

## 암염돔 지역에서의 mCSEM 반응 해석

한누리<sup>1,2)</sup>, 남명진<sup>1,2)\*</sup>, 구분진<sup>1)</sup>, 김희준<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>세종대학교 에너지자원공학과, worldsea3@gmail.com

<sup>2)</sup>세종대학교 그린에너지연구소

<sup>3)</sup>부경대학교 에너지자원공학과

\*교신저자, nmj1203@gmail.com

## An analysis of mCSEM responses for a salt dome model

Nuree Han<sup>1,2)</sup>, Myung Jin Nam<sup>1,2)</sup>, Bonjin Ku<sup>1)</sup>, and Hee Joon Kim<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Energy and Mineral Resources Engineering, Sejong University

<sup>2)</sup>Green Energy Research Institute, Sejong University

<sup>3)</sup>Department of Energy Resources Engineering, Pukyong National University

해양 전자탐사(Marine Controlled-Source ElectroMagnetics; mCSEM)는 해양의 탄화수소 자원 탐사에서 탄성과 탐사의 보조적인 수단으로써 탄화수소의 직접 탐지가 가능함이 알려지면서 최근 10여 년 동안 급속한 발전을 거듭해왔다. 일반적으로 해저 지층의 전기비저항은 1 ohm-m 정도로 저비저항인데 반해 탄화수소 저류층의 전기비저항은 해저 지층이나 염수에 비해 고비저항이므로 해양 전자탐사를 이용하여 지하의 전기비저항 구조를 연구함으로써 저류층 내의 탄화수소 부존 여부를 탐지할 수 있다. 해저의 암염돔은 인근에 탄화수소 저류층이 존재하는 경우가 많아 탄화수소 탐사에서 매우 중요한 구조이지만, 암염 내부의 탄성과 속도가 빨라서 탄성과 탐사로 구조를 밝히는데 어려움이 많으며, 암염의 전기비저항도 해저 지층에 비해 높아서 해양 전자탐사를 이용하여 암염의 구조를 밝히고 인근에 존재하는 탄화수소 저류층을 탐지하는 데에도 해석상에 어려움이 있다. 이 연구에서는 암염돔과 탄화수소 저류층이 인접한 모형을 구성하고, 3차원 해양 전자탐사 모델링 알고리즘을 이용하여 암염돔 인근에 존재하는 탄화수소 저류층의 반응을 분석하여 해양 전자탐사를 이용한 암염돔 인근에서의 탄화수소 저류층 탐지 가능성을 연구한다.

이 연구에서 이용하는 3차원 해양 전자탐사 모델링 알고리즘은 유한차분법에 기초하며 전기장을 모서리에 정의하는 staggered 격자망을 이용하여 전기장에 대한 Helmholtz 방정식을 푼다. 송신원 근처에서의 특이성(singularity) 문제를 피하기 위하여 전체 전기장을 배경 매질에 대한 일차장과 이상체에 의한 이차장의 합으로 가정하는 이차장 정식화(secondary field formulation)를 이용하는데, 여기서 일차장은 공기와 바다로 이루어진 2층 모형에서의 해석해를 이용하고, 이차장은 송수신이 모두 바다속에 존재하는 경우의 해를 모델링 알고리즘을 이용하여 계산한다. 정확한 자기장의 계산을 위하여 자기장도 일차장과 이차장을 구분하여 계산하며, 일차장은 전기장의 경우와 마찬가지로 공기와 바다로 이루어진 2층 모형에서의 해석해를 이용하고 이차장은 이차 전기장으로부터 패러데이의 법칙을 차분적으로 풀어서 계산한다.

암염돔과 탄화수소 저류층이 동시에 존재하는 모형은 Zhdanov et al. (2006)이 제안한 모형을 변경한 것으로, 수심이 1 km 인 바다에 전기비저항이 30 ohm-m이고 크기가 3 km × 3 km × 5 km인 암염돔이 해저면 하부 0.3 km 지점부터 존재하고, 전기비저항이 100 ohm-m이고 크기가 5 km × 5 km × 0.1 km인 저류층이 해저면 하부 0.5 km 지점부터 존재하며, 배경매질의 전기비저항은 1 ohm-m 이다. 송신원은 해저면으로부터 0.1 km 떠있는 수평 전기 쌍극자 송신원으로 송신 주파수는 0.1 Hz 이고, 암염과 저류층의 중앙을 지나는 측선상에서 해저지층과 암염의 경계, 암염과 저류층의 경계, 저류층과 해저지층의 경계에 존재하는 3 가지 경우에 대해서 전기장 및 자기장 반응을 분석한다.

세 지점에 위치한 송신원에 의한 전기장의 크기 및 위상 반응을 종합하여 본 결과 전기장의 크기 및 위상으로부터 지하에 고비저항 이상체가 존재하고 있음을 알 수 있으나, 이상체의 개수나 종류, 수평 연장 등의 정보를 파악하기에는 어려움이 있었다. 암염과 저류층이 동시에 존재하는 모형의 반응을 지하에 이상체가 없이 공기, 바다, 해저지층으로 이루어진 2층 구조의 반응으로 정규화한 결과, 지하에 두 종류의 고비저항 이상체가 있음을 파악할 수 있었으며 각각의 이상체의 수평 연장을 파악할 수 있었다. 하지만, 해양 전자탐사 반응만으로부터 두 종류의 고비저항 이상체가 각각 암염인지 저류층인지를 파악하는 데는 어려움이 있었으며, 추가로 탄성과 탐사와 같이 암염의 존재를 밝힐 수 있는 탐사법이 필요하다고 판단된다. 탄성과 탐사를 통해 암염의 구조가 밝혀졌다는 가정 하에 암염과 저류층이 동시에 존재하는 모형의 반응을 암염만 존재하는 모형의 반응으로 정규화한 결과, 저류층의 반응이 비록 암염의 영향으로 왜곡되기는 했지만 지하에 고비저항의 저류층이 존재함을 파악할 수 있었으며, 그 수평 연장도 파악할 수 있었다.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MEST) (No. 20110014684), and by the Energy Efficiency & Resources of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant (No. 2010T100200133).