

물폴립성액체섬광체에 의한 광천수의 방사능측정에서 제기되는 몇가지 문제

박진성, 안재석, 안정도

위대한 수령 김일성 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《환경오염을 미리막는것은 사람들의 생활에 유리한 자연환경을 유지보존하고 인민들의 건강을 보호증진시키기 위한 중요한 방도로 됩니다.》(《김일성전집》 제83권 291페이지)

지금까지 고고학적력사유적유물이나 자연계의 생물체속에 포함되어있는 에너기와 세기가 매우 작은 방사능을 측정하는데는 유용성액체섬광체들이 리용되어왔다.[1-3] 방향족화합물을 용매로 리용하는 유용성섬광체들로 광천수를 비롯한 물폴립성시료들을 측정하는 경우에는 시료의 용해도가 매우 낮으므로 측정에서 높은 정확도를 얻을수 없다.

이로부터 물폴립성시료측정에 쓰이는 장치들과 섬광체들이 상품화되어 전문적으로 리용되고있으나 측정결과[2, 4]들만 소개되고있으며 장치와 섬광체들의 특성은 소개되지 않고있다.

본문에서는 광천수의 방사능을 정확히 측정하는데서 나서는 섬광체의 특성과 합리적인 측정파라미터 및 몇가지 광천수의 방사능에 대하여 고찰하였다.

1. 광천수측정을 위한 물폴립성액체섬광체의 제조

물폴립성액체섬광체에 의한 약한방사능측정에서 어떤 종류의 용질과 용매를 어떤 비율로 혼합하는가, 가용화제로 무엇을 쓰는가 하는것은 방사능측정의 정확도를 높이는데서 기본문제이다.[1-4]

용매로 톨루올과 벤졸을 택하고 1차용질(PPO)의 량을 변화시키면서 용매의 종류에 따르는 계수특성을 고찰하였다.(그림 1)

그림 1에서 보는바와 같이 톨루올이 벤졸보다 계수특성이 더 좋았다. 여기로부터 액체섬광체의 용매로서 톨루올을 택하였다.

1차용질의 량에 따르는 계수특성을 고찰하기 위하여 톨루올 1L속에 PPO와 부틸-PBD의 량을 0.4g에서부터 100g까지 변화시키면서 계수특성을 고찰하였다.(그림 2)

그림 2에서 보는바와 같이 1차용질의 량이 증가함에 따라 계수값은 점차 증가하다가 PPO는 4g에서, 부틸-PBD는 12g에서 최대값에 이르며 용질의 량이 증가함에 따라 다시 감소하는 경향성을 나타낸다. 부틸-PBD는 최대발광량을 주는 용질의 량이 PPO보다 많고 계수값도 작으므로 PPO가 더 우월하다. 최대발광량을 주는 PPO의 량은 용매 1L당 4g이 제일 좋은 결과를 준다.

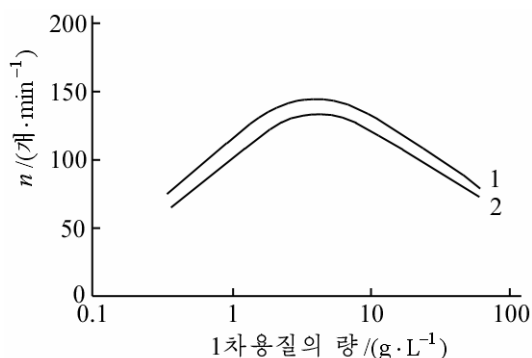


그림 1. 용매의 종류에 따르는 계수특성
1—톨루올, 2—벤졸

2차용질이 액체섬광체의 섬광특성에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 1차용질로서 PPO를 4g/L로 고정된 조건에서 2차용질 POPOP, DMPOPOP, BBOT, α -NPO의 량을 0.01g에서부터 1g까지 증가시키면서 계수특성을 고찰하였다.(그림 3)

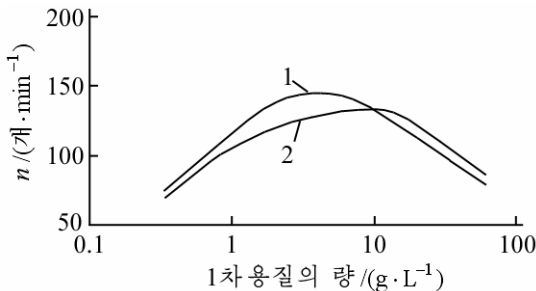


그림 2. 1차용질의 종류에 따르는 계수특성
1-PPO, 2-부틸-PBD

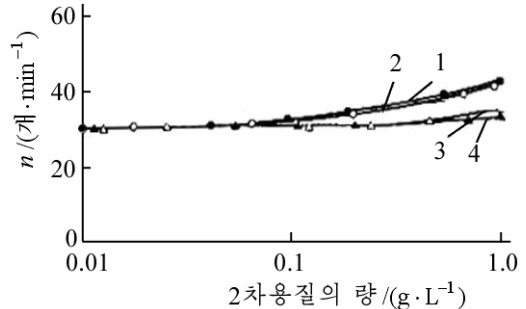


그림 3. 2차용질의 량과 계수속도사이의 관계
1-POPOP, 2-DMPOPOP, 3-BBOT, 4- α -NPO

그림 3에서 보는바와 같이 2차용질의 량이 증가함에 따라 계수속도가 서서히 증가하는데 일반적으로 2차용질은 용해도가 낮으므로 지나치게 증가시킬수 없다. 그러므로 POPOP는 0.1g/L, DMPOPOP는 0.25g/L가 좋으며 BBOT와 α -NPO의 특성은 상대적으로 좋지 못하였다.

이로부터 용매로서 톨루올, 1차용질로서 PPO, 2차용질로서 POPOP를 사용하였다. 이와 함께 광천수시료의 측정효률을 높이기 위하여 가용화제로서 나프탈린과 디옥산을 첨가하였다.

물플림성액체섬광체는 톨루올 615mL속에 PPO는 12.5g, POPOP는 15.5mg, 나프탈린 80g, 1,4디옥산 385mL를 넣어 만들었다.

물플림성액체섬광체의 계수효률을 결정하기 위하여 테플론시료병속에 섬광체 10.5mL, 비방사능이 14.227 5Bq/g인 염화칼리움표준원천을 넣고 30min씩 12회 측정한 결과 물플림성액체섬광체의 계수효률은 97.8%이다.

2. 물플림성액체섬광체의 안정성평가

광천수를 비롯한 물플림성시료들은 에너기와 방사능이 작으므로 오랜 시간동안 측정을 진행하여야 한다. 따라서 제조한 액체섬광체가 오랜 시간동안 보관 및 방사능측정에서 안정성이 담보되어야 한다.

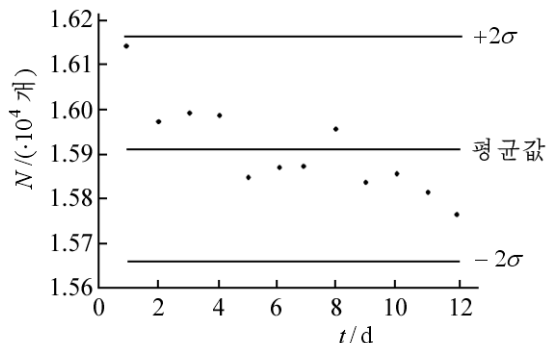


그림 4. 물플림성액체섬광체의 시간에 따르는 계수특성변화

물플림성액체섬광체의 안정성을 평가하기 위하여 액체섬광체 10.5mL속에 염화칼리움표준원천을 넣어 측정시료를 만들고 테플론시료병을 리용하여 방사능을 매일 30min씩 12d동안 측정하였다. 이때 방사성붕괴의 통계오차는 $\sigma=126$ 이며 상대오차는 $\delta=0.793\%$ 이다.

물플림성액체섬광체의 시간에 따르는 계수특성변화는 그림 4와 같다.

그림 4에서 보는바와 같이 모든 계수값이

$\pm 2\sigma$ 안에 들어가므로 시간에 따르는 물풀림성액체섬광체의 계수특성변화는 무시할수 있다. 따라서 제조된 물풀림성액체섬광체를 광천수의 방사능측정에 리용할수 있다.

3. 광천수와 물풀림성액체섬광체의 합리적인 혼합비결정

광천수를 물풀림성액체섬광체와 어떤 비율로 혼합하는가 하는것은 측정의 정확도를 높이는데서 매우 중요한 문제로 제기된다.

물풀림성액체섬광체의 체적에 따르는 폰을 고찰하기 위하여 테플론시료병에 액체섬광체를 1mL씩 증가시키면서 폰을 측정하였다.(그림 5)

그림 5에서 보는바와 같이 섬광체의 체적이 증가하는데 따라 폰의 계수속도는 선형으로 증가한다는것을 알수 있다.

물풀림성액체섬광체와 광천수의 합리적인 혼합비를 결정하기 위하여 테플론시료병에 광천수를 7mL 넣고 섬광체를 1mL씩 증가시키면서 계수특성을 고찰하였다.(그림 6)

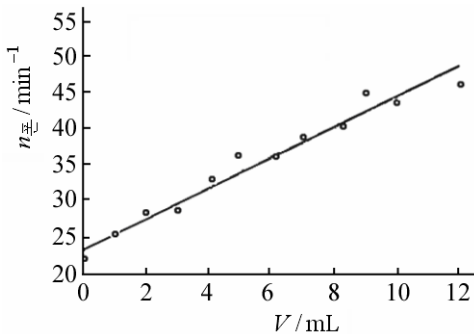


그림 5. 물풀림성액체섬광체의 체적에 따르는 폰의 변화

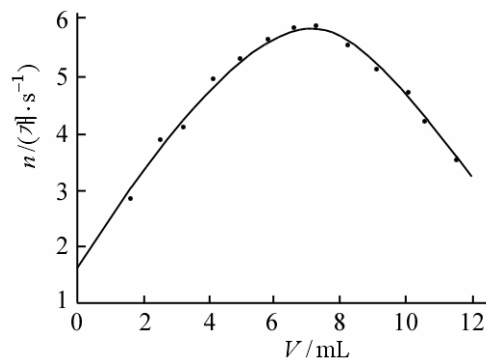


그림 6. 물풀림성액체섬광체의 체적에 따르는 계수속도변화

그림 6에서 보는바와 같이 광천수의 체적이 일정한 조건에서 섬광체의 체적이 커지는데 따라 계수속도는 점차 증가하다가 7mL에서 최대값에 이르며 그다음부터는 다시 점차적으로 감소하였다.

우의 실험결과로부터 섬광체의 량에 따르는 질지표(F)의 변화를 고찰하였다.(표 1)

표 1. 물풀림성액체섬광체의 체적에 따르는 질지표의 변화

V/mL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F	0.292	0.371	0.386	0.515	0.666	0.708	0.710	0.675	0.552	0.490

표 1에서 보는바와 같이 질지표는 점차 증가하다가 섬광체의 체적이 7mL일 때 0.710 으로서 최대로 되며 그다음부터는 감소하였다. 표 1로부터 물풀림성시료 7mL에 물풀림성액체섬광체 7mL를 혼합할 때 최대의 질지표를 가진다는것을 알수 있다.

4. 광천수의 방사능측정

제조한 물풀림성액체섬광체와 약한방사능측정체계를 리용하여 20mL의 테플론시료병에 물풀림성액체섬광체 7mL를 넣고 몇가지 시료들을 30min씩 측정하였다.(표 2)

표 2. 몇가지 광천수의 비방사능

No.	비방사능 $/(Bq \cdot L^{-1})$
1	32.30 ± 1.24
2	23.93 ± 1.31
3	20.86 ± 0.90
4	20.13 ± 1.51

맺 는 말

- 1) 물플림성액체섬광체는 톨루올 615mL속에 PPO 12.5g, POPOP 15.5mg, 나프탈린 80g, 1,4디옥산 385mL를 넣어 만들었다.
- 2) 광천수의 방사능을 측정할 때 최대의 질지표를 주는 물플림성액체섬광체와 광천수의 합리적인 혼합비율은 1:1이다.

참 고 문 헌

- [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] K. Kossert; Applied Radiation and Isotopes, 82, 382, 2013.
- [4] J. Nikolov et al.; Journal of Environmental Radioactivity, 144, 41, 2015.

주체108(2019)년 9월 5일 원고접수

Several Problem Proposal in Radioactivity Measurement of Mineral Water by the Aqueous Liquid Scintillator

Pak Jin Song, An Jae Sok and An Jong Do

We manufactured an aqueous liquid scintillator that gave the character of quality in measuring the radioactivity of mineral water and examined that the rational mixture ratio was 1:1.

Keywords: liquid scintillator, mineral water