

국내 유통 중인 산업원료광물에 대한 천연방사성핵종 농도 조사

장병욱^{1*}, 고상모², 김용재¹, 유장한², 윤운열², 노정환¹

¹ 한국원자력안전기술원 안전대책부, 규제기술연구부

² 한국지질자원연구원 지질기반정보연구부, 지하수지열연구부

* hafadai@kins.re.kr

1. 서론

국제원자력기구(IAEA)의 BSS(Basic Safety Standards, 1996)[1]는 기본적으로 관리가 불가능한 피폭은 규제로부터 자유로운 것으로 기술하고 있다. 제외된 피폭의 예는 인체 내에 포함되어 있는 K-40에 의한 피폭, 지표면에서의 우주선으로부터의 피폭, 그리고 원료 물질 내의 농도가 변경되지 않은 방사성핵종으로부터의 피폭 등으로 한정되어 있다. 천연방사성핵종은 다양한 농도로 환경 상에 어디에나 존재하며 이들은 규제에 범주에 포함되지 않는다. 자연 상태가 아닌 인간의 행위에 의해 채굴되어 자연적인 물질의 농도가 변경된 경우는 행위의 요건(Code of Practice)을 적용해야 하는 것으로 간주하고 있다. 그러나, BSS에서는 천연방사성물질에 대한 정량적인 규제제외 준위를 제시하지는 않았다.

최근(2004년 8월) IAEA에서 발간된 안전기준 『규제제외, 면제, 해제 개념의 적용 ; Safe Guide No. RS-G-1.7 “Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance”』은 대량의 물질 내에 함유된 저준위 방사성핵종의 방사능 농도에 대한 안전기준으로 천연방사성물질의 방사성방호의 범위 및 대량물질의 국제 무역과 자체 처분과 같은 규제의 해제와 관련이 있다. 동 기준에는 천연방사성핵종에 대하여 규제제외 개념을 적용할 수 있는 방사능농도 값으로 ⁴⁰K의 경우 10 Bq/g, 그리고 그 외 핵종의 경우 1 Bq/g 까지를 제안한 바 있다[2].

현행 국내 원자력법 체계에서는 IAEA의 BSS 기준을 반영하여 규제 면제 수량 및 농도를 방사성동위원소의 정의에 사용하고 있으나, 산업원료광물과의 직접적인 관련은 없다. 핵원료물질을 제외한 천연방사성물질에 대한 규제 요건은 명확하게 규정되어 있지 않으며, 산업원료물질 중의 방사성핵종 농도 준위에 대한 기초자료는 거의 전무한 실정이다[3]. 이 연구는 국내 산업원료물질의 수급 및 유통 현황을 파악하고 자연 및 인공 방사능 준위에 대한 기초조사를 통하여 국민 방사선 위해도 평가의 기초자료를 확보하고, IAEA의 안전기준과 관련 국내에서의 안전규제의 범위 설정 및 대응방안을 수립하는데 그 목적이 있다.

2. 시료채취 및 분석방법

국내에서 주로 유통되는 산업원료광물 종은 약 20여종 이상이며, 300개 이상의 광산이 가행되고 있다. 관련 산업의 발전과 더불어 대형화되고, 활용도의 증가에 따라 수입량은 계속 늘고 있으며 그 종류도 다양화되어 가고 있다[4, 5, 6]. 수요량은 많지는 않으나 일부 수입 산업원료광물 중에는 천연방사성핵종의 농도가 높은 경우가 있는 것으로 파악되고 있다.

국내 생산 비중 및 자급도가 높은 비금속 광물자원을 중심으로 고령토, 장석, 납석, 도석, 운모, 규석, 규사, 점토, 전기석, 흑연 등 10개 광종을 선정하고 U, Th 의 농도가 비교적 높은 저어콘과 모나자이트 2개 광종을 추가로 선정 총 12개 광물 종을 대상으로 연구를 수행하였다. 시료채취는 국내에서 생산되는 광종은 광산 현장을 직접 방문하여 채취하였으며(그림 1), 수입광종의 경우는 수요업체를 방문하여 시료를 수집하여 총 12개 광종 94개의 시료

표 1. 국내산 산업원료광물에 대한 방사능 분석결과

시료(수)	천연방사성핵종 농도 범위 (Bq/g) (괄호는 평균값)		
	⁴⁰ K	²³² Th	²²⁶ Ra
고령토(8)	0.117 ~ 1.14 (0.330)	<3.04 ~ 0.126 (0.0238)	0.00188 ~ 0.0424 (0.0113)
납석(10)	<0.00131 ~ 1.91 (0.310)	0.00159 ~ 0.127 (0.0675)	0.00163 ~ 0.0803 (0.0390)
장석(10)	0.983 ~ 1.86 (1.32)	0.00625 ~ 0.111 (0.0542)	0.0102 ~ 0.199 (0.0476)
도석(10)	<0.00131 ~ 1.54 (0.813)	0.00960 ~ 0.0978 (0.0425)	0.00972 ~ 0.0632 (0.0291)
운모(5)	0.367 ~ 2.69 (1.99)	0.0305 ~ 0.194 (0.104)	0.0103 ~ 0.170 (0.0599)
규석(10)	0.0282 ~ 0.651 (0.213)	<0.00228 ~ 0.0325 (0.0165)	0.00396 ~ 0.0204 (0.0102)
규사(10)	0.0669 ~ 1.03 (0.531)	0.0104 ~ 0.0185 (0.0138)	0.00543 ~ 0.0115 (0.00752)
점토(4)	0.510 ~ 0.639 (0.591)	0.0609 ~ 0.118 (0.0777)	0.0389 ~ 0.0688 (0.0489)
흑연(2)	0.173 ~ 0.241 (0.207)	0.0167 ~ 0.0272 (0.0219)	0.0183 ~ 0.0228 (0.0206)

표 2. 수입 산업원료광물에 대한 방사능 분석결과

시료(수)	천연방사성핵종 농도 범위 (Bq/g) (괄호는 평균값)		
	⁴⁰ K	²³² Th	²²⁶ Ra
고령토(7)	<0.0122 ~ 0.586 (0.351)	0.0126 ~ 0.142 (0.0846)	0.00957 ~ 0.112 (0.0628)
규사(1)	0.00454 ± 0.00012	0.00158 ± 0.00003	0.00208 ± 0.00040
점토(6)	0.225 ~ 0.483 (0.331)	0.0257 ~ 0.433 (0.181)	0.0229 ~ 0.140 (0.0683)
전기석(3)	0.0105 ~ 0.108 (0.0457)	0.00140 ~ 0.0269 (0.0139)	0.0187 ~ 0.0253 (0.0222)
흑연(3)	0.00806 ~ 0.0134 (0.0107)	0.00213 ~ 0.00365 (0.00289)	0.00148 ~ 0.00564 (0.00356)
저어콘(4)	<0.0177 ~ 0.306 (0.115)	0.402 ~ 1.97 (0.921)	2.26 ~ 11.0 (4.70)
모나자이트(1)	17.8 ± 0.5	180 ± 4	18.1 ~ 0.4

4. 결론

조사된 산업원료광물의 국내 총 생산량은 2004년 기준으로 대략 750만톤에 달하며 수입량만도 200만톤에 가깝다. 이 연구를 통해 거의 모든 산업원료물질은 IAEA 안전기준을 충분히 만족시키는 규제제외(Exclusion) 요건에 해당함을 확인할 수 있었으며 모나자이트와 저어콘과 같은 일부 산업원료광물에 대한 규제 개입의 필요성 역시 확인할 수 있었다. 국내 생산이 되지 않으며 전량 수입에 의존되는 광종은 모나자이트, 저어콘, 전기석등이 해당된다. 저어콘은 주로 내화물이나 주물용 연마재 등으로 활용되고 있는 전통적인 산업원료 광물에 해당하나, 모나자이트와 전기석의 경우는 일본과 우리나라에서 원적외선 및 음이온을 발생시키는 원료물질로 인식되기 시작하여 건강보조용품의 용도로 활용되기도 한다. 모나자이트를 활용하여 생산된 일부 소비자 제품에서 토륨계열의 방사능 농도가 1 Bq/g을 초과하는 경우도 있다[3].

이 연구 결과를 바탕으로 한국원자력안전기술원에서는 향후 원자력 중장기 연구를 통해 국내 유통 중인 NORM(Naturally Occurring Radioactive Materials) 물질 및 TENORM(Technologically Enhanced NORM) 물질 전반에 걸친 기초 및 현황조사로 확대하고, 외국의 천연방사성핵종의 규제 요건과 관련된 지속적인 자료 수집 및 분석을 통해 국제 기준에

부합하는 저선량 규제 기반 구축에 필요한 기초자료로 활용할 계획이다.

5. 참고 문헌

- [1] FAO(Food and Agricultural Organization of United Nations), IAEA, ILO(International Labour Organization), OECD/NEA(Nuclear Energy Agency of the Organization for Economic Co-operation and Development), PAHO(Pan American Health Organization) and WHO(World Health Organization), International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna, 1996
- [2] International Atomic Energy Agency, Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Standard Series, Safety Guide No. RS-G-1.7, IAEA, Vienna, 2004
- [3] 이병수 외, 저준위농도의 천연 및 인공방사성핵종을 함유한 대량의 물질에 대한 안전 규제 방안 수립에 관한 연구, KINS/PR-310, 한국원자력안전기술원, 2005
- [4] 산업자원부, 한국지질자원연구원, 2004년도 광산물수급현황, 2005
- [5] 이경한 외, 자원총람, 한국지질자원연구원, 2000
- [6] 이경한 외, 자원총람, 한국지질자원연구원, 2005