

해저자원 탐사자료의 효율적인 활용을 위한 3차원 GIS 기반의 표출 시스템 설계 및 구축

Development of 3-D GIS based Expression System for Utilization of Submarine Mineral Resource Exploration Data

김 동 일* 김 계 현** 이 성 주*** 박 용 현****
Dong Il Kim Kye Hyun Kim Sung Joo Lee Yong Hyun Park

요 약 최근 전 세계적인 육상자원의 고갈로 인하여 해저광물자원에 대한 관심이 증가하고 있다. 우리나라도 한반도 주변 해역의 해저광물자원을 확보하기 위한 탐사와 연구가 진행되고 있다. 탐사의 결과로 매년 해저자원 탐사자료가 생성되고 있으며, 데이터베이스와 2차원 GIS 기반 시스템을 구축하여 데이터를 관리하고 있다. 하지만 해저자원 탐사자료는 해저면 하부를 탐사하기 때문에 해저자원 탐사자료의 고차원적 분석을 위해서는 수심과 해저 지형의 시각적 확인이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 GIS를 이용하여 한반도 주변에 대한 해저 지형 데이터를 구축하고 이를 3차원화하여 해저자원 탐사자료와 연계하는 3차원 GIS 기반의 표출 시스템 개발에 대한 연구를 진행하였다. 이를 위하여 한반도 주변 해역에 대한 수심 데이터를 획득하였고, 수심 데이터를 래스터 파일 형태로 보관하였다. 또한, 래스터 파일을 사용이 용이하도록 처리한 후 오라클에 구축하였다. 데이터베이스를 기반으로 ESRI사의 ArcScene을 이용하여 구축한 해저 지형 데이터의 3차원화와 해저자원 탐사자료 중첩 기능의 설계를 진행한 후, ArcObjects를 이용하여 시스템으로 구현하였다. 이러한 3차원 GIS를 이용한 해저자원 탐사자료의 활용은 해저 지형을 이용하여 탐사자료의 위치와 변화를 시각적으로 확인함으로써 탐사지역과 탐사자료에 대한 고차원적인 해석이 가능할 것으로 판단된다.

키워드 : 지리정보시스템, 해저자원 탐사자료, 3D GIS, 자원정보시스템

Abstract Recently, interest of submarine mineral resources has been increasing from the depletion of land resources around the world and many countries are involving in submarine mineral resource exploration work. South Korea is also in progress of mineral exploration and relevant study to ensure the submarine mineral resources from around the Korean Peninsula. As a result, the submarine mineral resource exploration data have been increasing annually. A database and 2D GIS-based system have been constructed for the management of the data. However, submarine mineral resource exploration data is explored and created on the sea-bed. Consequently, the visual confirmation of the water levels and marine landform is important for high dimension analysis. Therefore, the major aims of this study are to collect marine landform data from around the Korean Peninsula and to develop 3 dimension GIS based system that is linked to the submarine mineral resource exploration data. In detail, marine landform data were acquired for the Korean Peninsula and they were interpolated into raster file format. The raster file was then processed to be easily used and was entered into an Oracle database. Based on this database, 3D expression and overlap function between marine landform data and submarine mineral resource exploration data were designed using ArcScene offered by the ESRI. After design, 3D GIS based expression system was developed. Confirmations of locations and changes in the submarine mineral resource exploration data based on 3D GIS are enabled to support the efficient application of the proposed system. It is expected that this system will be highly useful for estimating the reserves of mineral resources and for providing valuable information for economic evaluations.

Keywords : Geographic Information System, Submarine Mineral Resource Exploration Data, 3D GIS, Resource Information System

[†]This work was supported by INHA UNIVERSITY Research Grant.

* Dong IL KIM, Master, Researcher. Dept. of Geoinformatics, University of Inha, dong8551@inha.edu

** Kye Hyun KIM, Ph.d. Professor Dept. of Geoinformatics, University of Inha, kye Hyun@inha.ac.kr

*** Sung Joo LEE, Ph.d Candidate. Student, Dept. of Geoinformatics, University of Inha, leejoo6638@inha.edu

**** Yong Hyun PARK, Researcher. Professor Dept. of Geoinformatics, University of Inha, xenia@teamplex.net

1. 서론

1.1 연구 배경 및 필요성

최근 전 세계적으로 석탄, 석유, 광물자원 등 육상자원의 감소와 고갈로 인해 자원공급 부족 문제에 직면하게 되었다. 특히 광물자원의 해외 의존도가 높은 우리나라는 광물수요의 지속적인 증가와 공급 불안정으로 인하여 경제적 타격을 쉽게 받고 있는 실정이다. 이러한 육상자원을 대체하고 광물자원의 안정적인 공급을 위해 국제적으로 지구 표면의 70%를 차지하고 있는 해양을 개발하기 위한 연구와 개발이 점점 증가하고 있다. 이에 따라 우리나라도 해양에 대하여 경쟁력을 갖추고 영향력을 행사하기 위해 해양관련 연구에 많은 예산을 투자하고 장기적인 해양개발 계획을 수립하여 다양한 연구를 진행 중이다. 이러한 연구의 일환으로 한국해양과학기술원에서는 1997년부터 현재까지 우리나라의 영해 및 배타적 경제수역에 부존하고 있는 다양한 해저광물자원에 대한 탐사작업을 진행하고 있다 [8]. 해저광물 자원탐사 사업을 통해 매년 생산되는 자료를 저장하고 관리를 위한 방안이 요구되었으며 이것을 해결하기 위하여 한국해양과학기술원에서 해양광물자원정보시스템을 개발, 운영하고 있다. 해양광물자원정보시스템은 해저자원 탐사자료의 위치를 표시하는 도형자료를 저장한 도형 데이터베이스와 관련 속성자료를 저장한 속성 데이터베이스로 구성된 공간 데이터베이스를 이용하여 해당 자료를 표출하고 조회할 수 있는 시스템이다 [5].

현재 운영 중인 해양광물자원정보시스템은 2차원 GIS 기반의 시스템으로 탐사한 자료를 이용하여 광물자원의 매장위치를 확인하거나 해양자원의 체적계산을 통한 경제성 분석 등에 활용할 수 있으나 해저자원 탐사자료의 2차원적인 표출과 분석만 가능하다는 한계가 있다. 해저자원 탐사자료는 해저면하부를 탐사하기 때문에 수심과 해저 지형에 대한 정보가 중요하며, 해저자원 탐사자료를 이용한 광물매장량 체적 계산 및 해저 단면도 중첩 등의 기능은 반드시 3차원 분석을 이용하여 수행해야 한다. 또한 3차원 자료의 표출뿐만 아니라 기존의 해저자원 데이터베이스를 활용하여 도형 위치정보의 중첩 표출을 위해 GIS의 적용은 필수적이다.

1.2 연구 목적 및 범위

본 연구의 주요 목적은 해저자원 탐사자료의 고차원적인 해석과 효율적인 활용을 위한 3차원 GIS 기반의 해저자원 탐사자료 표출 시스템을 설계·구축하는 것이다. 이를 위해 기존에 구축되어 있는 해저자원 데이터베이스를 기반으로 해저 지형 데이터를 추가로 구축하였다. 또한 2차원 GIS 기반의 해양광물자원정보시스템에 3차원 표출 기능을 추가하기 위해 시스템을 설계·구축하였다.

본 연구는 한반도 주변 해역에서 수행되는 시추코어, 탄성파, 인산염, 중·자력, 첩의 탐사자료와 한국해양과학기술원에서 획득한 30초 간격 포인트수심 데이터 등을 다루었으며, 공간적으로 탐사자료를 포함한 3차원 표출을 위해 한반도 전 해역에 대한 시스템을 구축하였다.

2. 국내외 연구동향

해양에 대한 관심이 날로 증가함에 따라 보다 효율적인 해양데이터의 활용을 위해 3차원 표출 시스템 개발에 많은 연구가 수행되고 있다. 본 연구에서는 본 연구의 목적과 유사한 분야의 시스템 구축에 관한 연구사례를 조사하고 분석하였다.

2.1 국내 연구사례

이지영 등(2010)은 지반시추자료의 활용성을 극대화하기 위해 사용자 중심의 3차원 GIS 기반의 지반시추자료 활용시스템 개발에 대한 연구를 수행하였다. 해당 연구에서는 공간자료와 속성자료를 분류하여 데이터베이스를 구축하였다. 공간자료는 Shape 파일형식으로 각 주제도별 데이터를 구축하였고, 속성자료는 자료의 연계를 위해 MDB 형식으로 데이터베이스를 구축하고 공간자료와 연결하였다. 해당 연구에서 개발한 지반시추자료 활용시스템은 사업정보검색, 시추공정보검색, 각종 시험정보검색 등으로 구성된 서버기능을 기반으로 3차원 뷰어 기능을 포함하여 사용자서비스 체계의 개선을 목표로 시스템 구조가 이루어져 있다 [9].

오충원(2009)은 해양지리자료를 사용자의 요구에 부합할 수 있도록 해양자료의 특성을 고려하여 인터넷 환경에서 3차원으로 시각화할 수 있는 방안을 모색하였다. 이를 위하여 해양 GIS에서 해양자료의

특성을 분석하고, 인터넷 환경에서 3차원 지리정보 시스템의 기술 현황을 검토하고, 해양공간자료의 특성을 담아낼 수 있는 GIS 시각화 방안을 탐색하였다. 해당 연구에서는 구글, ESRI, KML, GML, DXF 등과 X3D earth를 비교하였으며, 일반적인 3차원 그래픽 및 GIS 모델링 뿐 아니라 해양시스템에 특화된 X3D earth를 이용하여 3차원 지리정보 서비스하는 방안을 모색하였다[11].

김계현 등(2007)은 GIS를 이용한 배타적 경제수역 해양자원정보시스템의 구현에 관한 연구를 수행하였다. 해당 연구에서는 해양자원정보에 대한 탐사 자료를 시각적으로 표현하는 시스템의 구현을 위한 공간데이터베이스를 구축하였다. 구축된 데이터베이스는 파일시스템을 기반으로 텍스트 데이터를 테이블로 활용하여 파일 단위의 데이터를 관리한다. 파일 단위의 데이터는 공간데이터 및 그와 연계된 연계속성데이터로 구성되며 공간데이터의 속성정보에 연계속성데이터의 파일명을 입력하여 공간데이터와 속성데이터가 연계 가능하도록 시스템에 적용하였다[6].

배문기 등(2006)은 통합항법시스템에 적용하기 위한 3차원 해저지형의 시각화 연구를 수행하였다. 해당 연구에서는 연근해 어선의 통합항법시스템을 구축함에 있어 기존에 ECDIS 상에서 2차원으로 나타내었던 해상 부분을 어선에서 보다 효과적으로 활용할 수 있도록 3차원으로 해저 지형을 시각화하여 통합항법시스템에 적용하기 위한 기초 연구를 진행하였다. 3차원 데이터는 TIN을 사용하였고 OpenGL(Open Graphic Library) 소프트웨어를 이용하여 3차원 시각화를 구현하였다[1].

한국해양과학기술원에서는 해양영토를 확보하고, 해저광물자원을 효율적으로 개발하기 위한 해양광물자원시스템을 개발하였다. 이 시스템에서는 다양한 해저자원 탐사자료를 데이터베이스로 저장하여 시스템 상에서 도형과 속성을 표출하도록 구성되어 있다[8].

국립해양조사원은 우리나라 관할해역의 측량 및 관측 자료를 해양 GIS 기반으로 이용할 수 있도록 공간데이터베이스로 구축하여 체계적으로 관리하고 사용자가 쉽고 편리하게 이용할 수 있도록 종합해양정보시스템(TOIS)을 운영하고 있다. 이 시스템에서는 해도정보, 해양지리정보, 해양관측정보 등의 해양관련 정보를 웹상에서 검색하고 이용할 수 있

도록 서비스 되고 있다[7].

2.2 국외 연구사례

G P. Schmahl et al.(2003)은 멕시코 북서부만의 해양 생물의 서식지 특징을 분석하기 위해 멀티빔 자료를 이용한 3차원 시각화에 대한 연구를 수행하였다. 해당 연구에서는 멀티빔 데이터를 GIS 기반 베이스 레이어로 사용하였으며, 잠수정에서 얻은 데이터와 함께 ArcView GIS 소프트웨어를 사용하여 3차원의 해저 지형을 표출하였다. 멀티빔과 잠수정으로부터 얻은 위치 정보를 사용하여 기존에 잘 알려지지 않은 연안의 제방 등의 정보와 함께 해양 생물의 서식지를 보다 정확도 높게 분석하였다[12].

W. Zhou et al.(2007)은 GIS를 이용한 광물자원의 분석을 위해 알래스카의 Mome 연안의 사금 정보예측에 대한 사례 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 다양한 기관에서 제공하는 지구물리 데이터를 활용하기 위해 ESRI에서 제공하는 GDB(Personal Geodatabase)를 활용하여 분산되어 있는 공간데이터를 통합하여 IG(Integrated Geodatabase)라는 통합 공간데이터베이스를 구축하였다. 또한 연계되는 속성데이터에 대한 사항은 GDB의 생성 시 함께 생성되는 MS Access의 MDB형식의 파일을 이용한 속성테이블에 데이터를 입력하여 사금의 정보예측을 위한 분석에 활용하였다[14].

미국 NODC(National Oceanographic Data Center)는 국립해양대기관리국(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 운영하고 있는 데이터센터 중의 하나이다. NODC는 바다의 표면 온도, 해류, 해변지도, buoy, 지연온도 등의 각종 해양데이터를 수집하고 보관하며 처리와 검색이 가능한 데이터베이스를 구축하고 유지, 관리하여 연방정부와 학계 및 해양연구기관에 다양한 경로를 통해 데이터를 제공한다[10].

일본 JODC(Japan Oceanographic Data Center)는 일본의 해양데이터의 대한 데이터센터로 일본의 정부 기관, 대학, 해양데이터센터 등의 의해 생산된 데이터와 다양한 처리 및 분석을 통해 생산된 데이터를 수집·관리하고 제공하는 기능을 한다[4].

2.3 연구사례 고찰

국내외 연구사례의 조사 결과 해양데이터의 활용을 위한 다양한 연구가 존재하였다. 그러나 대부분

의 연구와 기관에서는 해양데이터의 구축과 활용을 위한 2차원적 표출 시스템 개발과 단순 분석을 위한 3차원 표출 시스템 개발에 관한 연구만 진행되었다. 또한, 한국해양과학기술원에 이미 개발되어 있는 해양광물자원정보시스템의 경우 해저자원 탐사자료를 2차원으로 표출하기 때문에 해양데이터의 특성을 고차원적으로 분석하고 활용하기에는 어려움이 존재한다. 특히 해저자원 탐사자료는 해저면 하부를 탐사하기 때문에 수심과 해저 지형에 대한 정보가 매우 중요하다.

따라서, 본 연구에서는 기존 2차원 표출을 지원하는 해양광물자원정보시스템의 단점을 보완하기 위해 3차원 해저 지형 데이터를 구축하고 3차원 해저 지형 표출 시스템을 설계·구축하였다.

3. 연구내용 및 방법

본 연구에서는 한반도 주변 해저 지형 데이터를 3차원으로 표출하는 시스템을 개발하기 위해 연구 대상지역을 선정하고, 해저 지형 데이터를 수집하고 3차원으로 표출하기 위해 래스터 형식으로 변환과정을 진행하였다. 이후 기존에 해저자원 탐사자료가 구축된 오라클 데이터베이스에 추가 구축하였다. 또한, 구축된 해양광물자원정보시스템을 기반으로 3차원 표출 시스템을 설계·구현하는 순으로 연구를 진행하였다(Figure 1).

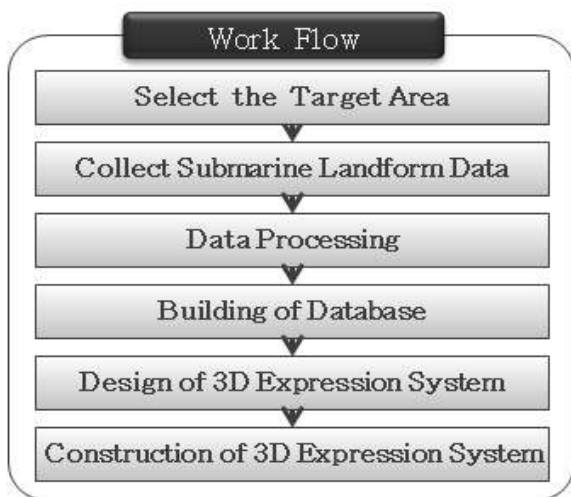


Figure 1. Work Flow

3.1 연구 대상지역

한국해양과학기술원에서 운영하고 있는 해양광물자원정보시스템은 한국과 일본, 중국 등 다양한 국가 간의 논쟁이 발생하는 해역을 모두 포함하기 위해 동해, 남해, 황해의 EEZ(Exclusive Economic Zone) 대상 해역을 연구 대상지역으로 하였다. 본 연구에서는 해양광물자원정보시스템과의 연계를 위해 EEZ 대상 해역을 모두 포함하는 한반도 주변 해역을 연구 대상지역으로 선정하였다.

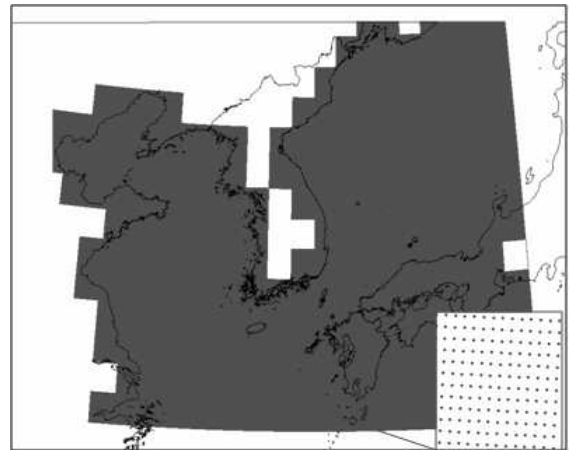


Figure 2. Water Depth Data

3.2 데이터 수집 및 구축

한국해양과학기술원에서 해양에 대하여 경쟁력을 갖추고 영향력을 행사하기 위해 1997년부터 현재까지 한반도 주변 전 해역에 대해 해저광물자원 탐사를 실시하였다. 탐사 결과, 한반도 전 해역에 대한 시추코어, 탄성과, 중·자력, 칩의 자료가 생성되었으며, 이 자료를 도형자료와 속성자료로 분류하여 오라클 데이터베이스에 구축하였고, GIS 기반 시스템을 구축하여 운영하고 있다. 본 연구에서는 기존에 구축된 데이터베이스를 기반으로 연구를 진행하였다.

또한, 3차원 지형 표출을 위해 한국해양과학기술원에서 30초 간격 포인트 수심 데이터를 획득하였다[13]. 수심 데이터는 Figure 2와 같이 한반도 주변 전 해역에 대해 Shape 파일 형태로 저장되어 있으며, 각 포인트에는 수심 값이 속성으로 입력되어 있다. 본 연구에서는 포인트 형태의 수심데이터를 3차원으로 표출하기 위해 50m X 50m 해상도의 래스터 파일로 보간하였다. 보간은 ESRI사의

ArcMap을 사용하여 진행하였으며, 보간 방법은 역거리가중보간법인 IDW(Inverse Distance Weighted)를 사용하였다. 또한, 육지는 3차원 표출이 불필요하고 육지지역까지 보간을 할 경우 데이터의 양이 방대해지기 때문에 Mask 기능을 사용하여 육지를 제외한 나머지 지역에 대해서 보간을 진행하였다. 생성한 래스터 파일의 크기는 약 1900 km X 1500 km로써 범위가 넓고, 약 2 GB(gigabyte)로 용량이 매우 크기 때문에 이 파일을 직접 사용하는 것은 처리 속도와 표출 효율 면에서 어려움이 있다. 따라서 데이터의 원활한 표출을 위해 약 50 km X 50 km로 분할하고 그에 따른 인덱스 레이어를 생성하였다(Figure 3). 육지를 제외하고 868개의 래스터 파일을 생성하였으며, 오라클 데이터베이스에 효율적으로 구축하기 위해 Raster Catalog를 사용하여 해저 지형 데이터를 구축하였다.

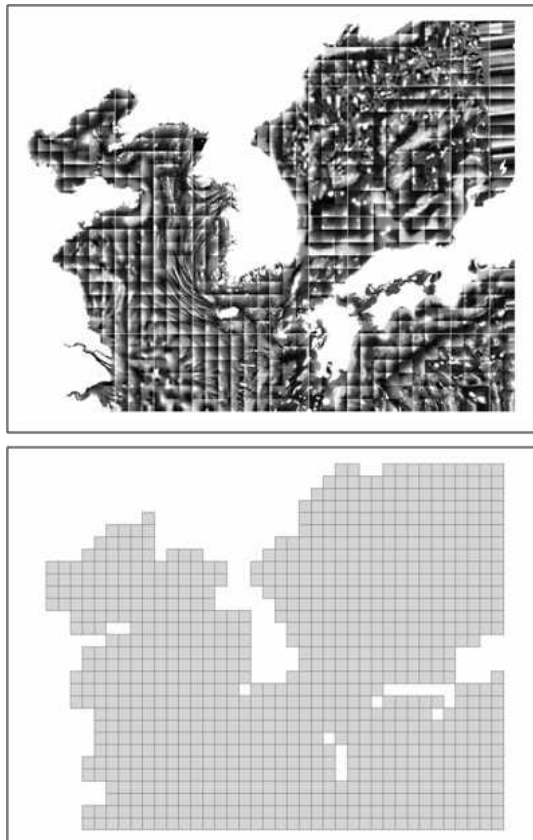


Figure 3. Water Depth Raster & Index Layer

3.3 사용자 요구분석 및 시스템 개발환경 정의

3차원 지형 표출 시스템을 위해 탐사 전문가를 대상으로 사용자 요구분석을 실시하였다. 사용자 요

구분석을 위한 면담은 해저광물자원 탐사를 실시하고 데이터를 사용할 한국해양과학기술원 동북아 EEZ 자원연구단을 대상으로 실시하였다. 요구분석을 통해 표출 목적, 방법, 필요한 기능을 정의하였다. 해저자원 탐사자료는 해저면 하부를 탐사하기 때문에 해저면 변화에 따른 자료의 위치와 변화 확인이 중요하다. 따라서 3차원 표출 시스템은 해저 지형 데이터를 3차원으로 표출하고 지형 굴곡에 따른 해저자원 탐사자료의 변화를 보여주는 것을 주목적으로 하였다. 이에 따라 본 연구에서는 해저 지형의 3차원 표출을 위해 ArcScene을 이용하여 표출 방안을 연구하고 구현이 가능한 기능을 정의하였다.

3차원 지형 표출 시스템은 ArcObjects 9.2를 컴포넌트로 이용하였으며, ArcObjects 9.2의 권장 개발환경인 Microsoft Visual Studio 2005에서 VB.NET을 개발언어로 선정하였다. ArcObjects는 ESRI사에서 제공하는 지리정보시스템에 대한 기능과 인터페이스를 구현할 수 있는 컴포넌트이다. ArcObjects를 사용하면 ArcMap과 ArcScene에서 제공하는 도형관리과 다양한 공간 분석 기능을 사용할 수 있어 이 제품을 선택하였다[3].

3.4 3차원 지형 표출 기능 설계

사용자 요구분석의 내용을 바탕으로 ArcScene을 사용하여 3차원 표출 기능을 정의하였다. ArcScene은 ESRI사에서 제공하는 3차원 도구로 3차원 시각화 및 분석을 위한 고차원적 도구를 제공하고 ArcScene에서 사용한 기능을 ArcObjects를 사용하여 시스템으로 개발이 가능하다는 장점이 있다[2].

우선적으로 해저 지형의 3차원 표출에 대한 설계를 진행하였다. 해저 지형 데이터는 앞서 오라클 데이터베이스에 구축된 래스터 파일을 사용한다. 시스템 내 지형 표출은 사용자가 표출 범위를 지정하게 되면 해당 래스터의 인덱스를 추출하고 ArcSDE를 통해 래스터 파일을 불러온다. 검색된 각각의 래스터 파일은 해당 래스터의 값에 따라 개별적인 색분류를 가지고 있다. 따라서 이 래스터 파일을 3차원으로 표출하기 위해서는 모든 파일의 Value값을 수동으로 설정하고, Base Heights와 Symbology를 각 파일마다 설정해야 한다. 또한, 이 래스터 파일을 모두 설정 하더라도 표출된 래스터 파일은 경계

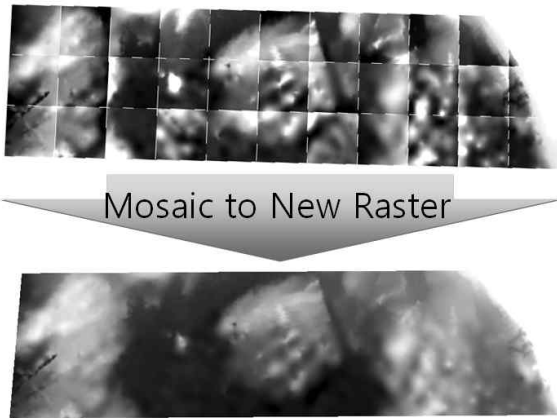


Figure 4. Mosaic to New Raster

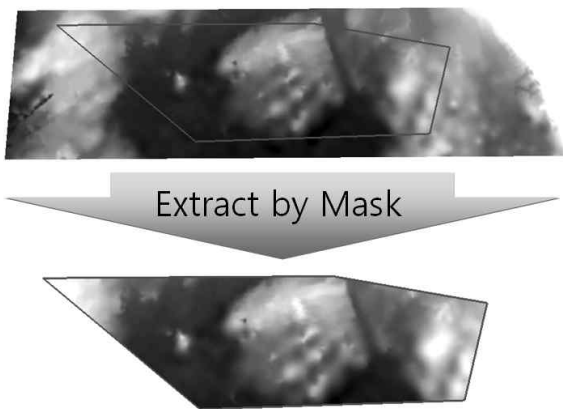


Figure 5. Extract by Mask

부분의 픽셀은 값이 존재하지 않아서 경계가 생긴다는 단점이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 위와 같은 문제를 해결하기 위해 Mosaic to New Raster 기능을 사용하였다. Mosaic to New Raster는 여러 개의 래스터 파일을 하나의 래스터 파일로 모자이크하는 기능이다. Figure 4와 같이 Mosaic to New Raster 기능을 사용하면 경계부분의 픽셀이 채워지고 색 분류도 하나로 통일된다. 모자이크된 래스터 파일을 원하는 모양으로 추출하기 위해 Extract by Mask 기능을 사용하였다(Figure 5). 이 기능은 래스터 파일을 Mask 폴리곤 파일이나 다른 래스터 파일의 모양으로 추출하는 기능이다. 이 기능을 사용하기 위해 시스템 상에서 사용자가 표출을 원하는 지역을 폴리곤 Shape 파일 형태로 생성하는 기능을 설계하였다. Mosaic to New Raster와 Extract by Mask 기능을 거친 래스터 파일을 3차원으로 표현해 주기 위해 ArcScene상에서 Base Heights와 색 설정을 위한 Symbology를 설정하였다. Base Heights는 Layer Properties에 있는 설정으로, Z값

의 기준이 되는 래스터 파일을 설정해주고 그에 따라 3차원으로 표현할 수 있게 해준다. 또한 Base Heights를 설정하는 과정에서 Z Unit Conversion 변수를 설정하게 되는데 이 값은 높이 값에 배율을 지정하는 것으로 래스터 파일의 최대·최소 Value에 따라 값을 설정해야 지형 표출의 효율성을 높일 것으로 판단하였다. 따라서 이 값은 표출되는 래스터 값에 따라 유동적으로 입력될 수 있게 설계하였다. 3차원 지형 표출 과정은 Figure 6과 같다.

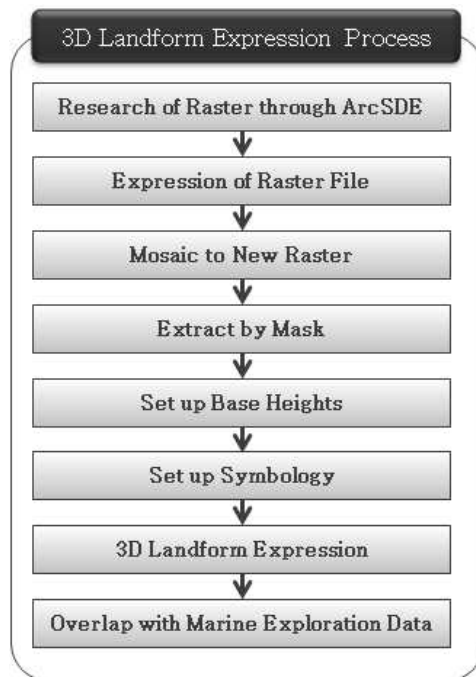


Figure 6. 3D Landform Expression Process

또한, 본 연구에서는 해저자원 탐사자료의 표출을 위해 3차원 지형에 라인과 포인트 데이터를 중첩하는 기능을 설계하였다. 해저자원 탐사자료는 표출되는 래스터 파일에 중첩되는 데이터만 추출해야하기 때문에 Spatial Filter와 Query Filter를 사용하여 공간 검색을 하였다. 공간 검색을 위한 레이어는 사용자가 범위를 지정할 때 생성한 폴리곤 Shape 파일로 하였다. 오라클 데이터베이스에 저장되어 있는 해저자원 탐사자료를 폴리곤 Shape 파일을 이용하여 데이터베이스 상에서 Feature 별로 검색할 수 있도록 설계하였다. 3차원 지형인 래스터 파일과 해저자원 탐사자료인 벡터 파일의 중첩을 위해 벡터 파일에도 래스터 파일과 같은 방법으로 Base Heights를 설정하였다. Base Heights 설정 값을 래스터 파일과 같게 해주어야 3차원 지형과 해저자원

탐사자료가 정확하게 중첩되어 확인할 수 있다. 또한, 중첩된 해저자원 탐사자료와 함께 속성정보에 접근할 수 있는 기능을 설계하였다. 속성정보는 도형정보와 연계되어 오라클 데이터베이스에 저장되어 있으며, 해당 탐사정보를 선택하면 각 탐사분야 별로 해당 속성을 보여줄 수 있게 설계하였다.

3.5 시스템 구현

3.5.1 3차원 표출 범위 선택

시스템 설계를 바탕으로 ArcObjects 기반의 시스템을 구현하였다. 3차원 지형을 표출하기 위해 사용자는 Figure 7과 같이 표출하고자 하는 범위를 선택할 수 있다. 범위 선택을 위한 인텍스 레이어는 해양광물자원정보시스템에서 반투명상태로 확인할 수 있으며, 마우스 클릭을 통해 범위를 지정할 수 있다. 사용자가 범위를 선택하게 되면 사용자가 선택한 모양을 기준으로 Extract by Mask에 사용할 폴리곤 Shape 파일을 생성하게 되고, 해당 범위에 포함된 래스터 파일을 오라클 데이터베이스에서 검색한다.

3.5.2 시스템 메인 GUI 및 주요 기능

시스템 메인 GUI는 상단에 3차원 지도 화면을 조작하는 네비게이션 도구와 Z Scale 조절 등의 옵션으로 구성되어 있다. 화면 좌측은 현재 3차원 지형

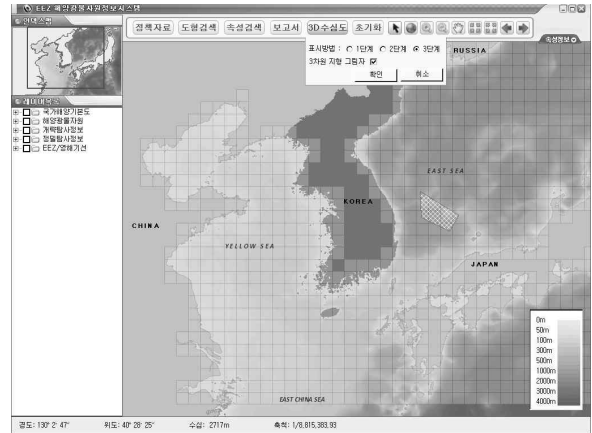


Figure 7. Choice of 3D Expression Range

이 표출되고 있는 위치를 표시하는 Mini Map과 표출되고 있는 지역에 존재하는 해저자원 탐사자료 목록으로 구성되어 있다. 탐사자료를 표시하는 부분은 Treeview로 구성되어 있어 사용자는 중첩하여 확인하고 싶은 데이터를 체크를 통해 확인할 수 있다. 화면 중앙은 ArcScene 컨트롤로 구성된 지도 화면과 방위와 위치, 수심의 표시 등으로 구성되어 있다(Figure 8).

본 시스템에서는 3차원 지형을 표출하기 위해 ArcScene에서 사용한 기능을 ArcObjects를 통해 구현하였다. 시스템 상에서 지도 화면을 표출하고 조작하는 기능은 ArcObjects에서 기본적으로 제공하며, 래스터 파일을 처리하기 위해 Geoprocess를

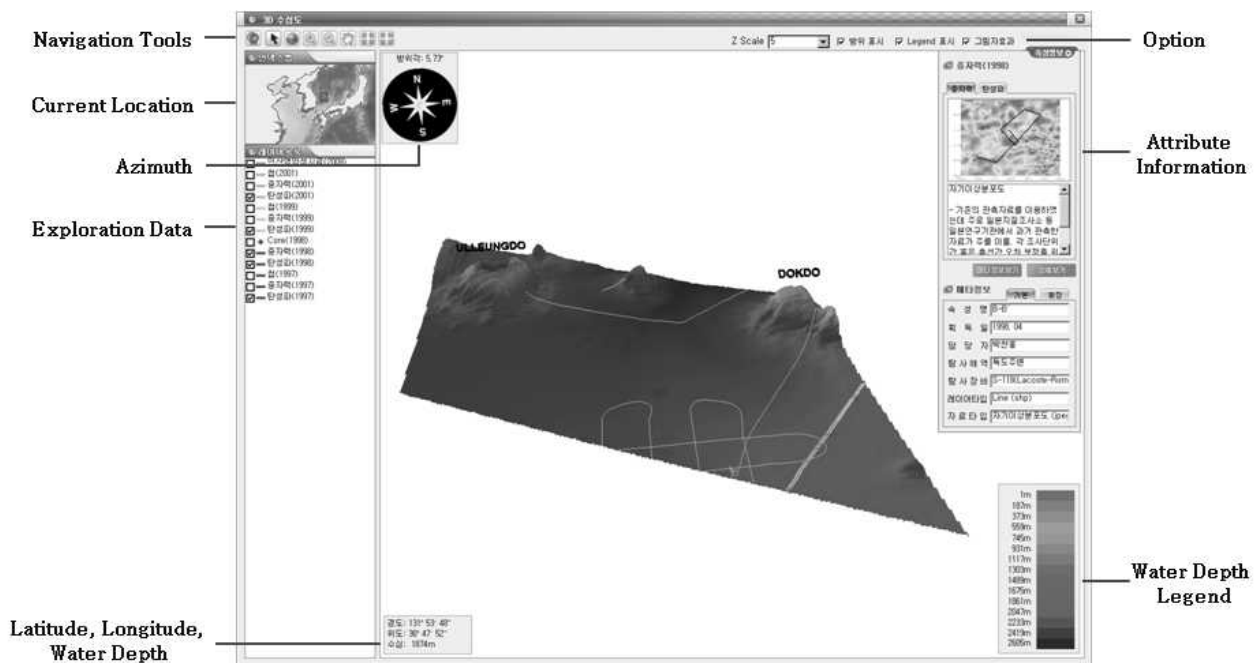


Figure 8. 3D Expression System Main GUI

사용하였다. Geoprocess는 ArcMap이나 ArcScene에서 사용하는 ArcToolbox 기능을 ArcObjects에서 사용할 수 있게 해주는 기능이다. 따라서 본 시스템에서는 폴리곤 생성을 위한 Editing 기능, Mosaic to New Raster 기능, Extract by Mask 기능을 사용하기 위해 Geoprocess를 사용하였다.

사용자는 네비게이션 도구를 이용하여 3차원 지형의 이동, 회전, 확대·축소 등의 작업을 할 수 있다. Z Scale의 경우 처음 래스터 파일이 호출될 때 최대·최솟값을 분석하여 자동으로 설정되며, 이후 사용자는 옵션에서 조정하여 Z Scale를 설정할 수 있다. 또한, 사용자는 해저 지형에 마우스 클릭을 통해 클릭한 지점의 위·경도, 수심을 확인할 수 있으며, 지형의 회전 정도에 따라 방위각을 확인할 수 있다.

3.5.3 해저자원 탐사자료 중첩 기능

본 연구에서는 해저자원 탐사자료의 고차원적 분석과 확인을 위해 3차원 지형에 해저자원 탐사자료를 중첩하는 기능을 구현하였다. 중첩을 위한 해저자원 탐사자료는 기존에 오라클 데이터베이스에 구축되어 있는 자료를 사용하였다. 먼저 중첩을 위해 3차원으로 호출된 해저 지형에 포함되는 해저자원 탐사자료를 오라클 상에서 Feature 단위로 검색하였다. 탐사라인의 경우 호출된 지형에 포함되는 Feature지만 지형 밖으로 벗어나는 라인이 존재한다. 이러한 경우 라인의 Base Heights가 정의되어 있지 않아 오류가 발생하므로 라인을 지형에 맞게 추출하는 작업을 추가로 수행하였다. 화면 좌측 레이어 목록에서 중첩을 원하는 탐사자료를 선택하면 Figure 9와 같이 3차원 해저 지형과 해저자원 탐사자료를 중첩하여 확인할 수 있다. 또한, 해저자원 탐사자료를 마우스로 클릭하면 그에 대한 속성정보를 확인할 수 있게 구현하였다.

3.6 3차원 호출 방법의 다양화

3차원 지형 호출은 사용자가 선택한 지역만 보여주기 위해 Mosaic to New Raster와 Extract by Mask 기능을 사용하였다. 하지만 이러한 기능들은 Geoprocess를 사용하기 때문에 각 기능마다 처리 시간이 1분 이상 소요된다. 따라서 본 시스템에서는 처리 시간의 단축을 위해 사용자에게 호출 방법을 선택할 수 있게 하여 호출 방법에 따라 기능의 사

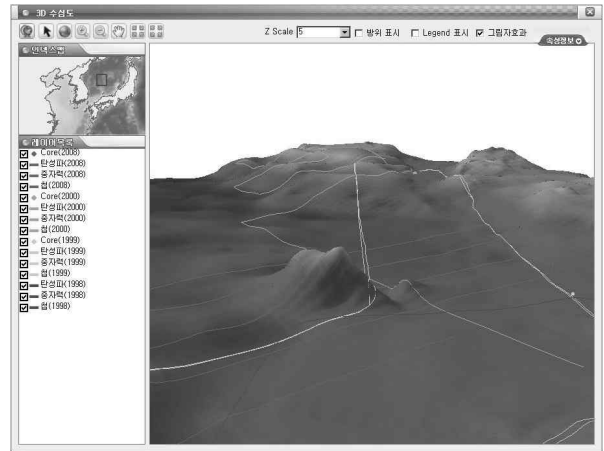


Figure 9. Overlap Marine Exploration Data

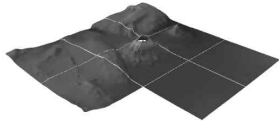
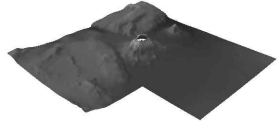
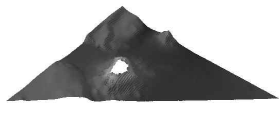
용 유무를 다르게 하였다.

먼저 사용자가 단순히 3차원 지형만 확인하고 싶을 경우 Geoprocess를 사용하지 않고 래스터 파일을 개별적으로 확인할 수 있게 구현하였다. 이 방법으로 호출을 할 경우, 검색된 래스터 파일을 하나로 합치는 Mosaic to New Raster 기능을 사용하지 않기 때문에 각각의 래스터 파일의 Base Heights와 Symbology를 개별적으로 설정해야 한다. 이 호출 방법을 선택하면 Geoprocess를 사용하지 않기 때문에 속도가 빠르다는 장점이 있으며, 각각의 래스터 파일 경계에 값이 존재하지 않고 해저자원 탐사자료를 중첩하여 확인할 수 없다는 단점이 존재한다.

사용자가 지정한 범위만 확인하지 않고 범위에 포함되는 래스터를 확인하고 싶을 경우 Extract by Mask 기능을 사용하지 않고 Mosaic to New Raster 기능만 사용하여 호출한다. 이 방법을 선택하면 사용자가 선택한 범위에 포함되는 래스터 파일을 Mosaic to New Raster 기능을 사용하여 하나의 래스터 파일로 모자이크 해준다. 이 방법은 Extract by Mask를 사용하지 않기 때문에 사용했을 경우보다 시간이 빠르고 해저자원 탐사자료를 중첩하여 확인할 수 있다는 장점이 있다.

마지막으로 Mosaic to New Raster와 Extract by Mask 기능을 모두 사용했을 경우에는 다른 방법보다 시간이 오래 걸린다는 단점이 존재하나, 사용자가 선택한 범위만 3차원으로 보여준다는 장점이 존재한다. 표 1은 3차원 호출 방법 비교를 보여준다. 호출 시간은 9개의 래스터 파일을 선택하고 선택한 시점부터 화면에 호출되기까지 걸리는 시간을 10회 측정된 평균값으로, 2단계와 3단계에서 Geoprocess

Table 1. Comparison of 3D Expression Method

Step	Expression Display	Function	Characteristic	Time
Step 1		-	- Individually expression of Raster file - Quick to expression - Impossible to overlap of Submarine Mineral Resource Exploration Data	15 second
Step 2		Mosaic to New Raster	- Expression of single Raster file - Need to time of combine the Raster - Relatively quick to expression - Possible to overlap of Submarine Mineral Resource Exploration Data	30 second
Step 3		Mosaic to New Raster	- Expression of extract area by user - Need to more time than Step 2	40 second
		Extract by Mask	- Possible to overlap of Submarine Mineral Resource Exploration Data	

과정으로 인해 시간이 더 소요되는 것을 확인할 수 있다. Table 1에서는 9개에 래스터 파일에 대해서 비교를 진행하였으며, 3차원 표출을 위해 선택한 래스터 개수와 표출 시간은 비례한다.

4. 결론

본 연구에서는 한반도 주변 해역에 부존하는 해저광물자원의 효율적이고 고차원적인 활용을 위한 3차원 해저 지형 표출 시스템을 ArcObjects와 VB.NET를 기반으로 개발하였다. 이를 위해 해저 지형 데이터를 수집하고 가공하여 기존에 관리되고 있던 해저자원 데이터베이스에 추가로 구축하였다. 또한, 기존에 구축된 해양광물자원정보시스템을 기반으로 3차원 지형 표출 시스템을 개발하여 해저 지형을 3차원으로 표출하고 해저자원 탐사자료와 중첩하는 기능을 개발하였다. 3차원 지형 표출은 3단계로 구분하여 사용자가 사용 목적과 시간을 고려하여 표출할 수 있게 구현하였다.

4.1 기대효과

본 연구에서 구축된 3차원 GIS 기반의 표출 시스템은 해저 지형과 해저자원 탐사자료를 3차원으로 표출하여 해저면의 변화에 따른 탐사자료의 위치와 변화에 대한 확인이 용이하다. 본 시스템을 활용함으로써 기존의 2차원 시스템의 이용에 따른 단점을 보완하여 보다 고차원적인 확인이 가능할 것으로 판단된다. 나아가 3차원 지형과 해저자원 탐사자료를 중첩하여 확인하고 그에 따른 속성정보 연계를 통해 탐사자료 및 해저광물자원의 다양한 분석 또

한 가능할 것으로 기대된다. 또한, 본 연구에서 구축한 시스템을 기반으로 광물 매장량 계산 및 해저 단면도 중첩 기능 등이 추가도 용이하다. 이러한 기능을 추가한다면 향후 해양자원의 고차원적인 분석과 시추 계획 수립, 탐사 장소의 선정 등 보다 많은 기여를 할 것으로 사료된다.

또한, 본 연구에서 개발한 3차원 표출 시스템에 기반이 되는 모듈은 간편하고 빠른 래스터 파일의 편집과 3차원 표출을 지원한다. 따라서 2차원에 비해 자료의 활용성을 높일 수 있으며, 이 모듈을 통해 해저광물자원뿐만 아니라 다양한 분야에서 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

4.2 향후 추진 방향

향후에는 현재 개발된 시스템을 기반으로 보다 다양한 공간분석을 위한 기능과 의사결정 지원을 위한 시뮬레이션 기능 등을 갖춘 시스템의 개발이 필요하다. 또한, 3차원 지형 표출 상에서 영해 및 EEZ 기선을 활용하여 해역을 나누고 그 지역에 부존하는 해저광물자원 매장량의 자동계산이 가능하도록 해야 한다. 이를 통하여 개략적 경제성 분석과 함께 국가적 차원의 해저광물자원의 시추계획 수립의 지원도 가능하다. 아울러 해저자원 탐사자료는 해저면을 기준으로 시추 작업을 하기 때문에 해저면 저층 부분을 확인하는 것도 중요하다.

나아가 본 연구에서 개발된 시스템에서는 탐사의 기준이 되는 해저면의 확인만이 가능하나 향후 연구에서는 해양지각 단면도 등을 활용하여 해저면 하부와 시추자료 등의 중첩 분석 등 고차원적 분석 기능의 개발도 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] Bae, M. K; Shin, H. I; Lee, D. J; Kang, I. K; Lee, Y. W; Kim, K. S. 2006, Three dimensional visualization of seafloor topography for the application of integrated navigation system, Journal of Korea Society of Fisheries Technology, 42(2): 104-110.
- [2] ESRI, 2010, Working with 3D GIS Using ArcGIS.
- [3] ESRI, 2010, Introduction to Programming ArcObjects Using the Microsoft .NET Framework.
- [4] Japan Oceanographic Data Center (JODC) <http://jodc.go.jp>
- [5] Kim, D. I; Kim, K. H; Park, Y. H; 2012, Development of GIS based Marine Mineral Resource Information System for Managing Marine Exploration Data, Journal of Korea Spatial Information Society, 19(6):.13-22.
- [6] Kim, K. H; Kim, S. Y; Park, E. J; Yoo, H. S. 2007, Development of GIS-based EEZ Marine Resources Information System, Journal of Korea Spatial Information Society, 9(2):.55-66.
- [7] Korea Hydrographic and Oceanographic Administration, TOIS, <http://www.khoa.go.kr>
- [8] Korea Institute Of Ocean Science & Technology, 2008, EEZ Marine Mineral Resource Explorer Report.
- [9] Lee, J. Y; Jang, Y. G; Kang, I. J. 2010, A Study on Development of Geotechnical Boring Data Application System based on 3D GIS, 2010 Korean Society of Civil Engineers Conference.
- [10] National Oceanographic Data Center (NODC) <http://www.nodc.nl>
- [11] Oh, C. W. 2009, Web 3D GIS for Oceanographic Data Visualization, Journal of Korean Geographic Society, 43(4):723-733.
- [12] Schmahl, G. P; Hickerson E. L; Weaver, D. C; Gardner, J. V. 2003, High-resolution multibeam mapping and habitat characterization of topographic features in the northwestern Gulf of Mexico, U.S Hydrographic Conference(US HYDRO).
- [13] Seo S. N. 2008, Digital 30sec Gridded Bathymetric Data of Korea Marginal Seas - KorBathy30s, International Journal of Ocean Engineering and Technology, 20(1):110-120.
- [14] Zhou, W; Chen, G; Li, H; Luo, H; Huang, S. L 2007, GIS application in mineral resource analysis-A case study of offshore marine placer gold at Nome, Alaska, Computers & Geosciences, vol. 33, pp.773-788.

논문접수 : 2012.09.24

수정일 : 2013.02.15

심사완료 : 2013.05.23