

ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故による
放射能降下物の沖縄県への影響調査について
(I-131, Cs-137, 全ベータ放射能濃度について)

金城 義勝 長嶺 弘輝
比嘉 尚哉 上江洲 求
大山 峰吉 宮国 信栄

The observations of fallout in Okinawa from the
reactor accident at Chernobyl
(Concentration of I-131, Cs-137 and Gross beta radioactivity)

Yoshikatsu KINJO, Kouki NAGAMINE,
Naoki HIGA, Motomu UEZU,
Minekichi OYAMA and Sinei MIYAGUNI

I はじめに

1986年4月26日ソビエト連邦ウクライナ共和国のチェルノブイリ原子力発電所で、4号炉建屋が損壊し減速材の黒鉛が燃焼すると共に大量の放射性物質が環境中に放出される事故が起きた。

4月28～29日にかけてスウェーデン、デンマーク等の近隣諸国で異常放射線、放射能が検出され一部の飲食物に対して摂取制限が行われたことが報道され、これを受けて本邦でも科学技術庁に放射能対策本部が設置された。

本県でも放射能対策本部の調査協力依頼により30日から放射性降下物による環境への影響、並びに飲食物摂取制限の確認調査を行ったので結果を報告する。

II 分析方法

1. 調査対象試料

放射性降下物の出現時期、影響の度合を知るためにモニタリングポストによる空間ガンマ線の計数率(空間線量率)、浮遊塵、雨水、降雨のない日は水盤法で降下塵を採取し分析した。

また、今回の事故ではI-131が大量に放出され問題になっていることから飲料水(源水、蛇口水、天水)、牛乳、野菜、および海藻を採取しGe(Li)検出器での核種分析を行った。

2. 試料の処理、および調整

(1) 浮遊塵はハイボリューム・エアーサンプル

で、ワットマンEPM 1000ガラスマイクロファイバーフィルタを使用して24時間大気を吸引した。

フィルタは定時(午前9時)に交換した。

(2) 雨水、源水、天水は各2 を目安にDOWEX 50W×8, DOWEX 1×2のカラムに通した後、両樹脂を混合してU-8プラスチック容器に詰め核種分析試料とした。

(3) 牛乳(原乳、市販乳)、蛇口水は3ℓマリネ容器に入れ直接Ge(Li)検出器で分析した。

(4) 葉菜類(主としてセンダン草を採取し、その他、ヨモギ、カラシナ、キャベツ、ホウレン草、松葉を調査した。)、海藻は恒温乾燥器により80°Cで乾燥した後、粉末にしてU-8容器に詰め分析試料とした。

また、センダン草については、洗浄によるI-131の除染効果を見るために、食品衛生試験法(洗浄剤の使用基準)に従い洗浄した試料と未洗浄試料とに分けて除染率を調べた。

(5) 使用測定器

a. モニタリングポスト aloka MSR-151W

b. GM測定装置 aloka JDC-113

GM管 aloka GM-HLB-2501

c. Ge(Li)半導体検出器 CANBERRA 7229

波高分析器 CANBERRA 8180

d. ハイボリューム エアーサンプラー

愛知時計 APT-AT-S

(6) 測定時間

a. Ge(Li) 半導体検出器での測定時間は 3000 sec を原則とした。

但し、5月1～8日頃の浮遊塵試料については核種同定のため 10000～80000 sec 測定した。

III 調査結果、及び考察

試料の採取場所、試料名を図-1に示す。現在一部の地域では雨水を貯水槽に溜めて、飲料水として使用している事から天水と雨水を区別した。ここで言う天水とは貯水槽から採取した試料である。

雨水、浮遊塵、降下塵の全ベータ放射能濃度、及びモニタリングポストによる調査期間中の空間線量率推移を図-2～3に、今回特に問題となった I-131, Cs-137 の分析結果を図-4～7、表-1～4に示す。

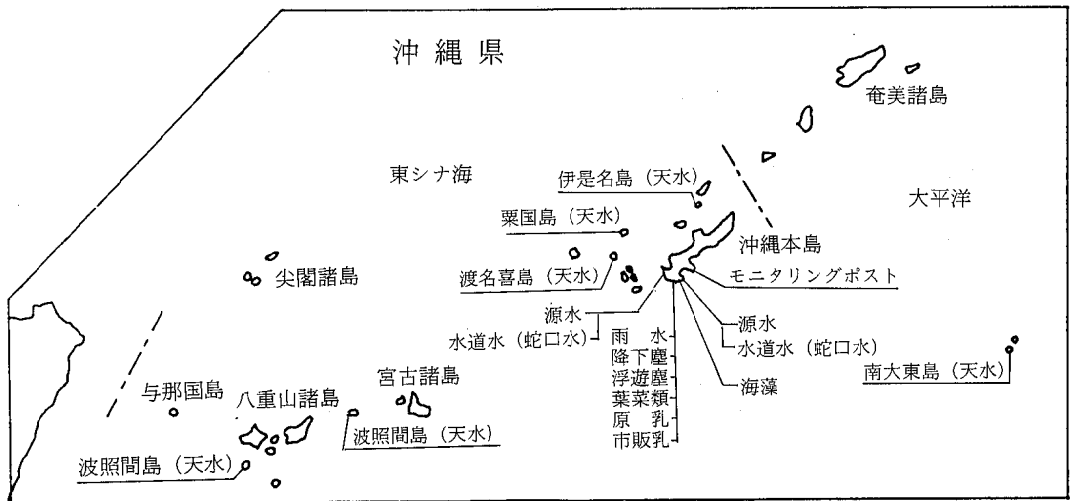


図-1 試料採取地点

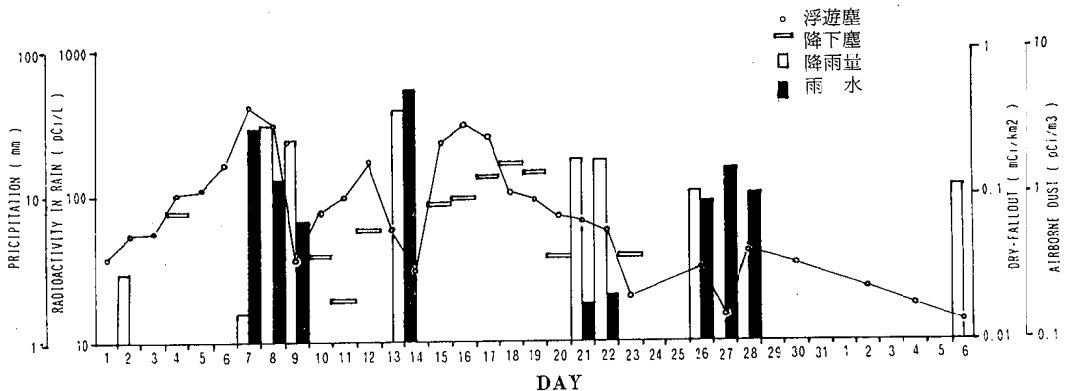


図-2 雨水、降下じん、浮遊塵中の全ベータ放射能濃度

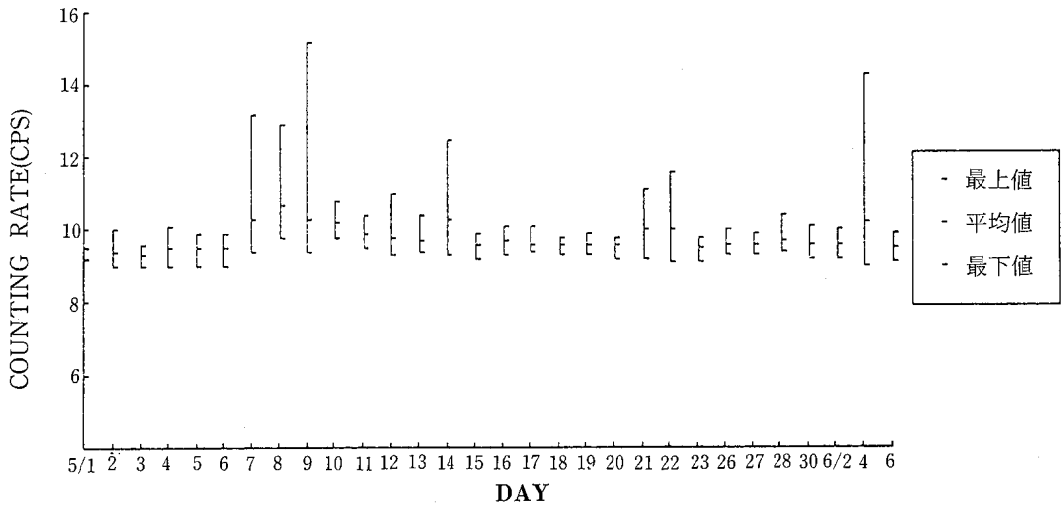


図-3 モニタリングポストによる空間線量率

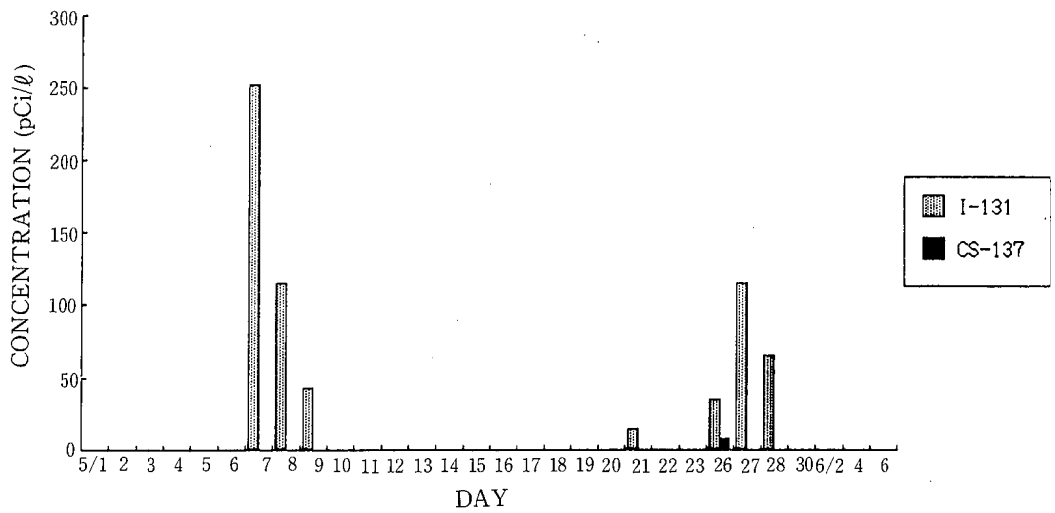


図-4 雨水中の I-131, Cs-137 濃度

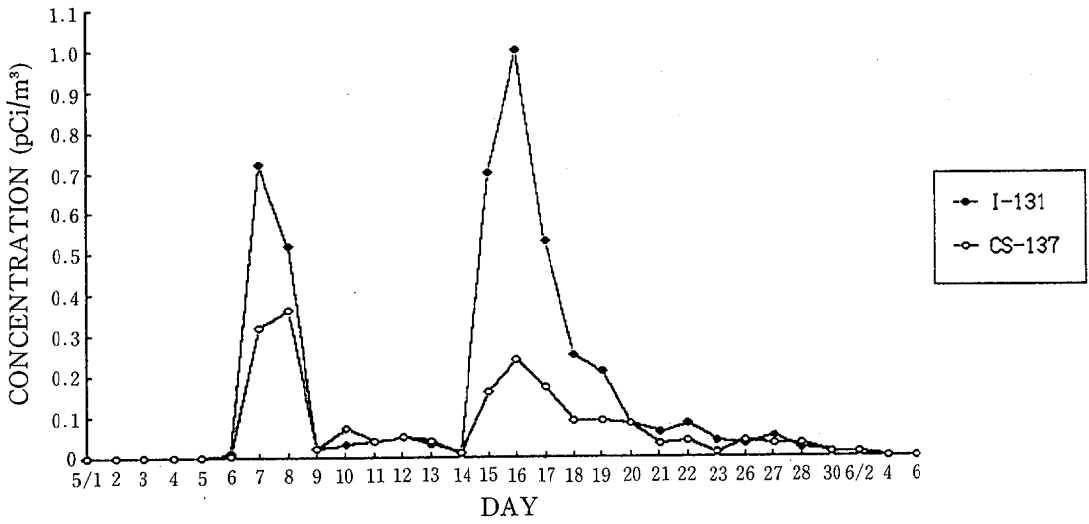


図-5 浮遊塵中の I-131, Cs-137 濃度

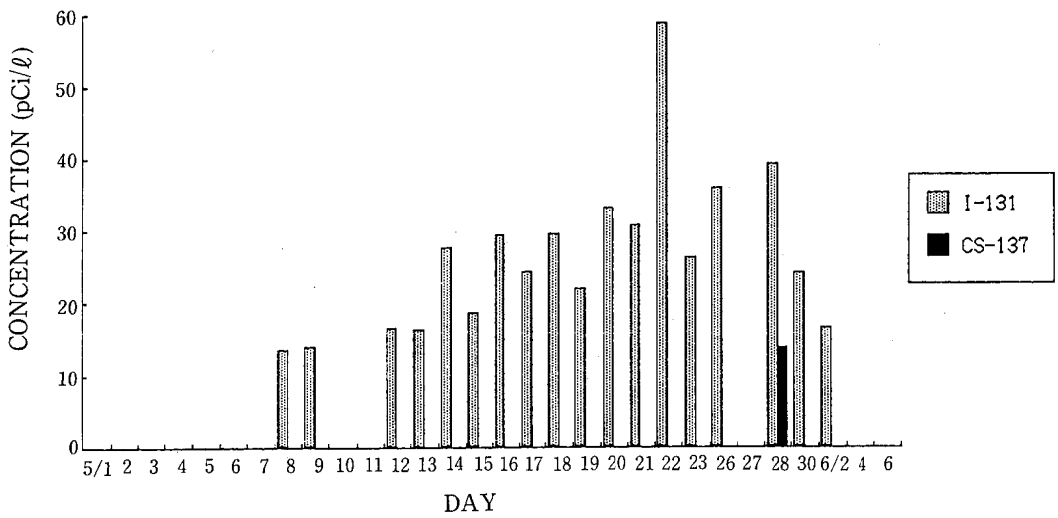
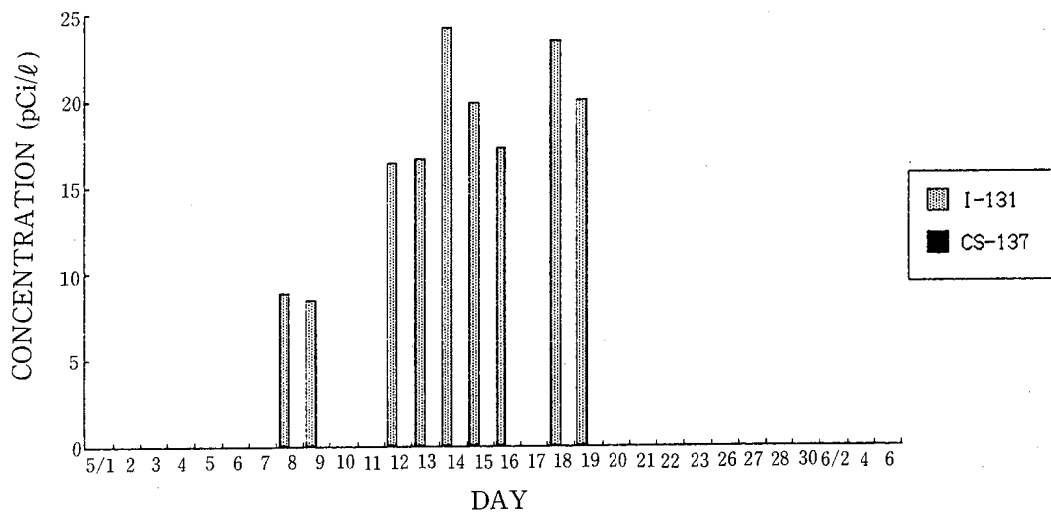


図-6 原乳中の I-131, Cs-137 濃度



図一 7 市販乳中の I-131, Cs-137 濃度

表一 1 飲料水 (天水, 源水, 蛇口水) 中の I-131, Cs-137 濃度

(単位 pCi/l)

採取場所	核種	5/7	5/8	5/9	5/12	5/13	5/14	5/15	5/16
波照間島	I-131	—					1.74*		
	Cs-137	—					—		
多良間村	I-131		5.95				2.02*		
	Cs-137		—				—		
南大東村	I-131		0.86*	61.56			—		—
	Cs-137		—	—			—		—
粟国村	I-131	2.33*		40.46		18.46	5.69		
	Cs-137	—		—		—	—		
渡名喜村	I-131	—	5.74				6.26		
	Cs-137	—	—				—		
伊是名村	I-131		43.66				12.80		
	Cs-137		—				—		
泊浄水場 (源水)		5/5 ~ 8日まで分析, 検出限界以下							
泊小学校 (蛇口水)		5/5 ~ 8日まで分析, 検出限界以下							
西原浄水場 (蛇口水)		5/9 ~ 調査終了日まで一日置きに分析, 検出限界以下							
コザ浄水場 (蛇口水)		5/10 ~ 調査終了日まで一日置きに分析, 検出限界以下							

* 2σでの検出値

表一 2 葉菜類 (野菜, ヨモギ, センダン草, 松葉) 中の I-131, Cs-137 濃度
(単位 pCi/g 生)

試料名	核種	5/7	5/9	5/16	5/17	5/19	5/22	5/26	5/28
ヨモギ	I-131	0.01							
	Cs-137	—							
松葉	I-131		0.68	1.27					
	Cs-137		0.14	0.14					
センダン草	I-131			1.85	2.15	3.64	1.48*	1.18	0.97
	Cs-137			0.10	0.14	0.12	—	0.20	0.22
カラシナ	I-131					0.27			
	Cs-137					—			

試料名	核種	5/29	5/30	6/2	6/4	
センダン草	I-131		0.75	0.55	0.71	(*) ホモジナイズして U-8 容器に詰め生の状態で分析した。
	Cs-137		0.21	0.10	0.11	
キャベツ	I-131	—				
	Cs-137	—				
ハウレン草	I-131	0.28				
	Cs-137	0.04				

表一 3 I-131の除洗率 (センダン草)
(単位 pCi/g 生)

洗 浄 前	3.65
洗 浄 後	2.63
除 洗 率	28%

表一 4 海藻中の I-131, Cs-137濃度
(単位 pCi/g 生)

試料名	核種	5/23	5/27
アナアオサ	I-131	0.10*	
	Cs-137	0.06*	
ホンダワラ	I-131	0.38	0.12
	Cs-137	—	—
ヒジキ	I-131		0.25
	Cs-137		—

(*) 2σでの検出値

チェルノブイリ原子力発電所事故由来の放射性降下物は5月6日に採取した浮遊塵試料(図一5)から当初確認された。しかし、本県へ最初に飛来した時期は、浮遊塵の全ベータ放射能濃度(図一2)が4日に1.02pCi/m³と平常値¹⁾の約2倍に上昇し、降下塵による降下量(図一2)もこれまでの検出限界以下から0.08mCi/km²が観測され、更に、5日の午前11時頃に採取したヨモギ(表一2)から0.01pCi/g(生)のI-131が検出されたことから5月4日頃と推定される。

また、浮遊塵の全ベータ放射能濃度の推移(図一2)、及びI-131, Cs-137(図一5)の濃度推移を見てみると、5月7、12、16日の3回ピークが観察されることから、チェルノブイリ由来の放射性降下物は波状的に飛来したものと考えられる。

浮遊塵中に検出した放射性降下物はNb-95, Tc-99m, Ru-103, Ru-106, Ag-110m, Sb-125, Te-129m, I-131, Te-132/I-132, Cs-134, Cs-136, Cs-137, Ba-140/La-140, Ce-141の16核種である。

雨水中の全ベータ放射能濃度(図一2)は、13

日に 383.83pCi/l の最高値を検出したが、降雨量が 0.9mm と少なく核種分析に供する事は出来なかった。ちなみに、著者らがこれまでの核爆発実験調査で得た雨水中の最高濃度は 915.77pCi/l で²⁾、今回検出した濃度は核爆発実験調査時の約 1/2 の値である。

本邦では核爆発実験調査時の対策指標値として国の放射能対策本部が定めた緊急時に関する放射能対策暫定指標値 (以下暫定指標値とする。)³⁾、と原子力委員会が決定した飲食物の摂取制限に関する指標⁴⁾がある。

それらによると、全ベータ放射能の降下量が 2.5Ci/km²/月以上で推移の観察、25Ci/km²/月以上になると葉菜類の洗浄指示、天水等の濾過飲用指示をしなければならない。

今回の調査期間中に観測した雨水、降下塵による全ベータ放射能の総降下量は 9.16mCi/km² となり、暫定指標値と照らし合わせると約 1/2700 である。

モニタリングポストによる空間線量率の推移 (図-3) を見てみると、僅かながら変動が見られるものの通常の降雨時 (8.4~18.4 cps)⁵⁾ の変動範囲内である。

これまで起きた原子炉事故として特筆すべきものにウインズケール原子炉事故 (1957年、英国)、TMI (Three Mile Island) 原子力発電所事故 (1979年、米国) がある。ウインズケール原子炉事故では約 20000pCi の I-131 が環境中に放出され英国では大量の牛乳投棄がなされている⁶⁾。TMI 原子力発電所事故では大事故にも関わらず放射性物質を建屋内に封じ込めたため環境へ漏れ出た I-131 は数十キュリと推定され、局地的な環境汚染に留まった^{7),8)}。

今回起きたチェルノブイリ原子力発電所事故は約 8000km 離れた我が国でも飲食物摂取制限に関する指標値を越える 13,300pCi/l の I-131 が千葉県で雨水に検出され問題になった事から以下本県での環境試料中への影響について考察した。本県での雨水中の I-131 濃度は 7 日に検出した 252.65pCi/l が最高値であり (図-4)、暫定指標値の 3000pCi/l に照らし合わせても約 1/10 である。

浮遊塵中の I-131 濃度は最高値が 16 日の 1.00pCi/m³ であり (図-5)、ICRP 勧告値に示され

た空气中許容濃度 (一般人、300pCi/m³)⁹⁾ の約 1/300 である。

牛乳中への I-131 の移行は以外に早く原乳 (図-6)、市販乳 (図-7) 共に降雨中に観測された 2 日以後から I-131 が検出された (9、10日の値は 2σ での検出値である)。本県での牛乳中の継続的な影響調査は今回が初めてであり、当初、試料の採取方法等に混乱があったが、中旬頃から軌道に乗り傾向が掴めるようになった。

原乳中の I-131 濃度は 22 日に 58.85pCi/l の最高値を検出したが飲食物摂取制限に関する指標値 (6000pCi/L) の約 1/100 である。

市販乳の場合は採取方法の混乱から 19 日で搬入が途絶えてしまい調査期間中の推移を見ることは出来なかった。しかし、原乳中の濃度を越すことは予測しがたいことから、原乳と同様な傾向を示すものと推察される。

飲料水としての源水、蛇口水 (表-1) は当初那覇市の泊浄水場、泊小学校から採取していたが (5、7、8日)、それ以後は調査終了日まで県企業局の西原浄水場 (那覇市を含む南部一帯に給水を行っている)、コザ浄水場 (沖縄市をむ中部一帯に給水を行っている) から交互に隔日に蛇口水試料が持ち込まれ分析に供した。

飲料水試料としての源水、蛇口水からはチェルノブイリ由来の放射能核種は検出されず問題になる事はなかった。

飲料水としての天水は伊是名島、渡名喜島、粟国島、南大東島、多良間島、波照間島からの試料を分析した (表-1)。

天水中の I-131 は沖縄本島周辺の伊是名島で 43.66pCi/l (8日採取試料)、粟国島で 40.45pCi/l (9日採取試料)、渡名喜島で 5.74pCi/l (8日採取試料) の濃度を検出した。ここで地理的条件を考慮した場合、伊是名島は沖縄本島北部圏に属し、粟国島、渡名喜島は互いに隣接した南部圏に属する位置にある。然るに距離的に百数十キロメートル離れた伊是名島 (43.66pCi/l)、粟国島 (40.66pCi/l) の試料はほぼ同じ濃度で、最も隣接した渡名喜島 (5.74pCi/l) の試料中濃度は両島の約 1/7 である。この様な差異は地理的条件からは考えられず、むしろ、放射性降下物が飛来する以前から貯水槽に溜められていた雨水による希釈率が考えられる事か

ら天水試料そのものの採取方法に差異があったと思われる。

また、沖縄本島から東側約 372km 離れた南大東島で 9 日に採取した天水から 61.56pCi/l の I-131 を検出し、更に、南西側に約 362km 離れた宮古諸島の多良間島でも同じ日に採取した試料から 5.94pCi/l の I-131 を検出した。14 日には沖縄本島から更に南西側に約 492km 離れた波照間島(八重山諸島に属し沖縄県の最南端の島である。)からの試料中に 1.74pCi/l の I-131 が検出された事からチェルノブイリ由来の放射性降下物は広域に、しかも日時経過とともに可成り拡散し南下している事がわかった。幸いなことに検出した放射能濃度は低く飲食物摂取制限に関する指標値(飲料水 3000pCi/l)の約 1/1700~1/50 の範囲であった。

葉菜類の指標生物として核爆発実験時の調査には牧草、ヨモギの分析を行ってきた^{11,2)}。しかし、最近では継続的に分析に供する採取が困難であることか、今回は代わりの指標生物として、簡単に、しかも継続してまとまった量の試料が確保可能で、季節を問わずモニタリングに使用できるものとして葉菜類と形状の似たセンダン草を分析対象として選んだ(表-2)。

葉菜類には 5 日から I-131 がヨモギ(0.01pCi/g(生))に検出された。しかし、その後の入手が困難となり一時松葉を代用したが、16 日からはセンダン草を採取し分析した。そのため、16 日以前については推移を観察することは出来なかったが、それ以後については I-131 の推移が良く表れていると思われる。

葉菜類では最高 3.64pCi/g(生)の I-131 を 19 日に採取したセンダン草に検出したが、飲食物摂取制限に関する指標値に照らし約 1/55 である。

また、葉菜類では I-131 の他に Cs-137 が松葉、センダン草、ハウレン草に検出されたが、その濃度は I-131 濃度に比べ約 1/5~1/30 である。

16 日の松葉、センダン草のデータは指標生物としての比較検討を行ったもので、各々一試料のみの検討ではあるが試料中の核種濃度はほぼ同じレベルと推察出来る事から代わりの指標生物としてセンダン草を分析に使用した。なお、22 日のデータは緊急時の分析方法を検討する方向で、これまでの乾燥方式を止めホモジナイズした生試料を分

析した。その結果、乾燥処理して測定した試料では Cs-137 が検出されているにも関わらずホモジナイズした生試料では検出限界が高くなり Cs-137 が検出限界以下である。更に I-131 の推移から 22 日は約 3pCi/g(生)の推定値が予測されるが実測値は約 50%減の 1.48pCi/g(生)である事から検出限界を低くするには乾燥方式を採用した方が良いと推察される。

表-3 は衛生試験法に従い中性洗剤を使用して洗浄した場合の I-131 の除洗率をセンダン草で行ったデータである。洗浄による I-131 の除洗率は約 28%で、72%が試料中に残留した。

海藻はアナアオサ、ホンダワラ、ヒジキを分析した(表-4)。アナアオサ、ホンダワラ、ヒジキに 122.57~384.59pCi/kg(生)の I-131 を検出したが、葉菜類中の I-131 濃度から類推して問題になる濃度ではないと考える。

IV まとめ

今回のチェルノブイリ原子力発電所事故調査はこれまで行ってきた核爆発実験調査と種々異なる知見を得た。

雨水、浮遊塵中の全ベータ放射能濃度は核爆発実験^{2,10)}に比べ低い濃度である。また、モニタリングポストによる空間線量率の推移では僅かな変動による影響は観察されるものの、通常の降雨による変動範囲内⁹⁾である。

しかし、環境試料中の核種分析結果から核爆発実験と原子炉事故では核種構成、並びに構成比が大きく異なる事がわかった。

核種構成では核爆発実験調査で検出され易い Ce-144, Zr-95/Nb-95 が検出限界以下、もしくは低い濃度であり、核爆発実験では検出し難い Cs-134 が検出された。

核種構成比(表-5)では核実験に比べ、今回特に問題となった I-131 の濃度が最も高く、次いで Ru-103, Te-132, Cs-137 の順で低くなる傾向が見られ Cs-137, Cs-134 の割合は約 2 : 1 である。

チェルノブイリ原子力発電所事故による放射性降下物は 5 月 4 日頃には本県に飛来し、その影響は 6 月上旬まで続いたが、環境試料中の放射能濃度は暫定対策指標値、飲食物摂取制限に関する指標値に照らし問題になる値ではなかった。

表一5 浮遊塵の核種構成比 (5月7日採取試料)

核種	I-131	Ru-103	Te-132	Cs-137
割合	2.18	1.52	1.38	1

また、天水の分析結果から日時の経過と共に南大東島、多良間島、波照間島の試料に I-131 が検出された事から放射能降下物は広域に拡散している事がわかった。この様な広域調査は核爆発実験調査でも行った事がなく今度が始めてであり、今後は核爆発実験調査でも行う必要があると思われる。

今回は特に問題となった I-131 を中心に Cs-137、全ベータ放射能濃度まで含めて検討した。

V 参考文献

- 1) 金城義勝, 比嘉豊次, “中国核実験による放射性降下物の影響調査”, 沖縄県公害衛生研究所報, P17~P27, V o 1, 11 (1977)
- 2) 金城義勝, 比嘉豊次, 宮国信栄, 洲鎌久人, “第18回中国核実験の影響について”, 第18回放射能調査研究成果論文抄録集, P80~81(昭和50年度), 科学技術庁
- 3) 科学技術庁原子力局監修, “原子力ポケットブック”, P257, 昭和48年度版, 日本原子力産業会議
- 4) 原子力委員会, “原子力発電所等周辺の防災対策について”, P18~22, (昭和55年6月)
- 5) 金城義勝, 富田 尚, 宮国信栄, “沖縄県における放射能調査”, 第25回環境放射能調査研究成果論文抄録集, P280~P282, (昭和57年度), 科学技術庁,
- 6) 東郷正美, “英国の原子力施設より放出された放射性廃液による環境汚染とその影響(1)”, 放射線科学, P201~204, V o 1, 25, N o. 11 (1982)
- 7) 阿部史朗, “米国スリーマイル島原子力発電所事故(1)”, 放射線科学, V o 1, 22, N o. 9 (1979)
- 8) 吉田芳和, “スリーマイルアイルランド原子力発電所の事故と放射線モニタリングの概要”, 保健物理, P261~272, V o 1, 14 (1979)
- 9) ICRP Publication 2, “体内放射線の許容線量”, 日本放射線同位元素協会, (1959)
- 10) 金城義勝, “第23回中国核実験による放射性降下物調査”, 沖縄県公害衛生研究所報, P49~54, V o 1, 13, (1979)