

伊方町周辺における環境放射能

菅 忠明 友岡美智代

Environmental Radioactivity in Ikata

Tadaaki KAN, Michiyo TOMOOKA

The environmental radioactivity was surveyed in and around Ikata-cho from April, 1999 to March, 2000, then the results were compared with the data of past three years. And the change of the radioactive material after 1986 (Chernobyl Accident) was considered. As a result, gross β , concentration of ^{131}I , rate of air dose and integral dose of an environmental sample were all limited to the data of past three years. The concentration of ^{90}Sr in soil was maximum of about 20 Bq/kg · dry soil around 1985, however, it is decreasing to a few Bq/kg · dry soil recently. And the concentration of ^3H in inland water that was about 4-8 Bq/l in several years after the nuclear test in China in 1980, has been decreasing gradually after that. Because of the nuclear power plant disaster, ^{137}Cs was detected in all of the environmental samples picked in Ikata and Matsuyama. Furthermore, regional differences were recognized on every sample, and it was considered that the cause of them were due to the characteristic of every radioactive nuclide, the difference of emission height of radioactive material, the weather conditions and geographical feature at diffusion after the emission.

Keyword: gross β , rate of air dose, integral dose, ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H

はじめに

愛媛県では、伊方原子力発電所周辺の環境放射線監視の一環として、西宇和郡伊方町及び松山市において、昭和 51 年度から大気浮遊じん、農産食品などの環境試料について全ベータ放射能、核種分析、空間放射線量率、積算線量を調査している。結果については随時取りまとめて報告し、これまでに、降下物の季節変動が特異なこと¹⁾、中国の核実験の後放射性核種の増加がみられ影響は約 1 年間続いたこと²⁾、旧ソ連のチェルノブイリ原発事故においても降下物中の核種の増加がみられ継続調査が必要であること³⁾、降水中の ^3H 濃度は昭和 52 年を最高に平成 2 年までは徐々に減少していること⁴⁾などが明らかにされてきた。その後も同様調査を継続し、今回平成 11 年度までの調査結果を取りまとめた。調査結果を考察することにより、昭和 61 年の旧ソ連の原発事故以後の環境における放射線と放射性物質の水準や分布の長期変動を把握することが出来たのでその結果の一部を報告する。

調査方法

調査は、予期しない放射性物質の放出による周辺環境影響の早期把握、原子力施設に起因する放射性物質又は放射線による周辺住民等の線量当量を推定・評価し、年線量限度を十分下回っていることの確認、環境における放射線と放射性物質の水準や分布の長期変動の把握などを目的とした「伊方原子力発電所周辺の安全確保及び環境保全に関する協定書」に基づく発電所周辺環境放射線等調査と、フォールアウトに対する環境放射能水準調査(旧科学技術庁委託)から成り、調査対象、測定方法及び測定装置は以下のとおりである。

なお、農・海産物、土壌などの全ベータ放射能、 ^{90}Sr 、 ^{131}I 、 ^3H 、 ^{137}Cs 濃度、空間放射線量率及び積算線量については平成 11 年度の結果を過去 3 年間と比較し、降下物中の放射性核種については昭和 54 年以降の推移を考察した。

1. 調査対象

表 1 に調査対象地域、試料および項目について示した。

2. 測定方法

試料の採取、前処理及び測定は、科学技術庁の放射能測定法⁵⁾と「放射能環境調査実施要領(平成 11 年度)」⁶⁾

表1 調査対象

調査の種類	調査地域	調査対象	調査項目
発電所周辺 環境放射線等調査	伊方町, 松山市	大気浮遊じん, 降下物, 陸水, 土壌, 農産食品, 海水, 海底土, 海産生物	全ベータ放射能濃度, ⁹⁰ Sr, ¹³¹ I, ³ H, ¹³⁷ Cs 濃度, ⁴⁰ K 濃度, 空間放射線量率, 積算線量
環境放射能水準調査	松山市及びその周辺町, 伊方町	降下物, 土壌, 農産食品, 牛乳, 日常食	¹³⁷ Cs, ⁴⁰ K 濃度

に準じて行った。

3. 測定装置

1) 全ベータ放射能

○低バックグラウンド放射能自動測定装置
(アロカ LBC-472, アロカ LBC - 4202)

2) 核種分析

○高純度 Ge 半導体検出器
(キャンベラ GC - 3019)

○低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタ
(アロカ LSC - LB5)

3) 空間放射線量率

○NaI(Tl)シンチレーション検出器
(アロカ ND - 471CV, アロカ MAR - 15)

○加圧型電離箱検出器
(アロカ RIC - 328)

○NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ
(アロカ TCS - 166)

4) 積算線量

○TLD
(ナショナル UD - 200S)

表2 全ベータ放射能調査結果

試料名	採取場所	検体数	放射能濃度(含 ⁴⁰ K)				単位	
			平成11年度		前年度まで 過去3年間の値			
			最低値	最高値	最低値	最高値		
大気浮遊じん	伊方町九町越公園	4	10	28	9	47	mBq/m ³	
	松山市	4	44	180	21	300		
降下物	伊方町九町越公園	12	6	21	2	26	Bq/m ² ・月	
	松山市	12	3	24	2	23		
陸水	河川水	伊方町九町新川	4	14	32	ND	43	mBq/l
土壌	0 ~ 10 cm	伊方町九町越他	12	200	350	200	380	Bq/kg乾土
農産食品	みかん(可食部)	伊方町他	10	26	37	30	46	Bq/kg生
	みかん(表皮)	伊方町他	10	35	64	37	81	
植物	野菜	伊方町	9	87	230	87	240	Bq/kg生
	松葉	伊方町	1	60		64	82	
海	水	伊方町平碁沖	4	18	36	18	42	mBq/l
	海底土	伊方町平碁沖	8	230	310	150	400	
海産生物	魚類(可食部)	伊方町九町越沖	8	94	120	85	130	Bq/kg生
	魚類(可食部外)	伊方町九町越沖	8	54	75	54	73	
	無脊椎動物	伊方町九町越沖	8	19	71	20	100	
	海藻類	伊方町九町越沖	8	250	410	100	470	

(注) 未知試料の放射能N ± ΔNにおいて、N ≤ 3 ΔNのとき「ND」と表示した。
海水の測定値は、40Kを除いている。

結果及び考察

1. 環境試料及び降下物の全ベータ放射能

環境試料の全ベータ放射能の測定では、放射性核種の同定は出来ないが、それぞれの放射性核種からのベータ線の合計値が迅速に判明するため、放射能のレベルを知るには有効な測定法と考えられている。表2には、環境試料の全ベータ放射能調査結果を示したが、これによるとどの試料も、平成11年度の最低値、最高値は全て過去3年間の最低値、最高値の範囲内であり、変動の幅が縮まっている。

表3には、大型水盤による降下物試料中の全ベータ放射能調査結果を示した。月間降下量は季節により僅かな差がみられ、伊方町、松山市とも10~12月が少なく、1~6月に増加する傾向がみられる。この傾向は松浦ら¹⁾の報告とほぼ同じであり、原因としては、黄砂現象に代表される偏西風による大陸からの埃の飛来が影響していると考えられるが、一般に云われている11月から1月にかけて最小となる傾向⁷⁾とは異なっている。なお、過去の最高値は、チェルノブイリ原発事故直後の昭和61年

表3 降下物試料中の全ベータ放射能調査結果

採取年月	伊方町九町越公園		松山市	
	降水量(mm)	月間降下量(Bq/m ²)	降水量(mm)	月間降下量(Bq/m ²)
11年4月	93.0	8	77.0	14
5月	134.5	11	128.0	8
6月	396.0	15	462.5	17
7月	151.0	6	210.0	9
8月	255.5	8	145.0	4
9月	212.5	17	173.0	4
10月	52.0	6	76.5	6
11月	65.5	7	64.5	3
12月	21.5	6	25.0	5
12年1月	84.0	21	73.0	15
2月	40.5	11	31.5	8
3月	129.5	17	118.0	24
年間値	1635.5	6~21	1584.0	3~24
前年度までの過去3年間の値		2~26		2~23

(注) 降水量の年間値は、12ヵ月分の合計値である。

5月の伊方町における440Bq/m²(松山:140Bq/m²)である。

2. 環境試料の放射性核種分析

表4には放射化学分析による⁹⁰Srの分析結果を示した。全ベータ放射能と同様、平成11年度の結果は過去3年間と比較してほとんど変化はない。なお、伊方周辺の土壌中の⁹⁰Sr濃度は昭和55年頃高濃度で推移し、最高20Bq/kg乾土程度であった⁸⁾が、現在は数Bq/kg乾土まで減少している。このことから、表層土壌中の⁹⁰Srは半減期を28年程度とする崩壊のみでなく、降雨など自然的要因などによりかなり減少していると推測される。

表4 放射化学分析結果

試料名	採取場所	検体数	⁹⁰ Sr濃度				単位	
			平成11年度		前年度まで過去3年間の値			
			最低値	最高値	最低値	最高値		
降下物	伊方町九町越公園	2	ND	0.048	ND	0.062	Bq/m ² ・月	
	松山市	2	ND	0.065	ND	0.050		
陸水	河川水	伊方町九町新川	1	0.29	0.69	0.94	mBq/l	
土壌	0~10cm	伊方町九町越他	3	0.80	3.0	1.3	5.8	Bq/kg乾土
農産食品	野菜	伊方町	1	0.14	0.21	0.36	Bq/kg生	
海水		伊方町平磐沖	4	1.5	2.1	0.96	2.5	mBq/l
海底土		伊方町平磐沖	8	ND	ND	0.49	Bq/kg乾土	
海産生物	魚類(可食部)	伊方町九町越沖	1	ND	ND		Bq/kg生	
	魚類(可食部外)	伊方町九町越沖	1	ND	ND	0.031		
	無脊椎動物	伊方町九町越沖	1	ND	ND			
	海藻類	伊方町九町越沖	2	0.020	0.061	0.029		0.14

(注) 未知試料の放射能N±ΔNにおいて、N<3ΔNのとき「ND」と表示した。

3. 農産試料などの¹³¹I濃度

自然環境中の¹³¹Iは、主として核実験や原発事故に由来する放射性核種である。また、¹³¹Iは半減期が約8日間と短く、過去の放射能汚染の影響を長期に亘って調査するには適していないが、事故などの数日間の環境汚染を調べる指標としてはよく利用されている。表5には¹³¹I濃度の分析結果を示したが、平成11年度及び過去3年間のいずれも環境試料中から検出されていない。なお、昭和61年5月には杉葉から23Bq/Kg生の¹³¹Iが検出されており⁹⁾、これも、チェルノブイリ原発事故の影響と思われる。

表5 ¹³¹I分析結果

試料名	採取場所	検体数	¹³¹ I濃度 (Bq/kg生)		
			平成11年度	前年度まで過去3年間の値	
農産食品	みかん(可食部)	伊方町	3	ND	ND
	みかん(表皮)	伊方町	3	ND	ND
	野菜	伊方町	9	N	ND
植物	松葉	伊方町	1	ND	ND
	杉葉	伊方町	4	ND	ND
海産生物	海藻類 全体	伊方町九町越沖	1	ND	ND

(注) 未知試料の放射能N±ΔNにおいて、N<3ΔNのとき「ND」と表示した。

4. 陸水・海水における³H濃度

表6には³Hの分析結果を示した。平成11年度には陸水中から検出されているが過去3年間と比べて下回っている。なお、陸水の³H濃度は、昭和51年の測定開始から、最後の大気圏内核実験があった昭和55年の数年後まで、4~8Bq/l程度の値を示していた⁴⁾が、その後

徐々に減少し、現在は1Bq/l程度あるいはそれ以下となっており、そのほとんどが宇宙線による生成と推測¹⁰⁾される。なお、海水については、昭和51年から平成11年度まで核実験やチェルノブイリ原発事故の影響はみられず検出下限値以下である。

表6 ³H分析結果

試料名	採取場所	検体数	³ H濃度 (Bq/l)				
			平成11年度		前年度まで過去3年間の値		
			最低値	最高値	最低値	最高値	
陸水	降水	伊方町九町越公園	12	ND	0.77	ND	1.2
		松山市	12	ND	0.86	ND	1.5
	河川水	伊方町九町新川	4	ND	0.70	ND	0.74
海水	伊方町平磐沖	4	ND			ND	

(注) 未知試料の放射能N±ΔNにおいて、N<3ΔNのとき「ND」と表示した。

5. Ge半導体検出器を用いた核種分析結果

表7には、Ge半導体検出器を用いた環境試料中の¹³⁷Csの分析結果を示した。¹³⁷Csは⁹⁰Srと同様人工放射性核種の代表的なもので、半減期も約30年と長く過去の核実験や原発事故の影響を調査する際の指標としてよく用いられている。農産食品、植物、海産生物などの環境試料中の平成11年度の¹³⁷Cs濃度は、過去3年間と比較して同程度あるいはそれ以下である。また、伊方町と松山市の比較では土壌、野菜のように両者に差がないかあるいは伊方町の方が濃度が高い試料がある反面、日常食のように松山市の方が高濃度の試料もあり、このような試料毎の地域差の傾向は過去の結果¹¹⁾と同じである。さらに、西宇和郡特産のみかん(皮)は、伊方町及びその周辺市町で毎年10検体の分析を継続してきたが、表8に示したように昭和61年のチェルノブイリ原発事故以後平成2年頃までは大半の地点で¹³⁷Csを検出していたのに対し、ここ数年は数地点で検出限界をわずかに超えて検出するのみとなっている。

表7 ゲルマニウム半導体検出器による核種分析結果

試料名	採取場所	検体数	¹³⁷ Cs濃度				その他検出された人工放射性核種	単位
			平成11年度		前年度まで過去3年間の値			
			最低値	最高値	最低値	最高値		
大気浮遊じん	伊方町九町越公園	4	ND	ND			mBq/m ³	
	松山市	4	ND	ND				
降下物	伊方町九町越公園	12	ND	ND	0.072		Bq/m ² ・月	
	松山市	12	ND	0.046	ND	0.084		
陸水	河川水	伊方町九町新川	4	ND	ND		mBq/l	
	蛇口水	松山市	2	ND	ND			
土壌	0~10cm	伊方町九町越他	12	2.6	34	3.3	43	Bq/kg乾土
	0~5cm5~20	松山市	2	34	10	27		
穀類(精米)	松山市	1	ND	ND			Bq/kg生	
農産食品	みかん(可食部)	伊方町他	10	ND	0.0079	ND	0.024	Bq/kg生
	みかん(表皮)	伊方町他	10	ND	0.014	ND	0.054	
農産食品	野菜	伊方町	9	ND	0.056	ND	0.082	Bq/kg生
	野菜	松山市	2	ND	ND	0.029		
植物	松葉	伊方町	1	ND	ND	0.043		Bq/kg生
	杉葉	伊方町	8	ND	0.025	ND	0.043	
牛乳	松山市	4	ND	ND			Bq/l	
日常食	松山市	2	0.019	0.019	0.039			Bq/人・日
	伊方町	2	0.012	0.015	0.01	0.021		
海水	伊方町平磐沖	4	2.1	3.2	2.2	3.4	mBq/l	
海底土	伊方町平磐沖	8	0.94	1.3	0.54	1.7		Bq/kg乾土
	伊方町九町越沖	8	0.069	0.2	0.042	0.2		
海産生物	魚類(可食部)	松山市沖	1	0.12	0.16	0.17		Bq/kg生
	魚類(可食部外)	伊方町九町越沖	8	ND	0.11	ND	0.14	
	無脊椎動物	伊方町九町越沖	8	ND	0.030	ND	0.034	
	海藻類	伊方町九町越沖	8	ND	0.11	ND	0.12	

(注) 未知試料の放射能N±ΔNにおいて、N<3ΔNのとき「ND」と表示した。

表8 みかん表皮部における¹³⁷Cs 検出地点数と濃度

測定年度	検出地点数	最高値(Bq/kg生)	最低値(Bq/kg生)
昭和62年度	10	0.20	0.048
昭和63年度	9	0.0023	0.00083
平成元年度	7	0.069	0.020
平成2年度	6	0.058	0.022
平成3年度	3	0.050	0.033
平成4年度	3	0.11	0.023
平成5年度	2	0.022	0.017
平成6年度	3	0.034	0.019
平成7年度	1	0.034	0.034
平成8年度	1	0.046	0.046
平成9年度	1	0.054	0.054
平成10年度	1	0.041	0.041
平成11年度	1	0.014	0.014

図1及び図2には、昭和54年から伊方町、松山市の降下物中の放射性核種の推移を示した。現在では、伊方町、松山市のいずれも¹³⁷Csが検出されるのみであり、その他の核種は検出されていない。昭和55年には中国で核実験が昭和61年にはチェルノブイリ原発事故が起こっており、中国の核実験では⁹⁵Zrが、また、チェルノブイリ原発事故では¹³⁷Csが最も多く検出されている。⁹⁵Zrと¹³⁷Csの違いは、同じ放射性物質の放出であっても核実験とチェルノブイリ原発事故では放射性物質が放出された高度が大きく異なること、高沸点で不揮発性酸化物となる⁹⁵Zrの場合は近傍に降下するのに対し、低沸

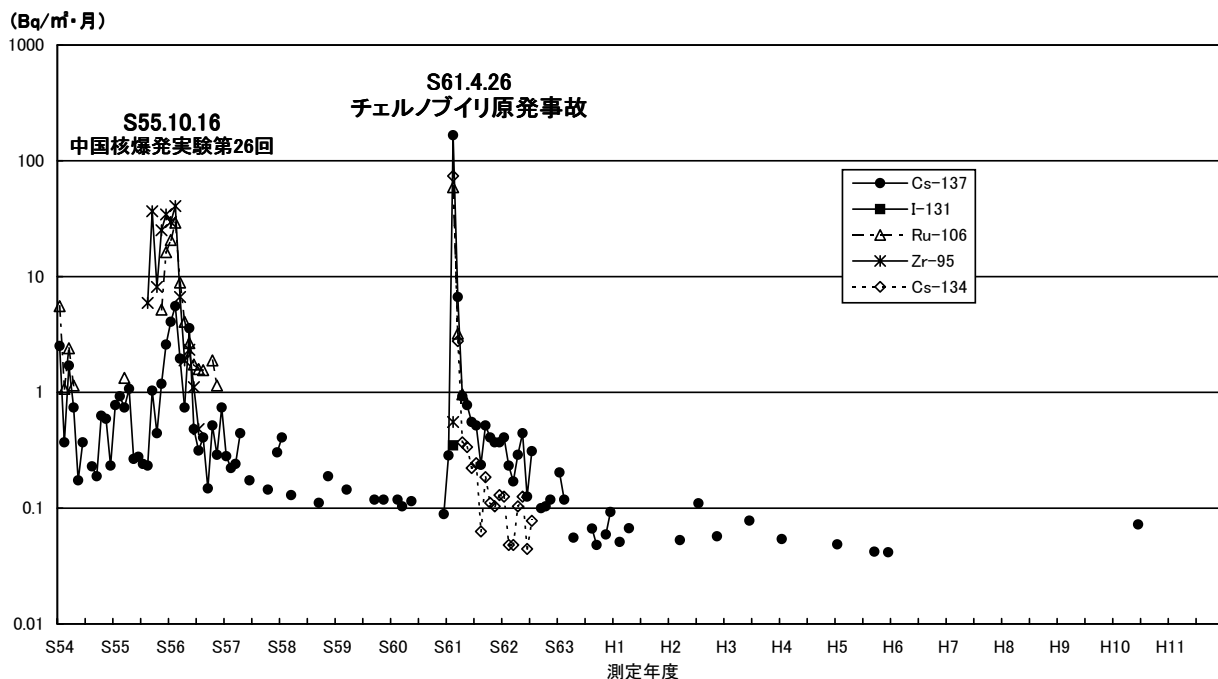


図1 降下物中の放射性核種の推移〔伊方町九町越公園〕

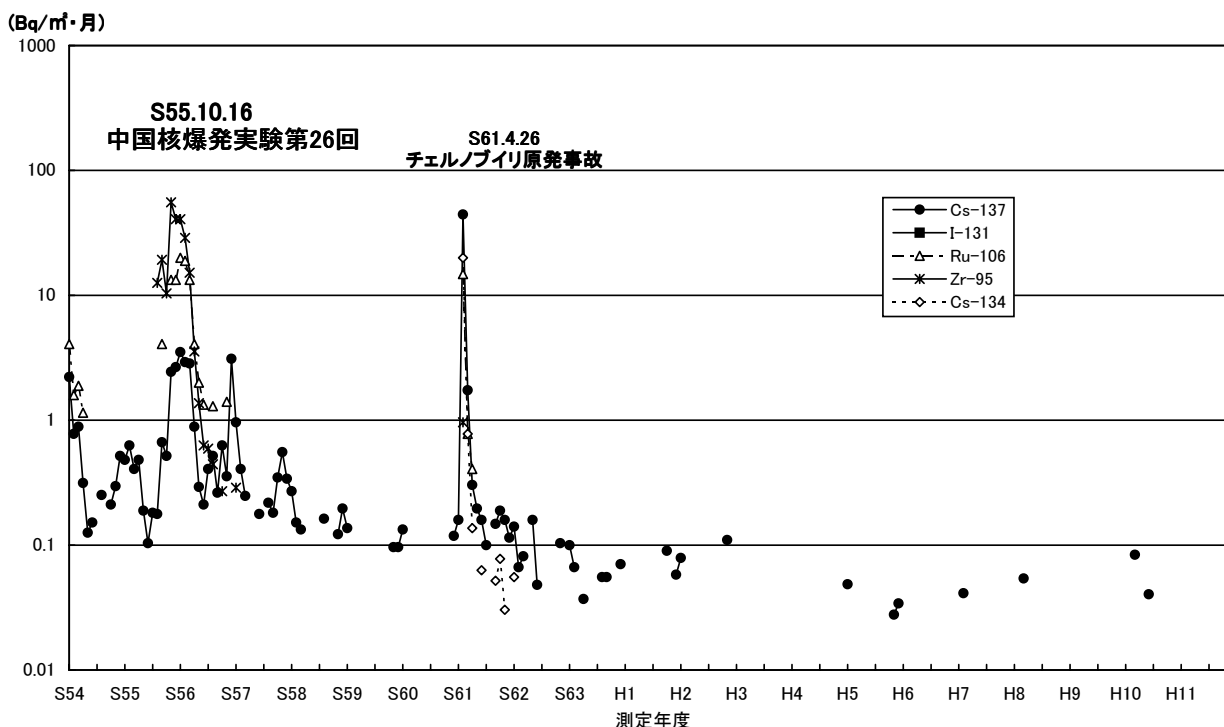


図2 降下物中の放射性核種の推移〔松山市（愛媛県立衛生環境研究所）〕

表9 空間放射線量率測定結果

測定地点	モニタリングステーション			モニタリングポスト									サーバイメータ	
	伊方町九町越公園			伊方町湊浦			伊方町九町			松山市			松山市	伊方町等7地点
測定器	NaI(Tl)シンチレーション (nGy/h)			加圧型電離箱 (nGy/h)			加圧型電離箱 (nGy/h)			NaI(Tl)シンチレーション (cps)			NaI(Tl)シンチレーション (nGy/h)	
区分	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均		
11年4月	15	46	17	49	66	51	55	82	57	19	23	20	84	20～81
5月	15	42	17	49	64	51	54	75	57	19	23	20	83	20～76
6月	15	48	19	50	66	53	56	79	59	19	24	20	83	22～79
7月	15	37	17	50	61	52	55	72	57	19	22	20	83	22～78
8月	15	52	17	49	67	52	55	82	58	19	24	20	82	23～76
9月	15	39	16	49	62	51	56	74	58	19	23	20	83	21～74
10月	15	29	16	49	57	51	56	67	58	19	23	20	83	21～79
11月	15	29	17	49	58	51	55	69	58	19	22	20	84	19～67
12月	15	33	17	48	65	50	55	76	57	19	23	20	83	22～75
12年1月	15	46	18	48	72	51	55	83	58	19	25	20	85	22～82
2月	15	36	17	49	63	51	55	73	58	19	24	20	84	20～83
3月	15	54	18	49	66	51	55	85	58	19	24	20	83	21～76
年間値	15	54	17	48	72	51	54	85	58	19	25	20	82～85	19～83
前年度まで過去3年間の値	12	64	17	45	81	50	49	89	57	19	30	20	80～89	19～83

点で揮発性の高い¹³⁷Csは遠距離まで飛散する結果、中国での核実験では、⁹⁵Zr、¹³⁷Csが検出され、チェルノブイリ原発事故では⁹⁵Zrがほとんど検出されないという違いが生じたと推測できる。伊方町と松山市での結果を比較すると、中国の核実験では、爆発地点が空中で行われ、比較的日本に近かったのに対し、チェルノブイリ原発事故の場合は、核種とその放射能濃度に大差はないものの、遠距離でしかも核実験より低い位置からの拡散であったことから、その後の気象状況や地形に大きく左右されたと推測できる。日本規模での汚染は、日本海側が大きく、西日本地域では低いという報告³⁾があるが、伊方町と松山市においても、その位置の違いによる差はわずかではあるが認められ、事故発生後の¹³⁷Csの減少の仕方は伊方町より松山市の方が早い。なお、この理由については、地形の違いおよび、それに基づく微気象的要因と考えられるが、詳細については今後の検討としたい。

6. 空間放射線量率

表9には、愛媛県モニタリングステーション、モニタリングポスト及びサーバイメータによる平成11年度の空間放射線量率測定結果を示した。これによると、同一地点での測定値の年間変動はほとんどなく、過去3年間と比較してもほとんど差は認められない。このことから、空間放射線量率は自然環境中の天然放射性核種によるものと判断できる。また測定器の種類の違いについては、加圧型電離箱での結果がNaIシンチレーションでの測定値より高く、これは宇宙線寄与分が約30nGy/h加算されている結果¹²⁾であり、この値を差し引くと伊方町内での両測定器による空間放射線量率にはほとんど差が認められない。

なお、伊方町と松山市を比較して、松山市での測定値が高い理由は地質によるものと考えられ、矢野らの報告¹³⁾にあるように⁴⁰K寄与分が大きいと判断している。

7. 積算線量

表10には、モニタリングポイント(31地点)における積算線量の測定結果を示した。平成11年度の四半期毎の測定値は、すべてのポイントにおいて過去3年間の範囲内である。また、前述の空間放射線量率の結果と同様、松山市の積算線量率が数十nGy/h高いのは、⁴⁰Kの影響¹³⁾と思われる。

表10 積算線量測定結果(TLD)

(単位: μGy/91日)

測定地点	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	前年度まで過去3年間の値
伊方町等30地点	85～145	83～141	89～148	89～148	80～153
松山市 1地点	202	193	206	211	198～219

まとめ

伊方原子力発電所周辺の環境放射線監視の一環として行っている、発電所周辺環境放射線等調査とフォールアウトに対する環境放射能水準調査(科学技術庁委託)について平成11年度までの調査結果を取りまとめ、昭和61年の旧ソ連の原発事故以後の環境における放射線と放射性物質の水準や分布の長期変動を考察した。

その結果、

1. 環境試料の全ベータ放射能は、平成11年度の最低値、最高値は全て過去3年間の最低値、最高値の範囲内であり、変動の幅も縮まっている。
2. 農産試料などの¹³¹Iは、平成11年度及び過去3年間いずれの環境試料中からも検出されなかった。
3. 平成11年度の空間放射線量率および積算線量は、過去3年間と比較してもほとんど差は認められなかった。
4. 環境試料中の⁹⁰Srの濃度は、昭和60年頃最高

20Bq/kg乾土程度であったが、現在は数Bq/kg乾土まで減少している。

5. 陸水の³H濃度は、昭和55年の中国核実験の数年後まで4～8Bq/l程度の値を示していたが、その後徐々に減少し現在は1Bq/l程度以下で推移している。

6. 環境試料中の¹³⁷Csは、伊方町と松山市のいずれからも検出されるが、試料毎に地域差がみられ、この原因は¹³⁷Csが放出された高度が異なること、および拡散にあたっての気象状況や位置、地形が大きく作用していると推測した。

文 献

- 1) 松浦榮美ほか：愛媛県公害技術センター所報，4，28～31（1982）
- 2) 松浦榮美ほか：愛媛県公害技術センター所報，6，44～47（1984）
- 3) 矢野隆司ほか：愛媛県公害技術センター所報，8，42～47（1986）
- 4) 篠崎由紀ほか：愛媛県公害技術センター所報，11，43～45（1989）
- 5) 科学技術庁：放射能測定法シリーズ1～23（昭和52年度及び平成2年度版）
- 6) 文部科学省：環境放射能水準調査委託実施計画書（平成11年度）
- 7) 原子力安全委員会：環境放射線モニタリング指針
- 8) 愛媛県：伊方原子力発電所周辺環境放射線等調査結果（昭和62年度），（1988）
- 9) 愛媛県：伊方原子力発電所周辺環境放射線等調査結果（昭和61年度），（1987）
- 10) 日本化学会編：放射性物質，149（1976）
- 11) 愛媛県：伊方原子力発電所周辺環境放射線等調査結果（平成7年度），（1996）
- 12) 水口定臣ほか：愛媛県公害技術センター所報，5，38～41（1983）
- 13) 矢野隆司ほか：愛媛県公害技術センター所報，8，38～41（1986）