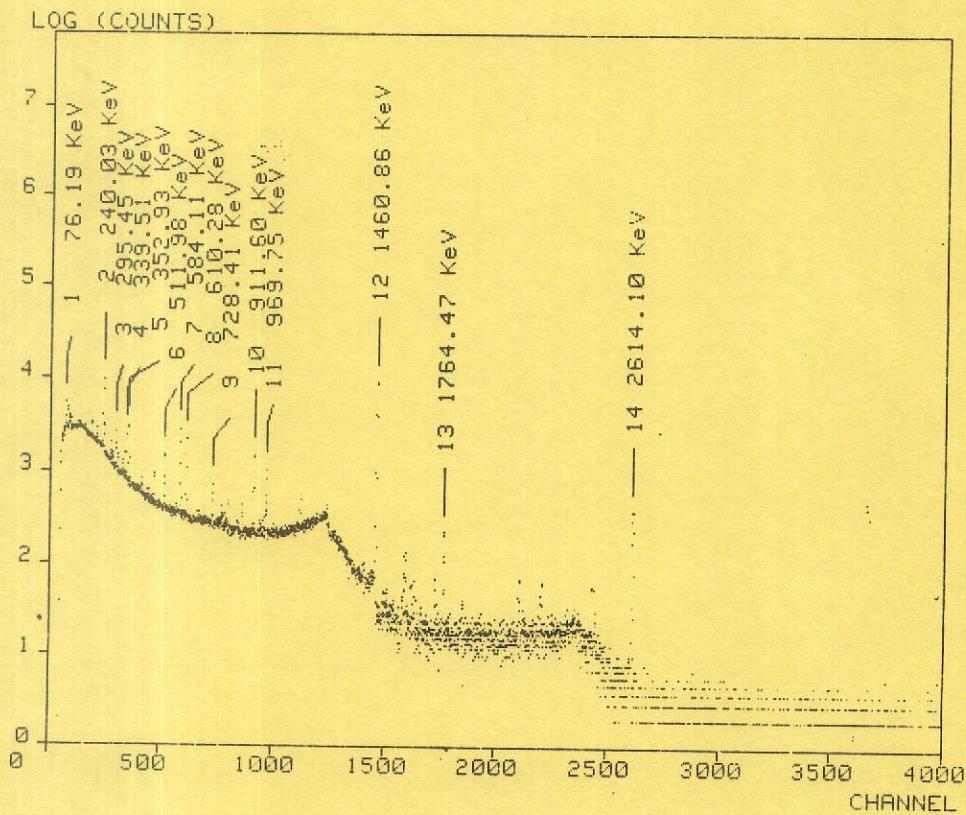


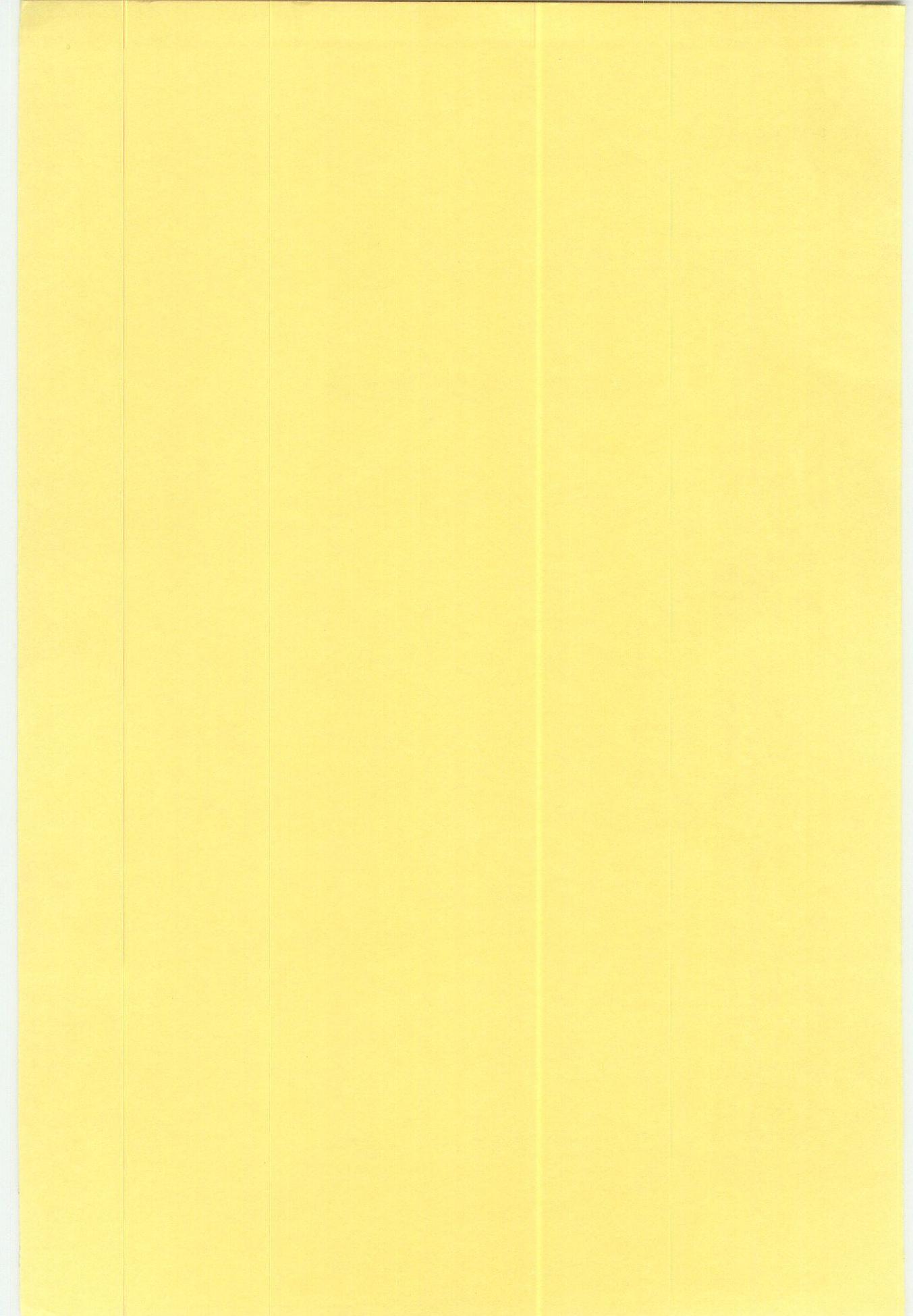
石川の自然

第12集 物理・化学編



昭和63年3月

石川県教育センター



「石川の自然」第12集 物理・化学編刊行にあたって

理科教育においては、自然の事物・現象に直接触れることによって、自然と人間のかかわりを理解し、自然を愛する心を育むことが大切です。そのためには、日頃から身近な自然を研究の対象として基礎データを収集しておかなくてはなりません。

当教育センターでは県内の動・植物、地質・化石など多方面から自然を調査研究し、紀要「石川の自然」で紹介してきました。今回は物理と化学が共同で継続調査してきた「県内の地層・河川床・海浜における自然放射性核種の分布」をまとめました。

学校で学習する放射能・放射線の教材や部活動・クラブ活動の研究などに、参考にして戴ければと思っております。

本誌をまとめるに際し、多くの方々に御指導・御協力を戴いたことに深く感謝いたします。

昭和63年3月

石川県教育センター所長

小島和夫

目 次

刊行にあたって	i
Iはじめに	1
II自然放射性核種の概要	2
III調査期日および調査地点	4
IV調査研究のすすめ方	
1. 試料の採取	7
2. 採取後の処理	7
3. 測定方法	8
4. データー処理の手順	9
V調査結果と考察	
1. 地層露頭中の分布	14
2. 河川床砂中の分布	23
3. 海浜砂中の分布	36
4. 地層における放射性核種濃度分布について	38
5. 河川床における放射性核種濃度分布について	42
6. 海浜における放射性核種濃度分布について	45
7. 地層・河川床・海浜における放射性核種質量濃度の傾向	47
VIまとめ	48
VII自然放射性核種測定の実践例	
1. 授業や部活動での測定法および研究例	50
2. 教師による測定および研究例	53
VIII資料編	
1. 各試料の測定値	56
2. In-Situ γ スペクトロメトリーによる環境放射能調査	67
あとがき	68

石川県内の地層・河川床・海浜における自然放射性核種の分布

西出 隆・北本 正明・浅野 敏夫・宮井 豊晴

I. はじめに

中学校理科第1分野の教科書（A社）の中で、「原子力発電は、ウランという原子の原子核が他の2つの原子の原子核に変わるときに放出するエネルギーを利用したものである。このとき、エネルギーが放出すると同時に、生物の体に有害な放射能を持つ物質ができるため、利用するときには安全面に十分な注意が必要である。（後略）」と記述されている。また、高等学校理科Ⅰの学習指導要領の目標では、「自然を探究する能力と態度を育て、自然の事物・現象について科学概念の理解を深め、豊かな自然観を育てる」とあり、その内容では「自然環境の人間に及ぼす影響、放射能にもふれること」となっている。教科書にも、放射線（ α 線、 β 線、 γ 線）やウランなどの壊変、その後の娘核種について記述されている。

ところで、私たちを取り巻いている自然には、肉眼では見えない放射線が存在するが、ここで放射能と放射線とを区別して使わねばならない。放射線は、一般には α 線と β 線と γ 線の3種類が知られている。しかし、広い意味では、高エネルギーのいろいろな粒子線や輻射線をまとめた呼び名でもある。放射線を放出する源になってるものを放射線源という。また、放射能とは放射線を放出する現象をさし、この性能のある物質（放射性物質）を指すこともある。このほか、半減期、壊変系列、放射能の単位などの定義も明確にすることが大切であろう。（II. 自然放射性核種の概要 参照）

さて、自然放射線は地球が誕生したときに既に存在していた。その存在の仕方は、①大地自身が保有している天然放射性核種（一次および二次天然放射性核種）からの放射線として、②宇宙線の作用による核反応で生じたもの（宇宙線生成核種）からの放射線として、③宇宙線として、この3つである。従って、建物は地球の岩石などを原料としているので、建物からも自然放射線が出ているのである。私たちは体の外からこのような放射線により、1年間におよそ1ミリグレー（100ミリラド）の線量を受けている。また、私たちの体には、カリウム-40 (^{40}K) や炭素-14 (^{14}C) など放射性物質が含まれている。これらの天然の放射性物質は食物の摂取や呼吸を通じて体内に入ってきたものである。このような放射線の中でも α 線と β 線は物質に対する透過性は非常に小さいが、 γ 線は透過力が大きい。そのため前述の体外から受ける線量の数値も γ 線に基づくものであり、 γ 線の測定や γ 線を放射する核種の定量が重要な意味をもっているのである。文献によれば、大地からの放射線は年間0.3～0.8ミリグレー（30～80ミリラド）の線量である。それでは、私たちの住んでいる石川県ではどの程度であろうか。

当教育センターに設置されているGe (Li) 半導体 γ 線スペクトロメータ設置を利用して、昭和54年以降、環境放射線の調査を始めた。物理研究室では地層土砂を、化学研究室は河川床砂を中心に、昭和62年度は共同で海浜の砂も併せて調査して、自然放射性核種の分布についてまとめた。（III. 調査期日および調査地点～VI. まとめ 参照）

ところで、県内の教師で上記の装置を活用して測定を行った研究例がある。また、このような高価な装置を使わなくても、もっと簡易な放射線の測定方法（部活動等で可能）もある。これらのことについて「VII. 自然放射性核種測定の実践例」で述べる。

- 1 J のエネルギーが吸収されるのを単位とする。1 Gy = 100 rad
- ◎ラド (rad または rd) …… 1 kg の物質に放射線があたって 0.01 J のエネルギーが吸収されるのを単位とする。
- (4) 人体に対する放射線の影響の単位 (線量当量)
- ◎シーベルト (Sv) …… 吸収線量 (Gy) に線質係数を乗じて表される単位。1 Sv = 100 rem
- ◎レム (rem) …… 吸収線量 (rad) に線質係数を乗じて表される。

III. 調査期日および調査地点

調査した地層・河川床・海浜の試料採取年は次の通りである。詳しいデータについては VIII. 資料編を参照されたい。

(1) 地層土砂 (142地点)

地 域 名	採取年	試料数
加賀市・山中町地内	55,57	18
小松市地内	56,57	13
吉野谷・尾口・白峰村	57	15
鶴来町・鳥越村地内	57	8
津幡・宇ノ気町地内	55,59	11

地 域 名	採取年	試料数
高松町・押水町地内	55,59	15
志雄町南部地内	60	10
志雄町北部地内	60	12
石動山	61	26
眉丈山	62	14

(2) 河川床砂 (107地点)

河 川 名	採取年	試料数
大聖寺川	55	6
動橋川	55	7
梯川	56	14
手取川	57	17

河 川 名	採取年	試料数
犀川	58	8
浅野川	58	7
森下川	59	7
津幡川	59	7

河 川 名	採取年	試料数
大海川	60	8
子浦川	60	9
長曾川	61	10
於古川	61	7

(3) 海浜砂 (27地点) 採取年 昭和62年

地 点 名	試料数
大聖寺川	2
新堀川(動橋川)	2
前川(梯川)	2
手取川	2
大慶寺川	2

地 点 名	試料数
倉部川	2
犀川	2
大野川	2
河北潟放水路	2
白尾	1

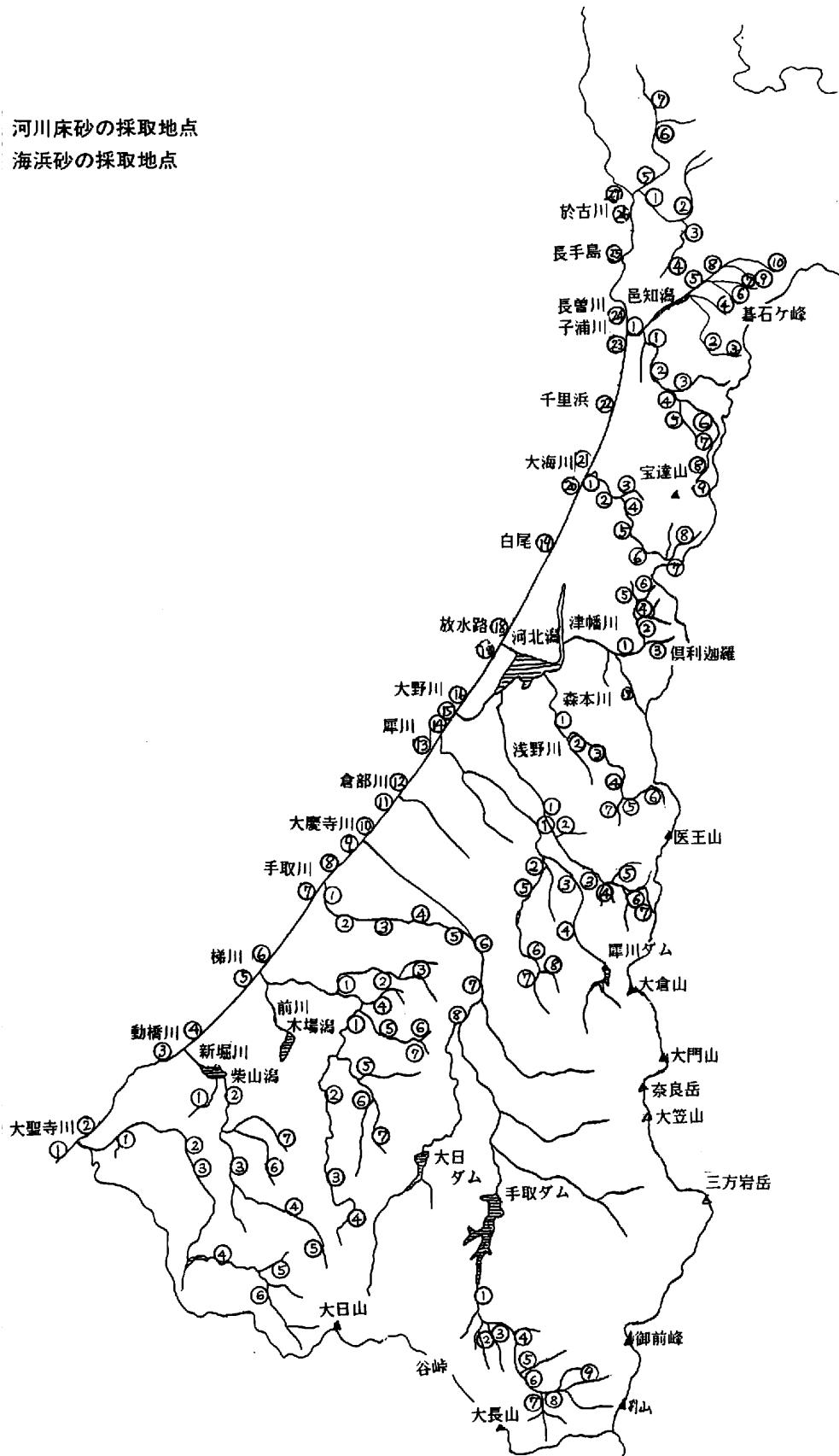
地 点 名	試料数
大海川	2
千里浜	1
羽咋川	2
長手島	1
於古川	2

(4) 地層土砂の採取地点



(5) 河川床砂の採取地点

(6) 海浜砂の採取地点



IV. 調査研究のすすめ方

1. 試料の採取

試料の採取は地層露頭、河川床、海浜によって違いがあるので次のようにした。

《地層土砂について》

地層露頭中の試料であるため、基点を山地近くの町村に定め、その基点からほぼ2kmの道のりごとに採取地点を決める。採取地点に設定された場所が民家に近い場合、あるいは、田畠に隣接している場合は、その場所に元来存在する天然放射性核種以外の放射性物質（例えば肥料等による付加）を含む可能性も考えられるので避ける。試料の採取にあたっては、表土を10cmほどを取り除き、なるべく層の内部から約4～5kg程度採取する。その際、地層名を明記する。

《河川床砂について》

採取地点として、各河川の上流から河口までおよそ6～9地点を選ぶ。手取川・梯川については川の大きさを考慮して、ほぼ2倍の地点を選ぶ。試料は本流のみならず、大きな支流の河川床砂も採取する。試料採取にあたっては集落に近接した河川は生活排水の影響を直接受けるので集落の上流で採るようにする。また、できるだけ川の中央部付近の川底の砂を採取する。採取地点では、1m四方の範囲内で、有機系の物質が表面砂に含まれていることもあるので、およそ2～3cm程度の表面砂を取り除いてから、約5～6kg程度採る。

《海浜砂について》

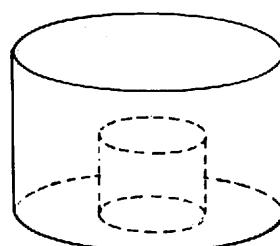
海に流れ出る大きな河川の河口付近の砂を採取する。各河川とも河口から両側ともにほぼ500m離れた所で、波打際から約10m内陸よりの海浜で、河川床砂と同じように表面2～3cm程取り除いて約3～4kg程度採取する。

2. 採取後の処理

採取した試料で水分を含んだものは一旦水切りをして、ポリエチレン袋(60cm×60cm程度)に入れ、きちんと縛っておく。持ち帰った直後、ポリエチレン袋に小孔をあけさらに水切りを行なう。地層岩などで細かく碎く必要なあるものはハンマーなどを用いて細かくする。

その後、60cm～80cm四方に砂を広げ、自然風乾を充分に行なう(3日以上)。風乾後、12メッシュのフルイで振とうし、細かくなった砂を乾燥器(110℃)に入れ、さらに16時間乾燥する。乾燥器にかけないものは長時間自然乾燥させる。

冷却後、測定用の容器(マリネリビーカー)に試料を入れ、フタをした後、砂がこぼれないようにセロテープ等で密閉する。



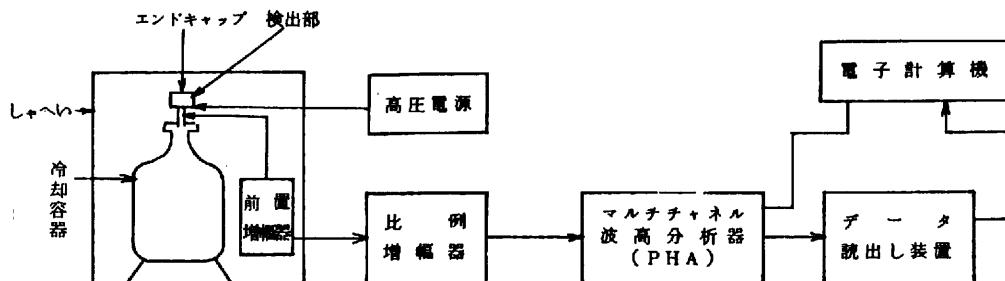
図IV-1 マリネリビーカー

3. 測定方法

当教育センターに昭和54年、放射線の検出装置として、Ge(Li)半導体 γ 線スペクトロメータが設置された。この検出装置によって試料中の γ 線を放出する核種、およびその量を求めることができる。

- ① 試料の入った測定容器（マリネリビーカー）の重量をはかる（おおむね2kg）。検出器を遮蔽している鉛ブロックをはずし、マリネリビーカーを検出装置の検出部を被うように固定し、鉛ブロックを再び積んで測定を始める。
- ② 検出部からの信号は出力のつど、波高分析器に記録され、測定終了後データ処理を行なう。
- ③ 波高分析器に記録されたデータはコンピュータの磁気テープに記録保存される。また、 γ 線のピーク位置（すなわちエネルギー）およびそのカウント数（強度に比例）を計算させ、プリントアウトする。
- ④ 測定が終わった砂は、60g～100g程度（約500mℓ）をサンプルケースに入れ、密封保存する。

以下、この測定装置の概略を示す。



図IV-2 Ge(Li)半導体 γ 線スペクトロメータ

- ◎検出部………P型Geの単結晶（円筒状）の外側から微量のLiを拡散させて、絶縁性を高めたものの（中心軸にはP型Geが残っているので同軸型と称される）に逆バイアス（電流が流れない方向に直流高電圧）をかけると、放射線（特に γ 線）によって生成したイオン対の電子のみが速やかに陽極に流れる。これをパルス信号として取り出すことにより、放射線のエネルギー（1つのパルスをつくるイオン対の数が比例）・入射率（単位時間あたりのパルス信号の数が比例）を測定できる。Liが熱拡散しないよう當時液体窒素（沸点-196°C）で冷却しなければならない。また、天然または人工の放射性物質からの γ 線や宇宙線を遮蔽して、妨害の少ない状態で測定試料からの γ 線を測定できるよう、鉛レンガ（200×100×50mm）を積んで検出器部分を覆っておく。

- ◎波高分析器…検出部からの信号を、このP H Aに適する信号に変換し、0～4,096チャンネル、容（PH A）量 9×10^5 カウント／チャンネルに記憶し、メモリーをコンピュータ部に出力する。
- ◎コンピュータ（ディスクトップコンピュータ S Y S T E M 45）……P H Aから送られてきたデータをディスプレイ上にグラフや表にして表わす。また、0～4,096チャンネルまでのカウントをプロットしたり、ピーク位置を求め、各々のピークのカウント数、半値幅（F W H M）をプリントアウトして表す。データは磁気テープで記録保存する。

4 データ処理の手順

(1) 定量化のための核種選定

γ 線測定だけで、各測定地点での放射性核種の定量化（濃度や線量率）をすべての核種にわたって行なうのは非常に困難である。定量化にあたって、どの γ 線を用いるかは核種から放出される γ 線のエネルギー、放出率、核種相互の妨害を考慮に入れて行わねばならない。本研究では、次のア～エの条件を設定して、核種を選定し次の核種を得た。

- ア. 当センターの検出装置で効率よく検出可能な100～2,000 keV の γ 線を放出する核種であること。
- イ. γ 線の放出率は10%以上であること。
- ウ. 特定しようとする核種に近接する γ 線エネルギーの他核種が存在しないこと。
- エ. 当センターの測定装置で5%未満の計数誤差が容易に達成されること。

表IV-1 各核種の放出率

核種	壊変系列	エネルギー keV (*1)	放出率%(*1)
^{208}Tl	Th系列	5 8 3 . 1	8 6
^{225}Ac		9 1 1 . 1	2 5
^{214}Pb	U 系列	3 5 2 . 0	3 5
^{214}Bi		6 0 9 . 4	4 3
^{40}K	単独存在	1 4 6 0 . 9	1 0 . 7

*1…『Ge(Li)半導体検出器を用いた機器分折法』

昭和51年制定 科学技術庁

(2) データ処理の手順

試料中の放射性核種の定量化（濃度や線量率の定量）をするために、次の手順でデータを処理した。

1. 試料 1 kg 中、単位時間あたりの各放射性核種（表IV-1）の壊変数（D_i : dpm /kg）を求める。
2. 各壊変系列の測定対象核種の放射能濃度（S : pCi/kg）を求める。
3. 各壊変系列の親核種の質量濃度（C : ppm）を求める。
4. 各壊変系列の γ 線の線量率（D : mrd / yr）を求める。

①試料 1 kg 中、単位時間あたりの各放射性核種の壊変数を求める。

$$D_i = \frac{N_i}{A_i \times E\gamma \times 10^{-4}}$$

D_i (dpm / kg) … 壊変数 … 試料 1 kg 中、単位時間あたりの各核種の壊変数

N_i (cpm / kg) … 計数率 … 当教育センターの検出装置で測定して得られた各核種の 1 分間あたりのカウント数 (count per minutes)

A_i (%) …………… 放出率 … 測定対象の各核種から当該 γ 線が放出される割合
(100 壊変につき A_i 個の γ 線を放出)

$E\gamma$ (%) …………… 計数効率 … 試料中の核種から放出された γ 線が検出装置で計測される効率

この D_i は、世界的に通用する放射性核種の濃度の 1 つの表現の仕方である。

上記の計数率や放出率は測定結果や核データ資料で分かるが、計数効率はそれぞれの検出機器、試料と検出器の配置によって、あるいは経年劣化によって異なるので、次のようにして実測した。

※ 計数効率の求め方

$$E\gamma = \frac{\text{単位時間におけるカウント数}}{\text{単位時間に線源から放出される} \gamma \text{粒子の数}} \\ = \frac{\text{カウント数} / \text{測定時間}}{\text{壊変率} \times \text{放出率}} = \frac{N_p / t}{n_o \times A_i}$$

N_p / t … システム 45 でプリントアウトされた 1 秒間あたりのカウント数を表す。 INTENSITY (cnts / sec)
 $E\gamma$ … 計数効率 n_o … 壊変数 (s^{-1}) A_i … 放出率

《求め方の実際》

◎ 計数効率は、本来、測定試料と同一の組成を持つ標準試料を用いて測定されるべきであるが、ここではカリウム-40 (同位体存在比 0.012%) を用いた簡単な方法で測定する。(昭和 62 年 12 月、 KCl 粉末 2.085kg 測定)

[カリウム-40 の原子核の 1 秒間あたりの壊変 (n_o)]

$$n_o = \lambda \times \text{原子数}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda & (\text{壊変定数} (\text{s}^{-1})) \cdots 1 \text{秒間に壊変が起こる確率}) \\
 & = 0.639/T_{1/2} (\text{原子核の壊変式より}) \\
 T_{1/2} & (\text{ }^{40}\text{Kの半減期}) = 1.26 \times 10^9 \text{年} = 3.97 \times 10^{16} \text{秒} \\
 M & (\text{K 1 モルの質量}) = 39.1 (\text{g/mol}) \\
 m & (\text{試料中の } ^{40}\text{K の質量}) \\
 & = \frac{(\text{KClの質量}) \times (\text{Kの原子量}) \times {}^{40}\text{K同位体存在比}}{(\text{KClの式量})} \\
 & = 2.085 \times 39.1 / 74.55 \times 0.012 \times 10^{-2} = 13.12 \times 10^{-12} (\text{g}) \\
 Np/t & (\text{ }^{40}\text{K の } 1,460 \text{ keV ピークで}) \\
 & = (384.5844 - 0.1649) / 60 = 6.407 (\text{cps})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & = \frac{0.693}{T_{1/2}} \times \frac{m}{M} \times 6.02 \times 10^{23} \\
 & = \frac{0.693 \times 13.12 \times 10^{-2} \times 6.02 \times 10^{23}}{3.97 \times 10^{16} \times 39.1} = 3.526 \times 10^4 (\text{dps})
 \end{aligned}$$

[計数効率]

$$E\gamma = \frac{Np/t}{n_o \times Ai} = \frac{6.407}{3.526 \times 10^4 \times 0.107} = 1.70 \times 10^{-3}$$

この計数効率 (1.70×10^{-3}) は、核種カリウム-40の1,460 keV γ 線に対する絶対計数効率を表す。

◎ タリウム-208, アクチニウム-228, 鉛-214, ビスマス-214も壊変率 n_o が分かれれば、同様にして求められるが、これらの各核種の壊変率 n_o の既知試料入手が困難なので、別法(下記)により、これらの核種からの γ 線に対する絶対計数効率を求める。

[タリウム-208, アクチニウム-228, 鉛-214, ビスマス-214からの γ 線に対する相対計数効率を求める。]

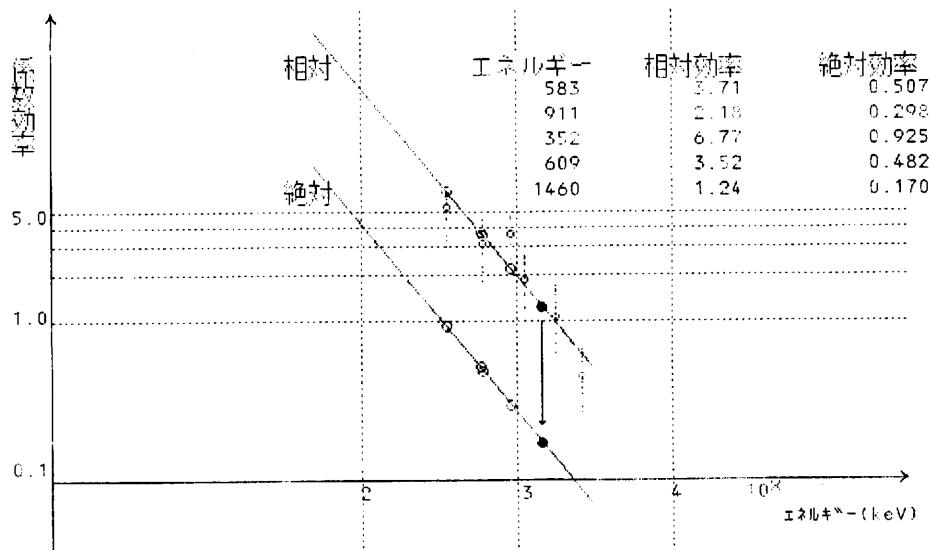
・試料から γ 線の放出率の大きい6種の γ 線を選ぶ。

${}^{208}\text{Tl}$	(2614 keV, 100%)	${}^{228}\text{Ac}$	(911 keV, 25%)
${}^{214}\text{Pb}$	(352 keV, 35%)	${}^{214}\text{Bi}$	(609 keV, 43%)
${}^{214}\text{Bi}$	(1120 keV, 14%)	${}^{214}\text{Bi}$	(1764 keV, 16.6%)

・この6種の γ 線の計数値を、各調査地点試料の測定データ表から拾い出し、次式に代入して相対計数効率を求める。

$$E' \gamma = \frac{Np/t}{A_i}$$

- 各核種について、20測定地点の試料での相対計数効率を求め、その平均値をだす。その値をもとにして、回帰曲線を描く。(図IV-3)
- (タリウム-208、アクチニウム-228、鉛-214、ビスマス-214の絶対計数効率を求める。)
- カリウム-40の絶対計数効率(1,460 keV γ 線に対し0.170%)のところをその回帰曲線が通るよう平行移動した回帰曲線を描く。
- 平行移動した回帰曲線から、各エネルギーの γ 線に対する絶対計数効率を求める。



図IV-3 係数効率を求める

- この計数効率は検出装置の経年変化があるので、全期間を3期に分けて計数効率を求める。

表IV-2 各期の計数効率

核種	I期(54年～56年)	II期(57年～59年)	III期(60年～62年)
	計数効率(%)	計数効率(%)	計数効率(%)
^{208}Tl	0.49	0.50	0.51
^{228}Ac	0.33	0.31	0.30
^{214}Pb	0.76	0.88	0.93
^{214}Bi	0.47	0.47	0.48
^{40}K	0.21	0.17	0.17

- 計数効率を求めることができたので、10ページの式により放射性核種の量を示す壊変数を算出することができる。

② 壊変系列での放射能濃度を pCi /kg 単位で求める。

◎ 単位時間、単位質量あたりの核種壊変数（表IV-1に示す5種類）を求める。

毎秒あたりの壊変数が 3.7×10^{10} 個であるとき 1 Ci (キュリー) であるから 1 kg の試料中の核種のキュリー数 (S) は次のようにして求められる。

$$\begin{aligned} S &= \frac{D_i / 60}{3.7 \times 10^{10} \times w} \\ &= D_i / (2.22 \times 10^{-12} \times w) \text{ (Ci/kg)} \\ &= D_i / (2.22 \times w) \text{ (pCi/kg)} \end{aligned}$$

W … 試料の質量 (kg)
1 p (ピコ) = 10^{-12}
Di … dpm/w

◎ 各核種で S (pCi/kg) を求めたあと、トリウム系列、ウラン系列で各系列の平均値 (So pCi/kg) を求める。ここにおいて、各系列の放射平衡成立を仮定している。カリウム-40は系列を作らないので S = So とする。

$$So \text{ (トリウム系列)} = \{S \text{ (}^{208}\text{ Tl)} + S \text{ (}^{228}\text{ Ac)}\} / 2$$

$$So \text{ (ウラン系列)} = \{S \text{ (}^{214}\text{ Pb)} + S \text{ (}^{214}\text{ Bi)}\} / 2$$

$$So \text{ (}^{40}\text{ K)} = S \text{ (}^{40}\text{ K)}$$

③ 各壊変系列の親核種の質量濃度 (C : ppm) を求める。

◎ 濃度 (ppm) は試料 1 kg 中に存在する $^{232}\text{ Th}$ や $^{238}\text{ U}$ や $^{40}\text{ K}$ の量を mg 単位で表したもので、次式で求められる。

$$C = So \times 10^{-12} \times \frac{3.7 \times 10^{10} \times M \times 10^3}{(0.693 / T_{1/2}) \times 6.02 \times 10^{23}}$$

$T_{1/2}$ ……核種の半減期 (秒)

M … 核種1モルの質量 (g)

核種	$T_{1/2}$ (秒)	M(g)
$^{232}\text{ Th}$	4.40×10^{17}	232.0
$^{238}\text{ U}$	1.42×10^{17}	238.0
$^{40}\text{ K}$	3.97×10^{16}	39.1

④ 各壊変系列の核種の γ 線による放射線量率を求める。

◎ 地表に平面的に一様に存在する試料(親核種濃度 So)から 1 m の高さのところでの線量率 (mr/d / yr) は、次式で求められる。

$$D_{Th} = So \times 25.5 \times 10^{-3}$$

$$D_U = So \times 17.8 \times 10^{-3}$$

$$D_K = So \times 1.56 \times 10^{-3}$$

以下、本研究においては、V章-1、2、3の図中の円グラフについては、放射線量率の単位を用いているが、V章-4、5、6、7のグラフ等数量については一般になじみ深いと思われる質量濃度 ppm { (mg - 核種) / (kg - 試料) } を用いることにする。

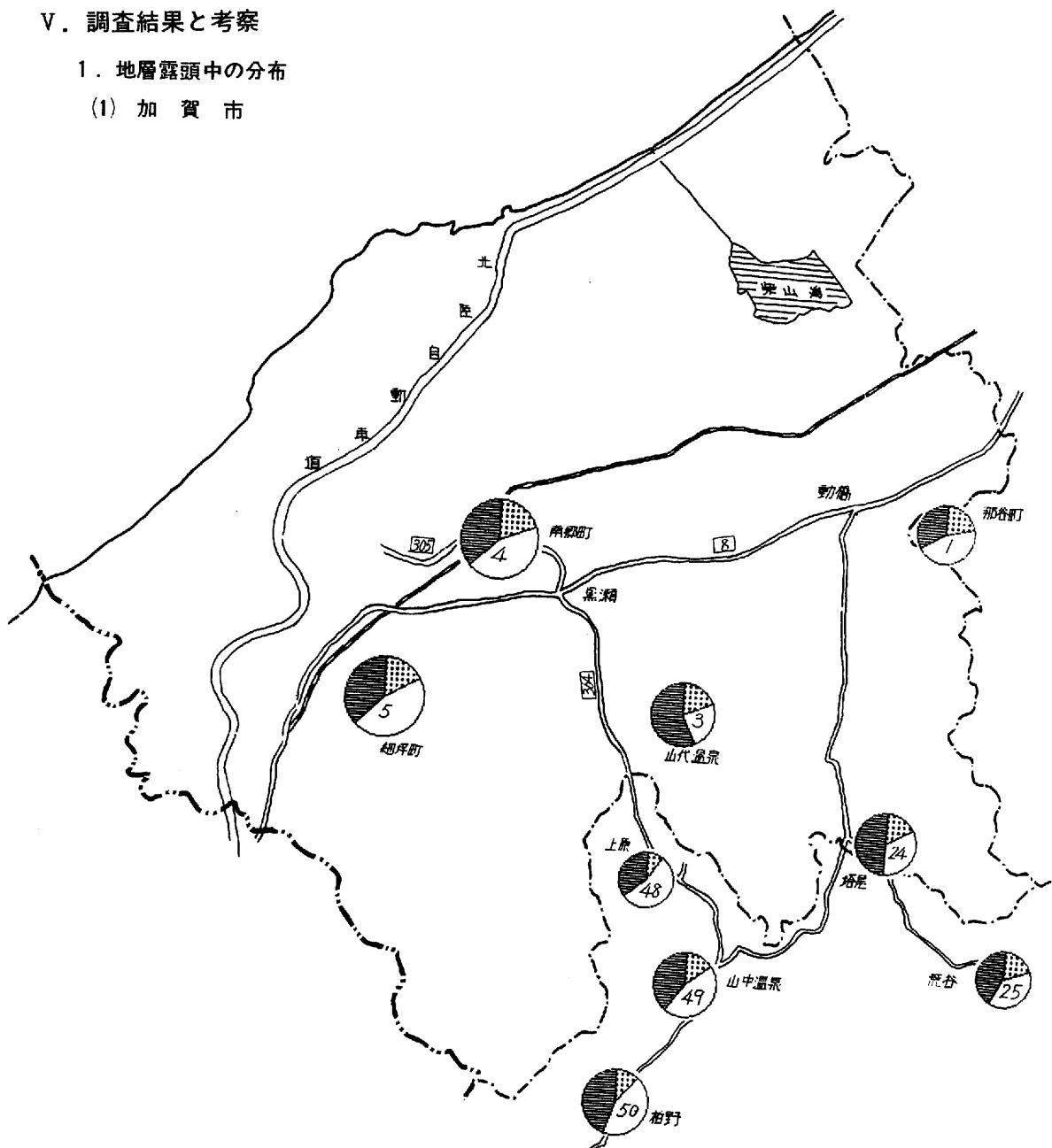
放射能濃度 { (pCi - 核種) / (kg - 試料) } に換算しようとすれば C と S の関係式を用いればよい。

$^{232}\text{ Th}$ の場合 1 ppm は 110 pCi/kg, $^{238}\text{ U}$ の 1 ppm は 337 pCi/kg, $^{40}\text{ K}$ の 1 ppm は 7,140 pCi/kg である。

V. 調査結果と考察

1. 地層露頭中の分布

(1) 加賀市



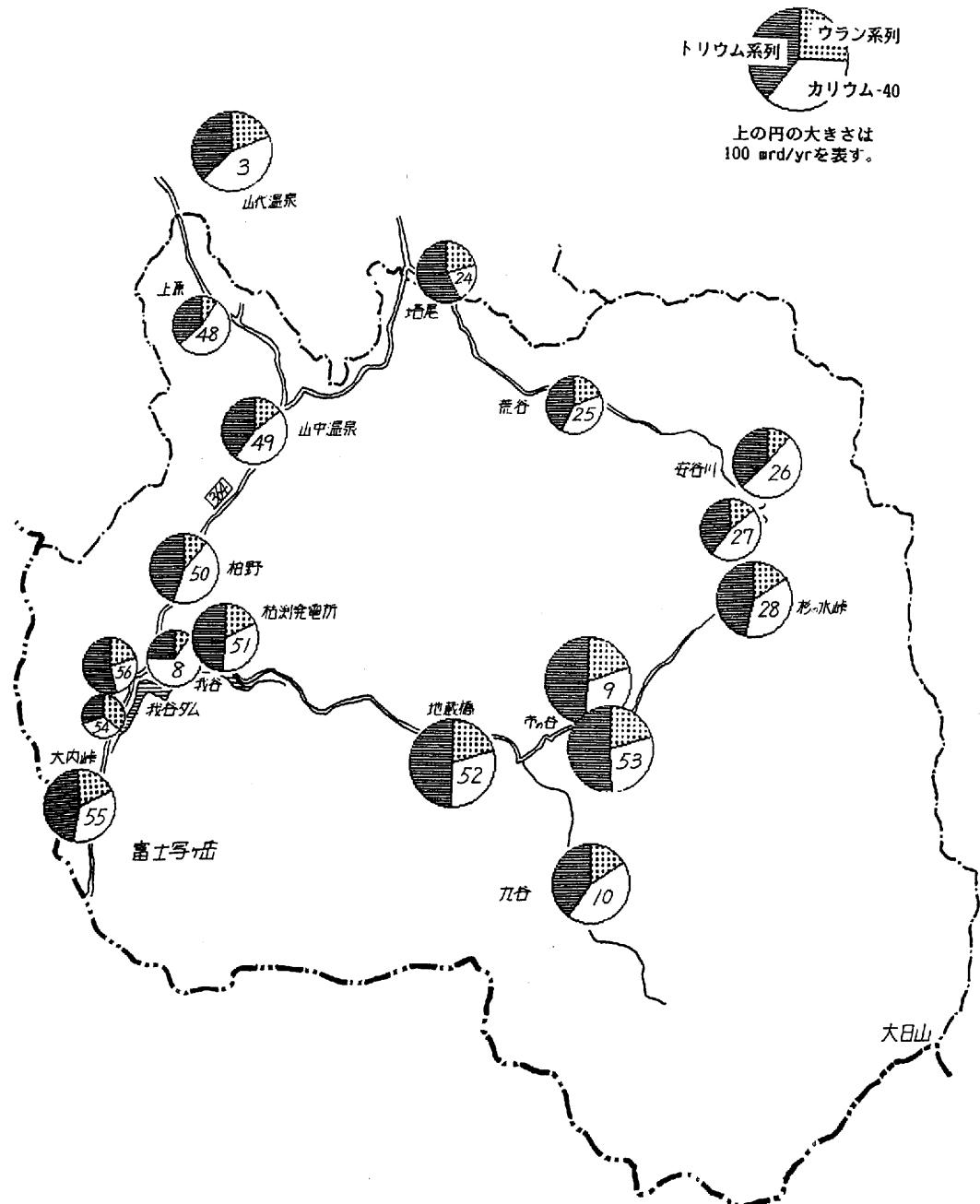
<図表説明>

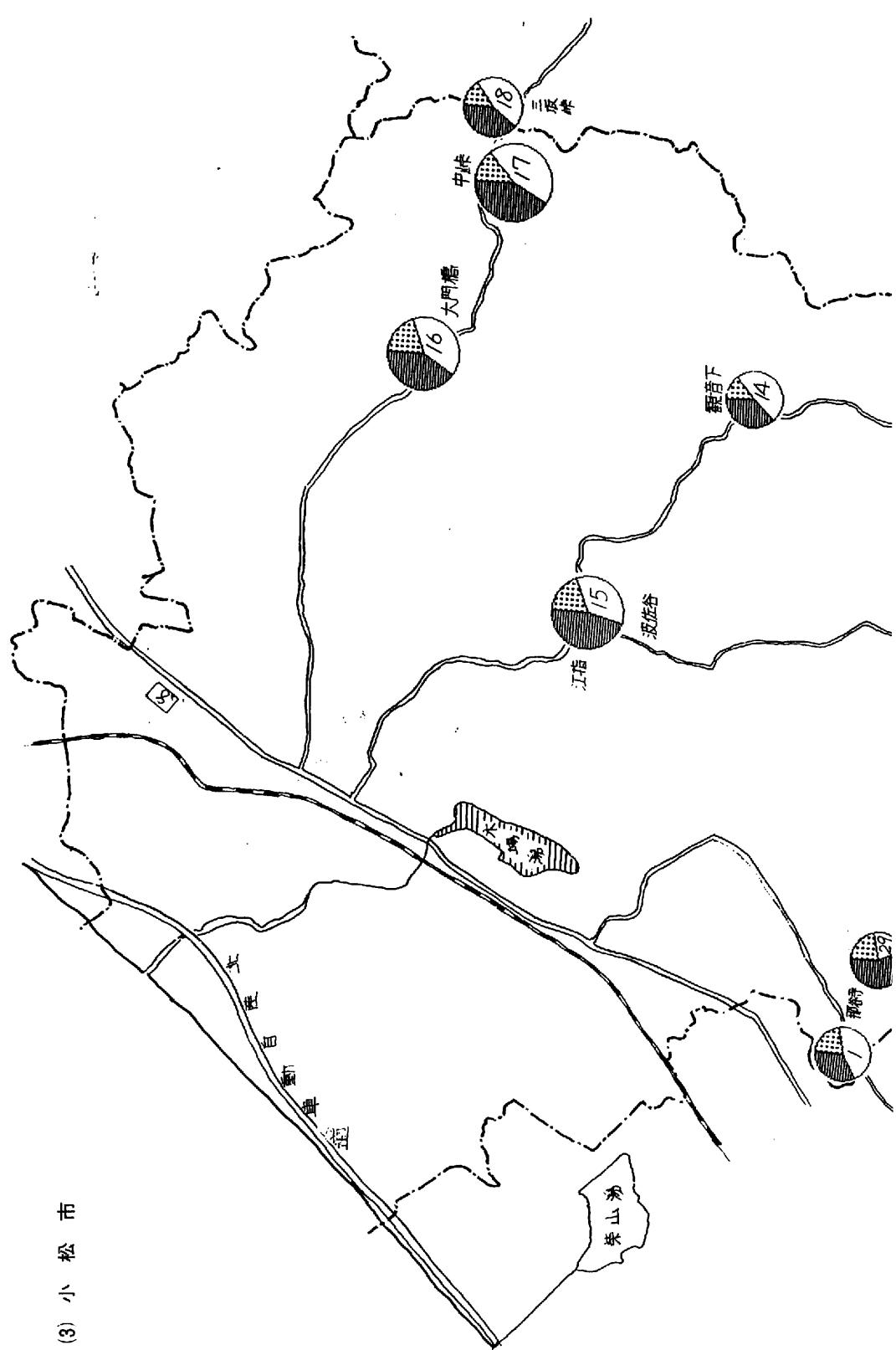
円の面積で1年間の総線量(mrd/yr)を、
扇型の面積でそれぞれの成分比を表す。
また、円の中心の位置は試料採取地点を
示し、中の番号は試料番号である。



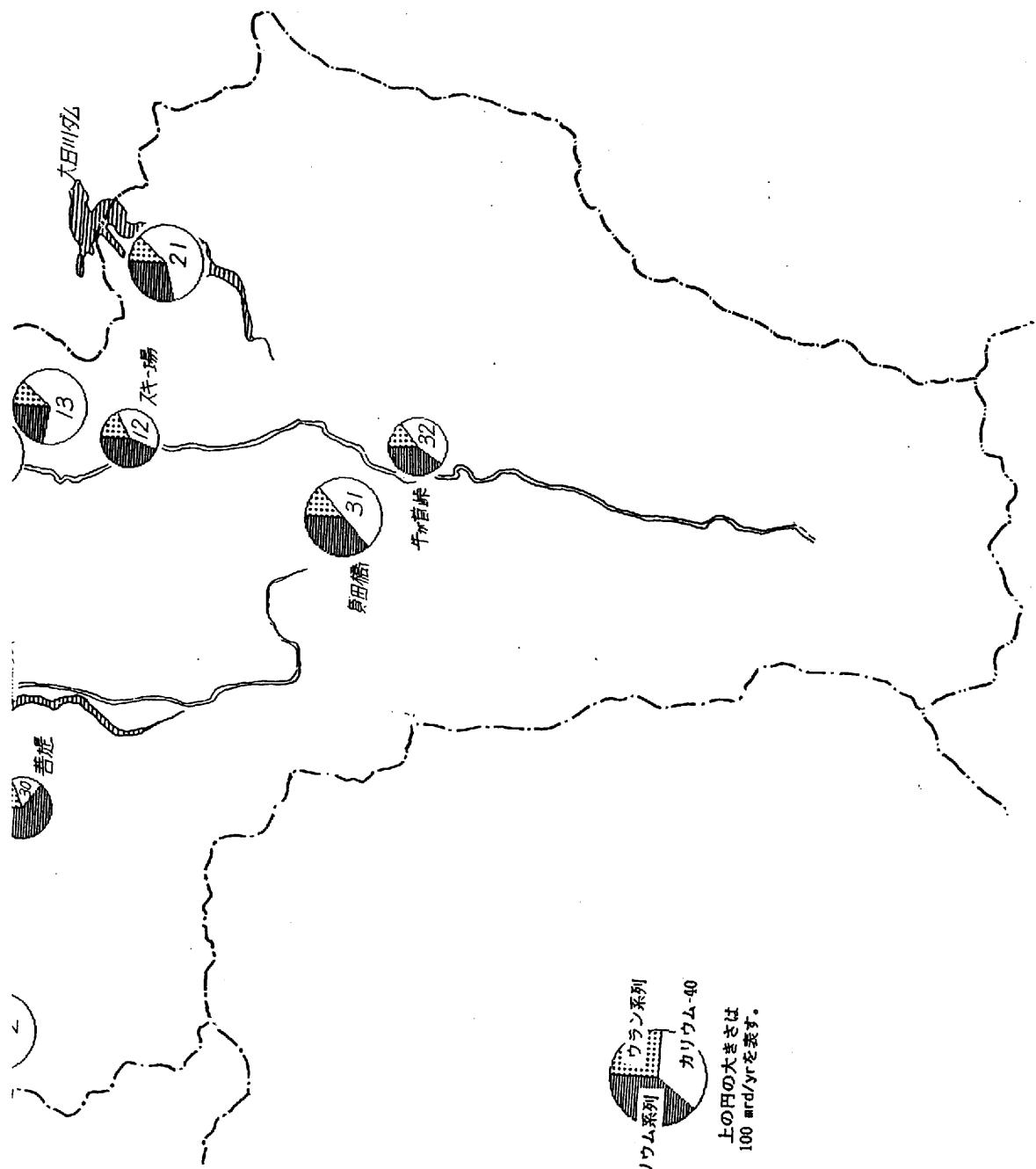
上の円の大きさは
100 mrd/yr を表す。

(2) 江沼郡

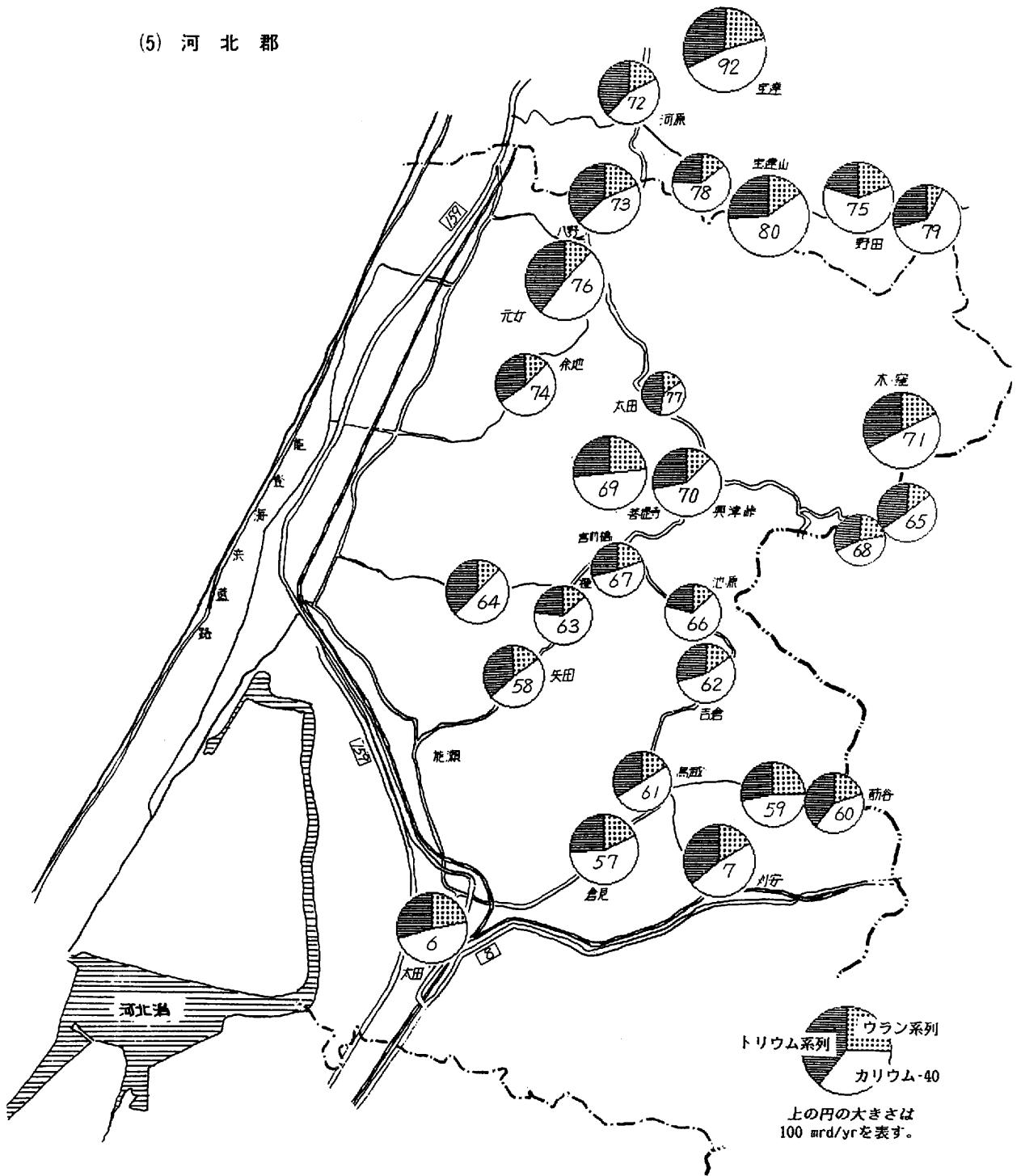




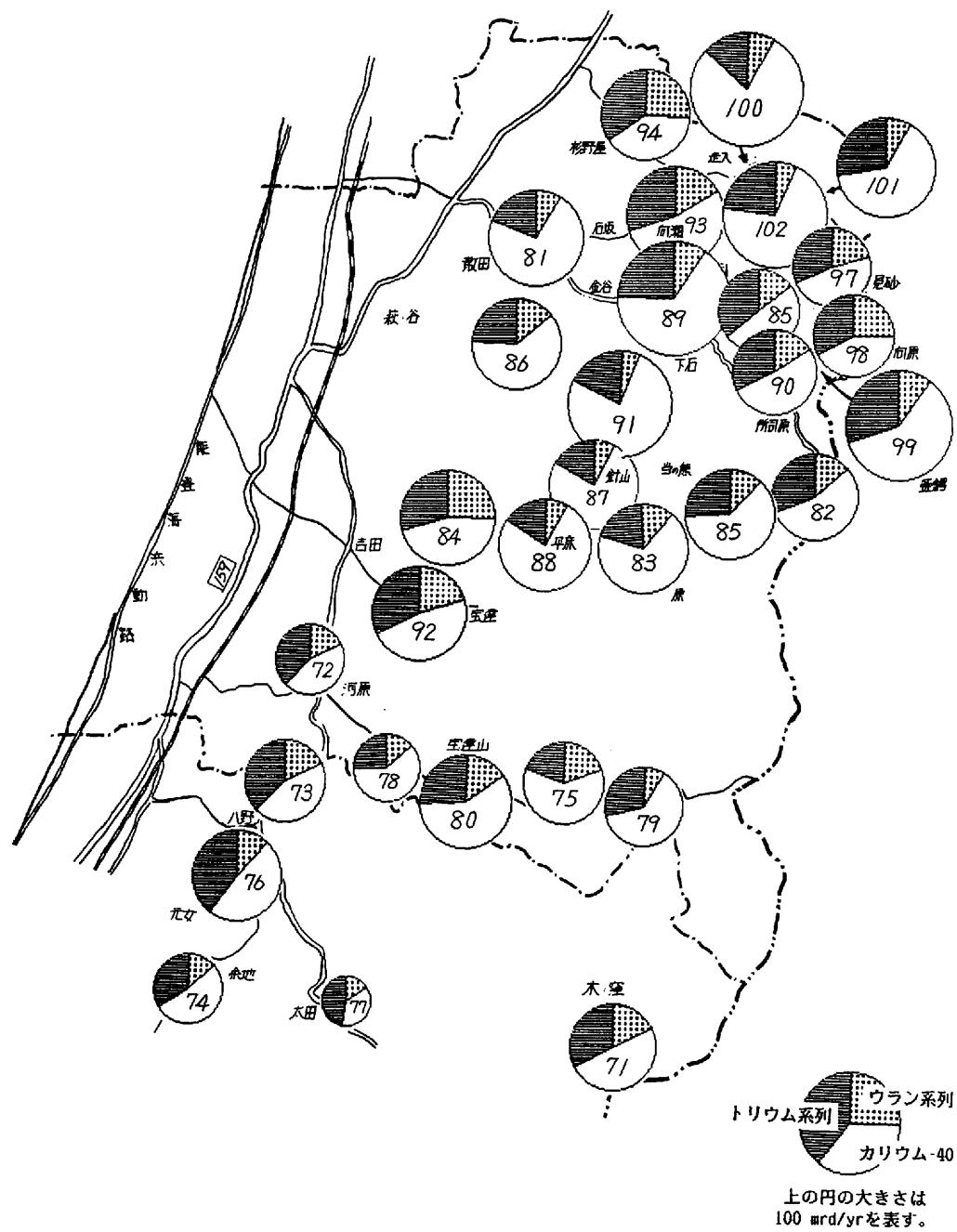
(3) 小 松 市



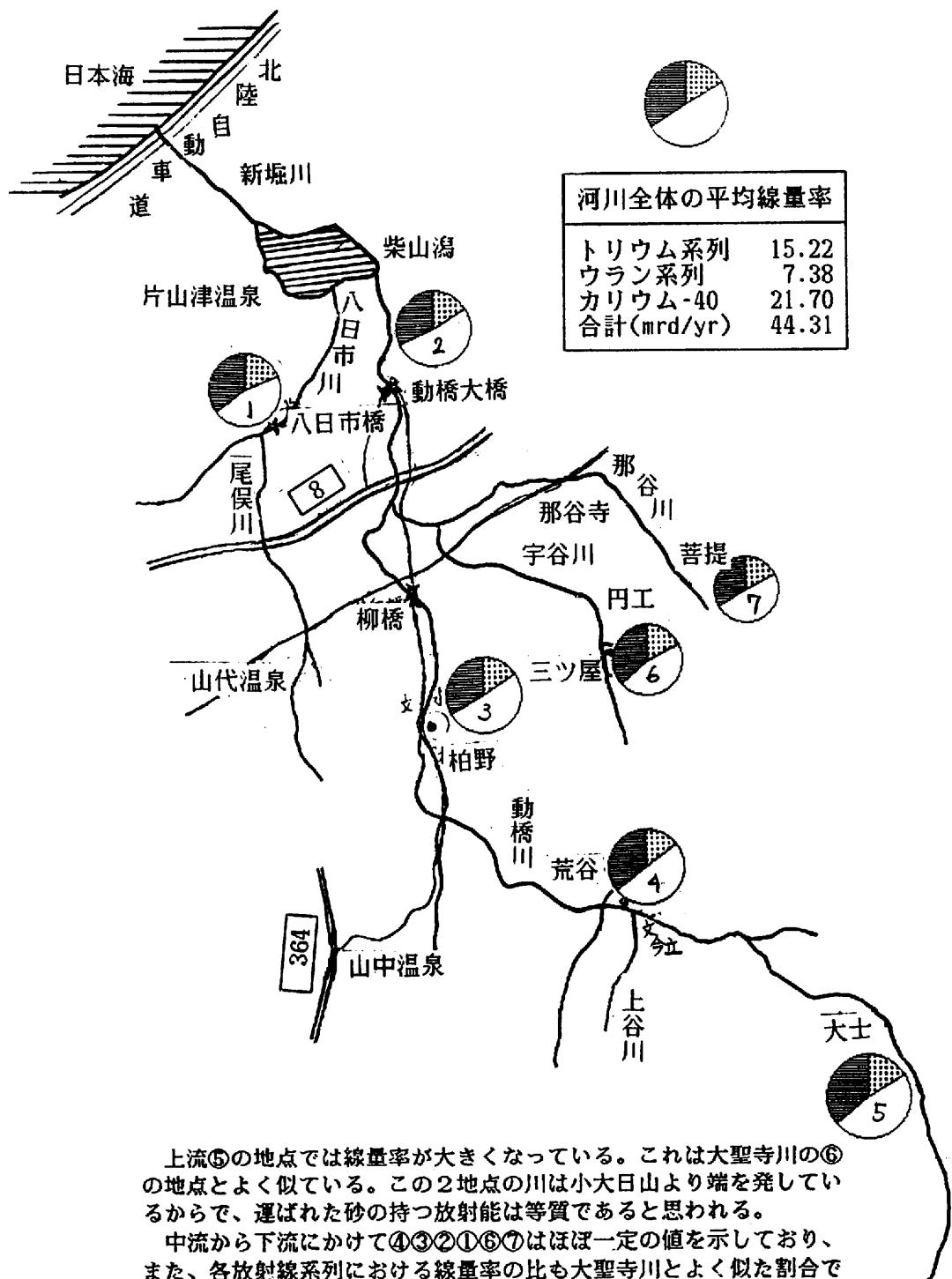
(5) 河北郡



(6) 羽咋郡



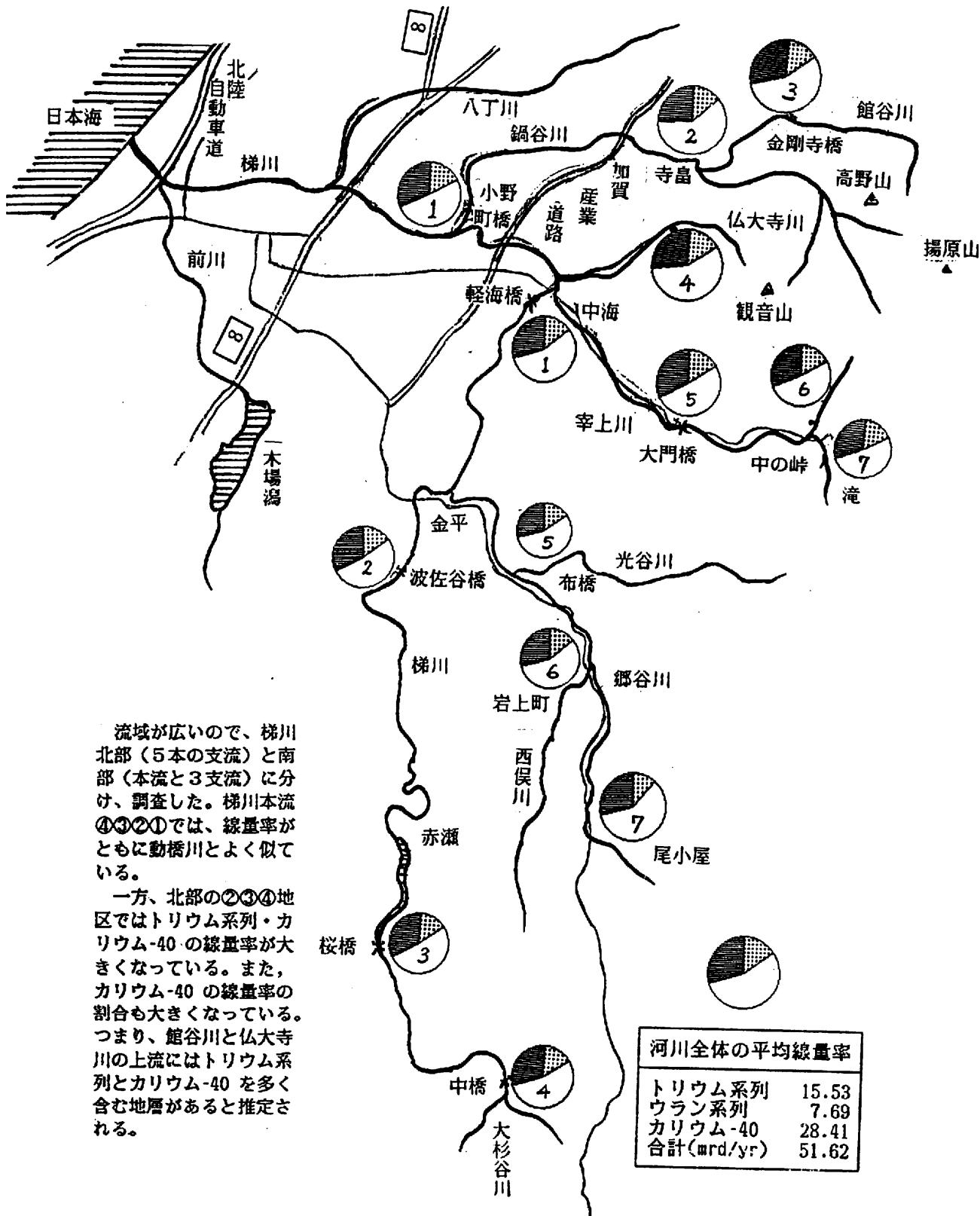
(2) 動橋川



上流⑤の地点では線量率が大きくなっている。これは大聖寺川の⑥の地点とよく似ている。この2地点の川は小大日山より端を発しているからで、運ばれた砂の持つ放射能は等質であると思われる。

中流から下流にかけて④③②①⑥⑦はほぼ一定の値を示しており、また、各放射線系列における線量率の比も大聖寺川とよく似た割合である。

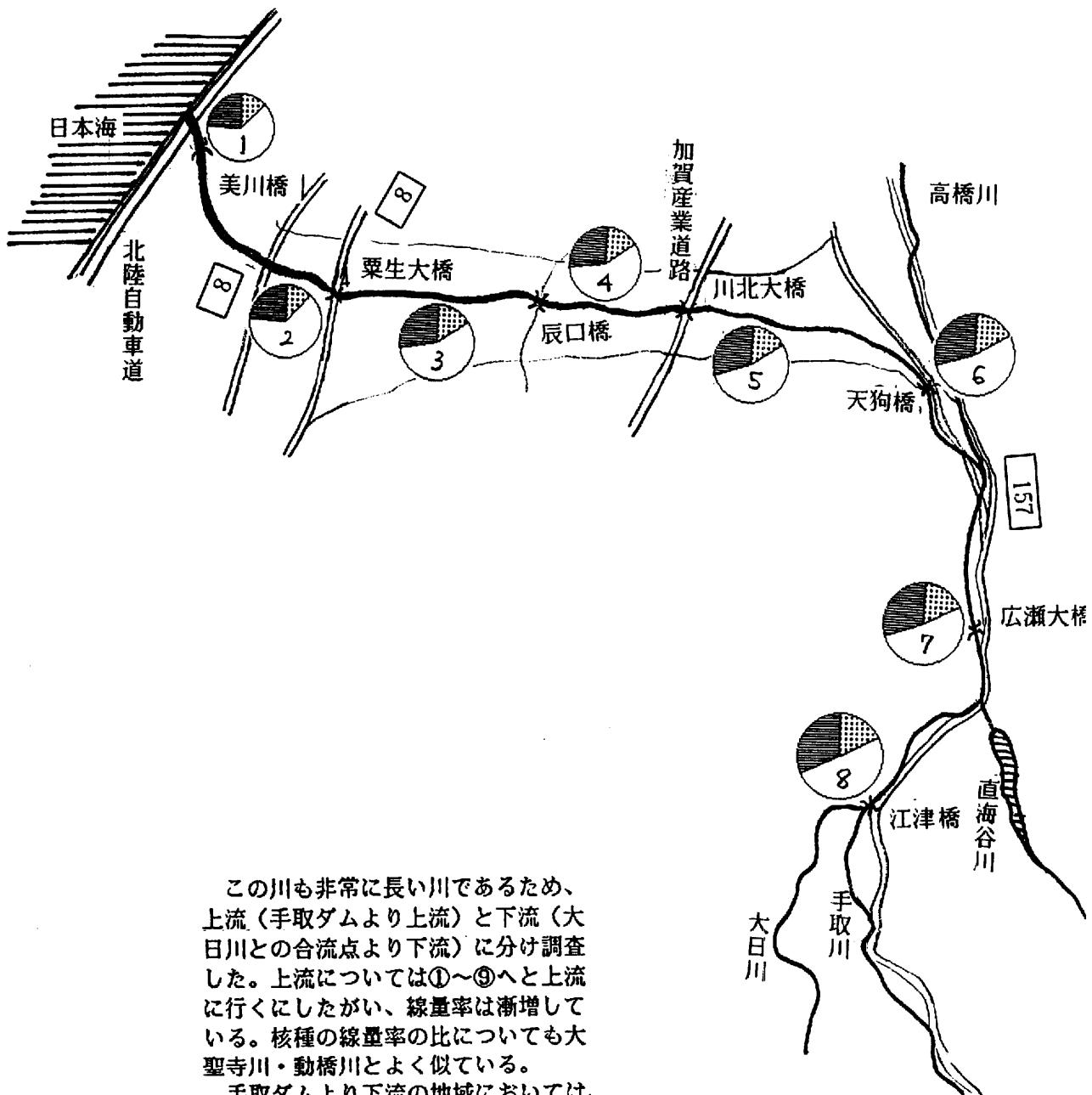
(3) 梯 川



流域が広いので、梯川北部（5本の支流）と南部（本流と3支流）に分け、調査した。梯川本流④③②①では、線量率がともに動橋川とよく似ている。

一方、北部の②③④地区ではトリウム系列・カリウム-40の線量率が大きくなっている。また、カリウム-40の線量率の割合も大きくなっている。つまり、館谷川と仏大寺川の上流にはトリウム系列とカリウム-40を多く含む地層があると推定される。

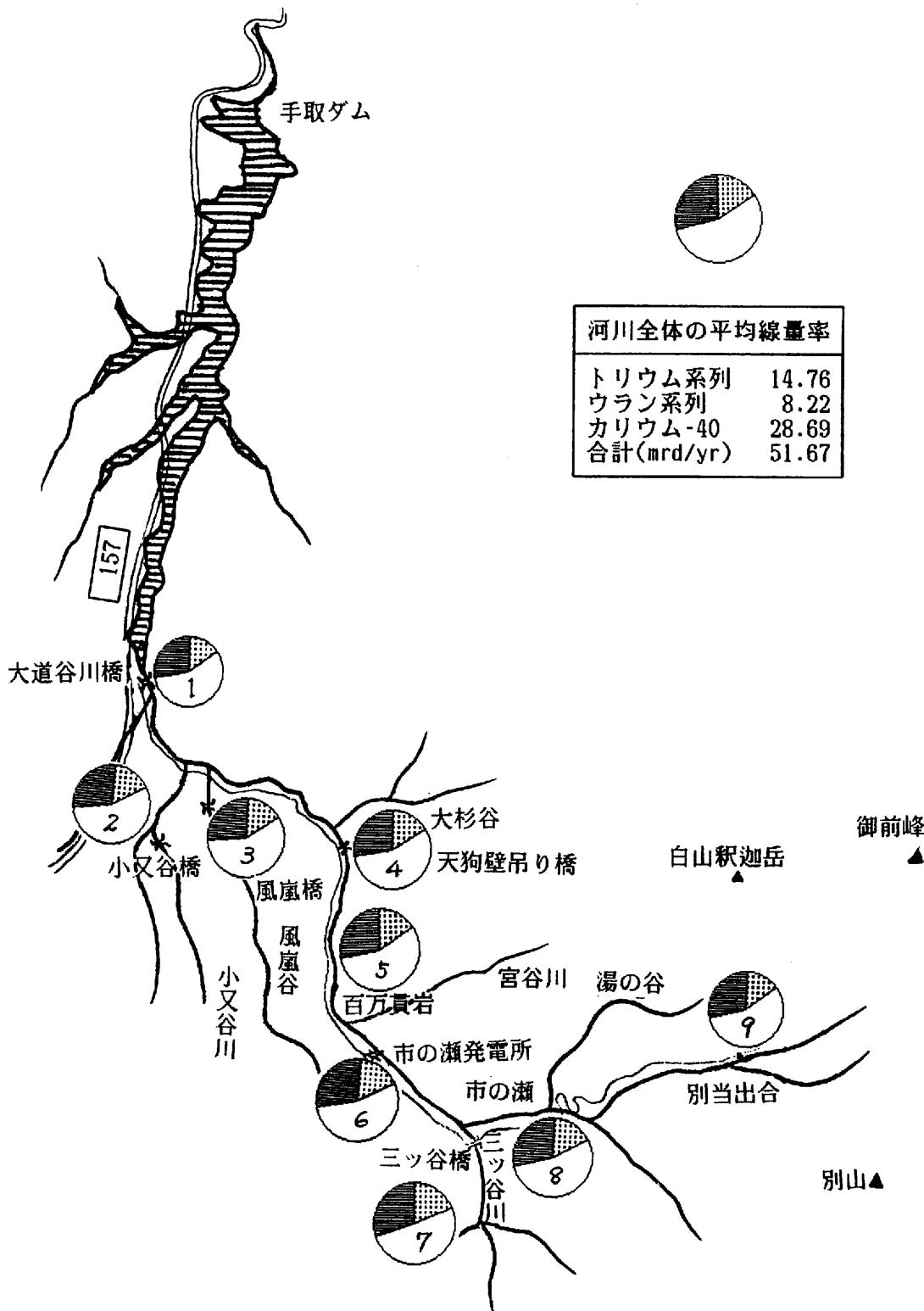
(4) 手取川



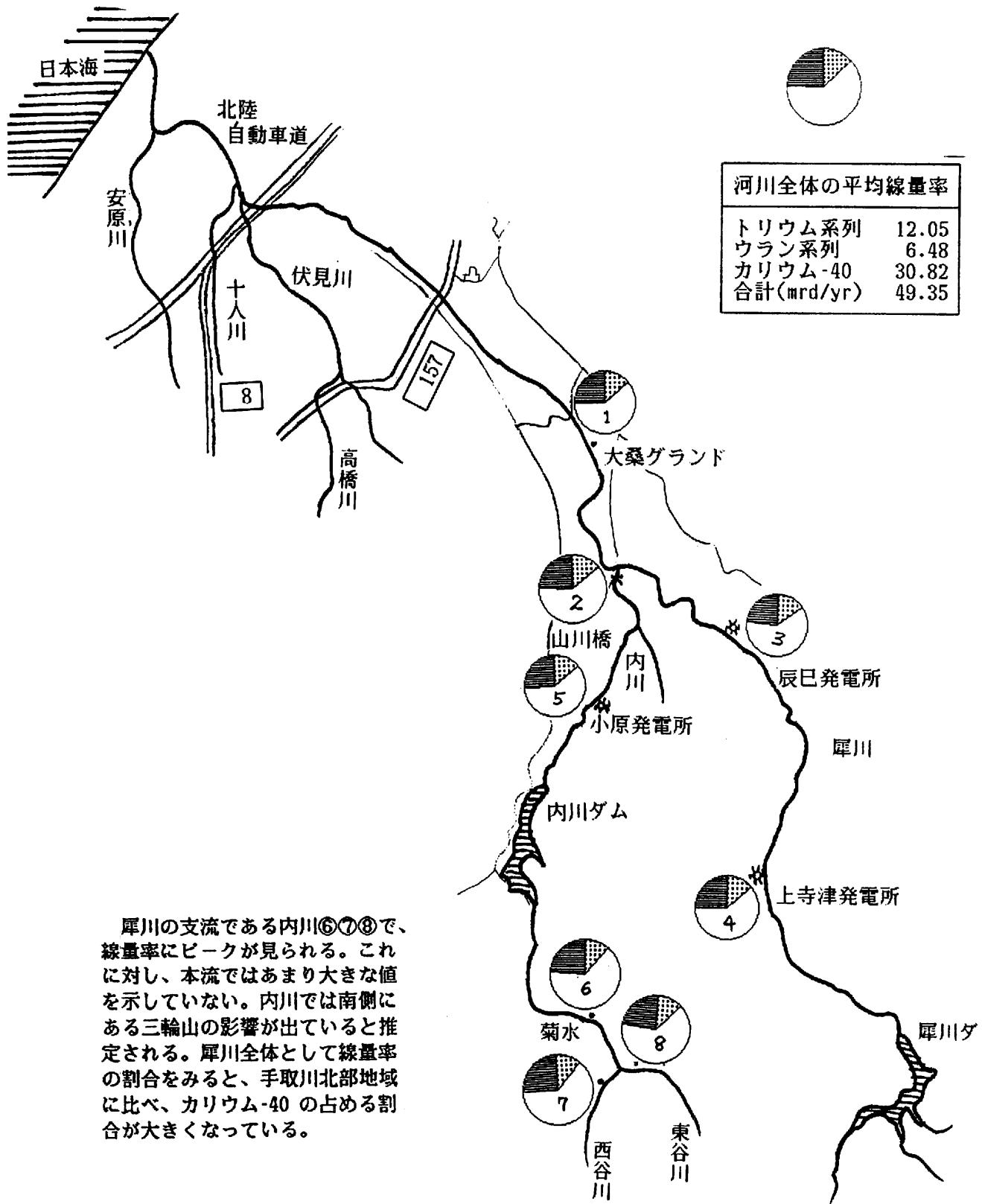
この川も非常に長い川であるため、上流（手取ダムより上流）と下流（大日川との合流点より下流）に分け調査した。上流については①～⑨へと上流に行くにしたがい、線量率は漸増している。核種の線量率の比についても大聖寺川・動橋川とよく似ている。

手取ダムより下流の地域においては、⑥⑦⑧の地域にピークが見られる。これは、トリウム系列の影響が大きく寄与している。線量率の強さからみて、梯川北部の館谷川・仏大寺川とほぼ同レベルである。地図上では、これら地域に高野山・揚原山があり、その影響が両河川にあらわれていると思われる。しかし、トリウム系列、カリウム-40 の存在割合が両河川に違いが出ているので即断はできない。

以上の大聖寺川・動橋川・梯川・手取川を各河川で平均してみると、ほぼ同じような傾向にある。

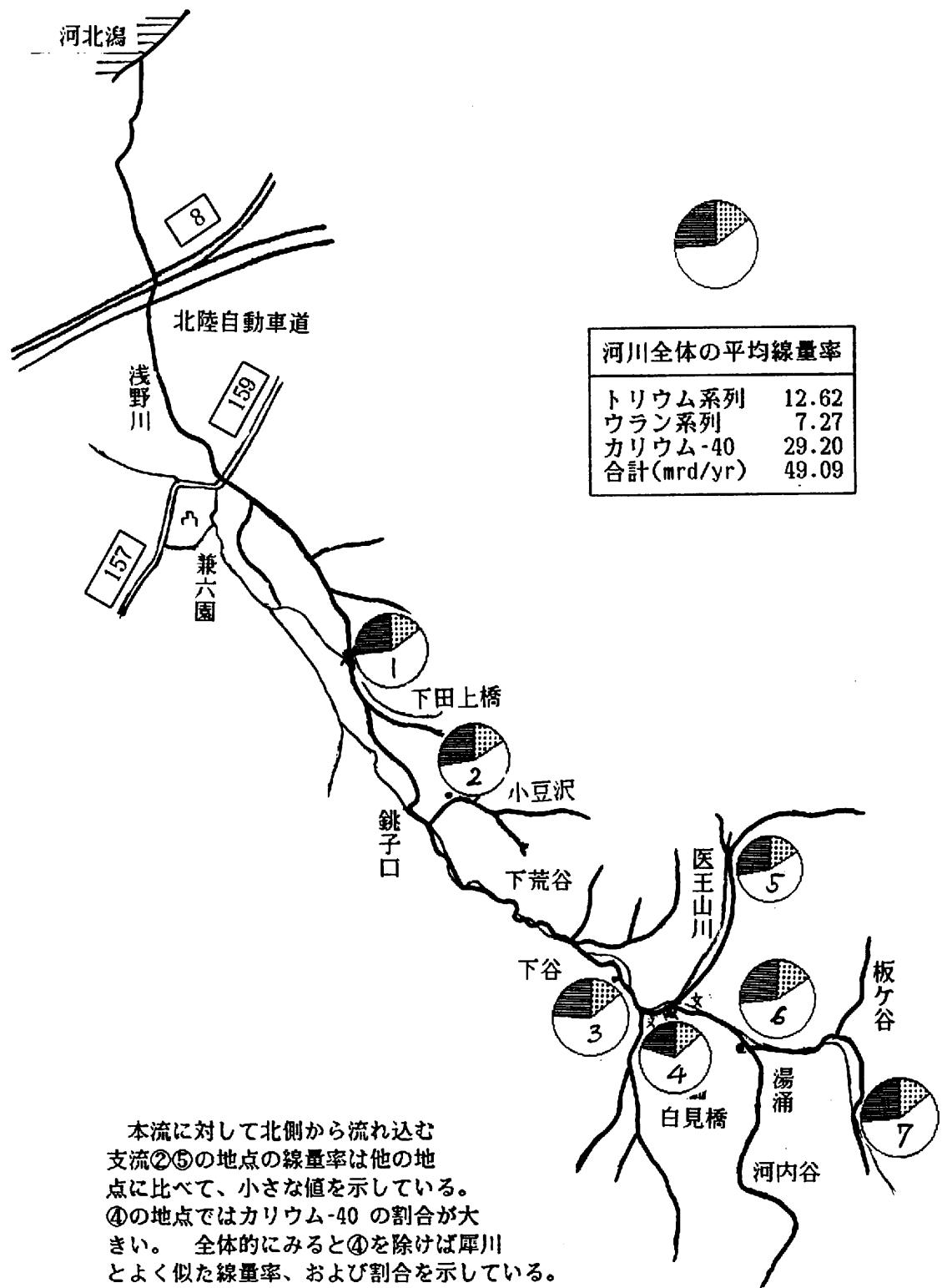


(5) 扉川

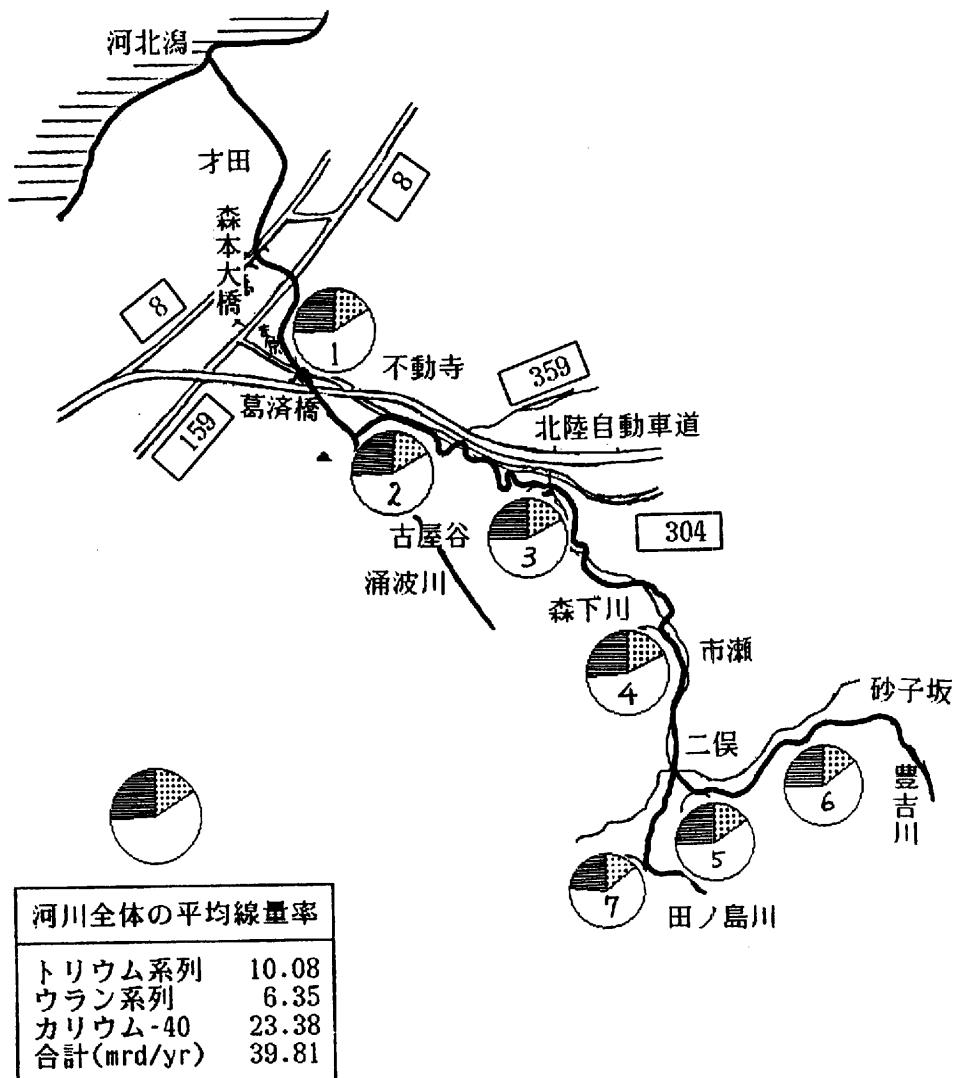


扉川の支流である内川⑥⑦⑧で、線量率にピークが見られる。これに対し、本流ではあまり大きな値を示していない。内川では南側にある三輪山の影響が出ていると推定される。扉川全体として線量率の割合をみると、手取川北部地域に比べ、カリウム-40 の占める割合が大きくなっている。

(6) 浅野川



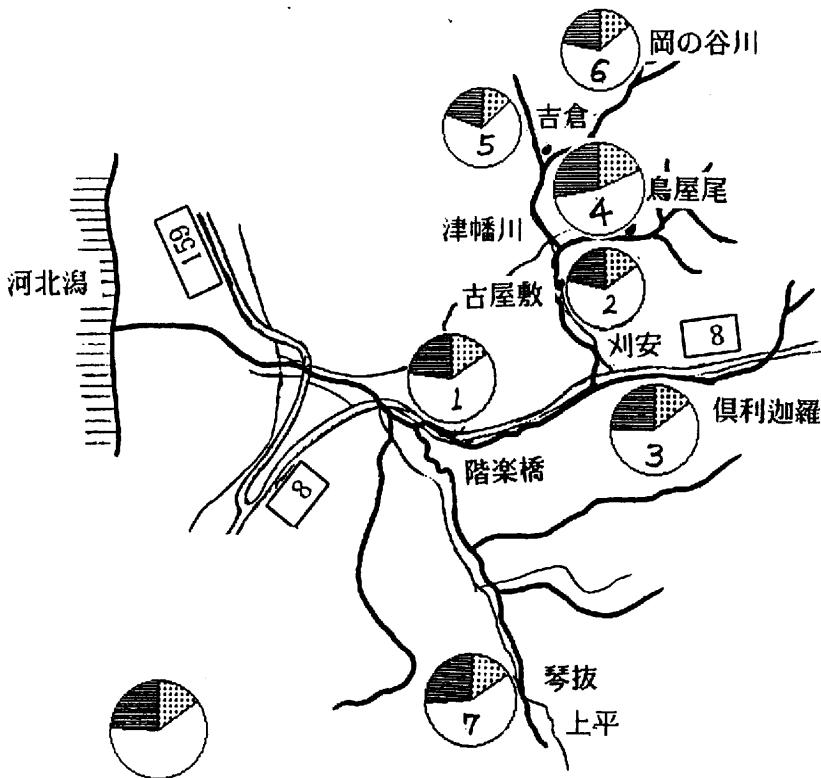
(7) 森下川



上流から下流にかけて、全体的に線量率が、今までの河川に比べて小さくなっている。それぞれの成分の割合はほぼ同じである。

南側から流れ込んでいる支流⑦では線量率がさらに小さい。浅野川の②⑤とともにみて医王山・戸室山の影響が出ていると推察される。

(8) 津幡川



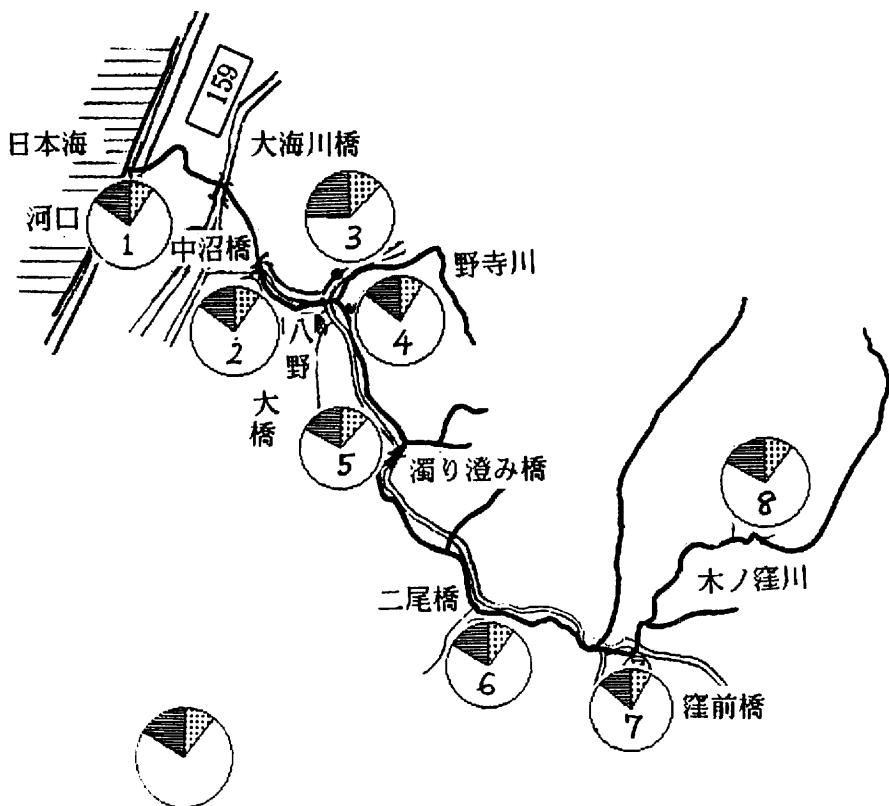
河川全体の平均線量率

トリウム系列	10.90
ウラン系列	6.91
カリウム-40	27.74
合計(mrd/yr)	45.55

津幡川本流①②⑤⑥の線量率は小さな値を示している。これに対し、支流の③④⑦の測定値がともに大きくなっている。

全般的に各河川を平均してみると、犀川・浅野川・森下川・津幡川は線量率の大きさ、およびその成分の割合はよく似ている。しかし、金沢より南の河川と比較すると、トリウム系列の線量率が約4 mrad/yr 小さくなりウラン系列も約1 mrad/yr 小さくなっている。しかし、逆にカリウム-40 は約1 mrad/yr 大きくなっている。

(9) 大海川

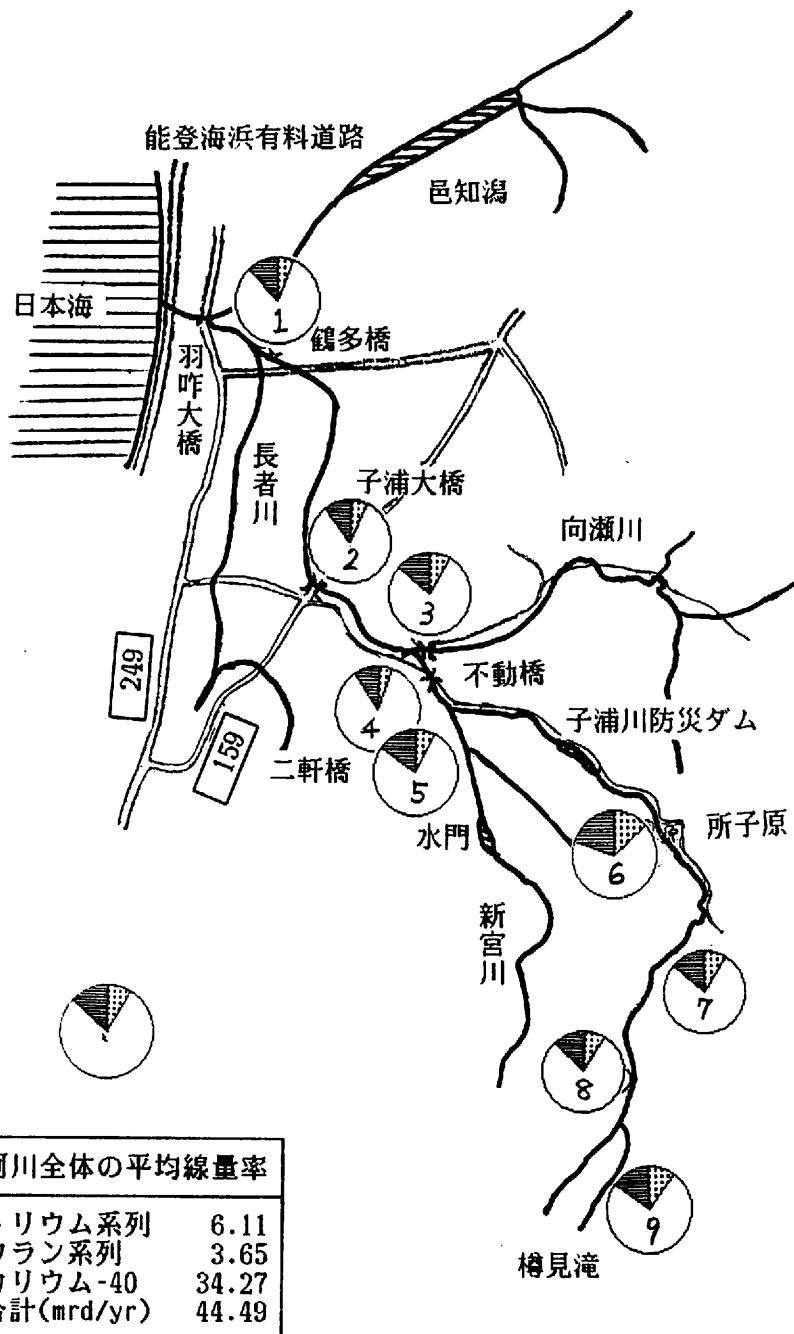


河川全体の平均線量率

トリウム系列	7.76
ウラン系列	4.71
カリウム-40	33.67
合計(mrd/yr)	46.14

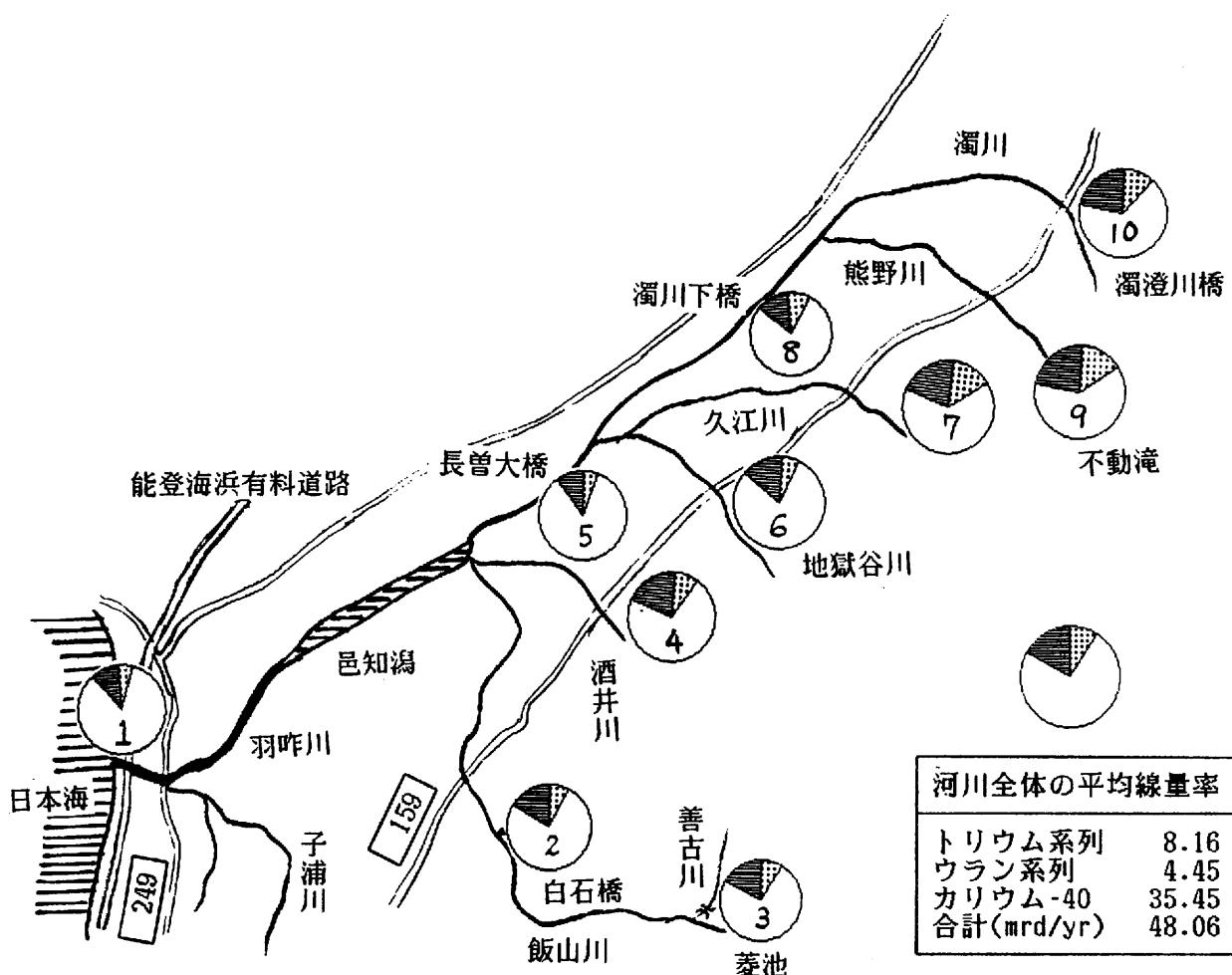
大海川本流は線量率、およびその成分割合はほぼ一定であるが、トリウム系列がさらに小さくなっている。しかし、カリウム-40 の値は非常に大きくなってしまっており、全線量率の7割を占めている。支流の野寺川③は森下川、津幡川と同じ線量率の割合を示している。

(10) 子浦川

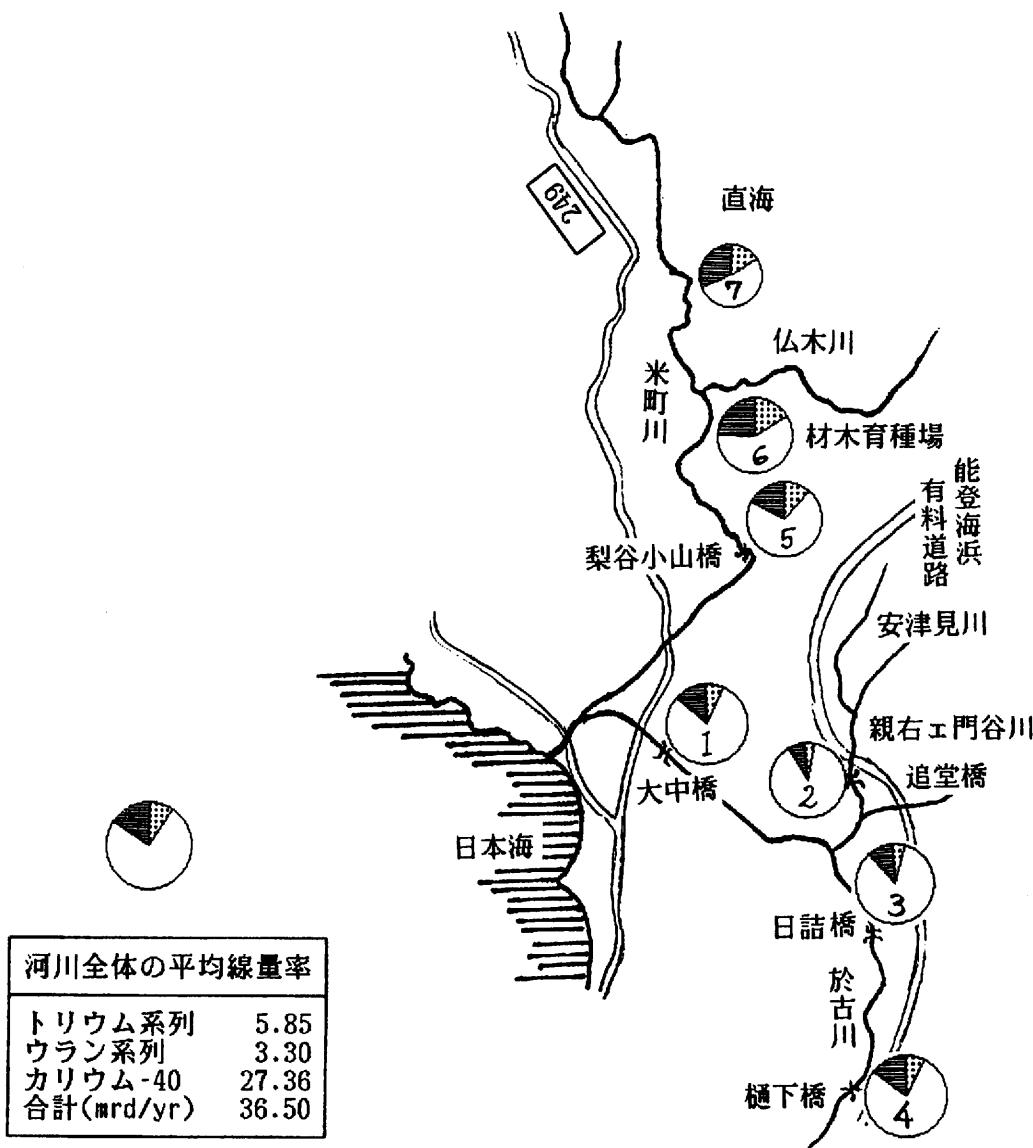


子浦川全体では、線量率の大きさについてはあまり起伏がみられない。しかし、トリウム系列・ウラン系列はさらに小さくなり、カリウム-40 はさらに大きくなつて、線量率全体の75%近くをしめている。

(1) 長曾川

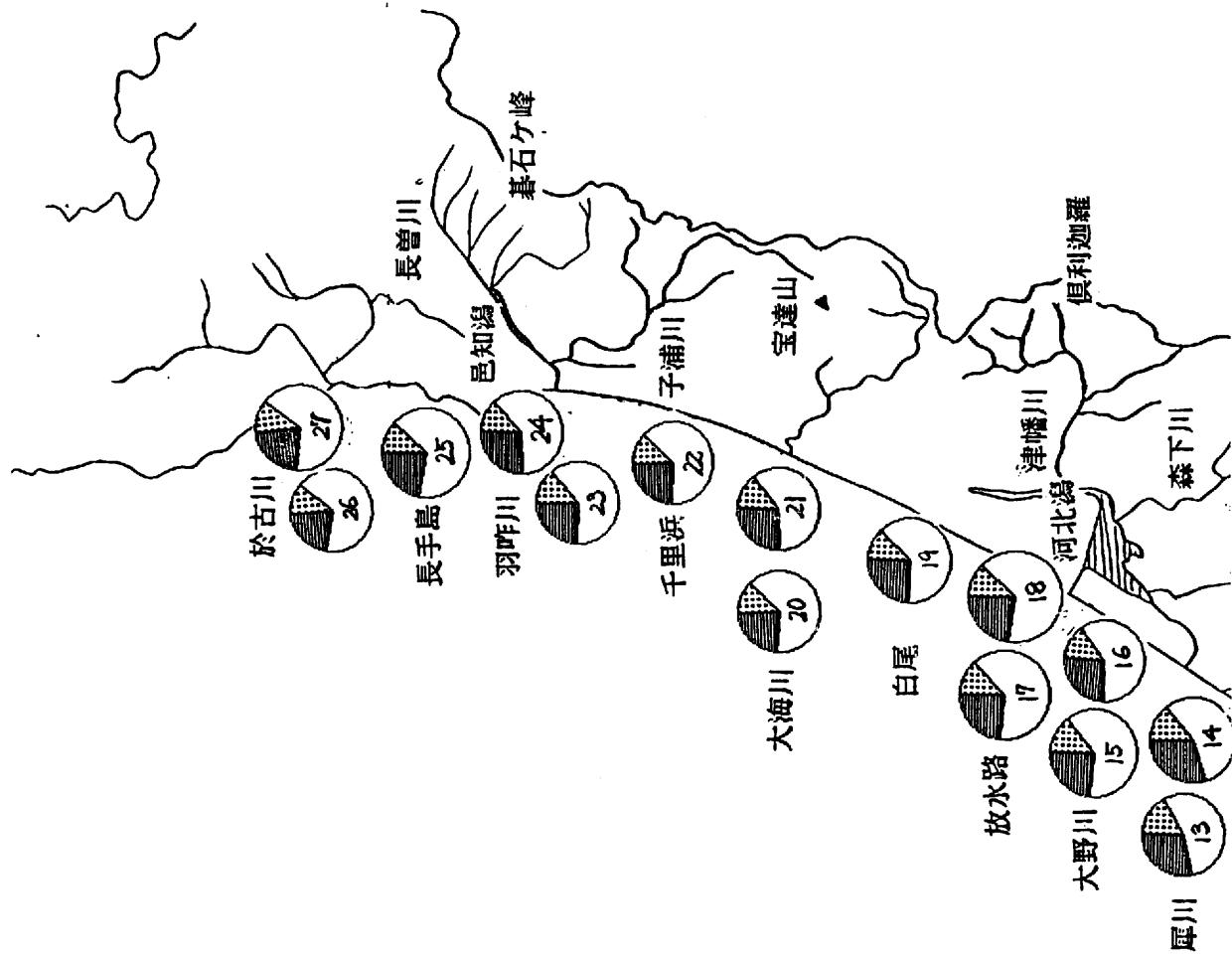


国道159号線より東側の支流④⑥⑦⑨⑩の地点では、他の地点より線量率が大きい。しかし、カリウム-40 の割合は他の地点より小さい。長曾川本流は邑地地溝帯の中央部を流れている。⑤⑧の地点ではカリウム-40 の割合が大きくなっている。子浦川の下流②④とよく似た状態を示している。

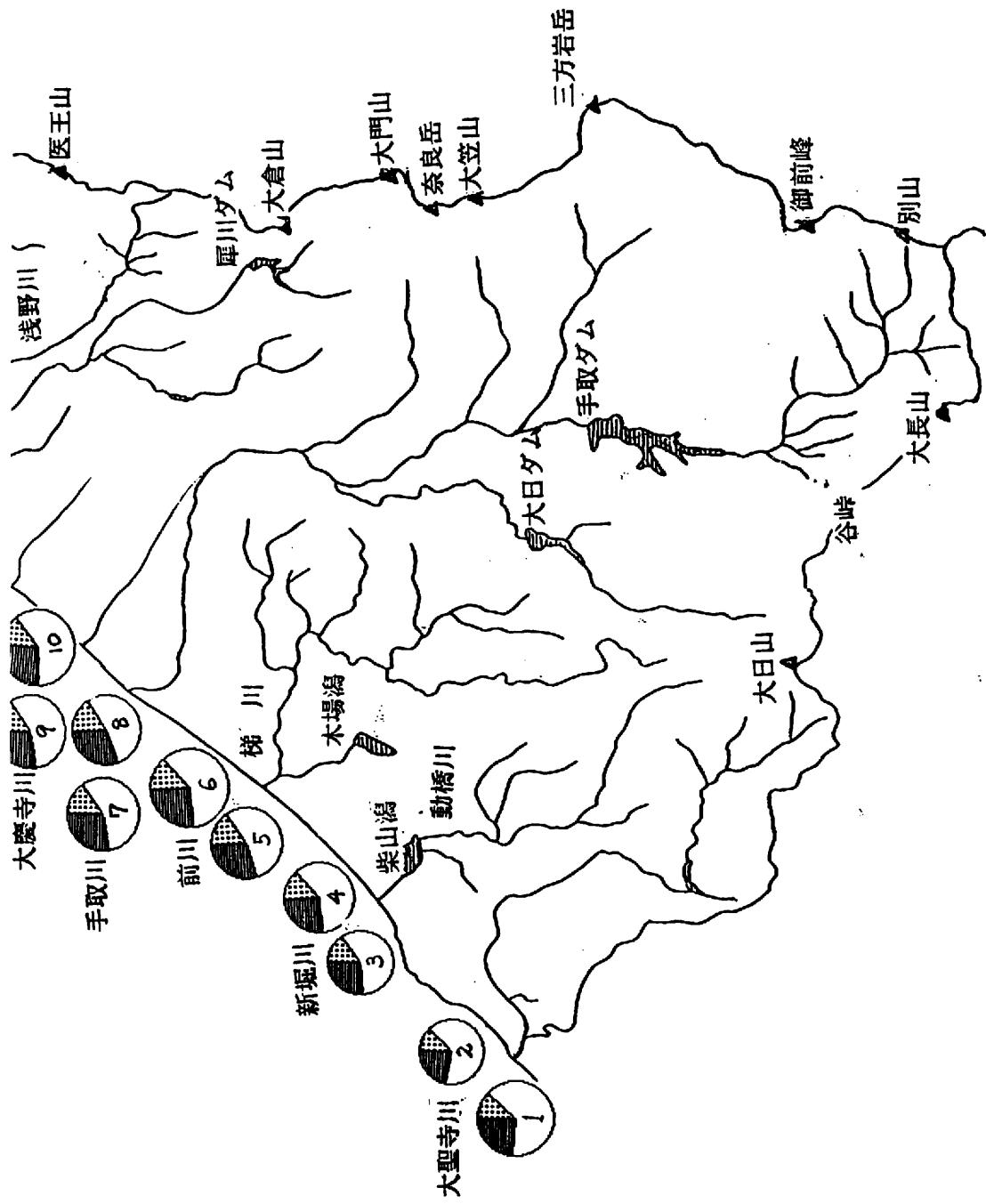


平野部を流れる於古川とやや山合いを流れる米町川とで、その様相は異なる。線量率では米町川の方が小さく、カリウム-40 の線量率がかなり小さくなっている。また、河川の上流でみられるような特徴（トリウム系列の線量率が比較的大きい）が米町川で見られる。

大海川・子浦川・長曾川・於古川の4河川を全体的にみると金沢地区の河川よりもさらに線量率が小さくなっている。トリウム系列で約4mrad/yr、ウラン系列でも約3mrad/yr近く小さくなっている。しかし、カリウム-40 は逆に5mrad/yr以上大きくなっている。



3. 海浜砂中の分布

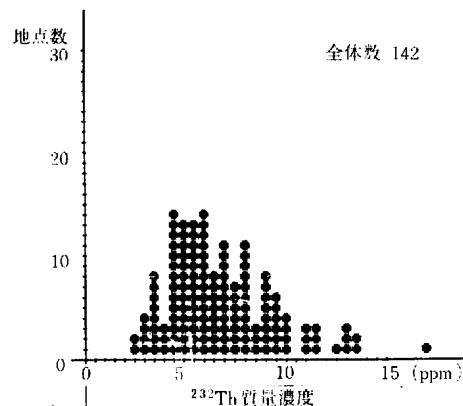


4. 地層における放射性核種濃度分布について

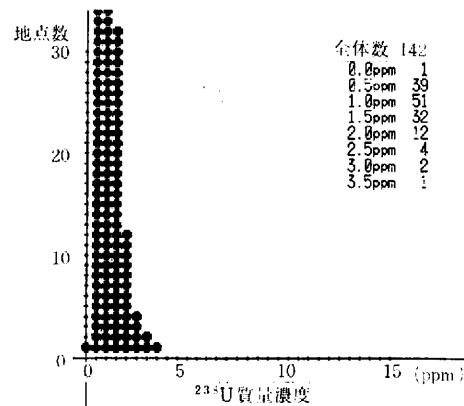
(1) 放射性核種質量濃度の頻度分布

図V-1～図V-3は石川県の加賀から口能登にかけての142地点(III.(4)地層土砂の採取地点参照)の地層より採取した試料(土砂)についてのトリウム-232、ウラン-238、カリウム-40の放射性核種の質量濃度をppm(百万分率)で表わし、それぞれの頻度分布を示したものである。トリウム-232の質量濃度は2.63 ppm～17.39 ppmの範囲に分布しており、その平均値は7.05 ppmとなる。ウラン-238の質量濃度は0.45 ppm～3.80 ppmの範囲にあり、平均値1.40 ppmである。カリウム-40の質量濃度は0.62 ppm～8.66 ppmの範囲で平均値2.83 ppmである。よって全体的傾向として土砂の放射性核種の濃度を質量で比較すれば、トリウム-232が最も多く、カリウム-40、ウラン-238の順といえる。しかし142地点の内15地点でウラン-238がカリウム-40よりも質量的に多く、その場合でもトリウム-232は最も多かった。

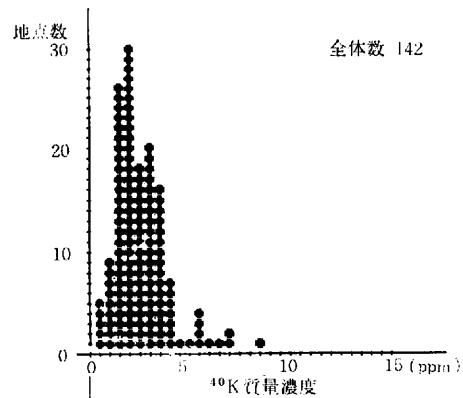
図V-1
地層における ^{232}Th の質量濃度の頻度分布



図V-2
地層における ^{238}U 濃度の頻度分布



図V-3
地層における ^{40}K 濃度の頻度分布



(2) 地層別にみた放射性核種の質量濃度比較

表V-1は試料採取地点(試料番号で示す)を地層名(参考文献10)ごとに区分し、放射性核種の質量濃度をまとめたものである。なお、石動山から宝達山、および眉文山にかけて広く分布する砂岩・礫岩層は考察での必要上、邑知地溝帯および飯山～水見線を境とし3区画に細分した(図V-9参照)。また地層名には地層番号を付記し地層名不確定な試料は36としてまとめた。採取地点を示す試料番号はV章1地層露頭中の分布の図グラフの数字と対応する。

表V-1 地層別にみた放射性核種の質量濃度

地層番号	記号	地層名	試料番号	トリウム-232	ウラン-238	カリウム-40
1	a ₁	沖積堆積物	1、4、6、48	4.32～8.24 5.91	0.5～2.31 1.5	1.49～2.71 2.07
2	a ₁	沖積堆積物	72	6.13	1.27	1.81
3	d ₂	海成段丘層(滝層)	140、142	13.15～13.26 13.20	2.37～2.64 2.51	1.73～1.87 1.80
4	d ₂	海成段丘層	73	8.84	1.95	2.61
5	U	泥・砂・礫層(卯辰山層)	74、103	4.05～5.77 4.91	0.77～1.00 0.89	2.26～2.45 2.36
6	Om	砂岩層(大桑層)	23	5.78	1.00	1.66
7	H	泥岩層(聖川泥岩層)	81、94	6.08～9.65 7.87	1.23～3.22 2.23	2.74～5.73 4.24
8	Sm	砂岩層(下中層)	57	5.64	1.86	3.05
9	m	泥岩層(笠師保層、虫崎層)	127	5.08	1.42	1.17
10	Ys	シルト岩層(吉倉層)	7、58、59、60、61	4.93～8.21 6.18	1.19～2.05 1.51	1.59～2.67 2.09
11	O	砂岩層(小久米砂岩層)	82、83、84	5.44～9.60 7.73	1.49～3.80 1.73	3.65～4.79 4.05
12	K	凝灰質砂岩層(葛葉丘層)	85～88	4.63～7.22 5.91	0.98～1.83 1.34	4.32～5.72 4.92
13	g	岩尾瀧凝灰岩	62	4.79	1.11	2.21
14	M	砂岩層(三尾砂岩層)	89、95～97	5.83～11.13 7.98	1.26～1.95 1.66	2.80～7.46 4.79
15	Hm	細坪泥岩層	5	9.06	1.84	2.79
16	SS	砂岩層(赤浦砂岩層)	129、130	2.82～5.83 4.33	0.55～0.96 0.76	3.58～3.90 3.74
17	T ₁	砂岩・礫岩層(宝達山志雄地区)	90～92、98～100	6.02～11.76 8.42	0.95～2.82 1.92	2.43～8.66 5.23
18	T ₂	砂岩・礫岩層(高畠礫岩層)	104～108、110 116～118、119、124	3.27～7.60 5.71	0.76～1.70 1.13	2.06～4.26 3.16
19	T ₃	砂岩・礫岩層(堀丈山礫岩層)	131～133、135 136、137、139、141	3.36～8.33 6.08	0.82～1.54 1.09	1.71～3.67 2.94
20	Hm	泥岩層(上棚泥岩)	134	6.51	1.16	3.09
21	Kr	砂岩・泥岩互層(嘉例谷互層)	63、64、65、66、67	3.00～6.95 4.52	0.84～1.17 1.01	1.65～2.46 2.16
22	Mk	砂泥互層及び泥岩(神子原層)	101、102、111、112、 113、115	4.79～9.29 6.70	1.00～1.97 1.37	1.48～6.56 3.46
23	Kf	砂岩層(懸札砂岩層)	109、120	4.87～5.19 5.03	0.75～0.87 0.81	3.83～4.33 4.08
24	My	宮島凝灰岩、瀬ヶ谷層灰岩	68	3.99	1.16	1.36
25	Tn	砂岩・泥岩・礫岩層(多根互層)	128	7.25	0.91	2.50
26	Kw	砂岩・礫岩層(河合層)	3、69、70、71	5.98～9.04 7.47	1.23～2.59 1.82	0.95～3.23 2.60
27	Kn	泥岩層(国見泥岩層)	121	5.33	1.23	2.01
28	Rh	流紋岩溶岩	17、18、22、30	5.36～10.08 8.58	0.92～1.63 1.29	0.62～2.76 1.91
29	rh	流紋岩質火碎岩	2、11～16、19、20、24 25、29、32～35、49、50	3.59～10.04 6.20	0.59～1.89 1.06	0.70～3.77 1.95
30	A	安山岩質火碎岩・溶岩	28、51、54、55、56	5.58～9.28 7.23	0.97～1.51 1.26	0.67～2.38 1.56
31	Ni	砂礫岩層(榆原累層・太田累層)	75	4.59	2.02	3.49
32	M	後期中生代層	9、36、38、41～47	4.81～13.22 9.07	0.98～3.16 1.73	1.24～3.69 2.69
33	Gr	花崗岩(船津花崗岩)	76～79、125、138	3.72～11.17 6.68	0.57～1.82 1.13	0.75～3.58 2.59
34	Gn	片麻岩(飛驒變成岩)	37、39、40、52、53、 80、122、123	7.61～17.39 11.94	1.34～2.49 1.98	1.95～4.34 3.07
36		地層名不確定	8、10、21、26、27、31、 93	2.63～9.83 6.66	0.85～2.45 1.23	1.73～4.45 2.58

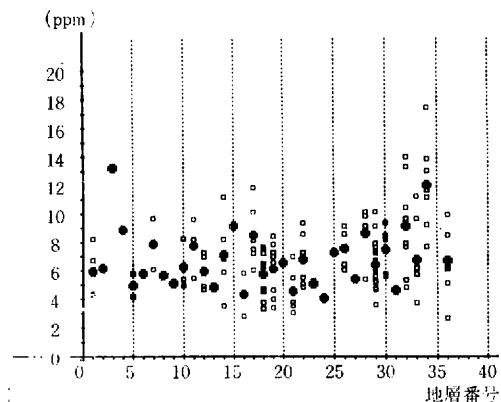
(最小濃度ppm)～(最大濃度ppm)
(平均濃度ppm)

図V-4～図V-6は、それぞれの地層のトリウム-232、ウラン-238、カリウム-40の質量濃度を比較できるようにグラフ化したものである。横軸の数字は表V-1の地層番号に対応する。□印は個々の地点のそれらの放射性核種の質量濃度をあらわし、●印はこれらの平均値を示す。トリウム-232の質量濃度では地層番号3の海成段丘層の滝層13.20 ppm(平均)と地層番号34の片麻岩11.94 ppm(平均)が群を抜いている。この滝層は、昭和の初期、当時理化学研究所の飯盛里安博士が、この地ヘラテライト鉱床中の放射性物質の調査にこられ、トリウムの多い地層として発表されたものと同じ地層と推定される。また滝層の試料は約2km離れた2地点で採取しており、それぞれトリウム-232の質量濃度で13.26 ppmと13.15 ppm、ウラン-238の質量濃度で2.37 ppmと2.64 ppm、カリウム-40の質量濃度で1.87 ppmと1.72 ppmと近似した値を示す。(図では平均印の裏に重なっている)ことは、同一地層での放射性核種質量濃度の均一分布をあらわすとみることができる。しかし他の多くの地層では質量濃度は必ずしも均一でない。

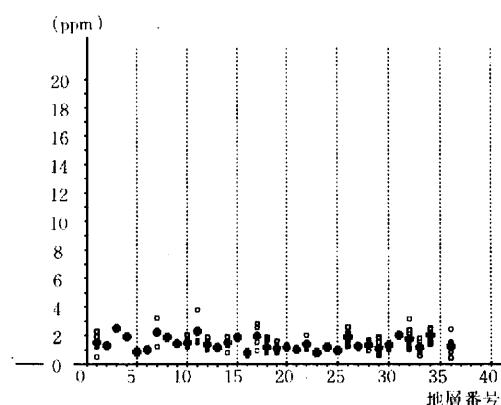
図V-7は、同一地層で5地点以上の測定を実施した11の地層について、放射性核種質量濃度をそれぞれの地層の平均値で比較したものである。各地層ごとにかなりの特色あるちがいを示している。

図V-8はウラン-238質量濃度、トリウム-232質量濃度の相関関係をみたもので、比較的良い相関が両者の間にみられた。

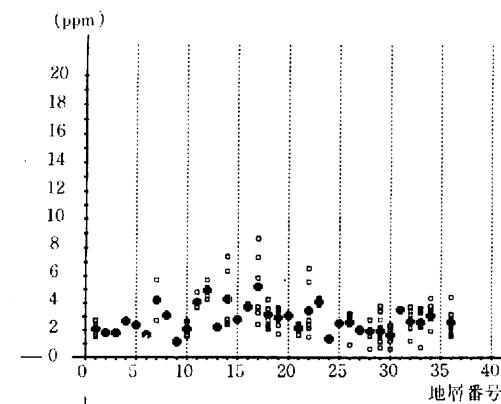
図V-4 地層における²³²Tn質量濃度



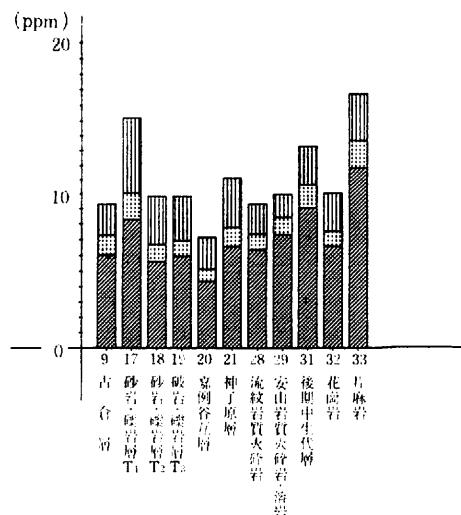
図V-5 地層における²³⁸U質量濃度



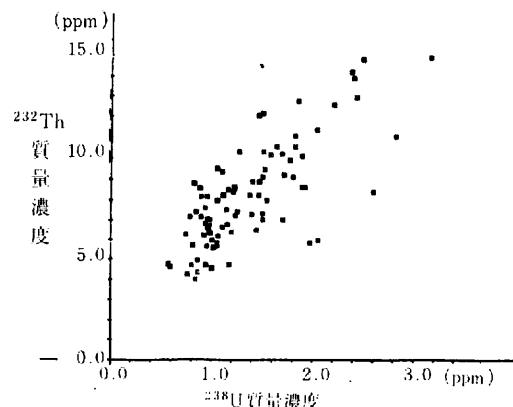
図V-6 地層における⁴⁰K質量濃度



図V-7 地層における放射性核種質量濃度



図V-8 ^{232}Th と ^{238}U 質量濃度の相関(地層)



(3) 地層の類似性の推定（砂岩・礫岩層の比較）

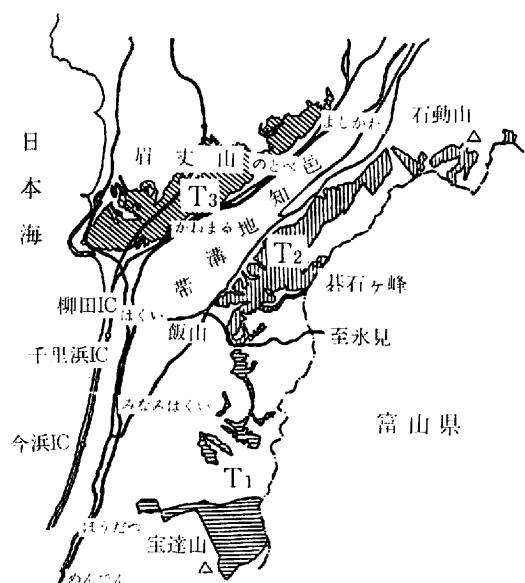
能登半島の顕部に位置する口能登には、南西から北東にかけて幅約3kmの邑知地溝帯があり、その両側に宝達山～石動山の山系と眉丈山系が位置している。これらの山地には広い範囲に渡って、砂岩・礫岩層が分布し、礫岩層は角礫・亜角礫および亜円礫からなり、淘汰が悪く、固結度は低い。礫は花崗岩、片麻岩、石灰岩が主である。これらの地層は約2,500万年前の第三紀中新世中期の海進で、海域が次第に広がりを増してきた頃、宝達山や石動山は島または陸地として残り、これら陸地から、風化作用で浸蝕をうけて海域へ運び込まれたものであり、初めの頃の海は浅く、そのために礫を主体とした本層が形成されたと考えられている。ここではこれらの地域を3つ、すなわち押水町の宝達山（海拔637m）から志雄町にかけて分布する砂岩・礫岩層（T₁、図V-9の横線部分）、石動山（565m）～基石ヶ峰（461m）にかけての稜線の西域に広がる高島礫岩層（T₂、図V-9の縦線部分）、眉丈山丘陵を形成する眉丈山礫岩層（T₃、図V-9の斜線部分）に分け、放射性核種の質量濃度を比較検討することで地層の類似性の推定を試みた。

地域 試料数 試料番号

T₁ 6 (90～92, 98～100)

T₂ 11 (104～108, 110, 116～118, 119, 124)

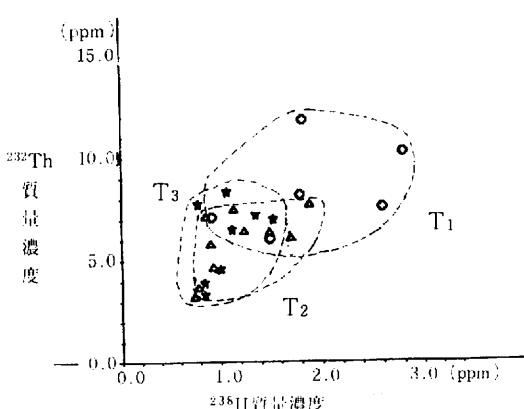
T₃ 8 (131～133, 135, 136, 137, 139, 141)



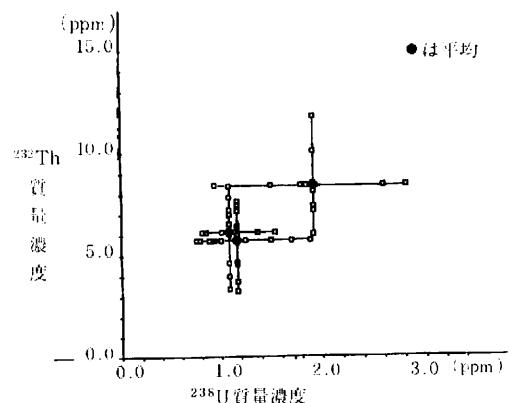
図V-9 砂岩・礫岩層の分布図

図V-10はこの三区域から採取した試料25個のトリウム-232とウラン-238の質量濃度の関係を示す。T₂とT₃は類似した分布を示し、T₁はトリウム-232、ウラン-238ともにより大きな値の分布傾向を示す。地層T₁、T₂、T₃のトリウム-232とウラン-238の質量濃度の平均値（●印）の相関を示す（図V-11）と、その傾向がより明確となる。試料データのバラツキ及び試料数の偏り、不足も考慮せねばならぬが、カリウム-40の質量濃度（T₁ 5.23 ppm, T₂ 3.16 ppm, T₃ 2.94 ppm）等も合わせると、放射性核種からみて、邑知地溝帯をはさんで位置する高畠礫岩層T₂と眉丈山礫岩層T₃が類似性のあることを示すと推定される。

図V-10 ^{232}Th と ^{238}U の相関（地層 T₁、T₂、T₃）



図V-11 ^{232}Th と ^{238}U の相関（地層 T₁、T₂、T₃）

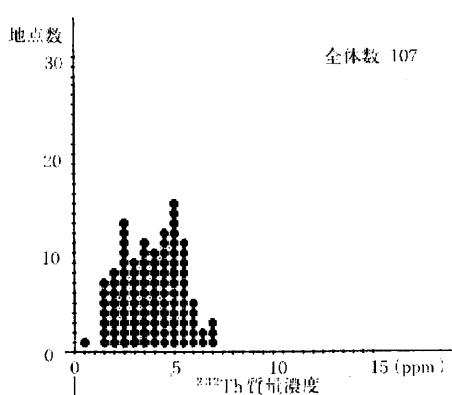


5. 河川床における放射性核種濃度分布について

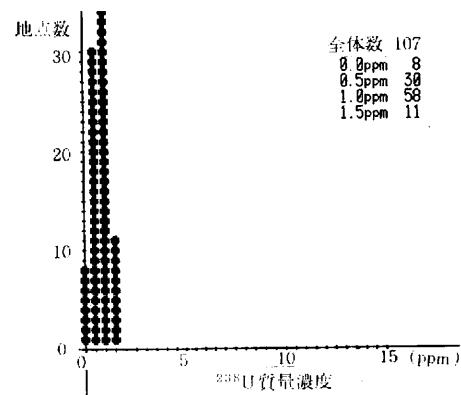
(1) 放射性核種質量濃度の頻度分布

図V-12～図V-14は加賀から口能登にかけての主な12の河川から採取した107地点の河川床砂のトリウム-232、ウラン-238、カリウム-40の核種質量濃度の頻度分布を示す。

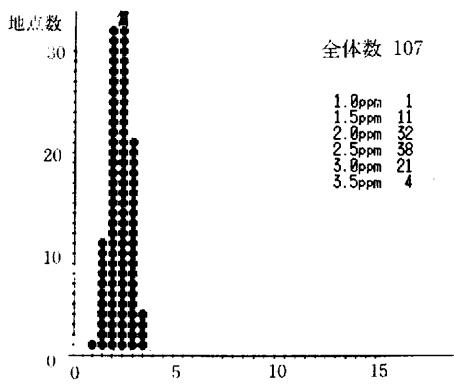
図V-12 河川における ^{232}Th 質量濃度の頻度分布



図V-13 河川における ^{238}U 質量濃度の頻度分布



図V-14 各河川における⁴⁰K質量濃度の頻度分布



(2) 河川別にみた放射性核種の質量濃度比較

石川県は地形上、加賀南部に大きな河川を有し手取川(流程77km)、梯川(50km)、犀川(47km)、大聖寺川(44km)と続く。ここでは加賀から口能登にかけて分布する主な河川別に河川床砂の放射性核種質量濃度よりその傾向を求めた。表V-2、図V-15は、上流から下流にかけて採取した6~10(ただし手取川17、梯川14)地点(III-(5)河川床砂の採取地点参照)の河川床砂の放射性核種の質量濃度の平均値を各河川ごとに求めたものであり、図における河川名は、横軸で左から加賀の河川から能登の河川へと北上するように配列してある。

図V-16~図V-18はトリウム-232、ウラン-238、カリウム-40について質量濃度を同一河川ごとに平均し、グラフ化したものである。トリウム-232の質量濃度は能登方面の河川ほど小さくなる傾向を示す。ウラン-238についてトリウム-232程顕著とは言えないが、能登に向って減少し、またカリウム-40についてはやや増加の傾向を示す。

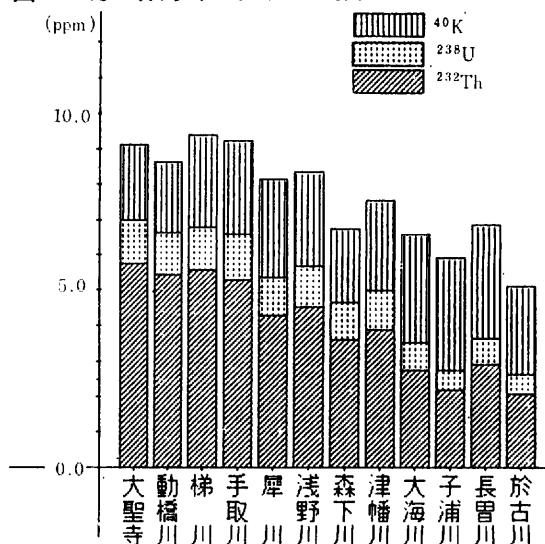
図V-19は河川におけるトリウム-232とウラン-238の質量濃度の相関を示す。能登方面に位置する河川は、グラフの左下に位置する傾向を示している。

トリウム-232の質量濃度は0.93 ppm~7.29 ppmの範囲に分布しており、その平均値は4.14 ppmとなる。ウラン-238の質量濃度は0.23 ppm~1.86 ppmの範囲にあり、平均値1.03 ppm、カリウム-40の質量濃度は1.15 ppm~3.70 ppmの範囲で平均値2.61 ppmである。よって全体的傾向として、河川床砂中の放射性核種の質量濃度はトリウム-232が最も多く、カリウム-40、ウラン-238の順で、地層で見られたカリウム-40とウラン-238の逆転は、今回の調査では見あたらなかった。

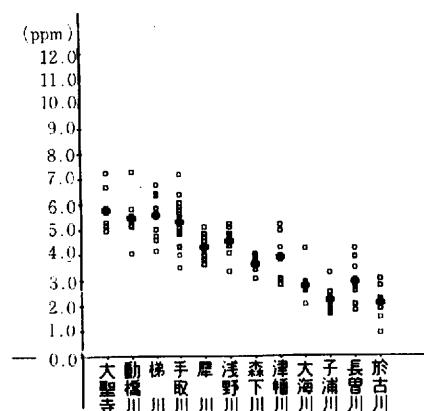
表V-2
河川の放射性核種の質量濃度(平均値)

河川名	²³² Th質量濃度 (ppm)	²³⁸ U質量濃度 (ppm)	⁴⁰ K質量濃度 (ppm)
大聖寺川	5.74	1.24	2.11
動橋川	5.43	1.20	1.95
梯川	5.54	1.25	2.55
手取川	5.27	1.34	2.57
犀川	4.30	1.06	2.77
浅野川	4.50	1.18	2.62
森下川	3.60	1.03	2.10
津幡川	3.89	1.12	2.49
大海川	2.77	0.77	3.02
子浦川	2.18	0.59	3.12
長曾川	2.91	0.73	3.18
於古川	2.08	0.54	2.45

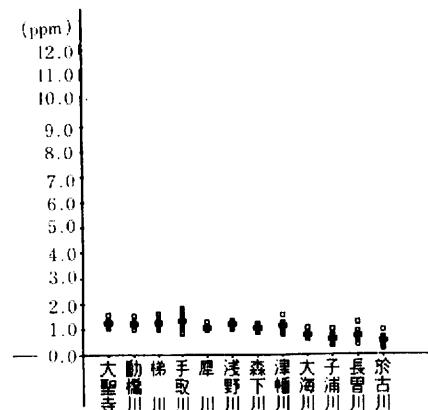
図V-15 各河川における放射性核種質量濃度



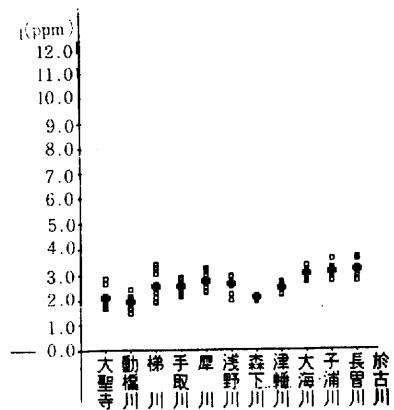
図V-16 河川における ^{232}Th 質量濃度



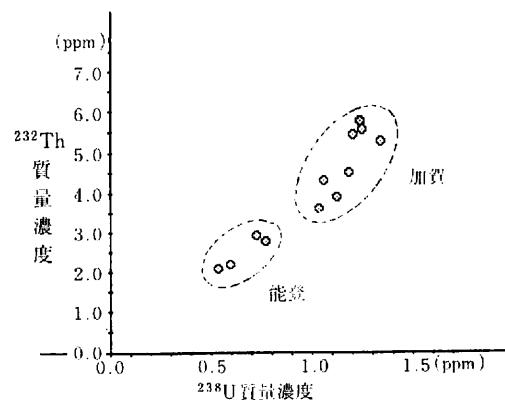
図V-17 河川における ^{238}U 質量濃度



図V-18 河川における ^{40}K 質量濃度



図V-19 ^{232}Th と ^{238}U の相関 (河川)

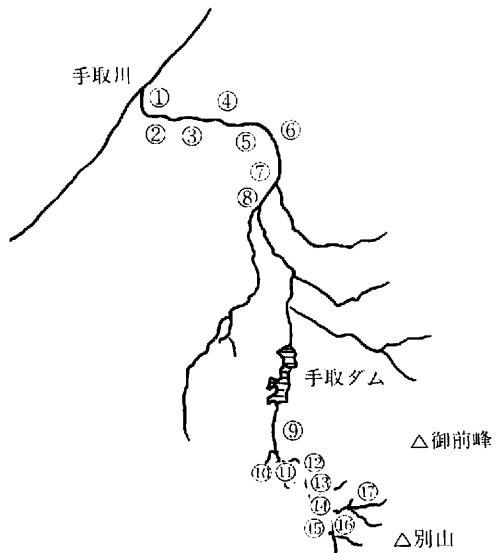


(3) 上流から下流にいたる放射性核種の質量濃度変化

図V-20は手取川の試料採取地点を示す。手取川は白山(海拔2,702m)に源流をもつ流程77kmの県内最大の河川で、渓谷に手取ダムが形成されている。

図V-21～図V-23は各地点でのトリウム-232、ウラン-238、カリウム-40の質量濃度を川の流れに沿ってグラフ化したものである。試料番号8と9の間にダムが位置するが、トリウム-232の質量濃度は上流から下流(ダム)に向かって1/2程度まで減少し、ダムをすぎたところで再び増加し、その後下流に向って減少する傾向を示す。ウラン-238もよく似た傾向を示すが、カリウム-40はほぼ一定

図V-20 手取川の試料採取地点



の値を保っているといえよう。しかしこのような規則性がすべての河川でなり立つというわけではない。重くて流されにくいトリウム-232が上流に多かろうとの推論のもとに上流から下流にかけての放射性核種の質量濃度の変化の傾向を探ろうと試みたが、他の大方の河川で確認するにいたらなかった。それぞれの河川の水系の地層等が複雑にからんでいるとおもわれる。手取川における以上の傾向も、各支流の地層の放射性核種濃度、ダムの影響等総合的な検討が必要である。

図 V-22 手取川における²³⁸U質量濃度

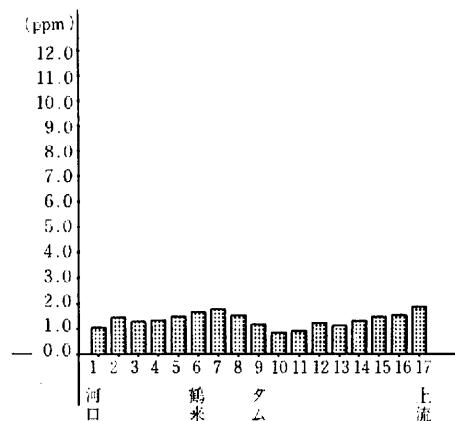


図 V-21 手取川における²³²Th質量濃度

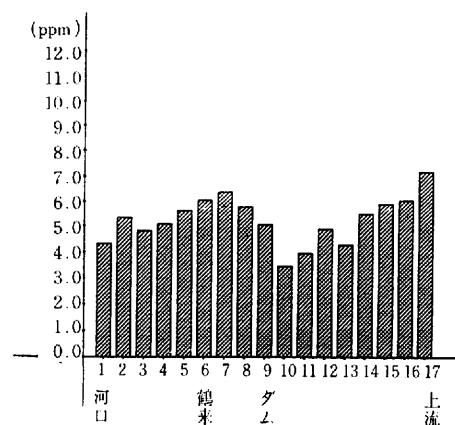
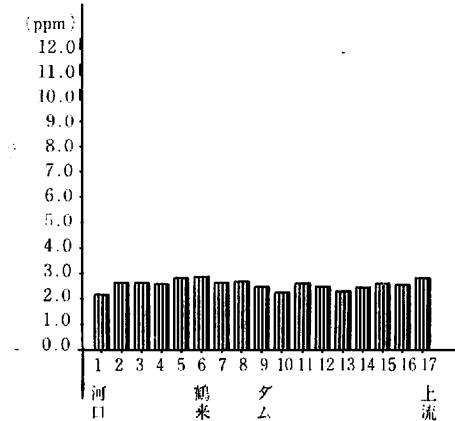


図 V-23 手取川における⁴⁰K質量濃度



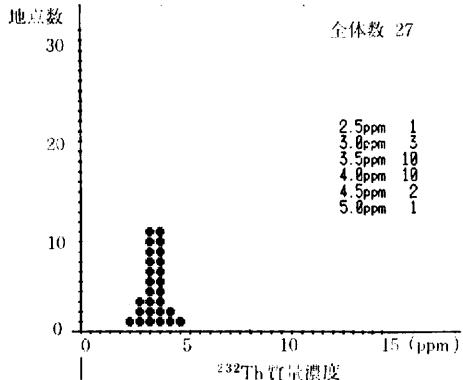
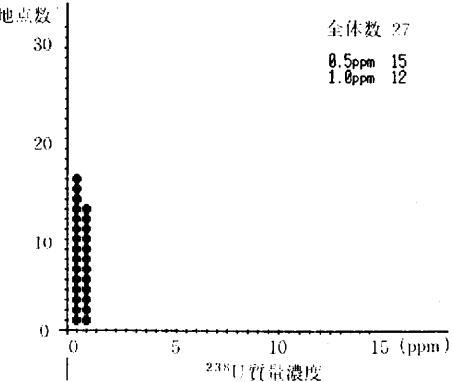
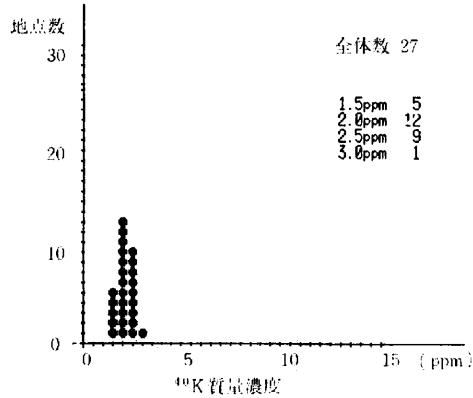
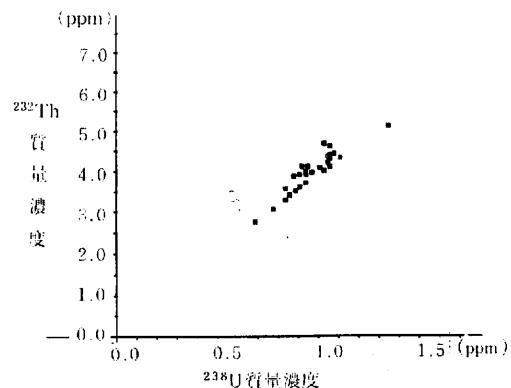
6 海浜における放射性核種濃度分布について

(1) 放射性核種質量濃度の頻度分布

図V-24～図V-26は、加賀から口能登にかけての海浜の砂（III-(6)海浜砂の採取地点参照）27試料のトリウム-232、ウラン-238、カリウム-40の核種別質量濃度の頻度分析を示す。

試料のトリウム-232の質量濃度は2.74 ppm～5.09 ppmの範囲に分布し、その平均は3.9 ppmとなる。ウラン-238の質量濃度は0.69 ppm～1.35 ppmの範囲であり平均0.97 ppm。カリウム-40の質量濃度は1.62 ppm～3.12 ppmの範囲で平均2.33 ppmである。よって全体的傾向として、海浜砂の放射性核種の質量濃度はトリウム-232が最も多く、カリウム-40、ウラン-238の順で、カリウム-40、ウラン-238の逆転は、河川の調査同様みあたらなかった。

図V-27はトリウム-232質量濃度とウラン-238質量濃度との相互関係をみたもので地層土砂、河川床砂に比しかなり高い相関が確認できた。

図 V-24 海浜における ^{232}Th 質量濃度の頻度分布図 V-25 海浜における ^{238}U 質量濃度の頻度分布図 V-26 海浜における ^{40}K 質量濃度の頻度分布図 V-27 ^{232}Th と ^{238}U 質量濃度の相関（海浜）

(2) 河口海浜別にみた放射性核種の質量濃度比較

表V-3は、各河川の河口両岸よりほぼ500m離れた2地点の海浜砂の平均及び海浜の放射性核種の質量濃度を示す。図V-28はこれをグラフ化したものである。横軸には左から河川及び海浜が加賀から能登方面へ並ぶように配列してある。トリウム-232、ウラン-238、カリウム-40とも変化が少なく、河川のトリウム-232でみられた加賀、能登での差異も確認されなかった。

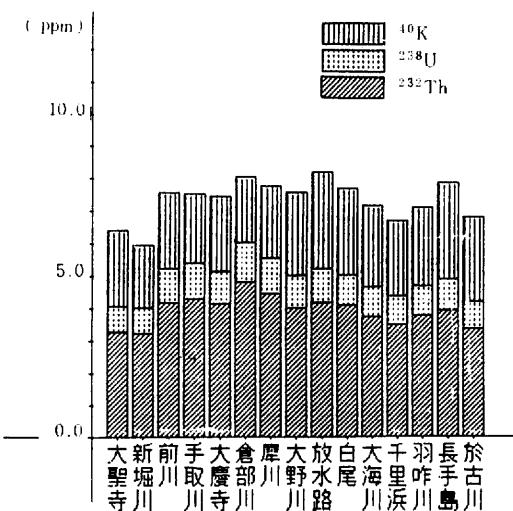
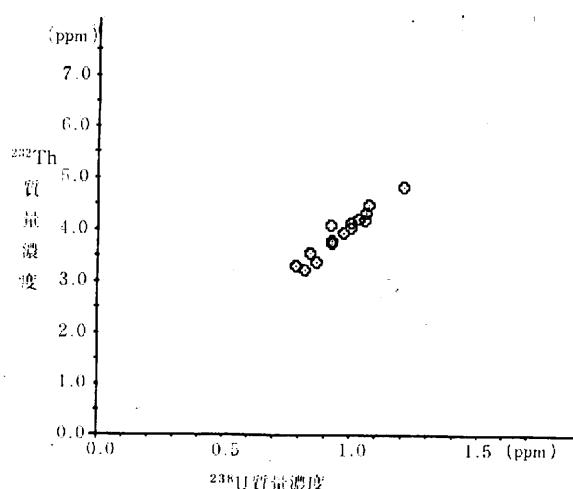
図V-29は各河口海浜砂の放射性核種のトリウム-232とウラン-238の質量濃度の相関を示すが、左下に位置するのは大聖寺川河口海浜、進堀川河口であり、ここでも河川との相関は確認されず、むしろ全体的に河口海浜が均一化する傾向を示した。

表V-3
河口海浜及び海浜の放射性核種の質量濃度

河川・地名	^{232}Th 質量濃度 (ppm)	^{238}U 質量濃度 (ppm)	^{40}K 質量濃度 (ppm)
大聖寺川	3.30	0.79	2.28
新堀川	3.23	0.82	1.86
前川	4.21	1.06	2.28
手取川	4.34	1.06	2.07
大慶寺川	4.15	1.00	2.28
倉部川	4.85	1.21	1.96
犀川	4.50	1.07	2.14
大野川	4.04	1.00	2.47
放水路	4.22	1.05	2.91
白尾	4.11	0.92	2.61
大海川	3.76	0.93	2.42
千里浜	3.54	0.84	2.32
羽咋川	3.80	0.93	2.35
長手島	3.95	0.97	2.93
於古川	3.39	0.87	2.56

図 V-28

河口海浜における放射性核種質量濃度

図 V-29 ^{232}Th と ^{238}U の相関 (海浜)

7. 地層、河川床、海浜の放射性核種質量濃度の傾向

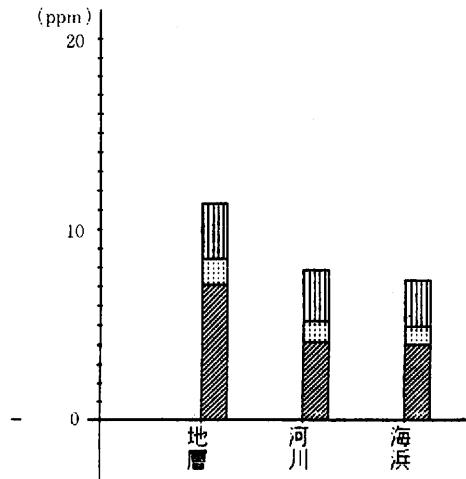
図 V-30は地層、河川、海浜の土砂におけるトリウム-233、ウラン-238、カリウム-40の質量濃度を棒グラフであらわしたものである。トリウム-232の質量濃度の平均値は、地層7.05 ppm、河川4.14 ppm、海浜3.97 ppm であり、地層、河川、海浜の順に小さくなる傾向を示す。河川と海浜ではその差が2.91 ppm であり、河川を地層と比べると41.3%小さくなり、また海浜を河川と比べると4.1%小さな値を示す。

ウラン-238の質量濃度は、地層1.40 ppm、河川1.03 ppm、海浜0.97 ppm で、トリウム-232同様、地層、河川、海浜と減少し、地層と河川が26.4%，河川と海浜が5.8%であった。カリウム-40の質量濃度は、地層2.83 ppm、河川2.61 ppm、海浜2.33 ppm であり、準位はトリウム-232、ウラン-238と同じく、地層と河川で7.8%，河川と海浜で10.72%である。

以上より、トリウム-232、ウラン-238、カリウム-40の質量濃度の平均値はともに、地層土砂、河川床砂、海浜砂の順に減少する。またその減少はトリウム-232の地層土砂と河川床砂で大きい。

図 V-31～図 V-33は、地層、河川、海浜ごとに採取した個々の試料（土砂）の放射性核種濃度のトリウム-232とウラン-238の相関を示す

図 V-30 地層・河川・海浜における放射性核種質量濃度



^{232}Th と ^{238}U の質量濃度の相関

図 V-31 地層

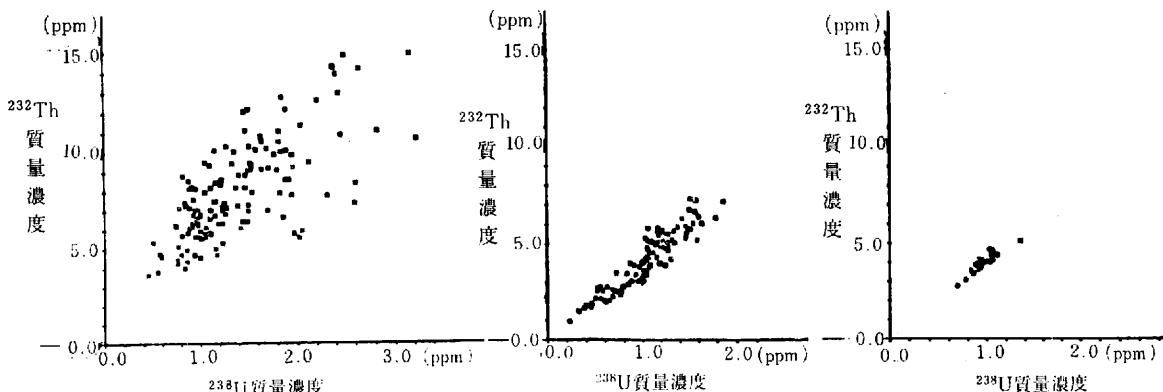


図 V-32 河川

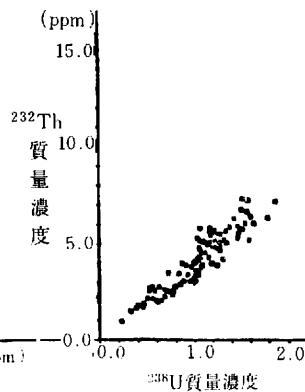
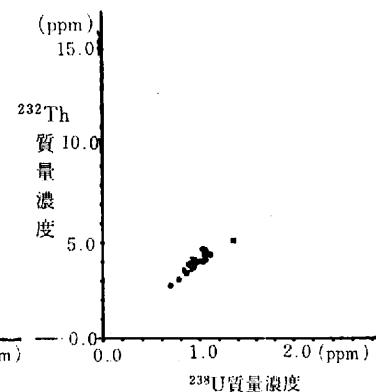


図 V-33 海浜



ものである。試料数の片より等も考慮せねばならぬが、大まかな傾向を確認することができる。個々の地点（試料）の質量濃度のばらつきは地層で最も大きく、河川、海浜へと小さくなり均一化されていく傾向を示すものと推定される。

VII. まとめ

今回の調査から次のような結果を得た。

- (1) 地層土砂・河川床砂・海浜砂の放射性核種質量濃度においてトリウム-232の濃度が最も大きく、次にカリウム-40、ウラン-238の順である。しかし、地層の中にはウラン-238とカリウム-40の逆転がみられる場合もある。
- (2) 加賀の河川から能登の河川へと、トリウム-232の質量濃度が小さくなる。また、海浜の砂においては加賀から能登にかけてこのような傾向ではなく、かなり均一な傾向を示す。
- (3) 放射性核種トリウム-232の質量濃度の平均値では、地層土砂の値が最も大きく、次いで河川床砂、海浜砂の順であるが、河川床、海浜の差異は小さく、類似性を示す。また、個々の地点における質量濃度のばらつきは地層で最も大きく、河川、海浜の順に小さくなり、均一になる傾向を示す。
- (4) 宝達山周辺に分布する砂岩・礫岩層、石動山から碁石ヶ峰にかけての陵線の西域に広がる高畠礫岩層、眉丈山を構成する眉丈山礫岩層、この三者の放射性核種（トリウム-232ウラン-238、カリウム-40）の質量濃度を比較した。この結果、放射性核種間の質量濃度相関において邑知地溝帯をはさんで位置する高畠礫岩層と眉丈山礫岩層との類似性が確認された。
- (5) 地層土砂・河川床砂・海浜砂についてのトリウム-232、ウラン-238、カリウム-40の質量濃度の平均値を用いて、地上 1 m におけるトリウム系列、ウラン系列、カリウム-40からの γ 線による年間の吸収線量を算出すると次のようになる。

試料採取場所	採取件数	年間の吸収線量	
地層	142地点	0.60ミリグレー	60ミリラド
河川床	107地点	0.48ミリグレー	48ミリラド
海浜	27地点	0.46ミリグレー	46ミリラド

この調査結果は「大地からの γ 線の吸収線量は年間0.30~0.80ミリグレー(30~80ミリラド)である」という文献値の領域に入っており、普通の線量である。

なお、この調査の目的は γ 線の測定を行い、単独で存在する核種の代表としてカリウム-40、天然の放射性壊変系列としてトリウム系列とウラン系列の3つに焦点をしばり、核種の濃度と線量の強さを算出し、放射能地図を作成することであった。しかし、できたものをみると、試料数についてはまだ十分ではなく、石川県全体を調査することはできなかった。

上記の結果と比較して参考となる図を掲げておく(VIII. 資料編参照)。これは石川県環境部の委託を受けた、金沢大学低レベル放射能実験施設等の行った現地における γ 線スペクトロメトリーの結果を引用したものである。

[参考文献]

- (1)金沢大学理学部附属 L L R L : 金沢大学低レベル放射能実験施設研究概要・年次報告 (1982.4~1983.3)
- (2) 同 上 : 同 上 (1985.4~1986.3)
- (3)石川県環境部 : 環境放射能報告書 (1985)
- (4)科学技術庁 : Ge (Li) 半導体検出器を用いた機器分析法 科学技術庁 (1976)
- (5)M. アイゼンバンド著、阪上正信監訳 : 環境放射能 (第2版) 産業図書 (1979)
- (6)阪上正信(研究代表者) : In-Situ γ スペクトロメトリーによる環境放射能調査 (1986)
- (7)日本化学会 : 放射化学(実験化学講座12) 丸善株式会社 (1963)
- (8)阪上正信、中西 孝 : 粒子トラック法(化学総説No.29, 7-26) 日本化学会編 (1980)
- (9)菅原 努 : 被曝 日本人の生活と放射線 マグロス出版 (1984)
- (10)石川県 : 石川県の自然環境 第一分冊 地形地質 石川県 (1977)

VII. 自然放射性核種測定の実践例

Ge (Li) 半導体 γ 線スペクトロメータ装置は大変高価な機器であるが、このような機器を使用しないで授業や部活動で放射能の測定が行えないだろうか？県内の教師でこのような高価な機器を使用して、研修で測定を行った例があるだろうか？このような疑問に応えているのがこの章のねらいである。

1. 授業や部活動での測定法および研究例

身近なところでサーベイメータ等は入手しやすいのでカウント数で試料全体の放射能を簡単に検出できる。しかし、試料のどの部分から放射線が放出しているか、その分布状態を知ることは困難である。ところが α -トラック法やオートラジオグラフィーを用いると、この分布状態をかなり把握できる。理科教育の立場からみて、これらは基本的であると同時に経済的にも安価で、学校で実施できる測定法である。ここでは主として「 α -トラック法の測定法」について、研究例と併せて紹介する。

(1) 目的

α 線を放出する放射線核種の分布および部位を確定する。

(2) 原理

α 線がセルロース・ナイトレートなどのある種のプラスチックに入射すると、その部分が損傷を受け（つまり、化学結合の切断がおこり）、KOH、NaOH溶液で処理すると、その部分が優先的に溶解し、通常の光学顕微鏡で観察できる大きさの損傷（ α -トラック）が現出する。この方法によって、 α 線を容易に検出・測定することができる。

(3) 準備

試料（放射性岩石等）、セルロース・ナイトレート（商品名ダイセル）、KOH、顕微鏡、水槽、ビーカー、ピンセット、温度計。

(4) 方法

① 試料（平滑面を有する）をセルロース・ナイトレートのフィルムの上にのせて密着させ、適当な時間（試料によっては数か月間）放置する。（図VII-1 参照）

（注）試料の輪郭は針の先などでなぞっておくと対比するとき都合が良い。また、試料の凹凸が極端な場合、また精度を要求する場合は岩石切断機で切断し、面を研磨するとよい。

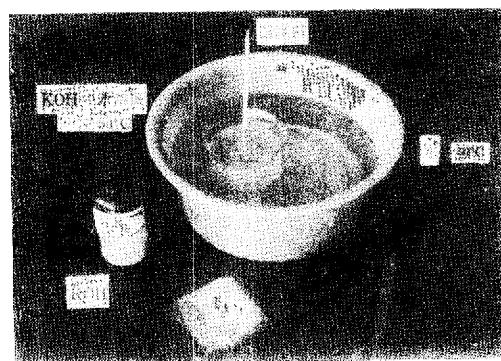
② 適当な時間密着させたセルロース・ナイトレートを50°Cの6N-KOH溶液に10~20分間浸す（エッティング）。

（注）フィルムが重ならないように時々ピンセットを使って揺らす。

③ α -トラックが鮮明になったところで、十分水洗いし乾燥させる。

(5) 結果と整理

① 試料とセルロース・ナイトレートのフィルムの α -トラック（密集部分は裸眼でも白く見える）



図VII-1

セルロースナイトレート表面のアルファトラックをエッティングによって拡大し、肉眼で見えるようにするための必要な準備品。

を対比することにより、 α 線を放出する核種の分布および部位を確定する。

(注) 試料の深部に放射線源が存在することもあり得るので確定の際はその塊を取り出し、その塊を対比することにより、 α 線を放出する核種の分布および部位を確定する。

(注) 試料の深部に放射線源が存在することもあり得るので、確定の際はその塊を取り出し、その塊と取り出された残りの試料について同様の方法で確認するとよい。

② フィルム上の α -トラックを顕微鏡で拡大し写真撮影することにより、単位面積当たりの α -トラックの数を求め、トラック密度の変化を求める。

③ セルロース・ナイトレートをフィルムとして密着して焼き付け現像することにより、複数の教材が制作できる。

(6) 発展

① 雲母板の薄片を室温でフッ化水素酸(48% HF)に30分位浸し、その後水洗いすることで核分裂片のトラック(フィッショントラック)が観察できる。

② 更にフィッショントラック法(熱中性子照射必要)へと進めることで、年代測定も可能であり、その基礎実験として位置付けることができる。

③ 種々の試料について α -トラックの適用が可能である。

〈参考〉

トラック生成機構については諸説があるが、Fleischerらのion explosion spike説は次のとおりである。正荷電粒子が結晶格子中を通過すると、激しいイオン化によって原子の電子がもぎ取られ、裸の高荷電イオンとなり、それらが相互にクーロン力で爆発的に反発し、格子中に損傷を生ずる。また、自由電子密度の高い金属や、電子がかなり動きやすい半導体などではイオンが速やかに電子で中和され、トラック形成がなく、絶縁性固体にのみ粒子トラックが観察されるのだとしている。

表 I. Etching 試薬とその適用条件

48% HF : Muscovite (10~40 m. rt), Biotite (3~20 s, rt), Phlogopite (2 m. rt), Hornblend (5~60 s, 23~60°), Orthoclase (10 s, rt), Chlorite, Clinochlore, Natural Glass (5 s~4 m. rt), Na-Ca Glass (3 s, rt), Quartz (24 h, rt), Talc (15 m. rt), Lepidolite (3~20 s, rt)

2s HF : Olivine (1 m. rt) [25% KOH 1 m, 160°と2s HF 1 m, rt を4~5回くりかえしが可], Gypsum (5~30 s, rt)

70% HNO₃ : Apatite (10~30 s, rt), Barite (3 h, 100°)

98% H₂SO₄ : Fluorite (10 m. rt) HgCl₂+ Ethanol, Halite (30 s, rt)

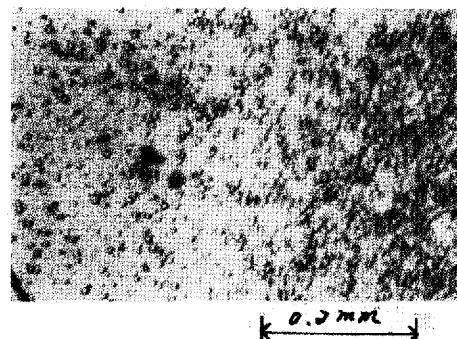
10% HCl : Autunite (10~30 s, rt), Calcite (1 m. rt) [CsClやHgCl₂のアルコールsoln 5~10 s, rt 濃硫酸での研究例^[36]あり]

85% H₃PO₄ : Zircon (1 m, 450~500°) [強リん酸15 m, 300°やKOH+NaOH 10 s, 450°でも可]

KOHsoln : Pyroxene, Augite (1~1.5 m, 220°), Garnet (2 h, 150°), Beryl (9 h, 150°), Tourmaline (20 m, 220°), Topaz (100 m, 150°), Labradorite (15 m, 210°)

6s NaOH : Hypersthene (3~10 m, 200°), Enstatite (15 m, 195°), Metaphosphate Glass [Dosimeter Glass] (≥15 m, 75°), Cellulose nitrate (20~100 m, 50°), Cellulose acetate (≥30 m, 60~70°) [KMnO₄添加法もある], Polycarbonate [Lexan, Macrofol] (≥50 m, 70°), Polyester [Mylar] (≥30 m, 70~80°)

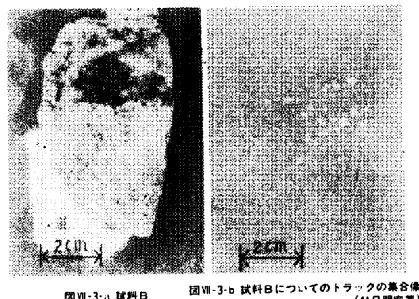
[s(秒), m(分), h(時間), rt(室温), 温度は°C]



図VII-2 アルファ・トラックの顕微鏡写真

(7) 長手ライトを用いた研究例

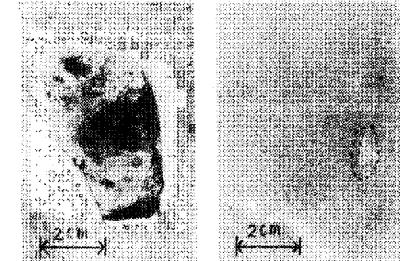
長手ライトは、昭和6年に当時理化学研究所におられた飯盛里安博士が眉丈山花崗岩地帯におけるラテライト鉱床の調査の際に長手島で発見された新鉱物として世界に知られている。しかし、産出が少ないので入手が困難であり、模式標本は戦災で焼失してしまっており、今では、「まぼろしの石」といわれている。またセンウラン鉱も、強い放射能を持ち、時折発見されている。近年、これらと推定されるものが発見されているが、その研究・調査の上で、 α -トラック法が有力な手掛かりの一つになっている。以下に示すものは昭和46年～48年にかけて、調査した際採取された強放射性鉱物を確認するために α トラック法を用いた研究例である。



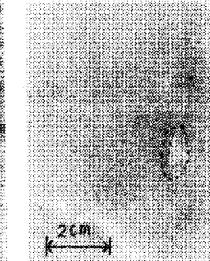
図VII-3-a 試料B



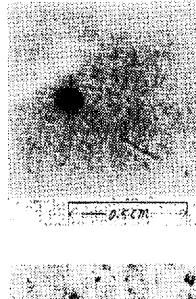
図VII-3-b 試料Bについてのトラックの集合像
(41日間密着)



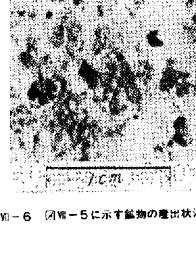
図VII-4-a 試料C



図VII-4-b 試料Cについてのトラックの集合像
(41日間密着)



図VII-5 試料B (図VII-3-a) からとった鉱物



図VII-6 図VII-5に示す鉱物の産出状況



図VII-7 図VII-4-aの試料Cの中の、放射性鉱物を
濃縮する鉱物 (次印)

(8) α -トラック法による空气中ラドン濃度の測定

普通の自然環境中で人間が浴びる放射線量の約55%は空気中のラドンの吸入に起因している。そのため、近年、居住空間におけるラドン濃度の測定が重要視されているが、測定法の1つにCR-39（コロニビア樹脂-39、ポリカーボネートの1種、プラスチックレンズなどとして使用されている）を α 線-トラック検出材とするものがあり、中学生の理科研究の課題として、各自の家庭で測定などが行われている。

(9) その他の方法

この α -トラック法のほかにX線フィルムを用いるオートラジオグラフ法がある。これは放射線でフィルムを感光させる方法であり、黒化の程度を比較することによって、放射線の強弱や照射線量を調べることができる。操作は次のように行う。まず、黒ラシャ上でフィルム大の袋を用意して、暗室でこの袋にX線フィルムを入れて、袋の口を二重に折って密封する。フィルムに傷がつくと、黒化するので注意して扱う。回りから放射線の影響を受けない場所に、フィルムの入った袋を置き、放射性の試料（鉱石）をのせて長時間おく。

この後、フィルムの現像処理を行なうと、黒化によって放射線を調べることができる。これ以外にも色々な方法があるが詳しく述べてある著書を次に示しておく。

[参考文献]

日本原子力文化振興財団：放射線実習の手引

（1977）

2. 教師による測定および研究例

石川県立金沢錦丘高等学校の山守志郎教諭による研究報告は10余編に及ぶが、その中から「放射性核種の分離と減衰の実験」とシリーズ「環境と放射能」の4編を摘要の形でここに紹介する。

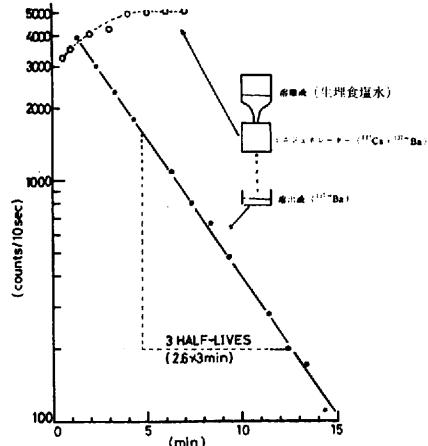
(1) 放射性核種の分離と減衰の実験

この研究は昭和54年度高等学校理科教育研修講座で研修された成果である。これは当教育センターのGe (Li) 半導体γ線スペクトロメーターを利用して、核種の種類とそれぞれの量を調べている。

①大気中に含まれる天然放射性核種の同定とその減衰

ウラン-238はウラン系列の親核種であり、気体の娘核種としてラドン-222が存在し、大気中に拡散する。フィルターでラドンの娘核種（ポロニウムや鉛の同位体）を捕集し、核種の同定とその減衰を調べている。（ラドン自身は気体であるからフィルターを通過してしまう）

ロートに大気微量分析用のグラスファイバーフィルター (GB-100R) を密着し、これを大形掃除機につないで90分間吸引する。γ線を測定(500秒)したところ、295 keVと351 keVにピークがあることからラドンの娘核種(^{214}Pb)であることが確認できる。グラフ(ヨコ軸に時間、タテ軸を対数目盛りでカウント)に測定値をとり、その減衰直線から半減期(26.8)が求められる。



図VII-8 ^{137m}Ba の減衰直線と ^{137}Cs からの ^{137m}Ba の生成曲線

③鉛-212 (トリウムB) の半減期の測定

トリウム-232(^{232}Th)はトリウム系列の親核種としてラドン-220(^{220}Rn 、これをトロンともいう)が大気中に拡散するので、市販品の酸化トリウムからこの娘核種を分離する。

まず、2枚の銅板とガラスビン(300ml)を用意する。このビンに酸化トリウム(10g程度)を入れ、銅板1枚の上にビンを置き、ビンのふたにも銅板を置く。1000V電圧を3時間かけた後、銅板(ふたの方)を線源とする。γ線を測定(60秒)したところ、239 keVのピークからラドンの娘核種(鉛-212, ^{212}Pb)で538 keVのピークから娘核種(タリウム-208, ^{208}Tl)であることが確認できる。なお、この後50時間に及ぶ追跡の結果、これらの核種の減衰より鉛-212の半減期(10.64時間)

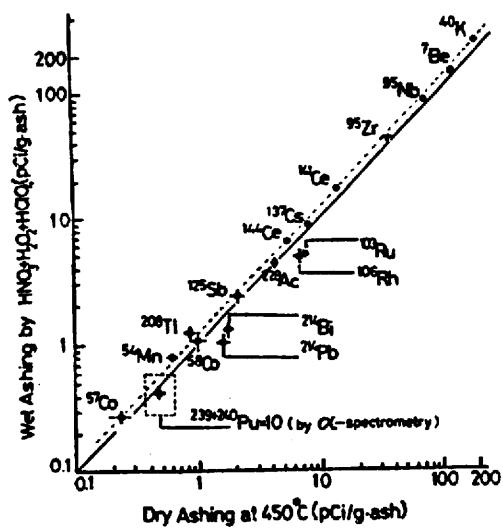
②教育用ラジオアイソトープ源(ミニジェネレーター)によるミルキングの実験

セシウム-137を親核種とするミニジェネレーター($^{137}\text{Cs} + ^{137}\text{Ba}$)は教育用ラジオアイソトープであり $0.9\mu\text{Ci}$ (マイクロキュリー)に調整されているプラスチック容器に収められている。このミニジェネレーターの上部から溶離液(生理食塩水)5mlを注入して流出液のγ線を測定して、バリウム(^{137m}Ba)の減衰直線と ^{137m}Ba 除去後の ^{137}Cs からの ^{137m}Ba の生成曲線($^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{137m}\text{Ba}$)を描くことができた。その結果、溶出の直後から5~6分で放射平衡に達していることがわかる。

とタリウム-208の半減期（3.1分）を測定している。

(2) 松葉に含まれる放射性核種の測定

松葉は年間を通じて採取でき、放射性下降物が蓄積しやすいので環境放射能の指標植物の1つとされている。松葉から γ 線測定用線源を得るのに、主なものとしては乾式・湿式の2つの灰化法がある。



図VII-9 灰化法の違いにより検出される放射性核種濃度の比較

(3) 微量プルトニウムの分析とその分布挙動について

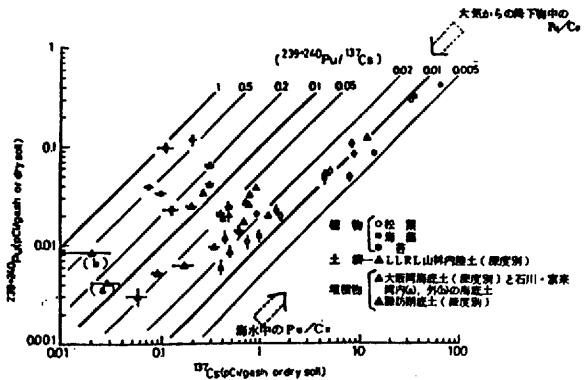
α 線を出すプルトニウムも⁸⁰Srや¹³⁷Csなどとともに環境放射能の観点から重要な核種である。松葉、海藻、苔などを陸土、海底土、湖底土などを試料として分析したが、山林中で採取した苔が比較的高いプルトニウム濃度を示すと報告している。さらに、全試料について測定値からセシウム-137に対する（プルトニウム-239とプルトニウム-240）の比の算出を行い、縦軸に各試料1 g当たりの（プルトニウム-239、-240）含有量、横軸に同じくセシウム-137含有量を対数目盛でグラフに示し、次の結論を得ている。

- (i) 陸上植物と陸土のPu-239, -240/Cs-137比の値は0.006～0.02の範囲にある。植物種が同じであってもかなり個体差があるが大気降下物の値（0.012）を中心に狭い範囲（±0.008）にとどまっている。このことから、大気からの降下物はそれほど分別効果を受けない状態で陸上植物や陸土などに蓄積している。
- (ii) 海藻、海底土に含まれるPu-239, -240/Cs-137の値は海水中のそれ（0.001）より著しく高い。これはPuは海中でCsより動きにくく、沈降して海底物質に付着しやすいためと推定される。

①採取した松葉は1週間の風乾後、電気オーブンで炭化して、次に14～15時間かけて電気炉で灰化する（450～500°C）。この灰化物を万力で円板状のペレット（直径50mm、厚さ6 mm、質量9.424 g）とし、それをサランラップで包み測定用線源とする。

②風乾後の松葉を5リットルのビーカーに入れて硝酸を適宜注ぎ入れてホットプレート上で加熱する（その後の操作も含めて、最終的に黄白色の塩に至るのに110時間を要する）。そして、内径48mmのプラスチック容器に移して測定用線源とする。

測定はGe（Li）検出器のヘッド部分に線源を固定して γ 線測定を行っている。この灰化する方法の違いによって検出される放射性核種濃度を比較したもののが左図である。



図VII-10 環境試料中 $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$

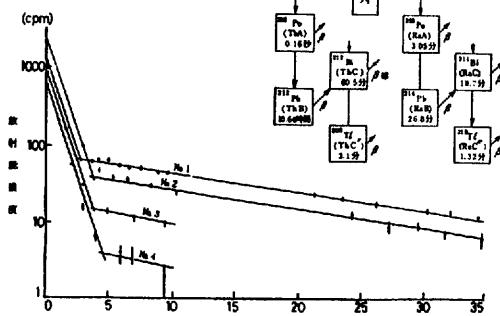
(4) 放射性降下物および大気中のラドン濃度の変動について

これは陸上・海洋試料への放射性核種蓄積の起源と考えられる雨水および大気中の浮遊塵を定期的に採取し分析検討した研究である。昭和54年4月から定期的に雨水をプラスチック製タンクに採取し、ホットプレート上で加熱・蒸発により濃縮し、溶液の厚さ5mmになるようにプラスチック容器に封入して γ 線測定用線源とし、 γ -スペクトロメトリーを実施している。その結果、放射能濃度の推移は各核種とも春に高く夏に低く、秋から冬にかけてまた高くなる。これは、地球の大気循環論から導かれた季節的変動（春季極大、秋季極小）の説と合致する。大気浮遊塵については、ハイポリウムサンプラーを設置してガラスフィルター上に吸引捕集し、そのフィルターを折りたたんだ試料で γ -スペクトロメトリーを実施している。その結果、大気1000m中の放射性核種濃度は雨水1か月分の放射能濃度にはほぼ等しく、また雨水には大気浮遊塵がそのまま溶け込むと考えられる。また、浮遊塵1g当たりのセシウム（Cs）の放射能濃度（40 pCi）と土壤表土の測定値（10 pCi）と比較すると、土壤の舞い上がりの寄与は小さい。報告書には大気中のラドン濃度の変動について詳しく述べられているが、ここでは省略する。

(5) GM計装置による空气中自然放射能の測定

まず、酸化トリウム1gを放射能測定線源とし、GM計数装置の使用電圧を決定するためE_p加電

No.	捕集日時	捕集時間	捕集場所
1	5/1 (9:00~11:00)	120分	室内
2	7/21 (9:00~9:30)	30分	室内
3	6/7 (8:01~8:31)	30分	窓の外
4	5/29 (9:02~9:32)	30分	窓の外



図VII-11 捕集した空气中自然放射能の減衰

ウラン系列（36分の半減期）とトリウム系列（10.6時間の半減期）であると報告している。GM計数管は主に β 線を検出するから、鉛-214、ビスマス-214の2種の核種（ウラン系列R_nの娘核種）と鉛-212（トリウム系列R_nの娘核種）と推定される。この研究結果を土台として校舎内外の実測を行い、延べ58日間（測定件数800件）に及ぶ調査結果を報告している。

引用・参考文献（山守志郎教諭の研究報告による）

- 放射性核種の分離と減衰の実験（教育センターのゲルマニウム半導体検出器を利用して） (1978)
- 環境と放射能（I 松葉に含まれる放射性核種の測定） (1978)
- 環境と放射能（II 微量ブルトニウムの分析とその分布挙動について） (1978)
- 環境と放射能（III 放射性降下物および大気中のラドン濃度の変動について） (1978)
- 環境と放射能（IV GM計数管装置による空気自然放射能の測定） (1980)

圧を変えながら、1分間毎に計数値を測定し、その値からブロード曲線をつくり1150Vの使用電圧を求め、この装置について、6か月間の劣化調査を行い計数率が変わらないことがわかる。次に測定試料を作るために捕集器を自作し、捕集率の高いろ紙を調査している。この捕集器に掃除機を取り付けて、空気の吸引捕集時間を30分とし、放射能の測定をしている。捕集後の経過時間を横軸に、放射能計数率(cpm)を縦軸にとったグラフの結果から減衰の速さの異なる成分があることわかる。この成分が

VIII. 資料編

1. 各試料の測定値

試料番号	1	2	3	4	5	6
採集場所	小松那谷町	滝ヶ原町	加賀山代	加賀南郷	加賀細坪	津幡白鳥橋
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.6304	2.8647	3.2481	2.9843	3.3191	2.4658
^{226}Ac (cpm/Kg)	0.9543	1.7956	2.1007	1.9022	2.0672	1.5351
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.6337	3.1116	3.0034	4.3982	3.8442	4.981
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.9590	2.3340	2.0659	2.9504	2.9693	3.623
^{40}K (cpm/Kg)	5.3592	12.0845	3.4306	8.8272	10.0429	9.763
^{232}Th (ppm) ※	4.32	7.84	9.04	8.24	9.06	6.73
^{238}U (ppm) ※	1.23	1.47	1.35	1.96	1.84	2.31
^{40}K (ppm) ※	1.49	3.36	0.95	2.45	2.79	2.71
計 (ppm) ※※	7.04	12.67	11.34	12.65	13.69	11.75
Th 系列 (mrđ/yr)	12.09	21.98	25.32	23.09	25.38	18.85
U 系列 (mrđ/yr)	7.58	8.99	8.31	12.02	11.28	14.17
^{40}K (mrđ/yr)	16.60	37.44	10.63	27.34	31.11	30.24
総量率計 (mrđ/yr)	36.27	68.41	44.26	62.45	67.77	63.26

試料番号	7	8	9	10	11	12
採集場所	津幡刈安	山中我谷	山中市の谷	山中九谷	小松小屋	大倉岳スキー
^{208}Tl (cpm/Kg)	3.0053	0.9875	4.8221	2.8635	2.2424	2.0009
^{226}Ac (cpm/Kg)	1.8733	0.5861	3.0314	2.0476	1.3606	1.2839
^{214}Pb (cpm/Kg)	3.8857	1.0788	5.0071	3.3798	2.0765	2.0681
^{214}Bi (cpm/Kg)	2.5443	0.6276	3.8204	2.3378	1.4840	1.5217
^{40}K (cpm/Kg)	9.5976	6.2339	7.6303	8.2992	13.5538	4.2546
^{232}Th (ppm) ※	8.21	2.63	13.22	8.40	6.04	5.54
^{238}U (ppm) ※	1.71	0.45	2.38	1.53	0.95	0.96
^{40}K (ppm) ※	2.67	1.73	2.12	2.31	3.77	1.18
計 (ppm) ※※	12.59	4.81	17.72	12.24	10.76	7.68
Th 系列 (mrđ/yr)	22.99	7.37	37.05	23.53	16.93	15.53
U 系列 (mrđ/yr)	10.50	2.76	14.68	9.38	5.86	5.92
^{40}K (mrđ/yr)	29.73	19.31	23.64	25.71	41.99	13.18
総量率計 (mrđ/yr)	63.22	29.44	75.29	58.62	64.78	34.63

試料番号	13	14	15	16	17	18
採集場所	尾小屋鉱山	観音下石切	小松金平	小松原	小松中峠	小松三坂峠
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.6886	1.6761	3.6690	3.3093	3.6627	1.9390
^{226}Ac (cpm/Kg)	1.0734	1.1122	2.2980	2.0919	2.3174	1.2392
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.3203	1.8685	3.9451	4.1730	3.2812	1.9983
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.6103	1.1759	2.8321	2.9114	2.2299	1.4353
^{40}K (cpm/Kg)	12.3376	5.5483	6.8661	7.9291	9.6615	5.6532
^{232}Th (ppm) ※	4.66	4.72	10.04	9.18	10.08	5.36
^{238}U (ppm) ※	1.05	0.81	1.82	1.89	1.47	0.92
^{40}K (ppm) ※	3.43	1.54	1.91	2.20	2.69	1.57
計 (ppm) ※※	9.14	7.07	13.77	13.19	14.24	7.85
Th 系列 (mrđ/yr)	13.05	13.24	28.14	25.50	28.24	15.02
U 系列 (mrđ/yr)	6.46	4.96	11.15	11.63	9.03	5.65
^{40}K (mrđ/yr)	38.22	17.19	21.27	24.56	29.93	17.51
総量率計 (mrđ/yr)	57.73	35.39	60.56	61.69	67.20	38.18

試料番号	19	20	21	22	23	24
採集場所	鳥越左レ辛	鳥越阿手	大日川ダム	手取温泉	鶴来曾谷	中山橋尾谷
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.9881	2.5011	2.1208	3.5427	2.1178	2.6493
^{226}Ac (cpm/Kg)	1.2080	1.4585	1.4367	2.2547	1.3178	1.6429
^{214}Pb (cpm/Kg)	1.7079	2.0749	2.5563	3.6315	2.2658	2.4138
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.0825	1.4063	1.6208	2.4870	1.4952	1.7283
^{40}K (cpm/Kg)	6.5945	6.3928	11.2294	9.9332	5.9813	4.3013
^{232}Th (ppm) ※	5.25	6.61	6.04	9.78	5.78	7.22
^{238}U (ppm) ※	0.74	0.93	1.11	1.63	1.00	1.11
^{40}K (ppm) ※	1.83	1.78	3.12	2.76	1.66	1.20
計 (ppm) ※※	7.92	9.32	10.27	14.17	8.44	9.53
Th 系列 (mrđ/yr)	14.71	18.52	16.93	27.39	16.19	20.22
U 系列 (mrđ/yr)	4.55	5.70	6.80	10.03	6.15	6.81
^{40}K (mrđ/yr)	20.43	19.80	34.79	30.77	18.53	13.32
総量率計 (mrđ/yr)	39.69	44.02	58.52	68.19	40.87	40.35

* 質量濃度 *** ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K の質量濃度の合計

試料番号	25	26	27	28	29	30
採集場所	山中荒谷	"安谷川	" "	杉ノ水平峰	小松那谷寺	"善提
^{208}Ti (cpm/Kg)	1.9454	2.3007	1.9407	3.4531	2.6970	3.2830
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.1500	1.4103	1.1135	2.0523	3.3075	2.1068
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.2980	1.8976				
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.6480	1.2836	1.3094	2.3394	1.7899	1.7067
^{40}K (cpm/Kg)	4.1647	7.6044	5.5269	6.9697	2.5065	2.2281
^{232}Th (ppm) ※	5.17	6.23	5.09	9.28	7.37	9.10
^{238}U (ppm) ※	1.06	0.85	0.89	1.51	1.21	1.15
^{40}K (ppm) ※	1.16	2.11	1.54	1.94	0.70	0.62
計 (ppm) ※※	7.39	9.19	7.52	12.73	9.28	10.87
Th系列 (mrd/yr)	14.50	17.46	14.26	26.01	20.65	25.49
U系列 (mrd/yr)	6.49	5.21	5.48	9.28	7.45	7.08
^{40}K (mrd/yr)	12.90	23.56	17.12	21.59	7.76	6.90
線量率計 (mrd/yr)	33.89	46.23	36.86	56.88	35.86	39.47

試料番号	31	32	33吉野谷	34	35	36
採集場所	"貨田橋	"牛ヶ首峠	不死橋	"佐良	"対山橋	瀬澄橋
^{208}Ti (cpm/Kg)	3.1178	1.8266	2.1182	2.2203	1.3702	3.3048
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.9055	1.2375	1.4871	1.5310	0.7865	2.0103
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.7537	2.0747	1.9255	1.8515	1.4394	3.6823
^{214}Bi (cpm/Kg)	2.1805	1.3890	1.4004	1.2905	0.8042	2.8734
^{40}K (cpm/Kg)	10.1796	5.4680	6.0333	9.9305	5.8218	8.9743
^{232}Th (ppm) ※	8.43	5.2	6.15	6.39	3.59	8.91
^{238}U (ppm) ※	1.33	0.92	0.89	0.84	0.59	1.77
^{40}K (ppm) ※	2.83	1.52	1.68	2.76	1.62	2.49
計 (ppm) ※※	12.59	7.64	8.72	9.99	5.80	13.17
Th系列 (mrd/yr)	23.62	14.58	17.23	17.89	10.87	24.98
U系列 (mrd/yr)	8.18	5.67	5.48	5.16	3.62	10.86
^{40}K (mrd/yr)	31.53	16.94	18.69	30.76	18.03	27.80
線量率計 (mrd/yr)	63.33	37.19	41.40	53.81	31.72	63.64

試料番号	37	38	39	40	41	42
採集場所	尾口村女原	"二ノ橋	"釜谷大橋	"赤谷大橋	"桑島	"風嵐
^{208}Ti (cpm/Kg)	4.2942	5.1425	4.3665	3.8914	3.4885	2.8990
^{228}Ac (cpm/Kg)	2.6169	3.1411	2.7335	2.6291	2.0309	1.7833
^{214}Pb (cpm/Kg)	4.8879	6.7433	5.2157	3.1421	3.6015	3.0742
^{214}Bi (cpm/Kg)	3.3939	5.0141	3.8314	2.2919	2.6993	2.1641
^{40}K (cpm/Kg)	10.2276	12.1159	12.3938	10.5036	11.1918	7.8862
^{232}Th (ppm) ※	11.59	13.9	11.95	11.07	9.21	7.86
^{238}U (ppm) ※	2.21	3.16	2.43	1.46	1.69	1.40
^{40}K (ppm) ※	2.84	3.37	3.45	2.92	3.11	2.19
計 (ppm) ※※	16.64	20.43	17.83	15.45	14.01	11.45
Th系列 (mrd/yr)	32.49	38.95	33.48	31.03	25.81	22.04
U系列 (mrd/yr)	13.59	19.40	14.91	8.95	10.40	8.61
^{40}K (mrd/yr)	31.68	37.53	38.39	32.54	34.67	24.43
線量率計 (mrd/yr)	77.76	95.88	86.78	72.52	70.88	55.08

試料番号	43	44	45-ノ瀬	46	47	48
採集場所	白峰有形山	"百万石岩	発電所付近	白峰河内	"六万橋	山中町上原
^{208}Ti (cpm/Kg)	1.8933	3.4368	3.7706	1.6646	2.8389	1.4708
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.2368	2.2182	2.3650	1.1597	1.7064	1.0684
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.1724	3.5553	4.3227	2.2259	2.8848	1.1006
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.4880	2.5682	3.2599	1.6690	1.7422	0.7630
^{40}K (cpm/Kg)	9.5874	13.2610	12.1022	8.9135	4.4713	5.8535
^{232}Th (ppm) ※	5.29	9.55	10.33	4.81	7.61	4.35
^{238}U (ppm) ※	0.98	1.64	2.04	1.05	1.22	0.50
^{40}K (ppm) ※	2.67	3.69	3.36	2.48	1.24	1.63
計 (ppm) ※※	8.94	14.88	15.73	8.34	10.07	6.48
Th系列 (mrd/yr)	14.83	26.76	28.94	13.49	21.33	12.19
U系列 (mrd/yr)	6.00	10.08	12.53	6.43	7.51	3.06
^{40}K (mrd/yr)	29.70	41.08	37.49	27.61	13.85	18.13
線量率計 (mrd/yr)	50.53	77.92	78.96	47.53	42.69	33.38

* 質量濃度 *** ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K の質量濃度の合計

試料番号	49山中町	50	51	52	53	54
採集場所	山中温泉	山中町柏野	枯淵発電所	山中町地蔵橋	一の谷	我谷ダム
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.2812	2.6844	2.7485	4.7452	5.0267	2.0328
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.3089	1.7715	1.7063	2.9419	3.1766	1.2792
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.2273	3.2962	2.7241	5.3119	5.3260	2.4015
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.4166	0.3797	1.8328	3.6711	3.9245	1.7173
^{40}K (cpm/Kg)	6.1020	6.6046	4.4927	7.0308	7.0250	8.5439
^{232}Th (ppm) ※	5.98	7.55	7.49	12.92	13.82	5.58
^{238}U (ppm) ※	0.97	0.88	1.22	2.40	2.49	1.10
^{40}K (ppm) ※	1.70	1.84	1.25	1.95	1.95	2.38
計 (ppm) ※※	8.65	10.27	9.96	17.27	18.26	9.06
Th 系列 (mrd/yr)	16.76	21.14	20.99	36.21	38.73	15.63
U 系列 (mrd/yr)	5.94	5.41	7.46	14.73	15.25	6.77
^{40}K (mrd/yr)	18.90	20.46	13.92	21.78	21.76	26.47
線量率計 (mrd/yr)	41.60	47.01	42.37	72.72	75.74	48.87

試料番号	55	56	57	58	59	60
採集場所	大内峠	我谷ダム	津幡町倉見	矢田	刈安谷	筋谷地内
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.9712	2.0903	2.5526	2.8603	2.2030	2.8143
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.8490	1.2950	1.6229	1.7535	1.4063	1.7714
^{214}Pb (cpm/Kg)	3.2427	2.0224	4.2128	2.8027	4.5428	3.0905
^{214}Bi (cpm/Kg)	2.3617	1.5602	3.0032	1.9755	3.3813	2.2854
^{40}K (cpm/Kg)	5.5857	2.4244	9.2516	6.2957	6.5807	4.8347
^{232}Th (ppm) ※	8.11	5.69	5.64	6.20	4.93	6.23
^{238}U (ppm) ※	1.50	0.97	1.86	1.23	2.05	1.39
^{40}K (ppm) ※	1.55	0.67	3.05	2.07	2.14	1.59
計 (ppm) ※※	11.16	7.33	10.55	9.50	9.12	9.21
Th 系列 (mrd/yr)	22.71	15.94	15.79	17.37	13.81	17.44
U 系列 (mrd/yr)	9.23	5.93	11.41	7.54	12.57	8.52
^{40}K (mrd/yr)	17.30	7.51	33.97	23.11	23.87	17.75
線量率計 (mrd/yr)	49.24	29.38	61.17	48.02	50.25	43.71

試料番号	61	62	63	64	65	66
採集場所	鳥越田付近	吉倉町地内	種地内	氣屋地内	小矢部市側	池ヶ原
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.5280	2.1864	1.6890	3.0184	2.4320	1.3018
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.4970	1.3598	1.0230	1.9996	1.5467	0.8627
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.7008	2.4945	2.2164	2.3794	2.1960	1.7829
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.9128	1.7962	1.6545	1.7020	1.5623	1.4332
^{40}K (cpm/Kg)	6.0438	6.7217	7.4534	7.1445	5.9995	7.1398
^{232}Th (ppm) ※	5.33	4.79	3.53	6.95	5.42	3.00
^{238}U (ppm) ※	1.19	1.11	1.00	1.05	0.97	0.84
^{40}K (ppm) ※	1.99	2.21	2.46	2.35	1.98	2.35
計 (ppm) ※※	8.51	8.11	6.99	10.35	8.37	6.19
Th 系列 (mrd/yr)	14.94	13.43	9.90	19.48	15.20	8.40
U 系列 (mrd/yr)	7.28	6.78	6.14	6.45	5.93	5.14
^{40}K (mrd/yr)	22.19	24.68	27.36	26.23	22.03	26.21
線量率計 (mrd/yr)	44.41	44.89	43.40	52.16	43.16	39.75

試料番号	67	68	69	70	71	72
採集場所	宮前橋付近	牛首川周辺	吾提寺付近	鷲津峠	木ノ瀬川	高松細屋付近
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.6990	1.8395	2.8624	2.7413	3.8225	2.7978
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.0501	1.1303	1.8111	1.6958	2.4194	1.7401
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.5286	2.5365	5.7329	2.7804	4.7365	2.8418
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.9622	1.9522	4.2790	1.9994	3.4786	2.0084
^{40}K (cpm/Kg)	5.0027	4.1346	9.1529	9.6486	9.8050	5.4823
^{232}Th (ppm) ※	3.71	3.99	6.36	5.98	8.49	6.13
^{238}U (ppm) ※	1.17	1.16	2.59	1.23	2.12	1.27
^{40}K (ppm) ※	1.65	1.36	3.02	3.18	3.23	1.81
計 (ppm) ※※	6.53	6.51	11.97	10.39	13.84	9.21
Th 系列 (mrd/yr)	10.38	11.19	17.82	16.76	23.80	17.18
U 系列 (mrd/yr)	7.16	7.15	15.69	7.56	13.02	7.81
^{40}K (mrd/yr)	18.37	15.18	33.60	35.42	36.00	20.13
線量率計 (mrd/yr)	35.91	33.52	67.31	59.74	72.92	45.12

* 質量濃度 ※※ ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K の質量濃度の合計

試料番号	73	74	75	76	77	78
採集場所	高松町八野	宇ノ氣余地	宝達山野田	高松町元女	津幡町太田	押水町東間
^{208}Tl (cpm/Kg)	4.0049	2.6848	2.1420	5.0246	1.6475	1.7195
^{228}Ac (cpm/Kg)	2.5127	1.6267	1.2940	3.1844	1.0730	1.0537
^{214}Pb (cpm/Kg)	4.3183	2.1781	4.4485	3.3778	1.2648	2.1445
^{214}Bi (cpm/Kg)	3.2107	1.6918	3.3652	2.4460	0.9513	1.5154
^{40}K (cpm/Kg)	7.9076	6.8499	10.5973	10.4584	2.2552	6.8899
^{232}Th (ppm) ※	8.84	5.77	4.59	11.17	3.74	3.72
^{238}U (ppm) ※	1.95	1.00	2.02	1.50	0.57	0.94
^{40}K (ppm) ※	2.61	2.26	3.49	3.45	0.74	2.27
計 (ppm) ※※	13.48	9.03	10.10	16.12	5.05	6.93
Th 系列 (mrđ/yr)	24.76	16.15	12.86	31.31	10.49	10.44
U 系列 (mrđ/yr)	11.94	6.17	12.42	9.21	3.52	5.78
^{40}K (mrđ/yr)	29.03	25.15	38.91	38.40	8.28	25.30
総量率計 (mrđ/yr)	65.73	47.47	64.19	78.92	22.29	41.52

試料番号	79	80	81	82	83	84
採集場所	宝達山	志雄町散田	県境	志雄原方面	志雄平床南	
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.6904	3.4150	2.7211	3.8147	2.6163	4.2945
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.7722	2.1714	1.7342	2.3001	1.5193	2.7409
^{214}Pb (cpm/Kg)	1.8080	4.3055	2.7162	3.7485	3.1567	8.5202
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.2474	3.1300	2.0525	2.6431	2.5520	6.2223
^{40}K (cpm/Kg)	9.9630	13.1650	17.4060	11.0883	14.5470	11.2662
^{232}Th (ppm) ※	6.17	7.61	6.08	8.16	5.44	9.60
^{238}U (ppm) ※	0.78	1.92	1.23	1.64	1.49	3.80
^{40}K (ppm) ※	3.28	4.34	5.73	3.65	4.79	3.71
計 (ppm) ※※	10.23	13.87	13.04	13.45	11.72	17.11
Th 系列 (mrđ/yr)	17.28	21.34	17.03	22.87	15.23	26.91
U 系列 (mrđ/yr)	4.81	11.77	7.58	10.08	9.14	23.34
^{40}K (mrđ/yr)	36.58	48.33	63.90	40.71	53.41	41.36
総量率計 (mrđ/yr)	58.67	81.44	88.51	73.66	77.78	91.61

試料番号	85	86	87	88	89	90
採集場所	原-所司原間	針山-聖川間	針山地内	平床地内	下石ダム上流	所司原地内
^{208}Tl (cpm/Kg)	3.0858	3.1006	2.2592	2.1584	5.1154	3.6633
^{228}Ac (cpm/Kg)	2.0871	1.9752	1.2867	1.3888	3.1537	2.2959
^{214}Pb (cpm/Kg)	3.3888	4.1402	2.1402	2.3867	4.1301	3.9623
^{214}Bi (cpm/Kg)	2.3502	2.9534	1.6327	1.8323	3.1706	3.0054
^{40}K (cpm/Kg)	13.1186	13.5777	15.7002	17.3695	22.65	10.0384
^{232}Th (ppm) ※	7.22	6.92	4.63	4.86	11.13	8.08
^{238}U (ppm) ※	1.47	1.83	0.98	1.09	1.89	1.80
^{40}K (ppm) ※	4.32	4.47	5.17	5.72	7.46	3.31
計 (ppm) ※※	13.01	13.22	10.78	11.67	20.48	13.19
Th 系列 (mrđ/yr)	20.24	19.40	12.96	13.61	31.20	22.63
U 系列 (mrđ/yr)	9.04	11.20	6.00	6.72	11.62	11.08
^{40}K (mrđ/yr)	48.16	49.85	57.64	63.77	83.16	36.85
総量率計 (mrđ/yr)	77.44	80.45	76.60	84.10	125.98	70.56

試料番号	91	92	93	94	95	96
採集場所	新宮川上流	押水町宝達	向瀬	杉野屋	入道原	入道-深谷間
^{208}Tl (cpm/Kg)	3.2576	4.6224	4.3210	4.4575	2.8643	3.6353
^{228}Ac (cpm/Kg)	2.0348	2.8517	2.8198	2.7303	1.6194	2.3260
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.1109	6.3434	5.6041	7.4297	2.7585	3.4298
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.5757	4.6050	3.9350	5.1301	2.1092	2.4968
^{40}K (cpm/Kg)	22.3721	11.2622	13.5034	8.3257	19.2458	8.5006
^{232}Th (ppm) ※	7.16	10.07	9.83	9.65	5.83	8.15
^{238}U (ppm) ※	0.95	2.92	2.45	3.22	1.26	1.53
^{40}K (ppm) ※	7.37	3.71	4.45	2.74	6.34	2.80
計 (ppm) ※※	15.48	16.60	16.73	15.61	13.43	12.48
Th 系列 (mrđ/yr)	20.07	28.21	27.56	27.05	16.34	22.83
U 系列 (mrđ/yr)	5.85	17.32	15.04	19.77	7.74	9.36
^{40}K (mrđ/yr)	82.14	41.35	49.58	30.57	70.66	31.21
総量率計 (mrđ/yr)	108.06	86.88	92.18	77.39	94.74	63.42

※ 質量濃度 ※※ ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K の質量濃度の合計

試料番号	97	98	99	100	101	102
採集場所	見砂	向原	釜ヶ	走入		
^{208}Tl (cpm/Kg)	3.0961	3.2866	5.4909	2.7889	4.2837	4.0600
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.9262	2.1206	3.3145	1.7028	2.6299	2.3845
^{214}Pb (cpm/Kg)	4.3651	5.8388	3.9277	3.3971	2.7616	2.0403
^{214}Bi (cpm/Kg)	3.2067	4.2405	3.1680	2.4427	2.1221	2.0375
^{40}K (cpm/Kg)	7.7505	7.3892	17.8236	26.2892	16.8668	19.8955
^{232}Th (ppm) ※	6.79	7.41	11.76	6.22	9.29	8.51
^{238}U (ppm) ※	1.95	2.60	1.85	1.50	1.27	1.09
^{40}K (ppm) ※	2.55	2.43	5.87	8.66	5.56	6.56
計 (ppm) ※※	11.29	12.44	19.48	16.18	16.12	16.16
Th系列 (mrd/yr)	19.02	20.77	32.94	16.88	26.04	23.85
U系列 (mrd/yr)	12.00	15.95	11.35	9.23	7.77	6.67
^{40}K (mrd/yr)	28.45	27.13	65.44	96.52	61.92	73.04
総量率計 (mrd/yr)	59.47	63.85	109.73	122.63	95.73	103.56

試料番号	103	104	105	106
採集場所	石動山 01	" 02	" 03	" 04
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.9973	2.8798	2.1699	1.9930
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.1714	1.8054	1.3146	1.3044
^{214}Pb (cpm/Kg)	1.7666	3.3825	2.1948	2.0534
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.3276	2.5915	1.6248	1.8811
^{40}K (cpm/Kg)	7.2545	6.0998	10.6448	10.4018
^{232}Th (ppm) ※	4.13	6.32	4.64	4.53
^{238}U (ppm) ※	0.77	1.50	0.95	1.01
^{40}K (ppm) ※	2.45	2.06	3.59	3.51
計 (ppm) ※※	7.35	9.88	9.18	9.05
Th系列 (mrd/yr)	11.58	17.71	12.99	12.68
U系列 (mrd/yr)	4.76	9.20	5.86	6.18
^{40}K (mrd/yr)	27.26	22.92	40.00	39.09
総量率計 (mrd/yr)	43.60	49.83	58.85	57.95

試料番号	107	108	109	110	111	112
採集場所	" 05	" 06	" 07	" 08	" 09	" 10
^{208}Tl (cpm/Kg)	3.5221	2.5962	2.2964	3.1459	3.3933	2.3014
^{228}Ac (cpm/Kg)	2.1001	1.6672	1.4936	2.0534	2.0300	1.3478
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.7340	2.0403	1.7327	2.0455	3.4021	4.4569
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.9423	1.6491	1.2733	1.5022	2.4405	3.3974
^{40}K (cpm/Kg)	12.4458	12.6355	12.8361	10.4872	6.2932	4.3794
^{232}Th (ppm) ※	7.43	5.81	5.19	7.13	7.18	4.79
^{238}U (ppm) ※	1.16	0.93	0.75	0.89	1.46	1.97
^{40}K (ppm) ※	4.28	4.26	4.33	3.54	2.12	1.48
計 (ppm) ※※	12.79	11.00	10.27	11.56	10.76	8.24
Th系列 (mrd/yr)	20.83	16.27	14.54	19.97	20.12	13.42
U系列 (mrd/yr)	7.14	5.72	4.61	5.43	8.93	12.09
^{40}K (mrd/yr)	46.77	47.48	48.23	39.41	23.65	16.46
総量率計 (mrd/yr)	74.74	69.47	67.38	64.81	52.70	41.97

試料番号	113	114	115	116	117	118
採集場所	" 11	" 12	" 13	" 14	" 15	" 16
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.2610	1.6237	2.5127	1.7058	1.5763	3.4206
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.4203	0.9834	1.5442	1.0539	0.9205	2.1789
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.2681	1.8121	3.2962	1.8968	1.8014	4.3967
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.7367	1.2595	2.4570	1.3121	1.2581	3.1807
^{40}K (cpm/Kg)	6.9867	7.1868	8.0068	9.3881	9.7621	7.9489
^{232}Th (ppm) ※	4.97	3.47	5.43	3.70	3.27	7.60
^{238}U (ppm) ※	1.00	0.76	1.44	0.80	0.76	1.89
^{40}K (ppm) ※	2.36	2.42	2.70	3.17	3.29	2.68
計 (ppm) ※※	8.33	6.65	9.57	7.67	7.32	12.17
Th系列 (mrd/yr)	13.93	9.72	15.21	10.38	9.17	21.30
U系列 (mrd/yr)	6.17	4.68	8.83	4.89	4.66	11.60
^{40}K (mrd/yr)	26.25	27.01	30.09	35.23	36.68	29.87
総量率計 (mrd/yr)	46.35	41.41	54.13	50.55	50.51	62.77

※ 質量濃度 ※※ ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K の質量濃度の合計

試料番号	119	120	121	122	123	124
採集場所	" 17	" 18	" 19	" 20	" 21	" 22
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.6450	2.2601	2.4939	3.9642	8.2779	2.9143
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.7270	1.3824	1.5115	2.6474	4.9061	1.8298
^{214}Pb (cpm/Kg)	3.9110	1.3587	2.7290	3.5401	3.1777	2.9770
^{214}Bi (cpm/Kg)	2.8908	1.9032	2.1572	2.7460	2.2283	2.0492
^{40}K (cpm/Kg)	6.8274	11.3435	5.9741	11.2841	9.7009	6.2983
^{232}Th (ppm) *	5.99	4.87	5.33	9.15	17.39	6.40
^{238}U (ppm) *	1.70	0.87	1.23	1.58	1.34	1.25
^{40}K (ppm) *	2.30	3.83	2.01	3.81	3.27	2.12
計 (ppm) ***	9.99	9.57	8.57	14.54	22.00	9.77
Th系列 (mrd/yr)	16.80	13.63	14.94	25.63	48.73	17.94
U系列 (mrd/yr)	10.43	5.36	7.55	9.70	8.25	7.65
^{40}K (mrd/yr)	25.66	42.63	22.45	42.40	36.45	23.67
線量率計 (mrd/yr)	52.89	61.62	44.94	77.73	93.43	49.26

試料番号	125	126	127	128	129	130
採集場所	" 23	" 24	" 25	" 26	眉丈山01	" 02
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.6395	4.0033	2.3878	3.2385	1.4242	2.4718
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.6355	2.3833	1.4391	2.0805	0.7904	1.6956
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.6433	3.6529	3.2369	2.0713	1.2616	2.1539
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.9625	2.4776	2.4197	1.5568	0.9342	1.6682
^{40}K (cpm/Kg)	6.6358	6.1629	3.4700	7.4084	11.5674	10.6185
^{232}Th (ppm) *	5.74	8.44	5.08	7.25	2.82	5.83
^{238}U (ppm) *	1.15	1.52	1.42	0.91	0.55	0.96
^{40}K (ppm) *	2.24	2.08	1.17	2.50	3.90	3.58
計 (ppm) ***	9.13	12.04	7.67	10.66	7.27	10.37
Th系列 (mrd/yr)	16.08	23.65	14.24	20.30	7.89	16.33
U系列 (mrd/yr)	7.07	9.32	8.69	5.58	3.37	5.89
^{40}K (mrd/yr)	24.94	23.16	13.04	27.84	43.47	39.90
線量率計 (mrd/yr)	48.09	56.13	35.97	53.72	54.73	62.12

試料番号	131	132	133	134	135	136
採集場所	眉丈山03	" 04	" 05	" 06	" 07	" 08
^{208}Tl (cpm/Kg)	3.2333	3.2848	1.7994	3.0349	3.2999	1.5523
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.9656	2.4682	1.1334	1.8483	2.2676	0.9562
^{214}Pb (cpm/Kg)	3.5825	2.4366	1.8993	2.7369	1.8067	1.9938
^{214}Bi (cpm/Kg)	2.6007	1.9277	1.5115	1.9310	1.4438	1.4555
^{40}K (cpm/Kg)	8.5464	10.5700	10.3793	9.1597	10.2616	5.0708
^{232}Th (ppm) *	6.93	8.33	3.96	6.51	7.79	3.36
^{238}U (ppm) *	1.54	1.10	0.86	1.16	0.82	0.86
^{40}K (ppm) *	2.88	3.56	3.50	3.09	3.46	1.71
計 (ppm) ***	11.35	12.99	8.32	10.76	12.07	5.93
Th系列 (mrd/yr)	19.41	23.35	11.11	18.25	21.83	9.42
U系列 (mrd/yr)	9.47	6.75	5.28	7.12	5.03	5.28
^{40}K (mrd/yr)	32.12	39.72	39.00	34.42	38.56	19.05
線量率計 (mrd/yr)	61.00	69.82	55.39	59.79	65.42	33.75

試料番号	137	138	139	140	141	142
採集場所	眉丈山09	" 10	" 11	" 12	" 13	" 14
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.9239	4.4554	3.1599	5.9618	3.1206	5.7297
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.3365	2.7065	2.0717	3.8028	1.8345	3.8005
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.4146	4.0839	3.1640	5.4590	2.5940	6.2344
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.6773	3.1573	2.9251	4.0211	1.9635	4.4006
^{40}K (cpm/Kg)	7.0417	10.6062	7.0250	5.5372	10.886	5.1107
^{232}Th (ppm) *	4.58	9.54	7.18	13.26	6.51	13.15
^{238}U (ppm) *	1.02	1.82	1.37	2.37	1.14	2.64
^{40}K (ppm) *	2.37	3.58	2.37	1.87	3.67	1.72
計 (ppm) ***	7.97	14.94	10.92	17.50	11.32	17.51
Th系列 (mrd/yr)	12.84	26.73	20.13	37.17	18.25	36.85
U系列 (mrd/yr)	6.23	11.16	8.42	14.54	7.01	16.23
^{40}K (mrd/yr)	26.46	39.86	26.40	20.81	40.91	19.20
線量率計 (mrd/yr)	45.53	77.75	54.95	72.52	66.17	72.28

* 質量濃度 *** ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K の質量濃度の合計

試料番号	大聖寺川-1	大聖寺川-2	大聖寺川-3	大聖寺川-4	大聖寺川-5	大聖寺川-6
採集場所	三木大橋下	保賀橋下	河南大橋上	枯淵・片谷間	市の谷橋	九谷上
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.7250	1.7887	1.7959	2.5938	1.9022	2.3397
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.1931	1.2346	1.2303	1.6875	1.2244	1.5876
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.4641	2.3273	2.2884	3.3729	2.1692	3.1124
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.7589	1.7555	1.6687	2.4771	1.6607	2.6373
^{40}K (cpm/Kg)	6.6562	6.4570	6.3115	9.6803	6.1236	10.3395
^{232}Th (ppm) *	4.97	5.15	5.15	7.24	5.28	6.67
^{238}U (ppm) *	1.13	1.10	1.06	1.57	1.03	1.56
^{40}K (ppm) *	1.85	1.80	1.75	2.69	1.70	2.87
計 (ppm) ***	7.95	8.05	7.96	11.50	8.01	11.10
Th 系列 (mrd/yr)	13.92	14.42	14.42	20.28	14.79	18.70
U 系列 (mrd/yr)	6.95	6.75	6.52	9.64	6.33	9.59
^{40}K (mrd/yr)	20.62	20.00	19.55	29.99	18.97	32.03
総量率計 (mrd/yr)	41.49	41.17	40.49	59.91	40.09	60.32

試料番号	動橋川-1	動橋川-2	動橋川-3	動橋川-4	動橋川-5	動橋川-6	動橋川-7
採集場所	八日市橋上	動橋大橋下	柏野大橋下	上谷川合流	大土上	宇谷三ツ屋	那谷川菩提
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.9223	1.9107	2.0448	2.0650	2.6558	1.9171	1.5081
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.1553	1.1680	1.2181	1.3664	1.6722	1.1423	0.8991
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.6619	2.6968	2.4857	2.5410	3.2002	2.5097	2.1202
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.8995	1.8104	1.8739	1.8035	2.3981	1.7996	1.5990
^{40}K (cpm/Kg)	6.0001	7.7435	7.7067	7.4550	8.7457	5.9211	5.3834
^{232}Th (ppm) *	5.15	5.17	5.46	5.81	7.29	5.12	4.03
^{238}U (ppm) *	1.22	1.20	1.17	1.16	1.51	1.16	1.00
^{40}K (ppm) *	1.69	2.15	2.14	2.07	2.43	1.65	1.50
計 (ppm) ***	8.06	8.52	8.77	9.04	11.23	7.93	6.53
Th 系列 (mrd/yr)	14.44	14.48	15.30	16.29	20.42	14.34	11.29
U 系列 (mrd/yr)	7.50	7.38	7.20	7.14	9.24	7.09	6.14
^{40}K (mrd/yr)	18.83	23.99	23.87	23.09	27.09	18.34	16.68
総量率計 (mrd/yr)	40.77	45.85	46.37	46.52	56.75	39.77	34.11

試料番号	梯川南-1	梯川南-2	梯川南-3	梯川南-4	梯川南-5	梯川南-6	梯川南-7
採集場所	輕海橋下	波佐谷橋上	桜橋上	大杉谷川合	光谷川合流	西俣川合流	尾小屋
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.9297	2.0287	2.0509	2.0820	1.5081	1.7035	2.0501
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.3285	1.3342	1.2973	1.2148	0.9388	1.0940	1.3798
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.6643	2.6125	2.5297	2.7777	2.2118	2.2831	2.2985
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.8251	1.8839	1.8018	1.9175	1.6024	1.6629	1.6551
^{40}K (cpm/Kg)	9.2042	8.3279	7.6723	8.7831	7.0694	8.2539	10.9499
^{232}Th (ppm) *	5.54	5.69	5.64	5.50	4.12	4.72	5.82
^{238}U (ppm) *	1.20	1.21	1.16	1.25	1.02	1.06	1.06
^{40}K (ppm) *	2.56	2.32	2.13	2.44	1.97	2.29	3.04
計 (ppm) ***	9.30	9.22	8.93	9.19	7.11	8.07	9.32
Th 系列 (mrd/yr)	15.54	15.95	15.81	15.42	11.53	13.23	16.31
U 系列 (mrd/yr)	7.36	7.40	7.12	7.70	6.28	6.50	6.51
^{40}K (mrd/yr)	28.51	25.80	23.77	27.21	21.90	25.57	33.92
総量率計 (mrd/yr)	51.41	49.15	46.70	50.33	39.71	45.30	56.74

試料番号	梯川北-1	梯川北-2	梯川北-3	梯川北-4	梯川北-5	梯川北-6	梯川北-7
採集場所	小野町橋上	寺畠合流点	金剛寺橋下	仏大寺川	大門橋上	合流点上	最上流灘下
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.1864	1.9754	2.3534	2.4350	2.2982	1.7310	1.6762
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.2988	1.3492	1.6252	1.4128	1.4470	1.1983	1.0378
^{214}Pb (cpm/Kg)	3.0380	2.8983	3.1887	3.5064	3.0550	2.6735	2.4089
^{214}Bi (cpm/Kg)	2.1065	2.1832	2.3931	2.4835	2.2433	1.9282	1.7259
^{40}K (cpm/Kg)	8.3968	12.2093	11.8062	12.2128	8.9356	7.6122	6.9396
^{232}Th (ppm) *	5.83	5.65	6.77	6.42	6.31	4.99	4.56
^{238}U (ppm) *	1.38	1.33	1.50	1.60	1.42	1.23	1.11
^{40}K (ppm) *	2.33	3.39	3.28	3.40	2.48	2.12	1.93
計 (ppm) ***	9.54	10.37	11.55	11.42	10.21	8.34	7.60
Th 系列 (mrd/yr)	16.34	15.84	18.98	17.99	17.67	13.98	12.78
U 系列 (mrd/yr)	8.44	8.15	9.22	9.84	8.73	7.57	6.80
^{40}K (mrd/yr)	26.01	37.82	36.57	37.83	27.68	23.58	21.50
総量率計 (mrd/yr)	50.79	61.81	64.77	65.66	54.08	45.13	41.08

* 質量濃度 *** ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K の質量濃度の合計

試料番号	手取川北-1	手取川北-2	手取川北-3	手取川北-4	手取川北-5	手取川北-6
採集場所	美川橋下	糞生大橋下	糞生大橋上	辰口橋上	川北大橋上	天狗橋上
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.9094	2.3975	2.2343	2.2802	2.5442	2.6908
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.2292	1.5129	1.3624	1.4444	1.5914	1.7261
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.3438	3.2840	2.7725	3.0316	3.2362	3.7252
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.7381	2.3748	2.1403	2.1734	2.4308	2.6110
^{40}K (cpm/Kg)	6.6156	8.0879	8.0219	7.9056	8.6032	8.7631
^{232}Th (ppm) ※	4.33	5.31	4.82	5.07	5.60	6.04
^{238}U (ppm) ※	1.05	1.46	1.27	1.34	1.47	1.63
^{40}K (ppm) ※	2.18	2.66	2.64	2.60	2.83	2.89
計 (ppm) ※※	7.56	9.43	8.73	9.01	9.90	10.56
Th系列 (mrđ/yr)	12.13	14.89	13.51	14.21	15.69	16.93
U系列 (mrđ/yr)	6.47	8.95	7.82	8.23	9.00	9.99
^{40}K (mrđ/yr)	24.29	29.69	29.45	29.02	31.59	32.17
線量率計 (mrđ/yr)	42.89	53.53	50.78	51.46	56.28	59.09

試料番号	手取川北-7	手取川北-8	手取川南-1	手取川南-2	手取川南-3	手取川南-4
採集場所	広瀬大橋下	江津橋下	大道谷川橋	小又谷橋	風魔橋	天狗壁吊り橋
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.9050	2.6412	2.3099	1.5786	1.7912	2.2448
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.8037	1.6357	1.4289	0.9854	1.1338	1.3794
^{214}Pb (cpm/Kg)	3.9435	3.3901	2.4907	1.8208	1.9821	2.6536
^{214}Bi (cpm/Kg)	2.9453	2.4557	1.9387	1.3939	1.4112	1.9568
^{40}K (cpm/Kg)	8.0372	8.1386	7.5143	6.8688	7.9440	7.6014
^{232}Th (ppm) ※	6.36	5.77	5.04	3.47	3.98	4.87
^{238}U (ppm) ※	1.78	1.51	1.15	0.83	0.87	1.19
^{40}K (ppm) ※	2.65	2.68	2.48	2.26	2.62	2.50
計 (ppm) ※※	10.79	9.96	8.67	6.56	7.47	8.56
Th系列 (mrđ/yr)	17.82	16.17	14.13	9.72	11.15	13.66
U系列 (mrđ/yr)	10.93	9.25	7.04	5.12	5.36	7.31
^{40}K (mrđ/yr)	29.51	29.88	27.59	25.22	29.17	27.91
線量率計 (mrđ/yr)	58.26	55.30	48.76	40.06	45.68	48.88

試料番号	手取川南-5	手取川南-6	手取川南-7	手取川南-8	手取川南-9
採集場所	百万貫岩橋	市ノ瀬発電所	三ツ谷橋上	市ノ瀬下	別当出合
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.9748	2.4069	2.7404	2.7179	3.3334
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.2137	1.5739	1.6659	1.7178	2.0261
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.3673	2.7800	3.1927	3.3612	4.1173
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.7712	2.1089	2.4487	2.5920	3.0627
^{40}K (cpm/Kg)	6.9169	7.3939	7.9622	7.8131	8.6737
^{232}Th (ppm) ※	4.29	5.49	5.98	6.03	7.18
^{238}U (ppm) ※	1.07	1.27	1.46	1.54	1.86
^{40}K (ppm) ※	2.28	2.44	2.62	2.57	2.86
計 (ppm) ※※	7.64	9.20	9.98	10.14	11.90
Th系列 (mrđ/yr)	12.02	15.37	16.53	16.90	20.11
U系列 (mrđ/yr)	6.57	7.77	8.98	9.48	11.39
^{40}K (mrđ/yr)	25.39	27.15	29.23	28.68	31.94
線量率計 (mrđ/yr)	43.98	50.29	54.74	55.06	63.34

試料番号	犀川-1	犀川-2	犀川-3	犀川-4	犀川-5	犀川-6	犀川-7	犀川-8
採集場所	大桑橋上	山川合流	辰巳発電	寺津発電所	小原発電所	菊水上	西谷	東谷
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.7480	2.1528	1.7065	1.8445	1.7606	2.1011	2.2922	2.1891
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.0770	1.3233	1.0170	1.1150	1.1258	1.3826	1.4459	1.2596
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.1062	2.8579	2.2522	2.1851	2.2106	2.3199	2.4451	2.4840
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.6199	2.0722	1.6787	1.5956	1.6581	1.7327	1.7988	1.7070
^{40}K (cpm/Kg)	7.2215	9.0149	7.1671	7.5349	7.0649	9.8512	9.7397	9.5599
^{232}Th (ppm) ※	3.80	4.67	3.62	3.95	3.94	4.81	5.08	4.52
^{238}U (ppm) ※	0.97	1.27	1.02	0.98	1.00	1.05	1.10	1.07
^{40}K (ppm) ※	2.38	2.97	2.36	2.48	2.33	3.25	3.21	3.15
計 (ppm) ※※	7.15	8.91	7.00	7.41	7.27	9.11	9.39	8.74
Th系列 (mrđ/yr)	10.66	13.10	10.14	11.08	11.05	13.49	14.23	12.66
U系列 (mrđ/yr)	5.93	7.80	6.24	5.99	6.14	6.43	6.73	6.57
^{40}K (mrđ/yr)	26.51	33.10	26.31	27.66	25.94	36.17	35.76	35.10
線量率計 (mrđ/yr)	43.10	54.00	42.69	44.73	43.13	56.09	56.72	54.33

※ 質量濃度 ※※ ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K の質量濃度の合計

試料番号	浅野川-1	浅野川-2	浅野川-3	浅野川-4	浅野川-5	浅野川-6	浅野川-7
採集場所	下田上橋	北陸大学登	下谷上	白見橋上	医王山川	河内谷合流	板ヶ谷上
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.2327	1.9768	2.1120	1.5491	1.8665	2.3419	2.1586
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.3306	1.2241	1.3763	0.9438	1.1468	1.4808	1.4744
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.8473	2.5950	2.8260	2.2769	2.2968	2.9748	2.7478
^{214}Bi (cpm/Kg)	2.0739	1.8692	2.0098	1.5998	1.7177	2.1898	2.1754
^{40}K (cpm/Kg)	8.0143	6.8147	9.0577	8.4891	6.8597	8.4849	8.8417
^{232}Th (ppm) ※	4.73	4.32	4.80	3.34	4.05	5.20	5.09
^{238}U (ppm) ※	1.27	1.15	1.24	1.00	1.04	1.31	1.28
^{40}K (ppm) ※	2.64	2.25	2.98	2.80	2.00	2.77	2.91
計 (ppm) ※※	8.64	7.72	9.02	7.14	7.09	9.28	9.28
Th 系列 (mrd/yr)	13.26	12.10	13.45	9.36	11.35	14.57	14.27
U 系列 (mrd/yr)	7.79	7.06	7.64	6.11	6.37	8.03	7.86
^{40}K (mrd/yr)	29.42	25.02	33.25	31.17	22.25	30.86	32.46
総量率計 (mrd/yr)	50.47	44.18	54.34	46.64	39.97	53.46	54.59

試料番号	森下川-1	森下川-2	森下川-3	森下川-4	森下川-5	森下川-6	森下川-7
採集場所	勘定橋上	薬師橋上	古屋谷	市の瀬橋下	大黒橋上	二俣・荒山	田の島
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.7038	1.8112	1.5474	1.8695	1.6899	1.5617	1.4327
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.0845	1.1037	0.9608	1.1276	1.0217	0.9660	0.8597
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.3967	2.3823	2.3219	2.7122	2.2998	2.1410	2.0012
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.7377	1.8380	1.7127	1.9134	1.7163	1.4957	1.4072
^{40}K (cpm/Kg)	6.6983	6.5125	5.9371	6.4915	6.4920	6.2411	6.2108
^{232}Th (ppm) ※	3.00	3.91	3.39	4.00	3.62	3.41	3.05
^{238}U (ppm) ※	1.07	1.09	1.04	1.19	1.04	0.93	0.88
^{40}K (ppm) ※	2.21	2.15	1.96	2.14	2.14	2.06	2.05
計 (ppm) ※※	7.08	7.15	6.39	7.33	6.80	6.40	5.98
Th 系列 (mrd/yr)	10.65	10.95	9.49	11.21	10.15	9.55	8.56
U 系列 (mrd/yr)	6.54	6.72	6.40	7.30	6.37	5.73	5.38
^{40}K (mrd/yr)	24.59	23.91	21.80	23.83	23.83	22.91	22.80
総量率計 (mrd/yr)	41.78	41.58	37.69	42.34	40.35	38.19	36.74

試料番号	津幡川-1	津幡川-2	津幡川-3	津幡川-4	津幡川-5	津幡川-6	津幡川-7
採集場所	階楽橋	古屋	俱利伽羅	鳥屋尾	吉倉下	吉倉上	琴坂
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.8593	1.3899	1.8937	2.2435	1.3763	1.4249	2.3406
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.1140	0.8432	1.2278	1.4061	0.8625	0.7751	1.4836
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.6770	2.2529	2.6245	2.8011	2.0428	1.6944	3.5634
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.9150	1.6568	1.8468	2.0795	1.4376	1.3714	2.5929
^{40}K (cpm/Kg)	8.1359	6.8160	7.9919	8.3278	6.6785	7.2484	7.6992
^{232}Th (ppm) ※	3.96	2.99	4.29	4.95	3.03	2.82	5.21
^{238}U (ppm) ※	1.18	1.01	1.15	1.26	0.89	0.80	1.58
^{40}K (ppm) ※	2.68	2.25	2.63	2.74	2.20	2.39	2.54
計 (ppm) ※※	7.82	6.25	8.07	8.95	6.12	6.01	9.33
Th 系列 (mrd/yr)	11.09	8.37	12.01	13.86	8.50	7.89	14.59
U 系列 (mrd/yr)	7.26	6.20	7.05	7.74	5.49	4.91	9.72
^{40}K (mrd/yr)	29.87	25.02	29.34	30.57	24.52	26.61	28.27
総量率計 (mrd/yr)	48.22	39.59	48.40	52.17	38.51	39.41	52.58

試料番号	大海川-1	〃-2	〃-3	〃-4	〃-5	〃-6	〃-7	〃-8
採集場所	河口上	中沼橋上	野寺川	八野大橋	漏りづみ橋	二尾橋下	淀前橋下	漁魚場橋
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.1704	1.1778	1.8361	1.1528	1.2066	1.1950	0.8956	1.3264
^{228}Ac (cpm/Kg)	0.7492	0.7314	1.2215	0.7284	0.7675	0.7254	0.5953	0.8300
^{214}Pb (cpm/Kg)	1.5766	1.7572	2.3437	1.6270	1.8306	1.7654	1.3845	1.9700
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.1406	1.2449	1.7721	1.1701	1.3177	1.3111	1.0242	1.4297
^{40}K (cpm/Kg)	9.1343	9.4483	8.0289	9.9741	8.2663	8.7709	8.8652	9.1880
^{232}Th (ppm) ※	2.61	2.57	4.22	2.55	2.68	2.56	2.06	2.91
^{238}U (ppm) ※	0.68	0.75	1.03	0.70	0.78	0.77	0.59	0.85
^{40}K (ppm) ※	3.08	3.19	2.71	3.36	2.79	2.96	2.99	3.10
計 (ppm) ※※	6.37	6.51	7.96	6.61	6.25	6.29	5.64	6.86
Th 系列 (mrd/yr)	7.32	7.19	11.84	7.13	7.51	7.17	5.77	8.15
U 系列 (mrd/yr)	4.16	4.58	6.33	4.28	4.82	4.72	3.68	5.21
^{40}K (mrd/yr)	34.32	35.50	30.17	37.48	31.06	32.96	33.31	34.53
総量率計 (mrd/yr)	45.80	47.27	48.34	48.89	43.39	44.85	42.68	47.89

* 質量濃度 *** ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K の質量濃度の合計

試料番号	子浦川-1	子浦川-2	子浦川-3	子浦川-4	子浦川-5	子浦川-6
採集場所	つるた橋下	子浦大橋下	不動橋下	二軒橋下	新宮川水門	所子原
^{208}Tl (cpm/Kg)	0.8527	0.7881	0.9199	0.7469	1.0537	1.4899
^{228}Ac (cpm/Kg)	0.5529	0.4889	0.6175	0.4659	0.7380	0.9343
^{214}Pb (cpm/Kg)	1.0530	1.0707	1.2553	0.9094	1.1954	2.2668
^{214}Bi (cpm/Kg)	0.7766	0.7461	0.9845	0.6198	0.8979	1.7062
^{40}K (cpm/Kg)	9.7191	9.4041	8.9136	10.6524	9.4166	8.1617
^{232}Th (ppm) ※	1.92	1.72	2.13	1.63	2.53	3.27
^{238}U (ppm) ※	0.46	0.45	0.56	0.38	0.52	1.00
^{40}K (ppm) ※	3.28	3.17	3.01	3.59	3.18	2.75
計 (ppm) ※※	5.66	5.34	5.70	5.60	6.23	7.02
Th系列 (mrđ/yr)	5.39	4.81	5.97	4.58	7.08	9.16
U系列 (mrđ/yr)	2.81	2.77	3.46	2.32	3.22	6.11
^{40}K (mrđ/yr)	36.52	35.34	33.50	40.03	35.39	30.67
緑量率計 (mrđ/yr)	44.72	42.92	42.93	46.93	45.69	45.94

試料番号	子浦川-7	子浦川-8	子浦川-9	長曾川-1	長曾川-2	長曾川-3
採集場所	所子原上	所子原ダム下	上流砂防ダム	河口	白石川合流下	善古川
^{208}Tl (cpm/Kg)	0.9679	0.8986	1.1171	0.8904	1.1684	1.0278
^{228}Ac (cpm/Kg)	0.5879	0.5749	0.6643	0.4988	0.7779	0.7559
^{214}Pb (cpm/Kg)	1.3820	1.3852	1.7681	1.0022	1.1518	1.4055
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.0922	1.0318	1.2653	0.6399	0.8979	0.9259
^{40}K (cpm/Kg)	8.8347	9.0613	8.9949	10.6692	8.8806	8.2178
^{232}Th (ppm) ※	2.07	2.00	2.35	1.79	2.69	2.56
^{238}U (ppm) ※	0.62	0.60	0.76	0.40	0.52	0.58
^{40}K (ppm) ※	2.98	3.06	3.03	3.60	2.99	2.77
計 (ppm) ※※	5.67	5.66	6.14	5.79	6.20	5.91
Th系列 (mrđ/yr)	5.81	5.62	6.59	5.02	7.54	7.18
U系列 (mrđ/yr)	3.82	3.71	4.64	2.48	3.16	3.53
^{40}K (mrđ/yr)	33.20	34.05	33.80	40.09	33.37	30.88
緑量率計 (mrđ/yr)	42.83	43.38	45.03	47.59	44.07	41.59

試料番号	長曾川-4	長曾川-5	長曾川-6	長曾川-7	長曾川-8	長曾川-9	長曾川10
採集場所	酒井川	大町金丸間	地獄谷川	久江川	濁川大橋上	熊野不動滝	濁川橋上
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.5100	0.8904	1.2513	1.8748	0.9581	1.9320	1.7153
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.0064	0.4988	0.7894	1.1028	0.5730	1.2039	1.1200
^{214}Pb (cpm/Kg)	1.5827	1.0022	1.2701	2.8020	1.3796	2.8391	2.2564
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.2591	0.6399	0.9310	2.1555	1.1341	2.3009	1.4308
^{40}K (cpm/Kg)	9.2255	10.6692	10.9818	9.3272	8.8899	8.6822	8.7838
^{232}Th (ppm) ※	3.48	1.79	2.76	3.92	2.03	4.22	3.89
^{238}U (ppm) ※	0.72	0.40	0.55	1.24	0.64	1.30	0.91
^{40}K (ppm) ※	3.11	3.60	3.70	3.15	3.00	2.93	2.96
計 (ppm) ※※	7.31	5.79	7.01	8.31	5.67	8.45	7.76
Th系列 (mrđ/yr)	9.75	5.02	7.73	10.97	5.68	11.83	10.89
U系列 (mrđ/yr)	4.40	2.48	3.37	7.64	3.90	7.97	5.56
^{40}K (mrđ/yr)	34.67	40.09	41.27	35.85	33.41	32.63	33.01
緑量率計 (mrđ/yr)	48.82	47.59	52.37	53.66	42.99	52.43	49.46

試料番号	於古川-1	於古川-2	於古川-3	於古川-4	於古川-5	於古川-6	於古川-7
採集場所	太中橋	日詰橋上	橋下橋	追堂橋上	梨谷小山橋	仏木川合流	上船野
^{208}Tl (cpm/Kg)	0.8267	0.6652	0.9381	0.4296	0.9967	1.4003	1.2146
^{228}Ac (cpm/Kg)	0.5464	0.4401	0.6293	0.2660	0.6490	0.8714	0.7987
^{214}Pb (cpm/Kg)	1.0188	0.7522	1.2325	0.5734	1.7340	2.4225	1.5699
^{214}Bi (cpm/Kg)	0.7917	0.5405	0.7865	0.3780	1.0492	1.4551	0.9716
^{40}K (cpm/Kg)	8.8092	8.9678	8.5818	8.5761	6.9877	5.6204	3.4244
^{232}Th (ppm) ※	1.89	1.52	2.17	0.93	2.25	3.06	2.77
^{238}U (ppm) ※	0.46	0.32	0.50	0.23	0.68	0.95	0.62
^{40}K (ppm) ※	2.97	3.02	2.89	2.89	2.36	1.90	1.15
計 (ppm) ※※	5.32	4.86	5.56	4.05	5.29	5.91	4.54
Th系列 (mrđ/yr)	5.30	4.27	6.09	2.62	6.32	8.56	7.76
U系列 (mrđ/yr)	2.79	1.98	3.05	1.44	4.18	5.81	3.82
^{40}K (mrđ/yr)	33.10	33.70	32.25	32.23	26.26	21.12	12.87
緑量率計 (mrđ/yr)	41.19	39.95	41.39	36.29	36.76	35.49	24.45

* 質量濃度 ※※ ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K の質量濃度の合計

試料番号	海-1	海-2	海-3	海-4	海-5	海-6	海-7
採集場所	大聖寺川南	大聖寺川北	新堀川南	新堀川北	前川南	前川北	手取川南
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.7309	1.3018	1.4105	1.6486	1.8066	2.0904	2.0260
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.1041	0.7749	0.8693	0.9561	1.1429	1.2492	1.2132
^{214}Pb (cpm/Kg)	1.9657	1.5817	1.7525	1.9097	2.3825	2.5242	2.3948
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.5275	1.1852	1.3427	1.5000	1.7547	1.8222	1.8160
^{40}K (cpm/Kg)	7.6336	5.9078	4.9931	6.0626	5.6118	7.8919	6.5026
^{232}Th (ppm) ※	3.85	2.74	3.05	3.41	3.99	4.42	4.29
^{238}U (ppm) ※	0.88	0.69	0.78	0.86	1.03	1.08	1.06
^{40}K (ppm) ※	2.57	1.99	1.68	2.04	1.89	2.66	2.19
計 (ppm) ※※	7.30	5.42	5.51	6.31	6.91	8.16	7.54
Th 系列 (mrd/yr)	10.78	7.69	8.56	9.54	11.19	12.38	12.02
U 系列 (mrd/yr)	5.39	4.25	4.77	5.27	6.34	6.65	6.48
^{40}K (mrd/yr)	28.69	22.20	18.76	22.78	21.09	29.66	24.44
線量率計 (mrd/yr)	44.86	34.14	32.09	37.59	38.62	48.69	42.94

試料番号	海-8	海-9	海-10	海-11	海-12	海-13	海-14
採集場所	手取川北	大慶寺川南	大慶寺川北	倉部川南	倉部川北	犀川南	犀川北
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.0420	1.9516	1.8925	2.2655	2.0570	2.0668	2.0387
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.2430	1.1946	1.1636	1.4647	1.3204	1.2192	1.3480
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.4470	2.3664	2.1423	3.0449	2.4211	2.5622	2.3593
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.8071	1.8052	1.6437	2.3190	1.8095	1.8910	1.7485
^{40}K (cpm/Kg)	5.7472	6.3891	7.1124	4.8123	6.8169	6.0968	6.5786
^{232}Th (ppm) ※	4.39	4.20	4.09	5.09	4.60	4.33	4.67
^{238}U (ppm) ※	1.06	1.05	0.95	1.35	1.06	1.11	1.03
^{40}K (ppm) ※	1.94	2.15	2.40	1.62	2.30	2.06	2.22
計 (ppm) ※※	7.39	7.40	7.44	8.06	7.96	7.50	7.92
Th 系列 (mrd/yr)	12.31	11.78	11.46	14.28	12.89	12.12	13.08
U 系列 (mrd/yr)	6.53	6.42	5.83	8.26	6.50	6.83	6.30
^{40}K (mrd/yr)	21.60	24.01	26.73	18.08	25.62	22.91	24.72
線量率計 (mrd/yr)	48.44	42.21	44.02	40.62	45.01	41.86	44.10

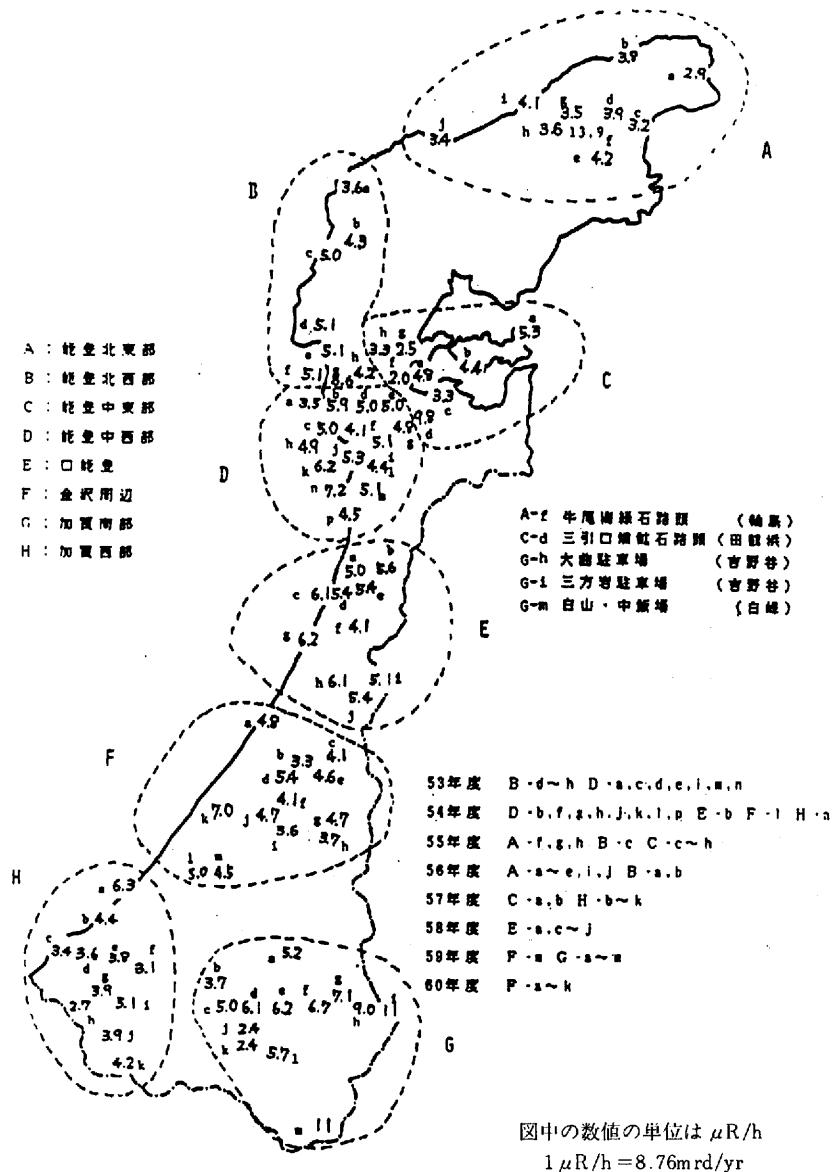
試料番号	海-15	海-16	海-17	海-18	海-19	海-20	海-21
採集場所	大野川南	大野川北	放水路南	放水路北	白星	大海川南	大海川北
^{208}Tl (cpm/Kg)	2.0482	1.8846	1.9637	2.0692	1.8054	1.6455	1.8030
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.1422	1.1234	1.1428	1.2330	1.1859	1.0321	1.1187
^{214}Pb (cpm/Kg)	2.4559	2.0777	2.3258	2.4189	2.1053	2.0745	2.2479
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.7841	1.6382	1.7234	1.7694	1.5636	1.5566	1.5559
^{40}K (cpm/Kg)	7.9180	6.7199	7.9710	9.2608	7.7509	7.4760	6.8838
^{232}Th (ppm) ※	4.18	3.98	4.07	4.36	4.11	3.61	3.90
^{238}U (ppm) ※	1.06	0.94	1.01	1.05	0.92	0.91	0.94
^{40}K (ppm) ※	2.67	2.27	2.69	3.12	2.61	2.52	2.32
計 (ppm) ※※	7.83	7.19	7.77	8.53	7.64	7.04	7.16
Th 系列 (mrd/yr)	11.50	11.14	11.40	12.23	11.52	10.12	10.94
U 系列 (mrd/yr)	6.49	5.74	6.21	6.42	5.63	5.58	5.79
^{40}K (mrd/yr)	29.75	25.25	29.95	34.80	29.13	28.09	25.87
線量率計 (mrd/yr)	47.74	42.13	47.56	53.45	46.28	43.79	42.68

試料番号	海-22	海-23	海-24	海-25	海-26	海-27
採集場所	千里浜	羽咋川南	羽咋川北	長手島	於古川南	於古川北
^{208}Tl (cpm/Kg)	1.6135	1.8046	1.8419	1.9231	1.5986	1.6858
^{228}Ac (cpm/Kg)	1.0103	1.0406	1.0978	1.1074	0.9167	0.9856
^{214}Pb (cpm/Kg)	1.8900	2.1010	2.0997	2.2575	1.9439	2.0293
^{214}Bi (cpm/Kg)	1.4576	1.6274	1.5372	1.6333	1.4221	1.5174
^{40}K (cpm/Kg)	6.8776	7.0350	6.8964	8.6753	7.5205	7.6574
^{232}Th (ppm) ※	3.54	3.71	3.89	3.95	3.27	3.50
^{238}U (ppm) ※	0.84	0.94	0.91	0.97	0.84	0.89
^{40}K (ppm) ※	2.32	2.37	2.33	2.93	2.54	2.58
計 (ppm) ※※	6.70	7.02	7.13	7.85	6.65	6.97
Th 系列 (mrd/yr)	9.91	10.40	10.89	11.07	9.17	9.82
U 系列 (mrd/yr)	5.16	5.75	5.57	5.95	5.16	5.45
^{40}K (mrd/yr)	25.84	26.44	25.92	32.60	28.26	28.77
線量率計 (mrd/yr)	40.91	42.59	42.38	49.62	42.59	44.04

※ 質量濃度 ※※ ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K の質量濃度の合計

2. In-Situ γ スペクトロメトリーによる環境放射能調査

石川県内各地域の現地 γ スペクトロメトリーによる環境放射能レベルとその寄与成分評価の調査研究が、石川県環境部委託研究として行われた。図VIII-1は8年間にわたり行われた県内各地点での結果をまとめ¹³⁷Cs寄与を差引いた全線量値を地図上に示したものである。



図VIII-1 石川県における大地寄与全線量 ($\text{Cs}-137$ をのぞく)

あとがき

このたび、「石川の自然」第12集物理・化学編を発行する運びとなった。これは、昭和54年からGe(Li)半導体γ線スペクトロメータ装置を用いて、県内の地層・河川床・海浜の各試料についてまとめたものである。

理科教育の中での環境教育に、今後より一層関心を寄せる必要があると思われる。このような意味で、私達の回りに自然の放射能があることを認識するための教材の基礎資料として、この小冊子が役立つならば幸いである。

[謝辞]

この調査報告書の発行に際して、元教育センター所員の井表義光氏（県立七尾城北高等学校長）、角井淑昭氏（押水町立押水中学校教頭）、草鹿堅一氏（県立松任高等学校長）、小島義博氏（県立金沢二水高等学校教諭）、橋本寛治氏（金沢市立衆崎小学校教頭）、福田信正氏（金沢大学教育学部付属小学校教諭）の6名の調査資料も併せて報告させて戴いた。

さらに、金沢大学名誉教授・石川県文化行政顧問 阪上正信先生から本報告の内容について御校閲を賜りました。また、金沢大学理学部放射化学研究室の中西 孝助教授から懇切・丁寧な御指導と御助言を戴き、金沢大学低レベル放射能実験施設の諸先生からも測定法等についての御協力・御助言を戴くことが多かった。さらに、県立金沢錦丘高等学校山守志朗教諭、当教育センター安達岩雄研修指導主事から貴重な資料提供などを戴いた。そして、調査に同行された県教育センターの井戸保治技師、原田宗昭技師、酒井栄一技師、西川国昭技師、資料の整理等を応援してくださった北村千鶴代技能員、そのほか何かにつけて御援助を戴いた方々に厚く感謝の意を表します。

抄録カード

テーマ

石川の自然 第12集 物理・化学編

「石川県内の地層・河川床・海浜における自然放射性核種の分布」

Ge (Li) 半導体γ線スペクトロメータ装置を利用してγ線の測定を行ったものであり、自然環境の理解に役立てたり物理・化学教材の基礎資料とするための小冊子である

石川県教育センター物理・化学研究室

西出 隆・北本正明・浅野敏夫・宮井豊晴

I. はじめに

V. 調査結果と考察

II. 自然放射性核種の概要

VII. まとめ

III. 調査期日および調査地点

VIII. 自然放射性核種測定の実践例

IV. 調査研究のすすめ方

VIII. 資料編

紀要 第33号

昭和63年3月25日 発行

発行所 石川県教育センター

代表者 小島和夫

(〒921) 金沢市高尾町ウ31番地1

☎代表 0762-98-3515

印 刷 (株)小林太一印刷所

