A dark, atmospheric photograph of a nuclear power plant. A large, white, conical cooling tower is the central focus, emitting a thick plume of white steam that rises into a dark, cloudy sky. To the left of the tower, the complex industrial structures of the reactor building are visible. The foreground is filled with dark silhouettes of trees and foliage. The overall mood is somber and industrial.

화력발전 배연탈황 공정의 석회석 주입량 저감 최적화 모델 개발

대표자:이 원
조 원 : 이유송



목차

01. 제언배경

02. 분석 내용 및 분석 결과

1. 탐색적 분석

2. 분석 데이터셋 선정

3. 최적화 방안

03. 기대 효과 & 향후 발전 방향

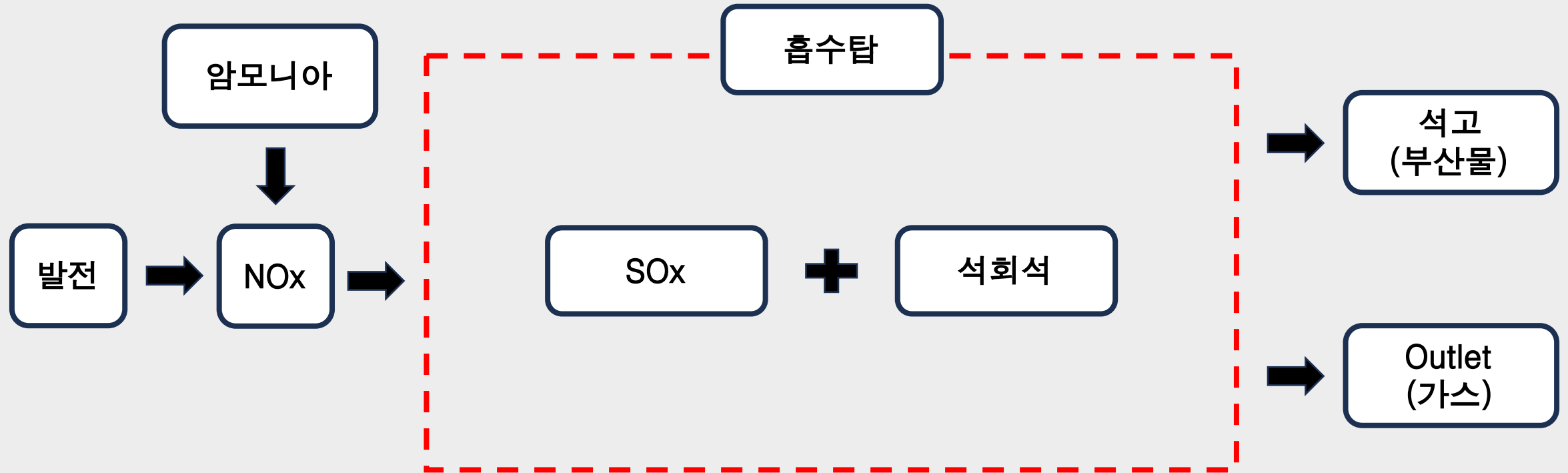
1. 기대 효과

2. 향후 발전 방향



01. 제안 배경

1. 탈질(NOx) & 탈황(Sox) 제거 과정



SOx가스(inlet)의 처리에 석회석(Slurry) 사용.

석회석과 반응하여 중화되는 과정에서 투입량의
최 적 화 로

경제적 효과와 부산물인 석고의 순도를 높이기 위함

3단계 : $(\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2)$

A photograph of a large, grey, conical cooling tower of a nuclear power plant. Thick white steam is rising from the top of the tower, filling the upper half of the frame. The sky is filled with dark, heavy clouds. In the lower left, parts of other industrial buildings and a tall chimney are visible. The overall tone is industrial and somewhat somber.

02. 분석 내용 및 분석 결과

1. 이상값 확인 2. 분석 데이터셋 선정 3. 최적화 방안

• 3~6호기 data 기술통계

3호기

	count	date	power_3	outlet_3 \
mean	41210	2023-12-05 13:51:14.115505664	41210.000000	41210.000000
min		2023-09-01 00:00:00	457.241349	8.010469
25%		2023-10-13 09:06:15	1.000000	0.000000
50%		2023-12-12 06:22:30	496.000000	2.470000
75%		2024-01-20 21:48:45	519.000000	3.610000
max		2024-02-29 23:55:00	524.000000	4.890000
std		NaN	584.000000	1267.600000
			149.301126	32.564189

	count	inlet_3	ton_3	ph_3
mean	41210.000000	41210.000000	41210.000000	41210.000000
min		199.554032	7.669369	5.989481
25%		0.001667	0.000000	4.360000
50%		172.550278	4.640000	5.670000
75%		202.607222	6.469587	6.050000
max		244.806762	9.602199	6.210000
std		402.878667	72.261812	9.570000
		70.804215	5.945807	0.666262

5호기

	count	date	power_5	outlet_5 \
mean	42592	2023-12-04 18:03:29.990138880	42592.000000	42592.000000
min		2023-09-01 00:00:00	252.910946	64.650319
25%		2023-10-13 22:58:45	0.000000	0.000000
50%		2023-12-11 04:37:30	0.000000	10.880000
75%		2024-01-19 16:06:15	402.000000	17.690000
max		2024-02-29 23:55:00	473.000000	48.780000
std		NaN	535.000000	1684.000000
			229.456590	120.864751

	count	inlet_5	ton_5	ph_5
mean	42592.000000	42592.000000	42592.000000	42592.000000
min		176.153545	5.257743	6.093927
25%		2.269655	0.013841	0.000000
50%		3.873271	0.023663	5.400000
75%		202.493296	3.568784	5.720000
max		250.937939	9.926504	7.090000
std		1020.517566	40.060000	7.750000
		177.295339	6.034058	0.896984

4호기

	count	date	power_4	outlet_4	inlet_4 \
mean	37560	2023-12-11 20:18:30.838658048	37560.0	37560.000000	37560.000000
min		2023-09-01 00:00:00	0.0	1.953691	184.563273
25%		2023-11-07 21:22:30	0.0	0.000000	0.005032
50%		2023-12-19 23:42:30	0.0	1.250000	207.040697
75%		2024-01-24 06:31:15	0.0	2.870000	263.655381
max		2024-02-29 23:55:00	0.0	409.070000	17115.117830
std		NaN	0.0	5.899907	163.670204

	count	ton_4	ph_4
mean	37560.000000	37560.000000	37560.000000
min		5.015441	5.283784
25%		0.000000	3.100000
50%		0.020000	4.460000
75%		4.653875	4.690000
max		7.150000	6.100000
std		67.118000	9.120000
		4.508379	1.217492

4 호기 전 data에서 발전량이
없어(0:Zero) 4호기 Data 제외.

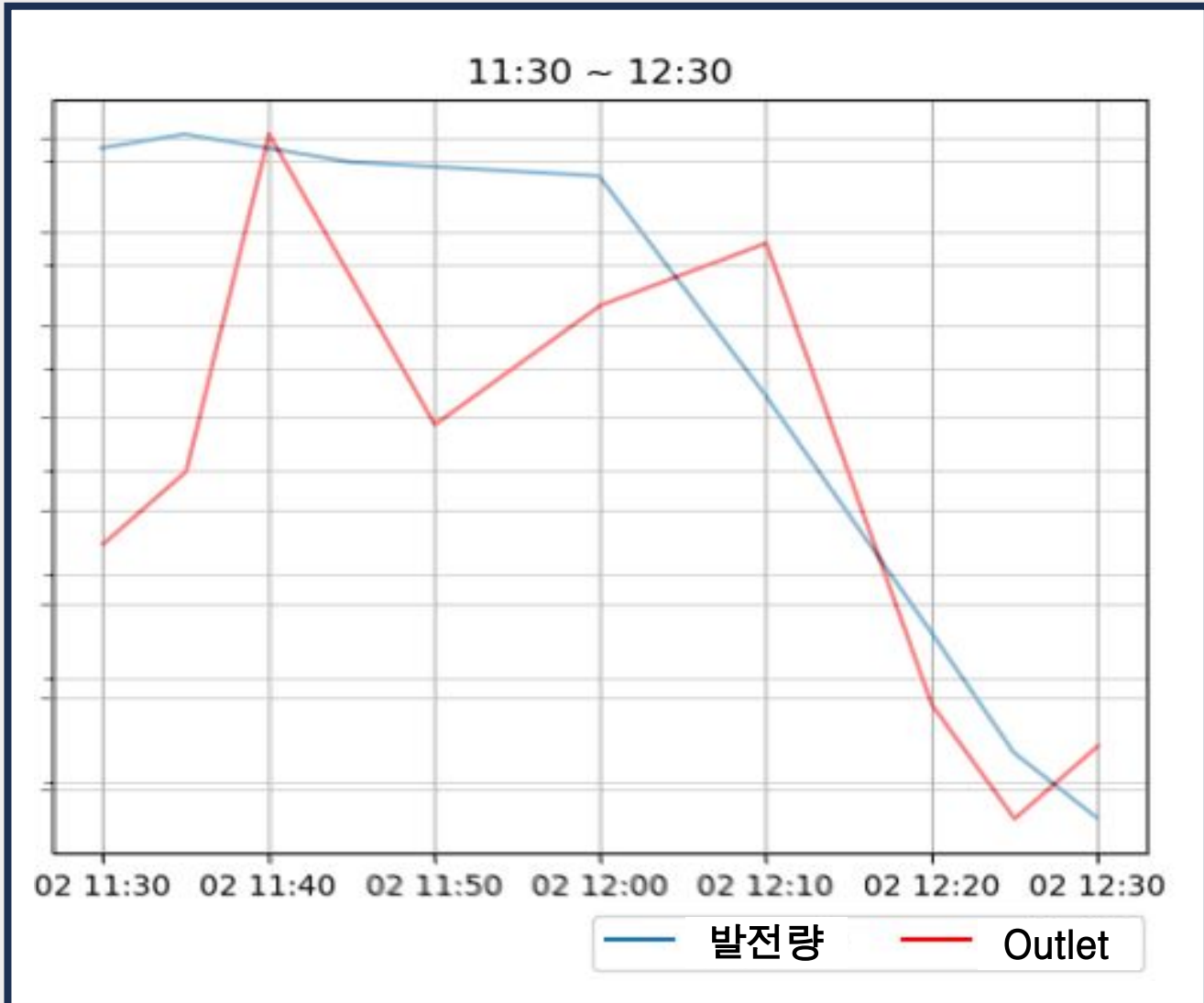
6호기

	count	date	power_6	outlet_6 \
mean	40071	2023-12-09 17:06:26.493973248	40071.000000	40071.000000
min		2023-09-01 00:00:00	391.071473	17.266250
25%		2023-10-24 11:50:00	1.000000	0.000000
50%		2023-12-16 06:00:00	432.000000	12.490000
75%		2024-01-22 06:22:30	472.000000	18.490000
max		2024-02-29 23:55:00	475.000000	23.050000
std		NaN	547.000000	78.320000
			166.881409	7.602777

	count	inlet_6	ton_6	ph_6
mean	40071.000000	40071.000000	40071.000000	40071.000000
min		225.116209	12.617490	5.626828
25%		0.000000	0.000000	3.330000
50%		195.101700	0.049944	5.310000
75%		242.743729	6.796316	5.500000
max		295.567863	18.619363	5.790000
std		570.277212	40.337962	8.250000
		109.943766	14.766050	0.583040

1. 이상값 확인 2. 분석 데이터셋 선정 3. 최적화 방안

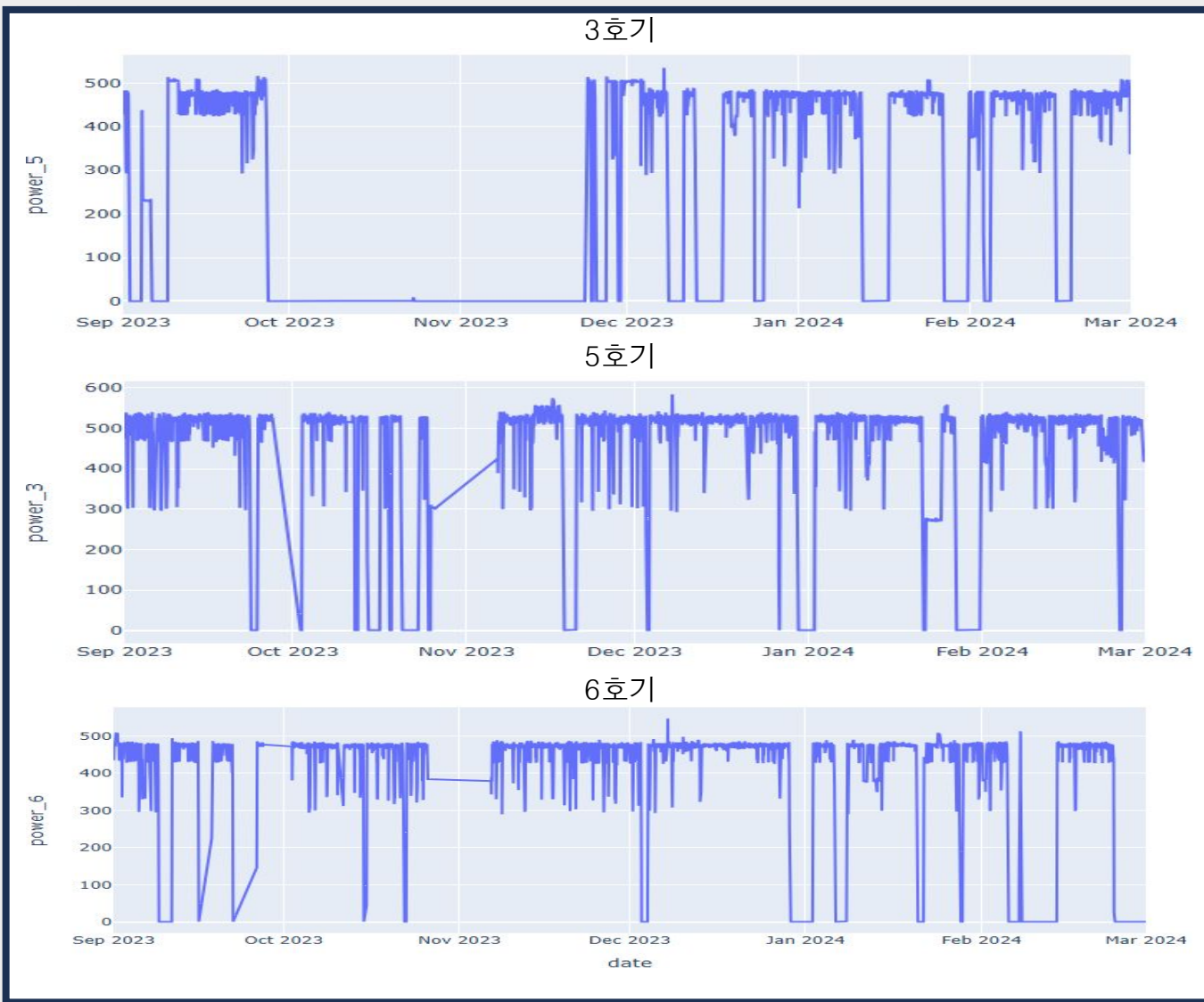
• 발전량과 outlet의 gap



- 3호기 data기준 2023/9/2일 11:30~12:30까지의 발전량과 탈황제의 데이터 추이 확인.
- 12:00분에 하락하는 발전량에 대응하는 Outlet은 12:10분에 반영되는 것으로 보임
- 발전량에 대응하는 Outlet SOx의 반응값은 **10분간의 gap**이 있음을 확인. (문의 결과 10분 Gap 확인)

1. 이상값 확인 2. 분석 데이터셋 선정 3. 최적화 방안

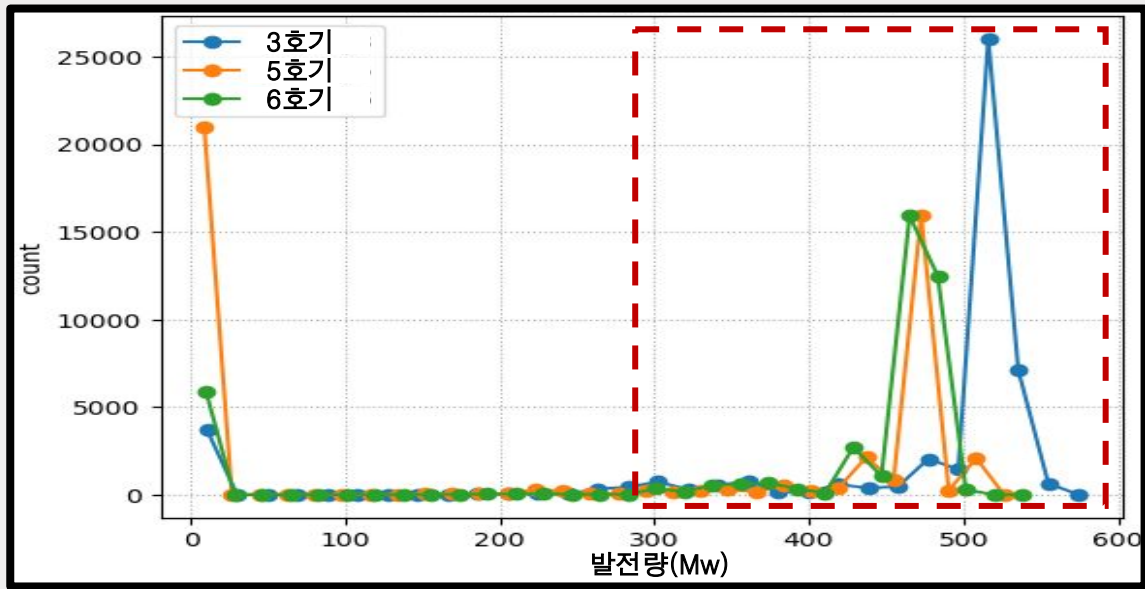
발전량 제한 전 날짜 별 발전량



- 기술통계로 파악한 이상값 제거하기 위해 날짜별 발전량 그래프 확인.
- 공통적으로 발전량을 기준으로 **300Mw이상 구간, 0Mw 구간**으로 구분됨.
- **0Mw 구간**과 기동정지 값을 제외하기 위해 **300Mw 이상으로 제한**하여 탐색하기로 함.

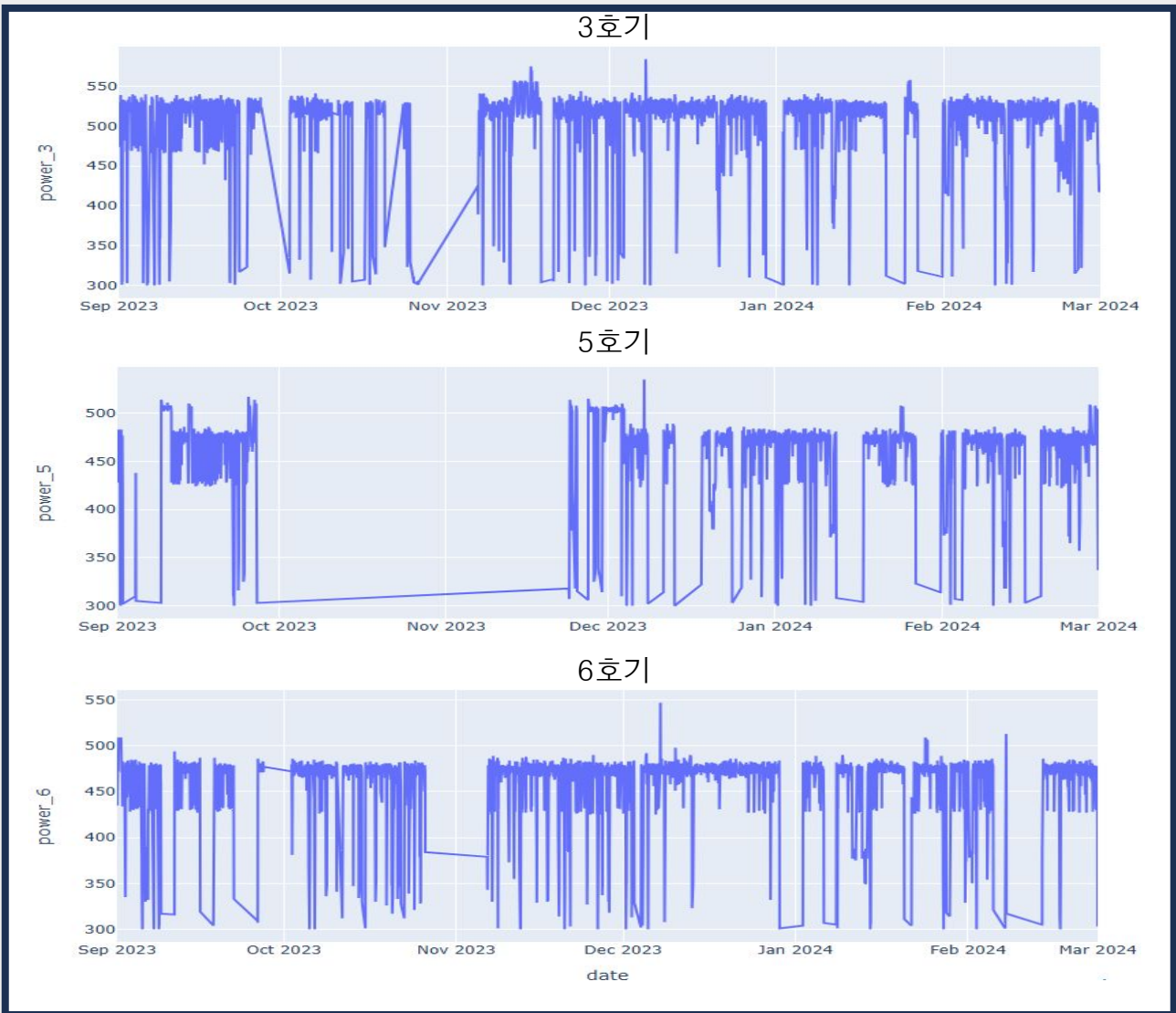
1. 이상값 확인 2. 분석 데이터셋 선정 3. 최적화 방안

• 발전량별 데이터 건수 확인 그래프



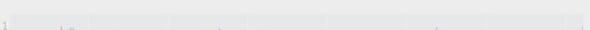
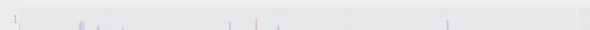
• 발전량 300Mw이상이 유의미한 데이터 건수로 확인 됨

• 발전량 300Mw 이상으로 제한 후 날짜 별 그래프



1. 이상값 확인 2. 분석 데이터셋 선정 3. 최적화 방안

제한 전·후 석회석 투입량별 Inlet .vs. Outlet SOx 비교

#	발전량 제한 전	발전량(300Mw) 제한 후
		

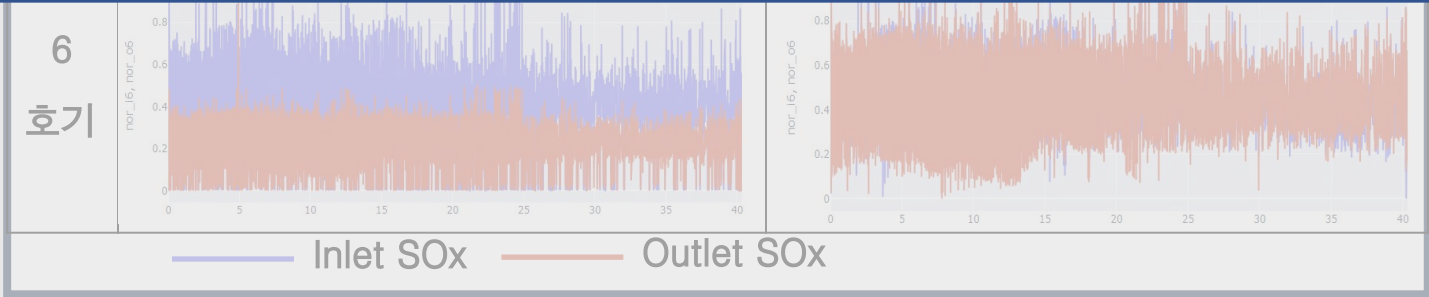
• 제한 전후 그래프 비교를 통해 이상치 대부분 제거 됨

• 분석 데이터 Set : **발전량 300Mw 이상으로 제한**

- 1. 시간(5분 간격)
- 2. 발전량
- 3. inlet SOx
- 4. 탈황제 투입량
- 5. 10분후 outlet SOx

3호기 Sample

	date	power_3	inlet_3	ton_3	normal_3	outlet_3	outlet_10min
0	2023-09-01 00:00:00	474.0	189.45	5.71	정상	0.68	0.40
1	2023-09-01 00:05:00	486.0	188.30	3.07	정상	0.36	1.74
2	2023-09-01 00:10:00	510.0	186.30	3.43	정상	0.40	1.52
3	2023-09-01 00:15:00	518.0	188.13	10.62	정상	1.74	0.82
4	2023-09-01 00:20:00	518.0	191.39	11.99	정상	1.52	0.83

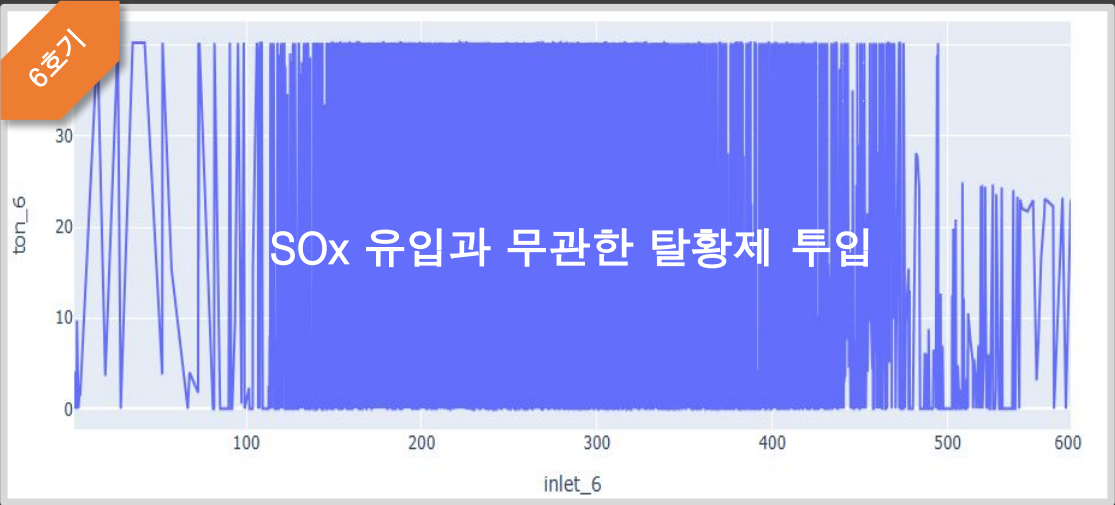


데이터 셋으로 확정

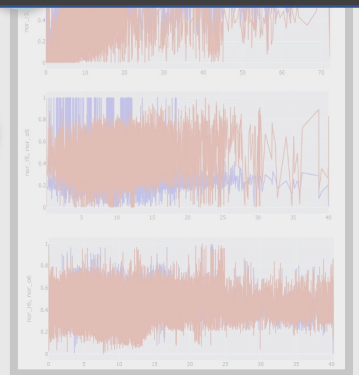
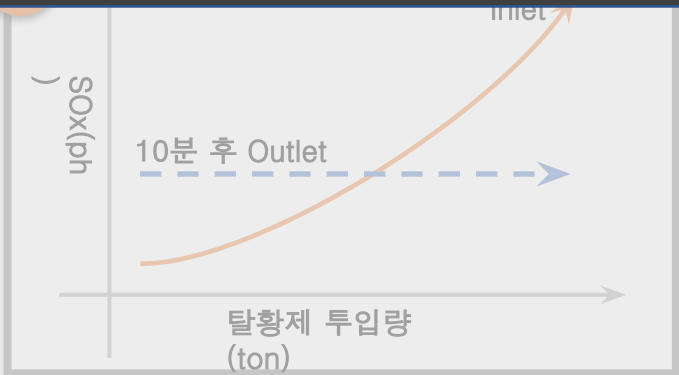
※ Inlet & Outlet SOx Min-Max 정규화 후 비교

1. 이상값 확인 2. 분석 데이터셋 선정 3. 최적화 방안

탈황제 투입량 최적화 방안 선정



➔ 발전량 단계별 탈황제 투입량 산정 방식]



결론

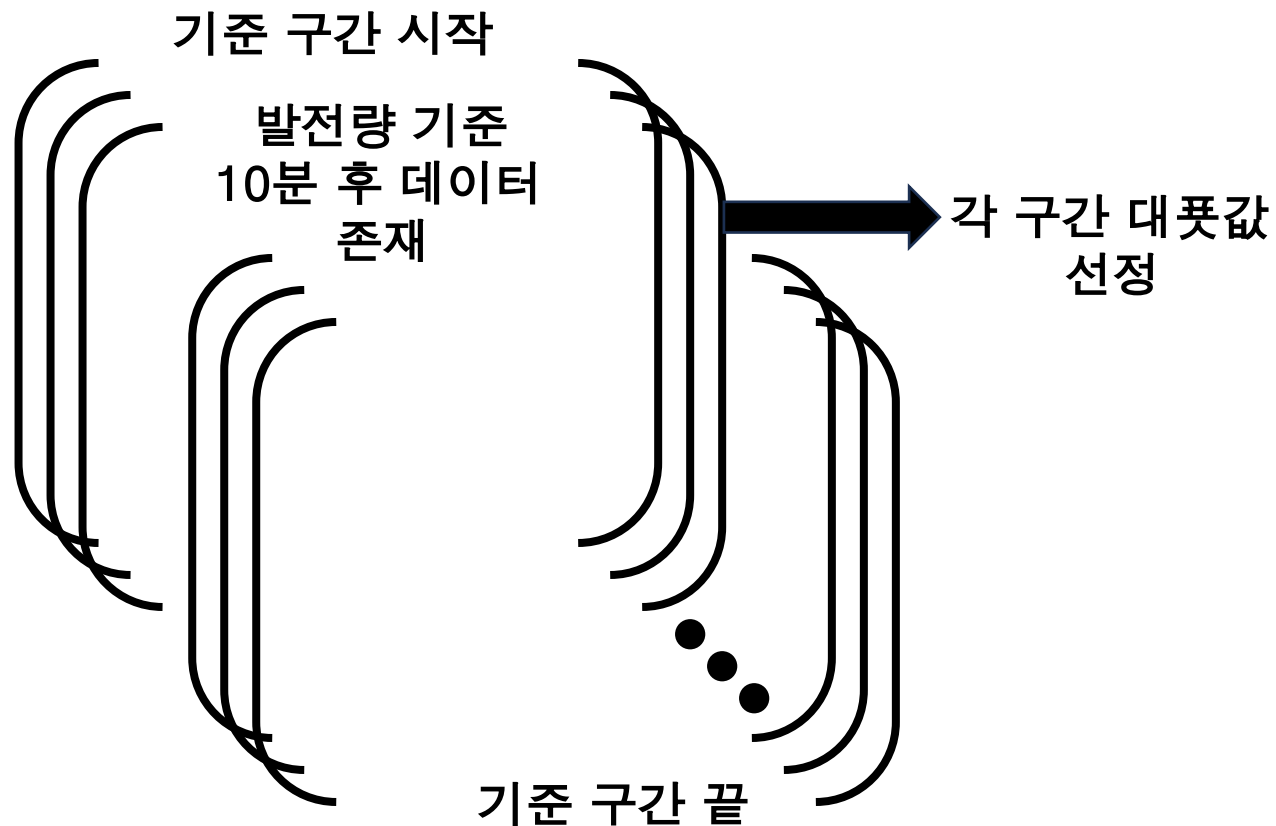
SOx의 유입 농도나 발전량과 무관 하게 탈황제를 투입하고 Outlet SOx는 예상대로 배출 허용기준치에 맞게 일정 기준치를 유지 하고 있음

- Inlet SOx 유입농도(발전량 포함) 기준으로 탈황제 투입량 분석 모델 개발은 불가할 것으로 판단 됨

1. 이상값 확인 2. 분석 데이터셋 선정 3. 최적화 방안

• 선정 방식 설명

그림



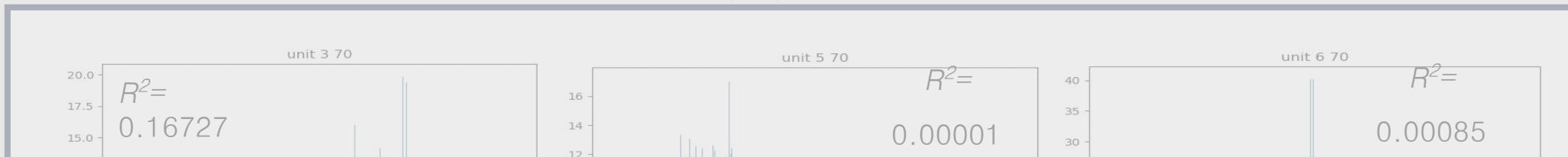
- 적절한 대푯값과 구간의 개수를 구하기 위해 10→70개 까지 증가 시키며 구간을 나눔.

구간의 개수가 많아질 경우 한 구간 data 건수가 한 개만 존재해 대푯값의 왜곡이 발생함.

- data 건수가 1을 초과하는 조건에 만족하는 구간은 14개 구간 임
- 각 구간에서 대푯값으로 $quatile\ 0.75(75\%)$ 값과 평균값을 선정하여 비교하였음.

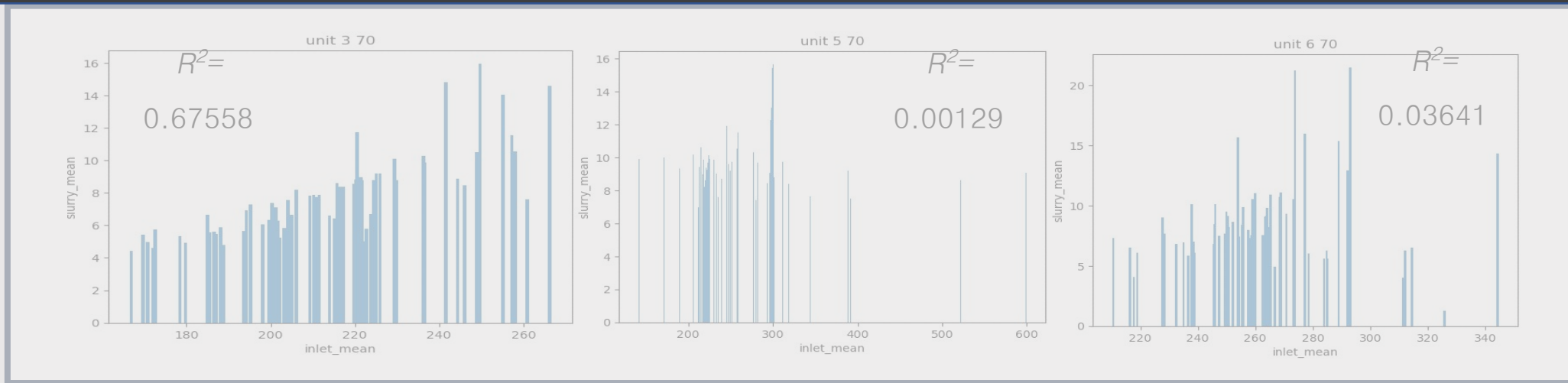
1. 이상값 확인 2. 분석 데이터셋 선정 3. 최적화 방안

- [대푯값 = **Quantile 0.75**] 기준 구간 3, 5, 6호기 그래프



대푯값 선정 = **평균값**

Quantile 0.75 $R^2 <$ 평균값 R^2 이고
평균값 구간 그래프가 우상향 선형성을 보임



1. 이상값 확인 2. 분석 데이터셋 선정 3. 최적화 방안

• 호기별 14개 발전량 구간별 데이터 건수 & 대푯값(평균)

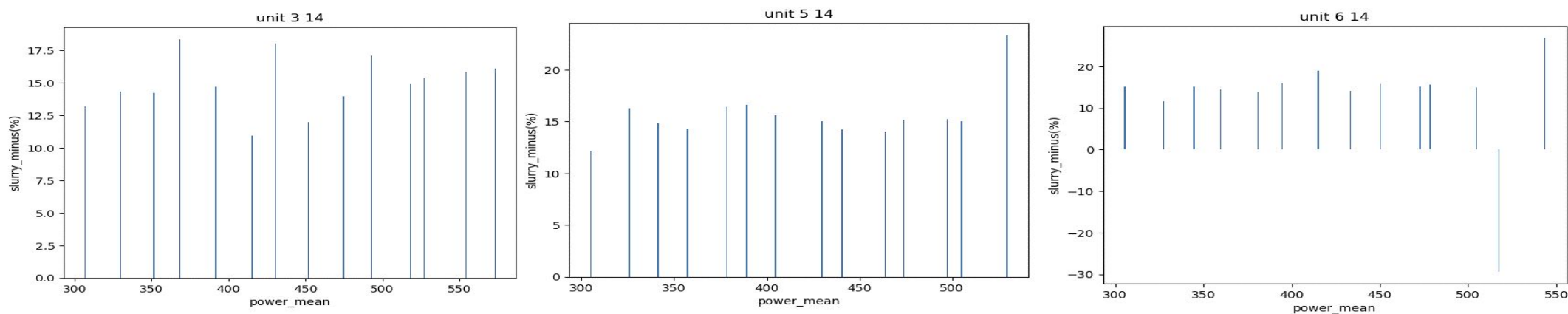
구간	3호기 (구간 값 : 19Mw/ 41,398건)		5호기 (16Mw/ 23,341건)		6호기 (17Mw/ 35,202)	
	구간 개수	대푯값(ton)	구간 개수	대푯값(ton)	구간 개수	대푯값(ton)
1	834	5.14	176	9.93	312	5.88
2	282	4.98	149	8.56	225	7.75
3	1,051	5.41	309	8.51	858	8.69
4	276	5.57	195	9.30	253	8.21
5	138	6.69	460	9.64	798	6.13
6	488	11.45	174	9.69	180	6.42
7	399	6.55	220	8.61	106	6.53
8	475	8.46	1,753	8.59	3,035	7.55
9	1,912	7.18	936	8.99	911	8.05
10	1,378	7.69	1,937	9.86	22,539	10.69
11	21,915	8.83	14,870	9.74	5,679	10.84
12	11,589	8.36	168	9.70	287	19.33
13	648	9.84	1,977	8.81	2	14.86
14	13	12.11	17	13.70	17	3.18

1. 이상값 확인 2. 분석 데이터셋 선정 3. 최적화 방안

• 저감 비율 산식

$$slurryminus(\%) = \frac{(\text{각구간의설계투입값합계}) - (\text{대꽃값의85\%}) \times (\text{구간의데이터개수})}{(\text{각구간의실제투입값합계})} \times 100$$

• 선정 구간 3, 5, 6호기 평균 대꽃값, 저감 비율 그래프



- 설명력(R^2)이 높았던 3호기의 감소비율은 14.9% 감소
- 6호기의 경우 구간의 데이터 건수가 2인 곳에서 -값이 나왔지만 **평균적으로 14% 감소** 시킬 수 있었음

A photograph of a large, white, conical cooling tower of a nuclear power plant. The tower is emitting a thick plume of white steam or smoke that rises into a dark, cloudy sky. To the left of the tower, there are other industrial structures, including a tall, dark chimney and various pipes and tanks. The overall scene is industrial and somewhat somber due to the dark sky.

03. 기대 효과 & 향후 발전 방향

1. 기대 효과

2. 향후 발전 방향

- 최적화 방안 적용시 Slurry 3, 5, 6호기의 저감 기대량

	실제 투입량 (A)	최적화 값 (B)	저감량 (A-B)	저감율 %
--	---------------	--------------	--------------	----------

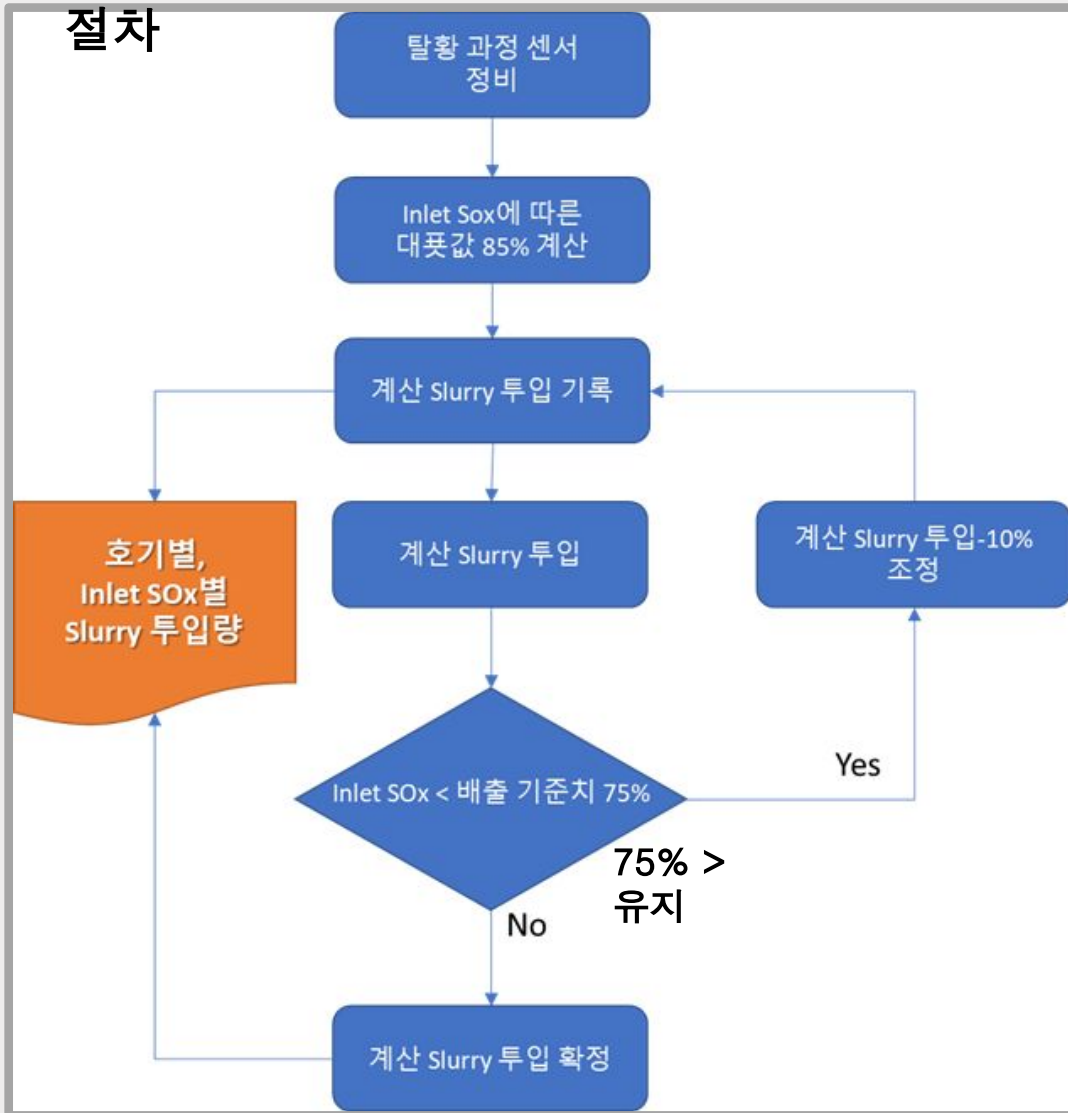
최적화 방안 적용시

투입 탈황제 139,577ton , 평균 14% 감소 가 기대 됨.

6호기 (ton)	358,526.2	304,444.3	54,081.9	12.7%
합계	928,080.20	788,503.20	139,576.90	14.40%

1. 기대 효과 2. 향후 발전 방향

- SOx 유입량에 따른 탈황제 투입량 개선 절차



- 탈황 제거 분석이 처음 시도되는 데이터로 판단 됨.
- 제공 데이터의 정합성(음수 값, Zero, NaN)의 문제는 데이터 취득 환경이 취약하여 센서의 오류로 판단 되므로 지속적인 **센서 데이터 취득 품질** 관리가 필요함
- Inlet SOx값에 영향을 미치는 발전용량과 투입되는 탄의 종류 등 다양한 요인으로 Sox의 농도가 결정 되므로 **다양한 영향 변수 발굴** 이 필요함
- SOx 유입량에 따른 탈황제 투입량에 반응하는 SOx 배출량을 **지속적으로 모니터링 하여 개선** 하는 절차가 필요 함

A photograph of a nuclear power plant. A large, white, hyperboloid cooling tower is the central focus, emitting a thick plume of white steam that rises into a dark, cloudy sky. To the left of the tower, there are various industrial structures, including a tall, dark smokestack and several smaller buildings with different architectural styles. The foreground shows some greenery and power lines. The image has a dark, moody atmosphere.

QnA
