

정수장에서의 침전공정에 의한 조류현존량 변화

○박종근¹⁾ · 최일환 · 김학철

1 서론

산업 및 생활 수준의 급격한 팽창으로 인한 물수요의 증가에 따른 인위적인 취수원의 확보에는 그 반대 급부로서 수질영양단계의 상승이 뒤따르게 되고 그 결과 식물플랑크톤의 대발생과 같은 생태계의 변화가 빈번히 발생하게 된다. 이러한 식물플랑크톤의 대발생은 정수처리 공정에도 여러 장애를 발생시키고 있다. *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* 등의 조류가 원인이 되어 2-MIB, Geosimin 같은 물질에 의한 냄새유발, *Microcystis*, *Synedra*와 같이 조류체내에 기포 또는 지질을 함유하여 부상하기가 용이하여 발생하는 응집·침전 장애, 또는 *Microcystis* 등과 같이 작은 크기로 인한 여과지 누출, *Phormidium*과 같이 염소에 내성을 가진 부착성 조류에 의한 증식 장애, *Microcystis*, *Anabaena* 등 독성을 함유한 조류에 의한 건강상의 위해성 등, 다양한 조류에 의해 다양한 방법으로 정수 공정에서 장애를 야기하고 있다.

조류에 의한 정수처리 장애를 해결하고 연구하고자 할 때는 정수장에 유입되는 조류에 관한 상황을 인지한 후 체계적인 해결 또는 연구가 수행되어야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 정수장으로 유입되는 원수의 식물플랑크톤 현존량과 그 구성, 그리고 정수과정 중 침전단계에서 식물플랑크톤의 제거 현황과 종에 따른 특성 등을 알아보려고 하였다.

2 재료 및 방법

조사 대상지는 대청댐을 수원으로 하는 C 정수장을 선정하였으며, 정수장으로 유입되어 착수정으로 들어온 원수와 침전과정을 거친 후 여과지로 이송되기 직전의 침전수를 대상으로 조사하였다. 정수장의 장애 조류를 조사하기 위하여 2000년 2월부터 시작하였으며, 조사 빈도는 기본적으로 월 2회를 수행하였다.

정수장의 원수, 침전수의 식물플랑크톤 현존량을 구하기 위한 정량시료는 각 지점별로 1 ℓ 플라스틱 채수병에 채집하여 Lugol's 용액으로 고정하였다. 종의 동정을 위한 식물플랑크톤 시료는 필요에 따라 plankton net 시료와 정량시료의 농축액을 사용하였다. 정량분석은 채수된 1 ℓ 시료를 24시간 이상 침전시켜 상등액을 제거하고 100 ml 전후로 농축한 후에, Sedgwick-Rafter Chamber를 사용하여 Schoen (1988)의 방법으로 계수하였다. *Microcystis* 속의 개체수는 균체를 세포단위로 분해한 후 혈구계산기 (hemocytometer)를 사용하여 계산하였다. 각 침전 공정 후 식

¹⁾ 한국수자원공사 수자원연구소

물플랑크톤의 제거율은 공정별 조류 현존량을 비교 계산하였다.

3 결과 및 고찰

원수에서 우점종 변화의 전반적인 경향은 봄과 초여름인 6월까지와 가을에는 규조류, 여름에는 남조류에서 우점종이 출현하였다. 3월과 4월에는 *Asterionell formosa*가 우점종으로 기록되었으며, 특히 4월에는 *Synedra acus*, *Aulacoseira granulata* 등의 규조류가 전체 현존량의 79.1 ~ 89.0 %로 조사되었다 (Fig. 1). 5월과 6월에는 강별 구성이 혼재 되는 시기로 규조강의 현존량 구성비가 낮아지고 녹조류 또는 편모조류의 구성비가 높아지는 것으로 나타났다. 이는 규조강 우점기에서 남조강 우점기로 전환되는 이행 과정에 해당하며, 온대 지역의 호수에서 일어나는 일반적인 현상이다 (Horne and Goldman, 1983). 7월부터 8월까지의 남조류인 *Aphanizomenon flos-aquae*, *Oscillatoria limosa*, *Pseudanabaena limnetica*, *Microcystis* 속 등이 우점종으로 조사되었다. 강별 구성비에서는 7월부터 10월까지 남조류의 구성비가 최저 43.8%에서 최고 98.6%로 조사되었다. 이는 '99년 대청댐 원수의 식물플랑크톤 조사와 유사한 양상이었으나, *Apha. flos-aquae*가 등장한 것은 이례적인 현상이었다 (1999, 한국수자원공사). 11월에는 *Aula. granulata*가 우점종으로 다시 출현하였으며, 강별 구성비도 77.1%, 58.6%로 규조강이 우세해지기 시작하였다.

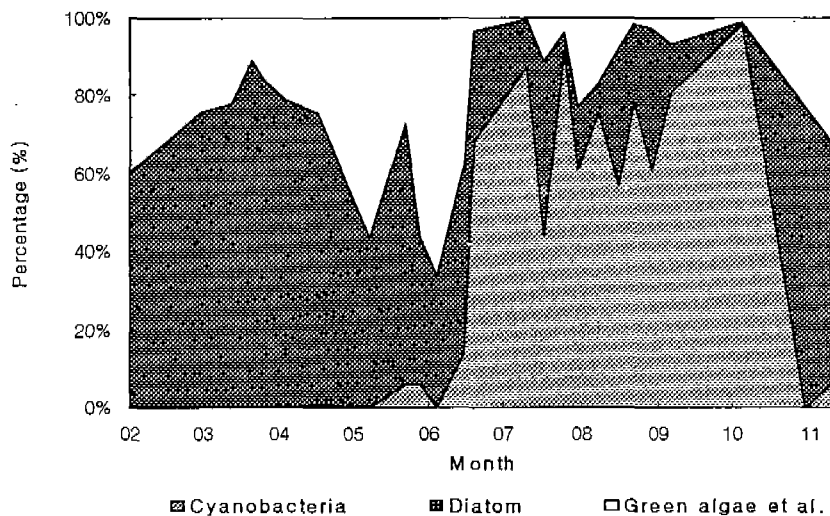


Figure 1. The variations of class percentage in raw water

C정수장에 유입되는 원수의 식물플랑크톤 현존량은 2월에는 290 cells/ml로 낮은 현존량을 보이다가 3월과 4월에는 규조류의 증가로 2,800 cells/ml까지 증가하였다 (Fig. 2). *A. formosa*는 4월에 1,660 cells/ml로 최고 출현량을 보인 후 점차 감소하여 6월까지 출현하였으며, 이 후 여름철에는 출현하지 않다가 11월부터 다시 출현하기 시작하였다. *S. acus*는 3월말과 4월초에 걸쳐 420

cells/ml로 출현의 정점을 이룬 후 점차 감소하기 시작하였다. *S. acus*에 의한 여과지 막힘 현상은 50 cells/ml의 낮은 농도에서도 발생한다는 보고가 있다 (낙동강환경관리청, 1988). C정수장에서는 50 cells/ml의 이상의 농도로 *S. acus*가 출현한 기간은 3월 초순부터 4월 중순이었다. 남조류가 출현하기 시작하는 7월부터는 조류 현존량이 증가하기 시작하여 10월에 9,200 cells/ml로 최고치를 보였으며, 이 후 남조류의 출현이 조사되지 않은 11월부터는 현존량이 1,000 cells/ml 전·후로 낮아졌다. *Microcystis*, *Anabaena*, *Apha. flos-aquae* 등의 남조류는 7월 전·후로 출현하기 시작하여 10월까지 나타나는 것으로 조사되었다. 조사기간 동안 C정수장 유입되는 원수의 남조류 출현 양상을 살펴보면 하나의 종이 우점종으로 일정기간 동안 지속되는 경우가 없이 남조류간 개체군 변이 폭이 크게 나타났다. *Microcystis* 속의 현존량도 9월과 10월에 한번씩 5,000 cells/ml 전·후로 출현한 것을 제외하고는 6월부터 10월까지 1,000 cells/ml 이하로 출현하였다.

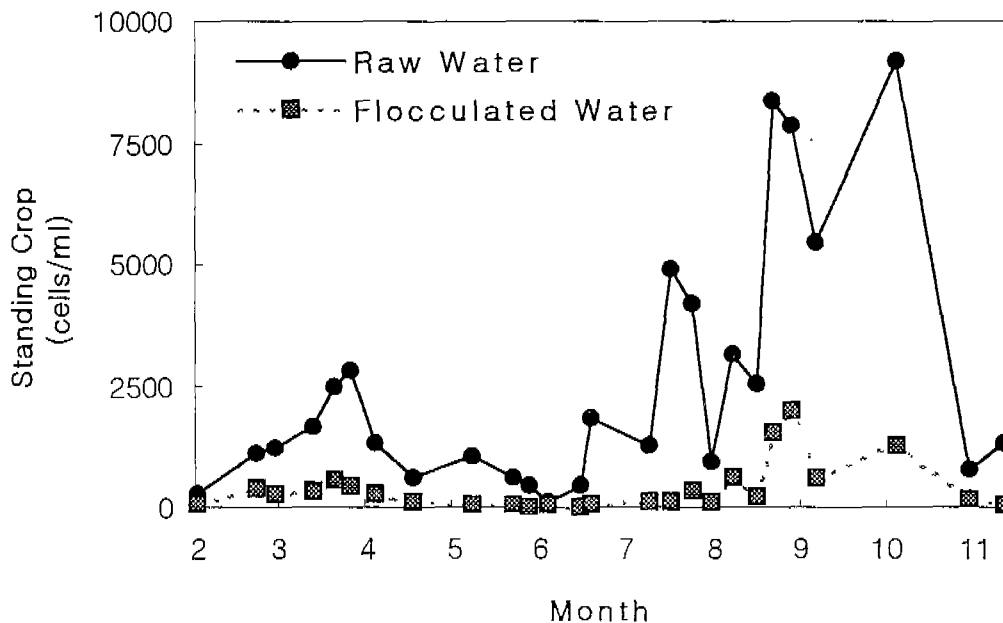


Figure 2. The standing crop of raw water and flocculated water

C 정수장에서의 침전공정 후 조류의 평균 제거율은 83.81%이었다. 주요 조류종별, 강별 (규조강, 남조강, 녹조강 및 기타) 침전지 제거율은 Table 1과 같다. 조류를 강별로 분류하여 계산한 침전지에서의 조류 제거율의 평균값은 85.09 ~ 89.74%로, 조류의 강에 따라서는 큰 차이를 보이지 않았다. 침전공정에 의한 조류 제거율이 최저치를 보인 것은 6월 중순에 38.4%이었다. 이 시기의 C정수장 우점종은 *Aula. granulata*, 아우점종은 *Rhodomonas* sp.였으며 현존량은 126 cells/ml로 매우 낮은 양을 보인 반면, 종수는 25 종으로 많은 종이 출현하였다. 이 시기의 전·후는 조류 현존량이 400 cells/ml 이상이었고 침전지에서 제거율은 96% 이상이었다. 따라서 조류 현존량의 급격한 감소로 인한 응집·침전에 적당한 대상 물질의 부족으로 조류에 대한 적당한 침전이 이루어

어지지 않은 것으로 사료된다. 그러나 침전이 이루어지지 않았다고 해서 여과지로의 부하가 발생한 것은 아니다. 여과지로 이송된 조류 현존량은 77 cells/ml로, 조사기간 동안 여과지로 이송되는 조류 평균값 377 cells/ml에 훨씬 못미치는 값이었다.

주요 조류종 중 가장 낮은 침전지 제거율을 보인 조류는 *S. acus*로 조사 평균값은 61.55%, 제거율은 53.7 ~ 69.7%로 많은 양이 여과지로 이송되는 것으로 조사되었다. 남조류인 *Anabaena* sp.와 규조류인 *Aula granulata*, *A. formosa*는 형태학적으로 사상체의 모양을 띄고 있으므로, 침전이 제대로 이루어지지 않을 경우 여과지로의 이송시 부하를 일으킬 것이라고 예상되었지만 평균 제거율 90% 이상, 제거범위 80 ~ 100%로 침전지에서 많은 양이 제거되는 것으로 조사되었다. *Apha. flos-aquae*와 *Microcystis*는 제거 범위가 30% 또는 40%의 낮은 제거율이 기록되는 것으로 보아 응집·침전에 의한 제거가 원수의 특성에 따라 변동이 심한 것으로 사료된다. 특히 위의 조류들은 인체에 해로운 물질도 포함되어 있으므로 지속적인 모니터링을 통한 감시와 안정된 공정 조건을 강구하는 것이 필요하다고 본다.

Table 1. The removal rate of algae by flocculation

Taxa	Removal rate(%)
Diatom	89.74
Cyanobacteria	87.15
Green algae et al.	85.09
<i>Asterionella formosa</i>	89.50
<i>Aulacoseira granulata</i>	92.77
<i>Anabaena</i> sp.	97.20
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	80.75
<i>Microcystis</i> sp.	75.64
<i>Synedra acus</i>	61.55

4. 참고문헌

낙동강환경관리청, 상수도에서의 조류장애 및 저감대책, 1988.

한국수자원공사, 취수원 조류군집 특성에 관한 연구, 1999.

Horne, A.J. and C.R. Golman, Limnology, McGraw-Hill Inc. New York, pp 1-576, 1983.