

독도 주변 해역의 퇴적환경과 자원분포 가능성

글 · 허 식 | 한국해양연구원 해저환경·자원연구본부 책임연구원

독도는 신생대 3기인 460만년 전에 화산폭발로 인하여 생성된 동도와 서도의 2개 바위섬과 주위의 약 32개 바위와 암초로 이루어져 있으며 면적은 186.173m²이다. 독도의 대표적인 섬인 동도와 서도는 폭 110~160m의 얇은 물길을 사이에 두고 나뉘어져 있다. 동도는 해발 88m로 북쪽에 2개의 화산 흔적이 있으며, 정상에 비교적 평탄한 부분이 있다. 해안은 10~20m의 단애를 이루고 있으나, 비교적 완만한 경사를 이루고 있다. 섬의 동쪽 끝부분에 깊이가 100m 정도 되는 컵 모양의 분화구가 있는데, 경사면에는 부분적으로 20~30cm 두께의 토양이 지표층을 형성하고 있다. 서도는 해발 168m로 산정이 뾰족한 원뿔형이며, 독도의 여러 섬 가운데 가장 높고 넓다. 경사가 가파른 하나의 봉우리로 되어 있고 해안 단애에는 많은 동굴이 있다.

해양은 지질학적 측면에서 대륙붕, 대륙사면, 대륙대 및 심해저로 분류된다. 대륙붕은 일반적으로 육지에서 시작된 완만한 경사의 해저면으로 수심 200m 해

역까지를 의미한다. 이러한 대륙붕에는 석유, 석탄, 천연가스, 철, 금 등 지하의 유용한 광물자원 뿐만 아니라 어족자원 및 해수 용존자원 등 무한한 자원들이 풍부하게 보존되어 있다. 울릉도와 독도는 주변이 수심 100m 이내인 해역이 있어 대륙붕 역할을 하고 있으며, 독도 주변의 퇴적층이 없는 곳에서는 인산염 등의 해저광물이 분포하고 있고 퇴적층이 두꺼워지는 남서쪽으로는 가스 하이드레이트 등의 자원이 분포하리라 예상된다. 이와 같이, 독도 근해의 중요성은 다양한 해저 지하자원 매장, 조업 어선의 보호처(태풍의 피항지, 어선의 보급, 휴식처), 관광지, 청정 수역인 독도 어장의 풍부한 어획량 때문이다. 독도 주변 해역이 황금어장이라는 것은 이미 널리 알려진 사실로서 북쪽에서 내려오는 북한 한류와 남쪽에서 북상하는 대마 난류계의 흐름들이 교차하는 해역인 독도 주변해역은 플랑크톤이 풍부하여 회유성 어족이 풍부하기 때문에 좋은 어장을 형성한다. 동해안 어업 전진기지로서의 독도는 연안 어장과 대화퇴 어장이 형성되어 있어 오징어를

비롯한 해산물 등의 어족 자원이 풍부하다. 따라서 일본은 어족자원 뿐만 아니라 해저광물 자원 등을 고려하여 독도의 영유권을 주장하고 있다.

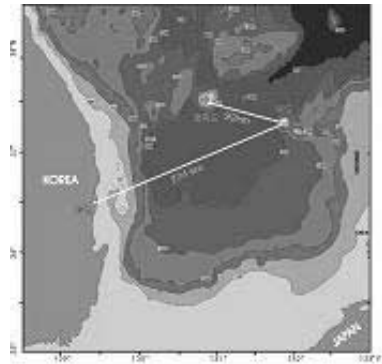
독도의 해저지형 및 지질환경

최근 한국해양연구원 등은 자료가 부족한 독도 인근 해역에서 수심측량을 비롯한 지구물리 조사와 해저퇴적물 조사를 실시하고 독도의 근원을 연구하기 위하여 한국대지-울릉도-독도-오까뱅크를 연결하는 축선에 대한 종합 지구물리 조사를 실시하는 동시에 육상에서 암석채취에 의한 고지자기측정 및 성분분석, 연대측정과 화산쇄설물 분포조사도 병행하였다. 이상과 같은 조사와 자료분석을 통해서 독도의 육상-해상 지형 및 기반 구조적 특징 분석, 퇴적환경 해석, 자화특성 및 화산기원의 해석, 구조변동 해석, 정밀 해저지형 및 탄성과 탐사를 통한 화구 위치 파악, 독도 화산활동, 독도의 주변 지체 관련성 및 대륙붕 형성에 대하여 규명하고, 이러한 결과들을 독도 주변 수중시설, 관광지 설계 및 개발을 위한 기초자료, 자연생태학습장 설치, 독도 주변의 해저광물자원 조사, 독도 영유권 확보를 위한 영토적 기원관계의 법적 근거 개발, 독도 연구 자료의 국내외 학술지 발표 및 독도에 대한 국제 인식제고 등의 자료로 활용할 수 있게 하였다.

독도는 후포에서 224km 동쪽에 떨어져 있고, 울릉도로부터는 남동쪽으로 92km에 위치한다. 독도는 울릉도와 함께 약 460만년~250만년전 사이에 알칼리 화산활동에 의해서 형성된 것으로 해석된다. 울릉도와 제주도의 성인은 지각판의 삽입에 의해서 형성된 호상열도와는 구별되는 열점(hot spot)에 의한 화산활동결과 형성된 것으로 알려져 있다. 해수면상에 노출된 독도의 생성 시기가 신생대 제3기 플라이오세 전기부터 후기로서, 화산활동시기는 독도가 울릉도보다 백만년

~이백만년 앞서 일어난 것을 알 수 있다. 울릉도는 후기 플라이스토세와 홀로세 동안에도 폭발적인 화산분출이 일어난 것이 보고 되었으나 독도의 폭발적인 화산분출의 증거는 아직 관찰되지 않고 있다. 울릉도와 독도는 화산체의 규모가 거의 유사하나, 독도는 울릉도의 육지 부분만큼의 면적 차이를 보인다. 독도는 해수면하의 화산체의 규모가 울릉도와 거의 동일하며, 수심 약 100m에서는 기묘 형태의 아주 평탄한 해저지형이 발달하고 있다.

[그림 1] 동해 해저지형 및 독도 지정학적 위치도

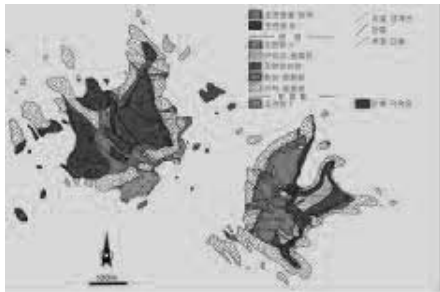


동해에서는 제4기 동안에 전지구적인 기후변동과 관련된 해수면 변화에 의해서 최후빙하기(last glacial maximum) 시기에는 최대 수심 약 120m의 해수면 하강이 보고 되었다. 비록 동해의 수심은 수천m에 달하지만, 저해수면 시기에 해안선의 전진에 의한 파도의 침식에 의해 독도와 울릉도에서는 해안선의 변화와 이에 따른 파도의 침식에 의한 파식절벽(sea cliff)이 형성 되었다. 이때 폭발적인 화산분출에 의해 무너짐 작용 또는 해식에 의한 침식 작용에 의해 화산체의 상당량이 떨어져 나가 주변 저지대로 이동했음을 알 수 있다.

독도는 전기 및 후기 플라이오세 동안에 수중 또는 대기중으로 분출한 화산에 의해 형성된 섬으로 섬 전체가 화산암과 화산쇄설성 퇴적암류로 구성되어 있다.

이들 암석들은 성분과 성인에 따라 하부로부터 조면암 I, 각력응회암, 층상응회암, 조면안산암, 라피리응회암, 조면암 II, 조면암 III 및 이를 관입하고 있는 암맥 등, 8개의 암석단위로 구분된다. 독도가 여러 단계의 화성활동 즉, 초기에는 수중에서 조용한 용암분출(조면암 I)에 의해, 해저산이 수면 가까이에서 수면위로 상승한 중기에는 폭발적인 화산분출(각력응회암과 층상응회암)에 의해, 그리고 마지막 단계에서는 해저산이 수면위로 완전히 상승한 후의 대기중 용암 분출 및 화성쇄설성 분출(조면안산암, 라피리응회암, 조면암 II, 조면암 III 및 암맥)에 의해 형성되었음을 알 수 있다. 독도를 형성한 화산의 화구는 현재 독도에서 북동쪽으로 수백m 떨어진 곳에 위치하고 있는 것으로 추정된다.

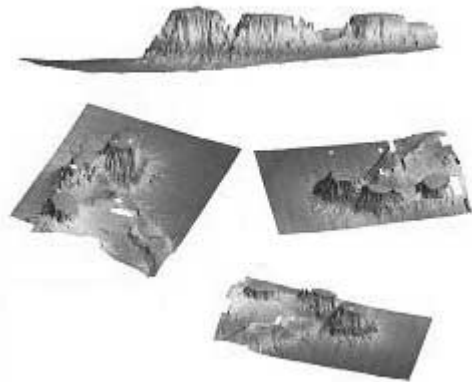
[그림 2] 독도의 지질도



독도 주변의 해저지형을 살펴보면, 독도를 포함해서 그 동쪽 해저에 침수되어 있는 2개의 해산을 포함하는데, 그림은 이 지역의 해저지형을 3차원으로 표현한 것이다. 독도 주변지역의 서쪽으로는 수심이 2,000m가 넘는 울릉분지간 평원으로 이어지고 동쪽으로는 독도를 포함해서 3개의 해산이 나란히 오끼뱅크로 이어지고 있다. 이 3개의 해산 중 독도를 중심으로 하는 것을 제1독도해산 혹은 독도해산(37°15'N, 131°52'E), 제1독도해산에서 남동쪽으로 약 15km 떨어진 지역에 나타나는 것을 제2독도해산(37°09'N,

132°02'E), 그리고 제1독도해산으로부터 약 55km 떨어진 오끼뱅크 서쪽 경계부에 위치하는 것을 제3독도해산(37°11'N, 132°20'E)이라 부르고 있다. 독도해산은 서쪽으로는 수심 2,100m로 경계 지어지고 동쪽으로는 제2독도해산 서쪽과 수심 800m의 해저골을 두고 분리되어 있다. 이 등수심선부터 북쪽과 서쪽으로 약 13°의 급한 경사를 이룬다. 이에 비해 독도해산의 동쪽과 남쪽은 이보다 완만한 약 8°의 경사를 이루고 있으나 해산정상부는 수심 200m부터 수심 60m 사이의 경사도가 2° 미만의 매우 완만하고 평탄한 지형을 이루고 그 평탄한 지형 가운데 동도와 서도가 수면위로 올라와 있다. 제2독도해산의 동쪽은 수심 1,200m를 사이에 두고 제3독도해산 서쪽과 경계를 이루고 제3독도해산 동쪽은 수심 약 800m에서 경계 지어진다.

[그림 3] 독도 주변 해역의 3차원 지형도



(상)남쪽 정면에서 본 모습, (중좌)북동쪽에서본 모습, (중우) 남서쪽에서 본 모습, (하) 북쪽에서 본 모습

독도의 성인 및 해저광물자원

독도 주변 해역에는 최대 2,000m 두께의 퇴적층이 화산활동에 의해 변형된 기반암 위에 집적되어 있는데, 지질구조로는 기반암에 분지 형성 시기에 생성된 정단층이 우세하게 나타나는 반면, 퇴적층 내에는 화산활동에 의한 정단층, 화산돔 및 화산수평맥 등이 우세하게 관찰된다. 또한, 고화된 상태의 퇴적물들은 화산암의 분출 및 관입에 의해 열변질 작용을 받아 상당히 변성되어 있을 것으로 추정된다.

독도 주변 해역에는 화산활동에 의한 화산수평맥, 화산둔덕 및 화산돔 등이 발달되어 있다. 특히 이 해저 화산들은 대체적으로 플라이오세 말기 이후에 형성된 것들이다. 화산체 형태로는 기반암 상승부를 형성하는 화산체의 수직운동과 관련된 화산돔, 기반암 생성시 형성된 화산수평맥, 그리고 각 지층에 존재하는 화산둔덕 등이다. 이들의 각 시대별 분포로부터 울릉분지에서는 북동쪽(독도 방향)으로 가면서 화산활동이 활발했음을 알 수 있다.

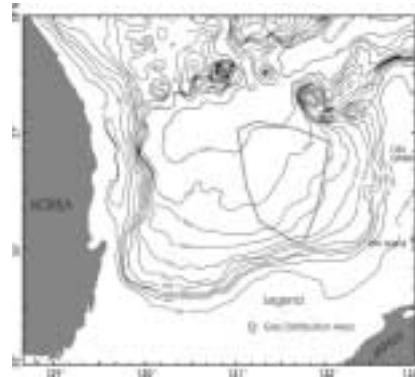
현재 현안이 되고 있는 EEZ 경계 설정과 관련시켜 독도의 영토적 기원관계를 살펴보면 독도는 울릉분지 내의 북쪽에 형성되어 있는 화산섬이다. 따라서 독도 화산체는 울릉분지내에서 일어난 플라이오세 이후의 화산활동에 의해 생성된 것으로 일본의 대륙붕이나 오키섬 생성 원인과는 무관한 독립적인 지구조 운동으로 볼 수 있다. 현재까지의 연구에 의하면 시대순으로 독도 동쪽의 해저화산체가 형성된 이후 독도화산체 다음에 울릉도가 생성되었다. 이와 같이 울릉분지내의 북쪽 화산체들은 하와이의 화산섬 연결체(volcanic chain)처럼 울릉분지내에서 일어난 일련의 판 내부의 확장에 따른 화산작용의 결과라고 볼 수 있다.

독도 주변 해역에는 다양한 해저 지하자원 매장되어 있으리라 추정되는데, 퇴적층이 두꺼워지는 남서쪽으로는 가스 하이드레이트 등의 자원이 분포하고, 독도 주변의 퇴적층이 없는 곳에는 인산염 등의 해저광물이

분포하고 있다. 인산염 광물은 주로 대륙붕 가장자리의 비교적 수심이 낮고 쇄설성 퇴적물이 거의 없는 벅크나 지형이 높은 곳에서 많이 생성되는 것으로 보고되었다. 그리고 대륙에서 멀리 떨어진 해저산과 기요 또한 인산염 광물의 생성에 적합한 장소이다. 인산염 광물은 일반적으로 용승류가 발달하는 해역에서 부존 가능성이 높으며, 한류가 발달한 주변 해역에 지형적으로 높은 곳이 있으면 광상 형성이 더욱 용이하므로 독도 주변 해역은 상기 조건에 적합하다. 실제 독도 주변 해역에서 채취한 인산염 광물의 특징은 열은 갈색이며 비중이 높지 않다.

동해 울릉분지에는 수심 1,500미터 해역에 6억톤

[그림 4] 독도로 부터 남서쪽으로 약 95~100Km 떨어진 동해 울릉분지 남동부에서의 가스하이드레이트의 예상 분포지와 퇴적층



가량이 매장돼 있는 것으로 알려졌다. 특히, 경계선 확정에 매우 중요한 한국 남동 대륙붕부터 독도 주변 해역까지는 가스 하이드레이트의 부존 가망성이 매우 높다. 한국 해양연구원에서는 독도에서 남서쪽으로 100km 정도 떨어진 울릉분지 남동부에 부존되어 있으리라 추정되는 가스 하이드레이트층은 해저면하 200m의 깊이(수심 2,050m)에서 확인했다. 해저면 모방반사면(BSR)이라 불리는 이 반사면 상부는 천부가스에 의하여 음파 이상이 보이고, BSR이 해저면과 평행하게 가로질러 하부의 경사진 퇴적층을 자르는 형태를 보이고 있다. 또한 수심 1,970m의 해저면 하부 5~15m에 부존된 천부가스를 12m 피스톤 코아러로 직접 채취했다.

제언

그 동안 일본이 독도의 영유권을 고수하는 이유 중의 하나가 한일어업협상을 유리하게 이끌기 위한 것이라는 견해가 있었다. 그러나 이보다는 일본이 독도문제를 제기하는 것은 배타적 경제수역 선포를 계기로 독도를 국제 분쟁지로 만든 뒤 독도 문제를 국제사법 재판소로 끌고 가려는 의도다. 독도 문제가 국제사법

재판소에 상정되면 일본의 대외적인 영향력을 발휘하여 독도 영유권을 확보하겠다는 의도이며, 영유권 확보가 불가능할 때에는 최소한 한국과 일본의 공동구역으로 삼으려는 것이다. 따라서 한국과 일본간의 대륙붕 및 배타적 경제수역 경계확정에 대비하여 국제 판례, 해저지형 및 지층구조 등을 조사·분석해서 구체적인 대응방안을 마련하고, 경계부근의 부존자원 개발 등에 대비한 연구를 지속해 나가야 한다.☹

[참고문헌]

한국해양연구원. <http://tokdo.kordi.re.kr/> 해양과학 정보실 내의 독도.
 한국해양연구원. 2000. 독도 생태계등 기초 조사 용역 보고서. 해양수산부.
 허식, 천종화, 한상준, 유해수, 김성렬, 김한준, 최동림, 이용국. 1999. 울릉분지 남동부 천부 가스층의 분포, 특성 및 퇴적환경. 대한지질학회지. 35(3). p. 201-212.
 허식, 유해수, 김한준, 한상준, 이용국. 2004. 동해 울릉분지에 분포하는 가스 하이드레이트 층의 특성 연구. 한국석유지질학회. 10(1-2), p. 18-22.

