

삼중수소 채집수 전처리 방법의 차이에 의한 측정값 비교 및 통계적 분석

박은지*, 최지원, 주명훈, 임성규, 안창석, 장동철, 서승범
 한일원자력(주), 경기도 안양시 만안구 덕천로 45
 *eunji03@hanilnuclear.co.kr

1. 서론

삼중수소는 우주선에 의해 생성된 중성자와 대기 중 질소, 중수소가 반응하여 자연적으로 생성된다. 그 외에 핵실험과 원자력발전소에서 배출되는 방사성폐기물에 의해 인위적으로 생성되기도 한다. 삼중수소는 12.3 년의 반감기를 갖는 방사성 동위원소로 최대 18 keV의 에너지를 방출하며 β-붕괴 후 헬륨으로 변환되는 성질을 갖고 있다.

삼중수소의 물리·화학적 특성은 수소와 유사하다. 일반적으로 자연에 존재하는 삼중수소는 O와 반응하여 삼중화 된 물(HTO:Tritiated water)의 형태로 존재하기 때문에 물이나 수증기의 순환에 따라 동일하게 거동한다. 따라서 HTO는 인간이 쉽게 섭취할 수 있으며 체내에서 약 10 일의 생물학적 반감기를 가지고 체류한 후 배출되어 전체 방사성 피폭의 90%를 기여한다. 이러한 삼중수소를 측정하기 위해 전처리방법을 통해 삼중수소 측정시료를 만든다. 삼중수소의 전처리 방법에는 직접법과 증류법이 있다. 일반적으로 증류법을 사용하며, 방사능 농도가 높을 경우에는 직접 계측하는 것이 더 나은 방법이다. 특히, 해수시료의 spectrum은 증류의 유·무에 따라 확연한 차이를 보이기 때문에 해수 분석 시 증류 과정은 반드시 수행해야 한다.

본 실험에서는 인근 해수를 채취하여 시료로 사용했기 때문에 증류법으로 전처리를 진행하였다. 한국원자력안전기술원 방사능표준 분석법에 따른 전처리 과정과 KS I ISO 9698:2008의 전처리 과정을 비교하였으며, 동일 시료에 관한 data 및 결과와 통계적 분석을 근거로 분석법의 유효성을 판단하였다. 사용한 Fig. 1과 같이 Perkin Elmer사의 1220 Quantulus 액체섬광계수기를 사용하였고, 증류장치는 Fig. 2와 같이 KS I ISO 9698:2008 요건에 맞게 구성 하였다. 전처리에 사용된 시약은 Table 2와 같다. KINS의 분석법에 사용되는 시약 중 $KMnO_4$ 은 시료내의 유기물을 제거하며, Na_2O_2 은 염분을 침전하여 제거해 준다. $AgNO_3$ 용액은 염분의 제거를 확인하는 중간점검용 시약으로 염분(Cl^-)과 반응하여 $AgCl$ 형태의 흰 침전물을 생성한다. KS I ISO 9698:2008의 분석법에서 사용되는 시약은 티오황산나트륨($Na_2S_2O_3$)과 탄산나트륨(Na_2CO_3)이다. $Na_2S_2O_3$ 은 시료내의 요오드를 요오드화물 이온으로 환원시켜 소광현상을 일으키는 요오드를 제거, Na_2CO_3 은 시료를 알칼리로 만들어 증류의 잔류물에

중탄산을 남기는 역할을 한다.



Fig. 1. LSC (Liquid Scintillation Counter).



Fig. 2. Distillation apparatus

Table 1. Using Equipments

List	Description
LSC	Perkin Elmer, 1220 Quantulus
Distillation apparatus	Vigreux Distilling Column(40cm) Splash head adapter adapter, distillation link reflux condenser Round bottom flask (500 mL) Three neck distillation flask Heating mantle
Counting Vial	polyethylene(PE) Vial, 20mL

Table 2. Using Reagents & function

List	Description	Note
Ultima Gold	Cocktail	Both
Na ₂ CO ₃	Alkalization	KS I ISO 9698:2008
Na ₂ S ₂ O ₃	I → I ⁻	
KMnO ₄	Removal of organic	
Na ₂ O ₂	Removal of salinity	KINS
AgNO ₃	Salinity check	
Al ₂ O ₃	Boil prevention	Both

2. 본론

2.1 삼중수소 채집수 전처리 과정 비교

Fig. 3과 같이 좌측이 한국원자력안전기술원이 사용하는 삼중수소 분석 과정이며, 우측이 KS I ISO 9698:2008 에 따른 분석 과정이다.

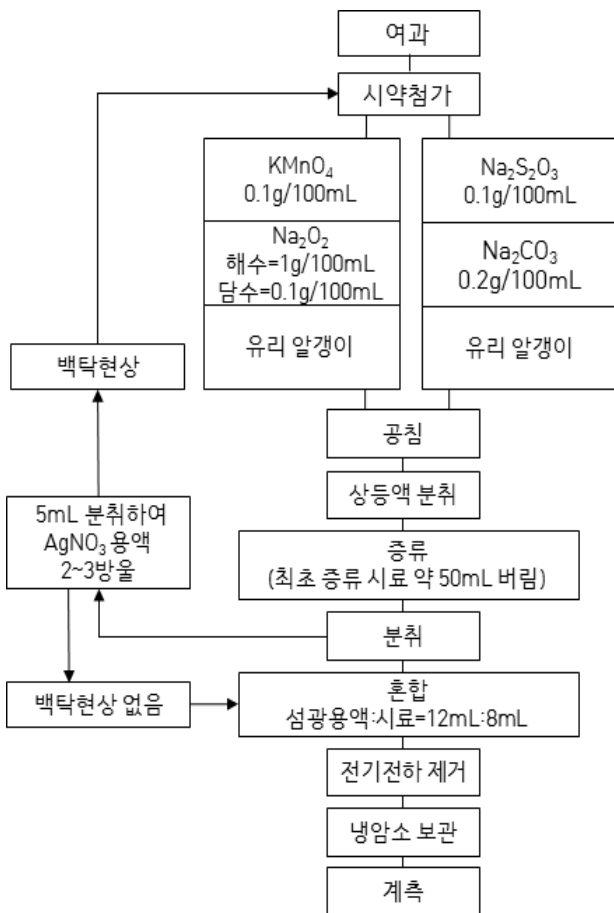


Fig. 3. Comparison of preconditioning process.

2.3 계측 방법

Quantulus 1220 LSC의 cpm/dpm counting mode를 사용하여 Cocktail 및 BKG, 시료를 각각 12:8의 비율로 혼합하였고, BKG 및 측정시료는 50분씩 10번 반복하여 측정하였다.

2.4 통계적 분석 (t-검정, SPSS)

두 가지 전처리 방법을 통하여 얻은 측정결과로 통계적 방법을 통하여 각 방법에 의한 측정값의 유의성을 검정하였다.

3. 실험 및 결과

3.1 실험 결과

Table 3. Result of H-3 activity & MDA, Bq/L

Method	Avg.	Avg. MDA
KINS	-0.003 06	0.029 8
KS I ISO 9698:2008	-0.000 42	0.029 4

3.2 T-test (SPSS)

Table 4. Result of T-test for KINS & ISO 9698:2008

Group	Avg.	F	*P	t	*P
KINS	-0.0031	.365	.549	.749	.458
ISO 9698	-0.0004				

* P > 0.05

Levene의 등분산 검정 시 F검정에서 0.05이상으로 각 그룹 간 평균비교가 가능한 것을 알 수 있었으며, 평균값의 차이가 t검정에서 0.05이상으로 각 그룹별 시험방법에 의한 결과값의 차이가 없음을 알 수 있었다.

4. 결론

본 실험에서 한국원자력안전기술원 방사능표준 분석법과 KS I ISO 9698:2008의 방법을 비교, 각 분석방법의 결과와 통계적 분석을 통해 유효성을 판단하였다. 서해안 인근 해수를 전처리를 수행하였고, Quantulus 1220 (Perkin Elmer, USA) 액체섬광계수기를 사용하여 삼중수소 농도를 측정하였다. 실험결과 각각의 방법에 따른 삼중수소의 방사능 측정값은 MDA 값의 이하로 측정되었고, 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

또한 SPSS를 활용하여 통계적 검정을 통해 각 방법 간의 비교가 가능한 것으로 나타났으며, 각 평균값에 대한 차이가 없음을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] Development of procedure manual for the radionuclides analysis, KINS (2013).
- [2] KS I ISO 9698:2008, "수질-삼중수소 방사능 농도 측정방법(액체섬광계측법)".
- [3] 문지연, "액체섬광계수기를 이용한 환경 중 삼중수소 분석 및 절차 연구", 석사학위논문 (2007).