

論 文

淨水場 Scum의 發生 原因分析과 살수에 의한 物理的 除去效果

Analysis on Occurrence of the Scum in Water Treatment Plants and Its Removal by Water Spray Method

윤재흥* · 최계운**

Jae Heung Yoon* · Gye Woon Choi**

ABSTRACT

To solve the problems by the scum, which causes operational and water quality problems in water treatment plants, several researches were conducted based on the site investigations on twelve large water treatment plants, biological and chemical analysis of scum, analyzing raw water quality data. Two types of scum, which are form scum and floc scum, can be classified based on the analysis and site investigations. The major parameter generating floc scum was indicated as fine bubbles dissolved in the water. The fine bubbles dissolved in the water can be generated by over-saturated air in the water, adding aluminum sulfate as the coagulant, conducting the break point pre-chlorination and so on. The water spray method, which is one of the physical treatment methods for removing scum, was selected for conducting experiments on the removal efficiency in the flocculation basin of the real water treatment plant. The water spray method was successfully applied for removing scum with the advantages of using spiral nozzles in case of using the raw water rather than the cleaned water.

1. 序 論

산업발달 및 생활수준의 향상으로 인하여 수원 및 하천의 오염이 심각해짐에 따라 정수장에서 이를 제거하기 위한 수처리 공정이 복잡하여지고 고도화되고 있다.

이와 아울러 오염물질등이 정수장내 침전공정에서 침전처리되지 않고 수면에 부상하는 경우가 많은데 이를 scum이라하며 이와같은 scum은 정수장내 미관상의 문제를 일으킬뿐만 아니라

제거자체에 인력과 비용 소모가 증가되고 있으며 더 나아가 여과까지 영향을 미쳐 여과지 운영시간까지 단축시키고 있는 실정이다. 현재 정수장에서 발생하는 scum에 대한 연구는 국내, 외적으로 거의 이루어지지 않은 실정이며, 단지 하수처리장에서 발생하는 scum에 대한 연구가 어느정도 이루어진 상태이다. 하수처리장에서 발생하는 scum에 대한 연구는 모든 곳에 공통적으로 적용되는 일반적이라기보다는 특정 내상정수장에 국한된 연구가 주종을 이루고 있다. 1978년에 Pipe는 scum의 발생원인으로 방선균(Actinimycetes)의 성장을 지적하였으며, MLSS(Mixed-Liquor Suspended Solids)를 감소시켜 scum 발생에 따른 문제를 해결하였으며 MCRT(Mean Cell Residence Time)가 9일을 초과하면 방선균이 많이

* 한국수자원공사 수자원연구소
상하수도연구실 선임연구원
** 한국수자원공사 수자원연구소
상하수도연구실 책임연구원

존재하므로 MCRT를 감소시켜 scum 문제를 해결할 수도 있다고 하였다.¹³⁾

1979년 Dhaliwal은 scum을 활성슬러지 공정의 초기 단계에서 발생하는 회고 가벼운 거품(form)에 의한 scum과 두껍고 갈색의 점성을 갖는 scum의 두종류로 구분하였으며 후자와 같은 scum은 MLSS에서 방선균이 유난히 많은 비중을 차지할 때 발생하며, 양분비(F/M비), SRT(Solids Retention Time) 등과는 관련성이 없다고 결론지었다. 또한, scum 발생억제를 위하여 많은 양의 활성슬러지를 천천히 일정하게 공급시키고 폭기조 표면에 거품을 제거하는 방안이 효과적이라고 하였다.¹³⁾

Hiraoka(1984)는 Senboku 하수처리장의 최종 침전지 및 폭기조에서 발생하는 매우 점성이 높고 갈색을 띠는 scum에 대한 발생 원인조사를 하였으며 scum의 발생요인에 대하여 다음과 같이 2가지로 요약하였다. 첫째 요인으로는 MLSS 1mg당 방선균의 수이며 둘째 요인으로는 기포의 존재를 들었다. 그는 MCRT는 scum의 발생과 직접적인 관계가 없으며 plant내에서 방선균의 과도한 증식이 scum 발생의 원인이라고 주장하였다.

Sezgin(1986)은 미국 Atlanta시에 있는 4개의 활성슬러지법에 의한 하수처리장에서 심각하게 발생하는 점성을 갖는 갈색의 scum 발생에 대하여 연구한 결과 활성슬러지 공정을 갖는 하수처리장은 SRT가 클때 심각한 scum 문제가 발생하며 SRT의 감소는 scum을 억제시킬 수 있는 유효한 방법이며, 폭기조에서의 공기량의 감소는 scum 발생량을 감소시킬 수 있으며, 방선균은 호기성이기 때문에 용존산소에 의하여 scum 발생량에 장기적인 영향을 미칠 수 있다고 결론지었다.¹³⁾

Pretorius(1986)는 조사를 통하여 미국에서 Nocardia종에 속하는 방선균이 scum 발생과 관계가 있고, 남아프리카에서는 microthrix Parvicella의 사상성 박테리아와 여러종의 Nocardia가 scum 발생과 관계가 있다고 언급하였다. 또한 이러한 미생물에 의하여 scum이 발생할 때 선별적 부상공정에 의하여 침전성이 좋은 활성슬러지와 분

리시켜 scum을 발생시키는 미생물을 선별적으로 제거함으로써 scum 발생을 조절하는 방안을 제시하였다.¹⁰⁾

Blackall(1988)은 활성슬러지 공정의 하수처리장에서 발생하는 방선균에 의한 scum에 대한 연구에서 생물학적 거품은 두껍고 점성을 가지며 회색에서 연한 갈색을 띠는데 scum이나 거품 모두 사상성 미생물이 많이 존재할 때 발생하며 scum은 방선균이 많을 때 나타난다고 언급하였다.¹³⁾

이와같은 연구들을 종합하여 볼때 하수처리장내 scum 발생요인으로는 크게 방선균에 의한 영향과 기포에 의한 영향이라고 할 수 있다. 따라서, 현재 국내 여러 정수장에 대한 현장 조사 및 분석을 실시하여 정수장내에서 scum이 발생하는 원인을 분석하고 이를 제어하거나 기존 발생된 scum을 살수 등의 물리적인 제거방법으로 제거하므로써 정수장 운영의 원활화와 수질개선에 이바지하는 방안을 마련하고자 한다.

2. 淨水場內 Scum 發生現況

현재 국내 정수장내 scum의 발생현황을 조사하기 위하여 한국수자원공사 및 지방자치단체에서 관리하고 있는 12개 정수장을 택하여 현장조사 및 교반에 의한 물리적 침전실험을 실시하였으며 그 결과는 표 1과 같다.

12개 정수장중 A, L, D, E 4개의 정수장에서 타 정수장보다 scum이 많이 발생되고 있었는데, A 정수장에서는 갈수기(11월~4월)에 scum이 많이 발생하고 있으며 특히 4월경에 발생하는 scum은 밝은 녹색이 가미된 연한 갈색으로 응집지와 침전지 초반부는 물론 여과지까지도 다량 발생하는 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 풍수기 때에는 scum의 발생량이 현저하게 줄어들고 있으며 취수원의 수량이 많아 수질이 양호한 경우에는 scum 발생이 현저하게 줄어든다. L 정수장에서는 활성탄을 사용하기 때문에 scum이 약간 검은색을 띠고 있으며 착수정 및 응집지 유입부에 많은 기포가 함께 유입되는 것을 관찰할 수 있었다. 복류수를 취수하고 있는 D 정수장은 응집

표 1. 정수장별 scum 발생현황

정수장	취수원 수계	Scum 발생량	Scum의 색깔	사용되고 있는 응집약품	침전성	비고
A	금강	다	황갈색	액만, 소석회	양호	
B	"	소	흑갈색	액만, 소석회	양호	
C	"	무	—	액만	—	
D	금강	중	황색	PAC	불량	
E	한강	중	황색	액만	불량	
F	"	소	황색	액만	불량	
G	"	부	—	액만	—	
H	남강	부	—	—	—	
I	낙동강	소	황색	액만, PAC	불량	
J	"	소	황색	액만, PAC	불량	
K	"	소	황색	PSO, 오존	—	
L	영산강	다	흑색	액만, 활성탄	양호	

표 2. 정수장 Scum의 구분

종류	발생시기	발생장소	침전성	색	특징
거품 scum	혼화직후	분배수로 응집지 입구	나뭇	연황색	—기포, 거품 —적은 양의 미세 입자
응집 scum	응집중	응집지 출구 침전지 입구 여과지	종음	황색 연갈색	—기포 —많은 양의 큰 입자

제로 PAC를 투입하고 있으며 발생된 scum은 타 정수장의 것보다 매우 점성의 크기 때문에 충격 시 바로 침전되지 않고 시간이 경과하여 기포가 대부분 깨진후에 침전되는 것이 특징이다. 또한 착수정으로 유입되는 원수에 기포들이 함께 유입되는 것을 볼 수 있으며 floc마다 수 개의 미세기포가 부착되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. B 정수장은 취수 펌프가 상시 가동되고 있을 경우에 분배수로에 연황색의 scum이 약간 발생하는 정도이나 단수후 취수펌프를 재가동 시켰을 때는 응집지 및 침전지에 황색의 기포가 많은 scum이 발생한다. 이와같은 발생현황을 종합한 결과 표 2와 같이 2종류의 scum으로 대별할 수 있다.

일반적으로 거품 scum은 거의 모두 정수장에서 발생하며 여기에 특수한 수질조건이나 응집 환경이 주어질 때 응집 scum이 추가하여 발생하

게 된다. 거품 scum은 그 발생량이 미소하고 정수장 관리상 큰 문제가 없으나 응집 scum은 발생량이 많아 이의 제거에 상당한 어려움이 있다.

3. 淨水場內 Scum의 發生要因

정수장내 scum의 발생요인을 도출하기 위하여 정수장내 유입원수의 수질을 분석 및 비교하였으며 또한 하수처리장내 주요 scum 발생요인으로 알려진 방선균 및 기포에 관하여 검토하였다.

첫째로, 정수장내 수질로는 BOD 및 COD, 탁도, SS, 용존산소, 조류, 계면활성제 등을 비교한 결과 scum 발생이 심각할수록 이러한 수치들이 비교적 높게 나타났으며, 특히 scum 발생이 가장 심각한 A 정수장의 경우 타 정수장에 비하여 수질이 좋지않은 상태이었다. 탁도 및 SS 농도의 변화는 갈수기에 낮고 풍수기에 높은 값

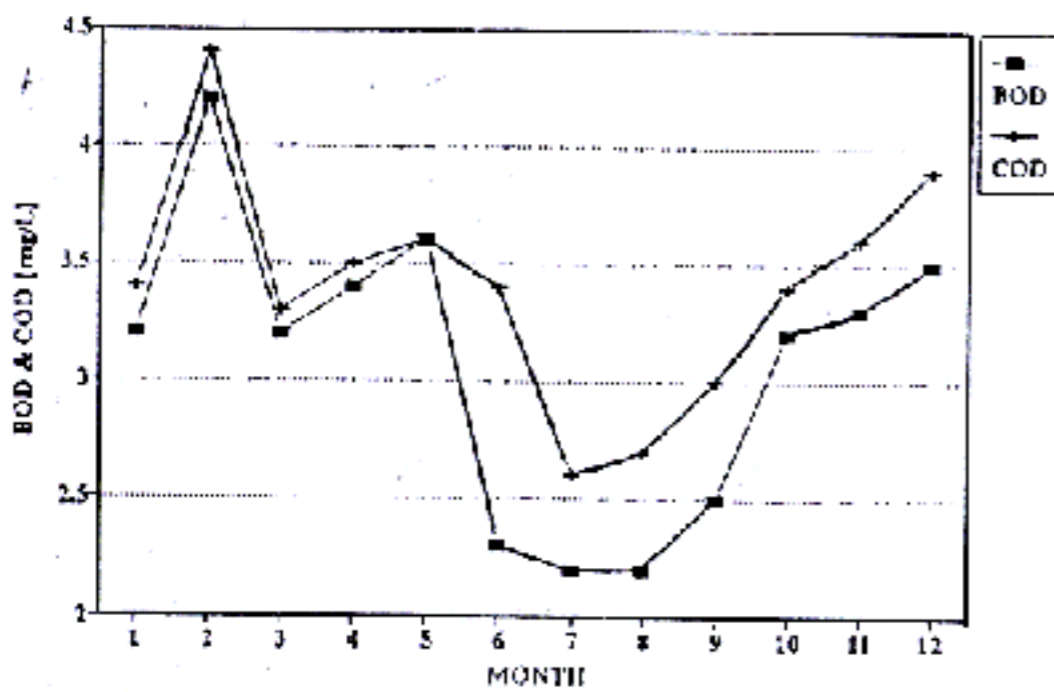


그림 1. A 정수장 원수의 월별 BOD 및 COD 변화 (1991년)

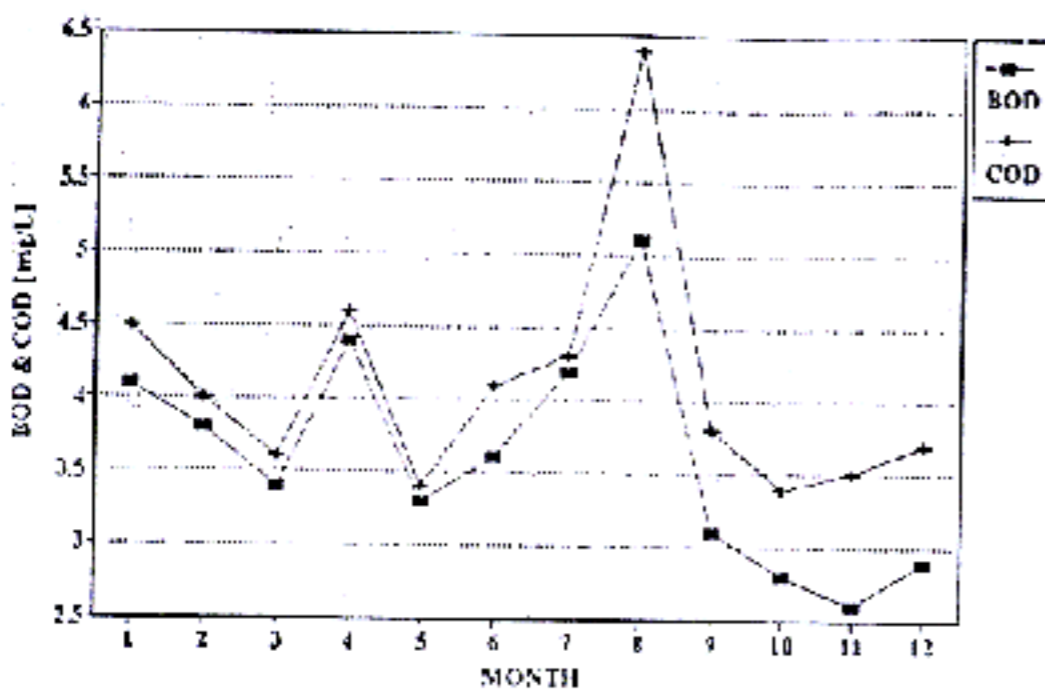


그림 2. A 정수장 원수의 월별 BOD 및 COD 변화 (1992년)

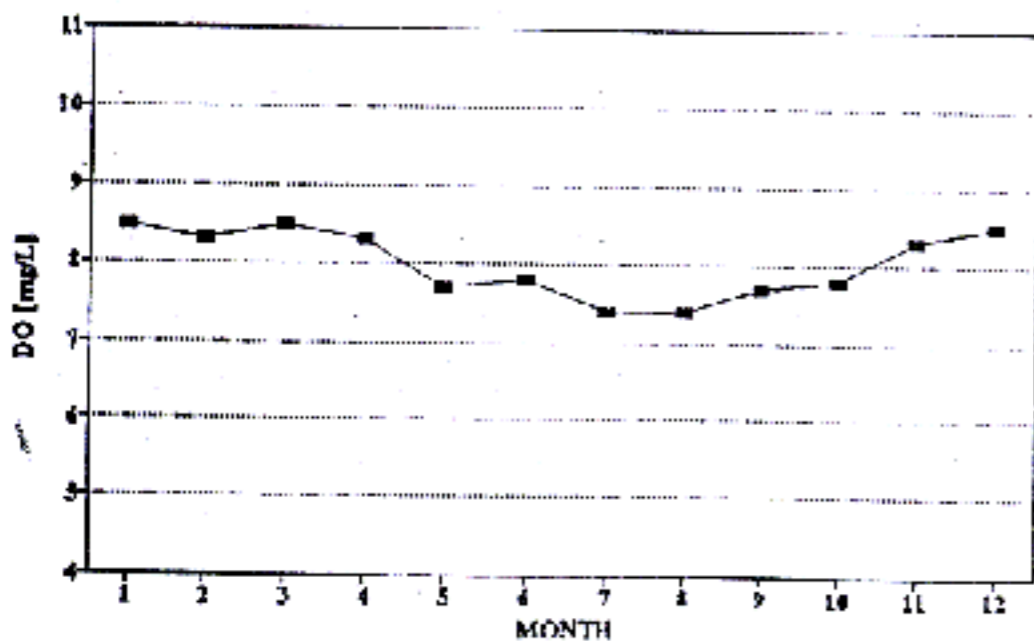


그림 3. A 정수장의 월별 용존산소의 변화

을 보여 scum의 발생량 추세와는 관계가 거의 없는 것으로 나타났으며 BOD나 COD의 경우도 scum 발생량이 많은 경우 이의 수치가 높은 편이나, scum 발생량이 많은 경우에 이들 수치가 상당히 낮은 경우도 있어 scum 발생량의 주요 원인이 아닌 것으로 나타났다. 그림 1 및 그림 2는 scum 발생량이 가장 많은 것으로 나타난 A 정수장의 1991년도 및 1992년도 월별 BOD 및 COD

변화를 보여주고 있다.

1991년도 자료에 의하면 BOD 및 COD 변화가 scum 발생과 비슷한 추세를 나타내는 반면 1992 년도는 다른 양상을 보이고 있다. 또한, 조류의 발생도 scum의 발생과 직접적인 영향이 적은 것으로 나타났다. 그러나, 용존산소의 경우 scum의 발생량이 많은 정수장과 scum 발생이 적은 정수장과 차이를 나타내고 있었으며, A 정수장의 월별 용존산소량의 변화를 나타내는 그림 3에서 보는바와 같이 용존산소가 과포화되는 경우 등에 scum, 특히 응집 scum 발생량이 많게 나타났다.

음이온 계면활성제의 경우 응집 scum의 발생과는 관계가 있어 음이온 농도가 큰 정수장의 경우 분배수로등에 응집 scum이 발생되고 있어 응집 scum 형성에 영향이 있는 것으로 나타났다. 방선균 등에 의한 영향을 조사하기 위하여 1992년 4월에 scum이 많이 발생하는 A 정수장과 scum이 발생치 않는 C 정수장 원수에 대하여 미생물의 양을 비교한 결과는 표 3과 같다.

Scum에 포함된 균수는 탈수된 scum 1g을 기준으로 산정하였기 때문에 비교에 어려움이 있으나 일반세균과 비교할 때 방선균의 수는 많은 양이 아니며 조류의 수는 4월에 채취한 시료이기 때문에 많은 양으로 나타났다. 하수처리장에서 문제가 되는 방선균은 정수장 A에서 500마리/mL로 매우 적은 양이며 정수장에서의 방선균은 주로 포자상태로 존재하기 때문에 하수처리장내 활성슬러지 공정에 따라 좋은 미생물 성장조건 하에서 배양되어진 사상성 형태의 방선균과는 차이가 있다. 따라서 정수장에서의 scum의 발생은 방선균의 수와는 관계가 없는 것으로 판단된다. 또한 scum을 현미경으로 관찰하여 본 결과 상당한 기포가 포함되어 있으며, 실험실에서

표 3. Scum 및 원수의 미생물 분석

미생물 종류	A 정수장 Scum [균수/g]	원수 [균수/mL]	
		A정수장	C정수장
방 선 균	4.5×10^5	500	150
일 반 세 균	7.7×10^4	8000	400
조 류	8.1×10^5	250	100

scum에 충격을 준뒤에 관찰하여 본 결과 대부분이 거의 침전되는 것을 볼때 현재 정수장내 scum의 발생요인은 용존산소의 변화 등에 기인한 기포라 할 수 있다.

4. 氣泡의 發生原因

일반적으로 용수공급 및 정수처리 공정상에서 나타나는 거품 scum의 기포는 여러가지 요인이 복합되어 작용하므로 각각의 원인을 구분하기는 쉽지 않으나 문제가 되는 응집 scum의 경우 특정한 요인에 의하여 다량 발생하므로 이의 구분 및 확인이 가능하다. 현재 국내 재래식 정수처리장에서 응집 scum의 부상에 영향을 미칠 수 있는 기포발생 원인은 아래와 같이 4종류로 대별될 수 있다.

4.1. 過飽和 溶存空氣에 의한 氣泡

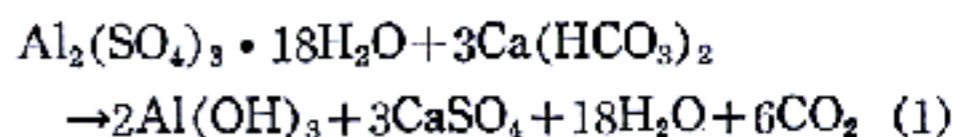
정수처리 공정에서 발생하는 일반적인 문제로서 포화상태 이상의 과도한 폭기는 과포화 공기에 의한 미세기포가 침전지의 플록 입자에 부착되어 응집지나 침전지 수면으로 부상할 수 있다.³⁾ 이러한 폭기에 의한 과포화의 요인으로는 혼화공정과 도수과정에서의 과포화를 들 수 있다. 대상 정수장 혼화공정에서의 폭기정도를 조사하기 위하여 평균속도구배 (Mean Velocity Gradient) G와 체체시간 (Detention Time) T의 곱인 GT의 값을 조사한 결과 A 정수장이 타 정수장의 약 2배가 되어 과도한 폭기의 가능성이 큰 것으로 나타났다.

도수시 취수장과 착수정의 온도차에 의하여 과포화되는 경우도⁴⁾ 있으나 도수관로가 길지 않은 우리나라의 경우에는 일어나기 어렵다고 볼 수 있다. 그러나, 도수시 관로상에 공기 기포가 존재할 경우 도수압력에 의하여 관로상의 공기 용해도는 증가하며 공기는 용존되어 대기압 기준으로 볼 때에는 과포화 상태가 된다. 과포화 상태의 물이 착수정에 도달하므로써 과포화 용존공기가 수중으로 이탈하게 되며, 이때 이탈공기는 미세한 기포를 형성하여 floc을 부상시키게 된다. 이러한 현상은 용존공기 부상법의 원리와 일치하며 관로상에 공기 기포가 존재할 경우에는 항상

일어날 수 있다. 펌프 취수구의 수위저하, 펌프 sealing부 노후화, 도수관로상의 공기변 이상, 단수로 인한 비관로 등은 이러한 공기흡입의 원인이 될 수 있으며, 도수과정에서 공기의 유입 여부는 흡입된 공기의 일부가 기포 형태로 착수정에 유입되기 때문에 쉽게 육안으로 확인할 수 있다.

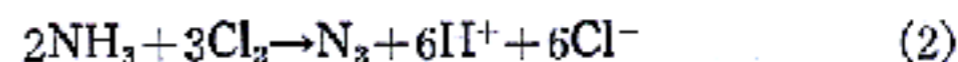
4.2. 液體投入에 따른 氣泡

액반 투입시 수산화물 floc을 만들기 위하여는 황산 알루미늄과 반응할 수 있도록 충분한 알칼리도 (Alkalinity)가 있어야 하며 대부분의 상수원수는 충분한 알칼리도를 갖기 때문에 소석회를 넣지 않을 경우 식 (1)에 의하여 이산화탄소가 발생하게 된다. 이와같은 이산화탄소가 기포로 작용할 수는 있으나 통상의 경우에 발생된 이산화탄소가 기포로 작용할 가능성을 조사한 결과 액반 투입에 따른 이산화탄소의 발생량은 포화용해도에 미치지 않는 경우가 많아 기포발생의 주요 요인은 되지 못한다.



4.3. 前鹽素 處理에 의한 氣泡

암모니아를 제거하기 위하여 일반적으로 사용되는 4가지 방법은 스트리핑 (Stripping), break point 염소처리, 이온교환 및 생물학적 질산화-탈질산화 공정이 있으며, 스트리핑에 의한 처리는 pH를 증가시켜 암모니아가 기체분자 상태로 용존되어 있어야 효율적인 처리가 될 수 있기 때문에 정수처리에 적용하는 것은 어려움이 따른다. 그러나 암모니아의 양이 많지 않을 경우에는 break point 염소처리를 하여 이를 제거할 수 있으며⁵⁾, 현재 A 정수장은 음용수의 수질기준에 따라 유입되는 암모니아를 break point 염소처리에 의하여 제거하고 있다. 이때 암모니아는 식 2와 같이 질소로 산화되며 온도범위가 4°C~38°C인 경우에는 암모니아의 95~99%가 질소기체로 전환된다. 이때 발생된 질소기체에 의하여 기포가 발생될 수 있다.



또한, 미용해 질염소에 의하여 기포가 발생될 수 있는데, 현장조사를 실시한 결과 전염소 투입률이 많을 경우 전염소 투입지점인 혼화지 및

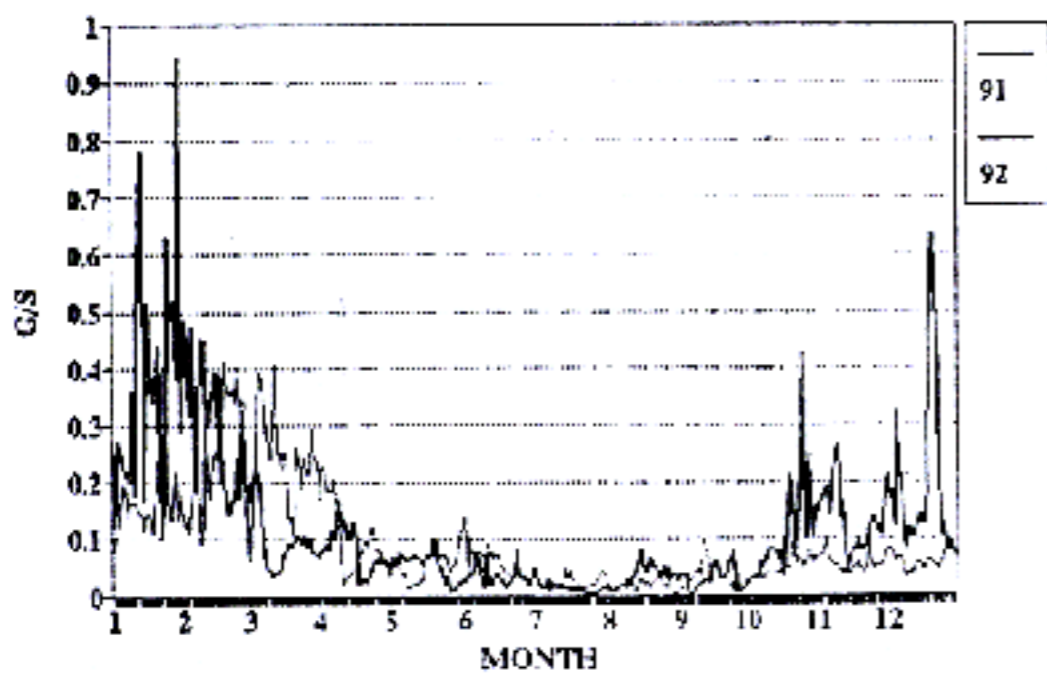


그림 4. A 정수장의 미용해 전염소에 의한 G/S 비

분배수로 유입부에서 많은 양의 기포가 발생하는 것을 볼 수 있으며 분배수로 가까이에 위치한 응집지에서도 이러한 기포가 다량 유입되는 것을 볼 수 있다. 또한 이러한 기포는 수면으로 부상되어 흰색의 거품을 형성하게 되며 육안으로 관찰되는 양이 많은 것을 볼 때 관찰되지 않는 미세한 기포 또한 많다고 볼 수 있다. 이러한 조건은 부상분리방법중 유도부상공기부상법의 공정과 일치하고 있기 때문에 기포가 공급이 되면 flocc이 부상하는 것이 가능하다.

앞에서 언급한 부상효율과 G/S 비와의 관계에 따라 A 정수장의 1991 및 1992년도 자료에 의한 scum의 G/S비를 조사한 결과가 그림 4에 나타나 있으며, G/S비는 scum의 발생 추세와 일치하여 scum 발생이 많은 갈수기에 높은 값으로 나타나고 발생량이 적은 풍수기에는 낮은 값으로 나타났다. 여기서 기포 상태로 유입된 염소 기체의 양은 측정에 어려움이 있기 때문에 투입된 전염소 농도의 10%를 사용하였으며 부유물 농도 SS는 기존의 탁도 자료 및 SS-탁도 관계식¹²⁾에 의하여 산정하였다.

4.4. 藻類에 의한 기포

조류에 의한 scum 발생은 조류 세포내의 기체 공포(Gas Vacuole)가 부력으로 작용하여 수면으로 부상하는 것으로 연구되어 있으며 청록조류(Blue-green Algae)가 노화되어 죽어감에 따라 부력을 조절할 수 있는 능력을 상실하여 수면으로 부상하는 것이 scum 발생의 한 원인이 된다. 조류의 부력 조절 능력은 Turgor 압력과 기체공포와의 관계로 설명할 수 있는데 즉, 광합성 작

용이 활발치 못할 때는 이에 따른 Turgor 압력이 낮아지고 이것은 기체공포의 형성을 증가시키며 따라서 조류는 증가된 부력에 의하여 부상하게 된다. 그러나, 조류가 비중이 작은 것을 고려할 때 약간의 flocc 부상 조건에 의하여도 부상하기 쉬운 조건이 되기 때문에 조류가 많을 때 scum의 양이 많을 수는 있으나 응집 scum이 조류 미발생 시점에도 많이 발생하는 것을 감안할 때 응집 scum을 발생시키는 주요원인은 아닌 것으로 판단된다.

5. 撒水에 의한 Scum의 物理的 除去效果

Scum의 발생원인 조사결과 scum 발생의 주요원인은 기포인 것으로 나타났기 때문에 살수를 하여 발생된 기포를 깨어주므로써 scum을 형성하고 있는 flocc이 침전될 것이라는 판단과, 거의 대부분의 정수장이 우천시에는 scum이 발생치 않고 발생되었던 scum도 제거된다는 현장조사 결과를 토대로 A 정수장내 응집지 1지를 택하여 살수 실험설비를 설치하고 실험을 실시하였다.

5.1. 살수 실험설비의 설치

정수장내 응집지에 설치한 살수설비인 파이프의 절반은 하향으로 물을 분사하는 방법을 채택하였으며 연직축을 기준으로 좌우 45도의 방향으로 2개, 연직 하향으로 1개의 직경 2.5mm 노즐구멍을 내었다. 그러나, 파이프의 나머지 반을 살수의 효율을 높이기 위하여 상향으로 분사하는 방법을 사용하였으며 노즐구멍은 하향에서와 같은 방법으로 내었다.

5.2. 실험결과 분석

위의 실험을 위하여 살수장치를 설치한 후 기존 응집지의 scum을 모두 제거한 상태에서 살수를 시작한 결과 응집지에 scum은 발생하지 않았으나 살수설비 설치후 7일째에 그런 5와 같이 하향으로 노즐구멍을 설치한 부분은 scum이 발생하고 상향으로 설치한 부분에서는 발생치 않았다. 이러한 원인은 하향분사가 scum의 발생량에 비하여 수면에 충격을 줄 수 있는 면적이 충분치 못한 반면 상향분사는 바람, 수압, 그리고 분사 특

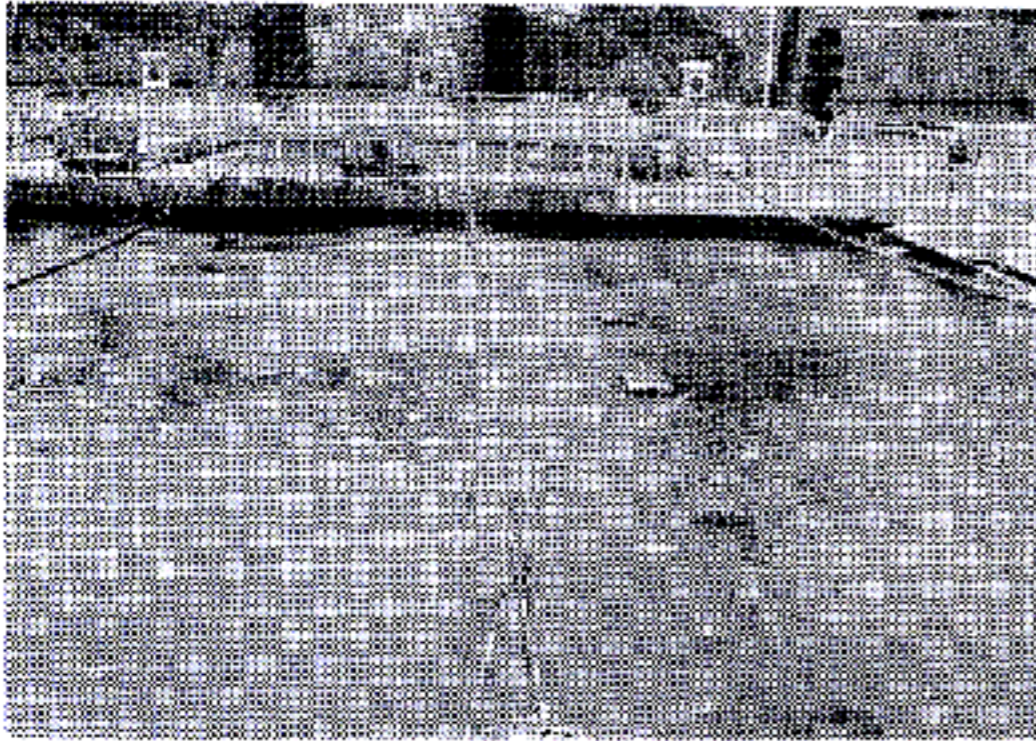


그림 5. 살수실험에 의한 scum의 제거

성 등에 의하여 살수지침이 지속적으로 변하여 살수면적이 커지기 때문이다. 따라서 다음과 같은 2가지 결론으로 정리될 수 있다. 첫째, 살수에 의하면 발생한 scum의 제거는 물론 scum의 발생을 방지할 수 있으며, 둘째 살수에 의한 제거효율을 향상시키기 위하여는 가능한 수면으로의 살수면적이 커야한다.

앞의 실험에서 사용된 파이프에 노즐구멍을 내어 살수시키는 방법은 원수를 사용할 경우 부유물에 의하여 노즐구멍이 막힐 가능성이 크며 앞의 실험결과에서도 10일 후에 약 1/5 정도의 노즐구멍이 폐쇄되었다. 따라서, 노즐구멍이 작은 경우에는 반드시 정수를 사용하여야 한다. 그러나 일반 노즐과 달리 많은 유량을 큰 입자로 분사시킬 수 있는 스파이럴 노즐(Spiral Nozzle)을 사용할 경우 원수를 사용할 수 있다.

6. 結 論

정수장에서 발생하는 scum을 효과적으로 제어하기 위하여 scum 발생인자에 대한 연구결과 주요 발생원인은 기포로 나타났으며, 대부분의 정수장에서 소량으로 발생하는 거품 scum의 경우 여러가지 복합 요인에 의한 적은 양의 기포에 의하여 발생되나 양이 적어 수처리 공정상 크게 문제가 되지 않는다. 그러나, 응집 scum의 경우 발생량이 많아 여러가지 운영상의 문제점을 야기시키며 이를 발생시키는 기포는 각 정수장에 따라 다른 조건이나 환경에 의하여 만들어진다. 이

러한 조건은 주로 용존공기 부상 시스템과 유사한 형태를 갖는 도수관로상에 공기가 유입되어 과포화된 상태에서 물이 공급될 때 미세기포가 발생하는 경우가 많다. 또한, 응집제인 액탄투입에 의한 기포가 발생하며, 전염소 처리에 의한 기포도 발생되는 것으로 나타났으며, 조류에 의한 기포가 발생되기도 하나 그 영향은 적은 것으로 나타났다.

발생된 scum에 대하여 살수에 의한 물리적 제거 실험결과 상당히 좋은 결과를 보여 주었으며 살수 면적이 클수록 제거효과는 크게 나타났다. 파이프에 노즐구멍을 만들어 살수하는 방법은 충격 면적을 크게하기 위하여 상향으로 분사하는 방법이 효율적이거나, 원수를 사용할 경우 노즐구멍이 폐쇄되기 때문에 정수를 사용하여야 한다는 단점이 있다. 그러나 스파이럴 노즐을 사용할 경우 이러한 문제를 해결할 수 있으며 수처리 공정상에 문제가 되지 않는 범위에서 원수 또는 정수를 사용할 수 있다.

參 考 文 獻

1. AWWA, "Introduction to Water Treatment", AWWA, p.56, Denver, CO 80235, 1984.
2. Chambers, D.B., W.R.T. Cottrell, "Flotation: Two Fresh Ways to treat Effluents", pp.95-98, Chemical Engineering, 1976.
3. Degremont, "Water Treatment Handbook", Degremont, 1979.
4. Envirex, "Manual for Water and Wastewater Treatment Equipment-Dissolved Air Flotation Thickeners", Envirex Co., 1989.
5. Foot, R.J., "The Effects of Process Control Parameter on the Composition and Stability of Activated Sludge", pp.215-228, J. IWEM, Vol. 6, 1992.
6. Grieves, R.B., W.L. Conger, D.P. Malone, "Foam Separation Clarification of Natural Water", pp.304-310, J. AWWA, May 1970.
7. Gulas, V., L. Benefield, C. Randall, "Factors

- Affecting the Design of Dissolved Air Flotation System", p.1835, J. WPCF, Vol. 50, 1978.
8. Hiraoka, M. K. Tsumura, "Suppression of Actinomycece Scum Production-A Case Study at Senboku Wastewater Treatment Plant, Japan", pp.83-90, Water Sci. Tech., Vol. 16, Vienna, Great Britain, 1984.
 9. Hudson, H.E., "Water Clarification Processes Practical Design and Evaluation", pp.124-125, Van Nostrand Reinhold Company, 1981.
 10. Pretorius, W.A., J.P. Laubscher, "Control of Biological Scum in Activated Sludge Plants by Means of Selective Flotation", pp.1003-1011, Water Science Tech., Vol. 19, 1987.
 11. Rubin, Alan J., Alan Cassel, Oliver Henderson, Donald Johnson, James C. Lamb, "Microflotation: New Low Gas-Flow Rate Foam Separation Technique for Bacteria and Algae", pp.135-151, Biotechnology and Bioengineering, Vol. VII, 1966.
 12. 한국수자원공사, "정수장 배출수의 처리방안에 관한 연구", KOWACO, pp.234-244, 1991.
 13. 한국수자원공사, "SCUM의 효과적 제거방안 연구", 수자원연구소 WRRI-WS-92-03, KOWACO, 1992.