

독도화산체 정상부에 대한 지구물리학적 조사 연구

김창환¹⁾, 정의영¹⁾, 박찬홍²⁾, 주형태³⁾, 이승훈¹⁾, 김호¹⁾

¹⁾한국해양연구원 독도전문연구센터, kimch@kordi.re.kr

²⁾한국해양연구원 동해연구소

³⁾한국해양연구원 해양위성·관측기술연구부

Geophysical study on the summit of the Dokdo volcano

ChangHwan Kim¹⁾, EuiYoung Jeong¹⁾, ChanHong Park²⁾,
HyeongTae Jou³⁾, SeungHoon Lee¹⁾, Ho Kim¹⁾

¹⁾Dokdo Research Center, KORDI

²⁾East Sea Research Institute, KORDI

³⁾Ocean Satellite Remote Sensing & Observation Technology Research Dep., KORDI

요약 : 독도화산체 정상부에 대한 연구를 위하여 1999년, 2004년 및 2007년에 획득한 멀티빔음향측심, 해저면영상 및 자력탐사자료를 함께 분석하였다. 독도 주변 연안에서부터 수심 약 -90 m까지의 해저지형은 많은 기복을 가진 변화를 보이는데 차별 침식된 암반 및 테일러스 등의 영향으로 사료된다. 해저지형의 계단형 경사면의 제 4 기 해침 해퇴의 영향을 받은 해안 단구로 생각된다. 북동 및 북서쪽의 수심 약 -100 ~ -120 m 해역에는 작은 분화구 형태의 지형 기복들이 나타나는데 후기 화산활동에 의해 형성된 것으로 판단된다. 해저면영상에서는 독도 정상부에 돌출암반들이 산재하는 전형적인 암반특성을 보인다. 아날니틱신호분포에서 나타나는 독도 육지부에서 북동 및 북서쪽으로 연장되는 이상대는 다른 지구물리자료에서도 나타난 화구륜의 잔해로 예상되는 암반들의 위치와 유사하다. 이 암반들은 독도 화산체 형성 초기에 만들어졌던 화구륜의 일부가 파도에 의한 침식 및 자연붕괴 등으로 유실되고 남은 잔류체로 추정되고, 독도는 남쪽 화구륜의 일부일 가능성이 높다.

주요어 : 독도화산체, 해저지형, 해저면영상, 아날니틱신호, 화구륜

Abstract : Bathymetry, side scan sonar, and magnetic survey data for the summit area of Dokdo obtained by Korea Ocean Research & Development Institute in 1999, 2004, and 2007 were analyzed to investigate the geophysical characteristics of the summit. Bathymetry and topographic data for the summit of Dokdo show uneven seabed and irregular undulations from costal line to -90 m in water depth, indicating the effects of partial erosions and taluses. The stepped slope in the bathymetry is supposed to be a coastal terrace suggesting repetition of transgressions and regressions in the Quaternary. The bathymetry and the side scan sonar data show a small crater, assumed to be formed by post volcanisms, at depth of -100 ~ -120 m in the northeastern and the northwestern parts of the survey area. Except some areas with shallow sand

sedimentary deposits, there are rocky seafloor and lack of sediments in the side scan sonar images of the survey area, dominantly. The analytic signal of the magnetic anomaly coincides with other geophysical results regarding to the location of the residual crater. The geophysical constraints of the summit of Dokdo propose that the islets and the rocky seabed elongated northeastward and northwestward from the islets might be the southern crater of the Dokdo volcano.

Keywords : Dokdo volcano, bathymetry, side scan sonar image, analytic signal, crater

1. 서론

동해는 한국, 러시아, 일본으로 둘러싸여 있고 울릉분지, 일본분지 및 야마토분지로 구성되어 있으며, 이 분지들은 한국대지, 야마토 해령, 오키뱅크, 기타 - 야마토뱅크에 의해 경계되어진다. 연구지역인 독도는 동해의 울릉분지 북동부에 위치하고 있으며 측면에서 216.8 km 동쪽에 떨어져 있고, 울릉도로부터는 남동쪽으로 87.4 km에 위치하고 있다. 독도는 한국대지의 기저부에 인접하여 분포하는 울릉도와는 달리 동쪽의 오키뱅크 쪽에 근접해 있다. 울릉도와 독도 사이는 북동 - 남서방향의 좁은 해저간 통로(Korea Gap)가 분포하여 일본분지와 울릉분지를 연결하고 있다(Chough *et al.*, 2000). 독도는 울릉도, 제주도과 함께 플라이오세 - 플레이스토세 시기에 일어난 요린변동(Yolin Disturbance)과 관련된 알칼리 화산활동에 의해서 형성된 것으로 해석되고 있으며 울릉도 화산암류와 비슷한 알칼리 현무암, 조면 현무암, 조면 안산암 및 조면암으로 구성되어 있다고 알려져 있다(김윤규 등, 1987). 해수면상에 노출된 독도의 암석 샘플에서 유추된 독도의 생성 시기는 신생대 제 3 기 플라이오세 전기부터 후기로 즉 약 460만년 전부터 약 250만년 전 사이로 밝혀져 있다(손영관, 박기화, 1994). 본 연구에서는 ‘독도의 지속가능한 이용연구’ 사업에서 획득한 독도 화산체 정상부의 다중빔 측심조사, 지자기조사, 해저면영상조사 등 지구물리조사자료 및 기존자료를 통합하여 해저지형도, 해저면 영상도, 자기이상도 등을 작성하고 분석하여 독도 화산체 정상부의 지구물리학적 특성을 분석하였다.

2. 내용

가. 해저지형조사

연구지역은 수심 약 150 m 이내의 독도 화산체 정상부 해역으로 2007년에 한국해양연구원에서 획득한 다중빔 및 단빔수심자료와 2004년과 1999년에 한국해양연구원에서 기조사된 다중빔 음향 측심자료, 단빔수심자료 및 육지부의 수치지도 자료를 통합 처리하여 동도, 서도를 중심으로 하는 독도 정상부 해역 3차원 지형도를 작성하였다(Fig. 1). 3차원 지형도에서 수면 위 동도, 서도와 수면아래 약 20 m까지의 연안지역은 육지부터 연안까지 경사면이 급하며 수심 약 20 m부터 수심 약 90 m까지는 경사가 점차 낮아지다가 수심 약 90 m 이하로 완만한 경사를 보이며 깊어진다. 동도, 서도 주변 연안에서 수심이 깊은 해저로 가면서 암반들이 북동쪽 및 북서쪽으로 연장성을 보이며 나타난다. 육지부 독도와 수면아래 약 20 m까지의 급경사면에서 흘러내린 테일러스 등이 잘 관찰

되고 동도와 서도 사이 해저 및 주변의 노출암 등이 존재하는 인접 해저는 약 10 m 이내로 매우 얇은 수심을 보이며, 수중 돌출암 등이 불규칙하게 산재되어 분포하는 것으로 나타났다. 독도 주변 연안에서부터 수심 약 90 m까지의 지형은 약 90 m 이상의 외해에 비하여 많은 기복을 가진 변화를 보이는데 차별 침식 및 자연붕괴 등에 의한 돌출 암반 및 테일러스의 영향으로 판단된다. 연구지역의 연안에서 해저로 수심이 깊어지며 암반들이 북동쪽과 북서쪽으로 연장되는 모습을 보이고 이 암반들과 수면 위 독도는 화산체 생성 후 자연붕괴 및 침식 등에 의해 소멸되고 남은 화구륜의 흔적일 가능성이 있다. 약 90 m 이상 외해의 해저 지형은 평탄한 기복과 완만한 경사를 가지고 외해로 깊어지며 북동쪽 및 북서쪽으로 연결되는 암반들의 형태가 미약하게 나타난다. 연구지역의 북서쪽 및 북동쪽 해역에는 작은 분화구 형태의 지형 기복들이 나타나는데 독도화산체 생성 후 후기 화산활동에 의한 분출물의 영향으로 생각된다. 또한 이 분화구 형태의 지형 기복들은 독도에서 북동쪽 및 북서쪽으로 연장되는 해저 암반들과 연결성이 있는 것으로 판단된다. 독도 육지부 연안에서 수심 깊은 지역으로 가면서 암반돌출부 및 계단형의 경사면들이 나타나는데 이 경사면들은 제 4 기에 나타난 해침, 해퇴 현상에 의한 영향으로 만들어진 해안단구로 생각된다.

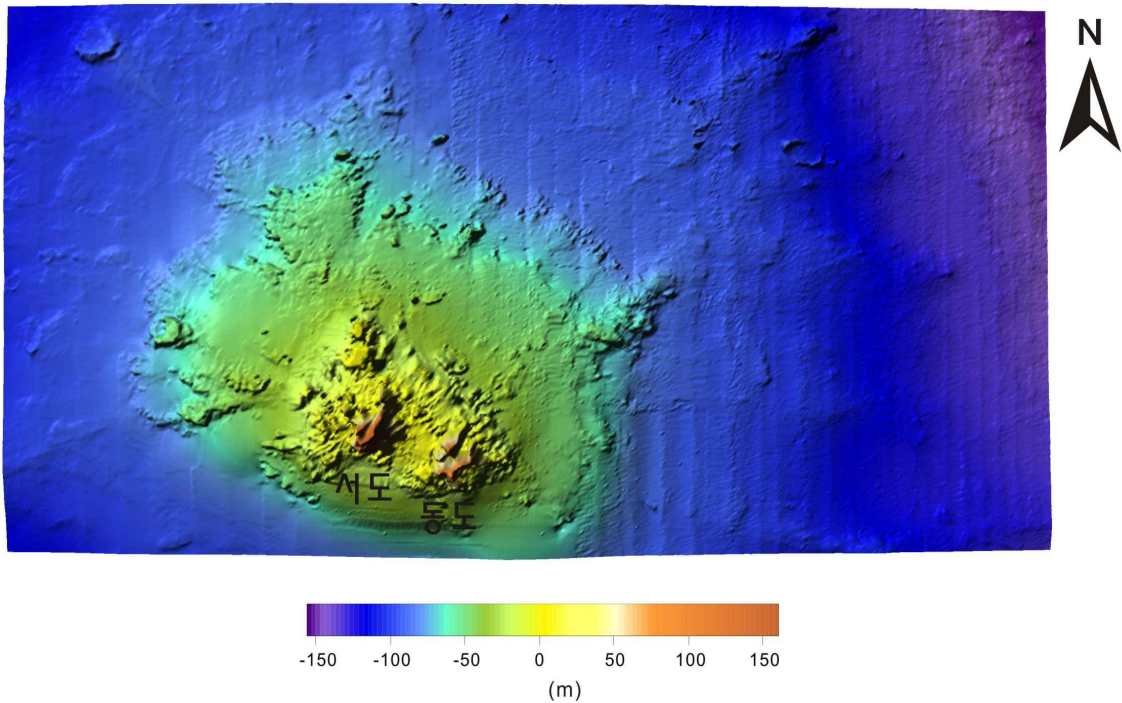


Fig. 1. 3D topography map (vertical viewing)

나. 해저면영상조사

Fig. 2는 1999년 및 2007년 4월에 한국해양연구원에서 독도 육지부의 북동 및 동쪽 해역에서 얻은 자료와 2007년 11월에 얻은 독도 육지부의 서쪽 및 북쪽 해역 자료를 함께 이용하여 작성한 해저면 영상도이다. 해저면 영상도는 독도 정상부 연안 해저의 복잡한 암반 및 퇴적물 분포 등의 모습을 잘 보여 주고 있다. 독도 화산체 정상부는 주로 많은 부분에서 암반이 나타나며 암반층 위에 모래가 퇴적된 지역도 곳곳에서 보이고 있다. 이 해저의 암반들은 해저면 영상에서 주로 동도와 서도 연안에서 복잡한 지형을 이루며 많

이 분포하는 것으로 보이고 주변지역에 비해서 수심이 5 내지 10 m 높다(Fig. 1). 이 암반들은 독도 육지부를 중심으로 북동 및 북서 방향으로 연장성을 보이며 나타나고 있으며 이러한 해저 암반은 독도 화산체 형성 초기에 만들어졌던 화구륜의 일부가 파도에 의한 침식 및 자연붕괴 등으로 유실되고 남은 잔류체일 가능성이 높을 것으로 판단된다. 따라서 독도 육지부 동도, 서도 등은 독도 화산체 중 화구륜의 일부로서 그 남쪽의 한 부분일 것으로 생각된다. 소규모 분출에 의한 암반 형태가 독도 화산체 정상부 북동쪽 및 북서쪽 해저에 존재한다. 이는 독도 화산체 생성 후 후기 분출에 의해 형성되었을 것으로 생각되며 독도 육지부에서 이어진 북동 및 북서쪽 방향의 해저암반들의 연장선상에 존재하는데 이 소규모 분출이 화구륜의 위치와 연관성을 가질 가능성이 있는 것으로 판단된다. 해저면 영상자료에서 연흔구조로 판단되는 영상 및 모래 퇴적지역의 영상이 잘 보이고 있다

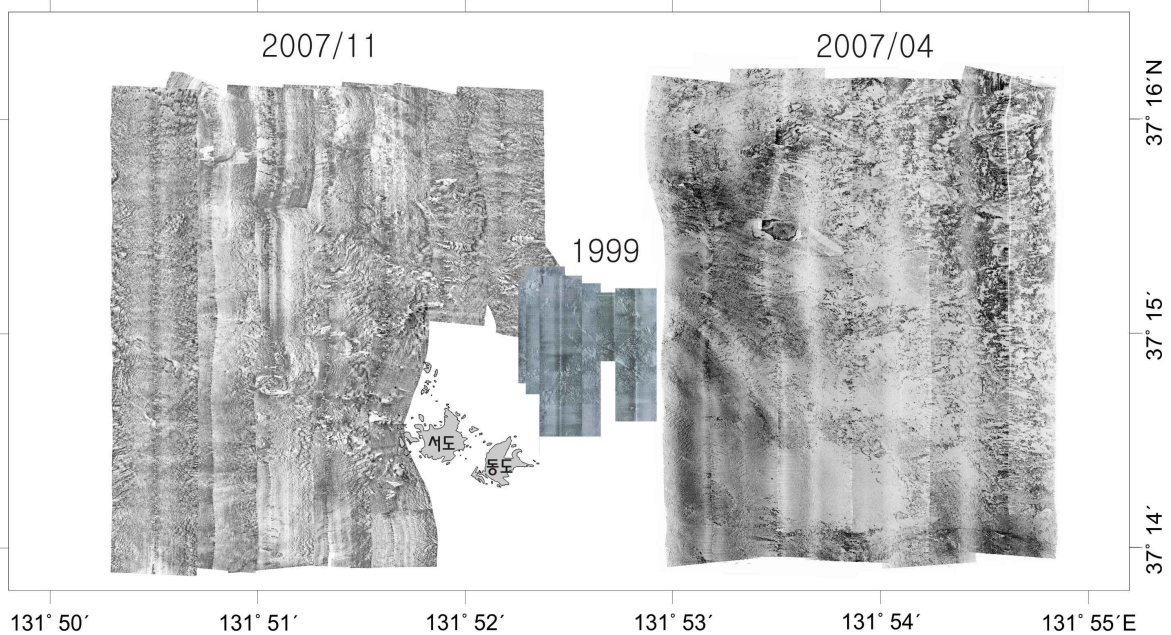


Fig. 2. Side scan images(1999, 2007)

다. 해상지자기조사

독도 정상부 해역의 지자기자료는 한국해양연구원에서 조사한 2004년 자료 및 2007년 지자기 자료를 통합·처리하여 사용하였다. 자기이상도를 살펴보면 그 자기이상의 범위는 약 -900 nT에서 1,000 nT까지이다(Fig. 3). 자기이상도는 연구지역 북서쪽으로 고이상대가 존재하고 독도 육지부를 중심으로 복잡한 분포를 보이는 이상대가 나타나며 소규모의 자기이상대들이 더욱 뚜렷이 관찰된다. 자기이상 자료의 정확한 해석을 위하여 아날니틱신호 분석법을 실시하였다. 아날니틱신호도에서는 자기이상도에서 나타나던 북동쪽의 고이상대, 독도 육지부 주변의 복잡한 이상대 및 소규모의 이상대가 더욱 명확히 보이며 자기이상도에서 나타난 이상대의 넓은 분포 범위와 비교하여 좁은 독립적인 이상이 나타나므로 이상대를 좀 더 정확히 파악할 수 있다(Fig. 4). 이 아날니틱신호분포의 이상대들 분포를 보면 전체적인 경향은 독도 육지부에서 북동쪽 및 북서쪽으로 연장되는 모습을 보인다. 이 북동쪽 및 북서쪽으로 연장되는 이상대는 해저지형과 해저면 영상에

서도 나타난 화구륜의 잔해로 예상되는 암반들의 위치와 유사하게 나타난다.

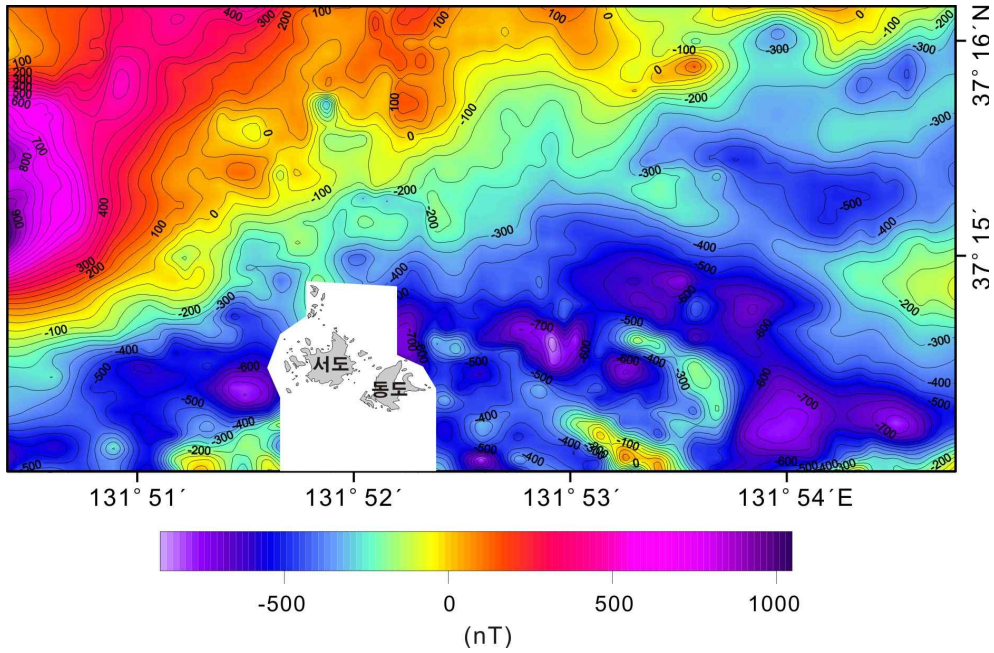


Fig. 3. Magnetic anomaly map

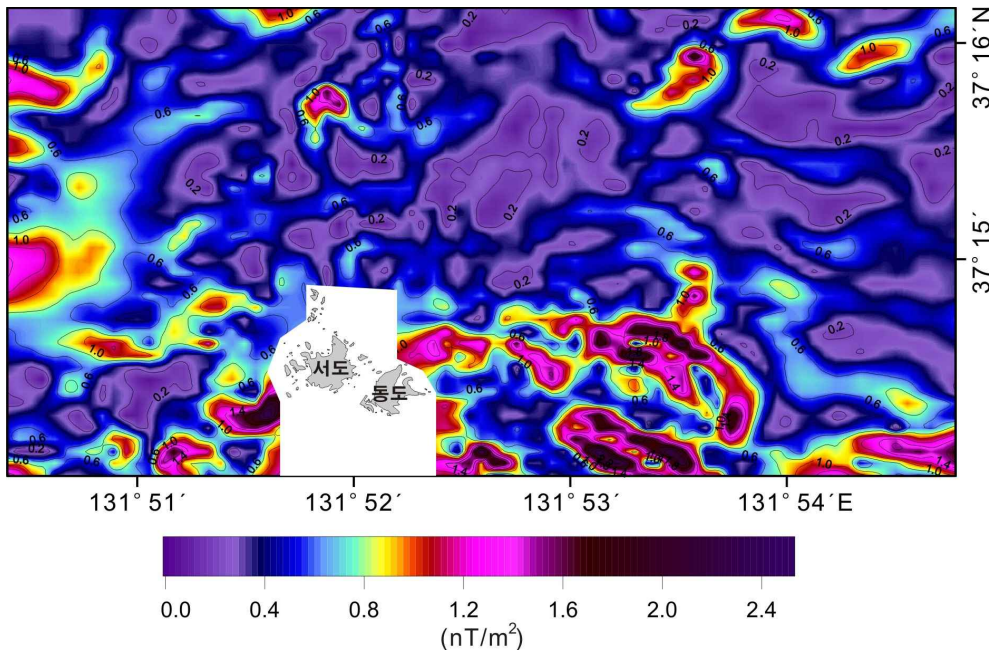


Fig. 4. Analytic signal map

3. 결론

이 지구물리 자료 분석을 통하여 독도 육지부와 그 북동쪽 및 북서쪽으로 연장되는 암반들은 화구륜의 잔해로 판단되며 독도 육지부는 화구륜의 남쪽 한부분일 가능성이 높은 것으로 생각된다. 그러나 자기이상에서 나타나는 이상대들은 독도 화산체가 생성된 후 후기 분출에 의한 영향일 가능성도 있으며 또한 분출된 용암이 식어가면서 자성 광물들

이 그 부분으로 모여 나타났을 가능성도 배제할수는 없다. 향후 독도 칼데라의 정확한 위치, 크기 및 독도 화산체의 특성을 연구하기 위하여 독도 정상부 전체에 대한 지구물리조사가 필수적으로 필요하고 또한 해저면 암석 시료를 채취하여 이에 대한 암석학적 연구가 필히 수반되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 과제인 “독도의 지속가능한 이용연구(PM 53901)” 사업의 지원 하에 수행되었습니다. 이 연구를 할 수 있도록 도와주신 국토해양부 및 한국해양연구원 관계자분들과 현장조사 시 수고해주신 이어도호 승조원분들께 감사드립니다.

참고문헌

- 김윤규, 이대성, 이경호, 1987, 독도 화산암의 분별결정작용, 지질학회지, **24**, 67-82.
손영관, 박기화, 1994, 독도의 지질과 진화, 지질학회지, **30**, 242-261.
Chough, S. K., Lee, H. J., and Yoon, S. H., 2000, *Marine Geology of Korean Seas*, Elsevier, New York, 313 p.