

지속가능한 시화호의 대책과 활용방안들에 관한 고찰
 A Study on the Sustainable Measures and the Full Use of the SIHWA-LAKE
 Development Project (SLDP)

김희삼 · 조재립

Hee-Sam Kim, Jai-Rip Cho

Dept. of Industrial Engineering, Kyung Hee University

Abstract

시화호 개발 시점은 1975년 농업진흥공사가 시화호 유역을 간척농지로 개발한다는 계획을 수립한 시점부터 잡을 수 있으나 건설교통부가 이 지역을 반월특수지역 개발구역으로 지정한 1986년 9월 27일로 보는 것이 타당할 것으로 본다. 1986년에 정부가 그렇게 지정한 목적은 이 지역을 방조제로 막아서 담수호를 만들어 농업용수를 공급하고 농지 조성 및 수자원 확보를 기한다는 목적 및 그에 따른 수도권 인구 분산 및 도서 지역 균형 개발을 이루겠다는 것이었다. 그러나 1996년 4월 2억4천백85만톤의 썩은 시화호 물을 서해로 방류하고 바다물을 유입한 이래 2001년 2월 정부가 다시 해수호로 인정하기까지 이 호수는 술한 우여 곡절과 정부의 잦은 정책 변경으로 자연 환경이 파괴되었으며 생태계 변화에 따른 인근 지역과 농작물에 많은 피해를 보았고 염색 공단에서 흘러나온 폐수로 인해 악취를 풍기는 등 오염이 심각해 완전히 실패로 돌아간 '환경실패대작'이라고 할 수 있다. 이렇게 된 데는 정책 집행 과정에서 환경오염 저해 요인에 대한 무사 안일한 대처, 비밀주의, 철저하지 못한 오폐수의 단속 등 정부 측의 실책을 우선해서 말할 수 있다. 본 논문에서는 이런 것을 포함해서 시화호가 실패하게 된 여타 중요 요인에 대해서 알아보고 또 지속가능한 활용방안 및 대책에 대해서 간략히 알아보고자 한다.

1. 서론

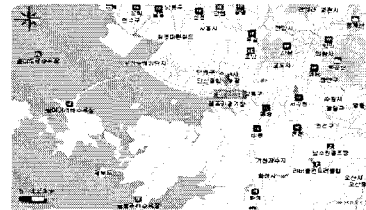
1.1 시화호 개발의 개요

시화호 개발 역사는 정부가 담수화를 사실상 포기한 1998년 12월, 농림부가 시화호 물을 농업용수로 쓰지 않겠다는 방침을 환경부에 공식 전달했으며 2000년 2월 해양수산부 역시 시화호 및 인천 연안을 특별 관리 해역 시범 해역으로 지정, 결국 정부가 2001년 2월 공식적으로 해수호로 인정하기에 이르는 길고도 지루한 개발의 역사를 가지고 있다.

1.2 연구의 배경

1.2.1 시화호의 현재 모습

30년에 걸친 장기 계획에 의해 추진되던 시화호는 현재 완전히 실패작으로 끝나려 하고 있다. 시화호 오늘의 모습을 결론적으로 말한다면 <그림 2>에서 보듯이 갯벌은 완전한 육화가 진행 중이다. 더 이상 염생 식물들도 자라지 않고 완전한 육상식물 생태계가 자리 잡기 시작했다. 마치 한여름 햇



<그림 1>시화호의 위치

빛에 갈라진 논바닥처럼 말라붙기 시작하고 수질은 유역내 안산시의 인구 증가와 반월, 시화공단의 입주 업체 증가 및 농촌 지역의 가축 사육 증가로 유역으로부터 유입된 오염 물질이 호 내에 계속 축적되고 있다



<그림 2>시화호 매립지의 갈라진 바닥 모습

1.2.2 연구의 목적

본 연구는 오염된 시화호를 더 이상 방치시켜서는 안 되고 하루 빨리 대책을 마련해야 한다는 소망에서 비롯되었다. 그러기 위해서는 개발 과정에서 어떤 문제점들이 있었으며 특히 당국의 정책에 어떤 오류와 변경이 있었는지를 파악해야 한다. 그리고 개발이 시사하는 바는 무엇이며 향후에 어떻게 활용하는 것이 바람직한 것인지를 알아보는 것에 초점을 맞추었다.

2. 시화호의 개발 및 오염 실태

2.1 시화호의 개발 일정

시화호 개발 일정을 크게 3기로 나누어서 살펴 보고자 한다. 우선 개발이 시작한 1975년을 1기의 시작으로 볼 수 있는데 이 시기의 특징은 국토 확장을 위한 간척 사업의 실시 계획을 수립한 시기로서 대통령의 개발 마인드와 강력한 리더쉽에 의한 정치적 요인과 중동 건설 경기 침체로 인한 유효장비 및 인원의 효율적 활용으로 경제를 발전시키겠다는 경제적 요인이 크게 작용하였다. 이때 청와대의 강력한 영향력 아래서 농업진흥공사와 수자원공사가 적지 조사 및 시공자로 선정되어 영향력을 크게 발휘했으며 이 양 주체는 간척 토지 용도 지정과 개발의 시공자 선정 과정에서 갈등이 형성되었다.

이 시기의 특징은 대단위 국책사업을 하는 정책 과정에서 환경 영향 평가의 미흡, 인구 및 공장 수요 예측의 부정확, 담수호로서의 타당성 분석력 부족, 시급한 정책결정과 중앙부처의 독단적 의사결정이 정책 변동의 역기능으로 작용한 점을 들 수 있다.

제 2기는 개발이 시작된 1986년 9월부터 개발이 완료된 1994년 1월까지로 볼 수 있다. 정책의 집행으로서 환경 오염 저해 요인에 대한 무사 안일한 대처, 비밀주의, 철저히 못한 오폐수의 단속과 일부 공단의 무단 방류, 시급한 공사 진행과 기초 시설의 부재, 환경을 고려한 장기적인 관점에서의 전략 부재로 심한 수질 오염을 일으킨 시기이다.

이 시기의 특징은 기초자치단체와 한국 수자원공사간에 하수관로의 부실 시공과 시정조치 미 이행으로 갈등 관계가 형성되었고 지역 주민과 한국수자원공사는 시화호가 건설되면 지역이 발전할 것이라는 기대감으로 상호 협력 관계가 형성되었다. 환경 보전을 중시하는 지역 환경 단체는 태동을 했으나 수질 오염이 가시적으로 나타나지 않아 크게 영향력을 행사하지는 못했다.

제 3기는 1994년 1월 방조제 완공 후 과정으로 정책 과정에서 다양한 부처 및 주체에 의해 복잡하게 정책이 형성되었다. 이 시기는 새롭게 부상한 지역 환경 단체의 강력한 영향력으로 환경 보호의 중요성이 크게 증대되었으며 지방 분권과 주민들의 의식 수준이 크게 향상된 시기이다. 이 3기는 환경 보존부처, 지역 환경단체, 지방자치단체, 지역 주민의 주장이 강하게 나타났으며 이 과정에서 많은 부처가 복잡하게 갈등과 협력이 일어났다.

이 시기의 특징은 다양한 주체가 수평적 관계에서 거버넌스로 접근하여 토론과 의견이 개진되었다고 할 수 있다. 그리하여 다양한 의견을 수렴하고 주민의 호응을 얻어 정책이 바람직한 방향으로 갈 수 있었으나 정책의 지연과 다툼현상이 강하게 대두되기도 했다.

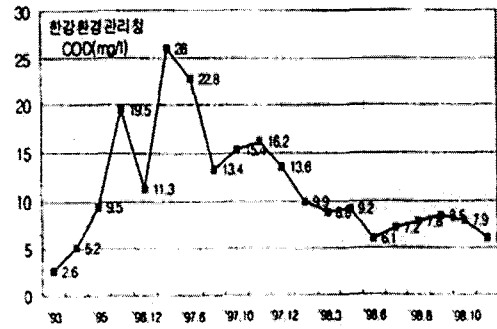
2.2 시화호의 오염 진행과정

2.2.1 화학적 산소 요구량(COD) 변화

반월천과 안산천, 화정천, 신길천 등 안산 지역 4개 주요 하천에 대해 수질 오염도를 측정한 결과, 하천수질이 4~5등급 수준으로 악화된 것으로 조사됐다. 반월천의 경우 하류 지역 BOD(생물화학적 산소요구량) 농도가 22.5mg/l로 하천 수질 5등급(10mg/l)이하로 크게 떨어졌고 COD(화학적 산소요구량)도 26mg/l를 기록했다. 또 화정천은 COD

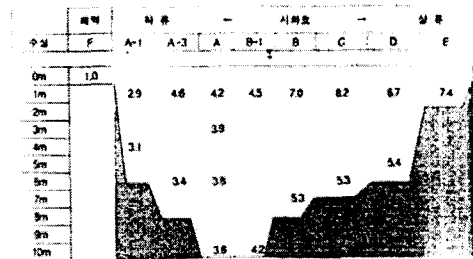
가 상류 12.9mg/l, 하류는 17.4mg/l를 기록했고 BOD는 상류 16.6mg/l, 하류 12.5mg/l로 상·하류 구분 없이 모두 심각하게 오염된 것으로 나타났다. 안산천 역시 하류지역 COD가 13.4mg/l, BOD가 7.9mg/l를 나타냈고 PH(수소이온농도)는 상·중·하류 모두 8을 초과, 강알칼리성을 보이고 있다. 이 밖에 신길천도 BOD와 COD가 각각 20mg/l를 초과했다.

<표 1>년도별 COD변화 추이



2.2.2 수심별 COD 분포

1997년 말 안산과 시흥시의 상수도 총 시설량은 333,000m³/일로 반월 정수장과 안산 정수장에서 공급받고 있었다. 그리고 화성시의 경우 상수도가 보급되어있기는 하지만 지하수를 개발, 사용하고 있는 실정이었다. 반면 안산의 하수 발생량은 131,852m³/일이며 반월 및 도곡 공단의 폐수 배출량은 각각 146,037m³/일, 3500m³/일로 안산 하수 처리장의 처리 용량보다 많기 때문에 많은 양의 하수가 시화호로 유입되고 있는 실정이었다.



<그림 3>수심별 COD분포

2.2.3 시화호 내부의 용존 산소

시화호의 용존 산소는 방조제 완성 이전에 6~10 mg/l 정도로 오수가 유입되는 상류 지역을 제외하고 대체로 용존 산소 불화 상태를 유지하였다. 방조제가 완성된 이후 표층의 부영양화된 부분에서 만들어져 침강된 유기입자들이 염분약층 아래로 가라앉아 분해됨에 따라 방조제 완성 후 시화호 내부 중간 부분의 저층 수괴는 대략 0.5~3.0 mg/l의 저산소의 환원환경으로 변화 되었다. 이러한 저산소 환경에서는 유기물 분해가 천천히 이루어지고 축적되기 때문에 수질이 악화될 뿐만 아니라 저서 수산생물의 서식이 힘들다. 당초 계획되었던 제염암거 시설에 의한 고립 저층 해수의 제거 방법은 제염암거 시설의 작동 불량과 용량 부족 때문에 원천적으로 실효성이 없었다. 그 이후 수질 개선을 위해 해수를 유입시키면서 점진적으로 표층의 용존

<표 2>토지이용 계획 <자료:건설교통부 주택도시국 도시관리과 보도자료, 2001.8>

종면적	산업용지	지원용지	상업용지	관광휴양용지	공공시설용지	비 고
317만평	113만평 (35.6%)	32만평 (10.1%)	23만평 (7.3%)	9만평 (2.8%)	140만평 (44.2%)	첨단제조업용지(67만평) 일반제조업용지(34만평)

산소 농도가 증가되었고, 유입 해수와와의 혼합으로 염분의 수직구배가 감소하였음에도 불구하고 그 효과가 미비하다.

2.2.4 시화호 외부의 용존 산소

인천을 포함하는 시화호 외부 지역의 용존 산소는 수역에 따라 다소 차이는 있으나 농도로 평가하면 대략 연평균 4~9 mg/l의 범위를 보이며, 월별로는 2월에 약 12 mg/l로 최대값을 보이고, 8월에 4~7 mg/l로 최소값을 나타낸다.

해당 지역은 용존 산소 포화도의 연평균은 78 ~ 92 %의 범위를 보인다. 특히 여름철에는 강한 수온약층으로 해수의 수직 혼합이 제한되어 저층에는 저 산소(< 2 mg/l) 현상이 발생하기도 하나, 표층에서는 과도한 식물 플랑크톤의 광합성으로 인하여 130%에 이르는 과포화 현상이 나타나기도 한다.

2.2.5 시화호 내부의 영양 염류

시화호의 영양 염류 농도는 총질소의 경우 방조제 완성 이전 60~80 μM에서 방조제 완성 이후 210~320μM으로 증가되었다가 대규모의 외해수가 유입된 이후 170 μM로 다소 감소하였으나 여전히 높은 농도를 보이고 있다.

시화 방조제 완성 후 표층수와 저층 해수가 분리되었을 때, 저층 부분에서 산소가 부족하거나 고갈된 환원 환경이 형성되어 검출된 총 질소 중 암모니아(약 200μM)가 대부분을 차지하는 등 심각한 수질 악화를 보였으며, 대규모 외해수 유입 이후에도 암모니아의 농도가 140μM로 여전히 높게 나타나고 있음. 이러한 현상은 앞서 언급한 바와 같이 용존 산소가 저층에서 낮게 나타나는 현상과 연관되는데, 만약 고농도의 암모니아를 포함하는 저층수가 표층으로 공급될 경우 적조현상을 일으킬 수 있는 요인이 될 수 있다.

2.2.6 시화호 외부의 영양 염류

일반적으로 용존 무기질소(DIN)는 암모니아성-질소(NH4-N), 아질산성-질소(NO2-N), 질산성-질소(NO3-N)의 합으로 산출되는데, 인천 연안을 포함하는 시화호 외부의 경우 연평균 20~60μM의 범위를 나타낸다. 특히 내만 수역 중 시화 방조제 전면 및 소래 포구 등은 40~60μM로 매우 높으며, 영흥도 주변 등과 같은 외만 수역은 20μM 이하의 낮은 농도를 보인다.

암모니아성-질소(NH4-N)의 농도는 수역별·시기별 변동 폭이 매우 크며, 수역별로는 시화 방조제 전면 및 인천항 주변이 대략 10~30μM이고, 외해수의 영향을 많이 받는 경기만 바깥쪽은 보통 5~10μM이다. 계절별로는 여름철인 7월과 8월에 30~50μM로 다른 계절에 비하여 매우 높고, 나머지 월에는 약 3~8μM의 범위를 보인다.

질산-질소(NO3-N)는 일반적으로 용존 무기질소(DIN)중 가장 많은 부분을 차지하는 영양염류로 인천연안을 포함하는 시화호 외부에서는 연평균 약 15~35μM의 농도 범위를 보인다. 계절별로는 겨울철에 주로 높은 농도를 보이며, 2월 평균으로 60μ

M 이상의 농도를 나타낸다. 인산성-인(PO4-P)의 연평균 농도는 약 0.7~1.2μM로 계절별로는 1~4월 사이에 비교적 높은 농도를 보이며, 특히 인산염의 경우 질소 화합물에 비하여 매우 낮은 농도를 보이는 것이 특징이다.

2.2.7 시화호 내부의 해수중 중금속

시화호 내부 중금속의 농도는 방조제 완성 이후에 구리(Cu), 납(Pb), 아연(Zn), 카드뮴(Cd)이 각각 1.1, 0.1, 3.5, 0.03 ppb 정도로 저층보다 표층에서 더 높게 나타난다. 이러한 현상은 저층의 환원 환경에서 높게 나타난 황화 수소에 의해 용존 중금속이 제거되었기 때문이다.

대규모 외해수 유입 이후는 구리, 납, 아연, 카드뮴은 각각 3.4, 0.03, 5.21, 0.05 ppb의 농도를 보여 이전과 유사하거나 다소 증가된 경향을 보인다. 이러한 현상은 해수호로 변화된 후 저층으로부터 제거되어 퇴적된 중금속이 대량의 외해수 유입에 따른 산화환경으로 변화됨에 따라 재 용출된 것으로 보인다.

연안 해수중의 용존 중금속중 비소(As)는 1~3ppb의 범위를 보이며 연평균 약 1ppb 정도이다. 구리(Cu)와 납(Pb)은 각각 1~6ppb, 1~4ppb 정도의 범위를 보이며, 연평균 각각 3ppb 및 1ppb임. 아연은 다른 중금속에 비하여 비교적 높은 농도를 보이며 평균 10ppb (해수 시료 검출 범위 : 4~200ppb) 정도였으며, 카드뮴(Cd) 및 수은(Hg)은 일반적으로 검출되지 않았다.

2.2.8 시화호 외부의 중금속

인천 연안을 포함하는 시화호 외부의 중금속 농도는 서해 연안의 타 해역과 비교하여 유사한 양상을 보이며, 해역 수질 등급 기준과 비교하여 중금속 농도 면에서는 모두 I등급 수준이다. 그러나 김포 쓰레기 매립지의 침출수 배출 지역과 한강 하구 역에서 비교적 높은 농도를 보인다.

2.3 밝혀진 시화호 오염 주범

1994년 1월에 건설한지 불과 2년여 만에 썩은 물로 만든 주범이 반월 염색 조합이었음이 밝혀졌다. 최첨단 폐수 처리시설을 갖춘 업소라고 당국이 선전해 건축의 발길이 끊이지 않았던 반월 염색 조합은 그동안 대규모의 비밀 배출 시설을 따로 갖추어놓고 막대한 양의 정화하지 않은 원폐수를 배출해왔을 뿐만 아니라 처리 약품비를 아끼기 위해 고농도 원 폐수를 정화한 폐수에 섞어 희석시키는 방법을 써왔으며 운영일지도 허위로 작성해왔다고 한다. 또한 반월 염색공단은 시화호의 물막이 공사가 끝난 직후인 1994년 7월에 설계를 무단 변경해 비밀 배출구를 만들어 시화호를 폐수처리장 삼아 이곳으로 폐수를 방류해왔다는 것이다.

시화호에 흘러드는 공장 폐수는 하루 20여만 톤으로 반월 염색조합은 이 가운데 30~50%인 6만에서 10만톤을 배출하는 시화호 최대의 폐수 배출업소이다. 시화호가 하루하루 썩어가고 있다는 것은 근처 주민들이나 관광객 모두가 잘 알고 있었던 사실이

다. 그런데도 환경부는 최대의 시화호 오염원인 염색 조합에 대한 단속을 하기는커녕 모범 업소라며 현장에 나가서 조사하는 대신 한 번의 방류 수질 검사도 하지 않았다고 하니 시화호는 반월 염색조합과 환경 당국이 합작으로 오염시킨 것이라 할 수 있다.

3. 오염에 대한 대책 및 방안

이처럼 잇따라 썩은 물을 바다로 내보내 발생을 빚고 있는 시화호는 정부가 4천억원을 들여 수질을 개선하겠다고 발표했지만 개선 희망이 없다는 절망적인 진단을 받은 썩은 호수다. 여의도의 스무배에 가까운 거대한 호수를 제대로 정화하려면 2조원은 들어야 하며, 이런 돈을 들이기보다는 없애는 것이 낫다는 견해가 오히려 유력한 편이다.

그러나 시화호 방조제 완공으로 호남북측의 약 3,300만평의 간척지는 수도권 지역에서는 확보하기 어려운 광대한 지역이다. 이 방대한 지역에 관련 중앙부처와 안산 시흥 화성의 지방 자치단체가 대립하며 또 환경 NGO가 주축이 된 시민 안 등에서 서로 이해 상충이 일어나고 있다.

3.1 수질개선 대책

해수호로 유지할 경우와 담수호로 유지하는 것에 따른 수질개선 대책에는 차이가 없어야 하는 것이 원칙이다. 현재 문제가 되는 것은 육상 오염원의 삭감, 해수의 원활한 소용, 오염된 퇴적물의 제거가 중요한 문제로 떠오르고 있다. 앞으로 시화호 수질개선을 위한 방향은 대체로 다음과 같은 것을 생각해볼 수 있다.

기존의 연구내용(유역 오염발생 현황 및 관리 방안, 호수내 해수 유동 및 수질 변화, 종합 수질 개선 및 관리 방안 등) 중 호수내 유입 오염 부하량 측정과 정기적인 수질 변화 조사와 실시간 모니터링, 중·단기적인 수질 및 생태계 변화 조사 분석 예측(모델링)등이 해수호의 관점에서 추가적으로 연구 검토되어야 하며, 이를 바탕으로 해수 호수내의 수질과 현재 진행 중이거나 계획 중인 수질개선 대책(환경기초시설의 확충 및 오염원 제거 등)의 효과를 비교적 정확하게 분석 예측할 수 있다. 또한 외해 환경 영향조사 분석을 연계함으로써 수질개선대책을 호수질 뿐만 아니라 외해 수질영향까지를 포함하여 효과적이며 실현 가능한 방안으로 제시할 수 있다.

시화호 내에서의 오염 물질의 확산, 이동, 침강 등에 의한 수질변화와 이에 따른 생태계의 변화 추이를 파악하고, 환원 상태의 저층 퇴적물 처리 방안을 모색하며, 시화호 내에서 발생하는 생물의 폐사 원인 규명 및 먹이망 조사가 필요하다.

외해 연안의 해양 생태 변화의 객관적인 자료를 마련하기 위해서는 향후 최소 5년 이상의 조사가 필요하며, 지금까지의 결과를 보면, 외해역의 오염물질 확산 범위 및 물리적인 특성 변화는 그리 크지 않으나, 생태계 변화 및 갯벌 생태계에 변화가 일어나고 있다. 반월공단 도구 폐수가 외해로 방류되고 있으며, 향후 시화호 개발에 따라 오염물질의 방류량이 증가할 것으로 예상되어 이에 대한 대책이 필요하다.

3.1.1 외해수의 원활한 순환을 위한 방안이 요구 외해수 유입이 조석 시간에 한정되어 있어 원

활한 순환이 되지 않아 상류지역은 여전히 적조현상이 발생하고 있으며, 여름철에 저층 퇴적물은 저산소층을 형성하여 악취가 발생할 뿐만 아니라, 많은 양의 영양염이 용출되어 부영양화를 야기시키며, 중금속류의 용출로 오염의 원인이 되고 있다.

3.1.2 해양오염방지법상 특별관리 해역으로서의 관리 강화

시화호에 대한 수질관리방식이 담수호에서 해수호로 변경된 시점에서 특별관리 해역으로서의 시화호 관리에 보다 적극적인 태도를 취하여야 한다. 총량 규제 제도 적용을 위한 전제조치로서 시화호 수질측정과 관련 영향에 대한 검토가 조속히 수행되어야 할 것이다. 현재 개발에 참여하는 기관 및 지방자치 단체와의 연계를 통하여 시화호 및 주변 토지 이용에 대한 종합 대책을 수립하고 동 계획과 연계된 수질환경대책의 마련이 필요하다.

3.2 부처별 및 지방 자치 단체의 개발 방안

이 지역은 인천국제공항과 송도, 평택항이 연계하는 해안 개발 벨트를 형성하는 곳으로 수도권의 약 2,000만명이 휴식, 관광할 수 있는 지역으로 부상하는 곳이다. 그래서 개발과 보존의 조화를 이루면서 통합적인 이용 계획 수립 안이 그 어느 지역보다 절실히 요청되는 지역이다.

3.2.1 건설교통부 의 입장

건교부는 시화호 북측에서 약 317만평을 '산업 입지 및 개발에 관한 법률'에 의해 특수 지역으로 지정하고 첨단, 벤처 업종 등 지식 기반 산업을 중심으로 연구개발 유통 등의 지원 기능과 관광 휴양의 여가 기능이 조화되는 친환경적 미래지향적인 첨단복합단지 개발할 계획을 가지고 있다.

시화호 남측 간척지 중 농지로 사용키로한 1,100만평을 제외한 1,837만평에 대해서는 활용 방안을 강구중이나 시화호가 담수호에서 해수호로 바뀌어 짐으로 인하여 현 개발상황은 유보한 상태이다. 또 시화 방조제에 최대 24만kw 용량의 조력 발전소를 건설하기로 하였다. 이 조력 발전소는 전문기관의 용역결과를 바탕으로 관계부처 협의 및 설계를 거쳐 2004년에야 착공했고 국토연구원 등이 2003년 12월에 건교부의 의뢰에 의하여 항만개발 등 복합 레저의 새로운 개발안을 발표했다. 또 수자원 공사는 시화호 수질개선 종합 관리 대책의 일환으로 시화호 상류 반월천, 동화천, 삼화천 합류부에 인공습지를 조성하여 시화호의 수질오염을 낮추고자 노력하고 있다.

3.2.2 농림부의 입장

농림부는 시화호 남측 간척지 농업용지 4,396ha(농지조성 3,636ha, 탄도담수호 760ha)를 탄도 담수호와 화옹지구 우정호 농업용수를 이용해 농경지를 개발하는 매립 면허를 신청하여 1998년 12월에 매립 면허를 받았다. 그러나 이 지역에 농업용수로 사용할 시화호가 수질오염이 심하여 해수호가 되었음에도 농지로 사용하겠다는 것은 부처이기주의이며 확고한 대안이 미비한 상태에서 농경지로 사용한다는 것은 또 하나의 정책 오류 및 정책 변동을 야기할 수 있다.

3.2.3 해양수산부의 입장

해수부는 시화호 종합 관리 계획과 시행 계획

을 수립하여 시화호 수질을 개선하고 생태계 보전을 추진하거나 현행 간척지 이용 계획에는 기존 계획과 상충됨으로 인해 한계가 있다고 판단하고 있다. 또 수도권 항만 물동량의 지속적인 증가로 인하여 시설 부족이 될 것을 예상하여 항만 개발의 필요성을 제기했다. 기존의 시화호 방조제를 이용할 시 여타 항만을 건설하는 비용보다 약 1/3-1/4 정도 절약할 수 있다는 비용적 측면의 장점을 내세워 공동투자에 의한 항만 건설을 제안했다. 또 시화호 주변 지역은 다양한 갯벌과 철새 도래지 및 공동알 화석단지를 보유하고 있고 시화호는 수도권에서 접근이 용이함으로 해양 생태공원으로 조성할 예정이다.

3.2.4 기타 유관 부처의 입장

환경부는 북측 간척지에 약 3만평 규모의 지정 폐기물 매립장 건설을 계획하고 있으나 시민단체 및 지역주민의 강력한 저항에 부딪치고 있다. 문광부는 화성시의 공동알 화석지 지정을 근거로 이 주변 486만평을 천연기념물로 지정하였다. 경기도는 일파도에서 안산시 대부도에 이르는 앞바다를 도립 해상공원으로 지정하여 2001년 말까지 체계적인 개발과 보전에 주력하려 했으나 아직 개발이 유보된 상태다.

3.2.5 안산시의 입장

안산시는 환경부 농림부에 제동을 걸며 자연생태 관광지를 계획했다. 이것은 정부의 대규모 계획과는 다르게 자연 친화적인 개발 청사진을 활용할 계획이다. 주요 내용은 전월휴양지, 해양레저스포츠 단지를 조성하고 관광모노레일, 자연보전습지, 공동테마파크를 조성하고 안산시 대부동에 국립자연사 박물관 유치, 시흥시 오이도에 해양박물관 유치, 화성시 지역에 공동 테마파크 유치 등을 계획했다. 또 기존의 시화호 지역에 산업단지를 고부가가치 환경기술 중심단지로 조성하고 환경건설링 및 벤처기업을 육성하고자 계획했다.

3.2.6 시흥시의 입장

시흥시는 해수부의 항만 개발 계획과 연계될 수 있도록 항만 배후 시설 및 업종 연결을 유치하고자 하며 경기도로부터 예산을 지원받아 군자 매립지역에 해양박물관 성격의 하버갤러리를 건립 계획 중이며 대규모 공원 부지를 확보하고 주민 휴식 공간으로 개발하며 환경부가 제기한 지정 폐기물 처리 시설 입지를 강력히 거부하였다.

3.2.7 화성시의 입장

화성시는 고정리의 공동알 화석 산출지(천연기념물 제 414호 2003.3.21 지정) 부근에 공동박물관을 유치하여 관광지를 조성하며 철새 도래지를 보전하여 자연생태공원을 개발하고 해안골프, 호텔, 수상스포츠 등 운동 휴양지를 조성하고자 한다. 또 10만평 규모의 대규모 농촌 테마파크를 조성하여 인근의 문화 유적지와 연계하여 관광 자원화를 계획하고 있다.

3.3 생태공원 조성을 위한 NGO안

시민안의 배경에는 2000년 2월까지 시화호 주변 개발권이 정부 각 부처(환경부 해수부 건설부 농림부)에 분산되어 있었고 해당 부처들은 독자적 계획을 제시하고 있으나 부처 간의 의견 조율을 통

한 종합계획이나 활용 방안이 형성되지 못하고 단편적인 개발에 그치고 각 부처의 개발 계획은 시화호의 수질을 더욱 악화시킬 우려가 있다. 또 시화호 문제의 직접적인 이해 당사자인 지역의 지방자치단체와 시민들의 참여가 봉쇄됨으로서 지역 시민단체와 연대회의인 시화호 살리기 안산 시흥 화성 범시민 대책 위원회가 1997년에 구성되었다.

3.3.1 시화호의 잠재력

시화호의 생태 관광지로서의 잠재력을 약술하면 다음과 같다.

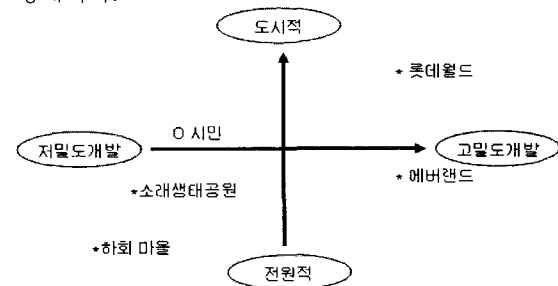
첫째 시화호 간척지 생태계는 지난 1996년부터 거의 10년 동안 일어난 자연의 놀라운 회복력과 천이 과정을 반영하고 다양한 식생과 천연기념물 및 철새들의 서식처가 되었다.

둘째 시화호 간척지가 지난 인위성과 자연성을 적절히 조화시켜 보존한다면 일반 대중에게 환경 파괴 및 오염의 심각성과 자연 보존의 필요성을 알리는 효과적인 교육이 될 것이다.

셋째 시화호 주변의 역사 유물과 문화 요소를 잘 연계하면 다양하고 흥미 있는 생태관광 프로그램이 될 것이다.

다섯째 모노레일 신설에 의해 시화호 지역을 순회하며 관광할 수 있도록 한다.

그리하여 시민안의 개발 방향은 <그림4>와 같이 저밀도 개발이며 '도시적'에 약하게 근접하고 있는 형태이다.



<그림 4> 시민안의 개발 방향

이 그림을 토대로 강점을 분석하면 우선 단기적 개발보다는 장기적 개발을, 고밀도 개발보다는 저밀도 개발을 지향하며, 개발 주체들이 단편적 개발에서 탈피하여 전체적인 시각에서 종합적이고 균형 있는 계획안이라 생각한다. 특히 중요한 것은 시화호의 개발에 가장 많이 영향을 받는 시화호 주변 주민들의 의견이 반영된 것이다. 이 시민안은 지역 단위에서 환경 문제 해결을 위한 분명한 대안을 제시한 안이다.

시민안의 약점은 개발 주체의 부재에 따른 산발적인 개발은 아름다운 환경을 악화시킬 수 있으며 구체적인 투자계획과 재원 조달의 방안이 마련되어 있지 않다. 또 생태적으로 지속 가능한 환경 유치와 지역 문화 보존을 위한 소프트웨어 분야의 대안이 제시되어 있지 않다. 이 시민안의 기회로는 지속가능한 개발을 위한 의제 21과 세계습지보존을 위한 국제협약을 중심으로 환경 보존을 위한 새로운 패러다임으로 등장하게 되었고, 위협적인 요소라면 타 기관 및 지방자치단체와 상충되는 점이 많고 시화호 주변에 거주하고 있는 사람들의 이해관계가 매우 복잡하게 형성되어 있다는 점이다.

3.4 이해 상충관계

시화호 주변 간척지는 여러 중앙부처에서 개발도는 이용 계획을 가지고 있으며 이런 계획은 시화호가 담수호에서 해수호로 확정됨으로 인하여 원점에서 새롭게 개발계획이 세워져야 함에도 불구하고 기존의 계획은 전혀 변하지 않고 있다. 특히 시화호 간척지 개발의 영향은 이용 중심의 관리와 호수 환경 및 간척지 보호를 위한 보존 중심의 관리가 혼재하고 있다.

3.4.1 북측 간척지

이 지역은 시화공단(정왕동)가 반월공단(신길동) 앞의 해안으로 개발 규모는 약 317만평이며 사업 명칭은 시화지구 1단계 확장단지 개발 사업이다. 이 북측 간척지의 중요한 이해 상충의 내용은 환경부는 약 3만평 규모의 지정폐기물 매립장 계획을 세웠으나 시민단체 및 주변의 강력한 저항에 부딪쳐 시행하지 못하고 있다.

확장단지 개발사업의 목적의 하나가 각종 시화호 수질개선 대책의 시행을 위한 개원 확보라는 개발을 통해 환경을 개선한다는 모순이 존재한다. 또 갯벌 매립을 위한 대부도 토취장의 이용으로 아름다운 경치가 훼손되어 대부도 관광 계획에 악영향을 미친다. 나아가 철새 서식지가 상실되고 확장단지 개발 사업의 경제성이 입증되지 않고 있으며 이 사업에 대해 정왕동 주민의 반대가 심하다.

이 문제점에 대한 대응 방향으로는 지역주민들을 설득할 수 있는 개발사업의 사회적, 경제적 당위성을 개발주체에게 요구하고 개발주체는 거버넌스로 지역의 시민단체 및 시민이 함께 참여하는 정책을 추진해야 한다. 또 확장단지 개발에 따른 수질 대책을 세우고 수질관리 방안 및 생태계조사를 재실시하여 환경에 미치는 영향을 최소화하도록 해야 한다.

3.4.2 남측 간척지

남측 간척지 중 농지조성지역을 제외한 1,837만평은 현재 개발 유보지로 남아 있으나 건교부가 추진하고 있는 시화지구 장기종합계획 수립시 이 지역의 활용계획을 발표할 것이라 한다.

한국수자원공사는 이 지역을 주거지역과 산업단지 지역으로 개발할 계획을 세워놓고 있으며 화성시는 공룡알 화석지발굴지를 비롯한 주변 자연조지대를 생태관광으로 활용하고자 함으로 인해 서로 상충하고 있다.

특히 이 지역은 다양한 새들이 서식하는 철새도래지가 있고 특이한 야생 생태를 지니고 있으나 개발이 되면 서식지가 파괴될 것이다. 이 이해 상충의 대응방안으로는 시화호 지역은 수도권에 근접해 있고 시화호가 수도권에서 가장 큰 호수 공간이며 해안과 인접해 있는 점을 감안하여 대단위 생태공원과 휴식공간으로 활용 가능성을 적극 검토해야 한다는. 또 생태적으로 중요한 공룡알 화석발견지역을 도립 또는 국립보호구역으로 지정 관리하여 귀중한 문화재를 잘 보존해야 한다고 생각한다. 개발과정에서 비록 개념적이긴 하지만 많은 토의와 의견 수렴과정을 거치면서 작성된 시민안의 생태공원안을 만들 필요가 있다.

4 지속 가능한 개발 방안

4.1 지속 가능한 개발 방안

시화호 유역의 개발안을 보면 다양한 주체 및 이해 관계자들이 개발안을 발표하고 일부는 시행하는 것도 있다. 이런 중구난방식의 개발과 전체적인 시각에서의 개발이 아닌 개발 주체들에 의한 부분적인 개발은 제 2의 시화호 오염과 같은 정책변동의 역효과를 낼 수 있다. 그리하여 바람직한 정책변동을 위한 몇 가지를 제시하고자 한다.

4.1.1 친환경적 개발

시화호 연안의 이용과 개발은 친환경적인 개발로 수도권 주민의 삶의 질을 향상시키고 지역 경제를 활성화시키는 방안으로 조성되어야 한다. 이는 시화호 유역의 아름다운 경관을 잘 보존하고 관광지를 조성하여 수도권 2,000만 시민의 휴양지로서의 시설을 갖추고 생태공원화하는 것이 보다 친환경적이고 자원을 잘 보존하는 것이라 생각한다. 그리고 개발과정에서 참여 대상들도 거버넌스로 문제를 접근해야 다양한 의견이 제시되고 수렴될 수 있다. 참여 대상은 전문가, 관련부처, 지자체, 시민단체, 등이 될 수 있다.

4.1.2 이해 상충을 최소화하는 개발

이해 상충을 최소화하는 종합 활용방안을 수립하고 시화호 유역개발위원회를 설치한다. 시화호 지역의 보존과 개발에 관련하여 보존 가치를 중시하는 환경단체나 시민단체, 지역의 삶의 질과 편리함을 중시하는 지역주민, 방조제건설 등 투자를 진행해온 한국수자원공사 및 농업기반공사 등의 견해를 반영하고, 지역개발에서 각기 다른 안을 내놓은 안산시, 화성시, 시흥시와 시민연대가 서로 협력하여 거버넌스로 내놓는 시민안 등을 절충하는 개발관리방안을 도출해야 한다. 이 과정에서 다양한 의견을 수용하고 갈등을 해소할 수 있는 (가칭)시화호유역개발위원회를 만들 필요도 있다.

이 시화호 유역개발위원회는 정책과정에서 공개성과 투명성, 효율성을 바탕으로 중앙정부, 지방자치단체, 이해 당사자간 이해 조정과 협력관계를 구축하고 정책결정과정에서 이해 당사자의 참여, 학제간 연구 및 관련 지식의 통합으로 과학적 진단체제를 활용하고, 연안 육역과 해역의 통합관리와, 참여와 교육을 통한 역량을 강화하고 평가를 통하여 최적 방안을 구축해야 한다.

4.1.3 법제도 관리체제 구축

시화호 종합이용계획 수립과 이를 집행할 수 있는 법제도, 관리체제를 구축해야 한다. 그리고 시화호 지역의 합리적 개발 및 관리방안을 수립하고 이를 집행할 수 있는 법제도적 체제 및 추진 방안을 도출해야 한다. 이 과정에서 현재 발생 중이거나 향후 발생할 수 있는 이해상충 관계를 통합 조정할 수 있는 시화호 지역 관리 조정위원회를 설치해야 한다. 또 가장 중요한 이해 당사자는 이 지역에 사는 주민이다. 정책 결정과정에서 지역 주민의 견해를 반영하는 것이 주민들의 저항을 예방할 수 있는 방안이다.

4.1.4 종합적 이용 계획

환경 용량의 한도 내에서 토지 이용을 효율화하는 종합적인 환경관리 및 이용 계획을 수립해야 한다. 간척지의 개발가치와 보존가치를 고려하고 해수부, 환경부 등에 의한 환경관리 분야의 계획과 건교부와 농림부의 종합개발계획의 내용이 통합되

고 조정되는 종합이용계획을 수립하고 이를 정책방향으로 활용해야 한다.

4.1.5 정확한 기본 예측

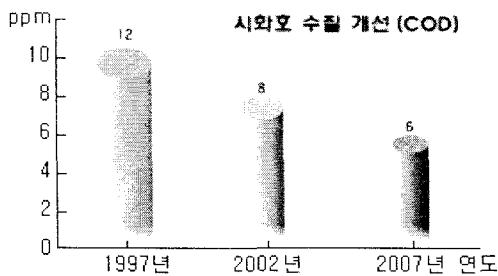
비교적 근접한 예상 인구지표의 설정이다. 지난 시화 담수호 설계 시와 같은 인구예측의 큰 차이를 사전에 방지하기 위해서는 보다 철저한 분석이 요망된다. 시화 담수호 설계시 안산시 예상인구를 1996년에 20만 명, 1999년에 30만 명으로 예상했으나 1994년 말 시화방조제 끝막이 공사 시 45만 명이 넘어 예측 인구의 두 배가 되었다.

시흥시도 아파트 단지의 개발과 인구 유입으로 2002년 말 인구가 36만 명이나 되었다. 이런 추세라면 2006년 말에는 40만 명 이상이 될 것으로 추정된다. 이런 기본 예측이 실제 현상에 가깝게 근접할 때 보다 정확한 자료가 산출될 수 있다.

4.1.6 관련 법규의 저촉 여부 검토

해수호 확정에 따른 중앙정부 부처의 이해 상충의 해결이다. 시화호가 해수로 적용됨에 따라 기존의 관련 법령과 더불어 연안관리법, 해양오염방지법 등에 저촉된다는 점이다. 건교부는 산업입지 및 개발에 관한 법률에 의해 시화호와 주변의 간척지를 관리해왔으며, 이에 제외된 남측 간척지의 농경지는 농림부가 공유수면매립법에 의해 매립허가를 취득하고 현재 매립공사를 위한 모든 사전 조사를 한 상태이다. 연안관리법에 의하면 호수의 해안선으로부터 적어도 500m까지 연안육역이 되어 직접 관리의 대상이 된다. 그리고 해양오염방지법은 바다를 오염시키는 육지의 행위나 현상에 대해 제재가 가능하므로 중앙정부 부처 간에 이해가 상충될 가능성이 높으며 합리적인 조정이 뒤따라야 한다.

이상의 내용을 종합하여 보면 시화 담수호와 같은 정책 목표의 변동은 보다 효과적으로 하기 위해서는 개발주체가 단편적으로 지역을 개발하는 것에서 탈피하여 공과 시민단체, 전문가, 지자체가 모두 참여하는 조직인 '시화호유역개발위원회'를 설치하여 투명성 있고 효율성 있게 정책을 추진해야 한다는 것이다.



<그림 6>년도별 수질개선계획

5 결론 : 시화호 조성사업의 문제점과 과제

5.1 전체적인 문제의 개별화

시화호 방조제 조성으로 주민들의 삶은 모든 면에서 엄청난 규모의 변화를 겪었으며 피해 역시 경제적 측면에 국한된 것은 아니지만 주민들은 스스로 사회 문화적인 영향이나 환경오염 문제에 대

한 언급을 주저한다. 그 이유는 다음과 같다고 할 수 있다.

첫째, 일부 주민들은 시화호 조성의 사회 문화적 영향에 대한 연구조사의 결과로 동 사업이 주민들의 삶에 심각한 사회 문화적 피해를 야기하였다는 사실이 거론되기 시작할 경우, 이는 피해 보상 문제를 지나치게 확대하거나 논점을 흐리게 만드는 등 수자원공사로부터 기대했던 보상금의 수령을 곤란하게 할 수도 있다고 우려한다. 이들은 수자원공사가 단순히 염분 피해나 분진 피해에 대한 보상만 생각했기 때문에 주민들의 요구에 긍정적인 반응을 보였다고 생각한다. 만일 사회 문화적 영향에 대한 연구 조사의 결과로 지역 주민들의 정신적 피해 등 다른 여러 종류의 다양하고 광범위한 간접적 피해까지 고려해야 한다는 주장이 등장할 경우 피해액은 엄청나게 증가할 수 있으며, 이러한 막대한 금액에 놀란 수자원공사가 이익을 제기한다면 포도나 영지 등 직접적인 피해에 대한 보상마저 지연 또는 축소될 가능성이 있음을 우려하는 것이다.

둘째, 지역 내 다른 마을과의 관계에서 비롯되는 문제가 있다. 수자원공사에 대해 피해 보상 요구를 추진한 주민들은 자신들은 직접적으로 커다란 경제적 피해를 입었다고 느끼는 반면, 주변 지역의 주민들의 피해는 그리 크지 않다는 인식을 갖고 있다. 따라서 특히 마산포 지역 주민들은 자신들이 입은 피해에 대하여 신속하고 충분한 보상이 이루어지기를 기대하고 있으며 문제를 확대시키는 것을 원하지 않는다. 사회 문화적인 영향에 대한 조사나 언급은 수자원공사에 대한 피해 보상 요구 추진 시 냉소적, 비협조적 태도를 보이거나 이를 방관하였던 인근 마을 주민들을 자극하여 피해 보상에 무임승차하게 만들 것이며 이에 따라 보상 요구액이 기하급수적으로 증가하여 수자원공사가 보상에 이익을 제기하게 만들 것이라는 우려도 있다. 특히 이러한 우려는 인근 지역 주민들의 냉소와 무관심속에서 수자원공사에 대해 피해 보상을 요구하였던 주민들로서는 심각한 문제가 아닐 수 없다.

셋째, 피해가 광범위하게 발생하였으며 그 해악이 심각하다는 사실이 알려지는 것은 두 번 다시 이러한 상황이 발생하지 않도록 교훈을 얻는다는 점에서는 사회적으로 중요하고 바람직한 일이지만, 해당 지역 주민들의 삶에는 그다지 바람직하지 않을 수도 있다. 예를 들어, 시화호가 오염되었다는 사실을 강조하는 것은 한편으로는 주민들이 입은 피해를 널리 알림으로써 여론의 동정을 얻게 하고 피해 보상 요구에 힘을 실어주는 효과가 있지만, 다른 한편 인근 지역을 찾는 관광객 수를 감소시킬 것이고 따라서 관광수입에 기대를 가지고 있던 일부 주민들에게는 그다지 달갑지 않은 일인 것이다. 즉, 피해자인 주민들이 당면한 경제 문제 때문에 피해 사실의 공개나 이에 대한 논의를 바라지 않는 미묘한 상황이 발생한 것이다.

5.2 개발 논리의 내면화와 미래에 대한 환상

한국의 자연환경은 간척사업에 어느 나라에서도 찾아볼 수 없는 천혜의 적지라고 여겨졌으며, 우리 여건에 부합되게 독자적으로 개발한 기술을 활용할 수 있을 뿐 아니라 개발 후 토지 이용 관리 효과도 높은 것으로 간주되어 왔다. 간척 사업은 국토 면적이 절대적으로 협소하며 특히 경제적 이용이 어려운 산지가 대부분인 우리나라에서 당연히 필요한 것이라는 주장에 대해 1980년대 말에 이르

기까지는 별다른 이익이 제기되지 않았다.

시화호 방조제 건설로 인한 피해에 대해 보상을 요구한 주민들도 방조제 건설 그 자체의 필요성이나 정당성을 문제 삼지는 않는다. 상당수 지역 주민들은 지가 상승 등에 대해 어느 정도 기대감도 가지고 있었으므로 개발 사업 초기에는 오히려 찬성하는 입장이었다. 따라서 사업이 시작될 당시에는 주민들도 환경문제에는 관심이 낮았던 것으로 추정된다. 즉, 정부나 사업 시행자는 물론, 사업 시행의 결과 환경과 삶에 커다란 영향을 직접 받게 될 지역 주민들조차 고도 경제 성장이라는 신화의 토대가 되는 개발의 논리, 경제적 발전 등의 가치를 내면화하였던 것으로 보인다.

따라서 주민들은 이러한 개발과 성장의 가치에 대하여 비판적이거나 회의적인 입장에서 문제를 제기하지는 않았다. 오히려 그러한 개발과 성장의 과실의 향유에 어느 정도 동참할 수 있을 것이라는 막연한 기대감과 환상마저 가지고 있었으며 이와 관련된 부정확한 소문(방조제 건설 후 농지를 분배하거나 경작권을 줄 것이라는 등)도 상당히 널리 퍼져 있었다. 또한 이러한 기대는 실제로 사업 시행 초기는 물론 공사가 상당히 진척될 때까지도 무너지지 않았다. 그런데 여기에서 커다란 문제의 하나는 정부나 수자원공사가 주민들에게 향후 발생할 사태나 새로운 삶의 조건에 적응하는 데 따르는 위험이나 어려움에 대하여 충분히 경고나 정확한 정보를 제시하지 않았다는 사실이다. 정부나 수자원공사는 주민들이 미래에 대하여 막연히 낙관적인 환상을 갖도록 방치하였으며 또한 지극히 부정확한 유언비어가 널리 유포되고 있었음에도 불구하고 이를 바로잡기 위한 노력을 하지 않았다. 비록 정부나 수자원공사가 이러한 상황을 의도적으로 조장하지는 않았다 하더라도 사업 추진에 대한 주민의 반대를 누그러뜨리는 데 그러한 분위기의 도움을 크게 받지 않았는가라는 의구심마저 든다. 따라서 정부나 수자원공사는 결과적으로 주민들이 그릇된 판단을 내리도록 방관하거나 유도한 책임을 면하기 어려울 것이다.

5.3 시화호가 주는 교훈

현재 해수호의 수위를 외해보다 1m 낮게 유지하면서 주변의 갯벌이 드러나 있다. 외부로부터 출입이 통제된 상태에서 간척지는 새로운 염생식물 군락과 육상식생이 넓게 조성되는 등 자연적인 천이과정을 밟고 있다. 특히 천연기념물인 검은머리물떼새 등의 물떼-도요새류와 멸종 위기종인 청다리 도요사촌, 넓적부리 도요새 등이 시화호 주변 습지에 서식하고 있다. 자연이 보여주는 회복능력은 우리의 상상을 초월하는 놀라운 것이라는 것을 새삼 확인할 수 있는 계기라고 할 수 있다. 그러나 바닷물과 함께 새로 시화호 안으로 들어온 동족, 바지락, 백합 등의 조개들은 여름철이면 수위를 -1.5m로 낮춤으로써 대량 폐사하는 사태가 해마다 반복되고 있다. 엄청난 수의 조개가 죽어서 허연 조개 무덤이 간척지 해안가를 따라서 끝없이 널려 있다.

시화호의 경험은 갯벌을 보전하는 것이 생태계를 보호할 뿐만 아니라 인간과 자연의 공존을 위한 길이라는 점을 보여주고 있다. 인간이 인간을 위해 만든 구조물이 오히려 인간을 해할 수 있다는 그 사실을 현실로 보여준 사건이기 때문이다.

주민들은 자신들의 보금자리를 잃었고, 그곳의 생

명체들은 생명을 잃었다. 우리와 우리 음 세대의 사람들은 생명의 산 교육장을 잃었다. 시화호를 통해 얻은 교훈을 잊지 말고 반성하여 가슴에 새겨서. 현재의 우리를 봐야한다.

참 고 문 헌

- [1]박강호(2000), 연안이용 상충조정을 위한 시화호 지역 워크샵, 2000년 4월 17일 정책 토론회자료
- [2]박병상(1996), 시화호 오염의 교훈, 황해문화
- [3]박보식(2004), 정책변동과 거버넌스의 변화, 국민대 대학원, 박사학위논문
- [4]박영민(2001), 전과정 영향평가를 위한 환경지수 개발 방법론, 경희대 대학원, 박사학위 논문
- [5]박용철(1996), 시화지구 환경보전 대책 심포지움, 1996년 6월 4일 정책토론회자료
- [6]산업기지개발공사, 농어진흥공사(1987), 환경영향평가서, 시화지구간척지 종합개발사업
- [7]안산21(2002), 다시 시화호를 말한다, 공청회 자료
- [8]안산YMCA(2002), 시화호 생태문화 탐방코스 개발 및 시민 모니터링보고서
- [9]이원희(1999), 시화호 개발정책실패의 정책학적 교훈, 한국정책분석학회, 제9권 제1호
- [10]정중률(1996), 시화호의 방류에 따른 해양에서의 피해 영향권, (사)한국물학술단체연합회 시화호 수질대책토론회 자료
- [11]정희수 외(1997), 한국 서해안 시화호의 오염현황과 환경개선방안, 한국수산개발원, 한국해양정책연구
- [12]한국해양연구소(1997-1999), 시화호 환경영향조사 및 보존대책수립에 관한 연구(1차년도-3차년도)
- [13]한국해양연구소(2000, 2001), 시화호의 해수화에 따른 환경변화조사 및 수질관리에 관한 연구
- [14]해양수산부(2001), 환경관리해역 시범해역관리 시행계획수립연구