

# 남해 대륙붕 유기물 내 탄소 및 질소 동위원소의 특성 연구

김지훈<sup>1)\*</sup> · 정태진<sup>1)</sup> · 이영주<sup>1)</sup> · 박명호<sup>2)</sup> · 오재호<sup>1)</sup> · 류병재<sup>1)</sup> · 선우돈<sup>1)</sup> · 이상일<sup>2)</sup> · 이성동<sup>2)</sup>

## 1. 서 론

우리나라 남해에 발달하는 퇴적분지에서 현재까지 석유탐사를 위하여 14개 시추공을 획득하였다. 현재까지 획득한 남해 퇴적분지 시추공에서 실시된 지화학분석 연구의 목적은 유기물의 근원암 발달 가능성 규명에 초점을 두었으며, 이러한 목적을 위하여 Rock-Eval 열분석과 유기물 원소분석을 실시하였다. 본 연구에서는 이중 4개의 시추공 (거북, 옥돔, JDZ VII-1 과 VII-II)을 연구코어로 선정하여 기존에 사용된 분석 방법 외에 유기물질의 탄소 및 질소 동위원소분석을 추가로 실시하여, 유기물질의 유기지화학적 특성에 대한 연구를 강화하였다. 본 연구의 목적은 기존 분석과 새롭게 실시한 분석을 이용하여 종합적으로 해석한 결과를 소개하는 데 있다.

## 2. 본 론

### 2.1. 총유기탄소 (TOC) 및 총질소 (TN)

총유기탄소 (TOC) 함량은 옥돔공에서는 0.5 - 4.0 wt%, 거북공에서는 0.5 - 3.1 wt%, JDZ VII-1공에서는 0.1 - 46.4 wt%, JDZ VII-2공에서는 0.1 - 44.7 wt%의 범위를 보인다. 또한 총질소 함량은 옥돔공에서는 0.091-0.159 wt%, 거북공에서는 0.053 - 0.149 wt%, JDZ VII-1공에서는 0.014 - 1.327 wt%, JDZ VII-2공에서는 0.015 - 0.896 wt%의 범위를 가진다. 시추공에서 분석한 총유기탄소와 총질소를 이용하여 상관관계를 도시하면, 총유기탄소와 총질소의 함량이 JDZ VII-1공과 JDZ VII-2공에서는 강한 상관관계 ( $r^2 > 0.84$ )를 보여주지만, 옥돔공과 거북공에서는 상관관계가 매우 약하다. 또한 총유기탄소/질소 질량비는 옥돔공에서는 4.7에서 30.9, 거북공에서는 6.8에서 27.5, JDZ VII-1공에서는 4.7에서 49.7, JDZ VII-2공에서는 0.9에서 82.7의 범위를 가진다. 옥돔공과 거북공에서는 대부분의 총유기탄소/질소 질량비는 총유기탄소 함량이 1 wt %이하일 경우 10보다 작고 총유기탄소 함량이 1wt %이상일 경우 10이상이다. 또한 총유기탄소 함량이 증가할수록 총유기탄소/질소 질량비도 직선상으로 증가하는 경향을 보여준다 ( $r^2 > 0.87$ ). 이러한 결과는 유기물 함량이 1%이하일 경우 조류 기원이, 1wt %이상일 경우 육성 식물기원이 우세하다는 것을 지시한다. 그러나 총유기탄소/질소 질량비가 10이하일 경우 대부분의 유기물 함량이 0.5 wt %이하이다. 유기물 함량이 낮은 경우 무기질소량이 전체 질소함량의 대부분을 차지하게 되기 때문에 총유기탄소/질소 질량비를 이용한 유기물 기원을 규명하는데 오류를 범할 수 있다. 그러므로 유기물 기원을 규명하기 위해서는 다른 지화학 지시자들과 비교 해석이 반드시 필요하다. 반면에 유기물함량이 높은 경우, 총유기탄소/질소 질량비는 높은 유기물 함량 때문에 무기질소량의 함량에 의한 총유기탄소/질소 질량비의 변화는 적다. 따라서 옥돔공과 거북공의 유기물 함량이 1 wt%이상일 경우 유기물이 조류기원보다는 육성식물기원이 우세하다는 것을 지시하지만, 유기물 함량이 1 wt% 이하인 경우에는 다른 지화학 지시자들과의 비교 해석이 반드시 필요하다. JDZ VII-1공과 JDZ VII-2공의 총유기탄소

주요어: 남해 대륙붕, 유기물, TOC/TN,  $\delta^{13}C_{org}$ ,  $\delta^{15}N_{org}$

1) 한국지질자원연구원 석유해저자원연구부 (save@kigam.re.kr, cheong@kigam.re.kr, yjl@kigam.re.kr, jhoh@kigam.re.kr, bjryu@kigam.re.kr, swd@kigam.re.kr)

2) 한국석유공사 석유기술연구원 (myongho@knoc.co.kr, silee@knoc.co.kr, donglee@knoc.co.kr)

함량이 5 wt % 이상일 경우, 총유기탄소/질소 질량비는 JDZ VII-1공에서는 18.7에서 49.7, JDZ VII-2공에서는 26.5에서 82.7의 범위를 가진다. 이는 유기물질이 육성 식물기원임을 지시한다. 그러나 두공에서 총유기탄소 함량이 0.3 wt% 이하일 경우에는 총유기탄소/질소 질량비가 10보다 낮은 값을 가지기 때문에 조류 기원이 우세한 것으로 해석된다. 전기한 바와 같이 총유기탄소 함량이 낮은 경우에는 대부분의 질소함량이 무기질소로 존재하는 기질영향 (matrix effect) 때문에 총유기탄소/질소 질량비 해석 시 주의가 필요하므로, 유기물의 기원을 규명하는 다른 지화학 지시자들과의 비교해석이 반드시 필요하다.

## 2.2. 탄소 동위 원소비 ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ )

유기물질의 탄소동위 원소비 ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ )는 퇴적 후에 질소동위 원소비 ( $\delta^{15}\text{N}$ )나 총유기탄소/질소 질량비보다 비교적 안정적인 것으로 간주되어 유기물의 기원 규명에 많이 적용된다. 육상 식물은 광합성의 경로에 따라 Calvin ( $\text{C}_3$ )와 Hatch-Slack ( $\text{C}_4$ )로 구분되며, 이러한 광합성 경로는 탄소 동위 원소비 값에 영향을 준다.  $\text{C}_3$ 식물들은 전체 식물의 90%를 차지하며 -32 %에서 -21 %의 탄소동위 원소비 범위 (평균값: -27 %)를 가지고 있으며,  $\text{C}_4$ 식물은 사막기후에서 자라는 식물들이 대부분이며 -17 %에서 -9 %의 탄소동위 원소비 범위 (평균값: -14%)를 가진다. 담수 조류는 -30 %에서 -26 %의 탄소동위 원소비 범위를 가지며 해양 조류는 -2 %에서 -16 %의 탄소동위 원소비 범위를 가진다. 분석된 탄소동위 원소비를 살펴보면 옥돔공에서는 -26.96 %에서 -24.85 %, 거북공에서는 -28.63 %에서 -25.27 %, JDZ VII-1공에서는 -29.53 %에서 -27.10 %, JDZ VII-2공에서는 -29.06 %에서 -26.35 %의 범위를 가진다. 유기물질의 탄소동위 원소비와 총유기탄소/질소 질량비를 도시하며, 이러한 결과는 대부분 유기물질이  $\text{C}_3$  광합성 경로를 이용하는 육성식물 기원임을 지시한다. 이는 총유기탄소/질소 질량비의 결과와도 일치한다. 반면에 JDZ VII-1공과 JDZ VII-2공에서의 유기물질은  $\text{C}_3$  광합성 경로를 이용하는 육성식물 기원이 우세하고 부분적으로 담수 조류기원임을 지시한다.

## 2.3. 질소 동위 원소비 ( $\delta^{15}\text{N}$ )

육상식물기원에서는 질소동위 원소비 ( $\delta^{15}\text{N}$ )가 -5 %에서 18 % (평균값: 3 %)의 범위를 가지며, 해양 조류 기원은 평균값이 7 %에서 10 %에 위치한다. 분석된 질소동위 원소비를 살펴보면 옥돔공에서는 2.54 %에서 6.09 %, 거북공에서는 0.18 %에서 4.0 %, JDZ VII-1공에서는 0.58 %에서 3.90 %, JDZ VII-2공에서는 -11.01 %에서 3.48 %의 범위를 가진다. 대부분의 질소동위 원소비 들이 3 % 부근에 위치한다. 이와 같은 결과는 연구 시추공의 유기물질들이 해양성 기원 조류보다는 육성 식물 기원이 우세하다는 것을 의미한다. 따라서 분석된 질소동위 원소비도 다른 지화학 결과들과 일치하게, 유기물질들이 육성 식물기원이 우세한 것을 보여준다.

## 3. 결 론

남해 대륙붕에서 채취한 거북, 옥돔, JDZ VII-1 과 VII-II내의 유기물에 대한 Rock-Eval, 원소분석 및 안정동위원소 ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) 분석 결과, 대부분의 지화학 지시자들이 연구코어의 유기물질들이 해양성 조류 기원보다는 육성 식물 기원이 우세하거나 부분적으로 담수 조류가 혼합된 결과를 보여준다, 따라서 연구 코어의 유기물질들은 대부분이 육성기원이 해양 기원보다 우세하다는 것을 지시해준다. 그러나 이러한 지화학적 지시자들로부터 유기물질들의 퇴적환경 및 퇴적 후 숙성작용을 이해하기에는 미흡하다. 따라서 앞으로 이 부분에 대한 추가적인 연구가 필요하다.