

〈Editorial〉

‘연대측정과 동위원소 분석 자료의 활용’ 특별호를 발간하며

정창식

한국기초과학지원연구원

Chang-sik Cheong, 2014, Application of Geochronological and Isotopic Data

1913년 영국의 방사화학자 Frederick Soddy (1877-1956)는 주기율표의 같은 위치에 있는 서로 다른 핵종, 즉 동위원소(isotope)의 존재를 제안하였고 (Soddy, 1913) 8년 뒤 이 공로로 노벨 화학상을 수상하게 된다. 같은 해 현대 지질학의 선구자인 Arthur Holmes(1890-1965)는 ‘The Age of the Earth’ 초판에서 방사성 반응이 연대측정에 적용될 수 있음을 최초로 밝혀 수지연대측정의 신기원을 열었다. 지구화학자들은 이 두 업적을 기념하여 1913년을 동위원소 지질학, 보다 정확히 표현한다면 동위원소 연대측정학이 태동한 원년으로 보는데, 100주년이었던 작년에는 ‘The first century of Isotope Geochronology: The legacy of Frederick Soddy and Arthur Holmes’라는 주제로 The Geological Society에서 주관한 William Smith Meeting이 런던에서 개최된 바 있다. 지난 1세기 동안 현대적인 질량분석기의 개발, 스파이크(enriched isotope spike)를 이용한 동위원소 회석법의 확립, 테플론(Teflon) 용기의 실험실 활용 등을 통해 암석과 광물의 동위원소 분석에 대한 기술적 난제들이 극복되어 왔으며(Parrish, 2013 참고) 1980년대 이후에는 고분해능 이차이온질량분석기(HR-SIMS)와 레이저작박 유도결합플라즈마질량분석기(LA-ICPMS)의 개발로 인해 마이크론 규모의 *in situ* 분석이 가능해 짐으로써 습식 실험을 통한 열이온화질량분석기(TIMS)에만 의존하던 고체 동위원소 분석이 새로운 국면을 맞이하게 되었다.

우리나라의 경우 암석과 광물에 대한 동위원소 분석 역사는 1988년 기초과학연구지원센터(현 한국기초과학지원연구원)의 설립과 더불어 본격적으로 시작되었다. 당시 기초과학에 대한 진흥이 국민적 관심사로 대두되었고 우리나라의 경제적 여건을 감안할 때 고가의 첨단 장비를 한군데에 두고 공동 활용하는 것이

최선의 전략이라는 공감대가 형성되었다. 1990년부터는 국제부흥개발은행(IBRD) 차관으로 도입된 열이온화질량분석기, 안정동위원소질량분석기, 자연방사능측정기, 유도결합플라즈마질량분석기 등의 첨단장비가 기초과학연구지원센터에 속속 설치되어 국내 대학과 연구소의 연구 활동을 지원하기 시작하였다. 현재 충청북도 오창으로 자리를 옮긴 한국기초과학지원연구원 환경과학연구부에서는 이들 장비를 최신 수준으로 유지시켜 연간 16000 점 이상의 시료를 분석 지원하고 있으며 특히 과학기술부의 기초과학연구사업에 의해 2008년 설치된 고분해능 이차이온질량분석기(SHRIMP)는 광물 U-Pb 연대와 안정 동위원소, 미량 원소에 대한 표면분석을 통해 우리나라와 동아시아의 지구조와 지구 환경 연구에 획기적인 전환점을 마련할 것으로 예상된다. 또한 올해 말 오창에 설치될 LA-MC-ICPMS를 이용하면 국내에서 불가능하였던 표면 Hf, Sm-Nd, Sr 동위원소 분석이 가능해 짐에 따라 암석의 성인 연구에 가일층 박차를 가할 수 있을 것이다.

설립 22주년을 맞은 한국암석학회에서는 연대측정과 동위원소 분석 자료의 활용에 대하여 기술적, 이론적 성과들을 정리할 필요성을 느끼고 올해 초 암석학회지 특별호 발간을 결정하였다. 과학인용지수(SCI)를 강조하면서 외국어를 쓰는 국제 저널에 논문을 게재하는 것이 중요하게 인정받는 상황이지만 이번 특별호의 국문 논문들은 좀 더 대중적인 연구 성과의 확산에 매우 중요하게 기여할 것으로 생각된다. 이 특별호는 특히 연구를 본격적으로 시작하는 대학원생들이나 연구원들이 분야별로 대략적인 연구 경향을 이해하는데 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

이번 특별호는 11편의 논평과 논문으로 구성되어 있다. Cheong and Ryu(2014)는 Mg 동위원소 분석

자료를 화강암류의 성인 해석에 활용하는 원리와 분석 방법, 적용 사례를 소개하였다. 이 논평에서는 Mg 동위원소가 분별되는 원리를 설명하고 다검출기 유도 결합플라즈마질량분석기를 활용한 분석 방법을 기술하였으며 북미 서해안과 호주, 중국의 화강암에 대한 최근의 적용 사례를 살펴보았다.

Choi(2014)는 Lu-Hf 동위원소시스템의 기본 원리를 설명하고 지질연대측정 도구와 암석 성인 연구의 지시자로서 활용된 사례를 소개하였으며 향후 연구 방향을 제안하였다. 또한 Hf 동위원소를 통해 한반도 맨틀의 생성과 진화과정에 대해 살펴보았다.

Min(2014)는 (U-Th)/He 연대측정법의 원리를 설명하면서 방사성 붕괴에 의한 ⁴He의 형성과 확산에 의한 방출에 따라 현재 남아있는 ⁴He의 양이 결정됨을 강조하였다. 이 논평에서는 연대측정을 위한 시료의 선택과 준비, 분석 과정에 대해서 상세하게 기술하였으며 시에라 네바다(Sierra Nevada), 중국 다비(Dabie), 브리티시 콜롬비아(British Columbia) 지역 등에 대한 활용 사례를 살펴보면서 최근의 열역사 또는 천부에서의 지각작용 현상을 기술하는데 이 연대측정법이 유용하게 쓰일 수 있음을 지적하였다.

Huh and Jang(2014)는 해수 자생성 Nd 동위원소비를 해수순환의 지시자로 활용하는 원리와 분석방법, 적용 사례를 기술하였다. 이 논평에서는 지난 빙하기-간빙기와 아빙기-아간빙기에 걸쳐 북대서양심층수 세기의 변화를 볼 수 있는 예와 북극해에서 담수의 유입과 해수순환을 재구성한 예를 소개하였다.

Seong and Yu(2014)는 우주선유발 동위원소를 이용한 연대측정법을 설명하였다. 이 논평에서는 단순 노출연대측정, 수직단면연대측정, 매물연대측정 등을 세부적으로 해설하면서 노출 또는 퇴적 환경에 따라 다른 접근 방법이 요구됨을 지적하였다. 이 연대측정법은 국내의 하안단구, 해안단구, 선상지, 화산지형, 단층애, 다양한 암설지형, 호안 또는 해안 파식대, 그리고 제3기의 퇴적분지층과 고고학 유물층 등에 적용이 가능하다.

Kwon(2014)는 지구의 나이를 알기 위한 다양한 시도를 소개하고 1950년대에 운석의 Pb 동위원소 연대측정으로 지구의 나이를 밝힌 점을 재조명하였다. 이 논평에서는 원시지구의 충돌시기를 지구의 나이로 정할 것을 제안하였으며 기존 연구결과로부터 4567.30 ± 0.16 Ma와 4456 ± 40 Ma 사이로 지구 나이를 제한하였다.

Park and Lee(2014)는 한국의 현생 화강암류에서 분석된 Nd 동위원소 자료를 종합하여 추세적인 변화 또는 지역적인 변화의 측면에서 고찰하였다. 즉 섭입 작용의 시작과 더불어 초기에 생성된 마그마의 경우 결핍멘틀의 함량이 높은 마그마가 생성되고, 섭입작용의 진행과 더불어 마그마의 생성에 오래된 지각물질의 영향이 더욱 커져서 전반적인 Nd 동위원소 변화경향을 만들어 내었거나, 높은 ϵ_{Nd} , ϵ_{Hf} 값을 갖는 지역은 다른 지역에 비해 상대적으로 젊은 평균지각연령을 가질 가능성을 제시하였다.

Lee *et al.*(2014)는 포항분지 시추공 코어 시료의 SHRIMP 저어콘 연대측정 결과로부터 포항분지 심부가 폐름기 후기에서 에오세에 이르기까지 비교적 긴 시간에 걸쳐 형성된 심성암 및 화산암체로 구성되어 있으며 그 상위에 마이오세 초기 이후에 퇴적된 지층이 피복하고 있음을 보고하였다. 저자들은 폐름기의 심성암 시료에 대한 Sr-Nd 동위원소 조성으로 보아 이러한 암석이 경상분지 내 백악기-제3기 화강암의 기원물질로 재순환되었을 가능성을 제안하였다.

Heo *et al.*(2014)는 경주시 양남면에 분포하는 해발 고도 약 45 m의 수렴단층 노두 해안단구 퇴적층의 석영에 대한 단일입자 OSL 연대측정 결과를 보고하였다. 연대측정에 적합한 OSL 신호특성을 보인 일부 석영 입자의 자료는 60000년에서 83000년 내외의 모델 연대를 보였으나 MIS 5a시기로 보고된 기존 제2해안단구의 OSL 연대와 층서적으로 부합되지 않았다. 수렴단층 노두 퇴적층은 일반적으로 적용되는 단일입자 OSL 연대측정법을 적용하기에는 적합하지 않은 시료로 판단되었다.

Cho(2014)는 경기육괴 동부 오대산 지역의 구룡층군 흑운모 편암에 대한 SHRIMP U-Pb 저어콘 연대를 보고하였다. 저어콘은 378 ± 10, 420 ± 4, 1845 ± 9 Ma의 쇄설성 연대 집중군과 247 ± 6 Ma의 외연부 변성연대를 가졌다. 이러한 연대 자료는 지금까지 시대 미상이었던 구룡층군이 경기육괴 동부에서 최초로 보고되는 고생대 후기 지층으로서 최고 퇴적시기가 옥천대 남서부의 퇴적층에 대비됨을 나타낸다.

Yoon *et al.*(2014)는 SHRIMP 저어콘 연대측정을 통해 영남육괴 북동부 영주화강암과 인동화강암의 주관입시기를 쥬라기 초로 보고하였다. 저자들은 이 결과와 기존 연대 자료로부터 영남육괴 북동부에서는 쥬라기 초인 194 Ma 경에 고철질 마그마의 관입으로 화성활동이 시작되었고, 182~187 Ma에 화성활동이 정

점에 이르러 다량의 화강암질 마그마가 관입하였으며 쥬라기 화성활동이 끝나가는 175 Ma 경에 적은 양의 보다 분화된 화강암질 마그마의 관입이 일어났다고 정리하였다.

이 특별호의 발간에 많은 분들의 도움이 있었지만 특히 이덕선 편집간사의 도움이 컸으며 이에 감사드립니다. 여러 어려운 여건 중에서도 귀중한 논문을 투고해 주신 저자들에게 다시 한 번 감사드리며 논문 심사를 맡아 수고해 주신 여러분께도 심심한 감사의 마음을 전한다.

References

- Cheong, C.-S. and Ryu, J.-S., 2014, Use of magnesium stable isotope signatures for the petrogenetic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrological Society of Korea*, 23, 221-227 (in Korean with English abstract).
- Cho, D.-L., 2014, SHRIMP U-Pb zircon geochronology of the Guryong Group in Odesan area, east Gyeonggi Massif, Korea: A new identification of Late Paleozoic strata and its tectonic implication. *Journal of Petrological Society of Korea*, 23, 197-208 (in Korean with English abstract).
- Choi, S.H., 2014, Lu-Hf isotopic systematics and its applications for geology. *Journal of Petrological Society of Korea*, 23, 229-237 (in Korean with English abstract).
- Heo, S., Choi, J.-H., and Hong, D.-G., 2014, Revisiting the OSL ages of marine terrace sediments at Suryum fault site, Gyeongju, South Korea: single grain OSL dating. *Journal of Petrological Society of Korea*, 23, 187-195 (in Korean with English abstract).
- Huh, Y. and Jang, K., 2014, Authigenic neodymium isotope record of past ocean circulation. *Journal of Petrological Society of Korea*, 23, 249-259 (in Korean with English abstract).
- Kwon, S.-T., 2014, The age of the Earth: reappraisal. *Journal of Petrological Society of Korea*, 23, 273-277 (in Korean with English abstract).
- Lee, T.-H., Yi, K., Cheong, C.-S., Jeong, Y.-J., Kim, N., and Kim, M.-J., 2014, SHRIMP U-Pb zircon geochronology and geochemistry of drill cores from the Pohang basin. *Journal of Petrological Society of Korea*, 23, 167-185 (in Korean with English abstract).
- Min, K., 2014, (U-Th)/He dating methods: principles and applications. *Journal of Petrological Society of Korea*, 23, 239-247 (in Korean with English abstract).
- Park, K.-H. and Lee, T.-H., 2014, Characteristics of Nd isotopic compositions of the Phanerozoic granitoids of Korea and their genetic significance. *Journal of Petrological Society of Korea*, 23, 279-292 (in Korean with English abstract).
- Parrish, R., 2013, The legacy of Soddy and Holmes: 100 years of development of Geochronology(abstract). *Proceedings of William Smith Meeting*, 8.
- Seong, Y.B. and Yu, B.Y., 2014, Cosmogenic nuclides dating of the Earth surface: focusing on Korean cases. *Journal of Petrological Society of Korea*, 23, 261-272 (in Korean with English abstract).
- Soddy, F., 1913, Intra-atomic charge. *Nature*, 92, 399-400.
- Yoon, R., Song, Y.-S., and Yi, K., 2014, SHRIMP U-Pb zircon ages of the Yeongju and Andong granites, Korea and their implications. *Journal of Petrological Society of Korea*, 23, 209-220 (in Korean with English abstract).