

지리정보시스템을 이용한 한국심해연구지역(KR1)에서의 단괴개발적지선정연구

고영탁^{1)*} · 김종욱¹⁾ · 형기성¹⁾ · 지상범¹⁾ · 김현섭¹⁾ · 박정기¹⁾

1. 서론

북동 태평양에 위치한 클라리온-클리퍼톤 해역(Clarion-Clipperton Fracture Zone, C-C 지역)은 망간, 구리, 니켈 등 주요 금속의 함량이 높은 망간단괴가 다른 지역에 비해 다량 분포하고 있는 것으로 알려져 일찍부터 선진국들의 많은 관심을 받아왔다(Fig. 1). 우리나라는 1994년 유엔으로부터 공해상에서의 심해저자원개발에 관한 선행투자가자격을 인준 받았으며, 동시에 심해저자원개발을 위한 배타적 탐사권을 행사할 수 있는 할당광구 150,000 km²를 C-C 지역에 등록하였다. 등록된 할당광구의 50%인 75,000 km²의 면적에 대하여 대한민국 단독개발광구로서 2002년에 최종 등록을 완료하였다. 본 연구에서는 단독개발광구 내 채광조건 및 개발등급의 분석을 위한 우선채광지역(prospective mining area)선정을 위한 적지선정 연구를 수행하였다.

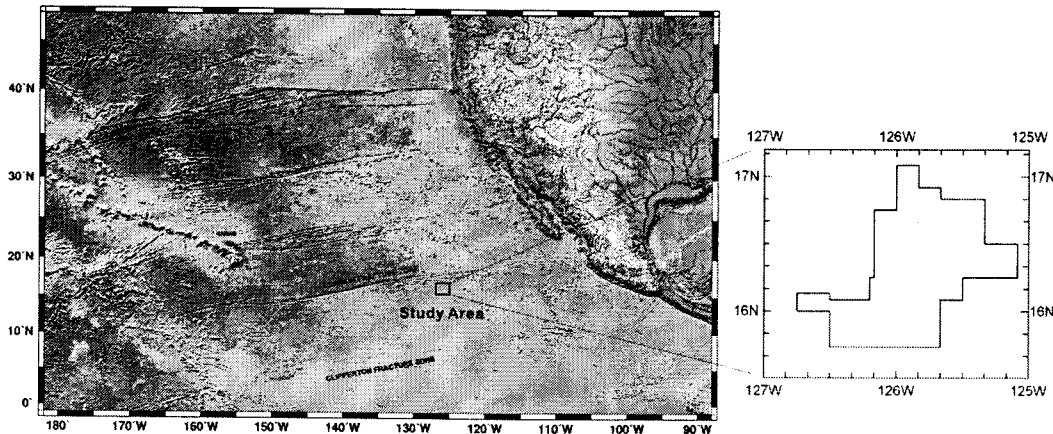


Fig. 1. Location of study area in the northeastern equatorial Pacific. The study area is located in the central part of the C-C zone, about 2,500 km from the East Pacific Rise (EPR). It lies between 15°30' and 17°N latitude, and 125° and 127°W longitude.

2. 본론

연구지역에서 획득된 자원분포 및 분포밀도를 위한 망간단괴 조사 자료, 수심 및 지형 조사 자료, 해저면 영상조사 자료와 망간단괴 화학분석 자료, 지질공학 및 퇴적물 특성 파악을 위한 시료 자료 등을 활용하여 자원분포조사 및 지질학적, 지구물리학적 조사결과를 지구통계학적으로 처리하여 자원잠재력 측면에서 망간단괴 부존밀도, 부존량, 분포경향 그리고 망간단괴 함유금속의 품위밀도 및 분포경향, 요인 분석 등을 수행하였다. 또한 개발잠재력 측면에서 해저지형의 경사도, 해저면 지형 분석, 퇴적물의 지질공학적 특성, 퇴적물의 분포 특성 등의 주요 요인을 분석하였다(Fig. 2).

주요어 : 망간단괴, 지리정보시스템, 우선채광지역, 적지선정

1) 한국해양연구원 심해연구사업단 (ytko@kordi.re.kr)

정점조사에서 획득한 자원분포 및 분포밀도 자료를 기초하여 자원분포도를 작성하여 자원 분포 경향을 1차적으로 분석하고, 최종광구 선정에서 활용되지 않았던 망간단괴의 산출형태인 외형, 표면조직, 크기 등의 요소에 대하여 추가적으로 특성을 분석하였다. 자원분포 및 분포 밀도 자료의 지구통계학적 처리를 통하여 자원분포경향에 대한 도면을 작성하고 부존밀도별 발달경향, 고밀도 자원분포지역의 규모 및 분포율을 상세히 분석하였다.

기존의 다중빔 광역측심기(Seabeam 2000) 및 2005년 새로이 도입된 장비(EM120)를 이용하여 획득한 자료 광역수심 자료는, 단위광구별 수심과 지형을 표시하는 수심도와 지형도를 작성하여 수심분포, 지형 및 지세 발달, 경사도, 해저산 분포 및 규모 등을 정밀 분석하였다. 또한 웨이브렛 분석을 실시하여 지형분류도를 작성하였으며, 분류된 지형과 망간단괴 부존률과의 상관관계 분석을 실시하였다.

해저퇴적물이 연성인 경우, 표층 퇴적물의 특성은 채광기의 크기, 중량, 그리고 마력수를 고려할 때, 안전성과 이동성에 상당한 제약을 주게 되므로, 심해저 퇴적물의 지질공학적 특성은 해저면 위에서 단괴를 대량으로 채취하게 될 채광장비의 설계 및 운영에 필수 요건으로 고려되어야 할 요소이다. 본 연구에서는 우리나라 광구지역 내에서 채취된 시료의 측정결과를 활용하여 심해저 표층 퇴적물의 지표특성과 지질공학적 특성에 관한 분석을 실시하였다.

이상과 같이 현장조사 기초자료를 광구평가에 필요한 전문적 내용에 따라 도면화하고 통계처리된 내용을 분석하여, 단위광구의 자원잠재력 및 개발잠재력을 우선적으로 검토하였다. 현장조사 자료 및 화학분석 자료의 지구통계학적 처리는 할당광구의 경·위도를 각각 0.5' 간격(약 917 m ; 위도 10°기준)의 사각형 격자(단위면적 0.81 km²)로 분할하여 121개의 자료를 평균하여 경·위도 5' 간격의 블록에서의 대표값을 산출하였다. 사용된 추정법은 지구통계학적 추정법의 하나인 크리깅법(ordinary kriging) 으로 최적의 선형불편추정법(best linear unbiased estimation)이다.

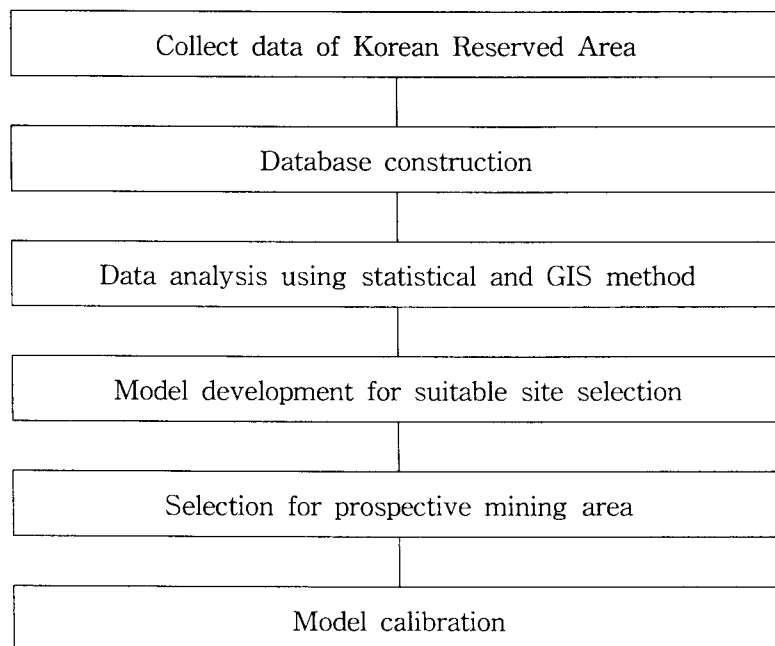


Fig. 2. Flow chart for selection of prospective mining area.

3. 결 론

망간단괴의 외형과 표면조직은 망간단괴의 성인과 관련되며 따라서 망간단괴의 금속함량과도 상관관계를 갖는다. 또한 망간단괴의 금속함량은 각 정점에서 채취되는 단괴들 중 일부 대표시료를 대상으로 분석이 이루어지지만 망간단괴의 산출형태는 채취된 모든 단괴를 대상으로 정리되기 때문에 망간단괴가 채취된 정점의 특성을 더 잘 반영한다고 볼 수 있다. 따라서 부존률과 금속함량에 의해 선정된 최종광구 내에서 망간단괴의 산출형태는 우선채광지역을 선정하기 위한 기준으로 활용될 수 있을 것이다. 이와 별개로 망간단괴의 크기는 채광기의 망간단괴 회수율과 관련된다. 따라서 채광기의 회수율이 높은 단괴크기는 우선채광지역선정을 위한 독립적인 요소가 될 수 있을 것이다.

망간단괴 채광 불능지역인 해저사면을 지형도로부터 판별하기 위해 Wavelet 분석에 의한 지형해석 알고리즘을 개발하여 실제 수심자료에 적용하였다. 필터적용으로 해저구릉과 해저곡의 위치 및 해저구릉의 경사면의 위치를 추출하였다. 이러한 방법으로 추출된 지형구조는 해저사면의 채광불능지역 탐지를 위한 해석의 방법으로 사용될 수 있으며, 기존의 수작업에 의한 방법을 혁신하여 분석의 정확성 및 객관성을 유지하기 위해 필요한 절차로 사료된다.

해저퇴적물이 연성인 경우, 표층 퇴적물의 특성은 채광기의 크기, 중량, 그리고 마력수를 고려할 때, 안전성과 이동성에 상당한 제약을 주게 되므로, 심해저 퇴적물의 지질공학적 특성은 해저면 위에서 단괴를 대량으로 채취하게 될 채광장비의 설계 및 운영에 필수 요건으로 고려되어야 한다.

최종광구에서 얻어진 자료들에 대하여 망간단괴, 지구물리, 지질공학, 퇴적물 등 총 4개의 분야로 영역을 설정하고, 각 분야의 세부 자료에 대한 일차적 분석이 이루어진 후, 그 결과들을 대상으로 망간단괴 부존률 및 개발과의 상관관계를 분석하였다. 이 중 상관성이 증명된 단괴 부존률, Factor 1, Factor 2, 경사, 지형, 전단강도 등 6가지 요소에 대해, 상용 GIS 프로그램인 ArcGIS를 이용하여 단괴 부존률과의 상관성 분석을 통하여 도출된 각 요소의 등급(class)별 가중치(rating value)를 적용하여 개발잠재지수를 산출하였다. 각 요소별 분석값이 적용되어 도출된 잠재지수는 전체 자료를 6개의 등간격 구간(equal interval)으로 나눠 분석하였다. 평가도상에서 분포밀도와 금속함량이 공통적으로 높게 나타나는 지역을 개발잠재력이 높은 지역으로 평가하였으며, 동일한 지형적 조건하에서 광체의 연속성이 부족하고 독립적으로 나타나는 지역을 개발잠재력이 낮은 지역으로 판단하였다. 또한, 해저산이 분포하더라도 연장성이 있는 지역은 개발잠재력을 상향 평가하였다. 연구지역의 동쪽, 중앙 남쪽, 서쪽 북단 및 남단 일부에서 개발잠재지수가 낮게 나타났으며, 좌하단부분에서 개발잠재력이 우수한 것으로 판별되었다.