

물폴립성시료의 방사능측정에서 제기되는 몇가지 문제

안재석, 안정도

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《원자력을 생산에 받아들이기 위한 연구사업을 전망성있게 진행하며 방사성동위원소와 방사선을 공업과 농촌경리를 비롯한 여러 부문들에 널리 적용하여야 할것입니다.》

(《김일성전집》 제27권 391페이지)

지금까지 고고학적력사유적유물이나 자연계의 생물체속에 포함되어있는 에네르기와 세기가 매우 작은 방사능을 측정하는데는 유용성엑체섬광체들이 리용되어왔다.[2, 3] 유용성엑체섬광체들은 방향족화합물을 용매로 리용하는것이 특징이다. 이런 용매들은 물을 비롯한 물폴립성시료들을 측정하는 경우에는 시료의 용해도가 매우 낮으므로 측정에서 높은 정확도를 얻을수 없다.

현재 수도물을 비롯한 천연광천수속에 들어있는 방사성물질의 방사능을 정확히 측정하는것은 사람들의 건강과 관련되는 중요한 문제로 나서고있다. 이로부터 수도물이나 광천수속의 방사능을 정확히 측정하기 위한 연구[1]가 광범히 진행되고있으나 측정결과들만 소개되고 장치와 섬광체들의 특성은 소개되지 않고있다.

론문에서는 물을 비롯한 물폴립성시료의 방사능을 측정하는데서 나서는 장치와 시료병 및 섬광체 등 몇가지 문제들에 대하여 고찰하였다.

1. 액체섬광계수장치의 구성과 특성

측정하려는 물폴립성시료의 방사능은 에네르기와 비방사능이 매우 작은것으로 하여 측정이 대단히 어렵다. 이로부터 물폴립성시료의 방사능을 측정할 때에는 큰 측정효률을 가지며 폰이 작고 안정성이 높은 측정장치와 방법을 적용해야 한다.

물을 비롯한 물폴립성시료의 방사능측정체계는 액체섬광계수장치 《LS600》, 컴퓨터, 시료설치틀 및 시료병으로 구성되어있다.

액체섬광계수장치는 2개의 빛전자증배관과 합회로, 로그증폭기, 선형증폭기, 선형문회로, 다통로진폭분석기 그리고 동시회로, 규격화회로, 컴퓨터로 구성되어있다.

방사선에 의하여 시료에서 생긴 빛은 2개의 빛전자증배관에 기록된다. 빛전자증배관의 출구에서 생긴 전류임펄스들은 합회로에 들어가 합해진 다음 로그증폭기와 선형증폭기 그리고 선형문회로를 거쳐 다통로진폭분석기에서 분석된 다음 컴퓨터에 입력된다.

한편 폰을 감소시키기 위하여 섬광체에서 동시에 생긴 신호만을 선형문회로를 통과시켜 다통로진폭분석기에 들어가 분석되도록 2개의 빛전자증배관의 출구신호들가운데서 동시회로를 동작시킨 출력신호에 의하여 선형문회로가 조종되도록 하였다. 동시회로의 분해시간은 60ns이다. 시료병과 검출기는 연보호체속에 설치되어있으며 빛모임을 좋게 하기 위하여 반사체를 사용하였다.(그림 1)

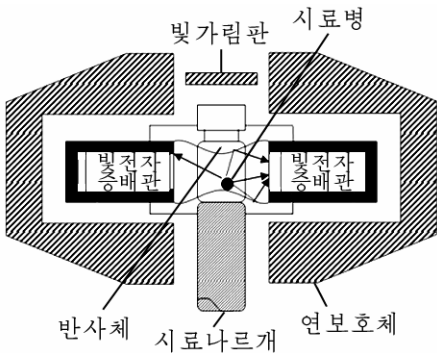


그림 1. 연보호체에 의한 검출기차폐

연은 질량이 55kg인 비방사성연을 사용하였다.

에너지대역은 0~2 000keV이며 이 값들은 로그적으로 배열되어있다. 이에 해당하는 대역은 1 000통로까지이다.

측정시간은 0.01~999.99min까지 선택할수 있으며 최대계수속도는 $6 \cdot 10^6$ 개/min이다.

액체섬광계수장치에서는 28개의 시료설치틀에 336개의 시료병을 지정된 시간에 반복하여 자동적으로 측정할수 있다. 1개의 시료설치틀에는 12개의 시료를 설치할수 있다.

측정은 컴퓨터에 의하여 조종되며 결과는 화면에 연시되면서 인쇄기에 의하여 자동적으로 인쇄된다.

일반적으로 약한방사능측정에 리용되는 시료는 에너지와 방사능이 매우 작으므로 시료의 방사능을 정확히 측정하려면 오랜 시간동안 측정하여야 한다. 그러므로 액체섬광계수장치에서는 시간에 따르는 장치의 요동이 측정값의 믿음성을 담보하는 중요한 요인으로 된다.

장치의 안정성을 평가하기 위하여 표준시료로 비방사능이 1 129Bq/kg(67.74 개/(min·g))인 표준원천(^{40}K) 7mL를 리용하였다. 측정은 매일 30min씩 20일동안 진행하였다.(그림 2)

방사성붕괴의 통계오차는 $\sigma = 22.83$ 이며 상대오차는 $\delta = 4.3\%$ 이다. 약한방사능측정에 쓰이는 장치는 날자에 따르는 측정값들이 이론값의 $\pm 2\sigma$ 내에 들어가면 안정한것으로 보고 약한방사능측정에 리용할수 있다고 평가한다. 20일간에 걸쳐 측정한 계수값들이 모두 이론값의 $\pm 2\sigma$ 내에 들어가므로 장치는 매우 안정성이 높으므로 이 장치에서는 시간에 따르는 계수값의 변화를 무시할수 있다.

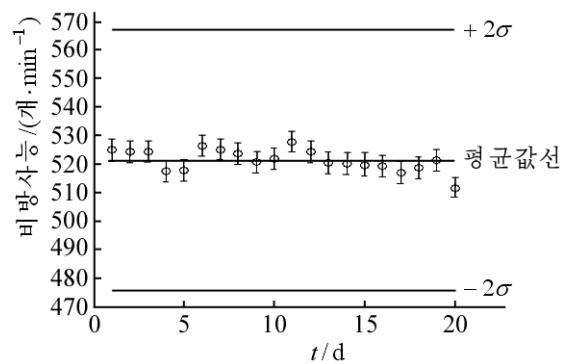


그림 2. 계수장치의 안정성평가

2. 시료병과 그 특성

시료병은 액체섬광계수장치에서 시료를 측정할 때 시료를 넣는 용기로서 장치의 중요한 요소로 되고있다. 그것은 시료를 담는 그릇의 재질과 구조가 계수효율과 фон에 큰 영향을 미치기때문이다. 이로부터 시료병의 구조와 재질, 측정파라미터들을 합리적으로 선택하는것은 중요한 의의를 가진다.

시료병은 다음과 같은 성질을 가진것이 좋다.

시료병은 용질로부터 발생되는 빛에 투명하며 방사성시료, 섬광용액, 환경에 대하여 안정하여야 한다. 또한 사용후 세척제로 충분히 깨끗하게 씻으면 반복하여 사용할수 있어야 하며 교체하기 편리하여야 한다. 이와 같은 조건은 저카리유리, 석영, 폴리에틸렌 및 테플론 등의 재질에 의하여 어느 정도 충족된다.

일반적으로 시료병은 시료를 담는 용기와 병마개로 이루어졌다. 시료병의 직경은 26mm, 전체 높이는 60mm이며 용량은 20mL이다. 용액량이 15mL일 때 저카리유리병, 석영, 폴리에틸렌, 테플론으로 만든 시료병의 질지표(F)를 결정하였다.(표)

표. 각이한 재료로 만든 시료병의 특성

시료병	^3H 의 흡수효율/%	폰 / (개·min ⁻¹)	F
저카리유리	31.5	25.5	39
석영	31.5	11.5	86
폴리에틸렌	32.8	8.6	125
테플론	31.7	7.0	144

표에서 보는바와 같이 테플론시료병의 질지표가 제일 좋았다. 이것은 테플론이 빛투과성이 좋고 벽에서의 흡수효과와 폰이 작기때문이다. 다음으로 질지표가 좋은것은 폴리에틸렌시료병이다.

일반적으로 약한방사능을 측정할 때에는 시료를 오랜 시간동안 측정하여야 하므로 시료병이 벤졸, 톨루올, 크실롤 등의 용매를 투과시키는 성질이 있으면 좋은 결과를 얻을 수 없다.

테플론시료병과 폴리에틸렌시료병에서 시간에 따르는 용액의 질량변화는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 테플론시료병에서 시료의 확산은 거의 무시할수 있다. 그러나 폴리에틸렌시료병에서는 시료의 질량이 24일동안에 4.7g 으로부터 4g까지 감소하였다. 이것은 24일동안에 전체 시료량의 8.5%가 루실된다는것을 의미한다.

따라서 폴리에틸렌시료병을 리용할 때에는 시료를 제조한 후 24h동안에 측정하여야 하며 시료병속에 시료를 보관하지 말아야 한다.

그러므로 오랜 시간을 요구하는 약한방사능 측정에서는 폴리에틸렌시료병을 리용하지 말아야 한다.

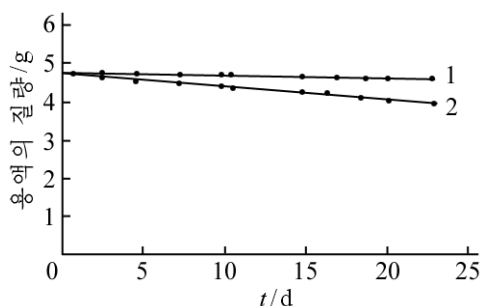


그림 3. 테플론시료병(1)과 폴리에틸렌 시료병(2)에서 시간에 따르는 용액의 질량변화

3. 물플림성액체섬광체

물플림성액체섬광체는 용매와 1차 및 2차용질, 가용화제로 구성되어있다.

용매는 용질을 용해시키는 작용과 함께 방사선의 에너지를 용질에 전달하는 작용을 한다. 용매로서 흡수스펙트르파장이 262nm, 발광스펙트르파장이 284nm, 양자효율이 0.17인 톨루올을 리용하였다.

1차용질은 방사선의 에너지를 빛에너지로 변화시키는 역할을 한다. 1차용질로서는 흡수스펙트르파장이 303nm, 발광스펙트르파장이 370nm, 양자효율이 0.83인 2,5-디페닐 옥사졸을 리용하였다. 1차용질의 량은 용매 1L당 4g이 포함되었을 때가 질지표가 제일 좋았다.

2차용질은 1차용질에 의해 발생된 빛의 파장을 빛전자증배관의 최대감도파장구역으로 변위시키는 역할을 한다. 2차용질로서는 흡수스펙트르파장이 385nm, 발광스펙트르파장이 414nm, 양자효율이 0.93인 1,4-비스-2-(5-페닐옥사졸)-벤졸을 리용하였다. 2차용질의량은 용매 1L당 0.1g이 포함되었을 때가 질지표가 제일 좋았다.

물폴립성시료의 측정효율을 높이기 위하여 나프탈린과 디옥산을 첨가하였다.

물폴립성액체섬광체는 톨루올 615mL속에 PPO는 12.5g, POPOP는 15.5mg, 나프탈린은 80g, 1,4-디옥산은 385mL를 넣어 만들었다. 물폴립성액체섬광체의 계수효율을 결정한 결과는 97.8%이다.

맺는 말

1) 물을 비롯한 물폴립성시료의 방사능을 측정할 때 리용되는 계수장치는 날자에 따르는 모든 측정값이 2σ 내에 들어가므로 물을 비롯한 물폴립성시료의 방사능측정에 리용할수 있다.

2) 물을 비롯한 물폴립성시료의 방사능측정에 리용하는 시료병으로서의 질지표가 144인 테플론시료병이 제일 좋다.

3) 물폴립성액체섬광체는 톨루올 615mL속에 PPO는 12.5g, POPOP는 15.5mg, 나프탈린은 80g, 1,4-디옥산은 385mL를 넣어 만들었다.

참고 문헌

- [1] N. Horvatincic et al.; Applied Radiation and Isotopes, **67**, 805, 2009.
- [2] C. Varlam et al.; Applied Radiation and Isotopes, **67**, 812, 2009.
- [3] I. K. Bronic et al.; Applied Radiation and Isotopes, **67**, 800, 2009.

주체107(2018)년 12월 5일 원고접수

Study on Several Problems in Measurement of Radioactivity for Aqueous Samples

An Jae Sok, An Jong Do

We evaluated the stability of a liquid scintillation counter used in the measurement of the radioactivity for aqueous samples. We also examined the constitution of the aqueous liquid scintillator and the kind of the sample-vial most fitting to the measurement for aqueous samples.

Key words: liquid scintillator, liquid scintillation counter