

TECHNICAL REPORTS OF THE METEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE No.36

Geochemical Studies and Analytical  
Methods of Anthropogenic Radionuclides  
in Fallout Samples

BY

Geochemical Research Department

気象研究所技術報告

第 36 号

降水・落下塵中の人工放射性核種の分析法  
及びその地球化学的研究

地球化学研究部



気 象 研 究 所

METEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE, JAPAN

DECEMBER 1996

# Meteorological Research Institute

Established in 1946

Director—General : Dr. Yonejiro Yamagishi

Forecast Research Department	Director : Mr. Shin Ohtsuka
Climate Research Department	Director : Mr. Hikomaro Muraki
Typhoon Research Department	Director : Dr. Sadao Yoshizumi
Physical Meteorology Research Department	Director : Mr. Takenori Noumi
Applical Meteorology Research Department	Director : Dr. Tatsuo Hanafusa
Meteorological Satellite and Observation System Research Department	Director : Mr. Toyoaki Tanaka
Seismology and Volcanology Research Department	Director : Mr. Eiji Mochizuki
Oceanographical Research Department	Director : Mr. Kenzo Shuto
Geochemical Research Department	Director : Dr. Katsuhiko Fushimi

1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan

## Technical Reports of the Meteorological Research Institute

Editor-in-chief : Hikomaro Muraki

Editors : Masakatsu Kato	Ahikiro Uchiyama	Kazumasa Mori
Masashi Fukabori	Izuru Takayabu	Michio Hirota
Sumio Yoshikawa	Goro Yamanaka	Hidekazu Matsueda

Managing Editors : Yutaka Kumagai, Hisato Nishii

The *Technical Reports of the Meteorological Research Institute* has issued at irregular intervals by the Meteorological Research Institute since 1978 as a medium for the publication of technical reports, data reports and comprehensive reports on meteorology, oceanography, seismology and related earth sciences (hereafter referred to as reports) contributed by the members of the MRI and the collaborating researchers.

The Editing Committee reserves the right of decision on acceptability of manuscripts and is responsible for the final editing.

---

©1995 by the Meteorological Research Institute.

The copyright of reports in this journal belongs to the Meteorological Research Institute (MRI). Permission is granted to use figures, tables and short quotes from reports in this journal, provided that the source is acknowledged. Republication, reproduction, translation, and other uses of any extent of reports in this journal require written permission from the MRI.

In exception of this requiament, personal uses for research, study or educational purposes do not require permission from the MRI, provided that the source is acknowledged.

## 序

気象庁では、防災業務の一環として、大気圏内の核実験や原子力施設の重大事故等が地球環境へ及ぼす影響の調査を実施している。気象研究所地球化学研究部では気象庁の業務と連携して、環境放射能の観測法の開発、放射能汚染の実態の把握、大気や海洋における物質輸送解明のトレーサーとしての利用を目的として環境放射能の研究を実施してきた。昭和32年度（1957年）からは、原子力及び放射能に関する行政は科学技術庁が所管することとなり、各省庁がそれぞれの所掌で実施してきた放射能関連業務は、放射能調査研究費によって統一的に実施することとなった。これに伴い、気象庁の放射能調査研究業務は、放射能調査研究費による調査業務（本庁及び管区気象台）と特定研究（気象研究所）として実施されている。

地球化学研究部では、環境中の人工放射性元素の分布とその挙動を40年間にわたって観測・研究しており、このような長期にわたる観測・研究の蓄積は、環境放射能汚染について他に類を見ない貴重な時系列データを内外に提供すると共に、様々な気象学的発見をもたらしてきている。

ドイツの化学者オットー・ハーンが1938年に中性子照射によってウランの原子核分裂を発見し、その後、リーゼ・マイトナーが核分裂の際に放出される巨大なエネルギー「原子力」を発見したが、これらの純粋に科学的な研究・発見が戦争のさなかになされたことが、原爆の製造へと結びついてしまった。戦後の長い冷戦体制は、東西両陣営にとめどない原子兵器の開発競争をもたらし、1952年ごろから始まった米ソによる大型水爆の大気圏内核実験は、死の灰を世界中にばらまく地球規模の汚染を引き起こす結果となった。1954年3月1日における第五福竜丸の被災を発端として起きた、いわゆる「ビキニ事件」は、ひきつづき、放射能マグロ、放射能雨へと拡大していった。

気象研究所地球化学研究室（現地球化学研究部）は、当時から環境の放射能を分析・研究できる日本有数の化学研究室であり、「ビキニ事件」を契機として海洋及び大気中の放射能汚染の調査・研究に精力的に取り組んだ。その結果、当時予想されていなかった海洋の汚染、さらには大気を経由しての日本への影響など放射能汚染の拡大の実態が明らかにされた。「ビキニ事件」の直後から日本でも米ソの核実験にともなう放射能雨が各地で観測されるようになった。

当研究部では1958年から放射能調査研究費による特定研究課題の一つである「放射化学分析（落下塵・降水・海水中の放射性物質の研究）」を開始し、札幌、仙台、東京、大阪、福岡の5つの管区気象台及び秋田、稚内、釧路、石垣島の4地方気象台並びに輪島、米子の2測候所の11気象官署及び気象研究所（気象研究所では1957年4月から）で採集した降水・落下塵（一ヶ月の全量）及び観測船で採集した海水中の $^{90}\text{Sr}$ や $^{137}\text{Cs}$ 、プルトニウム同位体等の放射性核種分析を実施してきた。

1963年になって「部分的核実験禁止条約」が締結され、ようやく米ソの大気圏内核実験は停止され、放射性降下物の量は徐々に減少したが、その後も地下核実験は継続され、新たにフランスと中国が大気圏内で核実験を開始し、わが国における $^{90}\text{Sr}$ 等の長半減期核種の蓄積量は一向に減少しなかった。「全面的核実験禁止条約」が締結されたいま、核実験による地球の汚染の危険性は少なくなるとも言えるが、エネルギー需要の拡大に伴って、原子力への依存度は年々大きくなってお

**Geochemical Studies and Analytical  
Methods of Anthropogenic Radionuclides  
in Fallout Samples**

by

**Geochemical Research Department**

降水・落下塵中の人工放射性核種の分析法及びその地球化学的研究

地球化学研究部

# 目 次

序

Abstract (英文) .....	1
概要 (和文) .....	3
1. 降水・落下塵試料中の放射能の分析 .....	3
1-1 はじめに.....	3
1-2 研究の方法.....	5
1-3 降下物中の人工放射性核種の分析法.....	6
2. 大気・降水中の放射性核種の挙動 .....	15
2-1 日本における大気・降水・落下塵中の人工放射能の推移.....	15
2-2 核実験による放射能降下物の特徴.....	17
2-3 最近の $^{90}\text{Sr}$ , $^{137}\text{Cs}$ 降下量 .....	17
2-4 核実験以外の人工放射性核種.....	23
3. まとめ .....	32
謝辞 .....	32
参考文献 .....	33
(付録) 分析要領	
Appendix 1 .....	付1
Appendix 2 .....	付21
Appendix 3 .....	付25
Appendix 4-1 .....	付29
Appendix 4-2 .....	付45
Appendix 4-3 .....	付51
Appendix 4-4 .....	付53
Appendix 4-5 .....	付55
Appendix 4-6 .....	付57
Appendix 4-7 .....	付63
Appendix 4-8 .....	付65
Appendix 4-9 .....	付67

# Geochemical Studies and Analytical Methods of Anthropogenic Radionuclides in Fallout Samples.

## Abstract

Since 1957, anthropogenic radionuclides in fallout samples collected in Japan have been continuously measured by the Geochemical Research Department of the Meteorological Research Institute (MRI). In this report, a detailed radiochemical analysis of long-lived anthropogenic radionuclides (i.e.,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and plutonium isotopes) in fallout samples is provided together with a data set of monthly deposition rates of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  at 12 stations in Japan. To control the quality of radiochemical analysis of fallout samples, we prepared a fallout reference based on deposition samples collected at 14 stations throughout Japan during 1963–1979. Using this reference, several independent institutions determined the activities of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  and plutonium isotopes. The fallout reference is useful in guaranteeing the quality of radiochemical analysis of anthropogenic radionuclides.

The geochemical behavior of anthropogenic radionuclides in deposition samples originating from atmospheric nuclear testing and severe nuclear reactor accidents (such as the Chernobyl accident) is discussed. The major processes controlling the behavior of radioactive deposition are stratospheric fallout, tropospheric fallout and resuspension. Resuspended radionuclides are considered to be a major source of the recent deposition of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  observed at MRI.

# 降水・落下塵中の人工放射性核種の分析法 及びその地球化学的研究

## 概 要

気象研究所地球化学では過去40年にわたり降水・落下塵試料中の人工放射能の核種分析を実施してきた。この研究の中で、人工放射性核種を指標として大気中の物質の循環に関する知見を得ることができた。最近では、降水量は低下し検出限界に近づきつつあるが、分析値を得ることは依然として重要である。本論では、降水・落下塵試料中の人工放射能 ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{239,240}\text{Pu}$ ) の核種分析法の詳細を記述すると共に、その分析値の品質を保障するため作成した標準試料及び各研究機関の協力で得られた標準試料の放射能の推奨値について紹介する。

現在まで日本で観測された降水・落下塵試料中の人工放射能の主な起源は大気圏核実験とチェルノブイリのような深刻な原子力発電所事故であった。それぞれの場合について、降水・落下塵試料中の人工放射能を指標として用いた地球化学的研究により解明された大気圏での放射能の輸送・地表への降下等の事項について概説する。

## 1. 降水・落下塵試料中の放射能の分析

### 1-1 はじめに

大気圏内核実験や原子力事故により放出された人工放射能は最終的には、降水や降下塵に取り込まれて地表にもたらされ、結果として人体の放射線被曝を生ずる。1986年のチェルノブイリ事故による広範囲の汚染はこのよい例であり、世界に衝撃をもたらした。気象研究所地球化学研究部では、およそ40年にわたり、放射性降下物の研究を実施してきたが、その研究目的は、このような事態に対処し、放射線防護に必要な観測データを国民に提供すること—原子力防災、ならびに放射能がどのように輸送されるのかを知ること—大気輸送諸過程についての知見を得ることにある。

大気圏内核実験が規模を拡大していった1950年代初めには、大気中に放出された人工放射能が、今風に言うところ「長距離輸送」されて、「地球規模の汚染」を引き起こすとは予想されていなかった。人里はなれた辺境で核実験を行えば、人々の居住する地域への放射能汚染や被曝はないと考えられた(ネバダ, サハラ, ロプノール, オーストラリア, セミパラチンスク等の砂漠ないし半砂漠地帯, ビキニ, ムルロワ等の離島, あるいはノバヤゼムリア等の極域で核実験が行われてきた)。ビキニ実験による日本漁船の被曝は当時の常識では全く予期せぬことであり、しかし案に相違して、人工放射能を含む雨は全世界で観測された。60年代初頭には、大規模大気圏内核実験が行われた結果、核実験由来の放射能による被曝線量は、一般の環境に居住する人についてでさえ、自然放射線による線量の約10%にも達した。大気圏内核実験で放出された放射能は対流圏内を輸送されるだけでなく、成層圏内にも打ち上げられ、何年にもわたって徐々に降下し、その影響は長期にわたることも明らかになった。成層圏と対流圏の物質交換や南北両球の大気交換についての研究は、核実験由来の放射能の研究により大きく進んだ。逆に、大気の循環を明らかにするため核実験を行ったケースさえあった。つまり、人工放射能の汚染は、地球環境問題という用語が生まれる前からの古くて

執筆者：青山道夫 広瀬勝己 五十嵐康人 宮尾孝

研究分担者：青山道夫 広瀬勝己 五十嵐康人 葛城幸雄 (退職) 宮尾孝 高谷祐吉 (現在 本庁気候・海洋気象部)

Table 1-1 Nuclear properties of several radionuclides

Radionuclides	half-life	type of decay	emission energy
[Anthropogenic]			
$^{85}\text{Kr}$	10.722 y	$\beta$	251 keV
$^{89}\text{Sr}$	50.559 d	$\gamma$	0.0867 keV
		$\beta$	583 keV
$^{90}\text{Sr}$	28.52 y	$\beta$	196 keV
$^{90}\text{Y}$	2.6471 d	$\beta$	934 keV
$^{137}\text{Cs}$	30.02 y	$\gamma$	661.660 keV
		$\beta$	188 keV
$^{238}\text{Pu}$	87.749 y	$\alpha$	5.4871 MeV
$^{239}\text{Pu}$	$2.411 \times 10^4$ y	$\alpha$	5.101 MeV
$^{240}\text{Pu}$	65637 y	$\alpha$	5.1549 MeV
$^{241}\text{Pu}$	14.42 y	$\beta$	5.2 keV
$^{241}\text{Am}$	432.75 y	$\alpha$	5.4801 MeV
$^{242}\text{Pu}$	$3.7630 \times 10^5$ y	$\alpha$	4.890 MeV
[Natural]			
$^3\text{H}$	12.336 y	$\beta$	5.7 keV
$^7\text{Be}$	53.297 d	$\gamma$	477.606 keV
$^{22}\text{Na}$	2.602 yr	$\gamma$	1274.53 keV
$^{35}\text{S}$	87.51 d	$\beta$	48.6 keV
$^{40}\text{K}$	$1.2778 \times 10^9$ yr	$\gamma$	1460.832 keV
$^{228}\text{Th}$	1.9132 y	$\alpha$	5.399 MeV
$^{230}\text{Th}$	$7.543 \times 10^4$ y	$\alpha$	4.665 MeV
$^{232}\text{Th}$	$1.4056 \times 10^{10}$ y	$\alpha$	4.0056 MeV
$^{234}\text{U}$	$2.4546 \times 10^5$ yr	$\alpha$	4.773 MeV
$^{235}\text{U}$	$7.037 \times 10^8$ y	$\alpha$	4.3785 MeV
$^{238}\text{U}$	$4.4685 \times 10^9$ y	$\alpha$	4.1945 MeV

Table of Radioactive Isotopes (1986)

新しい問題である。その研究より得られた知見は、時間スケールの長い大気中の物質循環像を与えると言う点で、気候変動等今日の地球環境問題の解明にも資せるべき、すぐれて現代的なものであると考えることができる。

ここでは、地球化学研究部で実施してきた降下物中の人工放射性核種の分析法および最近の地球化学的研究の成果を紹介する。扱う人工放射性核種はストロンチウム-90 ( $^{90}\text{Sr}$ )、セシウム-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) 及びプルトニウム同位体 ( $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$  等) である。これらの放射性核種は半減期が長く (表1-1)、常に監視が必要な核種である。

## 1-2 研究の方法

### 1-2-1) 降下物試料の採取および分析法の概要

原則として毎月1日に、気象研究所観測露場に設置したプラスチック製大型水盤 (1 m<sup>2</sup> × 2 または 4 m<sup>2</sup>) に捕集された降下物を、純水で洗浄して20リットルのポリエチレン容器中に採取した。1 m<sup>2</sup>の水盤では、1 mmの降水があれば、1 kgの試料が得られるから、月間200mmの降水があったときには、4 m<sup>2</sup>では約800kgの試料となる。1986年5月以前は1 m<sup>2</sup>の採取面積の大型水盤で降下物試料を採取してきた。1986年5月以降は放射性降下物の減少を考慮して、4 m<sup>2</sup>の採取面積の大型水盤で降下物を採取している。

札幌、稚内、釧路、秋田、仙台、東京、輪島、米子、福岡、石垣島の11地点においては、採取面積が0.5 m<sup>2</sup>の大型水盤をもちいて、月毎に降水・落下塵の採取を行っている。(採取地点は図1-1参照) 採取された降下物は原則として全量、気象研究所に送付され、人工放射性核種 ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  等) の核種分析に供されている。(当初は、札幌、仙台、東京、大阪、福岡、秋田の6地点で試料の採取が行われた。1975年以降は稚内、輪島、米子の3地点が加わった。更に、1977年から、釧路、沖縄 (1980年から、石垣島に変更) の2地点が加わって現在に至っている)。

得られた降下物試料は化学処理を加えずに蒸発濃縮して固体状として、直径約6 cmのポリエチレン容器に充填する。そして、Ge 半導体  $\gamma$  線スペクトロメーターにより試料から放出される661keVの  $\gamma$  線の強度を測定し、 $^{137}\text{Cs}$ を定量した。測定時間は試料中の $^{137}\text{Cs}$ 量に依存するが、数十万秒から2百万秒 (数日~数週間) である。次いで、試料中の有機物を硝酸などで分解し、溶液化して化学分離を行った。溶液の一部を分取し、誘導結合プラズマ発光分光法 (ICP-AES)、同質量分析法 (ICP-MS) により、安定な元素を分析した。残りの溶液中の $^{90}\text{Sr}$ を、安定 Sr を担体として、シュウ酸塩沈澱法、発煙硝酸沈澱法など6種類の沈澱分離を組み合わせた放射化学分離により精製し、測定の妨害となる天然の放射能などを除いた。最終的には、 $^{90}\text{Sr}$ を炭酸ストロンチウムとして回収、固定し、放射能測定用の試料を調製した。数週間放置して $^{90}\text{Sr}$ と $^{90}\text{Y}$ とが放射平衡に達して放射能が $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ となった後に、低バックグラウンド2 $\pi$ ガスフロー検出器でその $\beta$ 線を測定して定量した。測定時間は1000分で、3~5回繰り返し測定を行った。放射能測定では、検出限界以下とならないように、必ず定量値が得られるように努めている。一方、 $^{90}\text{Sr}$ を除いた酸性溶液中のプルトニウム同位体については、酸化還元剤を用いてプルトニウムの酸化数をIV価に調整した後、陰イオン交換樹脂カラムを数回用いて分離・精製した。精製したプルトニウムはステンレス板上に電着した後、表面障壁型Si半導体検出器を使用した $\alpha$ 線スペクトロメーターで計数した。(分析法の詳細は、1-3-3及び付録1参照。)

### 1-2-2) 大気浮遊塵試料の採取の概要

降下物試料と並んで重要な大気浮遊塵試料の採取についてはここで簡単に記す。気象研究所観測露場に設置した大型集塵器で1979年以降ガラス繊維濾紙 (TOYO GB-100R, 0.3 $\mu\text{m}$ 以上の粒径に対して捕集効率は99.9%) 上に大気浮遊塵を採取した。濾紙の交換は1日ないし1週間である。尚、10 $\mu\text{m}$ の粒径で大気浮遊塵を分離するために、カットオフフィルターを用いている。 $^{90}\text{Sr}$ およびプルトニウムの分析には一か月間の濾紙試料を供した。一か月分の濾紙試料を蒸留水に浸潤させ水溶性画分を得た。その後、それらの濾紙は濃硝酸と濃塩酸で処理し放射性核種を抽出した。それぞれの画分について、降下物試料と同様な放射化学的分析を行った後、放射能計測を行った (Hirose et al., 1986)。

### 1-2-3) 放射能分析の精度管理

1981年以降、人工放射能の降下量は漸次減少して、近年は検出限界近くのほぼ一定の水準を推移しており、データの信頼性を確保するうえで、分析における品質管理の必要性が増している。特に、 $\gamma$ 線を放出しない $^{90}\text{Sr}$ などの $\beta$ 放射体や、プルトニウムなど $\alpha$ 放射体の核種分析では、妨害核種を除くため長い過程の放射化学分離が要求されている。したがって、放射性核種分析の精度維持のためには、標準試料 (reference material) を用いて、自らの分析値が保証値 (真値) と一致するか否か検討することが不可欠である。

### 1-3 降下物中の人工放射性核種の分析法

大気・降水・落下塵中の人工放射性核種の分析法については、既に科学技術庁のマニュアル等で、詳細な記述があるが、気象研究所では長期にわたって環境試料中の人工放射性核種の分析を行うと共に、その分析法の改良を行いノウハウの蓄積に努めてきた。特に、最近では、環境試料中の放射能のレベルは極めて低く、値を得るためには多量の降下物試料の処理が必要とされ、改めて分析法の検討と分析値の品質管理の重要性が浮かび上がってきた。分析値の品質管理を実施するためには、分析対象物質と組成の類似した標準試料が必要である。環境試料の標準試料については米国では国家標準局 (NIST) が日本では国立環境研究所が作成している。放射能の標準試料については国際原子力機関 (IAEA) が相互比較と標準試料の提供を行っている。しかし、降下物試料については、現在のところ標準試料を提供しているところはない。

気象研究所地球化学研究部では、降下物試料中の人工放射性核種の分析を効率的に進めると共に、分析値の高品質を維持するため標準試料を作成した。この標準試料の分析結果をもって、分析手法の修得の基準としており、同時に、実際の試料の分析値の品質確保の保障ともなっている。(分析例を付録2に示す。)

#### 1-3-1 降下物標準試料の調製 (Hatori-Ohtsuji et al., 1996)

標準試料の調製に当たっては気象庁の各官署で得られた降下物試料を用いた。気象庁の放射能観測地点では $0.5\text{m}^2$ の面積の大型水盤を露場に設置し1カ月間の降水・落下塵試料の採取を行っている。得られた試料は気象研究所地球化学研究部に送付され、核種分析のため用いられる。降水・落下塵試料は磁性蒸発皿上で蒸発乾固し、蒸発皿上に残った残さが、分析に供される。分析に用いなかった、降下物試料はガラスないしプラスチック容器中に保存されてきた。

過去約17年 (1963-1979年) にわたる降下物の保存試料を標準試料作成のために用いた。各保存試料の約 $1/3$ 量を全ての試料について集め、電気乾燥器中 $110^\circ\text{C}$ で乾燥した。得られた試料の全重量は約4kgであった。乾燥試料は均一にするため磁性の回転粉碎器 (2500rpmで6時間) で処理した。降下物試料は更に150メッシュの篩にかけ、大粒子を除去し均一な微細粒子試料とした。ステンレス製の分配器にかけ、試料を16分割し更にこの分割試料を60分割した。各試料は、前もって希硝酸溶液で洗浄したガラス容器中に保存した。以上の操作の結果として、約1000個の標準試料を作成することができた。一試料当たりの内容物の重量は約4gである。

#### 1-3-2 標準試料の特徴

降下物標準試料は北は稚内から南は石垣島までの全国14地点の降下物試料から作成された。試料の採取地点と全体に対する用いた重量の割合を図1-1に示す。また、図1-2には、各年について各採取地点の降下物試料の重量パーセントを示す。このように、ほぼ日本全国を網羅しているので、この標準試料は日本の平均的降下物試料と見なすことができる。

降下物標準試料中に含まれる人工放射能は、後で詳細を記述するが、1957年から1962年までで全体の約30%を占め、1957年から1964年までで全体の約80%を占める。したがって、降下物標準試料中の人工放射能は、1962年までに

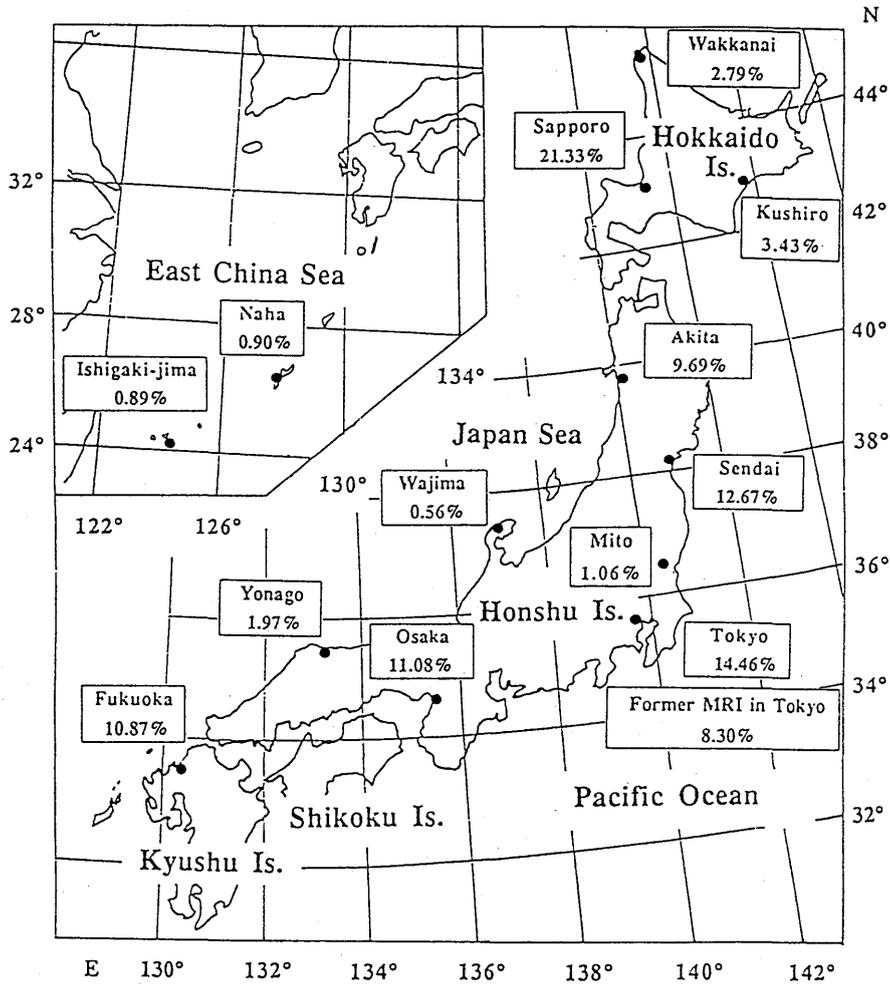


Fig. 1-1 The location of the sampling station and the weight percentage of the fallout material from each station composing 'reference fallout material'.

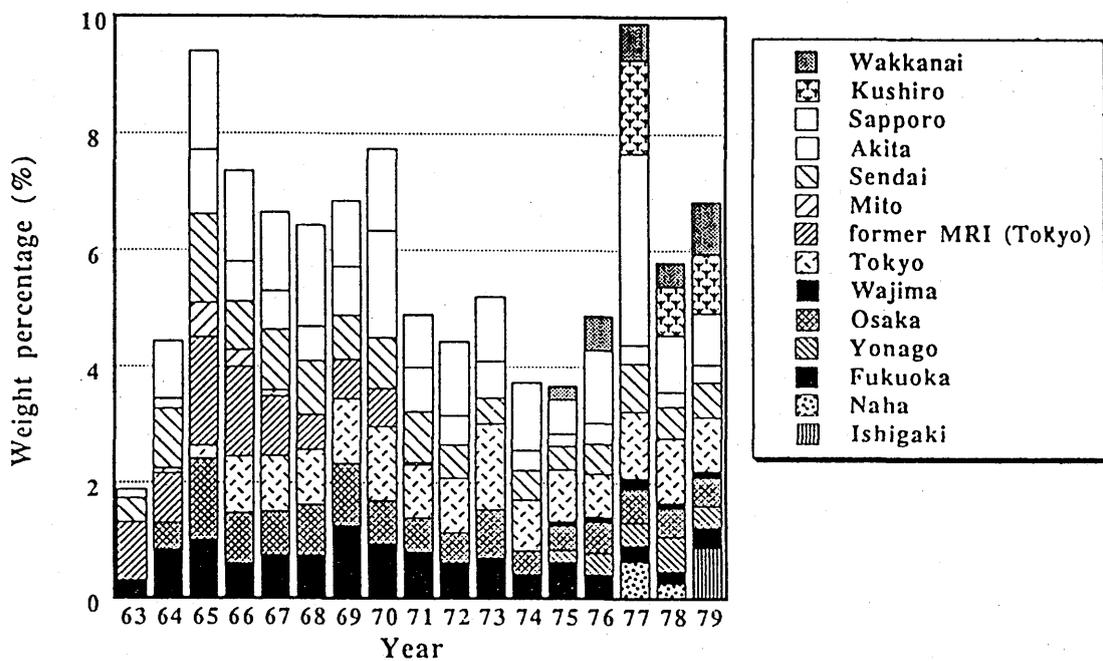


Fig. 1-2 Weight percentage of the annual fallout material of each station composing the 'reference fallout material'.

行われた主に米国と旧ソ連による大規模大気圏内核実験によるグローバルフォールアウト由来の放射能を反映していると考えられる。

### 1-3-3 降下物試料の分析

降下物標準試料の分析対象放射性核種は比較的長寿命の<sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr及びプルトニウム同位体である。これらの放射性核種の放射化学分析の詳細は後で流れ図として示すので、概略を紹介する(付録1を参照)。

降下物標準試料中の<sup>137</sup>CsはGe半導体検出器と4096チャンネルの波高分析器からなるγ線スペクトロメーターを用いて測定した(γ線スペクトロメーターの詳細は科学技術庁マニュアルを参照)。ガンマ線のエネルギー分解能(FWHM)は<sup>60</sup>Coの1.33MeVのγ線で約2.0keVである。<sup>137</sup>Csの放射能は661keVで測定した。Ge半導体検出器のエネルギー効率曲線は<sup>152</sup>Eu標準線源あるいは<sup>60</sup>Co, <sup>133</sup>Baと<sup>137</sup>Csの混合γ線源を用いて作成した。また試料の幾何補正は日本分析センターにより提供されている既知量の<sup>137</sup>Csを含む日本分析センター内部用の標準土壌を用いて決定した。検出器の1インチNa(I)検出器に対する相対効率率は10-20%である。

γ線の測定をした後、試料は<sup>90</sup>Srとプルトニウム同位体の放射化学分析に供した。試料はテフロン容器に移し、化学収率の測定のため、既知量の高純度安定ストロンチウム(SrCO<sub>3</sub>:<sup>90</sup>Srは含まれていない)と<sup>242</sup>Puを加えた後、濃硝酸で有機物等を分解し可溶化した。また分解に際して、ときどき必要に応じて過酸化水素水を加えた。最後に残った有機物を完全に分解するために、少量の過塩素酸を加えて加熱した。分解終了後、試料を蒸発乾固した。容器中の残さは8M硝酸溶液に溶解した。不溶性部分は濾過によって除いた(必要に応じて付録1を参照)。

プルトニウムの分離・精製には陰イオン交換樹脂(Dowex 1×8, 50-100メッシュ)を用いた。カラム体積は20mlである。試料溶液を陰イオン交換樹脂カラムを通す前に、NaNO<sub>2</sub>を加えプルトニウムイオンの価数をIV価に調整した。試料量を8M HNO<sub>3</sub>溶液で500ml以上にした後、流速2ml/minでカラムに通した。この操作でプルトニウムはトリウム、一部のウラン・ポロニウムと共にイオン交換樹脂に吸着する。カラムを8M HNO<sub>3</sub>溶液で洗浄した。この過程で得られた溶出・溶離液は全て合わせて<sup>90</sup>Sr分析用の試料に供した。さらにカラムは10M HCl溶液で洗浄した。この過程でトリウムは溶離する。樹脂上のプルトニウムはHI-HCl混合溶液でIII価に還元して溶離した。得られたプルトニウム画分は蒸発乾固後、8M HNO<sub>3</sub>溶液に溶解し陰イオン交換樹脂(小カラム(0.8×4cm), Bio-Rad Poly-Prep, AG 1×8, 200-400メッシュ)で精製した。精製したプルトニウム画分はHCl-エタノール溶液(2M HCl 1ml + C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 20ml)に溶解した後、ステンレス板上に電着した。(電着時間は15V-250mAで2時間である。)ステンレス板上の放射能は表面障壁型Si半導体検出器と1024チャンネルの波高分析器からなるαスペクトロメーターで測定した。測定時間は30万秒から200万秒である。プルトニウムの通常の化学収率は60%以上である。α線スペクトロメーターによる測定の場合、表1-1で示したように、<sup>239</sup>Puと<sup>240</sup>Puは放出α粒子のエネルギーが近く分離できない。したがって、両核種の放射能を合わせた量としてプルトニウムの放射能と評価している。個別のプルトニウム同位体の量を測定するためには、質量分析計が必要である。なお、α線スペクトロメーターのエネルギーキャリブレーションはウランの電着試料等で行うことができる。

<sup>90</sup>Srの分析は第一段階の陰イオン交換樹脂カラムの溶出・溶離液を用いた。溶出液をアンモニア水もしくは水酸化ナトリウム溶液で中和した後、100mgのカルシウム(CaCl<sub>2</sub>)を加えた。炭酸アンモニウムもしくは炭酸ナトリウムを加え、アルカリ土類金属イオンの沈澱を生成させ、加熱することによって沈澱を熟成させた。沈澱は遠心器により分離した後、少量の濃塩酸に溶解した。溶液を1リットルに希釈した後、シュウ酸(20-30g)を加え、溶液のpHをアンモニア水で約4に調整し不溶性のシュウ酸塩の沈澱を生成させた。沈澱は遠心分離器で分離した後、硝酸に溶解しシュウ酸を分解した。溶液に含まれるカルシウムとストロンチウムの分離は発煙硝酸法で行った。発煙硝酸法で精

製したストロンチウム画分はクロム酸バリウム沈澱と水酸化鉄沈澱によってさらにに精製し、微量のラジウムやその娘核種を除去した。最終的に、ストロンチウムは炭酸塩として沈澱させ、No 5.Cの濾紙上に定着させた。ストロンチウムの化学収率は60から80%である。試料は90Yと放射平衡にした後、放射能は2πガスフローβ線カウンタ（アロカLBC-5）で測定した。この測定器のバックグラウンドの計数値は極めて低く約0.4cpmである。バックグラウンド測定結果と炭酸ストロンチウム重量効率曲線は付録3に示す。

#### 1-3-4 標準試料の均一性の試験

作成した個々の標準試料の品質と均一性を確かめるために、いくつかの試料の抜き取り検査を行った。任意に16個の試料を抜き取り、<sup>137</sup>Csを測定した。試料の水分含量は3%以下であることを確かめ、改めて乾燥操作は行わなかった。計測時間は24時間で、この測定に伴う計数誤差は5%以下である。得られた結果を表1-2に示す。平均値についての統計誤差は各測定に伴う計数誤差より小さいことが分かった。以上の結果から、個々の標準試料は充分均一であり、標準試料としての品質が確保できることが分かった。

<sup>90</sup>Srとプルトニウム同位体についても抜き取り検査を行った。その結果を表1-3に示す。<sup>90</sup>Srと<sup>239,240</sup>Puについては個々のロット間の変動は5%以下で、標準試料としての品質は確保されていることが分かった。<sup>238</sup>Puの場合には、低濃度のためやや変動は大きくなっている。

Table 1-2 <sup>137</sup>Cs concentration in each split of the 'Reference Fallout Material'

Sample	<sup>137</sup> Cs (mBq g <sup>-1</sup> )
No. 1-10	317 ± 11 <sup>a</sup>
No. 2-10	314 ± 12
No. 3-10	303 ± 12
No. 4-10	315 ± 12
No. 5-10	310 ± 12
No. 6-10	303 ± 12
No. 7-10	324 ± 12
No. 8-10	308 ± 12
No. 9-10	306 ± 11
No. 10-10	301 ± 11
No. 11-10	302 ± 11
No. 12-10	302 ± 12
No. 13-10	317 ± 12
No. 14-10	310 ± 12
No. 15-10	304 ± 12
No. 16-10	306 ± 12
Average	309 ± 6 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Counting statistic error.

<sup>b</sup>Unbiased SD.

Table 1-3 Concentrations of  $^{90}\text{Sr}$  and Pu isotopes in the 'Reference Fallout Material' ( $\text{mBq g}^{-1}$ )

Sample	$^{90}\text{Sr}$	$^{238}\text{Pu}$	$^{239,240}\text{Pu}$
No. 1-53	192 ± 7	0.19 ± 0.04	6.19 ± 0.40
No. 3-1	193 ± 3	0.06 ± 0.03	6.53 ± 0.45
No. 4-50	208 ± 3	0.19 ± 0.05	6.88 ± 0.46
No. 7-51	190 ± 3	0.06 ± 0.02	6.31 ± 0.39
No. 16-44	206 ± 6	0.18 ± 0.04	6.56 ± 0.34
Average	198 ± 8	0.14 ± 0.07	6.49 ± 0.27

The error shown for each determined value is based on the counting statistics, while that for the average shows unbiased SD for the data set.

### 1-3-5 標準試料の相互比較

標準試料の推奨値を得るためには、他の研究機関等との相互比較が重要な過程である。気象研究所では1993年に日本分析センターとの間で相互比較を始めた。各機関には乱数により選択した5本1組の標準試料のセットを送付し、5試料分の分析値の提供をお願いしている。現在までに、気象研究所を含め日本の16の機関が相互比較計画に参加している。その内、気象研究所を含め10機関から分析結果を得ている。対象核種は $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239,240}\text{Pu}$ 、 $^{238}\text{Pu}$ 及びいくつかの天然の放射性核種 ( $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ ) である。なお、2機関は標準試料の一部のみを分析に供した。また、試料の乾燥操作は推奨していない。分析値の放射壊変の補正は、1993年1月1日を参照日とした。

各参加機関の分析結果を表1-4に示す。なお、機関名は匿名にしている。 $^{137}\text{Cs}$ 分析の場合、8機関は $\gamma$ 線スペクトロメトリーで、1機関(A)は放射化学分析による分離精製後、低バックグラウンド $\beta$ 線カウンタで測定している。異なった方法による分析値が含まれているにも係わらず、結果は相互に良く一致している。図1-3に得られた $^{137}\text{Cs}$ 値の頻度分布を示す。頻度分布は正規分布に近く、大部分の値は平均値の10%内にあった。従って、 $^{137}\text{Cs}$ の場合、この相互比較で得られた平均値を推奨値とすることができる。そこで、降下物標準試料の推奨値を $311\text{mBq/g}$ と定めた。

$^{90}\text{Sr}$  (3機関) と  $^{239,240}\text{Pu}$  (4機関) の分析値に付いて頻度分布を取った結果を図1-4に示す。現在の日本では、これらの核種について放射化学分析を実施できる能力を有する研究機関等は限られているため、報告された分析値は $^{137}\text{Cs}$ に比べて少なく、分散も大きいことが分かった。従って、これらの核種の推奨値を得るためには、さらに多くの分析機関による分析値の提供が必要である。

表1-5に降下物標準試料中の放射性核種の放射能比を示す。 $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 比は両核種が比較的近い半減期をもっているため1961-62年の大規模大気圏核実験によるグローバルフォールアウトの値(1.6)に近い値となっている。一方、 $^{137}\text{Cs}/^{239,240}\text{Pu}$ および $^{90}\text{Sr}/^{239,240}\text{Pu}$ 比の場合、プルトニウムの半減期が長い(表1-1)のために、グローバルフォールアウト時の値の約半分減少している。また、 $^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$ 比は、1964年に起こった $^{238}\text{Pu}$ を燃料電池として用いた人工衛星(SNAP-9A)事故により加わった $^{238}\text{Pu}$ により、核実験により放出されたプルトニウム同位体比より高い値を示す。これらの放射能比は厳密には、全ての地点で全ての年代に付いて均等な試料でないために、現在の環境試料分析結果との比較議論には問題があるが、一つの目安としては重要である。

標準試料の性質を知るためには、主要成分の化学組成を明らかにしておく必要がある。酸可溶性部分をICP-AES及びICP-MSで測定した結果を表1-6に示す。降下物標準試料中の $^{90}\text{Sr}$ と $^{137}\text{Cs}$ のr/s値(比放射能)は、それぞれ約 $800\text{mBq/mg}$ 及び $55\text{mBq}/\mu\text{g}$ となる。

Table 1-4 Reported concentrations of radionuclides in the 'Reference Fallout Material' (mBq g<sup>-1</sup>)

Institution	Sample (n)	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>239,240</sup> Pu	<sup>238</sup> Pu	<sup>210</sup> Pb	<sup>226</sup> Ra
A	5	298 ± 3 <sup>a</sup>	186 ± 3	6.32 ± 0.10	0.25 ± 0.03		
B	5	304 ± 11					
C	5	328 ± 11					
D	5	314 ± 6					
E	5	342 ± 11	248 ± 7	7.23 ± 0.54	0.40 ± 0.08		
F	5	314 ± 9					
G	5			6.41 ± 0.15	0.27 ± 0.01		
H	5	290 ± 9					
I	4 <sup>b</sup>	305 ± 3				661 ± 15	15 ± 2
MRI	5(16) <sup>c</sup>	309 ± 6	198 ± 8	6.49 ± 0.30	0.14 ± 0.08		
Average		312 ± 16	211 ± 33	6.61 ± 0.42	0.27 ± 0.11	661	15
Weighted mean		311	211	6.52	0.28		

<sup>a</sup>Errors indicated in this table show the unbiased SD for each data set.

<sup>b</sup>Although the five bottles were provided, one was broken during transportation. For <sup>226</sup>Ra, one sample showed a value below the detection limit.

<sup>c</sup>The figure in parentheses is for <sup>137</sup>Cs.

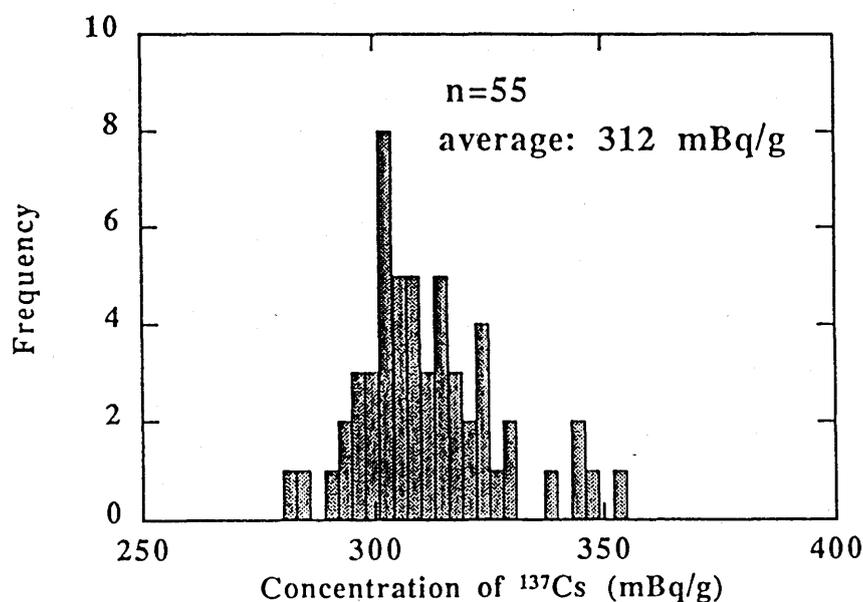


Fig. 1-3 Frequency distribution of the reported <sup>137</sup>Cs concentration.

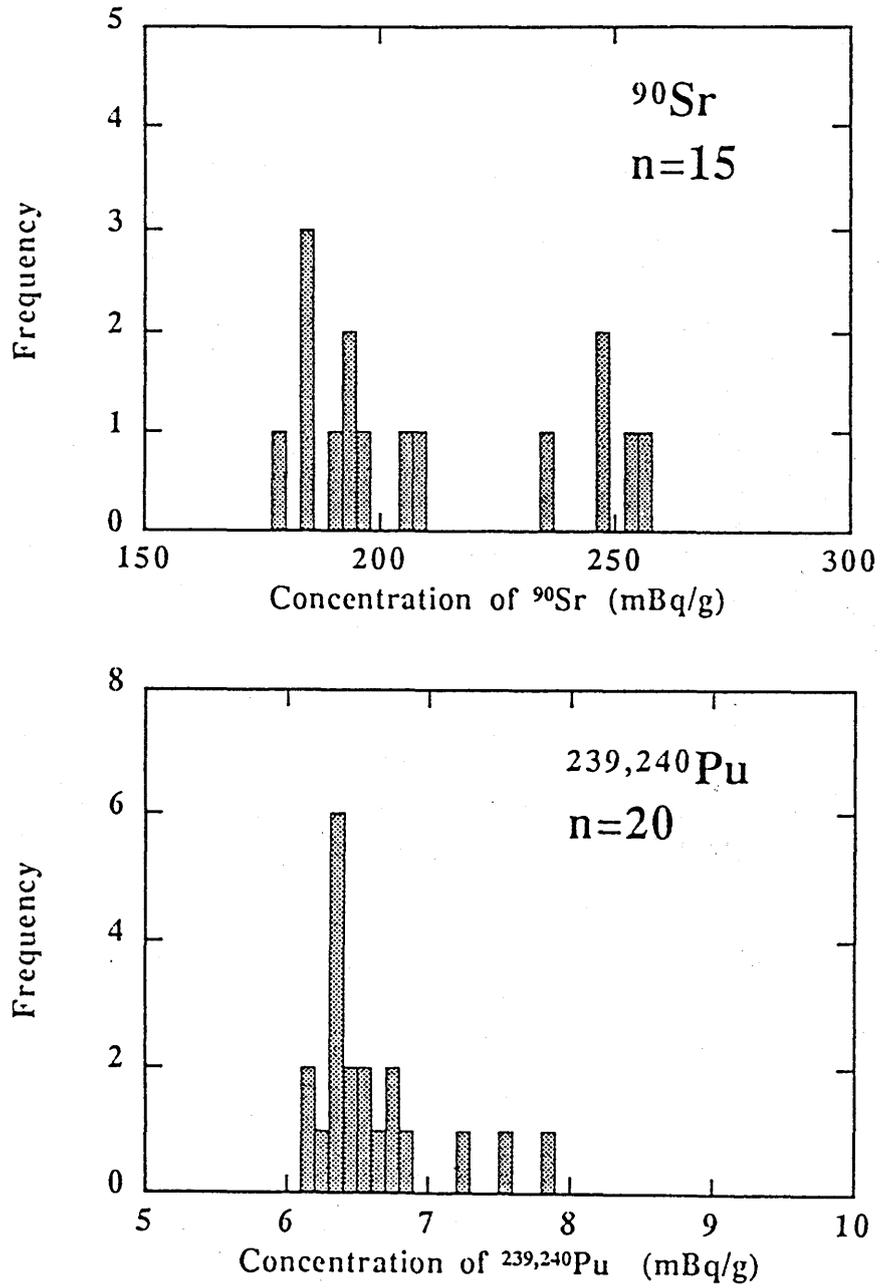


Fig. 1-4 Frequency distribution of the reported  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  concentrations.

Table 1-5 Activity ratios in the 'Reference Fallout Material'

<i>Institution</i>	<i>Sample (n)</i>	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}/^{239,240}\text{Pu}$	$^{90}\text{Sr}/^{239,240}\text{Pu}$	$^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$
A	5	1.60	47.1	29.4	0.040
E	5	1.38	47.3	34.2	0.056
G	5				0.041
MRI	5(16) <sup>a</sup>	1.56	47.6	30.5	0.021
Average		1.48	47.2	31.9	0.041
Weighted mean		1.47	47.7	32.4	0.043

<sup>a</sup> For  $^{137}\text{Cs}$  determination.

Table 1-6 Concentrations of stable elements in the 'Reference Fallout Material'

<i>Element</i>	<i>ICP-AES (mg g<sup>-1</sup>)</i>	<i>ICP-MS (μg g<sup>-1</sup>)</i>
Bc		0.53 ± 0.03
Na	41.45 ± 0.51	
Mg	11.60 ± 0.09	
Al	26.03 ± 0.05	
K	7.58 ± 1.43	
Ca	63.00 ± 0.51	
Ti	11.38 ± 0.07	
Mn	0.80 ± 0.02	
Fe	31.24 ± 0.40	
Cu	8.69 ± 0.03	
Zn	4.51 ± 0.02	
Sr	0.26 ± 0.00	264 ± 2
Cs		5.62 ± 0.05
Ba	0.37 ± 0.00	

Errors are SD of triplicated measurements.

## 2. 大気・降水中の放射性核種の挙動

### 2-1 日本における大気・降水・落下塵中の人工放射能の推移

1958年以来、気象研究所地球化学研究部では札幌、稚内、釧路、秋田、仙台、東京、輪島、米子、福岡、石垣島及びつくば（気象研究所）の12地点における人工放射性核種（ $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 等）の月間降下量の測定を行ってきた（当初は、札幌、仙台、東京、大阪、福岡、秋田の6地点で試料の採取が行われた。1975年以降は稚内、輪島、米子の3地点が加わった。更に、1977年から、釧路、沖縄（1980年から、石垣島に変更）の2地点が加わって現在に至っている）。気象研究所は、1980年の研究所移転に伴い東京高円寺からつくばに変わった。現在までに得られた各地点の月間降下量は付録4にまとめた。

図2-1に、1959年から1994年までの、東京（1959-1979年）及びつくば（1980年以降）の気象研究所で測定された $^{90}\text{Sr}$

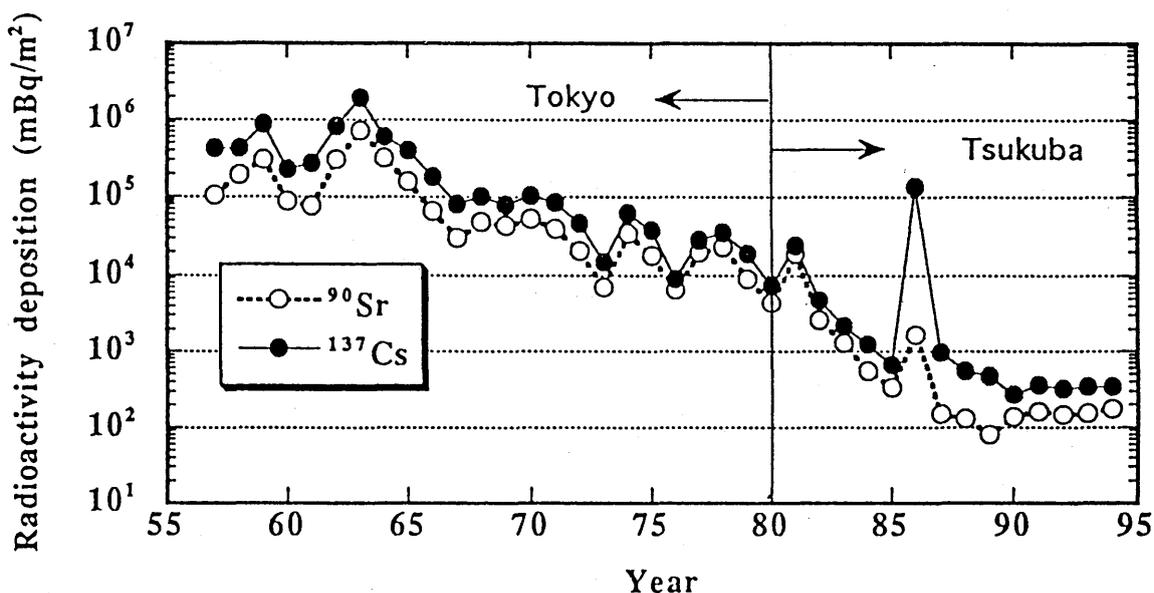


Fig. 2-1 Temporal variation in annual radioactivity deposition observed at MRI

及び $^{137}\text{Cs}$ の年間降下量の経年変化を示す。また、表2-1には $^{90}\text{Sr}$ と $^{137}\text{Cs}$ に加え、プルトニウム同位体の年間降下量を示す。なお、1980年に気象研究所は、東京都杉並区高円寺より、茨城県つくば市に移転した。グローバルフォールアウトによる放射性降下物の降下量は緯度に大きく依存する（Katsuragi and Aoyama, 1986）が、東京とつくばの距離はおおよそ60kmで緯度幅は20分に過ぎないので、この観測記録は連続したものとみなせる。なお、この連続性はプルトニウム同位体降下量の観測結果について確認されている（Katsuragi et al., 1983）。1959年以来の放射性降下量の観測の中で、1961-1962年の大規模大気圏核実験の翌年の1963年にいずれの核種についても最大の降下量を観測した。その後、部分核実験停止条約により大気圏で大規模な核実験が行われなかったために、約1年の成層圏滞留時間に従って降下量は減少した（Katsuragi, 1983；Hirose et al., 1987）。しかし、1965年以降は中国やフランスの大気圏内核実験により人工放射性核種の降下量は一定水準を推移した。1980年10月の第26回中国大気圏内核実験以来、大気圏では核実験は行われていないので、1981年に比較的高い降下量を観測した後、降下量は減少し、1985年には最も低いレベルになった。1986年の4月に起きたチェルノブイリ原子力発電所事故に伴い多量の放射能が大気中に放出

された。その結果、日本でも高い放射能が検出された(詳細は2-4を参照)。その後、降下物中の人工放射能は減少し、1990年代に入り放射能は低いレベルで推移している。

Table 2-1 Annual deposition of <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs and plutonium observed in MRI. (1958-1994)

Year	<sup>90</sup> Sr Bq m <sup>-2</sup>	<sup>137</sup> Cs Bq m <sup>-2</sup>	<sup>239,240</sup> Pu Bq m <sup>-2</sup>	Amount of ppt mm
1958	386	1092		1796
1959	219	692	3.59	1612
1960	64.9	168	1.6	1176
1961	56.8	197	1.37	1232
1962	219	592	4.06	1153
1963	516	1414	7.41	1657
1964	232	435	6.85	1136
1965	116	286	4.47	1761
1966	48.6	135	2.71	1796
1967	21.6	59.5	0.78	1208
1968	35.1	75.7	0.93	1644
1969	32.4	59.5	0.44	1472
1970	52.9	102	0.22	1082
1971	39.6	84	0.48	1396
1972	20.4	45.9	0.19	1701
1973	7.0	14.8	0.096	1207
1974	34	61.6	0.23	1757
1975	18.1	37.4	0.24	1621
1976	6.7	8.9	0.034	1559
1977	19.6	28.1	0.2	1617
1978	22.9	34.8	0.27	1064
1979	8.9	18.9	0.15	1575
1980	4.4	7.4	0.036	1479
1981	18.9	24.1	0.26	1222
1982	2.6	4.8	0.052	1324
1983	1.3	2.1	0.0136	1362
1984	0.56	1.2	0.0079	1826
1985	0.33	0.67	0.0026	1374
1986	1.7	135	0.0032	1182
1987	0.15	0.96	0.0032	1098
1988	0.13	0.56	0.0038	1296
1989	0.079	0.47	0.0017	1520
1990	0.19	0.29	0.0021	1284
1991	0.16	0.36	0.0030	1841
1992	0.15	0.32	0.0044	1282
1993	0.15	0.35	0.0078	1381
1994	0.18	0.42		

## 2-2 核実験による放射性降下物の特徴

大気圏内核実験により生成した放射性塵の大気圏の挙動については多くの研究があり成書にまとめられている (Reiter, 1978; 葛城, 1986)。その成果の概略を紹介する。大気圏内核実験の場合、爆発の規模によって放射能の打ち上げ高度が異なる。1メガトン以上の水素爆弾の爆発の場合には、爆発に伴い生成した大部分の放射能は成層圏に打ち上げられる。従って、成層圏大気の循環や成層圏と対流圏の大気の交換過程によって地表大気の人工放射性核種を含むエアロゾルの濃度やそれらの地表への降下量が支配されている。成層圏に打ち上げられた放射能の経時変化や地上で観測された降下量の経時変化の解析によって、成層圏のエアロゾルの滞留時間が約1年であることが明らかになった。しかし、実際の観測結果によると、みかけの成層圏滞留時間はかなりの変動を示し、短い場合には約0.5年 (1980年中国第26回大気圏内核実験の場合) 長い場合には1.7年 (1960-61大規模核実験で放出されたプルトニウムの経年変化から評価) にわたっていることが分かっている。この様な現象を合理的に説明するためには、成層圏を少なくとも、3層に分けて考えることが重要であることを明らかにした (Hirose et al., 1987)。各層の半減時間は、上部成層圏 (高度21km以上) が0.5年、下部成層圏 (高度21km以下) が0.7年、対流圏界面直上層が0.3年である。下部成層圏の滞留時間が最も長く、時間が経つにしたがって、地上の放射性降下物の経年変化は、下部成層圏の滞留時間で支配されることが分かる。一方、数10キロトンの原子爆弾の爆発の場合、大部分の放射能は対流圏に留まり (約3,000m~圏界面)、大気の総観気象スケールの循環に従って輸送される。例えば、ロプノールにおける中国の原爆実験の場合、季節によって必ずしも同じではないが、放射能を帯びたエアロゾル (死の灰) は500ヘクトパスカルの空気の流れにしたがって輸送され、核実験後約3日程度で日本に到達した例が知られている。さらに、北半球の中高緯度では放射能はほぼ経度線に沿って西から東に向かって輸送され、約14日程度で世界を一周することが明らかにされている。また、自由対流圏の放射性物質の滞留時間は約30日と評価されている。

成層圏フォールアウトによる放射性降下物は、中緯度地帯では特徴的な季節変動を示す。即ち、3月から6月にかけて降下量の極大値が現れる。この現象を、スプリングピークと呼んでいる。ただし、この季節変化は地域的に異なり、放射性降下物の極大が出現する時期は地域に依存することが明らかになっている (Katsuragi and Aoyama, 1986)。

また、成層圏フォールアウトによる放射性物質の降下量は地域変化を示し、日本については、南から北に行くにしたがって、降水量は減少するにもかかわらず降下量は増大する。特に、秋田の人工放射性核種の降下量は日本で観測した内では最も高く東京の約2倍であった (Katsuragi, 1983)。秋田の高い人工放射性核種の降下量については、チェルノブイリ原子炉事故による放射性降下物でも観測されており (Aoyama et al., 1987)、地理的条件も含め原因の究明は今後の課題である。

## 2-3 最近の<sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs 降下量

### 2-3-1) 月間降下量の季節変動 (Igarashi et al., 1996)

図2-2に1990年より1994年までに観測された月間の降下量変動を示す。1990年より1993年まで<sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs 降下量は春季に最も増大した。春季の降下量増大は、成層圏と対流圏大気の大規模な混合が活発化することによる、いわゆるスプリングピークに相当するようにも考えられる。しかし、極大の月が2度ある年もあり、1980年代とは異なる季節変動傾向を示している。1994年になると、<sup>137</sup>Csの月間降下量は、あきらかに従来と異なる様相を呈することが分かった。

このような観測結果を説明するためには、成層圏フォールアウトが依然として現在の放射性降下物の支配要因であるという仮説はもはや妥当ではなく、あらたにその支配要因を探る必要がある。

### 2-3-2) 放射性降下物をもたらす過程

放射能を地表にもたらす過程は、その経路と起源により、大まかに3つに区別できる。核実験、事故直後には対流

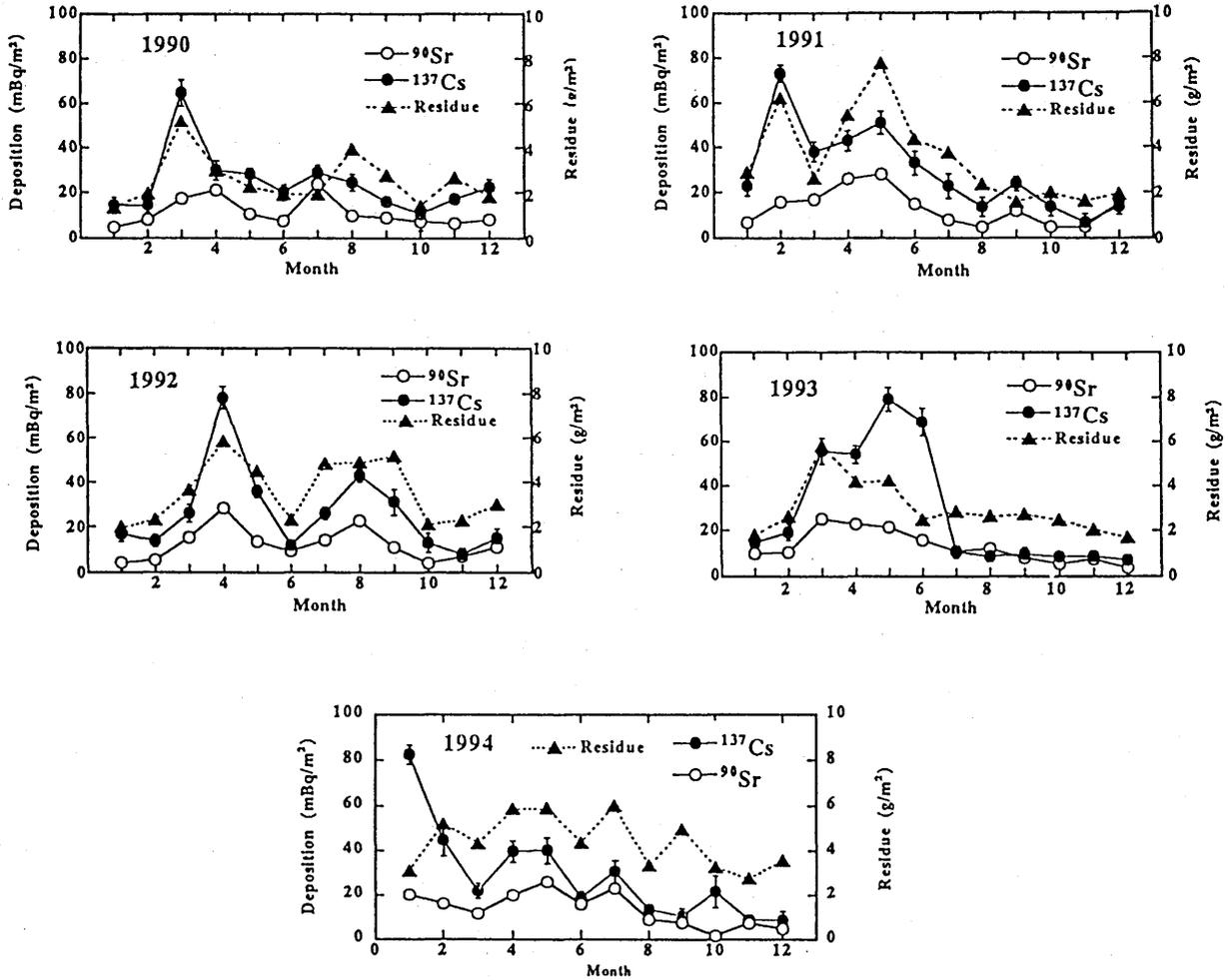


Fig. 2-2 Seasonal variation in radioactivity deposition

圈を直接経由して (T), その翌年以降には成層圏に到達し滞留していた部分 (S) が地表にもたらされる。放射性降下物は圧倒的にこの2つの過程で地表にもたらされる。しかし、これらの過程で輸送される放射能の量が減少するにしたがって、もうひとつの過程が重要となってくる。すなわち、地表に降下した放射能が土壌粒子とともに再浮遊する過程 (R) である。実際の降下量 (D) はこれら3つの過程でもたらされる量の和となる。

$$D = T + S + R$$

この三つの過程について予想される特徴を、減衰時間、放射能と相当する安定体との比 (r/s 比; 純物質に対する比放射能),  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  比につき、表2-2にまとめた。これらの特徴について考察を進め、現在の放射性降下物の支配要因を明らかにする。

### 2-3-3) 降下量の経時変化について

まず最初に減衰時間について考える。先に述べたようにエーロゾルの対流圏での滞留半減期は1箇月程度と推定され、核実験、事故などで放出された放射能の対流圏フォールアウトは、その翌年には1/1000以下となって無視できる量となる。一方、見かけの成層圏フォールアウトの滞留半減期は約1年である。これを  $^{137}\text{Cs}$  の年間降下量変動についてあてはめ (図2-3), 1980年10月の中国核実験以後の数年間に注目すると、1982~1985年の年間降下量 (D) は、

Table 2-2 Quantitative characteristics of processes controlling the radioactive deposition.

Component	Decay time	r/s ratio	<sup>137</sup> Cs/ <sup>90</sup> Sr
Stratospheric	about 1 year	high	specific
Resuspension	long depending on phys. decay, etc.	low	various
Tropospheric accidental small release	about 1 month	higher than strato.	specific

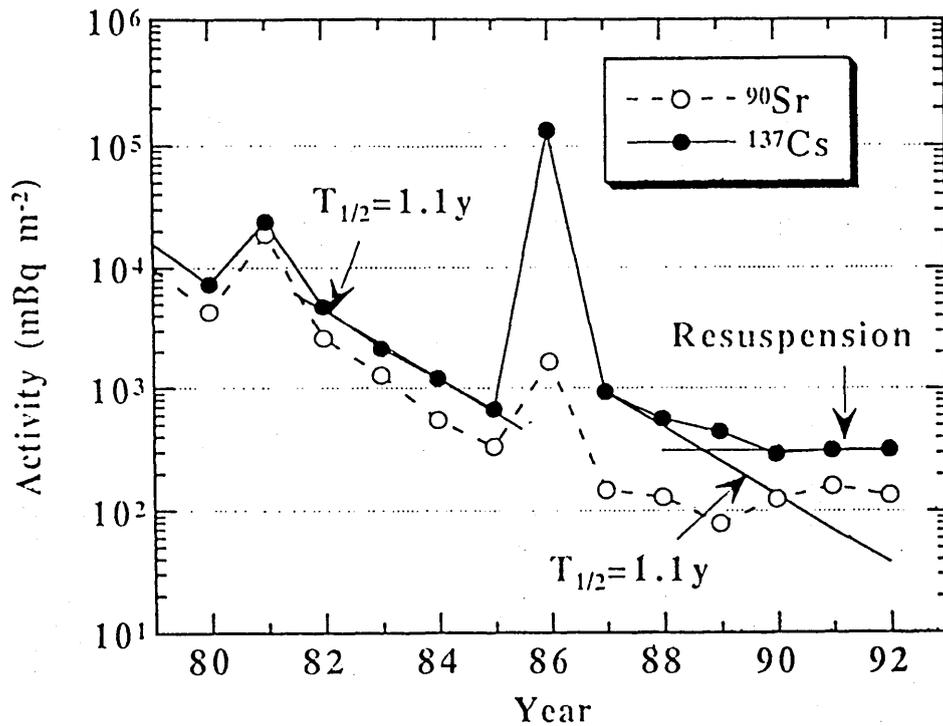


Fig. 2-3 Influence of the stratospheric component on the annual deposition of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr.

$$D_{82+t} = S_{82+t} = D_{82} \times \exp \{ (-\ln 2 / ST) \times t \}$$

と表わすことができる。ここで、添え字は年をあらわし、 $t$ は経過時間を、 $ST$ は成層圏での滞留半減期を示す。計算により得られる滞留半減期は約1.1年となる。

次に、1986年のチェルノブイリ事故で放出された<sup>137</sup>Csの一部は成層圏にも入ったと考えられるので、1990年代に観測された降下量の少なくとも一部は、成層圏由来と推定される (Aoyama, 1988)。仮に全量が成層圏由来とすれば、その減少の仕方は成層圏滞留半減期1.1年の減衰時間に従うはずである。図2-3に示すように、対流圏フォールア

ウトが無視できる1987年より、1.1年の減衰曲線をのばすと、1990年代の予測された<sup>137</sup>Cs降下量は、実際の降下量よりも明らかに下回ってしまう。そこで、もう一つの因子である再浮遊 (R) を考慮する必要がある。問題はその量をもどのように見積もるかである。とりあえず、値がほぼ一定となった1990年代の降下量の平均値を再浮遊量 (R) として、1987~89年の降下量 (D) について計算すると、

$$D_{87+t} = S_{87+t} + R = D_{87} \times \exp \{ (-\ln 2 / ST) \times t \} + R$$

となって、成層圏滞留半減期として約0.89年が得られた (図2-4)。改めて同様の計算を1982~85年の降下量について行くと、約0.84年の滞留半減期が得られた。1986年のチェルノブイリ事故の前後で成層圏滞留半減期の値が一致することから、現在の放射性降下物はそのほとんど全量が再浮遊によってもたらされているとした最初の仮定は正しかったと考えられる。この結果から、再浮遊粒子に付着した人工放射性核種の降下量への寄与は、少なくとも1980年代初期から無視できない程度になり、また、その量はおおよそ1990年代の年間降下量と同じと考えて差し支えないことがわかった。

2-3-4) <sup>90</sup>Sr と <sup>137</sup>Cs について安定元素濃度との比 (r/s比) について

現在の人工放射性降下物は成層圏に由来しないことを、さらにr/s比により確認を行った。r/s比は、純物質の場合の比放射能に相当するが、環境中の化学成分を対象にしているのでr/s比という用語を用いる。核反応で生成した放射性同位体には、相当する安定同位体はほとんど付随しない。大気圏内の核爆発では周囲の物質が巻き上げられるが、量的には少ない。一方、再浮遊の場合、人工放射性同位体は、土壌粒子に付着しており安定な元素により希釈された状態にある。従って、定性的には、r/s比は成層圏フォールアウトで大で、再浮遊では小と考えられる。も

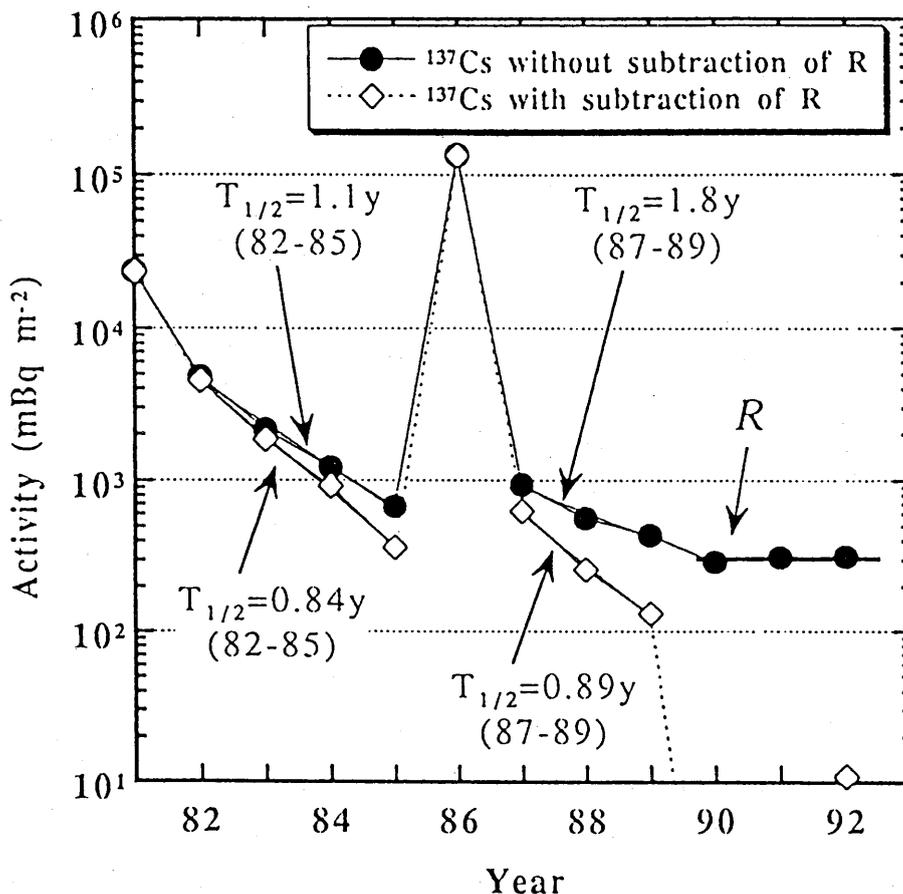


Fig. 2-4 Deconvolution of the total <sup>137</sup>Cs deposition into the stratosphere and the resuspension components.

し、春季の降水量の増大が、成層圏フォールアウトに由来するのであれば、放射能は土壌中の安定体に希釈されていないから、 $r/s$ 比が増大するはずである。1991~93年の降水物について求められた $^{90}\text{Sr}/$ 安定Sr比および $^{137}\text{Cs}/$ 安定Cs比( $r/s$ 比)を図2-5に示す。 $r/s$ 比は何らかの原因で変動するが、春季の降水量極大(図2-2)に対応した $r/s$ 比の増大は見られなかった。このように、現在降下している放射能のほとんどは成層圏由来ではなく、土壌よりの舞い上がり起源であることがあらためて示された。

2-3-5) 再浮遊の起源について

次なる疑問は、気象研究所で観測されている人工放射能を含む再浮遊土壌粒子はどこから運ばれてくるかである。これには、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比が手がかりを与えると思われる。図2-6に1990~93年の各月での $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比をプロットした。同比は1~5程度の範囲で変動した。1960~70年代の大気圏内核実験に由来する放射性降水物中の同比は約1.6

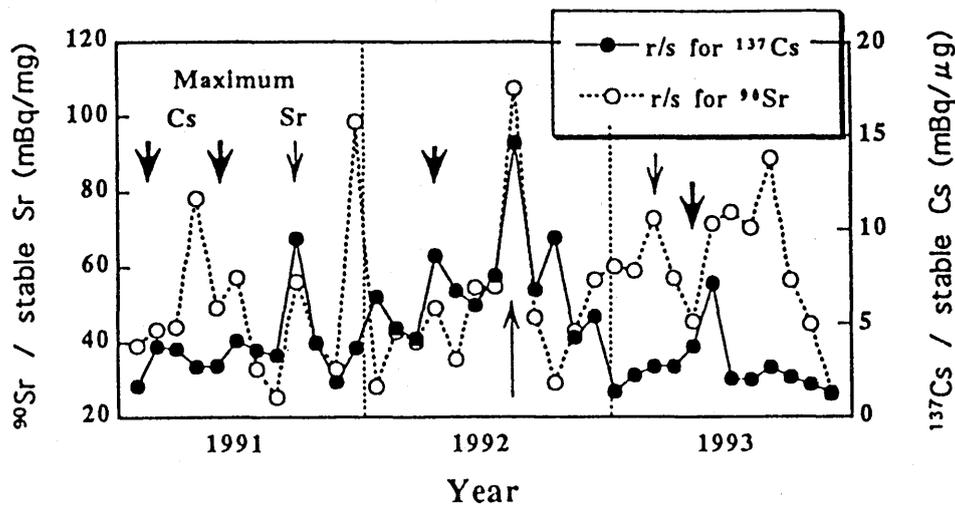


Fig. 2-5 Temporal variation in  $r/s$  ratio during 1991-93

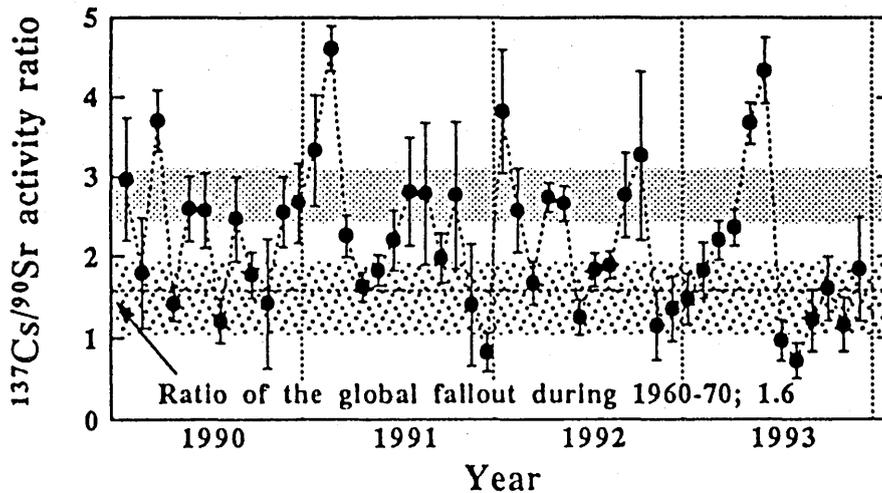


Fig. 2-6 Temporal variation in  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  activity ratio

Table 2-3  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in surface soils collected in Kanto area, Japan.

Sampling place	Date	$^{90}\text{Sr}$ (mBq/g dry)		$^{137}\text{Cs}$ (mBq/g dry)		$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$	
Tochigi	1990, Jul	15 ±	0.40	45 ±	0.7	3.0 ±	0.1
Kanagawa	1990, Jul	9.9 ±	0.35	52 ±	0.8	5.3 ±	0.2
Gunma	1990, Oct	0.78 ±	0.074	3.4 ±	0.21	4.4 ±	0.5
Chiba	1991, Mar	0.13 ±	0.046	1.6 ±	0.15	12.3 ±	4.5
Ibaraki	1991, Mar	4.2 ±	0.21	43 ±	0.7	10.2 ±	0.5
Tokyo	1991, Jun	0.51 ±	0.10	3.8 ±	0.24	7.5 ±	1.5
Chiba	1991, Aug	0.20 ±	0.043	2.6 ±	0.18	13.0 ±	2.9
Kanagawa	1991, Aug	5.0 ±	0.24	16 ±	0.5	3.2 ±	0.2
Gunma	1991, Aug	1.3 ±	0.09	2.9 ±	0.19	2.2 ±	0.2
Average		4.1	5.2	19	21	6.8	4.1

Data are cited from Radioactivity Survey Data in Japan.

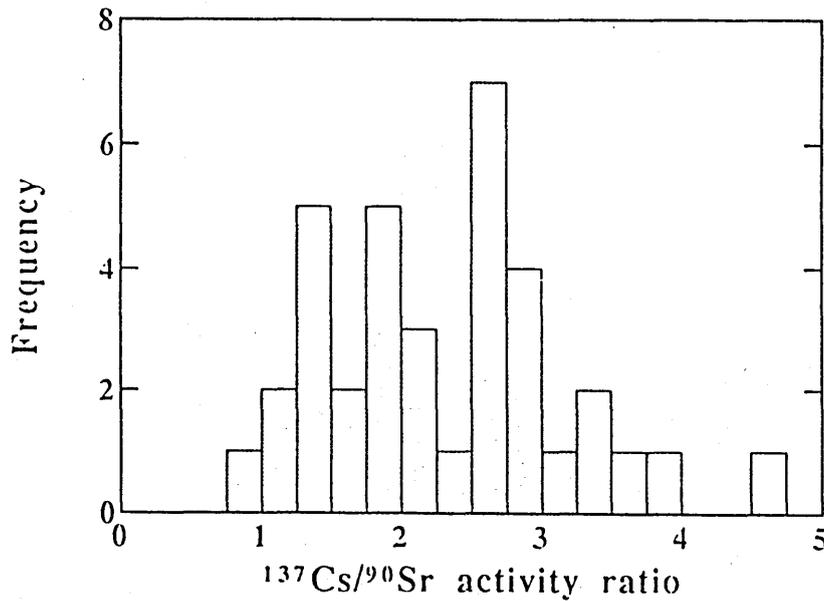


Fig. 2-7 Frequency distribution of  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  activity ratio during 1990-1992.

であった。両核種の物理半減期はともに約30年（表1-1）なので、降下した当時の組成が保持される環境下では、この比は現在でも1.6に近い値となる。実際に、先に述べた標準試料中ではこの比は1.6で保たれていることを確認している（Otsuji-Hatori et al., 1996）。地表に降下した放射性核種は、土壤粒子に吸着するが、地表からの蒸発より降水量が多い場合には、降水により徐々に地下方向に溶脱・移行していくと考えられる。移行速度は核種の属する元素の化学的性質に依存し、 $^{90}\text{Sr}$ と $^{137}\text{Cs}$ を比べると、 $^{137}\text{Cs}$ がより強く土壤粒子に吸着されるため、 $^{90}\text{Sr}$ が相対的に早く溶脱され、 $^{137}\text{Cs}$ が長く地表付近に残留することになる。したがって、日本（関東地方）の表層土壤での $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比は1.6よりも大きくなっており（表2-3）、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比は最大で10程度に達する場合がある。観測地点近傍の土壤粒子が、再浮遊の主要な起源であると仮定した場合、降下物中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比は常に1.6より大で、かつ、土壤の比に近い値が期待される。しかし、観測された $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比はそうした証拠を示していない。さらに、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比をよく検討すると、1.6前後と2.7前後に偏った分布を持つことが分かった。これを頻度分布で見ると図2-7のようになり、ふたつの分布をもつことが確認できた。この頻度分布からして、二つないしはそれ以上の起源の異なる土壤粒子の再浮遊により、現在の放射性降下物は構成されていると推定される。 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比が1.6を示す再浮遊塵の起源は、降水量が蒸発量を上回る日本の表層土壤粒子によると考えることは困難である。表土粒子の発塵は風の強い乾燥した季節に盛んになる。しかし、 $^{90}\text{Sr}$ と $^{137}\text{Cs}$ の降下量の季節変化は、日本の発塵の季節変化に必ずしも対応しない。太平洋側で風の強い乾燥した季節というのは、冬に対応している。一方、降下量のピークは、むしろ3ないし5月に出現している。この様に、人工放射性核種を含む再浮遊塵の起源については不明な点も多く今後の課題である。

## 2-4 核実験以外の人工放射性核種

### 2-4-1 はじめに

大気中の人工放射性核種は、特定の希ガス（ $^{85}\text{Kr}$ 、 $^{133}\text{Xe}$ ）を除いて、エアロゾルに付着して存在している。大気中の人工放射性核種の代表的発生源として、大気圏核実験、原子炉事故、意図的放出をあげることができる。大気圏核実験は1945年のアラモゴードにおける史上初めての原爆実験及びヒロシマ・ナガサキの原爆投下以来、1980年10月の中国の第26回大気圏核実験まで、ビキニ、ネバダ（米国）、ノバヤゼムリア、セミパラチンスク（旧ソ連）、ムルロア（仏）、ロプノール（中国）等で500回以上行われてきた。それらによる、放射性降下物の挙動については既に述べた。一方、代表的な原子炉事故については、1957年の英国のウィンズケール原子力発電所、1979年の米国のスリーマイルアイランド原子力発電所（原子力委員会、1980）、及び1986年の旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所を挙げることができる。さらに、最近、意図的な放射能の放出実験が行われていたことが明らかになってきた。例えば、米国ハンフォードの核兵器工場から、放射能の拡散・移流の様子を明らかにする目的で、多量の $^{131}\text{I}$ が放出されたことが公表されている。

大気圏核実験とは異なる放射能の大気中への放出過程の中で、規模が最も大きく、しかも詳細な研究が行われたのはチェルノブイリ発電所事故である。原子力発電所は現在も世界的にみれば増加の傾向にあり、しかも今後も長期にわたり稼働する可能性が高い。その結果として、原子力発電所事故の可能性の懸念も高まっている。ここでは、チェルノブイリ発電所事故による放射性降下物についての研究成果を紹介するとともに、人工放射能を指標として用いた最近のエアロゾルの長距離輸送の到達点についてまとめる。

2-4-2 チェルノブイリ原子力発電所事故

1986年4月26日、旧ソ連（現ウクライナ）のチェルノブイリ原子力発電所で深刻な事故が起こり、多量の放射能が大気中に放出された。多量の放射能の放出は図2-8に示すように、5月5日まで続いた（IAEA, 1986）。5月6日には最大放出時の百分の一に低下し、その後ほとんど放出は止められた。この間に約1850PBq（50MCi）の希ガスと同量の放射能が放出された。全体では、約3700PBq（100MCi）の放射能が放出されたと推定されている（IAEA, 1986；原子力安全委員会, 1987）。各核種について4月26日の放出量と5月6日までの総放出量をまとめた結果を表2-4に示す。始めの爆発時には揮発性の高い放射性核種（<sup>131</sup>I等）が主に放出された。一方、<sup>90</sup>Srや<sup>103</sup>Ruはむしろ放出期間の後半に多く放出されている。従って、約十日にわたる放出を通じて放射性核種間の組成が次第に変化していたことがわかる。ウィンズケールとスリーマイルアイランドの原子力発電所事故時に放出された<sup>131</sup>Iは、それぞれ740TBq（20kCi）と555GBq（15Ci）でチェルノブイリ発電所事故の放出量（270PBq（7.3MCi））と比べると後者がけた違いに大きいことが分かる。

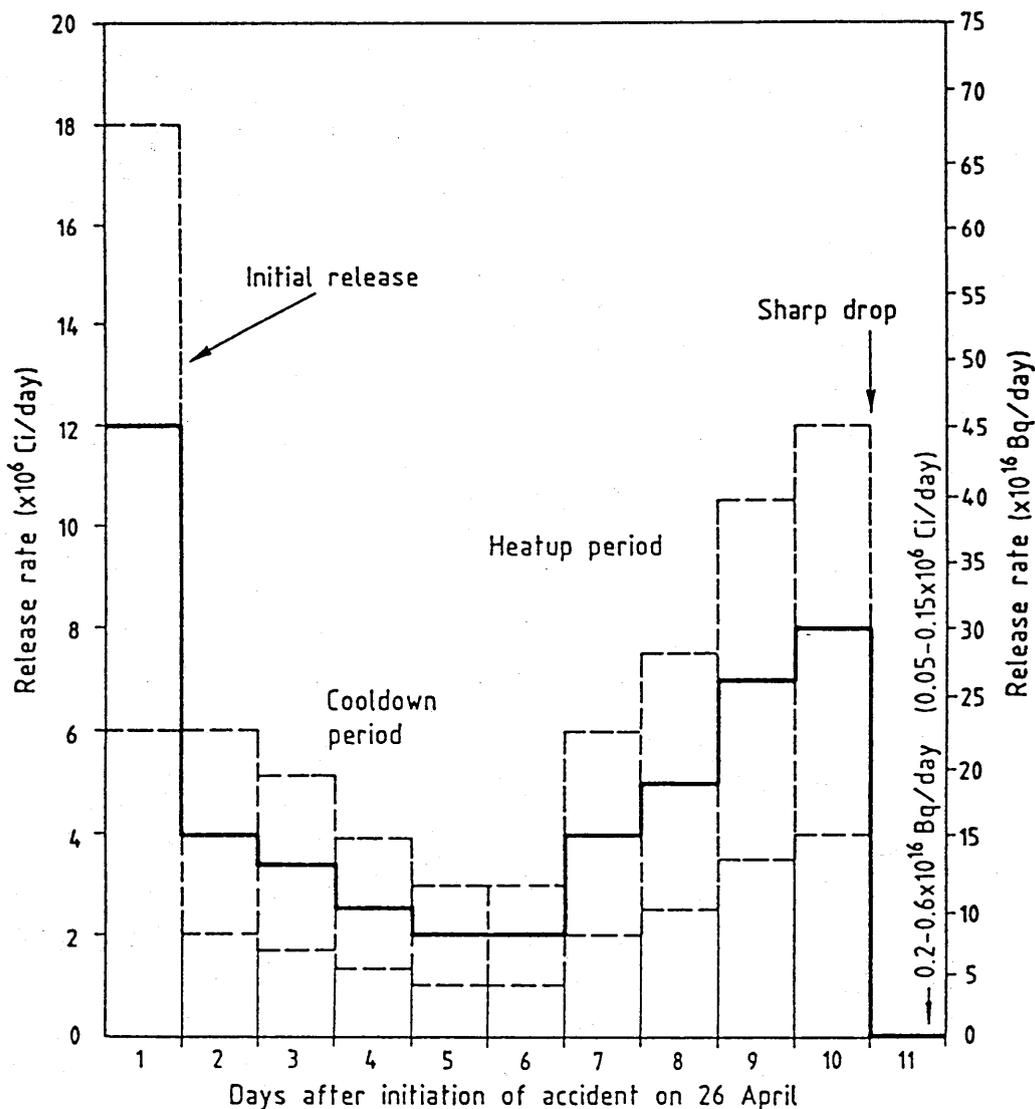


Fig. 2-8 The daily release of radioactive substances to the atmosphere during the Chernobyl accident (not including noble gases). The values shown are calculated for 6 May 1986 taking into account radioactive decay up until then. The radioactivity released on 26 April 1986 was  $75-80 \times 10^{16}$  Bq ( $20-22 \times 10^6$  Ci). The range of uncertainty for all releases is  $\pm 50\%$ .

チェルノブイリ発電所事故の顕在化は、4月27日にスウェーデンで異常に高い放射能が観測されたことに始まる (Devell et al., 1986)。それをうけて、世界の放射能観測機関で精力的に放射能調査が実施された。日本でも、特別な観測体制で大気・降水の放射能の監視が始められた。5月3日には、事故現場から約8,000km離れた日本でも初めてチェルノブイリ原子力発電所由来の放射能が観測された (Aoyama et al., 1986, 1987; Higuchi et al., 1988)。大気中の放射能は急速に増加し5月5日には極大になった。その後、やや放射能が減少した後、5月10日には、5月5日とほぼ同じレベルまで大気中の放射能は増加した。その後、徐々に減少した5月25日に第2のピークが見られた後、6月に入ると大気中の放射能レベルは急速に減少した。5月の<sup>137</sup>Cs月間降下量は前月に比べ約4桁増加し、観測開始以来最も高い<sup>137</sup>Cs月間降下量を記録した1961-62年の大規模核実験直後の時代と同程度であった。チェルノブイリ原子力発電所由来の放射能の影響は、日本を含め北半球のほとんど全ての地域に及んだ。図2-9には、つくばの観測結果も含め、世界のいくつかの地点の大気中の放射能の観測結果を示す (Larsen et al., 1986; Thomas and Martin, 1986)。

Table 2-4 Inventories and composition of radionuclides released from the Chernobyl accident.

Radionuclides	Released amount (PBq)		Released amount/ Reactor inventories (%)
	Apr. 26	May 6*	
<sup>133</sup> Xe	190	1,700	~100
<sup>85</sup> Kr	—	30	~100
<sup>131</sup> I	170	230	20
<sup>132</sup> Te	150	48	15
<sup>134</sup> Cs	6	19	10
<sup>137</sup> Cs	12	37	13
<sup>99</sup> Mo	17	120	2.3
<sup>95</sup> Zr	17	140	3.2
<sup>103</sup> Ru	22	120	2.9
<sup>106</sup> Ru	7	60	2.9
<sup>140</sup> Ba	19	160	5.6
<sup>141</sup> Ce	15	100	2.3
<sup>144</sup> Ce	17	90	2.8
<sup>89</sup> Sr	9	80	4.0
<sup>90</sup> Sr	0.6	8	4.0
<sup>238</sup> Pu	0.004	0.03	3.0
<sup>239</sup> Pu	0.004	0.026	3.0
<sup>240</sup> Pu	0.007	0.04	3.0
<sup>241</sup> Pu	0.7	5	3.0
<sup>242</sup> Cm	0.12	0.8	3.0

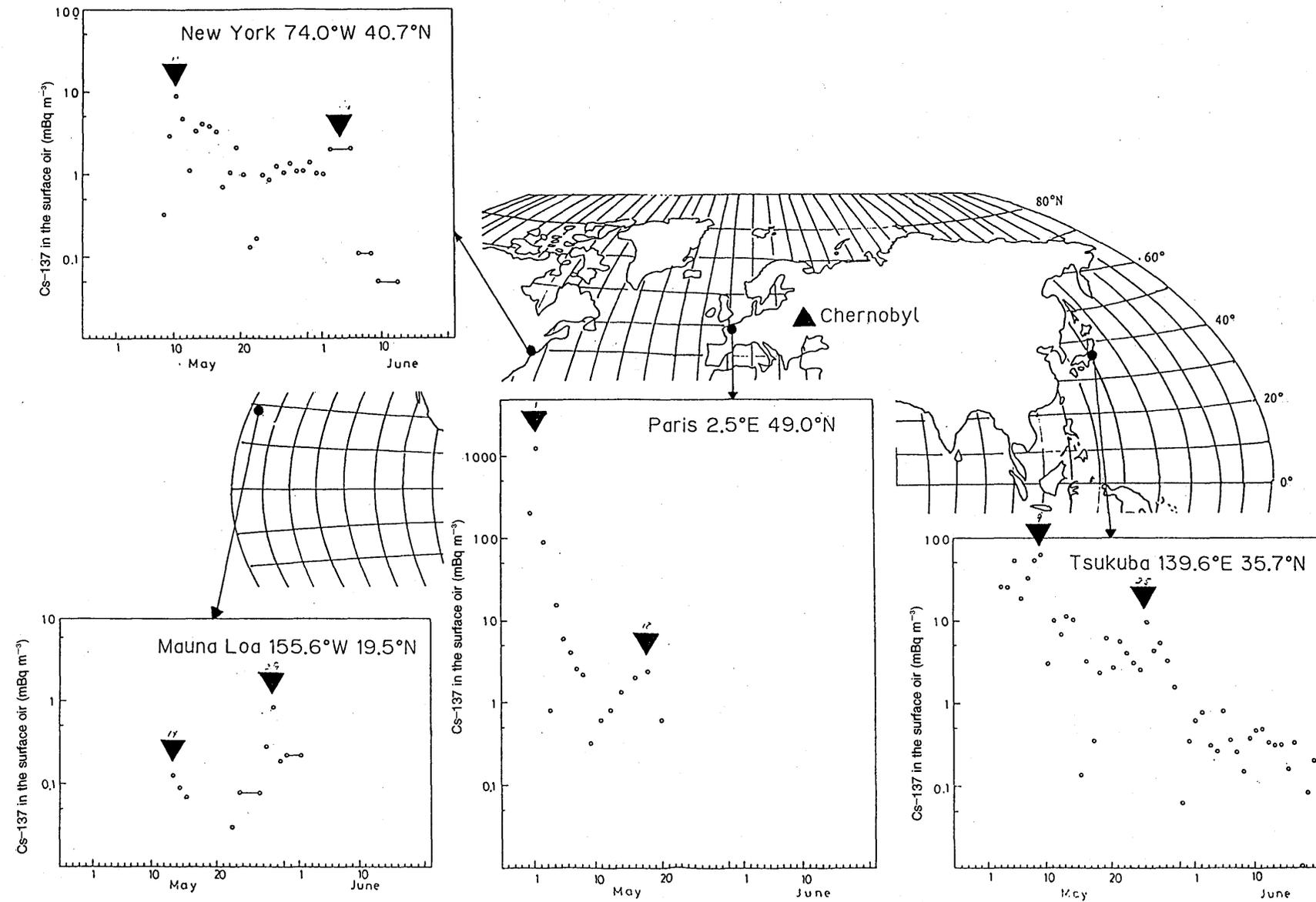


Fig. 2-9 Temporal variation of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in surface air derived from the Chernobyl accident (▼: peak of surface  $^{137}\text{Cs}$ )

### 2-4-3 チェルノブイリ由来の放射能の輸送

原子力発電所事故は大気圏の核爆発とは異なり、放射能が放出された高度は低く、その主要な部分の高度は約1,500mと推定されている。(小規模の大気圏内核爆発の場合でも、大気中に放出された大部分の放射能は、上部対流圏まで打ち上げられるので、放射能雲の動きは500ヘクトパスカルの流跡線で解析していた。)従って、チェルノブイリ原子力発電所事故により放出された放射能雲の動きは850ヘクトパスカルの流跡線解析で行った。その結果を図2-10に示す。チェルノブイリ原子力発電所事故直後、北に輸送された放射能は偏西風により東に流されシベリアを南下しながら5月の初旬に日本に到達したことが分かる。

古典的な流跡線解析に加えて、世界的な観測が行われたために三次元物質輸送モデルの検証が行うことができるようになった (Davidson et al., 1987; Pudykiewicz, 1989)。チェルノブイリ原子力発電所事故による放射能雲の輸送拡散の様子をシミュレーションする試みは多くの研究者によって行われた。その内、1例として Pudykiewicz (1989) の結果を簡単に紹介する。モデルは3次元の移流モデルに IAEA の報告書による発生源情報と北半球の気象情報 (風速, 気圧等) を加えたものである。始めの2日間は放射能雲はスカンジナビア半島の方に主に流れた。一方、一部の分岐した放射能雲は中東の方向へ向かい黒海上に伸びている。始めの放射能雲の輸送は事故サイトの東にあった高気圧に支配されていたことが分かる。4月28日には気象の総観場は変化し、北の放射能雲は南下し、ポーランドを横断しドイツやオーストリアに流れた。この結果、ポーランドやオーストリアで比較的大きな放射能降下量を観測した。更に、北部の放射能雲は偏西風に乗りシベリアの横断が始まった。また一部はアイスランドの低気圧の影響を受け、グリーンランドの方向に流れた。5月2日には、グリーンランドに向かった放射能雲はグリーンランド上全体に広がり、一部北アメリカのケベックまで到達した。一方、偏西風に乘った放射能雲は5月4日にはアジア大陸を横断し太平洋に達した。この結果は流跡線解析と良く対応している。更に、5月8日には、ほぼ北半球規模で放射能雲は広がったことが分かった。

3次元物質輸送モデルによる解析結果をまとめると、次の点が指摘できる。上昇流等の気象条件により相対的に高

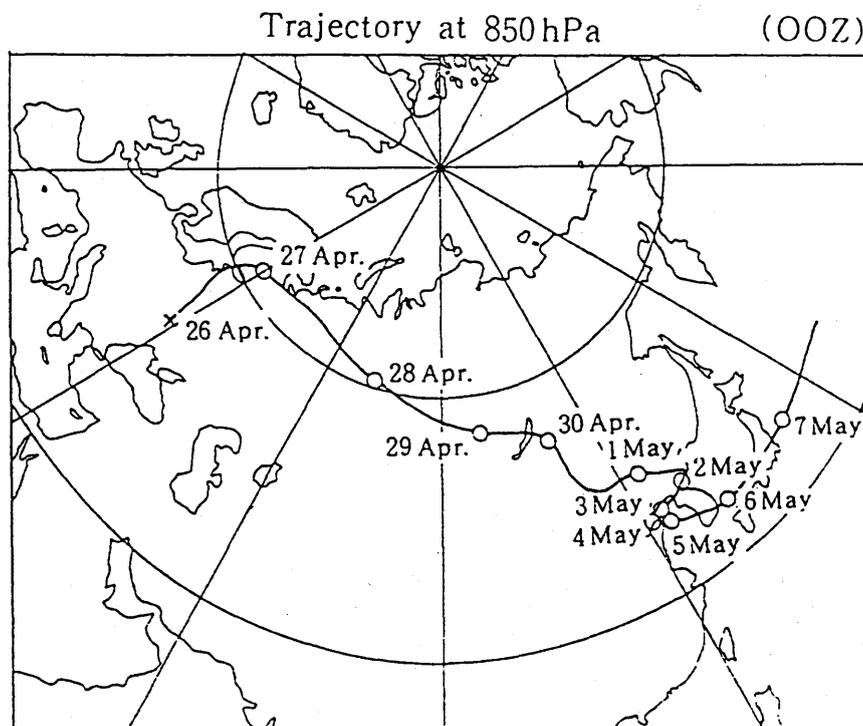


Fig. 2-10 Trajectory (850 hPa) of radioactive cloud from the Chernobyl accident.

い高度に輸送された放射性物質は主に平均的な偏西風により輸送される。米国の東海岸の北部の観測地点の放射能は、大西洋を横断したもので、低気圧の影響を受けた結果と考えられる。更に、北アメリカの高緯度地域の放射能は北極域を通過した放射能の影響を受けたものであることが明らかになった。

#### 2-4-4 チェルノブイリ由来の放射能の分別

日本の大気・降水中で観測されたチェルノブイリ由来の放射性核種の核種組成を放出源の報告値と比較すると、放出過程の組成の変化を考慮に入れても大きく異なっている核種があることが分かってきた。図2-11につくばで観測されたエアロゾル中のチェルノブイリ放射能の核種間の比の変動を示す。 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  や  $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$  放射能比は観測期間中殆ど一定であった。ただし、放出源の放射能比と比較すると、つくばの大気中の  $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$  比はやや高いことが分かった。つくばのエアロゾル中の  $^{103}\text{Ru}/^{137}\text{Cs}$  比は5月の上旬は当初の放出時の放射能比と同じであったが、下旬に増加の傾向を示した。この変化は、放出過程（後半でより多くの  $^{103}\text{Ru}$  が放出されている）による変動を反映しているものと考えられる。一方、 $^{90}\text{Sr}$  やプルトニウム同位体については、少なからぬ量（ $^{90}\text{Sr}$  の放出量の場合、 $^{137}\text{Cs}$  の22%、プルトニウムの場合、 $^{137}\text{Cs}$  の0.17%）の放出があったにも係わらず、日本の大気・降水で観測された放射能はかなり低い値であった（Hirose and Sugimura, 1990; Hirose et al., 1994）。特に、プルトニウムの場合、増加の程度が極めて小さいため、チェルノブイリ由来のプルトニウム同位体比（ $^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$  と  $^{241}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$ ）が核実験のそれと大幅に異なっていることによって、日本への飛来を確認することができた（Hirose, 1995）。この様子を明らかにするために、 $^{137}\text{Cs}$  を基準にして、日本に輸送されたチェルノブイリ由来の放射性核種の相対的な寄与率を次の式で計算した。

$$F_R = (D_R/D_{Cs}) \cdot (I_R/I_{Cs})^{-1} \cdot 100(\%)$$

ここで、 $D_R$  は日本で観測された放射性核種の降下量であり、 $I_R$  はチェルノブイリ原子力発電所からの放射性核種の放出量（表2-4）である。 $^{90}\text{Sr}$  とプルトニウムについて  $F_R$  の値を計算すると、それぞれ1.5%と0.18%となる。即ち、 $^{90}\text{Sr}$  の場合  $^{137}\text{Cs}$  に比べて約百分の1しか日本には輸送されてこなかったことを意味する。言い換えれば、輸送の過程で放射性核種間の分別が起こったことを示唆している。

この原因を明らかにするために、大気中からエアロゾルが除去される過程、即ちドライデポジション（乾性沈着）と降水による除去（湿性沈着）について検討を行った。つくばの大気・降水中のチェルノブイリ由来の放射能の分析結果によると、全体の降下量に対するドライデポジションの寄与は9（ $^{103}\text{Ru}$ ）～12（ $^{137}\text{Cs}$ ）%であり、大気中の放射能の大部分は降水によって除去されていることが分かった。

ドライデポジションによるチェルノブイリ由来の放射性核種の大気からの除去の様子を知るための指標として、各核種についてそれらの乾性沈着量と地表大気中の濃度からドライデポジションベロシティー（乾性沈着速度）を計算したところ、 $^{131}\text{I} < ^{137}\text{Cs} < ^{103}\text{Ru} < ^{90}\text{Sr} < ^{239,240}\text{Pu}$  という順序で大きくなることが分かった（Aoyama et al., 1992）。

即ち、放射能を帯びたエアロゾルの長距離輸送の間で、ドライデポジションを主に支配している過程である重力によって、チェルノブイリ由来の放射性核種の中ではプルトニウム同位体が最も沈降し易かったことが分かる。

降水による大気中のエアロゾルの除去には様々な要素が関係しており極めて複雑である。気象要素としては降水の性質や降水強度は重要な因子となる。降水による大気中のエアロゾルの除去を表す指標として washout ratio が使われてきた。つくばの個別降水で観測されたチェルノブイリ由来の放射能について washout ratio を計算したところ、 $^{137}\text{Cs} < ^{103}\text{Ru} < ^{90}\text{Sr}$  の順序で大きくなることが分かった（Hirose et al., 1993）。即ち、これらの核種の中では  $^{90}\text{Sr}$  が最も降水により除去され易いことを意味している。

この様に放射性核種によって異なる除去機構を支配している要因を明らかにするために、各放射性核種を含むエア

ロゾルの粒径分布を調べた。その結果、つくばで観測されたチェルノブイリ由来の放射性核種を含むエアロゾルの平均粒径は  $^{131}\text{I} < ^{137}\text{Cs} \sim ^{103}\text{Ru} < ^{90}\text{Sr} < ^{239,240}\text{Pu}$  という順序で大きくなることが分かった。この内、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  及び  $^{103}\text{Ru}$  の平均粒径はサブミクロンであった。ドライデポジションや降水によるエアロゾルの除去のされ易さの順序と平均粒径の順序は良く対応していることが分かる。この結果は従来研究されてきた降水やドライデポジションによるエアロゾルの除去がエアロゾルの粒径と密接に関連しているという機構と良く一致している。即ち、ガス状で放出された放射性核種は、凝縮や付着等の過程によってサブミクロンのエアロゾルとなり、粒径が大きなエアロゾルに比較して大きな除去作用を受けなかったために、北半球のかなりの部分を汚染した。一方、不揮発性の放射性核種は放出時に生成した  $1\mu\text{m}$  以上のエアロゾルに含まれていたため、輸送過程で優先的に大気中から除去されたものと推定される。

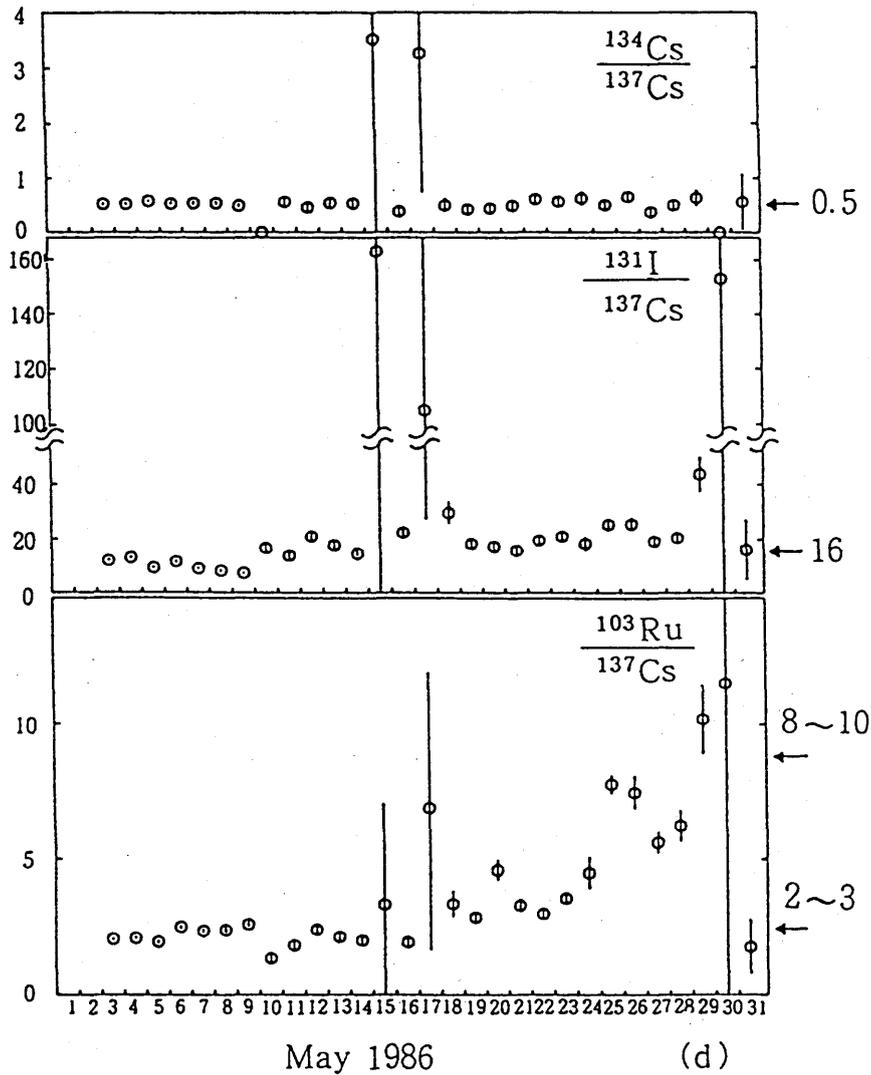


Fig. 2-11 Temporal variation of activity ratios of Chernobyl-derived radionuclides in surface air at Tsukuba.

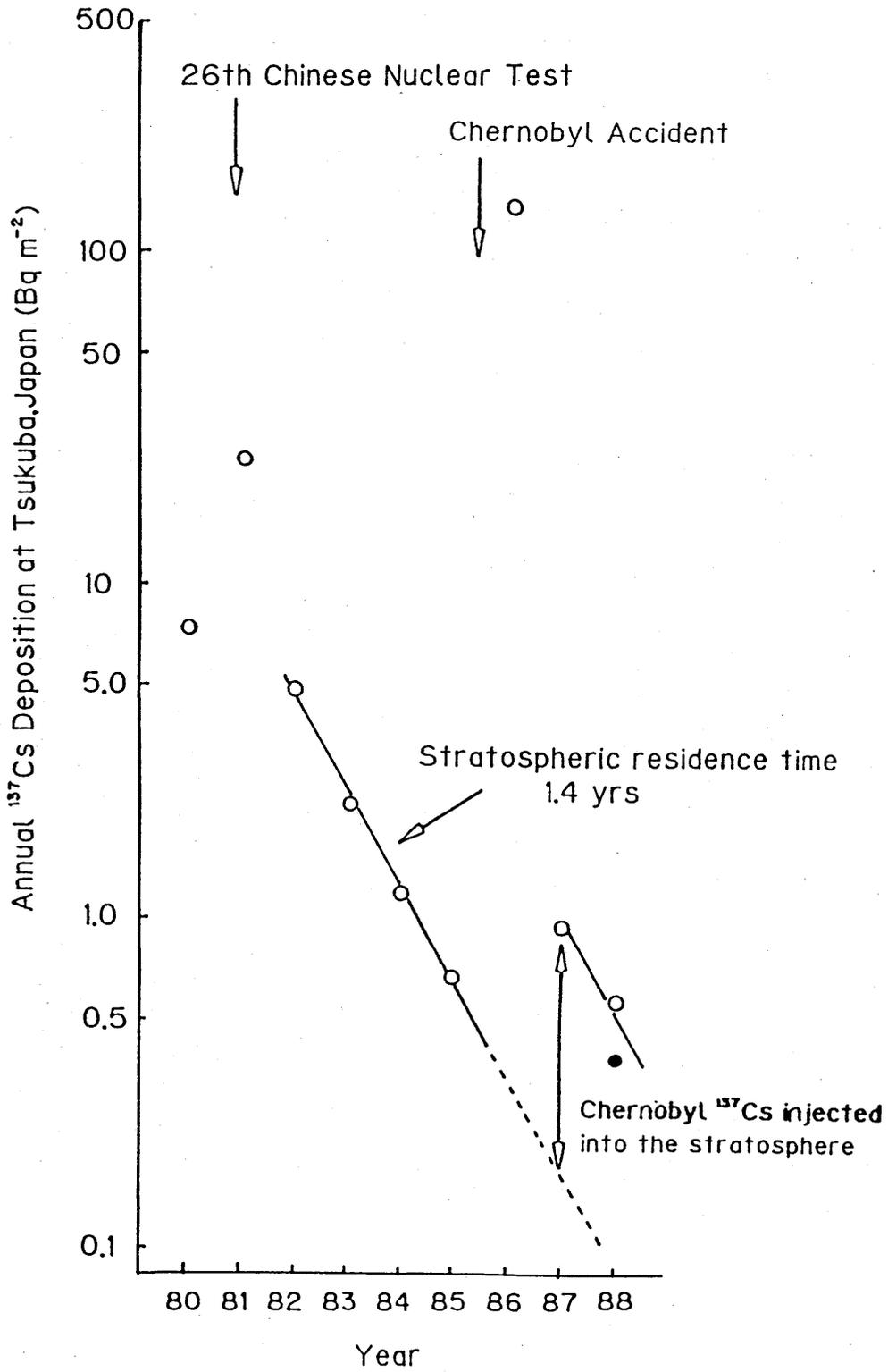


Fig. 2-12 Annual deposition of  $^{137}\text{Cs}$  observed at Tsukuba from 1980 to 1988.

#### 2-4-5 チェルノブイリ由来の放射能の成層圏への輸送

既に述べたようにチェルノブイリ原子力発電所事故の場合、核爆発とは異なって、放射能は比較的低い高度に放出された。放射能を含むエアロゾルが気象条件によって、成層圏まで輸送されるかどうかは重要な問題である。この様子を明らかにするために、半減期の長い<sup>137</sup>Csの降下量の経年変化を調べた(Aoyama, 1988; Aoyama et al., 1991)。対流圏のエアロゾルの滞留時間は約30日で、成層圏に輸送されなければ、翌年に影響は見られない。これに関連して、チェルノブイリ由来の放射能の月間降下量の変化を調べたところ、25日の見かけの滞留半減期であることが分かった。<sup>137</sup>Csの年間降下量の経年変化を図2-12に示す。1981年から1985年までの変化の延長線よりもやや高い1987年および1988年の年間降下量を観測した。また、1987年の降下物中にチェルノブイリ由来の<sup>134</sup>Csを検出した。これらの結果は、チェルノブイリ原子力発電所事故に由来する放射能の一部が、成層圏にも輸送されたことを示している。事実、高層の飛行機観測によりこの現象は確認されている。成層圏に輸送された放射能の総量を、チェルノブイリ事故由来の放射性核種<sup>134</sup>Csを用いて推定したところ放出量の約0.5%であることが分かった。

#### 2-4-6 原子炉事故に付いてのまとめ

チェルノブイリ原子力発電所事故により放出された放射能は一種の大規模な拡散実験と見なすこともでき、それらの大気圏での実態の解明は、大気圏でのエアロゾルの挙動を知るための大変良い指標となる。気象条件に依存するものの、対流圏に放出された放射能は約半月で地球を一周することが原爆実験の結果分かっていたが、同時にこの時間スケールで北半球の中・高緯度のかなりの部分まで放射能汚染が広がることが、チェルノブイリ由来の放射能の世界規模の観測結果やモデル等から確認された。さらに、影響の及ぶ広さはエアロゾルの粒径に大きく依存しており、相対的に降水等で除去されにくいサブミクロンの粒径のエアロゾルが大気中で比較的安定であることも確認された。また、放射能等の汚染質が下部対流圏に放出された場合でも、気象条件によっては一部成層圏まで輸送されることが分かった。

### 3. ま と め

放射能調査費による「放射化学分析」の研究の成果は、国の環境放射能調査研究の一環として行われているもので、原子力政策立案施行のために極めて重要な基礎資料として活用されている。

同時に大気科学に対しては、起源のはっきりした放射性核種を指標に用いることにより、成層圏における物質輸送や成層圏と対流圏の物質交換あるいは対流圏における物質の除去過程についての知見を加えることができた。

一方、1950-60年代の大気圏内核実験が頻繁に行われた時代に活躍した環境放射能の研究者は現在現役を退きつつあり、また、放射能の分析法に付いては詳細に記述した文献は限られている。分析法のノウハウの維持・確保は、将来にわたり重大原子炉事故等の緊急事態に対処していく上でも現在極めて重要な課題となっている。

最近では、1995年秋期に微量ではあるが異常な<sup>90</sup>Sr降下量を観測しており、その原因の究明が求められている。この様に、品質管理がされた測定値による環境放射能研究には、新たな発見があり、長期にわたる継続した降下物中の放射能の研究の重要性は現在でもいささかも減少していない。

### 謝 辞

本文をまとめるにあたり、関西総合環境センターの藤川敬、富田正利両氏には放射化学分析・分析法等の検討でお世話になった。また、相互比較では日本分析センターをはじめ多くの研究機関等のご協力を願った。試料の採取や結果の議論で地球化学研究部の皆様の支援を頂いた。ここで御協力を願った皆様に厚く感謝したい。なお、この研究は科学技術庁の放射能調査費に基づく研究である。

## 参考文献

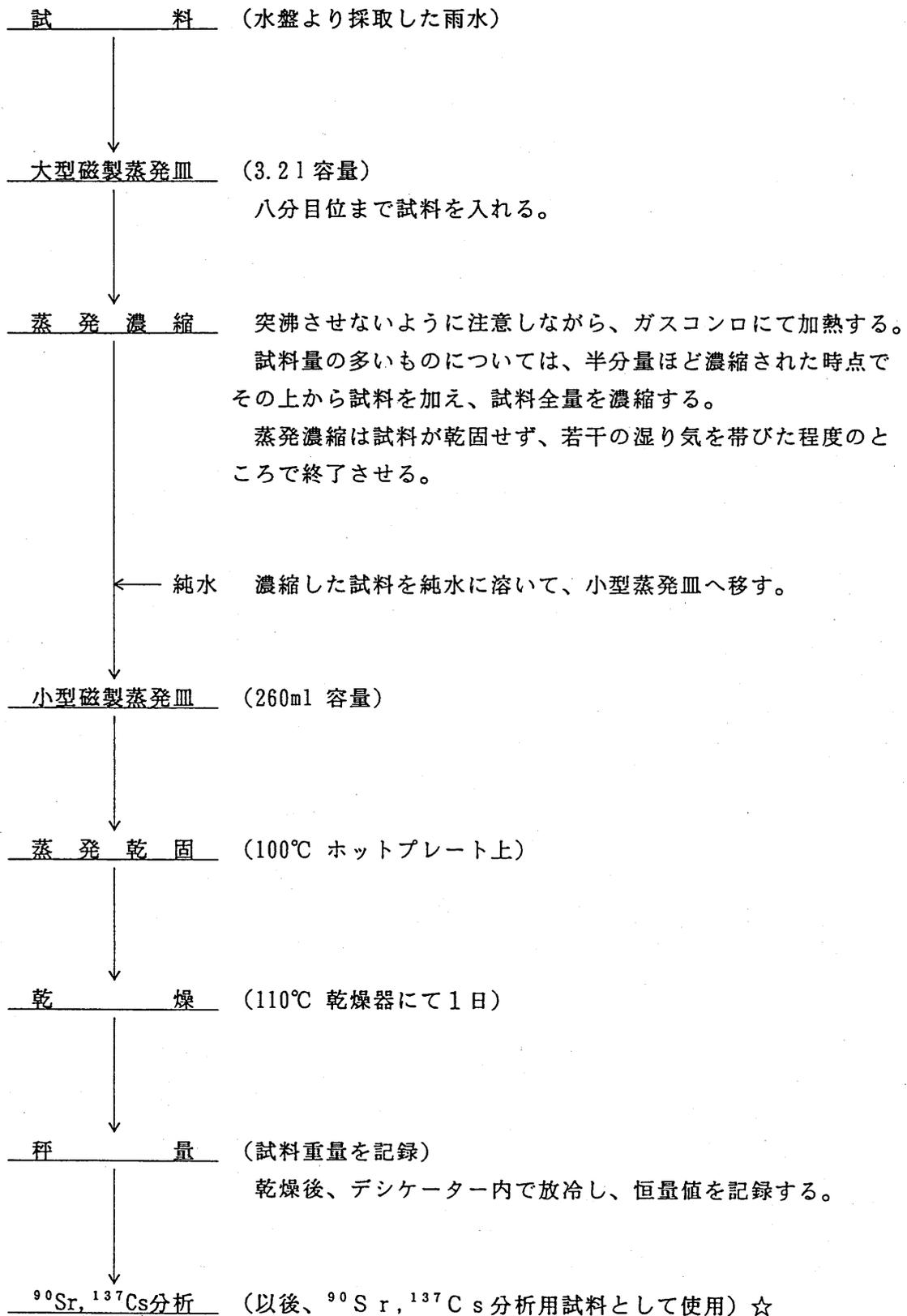
- Aoyama, M. : Evidence of stratospheric fallout of caesium isotopes from the Chernobyl accident. *Geophys. Res. Lett.*, 15, 327-330 (1988).
- Aoyama, M., K. Hirose and Y. Sugimura : The temporal variation of stratospheric fallout derived from the Chernobyl accident. *J. Environ. Radioactivity*, 13, 103-115 (1991).
- Aoyama, M., K. Hirose and Y. Sugimura : Deposition of gamma-emitting radionuclides in Japan after the reactor-IV accident at Chernobyl. *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 116, 291-306 (1987).
- Aoyama, M., K. Hirose, K. Suzuki, H. Inoue and Y. Sugimura : High level radionuclides in Japan in May. *Nature*, 321, 819-820 (1986).
- Aoyama, M., K. Hirose and S. Takatani : Particle size dependent dry deposition velocity of the Chernobyl radioactivity. "Precipitation Scavenging and Atmosphere-Surface Exchange Processes : Fifth International Conference", Hemisphere, Vol.3, 1581-1593 (1992).
- Davidson, C.I., J.R. Harrington, M.J. Stephenson, M.C. Monaghan, J. Pudykiewicz and W.R. Schel : Radioactive cesium from the Chernobyl accident in the Greenland ice sheet. *Science*, 237, 633-634 (1987).
- Devell, L., H. Tovedal, U. Bergstrom, A. Appelgren, J. Chyssler and L. Andersson : Initial observations of fallout from the reactor accident at Chernobyl. *Nature*, 321, 192-193 (1986).
- 原子力安全委員会 : 米国スリーマイルアイランド原子力発電所事故の提起した諸問題 (1980).
- 原子力安全委員会 : ソ連原子力発電所事故報告書 (1987).
- Higuchi, H., H. Fukatsu, T. Hashimoto, N. Nonaka, K. Yoshizumi, M. Omine, N. Takano and T. Abe : Radioactivity in surface air and precipitation in Japan after the Chernobyl accident. *J. Environ. Radioactivity*, 6, 131-144 (1988).
- Hirose, K. : Geochemical studies on the Chernobyl radioactivity in environmental samples. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 197, 331-342 (1995).
- Hirose, K., M. Aoyama, Y. Katsuragi and Y. Sugimura : Annual deposition of Sr-90, Cs-137 and Pu-239, 240 from the 1961-1980 nuclear explosion : A simple model. *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 259-277 (1987).
- Hirose, K., Y. Sugimura and Y. Katsuragi :  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{239+240}\text{Pu}$  in the surface air in Japan : Their concentrations and size distributions. *Pap. Meteor. Geophys.*, 37, 255-269 (1986).
- Hirose, K. and Y. Sugimura : Plutonium isotopes in the surface air in Japan : Effect of Chernobyl accident. *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 138, 127-138 (1990).
- Hirose, K., S. Takatani and M. Aoyama : Wet deposition of radionuclides derived from the Chernobyl accident. *J. Atmos. Chem.*, 17, 61-71 (1993).
- Hirose, K., S. Takatani and M. Aoyama : Deposition of  $^{90}\text{Sr}$  and plutonium isotopes derived from the Chernobyl accident in Japan. *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 182, 349-358 (1994).
- IAEA : "Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident", safety series No.75-IN-SAG-1 (1986).
- Igarashi, Y., M. Otsuji-Hatori and K. Hirose : Recent deposition of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  observed in Tsukuba. *J. Environ. Radioactivity*, 31, 157-169 (1996).
- Junge, C.E. : "Air Chemistry and Radioactivity", Academic Press, New York (1963).

- Katsuragi, Y., K. Hirose and Y. Sugimura : A study of plutonium fallout in Japan. *Pap. Meteor. Geophys.*, 33, 85-93 (1982).
- Katsuragi, Y. : A study of  $^{90}\text{Sr}$  fallout in Japan. *Pap. Meteor. Geophys.*, 33, 277-291 (1983).
- Katsuragi, Y. and M. Aoyama : Seasonal variation of Sr-90 fallout in Japan through the end of 1983. *Pap. Meteor. Geophys.*, 37, 15-36 (1986).
- 葛城幸雄 : “死の灰のゆくえ”, 新草出版 (1986).
- Larsen, R.J., C.G. Sanderson, W. Rivera and M. Zamichieli : The characterization of radionuclides in the North America and Hawaiian surface air and deposition following the Chernobyl accident. “A compendium of the environmental measurement's research projects related the Chernobyl nuclear accident”, EML-460 1-104 (1986).
- Otsuji-Hatori, M., Y. Igarashi and K. Hirose : Preparation of a reference fallout material for activity measurements. *J. Environ. Radioactivity*, 31, 143-155 (1996).
- Pudykiewicz, J. : Simulation of the Chernobyl dispersion with a 3-D hemispheric tracer model. *Tellus*, 41 B, 391-421 (1989).
- Reiter, E.R. : “Atmospheric Transport Processes. Part 4 : Radioactive Tracers”, DOE Critical Review Series (1978).
- Thomas, A.J. and J.M. Martin : First assessment of Chernobyl radioactive plume over Paris. *Nature*, 321, 817-819 (1986).

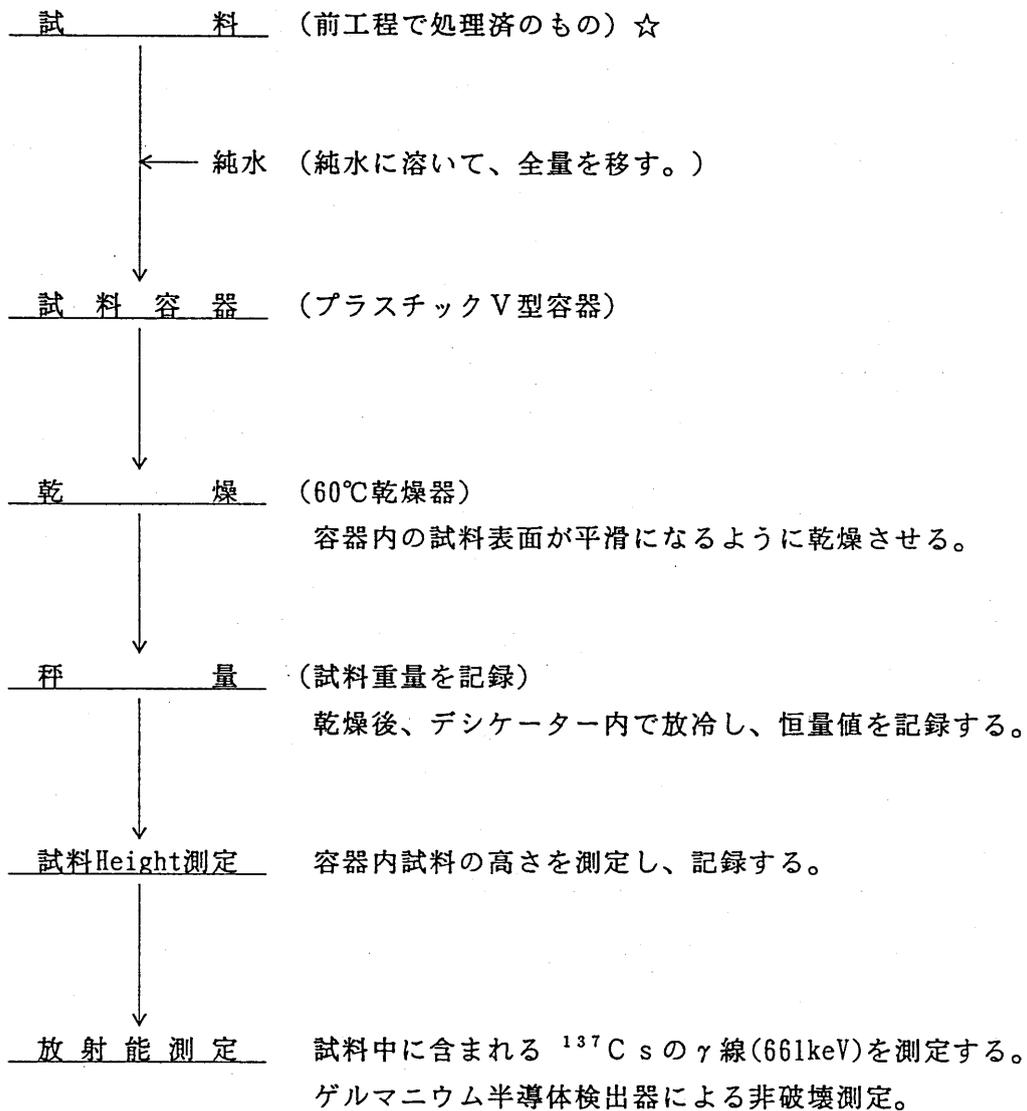
(付 録)  
分 析 要 領

Appendix 1  
Analytical Scheme of  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and plutonium isotopes.

1.  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  分析用降下物の前処理

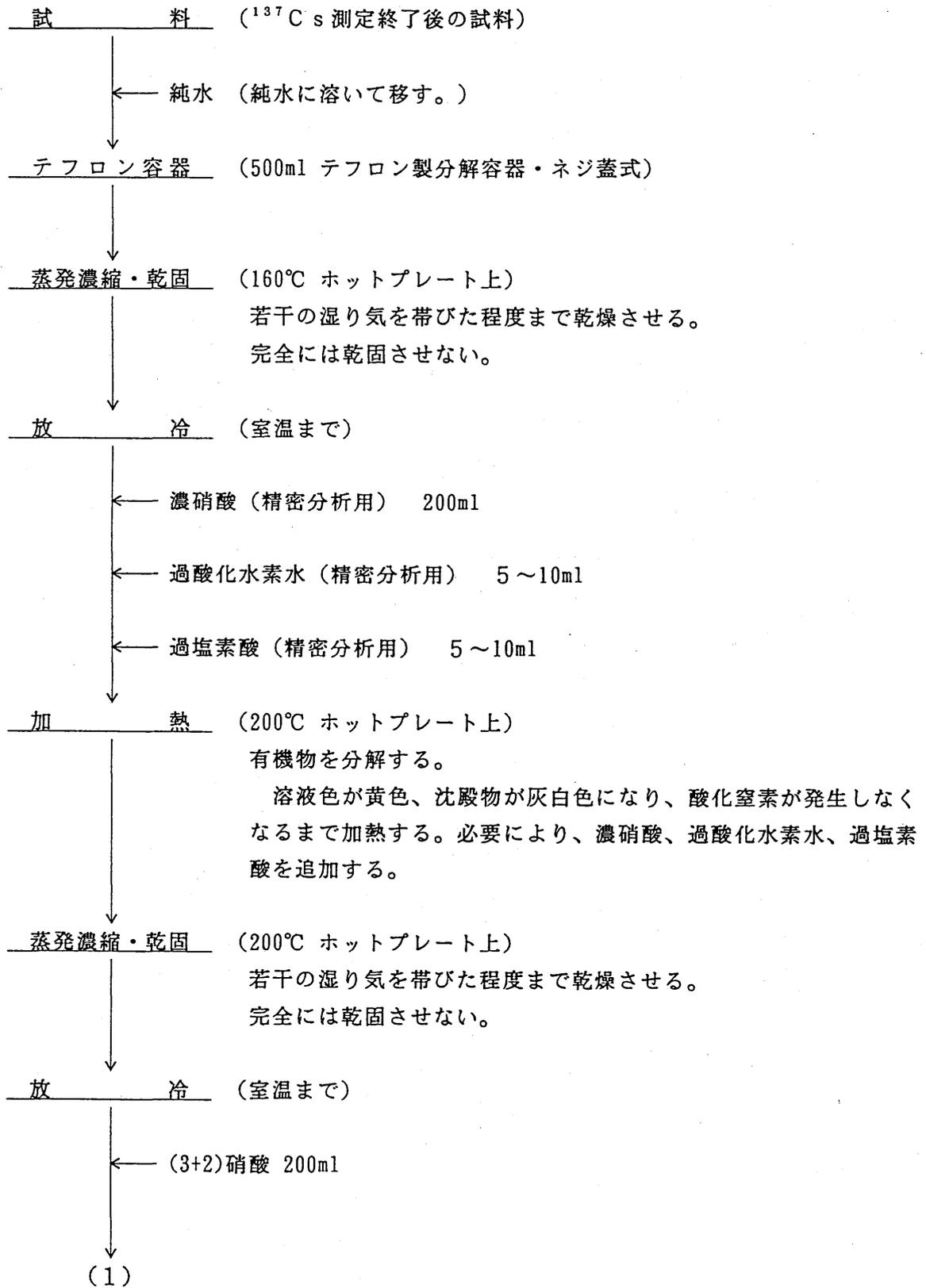


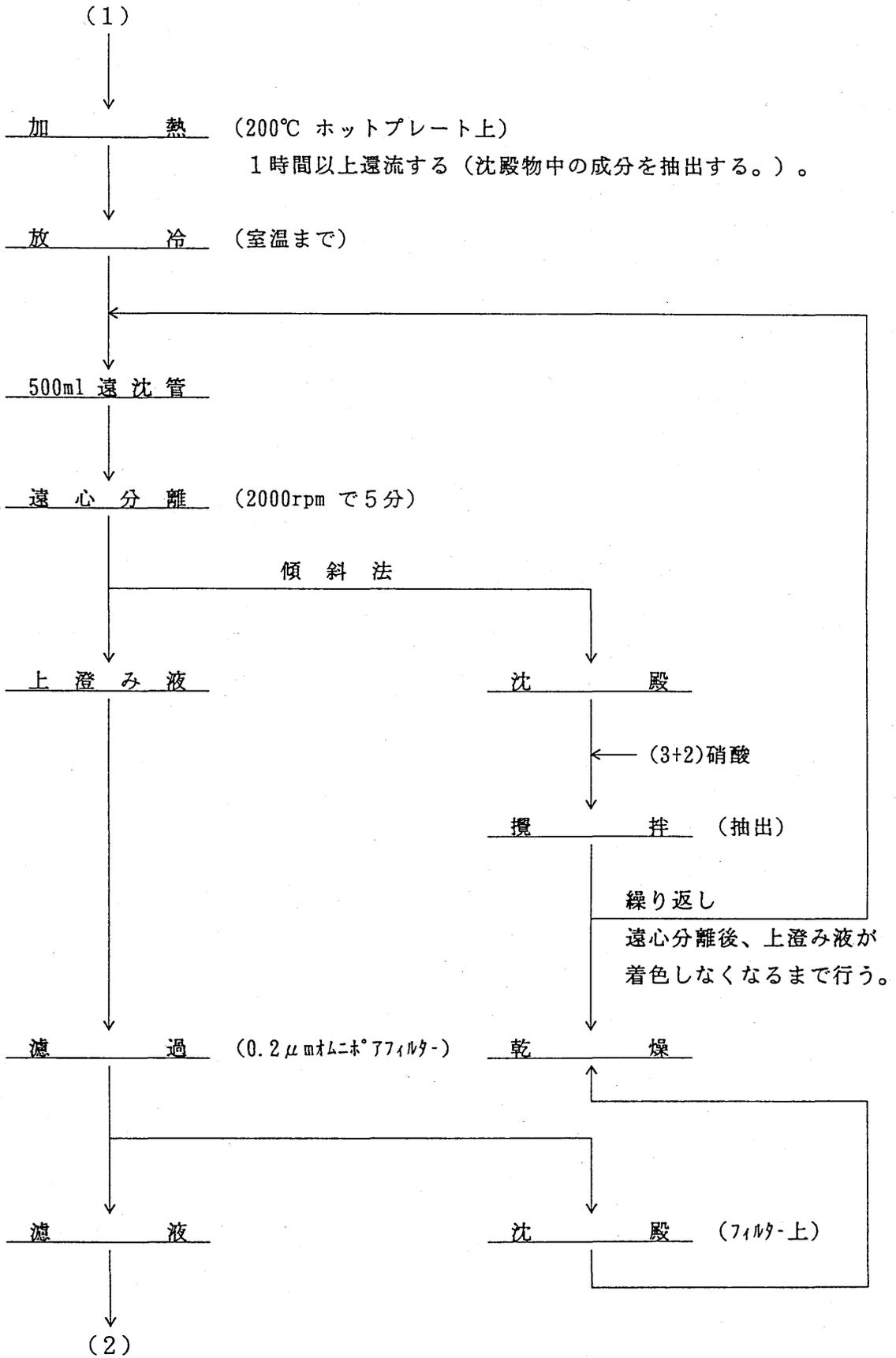
## 2. $^{137}\text{Cs}$ 分析

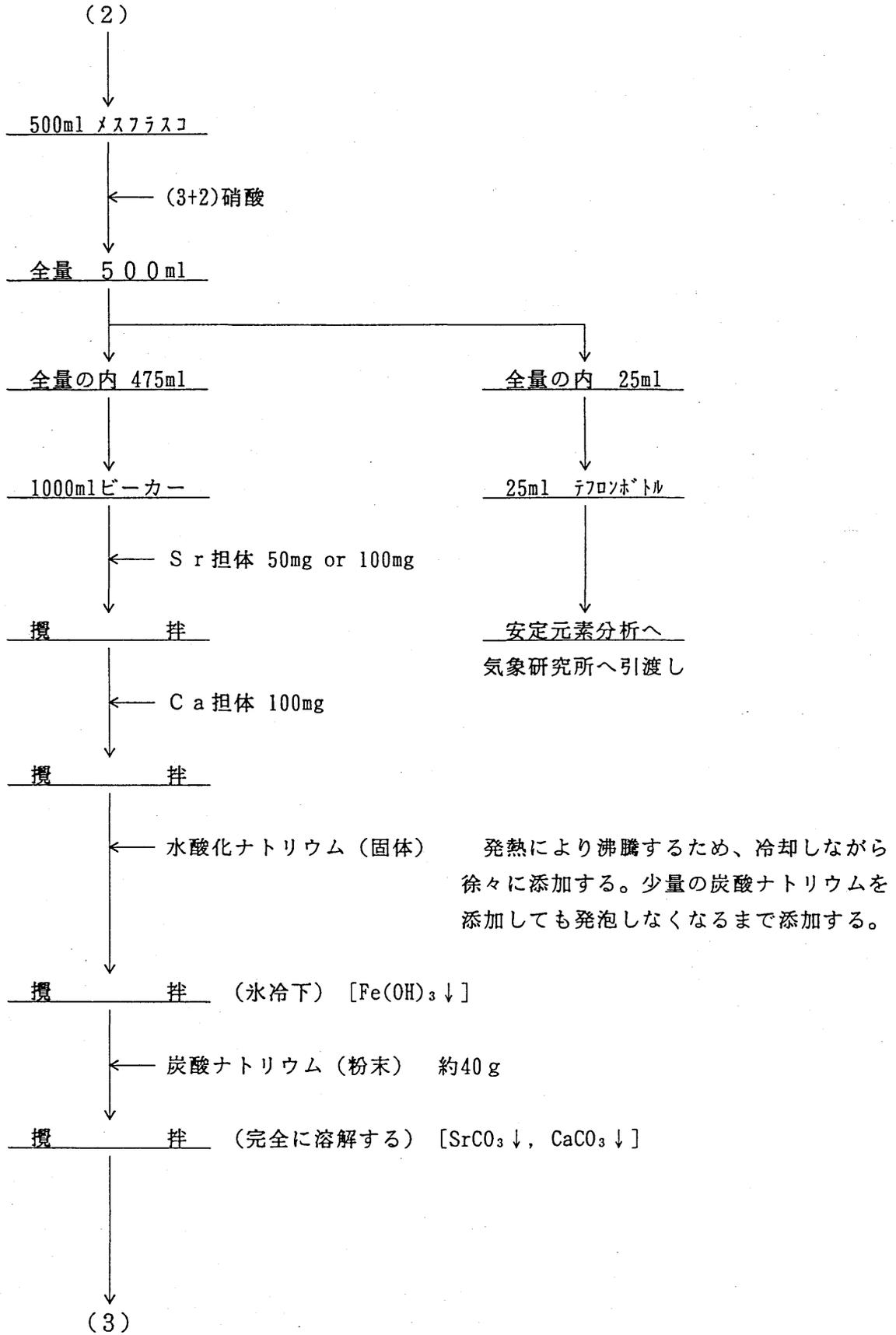


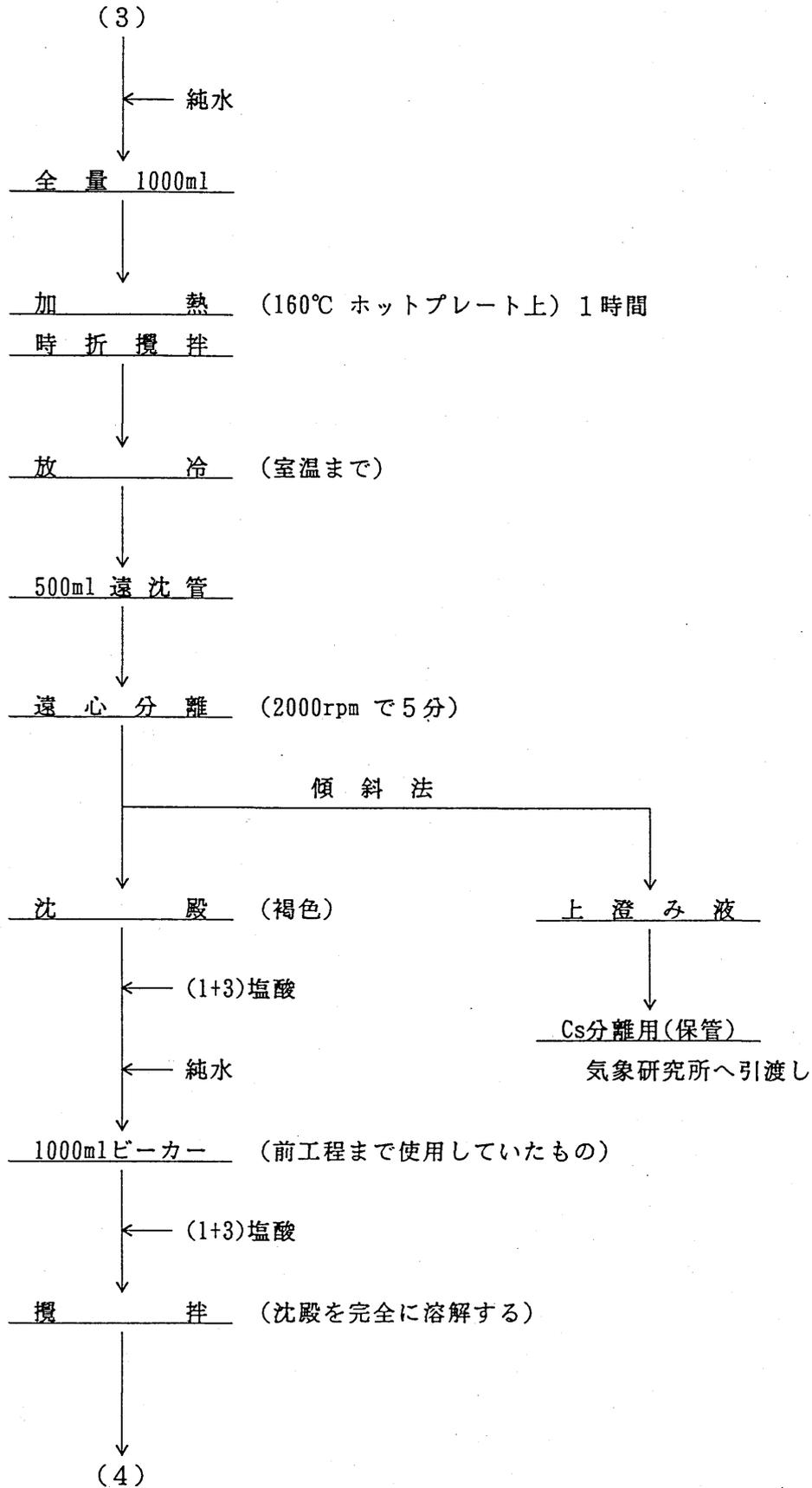
得られた放射能濃度と試料を採取した水盤の面積から降下物中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度 ( $\text{mBq}/\text{m}^2$ ) を算出する。

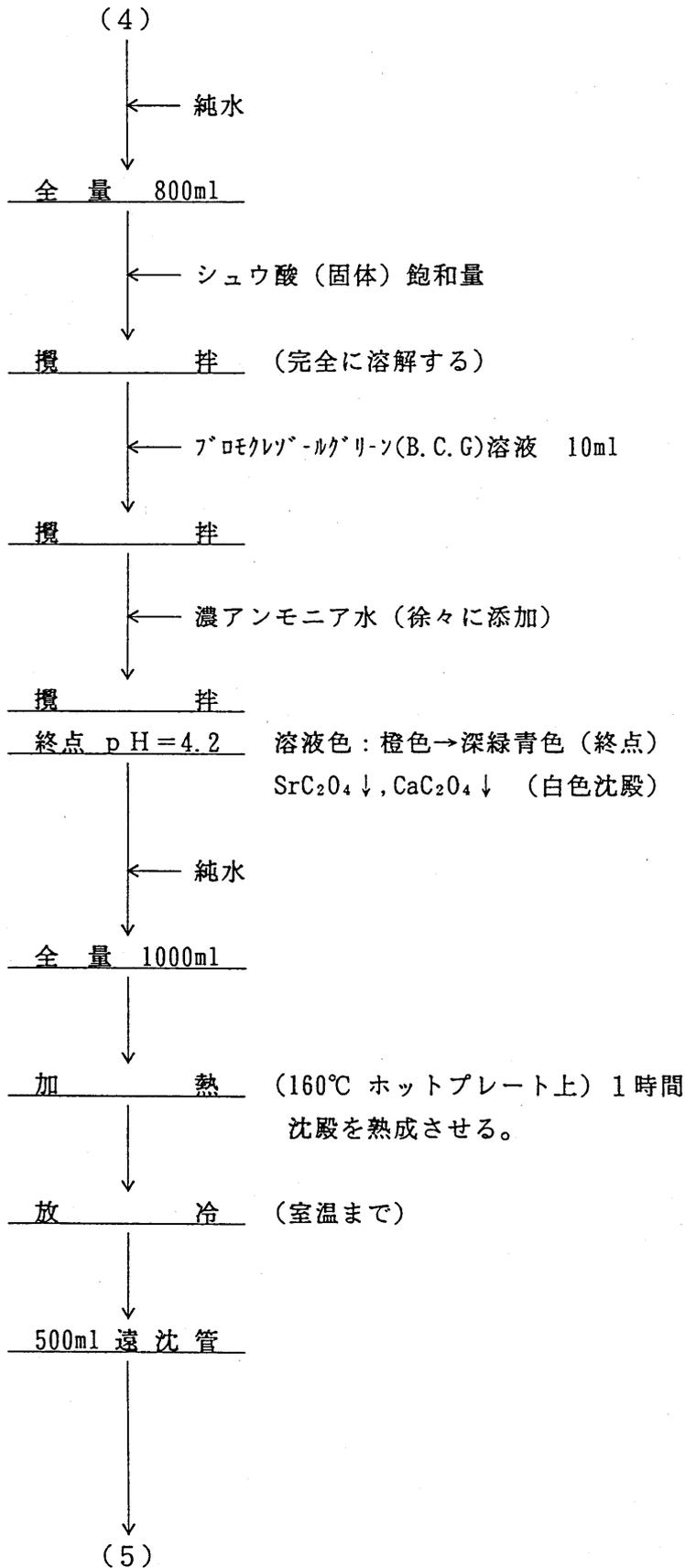
3.  $^{90}\text{Sr}$  分析

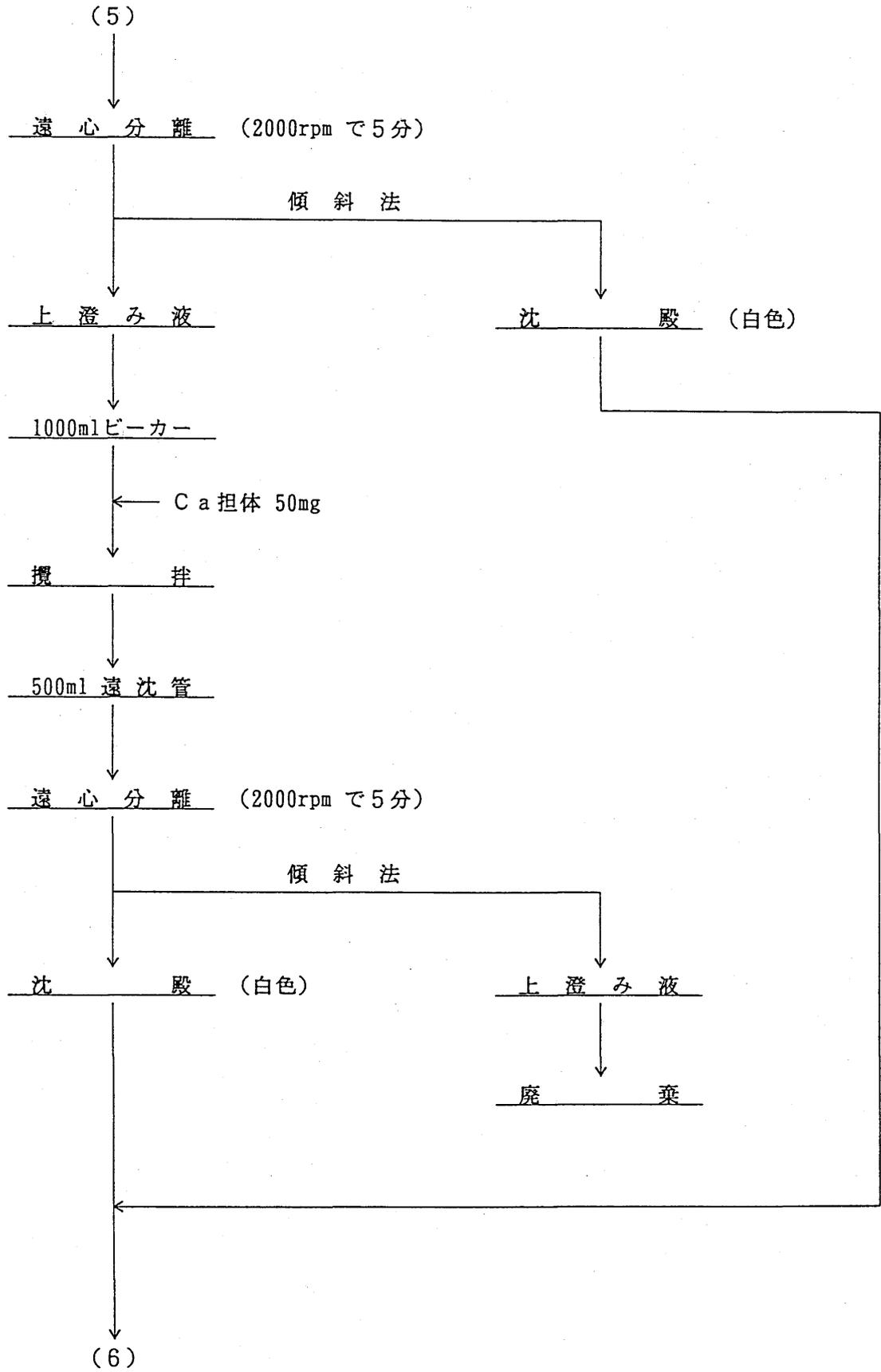


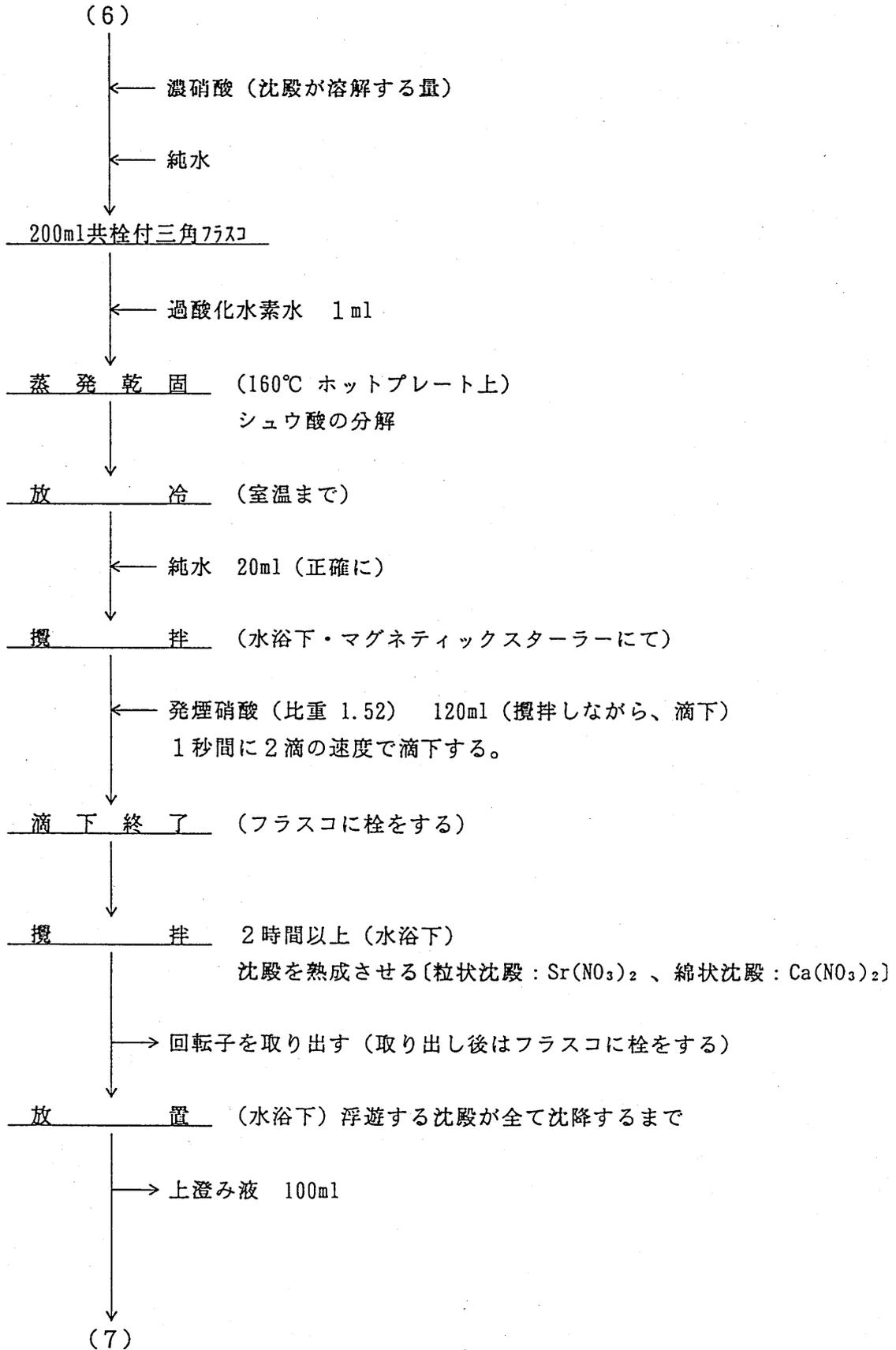


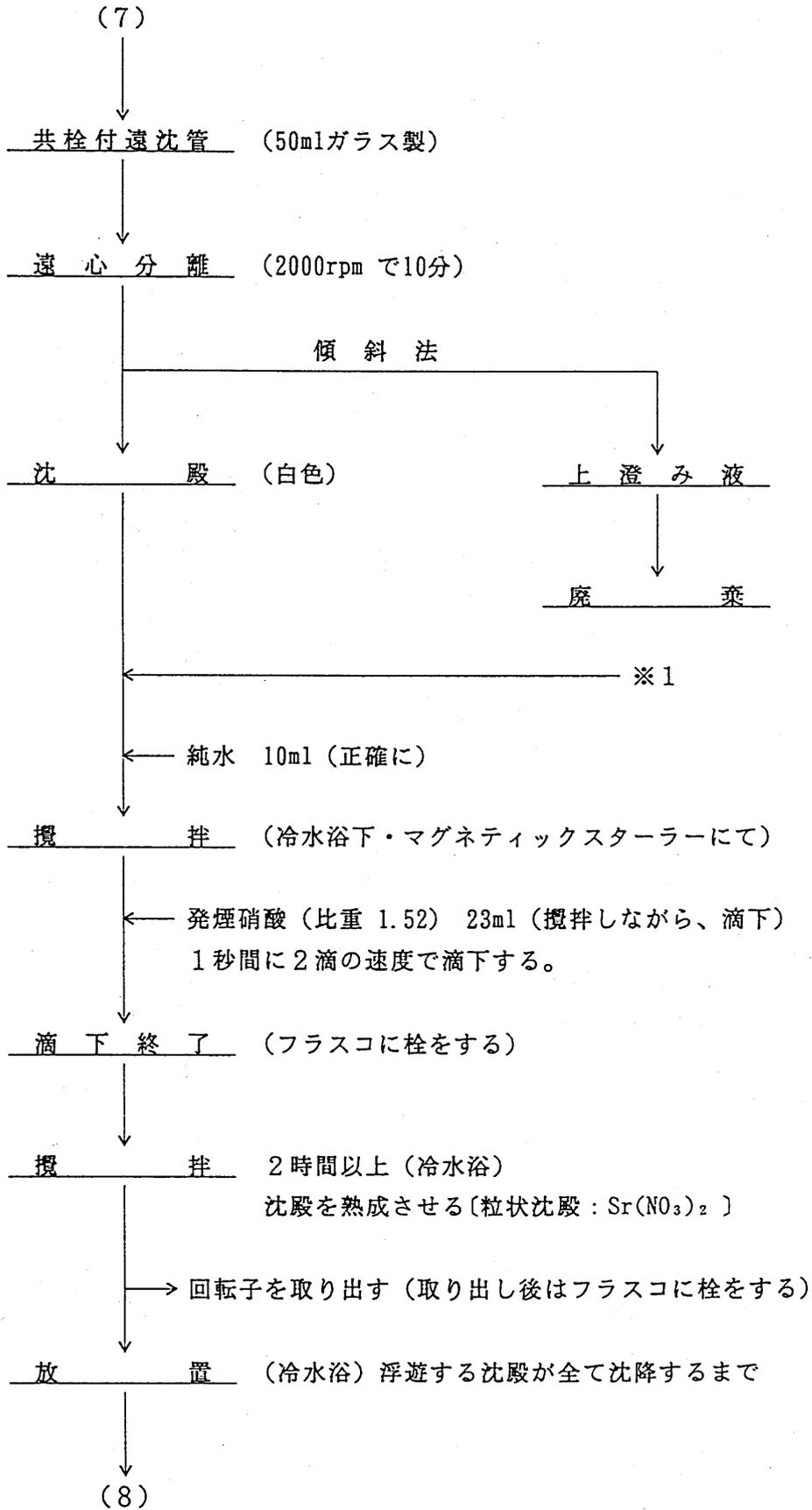


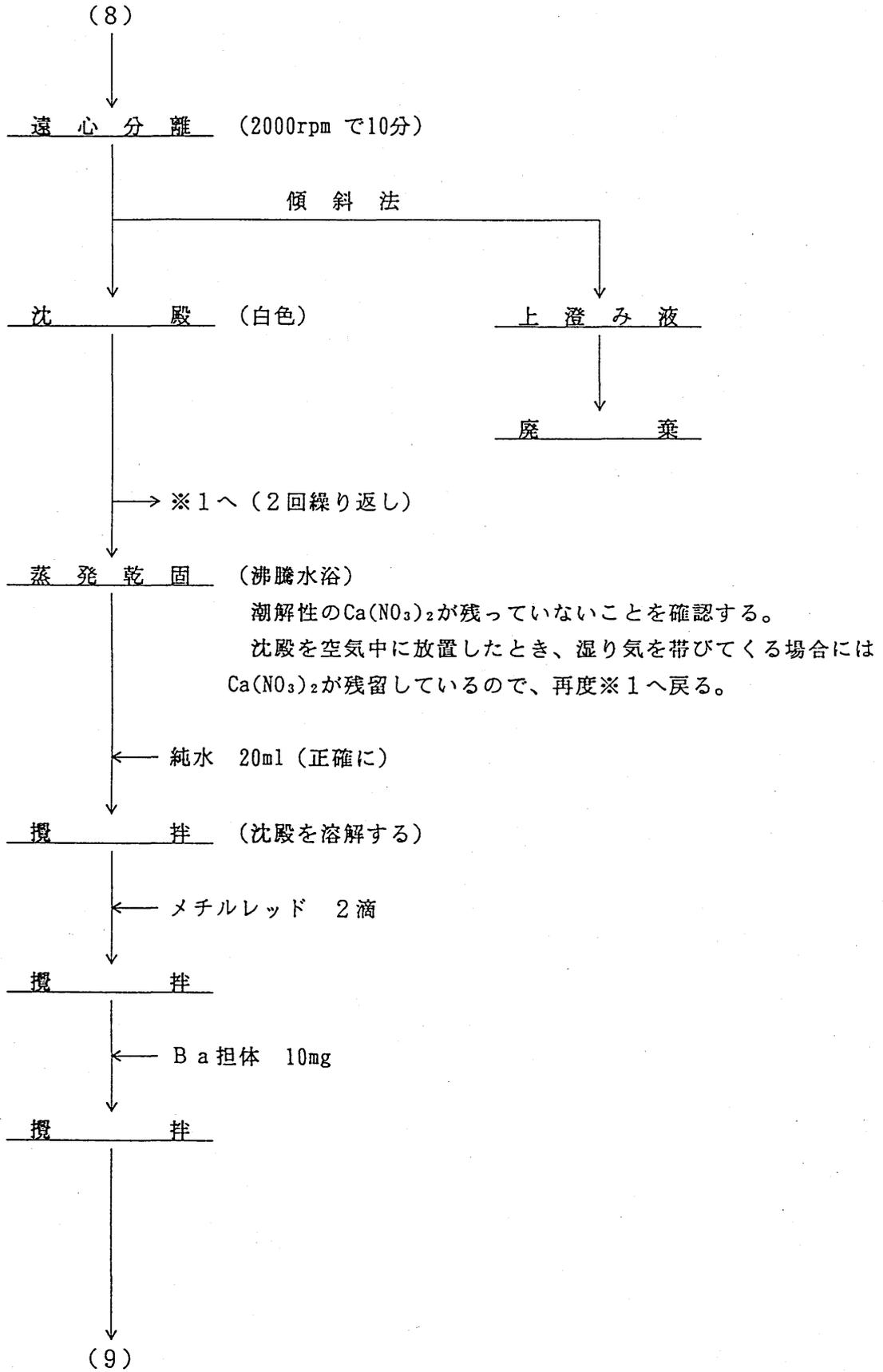


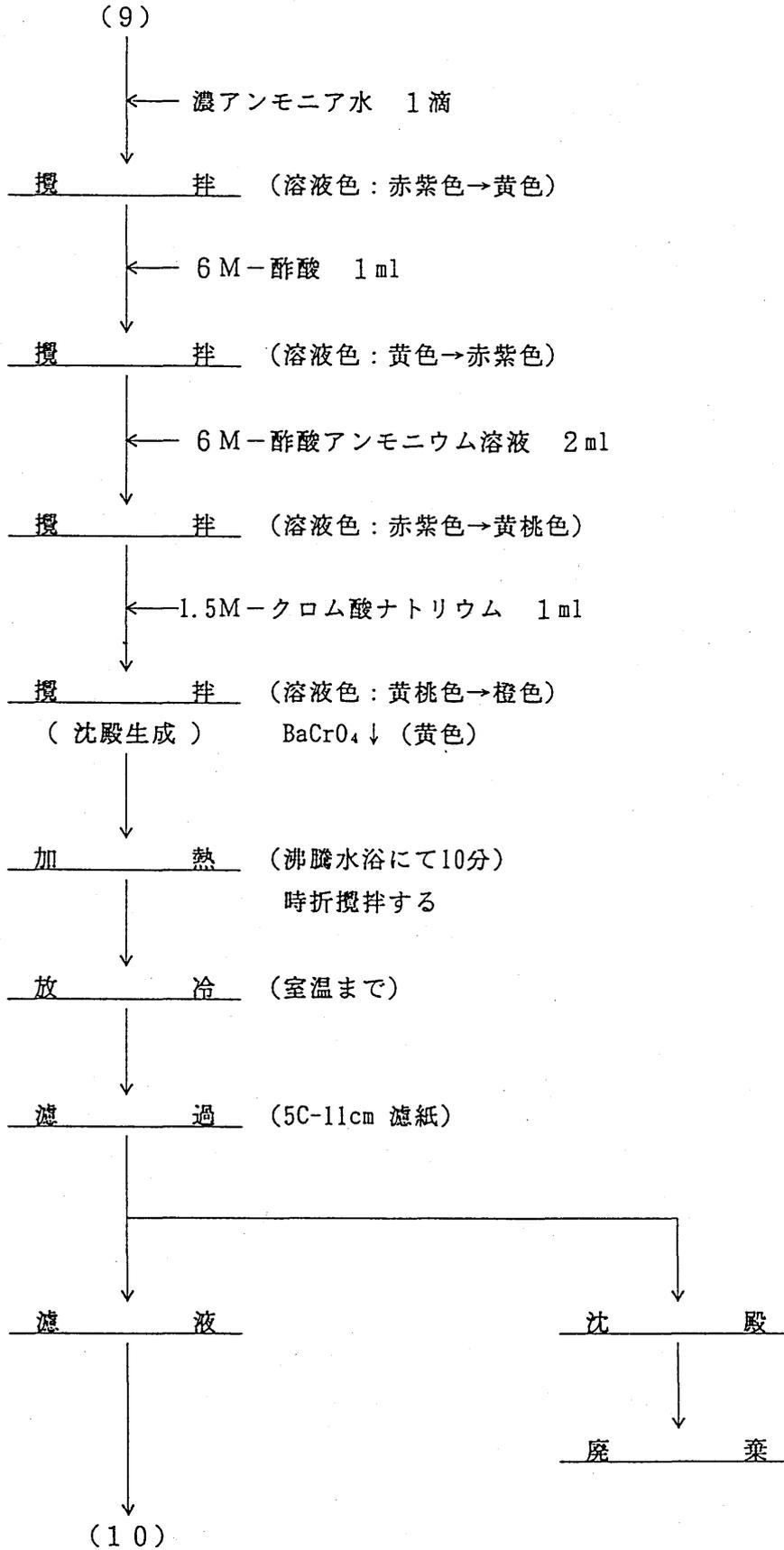


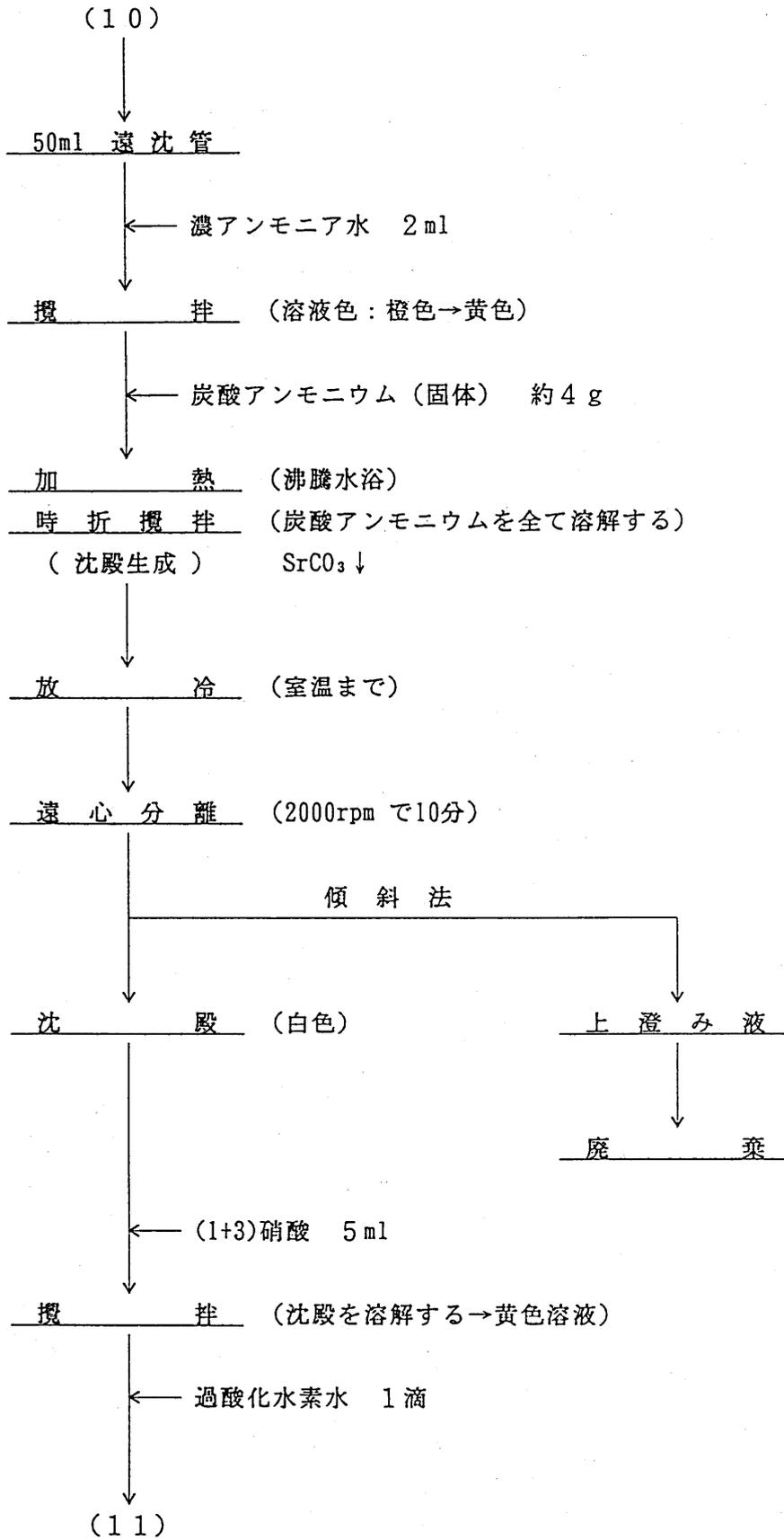


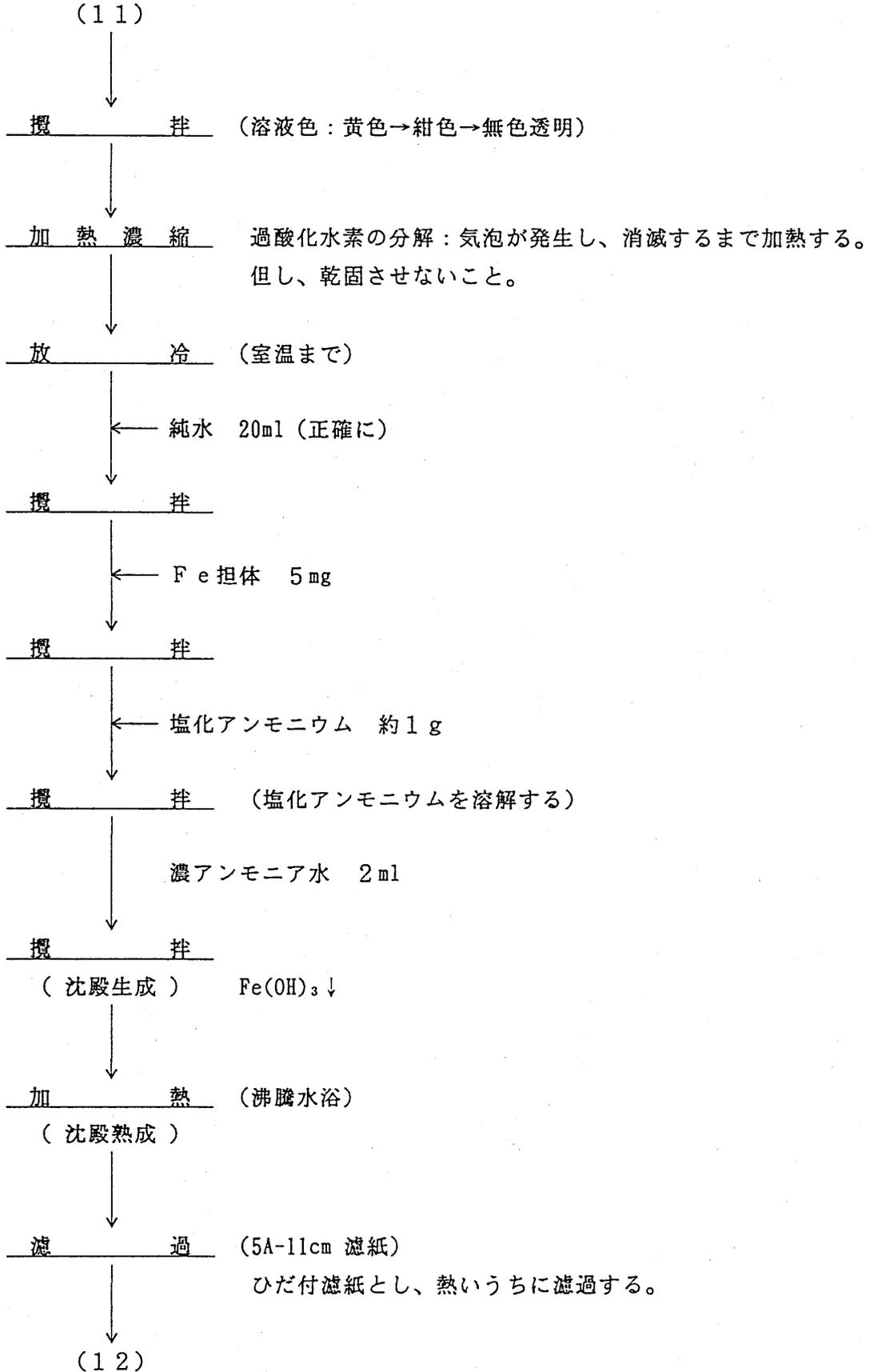


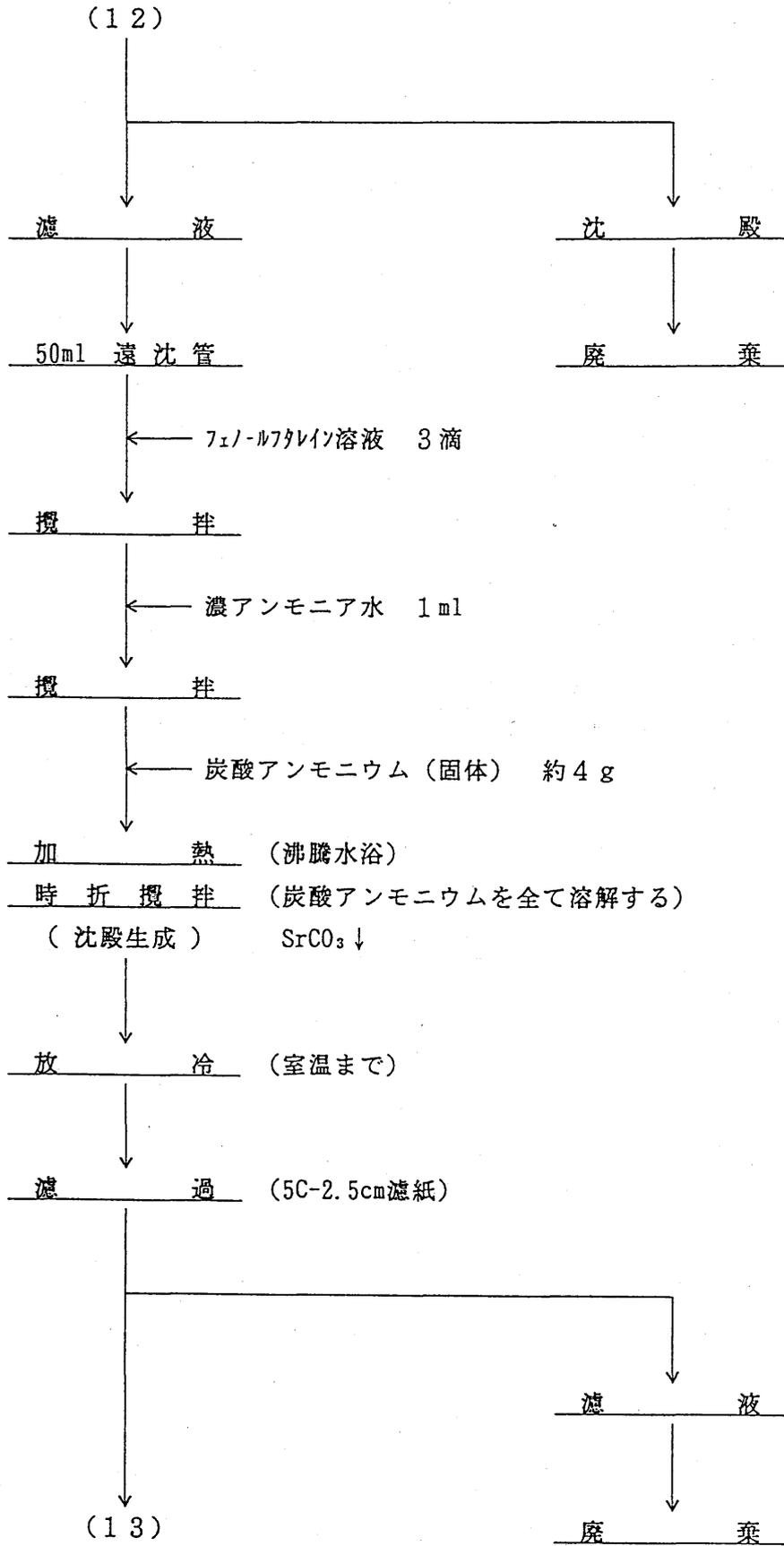


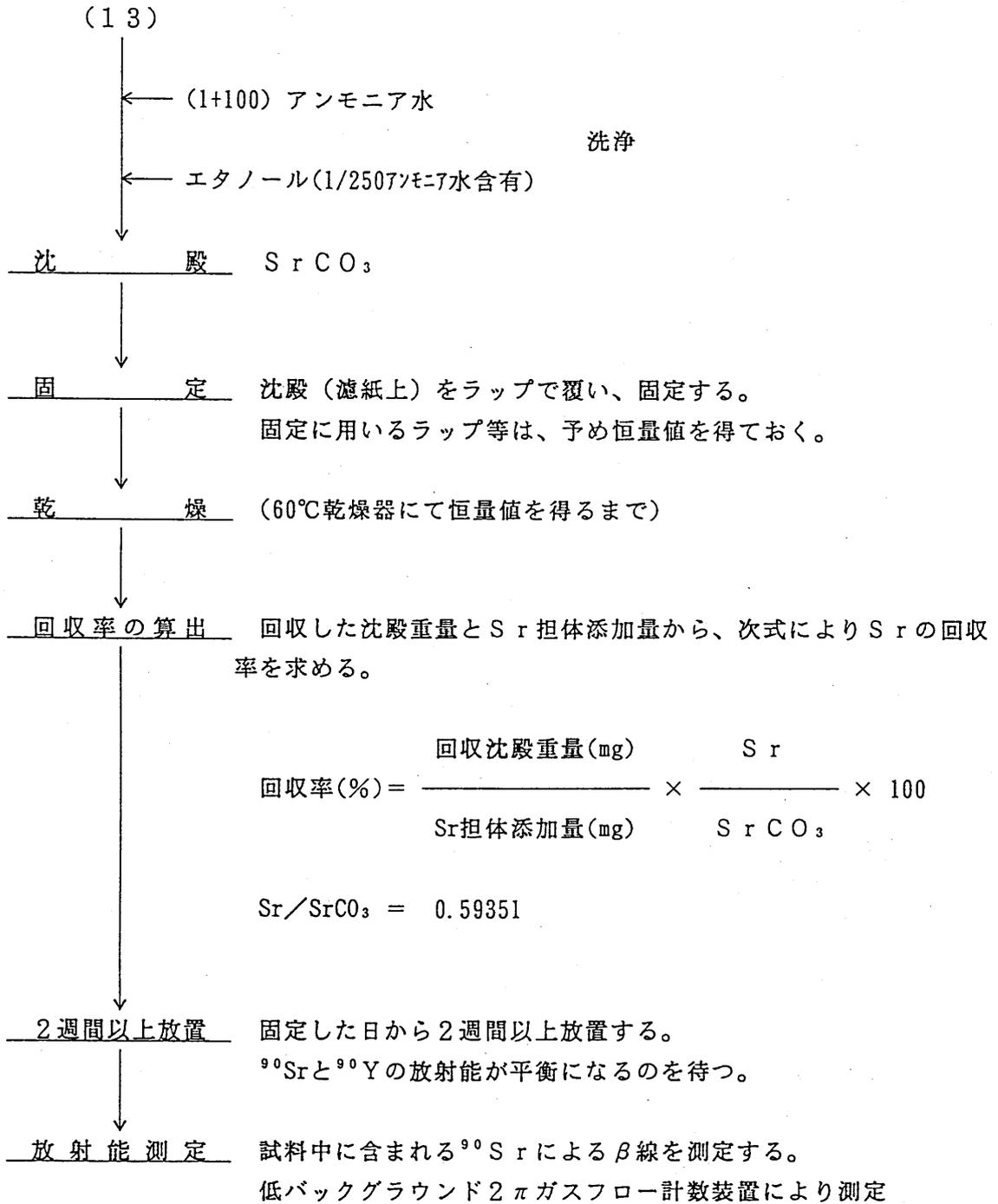






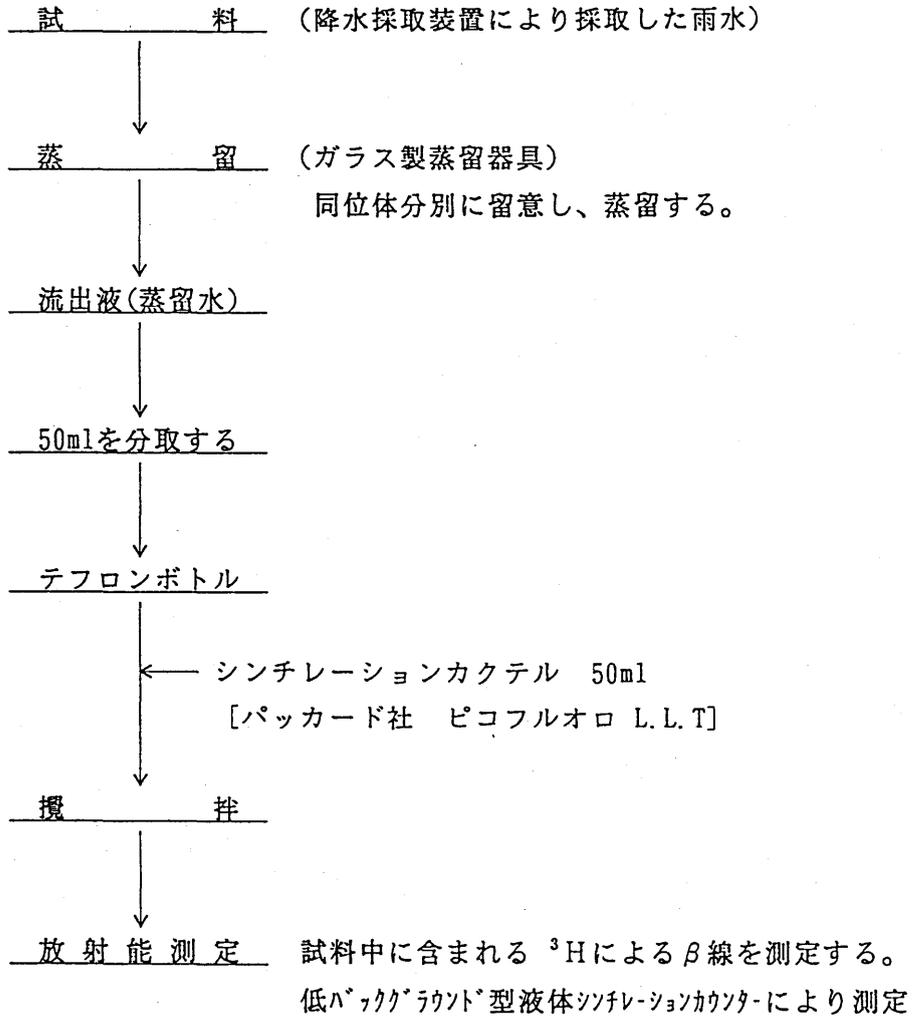






得られた放射能濃度と試料を採取した水盤の面積から降下物中の $^{90}Sr$ 濃度(mBq/m<sup>2</sup>)を算出する。

4.  $^3\text{H}$ 分析



得られた放射能濃度と試料を採取した水盤の面積から降水物中の  $^3\text{H}$  濃度 ( $\text{mBq}/\text{m}^2$ ) を算出する。

## 降水物試料のP u分析法フロー

乾燥降水物試料（テフロン分解容器使用）

├ HNO<sub>3</sub>

├ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HClO<sub>4</sub>

有機物分解（ホットプレート加熱）

├ Puトレーサー（ある程度有機物分解が進んでから添加する）

加熱濃縮

石英ビーカーに移す

テフロン容器を、HNO<sub>3</sub>+純水で洗浄し、  
洗浄液は先の石英ビーカーに合わす

石英ビーカーの内容物を乾固させる

高温設定可のホットプレートで強熱する。  
（昇温、降温は徐々に行う）

放冷（徐々に行う）

電気炉加熱（500℃、6hr）

放冷（徐々に行う）

├ 純水

ガラス棒にて内容物の塊を粉碎

├ HCl

加熱溶解（主に酸化鉄の溶解）

乾固手前まで濃縮

├ 8M-HNO<sub>3</sub>

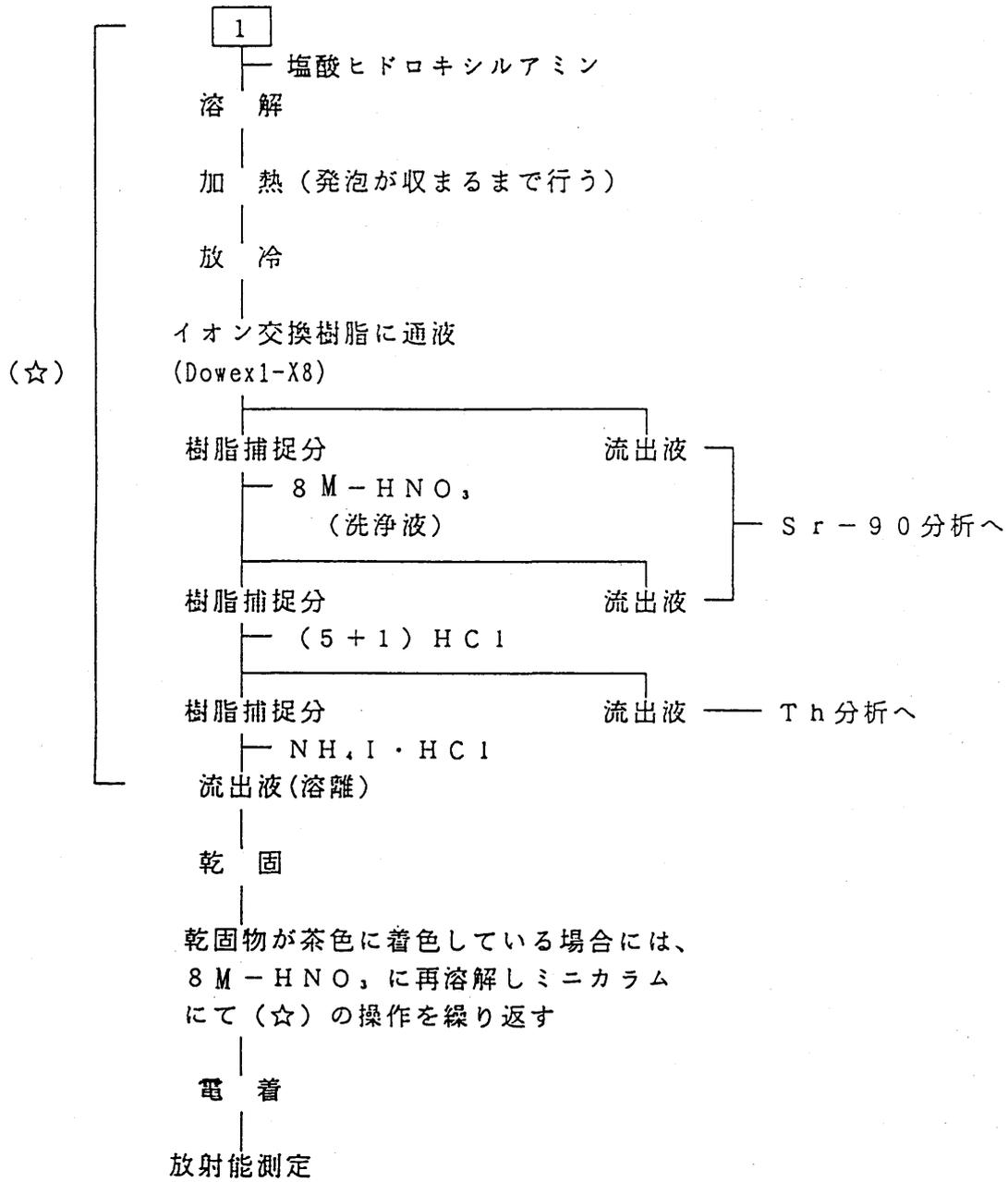
加熱（溶解成分の抽出）

放 冷

遠心分離及び濾過

抽出液

1



Appendix 2  
Examples of  $^{90}\text{Sr}$  analysis of reference materials.

試料名		$^{90}\text{Sr}$ 放射能濃度 (mBq/g)	
標準試料	3-27	$1.97 \times 10^2$	$\pm 1.00 \times 10^0$
標準試料	4-57	$2.03 \times 10^2$	$\pm 4.50 \times 10^0$
標準試料	7-3	$1.88 \times 10^2$	$\pm 2.90 \times 10^0$
標準試料	10-24	$1.86 \times 10^2$	$\pm 2.90 \times 10^0$
標準試料	10-25	$2.12 \times 10^2$	$\pm 7.20 \times 10^0$
標準試料	1-53	$1.92 \times 10^2$	$\pm 6.79 \times 10^0$
標準試料	3-1	$1.93 \times 10^2$	$\pm 2.95 \times 10^0$
標準試料	4-50	$2.08 \times 10^2$	$\pm 3.23 \times 10^0$
標準試料	7-51	$1.90 \times 10^2$	$\pm 2.86 \times 10^0$
標準試料	16-44	$2.06 \times 10^2$	$\pm 6.38 \times 10^0$
標準試料	16-45	$2.05 \times 10^2$	$\pm 5.18 \times 10^0$
標準試料	16-46, 47	$2.13 \times 10^2$	$\pm 5.49 \times 10^0$
標準試料	16-48, 49, 50	$2.07 \times 10^2$	$\pm 5.30 \times 10^0$
標準試料	16-52, 53	$2.04 \times 10^2$	$\pm 3.84 \times 10^0$
標準試料	16-54, 55, 56	$2.00 \times 10^2$	$\pm 5.70 \times 10^0$

試料名		$^{90}\text{Sr}$ 放射能濃度 (mBq/g)	
標準試料	16-57	$2.18 \times 10^2$	$\pm 8.95 \times 10^0$
標準試料	16-58,59	$2.05 \times 10^2$	$\pm 5.16 \times 10^0$
標準試料	16-44	$2.06 \times 10^2$	$\pm 6.38 \times 10^0$

試料名		$^{90}\text{Sr}$ 放射能濃度 (mBq/g)	
M. R. I	3-36	$1.89 \times 10^2$	$\pm 3.70 \times 10^0$
M. R. I	5-28	$1.90 \times 10^2$	$\pm 3.10 \times 10^0$
M. R. I	8-15	$1.94 \times 10^2$	$\pm 6.40 \times 10^0$
M. R. I	10-19	$1.97 \times 10^2$	$\pm 1.50 \times 10^0$
M. R. I	13-43	$2.13 \times 10^2$	$\pm 4.00 \times 10^0$
M. R. I	1-29	$2.05 \times 10^2$	$\pm 1.40 \times 10^0$
M. R. I	11-35	$2.15 \times 10^2$	$\pm 6.30 \times 10^0$
M. R. I	13-22	$2.02 \times 10^2$	$\pm 5.70 \times 10^0$
M. R. I	混合試料(A) <sup>*1</sup>	$2.03 \times 10^2$	$\pm 2.80 \times 10^0$
M. R. I	混合試料(B) <sup>*2</sup>	$2.05 \times 10^2$	$\pm 2.80 \times 10^0$

※1 ロット番号：7-28, 8-46, 12-25, 12-33, 15-2, 15-45の計6試料を混合したもの

※2 ロット番号：4-11, 10-20, 6-25, 13-12, 12-59, 1-3, 3-7, 4-49, 2-53, 15-16, 2-46, 9-39  
12-38, 13-8, 15-49の計15試料を混合したもの

### Appendix 3

Background values of gas-flow  $\beta$  counter.

[1993年降下物用]

Sr-90 バックグラウンド 1995年2月  
セルNo.1 (効率曲線用)

測定番号	測定日	測定時間	count
1	95/02/03	999.9	483
2	95/02/03	999.9	528
3	95/02/04	999.9	536
4	95/02/05	999.9	499
5	95/02/05	999.9	540
6	95/02/18	999.9	574
7	95/02/19	999.9	540
8	95/02/19	999.9	560
9	95/02/20	999.9	540
10	95/02/21	999.9	573

average 537.3

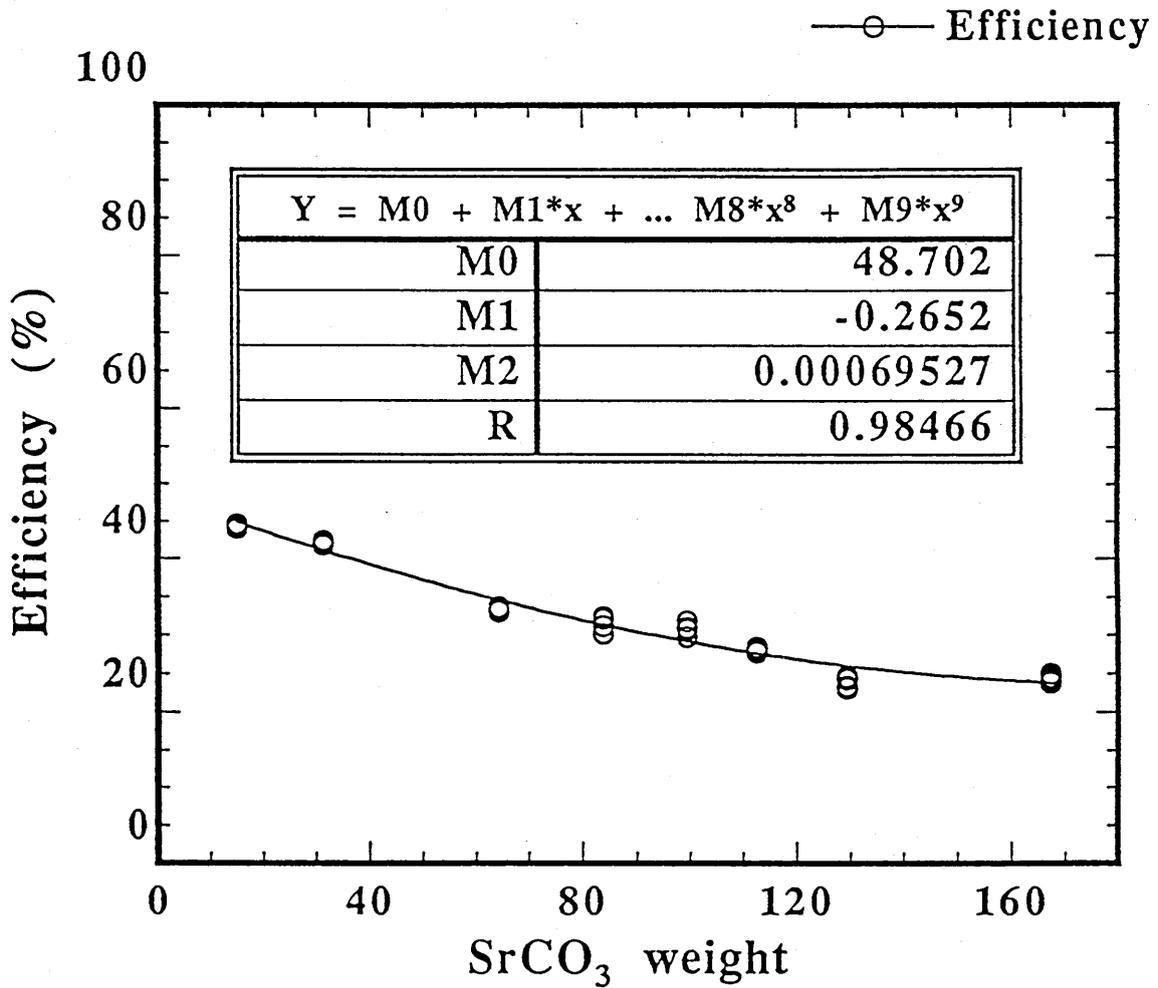
std div 27.68

Sr-90 バックグラウンド 1995年3月  
セルNo.1 (試料用)

測定番号	測定日	測定時間	count
1	95/03/09	999.9	500
2	95/03/10	999.9	472
3	95/03/10	999.9	499
4	95/03/21	999.9	515
5	95/03/21	999.9	521

average 501.4

std div 16.98



Sr-90 weight-counting efficiency curve

Appendix 4-1.

Monthly deposition of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  observed at 14 stations in Japan from 1957 to 1981 (Katsuragi, 1983).

M R I

	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr/ <sup>137</sup> Cs	Rainfall amount		<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr/ <sup>137</sup> Cs	Rainfall amount		<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr/ <sup>137</sup> Cs	Rainfall amount
	mCi/km <sup>2</sup>	mCi/km <sup>2</sup>		mm		mCi/km <sup>2</sup>	mCi/km <sup>2</sup>		mm		mCi/km <sup>2</sup>	mCi/km <sup>2</sup>		mm
1957. 1					1960. 1	0.60	0.26		58.3	1963. 1	0.19	0.11	10.3	0.2
2					2	0.82	0.22		6.8	2	0.71	0.31	12.7	21.1
3					3	0.72	0.38		61.1	3	4.85	2.58	0.9	84.7
4	1.10	0.40	10.6	107.5	4	1.33	0.44		135.7	4	3.42	1.16	6.0	79.0
5	1.96	0.56	9.4	170.6	5	0.85	0.20		126.0	5	5.58	2.66	4.0	118.7
6	4.01	0.64	12.0	309.0	6	0.64	0.20		80.9	6	1.48	4.59	1.2	239.8
7	1.03	0.37	20.8	119.3	7	0.41	0.13		20.4	7	5.10	2.24	1.9	125.6
8	0.52	0.16	5.9	43.2	8	0.24	0.24		213.3	8	7.09	1.89		416.9
9	1.94	0.42	27.4	357.2	9	0.20	0.14		147.3	9	5.33	1.66		156.5
10	0.43	0.15	3.7	120.5	10	0.14	0.08		157.6	10	4.28	1.47		315.4
11	0.27	0.08	13.2	65.7	11	0.14	0.04		92.3	11	0.53	0.23		79.1
12	0.28	0.06	5.5	97.5	12	0.10	0.06		76.2	12	0.42	0.16		19.7
						6.19	2.39		1175.9		5.229	19.06		1656.5
1958. 1	0.20	0.09	12.0	67.4	1961. 1	0.09	0.03		31.7	1964. 1	1.24	0.80		130.0
2	0.41	0.10	0.6	73.9	2	0.09	0.04		38.6	2	1.06	0.50		43.5
3	1.20	0.44	6.8	63.4	3	0.20	0.17		102.5	3	1.50	0.76		107.0
4	0.92	0.42	8.6	26.1	4	0.37	0.20		166.9	4	3.87	1.58		95.6
5	1.34	0.41	6.9	87.5	5	0.23	0.13		49.1	5	2.69	1.50		75.7
6	1.26	0.41	5.8	52.8	6	0.57	0.31		299.2	6	2.58	1.24		120.6
7	1.45	1.21	15.3	184.4	7	0.11	0.05		19.6	7	0.81	0.53		46.0
8	0.85	0.36	3.5	80.6	8	0.08	0.02		28.2	8	0.53	0.28		115.3
9	0.99	0.19	25.5	704.0	9	0.30	0.05	26.3	86.8	9	0.57	0.45		159.7
10	1.31	0.72	48.7	275.0	10	3.22	0.60	30.6	313.2	10	0.63	0.63		131.7
11	0.48	0.30	33.6	91.5	11	1.37	0.25	50	52.8	11	0.36	0.20		56.3
12	1.00	0.63	39.0	89.0	12	0.71	0.23	40	43.7	12	0.29	0.13		54.4
	11.41	5.28		1795.6		7.34	2.08		1232.3		16.13	8.60		1135.8
1959. 1	1.08	0.70	13.6	62.2	1962. 1	0.89	0.19	30.3	31.7	1965. 1	0.39	0.24		45.1
2	1.27	0.71	18.7	109.3	2	0.78	0.22	25.8	14.5	2	0.45	0.29		17.0
3	3.64	0.96	4.3	85.5	3	1.89	0.58	17.9	57.5	3	1.88	0.68		61.0
4	3.90	1.28	7.0	171.0	4	3.16	1.08	15.0	112.6	4	1.54	0.65		81.3
5	5.22	1.65	6.0	172.0	5	3.97	1.63	7.2	184.7	5	2.12	0.64		431.7
6	3.54	1.67	3.0	154.8	6	4.18	1.21	8.8	203.7	6	1.82	0.59		217.6
7	1.24	0.31		63.9	7	1.60	0.80	5.7	155.0	7	0.49	0.18		105.7
8	0.77	0.19		193.3	8	0.70	0.29	6.7	102.9	8	0.97	0.34		300.5
9	0.72	0.20		147.7	9	0.31	0.10	11.8	4.1	9	0.48	0.33		247.5
10	0.88	0.15		224.3	10	1.73	0.58	13.5	82.4	10	0.32	0.11		73.3
11	0.77	0.14		103.7	11	2.02	1.00	20.3	141.7	11	0.22	0.14		124.7
12	0.55	0.13		124.4	12	0.69	0.41	30.2	62.1	12	0.12	0.08		55.7
	23.58	8.09		1612.1		21.92	8.09		1152.9		10.60	4.27		1761.1

M R I

	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Sr	Rainfall amount		<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Sr	Rainfall amount		<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Sr	Rainfall amount
	mCi/km <sup>2</sup>	mCi/km <sup>2</sup>		mm		mCi/km <sup>2</sup>	mCi/km <sup>2</sup>		mm		mCi/km <sup>2</sup>	mCi/km <sup>2</sup>		mm
1966. 1	0.20	0.08		46.5	1969. 1	0.064	0.045		74.8	1972. 1	0.140	0.057	2.10	129.7
2	0.54	0.18		140.5	2	0.091	0.034		114.5	2	0.124	0.047	2.3	158.0
3	0.59	0.23		110.7	3	0.154	0.047		140.9	3	0.110	0.032	0.93	40.7
4	0.59	0.27		138.0	4	0.190	0.072	5.2	72.9	4	0.162	0.059	7.4	175.3
5	1.11	0.35		210.9	5	0.321	0.209	5.8	104.9	5	0.135	0.067	8.9	100.3
6	1.10	0.36		551.7	6	0.340	0.170	7.6	185.3	6	0.219	0.104	11.0	138.0
7	0.27	0.10		166.1	7	0.341	0.173	4.0	188.4	7	0.124	0.069	10.5	359.6
8	0.19	0.06		100.0	8	0.127	0.087	4.8	120.9	8	0.045	0.030	6.2	100.3
9	0.13	0.06		195.2	9	0.201	0.148	3.3	181.9	9	0.122	0.049	5.5	322.9
10	0.09	0.04		98.3	10	0.193	0.099	4.0	148.6	10	0.018	0.018	2.5	39.6
11	0.09	0.03		28.2	11	0.096	0.055	4.4	110.7	11	0.018	0.010	1.0	31.0
12	0.05	0.02		10.2	12	0.031	0.027	2.7	27.7	12	0.027	0.012	0.9	105.8
	4.95	1.78		1796.3		2.149	1.166		147.15		1.244	0.554		170.12
1967. 1	0.29	0.07		33.1	1970. 1	0.073	0.022	5.2	74.6	1973. 1	0.023	0.014	0.7	135.7
2	0.25	0.12		55.1	2	0.081	0.035	4.6	40.4	2	0.023	0.013	0.49	51.6
3	0.39	0.11		69.1	3	0.120	0.044	4.6	51.0	3	0.020	0.007	0.86	8.5
4	0.28	0.15		111.3	4	0.318	0.124	5.0	95.4	4	0.074	0.031	0.35	136.9
5	0.22	0.10		59.2	5	0.462	0.236	4.6	150.9	5	0.069	0.036	0.25	99.1
6	0.33	0.12		147.1	6	0.960	0.542	4.0	209.5	6	0.072	0.023	5.1	145.6
7	0.10	0.03		130.1	7	0.303	0.159	2.6	56.3	7	0.043	0.023	9.2	83.7
8	0.08	0.02		140.1	8	0.116	0.041	2.4	62.9	8	0.016	0.013	2.1	113.9
9	0.08	0.03		211.5	9	0.121	0.081	1.6	84.5	9	0.025	0.009	9.8	151.0
10	0.09	0.04		158.3	10	0.102	0.072	0.8	100.9	10	0.007	0.007	8.0	205.4
11	0.03	0.01		64.2	11	0.084	0.051	1.8	127.2	11	0.016	0.011	3.1	75.7
12	0.03	0.01		28.9	12	0.026	0.026	0.4	28.5	12	0.007	0.002	1.9	0
	2.18	0.81		1208.0		2.766	1.433		1082.1		0.395	0.189		1207.1
1968. 1	0.10	0.04		9.5	1971. 1	0.039	0.025	1.8	61.5	1974. 1	0.020	0.007	6.9	27.7
2	0.04	0.02		72.9	2	0.052	0.035	4.4	46.8	2	0.054	0.029	5.0	70.5
3	0.21	0.10		77.6	3	0.219	0.109	11.0	79.3	3	0.140	0.078	4.6	128.7
4	0.43	0.17		131.7	4	0.456	0.236	7.1	111.6	4	0.296	0.144	3.3	138.4
5	0.34	0.14		174.7	5	0.268	0.148	6.3	95.7	5	0.199	0.087	2.2	88.5
6	0.43	0.26		203.7	6	0.478	0.171	5.0	98.2	6	0.426	0.239	2.5	206.2
7	0.44	0.22		177.8	7	0.431	0.177	3.3	119.3	7	0.268	0.198	2.3	416.8
8	0.17	0.07		268.2	8	0.092	0.027	1.3	185.5	8	0.045	0.023	11.7	135.7
9	0.28	0.12		111.9	9	0.124	0.048	0.9	276.3	9	0.074	0.035	11.5	320.3
10	0.17	0.07		160.5	10	0.072	0.066		255.7	10	0.054	0.041	4.5	155.6
11	0.04	0.03		39.8	11	0.027	0.025	0.9	26.4	11	0.025	0.012	3.3	34.4
12	0.10	0.05		215.7	12	0.016	0.007	2.5	39.6	12	0.050	0.026	6.4	33.7
	2.75	1.29		1644.0		2.274	1.074		1395.9		1.651	0.919		1756.5

M R I

	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$	Rainfall amount		$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$	Rainfall amount
	mCi/km <sup>2</sup>	mCi/km <sup>2</sup>		mm		mCi/km <sup>2</sup>	mCi/km <sup>2</sup>		mm
1975. 1	0.065	0.039	4.0	59.5	1978. 1	0.021	0.020	0.9	31.0
2	0.054	0.029	3.5	84.5	2	0.058	0.071	0.4	37.5
3	0.129	0.045	2.8	93.1	3	0.117	0.078	2.4	111.0
4	0.194	0.094	2.0	163.4	4	0.262	0.154	3.7	232.2
5	0.180	0.107	1.3	159.4	5	0.215	0.130	1.5	117.9
6	0.151	0.072	0.8	125.3	6	0.112	0.059	0.45	97.4
7	0.056	0.026	0.5	170.1	7	0.020	0.013	0.68	50.0
8	0.020	0.008	0.4	54.4	8	0.012	0.005	-	24.3
9	0.027	0.009	0.5	112.7	9	0.050	0.037	0.04	112.7
10	0.057	0.027	0.3	291.6	10	0.025	0.020	0.27	153.2
11	0.057	0.025	-	252.0	11	0.032	0.018	0.32	69.5
12	0.018	0.004	-	54.5	12	0.019	0.010	74.2	27.1
	1.008	0.485		1620.5		0.943	0.615		1063.8
1976. 1	0.006	0.002	1.2	0	1979. 1	0.019	0.014	8.4	87.3
2	0.016	0.008	28.0	113.7	2	0.046	0.029	0.33	92.0
3	0.033	0.018	0.9	86.5	3	0.072	0.033	0.27	85.5
4	0.047	0.034	1.5	151.4	4	0.096	0.037	0.24	111.3
5	0.027	0.014	0.5	199.3	5	0.098	0.039	0.25	227.9
6	0.030	0.020	-	145.2	6	0.032	0.012	-	71.9
7	0.015	0.015	-	121.7	7	0.051	0.034		97.8
8	0.013	0.010	-	137.3	8	0.026	0.011		102.7
9	0.009	0.011	24.0	367.9	9	0.020	0.011		186.8
10	0.022	0.028	84.1	124.1	10	0.029	0.012		303.5
11	0.015	0.014	44.7	76.3	11	0.011	0.007		164.0
12	0.006	0.004	18.2	35.2	12	0.006	0.002		44.3
	0.239	0.178		1558.6		0.506	0.241		1575.0
1977. 1	0.007	0.003	7.3	20.7	1980. 1	0.010	0.005		97.0
2	0.015	0.006	3.5	31.5	2	0.008	0.004		26.8
3	0.049	0.024	17.1	170.2	3	0.021	0.012		164.3
4	0.055	0.044	19.4	115.7	4	0.026	0.016		124.2
5	0.053	0.029	11.7	-91.0	5	0.040	0.022		165.6
6	0.150	0.115	10.3	214.6	6	0.020	0.016		169.1
7	0.110	0.078	6.4	93.5	7	0.028	0.014		204.4
8	0.150	0.114	4.8	365.9	8	0.009	0.005		108.1
9	0.053	0.034	3.6	318.7	9	0.011	0.007		113.5
10	0.041	0.027	17.9	57.2	10	0.007	0.006		138.4
11	0.053	0.032	5.4	92.4	11	0.010	0.003		120.2
12	0.025	0.023	2.3	45.1	12	0.009	0.007		47.8
	0.761	0.529		1616.5		0.199	0.117		1479.4

	Sapporo			Sendi			Tokyo (TDMO)			Osaka			Fukuoka			Akita		
	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm
1958. 1		0.25	148		0.16	60		0.22	70		0.15	85		0.31	66			
2		0.69	145		0.21	91		0.12	67		0.11	65		0.27	60			
3		0.62	75		0.20	39		0.38	63		0.38	106		1.36	214			
4		0.12	31		0.35	35		0.77	42		1.14	250		0.96	260			
5		0.27	30		0.77	57		0.61	86		0.18	84		0.37	115			
6		0.62	60		0.86	97		0.55	63		0.25	163		0.60	143			
7		0.32	146		0.97	322		1.08	198		0.20	29		0.50	35			
8		0.41	111		0.53	143		0.30	80		0.07	108		0.48	793			
9		0.13	123		0.39	723		0.22	673		0.32	196		0.15	48			
10		0.27	110		0.64	143		0.34	276		0.30	184		0.25	103			
11		0.12	69		0.07	62		0.30	84		0.14	74		0.42	83			
12		0.08	105		0.29	129		0.31	84		0.13	65		0.34	83			
		3.90	1153		5.44	1901		5.20	1786		3.37	1409		6.01	2003			
1959. 1			108			21		0.33	59			108			207			
2		0.48	55		0.29	61		0.30	123		0.28	158		1.17	74			
3			49			116		0.40	93			101			130			
4			141			127		0.41	158			198			165			
5		0.28	64		3.69	40		1.46	202		0.81	148		0.99	130			
6			32			174		1.10	122			40			91	1.36	135	
7			59			190	1.30	0.39	72			254			505			310
8	1.75	0.56	88	1.32	0.99	273	0.64	0.13	137	1.65	0.49	258	0.32	0.16	52	0.85	0.38	154
9			163			187	0.63	0.20	162			127			140			187
10			70			91	0.37	0.12	217			118			19			139
11	0.58	0.42	111	1.58	1.13	106	0.64	0.14	118	1.33	0.79	166	0.76	0.51	100	2.14	1.53	138
12			93			41	0.42	0.10	147			105			96			142
		1.74	1033		6.10	1427		5.08	1610		2.37	1781		2.83	1709			
1960. 1			94.2	0.63	0.45	45.1	0.36	0.30	64.4			54.4	0.46	0.19	83.9	2.83	1.02	210.9
2	1.24	0.92	49.9			17.4	0.70	0.41	8.8	1.85	0.52	14.2			15.7			118.5
3			59.8	0.92	0.60	51.4	0.50	0.31	51.5			54.2	1.56	0.71	73.0	1.19	0.20	139.4
4			131.9			102.8	1.01	0.56	161.9			133.8			163.4			158.7
5	1.32	0.55	62.3	2.73	1.16	107.2	0.64	0.11	146.9	1.66	1.43	211.1	1.50	1.31	203.5	3.61	1.37	146.1
6			91.9			70.5	0.90	0.22	82.9			176.3			242.4			130.4
7			111.5			82.8	0.28	0.06	31.4			146.6			46.0			119.5
8	0.52	0.18	76.8	0.21	0.16	85.1	0.94	0.34	211.2	0.60	0.13	250.7	0.32	0.29	76.6	1.28	0.33	162.6
9			138.4			132.7	0.47	0.18	180.8			107.4			514.3			256.5
10			74.4			213.3	0.35	0.08	177.0			70.8			82.9			96.4
11	0.44	0.36	106.1	0.66	0.16	68.2	0.09	0.05	124.1	0.23	0.06	109.0	0.41	0.08	78.9	1.25	0.22	157.0
12			48.7			52.1	0.14	0.07	73.3			46.8			39.7			193.7
	3.52	2.01	1045.9	5.15	2.53	1028.6	6.38	2.69	1314.2	4.34	2.14	1375.3	4.25	2.58	1620.3	10.16	3.14	1899.2

	Sapporo			Sendai			Tokyo (TDMO)			Osaka			Fukuoka			Akita		
	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm
1961. 1			66.1			59.1	0.10	0.04	38.9			54.7			47.5			73.3
2	0.79	0.56	90.2	0.79	0.32	45.4	0.15	0.06	43.5	0.25	0.12	36.0	0.45	0.18	47.7	2.05	0.82	169.5
3			65.1			36.3	0.75	0.18	106.6			111.7			103.3			50.1
4			29.5			87.5	0.34	0.12	183.1			137.3			98.2			132.0
5	0.42	0.10	99.8	0.76	0.34	59.2	0.20	0.13	54.1	0.77	0.36	114.2	0.78	0.53	153.5	1.64	0.54	134.3
6			32.9			186.7	0.92	0.27	306.7			354.2			91.3			133.9
7	0.93	0.42	193.8	0.58	0.13	110.3	0.22	0.07	29.7	0.16	0.10	97.0	0.16	0.10	157.1	0.68	0.18	296.0
8			99.1			142.5	0.08	0.02	30.9			69.3			94.1			166.7
9	0.34	0.21	147.1	0.29	0.13	126.8	0.12	0.03	23.0	0.09	0.02	86.2	0.35	0.11	232.1	0.09	0.04	336.3
10	0.41	0.24	100.2	1.12	0.50	259.1	0.60	0.35	352.3	0.31	0.10	318.1	1.69	0.72	259.5	0.40	0.18	98.1
11	0.70	0.35	87.4	0.61	0.20	87.2	0.32	0.25	50.7	0.39	0.13	63.6	0.44	0.22	67.9	1.12	0.69	222.1
12	0.66	0.35	52.4	0.48	0.29	46.9	0.60	0.19	40.5	0.52	0.22	23.5	1.73	0.94	52.7	2.97	1.35	181.9
	4.25	2.23	1063.6	4.63	1.91	1247.0	4.40	1.71	1260.0	2.49	1.05	1464.8	5.60	2.80	1404.9	8.95	3.80	1994.2
1962. 1	1.39	0.95	132.9	0.30	0.15	107.1	0.65	0.18	40.5	0.19	0.15	31.1	5.31	1.58	117.5	1.10	0.59	144.0
2	1.55	0.92	68.4	0.64	0.31	24.9	0.53	0.10	13.5	0.51	0.38	18.6	2.80	0.81	43.1	3.27	1.31	124.4
3	2.57	0.82	91.6	0.30	0.10	35.0	0.78	0.26	65.5	1.86	0.31	35.8	3.05	0.84	47.6	3.14	1.14	93.2
4	1.19	0.39	70.0	2.44	0.73	104.7	2.57	0.89	124.2	1.76	0.34	136.6	2.85	1.35	71.8	1.95	1.03	116.5
5	1.58	0.99	20.8	4.01	1.81	97.1	3.84	2.21	211.5	2.18	0.63	127.4	0.77	0.41	145.2	2.08	0.85	99.2
6	3.37	1.34	55.8	3.19	1.25	111.4	3.86	0.93	243.0	1.66	0.84	367.1	2.64	2.11	208.3	2.86	1.10	159.2
7	0.92	0.68	117.1	3.74	2.08	170.3	1.70	1.39	168.4	1.04	0.52	195.3	1.14	0.95	451.2	1.59	0.36	87.9
8	1.87	1.31	363.8	1.49	0.87	163.8	0.29	0.05	48.1	0.15	0.11	58.3	0.47	0.33	157.8	1.19	0.75	254.1
9	1.34	0.60	124.6	1.37	0.75	107.0	0.27	0.13	4.9	0.34	0.07	44.1	0.40	0.15	161.4	1.30	0.50	138.4
10	0.88	0.48	19.0	1.21	0.67	77.6	1.46	0.23	119.8	0.65	0.19	72.5	1.23	0.44	115.8	2.56	1.43	129.9
11	1.66	0.92	71.5	0.88	0.60	46.6	2.88	1.26	151.6	0.51	0.34	81.4	1.35	0.69	132.2	3.02	2.20	130.0
12	2.49	1.18	106.4	1.52	0.80	59.8	1.50	0.50	63.2	1.43	0.47	56.3	4.89	2.70	95.7	7.60	3.37	191.3
	20.81	10.58	1241.9	21.09	10.12	1105.3	20.33	8.13	1254.2	12.28	4.35	1224.5	26.90	12.36	1747.6	31.66	14.63	1668.1
1963. 1	1.99	0.96	68.2	1.81	0.53	35.6	0.60	0.11	0.2	1.18	0.50	21.3	8.99	3.29	120.1	14.7	5.58	200.3
2	1.80	0.78	57.0	1.73	0.49	40.2	1.02	0.30	21.3	1.33	0.29	32.8	3.40	1.07	61.5	13.1	4.03	90.1
3	5.71	1.85	59.6	8.31	2.12	109.1	6.29	2.05	86.7	4.87	1.53	113.9	4.25	2.09	83.7	9.88	4.10	93.4
4	6.43	2.18	96.0	6.55	1.45	51.3	5.81	2.43	76.1	2.83	0.99	128.9	6.02	2.18	142.8	10.7	3.40	147.7
5	8.06	3.07	46.3	3.41	1.14	41.4	5.24	1.59	133.5	9.57	2.68	379.8	10.05	3.51	523.3	16.3	3.46	228.3
6	4.18	1.20	110.9	13.5	3.28	142.1	14.30	4.47	250.3	13.2	3.39	206.8	9.64	3.06	430.7	15.5	2.90	127.1
7	5.00	2.80	99.1	7.94	3.87	156.5	3.26	2.43	44.0	2.60	1.65	71.7	1.44	0.81	295.6	7.73	3.75	219.3
8	3.34	2.15	80.6	1.05	0.80	136.5	2.75	1.58	357.1	1.26	0.78	191.6	1.85	1.04	318.9	3.68	3.26	265.0
9	5.18	3.14	195.2	1.70	1.05	33.6	2.49	1.61	124.7	0.69	0.53	88.0	0.15	0.15	80.9	4.63	2.42	185.7
10	1.81	1.14	110.7	1.45	0.85	168.3	3.14	1.89	361.2	0.69	0.48	116.9	0.95	0.67	107.0	2.34	1.22	145.1
11	2.41	1.08	99.2	2.03	0.77	119.0	0.88	0.39	90.6	0.61	0.25	36.1	1.34	0.55	60.1	3.20	1.27	189.4
12	1.31	0.91	110.0	0.73	0.65	22.8	0.49	0.49	29.8	0.91	0.72	24.2	1.96	1.55	70.6	6.09	4.89	182.8
	47.22	21.26	1132.8	50.21	17.00	1056.4	46.27	19.34	1575.5	39.74	13.79	1412.0	50.04	19.97	2295.2	107.85	40.28	2074.8

	Sapporo			Sendai			Tokyo (TDMO)			Osaka			Fukuoka			Akita		
	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm
1964. 1	3.76	2.24	98.1	1.79	0.85	71.6	1.90	0.82	125.7	1.50	0.68	86.3	1.88	1.07	145.5	4.38	2.54	161.4
2	2.30	1.03	118.1	1.05	0.51	83.5	1.48	0.66	82.9	1.40	0.56	89.6	1.53	0.71	62.1	3.57	1.59	81.2
3	2.08	0.94	34.8	2.30	1.12	53.2	2.74	1.37	99.7	1.87	0.91	79.8	2.66	1.52	58.4	6.68	3.23	118.2
4	1.98	1.47	116.4	2.53	1.04	51.2	2.19	0.94	94.2	3.44	2.31	137.4	2.71	1.17	173.1	5.23	2.24	400.0
5	3.25	5.24	69.1	7.61	4.50	121.1	3.55	2.08	80.4	1.56	1.06	63.6	2.88	2.02	148.9	4.31	2.60	86.2
6	5.23	2.65	159.3	5.71	2.37	148.1	3.12	1.35	139.9	1.39	0.56	134.2	1.54	0.58	184.4	5.33	2.21	70.4
7	2.08	1.13	89.1	3.00	1.39	187.3	0.58	0.34	45.9	1.09	0.58	120.7	0.48	0.24	91.7		2.66	235.2
8	1.51	0.58	168.2	3.25	1.05	327.1	0.48	0.52	110.8	0.24	0.11	42.4	0.49	0.21	131.1	9.65	0.43	276.3
9	1.28	0.49	88.8	1.65	0.73	339.3	0.72	0.33	131.6	0.35	0.16	104.5	0.52	0.23	143.4		0.31	198.8
10	1.21	0.79	95.9	0.75	1.02	65.9	0.79	0.64	131.3	0.66	0.41	93.5	0.46	0.36	101.4		1.24	149.6
11	0.63	0.33	87.1	0.49	0.28	62.4	0.42	0.22	49.0	0.30	0.18	67.7	0.64	0.32	106.2	2.76	1.29	252.4
12	1.02	0.52	147.8	0.43	0.26	37.0	0.25	0.13	47.5	0.19	0.10	15.3	0.72	0.30	42.9	2.30	0.95	130.0
	26.33	17.41	1272.7	30.56	15.12	1547.6	18.22	9.40	1138.9	13.99	7.62	1035.0	16.51	8.73	1389.1	44.21	21.29	2159.7
1965. 1	0.84	0.67	100.7	0.53	0.27	83.6	0.88	0.35	48.0	0.44	0.24	59.0	1.20	0.88	57.8	2.96	1.86	208.2
2	0.91	0.47	166.3	0.72	0.28	13.1	0.35	0.14	10.5	0.32	0.14	29.3	0.38	0.18	31.1	3.69	1.70	91.6
3	1.05	0.66	104.4	0.76	0.33	26.1	1.05	0.42	44.5	0.80	0.21	104.4	1.27	0.55	71.6	5.04	2.19	111.1
4	0.63	0.36	57.9	0.77	0.36	41.6	1.33	0.53	87.0	1.09	0.46	104.7	1.13	0.51	142.2	1.42	0.99	79.5
5	0.55	0.14	38.8	2.21	0.40	195.4	1.73	0.44	400.0	1.29	0.34	269.4	1.08	0.35	194.3	1.60	0.33	92.5
6	0.66	0.29	39.9	1.06	0.36	125.3	1.43	0.56	219.5	0.78	0.29	192.0	0.85	0.31	244.6	1.68	0.74	111.2
7	0.49	0.15	69.7	1.09	0.31	218.4	0.34	0.18	97.0	0.43	0.14	200.4	0.33	0.15	236.5	0.99	0.29	339.6
8	0.28	0.04	26.7	0.36	0.10	105.2	0.35	0.18	234.5	0.13	0.04	8.3	0.38	0.17	134.8	0.30	0.28	38.4
9	0.82	0.50	480.4	0.49	0.25	97.1	0.55	0.22	204.5	0.28	0.23	371.4	0.24	0.20	196.9	0.62	0.42	194.2
10	0.29	0.13	57.5	0.16	0.06	20.4	0.22	0.07	47.0	0.11	0.06	74.1	0.20	0.10	38.9	0.45	0.19	140.7
11	0.42	0.21	96.0	0.27	0.12	66.5	0.14	0.14	137.5	0.20	0.12	130.3	0.24	0.15	131.5	0.83	0.40	210.9
12	0.34	0.18	97.6	0.37	0.16	87.2	0.12	0.05	66.0	0.32	0.13	53.2	0.37	0.21	60.3	1.09	0.53	268.6
	7.28	3.80	1335.9	8.79	3.00	1079.9	8.49	3.28	1596.0	6.19	2.40	1596.5	7.67	3.76	1540.5	20.67	9.92	1886.5
1966. 1	0.81	0.49	180.0	0.22	0.08	31.3	0.17	0.10	23.8	0.37	0.19	55.1	0.42	0.15	34.1	2.68	1.05	173.5
2	0.68	0.37	78.4	0.46	0.18	78.5	0.34	0.19	121.8	0.36	0.19	97.7	0.34	0.18	53.1	1.61	0.83	117.9
3	0.48	0.25	143.0	0.74	0.17	141.1	0.54	0.28	99.7	0.41	0.20	136.5	0.61	0.30	109.1	0.98	0.53	145.1
4	0.62	0.39	75.9	0.69	0.31	118.6	0.52	0.25	118.9	0.56	0.27	116.7	0.34	0.22	130.8	0.49	0.25	95.6
5	0.73	0.14	42.8	1.03	0.24	113.6	0.82	0.32	211.3	0.59	0.40	170.5	0.42	0.25	85.9	0.84	0.23	103.6
6	0.39	0.17	96.7	0.90	0.38	252.6	0.83	0.38	510.6	0.04	0.03	176.3	0.52	0.28	139.9	0.60	0.31	141.6
7	0.45	0.15	56.8	0.33	0.14	130.7	0.27	0.13	160.5	0.21	0.12	273.5	0.19	0.10	183.9	0.53	0.27	369.1
8	0.17	0.05	117.8	0.13	0.10	50.7	0.07	0.04	54.5	0.10	0.10	140.7	0.09	0.08	52.2	0.18	0.14	142.3
9	0.16	0.07	102.6	0.15	0.07	311.2	0.12	0.06	197.5	0.06	0.04	218.4	0.08	0.04	342.0	0.28	0.10	143.7
10	0.14	0.06	169.4	0.11	0.06	85.6	0.13	0.05	108.8	0.06	0.05	67.4	0.12	0.09	110.3	0.19	0.09	238.0
11	0.19	0.13	80.9	0.09	0.03	16.4	0.10	0.05	29.0	0.07	0.04	54.7	0.06	0.06	122.8	0.49	0.29	252.8
12	0.06	0.04	184.5	0.03	0.03	29.6	0.08	0.04	8.0	0.02	0.05	23.8	0.09	0.11	48.8	0.17	0.14	195.1
	4.88	2.31	1328.8	4.88	1.79	1359.9	3.99	1.89	1644.4	2.85	1.68	1531.3	3.28	1.86	1412.6	9.04	4.23	2118.3

	Sapporo			Sendi			Tokyo (TDMO)			Osaka			Fukuoka			Akita		
	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm
1967. 1	0.05	0.04	96.9	0.07	0.04	65.3	0.07	0.01	32.0	0.06	0.08	67.0	0.09	0.09	111.9	0.49	0.40	104.2
2	0.11	0.10	37.1	0.13	0.04	11.3	0.13	0.09	43.9	0.13	0.06	41.2	0.19	0.10	50.8	0.34	0.28	61.6
3	0.20	0.09	91.9	0.21	0.06	58.6	0.27	0.09	69.4	0.24	0.10	169.3	0.37	0.14	117.7	0.45	0.17	142.6
4	0.39	0.24	63.5	0.33	0.18	98.6	0.30	0.18	103.5	0.27	0.17	239.6	0.31	0.23	215.4	0.51	0.35	168.4
5	0.28	0.13	49.2	0.32	0.12	66.5	0.19	0.10	49.6	0.13	0.11	58.9	0.12	0.07	59.3	0.59	0.30	78.5
6	0.22	0.11	119.2	0.42	0.16	165.6	0.10	0.038	109.1	0.10	0.09	109.9	0.09	0.09	60.8	0.08	0.02	62.6
7	0.15	0.065	101.5	0.14	0.062	184.3	0.07	0.034	90.7	0.12	0.05	286.7	0.09	0.04	373.4	0.16	0.06	132.0
8	0.13	0.056	91.6	0.06	0.022	85.1	0.08	0.034	67.0	0.05	0.045	46.9	0.06	0.04	69.8	0.10	0.053	225.4
9	0.10	0.036	174.5	0.08	0.044	202.3	0.01	0.01	148.8	0.04	0.02	144.1	0.05	0.02	23.6	0.11	0.034	185.7
10	0.12	0.07	99.7	0.06	0.14	140.5	0.09	0.04	214.6	0.04	0.03	138.0	0.06	0.04	100.7	0.10	0.05	186.6
11	0.08	0.02	66.3	0.05	0.01	42.3	0.03	0.01	61.4	0.04	0.01	80.4	0.04	0.01	92.9	0.17	0.03	145.7
12	0.03	0.04	114.3	0.05	0.03	34.6	0.06	0.02	33.1	0.05	0.02	28.0	0.13	0.10	60.7	0.02	0.01	205.0
	1.86	1.00	1105.7	1.92	0.90	1155.0	1.40	0.65	1023.1	1.27	0.79	1410.0	1.60	0.97	1337.0	3.12	1.75	1698.3
1968. 1	0.12	0.06	106.4	0.08	0.02	8.4	0.12	0.04	9.5	0.06	0.15	42.9	0.12	0.21	71.8	0.29	0.18	154.4
2	0.10	0.05	109.1	0.14	0.03	26.9	0.04	0.02	73.2	0.10	0.03	30.2	0.22	0.08	130.3	0.32	0.14	109.8
3	0.13	0.12	41.3	0.08	0.07	45.5	0.09	0.11	94.0	0.15	0.12	126.8	0.14	0.11	80.8	0.18	0.20	90.4
4	0.16	0.08	36.8	0.17	0.09	80.0	0.38	0.16	113.0	0.24	0.15	105.4	0.33	0.18	66.6	0.34	0.18	109.2
5	0.35	0.17	97.2	0.47	0.23	172.4	0.37	0.15	190.5	0.23	0.10	96.3	0.15	0.08	50.1	0.34	0.17	147.5
6	0.19	0.17	37.1	0.39	0.27	129.8	0.40	0.29	175.0	0.34	0.21	114.4	0.19	0.15	151.2	0.34	0.24	80.8
7	0.13	0.08	53.5	0.27	0.13	98.4	0.29	0.14	136.0	0.28	0.15	304.6	0.16	0.08	323.3	0.20	0.10	82.4
8	0.17	0.12	130.5	0.21	0.13	224.4	0.14	0.10	230.0	0.06	0.04	103.0	0.04	0.02	100.8	0.45	0.28	337.4
9	0.11	0.05	88.7	0.22	0.18	81.7	0.18	0.06	135.5	0.13	0.11	233.0	0.11	0.09	227.2	0.07	0.06	28.0
10	0.14	0.06	95.2	0.07	0.03	39.9	0.14	0.06	152.5	0.09	0.05	121.6	0.13	0.06	99.0	0.09	0.04	111.4
11	0.13	0.14	139.2	0.04	0.03	12.0	0.07	0.06	69.5	0.08	0.07	36.2	0.07	0.06	53.2	0.18	0.15	132.0
12	0.11	0.10	89.6	0.11	0.07	160.6	0.09	0.06	188.0	0.06	0.06	85.2	0.09	0.08	134.4	0.19	0.14	157.0
	1.84	1.20	1024.6	2.25	1.28	1180.0	2.31	1.25	1516.7	1.82	1.24	1399.6	1.75	1.20	1488.7	2.99	1.88	1540.3
1969. 1	0.100	0.103	70.1	0.079	0.035	24.0	0.069	0.044	35.5	0.043	0.049	53.8	0.236	0.106	94.9	0.339	0.220	117.5
2	0.108	0.053	115.0	0.101	0.028	85.1	0.195	0.052	119.0	0.087	0.036	113.3	0.115	0.051	96.9	0.084	0.111	69.4
3	0.146	0.053	43.3	0.135	0.041	78.2	0.158	0.048	121.0	0.132	0.057	163.3	0.120	0.045	80.0	0.392	0.149	75.0
4	0.073	0.035	35.9	0.123	0.057	53.4	0.186	0.084	72.5	0.202	0.118	127.8	0.205	0.123	118.3	0.354	0.178	202.5
5	0.195	0.156	82.5	0.274	0.232	112.8	0.189	0.186	88.0	0.153	0.211	100.9	0.175	0.197	98.2	0.346	0.307	124.0
6	0.189	0.133	107.8	0.206	0.166	121.9	0.198	0.131	186.5	0.249	0.159	316.9	0.202	0.124	239.6	0.217	0.124	85.0
7	0.165	0.079	63.8	0.340	0.177	148.4	0.200	0.100	104.0	0.143	0.084	152.7	0.180	0.094	274.4	0.238	0.137	200.5
8	0.233	0.188	153.6	0.221	0.173	171.2	0.099	0.098	131.5	0.036	0.011	77.9	0.118	0.082	149.2	0.144	0.130	245.5
9	0.142	0.145	108.8	0.080	0.086	34.6	0.229	0.240	238.5	0.053	0.049	32.7	0.093	0.074	102.6	0.129	0.115	143.5
10	0.122	0.062	91.6	0.098	0.072	147.8	0.103	0.070	146.0	0.047	0.025	58.9	0.078	0.023	57.1	0.132	0.075	97.0
11	0.049	0.049	72.5	0.021	0.015	38.7	0.063	0.050	78.5	0.055	0.032	56.7	0.095	0.069	78.6	0.229	0.172	151.6
12	0.069	0.111	79.3	0.038	0.030	33.3	0.037	0.031	22.0	0.065	0.076	49.8	0.160	0.147	86.8	0.285	0.304	221.5
	1.591	1.167	1024.2	1.716	1.112	1049.4	1.726	1.134	1343.0	1.265	0.907	1304.7	1.777	1.135	1476.6	2.889	2.022	1733.0

	Sapporo			Sendai			Tokyo (TDMO)			Osaka			Fukuoka			Akita		
	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm
1970. 1	0.080	0.040	74.2	0.079	0.025	47.6	0.077	0.017	58.0	0.068	0.017	44.8	0.063	0.026	36.9	0.215	0.11	142.8
2	0.090	0.079	122.2	0.097	0.043	38.5	0.090	0.047	30.5	0.093	0.048	58.4	0.084	0.054	56.6	0.402	0.26	144.5
3	0.145	0.087	150.9	0.082	0.032	44.0	0.128	0.038	50.0	0.109	0.050	50.5	0.047	0.026	25.0	0.365	0.271	93.5
4	0.113	0.054	52.8	0.140	0.059	44.5	0.265	0.127	94.0	0.198	0.102	221.5	0.355	0.179	162.3	0.246	0.102	107.0
5	0.262	0.137	40.1	0.412	0.224	148.0	0.354	0.206	161.5	0.228	0.141	98.6	0.233	0.150	192.9	0.465	0.193	49.5
6	0.316	0.217	97.2	0.194	0.117	62.5	0.597	0.387	218.0	0.409	0.249	322.9	0.371	0.213	314.6	0.300	0.171	53.0
7	0.170	0.084	74.2	0.207	0.107	70.5	0.323	0.158	118.0	0.092	0.047	135.4	0.313	0.153	139.9	0.221	0.116	58.0
8	0.126	0.051	102.6	0.157	0.059	88.0	0.049	0.026	20.0	0.059	0.029	52.3	0.082	0.032	137.3	0.318	0.076	91.0
9	0.145	0.077	205.7	0.087	0.061	97.0	0.099	0.055	86.0	0.067	0.044	205.9	0.097	0.057	184.1	0.210	0.127	185.0
10	0.078	0.080	80.3	0.071	0.049	79.5	0.119	0.092	98.5	0.057	0.047	94.5	0.095	0.090	154.3	0.250	0.196	164.0
11	0.154	0.100	81.0	0.041	0.018	125.5	0.116	0.050	144.5	0.043	0.020	107.0	0.079	0.036	60.2	0.233	0.100	96.5
12	0.068	0.056	72.0	0.038	0.017	6.5	0.059	0.031	30.5	0.022	0.018	45.0	0.109	0.076	29.6	0.160	0.159	143.0
	1.747	1.062	1153.2	1.605	0.811	852.1	2.276	1.234	1109.5	1.445	0.812	1436.8	1.928	1.092	1483.7	3.385	1.881	1327.8
1971. 1	0.098	0.042	108.5	0.062	0.014	35.0	0.132	0.026	32.0	0.039	0.017	29.0	0.136	0.048	117.5	0.162	0.051	87.5
2	0.083	0.032	49.0	0.085	0.026	51.0	0.100	0.029	38.0	0.049	0.025	32.0	0.106	0.052	59.5	0.340	0.125	115.5
3	0.150	0.082	48.5	0.115	0.057	57.0	0.212	0.103	78.5	0.327	0.201	121.5	0.301	0.162	73.5	0.353	0.179	125.5
4	0.268	0.096	20.0	0.352	0.210	97.5	0.395	0.221	123.0	0.302	0.201	107.5	0.284	0.172	38.5	0.660	0.327	104.0
5	0.178	0.127	64.5	0.270	0.202	106.0	0.27	0.150	110.0	0.448	0.375	161.0	0.201	0.152	101.0	0.600	0.441	88.0
6	0.234	0.130	81.5	0.329	0.127	50.0	0.438	0.171	91.5	0.340	0.141	211.5	0.270	0.094	141.5	0.388	0.122	155.5
7	0.255	0.112	92.0	0.376	0.147	207.0	0.437	0.184	153.5	0.168	0.074	102.5	0.198	0.077	199.0	0.440	0.198	267.5
8	0.064	0.015	40.0	0.153	0.046	245.5	0.108	0.026	202.5	0.070	0.024	143.5	0.077	0.039	210.5	0.189	0.057	270.0
9	0.076	0.023	126.5	0.162	0.060	248.0	0.130	0.047	265.5	0.061	0.032	131.5	0.056	0.033	141.5	0.098	0.051	151.0
10	0.083	0.079	181.5	0.036	0.052	126.0	0.172	0.142	258.5	0.046	0.048	109.5	0.040	0.047	30.0	0.122	0.126	154.5
11	0.077	0.047	49.5	0.031	0.009	8.0	0.035	0.032	30.5	0.052	0.024	4.0	0.068	0.059	18.0	0.116	0.062	69.0
12	0.052	0.047	94.5	0.047	0.022	24.0	0.060	0.026	55.0	0.052	0.030	59.0	0.138	0.092	66.0	0.357	0.210	197.0
	1.618	0.832	956.0	2.017	0.972	1255.0	2.489	1.157	1438.5	1.954	1.192	1212.5	1.875	1.027	1196.5	3.825	1.949	1785.0
1972. 1	0.067	0.034	136.5	0.155	0.129	125.0	0.077	0.035	113.5	0.065	0.041	65.0	0.147	0.088	194.5	0.206	0.118	155.5
2	0.193	0.143	267.5	0.089	0.049	129.0	0.108	0.053	141.5	0.063	0.036	99.5	0.099	0.068	118.0	0.170	0.114	80.5
3	0.068	0.037	50.5	0.093	0.025	54.5	0.100	0.029	44.0	0.137	0.039	112.5	0.140	0.044	145.5	0.180	0.061	162.0
4	0.143	0.061	57.0	0.117	0.068	92.5	0.105	0.035	149.0	0.070	0.048	118.0	0.083	0.071	150.0	0.082	0.066	136.5
5	0.192	0.088	115.5	0.138	0.095	179.0	0.148	0.053	108.5	0.095	0.054	97.5	0.114	0.053	123.5	0.095	0.046	130.0
6	0.172	0.077	90.5	0.117	0.061	70.0	0.140	0.070	105.5	0.103	0.053	182.0	0.103	0.068	363.5	0.153	0.084	140.5
7	0.074	0.032	26.0	0.113	0.060	154.5	0.135	0.064	301.0	0.124	0.062	335.0	0.140	0.068	537.5	0.175	0.079	247.0
8	0.076	0.026	63.5	0.064	0.022	184.5	0.043	0.021	94.0	0.066	0.023	104.5	0.050	0.028	226.0	0.056	0.031	91.0
9	0.076	0.055	284.0	0.048	0.032	245.0	0.069	0.044	281.0	0.040	0.027	217.0	0.062	0.044	185.5	0.025	0.029	144.5
10	0.048	0.056	94.5	0.022	0.026	35.0	0.040	0.043	43.5	0.039	0.037	73.5	0.041	0.059	117.0	0.068	0.109	211.0
11	0.065	0.032	248.5	0.054	0.015	144.0	0.036	0.014	43.0	0.037	0.013	77.0	0.067	0.027	141.0	0.065	0.028	149.0
12	0.045	0.037	110.0	0.033	0.013	80.0	0.034	0.016	155.5	0.035	0.017	38.5	0.045	0.031	59.5	0.103	0.065	194.0
	1.219	0.678	1544.0	1.043	0.595	1493.0	1.035	0.477	1580.0	0.874	0.450	1520.0	1.091	0.649	2361.5	1.378	0.830	1841.5

	Sapporo			Sendai			Tokyo (TDMO)			Osaka			Fukuoka			Akita		
	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm
1973. 1	0.002	0.002	91.5	0.031	0.019	68.5	0.053	0.024	136.0	0.034	0.013	113.0	0.042	0.037	118.0	0.050	0.046	154.0
2	0.051	0.051	66.0	0.015	0.004	10.0	0.054	0.009	45.0	0.044	0.018	45.5	0.037	0.025	42.5	0.085	0.062	107.0
3	0.050	0.028	88.0	0.040	0.016	38.5	0.073	0.025	10.0	0.054	0.022	15.0	0.067	0.032	24.5	0.077	0.040	89.5
4	0.025	0.017	47.0	0.068	0.032	77.0	0.069	0.052	143.0	0.055	0.041	213.0	0.054	0.041	223.5	0.103	0.073	110.5
5	0.152	0.099	45.5	0.027	0.021	39.5	0.070	0.045	97.5	0.083	0.054	143.5	0.034	0.036	121.5	0.065	0.055	88.5
6	0.023	0.008	8.0	0.039	0.012	65.5	0.045	0.013	121.5	0.034	0.013	79.0	0.018	0.007	170.0	0.012	0.014	25.5
7	0.037	0.005	15.5	0.018	0.004	27.0	0.037	0.007	50.0	0.063	0.028	52.0	0.061	0.033	207.5	0.031	0.010	18.5
8	0.033	0.017	277.0	0.038	0.006	50.0	0.034	0.012	50.0	0.018	0.009	66.0	0.021	0.011	84.5	0.021	0.015	165.0
9	0.012	0.006	201.0	0.025	0.013	366.0	0.004	0.003	157.0	0.021	0.009	155.5	0.016	0.010	249.0	0.033	0.011	300.0
10	0.009	0.002	174.5	0.019	0.006	93.5	0.023	0.007	208.5	0.016	0.008	200.0	0.028	0.017	85.5	0.044	0.017	259.5
11	0.005	0.002	98.0	0.013	0.007	33.0	0.033	0.017	104.5	0.031	0.021	12.5	0.019	0.024	31.0	0.072	0.064	244.0
12	0.003	0.001	64.0	0.021	0.004	12.5	0.028	0.007	0	0.029	0.012	3.0	0.046	0.035	43.0	0.076	0.084	311.0
	0.402	0.238	1176.0	0.354	0.144	881.0	0.523	0.221	1123.0	0.482	0.248	1098.0	0.443	0.308	1400.5	0.669	0.491	1873.0
1974. 1	0.061	0.042	95.0	0.050	0.019	25.0	0.041	0.013	29.0	0.028	0.011	18.0	0.023	0.010	30.0	0.096	0.053	183.5
2	0.079	0.064	71.0	0.068	0.036	59.5	0.067	0.040	71.0	0.099	0.069	96.0	0.041	0.023	59.5	0.246	0.248	128.0
3	0.072	0.065	44.5	0.114	0.065	69.0	0.124	0.066	121.5	0.143	0.077	81.5	0.161	0.089	113.5	0.208	0.125	84.5
4	0.255	0.140	100.0	0.319	0.164	99.5	0.222	0.110	143.5	0.105	0.054	218.0	0.171	0.089	108.0	0.527	0.240	105.5
5	0.191	0.092	53.0	0.324	0.166	78.5	0.167	0.076	93.5	0.079	0.056	72.5	0.126	0.081	137.5	0.255	0.139	89.0
6	0.260	0.178	95.0	0.322	0.179	214.5	0.310	0.218	205.5	0.175	0.152	191.0	0.089	0.070	83.5	0.207	0.141	109.0
7	0.102	0.072	47.5	0.234	0.144	209.5	0.224	0.166	269.5	0.085	0.064	255.5	0.090	0.090	333.0	0.227	0.192	266.5
8	0.105	0.037	156.0	0.105	0.041	109.5	0.074	0.023	232.5	0.027	0.013	150.0	0.069	0.027	102.0	0.080	0.041	175.5
9	0.081	0.038	100.0	0.116	0.047	328.0	0.059	0.032	193.0	0.052	0.031	106.5	0.032	0.023	79.0			123.0
10	0.067	0.031	137.0	0.035	0.018	57.0	0.054	0.041	165.0	0.024	0.021	172.5	0.030	0.024	159.0	0.054	0.030	186.0
11	0.062	0.033	72.5	0.015	0.009	56.0	0.041	0.021	30.5	0.026	0.012	51.5	0.034	0.021	31.0	0.138	0.097	125.0
12	0.061	0.036	89.5	0.063	0.025	19.5	0.034	0.020	39.0	0.026	0.020	60.0	0.036	0.028	66.5	0.061	0.050	76.5
	1.396	0.828	1061.0	1.765	0.913	1325.5	1.417	0.826	1593.5	0.869	0.580	1473.0	0.902	0.575	1302.5	2.099	1.356	1652.0
1975. 1	0.097	0.075	77.0	0.036	0.027	51.0	0.047	0.041	67.0	0.057	0.044	42.5	0.054	0.051	70.0	0.127	0.082	98.0
2	0.045	0.067	61.5	0.097	0.066	68.5	0.065	0.055	75.0	0.073	0.065	50.5	0.094	0.085	61.0	0.180	0.184	101.5
3	0.237	0.113	129.0	0.245	0.099	142.5	0.091	0.057	108.0	0.075	0.035	37.5	0.082	0.042	28.0	0.113	0.050	118.0
4	0.111	0.063	39.0	0.086	0.044	36.0	0.182	0.085	161.5	0.105	0.060	155.0	0.116	0.069	185.0	0.144	0.096	77.0
5	0.167	0.100	37.0	0.075	0.044	52.0	0.120	0.086	151.0	0.088	0.061	65.5	0.084	0.066	60.0	0.169	0.123	130.5
6	0.068	0.049	71.5	0.098	0.057	96.5	0.113	0.058	106.5	0.068	0.048	171.0	0.049	0.040	360.0	0.093	0.054	63.5
7	0.066	0.030	112.5	0.030	0.015	87.0	0.047	0.025	175.5	0.029	0.019	184.0	0.013	0.017	47.0	0.047	0.022	231.0
8	0.032	0.015	348.5	0.004	0.004	65.0	0.013	0.012	26.5	0.014	0.010	232.5	0.018	0.034	73.5	0.011	0.006	98.0
9	0.021	0.012	99.5	0.019	0.012	97.5	0.026	0.013	99.5	0.021	0.010	134.0	0.017	0.014	148.5	0.022	0.017	185.5
10	0.034	0.036	198.5	0.018	0.012	85.5	0.030	0.023	273.0	0.017	0.023	205.5	0.016	0.021	100.5	0.030	0.036	181.0
11	0.025	0.028	180.5	0.031	0.017	243.0	0.037	0.020	245.0	0.008	0.010	65.0	0.021	0.019	96.0	0.037	0.040	176.0
12	0.033	0.020	72.5	0.009	0.006	12.0	0.025	0.008	51.5	0.032	0.012	55.5	0.047	0.020	91.0	0.030	0.019	113.5
	0.936	0.604	1427.0	0.748	0.402	1036.5	0.796	0.480	1540.0	0.587	0.394	1398.5	0.611	0.478	1320.5	1.003	0.727	1573.5

	Sapporo			Sendai			Tokyo (TDMO)			Osaka			Fukuoka			Akita		
	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm
1976. 1	0.028	0.029	107.5	0.011	0.008	5.5	0.009	0.009	0.5	0.011	0.012	3.0	0.011	0.012	13.0	0.072	0.068	128.0
2	0.017	0.014	60.5	0.024	0.008	91.0	0.026	0.008	128.5	0.012	0.007	115.0	0.026	0.016	139.0	0.026	0.018	113.0
3	0.038	0.029	68.5	0.020	0.012	14.0	0.028	0.019	89.5	0.022	0.014	111.5	0.022	0.016	71.0	0.032	0.031	67.5
4	0.044	0.034	24.0	0.016	0.012	66.0	0.030	0.023	133.5	0.024	0.025	154.5	0.026	0.026	189.5	0.030	0.028	125.0
5	0.022	0.016	33.0	0.025	0.006	40.5	0.032	0.015	212.0	0.021	0.012	184.5	0.016	0.011	155.5	0.022	0.012	81.5
6	0.017	0.017	78.5	0.034	0.023	142.5	0.032	0.020	184.5	0.020	0.019	202.5	0.011	0.011	268.0	0.016	0.016	115.5
7	0.024	0.030	18.5	0.020	0.018	95.5	0.020	0.017	102.0	0.022	0.024	122.0	0.020	0.021	267.0	0.017	0.015	113.0
8	0.016	0.008	105.0	0.011	0.015	381.5	0.012	0.006	159.0	0.007	0.004	104.5	0.006	0.004	259.5	0.013	0.007	186.5
9	0.011	0.004	87.0	0.016	0.010	399.0	0.009	0.009	284.0	0.013	0.015	302.0	0.010	0.003	244.0	0.022	0.016	232.5
10	0.019	0.020	184.0	0.019	0.017	180.0	0.029	0.029	155.0	0.013	0.011	103.5	0.015	0.011	153.5	0.022	0.020	122.0
11	0.018	0.010	122.0	0.012	0.007	61.5	0.013	0.010	78.0	0.003	0.002	43.5	0.011	0.007	78.5	0.034	0.017	188.5
12	0.018	0.014	107.5	0.013	0.007	68.5	0.006	0.004	31.5	0.011	0.008	53.5	0.018	0.016	69.0	0.016	0.018	106.0
	0.272	0.225	996.0	0.221	0.143	1545.5	0.246	0.169	1558.0	0.179	0.153	1500.0	0.192	0.154	1907.5	0.322	0.266	1579.0
1977. 1	0.010	0.010	95.5	0.013	0.009	9.0	0.010	0.007	19.5	0.005	0.003	19.0	0.012	0.010	38.5	0.016	0.019	51.5
2	0.013	0.018	86.0	0.023	0.013	12.0	0.015	0.010	27.0	0.008	0.008	48.0	0.013	0.012	48.0	0.023	0.032	89.0
3	0.022	0.024	81.5	0.045	0.028	102.0	0.063	0.032	167.0	0.054	0.047	149.0	0.040	0.033	132.0	0.018	0.015	98.0
4	0.077	0.036	120.5	0.078	0.030	126.0	0.068	0.025	110.5	0.088	0.037	114.5	0.061	0.028	161.0	0.058	0.023	137.5
5	0.068	0.042	75.0	0.079	0.045	151.0	0.049	0.030	96.5	0.038	0.029	74.0	0.067	0.037	211.0	0.041	0.025	132.5
6	0.025	0.046	7.5	0.178	0.124	156.0	0.131	0.088	203.0	0.060	0.058	203.0	0.085	0.079	254.0	0.039	0.038	86.5
7	0.066	0.052	58.0	0.069	0.042	68.0	0.106	0.082	90.5	0.046	0.042	53.5	0.015	0.015	85.5	0.054	0.044	82.5
8	0.235	0.222	188.5	0.114	0.066	169.0	0.088	0.076	290.5	0.016	0.015	62.5	0.011	0.009	120.0	0.058	0.042	140.5
9	0.126	0.070	99.5	0.040	0.015	165.5	0.053	0.023	233.5	0.044	0.025	67.5	0.059	0.035	65.0	0.091	0.051	114.0
10	0.041	0.033	20.0	0.045	0.030	42.5	0.043	0.024	60.0	0.046	0.028	63.0	0.013	0.017	36.5	0.053	0.035	36.0
11	0.095	0.065	150.5	0.057	0.027	104.5	0.059	0.042	102.5	0.042	0.038	170.0	0.056	0.042	162.0	0.084	0.041	323.5
12	0.107	0.089	116.0	0.044	0.027	48.0	0.056	0.041	53.5	0.028	0.023	37.5	0.076	0.039	40.0	0.100	0.077	141.5
	0.885	0.707	1098.5	0.785	0.456	1153.5	0.741	0.480	1454.0	0.475	0.353	1061.5	0.508	0.356	1353.5	0.635	0.442	1433.0
1978. 1	0.181	0.074	167.5	0.062	0.024	24.0	0.038	0.017	28.0	0.103	0.046	33.0	0.026	0.054	79.5	0.063	0.025	80.5
2	0.111	0.063	117.0	0.080	0.037	24.5	0.105	0.063	32.0	0.072	0.041	9.5	0.130	0.062	55.0	0.132	0.067	51.5
3	0.328	0.187	100.0	0.256	0.096	110.5	0.149	0.085	115.5	0.092	0.060	46.0	0.072	0.060	62.0	0.230	0.077	79.0
4	0.229	0.119	52.1	0.191	0.099	102.0	0.286	0.139	187.0	0.130	0.070	63.0	0.155	0.074	57.0	0.238	0.111	56.5
5	0.156	0.079	45.0	0.189	0.085	75.0	0.285	0.135	129.5	0.127	0.065	93.0	0.053	0.032	42.5	0.376	0.180	154.5
6	0.107	0.048	13.5	0.141	0.057	160.0	0.126	0.054	108.0	0.122	0.056	257.0	0.115	0.061	353.0	0.065	0.028	217.5
7	0.104	0.056	46.0	0.024	0.013	37.5	0.038	0.021	45.5	0.062	0.027	92.0	0.040	0.016	44.5	0.039	0.024	63.5
8	0.039	0.020	69.5	0.029	0.015	101.5	0.019	0.009	21.5	0.024	0.012	10.5	0.013	0.007	99.5	0.027	0.014	140.0
9	0.038	0.027	52.5	0.070	0.036	114.0	0.051	0.030	124.0	0.016	0.020	91.0	0.028	0.027	125.5	0.017	0.009	192.5
10	0.064	0.041	123.0	0.050	0.027	70.0	0.042	0.026	147.0	0.030	0.016	94.5	0.010	0.013	84.5	0.036	0.019	185.5
11	0.050	0.038	88.4	0.027	0.012	43.0	0.055	0.025	65.0	0.019	0.014	47.0	0.021	0.014	54.5	0.072	0.039	108.5
12	0.037	0.020	101.0	0.007	0.004	5.5	0.021	0.011	27.0	0.012	0.006	47.5	0.010	0.005	80.5	0.024	0.013	176.5
	1.444	0.772	975.5	1.126	0.505	867.5	1.215	0.615	1030.0	0.809	0.433	884.0	0.673	0.425	1138.0	1.319	0.606	1506.0

	Sapporo			Sendai			Tokyo (TDMO)			Osaka			Fukuoka			Akita		
	$^{137}\text{Cs}$ mCi/km <sup>2</sup>	$^{90}\text{Sr}$ mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	$^{137}\text{Cs}$ mCi/km <sup>2</sup>	$^{90}\text{Sr}$ mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	$^{137}\text{Cs}$ mCi/km <sup>2</sup>	$^{90}\text{Sr}$ mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	$^{137}\text{Cs}$ mCi/km <sup>2</sup>	$^{90}\text{Sr}$ mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	$^{137}\text{Cs}$ mCi/km <sup>2</sup>	$^{90}\text{Sr}$ mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	$^{137}\text{Cs}$ mCi/km <sup>2</sup>	$^{90}\text{Sr}$ mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm
1979. 1	0.027	0.023	129.0	0.042	0.022	88.5	0.041	0.022	67.0	0.036	0.019	33.0	0.024	0.026	54.5	0.106	0.085	123.5
2	0.041	0.044	84.0	0.042	0.027	107.5	0.049	0.025	88.0	0.040	0.031	69.5	0.042	0.032	105.0	0.071	0.041	77.5
3	0.072	0.053	114.0	0.053	0.025	41.5	0.079	0.035	92.0	0.046	0.022	100.5	0.121	0.046	158.0	0.028	0.011	91.0
4	0.055	0.040	41.0	0.101	0.034	114.5	0.080	0.031	109.5	0.121	0.039	175.0	0.060	0.026	136.0	0.097	0.041	174.0
5	0.035	0.020	38.0	0.102	0.042	149.0	0.090	0.036	149.0	0.102	0.041	138.5	0.026	0.018	81.5	0.048	0.024	45.5
6	0.025	0.009	48.0	0.045	0.020	85.0	0.052	0.019	64.5	0.053	0.023	327.0	0.020	0.009	586.5	0.036	0.016	354.0
7	0.032	0.028	81.0	0.064	0.032	218.0	0.038	0.026	87.0	0.018	0.020	73.5	0.019	0.025	150.0	0.022	0.016	235.5
8	0.023	0.009	41.5	0.032	0.011	147.0	0.035	0.013	104.5	0.008	0.009	73.5	0.012	0.007	112.0	0.024	0.005	252.5
9	0.003	0.001	138.5	0.021	0.009	165.5	0.037	0.015	160.0	0.016	0.007	211.5	0.014	0.005	70.0	0.009	0.003	278.0
10	0.010	0.004	194.5	0.025	0.009	165.0	0.023	0.008	307.0	0.016	0.005	98.0	0.008	0.005	100.5	0.014	0.005	130.5
11	0.019	0.013	106.0	0.018	0.005	130.5	0.025	0.007	182.5	0.019	0.008	89.5	0.022	0.008	105.5	0.015	0.007	183.5
12	0.014	0.013	59.0	0.012	0.005	11.0	0.018	0.007	43.0	0.004	0.004	25.5	0.013	0.006	81.5	0.005	0.002	149.0
	0.356	0.257	1074.5	0.557	0.241	1423.0	0.567	0.244	1454.0	0.479	0.228	1415.0	0.381	0.213	1741.0	0.475	0.256	2094.5
1980. 1		0.013	97.0		0.009	33.0		0.006	88.5		0.005	86.5		0.008	57.0		0.033	156.5
2		0.039	145.5		0.013	25.0		0.013	26.0		0.009	35.5		0.017	40.5		0.004	54.5
3		0.013	108.0		0.013	133.5		0.009	173.5		0.010	134.0		0.005	123.5		0.009	91.0
4		0.015	86.0		0.006	96.5		0.006	129.5		0.013	166.0		0.007	101.5		0.006	152.0
5		0.041	28.0		0.022	112.0		0.029	131.5		0.053	212.0		0.029	233.0		0.020	149.0
6		0.051	125.5		0.020	90.0		0.035	172.5		0.057	157.5		0.023	201.5		0.044	130.0
7		0.016	86.0		0.022	445.5		0.013	202.5		0.045	264.5		0.005	848.5		0.018	186.5
8		0.012	126.5		0.017	331.5		0.009	168.0		0.024	195.0		0.045	846.5		0.009	239.0
9		0.009	34.5		0.010	54.5		0.012	181.5		0.012	134.0		0.016	196.5		0.020	79.0
10		0.016	128.0		0.013	161.5		0.016	136.0		0.012	193.0		0.014	200.5		0.016	153.0
11		0.005	65.0		0.004	26.5		0.006	133.5		0.004	77.5		0.005	76.0		0.008	69.5
12		0.021	144.5		0.009	129.5		0.011	34.0		0.015	46.5		0.022	50.5		0.057	197.5
		0.251	1174.5		0.158	1638.5		0.165	1577.0		0.259	1702.0		0.196	2975.5		0.244	1657.5
1981. 1		0.020	161.0		0.008	25.5		0.005	3.5		0.007	20.0		0.013	69.5		0.032	64.0
2		0.023	39.5		0.023	26.0		0.023	38.0		0.033	47.5		0.042	68.5		0.084	82.0
3		0.082	137.5		0.045	44.0		0.052	113.0		0.088	110.5		0.042	60.0		0.073	95.0
4		0.079	89.5		0.109	115.5		0.096	166.0		0.161	156.0		0.061	147.0		0.105	124.0
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		

	Mito				Mito				Mito				Mito		
	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm		<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm		<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm		<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm
1964. 1				1965. 1	0.56	0.25	74.2	1966. 1	0.11	0.03	27.2	1967. 1	0.06	0.07	45.4
2				2	0.25	0.10	15.2	2	0.58	0.23	137.8	2	0.19	0.11	48.7
3				3	0.61	0.31	27.4	3	0.93	0.43	138.9	3	0.39	0.15	124.2
4				4	1.15	0.53	81.3	4	0.68	0.34	122.7	4			
5				5	2.23	0.67	335.7	5	0.89	0.24	178.3	5			
6				6	1.20	0.53	225.9	6	0.74	0.46	310.0	6			
7				7	0.61	0.23	154.9	7	0.22	0.11	104.2	7			
8				8	0.44	0.20	102.3	8	0.09	0.07	25.7	8			
9		0.34	113.5	9	0.56	0.38	294.1	9	0.14	0.04	167.5	9			
10	0.65	0.67	139.5	10	0.18	0.09	70.2	10	0.16	0.07	96.3	10			
11	0.40	0.23	51.3	11	0.18	0.09	96.5	11	0.11	0.06	42.8	11			
12	0.27	0.16	49.6	12	0.38	0.17	90.4	12	0.07	0.04	11.1	12			
					8.35	3.55	1568.1		4.72	2.12	1362.5				

	Wakkanai			Wajima			Yonago		
	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm
1975. 1									
2				0.370	0.379	166.0			
3				0.212	0.100	136.0			
4	0.012	0.012	31.5	0.137	0.070	123.0	0.115	0.067	130.0
5	0.138	0.088	39.0	0.064	0.038	95.0	0.173	0.095	92.5
6	0.043	0.025	67.5	0.032	0.020	77.5	0.043	0.029	95.5
7	0.009	0.007	109.0	0.032	0.020	164.0	0.030	0.015	159.5
8	0.026	0.012	70.0	0.006	0.007	144.5	0.008	0.006	276.5
9	0.017	0.009	112.0	0.031	0.010	221.0	0.025	0.012	149.0
10	0.022	0.022	111.5	0.047	0.022	302.5	0.045	0.034	213.5
11	0.007	0.010	126.0	0.042	0.033	156.0	0.032	0.022	178.5
12	0.020	0.020	80.0	0.057	0.042	247.5	0.049	0.026	181.0
	0.294	0.202		1.030	0.739	2045.5	0.520	0.304	1947.5
1976. 1	0.016	0.010	83.5	0.104	0.083	273.5	0.039	0.032	119.5
2	0.016	0.011	43.5	0.040	0.027	212.0	0.044	0.030	187.5
3	0.016	0.017	31.5	0.030	0.024	105.0	0.030	0.032	122.0
4	0.022	0.024	35.5	0.034	0.019	158.0	0.028	0.034	168.5
5	0.019	0.016	24.0	0.013	0.005	65.5	0.026	0.014	130.5
6	0.021	0.017	36.5	0.037	0.016	197.5	0.022	0.020	118.0
7	0.017	0.016	108.5	0.008	0.007	135.5	0.014	0.028	45.0
8	0.009	0.009	140.0	0.004	0.008	430.5	0.010	0.007	463.5
9	0.011	0.003	74.5	0.036	0.015	405.0	0.007	0.003	253.0
10	0.035	0.029	149.5	0.037	0.027	158.0	0.016	0.015	120.5
11	0.029	0.013	172.0	0.056	0.034	294.5	0.030	0.017	177.0
12	0.010	0.016	116.5	0.037	0.037	253.0	0.026	0.023	101.5
	0.221	0.181	1015.5	0.436	0.302	2688.0	0.292	0.255	2006.5

	Wakkanii			Wajima			Yonago			Kushiro			Okinawa		
	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm	<sup>137</sup> Cs mCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>	Rain fall amount mm
1977. 1	0.011	0.015	79.0	0.040	0.031	189.5	0.015	0.011	87.5	0.008	0.007	14.0	0.009	0.003	141.0
2	0.009	0.014	57.0	0.040	0.093	136.5	0.015	0.018	127.0	0.008	0.011	17.0	0.006	0.009	41.5
3	0.015	0.017	56.0	0.040	0.035	138.0	0.029	0.026	159.5	0.013	0.016	73.0	0.049	0.034	63.5
4	0.040	0.019	66.0	0.055	0.030	150.0	0.059	0.032	134.0	0.068	0.041	98.0	0.050	0.030	48.0
5	0.066	0.039	92.5	0.035	0.022	116.5	0.053	0.034	61.0	0.089	0.068	95.5	0.013	0.008	95.5
6	0.051	0.044	63.0	0.048	0.042	100.5	0.042	0.041	200.5	0.065	0.059	77.5	0.012	0.022	290.5
7	0.146	0.096	70.0	0.020	0.007	39.5	0.054	0.025	101.5	0.260	0.169	167.0	0.027	0.022	100.0
8	0.060	0.049	43.0	0.052	0.031	232.5	0.062	0.049	251.0	0.103	0.074	124.0	0.009	0.008	145.5
9	0.305	0.165	145.5	0.132	0.066	122.0	0.113	0.037	136.5	0.119	0.048	127.5	0.103	0.022	243.0
10	0.072	0.062	79.0	0.024	0.018	50.0	0.100	0.068	97.0	0.019	0.016	5.0	0.034	0.028	59.5
11	0.064	0.071	121.4	0.134	0.167	385.0	0.060	0.041	140.0	0.091	0.059	200.5	0.025	0.021	120.3
12	0.104	0.089	147.9	0.303	0.259	308.5	0.110	0.096	139.0	0.060	0.041	22.0	0.059	0.041	132.5
	0.943	0.680	1020.3	0.923	0.801	1968.5	0.712	0.478	1634.5	0.903	0.609	1021.0	0.396	0.248	1480.8
1978. 1	0.114	0.078	129.0	0.505	0.176	301.5	0.378	0.131	152.5	0.077	0.034	70.5	0.164	0.044	112.0
2	0.056	0.034	44.0	0.518	0.214	188.0	0.292	0.118	131.0	0.036	0.021	45.5	0.107	0.049	73.8
3	0.097	0.047	60.0	0.187	0.082	97.5	0.298	0.127	100.0	0.091	0.047	50.5	0.200	0.088	267.5
4	0.406	0.184	80.0	0.090	0.060	70.0	0.119	0.059	55.0	0.337	0.168	94.5	0.226	0.092	281.5
5	0.785	0.318	119.0	0.138	0.069	117.5	0.162	0.080	76.0	0.458	0.186	156.5	0.138	0.075	234.5
6	0.156	0.056	42.0	0.114	0.061	286.0	0.098	0.052	180.5	0.117	0.062	92.5	0.059	0.031	250.0
7	0.218	0.086	99.5	0.017	0.010	1.5	0.050	0.022	56.5	0.122	0.057	87.5	0.064	0.038	315.0
8	0.122	0.061	163.5	0.010	0.005	142.5	0.011	0.005	35.5	0.059	0.030	92.0	0.037	0.020	515.0
9	0.082	0.056	43.0	0.027	0.024	192.5	0.025	0.011	211.5	0.076	0.046	120.5	0.023	0.016	164.5
10	0.056	0.037	73.5	0.052	0.023	165.5	0.053	0.044	161.5	0.048	0.033	70.0	0.048	0.025	298.5
11	0.030	0.023	38.5	0.033	0.026	109.0	0.068	0.033	142.0	0.037	0.026	63.5	0.021	0.016	26.0
12	0.030	0.016	71.0	0.077	0.035	245.0	0.032	0.017	182.0	0.016	0.009	14.0	-	(0.009)	115.5
	2.152	0.996	963.0	1.768	0.785	1916.5	1.586	0.699	1484.0	1.474	0.719	957.5		0.503	2653.8
1979. 1	0.038	0.038	91.5	0.145	0.075	186.5	0.068	0.038	116.0	0.025	0.023	31.0	0.052	0.036	190.5
2	0.043	0.050	89.0	0.152	0.101	214.0	0.122	0.073	186.0	0.033	0.028	105.0	0.045	0.025	106.5
3	0.038	0.044	69.0	0.129	0.048	144.5	0.079	0.034	98.0	0.069	0.052	88.5	0.037	0.031	139.5
4	0.029	0.023	28.5	0.099	0.033	139.0	0.067	0.027	86.0	0.124	0.088	107.0	0.033	0.019	91.5
5	0.045	0.033	27.0	0.021	0.010	77.5	0.069	0.029	121.0	0.096	0.069	55.0	0.097	0.049	403.0
6	0.036	0.016	113.5	0.033	0.015	138.5	0.072	0.032	216.0	0.133	0.053	110.5	0.027	0.018	161.5
7	0.027	0.022	67.0	0.010	0.012	98.5	0.021	0.019	99.5	0.065	0.024	84.5	0.029	0.035	53.0
8	0.021	0.011	8.5	0.047	0.011	298.0	0.017	0.006	98.5	0.050	0.018	66.0	0.004	0.020	308.0
9	0.029	0.010	95.5	0.026	0.009	359.5	0.034	0.012	350.0	0.067	0.022	160.5	0.039	0.013	36.0
10	0.046	0.020	131.0	0.019	0.008	202.0	0.015	0.007	237.0	0.042	0.015	249.0	0.032	0.023	180.0
11	0.040	0.022	112.5	0.044	0.021	307.5	0.023	0.009	134.0	0.039	0.014	149.0	0.045	0.015	226.0
12	0.030	0.025	51.5	0.079	0.026	256.0	0.024	0.012	75.0	0.030	0.014	33.5	0.011	0.006	43.5
	0.422	0.314	884.5	0.804	0.369	2421.5	0.611	0.298	1817.0	0.773	0.420	1239.5	0.451	0.290	1939.0



Appendix 4-2.

Monthly deposition of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  observed at 12 stations in Japan from 1981 to 1983 (Katsuragi and Aoyama, 1986).

Table 1. Monthly deposition of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  fallout, activity ratio of  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  and  $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ , and precipitation amount at Meteorological Research Institute (M.R.I.) from 1980 to 1983.

		$^{137}\text{Cs}$ $\mu\text{Ci}/\text{km}^2$	$^{90}\text{Sr}$ $\mu\text{Ci}/\text{km}^2$	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$	Rainfall amount mm
1980.	1	10.0	5.0	2.0		97.0
	2	8.0	4.0	2.0		26.8
	3	21.0	12.0	1.8		164.3
	4	26.0	16.0	1.6		124.2
	5	40.0	22.0	1.8		165.6
	6	20.0	16.0	1.3		169.1
	7	28.0	14.0	2.0		204.4
	8	9.0	5.0	1.8		108.1
	9	11.0	7.0	1.6		113.5
	10	7.0	6.0	1.2	5.8	138.4
	11	10.0	3.0	3.3	86.0	120.2
	12	9.0	7.0	1.3	30.0	47.8
	T	199.0	117.0	1.7		1479.4
1981.	1	6.0	2.0	3.0	51.0	4.9
	2	17.0	18.0	0.9	25.2	41.8
	3	87.0	66.0	1.3	20.2	121.8
	4	144.0	85.0	1.7	16.1	142.8
	5	120.0	122.0	1.0	10.1	114.6
	6	161.0	149.0	1.1	6.1	117.6
	7	41.0	36.0	1.1	3.0	41.8
	8	21.0	13.0	1.6	2.3	124.5
	9	22.0	11.0	2.0	2.0	141.2
	10	13.0	5.0	2.6		307.3
	11	8.0	4.5	1.8		58.6
	12	2.0	1.0	2.0		5.2
	T	648.0	512.5	1.3		1222.1
1982.	1	7.0	4.0	1.8		34.4
	2	15.0	7.0	2.1		35.5
	3	19.0	9.0	2.1		76.9
	4	18.0	12.0	1.5		100.0
	5	18.0	9.0	2.0		80.4
	6	14.0	11.0	1.3		156.7
	7	10.0	4.2	2.4		166.0
	8	8.0	3.3	2.4		117.0
	9	9.0	4.6	2.0		275.9
	10	6.0	3.6	1.7		141.0
	11	6.0	2.0	3.0		118.1
	12	2.0	1.0	2.0		21.6
	T	132.0	70.7	1.9		1323.5
1983.	1	1.8	1.0	1.8		22.8
	2	3.8	2.5	1.5		63.7
	3	8.0	4.2	1.9		114.3
	4	9.2	4.6	2.0		133.5
	5	2.4	3.2	0.7		76.3
	6	12.8	5.9	2.2		179.9
	7	10.1	6.0	1.7		225.1
	8	1.2	1.4	0.9		128.9
	9	2.0	2.0	1.0		234.5
	10	3.2	1.5	2.1		112.4
	11	2.5	1.8	1.4		64.0
	12	1.1	0.5	2.2		6.3
	T	58.1	34.6	1.7		1361.7

Table 2. Monthly deposition of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr fallout and precipitation amount at 11 stations in Japan.

	SAPPORO			SENDAI			TOKYO			OSAKA		
	<sup>137</sup> Cs μCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr μCi/km <sup>2</sup>	Rainfall amount mm	<sup>137</sup> Cs μCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr μCi/km <sup>2</sup>	Rainfall amount mm	<sup>137</sup> Cs μCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr μCi/km <sup>2</sup>	Rainfall amount mm	<sup>137</sup> Cs μCi/km <sup>2</sup>	<sup>90</sup> Sr μCi/km <sup>2</sup>	Rainfall amount mm
1980.												
1	23.0	13.0	97.0	25.0	9.0	33.0	18.0	6.0	88.5	8.0	5.0	86.5
2	37.0	39.0	145.5	26.0	13.0	25.0	20.0	13.0	26.0	5.0	9.0	35.5
3	15.0	13.0	108.0	40.0	13.0	133.5	16.0	9.0	173.5	21.0	10.0	134.0
4	25.0	15.0	86.0	22.0	6.0	96.0	10.0	6.0	129.5	44.0	13.0	166.0
5	31.0	41.0	28.0	33.0	22.0	112.0	52.0	29.0	131.5	57.0	53.0	212.0
6	47.0	51.0	125.5	33.0	20.0	90.0	46.0	35.0	172.5	68.0	57.0	157.5
7	30.0	16.0	86.0	66.0	22.0	445.5	26.0	13.0	202.5	67.0	45.0	264.5
8	25.0	12.0	126.5	37.0	17.0	331.5	16.0	9.0	168.0	21.0	24.0	195.0
9	14.0	9.0	34.5	10.0	10.0	54.5	19.0	12.0	181.5	15.0	12.0	134.0
10	19.0	16.0	128.0	14.0	13.0	161.5	19.0	16.0	136.0	38.0	12.0	193.0
11	17.0	5.0	65.0	13.0	4.0	26.5	20.0	6.0	133.5	15.0	4.0	77.5
12	22.0	21.0	144.5	17.0	9.0	129.5	14.0	11.0	34.0	15.0	15.0	46.5
T	305.0	251.0	1174.5	336.0	158.0	1638.5	276.0	165.0	1577.0	374.0	259.0	1702.0
1981.												
1	28.0	20.0	161.0	25.0	8.0	25.5	17.0	5.0	3.5	14.0	7.0	20.0
2	25.0	23.0	39.5	32.0	23.0	26.0	28.0	23.0	38.0	36.0	33.0	47.5
3	81.0	82.0	137.5	81.0	45.0	44.0	70.0	52.0	113.0	130.0	88.0	110.5
4	135.0	79.0	89.5	181.0	109.0	115.5	177.0	96.0	166.0	334.0	161.0	156.0
5	166.0	157.0	70.5	196.0	148.0	149.5	141.0	131.0	151.5	343.0	219.0	134.0
6	74.0	81.0	50.0	176.0	172.0	240.0	115.0	95.0	103.5	110.0	95.0	143.5
7	50.0	34.0	41.0	97.0	53.0	56.0	105.0	67.0	166.5	45.0	35.0	65.5
8	111.0	48.0	644.0	45.0	17.0	109.5	18.0	13.0	133.0	14.0	10.0	58.0
9	36.0	18.0	176.5	20.0	11.0	177.5	52.0	20.0	158.5	34.0	13.0	142.0
10	22.0	7.0	83.5	12.0	5.0	108.5	21.0	8.0	323.5	37.0	16.0	129.0
11	24.0	15.0	70.5	25.0	9.0	48.0	30.0	10.0	99.0	19.0	7.0	79.0
12	20.0	13.0	103.5	22.0	10.0	21.0	16.0	8.0	7.5	10.0	6.0	14.5
T	772.0	577.0	1667.0	912.0	610.0	1121.0	790.0	528.0	1463.5	1126.0	690.0	1099.5
1982.												
1	22.0	15.0	125.5	27.0	9.0	30.5	20.0	9.0	32.5	16.0	7.0	12.5
2	26.0	31.0	88.5	22.0	11.0	13.5	28.0	12.0	63.0	12.0	8.0	39.0
3	27.0	26.0	98.0	26.0	13.0	77.0	25.0	10.0	61.5	20.0	8.0	113.0
4	18.0	12.0	132.5	46.0	17.0	177.0	33.0	17.0	148.0	37.0	14.0	110.5
5	34.0	22.0	28.0	39.0	20.0	197.5	29.0	15.0	88.5	15.0	9.0	128.5
6	18.0	17.0	51.0	14.0	11.0	100.5	18.0	13.0	207.5	10.0	13.0	90.0
7	14.0	5.0	44.5	18.0	6.0	130.5	13.0	4.0	158.5	29.0	9.0	234.0
8	17.0	8.0	47.0	12.0	4.0	96.5	15.0	5.0	134.0	5.0	2.0	271.0
9	8.4	4.2	133.0	4.7	3.6	227.5	21.0	9.7	371.5	3.8	1.7	77.0
10	5.1	9.2	137.5	8.2	7.7	85.5	7.6	11.0	159.5	2.4	5.6	29.5
11	9.3	4.8	80.5	2.6	2.4	59.0	4.3	2.9	136.0	10.0	2.0	107.5
12	4.6	7.8	85.0	2.8	2.1	13.5	0.3	1.8	15.0	2.3	1.8	29.5
T	203.4	162.0	1051.0	222.3	106.8	1208.5	214.2	110.4	1575.5	162.5	81.1	1242.0
1983.												
1		5.2	57.5		2.8	8.0		1.8	29.5		1.6	35.0
2		12.9	127.0		4.2	70.5		4.0	50.5		2.8	28.5
3		8.3	71.5		8.3	129.0		4.6	99.0		2.1	112.5
4		17.5	24.5		4.3	81.0		5.2	114.5		7.3	135.0
5		4.2	42.0		2.8	107.5		2.8	105.5		1.9	108.5
6		5.4	59.0		6.1	138.0		6.4	198.0		5.7	170.0
7		5.6	44.5		6.5	299.0		5.3	141.5		4.1	165.5
8		3.1	96.5		3.7	144.5		1.7	168.5		1.5	50.5
9		1.9	121.5		1.8	250.0		3.0	243.0		0.7	325.5
10		1.7	86.5		2.5	51.0		3.2	129.5		1.2	86.5
11		4.1	85.5		2.0	47.5		2.3	53.5		1.6	16.0
12		5.9	61.5		2.0	3.5		2.5	7.5		1.8	8.5
T		75.8	877.5		47.0	1329.5		42.8	1340.5		32.3	1242.0

Table 2. cont.

YONAGO				KUSHIRO			ISHIGAKI			
	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	Rainfall	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	Rainfall	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	Rainfall	
	μCi/km <sup>2</sup>	μCi/km <sup>2</sup>	amount	μCi/km <sup>2</sup>	μCi/km <sup>2</sup>	amount	μCi/km <sup>2</sup>	μCi/km <sup>2</sup>	amount	
			mm			mm			mm	
1980.	1	22.0	13.0	181.0	38.0	13.0	65.5	14.0	10.0	884.5
	2	33.0	23.0	61.0	5.0	10.0	13.5	31.0	18.0	204.5
	3	13.0	6.0	131.0	8.0	11.0	67.0	10.0	6.0	140.5
	4	9.0	3.0	108.0	16.0	14.0	54.5	27.0	12.0	447.0
	5	68.0	67.0	240.0	55.0	50.0	77.5	30.0	26.0	153.5
	6	26.0	22.0	100.5	46.0	46.0	114.5	9.0	20.0	24.5
	7	39.0	19.0	345.5	25.0	16.0	45.5	10.0	5.0	219.5
	8	13.0	4.0	339.0	14.0	15.0	114.5	9.0	12.0	190.5
	9	9.0	11.0	28.5	22.0	14.0	80.5	14.0	11.0	188.0
	10	16.0	18.0	233.5	21.0	23.0	127.0	136.0	61.0	404.5
	11	22.0	8.0	155.0	8.0	5.0	14.5	5.0	3.0	170.5
	12	49.0	60.0	175.0	22.0	13.0	73.5	31.0	31.0	71.5
	T	319.0	254.0	2098.0	280.0	230.0	848.0	326.0	215.0	3099.0
1981.	1	54.0	34.0	98.0	15.0	5.0	28.0	26.0	13.0	59.5
	2	97.0	104.0	120.5	18.0	18.0	24.5	26.0	30.0	52.0
	3	54.0	34.0	55.5	28.0	21.0	64.5	27.0	21.0	159.0
	4	162.0	82.0	152.0	142.0	106.0	102.0	65.0	35.0	159.0
	5	145.0	118.0	121.0	189.0	173.0	205.0	69.0	45.0	146.5
	6	112.0	83.0	407.5	174.0	175.0	180.5	56.0	68.0	144.0
	7	44.0	43.0	273.5	191.0	103.0	78.5	62.0	28.0	629.5
	8	28.0	10.0	131.0	142.0	47.0	171.5	29.0	10.0	375.0
	9	24.0	9.0	135.5	25.0	13.0	128.0	17.0	9.0	164.0
	10	22.0	11.0	127.5	20.0	8.0	152.5	2.0	1.0	36.0
	11	33.0	19.0	199.0	23.0	10.0	39.0	13.0	5.0	174.5
	12	47.0	12.0	90.5	29.0	18.0	29.5	23.0	15.0	54.0
	T	822.0	559.0	1911.5	996.0	697.0	1203.5	415.0	280.0	2153.0
1982.	1	61.0	30.0	201.5	16.0	14.0	63.0	16.0	9.0	60.0
	2	33.0	20.0	67.0	18.0	12.0	3.5	42.0	24.0	162.5
	3	29.0	21.0	124.5	30.0	25.0	60.0	15.0	9.0	29.5
	4	41.0	17.0	128.0	36.0	25.0	83.5	43.0	14.0	217.5
	5	25.0	14.0	61.0	31.0	25.0	83.5	14.0	11.0	99.0
	6	14.0	13.0	53.5	16.0	18.0	119.0	17.0	8.0	254.0
	7	4.0	1.0	107.5	17.0	8.0	117.5	13.0	7.0	120.5
	8	11.0	6.0	191.5	10.0	7.0	52.0	10.0	13.0	235.5
	9	5.3	2.4	265.5	6.1	4.5	105.5	8.2	4.0	129.5
	10	14.3	14.0	51.0	11.4	13.0	83.5	4.9	14.0	45.5
	11	5.9	4.8	83.5	4.0	5.9	92.5	10.2	3.3	329.0
	12	6.0	4.6	75.5	5.7	4.3	32.5	4.8	1.8	148.0
	T	249.5	147.8	1410.0	201.2	161.7	896.0	198.1	118.1	1830.5
1983.	1		6.8	123.0		6.8	19.0		3.7	170.5
	2		13.5	137.0		6.0	33.5		6.4	248.0
	3		9.4	204.0		8.5	80.0		9.4	326.5
	4		4.9	119.5		15.7	46.5		3.6	116.0
	5		3.3	119.5		3.0	92.5		3.3	304.0
	6		5.6	136.5		8.1	179.5		4.8	39.0
	7		3.8	333.0		8.0	123.0		6.0	13.0
	8		4.9	265.0		4.2	206.5		3.1	262.0
	9		3.1	341.5		3.1	95.5		2.5	232.0
	10		3.3	89.0		4.3	76.5		2.9	337.5
	11		10.7	177.0		5.1	54.5		3.4	77.5
	12		14.4	200.5		7.2	4.5		2.6	89.5
	T		83.7	2245.5		80.0	1011.5		51.7	2215.5

Table 2. cont.

FUKUOKA				AKITA			WAKKANAI			WAJIMA			
	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	Rainfall										
	μCi·km <sup>2</sup>	μCi·km <sup>2</sup>	amount mm										
1980.	1	17.0	8.0	57.0	40.0	33.0	156.5	17.0	18.0	145.5	103.0	66.0	354.5
	2	19.0	17.0	40.5	8.0	4.0	54.5	17.0	26.0	92.5	60.0	47.0	154.5
	3	11.0	5.0	123.5	15.0	9.0	91.0	16.0	17.0	62.0	20.0	7.0	131.0
	4	12.0	7.0	101.5	20.0	6.0	152.0	20.0	9.0	51.5	15.0	3.0	102.0
	5	28.0	29.0	233.0	28.0	20.0	149.0	67.0	46.0	67.0	47.0	16.0	217.5
	6	28.0	23.0	201.5	45.0	44.0	130.0	38.0	33.0	58.5	20.0	15.0	153.5
	7	6.0	5.0	848.5	33.0	18.0	186.5	28.0	19.0	72.5	15.0	8.0	304.5
	8	108.0	45.0	846.5	26.0	9.0	239.0	22.0	11.0	24.5	27.0	6.0	244.5
	9	12.0	16.0	196.5	17.0	20.0	79.0	18.0	16.0	90.0	8.0	6.0	111.0
	10	15.0	14.0	200.5	28.0	16.0	153.0	17.0	11.0	112.5	27.0	27.0	289.5
	11	12.0	5.0	76.0	17.0	8.0	69.5	23.0	8.0	58.5	27.0	10.0	122.5
	12	23.0	22.0	50.5	55.0	57.0	197.5	13.0	21.0	164.5	109.0	70.0	476.0
	T	291.0	196.0	2975.5	332.0	244.0	1657.5	296.0	235.0	999.5	478.0	281.0	2661.0
1981.	1	24.0	13.0	69.5	53.0	32.0	64.0	23.0	27.0	60.5	96.0	46.0	177.0
	2	51.0	42.0	68.5	79.0	84.0	82.0	21.0	31.0	43.0	108.0	105.0	110.0
	3	53.0	42.0	60.0	67.0	73.0	95.0	36.0	44.0	93.0	66.0	54.0	72.0
	4	139.0	61.0	147.0	195.0	105.0	124.0	137.0	79.0	41.0	117.0	52.0	133.5
	5	115.0	71.0	81.5	372.0	260.0	161.0	358.0	254.0	90.5	276.0	138.0	252.0
	6	163.0	68.0	446.5	348.0	212.0	212.5	47.0	46.0	48.5	193.0	157.0	296.5
	7	51.0	26.0	217.5	66.0	38.0	346.5	42.0	22.0	125.5	19.0	12.0	93.0
	8	24.0	12.0	179.5	153.0	66.0	322.5	180.0	59.0	217.5	32.0	13.0	259.5
	9	20.0	8.0	97.5	29.0	11.0	93.0	31.0	9.0	125.5	24.0	9.0	181.0
	10	12.0	6.0	157.0	47.0	16.0	214.0	22.0	11.0	161.0	23.0	12.0	193.0
	11	23.0	8.0	111.0	25.0	9.0	165.5	18.0	6.0	121.0	61.0	21.0	216.0
	12	23.0	10.0	49.0	26.0	14.0	246.0	45.0	30.0	103.5	48.0	29.0	218.0
	T	698.0	367.0	1684.5	1460.0	920.0	2126.0	960.0	618.0	1230.5	1063.0	648.0	2201.5
1982.	1	23.0	11.0	63.0	44.0	27.0	124.5	27.0	31.0	97.5	50.0	31.0	267.0
	2	17.0	7.0	65.5	25.0	30.0	64.0	23.0	16.0	53.5	8.0	4.0	78.0
	3	22.0	17.0	121.5	45.0	31.0	101.0	24.0	13.0	47.0	38.0	30.0	137.0
	4	24.0	13.0	127.5	33.0	23.0	150.0	20.0	15.0	73.0	27.0	15.0	147.0
	5	16.0	9.0	66.5	47.0	33.0	221.5	28.0	15.0	59.0	19.0	9.0	143.0
	6	30.0	12.0	44.0	12.0	14.0	97.0	8.0	12.0	33.5	19.0	9.0	59.5
	7	48.0	21.0	554.0	19.0	7.0	109.0	12.0	5.0	29.0	10.0	5.0	145.5
	8	11.0	4.0	314.5	7.0	5.0	146.0	6.0	3.0	58.0	5.0	4.0	263.0
	9	6.4	4.2	188.0	3.9	2.8	147.5	4.9	2.6	103.5	10.5	3.9	178.5
	10	5.3	6.1	53.0	6.5	6.1	117.5	13.8	17.6	157.0	1.3	2.9	76.5
	11	5.2	1.8	116.0	7.4	9.1	151.5	10.5	7.8	118.0	11.0	7.6	179.5
	12	10.1	3.9	60.5	25.8	20.0	228.5	6.5	9.3	116.5	27.7	10.0	314.0
	T	218.0	110.0	1774.0	275.6	208.0	1658.0	183.7	147.3	945.5	226.5	131.4	1988.5
1983.	1		1.5	48.0		10.4	94.0		10.4	87.5		12.2	229.0
	2		5.7	72.0		12.6	71.0		11.5	94.0		21.4	217.0
	3		2.9	217.0		10.6	87.5		4.3	43.0		7.0	155.0
	4		8.7	117.5		11.7	139.5		8.0	39.5		4.0	175.0
	5		4.4	162.5		4.4	98.0		4.1	91.5		1.4	135.5
	6		7.9	150.5		7.4	104.0		1.2	40.5		4.6	93.0
	7		8.3	430.5		6.9	160.0		4.1	73.5		6.7	300.0
	8		4.0	144.5		6.0	133.0		2.7	56.5		1.6	68.5
	9		2.6	242.0		1.6	147.0		1.7	111.0		2.6	255.5
	10		1.9	86.0		6.2	128.5		5.5	192.5		4.1	129.0
	11		1.8	29.5		8.2	177.5		6.1	88.5		7.0	178.5
	12		2.7	17.5		21.4	171.0		14.2	100.5		22.7	249.5
	T		52.4	1717.5		107.4	1511.0		73.8	1018.5		95.3	2185.5

Appendix 4-3.

Monthly deposition of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  observed at Tsukuba in 1984  
(Bulletin of the Atmospheric Radioactivity, 68, JAM, 1986)

Year	Month	$^{90}\text{Sr}$ mCi/km <sup>2</sup>	$^{137}\text{Cs}$ mCi/km <sup>2</sup>	$\frac{^{137}\text{Cs}}{^{90}\text{Sr}}$	$\frac{^{90}\text{Sr}}{^{90}\text{Sr}}$	Precipitation mm
1984	Jan.	0.001	0.003	2.4		31.8
	Feb.	0.001	0.003	2.8		90.8
	Mar.	0.002	0.004	1.8		56.6
	Apr.	0.002	0.003	1.6		61.7
	May	0.002	0.005	2.1		56.4
	June	0.002	0.004	2.0		199.8
	July	0.001	0.002	3.1		85.5
	Aug.	0.001	0.001	0.5		18.8
	Sept.	0.001	0.003	4.1		49.4
	Oct.	0.001	0.004	4.5		77.7
	Nov.	0.001	0.002	3.0		39.5
	Dec.	0.001	0.002	2.2		57.6
Sum		0.015	0.033	2.3		825.6

Appendix 4-4.

Monthly deposition of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  observed at Tsukuba in 1985  
(Bulletin of the Atmospheric Radioactivity, 70, JAM, 1988)

Year	Month	$^{90}\text{Sr}$ mCi/km <sup>2</sup>	$^{137}\text{Cs}$ mCi/km <sup>2</sup>	$\frac{^{137}\text{Cs}}{^{90}\text{Sr}}$	$\frac{^{89}\text{Sr}}{^{90}\text{Sr}}$	Precipitation mm
1985	Jan.	0.0004	0.0005	1.5		6.8
	Feb.	0.0007	0.0031	4.6		158.5
	Mar.	0.0013	0.0034	2.6		174.2
	Apr.	0.0010	0.0038	3.7		168.7
	May	0.0009	0.0023	2.7		83.8
	June	0.0011	0.0020	1.8		363.6
	July	0.0009	0.0005	0.5		49.3
	Aug.	0.0006	0.0005	0.8		125.7
	Sep.	0.0004	0.0006	1.4		52.3
	Oct.	0.0008	0.0002	0.2		98.6
	Nov.	0.0006	0.0007	1.0		63.2
	Dec.	0.0005	0.0008	1.5		29.5
Sum		0.0093	0.0184	2.0		1374.2

Appendix 4-5.

Monthly deposition of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  observed at Tsukuba from 1986 to 1988(Aoyama et al., 1991)

Month	$^{137}\text{Cs}$ ( $\text{Bq m}^{-2}$ )	$^{134}\text{Cs}$ ( $\text{Bq m}^{-2}$ )	$^{90}\text{Sr}$ ( $\text{Bq m}^{-2}$ )	Rainfall (mm)
<i>1986</i>				
Jan.	0.036 ± 0.010	ND	0.021 ± 0.003	12.5
Feb.	0.083 ± 0.016	ND	0.027 ± 0.004	29.5
Mar.	0.080 ± 0.016	ND	0.094 ± 0.011	184.0
Apr.	0.097 ± 0.013	ND	0.024 ± 0.002	88.0
May	131.0 ± 13.4	67.1 ± 6.9	1.235 ± 0.141	144.5
June	2.51 ± 0.27	1.24 ± 0.14	0.164 ± 0.019	108.5
July	0.783 ± 0.084	0.358 ± 0.041	0.015 ± 0.002	72.0
Aug.	0.369 ± 0.045	0.167 ± 0.025	0.018 ± 0.002	239.0
Sep.	0.087 ± 0.014	0.029 ± 0.009	0.011 ± 0.002	117.0
Oct.	0.106 ± 0.020	0.079 ± 0.020	0.016 ± 0.002	71.5
Nov.	0.071 ± 0.012	0.033 ± 0.007	0.019 ± 0.002	38.5
Dec.	0.078 ± 0.016	0.020 ± 0.014	0.010 ± 0.001	76.5
<i>1987</i>				
Jan.	0.117 ± 0.018	0.034 ± 0.010	0.013 ± 0.002	43.5
Feb.	0.137 ± 0.020	0.042 ± 0.011	0.017 ± 0.002	47.0
Mar.	0.105 ± 0.016	0.041 ± 0.010	0.014 ± 0.002	71.5
Apr.	0.158 ± 0.022	0.058 ± 0.012	0.021 ± 0.002	36.0
May	0.088 ± 0.014	0.025 ± 0.007	0.012 ± 0.002	78.0
June	0.064 ± 0.013	0.018 ± 0.008	0.010 ± 0.001	87.5
July	0.066 ± 0.011	0.016 ± 0.007	0.007 ± 0.001	113.5
Aug.	0.079 ± 0.013	0.026 ± 0.008	0.005 ± 0.001	128.5
Sep.	0.024 ± 0.006	0.008 ± 0.005	0.006 ± 0.001	227.0
Oct.	0.040 ± 0.008	ND	0.006 ± 0.001	145.5
Nov.	0.041 ± 0.009	ND	0.011 ± 0.002	71.5
Dec.	0.035 ± 0.007	0.010 ± 0.004	0.011 ± 0.001	48.5
<i>1988</i>				
Jan.	0.051 ± 0.008	0.016 ± 0.005		21.0
Feb.	0.053 ± 0.009	0.007 ± 0.004		9.5
Mar.	0.070 ± 0.011	0.020 ± 0.006		123.5
Apr.	0.088 ± 0.012	0.012 ± 0.005		79.0
May	0.076 ± 0.013	0.006 ± 0.004		138.5
June	0.052 ± 0.013	0.006 ± 0.003		195.5
July	0.028 ± 0.007	ND		171.5
Aug.	0.016 ± 0.005	ND		207.5
Sep.	0.008 ± 0.003	ND		279.5
Oct.	0.027 ± 0.007	ND		47.0
Nov.	0.025 ± 0.006	ND		22.5
Dec.	0.074 ± 0.013	0.014 ± 0.006		0.5

Note: The uncertainties are one sigma of the counting error plus 10%.  
ND = Not determined.

Appendix 4-6.

Weekly deposition of  $^{137}\text{Cs}$  and short-lived radionuclides observed at 12 stations in Japan in May 1986 (Aoyama et al., 1987).

Table 2a  
Total deposition at Wakkanai

Collection period	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{134}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{131}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{132}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{103}\text{Ru}$ , Bq · m <sup>-2</sup>
May 1–May 8	0.0	8.5±1.0	3.9±0.6	128±15	ND	11.3±1.6
May 8–May 15	4.0	65.6±7.2	32.5±3.6	285±43	1±8	78.7±9.4
May 15–May 22	16.5	25.0±2.5	10.5±1.1	139±19	1±2	37.8±3.8
May 22–June 1	50.5	31.1±3.7	15.1±2.3	90±13	ND	55.8±6.7

Table 2b  
Total deposition at Kushiro

Collection period	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{134}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{131}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{132}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{103}\text{Ru}$ , Bq · m <sup>-2</sup>
May 1–May 8	35.5	7.2±0.9	3.4±0.5	94±11	59± 7	12.8± 1.9
May 8–May 15	6.0	66.3±7.3	32.9±3.6	470±66	14±13	98.3±11.8
May 15–May 22	22.0	33.0±3.3	16.3±1.6	245±34	1± 4	66.9± 6.7
May 22–June 1	28.5	57.4±6.9	27.3±3.5	108±15	ND	80.3± 9.6

Table 2c  
Total deposition at Sapporo

Collection period	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{134}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{131}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{132}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{103}\text{Ru}$ , Bq · m <sup>-2</sup>
May 1–May 8	12.0	8.5±1.1	4.0±0.6	192±23	17±2	9.6±1.6
May 8–May 15	0.0	29.7±3.3	14.6±1.7	262±39	ND	39.9±4.8
May 15–May 22	16.0	14.8±1.5	5.8±0.6	83±12	ND	14.2±1.4
May 22–June 1	48.0	22.7±3.0	12.1±1.8	79±11	ND	48.3±5.8

Table 2d  
Total deposition at Akita

Collection period	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{134}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{131}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{132}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{103}\text{Ru}$ , Bq · m <sup>-2</sup>
May 1–May 8	22.5	172.1±18.9	86.7±9.5	2585±310	209±25	302.8±33.3
May 8–May 15	6.5	71.2± 7.8	36.2±4.0	416± 58	ND	115.0±13.8
May 15–May 22	50.5	75.3± 7.5	37.2±3.7	510± 66	12± 8	163.8±16.4
May 22–June 1	35.5	95.5±11.5	47.5±6.2	206± 29	ND	215.0±23.6

Table 2e  
Total deposition at Sendai

Collection period	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{134}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{131}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{132}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{103}\text{Ru}$ , Bq · m <sup>-2</sup>
May 1–May 8	28.5	22.9± 2.5	11.1±1.3	527±63	22± 3	36.1± 4.3
May 8–May 15	57.0	102.6±11.3	51.3±5.6	533±75	17±13	159.3±17.5
May 15–May 22	21.0	10.8± 1.1	4.9±0.5	137±21	ND	10.8± 1.1
May 22–June 1	38.5	14.9± 2.2	7.3±1.3	38± 5	ND	49.6± 6.0

Table 2f  
Total deposition at Tokyo

Collection period	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{134}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{131}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{132}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{103}\text{Ru}$ , Bq · m <sup>-2</sup>
May 1–May 8	35.5	99.2±10.9	50.3±5.5	1758±211	61±7	140.1±15.4
May 8–May 14	0.0	10.3± 1.3	5.3±0.8	94± 15	ND	12.3± 2.3
May 14–May 22	114.5	54.0± 5.4	26.3±2.6	246± 37	ND	46.5± 4.7
May 22–June 1	41.5	8.7± 1.3	3.8±0.8	24± 4	ND	23.3± 3.0

Table 2g  
Total deposition at Wajima

Collection period	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{134}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{131}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{132}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{103}\text{Ru}$ , Bq · m <sup>-2</sup>
May 1–May 8	16.0	126.6±13.9	63.4±7.0	2281±274	136±16	196.9±21.7
May 8–May 15	11.0	141.1±15.5	71.0±7.8	566± 74	13± 7	227.8±25.1
May 15–May 22	79.5	22.0± 2.2	10.9±1.1	155± 22	8± 4	34.4± 3.4
May 22–June 1	23.5	12.6± 2.0	6.1±1.2	59± 9	ND	33.5± 4.4

Table 2h  
Total deposition at Osaka

Collection period	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{134}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{131}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{132}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{103}\text{Ru}$ , Bq · m <sup>-2</sup>
May 1–May 8	91.0	23.1±2.5	11.8±1.4	570±68	156±19	44.1±5.3
May 8–May 15	25.0	30.9±3.4	15.1±1.8	180±34	ND	45.5±5.9
May 15–May 22	89.5	22.9±2.3	9.8±1.0	173±28	4±13	15.4±1.5
May 22–June 1	19.0	3.0±0.7	1.3±0.5	15± 4	ND	7.9±1.4

Table 2i  
Total deposition at Yonago

Collection period	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{134}\text{Cs}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{131}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{132}\text{I}$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{103}\text{Ru}$ , Bq · m <sup>-2</sup>
May 1–May 8	17.0	27.8±3.1	13.6±1.6	431±52	29±3	48.6±5.8
May 8–May 15	32.0	50.8±5.6	25.5±3.1	190±28	8±7	74.4±8.9
May 15–May 22	66.5	13.4±1.3	5.9±0.6	179±27	2±5	21.7±2.2
May 22–June 1	37.5	5.3±1.1	1.8±0.6	22± 4	ND	13.0±1.9

Table 2j  
Total deposition at Fukuoka

Collection period	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}$ , $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$^{134}\text{Cs}$ , $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$^{131}\text{I}$ , $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$^{132}\text{I}$ , $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$^{103}\text{Ru}$ , $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$
May 1–May 8	104.0	49.9±5.5	25.9±2.8	145±17	ND	83.0±10.0
May 8–May 15	61.5	21.0±2.5	10.4±1.4	102±21	ND	24.2± 3.6
May 15–May 22	45.0	6.0±0.6	2.7±0.3	45± 8	ND	4.4± 0.4
May 22–June 1	29.5	9.2±1.6	5.3±1.1	26± 6	ND	24.1± 3.4

Table 2k  
Total deposition at Ishigaki

Collection period	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}$ , $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$^{134}\text{Cs}$ , $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$^{131}\text{I}$ , $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$^{132}\text{I}$ , $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$	$^{103}\text{Ru}$ , $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$
May 1–May 8	3.5	2.4±0.4	1.3±0.3	30± 4	11± 1	2.1±1.0
May 8–May 15	65.5	4.4±0.7	2.3±0.4	27±11	40±24	4.9±1.4
May 15–May 22	63.0	4.8±0.5	3.7±0.4	35± 5	ND	6.1±0.6
May 22–June 1	122.5	3.1±0.6	1.7±0.5	26± 6	ND	4.0±0.8

Table 3  
The cumulative deposition of the Chernobyl' radioactivity, decay corrected to April 26, 1986,  
during the period from 9:00 on May 1 through 9:00 on June 1, 1986

Station	Precipitation, mm	$^{137}\text{Cs}^*$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{134}\text{Cs}^*$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{131}\text{I}^*$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{132}\text{I}^*$ , Bq · m <sup>-2</sup>	$^{103}\text{Ru}^*$ , Bq · m <sup>-2</sup>
Wakkanai	71.0	130.4±14.5	63.3± 7.6	5 136± 747	269±1003	288.7± 33.7
Kushiro	92.0	164.1±18.4	81.8± 9.5	7 398±1030	1874±1968	410.0± 47.6
Sapporo	76.0	75.8± 8.8	37.3± 4.9	4 423± 630	224± 27	181.1± 21.9
Akita	115.0	414.6±45.8	211.8±23.9	18 792±2437	5687±2385	1198.4±130.8
Sendai	145.0	151.4±17.1	76.0± 8.9	6 357± 873	1257± 755	377.6± 42.8
Tokyo	191.5	172.4±19.0	87.1± 9.9	8 290±1105	786± 94	307.5± 35.3
Wajima	130.0	302.6±33.7	153.8±17.3	12 110±1551	4471±1686	678.9± 75.4
Osaka	224.5	80.0± 9.0	38.6± 4.8	4 492± 710	3025±3630	157.2± 19.9
Yonago	153.0	97.4±11.1	47.5± 6.0	4 374± 635	1472±1689	222.6± 26.8
Fukuoka	240.0	86.2±10.2	45.1± 5.6	1 941± 354	ND	188.6± 24.4
Ishigaki	254.5	14.7± 2.2	9.2± 1.6	1 130± 259	2434±1371	26.6± 5.5

Appendix 4-7.

Monthly deposition of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  observed at Tsukuba in 1989  
(Bulletin of the Atmospheric Radioactivity, 68, JAM, 1986).

Year	Month	$^{90}\text{Sr}$		$^{137}\text{Cs}$		$\frac{^{137}\text{Cs}}{^{90}\text{Sr}}$	$\frac{^{89}\text{Sr}}{^{90}\text{Sr}}$	Precipitation mm
		mBq/m <sup>2</sup>	mCi/km <sup>2</sup>	mBq/m <sup>2</sup>	mCi/km <sup>2</sup>			
1989	Jan.	7	0.0002	32	0.0009	5		60.5
	Feb.	4	0.0001	91	0.0025	21		130.0
	Mar.	6	0.0002	79	0.0021	12		121.5
	Apr.	20	0.0006	69	0.0019	3		144.0
	May	11	0.0003	39	0.0010	3		133.0
	Jun.	10	0.0003	55	0.0015	5		165.5
	Jul.	2	0.0000	11	0.0003	6		122.0
	Aug.	3	0.0001	21	0.0006	7		254.0
	Sep.	4	0.0001	22	0.0006	6		125.0
	Oct.	3	0.0001	28	0.0008	10		174.0
	Nov.	5	0.0001	11	0.0003	2		62.5
	Dec.	4	0.0001	16	0.0004	4		27.5
Sum		79	0.0022	474	0.0128	6		1519.5

pendix 4-8.

Monthly deposition of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  observed at Tsukuba from 1990 to 1992 arashi et al., 1996).

Date	$^{90}\text{Sr}$ ( $\text{mBq m}^{-2}$ )	$^{137}\text{Cs}$ ( $\text{mBq m}^{-2}$ )	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$	Residue ( $\text{g m}^{-2}$ )
1990 Jan.	$4.9 \pm 0.3^a$	$15 \pm 4^b$	3.0	1.4
Feb.	$8.2 \pm 2.4$	$15 \pm 4$	1.8	2.0
Mar.	$17.5 \pm 1.0$	$65 \pm 6$	3.7	5.2
Apr.	$21.2 \pm 1.0$	$30 \pm 4$	1.4	3.0
May	$10.9 \pm 1.2$	$28 \pm 3$	2.6	2.3
Jun.	$7.9 \pm 0.5$	$20 \pm 3$	2.6	1.9
Jul.	$23.9 \pm 4.7$	$29 \pm 3$	1.2	2.0
Aug.	$10.0 \pm 1.5$	$25 \pm 4$	2.5	3.9
Sep.	$9.1 \pm 0.9$	$16 \pm 2$	1.8	2.8
Oct.	$7.5 \pm 4.0$	$11 \pm 2$	1.4	1.4
Nov.	$6.7 \pm 0.8$	$17 \pm 2$	2.6	2.7
Dec.	$8.4 \pm 0.8$	$23 \pm 4$	2.7	1.8
1991 Jan.	$7.3 \pm 0.7$	$23 \pm 4$	3.2	2.9
Feb.	$15.9 \pm 0.5$	$74 \pm 4$	4.7	6.2
Mar.	$16.7 \pm 0.4$	$38 \pm 4$	2.3	2.6
Apr.	$26.1 \pm 0.9$	$43 \pm 4$	1.6	5.5
May	$27.5 \pm 0.4$	$51 \pm 5$	1.9	7.8
Jun.	$15.2 \pm 0.8$	$33 \pm 5$	2.2	4.4
Jul.	$8.3 \pm 0.2$	$23 \pm 5$	2.7	3.8
Aug.	$4.7 \pm 0.4$	$14 \pm 4$	3.0	2.4
Sep.	$11.7 \pm 0.8$	$24 \pm 3$	2.0	1.6
Oct.	$5.3 \pm 0.5$	$14 \pm 4$	2.6	2.0
Nov.	$4.6 \pm 0.2$	$7 \pm 4$	1.5	1.7
Dec.	$15.6 \pm 1.3$	$13 \pm 4$	0.9	2.0
1992 Jan.	$4.4 \pm 0.3$	$17 \pm 3$	3.8	2.0
Feb.	$5.4 \pm 0.2$	$14 \pm 3$	2.6	2.3
Mar.	$15.5 \pm 0.8$	$26 \pm 4$	1.7	3.6
Apr.	$28.5 \pm 0.2$	$78 \pm 5$	2.7	5.9
May	$13.5 \pm 0.2$	$36 \pm 3$	2.7	4.5
Jun.	$9.6 \pm 0.6$	$12 \pm 2$	1.3	2.3
Jul.	$14.1 \pm 0.1$	$26 \pm 3$	1.8	4.8
Aug.	$22.7 \pm 1.2$	$43 \pm 6$	1.9	4.9
Sep.	$11.2 \pm 0.5$	$31 \pm 6$	2.8	5.2
Oct.	$4.0 \pm 0.1$	$13 \pm 4$	3.3	2.1
Nov.	$6.9 \pm 0.3$	$8 \pm 3$	1.2	2.3
Dec.	$11.0 \pm 0.4$	$15 \pm 4$	1.4	3.0

<sup>a</sup>Standard deviations in 3-5 measurements.

<sup>b</sup>Errors are from 1 Poisson SD in  $\gamma$ -ray counting.

Appendix 4-9.

Monthly deposition of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  observed at Tsukuba in 1993 and 1994 (Unpublished data)

試料名		$^{90}\text{Sr}$ 放射能濃度 [降下量] ( $\text{mBq}/\text{m}^2$ )	
M. R. I	9301 ( $4\text{m}^2$ )	$9.89 \times 10^0$	$\pm 6.74 \times 10^{-1}$
M. R. I	9302 ( $4\text{m}^2$ )	$1.05 \times 10^1$	$\pm 2.70 \times 10^{-1}$
M. R. I	9303 ( $4\text{m}^2$ )	$2.52 \times 10^1$	$\pm 5.92 \times 10^{-1}$
M. R. I	9304 ( $4\text{m}^2$ )	$2.30 \times 10^1$	$\pm 1.36 \times 10^0$
M. R. I	9305 ( $4\text{m}^2$ )	$2.15 \times 10^1$	$\pm 4.35 \times 10^{-1}$
M. R. I	9306 ( $4\text{m}^2$ )	$1.59 \times 10^1$	$\pm 5.53 \times 10^{-1}$
M. R. I	9307 ( $1\text{m}^2$ )	$1.11 \times 10^1$	$\pm 3.66 \times 10^{-1}$
M. R. I	9308 ( $4\text{m}^2$ )	$1.21 \times 10^1$	$\pm 2.46 \times 10^{-1}$
M. R. I	9309 ( $1\text{m}^2$ )	$8.02 \times 10^0$	$\pm 3.60 \times 10^{-1}$
M. R. I	9310 ( $1\text{m}^2$ )	$5.35 \times 10^0$	$\pm 1.61 \times 10^{-1}$
M. R. I	9311 ( $4\text{m}^2$ )	$7.46 \times 10^0$	$\pm 0.00 \times 10^0$
M. R. I	9312 ( $1\text{m}^2$ )	$3.89 \times 10^0$	$\pm 6.77 \times 10^{-1}$

試料名		<sup>137</sup> Cs放射能濃度 [降下量] (mBq/m <sup>2</sup> )	
M. R. I	9301 (4m <sup>2</sup> )	1.47 × 10 <sup>1</sup>	± 2.89 × 10 <sup>0</sup>
M. R. I	9302 (4m <sup>2</sup> )	1.94 × 10 <sup>1</sup>	± 3.52 × 10 <sup>0</sup>
M. R. I	9303 (4m <sup>2</sup> )	5.56 × 10 <sup>1</sup>	± 5.93 × 10 <sup>0</sup>
M. R. I	9304 (4m <sup>2</sup> )	5.42 × 10 <sup>1</sup>	± 4.03 × 10 <sup>0</sup>
M. R. I	9305 (4m <sup>2</sup> )	7.90 × 10 <sup>1</sup>	± 5.35 × 10 <sup>0</sup>
M. R. I	9306 (4m <sup>2</sup> )	6.90 × 10 <sup>1</sup>	± 6.15 × 10 <sup>0</sup>
M. R. I	9307 (4m <sup>2</sup> )	1.09 × 10 <sup>1</sup>	± 2.82 × 10 <sup>0</sup>
M. R. I	9308 (4m <sup>2</sup> )	8.79 × 10 <sup>0</sup>	± 2.53 × 10 <sup>0</sup>
M. R. I	9309 (4m <sup>2</sup> )	9.83 × 10 <sup>0</sup>	± 3.04 × 10 <sup>0</sup>
M. R. I	9310 (4m <sup>2</sup> )	8.64 × 10 <sup>0</sup>	± 2.09 × 10 <sup>0</sup>
M. R. I	9311 (4m <sup>2</sup> )	8.73 × 10 <sup>0</sup>	± 2.46 × 10 <sup>0</sup>
M. R. I	9312 (4m <sup>2</sup> )	7.20 × 10 <sup>0</sup>	± 2.15 × 10 <sup>0</sup>

試料名		$^{90}\text{Sr}$ 放射能濃度 [降下量] (mBq/m <sup>2</sup> )	
M. R. I	9401 (4m <sup>2</sup> )	$2.01 \times 10^1$	$\pm 6.64 \times 10^{-1}$
M. R. I	9402 (4m <sup>2</sup> )	$1.59 \times 10^1$	$\pm 5.18 \times 10^{-1}$
M. R. I	9403 (4m <sup>2</sup> )	$1.16 \times 10^1$	$\pm 3.84 \times 10^{-1}$
M. R. I	9404 (4m <sup>2</sup> )	$2.00 \times 10^1$	$\pm 5.71 \times 10^{-1}$
M. R. I	9405 (4m <sup>2</sup> )	$2.61 \times 10^1$	$\pm 8.92 \times 10^{-1}$
M. R. I	9406 (4m <sup>2</sup> )	$1.58 \times 10^1$	$\pm 5.00 \times 10^{-1}$
M. R. I	9407 (4m <sup>2</sup> )	$2.29 \times 10^1$	$\pm 7.12 \times 10^{-1}$
M. R. I	9408 (4m <sup>2</sup> )	$8.65 \times 10^0$	$\pm 1.02 \times 10^{-1}$
M. R. I	9409 (4m <sup>2</sup> )	$7.44 \times 10^0$	$\pm 2.17 \times 10^{-1}$
M. R. I	9410 (4m <sup>2</sup> )	$1.56 \times 10^1$	$\pm 4.60 \times 10^{-1}$
M. R. I	9411 (4m <sup>2</sup> )	$6.98 \times 10^0$	$\pm 5.03 \times 10^{-1}$
M. R. I	9412 (2m <sup>2</sup> )	$4.39 \times 10^0$	$\pm 6.25 \times 10^{-1}$

試料名		$^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度 [降下量] ( $\text{mBq}/\text{m}^2$ )	
M. R. I	9401 ( $4\text{m}^2$ )	$8.27 \times 10^1$	$\pm 4.14 \times 10^0$
M. R. I	9402 ( $4\text{m}^2$ )	$4.50 \times 10^1$	$\pm 7.08 \times 10^0$
M. R. I	9403 ( $4\text{m}^2$ )	$2.20 \times 10^1$	$\pm 3.62 \times 10^0$
M. R. I	9404 ( $4\text{m}^2$ )	$3.99 \times 10^1$	$\pm 4.74 \times 10^0$
M. R. I	9405 ( $4\text{m}^2$ )	$4.03 \times 10^1$	$\pm 5.73 \times 10^0$
M. R. I	9406 ( $4\text{m}^2$ )	$1.88 \times 10^1$	$\pm 3.05 \times 10^0$
M. R. I	9407 ( $4\text{m}^2$ )	$3.08 \times 10^1$	$\pm 5.20 \times 10^0$
M. R. I	9408 ( $4\text{m}^2$ )	$1.36 \times 10^1$	$\pm 2.56 \times 10^0$
M. R. I	9409 ( $4\text{m}^2$ )	$1.05 \times 10^1$	$\pm 3.45 \times 10^0$
M. R. I	9410 ( $4\text{m}^2$ )	$2.16 \times 10^1$	$\pm 7.18 \times 10^0$
M. R. I	9411 ( $4\text{m}^2$ )	$8.84 \times 10^0$	$\pm 2.41 \times 10^0$
M. R. I	9412 ( $4\text{m}^2$ )	$8.52 \times 10^0$	$\pm 4.10 \times 10^0$
M. R. I	9401 ( $1\text{m}^2$ )	$2.35 \times 10^1$	$\pm 8.26 \times 10^0$
M. R. I	9402 ( $1\text{m}^2$ )	$3.05 \times 10^1$	$\pm 1.29 \times 10^1$
M. R. I	9403 ( $1\text{m}^2$ )	$2.87 \times 10^1$	$\pm 1.07 \times 10^1$

## 気象研究所技術報告一覧表

- 第1号 バックラウンド大気汚染の測定法の開発 (地球規模大気汚染特別研究班, 1978)  
Development of Monitoring Techniques for Global Background Air Pollution. (MRI Special Research Group on Global Atmospheric Pollution, 1978)
- 第2号 主要活火山の地殻変動並びに地熱状態の調査研究 (地震火山研究部, 1979)  
Investigation of Ground Movement and Geothermal State of Main Active Volcanoes in Japan. (Seismology and Volcanology Research Division, 1979)
- 第3号 つくば研究学園都市に新設された気象観測用鉄塔施設 (花房龍男・藤谷徳之助・伴野 登・魚津 博, 1979)  
On the Meteorological Tower and Its Observational System at Tsukuba Science City. (T.Hanafusa, T.Fujitani, N.Banno and H.Uozu, 1979)
- 第4号 海底地震常時観測システムの開発 (地震火山研究部, 1980)  
Permanent Ocean - Bottom Seismograph Observation System. (Seismology and Volcanology Research Division, 1980)
- 第5号 本州南方海域水温図——400m (又は500m) 深と1,000m 深—— (1934-1943年及び1954-1980年) (海洋研究部, 1981)  
Horizontal Distribution of Temperature in 400 m (or 500 m) and 1,000 m Depth in Sea South of Honshu, Japan and Western-North Pacific Ocean from 1934 to 1943 and from 1954 to 1980. (Oceanographical Research Division, 1981)
- 第6号 成層圏オゾンの破壊につながる大気成分及び紫外日射の観測 (高層物理研究部, 1982)  
Observations of the Atmospheric Constituents Related to the Stratospheric ozone Depletion and the Ultraviolet Radiation. (Upper Atmosphere Physics Research Division, 1982)
- 第7号 83型強震計の開発 (地震火山研究部, 1983)  
Strong-Motion Seismograph Model 83 for the Japan Meteorological Agency Network. (Seismology and Volcanology Research Division, 1983)
- 第8号 大気中における雪片の融解現象に関する研究 (物理気象研究部, 1984)  
The Study of Melting of Snowflakes in the Atmosphere. (Physical Meteorology Research Division, 1984)
- 第9号 御前崎南方沖における海底水圧観測 (地震火山研究部・海洋研究部, 1984)  
Bottom Pressure Observation South off Omaezaki, Central Honshu. (Seismology and Volcanology Research Division and Oceanographical Research Division, 1984)
- 第10号 日本付近の低気圧の統計 (予報研究部, 1984)  
Statistics on Cyclones around Japan. (Forecast Research Division, 1984)
- 第11号 局地風と大気汚染質の輸送に関する研究 (応用気象研究部, 1984)  
Observations and Numerical Experiments on Local Circulation and Medium-Range Transport of Air Pollutions. (Applied Meteorology Research Division, 1984)
- 第12号 火山活動監視法に関する研究 (地震火山研究部, 1984)  
Investigation on the Techniques for Volcanic Activity Surveillance. (Seismology and Volcanology Research Division, 1984)
- 第13号 気象研究所大気大循環モデル-1 (MRI・GCM-1) (予報研究部, 1984)

A Discription of the MRI Atmospheric General Circulation Model (The MRI · GCM-1). (Forecast Research Division, 1984)

第14号 台風の変動と異動に関する研究——台風7916の一生—— (台風研究部, 1985)

A Study on the Changes of the Three-Dimensional Structure and the Movement Speed of the Typhoon through its Life Time. (Typhoon Research Division, 1985)

第15号 波浪推算モデル MR I と MR I - II の相互比較研究——計算結果図集—— (海洋研究部, 1985)

Intercomparison Study between the Wave Models MR I and MR I - II - A Compilation of Result - . (Oceanographical Reserch Division, 1985)

第16号 地震予知に関する実験的及び理論的研究 (地震火山研究部, 1985)

Study on Earthquake Prediction by Geophysical Method. (Seismology and Volcanology Research Division, 1985)

第17号 北半球地上月絵卑近気温偏差図 (予報研究部, 1986)

Maps of Monthly Mean Surface Temperature Anomalies over the Northern Hemisphere for 1891-1981. (Forecast Research Division, 1986)

第18号 中層大気の研究 (高層物理研究部・気象衛星研究部・予報研究部・地磁気観測所, 1986)

Studies of the Middle Atmosphere. (Apper Atmosphere Physics Research Division, Meteorological Satellite Research Division, Forecast Research Division, MRI and the Magnetic Observatory, 1986)

第19号 ドップラーレーダによる気象・海象の研究 (気象衛星研究部・台風研究部・予報研究部・応用気象研究部・海洋研究部, 1986)

Studies on Meteorogical and Sea Surface Phenomena by Doppler Reder. (Meteorogical Satellite Research Division, Typhoon Research Division, Forecast Research Division, Applied Meteorology Research Division and Oceanographical Research Division, 1986)

第20号 気象研究所対流圏大気大循環モデル (MR I · GCM- I ) による12年間の積分 (予報研究部, 1986)

Mean Statistics of the Troposheric MR I · GCM- I based on 12-year Integration. (Forecast Research Division, 1986)

第21号 宇宙線中間子強度 1983-1986 (高層物理気象研究部, 1987)

Multi-Directional Comic Ray Meson Intensity 1983-1986. (Apper Atmosphere Physics Research Division, 1987)

第22号 静止気象衛星「ひまわり」画像の噴火噴煙データに基づく噴火活動の解析に関する研究 (地震火山研究部, 1987)

Study on Analysis of Volcanic Eruptions based on Eruption Cloud Image Data obtained by the Geostationary Meteorological Satellite (GMS). (Seismology and Volcanology Research Division, 1987)

第23号 オホーツク海海洋気候図 (篠原吉雄・四竈信行, 1988)

Marine Climatological Atlas of the sea of Okhotsk. (Y. Shinohara and N. Shikama, 1988)

第24号 海洋大循環モデルを用いた風の応力異常に対する太平洋の応答実験 (海洋研究部, 1989)

Response Experimental of Pacific Ocean to Anomalous Wind Stress with Ocean General Circulation Model. (Oceanographical Research Division, 1989)

第25号 太平洋における海洋諸要素の季節平均分布 (海洋研究部, 1989)

Seasonal Mwan Distribution of Sea Propertis in the Pacific. (Oceanographical Research Division, 1989)

第26号 地震前兆現象のデータベース (地震火山研究部, 1990)

Database of Earthquake Precursors. (Seismology and Volcanology Research Devison, 1990)

第27号 沖縄地方における梅雨期の降水システムの特徴 (台風研究部, 1991)

- Characteristics of Precipitation Systems During the Baiu Season in the Okinawa Area. (Typhoon Research Division, 1991)
- 第28号 気象研究所・予報研究部で開発された非静水圧モデル (猪川元興・斎藤和雄, 1991)  
Description of a Nonhydrostatic Model Developed at the Forecast Research Department of the MRI. (M. Ikawa and K. Saito, 1991)
- 第29号 雲の放射過程に関する総合的研究 (気候研究部・物理気象研究部・応用気象研究部・気象衛星・観測システム研究部・台風研究部, 1992)  
A Synthetic Study on Cloud-Radiation Processes. (Climate Research Department, Physical Meteorology Research Department, Applied Meteorology Research Department, Meteorological Satellite and Observation System Research Department and Typhoon Research Department, 1992)
- 第30号 大気と海洋・地表とのエネルギー交換過程に関する研究 (三上正男・遠藤昌宏・新野 宏・山崎孝治, 1992)  
Studies of Energy Exchange Processes between the Ocean-Ground Surface and Atmosphere. (M. Mikami, M. Endoh, H. Niino and K. Yamazaki, 1992)
- 第31号 降水日の出現頻度からみた日本の季節推移——30年間の日降水量資料に基づく統計—— (秋山孝子, 1993)  
Seasonal Transition in Japan, as Revealed by Appearance Frequency of Precipitating-Days. ——Statistics of Daily Precipitation Data During 30 Years—— (T. Akiyama, 1993)
- 第32号 直下型地震予知に関する観測的研究 (地震火山研究部, 1994)  
Observational Study on the Prediction of Disastrous Intraplate Earthquakes. (Seismology and Volcanology Research Department, 1994)
- 第33号 各種気象観測機器による比較観測 (気象衛星・観測システム研究部, 1994)  
Intercomparisons of Meteorological Observation Instruments. (Meteorological Satellite and Observation System Research Department, 1994)
- 第34号 硫黄酸化物の長距離輸送モデルと東アジア地域への適用 (応用気象研究部, 1995)  
The Long-range Transport Model of Sulfur Oxides and Its Application to the East Asian Region. (Applied Meteorology Research Department, 1995)
- 第35号 ウィンドプロファイラーによる気象の観測法の研究 (気象衛星・観測システム研究部, 1995)  
Studies on Wind Profiler Techniques for the Measurements of Winds. (Meteorological Satellite and Observation System Research Department, 1995)

# 気象研究所

1946 (昭和21) 年 設立

所長：理博 山岸 米二郎

予報研究部 部長：大塚 伸  
気候研究部 部長：村木 彦磨  
台風研究部 部長：理博 吉住 禎夫  
物理気象研究部 部長：能美 武功  
応用気象研究部 部長：理博 花房 龍男  
気象衛星・観測  
システム研究部 部長：田中 豊顯  
地震火山研究部 部長：望月 英志  
海洋研究部 部長：周東 健三  
地球化学研究部 部長：理博 伏見 克彦

## 気象研究所技術報告

編集委員長：村木 彦磨

編集委員：加藤 政勝 内山 明博 森 一正  
深堀 正志 高 薮 出 廣 田 道夫  
吉川 澄夫 山中 吾郎 松枝 秀和  
事務局：熊谷 豊 西井 久人

気象研究所技術報告は、1978 (昭和53) 年の初刊以来、気象研究所が必要の都度発行する刊行物であり、原則として気象研究所職員及びその共同研究者による気象学、海洋学、地震学その他関連の地球科学に関する技術報告、資料報告および総合報告 (以下報告という) を掲載する。

気象研究所技術報告の編集は、編集委員会が行う。編集委員会は原稿の掲載の可否を判定する。

本誌に掲載された報告の著作権は気象研究所に帰属する。本誌に掲載された報告を引用する場合は、出所を明示すれば気象研究所の許諾を必要としない。本誌に掲載された報告の全部又は一部を複製、転載、翻訳、あるいはその他に利用する場合は気象研究所の許諾を得なければならない。個人が研究、学習、教育に使用する場合は、出所を明示すれば気象研究所の許諾を必要としない。

気象研究所技術報告 ISSN 0386-4049

第36号

平成9年3月31日 発行

編集兼 気象研究所  
発行者

〒305 茨城県つくば市長峰1-1

TEL. (0298) 53-8535

印刷所 株式会社エリート印刷

〒300-12 茨城県牛久市中央1-5-2