

# 수질과 부식

酒井 康行 (Yasuyuki SaKai) / 前·高砂熱學工業(株)

본고는 日本의 建築設備와 配管工事 96년 10월호에 掲載된 內容을 金孝經(서울大 名譽教授) 博士가 翻譯한 것으로서 無斷으로 轉載하거나 複寫 使用할 수 없음을 알려드립니다. [편집자 註]

## 1. 수돗물의 수질

일본의 수도법 제4조에 따르는 수질기준 (1992년 후생성령 제69호)을 <표 1>에 표시한다. 이 수질기준에 맞추어서 수돗물이 목표로 할 쾌적수질 항목(13항목)과 급후의 추이를 지켜볼 감시항목(26항목)이 후생성으로부터 통지 되었다.

이 쾌적수질 항목을 <표 2>에 표시한다.

그리고 급수전 물의 유리 잔류염소는 0.1mg/l (결합잔류염소로는 0.4mg/l) 이상, 단 공급수가 병원생물(病原生物)에 심히 오염될 염려가 있을 때 또는 병원생물에 오염된 것을 의심하게 하는 생물 또는 물질을 다량 함유할 우려가 있을 때는

0.2mg/l (결합 잔류염소로는 1.5mg/l) 이상이라고 수도법시행규칙 제16조의 3으로 규정되어 있다.

여기에 규정되어 있는 수질중 수질기준에 의한 염소이온(염화물이온), 쾌적수질항목에 의한 유리탄소와 란젤리아지수(포화지수), 수질기준과 쾌적수질항목의 양쪽에 다른 칼슘, 마그네슘등(경도)과 증발 잔류물 pH값, 또 수도법시행규칙에 의한 잔류염소가 금속부식에 관한 항목인데 적수를 발생하는가의 여부, 즉 철재에 대해서 부식성 인가의 여부를 단적으로 평가하는데 가장 중요한 지표로 되는 것은 란젤리아지수이다. 그

급수관이나 급탕관에서 적수가 나오는 것이 문제시 된지 오래다. 적수라 함은 칠판의 부식에 수반하여 부식생성물인 녹이 물에 현탁해서 생기는 현상이다.

최근 십수년간 적수의 발생을 방지하는 여러 가지 기술이 개발되어 왔으나 아직까지 적수문제는 완전히 해소되지 않고 있는 실정이다.

본지는 대한설비공사협회가 최근 입수한 「적수의 발생원인과 종류 및 방지대책」에 대한 자료를 이번 8월호, 9월호, 10월호 3회에 걸쳐 소개할 예정이다.

8월호

- [1] 적수와 그 방지대책 [2] 부식의 원인과 종류
- [3] 수질과 부식

9월호

- [4] 라이닝 강관의 방식 [5] 배관부식의 조사방법
- [6] 시스템의 부식과 대책

10월호

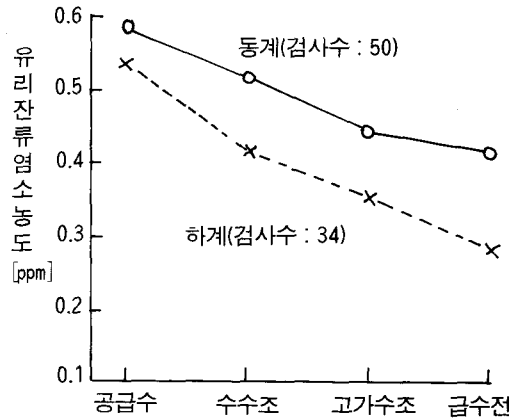
- [7] 피복층의 형성에 의한 방식
- [8] 용존산소 제거에 의한 적수방지와 배관방식
- [9] 「적수가 나오지 않는 배관재료」 폴리부틸렌관

[표 1] 수도법에 따른 수질기준(46항목)

구분	항 목	기 준 치	비 고	구분	항 목	기 준 치	비 고	
건 강 에 관 련 되 는 항 목	1	일반세균	100개/m 이하	병 원 생 물	25	총트리할로메탄	0.1mg/ℓ 이하	소독부생성물
	2	대장균군	불감출		26	1,3-디클로로프로페인	0.002mg/ℓ 이하	농 약
	3	카드뮴	0.01mg/ℓ 이하		27	시마진(CAT)	0.003mg/ℓ 이하	
	4	수은	0.0005mg/ℓ 이하	28	티라움	0.006mg/ℓ 이하		
	5	세렌	0.01mg/ℓ 이하	29	티오벤갈프	0.02mg/ℓ 이하		
	6	연	0.05mg/ℓ 이하	30	아연	1.0mg/ℓ 이하	색	
	7	비스	0.01mg/ℓ 이하	31	철	0.3mg/ℓ 이하		
	8	6가 크롬	0.05mg/ℓ 이하	32	동	1.0mg/ℓ 이하		
	9	시안	0.01mg/ℓ 이하	수 돛 물 이 있 어 야 할 성 상 에 관 련 되 는 항 목	33	나트륨	200mg/ℓ 이하	미 각
	10	초산성질소 및 아초산성질소	10mg/ℓ 이하		34	망간	0.05mg/ℓ 이하	색
	11	불소	0.8mg/ℓ 이하		35	염소이온	200mg/ℓ 이하	미 각
	12	4염화탄소	0.002mg/ℓ 이하		36	칼슘, 마그네슘 (경도, CaCO <sub>3</sub> 로서)	300mg/ℓ 이하	
	13	1,2-디클로로에탄	0.004mg/ℓ 이하		37	증발 잔유물	500mg/ℓ 이하	
	14	1,1-디클로로에틸렌	0.02mg/ℓ 이하	관 련 되 는 항 목	38	음이온 계면 활성제	0.2mg/ℓ 이하	발 포
	15	디클로로메탄	0.02mg/ℓ 이하		39	1,1,1-트리클로로에탄	0.3mg/ℓ 이하	냄 새
	16	시스-1,2-디클로로에틸렌	0.04mg/ℓ 이하		40	페놀류	0.005mg/ℓ 이하	
	17	테트라클로로에틸렌	0.01mg/ℓ 이하		41	유기물등(과망간산칼륨 (KMnO <sub>4</sub> , 소비량)	10mg/ℓ 이하	미 각
	18	1,1,2-트리클로로에탄	0.006mg/ℓ 이하		42	pH치	5.8~8.6	기 초 적 성 상
	19	트리클로로에틸렌	0.03mg/ℓ 이하		43	맛	이상이 없을 것	
	20	벤젠	0.01mg/ℓ 이하		44	냄새	이상이 없을 것	
	21	클로로포름	0.06mg/ℓ 이하		45	색도	5도이하	
	22	디브로모클로로메탄	0.1mg/ℓ 이하		46	탁도	2도이하	
	23	브로모디클로로메탄	0.030.1mg/ℓ 이하					
	24	브로모포름	0.09mg/ℓ 이하					

[표 2] 채적수질항목 (13항목)

항 목 명	목 표 치
1 망간	0.01mg/ℓ
2 알루미늄	0.2mg/ℓ
3 잔류염소	1mg/ℓ 정도
4 2-메틸 이소불네올	분말활성탄 : 0.00002mg/ℓ 입상활성탄등항구시설 : 0.00001mg/ℓ
5 제오스민	분말활성탄 : 0.00002mg/ℓ 입상활성탄등항구시설 : 0.00001mg/ℓ
6 취기강도(TON)	3 이하
7 유리탄산	20mg/ℓ
8 유기물등(KMnO <sub>4</sub> 소비량)	3mg/ℓ
9 칼슘, 마그네슘 등 (경도, CaCO <sub>3</sub> 로서)	10~100mg/ℓ
10 증발 잔유물	30~200mg/ℓ
11 탁도	금수전에서 1도 이하 송배수시설입구에서 0.1도 이하
12 란겔리아 지수(부식성)	-1정도이상으로하고 극력 0에 가깝게 한다.
13 pH값	7.5정도

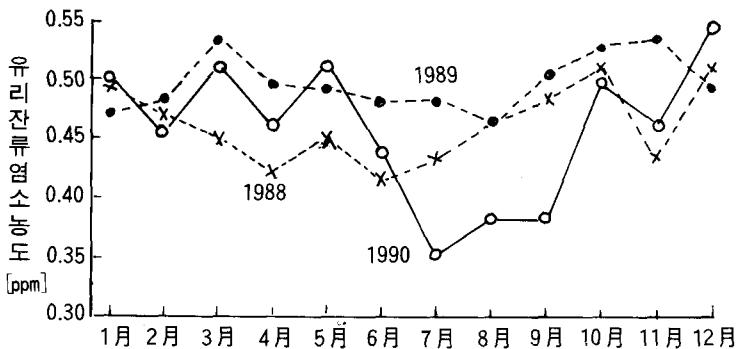


<그림 1> 유리잔류염소 평균농도의 감소상황

리고 유리탄산과 란겔리아지수의 그 어느 것도 상기 수질항목 이외에 산소비량(pH 4.8)(=M 알칼리도)[mgCaCO<sub>3</sub>/ℓ]의 분석치를 합해서 계산할 필요가 있다.

실제의 수돗물 수질의 보고예를 <표 3>에 표시한다.

여기서 Ca는 칼슘경도로서 15~65mgCaCO<sub>3</sub>/ℓ, Mg는 마그네슘 경도로서 4~41mgCaCO<sub>3</sub>/ℓ 이 합계의 전 경도는 19~106mg CaCO<sub>3</sub>/ℓ 로 된다. 그리고 일본의 천연수와 그것에 유래하는 수돗물의 전용해고형물(증발잔류물도 거의 같음)[mg/ℓ]은 도전률[μS/cm]의 약 0.7을 곱한 것이 되



<그림 2> 금수전에서의 유리잔류염소 농도의 월 평균 추이

[표 3] 일본전국 25개소의 수돗물 수질예 (永田英樹 1989)<sup>(1)</sup>

용존물질 [mg/ℓ]				수질 지표			
K	0.8~3.8	Mn	< 0.01	F	0.02~0.22	탁도 [도]	< 2~8
Na	5~22	Fe	< 0.01	Br	< 0.01~0.13	색도 [도]	< 5~56
Ca	6~26	Cu	< 0.01	탄산 (CO <sub>2</sub> )	1.5~105	pH	6.6~7.9
Mg	1~10	Cl	10~135	규산 (SiO <sub>2</sub> )	4~58	전도율 [μS/cm]	60~300
Zn	0.05~2.1	No <sub>3</sub>	1~36	인산 (PO <sub>4</sub> )	< 0.02~0.19	M 알칼리도 [mgCaCO <sub>3</sub> /ℓ]	15~65
NH <sub>4</sub>	< 0.01~0.12	SO <sub>4</sub>	5~190			란겔리아 지수 (포화지수)	-0.4~-2.8

고 증발잔류물은 40~210mg/l 로 추측된다.

이것들은 염화물이온의 10~135mgCl<sup>-</sup>/l 과 함께 <표 1>의 수질기준과 <표 2>의 쾌적수질항목에 적합하고 있는데 일본의 수도물은 규산(실리카: SiO<sub>2</sub>)이 비교적 많은 것이나, pH는 6.6~7.9로서 낮은 편이며, 란젤리아 지수는 전부 부(負)로 되어 있어 탄산칼슘에 의하는 방식피막이 석출하기 어려운 부식성의 물임이 표시 되어 있다.

한편 일반적으로 적수가 문제로 되는 간이 전용수도시설에서의 유리잔류염소농도의 실태조사보고 예를 <그림 1, 2>에서 표시한다.

여기서, 1990년 7, 8, 9월은 갈수기였으므로 특히 낮게 나타난다. 또, 어느 용도의 시설에서도 평균치는 0.4ppm 전후를 표시하고 있다고 보고 되어 있다.<sup>(2)</sup>

이 정도의 유리잔류염소농도에서는, 동관에

대해서는 여하튼, 강관의 부식과 적수에 대한 영향은 적은 것으로 추정된다.

## 2. 공조용수의 수질

공조용수등의 순환수의 수질에 대한 지침으로서 냉동공조공업협회(JRA)가 1971년에 제정하고, 1980년에 부분적으로 개정한 냉동공조기기용 냉각수 수질기준을 냉온수까지 부연해서 1994년에 제정된 가이드라인을 <표 4>에 표시한다. 이 적용대상은 응축기등의 공조기기 열교환기의 동관이며, 원래 1960년대의 심한 대기오염하에서 냉각수의 알칼리도와 pH가 저하된 것에 기인하여서 빈발한 응축기동관의 핑크 사고에 대처하기 위해서 시작된 것이다. 현재의 대기오염은 그 당시 정도는 아니고 교통이 심한 간선도로 근처에 냉각탑이 있는 경우를 제외하고 일반적으로

[표 4] 냉동공조기기용 수질 가이드라인(JRA-GL-02-1994)<sup>(3)</sup>

항 목	냉각수계			냉 수 계		온 수 계				경향			
	순 환 식		일 과 식			저위중온수계		고위중온수계					
	순 환 수	보 급 수		일 과 수	순 환 수 (20℃이하)	보 급 수	순 환 수 (20℃초과 60℃이하)	보 급 수	순 환 수 (60℃초과 90℃이하)	보 급 수	부 스케 일	식	
기 준 항 목	pH(25℃)	6.5~8.2	6.0~8.0	6.8~8.0	6.8~8.0		7.0~8.0				○	○	
	도전율(25℃) [mS/m]	≤ 80	≤ 30	≤ 40	≤ 40	≤ 30	≤ 30				○	○	
	[μS/cm]	{≤ 800}	{≤ 300}	{≤ 400}	{≤ 400}	{≤ 300}	{≤ 300}						
	염화물이온 [mgCl <sup>-</sup> /l]	≤ 200	≤ 50		≤ 50		≤ 50	≤ 30			○		
	유산이온 [mgSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l]	≤ 200	≤ 50		≤ 50		≤ 50	≤ 30			○		
	M 알칼리도 [mgCaCO <sub>3</sub> /l]	≤ 100	≤ 50		≤ 50		≤ 50					○	
	전경도 [mgCaCO <sub>3</sub> /l]	≤ 200	≤ 70		≤ 70		≤ 70					○	
	칼슘경도 [mgCaCO <sub>3</sub> /l]	≤ 150	≤ 50		≤ 50		≤ 50					○	
이온상태실리카 [mgSiO <sub>2</sub> /l]	≤ 50	≤ 30		≤ 30		≤ 30					○		
참 고 항 목	철 [mgFe/l]	≤ 1.0	≤ 0.3	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 0.3	≤ 1.0	≤ 0.3	≤ 1.0	≤ 0.3	○	○	
	동 [mgFe/l]	≤ 0.3	≤ 0.1	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 1.0	≤ 0.1	○		
	유화물 이온 [mgS <sup>2-</sup> /l]	검출되지 않을 것										○	
	암모늄이온 [mgNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l]	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	○		
	잔류염소 [mgCl/l]	≤ 0.3			≤ 0.3		≤ 0.25	≤ 0.3	≤ 0.1	≤ 0.3	○		
	유리탄산 [mgCO <sub>2</sub> /l]	≤ 4.0			≤ 4.0		≤ 0.4	≤ 4.0	≤ 0.4	≤ 4.0	○		
안정지수	6.0~7.0	-		-		-				○	○		

는 용질을 농축할 정도로 냉각수의 알칼리도와 pH가 높아지고 응축기 동관이 핑크될 염려는 거의 없어졌다. JRA의 가이드라인의 pH허용범위는 낮은 편이며 용질농도도 상한치만을 규정하고 있으므로 용질농도를 될 수 있는대로 낮게 하도록 권장하고 있다.

화학공학회가 많은 공장의 냉각수계 열교환기의 부식상황을 조사한 결과로부터 연강재 전열관의 부식에 의한 누수발생률과 냉각수 수질과의 관계를 <그림 3>에 표시한다. 냉각수의 도전율, 칼슘경도, M알칼리도의 어느 것도 높을수록 누수발생률이 낮게 되어 있는 것과 JRA의 가이드라인 규정의 수질범위에서는 누수발생률이 높게 되는 것이 표시되어 있다.

이 가이드라인은 배관등의 강관을 대상으로는 하지 않는 것에 주의할 필요가 있다. 배관·기기의 보통강이나 아연도금부에 대해서는 예로서 냉각수에서는 용질을 적당히 농축해서 포화지수를 어느정도 높여서 탄산칼슘의 보호피막을 석출시킴으로써 방식을 시도하여야 한다.

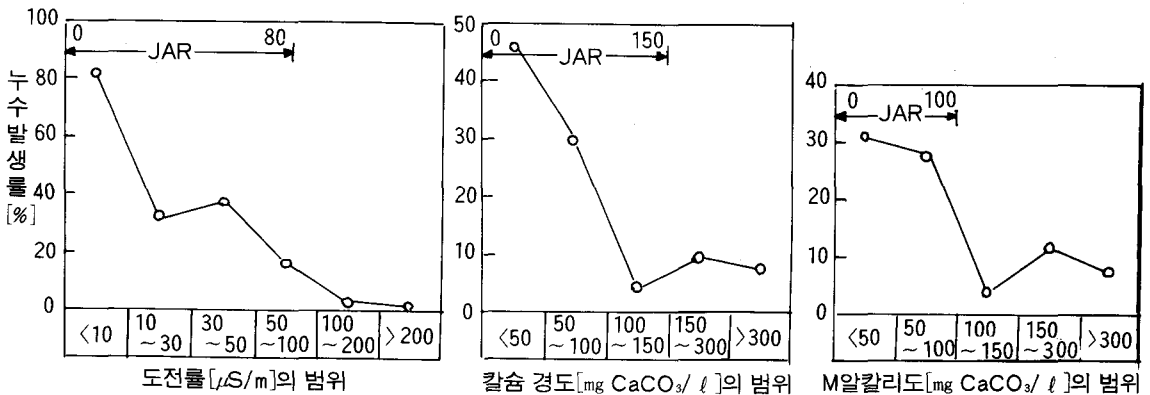
그런 관점에서 장려되는 냉각수의 수질관리요령을 <표 5>에 표시한다.

그리고 냉각수의 적정농축 배수의 산출방법은 보고서<sup>(5)</sup>를 참조바란다. 냉온수에 관해서도 상기

한 바와같이 말할 수 있다. 실제로 JRA의 가이드라인에는 온수계는 일반적으로 부식성이 심하고 특히 철강재가 아무런 보호피막도 없이 물에 직접 접하게 되어 있을 때는 방식약제의 첨가, 탈기처리 등의 유효한 방식대책을 시행하는 것이 바람직하다고 보며 배관등의 강관에 대하여 그대로는 충분한 방식이 안되는 것을 인정하고 있다.

밀폐계통 냉온수의 방식요체는 계통내에 산소가 들어가지 않게 하는 것이다. 그러기 위해서 불필요한 물의 교체를 삼가며 공기의 고입이 없게 할 것, 순환펌프의 글랜드패킹을 잘 조정해서 과잉의 누수가 없게 할 것, 팽창탱크수(水)를 순환시키지 않을 것 등이 중요하며 순환수의 수질은 염려하지 않아도 좋다.

거의 대기평형농도로 산소를 용존하고 있는 개방축열조계 냉온수는 같은 모양으로 산소를 용존하는 냉각수와는 달라서 용질의 농축이 없으므로 다른 방법으로 포화지수를 0부근으로 유지하므로써 방식을 도모할 필요가 있다. 그 방법으로는 축열조 내면마감과 계통 내의 구성재료에 따라서 <표 6>과 같이 운용하고 축열조수의 수질은 <표 7>에 집약하여 표시하는 바와 같이 관리할 것을 추천한다. 여기서 알칼리 약제처리와 석회



<그림 3> 연강재 열교환기 전열관의 부식에 의한 누수발생률과 냉각수 수질과의 관계(화학공학회, 1990)<sup>(4)</sup>

[표 5] 냉각수의 수질관리 요령(사카이, 1992)<sup>(5)</sup>

관리 항목	관리변도	관리 기준	이상시의 처치	이상시에 일어나기 쉬운 트러블
자동블로장치의 점 검	월 1회	도전율 설정치는 바르다	최신의 수질로서 목표 도전율을 다시 계산한다	부식 또는 스케일·슬라임에 의한 능력 저하
		도전율 센서는 냉각수를 바르게 계측	도전율 센서를 점검·청소한다. 도전율 센서 주위의 수류를 점검한다.	
		자동밸브는 정상으로 작동	자동밸브를 점검·청소한다.	
냉각수의 외관	월 1회	오락, 부유물, 더러움, 냄새가 없을 것	pH도 합해서 계측하고 pH가 높을 때는 자동 블로장치의 설정 도전율을 내린다(요점 3의 처치를 한다)	스케일·슬라임에 의한 능력저하
		적수가 아닐 것	pH도 합해서 계측하고 pH가 낮을 때는 요점 4의 처치를 한다.	부식
냉각탑의외관	월 1회	스케일, 조류, 슬라임 등이 없을 것	pH도 합해서 계측하고 pH가 높을 때는 자동블로장치의 설정도전율을 내린다(요점 3의 처치를 한다)	스케일·슬라임에 의한 능력 저하
		철부의 부식이 진행되고 있지 않을 것	pH도 합해서 계측하고 pH가 낮을 때는 요점4의 처치를 한다.	부식
		조류가 발생하지 않을 것	냉각탑을 청소한다. 상황에 따라 살조제를 투입한다.	슬라임에 의한 능력 저하
pH	2회/계절 (초기와 최대부하시)	8.3 ≤ pH ≤ 8.6	pH < 8.3일 때는 물의 입출이 과다한 염려가 있으므로 요점4의 처치를 한다. 도전율의 설정치가 너무 낮을 때는 시정한다.	부식
			pH > 8.6일 때는 강제블로 과소의 염려가 있으므로 자동블로장치가 정상으로 작동하지 않는다. 요점2 또는 3의 처치를 한다. 도전율의 설정치가 너무 높을 때는 시정한다.	스케일에 의한 능력 저하

[요점]

1. 적당하게 강제블로를 하든지, 자동블로장치에 의하여 적정농축배수를 유지한다.
2. 자동블로장치가 있는 것은 정상으로 동작하게끔 다음 사항을 적절하게 체크한다.
  - ① 설정도전율이 바른가("보급수의 도전율 × 적정농축배수"를 목표로 한다).
  - ② 도전율 센서에 더러움이 없는가, 또 바른값을 발신하고 있는가.
  - ③ 자동밸브의 작동이 정상인가.
3. 냉각수의 탁함·부유물·더러움·냄새, 냉각탑에 스케일·조류·슬라임 등이 보이고 pH도 높을 때는 농축과잉이므로 적절하게 강제 블로를 하든지, 자동블로장치의 설정도전율을 내린다.
4. 냉각수가 맑은가, 적수경향이 있어 pH가 낮은가, 냉각탑 철부가 부식되어 있던지, 자동블로장치의 설정도전율에 이르지 못할 때 물의 입출이 과다하여 농축부족으로 되어 있으므로 펌프의 글랜드패킹의 누수, 공기의 흡입구 루버에서의 물의 비산, 펌프 정지시의 오버플로 등을 점검 시정한다.

석 침지법에 관해서는 별지 보고서<sup>(6)(8)(9)</sup>를 참조 바란다.

3. 보일러수의 수질

증기보일러의 수질표준으로 JIS B 8223 「보일러의 급수와 보일러수의 수질」이 널리 사용되고 있다. 건축설비에 사용되는 형식의 보일러에서 최고사용압력이 1MPa(10kg f/cm<sup>2</sup>) 이하의 것을 발체하여 <표 8>에 표시한다. 또 보일러수에

대한 주요한 관리수질항목, 목적, 표준적 관리목표를 정리해서 <표 9>에 표시한다. 그리고 보일러수의 pH가 너무 높을 때 전열관의 수(水) 측에 알칼리부식이 생기는 일이 있으므로 주의를 요한다.<sup>(11)</sup>

이 표준은 증기보일러 자체의 장애방지를 주안으로 하며 보일러·시스템에 포함되는 증기관이나 환수관에 관해서는 고려되지 않고 있다. 특히 환수관에 생기기 쉬운 탄산부식의 원인물질이 되는 보

수질과 부식

[표 6] 축열조 내면마감과 운용방법 (사카이, 1990)<sup>(6)</sup>

조내면 마감	계내재료구성	운용관리방법
전체면이 방수모르타르 또는 누름 모르타르	모든 경우	최초의 물바르기 할때는 pH의 급상승이 안정될때까지 물을 바꾼다. 그후 적시에 수질을 체크하여 수질변화가 지나치면 적량의 물을 교체하여 시정한다.
전체면이 합성수지도막	내식재료뿐	때때로 수질을 체크하니 수처리하는 하지 않는다.
	철, 아연 있음	물바르기 할때와 적시에 알칼리 약제 처리를 한다. 석회석 침적법을 시행한다.

[표 7] 축열조계 냉·온수의 수질관리의 요점 (사카이, 1991, 1993)<sup>(7)(8)</sup>

방법	관리빈도	계측항목	관련	관리대상	관리기준	이상시의 처치
일상관리	주1회 *1	외관		적수·탁함·부유물·침전물·냄새등의 이상이 없을 것	냉수 : pH7.8~9.0 온수 : pH8.2~8.8	상세한 수질 분석을 한후 원인을 추구한다.
		pH				높으면 적량의 물을 넣어 교체하고 낮으면 상승을 기다린다. 상승이 너무 낮으면 알칼리 약제 처리한다.
수질분석	1~2개월에 1회 *1	pH *2		유리탄산CO <sub>2</sub>	냉수 : 3mgCO <sub>2</sub> /ℓ 이하 온수 : 0.5 "	자연히 감소하도록 기다린다. 감소가 너무 낮으면 알칼리약제 처리를 한다.
		P알칼리도 [mgCaCO <sub>3</sub> /ℓ]			포화지수 pH-pH <sub>s</sub>	냉수 : -1~+1 온수 : ±0~+1
		M알칼리도 [mgCaCO <sub>3</sub> /ℓ]		Mattsson 비와 pH		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ≥ 1 또 pH ≥ 7.4
		칼슘경도 [mgCaCO <sub>3</sub> /ℓ]			보급수와 동등한 것. 다만 준공후 또는 갠신 후 2년 이내는 100mgCl <sup>-</sup> /ℓ 이하	
		전용해고형물 *3 [mg/ℓ]		보급수와 동등일것		대략 2mg N/ℓ 이하
		유산이온 [mgSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /ℓ]			대략 5mgO/ℓ 이하	
		염화물 이온 [mgCl <sup>-</sup> /ℓ]		1mgFe/ℓ 이하		1mgZn/ℓ 이하
		실리카 [mgSiO <sub>2</sub> /ℓ]			1mgFe/ℓ 이하	
		질소 *4 [mgN/ℓ]		0.25mgCu/ℓ 이하		0.25mgCu/ℓ 이하
		COD [mgO/ℓ]			0.25mgCu/ℓ 이하	
		전체철 [mgFe/ℓ]		0.25mgCu/ℓ 이하		0.25mgCu/ℓ 이하
		전체아연 [mgZn/ℓ]			0.25mgCu/ℓ 이하	
전체 동 [mgCu/ℓ]	0.25mgCu/ℓ 이하	0.25mgCu/ℓ 이하	분석 빈도를 늘려서 수질의 추이를 본 후에 다른 관리 대상의 이상은 원인을 찾아서 시정한다. 동이 많으면 코일내의 퇴적물을 조사하여 적절한 조치를 강구한다.			

[주] #

1. 수질의 상황과 그 변화의 지속에 따라서 관리제도를 적의 증감한다.
2. 유리탄소농도, 포화지수의 계산에는 채수시에 현장에서 계측한 pH를 사용한다.
3. 전용해고형물 [mg/ℓ]에 더하여 "0.7×도전율 [μS/cm]"를 사용하여도 좋다.
4. 초산성질소와 아초산성질소, 암모니아성질소도 합한 "전질소"로 하여도 좋다.
5. 전동이 기준을 초과하였을 때는 공조기 코일의 동튜브 내의 침전물이나 석출물이 부착되어 있는 일이 많으므로 코일출입구 태핑을 열어서 튜브 내면을 점검하고 부착물이 있으면 그것을 채취, 분석해서 그 용해 제거에 적합하며, 코일을 구성하는 금속을 될 수 있는대로 부식시키지 않고 세정 후의 코일의 부식감수성을 높이는 일이 없는 세정약액을 사용해서 코일만을 대상으로 하여 코일 하나하나 세정한다.

그리고 배관계 전체를 대상으로 해서 세정하는 것은 세정시에 배관에서 발생하는 부유현탁물질이 코일 내면에 침착하여서 새로운 부식요인을 형성하는 염려가 있으므로 그런일이 없는 것이 확인되어 있지 않는 한 하여서는 안된다.

[표 8] 보일러 급수와 보일러수의 수질 표준 발체 (JIS B 8223~1989)

항목	보일러의 형식	노통보일러			수관보일러		특수순환보일러	
							단관식	다관식
구분	최고 사용압력 [MPa] {[kgf/cm <sup>2</sup> ]}	1 이하 (10 이하)			1 이하 (10 이하)		1 이하 (10 이하)	
	전열면 증발률 [kg/m <sup>2</sup> h]	30이하 <sup>a</sup>	30초과 60이하	60을 초과하는 것	50이하	50을 초과하는 것		
	보급수의 종류	원수 <sup>a2</sup>	연화수 <sup>a3</sup>		연화수 <sup>a3</sup>		연화수 <sup>a3</sup>	
수	pH(25℃에 있어서)	7~9			7~9		11.0~11.8	7~9
	경도 [mgCaCO <sub>3</sub> /ℓ]	60이하	1이하		1이하		10이하	
	유지류 [mg/ℓ]	낮게 유지하는 것이 바람직하다						
	용존산소 [mgO <sub>2</sub> /ℓ]	낮게 유지하는 것이 바람직하다						
	철 [mgFe/ℓ]				0.3이하	-	0.3이하	
	전증발잔유물 [mg/ℓ]						3000이하	-
	히드라진 [mgN <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /ℓ]						0.05이상	-
	산소비량(pH4.8) [mgCaCO <sub>3</sub> /ℓ]						300~800	-
	산소비량(pH8.3) [mgCaCO <sub>3</sub> /ℓ]						200~600	-
	염화물이온 [mgCl <sup>-</sup> /ℓ]						600이하	-
인산이온 [mgPO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /ℓ]						20~60	-	
보일러수	처리방식	알칼리처리			알칼리처리		-	알칼리처리
	pH(25℃에서)	11.0~11.8			11.0~11.8		-	11.0~11.8
	산소비량(pH4.8) [mgCaCO <sub>3</sub> /ℓ]	100~800			100~800		-	100~800
	산소비량(pH8.3) [mgCaCO <sub>3</sub> /ℓ]	80~600			80~600		-	80~600
	전증발잔유물 [mg/ℓ]	4000이하	3000이하	2500이하	3000이하	2500이하	-	2500이하
	도전율(25℃에서) [μS/cm]	6000이하	4500이하	4000이하	4500이하	4500이하	-	4000이하
	염화물이온 [mgCl <sup>-</sup> /ℓ]	500이하			500이하	400이하	-	400이하
	인산이온 [mgPO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /ℓ]	20~40			20~40		-	20~40
	아유산이온 [mgSO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /ℓ]	10~50			10~50		-	10~50
	히드라진 [mgN <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /ℓ]	0.1~1.0			0.1~1.0		-	0.1~1.0

[주] #

1. 주철제 보일러로서 증기기를 이용하여 상시 보급수를 사용할 때 적용한다.
2. 수도수, 공업용수, 지하수, 하천수, 호수 등
3. 원수를 양이온 교환수지를 충전한 연화장치로 처리한 물 또는 원수를 역침투장치로 처리한 물
4. 핵산추출물 또는 4염화탄소추출물질(JIS B 8224 참조)
5. 히드라진을 탈산소제로서 급수에 첨가할 때 적용한다.
6. 인산염을 첨가할 때 적용한다.
7. 아유산염을 탈산소제로서 첨가할 때 적용한다. 탈기기를 사용할 때는 10~20mgSO<sub>3</sub><sup>2-</sup>로 조절함이 바람직하다.
8. 노통보일러와 최고사용 압력 2MPa(20kgf/cm<sup>2</sup>) 이하의 수관보일러에 히드라진을 탈산소제로서 급수에 첨가할 때 적용한다. 단, 탈기기를 사용할 때는 0.1~0.5mgN<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/ℓ로 조절함이 바람직하다.

급수·급수중의 탄산물질을 구성하는 유리탄소와 산소비량(酸消費量·알칼리도)에 관한 규정은 없다.

#### 4. pH, 알칼리도, 용존산소등

pH가 낮은 물은 유리탄산이 많아서 포화지수

가 낮고 금속표면에 보호피막을 석출하는 일이 없으므로 부식성을 나타낸다. 너무 높은 것도 문제가 있으며 개방계통 공조용수의 pH는 8.3~8.6의 범위 내에 있는 것이 바람직하다.

알칼리도(酸消費量)는 산을 중화하는 완충능



[표 9] 보일러수의 관리목적과 표준적 관리 목표 (가네코, 1991)<sup>(10)</sup>

관리항목	목적	보일러수의 표준적 관리 목표
pH	부식의 방지 실리카나 경도등에 의한 스케일의 부착방지	11.0~11.8
산소비량 (pH 8.3)	실리카·스케일의 부착방지 pH의 간접적 관리	80~600mgCaCO <sub>3</sub> /ℓ 연화수를 급수로 하는 보일러에서는 보일러수의 실리카 농도의 1.7배이상으로 관리할 필요가 있다.
중발잔유물	스케일·슬러지의 부착방지	4000~2500mg/ℓ 이하
도전율	캐리오버의 방지	6000~4000mg/ℓ 이하
염화물이온	농축도관리와 부식의 방지	500~400mgCl <sup>-</sup> /ℓ 이하
인산이온	칼슘경도에 의한 스케일의 부착방지	20~40mgPO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /ℓ 급수중에 경도가 혼입하여 올때는 20~100mgPO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /ℓ
아유산이온	부식의 방지	10~50mgSO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /ℓ 검출되지 않을때 생기는 심한 부식을방지하기 위하여 50mgSO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /ℓ 이상을 목표로 관리할 필요가 있다.
히드라진		탈기기가 설치되어 있지 않는 보일러에서는 0.1mgN <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /ℓ 이상

력의 지표로 그 주체는 탄산수소이온 : HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>이다. 부착물 밑의 극간부식에서 용출하는 금속이온의 가수분해에 의한 pH의 저하를 알칼리도 성분이 완충하므로 동이나 스테인리스강 등의 부동태금속의 공식(孔食)발달을 물의 알칼리도를 높이면 억제할 수 있다. 또 유산이온 : SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>나 염화물이온 : Cl<sup>-</sup> 보다도 탄산수소이온 농도가 높은 것이 중요하다.

용존산소는 물·금속계면에서 환원반응( 1/2O<sub>2</sub> +H<sub>2</sub>O+2e<sup>-</sup>→2OH<sup>-</sup>)을 일으키고 금속으로부터 전자 e<sup>-</sup>를 빼앗아서 금속전위를 상승시키므로 이온화 전위가 낮은 철이나 아연등은 부식을 시작하는데 상승후의 전위가 이온화 전위와 거의 같은 동(銅) 등에 있어서는 다른 요인의 영향을 받는다. 예를 들어 흩어져 있는 부착물 자체 혹은 부착물에 의해서 물·금속계면의 용존산소농도에 농담이 생기면 용존산소농도가 상대적으로 낮은 국소에서 동도 부식을 시작한다. 따라서 동이나 스테인리스강등의 부동태 금속에서는 표면상태의 균질화와 청정화 침전물이 되는 부유현탁물을 수중에 생성시키지 않는 것이 중요하다.

<참고문헌>

1. 水田英樹 등 : 水道用亞鉛도금鋼管的 腐食事例와 亞鉛의 防食 果에 관한 考察 腐食防食 89. B-305

2. 濟藤敬子 : 遊離殘留鹽素減量の 實態調査리포트, 設備와 管理 26[5], 40(1992)

3. 松本徹 宮入嘉夫 : 冷凍空調機器用 水質 가이드라인의 制定, 空氣調和·衛生工學, 70[2], 173(1996)

4. 化學工學會 : 冷却水環境에서의 鋼製熱交換器의 使用實績 데이터集(1990)에서 作圖

5. 酒井康行 : 冷却塔의 메인テナンス, 冷凍, 67[774], 409(1992)

6. 酒井康行 : 蓄熱槽系統의 防食設計와 運用, 空氣調和·衛生工學, 64[3], 149(1990)

7. 酒井康行 : 3.1.2. 空調用冷溫水, 建築設備의 水質保全實務 讀本, 91, 오므社(1991)

8. 酒井康行 : 蓄熱槽系統의 防食과 水質管理手法, 히트펌프에 의한 冷煖房, [47], 11(1993)

9. 酒井康行 : 蓄熱式冷溫水系의 新防食法-石炭石浸漬法-, 建築設備와 配管工事, 30[3], 78(1992)

10. 金子一郎 : 3.1.4. 보일러水, 建築設備의 水質保全實務 讀本, 98, 오므社(1991)

11. 福井三郎, 厚川麻須美 : 보일러에서의 알칼리 부식에 관하여, 火力發電, 11[6], 537(1960)

筆者連絡先

酒井 康行

前·高砂熱學工業(株) 技術本部 技術開發部

〒 166 東京都阿佐谷區阿佐谷2-33-13(自宅)

TEL : 03-3314-0996(自宅)