

## 한국 주변해역 30초 격자수심 - KorBathy30s Digital 30sec Gridded Bathymetric Data of Korea Marginal Seas - KorBathy30s

서승남\*  
Seung-Nam Seo\*

**요 지 :** 한국 주변해역(30°N~44°N, 117°E~143°E)에 대한 30초 간격의 격자수심을 산출하였다. 자료 생산을 위해 공개된 1분 수심 최신자료와 2007년 간행된 국립해양조사원의 모든 수치해도를 이용하였다. 격자수심의 기준면은 약 최저저조면이며 경위도는 WGS84 좌표계를 사용하였다. 특히 수치해도에서 측심자료를 추출하고 이를 WGS84 좌표로 변환하는 프로그램을 개발하여 자료의 정확성을 피하였고 보간법을 이용한 산출된 자료를 기존 자료와 비교분석하였다. 본 수심자료에서는 기존 격자수심과 달리 보다 상세하고 정확한 지형을 볼 수 있다.

**핵심용어 :** 격자수심, 약 최저저조면, WGS84, 측지좌표계 변환, 내삽법

**Abstract :** Gridded bathymetric data of 30 seconds apart in Korea marginal seas (30°N~44°N, 117°E~143°E) are produced. In order to make the data, both updated gridded data of 1 minute apart on internet sites and all the digital nautical charts issued by National Oceanographic Research Institute (NORI) in Oct. 2007 are used. The reference level of the gridded data is approximate level of lowest low water and the horizontal coordinates are based on the WGS84 ellipsoid. Especially a developed computer program can collect all the sounding data including depth contour directly from the digital charts and UTM coordinates of the data are converted to the WGS84 coordinates from which accuracy of data is significantly improved. An interpolation method is adopted to produce the gridded data which are compared and analyzed against the existing gridded data. In this gridded data we can see significantly detailed topographic features which could not be found in the previous data.

**Keywords :** gridded bathymetric data, approximate lowest low water, WGS84, earth coordinate transformation, interpolation

### 1. 서 론

수심은 조석, 지진해일 또는 폭풍해일 등의 장파 뿐 아니라 비교적 파장이 짧은 풍파를 포함한 모든 파랑의 전파와 변형을 좌우하는 주요한 인자이다. 그러므로 수심 자료의 정확성은 파랑의 전파와 변형 예측의 정밀도에 직결된다. 격자 수심은 조석, 지진해일, 폭풍해일뿐 아니라 파랑 전파에도 활용되므로 본 논문에서는 한국 주변해역(30°N~44°N, 117°E~143°E)에 대한 경위도 30초 간격의 격자수심 산출기법을 기술하고 산출된 자료를 기존 자료와 분석하였다.

격자수심에 대한 기존 자료는 10여개가 있으며 본 논문에서는 1분 자료 가운데 널리 알려진 GEBCO(2003),

Global Seafloor Topography(2007), JEGG(2005), 최 등(2002), 국립해양조사원(2007)을 기초 자료로 활용하였다. GEBCO(General Bathymetric Chart of the Oceans)는 영국 해양자료센터(BODC)에서 발간한 것으로 전 세계 기존해도의 등수심선을 디지털 자료로 변환하여 생산한 1분 자료이다. Global Seafloor Topography는 미국 NOAA와 Scripps에서 위성 고도계 자료에서 추출한 중력이상 자료를 측심자료와 보정한 수치모형의 결과(Smith and Sandwell, 1997)로 전 지구(72°S~72°N) 1분 자료이다. 이는 Satbath라고 불리며 자료는 계속 보완되고 있으며 본 논문에서는 2007년 10월 자료를 사용하였다.

국내 자료인 최 등(2002)은 한국 해도, 중국 해도, 러시아 해도를 디지털이정한 수심을 이용하고 평균해면을 기

\*한국해양연구원 연안개발연구본부 책임연구원(Coastal Engineering Research Department, KORDI, Ansan PO. Box 29, Seoul 425-600, Korea. snseo@kordi.re.kr)

준면으로 정한 한반도 주변해역(24°~52°N, 117°~143°E)의 수심과 표고에 대한 1분 자료이다. 수심 자료에는 국토지리정보원의 연안해역기본도와 일본 해양자료센터(JODC) 자료도 사용되었으며, 표고는 미국 NIMA(National Imagery and Mapping Agency)가 확대 개편된 후속기관인 NGA(National Geospatial-Intelligence Agency)의 DTED(Digital Terrain Elevation Data) 자료 등을 이용하였다. 최 등(2002)의 기준해면은 남한의 경우는 인천 평균해면을 사용하였으나 그 밖의 지역은 DTED의 표고 기준인 EGM96(NIMA, 2000) 모형으로 산출한 Geoid를 기준한 것으로 분석된다.

본 논문에서 구한 수심 자료는 2007년 발간된 국립해양조사원의 모든 212종의 한국 수치지해도에서 추출한 측심 자료와 등수심선 자료를 기준한 것이라 할 수 있다. 이와 함께 일부 해역에서는 일본 해양자료센터의 JEGG(J-EGG500; JODC - Expert Grid data for Geography) 500 m 자료와 국립해양조사원의 1분 DEM 자료 그리고 위에 기술한 격자수심 자료를 사용하였다. 국립해양조사원 자료는 측심자료

를 편집한 것이고, JEGG는 편집된 측심자료를 내삽한 것으로 측심자료와 내삽자료를 구분하는 인덱스를 갖고 있다.

제 2절에서는 기존의 격자수심을 비교하여 특성을 분석하였고 제 3절에서는 한국 수치지해도의 수심자료를 획득하는 기법과 좌표변환의 정확성을 검증하여 산출한 측심자료를 나타내었다. 제 4절에서는 앞 절에서 기술된 자료를 이용하여 내삽법으로 산출한 30초 간격의 격자수심과 육상 표고를 1° 간격의 도엽 파일에 저장하고 이를 그려 위에 언급한 기존 1분 자료와 비교분석하였다.

## 2. 기존 격자수심 자료

본 절에서는 기존 격자수심 자료를 비교분석하였다. 최 등(2002)의 자료를 제외한 모든 자료는 측심자료로부터 산출하였거나 이용하여 생산하였기 때문에 수직 기준면은 약 최저저조면으로 판단된다. 약 최저저조면은 지역에 따라 변하기 때문에 수직 기준면은 지역에 따라 변하나 모든

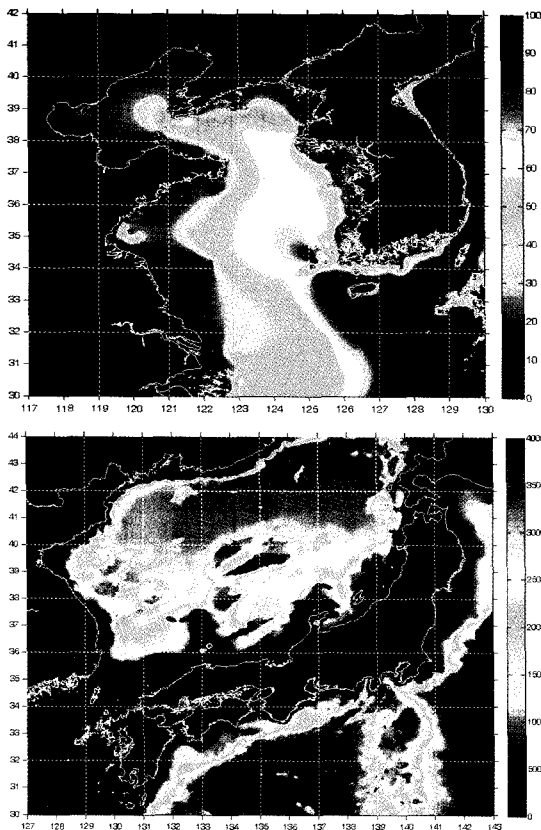


Fig. 1. Bathymetry data(unit: m) plot from GEBCO(BODC, 2003).

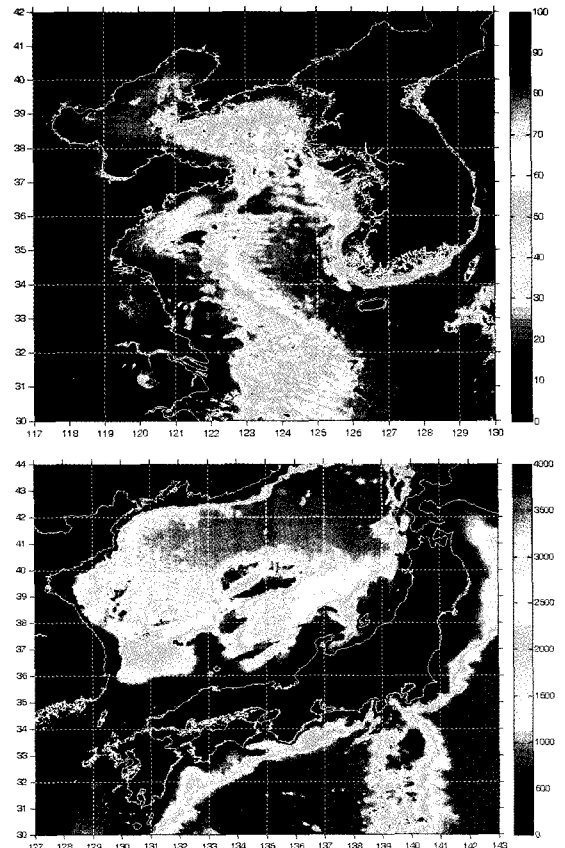


Fig. 2. Bathymetry data plot(unit: m) from Global Seafloor Topography(NOAA, 2007).

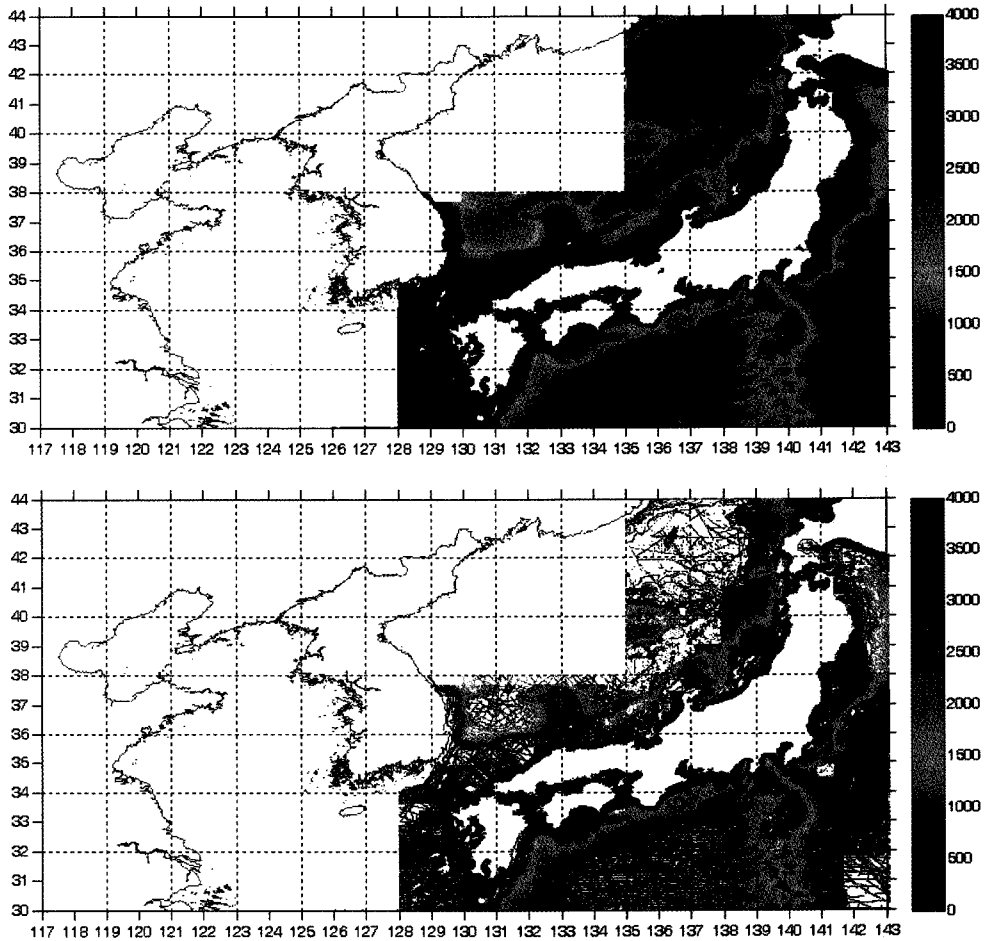


Fig. 3. Bathymetry data(unit: m) plot from JEGG500(JODC, 2005). In the upper plot interpolation data are included but lower plot shows sounding data only.

수평 좌표는 지구좌표계인 WGS84 좌표로 통일된 것이다.

Fig. 1에 GEBCO의 수심을 나타내었다. 이 자료는 해도의 등수심선을 주 자료로 이용하여 생산된 것으로 뒤에 보인 다른 격자수심의 그림들과 비교하면 수심이 매우 평활화된 점과 대상 구역의 수심 정밀도가 상대적으로 낮은 것으로 분석된다. 이 후 모든 그림에서의 해안선은 대한민국 전도(해도번호 101)와 이와 유사한 축척의 국립해양조사원 해도로부터 추출한 것이다.

Fig. 2는 Satbath의 수심이다. 이 자료는 1절에 기술한 바와 같이 위성 고도계의 자료로부터 얻은 중력이상 자료를 이용하여 산출한 수심이다. 이 자료의 특징으로는 위성자료이기 때문에 수평 좌표가 상당히 정확하고 많은 양의 자료를 이용한 것으로 기술되었기 때문에 상세한 수심변화를 보인다. 한편 연안지역의 수심이 상당히 깊게 나

타난 것은 위성자료의 잡음(noise)에 의한 것으로 또는 중력이상 자료로부터 수심을 추출하는 과정의 오류로 추정된다. Smith and Sandwell(1997)에 의하면 중력이상과 수심의 비는 지역마다 다르며 이는 퇴적층의 두께와 다른 요인에 의해 복잡하게 변한다. 그러나 다른 자료와 비교하면 이 자료는 세부적인 지형에서는 차이를 보이나 전반적인 형상은 올바른 것으로 판단된다.

Fig. 3은 일본 JEGG의 자료를 그린 것이다. 여기서 위 그림은 측심자료와 내삽한 자료를 포함한 모든 자료를 그린 것이고 아래는 측심자료만을 나타낸다. JEGG는 우리나라 동해 및 남해 연안도 포함하고 본 대상 구역 밖 일본 근해의 자료도 존재한다.

해도는 선박의 안전 운행을 목적으로 하기 때문에 실제 측심된 다수의 자료 가운데 가장 낮은 자료를 사용하

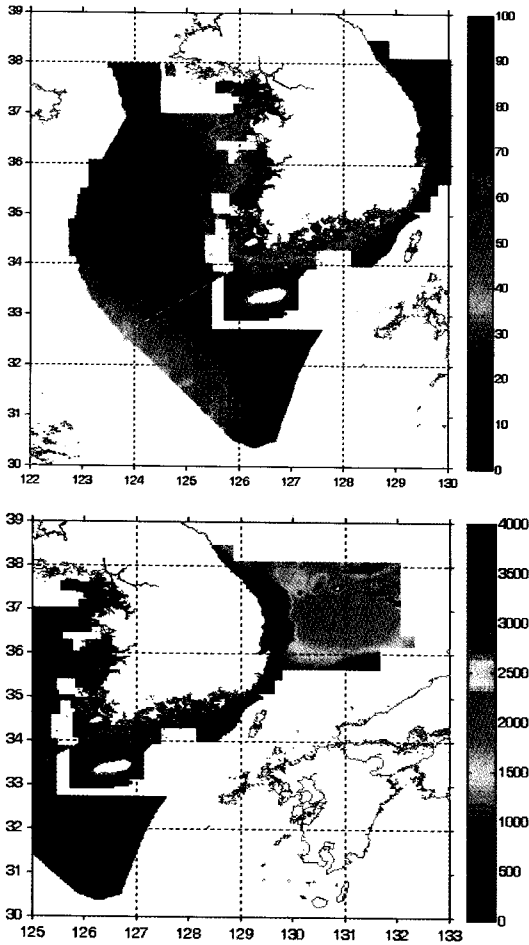


Fig. 4. Bathymetry data(unit: m) plot from Nori DEM(NORI, 2007).

게 된다. 이 점이 측심자료를 상대적으로 평활화하는 요인이 되며 또한 위치측량에 GPS가 사용되기 전의 외해 자료는 수평좌표의 측량 오차가 클 것으로 판단된다. 측심오차가 예상되는 경우 상이한 자료의 상호비교에 의한 자료의 질을 평가하여 본 격자수심을 산출하였다.

국립해양조사원의 격자수심(DEM으로 통용됨) 가운데 공개 자료인 1분 자료는 1996년부터 시작된 국가 해양기 본도 사업의 멀티빔 측량자료를 근간으로 기존의 측심자료를 편집한 것이다. 멀티빔 자료는 단일빔 자료에 비해 많은 자료를 한 번에 얻을 수 있어 세부적인 지형을 나타낼 수 있다. Fig. 4는 2007년까지 편집 완료된 국립해양조사원의 격자수심을 나타낸 것이며 편집 중에 있거나 측량 계획구간의 자료는 비어있다. 그리고 소청도, 연평도, 덕적도 서측 해역은 군사지역으로 당분간 측량이 어

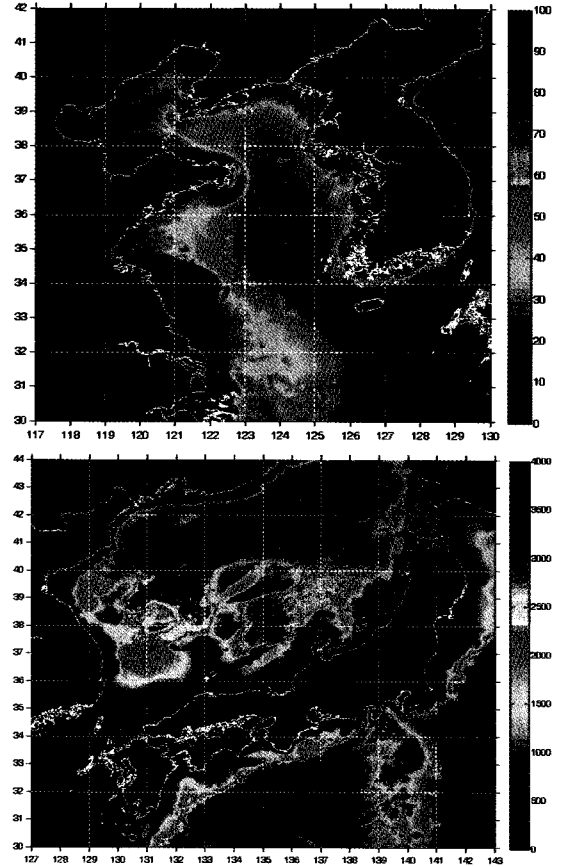


Fig. 5. Bathymetry data(unit: m) plot from Choi et al.(2002).

려울 것으로 판단된다. 이 서해의 자료는 다른 어떠한 자료보다 상세한 지형을 보여주며 격렬비열도와 소흑산도를 잇는 선상의 주변지형은 골과 능선이 반복되는 특이한 구조를 보여 준다.

Fig. 5에 최 등(2002)의 1분 격자수심을 나타내었다. 서론에 기술한 바와 같이 자료의 수심은 평균해면을 기준으로 한 것으로 기술되어 있다. 남한 서해의 평균해면(해양수산부, 2005)은 기본수준면으로부터 인천에서 최고로 4.7 m에 달해 경기만 연안의 수심은 평균해면을 기준으로 하면 상당히 깊어진다. 한편 울산 이북의 동해에서는 0.2 m로 연안의 경우라도 평균해면 혹은 약 최저저조면을 기준한 수심은 큰 차이를 보이지 않는 것으로 판단된다.

동일한 수직 기준면에 대한 고려하지 않은 Fig. 4와 Fig. 5의 단순 비교로부터 최 등(2002)의 동경 123° 동측의 서해 수심은 국립해양조사원의 수심과 상당한 차이를 보인다. 특히 수심이 30 m 보다 깊은 해역에서는 평균해면에 의한 수심 증분이 상대적으로 작게 되며 여기서 평

균수심을 감안하여 수심을 상호 비교하는 경우 최 등(2002)의 수심은 실제 수심과 상당히 차이를 쉽게 예상할 수 있다. 그리고 동해의 경우 러시아 부근의 최 등(2002)의 수심은 Fig. 1의 GEBCO 수심에 가까운 것으로 분석된다.

### 3. 대한민국 수치해도의 수심자료

국립해양조사원이 발행한 2007년 최신 수치해도는 총 212종에 이른다. 여기에 도엽의 분도를 고려하면 총 도엽 수는 283개에 이르며 이들은 DXF 형식의 파일로 제공된다. 본 절에서는 국내 발간된 수치해도에서 측심과 등수심선의 자료를 획득하는 방법과 이를 WGS84좌표로 변환하는 과정을 기술한 후 좌표 변환된 수치해도의 측심 자료를 분석하고자 한다.

#### 3.1 해도의 측심자료 추출

개발된 Visual Basic(VB) 프로그램을 이용하여 구입한 모든 수치해도에서 측심 자료와 등수심선 자료를 추출하였다. VB 프로그램은 AutoCad 프로그램에서 제공한 ActiveX 자동화 인터페이스를 이용하여 AutoCad을 구동 시킴으로써 VB 프로그램과 연결된다. 그리고 AutoCad 프로그램에서 자료 추출을 위한 DXF 파일을 선택하면 VB 프로그램은 사용자화 된 AutoCad에서의 측심과 등수심선 자료를 선택하여 읽어 미리 정한 다른 파일에 자료를 저장하게 된다. 본 방법은 수치해도에 저장된 정보를 바로 읽어 추출하기 때문에 디지털타이저를 이용하여 해도의 정보를 추출하는 방법(정 등, 2003)에 비해 추출과정의 오류를 방지할 수 있을 뿐만 아니라 다량의 정보를 신속하게 추출할 수 있는 효율적이고 진보된 방법이라 할 수 있다.

위의 자료는 수치해도의 평면좌표(WGS84 Datum)에 따른 UTM 횡좌표, 종좌표와 수심자료로 기존 자료와의 비교를 위해 WGS84 경위도 좌표로 변환이 필요하다. 국내 모든 수치해도의 경우 UTM 중심자오선은 동경 129°로 고정되어 있으며 적도와 중심자오선의 교점이 UTM 좌표의 원점이다. 그러나 뒤에 기술한 바와 같이 중심자오선에서 횡좌표는 자료 표현의 편의상 500,000 m가 되며 종좌표는 적도에서 측정까지의 자오선 호의 길이로 단위는 미터이다(유복모, 1995).

#### 3.2 측심좌표 변환

격자수심은 WGS84 지구타원체를 기준한 경위도 좌표

로 표현하여야 기존 격자수심 자료와 비교할 수 있으며 이 좌표계는 격자수심의 기본 좌표계로 점차 정착되고 있다. 그리고 많은 자료의 좌표를 변환하는 경우 변환 프로그램의 개발이 선행되어야 한다. 그래서 본 절에서는 해도의 UTM 좌표를 WGS84의 경위도 좌표로 변환하는 과정을 기술하고자 한다. 본 절의 좌표 변환은 측지 관련문헌(유복모, 1995; 백은기 등, 1993; DMA, 1989)을 참고할 수도 있으나 본 결과의 산출과정을 기술하기 위해 주요 내용만을 간추려 정리하였다.

선정된 지구타원체를 원통에 투영하여 평면 좌표계로 좌표 변환하는 횡메카토르 투영은 Gauss-Krüger 방법으로 등각 2중 투영법이다. 본 논문에서는 평면 직교좌표( $X, Y$ ), 경위도 좌표( $\lambda, \phi$ )로 표기하여 변환 식을 나타낸다. 또한 중심(또는 기준) 자오선의 경도를  $\lambda_0$ , 지구타원체의 장, 단축의 반경을 각각  $a, b$ 라 하면 제 1 이심률  $e = (a^2 - b^2)/a^2$ , 자오선 곡률반경  $R = a(1 - e^2)/\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi}$ , 묘유선 곡률반경  $N = a/\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi}$ 이 각각 정의되고 축척계수는  $m_0$ 로 표기한다. 그리고 수식 표기의 편의상 다음의 변수  $C = \cos \phi, S = \sin \phi, T = \tan \phi, \eta^2 = e^2 \cos^2 \phi(1 - e^2), \Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ 를 사용한다.

지구타원체의 경위도 좌표에서 평면 직교좌표로 변환하는 식 (1)로 나타낼 수 있다.

$$X = X_c + m_0 N C \Delta\lambda \times \left\{ \begin{array}{l} 1 + (5 - 18T^2 + T^4 + 14\eta^2 - 58T^2\eta^2) \frac{(C\Delta\lambda)^4}{120} \\ + (1 - T^2 + \eta^2) \frac{(C\Delta\lambda)^2}{6} + (61 - 479T^2 + 179T^4 - 7\eta^6) \frac{(C\Delta\lambda)^6}{5040} \end{array} \right\} \quad (1a)$$

$$Y = m_0 \times \left\{ \begin{array}{l} L + NCS(\Delta\lambda)^2 \left[ \begin{array}{l} -\frac{1}{2} + (5 - T^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) \frac{(C\Delta\lambda)^2}{24} \\ - (6 + 58T^2 - T^4 - 270\eta^2 + 330T^2\eta^2) \frac{(C\Delta\lambda)^4}{720} \\ + (1385 - 3111T^2 + 543T^4 - T^6) \frac{(C\Delta\lambda)^6}{40320} \end{array} \right] \end{array} \right\} \quad (1b)$$

통상 UTM 좌표계가 충분한 정밀도를 갖기 위한 변환 조건으로 중심 자오선에서  $\pm 3^\circ$  범위로 알려져 있으며 이는 변환식에 포함된 항들의 수와 관련된다. 식 (1)에서  $X_c$ 는 앞에서 기술한 횡좌표의 평행이동 거리이며 이 경우 횡좌표의 값이 음의 값을 갖지 않도록 부여하는 거리로 500,000m가 일반적이다. 그리고 자오선의 곡률반경을 위

Table 1. Coefficients  $c_{km}$  for 6 terms in Eq. (2b)

k \ m	0	1	2	3	4	5
0	1	3/4	45/64	175/256	11025/16384	43659/65536
1		3/4	15/16	525/512	2205/2048	72765/65536
2			15/64	105/256	2205/4096	10395/16384
3				35/512	315/2048	31185/131072
4					315/16384	3465/65536
5						693/131072

도에 대해 적분한 값인 자오선 호의 길이  $L$ 는 식 (2a)로 나타낼 수 있다. 이 식은 피적분 함수를 위도 변수에 대해 Taylor 전개하고 배각공식을 이용하면 얻을 수 있으며 식 (2)에서 위도의 시점을 UTM 좌표계의 원점인 적도 ( $\phi_0=0$ )로 정한다.

$$L = \int_{\phi_0}^{\phi} \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 \phi)^{3/2}} d\phi$$

$$= a(1-e^2) \times \left[ d_0(\phi - \phi_0) + \sum_{k=1}^n (-1)^k \frac{d_k}{2k} \{ \sin(2k\phi) - \sin(2k\phi_0) \} \right] \quad (2a)$$

$$d_k = \sum_{m=k}^n c_{k,m} e^{2m} \quad (2b)$$

Table 1에 식 (2b)의 6항까지의 적분 상수를 정리하였다.

한편 평면 직교좌표에서 지구타원체의 경위도 좌표로의 변환은 식 (3)으로 표현할 수 있다. 여기서 모든 식이 위도( $\phi$ )로 표현되어 있기 때문에 식 (4)로부터 반복법을 이용하여 계산한다.

$$\phi = \phi_n - \frac{T_n}{R_n N_n} \left( \frac{X - X_c}{m_o} \right)^2 \times \left[ \frac{1}{2} - \frac{1}{24} (5 + 3T_n^2 + \eta_n^2 - 9\eta_n^2 T_n^2 - 4\eta_n^4) \left( \frac{X - X_c}{N_n m_o} \right)^2 \right] \quad (3a)$$

$$\lambda = \lambda_o + \frac{1}{N_n C_n} \left( \frac{X - X_c}{m_o} \right) \left[ 1 - \frac{1}{6} (1 + 2T_n^2 + \eta_n^2) \left( \frac{X - X_c}{m_o} \right)^2 + \frac{1}{120} (5 + 28T_n^2 + 24T_n^4) \left( \frac{X - X_c}{N_n m_o} \right)^4 \right] \quad (3b)$$

$$|Y - L(\phi_n)| \leq \text{허용치} \quad (4)$$

식 (4)에서 허용치는  $10^{-6}$ 을 사용하였고 초기 값( $\phi_1$ )은 식 (2)의 첫 항만으로 계산한 위도로 이를 이용하여 반복적으로 구한  $\phi_n$ 을 식 (3)에 대입하여 위도와 경도를 계산하였다.

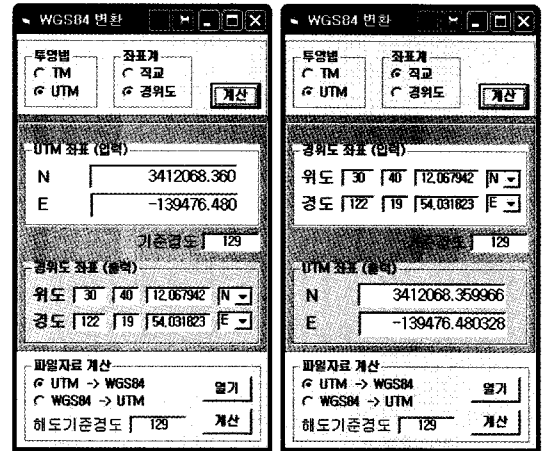


Fig. 6. Coordinate conversion VB program between UTM and WGS84.

Table 2. Reference ellipsoid constants

	WGS84	Bessel
장반경(a)	6,378,137.000 m	6,377,397.155 m
편평율(f)	1/298.25722356	1/299.15281280

위의 식 (1)-(4)에 나타낸 것보다 정밀한 DMA(1989)의 식을 이용하여 Fig. 6에 보인 VB 프로그램을 만들었으며 이에 대한 검증을 실시하였다.

검증 실험은 국토지리정보원의 프로그램과 직접 비교와 수치해도의 정보를 이용한 역변환을 통한 간접 비교를 실시하였다. 계산에 사용한 축척계수  $m_o$ 는 0.9996이고 Table 2에 WGS84와 Bessel 타원체의 상수를 나타내었다. 여기서 편평율은  $f=(a-b)/a$ 로 정의된다.

개발 프로그램의 검증에 위해 국토지리정보원(2006, National Geographic Information Institute)의 좌표변환 프로그램과 비교하였다. Table 3에 제시된 변환은 Bessel 타원체를 기준으로 한 것이며 경도보정(입력 경도에서 10.405초를 빼는 보정)하여 계산된 결과이다. 실험의 경도가 126°와 132° 사이에 존재하기 때문에 UTM 중심자오선은 129°를 사용하였고 두 결과는 mm까지 일치하는

**Table 3.** Comparison of UTM Coordinate conversion

위도	경도	UTM (KORDI)		UTM (NGII)	
		N	E	N	E
37-16-23.15300	127-03-22.42900	4126533.0507	327426.9991	4126533.051	327426.999
37-45-55.75500	128-51-02.59600	4179389.4350	486599.1223	4179389.435	486599.122
36-21-08.42470	128-06-45.62900	4022996.4551	420133.9860	4022996.455	420133.986
35-14-44.14600	126-52-28.53900	3901967.5097	306379.6371	3901967.510	306379.637
35-16-46.97700	129-15-09.32600	3903703.7944	522705.0666	3903703.794	522705.067

주)입력경도에 10.405"를 뺀 값을 사용

**Table 4.** Coordinate conversion results for Korea Nautical Charts 101 and 202

101해도	입력자료		UTM → WGS84 변환		WGS84 → UTM 변환	
	UTM		WGS84		UTM	
	횡축(X)	종축(Y)	위도(N)	경도(E)	횡축(X)	종축(Y)
수치해도	-139476.480	3412068.360	30-40-12.000	122-19-54.000	-139477.455	3412066.312
프로그램			30-40-12.06794	122-19-54.03182	-139476.480	3412068.360
수치해도	904006.320	4828733.040	43-30-08.000	133-59-50.000	904009.406	4828732.308
프로그램			43-30-08.02964	133-59-49.86506	904006.320	4828733.040
202해도	UTM		WGS84		UTM	
	횡축(X)	종축(Y)	위도(N)	경도(E)	횡축(X)	종축(Y)
수치해도	527937.984	3863290.216	34-54-42.000	129-18-21.000	527937.802	3863289.979
프로그램			34-54-42.00768	129-18-21.00721	527937.984	3863290.216
수치해도	478564.956	3898359.488	35-13-41.000	128-45-52.000	478564.953	3898359.452
프로그램			35-13-41.00118	128-45-52.00010	478564.956	3898359.488

것을 알 수 있다.

역변환을 통한 간접 비교를 위해 수치해도 도엽들 중 “대한민국 전도”(해도번호 101)와 “부산항에서 가덕도”(해도번호 202) 도엽의 좌하단과 우상단의 좌표(Table 4)를 사용하였다. Table 4의 “수치해도”의 “UTM”과 “WGS84”는 수치해도와 함께 제공된 정보파일에서 발췌한 값들로 프로그램의 입력 자료로 사용하였다. “수치해도”의 6과 7란은 4와 5란을 이용하여 본 프로그램으로 계산한 결과이다. 이는 주어진 입력 자료를 역변환한 것으로 계산의 정확도를 간접적으로 분석하기 위한 것이다. 계산 결과를 분석하면 수치해도의 중심자오선 129도에서 멀어질수록 제공된 정보파일의 값과 프로그램의 계산 결과에 차이가 커짐을 보인다. 또한 역변환 결과로부터 제공된 정보파일의 값이 부정확하다는 것을 알 수 있으며 결국 본 프로그램의 좌표변환은 상당히 정확한 것으로 판단된다.

**3.3 수치해도의 측심자료**

앞에서 기술한 바와 같이 본 논문에서 사용한 수치해도는 2007년 10월에 구입한 최신 판으로 총 도엽 수는 283개이다. 이 가운데 6개 도엽은 Bessel을 기준타원체로 사용하고 나머지는 WGS84를 기준타원체로 정해졌다. 수

치해도로부터 추출해 본 논문에서 사용한 측심자료는 총 38만 5천개에 달하며 이 가운데 대상해역에 37만 5천개가 존재한다. Fig. 7은 추출된 측심자료를 나타낸 것이며 각 점들은 측심자료이다.

Fig. 7의 측심자료와 Fig. 4의 국립해양조사원 DEM 자료는 거의 같음을 알 수 있으나 연안에서 떨어진 해역의 측심자료의 수가 많지 않아 DEM 자료와 같이 세밀한 지형은 보기 어려우며 또한 일부 측심자료에 오류가 있음을 알 수 있다. 본 논문에 사용된 37만 5천개의 자료에는 중복된 자료도 있으며 이는 해도의 축척이 다양하고 특성상 해도의 도엽은 서로 중첩되게 제작되었기 때문이다. 이로부터 디지털자료로 추출하고 자료의 오류를 검사하는 방법은 많은 시간과 노력이 들 수밖에 없으며 본 자료는 수치해도가 존재함으로써 작업이 가능하게 되었다.

**4. 격자수심의 산출**

본 절에서는 2절과 3절에 기술된 자료를 이용하여 한국 주변해역(30°N~44°N, 117°E~143°E)에 대한 경위도 30초 간격의 격자수심 산출과정을 기술하고자 한다.

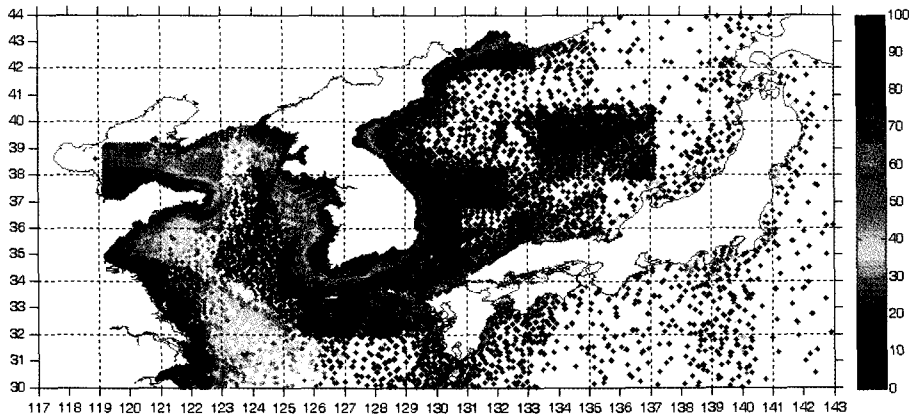


Fig. 7. Sounding data(unit: m) plot from Korea Digital Nautical Charts.

#### 4.1 격자수심의 산출기법

제 3절의 측심자료와 등수심선 자료와 제 2절의 기존 격자수심을 이용하여 MatLab 프로그램의 “griddata” 함수를 사용하여 Cubic 내삽법으로 경위도 1°에 대한 각각의 격자수심 파일을 생산하였다. 논문에 사용된 주요한 자료는 국립해양조사원의 측심과 등수심선 자료 DEM 자료이며 일본 근해에서는 JEGG 가운데 측심자료, 중국 근해에는 최 등(2002), 북한과 러시아 근해에는 Satbath 자료를 이용하였다. 따라서 본 격자수심은 국립해양조사원 측심자료가 골격을 이루며 이를 토대로 작성한 것이라 할 수 있다.

내삽의 정확도는 고루 분포된 충분한 자료와 연관된다. 수심자료는 등심선의 자료가 포함되었으나 올바른 내삽을 위해 육상의 자료도 필요하기 때문에 미국 NGA의 DTED(2004) Level 1 자료를 이용하였다. 이 자료는 2000년 위성고도계(Interferometric Synthetic Aperture Radar, IFSAR)로부터 얻은 자료를 이용하여 평균해면을 수직 기준면으로 정하고 WGS84 경위도 좌표로 나타낸 3초 간격의 육상 표고자료이다.

수심의 기준면은 약 최저저조면이며 육상 표고는 평균해면으로 수직 기준면에 차이가 발생한다. 그러나 본 논문은 격자수심 산출을 목적으로 한 것이며 이를 육상 표고와의 어떠한 연계도 시도하지 않았다. 즉 내삽을 위해 육상의 값을 일정한 값으로 나타낼 수도 있으나 DTED 육상 표고의 자료는 내삽을 위해 사용한 것이다. 그리고 DTED의 보고서에 의하면 표고의 절대 오차는 16 m(90% 신뢰도) 정도로 알려졌으며 해상은 0의 값을 갖는다.

간사지에서 수심은 약 최저저조면보다 높은 값을 갖는 경우도 있고 0 m를 포함한다. 또한 등수심선 자료를

사용하고 육상 표고가 0보다 큰 값을 추출하여 내삽에 사용하였기 때문에 산출된 수심자료는 육상 표고에 의한 영향이 미미할 것으로 판단된다.

격자수심은 1° 간격의 도엽(tile)을 기준으로 산출하였고 인접 도엽과 연계를 위해 0.1°의 여유 구간을 둔 1.2°×1.2° 구역의 수심과 표고 자료를 이용한 내삽의 결과에서 해당 도엽의 결과만을 선택하였다. 그리고 산출된 자료는 기존의 자료와 비교하여 반복적인 수정과정을 거쳤으며 이러한 반복 수정과정에 의해 산출된 본 자료는 위에 언급된 모든 자료 가운데 관련된 값을 반영한 것이라 할 수 있다.

#### 4.2 30초 격자수심

제 4.1절에 기술한 방법으로 30초 간격의 격자수심을 산출하여 1° 간격 도엽인 파일을 생성하였다. 파일에는 WGS84 좌표계에 따른 수심 또는 표고의 값을 저장하였다. 파일의 확장자는 “dpt”이며 파일명은 좌하단 경위도 좌표를 의미한다. 예로 북위 37, 동경 125°의 파일명은 “N37E125.dpt”이고 여기에는 120×120개의 수심 또는 표고자료가 저장되어 있다. 각 자료의 수평좌표는 120×120개의 셀의 중앙점이며 첫 자료는 좌상단의 셀의 수심 또는 표고이고 마지막 자료는 우하단 셀의 값이다. 따라서 파일의 자료순서는 행은 북에서 남으로 열은 서에서 동으로 되어 자료 파악을 용이하게 하였다. 수심은 양의 값으로 육상 표고는 음의 값으로 각각 나타내었다.

파일의 수심은 약 최저저조면을 기준한 것이고 육상 표고는 DTED의 평균해면을 기준한 것이다. 파일의 외곽 경계부근 셀들의 값은 인접 파일의 값과 매끈하게 연계되었으며 해안을 포함하는 모든 한국 반도의 경우에는 3초



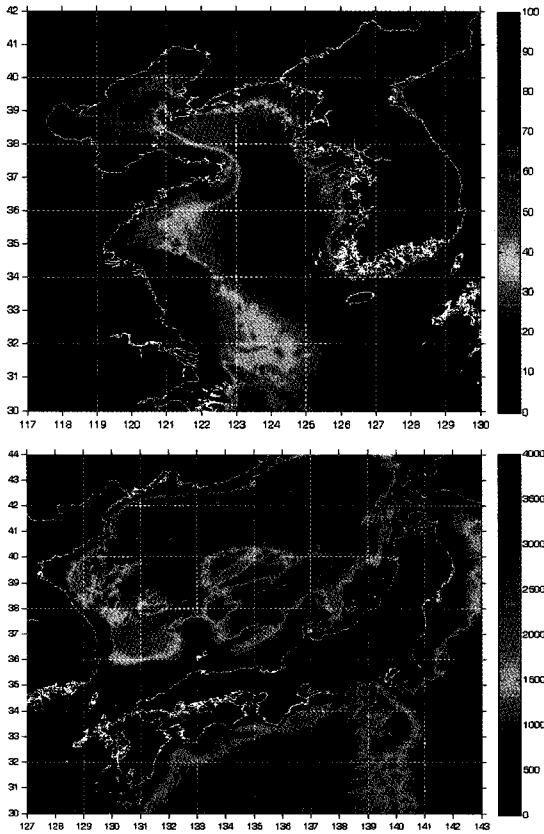


Fig. 8. Bathymetry data(unit: m) plot from KorBathy30s.

간격의 격자수심을 앞 절의 방법으로 산출한 후 이를 30초 간격의 수심으로 추출하는 방법으로 자료를 산출하였다.

Fig. 8은 대상 구역에 대해 산출된 자료를 이용하여 수심의 이미지를 나타낸 것이고 그림 9는 한국반도 부분만을 확대한 것이다. 이를 제 2절의 기존 자료와 비교하면 한국 반도주변은 국립해양조사원의 측심자료와 거의 같고 일본 주변 해역과 동경 135° 보다 동측 해역의 자료는 일본의 JEGG 자료와 거의 같음을 알 수 있다. 또한 중국 연안은 최 등(2002)과 국립해양조사원 자료를 반영한 것임을 알 수 있다. 동경 134° 북위 39° 부근 해역에 위치한 대화포 지역은 국립해양조사원 측심자료를 주로 사용하고 38° 이북의 동해에서 연안에서 떨어져 국립해양조사원 자료의 수가 적은 경도 135° 보다 작은 해역에서는 Satbath 자료가 주로 사용된 것임을 알 수 있다.

특히 한국 반도 주변해역의 수심은 기존 격자수심과 다르며 이는 국립해양조사원의 최신 DEM 자료와 수치해도 자료를 사용하여 자료의 질을 높이는 데 주력하였기 때문이다. 그리고 측심자료가 충분한 한국 반도의 해안은 3

초 간격의 격자수심을 산출하여 이를 바탕으로 30초 자료를 산출함으로써 신뢰도 높은 자료를 생산하였다.

그러나 경기만 일대의 특정구역과 서한만 부근에 발달한 퇴적층 일대는 자료가 충분하지 않아 격자수심을 산출에 상당한 어려움이 있었다. 수심이 비교적 낮고 섬이 많은 서남해는 자료가 충분하여 1초 간격의 격자수심을 산출하는 데도 어려움이 없을 것으로 예상되나 동해의 자료는 상대적으로 적다. 그리고 북한 지역의 자료는 해방 전 일본에 의해 작성된 자료도 있는 것으로 파악되어 북한 지역의 격자수심의 정확도는 상대적으로 낮은 것으로 판단된다.

일본 JODC 자료는 질이 우수할 뿐만 아니라 자료의 수도 충분한 것으로 분석된다. 한편 국립해양조사원의 동해 DEM 자료와 일본 자료는 부분적으로 상이하며 특히 울릉-독도 해역과 후포포 부근 해역의 자료에서 발견되었다. 따라서 일본 자료는 우리가 측량한 기존 자료를 편집한 것으로 판단된다. 또한 러시아와 북해도 사이의 해역에는 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 실측 자료가 부족하며 이 해역에서는 Satbath 자료와 비교하여 격자수심을 산출하였다.

Smith and Sandwell(1997)이 지적한 바와 같이 기존 수심자료의 오차는 해도를 디지털 자료로 변환하는 과정에서 대부분 발생한다. 따라서 해도를 디지털화하여 격자수심을 생산하는 경우 상당한 주의가 필요하며 이 격자수심 자료를 이용하여 또 다른 자료를 생산하는 경우에도 다른 자료와 비교하는 노력이 반드시 필요하다. 중국 연안의 자료는 최 등(2002)의 자료와 국립해양조사원의 자료를 이용하였으나 최 등(2002)은 밝힌 바와 같이 디지털화 방법으로 수심을 생산하였기에 중국에서도 수치해도가 발간되면 보다 좋은 자료를 산출할 수 있을 것으로 예상된다.

### 5. 결 론

한국 주변해역(30°N~44°N, 117°E~143°E)에 대한 30초 간격의 격자수심을 산출하였다. 자료 생산을 위해 공개된 1분 격자수심 최신자료와 2007년 간행된 국립해양조사원의 모든 수치해도의 측심과 등심선 자료를 추출하고 WGS84 좌표로 변환하는 프로그램을 개발하여 이용하였다. 대상해역에서 37만 5천개의 취득한 측심자료, 등수심선 자료, 격자수심 자료와 DTED의 육상 표고자료를 내삽하여 격자수심을 산출하고 이를 기존 자료와 비교하

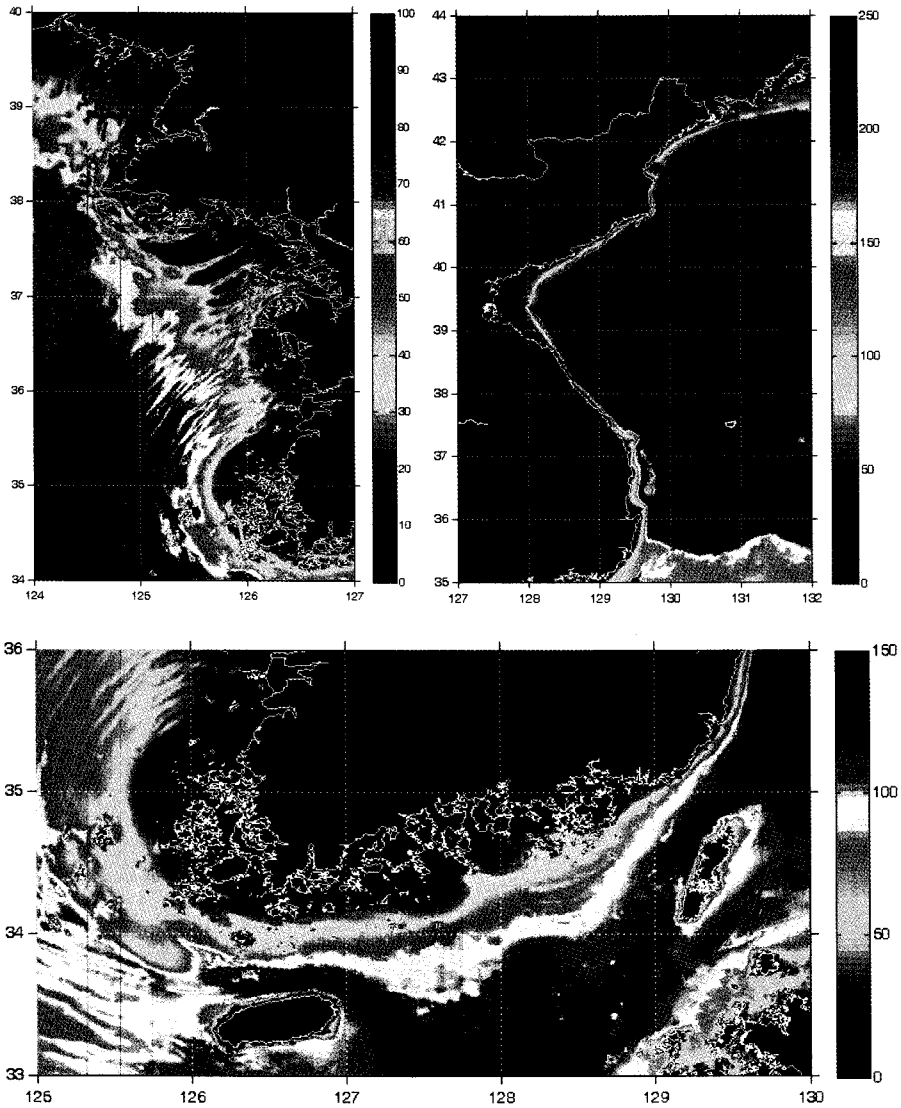


Fig. 9. West, East and South Seas plot(unit: m) from KorBathy30s.

여 반복 수정하였다. 격자수심의 기준면은 약 최저저조면 이고 육상 표고는 평균해면이며 경위도는 WGS84 좌표 계를 사용하였다.

특히 한국 반도 주변해양의 수심은 기존 격자수심이 나타내지 못한 상세한 지형을 제시하였다는 점이 다르며 국립해양조사원의 최신 자료를 사용하여 자료의 질을 높이는 데 주력하였다. 그리고 측심자료가 충분한 한국 반도의 해안은 3초 간격의 격자수심을 산출하여 이를 바탕으로 30초 자료를 산출함으로써 신뢰도 높은 자료를 생산하였다. 일본의 자료(JEGG)는 질이 우수할 뿐만 아니

라 자료의 수도 충분한 것으로 분석되고 국립해양조사원도 상당히 좋은 수심자료를 확보하고자 노력하였으나 일본이 보유한 자료에 비하면 자료의 수가 상대적으로 적어 보다 많은 자료를 획득할 수 있기를 기대한다. 본 격자수심의 기법은 수치해도로부터 수심자료를 직접 추출변환하기 때문에 자료를 정확하고 다량의 정보를 쉽게 얻을 수 있다. 그리고 중국 근해와 러시아 부근의 수치해도가 발간되면 보다 좋은 자료를 생산할 수 있을 것으로 기대하며 본 자료는 인터넷을 통해 공개할 예정이다.

## 감사의 글

본 연구는 한국해양연구원의 기본연구사업인 “연안 국지 해일 정밀예보 지원체제 현업화 기술”과 “해일침수범람지역 예측 기술 및 재해도(Hazard Map) 작성기술 개발 : 부산, 마산, 여수” 연구에서 수행된 결과의 일부이며 연구비 지원에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- 국립해양조사원 (2007). Level3 DEM 자료.
- 국토지리정보원 (2006). 좌표변환프로그램 <http://www.ngii.go.kr/>
- 백은기, 육찬상, 김원익, 김감래, 강석진, 이영진 (1993). 측량학. 청문각.
- 수치해도 (2007). 대한민국 수치해도 Full Set 212종, 국립해양조사원.
- 유복모 (1995). 개정판 측량학원론(I). 박영사.
- 정신태, 조범준, 김정대 (2003). 유한차분모형을 위한 직사각형 격자정보 생성기법. 한국해양해양공학회지, 15(3), 190-195.
- 최병호, 김경옥, 엄현민 (2002). 한국근해의 디지털 수심표고 데이터베이스. 한국해양해양공학회지, 14(1), 41-50.
- 해양수산부 (2005). 항만 및 어항 설계기준.
- DMA (1989). The Universal Grids: Universal Transverse Mercator(UTM) and Universal Polar Stereographic(UPS). TM 8358.2, Defense Mapping Agency.
- DTED (2004). Level 1 Data, <http://edc.usgs.gov/products/elevation/srtmdted.html>
- GEBCO (2003). <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gebco/gebco.html>
- Global Seafloor Topography (2007). [http://topex.ucsd.edu/marine\\_topo/mar\\_topo.html](http://topex.ucsd.edu/marine_topo/mar_topo.html)
- JEGG (2005). [http://www.jodc.go.jp/data\\_set/jodc/jegg\\_intro.html](http://www.jodc.go.jp/data_set/jodc/jegg_intro.html).
- NIMA (2000). DEPARTMENT OF DEFENSE WORLD GEODETIC SYSTEM 1984 - Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems. 3ed., TR 8350.2, National Imagery and Mapping Agency.
- Smith, W.H.F. and D.T. Sandwell (1997). Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. Science, 277, 1957-1962.

---

Received January 25, 2008

Accepted February 17, 2008