

4 π β - γ 동시계수방법에 의한 ^{131}I 방사능 절대측정

서지숙, 함돈식*, 이종만, 이경범, 이상한, 오필제, 박태순, 이민기
한국표준과학연구원 · 과학기술연합대학원대학교*

E-mail: seojs98@kriss.re.kr

중심어 (keyword) : I-131, 방사능, 절대측정, 동시계수법

서론

1950년 J. Bryant 등에 의하여 제안된 4 π β - γ 동시계수법은 현재 단일핵종의 방사능 절대측정에 널리 사용되고 있다. 이 측정법은 측정대상 원자핵의 붕괴도형 상수 및 검출기의 효율에 대한 정확한 정보 없이도 측정된 계수율로부터 β -, γ -선 동시방출 핵종의 방사능을 산출할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 복잡한 붕괴도형을 가진 핵종이나 저에너지 베타선을 방출하는 핵종에 대해서는 검출 효율이 낮기 때문에 선원의 제작 등에 세밀한 주의가 요구된다.

본 실험에서는 핵의학 분야의 갑상선 관련 질병의 치료제로 사용되는 ^{131}I 의 방사능을 절대측정하고, 국제상호비교를 통하여 ^{131}I 의 방사능 측정에 대한 국제 동등성(international equivalence)을 확보하고자 하였다. 본 핵종은 반감기가 짧고 휘발성이 있는 것으로 알려진 물질로, 화학적 안정성을 고려하여 샘플링에 역점을 두고 절대측정을 수행하였다.

^{131}I 는 베타선과 감마선을 동시에 방출하는 핵종이므로 베타검출기로는 4 π 비례계수기를 사용하였고, 감마검출을 위하여 2 개의 NaI(Tl) 섬광검출기를 사용하였다. 방사능 산출에 사용된 효율변화방법으로는 저에너지 베타선을 잘라 (discriminate) 나가는 방법을 사용하였으며 효율외삽법(accuracy extrapolation method)을 적용하였다.

선원제작 및 실험방법

4 π β - γ 동시계수장치는 선원의 기하학적 조건에 의한 영향은 받지 않지만 베타입자의 비정규성이 짧아 박막이 두꺼우면 자체흡수에 의한 효과가 커지므로 가능한 얇게 제작해야 한다. 본 실험에서는 선원제작을 위해 화학적 안정성이 좋고 열에 강하며 제작이 용이한 collodion 용액과 iso-amylacetate 를 1 : 1 로 혼합하여 선원박막을 제작하였다. 박막의 두께는 평균 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이다. 또한 측정선원이 검출기 내에 위치하므로 검출기내의 인가된 전기장의 왜곡현상을 방지하기 위하여 박막 위에 금(Au)으로 진공 증착하여 사용하였다.

측정선원의 방사능 세기는 다른 핵종에 비해 상대적으로 반감기가 짧으므로 이를 고려해 계수율이 2000 ~ 2500 s^{-1} 정도 계수할 수 있도록 H_2O 로 6 배 희석하였으며, 각 선원의 질량은 10⁻⁶ g 의 감도를 갖는 미세저울을 사용하여 샘플링 전과 후의 무게를 측정하여 이들 값의 차이로부터 선원의 질량을 산출하였다. 이때 산출된 질량에 제작시의 온도, 습도 기압에 대한 buoyancy 보정을 수행하였다. 또한 선원을 건조시키는 과정에서 발생할 수 있는 해당 핵종의 휘발성을 고려하여 0.1 mg/g AgNO_3 용액을 한 방울씩 박막 위에 먼저 떨어뜨린 선원 용액 위에 첨가하였다. 제작된 collodion 박막선원은 동일한 형태의 collodion 박막으로 덮어주었다.

본 실험에서는 입자를 검출하는 4 π 비례계수기와 감마선 검출을 위한 3"x3" NaI(Tl) 섬광검출기를 비례계수기 상하에 설치하여 사용하였다. 이 시스템에 증폭장치, 단일파고 분석기, 불감시간회로, 계수기 등으로 구성하여 측정하였다.

준비된 선원은 비례계수기 내에 삽입하여 고정시킨 후, 계수가스(P-10)를 공급하여 0.3 MPa 의 압력이 유지될 수 있도록 고압가스 조절장치를 사용하였으며 베타 검출기에 인가된 전압은 2300 V 일 때 동시계수 효율이 최대가 되었다.

결과 및 고찰

본 실험에서 사용된 ^{131}I 은 반감기가 8.0233 ± 0.0019 d 이며, 베타입자의 에너지는 247 keV 에서 806 keV 까지 6 개를 방출하며, 감마선 에너지는 80 keV 에서 최대 730 keV 까지 19 개의 감마선을 방출하고 있다. 그림 1 은 ^{131}I 핵종의 붕괴도형을 나타내고 있다.

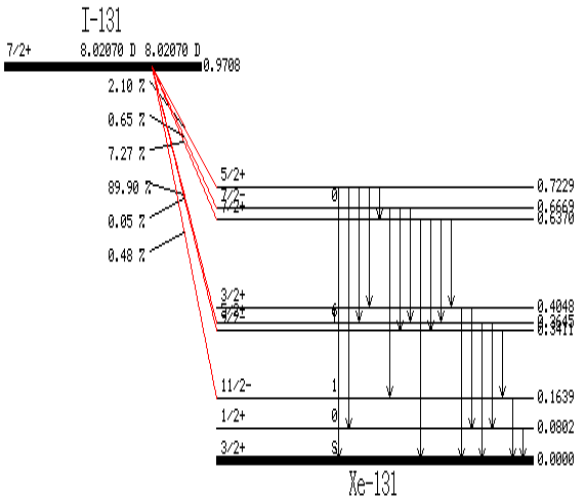


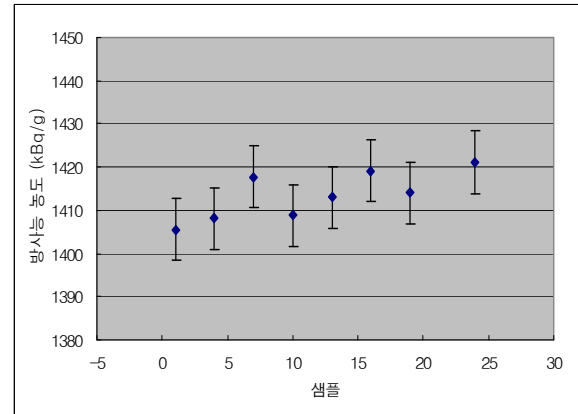
Fig 1. Decay scheme of ^{131}I

실험에서 사용된 감마선 에너지 window 는 284 keV , 364 keV 및 636 keV 를 포함하는 (250 - 770) keV 로 설정하였다. 동시계수의 효율변화를 위하여 베타 스펙트럼의 저에너지 영역에 대한 문턱준위 변화법을 사용하여 측정하였다. 측정에서는 17 개의 문턱준위를 선정하여 각 문턱준위에서 10 회 반복 측정하였고, 8 개 시료에 대한 측정결과는 표 1 과 같이 얻었다. ^{131}I 핵종의 절대 붕괴율은 효율외삽법에 의해 산출하였다. 각각의 문턱준위에 대해 산출된 N_c

$/N_\gamma$ 를 사용하여 x-축을 $(1 - N_c/N_\gamma) / (N_c/N_\gamma)$ 로 하고 y-축을 $(N_\beta N_\gamma) / (m N_c)$ 로 하였으며, 여기서 m 은 측정시료의 질량이다. 효율외삽법에 의해 산출된 방사능 N_0 값은 N_c/N_γ 가 1 에 가까워 질 때 y-축 절편으로부터 산출되었다.

측정결과는 액체섬광계수기를 이용한 동시측정 결과 및 전리함 측정결과와 비교하였으며 불순핵종 분석을 위해 감마선 분광분석을 실시하였다. 절대측정을 위한 샘플링 때 동시에 준비한 용액선원을 이용하여 감마선전리함(기준기)을 교정함으로써 ^{131}I 방사능 측정 국가표준을 유지하였다.

표 1. Results of absolute measurement of ^{131}I



결론

본 실험에서 산출된 ^{131}I 의 방사능 측정값은 기준일 (2009-03-15 00:00:00) 현재 1413 ± 9 kBq/g 으로 나타났다.

참고 문헌

1. J. Byrant, Int. J. of Appl. Radiat Isot. 14, 142(1963)
2. NCRP. A Handbook of radioactivity measurements produces, NCRP Report 58(1978)
3. http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm