

# 냉각수 시스템의 수처리 기술 및 각종 장애대책(5)

(주)프라이머인터내셔널 / 전병준 이사

## 차례

- I. 물의 기초적 특성 고찰
- II. 냉각수계 운전상의 문제점
- III. 부식과 방지대책
- IV. 스케일과 방지대책
- V. 슬라임부착 및 슬러지 퇴적의 방지대책
- VI. 냉각수처리 약품과 기술에 대한 연구개발의 전망
- VII. 냉각수계의 Trouble shooting
- VIII. PLANT별 수처리 특성과 장애방지
- IX. 밀폐 냉각수계의 수처리

## V. 슬라임부착 및 슬러지 퇴적의 방지대책

【 표 5-2. 개방순환식 냉각수계의 슬라임구성 미생물 】

### 1. 냉각수계의 슬라임 장애

슬라임이라는 용어는 막연하게 사용되고 있으며 부식생성물, 스케일 이외의 오염물을 슬라임이라고 하는 경우가 많다. 그러나 슬라임 장애는 부식 및 스케일장애와 함께 혼재된 형태로 발생하는 경우가 많은데, 이러한 것을 파울링(Fouling)이라 하며, 이 파울링의 중요한 원인이 되는 것을 알아내는 것이 필요하다.

슬라임 장애라 하는 것은 수중에 용존하여 있는 영양원을 이용하여 세균, 사상균, 조류 등의 미생물군이 증식하고, 이 미생물을 주체로 하여 여기에 토사와 같은 무기물이나 먼지 등이 섞여져 형성되는 연니성 오염물의 부착이나 퇴적에 의해 일어나는 장애이다. 슬라임 장애는 장애현상에 따라 다음 [표 5-1]과 같이 구분할 수 있다.

【 표 5-1. 냉각수계의 슬라임장애 】

슬라임 장애	슬라임 부착형 파울링 + 슬러지 퇴적형 파울링 (biological fouling)
슬라임 부착형 파울링	미생물이 생성한 점착성 물질의 작용으로 미생물과 토사등의 혼합물이 고체표면에 부착하여 발생하는 장애
슬러지 퇴적형 파울링	수중의 현탁물질이 저유속부에 침강하고 퇴적하여 생긴 연니성물질에 의해 발생하는 장애

### 2. 슬라임을 구성하는 미생물의 종류와 특징

[표 5-2]에 슬라임 구성 미생물의 종류와 특징을 나타낸다.

개방순환식 냉각수계에서는 Zoogloea SP의 장애가 많고, 다음으로 조류, 사상균, 사상세균의 순으로 발생한다. 또한 호기성 세균을 주체로 하는 슬라임이라 그 하부는 혐기성이 되어 황산염환원균과 같은 혐기성균이 발생하는 경우도 있다.

미생물의 종류	특 징	
조류	남 조류	· 호기성 미생물로서 엽록소를 가지고 있어 탄소 동화작용을 한다.
	녹조류	· 물 속에서 많이 번식하며 pH가 증가하게 된다.
	남 조류	· 냉각탑과 온수조, 냉수조 등 빛이 있는 곳에서 발생한다. · 경험식은 $C_5H_8O_2N$ 으로 표시된다.
세균	Zoogloea	· 과상의 한천질중에서 세균이 분산되어 존재한다.
	SP	· 유기물로 오염된 수계에서 용해된 유기물을 섭취하며 성장한다. · 경험적 분자식은 호기성은 $C_5H_7O_2N$ 이고 혐기성은 $C_5H_8O_2N$ 이다.
	사상세균 (Spaerofilus SP)	· 유기물은 오염된 수계에서 선상의 집단을 이루고 있다. (철 박테리아의 중간으로 분류되기도 한다)
	철	· 수중의 제 1철이온을 산화하여 세포 주변에 제 2철화합물을 침적시킨다.
	황 화 박테리아	· 오염수중에서 잘 관찰되며 보통 체내에 유황립을 갖고 있다. · 수중의 황화수소, 티오황산염, 황등을 산화시킨다.
진균류 (Fungi)	질 화 박테리아	· 암모니아를 아질산으로 산화시키는 세균과 아질산을 질산으로 산화시키는 세균이 있다. · 순환수계가 암모니아로 오염되었을 때 잘 자란다.
	황산염환원 박테리아	· 황산염을 환원시켜 황화수소를 발생시키는 혐기성 세균이다.
	진균류 (Phycomycetes)	· 균사에 격벽이 없고 균사 전체가 하나의 세포로 구성되어 있다. · 탄소동화작용을 못하는 식물로서 질소와 용존 산소가 부족한 경우나 pH가 낮은 경우에도 (pH 4.5이하) 잘 성장한다.
기타	불완전진균류 (Mycomycetes)	· 균사에 격벽이 있다. · 경험적 분자식은 $C_{10}H_{17}O_6N$ 이다.
	원생동물 (Protozoa) 고등동물	· 호기성 박테리아와 같은 미생물을 포식하거나 수중의 유기물을 잘 섭취한다.

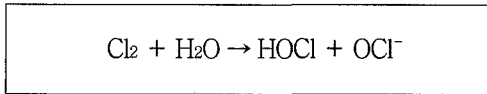
### 3. 슬라임 처리약품의 종류와 효과

#### 가. 슬라임 방지제

##### 1) 염소제

살균처리에 사용되고 있는 염소제로서는 염소가스, 차아염소산 칼슘, 차아염소산 나트륨, 염소화이소시아눌산 나트륨 등이 있다.

이러한 염소제는 형태의 차이는 있지만 염소제의 작용기 구에는 차이가 없다. 염소제는 다음에 표시한 것과 같이 수 중에서 차아염소산 (HOCl)과 차아염소이온(OCl<sup>-</sup>)을 생성한다.



대장균을 이용한 시험에서 OCl<sup>-</sup>의 살균력이 HOCl의 약 1/80 정도로 보고될 만큼 HOCl은 OCl<sup>-</sup>보다 월등한 효과가 있다. pH에 따른 HOCl과 OCl<sup>-</sup>의 비율을 [그림. 5-1]에 나타낸다.

pH가 높아지면 OCl<sup>-</sup>의 비율이 높아지기 때문에 염소제의 살균효과가 저하된다.

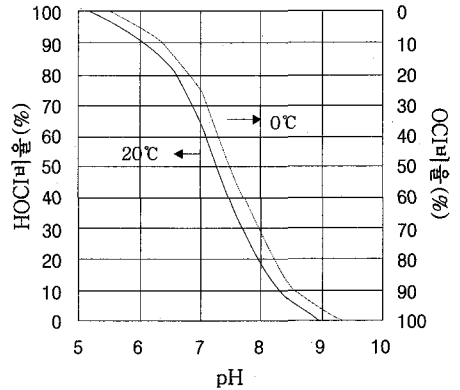
따라서 냉각수의 pH가 높은 계에서는 염소처리의 빈도를 증가시키는 등의 대책이 필요하다.

염소는 냉각수계의 금속재질에 대하여 부식성이 있기 때문에 잔류염소를 1 ppm(Cl<sub>2</sub>)이하로 하고, 또한 가능한 한 처리시간을 짧게 할 필요가 있다.

따라서 염소처리를 실시하더라도 미생물의 번식을 완전히 방지하는 것은 불가능하다.

이와 같은 경우에는 염소처리를 실시하는 것 이외에 부식의 문제가 없는 슬라임방지제를 정기적으로 투입하는 것이 효과적이다.

【 그림 5-1. 각종 pH에 대한 HOCl과 OCl<sup>-</sup>의 상호관계 】



##### 2) 제 4급 암모늄 약품

미생물의 표면은 음전하를 띠고 있기 때문에 제 4급 암모늄의 양이온 계면활성제가 흡착되기 쉽고, 양이온 계면활성제의 흡착에 의하여 미생물이 활성을 잃어버린다.

제 4급 암모늄은 살균·살조 효과가 있어 널리 사용되고 있지만, 발포성이 있고 경제성인 낮기 때문에 최근에는 다른 슬라임방지제가 널리 사용되고 있다.

##### 3) 브롬계 약품

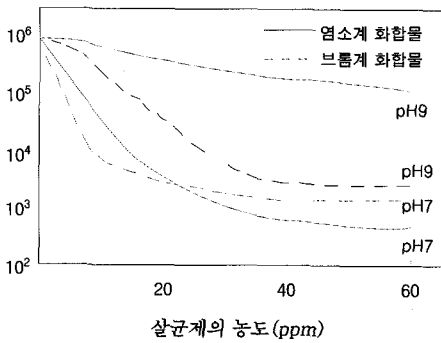
브롬계는 냉각수중의 현탁물질 주변에 존재하는 점착성 물질에 작용하여, 그 점착성을 저하시켜 부착을 방지한다. 또한 열교환기나 배관에 부착된 슬라임을 박리하는 효과가 있다. [그림. 5-2]는 염소제와 브롬계 약품의 살균효과를 비교한 것으로서, 브롬계 약품은 고 pH조건에서도 충분한 살균효과를 발휘하는 것이 특징이다.

##### 4) 유기질소유황계 약품

유기질소유황계 약품은 단백질의 Cysteine기에 결합한다. 그 결과 효소가 기능을 잃어 미생물이 사멸된다. 유기

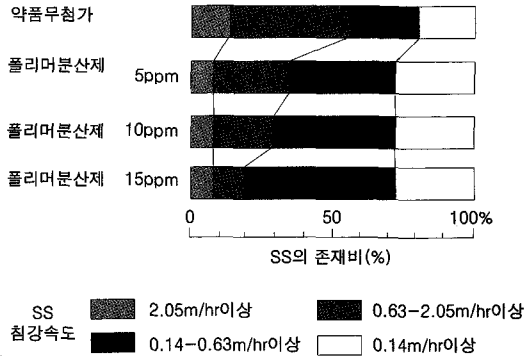
질소유황계의 약품을 사용할 경우, 세균수의 측정 예를 [그림. 5-3]에 나타낸다. 염소처리에 있어서 염소의 주입을 정지시키면 바로 세균수가 증가하는 데 비하여 유기질소유황계 약품을 사용한 경우에는 세균수를 장시간 낮게 유지할 수 있다. 또한 염소처리와 유기유황계 약품을 함께 사용하면 세균수를 장시간 낮게 유지할 수 있다.

【그림 5-2. 브롬계 약품의 살균효과】

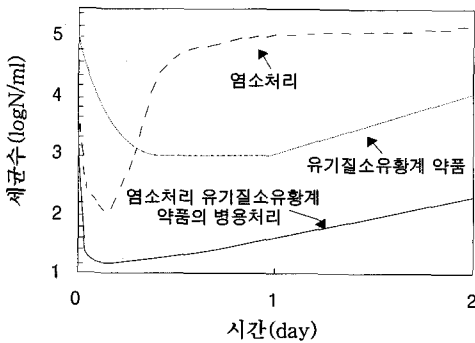


왔지만, 최근에는 고분자전해질계 분산제(polymer)가 이용되고 있다. 냉각수중의 현탁물질을 분산제를 이용하여 침강하기 어려운 상태로 유지시켜 블로우로써 계외로 배출시킨다. [그림. 5-4]에 폴리머계 분산제의 SS분산효과 측정 예를 나타낸다. 보통 열교환기에서 퇴적이 문제가 되는 침강속도 2.05 m/h 이상의 SS분의 존재비가 분산제의 효과에 의하여 대폭 감소되는 것을 알 수 있다.

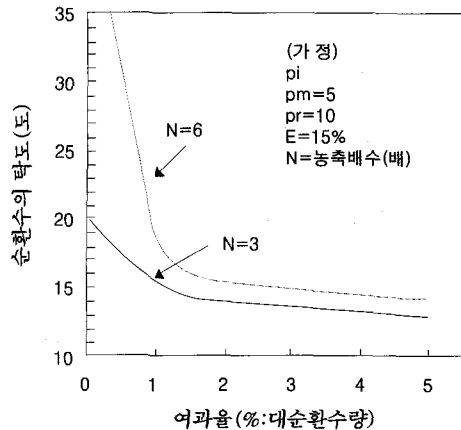
【그림. 5-4 폴리머계 분산제에 의한 분산효과】



【그림 5-3. 유기질소유황계 약품의 살균효과】



【그림 5-5. 부분여과처리의 여과율과 순환수 탁도와의 관계】



나. 슬러지 퇴적방지제(분산제)

중래 리그린계나 탄닌계의 약품이 분산제로서 이용되어

다음호에 계속