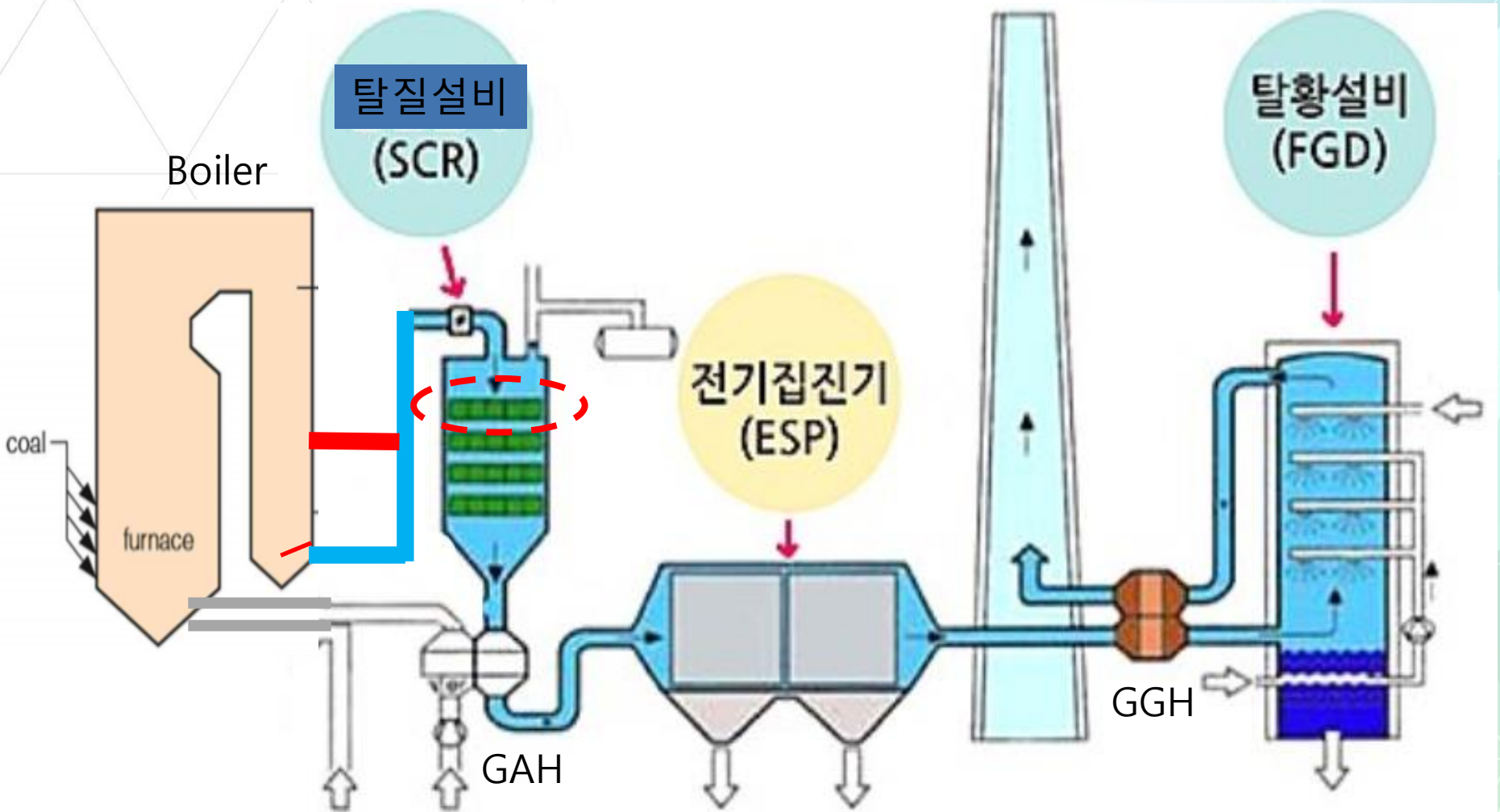
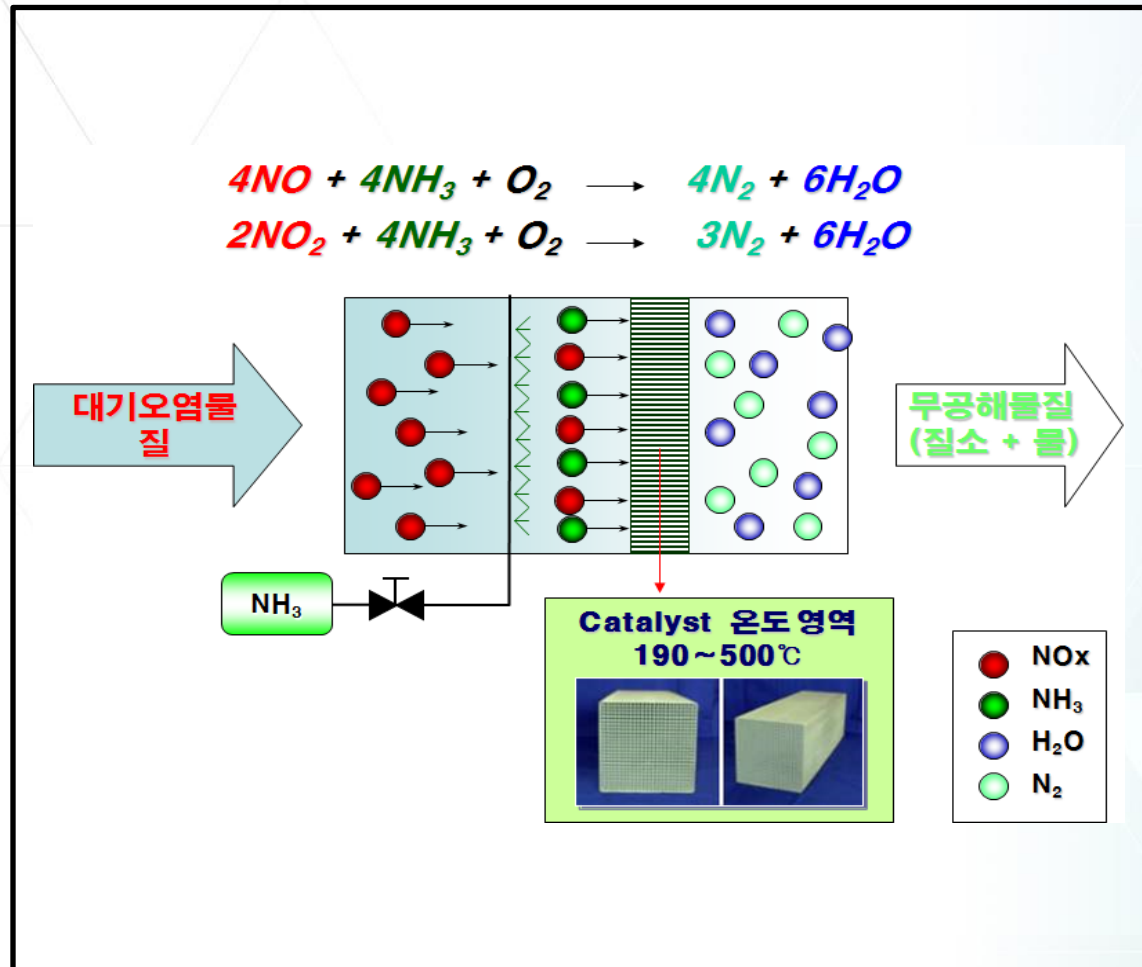


Ⅱ. Dry Ice 를 이용한 축매 현장재생 기술 소개

발전설비에서 탈질 촉매 설치 위치



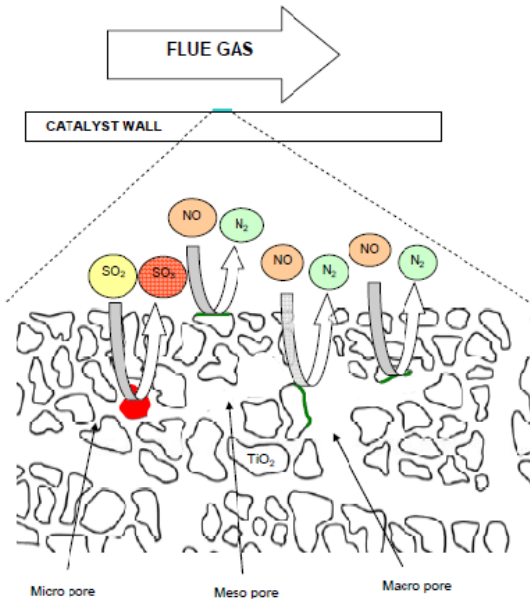
탈질촉매 NOx 제거 반응 원리



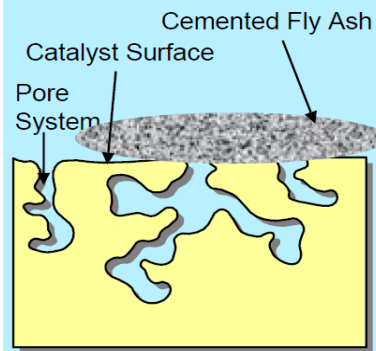
촉매 피독 원리

- 촉매 피독 원인

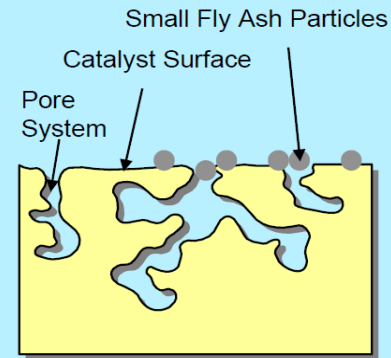
- 황산암모늄염, 분진, 금속염 등에 의해 Poisoning 되는 경우
- 특히 Na, K, P_2O_5 등에 의해 피독되는 경우 재생이 극히 어려움



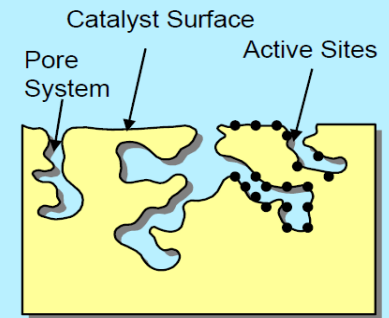
Masking:
Macroscopic blockage
of catalyst surface
by cemented fly ash



Plugging:
Microscopic blockage
of pore system
by small fly ash particles



Poisoning:
Deactivation of active
sites by chemical attack



국내·외 촉매재생 기술 동향

● 해외 선진사는 탈질 촉매 교체 비용 및 운전비용을 절감키 위해 재생방식을 개발하여 재사용을 상용화하고 있음

- Evonik, Southern company : 1997~2007년 까지 습식재생방식을 개발, 2007년 이후부터 유럽 및 미국으로 적용 확대
- EnBW Engineering: 1994년 촉매 in-situ (without removal) 상태에서 습식 재생방식 기술개발 (Honeycomb, plate Type에 적용)하였으나 촉매재생 효율 부족으로 보급 포기
- STEAG's : 2009년부터 모든 촉매 Type(Honeycomb, Plate, Corrugated)에 대한 Dry Ice Blasting (in-situ 상태에서)을 상용화하여 유럽 및 미국에서 보급 중

● 국내 석탄화력 등 Power Plant 대부분은 탈질촉매 재사용 과정없이 활성도가 떨어지거나 촉매 보증수명 기간이 경과되면 신규 촉매로 전량 교체함

- 국내 촉매공급사의 출혈 경쟁으로 신규 촉매 가격이 전세계에서 가장 저렴하고
- 일부 발전소는 촉매 모듈을 취외하여 습식세정 방식으로 촉매재생을 수행하였으나 탈질효율이 목표에 미달하는 경우가 많고, 재생비용과 촉매모듈 취외후 재장착 비용등으로 경제성이 부족하여 신규 촉매로 교체를 선호, 교체 후 피독촉매는 폐기물로 매립
- 현재 전세계적으로 폐기물 매립을 금지하는 규제가 시행중으로 모든 폐기물은 최대한 재활용하고, 재활용이 되지 않는 것은 소각하는 국제 규제에 역행

기존의 습식세정에 의한 촉매재생 기술 설명

● 습식세정에 의한 촉매 재생 기술 현황

- 화학 용액을 이용한 촉매를 세정 후, 건조, 소성 처리 기술을 이용
- 화학 세정시 수분등이 촉매층에 침투되어 촉매 강도 저하등 촉매 손상으로 발생
- 대량의 폐수 발생으로 처리 비용 높음
- 촉매를 탈질 반응기에서 인출하여 세정하여 보일러 정지 기간이 길어 조업 손실이 큰 편임



Overall plant



Soaking



Ultrasound



Inspection, packaging, and shipment



Heat treatment

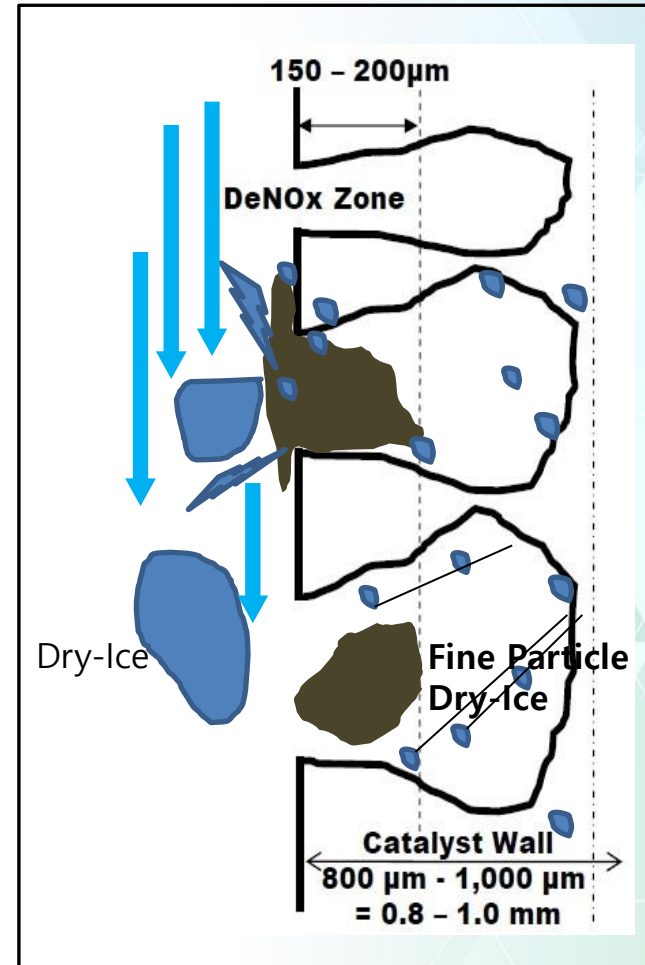


Active chemical addition

Dry Ice 를 이용한 촉매 재생 원리

● Dry Ice를 이용한 촉매의 세정 및 재생 원리

1. 촉매의 기공 내·외부에 형성된 촉매 피독물에 충돌 운동 에너지를 통해 파쇄 및 제거
2. 기공 내 드라이아이스 미립자 침투 후 승화(500~800배 부피팽창)를 통한 피독물을 기공 내에서 외부로 배출
3. 촉매 벽 사이를 빠르게 지나가는 드라이 아이스 입자의 순간적인 진공 형성에 의한 기공 내 피독물 외부로 배출



해외 Dry Ice 를 이용한 촉매재생 기술 현황

● CO₂ 드라이아이스 펠릿을 이용한 촉매 세정기술 현황

- 독일의 전력회사인 STEAG사가 2012년에 드라이아이스 펠릿을 이용한 SCR 촉매 및 시스템의 막힘을 제거하는 방법을 PCT 출원하고, 등록



<On-site Ice Blasting>



<Dry Ice Pellets>

[그림] 독일 STEAG 사의 CO₂ 드라이아이스 세정시스템으로 탈질촉매 세정 모습

- 현재 미국 촉매회사 Cormetech 은 독일 특허를 적용하여 촉매 세정 영업중.

국내 Dry Ice 촉매 재생기술 개발 및 보급 현황

● 국내는 (주)지스코가 독자적으로 In-situ 상태에서 Dry Ice Blasting 재생 기술을 개발, 28개 Plant 촉매재생 상용화 성공

- 2011.03: "드라이 아이스를 이용한 촉매재생방법" 특허 10-1024845 등록
- 2015.10: "선택적촉매환원(SCR)용 촉매의 재생 방법 " 개량 특허 국내 10-1566505 등록
(STEAG's 사와는 재생방법 상이 및 재생효율 우수)
- 2019.07 : 미국 특허 등록 US 10,363,554
- 2021.03 : 중국 특허 등록 ZL201680019509.8
- 2021.04 : 녹색기술 인증 취득 (Dry Ice 를 이용한 탈질촉매 재생 기술)
- 2021.11 : 산업통상자원부 장관상 수상 (녹색기술 보급 우수성과)
- 2022.07 : 녹색전문기업 인증 취득

● Dry Ice 촉매재생 기술의 필요성

- Dry Ice pellet Blasting 세정 (재생) 방식은 타 방식과 비교하여 모든 촉매 Type (Honeycomb, Plate, Corrugated)을 안전하고 효과적으로 수행할 수 있는 우수한 방법으로서 국내외에서 범용화된 기술임
- 이에 따라 탈질 촉매 교체 비용 절감 및 폐기물 발생을 최대한 억제하기 위해 우리나라도 신품 교체 보다는 촉매 재생과정이 필수적으로 수행되어야 함

촉매 재생기술별 특성 비교

항목	기존 촉매재생 기술 (화학재생)	Dry Ice 촉매재생 기술 (건식재생)
재생방법	촉매를 탈질설비에서 취외하여 공장으로 이송하여 분진등을 제거후 황산 및 질산등과 같은 화학용액으로 촉매표면의 오염물질을 세정한후, 촉매활성물질을 도포하고 건조 및 소성 열처리를 하여 촉매를 재생	촉매를 탈질 설비에 장착한 상태로 CO2 Dry Ice Pellet 을 피독된 촉매표면층에 분사하여 오염물질을 제거하여 촉매를 재생
세정물질	황산용액이 포함된 화학용액	CO2 드라이아이스 펠렛+ α
재생시간	25~30일 (500MW 1 기 1개층 200m³ 기준)	3~5일 (500MW 1 기 1개층 200m³ 기준)
재생효율	신촉매 탈질효율의 90% 이상은 어려움	신촉매 탈질효율의 90~100%
사용수명	신촉매 보증수명보다는 짧음	신촉매 보증수명과 동등
장점	세계에서 가장 오래된 기술	- 공해물질 배출 없음 - 촉매재생시 촉매 취외가 불필요하여 종래기술보다 작업시간이 짧고 중량물 취급에 따른 사고 위험성이 없으며 재생비용 저렴 - 재생과정에서 물을 사용하지 않아 촉매강도 저하가 없어 여러 번 재생 가능
단점	- 탈질반응기에서 촉매 취외 필수 - 대량의 화학폐수 발생 및 이들 처리 비용 필요 - 재생과정에서 대량의 물을 사용하여 촉매강도 저하로 2회 이상 재생 불가 - 촉매모듈 제거시 중량물 추락사고 위험	- 독일의 Steag(EVONIK)사가 2014년부터 독일 및 미국 현장에서 사용중 - 국내에는 지스코만 실용화

Dry Ice Pellet을 이용한 건식 촉매세정 적용사례

- 독일 Steag 사는 모든 촉매 Type 에 대하여 촉매재생을 적용중
 - 습식 촉매재생과 달리 수분에 의한 손상이 없어 촉매 Type 제한 없음

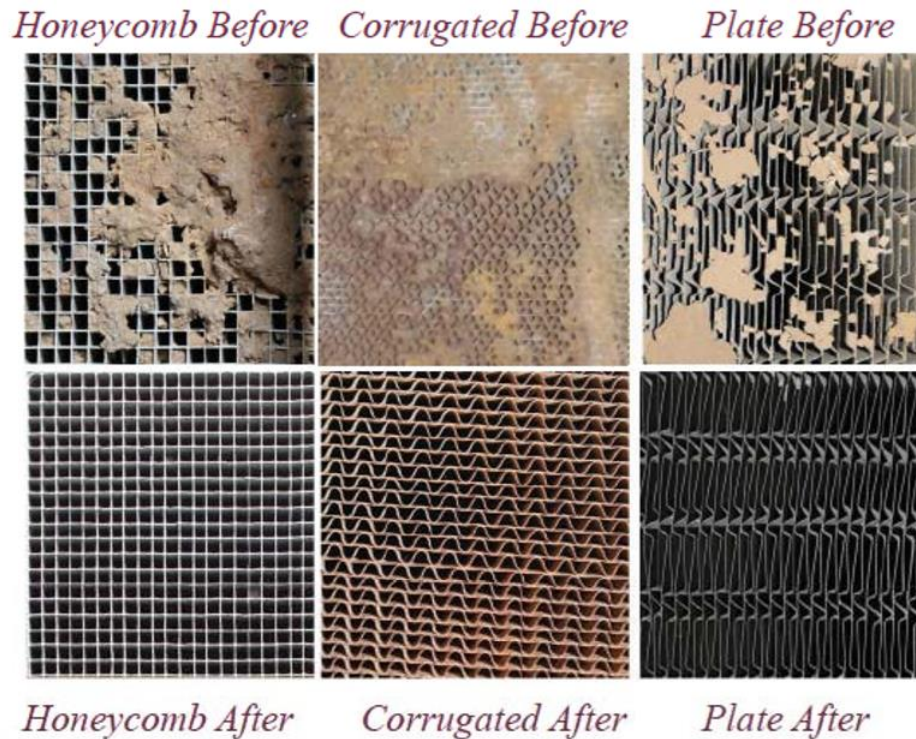


Figure 33: Before (top row) and after (bottom row) Ice Blasting images of honeycomb, corrugated and plate catalyst

국내 Dry Ice 축매재생 시공 모습

● (주)지스코 축매재생 시공 모습



금호석유화학 제2에너지 Honeycomb
축매 현장 재생 모습



SH공사 노원열병합 Honeycomb
축매 현장 재생 모습



OCI SE Plate 축매
현장 재생 모습



KCC 유리용해로 Plate 축매
현장 재생 모습

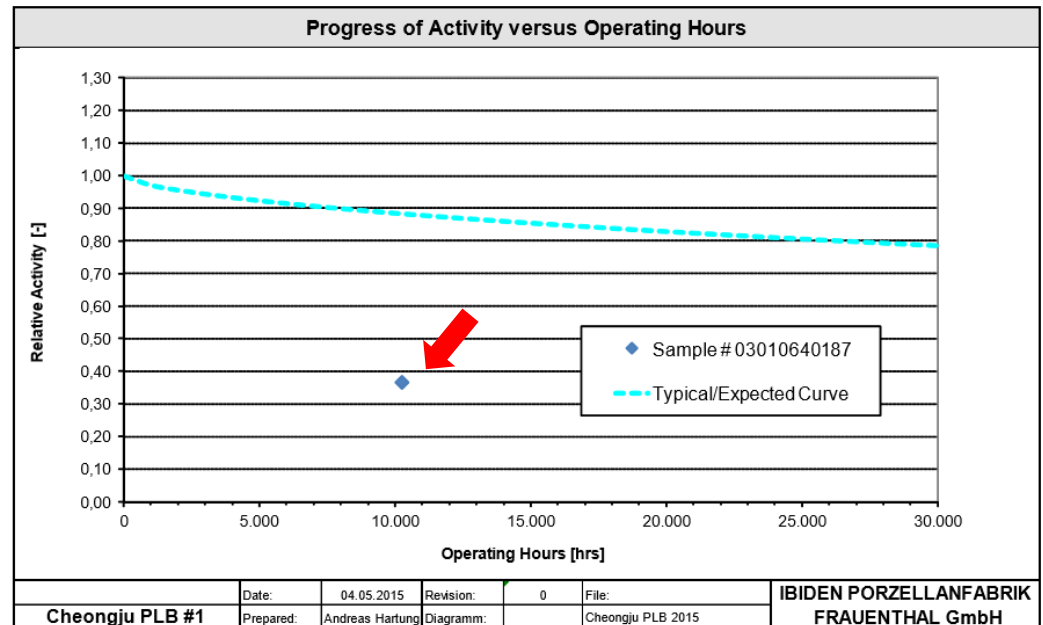
Ⅲ. Dry Ice를 이용한 촉매재생 적용 상세 사례

청주지역난방공사 탈질촉매 현장 재생 결과 (I)

● 청주 피독촉매 성분 및 촉매 활성도 분석 결과 (Ceram 보고서)

- 촉매 공급사인 Ceram 은 촉매가 P2O5 에 의해 피독되어 재생이 불가능하다고 주장하였음.

Element		bulk	surface
SiO ₂	(%)	8,28	7,96
Al ₂ O ₃	(%)	1,60	1,03
Fe ₂ O ₃	(%)	0,30	0,55
TiO ₂	(%)	76,48	68,34
CaO	(%)	2,06	1,39
MgO	(%)	0,30	0,24
BaO	(%)	0,08	0
Na ₂ O	(%)	0,084	1,46
K ₂ O	(%)	0,077	0,071
SO ₃	(%)	1,92	3,69
P ₂ O ₅	(%)	2,00	1,46
V ₂ O ₅	(%)	1,60	1,57
WO ₃	(%)	4,99	4,21
MoO ₃	(%)	0,08	0,08
As	(ppm)	339	62
Pb	(ppm)	90	0
Nb	(%)	0,12	0,10
NiO	(%)		0,07
ZnO	(%)		0,01
SrO	(%)		0,004
ZrO ₂	(%)		0,02



청주지역난방공사 탈질촉매 현장 재생 결과 [표]

● 한국지역난방공사 청주시사 SCR 설비의 Ceram 촉매에 대한 촉매재생 결과

- 2015년10월12일~14일 청주 현장에서 촉매 재생 공사후 2019월12월까지 성공적으로 운전하였음.
- SCR 설비에 전체에 대한 공인 성능시험(2015.10.30~11.03) 결과임
- P_2O_5 에 의해 피독된 촉매에 V_2O_5 도핑을 실시하여 탈질 재생 효율 극대화

구 분	NOx (ppm)		O ₂ (%)	탈질 효율(%)
	Inlet	Outlet		
설계 기준	250	100	4.0	60
촉매 재생 후	193	69	4.0	64

● 현장 촉매 재생후 샘플링 촉매에 대한 한국기계연구원 공인시험 결과

Catalyst No. CERAM 301064000252	Operating Hours	DeNOx Activity K_{NOx} at 380°C [Nm ³ /hm ²]	DeNOx Efficiency [%]	Relative Activity K/K_0 at 380°C [-]	Remarks
Dry condition	~10,236	49.3	86.1	0.95	$K_0=51.9$ m/h
Humidity condition		29.9	69.7	1.05	$K_0=28.5$ m/h

KCC 중유보일러 촉매 현장 재생 (2017년)

● KCC 여주공장 유리용해로 탈질설비의 지멘스 판형촉매 재생 결과

- 2017년9월20일~21일 SCR 설비에서 반출한 지멘스의 판형촉매를 재생한 결과, 재생전 18.3%에서 재생후 52.7%로 성능이 회복되었음.
- 실제 탈질설비를 운전한 결과, 탈질효율이 신촉매 수준인 62%이상 도달하여 현재까지 성공적으로 운전 중임. 실제 운전중에 탈질효율이 증가한 것은 촉매성능시험시 샘플을 채취하지 않고, 촉매 1 basket 을 통째로 성능시험을 실시하여, 유동장 불균일로 효율감소가 발생한 것으로 분석됨.
- 촉매 재생효과가 우수하여 2019년 KCC 경영층에서 향후에는 당사 기술을 촉매재생 지시



구 분	NOx (ppm)		탈질 효율[%]
	Inlet	Outlet	
촉매 재생 전	446	364	18.3
촉매 재생 후	337	160	52.7

재생전 촉매 모습

KCC 중유보일러 촉매 현장 재생 (2020년)

- KCC 여주공장 유리용해로 탈질설비의 지멘스 판형촉매 재생 결과
 - 2020년3월10일~19일 SCR 설비에서 반출한 지멘스의 판형촉매를 재생한 결과, 60.7%로 성능이 회복되었음.
 - 실제 탈질설비를 운전한 결과, 탈질효율이 신촉매의 성능값 62.5% 대비 97%이상 회복되어 성공적으로 운전 중임.



재생전 촉매 모습

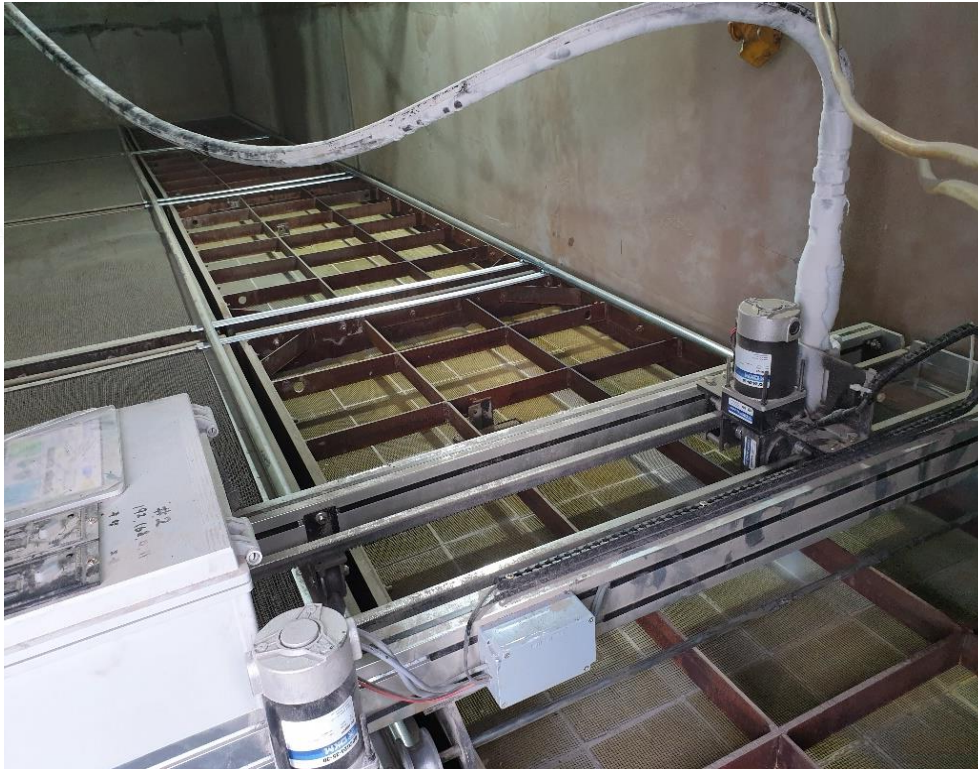


재생후 촉매 모습

구 분	NOx (ppm)		탈질 효율[%]
	Inlet	Outlet	
촉매 재생 후	140	55	60.7

금호석유화학 석탄화력 탈질촉매 재생시험 결과 (I)

- #5,6호기 Nano 촉매재생 기간 및 수량
 - 촉매재생 공사 기간 : 2020.04.14~04.22
 - 재생 촉매량 : 5호기 46.65m³, 6호기 46.65m³
- 실제 현장 촉매재생 장비 모습



<드라이아이스 현장 세정 모습>

금호석유화학 석탄화력 탈질촉매 재생시험 결과 (표)

● #5,6호기 Nano 촉매재생 결과

- 지스코 자체장비로 현장에서 실험결과 : 신촉매 수준 성능 복구
- 금호석유화학 요청으로 공인기관에 공인성능시험 요청 (지스코 자체 시험 결과와 비슷한 결과 도출)

샘플 종류 실험조건	5호기 상부			5호기 하부			6호기 상부			6호기 하부		
	9번	16번	16번 (공인)	14번	16번	16번 (공인)	9번	16 번	9번 (공인)	2번	5번	2번 (공인)
입구 NO (ppm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
입구 NH3 (ppm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
출구 NO (ppm)	3	2	1	2	2	3	3	3	0	3	2	1
출구 NH3 (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
탈질효율 (%)	95	96.7	98	96.7	96.7	95	95	95	100	95	96.7	98

제주기력 #2~3 바이오중유 보일러 탈질 촉매 재생 (I)

- 촉매 재생 방법: 촉매 인출 없이 현장 재생
- 장소 : 한국중부발전 제주 기력 #2~3 호기
- 발전 연료 : 바이오중유
- 촉매 종류 : Honeycomb (SCR 촉매)
- 총 재생 부피 : 28 m3 (호기당) / 25 Cell
- 촉매 재생 총 소요 시간 : 2호기 3 일 (2020. 05.28 – 05.30)
3호기 2 일 (2020. 06.19 – 06.20)

제주기력 #2호기 바이오중유 보일러 탈질 촉매 재생 (II)

● #2호기 탈질촉매 활성도 평가 결과

항목	fresh	Dry Ice 세정		Dry Ice 세정후 Coating	
		A반응기	B반응기	A반응기	B반응기
NOx inlet (ppm)	200	200	200	200	200
NOx Outlet (ppm)	69	79	77	70	69
탈질효율 η , (%)	65.5%	60.5%	61.5%	65.0%	65.5%
촉매활성도, K (Nm ³ /hm ²)	12.0	10.5	10.8	11.9	12.0
상대 촉매활성도, K/Ko	1.00	0.87	0.90	0.99	1.00

● #3호기 탈질촉매 활성도 평가 결과

항목	fresh	Dry Ice 세정		Dry Ice 세정후 Coating	
		A반응기	B반응기	A반응기	B반응기
NOx inlet (ppm)	200		200	200	200
NOx Outlet (ppm)	67		77	69	69
탈질효율 η , (%)	66.5%		61.5%	65.5%	65.5%
촉매활성도, K (Nm ³ /hm ²)	12.3		10.8	12.0	12.0
상대 촉매활성도, K/Ko	1.00		0.87	0.97	0.97

서울에너지공사 노원열병합 촉매재생 결과 [I]

- 촉매 재생 방법: 촉매 인출 없이 현장 재생
- 장소 : 한국에너지공사 동부지사 노원열병합보일러 37MW
- 발전 연료 : LNG
- 촉매 종류 : Honeycomb (SCR 촉매)
- 총 재생 부피 : 20 m³ (재생 10m³, 신규 10m³) / 40 Cell
- 촉매 재생 총 소요 시간 : 2020. 10.26 – 10.27

서울에너지공사 노원열병합 촉매재생 [표]

● Dry Ice 공법을 이용한 기존 사용 탈질촉매 현장 재생 공사 모습



서울에너지공사 노원열병합 촉매재생 [표]

● Spare 층에 신규 탈질촉매 1 층 추가 설치 모습



서울에너지공사 노원열병합 촉매재생 [IV]

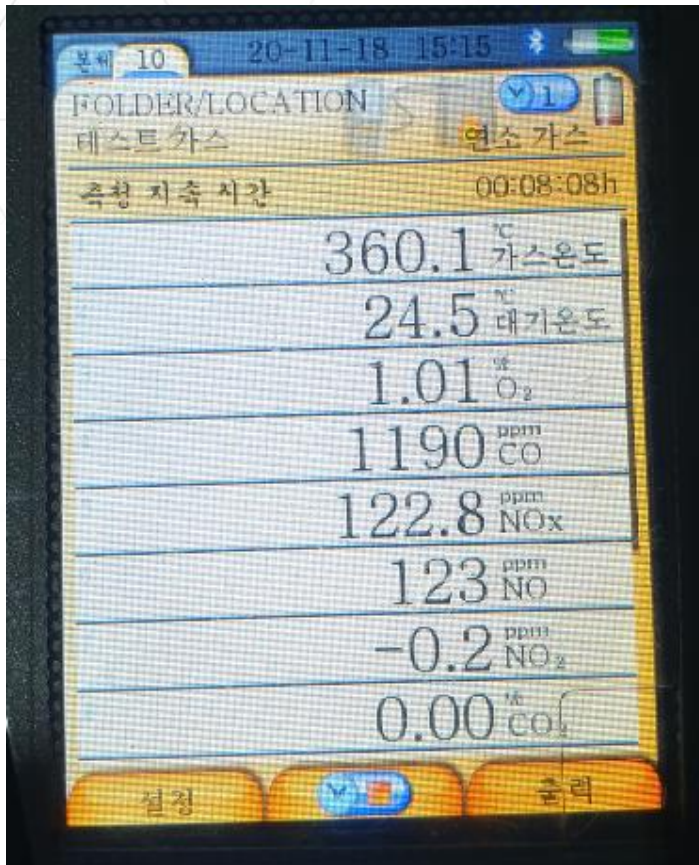
● 탈질촉매 성능시험 결과

항목	신규 설치 촉매				재생 촉매			
	404℃		358℃		404℃		358℃	
공간속도, SV (h^{-1})	13,390	10,900	13,390	10,900	13,390	10,900	13,390	10,900
NOx inlet (ppm)	158	159	159	159	158	158	158	158
NOx Outlet (ppm)	28.4	26	26.3	14.1	32	23	25	13
탈질효율 η , (%)	82.27	83.64	83.55	91.1	79.8	85.4	84.2	91.7

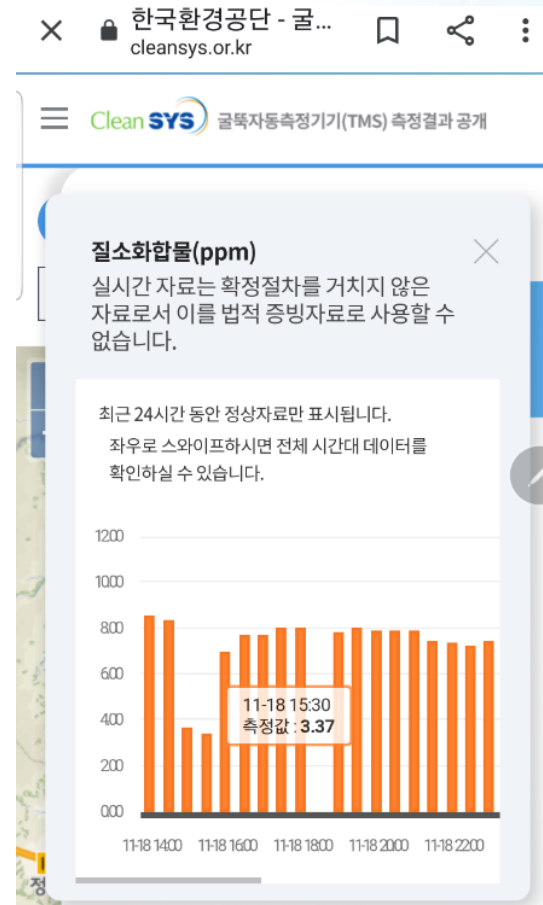
▶ 신규 촉매 및 재생 촉매의 탈질성능이 계약서 이상으로 평가되었음.

서울에너지공사 노원열병합 촉매재생 [v]

- 2020년 11월 18일 오후 3시 SCR 탈질설비 성능시험 결과
-탈질효율 : 97.3% (122.8ppm→3.37)



<SCR 전단>



<SCR 후단 : TMS 결과>

영동 2호기 SCR 탈질촉매 재생

- 촉매 재생 방법: 촉매 인출 없이 현장 재생
- 장소 : 한국남동발전 영동에코발전본부 2호기
- 발전 연료 : 바이오매스
- 촉매 종류 : Plate 촉매
- 총 재생 부피 : 198 m3
- 촉매 재생 총 소요 시간 : 2020. 10.27 – 10.29

영동 2호기 SCR 탈질설비 촉매 설계 현황

No	구분	조건
1	촉매 형식	Plate Type
3	제조사	대영 C&E
4	탈질반응기 개수 및 촉매층	2 개 (A, B 반응기)
5	반응기별 촉매층 수	2개층 +1 Spare층 추가 장착
6	촉매량	604.5m3/Unit (302.25m3/Reactor)
7	촉매층당 설치된 촉매모듈수량 (개)	45 (9x5)
8	각 촉매모듈 규격 (WxLxH, mm)	0.946 x 1.88 x 1.466
9	촉매피치 (Catalyst Pitch, mm)	6.0
10	촉매블럭 수량 (개/모듈)	16 (2x8)
11	촉매공극률 (Catalyst Void Fraction, %)	87.3
12	운전 가능 온도 (Min./Max. °C)	315 / 415
13	허용온도 (Min./Max. °C)	306 / 430
14	촉매 비표면적 (m ² /m ³)	361.6
15	가스 면속도 (Sm ³ /m ² h)	10.72
16	촉매 비표면적 (m ² /m ³)	512
17	촉매모듈 당 표면적 (m ² /M)	795
18	촉매 내부벽 두께 (mm)	0.7
19	촉매밀도 (g/cm ³)	0.5
20	환원제	우레아수(50%)

영동 2호기 1층 사용촉매 모습 [1]



영동 2호기 1층 사용촉매 모습 [피]



영동2호기 1층 축매세정 후 2층 축매 상단의 분진 모습



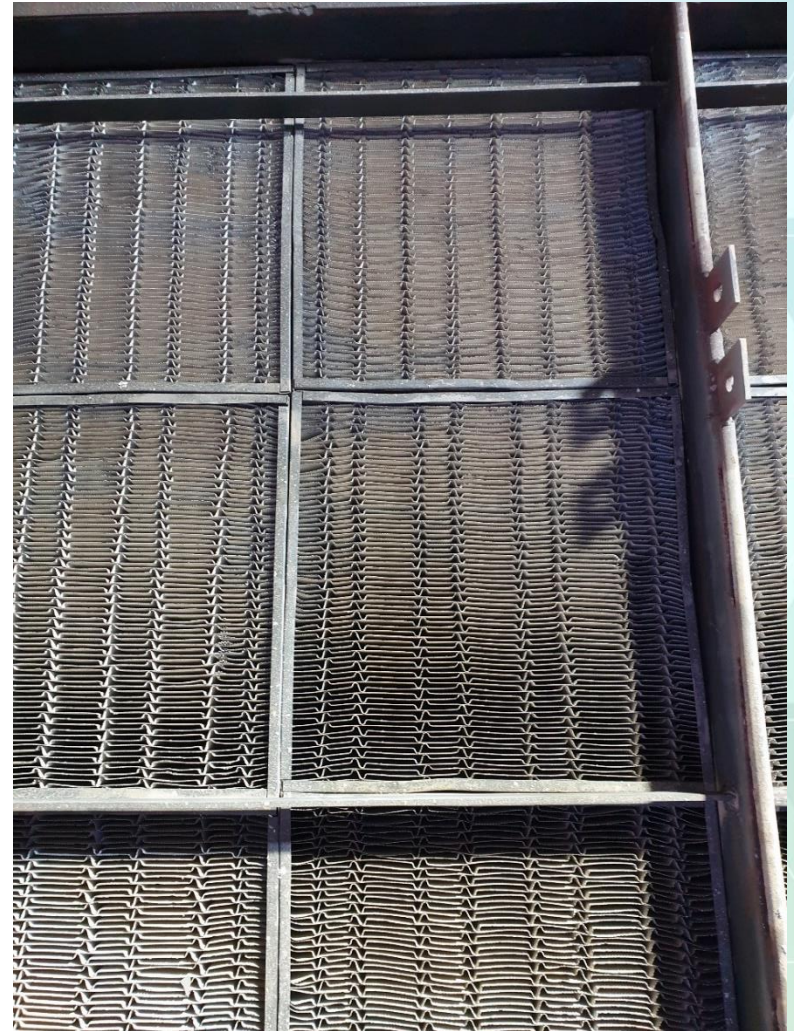
진공 펌프카로 2층 축매 상단에 쌓인 분진 제거 모습

● 1층 축매세정 후, 분진 4 ton 제거

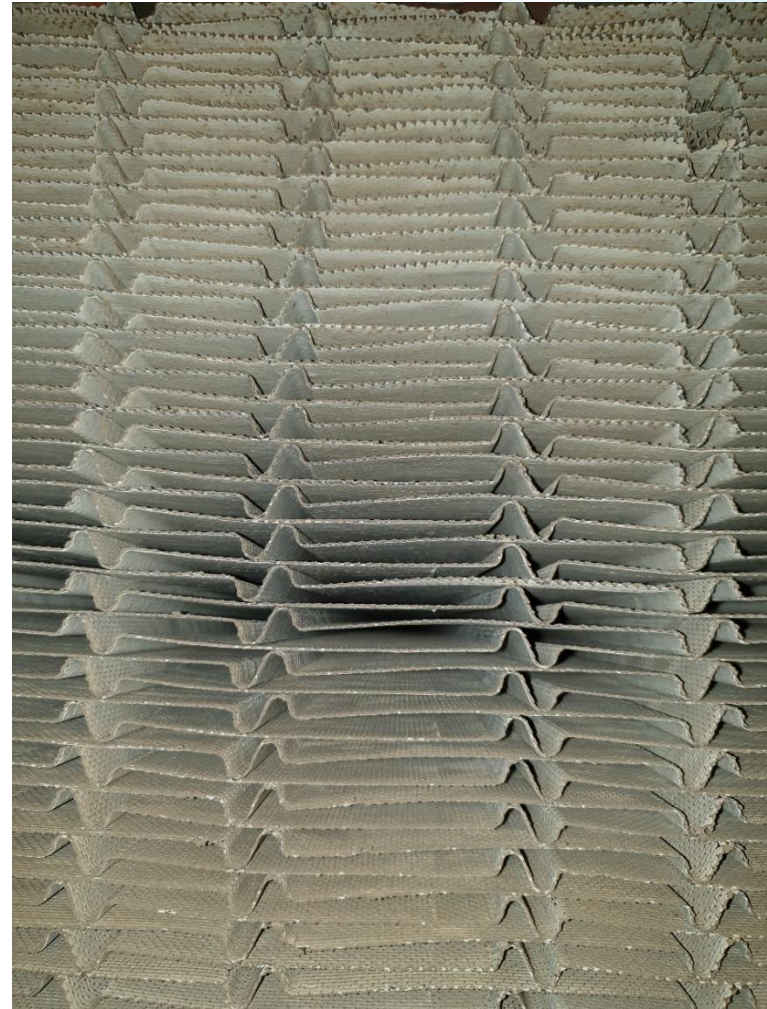
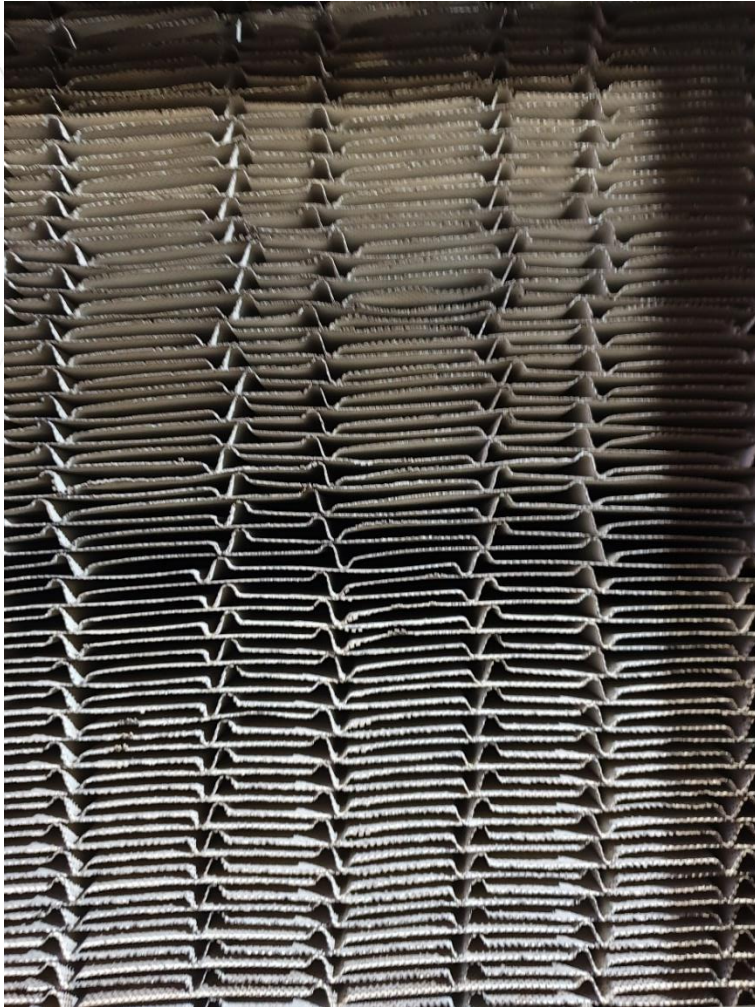
- 진공 펌프카를 사용하여 2층 축매층위에 쌓인 4 톤 분진 제거



영동 2호기 1층 재생촉매 모습 [1]



영동 2호기 1층 재생촉매 모습 [표]



영동2호기 1 층 재생촉매 성능시험 결과

● 현장 재생한 1층 촉매 활성화도 평가 결과

- 현장 재생 촉매의 성능이 신품 촉매 수준으로 재생되었음.

항목	신품	사용 촉매		현장 재생 촉매	
		A	B	A	B
공간속도, SV (h-1)	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600
면속도 AV (Nm3/hm2)	9.96	9.96	9.96	9.96	9.96
NOx inlet (ppm)	90	90	90	90	90
NOx Outlet (ppm)	8	31	30	8	8
탈질효율 η , (%)	91.1	65.6	66.7	91.1	91.1
촉매활성도, K (Nm3/hm2)	24.1	10.6	10.9	24.1	24.1
상대 촉매활성도, K/Ko	1.00	0.42	0.43	1.00	1.00

포스코 광양 PMC Tech 소결로 촉매 재생

● 공사기간 기간 및 수량

- 촉매재생 공사 기간 : 2020.11.18~11.19
- 재생 촉매량 : 11.7m³

● 재생 촉매 활성화도 평가 결과

- 신품 촉매 수준으로 재생되었음.

항목	300℃			
	신품	사용촉매		Dry Ice 재생
		상부	하부	상부
공간속도, SV (h-1)	4,973	4,973	4,973	4,973
면속도 AV (Nm3/hm2)	9.98	9.98	9.98	9.98
NOx inlet (ppm)	190	190	190	190
NOx Outlet (ppm)	50	71	73	43
O2 (%)	12	12	12	12
탈질효율 η , (%)	73.7%	62.6%	61.6%	77.4%
촉매활성도, K (Nm3/hm2)	13.3	9.8	9.5	14.8
상대 촉매활성도, K/Ko	1.00	0.74	0.72	1.11

*Fresh 촉매가 없어 설계기준 값을 반영



KG-ETS 소각로 촉매 재생 결과

● 공사기간 기간 및 수량

- 촉매재생 공사 기간 : 2020.11.23~11.25
- 재생 촉매량 : 14m³

● 재생 촉매 활성화도 평가 결과

- 신품 촉매 수준으로 재생되었음.

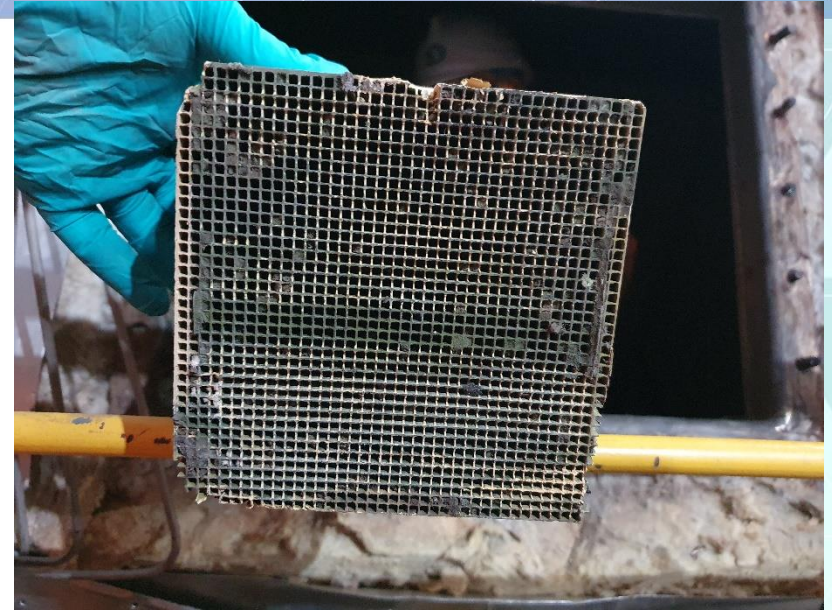
항목	190℃			
	신품	사용촉매		Dry Ice 재생 상부
		상부	하부	
공간속도, SV (h-1)	4,341	4,341	4,341	4,341
면속도 AV (Nm3/hm2)	4.75	4.75	4.75	4.75
NOx inlet (ppm)	55	55	55	55
NOx Outlet (ppm)	3	34	31	3
O2 (%)	12	12	12	12
탈질효율 η , (%)	94.5%	38.2%	43.6%	94.5%
촉매활성도, K (Nm3/hm2)	13.8	2.3	2.7	13.8
상대 촉매활성도, K/Ko	1.00	0.17	0.20	1.00



현대제철 당진공장 냉연설비 가열로 촉매 재생 결과 (I)

● 공사기간 기간 및 수량

- 촉매재생 공사 기간 : 2021.03.25
- 재생 촉매량 : 6.13m³



현대제철 당진공장 냉연설비 가열로 촉매 재생 결과 (II)

1. 보증 기준

Outlet Concentration		탈질 효율
NO _x	NH ₃	
30 ppm	5 ppm	86.96 %

2. 촉매 성능 시험 조건

S.V	온도	Feeding Gas Condition			
		N ₂	O ₂	NO _x	ANR
6,206 h ⁻¹	240 °C	Balance	11 %	230 ppm	1.0

*ANR = Ammonia / NO_x Ratio

3. 촉매 성능 시험 결과

Inlet Concentration		Outlet Concentration		탈질 효율
NO _x	NH ₃	NO _x	NH ₃	
230 ppm	230 ppm	4 ppm	2 ppm	98.2 %

* 재생 촉매 활성화도 평가 결과 신품 촉매 수준으로 재생되었음.

IV. Dry Ice를 이용한 촉매재생후 사용수명 평가결과

한국지역난방공사 탈질촉매 Dry Ice 재생후 사용 현황

● 한국지역난방공사

- 청주시사 PLB (사용연료 : 중유) 보일러 탈질 촉매 재생공사
- 공사기간 : 2015.10.12~2015.10.14 (3일간)
- 촉매재생결과 : 탈질효율을 설계기준대비 107% 향상 (탈질효율 설계값:60%, 재생값: 66%)
- 촉매재생후 4년이상 성능 만족에 대한 발주자 인증서 발행 (2020.05)



북부사업본부 청주시사
충청북도 청주시 서원구
3순환로 644번길 159
(전화 043-234-2488)

날짜: 2020. 5. 26

수신자: 관련기관

제목: 청주 PLB#1 탈질 촉매 재생공사 결과

• 청주 PLB#1 (사용연료:중유) 탈질촉매는 2009년 최초장착 후 2015년 3월까지 총10,236 운전시간후 촉매 테스트 결과 상대 활성도(K/KO)가 0.37 이하로 현저히 떨어져 계속사용 불가 상태였으나

• (주)지스코의 특허기술인 Dry Ice Pellet Blasting을 이용한 "탈질촉매재생 방법"을 2015년 10월 시범적용 후 성능시험결과 탈질효율 및 상대활성도가 신촉매와 동등이상으로 만족하여 2019년 12월까지 약 4년 이상 촉매교체 없이 안정적 운전을 함으로써 당사 설비의 수명 향상 및 운전 효율에 크게 기여하였음을 확인합니다.

상기내용은 사실과 일치합니다.

한국지역난방공사 청주시사
지사장 권혁민

영동 1호기 탈질촉매 재생 효율 및 촉매수명 시험 (I)

● 영동화력 #1 호기 (사용연료 : 우드펠릿) 탈질촉매 현장 재생 결과

- 현재 탈질촉매 수명이 4,000시간 정도로 발전설비의 안정적 운전을 저해하고 있음
- 2020년6월 5일 O/H 기간중 Sample 촉매 현장 재생한 Sample 촉매에 대한 성능시험 결과

시료명 측정항목	SV=12,800 h ⁻¹				SV=5,488 h ⁻¹		
	신촉매	사용 촉매	재생 촉매_A	재생 촉매_B	신촉매	재생 촉매_A	재생 촉매_B
NOx 제거효율	73.3	37.8	72.2	73.3	77.8	76.7	76.7
K (m/h)	33.0	11.9	32.0	33.0	16.1	15.6	15.6
K/Ko	1.00	0.36	0.97	1.00	1.00	0.97	0.97

* 촉매 활성도 K 값은 아래와 같이 산출함.

$K = -AV \times \ln(1-\eta)$ 여기서 AV 는 면속도, η 는 탈질효율임.

영동 1호기 탈질촉매 재생 효율 및 촉매수명 시험 (Ⅱ)

● 영동화력 #1 호기 (사용연료 : 우드펠릿) 현장재생 탈질촉매 수명평가 결과

-신규 설치된 촉매와 재생한 폐촉매를 A 및 B Reactor 에 장착후 98일동안 운전한후 촉매성능을 측정한 결과 A 반응기에서는 동등하고 B 반응기에서는 재생촉매의 상대 촉매활성도계수 K/K_o 값이 가 신규 촉매보다 높아 재생촉매의 수명이 증가되는 경향이 있음.

항목	A 반응기				B 반응기			
	신규 설치 촉매	현장 재생 폐촉매			신규 설치 촉매	현장 재생 폐촉매		
	A-1-1	A-1-2	A-1-3	평균	B-1-1	B-1-2	B-1-3	평균
상대 촉매활성도, K/K_o	0.59	0.65	0.54	0.59	0.59	0.65	0.61	0.63

금호석유화학 제2에너지 석탄열병합 촉매재생후 사용 현황

● 촉매재생 효과

- 금호석유화학의 제2에너지 #5,6호기 탈질 촉매를 2020년4월13일 재생후 사용한 결과, NH3사용량이 30%정도 절감하였고 탈질효율도 우수하게 유지되어
- 2021년부터는 #5,6호기뿐만 아니라 #7,8호기 촉매도 재생 수행

공 사 발 주 사 양 서

※ 본 사양서는 공사계약 기본약속 및 첨부 서류이며 당사의 승인을 받아 작성하는 합의각서등 귀사에 대한 주문조건을 규정한다.

1. 공 사 명 : 5,6,7,8호 보일러 촉매 재생공사 (Co2 Dry Ice 공법)

2. 공사기간 : 5,6호 보일러 2021. 04. 11 ~ 2021. 04. 30
7,8호 보일러 2021. 05. 23 ~ 2021. 06. 11

3. 공사장소 : 전남 여수시 여수산단2로 223-84 여수 제 2에너지

4. 공사내용

가. 2에너지 5,6,7,8호 보일러에 설치되어 있는 탈질촉매를 현장에서 Co2 Dry Ice 공법 재생작업으로 촉매의 탈질효율을 증가시키기 위한 공사이다.

나. 촉매 규격 및 제조사

구분	단위	5,6호기	7,8호기
제조사		Nano	Nano (A기)
촉매 Element 크기 (W * L * H)	mm	150 * 150 * 800 (하단) 150 * 150 * 400 (상단)	150 * 150 * 830 (상단)
촉매 블록 수	ea/module	72 (6 * 12)	72 (6 * 12)
모듈 크기 (W * L * H)	mm	1,910 * 970 * 1,050 (하단) 1,910 * 970 * 650 (상단)	1,900 * 960 * 1,020 (상단)
모듈 수량	module	5호기 : 48 (4 * 6 * 2) 6호기 : 48 (4 * 6 * 2) 총 96 module	7호기 : 54 (3 * 9 * 2) 8호기 : 54 (3 * 9 * 2) 총 108 module
총 재생 촉매 부피	m ³	5호기 : 46.65 6호기 : 46.65 총 93.3m ³	7호기 : 72.61 8호기 : 72.61 총 145.22m ³

2021년 금호석유화학 #5,6호기 재생촉매 성능시험 요약

호기	Layer	Module	촉매 상태	탈질 효율
#5	상부	9	사용 신촉매	50.0 %
		11	사용 재생촉매	46.6 %
			재 재생촉매	93.4 %
	하부	10	사용 재생촉매	83.3 %
			재 재생촉매	92.5 %
#6	상부	11	사용 재생촉매	64.9 %
			재 재생촉매	96.3 %
	하부	10	사용 재생촉매	86.0 %
			재 재생촉매	94.8 %

- ※ 사용 신촉매 : 2020년 4월에 신품을 장착하여 1년 동안 사용한 촉매
 사용 재생촉매 : 2020년 4월에 재생후 1년 동안 사용한 재생촉매
 재 재생촉매 : 2020년 4월에 재생하여 사용후 2021년 4월에 다시 재생한 촉매

SKT 9:21 71%

한국환경공단 - 굴...
cleansys.or.kr

CleanSYS 굴뚝자동측정기기(TMS) 측정결과 공개

측정일시
2021-05-09 20:00

금호석유화학(주) 여수제2에너지

배출구 1

측정결과

항목(단위)	배출 허용 기준	농도
먼지(mg/Sm ³)	10	2.93
황산화물(ppm)	40	5.66
질소산화물(ppm)	42.5	6.77

실시간 자료는 확정철자를 거치지 않은 자료로서 이를 법적
증빙자료로 사용할 수 없습니다.

소세기 (화치동)

여수시청

V. Dry Ice를 이용한 촉매재생의 기대효과 분석

촉매재생 기술의 환경 개선효과 (I)

● Case I : 기존 화학적 촉매재생 수행 대비 CO₂ 배출량 저감 효과

- 화학세정에 의한 촉매재생시 화학세정과 활성물질 코팅후 촉매를 건조 및 소성을 위하여 촉매 1m³ 당 1,000kWh 의 전기를 사용. 이들 전기사용량을 CO₂ 배출량으로 환산하기 위해 한국환경공단의 2017년 지자체 온실가스 배출량 산정지침"에 따라 전력의 CO₂ 배출계수 466gCO₂eq./kWh 을 적용하면 촉매 1m³ 당 CO₂ 459kg 발생
- 현재 촉매를 Dry Ice 로 재생하기 위해서는 촉매 1m³당 30kg CO₂ Dry Ice Pellet을 사용하므로 CO₂ 발생 비율은 459 : 30 = 15.3 : 1.0 로 기존 기술대비 97% CO₂ 감축 효과 발생
- 년간 10,000m³ 촉매 재생시 10,000m³ x (459-30)kg = 4,290톤/년 CO₂ 발생 저감 효과 발생
(참고 : 건조 및 소성의 열처리 공정만 반영하여 세척용 약품 및 폐수처리 공정을 포함할 경우 CO₂ 저감량 대폭 증가)

촉매재생 기술의 환경 개선효과 (Ⅱ)

● Case Ⅱ : 신촉매 교체 대비 경제성 증가 효과

-폐촉매 재활용에 따른 지정폐기물 발생 저감

- .현재 일반적으로 3년마다 촉매 교체를 하여 **년간 10,000m³ (5,000~7,000톤) 의 폐촉매가 발생**
- .이들을 전량 재활용함에 따라 **촉매모듈 취외비용(35억원)과 폐촉매 매립비용(50~70억원) 절약**

-폐촉매 재활용에 따른 신품 촉매 구입 비용 절감 및 촉매교체 비용 절감

- .신규 촉매 교체 비용의 20% 이하 비용으로 촉매를 재생하여 **촉매구입 비용 대폭 절감**
- .폐촉매를 현장에서 재생하므로 폐촉매를 탈질반응기에서 인출하고 신촉매를 다시 설치 하는 공사를 하지않아 공사비용 절감 및 촉매모듈 중량물 제거 및 설치작업시에 발생하는 **사고위험성 제거**
- .탈질설비 성능복구 공사기간을 2~3일내로 가능하여 탈질촉매 손상시 즉시 복구, **조업손실 절감**

-폐촉매 재활용에 따른 신품 촉매 미공급에 따른 CO2 발생 저감 효과

- .촉매재조시 촉매를 건조 및 소성을 위하여 촉매 1m³ 당 TiO₂ 분말 500kg, 1,000kWh 의 전기를 사용. TiO₂ 는 CO₂ 배출계수가 1.34이므로 촉매 1m³ 당 CO₂ 는 500kgx1.34=670kg 발생
- .이들 전기사용량을 CO₂ 배출량으로 환산하기 위해 한국환경공단의 2017년 지자체 온실가스 배출량 산정지침"에 따라 전력의 CO₂ 배출계수 466gCO₂eq./kWh 을 적용하면 촉매 1m³ 당 CO₂ 459kg 발생

.**년간 10,000m³ 촉매를 재생시 10,000m³ x (670+459-30)kg = 11,000톤/년 CO₂ 발생 저감 효과**

(참고:건조 및 소성의 열처리 공정만 반영하여 분말제조 공정을 포함할 경우 CO₂ 저감량 증가)

촉매재생 기술의 환경 개선효과 [Ⅲ]

● Case Ⅲ : 탈질촉매 효율 개선에 따른 NH3 사용량 저감 및 CO2 배출량 저감 효과

- 금호석유화학의 제2에너지 #5,6호기의 경우, 아래 표와 같이 **NH3 사용량을 30%정도 절감하여** 시간당 134.55 kg을 절감. 이는 연간 8,000시간 운전할 경우 1,076톤의 NH3 사용량 절감효과 발생
- 이들 절감량을 CO₂ 배출량으로 환산하기 위해 한국환경공단의 2017년 지자체 온실가스 배출량 산정 지침"에 따라 NH3의 CO₂ 배출계수 3.273을 적용하면 **연간 3,523 톤의 CO₂ 발생 저감 효과 발생**
- *참고 : #5,6호기 촉매 93.3m3을 재생하기 위해 약 3톤의 CO2 Dry Ice Pellet 을 사용함.

따라서 촉매 1m3 당 $(3,523-3) \text{톤} / 93.3 \text{m}^3 = 37.7 \text{tCO}_2$ 저감효과 발생

촉매상태	5호기 SCR INLET NOX [ppm]	6호기 SCR INLET NOX [ppm]	5호기 SCR OUTLET STACK NOx [ppm]	6호기 SCR OUTLET STACK NOx [ppm]	5호기 SNCR Urea Injection Out Flow [kg/hr]	6호기 SNCR Urea Injection Out Flow [kg/hr]	U2A SUPPLYSCR Urea Flow [kg/hr]	총 Urea 공급 [kg/hr]
촉매 재생전 (2020.02.22~04.07)	80.79	89.63	17.33	17.33	181.22	177.05	105.40	463.67
촉매 재생후 (2020.04.29~06.18)	83.59	87.51	18.08	17.38	118.83	120.88	89.40	329.12

-연간 10,000m3 촉매 재생시 $10,000 \text{m}^3 \times 3,520 \text{톤} / 93.3 \text{m}^3 = 370,000 \text{톤/년}$ CO₂ 발생 저감 효과 발생

촉매재생 기술의 환경 개선효과 [Ⅳ]

● Case IV : 탈질촉매 재생주기 단축에 따른 NOx 발생량 저감 효과

-따라서 현재 3년 단위로 촉매 교체 또는 재생하는 것을 아래 그림과 같이 매년 재생을 하여 탈질효율을 상승시킬수 있으므로, 현재 SCR 탈질설비에서 촉매 추가 장착없이 배출되는 NOx 의 30% 정도를 추가로 제거할수 있음.

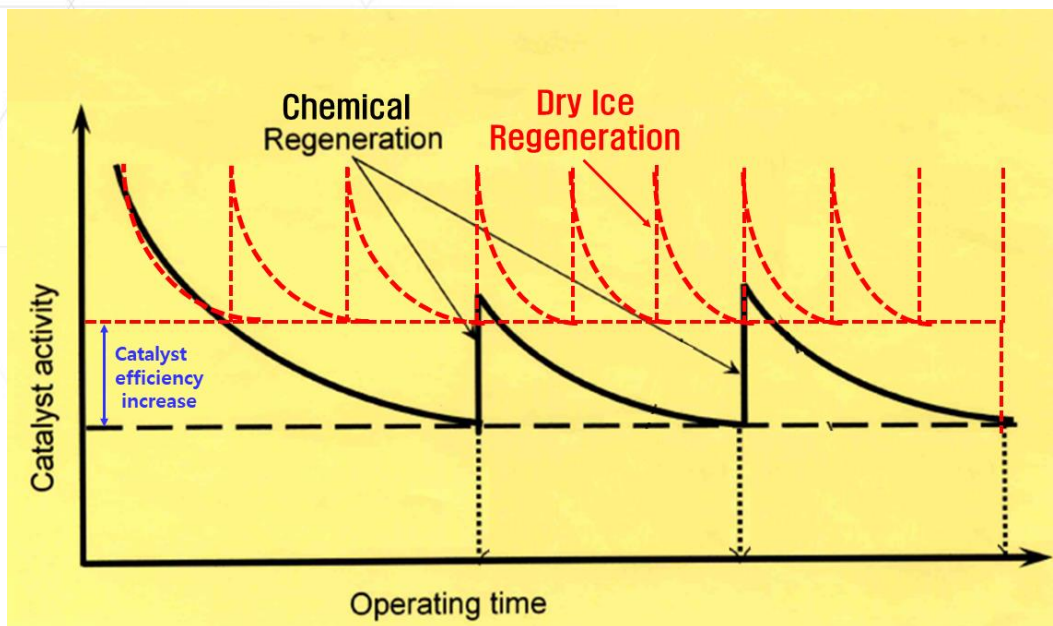


그림. 촉매재생 주기 단축에 따른
탈질 효율 상승 효과

- 2019년 환경공단이 관리하는 TMS 설치 사업장은 638개소, 배출 NOx 총량 193,630톤/년으로 매년 촉매 재생을 할 경우 이들 총량의 20% 정도인 38,000톤/년 정도의 NOx 저감 가능
- 매년 촉매층을 재생하는 경우 1개층의 촉매층 없이도 운전 가능 : 15~17mmH2O 보일러 압력손실 저감

감사합니다



문의처

(주)지스코 대표 홍성호

CP : 010-5252-0839

shhong@geesco.com