

中国核実験による放射性降下物の影響調査

公害室 金城義勝・比嘉豊次
(非常勤職員)

1. はじめに

大気圏内における核実験は大量の核分裂生成物を大気圏にばらまくことから最も大きな環境汚染源とみなされる。

核実験によって大気圏に吹き上げられた核分裂生成物は、その時の気象条件、核実験の規模及び地理的条件等によって放射性降下物としての降下量が異なることから核実験による放射性降下物の影響調査は、雨水、降下じん、浮遊じん中の放射能推移を観測することにより各地域及び環境への影響度を推定することが可能である。

昨年(1976年)、中国は4回の核実験を実施した。中国の核実験は1964年10月の第1回から数えて通算第18回から第21回目であった。

ここにその調査結果を報告する。

2. 調査方法

2-1. 調査対象

昨年一年間に中国において実施された核実験の期日、規模等を表-1に示した。

表-1 1976年中国核爆発実験実施状況

通算回数	実施期間	実施規模	実施場所	備考
第18回	1月23日	20Kton未満	ウイグル自治区ロプノール実験場	大気圏内
第19回	9月26日	20~200Kton	◇	◇
第20回	10月17日	小規模 (詳細不明)	◇	地下
第21回	11月17日	4Mton級	◇	大気圏内

第18回大気圏内核実験時には、雨水、降下じん中の放射能測定及び雨水、浮遊じんのガンマ線スペクトルによる核種分析、強放射能粒子(ジャイアントパーティクル)の探索を対象に行ない、第19回、第21回大気圏内核実験においては、浮遊じんの放射能測定と環境指標植物として牧草のガンマ線スペクトルによる核種分析を加えた。

第20回は地下核実験のため、雨水の放射能測定とガンマ線スペクトルによる核種分析を行なった。

2-2 試料の採取処理方法

(イ) 雨水

雨水はロート口径252mmの採取装置を用い、毎日午前9時に試料採取容器を交換回収し降雨ごとの雨水を蒸発乾固したのち測定試料に供した。

又、屋上より塩ビ製雨ドイを利用して約100ℓ前後の雨水を採取し、大型濾紙で濾過後の濾紙残渣をガンマ線スペクトルによる核種分析試料とした。

(ロ) 降下じん

降雨のない日は300×600mmのトレイ(Tray)に蒸留水を1ℓ程加え24時間毎に回収し蒸発乾固後測定試料に供した。

(ハ) 浮遊じん

降雨の有無にかかわらず浮遊じんの放射能レベル、ガンマ線スペクトルによる核種分析を行なう目的からハイボリウムエアサンプラーで203×254mmの大気微量分析用グラスファイバーフィルターを用い24時間ごとに交換回収し測定試料に供した。

ハイボリウムエアースンプラーでの1日の吸引量は約1,400m³である。

(二) 強放射能粒子

核実験に伴って数十ミクロン程度の核分裂生成物がジェット気流に乗り各地に降下する現象がある。探索の方法として屋上の一定面積をGMサーベイメータでサーベイすることにより検出することが可能である。

(ホ) 環境指標植物

放射性降下物の植物への摂取を観察する目的から牧草(ネピアグラス)を採取した。

採取した牧草は2分割にして半分は採取した時の状態で、残り半分は蒸留水で洗浄後風乾して放射性降下物の表皮への付着及び内部への摂取状況をガンマ線スペクトルで観察した。

2-3、使用計数装置

- a)、GM計数装置 アロカ HANDY SCARER (GM管、LB-2501)
- b)、波高分析装置 日立-505型 512チャンネル (3inφ×3in NaI(Tl))
- c)、GMサーベイメータ アロカ TGS-113型 (GM管 LB-2501)
- d)、ハイボリウム エアースンプラー STAPLEX TEIA

3. 結果及び考察

第18回、第19回核実験時における高層気流(ジェット気流)の気象庁解析図を図-1に示した。

I)、第18回核実験

表-2に第18回核実験調査期間中の雨水、降下じんの放射能推移を示した。

1月26日から27日にかけて5.0mmの降雨があったが、放射能値としては平常レベル(雨水の平均放射能値は約8pCi/lである)であり降下量も少ないことから雨水への影響は認められなかった。

27日から28日にかけて採取した降下じんより0.52mCi/km²の放射性降下物が観測され、平行し

図-1 第18回、第19回中国核実験時における高層気流の通過経路 (気象庁解析による)

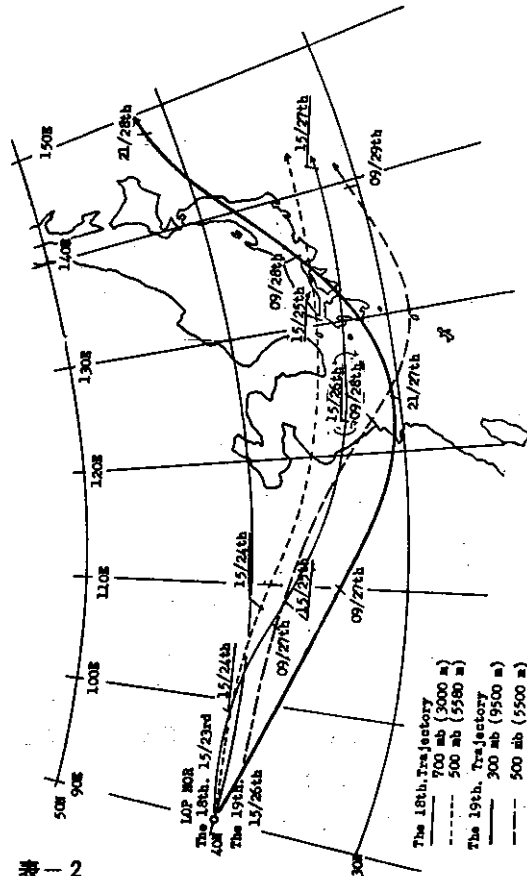


表-2 第18回中国核実験調査期間中の放射能推移

試料採取月日	雨水		降下じん 降下量 mCi/km ²	気象条件		
	放射能値 pCi/l	降下量 mCi/km ²		降水量 mm	風向 (16方位)	風速 m/s
1月27日	4.85	0.02		5.0	NNE	4.2
28日			0.52	0.0	NE	2.2
29日			0.06	—	NE	1.8
30日			1.25	—	N	5.0
31日	915.77	3.94		4.2	NNE	3.2
2月1日			0.24	0.0	ENE	2.8
2日			0.10	0.0	N	2.7
3日			0.11	0.0	NE	3.0
4日	20.67	0.26		12.8	WNW	3.4
5日	75.39	0.30		4.0	NW	5.9
6日				0.0	N	5.6
7日				0.0	NNE	2.3
8日				—	N	3.8
9日	66.98	0.45		6.7	N	1.3

てサンプリングした浮遊じんをガンマ線スペクトルにより核種分析した結果、核分裂生成物である Mo-99+Tc-99m、Ce-141、I-131、Ru-103、I-132、Zr-95+Nb-95、La-140等、超ウラン元素の Np-239が認められたことから、第18回中国核実験による放射性降下物の当県への影響は27日の午前9時以後から現われ始めたものと推定される。

この現象を図-1の高層気流観測図で解析してみると、700mbの気流は26日の夜九州上空を通過したものとみなされるにもかかわらず27日の午前9時に採取した雨水に放射性降下物の影響は認められず、28日に採取した降下じんに影響がみられた原因として、26日は南々東の風が吹いており沖縄方面では逆に押し上げた形となり一旦太平洋方面へ抜けた核分裂生成物は27日の北々東の風に乗って降下したため到達時間が遅くなったものと推察される。

28日に採取した降下じんから影響が現われ始めた第18回中国核実験による放射性降下物は、31日に採取した雨水に平常値の約130倍に相当する915.77pCi/lの異常放射能が検出されたが、降水量が4.2mmと比較的少なかったことから降下量も3.94mCi/km²となった。

当県への放射性降下物の影響は31日をピークに2月9日まで雨水、降下じんにより0.1mCi/km²~0.45mCi/km²の範囲内の降下量が観測されたがその後徐々に減少する傾向にあった。又、強放射能粒子は検出されなかった。

調査期間中の雨水、降下じんによる放射性降下物の降下積算量は7.25mCi/km²で、放射能対策暫定指標値(月間降下量として2500mCi/km²)と比較して約350分の1であった。

II)、第19回核実験

図-1の高層気流観測図によると気流の流れは第18回核実験時に比べかなり南下しており、300mbの気流は27日の夜から28日の夜にかけて本土を縦断し北の方向へ抜けている。また500mbの気流は

28日から29日にかけて奄美大島の北側を太平洋方面に抜けている。

表-3に第19回核実験調査期間中における雨水、降下じん、浮遊じんの放射能推移を示した。

表-3

第19回中国核実験調査期間中の放射能推移

試料 採取 月日	雨水		降下じん		浮遊じん		気象条件	
	放射能値 pCi/l	降下量 mCi/km ²	降下量 mm	放射能値 pCi/m ³	降水量 mm	風向 (16方位)	風速 m/s	
9月27日	10.04	0.05			4.6	NNE	4.6	
28日	44.19	0.04		0.05	1.0	N	4.5	
29日			0.00	0.09	0.0	NNE	3.5	
30日			0.11	0.32		ENE	4.6	
10月1日	16.56	0.01		0.41	0.4	E	4.4	
2日	112.74	0.25		0.21	2.2	NNE	3.6	
3日	44.93	0.17		0.07	3.7	NNE	3.2	
4日	52.86	0.49		0.05	9.2	N	4.7	
5日			0.05	0.04	0.0	ENE	4.3	
6日			0.08			ENE	4.1	
7日			0.10			ESE	3.1	

当県では26日から28日にかけて降雨があり、27日に採取した雨水の放射能値は10.04pCi/lとほぼ平常値の値で降下量も0.05mCi/km²と少ないことから27日に採取した雨水への放射性降下物の影響はなかったものと考えられる。

しかし28日に採取した雨水から44.19pCi/lと平常値の約6倍程度の放射能が検出され、平行してサンプリングした浮遊じんをガンマ線スペクトルにより核種分析した結果、核実験による放射性降下物が認められたことから第19回中国核実験による放射性降下物の当県への影響は27日の午前9時以後に現われ始めたものと推定される。

28日以後の浮遊じんの放射能値は徐々に増加し10月1日に採取した試料の0.41pCi/m³をピークに緩やかなポアソン分布曲線を押しつぶした形の減少曲線を示した。又、雨水の放射能は10月2日採取試料に平常値の約16倍に相当する112.74pCi/lの異常放射能を検出したが、降水量が2.2mmと少なかったため降下量も0.25mCi/km²とかなり低い値

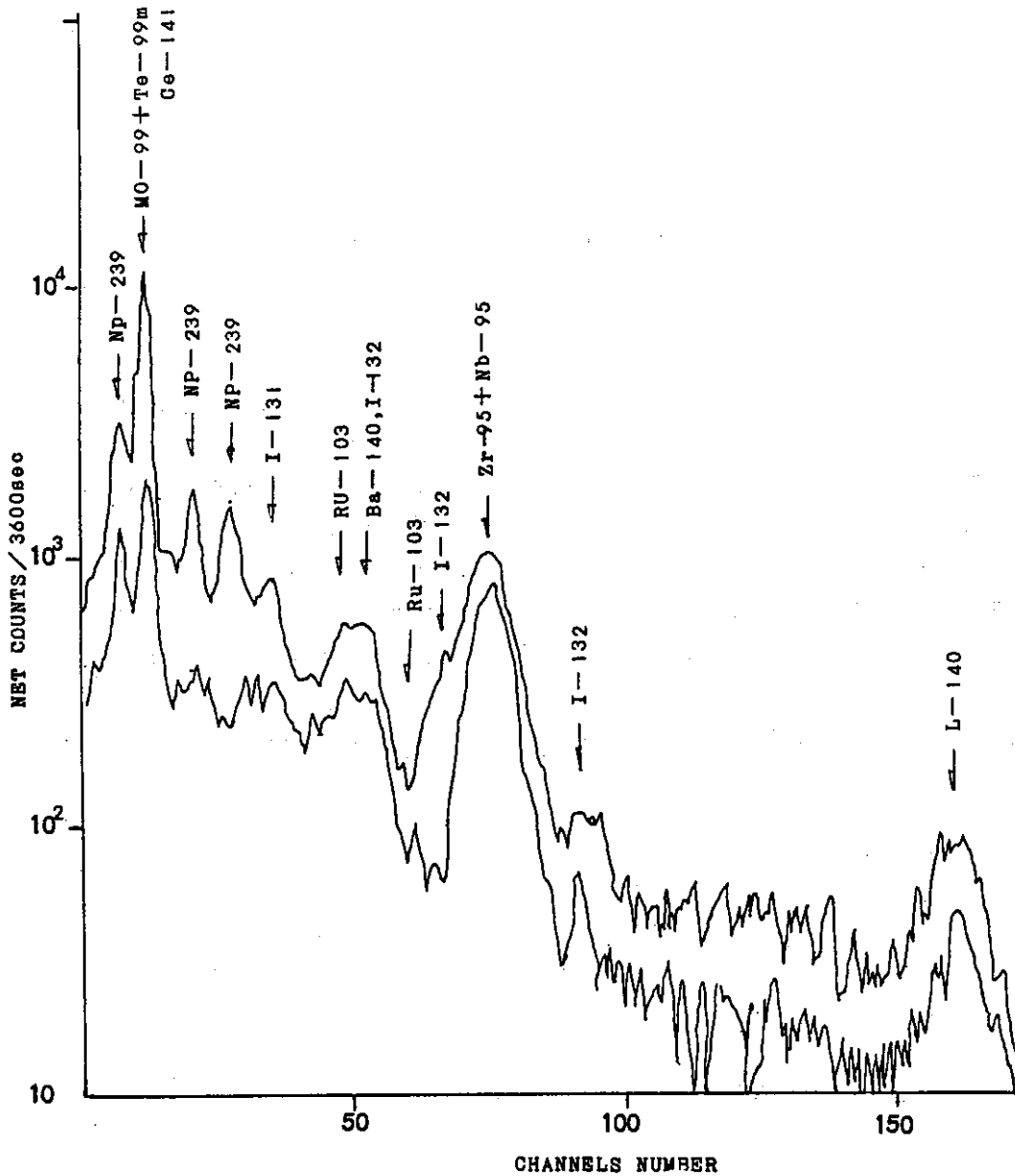
となりその後横這の傾向がみられた。

放射性降下物の浮遊じんによるピークの出現日と雨水によるピークの出現日とに一日遅れの現象が見られた。この原因として、浮遊じんは正後にフィルターを交換回収し、雨水は午前9時に試料採取容器を交換回収したことから放射性降下物は

10月1日に最も多く降下したものと推察される。

第19回中国核実験の特徴として、10月4日の午前4時頃強放射能粒子の探索を行なったところ、約8m²の面積から8個の強放射能粒子を検出した(表-4、図-2)。強放射能粒子一個当りの放射能値は最高18,893.91pCi、最低1,630.38pCiで、

図-2 強放射能粒子のガンマ線スペクトル (S51.10.4採取)



平均放射能値を7,768.90pCiと仮定すると、平均降下量は7.8mCi/km²と推定される。又、浮遊じん、雨水のピーク出現時期から推察して強放射能粒子は10月1日頃に降下したものと思われる。

表-4

強放射能粒子の全ベータ放射能値

NO.	計数率 (cpm)	放射能強度 (pCi/個)
1	1309.988	3596.876
2	593.785	1630.383
3	1394.588	3829.165
4	6881.193	18893.912
6	2332.093	6403.303
7	1927.593	5293.654
8	2210.993	6070.794

第19回核実験による核分裂生成物の飛来を図-1の高層気流観測図で検討してみると、放射性降下物の当県への影響が27日から28日にかけて比較的早く現われ始めたこと、また雨水、降下じんによる降下量が第18回核実験調査期間中と比較して約6分の1程低い傾向がみられたことから300mbの気流に乗り、途中僅かながら降下した核分裂生成物が地表上空の北風に乗って降下したものと考えられる。

放射性降下物の降下後の追跡調査を行なう目的から環境指標植物として牧草を選定し、植物への摂取を調べてみた(図-3、図-4)。

10月1日に採取した牧草から核分裂生成物の表皮部への付着がみられたが、内部への摂取は10月4日に採取した牧草に僅かに計数値の増加が認められただけで、スペクトル上に核分裂生成物のピークは見られなかった。途中試料の採取を中断し、50日経過後の11月20日採取牧草からCe-141、Ru-103、Zr-95+Nb-95、La-140の摂取核種が認められた。

又、第19回核実験調査期間中の雨水、降下じん

による放射性降下物の降下積算量は1.30mCi/km²で、放射能対策暫定指標値と比較し約1900分の1と低い値であった。

III) 第20回地下核実験

地下核実験による日本での調査研究報告は数少なく、1965年に行なわれたソ連の地下核実験によるLa-140の漏出報告例がある。

表-5に第20回調査期間中における雨水の放射能推移を示した。

表-5

第20回中国核実験調査期間中の放射能推移

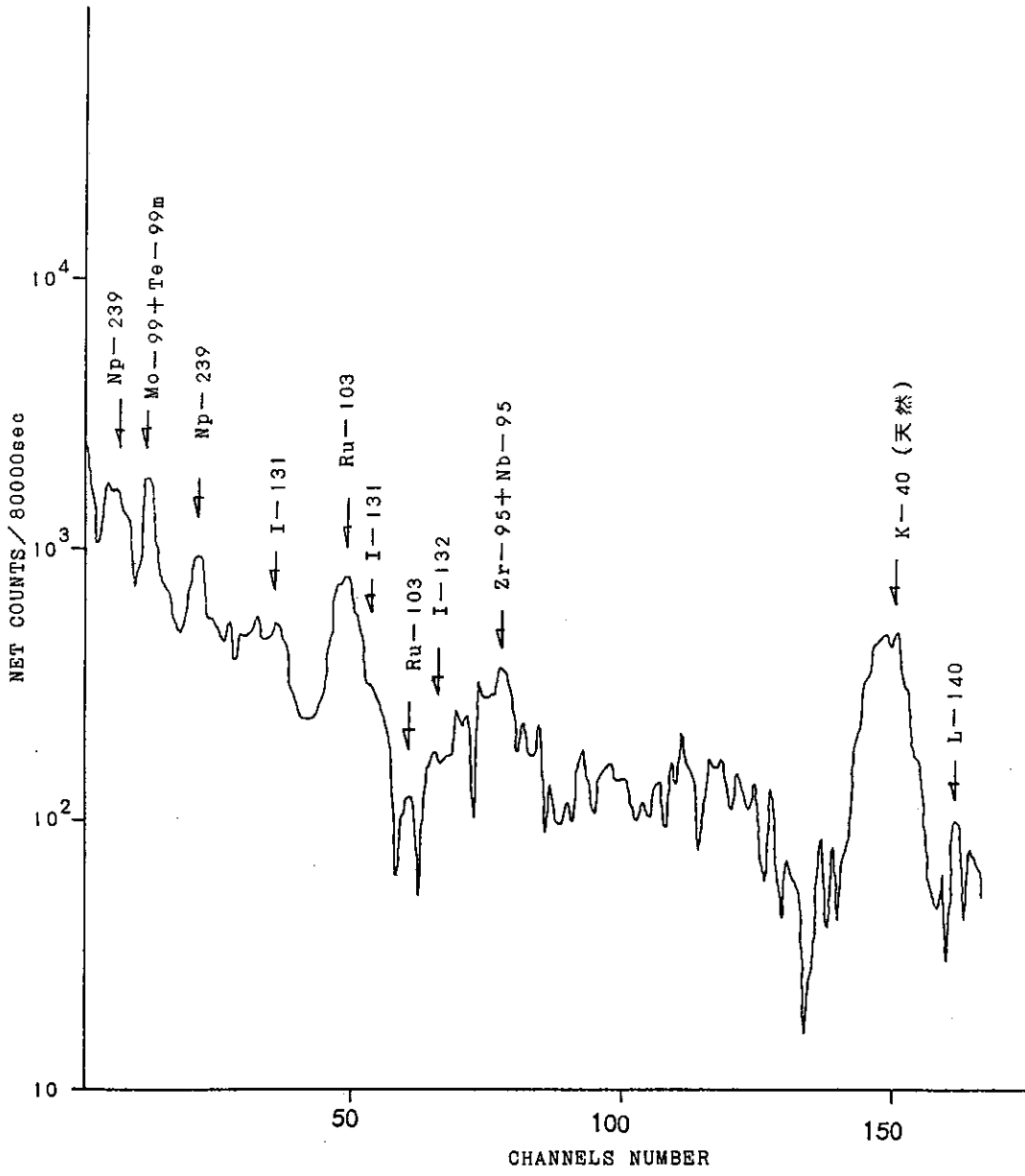
試料採取月日	雨水ちり		気象条件		
	放射能値 pCi/l	降下量 mCi/km ²	降水量 mm	風向 (16方位)	風速 m/s
10月19日	106.62	1.02	9.6	SE	3.1
20日	71.75	3.95	55.0	WNW	2.6
21日	38.20	0.28	7.2	NNE	2.0
22日			0.0	E	2.8
23日	45.68	1.43	31.4	W	4.5
24日			64.5	WNW	3.3
25日	70.87	4.57	0.5	N	4.5
26日				NNE	2.6
27日				NE	2.0
28日				N	3.9
29日	66.45	0.29	4.4	NNE	4.7

表からみられるとおり10月19日採取雨水から平常値の約15倍に相当する106.62pCi/lの放射能が検出され、当初この異常値は地下核実験による核分裂生成物の漏出かと思われたが、雨水のガンマ線スペクトルを検討した結果、Ce-141、Mo-99+Tc-99m、I-131、Ru-103、Zr-95+Nb-95、La-140のピークが認められ、短半減期核種がスペクトル上に見られないことから第19回中国核実験時における放射性降下物の影響と判断した(図-5、図-6)。

図-3

牧草のガンマ線スペクトル

(S51.10.1、17:30採取)



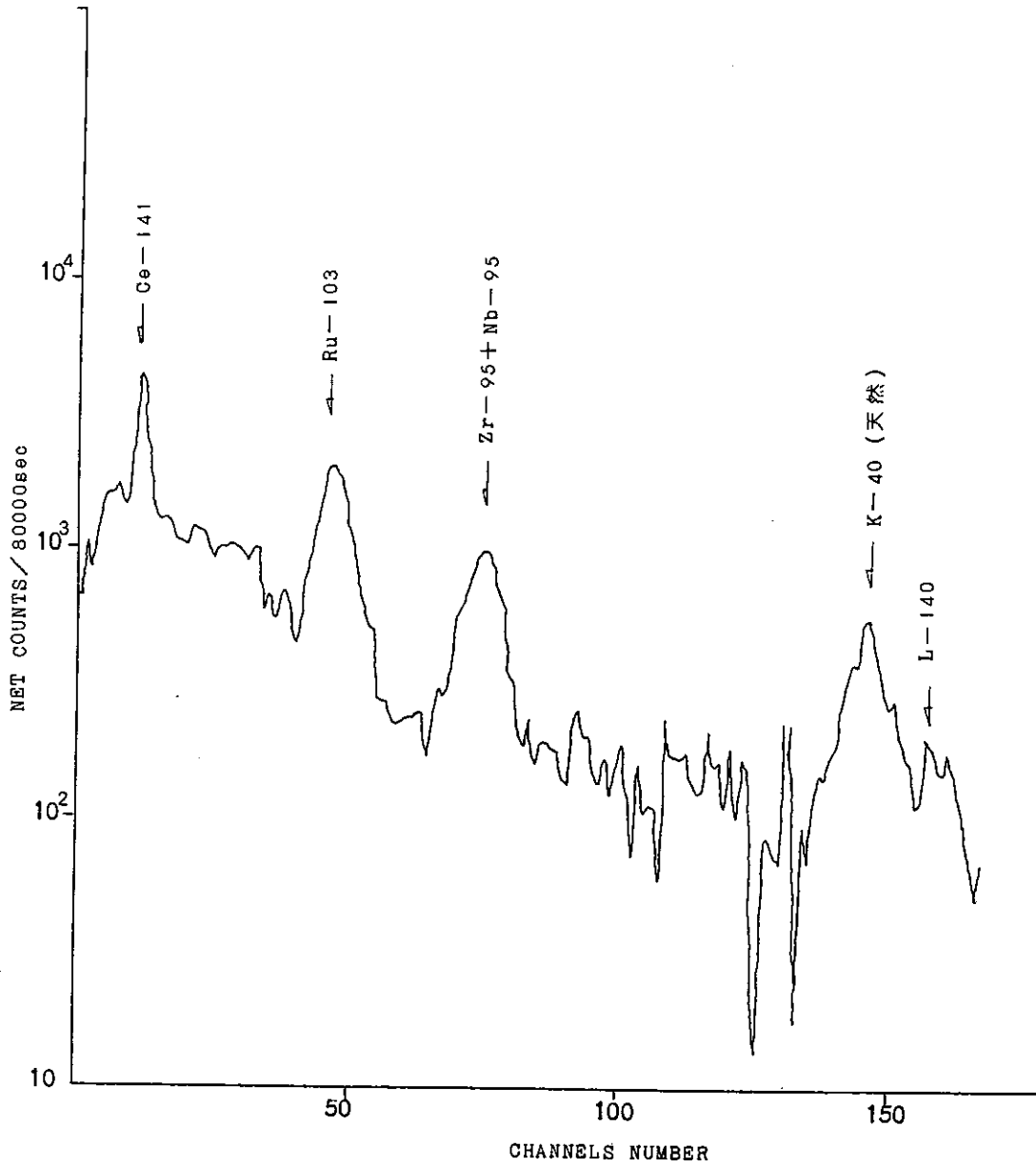
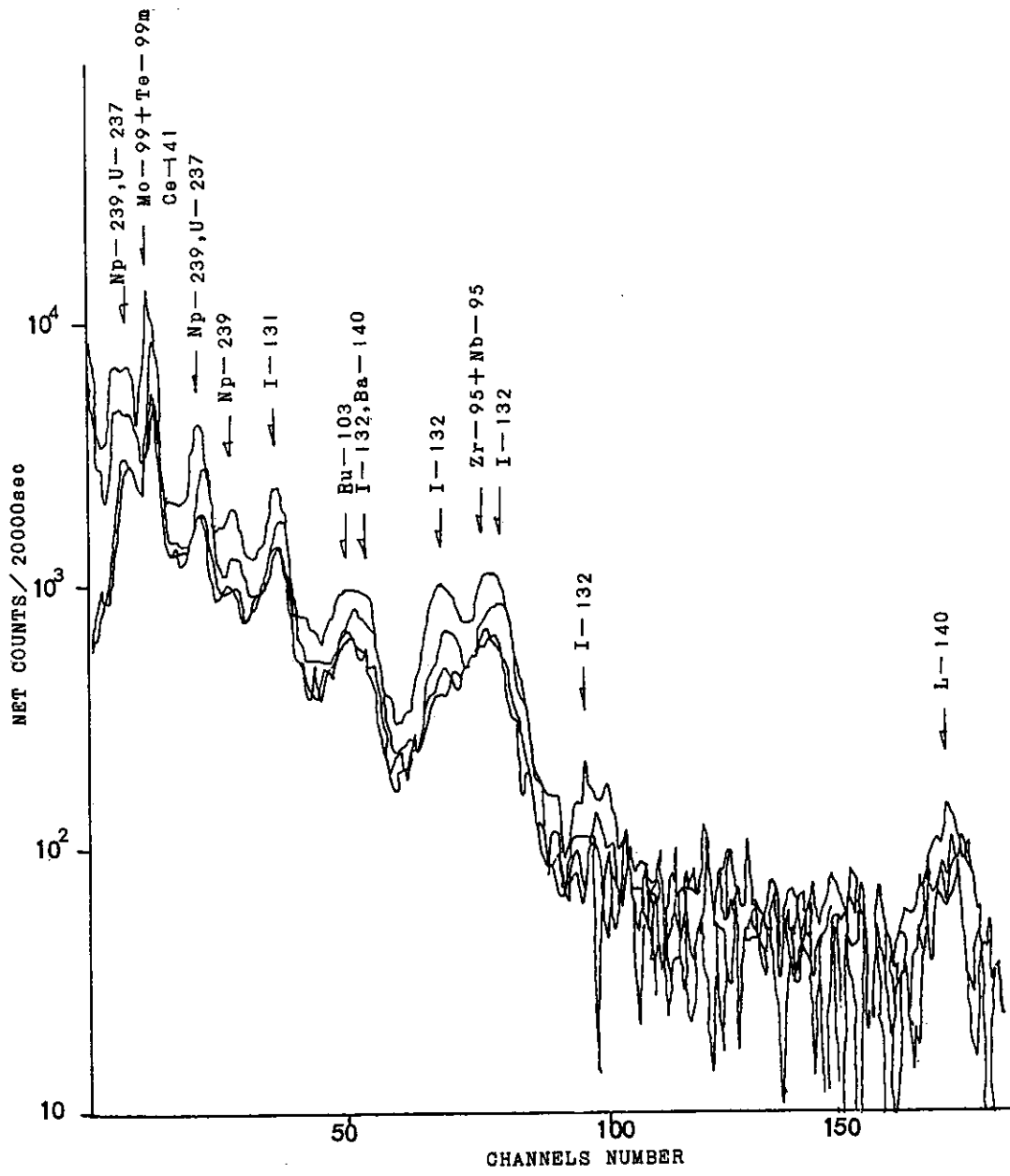
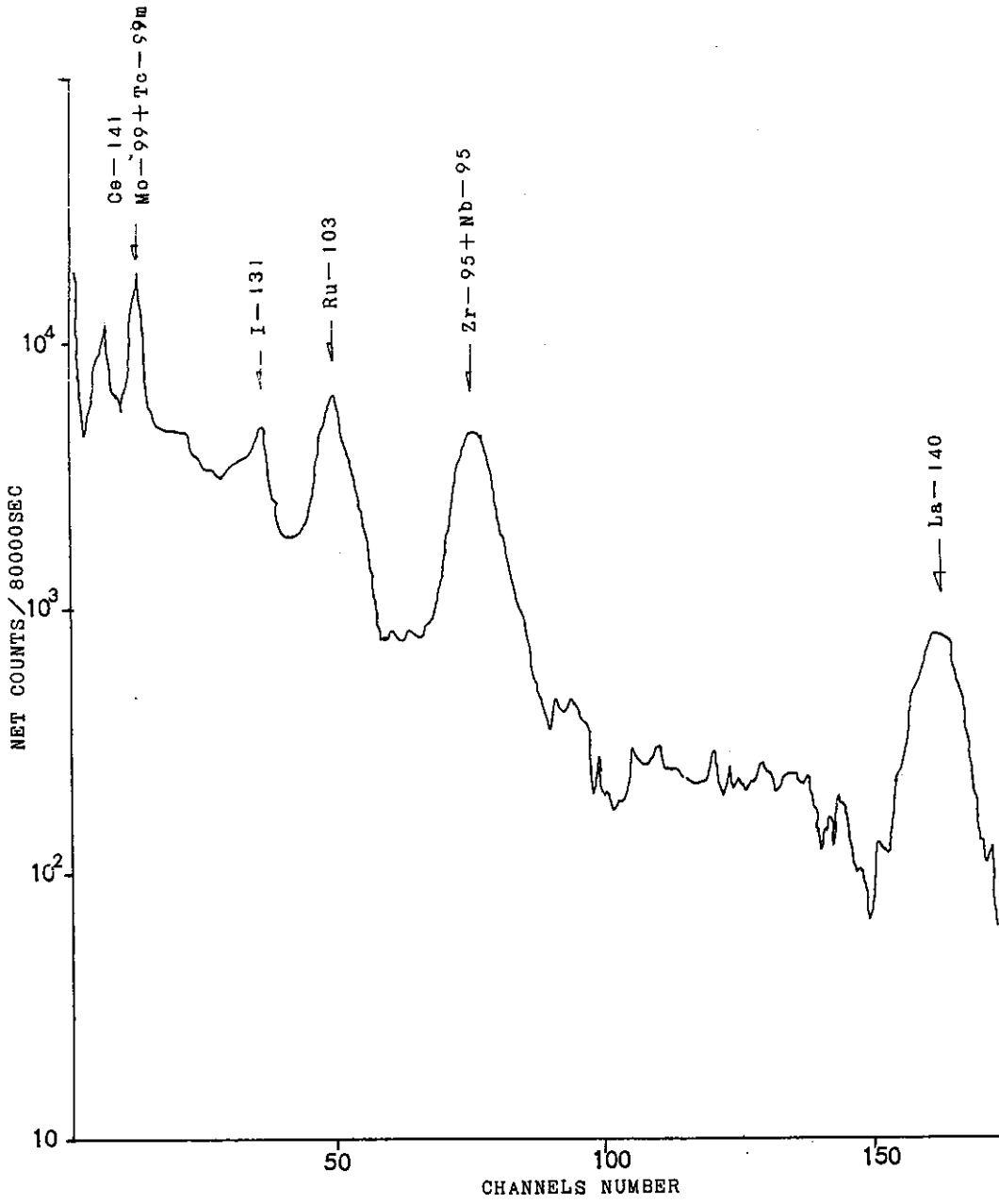


図-5

雨水のガンマ線スペクトル

(S 51.10.1 採取)





この現象は、ジェット気流の地球周回周期が約10日前後であり、第19回核実験調査期間中における放射性降下物の降下量が比較的少なかったことから、核分裂生成物の大部分がジェット気流に乗り僅かながら徐々に降下する地球一周後の放射性降下物と考えられる。

10月20日以後における放射能値は最高71.75pCi/ℓ、最低38.20pCi/ℓとほぼ横這の傾向がみられた。

第19回核実験調査期間中と比較して、降水量が10.4倍、放射能平均値が1.5倍ほど高い傾向がみられたことから、放射性降下物の降下積算量も11.54mCi/km²と約13倍の降下量が観測された。

又、放射能対策暫定指標値と比較し約220分の1であった。

IV) 第21回核実験

表一6に第21回核実験調査期間中における雨水、降下じん、浮遊じんの放射能推移を示した。

表一6

第21回中国核実験調査期間中の放射能推移

試料採取月日	雨水		降下じん		浮遊じん		気象条件		
	放射能値 pCi/ℓ	降下量 mCi/km ²	放射能値 pCi/ℓ	降下量 mCi/km ²	放射能値 pCi/ℓ	降下量 mCi/km ²	風向 (16方位)	風速 m/s	
11月18日							0.0	NNE	4.4
19日			0.15	0.15	0.0	0.0	NE	4.0	
20日			0.05	0.22	—	—	NNE	4.0	
21日	36.61	0.56		0.09	15.2	15.2	NNE	5.4	
22日	47.60	0.18		0.10	3.6	3.6	N	4.0	
23日				0.28	0.0	0.0	N	6.2	
24日			0.02	0.13	0.0	0.0	NNE	4.5	
25日					—	—	NE	3.3	
26日	66.90	0.07			1.0	1.0	NNE	4.0	

調査期間中の雨水の放射能値は最高66.90pCi/ℓ、最低36.61pCi/ℓと平常値の約9倍から5倍程度で、通常の核実験調査と比較し放射能値は低く横這の傾向を示している。この傾向は当初、第21回中国核実験が4メガトン級と大型の核実験であるこ

とから成層圏に吹き上げられた核分裂生成物が徐々に降下したものと考えられたが、浮遊じんのガンマ線スペクトルを検討した結果、短半減期核種のピークが認められないことから第19回中国核実験時における放射性降下物と判断した。

又、降下じんによる放射性降下物の降下量は19日の0.15mCi/km²をピークに減少する傾向が見られたが、浮遊じん中の放射能は横這の傾向にあった。

第21回核実験調査期間中の雨水、降下じんによる放射性降下物の降下積算量は、第19回核実験時における放射性降下物の降下が観測されたことから1.03mCi/km²と低く、放射能対策暫定指標値と比較し約2400分の1であった。

4. まとめ

1)、第18回から第21回までの調査期間中における雨水、降下じんによる放射性降下物の降下積算量は、7.25mCi/km²、1.30mCi/km²、11.54mCi/km²、1.03mCi/km²と放射能対策暫定指標値と比較し約220分の1から2400分の1と低い値であった。

2)、第18回中国核実験時における放射性降下物の当県への影響は、4日経過後の27日から現われ始めたことから700mbの気流に乗った核分裂生成物が降下したものと考えられ、その影響は2月の下旬頃まで観測された。

3)、第18回中国核実験の特徴として、雨水の放射能値が915.77pCi/ℓと異常に高く、この値は平常値の約120倍であった。

4)、第19回中国核実験時における放射性降下物の当県への影響は、1日経過後の27日から現われ始めたことから300mbの気流に乗った核分裂生成物が降下したものと考えられ、その影響は11月下旬頃まで観測された。

5)、第19回中国核実験の特徴として、雨水の放射能値は第18回核実験と比較して約8分の1ほど低い傾向を示したが、近年みられなかった強放射

能粒子が1 m²あたり1個の割合で検出された。又、強放射能粒子の降下量は7.8mCi/km²と推定された。

6)、第20回、第21回中国核実験による放射性降下物の当県への影響は認められず両調査期間中に観測された放射性降下物は、第19回核実験時の核分裂生成物が地球上を周回しつつ降下したものと考えられる。

7)、放射性降下物の影響が現われ始めて約50日経過後に採取した牧草中にCe-141、Ru-103、Zr-95+ Nb-95、La-140の核種が認められたことから今後摂取過程、植物への摂取核種選択性、残存期間等食物連鎖を含めて検討してみたいと考えている。

(なお、本報告の要旨は第9回沖縄県公衆衛生学会にて発表した。)

参考文献

- 1)、放射線医学総合研究所：RADIOACTIVITY SARVEY DATA in Japan, No42, P-13, 14, 1977
- 2)、小池亮治他4名：ソ連の地下核実験の影響について、原子力施設周辺における放射能(核実験編) P-82~84、1976
- 3)、金城義勝他2名：沖縄県における放射能調査、第16回放射能調査研究発表会論文抄録集 P-319~331、昭和48年度