

수용성액체섬광체에 의한 온천수의 방사능측정에 대한 연구

안재석, 장미

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 방사성탄소년대측정을 비롯하여 에네르기와 세기가 약한 방사능측정에는 수용성액체섬광체들이 리용되고있다.[1] 그러나 물을 비롯한 수용성시료들을 높은 정확도로 측정하려면 수용성액체섬광체를 개발하여야 한다.

우리는 수용성액체섬광체의 기본구성성분으로 리용되는 용매와 1차 및 2차용질의 흡수 및 발광특성으로부터 최대감도를 나타내는 섬광체의 조성비율과 합리적인 측정조건을 확립하고 온천수의 방사능을 높은 정확도로 측정하였다.

1. 수용성시료측정을 위한 수용성액체섬광체의 제조

수용성액체섬광체에 의한 약한방사능측정에서 어떤 종류의 용질과 용매를 어떤 비율로 리용하는가, 가용화제로 무엇을 리용하는가 하는것은 방사능측정의 정확도를 높이는데서 기본문제이다.[2-5]

수용성액체섬광체는 용매와 용질로 이루어져있다. 용매로서는 톨루올, 1차용질로서 PPO, 2차용질로서 POPOP를 리용하였다. 액체섬광체에 쓰이는 용매와 용질의 흡수스펙트르는 자체의 발광스펙트르와 겹치지 말아야 한다.

톨루올의 발광스펙트르는 284nm, 흡수스펙트르는 262nm로서 서로 겹치지 않으며 톨루올의 흡수스펙트르는 1차용질 PPO의 발광스펙트르 370nm와 겹치지 않는다.

또한 1차용질인 PPO의 흡수스펙트르는 파장이 303nm로서 발광스펙트르와 서로 겹치지 않는다. 2차용질인 POPOP는 파장변위제로서 발광스펙트르파장은 416.6nm, 흡수스펙트르의 파장은 385nm로서 서로 겹치지 않는다.

따라서 용매로서 톨루올, 1차용질로서 PPO, 2차용질 POPOP는 섬광체의 용매, 용질로 적합하며 그 특성을 조사한 결과 좋은 계수특성을 가지고있다. 수용성시료의 측정효율을 높이기 위하여 가용화제로서 나프탈린과 디옥산을 첨가하였다.

수용성액체섬광체는 톨루올 615mL속에 PPO는 12.5g, POPOP는 15.5mg, 나프탈린 80g, 1, 4디옥산 385mL를 넣어 만들었다. 만들어진 섬광체의 계수효율을 결정하기 위하여 방사능이 14.227 5Bq/g인 염화칼리움표준원천을 30min씩 12회 측정하여 수용성액체섬광체의 계수효율이 97.8%이라는것을 밝혔다.

2. 액체섬광계수장치의 안정성검토

우리는 온천수를 비롯한 약한 방사능을 측정할수 있는 측정체계를 세웠는데 그것은 액체섬광계수장치, 타자기, 시료설치를 및 시료병으로 구성되어있다.

온천수를 비롯한 수용성시료들은 에네르기와 방사능이 작으므로 오랜 시간동안 측정을 진행하여야 한다. 따라서 오랜 시간의 측정에서 측정값의 믿음성을 담보하려면 측정장치가 안정성평가기준을 만족시켜야 한다.

장치의 안정성을 평가하기 위하여 방사능세기가 608.33Bq인 표준원천을 리용하였다. 측정은 매일 30min씩 20일에 걸쳐 진행하였다.(그림 1)

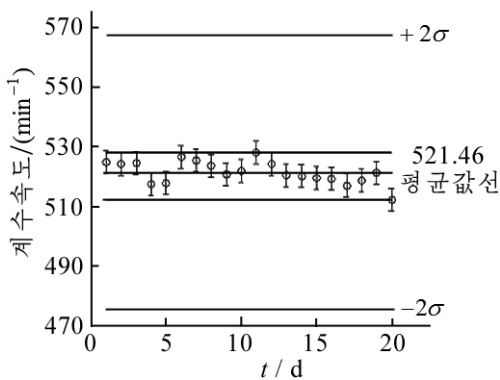


그림 1. 계수장치의 안정성평가

그림 1에서 알수 있는바와 같이 방사성붕괴의 통계오차는 $\sigma = 22.83$ 이며 상대오차는 $\delta = 4.3\%$ 였다. 일반적으로 약한 방사능측정에 쓰이는 장치는 날자에 따르는 측정값들이 $\pm 2\sigma$ 안에 들어가면 안정한것으로 보고 약한 방사능측정에 리용할수 있다고 평가한다. 그림에서 보는바와 같이 12일에 걸쳐 측정한 계수값들이 모두 리론값의 $\pm 2\sigma$ 안에 들어갈뿐아니라 모든 측정값들이 $\sigma/2$ 안에 들어가므로 장치는 매우 안정성이 높다고 볼수 있다. 이로부터 이 장치를 리용하면 온천수를 비롯한 수용성시료측정에서 시간에 따르는 계수값의 변화를 무시할수 있다.

3. 수용성시료와 수용성액체섬광체의 합리적인 혼합비 결정

수용성시료에 제조된 수용성액체섬광체를 혼합하여 측정시료를 만들고 그것의 방사능을 측정한다. 그러므로 최대의 계수값을 주는 수용성시료와 수용성액체섬광체와의 혼합비율을 결정하는것은 측정의 정확도를 높이는데서 매우 중요한 문제로 제기된다.

수용성액체섬광체의 체적의 증가에 따르는 폰을 고찰하기 위하여 테플론시료병에 액체섬광체를 1mL씩 증가시키며 폰을 측정하였다.(그림 2)

그림 2에서 보는바와 같이 섬광체의 체적이 증가하는데 따라 폰의 계수속도는 선형으로 증가하였다. 이러한 특성은 다음의 식으로 표시할수 있다.

$$n_{\text{폰}} = 23.133V \pm 2.121$$

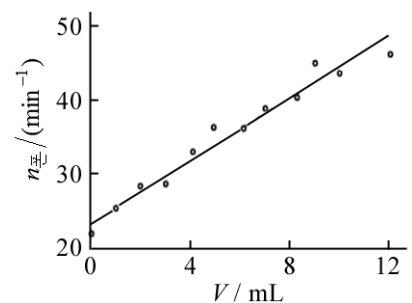


그림 2. 수용성액체섬광체의 체적에 따르는 폰의 변화

수용성액체섬광체와 시료의 합리적인 혼합비를 결정하기 위하여 테플론시료병에 물 7mL를 넣고 섬광체를 1mL씩 증가시키면서 계수특성을 고찰하였다.(그림 3)

그림 3에서 보는바와 같이 시료의 체적이 일정한 조건에서 섬광체의 체적이 커지는데 따라 계수속도는 점차 증가하다가 7mL에서 최대값에 이르며 그다음부터는 다시 점차적으로 감소하였다.

우의 실험결과로부터 섬광체의 량에 따르는 질지표의 변화를 고찰하였다.(표 1)

표 1에서 보는바와 같이 질지표(F)는 점차 증가하다가 섬광체의 체적이 7mL일 때 0.710으로서 최대값을 가지었으며 그다음부터는 감소하였다.

우의 실험을 통하여 수용성시료 7mL에 수용성액체섬광체 7mL를 혼합할 때 최대의 질지표를 가진다는 결론을 얻었다.

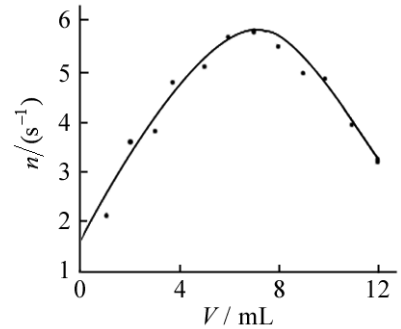


그림 3. 섬광체의 체적에 따르는 계수속도변화

표 1. 수용성액체섬광체의 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

4. 온천수의 방사능측정

제조한 수용성액체섬광체와 약한방사능측정체계를 리용하여 어느 한 메기공장에서 리용하는 Rn온천으로 추측되는 온천수와 그 혼합물의 방사능을 측정하고 수도물과 비교하여 안정성을 평가하였다. 이 메기공장에서는 메기못의 물온도를 보장하기 위하여 온천수와 우물물을 혼합하여 리용하고있다.

이를 위하여 수용성액체섬광체 7mL를 테플론시료병에 넣고 시료들인 X-1(수도물), X-2(온천수와 우물물의 혼합물), X-3(온천수)들을 각각 7mL씩 시료병에 첨가하여 혼합한 후 각각 50min씩 9회 측정하였다.(표 2)

표 2. 여러가지 수용성시료의 순수계수속도(min^{-1})

번호	X-1	X-2	X-3
1	8.09	12.03	21.26
2	6.96	7.93	22.36
3	6.99	7.76	21.79
4	8.06	10.79	20.99
5	5.73	7.71	21.01
6	6.16	8.13	21.69
7	8.09	7.69	20.35
8	7.36	7.69	21.87
9	6.12	11.74	22.09

얻어진 계수값으로부터 수용성시료들의 방사능을 구하면 다음과 같다.(표 3)

표 3. 여러 수용성시료의 방사능

번호	시료	비방사능/ $(\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1})$
1	X-1	17.19 ± 0.75
2	X-2	24.84 ± 1.53
3	X-3	55.12 ± 0.51

온천수의 경우 방사능은 수도물의 3.2배이고 양어못물의 경우에는 수도물의 1.4배이다.

우리는 수용성액체섬광체를 리용하여 시료를 예비적으로 처리하지 않고 온천수의 방사능을 높은 정확도로 측정할수 있는 새로운 방법을 연구하였다.

맺 는 말

1) 시료를 만들 때 최대의 질지표를 주는 수용성액체섬광체와 수용성시료의 합리적인 혼합비율은 7:7이라는것을 밝혔다.

2) 온천수의 방사능은 $(55.12 \pm 0.51)\text{Bq/L}$, 온천수와 우물물을 혼합한 양어못물의 방사능은 $(24.84 \pm 1.53)\text{Bq/L}$ 이므로 양어못물을 메기가 먹어도 안전하며 더우기 그것을 먹고 자라는 메기를 사람이 먹어도 건강에 아무런 부정적효과가 없다는것을 론증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 안재석, 김명옥; 원자력, 4, 21, 주체97(2008).
- [2] N. Horvatincic. et al.; Applied Radiation and Isotopes, 67, 805, 2009.
- [3] C. Varlam et al.; Applied Radiation and Isotopes, 67, 812, 2009.
- [4] I. K. Bronic et al.; Applied Radiation and Isotopes, 67, 800, 2009.
- [5] Paola Cappellaro; Introduction to Applied Nuclear Physics, Springer, 1~117, 2012.

주체106(2017)년 12월 5일 원고접수

Radioactivity Measurement on Thermal Waters by the Aqueous Liquid Scintillator

An Jae Sok, Jang Mi

We measured the radioactivity in thermal waters with high accuracy by an aqueous liquid scintillator without preliminary treatment.

The thermal waters can be used for catfish farming because its radioactivity is 3.2 times of drinking water and 1.4 times of the fish farming pool.

Key words: liquid scintillator, thermal waters