

인공순환장치를 이용한 호수의 수질개선 방법에 관한 고찰

Lake Water Quality Control Strategies Using Destratification System

서 동일 · 권오현

충남대학교

요약

호수의 수질관리를 위한 방법의 하나로 대청호의 취수탑이 설치된 부분에 공기양수통 방식의 인공순환 장치가 설치되었다. 이 방법은 호수바닥에 설치된 원통형의 양수통에 간헐적으로 공급되는 공기에 의하여 호수의 혼합을 유도함으로써, 식물성플랑크톤 (조류)의 이상성장에 따른 부작용을 감소시키는 데 주 목적이 있다. 그러나, 본 장치의 효과적인 사용을 위하여는 수질에 영향을 미치는 각종의 인자를 분석하여 합리적인 운영방안을 수립할 필요성이 절실하다. 본 연구에서는 대청호의 문의면에 설치된 취수탑을 중심으로 수질, 수문 및 유동에 대한 분석을 시행하여 실질적인 효과를 분석하여 보고 문제점 및 향후 대책에 대하여 알아 보고자 한다.

1. 서론

대청 다목적댐은 수자원의 개발과 홍수조절을 목적으로 1980년도에 완공되었다. 대청호의 유역면적은 9,866 km², 총저수용량은 15억톤에 달하고 유역의 약 6백만의 인구에 상수원을 공급하고 있다. 그러나 유역의 인구활동 증가에 따른 오염물질의 증가로 인하여 대청호의 수질은 점차로 악화되고 있다. 최근에 들어 상수에서 발생하는 냄새문제가 심각하게 대두되고 있는데, 이는 부영양화에 의한 영향으로 잘 알려져 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 정수처리과정에서 여러가지의 처리방법이 대두되고 있으나, 아직은 역부족인 것으로 여겨진다. 인공순환 장치는 원수측에서 수질을 개선해 보려는 노력으로서 조류의 성장을 억제시킴으로써 냄새발생물질이 생성되는 것을 감소시키는 데 주 목적이 있다 (한국 수자원공사, 1990). 그러나 이 장치에 대한 수질상향효과는 확실하지 않은 편이며 (Cook et al, 1994; 권 오현등, 1993; 서 동일등, 1994; 임 봉수등; 1994), 따라서 이의 사용에 따른 많은 의문이 제기되기도 한다.

2. 인공순환장치

인공순환 장치의 주목적은 호수의 성층현상을 파괴하는 것이다. 이 과정에서 저층수의 산소농도가 증가하여 산화조건을 형성할 경우 저니층으로부터의 오염물질 (특히 인성분)이 억제되는 효과를 가져온다. 우리나라와 일본에서는 공기양수통 형식이 주로 사용되나 미국이나 유럽에서는

산기관 형식이 주로 사용된다. 그림 1은 본 연구에 사용된 공기양수통 형식의 인공순환장치를 나타낸다.

Lorenzen and Fast (1977)는 조류의 성장을 위하여 태양에너지와 영양염류가 가장 중요한 두 가지의 제한인자라고 보고하였다. 이들은 호수가 충분히 혼합될 경우, 조류가 태양에너지에 노출되는 시간이 작아짐에 따라 성장이 억제될 수 있다고 보았다. 그러나 혼합이 충분하지 않을 경우, 바닥에 침적되어 있는 영양염류를 부상시키는 역효과를 가져올 수도 있다고 하였다. 따라서 인공순환 장치를 설계하는데 있어서 가장 중요한 사항은 장치가 호수에 충분한 혼합을 제공할 수 있어야 한다는 것이며 (Lorenzen and Fast, 1977; Pastorak et al., 1981) 설계의 기준은 경험적인 방법 (Lorenzen and Fast, 1977)을 이용하거나 이론적인 방법 (Davis, 1980)을 사용한다.

경험적인 방법에서는 공기공급량과 호수 크기 (표면적 또는 체적)의 비를 주로 이용한다. 이 방법을 사용하였을 경우 현재 대청호에 설치되어 있는 설비는 충분한 용량을 가지고 있는 것으로 산정된다. 이론적인 방법에서는 에너지 수지를 이용하는데 이를 이용할 경우 현재의 설비는 요구되는 에너지량의 절반가량의 수준에 머무르는 것으로 계산되었다.

그러나, 상기의 두 방법은 산기관 형태를 이용하였을 경우의 계산 결과이며, 공기양수통 형태는 에너지 전달효율이 상당히 저조한 것으로 알려져 있으므로 (Imberger, 1995) 상기의 계산결과는 실제와 상당히 큰 차이를 보일 가능성이 있다.

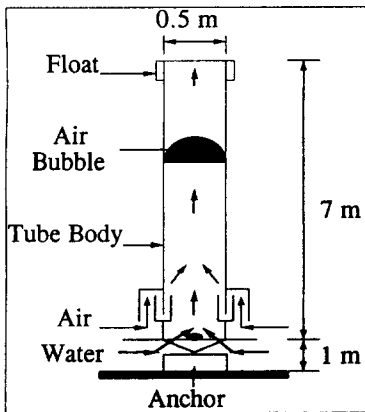


그림 1. 인공순환장치 개념도

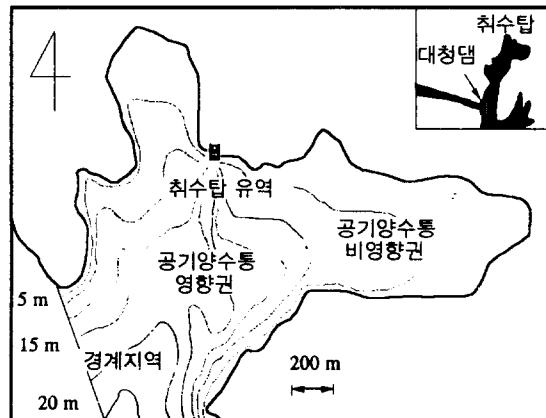


그림 2. 연구대상지역 구분

3. 연구대상 지역

본 연구의 대상 지역은 그림 2에 나타난 바와 같이 대청호 북측의 1 km²의 면적을 가지는 만 지역이다. 평균 깊이는 1993년과 1994년 여름에 각각 10 m 와 5 m (1994년은 가뭄으로 호수의 수위가 낮아졌다) 가량을 보였다. 공기양수통은 모두 8 기로서 각각 200 m 가량 이격되어 분포되어 있으며 두개의 50 마력 용량의 펌프 (공기공급량 최대 6 m³/min)에 연결되어 있다. 이 시설

이 수질에 미치는 영향을 연구하기 위하여 현장은 다음과 같이 네 가지 지역으로 세분되었다.

1) 취수탑 부근, 2) 공기양수통 영향권, 3) 공기양수통 비영향권, 4) 본류와의 경계지역.

성층현상의 관찰을 위하여 용존산소와 수온이 각 소구역에서 깊이에 따라 측정되었으며, 총인 농도와 엽록소 농도 등을 포함한 각종 수질항목에 대한 실험이 병행되었다.

4. 수질분석 결과

수질분석은 1993년과 1994년 여름에 실시되었으나, 1994년의 경우 심한 가뭄으로 인하여 1993년의 자료와 일관성을 발견하기가 매우 어려웠다. 특히 수심이 낮았던 1994년의 경우 초여름 일부의 날짜를 제외하고는 연구지역에서 성층현상이 나타나지 않았다.

네 곳으로 구분한 지역에서 각종의 수질농도는 주로 외부의 오염물질의 유입에 의하여 변화하는 것으로 분석되며 지역에 따라 그다지 큰 차이를 보이지 않고 있었다. 가장 우려되는 것은 상수원수가 유입되는 취수탑 부근에서 정체수역이 형성되어 조류의 농도가 특히 높고 침적된 저니가 다량 발견되어 영양염류의 용출가능성이 크다는 것이다. 그러나 공기양수통 부근에서 총인 농도와 엽록소 농도는 여타지역에 비하여 작게 나타나는 경향을 발견할 수 있었다. 용존산소와 수온의 관찰결과에 의하면 본 시설에 의하여 나타나는 혼합효과는 표면의 일부지역을 (반경 20 m 가량) 제외하고는 충분하지 않은 것으로 나타나고 있다.

전반적으로 현장에 설치된 공기양수통은 해당지역의 수질에 영향을 미치는 데는 부족한 편이라고 분석된다. 이는 외부에서 전달되는 에너지가 공기양수통에 의해서 효율적으로 전달되지 못하는 데 주원인이 있을 것으로 생각된다. 산기관 형태의 경우, 혼합효과는 공기주입량과 공기방출구의 수심에 따라 달라진다. 공기양수통의 경우 공기방출구가 상단에 위치하고 많은 부분의 에너지가 대기 중으로 소모되는 것이 큰 단점으로 지적되며 이러한 효과는 수심이 낮을수록 심각해진다. 따라서 적절한 혼합을 제공하기 위하여는 여러 가지 공기방출방식을 비교하여 가장 효율적인 방법을 사용해야 할 필요가 있다. 연구지역의 수질 (특히, 취수탑 부근)을 향상시키기 위하여 취할 수 있는 대안은 다음과 같이 제안된다.

5. 결론 및 제언

1. 연구대상지역의 수질에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 외부에서 유입되는 오염원들로 분석된다. 따라서 이들에 대한 우선적인 대책이 마련되어야 한다.
2. 공기양수통의 주변 20 m 내에서는 총인과 엽록소 농도가 여타지역에 비하여 낮게 나타나며 이는 공기양수통의 혼합효과에 의한 것으로 판단된다. 그러나 공기양수통은 연구대상 지역 전체에 대하여는 충분한 혼합효과를 나타내지 못하는 것으로 관찰된다.
3. 취수탑 부근의 수질은 만 내부의 여타지역에 비하여 수질상태가 저조한 편이며, 특히 조류 농도가 높은 것으로 관찰되었다.

4. 공기양수통을 이용하여 연구대상지역의 수질을 향상시키기 위하여는 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다고 제안된다.

- 1) 공기양수통의 실질적 영향반경을 고려한 재배치
- 2) 공기공급량의 증가 또는 공기양수통의 증설
- 3) 수위 변동에 따른 선택적 취수를 위한 취수탑의 개조
- 4) 취수탑 전방 도수로 또는 도수터널을 이용 약품처리와 병행한 현장 전처리
- 5) 호수의 혼합효과가 우수한 여타의 인공순환 방식과의 조합 또는 교체

6. 참고문헌

- 권 오현, 장 동순, 서 동일, 수중폭기에 따른 수질변화 예측 및 효과규명에 관한 연구 (1차), 한국수자원공사 보고서, 1993.
- 임 봉수동, 대전취수탑 수질영향평가, 대전직할시 상수도사업본부 보고서, 1994.
- 서 동일, 장 동순, 권 오현, 수중폭기에 따른 수질변화 예측 및 효과규명에 관한 연구 (2차), 한국수자원공사 보고서, 1994.
- Cooke, D., Welch, E. Peterson, S, and Newroth P, Restoration and Management of Lakes and Reservoirs, 2nd Ed., Lewis Pub. Co., 1993.
- Davis, J. M., "Destratification of reservoirs - a design approach for perforated-pipe compressed-air systems", Water Services, 1980.
- Imberger, J., Personal Communication, 1995.
- Johnson, P. L., "Thought on selection and design of reservoir aeration devices", Lake and reservoir management, pp. 537-541, USEPA 440/5/84/001, 1984.
- KOWACO, The report on the feasibility study for the installation of the artificial circulation system in the multipurpose dam, 1990.
- Lorenzen M. and Fast A., "Aeration/Circulation Techniques for Lake management ", EPA-600/3-77-004, 1977.
- Pastorak, R, Lorenzen, M., and Ginn, T., "Environmental Aspects of Artificial Aeration and Oxygenation of Reservoirs: A Review of Theory, Techniques, and Experiences", US Army Corps of Engineers, Technical Report E-82-3, 1982.
- Seo, D., "Effect of Artificial Circulation on Daechung Lake, Korea", Submitted to the 6th International Conference on the Conservation and Management of Lakes, Kasumigaura '95, Japan, 1995.