
The First Application of CPP Amine-form Operation in OPR Plant

2023. 05. 18.(목)

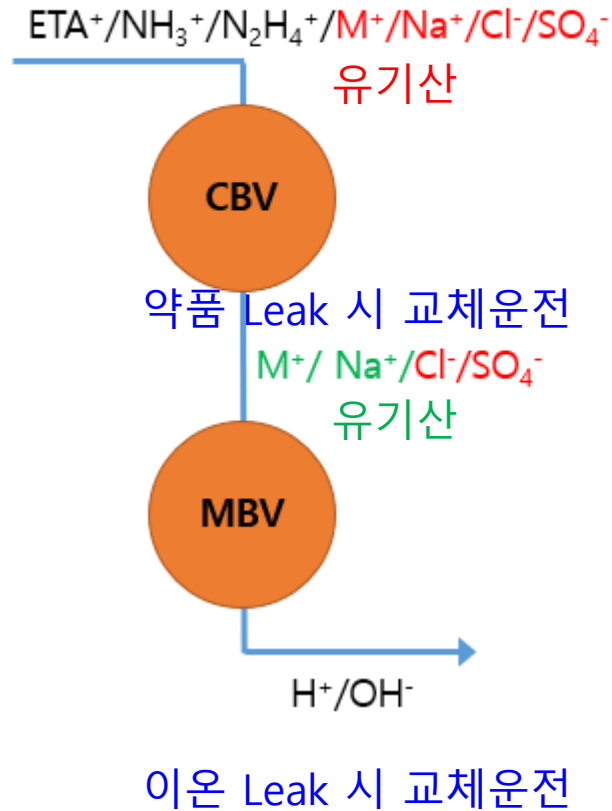
한울원자력본부 제3발전소 화학기술
부

발표순서

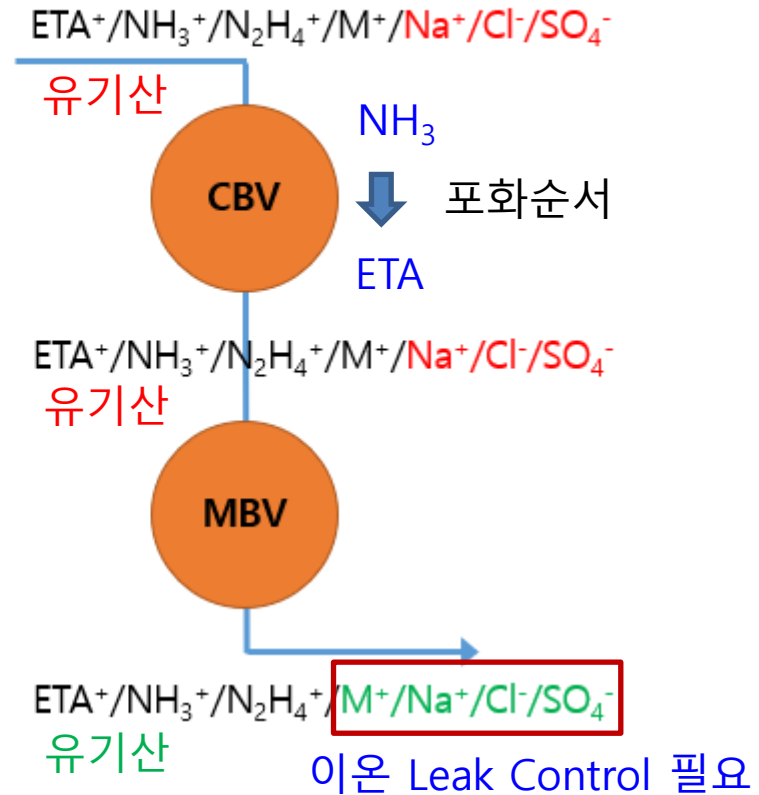
- ◆ CPP 아민포화운전 이란?
- ◆ CPP 아민포화운전 수행 배
- ◆ ^경CPP 아민포화운전 수행방법
- ◆ 2차계통 수질현황
- ◆ 아민포화운전 효과
- ◆ 결론 및 향후 계획

CPP 아민포화운전 이란?

아민 미포화운전



아민포화운전

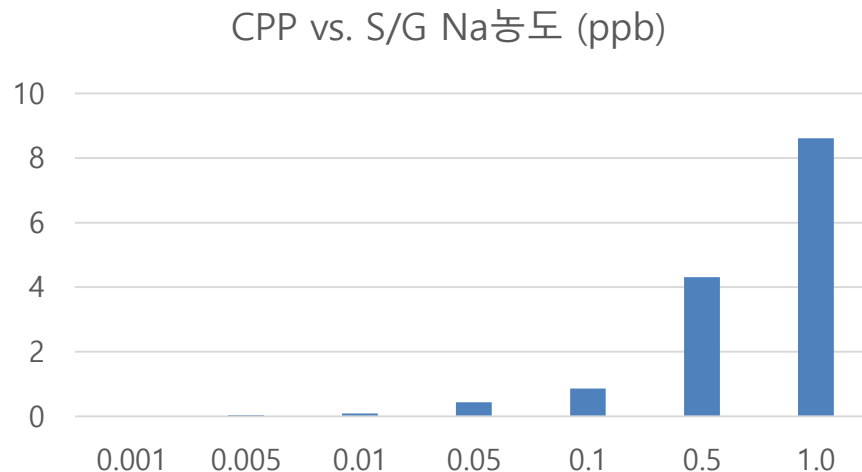


CPP Na Leak vs. S/G Na 농도 영향평가

➤ S/G 수질 목표값/제한값

항목구분	단위	정상값	목표값	제한관리값		
				조치단계 I	조치단계 II	조치단계 III
양이온전도도 증가분	μS/cm	≤ 1.0	≤ 0.8	-	> 1	> 4
나트륨 이온	ppb	≤ 5	≤ 0.8	> 5	> 50	> 250
염소 이온	ppb	≤ 10	≤ 1.6	> 10	> 50	> 250
황산 이온	ppb	≤ 10	≤ 1.7	> 10	> 50	> 250

CPPout Na	S/G Na
0.001	0.01
0.005	0.04
0.01	0.09
0.05	0.43
0.1	0.86
0.5	4.31
1.0	8.62



Na Leakage

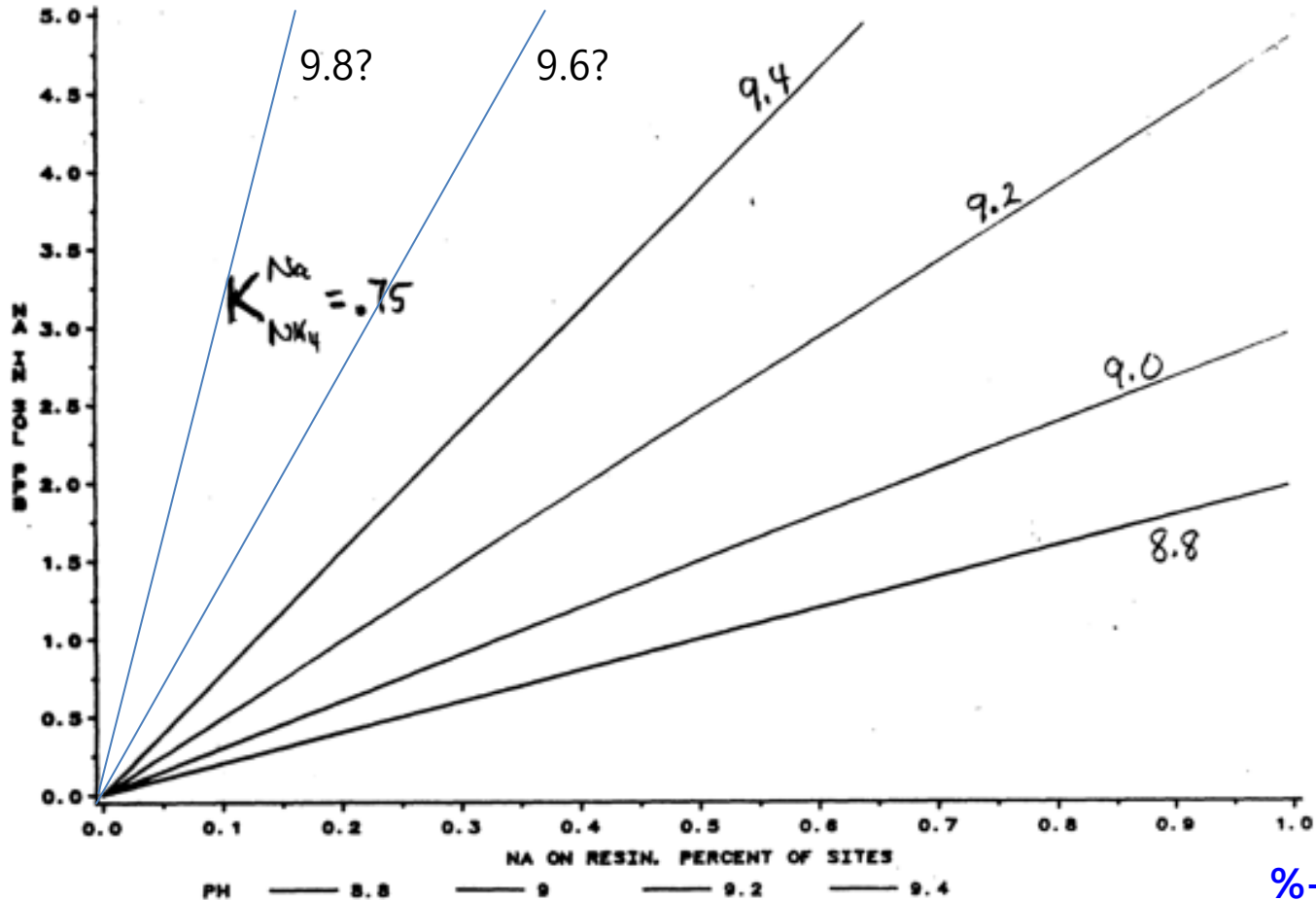
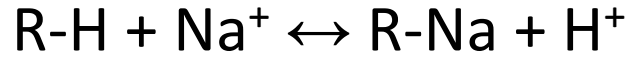


Fig. Equilibrium sodium leakage during ammonia cycle polisher operation

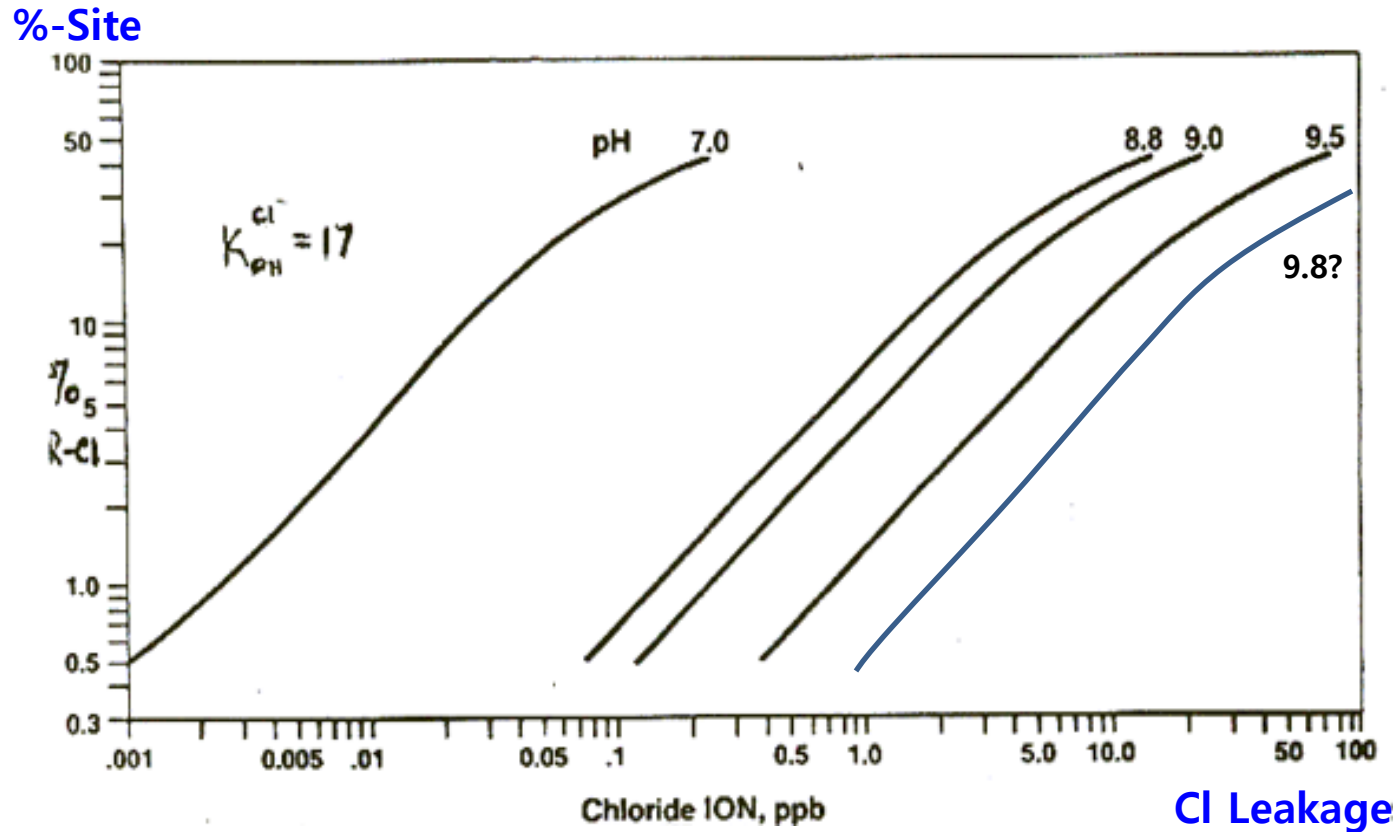
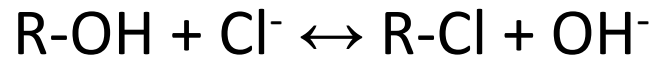


Fig. Equilibrium chloride leakage dependence on resin phase equivalent % chloride and aqueous phase pH

MB Equilibrium Calculations Predict Leakage at pH=7

(assumes H/OH cycle, $K_H^{Na} = 1.5 \sim 1.8$, $K_{OH}^{Cl} = 15 \sim 20$)

% R-Na	Na ⁺ leakage	% R-Cl	Cl ⁻ leakage
7 %	100 ppt	30%	100 ppt
3.5 %	50 ppt	17%	50 ppt
0.7 %	10 ppt	4%	10 ppt

MB Equilibrium Calculations Predict Leakage at pH=9.2

(assumes ETA/NH3 cycle, $K_x^{Na} = 0.75$, $K_{OH}^{Cl} = 15 \sim 20$)

% R-Na	Na ⁺ leakage	% R-Cl	Cl ⁻ leakage
0.02 %	100 ppt	0.27%	100 ppt

MB Equilibrium Calculations Predict Leakage at pH=10

(assumes ETA/NH3 cycle, $K_x^{Na} = 0.75$, $K_{OH}^{Cl} = 15 \sim 20$)

% R-Na	Na ⁺ leakage	% R-Cl	Cl ⁻ leakage
0.003 %	100 ppt	-	>100 ppt

일반산업급수지 vs. 고순도수지

MBV (Mixed Bed) 양이온수지 규격

	일반산업급수지	고순도수지	비 고
모델명	1600H	IRN99HPH	
Na (ppm)	Ionic Conversion >99% (10~20)	≤ 0.5	≤ 0.004 %-Site

MBV (Mixed Bed) 음이온수지 규격

	일반산업급수지	고순도수지	비 고
모델명	9000H	9000HPOH	
Cl (ppm)	Ionic Conversion > 95%	≤ 0.05	≤ 0.0002 %-Site
SO4 (ppm)	-	≤ 0.1	≤ 0.0001 %-Site

CPP 아민포화운전 수행배경

- 원전 2차계통 배관/기기 부식 저감을 위해 pH 상향관리 필요
 - ✓ 국내 원전 급수계통 pH 9.6 이하 (부식률 최소조건 : pH 9.8 이상)
 - ✓ 국내 원전 주급수계통 Fe 농도 약 2~3 ppb (글로벌 우수원전 : 1 ppb 이하)

- pH 증가시 pH 조절제(ETA/NH₃) 주입량/농도 증가
 - ✓ 2차계통 탈염기(SGBD, CPP)의 양이온수지 조기 아민포화 발생
 - ✓ 수지재생 횟수 증가 및 재생폐수 다량 발생
 - ❖ 증기발생기 취출수(SGBD) 탈염기의 경우 2000's 중반이후 아민포화운전 수행중이며 Na Leak 발생시 수지교체하고 있음

- 고 pH 운전 기술개발의 필요성
 - ✓ 안정적 고 pH 운전을 통한 SG 부식생성물 유입량 저감 필요
 - ✓ pH 상향운전시 제약사항 해소를 위한 운전주기 연장방법 도출 필요

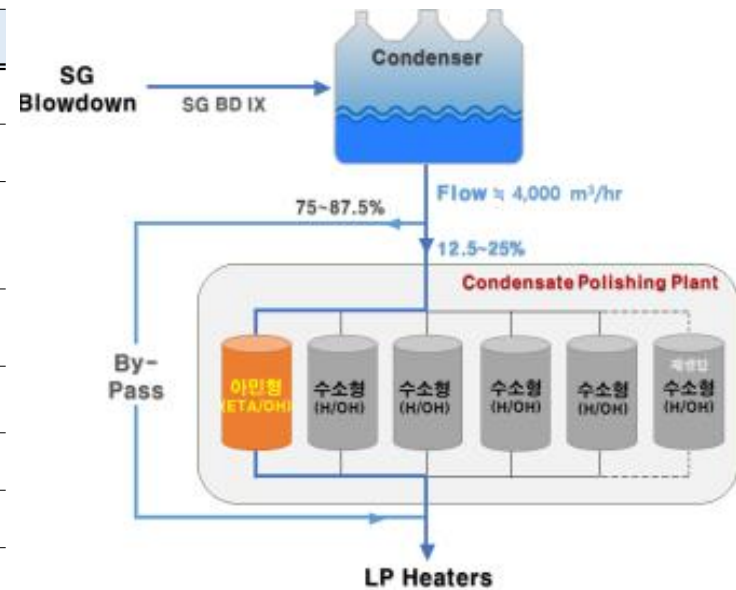
(과제) 원전 2차계통 부식저감을 위한 계통수 고pH 운전기술 개발

(목적) 원전 2차계통 고pH 운전을 위한 기술개발 및 현장적용 추진

(기간) '17.07.01. ~ '20.11.30.(41개월, 고리3호기 4개월 시범운전 포함)

(내용) pH 상향을 위한 복수탈염설비 아민포화운전 기술개발 및 효과평가

구 분		기 존	변 경
수지형태		H/OH형	ETA/OH형
수지 등급		일반산업급	고순도급
수지 사양	양이온	Amberjet 1600H	Amberlite IRN99
	음이온	Amberjet 9000OH	(좌동)
수지 총전량(양/음)		5,000L/2,500L	
재생주기		7~9일	비재생
교체량		15% 부분교체	전량교체



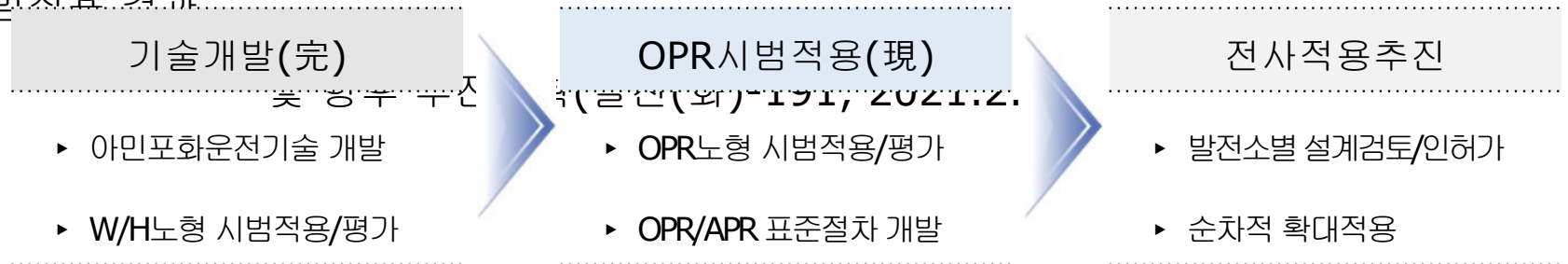
(배경) 원전 2차계통 부식 저감을 위한 복수탈염설비 아민 포화운전 연구 및 W/H 노형 시범적용

이후 표준형 원전 시범적용 필요성

(목적) OPR/APR 발전소의 설계 및 운전 특성에 적합한 CPP 아민포화운전 방법을 도출하고
전 원전 확대 적용을 위한 표준 절차를 개발하고자 함

※ 근거문서: 『원전 2차계통 부식저감을 위한 계통수 고pH 운전기술 개발』 연구과제 시

범적용 결과



한울6호기 시범운전 추진 개요

- 한울6호기를 대상으로 CPP 아민포화운전을 시범적용
- W/H형 적용결과 미흡사항 개선 및 검토를 위한 기술그룹(TF) 운영
- 효과평가 및 표준 운전절차를 개발하여 전 원전 확대적용 추진

구 분	'21년		'22년				'23년				'24년			비고
	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	
1. 아민포화운전 시범적용계획 수립	■													
2. 계통영향 평가 및 인허가 추진		■	■	■	■	■								
3. 고 pH 운전(아민포화운전) 절차 개발		■	■	■	■	■								
4. 전문가 기술그룹(TF) 운영		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
5. 시범적용 및 효과 평가						■	■	■	■	■	■	■	■	
6. 장기 운영전략 수립 (확대적용)											■	■	■	

CPP 아민포화 시범운전 수행계획 수립

□ 2차계통 pH 목표값 설정: 주급수 기준 pH 9.8 ~ 9.9

단계	[1단계] 아민포화운전(5개월)				[2단계] 아민포화운전(5개월)			
운전방법	아민포화운전		수질정화용 운전		아민포화운전		수질정화용 운전	
탈염기	CBV1대	MBV1대	CBV1대		CBV1대	MBV1대	CBV1대	MBV1대
개략도								

2단계 수행 '23.1.4~1.26
결과 Na Leak 0.3 ppb

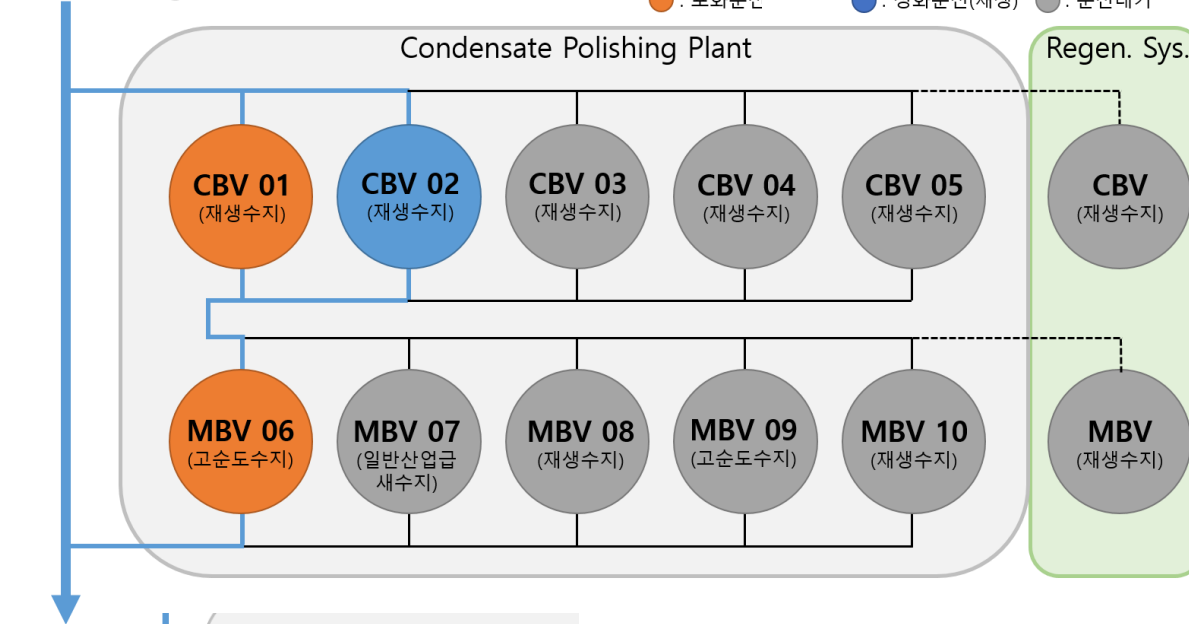
CPP 아민포화운전 수행방법

CPP 아민포화운전 방법1 (아민포화 CBV 교체 사용)

사용

COP Discharge

● : 포화운전 ● : 정화운전(재생) ● : 운전대기



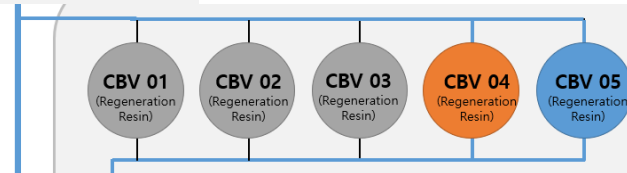
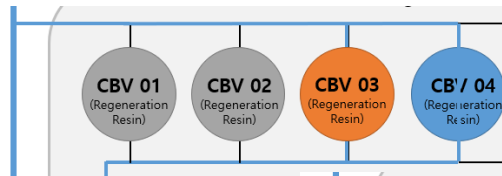
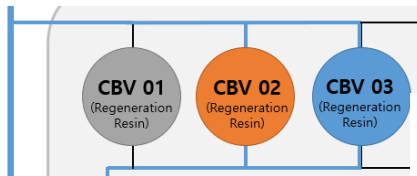
(장점)

- 후단 MBV 수명연장
- 전단 CBV 수지 재생 사용가능

(단점)

- 정화운전 CBV 아민포화 진행 및 교체운전시 약품농도 제어 어려움

LP HTRs



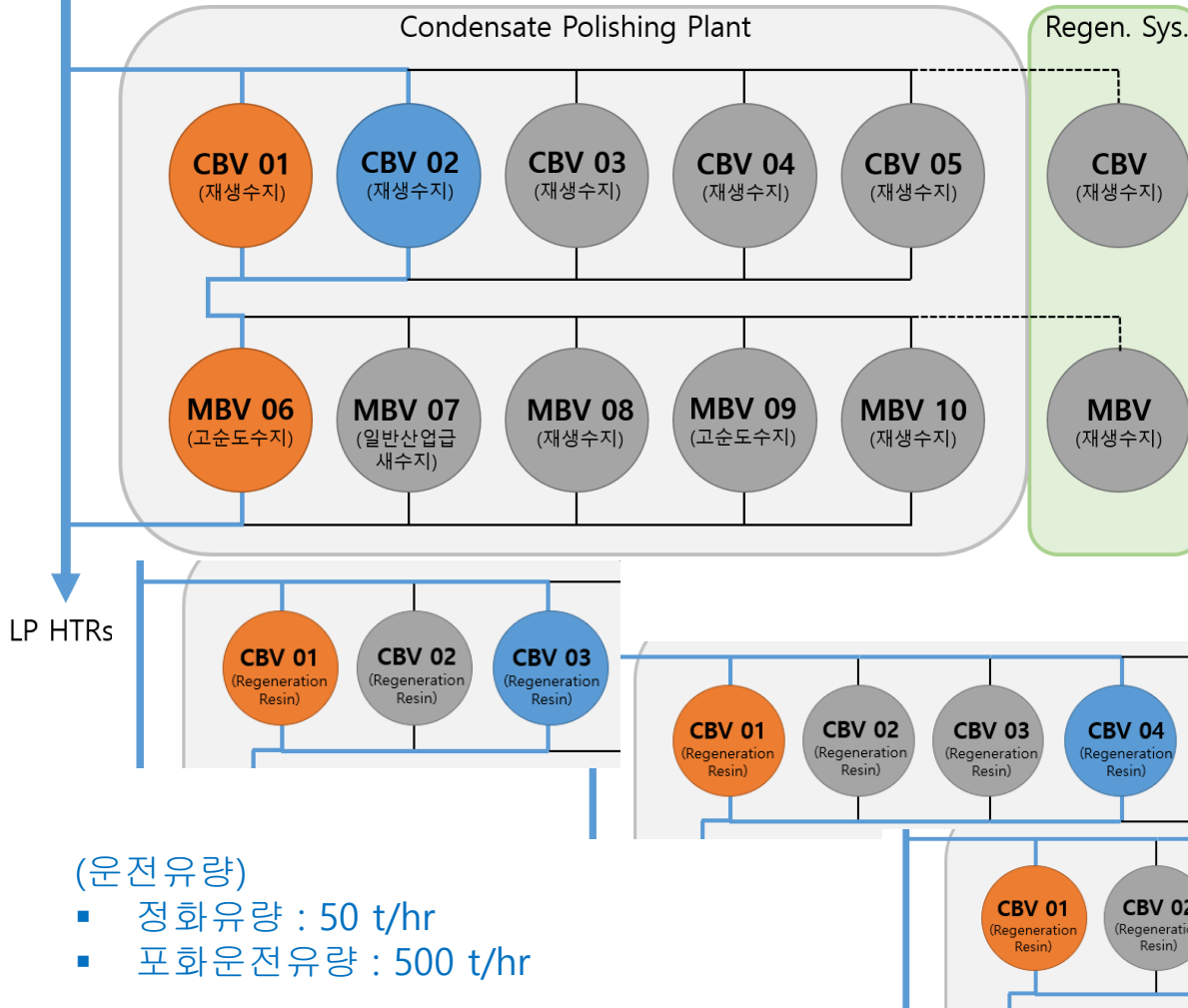
(운전유량)

- 정화유량 : 50 t/hr
- 포화운전유량 : 500 t/hr

COP 아민포화운전 방법2 (아민포화 CBV 계속사용)

COP Discharge

● : 포화운전 ● : 정화운전(재생) ● : 운전대기



(장점)

- 교체운전시 약품농도 제어 쉬움

(단점)

- 후단 MBV 수명연장 어려움 (Fe Leak 가능성)
- 전단 CBV 수지교체 필요 (재생 사용 불가능)

(운전유량)

- 정화유량 : 50 t/hr
- 포화운전유량 : 500 t/hr

CPP 양이온탑 운전현황

(’23.2.1 기준)

탈염기	I/S	O/S	운전시간	채수량	운전유량	운전일수	비고
CBV01	22-9-16	22-11-24	1,656	983,300	594	69	포화운전
CBV02	22-10-4	22-11-24	1,224	76,990	63	51	수질정화
	22-11-24	23-1-27	1,534	930,620	607	64	포화운전
CBV03	22-11-24	23-1-27	1,536	89,820	58	64	수질정화
	23-1-27	23-4-19	1,974	1,079,580	501	82	포화운전
CBV04	23-1-27	23-2-27	750	48,818	65	31	수질정화
	23-4-19			(운전중)			수질정화
CBV02	23-2-27	23-4-19	1,224	76,623	63	51	수질정화
	23-4-19			(운전중)			포화운전

* 2개월에 CBV 1대 재생

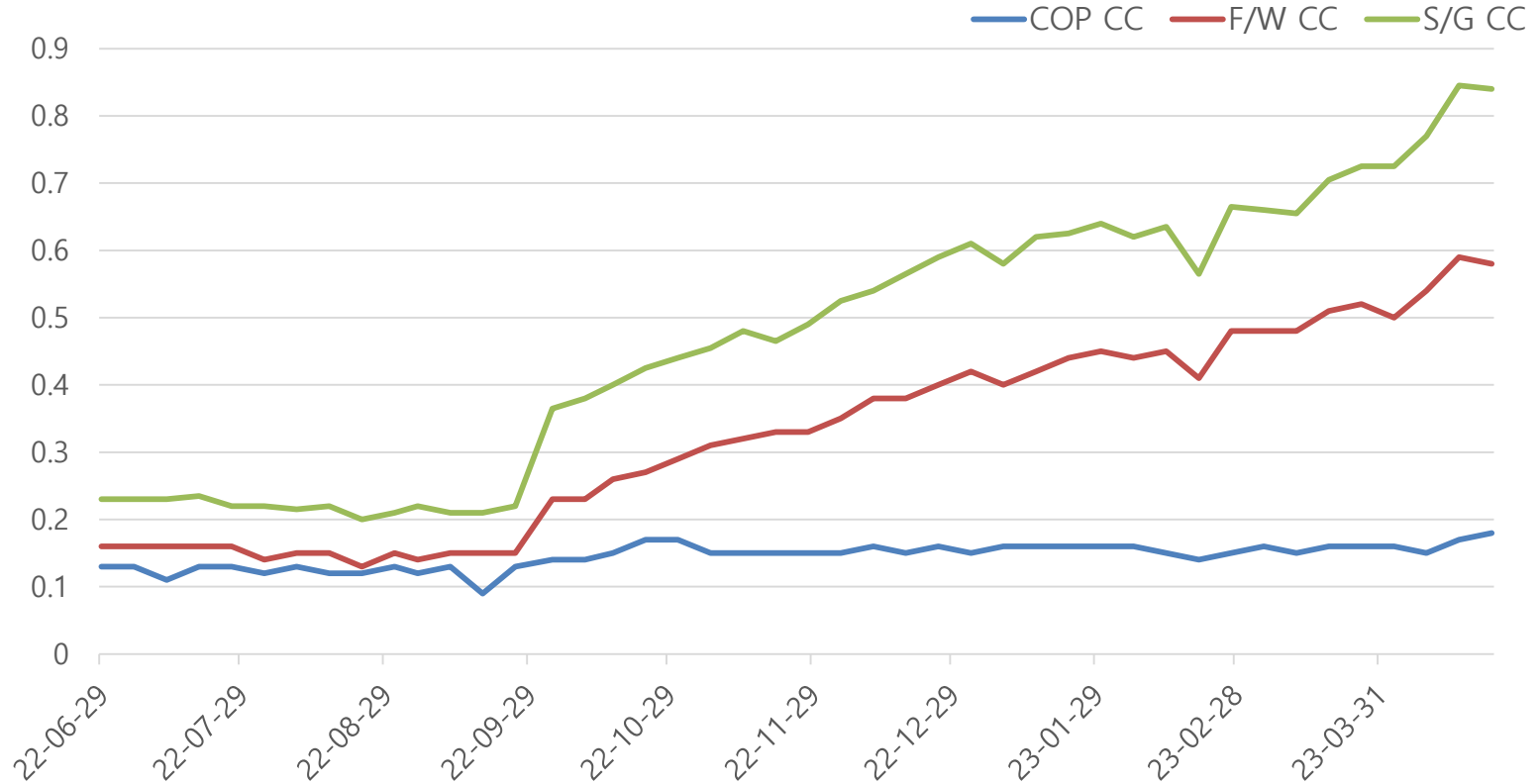
CPP 혼상탑 운전현황

(’23.4.19 기준)

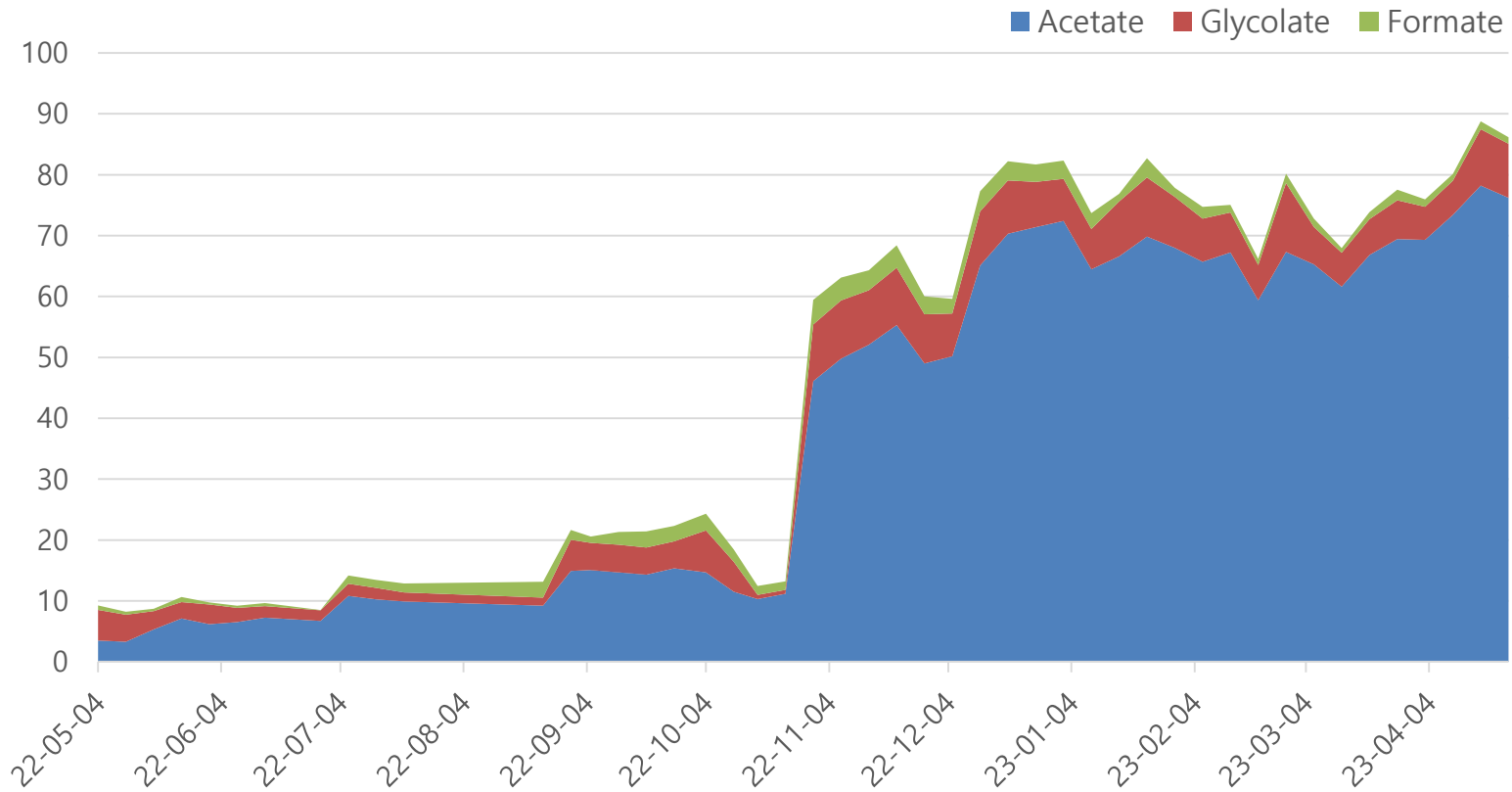
탈염기	I/S 일자	O/S 일자	운전시간 (hr)	채수량 (t)	운전유량 (t/hr)	운전일수	비고
MBV06	22-9-26	22-10-3	168	142,800	850	7	고순도수지
	22-10-3	(아민포화 운전중)	2,880	2,030,620	645	120	
MBV07	23-1-4	23-1-26	528	36,070	68	22	일반수지 (Na Leak로 정지함)
	23-1-26	(운전정지)	-	-	-	-	

2차계통 수질현황

2차계통 양이온전도도(CC) 추이



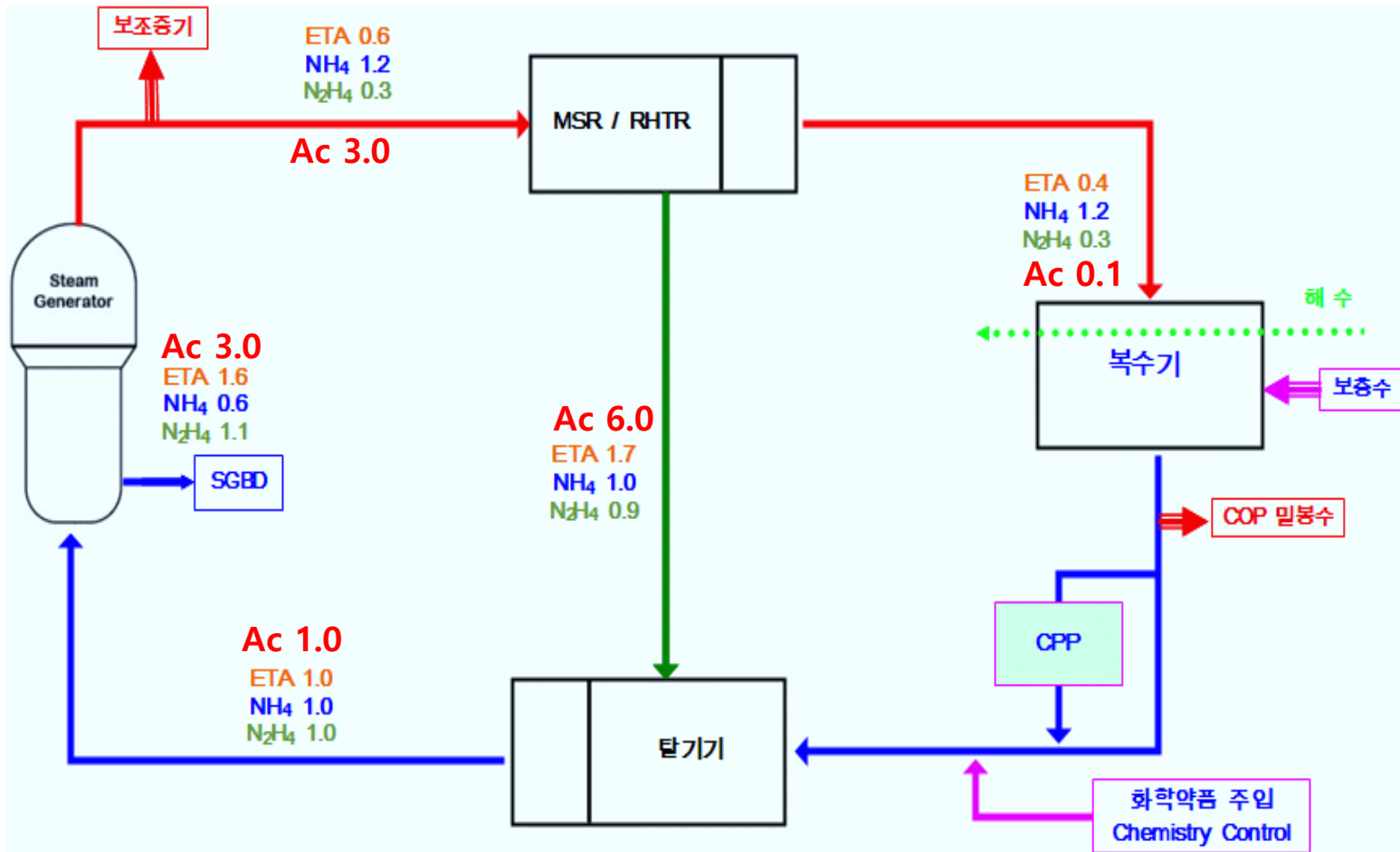
- ▶ 급수/증기발생기 양이온전도도 : 유기산 농도 상승으로 지속상승
- ▶ COP 양이온전도도 : 약간상승 후 유지

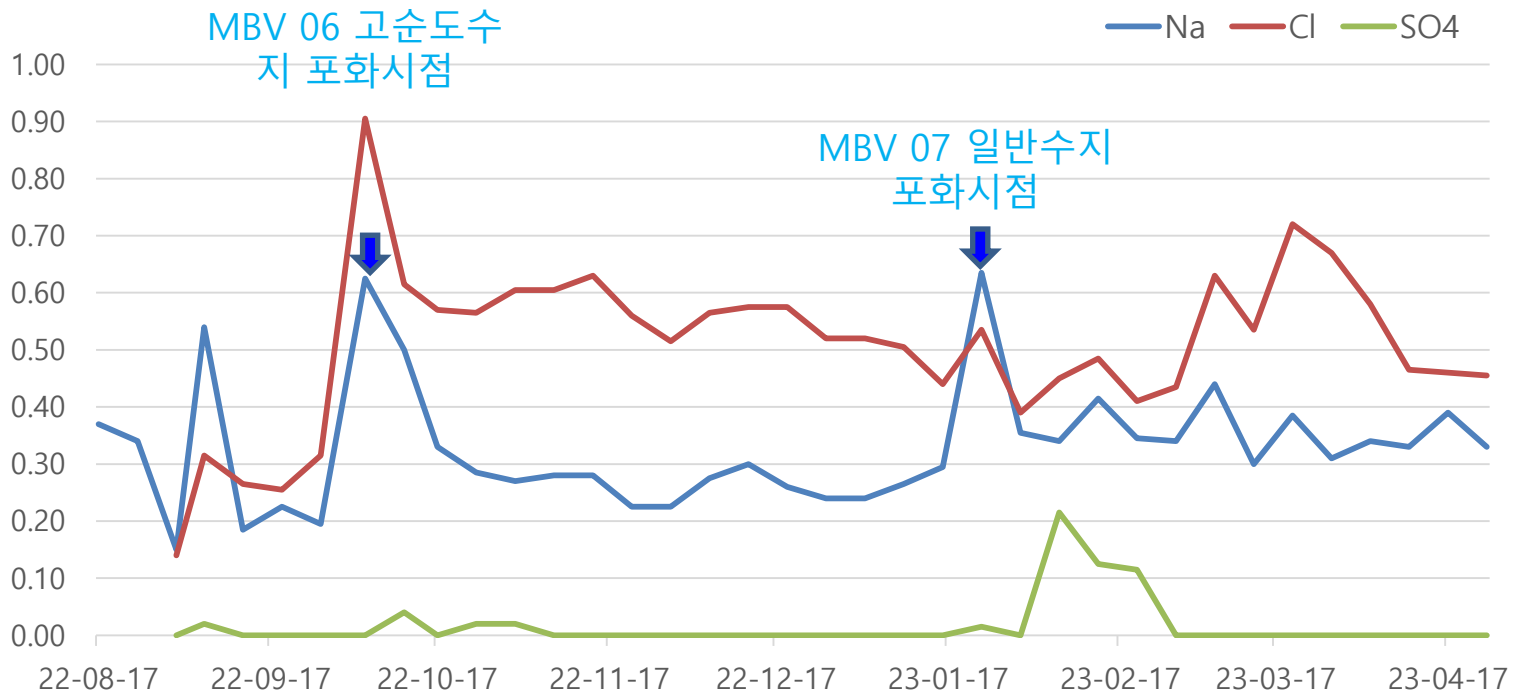


➤ 증기발생기 유기산 농도 : 아민포화운전 시 지속상승 (S/G CC 상승에 기여)

2차계통 유기산(Ac) 분포에 의한 CC영향

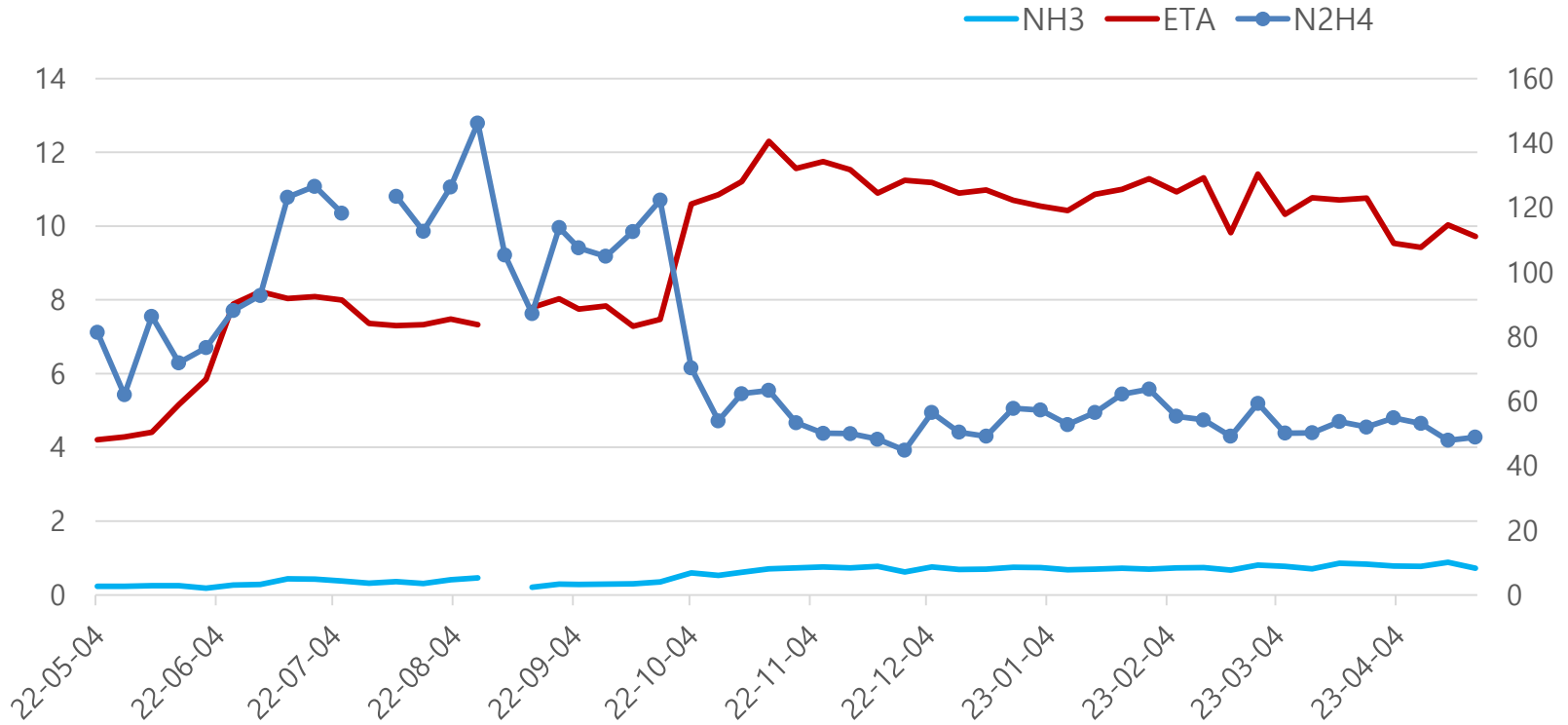
계통별 아세테이트(Ac) 물질수지





- 증기발생기 나트륨/염소이온 : 아민포화시 상승 후 하향안정
- MBV 07 일반수지 아민포화시 Na 최대값 0.9 ppb (MBV 07출구 : 0.3 ppb)

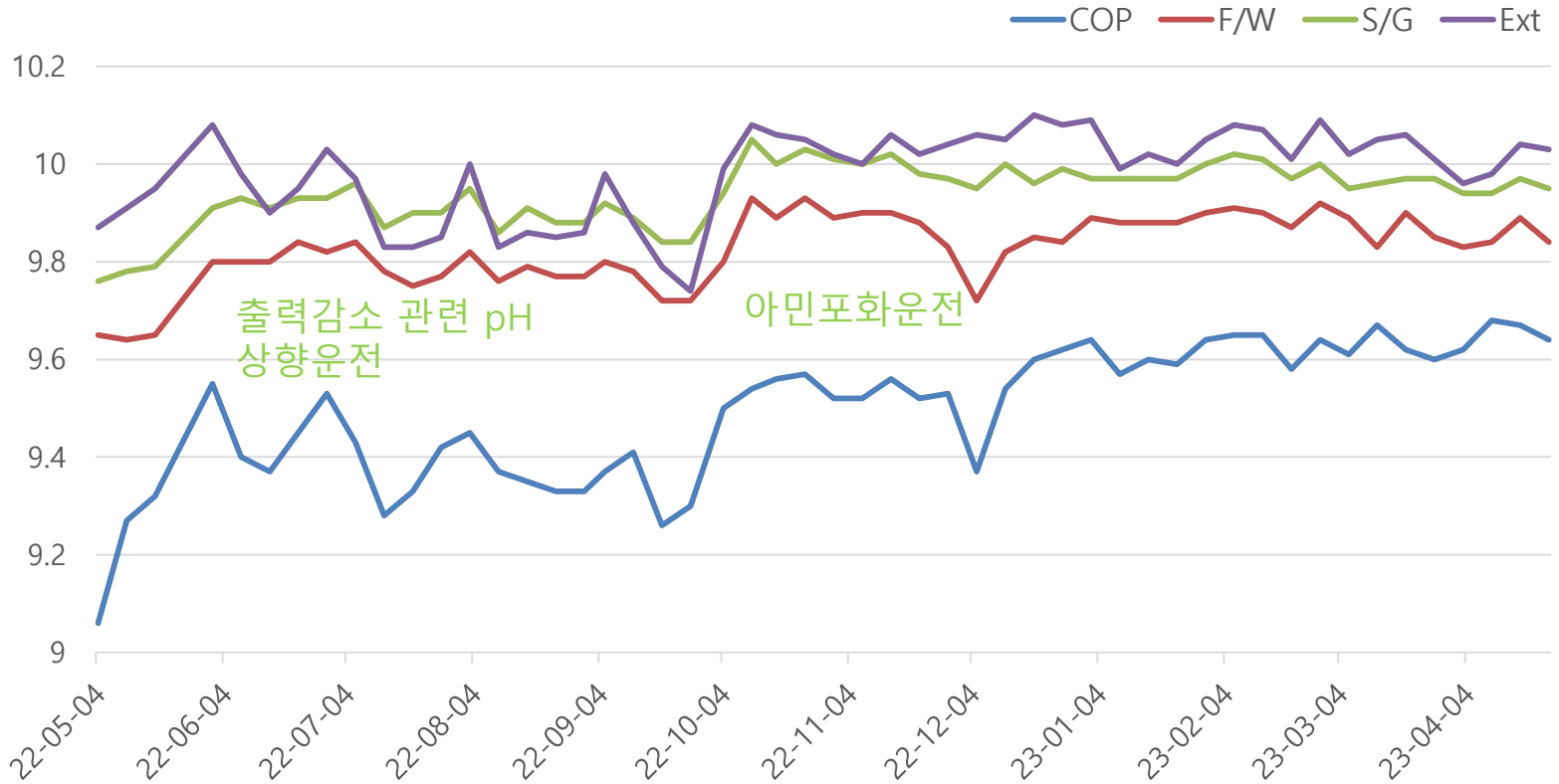
주급수 약품농도 추이



- ▶ 아민포화운전 시 ETA는 증가 후 암모니아농도 증가에 따라 약간 감소 추세
- ▶ 암모니아 농도 제한을 위해 하이드라진 농도 낮게 유지

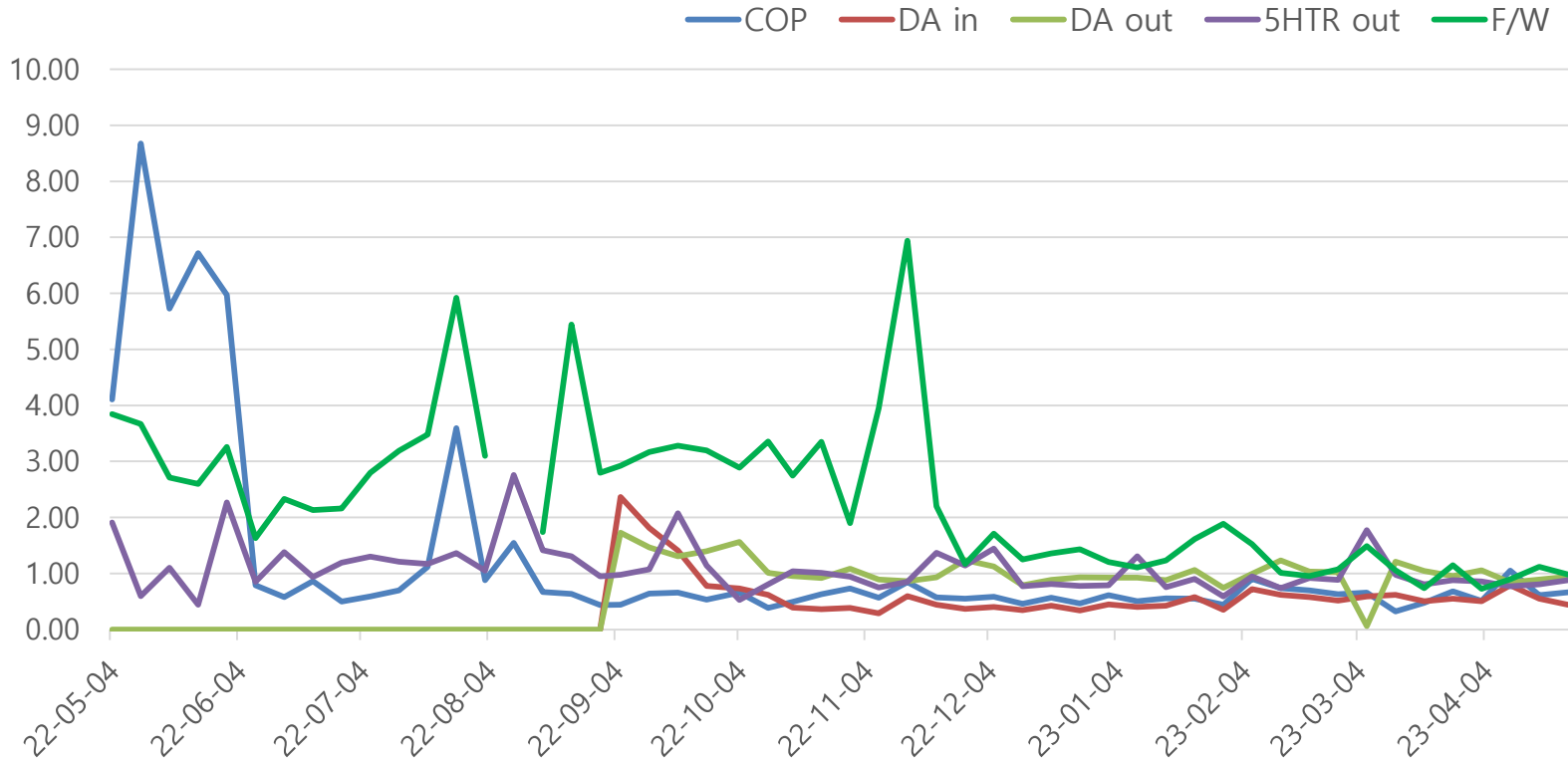
CPP 아민포화운전 효과

주급수 pH 상황



➤ 주급수 pH : 9.85 유지

주급수 철농도(Fe) 감소



- 주급수 철농도 : 12월 이후 하향안정
- 2차계통 전반적으로 철농도 1 ppb 근처에서 안정되는 경향

2차계통 약품사용량, CPP 재생 및 재생약품 사용량 감소



▶ CPP 재생운전 횟수 및 폐수발생량(톤)

구 분	아민포화 전 4개월	아민포화 후 4개월	감소비율(%)
CBV 재생횟수	15	2	87
폐수 발생량	4,408	678	85

▶ 약품사용량(톤)

구 분	아민포화 전 4개월	아민포화 후 4개월	감소비율(%)
황 산 (98%)	25.1	3.5	86
수산화나트륨 (50%)	27.6	3.8	86
ETA (38%)	19.9	4.1	79
하이드라진 (24%)	7.9	3.5	56

결론 및 향후 계획

- 한울6호기 CPP 아민포화 시범운전 결과 주급수 pH 9.85, SG Na 0.3ppb에서 안정적으로 운전됨
- 2단계(MBV 일반수지) 운전결과 수지포화 과정에서 MBV 출구에서 Na 0.3~0.4ppb까지 상승 (일반수지 CPP 아민포화운전은 불가능 판정)
- 아민포화운전 기간 중 S/G Na(0.3ppb)는 고순도수지(MBV06) 기여분이 0.1ppb, SGDM 기여분이 0.2ppb로 평가됨
- 따라서, SGDM에도 고순도수지를 적용할 경우 S/G Na는 매우 낮은 농도에서 아민포화운전이 가능할 것으로 평가됨
- CPP 운전방법은 방법1, 방법2 중 선택사용 가능하나, 고순도 수지(MBV) 한주기 운전을 위해 방법1을 추천함 (15개월 600t/hr 유량 운전시 채수량 6,480,000톤, 500t/hr 유량 운전시 채수량 5,400,000톤)
- 보충수(CST) 수질이 높을 경우 영향이 달라질 수 있으므로 고려대상에 포함되야 할 것으로 예상됨

- 아민포화 시범운전 종료 : '23. 8.
- 한울6호기 아민포화운전 효과 평가 및 전사적용 표준절차개발
 - ✓ 수행기관 : 중앙연구원, KEPCO E&C
- 고 pH 운전 전사 확대적용(안) 수립 : 본사. [끝].

질의응답 및 기타토의
