# 新潟県におけるソ連チェルノブイル原子力発電所事故の環境影響調査

斎藤　真一・阿部　智夫・石橋　幸三・霜鳥　達雄
鈴木　　修・高橋　　斉・寺島　敬一

## 1　は　じ　め　に

昭和61年4月26日に発生したソ連チェルノブイル原子力発電所の事故に伴い，国は放射能対策本部を設置し，全国的な調査体制に入った．新潟県も直ちに調査を開始したが，初めて事故の影響が見られたのは5月3日～4日にかけて採取された浮遊じんからである．以後，雨水，水道水，農産物，牛乳等の環境試料に影響が現われた．これらの特別調査の結果は，逐時公表してきたが，これまでに明らかになった放射能汚染の概要を報告する。

## 2　調　査　方　法

今回の調査は，空間線量率，浮遊じん・雨水の全ベータ放射能の測定，環境試料の核種分析を中心に行った．

空間線量率は，柏崎刈羽原子力発電所週辺の自動観測局での測定値を用いた．浮遊じんの全ベータ放射能は，自動観測局の柏崎市街局と刈羽局（刈羽村刈羽）及び新潟市で採取した試料について測定した．

今回の事故調査で放射性核種分析を実施した環境試料は多種類に及ぶが，おもな試料の前処理及び測定法を表－1に示す．

測定は，Ge半導体検出器γ線分光分析法で行った．なお，核種分析においては，迅速性が要求されたこと，灰化により損失が起こるヨウ素－131を主たる対象核種としたことから，すべて生試料で行い，測定時間は原則として1時間とした．また，牛乳と野菜については迅速測定の後灰化し，80000秒の測定を実施した．

表－1　今回の事故特別調査における核種分析法

| 試料名 | 試料数 | 迅速測定法 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 試料・前処理 | 試料量 | 試料容器 | 計測時間 |
| 浮遊じん | 36 | ろ紙HE－40T | 420～4,500㎥ | U－8 | 1時間 |
| 雨　水 | 11 | 直　接 | 15 ml～2 l | U－8，マリネリ | |
| 野　菜 | 26 | 生，細切し直接 | 約1 kg | マリネリ | |
| 水道水 | 46 | 直　接 | 2 l | | |
| 牛　乳 | 48 | 生，直接 | 2 l | | |

（注）1　野菜，牛乳の灰化試料は，80,000秒測定
　　2　降下物等の原子力発電所周辺調査試料は，年度計画[1]に従い測定

## 3　調　査　結　果

### 3.1　空間線量率

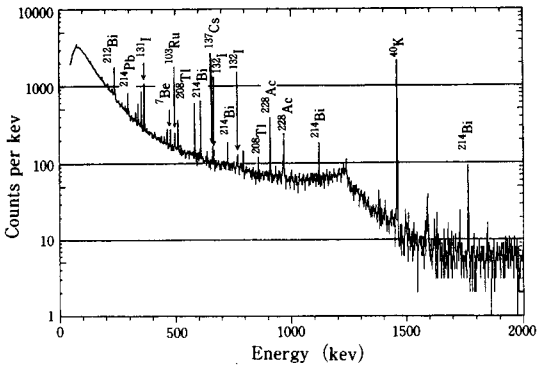
空間線量率には，事故の影響はほとんど現われず，わずかに，5月6日～7日の降雨の後で0.1～0.3 μR／h程度高くなる現象が認められた．これは，雨水に含まれた人工放射性核種が地表面に沈着し，その放射線により線量率が上昇したものと推定される．新潟市で行った野外での環境ガンマ線スペクトルの測定では，図－1に示すように$^{103}$Ru，$^{131}$I，$^{132}$I，$^{137}$Csの人工放射性核種のピークが認められた．

### 3.2　全ベータ放射能

#### 3.2.1　浮遊じん

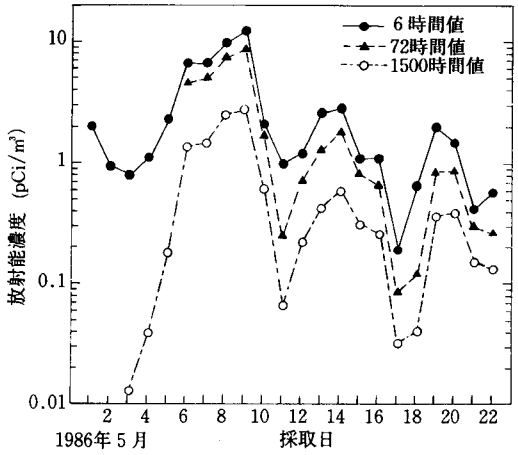
県放射線監視センター屋上（新潟市）において，ハイボリウムエアーサンプラー，東洋ろ紙HE－40Tを用いて採取した浮遊じんの全ベータ放射能濃度の推移を図－2に示す．

また，全ベータ放射能の減衰曲線を図－3に示した．事故の影響がない場合集じん終了後2時間までは約40分




図－1　Ge半導体検出器を用いた野外測定での環境ガンス線スペクトル

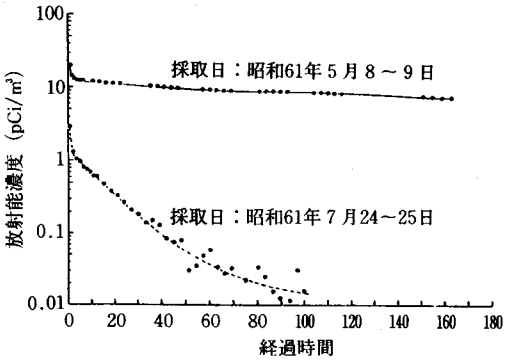
日　時：昭和61年5月10日　10時30分～（4000秒）
場　所：新潟県衛生公害研究所脇グランド
検出器：地上高1.0 m，水平方向
天　候：晴




図－2　浮遊じんの全ベータ放射能濃度の推移（新潟市）

の半減期，その後は約12時間の半減期で減衰している．これは，半減期が短い自然放射能（ラドン，トロンの娘核種）によるものである．これに対し，事故の影響が現われた場合には，集じん直後は同様に約40分で急激に減少するが，その後は減衰の仕方が極端に遅い．これは事故直後のものに中長半減期の核種が含まれているからである．

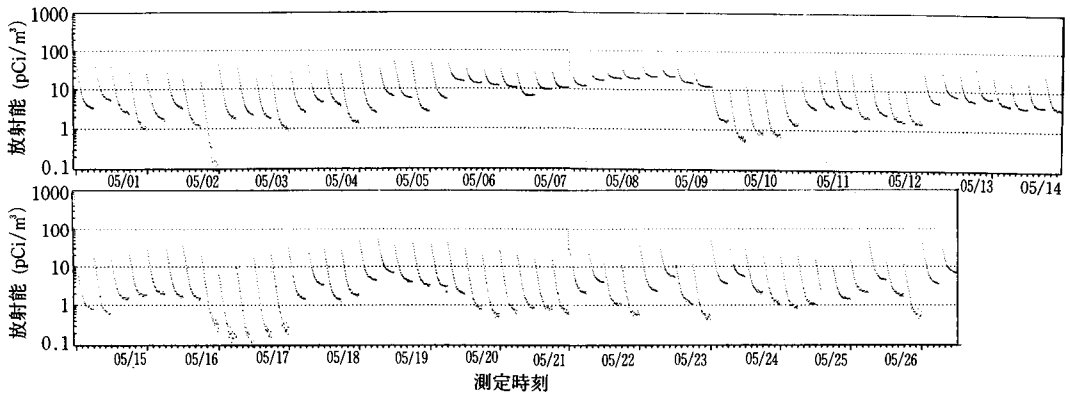
全ベータ放射能値には6時間値，72時間値，1,500時間値と3種類の測定値があるが，72時間値は大気中の自然放射能であるラドンの娘核種（以下Rn成分という）と，トロンの娘核種（以下Tn成分という）が減衰した後の値であり，事故の影響を見るうえで適切である．72時間値は，5月8日～9日に採取したものが最高値を示し，8.4 pCi／m³となった．以後14日と19日の小さなピークを経て減少していった．このことは図－5に示す浮遊じんの放射能性核種濃度の推移と一致している．1,500




図－3　浮遊じん全ベータ放射能の減衰曲線

時間値は，自然放射能であるRn成分とTn成分及び$^{131}$I等の比較的短半減期の人工放射性核種が減衰した後の値であり，$^{137}$Cs等の中長半減期の核種による全ベータ放射能値である．72時間値の1,500時間値に対する比は約0.36とほぼ一定になっている．事故の影響が認められたのは，5月5日から6日にかけて採取した試料からで，その6時間値は6.6 pCi／m³であり，これは昭和60年度の最高値1.8 pCi／m³の3.7倍であった．

また，自動観測局の柏崎市街局と刈羽局においては，浮遊じんの採取・測定を連続的に行っており，6時間集じんし，集じん終了時から6時間測定をしている．刈羽局における集じん直後より6時間までの全ベータ放射能の減衰を追ったのが図－4である．Rn成分の影響をほとんど取り除ける集じん後5～6時間の値で5月6日頃より上昇が見られるが，Tn成分の影響が強く残っているため，この上昇が自然変動内のものであるのか，異常な上昇であるのかは判断できない．ただ，前述のセンターで採取した浮遊じんの全ベータ放射能の72時間値の推移と図－5の放射性核種濃度の推移と合わせみると，今回の事故の影響による上昇であると考えられる．




図－4　浮遊じん全ベータ放射能の推移（刈羽局）

3.2.2　雨　水

降雨は5月1日～2日及び2～3日にあったがいずれも全ベータ放射能は検出限界以下であった．事故の影響が認められたものは，5月6日～7日に採取した試料からで，放射能濃度350 pCi／l，降下量で4.3 mCi／㎢であった．以後，降下量は順次減少し，6月3日～4日採取の雨水を最後に平常値へ戻った．

3.3　環境試料の人工放射性核種濃度

各種の環境試料から検出された主要核種の半減期と試料中の最高濃度を表－2に示す．

表－2　主要核種の半減期及び環境試料中の最高濃度

| 項　　目 | $^{103}$Ru | $^{106}$Ru | $^{131}$I | $^{134}$Cs | $^{137}$Cs |
|---|---|---|---|---|---|
| 半　減　期 | 39.4日 | 367日 | 8.04日 | 2.06年 | 30.2年 |
| 浮遊じん（pCi／㎥） | 2.9 | 0.97 | 12 | 0.78 | 1.9 |
| 雨　水（pCi／l） | 420 | － | 2,900 | 28 | 59 |
| 降下物（pCi／㎡） | 2,400 | 760 | － | 1,200 | 2,700 |
| 水道水（pCi／l） | 9.1 | － | 47 | － | － |
| 野　菜（pCi／kg生） | 880 | 210 | 3,000 | 250 | 550 |
| 原　乳（pCi／l） | － | － | 220 | 5.9 | 12 |

（注）1　原乳は西蒲原郡で採取，他は新潟市で採取した試料
　　2　野菜はホウレン草

3.3.1　浮遊じん

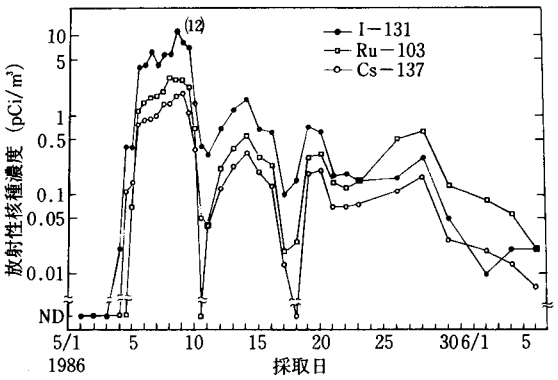
浮遊じんの採取は4月30日より開始した．今回の特別調査で採取した浮遊じんから検出された人工放射性核種は，$^{99}$Mo，$^{99m}$Tc，$^{103}$Ru，$^{106}$Ru，$^{129m}$Te，$^{132}$Te，$^{131}$I，$^{132}$I，$^{134}$Cs，$^{136}$Cs，$^{137}$Cs，$^{140}$La，$^{140}$Baの13種類である．

浮遊じん中の比較的半減期が長くかつ体内被曝の点で重要な核種である$^{131}$I，$^{134}$Cs，$^{137}$Csの推移を図－5に示す．チェルノブイル原子力発電所事故の影響と見られる$^{131}$Iが初めて検出されたのは5月3日～4日にかけて採取した試料からであり，その後$^{131}$I濃度は急激に上昇し，5月8日には12 pCi／㎥となった．しかし，5月11日には約1／40にまで低下した．5月14日にまた上昇が見られたが，最高値の1／10程度までであった．

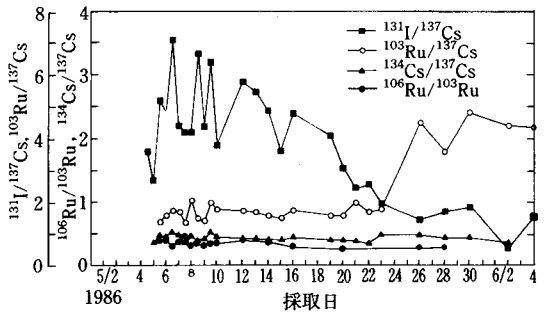
図－5から核種濃度は3つのピークがあることがわかり，第1のピークは5月8日頃であり，第2のピークは5月14日，第3のピークは5月20日頃である．また，各核種とも5月26日～28日にかけてわずかに増加しているが，この増加は図－6の浮遊じん中の放射性核種の存在比（$^{103}$Ru／$^{137}$Cs，$^{106}$Ru／$^{103}$Ru）の推移に示すように，$^{103}$Ru，$^{106}$Ruで特に明らかである．同様の現象は京都府においても認められている[2]．

また，図－6から$^{106}$Ru／$^{103}$Ruは0.35，$^{134}$Cs／$^{137}$Csは0.43と，ほとんど変化せず一定であることがわかった．$^{131}$I／$^{137}$Csは時間とともに減少する傾向が見られた．これは$^{131}$Iの半減期が8日と比較的短く，新たに供給が無ければ，減衰して量が少なくなるためである．

$^{103}$Ru／$^{137}$Csは5月23日頃まではほぼ一定であり，$^{103}$Ru，$^{106}$Ru，$^{134}$Cs，$^{137}$Csの存在比は同じで全体の濃度だけ変化していることになる．




図－5　浮遊じん中の人工放射性核種濃度の推移（新潟市）



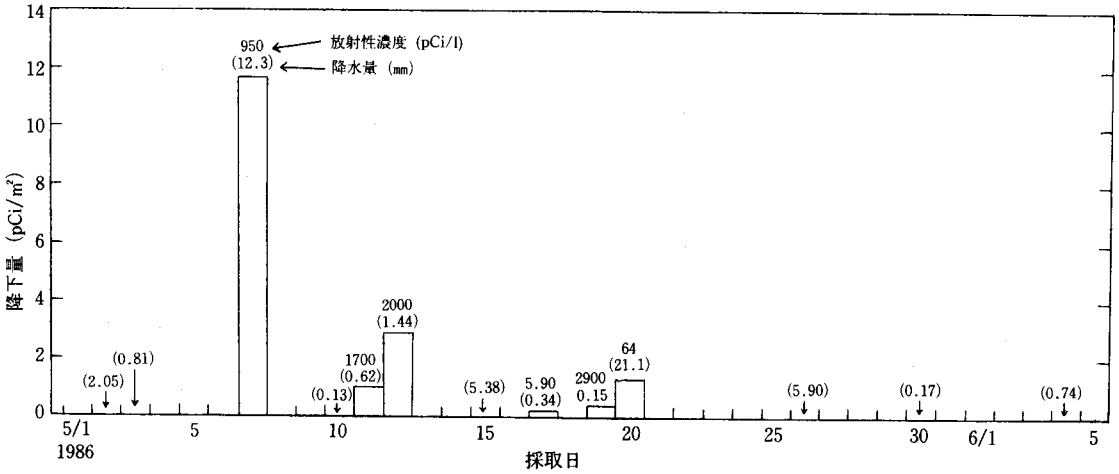

図－6　浮遊じん中の人工放射性核種の存在比の推移（新潟市）

3.3.2　雨　水

雨水の核種分析は5月6日～6月4日の間に採取した試料について行った．5月6日採取の雨水から$^{131}$I等の人工放射性核種が検出され，以後は主に$^{131}$I，$^{103}$Ruが検出された．雨水中の$^{131}$I濃度及び降下量の推移を図－7に示す．$^{131}$I降下量は，雨水の全ベータ放射能の降下量と同様の推移をしてる．また，放射能濃度は，降雨量が少ない時に高い値であるが，降下量としては小さい．

3.3.3　降下物

自動観測局の柏崎市街局，刈羽局及び県放射線監視センター屋上に設置の大型水盤（0.5㎡）で毎月月末に降下物を採取し，放射性核種分析を行っている．5月の降下物からは，浮遊じんの項で記した核種の他，$^{110m}$Ag，$^{125}$Sb，$^{141}$Ce，$^{144}$Ceが検出されている．また浮遊じんで

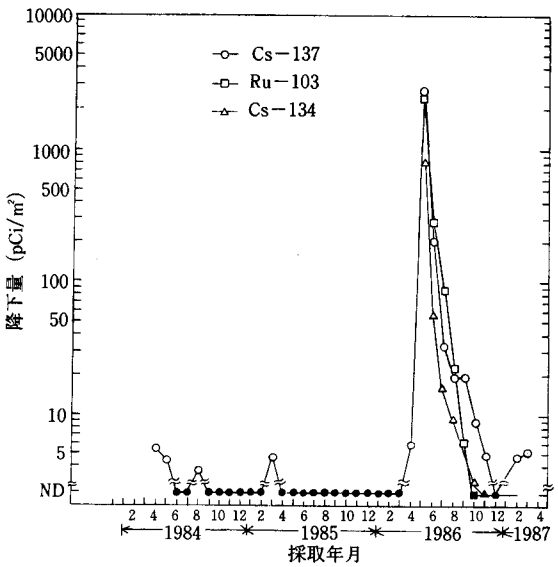



図－7　雨水中のI－131濃度及び降下量（新潟市）

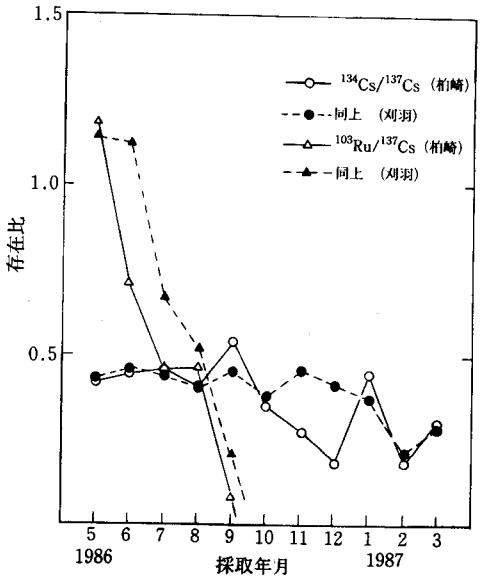
検出された$^{99}$Mo，$^{132}$Teのような短半減期の核種は検出されていないが，これは月末に採取したことや蒸発濃縮などの前処理に時間がかかり，測定までに減衰してしまったためである．

県放射線監視センター屋上で採取の降下物中の人工放射性核種降下量の推移を，図－8に示す．チェルノブイル原子力発電所事故以前に検出されたのは，人工放射性核種の$^{137}$Cs，自然放射性核種の$^{7}$Be，$^{40}$Kだけであったが，事故以後は多数の人工放射性核種が検出されている．$^{137}$Csは極めて低いレベルにあり，中国核実験によると思われるピークが見られるが，これ以降はほとんど検出されていない．5月には，事故以前の最高値5.3pCi／m²の約500倍の2,700pCi／m²という極めて高い値を示し，その後急激に低下し，8月には19pCi／m²程度となっている．柏崎・刈羽地域における降下物の核種分析結果は，事故直後の5月分の$^{137}$Csで柏崎6,500，刈羽4,200pCi／m²と，新潟市に比較してやや多い降下量であったがその推移は新潟市と同様であった．

$^{134}$Csは，$^{137}$Csと同様な推移をしている．存在比（$^{134}$Cs／$^{137}$Cs）は，図－9に示すように，浮遊じん中の存在比と同様約0.4のほぼ一定値を示している．これは，5月に採取した降下物とそれ以降に採取した降下物の人工放




図－8　人工放射性核種の降下量の経年推移
（新潟市）
（測定結果は試料採取日に補正）




図－9　降下物中の人工放射性核種の存在比の推移
（柏崎・刈羽地域）
（測定結果は試料採取日に補正）

射性核種は同一の起源に由来していることを示している．

$^{103}$Ru，$^{106}$Ruも6月以後急激に低下し，10月には検出限界以下となった．$^{103}$Ru／$^{137}$Csは，事故直後は約1.2であったが，$^{103}$Ruの半減期が約39日と比較的短いため，その後は急に低下している．

昭和62年3月末採取の降下物から，微量ではあるが依然として$^{134}$Cs，$^{137}$Csが検出されている．したがって，チェルノブイル発電所事故由来の人工放射性核種の降下が続いていると考えられる．

3.3.4　野　菜

野菜の放射性核種濃度の調査は，表面積が大きく放射能汚染の影響を受けやすい葉菜類のホウレン草について実施した．ホウレン草からは，浮遊じんとほぼ同様の核種が検出されている．

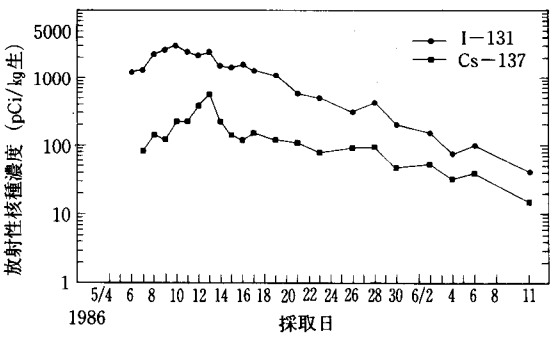
$^{131}$I及び$^{137}$Cs濃度の推移を図－10に示す．$^{131}$Iは，調査を開始した5月6日に1,200 pCi／kg生，5月10日に最高値3,000 pCi／kg生を示し，その後はみかけの半減期約5日で減少していった．$^{134}$Cs，$^{137}$Csは，$^{131}$Iに3日遅れて13日にそれぞれ最高値250，550 pCi／kg生を示した後減少していった．その存在比（$^{134}$Cs／$^{137}$Cs）は約0.45と浮遊じん及び降下物とほぼ同じであった．

また，野菜を洗浄することによる付着した放射性核種の除染効果を調査した．その結果を表－3に示す．野菜の種類により若干異なるが，$^{103}$Ru，$^{131}$Iとも洗浄により35～75%除去されることがわかった．また，洗浄方法として水洗のみと中性洗剤を使用したものを比較したが，除染率の差は見られなかった．

3.3.5　牛　乳

放射性ヨウ素（主として$^{131}$I）が飲食物を通じて人体内に取り込まれる最も影響の大きい汚染経路は，葉菜とともに，牧草から牛乳を経て人間の甲状腺に蓄積する経路であることがわかっている．県では5月4日から市販乳，5月8日から原乳の測定を開始した．

牛乳から検出した核種は，$^{131}$I，$^{134}$Cs，$^{137}$Csである．




図－10　野菜（ホウレン草）中のI－131及びCs－137濃度の推移（新潟市）

表－3　野菜の洗浄による除染効果

単位：pCi／kg生

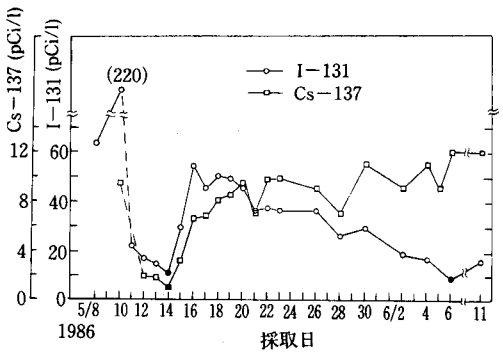
| 試料名 | 採取日 | 洗浄方法 | 放射性核種濃度（除染率：%） | |
|---|---|---|---|---|
| | | | I－131 | Ru－103 |
| ホウレン草 | 5／10 | 未洗浄 | 3,000 | 400 |
| | | 水洗 | 1,800（40） | 220（45） |
| | 5／11 | 未洗浄 | 2,400 | 380 |
| | | 中性洗剤洗い | 1,200（50） | 120（68） |
| 小松菜 | 5／11 | 未洗浄 | 1,700 | 380 |
| | | 水洗 | 1,400（18） | 310（18） |
| | | 中性洗剤洗い | 1,100（35） | 240（37） |
| パセリ | 5／11 | 未洗浄 | 7,100 | 1,200 |
| | | 水洗 | 3,500（51） | 300（75） |
| | | 中性洗剤洗い | 4,500（37） | 460（62） |

原乳の採取場所は，5月8日，10日は西蒲原郡の1農家，5月11日以後は，同郡内にある集乳場である．$^{131}$I，$^{137}$Cs濃度の推移を図－11に示す．$^{131}$Iは8日には検出され，10日に最高値220 pCi／lを示した．集乳場で採取した$^{131}$Iは，15日以後上昇し始め，16日にピークを示したのち減少し，6月には検出限界以下となった．

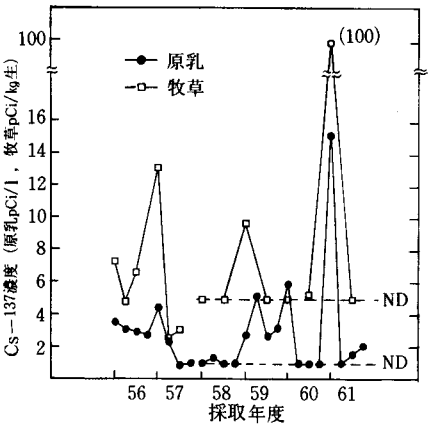
$^{134}$Cs，$^{137}$Csについても5月8日には検出され，15日以後上昇し始めたが，$^{131}$Iと異なり調査が終了する6月11日まで増加する傾向にあった．これは$^{134}$Cs，$^{137}$Csの半減期が$^{131}$Iより長いためと推定される．$^{134}$Cs／$^{137}$Csは，約0.4で降下物とほぼ同じであった．

市販乳は5月8日製造のものから$^{131}$Iが検出され始め，19日及び30日に最高値27 pCi／lを示したが，2～3日前の原乳が加工され市販されていること，また濃度が低いこともあって，原乳ほど明らかな濃度変化は認められなかった．

原子力発電所周辺の定期調査試料として柏崎・刈羽地域及び巻地域で6月10日～12日採取した原乳についても$^{131}$Iが6.7～12pCi／l検出された．今回の事故の影響は




図－11　原乳中のI－131及びCs－137濃度の推移（西蒲原郡）
（●，■は検出限界以下）




図－12　原乳及び牧草中のCs－137濃度の推移（巻地域）
（NDはGe半導体検出器による検出限界以下
56，57年度は放射化学分析による測定値）

定期調査試料によく現われており，図－12に示すように，6月に採取した原乳から検出した$^{137}$Csは，牧草中の$^{137}$Csとともに過去の最高値を大きく超えている．

原乳に含まれる放射性核種の量は，乳牛が青草を食べているかどうか，また，大気中の放射性核種の量などとも関連し非常に複雑である．今回の調査で最高値を示した西蒲原郡及び定期調査試料として柏崎地域，巻地域で採取した原乳については，青草を飼料としていることが確認されている．

3.3.6　水道水

水道水については，新潟市青山浄水場の配水直前の水道水（ろ過水），浄水操作を行う前の水道原水及び当所の蛇口水を対象に測定を行った．

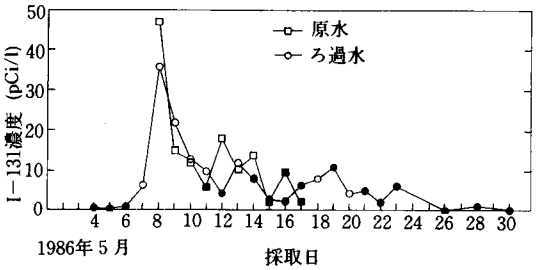
ろ過水と原水の$^{131}$I濃度の推移を図－13に示す．

ろ過水については，5月4日より調査を開始し5月7日に初めて$^{131}$Iが検出された．最高値は5月8日の36 pCi／lであり，それ以降徐々に低くなり5月の下旬からは検出限界以下となった．

原水については，5月8日に採取した試料から，$^{131}$Iが47 pCi／l，$^{103}$Ruが9.1 pCi／l検出された．原水中の$^{131}$I濃度はろ過水に比較してやや高い傾向がみられたが，その推移はろ過水と同様であった．

## 4　ま　と　め

(1)　柏崎刈羽原子力発電所週辺に設置の自動観測局で測定している空間線量率は，5月6日～7日の降雨以後0.1～0.3 μR／時程度の上昇が見られた．また，可搬型Ge半導体検出器での野外測定を行った結果，測定したガンマ線スペクトルに$^{103}$Ru，$^{131}$I，$^{132}$I，$^{137}$Csのピークが認められた．




図－13　水道水中のI－131濃度の推移（新潟市）
（●，■は検出限界以下
測定時間は3,600～7,000秒）

(2)　本県で事故の影響による放射能が初めて検出されたのは，5月3日から4日にかけて採取した浮遊じん中の$^{131}$Iで，以後，各種の環境試料から事故由来と考えられる人工放射性核種が検出された．

(3)　浮遊じんからは，$^{99}$Mo，$^{99m}$Tc，$^{103}$Ru，$^{106}$Ru，$^{129m}$Te $^{132}$Te，$^{131}$I，$^{132}$I，$^{134}$Cs，$^{136}$Cs，$^{140}$La，$^{140}$Baの13核種が検出された．$^{131}$I濃度は，5月8日に最高値12 pCi／m³を示した後2つのピークを経て減少していった．

(4)　降下物からは，浮遊じんで検出された核種の他，$^{110m}$Ag，$^{125}$Sb，$^{141}$Ce，$^{144}$Ceが検出された．これらの核種の降下量は5月以降急激に減少し，10月以降は$^{134}$Csと$^{137}$Csのみが検出されている．

(5)　野菜，牛乳，水道水から$^{131}$Iが検出されたが，摂取制限濃度[3]を十分下回る値であった．

(6)　現在では，短半減期の核種は減衰し検出されなくなったが，$^{137}$Cs等の長半減期の核種は一部の試料からまだ過去のバックグランドレベル以上検出されており，今後も環境放射能調査に影響してくるものと思われる．

## 参　考　文　献

1）新潟県：昭和61年度，柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査年度計画書（昭和61年4月）
2）京都府衛生公害研究所：高浜原子力発電所周辺の環境放射能調査（第5報），p. 65（昭和62年3月）
3）原子力安全委員会：原子力発電所等周辺の防災対策について（1980）