2009 한국지구물리·물리탐사학회 학술대회
2009년 10월 21일(수) ~ 22일(목), 전북대학교

미세자기학

유용재[1)]

Micromagnetism

Yongjae Yu[1)]

요약 : 미세자기학(Micromagnetic modeling)은 분자구조 단위에서 자성 광물의 자화 획득 및 자화 소멸을 연구하는 학문으로 행성지질학적으로 흥미있는 자성 광물의 자화 상태를 수치해석으로 풀어내는 학문이다. 자기이력곡선 분석은 시료를 파괴하거나 가열하지 않고 빠르고 정확하게 자성 광물의 종류 및 크기를 식별할 수 있다. 정6면체 형태의 합성자철석이 아닌 자연산에 존재하는 8면체 형태의 모델을 택해야 기존의 실험 결과를 더 잘 설명함을 알아내었다. 특히 8면체의 경우 120 nm 이상의 크기에서 magnetic coercivity와 magnetic remanence가 더욱 안정적이고 커짐을 알아냈다

주요어 : 미세자기학, 자철석, 8면체, 정6면체

Abstract : Micromagnetism explores magnetic configurations in nano-scales to visualize the details of magnetic domain structures, and also can produce snapshots of complex remanence or other magnetic states. The particle shape has a profound effect on the magnetic hysteresis. For instance, octahedral magnetite showed higher coercivity and squareness than cubic magnetite.

Keywords : micromagnetism, magnetite, octahedra, cubes

1) 충남대학교 지구환경과학부, yongjaeyu@cnu.ac.kr
Chungnam National University, Department of Geology and Earth Environmental Sciences, Daejeon, 305-764, yongjaeyu@cnu.ac.kr

미세자기학(Micromagnetic modeling)은 분자구조 단위에서 자성 광물의 자화 획득 및 자화 소멸을 연구하는 학문이다. 비록 고성능 현미경의 발달로 수십 마이크로미터 크기의 관찰이 가능하지만, 그 이하의 나노를 포함하는 미세 단위에서의 연구는 계산식의 모델화를 이요하는 방법밖에 없다. 지난 40여 년 간, 미세자기학은 주어진 외부 자기장에 반응하는 자성 광물의 모델링에 초점을 맞추어 왔다. 주로 공학 분야에서 많이 응용되어 왔지만, 1988년 이후로 행성지질학에서도 빈번이 사용되고 있다. 공학에 사용되는 불순물이 거의 없는 필름 형태의 광물 집합체와는 달리, 암석은 수많은 비자성, 상자성, 강자성 물체의 집합체이다. 자성 광물의 반응을 미세자기학으로 연구하여 화산암의 자화 획득 및 소멸을 규명하는 일이 그간 소수의 선별된 과학자들로부터 시도되었다.

소위말해 Kittel (1949)로 대변되는 고체물리학에서 정의되는 magnetic domain 구조는 지질학에서 중요한 자성 구조에는 적합하지 않음이 발견되었다. 모든 자성 광물이 하나의 유기적인 magnetic spin을 보이지 않고 인접하는 spin의 자화를 상쇄하여 전체적인 시스템의 안정성을 높이는 방향으로 진화한다는 flower나 vortex구조가 존재함이 밝혀진 것이다 (Williams and Dunlop, 1989). 자철석의 경우 80 nm 이하에서 존재하는 single-domain (SD), 20 마이크로미터 이상에서 존재하는 multidomain (MD), 이들의 중간에 놓이며 다양한 자성구조를 보이는 pseudo-single-domain (PSD)이 발견되었다 (e.g., Yu and Tauxe, 2005). 자철석은 지구와 태양계의 행성 및 위성을 대표하는 자성 광물이다. 입자의 형태이방성이 적은 자철석 가운데 입자가 MD에 해당하면 자성을 오랜 기간 안정적으로 유지하지 못한다. 따라서SD나 PSD에 해당하는 자철석을 자연 시료에서 찾아내야 한다. 특히 지구의 진화를 이해하는데 중요한 고기의 암석의 경우 SD나 PSD 자철석이 항상 사장석 같은 규산염 광물 내부에 포획되어 있다. 이런 SD나 PSD 자철석을 자연 시료를 파괴하거나 가열하지 않고 빠르고 정확하게 알아내는 방법이 바로 자기이력곡선 분석이다. 10분 이하의 자기이력곡선 실험으로 자성 광물의 종류미 및 크기를 판별할 수 있다 (Yu and Tauxe, 2008).
자철석 입자의 형태 및 크기가 자화이력곡선에 미치는 영향을 연구하였다. 정6면체 형태의 합성 자철석이 아닌 자연산에 존재하는 8면체 형태의 모델을 택해야 기존의 실험 결과를 더 잘 설명함을 알아내었다. 특히 8면체의 경우 120 nm 이상의 크기에서 coercivity와 remanence가 더욱 안정적이고 커짐을 알아냈다. 아직도 존재하는 실험값과 예측치의 차이는 광물에 내재된 stress가 모델에 반영되지 못하기 때문이라 판단된다. 따라서 향후의 일차적인 목표는 micromagnetism에 세계 최초로 stress를 반영하는 일일 것이다. 궁극적으로 40억 년에 생성된 화성

의 운석에서 발견된 생명체의 흔적이라 여겨지는 자철석의 사슬구조 연구에 적용하려 한다.

참고문헌

Kittel, C., 1949, Physical theory of ferromagnetic domains, Rev. Mod. Phys., 21, 541-583.

Williams, W., Dunlop, D. J., 1989, Three-dimensional micromagnetic modeling of ferromagnetic domain structure, Nature, 337, 634-637.

Yu, Y., Tauxe, L., 2005, On the use of magnetic transient hysteresis in paleomagnetism for granulometry, Geochem. Geophys. Geosys., 6(1), Q01H14, doi:10.1029/2004GC000839.

Yu, Y., Tauxe, L., 2008, Micromagnetic Models of the Effect of Particle Shape on Magnetic Hysteresis, Phys. Earth Planet. Inter., 169, 92-99.