

# 공정 시뮬레이션 경진대회 2019

- NGCC 발전소의 실현 가능성 조사 -

2019.07.01

# Background

- 천연가스를 이용해 더 많은 전기를 생산해야 함
- 생산량과 환경이슈(CO2, 공해, 미세먼지)를 동시에 만족해야 함
- NGCC 발전소는 이에 부합하여 고려할만한 가치가 있음

\* NGCC (Natural Gas Combined Cycle)

# Problem

- NGCC 발전소의 실현 가능성 조사
  - 800MW의 전기를 생산하는 공정을 완성
  - CCS (Carbon capture & Storage-Compression)
  - 증기 터빈, HRSG(Heat Recovery Steam Generator) 이용
  - 경제적 분석 (총 투자 비용, 연간 운영비용, 내부수익률)
  - 전기 가격에 따른 손익분기점 및 민감도 분석

# Product Capacity & Specifications

- 알짜 전력 생산량 고려

(총 생산량 – 생산 중 소비량)

- 연간 8000시간 조업

# Natural gas Feed spec

- 기체 부피 분율 고려
- OSBL Temp. 15 C
- OSBL Press. 18 barg

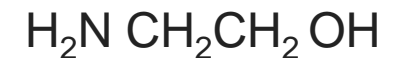
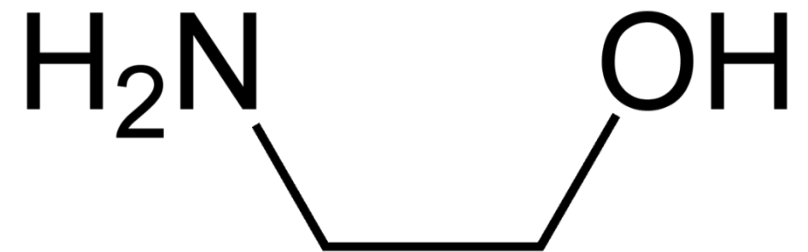
\* OSBL (outside battery-reactor,tower, ... - limits)

- 공기 공급 조건: 80 C, 1 barg

성분	%
N2	0.04
C1	89.26
C2	8.64
C3	1.44
i-C4	0.27
n-C4	0.35

# CO2 Capture

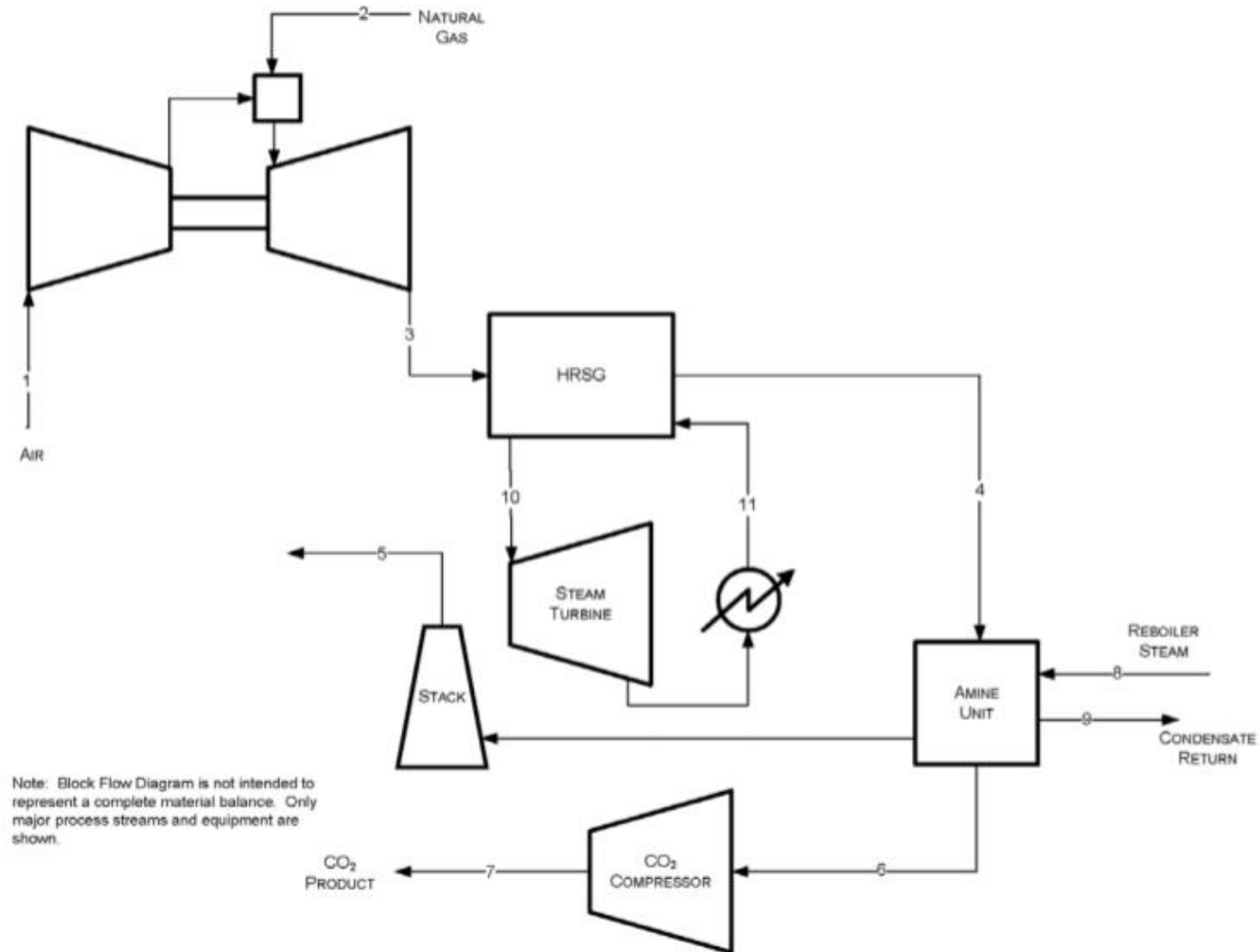
- 30wt% MEA 수용액 이용
- MEA: Monoethanolamine , Ethanolamine, 61.084 g/mol
- MEA 용액을 가열하면 CO2가 분리
- 초/소 90 mol% 포획
- OSBL 45 C, 50 barg



# Utility

- 냉각수는 32 C로 공급되고 42 C로 배출
- 보일러 공급수 80 C, 1 barg

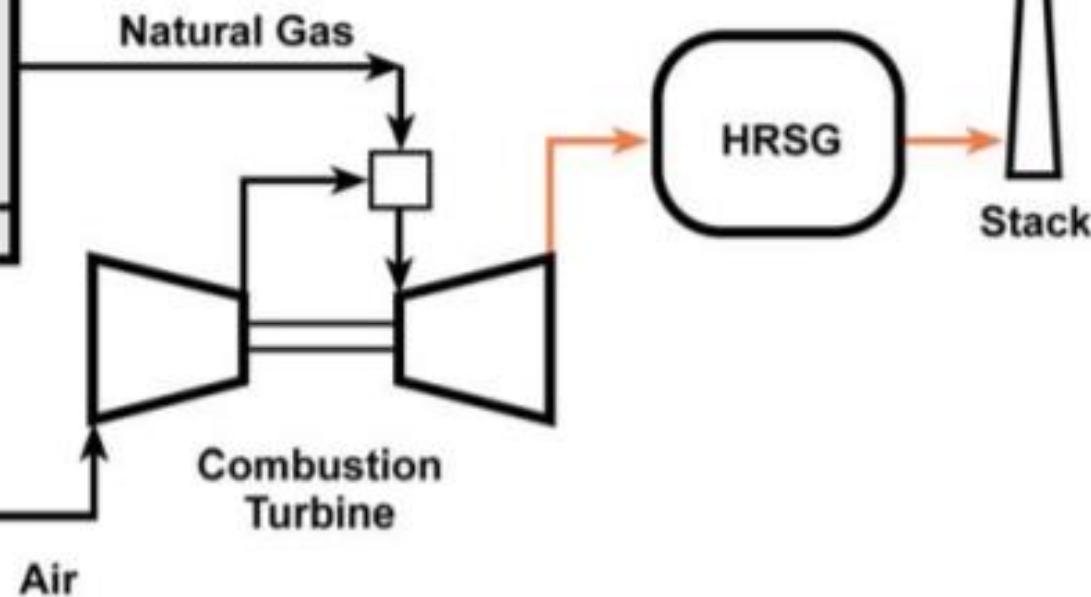
# Process Configuration





Natural Gas		
Component		Volume Percentage
Methane	CH <sub>4</sub>	93.9
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3.2
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.7
n-Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.4
Carbon Dioxide	CO <sub>2</sub>	1.0
Nitrogen	N <sub>2</sub>	0.8
Total		100.0

AIR	
Energy Flow, MMBtu/hr	Mass Flow, lb/hr
91	6,938,380



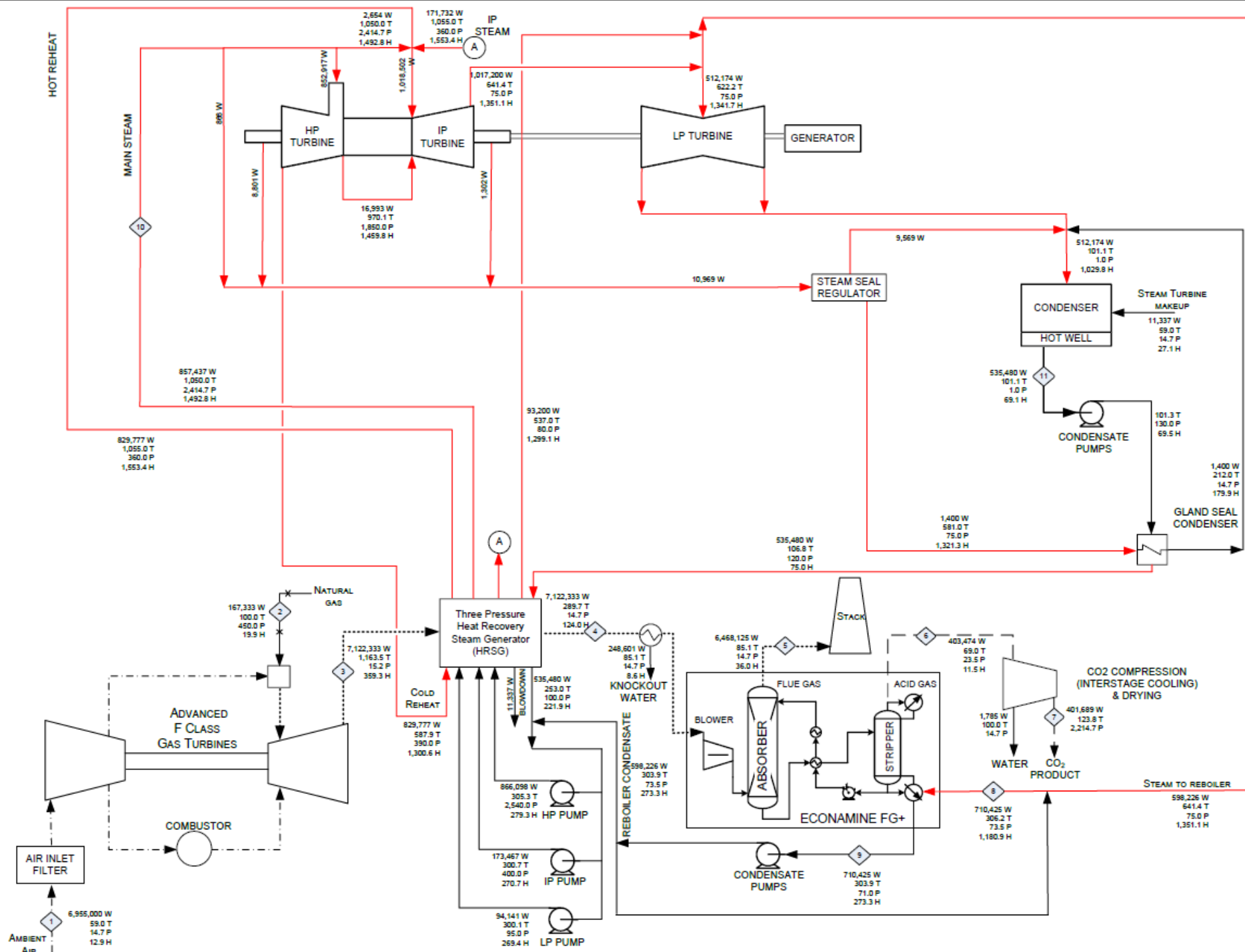
STACK GAS	
Energy Flow, MMBtu/hr	Mass Flow, lb/hr
758	7,103,560

RAW WATER USAGE	
Mass Flow, gpm	
2,511	

INPUT		
	Energy Flow, MMBtu/hr	Mass Flow, lb/hr
Natural Gas	3,771	165,182

LOSSES		
	Energy Flow, MMBtu/hr	Mass Flow, lb/hr
Condenser	1,102	---
Process	59	---

OUTPUT		
	Energy Flow, MMBtu/hr	Mass Flow, lb/hr
Power	1,977	---
Net Plant Efficiency, % HHV (Overall) 50.8%		



# Combustor

- 천연가스의 완전연소 가정
- 과량의 O<sub>2</sub> 공급 가정

반응물	생성물	$\Delta H$ (kJ/mol)
$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2$	$\text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	- 891
$\text{C}_2\text{H}_6 + 3.5 \text{O}_2$	$2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$	- 1418
$\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2$	$3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$	- 2027
$\text{C}_4\text{H}_{10} + 6.5 \text{O}_2$	$4 \text{CO}_2 + 5 \text{H}_2\text{O}$	- 2635 (N) - 2629 (I)

# Economic Conditions

- 천연가스 : 14 \$/mmbtu
- 전기 : 0.11 \$/kwh
- 냉각수 : 0.03 \$/m<sup>3</sup>
- 99.5wt% MEA : 1.5 \$/kg
- 발전소 수명 : 40년

# Report

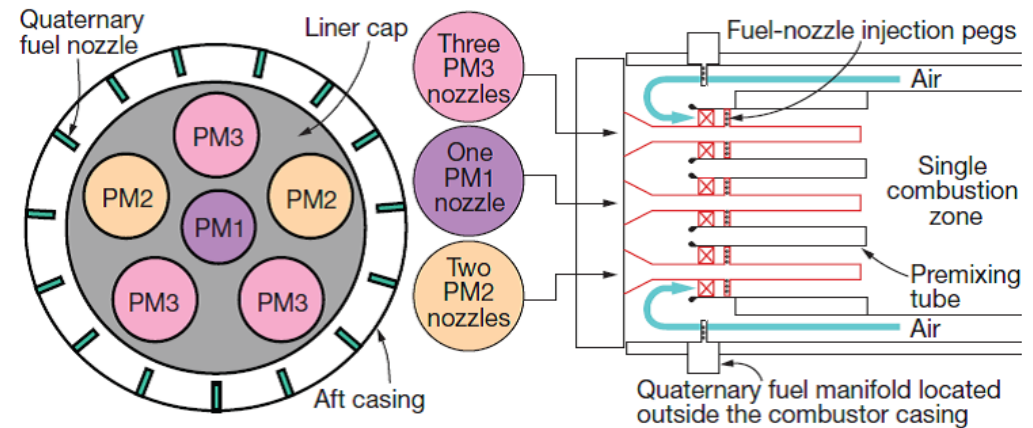
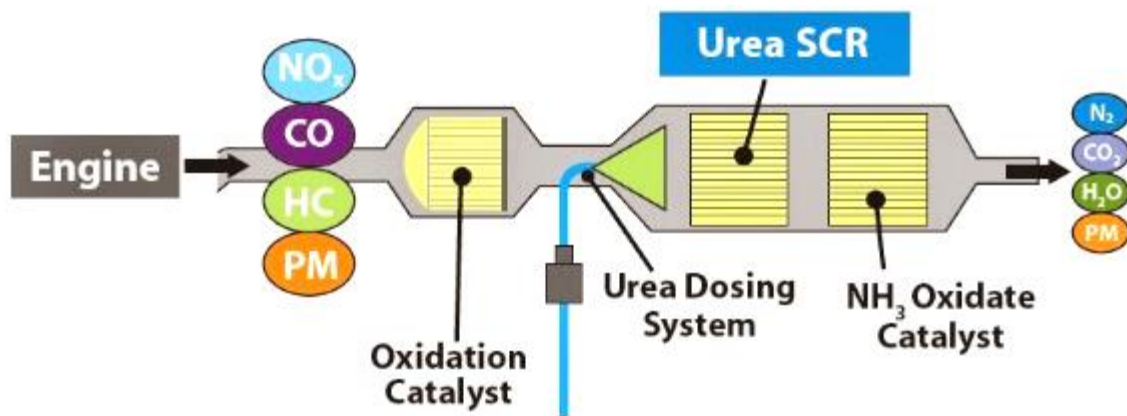
- PFD에는 물질 수지를 따르는 온도, 압력, 유량, 조성 표기
- PFD에는 에너지 수지를 따르는 가열, 냉각 열량 표기
- Metric 단위를 사용하고 공정에 대한 설명 작성
- 경제적 분석을 포함할 것
- 이익을 위해 필요한 최소한의 전기 가격 추정
- CO2 저장(Stack cost)은 비용 추정에 포함되지 않음

# Point

- 적절한 상태방정식을 논리적인 근거를 토대로 사용할 것
- 연소 반응식을 잘 지정할 것
- Kinetic data가 필요 없는 Conversion Reactor
- MEA는 손실을 보충하고, CW 및 BFW 손실은 무시
- HRSG의 approach temp. 조절이 핵심

# Question

- 질소 산화물의 처리
- SCR(Selective Catalytic Reduction) & DLN(Dry Low NOx)



# 참조

- MEA <https://en.wikipedia.org/wiki/Ethanolamine>
- NGCC <https://www.nrc.gov/docs/ML1217/ML12170A423.pdf>
- Process Equipment cost estimation  
<https://www.osti.gov/servlets/purl/797810/>
- Combustion Enthalpy  
<https://www.thermo.com/research/kdb/hcprop/cmprch.php>