

중저준위 방사성폐기물 시료전처리를 위한 가연성 잡고체 회화 및 용해 특성 평가

오심온^{1*}, 황재식¹, 서경원¹, 이해주¹, 최광순¹, 구난영², 안흥주¹

¹한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

²한국수력원자력(주), 경상북도 경주시 양북면 불국로 1655

*simon@kaeri.re.kr

1. 서론

잡고체 폐기물은 원전 운영중에 가장 많이 발생되고 있는 폐기물로 대부분 중저준위 이하 방사능을 띤다. 방사성 잡고체폐기물은 물리화학적 형태에 따라 분류하여 드럼에 넣은 후 압축, 밀봉시켜 처분되고 있다[1]. 방사성 폐기물 드럼의 처분을 위해서는 원자력안전위원회 고시(제2015-4호) 중저준위 방사성 폐기물 인도규정에 따라 전체 방사성 핵종의 95%이상을 규명하여야 하며, ³H, ¹⁴C, ⁵⁵Fe, ⁵⁸Co, ⁶⁰Co, ⁵⁹Ni, ⁶³Ni, ⁹⁴Nb, ⁹⁰Sr, ⁹⁹Tc, ¹²⁹I, ¹³⁷Cs, ¹⁴⁴Ce와 알파방출 방사성핵종에 대하여서는 핵종별로 그 농도가 규명되어야 한다. 비파괴분석으로 드럼 내에 존재하는 핵종으로부터 방출되는 감마선을 외부에서 측정하여 드럼 내 핵종의 양을 정확히 분석하기 위해서는 적절한 교정인자(Calibration Standards)가 필요할 뿐만 아니라, 측정된 드럼내의 시료의 종류, 밀도, 핵종의 분포에 따라 결과값이 달라 질 수 있다[2].

이를 위해 중저준위 폐기물 처분을 위해서 드럼 외부에서 측정하는 비파괴분석 뿐만 아니라, 발생 시기, 발생장소 등을 고려하여 대표시료 채취를 통한 직접분석을 병행하고 있다.

방사성 폐기물 핵종 분석은 시료형태, 시료량, 분석핵종의 물리화학적 특성에 따라 전처리 방법이 다르게 수행되어야 한다. 일반적으로 방사성폐기물 핵종분석은 정확한 분석과 분석원소의 소실이 없는 용액화 방법을 선택하여 전처리를 수행하며, 부피가 큰 잡고체의 경우 시료의 대표성 확보와 농축 등을 위해 건식회화법(dry ashing method)을 사용하여 부피를 줄인다. 건식회화법은 시료를 고온에서 모든 유기물을 산화시키고, 휘발되지 않는 무기잔여물을 분석하는 방법으로서, 시료의 발화온도 차이, 휘발성핵종의 손실 등을 고려하여 사용되어야 하며, 단계적으로 온도를 상승하여 시료가 발화되지 않도록 하여야 한다[3].

일반적으로 원자력발전소에서 발생하는 가연성잡고체는 크게 종이류, 면류, 고무플라스틱류, 비닐류

로 나뉜다. 회분 후 발생하는 재(ash)는 대부분 무기물로서 금속산화물 및 각종 염(황산염, 인산염, 규산염 등) 상태로 존재하며, 회분 전 가연성 잡고체의 유형에 따라 다르게 구성된다. 따라서 본 연구에서는 모의 시료를 이용하여 잡고체 폐기물의 성상에 따른 회화와 용해 특성을 확인하였다.

2. 본론

2.1 시료의 회화로 및 용액화 장치

모의 시료의 회화에는 Muffle Furnace(Fisher Isotemp)를 이용하였고, 회분 후 용액화를 위한 산분해시에는 밀폐형 극초단파 산분해법(Closed vessel microwave acid digestion, Milestone Model Ethos Plus)이 사용되었다(Fig. 1).

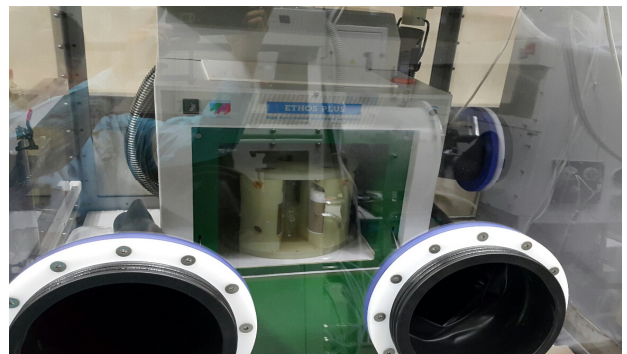


Fig. 1. Closed Vessel Microwave digestion.

2.2 모의시료 준비

잡고체 회화를 위한 모의 시료는 종이류, 비닐류, 면류, 고무 및 플라스틱류의 4종으로 하였으며, 각 종류별 내용을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Sample by each type for ashing

Group	Content
1	Paper Decontamination paper
2	Vinyl Doggie bag, Latex gloves
3	Cotten Polyurethane coated gloves, Cotten gloves, Shoes cover
4	Plastic High-density polyethylene, Low-density polyethylene, Polypropylene

준비된 모의 시료를 회분이 용이하도록 Fig. 2와 같이 적당한 크기(10~20 mm)로 절단하여 시료별로 각각 50 g정도를 Pyrex 비이커에 담았다.

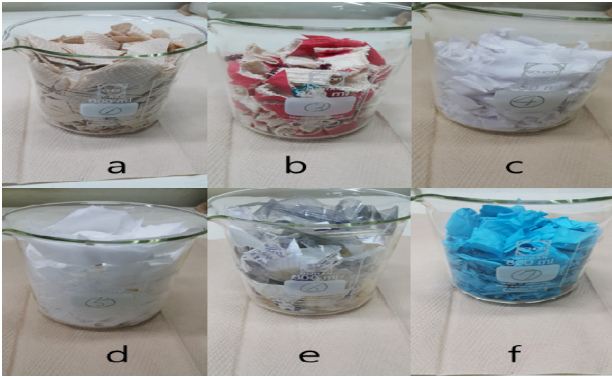


Fig. 2. Photo of sample before ashing.

(a: Decontamination paper, b: Polyurethane coated glove, c: Cotton gloves, d: Shoes cover, e: Doggie bag, f: Latex gloves)

2.3 잡고체 회화

모의시료에 포함된 수분을 제거하기 위하여 120°C에서 6 시간 동안 건조하였으며, 건조무게를 측정한 후 준비된 회화로에 넣고, 갑작스런 시료의 발화를 예방하기 위하여 200~450°C까지 50°C 간격으로 회화를 진행하였다. Fig. 3과 Table 2는 회분후의 사진과 무게변화를 보여주고 있다.

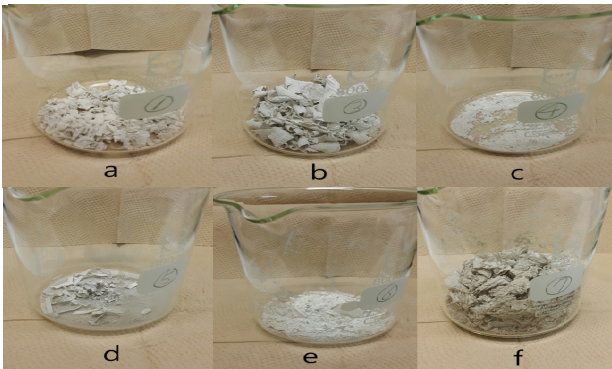


Fig. 3. Photo of sample after ashing.

Table 2. Weight change measurement of sample after ashing

	a	b	c	d	e	f
Before(g)	47.34	48.84	49.82	49.86	39.85	49.56
After(g)	0.49	5.78	0.3	1.45	0.57	5.79
Ash ratio(%)	1.04	11.83	0.60	2.91	1.43	11.68

2.4 잡고체 용액화

산분해를 위해 회분된 시료를 용기에 넣고 진한 질산(Merck 65%) 10 mL, 진한염산(Merck 37%) 4 mL 및 불산(Merck 48%) 0.25 mL를 주입한 후, 밀폐형극초단파 출력수치를 290 W-400 W-300 W-250 W의 순서로 조절하면서 시료를 용해하였다.

3. 결론

방사성 잡고체의 성상에 따른 회분과 용해 특성을 평가하기 위해 원자력발전소에서 많이 발생하는 시료를 대상으로 모의시료를 조제하였다. 모의 시료의 회분 후 재(ash) 발생량을 확인한 결과, 비닐류와 면류가 높게 나타났다. 회화 후 용해 특성에서도 유사한 결과가 나타났다. 따라서 잡고체 회분재 발생량을 고려하여 회화를 진행해야 할 것으로 판단된다.

4. 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 원자력융합원천기술개발사업의 일환으로 수행하였습니다.

5. 참고문헌

- [1] 성석현, 정의영, 김기홍, "국내 방사성 폐기물 특성과 방사성폐기물 처분 시설 폐기물 인수기준", 방사성폐기물학회지, 6(4), 347-356(2008).
- [2] J.L. Parker, "The Use of Calibration Standards and the Correction for Sample Self-Attenuation in Gamma Ray Nondestructive Assay", Los Alamos National Laboratory, LA-10045 (1986).
- [3] 표형열, 지광용, 임석남, 전종선, "원자력 발전소 잡고체 폐기물 핵종 분석을 위한 용액화 조건", 한국원자력학회 2003 추계학술발표회 논문요약집 2, 436, 2003.