

## 한국근해의 디지털 수심·표고 데이터베이스 Digital Bathymetric and Topographic Data for Neighboring Seas of Korea

최병호\* · 김경옥\* · 엄현민\*

Byung Ho Choi\*, Kyeong Ok Kim\*, and Hyun Min Eum\*

**要 旨** : 본 연구에서는 한국 근해인 황해, 동중국해 및 동해 전역의 1분 수평격자 간격의 표고와 수심자료와 한반도 주변해역인 동·서·남해안 해역의 1초수평격자 간격의 표고, 수심자료를 결합 생성한 방대한 데이터베이스를 창출하였다. 육상표고와 해양수심자료의 결합에서는 공통기준면으로서 평균해면을 사용한 자료결합이 시도되었으며, 편집된 1분 격자 수치수심은 지금까지 보고된 한국근해 수심자료로서는 가장 신뢰성이 있으며 심해인 동해와 대륙붕해인 황해 및 동중국해의 조석, 해일, 순환과정을 상세하게 해상하는 중규모적 해양과정과 연안범람 수치시뮬레이션을 수행할 수 있는 기초자료를 형성하였다.

**핵심용어** : 황해, 동중국해, 동해, 수심·표고데이터베이스

**Abstract** □ An attempt has been made to establish digital bathymetric and topographic database in the form of grid point value(GPV) with an interval of one-minute horizontal space for a wide region of seas adjacent to Korean Peninsula and also with an interval of one-arcsecond for coastal seas of Korean Peninsula. Especially terrestrial and marine data fusion work using mean sea level as vertical datum plane has been performed for one-arcsecond GPV dataset. It is believed that the compiled bathymetric dataset are reliable comparing with existing dataset so far and can be utilized for ocean simulations of intermediate scale process and also detailed coastal inundation process.

**Keywords** : Yellow Sea, East China Sea, East Sea, digital bathymetric and topographic data

### 1. 서 론

세계에서 각국이 수치수심자료를 이용한 해양 GIS체계 수립 및 활용이 활발해 지는 단계이나 아직도 해안의 범람시뮬레이션, 해안선의 도출 등의 특정목적의 용도로서는 부족한 점이 많다. 태풍해일 및 지진해일의 공간적 규모는 외양의 전과과정을 거쳐서 해안에 최종영향(terminal effect)을 주게 되는데 현재 해안범람시뮬레이션을 통해 예상침수역도 등의 재해도 작성을 통한 자연재해 경감노력이 국제 자연재해 경감의 10년 프로그램(1990년-2000년)을 통해 선진해양국에서 계속해서 활발하게 수행되고 있다. 또한 전지구적 환경변화에 대처하기 위한 전지구매핑사업

이 국가간 협력사업으로 시작되고 있으며 전구해양수심역시 미해군 Geosat 위성의 측지임무(Geodetic Mission) 기간의 고도계자료와 기존자료를 활용하여 향상된 해상상황이 파악되기 시작하고 있다. 그러나 지역적으로는 자세한 표고, 수심은 제한된 지역, 해역에서만 존재하므로 자세한 해상도를 요구하는 해안의 범람현상 시뮬레이션 과업을 수행하기에는 아직도 많은 문제점이 있다. 이러한 근본적인 제약점은 존재하며 장기적인 표고, 수심 구축계획들이 세계적으로 각국마다 수행되고는 있으나 가까운 장래에 사용자의 접근이 용이하지 않을 전망이다.

본 연구에서는 해안·해양과정의 시뮬레이션을 통한 해안·해양에서의 자연재해경감에 목표를 둔 연구과업

\*성균관대학교 토목환경공학파(Corresponding author: Byung Ho Choi, Department of Civil and Environmental Engineering, Sungkyunkwan University, Chunchun-Dong 300, Jangan-Ku, Suwon, 440-746, Korea. bhchoi@yurim.skku.ac.kr)

에 기여하기 위한 한반도 주변해역의 정밀격자표고 및 수심 데이터를 일차적으로 생성시키고 이를 WWW 상에서 가시화시키는 효율적인 방법을 목표로 두고 문제점과 추후개선을 위한 방향을 제시하였다. 이 과업은 현존하는 이용가능한 모든 자료와 일련의 방대한 디지털 이징 작업을 통하여 연안역의 표고, 수심 결합작업을 통해 수행된 초기성과로서 국토정보화 사업에 기여하는 연구이다.

## 2. 표고 및 수심자료

### 2.1 전구표고 및 해양수심자료

전구적인 표고자료는 미국방성의 1:1,000,000 축척의 ONC(Operational Navigation Chart)와 이를 세분화한 지형도(TPC)로부터 추출된 3초(~1000 m) 해상도의 자료가 GTOPO30(U.S. Geological Survey) 또는 DTED level 0 (U.S. National Imagery and Mapping Agency)로서 제공되고 있는데 이를 기초로 하여 속성자료가 포함된 dataset들이 여러기관에서 역시 작성되고 있다. 수심자료는 Washington 대학에서 작성된 5분 해상도의 수심자료가 DBDB5라는 명칭으로 제공되는데 상응하는 5분 격자표고와 결합되어 ETOPO5로서 NGDC(National Geophysical Data Center)에서 제공된다. 국제수로협회(IHO)가 제공하는 digital GEBCO 해도로부터 격자점 수심을 제공하려는 과업이 현재 BODC(British Oceanographic Data Center)에서 수행중이며 인공위성고도계 자료를 활용한 샌디에고 대학 Sandwell 박사의 2분 해상도 격자수심(ftp. topex.ucsd.edu)이 수년전부터 제공되기 시작하고 있다. 이 2분 격자수심자료는 천해 및 연해에서는 보정이 되지 않은 것으로 5분 격자수심자료보다 오히려 낮은 질을 갖고 있으나 선박관측 및 항행빈도가 낮은 남반구 해양의 자세한 수심현황을 제공하였으며 해저의 해령, 지각상황을 우주에서의 원격탐사자료로서 판별할 수 있음을 재확인 시키고 계속적인 좁은 간격의 Geosat 위성(Geosat Follow-on Mission) 관측 등을 통한 정밀해양지오이드의 지속적인 개선작업이 가능케한 계기가 되었다. 이 전구해양 2분격자 수심자료의 천해역은 후술될 한반도 인근해역자료와 5분격자 수심자료의 보간자료로서 개선시킨 자료로 성균관대학교 해안해양역학연구소에서 전구해양 및 지역해양연구를 위한 기초자료로서 이미 제공되고 있다. 이와는 별도로 미국방성의 국가영상 및 매핑청(National Imagery and Mapping Agency)은 전세계해도를 수치해도화시켜 비상용적 일반

제공을하기로 결정하였는데 지역적으로는 점 수심자료와 격자수심자료 역시 DB화 되어있다. 전지구매핑계획(Global Mapping Project: <http://www.gsi-mc.go.jp/iscgmsec>)은 1992년에 시작된 국가간 협력프로그램으로서 아시아 지역은 일본국토지리원이 주관하여 각국의 협력을 받고 있는데 2000년에 1차적인 성과를 도출시키는 것을 목표로 하고 있다. 그러나 이러한 프로젝트와 전 지구적인 위성자료로부터 생성된 정밀한 표고자료가 제공되기에는 아직 상당한 기간이 소요될 것이다.

### 2.2 한반도 인근의 표고 및 수심자료

한국의 NGIS 구축 1단계사업은 2000년에 종료되었으며 이 사업에 의해 수치화된 지형도로부터 수치표고자료를 생성시킬 수 있으나 일반에게 공적으로 제공되기에는 시간이 소요될 것이다. NIMA의 DTED level 1은 3초(~100 m)자료로서 한반도 전체, 그리고 level 2는 1초(~30 m)로서 북위 38°선 인근역이 제공된다. 국방과학기술연구소 역시 수치지도(한국전역의 1/250,000) 및 3초 DEM을 정부기관, 연구소에 제공하며 남한전역 1:50,000 축척지도에서 1초간격의 DEM(Digital Elevation Model)을 생성시킨 자료가 있다. 국가 GIS 사업을 일찍이 시작한 일본의 경우 전국도의 250 m 및 50 m 해상도의 표고 자료를 일반에게 공개하고 있다. 반면에 중국과 러시아의 표고는 GTOPO30로서만이 이용가능하며 중국과학원 원격탐사연구소와 ArcInfo사가 공동제작한 ArcChina로부터 DEM을 추출시킬 수는 있으나 자세한 해상도를 기대하기는 어려울 것이다.

일본지리원과 일본해상보안청의 JODC가 각기 제공하는 수치지도정보체계는 표고와 수심의 경우 각기 1, 2, 3 차 지역구획(3 jimesh 체계)으로 나누는 공통적인 자료형식을 취하는데 250 m 및 50 m 격자 표고는 일본지도센터가, 수심정보(JBIRD 및 J-EGG)는 일본해양자료센터가 제공한다. 중국의 해도는 중국국가해양국에서 제공되는데 약 120도엽이 이용가능하며 한국 근해의 해도는 해양조사원에서 제작하여 해양개발(주)로 통해 판매되는데 점수심 또는 격자점 수심형태의 수치자료로서는 아직 제공되지 않고 있다. 한반도 주변해역의 전체적 수심은 국립지리원의 연안해역기본도(축척 1:25,000)가 약 120도엽로서 50 m까지의 수역수심을 육도의 수직기준면(인천항의 평균해면)으로 제시하는데 서·남해안을 20여년에 걸쳐 제작하였으나 국립지리원의 1단계 NGIS 과업에는 수치지도화과업이 포함되지 않았었다. 또한 50 m 이심(以深)의 천

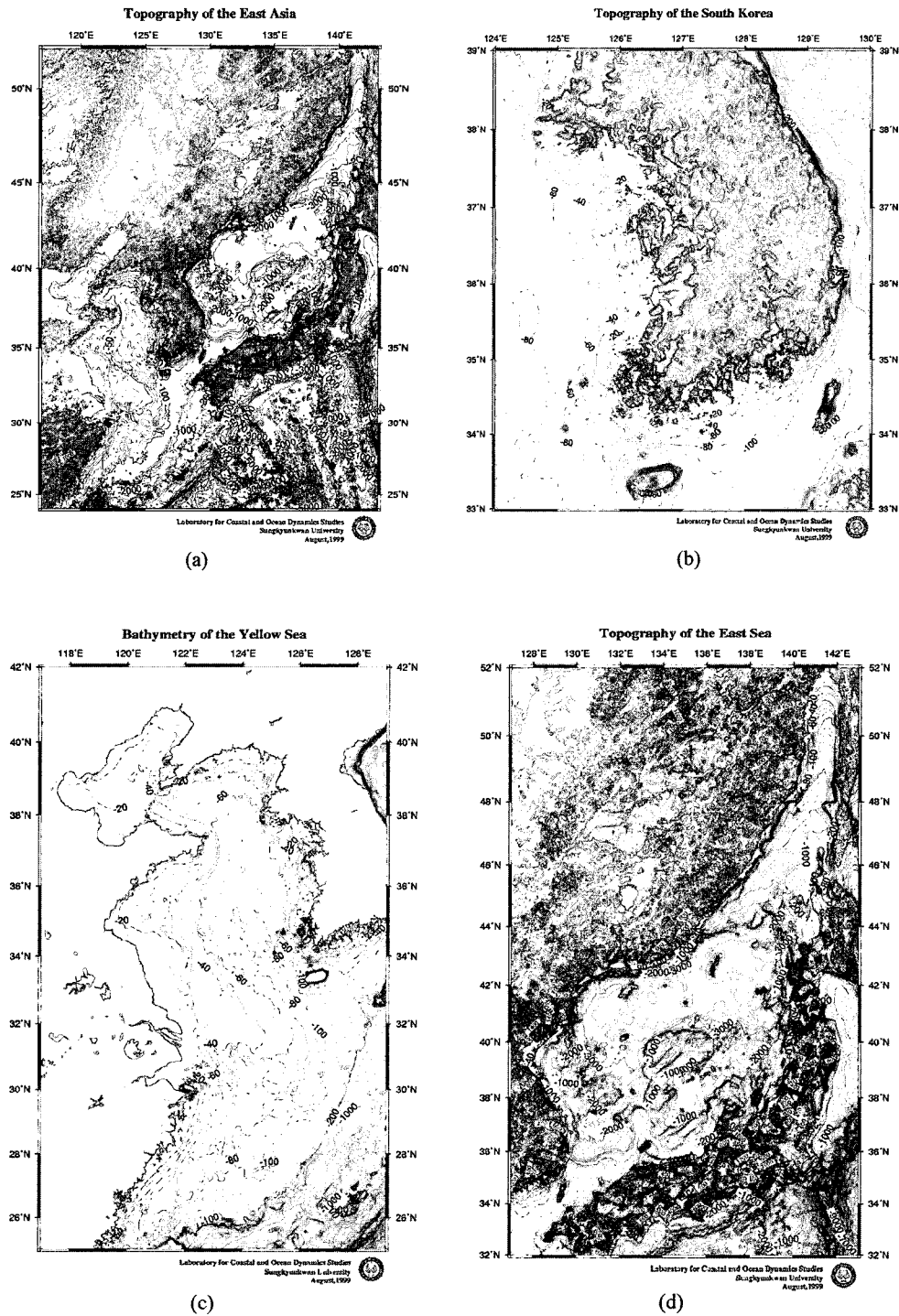


Fig. 1. (a, b, c, d). Digital bathymetric and topographic map for Neighboring Seas of Korea based on one-minute dataset using Generic Mapping Tools(Wessel and Smith, 2001).

해해역은 한국자원연구소의 10여년에 걸친 수심도가 이용 가능하다. 북한연안의 수심정보는 일차적으로 해양조사원이 제공하는 해도가 있으며 러시아 연해주연안의 정보는 러시아해도를 참조할 수 있었다. 구소련이 제작한 북한전도(지형도)에는 등고선 및 등심선이 동시에 제시되어 있어 이 자료 역시 본 과업에 활용하였다.

### 3. 황해와 동해전역의 1분 격자수심

황해와 동해의 전 영역의 해양과정 시뮬레이션을 위해서는 1분 격자수심은 현재의 전산능력과 자료 이용도를 참고할 때 당분간 충분한 수평해상도이다. 동해의 지진해일(쓰나미)모형의 경우 수치적분산으로 물리적분산을 대체하는 수법을 적용하기에 1분격자는 적합하며 해양순환 모델링은 아직 1분 격자수심에 상응하는 대기입력, 해양자료가 오히려 부족한 상황이다. 조석모형 역시 전해역을

1분격자로 충분히 해상시키지는 못하고 있으므로 다음 단계의 정밀수치 모델링을 위한 충분한 기초입력 수심자료로 활용될 수 있다.

상술된 해도들의 점수심, 등심선 그리고 이용가능한 JODC의 3차지역구획 수심자료 등을 전반적으로 이용하여 1분격자 수심자료를 생성시켰으며 Generic Mapping Tools(GMT, Wessel and Smith, 2001)을 이용하여 황해와 동해의 수치수심도를 작성하였다(Fig. 1). 이 자료는 한국해양·해양공학회를 통해 1999년 9월부터 일반에게 CD-ROM 매체로서 제공되고 있다. Fig. 2는 한반도 해역의 국지적지오이드를 NIMA의 2분간격중력이상자료, 육상중력자료 및 Geosat GM(Geodetic Mission) 고도계 자료등을 복합하여 작성한 것으로서 동해의 국지적지오이드와 수심상황이 높은 상관관계를 갖고 있음을 재확인시키고 있다. 전술한 대로 Smith 와 Sandwell(1994)은 Geosat의 레이다 고도계자료로서 고정밀( $\pm 3$  mGal), 고해상도 (15

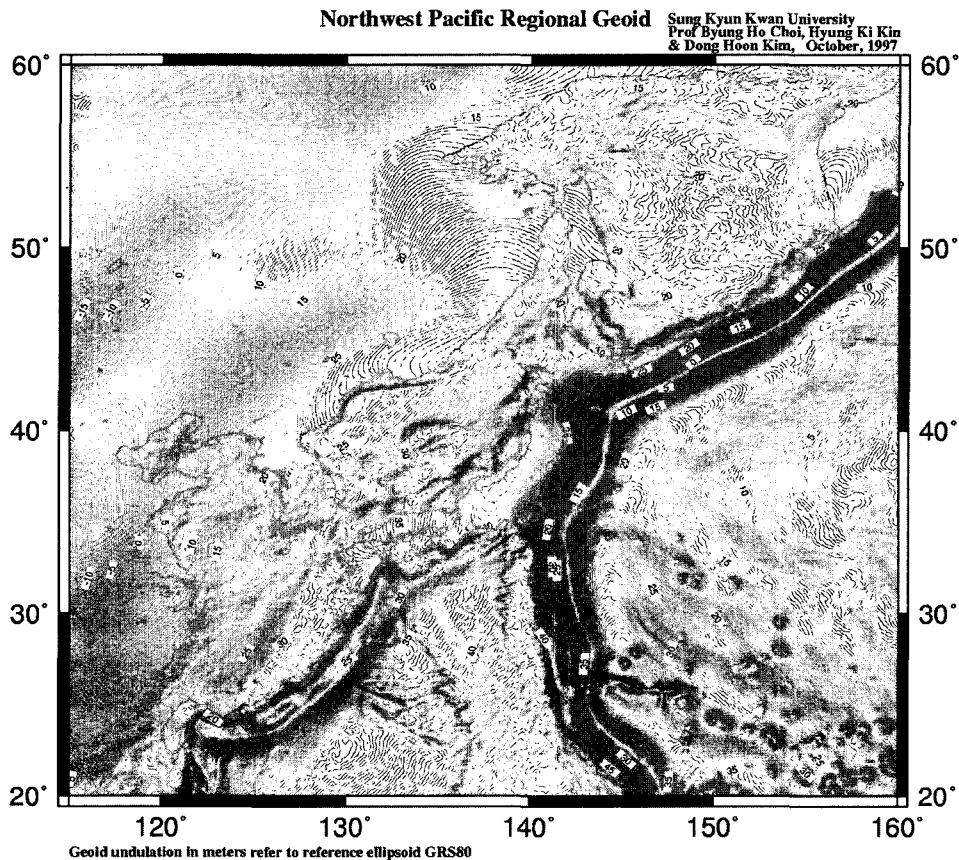


Fig. 2. Regional Geoid for Neighboring Seas of Korea.

km)의 전지구 해양중력이상도를 작성하였으며 이 중력이 상과 15-160 km의 해저과형대와의 상관관계로서 2분 격자체계의 전구해양수심도를 작성한 바 있다. 작성된 동해의 정밀지오이드는 일본국립지리원에서 작성한 지오이드보다 동해안전역에 있어 수심과의 상관성이 더 높은 것이 Fig. 2에서 가시적으로 확인되고 있다.

#### 4. 1분 격자수심데이터와 음향관측자료에 대한 비교

Fig. 3은 한국해양연구소에서 1997년 2월, 황해해류관측 및 해수유동연구 중에 해양조사선을 이용하여 관측한 황해(흑산도 서측)의 수심데이터와 본 연구에서 작성된 1분 격자수심데이터를 비교해 보았다. 두 데이터는 비교적 비슷한 경향을 나타내는 것을 볼 수 있는데, 이 지역이 강한 조류로 인해 퇴적과 침식이 빈번한 지역으로 지형의 변화가 한국지원연구소의 수심도의 작성 이후로 일어났음을

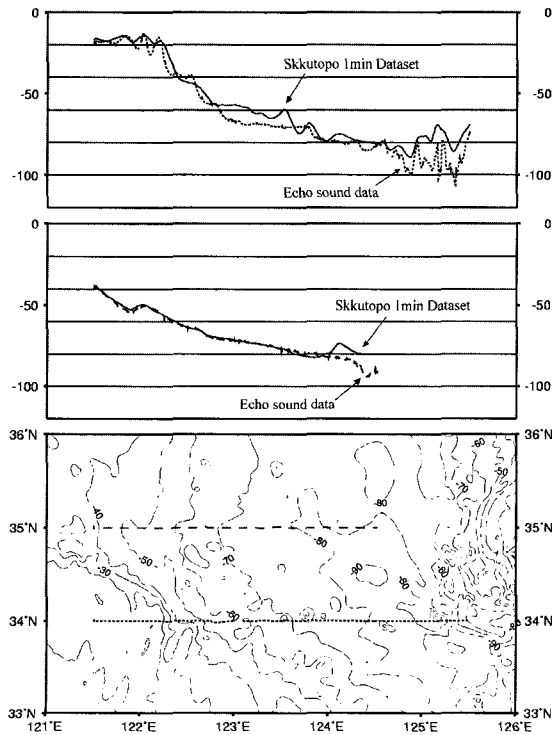


Fig. 3. Comparison with bathymetric data and echo sounding observation data and its route in the Yellow Sea(dotted line: echo sound data, solid line: Skkutopo\_1min Dataset).

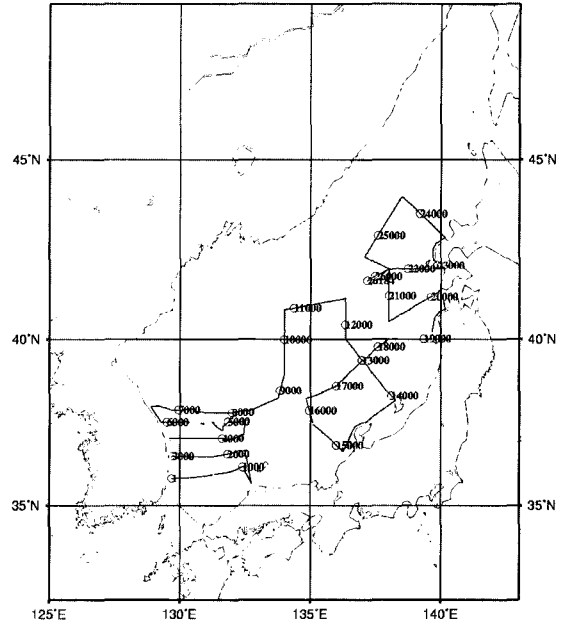


Fig. 4. R/V Revelle Hahnaro observation route in the Korea Strait and East Sea(from June 25 to July 14, 1999) (dotted line: Korea Strait route, solid line: East Sea route, number: observing time(unit: minute)).

을 짐작할 수 있다.

Fig. 4는 1999년 6월~7월 사이에 관측된 대한해협과 동해에서의 R/V Revelle Hahnaro 항해선의 항로를 나타낸다. Fig. 5는 대한해협 인근에서의 1분 격자수심데이터와 R/V Revelle Hahnaro 항해선의 관측데이터의 비교도이다. 이 대한해협의 관측 데이터 중 동경 130도 부근의 데이터는 관측이 잘 되지 않아서 비교를 할 수 없고, 동경 130도~130도 45분 사이의 구간에서는 관측치와 1분 격자수심데이터와 잘 일치함을 볼 수 있다.

Fig. 6은 동해에서의 R/V Revelle Hahnaro 선의 항로에 따른 관측데이터를 나타내고 있다. 수직으로는 관측수심을 나타내고, 수평으로는 관측시간에 따른 관측데이터의 순서를 나타낸다. 전체적으로는 비교적 비슷한 형태를 나타내고 있으나, 동해 중부(16000 번째 데이터)의 관측 데이터에는 약 500 m의 수심을 나타내고 있으나, 격자수심데이터에는 3000 m의 수심을 나타내고 있음을 볼 수 있다. 또한 동해북부(24500 번째 데이터)에서도 관측데이터와 격자수심데이터에 약 700 m의 수심차이를 보여주고 있는데, 그 외의 지역에서의 수심데이터는 잘 일치함을 볼 수 있다.

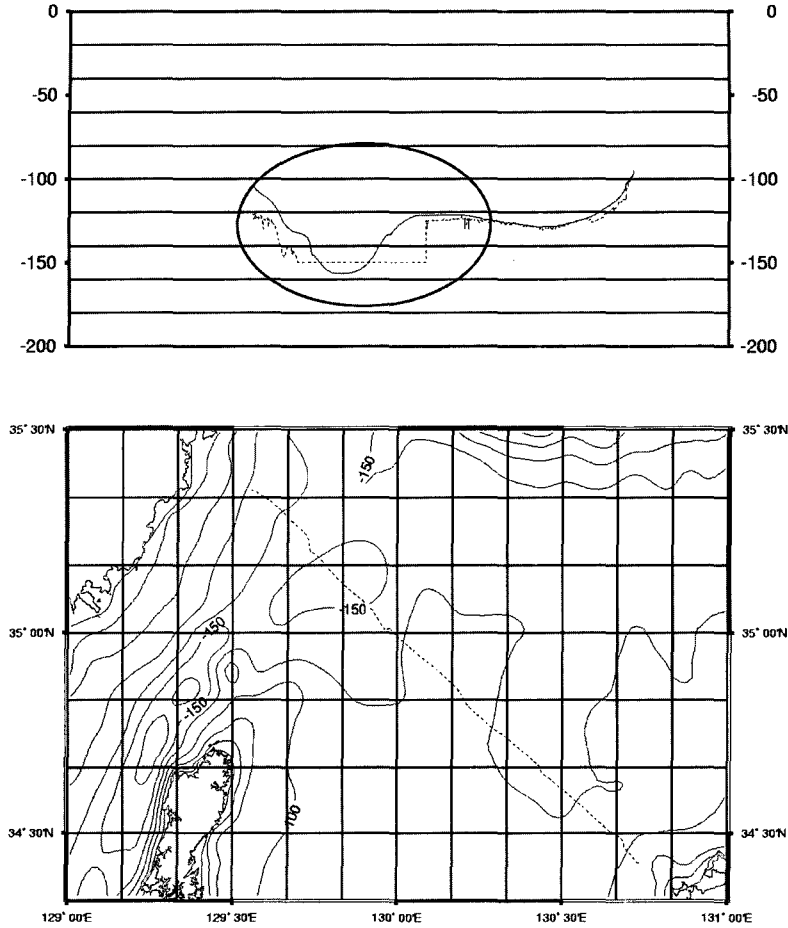


Fig. 5. Comparison with bathymetric data and R/V Revelle Hahnaro observation data in Korea Strait(dotted line: Knudsen depths and P-Code GPS, solid line: Skkutopo\_1min Dataset).

### 5. 동, 서해안의 수심 · 표고 결합

한반도 서해안 및 남해안 해역에서의 수심, 표고결합작업을 시도하였는데 1초해상도(~30 m) 표고수심과 결합시키기 위해서 서·남해안의 1:25,000 축척의 연안해역기본도(표고와 수심의 기준이 인천평균해면을 취하고 있음)와 50 m 이심(以深)의 해역은 자원연구소의 해저지질관측사업에 포함된 수심도의 등심선을 디지털화하여 30 m 격자수심을 생성시켜 각 도엽의 경계부분의 불일치를 시행착오법에 의해 수정한 후 서·남해안의 결합자료를 생성하였다. 동해안의 경우는 차이가 작아서 공통기준면의 중요성은 상대적으로 낮아 1초 해상도 표고와 해도를 디

지타이징시킨 수심(전회의 해빈변형 시뮬레이션(김아리 등, 2001)에서 10 m, 20 m, 해상격자수심을 생성하였음)을 직접 결합하였다(Fig. 7). 육수경계(geohydraulic boundary)를 공통수직기준면을 기준하여 표고와 수심을 결합시키는 작업이 선진해양국에서도 비로소 시작하는 단계에 있는데 해안선의 재정의(redefinition) 및 확립에 따른 국토관리의 관점에서 중요한 일이다. 공통수직기준은 현재 평균해면이 널리 이용되고 있으나 정밀지오이드가 작성되면 이 새로운 기준으로 대체되어 GPS 체계와 연계된 표고, 수심이 21세기초반에는 활용될 전망이다. DI 자료는 전세계적 위성관측활동 등을 통한 중력관측에 의해 일차적으로 해안재해경감을 위한 범람시뮬레이션의 기초자료로 활용하

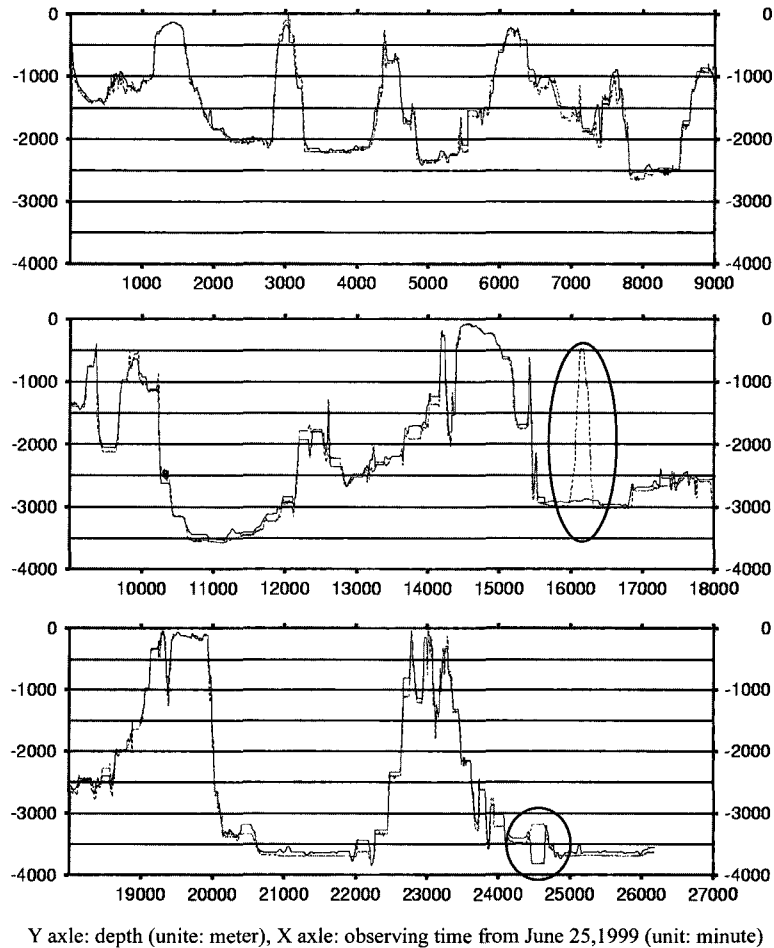


Fig. 6. Comparison with bathymetric data and R/V Revelle Hahnaro observation data in East Sea(dotted line: Seabeam depths and P-Code GPS, solid line: Skkutopo\_1min Dataset).

는 데 초점을 두었는데 국지적으로는 계속 수정, 보완이 필요하다.

또한 해안선 및 바다의 지형은 인위적 또는 자연적으로 계속 변하게 되는데, 최근에 건설된 시화호 방조제(Fig. 8)나 건설중인 새만금 방조제(Fig. 9)는 한반도 서해안의 해안선을 바꾸고 있다. 또한 10여년 전에 서한만 남포에 건설된 서해감문(Fig. 10)과 황해도에 건설된 9.18 담수호(Fig. 11)도 연안지형데이터의 수정을 필요로 하게 되었고; 중국 발해만의 황하하구의 극심한 퇴적작용으로 인한 해안선의 변화가 이루어지고 있다(Fig. 12).

## 6. 결 론

한국근해인 황해와 동해전역수심 및 연안역의 정밀해상도 표고, 수심 결합작업을 수행하였는데 제약점으로는 이용된 자료의 질, 채택된 연안선 위치자료의 정확성 등이 전반적인 문제로서 단기간내에 해결될 수 있는 상황은 아니다. 연안 범람시물레이션을 위해서는 연안선을 따른 구조물, 해빈 등의 정량적인 수치들이 별도의 DB로서 구축되어야 지역적인 시물레이션의 신빙성을 부여할 수 있으며 hindcast simulation에 있어서는 과거사상 발생시의 해안선 형태가 입력되어야 하는 등의 상당한 문

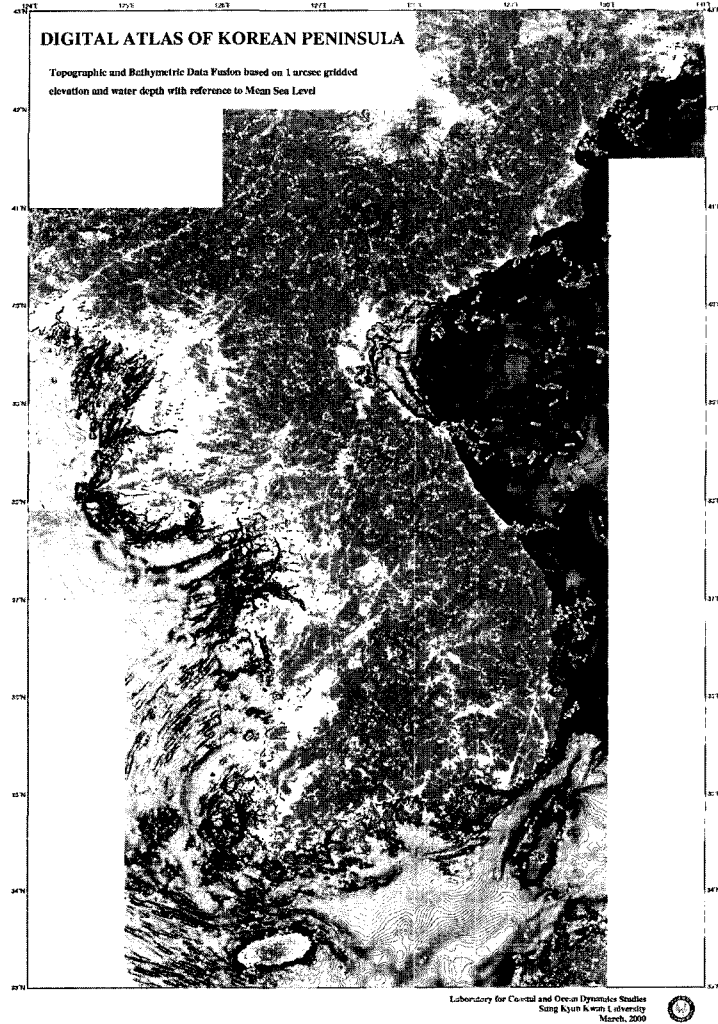


Fig. 7. Digital bathymetric and topographic with an interval of one-arcsecond.

제점들이 있다. 그럼에도 불구하고 한국근해의 각종해양 주제도, 해안을 따른 계수리현상의 표출에 있어 기본이 될 중요한 데이터베이스와 이를 인터랙티브 자료 가시 화기법을 활용하는 기본체계를 수립 중에 있는데 계속 적인 입력이 요구되는 분야이다. 인근 일본에서는 배타 적경계수역의 설정, 유지에 대처하기 위해 약최저저조위 (Nearly Lowest Low Water)를 기준한 대륙붕 해역도 를 수년에 걸쳐 작성중이며 하천홍수재해범람도(실적도, 예상도, 피난도)에 이어 연안재해범람도의 작성기준을 설 정하여 이미 연안범람 재해도사업을 시작하였다. 미국 역

시 전해안에 걸친 해안선 재정립을 위한 기준(shoreline database standard)을 설정중이며 전반적인 해안범람 재 해도 작성을 수년전에 시작하였다. 2001년부터 시작 한 해양수산부의 해안선 재측량과업이 전국도해안에서 완료되면 적어도 남한역의 해안선의 재정의가 비로소 이 루어질 수 있다고 생각된다. 따라서 본 연구는 지금 까지 이용 가능한 모든 과거자료에 입각해서 작성된 Dataset이며 추후의 정밀관측에 의하여 개선작업이 이 루어져야 한다.



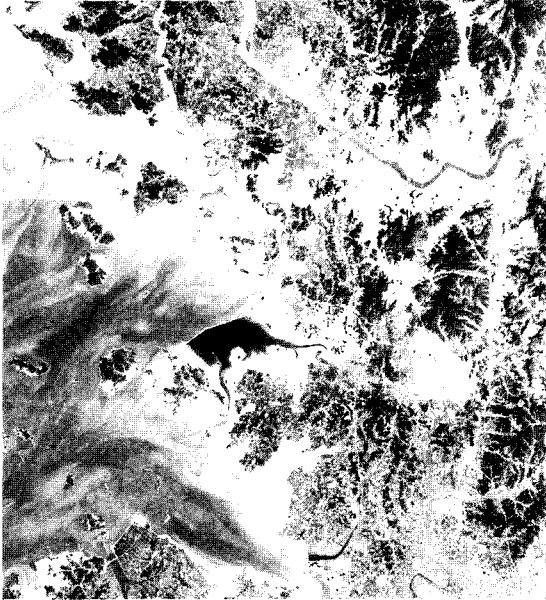


Fig. 8. Landsat Image in Sihwaho.

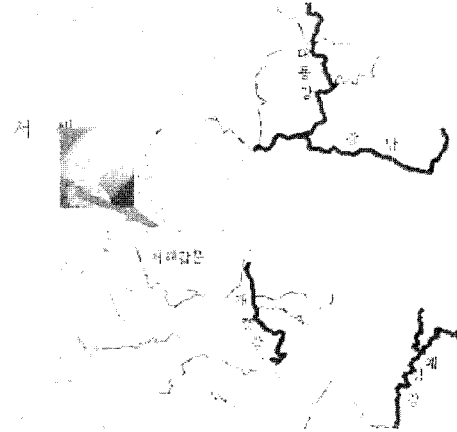


Fig. 10. Location of Seohae Barrier.



Fig. 11. Location of 9.18 freshwater lake.



Fig. 9. Landsat Image in Saemangum.

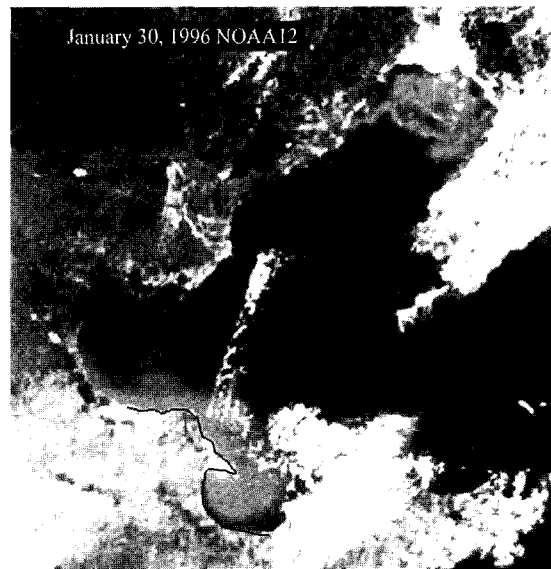


Fig. 12. Coastline of Bohai Sea.

### 감사의 글

중국 및 한국연안해도의 디지털자료들은 한국해양연구소로부터 제공받은 바 이에 감사의 뜻을 밝힌다. 한국 및 중국근해수심의 디지털 자료는 한국해양연구소 강해석, 신기재, 전기천씨, 한양대 윤성범 교수, 일본근해의 디지털 자료는 일본기상연구소의 Y. Tanioka 박사 및 M. Okada 박사로부터 제공받았으며 국립해양조사원은 디지털 연안선 자료(약최고고조위)를 제공하였다. 대한해협 및 동해의 R/V Revelle Hahnaro의 수심관측데이터는 스크립스 해양연구소의 Lynne Talley 교수로부터 제공받았으며, 황해의 수심관측데이터는 해양연구소에서 자료를 제공하였다.

### 참고문헌

국립지리원, 연안해역기본도(1: 25,000) 가사지역의 145도엽.  
국립해양조사원, 1999. 해양과 디지털연안선자료.

대한민국국립해양조사원, 해도(한국근해).  
일본지도센터, 1998. 표준지역메쉬코드일람도 및 50 m, 250 m 표고자료(<http://www.jmc.or.jp>).  
일본해양자료센터, JBIRD data(3jimesh. data, 511. 861 records)  
중국국가해양국, 해도 (중국근해).  
최병호, 1998. 해저지형의 컴퓨터 그래픽 가시화 기법-해저지형의 제작, CAD & 그래픽스, 8월호: 181-184.  
Wessel, P. and Smith, W.H.F., 2001. The Generic Mapping Tools Version 3.4, Technical Reference and Cookbook .  
U.S Geological Survey, GTOPO30 Documentation .

---

Received January 29, 2002

Accepted March 6, 2002