

KODOS 망간단괴의 해저면 산출상태와 성장단계

Seafloor Occurrence and Growth Stages of KODOS Manganese Nodules

장세원 · 이성록 · 최헌수

한국자원연구소 석유해저연구부(swchang@kigam.re.kr)

1. 서 론

우리나라 망간단괴 등록광구탐사의 KODOS 94-1항차와 98-1항차에서 시료를 채취한 정점 중에서 해저면사진이 획득된 FFG에서 채취된 망간단괴의 제반 외형적 기본 계수를 해저면 사진 및 심해저카메라의 영상기록과 비교하여 망간단괴 산출상(Facies)을 구분하여 영상기록을 해석하였다. 또한 각 FFG의 대표적인 유형의 망간단괴에 대하여 내부구조의 특징과 단괴의 분포유형 및 Facies를 비교 고찰하였다. 심해저카메라에 의한 관찰은 1998년도 KODOS 정밀탐사에서 우리나라의 가장 유망광구 지역으로 평가되는 B2지역의 남쪽에 A 소구역, 북쪽에 B 소구역에서 실시하였고 대표 정점에서 FFG를 사용하여 시료를 채취하였다.

2. 연구방법 및 분류구분

각각의 FFG에서 채취된 망간단괴의 크기 구간별 산출 빈도와 산출량, 그리고 단괴들의 평면적 및 해저면 분포율, 주를 이루는 단괴의 외부형태, 표면조직 및 내부구조의 특성을 고려하여 해저면에서의 망간단괴 분포양상의 유형을 나누었으며, 이를 다시 심해저카메라의 영상기록과 비교하여 해저면에 분포하는 망간단괴의 Facies를 구분하였다.

채취된 망간단괴의 크기 분포는 unimodal(U)과 bimodal(B)로 구분된다. 또한 단괴의 크기는 가장 높은 빈도수가 2-4cm인 경우에 4-6cm 보다 2cm 미만의 빈도수가 높은 경우에 small(S), 가장 높은 빈도수가 2-4cm인 경우에 2cm 미만 보다 4-6cm의 빈도수가 높은 경우에 medium(M), 8cm 이상에서 높은 빈도수를 보일 때 large(L)로 구분된다. 한편 부존밀도는 3kg/m² 미만은 low abundance(L), 3-5kg/m² 는 medium abundance(M), 5kg/m² 이상은 high abundance(H)로 편의상 구분할 수 있다. 한편 USH는 채취된 단괴의 유형이 주로 r 형인 경우에 대부분 퇴적물에 거의 매몰되어 있는 경우이므로 sediment의 약자로 (s)를 붙여서 USH(s)로 표기하였다.

3. 결 과

해저면 산출상태

Facies A에 속하는 채취단괴의 분포양상은 USL, USM, UML로 SBP 기록상에서 최상부 음파투명층이 비교적 두꺼운 지역이나 평탄한 분지에서 주로 산출된다.

주단괴의 형태는 Er, Dr, Dt, Pt 등이다(Fig. 1). Facies B에 속하는 채취단괴의 분포양상은 USH(s), UMM, UMH, ULM, ULH로 주단괴의 형태는 Dt, Dd, Et, Pt이나 USH(s)의 분포양상인 경우에는 Dr, Er이 주로 산출되기도 한다. Facies C에 속하는 채취단괴의 분포양상은 USH로 생물체의 흔적이 많이 관찰되는 것이 특징적이다. SBP 기록상에서 음파층리층의 특성을 보여주는 퇴적물 기반으로 이루어진 구룡의 상하부 사면이나 분지와외의 경계부에서 주로 산출된다. 주단괴의 형태는 Et, Pt, Dt, Ps, It, Id, Is 등이다. Facies D에 속하는 채취단괴의 분포양상은 BLL, BLH, BSH로 단애 부근이나 망간각이 분포하는 지역 부근에 국부적으로 산출되는 것이 특징이다. 때로는 각진 형태의 망간각의 커다란 파편이 수반되는 망간각 분포지역과 점이적인 양상을 보여주기도 한다. 주단괴의 형태는 큰 것은 Er, Dr, Dd이며 작은 것은 Et, Dt이다.

심해저 망간각은 단애(scarp) 부근에서 주로 산출되며 때로는 Facies C와 A의 경계부에서도 관찰되는데, 고화된 퇴적물의 기반암을 피복하거나 커다란 boulder 또는 각진 형태의 큰 파편으로 산출된다(Fig. 1). Facies C와는 점이적인 관계를 보여주나 Facies A와는 뚜렷한 경계를 보여준다. SBP 기록에서 음파층리층의 특성을 보여주는 고화된 퇴적물 기반암을 피복하고 있는 것으로 생각된다.

심해저카메라의 영상기록에서 단애를 자주 관찰하게 되는데, 거의 수직으로 노출된 기반암은 주로 SBP 기록상의 음파층리층으로 생각되며, 이는 Tertiary의 고화된 퇴적물로 보인다. 지형의 표고차가 큰 단애에서는 간혹 하부에 화산암으로 생각되는 기반암이 관찰된다(Fig. 1).

성장단계

각각의 Facies에서 산출되는 망간단괴의 유형과 내부구조는 서로 다른 양상을 보인다. Facies A에 산출되는 단괴들은 주로 r 형 내지 t 형으로 주로 층상구조가 잘 발달된 수성기원의 Ps 형 고기 단괴를 핵으로 하여 속성기원의 괴상이나 다공질 조직을 보여 주는 망간산화물이 피복하고 있다. 고기 단괴의 내부 핵은 압편, 불석질 점토, 상어이빨 등으로 되어있다.

Facies B의 단괴는 크기, 외형 및 표면조직에 있어 매우 다양하게 산출된다. 단괴의 크기와 외형은 핵의 종류, 크기 및 형태에 지배된다. 큰 단괴는 주로 고기단괴를 핵으로 하며, 작은 단괴는 대부분 고기의 단괴파편이나 점토, 고래귀뼈 등을 핵으로 외각이 얇게 피복하고 있다. 내부조직은 핵을 이루는 고기단괴의 파편이나 외각 모두 괴상 내지 다공질의 조직을 보이며 층리구조도 잘 보이는 편이다. 크기가 크고 구형에 가까울수록 최외곽부에 얇은 각이 인지되지만, 일반적으로는 고기단괴의 핵과 외각의 두 성장시기로 구분된다. 이 단괴의 핵부분을 이루는 망간산화물과 동일 지점에서 산출되는 비교적 작은 크기 단괴의 외각은 유사하다. 분포양상이 USH(s)인 곳에서는 내부의 고기파편 핵이 Facies C의 USH와 동일한 수성기원이나, 외각의 성장 시기에 퇴적물이 관련되는 속성기원으로 환경이 바뀌었다고 생각된다.

Facies C에서 산출되는 단괴는 주로 Ps 형으로서 고기단괴를 핵으로 하여 얇은 흑색 층상의 외각이 일정한 두께로 피복하고 있다. 고기단괴는 대부분 외각과 정합적인 관계를 보여주나, 때로는 파편으로 외각과 부정합적인 관계도 보인다. Ps 형 단괴가 고기 Ps 형 단괴의 핵을 갖는 두 시기의 성장을 보여주나, 일부 한 시기에 성장된 것도 산출된다. 비교적 크기가 큰 Is 나 Id 형의 단괴에서 세 단계의 단괴 성장시기가 관찰된다.

Facies D에서 산출되는 단괴는 그 크기 분포가 두가지로서 부존밀도를 좌우하는 것은 10cm 이상의 Dd 형 또는 Er 형의 큰 단괴이다. 작은 단괴들은 Facies A나 B에서 산출되는 단괴와 유사하지만, 퇴적물의 피복율이 높다. 큰 단괴들은 고기단괴의 파편을 핵으로하여 피상대와 다공질대가 교호하는 외각으로 둘러싸여 있는데, 최외각의 다공질대가 내부와 뚜렷한 경계를 보여주는 것이 특징적이다. 동일 지점에서 같은 시기에는 유사한 성장률을 가진다고 가정할 때, 작은 단괴의 성장은 큰 단괴의 성장 후기에 시작된 것으로 추정된다.

4. 토의 및 결론

조사 지역의 박스코아에 의해 채취된 퇴적물은 색상 변화에 의해 갈색을 띠는 상부퇴적층(Unit I)과 연한 갈색의 중간퇴적층(Unit II), 흑갈색의 하부퇴적층(Unit III)로 구분되는데, Unit I은 0.21 Ma 이후인 제 4 기 상부층으로 Unit II는 0.42 Ma 보다 젊은 제 4 기층으로, Unit II와 Unit III사이에는 시간적 간격이 존재하고, Unit III는 화석이 거의 산출되지 않지만 후기 에오세 이후의 제 3 기층으로 추정된다(1997, 박정희, 김기현). 또한 본 지역의 SBP 기록에서 최상부 음파투명층(Transparent Layer)과 하부의 음파층리층(Stratified Layer)은 위에 언급한 Unit I, II, III로서 TL과 SL 사이에 뚜렷한 반사면이 존재하므로 TL은 Unit I, II, III에 대비되고 SL은 Unit III의 하부층에 대비되는 것으로 추정된다(von Stackelberg, U., et al., 1987). 따라서 이 지역 최상부 퇴적물의 Unit II와 Unit III 사이의 hiatus는 마이오세와 플라이오세 사이에 AABW에 의한 퇴적물의 침식 또는 재동작용에 의해 형성된 것으로 추정되는데, 이러한 hiatus에 풍부한 큰 입자들은 망간단괴의 성장이 시작되는 핵으로 공급되는 것으로 생각된다(Halbach et al., 1988).

이 지역에서 망간단괴의 Facies에 따라 단괴의 유형과 크기, 내부구조가 달라지는 것은 하부의 퇴적상과 밀접한 관련이 있을 것으로 생각된다. 즉 Facies C나 Facies B의 USH(s)에서 흔히 관찰되는 내부의 고기단괴는 수성기원으로 에오세 후기나 마이오세 사이의 hiatus에 의해 변질된 암편이나 고화된 불석질 점토를 핵으로 공급하여 성장하였으며, 고기 단괴와 수성기원의 외각 경계의 hiatus는 Unit II와 Unit III 사이의 hiatus와 대비된다(von Stackelberg, 1987). Facies C나 Facies B의 USH(s)의 단괴의 외각의 조직이 서로 다른 기원을 나타내는 것은 USH(s)의 외각이 성장하는 동안 서로 다른 성장환경, 즉, USH(s)의 단괴들의 외각의 상부는 퇴적물내에서 속성기원으로 Facies C 단괴들의 외각은 해수로부터의 수성기원의 단괴

성장이 진행되었다고 생각된다. Facies A의 단괴는 속성기원의 외각과 수성기원의 고기단괴의 핵사이에 Unit II와 Unit III 사이에 대비되는 hiatus를 보여주나 Facies B 보다는 단괴의 성장 여건이 불리한 퇴적 환경에 있었다고 추정된다. Facies D에서 흔히 산출되는 대형 단괴는 Facies B와 유사한 내부구조를 보여주나 외각의 두께는 거의 두배 정도이다. 이는 Facies D 지역이 Facies B 보다 단괴의 성장률이 높은 퇴적환경에 있었다고 생각된다. 한편 Facies D 지역이 주로 단애나 사태 지역 부근이므로, 단괴 성장에 필요한 물질이 국부적으로 풍부하게 공급되었을 가능성도 있다.

본 지역에 산출되는 많은 단괴들에서 두 시기의 hiatus는 뚜렷이 인지되며 일부 속성기원의 단괴의 두꺼운 외각 부분에서 조직상으로 큰 차이를 보이는 2mm 정도 두께의 최외곽부가 관찰되기도 한다.

5. 참고문헌

- 박정희, 김기현 (1997) '97 심해저광물자원탐사 보고서: 제 6장, 제 1절, 1. 미화석, 723-748.
- Halbach, P., Friedrich, G., von Stackelberg, U. (1988) The Manganese Nodule Belt of the Pacific Ocean. Ferdinand Enke, Stuttgart, 254p.
- von Stackelberg, U. (1987) Pumice and Buried Manganese Nodules from the Equatorial North Pacific Ocean : In Geologische Jahrbuch D87, 229-285.
- von Stackelberg, U., Beiersdorf, H. and Riech, V. (1987) Relationship between Manganese Nodule Formation and Sedimentary Process in the Equatorial North Pacific Ocean. - A Synthesis Based on the Results of Cruise SO 25(1982) with RV Sonne. : In Geologische Jahrbuch D87, 377-403.

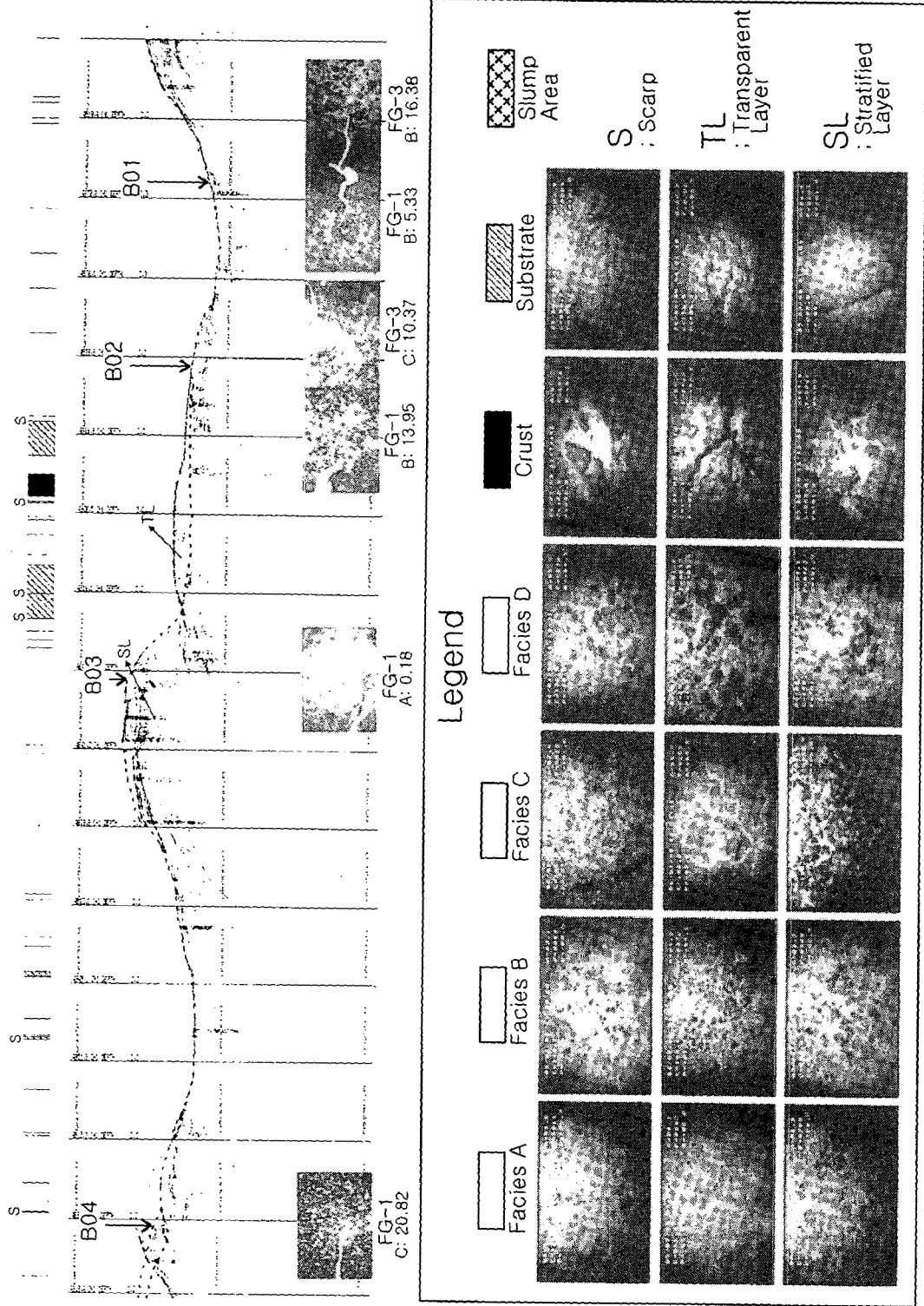


Fig. 1. Variation of Manganese nodule Facies along DSC line 4