

# 석탄가스화를 통한 석유화학 원료 대체 기술과 시장 동향

2013. 12. 13.

윤 용 승 박사

고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부 본부장

(Homepage) <http://pec.iae.re.kr>

# 발표 내용

1. 석탄 이용 전망과 방향

2. 석탄 가스화 개요 및 Syngas 기술/현황

3. 중국의 석탄가스화 활용 현황

4. 미국의 석탄가스화 활용 현황/프로젝트

5. 인도의 석탄가스화 활용 프로젝트

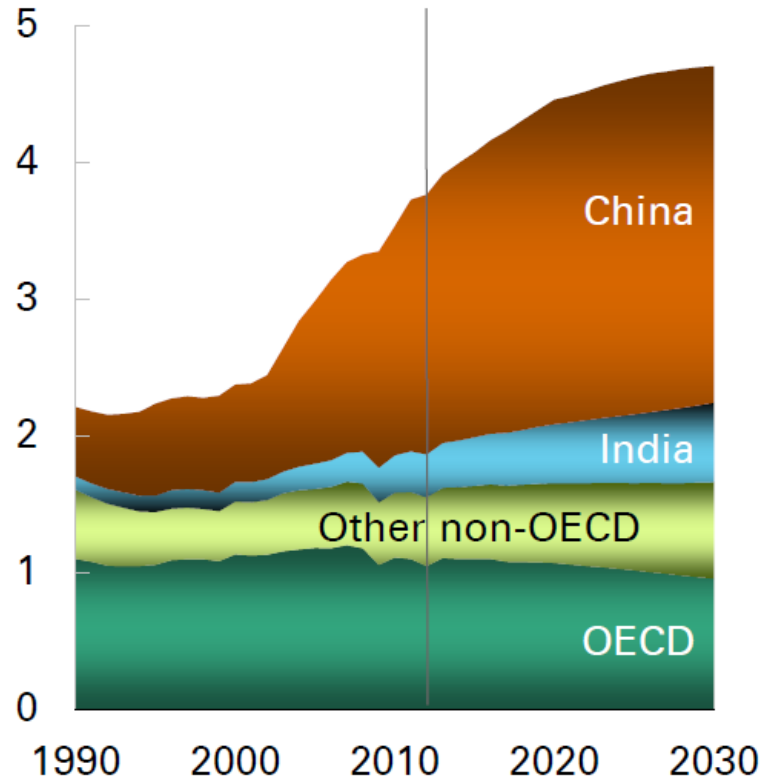
6. 저급탄 활용

# 1. 석탄 이용 전망과 방향

# 전 세계 석탄 수급 전망

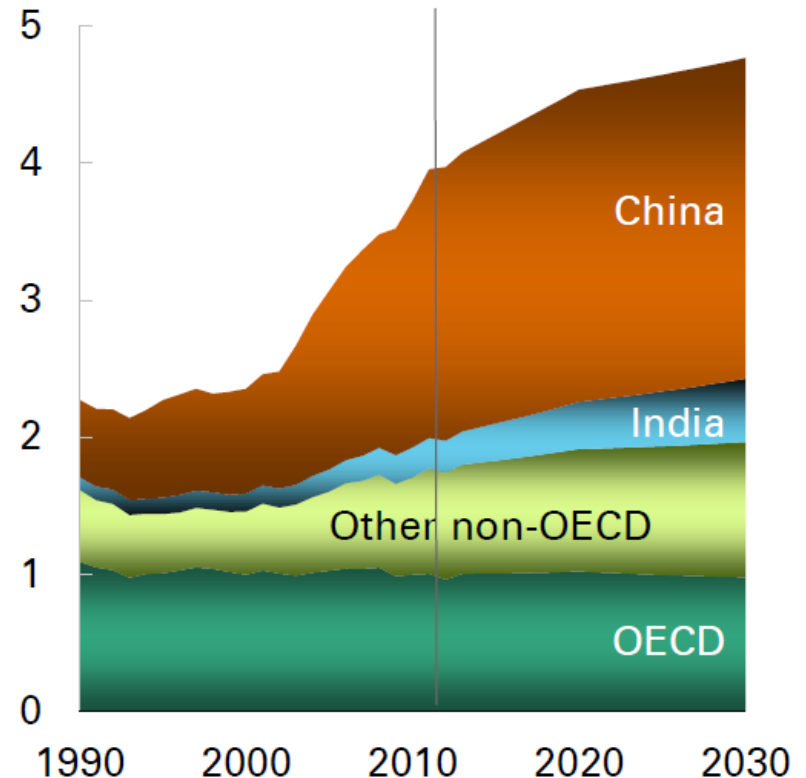
## Coal demand by region

Billion toe



## Coal supply by region

Billion toe

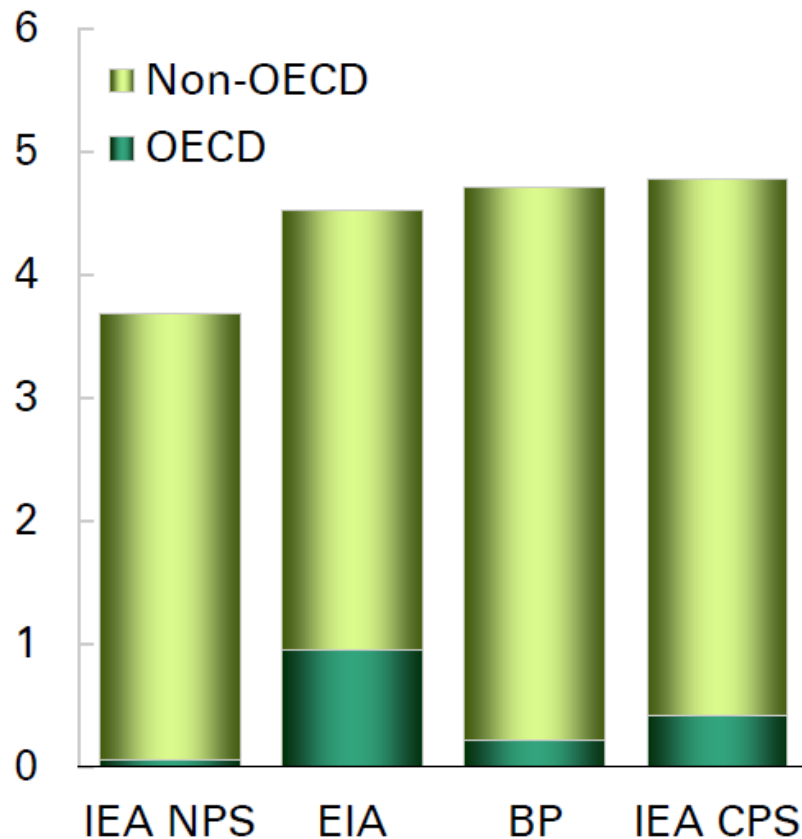


- 2020년 이후 석탄 사용량 증가 둔화

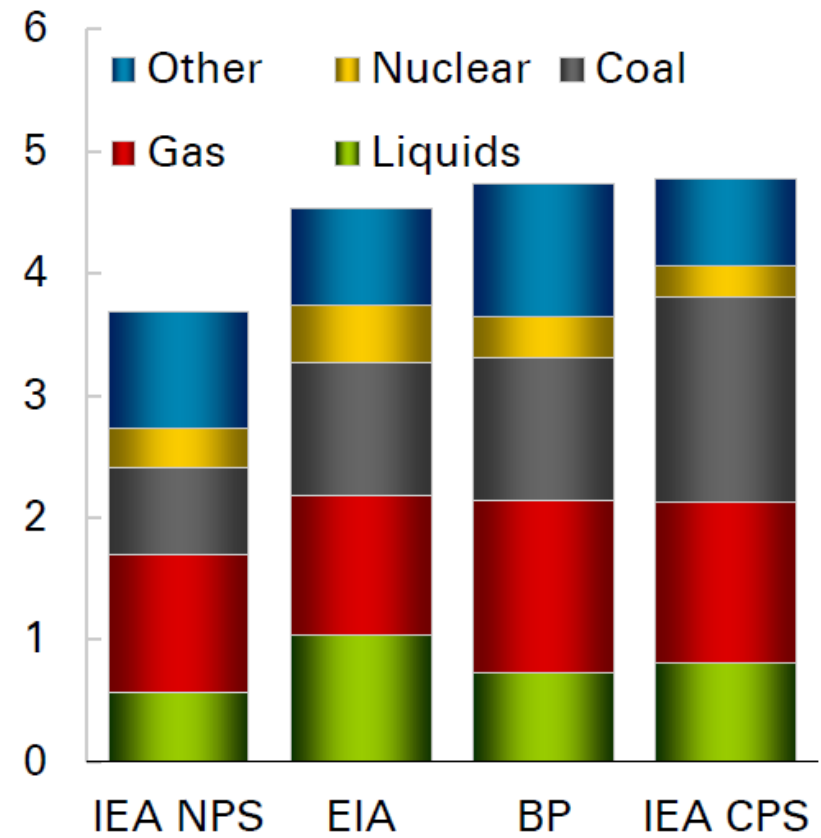
# 2010-2030년 기간 에너지 소비량 증가 예측 비교

Growth of energy consumption, 2010-2030

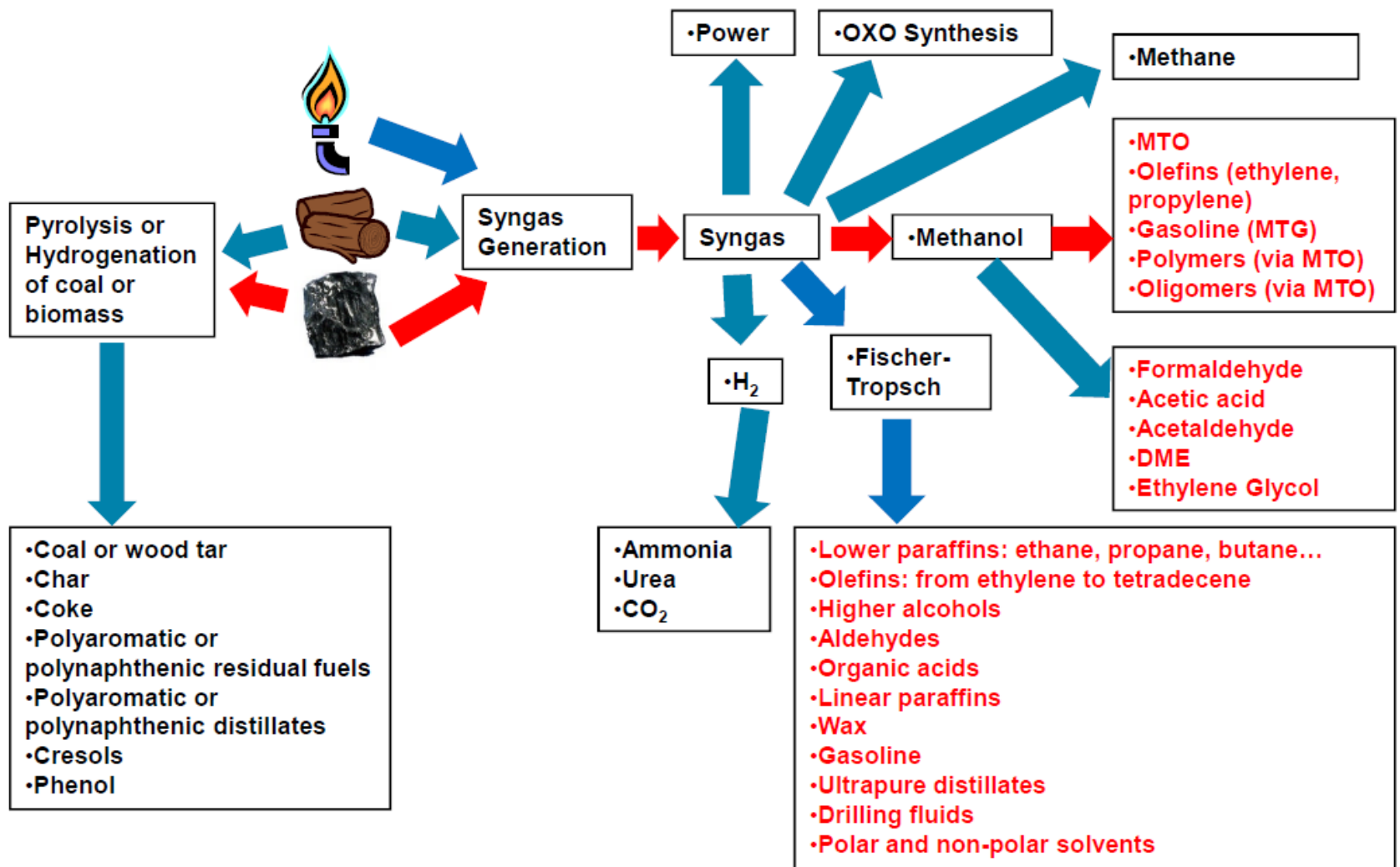
Billion toe



Billion toe



# 가스화를 통한 다양한 생산 Route



# 원료별 수소, 에틸렌 가격 비교와 전망

## ■ 수소 판매가격

	정유부산물	나프타 기반	LNG 기반	석탄(Syngas) 기반
수소 판매가격(원/Nm <sup>3</sup> )	-	350~400	250~350	200~250

주) 국내 H<sub>2</sub> 생산은 주로 나프타 기반, 최근 일부 LNG기반 생산 중

## ■ 에틸렌 제조 비용

	나프타 기반	세일가스 기반	석탄(Syngas)기반
에틸렌 제조비용	100 (기준)	50	60~70

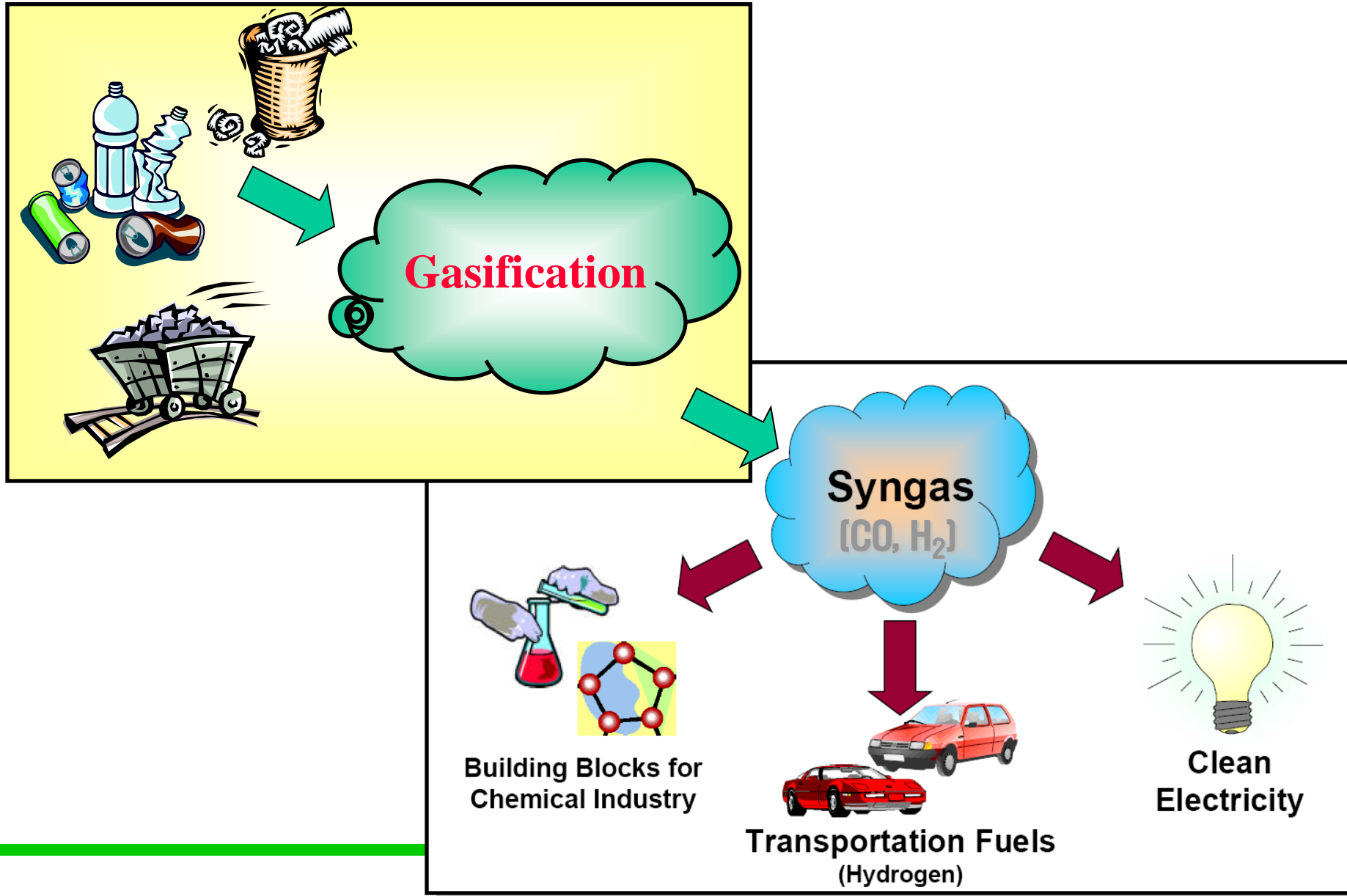
## ■ 전망

- 나프타 또는 LNG기반의 Syngas 공급 대비, 석탄 Syngas 이용시 최소 10% 이상 원가절감 기대

## 2. 석탄 가스화 개요 및 Syngas 기술/현황



# 가스화 (Gasification) ?



# 연소와 가스화의 차이점

## 연소 (Combustion)

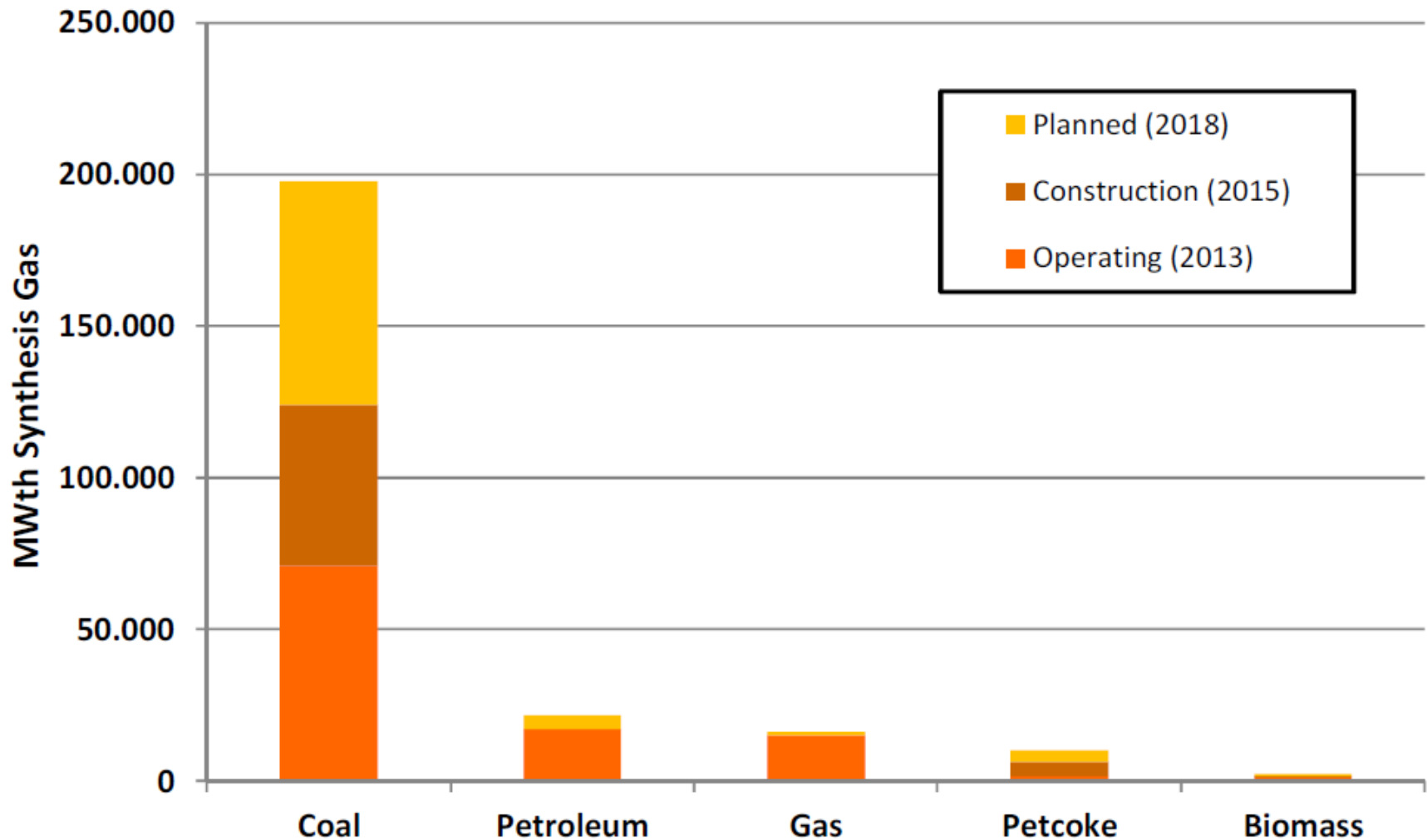
1. 산화제 : 공기
2. 생성물 : 이산화탄소, 수증기, 회재
3. 공해물질 : **SOx, NOx**
4. 적용 : 석탄연소발전소 (스팀 터빈 사용)



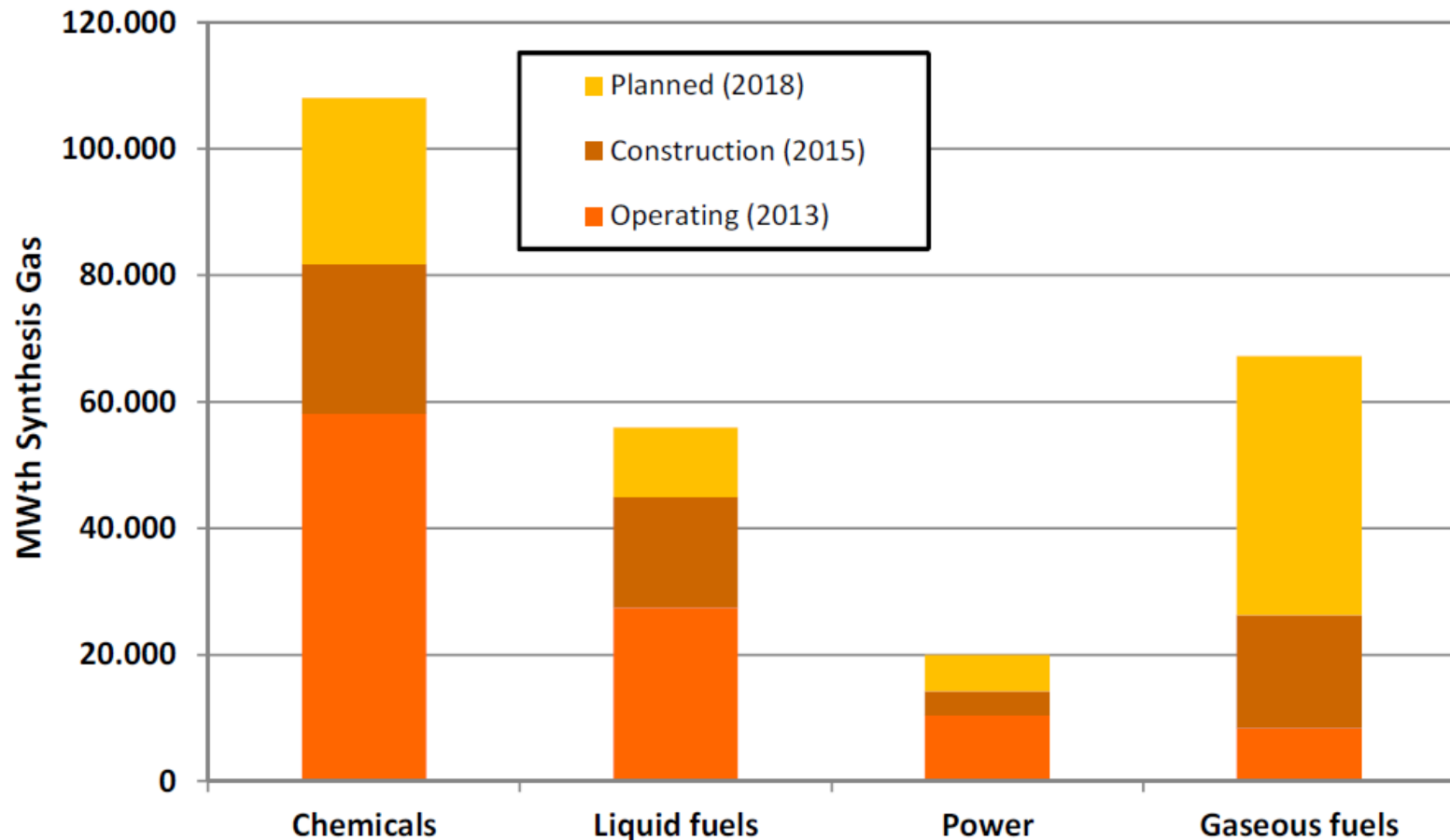
## 가스화 (Gasification)

1. 산화제 : 산소 또는 공기
2. 생성물 : 일산화탄소, 수소, 슬랙
3. 공해물질 : 황화수소(**H<sub>2</sub>S**), 암모니아(**NH<sub>3</sub>**)
4. 적용 : 복합발전 (가스터빈+스팀터빈 사용)  
메탄올 (Methanol)  
DME (Dimethyl Ether)  
합성석유 (디젤유, 휘발유)  
수소

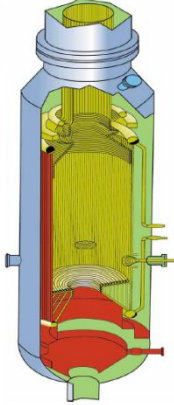
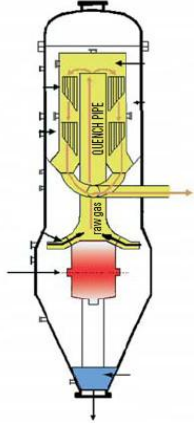
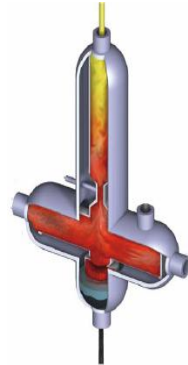
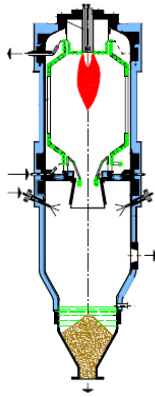

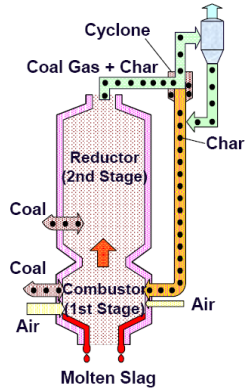
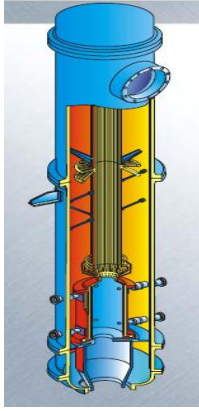
# 전세계 Syngas 생산 가스화 원료



# 전세계 생산 Syngas의 최종 활용처



# 석탄 가스화기의 종류

	Shell	Plenflo (Shell과 합병)	Conoco-Phillips (E-gas기술 인수)	Siemens (Future Energy기술 인수)	GE Energy (Texaco기술 인수)	일본 Mitsubishi	일본 Hitachi (EAGLE 프로젝트)
형식	1단 1실	1단 1실	2단 2실	1단 1실	1단 1실	2단 2실	2단 1실
석탄 공급	건식	건식	습식	건식	습식	건식	건식
가스화제	산소	산소	산소	산소	산소	산소부화공기	산소
공급	Side	Side	Side	Top	Top	Side	Side
버너	4	4	2+1	1	1	4+4	4+4+2+2
Wall	Membrane	Membrane	Refractory	Membrane	Refractory	Membrane	Membrane
개념도							

# 상용급 석탄가스화기술 보유사

## □ 미국

- GE Energy (이전 Texaco)
- E-Gas Technology (현재 CBI (Chicago Bridge & Iron Co.), 이전 Phillips 66, Conoco-Phillips, DOW)
  - POSCO, 광양에 2,500톤/일급 석탄가스화기 3기 건설
- KRW : 유동층, 120 MW급 Demo단계 (중국 광둥에 건설 추진)
  - SK에너지, 2010/6/30에 SK-KBR Technologies Pte. Ltd. 설립
- U-Gas : 유동층, 최대 수백톤/일급

## □ 유럽연합

- Shell : 서부발전, 태안 석탄IGCC 발전소 도입기술
- Siemens (이전 Future Energy)
- Uhde(Plenflo): 2009년 영업 재개, KEPCO-Uhde 합작사 2011/07 설립
- Lurgi (Air Liquide 그룹이 인수, 2009년 영업 재개)

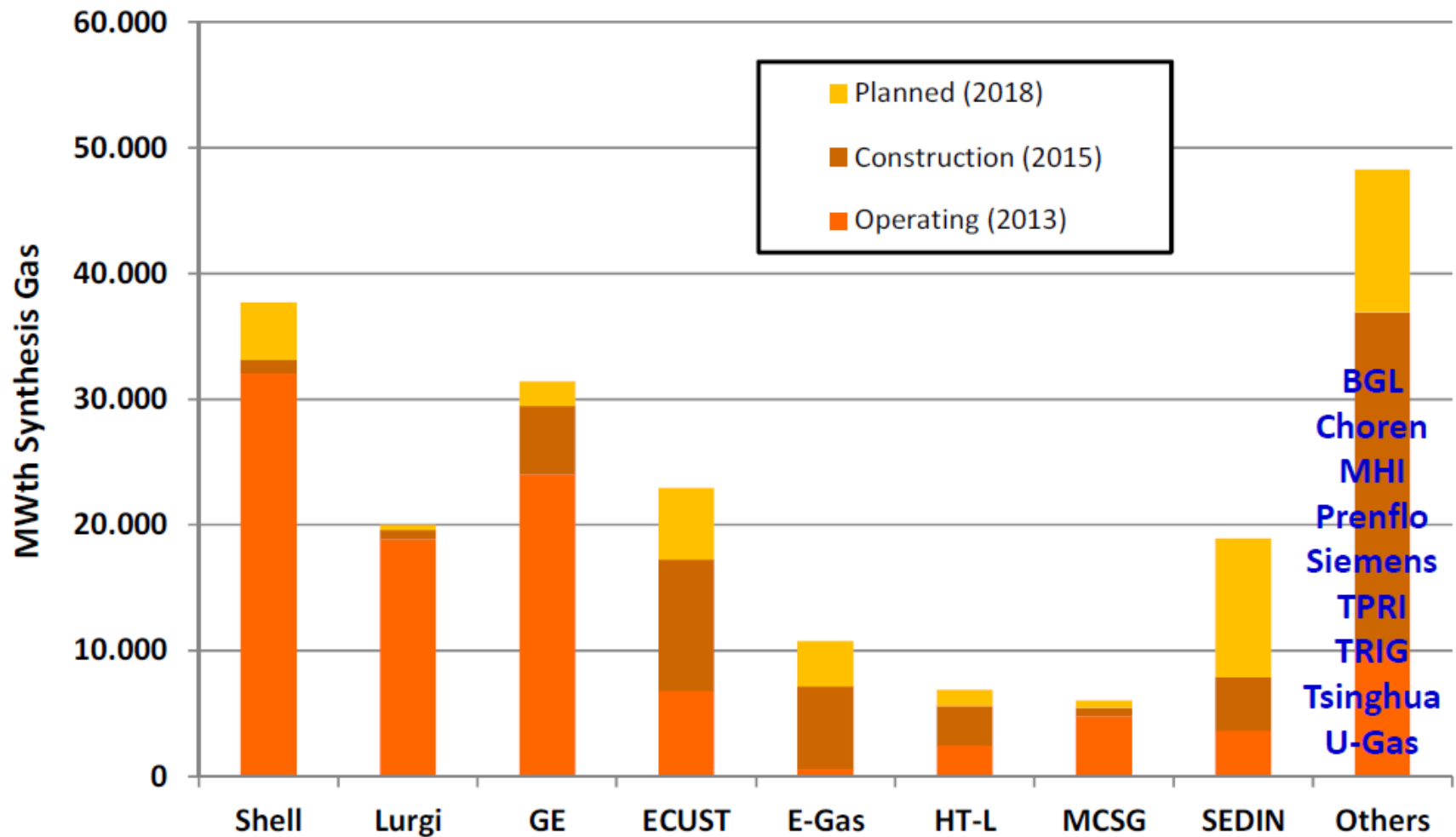
## □ 일본

- Mitsubishi Heavy Industries (MHI)
- J-Coal (Hitachi) : 최대 1,000톤/일급

## □ 중국

- TPRI (Thermal Power Research Institute)
- ECUST (East China Univ. of Science & Tech.)

# 가스화기 기술 보유사별 Syngas 생산 실적/계획



# 세계 10대 가스화 설비

Plants	Location	Techno -logy	Gasifiers	MWth Syngas	Start year	Feedstocks/ Products
Pearl GTL	Qatar	Shell	18 + 0	10936	2011	Natural Gas / FT Liquids
Yinchuan CTL Plant	China	Siemens	22 + 2	9300	2016*	Coal / FT Liquids
Datang Ningxia SNG Plant	China	SEDIN	45 + 3	7125	2015*	Lignite / SNG
Sasol Synfuels West	South Africa	Lurgi FBDB	40 + 0	7048	1977	Subbit. coal / FT liquids
Sasol Synfuels East	South Africa	Lurgi FBDB	40 + 0	7048	1982	Subbit. coal / FT liquids
CHNG Xinjiang SNG Plant	China	TPRI	7 + 1	6450	2014*	Coal / SNG
Jamnagar Gasification Plant Phase I	India	E-Gas	6 + 2	5000	2015*	Petcoke / Electricity
Jazan IGCC	Saudi Arabia	Shell	16 + 0	4465	2016*	Refinery residue / Electricity
Yankunag Yulin CTL	China	OMB	8 + 0	3733	2015*	Coal / FT Liquids
Yulin Methanol Plant	China	GE	10 + 4	3383	2015*	Coal / Methanol



# 국내 석유화학단지 Syngas 사용 현황, 사용처

## ■ 국내 Syngas 사용 현황

	울산 (1964)	여수/여천 (1979)	대산 (1990)
기 업	SK에너지, 종합화학, SKC, 금호석유화학, 애경유화, 대한유화공업, 삼성BP, 삼성석유화학, KPX케미칼	GS칼텍스, 금호미쓰이화학, 한국바스프, 한화케미칼, LG석유화학	현대오일뱅크, 삼성토탈, 롯데케미칼, 대산MMA, 삼성석유화학, LG화학
Syngas 사용량	80만 m <sup>3</sup> /hr	60만 m <sup>3</sup> /hr	30-40만 m <sup>3</sup> /hr
총 사용금액 (조원)	1.3	1.0	0.7

## ■ Syngas 사용처

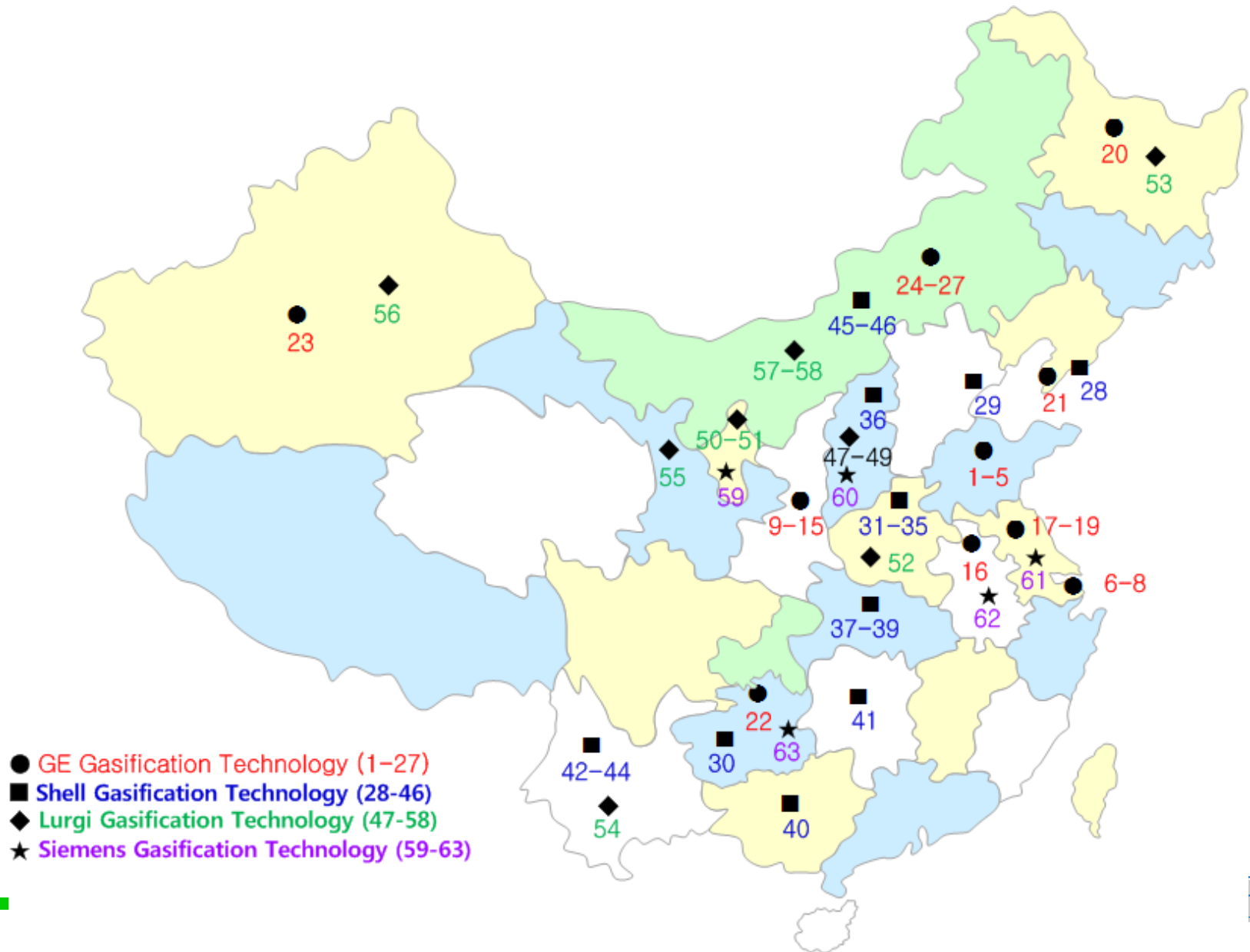
- 석유잔사유 고도화 : 석유잔사유 → 휘발유 만드는 공정에 수소 필요
- 폴리우레탄 원료인 MDI/TDI 제조시 고순도 H<sub>2</sub>, CO 필요
- 폴리카보네이트 제조시 고순도 CO 필요
- 옥탄올, 옥소알콜 제조시 H<sub>2</sub> 및 Syngas(CO+H<sub>2</sub> 1:1) 필요

(MDI: methylene diphenyl diisocyanate, TDI: toluene diisocyanate)

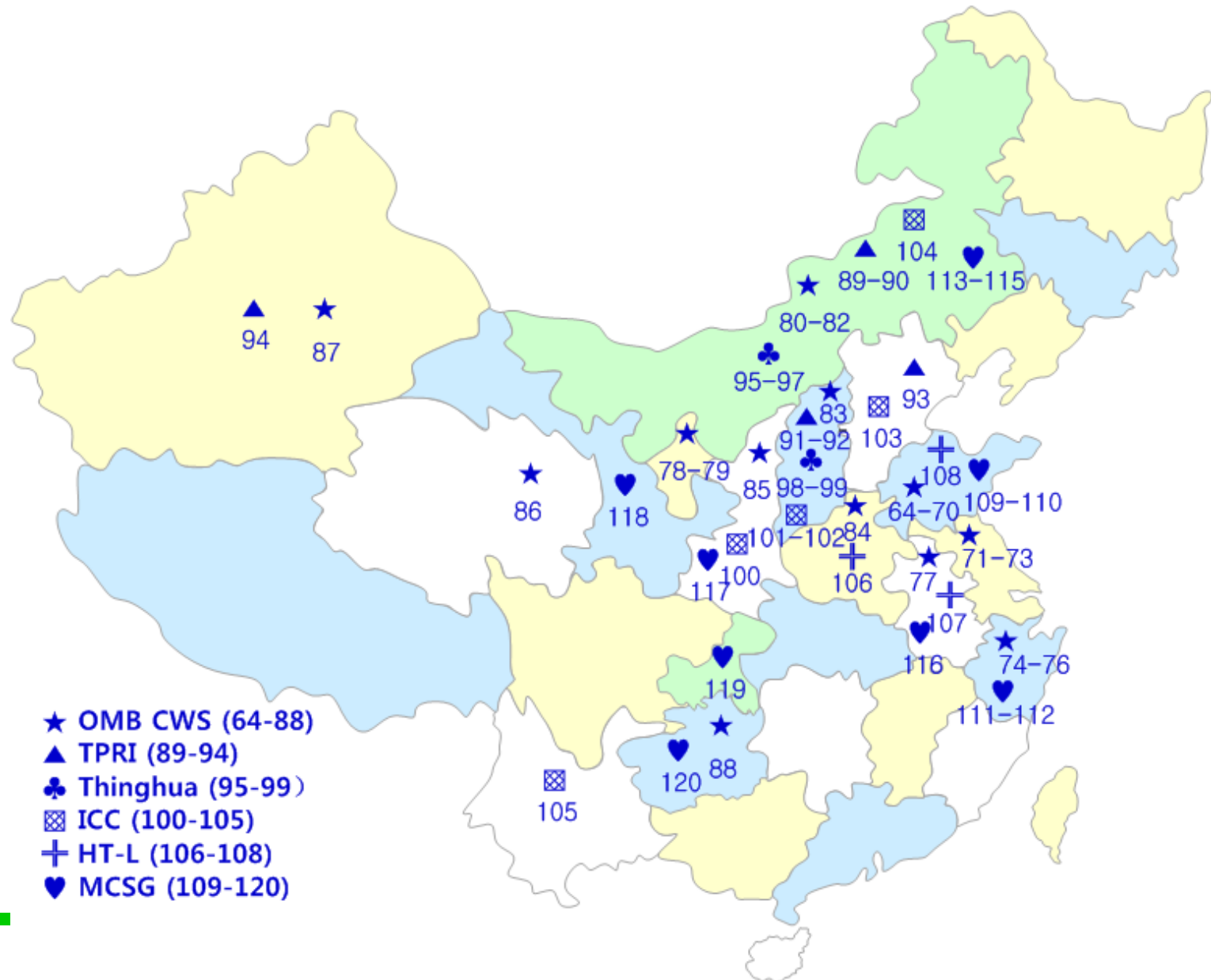
---

### 3. 중국의 석탄 가스화 활용 현황

# 중국 내 해외 석탄가스화 기술 적용 플랜트



# 중국 내 중국 자체 석탄가스화 기술 적용 플랜트



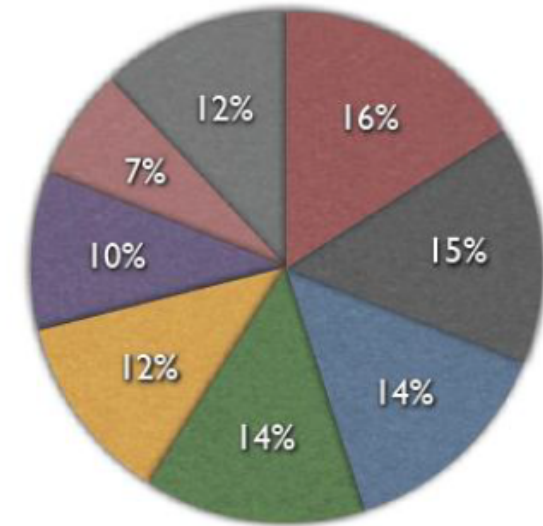
# 중국 가스화 시장 가스화기별 share

- 중국은 화학원료 생산이 주 목적, 자체 가스화기 실증 적용 급증

- China Gasification Market Outlook 2011-2015 is for 157 x 3000 tonne/day gasifiers for CTL, CTO, SNG, Ammonia, Methanol, and MEG.

- In China both imported (GE, Shell, Siemens, SES, FBDB, BGL) and domestic (SEDIN fixed bed, MSCG, ECUST, HT-L) gasification technologies are widely used.

## Gasification Market Shares in China

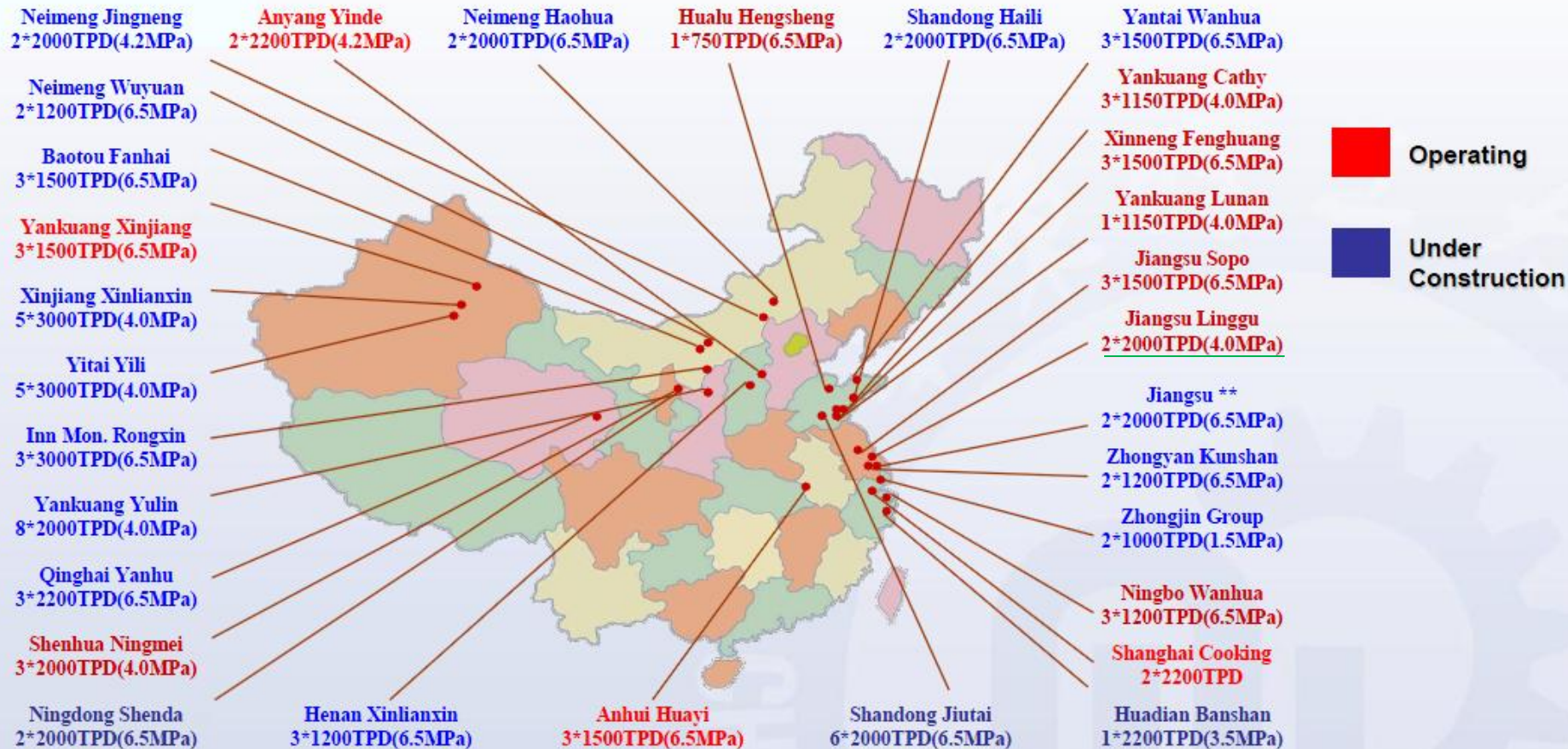


Data source: ASIACHEM

- by syngas capacity
- including all constructed plants and contracted projects, as of Q3 2011

- ECUST (East China University of Science & Technology), MSCG (Multi-Component Slurry Gasification)

## ➤ Industrial Applications



- 31 projects, 87 gasifiers
- Total capacity ~110,000 Tons coal per day
- 12 Projects, 259 gasifiers in operating



# 중국 ECUST 석탄가스화기 적용 화학원료 생산 프로젝트 예



- ❖ Yankuang Guotai Electricity and Methanol Polygeneration Project
- ❖ Project owner: Yankuang Group
- ❖ Gasification: OMB CWS
- ❖ Coal throughput: 3\*1150 TPD
- ❖ Location: Shandong
- ❖ Startup: 2005
- ❖ Final products: 200,000 tons Acetic acid, 240,000 tons MeOH, 60MWe Electricity

# 중국 Jiangsu Linggu Chemical사 석탄가스화 예

## 개 요

- 소재지 : 장수(Jiangsu, 江蘇)성 이싱(Yixing, 宜興)경제개발구
  - 45만톤 암모니아, 80만톤 요소 생산
  - 투입원료 : 석탄
  - 주요 설비 :  $\Phi 388\text{cm}$  OMB 가스화기, 50000 m<sup>3</sup>/h ASU
- Website : [www.linggu.com/](http://www.linggu.com/)



가스화 플랜트



가스화 플랜트



운전중인 석탄가스화로 (40 bar)



중앙제어실

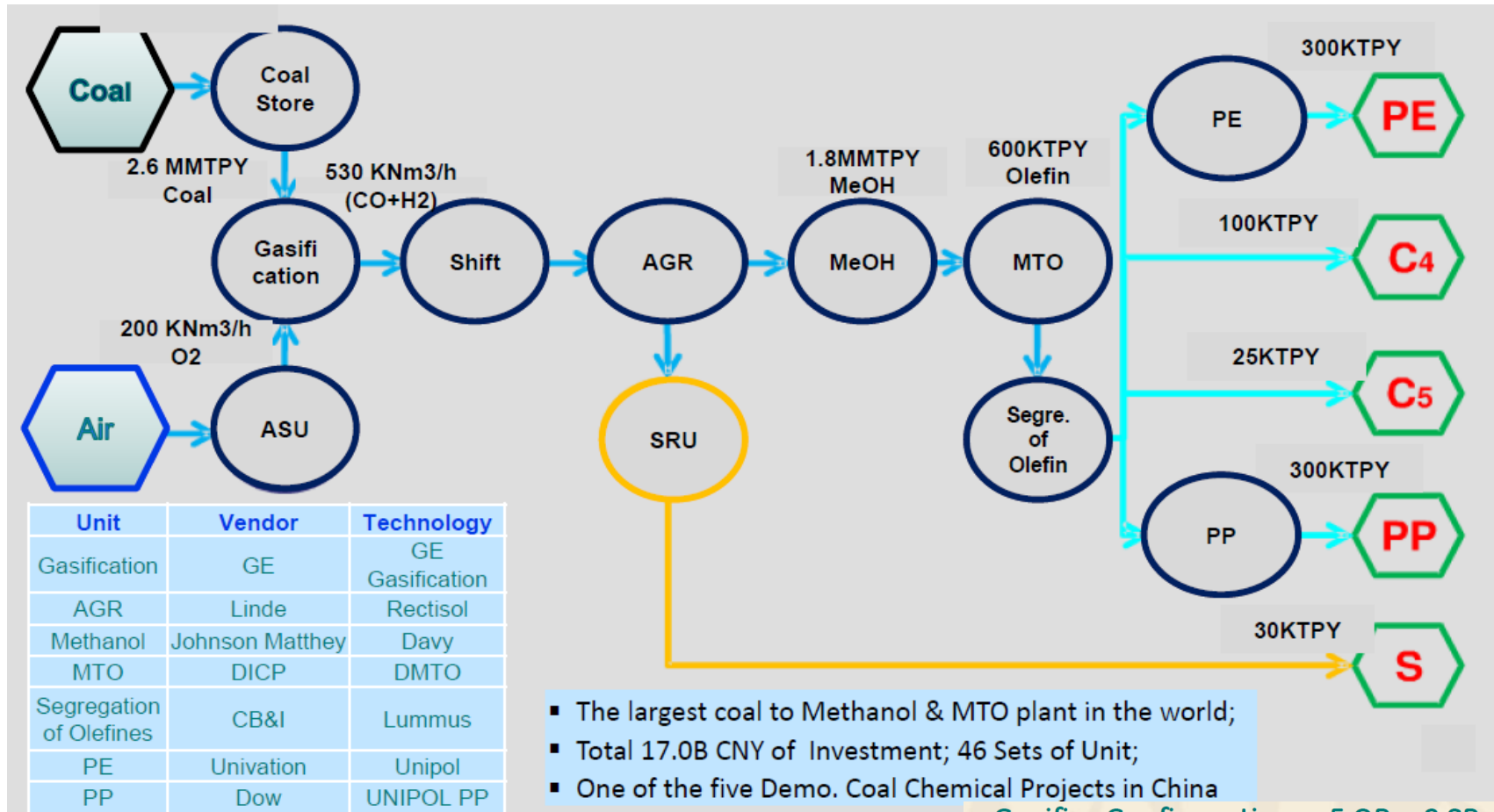


석탄 운송 운하





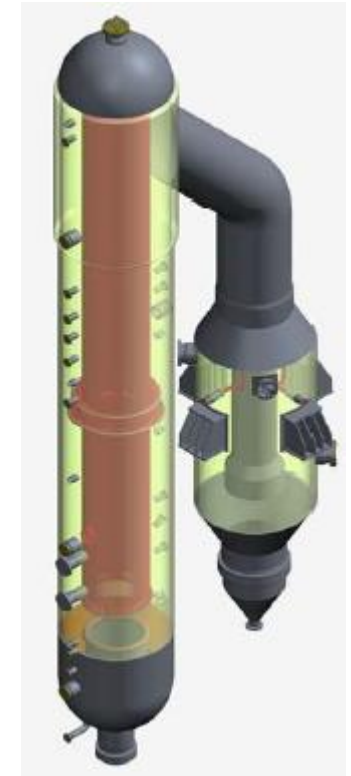
# 중국 Shenhua Baotou Coal Chemical Co.의 MTO 플랜트 흐름도



- GE 석탄가스화기 사용

- ❖ Gasifier Configuration: 5 OP.+ 2 SP;
- ❖ Gasifier Specification: 900 CFT Quench Gasifier
- ❖ Syngas (CO+H<sub>2</sub>) Output: 530,000 Nm<sup>3</sup>/h;
- ❖ Coal Consumption(Dry): 7,800 t/h;
- ❖ Operating Pressure: 6.5 MPaG;
- ❖ Operating Temperature: ~1,300 °C;
- ❖ Slurry Concentration: ~ 61% (Wt.%);

# 중국 Shilin 메탄올 프로젝트

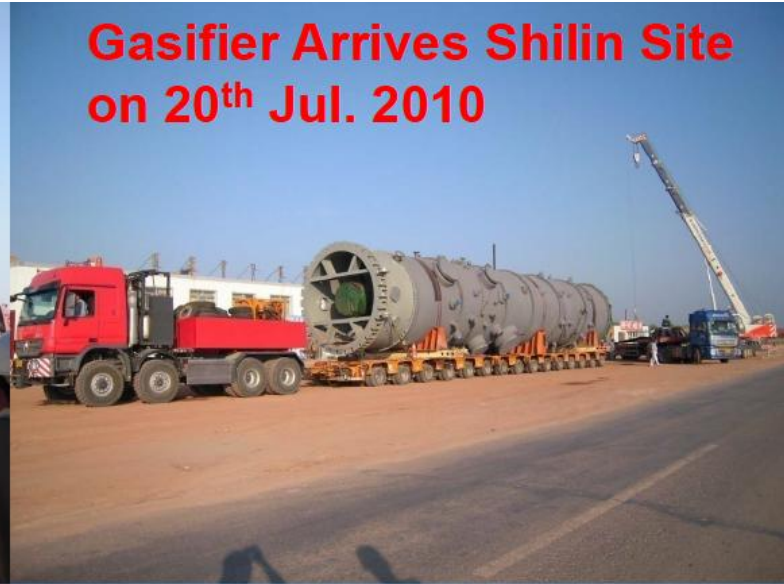


<적용 석탄가스화기,  
중국 TPRI 2단 가스화기술>

- SGQ Process (Syngas Quench Process)
- Gasifier Capacity: 1000t/d;
- Pressure: 4.0 MPa;
- Entrained gas: CO<sub>2</sub>
- Effective syngas flow (CO+H<sub>2</sub>): 71500Nm<sup>3</sup>/h;
- Cold gas efficiency : 82%;
- Effective component (CO+H<sub>2</sub>) of dry syngas: 91%
- Methanol production: 300,000 t/a;

Source: "Industrial Application of Two Stage Dry Pulverized Coal Gasification Technology," Gasification Technologies Conference 2012, 2012/10/29-31.

# 중국 Shilin 메탄올 프로젝트, 석탄 가스화기

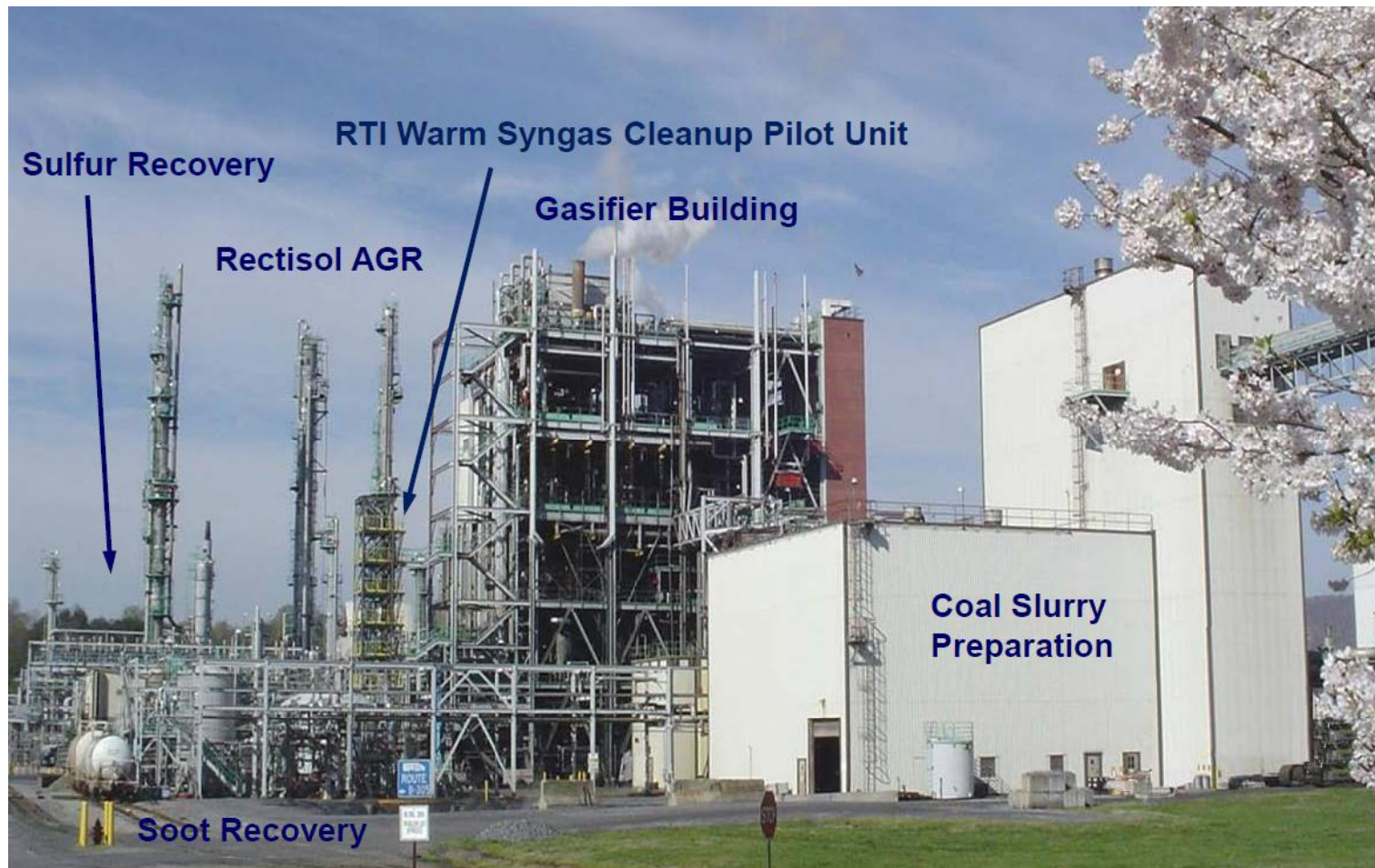


## 4. 미국의 석탄 가스화 활용 현황/프로젝트



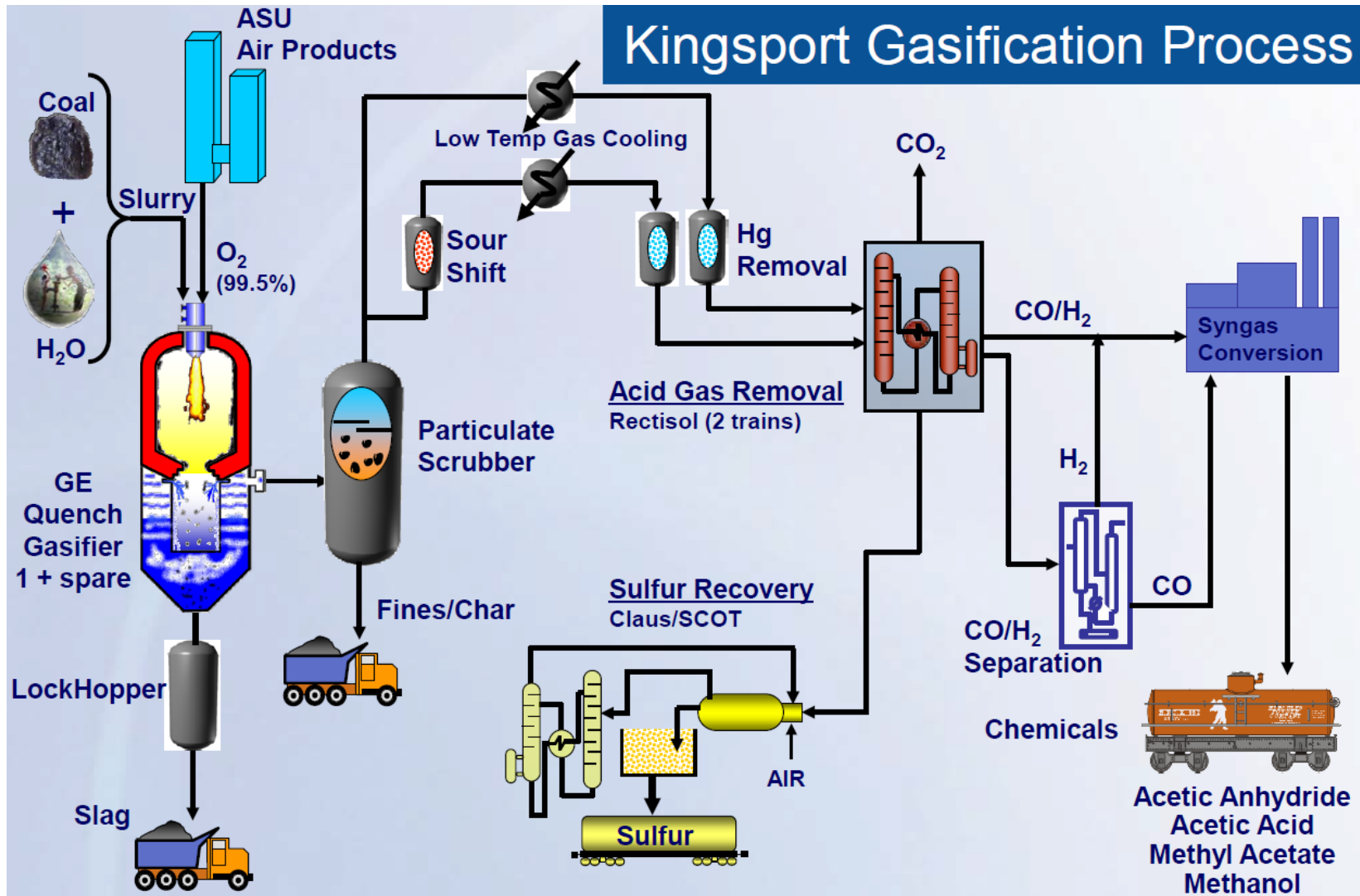
# Eastman사 석탄가스화 설비

## [미국 테네시주 Kingsport 소재]

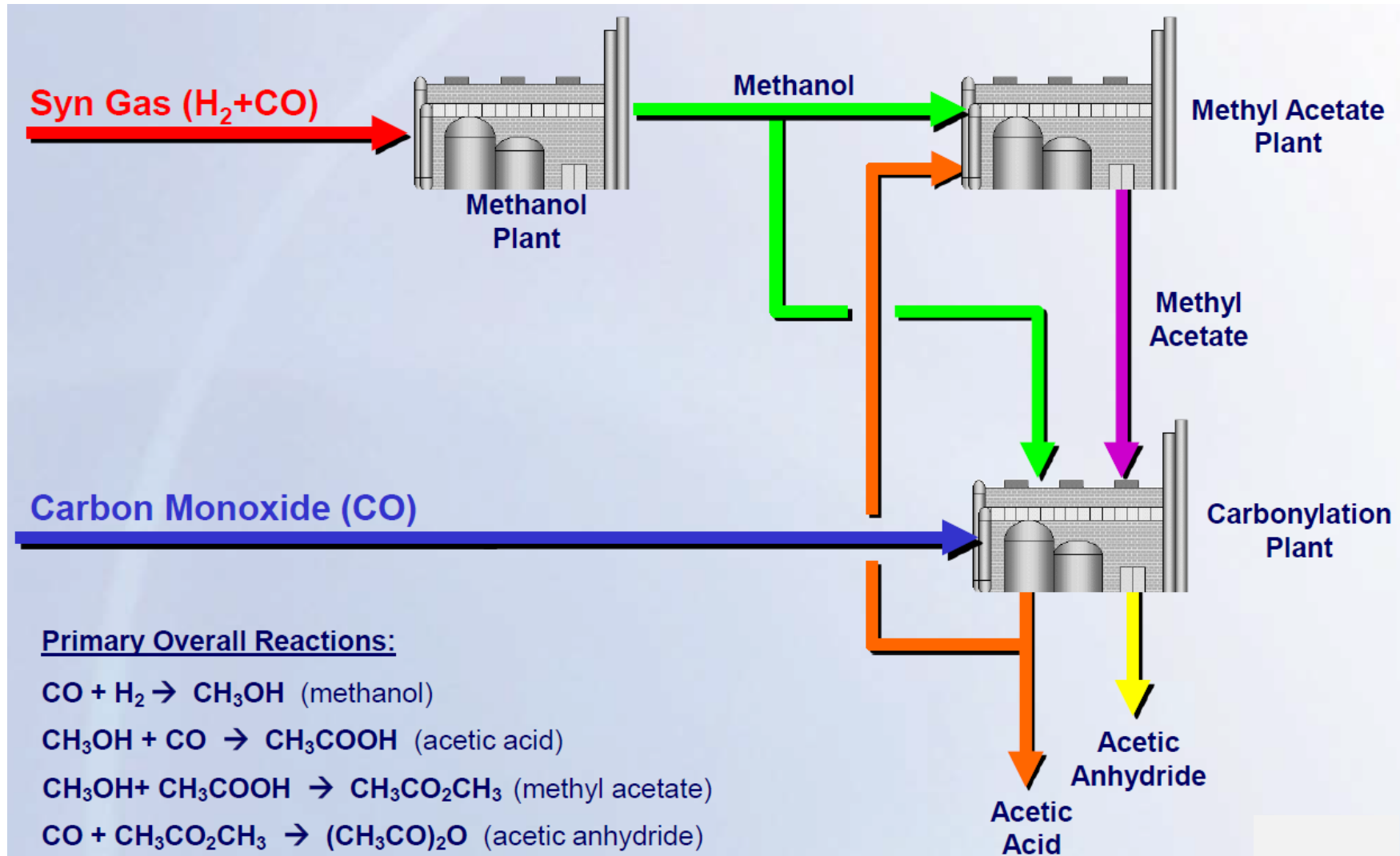


- 평균 1,300톤/일 석탄 사용
- 1983년 운전 시작

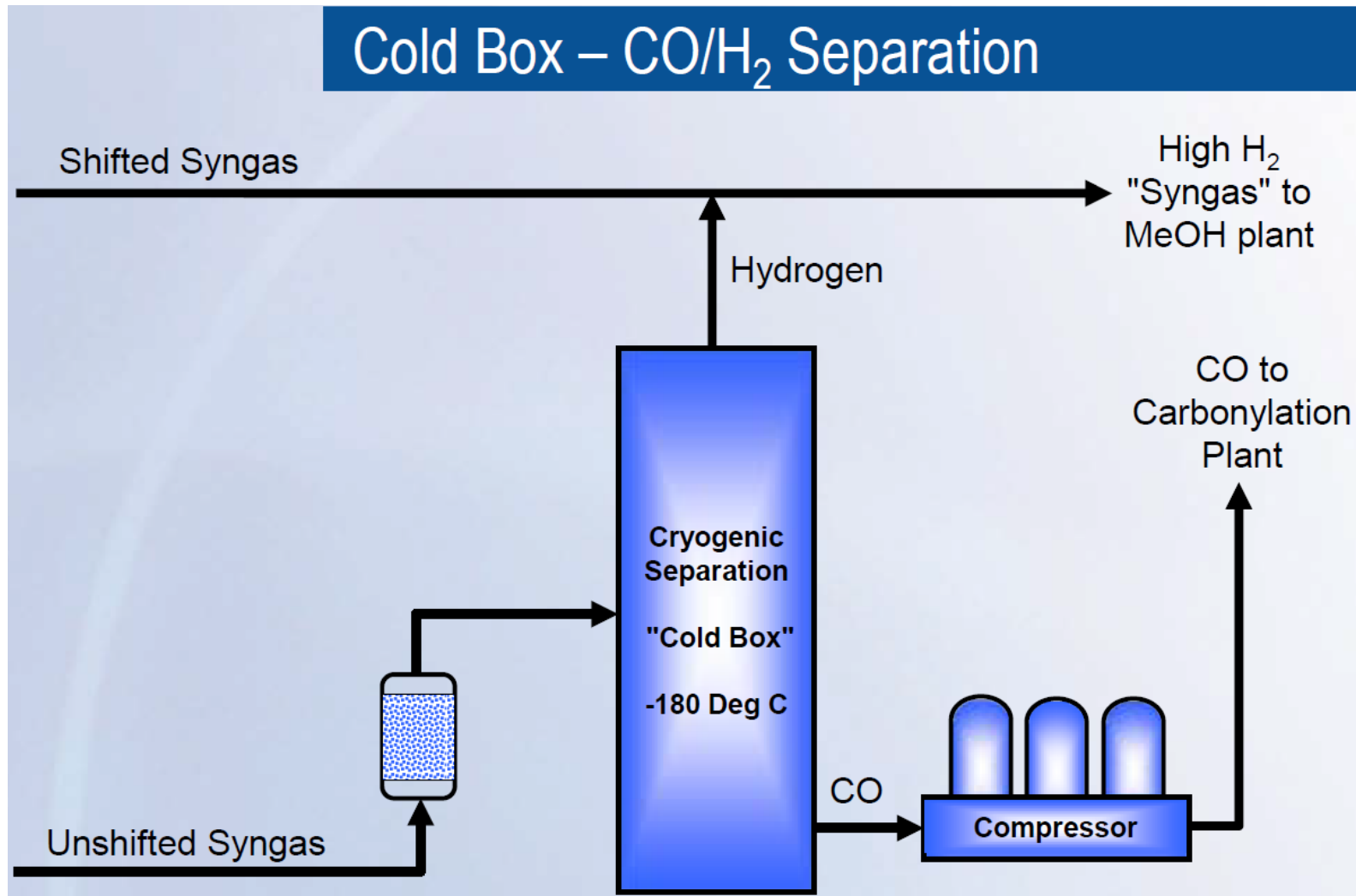
# Eastman사 석탄가스화 공정도



# Eastman사 Syngas 활용 흐름도

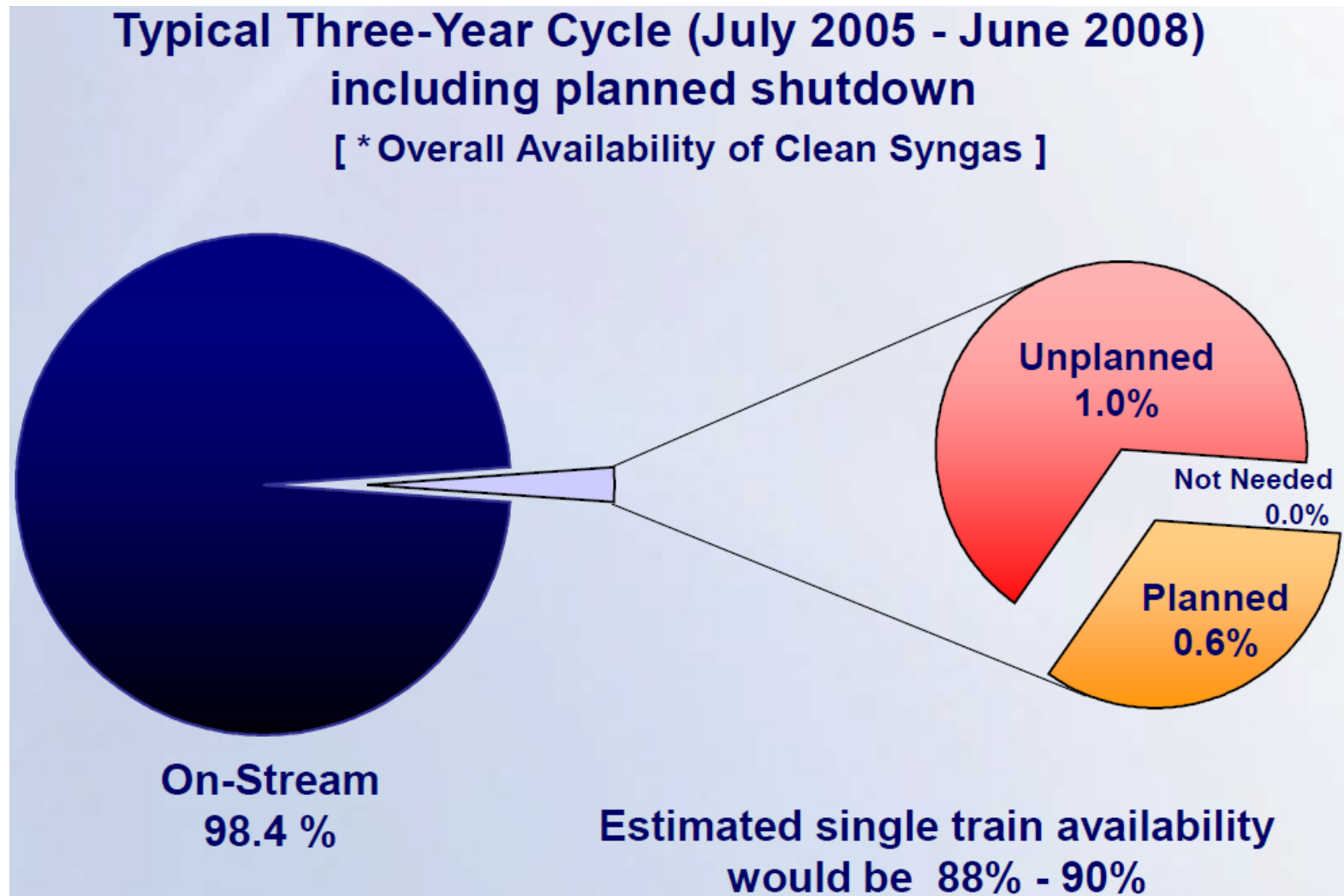


# Eastman사 운용 CO/H<sub>2</sub> 분리





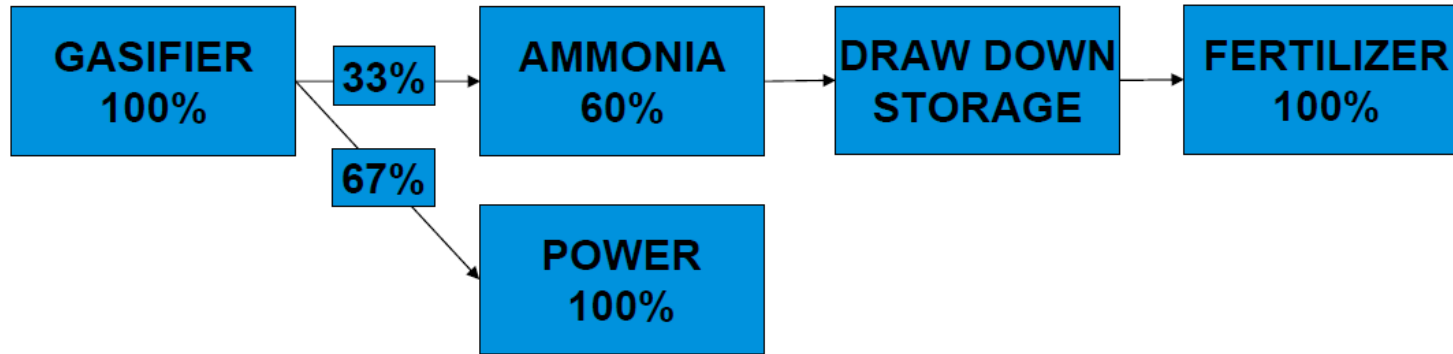
# Eastman사 운용 석탄가스화기 Availability



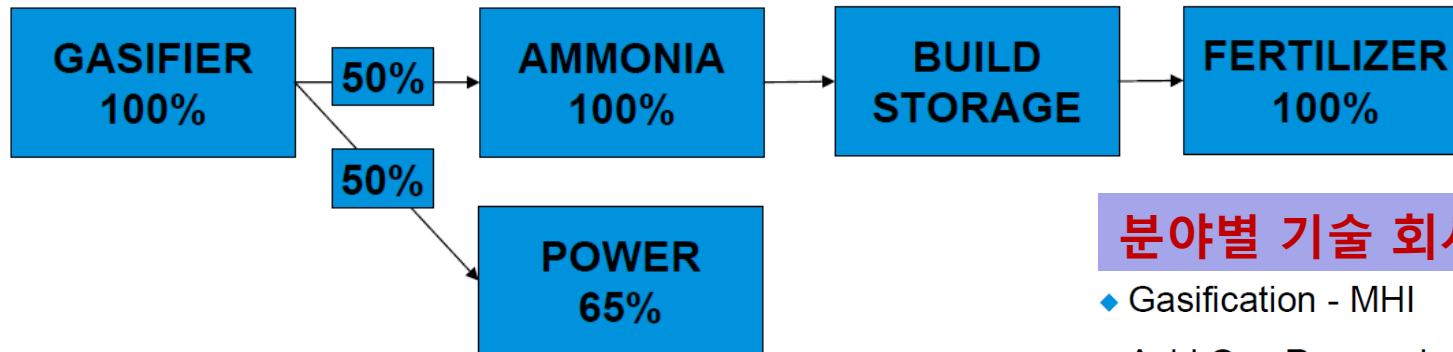
# 미국 캘리포니아 HECA 프로젝트

## (Hydrogen Energy사, California)

### ◆ MAXIMUM POWER PRODUCTION (16 Hours/Day)



### ◆ MAXIMUM AMMONIA PRODUCTION (8 Hours/Day)



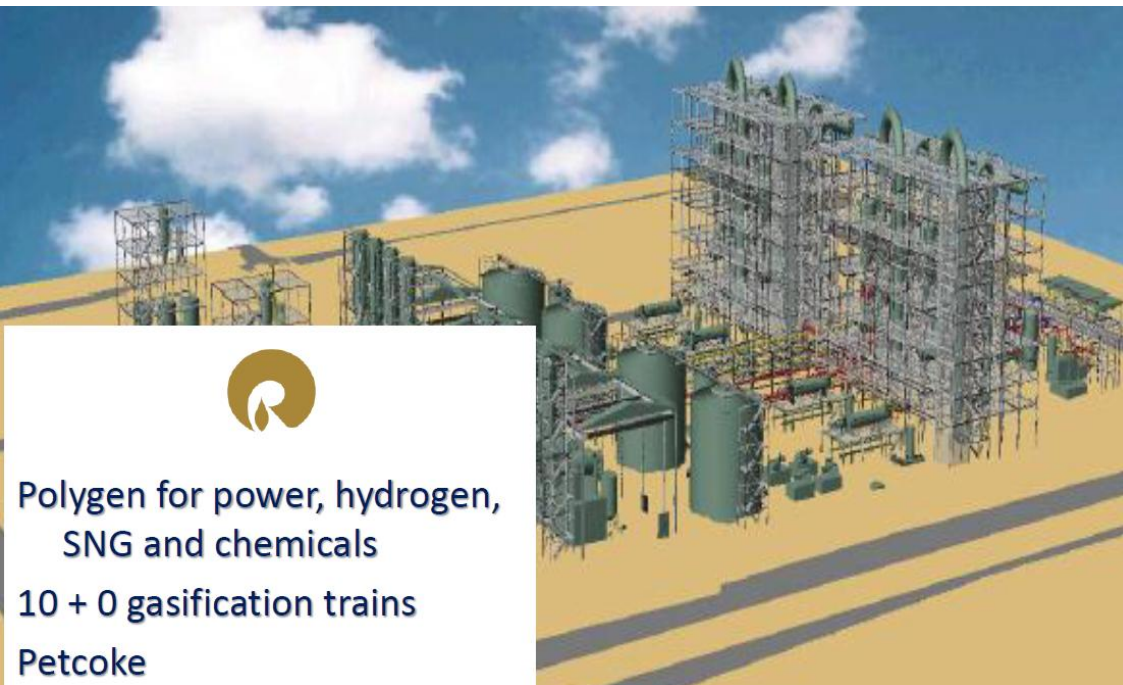
#### 분야별 기술 회사 :

- ◆ Gasification - MHI
- ◆ Acid Gas Removal – Linde Rectisol
- ◆ Ammonia – Ammonia Casale
- ◆ Urea – Urea Casale
- ◆ Nitric Acid/UAN – Weatherly
- ◆ Sulfur Recovery Unit – Fluor Sulfur
- ◆ Sulfur Degassing – Goar, Allison & Associates

- Flour사, 미쯔비시사 : 운전/유지보수서비스 예정

## 5. 인도의 석탄 가스화 활용 프로젝트

# 인도 Reliance사 Jamnagar 정유공장 Petcoke 가스화 프로젝트

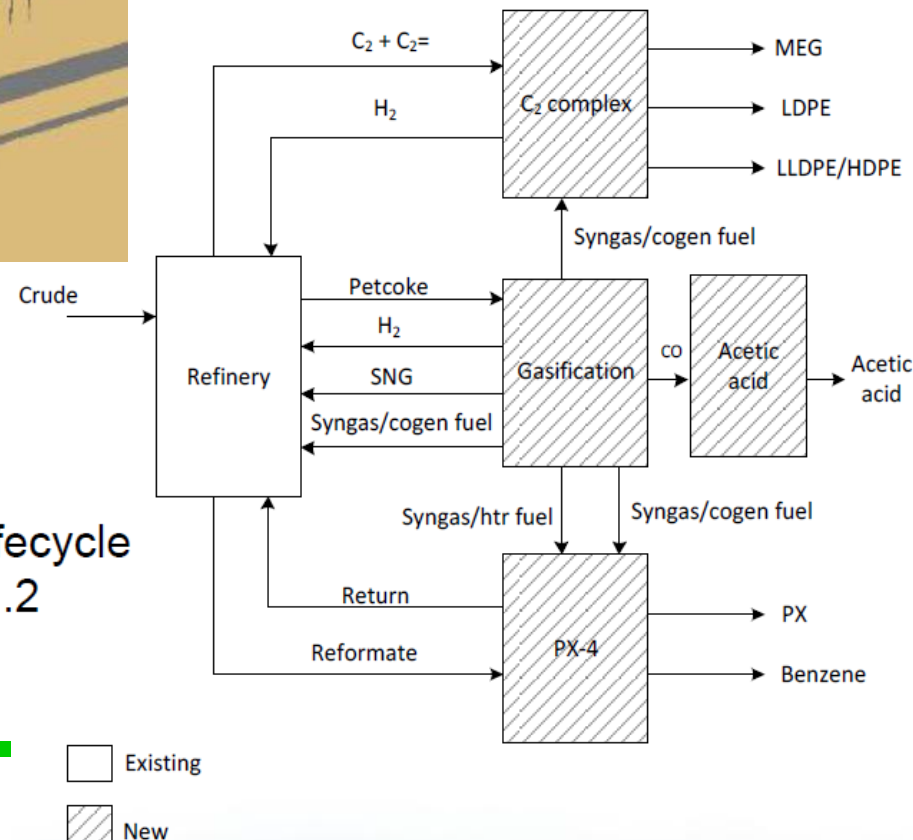


Polygen for power, hydrogen,  
SNG and chemicals  
10 + 0 gasification trains  
Petcoke

- 2013년 4월 건설 시작
- 2015년 중반 운전시작 목표

## 예상 Syngas 단가:

Cost	: Feed	+ opex	+ capex	= Lifecycle
\$/mmbtu	: 3.5	+ 2.4	+ 5.3	= 11.2



# 인도 Reliance사 Jamnagar 정유공장 Petcoke 가스화 프로젝트

Syngas	bcm/yr	%	Routing
Cogen fuel	5.05	63	Existing + new GTG + HRSG
H <sub>2</sub>	1.3	16	Existing H <sub>2</sub> header/Hydrotreater feed
SNG	1.1	14	Existing RFG header/Htr fuel
Heater fuel	0.4	5	New htr. fuel
CO	0.15	2	New acetic acid feed
<b>Total</b>	<b>8.0</b>	<b>100</b>	

Gasification : Fuel + H<sub>2</sub> for refinery  
: Feed + fuel for petchem

## 프로젝트 참여사 :

<b>Contractor:</b>		<b>Licensors:</b>	
PMC	Fluor	Gasification	CB&I Lummus (Phillips 66)
EPCM	Fluor	Open art	Fluor
O&U	Bechtel		
Construction	L&T	<b>Equipment suppliers:</b>	
<b>Package suppliers:</b>		Reactor + vessels	L&T
ASU	Linde	HTHR boilers	Alstom
AGR	Linde	Rod mills	Cemtec
PSA	Linde	Slurry pumps	Geho/Flow serve
SRU/TGT	Worley Parsons	Char filters	Porvair
SFU	Enersul	Syngas rec. comp.	Siemens
GTG/GTG Mods	GE	Superheater	Linde/Selas
		Cooling tower	SPIG
		Stacker/reclaimer	Thyssen Krupp

Source: P. Maitra, "The Jamnager Gasification Project," Gasification Technologies Conference 2013, 2013/10/15.



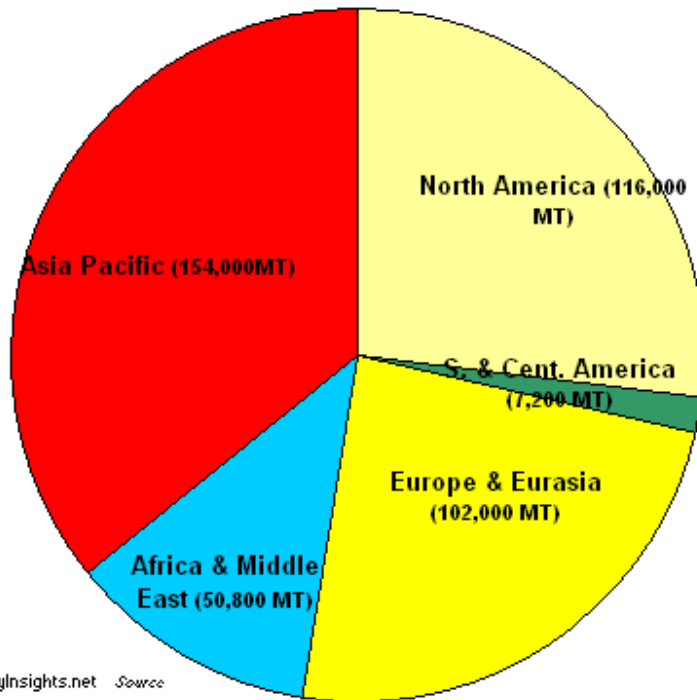
---

## 6. 저급탄 활용

# 세계 고급탄과 저급탄 매장량 비교

- at end 2007, in Millions Tonnes -  
(high grade coal: anthracite and bituminous)

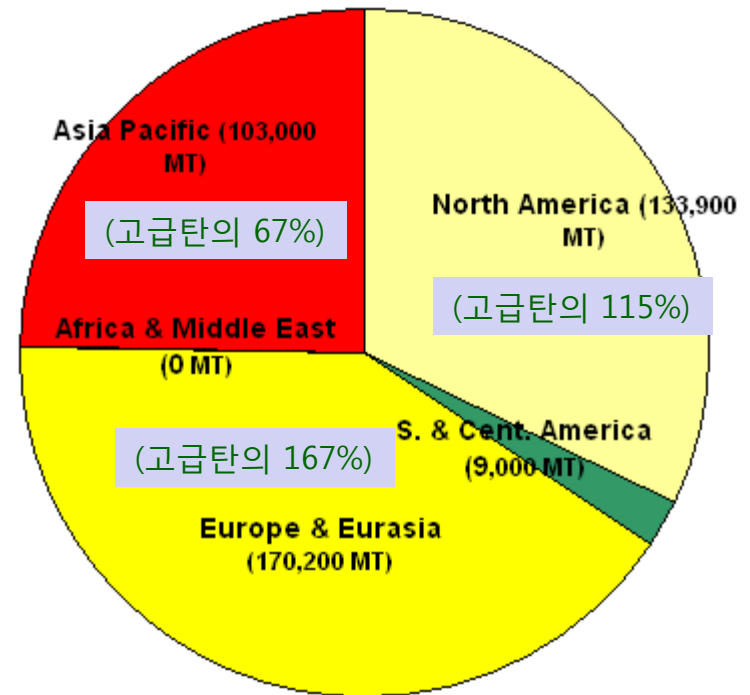
## 무연탄, 유연탄



430,000 MT

- at end 2007, in Millions Tonnes -  
(low grade coal: sub-bituminous and lignite)

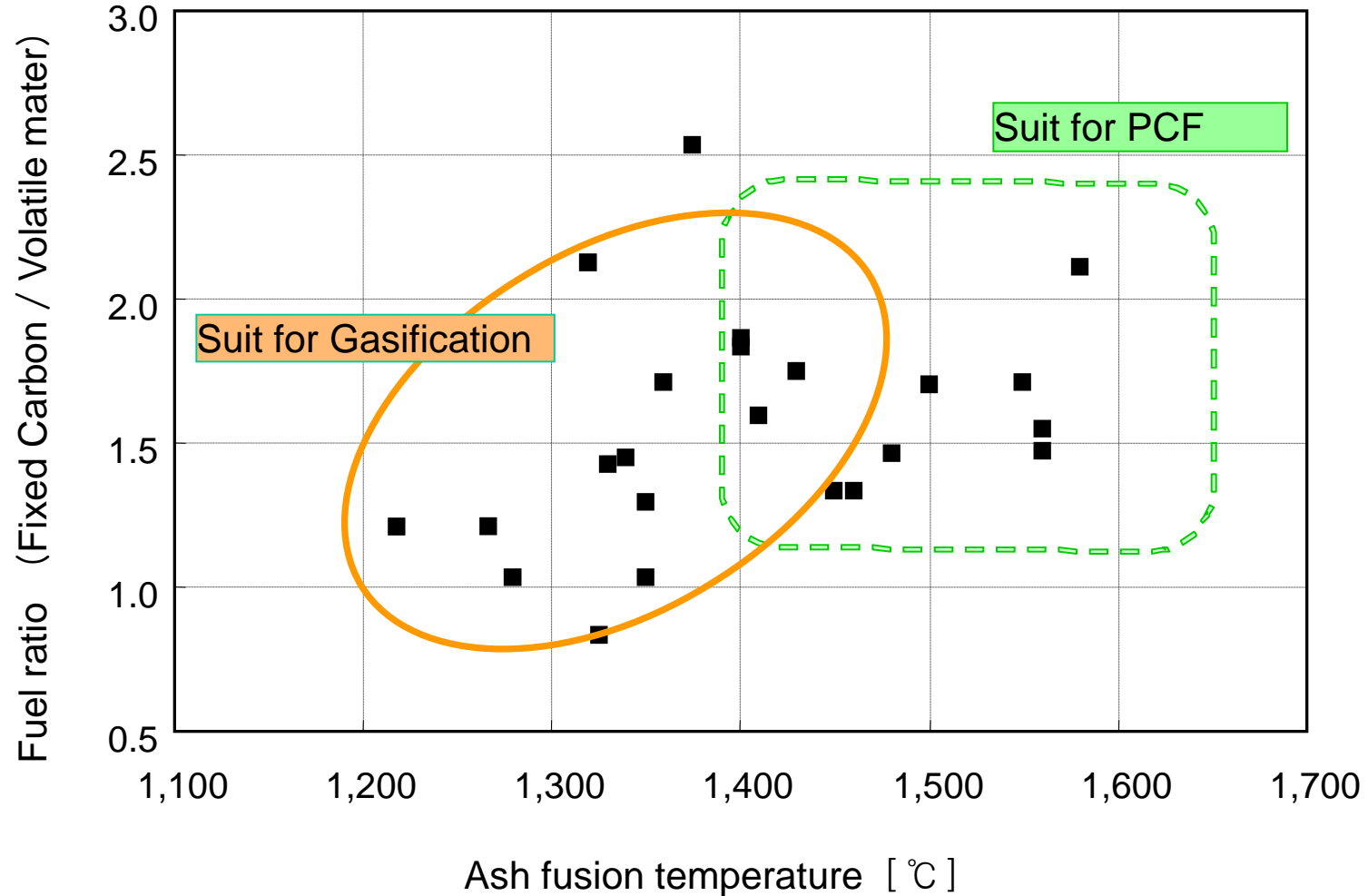
## 아역청탄, 갈탄



416,100 MT  
[고급탄 매장량의 97%]

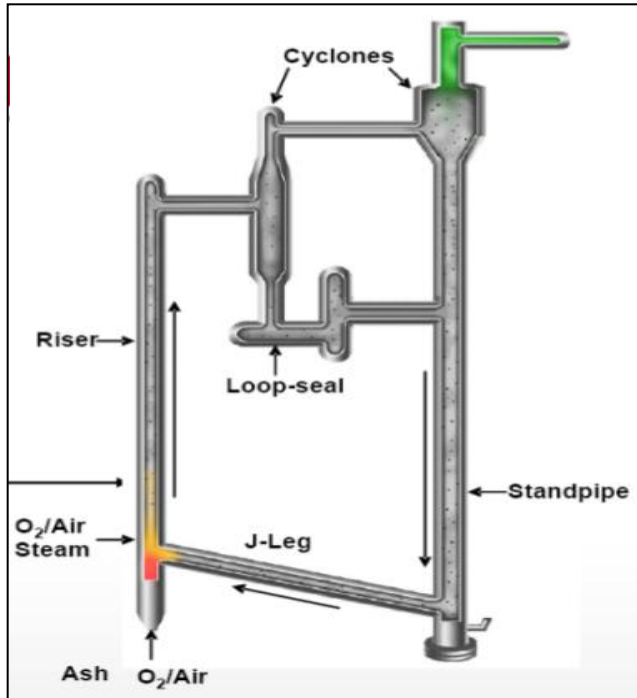
# 활용기술 측면: 미분탄연소발전용과 가스화용 석탄 특성 차이

- 회용융온도가 낮은 인도네시아 저급탄 등은 가스화에 더 적합

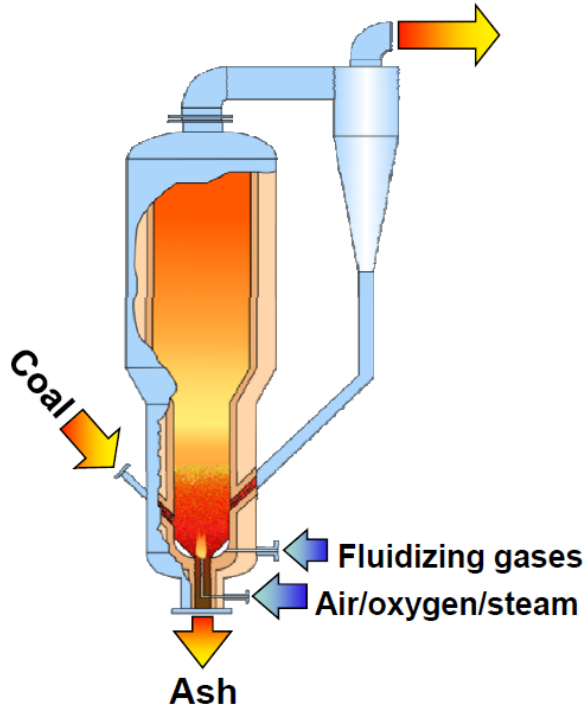




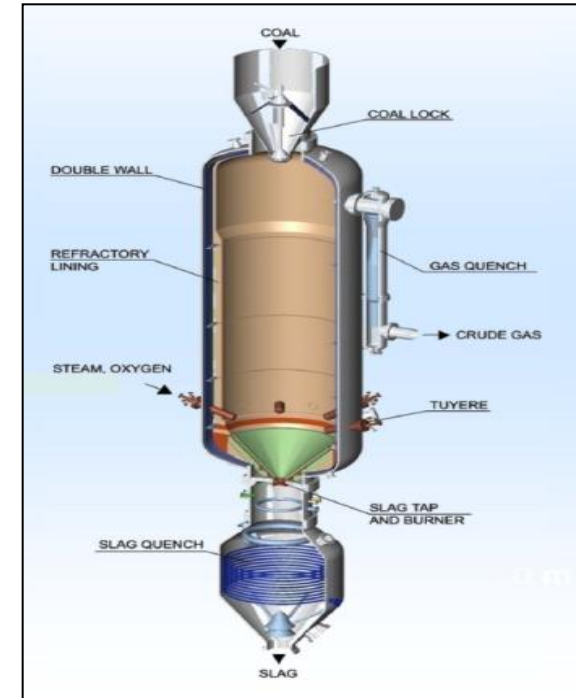
# 갈탄 사용 대표적 가스화기



**KBR**  
(유동층)



**U-Gas**  
(유동층)



**British Gas Lurgi**  
(고정층)

# 요약

- ❑ 재생가능에너지가 대량 보급되기 전까지는 석탄이 전기생산, 화학원료, 합성연료 원료로 상당기간 사용이 현실임.
- ❑ 나프타 또는 LNG기반의 Syngas 공급 대비, 석탄 Syngas 이용시 최소 10% 이상 원가절감 기대됨.
- ❑ 중국에서 가장 활발한 석탄가스화를 통한 화학원료 생산 설비가 운용 중이며 향후 확대 예상됨. 미국과 인도 등 석탄/Petcoke 가스화를 통한 화학원료, 합성연료 생산 프로젝트들이 진행 중임.
- ❑ 한국도 석탄가스화복합발전(IGCC), 합성천연가스(SNG) 생산 프로젝트를 통해 상용 석탄가스화 설비가 건설, 2015년부터 운전 예정임.
- ❑ 향후 매장량이 많고 아직 저가인 저급탄을 활용한 석탄가스화 화학원료 생산 프로젝트가 국내에서 SNG 생산을 시작으로 추진될 가능성이 높음.
- ❑ 석탄 외 바이오매스, 폐기물 가스화를 통한 화학원료 생산도 원료 확보와 기술 신뢰도가 확보되는 시점에는 급속히 활성화될 가능성이 높음.