

제 5 주제

시화호의 효율적 관리 및 개발방향

신 응 배 / 한양대학교

차 례

1. 시화호의 일반적 특성	119
2. 호소 수질관리	120
2.1 호소 수질 복원 및 관리론	120
2.2 외국의 호소 수질개선 사례	124
2.2.1 미국의 Clean Lake Program	124
2.2.2 일본의 인공담수호 수질개선	125
3. 시화호 수질개선대책	127
3.1 목표수질의 설정	127
3.2 시화호 수질개선 장·단기대책	127
3.3 시화호 수질관리 대책수립 연구개요	132
4. 시화호 개발방향	134
4.1 친수환경 조성전략	134
4.2 수질관리와 개발	134

시화호의 효율적 관리 및 개발방향

신 용 배

1. 시화호의 일반적 특성

수도권 신규 공업용지 수요와 장래 식량의 안정적 공급을 위한 농지 및 이에 소요될 농·공용수의 확보를 목적으로 계획된 시화지구는 2000년대 국제 교역증진과 경제발전 도약 산업기지로서의 역할 수행과 수도권 인구분산 및 산업시설 유입억제 정책의 일환으로 계획된 미래지향적이며 21세기 고도 산업사회에 부합하는 공업 및 농업단지와 소규모 주거단지가 공존하는 종합단지로서 개발되어 왔다.

시화지구 개발사업은 경기도 안산시, 시흥시, 화성군의 1도 2시 1군에 이르는 광활한 간석지를 개발하는 대규모 국토 확장사업으로, 시화만에 방조제 5개소, 12.6 km를 축조하여 17,300 ha를 종합적으로 개발, 수도권 인구분산 및 공업용지의 확보에 기여하고, 안정적 용수확보를 위하여 6,100 ha의 담수호를 조성하여 1억 8천만톤의 수자원을 확보, 전천후 영농기반을 마련하는 것이 주목적 이었다. 시화만에 방조제를 막아 태어난 시화호는 일반적인 자연호와는 달리 바다의 만을 막아 인공적으로 조성된 담수호와 해수호의 중간의 성격을 띤 기수호(brackish lake)에 가깝다. 기수호는 해수와 담수가 서로 공존하는 바다의 일부가 막힌 호소로, 염분이 0.5 ‰이상 (시화호 외해 : 31 ‰, 호내측 : 11~15 ‰) 포함되어 있는 호소를 말한다. 일반적으로 기수호는 조류에 의한 해수의 유출입으로 어업 자원이 풍부하고, 복잡한 수리조건과 풍부한 생태자원으로 특징지워지지만 호소 환경의 미세한 변화에도 호소 수질이 급작스럽게 나빠질 수밖에 없는 민감한 호소이기도 하다.

기수호(brackish lake)의 일반적 특성

- 호소의 수심이 매우 낮다.
- 유기 오염물질과 영양염류의 유입이 많다.
- 낮은 수심과 풍부한 영양성분으로 호소 생산성이 매우 높다.
- 호소수가 정체되어 있기 때문에 침전물이 호소 저면에 축적되어, 호소 수질이 악화되고, 부영양화가 쉽게 일어난다.
- 호소 자정작용중 해수 유출입이 호내의 오염물질의 저감시키는 가장 큰 작용이 된다.
- 호소의 수리특성이 매우 복잡하다.

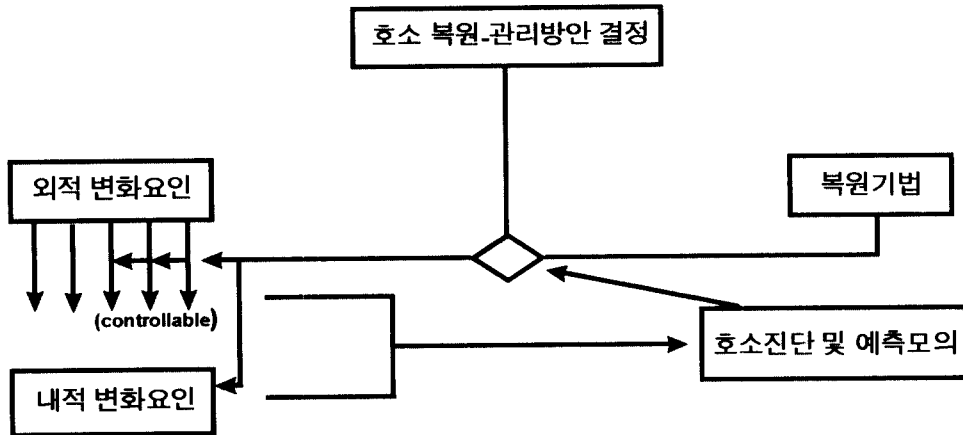
시화호는 기수호의 오염에 취약한 호수형상에다가 유역내 점·비점오염원이 호에 인접하여 집중되어 있다. 즉, 공단폐수 및 도시 생활하수가 배출된 후 일부가 직접 호로 유입 또는 유로연장이 10 km 내외의 짧은 하천을 거쳐 유입되기 때문에, 중간단계의 자정작용을 거의 기대하기 어렵고, 유역내 비점오염원이 호소 주변에 상당수 산재하여 있는 형편이다. 또한 호소의 평균 수심이 5 m 정도로 낮고, 약 300일에 달하는 긴 체류시간으로 일단 유입된 오염물질이 호로부터 배출되기 어렵기 때문에, 호내에 축적되어 호수 수질이 지속적으로 악화 될 수밖에 없다.

2. 호소 수질관리

2.1 호소 수질 복원 및 관리론

호소는 전체 유역의 일부로서, 유역은 호소에 호소는 유역에 직·간접적으로 영향을 미치는 열린계(open system)이다. 일반적으로 호소의 수질관리 전략은 호소를 유역과 주변환경을 분리한 하나의 계(system)로 접근하여서는 안되며, 나타난 문제의 현상에 국한하여 해석할것이 아니라 주변의 환경과의 밀접한 상호작용을 이해하는 데서 출발하여야 한다.

호소의 환경변화는 외적 변화요인(external variables)과 내적 변화요인(internal variables)의 상호 작용에 의하여 끊임없이 변화한다. 외적 변화요인에는 조절이 가능한 요소(controllable)인 수량 및 영양염류등이 포함된 오염물질의 유출·입을 말하며, 조절이 불가능한 요소(uncontrollable)는 태양광, 강우, 바람 등의 기후조건을 꼽을수 있다. 호소 내적 변화요인에는 호내 오염물질의 농도 또는 생체의 개체수등이 포함된다. 그림. 1은 이들요인의 상호작용 및 관계를 도시한 것으로 호소의 복원을 위하여 호소의 내외적 변화요인의 상호 관계를 정량화하고, 예측모의 결과를 통하여 호소 복원 기술적용을 결정하는 과정을 보여주고 있다. 호소 복원의 핵심은 호소에서 일어나는 상호작용의 정확한 이해와 지속적인 자료의 평가를 통하여 목표수질을 달성할수 있는 최적의 복원기술을 적용하고, 적용된 기술의 적정성 및 효과를 평가하기 위한 지속적인 모니터링을 수행하는 것이다.



< 그림 1. 호소수질 복원 및 관리 개념도 >

시화호는 시화호를 주변으로 공업 및 주거단지, 농업지역이 시화호 유역의 대부분을 차지 하고 있고, 유역내 6개 유입지천 및 강수에 의해 호수로 유입된 후 일정량 이상의 호소수는 외해로 방류되는 하나의 계를 형성하고 있다. 시화호 오염은 환경용량 이상으로 유입되는 오염물로 인하여 호수의 자정능력을 상실한 계의 불균형에서 기인한 것이다. 따라서 시화호 수질을 개선한다는 것은 계의 불균형을 바로 잡는 것을 의미하여, 유입오염물의 저감과 동시에 호내 자정능력 향상 노력이 진행되어야 한다. 즉 호소로 유입되는 오염물량과, 호내에서 축적되는 오염물량을 동시에 저감시켜야 하는 것이다.

호소 복원 기법은 일반적으로 크게 환경공학기술(Environmental Technology)과 생태공학 기술 (Ecological Technology)의 두가지로 분류된다. 환경공학기술은 방류선 수체로 유입되는 오염물질을 저감 또는 제거하는 수처리 기술을 말하며, 생태공학기술은 생태계 또는 주변 환경에 변형을 가하여, 호소나 호소 유입 지천에서의 자정작용을 가속시키거나 축적된 오염물질 농도를 저감시키는 기술이다. 또한 환경기술은 주로 점오염원을 제거하는데 적용되는 반면, 생태공학기술은 비점오염원을 제어하거나, 생태계 자정능력을 향상시키는데 적용된다. 환경공학기술이 적용되는 환경기초시설은 주로 하·폐수 처리장을 예를 들수있으며, 점오염원을 저감시킬수 있는 가장 확실한 방안이다.

호소 생태공학기술은 호소 외·내 관리기법으로 구분된다. 표 1에 있는 바와 같이 호소 외적관리 기법으로는 유역관리, 오염원 관리호 조성, 유입지천에서의 영양염류 조절등을 들 수 있으며, 호수 내적 관리기법으로는 물리, 화학, 생물학적 관리기법으로 구분된다.

호소의 수질악화는 오염물의 복합적인 생성 및 소멸등 아주 복잡한 단계를 거쳐 일어나므로 한, 두가지의 복원기술만을 적용하여서는 소기의 효과를 거둘 수 없으며, 종합적이고 입체적인 기술이 혼용되어야 한다. 또한 유역내 점오염원에서 발생하는 유기 오염물질 및 영양염류를 저감할 수 있는 환경기초 시설의 완비는 호소 수질 악화를 방지하는 예방차원 뿐만 아니라, 오염된 호소의 복원사업에 있어서도 가장 기초가 되는 동시에 선결조건이기도 하다.

< 표 1. 일반적인 호소 생태공학 복원기술 >

Remedial measures	
▷ External Control Measures	1) Protection of Catchment Area - Forestation - Land use change - Sewage treatment 2) Pre- impoundments 3) Nutrient Control in Inflowing River Water
▷ Internal Control Measures	1) Physical Manipulations - mixing and thermal destratification - aeration, hypolimnetic oxygen inflation - selective water withdrawals - dredging 2) Chemical Manipulations - internal nutrient precipitation - sediment sealing 3) Biota Manipulations - mechanical harvesting - chemical control measures (algicides, herbicides, insecticides) - biological control measures

다음은 일반적으로 적용되고 있는 호소 생태공학 기술의 개요 및 효과를 간략히 기술한 것이다.

▷ 영양염류 불활성화

호수내 또는 유입 지천에 철 또는 알루미늄 염을 첨가하여, 인산염을 침전시키는 방법으로, 첨가제에 의한 호소 생물에 영향을 미칠 수도 있다.

▷ 호소수 교환

영양염류 농도가 낮은 물을 호수로 도입하여, 교환율을 높이고, 체류시간을 짧게 하여 생물체가 호수내에서 생성되고, 축적되는 것을 막는다. 방출수를 호수 저면에서 유출시키면 효과가 크다.

▶ 심층폭기

수온약층 아래에 있는 심층부에 산소 또는 공기를 불어넣는 방법이다. 산소가 많아지면, 저질토로부터 인이 녹아 나오는 양이 줄어들고 철과 망간과 같은 환원물질의 양도 줄어든다. 이 기술은 수중 폭기가 중단되면, 다시 원상태로 돌아가는 등 문제점 때문에 대규모로 시행하기에는 적절하지 않은 것으로 알려져 있다.

▶ 강제순환

심층폭기와 유사한 방법이나, 수온약층을 파괴하는 것이 주 목적이다. 한여름 온도 차이로 생성된 수온약층으로 표층수와 심층수 사이에는 산소등의 물질교환이 일어나지 않는다. 조류의 성장률을 줄일수 있기도 하다.

▶ 심층수의 방류

심층수에는 영양염류의 농도가 높으므로, 방출하면 염류의 체류시간을 짧게 하는 효과가 있다. 수심이 깊은 호수에 매우 효과적이다.

▶ 호수 수위 낮추기

저질토가 드러나도록 호수 수위를 낮추는 방법으로 저질토에 있는 오염물질 및 부착조류, 수초를 산화시키는 방법이다. 준설과 저질토 도포를 할 때 전과정으로 사용하기도 하나 호수 연안대의 기타 생물상을 파괴하는 단점이 있다.

▶ 저질토 도포

저질토를 합성수지등으로 도포하여 저질토에서 나오는 물질을 차단하는 방법이다. 저서생물에 영향을 주고, 고가의 비용이 소요된다.

▶ 준설

저질토에는 수중 보다 $10^4 \sim 10^6$ 배의 인이 함유되어 이를 준설하므로써 호내 인을 제거하는 방법이다. 저질토에 영양염류가 농축되어 있는 곳은 매우 효과적이거나 준설시 재부유에 의한 2차 오염을 유발하고, 준설된 저질토를 재처리하여야 하는 단점이 있다.

▶ 생물체 수확

수체로부터 수초와 부착조류를 수확하는 방법으로 즉시 효과가 나타나나, 지속적인 반복작업이 필요하다. 수초에는 많은 영양물질을 함유하고 있어 호소 유입부에 식생시킨후 주기적인 수확으로 수질개선을 기대할수 있다.

▶ 생물학적 제어

조류의 성장을 먹이연쇄와 기생관계를 이용하여 제거하는 방법이다. 초어를 이용한 수초제거와 동물플랑크톤을 이용한 조류제거등이 있으나, 새로운 종을 이식할때에는 사전에 충분한 검토가 수반되어야 한다.

▶ 화학적 처리

수초와 조류를 제어할수 있는 화학물질을 수체에 직접 살포하는 방법이다. 수초를 없애기 위한 제초제 살포, 식물플랑크톤 제거를 위한 황산구리 살포등이 있으나 일시적인 효과뿐만아니라 호소 생물체에 독성을 나타낼수 있다.

2.2 외국의 호소 수질 개선 사례

2.2.1 미국

미국의 호소 수질관리 현황은 미국 환경청에서 주관하고 있는 Clean Lake Program에서 찾아볼수 있다. 본 프로그램은 호소 수질관리 및 개선의 일환으로 연방 수질 오염관리 법안 (Federal Water Pollution Control Act,'72)하에 수립되어 시행되어 오고 있으며, '76년 이래 49개주에서 약 600 여건의 프로그램을 적용한 사례가 있다. 본 프로그램은 총 4가지 목적하에 순차적으로 집행되고 있으며, 개략적인 내용은 다음과 같다.

① 호소 수질 평가 (Lake Water Quality Assessments)

; 주정부 호소관리 프로그램의 기술적, 재정적 보조

② 호소 진단 및 타당성 연구 (1단계, Diagnostic-Feasibility Studies)

; 호소 및 유역의 평가를 통하여 문제점을 규명하고, 호소 생태계 회복을 위한 가장 타당성 있는 계획을 입안

③ 호소 복원 사업 실시 (2단계, Implementation Projects)

; 1 단계 연구결과를 바탕으로 호소 복원사업을 수행하며, 유역내 비점오염원 관리와 호내 생태계 복원방안등이 포함.

④ 호소 복원 사업수행후 모니터링 연구 (3단계, Post-Implementation Monitoring Studies)

; 호소 복원 사업의 장기적인 효과분석을 위하여, 과학적인 호소 및 유역의 모니터링을 지속시킴.

본 프로그램에 따라 호소의 오염현황 및 호소 복원기법이 수행된 사례를 부록에 수록하였다.

2.2.2 일본

일본에서의 주요 호소들중 많은수가 중부와 북부에 집중되어 있으며, 이들 호소중 인공호의 경우는 2차 세계대전 이후에 주로 건설되었다. 본절에서는 일본의 호소중 시화호의 경우처럼 바다의 만을 막아 조성된 인공호를 중심으로, 호소조성 단계부터 호소 수질 개선 대책 및 개선효과를 위주로 간략히 조사 기술하였다.

① Kasumigaura 호

Kasumigaura 호는 동경에서 북동쪽으로 약 60 km정도에 떨어진 태평양 연안에 위치하고 있는 일본에서 두 번째로 큰 호수이다. 이 호수는 주 호수인 Nishiura와 두 개의 작은 호수 Kitaura와 Sotonasakaura로 이루어져 있으며, 평균수심이 4 m, 호수 면적이 약 220 km², 유역면적이 2,157 km²에 이르고 있다. 1970년 Kasumigaura 종합개발 사업의 일환으로 호수 방조제(E.L. +3.00) 건설과 Hitachigawa 갑문 ('63 축조)의 조작으로 담수화를 추진, Kashima 연안 공업지역의 용수공급과 유역 및 동경도에 용수를 공급하고자 호수가 조성되었다. 호가 조성된후 호수 수질이 급격이 저하되자 1975년 Water Source Area Consolidation Program을 적용하여 호수 수질 개선활동이 본격화 되었다. 호수 복원에 적용된 주요기술은 크게 호소 준설과 인접 강물(Naka 와 Tone)의 호소유입을 들 수 있다. 호소 준설작업은 호소내부와 지천 유입부를 중심으로 이루어져, 연간 10만톤을 준설하고 있으며, 준설토는 주변용지의 매립 또는 벽돌 등의 건설재료로 재이용하고 있다. Naka강과 Tone강의 Kasumigaura호 유입은 1993년부터 호소 정화를 위하여 도입되고 있다.

Kasumigaura 호소의 수질관리 방안에서 특기할 만한 것은 소위 “Biopark”를 통하여 친수환경을 조성하고 주민의 참여를 유도하려는 노력이다. Biopark는 현재 Kasumigaura호의 Tsuchiura사에서 시범적으로 실시되고 있는데, 그 내용을 보면 호변에 식물의 서식공간을 인공적으로 조성하고 이들 식물을 이용하여 호소 내 오염물질을 저감시키는 동시에, 지

역 주민에게 야채, 화초, 퇴비등으로 활용하도록 권장하고 있다. 이외에 부도(floating island)를 호내에 조성하여, 영양염류를 저감시키고자 하는 연구가 진행중에 있다.

② Kojima 호

Kojima호는 Okayama시의 남쪽에 위치하고 있는 바다의 만이 막혀 조성된 일본 최초의 인공 담수호다. 16세기부터 매립이 시작되어 수면 대부분이 간척되어 오다가, 1962년 수문과 제방축조으로 현재의 평균수심 1.6 m, 호소 면적이 약 11 km², 유역면적이 533 km²로 축조 조성되었다. 호소 조성이 된 몇 년후부터 호소 수질이 급격히 악화되어, 중앙 및 지방정부의 다양한 호소 수질개선 방안 즉, 하수 처리시설의 증설을 비롯하여 호소 저니준설, 강물의 유입등 호소 복원 노력을 기울이나 점증하는 주변 유역의 오염원으로 인하여, 호소수질이 획기적으로 회복되지 못한 것으로 알려져 있다.

③ Nakaumi 호 와 Shinji 호

두 호소에대한 간척 및 담수호 조성계획은 1954년에 입안된 종합개발계획에 의거, 홍수방지와 토지확보 및 용수확보를 목적으로 시작되었다. 사업 예산이 확보된 1963년부터 25년간 총 720 억엔을 투자하여 간척공사를 수행되어 오다가, 1988년에 간척 및 담수호 사업이 지역 경제 발전에 큰 이득이 못되고, 호소수질 악화와도 관련하여 사업자체가 중단되었다.

3. 시화호 수질 개선 대책

3.1 목표 수질의 설정

호수의 수질은 다양한 항목으로 구성되어 있고 주변환경 여건에 따라 변동적인 특성을 갖게 된다. 호수의 수질보전이나 개선을 위한 목표를 어떻게 설정하는가는 사람의 건강, 생활환경의 보전 및 부영양화 정도, 생태계 보전등 목적에 따라 다르며, 호수와 인간 활동과의 관련정도, 이수목적, 호수 수질목표에 부합될수 있도록 항목을 정하여 설정하여야 한다. 즉 목표수질을 설정함에 있어서는 우선 호의 용도가 결정되어진 후 각 용도별로 여러 가지 오염물질에 대한 안정성 등을 고려하여야 한다. 또한 대상수역의 현재 및 미래의 수질을 고려하여 기술적, 경제적, 사회적인 사항들을 종합적으로 비교분석하여 그 수역에 합당하고 현실적으로 달성 가능한 목표를 설정하여야 할 것이다.

시화지구 간척지 종합개발 사업의 일환으로 조성된 시화호는 당초 이수목적이 농공용수 공급을 그 주된 목적으로 하고 있으나, 안산시를 비롯한 도시지역에 접해 있고 수도권에 인접한 지역적 특성을 감안할 때 장래 위락적 차원의 수질기능이 부가되어야 할 것이다. 시화호의 경우 현재의 오염수준이 이미 환경기준을 벗어나 있고, 부영양상태에 도달해 있는 상태로서 유입수 수질개선을 위하여 하수처리장의 증설등 유역의 수질오염원에 대한 감축 노력이 진행중에 있다. 호소 복원사업 진행중에 있어서도 외부조건에 의한 수질의 변동 요인이 많은 점을 감안할 때, 단기 수질목표와 장기 수질목표로 구분하여 설정할 필요가 있다. 이밖에도 시화호의 위락적인 측면이나 부영양화를 고려하면, 호소 수질기준에는 포함되지 않은 냄새, 색깔 및 Chlorophyll-a등도 함께 고려하여야 한다.

3.2 시화호 수질개선 장·단기 대책

시화호의 수질개선 사업에 적용되고 있는 기술들은 일찍이 국내에서 수행된바가 없는 대규모의 입체적 호소 복원기술의 총집합이다. 즉, 유역내 점오염원 및 비점오염원 제어와 호내 정화기법이 막라되어 있으며, 사업효과 및 기간에 따라 장·단기 대책들로 구성되어 있다.

본절에서는 96. 7월 관계기관 합동으로 발표된 시화호 수질개선 대책으로 추진되고 있는 수질개선 사업의 시설규모와 처리효과, 추진실적을 위주로 검토하여 보았다.

(1) 단기대책

① 산화지

; 오·폐수를 못에 일정기간 체류시켜 자연정화를 통한 수질개선

▶ 시설개요

구 분	안산천	시화유수지	3간선수로	화정천
설치규모	6,600평 (550m×40m)	55,000평 (600m×300m)	900평 (180m×17m)	7,800평 (‘97.4월)
체류시간	7hr	48hr	24hr	14hr
오·폐수량	61,670m ³ /일	35,000m ³ /일	5,000m ³ /일	42,000m ³ /일
표면폭기	6개소	25개소	5개소	5개소
부레옥잠	3,000평	2,100평	500평	400평
사업비	4억원			1억원

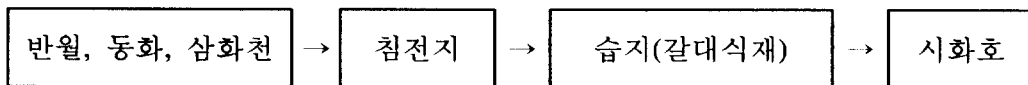
주) 1. 시화호 수질개선 종합관리대책 기본계획 보고서, 한국수자원공사, 1996.7

2. 수자원 공사 자료, (1997.5.23)

② 인공습지

; 유역지천에서 들어오는 오염원을 줄이기 위해 갈대등 수생식물을 식재, 자연적 정화작용을 이용

▶ 시설개요



구분	계	반월천	동화천	삼화천
유입수량 (m ³ /일)	71,600	25,600	41,400	4,600
시설규모 (m ²)	811,794	416,875	306,634	88,285
사업비	200억원			

주) 1. 시화호 수질개선 종합관리대책 기본계획 보고서, 한국수자원공사, 1996.7

2. 수자원 공사 자료, (1997.5.23)

③ 임시 차집수로 설치 (시화하수처리장 여유용량 활용)

; 시화하수처리장의 여유용량을 활용을 위한 반월 공단 우수 배출구, 신길천 배출
오·폐수 차집처리를 위한 시설설치

▶ 시설개요

- 차집수로 : 11km (관수로 : 7.5km, 개수로 : 3.5km)
- 차집수량 : 반월공단 우수토구(73,400 m³/일), 신길천(27,400 m³/일)
- 오수펌프장 : 8개소

○ 추진현황

- '96. 10월 공사착공
- '97. 3월 이후 : 시화하수처리장 이송처리
(시화호 유역 전체 하수발생량의 약 72% 처리가능)

④ 약품살포

; 호수내 과영양상태로 인한 조류(물이끼)발생을 제거하기 위하여 응집제(Alum,
Lime, Clay)를 투입 침전처리

▶ 시설개요

- 시험기간(6개월)을 거쳐 살포방법, 살포량과 살포시기 및 효과분석

⑤ 수중폭기장치 설치

; 호수저층에 공기를 공급하여 상·하층간 강제 순환으로 부영양화 방지
(조류제거 및 심층수 수질개선)

▶ 시설개요

구 분		설치내역	비교
설치수량		100기	방조제 배수갑문옆 (수심 12m)
영향영역	수표면	625천 m ²	호수면적이 1/90
	수체적	6,370천 m ³	총저수량의 1/52 유효저수량의 1/28

- 주) 1. 시화호 수질개선 종합관리대책 기본계획 보고서, 한국수자원공사, 1996.7
2. 수자원 공사 자료, (1997.5.23)

- 추진현황
 - '96.8 ~ 11 : 100기 설치운영중
- 기대효과
 - 폭기직후 악취소멸, 성층파괴, 용존산소 농도증가
 - 수질개선효과 : COD 약 15% 감소
 엽록소-a(조류) 10 ~ 20% 감소

⑥ 퇴적저니토 준설

; 시화호내 오염이 심한 퇴적저니토 준설로 수질환경 개선

▶ 시설개요

- 준설대상량 : 60 ~ 100만 m³
- 준설장비 : 이동식 (Aquamog PRX 163)
- 준설능력 : 450 m³/hr

⑦ 배수갑문 조작관리

; 배수갑문을 개방관리하여 해수도입으로 인한 호수내의 물을 정기적으로 순환시켜
 줌으로서 호소 내부의 오염부하량을 저감시켜 호수의 자정능력을 향상 시킴

▶ 시화호 1차 시험 방류 결과 (한국 해양연구소, '97.5)

- 시화호 1차 500만톤 시험 방류결과, 방류 당일의 경우 해수유동과
 이화학적 수질 변화가 관측되나, 방류다음날은 방류전의 상황으로 회복
 되었음.
- 생태계 분야는 방류 다음날도 영향을 미치고 있어 지속적인 조사 필요

⑧ 하수차집관로 신·증설

; 안산시 관내 안산동, 반월동, 화정동 등에 대한 하수관로 증설

- 관로 증설 연장 : 오수관로 21 km
- 사업비 : 약 123억
- 사업기간 : 97.1 ~ 98.12

(2) 중·장기 대책

① 하수처리장 신·증설

; 안산 시화, 화성 등에 3개소의 하수처리장을 신·증설하여 일일 처리능력을 355천톤/일에서 789천톤/일로 제고

▶ 시설개요

- 안산하수처리장 확장공사

· 2001년까지 534천 m³/일(2차처리)로 증설

{	'96.9 : 179천 m ³ /일
	'97.11: 385천 m ³ /일
	2001 : 534천 m ³ /일

- 시화하수처리장 확장공사

· '98년까지 250천 m³/일으로 증설

(176천 m³/일→250천 m³/일)

- 화성군 하수처리장 (준공년도 : '99)

· 시설규모 : 5천 m³/일

② 자연수로(환배수로)

; 시화호로 유입되는 각 지천 및 공단내 수로에서 일정수량을 차집하여 장래 건설될 녹지공간에 환경 친화적 시설로 토사 수로를 설치하고 수생식물을 이용, 정화후 방류하는 방안

▶ 시설개요

수로형상	차집유량	중계펌프장
제형수로 18 km (저폭 6~12m)	25,600 (m ³ /일)	7 개소

주) 1. 시화호 수질개선 종합관리대책 기본계획 보고서, 한국수자원공사, 1996.7

2. 수자원 공사 자료, (1997.5.23)

③ 기존 하수관로 보수

; 안산지구와 시화지구의 하수관로 불량 조사와 병행하여 단계적으로 보수 실시

구 분	안산지구	시화지구
조사대상	반월 공단 및 안산시내 하수관로 : 978 km	시화공단내 하수관로 : 405 km
실측연장	480 km	305 km
조사기간	96.9 ~ 97. 상반기	95.10 ~ 96.4
조사방법	CCTV	
조사결과	- 오접 : 2,123개소 · 공공하수도 오접:189개소 · 건축오접 : 1,934개소	불량개소 : 6,979 개소 - 오접 : 310개소 - 기타 : 6,669개소
보수사항	공공하수도 오접 : 152개소 보수완료	'97.2월현재 6,000개소 보수완료

주) 1. 시화호 수질개선 종합관리대책 기본계획 보고서, 한국수자원공사, 1996.7
2. 수자원 공사 자료, (1997.5.23)

3.3 시화호 수질관리 대책 수립연구 개요

시화호 수질관리 대책 수립연구는 시화호 수질개선사업과 연계하여 시화호 수질의 근원적인 개선 및 시화호 친수환경 조성 방안을 제시하기 위한 종합적인 시화호 단기, 중기, 장기 수질관리 대책수립을 위한 연구이다. 본 연구는 96. 6월부터 2개년에 걸쳐 한국물학술단체 연합회 주관으로 2개학회, 2개대학, 1개 기관으로 편성되어 연구가 진행중에 있다.

① 연구내용

- 시화호 유역 및 호 내·외측 수질조사
- 시화호 수질관리대책수립
 - 유역현황의 변화추이분석
 - 시화호 수질변화 추이분석
 - 적정 유역오염물질 관리방안
 - 저질토가 수질에 미치는 영향분석
 - 시화호 수질관리를 위한 배수갑문 조작관리방안 제시 및 시화하수 처리장 방류수로 인한 외해영향검토

- 호소의 수리특성 검토
- 국내외 사례검토
- 시화호유역 환경정보관리시스템 구축
- 시화호 수질관리대책 수립

② 연구 진행 상황

총 24개월간 수행되는 본 연구는 2차년도 연구과업이 진행중이며, 그동안 진행된 성과를 간략히 요약하면 다음과 같다..

- 시화호 유역 및 호 내·외측 수질조사
 - 주요수계별 오염부하량 조사
 - ; 주요유입 8개지천 및 우수토구 6개지점 실측
 - 저질환경 조사
 - ; 영양염류 재용출 및 산소 소모율 측정
 - 방조제 내측수질 및 부영양화 조사
 - ; 호내 5개지점 정기조사 및 배수갑문 운영시 단기시험 수행
- 시화호 수질관리대책수립
 - 유역의 인문, 사회환경 변화추이 조사
 - ; 기초 인문, 사회환경 조사 및 하수처리수 재이용 방안 검토
 - 시화호 수리 및 수질모의
 - 호소 수질 예측 및 수리 모의 모델
 - 호소 자정능력 평가 및 향상방안
 - 호소 수질관리 시스템 구축방안
 - 유역오염물질 적정관리방안
 - 유역 오염부하량 모의 모델
 - 농축산 폐기물 관리방안
 - 환배수로 수질관리 방안
 - 시화호 배수갑문 조작관리 방안
 - 시화호 방류에 따른 해양 물리, 이화학, 생태 영향 평가
 - 시화호 수질개선을 위한 배수갑문 시험개방안 및 조작관리 규정 초안작성
 - 시화호 수질관리를 위한 지리정보시스템 기초자료 구축
 - 기본 수치지도 및 속성자료 구축

4. 시화호 개발 방향

4.1 친수환경 조성전략

시화호는 그 조성단계에서 개발논리에 뒤쳐진 환경영향 검토와 환경기초시설등이 미비한 상황에서 관련당사자들이 그 책임을 다하지 못하여 빚어진 국가적 재앙이 아닐 수 없다. 주변도시와 하수관리미비, 공업단지 개개 입주업체의 산업폐수 배출허용기준 불이행, 무단방류(우기를 이용한), 주말 또는 야간에의 미처리 고의 방류등으로 인하여, 현시점에서는 초기 개발취지와는 달리 수자원으로서의 그 기능을 회복하기에는 막대한 시간적, 경제적 추가비용부담이 불가피한 실정이다. 차후 추진되어야 할 종합대책 및 대안은 개발논리에 의한 계획만으로는 그 설득력이 부족할 것으로 판단될 뿐 아니라, 1992년 리우(Rio)선언 등을 십분 감안한 친환경적 논리를 바탕으로한 계획으로서, 지속가능한 개발에 근거한 수질개선 및 보전방향, 관광, 조력, 항만 등 수체의 이용계획까지 연계되지 않으면 안된다. 또한 수려한 환경조건에서의 생산활동을 보장하고 인근 주거지의 생활환경이 지역내 주민들로 하여금 자긍심을 갖기에 손색이 없는 환경친화적인 종합대책이어야만, 시화호 수질개선 노력과 시화 지구 단계별 사업의 성공적인 과업완수가 가능할 것이다. 또한 이러한 시화지구가 민·관·학의 일체된 노력하에 친수환경의 수려하고 쾌적한 신바람나는 생활터전으로 자리잡을때 우리나라 산업단지 및 관련환경정책의 새로운 이정표가 될 것이다.

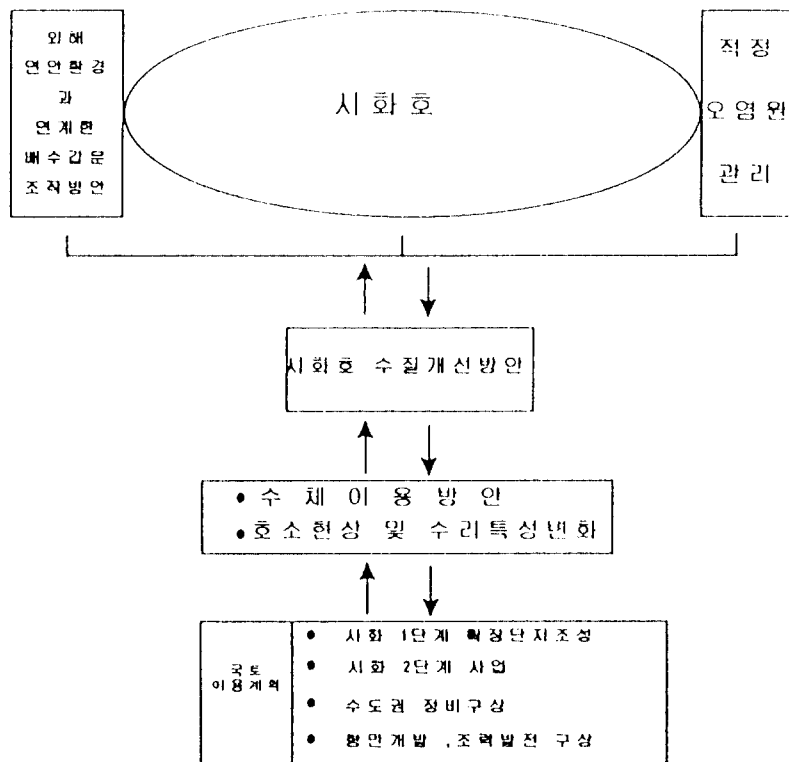
4.2 수질관리와 시화호 개발

방조제 체절이후 조성된 시화호는 호소 수리특성상 넓은 수면적과 얇은수심, 긴 체류시간을 갖는 수질오염에 취약한 폐쇄성 호소로서, 호내로 유입된 오염물질의 배출이 어렵고, 장시간 체류에 따른 오염물질의 축적으로 오염의 정도가 가중될 수 밖에 없는 취약성을 지니고 있다.

또한 시화호 유역 유입하천수를 보면 강우시 인근공단으로 부터의 무단방류가 급격히 증가하는등 강우시 수일간의 부하량이 연중부하량의 대부분을 차지함에 따라 현실적으로 환경용량을 초과하는 과도한 오염부하의 유입 및 오·폐수 무단방류등으로 좀처럼 시화호 수질은 개선의 기미를 보이고 있지 않다.

따라서 시화호 수질개선사업은 시화호로 들어오는 모든 오염원을 완벽히 관리한다는 대전제하에 지속적인 환경지해 불법행위 감시와 더불어 시화호의 수리특성을 근원적으로 변경할 수 있는 방안인 기존 호소의 축소, 분할, 적정수심 확보방안등의 최적 호소형상 대안이 마련되어야 한다. 특히 시화호가 갖고 있는 제반조건등을 감안할 때 시화호로 유입되는 맑은물이 절대적으로 부족한 상황에서 현재 시화호 호소의 규모를 가급적 최소한으로 축소 조정하는 방안이 바람직할 것으로 판단된다.

아울러, 이는 향후 시화호 개발과 관련된 국토 이용계획과 상호보완 관계를 유지하며 유기적인 협조하에 진행되어야 하며, 시화호 수질개선 및 보전방안과 수체이수 및 환경친화적 단지조성 개발을 위한 종합수질 관리방안과 함께 시화호 개발방향은 최적의 수질관리와 국토이용 계획이 연계된 종합적인 개발안이어야 한다.



< 그림 2. 시화호 수질관리와 시화호 개발 >

참고문헌 :

- 국립환경연구원, 정책결정자를 위한 부영양화 관리방안, 1996.6
- 농어촌 진흥공사, 한국수자원공사, 시화지구 담수호 수질보전 대책 수립조사 보고서, 1995
- 산업기지개발공사, 시화지구 개발타당성 조사 및 기본계획, 1986.4
- 한국수자원공사, 시화호 수질개선 종합관리대책 기본 계획 보고서, 1996
- 한국수자원공사, 시화호 수질관리 대책 수립연구 중간 보고서, 1997
- ILEC, Guidelines of Lake Management Vol.1-2, ILEC and UNEP, 1991
- USEPA, 인터넷 자료 /www.epa.gov/ecoplaces/part2/, 1997
- 일본 비와호 연구소 인터넷 자료 /www.biwa.or.jp/, 1997

< 부록 > 미국의 호소수질개선 사업사례

호 소 명	위치 및 호소규모	호 소 오 염 현 황	호 소 복 원 관 리 수 행
Lake Champlain	뉴욕과 캐나다 퀘벡주 국경지대 위치, 유역면적:21,000km ²	-수위상승으로 독성 침전물 축적 -점·비점오염원으로 인한 부영양화 -비점오염원으로 인한 인의 유입 증가 -수서생물상의 변화 등	-1940년대 계획 입안 -1988년 New York, Vermont 와 Quebec 지방이 Lake Champlain 관리방안에 합의 -1989년 EPA, Clean Lake Program 실시 (1단계, 호소 진단 및 타당성 연구)
Alcyon Lake	New Jersey주 Gloucester county에 위치, 호소면적 : 5.5ha 유역면적: 10km ² (LiPari 매립지 하류에 위치)	-매립지 침출수 독성물질 유입 -하수처리장(1972년 폐쇄)으로부터 침니와 유기물 유입 -도시강우유출로 인한 침전물과 유기물, 중금속 등이 유입 -주변 농경지로부터 영양물질과 농약성분이 유입	-1991년 EPA, Clean Lake Program 실시 (1단계, 호소 진단 및 타당성 연구) · GIS 개발(유역 오염원 관리) · 토양 침식 방지시설 가동 · 유역관리 위원회 설치 · 우수 운반시스템 설계 · 환경 조례제정 과 토지관리 지침수립
Cranberry Lake	New Jersey주 Byram Township,에 위치, 호소면적 :77ha 유역면적 : 733 ha 평균수심 : 2.1m	-호내 수초 과잉 번식 -용존산소 저하 -침전물 부하 및 축적 -인의 호내 고농도 축적 -조류의 과잉번식 -어획량 감소	-1992년 EPA, Clean Lake Program 실시 (2단계, 호소복원 사업 실시) · 토지이용 규제를 통한 장래 토지개발 관리 · 수초 수확 · 우수관거관리 · 토양침식 관리

호 소 명	위치 및 호소규모	호 소 오 염 현 황	호 소 복 원 관 리 수 행
Lake Deal	New Jersey 주 Monmouth County 위치, 호수면적 : 58 ha 유역면적 : 496 ha	-상류 도시의 개발로 영양염류와 침전물 부하증가 -수초의 과잉 번식 -조류의 번식 및 악취발생 -입욕 금지(박테리아 기준치 초과)	-1983년 EPA, Clean Lake Program 실시 (1단계, 호소 진단 및 타당성 연구) · 토양 침식 관리, 우수 수질 관리 및 호소유역/토지 이용 관리에 관한 조례 제정 · 저류지 건설
Greenwood Lake	New York주 Orange County와 New Jersey Passaic County일대 에 위치 호수면적 : 776ha 평균수심 : 5m	-호수 일부에 수초 과잉 번성 -여름철 무산소 지대 발생 -토양침식으로 인한 강어귀의 퇴적 현상 -맛과 악취 유발 -점·비점오염원의 유출 -호내부 인의 순환	-1980년 EPA, Clean Lake Program 실시 (1단계, 호소 진단 및 타당성 연구) · 수초 제거 · 호수 수위 저하 · 우수 관리 시설 건설 · 토지 관리규제 · 대중 홍보 -1989년 EPA, Clean Lake Program 실시 (2단계, 호소복원 사업 실시)
Lake Lata	Puerto Rico의 San Juan에 위치, 호수면적:4.9km ²	-농경지와 도시개발로 인한 비점 오염원의 유입 -호소내 침전물 증가 -영양물질의 과다 유입으로 인한 부영양화 -수면 4~5m이하 산소 고갈 -히아신스 만연 -박테리아 항목의 수질기준 초과	-1981년 EPA, Clean Lake Program 실시 (1단계, 호소 진단 및 타당성 연구) · 히아신스 제거 · 하수처리시설 증설 · 비점오염원의 관리 · 축산폐수의 처리등 -1986년, 1991년 EPA, Clean Lake Program 실시 (2단계, 호소복원 사업 실시)

호 소 명	위치 및 호소규모	호 소 오 염 현 황	호 소 복 원 관 리 수 행
Lake Worth	Texas주 중북부 위치	-부영양화 증가 -조류의 번성 -침전물 과다 -축산폐수 및 광산폐수 유출	-1987년 EPA, Clean Lake Program 실시 (1단계, 호소 진단 및 타당성 연구 -1990년 EPA, Clean Lake Program 실시 (2단계, 호소복원 사업 실시) · 압력하수관거 시스템 시설 · 호소저면 나무뿌리 제거 · 종합적인 유역 수질관리 계획 수립 - 영양염류 부하저감을 위한 기존 습지 활용