

## 방사성폐기물의 방사분해가스량 측정에 의한 G 값 계산

곽경길, 유영걸, 제한경\*, 김동호\*, 김기홍

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

\*한일원자력(주), 안양시 만안구 안양 7동 202-4 동양 벤처스텔

nkkkwak@kaeri.re.kr

모든 방사성폐기물은 처분장에 처분되어질 때, 300 년간의 처분 관리기간 동안에 방사성 폐기물 내에 함유된 방사성 핵종으로부터  $\sim 10^8$  rads 정도를 피폭 받게 된다[1,2]. 이러한 방사선 피폭의 결과로 팽윤, 방사분해가스 및 휘발성물질의 발생으로 방사성 고화체는 구조적 안정성에 영향을 받게 되며, 궁극적으로 처분장의 안전성에 영향을 미치게 된다. 따라서 이러한 고화체로부터 영향을 배제하기 위하여 처분되기 전에 방사성 고화체에 대한 방사선 영향을 평가하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 발전소 등의 원자력관련시설에서 발생량이 비교적 많은 폐기물, 그리고 널리 이용되고 있는 고화매질들을 선정하여 이들 폐기물의 소량을 pyrex 유리관 넣어  $5.43 \times 10^6$  rads/h (Co-60)로 조사시켰다. 그리고 발생된 가스의 화학종을 측정하기 위하여 각 발생 가스의 분압을 측정할 수 있는 Finnigan MAT 271 정밀가스 질량분석기(precision gas mass spectrometer)를 이용하여 각 가스종의 분압을 측정하였다. 이때 시료로부터 발생된 수분이 질량분석기 측정을 방해할 수 있으므로 수분을 제거하기 위하여  $-60$  °C cryogenic trap을 이용하였다(그림 1). 가스 발생량은 밀봉 유리관을 부피를 알고 있는 진공챔버에 넣고 주변을 진공으로 만든 후 대상 시료의 유리관을 깨서 압력변화를 교정된 baratron 압력측정기로 측정하였다.

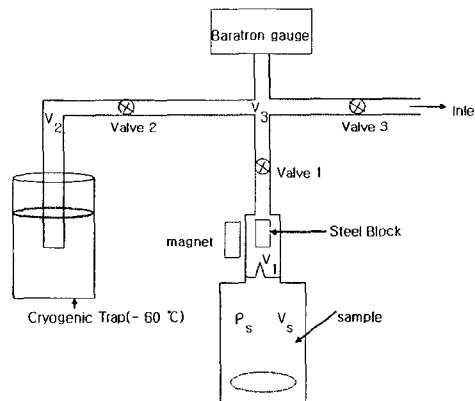


그림 1. 방사분해가스 발생량 측정을 위한 장치

- 그림 2에 폐기물 종류별로 발생된 가스의 총 발생량, 그림 3에 폐기물 종류에 따라 발생된 가스종류별 총 발생량을 나타냈다. 그림 2에서 보듯이 방사선 조사에 의해 발생된 가스의 총 발생량은 이온교환수지와 제염지에서 가장 높았고, 봉산 농축폐액을 함유한 시멘트 고화체에서 가장 낮았음을 알 수 있다. 그러나 폐수지-시멘트 고화체와 제염지에서 발생된 가스의 양은 비슷하지만 발생된 가스의 화학종은 매우 다름을 알 수 있었다. 이는 고화체내에 함유된 폐기물 종류의 차이에 기인하기 때문이며, 제염지에서는 발생가스중의 수소가 대부분을 차지한 반면에 폐수지-시멘트 고화체에서는 비교적 화학결합이 약한 음이온교환수지의 관능기에서 발생된 질소가스가 대부분이었다. 그리고 그림 3에서 보듯이 모든 폐기물중에서 수소가 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있으며 전체 중의 18 ~ 98%를 차지하고 있다. 그리고 아민류는 폐이온교환수지를 함유한 고화체에서만 발생되었는데 이는 혼합이온교환수지중의 음이온수지의 관능기로부터 발생된 것으로 판단된다.

- G 값 또는 G(가스)는 매질에 조사된 100 eV 당 발생된 가스의 분자수를 나타내는 것으로 값이 적을수록 방사선에 안정하다는 의미를 부여하여 준다. 본 연구에서 방사선 조사에 의해서 발생된 가스 종류의 G-value를 계산한 결과를 표 1에 나타냈다.

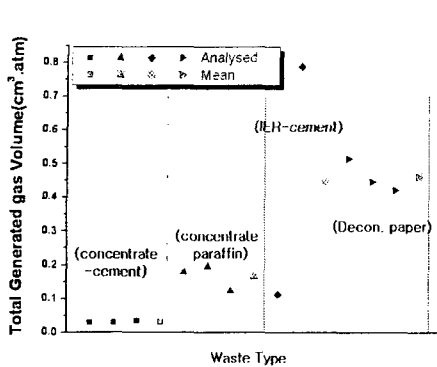


그림 2. 폐기물 종류별로 발생된 가스의 총 발생량

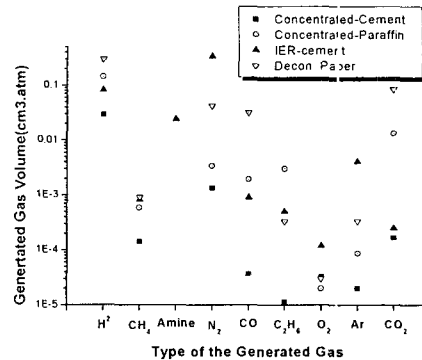


그림 3. 폐기물 종류에 따라 발생된 가스종류별 총 발생량

표 1. G-Value of the Generated Gas in Various Wastes

	Concentrate-Cement	Concentrate-Paraffin	IER - Cement	Decon. Papers
H <sub>2</sub>	0.011554	0.057795	0.031464	0.118553
CH <sub>4</sub>	0.000056	0.000236	0.000317	0.000363
Amine	-	-	0.009266	-
N <sub>2</sub>	0.000531	0.001364	0.130239	0.016645
CO	0.000015	0.000783	0.000347	0.012553
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.000005	0.001215	0.000193	0.000132
O <sub>2</sub>	0.000013	0.000008	0.000046	0.000012
Ar	0.000008	0.000035	0.001552	0.000134
CO <sub>2</sub>	0.000066	0.005401	0.000097	0.033553

표 1에서 보듯이 발생된 동일한 가스의 G값들에 차이를 보이는데 이는 고화매질과 폐기물의 종류에 기인하는 것으로 판단되는데, 즉 폐수지-시멘트 폐기물에서의 G(H<sub>2</sub>)는 0.03으로써 0.058의 농축폐액-파라핀 G(H<sub>2</sub>)보다 낮는데 이는 수소를 발생할 수 있는 폐수지가 포화탄화수소 화합물인 파라핀보다 안정할 뿐만 아니라 시멘트 매질이 차폐역할을 하였기 때문으로 판단된다. 그리고 순수한 유기물질인 제염지에서의 G(H<sub>2</sub>)가 0.12로 매우 크다는 사실이 이를 입증하여 준다.

페이온교환수지-시멘트 폐기물인 경우, 질소화합물의 G 값(아민; 0.009, 질소; 0.13)이 매우 큰 것으로 나타났고, SO<sub>x</sub>가 측정되지 않은 것으로 보아 시멘트 고화체내의 혼입수지량의 음이온교환수지의 관능기가 분해되었음을 알 수 있으며, 또한 방사선에 취약함을 알 수 있다.

- 본 연구의 결과, 방사선조사에 의해 발생된 주요 분해가스로는 H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, O<sub>2</sub>, CO 및 CO<sub>2</sub> 등이다. 이들 가스중 H<sub>2</sub>의 발생이 대부분(~ 98%)을 차지하였으며, 외부 방사선 조사에 의해 발생된 가스의 양은 폐기물과 고화매질의 종류에 따라 0.029 ~ 0.788 cm<sup>3</sup>.atm/ 1.1g으로 상당한 차이를 보였고, 페이온교환수지를 함유한 고화체에서 가장 높은 분해가스 발생량을 보였다. 그리고 수소가스는 제염지 폐기물에서 가장 많이 발생하였다. 동일한 가스의 G 값도 폐기물과 고화매질의 종류에 따라 차이를 보였으며, 폐수지-시멘트, 농축폐액-파라핀 및 제염지 폐기물에서의 G(H<sub>2</sub>)는 각각 0.03, 0.05 그리고 0.12 이었다.