

톨루올액체섬광체의 특성

안재석, 안정도, 장미

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《새로운 과학분야를 개척하며 최신과학기술의 성과를 인민경제에 널리 받아들이기 위한 연구사업을 전망성있게 하여야 합니다.》(《김일성전집》 제72권 292페이지)

현재 세기가 약한 방사능측정에 m -크실로올액체섬광체가 많이 리용되고있지만 유용성 시료측정에만 제한되어있다.[1] 그러나 수용성시료를 비롯한 여러가지 시료들을 높은 정확도로 측정하려면 톨루올액체섬광체를 개발하여야 한다.

액체섬광체에 의한 약한방사능측정에서 어떤 종류의 용질과 용매를 어떤 비율로 리용하는가 하는것은 액체섬광체의 특성을 높이는데서 기본문제이다.[2-4]

우리는 액체섬광체의 기본구성성분으로 리용되는 톨루올용매와 1차 및 2차용질의 흡수 및 발광특성으로부터 최대감도를 나타내는 섬광체의 조성비를 확정하였다.

1. 톨루올액체섬광체의 흡수스펙트럼

액체섬광체는 용매와 1차 및 2차용질로 구성되어있다.

용매는 용질을 용해시키는 작용과 함께 방사선의 에너지를 용질에 전달하는 작용을 한다. 이로부터 용매는 일정한 특성을 가지고있어야 한다. 즉 용매는 섬광과정에서 에너지 전달효율이 좋아야 하고 용매의 흡수스펙트럼이 용질의 발광스펙트럼영역에 놓이지 말아야 하며 용질과 측정하려는 방사성물질을 용해할수 있고 순도가 높아야 한다.

톨루올의 흡수스펙트럼 흡수스펙트럼은 자외가시선분광광도계를 리용하여 측정하였다.

파장을 300~400nm에서 변화시키면서 파장에 따르는 톨루올용매의 흡광도를 측정한 결과는 그림 1과 같다.

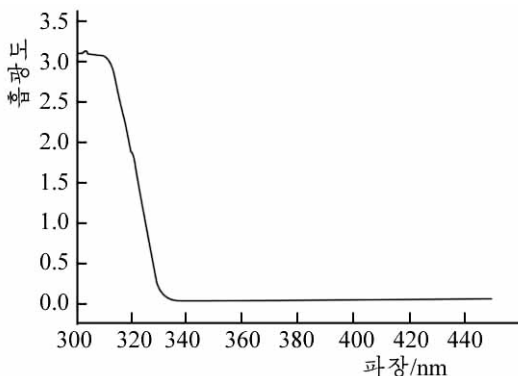


그림 1. 톨루올의 흡광도

그림 1에서 보는바와 같이 톨루올은 파장이 334nm보다 긴 단색빛에 대한 흡광도는 작고 315~334nm에서는 파장이 길어짐에 따라 급격히 감소한다. 파장이 315nm이하인 단색빛의 경우에는 흡광도가 크다. 즉 흡수율이 높다는 것을 알수 있다.

1차용질의 함량에 따르는 흡수스펙트럼변화 섬광체의 특성은 용질의 영향을 크게 받으므로 용질은 방사선을 측정하는데 유리한 특성을 가지고있어야 한다.

톨루올에 1차용질로 2, 5-페닐옥사졸(PPO)이 0.1~0.7% 포함되도록 시료를 만들어 흡수스펙트르를 측정한 결과는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 톨루올에 PPO를 첨가하였을 때 액체섬광체의 흡수파장은 톨루올의 흡수파장보다 더 넓어진다는것을 알수 있다.

345~365nm사이의 단색빛인 경우에 매 시료의 흡광도는 파장이 길어짐에 따라 감소하며 파장이 같아도 PPO의 함량이 많을수록 크다.

345nm이하인 단색빛의 경우에는 액체섬광체의 흡광도가 모두 크다.

2차용질의 함량에 따르는 흡수스펙트르변화 톨루올과 1차용질의 량(0.4%)을 고정시키고 2차용질 1, 4-비2-(5-페닐옥사졸)-벤졸(POPOP)의 함량에 따르는 흡수스펙트르를 측정한 결과는 그림 3과 같다.

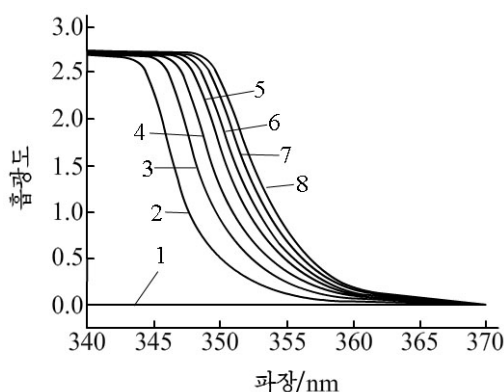


그림 2. 1차용질의 함량에 따르는 톨루올의 흡수스펙트르
1-8은 PPO의 함량이 각각 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7%인 경우

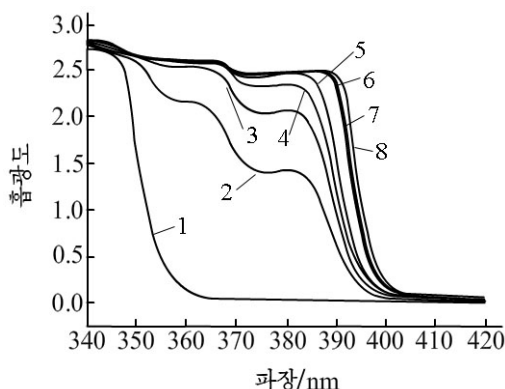


그림 3. 2차용질의 함량에 따르는 톨루올+1차용질의 흡수스펙트르
1-8은 POPOP의 함량이 각각 0, 0.000 5, 0.001 0, 0.002 5, 0.005 0, 0.007 5, 0.010 0, 0.012 5%인 경우

그림 3에서 보는바와 같이 POPOP를 첨가하였을 때 액체섬광체의 흡수파장은 톨루올 + PPO의 흡수파장보다 훨씬 더 넓어진다는것을 알수 있다.

파장이 350nm이하인 단색빛에 대해서는 시료의 흡광도가 크며 350~410nm의 단색빛의 경우에는 POPOP의 함량이 많아짐에 따라 흡광도가 커진다.

2. 톨루올액체섬광체의 발광스펙트르

1차용질의 함량에 따르는 발광스펙트르변화 분자형광분광광도계를 리용하여 파장이 300nm인 단색빛으로 톨루올액체섬광체의 발광스펙트르를 측정한 결과는 그림 4와 같다.

그림 4에서 보는바와 같이 톨루올이 방출하는 형광파장은 320~370nm에 집중되어있고 발광파장은 343nm이다. PPO를 첨가하면 섬광체의 형광파장이 350~480nm 구간에 집중되며 발광파장은 362, 378nm이다. 이것은 톨루올의 값전자가 빛에너지를 흡수하여 보다 높은 에너지준위로 려기되고 려기된 전자의 빛복사선을 PPO분자가 흡수하여 그것의 값전자를 려기시키기때문이다.

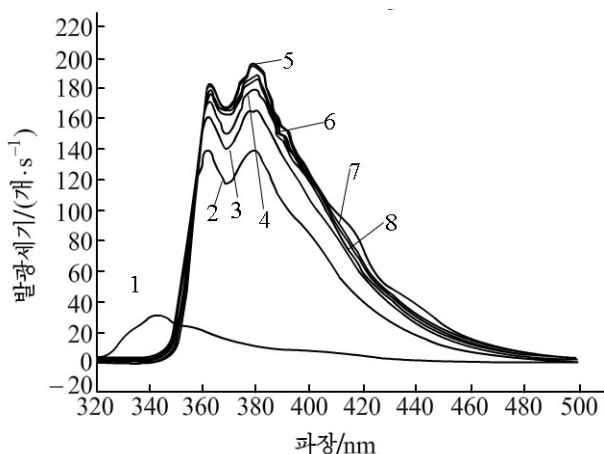


그림 4. PPO의 함량에 따른 발광세기변화
1-8은 PPO의 함량이 각각 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7%인 경우

그림 5에서 보는바와 같이 시료의 형광파장들(394, 418, 440nm)이 모두 380~500nm 구간에 놓인다는것을 알수 있다. 그것은 PPO분자가 여기되어 내보내는 형광이 POPOP분자에 흡수되어 그것의 값전자를 여기준위로 이행시키는데 POPOP분자와 PPO분자의 에너지준위분포가 다르기때문에 여기상태의 전자가 떨어질 때 파장이 훨씬 긴 형광이 발생하는데 있다.

또한 POPOP의 함량이 감소하는데 따라 단위시간당 발광세기가 감소한다.

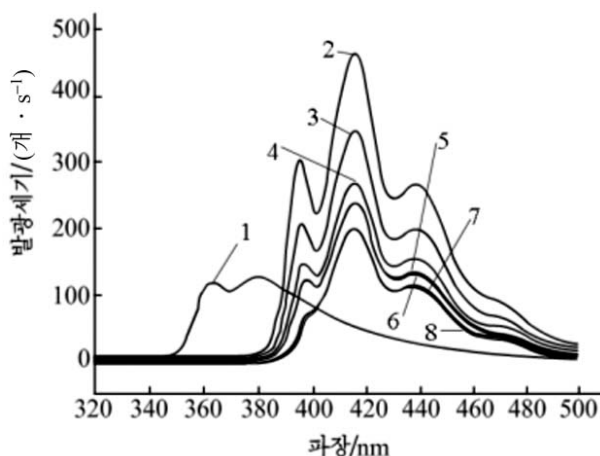


그림 5. POPOP의 함량에 따른 빛세기변화
1-8은 POPOP의 함량이 각각 0, 0.0005, 0.001, 0.0025, 0.005, 0.0075, 0.010, 0.0125%인 경우

3. 톨루올액체섬광체의 조성

우의 실험결과로부터 톨루올액체섬광체는 톨루올에 PPO 0.4%와 0.0005%의 POPOP를 첨가할 때 좋은 빛효율을 얻을수 있다는것을 알수 있다. 따라서 톨루올액체섬광체를 제조할 때 섬광체의 용매로는 톨루올을, 1차용질로는 PPO 0.4%, 2차용질로는 POPOP 0.0005%를 리용하는것이 합리적이라는것을 알수 있다.

이러한 함량의 액체섬광체를 리용하면 빛전자증배관의 신호가 커진다는것을 알수 있다.(그림 6)

그것은 섬광체가 내보내는 형광파장과 빛전자증배관빛음극의 최대감도파장이 일치하며 POPOP를 첨가한 후의 액체섬광체가 발생하는 형광파장이 빛전자증배관의 전자방출량을 증대시키기때문이다.

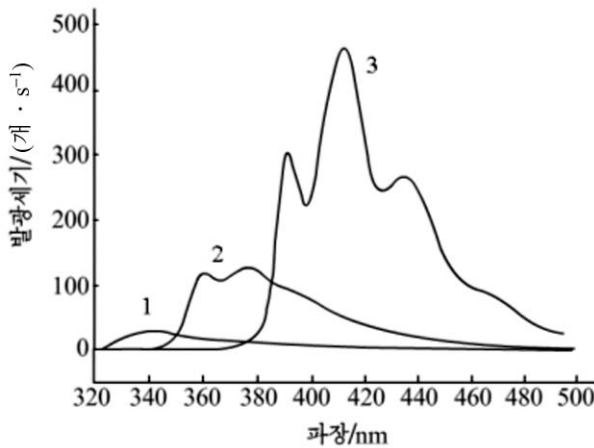


그림 6. 각이한 최적조성을 함유한 액체섬광체의 복사스펙트럼
1-톨루올, 2-톨루올+0.4% PPO,
3-톨루올+0.4% PPO+0.000 5% POPOP

맺는 말

액체섬광체의 용매로 쓰이는 톨루올은 파장이 315nm이하인 단색빛에 대하여 흡광도가 크다. 톨루올액체섬광체는 톨루올에 PPO 0.4%와 POPOP 0.000 5%를 첨가할 때 좋은 빛효율을 얻을수 있다.

참고 문헌

- [1] 안재석 등; 원자력, 4, 21, 주체97(2008).
[2] N. Horvatincic et al.; Applied Radiation and Isotopes, 67, 800, 2009.
[3] C. Varlam et al.; Applied Radiation and Isotopes, 67, 812, 2009.
[4] Paola Cappellaro; Introduction to Applied Nuclear Physics, Springer, 11-15, 2012.

주체103(2014)년 12월 5일 원고접수

Property of Toluene Liquid Scintillator

An Jae Sok, An Jong Do and Jang Mi

Toluene as the solvent of liquid scintillator has a big absorption rate as for the wavelength, 315nm.

When we mix PPO 0.4% and POPOP 0.000 5% in toluene, we can raise efficiency of liquid scintillator.

Key words: weak radioactivity, liquid scintillator, toluene