

제주도산 패류에 함유되어 있는 방사능

오 윤 근 · 류 성 필
제주대학교 환경공학과
(2006년 7월 11일 접수; 2006년 7월 15일 채택)

The Radioactivity in Shellfish on the Jeju Island

Youn-keun Oh and Seong-Pil Ryu

Department of Environmental Engineering, Cheju national University, Jeju 690-756, Korea
(Manuscript received 11 July, 2006; accepted 15 July, 2006)

To examine inshore radioactive contamination caused by nuclear power plants, nuclear testing, hospital and laboratory, both gross β -radioactivity and γ -spectrometry were measured. The measurements were taken with the Abalone and Top shell, which had been collected from the four different sites at the coast in Jeju-do (Seongsan, Deajeong, Wimi, Dodu).

The activity ranges of concentration were respectively 0.11~0.29 Bq/kg-wet for ^{90}Sr , 0.01~0.04 Bq/kg-wet for ^{137}Cs , 36~53 Bq/kg-wet for ^{40}K in shellfish on the Jeju island.

The radioactivities of ^{90}Sr , ^{137}Cs and ^{40}K were similar to those in sampling location of shellfish in the coastal on the Jeju island. The radioactivity of ^{90}Sr for the Abalone was lower level than that for Top shell. The radioactivity of ^{137}Cs for the Abalone was similar to that for the Top shell. But the radioactivity of ^{40}K for the Abalone was higher level than that for the Top shell.

As a result, the gross β -radioactivity observed was similar to that in nature. Among radionuclides, only ^{90}Sr , ^{137}Cs and ^{40}K were detected in a very small amount, and each was also close to the natural levels.

Key Words : Abalone, Top shell, Gross β -radioactivity, ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{40}K

1. 서 론

최근 세계적으로 원자력 발전의 증가에 따른 방사성 폐기물 등의 오염물질과 핵 실험에 의한 방사성 강하물질이 해양에 유입되면 이들은 필연적으로 해양생태계를 직·간접적으로 오염시킨다. 이들 방사성 오염물질은 해양생물의 체표에 부착되거나, 먹이사슬을 통하여 흡수되므로 체내에서 축적되어진다.

우리가 생활하는 환경 중에 존재하는 방사성 핵종은 우주선과 지각방사선에 기인한 천연방사성 핵종과 핵실험 및 원자력 발전소 사고 등에 의해서 환경에 존재하게 된 인공 방사성 핵종들로 크게 구분될 수 있다. 천연 방사성 핵종과 인공 방사성 핵종 중 대표적인 것은 ^{40}K 과 ^{137}Cs 이 있으며, ^{40}K 은 천연

칼륨 중 하나이고 인체에 필수 원소이나, ^{137}Cs 는 핵 실험 및 원자력 발전소 사고 등에 의하여 주로 낙진 형태로 환경에 존재하는 것으로 비교적 긴 반감기(30.2년)와 아주 강한 감마선(662 keV)을 방출하기 때문에 체내피복을 평가하는데 아주 중요한 방사능 핵종이다. 특히, 핵실험 및 원자력 발전소 사고 등에 의해 대기에 분포된 방사능 핵종들은 낙진 형태로 대기에 떠다니다가 기상 환경의 변화에 의해서 대지나 해양으로 떨어져 토양에 흡착되거나 해수에 녹아 존재하게 된다^{1,2)}.

방사성 핵종은 해수 중에 극히 미량으로 존재하므로 해수자체 분석을 통하여 해수 중의 함량을 측정하는 것은 극히 어렵거나 불가능 할 정도이다. 그러므로 간접적인 오염평가 수단으로 패류 중의 함량분석이 주로 이용되어지고 있다^{3,4)}.

우리나라에서도 원자력발전소의 보유수와 발전량이 점차 증가하고 있어 방사성 물질에 의한 환경오염의 위험성도 높아지고 있다. 특히, 우리나라와 같

Corresponding Author : Seong-Pil Ryu, Department of Environmental Engineering, Cheju national University, Jeju 690-756, Korea
Phone: +82-64-754-3441
E-mail: rsp0404@naver.com

이 어패조류(魚貝藻類) 등의 각종 해산물이 식품으로서 큰 비중을 차지하고 있는 경우 이들 해산물을 대상으로 방사성 오염물질의 정도를 파악할 목적으로 현재의 방사성 핵종 ^{90}Sr , ^{137}Cs 및 ^{40}K 의 background level를 조사연구 할 필요가 있다^{5,6)}.

환경 중 방사능 핵종에 관한 연구로 Djingova와 Kuleff⁷⁾이 불가리아 원자력 발전소 주변 농산물 시료(양파, 배추, 감자, 고추, 포도)와 Gomaa 등⁸⁾과 Bardran 등⁹⁾이 이집트들의 섭취하는 식품류의 밀, 시금치, 감자, 오렌지, 양파, 호박과 고구마 시료 중 ^{137}Cs 와 ^{40}K 의 방사능 핵종에 대한 연구 보고가 있다. Haselwandter¹⁰⁾는 버섯류가 방사능 핵종의 축적이 잘 된다고 보고하였고, Eckl 등¹¹⁾은 버섯류 품종과 재배 매질에 따라 영향을 받는다고 하였다. Wang 등¹²⁾은 태국에서 16개종의 버섯류 중 ^{137}Cs 와 ^{40}K 방사능 농도를 조사한 결과 각각 MDA이하(Less than minimum detectable activity)~7.3 Bq/kg-dry과 MDA이하~1,230 Bq/kg-dry라고 보고하였고, Muramatsu¹³⁾등도 일본에서 25종의 버섯류에 대하여 방사능 핵종에 대하여 연구 보고하였다.

Yu 등¹⁴⁾에 연구 결과에 의하면 홍콩에서 섭취하는 6개 종류의 어류 중 ^{137}Cs 와 ^{40}K 방사능의 농도 범위는 각각 0.01~0.19 Bq/kg-fresh과 41.2~111 Bq/kg-fresh로 보고하였다.

또한 우리나라와 일본의 연안에서의 패류 중의 환경 방사능 조사 연구 결과 우리나라의 고리인 경우 ^{137}Cs 와 ^{40}K 는 각각 0.04 Bq/kg-wet와 122 Bq/kg-wet, 제주도인 경우 ^{137}Cs 와 ^{40}K 는 각각 0.03 Bq/kg-wet와 64 Bq/kg-wet로 조사 되었고, 일본의 Genkai인 경우 ^{137}Cs 와 ^{40}K 는 각각 0.04 Bq/kg-wet와 37 Bq/kg-wet로 조사 보고하였다¹⁵⁾. 그리고 Kim 등¹⁶⁾은 한국산 수산물의 방사능 오염에 관한 연구 결과에서 ^{137}Cs 와 ^{40}K 방사능 농도는 어류인 경우 각각 MDA이하~0.63 Bq/kg-fresh과 0.70~145 Bq/kg-fresh이었고, 패류는 MDA이하~0.22 Bq/kg-fresh과 5.44~114 Bq/kg-fresh, 해조류는 MDA이하~0.10 Bq/kg-fresh과 16.7~459 Bq/kg-fresh로 보고하였다.

제주지방 환경방사능 감시 조사에 의하면 토양 중의 ^{137}Cs 와 ^{40}K 방사능의 농도 범위는 각각 4.29~4.60 mBq/kg-fresh과 456~473 Bq/kg-fresh로 조사 되었고, 쌀인 경우 ^{137}Cs 와 ^{40}K 방사능의 농도 범위는 각각 7.21 mBq/kg-fresh과 25.4 Bq/kg-fresh, 채소류인 경우 ^{137}Cs 와 ^{40}K 방사능의 농도 범위는 각각 MDA이하~141 mBq/kg-fresh과 35.0~125 Bq/kg-fresh로 조사되었다¹⁷⁾.

그러나 이에 대한 연구로 제주도 연안에서 생산량이 많고 유용한 패류인 전복, 소라에 대한 환경 방사능에 관한 조사 연구가 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 제주도 연안산 중 대표적으로 식용되고 있는 패류 중 전복과 소라를 대상으로 하여 이들이 함유하고 있는 전베타(Gross Beta) 방사능 및 방사성 핵종 ^{90}Sr , ^{137}Cs 및 ^{40}K 를 조사하여 이들이 식품중 방사능 잠정허용기준치(한국식품공업학회)에 의거 고찰하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시료 채취 및 분석 방법

시료 채취 지점은 Fig. 1과 같이 제주도 전연안의 대표되는 동서남북의 4개 연안(성산, 대정, 위미, 도두)에서 2003년 7월에 채취하여 조사하였다.

시료로 사용할 전복과 소라의 연령 차이에서 오는 농도 변화를 극소화하기 위하여 패각의 크기가 6 cm~8 cm되는 시료만을 각각의 조사지점에서 습중량 약 10 kg씩 채취하였다.

각 조사 지역의 전복과 소라 시료 6개씩 식용부 위만을 취하여 흐르는 물에 세척한 후 증류수로 세척한 다음 생체 중량을 측정 한 후 blender에 넣고 약 10분간 균질화 시킨 다음 건조기에 넣어 90℃에서 2일간, 그리고 150℃에서 약 2시간 정도 건조시켰다. 건조된 시료를 회화용 도가니에 담아 300℃에서 3시간 정도의 탄화단계를 거친 후 450℃이내에서 24시간 이상에 걸쳐 회화단계를 거치는 순서로 가능한 한 완전 회화와 불꽃에 의한 시료의 손실을 없도록 하였다. 특히 ^{137}Cs 의 손실을 막기 위하여 전기로 온도가 450℃를 넘지 않도록 주의하였다.

2.2. 기기분석

2.2.1. 전베타 방사능 분석

전베타 방사능 측정은 Series 5 XLB(OXFORD) 기기를 가지고 다음과 같은 절차에 따라 측정하였다. 먼저 시료의 종류, 시료의 중량을 기록하고, 기체 유입형 비례계수관인 경우 P-10(Ar 90% + CH₄)

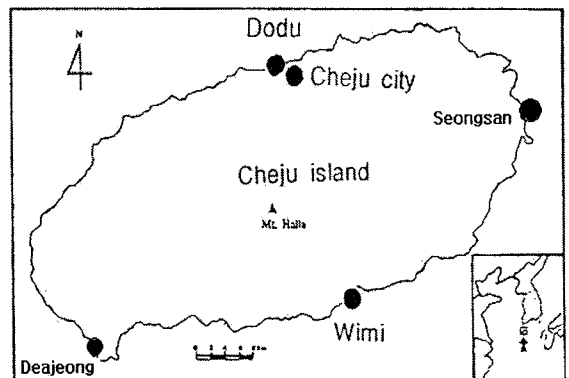


Fig. 1. Sampling location of shellfish in the coastal environment on the Jeju island.

10%) 검출기체의 흐름량을 확인·조정하였다. 그리고 계수 장치의 작동상태가 정상인지의 여부를 확인한 후 시료가 없는 빈 planchet을 넣고, 빈 planchet에 background 측정용 filter를 놓고 background를 60분간 측정후, 시료가 담긴 planchet를 넣어 60분간 측정하였다. 마지막으로 시료 측정이 모두 끝난 후에 또 다시 background를 60분간 측정하고 처음 background 값과 평균을 취하였다.

이와 같이 측정한 시료의 계수율로부터 background 계수율을 빼서 참계수율(net cpm) 및 표준편차를 다음 식으로 구하였다.

$$N \pm \Delta N = \left(\frac{N_t}{T_t} - \frac{N_b}{T_b} \right) \pm \sqrt{\frac{N_t}{T_t^2} + \frac{N_b}{T_b^2}} \quad (1)$$

- 여기서 N : 시료의 참계수율(net cpm)
- ΔN : 표준편차(standard deviation)
- N_t : 시료의 전계수값
- T_t : 시료의 측정시간
- N_b : background 계수값
- T_b : background 측정시간(분)

최종적인 결과는 계수기 효율교정(Efficiency calibration) 실험으로 구한 계측 효율 및 시료량으로 나누어 단위질량당 방사능을 계산하였다.

핵종이 불명인 시료에 대한 방사능 절대치를 매초당 붕괴율(dps) 또는 Bq단위로 정확하게 구하는 것은 원리적으로 불가능하다. 그러나 시료의 상호비교를 통한 검출기의 검출효율을 결정하는 일은 가능하기 때문에 ^{40}K 방사능과 비교하는 방법을 사용하여 측정값을 보정하였다. 시료에 대한 계측 효율은 염화칼륨(KCl)을 mortar를 이용하여 분말로 만든 다음 일정량(25~2000 mg)을 시료 접시에 담고 소량의 아세트산을 가해 현탁시킨 후 시료 접시를 서서히 흔들어서 KCl이 시료 접시에 균일하게 분포되도록 만든 다음 서서히 건조시킨 후 측정하여 계측 효율을 결정하였다.

KCl 시료의 방사능 $N_k(\text{dpm})$ 은 다음 식으로 계산하였다. 즉 순도 99%의 KCl 1 mg당 베타입자 방출율이 0.887 dpm이 되므로 $N_k = 0.887 \times W$ (W : KCl의 중량, mg)가 된다. 이 때 계측 효율($\text{Eff}_{.k}$)에 대한 계산은 아래와 같은 방법으로 하였다.

$$\text{Eff}_{.k} = \frac{(n_k - n_b)}{N_k} \times 100 \quad (2)$$

여기서 $\text{Eff}_{.k}$ 는 계수효율을 백분율(%)로 나타낸 값이며, n_k 는 KCl 교정시료의 전계수율(cpm)이다. n_b 는 background 계수율(cpm)이며, N_k 는 앞서 설명한 KCl 교정시료의 방사능(dpm)이다.

2.2. 핵종 분석

감마 핵종 분석을 위해 건조시키고 화학하여 분쇄한 시료를 U-8용기에 충전하여 파라필름으로 용기뚜껑을 밀봉하고 시료 순 무게 및 시료 높이를 측정후 고순도게르마늄 검출기(ORTEC)를 이용하여 72시간 동안 계측하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 전베타 방사능

패류는 해양환경의 방사능 축적여부를 판단하는 매우 중요한 지표로서 특히 일정한 장소에 서식하므로 환경시료로서의 가치가 매우 크다고 하겠다.

제주도의 동서남북의 대표되는 성산, 대정, 위미 및 도두 연안에서 해양동물 중 이동이 매우 느리고 생산량이 많으며 유용한 패류인 전복과 소라를 선택하여 전베타 방사능 농도를 분석한 결과는 Table 1과 같다.

실험 결과 전 베타 방사능의 농도는 전복인 경우 45.14~49.64 Bq/kg-wet으로 나타났으며, 소라인 경우는 40.32~45.37 Bq/kg-wet의 범위를 나타내어 지역간의 차이는 거의 보이지 않았고 전복이 소라보다 약간 높은 준위를 나타내었다.

원자력 발전소 부지 주변 환경방사능 조사 및 평가보고서(한국전력공사, 2003)에 발표된¹⁸⁾(Table 2) 바와 같이 고리 원전의 비교 지점인 대승 연안산의 소라에 대한 전베타 방사능 농도는 100.71~126.91 Bq/kg-wet으로 제주도 연안산인 소라와 비교하여 보면 제주도산인 소라가 훨씬 저준위를 나타내었다.

3.2. 감마핵종 방사능

전베타 방사능 분석지점과 동일한 4개 지점에서 전복과 소라를 채취하여 감마 핵종(^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{40}K)을 고순도 게르마늄 검출기로 측정후 결과는 Table 3과 같다.

전복의 ^{90}Sr 방사능 농도는 0.11~0.22 Bq/kg-wet의 범위를 나타내었고, 소라의 ^{90}Sr 방사능 농도는

Table 1. Gross β -counts in shellfish at each spots in Jeju island, Korea (2003) (Unit : Bq/kg-wet)

Sampling point	Species	Result
Seongsan	Abalone	48.26±1.16
	Topshell	40.32±1.18
Daejeong	Abalone	46.53±1.03
	Topshell	42.46±1.24
Wimi	Abalone	45.14±1.89
	Topshell	41.57±1.36
Dodu	Abalone	49.64±1.09
	Topshell	45.37±1.24

Table 2. Gross β -counts in turban shell at each spots in Gori, Korea (2003)¹⁸⁾ (Unit : Bq/kg-wet)

Point	Half-yearly	
	First half of the year	Latter half of the year
Intake of water	90.79±3.46	86.14±3.49
Outlet of water	102.67±3.66	123.13±4.08
Deasong	126.91±4.04	100.71±3.74

Table 3. Radionuclide Concentration in shellfish at each spots in Jeju island, Korea(2003) (Unit : Bq/kg-wet)

Sampling point	Species	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Seongsan	Abalone	0.11±0.2	0.03±0.1	38±1
	Topshell	0.14±0.2	0.04±0.1	36±1
Daejeong	Abalone	0.22±0.2	0.02±0.1	40±1
	Topshell	0.28±0.2	0.02±0.1	39±1
Wimi	Abalone	0.17±0.2	0.01±0.1	41±1
	Topshell	0.24±0.2	0.04±0.1	39±1
Dodu	Abalone	0.21±0.2	0.04±0.1	53±1
	Topshell	0.29±0.2	0.04±0.1	42±1

0.14~0.29 Bq/kg-wet의 범위를 나타내어 조사지역 간의 차이는 거의 보이지 않았으며, 소라가 전복보다 약간 높은 준위를 나타내었다. 그리고 전복의 ¹³⁷Cs 방사능 농도는 0.01~0.04 Bq/kg-wet의 범위를 나타내었고, 소라의 ¹³⁷Cs 방사능 농도는 0.02~0.04 Bq/kg-wet의 범위를 나타내어 조사지역간의 차이는 거의 보이지 않았으며, 소라가 전복보다 약간 높은 준위를 나타내었다.

전국환경방사능 조사(한국원자력안전기술원, 2000, 2001)^{19,20)} 보고서에 발표(Table 4)한 바와 같이 패류(굴, 대합, 홍합)의 ¹³⁷Cs 방사능 농도 0.01~0.06 Bq/kg-wet와 비교하여 보면 거의 비슷한 수준의 준위를 나타내었다.

그리고 우리나라의 식품 중 방사능 잠정 허용 기준(Table 5)²¹⁾과 비교하여 보면 무시 할 수 있을 정도의 낮은 준위를 나타내고 있음을 알 수 있다.

인공 방사능 핵종인 ¹³⁷Cs가 극미량으로 검출된 것은 1956년대 이후 전 지구적으로 실시된 대기권 내 핵실험의 잔존물로 평가된다.

전복의 ⁴⁰K 방사능 농도는 38~53 Bq/kg-wet의 범위를 나타내었고, 소라의 ⁴⁰K 방사능 농도는 36~42 Bq/kg-wet의 범위를 나타내어 조사지역간의 차이는 거의 보이지 않았으며, 전복이 소라보다 약간 높은 준위를 나타내었다.

전국환경방사능 조사 결과는 Table 4에 나타낸

Table 4. Radionuclide Concentration in shellfish at each spots in Korea (2000, 2001)^{19,20)}

Sampling point	Species	2000		2001	
		¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		Bq/kg-wet		Bq/kg-wet	
Seoul	Oyster	0.02	53.4	0.02	25.7
	Littleneck	0.02	47.7	0.02	40.9
	Sea mussel	0.03	26.9	0.02	53.0
Chuncheon	Oyster	0.04	57.3	0.04	67.3
	Littleneck	0.06	91.1	0.06	51.2
	Sea mussel	0.03	50.8	0.03	55.0
Daejeon	Oyster	0.02	42.1	0.02	49.5
	Littleneck	0.03	69.7	0.02	65.4
	Sea mussel	0.02	61.7	0.01	36.1
Gunsan	Oyster	0.03	51.4	0.03	46.3
	Littleneck	0.03	58.8	0.03	73.3
	Sea mussel	0.04	61.4	0.02	49.2
Gwangju	Oyster	0.03	75.7	0.03	62.3
	Littleneck	0.02	65.3	0.02	77.7
	Sea mussel	0.05	52.7	0.03	62.3
Daegu	Oyster	0.03	69.8	0.03	65.3
	Littleneck	0.04	99.4	0.03	107.0
	Sea mussel	0.03	104.0	0.03	56.3
Busan	Oyster	0.03	37.6	0.03	64.2
	Littleneck	0.03	57.0	0.02	77.2
	Sea mussel	0.02	35.0	0.02	69.4
Jeju	Oyster	0.01	39.6	0.02	47.0
	Littleneck	0.03	52.3	0.02	47.9
	Sea mussel	0.02	52.3	0.03	58.9
Ganleug	Oyster	0.02	47.3	0.02	47.0
	Littleneck	0.01	39.0	0.01	41.6
	Sea mussel	0.02	44.3	0.02	42.8
Andong	Oyster	0.01	31.1	0.01	25.8
	Littleneck	0.02	47.3	0.02	35.8
	Sea mussel	0.01	35.1	0.01	56.8

Table 5. The standard of tentative permission to radiation on food²¹⁾

Nuclide	Food	Standard (Bq/kg, L)
¹³¹ I	Milk, Processed food from milk	150
	The rest food	300
¹³⁴ Cs + ¹³⁷ Cs	All food	370

바와 같이 패류(굴, 대합, 홍합)의 ⁴⁰K 방사능 농도는 25.7~107.0 Bq/kg-wet로서 대구에서 시료를 채집한 경우 ⁴⁰K 방사능 농도는 107.0 Bq/kg-wet로

조사되어 가장 높은 준위를 나타내었으며, 그 외 지역의 시료는 패류의 종류에 다소 차이가 있지만 같은 종류의 시료인 경우 상호 비슷한 준위를 보이고 있다.

4. 결 론

최근 세계적으로 원자력 발전의 증가와 방사성 폐기물의 증가로 방사성 물질에 의한 환경오염의 위험성이 높아지고 있어 그 오염여부를 평가하고 background level를 조사 연구할 필요가 있다. 따라서 제주도 동서남북의 대표되는 4 지역의 연안에서 생산량이 많고 유용한 전복, 소라에 대한 식품으로서의 안정성을 평가할 목적으로 전베타 방사능과 방사성 핵종 ^{90}Sr , ^{137}Cs 및 ^{40}K 를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 전베타 방사능 농도는 전복과 소라에서 40.32~49.64 Bq/kg-wet의 범위로 거의 비슷한 농도를 나타내었다.
- 2) 감마핵종인 ^{90}Sr 은 0.11~0.29 Bq/kg-wet의 범위로 나타났으며, ^{137}Cs 는 0.01~0.04 Bq/kg-wet의 범위로 나타나 우리나라의 식품 중 방사능 잠정허용기준치 이하로 무시할 수 있을 정도의 낮은 준위를 나타내었다. 또한 ^{40}K 은 36~53 Bq/kg-wet의 범위를 나타내었다.
- 3) 감마 핵종(^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{40}K)은 제주도 연안의 조사지역간의 차이는 거의 보이지 않았으며, ^{90}Sr 은 전복이 소라보다 약간 낮은 준위를 나타내었고, ^{137}Cs 은 전복과 소라가 거의 비슷한 준위를 나타내었으며, ^{40}K 은 전복이 소라보다 약간 높은 준위를 나타내었다.
- 4) 제주도 연안에서 생산되는 전복과 소라의 방사성 물질의 축적 현상은 나타나지 않았으며, 식품 중 방사능 잠정허용기준이하로서 무시할 수 있을 정도의 낮은 준위를 나타내고 있음을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 제주대학교 발전기금 학술연구지원사업의 연구비로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- 1) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic radiations, 1982, Ionizing radiations: Sources and biological Effects, United nations, New York, pp.11-23.
- 2) International Commission on Radiological Protection, 1978, Radionuclide release into the

environment: Assessment of doses to man, ICRP Publication 29, Pergamon press, Oxford, 2-10.

- 3) Goldberg, E. D., V. T. Bowen, G. Harvey and J. H. Martin, 1980, Radioactivity in the Marine Environment, National Academy of science, washington, D.C., 137pp.
- 4) Koide, M., D. S. Lee and E. D. Goldberg, 1982, Metal and transuranic records in mussel shells byssal threads and tissues, Estuarine Coastal and Shelf Science 15, 679-695.
- 5) 한국에너지 연구소, 1986, 방사성 핵종 분석, KAERI/MR-103/85, 88pp.
- 6) 한국원자력안전기술원, 2004, 전국환경방사능조사, pp.3-4.
- 7) Djingova, R. and I. Kuleff, 2002, Concentration of caesium-137, cobalt-60 and potassium-40 in some wild and edible plants around the nuclear power plant in bulgaria, Journal of Environmental Radioactivity 59, 61-73.
- 8) Gomaa, M. A., A. T. Abdel fattach, M. W. Essa and R. M. K. El-Shinawy, 1995, Radioactivity in foodstuffs in Egypt, Appl. Radiat. Isot., 46(6-7), 607-608.
- 9) Badran, H. M., T. Sharshar and T. Elnimer, 2003, Levels of ^{137}Cs and ^{40}K in edible parts of some vegetables consumed in Egypt, Journal of Environmental Radioactivity 67, 181-190.
- 10) Haselwander, K., 1978, Accumulation of the radioactive nuclide ^{137}Cs in fruitbodies of basidiomycetes, Health Physics 34, 713-715.
- 11) Eckl, P., W. Hofmann and R. Turk, 1986, Uptake of natural and man-made radionuclides by lichens and mushrooms, Radiation and Environmental Biophysic 25, 43-54.
- 12) Wang, J. J., C. J. wang, S. Y. Lai and Y. M. Lin, 1998, Radioactivity concentrations of ^{137}Cs and ^{40}K in basidiomycetes collected in Taiwan, Appl. Radiat. Isot., 49(1-2), 29-34.
- 13) Muramatsu, Y., S. Yoshida and M. Sumiya, 1991, Concentrations of radiocesium and potassium in basidiomycetes collected in Japan, The Science of the Total Environment 105, 29-39.
- 14) Yu, K. N., S. Y. Mao, Young, E. C. M. and M. J. Stokes, 1997, A study of radioactivities

- in six types of fish consumed in Hong Kong, Appl. Radiat. Isot., 48(4), 515-519.
- 15) Oh, Y. K., 1994, A comparative on environmental radioactivity in shelfish inhabiting the coasts of Korea and Japan, J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters 188(5), 313-321.
- 16) Kim, W. J., C. N. Lim and K. J. Jung, 1998, Radioactive contamination of the coastal marine product of Korea, Bull. Yosu Nat'l. Univ., 13(2), 917-927.
- 17) 한국원자력안전기술원, 2005, 제주지방 환경방사능 감시조사, pp.52-61.
- 18) 한국전력공사, 2003, 원자력발전소부지주변 환경방사능 조사 및 평가보고서, pp.62-78.
- 19) 한국원자력안전기술원, 2001, 전국환경방사능조사, pp.125-211.
- 20) 한국원자력안전기술원, 2000, 전국환경방사능조사, pp.127-218.
- 21) 한국식품공업학회, 1997년, 식품공전, 65pp.