

버섯기준물질의 자연방사능준위결정을 위한 국제 비교속련도 시험

이완로, 곽지연, 김희령, 최상도, 정근호, 조영현, 강문자, 최근식, 이창우, 정형욱*, 박상에*

*식품의약품안전청, 서울특별시 은평구 진흥로 231번지

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

petor@kaeri.re.kr

비교속련도 시험은 참여기관간의 분석결과를 상호 비교하여 측정능력을 향상시키고 참여기관의 분석 정확성을 테스트하기 위해서 일반적으로 행해지고 있다. IAEA에서는 비교속련도 시험의 일반적인 목적과 더불어 버섯기준 물질의 자연방사능준위결정을 위하여 비교속련도 시험을 실시하였다. 참여기관들은 최적의 기준물질을 선정하고 선정된 물질을 벨기에의 IRMM에서 제작 및 특성 평가하고, 이를 이용하여 방사능 분석을 하였다. 본 논문에서는 IAEA주관하에 국제 비교속련도 시험에 참가하여 분석한 방사능 결과를 다른 나라들과 비교하였으며, 또한 참가 후 앞으로 국내 비교속련도 주관기관으로써 역할 수행시 반드시 필요한 데이터 처리방법에 대해서 연구하였다. 방사능 분석은 HPGe 극저준위 감마분광분석기 및 일반 HPGe를 이용하였다. 각 샘플은 12시간 측정하였으며, 한 샘플에 대해서 5번씩 반복 측정하였다. 수분함양 측정결과 6.5 ~ 6.8 %를 보였으며, 이는 IRMM에서 기준치로부터 오차범위내의 값을 보였으며, 방사능 핵종은 Cs-134, Cs-137, 및 K-40 등이 측정되었다. 참가국으로는 폴란드, 브라질, 헝가리, 한국, 파키스탄, 시리아 총 6개국, 22개 실험실이 참석하였다. 버섯기준 물질의 방사능 분석 결과는 표. 1에서 보여주고 있다.

표. 1 버섯기준물질의 방사능 분석결과 요약

Radionuclide	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Overall mean (Bq/kg)	4.38	2898.9	1135.7
Rel. std. dev (%)	18.9	6.9	9.9
Standard error (%)	10.9	2.8	4.0
Range of values (Bq/kg)	3.70 - 5.30	2680.0 - 3192.0	1001.0 - 1319.3
Number of laboratories	3	6	6
No. of results averaged	7	22	22

참여국가간에 합의된 값에 대해서 각국들의 결과 값을 평가하는 방법은 아래와 같이 다양한 방법들이 있다. 첫째 방법은 z-score 방법인데 분석값과 합의된 값의 차이를 참여국가간의 결과 값들의 표준편차로 나눠주는 방법인데 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$Z_{score} = \frac{Value_{analyt} - Value_{mean}}{\sigma} \quad \text{Eq. (1)}$$

둘째 방법은 U-test로 평균값과 각 참여국가의 결과값의 차이를 불확도를 고려하여 평가하는 방법이고 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$u_{test} = \frac{|Value_{mean} - Value_{analyt}|}{\sqrt{Unc_{mean}^2 + Unc_{analyt}^2}} \quad \text{Eq. (2)}$$

위의 방법들은 단지 평균값 또는 참여국가간에 합의된 값과 참여국가의 분석값의 차이만을 보여 주고 있다. 즉 평균값에 가까운 값을 냈지만 불확도가 큰 경우하고 불확도는 작으나 평균값에 멀리 떨어져 있는 경우는 그 값을 평가하기 힘들다. 따라서 불확도 및 결과값들의 차이를 동시에 고려하는 방법이 필요하다. 분석 결과값들이 수용할 수 있는 범위인지 아닌지는 다음과 같은 두가지 요소에 의해서 평가될 수 있다. 즉 정확도와 정밀도를 동시에 평가하는 것이다.

정확도는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$|Value_{mean} - Value_{analyst}| \leq 1.95 \times \sqrt{Unc_{mean}^2 + Unc_{analyst}^2} \quad \text{Eq. (3)}$$

정밀도는 불확도에 대한 판단으로 아래와 같이 표현될 수 있으며, 만일 아래 식의 값이 2 시그마보다 작은 경우에는 통과로 판단한다.

$$\sqrt{\left(\frac{Unc_{mean}}{Value_{mean}}\right)^2 + \left(\frac{Unc_{analyst}}{Value_{analyst}}\right)^2} \times 100\% \quad \text{Eq. (4)}$$

이 두 요소가 모두 통과되면 수용으로 판단할 수 있다. 본 연구기관의 코드는 C4로 표. 2. 3. 4를 보면 모두 수용할 수 있는 좋은 결과를 얻었으며, 추후 이런 데이터해석 방법을 이용하면 비교속련도 주관기관으로써 역할을 수행 할 수 있을 것이며 또한 비교속련도 시험을 통해서 기준물질 방사능 농도 결정이 가능할 것이다.

표.2 ¹³⁴Cs의 수용성 테스트 결과

Lab. Code	Accuracy Criteria			Precision Criteria		Final status
	$ Value_{mean} - Value_{analyst} $	$1.95 \times \sqrt{Unc_{mean}^2 + Unc_{analyst}^2}$	Status	[%]	Status	
C1	0.7	2.2	Pass	30.8	Pass	Pass
C4	0.2	2.2	Pass	29.3	Pass	Pass
C5	0.9	3.97	Pass	43.9	Fail	Fail

표.3 ¹³⁷Cs의 수용성 테스트 결과

Lab. Code	Accuracy Criteria			Precision Criteria		Final status
	$ Value_{mean} - Value_{analyst} $	$1.95 \times \sqrt{Unc_{mean}^2 + Unc_{analyst}^2}$	Status	[%]	Status	
C1	218.9	461.6	Pass	9.3	Pass	Pass
C2	188.9	429.1	Pass	8.6	Pass	Pass
C3	293.1	354.0	Pass	6.9	Pass	Pass
C4	140.6	354.8	Pass	6.9	Pass	Pass
C5	49.8	391.4	Pass	7.6	Pass	Pass
C6	75.7	356.7	Pass	7.0	Pass	Pass

표.4 ⁴⁰K의 수용성 테스트 결과

Lab. Code	Accuracy Criteria			Precision Criteria		Final status
	$ Value_{mean} - Value_{analyst} $	$1.95 \times \sqrt{Unc_{mean}^2 + Unc_{analyst}^2}$	Status	[%]	Status	
C1	5.7	243.8	Pass	12.2	Pass	Pass
C2	134.7	217.4	Pass	11.1	Pass	Pass
C3	4.3	202.4	Pass	10.1	Pass	Pass
C4	183.6	220.0	Pass	10.7	Pass	Pass
C5	48.0	260.5	Pass	12.8	Pass	Pass
C6	95.7	311.7	Pass	16.4	Pass	Pass