

현장 감마분광분석 참고지 선정을 위한 제주 일부 지역 ¹³⁷Cs 평가

김창중*, 조운해*, 강태우†, 고석형‡, 윤주용*.§, 이동명*.§

*과학기술연합대학원대학교, †제주대학교, ‡한라산연구소, §한국원자력안전기술원

2012년 9월 20일 접수 / 2012년 10월 22일 1차 수정 / 2012년 10월 30일 2차 수정 / 2012년 10월 31일 채택

현장 감마분광분석의 참고지로서 제주는 일정 수준 이상의 ¹³⁷Cs이 존재하며 교란 받지 않은 개활지가 많다는 점에서 의미 있는 지역이다. 본 논문은 제주 지역 내 여러 개활지 중 한라산 국립공원 내에 위치하고 있는 방목지를 선정하였으며, 측정 계수값에 대한 분산분석과 현장 감마분광분석을 통한 방사능 농도로써 해당 지역 ¹³⁷Cs의 균일성 및 농도 준위를 평가하였다. 이를 위해 총 3개 지점, 79개 측정점에 대해 각 2000초씩 5% 미만 계수 불확도 수준의 측정이 이루어졌다. 분산분석 결과 2개 지점은 균일하였으며, 나머지 1개 지점은 측정 범위의 조정을 통해서 균일하도록 지정 가능하였다. 현장 감마분광분석으로 산출한 각 지점 지표면의 토양 방사능 농도는 53.7~93.2 Bq kg⁻¹, 30.5~61.0 Bq kg⁻¹, 48.8~102 Bq kg⁻¹의 분포를 보였다.

중심어: 현장 감마분광분석, 참고지, ¹³⁷Cs, 제주

1. 서론

현장 감마분광분석은 토양 중 자연 및 인공 방사성 핵종의 농도와 공간 감마 선량을 및 각각의 기여분을 현장에서 측정하여 결정하기 위해 Beck et al. (1972)에 의해서 도입된 방법이다. 지표면 1 m 위에 설치된 검출기가 무한평면으로부터의 감마선을 측정하기 때문에 넓은 범위의 대표성 있는 데이터를 얻을 수 있으며, 비슷한 수준의 계수 불확도를 실험실 분석의 십분의 일에 해당하는 측정시간 만으로 얻을 수 있다. 실험실 분석을 위해서는 시료의 운반시간 및 전처리 시간이 추가적으로 요구되며 방사성 핵종이 균일하게 분포하지 않는 지역을 대표하기 위해서 다수의 시료를 필요로 하기 때문에, 환경 중 광범위한 지역에 방사성 물질이 방출되어 오염이 발생하고 그 분포를 알기 위한 경우 등에 특히 현장 감마분광분석법은 효과적이다[1-6].

일반적인 감마분광분석의 경우 검증된 참고시료를 통해서 교차분석 및 숙련도 시험을 수행하고 있지만, 현장 감마분광분석의 경우에는 현장측정이 가능한 참고지가 그 역할을 할 수 있다. 참고시료와 마찬가지로 참고지 역시 균일성을 충분히 검증하여야 하며, 인공 방사성 핵종의 존재 여부, 농도 준위, 균일 정도에 따라 연구 목적으로서 효용 가치를 판단할 수 있다. 그 중 인공 방사성 핵종인 ¹³⁷Cs은 반감기(약 30년)가 길고 감마선 방출율(약 85.1%)이 높기 때문에 참고지에 균일하게 존재할 경우,

현장 감마분광분석의 대상으로 적절하다. 국내에는 과거 중국 및 북반구에서 이루어진 핵실험의 영향으로 ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr 등의 인공 방사성 핵종들이 분포하고 있으며, 과거의 연구에서 제주 지역의 평균 ¹³⁷Cs 농도가 가장 높은 수준인 것으로 조사 되었다[7]. 이것은 연평균 강수량이 많은 제주의 기후조건과 비정질 점토광물인 알로판(Allophane)이 존재하는 화산회토의 토양 특성 때문으로, 핵실험 및 기타 방사능 사고에 의해 환경에 노출된 ¹³⁷Cs이 강수 및 낙진 등에 의해 유입되어 토양에 강하게 흡착되는 과정에 의한 것이다[8-10]. 따라서 ¹³⁷Cs의 농도가 높은 제주 지역이 일차적인 참고지로 고려되었으며, 그 중 교란 받지 않은 개활지 조건을 만족하는 방목지가 선정되었다. 본 방목지는 농촌진흥청 소속 연구기관인 국립축산과학원 난지축산시험장에서 연구목적으로 관리하여 왔으며, 1970년부터 지정되어 있는 한라산 국립공원(약 150 km²) 내에 위치해 있어 인간 활동에 의한 교란이 없었다고 간주할 수 있는 곳이다(Fig. 1).

현장 감마분광분석을 통해서 특정 핵종의 방사능 농도를 산출하기 위해서는 다음과 같은 가정이 필요하다. 측정하고자 하는 현장이 무한평면이고, 해당 현장을 대표할 수 있는 a/ρ 값(방사성 핵종의 토양 중 연직분포를 나타내는 매개변수)을 결정 가능해야 한다는 점이다. 사고 직후에 지표면에 분포하는 인공 방사성 핵종이나 토양의 깊이 관계없이 고르게 분포하는 자연 방사성 핵종의 경우에는 a/ρ 값을 ∞ 와 0으로 표현 가능하다[1]. 하지만 사고 후 지표면에 떨어진 인공 방사성 핵종은 시간이 지남에 따라 토양으로 침착되기 때문에, a/ρ 값을 결정하기 위해서 토

책임저자 : 윤주용, k337kyj@kins.re.kr
대전광역시 유성구 과학로 62 한국원자력안전기술원 방사선환경평가실



Fig. 1. Location of the pasture in the Hallasan National Park.



Fig. 2. Measurement site in the pasture.

양 깊이에 따른 핵종의 분포 정도를 추가적으로 조사해야 한다. 만약 사고 후 일정 시간이 지난 시점의 현장 감마 분광분석 시 대상 지역이 외부요인에 의해 교란되었다면, 깊이에 따른 핵종의 분포 역시 영향을 받게 되고 해당 지점에 대한 a/p 값을 결정하는 것이 어려워진다. 여기서 외부요인이라 함은 인간과 자연에 의한 것 두 가지로 볼 수 있으며, 선정된 제주의 방목지는 인간 활동에 의한 교란은 없었다고 간주 할 수 있으나 자연에 의한 영향을 배제하기는 힘들다. 침식, 풍화, 퇴적 등의 작용은 토양 깊이에 따른 핵종의 분포에 영향을 미치게 되므로 현장 분석을 통해 방사능 농도를 산출함에 있어 방해요소가 된다. 따라서 방사능 농도로 환산되기 이전의 계수값을 분산분석이라는 통계적 방법으로 일차적인 평가를 함으로써 참고지 선정에 반영하였다.

본 논문은 현장 측정을 통해 얻은 ^{137}Cs 계수값에 대한 분산분석과 현장 감마분광분석을 통해 환산된 방사능 농도로 해당 지역을 평가함으로써, 기존에 제시되지 않았던 현장 감마분광분석의 참고지 선정 방법에 대해 고찰하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 측정지점

선정된 방목지는 한라산 백록담으로부터 북쪽에 위치하고 있으며 주소지는 제주특별자치도 제주시 오라 2동, 해발 고도는 약 600 m, 전체 면적은 약 0.3 km^2 이다. 전체 방목지는 fig. 2와 같은 지형을 이루고 있으며, 실제 참고 지점으로 평가된 곳은 붉게 표시한 곳으로 각각의 지점에 대해 번호 순서대로 측정이 이루어졌다.

지점 1의 측정점은 GPS를 사용하여 정한 기준(북위 $33^\circ 24' 58.79''$, 동경 $126^\circ 31' 49.14''$)으로부터 $330^\circ \sim 60^\circ$ 방향으로, 15 m 간격으로 측정했으며 총 15 측정점, 측정 범위는 약 50 m \times 80 m이다. 지점 2의 측정점은 기준(북위 $33^\circ 25' 10.85''$, 동경 $126^\circ 31' 52.25''$)으로부터 $30^\circ \sim 120^\circ$ 방향으로, 15 m 간격으로 측정했으며 총 15 측정점, 측정 범위는 약 50 m \times 80 m이다. 지점 3의 측정점은 기준(북위 $33^\circ 24' 58.79''$, 동경 $126^\circ 31' 49.14''$)으로부터 $0^\circ \sim 90^\circ$ 방향으로, 5 m 간격으로 측정했으며 총 49 측정점, 측정 범위는 약 50 m \times 50 m이다. 측정 시 지표면 1 m 위에 설치된 검출기 중심에서 반경 10 m까지의 기여분이 무한 평면 전체로부터의 기여 중 대부분(약 90%)을 차지하며[2], 이를 고려한 지점 1, 2의 측정점 간격은 중복구간을 고려하여 15 m, 지점 3의 경우 더 조밀한 간격의 평가를 위해 5 m 로 결정하였다.

2.2 재료

현장 측정에 사용되는 휴대용 반도체 검출기는 동축형 고순도 게르마늄 검출기(Canberra Industries Inc.)로 상대 효율은 30% 이상, high voltage 3600 V일 때 에너지 분해능 ^{60}Co 1333 keV에 대해 반치폭(FWHM) 1.9 keV 이하이다. 검출기 dewar의 용량 약 7.5 L로 실온(20 $^\circ\text{C}$)에서 약 72시간 냉각을 유지할 수 있으며, 하향으로 설치해도 액체 질소의 누설이 없다. 검출기 지지대는 검출기 및 dewar를 지표면 1m 위에 안정적인 상태로 유지할 수 있으며, 검출기와 지표면 사이에 차폐 물질이 적은 구조로 되어있다. 휴대용 MCA는 Inspector 2000 (Canberra Industries Inc.)이며 스펙트럼 메모리 16K 채널, 적분비 직선성 0.025% 이하, 미분비직선성 1% 미만이고 배터리로 구동 가능하다. MCA 제어 및 분석을 위해 PC와 소프트웨어 Genie 2000 (Canberra Industries Inc.)를 사용하였다.

2.3 실험방법

측정을 통해 얻은 계수값으로 선정된 참고 지점의 균일 정도를 검증하기 위해 분산분석(Analysis of variance, ANOVA)을 활용하였다. 분산분석은 F분포를 이용하여 가설을 검증하는 방법으로, 두 개 이상 다수의 집단을 비교하고자 할 때 집단 내의 분산, 총 평균과 각 집단 간 분산의 비교를 통해 평균 간 차이에 대한 통계적 유의성을 검증하는 방법이다[11]. 본 실험에서 이원분산분석의 두 요인(독립변인)은 기준점의 x 방향 위치와 y 방향 위치로 설정했으며, 각 측정점에 대한 ^{137}Cs 계수값이 실험

단위(중속변인)이라고 볼 수 있다. 측정된 ¹³⁷Cs 계수값에 대해 “무작위로 추출한 계수값은 측정점의 위치에 의해 영향을 받지 않는다”는 귀무가설을 설정하였으며, 각 지점별로 5% 유의수준에 대해 검증하였다.

계수값 측정을 위해서 선정된 측정점에 검출기를 지표면으로부터 입사창까지의 높이가 1 m가 되도록 수평을 맞추어 설치하였으며, 지표면의 기복에 흔들림 없이 안정되도록 고정하였다. 지표로부터 감마선의 차폐가 적게 되도록 휴대용 MCA 및 PC는 검출기와 가능한 떨어뜨려 설치하였고, MCA 및 PC를 설치하는 받침대는 필요한 최소의 크기로 하였다. 측정 전 검출기에 고전압을 인가하고, 안정될 때까지 준비 시간을 가졌다. 계측 시간은 ¹³⁷Cs의 계수 불확도가 5% 미만인 시점으로 결정 했으며, 이는 현장의 농도 준위에서 2000초의 측정으로 만족하였다. 측정점 당 2000초의 측정을 했을 경우 하루에 측정 가능한 지점은 이동시간 및 준비시간을 포함하여 10~15 측정점이다. 따라서 측정점은 장비를 설치하기 전에 측정 범위에 맞는 대형 출자를 이용해 미리 지정하고, 지점의 측정이 끝날 때까지 움직이지 않도록 고정하였다.

현장 감마분광분석으로 방사능 농도를 산출하기 위해서는 α/ρ 값을 구해야 하며, 이를 위해 깊이 별 토양시료

를 채취해서 실험실 분석을 병행하였다. 만약 측정지점 내에서 토양 깊이에 따른 핵종의 분포가 균일하다면, 해당 지점을 대표하는 α/ρ 값을 결정 할 수 있는 가장 이상적인 조건이다. 하지만 토질, 침식 등의 자연적인 요인에 의하여 깊이 별 분포가 균일 하지 않을 것으로 예상되었기 때문에, 시료 채취 지점을 결정함에 있어 이를 고려해야 한다. 검출기 중심에서부터 거리가 멀어짐에 따라 기여분이 달라지므로 일정 반경 간격에 대해서 다수의 채취를 하는 것이 가장 좋지만, 총 79개 측정점에 대한 방사능 농도를 산출하고자 하기 때문에 해당 지점을 대표할 수 있는 효율적인 시료 채취가 요구 된다. 따라서 각 지점별로 5개의 측정점을 지정하여(Table. 1), 5 cm 간격으로 0-25 cm 깊이 구간에서 토양을 채취하였다. 채취한 토양은 현장에서 바로 밀폐하여 수분율을 유지한 후, 실험실로 이동하여 전처리를 진행하였다. 토양은 완전건조해서 500 μ m 이하의 입자크기로 분쇄하였으며, 균일한 밀도로 용기에 충전하여 만든 시료를 80000초 계측 후 분석하였다. 분석된 ¹³⁷Cs의 깊이 별 방사능 농도로 각 측정지점의 α/ρ 값을 결정 하였으며, Beck et al. (1972)의 해석법을 바탕으로 각 측정점의 방사능 농도를 산출하였다 [1-3].

Table 1. Count of ¹³⁷Cs at Each Point of Site 1, 2, 3.

Site 1		Site 2		Site 3			
† Point No.	count	Point No.	count	Point No.	count	Point No.	count
*1-1-1	537	*2-1-1	579	3-1-1	571	3-5-1	829
				3-1-2	498	3-5-2	948
1-1-2	553	2-1-2	514	3-1-3	786	3-5-3	964
				3-1-4	863	3-5-4	971
*1-1-3	714	*2-1-3	449	3-1-5	831	3-5-5	1026
				3-1-6	782	3-5-6	1007
1-2-1	769	2-2-1	558	3-1-7	732	3-5-7	988
				3-2-1	622	3-6-1	677
1-2-2	667	2-2-2	498	*3-2-2	972	*3-6-2	852
				3-2-3	1009	3-6-3	863
1-2-3	596	2-2-3	438	3-2-4	1043	3-6-4	931
				3-2-5	939	3-6-5	990
1-3-1	796	2-3-1	541	*3-2-6	883	*3-6-6	992
				3-2-7	842	3-6-7	975
*1-3-2	707	*2-3-2	423	3-3-1	520	3-7-1	661
				3-3-2	852	3-7-2	866
1-3-3	791	2-3-3	505	3-3-3	837	3-7-3	913
				3-3-4	974	3-7-4	958
1-4-1	713	2-4-1	573	3-3-5	943	3-7-5	1012
				3-3-6	928	3-7-6	979
1-4-2	932	2-4-2	539	3-3-7	912	3-7-7	946
				3-4-1	759		
1-4-3	796	2-4-3	505	3-4-2	958		
				3-4-3	912		
*1-5-1	805	*2-5-1	591	*3-4-4	952		
				3-4-5	974		
1-5-2	771	2-5-2	600	3-4-6	969		
				3-4-7	956		
*1-5-3	833	*2-5-3	610				

* Sampling point.

† Point No.: site number - transverse number - longitudinal number.

3. 결과 및 논의

3.1 계수값 분산분석

각 측정점에서 2000초 동안 ¹³⁷Cs 계수값을 측정하였으며(Table. 1), 각 측정점의 번호는 지점번호-x방향번호-y방향번호를 나타낸다. 측정된 계수값을 바탕으로 분산분석 한 결과, 지점 1은 F 값이 F 기각치보다 작으므로 “계수값이 x 방향 y 방향 위치에 의해 영향을 받지 않는다”는 귀무가설이 채택되었다. 이 결과는 지점 1에 대한 ¹³⁷Cs의 계수값이 5% 유의 수준(95% 신뢰도)에서 위치에 따른 영향을 받지 않는다는 것을 통계적으로 보여준다.

지점 2 역시 핵종 전체에 대해서 F 값이 F 기각치보다 작으므로 귀무가설이 채택되었고, 측정점에 대해 균일한 분포를 이루고 있음이 확인되었다. 지점 2의 계수값은 지점 1에 비해 전체적으로 낮은 분포를 이루고 있는데, 두 지점이 모두 균일한 분포를 이루고 있기 때문에 좀 더 높은 계수값 경향을 보이고 있는 지점 1이 측정 시간 면에서 참고지로서 유리 할 수 있다. 같은 계수 불확도 수준의 값을 얻기 위한 시간은 측정지점의 방사능 농도가 높을수록 짧아지며, 방사능 농도는 계수값과 비례하기 때문이다.

지점 3의 계수값이 가장 높은 경향을 보였고, 측정 시간 면에서 1500초 정도면 비슷한 계수 불확도 수준의 값을 얻을 수 있었으나 비교를 위해서 지점 1, 2와 동일하게 2000초로 측정하였다. 지점 3의 경우 F 값이 F 기각치보다 크므로 귀무가설이 기각되었다. 이 경우 계수값이 측정점의 위치에 의해 영향을 받고 있음을 나타내며, 특히 F 기각치에 대한 F 값 차이가 큰 행 요인 사이의(같은 y방향번호) 계수값이 더 불균일함을 나타낸다. 그 중 전체 분포에 비해 낮은 경향을 보이는 3-1-1~3-1-7 및 3-1-1~3-7-1 에 해당하는 측정점의 계수값을 제외하고 분산분석 한 결과, 귀무가설이 채택되어 위치에 의한 영향이 없음이 확인된다. 즉, 측정지점 중 일부를 제외함으로써 균일한 분포를 이루는 범위만을 재지정하여 활용할 수 있다.

3.2 방사능 농도 평가

α/ρ 값을 구하기 위한 채취 시료의 분석 결과는 fig. 3과 같으며, 값들은 각 지점의 깊이 별 5개 토양시료에 대한 평균 방사능 농도를 나타낸다. α/ρ 값을 구하기 위한 토양의 밀도는 각 지점 시료 전체의 평균값을 사용하였다. α/ρ 값은 지점 1, 2, 3에 대해 각각 0.06, 0.05, 0.07로 결정하였으며, 깊이에 따른 분석결과와 평균이 정확한 지수함수 분포를 이루지 않았기 때문에 근사하였다. 깊이 별 분포를 보면 0-5 cm 깊이보다 5-10 cm 깊이의 방사능 농도가 대체적으로 높은 경향을 볼 수 있다. 이것은 1960~1970년대 중국의 핵실험의 영향으로 인공 방사성 핵종들이 유입된 이래, 기타 부유물과 식생에 의해서 지표면에 새로운 토양층이 형성되었기 때문으로 판단된다.

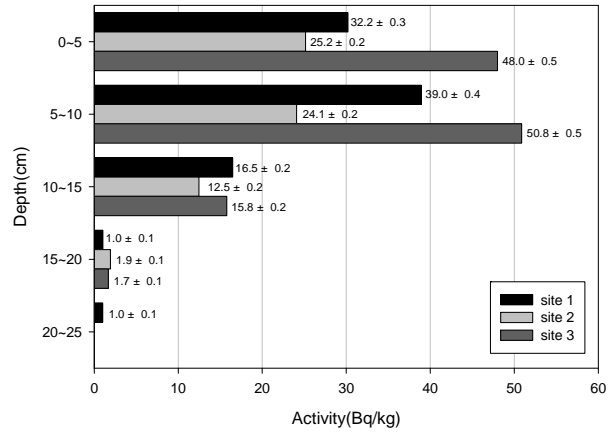


Fig. 3. Average of the radioactivity concentration of ¹³⁷Cs for depth at each site.

현장 감마분광분석을 위해 각 지점의 α/ρ 값에 대한 보정인자를 산출 하였으며, 각 측정점의 계수값에 산출한 보정인자를 적용한 각 지점의 방사능 농도 분포를 fig. 4에서 볼 수 있다. 각 지점의 농도 준위는 지점 1: 53.7~93.2 Bq kg⁻¹, 지점 2: 30.5~61.0 Bq kg⁻¹, 지점 3: 48.8~102 Bq kg⁻¹이며, 이 값은 지표면에서 토양의 단위질량 당 ¹³⁷Cs의 방사능 농도이다. 현장 감마분광분석을 통해 얻은 방사능 농도 값은 fig. 3의 깊이 별 분포가 지수함수 형태라고 가정하여 결정된 α/ρ 값에 크게 의존하기 때문에, 깊이 별 분포가 지수함수로 근접하는 정도에 따라 채취 시료의 분석 결과와 현장 감마분광분석의 결과가 연관성을 보이게 된다. 깊이 별 분포가 가장 지수 함수에 근접하는 지점 2의 두 결과가, 지점 1, 3에 비해 유사함에서 이를 확인 할 수 있다. 또한 fig. 4에서 측정점 간격에 따른 등고선 분포를 고려할 때, 추후 넓은 범위를 대상으로 할 경우 일차적으로 해당지점을 20 m 간격으로 측정하여 경향을 파악한 후, 조밀한 간격의 측정 및 평가가 이루어지는 것이 효율적이라고 판단된다.

4. 결론

3개 지점의 계수값을 x, y방향에 대하여 5% 유의수준으로 이원분산분석한 결과, 지점 1, 2는 측정 범위 내에서 위치의 영향 없이 균일한 분포를 나타내었다. 지점 3의 경우 균일하지 않은 분포를 보였으나, 전체 결과에 영향을 미치는 일부 편차가 큰 측정점을 제외하고 범위를 축소한 결과 해당 범위에서는 균일한 분포를 이루는 것을 확인하였다. 또한, 현장 감마분광분석으로 평가한 ¹³⁷Cs의 방사능 농도 역시 국내 지역과 비교했을 때 높은 수준임으로 선정한 방목지는 참고지로서 적절할 것으로 판단된다. 지점 1, 2의 경우는 지점 3과 같은 측정점 간격(5 m)으로 추가적인 측정 및 최종 평가가 필요할 것으로 보이며, 현장 감마분광분석으로 방사능 농도를 결정함에 있어 해당 지점을 대표할 수 있는 α/ρ 값을 결정하기 위한 합리적인 시료채취 방법에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 본 논문에서 선정한 참고지로서 해당 방목지는 현장

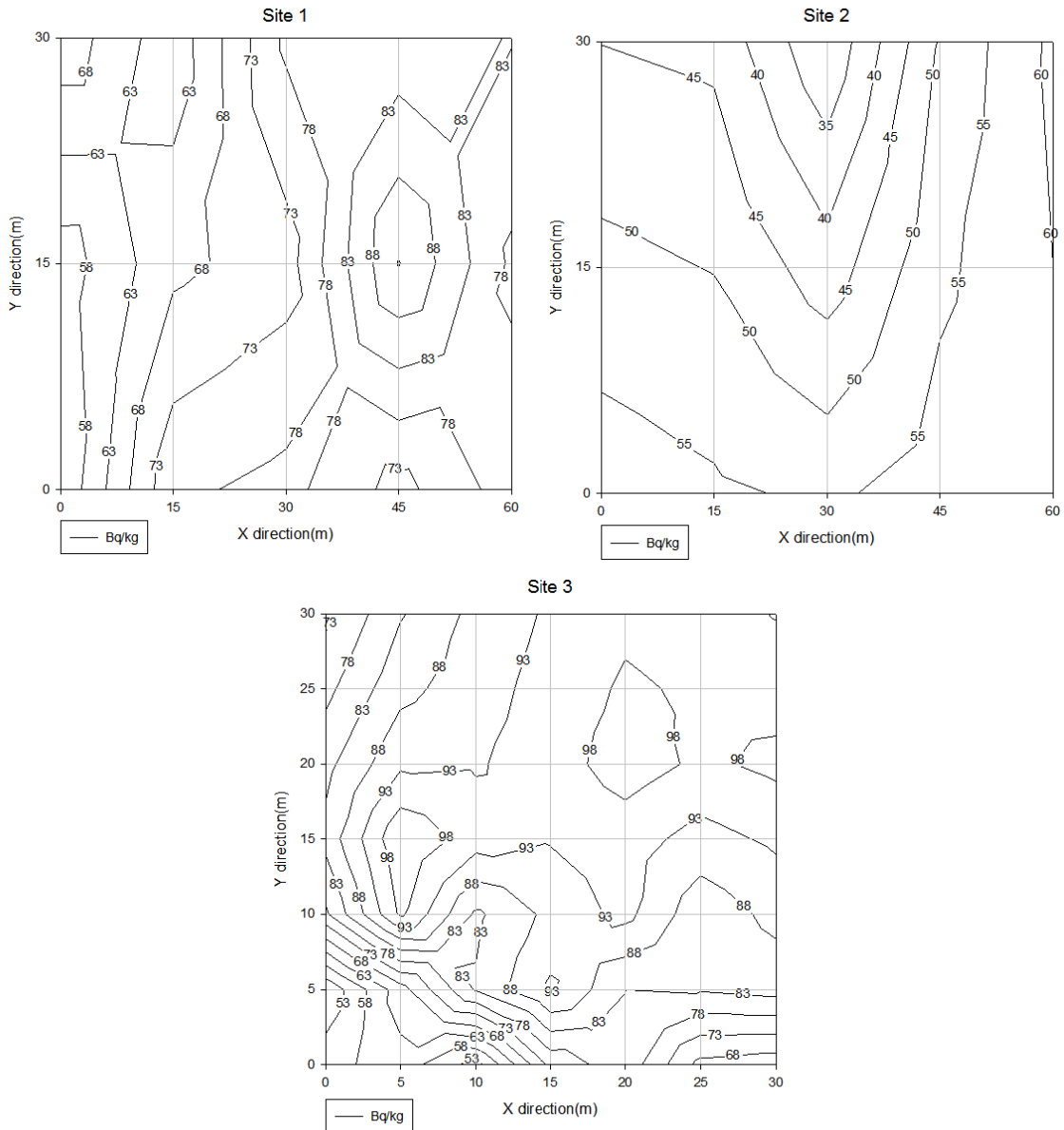


Fig. 4. Contour map of radioactivity concentration of ¹³⁷Cs obtained through in situ gamma spectrometry at each site.

감마분광분석의 연구뿐만 아니라 교차분석 및 숙련도 시험을 위해 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Beck HL, Decampo J, Gogolak C. In situ Ge(Li) and NaI(Tl) gamma-ray spectrometry. HASL-258. 1972.
2. Miller KM. Field gamma-ray spectrometry. HASL-300. 1997.
3. Helfer IK, Miller KM. Calibration factors for Ge detectors used for field spectrometry. Health Phys. 1988;55(1):15-29.
4. Miller KM. Fluence evaluations for applications of in situ gamma-ray spectrometry in non-flat terrain. EML-603. 1999.
5. Miller KM, Shebell P, Klemic GA. In situ gamma-ray spectrometry for the measurement of uranium in surface soils. Health Phys. 1994;67(2):140-150.
6. Miller KM. A spectral stripping method for a Ge spectrometer used for indoor gamma exposure rate measurements. EML-419. 1984.
7. Kim KH, Yun JY, Yoo SH. Distribution Cs-137 and K-40 in Korean Soils, Korean J. Soil Sci. Fert. 1995; 28(1):33-40.
8. Bishop P, Campbell B, Mcfadden C. Absence of Caesium-137 from recent sediments in Eastern Australia - Indications of catchment process. CATENA. 1991;18:61-69.
9. Ritchie JC, McHenry JR. Determination of fallout Cs-137 and naturally occurring gamma-ray emitters

- in sediments, *Int. J. Appl. Radiat. Isot.* 1973;24: 575-578.
10. Ritchie JC, McHenry JR. Application of radioactive fallout cesium-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns: A review. *J. Environ. Qual.* 1990;19:215-233.
11. 박정식. 현대통계학; 분산분석. 5th ed. 서울; 다산출판사. 2010:315-378.

Assessment of ^{137}Cs for Selection of Reference Site of In Situ Gamma Spectrometry in Some Areas of Jeju Island

Chang Jong Kim*, Yoon Hae Cho*, Tae Woo Kang†, Seok Hyung Ko†, Ju Yong Yun*§, and Dong Myeong Lee*§

*University of Science and Technology, †Jeju National University, ‡Research Institute for Hallasan, §Korea Institute of Nuclear Safety

Abstract - Jeju Island is a significant area as a reference site of in situ gamma spectrometry because there are a number of open spaces which includes ^{137}Cs above a certain level. In this paper, the pasture within the Hallasan National Park was selected as one of the open spaces of Jeju Island. The homogeneity of ^{137}Cs at the site was assessed by analysis of variance on count and by radioactivity concentration obtained through in situ gamma spectrometry. For this purpose, the count of a total of 79 points at 3 sites were measured with less than count uncertainty of 5% for 2000 seconds. In the results of the analysis of variance, the 2 sites were homogeneous, and the remaining 1 site can be specified to be homogeneous through the adjustment of measuring range. The distribution of radioactivity concentration calculated by in situ gamma spectrometry were 53.7~93.2 Bq kg⁻¹, 30.5~61.0 Bq kg⁻¹ and 48.8~102 Bq kg⁻¹ at each site.

Keywords : In situ gamma spectrometry, Reference site, ^{137}Cs , Jeju