

# 環境放射線の変動要因に関する研究(II)

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)



平成 4 年 3 月

(財)原子力安全技術センター

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、限られた関係者だけに配布するものです。従って、その取扱いには十分注意を払って下さい。なお、この資料の供覧、複製、転載、引用等には事業団の承認が必要です。また今回の配布目的以外のことには使用しないよう注意してください。

This document is not intended for publication. No public reference nor disclosure to the third party should be made without prior written consent of Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

本資料についての問い合わせは下記に願います。

〒107 東京都港区赤坂1-9-13

動力炉・核燃料開発事業団

技術管理部 技術情報室

配布限定

PNC TJ1545 92-003

1992年3月

## 環境放射線の変動要因に関する研究（Ⅱ）

### 要　旨

本調査は、環境における自然放射線のレベルとその分布を把握する上で、地域的変動の大きな要因となっている地質・岩質に着目し、地質・岩石と放射線レベルの関連性について調査したものである。昨年度は環境における自然放射線のレベルおよび放射線と地質との関係について文献サーベイを主眼に行った。本年度は六甲山周辺における環境放射線の測定を行い、その結果をもとに、カーボーン測定データの分析、線量評価システムの作成および各種測定器の比較校正等の関係についての考察を行うとともに、トンネル内の地質と放射線強度の解析を試みた。また北上地区の岩石と放射線に関する調査結果の検討およびデータ管理方法の検討も行った。

なお、福井県衛生研究所による福井県地区での放射線量率と地質との関連および名古屋大学プラズマ研究所（現核融合研究所）の行った土岐地区調査の結果報告を得たので、付録として収録した。

※ 本報告書は（財）原子力安全技術センターが動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契約番号——030D0157

事業団担当者：中田 啓 安全部長

STUDY ON MAIN CAUSES OF CHANGES IN ENVIRONMENTAL  
RADIATION LEVELS ( II )

Masanobu Sakanoue \*

Abstract

This study was conducted to clarify the relation of geological and lithologic features with natural radiation levels with our eyes fixed on such features having been considered as main causes of regional changes in natural radiation levels in the course of grasping the level and distribution of natural radiation in the environment. Last year, survey was made mainly on the literature concerning the natural radiation levels in the environment and the relation of natural radition with geological features. In this year, enviromental radiation levels were measured in the peripheral region of Mt.Rokko. Based on the results obtained, analysis of carborn measuring data, establishment of dose evaluation system and consideration of the relation of various types of measuring instruments in terms of comparison, calibration, etc. were made together with trial analysis of geological features and radiation intensity in a tunnel. Moreover, investigations on the results of survey conducted on the rocks and radiation in Kitagami District and on the data management method were also made.

Furthermore, the report on the relation of radiation dose rate with geological features in Fukui Pref. from Fukui Prefectural Institute of Public Health and that on the results of survey made in Toki District by Institute of Plasma physics, Nagoya University (the present National Institute for Fusion Science) have come to hand and are included as an appendix in this report.

Work performed by Nuclear Safety Technology Center under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

PNC Liaison ---- Kei NAKATA, Safety Division

\* Professor emeritus, Kanazawa Univ.

## はじめに

原子力開発を進めるに当たって住民の理解を得ることが不可欠であるが、近年、放射線の危険性が過度に強調させている嫌いがある。国民線量評価の観点に立って放射線被ばくを理解する上で、さらに平常時および緊急時における原子力施設に由来する放射線影響を評価する上で、バックグラウンドとしての自然放射線の分布や特性等に関する知見・データの把握および線量評価が重要となる。

本研究では、バックグラウンド放射線の地域的変動の大きな要因となっている地質、岩質に着目し、地質と放射線レベルの関連性について調査、研究を行うものであり、ひいては国の環境放射能安全研究次期年次計画（平成3～7年度）において挙げられている「地質と環境放射線の関連性に関する研究」に資することとする。

当調査研究を遂行するために、当財原子力安全技術センターに「地質・環境放射線調査委員会」（委員長 阪上正信 金沢大学名誉教授）を設け、動力炉・核燃料開発事業団で過去ウラン資源探査を目的として車載型放射線測定装置（カーボーン）を用いて全国の放射線強度の分布を測定してきた技術やデータおよびその他のカーボーンデータを活用しつつ、昨年度に引き続き以下の調査研究を実施することとした。

### (1) 文献調査

平成2年度に調査した文献等をもとに記述内容の検討を行い、関係文献のデータベース化を図る。

### (2) カーボーン測定データの調査、分析

動燃その他のカーボーン測定データが活用可能な地域等の中から調査対象地域を選定し、その地域の地質、地形等による変動の要因を調査するとともに、全国規模にも展開する基礎として、ある地域の自然放射線レベルのマップを作成する。

### (3) カーボーン測定データの線量評価システムの調査・検討

過去および現在行われつつあるカーボーン測定データの線量への換算、評価を行うとともに、NaI(Tl)スペクトロメータを用いた線量評価システムの調査、検討も行う。

地質・環境放射線調査委員会  
委員名簿

委員長 阪上正信 金沢大学 名誉教授  
委員 辻本忠 京都大学 原子炉実験所 助教授  
占部逸正 福山大学 工学部電子電気工学科 助教授  
坂巻幸雄 工業技術院 地質調査所 地質標本館 主任研究官  
土井和巳 応用地質(株) 技師長  
上杉正樹 (財)日本分析センター データ管理部 調査役  
平野正敦 動力炉・核燃料開発事業団 安全部 安全研究課長  
和田洋明 動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所 技術開発課 担当役  
永崎靖志 動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所 技術開発課  
鳥居建男 動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター 安全管理部  
放射線管理課 係長  
オザバー 山崎真一 動力炉・核燃料開発事業団 環境技術開発推進本部  
地層科学研究グループ 主査  
相馬丞 動力炉・核燃料開発事業団 安全部 安全研究課  
本委託研究の実施担当者  
粕川博信 (財)原子力安全技術センター 研究調査部 参事  
仲摩浩一 (財)原子力安全技術センター 研究調査部 研究調査課

## 目 次

1. 環境放射線の調査データの比較とその問題点について .....	1
1.1 放射線測定法等の比較 .....	1
1.2 土壤中放射性核種濃度と放射線強度 .....	3
2. 宝塚一六甲山周辺における環境放射能測定について .....	5
2.1 はじめに .....	5
2.2 地質概況 .....	5
2.3 測定方法 .....	6
2.4 測定ルート .....	6
2.5 動燃測定車による測定結果の概要 .....	6
2.6 4" $\phi \times 4"$ 検出器によるカーボーン結果との対比 .....	7
3. カーボーン車による測定値の照射線量率への換算 .....	17
3.1 はじめに .....	17
3.2 空間ガンマ線による照射線量率測定器の精度 .....	17
3.3 動燃カーボーン車および 4" $\phi \times 4"$ NaI 検出器車載時の 感度の方向依存性等 .....	18
3.4 宝塚一六甲山系における同時測定 .....	18
3.5 計数率対照射線量率換算関係 .....	21
3.6 おわりに .....	22
4. 主としてトンネル内のカーボーン測定結果と地質との対比 .....	36
5. 大都市環境と環境放射線 .....	50
5.1 はじめに .....	50
5.2 建物の影響圏の判定 .....	50
5.3 石材の放射線強度 .....	50
5.4 フィールドでの事例 .....	51
5.5 今後の展開 .....	51
6. カーボーン・データ収録 .....	56
7. 北上山地南部の岩石とその放射能 .....	65
7.1 序 .....	65

7.2	調査結果	65
7.3	結論	73
7.4	謝辞	74
7.5	付記	74
8.	データ管理方法	90
8.1	はじめに	90
8.2	必要の情報	90
8.3	文献データの管理	90
8.4	測定データの管理	92
8.5	システム開発	96
9.	空間ガンマ線測定結果	105
10.	文献データベースの検討・整備	118
10.1	文献データベースの特徴	118
10.2	データベースの整備／検討	119
10.3	次年度以降の計画	120
11.	線量評価システムについて	123
12.	むすび（目的、成果、今後の課題）	134

## 付録

1.	福井県における放射線線量率—地質と線量—	137
2.	土岐地区の環境放射能の測定	163

# 1. 環境放射線の調査データの比較とその問題点について

環境放射線の研究はいろいろな目的により行われている。そのため測定対象および測定方法等が異なる。そこで、いろいろの人達による測定データを比較する場合、測定器および測定方法等をよく理解しておかなければならない。そこで、いろいろな人達の測定データを比較検討する場合に問題になると思われることについて考察する。

## 1.1 放射線の測定法等の比較

### (1) 検出器の違い

環境放射線の測定に使われている検出器には、線量率を連続測定するものにシンチレーション方式と電離箱方式がある。積算線量の測定にはTLD が多く用いられている。核種別分離測定としてはNaI(Tl) シンチレーション検出器およびGe半導体検出器が用いられている。シンチレーション検出器および電離箱検出器に対するエネルギー依存性は大きく異なる。空気吸収線量に対しては、電離箱検出器がよく、シンチレーション検出器は非常に悪い。そこでDBM(discrimination bias modulation) 方式にしたり、特殊遮蔽体を用いてエネルギー特性を良くしている。ところが、このようにすることにより全体の感度は悪くなっている。フォールアウトの地表沈着を目的とした科学技術庁方式はエネルギー依存性を犠牲にして、Cs-137 (0.6616MeV) に対して感度を良くするようになっている。そのためDBM 方式および特殊遮蔽体方式に比べて感度は高いが、測定値は過大評価になる恐れはある。電離箱方式は環境放射線を測定するには感度が悪い。そこで、電離箱を加圧にしたり、電離箱内に特殊ガスを封入したりする。この場合、エネルギー依存性が悪くなるので電離箱の材質をいろいろ工夫している。電離箱方式は宇宙線成分までも有意に検出するが、シンチレーション方式は宇宙線成分に対しては感度は非常に悪くなる。TLD に対しても宇宙線の感度はあまり良くない。Ge半導体検出器は宇宙線成分をカットして核種別に評価する。

検出器の大きさによっても感度は著しく異なる。一般に電離箱方式の場合は8～14リットルで2.5～25気圧のものが多い。また、NaI(Tl) シンチレーション検出器の場合、一般には2"  $\phi \times 2"$  のものが多いが、3"  $\phi \times 3"$  あるいはそれ以上のものを用いている場合もある。

## (2) 測定法の違い

測定器によっては、検出器の上部を鉛等で遮蔽して宇宙線をカットし terrestrial  $\gamma$  線のみを検出できるようになっているものや、検出部下部を鉛等で遮蔽して原子力発電所のスタックより放出する放射性雲からの放射線を検出できるようになっているものがある。（TLD の場合素子を鉛レンガの上に設置したり、モニタリングポストによっては検出器の下部が遮蔽されているものがある）。核種別分離測定の場合、直接線のみの評価と散乱線を含むものとがある。NaI(Tl) シンチレーション検出器の場合、直接線と散乱線を分離測定している。Ge半導体検出器の場合直接線のみを測定し、計算により散乱成分を算出している。またG関数により線量率に変換する方法も用いられている。

連続測定の場合、多量のデータを平均して評価するため、非常に精度の高い測定となる。積算線量の場合はTLD 素子を5～6本使用し、その平均値をもとに評価する。定点測定の場合、測定点は人により荒らされていない場所で、今後も荒らされる恐れのない場所を選ぶ必要がある。そのため、必然的にお寺、神社、学校となる。しかしこれらの場所は盛土および整地された所で、必ずしもその地区の代表地点でないかもしれません。

カーボーンの場合、道路上を走るので、道路からの寄与分の放射線を多く測ることになる。また道路の両側には建物、山、谷があり、測定に著しく影響を与える。また車自身の遮蔽効果がある。マンボーンの場合は人の入れる所しか計れない。また、崖および岩石に密着して計ることが多い。さらに、定点測定の場合、その周辺環境が変化することもある。例えば測定点周辺の水田に水が満たされたり、山がカットされたりして、常に一定とは限らない。また、季節によっても、気象変動によっても環境放射線のレベルは変動する。さらに検出器の位置（地表からの高さ）によっても測定値が異なる。一般には地上1mの高さに設定することが多いが、なかには80cmまたは1.2 mの高さの所で測定することもある（なかには地表面および岩石に密着させる場合もある）。

## (3) 放射線の単位の違い

測定器の指示単位は cpm・cps、 $\mu\text{R}/\text{h}$ 、nGy/h、 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 等で表示されている。これらを比較する場合、nGy/h または  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ に換算する必要がある。環境の自然放射線を表すためにはnGy/h で示し、人体に対する被曝評価について表す場合には $\mu\text{Sv}/\text{h}$ を

$\text{mSv/y}$  に換算して示すことになる。 $\text{cps} \cdot \text{cpm}$  より  $\mu\text{Gy/h}$  および  $\mu\text{Sv/h}$  に変換するにはエネルギー依存性が問題になる。 $\mu\text{R/h}$  より  $\mu\text{Gy/h}$  に変換するには 8.73 を掛ける必要がある。 $\text{nGy/h}$  より  $\mu\text{Sv/h}$  に変換するには換算係数を使用することになるが、この換算係数はエネルギーによって異なった値となる。

#### (4) 測定目的の違い

過去のわが国における環境放射線測定の主なものを表 1.1 にまとめた。ウラン鉱探査はウラン鉱床発見を目的にしているので、測定は山岳地帯の花崗岩の分布地帯を広範囲に調査される。そのため、測定精度は少しくらい悪くてもよい。それに対して国民線量を目的とした測定は人口の多い都会が多くなり、都会の道路は舗装されており、建物が密集し、測定結果に影響を与える。また生活に密着した場所での測定、例えば飛行機の中および新幹線の中での測定も多く行われているが、測定器の位置および測定方法によっても値が変わってくるものと思う。科学技術庁の実施しているフォールアウトの調査を目的としたものは、できるだけ芝地の広い場所を選んで測定されている。

原子力発電所が実施するモニタリングは原子炉周辺を主として行い、放出管理の目的により実施されている。これに対して、原子炉発電所の立地県は原子力発電所周辺の住民の安全を目的に実施している。そのため、村、部落などの地域について重点的に行われている。

これらとは別に地球化学的な研究目的に行われているものがある。これらは放射線の非常に高い場所などの特異点について行われるものや、環境放射能の動態研究を目的として行われている。これらは、非常に精度の高い測定が行われている。

## 1.2 土壤中放射性核種濃度と放射線強度

#### (1) 換算式について

地表面土壤中  $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$  の濃度から 1 m の高さにおける空気吸収線量率を求める式は 1988 年 UNSCEAR によって求められている。しかし、恵および小川氏等の研究によれば必ず良い一致をみていない。<sup>1)</sup> 恵氏等は簡易な換算式を算出している。

#### (2) 土壤中粒度について

土壤中の放射能濃度は粒度によって異なる。そのため、土壤中の放射能濃度より空気吸収線量率を算出する場合、どの位の粒度についての値であるかが問題になる。

(3) 土壤中の水分量について

土壤中の水分量によって1mの高さにおける空気吸収線量率は異なる。そのため、土壤中の放射性濃度の測定時の水分量がわからなければ、正確な空気吸収線量率は計算できない。

参考文献

- 1) K. MEGUMI et al: A Study on Natural "Absorbed Dose Rate in Air(Using TLDs) and Concentration of Natural Radionuclides in Soil in All Area of the Osaka Prof." Hoken Buturi, 26, pp109-116(1991)

表1.1 過去のわが国における環境放射線の主な測定

測定者	目的	場所	測定方法	記号
動力炉・核燃料開発事業団	ウラン鉱探査	山岳地帯	移動測定 (カーボーン・マンボーン) NaI(Tl) 検出器	P
放射線医学総合研究所	国民線量	都市部 (778地点) (1127箇所)	定点測定 NaI・電離箱 サーベイメータ	R
科学技術庁	フォールアウトの調査	各都道府県 (14都道府県) (1958地点)	定点測定 NaI科学技術庁方式(連続) 定置式(連続)	T
原子力発電所	放出量の管理	原子力発電所周辺	定点測定 TLD(3か月) NaI・DBM、電離箱方式(連続) 環境放射線モニタリング指針	A
原発府県	放出量の監視	原子力発電所周辺	定点測定 TLD(3か月) NaI・DBM、電離箱方式(連続) 環境放射線モニタリング指針	L
地質調査所	ウラン探査	山岳地帯	移動測定、NaI(Tl) 検出器	G
日本原子力研究所 (森内、長岡他)	国民線量	東京都	移動測定 NaI(DBM) サーベイメータ	J
理化学研究所 (岡野真二)	国民線量	飛行機内 新幹線内等	移動測定 NaI(DBM) サーベイメータ	C
金沢大学関連 (阪上正信)	国民線量	道路上	移動測定 NaI サーベイメータ	S
京都大学原子炉実験所 (辻本、占部)	国民線量	道路上	移動測定 NaI サーベイメータ	K
福井県衛生研究所 (高山裕美)	国民線量	道路上	移動測定 NaI サーベイメータ	F

## 2. 宝塚－六甲山周辺における環境放射能測定について

### 2.1 はじめに

地質・環境放射線調査委員会では、動燃4チャンネルカーボーン車および4"  $\phi \times 4"$  検出器乗用車車載により得られる計数率から照射線量率を得るための換算係数決定の際の問題点を検討することを目的に、平成3年12月5日・6日の両日、図2.1に示す兵庫県宝塚－六甲山周辺において測定を行った。その地域の地質図を図2.2に示す。

測定の実施項目は以下の通り。

- ① カーボーン車の感度の方向依存性、
- ② 地質・地形の相違による換算係数の広がり、
- ③ 換算係数の総合的誤差評価の基礎データの取得、
- ④ 主要道路、各有料道路等におけるカーボーン測定。

このうち、①～③については後章で報告されているので、本章では同地域内の④主要道路、各有料道路等におけるカーボーン測定結果を図2.3～2.6に示し、考察を行った。

また、参考資料としてトンネル内での地質の変化をカーボーン測定によって、明確に捉えた例として、中央自動車道路の恵那山トンネルと長野県の三才山トンネルのカーボーンチャートを図2.7に添付し、図2.8に地質状況との変化の対応を恵那山トンネルについて示した。

### 2.2 地質概況

図2.2に示すように本地域の基盤は、花崗岩類、有馬層群（流紋岩類～流紋岩質凝灰岩、角礫凝灰岩）および部分的に分布する古生層より成る。これら基盤岩類と不整合、あるいは断層で新第三紀中新世の神戸層群（泥岩、砂岩、礫岩および凝灰岩より成る）が接している。

さらに、これを覆って鮮新～更新世の大坂層群（粘土、砂、礫）が六甲山地、三田盆地等に分布する。

なお、六甲山地周辺は大小数多くの断層系が見られ、E-W、NE-SW方向のものが卓越している。

## 2.3 測定方法

計数率の測定に際しては、動燃4チャンネルカーボーン車と4"  $\phi \times 4"$  NaI(Tl) 検出器を乗用車後部座席の後方に車載した車を用いた。

なお、動燃カーボーン車の測定システム等は以下の通り。

動燃4チャンネルカーボーン車の測定システムは、5"  $\phi \times 5"$  NaI(Tl) 検出器を12本積載している。測定エネルギー幅としては、0.1MeV～3.0MeVである。

測定に当っては、あらかじめ設定された測定ルートを、平均速度40～50km/h程度で走行する。なお、測定ルート上の計数率が表されるレコーダのチャートスピードは、200m/1cmに設定されている。

## 2.4 測定ルート

測定ルートの設定に当っては、地質・地形の相違による換算係数の広がりのデータを合わせて取得する必要があることから、図2.1に示す下記の6ルートを選定した。

- (1) 宝塚市～盤滝トンネル内退避所（測定距離：9km）
- (2) 盤滝トンネル内退避所～モトクロス場・白水峡（測定距離：3.4km）
- (3) モトクロス場・白水峡～展望台（測定距離：8.5km）
- (4) 展望台～一軒茶屋（測定距離：4.2km）
- (5) 一軒茶屋～極楽茶屋手前（測定距離：1.9km）
- (6) 極楽茶屋手前～灘大橋（測定距離：40.5km）

なお、当日の天候は曇りであった。

## 2.5 動燃測定車による測定結果の概要

- (1) 各々の測定ルートにおける平均的な計数率は、トンネル内や橋上を除くと、おおむね10,000cps前後である。これは、3.5節で述べる計数率対照射線量率換算関係から推定すると、約7 $\mu$ R/hとなる。
- (2) 同様に各トンネルを推定すると、表2.1となる。

表2.1 各トンネルにおける計数率対照射線量率換算関係

トンネル名	最大計数率	換算照射線量率
盤滝トンネル	15, 000 cps	13 $\mu$ R/h
有馬トンネル	16, 500 cps	15 $\mu$ R/h
芦有トンネル	14, 500 cps	13 $\mu$ R/h
六甲トンネル	14, 500 cps	13 $\mu$ R/h
新湯洞トンネル	13, 000 cps	11 $\mu$ R/h
六甲山トンネル	11, 000 cps	8 $\mu$ R/h
唐櫃トンネル	15, 000 cps	13 $\mu$ R/h
有野第1トンネル	15, 500 cps	14 $\mu$ R/h
有野第2トンネル	14, 000 cps	12 $\mu$ R/h
新第2神戸トンネル	15, 000 cps	13 $\mu$ R/h
*灘大橋(参考)	7, 374 cps	3 $\mu$ R/h

(3) 速度変化による計数率の変動状況を、極楽茶屋手前～灘大橋ルートの14.4Km～19.6 Km(唐櫃トンネル～有野第2トンネルの往復)において実施した。往路を30km/h平均、復路を70km/h平均で測定した結果、両者の間には、良好な関係が示されており、速度変化に対応した補正は特に必要ではない。

(4) 測定ルート全般に、花崗岩による組石(道路の擁壁、家屋の基礎等)が施されており、このような場所においては、このための計数率の増加が認められる。

## 2.6 4" $\phi \times 4"$ 検出器によるカーボーン結果との対比

図2.3～2.6(A～G)および図2.7に示したように動燃カーボーン等により測定されたレベル変動と4"  $\phi \times 4"$  NaI(Tl)検出器車載による結果はよく対応する。添記された数字は、4チャンネル波高選別による計数率を示す。上段より $\gamma$ 線エネルギー約0.5MeV以上、約1.5～3MeV、約3MeV以上、約10MeV以上に対応する。

図 2.1 宝塚・六甲山周辺におけるカーボーン調査  
平成 3 年 12 月 6 日

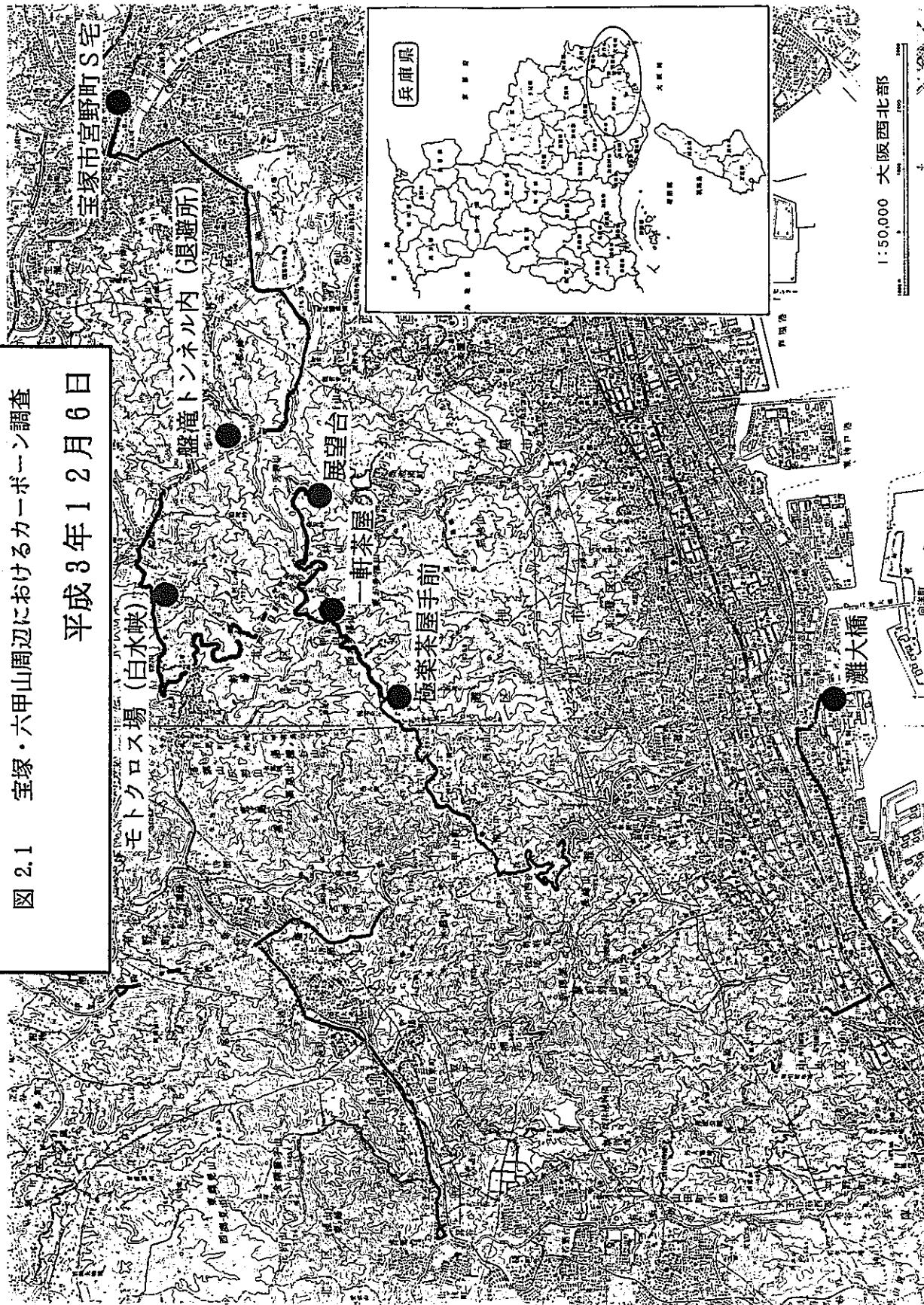




図 2.2 六甲山地区調査ルート地質図（別紙）

凡　例

略号	色調	岩体・地層名
R e	極淡黄色	埋立地
B	淡黄色	自然堤防
A 1	白色	沖積層
T	水色	中・低位段丘層（面）<細分省略>
T h	紫褐色	高位段丘層（面）
O	黄・黄褐色	大阪層群 <細分省略>
K a	暗紫褐色	甲山安山岩
K	淡綠・綠色	神戸層群 <細分省略>
K r	肌色	金剛童子流紋岩
R g	赤色	六甲花崗岩
D q	赤褐色	土橋石英閃綠岩
A r	橙色	有馬層群
N g	暗赤色	布引花崗閃綠岩
P a	暗灰綠色	中・古生層

- 静止測定点
- 進行方向
- 測定コース（地表部）
- 同 (隧道部)

<藤田 和夫 他(1976)：神戸市及び隣接地域地質図－第3版に加筆>

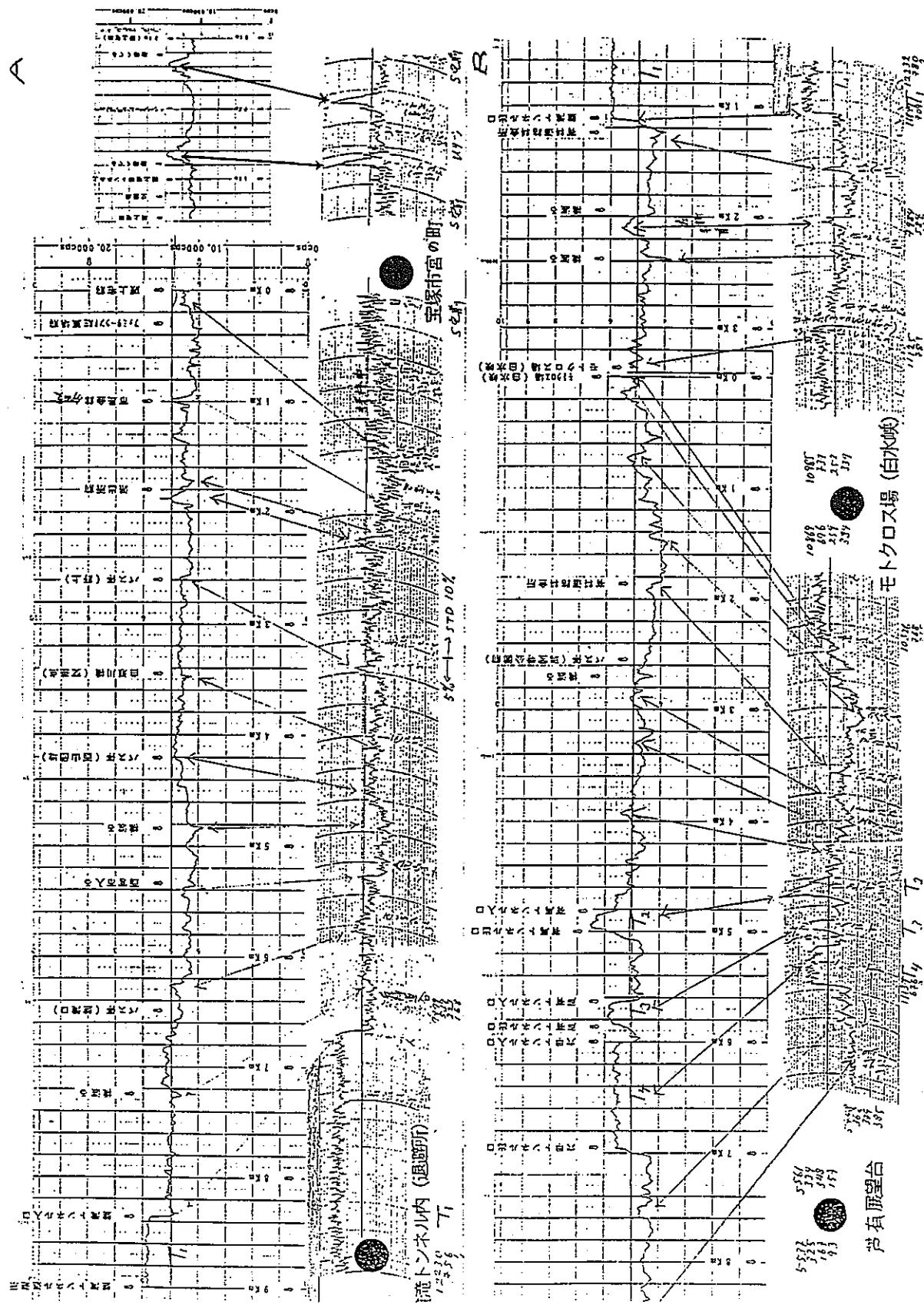


図 2.3

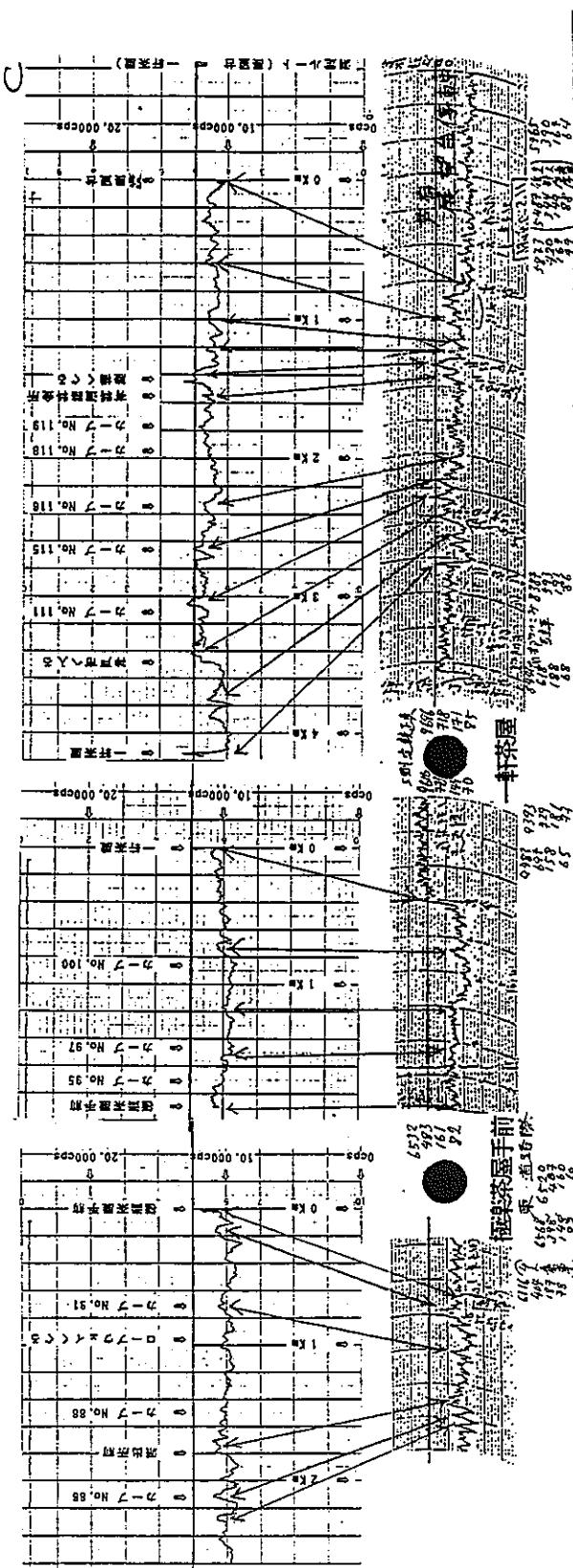
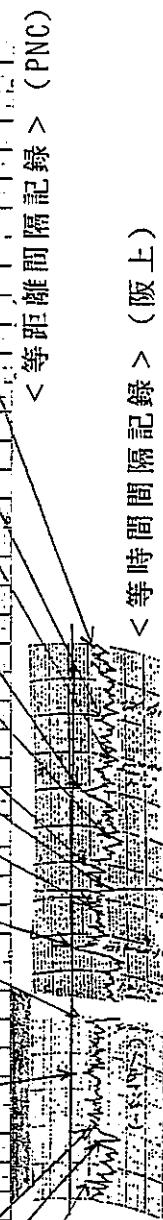


図 2.4

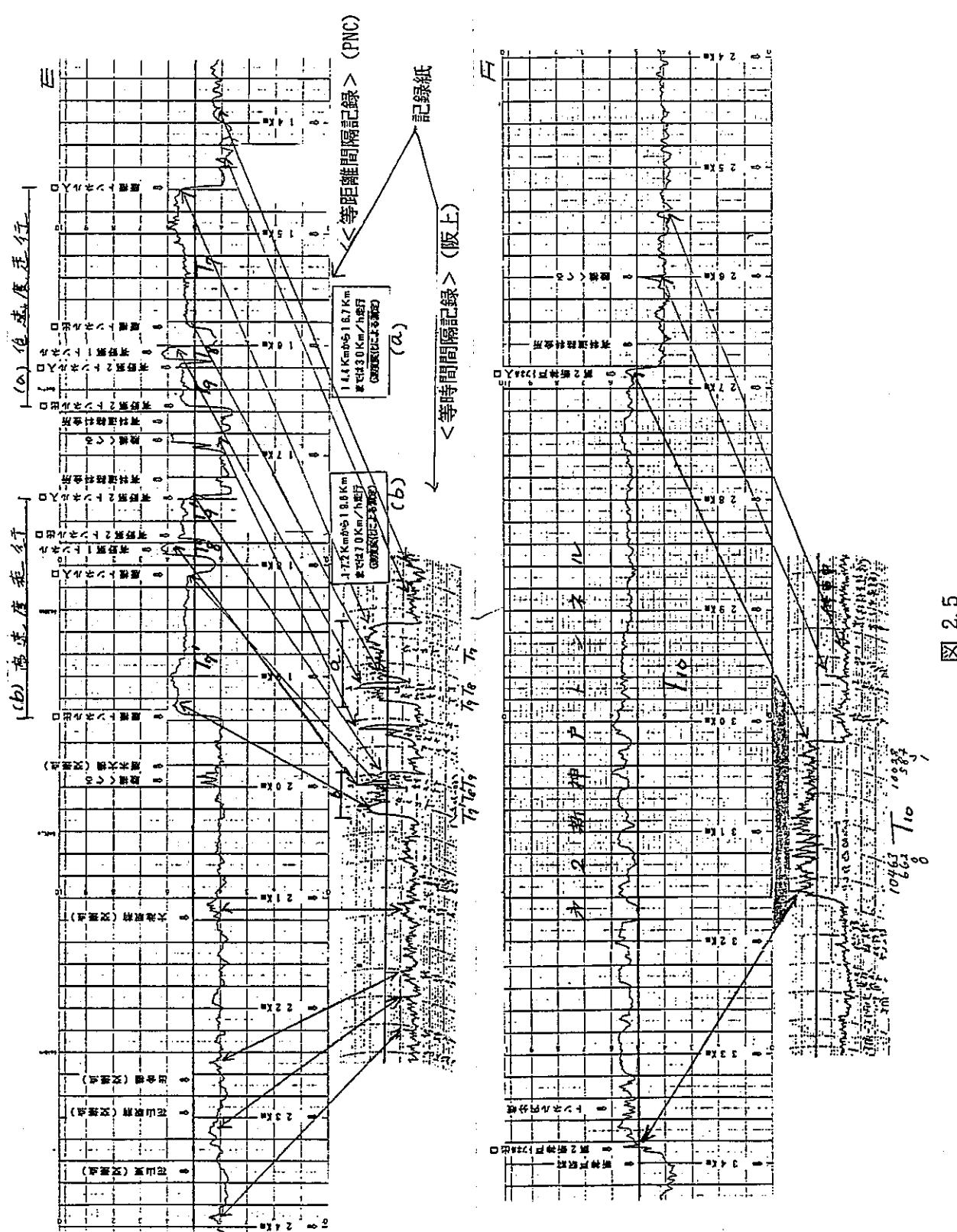
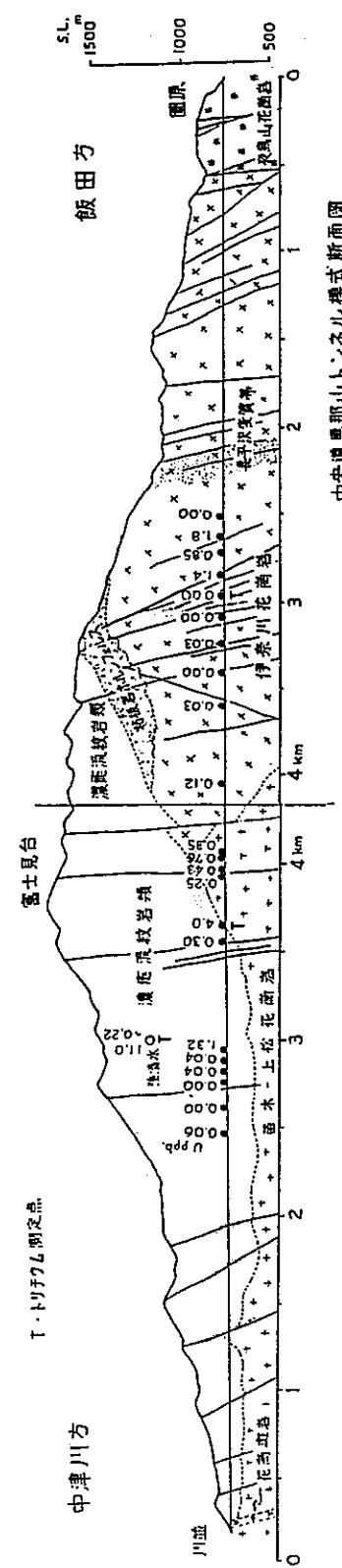
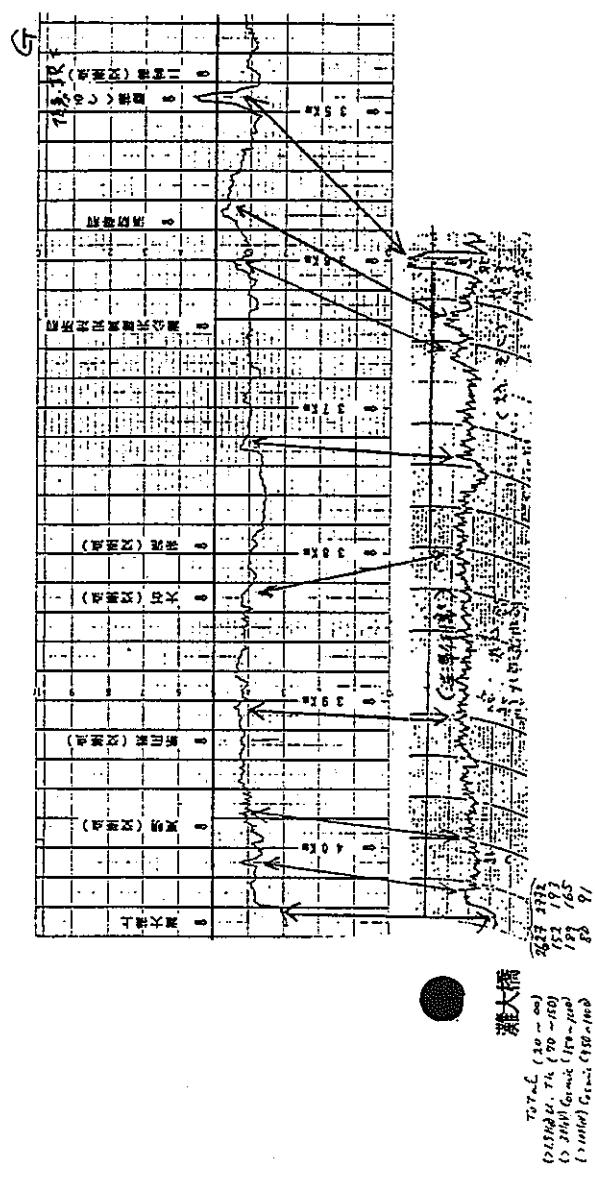


図 2.5



Geod. Surv. of Japan

カーボンデータは「」にあり

図 2.6

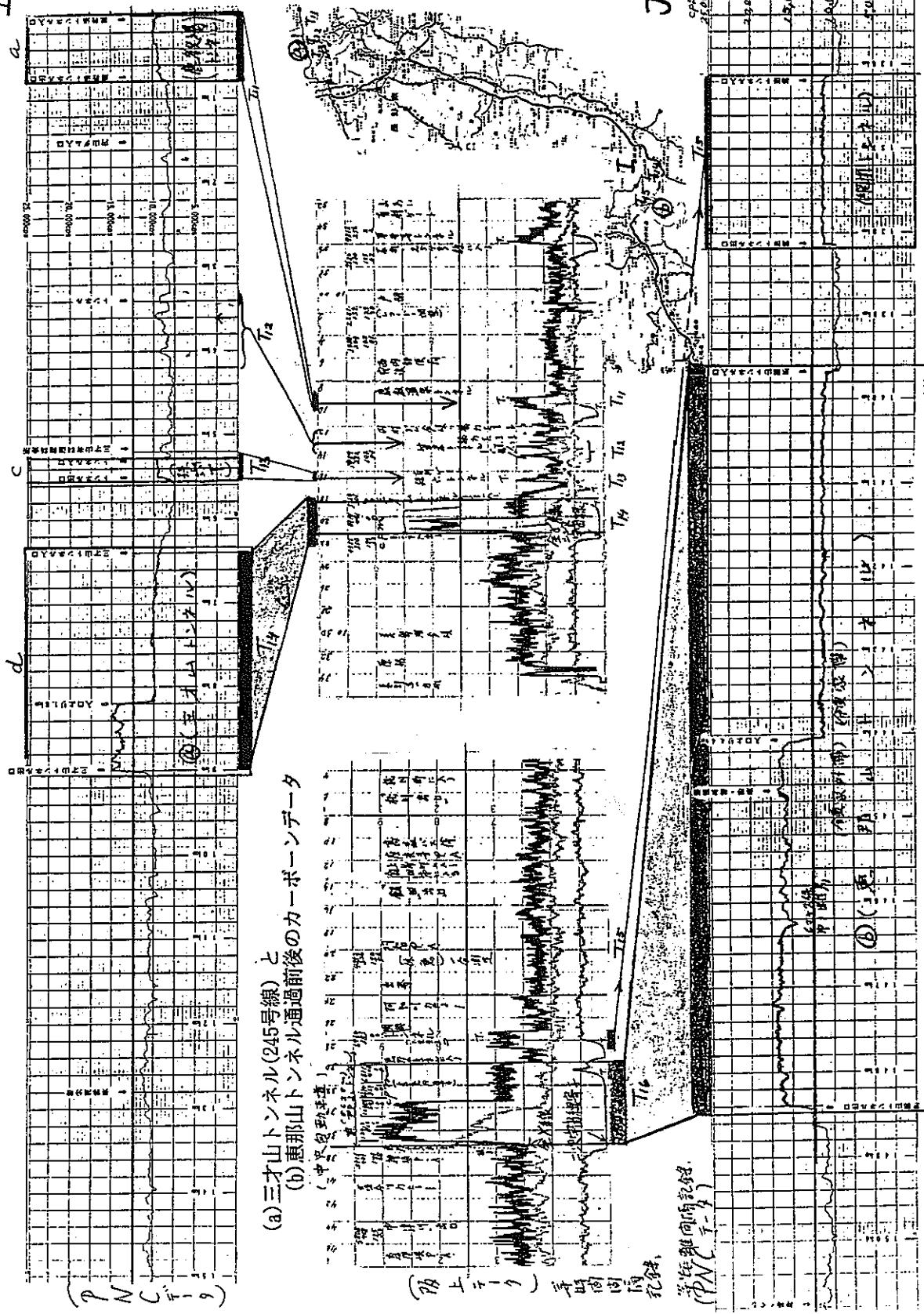
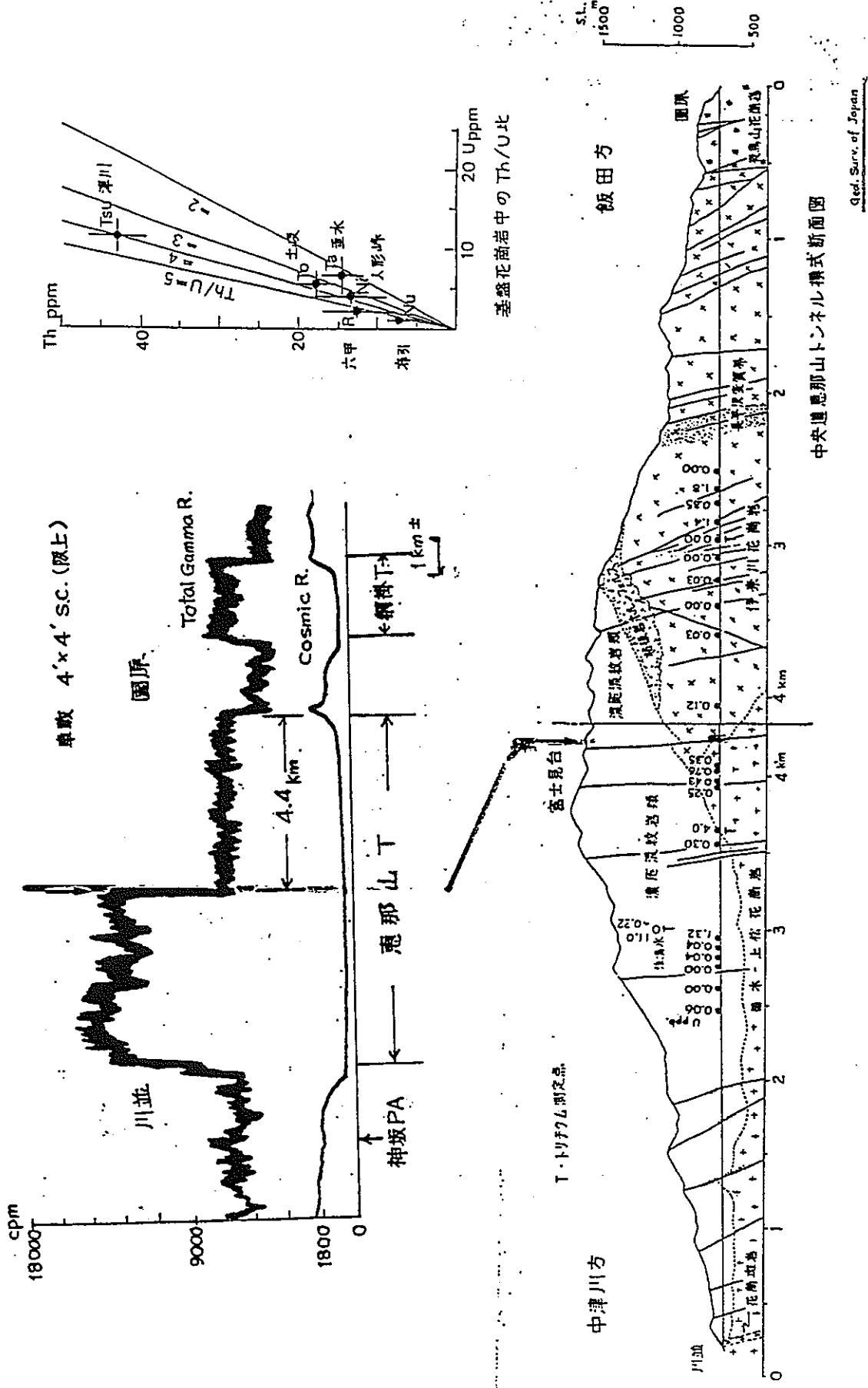


図 2.7



### 3. カーボーン車による測定値の照射線量率への換算

#### 3.1 はじめに

現在動力炉・核燃料開発事業団で使用されている4チャンネルカーボーン車（以後動燃カーボーン車と呼ぶ）で空間ガンマ線による照射線量率の評価が可能になれば、過去に他のカーボーン車で調査された地域を再測定することにより、これまでの多くの調査データと照射線量率とを関連付けることが可能となる。ここでは、宝塚一六甲山系において動燃カーボーン車、4インチ4インチカーボーン車（以後4インチカーボーン車と呼ぶ）および京大炉の空間ガンマ線測定器による同時測定を行い、これらのカーボーン車の計数率対照射線量率換算関係の決定を試みたので報告する。

#### 3.2 空間ガンマ線による照射線量率測定器の精度

動燃カーボーン車および4インチカーボーン車の計数率とその場の照射線量率との関係を知るための基準測定器として京大炉の3"φ球型NaI(Tl)スペクトロメータ（以後NaIスペクトロメータと呼ぶ）および4気圧アルゴン電離箱（以後アルゴン電離箱と呼ぶ）を使用した。京大炉で実施されたそれぞれの検出器の線源校正の結果を図3.1、図3.2に示す。図3.1には電子技術総合研究所で値付けされた1mでの照射線量率とNaIスペクトロメータによって得られた照射線量率の関係を示している。直線は線源強度から期待される照射線量率を示す。データは少ないが、線量率の高いところで直線との相違が著しくなる傾向が見られる。このずれの大きさは照射線量率の7%程度に相当しており、線源強度のみならずガンマ線エネルギー分布などにも起因していると思われる。しかしこまでの経験を考慮すると宝塚一六甲山系における空間ガンマ線の測定の際に生じた誤差は最大でも今回得られた7%以下と考えられる。

図3.2にはアルゴン電離箱の校正結果を示す。線源には<sup>226</sup>Raを使用し、線源-検出器間距離を1～3mの範囲で変化させた結果を示す。1mにおける照射線量率は電子技術総合研究所で値付けされた83.9μR/hに近い値となっており、校正定数はほぼ1と考えられる。ただし、この電離箱は高線量率場での使用を意図して製作されていることから電子回路系の特性等に起因して~1μR/h程度の誤差は十分考えられる。

### 3.3 動燃カーボーン車の感度の方向依存性

カーボーン車の測定値から照射線量率を推定するには、得られる測定値がガンマ線の入射方向依存性を示さないほど良好な測定結果を与える。代表的なガンマ線の入射方向として、車の後方からと側方から照射した場合のカーボーン車の計数率の変化を調べた。照射はカーボーン車内の後方で12個のNaI 検出器のほぼ中央にNaI スペクトロメータを置き、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{226}\text{Ra}$  線源を地上約1 m、検出器の中心から約2 mに置き実施した。表3.1に感度の方向依存性の検討結果を示す。

表3.1 動燃カーボーン車で得られる計数率の方向依存性

入射方向	計数率 (c p s)	
	$^{60}\text{Co}$	$^{226}\text{Ra}$
後方	3 0 4 4	1 1 7 9 9
側方	3 4 3 6	1 3 1 0 2
後／側	1. 1 3	1. 1 1

表の結果から側方では感度が10%程度高くなっているが、これは動燃カーボーン車内に固定された12個のNaI検出器の配置条件によるものと思われる。しかし、動燃カーボーン車の感度の方向依存性と自然環境における空間ガンマ線の方向分布を考慮すると、ある地点（ある照射線量率を示す場所）でカーボーン車により得られる計数率の方向の相違による計数率の違いは12%以下になるものと推定できる。

また4インチ4インチカーボーン車の感度の方向依存性および車内外測定の比較については図3.7にその結果を示した。

### 3.4 宝塚－六甲山系における同時測定

測定は宝塚市から六甲山系を経由して六甲アイランドに至る行程で実施した。測定点は前章の図2.1に示したように特に地形と空間線量率の相違を考慮して選定した。測定点のうち、同時測定の可能であった8ヵ所の写真を写真1～写真8に示す。写真に明ら

かなように測定点としては比較的平坦な場所やトンネル、片側が谷になっている道路など線源分布が多様になるよう選定されている。京大炉のNaI スペクトロメータおよびアルゴン電離箱による測定結果を表3.2に示す。表の第1欄に測定点を示し、第2欄、第3欄にそれぞれNaI および電離箱の結果を示した。測定結果から宝塚市—六甲山系における照射線量率は  $6\sim12 \mu R/h$  に分布することが分かる。

表3.2 宝塚—六甲山系におけるNaIスペクトロメータおよびアルゴン電離箱による空間ガンマ線の測定結果。

測定点	3" $\phi$ Na I	A r 電離箱
a 阪急会館駐車場	7. 77 $\mu R/h$	12. 0 $\mu R/h$
b 宝塚市宮の町S宅	8. 31	13. 5
c 宮の町池田線国道下*	14. 68	22. 3
d 盤滝トンネル内	11. 49	14. 1
e 白水峡モトクロス場	11. 86	17. 0
f 芦有展望台	7. 15	11. 5
g 一軒茶屋駐車場	10. 46	16. 5
h 極楽茶屋東道路際	6. 68	11. 3
i 灘大橋上	3. 57	6. 5

\*) 陸橋下で照射線量率の場所による相違が著しい。

NaI スペクトロメータおよびアルゴン電離箱による測定値の相関関係を図3.3に示す。図中の直線はガンマ線線量率と、これに海上における宇宙線線量率相当値 ( $3.3 \mu R/h$ ) を加えたアルゴン電離箱の予想線量率との関係を示したものである。NaI とアルゴン電離箱による測定値の差は大きくバラ付いているが、d点の盤滝トンネルでは宇宙線線量率は小さく観測され、その他の点では測定点の高度の相違により海面レベルで予想される照射線量率より幾分大きめに観測されている（宇宙線の電離強度は1,000 m上空に行くと約30%大きくなる）。このことは、カーボーン車に積載されたNaI 検出器のような

計数率計の校正を電離箱を使用して平地と異なる測定点で実施すると、考慮すべき要因が増え誤差が増大することを示すものである。

表3.2のうちa点（阪急会館駐車場）、c点（宮の町池田線国道下）を除いた測定点の動燃カーボーン車および4インチカーボーン車による測定結果を表3.3に示す。動燃カーボーン車では<sup>40</sup>K(1.46MeV)、<sup>214</sup>Bi(1.76MeV)、<sup>208</sup>Tl(2.61MeV)のそれぞれのガンマ線のピーク計数率と全計数率を示した。第6欄の全計数率は1秒当りの計数を示した。また第7欄には4インチカーボーン車による測定結果を示した。

表3.3 動燃カーボーン車および4インチカーボーン車による  
空間ガンマ線測定結果  
計測時間：20秒、繰回数：5回

地点名	動燃カーボーン車					4インチ カーボーン車
	K (c/20s)	Bi (c/20s)	Tl (c/20s)	全計数値 平均値 (c/20s)	全計数値 平均値 (c/s)	
b 宝塚市宮の町 S宅	5,223	809	939	221,407	11,070	7,850
d 盤滝トンネル 内	7,326	822	1,643	292,562	14,628	12,230
e 白水峡モトクロス場	7,010	1,046	1,451	269,348	13,467	10,869
f 芦有展望台	3,825	697	768	204,970	10,248	5,765
g 一軒茶屋駐車場	5,273	1,019	1,468	244,329	12,216	9,483
h 極楽茶屋東道 路際	4,830	644	906	209,062	10,453	6,532
i 灘大橋上	1,682	344	315	147,497	7,374	2,627

### 3.5 計数率対照射線量率換算関係

図3.4に各測定点における照射線量率と代表的な放射性核種によるピーク計数率の関係を示した。図では横軸に照射線量率、縦軸にピーク計数率を示した。図中の●は<sup>40</sup>K、△は<sup>214</sup>Bi、□は<sup>208</sup>Tlとの関係を示している。△および□で表されたデータの目盛りは右側に示した。表3.4にそれぞれ成分ごとに回帰直線の式および相関係数を示す。回帰直線の式でE<sub>x</sub>は照射線量率(μR/h)を示す。

表3.4 <sup>40</sup>K, <sup>214</sup>Bi, <sup>208</sup>Tlのピーク計数率と照射線量率の関係

核種	回帰直線の式	相関係数
K	606.1 · E <sub>x</sub> - 129.8	0.946
Bi	74.5 · E <sub>x</sub> + 134.9	0.929
Tl	153.6 · E <sub>x</sub> - 236.9	0.972

これらの結果から、各成分の計数率と照射線量率は相関係数が0.9以上で高い相関関係にあることがわかる。各成分の回帰直線の式では、<sup>40</sup>Kの場合原点に一番近いところを通り、<sup>208</sup>Tlの場合原点からはマイナス側に外れる傾向が著しい。これは照射線量率の低いところのデータが少ないために生じた偏りとも思われるが、各測定点におけるそれぞれの放射性核種の照射線量率への寄与率が場所により異なることを示している。

一方、全計数率対照射線量率の関係を図3.5に示す。図に示された回帰直線は

$$E_x = 1.29 \times 10^{-3} \cdot [T (\text{cps}) - 4791 (\text{cps})]$$

と表される。この式で照射線量率がゼロの場合の計数率4,791cpsは、検出器の校正のために内蔵されている<sup>137</sup>Csに起因したものである。また図3.5でd点の盤滝トンネル内の計数率が他の測定点に比べ大きくなる傾向が著しいことがわかる。これはカーボン車の上部の感度が車による遮蔽効果が少ないと他と異なる可能性を示唆している。また図3.5の結果では相関係数が

$$\gamma = 0.972$$

となっており、極めて良好な結果となっている。このことは空間放射線のエネルギー分布や方向分布が変化しても照射線量率当りの計数率に与える影響が相対的にはそれほど大きくないことを示している。図3.5の回帰直線と測定値は、線量率、地形、車の方向などの条件が異なる環境での計数率対照射線量率換算に伴う誤差を総合的に表しており、ある照射線量率で期待される計数率と実際の計数率との差異は約10%程度と推定される。

次に4インチカーボーン車で得られた計数率と照射線量率の関係を図3.6に示す。図中の黒丸は測定値を示し、実線はその回帰直線を示す。回帰直線は

$$E_x = 9.34 \times 10^{-4} \cdot (T \text{ (cpm)} + 1220 \text{ (cpm)})$$

の関係で表され、図3.5の場合と同様d点における計数率が直線から外れているのは、上部の感度が車による遮蔽効果が少ないと想定される。また照射線量率ゼロの場合の計数率-1220cpmは、検出器の信号の一部をディスクリで除去していることに起因するものと思われる。図には破線で平成3年度報告書の結果を比較のため示した。図で明かな今回の測定値との相違は、①前回の結果がモニタリングポストの測定値を用いていること、②カーボーン車内外と検出器設置条件が今回と異なることなどに起因していると考えられる。今後は条件設定に留意し今回の結果を使用することにより再現性の高い結果が得られるものと思われる。

なお、図3.6の円形カラー表示による線量範囲の区分は次章に述べる図示に対応するものである。

### 3.6 おわりに

動燃カーボーン車によって得られる計数率情報から照射線量率を得るための換算関係を検討した結果、以下の事柄が明らかとなった。

- (1) 高度差のあるところでの基準測定器としてはNaI 検出器の方が電離箱より優れること。今回の測定では5~7%の誤差以内の測定になっている。

(2) 動燃カーボーン車の感度は後方と測方で10%程度異なるが、空間ガンマ線の方向分布を考慮すると感度の相違による測定誤差はこれ以下になるものと思われる。

(3) 放射性核種成分別の計数率と照射線量率の関係はバラつきが大きいが、全計数率では比較的小さくなり相関係数も極めて1に近い値となる。また計数率対照射線量率換算係数の誤差は約10%程度と推定された。

・また今後の課題として

(4) 5インチ5インチカーボーン車や5インチ2インチカーボーン車で測定された地点を現有の4チャンネルカーボーン車で再測定し、過去のデータの換算関係を明らかにすることが必要である。



写真 1. a 阪急会館駐車場



写真 2. b 宝塚市宮の前S宅

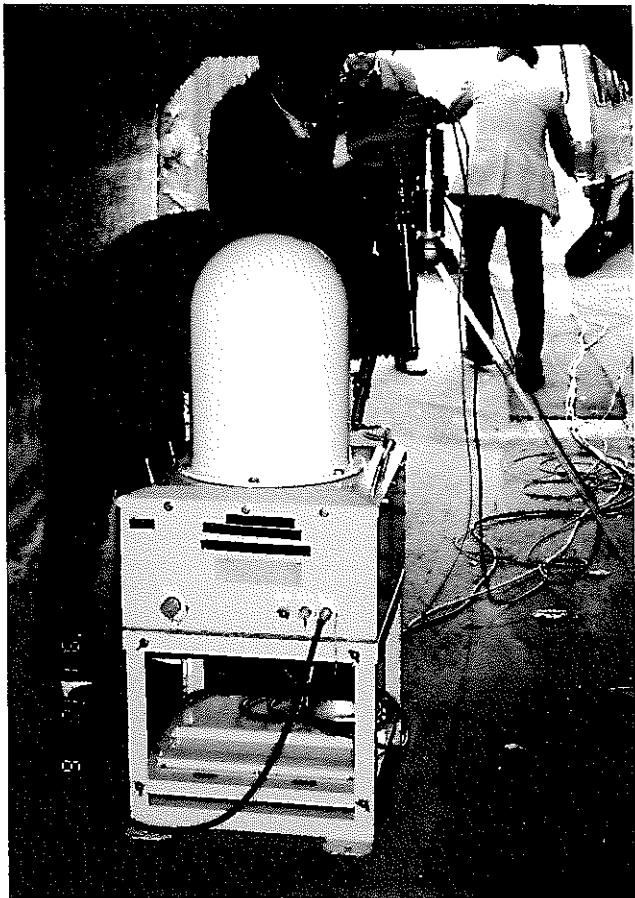


写真 3. c 宝塚市宮の前池田線国道下

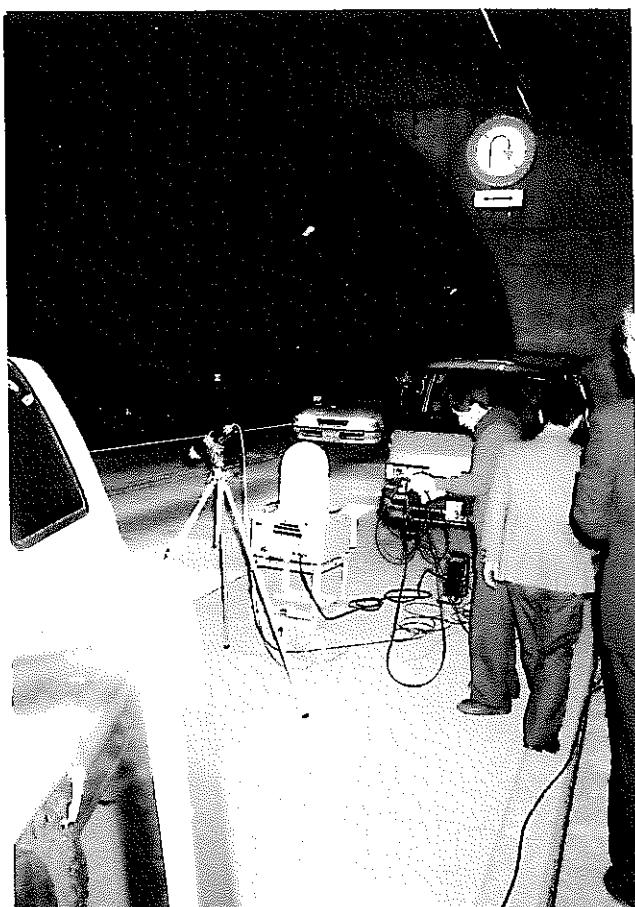


写真 4. d 盤瀧トンネル

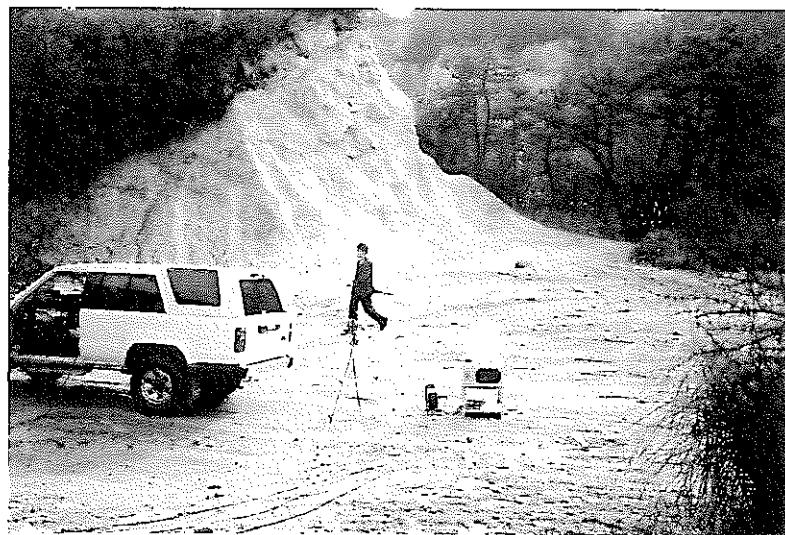


写真 5. e 白水峡モトクロス場



写真 6. f 芦有展望台



写真 7. g 一軒茶屋駐車場



写真 8. h 極楽茶屋東道路際



写真 9. i 瀬大橋上

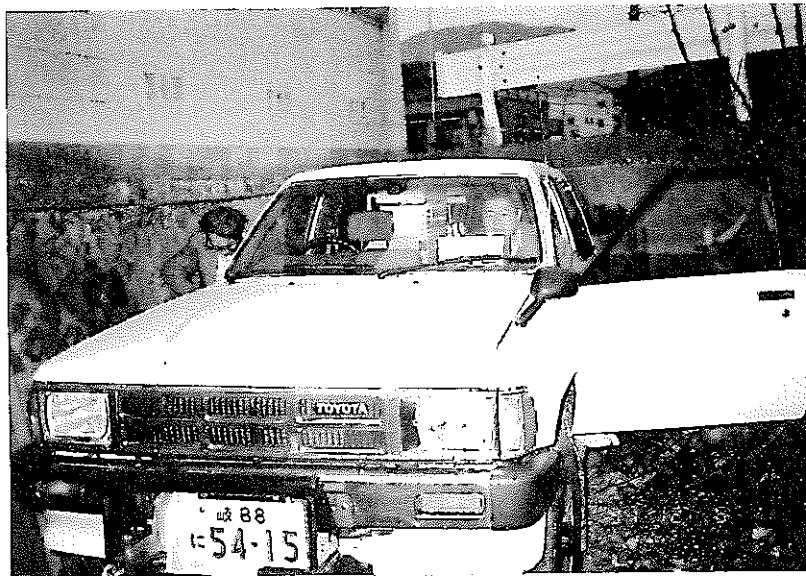


写真10. 動燃測定車( 前部)

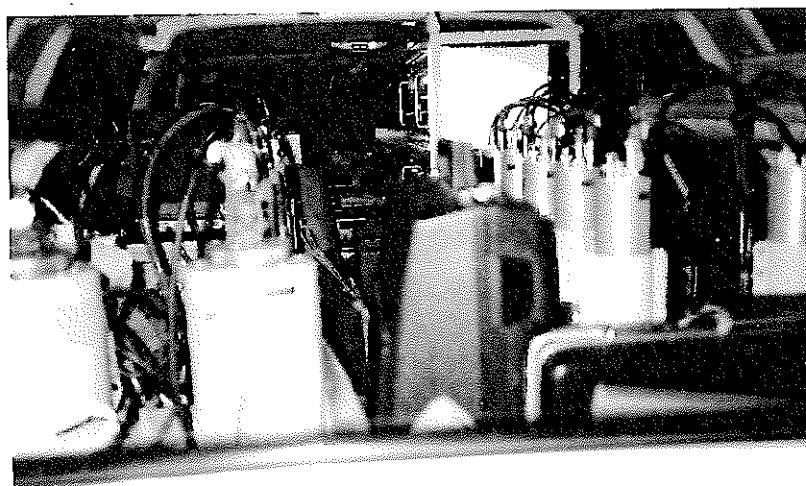


写真11. 動燃測定車( 後部)

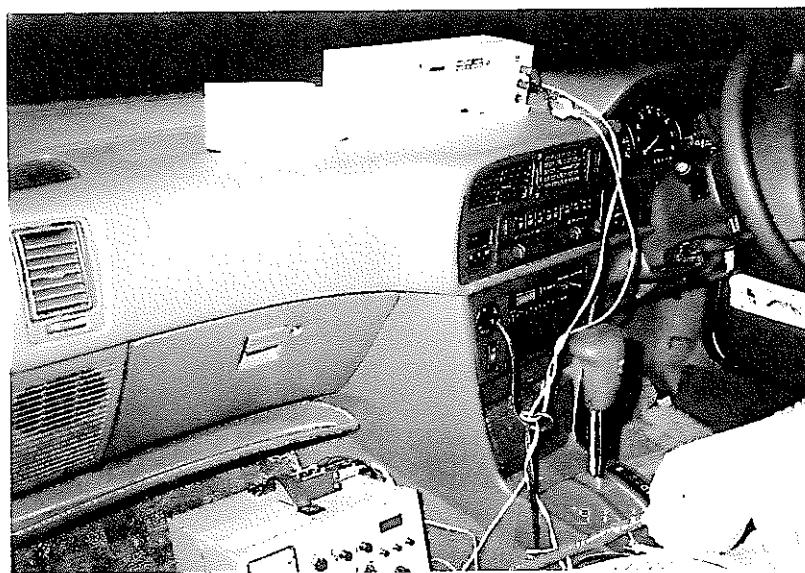


写真12. 4"  $\phi$   $\times$  4" NaI 搭載車( 記録計)

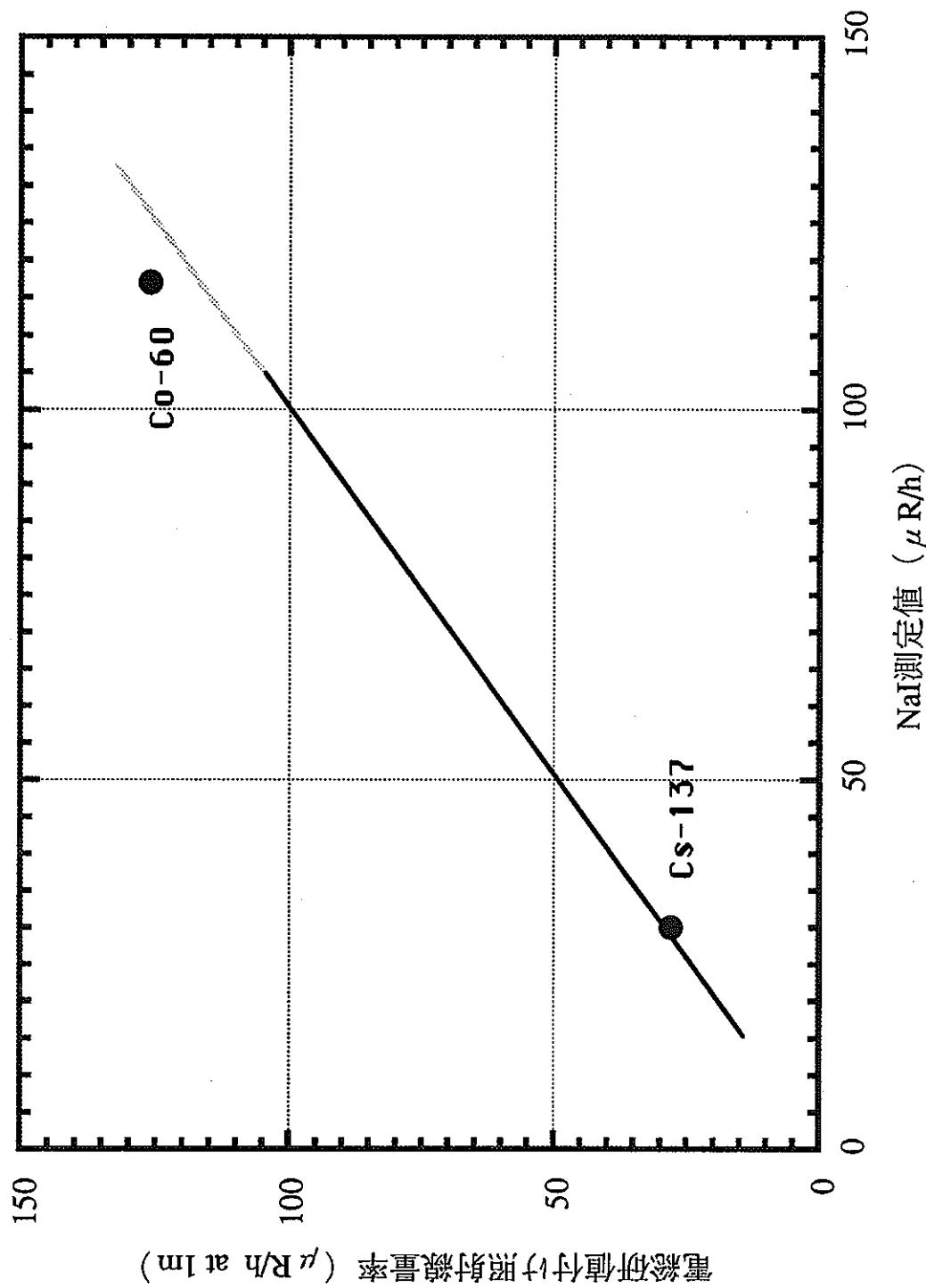


図 3.1 3"φ 球形NaI スペクトロメータの線源照射による校正

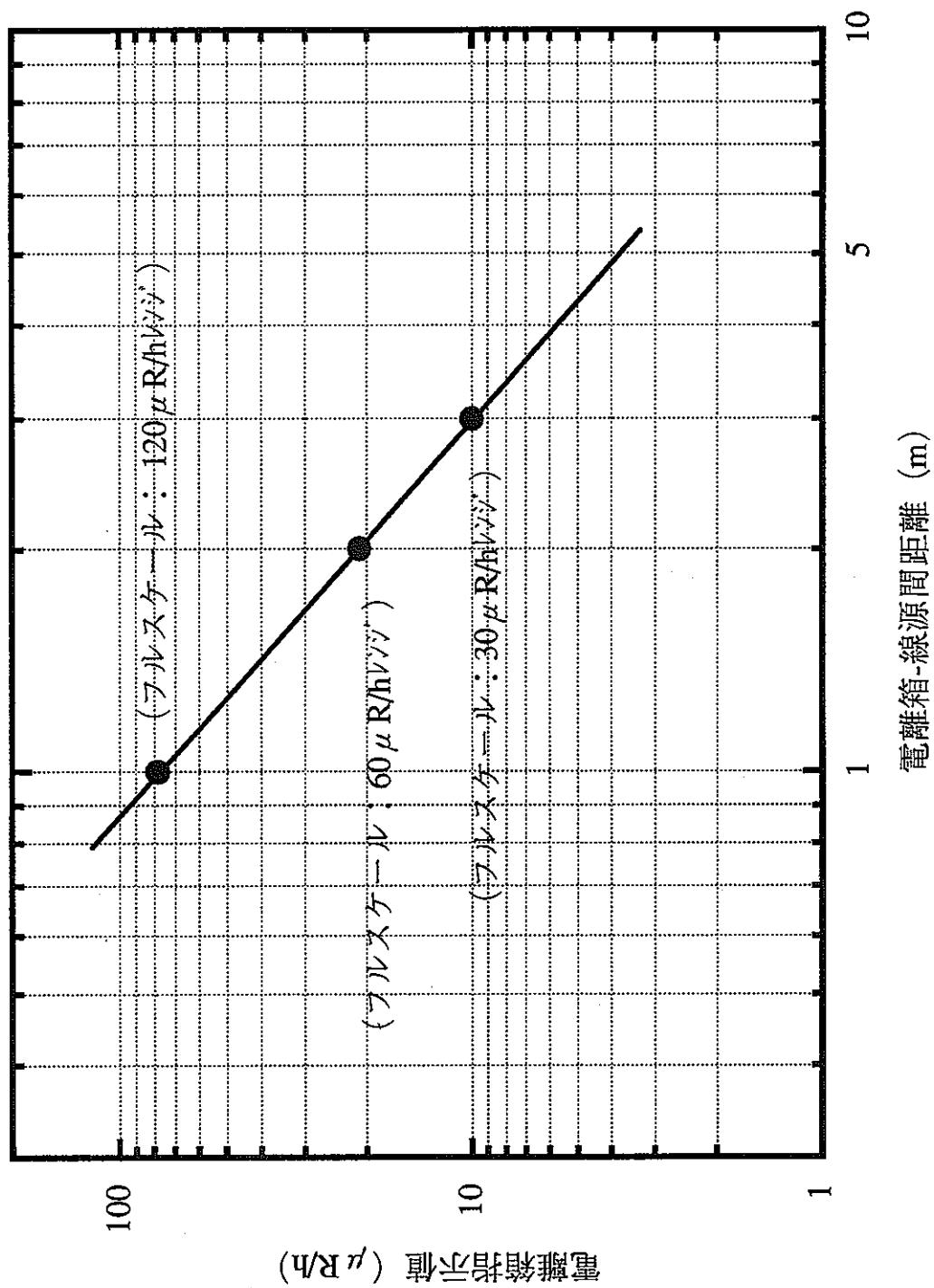


図 3.2 4 気圧アルゴン電離箱の線源照射による校正

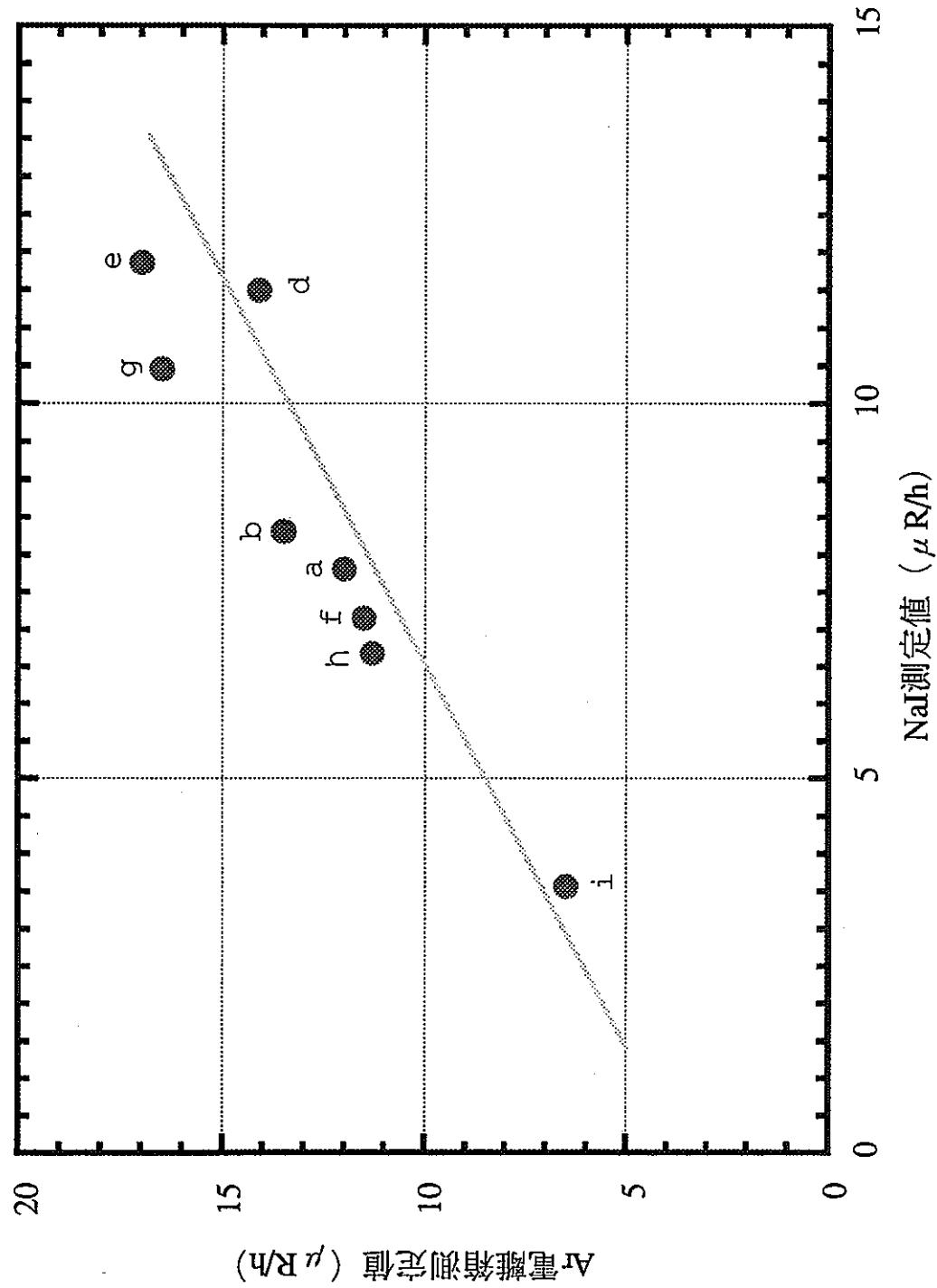


図 3.3 NaI スペクトロメータおよびアルゴン電離箱による測定結果の比較

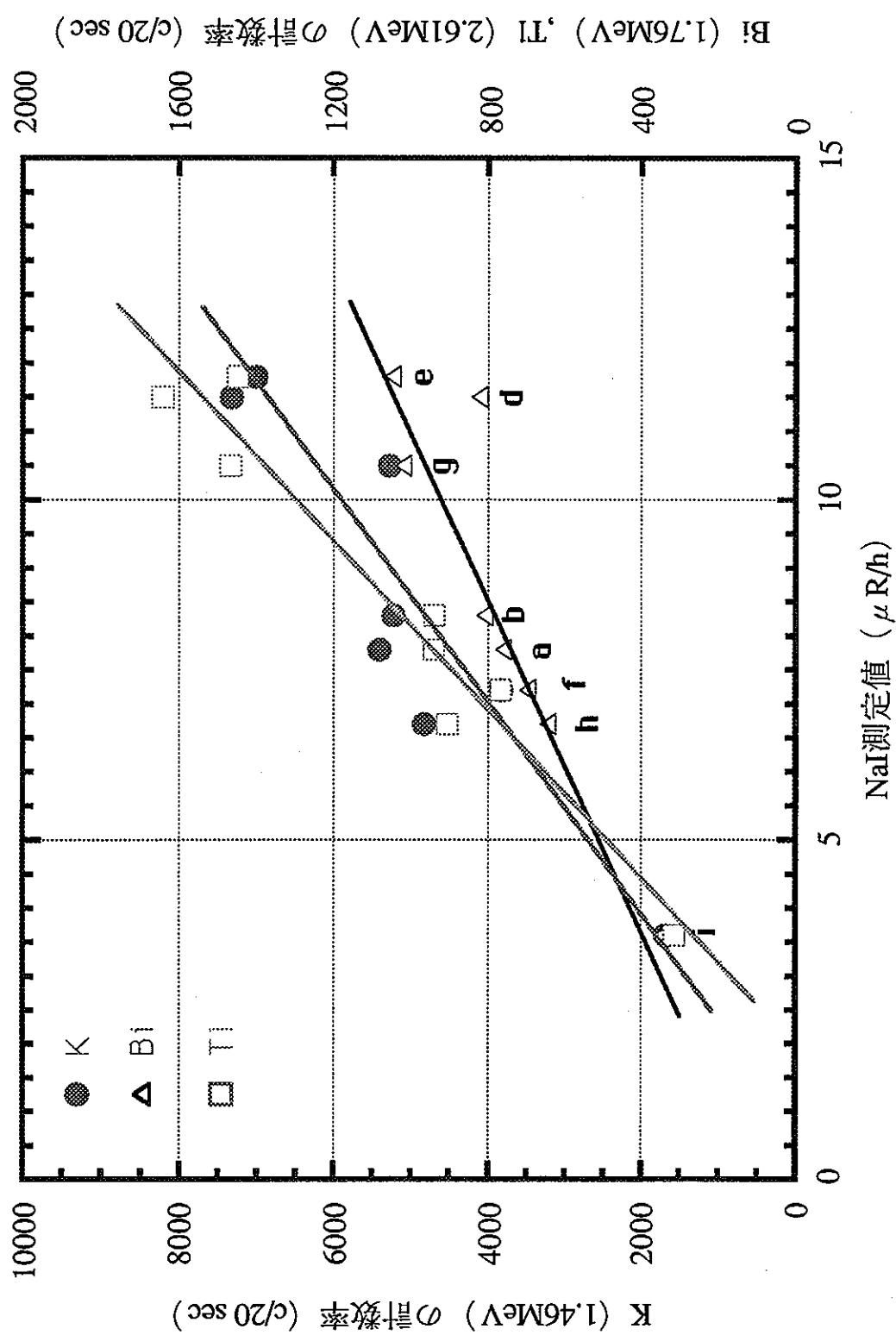


図 3.4 動燃カーボーン車によるピーク計数率と $3'' \phi$  NaI スペクトロメータによる  
照射線量率の関係

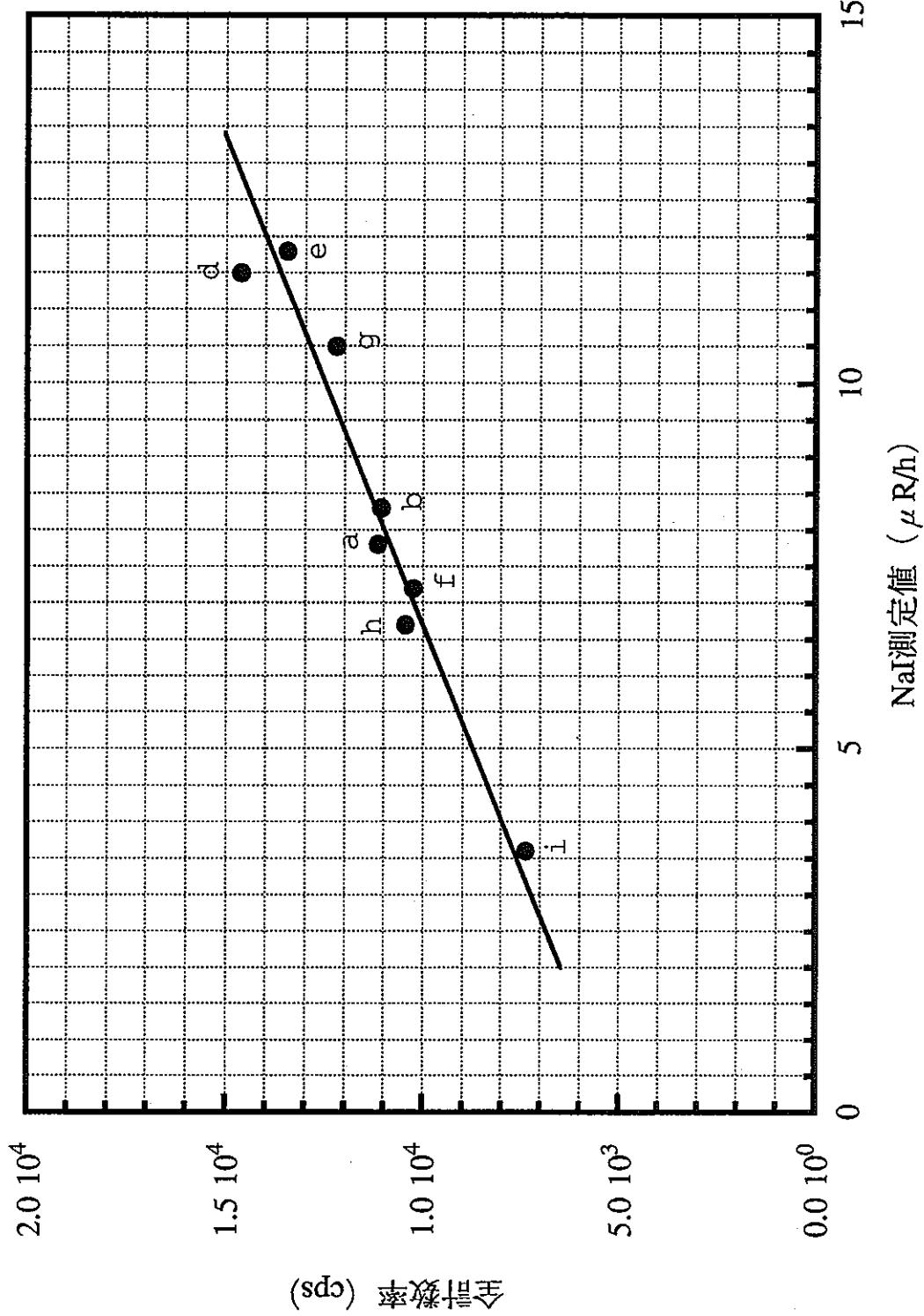


図 3.5 動燃カーボーン車による全計数率と3"φNaIスペクトロメータによる照射線量率の関係

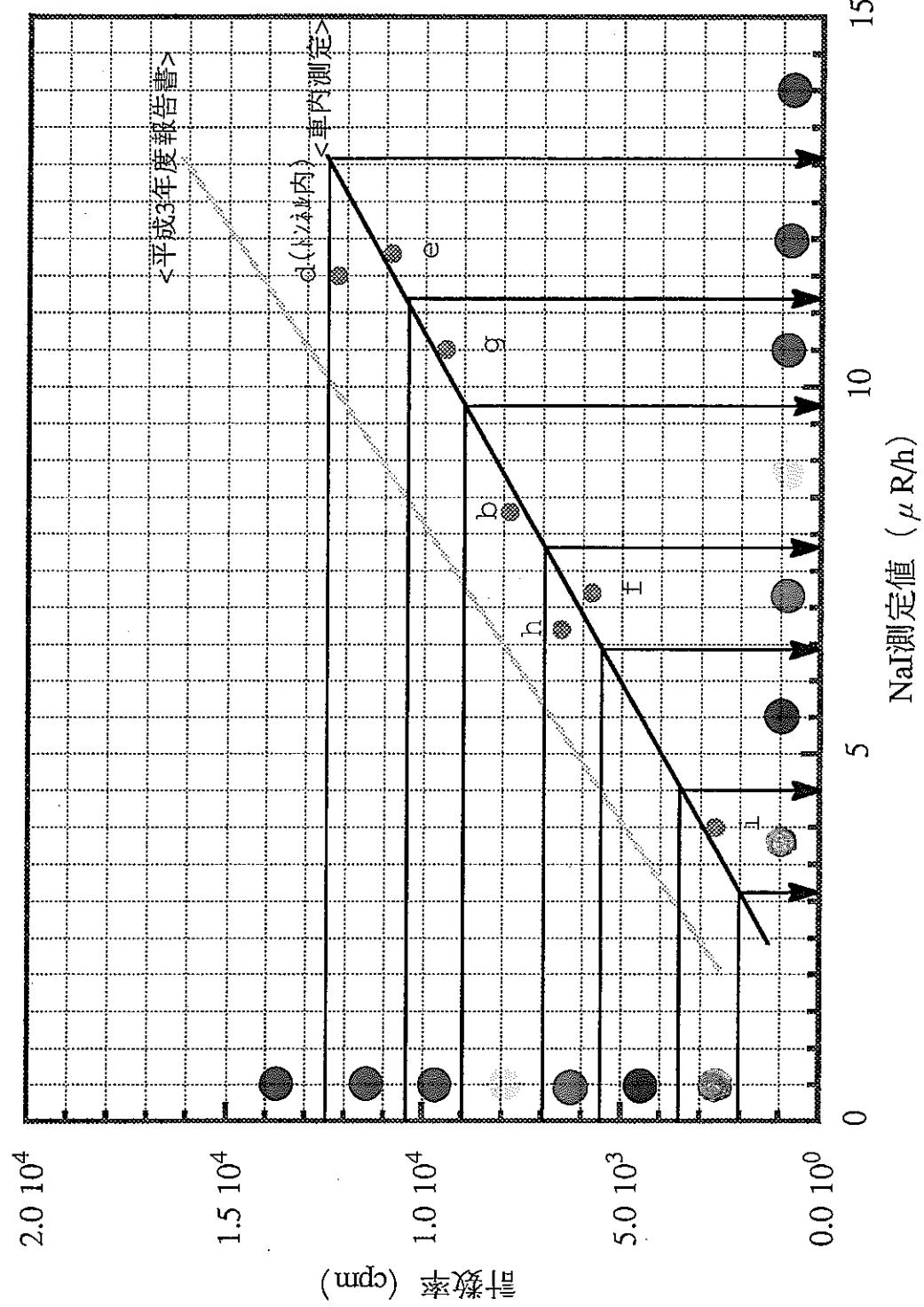


図 3.6 4インチ4インチカーボーン車による計数率と3"  $\phi$  NaI スペクトラロメータによる照射線量率の関係

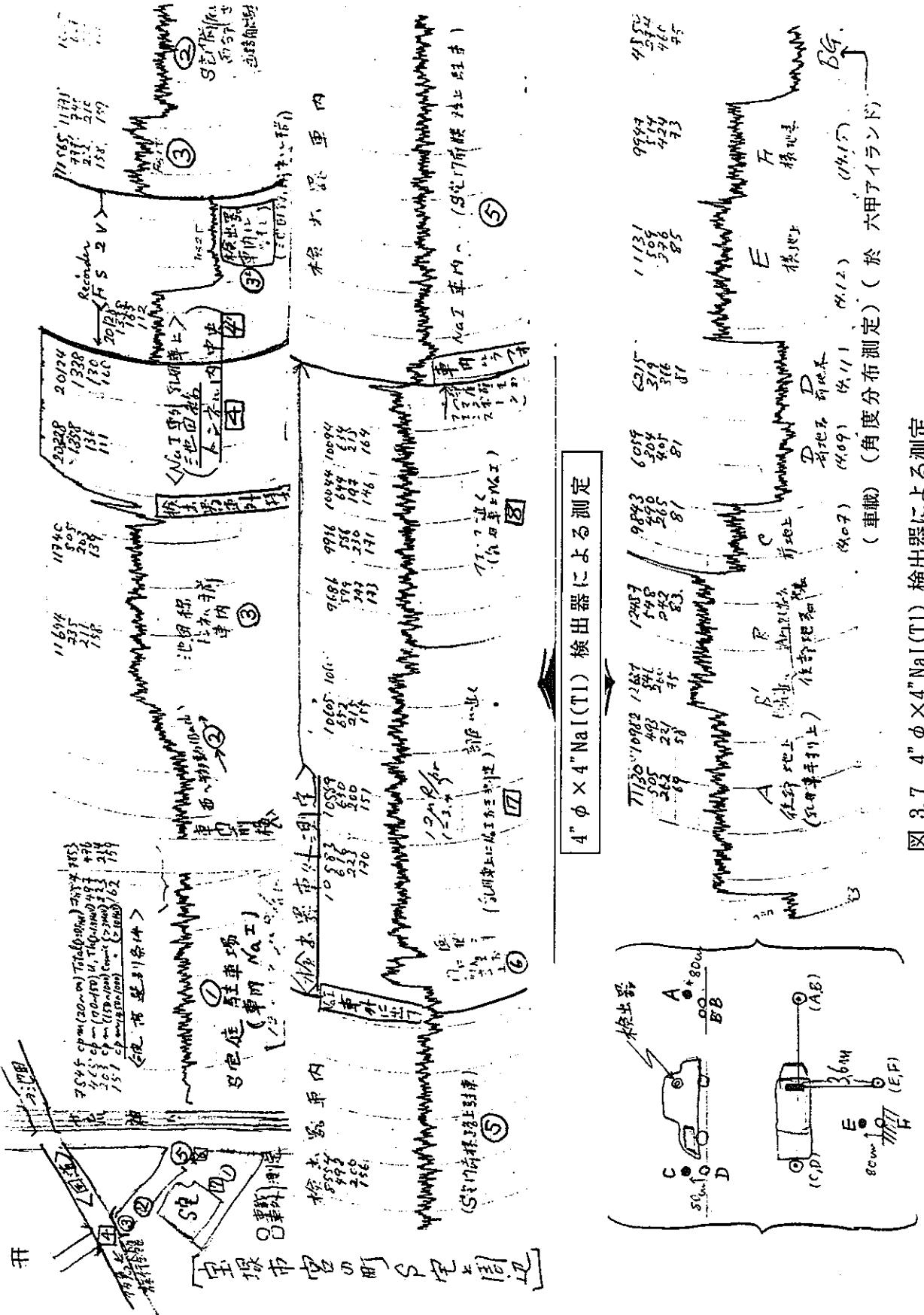


図 3.7 4"φ × 4"NaI(Tl) 検出器による測定

#### 4. 主としてトンネル内のカーボーン測定結果と地質との対比

トンネル内のカーボーン測定結果は、幾何学的測定条件が  $4\pi$  と同様のため、地形による変動、いわゆるマス・エフェクトの影響が少なく、しかもコンクリートによる内装のための影響は波高選別を約0.5MeVとした時の総計数値には約10%程度の減少しかないことが確認されたので、地質要因による放射線レベル変動の解析に有意義である。本年は  $4'' \phi \times 4''$  NaI(Tl) 検出器を乗用車に車載して、阪上により測定されたカーボーンによる環境放射線測定のうち、主として近畿中部地方のトンネル内走行のデータを図4.1～4.3に収録し、これについて走行ルート周辺の地質環境との対比を各図のあとに述べることを試みた。

ただし、精密な解析には膨大な資料の検索が必要になるので、今回の報告は、基本的に地質調査所編（1982）：100万分の1全国地質図の読図による解釈の段階にとどまっている。現在も、さらに作業を続行中であるので、これらの中からさらに詳細な報告が可能になったものについては次の機会に続報する。

なお、図4.1～4.3にカラーで示した表示およびそれを地図上に図示した図4.4のカラー表示は、図3.6の線量区分に対応し、円形はトンネル内、半円形は興味あるレベルを示した測定である。

図4.5では、とくに京滋バイパスのカーボーン結果を地質と対比させて示した。

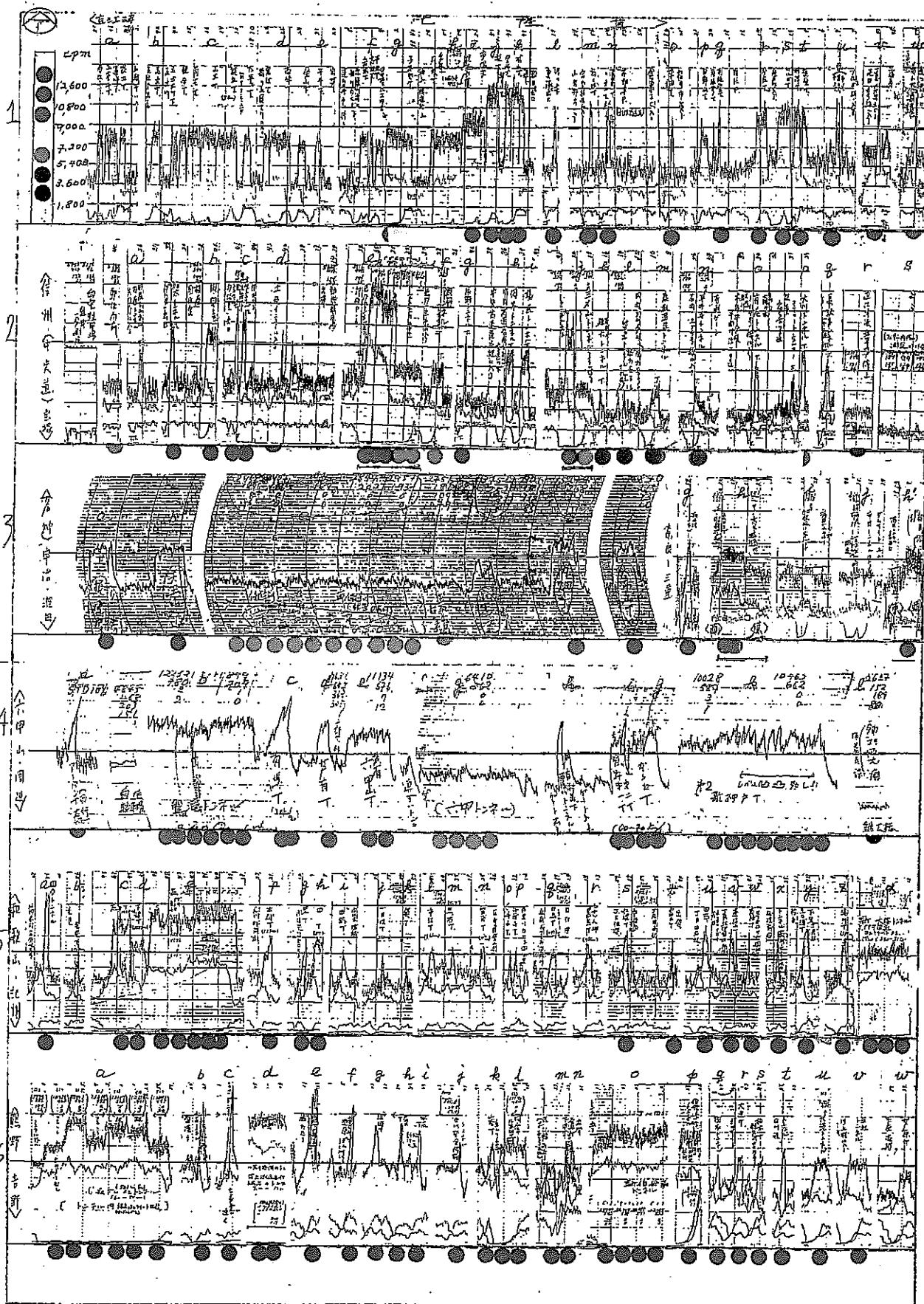


図 4-1

< A - 1 > 直江津 - < 北陸自動車道 > - 敦賀 - < RT 161 > - 湖西地方

(イ) 区間 a (春日山 T) ~ f (糸魚川 IC) 間は新第三系のグリンタフの領域を走り、f で糸魚川 - 静岡構造線を通ってから h (風吹 T) までの間は、中古生層の粘板岩・石灰岩に、構造線に沿って貫入してきた蛇紋岩の領域を通る。これまた、レベルとしては低い。i (親不知 T) ~ l (湯の山 T) 間は、前者とは断層で接しているジュラ～白亜系来馬層群の粘板岩 - 砂岩と、それを不整合に覆う流紋岩類の領域に入る。このため、i 以降ではレベルの上昇があるものと推察される。

(ロ) 福井県下の o (半田 T = 中新統の塩基性火山岩) 、 p (日野山 T ・ 南条第 1 T = 中新統のディサイト) および r (今庄 T 北半分 = 中古生層) に比べて q (南条第 2 T) のレベルが高い。これは、同 T の地質が、花崗岩 (船津型?) か流紋岩 - ディサイト (濃飛相当?) である上に、南口付近を東西方向に走る顕著な断層があるためと推察される。今庄 - 敦賀間の s ~ u の各 T は、中古生層を切るが、この中古生層は白亜紀～古第三紀花崗岩のルーフである。

(ハ) 北陸本線新疋田駅近くの v は、志賀町南小松 (両側石垣) の w とならんで、白亜紀～古第三紀花崗岩の領域であり、露頭の見込角が大きい場合には容易にピークが検出される。

< A - 2 > 宝塚 S 宅 - < 西名阪自動車道 > < 名阪国道 > < 中央自動車道 > < 長野自動車道 > - 松本 - 上田 - 飯山 - 直江津

(イ) 大阪 - 奈良県境には中新統の安山岩が分布していてレベルは低い。b (鈴鹿、関町) は領家帯の花崗岩が中古生層と断層で接する。レベルが比較的高いのはそのためかも知れない。c (多治見) からは領家外縁帯の領域に入り、レベルは上がる。d は土岐市泉町の、中新統基底部の砂岩型ウラン鉱床の発見露頭。

(ロ) 図 4.5 に地質図と対比で示したように e (恵那山 T) の西半分は、苗木上松花崗岩の貫入を受けて熱変成を蒙っている、濃飛流紋岩中を掘進していく、貫通点付近では花崗岩の本体も現れている。対する東半分は、f (網掛 T) を含め、領家帯の花崗岩である伊奈川花崗岩・夜鳥山花崗岩の分布域である。双方共に、断層破碎帯の発達と、それに伴う湧水や変質が著しい。

苗木上松花崗岩は、ウラン・トリウム・カリウムに富むが、領家帯の花崗岩類は総体的にこれらには乏しいために、環境放射線レベルはトンネルのほぼ中央を境に、顕

著な段がついている。辰野から岡谷－塩尻に至る g～i の区間は、中古生層を不整合に覆って新期の安山岩類が分布し、また周知のように中央構造線と糸魚川－静岡線とが交会している。本来ならば地質条件からみて低レベル領域のはずであるが、それでもやや高目の値を示している。これらの断層群の影響が幾分及んでいるのかも知れない。

(ハ) 松本市東方の j (三才山T) でも顕著なレベルの段差があるが、全体としては下部中新統のはずで、原因はまだ判らない。新第三紀花崗岩の分布が付近にあるので、その影響の可能性も考えられる。k～m (鹿教湯) 付近も中新統と、それを覆う安山岩類とから成り、レベルは低い。同じ中新統でも、飯山市付近の o～q は中部層に対応して、鹿教湯付近よりは高い。r (直江津港) は海岸沿いの沖積統上で、低く、s (フェリー内) はほとんど宇宙線成分となる。

< A - 3 > <名神>－京都南－<京滋バイパス>－石山；<RT 166>高見山地および三重県側

(イ) 中古生層中をつらぬく a (梶原T)・b (天王山T) は普通、同様に、c (宇治T) は低い。しかし、宇治Tの東方を走る南北性の断層の東側は、田の上山花崗岩の岩体がごく浅いところまできており、d (笠取T)・e (内畠T) では、恐らくその影響のために、同じ中古生層でもレベルは上がっている。f (太平山T) もレベルは高いが、このTは古琵琶湖層群の基底部を貫いており、あるいは花崗岩が坑内に現れていたか、アルコース砂岩が発達していたのかも知れない。地形図との対応は図4.5に示した。

(ロ) h～h' (高見T) のレベルは西半部が高く、東半部が低くなっていて、再現性を確認している。このTは、中央構造線のごく近傍を、それと平行して走っているために、図上だけからは解釈が困難であるが、考えられる可能性としては、西部が内帶側の領家花崗岩類、東部が外帶の三波川結晶片岩の領域なのかも知れない。断層沿いの湧水の多寡も、現地で再確認の必要があろう。

(ハ) ロに対応して、西方、奈良県側の g (新木津T) は、領家帯の花崗岩類を切ってやや高いが、東方、三重県側の i (加杖坂T)、j (布引T) は、三波川帯に入っていて、レベルも低い。

< A - 4 > 六甲山と周辺（動燃カーボーンの結果との比較は図2.3～2.5を参照）

(イ) a (阪急清荒神駅南、旧RT 176の切通し) は、両側が花崗岩の擁壁になっていて、レベルが高い。

(ロ) b (磐滝T) は高く、c (芦有有馬T) は特に高い。いずれも、六甲花崗岩の中を貫く。i (有野第2T) は、j (唐櫃T) に比べて高い。両者とも有馬層群の流紋岩類の中を通っているが、後者は北口近くで有野断層の破碎帯を切っていて、北口は神戸層群中にある。この断層の影響が見込まれるかも知れない。

(ハ) g (六甲T) は、k (第2新神戸T) と同様、六甲山縦断Tだが、後者に比べて特にレベルが低い。地表地質図にはやや離れて小岩体が表示されているだけであるが、g の坑内では工事中に約2kmにわたって、(ウラン量が少ないと見られる) 土橋花崗閃緑岩の中を掘進したとの記録があり、このことが低レベルの主要因であることはほとんどの疑いがない。k の南半部はレベル変動がやや目立つが、これは、東西系の断層群を数多く胴切りにしていることと、新神戸駅近くは、領家帶の花崗岩類である布引花崗閃緑岩が現れていることが原因と思われる。

< A - 5 > 和泉市南 - <海南湯浅道路> < RT 42 > - 南紀海岸

(イ) 和泉山脈北側の a (国分T = 白亜系和泉層群) はレベルが高いが、海南市RT 42 の b (毛見T = 三波川結晶片岩) は低い。この間は、紀ノ川沿いに中央構造線が走っていて、このレベルの差異は、一般的に見て内帶と外帶の傾向を現している。

(ロ) 海南湯浅有料道路上の c ~ e は、三波川変成岩類と御荷鉢緑色岩類が主体の地域であり、一部に蛇紋岩も含まれる。測定値は予想外の高レベルとなっており、今のところ湧水に伴うラドン効果等でも考えなければ、理解し難い。

(ハ) RT 42 の南紀海岸沿い、i (田辺町) - r (周参見町) 間は、中新統からその基盤の古第三系へと移行してゆく地域で、全体に塩基性の碎屑物が多く、レベルは低い。s ~ y (串本町) から y ~ z (勝浦町) にかけては、中新統中に熊野酸性岩類の貫入が見られるようになり、それに対応してレベルは上昇傾向を示す。

< A - 6 > 熊野 - < RT 169 > - 吉野

(イ) a (小森ダム横T、覆工の有無による影響の測定) は、ほぼ中新統と思われるが、白亜系との境界にも近い。

- (ロ) c, e (共に中新統) は高く、b (中新統) 、f・d (共に白亜系・四万十累層) は中間、g～n (白亜系・同) は相対的に低い。全般的にみて、中新統よりも四万十累層の方がやや低めの傾向がある。
- (ハ) o (新伯母が峯T) ・p (伯母が峯T) の一帯で、仏像構造線を越え、白亜系から非變成の中古生層 (秩父帯) 、さらにその北方の三波川變成帯の領域に入る。g～t が秩父帯、u～w が三波川帯に属する。中央構造線に到達するまで、o・p の中間レベルから、大局的には北へ向かってレベルは低下する。

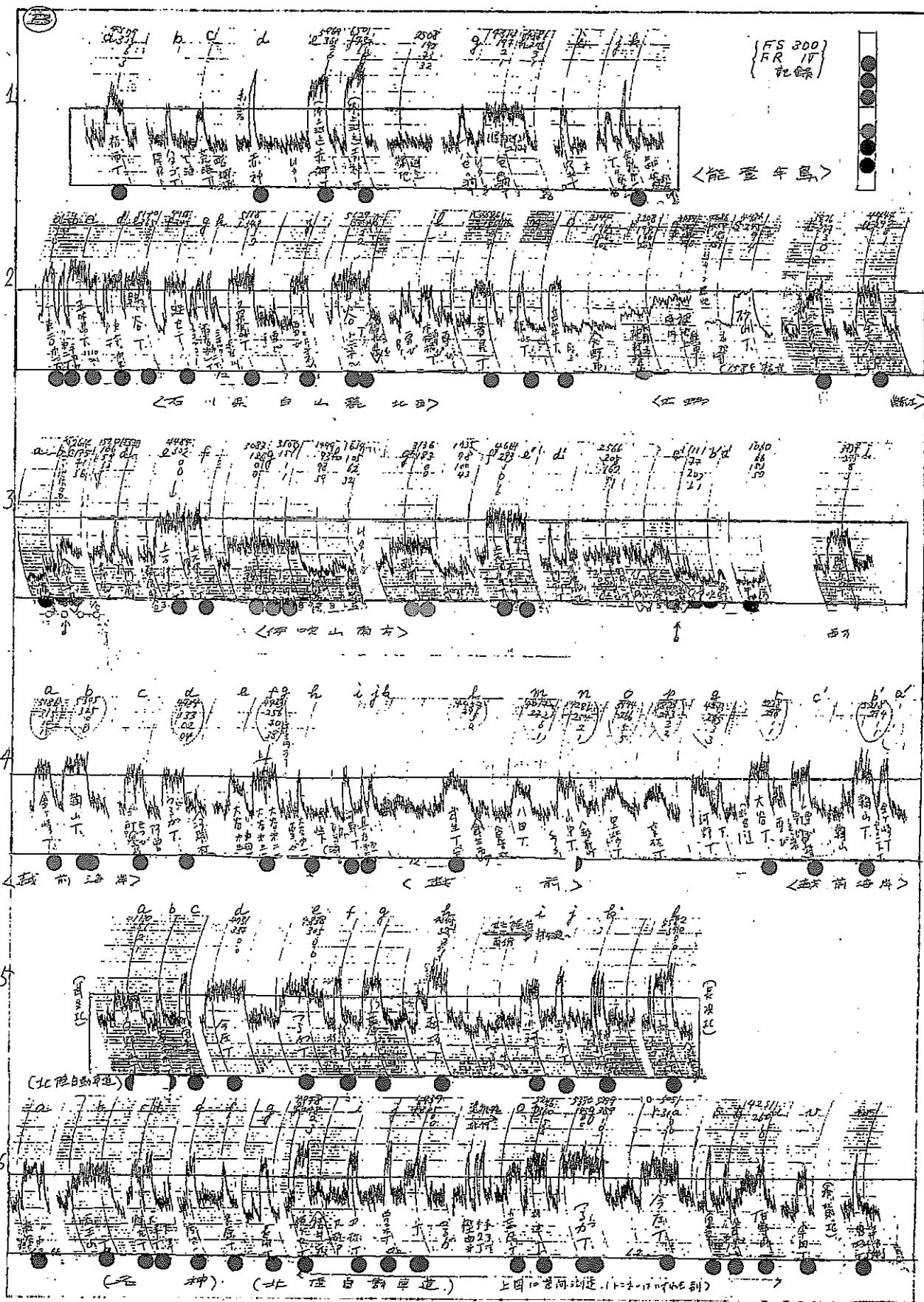


図 4-2

< B - 1 > 能登半島<RT 249><七尾輪島線><能登有料道路>

(イ) 富来町地内、a (福浦T = 中新統砂岩等) に比べて、その上位の中新統塩基性噴出岩の中のb・cは低レベルである。

(ロ) d = e = f (赤神T = 花崗岩類?)。dは走行中。e・fは停車して30秒間測定。

(ハ) g～jは塩基性噴出岩類で、低い。k (矢駄第1T = 砂岩等) はa地点並み。なお、能登地方の砂岩層中には時折、海緑石や含ウラン鱗灰石ノジュールが含まれていて、弱い異常を示すものもある。

< B - 2 > 白山西麓<RT 157>-大野-<RT 158><県道25号線>

(イ) cの前半がやや高いことを除けばa～kはほぼ同じレベルで、地質も中古生層と、変わらない。福井県に入ると、1～o間では手取層群と、ごく一部に三郡變成岩相当の結晶片岩類が分布し、レベルはやや下がる。

(ロ) 大野市神社境内 (=完新統の砂礫と泥) で、舗装部(p)と裸地(q)を比較測定した。

(ハ) s, o, u点は塩基性噴出岩類か、一部手取層群から成っている模様で、レベルは高くない。

< B - 3 > 伊吹山南方地区および RT 8 賢ヶ岳

(イ) a, b, cは305号線で顕著なレベル変化、帰路c', b', a'で再現、石灰岩地帯の低レベルを反映。

(ロ) 石灰岩地帯のトンネルg, g'はe, f (帰路e', f')に比し、かなり低レベル。

< B - 4 > 越前、越前海岸方面<RT 8>-武生-宮崎村<RT 417><RT 305><河野海岸有料道路>

(イ) a～cは帰路c'～a'で再現。(位置標定中)

(ロ) d・f・gは中古生層で、おそらく熱變成を受けていて、やや相対的に高いレベル。d～qは塩基性噴出岩類で、いずれもそれほど高くはない。

(ハ) b, b'の計数値は30分測定、約10,500cpm。A-4 a, b, eに比べて低く、A-4 k程度である。

< B - 5 > 武生北 - < 北陸自動車道 > - 木之本 >

(イ) c (南条第1T) が高め。cf. A - 1 (口)

(口) a ~ h (南行) は、A - 1 u ~ o, B - 61 ~ v (各北行) の逆行。h (越坂T) ・

k などは別T。いずれも中古生層で、花崗岩の岩体は近い。

(ハ) 1 = B - 6 q がやや高い。d, e (= B - 6 q, r) は長いトンネルだが、やや低い。各点とも、中古生層。1点では、やや熱変成を受けているかも知れない。

< B - 6 > < 名神高速道路 > - 米原JCT - < 北陸自動車道 > - 加賀I.C. - 加賀市

(イ) a ~ f = C - 5 (a ~ f) , a ~ b = [A - 3, C - 3, - 4] (a ~ b)

(口) h ~ v = B - 5 (k ~ a)

(ハ) w は、濃飛相当の流紋岩岩体中で、v に比べてやや高い。

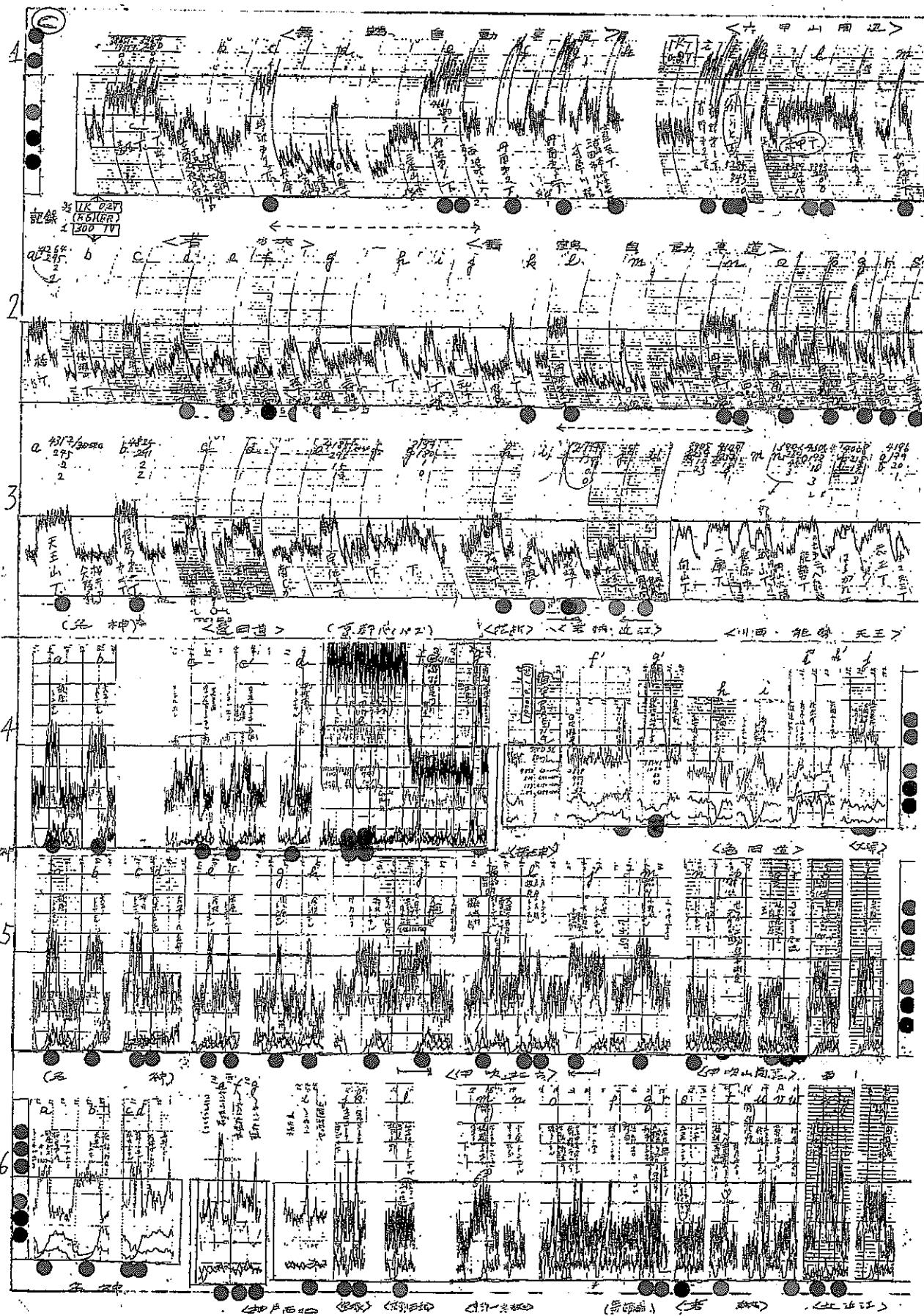


図 4-3

< C - 1 > < 舞鶴自動車道 > < 六甲山周辺 >

- (イ) a (遠坂T、RT427 有料道)、b (JR下夜久野手前) はいずれも斑れい岩～閃緑岩 (夜久野貫入岩類) で、レベルは低い。
- (ロ) c (丹波第1T)、e (丹波第2T) に比べると、d (日の奥T) は低く、その後も低い。地質はいずれも中古生層で、差を生じる理由は読み取れない。塩基性岩の小岩体でもあるのかも知れない。
- (ハ) f ~ g (= C - 2 o ~ q) と高く、l (六甲T、再録) のみが低い。

< C - 2 > 若狭海岸 - < 舞鶴自動車道 >

- (イ) a ~ f と低レベルで漸減傾向。d が夜久野塩基性岩だが、他は中古生層。
- (ロ) g ~ j は一部に塩基性岩をまじえることのある古生層で、低い。k ~ l は再測。
- (ハ) r ~ s (中国自動車道 宝塚西T、同東T) は有馬層群の流紋岩類を貫いている。  
六甲断層により近接している p ~ q よりは低いが、中程度以上。

< C - 3 > < 名神高速道路 > < 老ノ坂亀岡道路 > < 京都東バイパス > < RT 367 >

< RT303 > < RT175 >

- (イ) b ~ a = [A - 3、B - 6] (a ~ b)。亀岡道 c、d および京都東バイパス e ~ g は、共に中古生層で、レベルは高くない。
- (ロ) 同じ中古生層でも、h は中レベル、近江から若狭へ通じるトンネル i ~ j (= i' ~ j') は低い。泥質岩の割合を反映するのかも知れない。
- (ハ) 篠山盆地南部の大坂 - 兵庫県境、能勢・天王の T は、中程度。前者は中古生層、後者は有馬層群であるが、花崗岩の貫入による熱変成作用を蒙っている。

< C - 4 > < 名神高速道路 > - 伊丹空港地下道 - 宝塚宮の町 - < 老ノ坂亀岡道路 > - 滋賀県庁

- (イ) 既出と重複・省略
- (ロ) c ~ c' (伊丹空港地下道) は、往復ともレベルが若干変化する。空港の舗装の差異が現れているものらしい。
- (ハ) 既出と重複・省略。j は県庁庁舎の外装花崗岩で、レベルが高い。

< C - 5 > <名神高速道路> - 関ヶ原 - <伊吹山北地域南麓> <琵琶湖北地区>

(イ) a ~ f = B - 6 (a ~ f)。j ~ j' は同じ T の往復中の変化。

(ロ) p は石灰工場に駐車して測定したもので、石灰岩の影響を受けて、低い。q ~ r は中古生層。cf. B - 3 c ~ a。

(ハ) 伊吹山南地区の B - 3 q に比較して、i ~ m は花崗岩地域で、高い。

< C - 6 > <名神高速道路> - 大津 - <阪神高速北神戸線> - 中国道宝塚 - <RT 162>

<RT 27> <琵琶湖北地区>

(イ) a ~ d = C - 5 a ~ d。六甲西方の e, g は有馬層群の流紋岩の分布地域で高い。琵琶湖北大崎は中古生層だが近くに花崗岩の貫入があり、z (位置標定中) に比べればレベルが高い。

(ロ) j ~ k = C - 2 r ~ s。京都西北部 (RT 162) の l, m, n は、中古生層中を走っており、レベルは低い。

(ハ) 既出と重複・省略

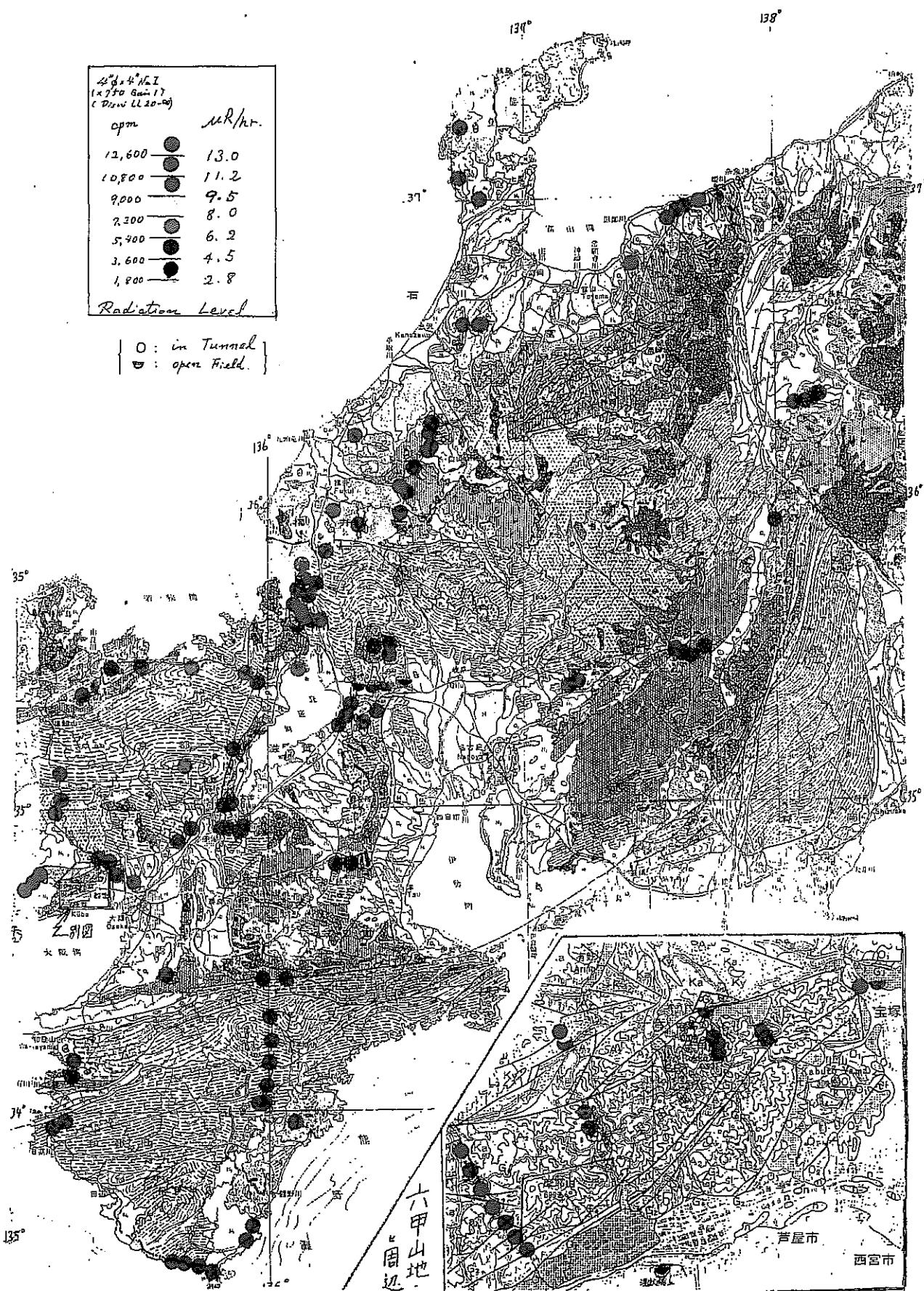
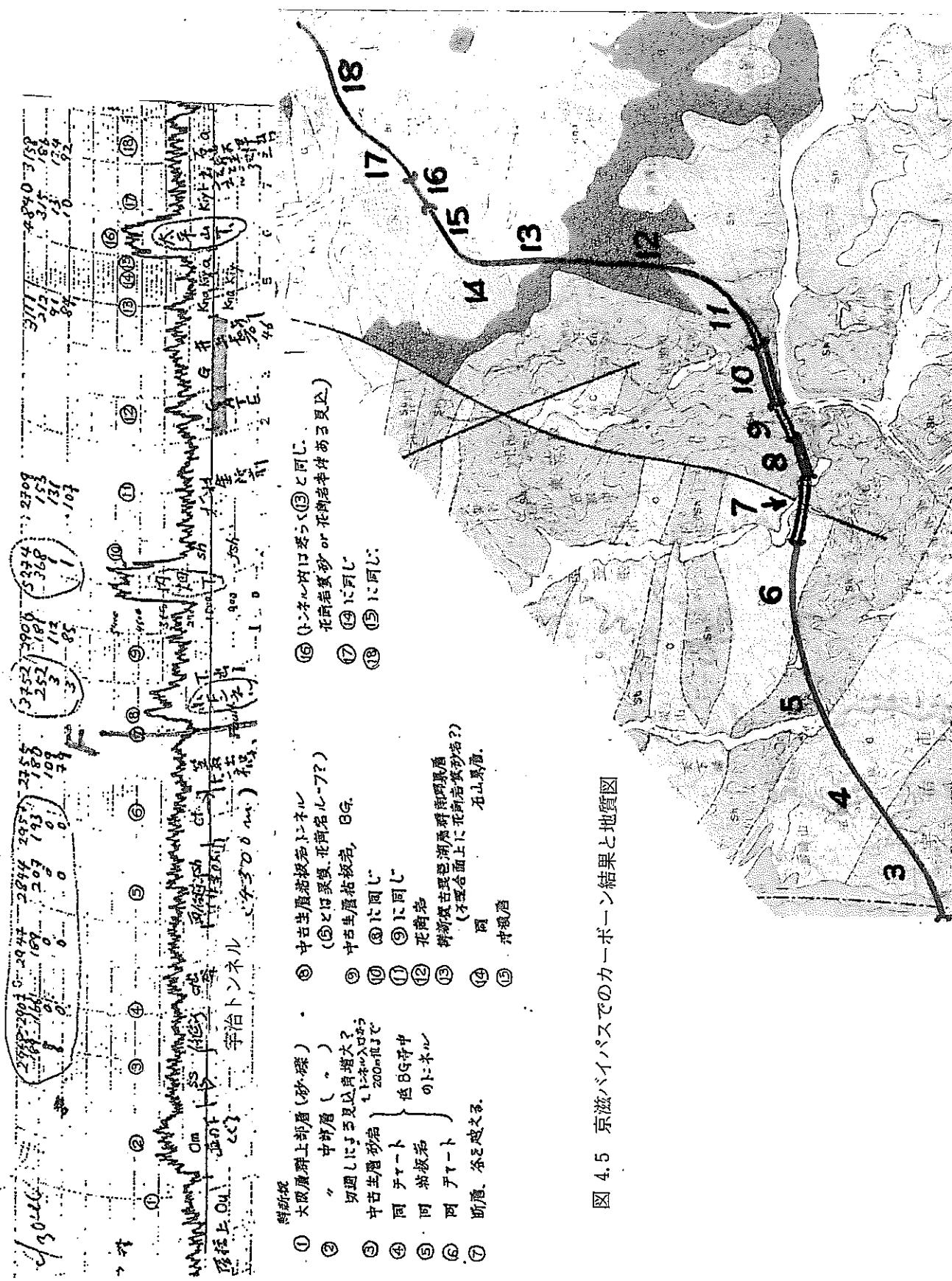


図 4-4



## 5. 大都市環境と環境放射線

### 5.1 はじめに

技術革新に伴う設計・施工の近代化は、社会的要因に基づく人口の一極集中と相まって、わが国に空前のビル建設ラッシュをもたらした。特に近年は、外・内装やライフラインの面で、高品質の建築物が要求されるようになってきているので、使用される素材もいきおい多岐にわたっている。環境放射線の測定と評価の立場からみても、これらの素材は当然線源としての、また遮蔽材としての機能を持っているが、定性的～半定量的なデータとしてみても、まだその集積は十分とは言えない。従って、本研究グループのサブテーマの一端として、都市における環境放射線の概測を試みることにした。

この目的に使用するサーベイメータには、携行性に優れた器種を選定することが作業効率上望ましい。今回は、科学技術庁と放射線計測協会のご好意で、一般市民に教育目的で貸し出しているCsI(Tl)型シンチレーションカウンタ「はかるくん」（堀場製作所・型番DX-100）の貸与を受けて利用することができた。この件を含め、関係各位に深く御礼申し上げる。

### 5.2 建物の影響圏の判定

大きな露頭や建物のような、面的な広がりがある線源が存在する場合、その影響圏を判定する作業は、数値モデルを用いることも可能ではあるが、ここでは簡便な実測で判定してみた。対象としたのは、地質調査所の地質標本館の建物で、間口31.8m、軒高13.2m。壁面は、出入口部分を除いては開口部のない構造で、韓国産の花崗岩の板材で外装が施されている。測線は開口部を避けて、壁面に直交して設け、従来から使用してきたAloka TCS-121C型NaI(Tl)サーベイメータとの比較を行った。

結果は図5.1に示すとおり、両者の測定値の傾向はきわめて良い一致を示している。

「はかるくん」は小型にも拘らず、歩道や埋設物工事の際に敷込んだバラスの検出ができている。また、この図から、建物の直接の影響を考慮する必要のある範囲は、仰角約45度以上となる領域と、一応考えられる。

### 5.3 石材の放射線強度

地質標本館の入口壁面には、開館時に世界の地質調査所相当機関から寄贈された各国

の代表的な石材スラブが展示してある。床と周囲の壁面には前述の花崗岩で仕上げられているので、厳密な測定はできないが、試みに、「はかるくん」によるそれらの測定を行ってみた。条件は、センサヘッド密着。サンプリング・タイムは10秒ごとで、その前60秒間の移動平均値を読み出してくる。

バックグラウンドが高いという悪条件にも拘らず、定性的には、石灰岩で低く、花崗岩類に高いというごく常識的な結論が得られた。測定値を、表5.1に示す。

#### 5.4 フィールドでの事例\*

新宿新都心地区には多くの高層ビルが林立し、新しい都庁庁舎が花崗岩を豊富に使った外装で注目されるなど、多くの石材が利用されている。そのため、一帯が環境放射線からみて一種のホット・スポットになっていることが予想されたので、公共空間を主体に概査を試みた。

結果は、図5.2に示した通り、新都庁を核にして、花崗岩質の石材の利用の多い部分で、測定値の上昇がみられた。まだ測点の数が不十分であるが、国會議事堂等でも、類似の現象がみられる。（\*：日本環境学会1991年年会で一部を口頭発表）

#### 5.5 今後の展開

以上述べたように、手法的には、簡易な測定器でも使い方に留意すれば十分意味のあるデータが取れることが判ったが、詳しい議論のためにはまだ集積が不十分なので、今後その充実を図る必要がある。あわせて、今回はあえて触れていないが、室内・地下空間等の閉所での、ラドン効果などにも注意を向ける必要がある。これらを含めて、大都市環境下での環境放射線の実体把握と評価体制が今後急速に充実していくことを、特に期待するものである。

表5.1 石材標本の自然放射線強度（地質調査所地質標本館展示）

[石材名]	[産地]	[放射線強度／標準偏差] (nSv/h)	[時代]	[標本番号]
閃長閃綠岩	ボリビア	101.2/3.7	R	19425
フリント	イスラエル	83.7/5.6	IK	R 19392
花崗岩	ハンガリー	126.8/2.9	pC	R 19416
玄武岩	ハンガリー	91.9/3.1	T-P1	R 19417
大理石	ハンガリー	76.2/4.8	D	R 19418
矢石石灰岩	ハンガリー	77.1/4.6	eJ	R 19419
石灰岩	デンマーク	76.1/4.3	T-Eo	R 19410
石灰岩	ベルギー	92.8/3.6	ID	R 19411
石灰岩	ベルギー	91.5/1.8	ID	R 19412
緑色片岩	韓国	104.0/4.4	pC	R 19397
片麻岩	韓国	122.8/5.0	pC	R 19398
斑状花崗岩	マレーシア	133.9/6.5	TR	R 19399
赤色砂岩	リヒテンシュタイン	79.4/3.7	eTR	R 19420
千枚岩	コロンビア	96.9/5.7	K	R 19424
大理石	アルゼンチン	92.9/3.9		R 19426
ジャスパー礫岩	カナダ	85.9/5.4	pC	R 19422
オパール	オーストラリア	83.4/2.9	IK	R 19409
貨幣石石灰岩	バングラデシュ	85.1/2.6	T-	R 19391
霞石閃長岩	ポルトガル	109.7/4.3	IK	R 19421
球状花崗岩	フィンランド	317.8/7.7	pC	R 19429
黒雲母花崗岩	中国	109.6/5.8	eK	R 19576
石灰岩	モロッコ	80.1/2.8		R 19406
石灰岩	モロッコ	91.8/2.9		R 19408
厚歯二枚貝化石	アメリカ	82.1/2.1	IK	R 19423
花崗岩	イギリス	136.8/7.1	IC	R 19414
花崗質片麻岩	イギリス	104.6/4.9	pC	R 19415
花崗岩	ウルグアイ	101.3/7.2		R 37884
輝綠岩	トルコ	87.5/3.0		R 19394
花崗岩	トルコ	118.6/4.0		R 19395
大理石	トルコ	78.5/1.9		R 19396

[石材名]	[産地]	[放射線強度／標準偏差] (nSv/h)	[時代]	[標本番号]
オニックス	アフガニスタン	88.1/5.6	eK	R 19400
オニックス	アフガニスタン	97.7/4.3	eK	R 19401
含金礫岩	南アフリカ	107.4/5.5	pC	M 17212
花崗岩	アイルランド	99.1/5.4	D	R 19572
ペグマタイト質片麻岩	アメリカ	112.6/4.2	pC	R 19565
トーナル岩質片麻岩	アメリカ	104.2/2.7	pC	R 19569
石灰岩	インドネシア	82.1/3.8	T-mMio	R 19571
海百合石灰岩	ネパール	74.5/2.5	10	R 19563
化石石灰岩	メキシコ	79.7/2.0	eK	R 19562
トルモ閃石クム 透輝石岩	フランス	75.7/4.3		R 19507
玄武岩	アイスランド	81.5/2.8	Q	R 19427
球状花崗岩	ペルー	89.8/1.3		R 19428
カーボナタイト	ケニア	101.2/8.0	T	R 46499
銅鉛亜鉛鉱石	ドイツ	81.5/4.3	D	R 19413
花崗岩	スウェーデン	131.6/5.9	pC	R 19506
ソーダライト閃長岩	ブラジル	109.7/2.2	pC	R 19508
斑状花崗閃綠岩	イタリア	108.5/4.0		R 19567
花崗岩	イタリア	106.8/3.1		R 19566
花崗岩（壁材）	韓国	136.0/5.0		

w/DX-100 92-09-10 SAKAMAKI, Y.

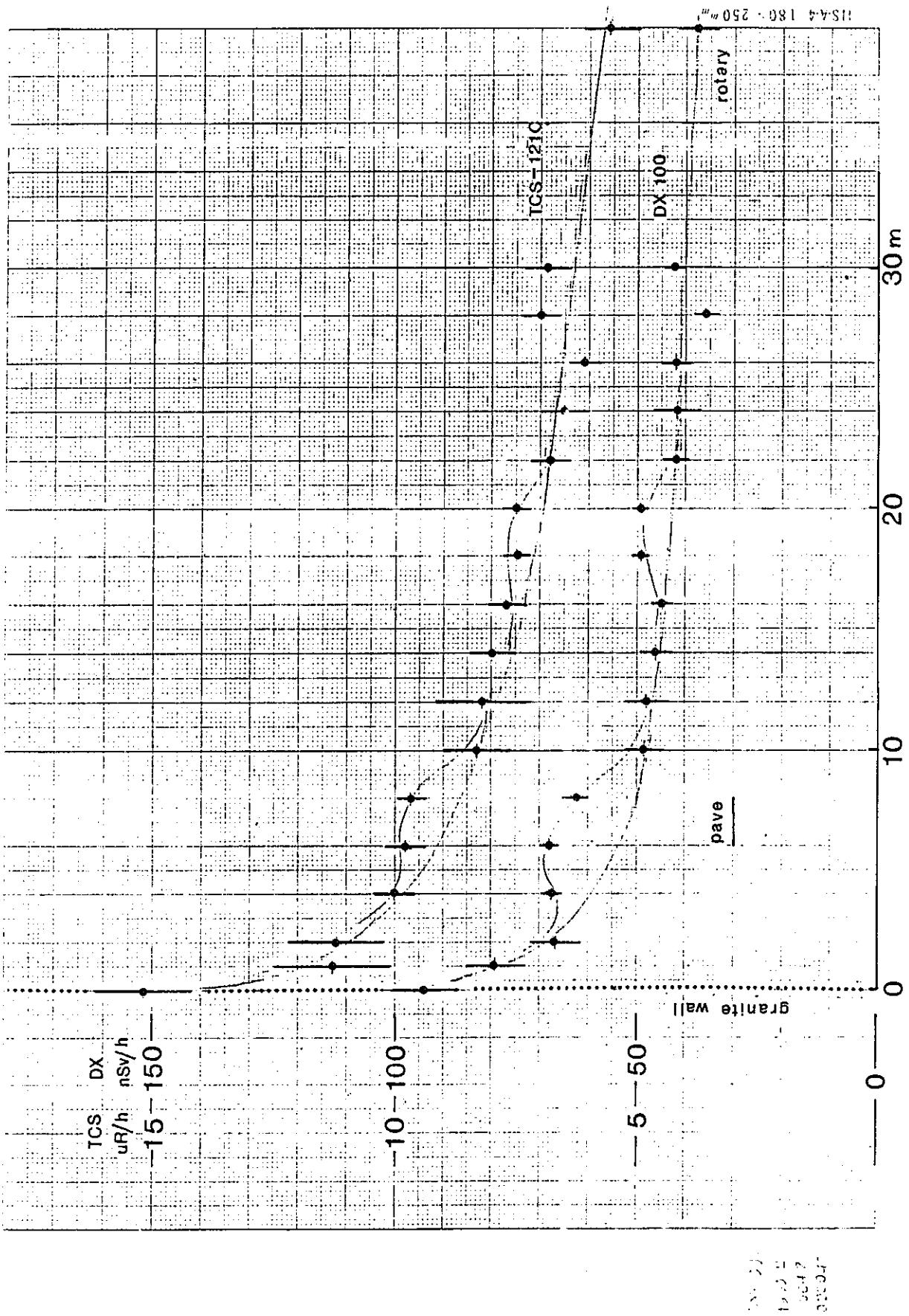
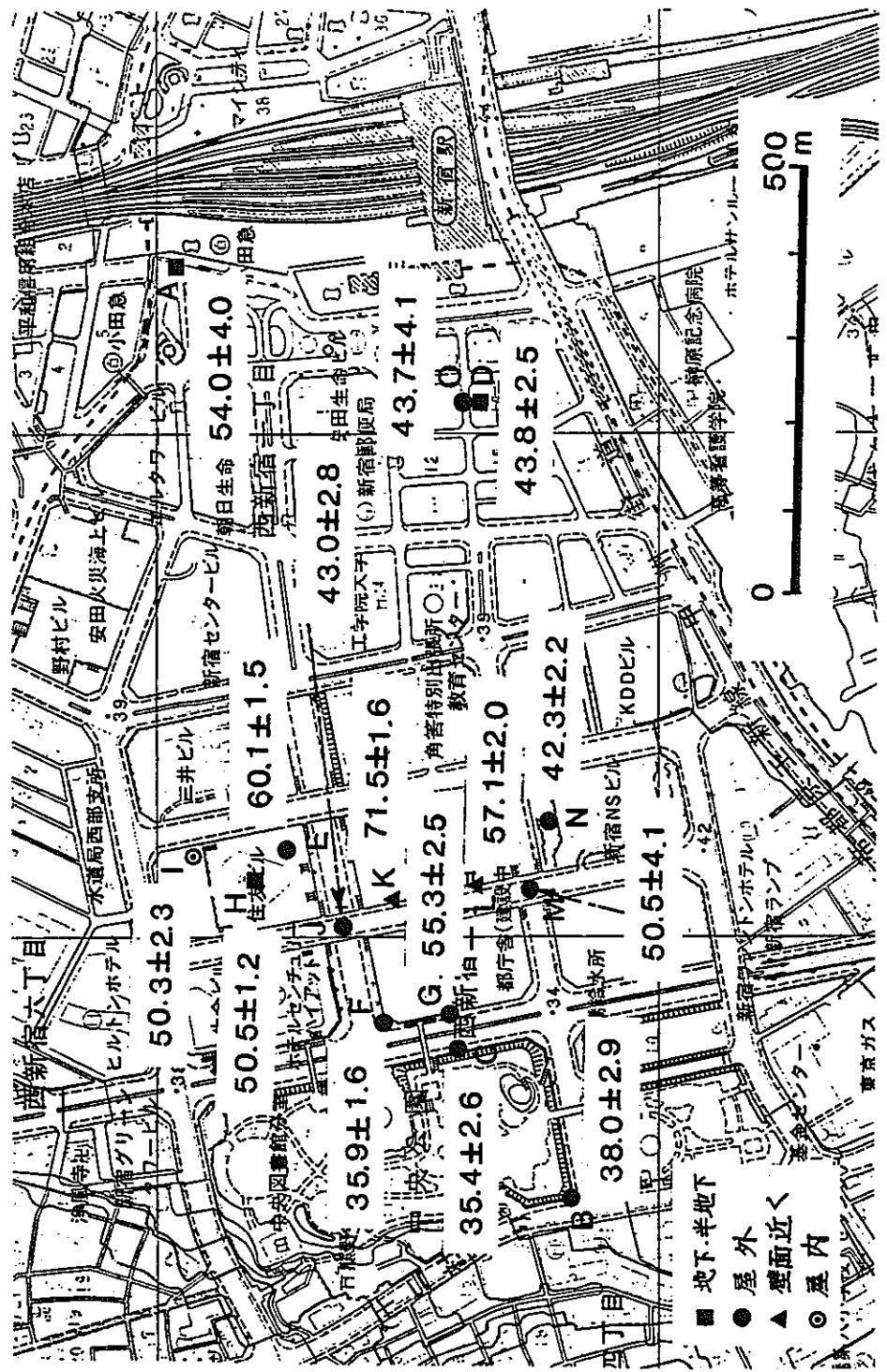


図 5.1 花崗岩貼りの建物の影響



(w/ DX 100, nSv/h)

## 6. カーボーンデータ収録

主として4"  $\phi \times 4"$  NaI(Tl) 検出器によってなされた本年度までの金沢大学および阪上関連カーボーン測定データを昨年度掲載のものも含め、すべて収録した。

### カーボーン・データ収録 I 金沢大学LLRL関連

	<u>1/20万図幅</u>	<u>対象</u>	<u>実施年月日</u>	<u>実施担当</u>	<u>測定器</u>	<u>資料</u>
K						
1.	金沢 NJ-53-12	北陸高速道 三方 宮津 NI-53-13	1978.9. 4-7	金沢大学 LLRL	3" $\phi \times 3"$ NaI	低レベル放射能 実験施設報告 LLRL-AR-3(1979)
2.	金沢 NJ-53-12 七尾 NJ-53-11	川北 海浜道路 押水 志賀	1980.3. 5-7	金沢大学 LLRL	3" $\phi \times 3"$ NaI	石川県環境部 環境放射能調査 報告昭和55年 3月
3.	富津 NI-53-13	美浜町内	1980.6. 17-21	金沢大学 LLRL	3" $\phi \times 3"$ NaI	美浜町下敷き 昭和56年作成 京大原子炉実験所 KURRI-TR-239 p50-p58 (1983)
4.	輪島 NJ-53-10 七尾 NJ-53-11 金沢 NJ-53-12	牛尾, 曽々木 輪島, 劍地 唐島 和倉, 田鶴浜 高浜, 柴垣, 羽咋 能登海浜道路, 松任	1980.11. 18-22	金沢大学 LLRL	3" $\phi \times 3"$ NaI	石川県環境部 環境放射能調査 報告昭和56年 3月
5.	輪島 NJ-53-10 七尾 NJ-53-11 金沢 NJ-53-12	能登海浜道路 縦貫道路 羽咋, 穴水, 内浦 珠洲, 真浦, 高州山 輪島, 皆月	1982.3. 21-24	金沢大学 LLRL	4" $\phi \times 4"$ NaI	石川県環境部 環境放射能調査 報告昭和57年 3月
6.	金沢 NJ-53-12 岐阜 NI-53-7	小松, 加賀 山中, 九谷 北陸高速道 (福井-敦賀)	1983.3. 9-13	金沢大学 LLRL	4" $\phi \times 4"$ NaI	石川県環境部 昭和57年度 環境放射能調査 報告昭和58年 7月
7.	七尾 NJ-53-11 金沢 NJ-53-12	津幡 宇ノ氣 高松, 押水 宝達山周辺	1984.3. 26-29	金沢大学 LLRL	4" $\phi \times 4"$ NaI	石川県環境部 昭和58年度 環境放射能調査 報告昭和59年 8月
8.	金沢 NJ-53-12	白山周辺 白峰村, 別当出会い 吉野谷, 白川村, 御母衣 小松, 大杉, 安宅海岸	1984.7.3-6	金沢大学 LLRL	4" $\phi \times 4"$ NaI	石川県環境部 昭和59年度 環境放射能調査 報告昭和60年 8月
9.	金沢 NJ-53-12	金沢市 湯湧, 医王山 坪野, 倉ヶ嶽 市街地	1989.11. 18-20	金沢大学 LLRL	4" $\phi \times 4"$ NaI	石川県環境部 昭和59年度 環境放射能調査 報告昭和60年 8月

## カーボン・データ収録 II

阪上 正信 関連

	<u>対象</u>	<u>実施年月日</u>	<u>実施担当</u>	<u>測定器</u>	<u>資料</u>
S	1/20万図幅				
1.	徳島 NI-53-21 剣山 NI-53-22 (一部は NI-53-14. NI-53-28 にかかる)	四国88ヶ所 (1)Nr1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (2)Nr8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, (3)Nr18, 19, 20, 21, 22, 23, (4)Nr27, 26, 25, 24,	1987. 4. 20-23 [点測定]	阪上 正信 4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	図①連続表示 (自宅保存)
2.	岡山及丸亀 NI-53-27 高知 NI-53-28 窪川 NI-53-29 宇和島 NI-53-35 松山 NI-53-34 (一部は NI-53-21, NI-53-14 にかかる)	瀬戸大橋 四国88ヶ所 (1)Nr29 (2)Nr28, 31, 30, 32, 33, 34, 35, 36, (3)Nr37, 38, 39, 40 41, 42, 43, (4)Nr45, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53.	1988. 5. 29 -6. 1 [点測定]	阪上 正信 4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	図②連続表示 (自宅保存)  「あとむす」 能登原子力セン ター発行 No. 59 (1989, 11月号)
3.	岡山及丸亀 NI-53-27 高知 NI-53-28 徳島 NI-53-21 (一部は NI-53-20, NI-53-14 にかかる)	芸予諸島 四国88ヶ所 (1)山陽道, 尾道, 因島, (2)弓削島, 生口島, 大三島, 伯方島, 大島, 来島海峡, Nr55, (3)Nr54, 56, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 60, (4)Nr65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, (5)Nr75, 76, 77, 78, 83, 80, 81, 82, (6)Nr84, 85, 86, 87, 88, (7)鳴門, 淡路島, 明石海峡, 須磨	1989. 3. 3-9 [点測定]	阪上 正信 4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	図③連続表示 (自宅保存) Data; Note, I
4.	京都及大阪 NI-53-14	京都行き 名神高速 東山, 市内 (研究会出席)	1987. 4. 25	阪上 正信 4" $\phi$ x4" NaI [点測定] (Gain750x10)	図④連続表示 (自宅保存)
5.	京都及大阪 NI-53-14	宝塚より 船坂, 白水峠 有馬へ	1987. 4. 26	阪上 正信 4" $\phi$ x4" NaI [点測定] (Gain750x10)	図④連続表示 (自宅保存)
6.	京都及大阪 NI-53-14	西宮甲武橋 伊丹, 川西	1987. 4. 26	阪上 正信 4" $\phi$ x4" NaI [点測定] (Gain750x10)	図④連続表示 (自宅保存)
7.	京都及大阪 NI-53-14	宝塚より 池田(大工試) 豊中(阪大)	1987. 4. 30	阪上 正信 4" $\phi$ x4" NaI [点測定] (Gain750x10)	図④連続表示 (自宅保存)
8.	京都及大阪 NI-53-14 宮津 NI-53-13	山科, 雄琴 花折トンネル, 上中 美浜町内調査 (早瀬, 太田, 菅浜, 白木)	1988. 8. 8-9	阪上 正信 4" $\phi$ x4" NaI [点測定] (Gain750x1)	図⑤連続表示 (自宅保存) Data; Note, I

## カーボーン・データ収録 III

阪上 正信 関連

S	<u>1/20万図幅</u>	<u>対象</u>	<u>実施年月日</u>	<u>実施担当</u>	<u>測定器</u>	<u>資料</u>
9.	京都及大阪 NI-53-14	名神高速 京都東 西大津 バス 比叡峠越, 北白川	1989. 6. 16	阪上 正信 [点測定]	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	図⑥連続表示 (自宅保存) Data;Note, 2
10.	京都及大阪 NI-53-14	逆瀬川より 六甲山最高峰 六甲トンネル 芦有自動車道	1989. 6. 17	阪上 正信 [点測定]	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	図⑥連続表示 (自宅保存) Data;Note, 2
11.	京都及大阪 NI-53-14	名神高速 山科, 422号 田ノ上地域 京滋バイパス宇治トンネル	1989. 7. 28	阪上 正信 [点測定]	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	図⑥連続表示 (自宅保存) Data;Note, 2
12.	京都及大阪 NI-53-14	第二神明道路 神戸市西(流通大) 有馬, 白水峡, 蓬萊峡, 宝塚	1989. 7. 29	阪上 正信 [点測定]	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	図⑥連続表示 (自宅保存)
13.	岐阜 NI-53-7 宮津 NI-53-13 京都及大阪 NI-53-14	北陸自動車道 (鯖江-敦賀) 美浜町新庄チック 大飯, 瞳寄, 綾部, 瑞穂 天王トンネル, 川西	1989. 8. 10-11	阪上 正信 [点測定]	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	図⑤連続表示 (自宅保存) Data;Note, 2
14.	京都及大阪 NI-53-14	宝塚市内 生瀬, 白水峡 芦有自動車道路, 逆瀬川	1989. 12. 1, 3,	阪上 正信 [連続記録]	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋①
15.	京都及大阪 NI-53-14	宝塚, 阪神高速池田線 大阪市内環状線 土佐堀出口, 肥後橋交差点 四つ橋通り, 北浜, 東横堀川 天満橋, 御堂筋, 日本橋筋, 堺筋, 新御堂筋 千里中央, 箕面, 池田, 川西, 清荒神駅前	1989. 12. 6	阪上 正信 [連続記録]	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋①
16.	松山 NI-53-34 京都及大阪 NI-53-14	伊方原発見学 (美浜町監視委) (1) 今治港, 糸山, 北条, 松山, 大洲, 八幡浜, 佐田岬往復 (2) 八幡浜, 伊方町役場, 原子力発電所サイト 三瓶, 大洲, 長浜, 松山, 奥道後, 今治 (3) フェリー船上, 東神戸港, 芦有道路, 逆瀬川	1989. 12. 4-6	阪上 正信 [連続記録]	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋②

<u>1/20万図幅</u>		<u>対象</u>	<u>実施年月日</u>	<u>実施担当</u>	<u>測定器</u>	<u>資料</u>	
S	17. 京都及大阪 NI-53-14	宝塚, 43号線 神戸ポートアイランド 山麓バス, 夢野, 平野 箕谷, 新神戸トンネル, 新神戸駅 神戸高校, 2号線, 171号線, 宝塚市役所	1990. 2. 15	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録]	(Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋①
18. 京都及大阪 NI-53-14	岡本 芦屋川沿い 苦楽園, 薬林寺, 逆瀬川	1990. 2. 17	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録]	(Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋①	
19. 京都及大阪 NI-53-14	宝塚市内 壳布きよしが丘	1990. 2. 24	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録]	(Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋①	
20. 京都及大阪 NI-53-14	三田, 唐櫃 新神戸トンネル, 三宮 2号線芦屋川 (動燃車と六甲山上モニタリングの後)	1990. 2. 27	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録]	(Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋①	
21. 京都及大阪 NI-53-14	宝塚 六甲山頂 摩耶山, 往復	1990. 9. 8	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録]	(Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋①	
22. 京都及大阪 NI-53-14 姫路 NI-53-20 (一部 NI-53-15 にかかる)	阪神高速 第二神明, 姫路 播磨科学公園放射光予定地 佐用, 上月, 新宮, 姫路	1990. 9. 9	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録]	(Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋③	
23. 京都及大阪 NI-53-14	京都南, 宇治 No10三室戸寺, No12岩間寺, No131石山寺 滋賀医大, 滋賀県庁, 名神高速	1990. 7. 31	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録]	(Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋④ I じく	
24. 京都及大阪 NI-53-14	石橋, 茨木 No22總持寺, 高槻 No20善峰寺, No21穴太寺 能勢妙見山, No23勝尾寺 箕面, 山本, No24中山寺	1990. 8. 1	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録]	(Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋④ I じく	
25 和歌山 NI-53-15 伊勢 NI-53-9 木本 NI-53-10 田辺 NI-53-16 京都及大阪 NI-53-14	大台ヶ原 西国33ヶ所南紀 (1)No5藤井寺, 犬傍山南, No7岡寺 No6壺坂寺、伯母谷, 大台ヶ原スカイライン (2)新伯母峰トンネル, 北山村 新宮, No1 那智青岸渡寺, 太地, (3)潮岬, 日置川, 御坊, 美浜日の岬 海南, No2 紀三井寺, 和歌山 No3粉河寺, 鍋谷峠, 和泉, 堺 阪神高速湾岸線, 大阪市内, 尼崎	1990. 8. 26-28	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録]	(Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋④ I じく II じく I じく	

カーボーン・データ収録 V 阪上 正信 関連

S	1/20万図幅	対象	実施年月日	実施担当	測定器	資料	
26.	京都及大阪 NI-53-14	川西, 豊能 野間, 湯の花, 桂川 堀川通り, 国際会議場 No19革堂 No18 六角堂 No17六波羅蜜寺 No15 今熊野観音, 名神高速	1990. 9. 27	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋④ I うえ	
27.	和歌山 NI-53-15	近畿自動車道 美原, 河内長野, 30 No4槇尾山施福寺山麓 熊取, 京大原子炉実験所	1990. 10.	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋④ I うえ	
28.	京都及大阪 NI-53-14 和歌山 NI-53-15 伊勢 NI-53-9	(1)名神京都南 深草, 東山越え 8-9 醍醐三宝院 No11^ 宇治, 木津, 奈良 No9興福寺 天理, 桜井, No8 長谷寺 榛原, 高見トヅル, 飯高奥香肌 (2)蓮外ム, 月出, 高見トヅル, 室生 笠置, 田原, 宇治, 山科, 名神	1990. 11.	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋④ II うえ	
29.	京都及大阪 NI-53-14 宮津 NI-53-13 岐阜 NI-53-7 (ごく一部 NI-53-8 にかかる)	(1)三田, 柏原 福知山, 大江山 27-28 宮津, No28 成相寺, 丹後半島, 間人, 網野 (2)網野, 峰山, 宮津, 舞鶴 No29松尾寺, 27号線, 美浜 美浜町内(久々子, 新庄, 佐田, 菅浜, 竹波) 馬背峠, 敦賀, 北陸・名神・中国高速自動車道	1990. 12.	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋⑤ IV うえ	
30.	京都及大阪 NI-53-14 宮津 NI-53-13 (一部 NI-53-7, 8 にかかる)	京都東, 湖西 1991. 2. 12 161号線, 敦賀 美浜町内調査 (27号線, 山上, 太田, 菅浜, 丹生, 白木, 竹波) 馬背峠, 敦賀, 美浜町役場 上中, 今津, 161号線, 大津	1991. 2. 12	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋⑤ V	
31.	京都及大阪 NI-53-14	伊丹, 千里 1991. 2. 13 新御堂筋を梅田へ 淀屋橋, 鞍公園, 梅田 曽根, 大阪空港下, 伊丹,	1991. 2. 13	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋⑤ VI うえ	
32.	京都及大阪 NI-53-14	山本, 川西 1991. 2. 15 伊丹, 大阪空港下, 南千里 岸辺, 薫英短大, 茨木 名神・阪神高速(吹田一西宮一月見山) 須磨, 神戸市内, 43号線, 神戸商船大	1991. 2. 15	阪上 正信	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋⑤ VI うえ	

S	1/20万図幅	対象	実施年月日	実施担当	測定器	資料
33.	姫路 NI-53-20 京都及大阪 NI-53-14	竜野, 網干, 香寺, 加古川, 北神戸阪神高速線 盤滝トンネル	1991. 6. 2	阪上 正信 [連続記録] (4ペン)	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋⑥
34.	京都及大阪 NI-53-14 名古屋 NI-53-8 岐阜 NI-53-7 宮津 NI-53-13	名神高速, 竜王, " 近江八幡, No32観音正寺 能登川, No31長命寺, 菱瀬湖大橋, (4ペン) 志賀, 新旭, 今津, (No30宝厳寺) 敦賀, 美浜, マキノ町へ山越え。 西浅井, 海津大崎, 各地点トンネル。 木之本, 伊吹, 池田, 谷汲, No33谷汲寺 久瀬, 坂内, 垂井, 関が原, 名神高速, 中国高速宝塚,	1991. 6. 7	阪上 [連続記録]	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋⑥
35.	京都及大阪 NI-53-14	宝塚郵便局前 伊丹, 大阪空港下往復, 中山台, 自宅近く池田線トンネル	1991. 6. 9	阪上 [連続記録] (4ペン)	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋⑥
36.	京都及大阪 NI-53-14 宮津 NI-53-13	中国高速, 福知山, 舞鶴高浜, 美浜, 小浜, 名田庄, 堀越トンネル 京北, 京都東山, 百万遍,	1991. 6. 9	阪上 [連続記録] (4ペン)	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋⑥
37.	京都及大阪 NI-53-14	千里中央, 江坂, 岸辺, 薫英短大, 阪大前, 川西能勢口, 宝塚, 盤滝トンネル, 白水峡, 芦有道路, 逆瀬川(後半 近畿大・森島氏同行)	1991. 6. 26	阪上 [連続記録] (4ペン)	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋⑥
38.	京都及大阪 NI-53-14 岐阜 NI-53-7 金沢 NJ-53-12 長野 NJ-54-36 伊勢 NI-53-9	北陸高速道, 北海道一周, 中央高速道, 富山 NJ-53-5 飯田 NI-54-1 和歌山 NI-53-15 高田 NJ-54-35 名古屋 NI-53-8 夕張岳 NK-54-9 網走 NK-54-14 旭川 NK-54-1 留萌 NK-54-7 稚内 NK-54-16 比布 NK-54-11 岩内 NK-54-20	1991. 7. 20-31	阪上 [連続記録] (4ペン)	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	記録紙記入 (自宅保存) Chart袋⑦
					湖西道, 敦賀, 北陸高速道, 辰口, 金沢, 北陸高速道, 親不知, 直江津(往路), フエリー (帰路) 高田, 飯山, 豊野, 長野, 更埴, 戸倉, 鹿教湯, 松本, 辰野, 中央高速道, 恵那山トンネル, 土岐, 春日井, 東名阪, 松原, 吹田。	
					室蘭, 苦小牧, 鵠川, 平取, 日高, 日勝峠, 清水, 帯広, 池田, 浦幌, 釧路, 厚岸, 浜中, 霧多布岬, 樹町トンネル, むつごろう 暮帰別, Marshy Grassland Road, 茶内, 厚床, 根室, 納沙布岬, 花咲, 別海, 標津, 知床横断道路, 地の涯, 五湖, ウトロ, 斜里, 網走, 美幌峠, 屋斜路湖, 川湯, 弟子屈, 足寄, 穂平, 層雲峠, 旭川, 比布, 名寄, 浜頓別, 宗谷岬, 野寒布岬, 豊富, 岬延, 佐久, 遠別, 羽幌, 小平, 雄冬, 浜益, 滝川, 茶志内, 道央自動車道, 美唄, 札幌, 銭函, 小樽, 余市, 仁木, 宮立, 泊, 神恵内, 豊浜, 余市, 振内, 小樽市内, 札幌自動車道, 盤渓, 札幌旧道序, 北大構内,	

S	1/20万図幅	対象	実施年月日	実施担当	測定器	資料
39.	京都及大阪 NI-53-14	阪神高速 本町, 大阪市内, 大阪港, 築港東, 中島新高速道 (安治川, 神崎川).	1991. 9. 25	阪上	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (1ペン携帯レコーダ)	ハニ記録紙記入 1K-0.5V (自宅保存) Chart箱①下
40	姫路 NI-53-20 京都及大阪 NI-53-14	安富, 福崎, 中国高速道, 社, 唐櫃トンネル, 六甲トンネル 六甲 Island,	1991. 9. 26	阪上	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (1 ペン携帯レコーダ) (電源一時不良)	ホ記録紙記入 300-1V (自宅保存) Chart箱①下
41	京都及大阪 NI-53-14	大阪市内 堺筋, 大阪駅, 阪大RI (学会), 帰路両日とも旧176号線, 宝塚,	1991. 9. 1&2	阪上	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (1ペン携帯レコーダ)	ルヲ記録紙記入 1K-0.2V (自宅保存) Chart箱①下
42	京都及大阪 NI-53-14 宮津 NI-53-13	川西池田, 伏尾, 亀岡, 嵐山, 上賀茂, 市原, 静原, 途中, 花咲トンネル, 栃木, 上中, 小浜, 久々子, 美浜, 高浜, 舞鶴, 舞鶴自動車道, 宝塚IC.	1991. 10. 5	阪上	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1) (1ペン携帯レコーダ)	ワカ記録紙記入 (自宅保存) Chart箱①中
43	京都及大阪 NI-53-14 姫路 NI-53-20	逆瀬川, 盤滝トンネル, 有馬, 唐櫃トンネル, 中国高速道, 福崎, 安富.	1991. 11. 10	阪上	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1) (1ペン携帯レコーダ)	ヨ記録紙記入 1K-0.2V (自宅保存) Chart箱①中
44	姫路 NI-53-20	山崎, 南光, 佐用, 平福, 西粟倉, 智頭街道, 奈義, 勝北, 津山IC, 中国高速道, 山崎IC.	1991. 11. 11	阪上	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (1ペン携帯レコーダ)	タ記録紙記入 1K-0.2V (一部-0.5V) (自宅保存) Chart箱①中
45	姫路 NI-53-20	安富, 夢前, 文殿トンネル, 明神湖, 小畠トンネル, 夢前町役場, 安富.	1991. 11. 12	阪上	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1) (1ペン携帯レコーダ)	レ記録紙記入 1K-0.2V (自宅保存) Chart箱①中
46	姫路 NI-53-20	安富, 新宮, 竜野, 竜野IC, 山陽自動車道, 姫路東IC, 姫路市, 姫路バイパス, 太子南, 竜野, 新宮, 峠, 安富.	1991. 11. 13	阪上	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1) (1ペン携帯レコーダ)	ソ記録紙記入 1K-0.2V (自宅保存) Chart箱①中
47.	姫路 NI-53-20 京都及大阪 NI-53-14	安富, 福崎, 播丹連絡自動車道, 神崎北出口, 生野, 銀山湖畔, 青垣, 山東, 夜久野, 福知山, 舞鶴自動車道福知山ICに入る, 西紀PA, 中国高速神戸三田IC出る, 唐櫃トンネル, 六甲トンネル 六甲山頂, 凌雲台, 一軒茶屋, 逆瀬川, 宝塚新大橋.	1991. 11. 14	阪上	4" $\phi$ x4" NaI [連続記録] (Gain750x1) (1ペン携帯レコーダ)	ツ記録紙記入 1K-0.2V (自宅保存) Chart箱①中

カーボン・データ収録 VII 阪上 正信 関連

	<u>対象</u>	<u>実施年月日</u>	<u>実施担当</u>	<u>測定器</u>	<u>資料</u>
S 48	1/20万図幅 京都及大阪 NI-53-14	逆瀬川, 1991. 11. 22 盤滝トンネル, 有馬, [連続記録] 新神戸トンネル, 三の宮, (1 ペン携帯レコーダ) 神戸ポートisland, 阪神高速摩耶に入る, 尼崎出る, 湾岸線中島に入る, 堺大浜出る, 三国ヶ丘, 大阪府立大, 堺, 阪神高速土佐堀出る, 肥後橋, 電気クラブ, 阪神高速中之島西に入る, 尼崎出る, 塚口, 伊丹, 安倉,	阪上	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	ナ記録紙記入 1K-0.2V 300-1V (自宅保存) Chart箱①中
49	京都及大阪 NI-53-14 岐阜 (名古屋) NI-53-7 (-8) 金沢 NJ-53-12 七尾 (輪島) NJ-53-11 (-4)	中国高速宝塚IC 1991. 11. 28-29 名神高速, 北陸自動車道, [連続記録] 加賀IC出る, 小松, 尾小屋, (1 ペン携帯レコーダ) 辰口, 金沢市内; 角間金沢大新キャンパス, 鳴和, 津幡, 能登有料道路, 千里浜海浜Dr. Way, 氣多大社, 富来, 福浦, 赤神, 門前, 皆月.	阪上	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	ウ記録紙記入 300-1V (自宅保存) Chart箱①上
50	輪島 NJ-53-4 七尾 NJ-53-11 金沢 NJ-53-12	皆月, 輪島高校, 1991. 11. 30 輪島市内, 穴水ICに入る 12. 1. [連続記録] 能登有料道路, 高松IC出る, (1ペン携帯レコーダ) 内日角, 船橋, 高柳, 金沢市内; 犀川大橋, 鶴来, 吉野谷, 白峰, 勝山, 大野市内.	阪上	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	ノ記録紙記入 300-1V (自宅保存) Chart箱①上
51	金沢 NJ-53-12 岐阜 NI-53-7 名古屋 NI-53-8	一乗谷, 河和田, 1991. 12. 1 鯖江ICに入る, 北陸自動車道, 長浜IC出る, 山東, 伊吹, (1ペン携帯レコーダ) 関ヶ原, 上石津, 藤原, 鞍掛トンネル往復, 伊吹, 高月, 木之本, 賤ヶ岳トンネル, 沓掛, 斻田, 敦賀.	阪上	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	オ記録紙記入 300-1V (自宅保存) Chart箱①上
52	岐阜 NI-53-7 宮津 NI-53-13 京都及大阪 NI-53-14	敦賀バイパス, 1991. 12. 2 武生トンネル, 武生, [連続記録] 宮崎, 織田, 越前, (1ペン携帯レコーダ) 河野海岸有料道路, 敦賀バイパス, 美浜, 三方, 上中, 今津, 新旭町, 高島, 志賀, 大津, 京都東ICに入る, 名神高速, 中国高速宝塚IC出る.	阪上	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	ク記録紙記入 300-1V (自宅保存) Chart箱①上
53	京都及大阪 NI-53-14	六甲山合同調査 1991. 12. 6 宝塚宮の町比較測定, [連続記録] 宝塚大橋, 逆瀬川, (1ペン携帯レコーダ) 盤滝トンネル, 白水峡, 芦有自動車道, 展望台, 六甲山一軒茶屋, 記念碑下, 六甲トンネル, 唐櫃トンネル往復, 新神戸トンネル, 灘大橋, 六甲Island.	阪上	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	マ記録紙記入 a-i 用紙貼付 300-1V (自宅保存) Chart箱①上
54	京都及大阪 NI-53-14	宝塚ICに入る, 1991. 12. 7-8. [連続記録] 中国高速 福崎IC出る, 安富; (1ペン携帯レコーダ) 角龜トンネル, 播磨科学学園都市, 三濃山トンネル, 竜野西ICに入る, 山陽自動車道, 姫路東IC出る, 県65号線, 加古川バイパス, 阪神高速北神戸線, 五社, 176号線, 名塩.	阪上	4" $\phi$ x4" NaI (Gain750x1)	ケ記録紙記入 300-1V (自宅保存) Chart箱①上

S	1/20万図幅	対象	実施年月日	実施担当	測定器	資料
55	京都及大阪 NI-53-14 名古屋 NI-53-8	宝塚IC入る, 中国高速, 名神高速, 京都南IC出る, 宇治西IC入る, 京滋バイパス, 宇治トンネル, 太平山トンネル, 石山大津IC出る, 南郷, 422号線, 信楽, 307号線, 塚339-345号線, 滋賀医大, 田上中学, 1号線, 瀬田川, 山科, 京都市内.	1991.12.9	阪上	4" $\phi$ x 4" NaI [連続記録] (Gain750x1) (1 ペン携帯レコーダ)	フ記録紙記入 300-1V (自宅保存) Chart箱①上
56	京都及大阪 NI-53-14 姫路 NI-53-20	川西, 池田, 173号線, 一の鳥居, 一庫, 能勢, 天王, 篠山, 丹南, 山南, 中, 加美, 高坂トンネル, 神崎, 市川, 福崎, 安富.	1991.12.14	阪上	4" $\phi$ x 4" NaI [連続記録] (Gain750x1) (1 ペン携帯レコーダ)	コ記録紙記入 300-1V (自宅保存) Chart箱①上
57	姫路 NI-53-20 京都及大阪 NI-53-14	安富, 夢前, 香寺, 相坂トンネル, 16. 姫路市内, 塩田温泉, 安富; 福崎, 加西, 小野, 三木, 呑吐ダム, 衝原トンネル, 有馬, 盤滝トンネル, 宝塚.	1992.1.15	阪上	4" $\phi$ x 4" NaI [連続記録] (Gain750x1) (1 ペン携帯レコーダ)	工記録紙記入 300-1V (自宅保存) Chart箱①

## 7. 北上山地南部の岩石とその放射能

### 7.1 序

一般環境中の放射線量、バックグラウンドがその地点の地質によって左右されることは以前から指摘されてきた。しかし、この間の関連性を定量的に明確化することには手を染める人も少なく、論文などにとりまとめられたデータは大変少い。

1973年、北海道大学理学部と動力炉・核燃料開発事業団は共同研究として、カーボン、つまり車載型シンチレーターによるガンマ線量の測定を、地質が十分に解明されている北上山地南部において行い、その相関関係の解明を試みた。この時のデータは北海道大学理学部・湊正雄教授の主導のもとに、北大・動燃双方の関係者によって英文にとりまとめられ、“Stratigraphy and Radioactivity of the Rocks in the Setamai-Sakari District, Kitakami Mountains, Northeast Honshu, Japan”と題して北海道大学理学部紀要15巻、No. 2～3（1974年）に収められている。

残念ながらその後この種の調査・検討は行われる機会がなく現在に至っているが、今回の本委員会の検討に資すべく、上記報告書の内容を中心として本委員会の趣旨に沿ったデータとして以下に再編した。

1973年の北大・動燃の共同研究は岩手県東南部から宮城県北東部にいたる北上山地南部にあたる岩手県気仙沼郡住田町世田米（せたまい）から大船渡市盛（さかり）の間に分布する古生代、中生代の堆積岩と氷上（ひがみ）花崗岩、竹駒（たけこま）花崗閃緑岩を主たるフィールドに選び検討を加えたものである。また、この南方にあたる気仙沼市北部の中生代堆積岩の一部に対してもガンマ線量の測定を行った。

放射能、この場合はガンマ線量の測定は直径5インチ、高さ5インチの沃化ナトリウム結晶をシンチレーターとした車載型カーボン装置を用いた。この装置は原子燃料公社（1957～1967年）および動燃が開発し、その後動燃によって改良を加えたシステムを日本無線医理学研究所が製作したものである。

### 7.2 調査結果

この検討に供したフィールドの地質・層序を表7.1にとりまとめた。調査結果は地質時代の古いものから紹介する。

### 7.2.1 壺の沢（つぼのさわ）片麻岩

古生代前半の進入と推定されている氷上（ひがみ）花崗岩の中にレンズ状の岩体として存在しているこの片麻岩は、古生代前半、ないしそれ以前に形成した岩石が氷上花崗岩中に取り込まれたものと考えられている。この研究では陸前高田市壺の沢上流部で本片麻岩を調査した。同地点では壺の沢片麻岩は中生代の三畳紀に進入したとみられている氷上花崗岩C型によって貫かれ、変成作用を受けている。成分鉱物は石英・斜長石・黒雲母・白雲母・カリ長石を主としているが部分的にその量比には大きな相違が認められる。

ガンマ線量は大部分が40,000～50,000カウント／分（以下cpmとする）で、一部、カリ長石の多い部分で60,000cpmを越えるものも認められた。

### 7.2.2 シルル紀・川内（かわうち）統

本調査地域内に分布する古生代のシルル紀に堆積した岩石としては川内統の石灰岩、粘板岩がある。川内統は層厚約300 m、石灰岩および粘板岩が部分的に変質を受けたもので構成されており、主として石灰岩から発見される化石、層孔虫類、床板珊瑚類、四射珊瑚、腕足類などからシルル紀に形成したものと推定されている。本研究においては岩手開発鉄道の日頃市（ひころいち）駅南西に分布している礫岩を夾在する粘板岩と石灰岩を対象として約900 mの間、ガンマ線量の測定を行った。この結果、多くの部分は20,000～30,000cpmであったが粘板岩の一部で30,000cpm以上の部分も認められた。

（図7.2～7.6）

### 7.2.3 デボン紀

#### (1) 高稲荷（たかいなり）統

本地域内のデボン紀堆積岩の最下層準である高稲荷統は層厚約50m、砂岩の薄層をはさむチャートを主要な岩石としており、放散虫の化石が認められている。

今調査ルートでは長安寺—大森間（図7.1、図7.3）にその一部が赤色ないし緑色のチャートとして露頭をみせている。また、このチャートは岩株状の氷上花崗岩（a型）とみられるものによって貫かれている。ガンマ線量としては一般に40,000～50,000cpmであった。

#### (2) 大野統

大野統は層厚約390 m、緑色の凝灰岩であるケラトファイア（Keratophyre）を主

とし、粘板岩、石灰岩をはさむ一連の堆積岩として高稲荷統の上を覆っている。今調査ルートの中では長安寺—大野間において高稲荷統とは断層で接しており、上位を中里統に覆われている。

大野統の岩石のガンマ線量は全般に高く、50,000cpm 以上を示し、特にケラトファイアの一帯では80,000cpm に達するものも認められた。しかし、ケラトファイアのうち表7.2 の分類における1、3、10、12の各層準のものは低いガンマ線量を示している。また、大野統の模式地である大野部落附近でも多くのケラトファイアが高いガンマ線量を示したが上記と同様に層準1、3 のものは低い値であった。また、表7.2 中の層準4とした粘板岩ではケラトファイアと同程度の高いガンマ線量を示すものが認められている。

坂本沢川上流での大野統のケラトファイアは図7.4 に紹介するように600 m以上にわたって露頭が認められ、60,000~80,000cpm と高いガンマ線量を示している。なお、この地点のケラトファイアの層準は不明確である。

岩手開発鉄道の日頃市駅周辺にも大野統のケラトファイアを主とし、粘板岩を伴う岩石が数多く露頭をみせており、いずれもが70,000cpm 以上の高いガンマ線量を示している。

大野統下部では石灰岩を夾在する部分が多く、50,000cpm 程度の比較的低いガンマ線量を示しているが上述したように上部層の多くの部分では一般に70,000cpm 程度の高いガンマ線量が認められている。

### (3) 中里（なかざと）統

大野統の上位を覆う中里統は層厚750 m、下底部ではケラトファイアおよび基性凝灰岩を主とし、全体としては黒色粘板岩が優勢で、中里統上部では三葉虫、腕足類、サンゴなどの化石が数多く認められている。

本調査ルートの中での中里統は長安寺—大森間で露頭がみられ、この部分の層厚は110 m以上と推定される。下位の大野統とは不整合で接している。図7.3、および表7.3においては測点の13から59が中里統のものであるが、このうち測点35、53は中里統の岩石を貫くひん岩の岩脈であり、また図7.3 の測点31は地形的に両側に露頭が迫っているためのマス効果の影響が大きく、ガンマ線量が高い値となっている。

中里統の岩石のガンマ線量としては、下位にある基性凝灰岩は低い値を示しているが、中里統においてもケラトファイアは測点28、29、36~42（いずれも図7.3、表7.3）にみるように高い値を示している。また、中里統の砂岩、粘板岩のガンマ線量

には変動が著しいが、おおむね50,000cpm、稀に60,000cpmに達するものも認められている。

#### 7.2.4 氷上花崗岩（a型、b型）

a型とされているものは細粒の黒雲母角閃石花崗岩で、角閃石中のカリ・アルゴンによる年代測定によると3.51億年ないし3.55億年と推定されている(Shibata, 1973)。このa型の花崗岩は一連の氷上花崗岩分布の東部にその主体が認められるが中央部の一部にも認められている。またb型は氷上花崗岩の分布地中央部によくみられるもので、岩質は細粒、優白質のものが多く、前述のa型のものとは漸移している。

氷上花崗岩a型、b型はともに測定されたガンマ線量は高く、一般に50,000cpm以上を示し、部分的には70,000cpm以上であった。

#### 7.2.5 石炭紀

本地域における石炭紀の堆積岩は累計3,000m以上もの層厚を持ち、その主要部は石炭紀始のものとなっている。石炭紀下部に対比されるものとして日頃市（ひころいち）統、有住（ありす）統、大平統、鬼丸統があり、中部のものとして長岩統がある。

##### (1) 日頃市統

本調査地域内での日頃市統は猪川階と大股階に2分される。

猪川（いかわ）階の分布は本調査地域内においても少なくないが、カーボーン装置を積載した車で近づきうる部分は少なく、結果的に調査は断片的なものとなった。本地域の猪川階の累計層厚は約500m、下底部には礫岩、その上位は粘板岩と凝灰岩の互層となっている。坂本沢川下流部での猪川階の岩石のガンマ線量は28,000～35,000cpm、最大値の35,000cpmは坂本沢川と鬼丸部落からの沢との合流点附近で認められた。

大股（おおまた）階の岩石は本調査地西部の大股・小股両部落間に露出がみられ、下部には中性の凝灰岩があり、その上が層厚約300mの粘板岩となっている。ガンマ線量は一般に低く、中性凝灰岩が20,000cpm前後、粘板岩で30,000cpm程度であった。

##### (2) 有住（ありす）統

有住統は下半分を火ノ土階（ひのつちかい）、上部を十文字階（じゅうもんじかい）と2分されている。

火ノ土階（ひのつちかい）は岩質から2つのグループに分けられ、第1グループは

層厚40～180 mの中性凝灰岩で、第2グループは層厚約220 mの粘板岩を主としたものとなっている。しかし、ガンマ線量は一般に低く、第1グループの中性凝灰岩、第2グループの粘板岩ともに20,000cpm 前後であった。なお、第2グループの粘板岩については、その主要分布地である大股部落附近で断層によって切られ、その大部分が二疊紀の坂本沢統のものとなっているため十分な調査を行うことができなかった。

十文字階の下部は主として基性凝灰岩よりなり、層厚120 m前後（図7.6参照）、このガンマ線量は小壺川沿いの部分における測定で30,000cpm 前後であった。十文字階の中部・上部は複雑であるが、いずれも粘板岩を主としており、中部においては基性凝灰岩の薄層を夾在し、上部では石灰質の部分を夾在する粘板岩となっている。これら中・上部十文字階のガンマ線量は、いずれも小壺川沿いに測定した結果として25,000cpm 以下、特に夾在されている凝灰岩は更に低く、一般に20,000cpm 前後であった。

#### (3) 大平（おおだいら）統

本調査地内の中部から北部にかけて広い分布をもつ大平統の岩石については地質学的な面とともにガンマ線量の測定も数多くの露頭において十分に行うことができた。

大平統は上部・下部に2分され、下より舞出（まいで）階、小坪階としている。

舞出階は層厚260 m余の主として粘板岩よりなる部分と、層厚約200 mの基性凝灰岩よりなる部分とで構成されている。ガンマ線量の測定は小坪川下流沿いの部分で行い（図7.6、図7.7参照）、粘板岩を主とする部分、基性凝灰岩を主とする部分の両者とも大略30,000cpm 前後であった。なお、一部で40,000cpm を示す部分も認められたが地形の影響によるマス効果の結果とみられ、岩石本来のガンマ線量が他部分と異なるものではないと考えられる。

上部の小坪階は主として砂岩・低純度の石灰岩、粘板岩で構成されているが小坪階の基底部、舞出階と接する部分では粘板岩と基性凝灰岩が認められている。ガンマ線量は図7.6、図7.7に示すように30,000cpm 前後、マス効果の認められる部分で40,000cpm 以上を測定したが下位の舞出階のものと大略同様であった。

#### (4) 鬼丸（おにまる）統

本統を構成する岩石の大部分は石灰岩で構成されており、前述の日頃市統、大平統の岩石を不整合に覆っている。鬼丸統の石灰岩は本調査地内には広く分布が認められているが、自動車の通行可能な地点に露出するものは少なく、ガンマ線量の測定が可能であった部分は図7.7に示した2ルートのみであった。ガンマ線量は30,000～40,0

00cpm であった。

#### (5) 長岩（ながいわ）統

本統の模式地である長岩部落においてその岩質は石灰岩が主となっており、なかに中性凝灰岩薄層とチャートのノジュールを夾在している。ガンマ線量は図7.7の14に紹介するように20,000～30,000cpm であった。

### 7.2.6 二疊紀

本調査地域内の二疊紀の堆積岩は下位より坂本沢統、叶倉統、登米統と3分されている。

坂本沢統の下部、川内階には基底礫岩があり、本調査地域西部の多くでは石炭統の長岩統の上にこの坂本沢統の基底礫岩が乗っているが中央部では鬼丸統、ないしこれ以前の岩石の上を覆っており、また西部の一部では石炭紀最下部の日頃市統の上位を坂本沢統の基底礫岩が直接覆っているのが認められている。このため、二疊紀に海進があり、坂本沢統以下一連の岩石が堆積する以前に石炭紀の岩石の一部、ないし多くの部分が削剝されたものと考えられる。

#### (1) 坂本沢（さかもとざわ）統

坂本沢統はその下部を川内階、上部を樺山階と2分されている。

本調査地域内の川内（かわうち）階堆積岩は東部と西部の間では構成岩石、層厚ともに大巾な相違をみせている。東部においては層厚は100 m以下、石墨の薄層を夾在する粘板岩を主としており、下部に基底礫岩を伴っている。中央部から西部にかけては層厚300 m以上、構成岩石としては、緑色の長石に富んだ砂岩、粘板岩、石灰質粘板岩、凝灰岩となっており、レンズ状の石墨を夾在している。

坂本沢統上部の樺山（かばやま）階はその大部分が石灰岩となっている。

ガンマ線量の測定結果を図7.10に要約した。

同図でⅧとしたものが川内階下半部、Ⅸとしたものが川内階上部と樺山階の、いずれも石灰岩中の測定結果の平均値である。

#### (2) 叶倉（かのうくら）統

叶倉統は基底礫岩を伴い、下位の坂本沢統の各岩を不整合に覆っており、層厚は累計160 m前後、下位より合地沢（かつちざわ）階、岩井崎（いわいざき）階に2分されている。

合地沢階は礫岩、砂岩、粘板岩、石灰岩よりなっている。合地沢階の岩石に対する

ガンマ線量の測定は叶倉沢、合地沢川沿いに露頭がみられ、この部分を中心に行った。測定結果は図7.10でXIとして紹介しているように、大略20,000~30,000cpm であった。

岩井崎階は部分的に岩質の変化が認められる。一部の地区では厚い石灰岩よりなっているが一部では石灰岩と粘板岩の互層、更に一部では花崗岩の礫を含む厚い礫岩と粘板岩との互層となっている。岩井崎階についてのガンマ線量の測定は合地沢川上流部（図7.8）で行った。岩質によって大巾な相違が認められ、石灰岩の部分では20,000cpm 前後と低かったが粘板岩では最高80,000cpm が認められた。また、小坪川上流部でも（図7.9）粘板岩の中で63,000cpm を測定した。なお、小坪川上流での岩井崎階の粘板岩については花崗岩の礫を含む礫岩を伴っているところから岩井崎階のものと推定したが多少の疑問が残る。

また、平貝（たいらがい）川上流（図7.1参照）でも岩井崎階のものとみられる花崗岩礫を含む礫岩の上位に粘板岩があり、この中で60,000cpm を測定した（図7.10）。

### (3) 登米（とよま）統

上部二疊紀に対比されている登米統は、層厚400 m前後、主として化石の少ない黒色粘板岩で、基底部に礫を含む砂岩の薄層を伴っている。図7.1に紹介する只越（ただごえ）近くの海岸で登米統の粘板岩が露頭をみせているが、基底部の花崗岩礫を含む礫岩部分は道路事情のためガンマ線量の測定ができなかった。結局のところ、カーボンによる測定は黒色粘板岩の部分、層厚として200 m程度のみであった。測定結果は図7.10に紹介するように、30,000~40,000cpm 、最大50,000cpm 前後であった。

## 7.2.7 三疊紀

本調査地域内での三疊紀の岩石としては、三疊紀下部に対比される稻井層群の堆積岩および氷上花崗岩・C型のものがある。本調査地域内では三疊紀中部、および上部に対比されるものは欠如しており、稻井層群の上位にはジュラ紀の唐桑層群の堆積岩類が不整合に覆っている。

### (1) 稲井（いない）層群

本調査地域内での稻井層群は地域中・南部に主として海成の粘板岩がその下部に礫岩、砂岩を伴って、二疊紀の登米統を不整合に覆っており、層厚は約1,000 mである。ガンマ線量の測定は宮城県本吉郡唐桑町只越（ただごえ）から只越峠の間で行った。この結果、粘板岩を中心に40,000~60,000cpm であった。（図7.11参照）

## (2) 水上(ひがみ)花崗岩・C型

この花崗岩の多くは片麻状花崗岩で、本文7.2.1項に前述した壺の沢片麻岩中に貫入している。貫入年代については柴田(脚注)による1.14ないし1.15億年との報告もある。また、本花崗岩は後述する竹駒花崗閃綠岩の進入に伴う変成作用を受けている。

ガンマ線量は図7.12に紹介するように最高値で50,000cpm未満、本地域の花崗岩類としては比較的低いものである。

## 7.2.8 ジュラ紀

本地域内ではジュラ紀下部に対比されるものが欠如しており、中部ないし上部に対比される2層群、下位より唐桑(からくわ)層群、鹿折(ししおり)層群が分布している。

### (1) 唐桑層群

唐桑層群の大部分はジュラ紀中・上部に対比される堆積岩であるが、本層群の一部にはジュラ紀下部に対比されているものも含まれている。

本層群は上下に2分されている。下位の小鯖(こさば)累層は層厚約230m、礫岩、砂岩を主とするものであり、上位の綱木坂(つなきざか)累層は層厚約450m、その大部分は黒色粘板岩であるが上部に砂岩を伴っている。ガンマ線量の測定は三畠紀の稻井層群と一連のものとして只越峠周辺で行った。図7.11の測点23、24に示すように小鯖累層中の最大値は50,000cpm、綱木坂累層中の最大値は62,000cpmであった。

### (2) 鹿折層群

ジュラ紀の中部、ないし上部に対比されている本層群は下位より舞根(もね)累層、小々汐(こごしお)累層に2分されている。

舞根累層は層厚約450m、その大半はアルコーズを中心とした砂岩であるが、基底部に花崗岩礫を含む礫岩を伴っている。その堆積環境は汽水域におけるものが多く、有機物が含まれ、花崗岩を起源とするとみられるカリ長石の影響、更に砂岩中に夾在する炭質物によるウラン、トリウムの吸着も認められている。このような状況から本累層におけるガンマ線量は最大値で90,000cpmであった。

小々汐累層は層厚約750m、主としてアルコーズ砂岩となるものである。堆積層として汽水域のものが中部層にあり、ガンマ線量は平均60,000cpm、最大値は90,000cpmであった。測定は只越峠の東側、西側で行い、この結果を図7.11に測点25a、b、

c および 26a、b、c として紹介した。

## 7.2.9 白亜紀下部

### (1) 大船渡（おおふなと）層群

本調査地域内の白亜紀の岩石は同紀下部に対比される大船渡層群のみである。本層群は層厚1,600 mないし3,500 mで、その大部分は粘板岩、砂岩の互層よりなっており、一部で礫岩、砂岩、凝灰岩を伴っている。また、下底部には基性の火山岩、火碎岩もみられる。

大船渡層群の堆積岩の多くは二疊紀の登米統（本文 7.2.6(3)項で既述）を不整合に覆っている。また、本層群上位は更新世の堆積物が不整合に覆っている。

ガンマ線量の測定は粘板岩、砂岩の部分を中心に行った結果、大部分が40,000～50,000cpm、部分的に60,000～70,000cpm の部分が認められた。

### (2) 貫入岩類

本調査地域内の貫入岩類としては含金石英脈を伴うひん（玢）岩岩脈、および竹駒花崗岩閃緑岩が主要なもので、ともに上述してきた古生代、中生代の各岩石を貫いている。また、ひん岩は竹駒花崗岩閃緑岩との接触部で変成作用を受けていることから同花崗岩閃緑岩より古いものと考えられる。また、一部で輝緑岩、石英粗面岩の岩脈、および小規模なはんれい岩の貫入が認められているが、その活動年代は不明である。

ガンマ線量は竹駒花崗岩閃緑岩で大略45,000cpm と、本地域の花崗岩類として低い値を示した。また、輝緑岩は20,000cpm と低い値を示したが、ひん岩には部分的に高い値を示すものがあり、50,000cpm に達するものも認められた。

## 7.3 結論

各岩石において測定されたガンマ線量を図7.13に要約した。同図にみられるように高いガンマ線量の認められたものとしてはデボン紀下部の大野統、二疊紀中・下部の叶倉統などを中心とする粘板岩類、ジュラ紀上部の舞根累層、同小々汐累層が挙げられる。壺の沢片麻岩、水上花崗岩のa、b型、白亜紀下部の大船渡層群なども比較的高い値を示したものといえる。ガンマ線量の高い部分の岩石についてウランなどの定量分析を行った。この結果は只越、および石割峠の舞根累層の砂岩で80 ppm U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>、200 ppm ThO<sub>2</sub>、大野統のケラトファイアード 5 ppm U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> であった。

#### 7.4 謝 辞

本稿をまとめるに当って原典とした "Stratigraphy and Radioactivity of the Rocks in the Setamai-Sakari District, Kitakami Mountains, Northeast Honshu, Japan" の編集においては北大の前記・湊教授、熊野純男氏によって複雑なデータは丹念に整理され、図示するなど読者の理解を容易にする努力が傾けられた。

本稿においても原典の図、および表の多くを活用させて頂いた。これらの整理、図表の作成にあたられた北大・理学部の各位に対し、こゝに更めて厚く御礼申上げるものである。

#### 7.5 付 記

この報文の大要を本委員会（第4回）において紹介した。この際の議論としては、このようなカーボーンのデータにおいてマス効果の大小をどのように記録すべきか、ならびに同一層準とされているものの中でのガンマ線量の相違とその原因が議題となった。

マス効果については地形の影響が大きく、いろいろな条件が関係し、どの程度まで放射線量の記録に添付しておくべきかが議論された。結論としてはトンネルの中などマス効果上、特に重要な状況は記載しておくべきであろうとの意見が支配的であった。

1つの地質単元内でのガンマ線量の相違については以下の議論があった。カーボーン等におけるガンマ線量は本来、岩質に重要な関連性を持つものである。一方、地質単元の多くは何種類かの岩質のものが一括されているものである。従って放射線量に巾が生ずるのは当然である。更にジュラ紀の小々汐層などで認められている一部の岩石中でウラン・トリウムなどの吸着がある場合、この部分が高いガンマ線量をみせる、など单一の地質単元内においてもガンマ線量にはらつきが認められることは稀でなく、また、その原因も多岐にわたるもの、との見解が結論となった。

表 7.1 北上山地・世田米一盛地域の地質層序と岩質

時代		層名	13図 Ref. No.	岩質 (*)
白亜紀	下部	貫入岩	32, 31	ひん岩、輝緑岩
		大船渡層群	27	Cg, Ss, Sl, Sh
ジュラ紀	中・上部	鹿折層群	小々汐累層 26	Ss, C, Sh
			舞根累層 25	Ss, Sh, C, Cg
		唐桑層群	綱木坂累層 24	Sl, Ss
			小鰐累層 23	Cg, Ss
三畳紀	上部	氷上花崗岩 (C型)	30	
	下部	稻井層群	22	Sl, Cg, Ss
	上部	登米統	21	Cg, Sl
	中部	叶倉統	岩井崎階 18, 19, 20	Lst, Cg, Sl
二畳紀			合地沢階 17	Cg, Ss, Sl, Lst
	下部	坂本沢統	樺山階 16	Lst
			川内階 15	Cg, Ss, Sl, T, G, Lst
	中部	長岩統	14	Lst, Ch, T
石炭紀	下部	鬼丸統	13	Lst
		大平統	小坪階 12	Ss, Lst, Sl, T
			舞出階 11	Sl, T
		有住統	十文字階 9, 10	T, Sl, Lst
			火ノ土階 7, 8	T, Sl
		日頃市統	大股階 6	T, Sl
			猪川階 5	Sl, Cg, T
			氷上花崗岩 (A型・B型) 29	
		中里統	4	Sl, T, K, Ss
		大野統	3	K, Sl, Lst
デボン紀	中一下部	高福荷統	2	Ch, Ss
		川内統	1	Lst, Sl
シルル紀		壺ノ沢片麻岩	28	

(\*) C; 石炭 K; ケラトファイア(凝灰岩) Ss; 砂岩  
 Cg; 磯岩 Lst; 石灰岩 T; 中一基性凝灰岩  
 Ch; チャート Sh; けつ岩  
 G; 石墨 Sl; 粘板岩

表 7.2 大野統の層序と層厚

N.o.	岩質	層厚 (m)
12	ケラトファイア凝灰岩	55.0
11	黒色粘板岩	6.8
10	ケラトファイア凝灰岩	7.5
9	ケラトファイア凝灰岩	50.5
8	ケラトファイア凝灰岩	89.0
7	暗青色粘板岩	52.3
6	紫色粘板岩を挟むケラトファイア凝灰岩	2.7
5	青色粘板岩を挟むケラトファイア凝灰岩	21.8
4	黒色粘板岩	40.0
3	ケラトファイア凝灰岩	29.0
2	石灰岩	20.0
1	ケラトファイア凝灰岩	15.0

表 7.3 中里統の層序と層厚

No.	岩質	層厚 (m)	No.	岩質	層厚 (m)
5 9	輝緑岩質凝灰岩	10.0	3 5	岩脈	14.0
5 8	砂岩	22.0	3 4	粘板岩	6.5
5 7	粘板岩	10.0	3 3	ケラトファイア凝灰岩	5.6
5 6	チャート	40.0	3 2	粘板岩	2.0
5 5	粘板岩	20.0	3 1	ケラトファイア凝灰岩	1.0
5 4	砂岩	3.0	3 0	粘板岩	1.8
5 3	岩脈	7.5	2 9	ケラトファイア凝灰岩	7.5
5 2	粘板岩	19.0	2 8	ケラトファイア凝灰岩	19.0
5 1	砂岩	79.2	2 7	輝緑凝灰岩	16.0
5 0	粘板岩	32.0	2 6	粘板岩	35.0
4 9	粘板岩	24.5	2 5	ケラトファイア凝灰岩	18.0
4 8	粘板岩	2.0	2 4	粘板岩	27.4
4 7	粘板岩	27.5	2 3	ケラトファイア凝灰岩	11.5
4 6	ケラトファイア凝灰岩	1.5	2 2	粘板岩	1.5
4 5	粘板岩	2.8	2 1	ケラトファイア凝灰岩	2.0
4 4	ケラトファイア凝灰岩	7.5	2 0	粘板岩	12.6
4 3	輝緑凝灰岩	15.0	1 9	ケラトファイア凝灰岩	7.5
4 2	粘板岩	3.0	1 8	粘板岩	6.5
4 1	ケラトファイア凝灰岩	2.0	1 7	ケラトファイア凝灰岩	15.0
4 0	粘板岩	4.6	1 6	粘板岩	20.0
3 9	ケラトファイア凝灰岩	1.8	1 5	ケラトファイア凝灰岩	14.0
3 8	粘板岩	10.0	1 4	粘板岩	34.0
3 7	ケラトファイア凝灰岩	1.2	1 3	輝緑凝灰岩	113.0
3 6	ケラトファイア凝灰岩	7.0			

表 7.4 小壺川下流域の石炭紀下部の層序と層厚

## 1) VI グループ (累計層厚 200m以上)

No.	岩質	層厚(m)
80	結晶質石灰岩	20.0
79	岩脈	125.0
78	結晶質石灰岩	18.0
77	透輝石岩	20.0
76	結晶質石灰岩	10.0
75	岩脈	7.0
74	縞状石灰岩	4.0

## 2) V グループ (累計層厚 約560m)

No.	岩質	層厚(m)	No.	岩質	層厚(m)
73	けつ岩・砂岩互層	2.5	59	縞状細粒砂岩	24.0
72	岩脈	20.5	58	細粒砂岩	4.0
71	空晶石ホルンフェルス	4.0	57	縞状細粒砂岩	12.0
70	黒雲母ホルンフェルス	1.5	56	チャート	1.0
69	空晶石ホルンフェルス	12.0	55	縞状細粒砂岩	6.0
68	ホルンフェルス	10.0	54	岩脈	36.0
67	砂岩	20.0	53	結晶質石灰岩	8.0
66	空晶石ホルンフェルス	5.0	52	ホルンフェルス	6.0
65	岩脈	8.0	51	岩脈	17.0
64	空晶石ホルンフェルス	9.0	50	砂岩(石灰岩レンズ)	8.0
63	細粒砂岩	15.0	49	岩脈	15.0
62	石灰岩・砂岩互層	15.0	48	縞状細粒砂岩	50.0
61	細粒砂岩	48.0	47	岩脈	10.0
60	縞状砂岩	30.0	46	輝緑凝灰岩	165.0

## 3) IV グループ (累計層厚 約230m)

No.	岩質	層厚(m)	No.	岩質	層厚(m)
45	塊状輝緑凝灰岩	190.0	43	露頭なし	32.0
44	破碎輝緑凝灰岩	7.0	42	輝緑凝灰岩	8.0

## 4) III グループ (累計層厚 約 510 m)

No.	岩質	層厚 (m)	No.	岩質	層厚 (m)
41	チャート	5.0	23	輝緑凝灰岩	10.0
40	黒色粘板岩	22.0	22	黒色粘板岩	12.0
39	粘板岩・砂岩互層	6.5	21	輝緑凝灰岩	5.0
38	黒色粘板岩	21.0	20	黒色粘板岩	38.5
37	細粒砂岩	2.0	19	輝緑凝灰岩	1.2
36	黒色粘板岩	13.0	18	黒色粘板岩	16.0
35	黒雲母ホルンフェルス	5.0	17	砂岩	4.0
34	岩脈	19.0	16	黒色粘板岩	45.0
33	黒色粘板岩	7.0	15	砂岩	4.0
32	黒色粘板岩	9.0	14	黒色粘板岩	10.0
31	輝緑凝灰岩	3.0	13	石灰質砂岩	5.0
30	黒色粘板岩	9.0	12	輝緑凝灰岩	12.0
29	細・粗粒砂岩互層	3.0	11	粘板岩・凝灰岩互層	15.0
28	黒色粘板岩	12.0	10	細・粗粒砂岩互層	25.0
27	粘板岩・輝緑凝灰岩 互層	30.0	9	黒色粘板岩	10.0
26	黒色粘板岩	27.0	8	細・粗粒砂岩互層	25.0
25	輝緑凝灰岩	10.0	7	チャート	10.0
24	黒色粘板岩	30.0	6	砂岩・粘板岩互層	15.0
			5	凝灰岩(含石灰岩)	15.0

## 5) II グループ (層厚 約 135 m)

No.	岩質	層厚 (m)
4	塊状輝緑凝灰岩	135.0

## 6) I グループ (層厚 35 m以上)

No.	岩質	層厚 (m)
3	緑色砂岩	1.5
2	砂岩	5.0
1	黒色粘板岩	30.0

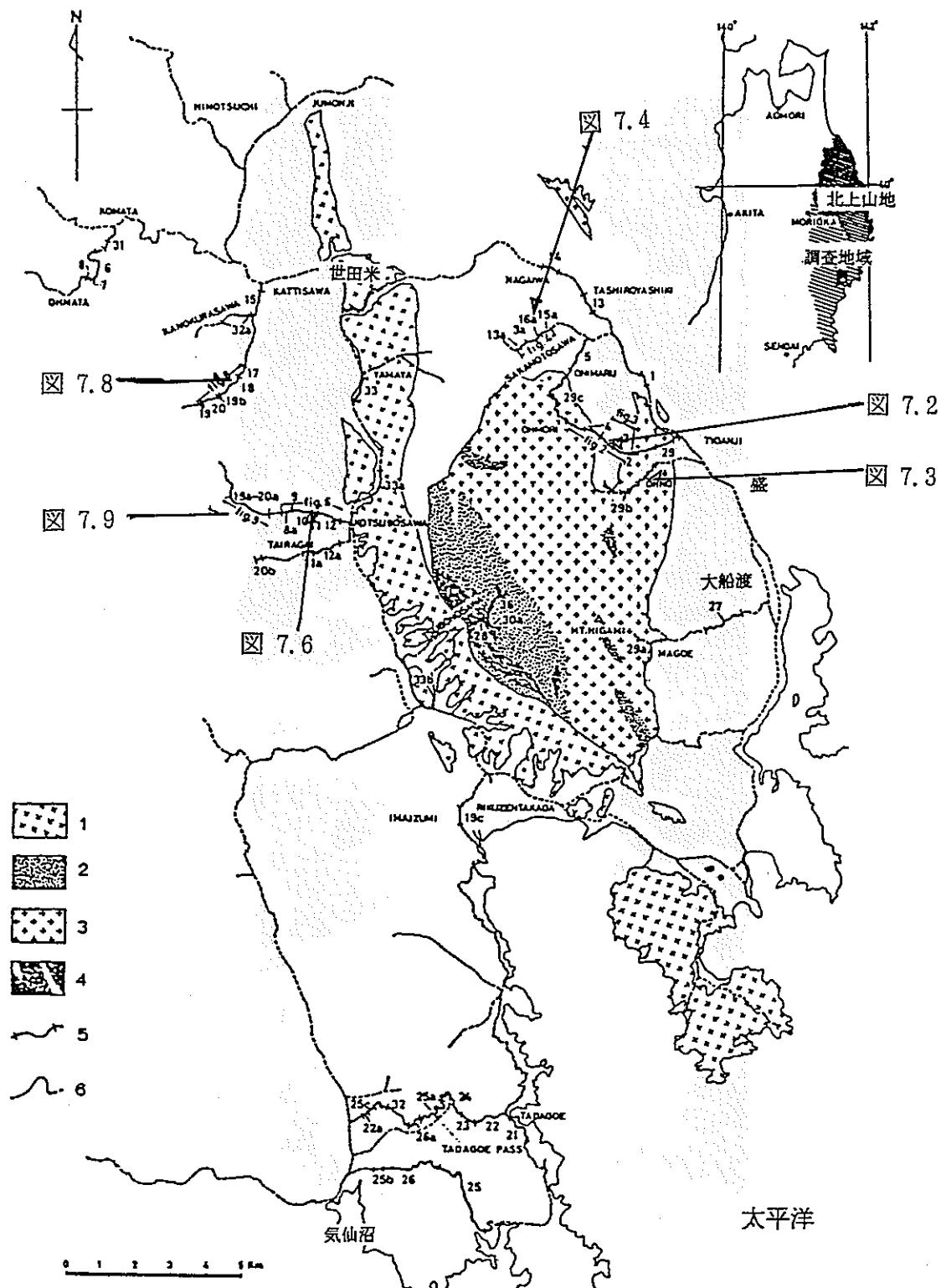


図 7.1 「北上山地南部の岩石とその放射能」調査地域と地質  
 1. 竹駒花崗閃綠岩、2. 氷上花崗岩C型、3. 氷上花崗岩A型およびB型  
 4. 壺ノ沢片麻岩、5. 放射能測定ルート、6. 放射能参考測定ルート

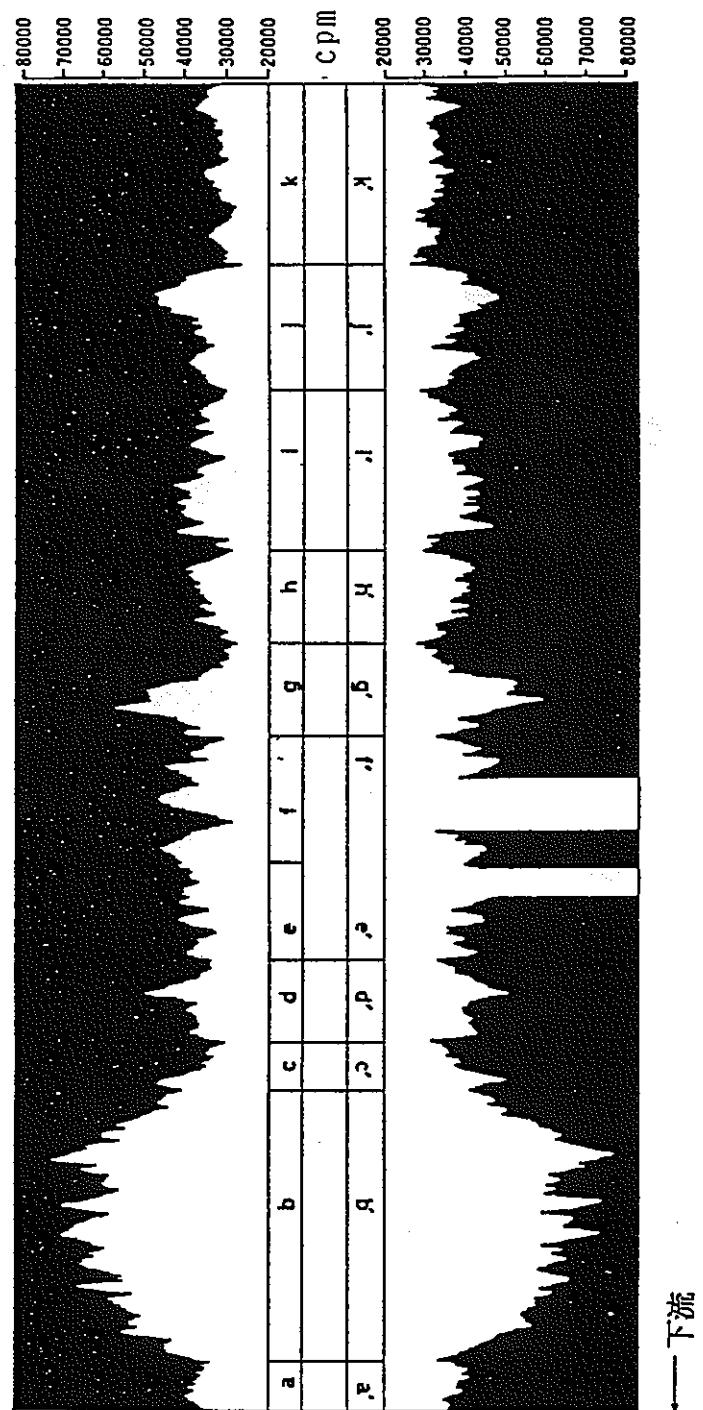


図 7.2 長安寺一大森間のルートにおけるガンマ線量・走行方向による相違  
再現性を検討するため同一コースを往復測定した。なお、復路(k-a)  
のうち、f, e 部分は測定ミス。測定値については図7.3 参照

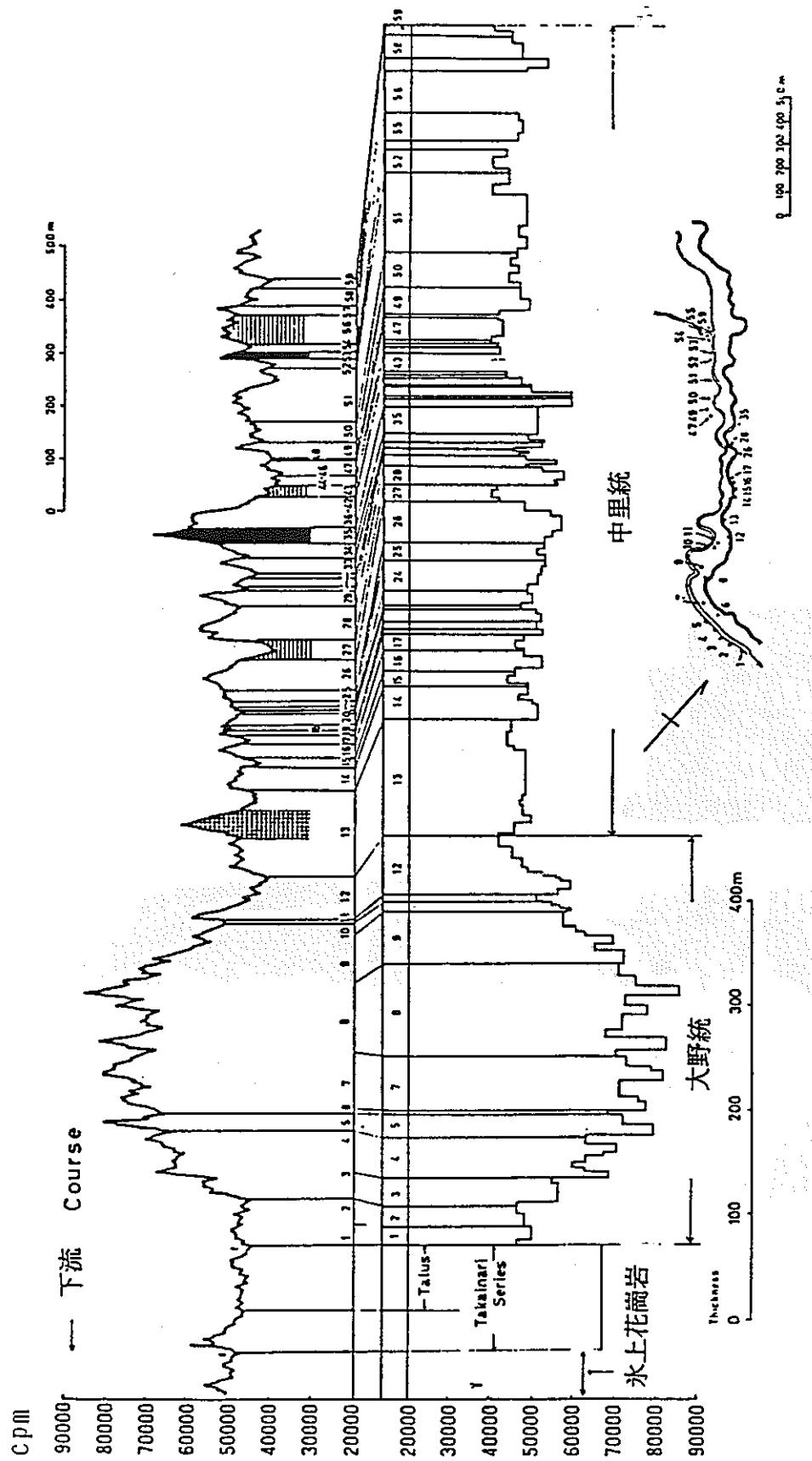


図 7.3 長安寺一大森間の大野統および中里統のガンマ線量  
図中の数字は表7.2 および表7.3 参照  
(上は実測記録、下は地質單元内で積分処理したガンマ線量)

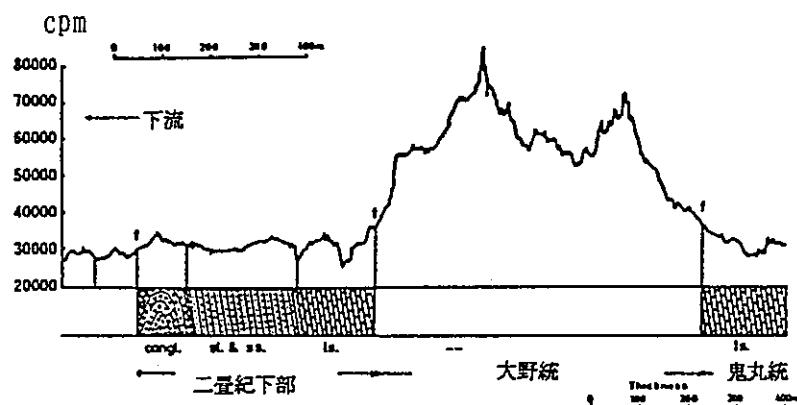


図 7.4 坂本沢川上流におけるガンマ線量と地質  
f・断層、conglo・礫岩、sl・粘板岩、ss・砂岩、ls・石灰岩

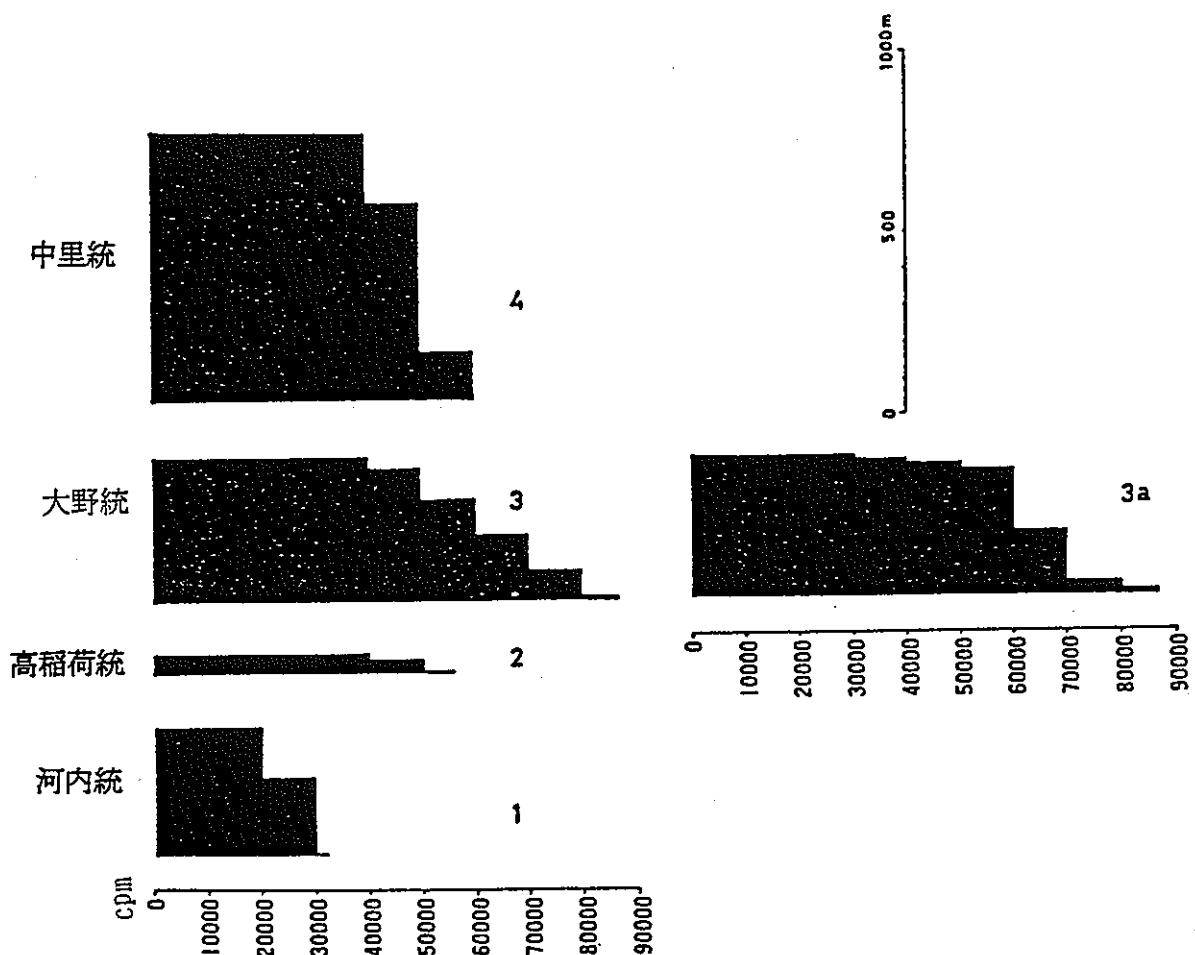


図 7.5 河内統・高稻荷統、大野統、中里統の岩石におけるガンマ線量平均値

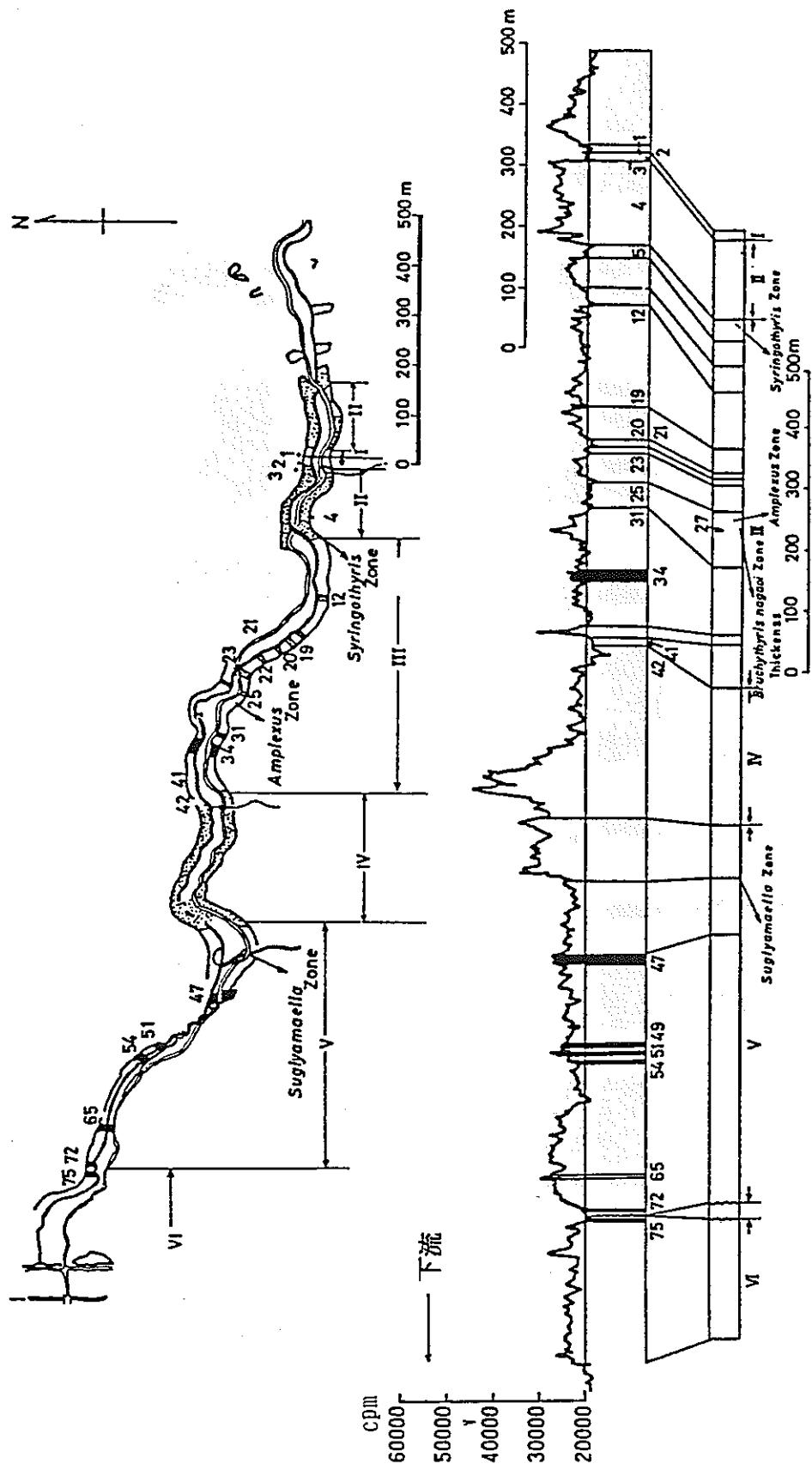


図 7.6 小坪川下流域の石炭紀下部の岩石(表7.4 における1-6 グループ)と  
そのガンマ線量

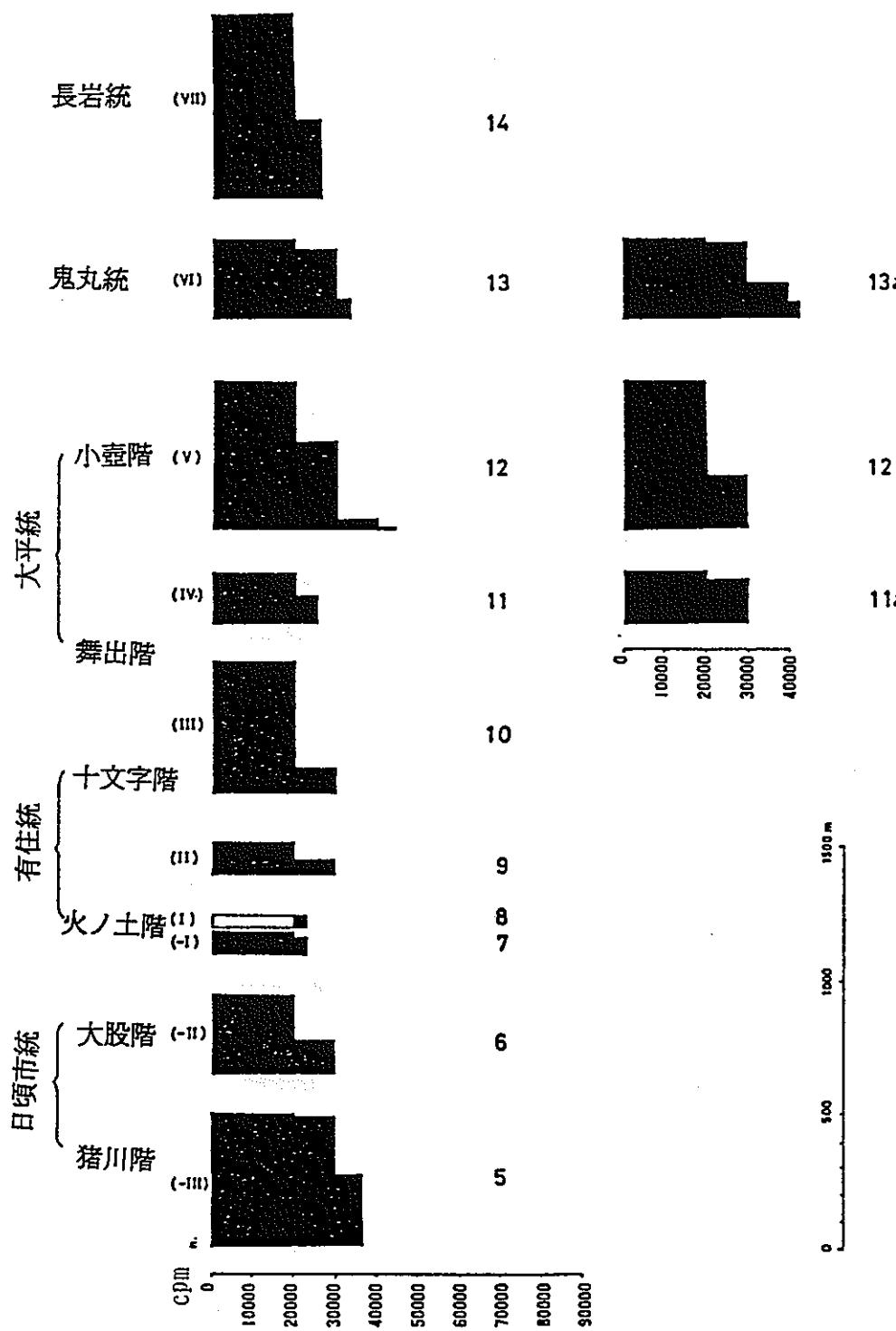


図 7.7 石炭紀下部の岩石におけるガンマ線量平均

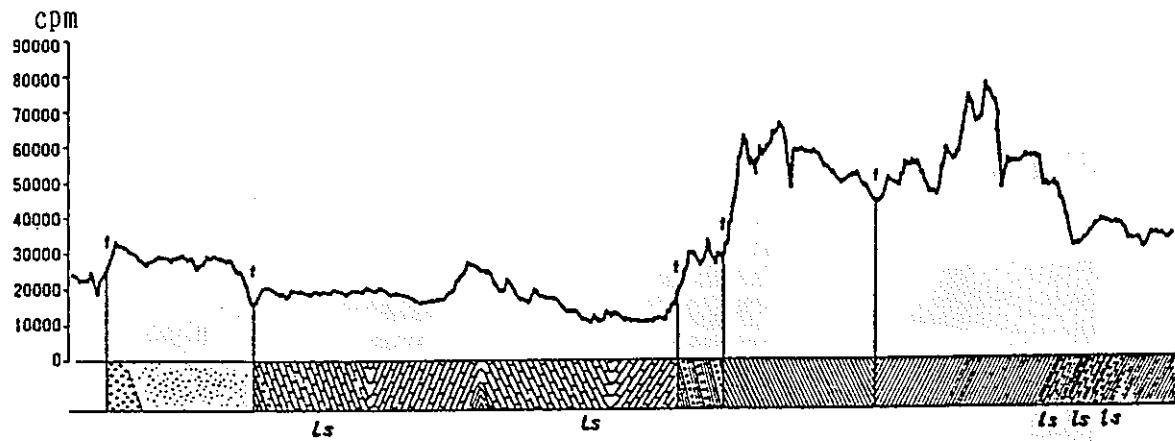


図 7.8 合地沢川上流部の岩石とガンマ線量

図上左——合地沢階の礫岩と砂岩

中央・右——岩井崎階の石灰岩(ls)と礫岩粘板岩互層(点線および斜線) 粘板岩一部で石灰岩の薄層を挟む。石灰岩上位の粘板岩で高いガンマ線量を認めた。

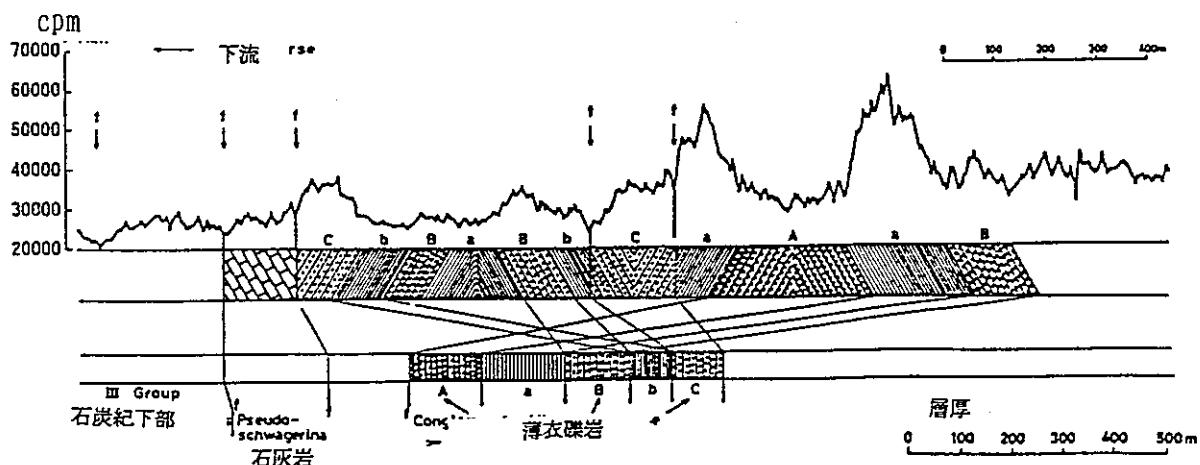


図 7.9 小坪川上流部の岩石とガンマ線量

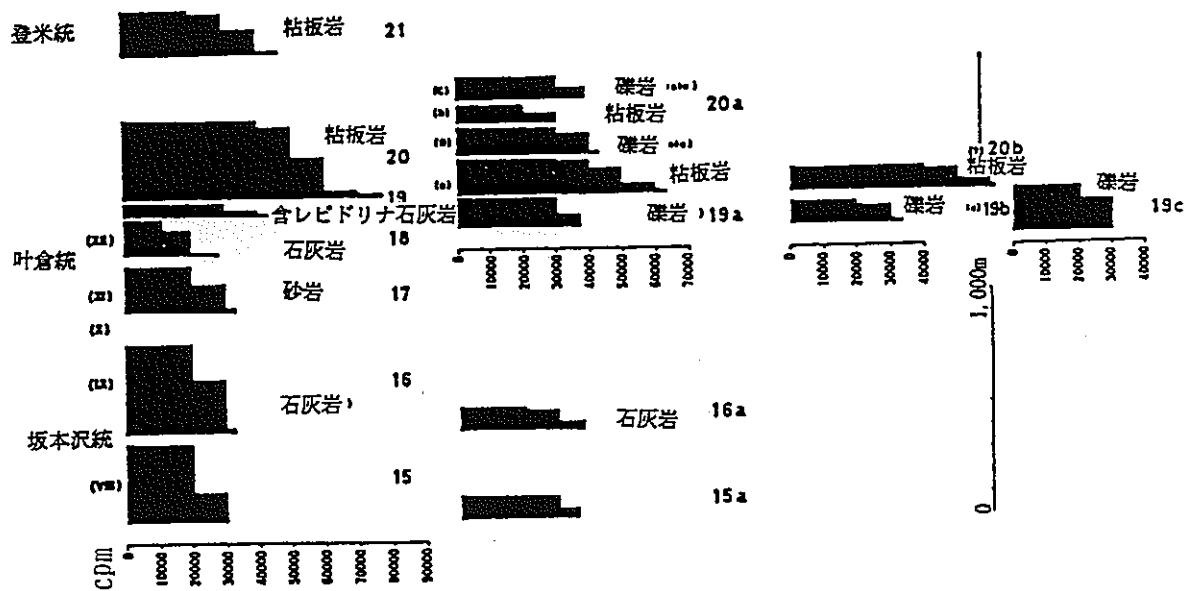


図 7.10 二畳紀の岩石におけるガンマ線量平均

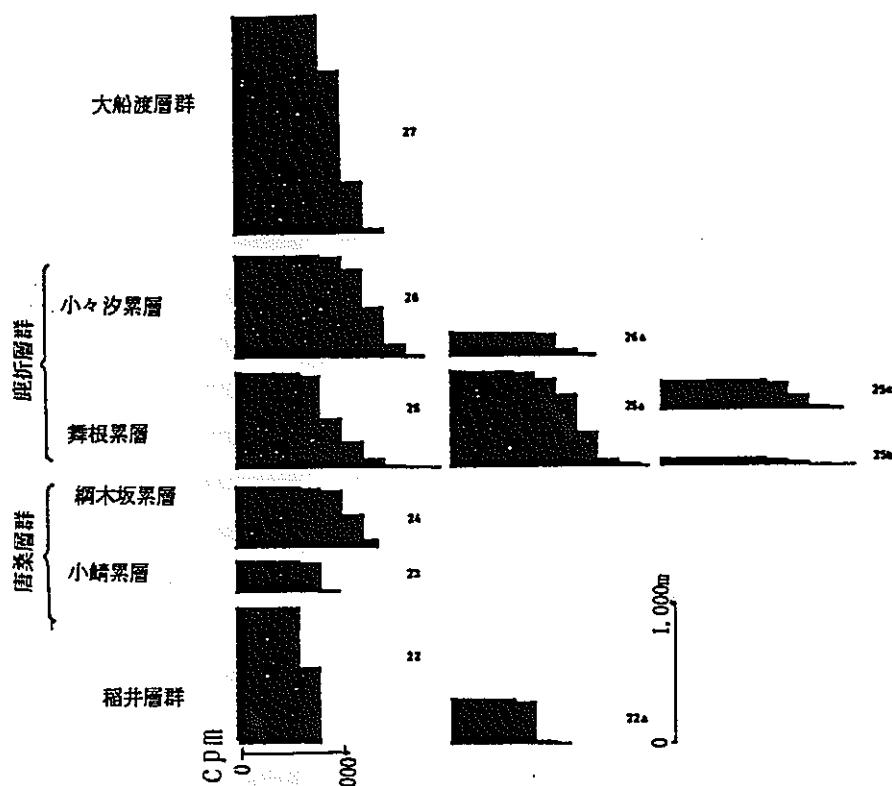


図 7.11 中生代の岩石におけるガンマ線量平均

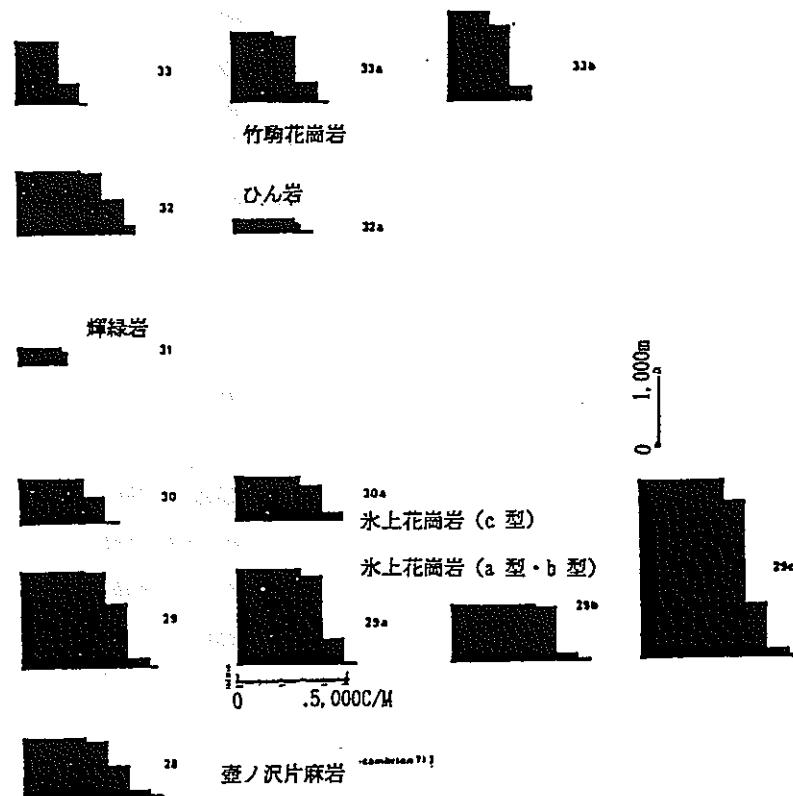


図 7.12 花崗岩、貫入岩、片麻岩質岩石のガンマ線量平均

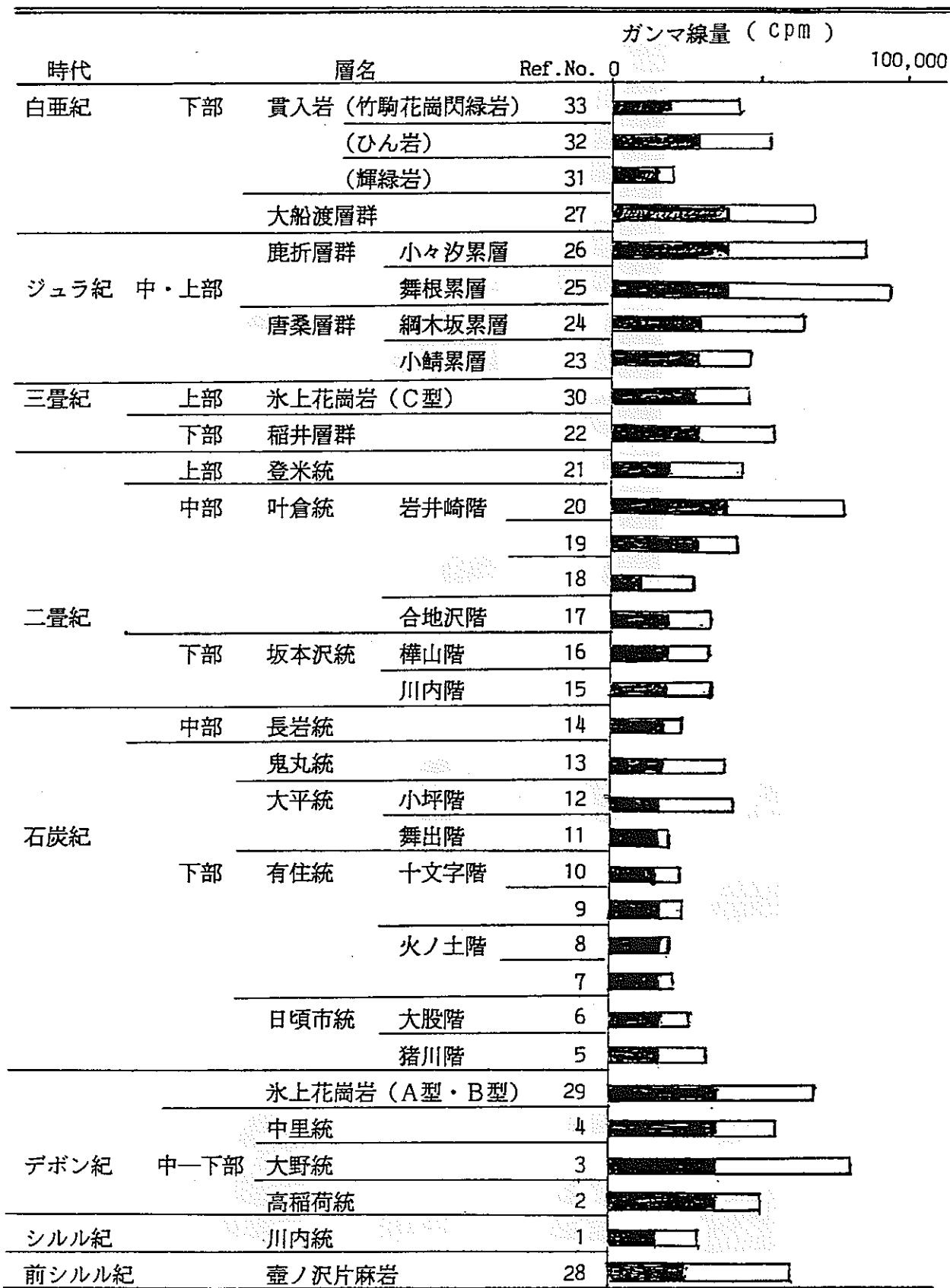


図 7.13 各岩質・層準のガンマ線量  
No. は表7.1 の番号、黒色部分は最小値、白色部分は最大値

## 8. データ管理方法の概念

### 8.1 はじめに

環境放射線に係わる調査結果は放射線が人に与える影響を研究する上で非常に貴重な情報資源であり、報告書としてただ蓄積されているだけでは利用の効果が少ないだけでなく、管理上の問題から情報が消滅する危険もある。従って、その蓄積量、情報の質等を考慮して、科学的に管理しなければならない。

ここでは、コンピュータによるデータ処理を前提としたデータ管理方法について述べることにする。

### 8.2 必要な情報

地質と環境放射線との関係を調査するにはこれまで行われた数多くの研究結果を整理して利用する必要があるが、それには報告書の山から目的に合った報告書を効率良く取り出し、記載内容を解析するシステムが必要である。

システム化するために必要な情報について整理すると、まず、必要な情報は報告書の形式で存在するので、文献を探すための情報（文献データ）、次に、測定結果のように報告書の内容に係わるデータ取り出し、解析を行い、図表、イメージを作成するための情報（測定値データ）に分けて考えるとよいことがわかる。従って、システム開発に当っては第一段階として、報告書や文献を探し、内容の概略を知ることができる文献データベースを作成し、第二段階として、それぞれの文献の中に記載されている個々の測定値を取り出し、図表等に加工するシステムを作成するのが一般的と考えられる。

### 8.3 文献データの管理

文献情報は動燃事業団の資料室、日本科学技術情報センター、日本原子力研究所、地質調査所等に大きいデータベースが有り、それらから情報の入手が可能であるが、保管されている資料およびこれから集める文献や資料の管理と言う観点から考えると、パソコンをベースとするような小規模の文献管理システムは必要であると思われる。

文献データの管理目的は研究対象とする地域の情報が記載された文献を早く取り出すことにある。さらに、数値データベースが開発された後には数値データベースとの連携をとり数値データベースに収録できない情報（注意書き、図・イラスト、説明）を補完

する役割を担うことがある。従って、内容が妥当かどうかも検索時の条件となり、文献の内容と文献そのものの管理が要点となる。データ整理と加工について、情報の流れを図8.1に示した。

#### (1) 内容（主題）の管理

この作業は本質の把握、概念の関連付けなど人間の頭脳活動に密接に関係しているため機械化が困難である。また、情報の標準化にあたり担当者の知識、経験によりバラツキが生ずる。従って、優秀な担当者を専任して当たらなければならない。一般的な文書登録作業の流れを図8.2に示す。

##### ① 書誌事項の管理

著者名、雑誌名、巻号、ページ、発表年

##### ② 索引

ある主題に関する特定の情報を引き出せるようにするために、索引語（キーワード）や分類コードの付加が行われる。特に、本研究では地域に関する情報が重要な位置を占めるので検索に必要な項目としてはキーワードだけではなく地域に関する項目も検討する必要がある。一般には、キーワードとしては類似の表現を統一するため統制語（シソーラス）が使用される。

##### ③ 抄録

論文の場合はこれが重要である。キーワードを意識して作成しなければならない。

##### ④ 分類

日本十進分類法が一般的であるが、目的の限られた文献の場合は測定データの分類法に合わせて分類コードの整備をしておく方法もある。たとえば、調査対象（野外、実験室内）、調査方法、手段等が考えられる。

#### (2) 所蔵の管理（文献そのものの管理）

保管形態として、本、紙ファイル、マイクロフィルム、電子ファイルがある。

最近は光ディスクに記録する電子ファイル方式が増えている。この方法の導入により期待できることを次に示す。

- i ) 文書の保管と廃棄を系統立てて行う。
- ii ) 資料の取り出しを容易に早くする。
- iii ) 資料の有無を早く見つけられるようにする。
- iv ) 資料の安全、紛失防止に役立てる。

- v ) 活用期間、範囲の拡大を期待する。
- vi ) 資料の移動を容易にする。
- vii ) 機密保護の措置を講ずる。
- viii ) コピーを削減する。
- ix ) 個人ファイルを共有ファイルとして有効に活用する。

### (3) 文献データベース

データ量が多くなく、利用者が限定されている場合はパソコンベースのパッケージソフトが利用可能である。カード型データベース、リレーショナルデータベース、表計算ソフト（ロータス1-2-3）等が売り出されている。ただし、入力も出力も個人ベース（パーソナル）なので、入力操作の易しいものが良い。また、日本語のサポート、検索機能も重要なポイントである。検索機能は特に重要で検索条件の設定を画面選択で行い得るものが必要である。

#### ① 地域を対象とした検索に必要な項目の設定

県名、地形図の番号、地方名

#### ② 索引語（キーワード）項目

調査目的、手法（エアボーン、カーボーン、マンボーン、検層、その他）

#### ③ 絞り込みに必要な項目の設定

年、調査対象（標本分析、野外探査、その他）、測定器（GM、電離箱、NaI）、精度

#### ④ 分類コード項目

#### ⑤ 抄録

#### ⑥ 書誌事項

## 8.4 測定データの管理

文献に表等の形式で報告されている測定データを統計的手法を用いて整理したり、単位の換算を始めとする標準化計算を行うにはどうしても個々の測定値を採取情報や測定条件とともに整理する必要がある。データ整理の流れを図8.3に示す。

### (1) データの種類

地質と環境放射線に関連する科学的事実が対象となる。

#### ① カーボーン測定データ

② モニタリングステーションの測定データ

③ TLDの測定データ

④ 調査地点に関する情報

地図上に採取地点や放射線強度の分布を表示するには調査地点の位置を緯度・経度値で整理する必要がある。この位置情報は実際にその位置で測定した担当者が最も正確な情報を持っている。

⑤ 地質データ

⑥ 地図データ

⑦ 測定方法等のデータ

⑧ 標準化処理に必要な換算値、コードのデータ

## (2) データベース

データベースの利用目的については構築に先立って十分検討しておく必要がある。なぜなら、データベースの構造、項目、検索にわたる全ての機能に影響するからである。

データベースシステム（管理機能）の種類には階層型、ネットワーク型、リレーショナル型があるが、プロトタイプとして手始めに作成するものはリレーショナルタイプのものの方が適用し易い。ただし、使用できる計算機システムにより、データベースソフトの選択に影響が出るので計算機システムの検討も重要である。機種によっては実行不可能なこともあるので注意する。

データベースを作成するにはデータベース本体とデータベースを運用するためのシステム、それに検索したデータを解析するシステムを加えた3点について十分検討する必要がある。

### ① データベース本体

データベースへの入力項目を検討する。

データベースの作成（データの倉庫をいかに作成するか）データベースの形式、テーブル構成、項目（カラム）構成などを定義するシステムである。図8.4にデータベースの構成案を示した。

#### i) ハードウェアの検討

データベース本体の大きさの見積りやデータベース操作に使用する機器の検討  
出力装置の検討

ii) ソフトウェアの検討

DBMS、使用できるファイル形式、言語などの検討

出力装置の制御プログラムの検討

iii) 開発が必要な機能

文献データベースとの連携

DB管理機能の拡充、データ格納領域の管理

ダウンロードにおける文字種の変換（1バイト文字と2バイト文字、特に上付き・下付きなどの文字）

② データベース運用のためのシステム

データベースの運用システムはデータベースの構造に関する定義に従い、データの登録・更新・検索等を行うシステムで、以下にそのシステムが持つべき機能を述べる。

i) 登録機能

データの登録に必要な機能を有すること。バッチ型一括投入方式、対話型投入方式の両方が必要である。

ii) 更新機能

データを更新する機能を有すること。対話型更新方式が一般的である。データの追加が必要な場合はバッチ型一括更新方式が取られる。

iii) 検索機能

データの各種検索（順次検索、キー検索、条件検索等）ができること。検索の多様性を満たすには対話型検索が可能でなければならない。

iv) リカバリ機能

システム異常やデータベースの破壊等から復旧する機能を有すること。

v) 機密保護機能

データベース管理システムによる機密保護があればシステム全体の機密保護と共に安全性が高まる。特に、複数の利用者が利用可能となるようにデータベースを設計した場合は重要となる。せっかく入力したデータが突然に消去されてしまうこともあり得る。

③ 解析システム

統計解析、帳票出力、地図出力

### (3) 入力形態

#### ① データ整理

入力対象とするデータの選択と抽出

コード化（整理・分類に必要なコードの付加）

分類

#### ② キーイン

日本語での入力や表示ができなければならない。入力方式にはバッチ型一括投入方式と対話型投入方式がある。バッチ型一括投入方式を取れば、キーイン専門業者に委託できるが、データ修正や少量のデータの追加が頻繁な場合は適さない。一方、対話型投入方式は逐次入力に適している。

#### ③ データチェック（点検）

データベースに登録されるデータはFACT（事実）なデータから構成される。

従って、点検の基本として次の点を注意しなければならない。

- i ) データの誤り（印刷ミス、転記ミス、パンチミス）を無くすこと。
- ii ) データの出所が明確なこと。出典との照合を可能としておく。
- iii ) データの変更履歴（場合によって省略化）
- iv ) データの変形・加工により、データが本来持つ意味を変更しない。場合によっては報告書記載どおりの情報を残しておく。
- v ) 評価後のデータについてはグレードの付与を考えてもよい。

#### ④ データのデータベース登録

ユーザ作成プログラムから行うことが多い。

#### ⑤ データベースの運用（修正・追加・削除）

データの増加や項目の追加に対応できる拡張性と柔軟性が必要である。

### (4) 出力形態

#### ① データ検索

データの検索は簡単に目的とするデータが得られるようでなければならない。しかしデータベースの構造、項目、検索条件の設定方法を検索者は良く理解していないければならないので、検索を補助するシステムの構築が重要である。また、初心者は必然的に試行錯誤が多くなる。

- i ) 容易な検索

データ検索は利用者が簡単に目的とするデータを取り出すことができなければならぬ。特に、操作する人のレベルによって操作方法を考慮する。（メニュー方式、ラインモード方式の選択）

ii) 簡単な解析

検索データに対して、並び替え、最大、最小、平均等の簡単な解析を行い得るものでなければならない。

iii) 高度なアプリケーションとの連携

検索したデータを集め、地図表示システム等の実行に利用できること。

iv) 検索結果の編集

検索結果を簡単に編集できることが望ましい。

② 解析方法

必要と思われる解析、計算機能を以下に列挙する。

- i) 計数率から照射線量率への換算
- ii) 照射線量率から線量当量への換算
- iii) 照射線量率の色別にするための計算
- iv) 照射線量率の図示するための計算
- v) 地質・岩質、地形との関連付けするための計算

③ 表現方法

プリンタに出力するイメージ、図を以下に列挙する。

- i) 最小値、最大値、平均値、中央値を示す。
- ii)  $\gamma$  線量をヒストグラムで表す。
- iii) メッシュ単位を一区画  $1 \text{ km}^2$  とし、20万分の1地図にプロットする。

## 8.5 システム開発

### (1) システム化計画の策定

大きなプロジェクトを計画する場合は特に書類として残す必要もあり、企画、基本設計の骨子として検討することが重要である。システム構築の要件を図8.5にまとめた。

- ① 短期・長期の目的について、システム化の背景をまとめる。
- ② 対象となる業務

データ管理スタッフの組織について検討する。

データ管理スタッフの技術力について検討する。

③ 期待される効果

④ 開発期間

(2) 情報システムの体系化作業

① 規模や範囲の明確化

② 経験者や利用者からなるワーキング・グループの設置

(3) データ管理の標準化

データの利用面で重要である。もし、これがなされていないとデータ処理の効率が極端に低下することになる。入力は可能だが出力の成果が上がらないことになってしまう。

① 文書化

② 業務用語の定義

取り扱うデータはどう言うものか目的、範囲を定めるものである。

i ) データの名称

基本データには文字、数値、表、図（イメージ）等があり、これらを一括管理しなければならないが、管理方法が難しい。

ii ) 登録日時

iii ) 定義・属性

iv ) 登録形態

v ) データの説明

③ データ項目の命名

④ 分類

⑤ データの属性

⑥ データベースの構造

一般の人は計算機にデータを入力しさえすればデータベースは簡単に作成できると思っている。しかし、何を出力するかにより、DBの項目、構造が大きく影響される。

その例として、測定日時について述べる。

#### (例 1)

測定日時は年月日時分を10桁の整数で表すことができる。

1991年12月 5 日16時30分 —— > 9112051630

しかし、入力時のファイルはこれでよいかも知れないが出力においては次のように要求が変わる。

- i ) 年毎を年度毎に整理したい。
- ii ) 検索結果を四半期毎にグループ分けしたい。
- iii ) 検索結果を月毎にグループ分けしたい。

この程度の要求はデータ利用においてはごく普通の要求であり、検索結果をグラフに加工するには必須の手続きである。

もし、測定日時を10桁の整数のみでDBに格納してあったとすると、上の要求に対応するには少なくとも何らかの処理プログラムを通す必要があり、検索段階で得られる結果は大雑把なものになる。

また、データ量による影響として、テーブルが大き過ぎると更新や検索に時間がかかり、小さ過ぎるとテーブル数が増加して管理が煩雑になる。

#### (4) 業務要求の分析

##### ① 現状調査

##### ② 要求分析

- i ) 機能概要設計

簡単に緯度・経度を入力できるシステムが必要である。

- ii ) 業務仕様の設計

- iii ) システム構成（ハード、ソフト）

##### ③ データ分析

データ概要をまとめること。

- i ) 入力情報の抽出と出力情報の抽出

- ii ) 情報構造の分析

- iii ) 概念データモデルの設計

- iv ) 資源管理方法の立案

- v ) データの評価

格納するデータの品質、つまり精度や信頼性の保証が必要である。情報として、

再現性（繰り返し測定が可能かどうか）、地域性（地域に依存するか）加工度（生データと計算処理結果の区別）、単位に係わること（基本量的な単位に変換可能か、定性的な単位か）、データの流通範囲（特定・専門内か、広く一般的に流通可能か）等があり、データベースに加えて置くとデータ検索や利用の段階に効果的である。

#### vi) データの国際性

数値や図の情報はそのままでも言語による障害は少ない。しかし、入力は日本語、出力は英語を要求される場合もある。

### (5) 性能・容量の見積

#### ① データ量の調査

データベースに格納するデータは入力データにコード、標準化処理の結果、解析・加工に使用するデータ等が加わるため、入力データの数倍に膨れ上がる。また、対象となる報告書も増加の一途をたどることが予想される。

従って、十分な記憶容量を確保する必要がある。記憶装置としては以下のものが考えられる。

i ) 半導体ディスク装置	256MB～数 GB
ii ) 磁気ディスク装置	1GB～数十GB
iii ) カートリッジライブラリ装置	47GB～数百GB
iv ) 光磁気ディスク装置	3GB～数百GB

アクセス効率は i ) ii ) が良い。iii ) iv ) は大容量であるがアクセス時間は遅い。

#### ② 性能要求の設定

### (6) システム運用・保守方法の設定

- ① いつのデータであるか（保存の必要性）
- ② 追加更新は誰がやるのか
- ③ データ相互の関係、整合性
- ④ どの程度のセキュリティ
- ⑤ 検索の多様化

(内容と役割)

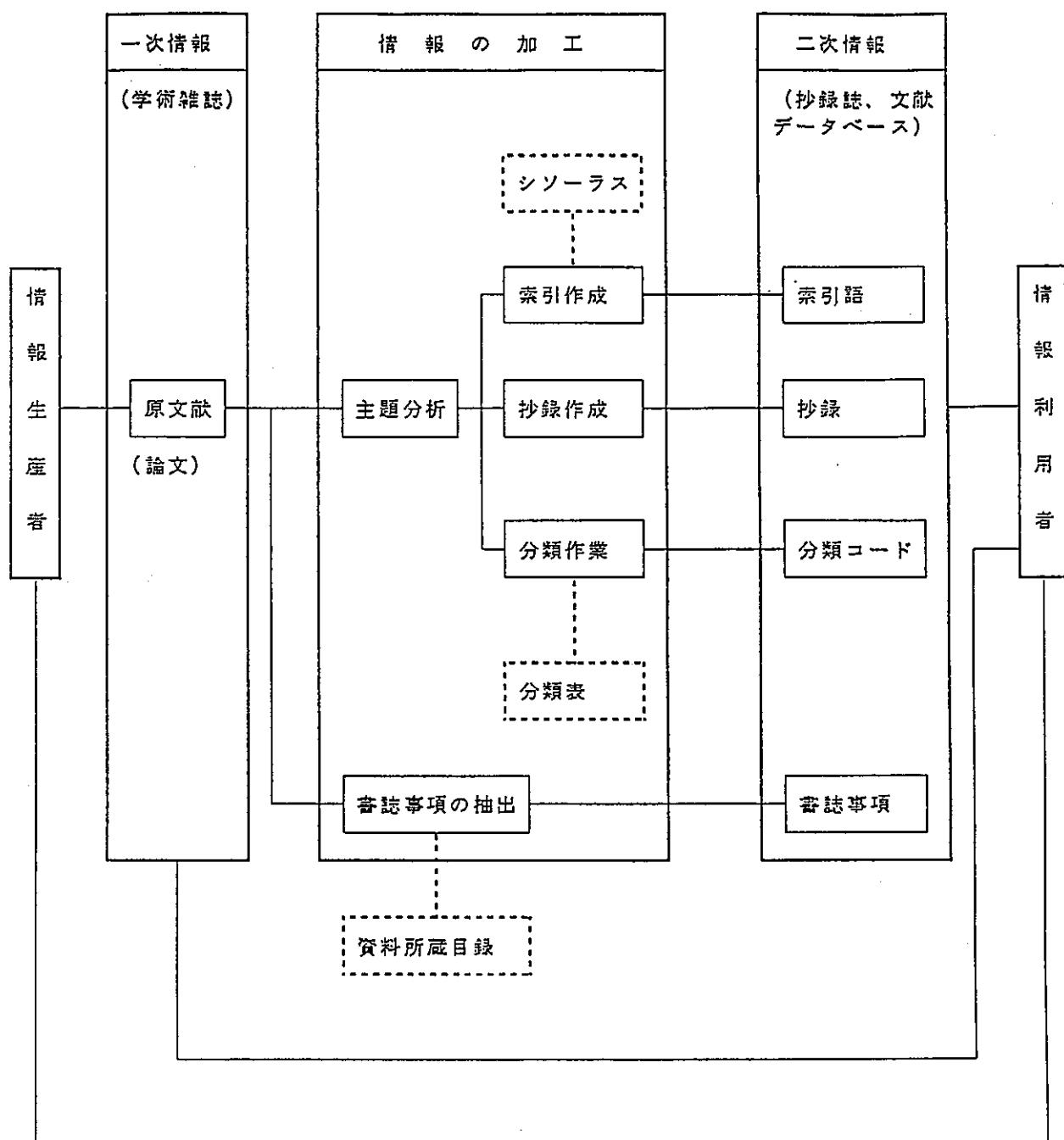


図 8.1 情報の加工

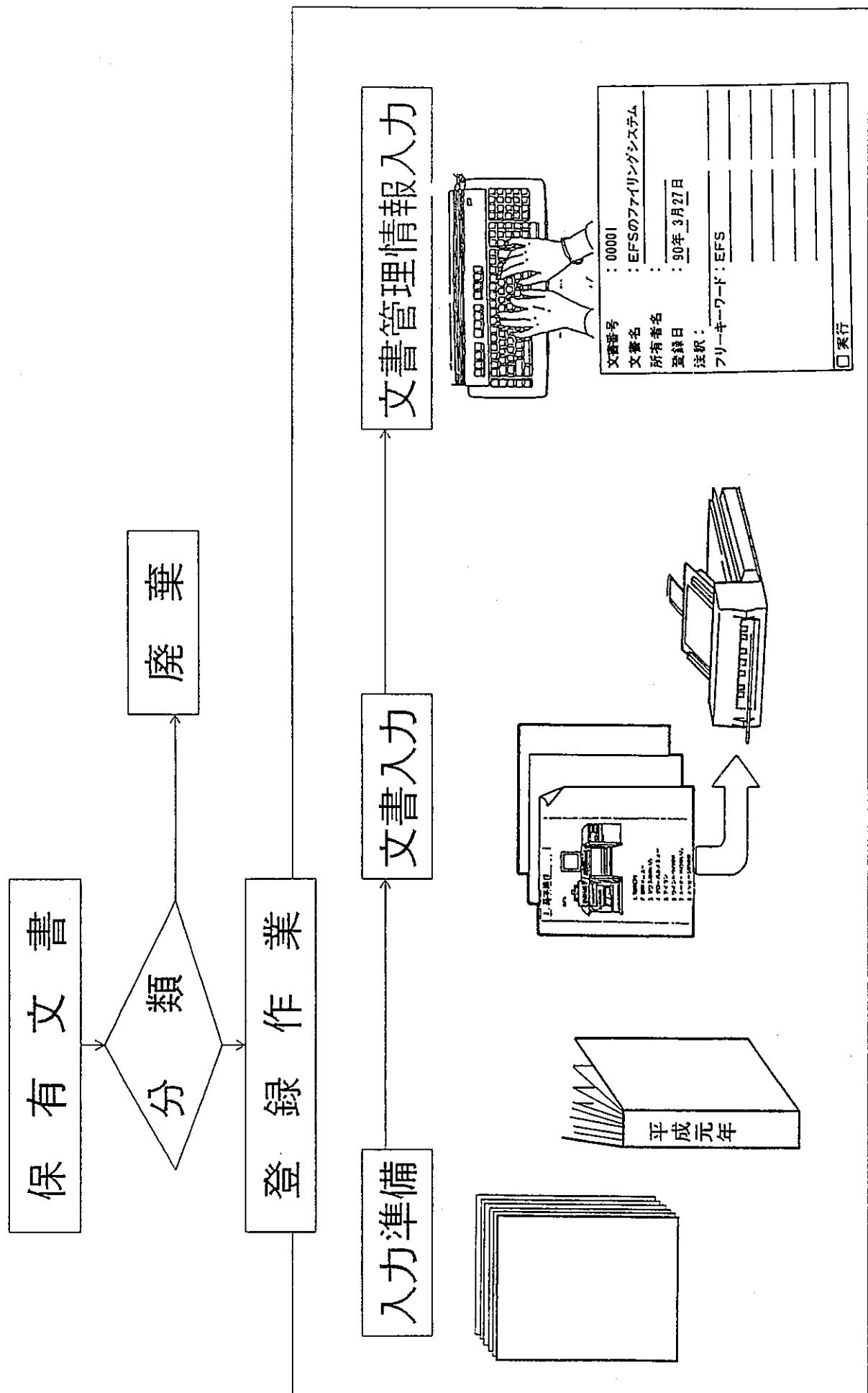


図 8.2 一般的な文書登録作業の流れ

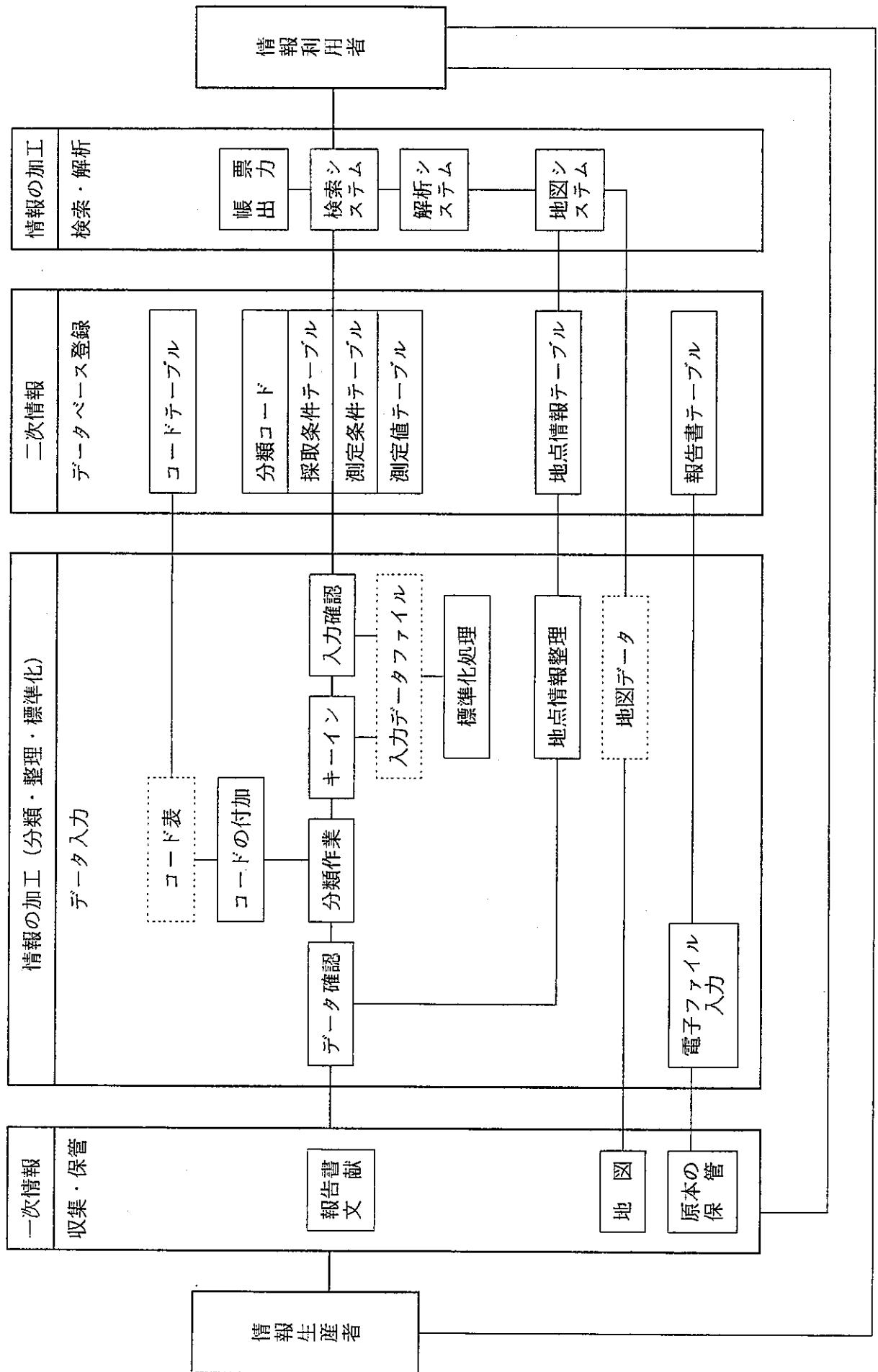


図 8.3 情報の加工(測定データ)

個々のデータベースファイル				
環境放射線 文献データ	報告書情報 書誌事項			キーワード
	抄録		分類コード	原文献 イメージ
環境放射線 ファクト データ	測定条件 単位 測定器	測定値 標準化前	測定値 標準化後	
	コードデータ	測定地点データ		
解析に必要な データ	地図データ	地質データ	社会環境 データ	
解析結果	角解析結果 グラフ・イメージ 帳票			

図 8.4 データベースの構成

カテゴリ	システム分析				
	業務用語の定義				
業務	現行業務の調査	業務要求の分析		業務組織設計	費用効果の概算
システム仕様	システム方式要求分析	システム機能の定義	システム方式設計	実現性の検討	開発の意思決定
データ構造	入出力情報の抽出  情報構造の分析      概念データモデルの設計      データ項目の定義  データ資源管理方法の立案				
性能	データ量の調査	性能要求の設定	性能クリティカル概略見積り		

図 8.5 システム構築の要件

## 9. 空間ガンマ線測量結果

表9.1(1)にモニタリングポスト・ステーションに関し、また表9.1(2)にサーベイメータに  
関し、それによる空間ガンマ線線量率連続測定結果を示す。表9.1(1)にはモニタリング  
ポストおよびモニタリング・ステーションで連続的に測定された空間ガンマ線線量率の最小  
値、最大値、平均値を各道府県ごとに宇宙線の寄与分を除いたものと含めたものおよび不明  
なものに分け、さらに検出器についても分類し、当該年度と前年度の値について併記した。

表9.2にサーベイメータによる空間ガンマ線線量率スポット測定結果を示す。同表には、  
各道府県がサーベイメータを用いて測定した空間線量率の最小値・最大値・平均値を道府県  
ごとに、宇宙線の寄与分を除いたものと含めたものおよび不明なものに分け、さらに検出器  
で分類し、当該年度と前年度の値について併記した。

表9.3に空間ガンマ線積算線量測定結果を示す。同表には各府県がTLD 素子を用いて測定  
した積算線量（単位： $\mu\text{Gy}/91\text{d}$ ）の最小値、最大値、平均値を各道府県ごとに、宇宙線の寄  
与分を除いたものと含めたものおよび不明なものに分け、当該年度と前年度について併記し  
た。

また、各道府県の代表的地点の空間ガンマ線計数率の変化を～頁に示す。

表 9.1(1) 空間ガンマ線線量率連続測定結果総括表  
 (モニタリングポスト・ステーション)

1989年 放射線監視

1989年 放射線監視

府県	当 年 度				前 年 度				宇宙線含除	計測器
	地点数	線量率 単位: $\mu\text{Gy}/\text{h}$			地点数	線量率 単位: $\mu\text{Gy}/\text{h}$				
		最小値	最大値	平均値		最小値	最大値	平均値		
北海道	20	9.0	99	36	24	13	100	37	除	
青森県	2	11	70	22	0				除	
宮城県	4	61	110	74	4	62	110	74	無記載	電離箱
	10	9.1	38	16	10	9.2	33	16	除	
	6	55	110	70	6	55	100	70	含	電離箱
福島県	33		78	40	33		82	40	除	
茨城県	46		77	37	44		74	38	除	
新潟県	7	51	150	70	7	58	140	72	無記載	電離箱
	16	16	130	38	16	24	110	38	除	
福井県	53	16	170	49	52	18	160	49	除	
静岡県	8		110	69	8		130	69	含	
京都府	3	21	89	38	3	23	110	38	除	
島根県	2		110	37	2		120	37	除	
	6		110	40	6		150	40	除	球型NaI検出器
愛媛県	6	10	62	15	6	11	65	15	除	
	2	44	83	49	2	45	94	53	含	電離箱
佐賀県	7		79	27	7		110	26	除	
	3		100	64	3		130	64	含	電離箱
鹿児島県	12	23	110	34	12	24	100	34	除	
全 道府県	210	9.0	170	38	209	9.2	160	39	除	
	8		110	69	8		130	69	含	
	11	51	150	72	11	58	140	73	無記載	電離箱
	11	44	110	64	11	45	130	65	含	電離箱
	6		110	40	6		150	40	除	球型NaI検出器

表 9.1(2) 空間ガンマ線線量率連続測定結果総括表  
( サーベイメータ )

1989年 放射能調査

都道府県	当 年 度				前 年 度				宇宙線含除	備 考	
	地点数	測定数	線量率 単位: $\mu\text{Gy}/\text{h}$			地点数	測定数	線量率 単位: $\mu\text{Gy}/\text{h}$			
			最 小 値	最 大 値	平 均 値			最 小 値	最 大 値	平 均 値	
北海道	1	12	45	53	49	1	12	40	49	45	含
青森県	1	12	29	41	37	1	12	30	41	37	含
岩手県	1	12	30	36	34	1	12	33	37	35	含
宮城県	1	12	48	56	51	1	12	45	58	50	含
秋田県	1	12	54	65	60	1	12	57	69	62	含
山形県	1	12	52	67	61	1	12	55	65	60	含
福島県	1	12	49	59	54	1	12	48	57	52	含
茨城県	1	12	44	49	46	1	12	43	50	47	含
栃木県	1	12	50	58	54	2	12	50	55	52	含
埼玉県	1	12	54	60	57	1	12	53	64	56	含
東京都	2	24	33	79	52	2	24	34	70	49	含
神奈川県	2	4	39	39	39	0	0				
	2	20	50	57	52	2	24	49	56	53	
新潟県	1	12	43	52	48	1	12	44	58	52	含
富山県	1	12	57	63	61	1	12	55	65	61	含
石川県	1	12	67	78	73	1	12	70	78	75	含
福井県	1	12	46	67	54	1	12	50	58	54	含
山梨県	1	12	54	71	62	1	12	60	75	67	含
長野県	1	12	58	67	62	1	12	59	66	63	含
静岡県	1	12	55	69	59	1	12	53	62	58	含
愛知県	1	12	80	94	85	1	15	81	110	94	含
三重県	1	12	37	47	41	1	9	34	37	35	含
滋賀県	1	4	58	64	61	0	0				
京都府	1	12	82	93	86	1	12	82	100	89	含
大阪府	5	30	50	100	68	5	30	53	100	71	含
兵庫県	1	12	89	95	93	1	14	64	67	66	含
奈良県	1	3	130	260	180	0	0				
和歌山县	16	36	55	110	75	13	36	58	130	81	含
鳥取県	1	12	81	95	87	1	12	87	98	92	含
島根県	1	12	65	81	72	1	12	67	86	73	含
岡山県	1	12	57	70	64	1	12	63	77	73	含
広島県	1	12	120	140	130	1	16	90	120	110	含
山口県	1	12	93	120	100	1	12	96	100	98	含
徳島県	1	3	61	62	61	0	0				
香川県	1	12	57	62	58	1	9	55	65	59	含
愛媛県	1	12	80	89	84	1	12	80	92	86	含
高知県	1	12	44	51	47	1	12	44	54	47	含
福岡県	1	12	72	80	76	1	12	61	70	66	含
佐賀県	1	12	64	73	67	1	12	61	74	68	含
長崎県	1	12	48	55	50	2	12	48	65	52	含
熊本県	1	6	38	43	41	0	0				
大分県	1	12	64	75	69	1	12	66	78	71	含
宮崎県	1	12	36	46	40	1	9	53	70	58	含
鹿児島県	1	12	46	53	49	1	12	44	52	48	含
沖縄県	2	24	53	92	71	2	24	55	93	72	含
全都道府県	68	574	29	260	64	61	558	30	130	65	含

表 9.2 空間ガンマ線線量率スポット測定結果総括表  
(サーベイメータ)

1989年 放射線監視

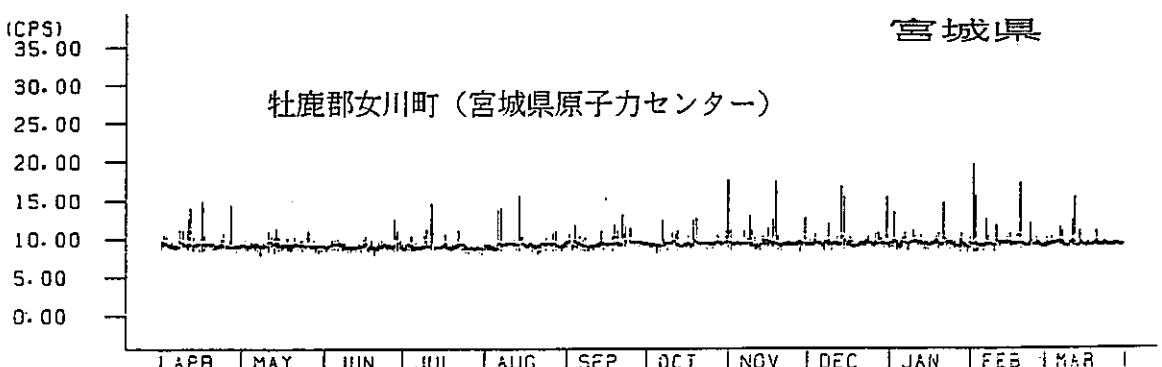
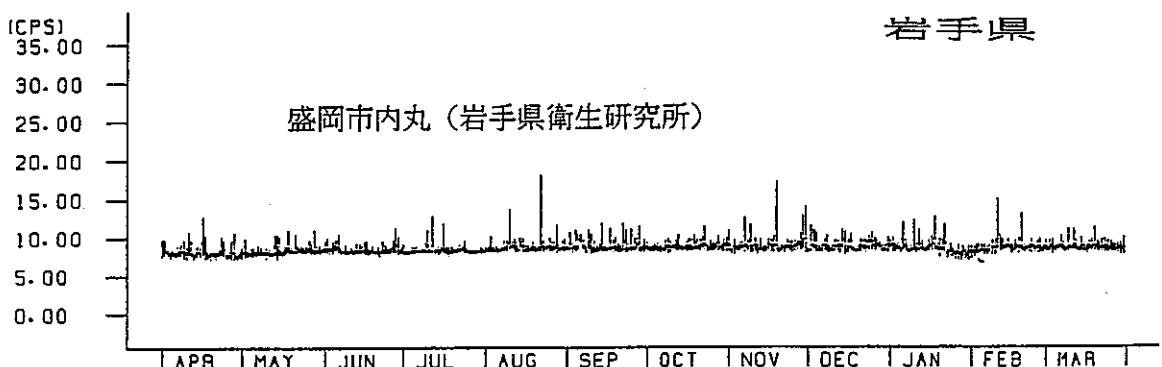
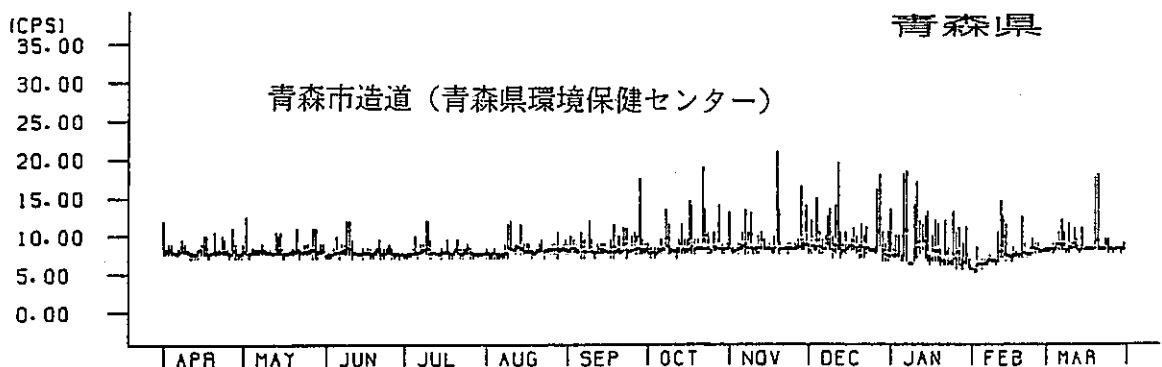
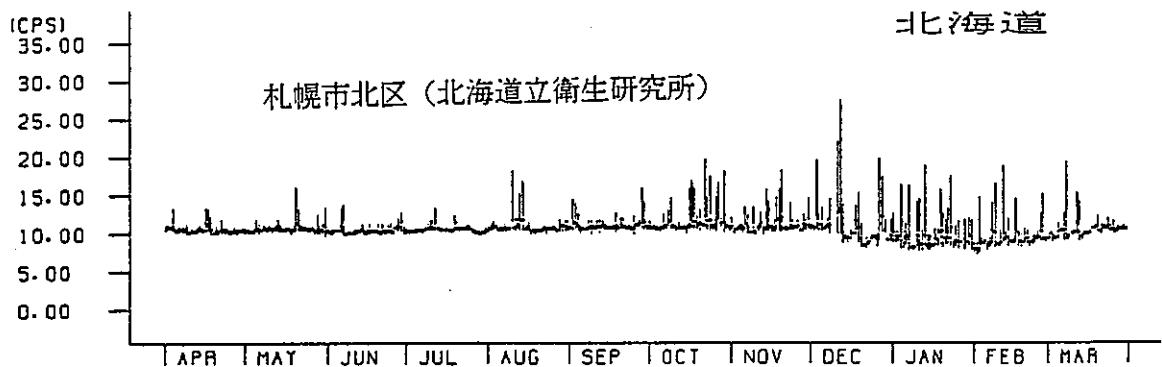
府県	当 年 度					前 年 度					宇宙線合計	計測器		
	地点数	測定数	線量率 単位: $\mu\text{Gy}/\text{h}$			地点数	測定数	線量率 単位: $\mu\text{Gy}/\text{h}$						
			最小値	最大値	平均値			最小値	最大値	平均値				
北海道	41	164	9.0	47	31	42	164	13	48	33	除			
宮城県	39	164	20	51	32	39	164	22	52	32	除			
茨城県	74	140	17	57	29	97	140	17	54	29	除			
京都府	19	80	23	50	33	19	80	25	54	34	除			
島根県	13	51	18	39	29	13	52	17	35	29	除	球型NaI検出器		
愛媛県	10	32	7.0	92	22	10	32	7.0	89	21	無記載	Ge検出器		
	11	108	13	97	42	11	108	13	96	42	無記載	球型NaI検出器		
	7	20	12	92	32	7	20	12	95	33	含			
	8	96	33	89	52	8	96	35	92	54	含			
	8	96	26	100	53	8	96	26	96	54	含	プラ・シン検出器		
佐賀県	60	60	19	53	35	60	60	22	55	38	除			
	43	96	44	75	57	43	96	46	76	57	含			
鹿児島県	14	168	23	49	36	14	168	30	54	39	除			
	28	336	28	69	50	28	336	28	69	52	含			
全 道府県	247	776	9.0	57	32	271	776	13	55	34	除			
	86	548	12	92	51	86	548	12	95	52	含			
	11	108	13	97	42	11	108	13	96	42	無記載	球型NaI検出器		
	13	51	18	39	29	13	52	17	35	29	除	球型NaI検出器		
	10	32	7.0	92	22	10	32	7.0	89	21	無記載	Ge検出器		
	8	96	26	100	53	8	96	26	96	54	含	プラ・シン検出器		

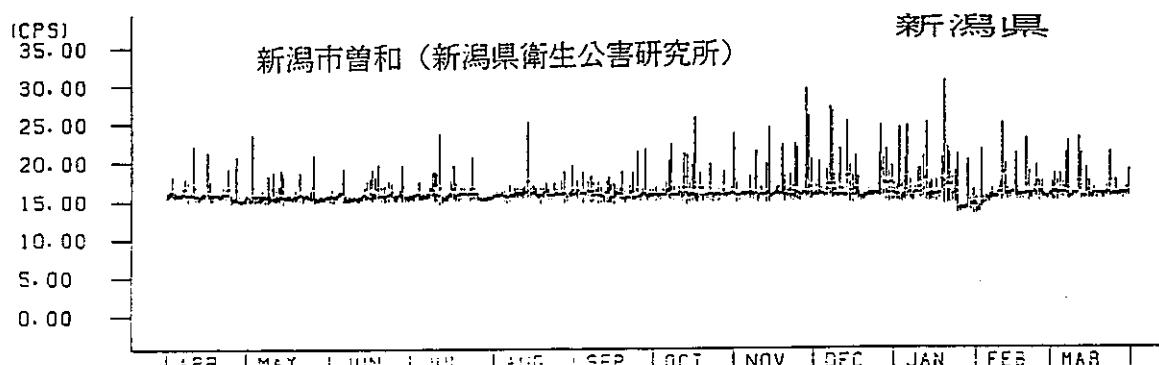
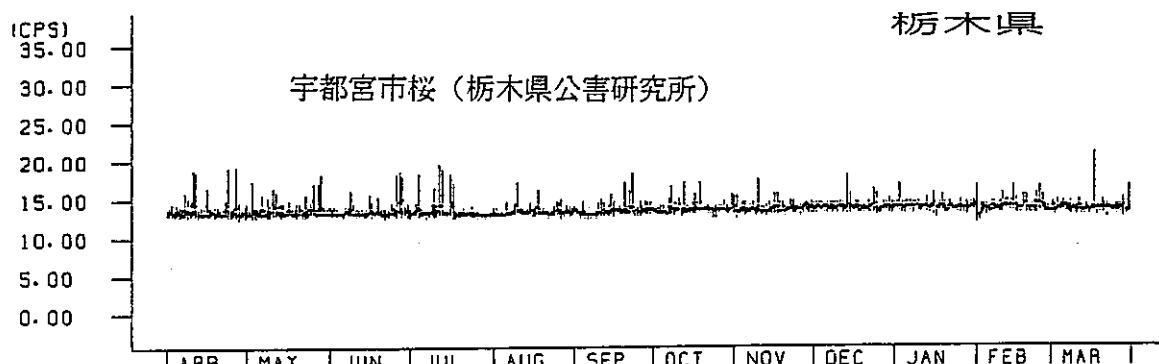
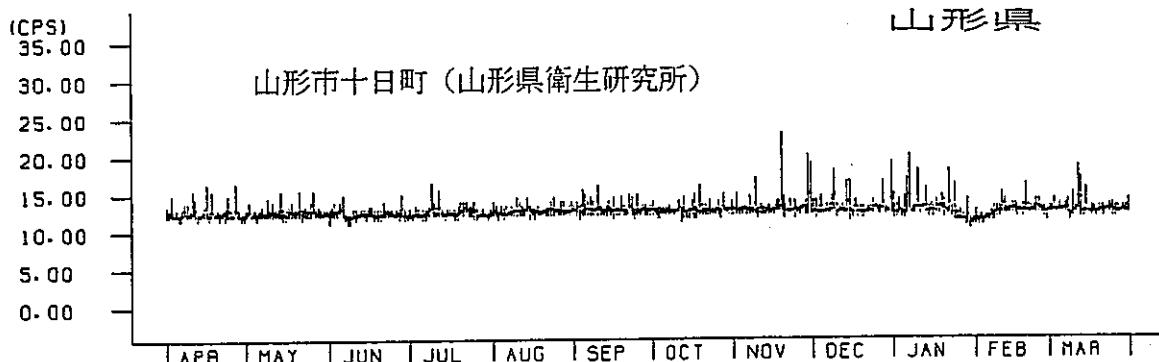
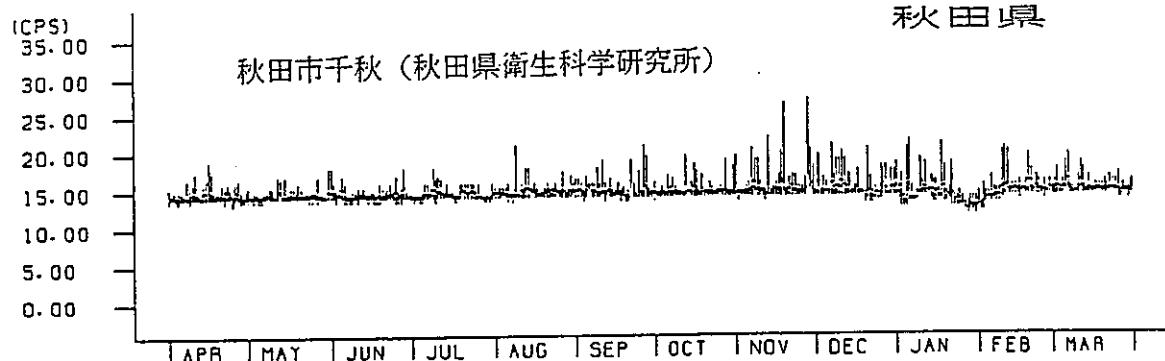
表 9.3 空間ガンマ線積算線量測定結果総括表

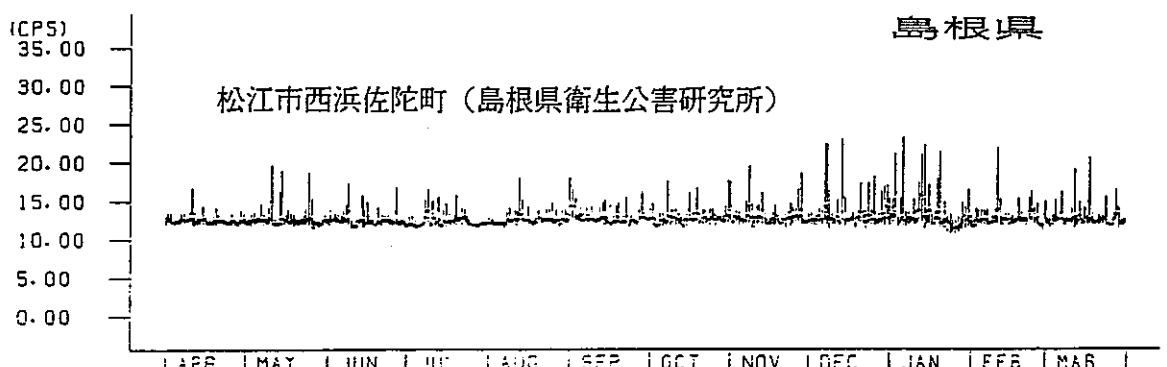
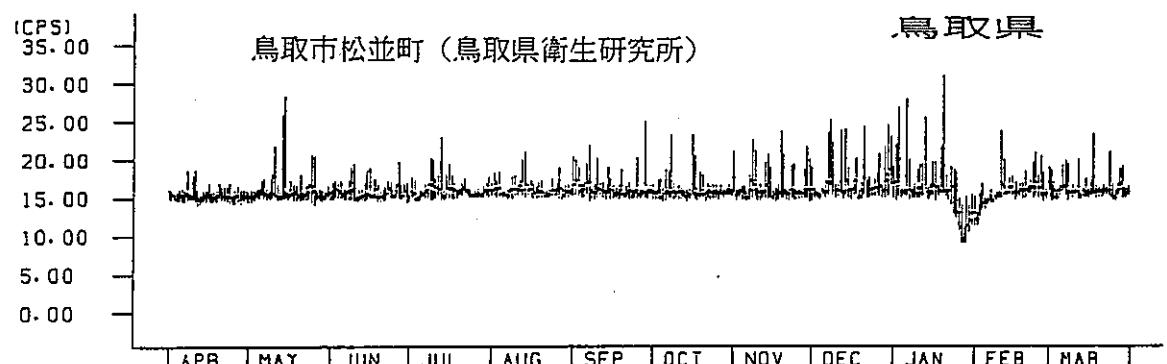
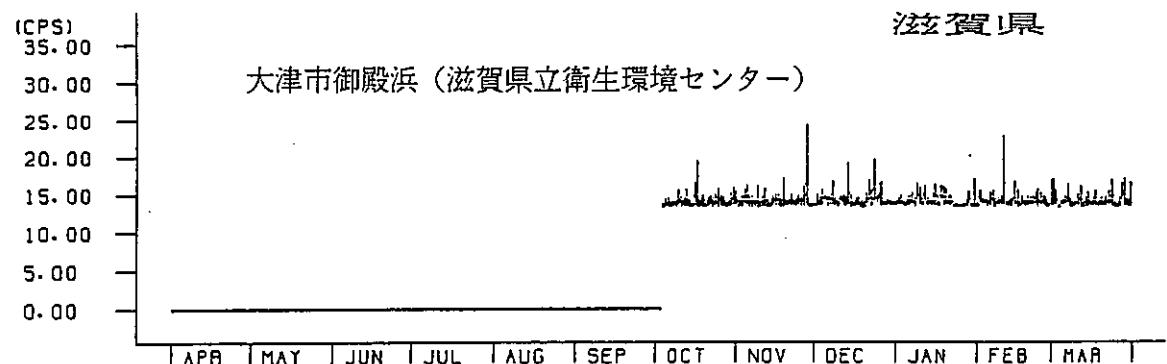
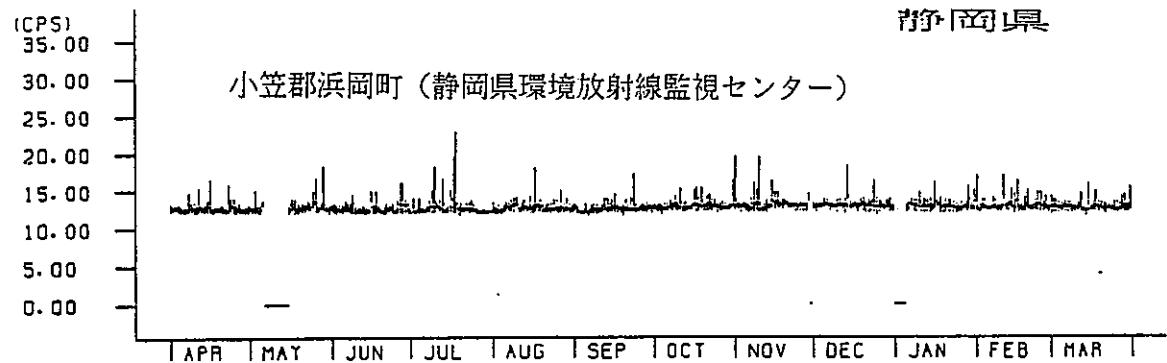
1989年 放射線監視

府県	当 年 度				前 年 度				測定法	
	地点数	線量単位: $\mu\text{Gy}/91\text{日}$			地点数	線量単位: $\mu\text{Gy}/91\text{日宇宙線除}$				
		最小値	最大値	平均値		最小値	最大値	平均値		
北海道	66	99	180	130	66	110	190	140	無記載	
青森県	37	79	130	100	0				無記載	
宮城県	31	97	200	140	31	110	210	150	無記載	
福島県	31	110	150	130	31	110	160	130	無記載	
	18	100	150	130	18	96	160	140	含 除	
茨城県	94	40	130	81	100	43	140	81		
新潟県	42	100	150	130	42	100	160	130	無記載	
福井県	61	95	310	170	62	95	310	170	無記載	
	49	93	270	170	49	95	270	160	含	
静岡県	57	120	190	150	57	120	190	150	含	
京都府	26	99	190	140	26	100	190	140	含	
島根県	16	110	180	150	16	110	180	150	含	
愛媛県	54	84	220	110	47	87	210	110	無記載	
佐賀県	48	110	180	140	48	110	170	140	含	
鹿児島県	50	100	160	130	50	100	170	130	無記載	
全 道府県	372	79	310	130	329	87	310	140	無記載	
	94	40	130	81	100	43	140	81	除	
	214	93	270	150	214	95	270	150	含	

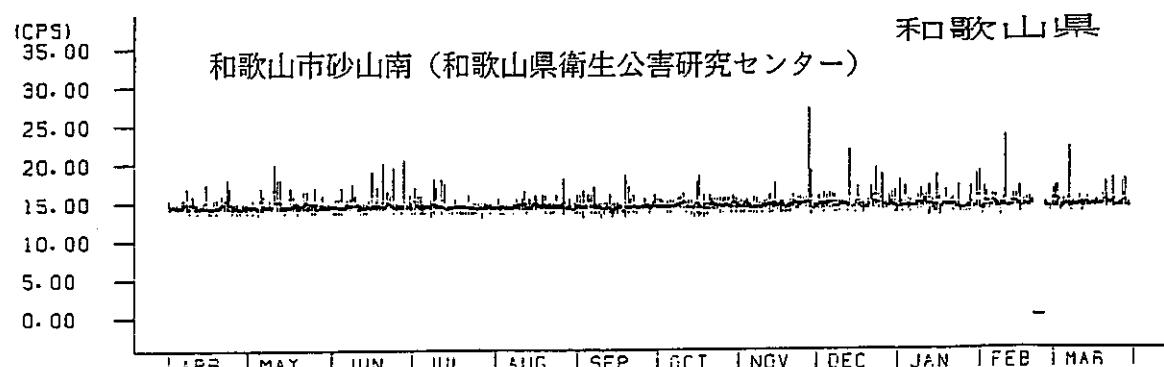
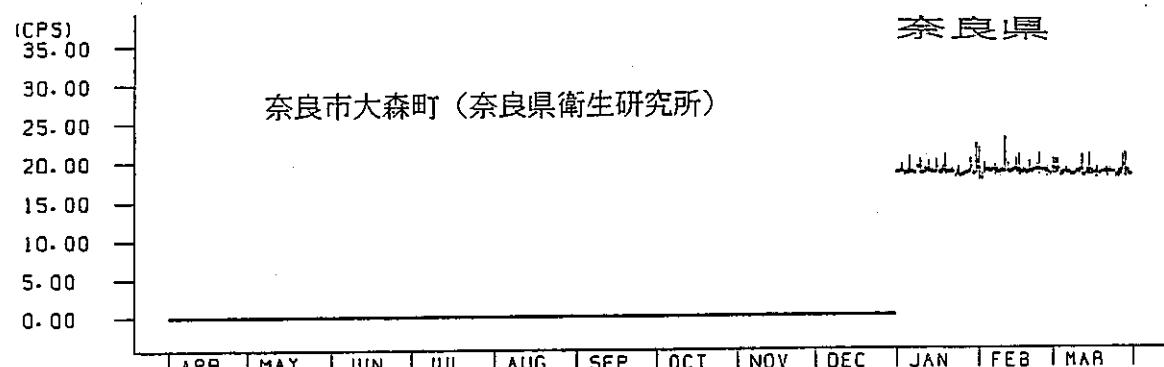
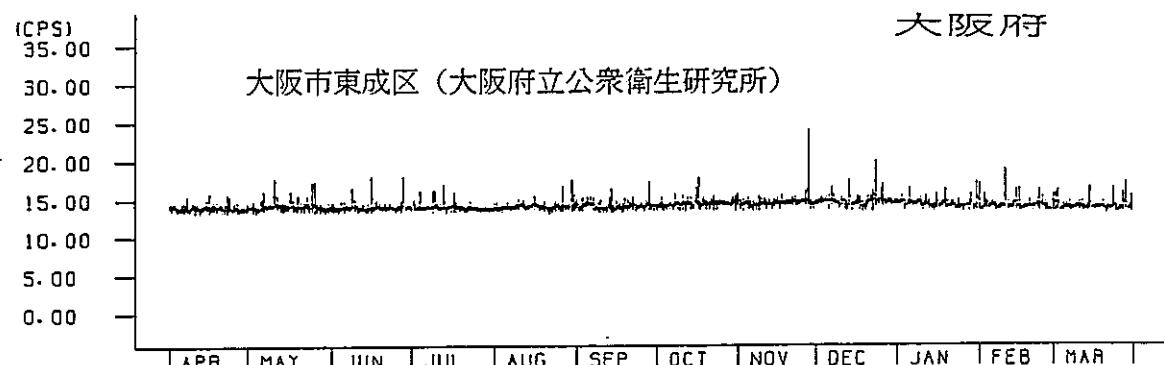
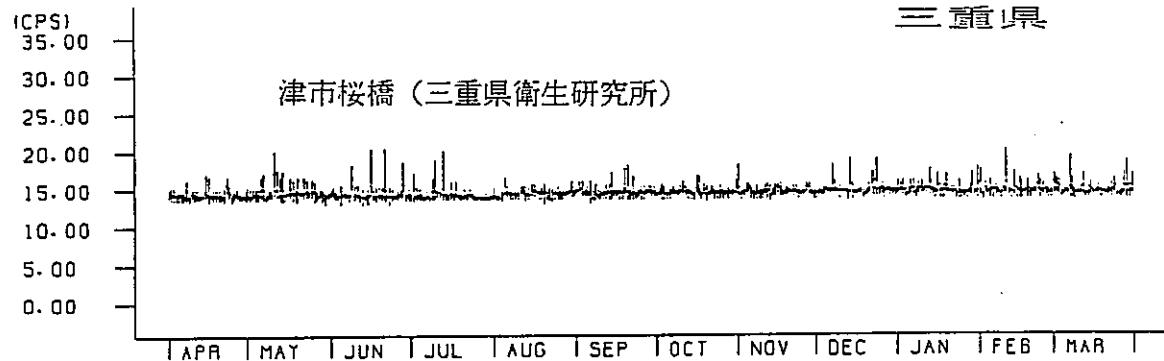
## 空間カウンタ線計数率の変化

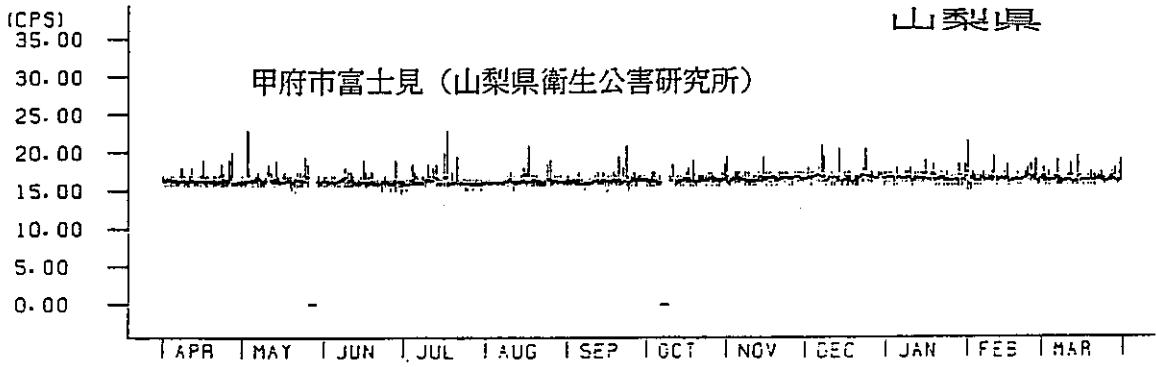
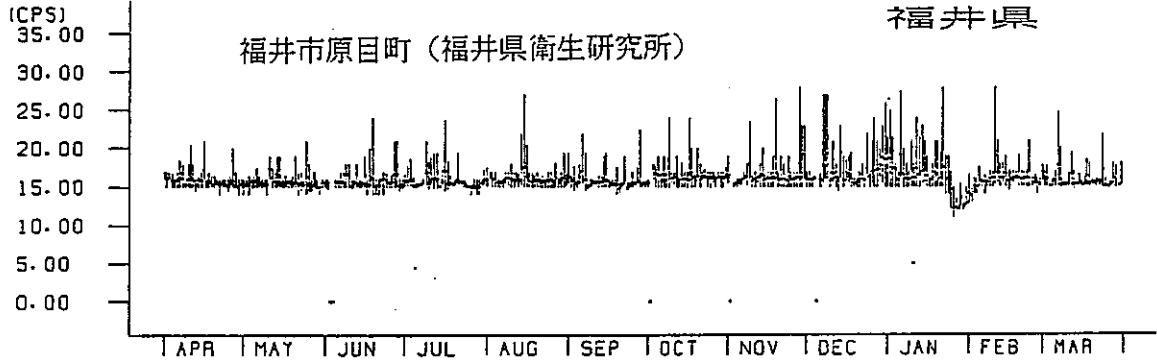
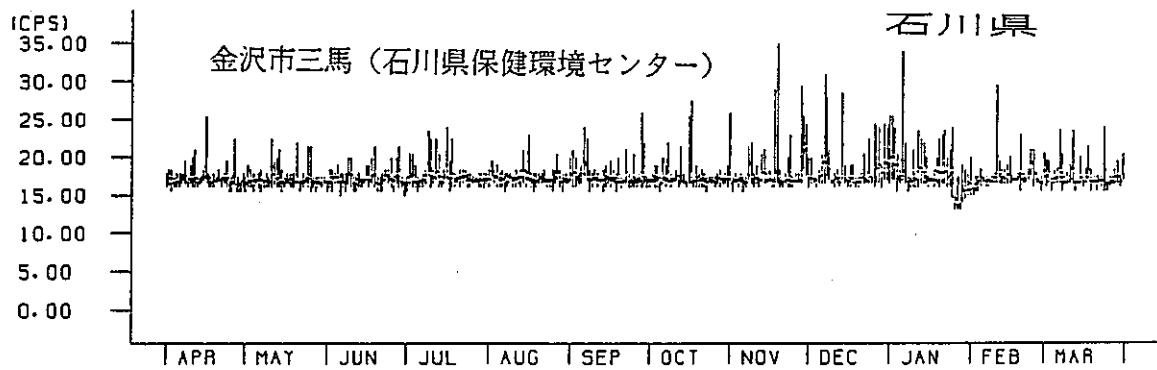
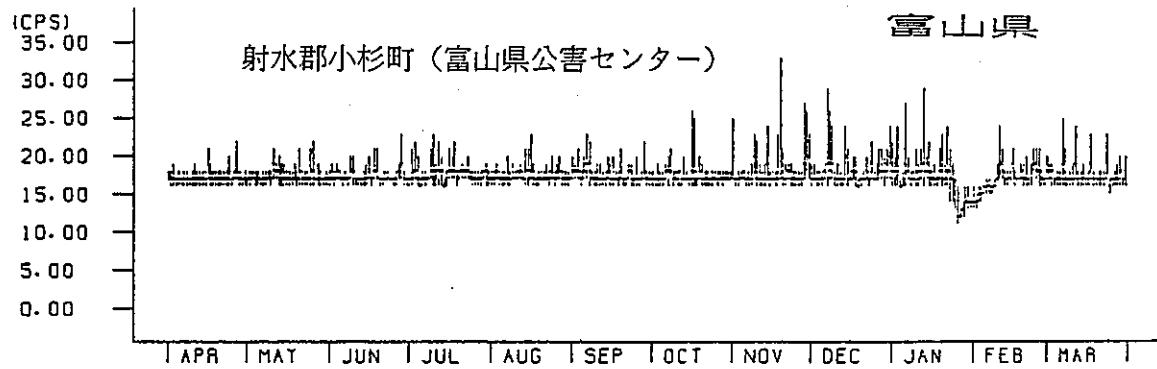


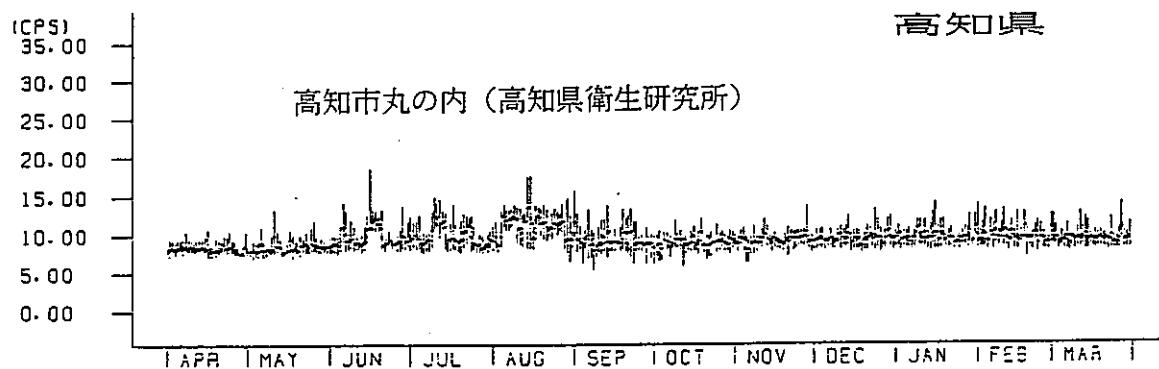
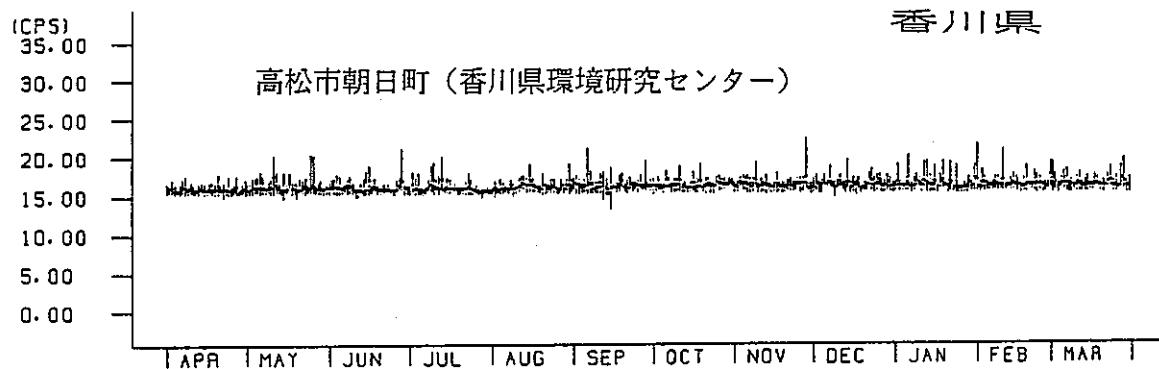
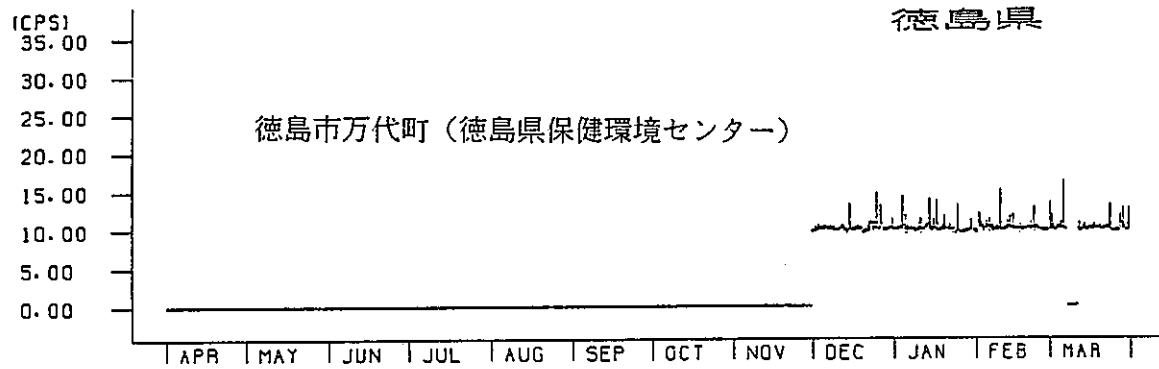
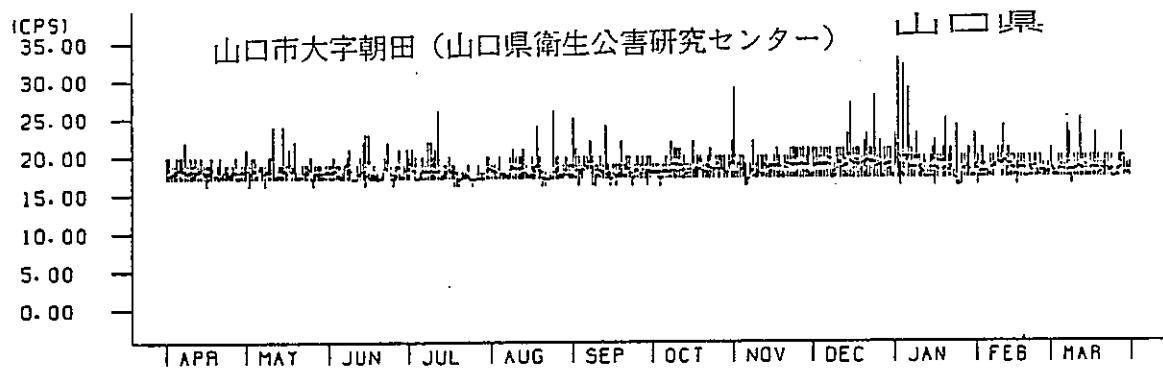


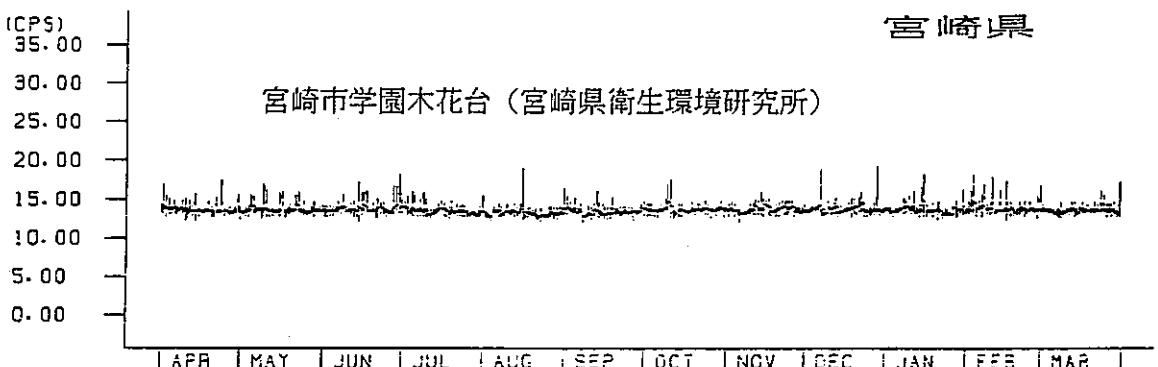
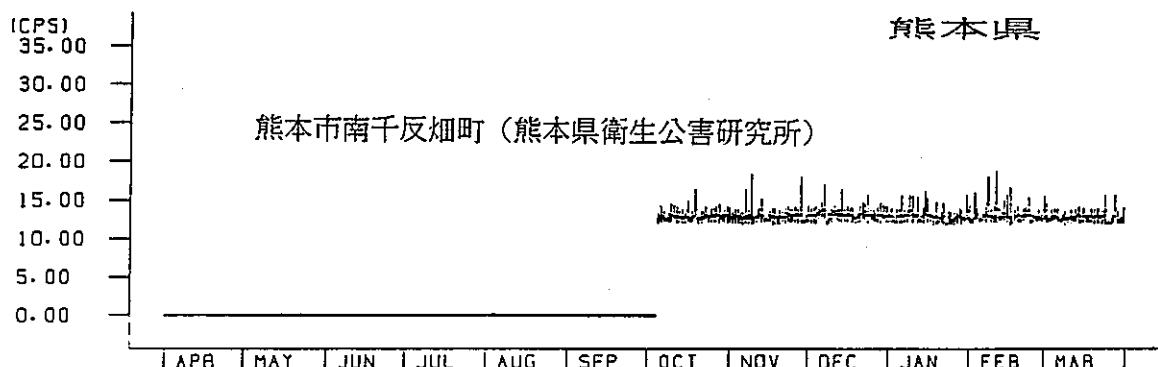
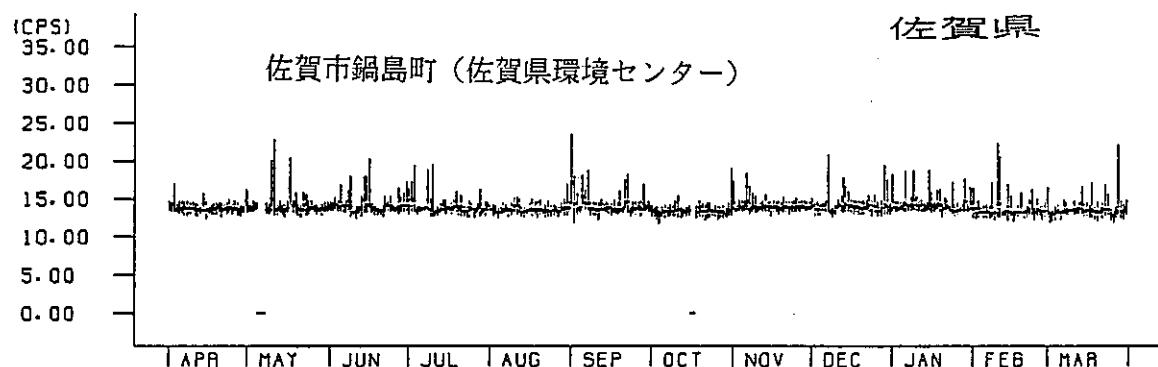
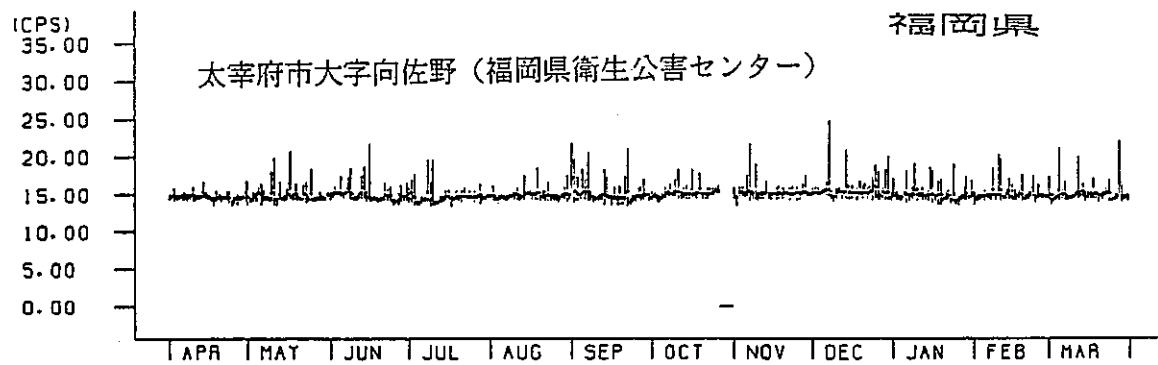


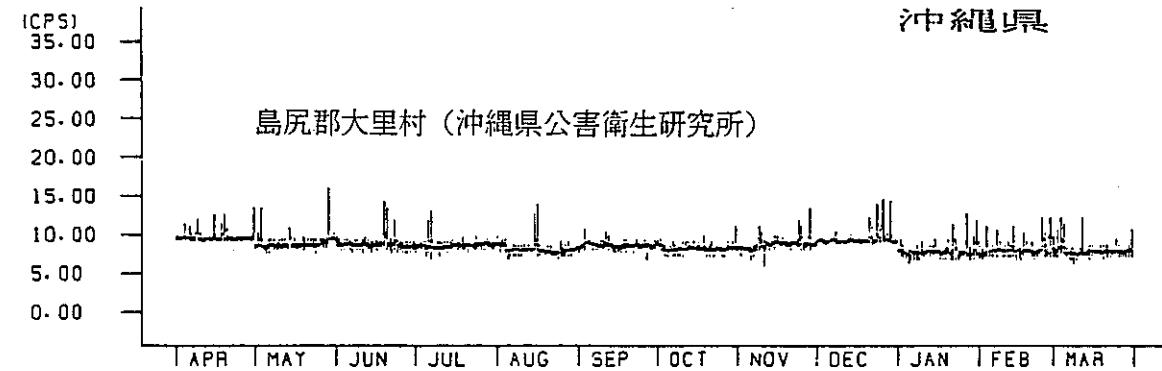
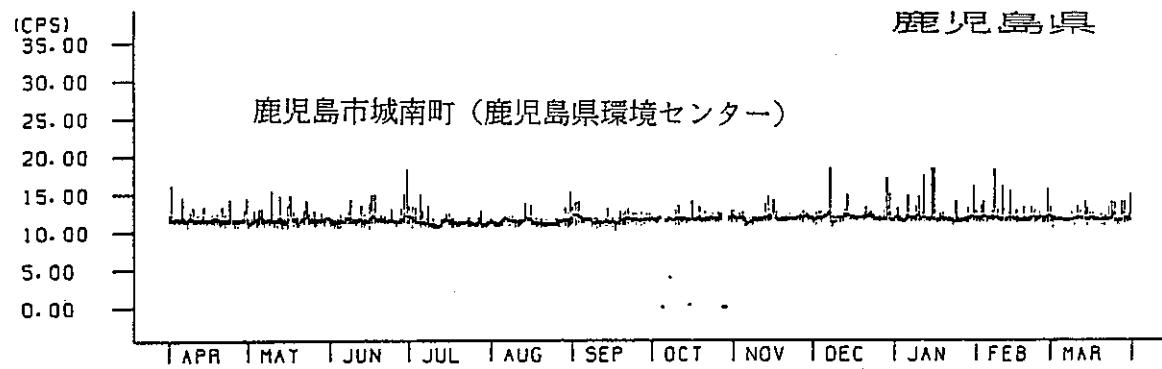
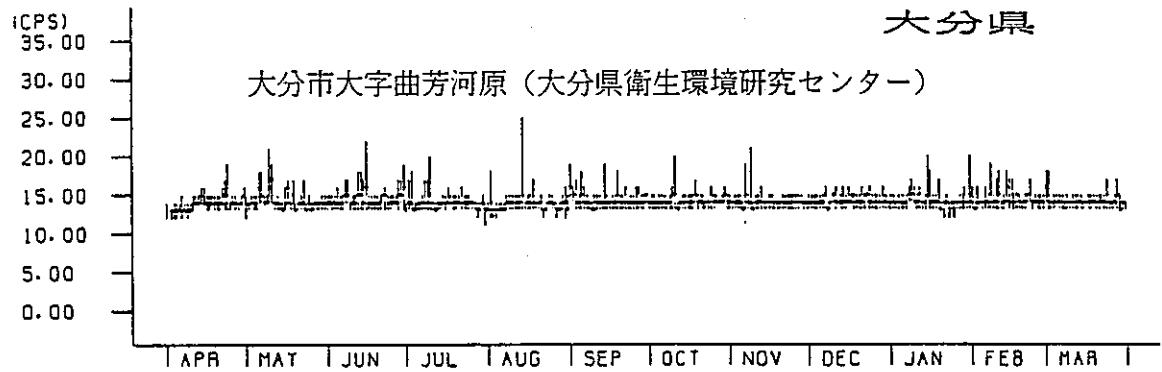
空間カウンタ線計数率の変化











## 10. 文献データベースの検討・整備

昨年、本委員会により環境放射線レベル調査の実態を地域的に知ることのできる諸文献を集約し、これをもとにパーソナルコンピュータを利用した文献データベースを作成した。本データベースでは、検索条件として調査地域の他、調査実施年、手法、文献名等により検索を可能なものとしている。

本年度は、データベースをさらに充実するための検討・整備を実施するとともに最終的なデータベースの在り方について検討した。従来のデータベースの問題点としては、①現状のデータベースは文献リストデータのみであること、②項目に対する入力に対し、統一的な考えがないこと、③情報提供者の使用していた記号をそのまま使用しているため、解読あるいは解説が必要であること、などが本年度の検討で挙げられ、利便性を勘案してのデータの整備をするとともにデータベースの改善を行った。

### 10.1 文献データベースの特徴

本文献データベースは Apple社製パーソナルコンピュータ Macintoshおよび、CLARIS社製データベースソフト FileMaker IIを使用して構築している。データベースの使い勝手は、ハードはもとよりソフト面に依存するところが大きく、ソフトの選定が重要である。今回使用しているデータベースは Macintosh用のカード型データベースであり、素人にもデータベースが簡単に構築できる使い勝手の優れたものであるが、その反面ある程度、機能についての限界も存在する。ここで、今回使用したデータベースソフト FileMaker IIの概要を示しておく。

FileMaker IIは、情報整理という観点から、柔軟な構造がとられており、その基本構造を形作っているのは、ファイル（文献データベースを示す）、レコード（ある文献に対するすべての情報を示す。カード一枚の情報）、フィールド（文献名、調査地域、手法、実施年等の入力項目を示す）と言った要素である。このような構造を使って情報を整理すると、情報の素早い検索、情報の分類、分析、小計や合計の一覧の作成などデータを最も効率的に取り扱うことができる。情報を整理するということは、情報を必要な形に並べ替えることであり、FileMaker IIでは情報をビジュアルに調整し、目的に応じて自分でレイアウトを作成することができるなど、情報の表示機能としてはかなり自由度が高いものである。また、データベース機能として重要な検索機能については、キーワード等を設定する

必要もなく、単語を検索条件とするフィールドに入力することで、該当する単語が含まれるフィールドのあるレコード全てを抽出することができる。例えば、要旨フィールド内にある『共同研究』という単語の含まれているレコードを全て抽出する等のことができるため、あらかじめ検索が必要となりそうな分類を KeyWordとして入力しておく必要がない。

## 10.2 データベースの整備／検討

### (1) 文献要旨の追記、整備

昨年度作成したデータベースは文献リストデータのみであるので、文献の要旨を追記することを検討した。

本年度は、地質・環境放射能関係の文献として、1949年～1985年までの地質調査所物理探査調査研究一覧を入手し、文献要旨を入力を実施し、データベースを整備している。文献データベース出力例を図10.1、表10.1に示す。

### (2) 入力項目および入力内容の検討

昨年度作成したデータベースでは、入力内容についての定義が明確でなかったため、地域、実施年、手法、測定器に対し、一貫した考えのもとに入力されておらず、特に手法、測定器の区別がデータベース上で分かりにくいくことや、また、言葉の統一もされていないために、検索を実施する場合にも該当項目を漏れなく抽出することができない等の問題が考えられた。このため、入力項目の再検討を行うとともに入力内容の分類分けを検討した。各入力項目に対する問題点と検討結果を以下に示す。

(a) 特に手法、測定器の内容の区別が不明確であり、この点も含め入力項目を再検討する必要がある。

⇒現在のデータベースへの入力項目を変更する必要はない。入力項目の定義を明確にすることにする。

(b) 地域の項目について、どこまで詳しく入力するか？また、数県にまたがって調査を実施した場合の記入方法はどうするか？

⇒地位の項目は県名程度を入力することとする。

(c) 実施年とは、情報としてどの様なものが必要があるのか？

⇒文献発表年を西暦で入力し、文献に調査実施年がある場合は併記する。

(d) 手法の入力項目については、統一されておらず、同じ手法においても違う言い回しを用いている。

⇒手法、測定法の区分について、統一した分類分けを行うこととする。

その他、検索上、著者名は英文レポートであっても日本人であれば、漢字を併記する等の措置が必要である。また、本データベースは地図上のある地域の測定データを示した文献の検索が目的であるので、20万分の1の地形図番号を入力する項目をデータベースに追加し、今後の対応にデータベースの拡張に対応しておくことが必要であるが、ここで必要となる地形図番号の調査は次年度以降に実施することとした。

### 10.3 来年度以降の計画

本データベースの目的は、前項にも示したように、地図上のある地域における測定データを示す文献の検索である。このため、最終的には線量率マップ、地質データをコンピュータにより映像化し、表示されたマップ上で文献データを出力させるデータベースシステムを構築する考えである。

来年度以降は、①地形図番号の調査、入力、②次世代データベースに必要なコンピュータの調査、選定、③線量マップ、地形図のコンピュータによる映像化、(4)文献データベースとのリンク等を実施していく必要がある。

# 地質・放射線関係文献データベース

番号： **961**

地域： 土岐、岐阜 実施（発表）年： 1989

手法： MB 測定器： TLD, Ge, 電離箱

著者： 宮原昭、大林治夫 他

題名： 土岐地区の環境放射能の測定 V  
(昭和61～62年度の活動)

雑誌名： 名古屋大学プラズマ研究所 資料・技術報告 IPPJ-DT-146

備考： 土岐市プラズマ研究会とプラズマ研究所との  
共同研究  
土岐市の中高等学校の教員が参加

**要旨：** 「土岐地区の環境放射能の測定」は、名古屋大学プラズマ研究所と土岐市プラズマ研究会の共同研究として進められている。ここに昭和61年～62年度の活動を中心とした内容をとりまとめ、共同研究報告第V集とする。

この共同研究は、プラズマ研究所の土岐地区への移転構想立案をその契機として昭和55年度から発足した。将来の核融合を目指した大型実験研究施設が新しい用地に建設されようとするに当たって、環境放射線・環境放射能の性質についての正しい認識、実測に基づくその動態把握が不可欠だと考えられたからである。これまでの共同研究報告第I～IV集に示されている。共同研究としての会合は、この8年間に70回を越えた。プラズマ研究所も近い将来、国の研究組織となることとなり、昭和63年度には土地の造成工事に着工の段階にきていく。以上のような計画の具体化の中にあって、本共同研究のめざす基礎環境データの確立という目標は一段とその重要性を増してきている。

今回は、一貫した作業のもとにデータを集積しつつあるTLDによる環境放射線強度の測定、土岐地区における河川水等のトリチウム含有量の測定結果として、この数年間の傾向を調査した。また、全世界の規模で放射性降下物を与えた切尔ノブイリ原子力発電所事故(1986年4月26日)の影響の把握を環境放射能を監視することで実施した。その他、ICRPの勧告に基づく法改正が検討されている状況も合わせ、諸量の定義、概念、相互の関係を明確する等、報告書にまとめた。

(内容)

- 昭和61年～62年度環境放射能の測定結果
- 土岐地区における環境トリチウム測定結果
- 放射線関連量の概念と相互関係
- 加速器周辺に於ける放射線監視システム等

図10.1 データベース・アウトプット例( その1 )

表10.1 データベース・アウトプット例  
地質・放射線関係文献データ一覧表

地域	発表年	手法	著者	タイトル	雑誌名
955 福井県	1990		高山裕美、徳山秀樹	福井県内の平均線量率	北陸公衆衛生学会誌、保健物理、24, 382-386
956 土岐、岐阜、中部	1989	MB	大林治夫（核融合研）	土岐移転前の環境調査	名古屋大学プラズマ研究
957 土岐、岐阜	1981	MB	宮原昭、大林治夫 他	土岐地区の環境放射能の測定Ⅰ	名古屋大学プラズマ研究
958 土岐、岐阜	1983	MB	宮原昭、大林治夫 他	土岐地区の環境放射能の測定Ⅱ	名古屋大学プラズマ研究
959 土岐、岐阜	1985	MB	宮原昭、大林治夫 他	土岐地区の環境放射能の測定Ⅲ	名古屋大学プラズマ研究
960 土岐、岐阜	1986	MB	宮原昭、大林治夫 他	土岐地区の環境放射能の測定Ⅳ	名古屋大学プラズマ研究
961 土岐、岐阜	1989	MB	宮原昭、大林治夫 他	土岐地区の環境放射能の測定Ⅴ	名古屋大学プラズマ研究
962 土岐、岐阜	1989	MB	宮原昭、大林治夫 他	土岐地区的環境放射能の測定Ⅵ	名古屋大学プラズマ研究

## 11. 線量評価システムについて

### 11.1 はじめに

カーボンのようなNaI(Tl)検出器の測定データから線量率を評価する手法として、以下の3つの手法が用いられるのが一般的である。

- (1) 線量率換算法
- (2) G(E)関数法
- (3) アンフォールディング法

線量率換算法は、あらかじめNaI(Tl)検出器等の検出器と電離箱等の基準線量率計を同一場所において測定し、検出器の計数率と線量率の相関をとり換算係数を求めることにより、任意の場所での検出器の計数率に換算係数をかけて線量率を求めることが可能とする手法である。この手法は簡便ではあるが、換算係数を求める場の代表性が重要なとなる。本研究では、この手法を用い線量率換算係数を求めた。その結果、第3章で記したように、誤差も10%程度と良い結果が得られており、この手法により十分な精度で線量評価できることが確認されている。

次に、G(E)関数法は、日本原子力研究所において開発された手法であり、検出器の波高分布から線量に換算する手法である。原研の森内等は、この手法を用いた計測システムSWINGを開発し、都市環境等において自然放射線による線量率を求めている<sup>11)</sup>。

一方、アンフォールディング法は、測定された検出器の波高分布と検出器の応答関数からエネルギースペクトルを解析的に求める（アンフォールディング）手法である。線量率は、得られたエネルギースペクトルから次式を用いて算出される。

$$H = \int_0^{\infty} K(E) \phi(E) dE \quad (1)$$

H : 線量

K(E) : エネルギーEにおける線量換算係数

$\phi(E)$  : エネルギーEにおける検出器への入射 $\gamma$ 線数（エネルギースペクトル）

本章では、このアンフォールディング法による線量評価法について述べる。

## 11.2 アンフォールディング法

NaI(Tl) 検出器等の検出器を用いてMCA で得られた波高分布は、検出器の応答特性を反映した吸収エネルギー分布であり、真のエネルギースペクトルではない。エネルギースペクトル $\phi(E)$  と波高分布 $C(B)$ の関係は以下の積分方程式で表される。

$$C(E) = \int_0^{\infty} R(E'; E) \phi(E') dE' \quad (2)$$

ここで、 $R(E'; E)$  はエネルギー $E'$  の  $\gamma$  線 1 個が検出器に入射したとき、エネルギー $E$  の波高値を生じる確率を示し、後述するように応答関数と呼ばれる。

この式を容易に計算するために、エネルギーを  $n$  群に分割し、マトリックスに書き直すことができる。

$$\vec{C} = \vec{R} \times \vec{\phi}$$

$$(C) = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{21} & \cdot & r_{n1} \\ r_{12} & r_{22} & \cdot & r_{n2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ r_{1n} & r_{2n} & \cdot & r_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \vdots \\ \phi_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

未知数であるスペクトル $\phi$ は、上式において $R$ の逆マトリックス $R^{-1}$ を求めるこにより得られるが、この手法はピークを持つスペクトルに対しては振動したり負の解を与えるため適当とは言えない。そこで、逐次近似法がこの種の解析に良く用いられる。この手法は、中性子スペクトル解析で比較的良く用いられる手法であり、代表的な解析コードとしてSAND-II がある<sup>2)</sup>。

逐次近似法では、 $i$  番目のエネルギー領域に入射する  $\gamma$  線数 $\phi_i$  は、以下の式のように与えられる。

$$\phi_i^{(k)} = \phi_i^{(k-1)} \cdot C_i^{(0)} / C_i^{(k-1)} \quad (4)$$

$\phi_i^{(k)}$  : 逐次回数 $k$  後の  $i$  番目のエネルギー要素に入る  $\gamma$  線数

$C_i^{(0)}$  : 測定波高分布の  $i$  番目の要素

$C_i^{(k-1)}$  : (3)式で算出された計数ベクトル $C$ の逐次回数 $k - 1$ 回目の要素

ここで、計算上、初期スペクトル $\phi_i^{(0)}$ が必要となるが、測定した波高分布 $c_i^{(0)}$ を用いるのが一般的である。

上記の計算により得られたスペクトル $\phi$ から、線量率 $H$ が求められる。

$$H = \frac{3600 \cdot L \cdot \sum K_i \cdot \phi_i}{V \cdot T} \quad (5)$$

H : 線量率

L : シンチレータの実効長

V : シンチレータの体積

T : 測定時間

### 11.3 検出器の応答関数

上記の手法により、波高分布のアンフォールディングを行いスペクトルを得るためには、検出器の応答関数Rが必要である。そこで、動燃事業団のカーボーン車で使用している5インチφ×5インチの円筒型NaI(Tl) 検出器（図11.1参照）について電磁カスクード計算コードEGS4を用いて応答関数を計算した。

EGS コードは、高エネルギー物理学で使用される検出器の設計等に使用することを目的に開発されたが、適用エネルギー範囲の拡大とともに、医療分野を含む広い分野で使用されている<sup>3)</sup>。

本計算では、NaI シンチレータおよび周囲の構造材中の光子および電子、陽電子をモンテカルロ法により追跡し、シンチレータ内における吸収エネルギー分布を求めたものである。ここで、検出器を図11.2のように模擬し、シンチレータに入射する光子数は統計的変動を少なくするために100,000 個として計算した。

図11.3には、EGS4コードを用いて計算した3 MeV から200keVまでの単色γ線が入射した場合の検出器の応答を示す。また、図11.4～11.6には、40K、U系列、Th系列の代表的な核種からのγ線スペクトルを記した。計算にあたって、γ線の放出率は、図11.7に記したデータを使用した<sup>4)</sup>。

### 11.4 今後の課題

#### (1) 応答関数の評価

今回、EGS4コードを用いてNaI(Tl) 検出器の応答関数を作成した。しかしながら、得られた応答関数は、実際にカーボーンに使用している測定器の波高分布と比較していざ、アンフォールディング手法により線量評価するためには、測定により得られた

波高分布と比較検証しておく必要があろう。

## (2) アンフォールディング計算コードの開発

種々のNaI(Tl) 検出器についての線量評価用アンフォールディング計算コードは、既に多くの研究機関で開発が行われている。動燃事業団でも、古田らが1インチ球形のNaI(Tl) 検出器についてアンフォールディングコードを開発している<sup>5)</sup>。今回、アンフォールディングコードの開発までには至らなかったが、上記の応答関数をコードに組み込むことにより、カーボーンの検出器について線量評価することが可能となる。

### <参考文献>

- 1) 地質・環境放射線調査委員会：環境放射線の変動要因に関する研究（原子力安全技術センター、平成3年3月）
- 2) W. N. McElroy et al. : A Computer - Automated Iterative Method for Neutron Flux Spectra Determination by Foil Activation, AFWL-TR-67-41 (1967)
- 3) W. R. Nelson et al. : The EGS4 Code System, SLAC265 (1985)
- 4) アイソトープ手帳（日本アイソトープ協会）P12, 13より
- 5) 古田他：1cm線量当量測定用ガンマ線スペクトロメータ、動燃技報72、54（1989）

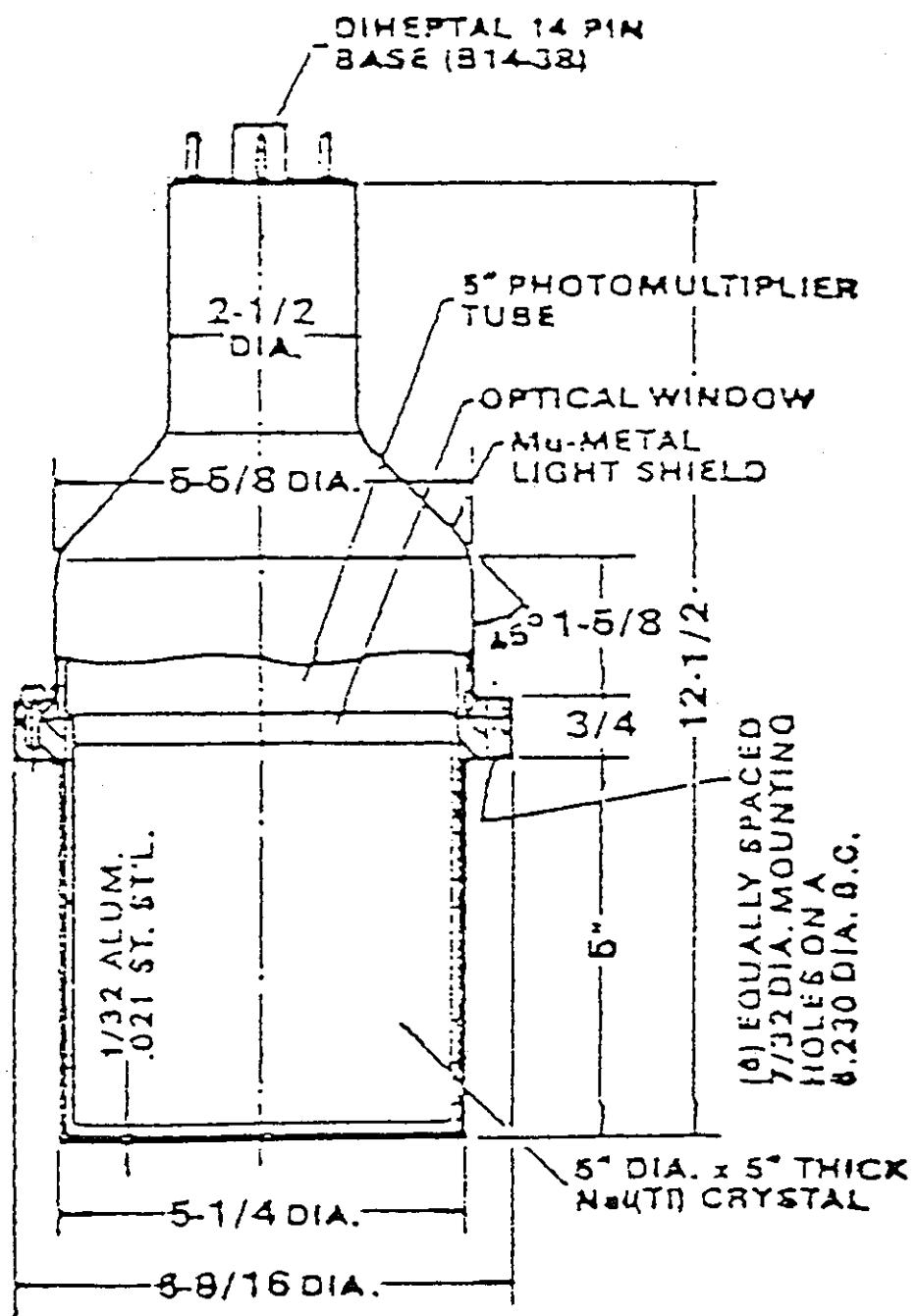


図11.1 5"×5"NaI(Tl) 検出器

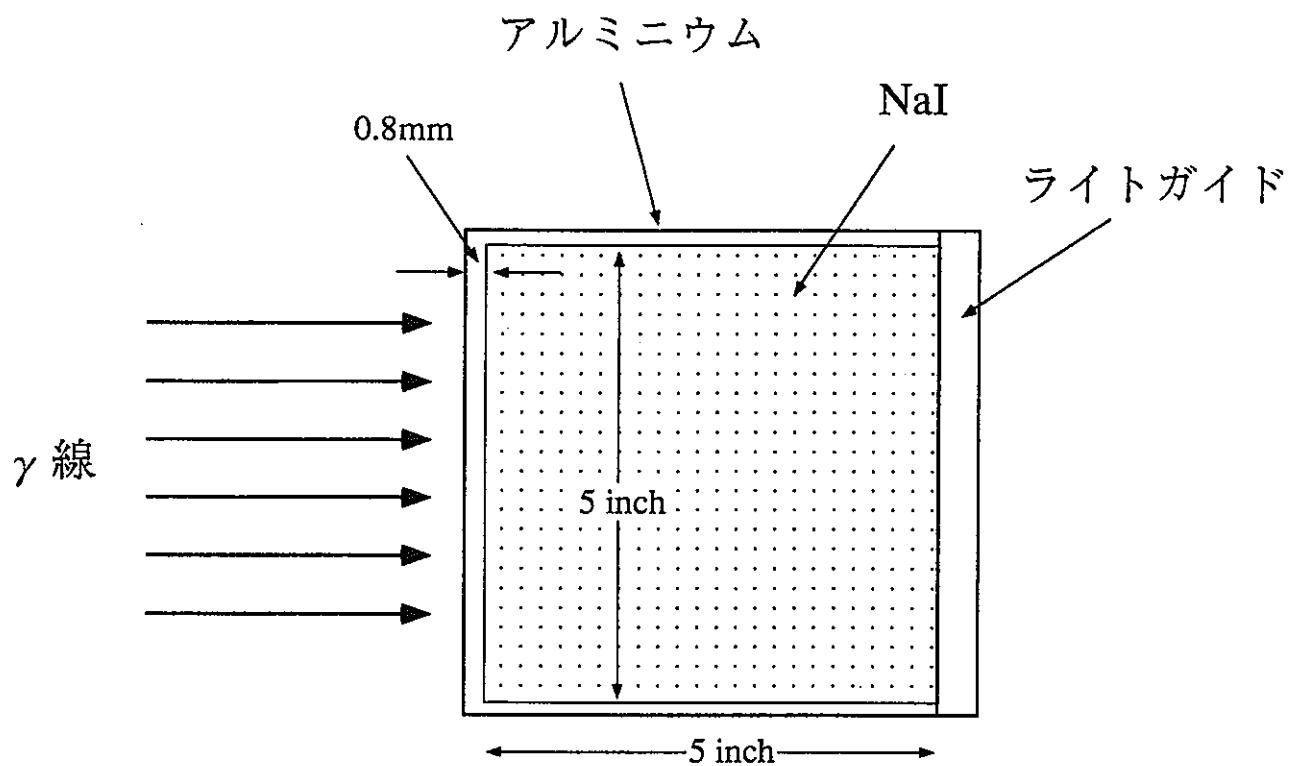


図11.2 NaI 検出器計算体系

物質名	密度等
NaI	3.67 g/cm
Al	1.41 g/cm
空気	1 気圧、 20°C

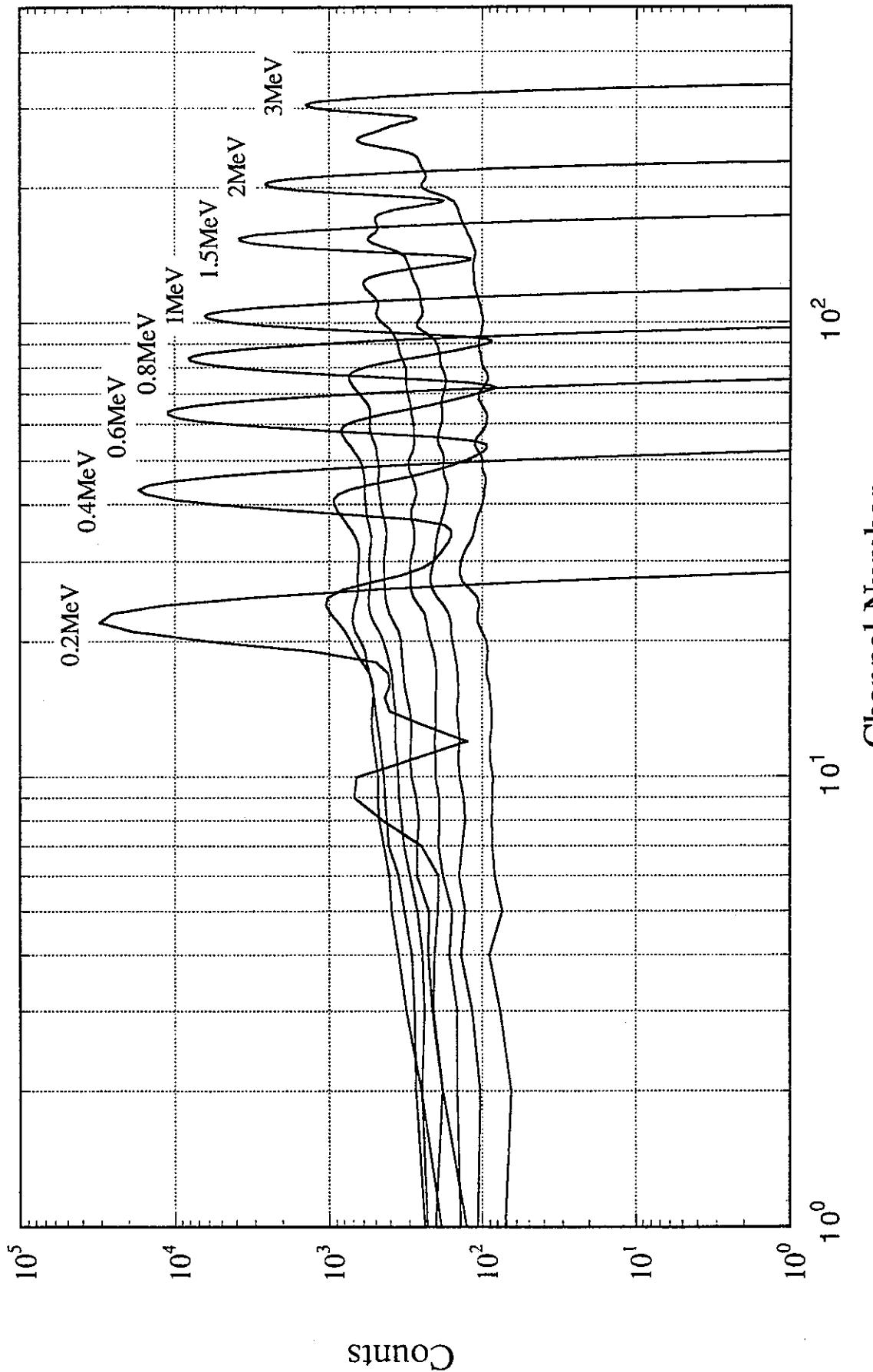


図11.3 Response of  $5'' \times 5''$  NaI(Tl) Spectrometer

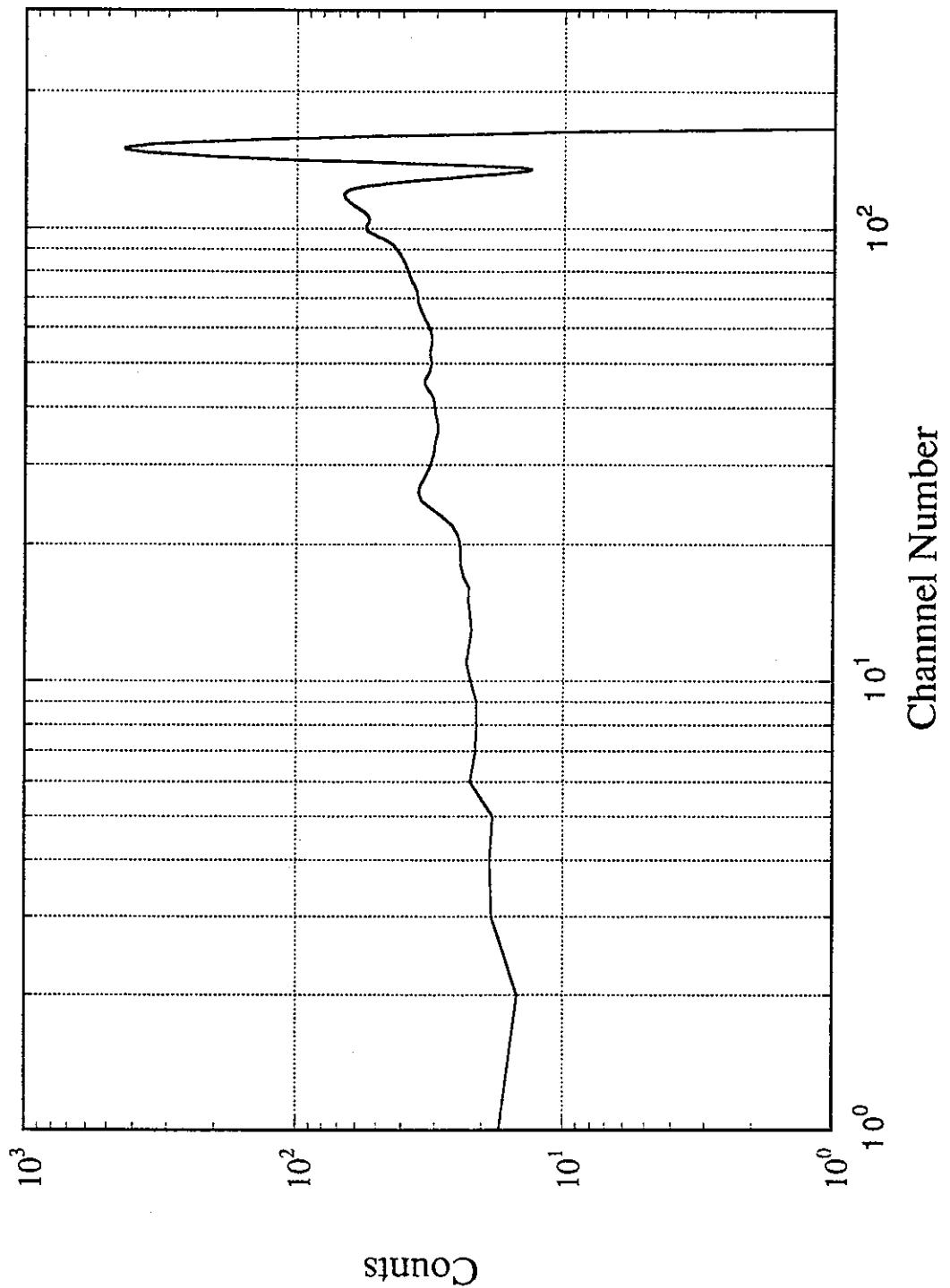
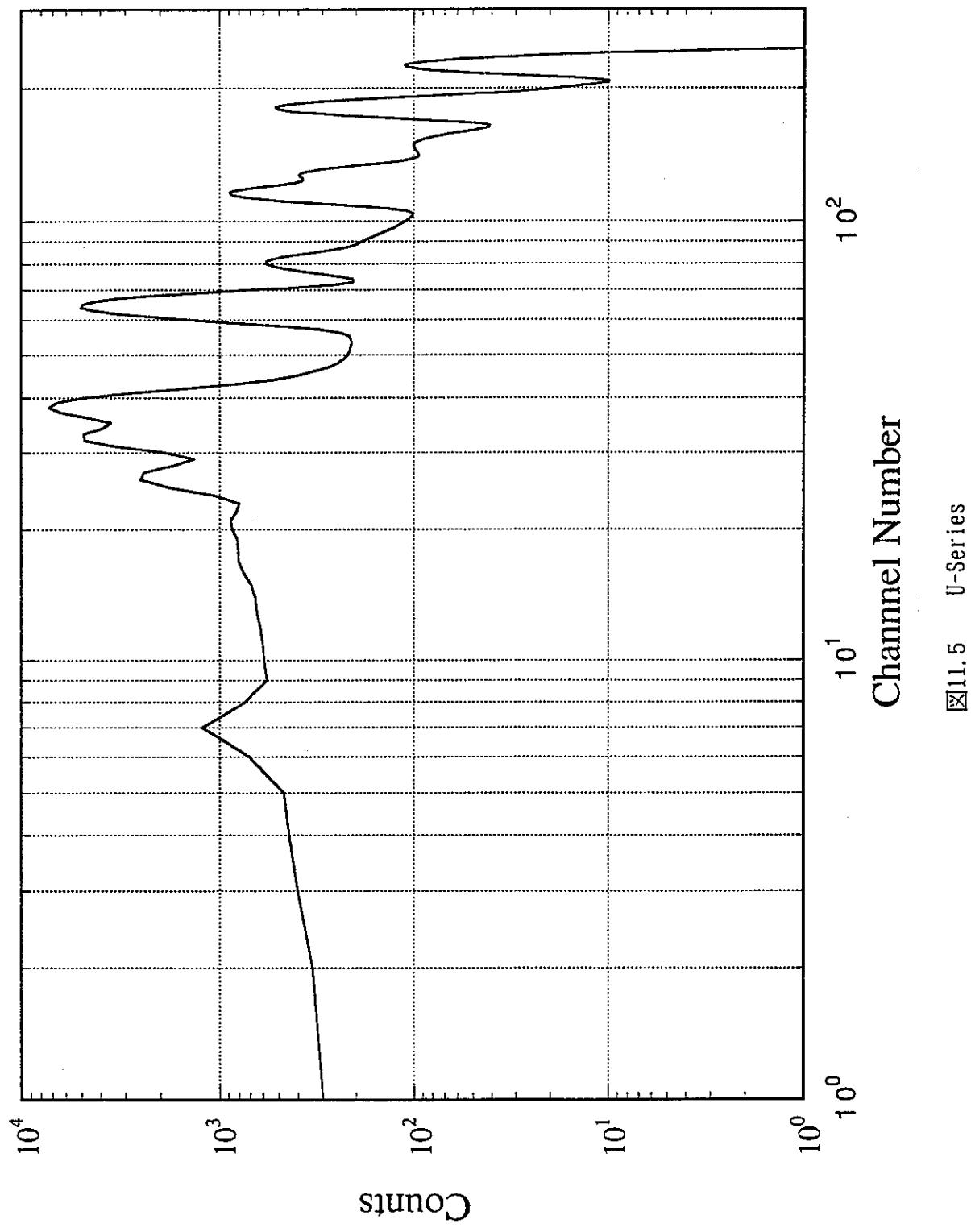


图11.4 K-40



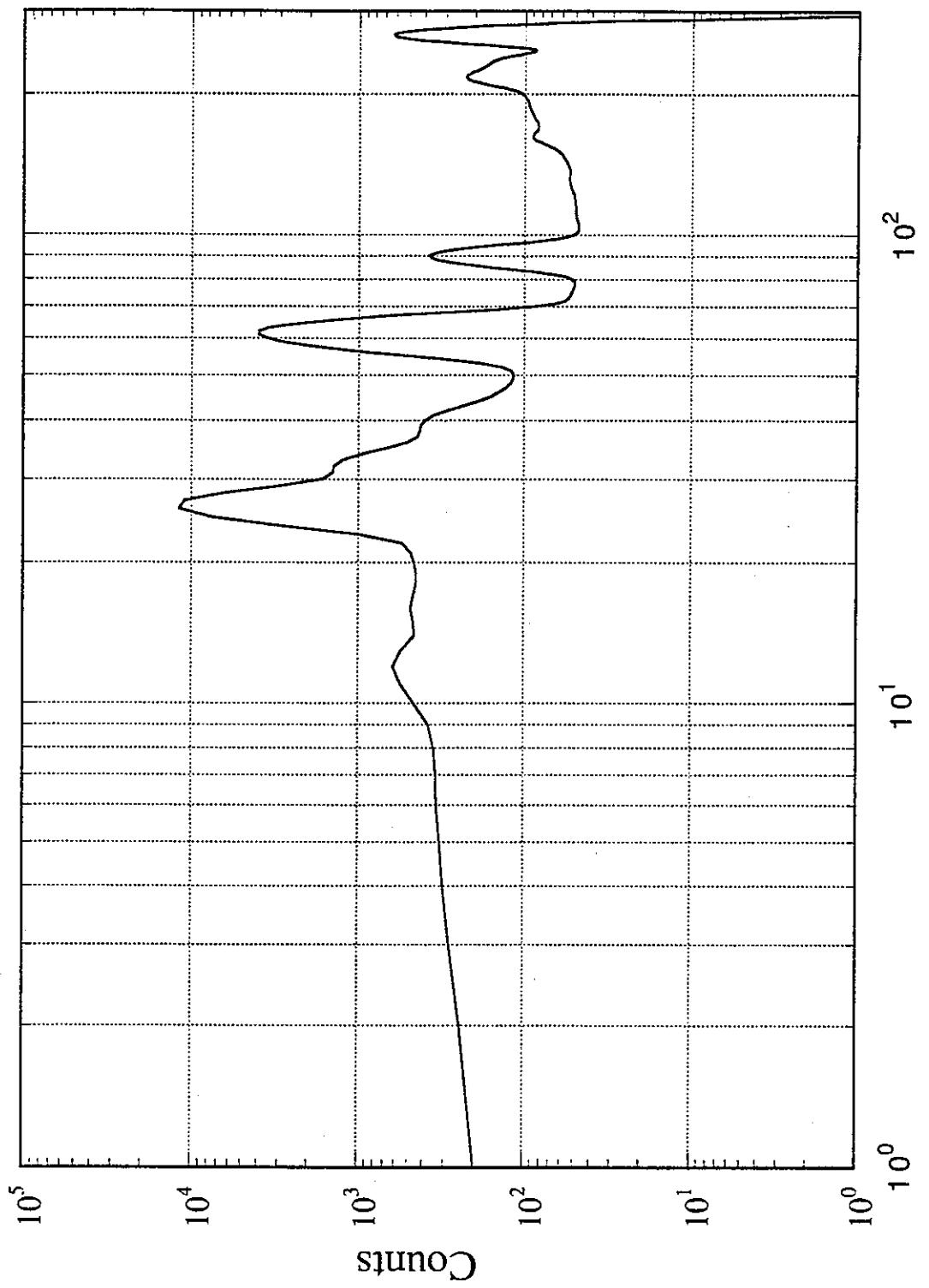
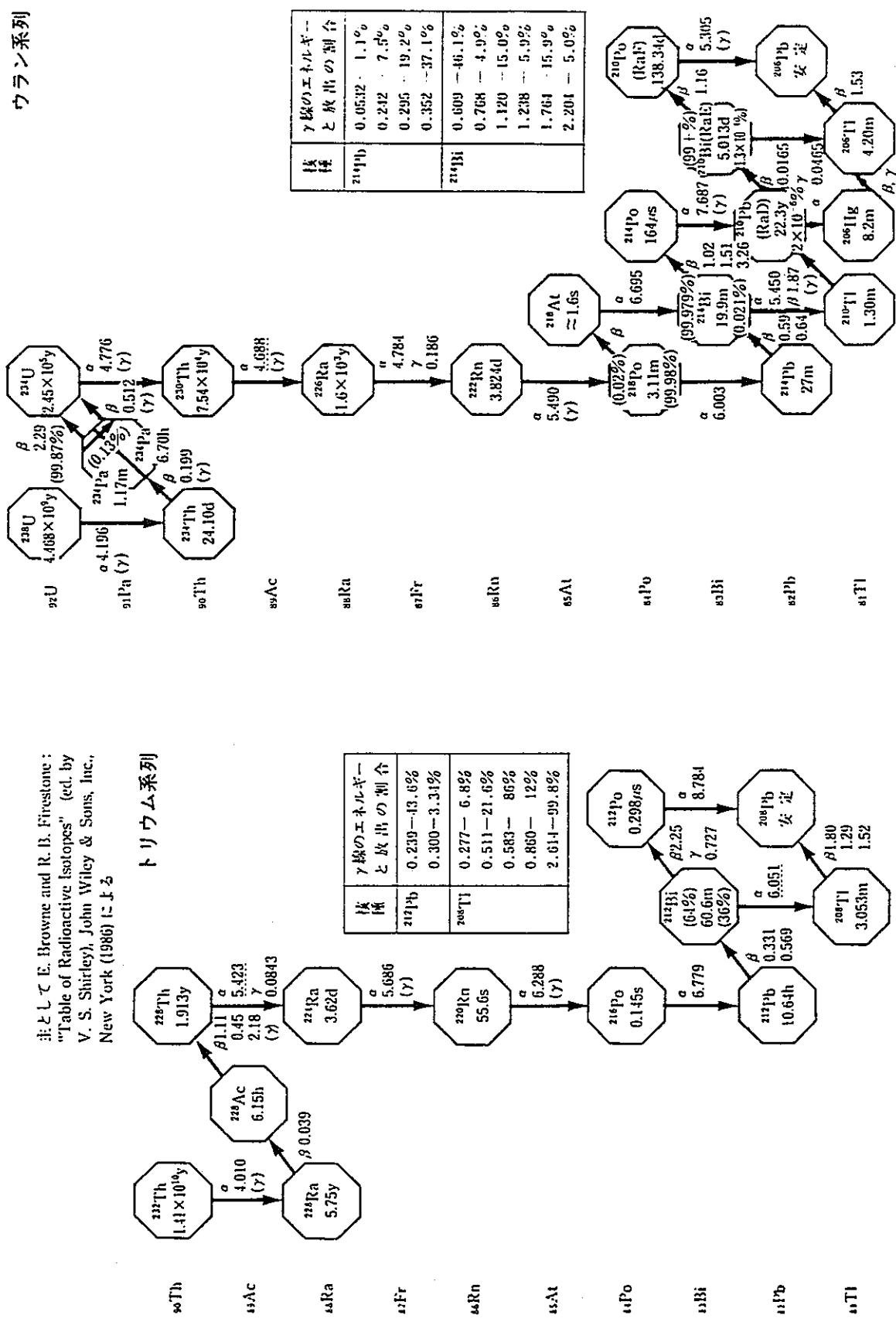


Fig. 11.6 Th-Series

ウラン系列



E. Browne and R. B. Firestone :  
"Table of Radioactive Isotopes" (ed. by  
V. S. Shirley), John Wiley & Sons, Inc.,  
New York (1986) ; § 3.

## 12. むすび（目的、成果、今後の課題）

原子力開発を進めるにあたって住民の理解を得ることが不可欠であるが、近年、放射線の危険性が過度に強調されているきらいがある。このため、放射線を理解し、さらに原子力施設に由来する放射線影響を評価する上で、放射線に対する正確な情報を提供する必要があり、バックグラウンドとしての自然放射線の分布や特性等に関する知見・データの把握および線量評価が重要となる。

本研究では、バックグラウンド放射線の地域的変動の大きな要因となっている地質、岩質に着目し、地質と放射線レベルの関連性について調査、研究を行うものであり、わが国において、今まで実施してきた数多くの環境調査データを収集し統合することで国民線量評価や廃棄物処分に関する研究に役立てていこうとするものである。

上記に示す目的を達成するために本委員会が設置され、各専門家により調査のレビューや研究の方向性の検討を実施していくこととした。（図12.1参照）

本委員会での検討の初年度であった昨年度（平成2年度）は、既存データを有効に活用していくため、どのような形に加工していくべきかを検討した。この検討結果を受け、本年度は、六甲山周辺における環境放射線の測定を行い、各種測定器の比較校正が可能となり、トンネル内の地質と放射線強度への関係について興味ある結果を得た。その他線量評価システムの作成に当っては、線量率応答関数が得られた。

来年度（平成4年度）においては、初年度、2年度の検討結果を反映し、既存データによるマップの作成を数地区を選んで進めるほか、従来データの加工に必要となる線量率換算係数の調査・把握を行い、またデータベースの最終型に向けての整備のための必要事項の抽出、調査を実施していく必要がある。

さらに、平成5年度以降については、平成4年度の成果を踏まえ本委員会の成果をもとに都市環境の線量測定を充実するとともに、データベースの整備のための実質的作業を進め、コンピュータによりマップと文献データを統合したデータベースシステムを構築する。これらの関連を図示する。これらは国民線量評価や廃棄物処分に関する研究に役立てるのみならず、このシステムを発展させることで、国民が自らの生活の場をよりどころに、放射線に対する正しい理解を深めることに役立つものとなることを期待するものである。

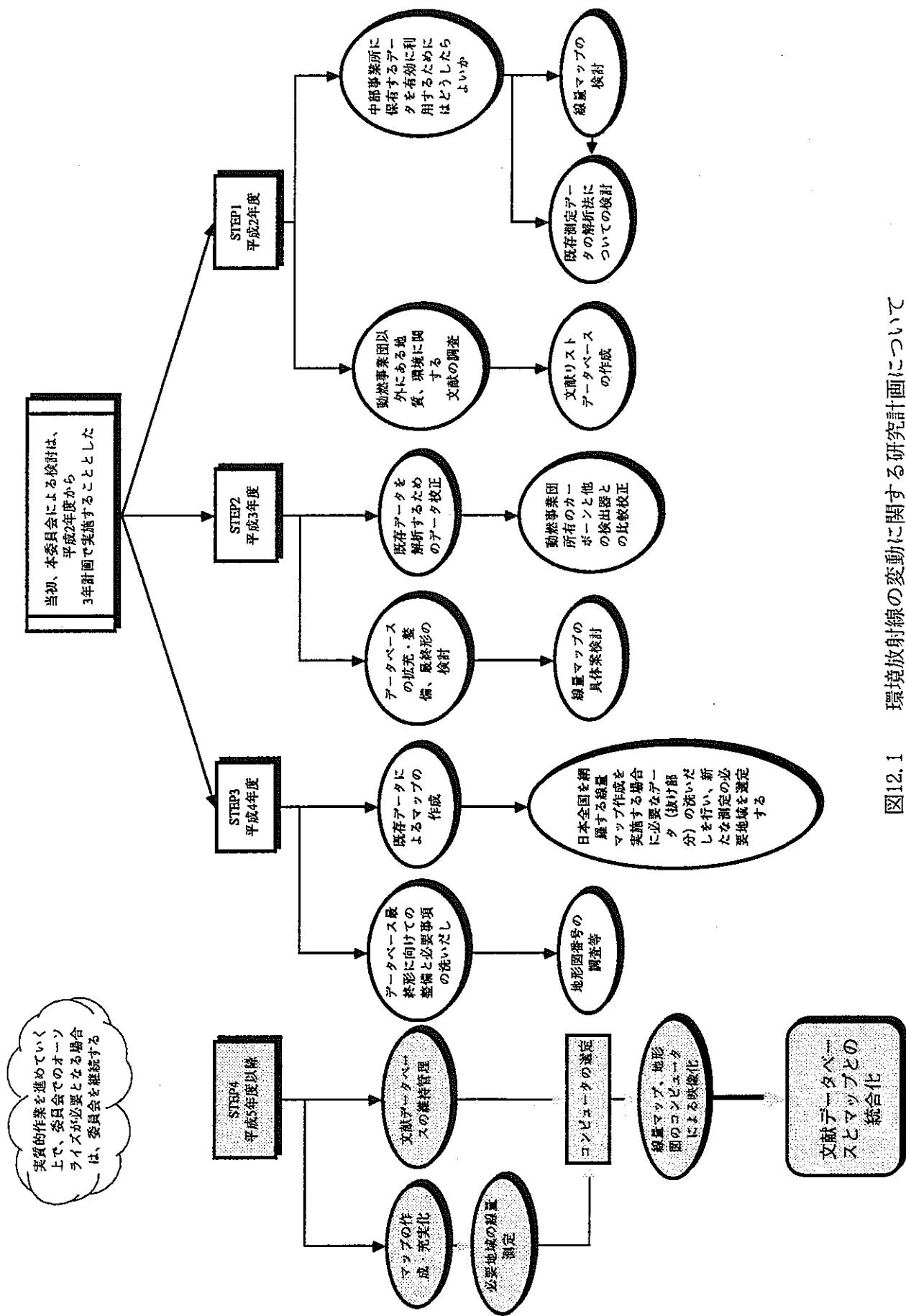


図12.1 環境放射線の変動に関する研究計画について

# 福井県における放射線線量率

## — 地質と線量 —

福井県衛生研究所

高山 裕美

最近の我が国における原子力エネルギー利用問題等に関連して論じられる環境の放射線線量率を測定、推定することは、住民に対する集団線量を知る上で特に重要で、その値は自然の放射性核種に起因するものが最大の寄与をもたらし、地質、地形により大きく変動する。

大地（宇宙線を除く）からの線量と評価に関する考察を、地質及びその面積、人口分布に着目し、放射線リスク評価に基礎となる線量当量をこれらの重み付きの平均線量として算定した。

その結果、これまでの調査では約  $90 \sim 1700 \mu\text{Gy}/\text{年}$  ( $1 \sim 22 \mu\text{R}/\text{h}$ ) と広範囲な値が得られ、県内の平均線量率は測定値の単純平均で  $530 \pm 290 \mu\text{Gy}/\text{年}$ 、地質面積の重み付き線量率は  $430 \pm 90 \mu\text{Gy}/\text{年}$ 、地質人口重みによる福井県全体の平均線量は  $429 \pm 70 \mu\text{Gy}/\text{年}$  と算定された。

また、地質別の平均線量率が高い地域は新期花崗岩地域（主として黒雲母花崗岩）で  $930 \pm 280 \mu\text{Gy}/\text{年}$ 、また未固結堆積物、固結堆積物、火山性岩石地域の間では特に顕著な線量率の差は見られず、この地域の平均は  $390 \pm 130 \mu\text{Gy}/\text{年}$  であった。

### 1. はじめに

我々が日常受ける放射線は図 1<sup>1, 2)</sup> に示すように、大地等から受ける放射線線量<sup>3, 4, 5)</sup> のほうが核施設等人工的施設からの線量よりも遙に多く、またこれらの変動は地質中（土壤、岩石）<sup>6)</sup> の原始放射性核種（ $^{40}\text{K}$ 、U系列、Th系列）濃度差が大きく関与している。

さらに、地形、気候等の要因が加わり、線量の変動は大変複雑でその概念は非常に難しく、十分に注意を払わないと正しく評価することも、理解することもできない。

このことは「わが国における自然放射線被ばく」<sup>7)</sup> の中で述べられているように、放射線に関する研究調査は様々な方面で利用され、本人の知らない所でデーターが一人歩きをするような場合が多々見受けられるからである。

## 2. 環境測定の問題点

環境の放射線を把握することは人体影響に対するリスクの推定に帰依しなければならない。故に放射線リスク推定に必要な集団線量（集団実効線量当量）<sup>8)</sup>が必要で、この為に平均線量率の推定が重要となる。しかしこの為に全地域を測定する事は困難で、何らかの方法によって推定せざるをえない。

この例は人口等を考慮し、全国約千数百地点を測定<sup>4)</sup>した日本の自然放射線の値として貴重なデータがあり、UNSCEAR報告にも日本の代表値として紹介されている。

そこで同様な目的で福井県における線量率を測定したが、環境レベルの測定は様々な因子（測定器、地形、地質、気象等）が互いに関連しているので、下記にその問題点を幾つか掲げる。

### 2.1 測定器の長所と短所

放射線、放射能測定に使用する検出器<sup>9), 10)</sup>は様々な種類があり、得られる情報は信頼性、精度、放射線エネルギー情報等全く異なる。このために、何らかの方法（検出器の素材とカバー、エレクトロニクス回路の利用、理論計算からの換算係数、標準線源での校正等）で補正をおこない同程度の測定値（指示値）が得られるようになっている。

従って、測定値に対する信頼性と精度は機器の特性と管理で決定される。たとえば、簡便なNaI(Tl)サーベイメータすらその感度（エネルギーレスポンス）やエネルギーカット状態を把握して管理しないと、同環境下の定期的測定でも正確な値が得られず、機器の変動が環境の変化か区別ができないくなる。線量率測定の点では、電離箱がその原理から最も線量率測定に適しているが、野外の使用には維持管理が大変である。

また測定不可能な極く低レベルの線量率測定には、放射能濃度を測定し計算で推定する方が精度がよく、線量率計よりも数桁低い所まで確認できる。しかしこの手法は、放射能分布がある仮定によって計算するので、場所によっては有効数値の信頼性は1桁程度と思っておかなければならない。加えて、計算に利用する放射能濃度測定は信頼性、精度の両方が要求される。このように測定目的と測定器の選択が測定値に対する精度や信頼性を決定する。

### 2.2 地形（環境）の変化による線量率変動

全ての場所で放射能濃度が一定でも、地形の形状が放射線束密度の偏りを生み出す。こ

れに測定器の方向依存性、散乱率、エネルギーレベル等が加わり線量率が変化する。主な変化は検出器に入射する立体角が寄与し、極端な例では $2\pi$ 方向からの平面的な測定とトンネル中での約 $4\pi$ からの測定と比較すると、2～3倍の差となって観測される。

また、ビルの新築等など土木工事による周辺環境変化により十数nGy/h程度の変動が観測される。

### 2.3 気象の状態による線量率変動

気象による変動は主に大地由来の空气中放射能（ラドン、トロン）による濃度変動によるもので、環境測定例<sup>11)</sup>における計算上の変動は、約数～十数nGy/hと予想される。

この場合、それからの $\gamma$ 線は周辺大地の10～20%程度で、小雨程度の変化に匹敵する<sup>12)</sup>が、今回の解析には考慮しなかった。

しかし、晴天時と降雨時における変動は降雨状態にもよるが、倍程度の上昇が観測される。これは空気中に飛散しているラドンの娘核種が雨に取り込まれて降下し、一時的に地表線源ができることによるものである。反対に降雪の時は遮蔽効果により低くなる<sup>13)</sup>。

### 2.4 地質の種類による線量率の変動

これは地質中の放射性核種濃度の差が関与しており、特殊な鉱石（ウラン鉱石、チタン鉱石、モナザイト鉱石、リン鉱石）が産出する場所を除けば、通常の社会生活地域での地質による高低差は約2～10倍の変動幅と推定される。

以上のような点を考慮すると、環境の放射線レベルは時々刻々振幅していて、ミクロ的な観点からは同一地点の値ですら正確につかめないのが現状である。

## 3 平均線量率の推定

マクロ的な観点での線量変化はよほどの天変地異が無いかぎり大きく変わることはないと思われる。そこで福井県内での測定において、平均線量率を推定するために地質と人口を加味した方法を紹介する。

平均線量率は目的、測定場所の選択により様々な数値が得られ、その扱い方で幾つかの平均値が得られる。この場合、測定場所や測定数も必要にして十分かどうかの検討はなお残されているが、1つの解析評価になり得るであろう。

### 3.1 調査の概要

福井県内約270地点について、線量率を測定し、一部については構成成分 ( $^{40}\text{K}$ 、U系列、Th系列からの線量率割合) を線量別に計算した。また約60地点から採取した土壤試料の原始放射性核種の放射能濃度より線量率を算定した。

(個々の測定値及び、同一メッシュ内に複数値が有る場合は平均値を、末尾の線量率分布図に、 $1\text{ km}^2$  メッシュ範囲内の値として示した。)

地質は2種類の地質図<sup>14), 15)</sup> (図2-1、図2-2) と比較検討し、地質面積<sup>15)</sup> を重みとして計算に加え、大地からの平均線量率とした。また上記の計算段階で得られる各市町村別の線量率にそれぞれの人口を掛け、人口で重みを付けた平均線量率も計算した。

### 3.2 測定と計算

土壤試料については、 $105^\circ\text{C}$ で乾燥後、粉碎し、 $2\text{ mm}$  メッシュ篩下の試料をゲルマニウム半導体検出器で測定し、原始放射性核種の放射能濃度を定量した。放射能濃度からの線量率の換算には、HASL-258<sup>16)</sup> の係数を用いた。

線量率の測定は、主に科学技術庁放射能調査実施要領に基づき、 $1'' \phi \times 1'' \text{ NaI (Tl)}$  シンチレーションサーベイメータで全線量率を測定した。

線量率とその構成成分については、 $3'' \phi$  球形NaI (Tl) ポータブルスペクトルメータ<sup>17)</sup>、により現場測定を行ない、計算機でスペクトル解析 (Peeling-off法) し線量率を計算した。

### 3.3 平均値の解析方法

地質の平均線量率は上記測定種別ごとに分類し、同一地質ごとに分類して平均をとり、さらに平均したものを地質別平均線量率とした。これは測定器の種類による値の偏りと、測定場所の地形による変動（放射能濃度からの計算条件は無限平面一様分布で、地上 $1\text{ m}$  での空気吸収線量率である）の偏りや、測定数からくる偏り（統計上多い方に偏り、測定種別の数値が反映しない）を少なくする意味で用いた。

各市町村の地質重み付き平均線量率Xは

$$\Sigma (\text{地質別平均線量率} \times \text{地質面積})$$

$$X = \frac{\Sigma (\text{地質面積})}{\Sigma (\text{地質面積})}$$

県全体の地質重み付き平均線量率Yは

$$\Sigma ( \text{各市町村線量率} \times \text{各市町村地質面積} )$$

$$Y = \frac{\Sigma ( \text{各市町村線量率} \times \text{各市町村地質面積} )}{\Sigma ( \text{全地質面積} )}$$

県全体の地質と人口重み付き平均線量率Zは

$$\Sigma ( X \times \text{各市町村人口} )$$

$$Z = \frac{\Sigma ( X \times \text{各市町村人口} )}{\Sigma ( \text{県全体の人口} )}$$

の式にて計算した。

### 3.4 結果

従来、大地からの放射線は花崗岩地域が高い<sup>18)</sup> といわれ、酸性岩<sup>19)</sup> で高くなる傾向<sup>5)</sup> があると言われてきた。今回の結果からも同様な値が得られ、特に新期花崗岩地域（主として黒雲母花崗岩<sup>20)</sup> ）のみが特異的な高線量率を占めた。

#### 3.4.1 個々の測定値について

図3に示した全測定値（358データ）の線量率頻度分布は約90～1700  $\mu\text{Gy}/\text{年}$  と広範囲で、その平均線量率は $526 \pm 292 \mu\text{Gy}/\text{年}$  と計算された。

個々の測定では、高浜町と大飯町に低い値が多く観測された。これらを地質年代が鮮親世の青葉山安山岩類（カンラン岩含普通輝岩・紫ソ輝岩を含む地域）のグループ、古生層を貫くジュラ紀の夜久野貫入岩類（輝緑岩、斑構岩～閃緑岩、石英閃緑岩などの塩基性岩類）地域、青葉山安山岩と夜久野貫入岩で囲まれた大飯から高浜町にまたがる沖積層のグループ別で平均をとると、 $230 \pm 70 \mu\text{Gy}/\text{年}$  ( $90 \sim 360$ 、 $n=18$ )、 $290 \pm 90 \mu\text{Gy}/\text{年}$  ( $120 \sim 520$ 、 $n=37$ ) であった。

高い地域は、主として敦賀市と美浜町に地域にまたがる敦賀半島の菅浜層、美浜層を貫入している黒雲母花崗岩地域で高い値がみられ、平均値は、 $930 \pm 280 \mu\text{Gy}/\text{年}$  ( $470 \sim 1700$ 、 $n=89$ ) であった。

### 3.4.2 $^{40}\text{K}$ 、U系列、Th系列からの線量率割合について

陸土のウラン、カリウム、トリウムはそれぞれの間で正の相関が見られ、文献等の記述とよく一致した。これによる線量構成比を表3にまとめたが花崗岩と他の地質間には差がなく、 $^{40}\text{K}$ から約37%、Th系列から約45%、U系列から約18%の割合で、国外のデータ等や従来からの値とほぼ同等であった。

### 3.4.3 地質別線量について

図3に示した線量率頻度分布からは2成分の分布が見られ、花崗岩地域グループと他のグループに分けられる。そこでグループ別に平均した、 $929 \pm 277$ と $390 \pm 125$ が福井県の平均線量率になる。しかしこれでは一般の人々には説明しづらく、また1つの平均値として計算を行うと明らかに母集団（線量分布）が異なっているので、測定数の大小により平均値が左右される。

ゆえに、県全体の平均値を求めるには更に数多くの測定が必要で大変な労力と時間を費やさねばならない。

そこで図4、図5に示した土壤測定の結果からは、3種の原始放射性核種濃度（放射能から計算した、K、U、Th）間に相関がみられ、また花崗岩中のカリウム濃度は他の地殻平均と比較して約2倍<sup>21)</sup>の差があることや、他の火成岩、堆積物、堆積岩<sup>22)</sup>との間でも差が見られることも考慮して、線量率構成比（線量率寄与割合）が得られた陸土と球形NaIによる線量率頻度分布を図6に示した。

結果は、花崗岩領域とその他の領域の分布は約760  $\mu\text{Gy}/\text{年}$ （旧単位で $10 \mu\text{R/h}$ ）を境に、その分布が図2よりもさらに明確にわかった。そこで表1の様に線量率構成比でまとめると、2種（土壤と球形NaI）の測定からも、線量率の高低は地質中の放射能濃度が大きく関与していることが確認された。以上の結果から、地質別の平均値を表2、また地質別の平均線量率を図7に示した。表2からは測定器及び解析方法が異なる縦のグループ別平均値は測定場所に多少の偏りはあるが、各測定器別の平均値と偏差の結果からこれらの値は全て同一計算に使用可能であった。

### 3.4.4 地質面積と人口重みの平均線量率について

既知の福井県の地質面積を各地質別の平均線量率にあてはめてみると、線量率が最も高い新期花崗岩領域の面積は全面積の6.9%と少なく、また人口も地質面積も多い沖積層で

も18.1%であり、上記の526、929、390といった平均値を線量当量評価に使用するよりも、福井県全域の各地質面積の重みを付けての計算が妥当と思われ、その推定計算を行った。表3に結果を示したが、これによる値は $428 \pm 91 \mu\text{Gy}/\text{年}$ と計算された。また人口の重みによる県全体の平均線量率も表3に示したが、 $429 \pm 71 \mu\text{Gy}/\text{年}$ と算定され地質重み付線量率とほぼ同等の値が得られた。

一方、線量階級別に対する人口頻度分布をみると（図8）、高い（ $650 \sim 700 \mu\text{Gy}/\text{年}$ ）地域は花崗岩面積比率が高い敦賀市に該当していた。ところが、実際にこの線量率範囲に住んでいる人口は（敦賀半島の原子力発電所から約10km範囲内）約20000人以内と推定されるが、グラフ値は敦賀市全体の67000人（県内の約8.1%）の数値として表され、やや過大評価になっている。これに比し、過半数（全人口の50%以上）の人は、 $500 \mu\text{Gy}/\text{年}$ 以下の線量率地域に居住していることが推測される。

### 3.4.5 被ばく評価に関して

以上の計算値から、大地からの年間集団実効線量当量（=線量率×0.8×総人口）を計算すると $284 \pm 47 \text{人} \cdot \text{Sv}$ で、平均実効線量当量を計算すると $0.345 \pm 0.057 \text{mSv}/\text{年}$ と算定された。（UNSCER A報告（1988年）に日本の大地放射線による平均値（ $49 \text{nGy}/\text{h}$ ）と記載されている値から計算した $0.34 \text{mSv}/\text{年}$ とほぼ一致する。）

福井県内では、現実に生活する区域がほとんど未固結堆積物地域で、これらの面積が県全体の約20%を占め、かつ人口の密集地域がこの地域に集中している。これより、個人の現実的な被ばく線量を評価するならば、未固結堆積物地域の線量率で評価する方がより現実的に思われる。

### 3.4.6 測定追加による平均線量率の変動

今回の値は、22種類の地質領域の計算であり将来、未測定地質領域（8種類）を測定追加すると、この数値は変動することも予想される。そこで未測定の地質平均線量率を実測値での最低平均値（約130）と最高平均値（約1230）の幅で追加計算すると、約390～540  $\mu\text{Gy}/\text{年}$ と推定され、今回の結果と比較すると大きな変動はなく、これまでの調査地質面積の重みが大きく関与している事がわかる。故にこの方法では地質領域の面積に比例した測定数が重要であり、数値の信頼性を決定してしまうので注意を要する。

### 3.4.7 市街地の測定に関して

都市中心部のビル建屋、居住区域での舗装による環境変化が線量に寄与するが、これまでの調査では市街地中心の調査は数少なかったのでこれらの寄与率は明らかにすることができなかった。しかし地質分類上、同じ沖積層の地点でも敦賀市内はやや高く、これに比し小浜、大飯、高浜、は明らかに低いといった傾向がみられた。

被ばく評価を中心に考えると、市街地中心の調査が今後の課題となる。また生活環境（野外と屋内との生活時間比）の割合も重要なファクターになるであろう。

## 4 あとがき

福井県における野外の線量率を意識的に測定した背景には、むろん原子力発電所の立地が深く関係してきたが、調査当初から敦賀半島周辺が高いことは、確認されていた。これに対して対照地区（バックグラウンド地区）として、嶺北地域の高線量率地域を求めて、地質図を参考に県内を探し回り、当初は人為的な環境変化の少ない山村付近や神社、寺を中心して測定してきた。近年は主として発電所関連のモニタリングの一環として、若狭地区の一部市街地や各集落を中心に測定をおこなっている。また近年特に一般公衆に対する国民線量の意識が高まり自然線量率が注目されている。

今回はこれまでに蓄積されたデータや新たに地質を考慮した測定を加えて、特に地質を意識した解析を試みたものである。また土壤測定値の一部は、日本原子力発電所、関西電力、動力炉・核燃料開発事業団の調査による値を利用させて頂きました。

地質については門外漢であるので、文献、参考書などから特に興味をひいた事柄を下記に示したので、助言をいただければ幸いです。

① 今回の結果（線量率の分布は2グループに分布）などや、文献等の火成岩中のK<sub>2</sub>OとSiO<sub>2</sub>濃度またその化学組成の分布などから検討すると、乱暴な推測ではあるが、測定地点がおおむね火成岩類地域で、且つ特殊な鉱床や、堆積岩でない場所での測定を仮定すると、生活する地域での線量と地質の関係は、下記のことからも、K<sub>2</sub>OとSiO<sub>2</sub>濃度と地質の種類である程度の線量範囲が推定可能とおもわれる。

② クラーク数の基礎となった図9のWashington (1922) が集成した主酸化物含有量の頻

度分布<sup>23)</sup> を参考にすると、K<sub>2</sub>O の頻度分布が約 1. 5% と 4. 5%を中心<sup>24)</sup> に 2 分布を示し（この値は Flanagan (1973) の標準物質、花崗岩 (G-2), 玄武岩 (BCR-1) の値とはほぼ等しく<sup>25)</sup> ）、また SiO<sub>2</sub> も 52. 5% と 73% の 2 分布を示している<sup>26)</sup>。

このことから、高い方は花崗岩類に属し、低い方はその他の火成岩グループにわかれている。

③ 地質の分類区分は主に造岩鉱物（カンラン岩、輝岩族、角閃石族、雲母族、長石族）のそれぞれの割合や SiO<sub>2</sub> 含量%に基づいて岩石が分類されている。SiO<sub>2</sub> 含量が多いものは酸性岩（66%以上）と呼ばれる花崗岩や流紋岩など、安山岩や閃綠岩などは中性岩（66～52%）のグループに属し、反対に少ないものは玄武岩、斑櫻岩等の塩基性岩（52～45%）に区分され、カンラン岩などは超塩基性岩（45%以下）などのグループに分けられており<sup>19)</sup>、またこれらの区分により放射能濃度が推定できる<sup>5)</sup>。

④ 地殻を構成する鉱物の大部分は珪酸塩鉱物と珪酸鉱物で、ウラン、カリウム、トリウムなどは親石元素で地殻に濃縮される。造岩鉱物は種々な珪酸塩構造をとり、例えばカンラン岩などは独立した四面体構造を持ち  $(Mg, Fe)_2SiO_4$  に近い組成のため他のイオンによる置換が認められにくく<sup>23)</sup>、反対に雲母族などは間隙が多い構造をとるため他の微量元素が入りやすい。

⑤ トリウムやウラン等はイオン半径、イオン電荷が他の親石元素とちがいすぎるため、主成分元素を置換する事なく、マグマの結晶作用での残液としてペグマタイトに濃縮され<sup>21)</sup>、副成分鉱物に高濃度の物が見られる。しかしこれ以外の主成分鉱物中では特に高濃度の分析結果は文献等でも見当たらない。

⑥ 低濃度レベルで濃度差が観測されるとすれば、間隙が多い構造をとる雲母族、長石族などの中に、コロイド状？<sup>18)</sup>（コメントではジルコン）の形で含まれることが考えられる。この事例としては恵、辻本等の報告<sup>24)</sup> や神谷等の報告<sup>20)</sup> で、花崗岩中の雲母、黒雲母中の比放射能が高いと報告されている。

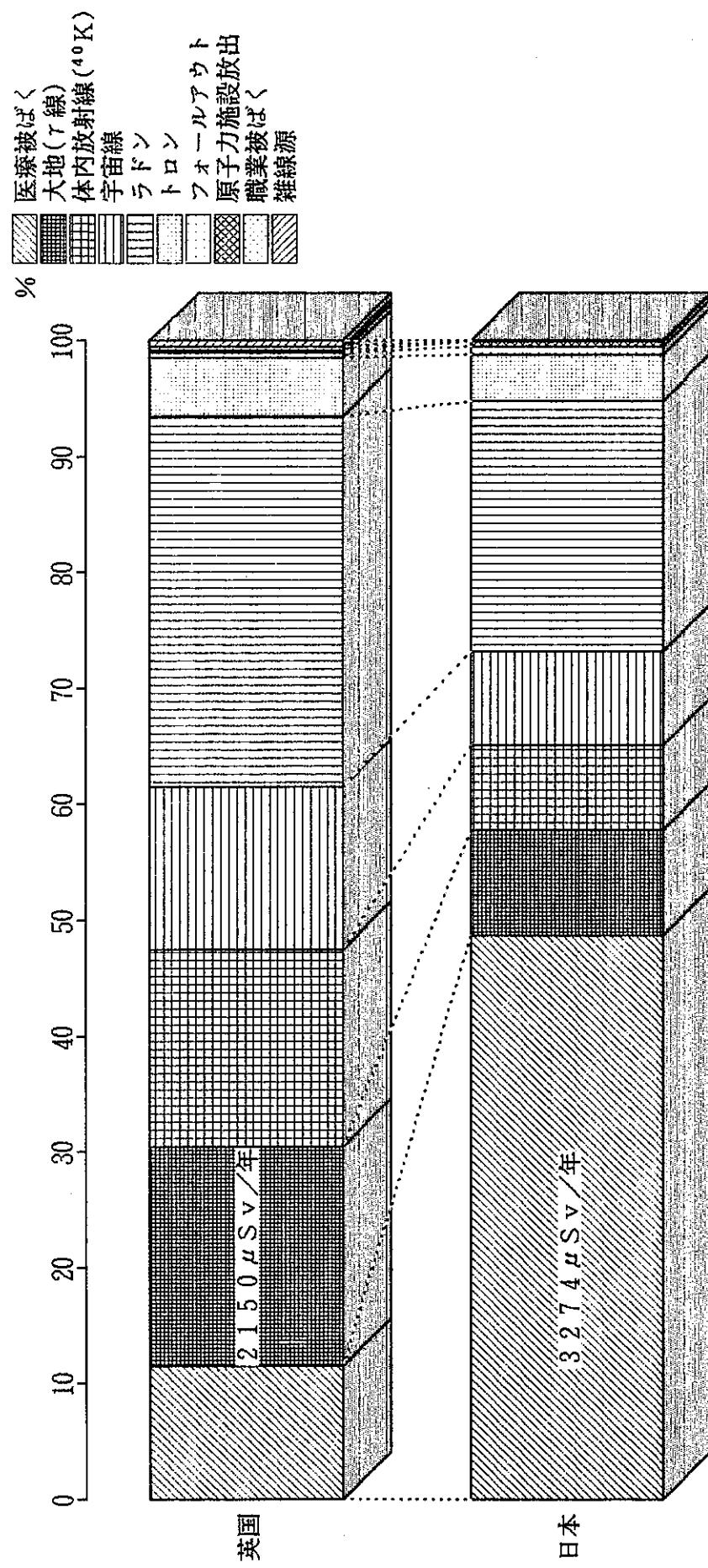
⑦ 今回の測定は沖積層で多く、やや偏った測定であったが、恵、辻本等の報告<sup>25)</sup> によ

ると、土壤中の放射能濃度は母岩の放射能濃度に大きく依存する。また同じ沖積層でも敦賀地区はやや高く、また高浜、大飯、小浜地区はやや低い傾向などや、県が過去に行った沖積層のボーリング調査などから、福井県内ではこの地域がまわりの地質の影響をよく反映している。このことから、県内の生活地域での沖積層では周囲の母岩の放射能濃度をよく反映している事が確認され、線量率評価には地質のみならず沖積層周辺や水利区域の地質等を考慮するとより良い評価が可能である。

## 参考資料

- 1) NRPB Report; LIVING WITH RADIATION, 12-20, (1987)
- 2) 草間朋子；公衆の放射線防護の観点から見た国民線量，保健物理，20, 399～406(1985)  
)
- 3) N. YAMAGATA, et al. ; Terrestrial Background Radiation in Japan , *Health, Phys.*, 13, 1145-1148 (1967)
- 4) 阿部史郎；わが国における自然の空間放射線分布の測定，保健物理, 17, 169 ～193(1982)
- 5) 藤高和信：大地の放射線の背景，保健物理，21, 295～308(1986)
- 6) 恵和子：土壤中天然放射性核種の分布，保健物理，22, 93～100(1987)
- 7) 阿部史郎；わが国における自然放射線被ばく，放射線科学，32, 109-113 (1989)
- 8) ICRP Publication 26; 「国際放射線防護委員会勧告(1977)」, 8-9, 日本放射線同位元素協会, 仁科記念財団(1981)
- 9) GLENN F. KNOLL 著；放射線計測ハンドブック 木村逸郎、阪井英次訳、日刊工業新聞社( 1987)
- 10) 山崎文男編集；実験物理学講座26, 「放射線」, 共立出版(1973)
- 11) 大西勝基； $\beta$ 線計測による大気中ラドン娘核種濃度測定 (1), 福井県環境放射線監視センター年報, ISSN 0910-5166, 65-71, (1983)
- 12) 岡部 茂；大気中のラドン族と環境放射能, ラドン族調査研究委員会, 日本原子力学  
会, 3-22 (1985)
- 13) 藤元健三, 阿部史郎；空間放射線量の推定における影響因子に関する調査研究, NIRS-M-73, 96-99, (1990)
- 14) 塚野善蔵；福井県地質図, 地質図幅説明書, 福井県 (1969)

- 15) 表層土地分類図、土地分類図付属資料、経済企画庁総合開発局 (1974)
- 16) H. L. Beck et al; HASL-258, Table12 (1972)
- 17) OKANO et al; [Measurement of Environment with Scintillation Spectrometer Equipped with a Spherical NaI(Tl) Scintillator] in Natural Radiation Environment III (1980)
- 18) 佐野俊一; 岩石と放射線、ラティス刊、163-165 (1967)
- 19) 井尻正二監修; 地学辞典、平凡社
- 20) 神谷、吉田、中島; 花崗岩風化過程に伴う土壤中の天然放射性核種の挙動(II)、第27回理工学における同位元素研究発表会要旨集、44 (1990)
- 21) メインス; 一般地球科学(松井義人、一国雅巳翻訳) 岩波、49-55, 118-119, 170 (1985)
- 22) 浅見輝男、茅野充男訳; H. J. M. Bowen 環境無機化学(元素の循環と生化学), 博友社 (1985)
- 23) 一国雅巳; 無機地球化学、培風館、20-27 (1972)
  
- 24) 辻本 忠、恵 和子、他; 福井県嶺南地区放射線図作成報告書、関西原子力懇談会、30 (1982)
- 25) K. Megumi, T. Tujimoto, T. Oka and K. Katurayama; Background radioactivity of soil in Wakasa bay area(Southern Fukui Prefecture), *Hoken Buturi*, 20, 259 (1985)



出典 英国: NRPB Report (1987)  
日本: 草間明子まとめ; 保健物理 (1987)

図1 様々な放射線源からの国民1人当たりの実効線量当量

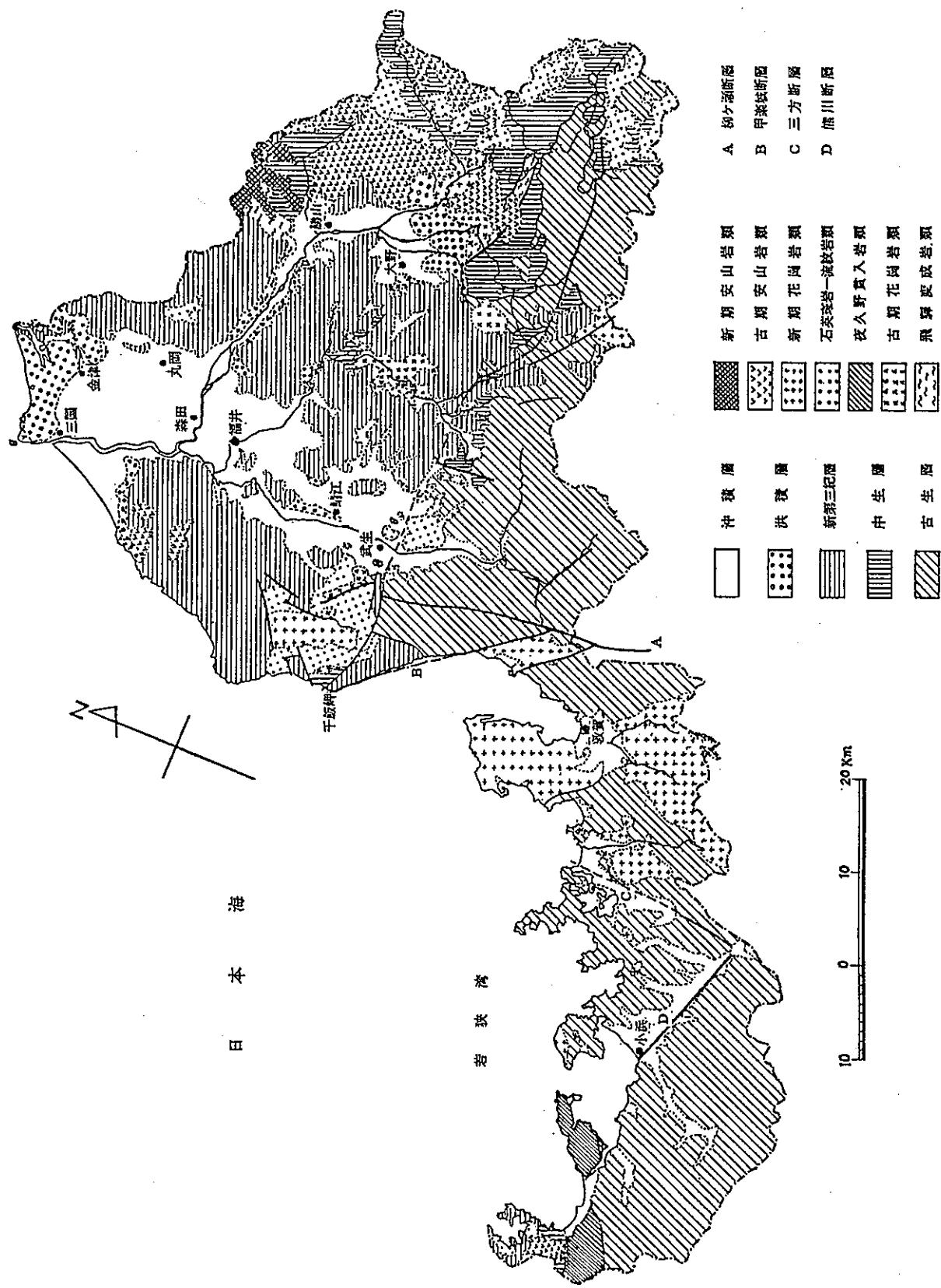


图 2—1 福井県地質図 (出典:福井県地質図幅説明書、1969)

福井県の地質

- 未固結堆積物  
(2.2%、泥、砂、礫等の堆積物・・沖積層低地)
- 固結堆積物  
(41.9%、砂岩、礫岩、頁岩等)
- 火山性岩石  
(31.0%、凝灰岩、安山岩、玄武岩、流紋岩等)
- 深成岩類  
— 深成岩類  
(8.1%、新期花崗岩、塩基性火成岩、古期花崗岩  
蛇紋岩質岩石)

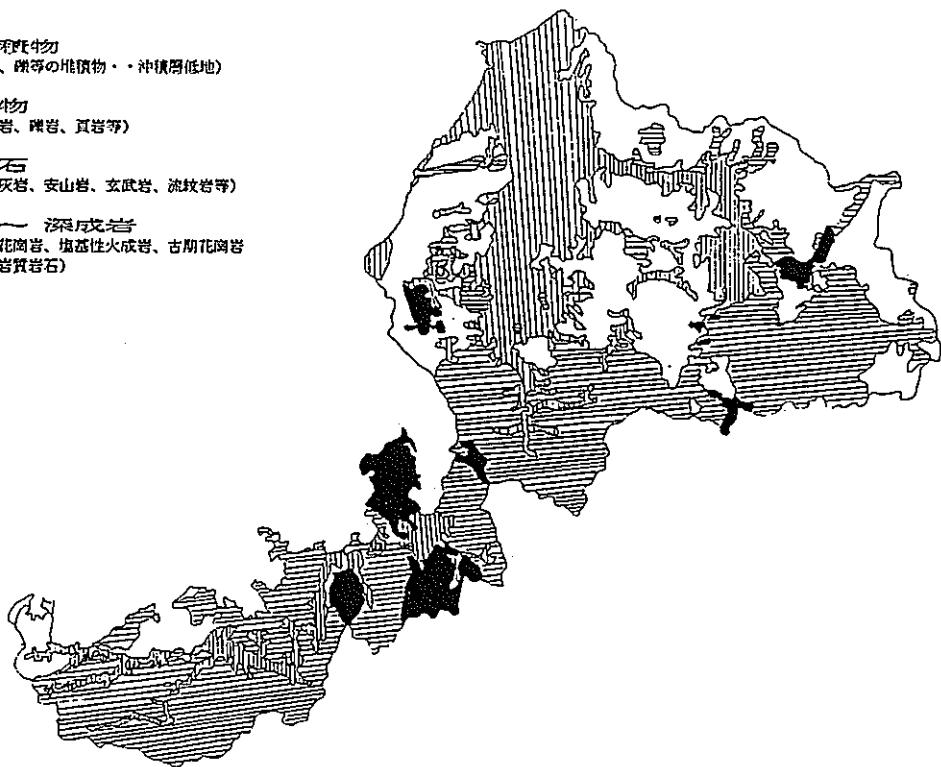


図2-2 福井県表層地質概略図

表1 地土からの線量率構成比と濃度の平均

地質	測定種別	$^{40}\text{K}$	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	線量率
花崗岩地帯	球形NaI	3.6 $2.6 \pm 0.2 *2$	1.5 $2.4 \pm 0.5$	4.9 $18 \pm 3$	$939 \pm 122$
	土壤測定	3.6 $3.6 \pm 0.5$	1.5 $3.7 \pm 0.9$	4.9 $25 \pm 7$	$1189 \pm 237$
その他 (15種類 の地質)	球形NaI	4.2 $1.4 \pm 0.5$	1.9 $1.5 \pm 0.6$	3.9 $6.8 \pm 2.2$	$416 \pm 141$
	土壤測定	3.4 $1.2 \pm 0.5$	2.2 $2.0 \pm 0.8$	4.4 $7.8 \pm 3.0$	$418 \pm 142$
米国の屋外での線量 *1		3.6	2.0	4.3	586

上段：線量率寄与割合(%) 下段：濃度(K:%, U, Th:ppm) 線量率： $\mu\text{Gy/y}$

\*1 : Beeh, H. L. The physics of environmental gamma radiation field, US,  
ERDA Rep. t CONF-720805-pl. 1975

\*2 : カリウム濃度で表示している、 $^{40}\text{K}$ としての天然存在比は0.0117%

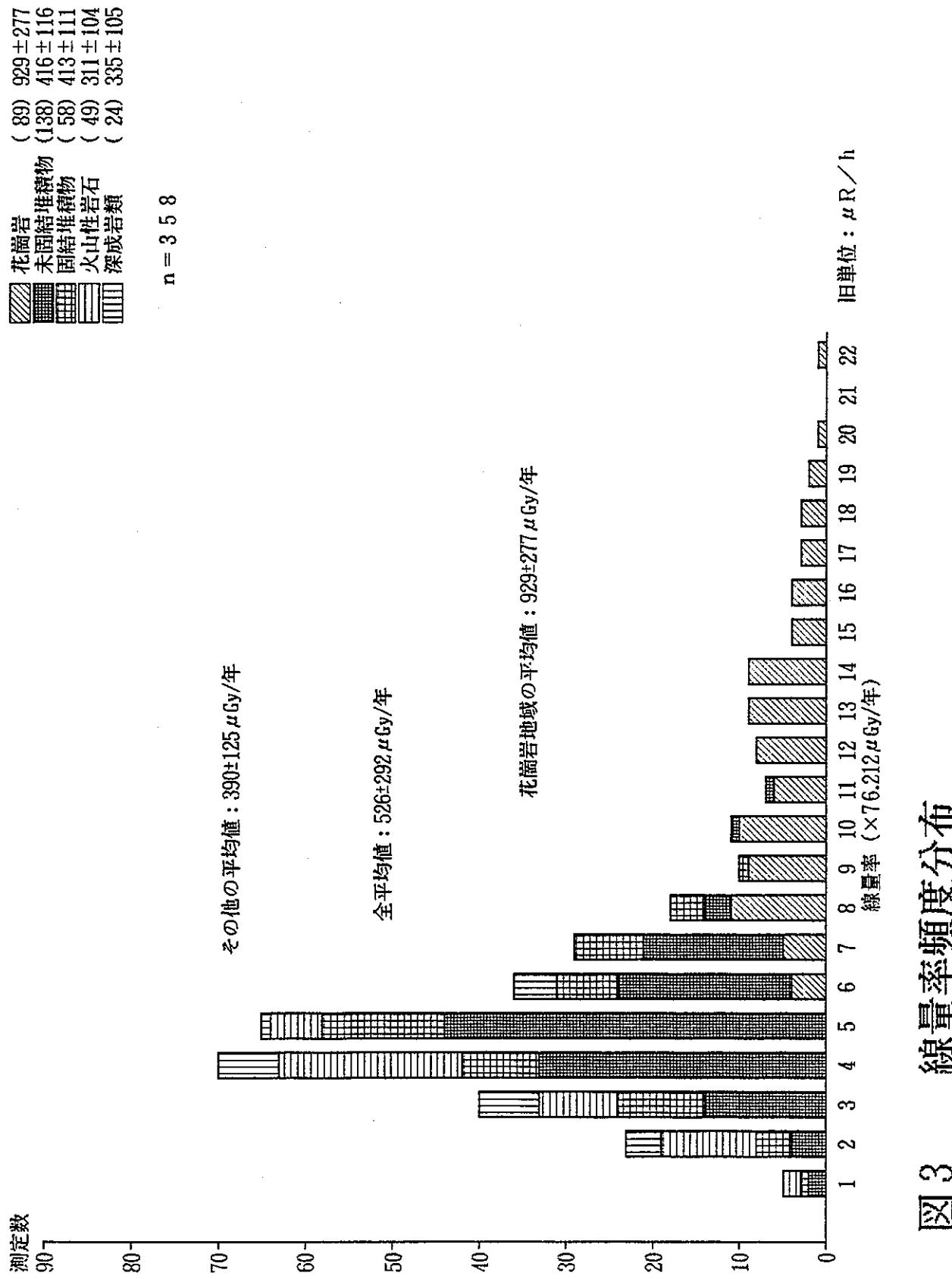


図3 線量率頻度分布

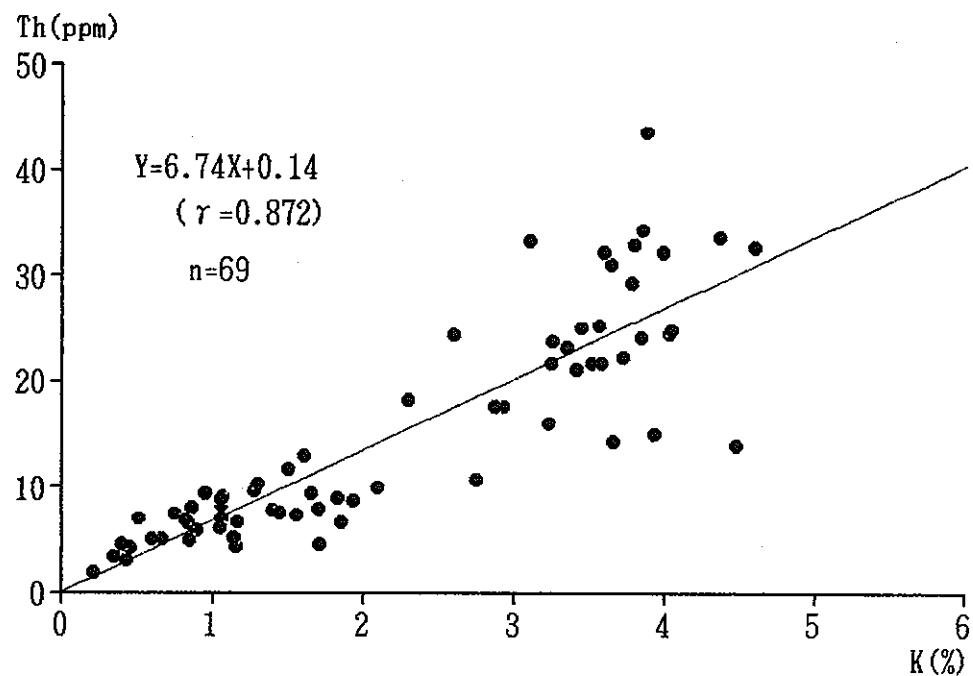


図4 土壤中（大地）のカリウムとトリウム濃度の相関関係

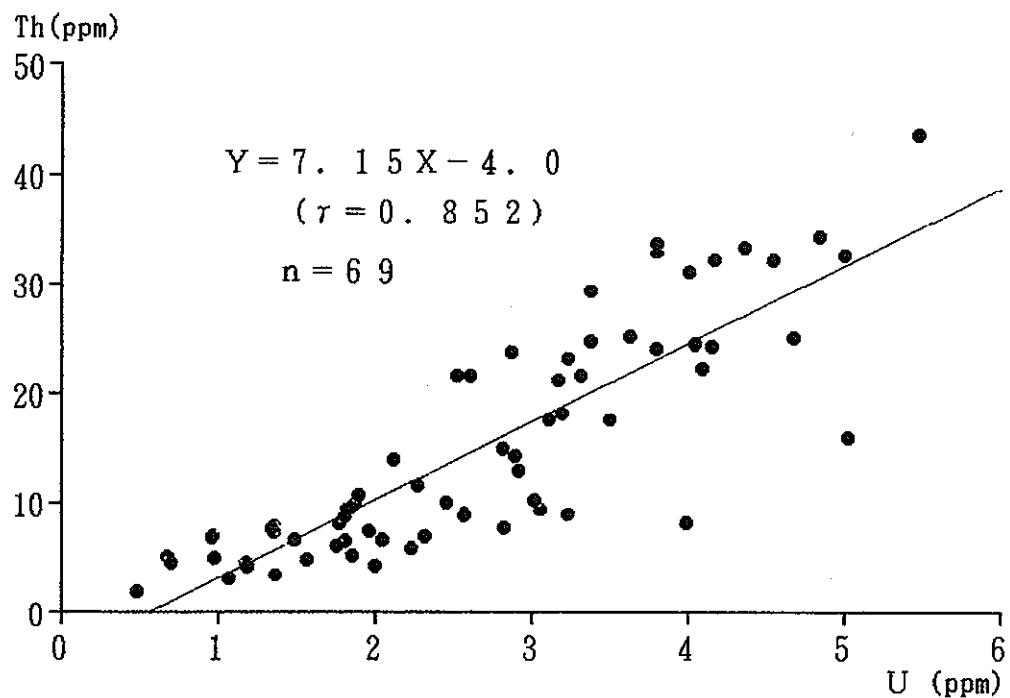


図5 土壤中（大地）のウランとトリウム濃度の相関関係

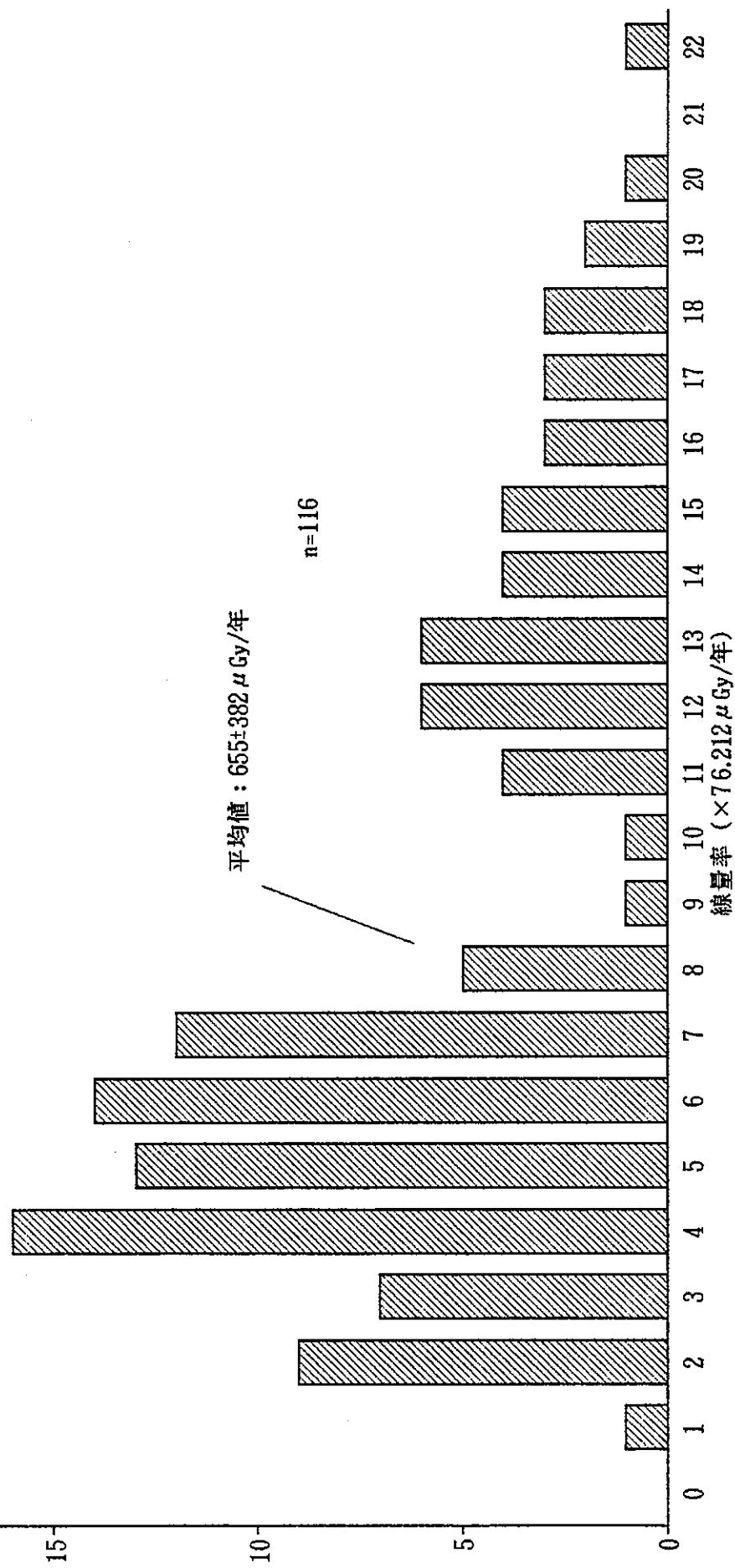


図6 土壤測定と球形Na I 検出による線量率分布

表 2 地質上線量率

地質の分類		地質記号	地質の種類	面積 km <sup>2</sup>	面積比 %	計算面積% %	陸土測定	球形NaI	NaI	平均値 単位 : $\mu\text{Gy}/\text{y}$
地質の区分	地質年代	グラフNo								
未固結	沖積世	msg	1 砂、砂、泥土(沖積層)	751.6	18.1	448 ± 18	459 ± 106	393 ± 121	433 ± 36	
堆積物		S1	2 砂丘砂	15.5	0.4	0.4		421 ± 40	421 ± 40	
	洪積世	S2	3 砂がち堆積物	40.7	1.0	1.0	561 ± 207	351 ± 44	456 ± 101	
		g	4 砂がち堆積物	112.3	2.7	2.7	212 ± 127	536 ± 92	444 ± 92	397 ± 167
		ms	泥岩	2.4	0.1					
	中新世	sm	5 砂岩、泥岩	26.9	0.6	0.6	388 ± 154	311 ± 154	305 ± 69	335 ± 46
		cg	6 砂岩	13.2	0.3	0.3	245 ± 137		245 ± 137	
	中生代	altgm	7 砥岩、砂岩、頁岩	202.8	4.9	4.9				
	時代未詳	altgst	8 砥岩、砂岩、凝灰岩	26.2	0.6			409 ± 177	409 ± 177	
固結		s1	粘板岩	173.2	4.2					
堆積物		ssl	9 砂岩、粘板岩	558.5	13.5	13.5	469 ± 115	455 ± 140	495 ± 117	473 ± 20
		altsm	9 砂岩、粘板岩(互層)	245.8	5.9	5.9	481 ± 114	379 ± 24	640 ± 221	500 ± 132
	古生代	ss	砂岩	29.7	0.7					
		schs1	10 輝緑凝灰岩、粘板岩	100.2	2.4	2.4		129 ± 99	341 ± 120	235 ± 150
		sch	輝緑凝灰岩	68.5	1.6					
		ch	11 珪岩質岩石	100.2	2.4	2.4			438 ± 183	438 ± 183
		ls	12 石灰岩	7.0	0.2					
		mf	12 泥流堆積物	21.7	0.5	0.5			297 ± 151	297 ± 151
	第四紀	Ab(1)	13 安山岩(輝石、角閃安山岩)	237.2	5.7	5.7	225 ± 31		225 ± 31	
		Tr	14 安山岩質凝灰岩	120.6	2.9	2.9	378 ± 170	427 ± 180	391 ± 74	399 ± 25
火山性	中新世	Ry(1)	15 流紋岩(流紋岩~石英安山岩質)	73.9	1.8	1.8		453 ± 27	453 ± 27	
		Ab(2)	16 安山岩(輝石、角閃安山岩)	29.4	0.7	0.7	346 ± 162	241 ± 81	262 ± 92	283 ± 56
		Tg	17 緑色凝灰岩(玄武岩質安山岩)	624.9	15.1	15.1	229 ± 132	364 ± 71	337 ± 101	310 ± 71
	白堊紀	Ry(2)	18 面々含流紋岩(溶結凝灰岩)	210.5	5.1	5.1		335 ± 36	335 ± 36	
		Gr(1)	19 新期花崗岩(黒雲母、角閃石花崗岩)	251.6	6.1	6.1	1189 ± 237	939 ± 122	771 ± 187	966 ± 232
半深成岩	中生代	Ga	20 塩基性火成岩(ハシレイ岩~輝綠岩)	31.7	0.8	0.8	365 ± 108	359 ± 138	281 ± 61	353 ± 47
~		Sp	21 蛇紋岩質岩石(蛇紋岩質橄欖岩)	11.8	0.3	0.3	485 ± 31		272 ± 66	353 ± 86
深成岩	古生代	Gr(2)	22 古期花崗岩(結晶質石灰岩)	38.1	0.9	0.9		480 ± 191	480 ± 191	
凌成岩	先ジュラ紀	Gs	結晶片岩	4.9	0.1					
	紀	Gn	片麻岩	20.7	0.5					
				4151.7	100.0	91.99				

測定種別毎の平均値 430 ± 245 418 ± 206 406 ± 126 400 ± 151

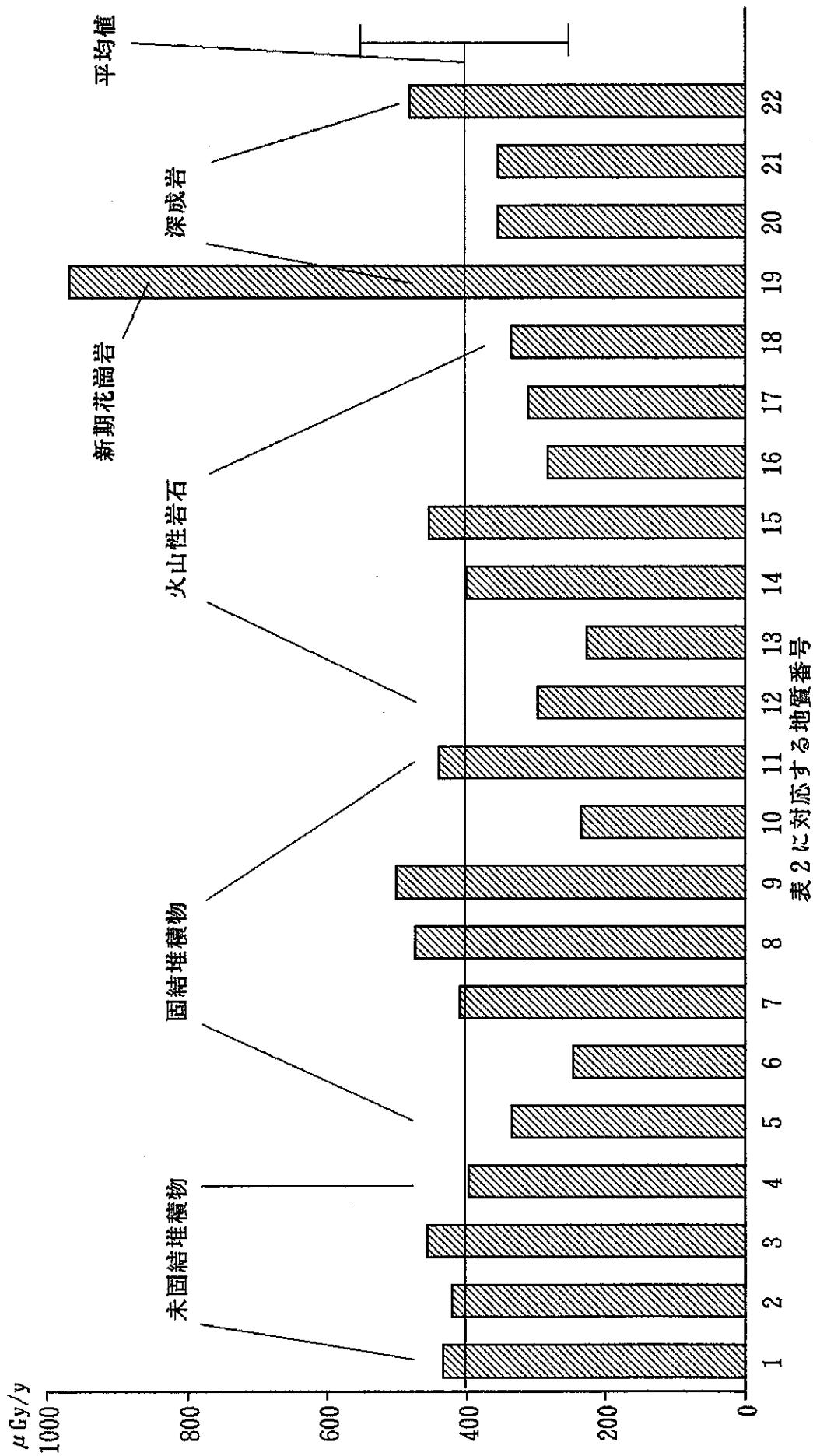


図7 地質別平均線量率

表3 福井県における各線量率（35市町村の中20市町村分は略）

地質別平均線量率からの計算値		計算面積 km <sup>2</sup>	面積比 %	地質重み付き線量率 μGy/y	集団実効線量当量 人・Sv/y
市町村	全面積	人口密度			
福井市	340.31	253341	744	339.2	99.7
敦賀市	249.51	66999	269	250.2	100.3
武生市	184.98	69848	378	180.0	97.3
小浜市	233.96	34000	145	178.2	76.2
大野市	541.66	41434	76	491.1	90.7
越前町	36.62	7736	211	36.6	99.9
織田町	39.01	5311	136	39.0	100.0
河野村	50.14	2574	51	50.1	99.9
三方町	97.15	9813	101	87.2	89.8
美浜町	152.79	13120	86	140.9	92.2
上中町	82.29	8047	98	76.2	92.6
高浜町	71.27	12392	174	63.2	88.7
大飯町	68.31	6937	102	65.2	95.4

福井県における各平均線量率					
地質重み付線量		人口重み付線量	集団実効線量当量	実効線量当量	
単位	μGy/y	μGy/y	人・Sv/y	mSv/y	
計算値	428 ± 91	429 ± 71	284 ± 47	0.345 ± 0.57	

区 域 全面積 人口 計算面積地質重み付平均線量 両重み付均線量 年間集団線量					
単位	km <sup>2</sup>	人	km <sup>2</sup>	μGy/y	μGy/y
市部	1887.97	5558052	1768.6	43.8 ± 9.2	4.36 ± 7.4
町村部	2303.65	264995	2050.5	41.3 ± 7.9	4.16 ± 6.7

人口割合(%)

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

総人口:823,000人

(平成元年6月)

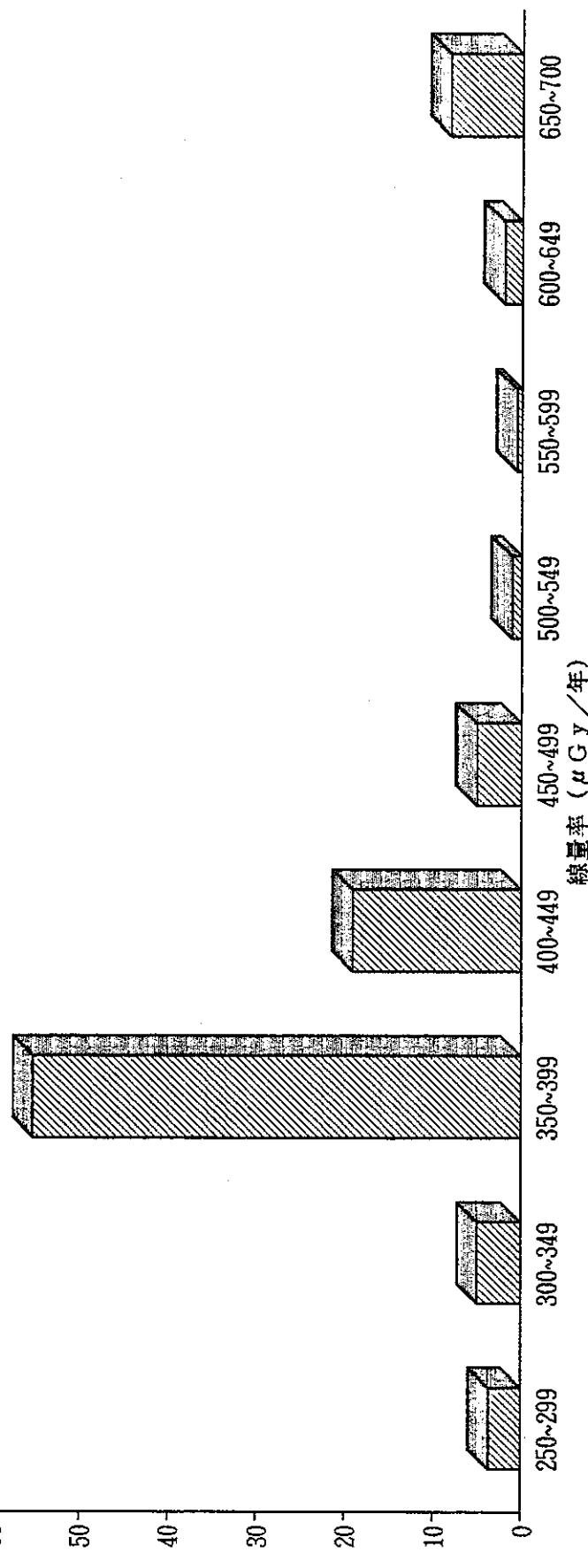
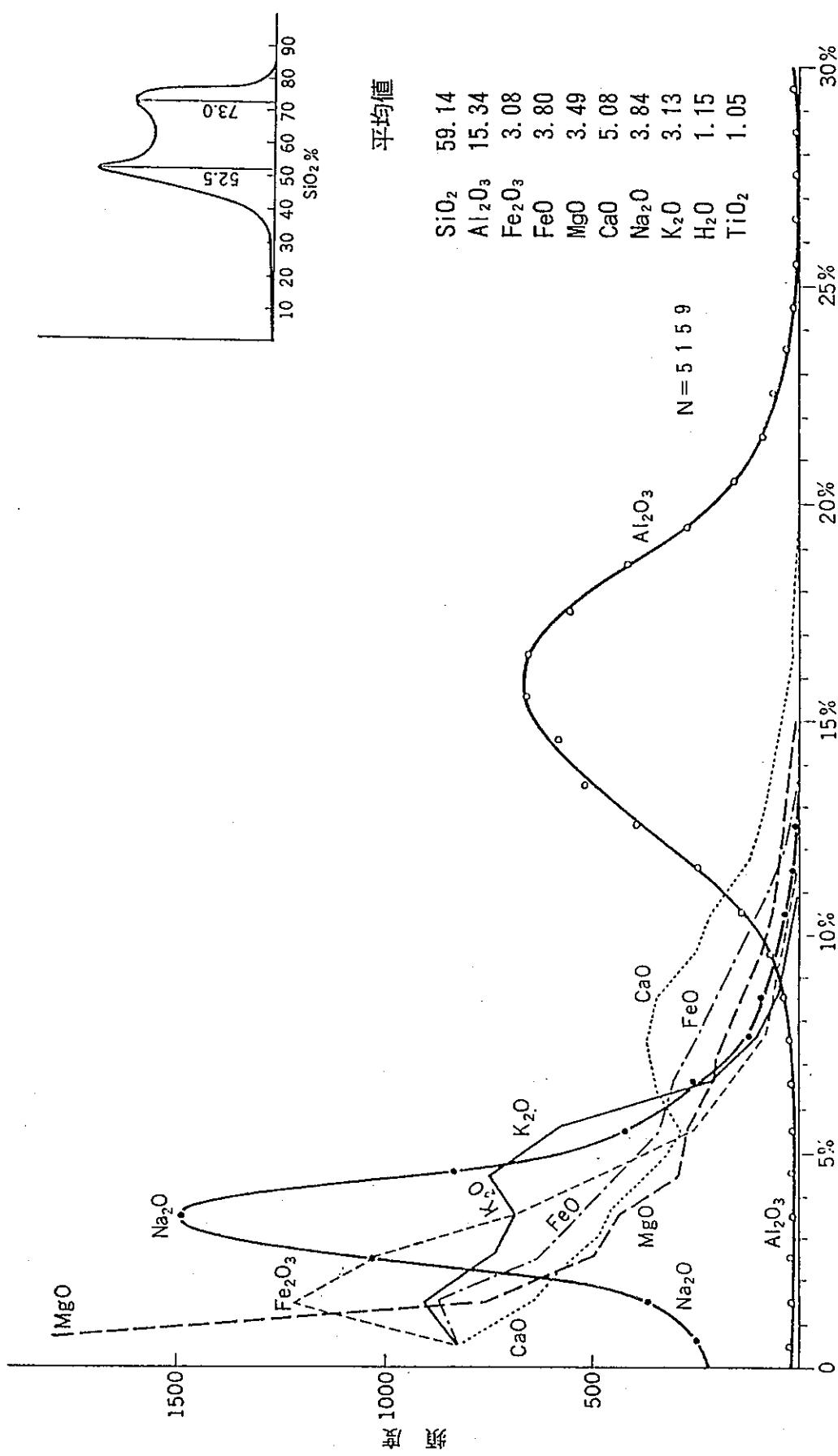


図8 線量階級別人口分布

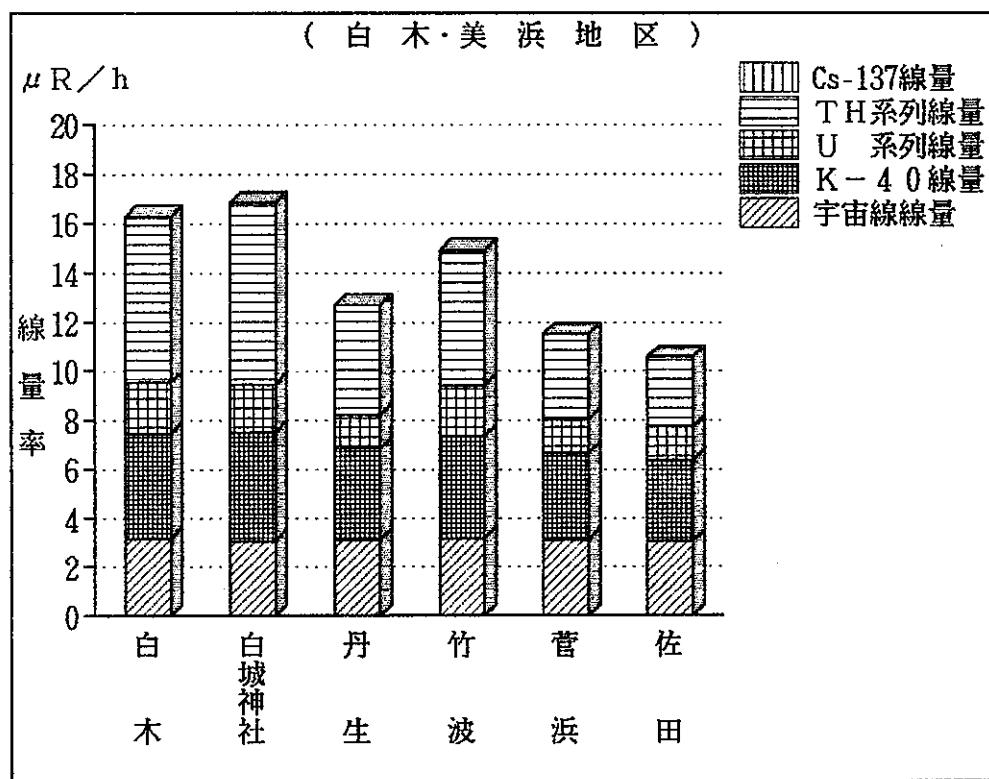
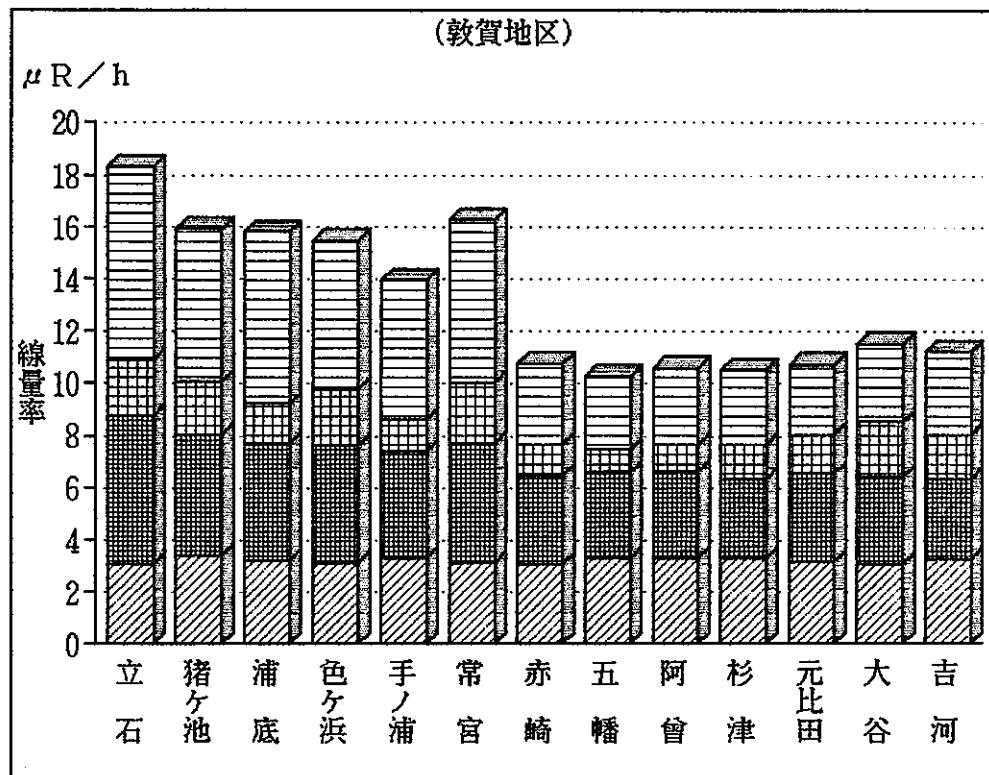


Washington の集成した火成岩の分析結果にみられるシリカ以外の主成分の含有量  
の頻度分布 (Richardson & Sneesby, *Mineral. Mag.* 19, 309, 1922による)

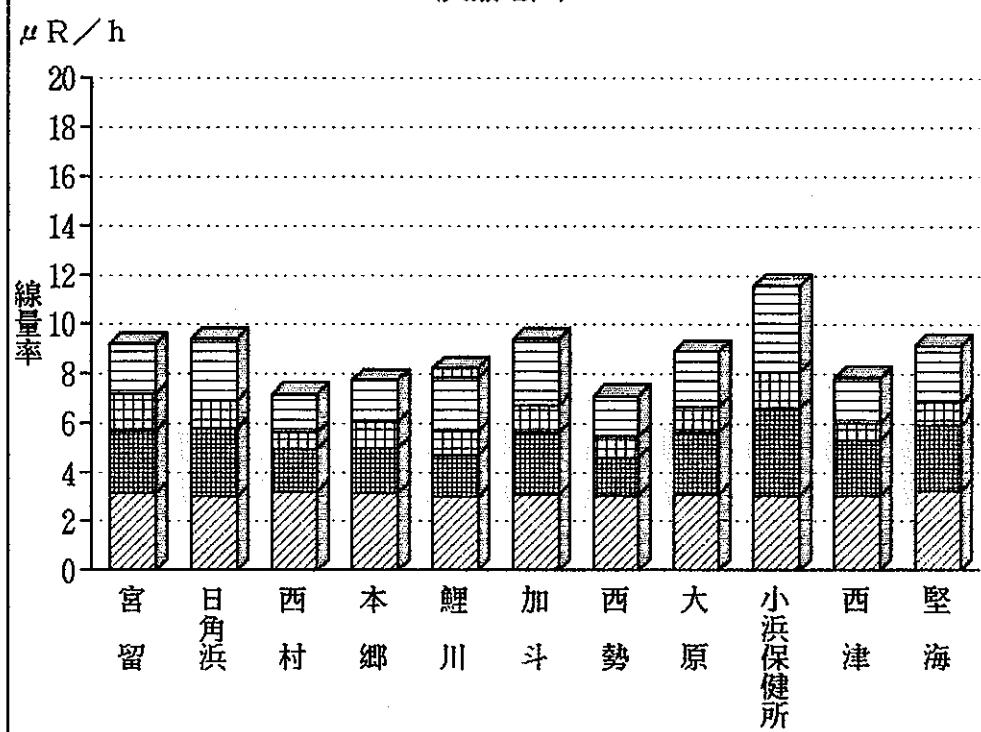
出典: B・メインス 一般地球科学

図 9 火成岩中の主成分含有量の頻度分布

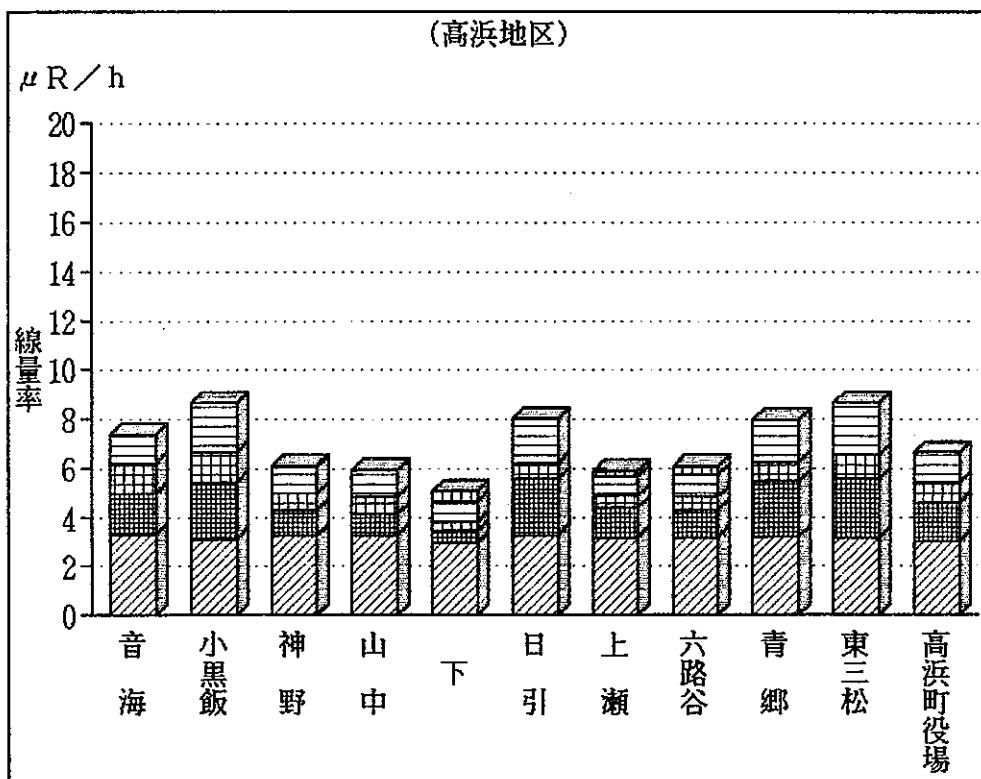
球形Na I (T1) スペクトロメータ測定結果

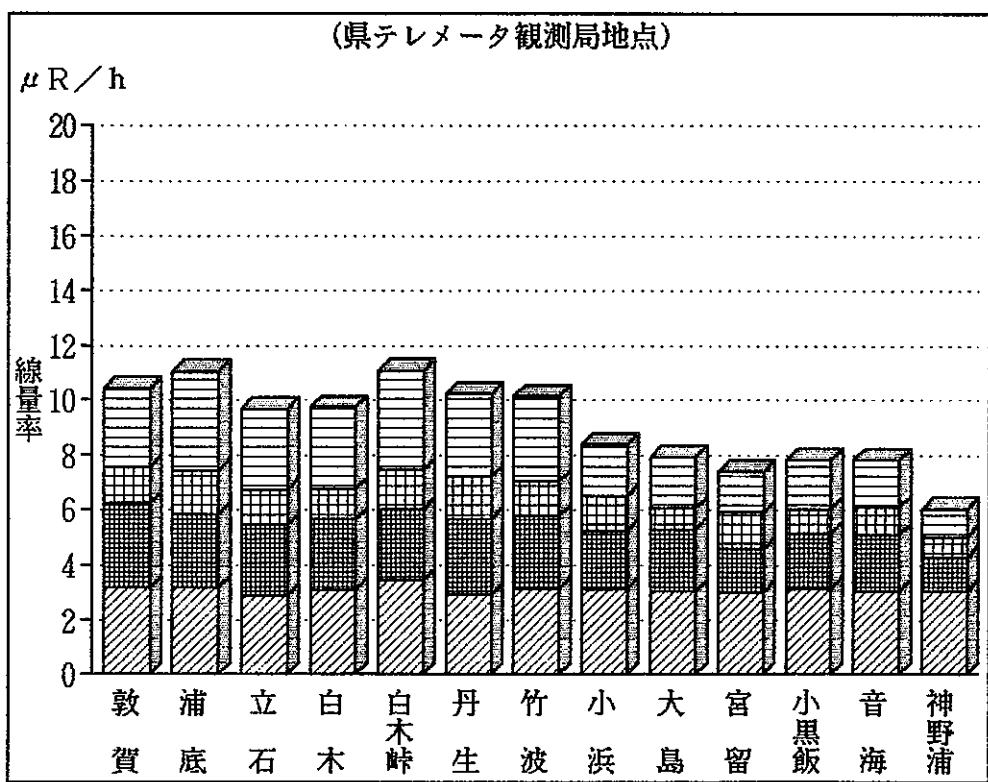
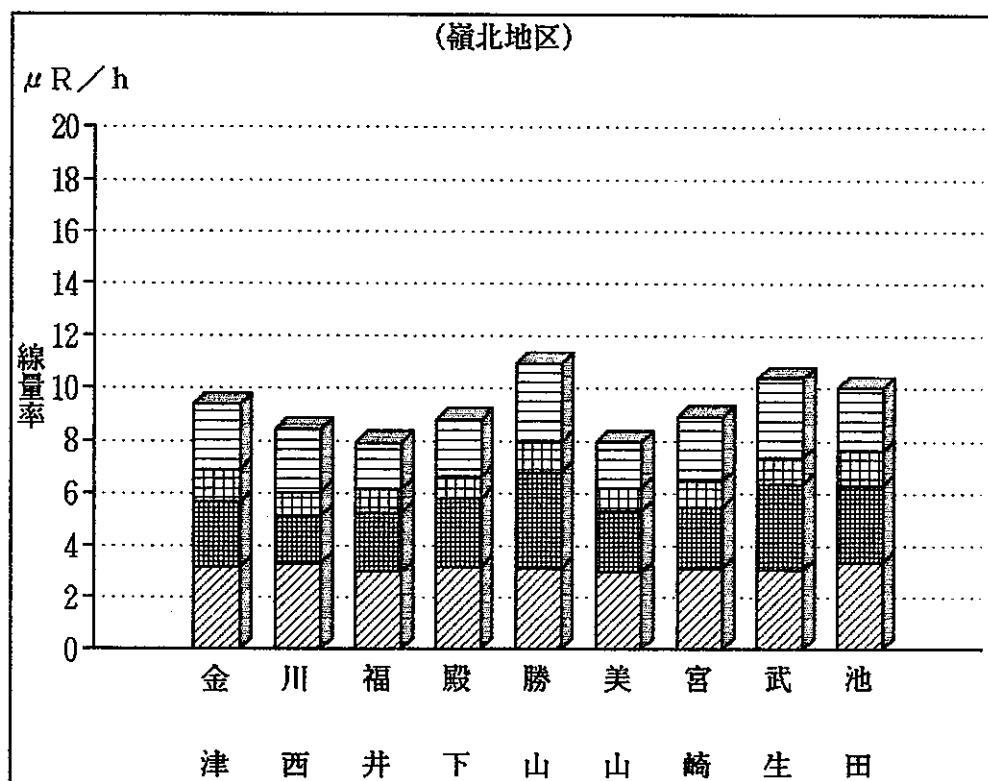


(大飯地区)



(高浜地区)





大地からのお自然線量率の分布



## 土岐地区の環境放射線の測定

1991年9月11日

核融合科学研究所 大林治夫

### [ I ] 経過

- ・1980頃、旧名古屋大学プラズマ研究所の移転候補地として土岐市下石地区が対象となり、環境条件の検討に着手。環境放射線測定を考慮。
- ・1981年、地元土岐市にプラズマ研究会が発足。プラズマ研究所共同研究の1つとして「土岐地区の環境放射能の測定」を組織。
- ・土岐地区全般について環境放射線、放射能の測定を実施。  
(内容は、[資料]1)にまとめられている。)
- ・1989年、プラズマ研究所は廃止され、核融合科学研究所が発足。土岐市プラズマ研究会との共同研究は一旦中断されたが、1990年度末から再開。現在、同研究会では TLD の定点測定を中心に進めている。
- ・核融合研究所では、敷地内外及び地域一帯の環境放射線動態研究を継続的に実施。国内の他の研究者との共同研究も行っている。また、1991年度には、サイト内環境放射線モニター ( $\gamma$ 、n) が設置される予定。

### [ II ] 環境放射線測定

#### 1) TLD 定点測定

- ・TLD (松下: UD-200S CaSO<sub>4</sub>:Tm) を地域内の代表的な点に設置、3ヶ月毎に測定  
研究所設置分：市域内9点、サイト内10～6点  
土岐市研究会設置分：16～14点
- ・1982～90年を通じて次のような特徴が分かる：  
地域差：高線量地域 (100～150 mR/y) …花崗岩地域、構造物近傍、等  
低線量地域 (50～80 mR/y) …砂れき地帯、その他  
季節差：フェーディングの効果を考慮する必要あり

#### 2) 巡回測定

- ・可搬型各種測定器 (アルゴン加圧電離箱 (8気圧)、NaI(Tl)-DBM (3種)、純Ge検知器、等) を用いて代表的地点で同時計測を実施 (1982年7月、1984年6月、1985年8月、等)
- ・計測法の差による感度差から、宇宙線の寄与を推定。 (~ 3  $\mu$ R/h)

#### 3) カーボーン測定

- ・1983年8月、土岐北高校のグループがNaI-DBM により土岐市内の道路沿いに放射線強度分布を測定。

### [Ⅲ] 放射能測定

#### 1) 現地測定

- ・1984年より可搬型純Ge検出器を用いて巡回測定を実施。U, Th,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  等の含有率を測定。
- ・U鉱脈露頭ではU-成分が極めて強いが、鉱脈以外では一般にTh-成分の寄与が大。
- ・動燃月吉鉱坑内での測定(1984年8月)は興味ある状況であったが、測定条件が厳しく、精度が上がっていない。
- ・人工放射能の寄与は、造成前のサイト等擾乱の少ない場所で大きい。

#### 2) 試料採取による測定

- ・土壤試料採取(1983~85) [0-5, 5-10 cm]により成分測定を実施。
- ・水試料の採取も行い、特に、U成分の計量を $\alpha$ 測定で実施した。賤洞川、柿野温泉等でUの含有量が大きく、また水系によって $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ の比が異なることが示された。この結果は、水の含有成分に対する放射化分析の結果とも一致する。
- ・土岐地区の河川水等を15~20点で定期的(3ヶ月毎)に採取し、低バック液シン法により無濃縮でトリチウム濃度の測定を継続している。1982年度以来全体として濃度は減少(見かけの半減期~3.5年)し、現在ではほとんど測定限界に近い。

### [Ⅳ] 今後の方針

#### ・定点、定期測定の継続

- －TLDのフェーディング効果について定量的な補正法を探る。
- －常時継続観測できるモニターの稼働。
- －Rn の測定。

#### ・現地測定

- －地域全体の状況を知るための測定点並びに時期の選定。
- －サイトにおいて造成、建設等の改変に伴う効果の確認。

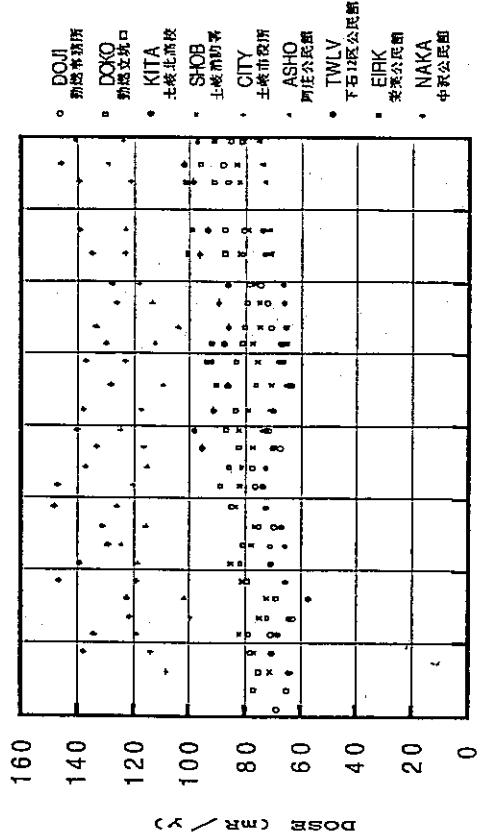
#### ・放射能測定

- －ボーリングコア等の測定
- －トリチウム濃縮法の適用。河川水以外のトリチウムの分布並びに変動。

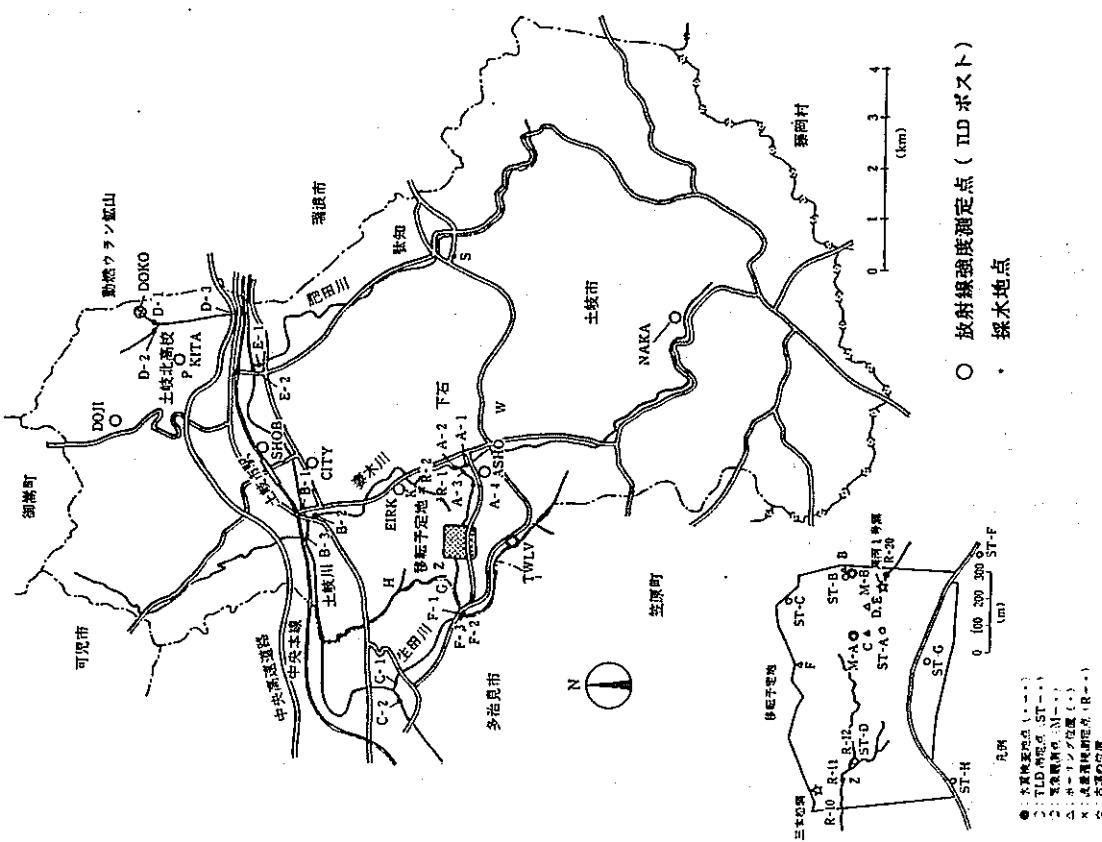
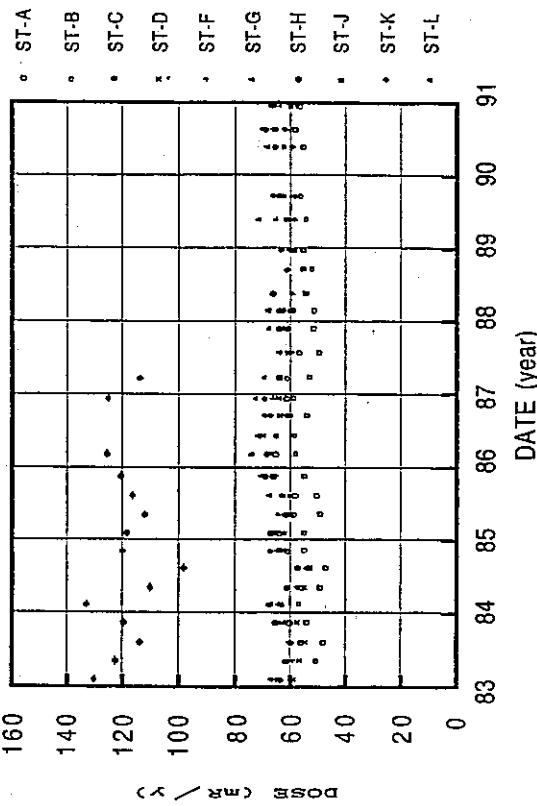
### [資料]

- 1) 共同研究報告書：「土岐地区の環境放射能の測定」I(1981)、II(1983)、III(1985)IV(1986)、V(1989)、VI(1989)
- 2) H.Obayashi, et al; Preliminary surveillance of prospective site - Environmental considerations - , Nucl. Eng. Design/Fusion, 4, 425 (1987)
- 3) 大林治夫；土岐移転前の環境調査，保健物理 24, 382 (1989)

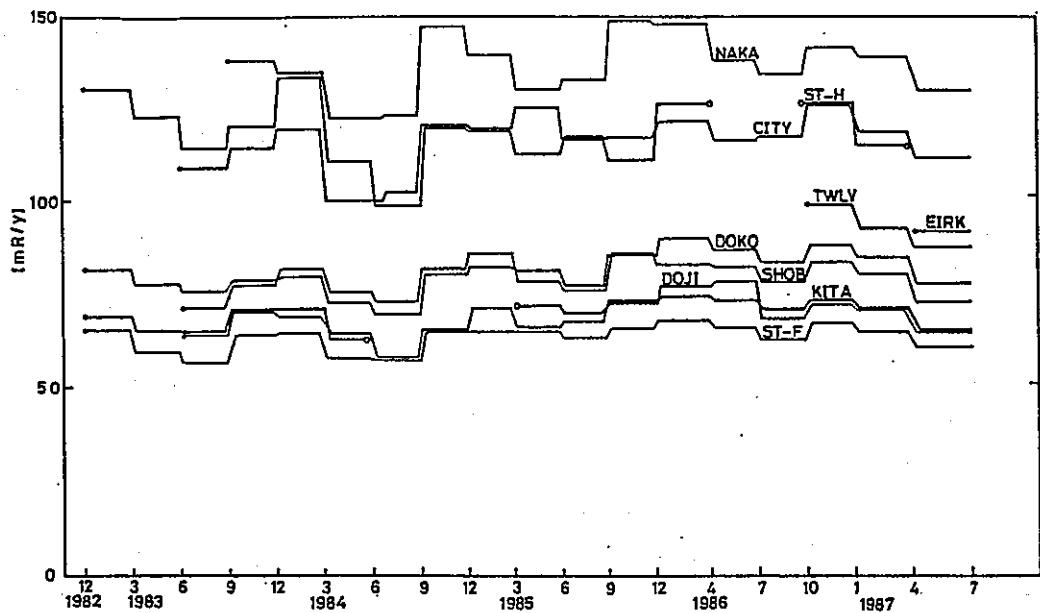
TLD FEB/83-FEB/91



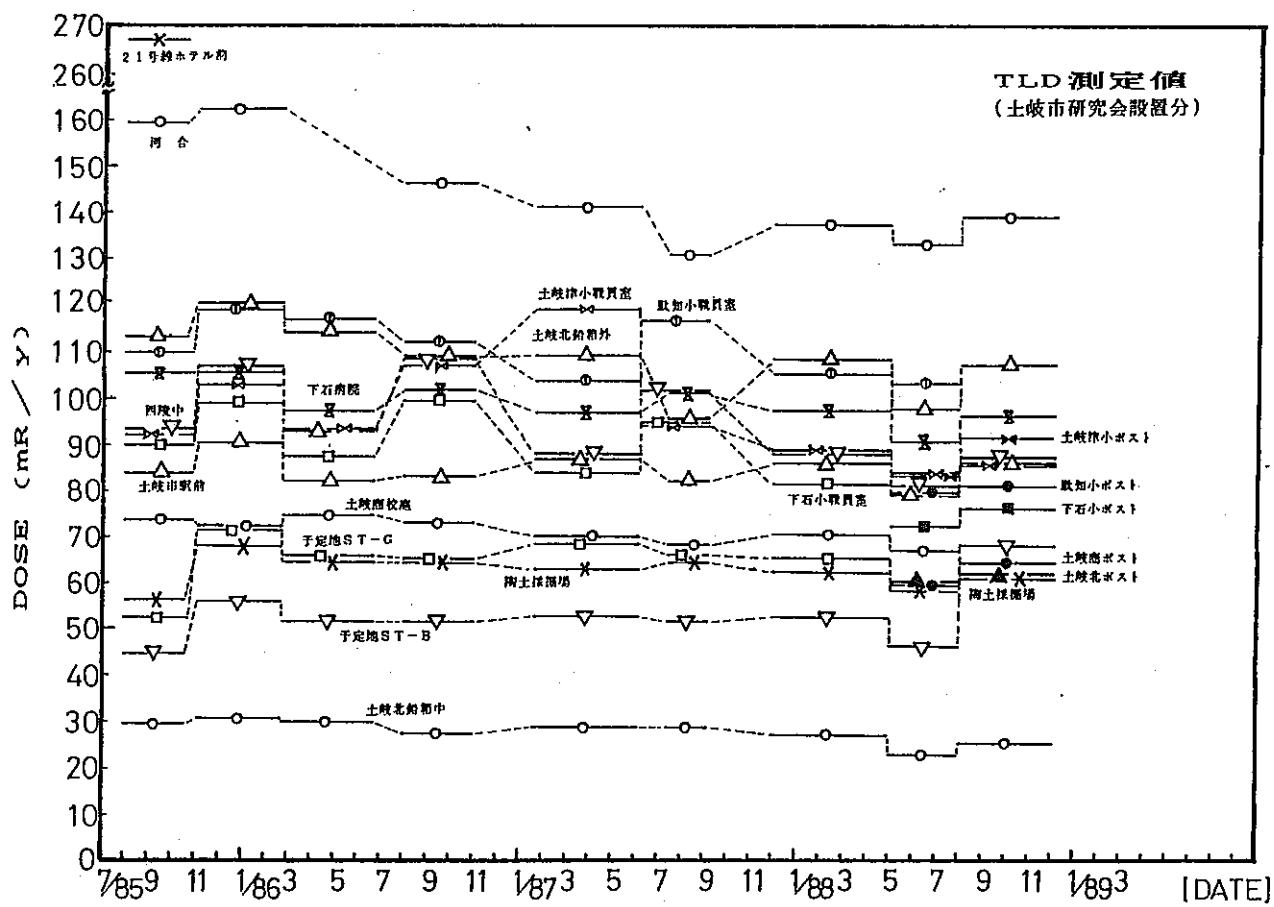
TLD SITE FEB/83 to FEB/91



図II-4. 土岐地区における測定点



第3図 土岐地区における環境放射線データ (TLD 200 S 使用)



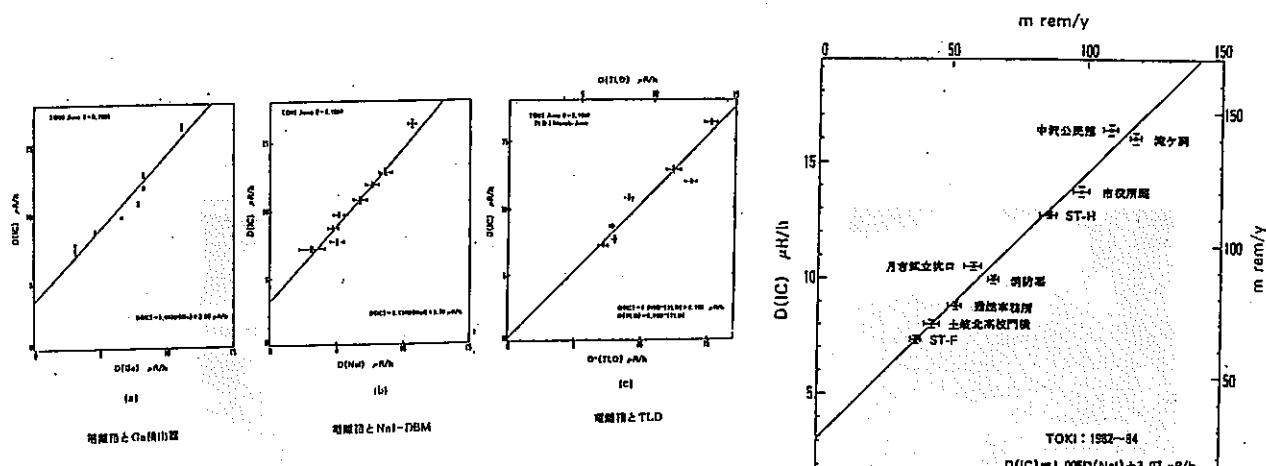


図6-5 各種開器による測定データの比較(1984年8月)

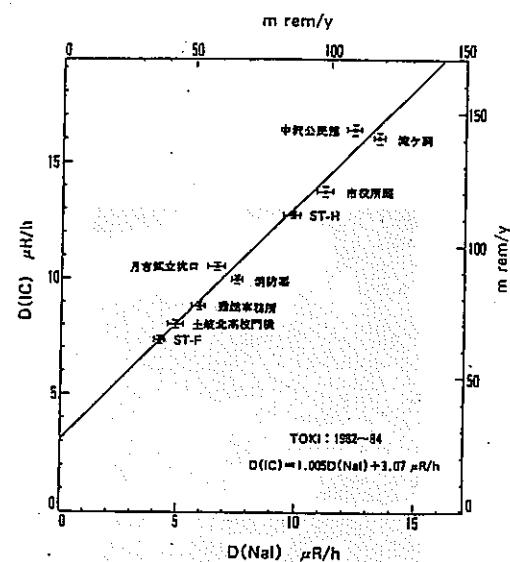
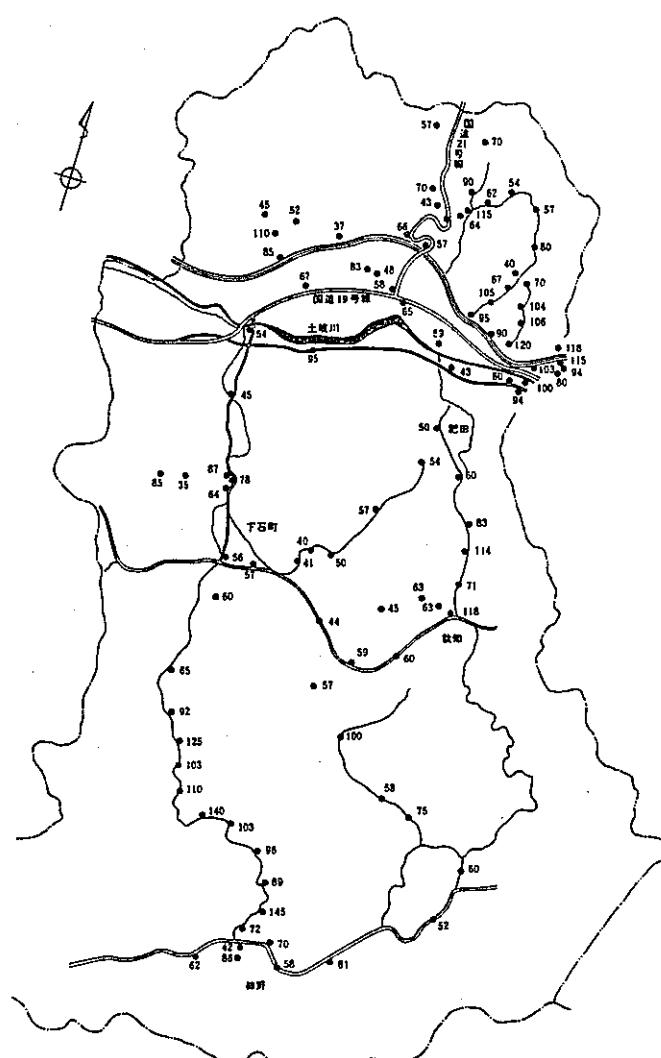


図6-6 電離用および $NaI$ -DBMによる測定値の比較  
(1982-84年の巡回測定 4回分の平均値)



土岐市各地点における放射線量(mrem/yに換算したもの)  
 $NaI$ (DBM)によるカーボン測定(1982年8月)  
測定者: 谷口、清水、梶田(土岐北高)

### 圖 1 土壤試料採取地點 (昭和 58 年度)

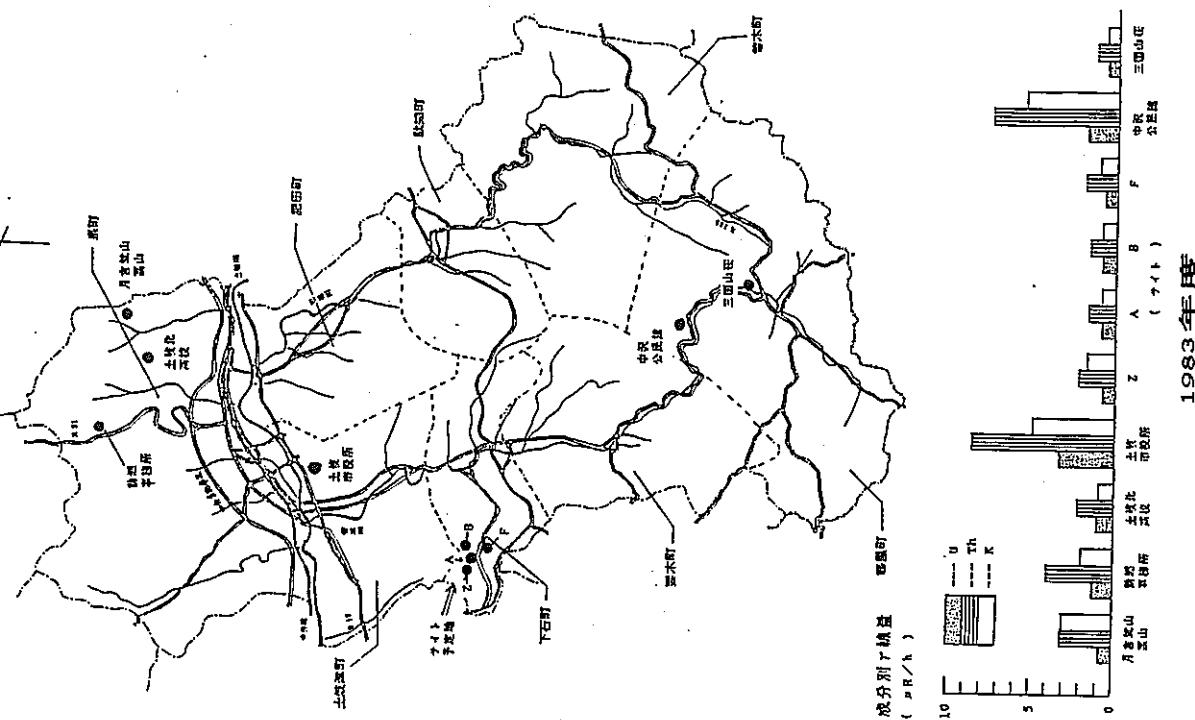


写真-1. In-Situ  $\gamma$ -ray 测定風景

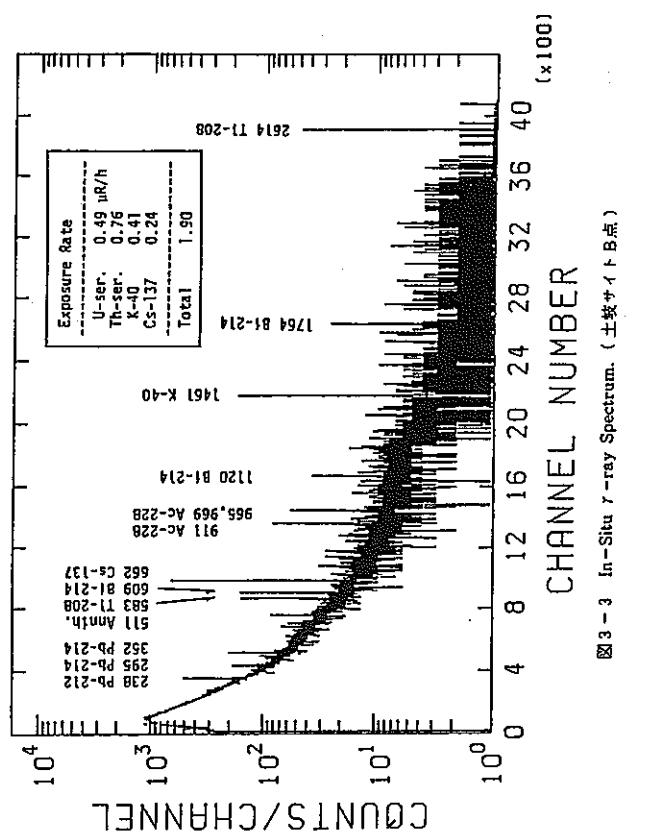


図 3-3 In-Situ  $\gamma$ -ray Spectrum. (土較サイト B 点)

In-Situ Gamma Spectrometry  
(Ge Detector)  
Toki, August, 1985

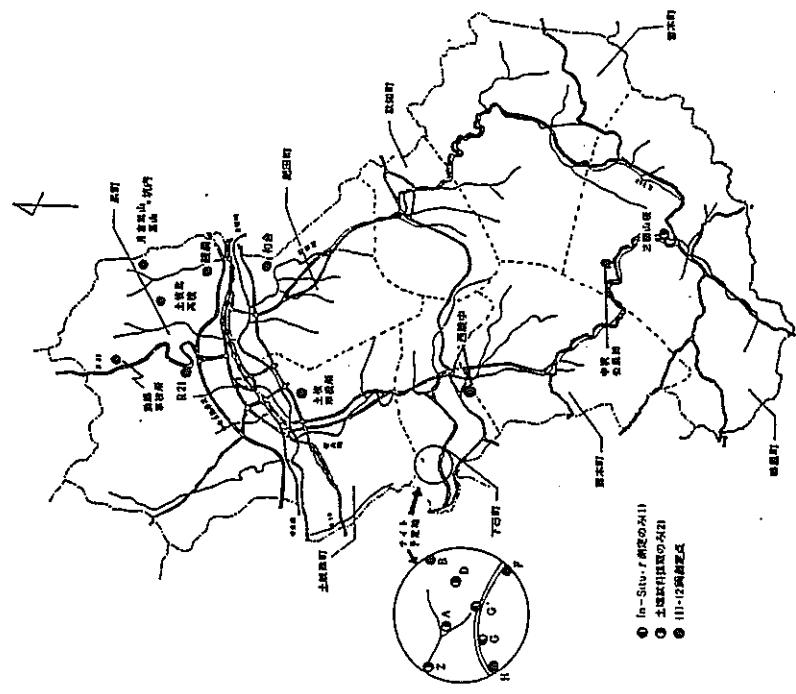
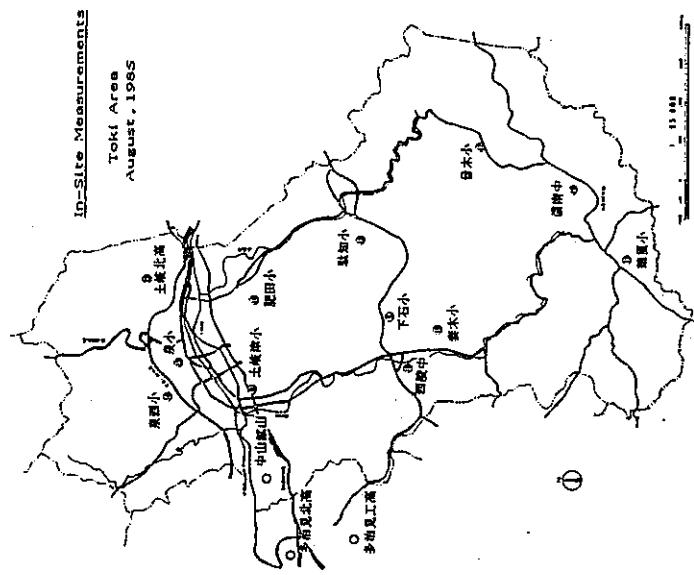
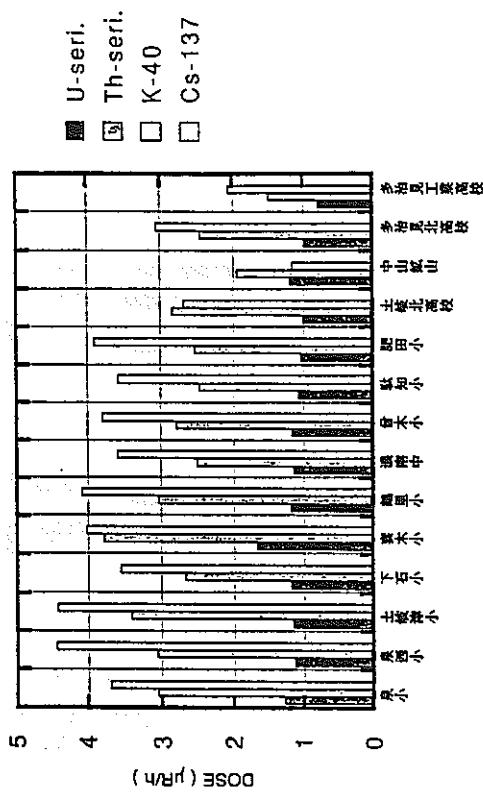
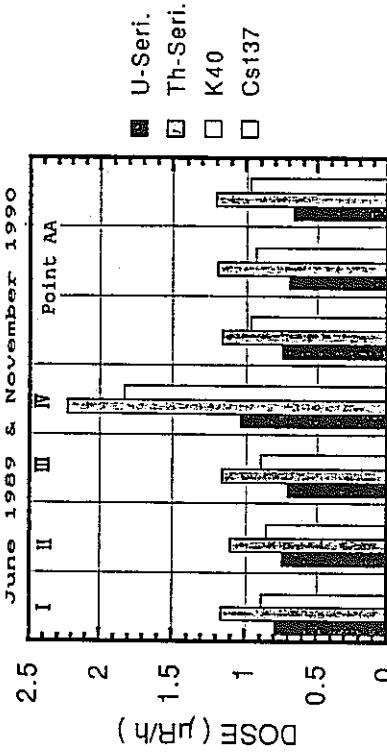


圖 3-1 土壤試料採取 In-Situ-r 線測定地點及  
In-Situ-r 線測定結果(土壤)

1984年度

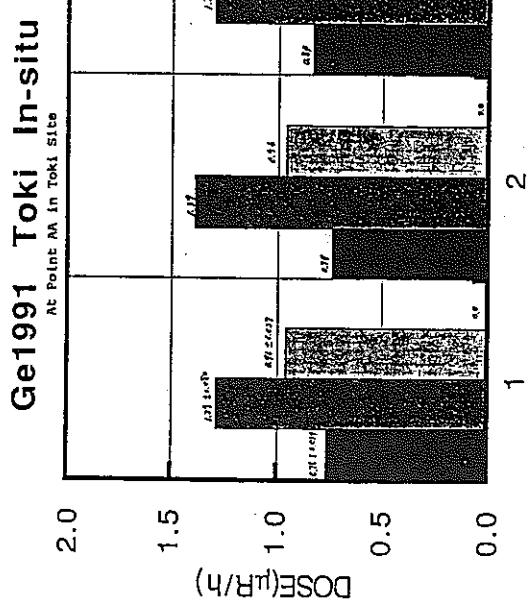
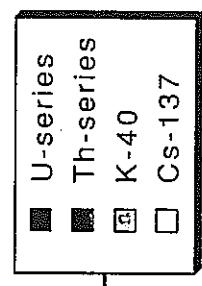
In-Situ Gamma Spectrometry  
(Ge Detector) in Toki Site  
June 1989 & November 1990



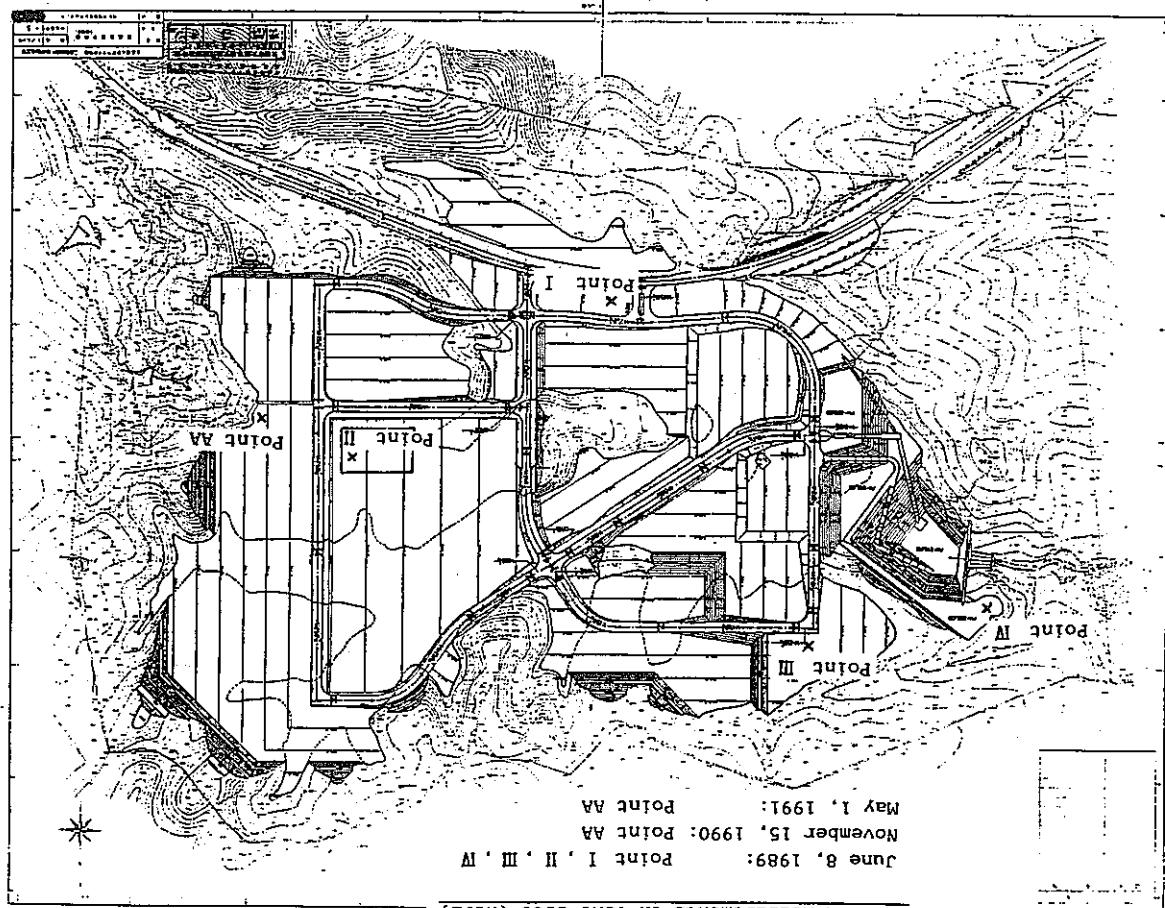
F1115C-90/11  
F1115B-90/11  
F1115A-90/11  
TSITE4-89/6  
TSITE3-89/6  
TSITE2-89/6  
TSITE1-89/6

In-Situ Measurements in Toki Site (NIFS)

June 8, 1989: Pointe I, II, III, IV  
November 15, 1990: Pointe AA  
May 1, 1991: Pointe AA



MEASUREMENT RUN NO.



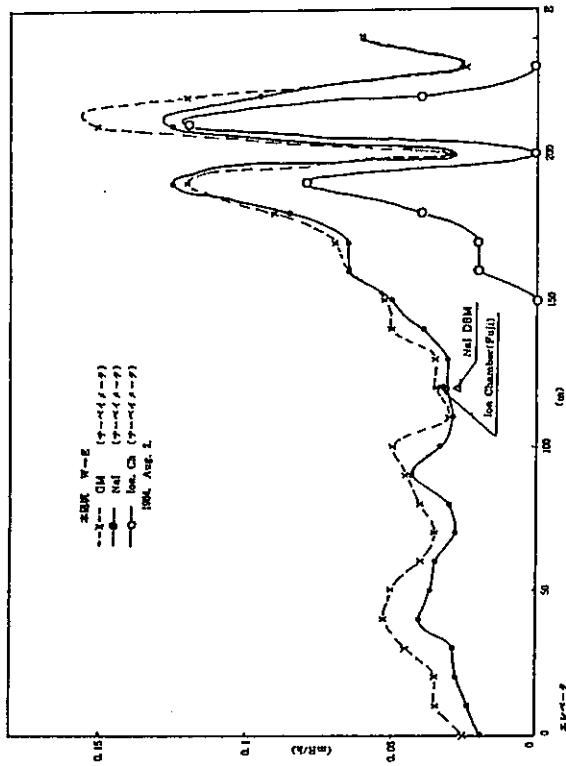


図 3-4 動燃 月吉鉱見取図 ( 1984 年 8 月 2 日坑内測定点 )

8月2日 測定点： X 電離室, NaI [本坑 120m, 北西 35m 磐岩, 下坑クロスカット No.2 ]  
○ Ge検出器 [本坑 35m 西斜内 磐岩部 4点, 下坑クロスカット No.2 ]  
本坑沿  
北西沿  
下坑沿

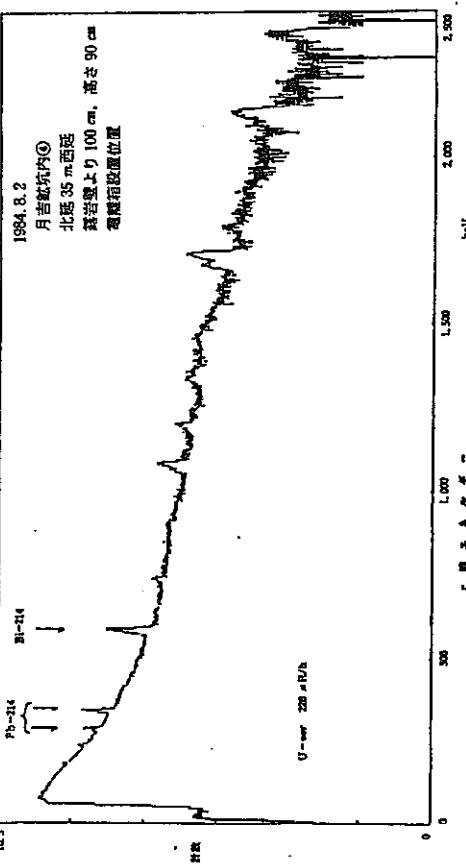
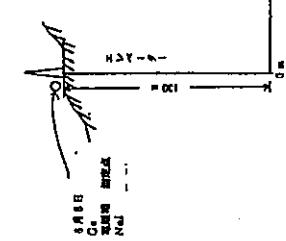


図 3-5 動燃月吉鉱坑内 In-Situ- $\gamma$  ray Spectrum

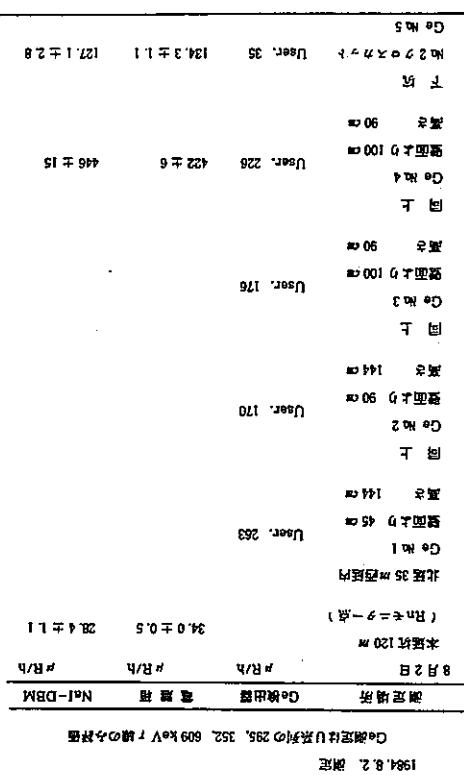


図 3-6 各種サーベイメータによる測定 (動燃月吉鉱坑内)

1984.8.2 测定

共3-3 動燃月吉鉱坑内放射線測定結果

表3-4 水試料中の<sup>234</sup>U濃度及び<sup>238</sup>U/<sup>234</sup>U放射性比

水試料名	採取日	海水側の <sup>234</sup> U濃度(ng/l)	<sup>238</sup> U/ <sup>234</sup> U	[INAA]
海水-直瀬川(A-3)	'83.8.5 '84.5.11	5.56 ± 0.24 4.21 ± 0.18	(1.1) *	1.19 ± 0.06 1.08 ± 0.05
神明川(B-1)	'83.8.5 '84.5.11	4.74 ± 0.30 8.43 ± 0.28	(1.1) *	1.42 ± 0.10 1.11 ± 0.04
「」	'84.3.8	9.0 9.45 ± 1.26	(10.1) (1.0) *	1.02 ± 0.18 1.17 ± 0.06
海水-土岐川(B-3)	'83.8.5 '84.5.11	10.7 11.5	1.02 ± 0.52 1.99 ± 9	1.05 ± 0.16
生田川(C-1)	'83.8.5 '84.5.11	10.8 20.4	1.35 ± 0.15 1.42 ± 0.09	1.09 ± 0.15 1.10 ± 0.06
福浦川(D-1)	'83.8.5 '84.5.11	11.0 11.5	18.0 ± 1.1 20.3 ± 0.8	2.87 ± 0.15 (12.0) (10.0) *
動植物の支流	'84.8.8	10.0	12.3 ± 0.5	4.51 ± 0.15
○支流	'84.8.8	11.1	30.1 ± 1.1	1.60 ± 0.04
福浦川(D-2)	'83.8.5 '84.5.11	10.4 11.2	6.22 ± 0.09 7.64 ± 0.60	1.15 ± 0.21 1.00 ± 0.05
動植物の支流	'84.8.8	11.3	7.59 ± 0.32	1.12 ± 0.05
D-1 (SHIZUHORA:PNC)	11/2/83 5/8 11/2/85	Na Mg Al Cl Ca Br U(E-5)	424 ± 16	3.05 ± 0.03
D-2 (SHIZUHORA:BRANCH)	11/2/83 5/8 11/2/85	Na Mg Al Cl Ca Br U(E-5)	424 ± 16	3.05 ± 0.03

\*±0.45 ppm の フィルターでろ過する前に水をかきだすもの。  
[INAA] : 放射化分析による値

-17-

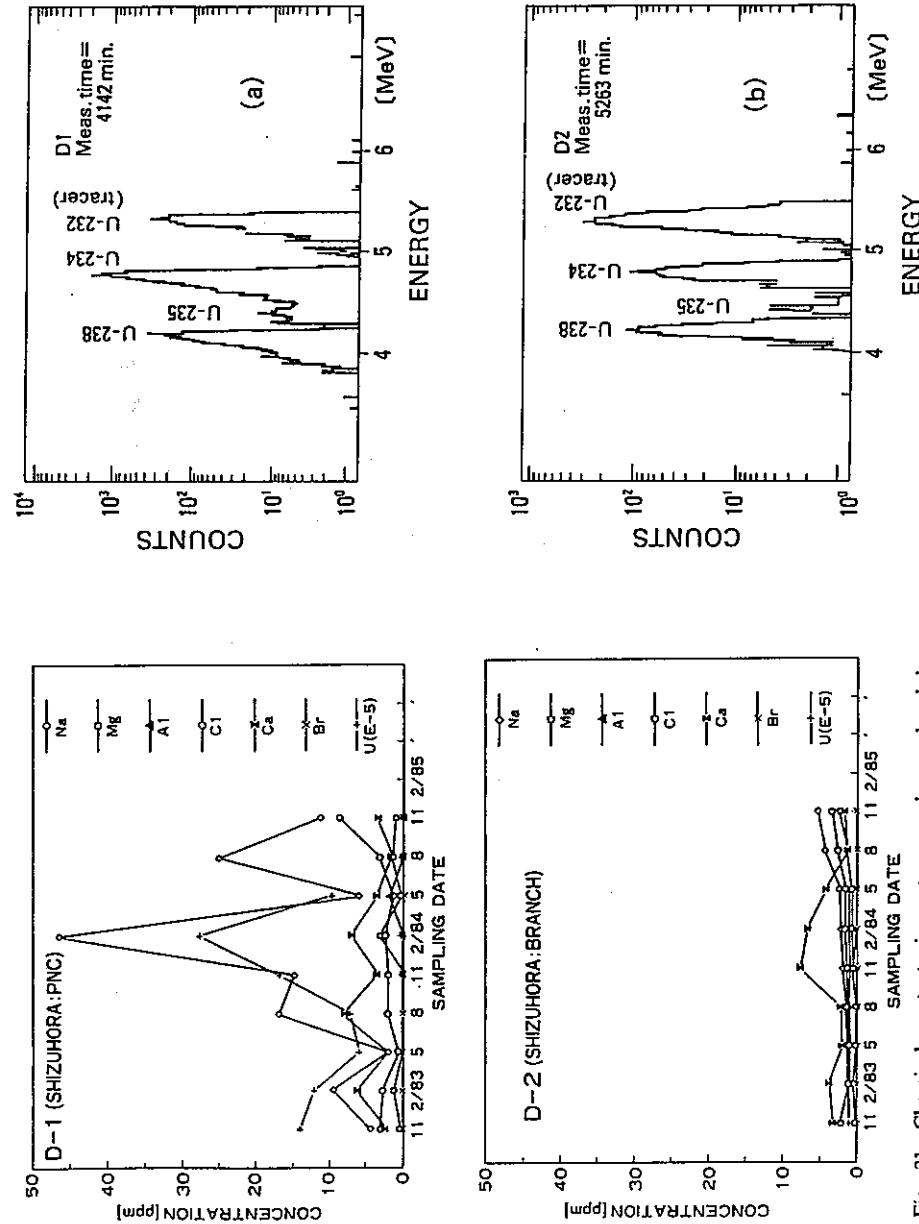
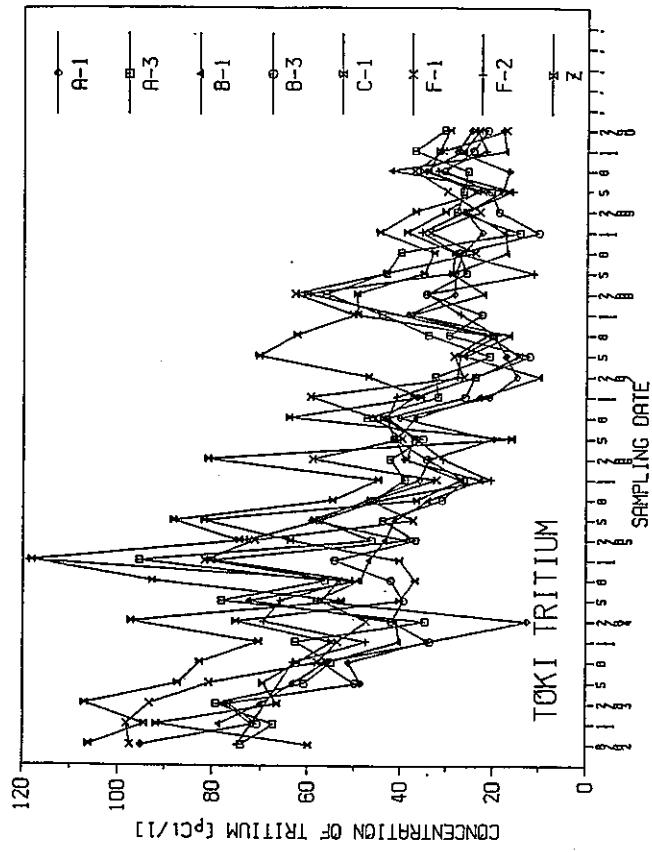
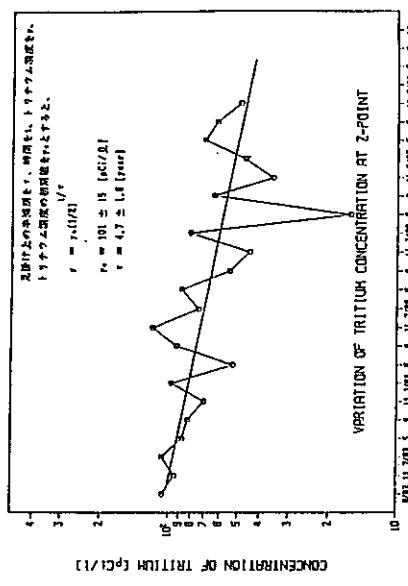


Fig. 21. Chemical contents in water samples analysed by neutron activation method; (a) D-1, downstream of the Tsukiyoshi U-mine, (b) D-2, belonging to another branch of river. Uranium concentrations are given in units of  $10^{-5}$  ppm.

Fig. 22. Uranium concentrations in water samples by means of  $\alpha$ -spectrometry; (a) D-1 sample (downstream of U-mine), (b) D-2 sample (different branch).



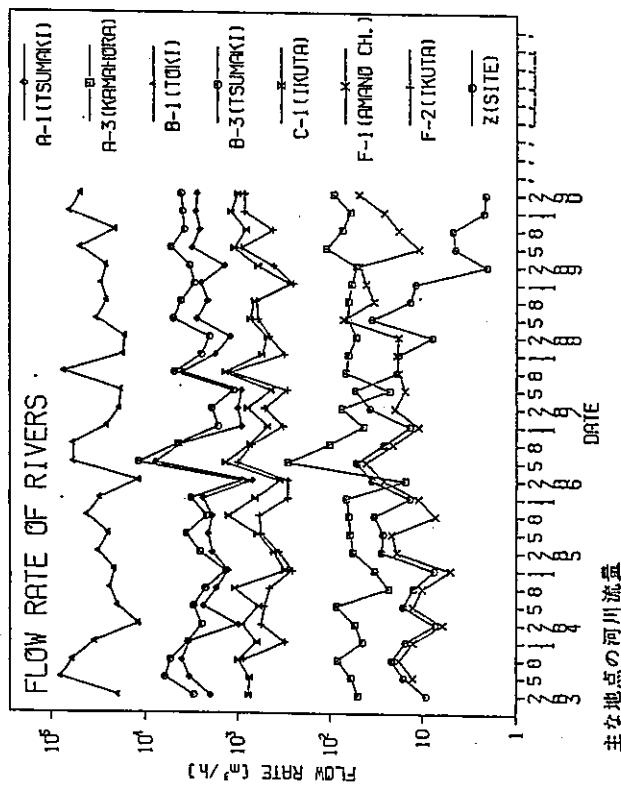
河川水中トリチウム



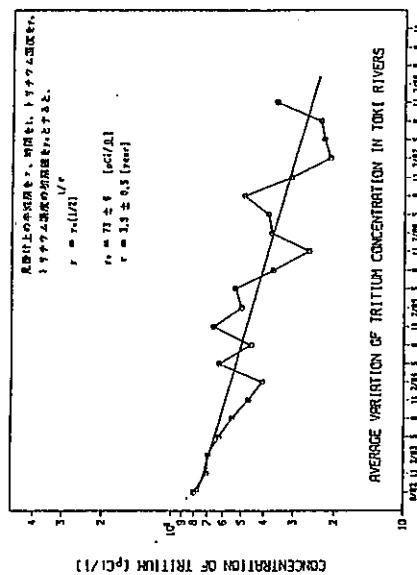
VARIATION OF TRITIUM CONCENTRATION AT 2-POINT

- (a) 土岐川水の平均  
(b) Z地点

図 IV-3 水質上の半減期



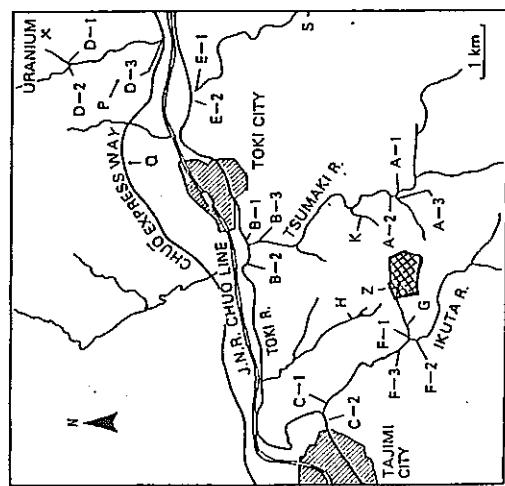
主な地点の河川流量



AVERAGE VARIATION OF TRITIUM CONCENTRATION IN TOKI RIVERS

- (a) 土岐川水の平均

図 IV-4 土岐川水の半減期



土岐地区排水水地図