

옥천 변성대 중부 미원-증평 변성퇴적암의 K-Ar과 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 연대와 그 의의

김성원¹ 오창환², 이덕수² 이타야 테츠마루³

¹전북대학교 기초과학연구소 (sungwon@moak.chonbuk.ac.kr)

²전북대학교 지구환경과학과

³일본 오카야마이과대학교 자연과학연구소

1. 서언

중부 옥천 변성대 미원-증평지역에서 산출되는 변성이질-사질암으로부터 백악기부터 석탄기 (89-319 Ma)에 걸친 넓은 범위의 K-Ar 흑운모와 백운모연대가 보고 되고 있다 (Kim, 1990; 조문섭 외, 1995). 트라이아스기부터 석탄기까지의 연대들은 옥천 변성대의 주 변성시기 혹은 주 변성시기 이후 냉각연대를 지시한다고 해석되고 있으며 백악기부터 쥐라기까지의 연대는 옥천 변성대 주변에 분포되는 중생대 및 백악기 화강암의 열 변성작용에 의해 부분적으로 또는 완전히 K-Ar 동위원소계가 재 평형 된 연대로 인식되어 왔다. 또한, 현재까지 보고 된 넓은 범위의 K-Ar 흑운모와 백운모연대는 충분하지 못한 연대자료와 함께 옥천 변성대에 대한 변성진화 과정해석을 어렵게 하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 옥천 변성대 중부 미원-증평 변성퇴적암에 대해서 저변성지역부터 고변성지역에 걸쳐서 횡단선을 설정하여 체계적으로 암석을 채취하고 암석내의 흑운모와 백운모 K-Ar 과 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 연대측정을 수행하였다. 이 연구의 주요목적은 옥천변성대내의 넓은 범위의 운모류 K-Ar 연대 문제점 해결과 이들 연대분포의 의미를 재검토하며 옥천변성대의 변성진화 과정 중 특히 주변성시기 이후의 냉각역사를 정확히 규명하는데 있다.

2. 일반지질

본 연구지역은 북서부의 피반령과 남동부의 보은 2 개의 암상구조단위로 나누어진다. 일반적으로 변성도는 북서방향으로 보은단위에서 피반령 단위로 갈수록 증가한다. 보은단위는 흑운모대 그리고 피반령 단위는 석류석대에 속한다. 보은단위에서 특징적인 광물조합은 흑운모 + 백운모 ± 녹니석 + 사장석이며 드물게 좁은지역에 걸쳐서 연장성을 가지고 흑운모 + 백운모 + K-장석 + 사장석이 산출된다. 석류석대의 특징적인 광물조합은 석류석 + 흑운모 + 백운모 ± 녹니석 + 사장석이며 좁은 지역에 걸쳐 십자석 + 석류석 + 흑운모 + 백운모 ± 녹니석 + 사장석이 산출된다. 쥐라기 및 백악기 화강암 접촉부의 국부적인 변성암류에서 화강암의 접촉변성작용 영향으로 형성된 홍주석, 규선석, 근청석등이 관찰된다.

3. 연구결과

미원-증평지역의 피반령과 보은의 2 개의 암상구조단위에서 채취한 변성이질-사질암류로부터 약 30 개의 흑운모와 백운모를 분리하여 측정된 K-Ar 연대는 서남부 화산 지역 (김성원 외, 2002)의 연대결과와 비교할 때 다소 복잡한 연대분포를 보여준다. 보은단위에서 흑운모 연대는 105 Ma, 157-190 Ma, 224-234Ma의 각각의 범위를 보여주며 백운모는 102Ma와 170Ma의 범위를 보여준다. 백악기의 흑운모와 백운모 연대는 남동측 백악기 화강암체

주변부에 국한된다. 하지만 같은 지역에서 Kim (1990)과 조문섭 외 (1995)에 의해 보고된 일반적인 백악기 연대 이외에도 유라기 흑운모와 백운모 연대가 산출되는 것으로 보아 이들 백악기 화강암체의 열적 영향이 강하지 않았던 것으로 추정된다.

피반령 단위에서 흑운모 연대는 142-194 Ma, 216-224 Ma, 241-249 Ma의 각각의 범위를 보여주며 백운모는 164-190 Ma, 263-277 Ma의 범위를 보여주며 대부분 142-194 Ma에 집중된다. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 흑운모와 백운모 단결정 연대들은 피반령 단위의 미원지역에서 측정되었으며 162-168 Ma에 집중된다. 미원지역 옥천 변성대의 북부에 산출되는 2 개의 화강암체에서 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 흑운모연대들을 구하였다. 백운모와 흑운모들의 연대는 160-168 Ma이며 미원지역의 변성이질-사질암의 연대와 유사하다. 전체 연구지역의 변성이질-사질암과 연구지역 주변부에 관입한 화강암체들은 유라기 중기의 흑운모와 백운모 연대를 지시하며, 연구지역의 변성이질-사질암으로 분리된 탄질물질에 대한 d_{002} 값은 점진적으로 증가하는 변성도와 관계없이 모든 지역에 걸쳐 각섬암상의 범위 (약 450 °C 이상)를 지시하는 3.350-3.360 Å의 좁은 범위에 집중된다. 이러한 결과는 유라기 초기의 강한 광역-열변성작용을 지시한다. 또한, 미원지역의 변성암류와 화강암류가 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 과 K-Ar 계의 흑운모와 백운모의 폐쇄온도 (약 300-350 °C) 까지 동시에 냉각된 사실을 지시한다. 피반령 단위의 증평지역에서 유라기 연대 이외에 삼첩기부터 대본기까지 연대범위가 나타난다. 특히 이들 지역의 5개 시료는 241-249 Ma의 흑운모 K-Ar 연대와 263-277 Ma의 백운모 K-Ar 연대를 보여주며 이들 연대들은 최근 Cheong et al. (2003)과 Kim et al. (2001)이 보고한 옥천변성대의 281-300 Ma의 주변성시기 이후의 냉각연대로 추정된다. 본 연구에서 얻어진 216-224 Ma의 흑운모 연대는 지금까지 이 지역에서 보고된 삼첩기 후기의 흑운모 연대들과 일치하며, 이는 유라기 초기의 광역적 화강암관입에 의한 광역-열변성작용에 의해 부분적으로 재 평형을 받은 것으로 해석된다.

한편 증평지역에서 Kim (1990)과 조문섭 외 (1995)에 의해 보고된 흑운모 K-Ar 연대들은 같은 지역범위내에서 본 연구결과와 다르다. 이러한 차이는 Oh et al., (1995)과 조문섭 외 (1995)의 연구에서 보고된 일부 흑운모의 낮은 K 함량 혹은 이들의 연구에서 고려되지 않은 선별된 입자크기 범위에 기인할 가능성이 있다.

4. 결론

옥천 변성대 중부 미원-증평지역 변성이질-사질암의 흑운모와 백운모 K-Ar 과 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 연대는 최근에 이들 지역에서 보고된 두 번의 주 변성작용시기, 석탄기후기-페름기초기 및 유라기 초기 이후의 냉각역사들을 잘 대변한다. 특히, 옥천 변성대 중부 증평지역 중심부에서 5개 시료에 대해 구한 흑운모와 백운모 K-Ar 연대는 241-249 Ma와 263-277 Ma의 범위를 보여주며 이들 연대들은 석탄기후기부터 페름기초기까지의 옥천변성대의 주변성시기 이후 페름기초기까지 약 350 °C까지의 빠른 냉각과 페름기후기까지의 약 250 °C까지의 느린 냉각역사를 지시한다.

5. 참고문헌

김성원, 오창환, 이타야 테츠마루, 효도 히로노부, 2002, 옥천변성대 서남부 화산지역 변성퇴적암의 K-Ar과 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 연대와 그 의의. 한구암석학회·한국광물학회 공동학술발표회 요약집, 29-30.

민경원, 조문섭, 권성택, 김인준, K. Nagao, E. Nakamura, 1995, 충주 지역에 분포하는 변성

- 암류의 K-Ar연대 : 원생대 말기 (675Ma)의 옥천대 변성작용. 지질학회지, 31, 315-327.
- 조문섭, 김인준, 김현철, 민경원, 안중호, K. Nagao, 1995, 증평-덕평 지역 중부 옥천변성대에 분포하는 이질 편암의 K-Ar 흑운모연대. 암석학회지, 4, 178-185.
- Cheong, C. S., Cheong, K. Y., Kim, H., Choi, M. S., Lee, S. and Cho, M., 2003, Early Permian peak metamorphism recorded in U-Pb system of black slates from the Ogcheon metamorphic belt, South Korea, and its tectonic implication. Chem. Geol., 193. 81-92.
- Kim, H., Cheong, C. S., Cho, M., Jeong, G. Y. and Choi, M. S., 2001, Geochronological evidence for late Paleozoic orogeny in the Ogcheon metamorphic belt, South Korea. Abstract volume for Annual Meeting of Geol. Soc. Am., 33.
- Kim, J. H., 1990, Middle Paleozoic isotopic ages of the Ogcheon Group in Korea and their significance. In: Aubouin, J. and Bourgois, J. (eds.) Tectonics of Circum-Pacific Continental Margins, VSP, Utrecht, 181-191.
- Oh, C.W., Kim S.T., Lee, J.H., 1995. The P-T Condition and Timing of the Main Metamorphism in the Southwestern Part of the Okchon Metamorphic Belt. The Journal of Geological Society of Korea, 31, 343-361.