

우라늄 오염 미세 콘크리트의 제염

김승수*, 한규성, 김계남, 구대서, 정정환, 최종원
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*nsskim@kaeri.re.kr

1. 서론

콘크리트 폐기물은 원자로 등 원자력 연구시설 해체 과정에서 발생하는 폐기물 중 가장 많은 부피를 차지하는 폐기물로 알려져 있다. 이 콘크리트 폐기물을 감용없이 모두 방사성폐기물로 처분할 경우, 처분장의 효율성 저하 및 막대한 예산이 필요하게 된다.

콘크리트 폐기물을 처리하는 방법 중 하나는 대부분의 방사성 물질이 모르타르에 흡착되어 있으므로 열을 가하여 자갈 혹은 모래와 같은 골재로부터 시멘트를 분리하는 작업을 시도하였다. 당 연구실에서는 우라늄변환시설의 해체로 발생한 많은 양의 콘크리트폐기물의 부피를 줄이기 위하여 파쇄하여 큰 골재들은 간단한 산세척으로 처리하는 공정을 개발하였다[1].

본 연구에서는 콘크리트 파쇄과정에서 발생하는 미립자의 폐기물을 제염하는 공정을 개발하기 위하여 강산과 탄산 용액을 사용하여 이들의 효율성을 검증하고자 하였다.

2. 본론

2.1 시료준비

포틀랜드 시멘트를 첨가하여 제조한 콘크리트 블록을 파쇄한 다음, 분쇄기에 넣어 1 mm 이하로 분쇄하였다. 이 분말에 우라늄 폐액을 넣어 1주일간 방치하여 자연건조시킨 다음, 다시 110°C 오븐에서 1 시간 건조시켰다. 식힌 시료를 섞은 다음, 일부 취하여 방사능을 측정된 결과, 4.2 Bq/g으로 나타났다.

2.2 제염실험

준비된 콘크리트 분말을 200 g 씩 취하여 0.5 mole/L Na_2CO_3 를 400 mL 넣었다. 질산과 황산에 의한 세척은 콘크리트 분말 200 g에 각각 400 mL의 물을 넣고, 진한 황산과 질산을 넣어 용액의 pH를 0.8로 조절하였다. 이 세 용액을 각각 1 L 용기에 넣고 2 시간 동안 교반하였다. 그 후 용액을 Whatman 41로 필터로 진공여과하였다. 여과한 용액의 pH를 측정된 결과, 황산과 질산 용액의 pH가

각각 2.3과 3.6으로 나타났다. 황산과 탄산에서는 Fig. 1과 같이 많은 양의 침전이 생성되었는데, 이는 각각 CaSO_4 와 CaCO_3 로 추정된다. 질산용액에는 많은 콜로이드와 같은 부유 물질이 생성되어 여과지가 쉽게 막혀 여과가 곤란하였다. 용액을 제거하고 남은 분말을 각각 건조시켜 이들의 방사능을 감마스펙크로미터로 측정하였다.

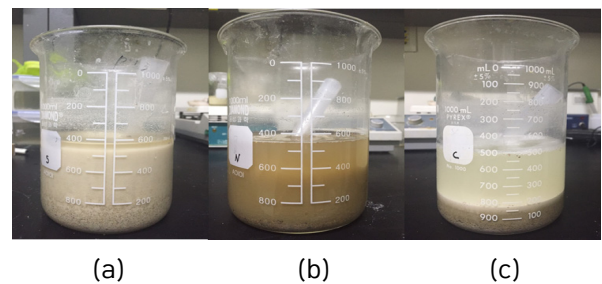


Fig. 1. Concrete solutions after first washing with (a)sulfuric acid, (b)nitric acid, and (c)carbonate.

1차 세척한 시료를 1차와 동일한 조건으로 다시 세척하였으며, 여과하였다. 단, 질산의 경우는 여과가 곤란한 용액을 제거한 후 세척하였다. 침전 후 용액의 사진을 Fig. 2에 나타내었다.

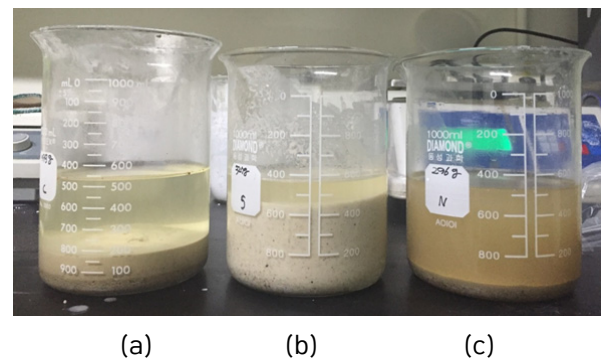


Fig. 2. Concrete solutions after second washing with (a)carbonate, (b)sulfuric acid, and (c)nitric acid.

2차 세척후 여과한 용액의 pH는 황산과 질산세척에서 각각 0.96과 0.88로 나타났다. 이 결과는 1차 세척에서 대부분의 시멘트가 용해되었다는 것을 나타낸다. 1차와 2차 세척후 얻은 입자들을 건조한 후 감마스펙크로미터로 측정된 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Final pH, Precipitant Weight and Uranium Radioactivity for the Remained Solid After First and Second Washing

	Washing Solution	pH	Weight (g)	Radioactivity (Bq/g)
First Washing	Nitric acid	3.6	223 ^a	2.41
	Sulfuric acid	2.3	285 ^a	1.45
	Carbonate		264 ^a	3.1
second Washing	Nitric acid	0.88	132 ^a	0.38
	Sulfuric acid	0.96	81 ^b	0.39 ^c 1.03 ^d
	Carbonate			2.6

^aTotal solid weight

^bConcrete weight excluded CaSO₄

^cRadioactivity of concrete

^dRadioactivity of CaSO₄

위의 Table 1로부터 질산 혹은 황산용액으로 pH 0.8 부근에서 세척하였을 경우, 2 차례 세척에서 대부분의 미세 콘크리트가 제염되는 것으로 나타났다. 그러나 0.5 mole/L 탄산용액으로 세척하였을 경우에는 2회 세척에서 자체처분 기준치인 1 Bq/g 을 만족시키지 못하였다. 또한, 황산으로 세척하였을 경우 전의 결과와 달리 CaSO₄가 침전될 때 우라늄도 공침되는 것으로 나타났다. 이 CaSO₄을 소량의 물로 세척하였으나, 우라늄의 농도가 감소하지 않았다. 따라서 황산으로 미세 콘크리트를 세척할 경우, 이에 대한 연구가 더 필요하다.

3. 결론

우라늄으로 콘크리트 폐기물을 제염하기 위하여 파쇄하였을 경우 발생하는 미세 콘크리트 입자들을 제염하기 위하여 황산, 질산, 탄산용액을 사용하여 세척하였다. 그 결과, 질산과 황산용액으로 pH 0.8 부근에서 세척하였을 경우, 2회 세척으로 규제해제 기준치보다 낮은 농도로 방사능이 감소하였다. 그러나 황산용액으로 세척과정에서 발생하는 CaSO₄ 침전에서 기준치 부근의 우라늄이 발견되었다.

4. 참고문헌

- [1] S. S. Kim et al., "Decontamination of Uranium-Contaminated Concrete", J. Radioanal. Nucl. Chem., Vol.298, pp. 973-980, (2013).