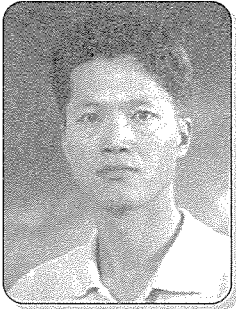


열병합발전 화학(수처리)분야 제안사례 소개



에너지관리공단
공업단지사업본부 발전팀
대리 김재홍
Tel : (042)930-0154

보조보일러 휴지보존처리 방법 개선

1. 개요

1.1 추진 배경

집단에너지사업(열병합발전)의 특성상 상용(주)보일러의 증기부족분 또는 첨두부하용의보조 및 급격한 부하변동등의 비정상운영에 대한 예비개념의 보조보일러를 설치·운영하게 된다. 따라서 보조보일러의 빈번한 저부하에서의 가동·정지와 장시간의 휴지기간으로, 운영조건상 정상운전시의 수질관리보다 휴지기간동안 보일러의 유지·관리가 더욱 중요시되고 있다. 우리 발전소의 보조보일러도 상기의 운영조건과 동일하며, 이미 가동초기에 유지·관리에 문제점이 노출되었고, 향후 유사한 문제가 예상되므로, 이에 대한 근본적인 대책을 마련하여 보일러 휴지기간 유지·관리에 만전을 기하고자 한다.

1.2 보일러 휴지보존처리 개요

1.2.1 보일러 휴지보존처리 목적

정상운전시의 약품처리에 의한 수질관리보다 휴지기간동안 보존처리의 부적정으로, 여러 오염물질(용

존산소, 녹 등)이 가동초기에 Preboiler계통이나 보일러에 다량 유입되어, 부식과 스케일생성이 촉진, 설비의 수명단축과 비정상 사고를 유발하는 원인이 되고 있다. 따라서 보일러 정지·휴지기간동안 부식(속도) 및 오염현상의 최소화를 위하여 보일러 휴지보존처리를 시행한다.

1.2.2 보일러 휴지보존처리 방법

보일러 보존처리 방법은 설비의 형식, 재질, 휴지기간 및 일상의 수처리방식등의 휴지조건에 따라 다르지만 기본적으로 다음의 조건을 만족하여야 한다.

- 외부에서의 오염물질, 특히 용존산소의 누입을 방지한다.
- 금속표면을 환원 또는 불활성분위기(부동태영역)로 유지한다.
- 재기동시 처리를 용이하게 할 수 있어야 한다.

이상의 조건을 만족하기 위하여 수분을 제거하는 건식보존법과 산소를 제거하는 습식보존법이 있으며, 건식보존(질소 봉입등)의 경우는 밀폐보존성 및 보존작업의 곤란으로 장기간의 휴지상태가 확보된 조건하에서 채택되고 있으며, 일반적으로는 방식성약품을 함유한 물로 보일러와 Preboiler계통 등 내부에 만수하여 보관하는 습식보존법을 채택, 산소와의 접촉을 차단하는 휴지보존처리를 시행하고 있다.

2. 보조보일러 습식 휴지보존 문제점

우리 발전소의 보일러 휴지보존처리는 방식성약품을 함유한 물로 만수보존을 시행하고 있지만, 아래의 문제점 노출 및 유지·관리에 여러가지 어려움을 안고 있다.

- 보조보일러계통 관리범위를 상향하는 부식 발생 『보일러수(보존수) 시료 : 적갈색의 부식생성물 발생』
- 방식성약품(pH 조절제, 탈산소제) 초기투입 절차 및 적정 투입량 조절 어려움.
- 휴지보일러수의 균일한 약품농도 유지를 위한 주기적인 보일러수의 순환작업 불충분.
- 빈번한 기동 및 정지에 따른 연소가스계통에 저부하 운전으로 발생하는 Ash의 부착으로 가스측 전열면에 저온부식 및 부분 산부식 촉진 조건 형성 『사고 사례』
- 연소가스측 응축수 생성(온도차, 증기유입 등)으로 습분 함유한 부식조건 형성. 『특히 단시간내 발생하는 국부부식은 보일러정상 운영에 직접적인 영향 미침』
- 보일러 습식보존조건을 만족하기위한 약주설비 미비.

3. 개선 대책

3.1 보조보일러계통 제원 및 주보일러 블로우다운수 운전 조건

3.1.1. 보조보일러 계통 제원

- 보일러 형식 : 2드럼 수냉식벽 자연순환식
- 10시간 가동정지후 기동에서 최대부하까지의 시간 : 120분
- 과열기 출구에서의 정격온도 : 250°C
- 급수 온도(절탄기 입구) : 170°C
- 절탄기 전열면적/ 튜브재질 / 두께 / 내경 / 헤더 재질 : 165㎡ / A178A / 4.6mm / 41.6mm / A106B

3.1.2 주보일러 블로우다운수 운전 조건

- 설계 블로우다운수 유량 : 급수대비 1%(360T/H → 3.6T/H)
- 운전 블로우다운수 유량 : 급수대비 약 2%(360T/H → 7.2T/H)
- 고압플래쉬탱크 운전압력 : ≒ 3.5kg/cm² (탱크 출구수 온도 ≒ 120°C)

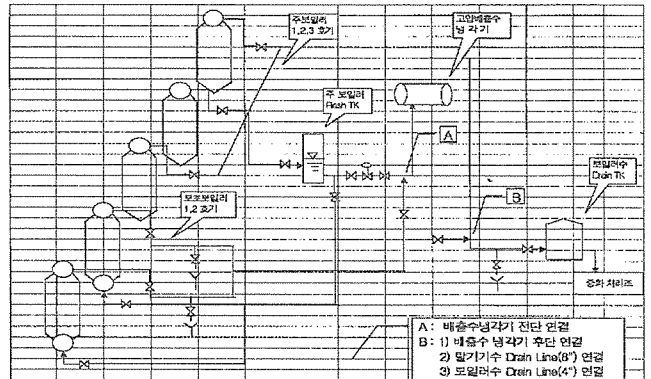
3.2 휴지보존 개선 대책(案)

3.2.1 개선 방법

가. 개요

주보일러 연속블로우다운수(CBD)가 보조보일러 하부드럼에서 과열기(Super Heater) 및 절탄기(Economizer)로 순환(UP FLOW)되도록 구성.

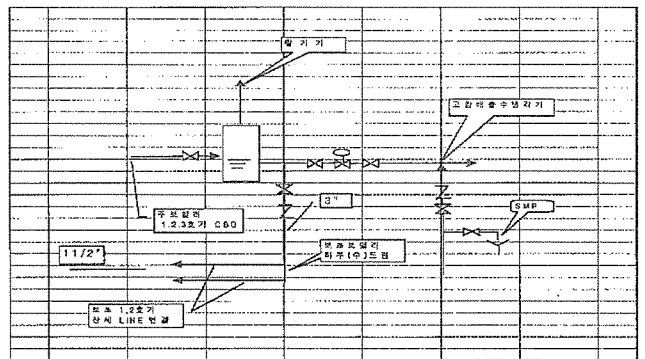
나. 배관구성도(Lay-Out)



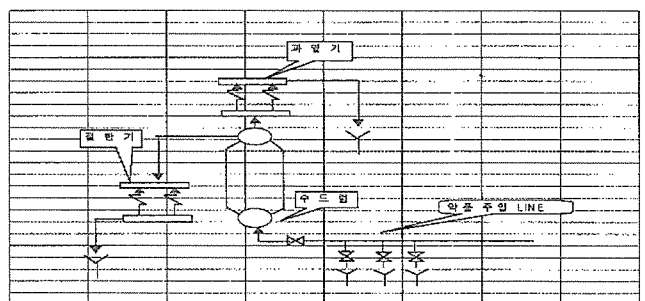
※ 柱 : 과열기/절탄기 순환구성은 별도 상세도면 참조

다. 블로우다운수 순환 세부 사항(세부 도면 포함)

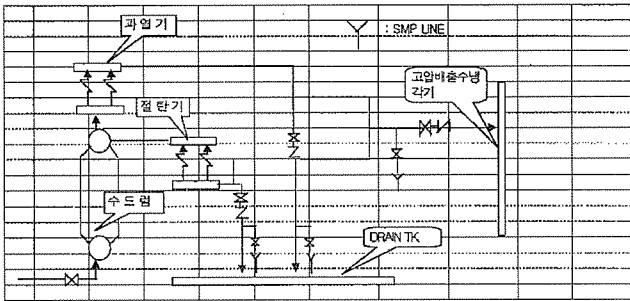
- 1) 주보일러 블로우다운수를 고압플래쉬탱크 후단에서 인출.



- 2) 블로우다운수 보조보일러 인입 배관 구성



3) 절탄기/과열기 Drain Line 순환(온도 관리)



3.2.2 적용에 따른 제반 검토

부식(전면, 국부), 스케일형성 여부 및 고온수(100℃) 순환에 따른 보일러 설계 관점에서의 기계적인 문제와 예상되어지는 가능한 제반사항을 검토 함.

1) 주보일러 블로우다운(CBD)수질에 의한 장애 검토

가. 현재 운전 블로우다운수 수질

항 목	pH	용존산소 (DOmg/l)	전기전도도 (μs/cm)	인산염 (PO4-3mg/l)	비 고
최 대	9.5	검출불가	45	2.5	전철 (T-Fe) : 검출불
최 소	8.7	"	12	0.2	
평 균	9.0	"	25	1.5	

나. 휴지보존처리 수질유지 기준

항 목	pH	용존산소 (DOmg/l)	하이드라진 (N2H4mg/l)	인산염 (PO4-3mg/l)	비 고
기 준	≒10	-	500	40	

다. 검토 결과

부식방지에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 pH와 용존산소(DO) 제어에 있으며, 습식보존처리에서 투입 약품의 관리기준도 이를 만족키 위하여 취하게 된다. 따라서 블로우다운수로 휴지보존처리 시행 시 다음에 따라 만족할만한 효과를 얻을 것으로 판단되며,

- 부식발생의 가장 큰 요인인 용존산소(DO) 및 탄산가스(CO2) 최소 유지
- 스케일 발생원인 경도 및 용해성 철 성분이 미량 존재.
- 블로우다운수 일일분석 및 감시유지로 최적의 보존수 상태 연속유지 효과.

추후 필요시 휴지보존약품의 보충투입을 위하여 별도의 약품주입LINE을 구성하여, 휴지보존 최적화

를 목표 함.

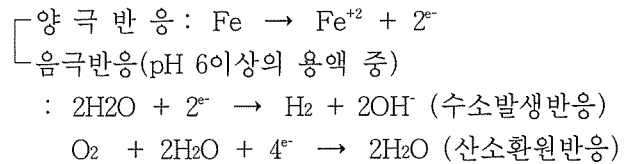
2) 고온수 처리에 따른 부식에 미치는 영향 검토

금속의 부식에 대한 수온의 영향은 온도 상승에 따라 수중에서 산소의 확산속도와 용해염류의 전리도가 증가, 용액의 산화·환원 속도가 증가되어 금속의 부식이 촉진된다.

일반적인 중성수에서 약 100 ~ 200℃사이가 철의 용출량이 최대가 되므로, 블로우다운수로(약120℃) 적용했을 경우 이에 대한 부식속도에 미치는 영향을 다음과 같이 검토한다.

가. 부식반응 개요

부식이란 전기화학반응으로 양극반응(금속의 용출)의 결과라 할수 있으며, 필요충분조건으로 음극반응(전자소모)과 전자전도체(금속), 금속주변의 이온전도체(부식매체), 전류의 흐름이 가능한 폐쇄회로 구성이 모두 만족되어야 한다. 따라서 이상의 다섯가지 조건중 어느하나의 조건만 억제하여도 충분한 방식효과를 얻을 수가 있다.



위의 음극반응중 수소발생반응은 알칼리용액에서는 느리게 일어나므로 전체 부식속도는 산소환원반응이 촉진되는 용존산소량에 따라 결정되게 된다.

나. 고온의 블로우다운수 처리에 따른 부식속도 검토

일반적으로 수온의 상승에 따라 부식속도가 증가하지만, 위에서 보인바와 같이 용존산소가 최소로 유지된 보일러관수(CBD) 상태 하에서는 수소발생반응만에 의한 부식이 발생하므로 오히려 보호피막역활의 부식형성물(산화물층)이 형성되는 바람직한 전면부식이 느린 속도로 유지 될 것으로 판단된다.

3) 기타 부식관련 고찰

부식현상을 유형·작용별로 분류하면 보통 다음과 같이 대별 할 수 있으며, 이 중에서 응력균열부식과

기계적요인에 의한 부식에 대하여 고찰하고자 한다.

- 갈바니부식(Gavanic corrosion)
- 틈 부 식(crevice corrosion)
- 입 계 부 식(grain boundary corrosion)
- 응력균열부식(SCC:stress corrosion cracking)
- 기계적 요인에 의한 부식(Mechanically induced corrosion)

가. 응력균열부식 및 기계적 요인에 의한 부식 개요

응력균열부식은 : 다양한 부식유형 중에서 가장 위험한 형태의 부식이며, 부식성분위기와 기계적응력이 동시에 작용하는 경우 발생하는데 두가지 조건이 상승효과를 일으켜 균열이라는 형태의 급속한 부식을 유발하는 것으로 알려져 있다.

기계적 요인에 의한 부식은 : 일반적으로 전기화학적 반응이 결정적인 인자로 작용하는 부식과는 달리, 기계적인 인자들이 보다 중요하게 작용하는 경우의 부식유형을 통칭하며, 침식부식(erosion corrosion), Cavitation, Fretting(마모)등이 있다.

나. 검토 의견

보일러 블로우다운수를 보존수(순환형)로 사용시 위의 두가지 요인에 대한 명확한 사전검토는 사실 어렵지만, 보조보일러설계 및 운전측면에서 검토할 경우, 보조보일러 제원에서 밝힌바와 같이 온도, 압력, 유량 모든 조건이 정상설계 운전조건보다 낮게 유지되고 있음으로 적용에 따른 전체효과에 비해 위의 영향은 적을 것이라 보며, 다만 본 적용에 따른 유지·관리에서 위의 부식요인을 충분히 감안한 운영이 보다 중요할 것이라 판단된다.

3.3 적용에 따른 기대 효과

3.3.1 보일러 휴지보존처리 개선 및 운전효율 향상.

■ 보일러 휴지보존처리 개선

가. 보일러 수·증기계통 부식 및 스케일 형성 방지능력 향상.

탈산소, 탈탄산 된 보일러수의 공급으로 보다 완벽한 휴지보존 목표.

나. 적용후 휴지보일러 및 계통(절탄기, 과열기)설

비가 약 80℃ 범위에서 유지 될것으로 판단되며, 이에 따라 연소가스측의 저온부식 및 산부식을 방지 할 것으로 기대.

■ 보조보일러 운전효율 향상.

보조보일러 Cold Start 경우, 정상부하에 이르는 시간이 약 6시간에서 약2시간으로 단축되어 보조보일러 운전효율 향상 및 예비, 보조설비개념의 보조보일러 기능 증대되어 신뢰성 운전 향상 기여.

3.3.2 휴지보존처리 유지비용 절감.

■ 연간 예상 절감금액 : 120백만원/년(100 만원/월)

□ 적용에 따른 예상소요 금액 : 약1,500만원(직접재료비 및 제 시공비 모두 포함)

□ 절감비용 산출 근거

- 연 료 비 : 보조보일러 Cold Start 상태에서 4시간 연료 실사용량 기준.
- 약품(순환) 균일농도 유지 월간 예열 횟수 : 월 3회 기준
- 별도의 보존약품비 및 보일러 기동 전기사용료

3.3.3 기타 기대효과

개선된 휴지보존방법의 적용으로 설비의 수명연장과 튜브파열등 비정상 운전 정지의 최소화로 열원설비의 보다 안정적인 운영을 통한 신뢰성 운전 향상을 기대.

4. 결 론

보조보일러 휴지보존처리의 문제로 발생 될 수 있는 손실로는, 설비의 부식 및 기계장치의 교환에 소요되는 직접적인 비용과 플랜트의 조업중단에 따른 신뢰성 운전손실 등의 간접적인 손실이 있다. 이의 최소화를 위하여 약품처리(습식)처리를 하고 있지만, 문제점에서 밝힌바와 같이 휴지보존 유지관리에 문제가 발생되고 있다. 따라서, 본 개선방안과 같이 우리 열원설비에 적용할 수 있는 최적의 휴지보존방안을 강구하여 적용하였다.

보일러, 순수생산시설 발생폐수 재사용에 대한 타당성 검토

(보일러 연속블로우다운수 / 활성탄여과기 역세척수)

1. 개요

1.1 추진 배경

열병합발전소 발전보일러 연속 블로우다운수(CBD WTR)의 재사용을 추진하기 위한 적용에 따른 타당성 검토 및 현장 적용시 예상 가능한 장애요인을 검토하였으며, 또한 열병합발전소 폐수(Waste Water)중에서 회수하여 재사용 가능한 활성탄여과기 역세척수와 소내 발생응축수(토양흡수 및 외부유출 물량)에 대한 전체 집수처리와 연계하여 친 환경발전소 지향 및 수자원의 사용절감을 도모하고자 한다.

1-2. 재사용 대상폐수 및 발생량 현황

대 상 폐 수	발생량 (Ton/Day)		온도 (°C)	비 고
	유 량	주 기		
보일러 블로우다운수 (CBD WTR)	120	2 %	60 ~ 80	보조보일러 휴지보존 처리수
활성탄(AC FLT)여과기 역세척수	80	1회/3일	17	년 평균
이온교환수지탑 재생수 (표면세척수)	20	1회/3일	17	"
소내 증기트랩 응축수 외 기타	불 명	-	60 ~ 80	

※ 1. 발생량 현황은 2000년 상반기 실적과 현 운전부하를 기준으로 산정 함.

2. 순수생산설비 재생수의 온도적용은 년중 대기 평균온도로 적용.

3. 이온교환수지탑 재생수량 산정 대상 : 2B3T, MBP, CPP

2. 재사용에 대한 타당성 검토 및 추진계획

2.1 보일러 연속블로우다운수(CBD WTR)

2.1.1 개 요

일반적으로 보일러 연속블로우다운수 재처리는 투입비용 대비하여 경제성이 없다. 하지만 보일러형식 및 운전조건에 따라 일반적으로 발전보일러 블로우다운수의 경우는 양질의 순수를 급수로 하여 증기를 생

산하므로 수질관리를 위한 배출수(CBD WTR)의 오염도(용존고형물 함유정도)는 높지 않고, 일반 공업용수의 수질보다 매우 양호한 상태를 보이고 있다.

따라서 다음과 같이 열병합발전소 블로우다운수 수질에 대한 재사용 가능여부 및 적용에 따른 각 연계 계통에서의 장애 여부를 충분히 검토하고 이에 대한 현장적용 방안을 제시한다.

2.1.2 재사용에 대한 타당성 검토

가. 검토 개요

■ 혼합처리수를 순수보급수로 사용시 장애 발생 여부.

· 보일러 수처리약품(부식 및 스케일방지제)에 의한 장애 발생 여부

· 기타 용존성분이 순수생산설비(활성탄여과기, 이온교환수지탑)에서의 문제 여부.

■ 응집침전조(Clarifier) 운용에서의 문제 여부

· 공업용수와 보일러수와의 혼합처리에 따른 응집 효율에 미치는 영향.

· 혼합에 의한 온도상승 영향.

■ 냉각탑(Cooling Tower) 보급수로 사용시 장애 여부.

· 현 냉각순환수 수질관리 프로그램에 미치는 영향.

· 수질관리프로그램 변경시의 연속적용 가능 여부.

나. 관련 계통수질 및 보일러약품 사용 현황

(1) 수질 현황

항목 구분	pH	COND	Ion SiO ₂ (μs/cm)	T-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	T-Fe (mg/l)	Ca-H (mg/l)	TURB (mg/l)	비고
블로우다운수	9.0±0.2	25±10	0.3±0.2	0.5~3.0	Tr	ND	0.5~0.1	실 운전 DATA
공업용수	7.0±0.5	110±20	4±1.5	ND	0.3↓	15~30	5~1	"
응집침전조 처리수	7.0±0.5	130±20	3.5±1.5	ND	0.1↓	15~30	1~0.1	"
블로우다운수 + 응집수	7.0±0.5	125±20	-	ND	0.1↓	15~30	1↓	10:1 혼합
냉각순환수	8.0~8.5	1500±500	-	4~10	0.3↓	80~250	3~15	"

※ 1. 기타 용존이온성분중 Na과 Al 이온은 원수처리약품인 응집제(PAC) 및 알칼리도(NaOH) 조절제 투입량에 비례하여 증·감을 보임.

2. 알칼리도는 상기와 같이 원수처리약품 증·감에 따라 변화를 보이며, 공업용수 25±5mg/l, 응집침전조 처리수 30±5mg/l 범위에서 운영 중.

(2) 보일러 약품사용 현황

구분 항목	부식·스케일방지제	탈산소제	부식 방지제	비고
조성	sodium phosphate (tri, di - basic)	alkylhydroxy - amine · 휘발성 아민류	cyclohexylamine · monoisopropanol - amine	
pH	13.0±0.5	11.5±0.5	13.0±0.5	
투입량(mg/l) (급수 대비)	1.3	2.0	6.0	±30%

- ※ 柱 1. 상기약품은 MAKER에서 공급(2000년 3월 ~ 2001년 2월)하고 있는 약품임.
2. 휘발성약품은 기·액 분배율에 따라 보일러내부 온도(약 350°C)범위에서는 기상으로 휘발 함. 다만 보일러 내부 고온 및 고압 조건에서 반응으로 일부가 분해(NOx, NH4+)되어 용존 함을 보임.

다. 혼합처리수를 순수보급수로 사용시 장애 여부 검토.

(1) 개요

순수생산과정은 활성탄여과기(Activated Carbon Tower)에서 주로 용존유기물, 산화성물질 및 부유고형물을 제거하고 이온교환수지(2B3T+MBP)에서 용존고형물(이온상성분)을 제거하여 순수를 얻게 되는데, 상기 수질표에서 보인바와 같이 보일러수 수질이 공업용수 수질과 비교하여 활성탄에 미칠수 있는 영향은 무시할 수준으로 판단되므로 여기서는 다음과 같이 이온교환수지에서의 장애여부만을 검토한다.

이온교환수지의 장애로는 물리적(기계), 화학적 장애로 구분하며, 보일러수 혼합 처리시에 물리적 장애는 공정상 문제가 되지 않을 것으로 충분히 판단되므로, 아래와 같이 화학적 장애여부에 대하여 검토코자 한다.

- 이온교환수지에 있어서 화학적 장애
 - 삼투압 충격(Osmotic Stress)
 - 화학적 충격(Chemical Stress) : 산화반응(Oxidation), 화학적오염(Fouling)
 - 열화(Temperature Stress)

(2) 삼투압충격과 산화반응 검토.

보급수 및 재생수 화학적조성의 급격한 변화와 농도차로 인한 삼투압충격은 혼합처리수가 저농도범위에서 변화하므로 문제가 되지 않으며, 다만 양이온교환수지의 산화로 인한 불가역팽윤과 음이온교환수지에서의 산화에 의한 교환기의 분해여부를 다음과 같이 알아본다.

<산화에 의한 이온교환수지 장애 현상>

수지종류별	현상	원인물질	비고
양이온 교환수지	산화에의한 가교도가 저하하여 불가역 팽윤 발생	산화철, 구리, 유리염소등 산화성물질	
음이온 교환수지	산화를 받으면 강염기가 약염기로 진행 최종 교환능력 상실		

【검 토】 보일러 블로우다운수에는 수질현황에서 보인바와 같이 상기 산화의 원인물질의 발생은 공업용수에 비해 미미하며, 다만 보일러 수처리약품에 의한 산화발생 가능성은 약품의 휘발성과 응집침전조 재처리과정에서 추가제거로 영향이 없을 것으로 판단된다.

(3) 화학적오염(Fouling)과 열화(Temperature Stress)

【검 토】 열화에 대해서는 혼합비율(10:1) 조건에서 큰 범위의 온도상승은 발생되지 않으므로 문제가 되지 않으며, 화학적 오염중 음이온의 유기물오염과 이물흡착에 의한 교환장애 현상은 없고, 오히려 이후에서 밝히는 바와 같이 공업용수보다 양호한 수질인 보일러수의 혼합으로 희석배율에 따른 지금보다 양호한 순수보급수를 얻으며, 현재의 응집침전조 운전조건 개선으로 응집제 투입량의 감소 및 효율증대가 이루어지므로 순수 채수량의 증가와 이온교환수지 장애감소 및 사용수명 연장에 기여 할 것으로 판단된다.

라. 응집침전조(CLARIFIER) 운용에서의 문제 여부.

(1) 개요

응집침전 : 사용하고 있는 원수에는 아래와 같이 여러 형태의 불순물이 함유되어 있으며, 발전용수 및 냉각수로 사용하기 위하여 각 오염물질의 처리가 여러 단계로 이루어진다.

<원수중 불순물의 기본적 처리방법>

불순물 크기별	저분자 영역	Colloid 영역	현탁질 영역
불순물 종류별	Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ Fe ²⁺ , Cl ⁻ , HCO ³⁻ , SO ⁴ ²⁻ , O ₂ , CO ₂	Fumic Acid Lignin, Sulfonic Acid 유기산, Colloid상 Silica 중금속 수산화물	탁도성분, 중금속산화물, 현탁상Silica, 세균, 조류
제거방법	RO/이온교환/탈기	응집흡착 또는 한외여과	정밀여과

상기 각 처리 단계에서 원수에 포함된 불순물중 Colloid와 현탁질물질은 응집침전(슬러지순환플랑켓형)으로 처리하여 냉각탑 및 순수생산 보급수로 사용하고 있으며, 나머지 저분자영역의 이온성과 가스상 물질은 이온교환과 탈기처리로서 순수를 제조하여 보일러 보급수로 사용하고 있다.

순수생산공정 전처리로 응집침전처리는 콜로이드 영역의 불순물을 제거하는데 필수적인 설비로, 처리가 불량하였을 경우 이후의 순수제조 과정 및 냉각수, 보일러수질관리에 직접적인 부하로 작용하여 2차 처리(이온교환처리) 및 각 계통수 수질 경향관리에 많은 어려움을 주게 된다. 따라서 다음과 같이 보일러 블로우다운수를 응집침전조로 혼합처리 하였을 경우 예상되어지는 문제 및 파급효과를 다음과 같이 관련분야 적용사례와 이론, 실험실 테스트(Jar Test)를 통하여 알아본다.

보일러수(CBD WTR) 응집침전조 유입처리 JAR TEST

□ 목 적

- 보일러수 재순환사용 적용시 응집침전조 응집·침전 효율 및 상태 판정.
- 보일러수 함유한 정인산(PO4³⁻) 및 기타 불순물 제거 여부.

□ 실험실(공단) JAR TEST 결과

1. 시료 조건

응집침전조 2차 반응조수와 보일러수(Floc 형성 및 안정조) 시료를 다음의 비율로 희석.

(희석비율 : 「 5 : 1 / 10 : 1 / 20 : 1 」)

2. 실험 결과 (응집침전조 2차반응조 상등수+보일러수)

항목 시료	pH	COND	o-PO ₄ ³⁻	T-ALK	침전성	FLOC 상태
		μs/cm	mg/l	mg/l CaCO ₃		
2차 반응조	7.3	125	ND	35	-	-
5 : 1	7.7	114	ND	26	양호(1)	양호(1)
10 : 1	7.5	118	ND	30	양호(2)	양호(2)
20 : 1	7.4	123	ND	33	양호(3)	양호(3)

- 침강성 및 FLOC 상태 : 희석율이 높을수록 양호(보일러수 혼합전 보다)
- 정인산염(ortho-PO₄) 순수에 희석(10:1) : 0.28mg/l as PO₄³⁻
- 보일러수 o-PO₄³⁻ : 3.1mg/l / 공업용수 o-POO₄³⁻ : ND

3. 고찰 및 의견

- 보일러수 처리약품으로 투입된 인산염성분 95% 이상 제거됨을 확인 함.
- 희석배율별로 침강성이 상당히 향상됨을 관찰 함.
- Floc이 미세한 상태에서 희석율 높을수록(20:1~5:1) 커지는 것을 볼수 있음.
- 따라서, FLOC의 크기증대로 침강성(속도)의 향상.

보일러수를 응집침전조로 유입 처리시 FLOC의 크기증가는 정인산염과 응집제 성분(AI)의 반응물인 침전염(인산염계 화합물) 형성과 알칼리도 물질(Na₃PO₄)의 추가 공급으로 응집제(PAC) 효율향상에 기여함을 알 수 있다. 결과적으로 FLOC 크기 증대가 침전속도를 직접적으로 높이게 된다(침전속도=D²).

- 외부 공인분석기관 및 수처리약품 공급업체 분석결과 비교
· 검토「mg/l as PO₄³⁻」

구분 항 목	공단 실험실	약품 공급사	한국화학 시험원	비 고
공업용수	ND	0.03	ND	희석율 10:1
보일러수	3.1	3.3	3.35	
보일러수 +공업용수	ND	0.04	ND	

상기 테스트 결과 보일러수중의 정인산염은 혼합처리후 95% 이상 빠른 반응속도로 제거됨을 확인할 수 있었으며, 기존 응집침전조 운영에서 응집제(PAC)와 알칼리도(NaOH) 과잉투입(탁도 대비) 문제(알루미늄성분 보일러 유입과 응존고형물 부하 증가) 해결에 기여하리라 판단된다.

- 블로우다운수와 공업용수 온도차에 따른 문제 검토

블로우다운수를 공업용수와 혼합하여 응집침전조(CLARIFIER)에서 재처리시에 온도차로 인한 밀도류 형성(부력 발생) 및 용수 중 용해성가스의 탈기로 발생된 기포가 FLOC에 부착하여 불량켓층 교란과 미세 FLOC 발생이 예상되므로 가능한 온도차를 줄일 수 있는 방안과 병행하여 추진될 수 있도록 한다.

- 관련 적용사례(이론·문헌)와 비교·검토

아래의 관련 이론과 연구논문 자료를 검토한 결과 응집침전조(Clarifier)에서 보일러수중 함유된 정인산염의 대부분이 제거될 수 있음을 확인하였다.

- 화학적 침전 「폐수처리공학」 著 Metcalf&Eddy 300p
- 정수처리 관련 연구논문 모음집 「공단 발전팀 제작」

마. 냉각탑(Cooling Tower) 보급수로 사용시 장애 여부.

(1) 개 요

냉각수 수질관리는 고농축운전(8배 이상)으로, 높은

알칼리성과 칼슘경도가 많은 고농축 수계에서 유리한 유기인산염(Phosponate) 프로그램을 적용하고 있다.

유기인산염은 일정체류시간이 경과하면 중합인산염으로 분해되고 분해된 중합인산염은 정인산염으로 분해되어 칼슘이온이 다량 존재하는 알칼리성 용수조건에서 스케일발생 경향이 높아지는 원인이 되고 있다.

특히, 분해율이 높은 열전달면에서 정인산에 의한 인산칼슘 석출이 두꺼운 스케일발생으로 문제가 되므로, 보일러수중 포함된 추가의 정인산염 부가에 의한 냉각수 계통에서의 장애여부를 파악하고자한다.

(2) 검토결과 및 의견

보일러블로우다운수 응집침전 테스트에서 보일러 배출수 중의 정인산염의 95% 이상이 제거되므로 냉각수질관리에 영향은 적을 것으로 판단되며, 이에 대한 수처리약품 납품업체도 90% 이상의 제거율 범위 내에서는 관리프로그램에 문제가 되지 않음을 확인하였다. 다만, 운전·관리에서 문제가 발생시 이에 대한약품프로그램 추가조정(분산제 함량 증대) 필요하며, 보다 세밀한 냉각수질 경향관리가 요구된다.

향후, 냉각수 수질관리프로그램을 변경할 경우 이에대한 연속 적용여부는 현재 국내에서 적용되고 있는 대부분의 프로그램이 침전피막형 방식제(인산염계)를 사용하므로 문제가 되지는 않을 것이다. 그러나 최근 환경규제 강화로 총인·총질소 규제가 시행될 경우 인산염계

냉각수(개방형) 관리프로그램을 환경 규제항목에 해당되지 않는 조건으로 변경하여야 하나, 현실적으로 현 개방형 냉각수 관리 프로그램을 충분히 대체할 만한 약품이 적용되지 않는 실정이다. 따라서 비인산염계 프로그램 적용시 문제여부는 타당서 검토대상에서 제외한다.

2.2 활성화탄여과기(Activated Carbon Filter) 역세척수.

2.2.1 개요

순수생산설비인 이온교환수지 오염 등의 장애방지와 보일러로의 유기물 유입을 방지하는 활성화탄여과기가 일정 체수량에 도달하면 활성화탄층에 여과된 이물(부유고형물), 미세입자 제거 및 고분자성 유기물로 인한 세공의 폐쇄현상을 방지하기 위하여 주기적인

역세를 시행하게 되는데, 이때 발생된 역세폐수를 현재는 별도의 처리조로 유입하여 폐수처리후 방류하고 있으나, 이를 응집침전조로 재순환하여 재사용 할 경우 이에 대한 문제여부 및 다른 공정에서의 영향 등을 검토한다

2.2.2 검토결과 및 의견

활성탄여과기 역세수 재순환처리에 대한 타당서 검토는 현장에서 각 대상설비에 대한 역세 공정별 시료(Sample)를 채취하여 정성·정량분석을 통한 오염도 확인 등의 직접적인 방법으로 판단하여야 하나, 분석 및 시료채취 등의 어려움으로 이론적인 검토로서 판단한다.

- 활성화탄은 화학적흡착과 물리적흡착 현상으로 수중의 오염물을 제거한다. 화학적흡착은 활성화탄과 수중 유기물 표면분자간의 화학적인력으로 일어나므로 강력한 힘으로 결합되고 역반응은 쉽게 일어나지 않는다. 하지만, 상대적으로 물리적흡착은 약한 힘으로 결합되어 있게된다. 달리 말하면 물리적흡착은 어떤 유기물입자의 크기가 활성화탄세공(pore)보다 커질수록 그것보다 작은 구멍에는 들어가지 않는 약한 물리적인력으로 결합된 상태로 볼 수 있다.
- 역세척의 과정은 역세(Back Washing)와 수세(Rinse)로 이루어지는데 역세과정에서는 주로 활성화탄표면에 여과된 부유물질(고형물)과 일부 물리흡착상태의 고분자 용존유기물이 제거 될 것으로 판단되며, 화학흡착형태의 용존유기물은 탈착되지 않을 것이다.

- 역세과정에서의 발생 유기물과 부유고형물은 응집침전조에서 처리 가능하며,
- 화학흡착된 용존유기물은 역세과정에서 탈착되지 않는다
- 기존 중력식여과기(Anthracite/Sand) 재생수 재순환 처리(예)

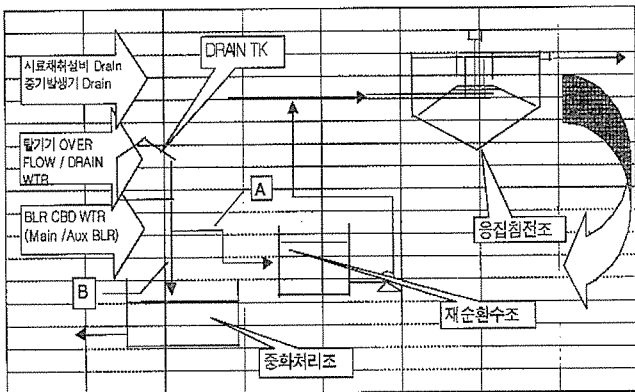
【검 토】 상기의 정리내용과 같이 활성화탄여과기 역세척수를 응집침전조로 재순환 처리하여 순수보급수 및 냉각탑 보급수로의 사용은 이론적으로 가능하며, 이에 따른 2차 처리의 문제는 정상적인 응집침전조(Clarifier) 운영 조건에서는 발생하지

않을 것으로 판단한다.

[의견] 활성탄여과기 역세수의 재이용이 가능한 점은 응집침전조가 있으므로 가능하므로, 응집침전조 운영·관리의 중요성을 재차 강조하며, 현재보다 더욱 신뢰성있는 운영을 위하여 설비개선과 함께 운영자의 전문지식과 세밀한 관심이 요구된다.

3. 현장 적용계획

- 보일러블로우다운수 / 활성탄여과기 역세수 재사용 적용 계획



* A : 신설배관 B : 기존배관

4. 재사용 실행에 따른 예상 절감금액

- 연간 예상 절감금액 : 53,000,000원 / 년(최근 6개월 운전부하 기준)
- 적용에 따른 설비 소요금액 : 1,700만원(직접재료비 및 제 시공비 포함)
- 절감금액 산정 내역(2000년도 운전부하 기준)
 - 용수절감금액 : 9,200,000원/년 (=4,400Ton/월 × 174원/Ton × 12월/년)
 - 에너지절감(회수열량)금액(냉각보급수 손실열량 제외) : 42,400,000원/년
 - 폐수방류 부담금 절감금액(회수 전체물량) : 1,200,000원/년 (=100,000원/월*12월)

5. 추진에 따른 기대 효과

- 용수비, 폐수처리비, 방류부담금 절감 과 에너지 회수.
- 수처리설비(응집침전조·중화처리조) 안정적인 운영에 기여
- 환경친화 사업장으로의 접근(폐수방류량 약 30~40% 감소).
- 수처리실(유해증기발생 및 부식환경) 작업환경 개선

6. 결 론

열병합발전소 계통별 발생폐수 재사용에 대한 타당성 검토와 적용은 전국의 개별 발전소 및 정수처리, 순수생산·사용 관련사업장에서 부분적으로 시행되었거나 검토되어왔다.

이상에서는 실적용에 따른 관련문제점과 실효성에 많은 의문을 충분히 해결치는 못했지만, 그동안의 경험과 관련이론·자료 검토, 각 분야별 전문가들의 조언을 통하여 본 제안의 적용에 있어서 문제가 없을 것으로 판단하며, 각 사업장별로 설비형식, 운전·수질관리방법 등 모든 조건이 다르므로 재사용 검토 및 적용에 참고가 되었으면 한다.

결론적으로 발전용 보일러수(연속블로우다운수)와 활성탄여과기 역세척수 재사용 적용여부는 정수·순수 생산과 사용에 미치는 경제성, 환경개선요인, 운영의 안정성, 효율향상 등을 종합 검토하여 결정을 내려야 할 것이다. 아울러, 본 내용에서 언급한 응집침전(Clarifier)설비 운영시 원수와의 온도차 발생으로 나타날 수 있는 문제를 충분히 감안한 개선대책을 동시에 추진하여 수처리계통 안전운영 문제요인을 사전에 방지할 수 있도록 한다.

마지막으로, 관련 내용을 발췌한 참고문헌과 첨부자료, 부분적으로 동 제안을 실행한 업체 소개를 생략하였음을 밝히고 관련내용의 검증에 도움을 주신 분들에게 본고를 빌어 감사를 드린다.