

한국의 대규모 간척사업이 주변의 환경 변화에 미치는 영향*

이현영** · 이승호***

Impacts of Large-scale Reclamation on Environment in Korea*

Hyoun-Young Lee** and Seungho Lee***

요약 : 본 연구에서는 간척사업이 주변의 환경에 미친 영향을 파악하여 간척사업 과정상의 시행착오의 원인을 규명하고, 지속가능한 개발을 위한 합리적인 방법을 모색하고자 하였다. Landsat TM 자료와 문헌자료의 분석 및 현지답사를 통하여 간척사업으로 인한 토지이용과 산업구조, 수질, 생태계, 기후 등의 환경 변화를 분석하였다. 서산 A·B지구와 시화지구 등 대규모 간척사업은 새로운 농경지와 산업용지를 창출하였으나, 그 주변지역의 토지이용과 환경에 많은 영향을 미쳤다. 즉, 갯벌과 삼림 면적이 감소하고 주변지역의 도시화현상으로 인구 및 산업구조의 변화를 초래하였고, 산업화로 인한 오염부하량의 증가는 수질 악화와 생태계 훼손의 원인이 되어 사회적 문제를 야기하였으며, 일부 기후요소의 변화를 가져왔다. 수질오염의 가장 큰 원인은 환경영향평가의 범위를 사업지구만으로 한정하였으며, 환경현황조사에서 사업지구의 계절별 강수패턴 및 유입하천의 규모 등에 관한 특성을 간과한데 기인한다. 지속가능한 개발을 위하여서는 사업시행 전에 합리적인 환경기초자료의 구축과 적절한 환경영향권의 설정, 그리고 사업완료 후의 엄격한 환경평가와 환경변화에 관한 지속적인 자료의 축적이 필요하다.

주요어 : 간척사업, Landsat TM 자료, 오염부하량, 기후변화, 지속가능한 개발, 환경영향권

Abstract : This paper examines the impact of large-scale tidal flat reclamations on environment by analyzing land use change, ocean cultivation, water quality, sea biota and climate in *Shiwha*, *Sosan* and *Saemankeum* districts. The data used in this paper include Landsat TM images and documents related to population, industry, water quality, sea biota and climate at the time of the pre- and post-reclamation. Many times of field survey were carried out and inhabitants were interviewed in the study areas. Large-scale tidal flat reclamations contribute to the creation of newly available land for urban and industrial development, but cause environmental degradation significantly. The increase of pollution load and the change of coastal ecology, also cause some changes of climatic element such as relative humidity. As tidal flats were reduced, the area of ocean cultivation and the population of fishing industries were decreased. Concerning the sustainable development, it is necessary to carry out a careful environmental impact assessment accumulating monitoring environmental data continuously by using GIS techniques.

Key Words : reclamation, landsat TM images, pollution load, the change of climate, sustainable development, monitoring environmental data.

1. 서 론

서해안에 넓은 갯벌이 발달되어 있는 한국에서는 이미 13세기부터 식량자원을 조달할 목적으로

소규모의 간척사업이 시작되었으나, 대규모적인 간척사업은 경제개발계획이 수립된 1960년대 이후 본격화하였다. 1995년 말 현재 계화도지구, 남양지구, 천수만의 서산 A·B지구 등의 간척사업이 완

* 본 연구는 1996년도 한국학술진흥재단 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

** 건국대학교 이과대학 교수 (Professor, Department of Geography, Kon-Kuk University)

*** 건국대학교 이과대학 조교수 (Assistant Professor, Department of Geography, Kon-Kuk University)

공되어, 해방 이후 생성된 간척지의 총면적은 약 400km²에 이른다. 산업화·도시화 현상과 더불어 토지 수요가 격증하고, 항만 건설기술과 간척기술의 발달로 대규모의 간척사업은 앞으로 더욱 활발해질 것이다. 예컨대 1991년에 착공되어 2004년에 완공할 예정인 새만금 지구의 간척사업은 현재까지 이루어진 간척지의 총면적을 능가하는 401km²의 새로운 국토를 생성할 것이다. 이러한 대단위의 간척사업은 갯벌과 인근 바다를 매립하여 이루어지기 때문에 주변 생태계의 파괴, 수질오염 등 환경변화에 심각한 영향을 미칠 수 있다.

선진제국에서는 이미 1970년대부터 갯벌을 간척하여 농토를 확장하고 공업단지와 도시를 건설하여 경제성을 높이기보다는 해안생태를 보전하여 경제성과 동시에 환경보전을 추구하는 경향으로 전환되고 있다(Barbier, 1993). 그러나 우리나라의 간척사업은 환경 및 문화적인 측면은 거의 간과하고, 새롭게 생성된 토지의 경제적 가치에 중점을 두는 대규모의 간척사업이 국책사업으로 수행되면서 현지주민들과 많은 갈등을 유발하기도 하였다. 또한 지방자치제의 시행으로 각 지방자치단체에서는 친환경적인 갯벌의 이용보다는 부가가치가 높은 산업유치에 노력을 기울이고 있는 현실이어서, 대규모의 간척사업은 많은 환경 문제를 야기할 가능성을 내포하고 있다.

우리 나라의 갯벌 및 간척에 관한 연구는 부진한 편이다. 간척사업 시행 후의 환경변화에 관한 연구는 크게 해양환경에의 영향에 대한 연구(조주환·신인현, 1992; 문미희 외, 1991; 박영제 외, 1988; 이용대·김창완, 1991)와 수산업에 미친 영향에 관한 연구(오희영·최영길, 1992; 허영택, 1991; 윤호섭·김희천, 1990; 박성래·김정봉, 1989)로 구분할 수 있으나 이들 연구의 대부분이 하구언을 대상으로 하였다. 그러나 본 연구는 환경문제가 크게 제기되고 있는 시화지구의 간척사업이 주변환경에 미치는 영향에 대한 필자(1996)들의 보고를 더욱 심화시켜 간척사업이 그 주변의 환경변화에 미친 영향을 밝히고자 하였다. 즉, 간척사업이 국가 경제발전에 이바지한 긍정적인 측면과 더불어 환경에 미친 바람직하지 못한 영향을 재평가하여, 간척사업으로 인한 피해를 극소화시킬 수 있는 대책 마련을 위한 기초자료를 제공하므로



그림 1. 연구 대상지역의 위치

써 환경적으로 지속 가능한 지역발전을 위한 방법을 모색해 보고자 한다. 1970년대 이전의 환경 상태는 정량적으로 파악하기 곤란하기 때문에 본 연구의 범위는 최근 25년간(1970-1995)에 간척사업이 완공되었거나 시행 중에 있는 비교적 규모가 큰 사업지구인 시화지구, 서산 A·B지구 및 새만금지구로 한정하고(그림 1), 간척사업의 영향권은 사업지구로 유입되는 하천들의 유역분지로 정하였다.

2. 연구방법 및 자료

간척사업 전후의 환경상황을 비교 검토하여 사회·경제 및 환경에 미친 영향을 파악하고자 하였다. 우선 토지이용의 변화를 분석하였는데 토지이용의 변화는 간척사업이 시작되면서부터 나타나기 시작하나 본격적인 변화는 사업종료 후에 나타나므로 공사가 완료된 서산 A·B지구와 공사가 마무리 단계에 있는 시화지구를 대상으로 하였다. 토

표 1. 토지이용 분석에 이용된 Landsat 자료의 특성

지구*	날 짜	Satellite	Sensor	사용된 band	해상도	RMSE**
시화지구	85/ 5/14	Landsat 5	TM	3, 4, 7	30 × 30(m)	0.62
	94/ 9/22	Landsat 5	TM	3, 4, 7	30 × 30(m)	0.64
서산지구	81/ 7/28	Landsat 3	MSS	4, 5, 6, 7	80 × 80(m)	0.48
	94/ 7/26	Landsat 5	TM	3, 4, 5, 7	30 × 30(m)	0.48

* 시화지구의 사업기간: 1987-96, 서산지구의 사업기간: 1980-1995

** RMSE : Root-mean-square error

지이용 분석에 사용된 자료는 Landsat Image이며 지형도 및 항공사진, 그리고 여러 차례의 현지조사로 미비한 점을 보완하였다. Landsat Image 자료의 특성은 표 1과 같다.

Image의 기하학적 보정을 위하여 시화지구와 서산지구에서 각각 20개와 14개의 GCP(Ground control points)를 설정하였으며 RMS 오차는 0.48~0.64이다. 토지이용 분류는 지형도 및 항공사진의 분석과 현지조사 결과를 참조하여 비교적 정확하게 training site를 정할 수 있으므로 감독분류(Supervised Classification)법을 이용하였다. 토지이용 분류항목은 수분수지를 고려하여 수괴, 삼림, 도시, 경작지, 갯벌로 정하였다. Training site에 추출된 값으로 토지이용을 분류할 때는 다른 방법에 비해 많은 시간이 걸리지만 신뢰도가 높은 방법으로 알려져 있는 최근린법(Maximum Likelihood Classifier)을 이용하였다. Landsat image에서 얻어진 각각의 토지이용도에 유역 분수계를 중첩시켜 유역 내의 토지이용별 면적을 산출하였다.

수질환경 분석에 이용된 자료는 환경부 수질보전국과 해양수산부 해양정책실이 서해역에서 측정 한 해양수질 자료와 간척사업지구의 수질조사 보고서이다. 서해안에는 62개 지점의 해양 수질 측정망이 있는데, 수온, pH, DO, T-N, T-P 등 21개 항목을 연간 6회(2월, 5월, 6월, 8월, 9월과 11월) 측정하고 있다. 본 연구에서는 간척사업지구 주변에 위치하는 인천, 천수만, 군산에서 측정한 자료를 분석에 이용하였다. 또한 시화지구와 새만금지구에서는 수자원공사와 농어촌진흥공사에서 정기적으로 수질을 측정하고 있으나 최근 수질오염에 대한 사회적 관심이 높아지면서 이들 자료를 공개하지 않아 그 수집에 어려움이 있다. 측정 항목 가운데 부유물질(SS), 화학적 산소요구량(COD), 생물학적

산소요구량(BOD), 총질소(T-N), 총인(T-P)의 시계열적 변화값으로 간척 사업지구 주변의 사업 전·후의 수질 특성을 파악하였다.

기후환경의 분석에는 기상청 관측소의 자료를 사용하였다. 간척사업의 시행으로 비교적 큰 변화가 나타날 수 있는 간척지 안에 또는 인근지역의 기온, 강수량, 강설일수, 안개일수, 상대습도 등의 1972년부터 1996년까지 월별 값의 시계열적 변화를 간척사업의 영향을 받지 않은 같은 위도 상의 다른 지점의 그것과 비교하였다. 시화지구 내에는 기상관측소가 없으므로 인접지역인 수원기상대의 자료를 사용하였고¹⁾, 수원과 비슷한 위도 상에 위치하는 원주기상대를 비교지점으로 선정하였다. 서산 A·B지구의 경우에는 서산기상대의 자료를 주변의 청주기상대와 그리고 새만금지구에서는 부안관측소와 군산기상대의 시계열 변화를 임실관측소의 것과 비교하였다.

간척사업이 그 주변지역의 산업구조에 미친 영향은 해당지역의 해역에서의 어업 생산량과 면허 양식장 면적의 변화 및 농업, 어업, 제조업의 인구 변화를 분석하여 파악하였다. 어업 생산량과 양식장 면적은 농림수산통계연보와 각 시군의 통계연보 및 수협중앙회에서 발간된 어촌계에서, 산업별 인구는 시군별 통계연보 및 어업총조사보고서와 총사업체 통계조사보고서에서 수집하였다. 어획량과 인구는 간척사업 지구 유역 분지 내에 포함되는 읍·면지역만을 대상으로 하였다.

3. 서해안의 간척사업 현황

한국에서의 간척사업은 공유수면매립법이 제정된 1962년 이후부터 본격화하였다. 1970년대부터는

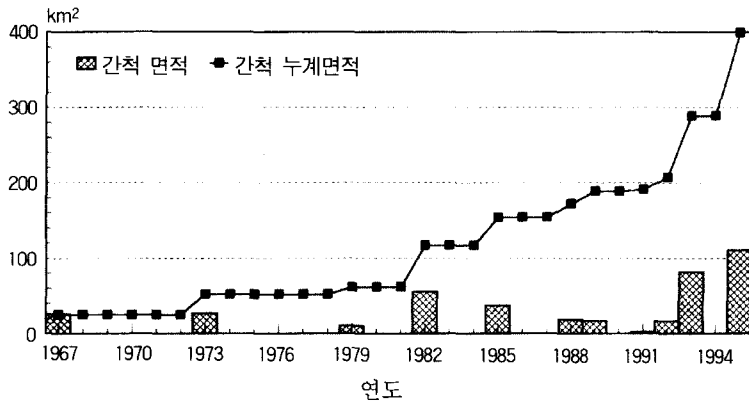


그림 2. 한국의 간척면적의 변화(농어촌진흥공사, 1995)

차관에 의한 대단위 농업종합개발사업이 진행되어 아산 방조제, 남양 방조제, 삼교천 방조제 등 비교적 대규모의 간척 사업이 이루어졌으며, 1980년대 이후에는 그 규모가 더욱 커져서 간척지의 면적이 크게 증가하고 있다(그림 2). 특히, 현재 공사가 마무리 단계에 있는 시화지구(173km²)와 2004년에 완공 예정인 새만금지구(401km²)를 포함하면, 그 면적은 대폭 늘어날 것이다. 한국에서 해방 후에 이루어진 간척지의 총면적은 399.3km²이며, 그 중 90.1%인 359.9km²가 서해안에 자리한다. 이는 서해안의 갯벌 면적이 넓고²⁾, 리아스식해안이 발달하여 만입이 심하며, 조차가 커서 간척사업에 유리하기 때문이다. 현재 간척지의 면적은 최근 5년간 연평균 농경지 감소면적(18,803ha)의 약 2배에 이르며, 미곡 167,381.5톤을 생산할 수 있는 것이다³⁾. 또한 간척사업으로 조성된 담수호를 이용한 물리면

적은 1995년 말 현재 87,564ha에 이르며, 진행중인 사업지구의 면적을 포함하면 한국의 논 면적의 12.1%에 해당하는 153,779ha이다.

한국의 간척사업은 1970년대까지는 주로 농경지의 확보를 위하여 행하여졌으나, 1980년대 후반부터는 공업용지와 주거용지의 확보를 중요한 목표로 행하고 있다. 즉, 표 2에서 볼 수 있듯이 1980년에 착공한 서산 A·B지구의 경우에는 농경지가 전체의 92.2%인데 반하여 1987년에 착공한 시화지구에서는 농경지로 사용할 면적은 43.7%이며, 1989년에 착공한 새만금지구의 경우에는 36.4%에 불과하다. 반면 공업 및 주거용 예정지는 전자 13.0km²(11.4%), 후자는 40.3km²(5.3%)를 차지하고, 새만금지구의 경우에도 전체 간척면적의 33.2%에 이른다(표 2 참조). 따라서 간척사업은 최근 시화지구의 개발에서 경험하고 있는 바와 같이 공단과 도

표 2. 주요 간척사업지구의 현황

구 분	서산 A, B지구	시화지구	새만금지구
공사기간	1980-1995	1987-1996	1991-2004
매립면적(ha)	15,409	17,300	40,100
간척면적(ha)	11,006	11,421	28,300
담수호면적(ha)	4,585	6,100	11,800
농지조성(ha)	10,144	4,990	10,300
공단조성(ha)	0	1,302	9,400
도시조성(ha)	0	4,030	
기타	862	1,099	8,600

자료: 농어촌진흥공사(1995)

시지역에서 배출되는 공장 폐수 및 생활 하수에 대한 정화 대책과 충분한 용수원을 마련하지 않는다면 수질오염과 물부족 등의 문제를 야기할 가능성을 안고 있다.

4. 간척사업이 주변환경에 미친 영향

1) 사회·경제구조

(1) 토지이용의 변화

표 3은 시화지구와 서산 A지구 유역 안에서 방조제 공사가 시작되기 이전의 면적과 완공된 후의 면적을 비교한 것이다. 시화지구에서의 최근 10년간에 나타난 가장 뚜렷한 변화는 갯벌 면적이 감소되면서 도시 면적⁴⁾이 증가한 것이다(그림 3 참조⁵⁾). 시화지구사업 시작 전인 1985년에 갯벌은 117.5km²(25.2%)였는데 1994년에는 40.3km²(8.6%)로 약 1/3로 감소하였다. 현지 답사에 의하면, 1994년에 갯벌로 분류된 지역도 1997년 7월 현재는 갯벌의 기능을 상실한 지역이 대부분이다. 한편 1985년에 유역면적의 5.3%인 24.9km²에 불과하였던 도시 면적은 완공단계인 1994년에는 110.4km²(23.7%)로 약 4.5배가 증가하였다. 수괴와 삼림의 면적은 1985년에 각각 104.9km², 113.3km²에서 1994년에 101.2km², 85.5km²로 조금씩 감소하였다. 이는 사업지구 북단에 위치하는 오이도 동쪽에 넓게 분포하는 갯벌에 새로운 시화공단을 조성하는 데 인근 삼림지역의 흙과 모래가 사용되었기 때문이다. 그리고 사업지구 주변의 반월공단과 안산 지역의 확대, 서해안 고속도로의 건설에 수반하여 나타난 도시화 등에 기인한다. 이러한 토지이용의 변화는 산업구조 뿐만 아니라 지표면의 변화로 인한 열수지 및 수분수지의 변화를 가져오고 나아가 국지기후

의 변화를 초래할 수도 있다(Lee, 1995).

그림 4는 Landsat image에서 분석된 서산 A지구의 1981년과 1994년의 토지이용 상태를 나타낸 것이다. 서산 B지구는 담수호 서쪽 대부분 지역이 본 연구에서 이용한 image(path 116, row 35의 sub-B scene)에서 벗어나 있기 때문에 분석에서 제외하였다. 같은 이유로 A지구 북측의 일부 지역도 분석에서 제외되었다. 또한 1981년의 image에서 서산 A지구의 남동쪽 지역은 자료의 보존기간이 오래되어 원자료가 손상되었기 때문에 분석이 곤란하여 제외하였다.

이지역의 1981년에는 방조제 공사가 시작되지 않았고, 1994년에는 방조제가 완공되어 간척지에서 농업이 시행되고 있었다. 서산지구에서도 시화지구와 같이 간척사업의 결과로 갯벌 면적이 간척사업 시행 전에 20.8%에서 사업 후에는 1.0%로 감소되었고 경작지의 면적은 45.4%에서 59.8%로 크게 늘었다. 간척지 안의 담수호가 조성되어 수괴의 면적도 사업시행 전 3.9%에서 사업시행 후에는 6.2%로 10ha정도가 늘었다. 도시면적은 사업시행 전에 0.8%에서 사업시행 후에는 20.5%로 크게 늘었는데, 이는 서산을 포함한 도시와 주변 주거지가 확대되었을 뿐만 아니라, 간척지의 북동쪽에 위치하는 해미에 건설 중인 새로운 공군기지가 도시로 분류되었기 때문이다.

(2) 산업구조의 변화

간척사업은 새로운 토지를 창출하여 도시 및 공단지역을 건설하므로써 새로운 고용인구를 유인하였을 뿐 아니라 그 주변지역의 도시화 및 산업화를 촉진시켰으나 갯벌의 감소로 인하여 연안 양식업을 크게 쇠퇴시켰다. 그림 5는 경기도 지역의 천해양식업 어획량 변화를 나타낸 것인데, 김포지구

표 3. Landsat image에서 구한 시화지구와 서산 A지구의 토지이용 면적(km²)

지구	연도	수괴	삼림	도시	경작지	갯벌	합계*
시화	1985	104.9	113.3	24.9	105.8	117.5	466.4
	1994	101.2	85.5	110.4	129.0	40.3	466.4
서산 A	1981	17.2	127.7	3.3	199.1	91.2	438.5
	1994	26.9	54.8	90.0	262.3	4.5	438.5

* 서산 A지구의 면적에는 image분석에서 제외된 간척지 북쪽과 남동쪽의 일부지역의 면적이 제외되었음.

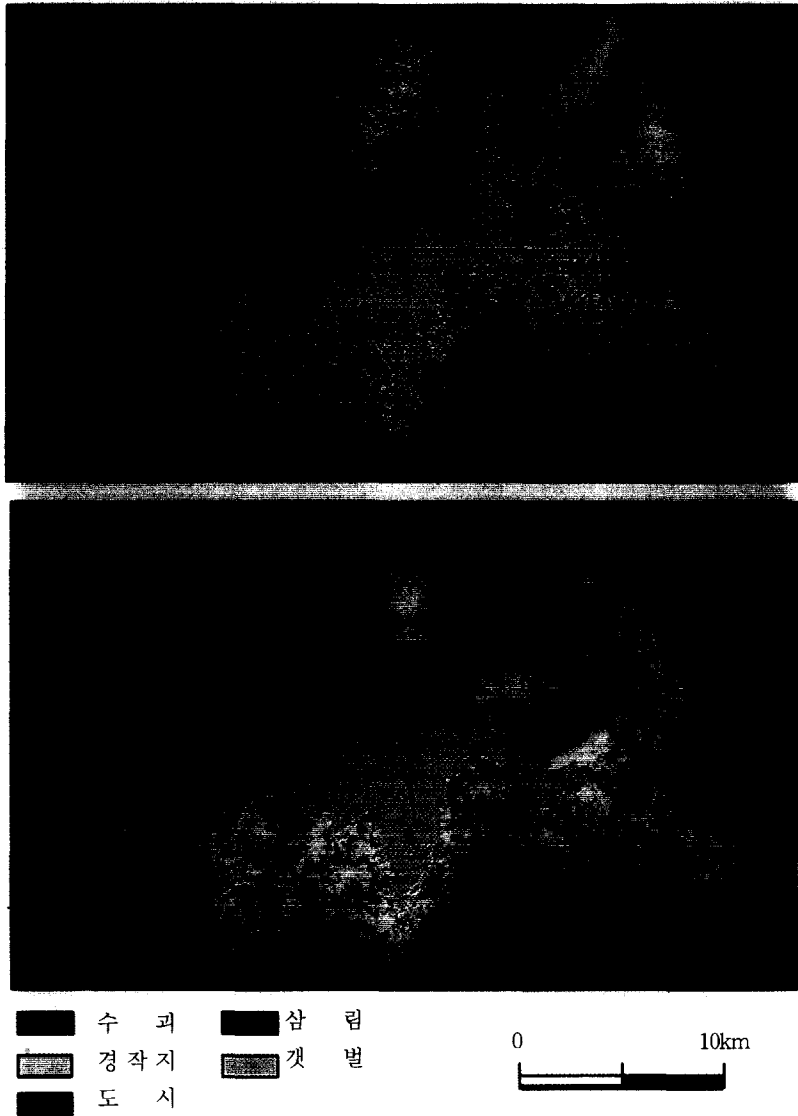


그림 3. 시화지구 주변의 토지이용 변화(1985-1994)

간척사업 시행 기간에 해당하는 1983년부터 그 양이 뚜렷하게 감소하였다. 1985년부터 1987까지는 큰 변화가 나타나지 않았으나 시화방조제 공사가 시작된 다음 해인 1988년부터는 다시 감소하는 경향을 보였다. 이는 간척 사업으로 갯벌 면적이 감소됨에 따라 천해에서 양식되는 연체동물류의 어획량이 감소하였기 때문이다. 표 4는 간척사업 시행전후의 면허 양식어장의 면적을 비교한 것인데, 해당 구역내의 행정구역의 합계만을 구한 것이다. 시화지구에서는 방조제 공사가 시작되기 직전인

1986년의 양식장의 면적이 348ha였는데 1990년 이후에는 양식어장이 모두 없어졌으며, 시화지구 유역분지의 바깥 쪽 주변지역에서도 갯벌의 면적이 크게 줄어들음에 따라 이 지역의 어획량도 크게 감소하였다(그림 6). 안산시의 경우는 시화 1호 방조제가 착공된 1988년부터 어류, 갑각류, 연체동물류의 어획량이 줄었고, 특히 갯벌에서 잡히던 연체동물류는 1993년이후에는 전멸한 상태이다. 화성군의 경우도 화성-웅진지구의 간척사업이 시작된 1991년부터 어획량의 감소가 뚜렷하다.

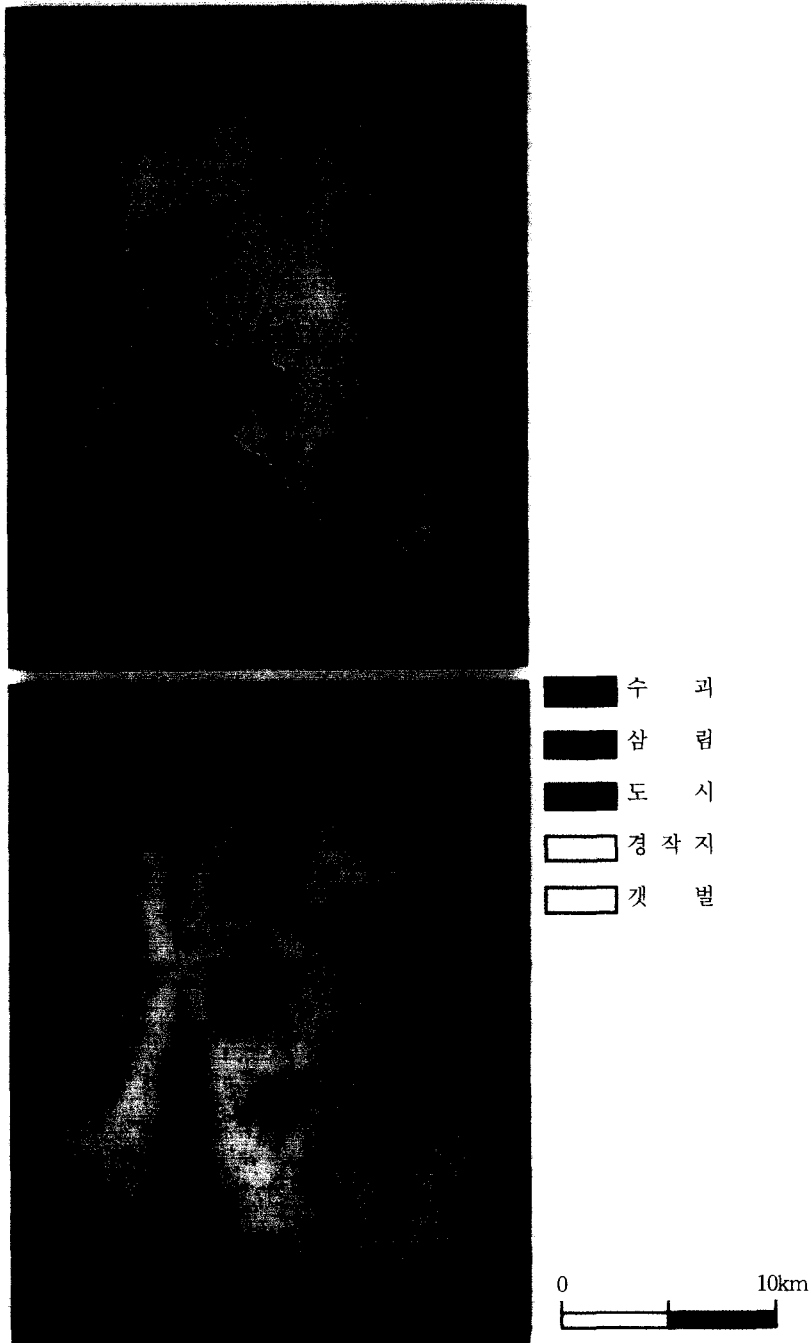


그림 4: 서산 A지구 주변의 토지이용 변화(1981-1994)

표 4를 보면 서산 A·B지구의 면허 양식어장은 간척사업 시행 직전인 1980년에 최대 면적을 보인 후 급격히 감소한 것을 알 수 있다. 방조제가 완공

된 1984년에는 방조제 외측에 위치하는 부석면 창리와 간월도에서, 그리고 서산 A·B지구에 인접한 홍성군지역 역시 서부면의 신리, 어사리, 상황리

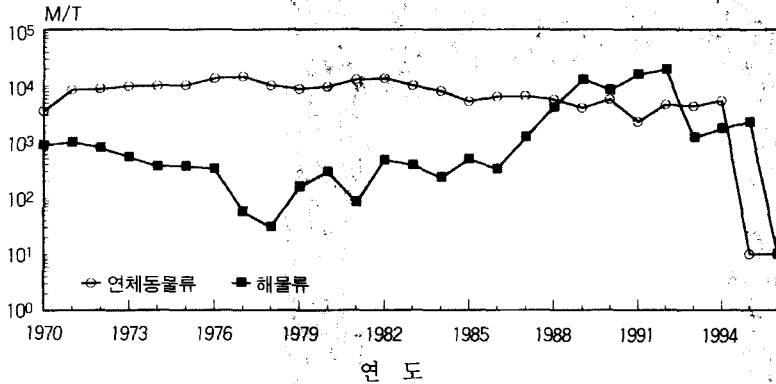


그림 5. 경기도지역 천해양식업 어획량의 변화

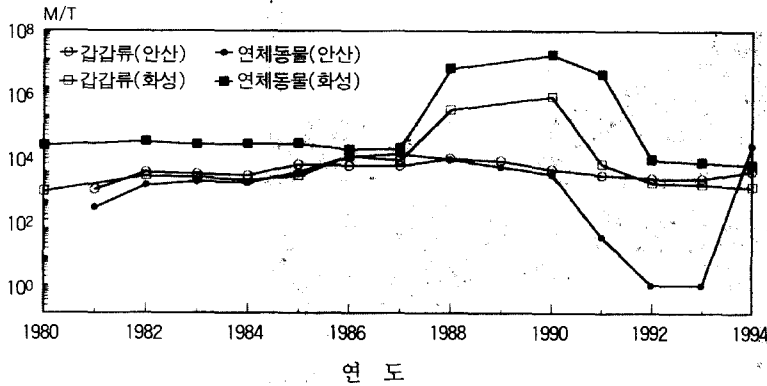


그림 6. 안산시와 화성군의 어획량 변화

(통계상으로 1994년에 어획량이 증가한 것으로 되어 있으나 이는 행정구역의 변경으로 대부분이 안산시에 편입되었기 때문이다.)

등에서 소규모로 행하여지고 있을 뿐이다. 본 사업 지구에 지리적으로 인접한 보령지역은 서산 A·B 지구 간척사업의 영향이 비교적 적어서 1980년부터 1990년까지 10년간은 상대적으로 증가하였으나 1991년부터 시작된 홍보지구 간척사업의 영향으로 1995년에는 1990년에 비하여 372ha의 면적이 감소하였다. 서산시의 천해양식업 어획량은 대부분의 어족에서 그 양이 1987년 이후 감소하였으며, 특히 연체동물류의 감소가 뚜렷하다.

새만금지구에 위치하는 군산, 옥구, 김제, 부안 지역의 양식어장 면적은 1990년에 1,405ha로 최대 값을 보인 후 서서히 감소하고 있다(표 4 참조). 앞의 두 지역과는 달리 현재 방조제 공사가 진행 중이므로 양식어장의 면적이나 어획량이 크게 감

소하지는 않았으나 양식어업의 쇠퇴로 어업인구의 감소를 초래하였다. 시화지구의 어업인구는 전성기 이던 1990년에 비하여 1995년에는 70% 수준으로 감소하였고, 서산지구에서는 최대를 기록했던 1986년에 비하여 1995년에는 67% 수준으로 감소하였다. 그러나 새만금지구에서는 오히려 어업인구가 증가하여, 1995년에는 1986년에 비하여 118% 수준인 19,360명을 기록하였고(표 5 참조), 서산 A·B 지구에 인접한 보령지역에서도 1995년의 어업 인구가 1986년에 비하여 118% 수준으로 증가하였다. 그러나 이러한 현상은 양식업의 발전이라기 보다는 최근 간척사업이 시작된 홍보지구에서 보상과 관련하여 새롭게 어촌계에 등록하는 사람이 많아 졌기 때문이다7).

표 4. 어업인구의 변화

지구	행정구역	어업인구		
		1985	1990	1995
시화	안산·화성	2,961	4,155	2,895
서산	서산·태안	14,090	11,898	9,475
새만금	군산·옥구	10,093	11,599	10,998
	김제	2,915	2,973	3,980
	부안	3,341	1,706	4,382
	합계	16,349	16,278	19,360

자료: 수협중앙회(1987-1996)

표 5. 면허 양식어장 면적(ha)의 변화

지구	행정구역	양식어장 면적					해당 읍(면)
		1980	1986	1990	1992	1995	
시화	화성·안산	-	348	0	0	0	송산, 마도, 남양, 안산
서산	서산·태안	1,550*	15	50	52	52	해미, 고북, 인지, 부석, 태안, 남면
새만금	군산·옥구	-	400	496	311	311	옥서, 옥구, 회현
	김제	-	90	241	490	300	만경, 진봉, 광활, 죽산
	부안	-	480	668	428	612	동진, 계화, 하서
	합계	-	970	1,405	1,229	1,223	

자료: 수협중앙회(1987-1996), *: 최영준 외(1996)

시화지구의 경우, 화성-웅진지구 간척사업의 외곽시설 설계가 확정된 1990년부터 어획량이 감소하면서 어업 전업인구가 농업 또는 노동과 겸업을 하거나 이주를 하는 경우가 많아졌다. 또한 타직종으로 전업하는 경우도 계속 늘고 있는데 다수의 전업자들이 경험부족으로 인한 어려움을 겪고 있어 이들에 대한 대책이 마련되어야 할 것이다.

2) 수질환경

시화지구로 유입되는 유역내의 오염부하량의 변화를 보면, 간척지에 건설된 공단과 신도시 및 가속화된 그 주변지역의 도시화현상이 간척지구의 유역분지 내의 오염부하량을 크게 증가시켰음을 입증해준다(그림 7). BOD와 COD의 경우, 사업 시작 직전에 비하여 사업완료 직전의 부하량이 각 375.8%(35,011.2kg/일), 380.6%(40,457.2kg/일)씩 증가하였다. 부영양화의 원인이 되는 총질소(T-N)와 총인(T-P)의 경우에도 각각 266.0%(8,747.4kg/일), 335.8%(2,870.4kg/일)씩 증가하였다. 더욱이 문제가

되는 것은 사업시행 전에 수행된 환경영향평가에서의 예측 값보다 BOD(15,051kg/day)는 132.6%, T-P(849.2kg/day)는 238.0%가 더 높다는 것이다⁸⁾. 시화방조제 공사가 완공된 해인 1994년 이후부터 시화호의 수질상태가 계속 악화되고 있는데, COD의 경우, 수량이 적은 호수의 상류 쪽으로 갈수록 오염도가 높고⁹⁾, 수량이 비교적 많은 방조제 부근으로 근접할수록 오염도가 낮다(Lee and Lee, 1996).

주로 농업용지로 이용되는 서산 A·B지구의 간척지의 경우, 공업용지가 많은 시화지구와는 다를 것이나 이 지역의 담수호 수질자료가 없기 때문에 그 특성을 정확하게 파악하기 어렵다. 그러나 유역분지의 면적(155.0km²)이 좁은 B지구의 담수호의 물은 농업용수로 사용하기에는 곤란한 정도로 염도가 높다¹⁰⁾. 서산 A·B지구 방조제 바깥쪽인 천수만의 수질은 요소별로 차이가 있으나, 대체로 해역 수질 II~III등급을 유지하고 있으며 용존산소량과 화학적 산소요구량은 1985년이래 큰 변화가 없

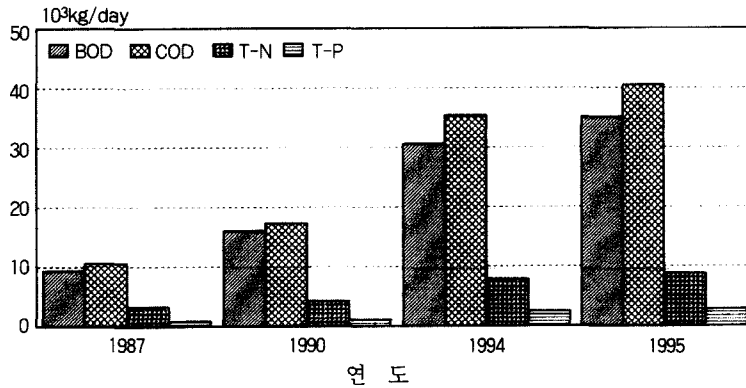


그림 7. 시화지구 유역내의 오염부하량의 변화(Lee and Lee, 1996)

표 6. 새만금지구의 수질 변화

관측연도	COD		T-N		T-P	
	계화도	신시도	계화도	신시도	계화도	신시도
1988	2.1	1.80	0.675	0.15	0.030	0.002
1993	2.1	1.75	0.255	0.10	0.087	0.019
1994	2.5	1.67	0.537	0.32	0.063	0.090
1995	1.6	1.63	0.254	0.15	0.039	0.060
1996	1.7	1.77	1.176	0.30	0.096	0.040

자료: 농어촌진흥공사(1988-1996)

다(환경부, 1986-1995; 해양부, 1996). 영양염류인 T-N과 T-P의 농도는 1993년 이후 III등급 상태를 유지하나 점차 그 값이 높고 있어 부영양화가 우려된다.

새만금지구 내의 담수호 예정지인 계하리 앞 바다와 방조제 바깥쪽에 위치하는 신시도 주변의 수질을 나타낸 표 6은 두 지점에서 T-N과 T-P는 이미 해양 수질 III등급 이하¹¹⁾로 악화되어 수산물 양식에 부적합한 상태가 되었음을 보여준다. COD의 농도는 두 지점 모두 해양 수질 II등급을 유지하고 있다. 새만금지구는 유역 면적이 3,327.1km²로 시화·서산지구에 비하여 넓고, 만경강과 동진강 같이 비교적 큰 하천이 유입하고 있다. 또한 섬진강의 물이 유역변경으로 섬진강발전소를 통하여 공급되므로 이들의 유량을 합하면 이 지구로 유입되는 총유출량은 연간 약 10억m³이다¹²⁾. 새만금지구로 유입될 유역내의 공장폐수 발생량은 연간 3천5백만m³로 유역면적과 하천유량을 감안하여 시화지구와 비교할 때, 그 양이 많은 편은 아니라고

할 수도 있다. 그러나 사업 시행전인 1988년과 1996년의 값을 비교하여 보면, T-P의 오염부하량은 339.5%나 증가하였고, T-N과 BOD의 그것도 각각 117.4%, 93.9% 씩 증가하였다. 아직까지는 공정이 33%밖에 진행되지 않은 상태인데도 불구하고 이 값은 환경영향평가서에 예시된 1996년도 각각의 예측 값인 증가율 4.4%(4,382.8kg/일), 8.2%(17,076.0kg/일), 23.8%(127,014.1kg/일)보다 훨씬 상회하는 값이다. 그리고 이 유역 내에서도 간척사업 지구의 주변 인구가 점차 증가하고, 소규모 공업단지의 건설로 오염부하량은 계속 늘고 있어 이에 대한 충분한 대책을 세우지 못한다면 제2의 시화호로 전락하여 심각한 환경문제에 직면하게 될 것이다.

3) 기후환경

간척사업으로 인한 토지이용의 변화는 주변의 열수지와 물수지에 영향을 미쳐 기후환경의 변화를 초래하고, 열수지의 변화는 1차적으로 기온 변화에

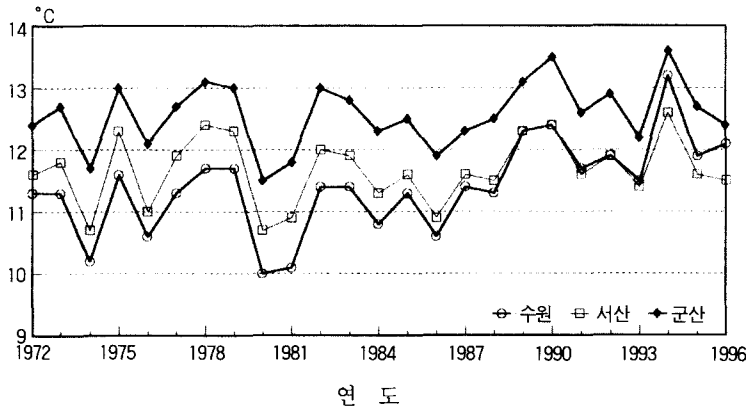


그림 8. 연구지역의 기온 변화

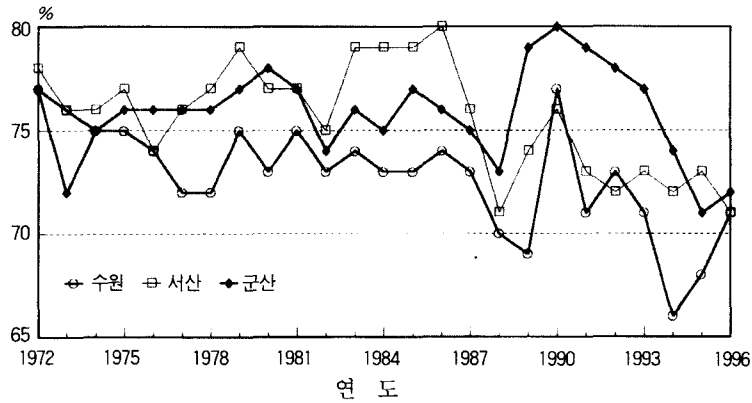


그림 9. 연구지역의 상대습도 변화

영향을 미칠 수 있다. 연구지역에 위치하는 수원, 서산, 군산, 부안 지점의 연평균기온은 연구기간동안 모두 상승 추세를 보이고 있는데 특히 1980년대 이후의 상승 추세가 더욱 뚜렷하다(그림 8). 수원, 군산, 서산, 부안 순으로 도시의 규모가 클수록 상승 폭이 크다. 열수지의 변화는 강설일수의 변화를 초래할 수 있다. 연구지역의 강설일수 변화를 보면, 모든 지점에서 감소 경향이 나타나는데 특히 1980년대 중반 이후 감소 경향이 뚜렷하며, 지점별로는 군산, 서산, 수원, 부안 순으로 감소하였다.

불수지의 변화는 강수량, 습도, 안개일수 등에 영향을 미칠 수 있다. 강수량은 중부지방에 위치하는 수원, 서산에서는 증가하는 추세이나, 1980년대 후반부터는 감소하는 경향이다. 반면에 남부지방에 위치하는 군산, 부안은 전반적으로 감소하는 추세

를 보인다. 그림 9에서 보면 상대습도는 모든 관측 지점에서 감소하는 추세이다. 간척지로부터 풍하쪽으로 약 10km 떨어진 가까운 거리에 위치하고 있는 서산에서는 1986년 이후 특히 겨울철의 상대습도가 현저히 감소하였는데, 겨울철에는 담수호가 얼어서 수증기의 공급이 차단되기 때문이다. 그러나 수원, 군산, 부안에서의 감소 현상은 간척사업과는 관련성이 적어 보인다. 연구지역에서 안개일수의 변화는 수원을 제외한 지점에서 증가하는 경향을 보인다. 그러나 군산, 부안에서는 1980년대 후반 이후 오히려 뚜렷하게 감소하고 있다.

이러한 기온상승 또는 습도 및 안개일수의 감소 현상이 간척사업으로 인한 토지이용 변화에 기인하는 것으로 단정하기는 어렵다. 그리하여 동일한 위도상의 지점들을 선정하여 시계열적 추이를 각

각 비교 검토한 결과 비교 지점의 경우에도 거의 같은 경향을 보이고 있다. 그러므로 간척으로 인한 토지이용 변화가 국지적인 미기후에 미치는 영향을 밝히려면 보다 조밀한 관측망과 장기간의 관측 자료가 필요하다.

4) 생태환경

생물학적 추이대(ecotone)인 갯벌은 하천을 통하여 육상의 유기화합물질이 공급되어 생물생산성이 가장 높은 생태계 중의 하나로 알려져 있다. 또한 갯벌의 생태계는 1차 생산성이 높아 동식물의 먹이사슬을 통한 생물의 생산성 및 다양성이 높은 지역이다. 서해안 연안의 어민들에게 갯벌은 근해 연안 어장으로서 농민들의 토지만큼 중요한 생활 터전이었다. 그런데 간척사업으로 인하여 간척지 및 그 주변지역에서 배출되는 공업폐수와 생활폐수 그리고 간척농지에서 수시로 방류되는 농업폐수로 인한 해양오염은 생태계의 변화에 영향을 미치고 있다.

시화지구에서 오염의 영향을 비교적 빠르게 받는 저서생물을 조사한 바에 의하면 그 종수는 106종, 개체의 밀도는 1,110개체/m²였고, 방조제 공사가 완료된 1995년에는 그 값이 각각 89종, 627.9개체/m²로 감소하였다(해양연구소, 1995). 우점종의 수도 1994년 3월에 21종에서 1995년 3월에는 5종으로 크게 줄었으며, 다양성지수도 1994년 3월에는 10개의 조사 정점 중 8개 정점에서 1.1~2.31의 값을 보였는데, 1995년 3월에는 1개 지점에서만 1.12이며 그 외는 1.0 이하의 값을 보이고 있다. 이는 1994년 1월 방조제 완공 후 물의 순환이 이루어지지 않는 상태에서 공장 폐수와 생활 하수가 호수로 유입되어 시화호가 빠른 속도로 오염되었기 때문이다. 오염이 심화된 1994년 6월부터는 오염지표종인 *Polydora sp.*와 *Capitella capitata*가 출현하기

시작하여 각각 10.3개체/m², 2.0개체/m²의 밀도를 보였고, 그해 12월에는 더욱 증가하여 그 밀도가 각각 2038.7개체/m², 89.7개체/m²에 달하였다. 새만금지구와 인접한 군산 연안에서도 1995년 2월 조사에서 오염지시종인 다모류의 *Capitella capitata* (400개체/m²)가 다수 출현하였고, 소량의 *Pseudopolydora sp.*도 출현하였다.

간척사업을 위한 갯벌의 훼손은 오염물질의 정화기능을 상실시켰다. 갯벌은 바다와 육지의 경계 지역에 위치하면서 수문학적 특성과 더불어 주변의 경관과 식생의 피복상태에 따라 차이는 있으나 수질의 여과대로서 역할을 한다. 일반적으로 갯벌로 유입하는 하천의 유로가 길수록 완충역할을 효율적으로 할 수 있다.

표 7은 유로가 짧고 유역면적이 좁은 시화지구로 유입되는 하천의 유출량을 나타낸 것이다. 이들 하천의 총유출량은 연간 약 1억m³이지만 연변동율이 커서 최대유출량을 나타내었던 1990년에는 1억 9천만m³에 달하고 최소유출량을 기록한 1988년에는 최대량의 약 1/2인 6.6천만m³에 불과하다. 그러나 시화지구로 유입되는 산업폐수의 일배출량은 212,594m³에 이르고 있어, 연평균으로 환산하면 폐수 배출량이 유출량의 78%에 달한다. 특히 유출량이 적었던 1988년의 경우에는 오염부하량이 유출량의 117%에 달하므로 담수호로 활용하기 위하여 건설된 시화호의 수질 등급이 공업용수로도 사용하기 어려운 호수 수질 V등급에 해당하는 것은 필연적인 것이었다¹³⁾. 그러므로 갯벌의 정화기능을 훼손한 현시점에서 근본적인 정화대책을 수립하지 못한다면 오염도는 더욱 높아질 것이다¹⁴⁾. 서산 A·B지구의 유역면적(648.3km²) 역시 좁고 수계가 발달되어 있지 않아 자연적으로 수질을 정화시켜 줄 수 있는 유출량이 매우 적다. 따라서 농약의 살포, 토지이용의 전용 등의 의사결정을 하여야 할

표 7. 시화지구의 주요 하천의 유출량(천만m³)

구분	반월천	동화천	삼화천	안산천	화정천
연평균유출량	2.87	3.36	1.59	1.48	1.20
최대유출량	5.31	6.27	2.95	2.83	2.18
최소유출량	1.80	2.12	0.99	0.98	0.75

자료: 한국수자원공사 · 농어촌진흥공사(1995)

경우, 수질의 악화를 최소화하기 위한 방안을 신중하게 고려해야 할 것이다. 간척사업은 또한 그 주변의 식생을 심하게 파괴하고 있다. 방조제 공사에 투입된 막대한 양의 토석이 채취된 간척지 주변의 산지는 평탄화 되었으며, 산지의 식생파괴와 토석 채취로 토양침식이 심하게 유발될 수 있다.

5. 지속 가능한 개발을 위한 방안

한국의 서남해안에 발달되어 있는 갯벌은 캐나다동부 해안, 미국동부 해안, 북해연안 및 아마존 유역과 더불어 세계 5대 조간대의 하나로 알려져 있다. 그러나 육지의 수요가 급증함에 따라 갯벌의 보전보다는 개발에 비중을 더 두고 있다. 그러나 갯벌은 산업적 생산성과 환경정화적 기능과 측정하기에 대단히 어려운 심미적 기능을 가지고 있고, 생태적 다양성으로 인한 교육의 장이 될 수도 있을 뿐 아니라 갯벌의 주변을 자연상태로 보전한다면 관광자원으로 활용될 수도 있다. 선진국의 경우, 1970년대부터 갯벌에 대한 관심은 개발로부터 보전을 위한 연구로 바뀌었고, 이러한 인식의 변화로 갯벌자원의 시장재화가치 외적 가치가 인식되면서 습지보호법이 제정되고, 관리계획이 수립되고 있다. 한국의 경우에도 간척사업을 지속 가능한 개발로 유도하기 위하여는 다음과 같은 항목에 관심을 기울여야 할 것이다.

갯벌에 관한 기본 자료 구축: 갯벌에 한정된 사항은 아니지만 사업계획에 훨씬 앞서 지역의 기본 자료를 구축해야 할 것이다. 갯벌은 조간대에 위치하기 때문에 그 경계를 정하는 일이 용이하지 않으므로 갯벌의 경계, 면적에 관한 자료를 구축할 필요가 있다. 그리고 GIS 기법을 활용하여 소유주, 어업권의 분포, 생산성, 지가, 그리고 주변환경 즉, 해양지질, 기후, 지형, 수문, 식생 및 토양학적 특성에 대한 기본자료를 구축해 놓으면 간척사업 수행시 보상문제를 포함하여 간척사업에 관한 의사결정 및 관리에 필요한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

제도적 장치의 마련: 최근 20여년간 갯벌을 포함하는 습지의 기능과 가치의 중요성이 심각하게 논의되고 있다. 이는 미국의 오대호 연안의 습지가 자연상태일 때 보다 23%가 사라졌고(Podnieszinski

et al, 1995), 캐나다 전체로는 최근 200여년 동안에 습지의 14%가 개발되었으나(Rubec, 1994) 가장 변화가 심했던 Ontario주 남서부에서는 90% 이상의 습지가 다른 용도로 이용되었고(Snell, 1987), Toronto의 연안에서는 도시지역의 확장으로 말미암아 50% 이상의 해안 저습지가 손실되면서 환경에 미치는 영향을 인식하기 시작하였기 때문이다.

IUCN(The world Conservation Union)과 세계자연기금이 목록화한 한국의 습지의 총면적은 107,308.6ha에 이른다. 이 가운데 연안습지인 갯벌로는 강화도와 영종도 부근의 갯벌과 아산만과 천수만의 갯벌, 금강, 만경강, 동진강 하구의 갯벌, 그리고 성산포 갯벌도 포함되어 있다(임병선, 1996). 1994년 말 현재 한국의 갯벌 면적(281,544ha)의 34.2%에 해당하는 96,920ha가 간척에 의하여 사라졌으며 새만금지구를 포함한 현재 개발 중인 면적을 합치면, 간척지의 면적은 164,020ha(58.3%)에 달한다(고철환, 1996). 한국은 내륙습지의 보전을 위해서 1996년에 Ramsa협약에 가입하고 대암산의 용늪과 낙동강 하구연은 국제보전지수로 신청 중에 있다. 그리고 습지의 상실과 습지에서 서식하는 새들을 포함한 생물자원을 합리적이고 체계적으로 보전·관리하기 위해서 내륙습지의 보전법을 준비 중에 있다¹⁵⁾. 그러나 연안습지 즉, 갯벌의 대규모 개발에 수반하여 심각한 환경문제가 야기되고 있음에도 불구하고 연안습지에 관하여는 아무런 대책이 세워지지 않고 있는 것이 현실이므로 이에 대한 정책의 수립이 시급하다.

한국의 해역조건을 최대한으로 활용하여 간척사업을 진행하려면 해안의 지형 및 해저지형, 내수면 및 강수량 및 강수패턴을 포함한 수문자료의 분석, 해수면의 변동, 해수의 영향 및 방조제의 설계와 더불어 사업지역과 그 주변지역의 식생, 토양, 서식동물 등 생태적 특성에 대한 조사가 선행되어야 한다. 또한 사업지역과 그 주변지역의 도시화 또는 산업화도 조심스럽게 예측하여야 한다. 파괴된 환경을 복구하려면 장시간이 필요하고 경우에 따라서는 회복 불가능할 수도 있다. 따라서 경제적 손익분석과 더불어 환경적으로 지속 가능한 개발을 하여야 할 것이다. 국가적 차원에서 갯벌을 개발하는 간척사업의 경우, 사업후 자연상태로 환원시키는 법규와 그를 유지관리하는 시스템의 개발도 하나의 방법이 될 수 있을 것이다.

환경영향평가의 강화: 갯벌의 기능을 보전하며 개발계획에서 효율적인 결과를 얻으려면 영향평가의 지리적 범위와 의사결정 및 관리를 위하여 적절한 공간 및 시간적 규모를 설정해야 한다. 갯벌에 대한 연구는 많은 시간과 경비가 필요하므로 대체로 한 시점에 한정하여 연구하는 경향이 있으나 여러 단계에서 전 유역면적을 연구대상으로 연구하는 것이 생산적이고 안전하다.

공업용수 및 관개용수를 사용할 목적으로 조성된 담수호인 시화호의 오염이 사회적 이슈로 대두된 것은 1996년 3월부터였다. 정부에서는 오염된 시화호를 정화하기 위하여 향후 4년간에 4천 4백 93억원을 투입하겠다고 밝혔는데 이는 호수 조성비 4천 900억원에 버금가는 막대한 금액이다¹⁶⁾ 이러한 시행착오의 원인으로는 대체로 다음과 같은 것을 열거할 수 있을 것이다.

첫째, 담수호의 오염 및 자정 능력은 오염부하량, 유출량 및 하천유역의 크기 등이 관련된다. 그러므로 환경영향평가서에서 자연환경조사를 철저히 하여야 할 것이다. 일반적으로 환경영향평가서를 작성할 때 환경현황을 조사하는 일들을 가볍게 다루는 경향이 있는데 이것은 단지 간척사업지구의 경우에 한정된 것이 아닐 것이다. 시화간척사업 환경영향평가서의 경우에도 강수량 항목에서 월별 평균강수량과 월최다 및 월최소 강수량을 수록하고 있을 뿐이다¹⁷⁾. 그리고 담수호의 장래수질 항목에서 수질을 예측하기 위하여 物質收支式¹⁸⁾을 이용하였는데 이 식에서는 변수 유입수량을 계산하는데 연간유출량을 사용하고 있다. 그러나 시화지구는 유역면적이 좁을 뿐 아니라 연강수량이 1,170.1mm에 지나지 않고, 건계의 월강수량은 20mm 정도이므로 건계에는 집적된 오염물질을 충분히 제거하기가 어려운 실정에 있다. 그러므로 모델 방정식을 사용할 경우 그 지역에 적합한 것을 채택하여야 할 것이다¹⁹⁾.

둘째, 환경영향평가의 범위를 적절하게 정해야 할 것이다. 시화지구의 경우에도 담수호의 오염도가 예측치보다 훨씬 심한 것은 환경영향평가를 할 때 사업지구에서 배출될 오염부하량만을 예측하였기 때문이다. 즉, 안산시의 확대, 인근 농·어촌지역의 도시화 등으로 오염물질의 배출량이 많아질 것을 예측하지 못했고, 따라서 이에 대한 적절한 대비책을 세울 수 없었던 것이다. 따라서 환경영향

평가를 할 때는 사업내용에 따라 영향권을 적절하게 결정해야 할 것이다.

셋째, 사업 시행중이나 사업완료 후에도 환경영향평가를 지속적으로 철저히 시행해야 할 것이다. 적절한 관측망을 설정하고 장기간에 걸친 체계적인 monitoring 결과를 활용한다면 심하게 악화되기 이전에 수정할 수도 있고, 차후 시행할 사업의 기초자료로 이용함으로써 시행착오를 상당히 감소시킬 수 있을 것이다. 본 연구지역인 시화지구와 새만금지구에서도 사업 시행 후 매년 사후환경 영향을 조사하고 있는데, 그 결과를 공개하여 신뢰성을 높이는 것이 바람직하다.

6. 결 론

본 연구에서는 간척사업이 주변의 환경에 미친 영향을 파악하고, 지속가능한 개발을 위한 방안을 모색하고자 하였다. 이미 대규모로 간척사업이 시행되었거나 진행 중인 서해안의 간척지를 대상으로 Landsat image 자료와 문헌자료 및 수차례의 현지답사에서 얻은 결과를 이용하여 토지이용과 산업구조, 수질, 생태계, 기후 등 환경의 변화를 분석하였다.

간척사업지구 주변의 토지이용 상에서 갯벌과 삼림의 면적이 크게 감소한 반면 도시와 경작지의 면적은 크게 늘었다. 이는 어획량과 어업인구의 감소를 초래하여 산업구조를 변화시켰을 뿐만 아니라, 간척지구에 신도시와 새로운 공단의 조성, 주변지역의 도시화 등에 따른 오염부하량의 증가로 수질오염을 심화시켰다. 간척사업이 완공된 서산 A지구 주변에서는 상대습도의 감소와 같은 기후 변화도 나타났다.

간척사업으로 인한 환경에의 영향을 최소화하기 위하여는 시화지구와 같은 실패를 거울삼아 무모하고 졸속한 사업계획 및 개발을 지양해야 한다. 이를 위하여 합리적인 환경영향권(간척사업의 경우 사업지구의 유역분지)을 설정한 후 구체적이고 정확하게 구축된 환경기본자료를 기초로 하는 학제간의 장기적인 연구성과가 사업내용의 근간이 되어야 한다. 뿐만 아니라 환경 감시를 지속적으로 시행하여 그 자료를 차후의 의사결정과 유지관리 등에 활용하여야 한다. 또한 사업지구의 주민들을

위하여 경제적인 보상과 전업에 대비하는 적절한 직업교육이 필요하다. 또한 갯벌은 수산물의 생산, 개발로 얻어지는 시장재화적 가치도 중요함과 더불어 환경정화 및 심미적인 공공편익의 기능도 대단히 중요하다. 후세대에게는 공익편익 기능이 더욱 중요할 것이므로 무리한 개발로 인하여 돌이킬 수 없는 상황을 초래해서는 안될 것이다.

사 사

본 연구를 위한 한국학술진흥재단의 재정지원에 깊은 감사를 드린다. 그리고 서산지구의 이미지 분석에 큰 도움을 준 범아엔지니어링 안철호회장과 일본 지바대학 원격탐사실의 이선훈 연구원, 그리고 SW Arc/Info를 사용할 수 있도록 기증하여 준 ISRI 및 캐드랜드 윤재준사장께도 심심한 사의를 표하고자 한다. 또한 현지 답사를 할 때 큰 도움을 준 지역 주민들과 자료를 제공하여 준 신인호부장, 현지답사와 자료분석을 도와준 건국대학교 대학원 생 권영아, 이은걸, 그리고 허인혜에게도 감사하는 마음을 표하고자 한다.

註

- 1) 수원기상대는 시화지구에서 약 15km 동쪽에 위치하고 있다.
- 2) 전라남도를 포함하여 서해안의 간척지를 포함한 수심 20m이하의 면적은 2,055,570ha에 이른다.
- 3) 미곡생산량은 해양연구소(1996)에 근거하여 산출한 것이다.
- 4) 도시 면적에는 도시뿐만 아니라 소규모의 주거지와 공단 등의 면적이 포함되었다.
- 5) 시화지구의 image는 Lee and Lee(1996)에서 유역 분수계만을 발췌한 것이다.
- 6) 제보자: 박종철씨 (경기도 안산시 대부동 거주)의
- 7) 박병운(보령수협 근무자), 김태곤(보령소재 어촌계장)은 양식업에 종사할 경우, 수입이 많기 때문이라고 하나 양용남(보령농협 근무)과 주민들은 보상과 관련이 있는 것 같다고 피력하였다. 이와 같은 현상은 시화지구에서 볼 수 있는데 주민들은 보상을 좇아 다니는 사람들을 철새라고 부른다.
- 8) 산업기지개발공사·농업진흥공사, 1987, 시화지구

간척사업개발사업 환경영향평가서, 290.

- 9) 방조제에 인접한 지점에서는 COD와 T-N의 농도가 각각 7.3mg/l, 3.17mg/l 인데 반하여, 호수의 최상류지점에서는 각각 18.9mg/l, 10.52mg/l 의 값을 나타내었다.
- 10) 유역면적 493.2km²인 A지구 담수호의 염도는 1,200~2,400ppm이나 B지구에서는 상부의 담수호에서만 농업용으로 이용 가능한 3,000ppm 정도이고, 하부의 2개 담수호는 상부에서부터 각각 7,000ppm, 8,000ppm으로 농업적 이용에 부적합하다.
- 11) 계하리 앞바다인 경우 호소 수질 등급으로는 T-N은 V등급, T-P는 IV등급에 해당한다.
- 12) 1996년의 경우 섬진강발전소를 통하여 새만금지구 유역으로 유입된 수량은 약 3억 580만 m³이다.
- 13) 호소 수질 V등급은 COD 10mg/l 이하, T-N 0.15mg/l 이하이다.
- 14) 조선일보, 1997년 7월 7일 기사에 의하면 시화호의 COD 값은 계속 높아지고 있다고 한다.
- 15) 환경기술개발연구원(편), 1996, 한국의 환경50년사, 201. 중앙일보 1997, 7월 21일 17면.
- 16) 조선일보, 1996년 7월 5일.
- 17) 산업기지개발공사·농업진흥공사, 1987, 시화지구 간척지 종합개발사업 환경영향평가서, 49-50.
- 18) 이는 일본 나가사키(長崎)현의 종합개발사업에서 사용한 방정식이다. 나가사키지방은 연강수량이 2000mm를 넘고, 모든 달의 월평균 강수량이 100mm이상으로 월별 강수량의 차이가 적으므로 연간유출량을 변수로 채택하여도 무방할 것으로 생각된다.
- 19) 미국의 Idaho주의 Mud Lake, Florida주의 Nothlakes, Virginia주의 Fort Lee에서 습지개발과 더불어 자연상태로의 환원을 위해서 Mitigation Bank 시스템을 도입했었으나 충분한 수자원을 공급받을 수 없어 실패하였다.

文 獻

- 건설부, 1990, 해안매립기본계획안, 건설부.
 건설교통부, 1995, 유량연보, 건설교통부.
 고철환, 1996, "갯벌의 기능과 가치", 습지보전 및 현명한 이용을 위한 세미나, 환경부.
 농어촌진흥공사, 1993-1996, 새만금지구 간척지 종합개발사업 사후환경영향조사보고서, 농어촌진흥공사.
 ———, 1995, 한국의 간척, 농어촌진흥공사, 316pp.

- 문미희, 조주환, 이문찬, 1991, "영산강 하구역의 해양환경 변화", 자연과학연구, 조선대학교 자연과학연구소, 14, 101-115.
- 박성래, 김정봉, 1989, "간척에 의한 외연어장의 소멸실태분석", 농촌경제, 12(4), 9-17.
- 박영제, 김상근, 이정애, 1988, "영산강 하류역 댐 건설 전후의 해양환경 비교연구", 국립수산진흥원연구보고, 42, 1-32.
- 수산업협동조합중앙회, 1986-1996, 어촌계현황.
- 오희영, 최영길, 1992, "천수만 수질변동에 관한 연구 -서산 A, B지구 간척 공사 이후-", 한양대학교 환경과학논문집, 13, 215-232.
- 윤호섭, 김희천, 1990, "간척이 수산부문에 미치는 영향 분석", 농촌경제, 13(4), 73-86.
- 이문찬, 1990, "금강 하구둑 건설 이후의 해양환경 변화에 관한 연구", 조선대 석사학위논문.
- 이용대, 김창원, 1991, "낙동강 하구역의 해양환경 연구, 환경연구보", 부산대 환경문제연구소, 9, 31-41.
- 임병선, 1996, "습지와 생물 다양성", 습지보전 및 현명한 이용을 위한 세미나, 환경부.
- 조주환, 신인현, 1992, "금강하구둑 건설 이후 해양환경 변화에 관한 연구", 자연과학연구, 조선대학교 자연과학연구소, 15, 21-40.
- 최영준, 1991, "강화지역의 해안저습지 간척과 경관 변화", 대한민국의학술원 논문집, 30, 261-306.
- 崔永俊, 金芙蓉, 徐泰烈, 1996, "淺水灣地域의 漁業環境과 漁村-干拓과 그 영향을 中心으로-", 성곡학술문화재단, 891-990.
- 한국수자원공사 · 농어촌진흥공사, 1995, 시화지구 담수호 수질보전대책수립 조사보고서, 641pp.
- 한국해양연구소, 1995, 해양 저서생물상에 의한 환경영향평가, 해양환경관리기술 제3차년도 최종보고서, 환경부 · 과학기술처, 339pp.
- , 1996, 갯벌보전과 이용의 경제성 평가, 환경부, 113pp.
- 한상욱, 1992, "새만금 간척종합개발사업의 의의와 계획내용", 한국농공학회지, 34(1), 10-19.
- 환경부, 1986-1995, 환경연감, 환경부
- 허영택, 1991, "간척사업이 연안어장에 미치는 영향", 수산계, 48-57.
- Barbier, E.B., 1993, Sustainable use of wetlands valuing tropical wetland benefits: economic methodologies and applications, *The Geographical Journal*, 153(1).
- Brinson, M.M., 1988, Strategies for assessing the cumulative effects of wetland alteration on water quality, *Environmental management*, 12, 655-662
- Devito, K.J. and Dillon, P.J., 1993, The influence of hydrologic conditions and peat oxa on the phosphorus and nitrogen dynamics of a conifer swamp, *Water Resources Research*, 29, 2675-2685.
- Elliot, L. and Mulamootil, G., 1992, Agricultural and marshland uses on Walpole Island: profit comparison, *Canadian Water Resources Journal*, 17, 111-119.
- Hollis, G.E, Holland, M.M. Larson, J., and Matby, E., 1988, Wise use of wetland, *Nature and Resources*, 24, 2-13.
- Lee, H.Y., 1995, The Impact Assessment of Urbanization on the Atmospheric Environment, *Journal of EIA*, 4(3), 73-86.
- , 1995, Potential Effects of Land-Use Change on the Local Climate, *J. of Korean Society of Remote Sensing*, 11(3), 91-97.
- , S.H. Lee, 1996, The impact of reclamation of Shiwha-District on Environment, *Journal of Korean Geographical Society*, 31(4), 639-647.
- Mooney, H.A. and Sala, O.E., 1993, Science and sustainable use, *Ecological Applications*, 3, 564-566.
- Mulamootil, G., Warner, B.G. and McBean E.A.(eds.), 1994, WETLAND, *Environmental Gradients, Boundaries, and Buffers*, Lewis Publishers.
- Orson, R.A., warren, R.S., and Niering, W.A., 1987, Development of a tidal marsh in a New England River valley, *Estuaries*, 10, 20-27.
- Podniesinski, G., Deitz, K., Fisher, A., and O' Reilly, J., 1995, Wetland restoration of abandoned agricultural wetlands, *Great Lakes Wetlands*, 6, 1-6.
- Rubec, C., 1994, The evolution of wetland policy in Canada. In *Wetland policy implementation in Canada*. Proceedings of a national workshop, Stonewall, Manitoba. Report 94-1.
- Snell, E.A., 1987, Wetland distribution and conservation in southern Ontario, Environment Canada, Working paper, 48, 53.