IGCC기술의 최근동향
- 가스화 분야-

2001. 12. 13.

윤 용 승
고등기술연구원 Plant Engineering 센터

IGCC 기술연구회
영남대학교 응용화학공학부 시청각실 (311호)

IAE

가스화용융 기술의 환경적 특성

공해가스 측면

- 환원성 분위기 반응으로 인해,
  - 공해물질인 SOx, NOx 미발생, 대신 H_2S, NH_3로 발생
  - 고유황 시료일수록 소각에 비해 경제성 유리
- Dioxin 생성 억제
- 공해 처리가스량의 저감

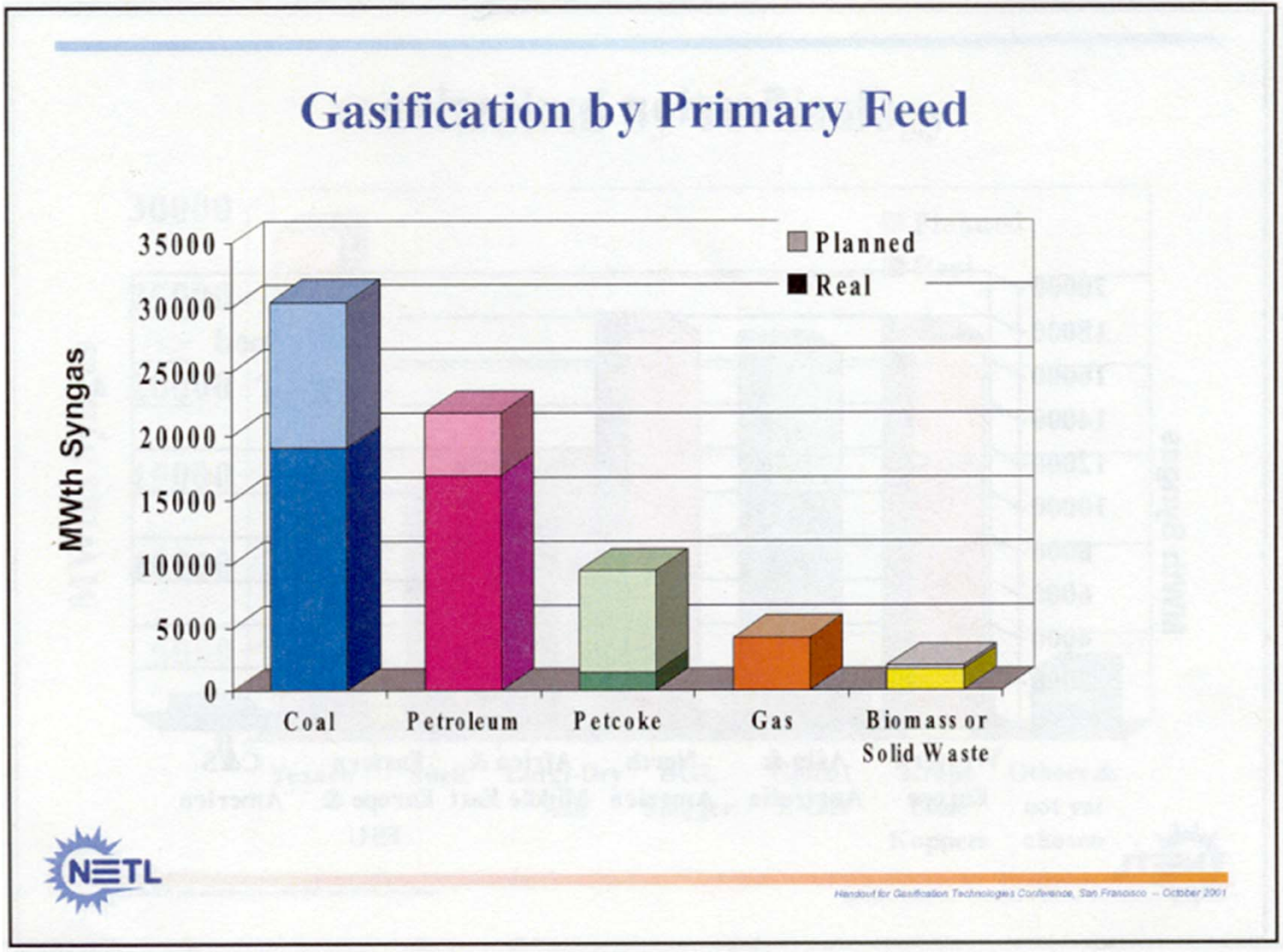
Ash 측면

- 슬랙으로 발생, 중금속 용출문제 해결 및 재활용 가능
- 미연탄소 0.5% 이내, ash내 유기물질 완전 파괴

에너지 측면

- 시료내 열량을 CO/수소의 chemical energy로 변환
- 급냉 등 후속공정에서의 에너지손실 최소

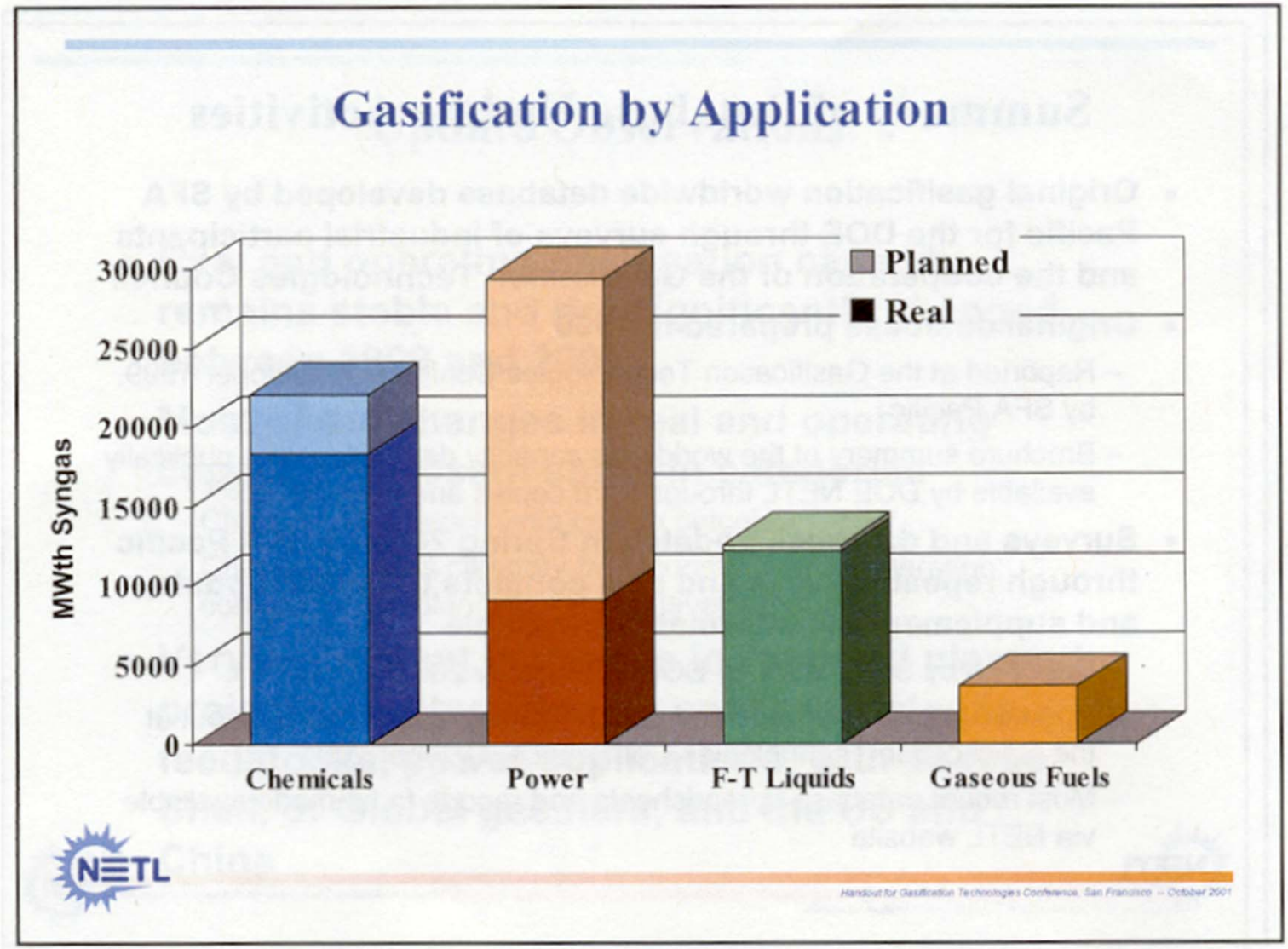
2001년 봄 현재 시료별 Gasification Syngas 생산량



IAE

Ref.: SFA Pacific사 자료, 2001 Gasification Tech. Conf.

2001년 봄 현재 적용처별 Gasification Syngas 생산량



Ref.: SFA Pacific사 자료, 2001 Gasification Tech. Conf.

미국 DOE의 Vision 21

- Goals:
  - **Efficiency** - Electricity Generation (with no credit for cogeneration)
    - 60% HHV for coal-based systems
    - 75% LHV for NG-based systems
  - **Efficiency** - Combined Electricity/Heat
    - Above 85% overall thermal efficiency
  - **Efficiency** - Fuels (H2 or Liquid transportation fuel) only plant from coal
    - 75% fuels utilization efficiency (LHV)
  - **Environmental**
    - **Near zero emissions** : SOx, NOx, Particulates, Trace elements, Organic compounds
    - **40-50% CO2 reduction**
    - 100% CO2 reduction with sequestration
  - **Costs**
    - Less than $550/kW
  - **Timing**
    - Improved gasifiers, Gas separation membranes begin by 2006
    - Designs for most subsystems, modules by 2012
    - **Commercial design by 2015**

IAE

Vision 21 Program - 3 Areas

- Enabling Technologies
  - Fuel-Flexible Gasification : coal, coke, heavy-oil
  - Advanced Combustion Systems (PFBC, IFC) :
    - recommended should not be included
  - Advanced Fuels & Chemicals : Focusing reducing CO2
  - Fuel Cells: - Focus on reducing Fuel Cell capital cost in large-scale, coal-gasification, central station power plants.
    - Distributed power generation FC program should not be in Vision 21
  - Fuel-Flexible G/T : Focus on cycles using H2 rather than Syngas
- Supporting Technologies & Systems Integration
  - Advanced Modeling & Systems Integration
  - Materlas & Heat Exchangers : High temperature membranes for air separation, H2 separation from sysgas, High temperature coatings & materials
  - Environmental Control Technologies
  - Gas Stream Purification
  - Gas-Separation Technology
  - Hydrogen Production from Water Dissociation
- Commercialization

IAE

Driving Force for Gasification

- **Gasification is alive and growing**
  - 매년 5,000 MW_{th} syngas 용량 증가 (10%/yr)
  - '99년 4,000 MW_{th}/yr 증가
- **신규 project의 시료는 대부분 Coal & Petroleum coke**
  - 고유황 함유 pet coke의 가격 침체
- **최근의 발전 IGCC 시장은 주로 전력시장 deregulation이 진행되는 국가들에서 급증하고 있음.**
  - 가스화가 가스터빈 연계의 복합발전 가능케 함.
  - Polygeneration으로 예전에는 불가능하였던 efficiency, revenue options, annual load가 가능해 짐

IAE

Ref.: 2001 Gasification Tech. Conf., SFA Pacific Inc. 발표자료

Future of Gasification

- Continuing convergence of oil, gas & electric power markets with deregulation improves the potential for gasification.
- Gasification is helped by increasing interest in :
  - Clean alternatives to Natural Gas from low cost & stable supply fuels
  - Reduced emissions: SO_2, NO_x, $PM_{2.5}$, Hg, solid/liquid wastes & CO_2
  - Higher value-added pitch, pet coke & industrial waste utilization
- Electric power generation is the key market for gasification
  - Growing at a rate twice that of other end-use energy, like liquid fuels
  - Key to polygeneration is power to the grid for economy of scale.
  - GCC (Gasification Combined Cycle) repowering of existing coal units could have many advantages
  - GCC can be lower cost than NGCC at proces >$4 per million Btu.

IAE

Ref.: 2001 Gasification Tech. Conf., SFA Pacific Inc. 발표자료

중국의 석탄 Gasification 플랜트 건설 현황

Dongting Coal Gasification Project :

- Coal gasification 규모 : 2,000 톤/일
- Syngas 생산량 : 142,000 Nm^3/hr (CO + H2), 3.4 million Nm^3/day
- Syngas → Shift 반응, Gas trewatment → NH3 합성 → Urea plant
- Capital investment : 150 million US$
- 50/50 Sinopec/Shell equity sharing : Gas treatment plant는 Sinopec 100% 투자
- Ready-for-start-up : 2004년 하반기

Yingcheng Coal Gasification Project :

- Coal gasification 규모 : 910 톤/일
- Syngas 생산량 : 55,000 Nm3/hr (CO + H2)
- Chemical 원료 생산용
- Plant owner : Hubei Shuanghuan Chemical Industrial Co., Ltd.
- Ready-for-start-up : 2004년 상반기

Other projects :

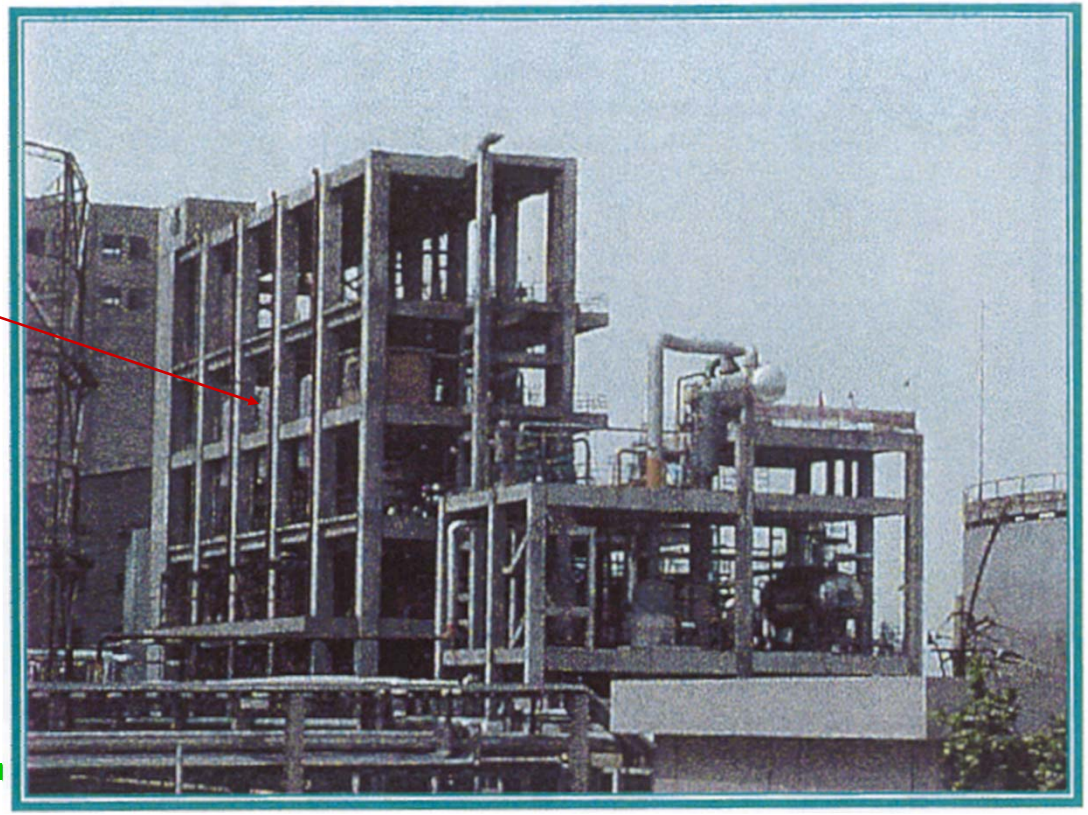
- Sinopec/Shell: Hubei와 Anqing에 각각 석탄 2,000톤/일→3.4 million Nm^3/day 규모의 Chemical 생산용 가스화설비로 2005년 startup 계획

IAE

중국의 석탄 Gasification 플랜트 현황 (계속)

- Huainan Coal Gasification Plant
  - Coal gasification 규모 : 990 톤/일
  - Syngas → Urea 생산
  - Texaco (현재 ChevronTexaco)사 기술
  - Start-up : 2000년 8월

3 Gasification trains



IGCC 국내 현황

한전

- 산업자원부 장기전력수급계획상 2007년, 2013년, 2014년 각 30만kW Clean Coal Technology(CCT) 발전소 건설 계획은 아직 유효함. 한국서부발전㈜에서 1호기 담당
- 2001년 3월, CCT 발전소 형태를 IGCC, PFBC중 IGCC로 KOPEC 용역결과 통해 선정
- 그러나, 계속 지연되고 있음.

국내 정유회사 **LG-Caltex / SK Corp.**

- 중잔유사용 30-60만kW IGCC발전 타당성 검토 완료함.
- 대규모 투자비용 문제로 지연중이나, 대체에너지법이 통과되어 중질잔사유 IGCC가 대체에너지법에 포함되면 LG-Caltex는 건설 추진 예상

2005년부터 신규발전소 NOx 규제치 80 ppm으로 강화될 예정

- 비교: 동해화력 무연탄 순환유동층 발전소 NOx 발생량 150 ppm

IGCC 국내 실용화 변수 및 기술개발 방향

국내 IGCC 실용화 변수

- 한전의 수화력분야 분할에 따른 변수
- 국내경기 하강에 따른 대규모 신규투자의 지연
- 선진국의 기후변화 협약내 Emission Credit Trading : 선진국 업체들의 한국/중국 등 건설에 적극적 참여 예상

국내현실

- 선진국 규모 Demo Plant의 운용 어려움

현실적 기술개발 방향

- 2-20톤/일 규모로 IGCC 기술의 요소부위가 연계된 플랜트기술 개발
- 정유공장 부산물 가스화 적용 관련 기술개발
- Plant 조업에 도움될 Plant Dynamic Simulation 기술개발
- 최적공정 및 요소설비 computer simulation 기술개발
- 개발기술의 환경분야 등 spin-off 적용처 탐구
  - 폐기물, Biomass 가스화
- 설비 및 소요품(예: 탈황제, 집진필터) 국산화 개발

Wabash River IGCC Plant의 2001 Gas Island Downtime Causes

Downtime Cause	% of Year	Corrective Action
Syngas Cooler tube leak	5.82	Limit dp & thermal cycles
Acid Gas Cooler tube leak	3.40	Proper refractory anchors
Slurry Mixer replacement	0.40	Min. flow constraints
Slurry flow interruption	0.72	Improved suction nozzle & operating discipline
False filter pressure indication	0.12	Simplified sensing lines & smarter control code
Miscellaneous	0.11	Actions implemented

Key Areas : Hot gas cooling tube 재질, 시료 feeding, 전계장

IAE

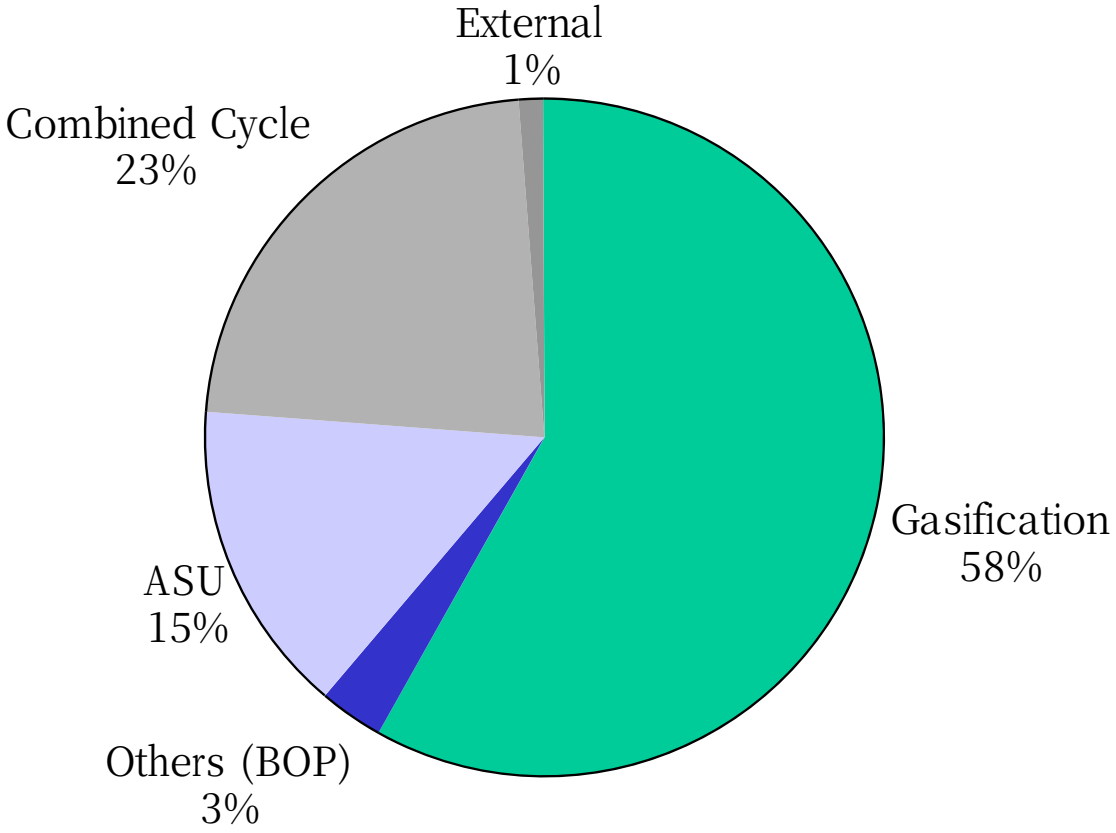
Wabash River IGCC Plant의 2001년도 Reliability by Gasification Sub-System

Sub-System	Reliability	Sub-System	Reliability
1st Stage Gasifier	99.5%	Acid Gas Removal	100%
2nd Stage Gasifier	100%	Sulfur Recovery	96.6%
Raw Syngas Conditioning	100%	Sour Water Treatment	100%
Syngas Cooling	94.2%	Fuel Hopper System	100%
Particulate Removal	99.9%	Rod Mill System	100%
Chloride Scrubbing	100%	Slurry Storage System	99.9%
COS Hydrolysis	100%	Slurry Feed System	99.4%
Low Temp. Heat Recovery	100%	Slag Removal System	100%
Syngas Moisturization	100%	Cooling Tower System	100%

Reliability = [1 – (Forced Outage Hours / Period Hours)] x 100
: Scheduled shutdown period 제외한 정의임.

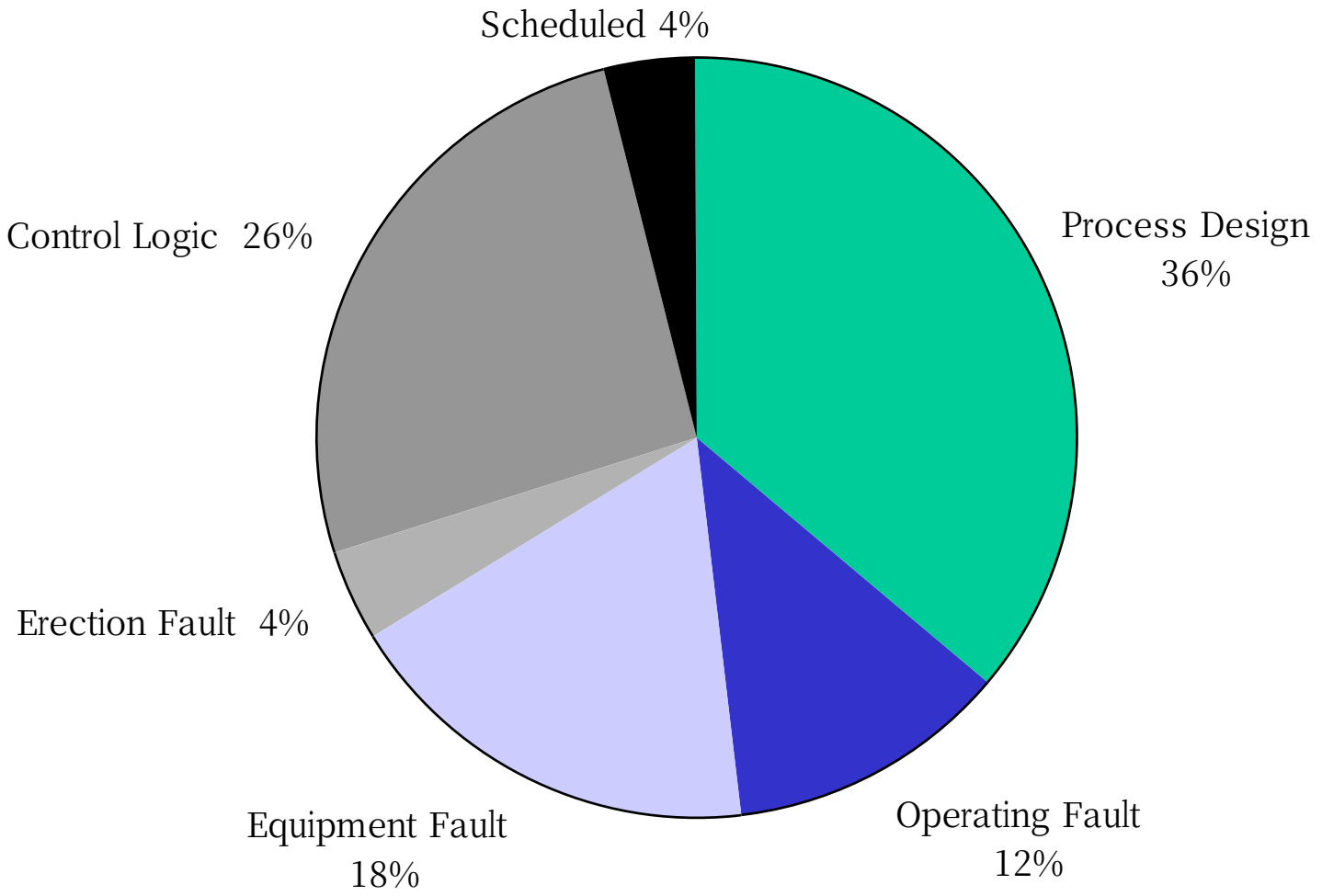
IAE

335 MWe급 스페인 Puertollano IGCC Plant 분야별 문제점
- IGCC Trip (Area별) -



선진국 IGCC설비도 아직 가스화 및 복합발전 설비, 공기분리공정 (Air Seperation Unit) 설비와 연계문제에서 문제점 해결중임.

Puertollano IGCC
- IGCC Trip (Failure Type별) -

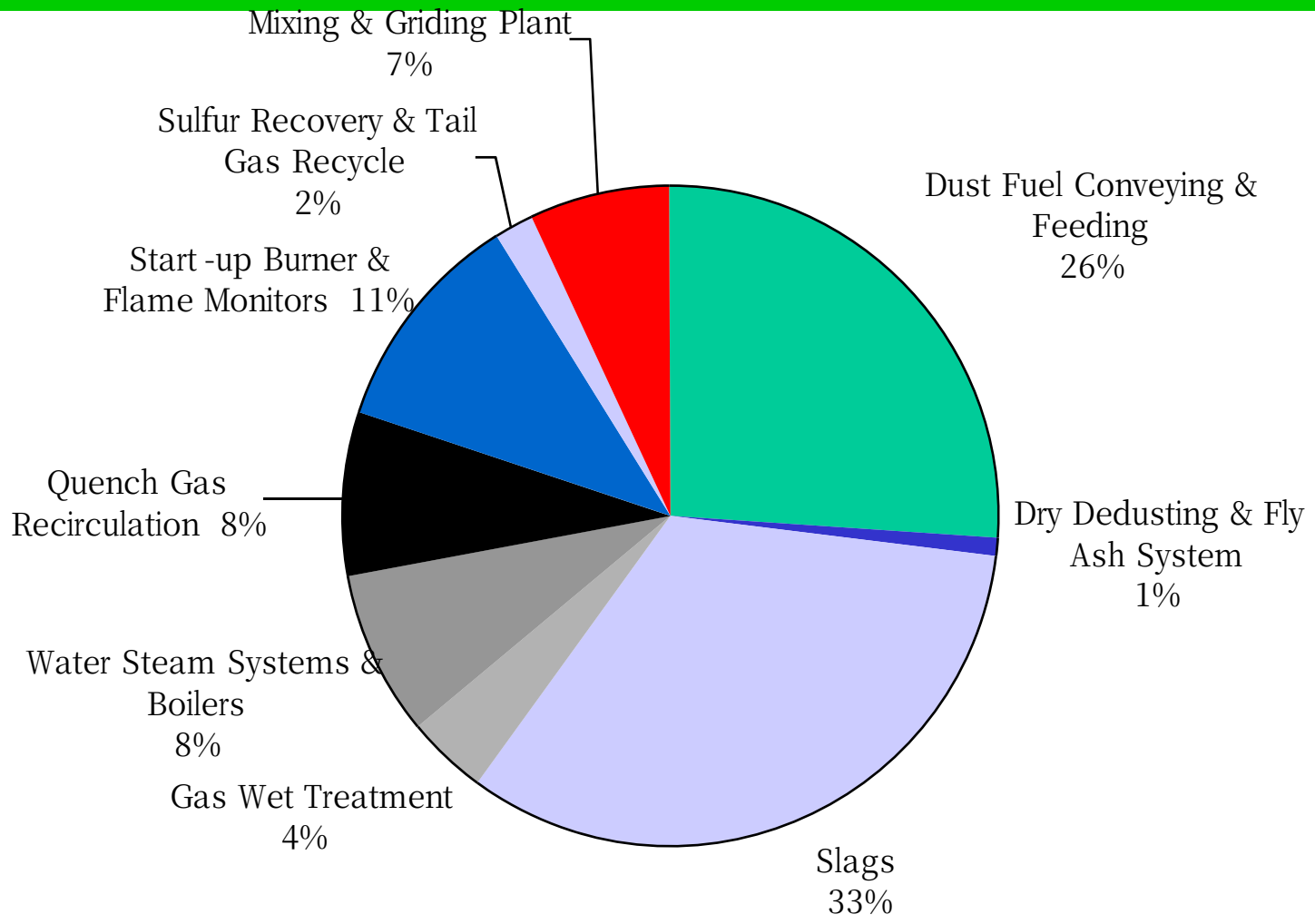


국내에 IGCC 발전소가 건설되더라도 국내업체의 역할을 높이기 위해서는 공정설계 및 제어시스템 설계기술의 확보가 필요함.

IAE

Puertollano IGCC

- IGCC Trip (Gasification System별) -



가스화기에서도 시료주입부 및 용융슬랙처리부에서 아직 문제가 발생되고 있어, 설비규모는 외국에 비해 소규모지만 국내설비에서도 핵심기술 개발의 여지가 아직 있음.

IAE

Coal Feed to Gasification - RD&D Needs

- Coal Pump
- Coal/Water slurry heating. Better atomization and vaporization
- Lock hopper systems problematic at HP
- New concepts using slurry pumping to achieve HP
  - Slurry flash with cyclone underflow to gasifier and flashed steam added to raw gas for shift
  - Evaporate slurry with gasifier raw gas, cyclone and filter catch fed to gasifier. (See BI-GAS, HRL IDGCC and van der Burgt/KEMA/EPRI OGCC).
- Coal in liquid CO_2 slurries either directly or with flash evaporation (EPRI/ADL): water quench for shift etc.
- Re-examine above concepts for IGCC with shift and CO_2 removal and particularly for low cost low rank coals.

EPRI

IAE

Ref.: N. Holt, 2001 Gasification Tech. Conf.

Entrained Flow Gasifiers
RD&D Needs

Candidate Improved Design Features

Improvement/Technology	*Shell/Prenflo*	*Texaco*	*Global E-Gas*	*Mitsubishi*	*Noell/GSP*
HP Dry Feed System	✔	✔	✔	✔	✔
Add 2nd Stage	✔	✔			✔
Reduce Gas Recycle	✔				
Partial Quench	✔	✔	✔	✔	✔
Fire Tube SGC	✔	✔		✔	✔
Continuous Slag Removal	✔	✔		✔	✔
High Pressure	✔		✔	✔	✔
Other		New Radiant SGC	Cylindrical Design	Use O_2	

EPRI

IAE

Ref.: N. Holt, 2001 Gasification Tech. Conf.

Entrained Gasifer Design RD&D Needs

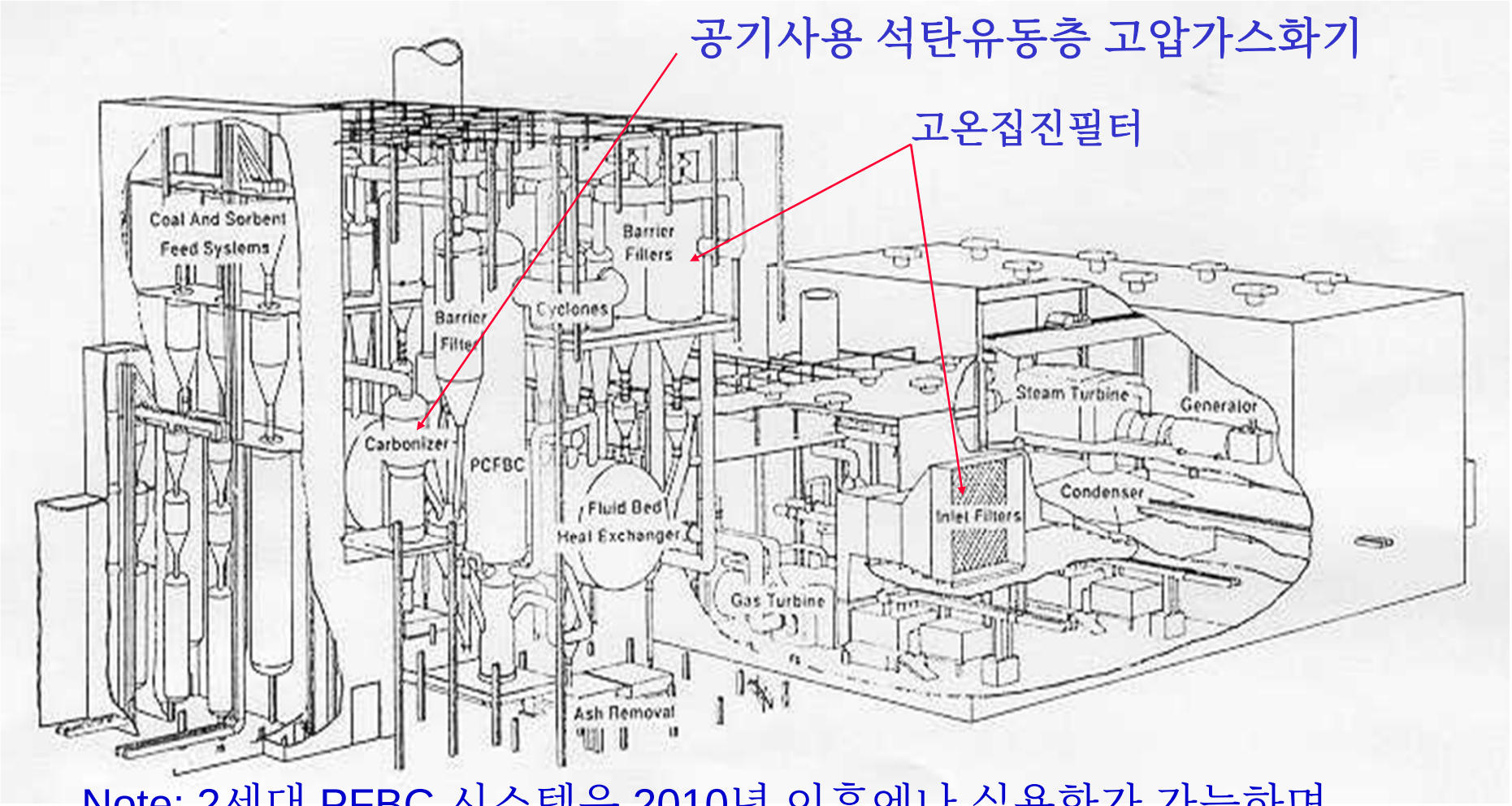
- Actual reaction rates not known and size based on pilot experience.
- Slurry reactors need additional time to evaporate water.
- Reaction rate varies inversely with coal rank.
- Petroleum coke reactivity < most bituminous coals.
- Accords with experience e.g. Ube petroleum coke.
- Scale up Montebello → Ruhrchemie → Cool water satisfactory for bituminous coals. However at Tampa, lower carbon conversion per pass experienced for both Pittsburgh #8 and Illinois #6 coals, than at Cool water.
- Co-gasification of coal and petroleum coke may have advantages for petroleum coke carbon conversion.

EPRI

IAE

Ref.: N. Holt, 2001 Gasification Tech. Conf.

IGCC 기술과 비슷한 환경성능의 2세대 PFBC 공정도
(미국 Foster-Wheeler사)



Note: 2세대 PFBC 시스템은 2010년 이후에나 실용화가 가능하며,
고압가스화기/고온집진 기술은 PFBC에서도 기반기술임.

IAE

결 론

- 선진외국의 IGCC 연구비용 및 설비규모가 국내의 몇천배 된다고 기술적 경쟁이 불가능한 것이 아니며, 핵심분야 기술(예: 고유 가스화설계, 가스화버너 노즐, 고유 고온탈황제, 3차원설계, 전산해석)에서는 경쟁이 가능함.
- 가스화 기술은 효율 향상과 신뢰도 향상을 위해 아직 개발할 세부 기술분야가 많음.
- 가스화기술은 폐기물, biomass, 정유공장 중잔사유 (예: 아스팔트)의 환경적합적 처리에도 가장 유리한 기반기술이므로, 공정 시스템으로서의 기술개발이 필수적임.
- 현재까지 개발한 국내 IGCC 가스화기술은 석탄발전소의 규모에는 1/1000에 불과하나, 슬러지 등의 타시료에 적용하는 경우에는 이미 상용급임. 따라서, 타시료를 통해 우선 실용화하고 핵심기술을 개발하면 석탄 및 중잔사유 적용의 IGCC 가스화 기술에서도 국내업체에 큰 지원이 될 것임.