

<現場의 腐蝕問題 시리즈 4>

冷却水 高濃縮運轉과 冷却水 處理問題

李 在 益\*

Cooling Water Treatment under Recycling Operation Conditions

J. I. Lee

1. 序 論

最近 國內의 各種 重化學工業과 石油化學工業 및 其他 各種 重工業이 날로 飛躍的인 發展을 거듭함에 따라 工場規模가 大型化되므로서 工業用水의 使用量이 急激히 增加되고 있는 實情이다.

勿論 工業用水源이 豊富한 우리나라에서는 用水源을 開發하면 充分히 工業用水를 確保할 수 있으므로, 아직까지는 用水不足으로 因한 生産中斷 또는 操業率 短縮 現象을 防止할 수 있겠으나 限定된 工業用水源으로서 充分한 量의 用水를 供給하지 못하여 生産中斷 또는 操業率 短縮 現象이 惹起될 可能性이 많다고 할 수 있겠다.

蔚山 工業團地의 경우 76年初 工業用水의 急増과 異常渴水 現象으로 因하여 工團內 몇몇 生産工場에서는 生産中斷 또는 操業率短縮 現象을 감수하지 않으면 안 되었으며, 이러한 現象이 76年 11月頃에도 再現되므로서 비로서 工業用水의 重要性을 再認識하게 되었다는 것은 工業用水가 얼마나 重要한 것인가를 立證하고도 남음이 있겠다.

더욱이 蔚山工團內에 3~4個의 重化學工場이 新設稼動될 경우에는 現 用水量으로서는 充分히 供給할 수 없는 狀況이므로 蔚山市 當局에서는 이에 對備하여 現在의 用水水質보다 低質인 洛東江 水源을 工業用水로 確保하기 爲하여 不徹晝夜 全力을 다하고 있으며 늦어도 77年度 初에는 充分한 量의 用水를 確保할 수 있으므로 用水 不足으로 因한 各種 被害는 防止할 수 있다. 이와 같이 工業用水의 不足으로 因한 各種 被害를 未然에 防止하기 爲하여는 當局에서 用水 所要量을 추정하여 用水源을 開發하여야 할 것이며 모든 生産工場에서는 物理的인 면에서나 經濟的인 면에서 한 방울의 물이라도 節約할 수 있도록 用水 管理方法을 根本的으로 改善하여 用水節約, 防蝕劑 節減, 排水量 減少 등

으로 諸 經費를 節減하는 同時에 水質汚染을 防止할 수 있도록 用水管理를 合理化시켜야만 할 것이다.

따라서 本文에서는 當工場에서 行하고 있는 水質 惡化에 따른 冷却水 處理時 問題點과 公害防止面에서의 冷却水 處理方案에 對하여 簡單히 序述하므로서 各工場에서의 冷却水 管理에 도움이 되도록 한다.

2. 當工場에서의 冷却水 處理 現況

2-1. 冷却塔의 主要諸元

當 工場의 冷却塔의 主要諸諸元과 冷却水의 系統圖는

表1 冷却塔의 主要諸元

項 目	諸 元
型 式	662-3-08(R) Marley class 600 Double flow
冷却水量	17400m <sup>3</sup> /Hr=2, 175m <sup>3</sup> /Hr×8cell
溫 度	入口=40°C 出口=32°C
蒸發損失	1.4%
飛散損失	0.2%
送 風 機	軸流 送風機(可變 pitch) 8臺 直徑: 6,700φ(264inch) 8枚
電 動 機	屋外型 全開 扇三相 誘導電動機 8臺 55kW×82amp×4P×440V

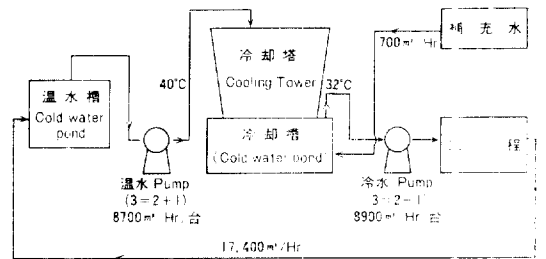


그림 1. 冷却水 系統圖

\*慶南蔚山市 呂川洞 190 韓國肥料工業株式會社 研究課長

表1 및 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는 바와 같이 냉각수 循環量은 設計上 17,400m<sup>3</sup>/Hr이나 실제로 계절에 따라 多少 差異가 있다. 最近 冷却水 循環量은 最高 19,550m<sup>3</sup>/Hr 最低 15880m<sup>3</sup>/Hr이며, 水溫은 33.5°C(入口), 26.5°C(出口)로 運轉되고 있으며 補充水 量은 高濃縮運轉으로 因하여 約 150~200m<sup>3</sup>/Hr 減少된 200~230m<sup>3</sup>/Hr 程度 補充되고 있다.

2-2. 冷却水 處理 現況

工場稼動 以後 現在까지 當工場에서의 重要한 冷却水 處理現況은 表 2와 같다. 工場稼動 當時만 하여도 冷却水 處理와 管理에 對한 豐富한 知識과 經驗을 갖추지 못한 때이라 冷却水 處理에 對하여는 腐蝕抑制劑 製造會社인 日本의 Organo社에만 依存하여 Organo社의 助言에 따라 크롬酸鹽과 重合磷酸鹽의 混合防蝕劑인 크롬酸鹽系의 Orgafilm c-2를 購入하여 冷却水中防

蝕劑의 維持濃度가 20ppm 되도록 投入하였으며, 鐵 Bacteria 및 各種 藻類等 微生物에 依한 障害를 防止하기 爲하여는 鹽素(Cl<sub>2</sub>) 處理를 行하여 冷却水中的 鹽素濃度가 0.5~1.0ppm되도록 층격투입법으로 1주일에 1회씩 投入하였으며 腐蝕障害와 Scale 障害를 抑制하기 爲하여 Ca(OH)<sub>2</sub>를 注入하여 冷却水的 pH를 7.8~8.3으로 維持시키는 同時에 冷却水的 飽和指數를 (+)쪽으로 하였다. 그러나 防蝕劑인 Orgafilm c-2의 入荷 지연으로 腐蝕現象이 惹起되는 바 當 工場에서는 1次的으로 重크롬酸鹽과 重合磷酸鹽을 別途로 各各 購入하여 50:50(重量比) %로 混用하였고 堆積物에 依한 障害를 除去시키기 爲하여 Ca(OH)<sub>2</sub>의 注入을 中止시키는 同時에 防蝕劑의 防蝕效果를 上昇시키고저 冷却水的 pH를 6.5~7.5으로 調節 運轉하였으며 75年 9月 以後부터는 크롬酸鹽의 排出로 因한 水質汚染 現象을 防止하기 爲하여 冷却水 濃縮運轉을 實施하고 있다.

表 2. 冷却水 處理 現況

日 字	處 理 現 況	備 考
1966. 11. 17	冷却水 使用	防蝕劑 不注入 부식율 : 40~80M. D. D
1967. 2. 1 ~2. 18	防蝕劑 注入	Orgafilm c-2(크롬酸鹽+重合磷酸鹽) 維持濃度 : 20ppm 부식율 : 5M. D. D. . .
1967. 3. 1 3. 17	防蝕劑 注入中止	Orgafilm c-2 入荷  지연
1967. 3. 17 以後	防蝕劑 再注入	Orgafilm c-2
1967. 4. 1	Ca(OH) <sub>2</sub> 注入 Cl <sub>2</sub> 注入	pH=7.8~8.3調節, Is(飽和指數)=+傾向 잔류염소 농도 : 0.5~1.0ppm 부식율 : 5. M. D. D. 以下
	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> + (NaPO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> 로 교체	維持濃度 : 20ppm 混合比=50:50(重量比) 부식율 : 5M. D. D. 以下
	Ca(OH) <sub>2</sub> 注入中止	pH=6.5~7.3 調節 (Scale 障害除去, 堆積物障害 要因 除去) 부식율 : 5M. D. D. 以下
1975. 9. 1 以後	冷却水 濃縮運轉 實施	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> +(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> =50:50 (重量比) 목표 : N≤3* 부식율 : 5. M. D. D. 以下
1976. 9. 1 以後	冷却水 高濃縮 運轉	N>3 부식율 : 5 M. D. D. 以下
	※ 濃縮度 = $\frac{\text{冷却水 中の } K^+ \text{ 量}}{\text{補充水 中の } K^+ \text{ 量}}$	

3. 冷却수에 依한 障害

一般的으로 冷却수에 依한 障害는 腐蝕障害, Scale

障害, slime障害 또는 堆積物障害로 크게 分類되며 이러한 障害는 그림 2와 같이 서로 연관성을 갖고 있다

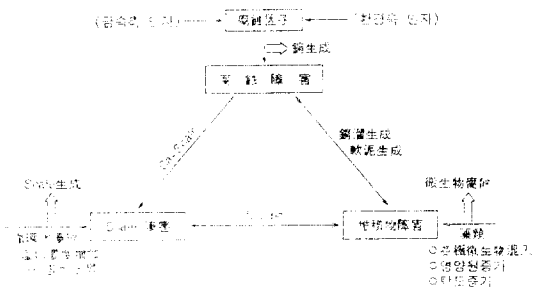


그림 2. 냉각수 장애 Cycle

3-1. 당공장의 用水水質과 障害傾向

前述한 바와 같이 당공장의 循環冷却水系에 있어서 第一 우려되는 것은 腐蝕障害이므로 1次的으로 補充水の 水質을 分析한 後 2倍, 3倍, 4倍, 5倍 濃縮運轉時의 水質斗 飽和指數 및 安定度指數를 算定하여 이

미한 障害傾向이 있으며 冷却水 濃縮運轉이 可能한가를 檢討한 結果 表 3과 表 4에서 보는 바와 같이 冷却水の 高濃縮運轉이 可能하며 腐蝕障害傾向을 나타내고 있으므로 防蝕效果가 良好한 防蝕劑를 使用해야 된다.

3-2. 防蝕劑 選定

冷却水系的 防蝕劑(腐蝕抑制劑)로서는 크롬酸鹽系, 重合磷酸鹽系, 珪酸鹽系, 合成有機高分子化合物 等等 여러가지 형태의 많은 防蝕劑가 市販되고 있으나 當工場에서는 가장 經濟的이고 防蝕效果가 良好한 크롬酸鹽과 重合磷酸鹽을 混用하고 있으며 크롬酸鹽系의 排出로 因하 水質汚染 現象을 輕減시키고 用水節約, 防蝕劑節減 等으로 因한 諸經費를 節減시키고져 冷却水 高濃縮運轉을 施行하고 있으며 洛東江 水源을 工業用水로 使用하였을 경우 水質 惡化에 따른 冷却水 處理時의 諸般 問題點을 解決하는 同時에 總量規制時에 對備하고 水質汚染源을 除去하기 爲하여 1次的으로 當工場의 使用條件과 諸般 環境에 가장 適當한 非公害性인 非크롬酸鹽系의 防蝕劑를 選定하기 爲하여 各種 腐蝕抑制劑 種類에 따른 防蝕效果 比較試驗과 性能試驗

表 3. 當 工場의 用水水質과 洛東江 水質

分析期間	當 工場의 用水 水質			洛東江 水質 <sup>1)</sup>
	原 水	補 充 水	冷 却 水	
分析期間	75. 1. 1~75. 12. 31	75. 9. 24~76. 5. 14	76. 9. 1~76. 10. 31	75. 1. 1~75. 10. 31
pH	7. 0~7. 1	7. 1~7. 2	6. 3~7. 5	6. 5~7. 4
M-alk度(ppm)	26	18~22	6~20	10~42. 8
Ca-II(ppm)	34	14~20	16~70	16~40. 1
T-H(ppm)	18	24~34	26~100	23. 7~59. 3
Cl <sup>-</sup> (ppm)	6	4~5	16~24	10. 4~28. 4
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup> (ppm)	3~4	6. 0~8. 4	27. 6~46. 8	4. 4~20. 2
T. D. S(ppm)	50~70	54~71	157~366	16~13. 1
溫度(°C)	15	15	28. 5~33. 5	15 <sup>5)</sup>
pHs <sup>2)</sup>	9. 1	9. 4~9. 3	8. 9~9. 8	8. 8~9. 8
飽和指數 <sup>3)</sup>	-2. 0~-2. 1	-2. 1~-2. 3	-1. 4~-3. 8	-1. 4~-3. 3
安定度指數 <sup>4)</sup>	11. 1~11. 2	11. 4~11. 3	10. 3~13. 6	10. 2~13. 1
障害傾向	腐蝕障害	腐蝕障害	腐蝕障害	腐蝕障害

※ 分析値는 分析期間中 最高 最低值임.

1) 馬山地域 공업 용수 수질임.

2) 理論上的 pH 값임. pHs=(pH+증발잔차 계수+水溫(°F) 계수)-(f<sub>ca</sub>+f<sub>M-alk</sub>)

3) 飽和指數 (Sturation Index)=Sa. I.

(鈴木靜夫:工業用水 處理 Sa. I=pH-pHs에서)

4) 安定度指數 (Stability Index)=St. I

(上 同) St. I=2pHs-pH

5) 當工場用水로 使用하였을 경우 溫度를 推定하였음.

※ 磷酸 Ca 指數=Sp. I=F-F'

(上 同) F=fca÷fpO<sub>4</sub><sup>'''</sup>

F'=17. 3+fppH+fx°C

Sa. I>0 : Ca-Scale 생성傾向

Sa. I<0 : 腐蝕傾向

St. I>6 : 腐蝕傾向

St. I<6 : Scale 생성傾向

Sp. I>0 : Scale 생성傾向

Sp. I<0 : 腐蝕傾向

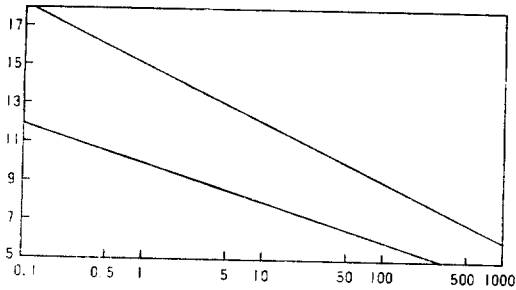


그림 3. Calcium Phosphate 飽和指數計算圖  
Ca-Hardness & PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>(ppm)

Temp. (°C)	ft	pH	fpH
10	0	6.2	-2.87
20	0.31	6.3	-2.18
30	0.62	6.4	-2.09
40	0.93	6.5	-1.72
50	1.32	6.6	-1.35
60	1.51	6.7	-1.00
70	1.64	6.8	-0.66
80	1.77	6.9	-0.33
90	2.15	7.0	0.0
100	2.08	7.1	0.32
		7.2	0.62
		7.3	0.92
		7.4	1.20
		7.5	1.47
		7.6	1.73
		7.7	1.98
		7.8	2.22

을 行하고 있다.

따라서 當 工場에서는 防蝕劑를 선정하기 爲한 條件으로는

(1) 防蝕效果가 良好할 것

防蝕劑가 Scale 生成의 原因이 되어서는 안되며 어떠한 腐蝕性 物質이 共存하거나 別途의 藥品에 依해서 分解 또는 沈澱을 形成시키지 않아야 한다.

(2) 安定한 防蝕效果를 維持할 것.

冷却水의 濃縮度 上昇으로 淸污 時間이 長時間일지라도 防蝕效果가 低下되지 않아야 한다.

(3) 有毒性 物質이 含有되지 않을 것.

防蝕效果가 良好하고 經濟的일지라도 水質汚染現象을 惹起시키지 않아야 한다.

(4) Scale 및 Slime을 助長하지 않을 것.

(5) 非鐵金屬에 對한 防蝕效果도 良好할 것.

(例 Al, Cu)

(6) 取扱과 添加方法이 간편하고 濃縮管理等이 容易할 것.

(7) 處理 cost가 低廉할 것.

#### 4. 冷却水 高濃縮運轉 結果

一般的으로 開放循環冷却水系에 있어서 高濃縮運轉이라 함은 循環冷却水의 水質이 補充水의 水質에 對한 濃縮倍數가 3 以上을 말하고 있다.

따라서 高濃縮運轉時와 低濃縮運轉時를 比較하면 高濃縮運轉時에는 補充水의 水量과 排水量이 少量이며 管理藥品의 使用量이 節約되므로서 經費를 節減할 수 있다는 長點이 있는 反面 循環水의 水質이 惡化되므로

表 4. Ca(OH)<sub>2</sub> 注入 如否와 濃縮度에 따른 冷却水 水質

	Ca(OH) <sub>2</sub> 注入 如否 <sup>2)</sup>		濃縮度에  따른 冷却水 水質變化				
	注入 時	注入 中止時	補充水	N=2	N=3	N=4	N=5
分析 期間	71.9.1 ~72.9.30	73.10.1 ~74.7.31	75.9.24 ~76.5.14				
pH <sup>1)</sup>	7.8	6.8	7.1~7.2				
M-alk度 (ppm)	33.5	21.5	18~22	36~44	54~66	72~88	90~110
Ca-H(ppm)	85	49.0	14~20	28~40	42~60	56~80	70~100
T-H (ppm)	102.5	67.0	23~34	48~68	72~102	96~136	120~170
Cl <sup>-</sup> (ppm)	10.5	14	4~5	8~10	12~15	16~20	20~25
T.D.S (ppm)	253	147	54~71	108~142	162~213	216~284	270~355
溫度 (°C)	33.3	33.0	15°C	33.0			
pHs	8.6	9.0	9.4~9.3	8.6~8.9	8.4~8.7	8.2~8.5	8.0~8.3
飽和指數	-0.8	-2.2	-2.1~-2.3	-1.4~-1.8	-1.2~-1.6	-1.0~-1.4	-0.8~-1.2
安定度指數	9.4	11.2	11.~411.6	10.0~10.7	9.6~10.3	9.2~9.9	8.8~9.5
障害傾向	腐蝕障害	腐蝕障害	腐蝕障害	腐蝕障害	腐蝕障害	腐蝕障害	腐蝕障害

備 考

1) 濃縮度에 따라 pH가 上昇하나 Boiler flue gas의 영향을 받으므로 변하지 않음.

2) 분석기간중의 평균치임.

서 低濃縮運轉時보다 各種 障害가 激烈하다.

即 冷却水의 pH 上昇, 溫度上昇等으로 Scale 障害가 惹起되며 鹽類濃度 增加로 因한 防蝕劑의 防蝕效果 低下 및 濁度와 懸濁物質 增加로 因한 Slime 障害等이 促進 된다.

4-1. 冷却水 水質分析 結果에 依한 障害判定

이 方法은 補充水의 水質과 冷却水의 水質을 各各 測定하여 循環水의 濃縮度와의 關係로서 障害傾向을 判定하고 防蝕劑의 使用前後時의 水質을 測定하므로써 防蝕劑의 防蝕效果를 判定하는 方法으로서 冷却水 運轉中 冷却水 障害傾向을 把握할 수 있는 손쉬운 方法이다.

一般的으로 循環冷却水의 濃縮度는 補充水와 循環冷却水의 水質을 測定하여 比較하면 산출할 수 있다.

即 電氣傳導度, pH, M-alk度, 鹽類濃度라든지 鹽素이온 等を 測定하여 比較하므로써 산출할 수 있으나 當 工場의 경우에는 冷却塔 附近에 Boiler가 位置하고 있는 바 계절에 따라 Boiler flue Gas의 영향이 있으므로 補充水와 循環冷却水中의 K<sup>+</sup>를 測定하여 濃縮度를 算出하고 있으며 低濃縮運轉時와 高濃縮運轉時의 冷却水 水質은 表 5와 같으며 高濃縮運轉을 行한 後 冷却水의 水質과 補充水의 水質은 表 6과 같다.

表 6에서 보는 바와 같이 現在 冷却水의 濃縮度는 3.0~4.0으로 運轉하고 있으며 飽和指數 및 安定度指數를 보면 腐蝕障害傾向을 나타내고 있으나 水質中 Ca

表 5. 低濃縮運轉時와 高濃縮運轉時의 冷却水 水質

期 間	低濃縮運轉時水質		高濃縮運轉時水質	
	補充水	冷却水	補充水	冷却水
75. 4. 11~75. 9. 9			75. 9. 24~76. 11. 30	
濃 縮 度	N<2*2)		N=	
pH	7.1~7.2	6.1~7.5	7.1~7.2	3.0~4.0
M-alk (ppm)	16~28	4~22	18~22	6.0~7.3
Ca-H (ppm)	12~20	22~52	14~20	2~23
T-H (ppm)	24~34	34~74	24~34	31~76
Cl' (ppm)	4~5	5~18	4~5	50~100
T. D. S (ppm)	54~71	107~191	54~71	10~24
溫 度 (°C)	15°C	33°C	15°C	157~366
pHs	8.8~9.7	8.6~9.5	9.3~9.4	15°C
障 害	腐蝕障害	腐蝕障害	腐蝕障害	30°C
備 考	1) 分析値는 分析期間中 最高最低值임. 2) 低濃縮運轉時의 濃縮度는 N=1.5~1.3으로 推定됨.			

表 6. 冷却水 高濃縮運轉 結果에 따른 水質

期 間	補充水	循環冷却水의 濃縮度에 水質									
		N=	N=	N=	N=	N=	N=	N=	N=	N=	N=
		3.0~4.0	2.6~3.0	3.0~3.3	2.8~3.0	3.2~3.7	3.4~3.8	2.9~4.1	3.2~3.6	3.3~3.7	3.3~3.7
75. 9. 24	75. 9. 24	76. 1. 14	76. 2. 13	76. 3. 15	76. 4. 14	76. 5. 14	76. 6. 14	76. 8. 30	76. 9. 11	76. 10. 11	
76. 11. 10	75. 12. 22	76. 2. 13	76. 3. 15	76. 4. 14	76. 5. 14	76. 6. 14	76. 8. 30	76. 10. 11	76. 11. 10	76. 11. 10	
pH <sup>1)</sup>	7.1~7.2	6.9~7.1	6.1~6.9	6.0~6.4	5.8~7.0	6.0~6.5	6.1~7.2	6.0~7.3	6.3~7.3	6.1~7.0	
M-alk度 (ppm) <sup>1)</sup>	18~22	4~11	0~8	2~14	1~24	4~15	2~34	2~24	2~23	2~16	
Ca-H (ppm)	14~20	34~42	30~45	40~46	38~48	6~64	48~70	40~64	36~68	56~76	
T-H (ppm)	24~34	52~70	54~68	64~74	58~76	66~86	76~94	54~96	50~100	88~100	
Cl' (ppm)	4~5	15~20	12~17	15~20	13~19	18~22	15~23	14~21	10~24	17~23	
T. D. S (ppm)	54~71	215~316	211	157						→ 366	
溫 度 °C	15°C	30°C	30°C	33°C							
pHs	9.3~9.4	8.9~10.2	9.4~10.2	8.7~10.0	8.5~10.8	8.4~9.9	8.2~9.9	8.4~10.0	8.4~10.0	8.5~9.8	
飽和指數	-2.1~-2.3	-1.8~-3.3	-2.5~-4.1	-2.3~-4.0	-1.5~-5.0	-1.9~-3.9	-1.0~-3.8	-1.1~-4.0	-1.1~-3.7	-1.5~-3.7	
安定度指數	11.4~11.7	10.5~13.5	12.9~14.3	11.0~14.0	11.2~15.8	10.3~13.3	9.2~13.7	9.5~14.0	11.5~13.7	8.0~13.5	
障 害	Corrosion	Corrosion	Corrosion	Corrosion	Corrosion	Corrosion	Corrosion	Corrosion	Corrosion	Corrosion	
備 考	1) 계절에 따라 多少 차이는 있으나 Boiler flue gas의  영향으로 인하여 pH가 上昇되지 않으므로 (pH>7.5) CaCO <sub>3</sub> 에 依한 Scale 障害는 防止되나 Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 에 依한 障害가 惹起되고 있음이 推定된다.										

表 7. Scale 組成에 의한 判定 基準

障 害 組 成	Corrosion 障 害	Scale 障 害	Slime 障 害
Ignition Loss (wt%)			20%以上
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	20~25%以上		
SiO <sub>2</sub> (wt%)	70%前後		
CaO (wt%)		4.4~10	
MgO (wt%)		0	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (wt%)		0	

· 鈴木靜夫：工業用水 處理(コロナ社：1972)에서  
· Scale 組成과 SiO<sub>2</sub>와의 比에 의한 判定  
(鈴木靜夫·工業用水 處理 參照)

— 硬度나 全硬도를 보면 補充水の 경우 Ca 硬度가 14~20ppm, 全硬도가 24~34ppm이나 濃縮도가 3.0~4.0인 循環水中的 Ca 硬度는 34~76ppm, 全硬도는 50~100ppm으로서 循環水の 水質=補充水の 水質×濃縮度の 關係를 생각한다면 Ca 硬度는 4~8ppm, 全硬도는 2~22ppm 程度의 差가 있으므로 熱交換器나 冷却器의

表 8. Scale 組成 分析 結果 (wt%)

組 成	期 間			
	68. 9. 1 ~ 69. 8. 31	71. 9. 1 ~ 72. 9. 30	73. 10. 1 ~ 74. 7. 31	75. 9. 20 ~ 76. 8. 11
Ignition Loss	7.4	7.6	7.8	8.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	67.9	43.8	85.0	67.9
SiO <sub>2</sub>	3.1	32	3.5	4.3
CaO	9.1	3.1	2.5	8.9
MgO	0.9	2.0	1.0	1.6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6.9	1.8	1.2	9.0
障害判定	<sup>1)</sup> Corrosion <sup>2)</sup> Scale Orgafilm c-2	<sup>1)</sup> Corrosion Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> +(Na PO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	<sup>1)</sup> Corrosion Ca(OH) <sub>2</sub> 注入中止	<sup>1)</sup> Corrosion, <sup>2)</sup> Scale 冷却水 濃縮運轉
備 考				

※ 試料採取場所：Solution cooler tube out side

1) Tube material : STS-42

2) Tube condition

	Inside	Outside
fluid	G. V. Soln	c/w
Temp. in	106°C	28°C
out	61°C	47°C

表 9. 試片 現場 부착 試驗 結果

期 間	低 濃 縮 運 轉					高 濃 縮 運 轉								
	75. 4. 11 ~5. 10	75. 5. 11 ~5. 30	75. 8. 8 ~9. 9	75. 9. 24 ~12. 22	76. 1. 14 ~2. 13	76. 2. 13 ~3. 15	76. 3. 15 ~4. 14	76. 4. 14 ~5. 14	76. 5. 14 ~6. 14	76. 6. 14 ~8. 15	76. 9. 11 ~10. 11	76. 10. 11 ~11. 10		
濃縮度	N<2(1.3~1.5)					N=3.0 ~4.0	N=2.6 ~3.0	N=3.0 ~3.3	N=2.8 ~3.0	N=3.2 ~3.7	N=3.4 ~3.8	N=2.9 ~4.1	N=3.2 ~3.6	N=3.3 ~3.7
腐蝕率 (M. D. D.) <sup>1)</sup>	1.5~7.8 (3.5) <sup>2)</sup>	4.6~ 9.9 (7.6)	1.7~8.8 (4.1)	1.0~9.9 (3.3)	1.95~ 5.35 (3.6)	2.8~6.1 (3.4)	1.5~7.7 (4.6)	1.3~9.5 (4.0)	2.2~6.7 (3.5)	0.9~6.7 (3.3)	1.3~6.7 (2.9)	1.1~4.4 (2.5)		
侵蝕度 (mm/ yr) <sup>3)</sup>	0.016	0.034	0.019	0.015	0.017	0.016	0.021	0.018	0.016	0.015	0.013	0.012		
防蝕率 (%) <sup>4)</sup>	94.2 <sup>5)</sup>	87.3	93.2	94.5	94.0	94.4	92.4	93.4	94.2	94.5	95.0	95.9		
判定 <sup>6)</sup>														

1) 腐蝕率 (M. D. D) =  $\frac{\text{試驗片減量(mg)}}{\text{試片表面積(dm}^2)} \times \frac{1}{\text{設置日數}}$

2) 平均 腐蝕率

3) 侵蝕度 (mm/yr) = M. D. D. × 365 × 10<sup>-4</sup> / 金屬密度

4) 防蝕率 (%) =  $\left(1 - \frac{\text{防蝕劑 處理水 M. D. D}}{\text{防蝕劑 無處理水 M. D. D}}\right) \times 100$

5) 防蝕劑 無處理水 M. D. D. = 40~80M. D. D. (工場稼動初期)  
(試片材質 및 規格 : SS-41, 120m/m×2.5t)

6) 判定 : 重量損失 및 侵蝕度에 의한 判定 基準

傳熱面에서 극히 輕微한 SScale 障害가 惹起되고 있다고 생각된다.

#### 4-2. Scale 組成 分析 結果에 의한 障害와 判定

循環冷却水系の 障害 原因을 判定하고 防蝕劑等 處理藥品의 效果를 推定하기 爲해서는 每年 定期補修時 重要한 熱交換나 器冷却器의 傳熱面에 附着된 Scale 를

採取하여 分析한 後 組成의 重量 %나 各成分과 SiO<sub>2</sub>와의 比로서 障害를 判定할 수 있으며 判定基準은 表 7과 같다.

當 工場에서는 每年 定期補修時 重要한 熱交換器 또는 冷却器의 傳熱面에 附着된 Scale를 採取하여 分析한 後 障害判定 基準에 따라 障害原因을 判定한 結果

表 8에서 보는 바와 같이 工場稼動 初期와 75年 9月 以後 冷却水 高濃縮運轉을 行하므로서 腐蝕障害와 輕微한 Scale 障害가 일어나고 있음을 알 수 있다.

即 工場稼動 初期에는 冷却水의 pH를 7.8~8.3으로 維持시키므로서  $CaCO_3$ 가 析出되어 Scale 障害를 誘發시켰으며 冷却水 高濃縮運轉時에는 冷却水의 pH는 6.1~7.3으로  $CaCO_3$ 에 依한 Scale 障害는 惹起되기 어려운 條件이나  $Ca_3(PO_4)_2$ 에 依한 Scale 障害로 推測된다.

### 4-3. Test Piece에 依한 腐蝕試驗

防蝕劑의 防蝕效果와 裝置의 腐蝕速度를 推定하기 爲한 方法으로 現場의 熱交換器나 冷却器 또는 配管等에 By-pass Line를 設置하고, 一定한 規格의 各種 試片을 一定한 期間 동안 設置한 後 試片의 腐蝕減量을 測定하여 腐蝕速度와 侵蝕度 및 防蝕率을 推定하는 方法이나 試片 設置 場所보다도 惡條件의 場所에서는 試驗 結果보다도 더욱 腐蝕이 進行되고 있다는 事實을 감안하여야 한다.

當 工場의 경우 表 9에서 보는 바와 같이 同一한 機器裝置의 同一한 場所에서도 腐蝕率이 差異가 있다는 것은 그리한 例의 하나라 할 수 있다.

一般的으로 現場 試片附着 試驗方法으로서는 ASTM 및 JIS 等의 方法이 있으나 各 工場에 적합하게 設計하여 試驗을 行하여도 腐蝕速度와 侵蝕度를 推則할 수 있다.

## 5. 冷却水 高濃縮運轉時 障害와 防止策

一般的 開放循環冷却水系에 있어서 高濃縮運轉이라 함은 冷却水의 濃縮도가 3 以上の 경우를 말한다.

冷却水 高濃縮運轉時와 低濃縮運轉時를 比較하면 高濃縮運轉을 行할 경우 低濃縮運轉을 行한 경우에 比해 補充水量과 Blow量이 減少되므로서 用水 總使用量이 減少될 뿐만 아니라 排水量이 減少되므로서 冷却水의 各種 管理藥品의 使用量이 節約되고 아울러 管理藥品의 排出로 因한 水質汚染現象이 輕減되는 反面, 鹽類 濃度와 懸濁物濃度가 增加되고 pH와 水溫이 上昇되는 등 水質이 惡化되므로서 防蝕劑의 防蝕效果가 低下되는 등 各種 障害가 보다 激烈하게 일어난다.

### 5-1. Scale 障害와 防止法

Scale 障害의 程度와 防止法은 冷却水系의 運轉條件과 防蝕劑의 使用條件 및 防蝕劑의 種類에 따라 다르다고 할 수 있다. Scale 障害로서 가장 問題가 되는 것은 炭酸칼슘으로서 이는  $Ca^{2+}$  이온,  $HCO_3^-$ , 溫度 및 pH 등이 上昇되므로서  $CaCO_3$ 로 析出되어 Scale 障害를 일으킨다.

이러한  $CaCO_3$ 에 依한 障害는 冷却水의 防蝕劑를 크

롬酸鹽系를 使用하였을 경우에는 冷却水의 pH를  $pH \leq 7.0$ 으로 調節하면 손쉽게 障害를 防止할 수 있으나 非 크롬酸鹽系를 使用하였을 경우 알카리 영역에서 防蝕 效果를 發揮하고 있으므로  $CaCO_3$ 에 依한 障害가 惹起되는 同時에 重合磷酸鹽을 混用하므로서 磷酸鹽의 加水 分解로 因하여  $Ca_3(PO_4)_2$ 에 依한 障害도 일어난다. 2次的으로는 微生物에 依한 腐蝕을 일으키므로 Scale 防止劑를 注入하여야 한다.

또한 冷却水의 濁도가 增加되므로서 低流速 部位에서 堆積物로 因한 Scale 障害를 誘發시키는 同時에 腐蝕障害도 일어나는 경우가 있으나 이러한 경우에는 懸濁物質의 沈積을 抑制시킬 수 있는 分散劑를 添加하는가 冷却水의 一部를 濾過시키므로서 防止할 수 있으나  $SiO_2$ 가 多量 含有된 特異한 水質일 경우에는  $SiO_2$ 에 依한 障害를 防止할 수 있는 方法은 아직까지 이렇다할 方法이 없는 것으로 생각된다.

一般的으로 Scale 防止法으로서는

가) 물 自體의 모든 性質을 간단하게 物理的 또는 化學的 條件(流速, 溫度等)을 變化시키는 方法.

나) 水溶性 高分子物質을 添加하여 콜로이드狀 粒子로 變化시키므로서 相互接着現象을 抑制시키는 分散劑 使用法.

다) 微生物 또는 腐蝕이 Scale 原因일 경우에는 各各에 對한 抑制劑를 添加하여 根源을 除去시키는 法.

라) 콜로이드 表面에 吸着 또는 結合시키므로서 表面電荷라든가 그 狀態를 變化시켜 Scale 成長에 變化를 주는 法.

마) 水中의 이온形態( $Ca^{2+}$ )를 變化시키므로서 Scale 生成原因인 根源을 除去하는 Chelate 劑 添加法.

바) Engine 冷却系의 경우에는 Scale 附着面의 材料를 變更시키는 方法.

等等 여러가지 Scale 防止法이 있으나 Scale 防止法을 選定하기 앞서

첫째 Scale 障害要因은 무엇인가?

即 冷却水의 pH, 溫度, 濁度 및 溶存鹽類의 種類와 濃度等과 같은 冷却水의 諸條件과 環境

둘째 어떠한 形態의 Scale인가?

$CaCO_3$ 인가?  $Ca_3(PO_4)_2$ 인가? 기타 어떠한 種類의 Scale 인가?를 把握하고

셋째 冷却水의 防蝕劑의 種類와 添加濃度 및 防蝕皮膜

等을 事전에 充分히 檢討하여야 하며 藥劑에 依한 Scale 防止法을 채택할 경우에는

첫째 防止劑의 種類, 成分 및 性能

둘째 防止劑의 添加方法과 添加濃度

셋째 防蝕劑의 防蝕效果에 미치는 영향과 水質汚染의 如否

等도 詳細히 檢討하여야 한다.

5-2. Slime 障害와 防止法

Slime이라 함은 藻類 各種 細菌類 등의 微生物이 水中的 各種 金屬酸化物이나 懸濁物質 等に 吸着하여 形成된 粘着性 物質로서 熱交換器 또는 冷却器의 高溫部位에 附着하여 傳熱面의 熱交換 效率를 低下시키는 同時에 配管 등의 低流速部位에 沈積하여 管閉塞現象을 일으키는 同時에 2次的으로 腐蝕障害를 일으킨다. 이러한 Slime은 冷却水系の 高濃縮運轉으로 인하여

첫째 各種 藥劑의 체류 時間이 長時間化 되고

둘째 水中의 各種 鹽類와 濁度 등이 增加되며

셋째 pH, 溫度 等的 上昇으로 微生物의 營養源 增加 等的 現象으로 微生物이 增殖되므로서 Slime 形成이 促進되며 아울러 堆積物 및 微生物에 依한 腐蝕을 促進시킨다.

一般的으로 微生物에 依한 腐蝕은

가) 微生物의 번식으로 인하여 Slime이 原因이 된 경우

나) Bacteria의 代謝作用에 依한 경우

다) 微生物의 代謝産物에 依한 경우

等이 있으며 上記와 같은 障害를 防止하기 爲해서는 水中의 微生物 및 Bacteria의 種類, 殺菌劑의 種類와 性能 및 耐藥性, 殺菌劑의 注入方法과 添加濃度, 防蝕劑의 防蝕效果에 미치는 영향

等등을 詳細히 檢討한 後 使用條件과 諸般環境에 가장 적합한 方法과 防止劑를 選定하여야 한다.

現在 一般的으로 行하고 있는 Slime 防止法으로서는 鹽素處理에 依한 方法이 널리 愛用되고 있으나 冷却水의 防蝕劑를 非크롬酸鹽系를 使用할 경우 防蝕劑의 種類에 따라 多少 問題點을 內包하고 있다.

其他 Slime防止 藥劑와 方法으로서는 monochloromethyl thiocyanate라든지 過錯酸으로 黃酸還元菌을 處理하기도 하며 KI와 Sodium molybdate로 I<sub>2</sub>를 生成시켜 處理하기도 하고 그밖에 界面活性劑로서 I<sub>2</sub>를 可溶化시킨 後 Slime을 處理하는 方法도 開發 使用하고 있다.

6. 公害防止面에서의 冷却水 處理方法

一般的으로 環境汚染 卽 水質汚染에 依한 公害問題를 생각하지 않을 경우 冷却水의 防蝕劑로서 크롬酸鹽과 重合磷酸鹽을 混用하면 가장 經濟的이고 防蝕效果面에서도 가장 效果의 일 뿐만 아니라 Scale 害障 Slime 害도, 冷却水의 pH를 調節하고 鹽素處理를 行하므로서, 손쉽게 防止할 수 있으며 高濃縮運轉時에도 比較的

손쉽게 防止할 수 있다.

그러나 冷却水의 防蝕劑로 인하여 크롬化合物이 排出되므로서 水質汚染 現象을 誘發시켜 各種 魚類等に 莫大한 影響을 미치고 있다.

當 工場에서는 防蝕劑로 인한 水質汚染源을 除去하는 同時에 洛東江水源을 用水로 使用하였을 경우 水質惡化에 따른 冷却水 處理方法을 檢討하기 爲하여 1次的으로 冷却水를 多量 使用하고 있는 國內 22個 主要 工場에서의 冷却水 防蝕劑 使用現況과 水質汚染防止 對策如否를 調査한 後 防蝕效果가 良好하고 經濟的이며 當 工場의 冷却水 諸條件과 環境에 가장 적합한 非 公害性의 防蝕劑를 選定코져 이에 따른 諸問題點을 檢討하고 있다.

現在 國內의 主要 工場에서는 表 10과 表 11에서 보는 바와 같이 冷却水의 防蝕劑로서는 公害性인 크롬酸鹽을 主要 使用하고 있으며 水質汚染源 完全除去 排出에 對해서는 無關心한 實情으로 다만 크롬化合物(Cr<sup>6+</sup>)이 法定規制值인 0.5ppm 以下로만 排出시키고 있는 것만으로 만족하고 있을 뿐이다.

一般的으로 公害防止 對策으로서의 冷却水 處理 方法은 表 12와 같이 排水中の 크롬을 回收 除去 또는 冷却水 排水中 止시키는 方法과 非크롬酸鹽系의 防蝕劑를 使用하므로서 크롬化合物의 根源을 除去시키는 方法(非크롬酸鹽系 防蝕劑使用)으로 분류 할 수 있다.

表 10. 種類別 防蝕劑 使用 現況

	크롬酸鹽系 防蝕劑	非크롬酸鹽系 防蝕劑		
		亞鉛鹽	珪酸鹽	有機酸鹽 <sup>1)</sup>
工場數	19	3	0	0
百分率	86.6	13.4	0	0

備考

1) 合成有機 體分子 化合物 또는 天然有機物을 통하여 有機酸鹽으로 取扱.

表 11. Cr<sup>6+</sup> 排出現況과 公害對策檢討

	Cr <sup>6+</sup> 排出現況 <sup>1)</sup>		水質汚染防止對策檢討如否 <sup>2)</sup>	
	0.5ppm 以下	0.5ppm 以上	檢 討	不檢討
工場數	17~13	2~4	5	17
百分率	89.5~79	10.5~21	22.7	77.3

備考

1) 法定規制值

2) 總量規制時 對備한 水質汚染防止對策檢討 如否.



表 12. 公害防止(水質汚染)을 고려한 冷却水 處理法

處理方法		非크롬酸鹽系 防蝕劑에 依한 處理			크롬酸鹽系 防蝕劑處理	
		重合 磷酸鹽系 防蝕劑處理	合成有機物系 防蝕劑處理	脫鹽水를 給水 用한 非크롬酸鹽系 防蝕劑處理	排水 處理 方法	排水 運轉 中止 方法
防蝕處理	防蝕劑 種類	重合 磷酸鹽系 防蝕劑	合成有機物系 防蝕劑	合成有機物系 防蝕劑, 기타	크롬酸鹽系防蝕劑	크롬酸鹽系防蝕劑
	添加濃度(ppm)	19~50 5~15 as P 0~5 as Zn	20~100 10~50 as C. O. D	20~100	25~40 5~10 as Cr	25~40 5~10 as Cr
濃 縮 度		N=1.5~3.0	N=3.0~7.0	N≤4	N=4.0~6.0	N≤10
鋼材의 (M. D. D.) 腐蝕率		5~15	5~10	5~10	≤5	≤5
Scale 防止處理		1) 농축도 조절 2) pH 조절 3) 防止劑 첨가	1) pH 조절 2) 防止劑 添加	給水脫素	pH 조절	1) 순환수 PH조절 2) 보충수 軟化
Slime 防止處理		1) Cl <sub>2</sub> 處理 2) 有機系 抑制劑添加	1) Cl <sub>2</sub> 處理 2) 抑制劑添加 3) c/w부분 여과	1) Cl <sub>2</sub> 處理 2) 抑制劑添加 3) c/w부분 여과	1) Cl <sub>2</sub> 處理 2) 抑制劑添加 3) c/w部分 濾過	1) Cl <sub>2</sub> 處理 2) 抑制劑添加 3) c/w部分 濾過
排水 處理					1) 이온교환수지에 의한 Cr回收 2) Cr <sup>+6</sup> →Cr <sup>+3</sup> 沈澱除去	
備 考						

表 13. 防蝕劑 種類에 따른 防蝕效果 比較試驗 結果

	S <sup>1)</sup>	A <sup>2)</sup>	B	C	D	E	F	G	Blant Test (無處理水)
腐蝕率 (M. D. D)	13.8	19.4	17.3	87.3	15.0	71.1	26.3	53.2	18.7.5
防蝕率 (%)	92.6	89.7	90.8	53.4	92.0	62.1	86.0	71.6	0
侵蝕度 (mm/yr)	0.069	0.097	0.087	0.44	0.075	0.36	0.13	0.27	0.861
對腐蝕率	1	1.4	1.3	6.3	1.1	5.2	1.9	3.9	1.36
備防蝕率	1	0.97	0.98	0.58	0.99	0.67	0.93	0.77	
判定		最良	最良	보통	最良	보통	良好	보통	

- 1) 當社 使用中인 防蝕劑
- 2) A~G : 各 maker 製品
- 3) 結果 : 3回 測定後 平均值
- 4) 試驗條件
  - 가) 試驗液溫度 및 流速 : 50°C ± 0.5°C, 0.3m/sec ~ 0.5m/sec
  - 나) pH, 添加濃度, 維持濃度 : maker 提示
  - 다) 試片材質 및 規格 : SS-41 60m/m × 2.0m/m × 2.5t

※ 判定 基準

重量損失에 依한 判定		侵蝕度에 依한 判定	
等級	腐蝕率 (mdd)	判定	侵蝕度
A	5.0以下	最良	0.2以下
B	5.0~10.0	良好	0.2~0.5
C	10.0~50.0	普通	0.5~1.0
D	50~100	不良	1.0以上
E	100以上	最惡	

前者의 경우 處理效果가 比較的 安定하나 循環冷却水가 Leak 되었을 경우 多量의 크롬이 流出될 우려가

있고 高濃縮運轉을 行할 경우 有毒性 鹽類濃度の 增加로 防蝕劑의 防蝕效果가 低下될 우려가 있으며 後者의

경우에는 毒性이 比較的 적으나 處理 效果가 不安定하다. 水質汚染源을 根本的으로 完全히 除去시킬 수 있는 方法으로서는 冷却水의 防蝕劑를 非公害性의 防蝕劑로 교체하는 方法이 가장 좋으나 冷却水系의 運轉面이나 使用條件 및 環境에 따라 多少問題點을 內包하고 있다.

따라서 非公害性의 防蝕劑로 교체할 경우 冷却水의 使用條件과 環境等を 綜合的으로 充分히 檢討하여야 한다.

一般的으로 冷却水系 防蝕劑 製造會社에서는 防蝕劑의 成分, 構造式等에 關하여 詳細히 밝히지 않을 뿐더러 使用者의 使用條件과 諸般 環境을 把握하지 않고 무조건 "貴 工場에서는 이러한 防蝕劑가 가장 적합하다"는 式이다. 勿論 이러한 內容을 밝힌다고 하여도 各 生産工場에서의 使用條件과 腐蝕環境 및 運轉條件等에 따라 防蝕劑의 防蝕效果도 變하므로 實際的인 防蝕效果를 判斷하기에는 困難하다. 따라서 防蝕劑를 選定할 경우 必히 金屬面의 狀態, 使用條件, 運轉條件, 腐蝕環境과 防蝕劑의 成分과 性能 및 防蝕機構等을 綜合 檢討한 後 防蝕劑의 防蝕效果試驗(性能試驗)을 行하여 使用條件과 腐蝕環境等 諸 條件에 적합한 防蝕劑를 선택하여야 하며 防蝕劑를 선택 使用할지라도 管理試驗을 行하여 充分한 防蝕效果를 얻도록 하고 追後 唯一한 根據가 될 수 있도록 하지 않던 目的을 이 룰수가 없다.

當 工場에서는 當 工場의 諸條件과 環境에 가장 적합한 非公害性 防蝕劑를 선택 使用하기 爲하여 各種 非公害性 防蝕劑를 入手하고 諸條件을 檢討한 後 1次로 실험실적 方法으로 현재 當 工場에서 使用중인 防蝕劑와 防蝕效果를 比較한 結果 表 13과 같으며 이 中 防蝕效果가 比較的 良好하다고 判定되는 3~4種의 防蝕劑를 선택하여 2次的으로 防蝕劑의 濃度差, pH, 流速差, 溫度差에 따른 防蝕效果를 檢討하기 爲하여 Pilot Test를 行하고 있다.

### 7. 冷却水 處理時 問題點

一般的으로 크롬酸鹽系의 防蝕劑에 依한 冷却水處理는 가장 經濟的이며 탁월한 防蝕效果를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 Scale를 防止하기 爲해서 pH를 調節하고 Slime를 防止하기 爲해서는 鹽素處理를 行하면 Scale 障害와 Slime 障害를 거의 完全히 酸止할 수 있으나 크롬化合物에 依한 毒性이 問題化되어 外國에서는 表 12와 같은 方法으로 冷却水를 處理하므로써 크롬에 依한 水質汚染을 輕減 또는 抑制시키고 있으나 各 方法에 對해 여러가지 問題點을 갖고 있다.

冷却水系運轉을 高濃縮運轉으로 할 경우

가) 有毒性 鹽類濃度 增加로 인한 防蝕劑의 防蝕效果 低下

나) Scale 防止對策과 Slime 防止對策

다) 冷却水 管理方法

등이 問題되며 冷却水系의 防蝕劑를 非公害性 防蝕劑로 대체 使用할 경우에는 우선 防蝕皮膜性質이 같은 系統의 酸化皮膜型의 防蝕劑를 使用하는 것이 가장 좋으나 酸化皮膜型의 防蝕劑는 大部分 重金屬의 酸素酸鹽이므로 意味가 없으므로 沈澱皮膜型이나 吸着皮膜型의 防蝕劑를 使用하여야 하나 다음과 같은 問題點을 充分히 檢討하여야 한다.

가) 防蝕效果 低下(특히 高溫 低流速部位)

나) Scale 障害發生. (특히 高溫 低流速部位)

다) Slime 障害增大(Cl<sub>2</sub> 處理에 依한 防蝕劑에 미치는 영향)

라) 冷却水 處理 Cost의 上昇

등과 같은 問題點이 있으므로 크롬酸鹽系 防蝕劑處理 경우와는 달리 총괄적인 問題를 根本的으로 解決하여 야 한다.

即 防蝕劑와 關하여

가) 防蝕劑의 諸性質과 性能

나) 運轉關係(流速, 溫度等)

다) 給水의 水質改善 如否(pH, 濁度等)

라) Scale 防止策과 Slime 防止策

마) 冷却水 管理方法

바) 長期的으로 防蝕劑를 排出할 경우 處理如否와 處理方法

등을 多角度로 檢討하여 最少의 經費로서 最大의 效果를 얻을 수 있는 冷却水處理 方法을 선택하여야 한다.

### 8. 끝맺음

國內 各種 重化學工業과 石油化學工業 및 各種 重工業의 눈부신 發展으로 工場規模가 大型化되므로써 工業用水 使用量도 날로 急増되고 있다.

따라서 장차 工業用水 不足으로 因한 諸被害를 未然에 防止할 수 있도록 모든 工場에서는 한방울의 물이라도 節約하도록 工業用水 管理業務를 合理化하여 用水節約, 管理藥品 節約 등으로 諸經費를 節減시키고, 冷却水 使用條件과 環境等 모든 條件에 가장 적합한 各種 管理藥品을 선택 使用하므로써 水質 惡化에 따른 障害를 防止하여 器機裝置의 壽命을 연장시키는 同時에 生産량을 增大시켜야 할 것이며, 또한 非公害性 管理藥品을 使用하여 水質汚染源을 完全 除去시키고 水資源을 보호하므로써 間接的으로 人間生活에 미치는 惡要因을 除去시키도록 最善을 다하여야 할 것이다.