

수질-P13

시화호 수문개방에 따른 수질변화

김종구*, 김준우

군산대학교 토목환경공학부

1. 서론

시화호는 우리나라의 중서부지역인 동경 $126^{\circ} 31' \sim 17^{\circ} 00'$, 북위 $37^{\circ} 11' \sim 37^{\circ} 23'$ 사이에 위치해 있다. 시화지구 개발 외곽시설인 방조제 및 부대시설사업이 본격화되기 전인 지난 77년, 시화호는 3개군, 면이 감싸안고 있으며 당시 행정구역 명칭인 시흥군 군자면, 화성군 서신면, 용진군 대부면 일원이 그 대상지역으로서 이들 지역은 어업과 농업이 혼합된 자연부락 이였다. 이런 시화만 주변은 유역면적 4만7천6백50ha로 10km 내외의 소하천인 반월, 신길, 동화, 삼화, 화정, 안산천이 주요 유입하천으로, 잘 발달된 간사지, 얕은 구릉지대로 지세는 완만해 개발하기에는 안성맞춤인 좋은 조건을 이루고 있었다.

그리하여, 시화호 개발 사업은 1987년 6월 '국토확장과 해안지역의 물 자원 확보'라는 계획 아래 착공, 탄도, 불도, 대선 방조제의 완공에 이어 94년 1월 주 방조제인 시화1호와 시화2호 방조제의 최종 끝막이공사가 완성되어 자연스럽게 시화호가 탄생된 것이다.

즉, 경기도 안산시, 시흥시, 화성군의 1도 2시 1군에 이르는 광활한 간석지를 개발하는 대규모 국토확장사업으로 반월만에 방조제 5개(12.6km)를 축조하여 17,300ha를 개발함으로써 시화 1단계 공단 및 배후도시를 개발하여 수도권의 인구분산 및 공업용지의 확보에 기여하고 방조제 축조에 따른 사업효과로 수도권내 도시 및 농지조성 등을 마련하고 인근 도시지역의 개발, 특히 2천년대 식량의 안정적 공급을 위한 농지조성과 6,100ha의 담수호를 조성 1억8천만 톤의 수자원을 확보해 전천후 영농기반을 마련하는데 주안점을 두었다. 이외에도 부수적인 사업효과로 101km 해안선이 단축돼 농어촌관광 위락단지의 여건조성 등 도서지역을 균형개발 하는데 그 목적으로 한 시화호는 이러한 기본 방침에 따라 종합개발사업을 위한 외곽시설인 방조제공사로 만들어졌다.

그러나, 시화 방조제의 끝막이 공사가 완료됨에 따라 해수의 유통을 차단함으로서 수체가 정체되는 호수의 성격을 갖게 되어 급격한 수질악화현상이 발생되었다. 이러한 원인은 시화호 유역의 도시하수, 가축 사육장, 공단 등에서의 폐수유입으로 볼 수 있으며, 특히 하수량의 98.5%에 해당하는 폐수를 발생하는 안산시 반월공단과 시화공단, 팔곡교 부근의 반월도금조합 등에 기인한 폐수유입으로 여기에 기업체의 원가절감을 위한 폐수의 무단방출까지 겹쳐 폐쇄 수역인 시화호의 오염을 가중시켜 온 것이다.

이처럼 유입수의 총량이 적은데다 소하천의 정화와 공단의 무단 방류에 대한 정화 대책도 없이 조성된 이 시화호의 오염은 조성 당시부터 잉태되어 있었다. 이러한 결과 오염은 점차 심화되어 담수호를 포기하고 해수 유입을 결정하게 되었다.

따라서 본 연구는 시화호의 수질 평가 및 관리에 앞서서, 시화호의 수질 특성을 파악하기 위한 수질항목들을 조사 및 분석하여 각 항목별 분포특성을 기술하고 해석하는 일환으로서 지점별, 계절별에 있어서 시화호의 유기물 오염과 용존산소의 분포 특성을 파악하고자 하였다.

시화호의 수질현황의 파악을 위한 자료는 안상은 외('94~'96)가 조사한 수질변화 추이분석 자료와 한국수자원공사의 보고서('98~'99)의 실측자료를 중점적으로 활용하였다.

본 연구의 결과는 시화호와 그 주변 해역의 수질 평가에 도움이 되고 또 한 장래의 수질 예측 및 합리적 수질 관리에 필요한 기초 자료가 될 것으로 기대된다.

2. 연구내용 및 방법

2.1 시료제취

시화호의 수문 개방후의 호내 수질변화를 평가하기 위하여 2000년 9월부터 2001년 6월까지 계절별 수질조사를 행하였다. 조사지점은 배수갑문 입구부에서 호내로 직선적으로 4지점을 선정하여 표층수와 저층수를 채수하여 수질조사를 행하였다(Fig.1). 그리고 수문개방에 따른 수질의 연속적인 변화특성을 보기 위하여 배수갑문 입구인 지점 1과 가장 안쪽지점인 지점 4에 수질모니터링시스템(YSI-6900)을 보름동안 설치하여 수질의 연속적인 변화특성을 조사하였다.



Fig. 1. Locations of sampling stations.

2.2 수질분석

수질조사항목은 일반항목과 영양염류를 분석하였으며, 연속관측에서는 수온, 염분, 용존산소, pH를 관측하였다. 분석방법은 해양오염공정시험법 및 그에 준하는 시험방법을 적용하였다.

분석항목은 일반항목으로 수온, 염분, 용존산소(DO), 수소이온농도(pH), 화학적 산소요구량(COD), 총부유성고형물(TSS), 휘발성부유물(VSS)을 측정하였고, 영양염류로는 암모니아성질소($\text{NH}_4^+ \text{-N}$), 아질산성질소($\text{NO}_2^- \text{-N}$), 질산성질소($\text{NO}_3^- \text{-N}$), 총질소(T-N), 총인

(T-P), 인산인염(PO_4^{3-} -P)을 측정하였고, 생산력으로 클로로필a (Chlorophyll-a)를 측정하였다.

2.3 상관성 분석 및 부영양도 평가

수질인자간의 상관성 분석을 위하여 SPSSwin 7.50을 이용하여 단순상관분석을 행하였다. 그리고 조사해역의 부영양도 평가를 위해 조사된 자료를 이용하여 Okaichi(1985)가 제안한 다음식을 사용하여 해역의 부영양도를 평가해 보았다.

$$\text{부영양도} = \frac{\text{COD}(\text{mg/l}) \times \text{DIN}(\mu\text{g-at/l}) \times \text{PO}_4^{3-} - \text{P}(\mu\text{g-at/l})}{3.4272}$$

이는 해역의 부영양화 지표로서 적조를 유발시키는 한계를 고려한 방법으로, 여기서는 적조 초기로 보여지는 규조의 세포수 103개체/ml를 한계로 해서 여기에 함유된 C량인 0.83mg/l ($\text{COD}=1\text{mg/l}$)를 고려하고 N은 $7.14\mu\text{g-at/l}$, P는 $0.48\mu\text{g-at/l}$ 를 기준으로 해서 평가한다.

3. 결 론

시화호의 수질 특성을 알아보기 위해 수질 항목들을 조사 및 분석함으로써 유기물의 오염과 용존산소의 현황 및 분포 특성을 살펴본 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 시화호의 수온은 표층과 저층의 뚜렷한 차이를 보이지는 않았으나, 염분 농도의 경우 표층보다 저층이 높게 나타남으로서 전체 수층의 연직밀도 분포는 표층수와 저층수 간에 연직 혼합이 어려운 안정된 구조를 이루고 있었다. 특히 가을의 경우 다른 계절에 비해 온도는 저층이 표층에 비해 낮고, 염분 농도는 저층이 높은 뚜렷한 성층을 이루고 있다.

2) 용존산소의 경우 표층에서 봄과 여름은 전반적으로 2등급수를 유지하고 있었으나, 유역에 비교적 가까운 4지점은 75.3%, 79.5%로서 3등급에도 미치지 못하고 있었다. 가을에는 높은 Chl-a의 영향으로 모든 지점에서 과포화되는 양상을 보이고 겨울의 경우 비교적 낮은 수온으로 1등급의 수질을 나타내고 있었으나, 2지점과 4지점은 Chl-a의 영향으로 과포화를 보이고 있다. 저층에서는 거의 모든 지점에서 3등급의 수질을 보이고, 연안에 가까운 4지점에서는 심한 DO 부족현상을 보이고 있었다.

3) 시화호의 수문 조작후 4지점에서 1지점으로 갈수록 화학적 산소요구량, 영양염류 (T-N, T-P)의 농도가 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 시화호 내로 많은 양의 유기물질 등이 유입된 것을 알 수 있다.

4) 시화호 수문 개방에 따른 수질 변동 특성을 조사하기 위해서 지점 1과 4에서 연속 관측을 실시하였는데 여름과 겨울이 성층의 발달로 상관관계가 높게 나타냄을 알 수 있다. DO농도의 포화도가 낮은 해수와 담수의 혼합으로 Sal - DO의 관계가 역(-) 관계를 나타내게 되었으며, Sal - pH는 일반적으로 정(+)의 상관성을 나타내지만 호 내부(지점 4)에서 유역으로부터 과다하게 유입된 영양염류에 의해 조류의 성장에 따른 pH의 증가로 역(-)의 상관관계를 나타내게 되었다.

5) 표층수의 상관관계에서 뚜렷한 역(-)의 상관관계를 보이는 것으로 Sal vs Chl-a

와 Sal vs TSS로서 -0.703, -0.788을 보였으며, 정(+)의 상관관계를 보이는 것으로는 0.932의 Chl-a vs TSS로 나타났다. 저층수의 경우 역(-)의 상관관계를 보이는 것으로 Sal vs DIP와 Sal vs TSS로 각각 -0.768, -0.921이며 DIP vs TSS, T-P는 0.888, 0.942의 높은 정(+)의 상관관계를 보였다.

6) 시화호는 전반적으로 부영양화 지수가 1을 훨씬 넘는 수치를 보이고 있어 심각한 적조현상의 위험성을 내포하고 있다. 이는 유역의 하수, 공단 폐수, 농·축산 폐수 등의 유입과 여기에 방조제 축조에 의한 체류시간의 증가에 의한 것으로 보인다. 특히 여름의 4지점의 경우 표층에서 414.5로 매우 높은 이유는 집중호우에 의한 유역에서의 많은 유기물의 유입에 기인한 것으로 본다.

참고문헌

- 이 명섭, 한국 수자원 공사 ;시화호 수질 개선대책과 추진현황 1997.
안 상은 외, 시화호의 수질변화 추이 분석, 충남 대학교 환경공학과 한국 수자원공사 수자원 연구소. (Analysis of water Quality Dynamics in the Sihwa Lake. 1996)
- Okaichi, T. 1985. The cause of redtide in neitic water. Japan Fisheries ves. Convers. Ass, 58~75.
- 김 동섭 외, 시화호 부영양화 현황 (Eutrophication of Lake Sihwa) 한국 수자원공사 수자원 연구소. 1997.
- 시화호 위해 연안 환경 영향 조사 - 최종 보고서- 1998. 12. 한국 수자원 공사.
- 시화호 수질 관리 대책수립 연구 (최종 보고서) 1998. 12. 한국 수자원공사.
- 한국 수자원 공사, 농촌 진흥공사, 시화지구 담수호 수질보전 대책수립 조사보고서, 1995.
- A study on the Entrophication in the Keum River. Sun-Jae You, Jong-Gu Kim, Tae-Won Kwon, and Suk-Mo Lee (Manuscript received 24 September. (1998))
- The Characteristics of water Quality in Mokpo Harbour (I) - cintering on organic pollution and dissolved oxygen in summer - Gwang-su Kim.
- 시화호의 환경 변화 조사 및 보전대책 수립에 관한 연구 (1차 연도). 한국 해양연구소, 과학 기술처, 1997. 3.