

## 제주지역 환경방사능 감시를 위한 국내 방사능 교차분석 (1998-2004)

강태우\*, 홍경애\*\*, 유장걸\*\*\*

\* 제주지방 방사능측정소,

\*\* 제주대학교 방사선응용과학연구소,

\*\*\* 제주대학교 원예생명과학부

### Domestic Radioactivity Intercomparison(DRI) for environmental radioactivity monitoring in Jeju (1998-2004)

Tae-Woo Kang\*, Kyung-Ae Hong\*\*  
and Zang-Kual U.\*\*\*

\*Jeju Regional Radiation Monitoring Station,  
Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

\*\*Applied Radiological Science Research  
Institute, Cheju National University, Jeju  
690-756, Korea

\*\*\*Faculty of Horticultural Life Science, Cheju  
National University, Jeju 690-756, Korea

#### Abstract

This work was conducted to make the reliable data and upgrade of nuclear analytical techniques concerning the Domestic Radioactivity Intercomparison (DRI) program for environmental radioactivity monitoring of Jeju from 1998 to 2004. Gross beta was determined for filter paper and water, gamma was analyzed for  $^{40}\text{K}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in soil and radioactivity nuclides for the water and spectrum files.

The gross beta activity in the all samples

except for water was showed good agreement within the confidence intervals in 1998 and 1999. Gamma nuclides in soil, water and spectrum files got an excellent results except for some nuclides. Finally, evaluation distribution was estimated between 75.0 and 100% from 1998 to 2004.

Therefore, evaluation for this program made to reliable data for environmental radioactivity monitoring of Jeju area on the emergency radiation accident.

Key words : domestic radioactivity intercomparison, gross beta, gamma nuclide,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , Jeju

#### 서론

1950년 초기 대기권 핵실험과 1979년 미국 TMI와 1986년 구소련 체르노빌 원전사고와 같은 대형 원전사고 이후 방사능 사고에 효과적으로 대응할 수 있는 환경방사능 감시체계를 구축하여 방사선 이상여부를 신속히 판단하고 있다. 이러한 방사선 이상사태를 조기에 탐지하여 원자력 안전에 대한 정확한 정보를 제공하는 것은 원자력에 대한 대중의 신뢰를 확보하는데 있어서 큰 영향을 미치고 있으며 따라서 이들 방사능 전문 분석기관의 역할도 중요하다.

방사능 분석에 대한 평가를 보증하는 기관으로는 국제원자력기구(IAEA), 미국 에너지성(DOE) 산하 국립환경방사능측정연구소(EML) 그리고 일본화학분석센터(JCAC) 등이 있으며 각국의 방사능 분석 연구기관 등과 국제적인 방사능 교차분석 활동이 이루어지고 있다<sup>1-7)</sup>. 국내의 경우는 원자력 안전기술원(KINS)이 주관하여 1997년부터 국내 방사능 교차분석(DRI)을 실시해오고 있다<sup>8)</sup>.

본 자료는 1998년부터 2004년까지 국내방사능 교차분석에 참여하여 제주지역의 환경방사능 감시를 위하여 방사능 분석 기술의 능력 향상과 신뢰도를 확보하기 위하여 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 국내 방사능 교차분석 현황

국내 방사능 교차분석은 1997년부터 현재까지 원자력안전기술원이 주도하여 국내 원자력사업자와 관련대학, 지방방사능측정소, 방사능분석 관련 연구 기관 및 국군 제1화학방어연구소 등 국내 방사능분석과 관련한 대부분의 실험실들이 참여하고 있으며, Table 1에서 보는바와 같이 분석핵종은 감마핵종, 삼중수소, 전베타 및  $^{90}\text{Sr}$ 이며, 시료 종류는 공기부유진 채집용 필터, 물, 토양 그리고 감마스펙트럼을 대상으로 하였다.

평가 기준은 등급 A(Acceptable), W(Acceptable with Warning), N(Not Acceptable), ND(Not Detected) 그리고 FP(False Positive)로 평가하였다. 등급 A는  $\text{Low Middle Limit} \leq A \leq \text{Upper Middle Limit}$ 로 참여기관의 분석 값이 매우 우수하게 평가된 것을 나타내며, 등급 W는  $\text{Lower Limit} \leq W < \text{Low Middle Limit}$  또는  $\text{Upper Middle Limit} < W \leq \text{Upper Limit}$ 로 분석 값이 다소 신뢰하기가 어려운 상태를 나타낸다. 반면, 등급 N은  $N < \text{Lower Limit}$  또는  $N > \text{Upper Limit}$ 로 분석 값이 원인규명을 통하여 분석능력에 대한 종합적인

검토가 필요한 상태를 의미한다. 그리고 감마핵종 스펙트럼인 경우 ND는 실제 스펙트럼 상에 존재하는 핵종을 식별해내지 못한 것을 나타내고, FP는 실제 스펙트럼 상에 존재하지 않은 핵종을 존재하는 것처럼 오인하여 판별한 것을 의미한다.

### 2. 시료 전처리 및 분석

#### 1) 전베타 (Gross- $\beta$ )

환경준위의 필터시료는 공기부유진 채집용 필터(GF/C 47mm, 2인치)를 스테인레스 planchette에 고정시킨 후 일정량의 베타 표준선원( $^{90}\text{Sr}$ , Amersham)을 첨가 후 건조한 시료와 분석용 필터와 같은 방법으로 제조한 background 필터 시료, 그리고 일정량의 베타 표준선원( $^{90}\text{Sr}$ , Amersham)을 1 M 질산으로 적당히 희석하여 조제한 물 시료를 1998년도부터 2004년도까지 8년 동안 분배 받았다. 분배 받은 필터시료는 전처리 없이 직접 계측을 하였으며, 물 시료인 경우는 중발 농축시킨 후 분석용 스테인레스 planchette에 옮긴 후 계측하였다. 분석은 가스비례형 계수기인 low  $\alpha/\beta$  counter(Canberra, USA)를 사용하였다.

Table 1. Radionuclides and sample matrix for DRI

Radionuclide	Sample matrix	Sample preparation	Radioactivity level	Year
Gross beta	airborne dust collecting filter (47 mm $\phi$ )	spiking on filter	low	1998-2004
	water	standard source + water	low	1998-2004
	soil	field	low	1998-2004
Gamma nuclide	water	spent fuel of nuclear power plant files used Gamma Spectrometry	low and high	1998-2004
	gamma spectrum	Data Evaluation Program of DOE/EML	low	1998-2004
$^3\text{H}$	water	standard source + water	low and high	1998-2004
$^{90}\text{Sr}$	soil	field	low	1998-2004
	water	standard source + water	low	1998-2004

2) 감마핵종

토양 시료는 일반 토양을 한국원자력안전기술원에서 직접 채취한 뒤 곱게 분쇄하여 체를 가지고 토양 입자 크기를 선별한 후 시료의 균질성을 검증하기 위하여 무작위로 시료를 선별하여 고순도 게르마늄 검출기와 다중파고분석기로 구성된 감마분광계로 측정된 뒤 교차분석용 토양 시료로 하였으며, 물 시료는 원자력발전소의 사용 후 핵연료 저장조의 물을 채취한 뒤 다수의 인공핵종이 들어 있는 표준용액(Amersham)을 첨가한 후 1 M 염산을 가지고 회석하여 교차분석용 시료로 하였다. 제조된 토양과 물 시료는 각각 1998년부터 2004년도까지 8년 동안 분배 받았다. 분배 받은 토양 및 물 시료는 계측용 용기(diameter 50 mm, height 70 mm ; Mizuho Chemical Co., Japan)에 채워 높이와 무게를 확인한 뒤 분석시료로 하였다. 분석은 고순도게르마늄 검출기와 다중파고분석기(EG&G Ortec, USA)로 구성된 감마분광계를 이용하여 측정하였다. 그리고 스펙트럼 파일은 미국 DOE/EML의 Gamma Spectrometry Data Evaluation Program에서 사용한 다수의 인공방사성 핵종을 포함하는 두 개의 스펙트럼을 한국원자력안전기술원에서 각각 채널별로 계수율을 변경시켜 두 스펙트럼을 합성한 스펙트럼을 제공 받았다. 계측된 토양과 물 시료 그리고 스펙트럼 파일은 스펙트럼 분석용 프로그램(Aptec Co.)을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

전베타 방사능

Table 2는 1998년부터 2004년까지 필터와 물 시료 중 전베타 분석 결과를 나타내었다. 필터 시료인 경우는 모두 분석 값이 매우 우수하게 평가된 "A" 등급을 받아 신뢰할 수 있는 값을 보였으나, 물 시료인 경우도 1998년도에 "N" 등급과 1999년도에 "W" 등급으로 다소 신뢰하기 어려운 결과를 제외하고는 분석 값이 매우 우수하게 평가된 "A" 등급을 받았다.

이러한 것은 전베타 방사능 측정에 있어서 필터 시료는 전처리 과정이 필요 없어 알파 베타 계측기로 직접 측정하는 것으로 전처리로부터의 오차가 거의 발생하지 않았기 때문이며, 물 시료인 경우는 증발, 건고과정을 통하여 계측에 알맞은 시료형태로 제조하여 측정하기 때문에 시료를 증발 후 농축과정과 계측용 planchette로 옮겨 건조시키는 과정에서 시료의 손실 및 사용되는 용기의 흡착 등 전처리 과정에서의 오차가 발생한 것으로 생각된다. 또한 계측기의 효율교정에 KCl을 사용하는 경우 필터시료는 큰 영향을 보이지 않았으나, 물 시료인 경우는 전처리 과정에서 표준시료와 계측시료 간에 건고 형태가 균질하지 않아 기하학적 인자 차이가 나타났기 때문이라 사료된다.

전베타 방사능은 시료에서 방출되는 베타선 에너지 구분 없이 측정하는 것으로 방사성 핵종의 종류는 알 수 없으나 potassium과 uranium 등의 표준시료와 비교하여 총 방사능을 구함으로써 신속하게 이상 유무를 판단한 후 핵종분석 등과 같은 정밀 분석을 수행할 것인가를 판단하는 데에 아주 유용한 것이다. 그러므로 교차분석 결과를 통하여 전베타 방사능 측정의 효율 교정은 KCl 등과 같은 표준시료를 사용하여도 충분할 것이라고 생각된다.

감마핵종

Table 3은 1998년부터 2004년까지 토양 시료 중 <sup>40</sup>K와 <sup>137</sup>Cs의 방사능 농도를 분석한 결과를 나타내었다. 토양 시료인 경우 <sup>40</sup>K와 <sup>137</sup>Cs의 분석 값이 모두 매우 우수하게 평가된 "A" 등급을 받아 신뢰할 수 있는 값을 보였다.

토양 시료 중 <sup>40</sup>K은 천연핵종으로써 배경방사능에 대한 영향을 많이 받는 것이기 때문에 <sup>137</sup>Cs에 비해 다소 편차가 크게 나타났으나 신뢰도로부터 크게 벗어나지 않았다. 그러므로 이러한 결과는 토양과 효율 교정용 선원의 시료 매질에서 기인하는 감마선의 자체흡수(self absorption)에 대한 보정이 잘 이루어지고 있는 것으로 판단된다.

Table 2. Gross beta for the filter paper and water sample from 1998 to 2004

Year	A <sup>a)</sup>	B <sup>b)</sup>	C <sup>c)</sup>	D <sup>d)</sup>	E <sup>e)</sup>	F <sup>f)</sup>
1998	filter	1.58	1.67	0.95	0.90-1.10	A <sup>g)</sup>
	paper					
	water	2.82	4.54	0.62	0.85-1.15	N <sup>h)</sup>
1999	filter	1.38	1.47	0.94	0.90-1.10	A
	paper					
	water	10.81	13.99	0.77	0.85-1.15	W <sup>i)</sup>
2000	filter	0.984	0.965	1.02	0.90-1.10	A
	paper					
	water	22.2	19.6	1.13	0.85-1.15	A
2001	filter	1.75	1.73	1.01	0.90-1.10	A
	paper					
	water	43.7	44.4	0.98	0.85-1.15	A
2002	filter	0.859	0.877	0.98	0.90-1.10	A
	paper					
	water	36.6	39.6	0.92	0.85-1.15	A
2003	filter	0.590	0.606	0.97	0.90-1.10	A
	paper					
	water	15.5	17.1	0.91	0.85-1.15	A
2004	filter	0.875	0.852	1.03	0.90-1.10	A
	paper					
	water	12.5	13.6	0.92	0.85-1.15	A

a) sample matrix, b) reported value (Bq/filter or Bq/kg), c) reference value (Bq/filter or Bq/kg), d) the ratio of B to C, e) confidence interval, f) evaluation result, g) acceptable, h) not acceptable, i) acceptable with warning.

Table 4는 1999년부터 2004년까지 물 시료 중 방사성핵종의 방사능 농도를 분석한 결과이며, 2000년도에는 환경준위와 폐기물준위 시료를 분석한 결과를 나타내었다. 물 시료 중 방사능 분석 결과 2001년도와 2002년도 한 개의 핵종을 제외하고는 모두 분석 값이 매우 우수하게 평가된 "A" 등급을 받아 신뢰할 수 있는 값을 얻었지만 2001년도인 경우  $^{123m}\text{Te}$ 를  $^{46}\text{Sc}$ 로 잘못 오인하여 판단하였고, 2002년도에는 감마방출을 0.855 v/sec의 122.1 keV와 0.107 v/sec의 136.5 keV 두 개의 에너지를 방출하는  $^{57}\text{Co}$ 이 검출되었는데 방사능 농도는 20.1과 16.1 Bq/kg으로 에너지가 136.5 keV의 핵종을 잘못 오인하여 판단하였기 때문이라고 사료된다. 그러므로 여러 가지 에너지를 방출하는 핵종인 경우 감마방출율과 피크의 중첩 등과 같은

Table 3.  $^{40}\text{K}$  and  $^{137}\text{Cs}$  analysis for the soil from 1998 to 2004

Year	A <sup>a)</sup>	B <sup>b)</sup>	C <sup>c)</sup>	D <sup>d)</sup>	E <sup>e)</sup>	F <sup>f)</sup>
1998	$^{40}\text{K}$	292	298	0.98	0.90-1.10	A <sup>g)</sup>
	$^{137}\text{Cs}$	28.8	29.4	0.98	0.90-1.10	A
1999	$^{40}\text{K}$	542	558	0.97	0.90-1.10	A
	$^{137}\text{Cs}$	53.5	53.4	1.00	0.90-1.10	A
2000	$^{40}\text{K}$	189	198	0.95	0.80-1.20	A
	$^{137}\text{Cs}$	130	130	1.00	0.90-1.10	A
2001	$^{40}\text{K}$	330	341	0.97	0.85-1.15	A
	$^{137}\text{Cs}$	31.6	31.6	1.00	0.90-1.10	A
2002	$^{40}\text{K}$	185	191	0.97	0.85-1.15	A
	$^{137}\text{Cs}$	61.2	61.2	1.00	0.90-1.10	A
2003	$^{40}\text{K}$	896	849	1.06	0.85-1.15	A
	$^{137}\text{Cs}$	39.1	40.2	0.97	0.90-1.10	A
2004	$^{40}\text{K}$	222	237	0.94	0.85-1.15	A
	$^{137}\text{Cs}$	133	136	0.98	0.90-1.10	A

a) nuclides, b) reported value (Bq/kg), c) reference value (Bq/kg), d) the ratio of B to C, e) confidence interval, f) evaluation result, g) acceptable.

요인들을 잘 고려해야 될 것으로 생각된다.

Table 5는 1998년부터 2004년까지 스펙트럼 파일 중에 포함되어 있는 방사성핵종의 방사능 농도를 분석한 결과이며, 1998년도에는 기원이 다른 핵종들이 다수 들어있는 두 종류의 파일을 분석한 결과를 내었다. 스펙트럼 파일 중 방사능 분석 결과 1998년도와 2001년도에 몇몇의 핵종을 제외하고는 모두 분석 값이 매우 우수하게 평가된 "A" 등급을 받아 신뢰할 수 있는 값을 얻었다.

1998년도 낙진 기원의 파일인 경우  $^{141}\text{Ce}$ 은 신뢰도 값보다 다소 높은 값으로 분석이 되었고,  $^{134}\text{Cs}$ 은 핵종 판별을 하지 못했으며, 핵분열 생성물 기원의 파일에서는  $^{137}\text{Cs}$ 인 경우 약간 낮은 값이 분석 되었고,  $^{152\text{D}}\text{Eu}$ 와  $^{129}\text{I}$ 는 잘못 오인하여 검출된 것으로 판단하였다. 이러한 것은  $^{141}\text{Ce}$  경우 배경 방사능의 기여분을 제대로 빼주지 못했기 때문에 방사능 농도가 과대평가 되었으며,  $^{134}\text{Cs}$ 은 분석용 프로그램의 설정을 제대로 해주지 못했기 때문에 검출이 안 된 것으로 생각되어진다.  $^{137}\text{Cs}$ 인 경우는 핵실험 및 원자력 발전소 사고 등에 의하여 주

Table 4. Radionuclide analysis for the water from 1999 to 2004

Year	A <sup>a)</sup>	B <sup>b)</sup>	C <sup>c)</sup>	D <sup>d)</sup>	E <sup>e)</sup>	F <sup>f)</sup>
1999	<sup>109</sup> Cd	86.4	82.5	1.05	0.80-1.20	A <sup>g)</sup>
	<sup>57</sup> Co	0.907	1.10	0.82	0.80-1.20	A
	<sup>60</sup> Co	44.2	46.2	0.96	0.80-1.20	A
	<sup>134</sup> Cs	56.0	55.4	1.01	0.80-1.20	A
	<sup>40</sup> K	163	171	0.95	0.80-1.20	A
2000 (A)	<sup>109</sup> Cd	349	329	1.06	0.85-1.15	A
	<sup>57</sup> Co	3.52	3.42	1.03	0.80-1.20	A
	<sup>60</sup> Co	264	253	1.04	0.85-1.15	A
	<sup>137</sup> Cs	347	326	1.06	0.85-1.15	A
	<sup>110m</sup> Ag	123	121	1.02	0.80-1.20	A
2000 (B)	<sup>57</sup> Co	44.6	44.7	1.00	0.75-1.25	A
	<sup>58</sup> Co	18500	18300	1.01	0.90-1.10	A
	<sup>60</sup> Co	409	416	0.98	0.80-1.20	A
	<sup>51</sup> Cr	808	839	0.96	0.80-1.20	A
	<sup>134</sup> Cs	15.8	16.9	0.93	0.75-1.25	A
	<sup>137</sup> Cs	125	121	1.03	0.80-1.20	A
	<sup>54</sup> Mn	21.9	24.2	0.90	0.75-1.25	A
	<sup>124</sup> Sb	12.7	13.3	0.95	0.75-1.25	A
2001	<sup>110m</sup> Ag	4.31	4.40	0.98	0.80-1.20	A
	<sup>109</sup> Cd	105	97.6	1.08	0.85-1.15	A
	<sup>57</sup> Co	2.07	1.80	1.15	0.80-1.20	A
	<sup>58</sup> Co	119	123	0.97	0.90-1.10	A
	<sup>60</sup> Co	79.0	75.2	0.92	0.90-1.10	A
	<sup>137</sup> Cs	84.0	83.7	1.00	0.90-1.10	A
	<sup>124</sup> Sb	24.1	23.1	1.04	0.85-1.15	A
	<sup>125</sup> Sb	31.5	32.9	0.96	0.95-1.15	A
	<sup>46</sup> Sc	2.27	-	-	-	FP <sup>h)</sup>
	<sup>123m</sup> Te	-	3.21	-	0.80-1.20	ND <sup>i)</sup>

a) nuclides, b) reported value (Bq/kg), c) reference value (Bq/kg), d) the ratio of B to C, e) confidence interval, f) evaluation result, g) acceptable, h) false positive, i) not detected.

로 낙진(fallout) 형태로 환경에 존재하는 것으로 비교적 긴 반감기(30.2년)와 아주 강한 감마선(662 keV)를 방출하기 때문에 체내피폭을 평가하는데 아주 중요한 방사능 핵종으로써 분석에 있어 다른 핵종들보다 신뢰도 범위가 좁기 때문에 신중히 고려되어야 할 핵종인데 약간 차이로 인하여 평가가 낮게 나타난 것으로 판단된다. <sup>152m</sup>Eu와 <sup>129</sup>I인 경우는 분석자의 방사능 분석 경험 미숙으로 인한 판

Table 4. To be continued

Year	A <sup>a)</sup>	B <sup>b)</sup>	C <sup>c)</sup>	D <sup>d)</sup>	E <sup>e)</sup>	F <sup>f)</sup>
2002	<sup>109</sup> Cd	1020	1130	0.90	0.90-1.10	A <sup>g)</sup>
	<sup>139</sup> Ce	5.38	5.02	1.07	0.80-1.20	A
	<sup>57</sup> Co	16.1	21.5	0.75	0.85-1.15	N <sup>h)</sup>
	<sup>58</sup> Co	9.06	9.84	0.92	0.80-1.20	A
	<sup>60</sup> Co	459	483	0.95	0.90-1.10	A
	<sup>137</sup> Cs	480	499	0.96	0.90-1.10	A
	<sup>113</sup> Sn	9.13	9.10	1.00	0.80-1.20	A
2003	<sup>88</sup> Y	13.1	13.7	0.96	0.85-1.15	A
	<sup>241</sup> Am	601	552	1.09	0.90-1.10	A
	<sup>109</sup> Cd	2670	2600	1.03	0.90-1.10	A
	<sup>139</sup> Ce	90.1	93.2	0.97	0.90-1.10	A
	<sup>57</sup> Co	84.0	91.0	0.92	0.90-1.10	A
	<sup>60</sup> Co	552	549	1.01	0.90-1.10	A
	<sup>51</sup> Cr	471	478	0.99	0.90-1.10	A
	<sup>137</sup> Cs	500	512	0.98	0.90-1.10	A
	<sup>125</sup> Sb	648	651	1.00	0.90-1.10	A
	<sup>113</sup> Sn	292	298	0.98	0.90-1.10	A
2004	<sup>85</sup> Sr	235	251	0.94	0.90-1.10	A
	<sup>88</sup> Y	597	607	0.98	0.90-1.10	A
	<sup>110m</sup> Ag	2.20	2.62	0.84	0.80-1.20	A
	<sup>60</sup> Co	2.52	2.59	0.97	0.80-1.20	A
	<sup>134</sup> Cs	42.6	44.8	0.95	0.90-1.10	A
	<sup>137</sup> Cs	37.8	40.2	0.94	0.90-1.10	A
	<sup>125</sup> Sb	43.7	42.6	1.03	0.90-1.10	A

a) nuclides, b) reported value (Bq/kg), c) reference value (Bq/kg), d) the ratio of B to C, e) confidence interval, f) evaluation result, g) acceptable, h) not acceptable.

단에서 오인되어 판단되었으나 1999년도 이후에 계속적으로 DRI에 참여함으로써 분석능력이 향상되어 해결되었다.

2001년도에는 <sup>57</sup>Co의 분석 결과가 신뢰도 값으로부터 벗어난 결과를 보여줬는데, 이러한 것은 물 시료의 경우와 비슷하게 두개의 검출된 에너지를 잘못 판단하였기 때문이다. 하지만 물 시료와 달리 스펙트럼 파일의 경우에는 감마방출율이 높은 122.1 keV의 <sup>57</sup>Co로 판단한다면 <sup>152</sup>Eu와 <sup>154</sup>Eu의 피크가 중첩되어 과대평가되기 때문에 이런 경우에는 감마방출율이 낮은 136.5 keV의 피크를 가

Table 5. Radionuclide analysis in the spectrum file from 1998 to 2004

Year	A <sup>a)</sup>	B <sup>b)</sup>	C <sup>c)</sup>	D <sup>d)</sup>	E <sup>e)</sup>	F <sup>f)</sup>
1998 (FAL L)	<sup>7</sup> Be	6.13	6.00	1.02	0.80-1.20	A <sup>g)</sup>
	<sup>141</sup> Ce	0.231	0.180	1.28	0.80-1.20	W <sup>h)</sup>
	<sup>134</sup> Cs	-	0.210	-	0.80-1.20	ND <sup>i)</sup>
	<sup>137</sup> Cs	0.179	0.180	0.99	0.97-1.15	A
	<sup>95</sup> Nb	0.161	0.170	0.95	0.80-1.20	A
	<sup>210</sup> Pb	4.73	5.10	0.93	0.80-1.20	A
	<sup>103</sup> Ru	0.137	0.140	0.98	0.80-1.20	A
	<sup>125</sup> Sb	0.587	0.520	1.13	0.80-1.20	A
	<sup>95</sup> Zr	0.337	0.350	0.96	0.80-1.20	A
	1998 (FIS S)	<sup>57</sup> Co	3.90	4.00	0.98	0.72-1.08
<sup>60</sup> Co		2.99	3.00	1.00	0.80-1.20	A
<sup>137</sup> Cs		11.5	12.0	0.95	0.97-1.15	W
<sup>152</sup> Eu		8.26	8.30	1.00	0.80-1.20	A
<sup>154</sup> Eu		13.4	13.0	1.03	0.80-1.20	A
<sup>155</sup> Eu		6.07	6.00	1.01	0.80-1.20	A
<sup>152D</sup> Eu		39.3	-	-	-	FP
<sup>129</sup> I		9.42	-	-	-	FP
1999	<sup>144</sup> Ce	7.51	7.73	0.97	0.70-1.17	A
	<sup>57</sup> Co	10.6	10.9	0.97	0.73-1.12	A
	<sup>60</sup> Co	8.99	8.97	1.00	0.83-1.11	A
	<sup>134</sup> Cs	19.4	18.9	1.02	0.85-1.18	A
	<sup>137</sup> Cs	11.7	12.0	0.97	0.81-1.12	A
	<sup>54</sup> Mn	5.48	6.00	0.91	0.80-1.10	A
<sup>125</sup> Sb	13.6	12.9	1.05	0.78-1.11	A	

<sup>a)</sup> nuclides, <sup>b)</sup> reported value (Bq/kg), <sup>c)</sup> reference value (Bq/kg), <sup>d)</sup> the ratio of B to C, <sup>e)</sup> confidence Interval, <sup>f)</sup> evaluation result, <sup>g)</sup> acceptable, <sup>h)</sup> acceptable with warning, <sup>i)</sup> not detected, <sup>j)</sup> false positive.

지고 판단해야만 정확한 값을 얻을 수 있다고 생각되어진다.

그러므로 감마 방사능 분석은 전베타 방사능 분석과 달리 정확히 핵종을 판별한 다음 방사능 농도를 구해야 되기 때문에 효율교정이 잘 되어 있어야 함은 물론 효율교정에 있어 표준 선원과 계측시료 간에 시료 형태가 달라 기하학적 인자 차이가 나기 때문에 이를 잘 보정해 주는 것이 중요하며 또한, 분석자의 능력과 지식이 충분히 갖추어져 있어야만 핵종 판별을 정확히 할 수가 있다

Table 5. To be continued

Year	A <sup>a)</sup>	B <sup>b)</sup>	C <sup>c)</sup>	D <sup>d)</sup>	E <sup>e)</sup>	F <sup>f)</sup>
2000	<sup>141</sup> Ce	28.3	28.8	0.98	0.80-1.20	A <sup>g)</sup>
	<sup>57</sup> Co	4.49	4.80	0.94	0.75-1.25	A
	<sup>60</sup> Co	3.43	3.60	0.95	0.75-1.25	A
	<sup>134</sup> Cs	15.6	16.8	0.93	0.80-1.20	A
	<sup>137</sup> Cs	26.6	26.4	1.01	0.80-1.20	A
	<sup>152</sup> Eu	10.7	9.96	1.08	0.75-1.25	A
	<sup>154</sup> Eu	14.8	15.6	0.95	0.80-1.20	A
	<sup>155</sup> Eu	6.88	7.20	0.96	0.75-1.25	A
	<sup>125</sup> Sb	28.1	27.6	1.02	0.80-1.20	A
	<sup>65</sup> Zn	12.4	13.2	0.94	0.80-1.20	A
2001	<sup>57</sup> Co	41.1	25.2	1.63	0.85-1.15	N <sup>h)</sup>
	<sup>60</sup> Co	14.7	15.1	0.97	0.90-1.10	A
	<sup>136</sup> Cs	9.80	10.1	0.97	0.90-1.10	A
	<sup>137</sup> Cs	31.1	29.9	1.04	0.90-1.10	A
	<sup>152</sup> Eu	9.21	8.35	1.10	0.85-1.15	A
	<sup>154</sup> Eu	26.7	28.4	0.94	0.90-1.10	A
	<sup>54</sup> Mn	12.0	11.7	1.03	0.90-1.10	A
	<sup>125</sup> Sb	23.7	22.5	1.05	0.90-1.10	A
	<sup>65</sup> Zn	15.2	15.3	0.99	0.85-1.15	A
	2002	<sup>57</sup> Co	14.2	13.3	1.07	0.85-1.15
<sup>60</sup> Co		8.00	8.32	0.96	0.90-1.10	A
<sup>136</sup> Cs		5.43	5.37	1.01	0.85-1.15	A
<sup>137</sup> Cs		16.9	16.4	1.03	0.90-1.10	A
<sup>152</sup> Eu		4.58	4.46	1.03	0.80-1.20	A
<sup>154</sup> Eu		14.8	15.3	0.97	0.85-1.15	A
<sup>54</sup> Mn		6.52	6.40	1.02	0.90-1.10	A
<sup>125</sup> Sb		13.0	13.0	1.00	0.85-1.15	A
<sup>65</sup> Zn	8.22	8.06	1.02	0.85-1.15	A	

<sup>a)</sup> nuclides, <sup>b)</sup> reported value (Bq/kg), <sup>c)</sup> reference value (Bq/kg), <sup>d)</sup> the ratio of B to C, <sup>e)</sup> confidence Interval, <sup>f)</sup> evaluation result, <sup>g)</sup> acceptable, <sup>h)</sup> not acceptable.

## 종합 평가

Table 6은 1997년부터 2004년까지 8년 동안 DRI에 참가한 핵종별 분석 수 및 평가 결과를 나타내었다. 1997년도 처음 DRI에 참여하여 2004년도까지의 평가 결과를 <sup>3</sup>H와 <sup>90</sup>Sr를 제외하여 살펴보면, 분석 값 분포도가 매우 우수하게 평가된 "A" 등급이 점차 계속적인 DRI에 참여함으로써

Table 5. To be continued

Year	A <sup>a)</sup>	B <sup>b)</sup>	C <sup>c)</sup>	D <sup>d)</sup>	E <sup>e)</sup>	F <sup>f)</sup>
	<sup>7</sup> Be	20.4	18.0	1.13	0.85-1.15	A <sup>g)</sup>
	<sup>141</sup> Ce	24.1	24.5	0.98	0.90-1.10	A
	<sup>57</sup> Co	3.6†	4.00	0.90	0.85-1.15	A
	<sup>60</sup> Co	2.88	3.00	0.96	0.90-1.10	A
	<sup>134</sup> Cs	13.4	14.6	0.92	0.90-1.10	A
	<sup>137</sup> Cs	22.6	22.5	1.00	0.90-1.10	A
2003	<sup>152</sup> Eu	8.29	8.30	1.00	0.90-1.10	A
	<sup>154</sup> Eu	12.5	13.0	0.96	0.90-1.10	A
	<sup>155</sup> Eu	5.55	6.00	0.93	0.90-1.10	A
	<sup>96</sup> Nb	0.594	0.510	1.16	0.80-1.20	A
	<sup>103</sup> Ru	0.499	0.420	1.19	0.80-1.20	A
	<sup>125</sup> Sb	24.7	24.5	1.01	0.90-1.10	A
	<sup>65</sup> Zn	10.1	11.0	0.92	0.85-1.15	A
	<sup>141</sup> Ce	8.64	8.88	0.97	0.90-1.10	A
	<sup>57</sup> Co	11.2	10.7	1.05	0.90-1.10	A
	<sup>60</sup> Co	11.6	11.5	1.01	0.90-1.10	A
	<sup>136</sup> Cs	6.98	7.68	0.91	0.90-1.10	A
	<sup>137</sup> Cs	13.5	13.4	1.01	0.90-1.10	A
2004	<sup>152</sup> Eu	6.24	6.36	0.98	0.90-1.10	A
	<sup>154</sup> Eu	22.0	21.6	1.02	0.90-1.10	A
	<sup>54</sup> Mn	9.06	8.88	1.02	0.90-1.10	A
	<sup>96</sup> Nb	9.33	9.48	0.98	0.90-1.10	A
	<sup>125</sup> Sb	17.4	17.2	1.01	0.90-1.10	A
	<sup>65</sup> Zn	12.0	11.6	1.03	0.90-1.10	A

a) nuclides, b) reported value (Bq), c) reference value (Bq), d) the ratio of B to C, e) confidence interval, f) evaluation result, g) acceptable.

처음 1998년도에는 75.0%로 약간 낮은 결과를 보였으나, 최근에는 100%까지 평가 받았다. 그러므로 제주지역의 환경방사능 감시를 위한 신뢰도를 확보하였다.

### 요 약

본 자료는 1998년부터 2004년까지 DRI에 참여하여 제주지역의 환경방사능 감시를 위한 방사능 분석 기술의 능력 향상과 신뢰도를 확보하기 위하여 수행하였다. 전베타 방사능 분석 시료는 필터와 물이었으며, 감마 분석은 토양 시료 중 <sup>40</sup>K와 <sup>137</sup>Cs 그리고 물과 스펙트럼 파일 중 자연 및 인공 방사성 핵종이었다.

전베타 방사능 분석 값은 1998년과 1999년 물 시료를 제외하고는 모두 신뢰도 범위내의 값을 보였고 토양, 물 그리고 스펙트럼 파일 중 감마분석은 몇 개의 핵종을 제외하고는 대부분 매우 우수한 평가를 받았다. 최종적으로, 1998년도에서 2004년도까지의 평가 결과의 분포도는 1998년도에 75.0%에서 부터 최근에는 100%까지 평가 받았다.

그러므로 방사선 이상사태로부터 원자력 안전에 대한 제주지역의 환경방사능 감시를 위한 신뢰도를 확보하여 유사시 자체적으로 방사능을 분석할 수 있는 능력을 함양하였다.

Table 6. DRI evaluation for the all samples from 1998 to 2004

Year	Number of analysis					Evaluation (%)				
	Gamma	Gross β	<sup>90</sup> Sr	<sup>3</sup> H	Total	A <sup>a)</sup>	W <sup>b)</sup>	N <sup>c)</sup>	ND <sup>d)</sup>	FP <sup>e)</sup>
1998	18	2	-	-	20	75.0	10.0	5.00	5.00	5.00
1999	14	2	-	1	17	93.8	6.25	-	-	-
2000	25	2	-	2	29	100	-	-	-	-
2001	20	2	2	1	25	86.4	-	4.55	4.55	4.55
2002	19	2	2	1	24	95.2	-	4.76	-	-
2003	26	2	2	-	30	100	-	-	-	-
2004	18	2	-	-	20	100	-	-	-	-

a) acceptable, b) acceptable with warning, c) not acceptable, d) not detected, e) false positive, notice : reevaluation except for <sup>90</sup>Sr and <sup>3</sup>H.

## 참고문헌

1. Betti, M., de las Heras, L. A., 2004. Quality assurance for the measurements and monitoring of radioactivity in the environment. *Journal of Environmental Radioactivity* 72, 233-243.
2. Erickson, M.D., 1997. EML Procedures Manual, HASL-300, 28th ed. US Department of Energy, New York.
3. Oropesa, P., Hernandez, A., Gutierrez, R., 2000. Technical factors of quality management in gamma-ray spectrometry of environmental samples. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 243, No. 3, 809-816.
4. Parr, R.M., Fajgelj, A., Dekner, R., Vera Ruiz, H., Carvalho, F.P., Povinec, P.P., 1998. IAEA analytical quality assurance programmes to meet the present and future needs of developing countries. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 360, 287-290.
5. Povinec, P.P., Pham, M.K., 2001. IAEA reference materials for quality assurance of marine radioactivity measurements. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 248, No. 1, 211-216.
6. Vianna, M.E., Tauhata, L., Oliveira, J.P., Garcia, L.C., da Conceicao, C.S., Clain, A.F., 1995. Quality of radionuclide analysis in environmental samples. *The Science of the Total Environment* 173-174, 15-18.
7. Woods, M.J., Jerome, S.M., Dean, J.C.J., Perkin, E.M.E., 1996. A Review of NPL Environmental Radioactivity Measurement Intercomparison Exercises: 1989-95. *Applied Radiation and Isotopes* 47, Vol. 47, No. 9/10, 971-979.
8. 한국원자력안전기술원, 1997-2004. 국내 방사능 교차분석 결과보고서.