

# 암석물리모델링을 이용한 캐나다 Lodgepole Formation의 물성특성분석

이민희, 최재원, 김영석

공주대학교 지질환경과학과, minhimi@kongju.ac.kr

## Physical Property Analyses for Lodgepole Formation, Canada Using Rock Physics Modeling

Minhui Lee, Jeawon Choi, and Youngseuk Keehm

Dept. of Geoenvironmental Sci., Kongju National University

### 1. 서론

본 연구에서는 대표적인 탄산염 저류층인 캐나다 Lodgepole formation의 물리검층자료를 이용한 기초 암석물리모델링을 수행하고 탄산염 저류층의 정량적인 물성특성을 파악하여 암석물리모델링 방법의 타당성과 적용가능성을 평가하고자 하였다. 우선 연구지역의 지질학적 정보와 검층자료의 GR, DT, Porosity, PEF 등의 물성자료를 바탕으로 탄산염층의 경계를 파악하였다. 그리고 대표적인 암석물리모델링인 AI-GR와 DEM 분석 등을 수행하여 Lodgepole formation의 물성특성을 분석하고 향후 실시할 유체치환, AVO분석 등의 암석물리학적 분석에 기초자료를 제공하고자 한다.

### 2. 본론

캐나다 Manitoba주에는 약 6,600여개의 시추공, 약 73km의 코어분석자료, 그리고 많은 양의 탄성과 탐사 자료가 존재하여 탄산염 저류층의 특성을 파악 할 수 있는 좋은 지역으로 평가받고 있으며, 최근에도 활발한 시추 및 탐사 작업뿐만 아니라 이산화탄소 지중저장을 위한 다양한 평가가 진행 중인 지역이다. 특히, Lodgepole formation은 1951년 첫 상업 생산이 시작된 탄산염 저류층으로 이 지역 전체 오일 생산량의 80% 이상을 차지하고 있다. Lodgepole formation은 Mission Canyon formation과 함께 Madison group 내 포함되어 있으며 600~1050m의 깊이에서 약 100m의 두께를 보인다. 고생대 Madison group의 상부는 중생대층과 부정합 관계로 놓여있으며, 하부로는 근원암 역할을 하는 Bakken formation으로 구성되어 있다. 이 지역의 고생대층은 석회암과 백운암으로 구성되어 있으며, 중생대와 신생대층은 주로 셰일과 사암으로 구성되어 있다(Fox and Martiniuk, 1992).

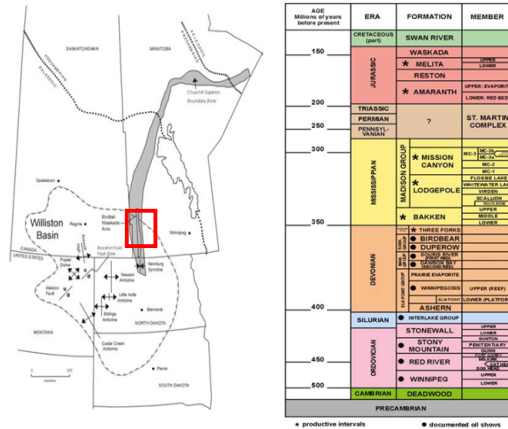


Fig. 1. Map of the Williston basin and Manitoba stratigraphic column(Martiniuk et al., 2002).

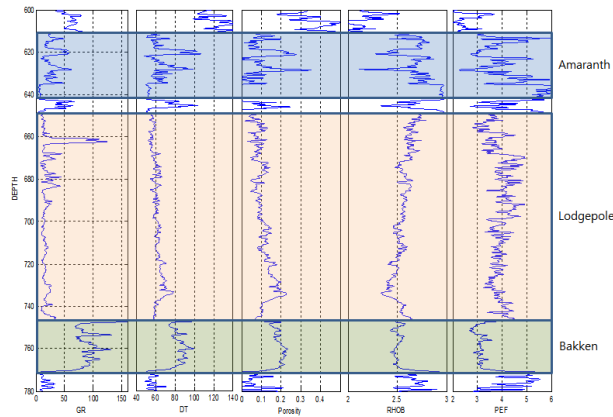


Fig. 2. Delineated the Lodgepole formation by geology information and well logs.

연구지역의 물리검층자료는 캐나다 Daly Field와 Virden Field를 포함하는 총 25개의 Township을 대상으로 IHS사의 LogArc와 AccuMap 프로그램을 이용하여 획득하였다. 획득한 물리검층자료에서 감마검층, P과 속도, 공극률, PEF 등의 자료와 지질학적 정보(Montgomery, 1996)를 바탕으로 formation의 경계를 파악하였다(Table 1.).

Table 1. Formations interval range of Daly and Virden Fields.

Formations	03-12-11-27		02-10-09-29		11-12-09-25	
	Top(m)	Bottom(m)	Top(m)	Bottom(m)	Top(m)	Bottom(m)
Amaranth	608.0	640.0	773.8	808.6	570.0	600.0
Spearfish	640.0	642.0	808.6	815.0	600.0	605.0
Lodgepole	642.0	739.0	815.0	930.9	605.0	711.5
Bakken	739.0	747.0	930.9	938.7	711.5	722.0

첫 번째로 AI-GR 분석을 실시하여 Lodgepole formation 내에서 임피던스의 차이에 따른 암상의 특성을 분석하였다(Avseth et al., 2005). Fig. 3에서 보는 것처럼 깊이에 따른 임피던스의 차이는 있지만 세일의 함량 차이로 두 지역에서 서로 다른 경향성을 보이고 있음을 확인하였다. 하지만 유력한 저류층으로 판단되는 층의 상부는 상대적으로 낮은 세일의 함량과 높은 임피던스를 갖는 것을 확인 할 수 있었다.

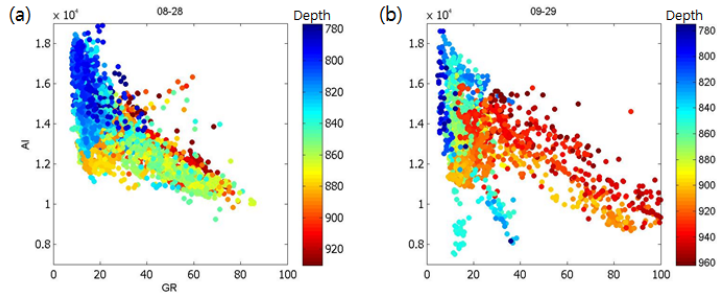


Fig. 3. Acoustic impedance versus gamma ray. (a) T09-R27. (b) T08-R28.

두 번째로 공극구조의 형태가 속도 및 공극률에 미치는 영향을 알아보기 위해서 공극의 형태에 따른 속도의 변화를 기술 할 수 있는 DEM(differential effective medium) 모델을 사용하였다(Mavko et al., 1998). 분석결과, Lodgepole formation 상부의 AR(aspect ratio)는 층의 하부에 비해 비교적 일정하게 나타남을 확인 할 수 있었다. 또한 interparticle porosity를 구분하는 AR=0.15보다 큰 값을 가지고 있으므로 상대적으로 투수율이 좋은 공극들이 많이 분포할 것으로 판단된다(Fig. 4). 하지만 하부로 갈수록 속성작용에 따른 2차공극의 발달정도의 차이와 세일의 함량 차이로 인해 Lodgepole formation을 하나의 모델로 해석하기에는 많은 어려움이 따른다.

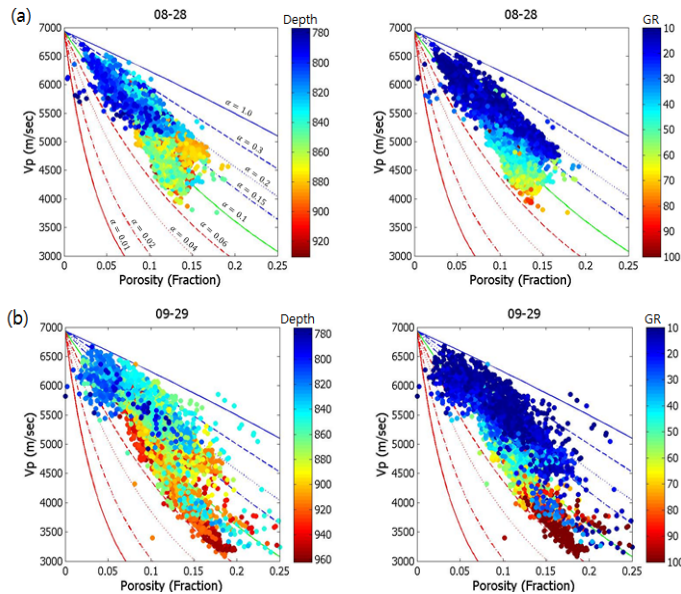


Fig. 4. DEM modeling of (a) T09-R27 Township, and (b) T08-R28 Township.

### 3. 결론

본 연구에서는 캐나다 Daly field와 Virden field의 물리검층 자료를 이용하여 Lodgepole formation의 물성특성을 분석하였다. 그 결과 Lodgepole formation에서는 속성작용에 의한 물성의 차이보다는 지역에 따른 셰일의 함량 차이로 인해 향후 실시할 AVO 분석에 있어 많은 어려움이 있을 것으로 예상된다. 또한 DEM 분석 결과, 층의 상부는 상대적으로 porous한 공극들이 많이 분포할 것으로 예상되지만 층의 하부로 갈수록 2차공극의 발달정도와 셰일의 함량 차이로 인해 정확한 모델을 수립하는데 어려움이 있을 것으로 판단된다. 하지만 유력한 저류층으로 판단되는 층의 상부는 낮은 셰일의 함량과 높은 임피던스를 보이고 있으며, fracture의 발달보다는 porous한 공극의 발달이 우세하게 나타난다. 따라서 암석물리모델을 이용한 분석결과와 코어분석 자료 등을 이용한 층별 세분화를 실시하고 이를 통한 지역적인 저류층의 특성을 정확히 파악한다면 추후 실시할 유체치환과 AVO분석과 같은 암석물리학 방법을 통해 복잡한 구조를 갖는 탄산염 저류층의 정량적인 평가와 개발에 도움을 줄 것으로 기대한다.

### 참고문헌

- Avseth P., Mukerji T., and Mavko G., 2005, Quantitative Seismic Interpretation, Cambridge University Press, Cambridge, 359pp.
- Fox J., Martiniuk C., 1992, Petroleum exploration and development opportunities in Manitoba, The Journal of Canadian Petroleum Technology, 31(5), 56-65.
- Martiniuk C. D., Nicolas M. P.B., and Fox J. N., 2002, New and Known Petroleum Prospects and Development Opportunities in Manitoba, 75th Anniversary of CSPG Convention.
- Mavko, G, Mukerji, T., and Dvorkin, J., 1998, The Rock Physics Handbook, Cambridge University Press, Cambridge, 329pp.
- Montgomery S. L., 1996, Mississippian Lodgepole Play, Williston Basin: A Review, AAPG Bulletin, 80(6), 795-810.

### 사사

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행되었습니다(No. 2009201030001A).