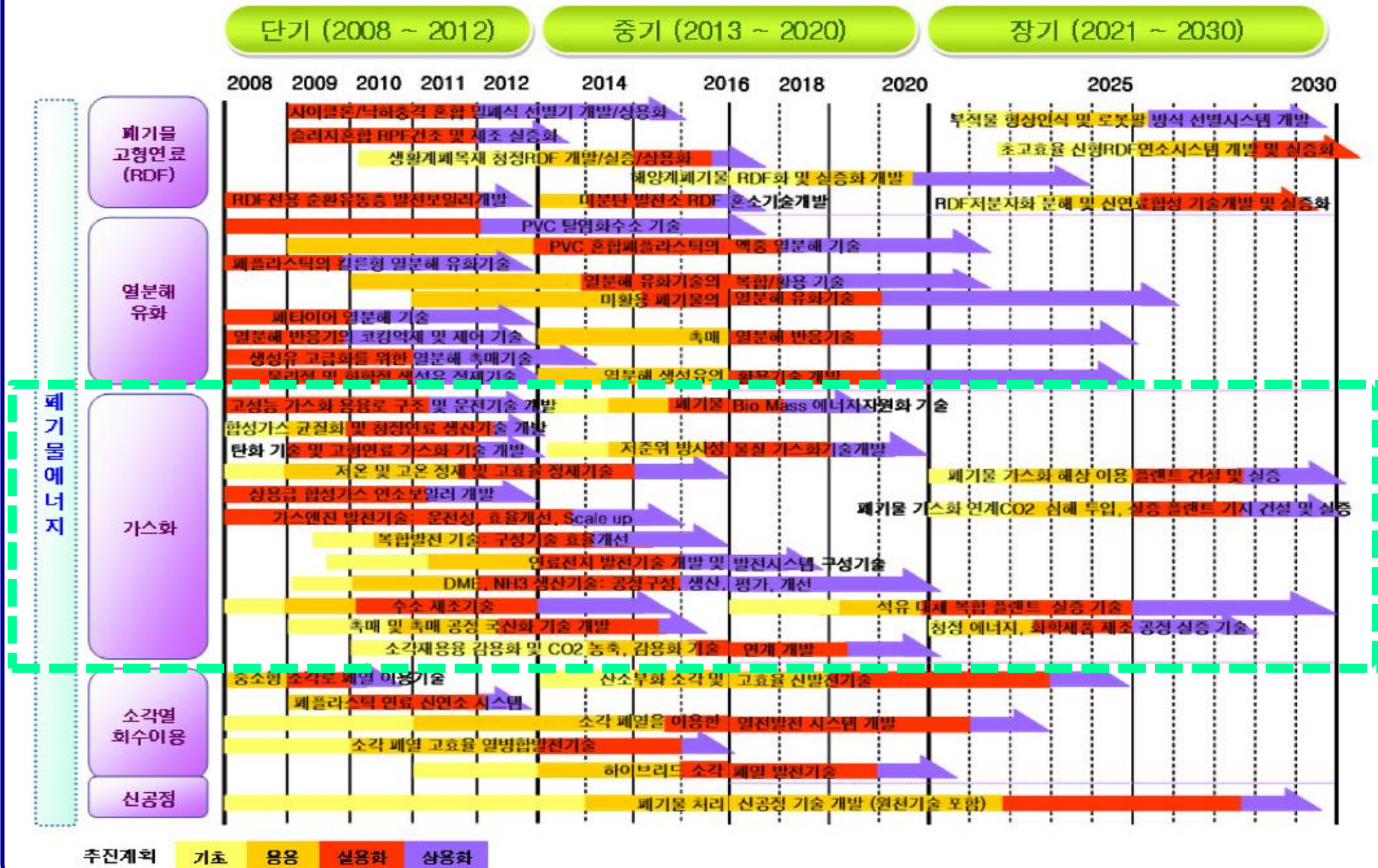
폐업  
소각 운영  
가동 종료

✓ 국내 설치 운영되고 있는 폐기물 가스화 용융시설의 합성가스 이용 현황

➤ 합성가스 연소 => 보일러 + 스팀 생산 + 스팀발전 및 지역난방 온수공급

## 4. 국내 폐자원에너지(가스화) 기술개발 로드맵 현황

# 신재생에너지 RD&D 전략 2030 – 폐기물, 2008, 산자부



**신재생에너지 통합기술청사진(폐기물), 2008-2011, 지경부/산자부**

[illegible]

# 신재생에너지 통합기술청사진(폐기물), 2008-2011, 지경부/산자부

가스화

중분류

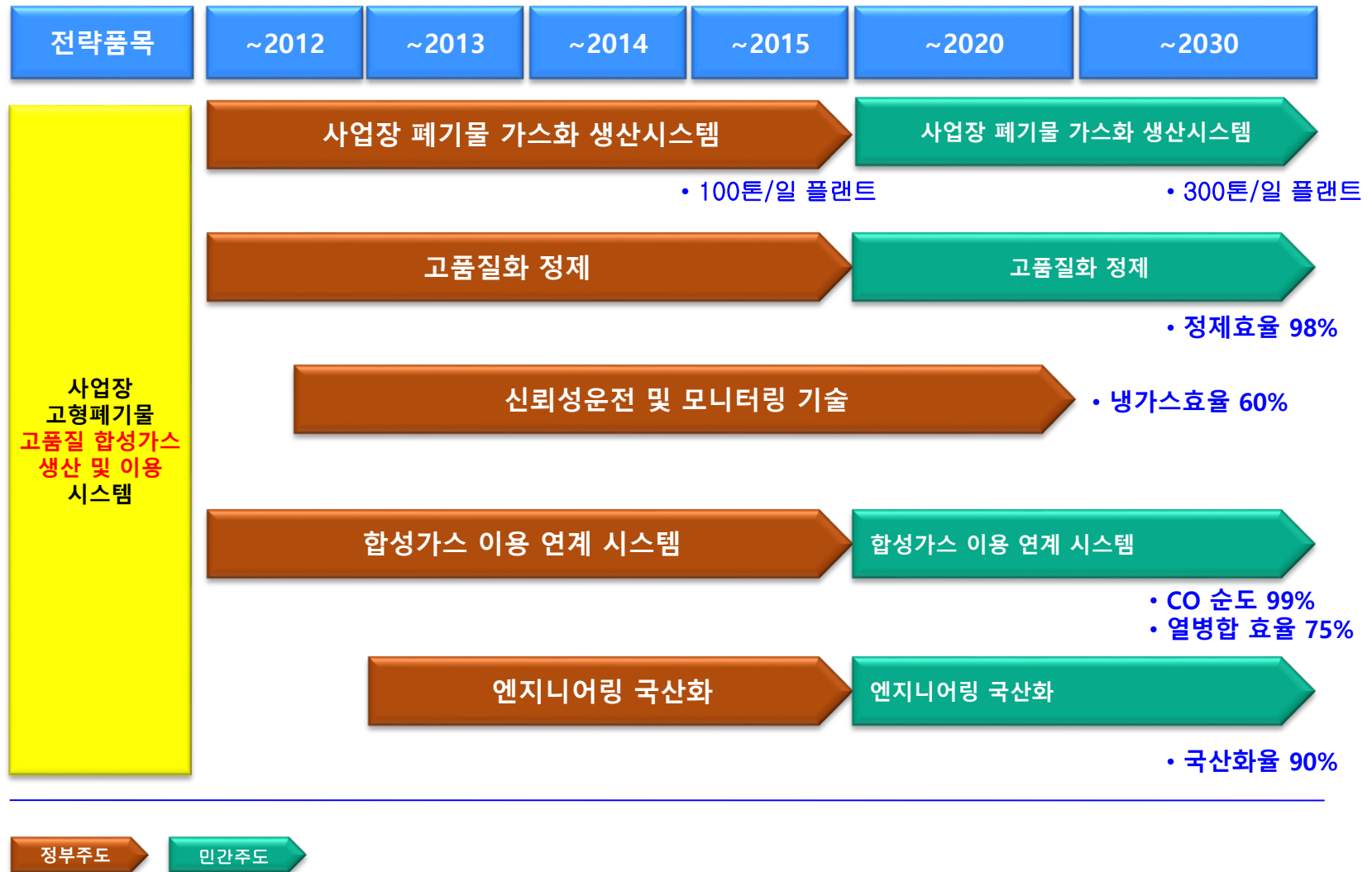
소분류

핵심기술

2017 년

가스화	가스화 기술	폐기물 가스화 시스템 핵심장치 제조 기술	신재생에너지G-3-1-1	기술수준(%)	90
		상용급 고성능 가스화 응용 및 신뢰성 운전기술	신재생에너지G-3-1-2	폐기물 가스화 규모(톤/일)	200
		생산 연료가스 품질 균질화 기술	신재생에너지G-3-1-3	냉가스효율(%)	60
		형질 고품질 생산을 위한 탄화기술 및 건조기술	신재생에너지G-3-1-4	탄소고정율(%)	80
		폐기물, 바이오매스 에너지 가스화 기술	신재생에너지G-3-1-5	가스화 시스템 규모(톤/일)	20
		저준위 방사성 폐기물 처리 가스화 기술	신재생에너지G-3-1-6	가스화 시스템 규모(톤/일)	20
	정제 기술	저온 및 고온, 고효율 정제기술	신재생에너지G-3-2-1	정제효율(%)	99.9
		고온정제 및 고효율 정제 실용화 기술	신재생에너지G-3-2-2	정제효율(%)	99.9
	복합발전 기술	가스엔진 발전 실용화 기술	신재생에너지G-3-3-1	단위 발전용량(kW)	1,500
		저발열량 합성가스 연소보일러 제조 기술	신재생에너지G-3-3-2	스팀 생산 규모(t/hr)	40
		연료전지발전 기술	신재생에너지G-3-3-3	단위 발전 용량(kW)	1,000
		가스엔진 발전 실용화 기술	신재생에너지G-3-3-4	발전 규모(kW)	1,500
		합성가스 이용 복합 발전 실용화 기술	신재생에너지G-3-3-5	복합 발전 규모(MW)	20
		연료전지발전 실용화 기술	신재생에너지G-3-3-6	발전 규모(kW)	1,000
	합성가스 이용 기술	DME 생산 실용화 기술	신재생에너지G-3-4-1	CO 전환율(%)	70
		NH3 생산기술	신재생에너지G-3-4-2	전환율(%)	90
		수소제조기술	신재생에너지G-3-4-3	수소 총괄 생산 효율(%)	50
		DME 생산 실용화 기술	신재생에너지G-3-4-4	합성가스 처리량(Nm3/hr)	10,000
		NH3 생산 실용화 기술	신재생에너지G-3-4-5	합성가스 처리량(Nm3/hr)	10,000
		수소제조 실용화 기술	신재생에너지G-3-4-6	수소 생산 용량(Nm3/hr)	1,500
		석유 대체 복합플랜트 실용화 기술	신재생에너지G-3-4-7	합성가스 처리량(Nm3/hr)	200
		연료가스 생산 바이오 융합기술	신재생에너지G-3-4-8	CH4 전환율(%)	70
	CO2 저감 안정화 연계기술	농축 CO2의 감응화 연계 기술	신재생에너지G-3-5-1	CO2 저감율(%)	40
	융용 기술	소각재 융용 감응화 기술	신재생에너지G-3-6-1	슬래그화율(%)	98

# 에너지기술개발(폐기물에너지) 전략로드맵 – 2012, 지경부



## 5. 맺음 말

# 가스화 기술의 필요성

## 폐자원의 사회적 이슈

- ✓ 폐플라스틱/폐비닐/하수슬러지의 활용 방안 모색 시급
- ✓ 고형연료에 대한 부정적인 인식 확산 및 소각세/매립세 도입

## 폐자원의 고부가가치 활용

- ✓ 폐자원에 대한 긍정적인 인식으로의 전환 필요
- ✓ 폐자원의 고부가가치 활용이 가능한 친환경 기술 도입 필요

## 폐자원의 청정가스 연료화

- ✓ 폐자원을 이용하여 LNG수준의 Clean Gas Fuel 생산

## 청정연료화 및 화학원료화

- ✓ Clean Syngas의 가스 자원화( $H_2$ ,  $CH_4$ , CO 등)
- ✓ 각 지역별 폐자원에서 고순도 수소 가스연료 생산 공급
  - 수소충전소, 수소 연료전지발전 등
- ✓ Clean Syngas의 액상 자원화(DME, 에탄올, 메탄올, 암모니아 등)
- ✓ 고농도  $CO_2$  농축으로 자원화 기술 적용 용이

## 사회 이슈 해소

- ✓ 온실가스 감축
- ✓ 미세먼지 등 문제 해소를 국민 생활환경 개선
- ✓ 일자리 창출 (국내시장 및 해외시장의 선도 가능한 기술)

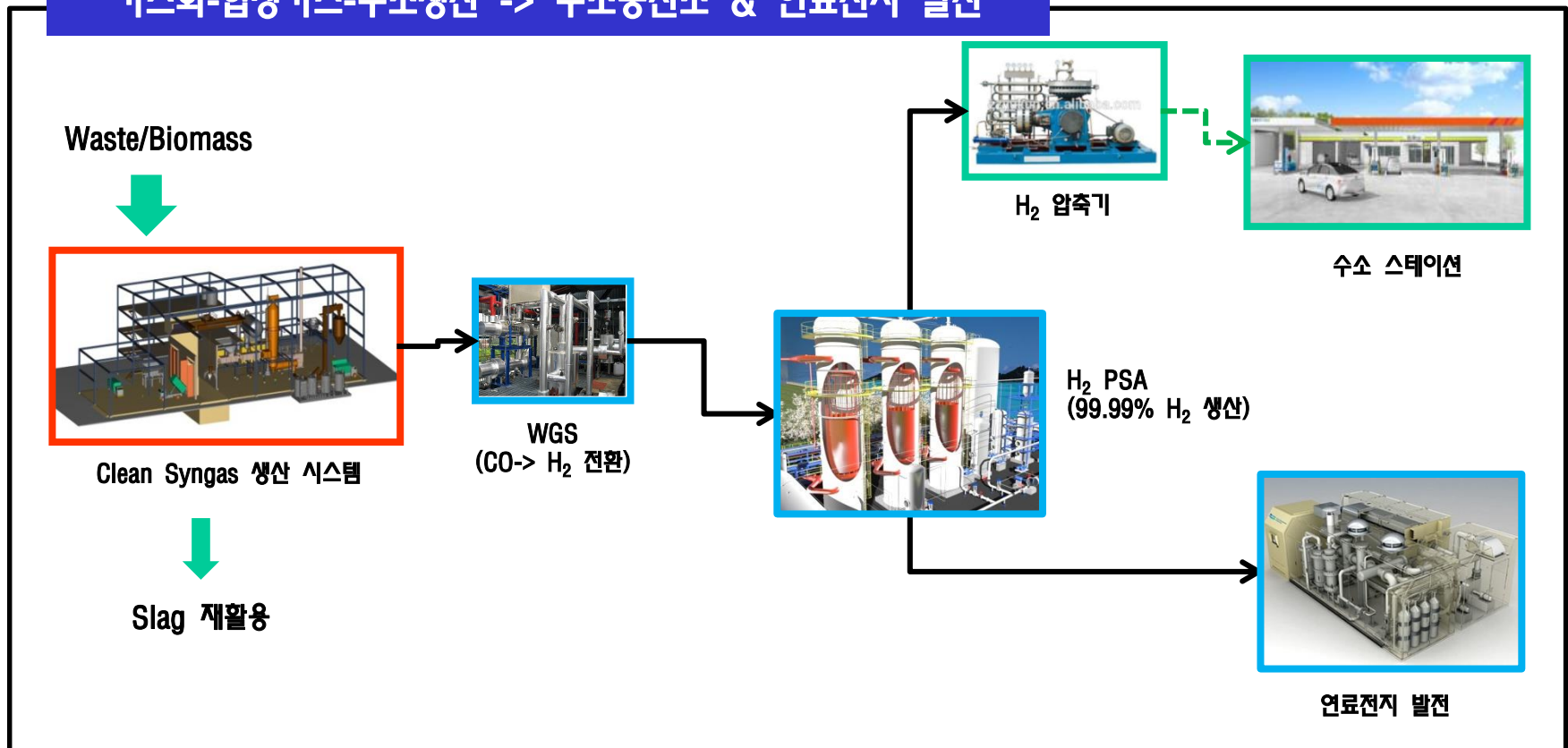


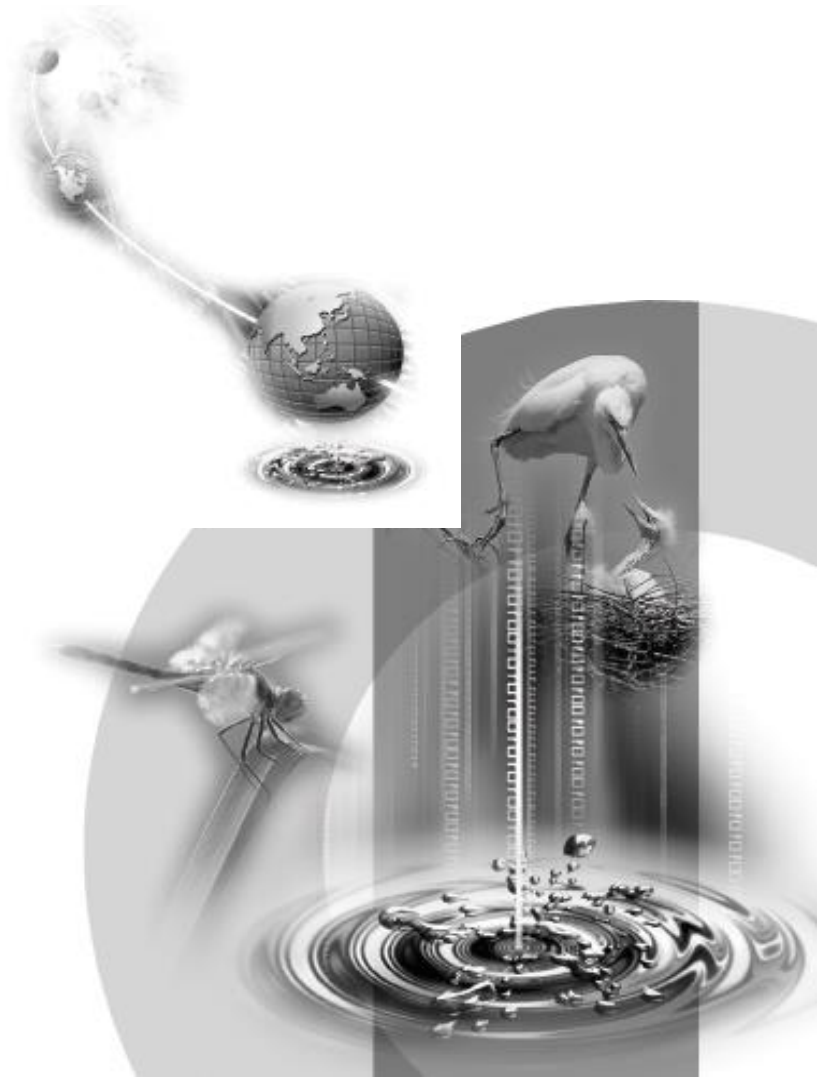
**폐자원 에너지전환 : 패러다임 변화 필요 -> 열화학적 재활용**

# 폐자원 가스화 수소 생산 (WtH)

❖ Waste / Biomass Gaification -> Clean Syngas -> Hydrogen

가스화-합성가스-수소생산 -> 수소충전소 & 연료전지 발전





# 감사합니다.

Jaehoi @iae.re.kr