

# Iron-rich post-perovskite and the origin of ultralow-velocity zones

Wendy L. Mao *et al.*  
*Science* (2006) Vol. 312

Date: 2011/4/15

Summarized by Kim Hyo-Im

---

Core-mantle boundary (CMB) 근처의 Ultralow-velocity zones (ULVZ) 에서는 지진파의 속도가 급격히 감소하는 것과 더불어 Poisson's ratio가 0.3 (at PREM) 에서 0.4 로 증가하는 양상을 보인다. 밀도 역시 최고 50% 정도까지 증가한다는 관측이 보고되고 있다. 이러한 현상들은 thermal effect나 phase transition 만을 이용한 해석으로는 설명이 불가능하며 부분용융이나 철과 같은 heavy element의 enrichment의 설명이 동반되어야 한다. 기존 연구에서 25 GPa 이상의 고압의 silicate 내에서는 철을 포함한 광물이 존재하기 힘들다는 연구가 있어왔기 때문에 두 번째 가능성이 힘을 얻지 못했으나 맨틀 물질의 대부분을 차지하는 MgSiO<sub>3</sub>가 post-perovskite (ppv) 로 전이되며 ppv에는 다량의 철이 포함할 수 있다는 연구 결과를 통해 Fe-rich ppv가 ULVZ의 구조를 설명할 수 있는 하나의 가능성으로 떠오르게 되었다.

본 논문에서는 합성된 Fe<sub>0.4</sub>Mg<sub>0.6</sub>SiO<sub>3</sub> (Fs40, orthopyroxene) 을 diamond anvil cell (DAC) 을 이용하여 최고 170 GPa까지 압력을 높여 ppv를 확인하였다. 이를 2000 K로 온도를 유지시키는 in situ XRD 실험을 통해 압력에 따른 결정구조의 부피 변화 ( $\partial P/\partial V$ )<sub>T</sub> 를 측정한다. 여기서 얻어진 결과를 3<sup>rd</sup> order Birch-Murnaghan equation of state (EOS) 에 대입하게 되면 해당 물질의 Bulk modulus, density 그리고 bulk sound speed ( $V_{\phi}$ ) 정보를 얻을 수 있게 된다. XRD 실험과 함께 Debye sound velocity ( $V_D$ ) 와 관련된 Phonon density of state (DOS) 의 정보를 주는 NRIXS (nuclear resonant inelastic X-ray scattering) 실험도 수행하였다. (참고로 이 NRIXS 실험은 상온에서 이루어졌으며 이후 온도에 따른 지진파 속도의 변화를 고려하여 최종 수치를 제시하였다.) 이 NRIXS 실험 결과를 통하여 얻어진  $V_D$ 와 XRD 실험 결과와 Birch-Murnaghan EOS를 이용하여 얻어진  $V_{\phi}$  값을 이용하여 CMB 압력, 온도 조건에서의  $V_p$ ,  $V_s$  를 계산하였다.

최종적으로 계산된  $V_p$ ,  $V_s$  값은 각각 130 GPa, 3000 K 에서 11.91 km/s, 4.05 km/s 였으며 Poisson's ratio는 0.41로 계산된다. 이는 기존 PREM 모델에서보다 상당히 작은 값으로써 Fe-rich material의 존재가 이와 같은 결과를 만들고 있음을 보여준다. 그리고 이 값들은 기존 지진파 연구 결과를 통해 알려진 CMB 근처에서의 값보다도 작는데 이를 통해 ULVZ에는 지진파 속도를 줄여주고 Poisson's ratio를 높이는 Fe-rich ppv가 존재하는데 본 실험에서 수행한 Fs40의 Fe 함량보다는 적은 양의 Fe가 존재할 것이라는 결과를 나타낸다. 이와 같은 Fe-rich silicate는 외핵의 Fe alloy로부터의 diffusion process로 형성되었으며 상당히 무겁기 때문에 맨틀 내부의 대류에도 불구하고 CMB 근처에 지속적으로 위치하고 있을 것이라 예측된다.