

---

「통합환경허가 플레어스택 기술검토 매뉴얼」

〈 플레어스택 기술검토 〉

---

2021. 01







# 목차

<b>1. 플레어스택 기술검토</b>	<b>1</b>
1.1. 기술검토 제출서류	1
1.1.1. 플레어스택 기술검토 제출서류	1
1.1.1.1. 제출서류 목록	1
1.1.1.2. 제출서류 작성 양식	3
1.1.1.3. 제출서류 예시(안)	7
1.2. 플레어스택 기술검토 주요내용	26
1.2.1. Smokeless capacity	27
1.2.1.1. 기술검토 필요성	27
1.2.1.2. 기술검토 내용	27
1.2.1.3. 용어 정의	28
1.2.1.4. 기술검토 근거	30
1.2.2. 보조스팀 및 공기 유량	38
1.2.2.1. 기술검토 필요성	38
1.2.2.2. 기술검토 내용	38
1.2.2.3. 기술검토 근거	39
1.2.3. Control Valve 배출원 제어	46
1.2.3.1. 기술검토 필요성	46
1.2.3.2. 기술검토 내용	49
1.2.3.3. 기술검토 근거	49
1.2.3.4. Control Valve	51
1.2.4. 드럼 체류액 적정처리 여부	57
1.2.4.1. 기술검토 필요성	57
1.2.4.2. 기술검토 내용	57
1.2.4.3. 기술검토 근거	57

1.2.5. 플레어스택 입지 .....	61
1.2.5.1. 기술검토 필요성 .....	61
1.2.5.2. 기술검토 내용 .....	61
1.2.6. 비산배출 시설관리기준 .....	62
1.2.6.1. 기술검토 필요성 .....	62
1.2.6.2. 기술검토 내용 .....	62
1.2.6.3. 기술검토 근거 .....	62

# 표 차례

[표 1] 플레어스택 기술검토 제출서류 .....	1
[표 2] 플레어시스템 현황표 .....	3
[표 3] 국내 플레어스택 설계용량 통계 데이터 .....	31
[표 4] 회귀분석 통계량 요약 .....	33
[표 5] 회귀분석 통계량 .....	33
[표 6] 목적에 따른 Flaring 분류(안) .....	47
[표 7] 물환경보전법 : 폐수처리 관련 .....	58
[표 8] 폐기물관리법 : 폐액 처리 관련 .....	58
[표 9] 지정폐기물 처리방법 .....	59
[표 10] 비산배출 저감을위한 시설관리기준 요약 .....	62
[표 11] 비산배출 저감을위한 시설관리기준 관리대상물질 .....	63
[표 12] 비산배출 저감을위한 시설관리기준 .....	63

# 그림 차례

[그림 1] 플레어스택 기술검토 항목 도출 .....	26
[그림 2] Smokeless capacity .....	29
[그림 3] 국내 플레어스택 설계용량 통계 그래프 .....	30
[그림 4] Outlier 가 회귀분석에 미치는 영향 .....	32
[그림 5] Studentized residual .....	32
[그림 6] 선형회귀분석 Smokeless capacity .....	34
[그림 7] 선형회귀분석 Smokeless capacity 비율 .....	34
[그림 8] 최고 설계값 Smokeless capacity .....	35
[그림 9] 최고 설계값 Smoekeless capacity 비율 .....	35
[그림 10] Smokeless capacity 기준치 조절 .....	36
[그림 11] 최종 Smokeless capacity 기준 .....	37
[그림 12] 최종 Smokeless capacity 비율 .....	37
[그림 13] 탄화수소 종류에 따른 Steam/Gas Ratio .....	40
[그림 14] 무연 연소용량 vs 플레어스택 설계용량 .....	42
[그림 15] 무연 연소용량 vs 플레어스택 설계용량 .....	44
[그림 16] EPA : Enforcement Alert(2012), Vol.10 .....	46
[그림 17] 캘리포니아주 FXG 사의 Flaring 평균 유량 .....	50
[그림 18] 캘리포니아주 Phillips66 사의 Falring 평균 유량 .....	50
[그림 19] 밸브의 분류 .....	51
[그림 20] Pressure control valve .....	52
[그림 21] Temperature control valve .....	53
[그림 22] Flow control valve .....	53
[그림 23] Level control valve .....	54
[그림 24] Control valve 공정 제어루프 기본 구성 .....	55
[그림 25] Control valve 기본 구조 .....	56

[그림 26] Actuator 종류 .....	56
[그림 27] 저감효율 VS 연소구역 총 발열량 .....	65
[그림 28] 연소효율 VS 연소구역 총 발열량 .....	65
[그림 29] 통합환경관리계획서 .....	66
[그림 30] 플레어스택 기술검토 점검틀 요약 .....	67
[그림 31] 기술검토 점검틀 세부 구성 .....	68
[그림 32] 기술검토 절차 요약 .....	68



# 1. 플레어스택

## 기술검토

---

- 1.1. 플레어스택 기술검토 제출서류
- 1.2. 플레어스택 기술검토 주요내용
- 1.3. 플레어스택 기술검토 방법



# 1. 플레어스택 기술검토

## 1.1. 기술검토 제출서류

### 1.1.1. 플레어스택 기술검토 제출서류

#### 1.1.1.1. 제출서류 목록

석유화학 및 정제업의 플레어스택과 관련하여 통합환경관리계획서 8장 첨부·제출서류의 10. 기타 첨부서류에 아래 제출서류 목록을 첨부해야 한다.

[표 1] 플레어스택 기술검토 제출서류

구분	첨부서류 제출목록	첨부서류 필요내용
플레어 시스템 현황표	1) 플레어시스템 현황표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 플레어 시스템 현황표 양식 제출</li> </ul>
근거서류	2) 플레어시스템 현황표의 기재 내용을 증명할 수 있는 Data Sheet 및 Data	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 플레어스택 설계용량 명시</li> <li>• Smokeless capacity (kg/hr, %)</li> <li>• 플레어 배출가스 발열량</li> <li>• 보조스팀 또는 공기 주입량</li> </ul>
	3) Flare load summary	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Max. Flare load 명시</li> </ul>
	4) 플레어가스 조성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 플레어가스 조성</li> </ul>
	5) 플레어 헤더와 연결된 CV 목록	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 플레어스택으로 향하는 Control Valve 등(PCV, FCV, TCV 등) 배출원 목록 서류 제출(별도 양식 참고)</li> <li>• Control Valve 등(PCV, FCV, TCV 등) Data Sheet 제출</li> </ul>
	6) 드럼 내 체류액 처리방안을 증명할 수 있는 서류	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐수처리시설로 연결하는 경우 : 플레어시스템 P&amp;ID 상에서 드럼 내 체류액이 폐수처리시설로 향하는 것이 확인되어야 함</li> </ul>

구분	첨부서류 제출목록	첨부서류 필요내용
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지정폐기물로 지정하여 처리하는 경우 : 폐기물 처리계획 확인증명서(폐기물관리법 시행규칙 별지 제14호 서식) 제출</li> <li>※ 폐기물 처리계획 확인증명서는 통합환경관리계획서 제8장 제출·첨부서류-폐기물 발생정보에 포함되므로 이러한 경우 중복 제출할 필요 없음</li> </ul>
	7) 공장 레이아웃	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공장부지 내 플레어스택 입지가 표시된 레이아웃</li> <li>※ 통합환경관리계획서 2장 사업조성계획 2.2.2. 사업장 조성단계별 부지평면도상에서 플레어스택 위치를 파악할 수 있는 경우 중복 제출할 필요 없음</li> </ul>
	8) 플레어시스템 P&ID	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템에 연결된 계장을 포함한 P&amp;ID</li> <li>• 유량계/발열량계/조성 샘플링/자동점화장치 등 계장 시스템</li> <li>• 플레어스택/Water seal drum(Liquid Seal Drum)/K.O. Drum 및 Flare gas recovery(보유한 경우) 포함</li> </ul>
	9) PSM 승인공문 및 검토보고서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PSM 심사결과 승인공문 및 플레어스택 검토보고서</li> <li>※ 기존 사업장은 이미 완료된 PSM 승인 공문을 제출하며, 신규 및 증설의 경우 PSM 승인 요청서 제출</li> </ul>

### 1.1.1.2. 제출서류 작성 양식

#### 1) 플레어시스템 현황표

[표 2] 플레어시스템 현황표

구분	내용		근거 서류	
설비번호				
1. 플레어스택 설계 용량(kg/hr) /Max. Flare load(kg/hr)	설계용량	Max. Flare load	1. 플레어시스템 Data Sheet 및 관련서류 2. Flare load summary	
	kg/hr	kg/hr		
2. Smokeless capacity(kg/hr, %)	kg/hr	스팀 보조 방식 ( )		
	%	공기 보조 방식 ( )		
3. 배출가스발열량(NHVorLHV) (kcal/hr)	kcal/hr			
	비산배출시설관리기준 대상시설 : 플레어스택 용량 1.26x10 <sup>7</sup> kcal/hr 이상			
4. 실제 최대 스팀 투입량(또는공기) (kg/hr)	설계 상 가능한 최대 스팀(또는 공기) 투입량			
5. Steam or Air/Gas Ratio	kg <sup>Steam</sup> /kg <sup>Gas</sup> Ratio or mole <sup>Air</sup> /mole <sup>Gas</sup> Ratio			3. 플레어가스 조성
6. CV 배출원 제어			4. CV 배출원 목록	
7. 드럼 체류액의 적정처리 여부			5. 드럼 내 체류액 처리방안 증명서류	
8. 플레어스택 입지			6. 공장 레이아웃	
9. 모니터링 항목			7. 플레어시스템 P&ID (계장도면)	
10. 추가 서류			8. PSM 심사결과서 승인공문 및 플레어스택 검토보고서	

#### 근거서류

1. 플레어시스템 Data Sheet 및 관련서류
  - 플레어스택 설계용량 명시
  - Smokeless capacity (kg/hr 및 %)
  - 플레어가스 발열량
  - 보조 스팀 또는 공기 투입량 산정근거
2. Flare load summary
3. 플레어가스 조성
4. CV 배출원 목록 <첨부 1>
  - Control Valve 배출원 목록 제출
  - Control Valve Data Sheet 제출
5. 드럼 내 체류액 처리방안 증명서류 <첨부 2>
  - 플레어시스템 P&ID (드럼 내 체류액이 폐수처리시설에 연결되어있는지 표기)
  - 또는 폐기물 처리계획 확인증명서
  - 그 밖에 개별매체법에 따라 처리하는 경우, 증명할 수 있는 서류 제출
6. 공장 레이아웃
  - 공장부지 내 플레어스택 입지가 표시된 레이아웃
7. 플레어시스템 P&ID
  - 유량계/발열량가스/조성 샘플링 등 위치 표시
  - 플레어스택/Water Seal Drum/K.O. Drum 및 Flare Gas Recovery(보유한 경우) 포함
8. PSM 심사결과 승인 및 플레어스택 검토보고서

<첨부1>

CV 배출원 목록

No	계기번호	Fluid	Normal Flow	Flow rate (kg/hr)			설치 목적	P&ID No.
				Min	Normal	Max.		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

- ※ 계기번호 : Control Valve 계기번호 기입
- ※ Fluid : 설계 상 밸브 내 유체 주성분
- ※ Normal Flow : 정상운전 시 지속적으로 플레어로 배출되는 유체흐름의 여부
- ※ Flow rate : Control Valve의 Data Sheet 상 유량
- ※ 설치목적 : Control Valve를 플레어헤더에 연결한 목적
- ※ P&ID No. : Control Valve의 설치위치를 확인할 수 있는 계장도면





### 1.1.1.3. 제출서류 예시(안)

플레어시스템 현황표			
구분	내용		근거 서류
설비번호	ST0401		
1. 플레어스택 설계 용량(kg/hr) / Max. Flare load (kg/hr)	설계용량	Max. Flare load	1. 플레어 시스템 Data Sheet 및 관련 서류 2. Flare load summary 3. 플레어가스 조성 4. CV 배출원 목록 5. 드럼 내 체류액 처리방울 증명서류 6. 공장 레이아웃 7. 플레어시스템 P&ID (계장도면) 8. PSM 심사결과 승인공문 및 플레어스택 검토보고서
	182,000 kg/hr	129,582 kg/hr	
2. Smokeless capacity (kg/hr, %)	54,600 kg/hr	스팀 보조 방식 ( ● )	
	30 %	공기 보조 방식 ( )	
3. 배출가스발열량 (NHV or LHV) (kcal/hr)	2,002,000,000 kcal/hr		
	비산배출시설관리기준 대상시설 : 플레어스택 용량 1.26 x 10 <sup>7</sup> kcal/hr 이상		
4. 실제 최대 스팀 투입량(또는 공기) (kg/hr)	설계 상 가능한 최대 스팀(또는 공기) 투입량		
	35,163		
5. Steam or Air/Gas Ratio	kg <sub>Steam</sub> /kg <sub>Gas</sub> Ratio or mole <sub>Air</sub> /mole <sub>Gas</sub> Ratio		
	0.540		
6. CV 배출원 제어	신규 설치되는 전제 CV 배출원 2개 중 Normal Flow 중 유량 33 kg/hr		
7. 드럼 체류액의 적정처리 여부	폐수처리시설에서 처리 P&ID No. 18001-040-04-040 : OWS(Oily Waster Sewer) 라인은 폐수 처리시설(WWT)로 향함		
8. 플레어스택 위치	첨부서류 확인		
9. 모니터링 항목	- 열전대 및 OGI 설치 - FFG 설치		
10. 추가 서류	첨부서류 확인		
첨부서류	1. 플레어 시스템 Data Sheet 및 관련 서류 - 플레어스택 설계용량 명시 - Smokeless capacity (kg/hr 또는 %) 명시 - 플레어가스 발열량 - 보조 스팀 또는 공기 투입량 2. Flare load summary 3. 플레어가스 조성 4. CV 배출원 목록 - Control valve 배출원 목록 제출 - Control valve Data Sheet 제출 5. 드럼 내 체류액 처리방울 증명서류 - 플레어시스템 P&ID (드럼 내 체류액이 폐수처리시설에 연결되어있는지 표기) - 또는 폐기를 처리계획 확인증명서 - 그 밖에 개별매체에 따라 처리하는 경우, 증명할 수 있는 서류 제출 ※ 제8장 제출첨부서류에 폐기를 처리계획 확인증명서가 포함되는 경우 제출할 필요 없음 6. 공장 레이아웃 - 공장부지 내 플레어스택의 위치가 표시된 레이아웃 ※ 통합환경관리계획서 2장 사업장조성계획 2.2 사업장 조성단계별 부지명면도 상에서 플레어스택 위치를 확인할 수 있는 경우 중복 제출할 필요 없음 7. 플레어시스템 P&ID - 계장 : 유량계/발열량계/조성 샘플링 등 위치 표시 - 플레어스택/Water Seal Drum/KO. Drum 및 Flare gas recovery(보유한 경우) 포함 8. PSM 심사결과 승인공문 및 플레어스택 검토보고서		

1) 플레어시스템 Data Sheet

(주)0000	<b>FLARE DATA SHEET</b> Project	18001-SE-ME705-ST0401-101_Rev.C
---------	------------------------------------	---------------------------------

## FLARE DATA SHEET

( DOC. NO. : 18001-SE-ME705-ST0401-101)

Job. No. : 18001  
 Project Name : \_\_\_\_\_  
 Location : \_\_\_\_\_  
 Contractor : \_\_\_\_\_  
 P.O No. : \_\_\_\_\_  
 Vendor : \_\_\_\_\_

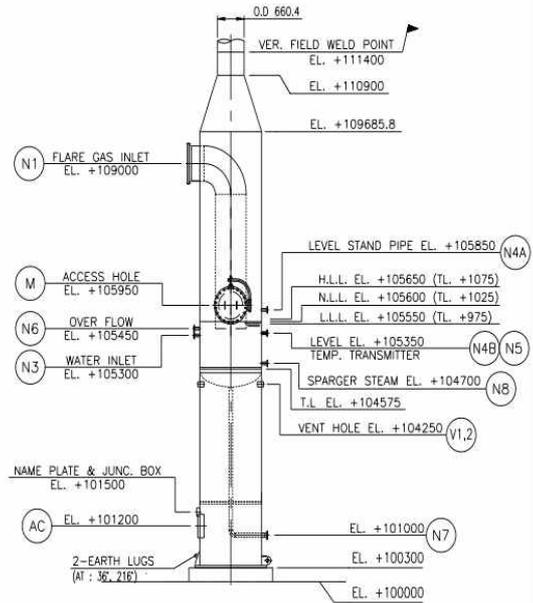
This approval does not relieve the vendor of his responsibility to meet purchase order conditions relating to duty, specifications, materials, design, construction and delivery requirements.							
			1. <input type="checkbox"/> Approved 2. <input type="checkbox"/> Approved With Comments 3. <input type="checkbox"/> Not Approved 4. <input type="checkbox"/> For Information			Contractor's Approval does not release the Vendor from Vendor's responsibilities and/or obligation by the Contract.	
			APPR'D		DATE		
C	25. Nov., 2019	Issue For Approval		D.W. Kim			
B	07. Aug., 2019	Issue For Approval		D.W. Kim			
A	20. May., 2019	Issue For Approval		D.W. Kim			
Rev.	Date	Description	Prepared by	Checked by	Approved by		

## Flare Tip Specification Sheet

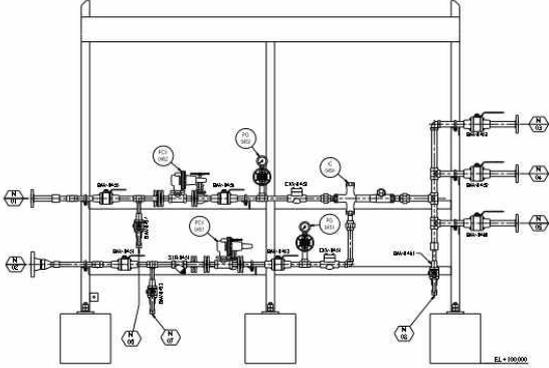
General Information:				
Tag No.:	F-1			
Model:				
Length:	3.05 m			
Weight(Approx.):	564 kg			
No. of Pilots:	3			
Design Case for Flare Tip:				
Governing Case:	FLARE GAS			
Molecular Weight:	42.48			
L. H. V. :	20,790 kcal/nm <sup>3</sup>			
Temperature:	40 Deg. C			
Available Static Pressure:	0.306 barg			
<b>Design Flow Rate:</b>	<b>182,000 kg/hr</b>			
Governing Smokeless Case:	FLARE GAS			
<b>Design Smokeless Rate:</b>	<b>54,600 kg/hr</b> <i>Note 4)</i>			
<b>Upper Steam Consumption</b>	<b>26,463 kg/hr</b> <i>Note 4)</i>			
<b>Center Steam Consumption</b>	<b>8,700 kg/hr</b>			
Approximate Exit Velocity:	101.5 m/s			
Mach No.:	0.38			
Approx. Tip Press. Drop:	0.09 barg			
Process Design Data for Pilot:				
Design Heat Release:	16,391 kcal/hr			
Fuel Gas MW:	17.60			
Fuel Gas LHV:	9,282 kcal/nm <sup>3</sup>			
Fuel Gas Temperature:	5.0 Deg. C			
Fuel Gas Inlet Pressure:	1.05 barg			
Fuel Gas Flow rate:	2.14 Nm <sup>3</sup> /hr(per Pilot)			
Design Rainfall:	1270.00 mm/hr			
Mounting Position:	Vertical			
Thermocouple Type:	K Ungrounded			
No. Thermocouples per Pilot:	1 (Duplex Type)			
Construction for Flare Tip:				Construction for Pilot:
Upper Section:	A240-310	Pilot Firing Tip:	310SS	
Lower Section:	A240-310	Thermowell:	316SS	
Refractory:	N/A	Thermocouple Sheath:	Inconel® 600	
Refractory Thk:	N/A	Thermocouple Head:	Aluminium Die Cast.	
Windshield:	N/A	Fuel & FFG Ignition Line:	310SS	
Flame Retention Rin	YES			
Lifting Lugs:	YES			
Surface Finish :				
Surface Preparation N/A		Primer : N/A		
Finish Paint : N/A		Final Color : N/A		
Connections:	Qty.	Size	Type	Material
N1 - Flare Gas Inlet:	1	26"	150# WNRF "B"	A182-F310
<b>N2 - Upper Steam Inlet:</b>	1	6"	300# WNRF	A182-F304
<b>N3 - Center Steam Inlet:</b>	1	2"	300# WNRF	A182-F304
N4 ~ N6 - Pilot Gas :	3	1/2"	150# SWRF	A182-F310
N7 ~ N9 - Ignition Line:	3	1"	150# SWRF	A182-F310
<b>C1 ~ C4 - Thermocouple(Incl. Burn back):</b>	4	PF 22C	PF Thread	CS(GALV.)
C5 ~ C7 - HEI Ignitor:	3	PF 18C	PF Thread	C.....)
Miscellaneous Notes:				
1. Includes Integral Purge Reducing Velocity Seal.				
2. Required Fuel Gas(Mol. Wt. 17.60 / L.H.V. : 9282 kcal/nm <sup>3</sup> ) Purge Rate = 18.22Nm <sup>3</sup> /hr (680 SCFH). - For more detail gas composition, please refer to Process Conditions on sheet 6 of 7.				
3. Thermocouple (Duplex type) is included.				
4. 30% application of total flare stack capacity (182,000 kg/hr) as per government regulation.				
5. Butt weld joint at the flare tip shall be 100% radiographed. A minimum of 10% groove and other type weld joint shall be inspected using ultrasonic testing method.				

## Liquid Seal Specification Sheet

<b>General Information:</b>	
Tag No.:	LSD-1
Approx. Overall Height:	11.40 m
Approx. Outside Diameter:	1.52 m
<b>Design Criteria:</b>	
Governing Case:	FLARE GAS
Molecular Weight:	42.48
<b>Design Flow Rate:</b>	<b>182,000 kg/hr</b>
Design Pressure:	3.50 barg
Design Temperature:	375 Deg. C
Operating Pressure:	0.3 barg
Operating Temperature:	40.0 Deg. C
Corrosion Allowance:	3.0 mm
Structural Design Code:	ASME SEC.VIII DIV.1
ASME Code Stamp Req'd:	Yes ("U" Stamp)
Hydrostatic Test:	Yes
RT (Gamma Source):	Full(100%)
<b>Construction:</b>	
Shell Material:	A516-70
Nozzle Material:	A105
Skirt Material:	A36 or SS400 <small>Note 3)</small>
<b>Surface Finish (Carbon Steel Surfaces):</b>	
Surface Preparation : SSPC-SP10	Primer (P-1) : Inorganic Zinc Primer(75µm)
Intermediate Paint (I-1) : High Build MIO Epoxy(150µm)	Finish Paint (F-1) : Acrylic Polyurethane(75µm)
Final Color : Red(RAL3000)	
<b>Liquid Level Alarm Set Points</b>	
High Alarm Set Point : EL. +105700 (TL. + 1125)	Low Alarm Set Point : EL. +105500 (TL. +925)
Connections:	Qty.      Size      Type      Material
N1 - Flare Gas Inlet:	1      30"      150# WN.RF "Ser.B"      A105
N3 - Water Inlet:	1      2"      150# LWN.RF      A105
N4A/B - LG and LT	2      2"      300# LWN.RF      A105
N5 - Temp. Transmitter:	1      1-1/2"      300# LWN.RF      A105
N6 - Overflow (Skimmer):	1      2"      150# LWN.RF      A105
N7 - Liquid Seal Drain:	1      3"      150# WN.RF      A105
N8 - Sparger Steam:	1      2"      300# WN.RF      A105
M - Manhole:	1      24"      150# WN.RF      A105
AC - Access Hole:	1      20"      N/A      A36
V1/V2 - Vent Hole:	2      4"      N/A      A53 Gr.B
<b>Miscellaneous Notes:</b>	
1. Any Instruments on LSD are not included.	
2. Overflow Loop Seal pipe is not included.	
3. For skirt of liquid seal Drum, same material shall be attached 900mm length from liquid seal drum.	



## Flame Front Generator Specification Sheet

<b>General Information:</b>				
Tag No.:	HEI/FFG-1			
Model No.:	HEIC/LMM-3-DT/S			
<b>Operation:</b>	FFG(Manual) / HEI(Manual & Auto)			
No. of Pilots Ignited:	3			
Area Classification:	Zone2, IIB+H2, T3			
Approx. Weight:	1,000 kg			
<b>Fuel Gas Data:</b>				
Molecular Weight:	17.60			
L. H. V.:	9,282 kcal/Nm <sup>3</sup>			
Temperature:	5.0 deg. C			
Pressure:	1.05 barg			
<b>Utility Consumption:</b>				
Pilot Gas:	2.14 Nm <sup>3</sup> /hr (per Pilot)			
Pilot Gas:	6.42 Nm <sup>3</sup> /hr (Total)			
Ignition Gas:	3.09 Nm <sup>3</sup> /hr (Intermittent)			
Ignition Air:	29.6 Nm <sup>3</sup> /hr (Intermittent)			
UPS Power Available:	120 Volt, 1 Phase, 60 Hertz			
<b>Construction:</b>				
Ignition Line Piping:	A312-TP304	Ignition Chamber: Stainless Steel		
Fuel Gas Piping:	By Other Scope	No. Thermocouples/Pilot 1(Duplex Type)		
Mounting Rack:	A36 or SS400	Thermocouple Type: "K"		
Enclosure:	Ex "p" (Stainless Steel)	Propane Backup: N/A		
Shield for Radiant Heat & Rain:	Yes (A36 or SS400)	Ignition Air PRV: Yes		
Pilot Gas PRV:	N/A			
<b>Surface Finish (Carbon Steel Surfaces):</b>				
Surface Preparation : SSPC-SP10		Primer : Inorganic Zinc Primer(75µm)		
Intermediate Paint : High Build MIO Epoxy(150µm)		Finish Paint : Acrylic Polyurethane(75µm)		
Final Color : Black(N1.5)				
<b>Connections:</b>	<b>Qty.</b>	<b>Size</b>	<b>Type</b>	<b>Material</b>
N-01 - Instrument Air Inlet :	1	1"	150# SWRF	A182-F304
N-02 - Fuel Gas Inlet :	1	2"	150# SWRF	A182-F304
N-03 - 1st Ignition Gas Outlet :	1	1"	150# SWRF	A182-F304
N-04 - 2nd Ignition Gas Outlet :	1	1"	150# SWRF	A182-F304
N-05 - 3rd Ignition Gas Outlet :	1	1"	150# SWRF	A182-F304
N-06 - Drain for Inst. Air :	1	1/2"	3000# THR'D	A182-F304
N-07 - Drain for Fuel Gas :	1	1/2"	3000# THR'D	A182-F304
N-08 - Drain for Ignition Gas :	1	1/2"	3000# THR'D	A182-F304
<b>Miscellaneous Notes:</b>				
1. Piping/valves are stainless steel with SW construction.				
2. Ignition system uses switch/relay logic.				
3. Ex'd T/C J/B(040-PTJN-301) and HEI J/B(040-PAJN-301) are located at the bottom of flare stack.				
4. Manifold of Pilot gas line at stack base is supplied by others.				
5. Fuel Gas line for Pilot gas is by others.				

## 2) Flare Load Summary

[Table #1-1: 안전밸브 배출량 검토 결과]

ITEM NO.	LOCATION	FLUID	FIRE	POWER FAILURE	COOLING WATER FAILURE	CONTROL VALVE FAILURE	OTHERS	FIRE ZONE
			kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	
SV 0011A/B	Off-gas Header	Off-gas				4,742		
SV 2301A/B	D1202	Propylene				7,030		
SV 2303A/B	E1203 Process side	Propylene				7,322		
SV 3001	F1300	Propylene				101,000		
SV 3002A/B	D1300	Propylene				7,655		
SV 3003A/B	F1303	Propylene	627					SV Fire Zone-4
SV 3101A/B	F1301	Propylene			6,000	48,213		
SV 3102A/B	D1303	Propylene				709		
SV 3103A/B	F1302	Nitrogen					37	
SV 3201A/B	E1301	Propylene			49,000			
SV 3300A/B	E1302 Process side	Propylene	2,797				4,800	SV Fire Zone-1
SV 3301A/B	D1302	Propylene	43,513					SV Fire Zone-1
SV 3401A/B	T1302	Nitrogen					66	
SV 3402A/B	D1304	Nitrogen					66	
SV 3501A/B (1)	C1301 1st stage	Propylene					10,087	
SV 3502A/B (1)	C1301 2nd stage	Propylene					10,087	
SV 3503A/B (1)	C1301 Distance Piece	Propylene					617	
SV 3902A/B (1)	Z1305	Nitrogen				74		
SV 4001A/B	R1401	HC				59,419		
SV 4002A/B	Piping	Hydrogen				106		
SV 4301A/B	T1401	HC			3,761		8,426	

ITEM NO.	LOCATION	FLUID	FIRE	POWER FAILURE	COOLING WATER FAILURE	CONTROL VALVE FAILURE	OTHERS	FIRE ZONE
			kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	
SV 7401A/B (1)	C1704						2,100	
SV 7501A/B (1)	T1704		2,538					SV Fire Zone-1
SV 7601A/B (1)	T1712A		2,496					SV Fire Zone-1
SV 7602A/B (1)	T1712B		2,496					SV Fire Zone-1
SV 7606A/B (1)	C1710		50					SV Fire Zone-1
SV 7607A/B (1)	F1711		127				230	SV Fire Zone-1
SV 7608/7609	F1702A/B		356					SV Fire Zone-1
<b>Maximum Relief Rate (kg/h)</b>	SV Fire Zone-1	129,582	51,000	86,601	101,000	18,992	SV Fire Zone-1	
	SV Fire Zone-2	16,935					SV Fire Zone-2	
	SV Fire Zone-3	51000 (2)					SV Fire Zone-3	
	SV Fire Zone-4	2,568					SV Fire Zone-4	
	SV Fire Zone-5	5,554					SV Fire Zone-5	
	SV Fire Zone-6	12,643					SV Fire Zone-6	
* HC : Hydrocarbons, * TBD : To be developed								

Fire case, Power failure case, Cooling water failure case 를 제외한 안전밸브 분출 Case 는 동시 다발적으로 발생하지 않으며, Fire Case 의 경우 Fire Zone 에 의한 Zone 별 합산량으로 최대 용량을 검토하였다. 위 검토에 따르면 안전 밸브의 압력 상승 요인 중 가장 큰 배출량은 129,582 kg/h (SV Fire Zone-1)이다.

3) 플레어가스 조성

Process Conditions -- Metric Units						
	wt%					
	Flare gas	Steam	Fuel Gas	Fuel Off-gas 1	Fuel Off-gas 2	Fuel Off-gas 3
METHANE			92.39			
ETHANE			5.02		1.70	
PROPANE	20.00		1.76	19.62	24.76	18.96
BUTANE			0.37			
PENTANE						
ISOBUTANE			0.35			
ISOPENTANE			0.02			
HEXANE						
HEPTANE						
OCTANE						
NONANE						
DECANE						
DODECANE						
TRIDECANE						
CYCLOPENTANE						
ETHYLENE					11.90	0.05
PROPYLENE	80.00			80.13	59.13	80.75
BUTYLENE						
ACETYLENE						
BENZENE						
TOLUENE						
XYLENE						
CARBON MONOXIDE						
CARBON DIOXIDE						
HYDROGEN SULFIDE						
SULFUR DIOXIDE						
AMMONIA						
AIR						
HYDROGEN					2.27	
OXYGEN						
NITROGEN			0.09			
WATER		100.00		0.25	0.24	0.24
BUTADIENE						
METHANOL						
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Mol. Wt.	42.48	18.02	17.60	42.42	39.74	42.40
L. H. V. (kcal/kg)	11,000	0	9,282	20,734	19,537	20,725
Temperature (Deg. C):	40.0	200.0	5.0	10.0	10.0	10.0
Avail. Static Pressure (barg):	0.306	10.80	1.055	3.6	3.569	4.078
Flow Rate (kg/hr):	182,000			991	991	986
Smokeless Rate (kg/hr):	54,600					

	wt%	Steam/Gas(i) ratio
PROPANE	20	0.3
PROPYLENE	80	0.6

Steam/Gas Ratio

$$= \sum_{i=1}^n w(i) \cdot \text{Steam/Gas}(i) \text{ Ratio}$$

$$= 0.2 \cdot 0.3 + 0.8 \cdot 0.6$$

$$= 0.54$$

Smokeless capacity 기준치 = 41,116 kg/hr  
필요 스팀량 기준치 = 41,116 x 0.54 = 22,203 (kg/hr)

4) CV 배출원 목록

CV 배출원 목록

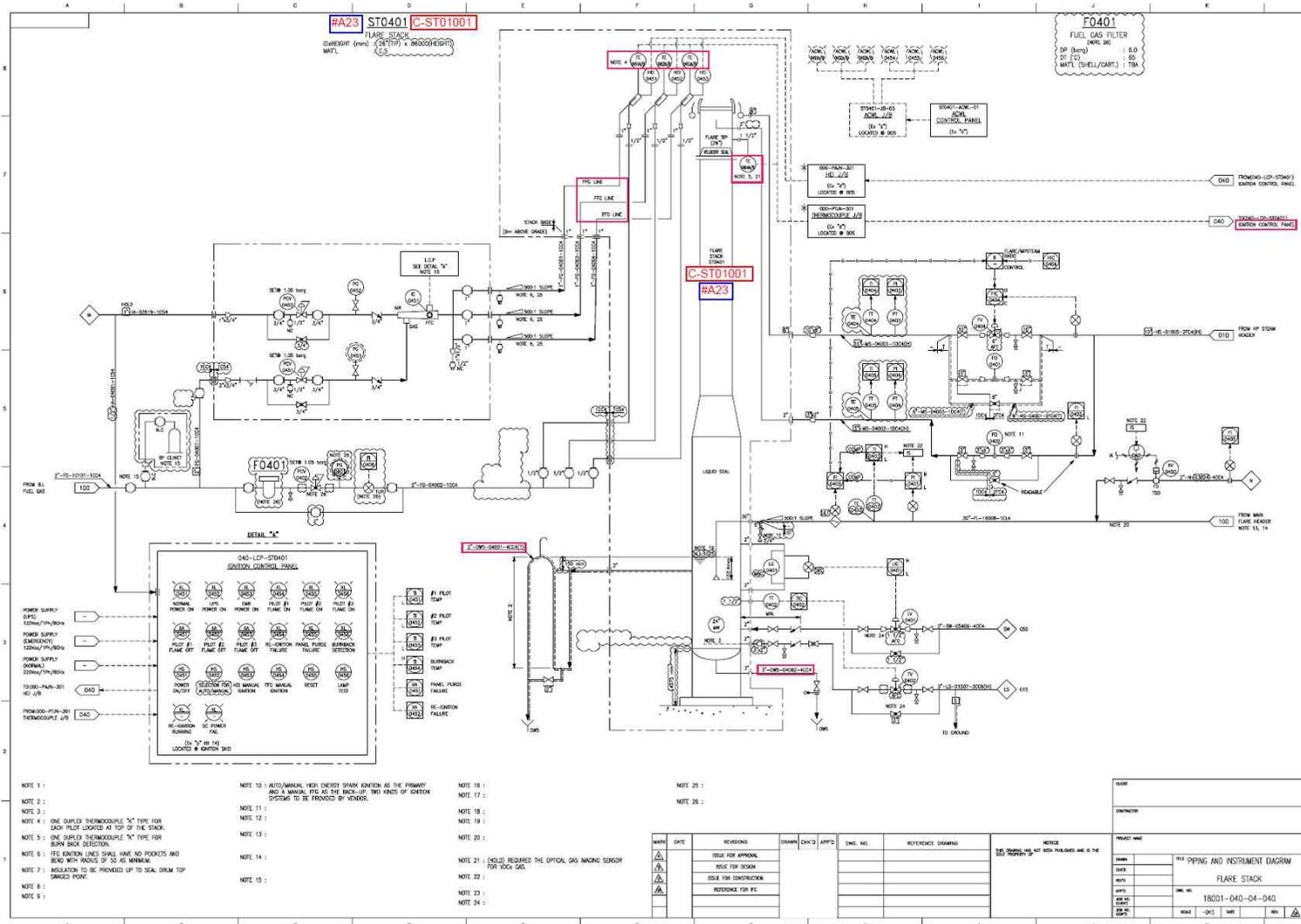
No.	계기번호	Fluid	Normal Flow	Flow rate (kg/hr)			설치 목적	P&ID No.
				Min.	Normal	Max.		
1	PV-1234	N2	No Flow	21.3	-	93.9	정상 운전 시 압력 유지 목적	1****-200-04-*22
2	PV-5678	Mixed C3	Flow	20	33	42	반응기내 GAS 중에서 Inert Gas의 농도가 상승할 경우 방출	1****-200-04*33
3	중략							
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								

		DATA SHEET				
PROJECT		DATA SHEET		54	of	478
UNIT		SPEC				
ITEM		CONTROL VALVE		TAG PV-1234		
CONTRACT				DWG		
				SERVICE		
				P&ID		
1	Process Fluid / Phase	N2 & Y FLUID ( GAS )		Crt Press (barg)		32.9
2	Flow Rate	Units	Max. Flow	Norm. Flow	Min. flow	Shut-Off
3	Inlet Pressure	Barg	4.49		9.49	
4	Outlet Pressure	Barg	0.41		-0.05	
5	Differential Pressure	Bar	4.08		9.54	11.5
6	Inlet Temperature	°C	40			
7	Density / Mol. Wt	kg/m3 / kg/kmol	/ 28	-		
8	Viscosity / Specific Heats Ratio	cP / -	0.019 / 1.4	-		
9	Compressibility Factor	-	1			
10	Inlet Vapor Pressure	Barg				
11	Required Cv	-	1.07	-	0.12	
12	Travel	%	78.2	-	22.61	
13	Allowable / Predicted	dBA	85 / 83.3	-	86 / 76	
14	Fluid able to	No Alteration				
15	Solids in Suspension	No				
16	Pipe Line Size & Schedule	In 2" S-40	Out 2" S-40	Type Spring return diaphragm or piston type		
17	Pipe Class/Line Insulation/Thickness	1AAY_G20 / N / mm		MFR & Model KOSO / 5200LA		
18	Type	Globe		Size 218 Eff. Area *		
19	Size	1" ANSI Class 300# RF		On / Off - Modulating YES		
20	Max Press(Barg)/Temp(°C)	10.5/FV / 150		Spring Action Open/Close Close (F.C)		
21	MFR & Model	KOSO / 501T		Max Allowable Pressure *		
22	Body/Bonnet Matl	ASTM A105		Min Required Pressure *		
23	Liner Material / ID			Available Air Supply Pressure Nor 7 barg		
24	End	In 1" ANSI 300# RF		Max 10.5 barg Min 4.2 barg		
25	Connection	Out 1" ANSI 300# RF		Bench Range *		
26	Fig Face Finish	125 to 250 AARH		Actuator Orientation Vertical Up		
27	End Ext. / Material	- / -		Handwheel Type NO		
28	Flow Direction	Flow To Open		Air Failure Valve * Set at -		
29	Type of Bonnet	Bolted-Standard		Input Signal 4 - 20mA (HART)		
30	Lub & Iso. Valve	- Lube -		Type E/P Type		
31	Packing Material	TFE+Graphite		MFR & Model METSO / ND9203HE1		
32	Packing Type	FE Packing		On Incr signal Output Incr/Decr To Open The Valve		
33	ANSI/FCI Leakage Class	IV		Gauges YES By-Pass -		
34	Type	Top Guided		Cam Characteristic -		
35	Size	3/8"		Type - Quantity -		
36	Characteristic	Equal percentage		MRF & Model - / -		
37	Balanced / Unbalanced	Unbalanced		Contacts / Rating -		
38	Rated CV	2.5		Actuation Points -		
39	Plug / Ball / Disk Material	13CR		MRF & Model PARKER / P31EA92EMMBNPP		
40	Seat Material	13CR		Set Pressure 3		
41	Cage / Guide Material	316SS / 316SS		Filter YES Gauge YES		
42	Stem Material	13CR				
43	Area Classification	ZONE 1 or 2, IIB or IIC, T4		Type -		
44	Electric connection	1/2" NPT		Power -		
45	Pneumatic connection	MFR.STD		MFR & Model - / -		
46	Enclosure class	Ex d, IIB or IIC, T4, Min IP65		Material -		
47	Tube & fitting material	316SS		Manual Reset -		
48	Fugitive Emission Test	ISO 16848-1/2 (CLASS B)				
49	Full Stroking Time	< 15 Sec				
50	Coating Colour	Body Silver (RAL 9006)				
51		Handle -				
52		Actuator Silver (RAL 9006)				

# CONTROL VALVE DATA SHEET

		Project			Sheet No.							
		Customer			Co., Ltd.		Tag No. <b>PV-5678</b>					
		End User			Q'ty		1					
		Ref. No.			Prepared By							
		Spec No./Rev.			/		Date					
1	<b>SERVICE CONDITIONS</b>	Fluid Name / State		LS / STEAM								
2		Unit	Max.	Nor.	Shut Off Dp.							
3		Flow Rate	Kg/hr	42	33							
4		Inlet Pressure	Kg/cm2G	2.8	2.8	5						
5		Differential Pressure	Kg/cm2	2.6	2.6							
6		Inlet Temperature	Deg C	167.5	167.5							
7		Molecular Weight	MW	18	18							
8		Specific Heat Ratio	k	1.354	1.354							
9		Calculated Cv	Cv	1.01	0.797							
10.0		Opening Travel	%	44.1	38.0							
11		Cavitation / Flashing										
12		Predicted SPL	dBA	74	72							
13												
14	<b>GENERAL</b>	Inlet Pipe Size		1	Inch	80	Sch.	42	<b>ACTUATOR</b>	Actuator Type		DIAPHRAGM
15		Outlet Pipe Size		1	Inch	80	Sch.	43		Size		T-1
16		Design Pressure		5	Kg/cm2G			44		Spring Range		1.0~3.0 <kg/cm2>
17		Design Temp.		200	Deg C			45		Air Fail Pos. / Air To		CLOSE / OPEN
18	<b>BODY / BONNET</b>	Mfr & Model						46	<b>POSITIONER</b>	Min. Air Supply		4 <kg/cm2>
19		Body Type		Globe				47		Handwheel		-
20		Body Size		1" (25A)				48		Type		SMART
21		Rating & Connection		ANSI 150# RF				49		Mfr. / Model		AZBIL / AVP-302
22	<b>TRIM</b>	Bonnet Type		PLAIN				50	Input / Output Signal		4~20mA DC / -	
23		Trim Type		S-P / TOP				51	Increase Signal To		OPEN	
24		Size		3/4"	Rated Cv		9	52	Type		-	
25	<b>MATERIAL</b>	Flow Character.		EQ%	Stroke (mm)		15	53	Mfr. / Model		-	
26		ANSI Leakage Class		IV				54	Voltage		-	
27		Body / Bonnet		A351CF8				55	De-Energized		-	
28	<b>OTHERS</b>	Plug / Disc / Ball		304SS+STL				56	<b>LIMIT SW</b>	Type		-
29		Seat		304SS+STL				57		Mfr. / Model		-
30		Packing / Gasket		GRAPHITE /		GRAPHITE		58		Position		-
31		Bolt / Nut		A193GrB8M / A194GrB8M				59				
32							60	Air Set		Parker / P31EA92EMBBNG		
33	<b>ACC. OTHERS</b>	Fitting / Tubing Material		316SS / 316SS				61	Lockup Valve		-	
34		Elect. Connection		1/2" NPT				62	Air Tank		-	
35		Air Connection		1/4" NPT				63	Volume Booster		-	
36		Enclosure		Exd IIC T4				64	Speed Controller		-	
37		Painting(Body / Actuator)		- / STD.(BLUE)				65	Quick Valve		-	
38		Cleaning Service		-				66	Special Notes			
39	NACE Requirement		-				67	1.				
40							68	2.				
41							69	3.				

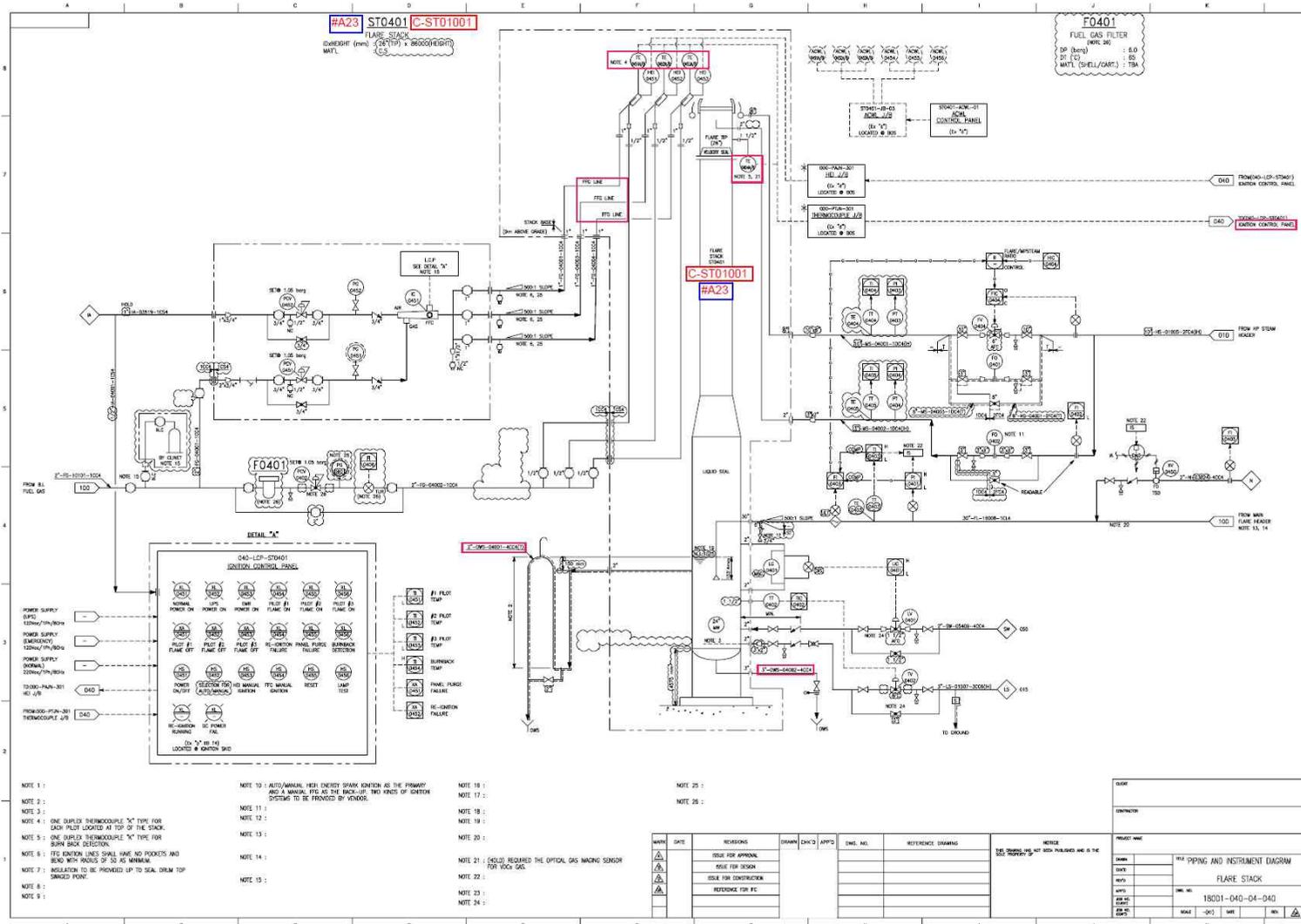
### 5) 드럼 내 체류액 처리방안 증명서류







# 7) 플레어시스템 P&ID 도면





## OOOO (주) FLARE SYSTEM( ) 용량 검토

### 1. 개요

본 검토서는 OOOO(주) A공장내 각 PLANT별 소규모 PROJECT와 관련하여 안전밸브 후단을 FLARE SYSTEM으로 추가 연결함에 따라 FLARE SYSTEM의 적정성을 확인하고자 하는 데 그 목적을 둔다.

### 2. 참고자료

### 3. 적용법규 및 Code

- (1) API RP 520
- (2) ASME SEC. VIII
- (3) 고압가스 안전관리법 등 국내 관련 법규

### 4. 검토기준

#### (1) External Fire Case 검토 기준

- 1) Process Area에서 발생하는 화재는 발화점으로부터 수평직경 30m내의 지역이 화재의 영향을 받는 것으로 한다.
- 2) 발화점으로부터 수직 7.5m내의 기기는 화재의 영향을 받는 것으로 한다.
- 3) 화재는 동시에 다른 지역에서는 발생하지 않는 것으로 한다.

#### (2) Other Case 검토 기준

- 1) 서로 다른 Case가 동시에 발생하지 않는 것으로 하며, 같은 Case내에서도 동시에 다른 곳에는 발생하지 않는 것으로 한다.
- 2) Power Failure의 경우에는 같은 Case내에서도 Power Source가 하나이기 때문에 동시에 다른 Plant에서도 발생하는 것으로 본다.
- 3) Cool. Med. Failure의 경우에는 같은 Case내에서도 Cooling Water Source가 하나이기 때문에 동시에 다른 Plant에서도 발생하는 것으로 본다.

## 5. 검토

### (1) FLARE SYSTEM( )

- 1) Design Capacity : kg/hr(첨부2. Flare System Technical Specification 참조)
- 2) 0000(수)A공장 의 FLARE SYSTEM( )에는  
에서 발생하는 TOTAL RELIEF LOAD를 처리할 수 있도록 설계되었다.

### (2) PLNAT별 RELIEF LOAD

#### 1)

- ① 각 안전밸브의 분출량 및 분출 Case는 FLARE LOAD SUMMARY에  
상세 기술하였음.
- ② 각 Case에 대한 분출량 요약은 하기와 같다.
  - Power Failure :
  - Cool. Med. Failure :
  - Closed Outlet :
  - External Fire :

#### 2)

- ① 각 안전밸브의 분출량 및 분출 Case는 FLARE LOAD SUMMARY에  
상세 기술하였음.
- ② 각 Case에 대한 분출량 요약은 하기와 같다.
  - Thermal Expansion :
  - External Fire :

#### 3) 3EG PLANT

- ① 각 안전밸브의 분출량 및 분출 Case는 FLARE LOAD SUMMARY에  
상세 기술하였음.
- ② 각 Case에 대한 분출량 요약은 하기와 같다.
  - Closed Outlet :
  - Control Valve Failure :
  - External Fire :

#### 4) PMMA PLANT

- ① 각 안전밸브의 분출량 및 분출 Case는 FLARE LOAD SUMMARY에  
상세 기술하였음.
- ② 각 Case에 대한 분출량 요약은 하기와 같다.
  - Power Failure :
  - Cool. Med. Failure :
  - External Fire :

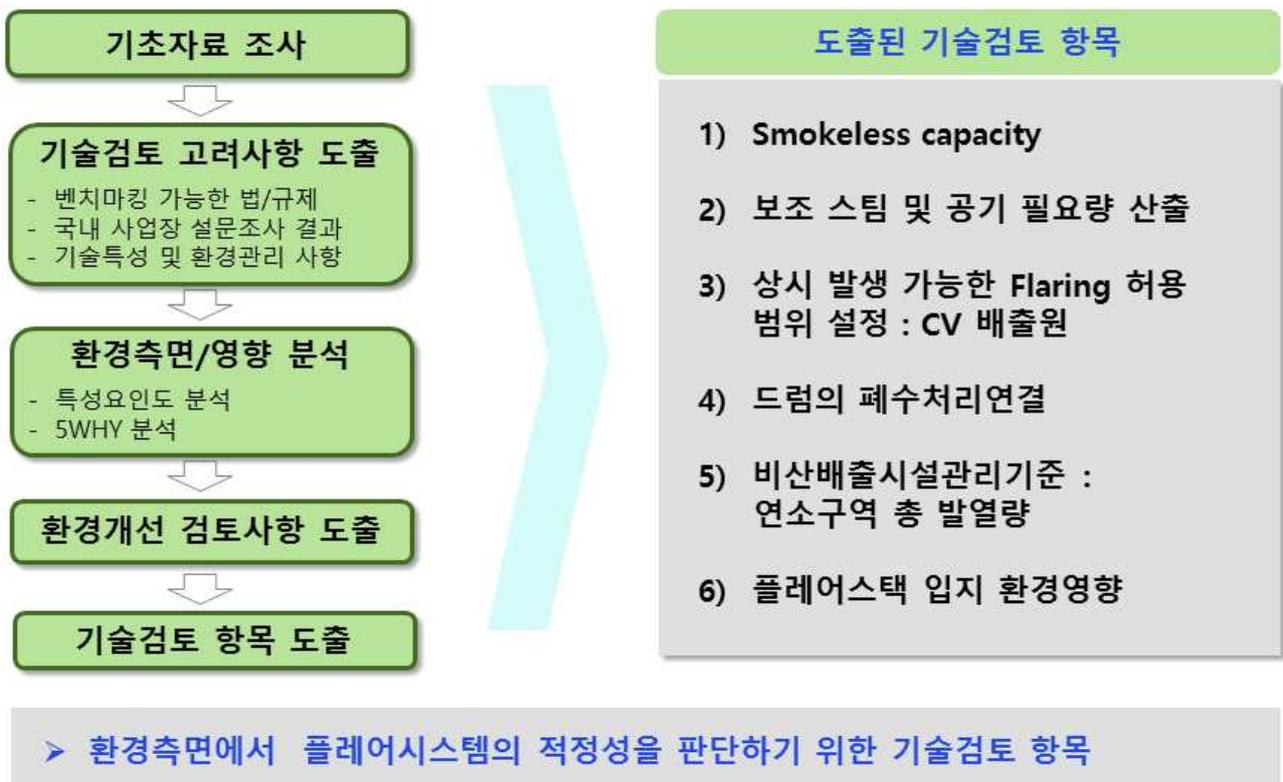


## 1.2. 플레어스택 기술검토 주요내용

이 장에서는 플레어스택 기술검토 항목과 기술검토 근거에 대한 내용을 다루고 있다.

기술검토 항목의 도출 절차는 아래와 같으며, 도출된 6가지 기술검토 항목에 대해 1)기술검토 필요성, 2)기술검토 내용, 3)기술검토 근거에 대해 언급하고 있다.

환경적으로 플레어스택의 적절성을 판단할 수 있는 항목, 각 항목 별 기술검토 내용 및 도출과정을 설명함으로써, 기술검토자로 하여금 기술검토의 목적 및 취지에 대한 정보를 제공한다.



[그림 1] 플레어스택 기술검토 항목 도출

## 1.2.1. Smokeless capacity

### 1.2.1.1. 기술검토 필요성

「대기환경보전법 시행규칙 별표 10의2 비산배출의 저감을 위한 시설관리기준」에 따르면 플레어스택에서 링겔만 매연 농도표 2도 이상 또는 불투명도 40% 이상의 매연이 2시간 동안 총 5분을 초과하여 발생해서는 안된다. 플레어스택은 전체 플레어가스 발생유량 중 일정 수준의 용량을 무연 연소가 가능하도록 설계하며, 적정 Smokeless capacity 산정은 배출가스 조성, 복사열 방출, 소음 수준, 매연 및 대기 분산의 특성 등을 기반으로 설계한다.

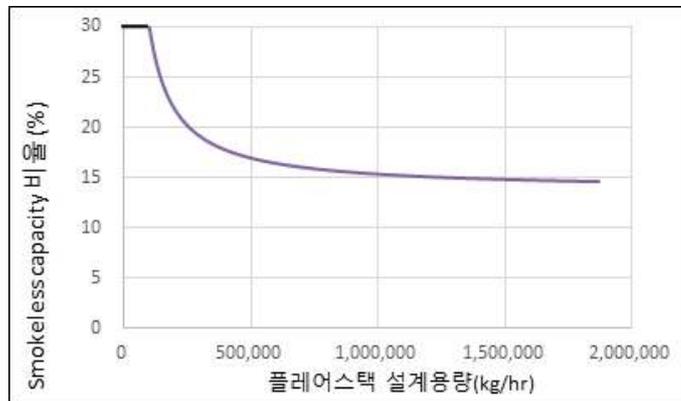
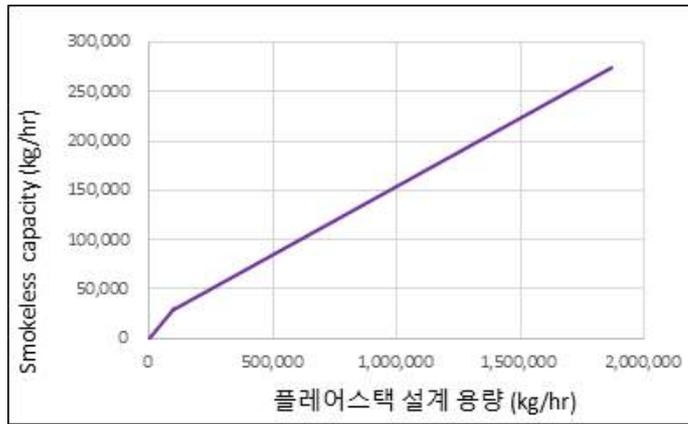
API STD(American Petroleum Institute Standard)s에서는 Data Sheet에 Smokeless capacity의 단위로 kg/hr를 쓰도록 하고 있으며, 국내에선 Smokeless capacity 설정에 관한 별도의 설계 지침이 없다. 그러나 세계적으로 환경 수준이 향상됨에 따라 기존 플레어스택의 Smokeless 성능은 제각각이며, 현행 환경규제 수준에 비해 무연 연소 용량 비율이 낮게 설계된 경우가 많다.

국내에는 정량화된 기준이 없으며, 일반적인 환경규제 수준을 벗어난 범위에서 Smokeless capacity 비율이 적용되기도 한다. 따라서 국내 설계현황과 환경규제 수준을 반영한 Smokeless capacity의 정량화된 기준을 검토할 필요가 있다.

### 1.2.1.2. 기술검토 내용

<b>검토내용</b>	플레어스택의 Smokeless capacity는 해당 기준치 이상으로 설정
<b>적용범위</b>	새로 신설되는 신규 플레어스택 및 증설되는 플레어스택에 한하여 적용
<b>Smokeless capacity 기준치</b>	<p><b>Smokeless capacity 기준치(kg/hr)</b></p> $= 0.138 \times \text{플레어스택 설계용량(kg/hr)} + 16,000$ <p><b>Smokeless capacity 비율(%)</b></p> $= \left( 0.138 + \frac{16,000}{\text{플레어스택 설계용량(kg/hr)}} \right) \times 100(\%)$ <p>단, Smokeless capacity 비율은 30%가 최대치</p>

**Smokeless capacity**  
설계 용량별 기준치  
그래프



**1.2.1.3. 용어 정의**

1) Max. Flare load (최대 플레어량)

플레어스택에서 각각의 안전밸브 등이 동시다발적으로 열리는 경우 발생 가능한 최대 배출용량이다.

공장 전체에 대하여 외부화재, 전원공급 중단, 냉각수 공급 중단, 차단 등과 같은 압력상승 요인별 총 분출량의 합을 계산한다. 이 중 가장 큰 수치가 플레어스택의 설계 기준이 되며, 플레어스택이 수용 가능한 최대 분출용량을 Max. Flare load라 한다.

2) 플레어스택 설계용량

플레어스택이 처리할 수 있는 플레어가스의 설계 수용량이다. 플레어스택의 설계용량은 최대 발생 플레어량인 Max. Flare load와 다를 수 있다. 플레어스택의 용량은 Max. Flare load를 수용할 수 있어야하며, 공정 특성이나 사업장 현황에 따라 Max. Flare load를 초과하여 여유율을 두고 설계하기도 한다.

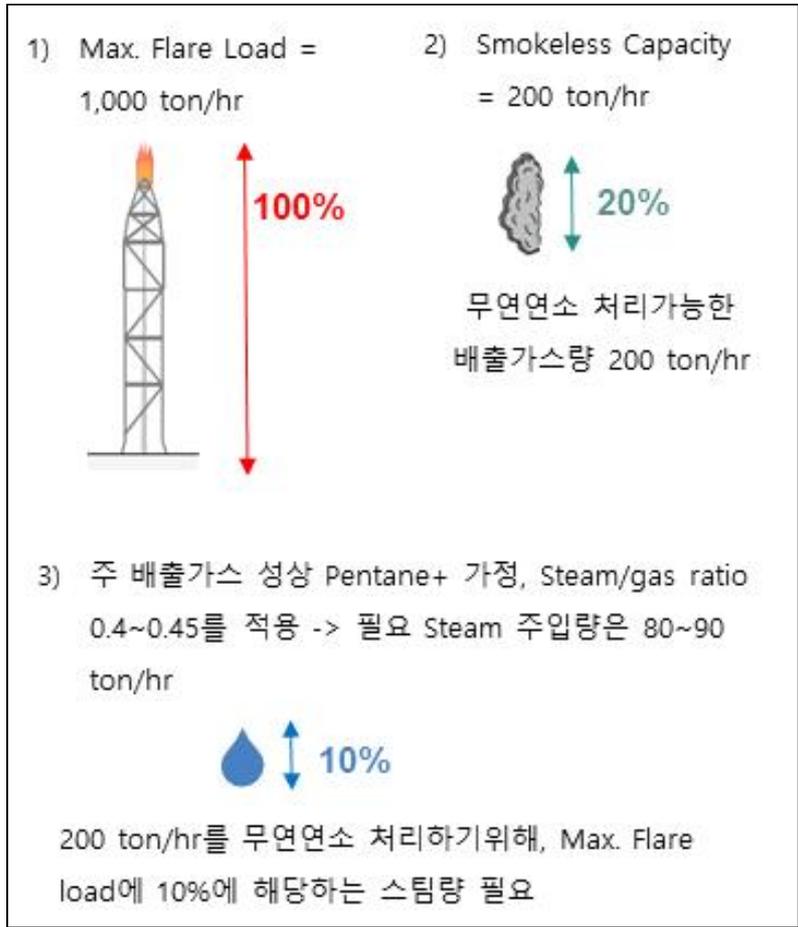
3) Smokeless capacity (무연 연소 용량)

무연 연소(Smokeless)를 위한 기준이 되는 양이다. 발생 가능한 최대 배출가스량 중에서 무연 연소 처리가 가능한 배출가스 용량으로서, 단위는 kg/hr을 사용한다.

$$\text{Smokeless capacity} = \text{무연 연소 처리 가능한 Flare gas량 (kg/hr)}$$

Data Sheet 상에서는 플레어스택 설계용량 대비 무연 연소 처리 가능한 Smokeless capacity의 비율(%)을 별도로 표기하기도 한다.

$$\text{Smokeless capacity 비율} = \frac{\text{Smokeless capacity (kg/hr)}}{\text{Max. Flare load (kg/hr)}} \times 100 (\%)$$



[그림 2] Smokeless capacity

### 1.2.1.4. 기술검토 근거

#### 1) 국내외 권고기준

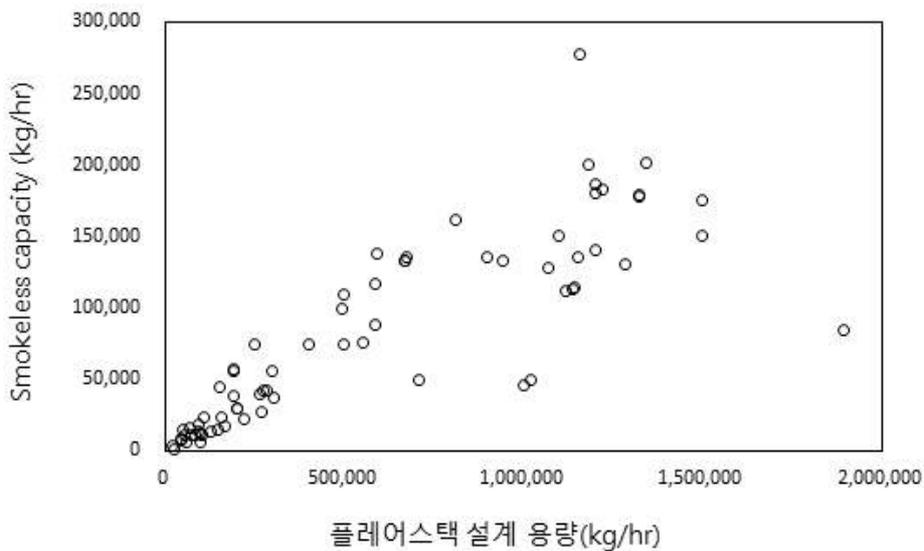
API STD에서는 Data Sheet에 Smokeless capacity의 단위로 kg/hr 또는 %를 쓰도록 하고 있다. Smokeless capacity의 설계 기준으로 Flour daniel manual에서는 Max. Flare load의 약 10%를 권고하고 있으며, Hydrocarbon process 저널에서는 10~20%를 권고하고 있다.

국내 설문조사 결과를 바탕으로 플레어스택 설계 용량과 Smokeless capacity 비율 통계에 따르면, 국내 플레어스택 설계용량 대비 Smokeless capacity 산정 비율은 대체로 권고 기준인 10~20% 범위 내에 해당한다.

#### 2) 통계 선형 회귀분석 기준

일반적인 설계 권고 기준인 10 ~ 20% 범위 내에서 국내 플레어스택 보유 현황을 반영하여 기술 기준을 설정했다. 국내 사업장에서 보유중인 플레어스택 70개 데이터 통계에 대해 선형 회귀분석을 수행하여 다음과 같이 Smokeless capacity 기준을 도출했다.

#### <1단계> 사업장 조사 데이터 정리



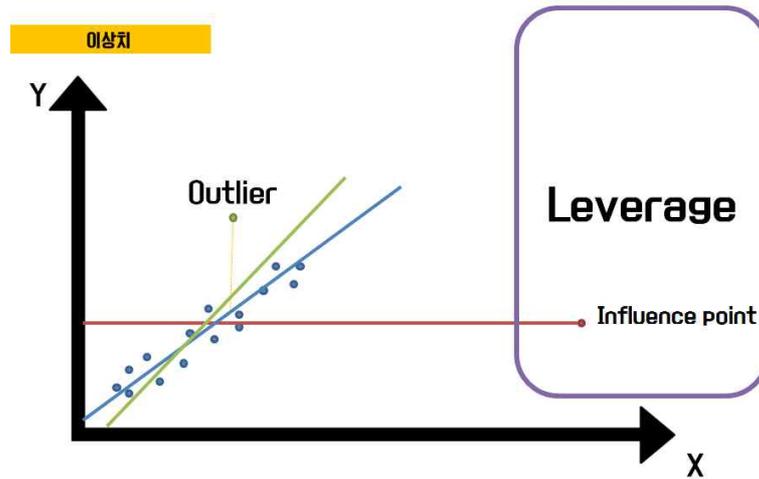
[그림 3] 국내 플레어스택 설계용량 통계 그래프

[표 3] 국내 플레어스택 설계용량 통계 데이터

관측 번호	설계용량 (kg/hr)	Smokeless capa. (kg/hr)	Smokeless capa. 비율(%)	관측 번호	설계용량 (kg/hr)	Smokeless capa. (kg/hr)	Smokeless capa. 비율(%)
1	19,648	3,929	20.00	36	494,395	98,879	20.00
2	25,000	1,500	6.00	37	500,000	75,000	15.00
3	45,000	9,000	20.00	38	500,000	110,000	22.00
4	47,000	7,050	15.00	39	550,000	76,000	13.82
5	50,000	15,000	30.00	40	585,000	117,000	20.00
6	53,195	10,639	20.00	41	586,812	88,000	15.00
7	60,000	6,600	11.00	42	591,000	138,000	23.35
8	67,200	16,600	24.70	43	668,150	133,630	20.00
9	74,000	11,000	14.86	44	668,150	133,630	20.00
10	86,613	10,662	12.31	45	675,000	135,000	20.00
11	94,660	14,200	15.00	46	707,200	50,000	7.07
12	95,000	19,000	20.00	47	809,411	161,880	20.00
13	100,000	12,000	12.00	48	900,000	135,000	15.00
14	100,000	6,000	6.00	49	944,500	133,000	14.08
15	105,126	10,513	10.00	50	1,000,000	46,200	4.62
16	110,000	24,000	21.82	51	1,020,000	50,000	4.90
17	129,363	13,620	10.53	52	1,067,892	128,147	12.00
18	150,000	15,000	10.00	53	1,100,000	150,000	13.64
19	150,315	45,000	29.94	54	1,117,000	111,700	10.00
20	155,000	23,250	15.00	55	1,134,994	113,500	10.00
21	167,110	16,711	10.00	56	1,141,000	114,100	10.00
22	189,227	55,900	29.54	57	1,154,000	135,000	11.70
23	190,000	38,000	20.00	58	1,154,400	277,000	24.00
24	190,000	57,000	30.00	59	1,182,000	200,000	16.92
25	200,000	30,000	15.00	60	1,200,000	186,000	15.50
26	200,000	30,000	15.00	61	1,200,000	140,000	11.67
27	220,000	22,000	10.00	62	1,200,000	180,000	15.00
28	250,000	75,000	30.00	63	1,222,247	183,337	15.00
29	265,500	39,850	15.01	64	1,281,000	130,000	10.15
30	268,000	26,800	10.00	65	1,320,000	178,000	13.48
31	275,000	42,670	15.52	66	1,320,000	179,000	13.56
32	283,878	42,582	15.00	67	1,339,553	200,932	15.00
33	300,000	55,900	18.63	68	1,500,000	175,000	11.67
34	303,569	37,500	12.35	69	1,500,000	150,000	10.00
35	399,220	75,150	18.82	70	1,894,823	85,000	4.49

<2단계> 이상 수치(outlier) 제거

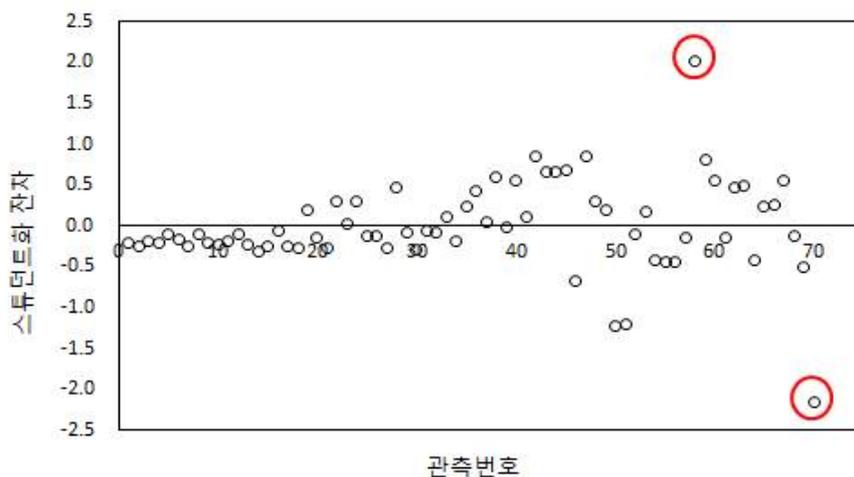
회귀분석 모델링을 왜곡시킬 수 있는 이상 수치(outlier)를 식별하여 데이터에서 제거한다. 이상치는 통계자료 중 전체 형태에서 동떨어져 큰 잔차를 갖는 관측값을 의미하며, 아래 그림과 같이 회귀분석 모델링을 왜곡시킬 수 있다.



[그림 4] Outlier가 회귀분석에 미치는 영향

Studentized residual : 스튜던트화 잔차는 잔차를 잔차의 표준 편차로 나눈 값이다. 이상 수치를 탐지하는 기법으로 주로 사용되며, 통계 잔차의 분산에서 기인하는 값이다. 수치가 추정된 회귀모형으로부터 많이 벗어났는지를(잔차가 크다) 판단하는 척도로 사용할 수 있다.

- 각 데이터값의 스튜던트화 잔차(Studentized residual)를 구하여, 이상 수치 식별
- 스튜던트화 잔차가 +2~-2 범위를 벗어난 데이터 삭제



[그림 5] Studentized residual

<3단계> 선형 회귀분석

이상치 제외한 데이터를 대상으로 선형 회귀분석을 수행한다.

[표 4] 회귀분석 통계량 요약

회귀분석 통계량	
다중 상관계수	0.8983
<b>결정계수</b>	<b>0.8069</b>
조정 결정계수	0.804
표준 오차	27484
관측수	68

[표 5] 회귀분석 통계량

	자유도	제곱합	제곱 평균	F 비	유의한 F
회귀	1	2.083 x 10 <sup>11</sup>	2.083 x 10 <sup>11</sup>	275.8	<b>3 x 10<sup>-25</sup></b>
잔차	66	49854773025	755375348.9		
계	67	2.582 x 10 <sup>11</sup>			

	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%	하위 95.0%	상위 95.0%
Y 절편	<b>11771</b>	5164.52	2.27916	0.026	1459.5059	22082.116	1459.5059	22082.1167
X 1	<b>0.118</b>	0.00713	16.6071	3x10 <sup>-25</sup>	0.1042486	0.1327402	0.1042486	0.13274025

(Y : Smokeless capacity (kg/hr), X : 플레어스택 설계용량 (kg/hr))

- 결정계수 : 추정된 선형모형이 주어진 자료에 적합한 정도를 재는 척도이며, 보통 0.7보다 커야 유의하며 최대치는 1
- 유의한 F값이 0.05보다 작으면 통계적으로 유의함

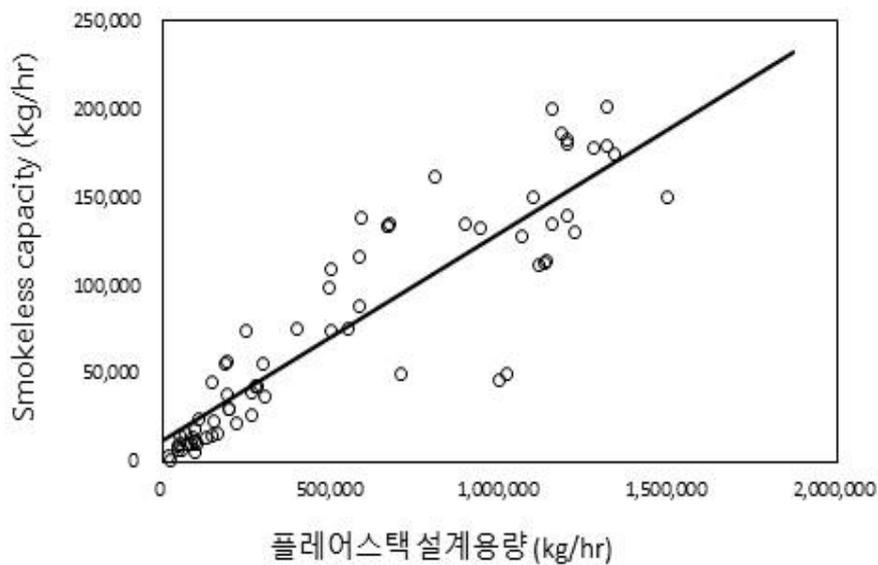
이상치를 제외한 데이터의 선형회귀분석 결과, 결정계수는 0.8069, 유의한 F는 3 x 10<sup>-25</sup>으로 통계적으로 유의미한 수치를 가진다.

(a) 국내 설계값 통계를 반영한 Smokeless capacity 기준(안)

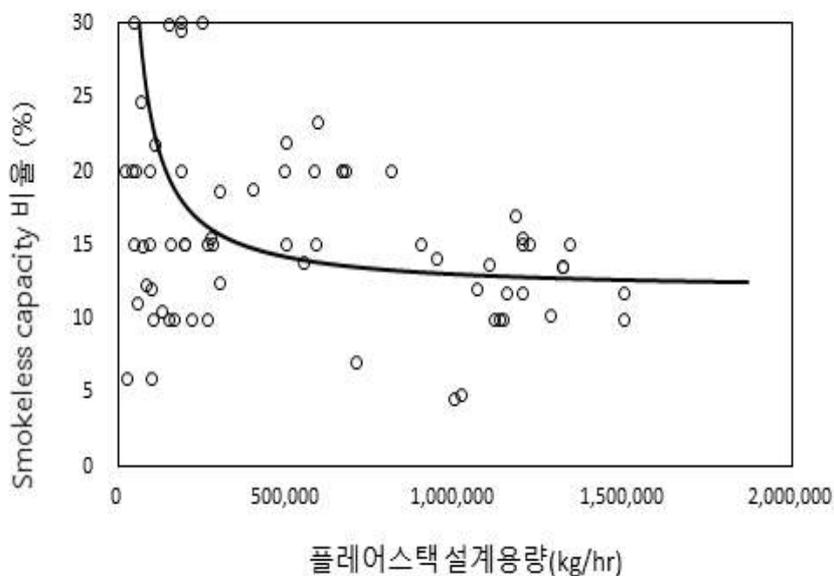
$$\text{Smokeless capacity (kg/hr)} = 0.118 \times \text{플레어스택 설계용량(kg/hr)} + 11,771$$

$$\text{Smokeless capacity 비율 (\%)} = \left( 0.118 + \frac{11771}{\text{플레어스택 설계용량 (kg/hr)}} \right) \times 100(\%)$$

단, 플레어스택 최대 용량이 작아짐에 따라 그 비율은 무한으로 수렴하므로 Smokeless capacity 비율은 플레어스택 설계 용량의 30%를 최대치로 설정한다. 이는 국내 플레어스택 설계치의 최대치를 넘지 않는 비율이다.



[그림 6] 선형회귀분석 Smokeless capacity

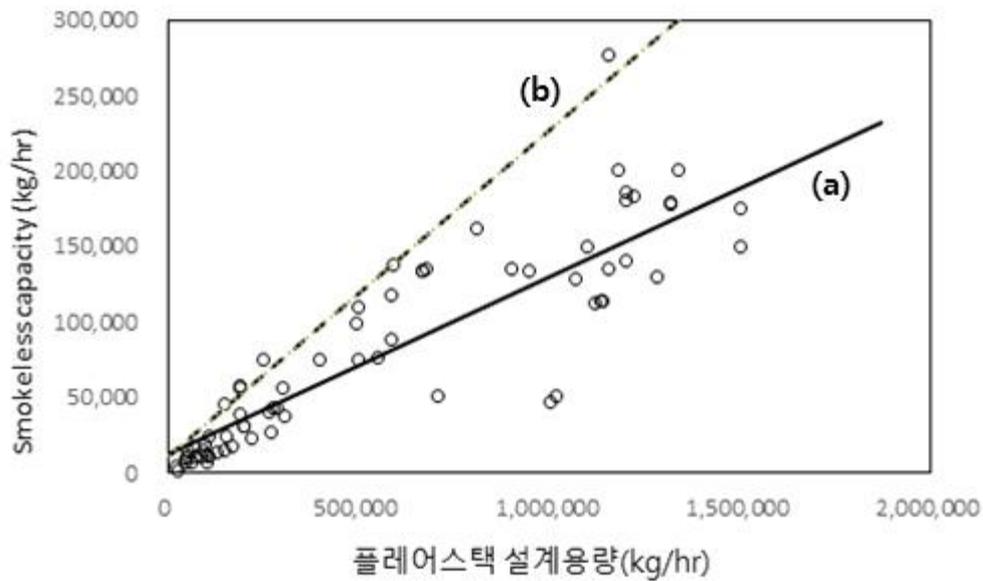


[그림 7] 선형회귀분석 Smokeless capacity 비율

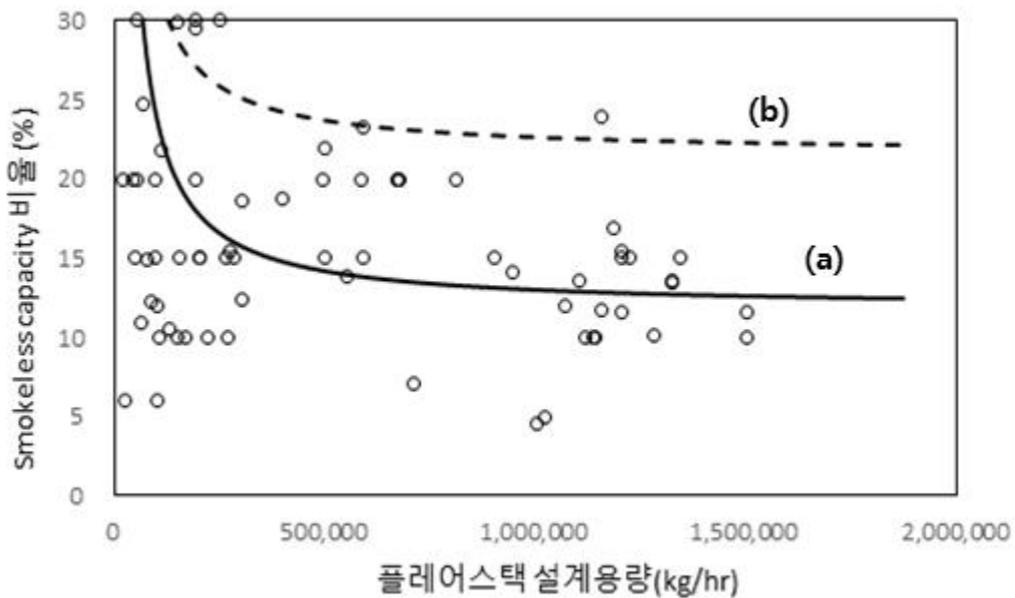
**(b) 국내 최고 설계값을 반영한 Smokeless capacity 기준(안)**

국내 Smokeless capacity 설계값 중 용량별로 최고 설계치만을 반영한 기준치를 설정한다.

$$\text{Smokeless capacity (kg/hr)} = 0.216 \times \text{플레어스택 설계용량(kg/hr)} + 10,588$$



[그림 8] 최고 설계값 Smokeless capacity



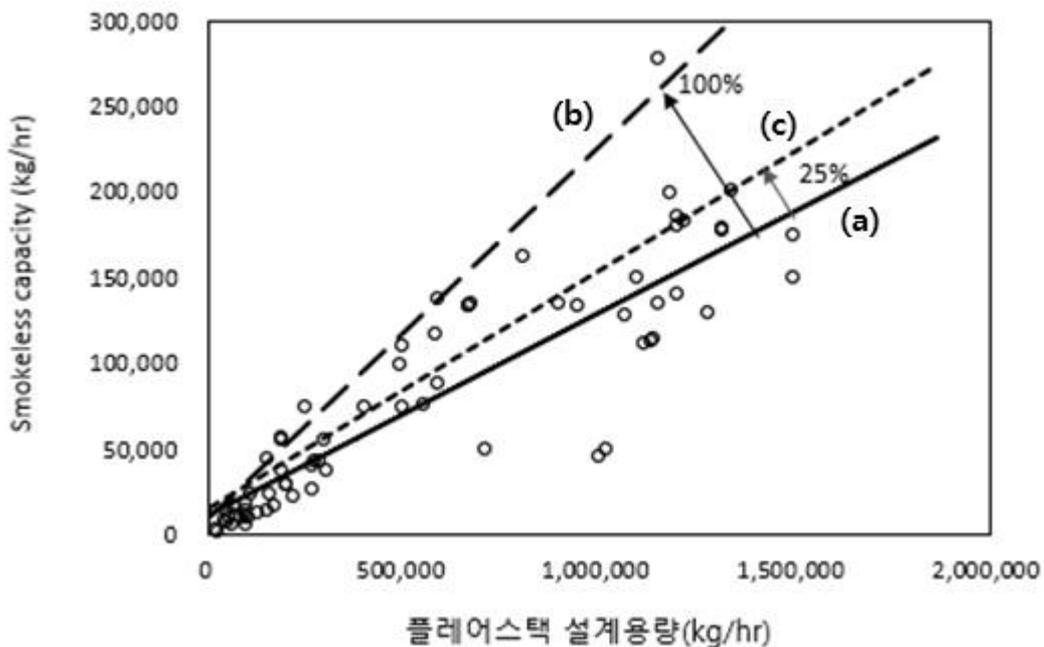
[그림 9] 최고 설계값 Smokeless capacity 비율

**(c) Smokeless capacity 최종 기준**

국내 설계값 현황을 그대로 반영한 회귀분석 기준(안)과 국내 최고 설계값만을 반영한 기준(안) 사이에서 기준식을 조정한다.

국내 최고 설계값을 기준으로 한 (b)안을 적용하는 것이 타당하나 국내 설계 현황을 고려하여, 기준(a)안과 (b)안 사이 범위에서 기준 설정

- (a)안을 0%, (b)안을 100%로 설정하여, 25%를 Smokeless capacity 기준(안)으로 설정
- 또한 플레어스택의 설계용량이 대용량인 1,300,000 kg/hr 에서 Smokeless capacity 비율 기준을 15%로 설정



[그림 10] Smokeless capacity 기준치 조절

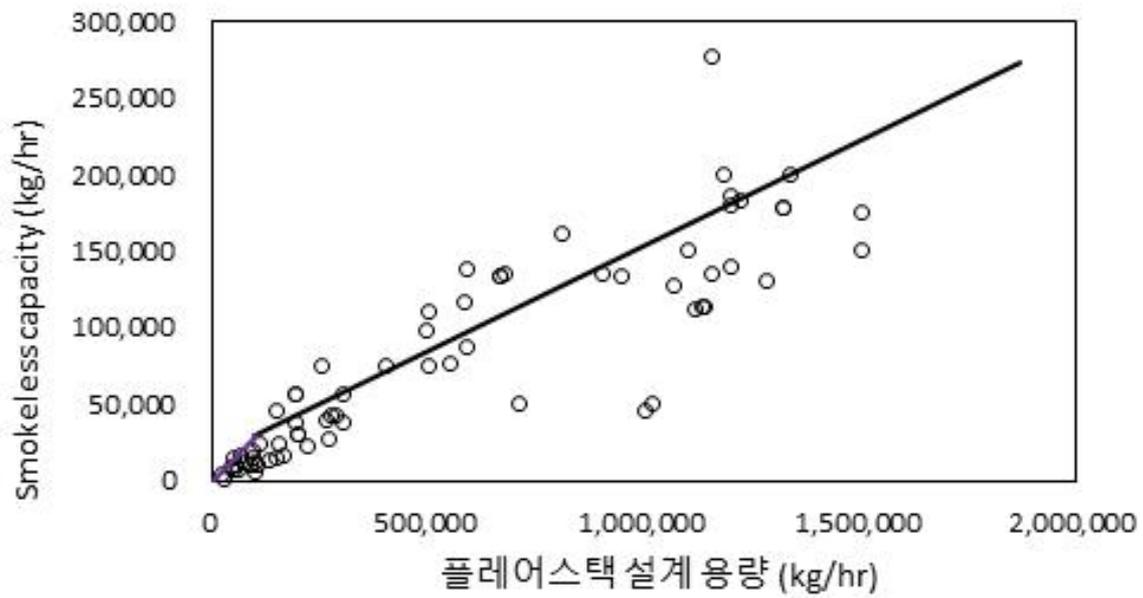
따라서 Smokeless capacity 최종 기준식은 아래와 같다.

Smokeless capacity 기준치 (kg/hr) =  $0.138 \times (\text{플레어스택 설계용량}) + 16,000$

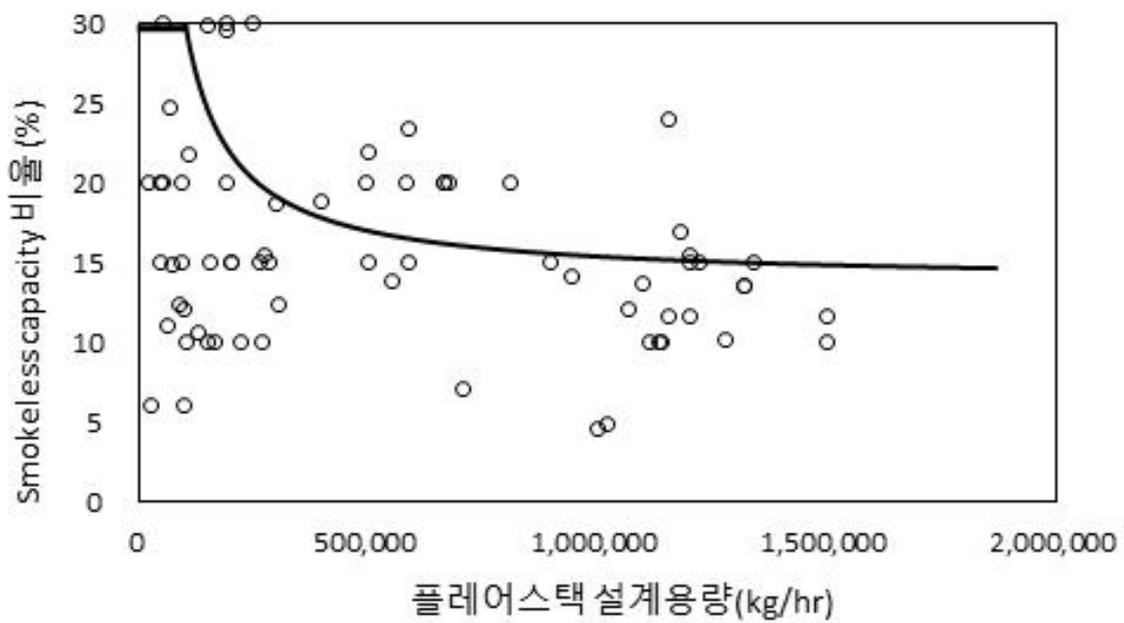
Smokeless capacity 비율(%) =  $(0.138 + 16,000 / \text{플레어스택 설계용량}) \times 100$  (%)

단, Smokeless capacity 비율은 30%가 최대

즉, 플레어스택 설계용량 98,765 kg/hr 이하는 Smokeless capacity 비율 30%로 일괄 적용



[그림 11] 최종 Smokeless capacity 기준



[그림 12] 최종 Smokeless capacity 비율

## 1.2.2. 보조스팀 및 공기 유량

### 1.2.2.1. 기술검토 필요성

필요 스팀량에 영향을 주는 인자는 (1)가스의 분자량, (2)가스의 탄소/수소 비율, (3)가스의 포화 또는 불포화 여부 등이 있다. 따라서 Smokeless capacity가 동일한 경우라도, 배출가스의 조성에 따라 필요한 보조스팀 및 공기 유량이 다를 수 있다.

한국산업안전보건공단의 KOSHA GUIDE D-59 '플레어시스템 설계설치 및 운전에 관한 기술' 기술지침에서 필요 스팀량 산정에 대한 근거를 찾을 수 있다. KOSHA GUIDE에 따르면 포화탄화수소가 연소되는 경우 필요한 스팀 공급량은 다음과 같이 산출한다.

$$W_S = W_{HC}[0.68-(10.8/M)]$$

$W_S$  : 스팀 공급량 (kg/s)  
 $W_{HC}$  : 플레어량 (kg/s)

그러나 실제 플레어스택으로 배출되는 공정가스는 공정 특성에 따라 파라핀, 올레핀, 방향족 등 다양한 성분을 포함하므로, 포화탄화수소만을 포함하는 산출식을 적용하는 것은 어려움이 있다. 보조스팀 및 공기의 필요량은 플레어스택 제조업체가 산정하나, 여러 성분에도 적용할 수 있는 산정 근거에 대한 가이드라인은 국내에 별도로 마련되어 있지 않는 관계로 허가 검토자 입장에서 산정된 유량이 적절한지 판단할 수 있는 최소한의 가이드라인이 필요하다.

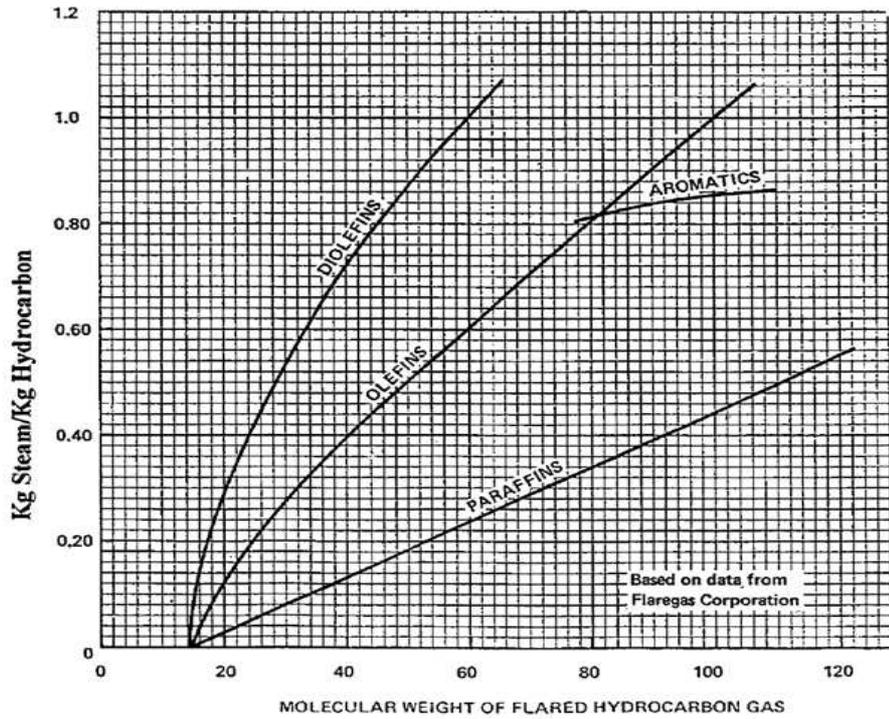
### 1.2.2.2. 기술검토 내용

<b>검토내용</b>	플레어스택에 공급 가능한 스팀량(또는 공기량)은 해당 기준치 이상으로 설계 ※ 단, 해당 기준치 미만으로 설계 시 스팀량(또는 공기량) 산정 근거를 함께 제출
<b>적용범위</b>	새로 신설되는 신규 플레어스택 및 증설되는 플레어스택에 한하여 적용됨.
<b>필요 스팀량 기준치</b>	필요 스팀량 기준치(kg/hr) = Smokeless capacity 기준치(kg/hr) * Steam/Gas Ratio
<b>필요 공기량 기준치</b>	필요 공기량 기준치(kg/hr) = Smokeless capacity 기준치(kg/hr) * Air/Gas Ratio * (28.8/M.W.)

### 1.2.2.3. 기술검토 근거

#### 1) 필요 스팀량 산정

<b>필요 스팀량 산정</b>	<p>필요 스팀량 기준치(kg/hr)</p> <p>= Smokeless capacity 기준치(kg/hr) * Steam/Gas Ratio</p>																																																			
<b>Steam/Gas Ratio</b>	<p>Steam/gas Ratio (kg steam/kg gas)</p> $= \sum_{i=1}^n w(i) \cdot Steam/Gas(i) Ratio$ <p>(무연 연소를 위해 배출가스 1kg 당 필요한 스팀량(kg)을 의미)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• n = 플레어 배출가스 조성 성분의 개수</li> <li>• w(i) = 플레어 배출가스 조성 성분 (i)의 질량분율</li> <li>• Steam/Gas(i) Ratio = 표에서 산출된 탄화수소 성분(i)에 대한 Steam/Gas(i) ratio (kg Steam/kg Gas(i))</li> </ul>																																																			
<b>탄화수소 성분 (i)의 Steam/Gas(i) Ratio</b>	<p>API(i) : Smoekelss Steam/Gas ratio(i) (API RP521 기준)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #4F7942; color: white;"> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 25%;">Waste gas</th> <th style="width: 20%;">Formula</th> <th style="width: 40%;">Steam/Gas(i) ratio kg<sub>Steam</sub>/kg<sub>Gas(i)</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><b>파라핀</b></td> <td>에탄</td> <td>C2H6</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>프로판</td> <td>C3H8</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>부탄</td> <td>C4H10</td> <td>0.35</td> </tr> <tr> <td>펜탄+</td> <td>C5H12</td> <td>0.45</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><b>올레핀</b></td> <td>에틸렌</td> <td>C2H4</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>프로필렌</td> <td>C3H6</td> <td>0.60</td> </tr> <tr> <td>부텐</td> <td>C4H8</td> <td>0.70</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><b>다이올레핀</b></td> <td>프로파디엔</td> <td>C3H4</td> <td>0.80</td> </tr> <tr> <td>부타디엔</td> <td>C4H6</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>펜타디엔</td> <td>C5H8</td> <td>1.20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;"><b>아세틸렌</b></td> <td>아세틸렌</td> <td>C2H2</td> <td>0.60</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><b>방향족</b></td> <td>벤젠</td> <td>C6H6</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>톨루엔</td> <td>C7H8</td> <td>0.95</td> </tr> <tr> <td>자일렌</td> <td>C8H10</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>• API 기준에 나와있는 주요성분 외의 성분은 Flour Daniel Design Manual의 그래프 적용</li> <li>• 분자량과 화합물 계열(파라핀, 올레핀 등)에 따라 Steam/Gas(i) Ratio 산정</li> </ul>		Waste gas	Formula	Steam/Gas(i) ratio kg <sub>Steam</sub> /kg <sub>Gas(i)</sub>	<b>파라핀</b>	에탄	C2H6	0.15	프로판	C3H8	0.30	부탄	C4H10	0.35	펜탄+	C5H12	0.45	<b>올레핀</b>	에틸렌	C2H4	0.50	프로필렌	C3H6	0.60	부텐	C4H8	0.70	<b>다이올레핀</b>	프로파디엔	C3H4	0.80	부타디엔	C4H6	1.00	펜타디엔	C5H8	1.20	<b>아세틸렌</b>	아세틸렌	C2H2	0.60	<b>방향족</b>	벤젠	C6H6	0.90	톨루엔	C7H8	0.95	자일렌	C8H10	1.00
	Waste gas	Formula	Steam/Gas(i) ratio kg <sub>Steam</sub> /kg <sub>Gas(i)</sub>																																																	
<b>파라핀</b>	에탄	C2H6	0.15																																																	
	프로판	C3H8	0.30																																																	
	부탄	C4H10	0.35																																																	
	펜탄+	C5H12	0.45																																																	
<b>올레핀</b>	에틸렌	C2H4	0.50																																																	
	프로필렌	C3H6	0.60																																																	
	부텐	C4H8	0.70																																																	
<b>다이올레핀</b>	프로파디엔	C3H4	0.80																																																	
	부타디엔	C4H6	1.00																																																	
	펜타디엔	C5H8	1.20																																																	
<b>아세틸렌</b>	아세틸렌	C2H2	0.60																																																	
<b>방향족</b>	벤젠	C6H6	0.90																																																	
	톨루엔	C7H8	0.95																																																	
	자일렌	C8H10	1.00																																																	



[그림 13] 탄화수소 종류에 따른 Steam/Gas Ratio

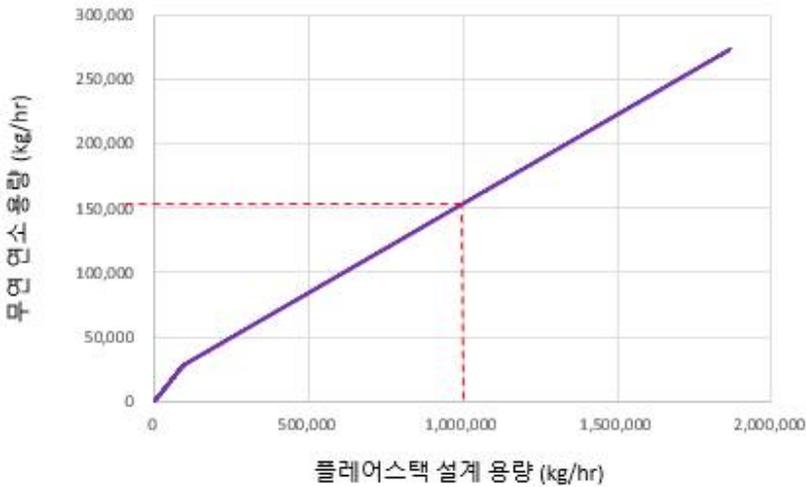
2) 필요 공기량 산정

<b>필요 공기량 산정</b>	<p>필요 공기량 기준치(kg/hr)</p> <p>= Smokeless capacity 기준치(kg/hr) * Air/Gas Ratio * (28.8/M.W.)</p>
<b>Air/Gas Ratio</b>	<p>Air/Gas Ratio (kmole Air/kmole gas) =</p> $\sum_{i=1}^n X(i) \cdot Air/Gas(i) Ratio$ <p>(무연 연소를 위해 배출가스 1kmole 당 필요한 공기량(kmole)을 의미)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• n = 플레어 배출가스 조성 성분의 개수</li> <li>• X(i) = 플레어 배출가스 조성 성분 (i)의 몰분율</li> <li>• Air/Gas(i) Ratio = 표에서 산출한 탄화수소 (i)에 대한 Air/Gas(i) Ratio (kmole Air/kmole Gas)</li> <li>• M.W. = 배출가스 평균분자량 (kg/kmole)</li> </ul>

(Flour Daniel Design Manual, Table 9.4)					
탄화수소 성분 (i)의 Air/Gas(i) Ratio	Component		Formula	kmole <sub>Air</sub> /kmole <sub>Gas(i)</sub>	kmole <sub>Air</sub> /10 <sup>6</sup> kcal
	파라핀	메탄	CH <sub>4</sub>	9.5	3.16
		에탄	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	16.7	3.10
		프로판	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	23.8	3.10
		부탄	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	31.0	3.10
		펜탄	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	38.1	3.10
		헥산	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	45.2	3.08
		헵탄	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	52.4	3.08
		옥탄	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	59.5	3.08
		노네인	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	66.7	3.08
데케인		C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	73.8	3.08	
올레핀	에틸렌	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	14.3	2.87	
	프로필렌	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	21.4	2.95	
	부텐	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	28.6	3.00	
	펜텐	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	35.7	3.01	
기타	아세틸렌	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	11.9	2.52	
	일산화탄소	CO	2.4	2.23	
	황화수소	H <sub>2</sub> S	7.1	3.66	
	암모니아	NH <sub>3</sub>	3.6	3.00	
	수소	H <sub>2</sub>	2.4	2.62	
	부타디엔	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	26.2	2.78	
	벤젠	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	35.7	3.02	
	톨루엔	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	42.9	3.05	
	자일렌	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	50.0	3.05	
	산화에틸렌	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	11.9	2.69	

3) 필요 스팀량 산정 예시(안)

① Case1.

1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>Smokeless capacity 설계값 확인 플레어스택 설계용량 = <b>1,000,000(kg/hr)</b></li> <li>Smokeless capacity 기준치 계산 Smokeless capacity 기준치 (kg/hr) = 0.138 * 플레어스택 설계용량 (kg/hr) + 16,000 = 0.138 * 1,000,000(kg/hr) + 16,000 = <b>154,000</b></li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>[그림 14] 무연 연소용량 vs 플레어스택 설계용량</p> </div>																		
2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>Steam/Gas Ratio 계산</li> </ul> <p>표 및 그래프를 참조하여 플레어 배출가스 조성별 Steam/Gas(i) Ratio를 정리</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #4f7942; color: white;"> <th colspan="2">Waste gas</th> <th>Formula</th> <th>Steam/Gas(i) ratio kg<sub>Steam</sub>/kg<sub>Gas(i)</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>파라핀</td> <td>펜탄 +</td> <td>C5H12</td> <td>0.45</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">방향족</td> <td>에틸벤젠</td> <td>C6H6</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>톨루엔</td> <td>C7H8</td> <td>0.95</td> </tr> <tr> <td>자일렌</td> <td>C8H10</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Waste gas		Formula	Steam/Gas(i) ratio kg <sub>Steam</sub> /kg <sub>Gas(i)</sub>	파라핀	펜탄 +	C5H12	0.45	방향족	에틸벤젠	C6H6	0.9	톨루엔	C7H8	0.95	자일렌	C8H10	1
Waste gas		Formula	Steam/Gas(i) ratio kg <sub>Steam</sub> /kg <sub>Gas(i)</sub>																
파라핀	펜탄 +	C5H12	0.45																
방향족	에틸벤젠	C6H6	0.9																
	톨루엔	C7H8	0.95																
	자일렌	C8H10	1																

- 개별 조성에 대한 질량 분율 및 Steam/Gas(i) Ratio 계산

조성	wt. (%)	Steam/Gas(i) Ratio
펜탄+	0.07	0.45
에틸벤젠	5.97	0.9
톨루엔	0.42	0.95
자일렌	93.53	1
합계	99.99	

- 전체 조성에 대한 Steam/Gas Ratio 계산

Steam/Gas Ratio

$$= \sum_{i=1}^n w(i) \cdot API(i)$$

$$= 0.0007 \cdot 0.45 + 0.0597 \cdot 0.9 + 0.0042 \cdot 0.95 + 0.9353 \cdot 1$$

$$= 0.99$$

### 3단계

- 필요 스팀량 기준치(kg/hr) 계산

$$= \text{Smokeless capacity 기준치(kg/hr)} \cdot \text{Steam/Gas Ratio}$$

$$= 154,000 \cdot 0.99$$

$$= \mathbf{152,460}$$

### 결과

- 실제 최대 스팀 투입량은 Data sheet에 표기된 스팀 투입량을 근거로 한다.

실제 최대 스팀 투입량	필요 스팀량 기준치	적합 여부
160,000	152,460	적합

② Case2.

<p>1단계</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Smokeless capacity 설계값 확인</li> </ul> <p>플레어스택 설계용량 = <b>30,000(kg/hr)</b></p> <p>플레어스택 설계용량이 98,765kg/hr 이하이므로, Smokeless capacity 비율 30%을 적용 받음</p> <p>Smokeless capacity 기준치(kg/hr) = 30,000 * 0.3 = <b>9,000(kg/hr)</b></p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>[그림 15] 무연 연소용량 vs 플레어스택 설계용량</p>																																	
<p>2단계</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Steam/Gas Ratio 계산</li> </ul> <p>표 및 그래프를 참조하여 플레어 배출가스 조성별 Steam/Gas(i) Ratio를 정리</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #4b7a3d; color: white;"> <th>조성</th> <th>wt. (%)</th> <th>Steam/Gas(i) Ratio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>n-butane</td><td>0.3</td><td>0.35</td></tr> <tr><td>t-butene-2</td><td>0.3</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>1,3 butadiene</td><td>1.1</td><td>1</td></tr> <tr><td>i-pentane</td><td>15.7</td><td>0.45</td></tr> <tr><td>n-pentane</td><td>22.9</td><td>0.45</td></tr> <tr><td>1-pentane</td><td>3.6</td><td>0.45</td></tr> <tr><td>2-methyl 1-butene</td><td>7.2</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>t-2-pentene</td><td>2.3</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>o-2-pentene</td><td>1.4</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>2-methyl 2 butene</td><td>2.8</td><td>0.7</td></tr> </tbody> </table>	조성	wt. (%)	Steam/Gas(i) Ratio	n-butane	0.3	0.35	t-butene-2	0.3	0.7	1,3 butadiene	1.1	1	i-pentane	15.7	0.45	n-pentane	22.9	0.45	1-pentane	3.6	0.45	2-methyl 1-butene	7.2	0.7	t-2-pentene	2.3	0.7	o-2-pentene	1.4	0.7	2-methyl 2 butene	2.8	0.7
조성	wt. (%)	Steam/Gas(i) Ratio																																
n-butane	0.3	0.35																																
t-butene-2	0.3	0.7																																
1,3 butadiene	1.1	1																																
i-pentane	15.7	0.45																																
n-pentane	22.9	0.45																																
1-pentane	3.6	0.45																																
2-methyl 1-butene	7.2	0.7																																
t-2-pentene	2.3	0.7																																
o-2-pentene	1.4	0.7																																
2-methyl 2 butene	2.8	0.7																																

		조성	wt. (%)	Steam/Gas(i) Ratio
		ISO-prene	18.4	1.1
		2Methyl pentane	2.3	0.375
		t-1,3 pentadiene	8.7	1.2
		cyclopentene	2.1	0.608
		o-1,3 pentadiene	4.9	1.2
		cyclopentane	4.4	0.3
		n-hexane	0.1	0.84
		cyclopentadiene	1	1.06
		BTX	0.5	0.95
		합계	100	

전체 조성에 대한 Steam/Gas Ratio 계산

Steam/Gas Ratio

$$= \sum_{i=1}^n w(i) \cdot API(i)$$

= **0.71633**

<b>3단계</b>	• 필요 스팀량 기준치(kg/hr) 계산
	= Smokeless capacity 기준치(kg/hr) * Steam/Gas Ratio
	= 9,000*0.71633
	= 6,447

<b>결과</b>	• 실제 최대 스팀 투입량은 Data sheet에 표기된 스팀 투입량을 근거로 한다.					
	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>실제 최대 스팀 투입량</th> <th>필요 스팀량 기준치</th> <th>적합 여부</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">7,000</td> <td style="text-align: center;">6,447</td> <td style="text-align: center;">적합</td> </tr> </tbody> </table>	실제 최대 스팀 투입량	필요 스팀량 기준치	적합 여부	7,000	6,447
실제 최대 스팀 투입량	필요 스팀량 기준치	적합 여부				
7,000	6,447	적합				

## 1.2.3. Control Valve 배출원 제어

### 1.2.3.1. 기술검토 필요성

오염 제어 장치를 우회하는 등 의도적인 Flaring이나 반복적 혹은 상시로 Flaring이 발생하는 경우에 대한 환경적 제한이 필요하다. 해당 기준의 목적은 상시 발생하는 배출원을 관리하기 위함이다. 이에 따라 Flaring 발생원인을 분석하고 분류하여 안전 목적을 벗어나거나 반복적으로 발생하는 Flaring의 범위를 설정함으로써 해당 기준의 적용 범위를 명확히 할 필요가 있다.

EPA에서 발간한 Enforcement Alert(2012) vol.10에서는 일상적인 상황에서 반복적으로 발생하는 Flaring이 환경에 미치는 영향을 지적했다. 정상운전 하에서 상시적으로 발생하는 Flaring으로 인해 수용할 수 없는 유해오염물질이 대기 중으로 방출되는 것을 방지할 필요가 있다.

United States Environmental Protection Agency | Office of Enforcement and Compliance Assurance (2201A) | EPA 325-F-012-002

Volume 10, Number 5 | Office of Civil Enforcement | August 2012

### EPA Enforcement Targets Flaring Efficiency Violations

**Purpose**

EPA is devoting significant enforcement resources to correcting regulatory noncompliance at flares. This Alert is intended to inform flare owners and operators of this enforcement initiative and to educate them on proper flare operation. EPA hopes this Alert will spur improvement of flare operating practices, including better control and monitoring of supplemental gas, air, and steam, and thereby reduce harmful emissions to the environment. Better flare operation practices will have the potential to improve public health by: 1) reducing emissions of toxic air pollutants that may pose a health risk; and 2) reducing volatile organic compound emissions which will in turn reduce the formation of ozone which is potentially harmful to vulnerable populations including the young, elderly, and those with respiratory problems. Moreover, improving flare combustion efficiency can result in cost savings due to reduced steam usage.

**Introduction**

Chemical and petroleum facilities generate waste gases that need to be controlled safely, economically, and in a manner that protects the public health and the environment. The law requires facilities to use good air pollution control practices to minimize the emission of waste gases. See EPA's October 2009 Enforcement Alert, <http://www.epa.gov/compliance/resources/newsletters/civil/enfalert/flaring.pdf>.

Because, not all waste gases can be prevented or recovered, various control technologies are used to reduce the impact of these waste streams on the environment; one common technology is flaring. A flare is a mechanical device used to combust and thereby destroy volatile organic compounds, toxic compounds, and other pollutants at refineries and other industrial sites.

**Federal requirements for flares are found in the New Source Performance Standards (NSPS) in § 60.18 and National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP) in § 63.11. At a minimum, these rules require flares to be:**

- Designed and operated with no visible emissions using EPA Method 22 (except for periods not to exceed 5 minutes in 2 hours);
- Operated with a flame present at all times, confirmed by the use of a thermocouple or equivalent device;
- Used only when the net heating value of the gas to be combusted is 300 BTU per standard cubic foot (BTU/scf) or greater (if the flare is steam- or air-assisted); or 200 BTU/scf or greater (if the flare is nonassisted); and
- Designed for and operated with an exit velocity less than 60 feet per second (ft/sec). An exit velocity of greater than 60 ft/sec but less than 400 ft/sec may be used if the net heating value of the gas being combusted is sufficiently high.

Through its inspection and enforcement programs, EPA has identified many instances where flares have been improperly monitored and operated. The consequences are lower combustion efficiency and potentially significant quantities of excess emissions of volatile organic chemicals, sometimes including hazardous air pollutants.

**Flare Design Characteristics**

Flares are specifically designed to combust gases. Many flares employ steam or air to promote mixing of oxygen within the Vent Gas to ensure combustion occurs without smoke.

There are many parameters that affect the combustion efficiency of a flare. One important parameter is the heating value of the gases that are to be combusted, often measured in BTU/scf. The heating value is a measure of the combustibility of the gas. Generally, it is easier to maintain a stable flame and achieve high efficiency for gas streams with higher heating

**Smoke is an indication that hydrocarbons are not being combusted completely.**

<http://www.epa.gov/compliance/resources/newsletters/civil/enfalert/index.html>

[그림 16] EPA : Enforcement Alert(2012), Vol.10

Flaring 및 Venting 규제를 실시하는 국가의 경우, 발생 원인에 따라 Flaring에 제한을 두며, 원활한 규제를 위해 각 Flaring을 발생 원인과 Flaring 목적에 따라 구분한다. 국내는 탐사·시추산업 등을 포함한 Upstream 산업보다는 정제·정유산업 등을 포함한 Downstream 산업이 더 발달해 있으므로, 이에 따른 Flaring 구분이 필요하다. 본 매뉴얼에서 제시하는 Flaring 분류(안)은 다음과 같다.

- 정상 Flaring : 플레어시스템의 정상적인 운영을 위해 필요한 가스에 대한 flaring
- 공정 운영 Flaring : 안정적인 공정운영을 위해 발생하는 flaring
- 안전 Flaring : 공정 및 시설을 위험 또는 피해로부터 보호하기 위해 안전을 목적으로 발생하는 flaring

[표 6] 목적에 따른 Flaring 분류(안)

구분	발생 원인	세부 설명
정상 Flaring	- 정상 운전 중에 플레어시스템을 안정적으로 유지하기 위해 필요한 가스	- Flare header의 양압을 유지하기 위해 배출되는 purge gas - 화염으로부터 Flare tip을 보호하기 위해 배출되는 cooling steam 및 air
공정 운영 Flaring	- 시설 및 장비의 검사 또는 유지보수	- 안전밸브 등의 작동 검사 시 - 펌프, Column 등 장비의 결함 수리 시
	- 설비 및 기기의 고장	- 안전, 공정 및 보호 장비 고장 - 공정 및 안전 제어 시스템 고장 - 연결 및 배선 시스템 고장
	- 시설의 증설 및 변경	- 신규 공장 증설로 인해 기존 공장과의 연결 시 - 기존 공장의 용량 증대를 위해 공사 시 - 기존 플레어스택의 용량 초과로 새로운 플레어스택 설치 시
	- 장치 압력을 조절 또는 유지하기 위해 배출되는 가스	- 정상 운전 시 장치의 압력을 조절 또는 유지하기 위해 배출되는 가스 • Blanketing gas (Split range control)

구분	발생 원인	세부 설명
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Start up/Shut down/유지보수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Start up/Shut down/유지보수 작업으로 인해 배출되는 가스</li> <li>• Blowdown</li> </ul>
안전 Flaring	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비상 시 과압으로부터 시설 및 장치를 보호하기 위해 Flaring하는 경우</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 아래 상황과 같이 설비의 우발적 사고로 인해 발생한 과압을 해소하기 위해 flare gas가 배출되는 경우</li> <li>• 정변위 펌프 및 정변위 압축기의 토출측 배관에 설치된 밸브가 차단된 경우</li> <li>• 용기 등의 모든 출구가 차단된 경우</li> <li>• 응축기로 유입되는 냉각수 또는 환류액의 공급이 중단된 경우</li> <li>• 공랭식 냉각기 팬의 작동이 중단된 경우</li> <li>• 자동제어밸브가 고장난 경우</li> <li>• 외부 화재의 경우</li> <li>• 전원공급이 중단된 경우</li> <li>• 관형 열교환기의 관 파열이 발생한 경우</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비상 상황으로 인한 shut down</li> </ul>

상기 Flaring 분류(안)의 공정 운영 Flaring 중 장치 압력을 조절 또는 유지하기 위해 배출되는 가스는 일반적인 안전밸브 등(PSV 및 파열판) 외에 Control Valve 등을 통해 배출되기 때문에, 상시 배출의 가능성이 있다. 이러한 상시 배출원은 플레어스택 외 시설에서 처리하여 안전목적으로만 Flaring을 하는 것이 바람직하다.

따라서 플레어스택으로 상시 배출되는 배출원을 관리하기 위하여, 플레어헤더에 연결된 CV(Control Valve) 목록에 대한 검토가 요구되며, 플레어헤더에 연결된 CV 중 Normal Flaring 배출원인지 판단하기 위해 플레어스택으로 향하는 CV 목록 및 관련자료를 제출하여야 한다.

### 1.2.3.2. 기술검토 내용

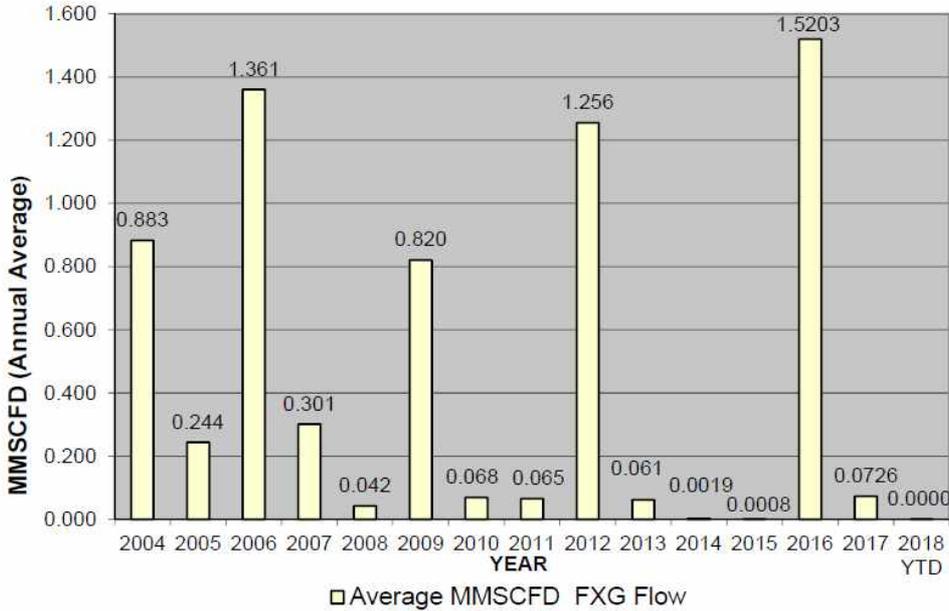
<b>검토내용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상시 발생 가능성이 있는 Control Valve 등을 플레어스택 연결하는 경우 아래와 같은 기준을 준수</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 플레어스택에 연결되는 Control Valve(Pressure Control Valve, Flow Control Valve, Temperature Control Valve 등) 등의 배출원 목록과 설치목적 제출(별도 양식 참고)</li> <li>2) Control Valve 등(Pressure Control Valve, Flow Control Valve, Temperature Control Valve 등) Data Sheet 제출</li> <li>3) 신규로 설치되는 Control Valve 중 정상운전 상황에서 플레어스택으로 상시 흐르는 유량(Normal Flow)이 있는 Control Valve는 플레어스택 외 폐가스처리시설을 통해 처리              ※ Control Valve를 플레어헤더에 연결해야 하는 경우 근거서류 제출</li> </ol>
<b>적용범위</b>	<p>검토내용 1) 및 2)는 기존 공정, 신규 및 증설되는 플레어스택에 대하여 적용</p> <p>검토내용 3)은 신설되는 신규 플레어스택 및 증설되는 플레어스택에 한하여 적용</p>

### 1.2.3.3. 기술검토 근거

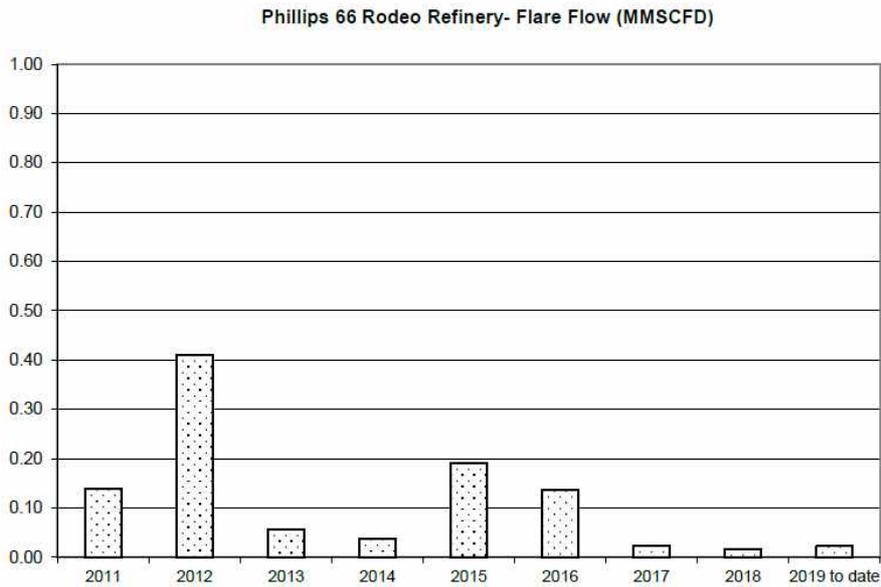
미국 EPA의 경우 정상운전 시 발생하는 Flaring을 규제하고 있다. 정상운전 상황에서 Flaring 발생 유량이 24시간 동안 누적 14,160 m<sup>3</sup>(500,000 ft<sup>3</sup>/day)을 초과하지 않아야 하며, 초과하는 경우 시정조치 및 발생 보고를 해야 한다. 이는 배출가스의 주성분을 Pentane이라고 가정했을 경우, 시간 당 약 1 ton에 해당하는 유량이다.

국내 산업안전보건공단에서 수행하는 공정안전관리(PSM, Process Safety Management) 검토는 플레어스택에 연결된 안전밸브 및 파열판 등을 포함한다. PCV 및 TCV 같은 일반적인 Control Valve는 위험성 평가(HAZOP Study, Hazard and Operability Study)의 주요 검토대상이 아니다. 국내에는 이들 배출원에 대한 별도의 환경규제가 없을 뿐더러, 비상 Flaring 용도 외에 PCV와 같은 Normal Flaring 용도로 사용하기 위해 별도의 플레어스택을 설치하는 일부 사례가 있다. 이러한 경우 안전밸브 등이 아닌 CV에서 배출되는 가스의 처리가 주요 목적이기 때문에, 플레어스택의 목적과 맞지 않으며 환경측면에서 용인하기 어려운 사례이다.

국내 현황상 정상운전 시 Flaring 유량을 규제하는 방안은 적용이 어려우며, 기존에 이미 설치된 공정은 플레어헤더 라인을 변경할 수 없어 상시 배출원을 별도 처리하는 방안도 적용이 어렵다. 따라서 환경적으로 용인하기 어려운 배출원을 구별하기 위하여 플레어스택으로 향하는 전체 Normal Flaring의 배출원 목록과 정보를 파악할 필요가 있으며, 신규 및 증설 시설의 경우 새로 설치되는 CV 배출원을 플레어스택 외 폐가스처리시설로 처리하도록 유도할 필요가 있다.



[그림 17] 캘리포니아주 FXG사의 Flaring 평균 유량  
 (※ MMSCFD : Million Standard Cubic Feet per Day,  $10^6$  ft<sup>3</sup>/day)

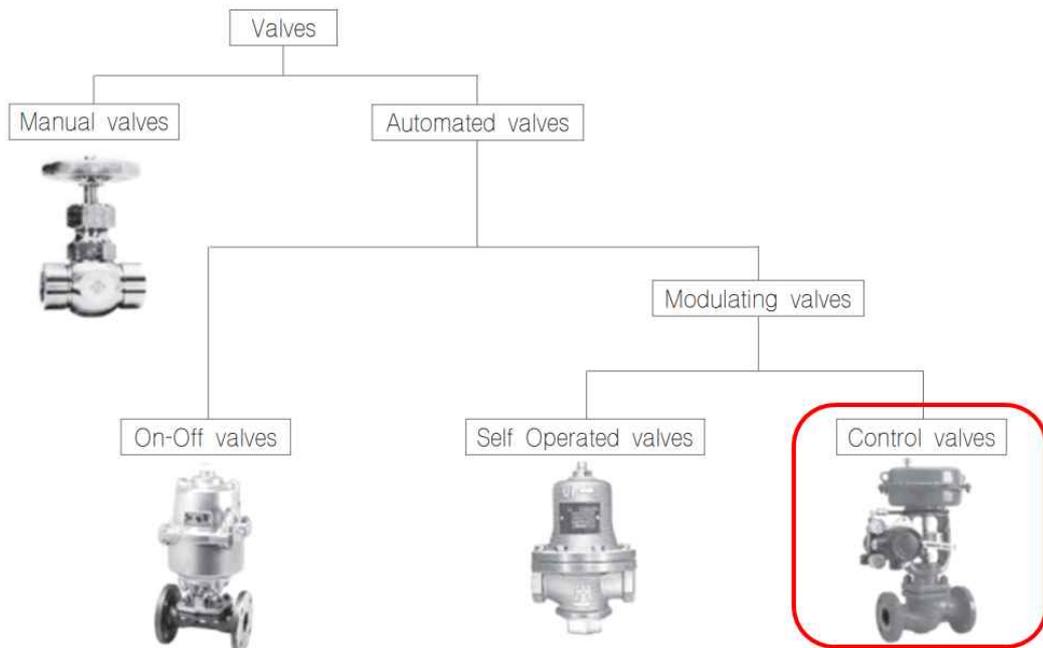


[그림 18] 캘리포니아주 Phillips66사의 Flaring 평균 유량  
 (※ MMSCFD =  $10^6$  ft<sup>3</sup>/day, Flaring 평균 유량이  $0.5 \sim 1.0 \times 10^6$  ft<sup>3</sup> 수준)

### 1.2.3.4. Control Valve

밸브는 유체의 흐름을 차단 및 조절하거나, 역류방지 및 방향을 조절하는 등의 제어를 위해 유로를 개폐하는 기기를 말한다. 밸브의 종류는 기능, 재질, 적용규격, 배관방법 및 작동 방식 등에 의해 다양하게 분류 가능하며, 가장 대표적인 분류체계는 작동 방식을 기준으로한 분류이다. 밸브는 작동방식에 따라 Manual valve(수동밸브), Automated valve(자동밸브)로 분류된다. Automated valve는 다시 On-Off valve와 Modulating valve로 분류된다.<sup>1)</sup>

On- Off valve는 전기신호를 이용하여 밸브를 자동으로 열고 닫을 수 있다. 밸브의 상태(열림 또는 닫힘)를 스위치의 접점에 의한 전기신호를 통해 바꿀 수 있다. Modulating valve는 유량 및 압력과 같은 공정변수를 제어하기 위해 밸브를 자동으로 열고 닫을 수 있다. 단순히 밸브를 열고 닫는 기능만 있는 On-Off valve와 달리 제어하고자 하는 유량 및 압력값을 전기신호로 받아 공정변수를 원하는 설정값으로 제어하기 위해 밸브를 자동으로 열고 닫는다.



[그림 19] 밸브의 분류

1) procon.co.kr, 월간계장기술 2010.10., p105

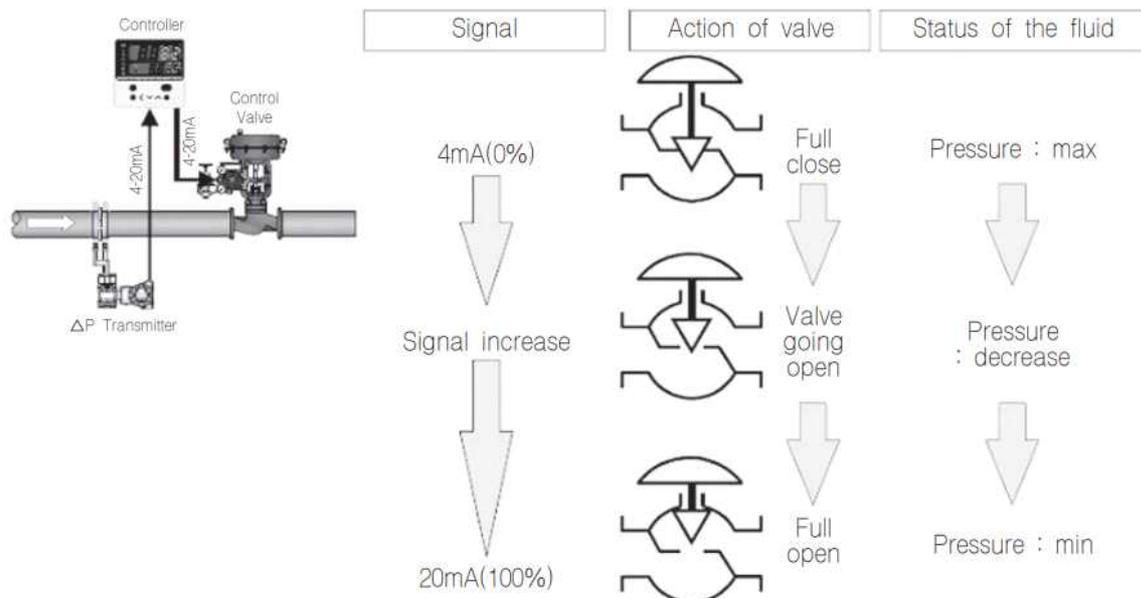
Control valve는 신호를 받아 공정의 유량, 압력, 높이, 온도와 같은 변수들을 조절하며 세부 기능은 다음과 같다.

- 공급기능(Dispensing) : Utility에서 스팀, 물, 연료 등을 공정에 공급하는 기능
- 감소기능(Dissipating) : 에너지(압력 등)을 감소시키는 기능
- 분배기능(Distribution) : 탱크 A와 B가 공정으로부터 유체(에너지)를 공급 받는 경우, 밸브는 공정의 유체를 각 탱크에 분배해주는 역할을 함
- 공급, 감소, 분배기능 중 하나 또는 복합적인 기능을 수행

### 1) Control valve 종류

#### (1) Pressure control valve

관(pipe) 및 용기(vessel) 내부의 압력을 일정한 수준으로 유지한다.



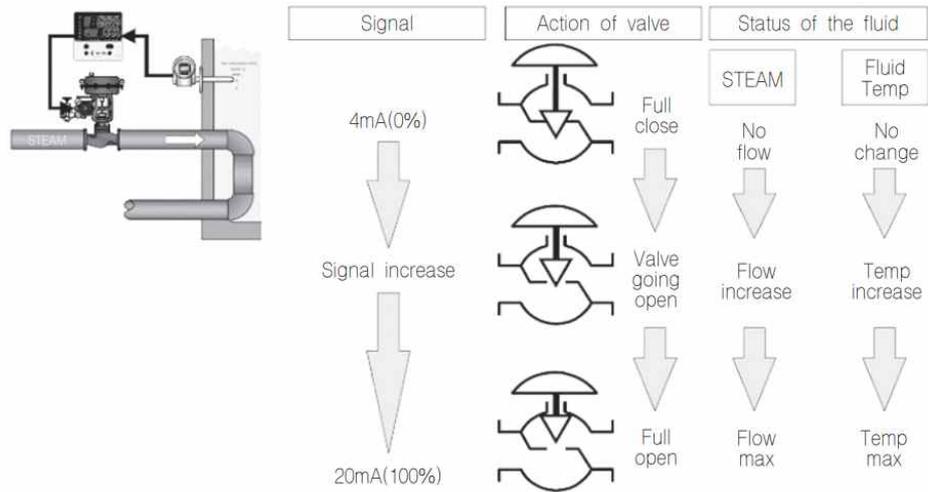
[그림 20] Pressure control valve

구동방식의 예시로 설정 압력을 기준으로 최대 압력인 경우 밸브는 완전히 닫히고, 압력이 감소함에 따라 밸브가 열리며 최소압력이 되었을 때 밸브는 완전히 열린다.

## (2) Temperature control valve

용기(vessel) 내부 유체의 온도에 따라 밸브가 열리고 닫힌다.

관 및 용기 내부 유체의 온도변화를 신호로 받는다. 구동방식의 예시로 온도변화가 없을 시 밸브가 닫히며, 온도가 증가하기 시작하면 밸브가 열리며 온도가 설정 온도를 기준으로 최대가 되었을 때 밸브는 완전히 열려 유체를 방출한다.

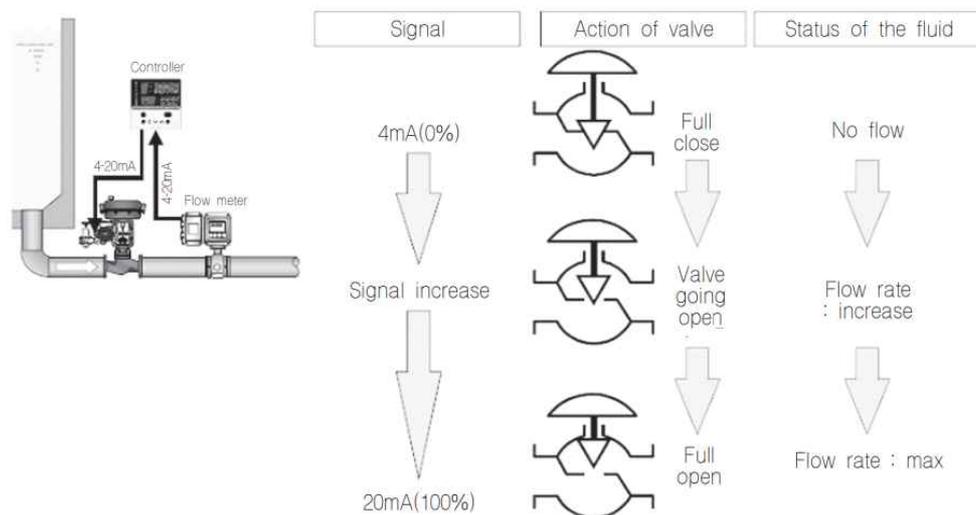


[그림 21] Temperature control valve

## (3) Flow control valve

용기 내부로 들어오고 나가는 유체의 유량을 일정 수준으로 유지한다.

구동방식의 예시로 관 내 흐르는 유량이 없을 시 밸브가 닫히며, 유량이 증가함에 따라 밸브가 열리며 설정 유량을 기준으로 유량이 최대가 되었을 때 밸브는 완전히 열린다.

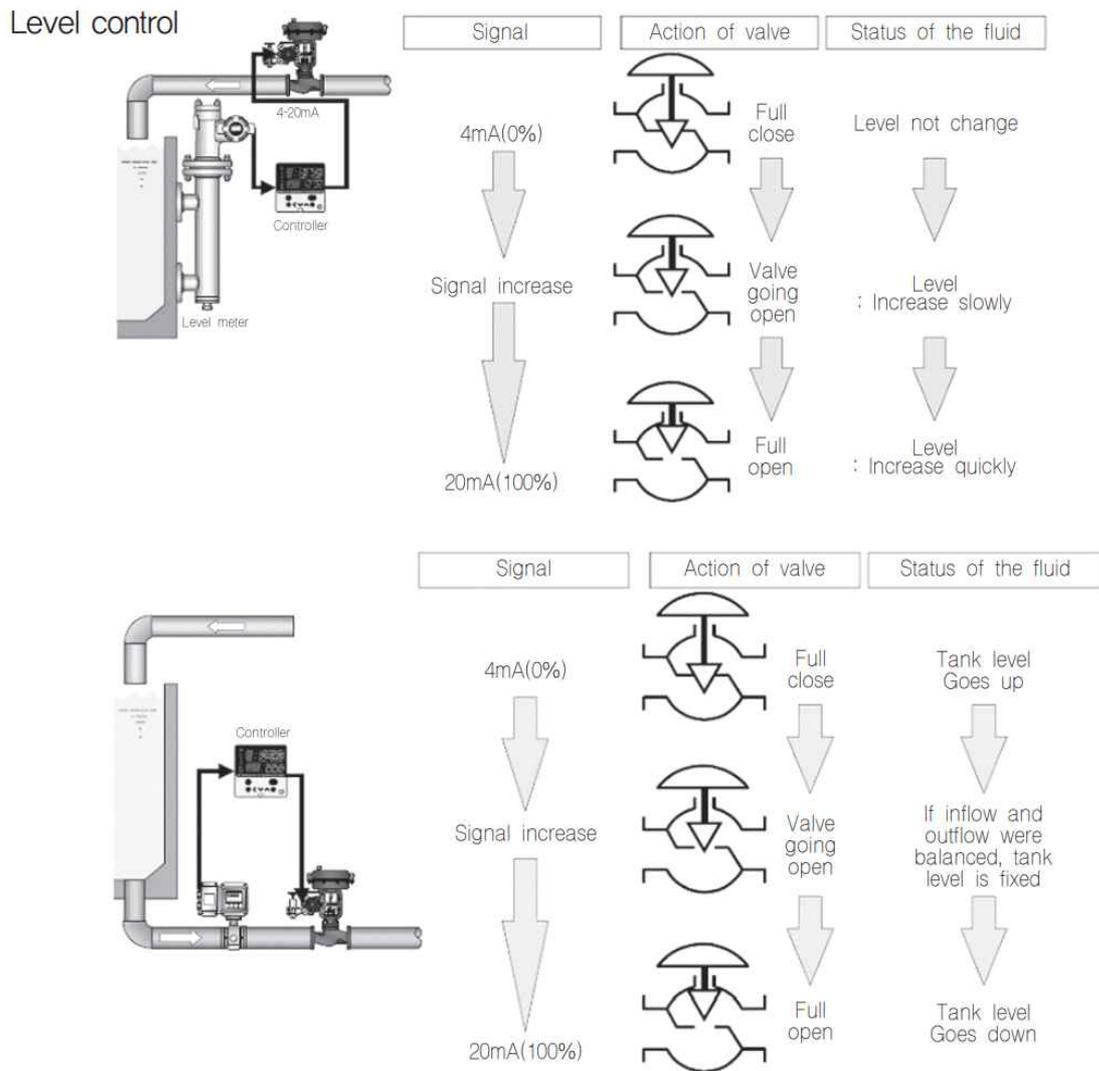


[그림 22] Flow control valve

(4) Level control valve

용기 내부 유체의 액면 높이(level)를 일정하게 유지한다.

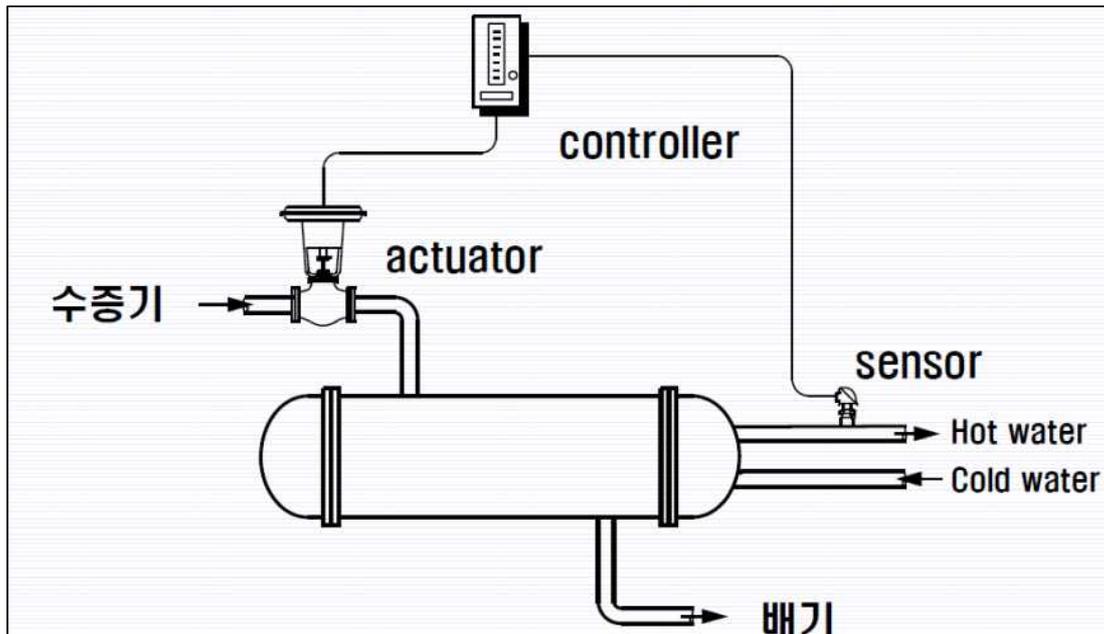
구동방식의 예시로 용기 내부 액면의 높이 변화가 없을 시 밸브가 닫히며, 액면 높이가 서서히 증가함에 따라 밸브가 열리기 시작하며, 빠르게 증가할 시 완전히 열린다. 외에도 액면 높이가 증가할 경우 닫히며, 액면 높이가 감소할 경우 열리도록 할 수 있다.



[그림 23] Level control valve

## 2) Control valve 구조

Control valve를 이용한 공정 제어루프는 기본적으로 다음과 같이 3개 요소로 구성된다.



[그림 24] Control valve 공정 제어루프 기본 구성

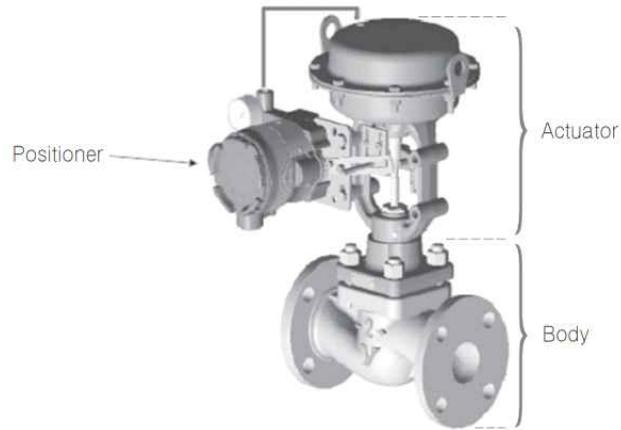
- 감지기(Sensor) : 온도, 압력, 유량, 수위 등의 공정변수를 측정하여 제어기로 보냄
- 제어기(Controllor) : 감지기에서 받은 측정치(신호)를 설정치와 비교하여, 두 값의 차가 없어지도록 최종 제어요소(Actuator)로 가는 출력을 조절
- 제어밸브(Control valve) : 최종 제어요소로 유체흐름을 열고 닫음으로써 공정 변수를 원하는 설정값으로 유지

실제 공정 변수를 변화시키는 주체인 Control valve는 기본적으로 Actuator, Positioner 및 Body로 구성된다.

- Actuator : 전기, 유압, 압축공기 등을 이용하여 전달된 힘을 운동에너지로 변환하여 Valve를 구동시키는 역할을 한다.
- Positioner : 전기 및 공기신호를 공기 신호로 변환하여 Actuator로 전달하는 역할을 한다. 조절 밸브가 받는 입력 신호에 대하여 밸브 플러그의 위치를 항상 정확하게 비례시키는 역할을 한다.

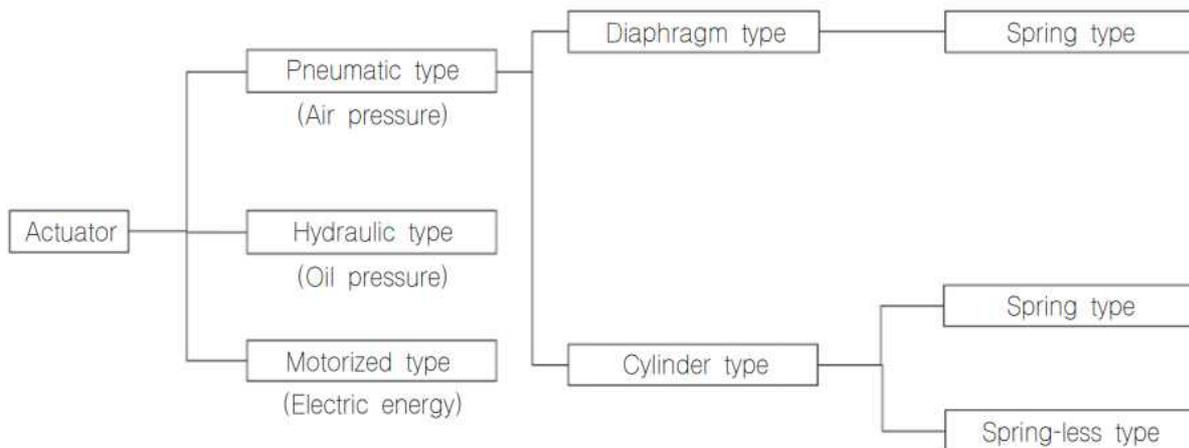
- Body : 실질적으로 유체가 흐르는 부분이며, Actuator에서 전달된 힘을 통하여 유체의 흐름을 개폐한다.

주요 Parts



[그림 25] Control valve 기본 구조

Control valve는 Actuator의 종류에 다시 따라 공압식(Pneumatic type), 유압식(Hydraulic type), 전자식(Motorized type)으로 세분류가 가능하다.



[그림 26] Actuator 종류

## 1.2.4. 드럼 체류액 적정처리 여부

### 1.2.4.1. 기술검토 필요성

녹아웃 드럼 및 액체 밀봉드럼 내 체류 액체는 체류시간 동안 플레어 배출가스와 접촉하고 액적을 분리하기 때문에 탄화수소, VOC 등 유해물질이 포함된다. 따라서, 기존 개별매체법에 따라 적정처리해야 할 필요가 있다.

### 1.2.4.2. 기술검토 내용

<b>검토내용</b>	녹아웃드럼(Knock Out Drum) 및 액체 밀봉드럼(Water Seal Drum) 내 체류 액체를 적절하게 처리하는지 여부 확인  개별 매체법에 따라 적절하게 처리해야 하며, 처리방안을 증명할 수 있는 서류를 제출한다.  1) [물환경보전법] 폐수처리시설로 연결하여 처리 2) [폐기물관리법] '폐액'으로 지정하여 지정폐기물로서 처리 3) 그 밖에 개별매체법에 따라 처리하는 경우, 증명서류 제출
<b>적용범위</b>	기존, 신규 및 증설 플레어스택에 대하여 적용

### 1.2.4.3. 기술검토 근거

#### 1) 물환경보전법

녹아웃드럼 및 액체 밀봉드럼 내 체류 액체는 체류시간 동안 플레어 배출가스와 접촉하고 액적을 분리하기 때문에 탄화수소, VOC 등이 포함된다. 따라서, 적절한 처리를 위해 폐수처리시설에 연결되어야 한다.

[표 7] 물환경보전법 : 폐수처리 관련

물환경보전법 : 제38조 제1항	
①	사업자 또는 방지시설을 운영하는 자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하여서는 아니된다.
1.	배출시설에서 배출되는 수질오염물질을 방지시설에 유입하지 아니하고 배출하거나 방지시설에 유입하지 아니하고 배출할 수 있는 시설을 설치하는 행위
2.	방지시설에 유입되는 수질오염물질을 최종 방류구를 거치지 아니하고 배출하거나 최종 방류구를 거치지 아니하고 배출할 수 있는 시설을 설치하는 행위
3.	배출시설에서 배출되는 수질오염물질에 공정 중 배출되지 아니하는 물 또는 공정 중 배출되는 오염되지 아니한 물을 섞어 처리하거나 배출허용기준을 초과하는 수질오염물질이 방지시설의 최종 방류구를 통과하기 전에 오염도를 낮추기 위하여 물을 섞어 배출하는 행위
4.	그 밖에 배출시설 및 방지시설을 정당한 사유 없이 정상적으로 가동하지 아니하여 배출허용기준을 초과한 수질오염물질을 배출하는 행위

2) 폐기물관리법

[표 8] 폐기물관리법 : 폐액 처리 관련

폐기물관리법 : 제17조의1	
①	사업장폐기물을 배출하는 사업자는 다음 각 호의 사항을 지켜야 한다.
1.	사업장에서 발생하는 폐기물 중 환경부령으로 정하는 유해물질의 함유량에 따라 지정폐기물로 분류될 수 있는 폐기물에 대해서는 환경부령으로 정하는 바에 따라 제17조의2제1항에 따른 폐기물분석전문기관에 의뢰하여 지정폐기물에 해당되는지를 미리 확인하여야 한다.
1의2.	사업장에서 발생하는 모든 폐기물을 제13조에 따른 폐기물의 처리 기준과 방법 및 제13조의2에 따른 폐기물의 재활용 원칙 및 준수사항에 적합하게 처리하여야 한다.

유해물질 함유량에 따라 지정폐기물로 지정된 폐액은 아래와 같이 처리할 수 있다.

[표 9] 지정폐기물 처리방법

지정폐기물 종류별 처리방법	
정의	사업장 폐기물·폐유·폐산 등 주변환경을 오염시킬 수 있거나 감염성 폐기물등 인체에 위해를 줄 수 있는 유독한 물질로서 대통령령이 정하는 폐기물
종류	<p>1. 특정시설에서 발생하는 폐기물</p> <p>가. 폐합성고분자화합물</p> <p>(1) 폐합성수지(합성수지 제조업의 제조공정에서 발생하는 것에 한함)</p> <p>(2) 폐합성고무(합성고무제조업의 제조공정에서 발생하는 것에 한함)</p> <p>나. 오톤류(수분함량 95%미만, 고형물함량이 5% 이상)</p> <p>(1) 폐수처리오니, 공정오니(폐기물관리법시행규칙 별표1의 물질을 함유한 물질)</p> <p>다. 폐농약(제조·판매업소에서 발생하는 것)</p>
	<p>2. 부식성 폐기물</p> <p>가. 폐산(액체상태의 폐기물로서 PH 2.0 이하)</p> <p>나. 폐알칼리(액체상태의 폐기물로서 PH 12.5 이상)</p>
	<p>3. 유해물질함유 폐기물 (폐기물관리법 시행규칙 별표1의 물질을 함유한 물질)</p> <p>가. 광재(철광원석의 상용으로 인한 고로슬래그 제외)</p> <p>나. 분진(대기오염방지시설에서 포집한 것에 한하되, 소각시설에서 발생하는 것 제외)</p> <p>다. 폐주물사 및 샌드블라스트</p> <p>라. 폐내화물 및 재별구이전에 유약을 바른 도자기 조각</p> <p>마. 소각재</p> <p>바. 안정화 또는 고형화 처리물</p> <p>사. 폐촉매</p> <p>아. 폐흡착제 및 폐흡수제(광물류·동물류 및 식물류의 정제에 사용된 폐토사 포함)</p>

지정폐기물 종류별 처리방법

4. 폐유기용제	가. 할로겐족(폐기물관리법시행규칙 별표1의 물질을 함유한 물질) 나. 기타 폐유기용제 (가 목외의 유기용제를 말함)
5. 페페인트 및 페락카	(페인트 및 락카와 유기용제가 혼합된 것)
6. 폐유(기름성분 6% 이상 함유된 것, PCB 함유 폐기물, 폐식용유, 폐흡착제 및 폐흡수제를 제외)	
7. 폐석면	(폐기물관리법 시행령 별표1 참조)
8. PCB 함유 폐기물	가. 액체상태의 것(2mg/l 이상 함유) 나. 액체상태 외의 것(용출액 0.003/l 이상 함유)
9. 폐유독물	(유해화학물질관리법 제2조제3호의 규정에 의한 유독물을 폐기하는 경우)
10. 감염성 폐기물	(환경부령이 정하는 의료기관 등에서 발생하는 것)
11. 기타 주변환경을 오염시킬 수 있는 유해한 물질로서 환경부 장관이 정하여 고시하는 물질	

## 1.2.5. 플레어스택 입지

### 1.2.5.1. 기술검토 필요성

산업안전보건기준에 관한 규칙 제271조 별표 8에 따라 플레어스택으로부터 단위공정시설 및 설비, 위험물 저장탱크 또는 위험물질의 하역설비간의 거리는 플레어스택으로부터 반경 20m 이상으로 유지하여야 한다. 20 m는 최소기준이며, 복사열량 및 버닝레인(Burning rain) 등을 고려하여 안전거리를 확보한다. 또한 플레어스택에서 발생하는 소음은 화염과 함께 커다란 환경문제가 될 수 있으므로 플레어스택을 설치하는 경우에는 소음 레벨을 고려하여 주변의 주거지역, 학교, 병원 등과 같은 곳에서는 특히 소음 감소방안을 마련해야 한다.

그러나 플레어스택이 주변에 미치는 환경영향을 고려한 입지 설정에 관한 기준은 없으며, 산업안전보건기준에 따라 안전거리를 준수하여도 Flaring 시 주변지역에서 민원 등의 문제가 지속적으로 발생하고 있다. 따라서 허가 단계에서 환경영향을 고려한 플레어스택 입지 위치에 관해 협의할 필요가 있다.

### 1.2.5.2. 기술검토 내용

<b>검토내용</b>	1) 플레어스택 위치가 표시된 공장 레이아웃 제출 2) 플레어스택 입지에 관해 협의 후 허가조건에 반영
<b>적용범위</b>	검토내용 1)은 기존, 신규 및 증설 플레어스택에 대하여 적용 검토내용 2)는 신규 및 증설 플레어스택에 대하여 적용

## 1.2.6. 비상배출 시설관리기준

### 1.2.6.1. 기술검토 필요성

현행법상 대기환경보전법 시행규칙 별표10의2에 따라 플레어스택은 비상배출시설관리기준의 적용을 받고 있다. 통합환경허가검토 시 플레어스택에 대한 대기환경보전법의 준수여부를 확인하여야 한다.

### 1.2.6.2. 기술검토 내용

<b>검토내용</b>	'대기환경보전법 시행규칙 제51조의3'에 따른 별표10의2 비상배출의 저감을 위한 시설관리기준 준수  관리대상물질 대상 여부 및 모니터링 설치 여부 등 확인
<b>적용범위</b>	기존, 신규 및 증설 플레어스택에 대하여 적용

### 1.2.6.3. 기술검토 근거

1) 대기환경보전법 시행규칙 별표10의2 : 비상배출 저감을위한 시설관리기준

[표 10] 비상배출 저감을위한 시설관리기준 요약

구분	비상배출시설관리기준
비상배출시설관리기준 대상여부 확인	12,600,000 kcal/hr 이상
관리대상물질 확인	특정대기유해물질 및 업종별 대상 물질 확인
자동점화장치 설치 여부	플레어스택 상부에 자동점화시설 설치  자동점화시설이 없을 경우, 점화불꽃 모니터링 설치
점화불꽃 모니터링 설치 여부	자동점화시설이 없을 경우, 온도계, 자외선센서, 적외선센서 또는 CCTV 등을 설치하여 점화불꽃이 항상 유지되는지 모니터링 설치
관 리 대 상 물 질 배출여부 모니터링	광학가스탐지카메라(OGI)를 설치하여 관리대상물질의 불완전연소 배출여부를 상시 모니터링

구분	비산배출시설관리기준
매연 모니터링	비정상 가동 시점부터 최소 2시간 이상 대기오염공정시험기준에 따라 매연을 측정하고, CCTV를 통해 매연을 모니터링
유량 모니터링	대기오염공정시험기준에 따라 스팀 유량, 혼합공기 유량, 연소용 공기 유량, 배출가스 유량 상시 모니터링
발열량 모니터링	대기오염공정시험기준에 따라 배출가스 발열량 상시 모니터링

## 2) 비산배출 업종별 관리대상물질

[표 11] 비산배출 저감을위한 시설관리기준 관리대상물질

	업종	업종별 적용물질
가. I 업종	1) 원유 정제처리업	메탄올, 메틸에틸케톤, 엠티비이(MTBE, Methyl Tertiary Butyl Ether), 톨루엔, 자일렌(o-, m-, p- 포함) 및 특정대기유해물질
	2) 파이프라인운송업	
	3) 위험물품보관업	
	4) 석유화학계 기초화학물질 제조업	톨루엔, 자일렌(o-, m-, p- 포함), 나프탈렌 및 특정대기유해물질
	5) 합성고무제조업	
	6) 합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	

## 3) 업종별 시설관리기준 : 플레어스택 (배출가스 연소탑)

[표 12] 비산배출 저감을위한 시설관리기준

구분	비산배출시설관리기준
대상시설	플레어 스택 용량 $1.26 \times 10^7$ kcal/hr(50 MMBTU/hr) 이상
점화불꽃	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자동점화시설 설치하거나</li> <li>• 온도계, 자외선센서, 적외선센서 또는 폐쇄회로 텔레비전 등을 설치하여 점화불꽃이 항상 유지되는지 모니터링</li> <li>• 모니터링 결과는 매월 1회 운영기록부에 기록</li> </ul>

연소구간 총 발열량 (2024년1월1일부터 적용)	<p>(1) 연소구간 총발열량</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>스팀 보조방식 및 혼합공기 보조방식 : 2,403 kcal/Sm<sup>3</sup></li> <li>연소용공기 보조방식 : 196 kcal/Sm<sup>3</sup></li> </ul> <p>(2) 연소구간 총발열량은 대기오염공정시험기준에 따라 스팀유량, 혼합공기 유량, 연소용공기 유량, 배출가스 총 발열량 및 유량을 상시 모니터링하여 측정</p> <p>(3) 총 발열량 기준 준수 여부 및 모니터링 내용을 매월 1회 운영기록부에 기록</p>
관리대상물질 배출여부	<ul style="list-style-type: none"> <li>광학가스탐지기 카메라(OGI)를 설치하거나 사용하여 관리대상물질의 불완전연소 배출여부를 상시 모니터링</li> <li>매일 1회 실시하며, 매월 1회 운영기록부에 기록</li> </ul>
매연	<p>(1) 링겔만 매연 농도표 2도 이상 또는 불투명도 40% 이상을 2시간에 총 5분을 초과해서는 안됨</p> <p>(2) 비정상 가동 시점부터 최소 2시간 이상 대기오염 공정시험기준에 따라 매연을 측정하고, CCTV를 통해 모니터링하여 기록 저장</p> <p>(3) 최초 비정상 가동 시점부터 2시간 이내 대상시설, 최초 비정상 가동 시점, 발생원인 보고</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>비정상 가동이 종료될 경우, 종료 시점부터 48시간 이내 대상시설, 최초 비정상 가동 시점, 발생원인, 플레어스택 설계자료, 추정 발생가스 성분 및 최대 배출 추정량 최종 보고서 제출</li> </ul>

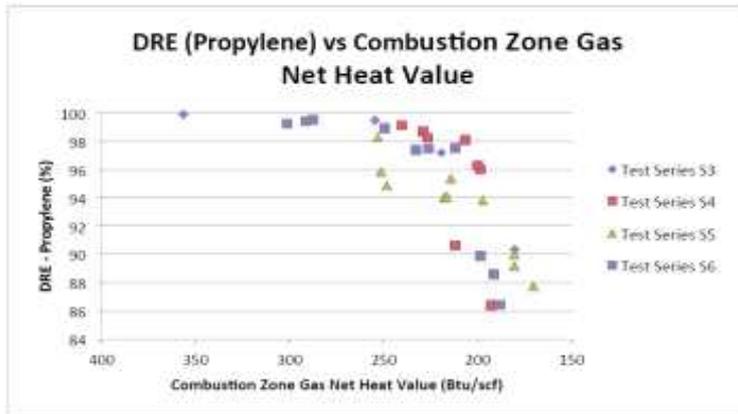
4) 저감효율 98% 이상으로 운전 : 연소구역 총 발열량

대기환경보전법 시행규칙 별표10의2에 따르면 관리대상물질 저감효율 98% 이상으로 운전하기 위해 연소구역 총 발열량 기준을 준수해야 할 필요가 있다. EPA 보고서에 따르면 연소효율 96.5%, 파괴효율 98% 이상으로 작동되는 경우, 'good flare performance'로 판단한다.

플레어성능에 영향일 미치는 요인으로 (1) 연소영역에서 화염 냉각, (2) 낮은 배출가스 발열량이 고려된다.

- (1) 연소영역에서 화염 냉각 : 플레어 운영 중 공급되는 스팀 및 공기가 배출가스에 비해 과잉 비율일 경우, 플레어의 화염 냉각 현상이 발생하면서 연소효율이 낮아진다.
- (2) 낮은 배출가스 발열량 : 플레어 화염의 안전성을 유지하고 높은 연소효율을 달성하기 위해서는 배출가스에 충분한 가연성 물질이 존재해야 한다. 공급되는 스팀 및 공기 유량이 같더라도 발열량이 낮은 경우 연소효율이 낮아진다.

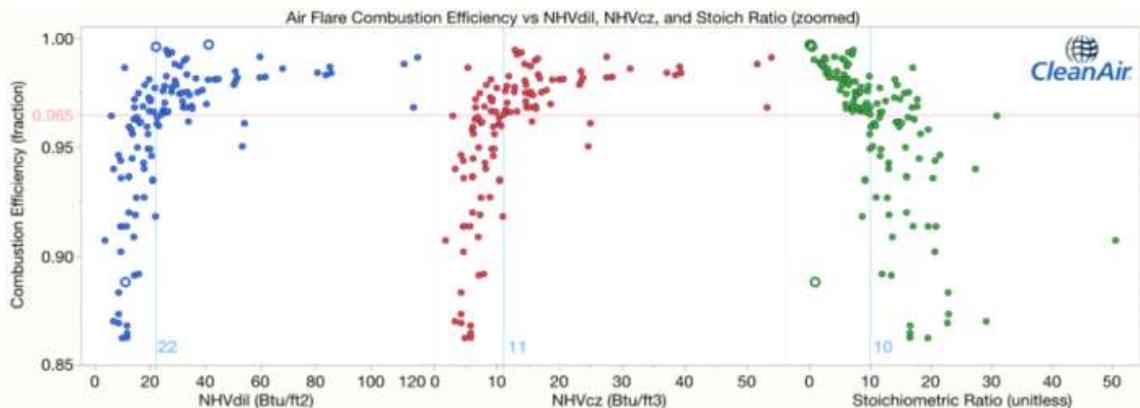
보조스팀 방식 : 연소구역 총 발열량(NHVcz, Combustion zone gas net heat value)이 약 250 Btu/scf 이상에서 파괴효율(Destruction Efficiency)이 98% 보다 높다.



[그림 27] 저감효율 VS 연소구역 총 발열량

Combustion Zone Gas Net Heat Value를 250 Btu/scf 이상으로 운전 시, DRE가 98% 이상으로 유지된다.<sup>2)</sup>

보조공기 방식 : 공기의 화학양론 비율을 10 미만으로 공급할 때 연소효율이 96.5% 이상으로 유지된다. 이를 NHVdil 기준으로 하면 22 Btu/ft<sup>2</sup> 이상일 때 연소효율이 96.5% 이상으로 유지된다.



[그림 28] 연소효율 VS 연소구역 총 발열량

2) David T. Allen, Ph.D., Vincent M. Torres, 'TCEQ 2010 Flare Study Final Report', Texas Commission of Environmental Quality, 2011