

## Review

## 새만금 간척사업과 해양환경의 변화상

이 흥 재\*

한국해양연구원 해양환경연구본부  
(425-600) 경기도 안산시 안산우체국사서함 29호Changing Phases in Coastal Environment of the Saemangeum Area by  
Tideland Reclamation Project, Mid-west of Korea

Heung-Jae Lie\*

Marine Environment Research Department, KORDI  
Ansan, P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

**Abstract :** A 33-km long sea dyke is being constructed in the Saemangeum area mid-west of Korea to reclaim a surface area of 40,100 ha which includes well-developed tidal flat and two river estuaries. The northern part of the dyke was closed on 10 June 2003, while the southern part was recently closed on 21 April 2006 by plugging two opening gaps of 2.7 km in length. In this study, firstly we review the outlines of key national projects which described marine environments in the Saemangeum area and secondly we present a summary of remarkable changes in marine environments after the closure of the northern dyke, based on marine environmental data collected during 2002-2005. Details in each discipline of the marine environments are presented both in other papers of this special volume and in a series of annual reports of the Ministry of Maritime Affairs and Fisheries.

**Key words :** marine environment, Saemangeum, tideland, reclamation, monitoring

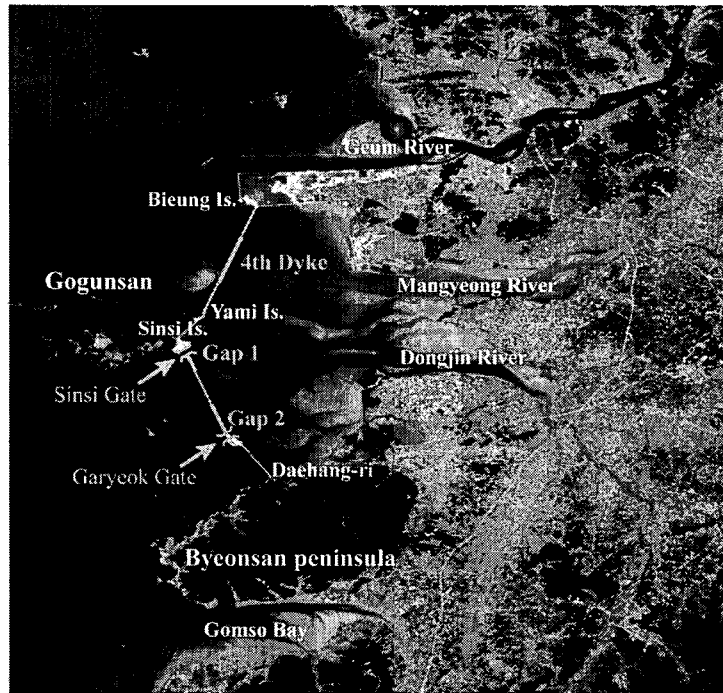
## 1. 새만금 종합간척사업의 개요와 연구목적

새만금 간척종합개발사업(이하, 새만금간척사업)은 주된 목적이 농지조성과 용수개발이며, 사업구역은 전라북도 김제시, 군산시, 부안군을 포함한다(농림수산부와 농업진흥공사 1989a). 공사내용은 여의도 면적에 140배에 해당하는 연안역 40,100 ha를 방조제로 막아서 28,300 ha의 토지와 11,800 ha의 담수호를 조성하는 것이다(Fig. 1). 공사는 외곽시설인 방조제 축조와 개담공사 등 내부개발로 구성되고, 1991년에 착수하여 2011년에 끝나는 것으로 계획되었다.

새만금간척사업 기본계획수립을 위한 환경영향평가서

가 사업시행기관인 농업진흥공사(현, 농촌공사) 주관으로 1989년 8월에 작성되었다(농림수산부와 농업진흥공사 1989b). 방조제 공사는 1991년 11월 사업시행 인가처분을 받은 후 변산반도 연안에 위치한 제1호 방조제부터 착수하였다. 1998년, 감사원은 새만금사업 추진실태에 대한 여러 가지 문제점을 지적하였고, 환경관련 시민단체들은 1998년부터 사업시행에 따른 환경영향, 수질, 경제성 등에 관하여 문제를 제기하였다. 이에, 정부는 공사를 잠정 중단시킨 상태에서 민간 정부 공동조사단(이하 민·관 공동조사단)을 구성하여 환경대책, 경제성, 수질보전대책에 관한 조사를 실시하였으며, 2001년 5월 25일 새만금사업에 대한 새로운 결정을 발표하고(국무총리실 수질개선기획단 2001), 동년 8월 관련 부처는 세부실천계획을 수립하였다(농림부 등 2001). 2001년부터 새만금 대상지역내 거주 주

\*Corresponding author. E-mail : hjlie@kordi.re.kr



**Fig. 1.** Saemangeum reclamation area showing the dyke of 33 km in length. The 4th dyke was closed on 10 June 2003, and two opening gaps Gap 1 and Gap 2 were closed on 21 April 2006. Sea water in the outer area flows into the inner area through Sinsi and Garyeok Gates on the southern dyke.

민으로부터 공유수면매립면허 및 시행인가처분 취소 등 소송으로 인하여 방조제 공사가 중단되었고, 2006년 3월 16일 대법원이 원고측 상고를 기각함으로써 남아있던 개방 구간 2.7 km에 대한(Fig. 1에서 Gap 1과 Gap 2) 공사가 재개되어 2006년 4월 21일 끝물막이 공사가 완료되었다.

새만금 외곽 방조제의 길이는 33 km이다. 방조제는 군산시 비룡도에서 시작하여 고군산군도의 야미도와 신시도를 연결하는 북측 방조제, 그리고 신시도에서 시작하여 가력도를 거쳐 부안군 변산 대항리를 연결하는 남측 방조제로 구성된다. 1991년 방조제 공사가 착수된 이후 새만금 해양환경은 계속 변화하였다. 2006년 4월 끝물막이 공사 이후 방조제 내측의 하구 갯벌환경과 방조제 외측의 해양환경이 서로 분리되었고, 남측 방조제 두 곳에 설치한 배수 갑문을 통해서 해수가 제한적으로 소통된다.

본 연구를 포함하고 있는 새만금 특별호 논문집의 발간 목적은 새만금 방조제 공사로 인하여 새만금 해양환경이 어떻게 변화하였는가를 살펴보는 것이다. 그간 국내에서는 시화호 등 수많은 간척사업이 이루어졌지만 간척공사에 의한 해양환경의 변화상이 공사 착수 이전에 사전 계획되어 체계적으로 조사된 바가 거의 없는 실정이다. 새만금 간척사업과 관련하여 여러 기관이 해양조사와 연구를 수행하였지만 조사 시기, 위치, 방법이 서로 상이하여 방조제 공사에 기인한 해양환경 변화를 정량적으로 비교하기

가 용이하지 않다. 본 연구에서는 우선, 방조제 공사 착수 이전 해양환경을 기술한 환경영향평가서(농림수산부와 농업진흥공사 1989b)와 방조제 공사가 중단된 상태에서 조사한 민·관공동조사단 보고서(새만금사업 환경영향 공동조사단 2000)에서 기술한 해양환경 조사결과를 검토하였다. 그리고 2003년 6월, 북측 방조제인 4호 방조제의 개방 구간이 차단된 후에 새만금 해양환경이 어떻게 변화하였는가에 초점을 맞추어 주요 변화상을 분석하였다. 이를 위해 2002년부터 2005년까지 해양수산부의 '새만금해양환경보전을 위한 조사연구 사업'에서 체계적이며 지속적으로 조사한 자료를 사용하였다.

## 2. 방조제 공사와 새만금 해양환경계의 변화

새만금이란 '새로운 만경-김제'라는 새로운 명칭이다. Fig. 1에서와 같이 새만금 해역은, 북으로 금강하구와 남으로 변산반도 사이에 위치하고 수심이 얇은 반폐쇄성 내만으로 갯벌이 잘 발달되어 있다. 새만금 해역은 만경강 하구와 동진강 하구를 포함하고, 외측인 서쪽에는 작은 섬들로 이루어진 고군산군도가 위치하고 있다. 이러한 하구역과 도서지역이 공존하는 자연환경으로 해양생물자원 측면에서 생산성과 종다양성이 높은 해역이다(해양수산부 2003~2006). 또한 경관이 수려한 고군산군도와 변산반도

는 해양환경이 잘 보전된 천혜의 해상관광지로 평가받아 왔다.

새만금 해역은 방조제가 건설되기 전에는 평균조차가 6m로 조차가 크고 강한 조류가 흘러 해수순환이 원활하였다. 금강하구, 만경강하구, 동진강하구, 변산반도, 조간대, 조하대 등 지리적으로나 지형적으로 복잡 다양한 독특한 해양환경 특성을 가지고 있지만 서로 조화를 이루면서 건강한 해양환경을 유지하였다. 예를 들면, 여름 홍수기에 상당한 양의 담수가 만경강과 동진강을 통해 하구역으로 유입하지만 강한 조류가 담수와 해수를 잘 혼합시켜서 담수가 외해역 해양환경에 미치는 담수 충격을 완화시키는 역할을 하였다.

2006년 4월 21일, 남아 있던 2.7km의 개방구간에 대한 끝물막이 공사가 완료됨으로 새만금 해역은 방조제 내측과 외측 수역으로 분리되었다. 끝물막이 이전에 방조제 내측에서 대조차는 6m 정도였다. 끝물막이 이후 신시 및 가력 두 곳에 설치한 배수갑문을 모두 개방한 상태에서 대조차는 약 1m로 끝물막이 이전에 비해 20% 미만으로 대폭 감소하였다(이 등 2006). 따라서 방조제 내측에서는 하천 담수의 영향력이 상대적으로 커지게 되었고, 여름 장마철에는 방조제 내측으로 유입한 상당한 양의 담수가 해수와 섞이지 못한 상태에서 외해로 직접 배출되기 때문에 외해역 해양환경에 미치는 담수 충격도 커질 것으로 예상된다. 또한, 방조제 내측에서는 조류의 대폭 감소로 여름철에는 수층이 상층과 하층으로 구분되는 강한 층층이 형성될 가능성이 높아졌다.

2001년 5월 25일 정부결정에 의하면, 방조제 완공 후에는 방조제 내측은 남측인 동진수역과 북측인 만경수역이 방수체로 분리된다. 동진수역은 양호한 수질이 유지된다는 예측에 근거하여 먼저 개발되고 담수호가 조성된다. 반면, 만경수역은 담수의 목표수질이 달성될 때까지 신시배수갑문을 통해서 해수를 소통시키는 것으로 계획되어 있다. 따라서 만경수역은 해수소통 기간에는 해수유동이 제한되는 반폐쇄 하구역이 된다.

방조제 외해역은 자연적인 해안선과 조간대가 상실된 해양환경계로 바뀌었다. 방조제 공사로 해양환경이 계속 변화하였고, 최근 끝물막이 공사에 의한 해수유동 및 순환체계의 급격한 변화로 앞으로 상당기간은 불안정한 해양환경 상태가 지속될 수밖에 없다. 2003년 6월 이전에는 고군산군도의 남측 수역과 북측 수역사이에 해수순환이 원활하였으나, 북측 방조제 차단 이후에는 고군산군도 수역과 강하구역이 분리되고 동시에 고군산 동쪽 연안역을 통한 남·북간 해수순환이 단절되었다. 따라서, 고군산군도의 북측수역은 방조제 축조 전에 비해 금강하구역의 해양환경에 영향을 더 받게 되었고, 배수갑문이 위치한 남측수역은 고군산군도, 방조제, 변산반도로 둘러싸인 반폐쇄역

으로 바뀌게 되었다.

### 3. 새만금 해양환경 조사연구의 과거 실적 및 평가

새만금 해역에서 과거에 수행된 해양조사와 연구는 대부분 새만금 간척사업과 직접 관련하여 수행하였으나 국가해양조사원의 검조자료, 국립수산과학원의 연안환경조사자료(국립수산과학원 2006) 등 새만금 간척사업과는 무관하게 이루어진 부분도 있다. 후자는 새만금해역 전체를 대표할 수는 없으나 오랜 기간 조사되었기 때문에 새만금 해양환경변화를 분석하기 위한 기준자료로서의 가치가 크다. 이외에 사업시행기관인 농촌공사가 사후환경조사를 지속적으로 실시하고 성과 일부를 사후환경조사보고서로 발간한 바 있다(농촌공사 1994, 1995, 1996). 또한 군산대학교연구진이 적조(정 등 2002), HF 레이더에 의한 표층류 관측(이 등 2003) 등을 지속적으로 실시하고 있다. 한편, 우리나라의 새만금 간척사업과 일본의 Isahaya 간척사업에 의한 수리환경적 영향을 비교적 심층적으로 다룬 국제워크숍이 2003년 서울에서, 새만금과 이사하야 조간대 해양환경변화를 중점적으로 다룬 국제심포지엄이 2005년 일본 나가사키에서 개최되어 학술논문집으로 출간되었다(Choi and Kioka 2003; Nagasaki University and Korea Ocean Research & Development Institute 2005). 본 논문에서는 사업시행기관인 농촌공사가 주관한 새만금간척 종합개발사업 환경영향평가서와 국무총리실이 구성한 새만금사업 환경영향 민·관 공동조사단의 환경보고서에 수록된 해양환경 조사 결과를 발췌하여 정리하였다.

새만금간척 종합개발사업 환경영향평가서(1989b) 농림부 산하기관인 농촌공사가 새만금 간척사업 시행에 필요한 법적 요구사항인 환경영향평가 보고서이다. 해양환경 조사는 1986년~1988년에 실시하였으며 주요 조사내용은 다음과 같다. 저서규조류 : 1회 조사, 해조류 : 신시배수갑문 부근 암반 조사, 식물플랑크톤 : 2회 조사, 조간대 저서동물 : 3개 지역 분포조사, 동물플랑크톤 : 6회 조사, 난치자 : 1회 조사, 성어 : 4회 조사, 수온 염분 등 수질 : 3회 조사, 조석 : 4개점 표척조사와 1개점 간이 검조소 조사, 조류 : 7개점 측류판 단기조사, 현생퇴적물 : 방조제 내측 9개점 조사.

위의 환경영향평가서 작성을 위해 실시한 해양조사는 개략적인 해양현황을 파악하는 정도로 수행되었기 때문에 새만금 해양환경의 공간적 시간적 구조분포를 구체적으로 제시하지는 못하였다. 이 평가서에는 방조제 공사 후에 조간대 및 하구역 상실, 토사공급원 상실 등을 주요 문제점으로 제기하였고, 2차 영향으로 해양생태, 해수유동, 침식 퇴적 환경의 변화와 부영양화된 담수의 방조제 외측으로

유출을 거론하였다. 그러나 해양조사가 주로 방조제 내측 수역 중심으로 단기간에 수행되었기 때문에 하구역, 조간대 등 복잡 다양한 특성을 가진 새만금 해양환경이 간척 사업으로 어떻게 변할 것인지에 대한 평가를 할 수 있을 정도로 체계적인 해양조사와 정교한 예측모델링이 실시되었다고 보기는 어렵다.

새만금사업 환경영향 공동조사단 보고서(2000)는 1998년 감사원 특별감사와 환경관련 시민단체들의 문제 제기 등으로 공사가 중단된 상태에서 전문가 및 관계부처 관계관 등 30명으로 구성된 민·관공동조사단이 1999년 5월부터 2000년 6월까지 조사를 실시한 결과보고서이다. 환경영향분야 결과보고서에 의하면, 해양수질, 해양물리 및 퇴적환경, 갯벌 환경, 해양생태계 등 해양환경 전반을 다루었고, 전문가별로 쟁점이 될 만한 주요 문제점을 제시하였다. 이 등(2004)은 해양환경에 관한 주요 조사내용과 자료출처, 그리고 주요 쟁점사항을 요약 정리한 바 있다.

민·관 공동조사보고서에서 제시한 의견을 종합 요약 정리하면 다음과 같다.

**해양환경변화:** 방조제 축조에 의한 해양환경변화가 다양한 규모와 형태로 발생하게 된다. 조류 약화에 따른 지형변화와 성층강화, 유용생물자원의 소멸과 자원 감소, 갯벌의 자정능력 저하 및 수질악화, 하구생태계의 기능 상실, 해수유동 약화와 적조 발생 증가, 니질 퇴적에 의한 해수욕장의 기능 저하, 담수유출에 의한 생태계 충격 등이 지적되었다. 해양환경 영향을 최소화하기 위해서 우선 지속적인 모니터링과 예측을 제안하였다. 특히, 실시간 해양환경 감시프로그램 및 사후 모니터링의 중요성을 강조하였다.

**방조제 완공 후 피해저감이 가능한 사항:** 담수 배출에 의한 해양생태계 충격을 완화하기 위한 갑문개폐, 담수호의 수질확보를 위한 질소 제거기술을 제안하였다. 방조제 완공 후에는 적조 발생을 근본적으로 제어할 수 있는 마땅한 수단이 없으며 적조 발생 빈도를 낮추기 위해서는 해수유통을 방해하는 인공구조물 설치의 가급적 억제해야 한다는 의견도 제시하였다.

**해양환경 피해저감이 불가능한 사항:** 방조제 내측에서 패류 등 저서생물의 폐사, 갯벌의 정화능력의 소멸, 외해역에서 해수유통의 약화와 영양염 축적에 의한 적조의 빈번한 발생, 갯벌 및 하구역 상실에 따른 어획생산 감소 및 먹이망 교란, 담수 및 부영양화 물질의 외측 방류에 의한 해양생태계 충격 등을 제기하였다.

#### 4. 해양수산부의 새만금 해양환경 실천계획과 조사연구 현황

정부는 2001년 5월 25일 다음과 같은 결정을 하였다(국

무총리실 수질개선기획단 2001). ‘방조제는 완공하되, 동진수역부터 먼저 개발하고 만경수역은 수질이 목표 기준에 적합하다고 평가될 때까지 개발을 유보한다.’ 이 정부 결정에는 해양환경에 관해 다음과 같은 조치사항을 추진하도록 명시하였다.

- 새만금호 외측 해양환경보전대책에 대한 실천계획을 수립·추진
  - 해양환경 변화과정 모니터링 및 감시프로그램 운영  
외해모니터링(물리, 지질, 수질 등 조사), 수질자동측정, GIS 시스템 등
  - 기타 해양수산부 소관사항
- 2001년 8월 해양수산부는 다음과 같은 기본방향을 설정하고 새만금해양환경보전대책을 위한 실천계획을 수립하였다(농림부 등 2001).
- 공사기간 중 해양환경 변화를 감시할 수 있는 종합감시망 체제 구축
  - 만경수역의 해양환경 변화의 예측 및 평가
  - 방조제 건설이 외해역 해양환경에 미치는 영향평가
  - 해양환경변화 및 피해를 최소화 할 수 있는 친해양환경적 관리·활용 방안
  - 인접 연안환경에 미치는 영향의 예측 및 평가

해양조사는 방조제 내측의 만경수역과 방조제 외측수역에서 수행하되 장기적으로는 고평만 및 금강하구역 등 인접수역을 포함하는 것으로 계획하였다. 조사범위와 중점 추진사항은 방조제 완공, 동진수역 개발, 만경수역 개발 방침 등 주요 공정에 따라 3단계로 구분하였다. 진행 중인 1단계 계획을 간략히 소개하면, 조사기간은 2002년부터 방조제 완공까지이며 (1) 방조제 내측 및 외측에 해양환경 감시망의 기반을 구축하고, (2) 방조제 내측 중 만경수역에 대한 해양환경 조사와 평가를 실시하고, (3) 외해역 해양환경 변화를 감시 예측하고, (4) 해수유통 방안별 해양환경을 예측 평가하는 수치모델 개발에 중점을 두고 있다.

해양수산부는 해양환경실천계획을 추진하기 위하여 ‘새만금 해양환경보전대책을 위한 조사연구’라는 제목의 조사사업을 2002년에 착수하였다(한국해양연구원 2006). 동사업은 주관조사기관인 한국해양연구원과 공동연구기관으로 국립연구기관, 대학, 기업 등 8개 기관이 수행하고 있다. 조사연구는 처음 2년간(2002~2003년)은 해양수질, 해양생태, 갯벌/지질, 물리/유동분야의 기초자료 수집과 해양환경모니터링망 구축에 주력하였고, 다음 2년간(2004~2005년)은 주요 쟁점별 정밀조사와 방조제 건설에 따른 해양환경변화 분석 및 예측을 중점적으로 실시하였다. Table 1과 Table 2에 분야별 주요 추진내용을 기술하였다. 해양수질환경의 계절별 공간분포 특성을 파악하기 위하여 수온, 염분, 탁도, 영양염, COD, 플랑크톤 등 기본

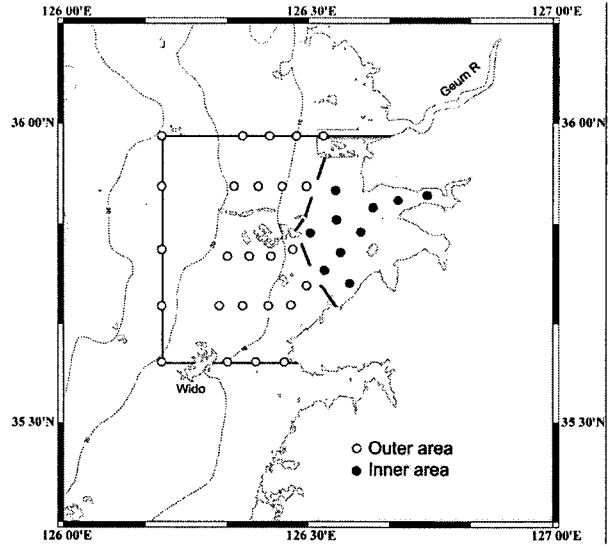
**Table 1. Study area and major items of the integrated preservation study on the Saemangeum marine environments, Ministry of Maritime Affairs and Fisheries for 2002-2003.**

Study areas	Major items
Water quality monitoring	- Monitoring of sea water quality water quality, nutrients, heavy metals, pollutants - Development and test of a water quality model
Ecological monitoring and red tide	- Pelagic ecosystem including red tide - Benthic ecosystem on tidal flat and subtidal zone - Fisheries resources
Marine geological processes	- Bathymetric profiling - Textural characteristics of surface sediments - Sedimentary processes on tidal flats
Hydrography and water movement	- Monitoring of hydrography and currents - Inflow and outflow through opening gaps - Development of tide/circulation models
Real-time monitoring at reference points	- Development of a small ocean data buoy system - Deployment and operation of monitoring buoys - Regular survey in Mangyeong area

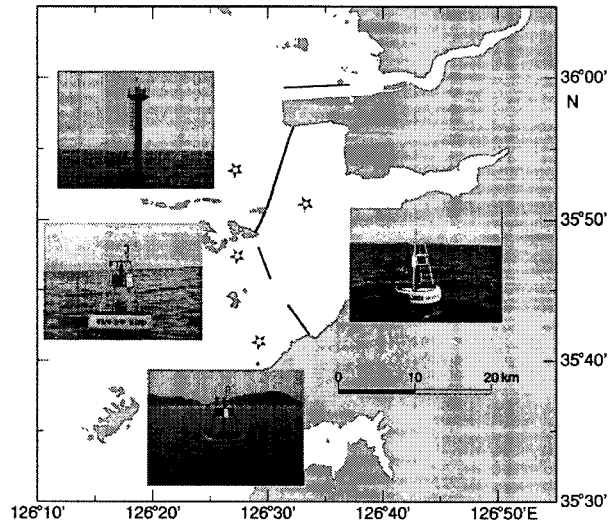
**Table 2. Study area and major items of the integrated preservation study on the Saemangeum marine environments, Ministry of Maritime Affairs and Fisheries for 2004-2005.**

Study areas	Major items
Water quality monitoring	- Monitoring of seawater quality - Monitoring of hydrography and water movements - Monitoring of planktonic ecology
Real-time monitoring	- Operation of real-time monitoring networks - Regular hydrographic surveys in the inner area - Data telemetry and quality control - Design for installation of an observing tower
Prediction and assessment	- Water movement modelling including tides - Water quality modelling - Ecosystem modelling - Numerical experiments for various scenarios
Valuable benthic organism	- Environments on tidal flats - Monitoring of tidal flat ecosystem - Monitoring of benthic ecosystem - Study on shellfish resources
Coastal topographic changes	- Topography and surface sediments - Hydrodynamic measurements - Sediment transport modeling

요소에 대한 조사를 Fig. 2에 표시한 정점에서 연 4회 조사하였다. 또한, 해수의 물리·화학적 특성, 조류, 해상기상 등을 상시로 모니터링하기 위하여 소형 해양관측부이



**Fig. 2. Observation stations for hydro-bio-chemical factors for 2002-2005.**



**Fig. 3. Real-time monitoring network showing buoy and tower stations where currents and hydro-meteorological factors are continuously observed.**

와 타워를 개발하여 방조제 외측 3점과 내측 1점에 설치하였다(Fig. 3).

### 5. 북측 4호 방조제 차단 이후 새만금 해양환경의 주요 변화상

새만금 방조제 공사로 인해 새만금 해양환경은 계속 변하고 있다. 해양환경의 변화상을 제시하기 위해서는 동일 조사지역에서 같은 방법으로 연속적으로 조사한 자료가

요구된다. 2003년 6월 10일 북측 4호 방조제의 1.8 km 개방구간이 차단되었고, 2006년 4월 21일 남측방조제 두 곳에 있던 2.7 km 개방구간이 차단되었다. 따라서, 해양수산부의 조사연구사업을 통해 2002년 2월부터 2005년 12월 까지 획득한 조사자료를 이용하여 얻은 주요 결과에 근거하여 4호 방조제 차단에 의한 새만금 해양환경의 전반적인 변화상을 기술하였다. 분야별 조사방법과 자료와 그리고 해양변화상에 대한 구체적이고 세부적인 사항은 본 새만금 특별호에 수록된 다른 논문들과 해양수산부 보고서(2003~2006)에서 자세히 기술되어 있다.

2002~2005년 조사기간 중에 해양환경의 구조적 변화는 4호 방조제 개방구간이 차단된 이후에 뚜렷하게 나타났다(Lie et al. 2005). 방조제 차단으로 인하여 방조제 내측의 만경수역과 고군산 군도의 북쪽에 위치한 외측수역 사이에 해수유통이 단절되었고, 동시에 남측 개방구간에서 방조제 내측을 통해 북측 개방구간으로 연결되던 남북 방향의 해수순환도 단절되었다. 방조제 내측과 외측 사이에 해수유통은 남측 방조제의 개방구간 2.7 km를 통해서만 이루어졌다. 4호 방조제 차단 이후, 개방구간을 통한 해수유통량이 증가로 조류가 강해졌으며, 조류 강화에 의한 해저 침식으로 남서-북동 방향으로 깊은 수로가 형성되었다. 반면에 수로에서 멀리 떨어진 만경수역의 북서쪽에서는 조류가 약해졌다. 이와 같은 해수유통의 변화는 해양수질은 물론 표층퇴적상의 변화를 초래하였고, 수층 및 해저환경의 변화는 생태계에 영향을 미치게 되었다.

4호 방조제 차단 후에 방조제 내측의 북쪽에 위치한 만경수역에서 나타난 주요 해양환경의 변화상은 다음과 같다.

- 해수유통 : 신시개방구간과 연결된 수로에서 조류가 10~15% 증가하였으나 수로에서 떨어진 군장지역 남측 연안 등 수심이 얇은 지역에서는 유속이 감소
- 수직성층 : 유속이 증가된 수로에서는 성층이 약화되었고 유속이 감소한 천해역에서는 수직 혼합력의 저하로 성층이 강화
- 지형변화 및 표층퇴적상 : 유속이 증가된 수로에서는 침식이 우세하였으나 군장지역 남측 등 유속 약화지역에서는 세립질 펄이 퇴적
- 영양염 : 여름철에 총질소는 증가하여 수질기준 III등급을 초과하는 지역이 발생하였으나 총인은 수질기준 II-III등급을 유지
- COD : 차단 이후 전반적으로 증가하였고, 여름철에 4-8 ppm(평균 5 ppm)으로 수질 III등급을 초과하기도 함
- 해양생태계 : 세립질 펄이 퇴적된 군산갯벌에서 저서동물 종수의 감소 및 군집 천이가 나타남. 여과물식자인 패류의 밀도는 감소하고 갯지렁이와 게류 등 최적물식자의 밀도는 증가. 유해종 적조종인 *Cochlodinium*

*polykrikoides* 출현하였으나, 패류 내 마비성 및 설사성 패독을 분석한 결과 독소는 검출되지 않음

4호 방조제 차단 후에 방조제 외측수역에서 나타난 주요 해양환경의 변화상은 다음과 같다.

- 해수유통 : 개방구간과 연결된 수로에서는 조류가 강해졌으나 방조제 인접수역에서는 약화됨. 특히, 4호 방조제 외측에서 조류가 30 cm/s 정도 감소하고 조류타원이 선형에서 타원형으로 변화하였음. 신시 배수갑문 구간과 가력배수갑문 외측 수로에서는 유속이 30~50 cm/s 증가하고 유출수의 영향범위가 확대됨
- 수계 및 성층 : 여름철에 금강 담수가 고군산 군도의 북측수역으로 세력이 확장됨. 만경강 및 동진강에서 유출된 담수가 남측방조제의 개방구간을 통해 고군산 군도의 남측수역으로 확장
- 해저지형 : 방조제에 인접한 고군산 군도의 북동 연안에는 조류 약화와 해수순환의 차단으로 세립질 펄이 퇴적하였고, 고군산 군도의 북측 외해역은 모래 퇴적이 우세하게 진행됨. 방조제 남쪽에 위치한 변산반도 연안에서는 여름에는 퇴적이, 겨울에는 침식이 우세한 계절변화가 있으나 4호 방조제 차단과는 관계는 뚜렷하지 않음
- 수질환경 : 방조제 내측에 비해 큰 변화는 없음. 다만, 여름철에 COD가 일시적으로 상승
- 해양생태계 : 갯벌저서동물의 분포와 군집구조에는 큰 변화가 없으나 패류의 치패 발생이 증가. 조하대 저서생물은 세립퇴적이 우세한 북측방조제 외측과 조립한 퇴적상태로 수심이 깊어진 남측 수로에서 생물상이 빈약하게 변화하였음. 개랑조개의 자원은 증가하였고, 백합은 개체 수는 증가하였으나 소형화됨

## 6. 맺음말

새만금간척사업을 위한 환경영향평가서에서 기술한 해양환경분야의 조사는 간척사업의 시행허가를 위한 법적 요구조건을 충족시키기 위해 이루어졌다. 평가서는 조사 당시의 해양환경을 비교적 잘 기술하고 있으나 건설 기간 동안 및 건설 후에 해양환경변화를 미리 판단할 수 있을 정도의 조사와 예측은 수행되지 못하였다. 한편, 민·관공동조사단의 새만금 해양환경영향에 대한 조사결과는 연구자의 전문 분야별로 쟁점사항을 제시하고 예상되는 주요 해양환경 변화를 비교적 심도있게 다루었다. 그러나 주요 문제점에 대한 다학제적 분석이 이루어지지 않았으며 방조제 축조가 궁극적으로 해양환경에 어떤 영향을 미칠 것인가에 대한 체계적인 예측모델링과 조사결과에 대한 종합 해석도 부족하였다고 판단한다.

2002년에 착수한 해양수산부의 조사연구에서는 해양환

경 기본요소에 대한 모니터링 체계를 구축하면서, 방조제 내측은 물론 외측해역에 대해 종합적이고 체계적인 다학제적 해양환경조사를 실시하고 있다. 새만금 해양환경이라는 틀 속에서 주요 쟁점사항을 지속적으로 조사하였고, 이 자료를 토대로 4호 방조제 차단 등 방조제 공사가 새만금 해양환경을 어떻게 변화시키는지 분석이 가능하게 되었다.

조석운동은 새만금 해양환경을 건강하게 유지시키는 원동력을 확인하였다(이 등 2003). 방조제 축조로 내측에서는 조석운동이 소멸되고, 외측에서 조류가 급격히 악화된다. 이로 인해, 물과 물속에 있는 각종 물질의 이동 거리가 짧아지고, 상층과 하층 물과 물질이 잘 혼합되지 못하며, 해저퇴적환경에도 큰 변화가 왔다. 따뜻한 계절에는 적조발생, 빈산소층 형성 등으로 수질 악화가 예상되고, 필연적으로 생태계에 큰 영향을 미치게 된다.

방조제 끝물막이 전에는 새만금 해역은 그런대로 하구역, 조간대, 외해역의 다양한 해양현상이 공존하면서 건강한 해양환경을 유지하였다. 그러나 남측 개방구간 2.7 km에 대한 끝물막이 공사로 인해 가까운 장래에 해양환경악화의 발생 가능성이 높아졌다. 경기만 남측 안쪽에 위치한 시화호의 경우보다 해양환경이 양호할 것이라는 해양과학적 근거는 없다. 시화호는 위치상으로 내만에 위치하고 담수유입이 작기 때문에 방조제 축조가 외해 해양환경에 미치는 영향은 새만금에 비해 훨씬 작다. 길이 33 km인 새만금 방조제 전면에서 조류 악화, 방조제 외측으로 토사공급 차단, 방조제 축조를 위한 방조제 외측에서 해사채취, 배수갑문을 통한 담수유출 등은 고군산 군도 및 변산반도 연안에까지 큰 영향을 미칠 수 있다.

향후 새만금 해양환경 변화를 정확히 예측하기 위해서 상당 기간 체계적인 해양조사와 정교한 분석이 필요하다. 특히 현상에 대한 정밀조사, 다학제적 공동조사와 종합분석, 정교한 수치모델링 구축과 예측기술이 병행되어야 한다. 그러나, 방조제 공사가 끝나기도 전부터 내부 토지이용계획이 검토되고 있으며, 첨단산업단지, 물류단지, 신항만 건설, 해상관광 등 다양한 의견이 표출되고 있다. 무분별한 내부개발로 환경이 악화되는 경우 오히려 내부개발 목적 자체를 크게 손상시킬 수도 있다. 동전의 양면과 같은 간척개발과 환경을 어느 선에서 어떻게 조화시킬 것인가? 새만금 해역의 전체 환경변화에 대한 깊은 통찰과 종합적 분석을 토대로, 그리고 거시적 관점에서 건강한 환경을 유지하면서 다음 세대에서 활용가치가 높은 합리적인 종합계획을 수립하여야 할 것이다.

## 사 사

본 연구는 2006년도 해양수산부의 “새만금해양환경보전대책을 위한 조사연구” 사업으로 수행되었으며, 조사와

분석에 참여하신 연구진에게 감사드립니다.

## 참고문헌

- 국립수산과학원 홈페이지. 연안환경. <research.nfrdi.re.kr/index.html>[cited 2006. 5. 26].
- 국무총리실 수질개선기획단. 2001. 새만금 간척사업에 대한 정부초치계획. 51 p.
- 농림부·환경부·해양수산부·전라북도. 2001. 새만금사업 후속 세부실천계획. 소관부처별 세부내역. 245 p.
- 농림수산부·농업진흥공사. 1989a. 새만금지구 간척종합개발사업 기본계획서. 272 p.
- 농림수산부·농업진흥공사. 1989b. 새만금지구 간척종합개발사업 환경영향평가서. 461 p.
- 농업진흥공사. 1994. 새만금지구 간척종합개발사업 사후환경영향조사보고. 195 p.
- 농업진흥공사. 1995. 새만금지구 간척종합개발사업 사후환경영향조사보고. 189 p.
- 농업진흥공사. 1996. 새만금지구 간척종합개발사업 사후환경영향조사보고. 204 p.
- 새만금사업 환경영향 공동조사단. 2000. 새만금사업 환경영향공동조사 결과 보고서. 환경영향분야. 804 p.
- 이상호, 최현용, 손영태, 권효근, 김영근, 양재삼, 정해진, 김종구. 2003. 하계 서해안 새만금 연안주변 저염수와 순환. *한국해양학회지 「바다」*, 8, 138-150.
- 이석, 이홍재, 송규민, 조철호. 2006. 새만금 방조제 건설에 따른 황해와 새만금 주변해역의 조석의 변형. *Ocean and Polar Res.*, 28 (Submitted).
- 이홍재, 이석, 김은수, 이희준, 장경일, 김용서. 2003. 새만금 해수유통 영향검토 최종보고서. 한국해양연구원 보고서. 78 p.
- 이홍재, 장경일, 조철호. 2004. 새만금 해양환경 조사연구와 주요 결과. p. 15-37. In: *새만금해양환경심포지엄 '새만금해양환경 어떻게 변하나?'*. 한국해양학회, 한국해양연구원.
- 정해진, 유영두, 정해진, 김재성. 2002. 전북 새만금 남쪽유역의 유해성 적조 발생연 2. 1999년도 여름-가을 중속영양성 외편모류와 섬모류의 시간적 변화. *한국해양학회지 「바다」*, 7, 140-147.
- 한국해양연구원 새만금해양환경연구센터 홈페이지. 새만금 해양환경보전대책을 위한 조사연구. <www.saemangeum.re.kr>[cited 2006. 5. 26].
- 해양수산부. 2003. 새만금해양환경보전대책을 위한 조사연구 -요약보고서(1차년도), 한국해양연구원 보고서, BSPM13900-1514-1. 309 p.
- 해양수산부. 2004. 새만금해양환경보전대책을 위한 조사연구 -요약보고서(2차년도), 한국해양연구원 보고서, BSPM19500-1581-1. 397 p.
- 해양수산부. 2005. 새만금해양환경보전대책을 위한 조사연구

- 구 -요약보고서(3차 년도), 한국해양연구원 보고서, BSPM26000-1696-1. 287 p.
- 해양수산부. 2006. 새만금해양환경보전대책을 위한 조사연구 -요약보고서(4차 년도), 한국해양연구원 보고서, BSPM320-00-1759-1. 349 p.
- Choi, B.H. and W. Kioka (editors). 2003. Hydro-environmental impacts of large coastal developments. ACCESS-TCI Proc. Hanrimwon Pub. Co., Seoul. 362 p.
- Lie, H.-J., C.-H. Cho, S. Lee, and E.-P. Lim. 2005. Integrated preservation study on the marine environmental impacts by the Saemangeum Sea dike, Korea: Introduction and preliminary results. p. 1-9. In: *Proc. Int. Symp. Tidalflat environments in East Asia: Present and Perspective*. Nagasaki, Japan, October 5. Nagasaki University, Korea Ocean Research & Development Institute.
- Nagasaki University and Korea Ocean Research & Development Institute. 2005. Tidalflat environments in East Asia: Present and perspective. Proc. Nagasaki Univ., Nagasaki, 94 p.

---

*Received Jun. 8, 2006*

*Accepted Jul. 7, 2006*