

독도 연안 해저 지구물리 자료의 통합 중첩 주제도 작성 연구

이명훈^{1*} · 김창환¹ · 박찬홍¹ · 노현수¹ · 김대철²

¹한국해양과학기술원 동해연구소 독도전문연구센터, ²부경대학교 에너지자원공학과

A Study on Integrated Visualization and Mapping Techniques using the Geophysical Results of the Coastal Area of the Dokdo in the East Sea

Myoung Hoon Lee^{1*}, Chang Hwan Kim¹, Chan Hong Park¹, Hyun Soo Rho¹ and Dae Choul Kim²

¹Dokdo Research Center, East Sea Research Institute, Korea Institute of Ocean Science & Technology, Uljin 36315, Korea

²Pukyong National University, Department of Energy Resources Engineering, Busan 48513, Korea

(Received: 19 October 2016 / Revised: 31 October 2016 / Accepted: 2 November 2016)

The purpose of this study is to integrate and visualize using mapping techniques based on precise seabed geomorphology, seafloor backscattering images and high-resolution underwater images of the nearshore area around the Dokdo, in the East Sea. We have been obtained the precise topography map using multibeam echosounder system around the nearshore area (~50 m) of the southern part of the Seodo. Side scan sonar survey for analysis seafloor backscattering images was carried out in the same area of topography data. High-resolution underwater images(zone(a), zone(b), zone(c)) were taken in significant habitat scope of the nearshore area of the southern part of the Seodo. Using the results of bathymetry, seafloor backscattering images, high-resolution underwater images, we performed an integrated visualization about the nearshore area of the Dokdo. The integrated visualizing techniques are possible to make the seabed characteristic mapping results of the nearshore area of the Dokdo. The integrated visualization results present more complex and reliable information than separate geological products for seabed environmental mapping study and it is useful to understand the relation between seafloor characteristics and topographic environments of the study area. The integrated visualizing techniques and mapping analysis need to study sustainably and periodically, for effective monitoring of the nearshore ecosystem of the Dokdo.

Key words : Dokdo, East Sea, Bathymetry map, Seafloor morphology, Seabed image, Integrated visualization

본 연구에서는 독도 연안의 정밀 해저 지형도, 해저면 영상도와 고해상도 수중 영상 자료 등을 이용한 맵핑 기법을 활용하여, 통합 이미지화 및 3차원 중첩 주제도 작성 연구를 하고자 하였다. 통합 이미지화 기법은 해저 지형 자료와 해저면 영상도, 수중 영상 자료 등의 환경 정보를 통합하여 지구물리 자료를 보다 입체적으로 표현 가능한 주제도를 만드는 것이다. 정밀 해저 지형 자료 및 해저면 영상 자료는 독도 서도 남부 연안 주변의 수심 약 50 m 범위에서 획득하였으며, 고해상도 수중 영상은 같은 구역 내에서 주요 서식지 환경이 형성되어 있는 세 구역을 선정하고 촬영하여 획득하였다. 통합 맵핑 기법을 적용한 주제도는 정밀 해저 지형 자료를 기반으로 작성하였으며, 해저면 영상도와 고해상도 수중 영상을 지형 자료와 중첩·통합하고 분석 처리하여 독도 연안의 해저환경 및 서식지 특성을 나타내는 3차원 중첩 주제도를 작성하였다. 해저면 영상도와 고해상도 수중 영상 자료를 지형 자료와 통합한 3차원 중첩 주제도는 해저 지형 특성과 실제 해저면 환경을 연계하여 분석이 가능하므로 해저면 생태계의 환경 및 상황을 파악하는데 유용한 자료이다. 이는 독도 연안 환경과 같이 불규칙하고 다양한 외부 환경 변화 요소에 노출된 해저면 환

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided original work is properly cited.

*Corresponding author: leemh@kiost.ac.kr

경의 현재 해저면 환경 특성을 파악하고 모니터링을 위한 자료로의 활용이 가능할 것으로 판단되며, 자료의 활용 가치를 높이기 위해 향후에 지속적인 자료 축적을 수행하고 3차원 중첩 주제도 작성이 수반되어야 할 것이다.

주요어 : 독도, 동해, 정밀 해저 지형, 해저면 영상, 고해상도 수중영상, 중첩주제도, 통합 이미지화

1. 서 론

연안 해양 환경에 대한 연구는 인간의 활동이 연안에 집중되기 시작하면서부터 중요성이 대두되어 왔으며, 최근에는 기후 변화 및 해양 환경 변화가 연안 해역에 끼치는 영향에 대한 관심이 함께 높아지면서 연안의 해저 지형·지질 환경과 연계한 다양한 주제도 분석 및 서식지 환경 맵핑 연구가 활발히 진행되는 추세에 있다. 특히 해양 선진국인 미국이나 유럽 연합 등을 주축으로 다양한 연구가 활발히 수행되고 있는데, 대표적으로 유럽 연합의 “Habitat Mapping” 연구는 Habitat Mapping을 위한 해저 지형·지질 및 퇴적물 연구에 관한 표준화를 시도하였으며, 매뉴얼 초안 발간을 시작으로 2009년부터 체계적인 연구 프로젝트가 수행되고 있다. 이와 함께 MAREMAP(The Marine Environment Mapping Programme), MESH(Mapping European Seabed Habitats), PIBHMC(Pacific Islands Benthic Habitat Mapping Center) 등의 프로젝트들도 해저면 환경과 서식지 맵핑 분석에 연구의 초점을 맞추고 다양한 연구 활동과 사업들이 수행되고 있다(MESH, 2007).

본 연구에서는 대양의 축소판인 동해 내에서 독특한 연안 해양 환경을 형성하고 있는 독도 연안에 집중하여 통합 이미지화 기법을 활용한 독도 연안 해양 환경 자료들을 시각화하고 3차원 중첩 주제도 작성 연구를

하고자 하였다. 독도 서도 남부 연안에서 획득한 정밀 해저 지형 자료를 기반으로 해저면 영상도 및 고해상도 수중 영상 자료를 활용하여 주제도 작성 및 연구를 수행하였다. 통합 이미지화 기법을 활용한 연구는, 개별 결과 자료의 특성에 기반한 분석을 토대로 각 분석 결과들의 자료 활용도를 높이기 위한 연계 분석을 수행하는 방법이다(Pandian *et al.*, 2009; Lerodiaconou, D. *et al.*, 2013). 즉, 해저면의 지형 높낮이, 굴곡 등을 표현하는 정밀 해저 지형도의 3차원 자료 분석을 활용하여 환경 정보를 나타내는 해저면 영상도와 고해상도 수중 영상 자료들과 통합 이미지화 기법을 적용하였으며, 이를 통해 독도 연안의 해저면 지형 특성에 따른 독도 해양 생태계의 주요 서식지 해저 환경 정보를 동시에 분석 가능한 통합 시각화 자료를 제공하고 자 하였다.

2. 연구지역

독도는 대한민국 최동단에 위치하고 있는 화산섬으로 동해의 동남쪽 울릉분지 내에 위치하고 있다. 독도가 위치하고 있는 동해는 울릉분지, 야마토분지, 일본분지 등 후열도 분지들(back-arc basins)로 구성되어 있다. 독도는 울릉도 및 주변 해산들(안용복해산, 심홍택해산, 이사부해산)과 함께 동-서 방향으로 나란히 울릉분지 내에 형성되어 있다(Fig. 1). 독도 화산체는 동

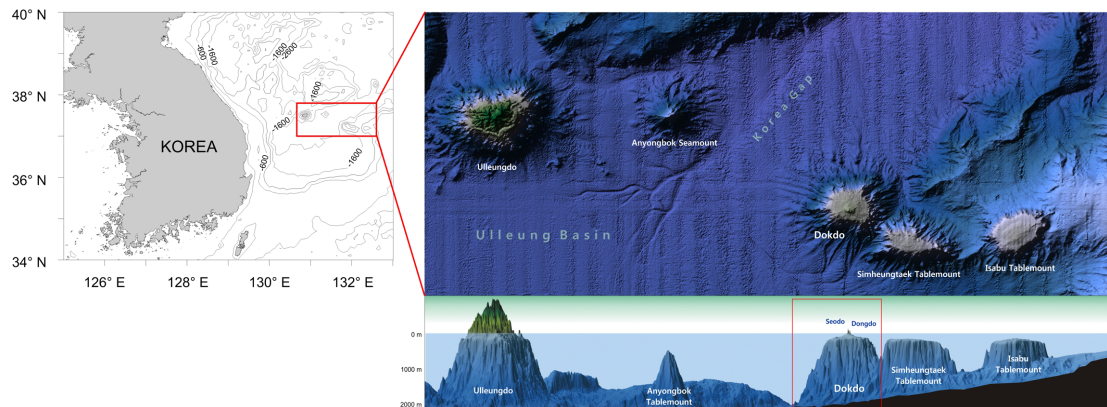


Fig. 1. Topography map of the Ulleung Basin in the East Sea.

도와 서도 해수면 아래로 울릉분지와 오키뱅크의 북동쪽 경계면에서 약 2,000 m 높이 규모의 거대한 원형의 화산체로 되어 있는 것이 특징이다(Hirata *et al.*, 1989; Kim *et al.*, 1994; Chough *et al.*, 2000). 독도는 울릉도, 제주도와 함께 플라이오세-플라이스토세 시기에 일어난 요린변동(Yolin Disturbance)과 관련된 알칼리 화산 활동에 의해 형성된 것으로 해석되며, 울릉도 화산암류와 비슷한 알칼리 현무암, 조면 현무암, 조면 안산암 및 조면암으로 구성되어 있음이 알려져 있다(Kim *et al.*, 1987).

독도는 이러한 형성 기인이나 지리적 영향으로 인해 한반도와는 다소 다른 기후와 연안 해양 환경 특성을 나타내며 독도만의 독특한 식생 군락과 해양 생태계 서식지 환경이 형성되어 있다. 특히 독도 연안은 거대한 독도 화산체의 본 모습과 달리 동도와 서도 두 개의 주 섬만이 해수면 위로 형성되어 있으며, 동·서도 주변으로 89개의 부속도서들과 크고 작은 노출암 및 수중 암반들이 복잡하고 다양한 독도 연안의 해저 지형·지질 환경을 이루고 있는 것이 특징이다.

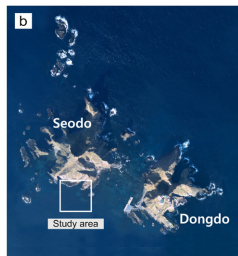
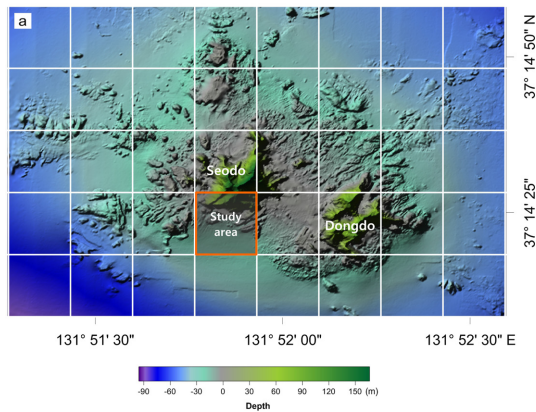


Fig. 2. (a) Bathymetry map of the study area of the nearshore area around the Dokdo (b) Aerial photograph of the Dokdo.

3. 자료획득

독도 서도 남부 주변의 수심 약 50 m 범위의 연안 해역 내에서 정밀 수심 자료, 해저면 영상 자료(수중에서 양방향으로 음파를 발생시키는 음향 장비를 활용하여 수중이나 수중저에서 반사되어 온 음향신호를 영상으로 변환한 자료)와 고해상도 수중 영상(수중 과학 잠수조사 다이버가 고해상도 비디오카메라 및 촬영장치를 이용하여 해저면을 직접 촬영한 정지영상 자료)을 획득하였다. 자료 획득은 2015년 9월 1일부터 9월 5일까지 독도 서도 남부 연안에서 수행하였다. 한국해양과학기술원의 소형 연구선 장목2호(R/V Jangmok No. 2)를 활용하였으며, 서도 섬 육지부와 바로 인접한 해역에서 부터 약 250 m × 250 m 범위의 자료를 획득하였다(Fig. 2). 정밀 수심 자료는 Kongsberg Maritime사의 천해용 다중빔 음향 측심기(Multibeam Echosounder) EM 3001 시스템을 활용하여 수심 측량을 수행하였다(Fig. 3). 운용주파수는 293, 300, 307 kHz 범위에서 운용 가능하며 주사각(Beam Swath)은 130° 범위, 한 번에 160개 빔의 주사가 가능하고, 수심 해상도는 약 1 cm, 최대 측량 가능 수심은 약 150 m 까지 지원이 가능한 시스템으로 본 연구지역인 독도 연안에서 활용이 적합한 조사 장비이다. 해저면 영상 자료 획득은 Full Spectrum의 CHIRP Pulse Type을 지원하고, 400/900 kHz 또는 600/1600 kHz의 듀얼 주파수 운용이 가능한 EdgeTech사의 4125 Shallow Water Side Scan Sonar System을 활용하였다(Fig. 4). 고해상도 수중 영상은 수중 과학 잠수조사와 연계한 현장 조사 수행 과정에서 수중 과학 잠수조사 다이버에 의해 직접 촬영·획득하였다. 고해상도 수중 영상은



Fig. 3. Multibeam echosounder system (Kongsberg, EM 3001).



Fig. 4. 4125 Shallow water side scan sonar system towfish(EdgeTech).

정밀 수심 자료를 획득한 범위 내에서 주요 서식지 환경 특성이 형성된 곳으로 수심에 따라 선별하여 서도 남부 세 구역에서 영상을 촬영하고 획득하였다. 수중 영상 자료는 각 구역마다 약 $15\text{ m} \times 15\text{ m}$ 크기 범위에서 촬영하였으며, 수심 약 12 m, 약 18 m, 약 23 m의 수심대에서 각각 촬영하였다.

4. 자료처리 및 분석

정밀 수심 자료의 후처리 및 분석은 CARIS사의 Hips & Sips 프로그램으로 수행하였다. Hips & Sips는 수심 원시자료(*.all)의 변환부터 측심 자료를 보정하고 최종 수심 도출 과정까지 일련의 후처리 프로세스가 가능한 프로그램으로 위치 보정, 자세 보정, 음속 보정, 조위 보정 및 수심 오측 제거 등의 프로세스 수행이 가능하다(CARIS, Hips & Sips, 2015). 수심 원시자료에는 Roll, Pitch, Heave 등 선박의 움직임이나 파도, 조류 등 여러 외부 요인에 의해서 발생한 오측 값들이 포함되어 있기 때문에, 신뢰성 있는 최종 수심 자료 결과를 얻기 위해 현장에서 발생한 원시 자료에 포함된 오측 값들을 후처리 프로세스에서 보정 및 제거하는 과정이 반드시 수반되어야 한다.

해저면 영상 자료의 후처리 및 분석은 Chesapeake Technology사의 SonarWiz 5 프로그램을 활용하였다. SonarWiz 5 프로그램을 활용하여 원시 영상 자료의 변환(Import), 모자이크(Mosaic) 생성, DGPS 위치(좌표) 보정, 수주 기록(Water column) 보정 및 영상 보정(AGC(Automatic Gain Control), BAC(Beam Angle Correction), UGC(User-defined Gain Control), TVG(Time Varied Gain)) 등의 후처리 프로세스를 수행하였다(SonarWiz 5, 2016). 통합 이미지화 주제도 작성

처리 과정에서는 정밀 해저 지형 자료와 같은 좌표체계(WGS 84 UTM zone 52 N)와 동일한 범위에 대한 해저면 영상 자료를 후처리하여 수심 자료와 통합 분석하였다.

고해상도 수중영상은 주요 서식지 환경이 형성된 각 구역 내에서(총 세 구역) 약 1,000 여장의 개별 수중 영상을 획득하고, 각 개별 수중 영상을 구역별로 정합하여 $15\text{ m} \times 15\text{ m}$ 크기로 총 세 구역에 대한 고해상도 수중 영상을 작성하였다. 최종 정합된 세 구역의 수중 영상은 정밀 해저 지형 자료와 연계시킨 통합 이미지화 처리를 위해 수심 자료에 적용되어 있는 좌표 체계를 기준으로 동일한 위치 값을 투영하기 위한 영상 처리 과정을 수행하였다. 즉 Global Mapper 프로그램을 활용하여 원시 수중 영상에 대한 기하 보정(Geometric Correction) 작업을 수행하고, WGS 84 UTM zone 52 N 좌표 체계를 부여하였다.

후보정 처리를 완료하고 작성한 정밀 해저 지형 자료, 해저면 영상 자료와 고해상도 수중 영상 자료들을 활용한 통합 이미지화를 수행하기 위해 QPS사의 Fledermaus 프로그램을 사용하였다. 보정된 수심 자료를 기준으로 Fledermaus DMagic 프로그램에서 3차원 정밀 해저 지형도를 작성하고 동일한 좌표 체계 기반의 해저면 영상도와 고해상도 수중 영상을 정밀 해저 지형도와 일치하도록 중첩·통합하여 통합 3차원 중첩 주제도를 작성하였다.

5. 3차원 중첩 주제도 작성 및 토의

본 연구에서는 독도 연안의 정밀 해저 지형 자료, 해저면 영상 자료와 고해상도 수중 영상을 활용한 통합 이미지화 연구를 목적으로, 정밀 해저지형 자료에 기반하여 해저면 영상 자료와 통합한 독도 연안 서식지 해저환경 3차원 중첩 주제도를 작성하였으며, 서도 남부 연안의 주요 서식지 환경 특성이 형성된 세 구역을 대상으로는 정밀 해저 지형 자료와 고해상도 수중 영상 자료를 통합하여 독도 연안 주요 서식지의 지형 특성에 따른 해양 생태계 서식지 환경 특성 3차원 중첩 주제도를 작성하였다. 통합 3차원 중첩 주제도 작성은 독도 서도 남부 연안의 약 $250\text{ m} \times 250\text{ m}$ (면적 약 0.04 km^2) 해역 범위에서 수행하였다.

연계·중첩 분석 수행과 통합 3차원 중첩 주제도의 최종 작성은 3D/4D Visualization 처리, 분석 전문 프로그램인 Fledermaus(QPS)를 사용하였으며, 정밀 해저 지형도와 해저면 영상도, 고해상도 수중 영상 자료

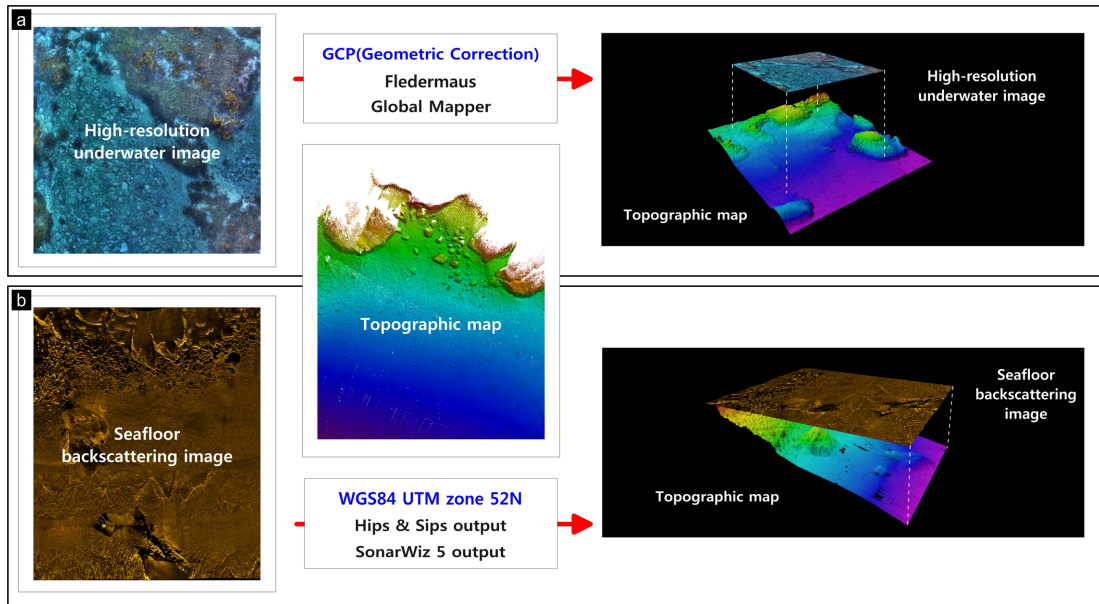


Fig. 5. Schematic diagram of the process of integrated visualization (a) Process of integrated visualization using the underwater image and topographic map (b) Process of integrated visualization using the seafloor backscattering image and topographic map.

결과들을 활용하였다. 해저면 영상도는 정밀 해저 지형도와 같은 범위의 영상을 Fledermaus FMGT 프로그램을 활용하여 지형 자료와 동일한 좌표체계로 변환·작성하고 지형도와 통합하였다. 고해상도 수중 영상 자료는 현장에서 획득한 구역별 모서리 좌표를 이용하여 Global Mapper 프로그램으로 정밀 해저 지형도와 동일한 좌표 체계에 기반한 위치값을 부여하였다(Fig. 5). 맵핑 분석을 통한 통합 이미지화 연구는 해저면 지형의 높낮이, 굴곡 등을 3차원으로 표현하는 정밀 해저 지형도를 기반으로 특정 서식지 범위나, 동일한 범위의 2차원 환경 정보 영상 자료를 중첩·통합하는 연구 기법이다. 즉, 입체적으로 표현되는 3차원 지형을 기반으로 2차원의 해저면 환경 정보(해저면 영상도, 고해상도 수중 영상)를 중첩하여 하나의 주제도로 통합 시각화가 가능하다.

일반적으로 정밀 해저 지형도는 측량한 수심 자료를 기반으로 해저면의 지형 구조 및 형태, 경사도, 높낮이나 지형 굴곡 등의 분석이 가능하여, 연구 대상 해역의 해저면 지형 특성 파악에 필수적인 해석 자료이다. 그러나 해저측심자료는 해저 지형에 따른 측량 수심만으로 표현되는 해저면의 높낮이 자료이므로, 연구 대상 해역의 표층 퇴적물의 분포 특성, 암반의 분포 및 상태 등 직접적인 해저면 환경 특성까지 해석하기에는

한계가 있다(Pandian *et al.*, 2009; Kongsberg, 2015; Park, 2004; Kim, 2008; Park *et al.*, 2011). 이러한 지형 자료 결과의 분석 한계를 보완하고자, 연계·통합 분석을 수행하여 해저면 환경 정보를 담고 있는 해저면 영상도를 활용한 통합 이미지화를 수행하였다. 해저면 영상도는 해저면 환경 정보나 상태에 대한 해석이 가능한 자료로써, 해저면 환경 특성에 따른 반사 음향 신호를 기반으로 암석, 자갈, 모래, 펄 등의 해저면 환경 정보의 획득 및 분석에 활용도가 높은 자료이다(Fig. 6). 통합 3차원 중첩 주제도 작성 결과 지형 자료에서 확인되는 암반 및 퇴적물의 분포가 해저면 영상도의 결과와 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. 서도와 바로 인접한 해역은 큰 암반들이 섬 육상부에서부터 연장되어 해저면까지 나타나고 있으며, 그 사이로는 작은 규모의 암반들이 불규칙하게 형성된 특징을 보이고 있다. 또한 수심 약 15 m 이후로는 아주 작은 자갈 또는 몽돌 형태의 퇴적물이 고르고 넓게 분포하는 형태를 보인다.

고해상도 수중 영상을 활용한 3차원 중첩 주제도는 정밀 해저 지형을 획득한 범위 내에서 주요 서식지 세 구역을 중심으로 작성하였는데, 약 15 m × 15 m 범위에 대한 자료를 활용하여 3차원 지형 자료와 실제 해저면 영상에 대한 통합 이미지화를 수행하였다

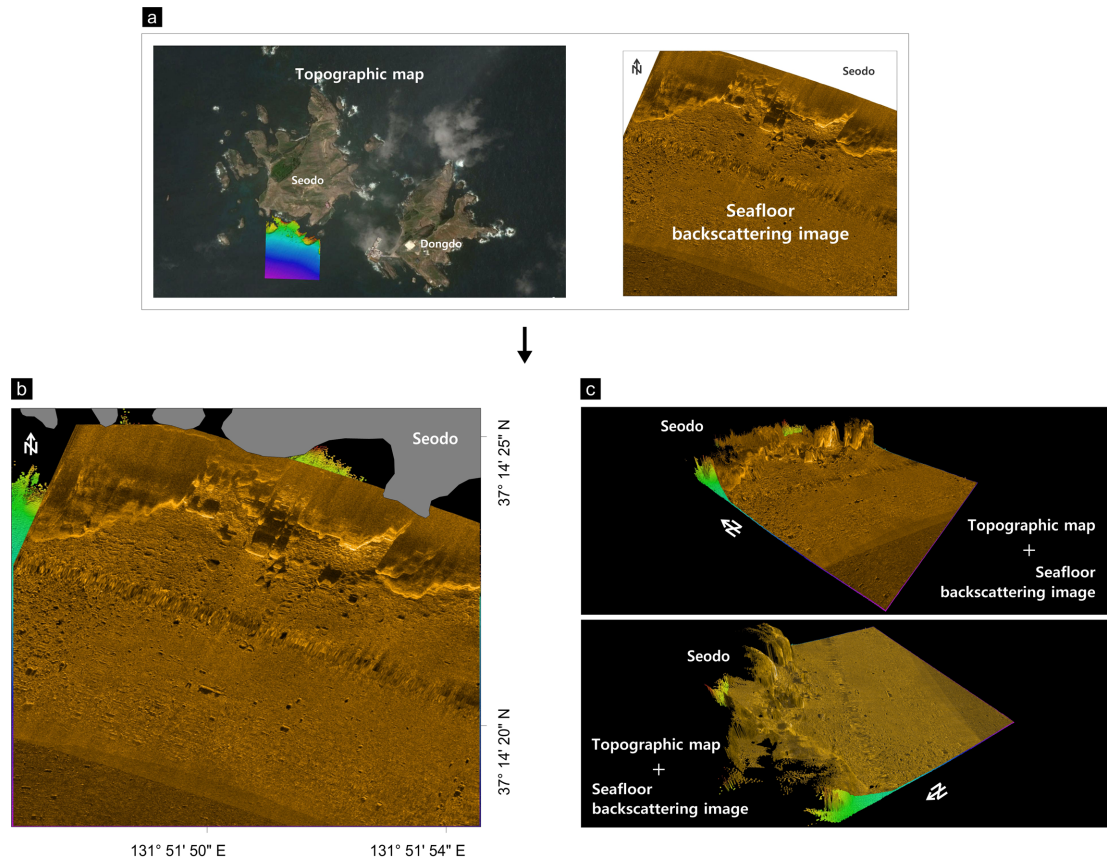


Fig. 6. (a) The results of topographic map and seafloor backscattering image of study area. (b) The results of integrated visualization using the seafloor backscattering image and the detailed bathymetry of the nearshore area of the Dokdo (vertical view) (c) The results of integrated visualization using the seafloor backscattering image and the detailed bathymetry of the nearshore area of the Dokdo (SW and NW view).

(Fig. 7). 세 구역에서 작성한 중첩 주제도 결과에서 해저면 지형과 생태 환경에 대한 특성을 비교 분석하였는데, 수심이 가장 얇은 zone(a)에서는 큰 암반 위에 갑태 등의 여러 대형 해조류가 서식하고 있으며, 주변으로는 조개 부스러기나 모래 등의 퇴적물이 혼재하는 것이 특징이다. Zone(b)는 수심 약 12 ~ 15 m 범위로, 구역 전체에 걸쳐 크고 작은 자갈 및 암반들이 분포하며 그 주변으로 팽생이모자반의 유체가 서식하는 특징을 보이고 있다. 수심이 가장 깊은 zone(c)는 zone(b)에 비해 작은 자갈류가 퇴적된 서식지 환경을 형성하여, 성게류들이 군집을 이루고 있는 특징을 보인다. 고해상도 수중 영상은 수중 과학 잠수 조사에 의해 직접 촬영·획득한 영상으로, 이는 탐사를 수행한 당시의 해저면 환경 정보를 그대로 담고 있는 자료이다. 각 구역별로 약 1,000 여 장의 개별 영상을 촬영

하고, 이를 모두 정합하여 주요 세 구역 해저면의 서식지 환경에 대한 암반이나 퇴적층의 상태, 주변에 서식하고 있는 생물 등 생태계 형성 환경에 관한 정보를 담은 자료로 표현한다. 이러한 실제 서식지 환경 특성 정보를 3차원의 지형 정보와 중첩·통합하여 지형, 지질 특성에 따른 해양 생태계 서식 특성의 연계분석 및 자료 제공이 가능한 결과물을 도출하였다. 이는 실제 지형 자료에서 촬영 당시 서식지 환경을 나타내어 지형 특성에 따른 해저면의 환경을 분석하는데 활용도가 높을 것으로 판단된다.

6. 결 론

본 연구에서는 독도 연안의 해저면 생태계 서식지 환경에 대한 지구물리 연구 결과들을 기반으로 통합

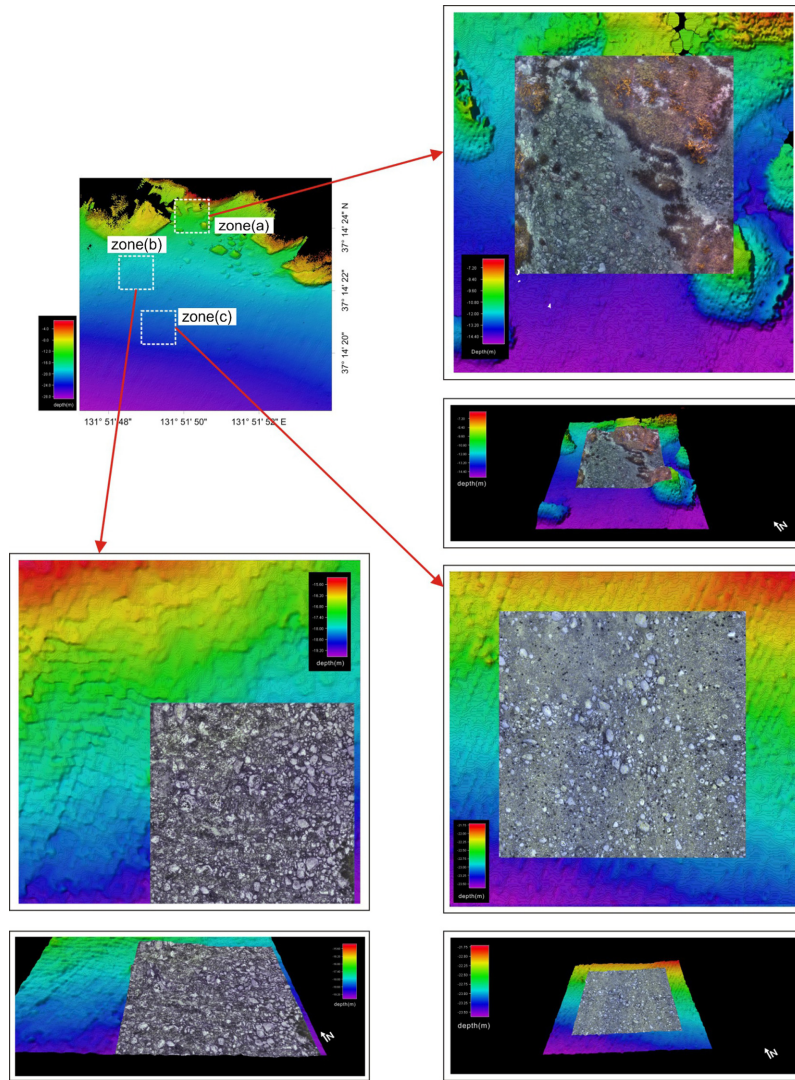


Fig. 7. The results of integrated visualization using the underwater images and the detailed bathymetry of the nearshore area around the Dokdo.

이미지화를 수행하고 3차원 중첩 주제도를 작성하고자 하였다. 독도 서도 남부 연안 해역에 대한 정밀 해저 지형도, 해저면 영상도와 고해상도 수중 영상 자료 결과들을 활용하였는데, 이는 3차원의 해저 지형 정보와 2차원의 해저면 영상과 환경 정보를 연계 분석하기 위함이다. 해저 지형 자료와 연계한 통합 이미지화 기법 수행을 위해 동일한 범위의 해저면 영상도를 작성하고, 주요 서식지 환경이 형성된 세 구역에서는 각 구역을 중심으로 15 m × 15 m 범위에 대해서 고해상도 수중 영상을 촬영·획득하였다. 정밀 해저 지형도의 3차

원 지형 자료와 음영으로 해저면 환경 정보를 표현하는 해저면 영상도를 통합하여 이미지화를 수행하였는데, 이는 지형 특성에 따른 해저면 지질 환경 정보를 나타내는 3차원 중첩 주제도이다. 통합 작성한 주제도는 해저 지형 자료에서 확인되는 암반의 분포 및 형태가 해저면 영상도의 해저면 환경 정보와 부합되어, 지형 정보와 더불어 암반 및 퇴적물 분포 등 환경 정보의 동시 분석이 가능한 자료로서 활용도가 더 높다고 할 수 있다. 실제 해저면을 촬영한 고해상도 수중 영상과 정밀 해저 지형도를 통합한 주제도는 해저 지형

과 생태계 환경 정보를 맵핑하기 위한 분석으로, 이는 해조류나 성게 등의 실제 서식 영상 자료를 지형 자료에 연계하여 서식지의 분포 및 특성에 대한 정보를 활용하는데 유용한 자료이다. 즉, 통합 이미지화 기법을 적용한 3차원 중첩 주제도 작성은 독도 연안에서 획득한 개별 연구 결과 자료들의 특성을 기반으로 각 자료의 결과를 연계 분석하고 활용도를 높임으로써, 독도 연안 지질 환경에 대한 연구 성과를 높일 수 있을 것으로 기대된다. 특히 독도 주변 해역과 같이 복잡하고 다양한 연안 해양 환경이 형성되어 있으며, 그 변화 경향이 불규칙하고 복잡하고 환경 변화 주기가 짧은 특성이 나타나는 해역에서는 이러한 해저 지형 기반 자료와 실제적 환경 자료를 활용한 3차원 중첩 주제도 작성은 해양 환경 모니터링 자료로서의 활용도가 높을 것이라 판단된다. 그러나 그 환경 변화 주기가 짧은 만큼 독도 연안 해역에 대한 주기적이고 지속적인 해저면 지형, 지질, 서식지 환경자료를 축적하여 연속적인 중첩 주제도 작성이 수반되어야 독도 연안 환경 모니터링 분석 자료로 신뢰성과 활용 가치가 한 단계 더 나아갈 수 있을 것이라 사료된다.

사 사

본 연구는 해양수산부의 “독도의 지속가능한 이용 연구(PG49260)”와 한국해양과학기술원의 “남동해역 제4기 해저기인 자연재해 특성 연구(PE99435)” 및 “연안침식저감 원천기술 개발(PE99423)”의 지원을 받아 수행된 연구입니다. 이 연구를 수행할 수 있도록 도와주신 한국해양과학기술원 및 해양수산부 관계자분들께 깊은 감사를 드립니다. 또한 바쁘신 와중에 논문을 향상시킬 수 있도록 심사해주신 심사위원들께도 감사를 드립니다.

References

- Kim, J.Y. (2008) Development of removal technique of the errors in MultiBeam Echo Sounder data, Graduate school of Pukyong National University, 131p.
- Kim, C.H. (2006) A Study on Dokdo and Surrounding Seamounts in the Northeastern part of the Ulleung Basin using Geophysics Data, Graduate school of Yonsei University, 148p.
- Kim, C.H. and Park, C.H. (2010) A Study on the Geophysical Characteristics and Geological Structure of the Northeastern Part of the Ulleung Basin in the East Sea, Journal of The Korean Society of Economic and Environmental Geology v.43(N 6), p.625-636.
- Park, Y.S. (2004) A Study on Error Analysis and Data Processing for Multibeam Swath Sonar System, Graduate school of Inha University, 217p.
- Park, Y.S., Hong, J.P. and Kong, S.K. (2011) Increasing Surveyed Area using Tilted Multi Beam Echo Sounder. Journal of the Korean Society of Civil Engineering D 31(5D), 739-747.
- Chough, S.K., Lee, H.J. and Yoon, S.H. (2000) Marine Geology of Korean Seas, Elsevier, New York, p.131.
- Fledermaus Users Guide, 2016, QPS
- HIPS and SIPS 8.0 Users Guide, 2016, Caris
- Hirata, N., H. Tokuyama, and T. W. Chung (1989) An anomalously thick layering of the crust of the Yamato Basin, southeastern Sea of Japan : the final stage of back-arc spreading, Tectonophy., 165, p.303-314.
- John Perry Fish, H. Arnold Carr; Lee, C.S. (1999) Sound Underwater Images, jipmoon, 188p.
- Kim, H. J., C. H. Park, J. K. Hong, H. T. Jou, T. W. Chung, V. Zhigulef, and G. I. Anosov (1994) A seismic experiment in the Ulleung Basin (Tsushima Basin), southwestern Japan Sea (East Sea of Korea), Geophys. Res. Lett., 21, p.1975-1978.
- Review of standards and protocols for seabed habitat mapping, 2007
- SonarWiz 5, SonarWiz 6, 2016, Chesapeake Technology
- Sohn, Y.K. and Park, K.H., 1994, Geology and evolution of Tok Island, Korea, Journal of Geological Society of Korea, v.30, p.242-261. Pandian, P.K., Ruscoe, J.P., Shields, M., Side, J.C., Harris, R.E., Kerr, S.A., and Bullen, C.R., 2009. Seabed habitat mapping techniques: an overview of the performance of various systems. Mediterranean marine science, 10, 29-43.