

인공호수 시화호와 주변해역의 생태계 연구: 서문

허성회 · 오임상¹
부경대학교 해양학과, 서울대학교 해양학과

Ecological Studies on the Man-made Lake Shihwa and Adjacent Coastal Area: Introduction

SUNG-HOI HUH AND IM SANG OH¹

Department of Oceanography, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea
¹Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

인공호수인 시화호는 시화지구 개발사업의 일환으로 1994년 1월에 형성되었다. 이 호수 지역은 시화방조제가 건설되기 이전에는 전형적인 해양환경이었으나, 방조제 건설 이후 해수유입이 중단되면서 담수화가 진행되고 있으며, 담수화 과정에서 많은 생태계 변화를 겪고 있다. 또한 시화호 인근 반월공단 및 안산시에서 각종 오폐수가 지속적으로 이 호수에 유입되고 있기 때문에 오염에 따른 여러 가지 부작용도 발생되고 있다. 본 연구 그룹은 시화호 및 주변해역에 대한 생태계 조사를 종합적으로 실시함으로써 인위적인 환경변화가 주변 생태계에 어떤 영향을 미치는가를 밝혔다. 이들 연구 결과를 이번 호에 모아서 싣는다(박 등, 1997; 한 등, 1997; 최 등, 1997; 박과 허, 1997; 류 등, 1997; 이 등, 1997; 최 등, 1997).

The man-made lake, Shihwa, was constructed in January, 1994 as a part of the 'development project of the Shihwa area'. The lake area was a typical coastal ocean environment before the construction, but after constructing the dikes to block the sea water inflow, the lake is in the process of becoming a freshwater lake, and faces various ecological changes. Due to the polluted water inflow from the neighboring industrial complex and Ansan city, many negative effects appear. In this group study we conducted integrated ecosystem investigations of the lake Shihwa and the adjacent coastal area in order to find out how the ecosystem is controlled by artificial changes of the lake environment. The results are compiled in the following several articles of this issue: Park *et al.* (1997), Han *et al.* (1997), Choi *et al.* (1997), Park and Huh (1997), Ryu *et al.* (1997), Lee *et al.* (1997).

시화호 그룹연구의 목적

시화지구 개발사업의 결과로 인위적으로 생성된 시화호는 방조제 완성 이후 담수화 과정이 진행되고, 또 인근 도시에서 유입되는 오염물질의 축적에 따라 시화호의 수질환경 및 저질환경이 그 이전에 비해 크게 변화하였다. 그 결과 시화호의 물리화학적 환경과 이에 서식하는 해양생물 군집도 큰 변화를 겪게 되었다.

본 연구그룹에서는 지난 1995년 10월부터 1년간 계절별 조사를 통해서 방조제 건설 이후 시화호와 주변해역에서 진행 중인 생태계 변화를 종합적으로 조사하였다. 즉, 수질환경의 변화(박 등, 1997) 및 저질환경의 변화(한 등, 1997)를 추적하였으며, 아울러 제반 환경변화에 따른 식물플랑크톤(최 등, 1997), 동물플랑크톤(박과 허, 1997), 저서동물(류 등, 1997), 어류(이 등, 1997) 및 미생물(최동한 등, 1997) 군집의 변동을 종합적으로 연구하였다. 그 연구 결과를 이 서문 부분을 포함하여 이번 호에 모아서 보고하고자 한다.

이들 연구 결과는 해양환경의 담수화에 따른 생태계 변화를 추적하는데 있어 기본자료를 제공할 뿐 아니라, 날로 심각해지는 시화호 오염실태를 밝힘으로써 향후 시화호의 오염문제를

해결하는 방안을 강구하는데 있어 기초 자료로 활용될 수 있다. 특히, 본 연구는 시화호 오염수를 주변 해역에 대규모 방류한 시점을 전후하여 조사가 실시되었기 때문에 시화호의 오염을 희석시키기 위해 실시한 오염수의 외해 방류 및 시화호로의 인위적인 외해수 보충이 시화호의 오염문제 해결에 어느 정도 효과가 있는지 여부도 검증할 수 있는 좋은 기회가 되었다고 생각한다.

시화지구 방조제와 인근 해역의 물리환경

시화지구 개발사업은 간척지와 배후지 개발 등 총 24,430 ha를 개발함으로써, 수도권 지역의 공업용지와 도시 개발 용지를 공급하여 공장 이전을 촉진하고, 우루과이 라운드(UR)에 대비하여 우량 농지를 조성하고 도시근교 첨단 복합 영농단지 등을 개발하여 경쟁력 있는 농업을 육성하고, 수도권과 농어촌의 휴식공간을 조성하며, 또한 수자원을 확보하여 공업용수 및 주변 농경지에 농업용수를 공급한다는 취지 아래 1981년 농업진흥공사에서 계획이 수립되었다. 1982~1986년 사이에 기본조사 및 시설설계가 실행되었으며, 1987년 6월부터 외곽시설(방조제) 공사

가 착공되었다.

시화지구 개발사업은 크게 외곽 시설 방조제 건설사업과 간척사업의 두 부분으로 구성되어 있다. Table 1은 시화지구 개발사업 기간 중 건설된 각 방조제의 사업 개요를 보여주며, Fig. 1은 방조제 위치를 보여준다. 불도방조제와 대선방조제는 규모가 작아서 착공후 곧 완공되었고, 규모가 중간 정도인 탄도방조제는 공사가 착공된 후 6개월이 지난 후 1988년 4월경에 완성되었다. 규모가 큰 시화1방조제와 시화2방조제는 긴 공사기간이 소요되었다. 특히 시화2방조제는 착공후 4년 5개월 만인 1994년 1월 24일에 완공되었다. 그 결과 여의도 면적의 60배에 해당하는 17,300 ha의 토지와 6,100 ha의 시화 담수호(유효저수량 1억 8000만톤)가 조성되었다. 그러나 이와 동시에 그 토지면적 이상의 생산성 높은 갯벌 조간대를 잃게 되었다.

인공호수인 시화호 및 그 주변해역은 방조제 공사가 진행되

면서 많은 환경의 변화를 겪게 되었다. 시화호 인근 해역은 조류가 절대적으로 우세한 해역이다. 방조제 공사 이후의 물리학적 환경의 변화는 시화호 주변 해역의 일반적 조석 특성의 변화로 나타난다.

시화호 인근해역을 포함한 경기만 일대의 조석은 일주조와 반일주조의 비(F-ratio)는 0.16으로 반일주조의 조석이 일주조에 비해 우세하며, 인천항의 경우 大潮期에 약 798 cm, 中潮期에 572 cm, 小潮期에 347 cm이고 대부도의 경우 각각 880 cm, 565 cm, 330 cm로 대부도의 조차가 인천항의 조차보다 약간 작게 나타나고, 최대차는 소조기때에 나타나며 그 크기는 약 17 cm이다(참조: 서울대학교, 1996). 또, 하루에 2회 일어나는 干潮와 滿潮의 조차가 각각 다르게 나타나는 일조부등이 비록 크지는 않지만 소조기때의 일조부등은 간조시에 크고 만조시에 작지만 반대로 대조기때의 일조부등은 만조시에 크고 간조시에 작게 나타난다. 인천항의 평균고조간격은 약 4시간 28분이고 인천항 남쪽 대부도에서 관측한 평균고조간격은 약 4시간 21분으로 대부도가 인천항보다 약 7분 빠르다.

일반적인 해수유동 양상은 漲潮時에는 영흥도 서안을 따라 북상하는 흐름이 영흥도 북서쪽을 돌아 영흥수도에서 북상하는 흐름과 합류하여 방조제 쪽으로 흐르고 落潮時에는 창조시와 반대의 양상을 보인다. 방조제 공사 전 유속의 크기는 시화방조제 내측해역에서는 대조기때 창조류의 최대유속이 95 cm/s이고, 낙조류의 최대유속은 105 cm/s로 낙조류가 창조류보다 빠르

Table 1. Summary of Construction of the Shihwa Dikes.

Name of Dike	Length [m]	Beginning of Construction	End of Construction
Tando Dike	853	Oct. 1987	Apr. 1988
Puldo Dike	290	Feb. 1988	Feb. 1988
Daesun Dike	327	May 1988	May 1988
1st Shihwa Dike	3,816	Apr. 1988	Dec. 1993
2st Shihwa Dike	7,390	Aug. 1989	Jan. 1994

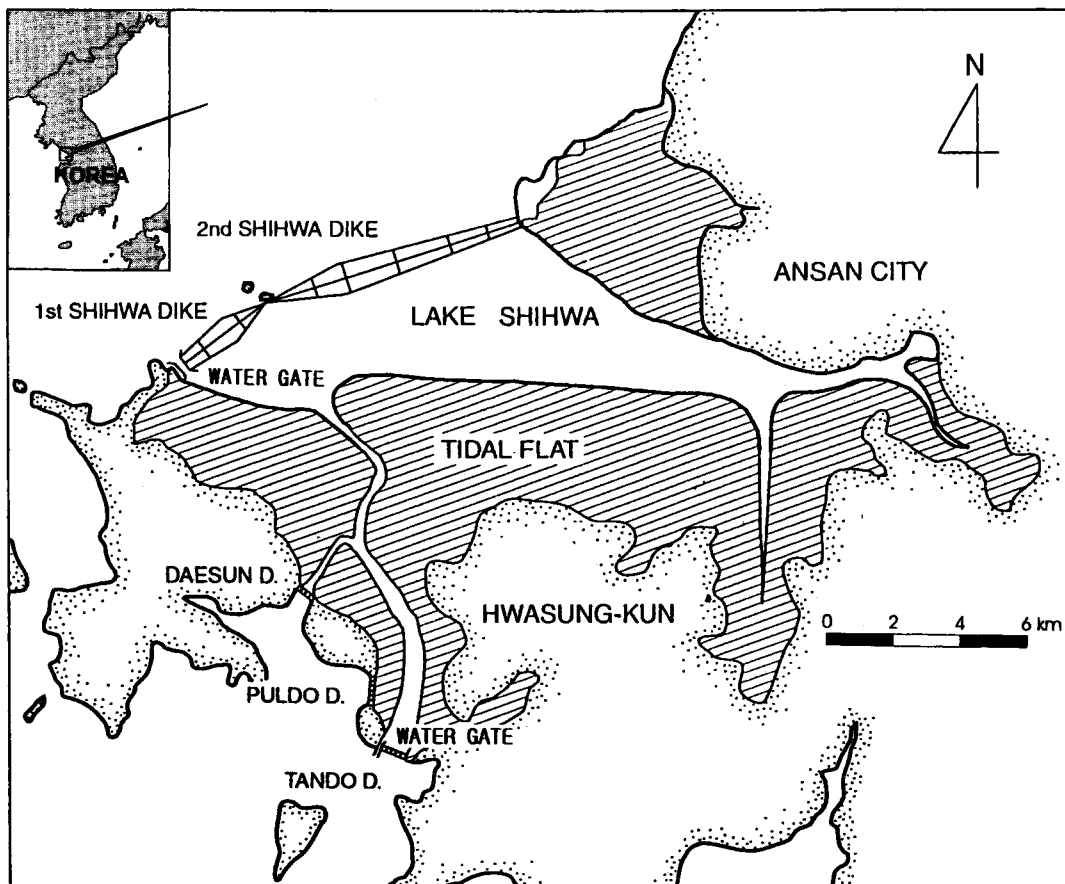


Fig. 1. The Lake Shihwa and location of the dikes.

다(부산수산대학, 1986). 영흥도 북동부에서 측정된 서울대학교(1994년)의 관측결과에 따르면 大潮期의 경우 창조류의 세기는 평균 30 cm/s 낙조류는 평균 60 cm/s이며 낙조시 최대 140 cm/s 까지 나타났다. 小潮期의 경우는 낙조류 평균유속이 30 cm/s, 창조류 평균유속이 25 cm/s로 관측되었으며 낙조시 최대유속은 65 cm/s까지 관측된 바 있다. 같은 기간에 4차례 실시한 부표추적 실험결과 영흥도 인근 해역에서의 유속은 대조기 최대유속이 123.0~147.0 cm/s이고 소조기의 경우에는 최대유속이 51.4~65.0 cm/s로 대조기의 유속이 소조기의 약 2배 이상임을 알 수 있다. 방조제 공사 이전과 이후의 流向변화는 영흥도 인근 해역에서는 두드러지지 않는다. 조류의 정점관측 결과에 의하면 반일주조 성분이 우세하게 나타나고 있으므로 6시간 정도의 간격으로 유향이 변한다. 관측 정점에서는 왕복성 조류가 우세하고 영흥도 북부 해역에서의 유속이 영흥도 서부 인접해역에 비해서 크며 영흥도 북부해역에서는 일반적으로 창조류에 비해서 낙조류의 세기가 크다.

이 해역에 대한 해수유동 수치모델실험은 국내 여러 기관에 의해서 수행되었다(부산수산대학, 1986, 1989년; 군산수산전문대학, 1991년; 서울대학교, 1994년, 1995년). 이들 결과에 의하면 시화방조제 공사로 인해 방조제 내측의 유속이 공사 전에 비해 현저히 감소하고(부산수산대학, 1986년), 시화방조제 공사후에 대부도 북쪽해역의 유향이 동서에서 북동-남서 방향으로 변하는 것이 나타났다(서울대학교, 1994년). 또 서울대학교(1995년)의 조류 수치모델 실험에 의하면 공사 중에는 방조제 부근의 좁아진 流路를 통해 강한 흐름이 형성되고, 방조제 공사 후에는 방조제 서측 인근 해역에서만 공사 전 동서방향의 흐름이 북동-남서 방향으로 변화하며 영흥도 북동부 및 대부도 북부해역에서만 유속이 감소하는 효과가 있었다. 시화방조제 및 영흥도 일원의 10개 정점을 수치 모델 격자점에서의 방조제 공사 전, 공사 중, 공사 후의 조류 타원의 분석결과 방조제 인근 해역에서만 유향이 변화하고 영흥도 북동부 해역에서 유속이 감소하며 영흥수도 남단에서는 유속이 다소 증가함이 보고되었다.

시화호의 현황

시화담수호는 지난 1994년 1월 시화방조제 공사가 완료됨에 따라 형성되었으며, 인근 공단에서 사용할 공업용수와 대규모 간척사업으로 새로이 조성되는 농경지에 농업용수를 공급할 목적으로 만들어졌다. 그러나 시화호 주변에 위치해 있는 반월공단 등 주변 공단과 안산시를 경유하는 반월천, 화정천, 안산천, 신길천, 동화천 등의 6개의 하천이 시화호로 흘러 들어오고 있는데 이 하천을 통하여 막대한 양의 공장폐수와 생활하수가 대부분 정화되지 않은 채 시화호로 직접 유입되고 있기 때문에 시화호는 원래 계획과는 달리 지금은 공업용수 뿐만 아니라 농업용수로도 부적합한 오염수로 변하고 말았다.

시화호의 관리를 맡고 있는 한국수자원공사측은 시화호의 오염을 저감시키기 위해서 방조제 완성 이후 시화호에 고인 3억여 톤의 오염된 물을 1996년 3월부터 하루에 1,000톤씩 바다에 버리기도 했다. 간조시 호수물을 버리고, 만조시 해수를 호수물에 섞는 방법으로 오염을 희석시킨다는 것이다(동아일보, 1996년

4월 28일자). 한국수자원공사측은 1996년 5월에 오염수 3,650만 톤을 방류한 바 있으며, 또한 1996년 6월 하순에도 호우주의보가 내린 가운데 상류인 반월공단과 안산시가지가 침수될 것을 우려, 두차례에 걸쳐 호수 내 오염된 물 3,250만톤을 외해로 방류했다. 이는 저수량 3억2,000만톤의 약 10%에 달한다. 이 때문에 시화호에서 10여 km 떨어진 팔미도와 덕적도, 영흥도 등 인근 섬까지 방류된 폐수가 떠돌 형성한 채 확산되어 연안어장에 큰 피해를 주기도 했다(현대해양, 1996년 8월호). 그 이후에도 오염된 시화호 물을 외해로 다시 방류하려던 계획이 당국에 의해 여러 차례 수립되었으나 인근 해양생태계가 파괴될 것을 우려한 환경단체와 시화호 주변 주민들의 반대로 무산된 바 있다.

이와 같이 시화호의 오염이 국가적 관심사로 대두한 가운데, 정부에서는 4,493억 원이 소요되는 시화호 정화 종합대책을 1996년 7월 발표했다. 이 금액은 방조제 축조비용(4,950억원)에 버금가는 액수이다. 현재 환경부와 한국수자원공사 등에서 제시하고 있는 각종 대책에는 시화호로 유입되는 6개 하천의 오염된 물을 따로 뽑기 위한 自然水路 조성, 오염관리 호수 조성, 축산폐수처리장 건설 등과 현재 하루 처리 용량 121,000톤의 안산 하수처리장을 316,000톤으로 확충할 계획도 포함되어 있다(조선일보, 1996년 7월 11일자).

그러나 이러한 지난날의 정부의 노력에도 불구하고 시화호의 수질은 과거보다 더욱 악화된 것으로 나타나자 1997년 7월 22일 부터는 하루에 두 번씩 갑문을 열어 시화호의 오염수를 하루에 500여톤씩 주변해역으로 방류시키고 또한 동일량의 해수를 시화호에 유입시키고 있다(한국일보, 1997년 7월 31일자; 조선일보, 1997년 8월 7일자). 이 때문에 주변해역의 수질이 점차 악화되고 있음은 물론, 시화호의 염분농도가 점점 높아지고 있는 실정이다. 이와같은 오염수의 방류가 계속될 경우 시화호 뿐만 아니라 주변해역의 생태계가 향후 지속적으로 변화될 가능성이 커졌다.

따라서 앞으로도 인위적인 환경변화에 따른 생태계의 변화를 계속 추적하기 위하여 시화호 및 그 주변해역에 대해 심도 깊은 연구가 지속되어야 한다. 아울러 우리 연구 그룹에서 얻어진 자료들이 악화일로에 있는 시화호의 오염문제를 근본적으로 해결할 수 있는 방안을 강구하는데 기초가 되었으면 한다.

참고문헌

- 群山水産専門大學 水産科學研究所, 1991. 始華地區 防潮堤 工事に 따른 免許漁業 被害調査 및 損失補償 評價報告書.
- 류종성, 최진우, 강성길, 고철환, 허성희, 1997. 시화방조제 건설이후 시화호 다모류의 종조성 및 서식밀도. 한국해양학회지 「바다」 2(2): 101-109.
- 박용철, 박준건, 한명우, 손승규, 김문구, 허성희, 1997. 시화호 산화-환원 환경하의 용존 유·무기화합물의 생지화학적 연구. 한국해양학회지 「바다」 2(2): 53-68.
- 박철, 허성희, 1997. 시화호와 인근 해역의 동물플랑크톤 분포로 본 시화호의 생태적 안정성. 한국해양학회지 「바다」 2(2): 87-91.
- 釜山水産大學 海洋科學研究所, 1986. 始華地區 干拓工事に 의한 海洋環境影響評價報告書.

- 釜山水産大學 海洋科學研究所, 1989. 始華地區 間接被害 漁業權調查 最終報告書.
- 서울大學校 海洋研究所, 1994. 始華 및 華襄地區 防潮堤 被害 影響圈 調査 및 補償費 分擔率 算定研究 最終報告書.
- 서울大學校 海洋研究所, 1995. 始華地區開發 외곽시설(防潮堤工事) 事業에 따른 영흥도 海역 漁業 被害 影響 調査 및 損失 補償 評價 研究.
- 서울大學校 海洋研究所, 1996. 大林 LNG 複合 火力發電所 建設事業 被害 影響 調査書(1次 報告書).
- 이태원, 문형태, 허성희, 1997. 시화호 수질 악화에 따른 시화호와 주변 海역 어류의 종조성 변화. 한국해양학회지 「바다」 2(2): 110-116.
- 최동한, 강석원, 송기돈, 허성희, 조병철, 1997. 과영양성 시화호에서 박테리아의 분포와 성장. 한국해양학회지 「바다」 2(2): 92-100.
- 최중기, 이은희, 노재훈, 허성희, 1997. 시화호와 시화호 주변 海역 식물플랑크톤의 대증식과 일차 생산력계 관한 연구. 한국해양학회지 「바다」 2(2): 78-86.
- 한명우, 박용철, 허성희, 1997. 시화호에서 암모니아와 납의 저층용출, 한국해양학회지 「바다」 2(2): 69-77.