

# 携帯用四チャンネル $\gamma$ 線核種分析装置試験報告書

1985年12月



動力炉・核燃料開発事業団

中部探鉱事務所

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒107 東京都港区赤坂1-9-13

動力炉・核燃料開発事業団

技術協力部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to: Technical Evaluation and Patent Office, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 9-13, 1-chome, Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

1985年12月

## 携帯用四チャンネル $\gamma$ 線核種分析装置 試験報告書

探鉱技術開発班

目黒 昇・永崎靖志

### 要 旨

近年、国内外のウラン探査では露頭を手がかりとしたウラン鉱床発見は、極めて困難な状況となりつつある。

このような状況の中で、潜頭鉱床発見の為に新技術開発が非常に重要になってきている。

最近、地下深部から断層・割れ目を通路として地表に移動する、ラドンガス壊変物質の $^{214}\text{Bi}$ を効果的に検出する装置（三チャンネル $\gamma$ 線核種分析装置付カーボン車）が開発され、地下水・地熱調査での成功が報告されている。

動燃事業団では、この装置をウラン探査に活用すべく改良を加えた一号車を製作し（4chカーボン車）中国・騰冲プロジェクトに導入した。

探鉱技術開発班では、本装置を更に携帯型に改良した※「8415型・携帯用四チャンネル $\gamma$ 線核種分析装置」を製作し、今後のウラン探査への有効性について検討した。

その結果、断層が予想される地点での $^{214}\text{Bi}$ 異常を確認するとともに、幾つかの特性を明らかにすることができた。

ここに、本装置の現場適用試験について報告する。

※ 以下本文中では、4chマンボーンとする。

## 目 次

	頁
I. 調査概要 .....	1
I-1 調査目的 .....	1
I-2 調査地域概要 .....	1
I-2-1 位置・交通 .....	1
I-2-2 地形 .....	2
I-2-3 地質概要 .....	3
I-3 ウラン鉱床探査原理 .....	7
I-4 測定原理 .....	9
II. 機器の構成・仕様 .....	10
II-1 概要 .....	10
II-2 特長 .....	10
II-3 主な仕様 .....	11
II-3-1 パネル面 .....	12
II-3-2 操作手順 .....	14
II-3-3 計測 .....	14
II-3-4 一般的注意事項 .....	16
II-4 ストリッピングファクター ( $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ ) について .....	17
II-4-1 ストリッピングファクターの決定 .....	17
II-5 NaI (Tl) シンチレーション検出器の分解能について .....	19
III. 調査日程 .....	20
IV. 調査結果 .....	21
IV-1 測線 .....	21
IV-2 測定結果 .....	21
V. 解析結果 .....	36
V-1 解析方法 .....	36
V-2 250mグリッド測線について .....	36
V-3 尾根道測線について .....	49
V-4 2mグリッド測線について .....	57
V-5 山岡町測線について .....	60
V-6 $^{40}\text{K}$ ・ $^{214}\text{Bi}$ ・ $^{208}\text{Tl}$ の間の関係 .....	63
V-7 各種測定例 .....	67
VI. ま と め .....	68

## 附 図 - 附 表

図 - 1.	調査地域 - 1	.....	1
図 - 2.	調査地域 - 2	.....	2
図 - 3.	調査地域地質図	.....	6
図 - 4.	放射性崩壊系列図	.....	7
図 - 5.	探査原理図	.....	8
図 - 6.	測定原理図	.....	9
図 - 7.	前面操作パネル図	.....	1 2
図 - 8.	側面パネル図	.....	1 3
図 - 9.	分解能検査図	.....	1 9
図 - 10.	250 m グリッド位置図	.....	2 2
図 - 11.	月吉鉱床・断層と測定位置図	.....	2 3
図 - 12.	尾根道測線位置図	.....	2 9
図 - 13.	2 m グリッド位置図	.....	3 2
図 - 14.	Bi コンターマップ	.....	3 8
図 - 15.	Bi 鳥かん図	.....	3 9
図 - 16.	Bi/K コンターマップ	.....	4 1
図 - 17.	Bi/K 鳥かん図	.....	4 2
図 - 18.	Bi/Tℓ コンターマップ	.....	4 4
図 - 19.	Bi/Tℓ 鳥かん図	.....	4 5
図 - 20.	Total-γ コンターマップ	.....	4 7
図 - 21.	Total-γ 鳥かん図	.....	4 8
図 - 22.	尾根道測線 K 濃度分布及び地質断面図	.....	5 0
図 - 23.	“ Bi “	.....	5 1
図 - 24.	“ Tℓ “	.....	5 2
図 - 25.	“ Bi/K “	.....	5 3
図 - 26.	“ K/Tℓ “	.....	5 4
図 - 27.	“ Bi/Tℓ “	.....	5 5
図 - 28.	“ Total-γ “	.....	5 6
図 - 29.	Bi・Bi/K・Bi/Tℓ 異常値	.....	5 8
図 - 30.	Bi・Bi/K・Bi/Tℓ 異常測点	.....	5 9
図 - 31.	山岡町測線位置図	.....	6 1
図 - 32.	山岡町測線測定値	.....	6 2
図 - 33.	BiとK 相関図	.....	6 4
図 - 34.	BiとTℓ 相関図	.....	6 5
図 - 35.	KとTℓ 相関図	.....	6 6

表-1.	模式柱状図 .....	3
表-2.	250 mグリッド測定値 .....	24
表-3.	尾根道測線測定値 .....	30
表-4.	2 mグリッド測定値 .....	33
表-5.	Bi 異常値 .....	37
表-6.	Bi/K 異常値 .....	40
表-7.	Bi/T $\ell$ 異常値 .....	43
表-8.	Total-r 異常値 .....	46
表-9.	測定結果一覧 .....	67

# I. 調査概要

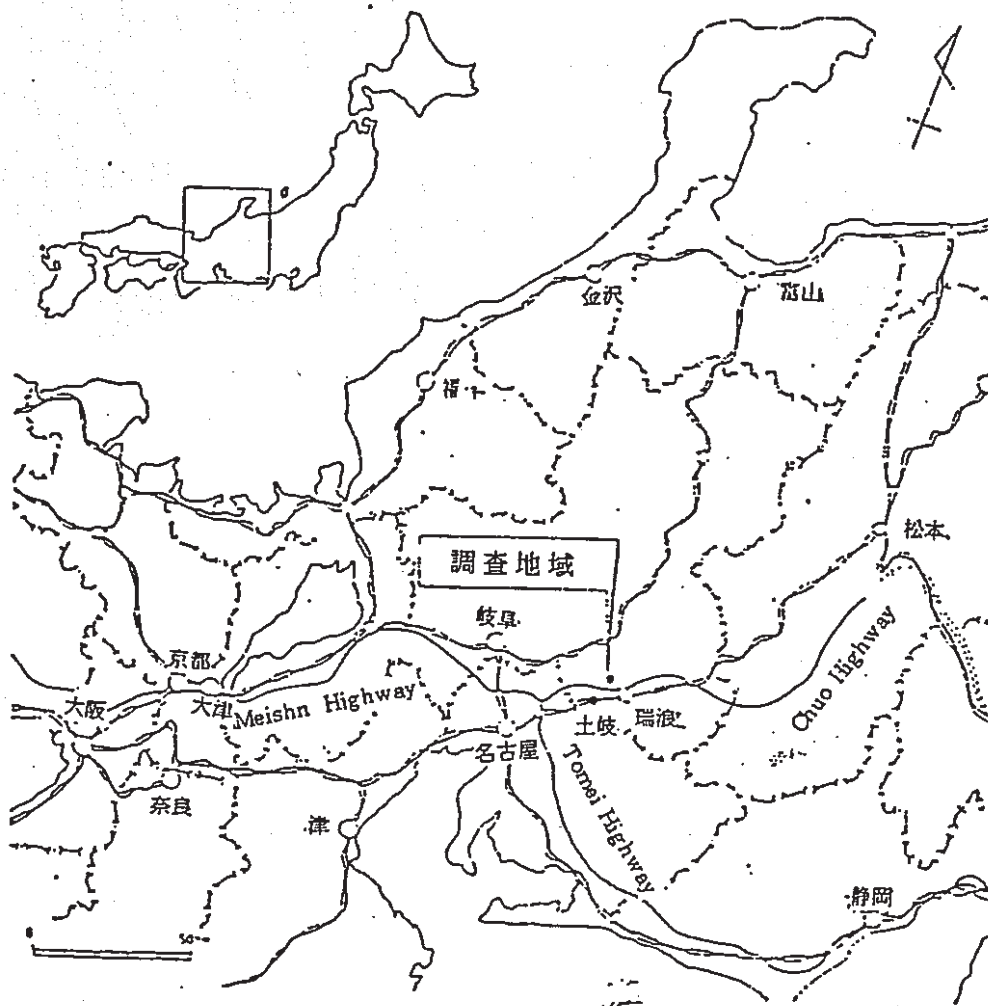
## I-1 調査目的

中国プロジェクトに導入した4chカーボン車の経験をもとに作製した4chマンボーンを用いて、月吉鉱床上の地表における $^{40}\text{K}$ ・ $^{214}\text{Bi}$ ・ $^{208}\text{Tl}$ ・Total- $\gamma$ 線強度を測定し、その解析結果から鉱床・断層等の存在を明らかにするとともに今後のウラン探査への有効性について検討する。

## I-2 調査地域概要

### I-2-1 位置・交通

土岐市は、岐阜県の南東部に位置し、東濃地域に属する。名古屋市から東北東方向に約43 km、国鉄中央本線で約1時間の距離にある。調査地域は、土岐市の北東部から瑞浪市西端部にあたる約8 kmの範囲内であり、すぐ南方に中央本線が走っている。



(図-1) 調査地域-1



## I - 2 - 2 地 形

土岐市の盆地平野部の標高は約140mであり、調査地域は平野を取り囲む低平な丘陵地形をなし、その標高は200~300mである。

この付近でやや高い山としては北西部にある高根山で標高340mである。主な河川としては、土岐市の中央を東から西へ流れる土岐川があり、東部の賤洞の沢、定林寺の沢は南方に流れて土岐川に合流する。



(図一2) 調査地域一2



I - 2 - 3 地質概要

(1) 概要

本地域の地質は古生層および花崗岩を基盤として新第三系と第四系から成っている。  
 新第三系は土岐堆積盆地、その東方の岩村堆積盆地および土岐堆積盆地の北西の可児堆積盆地などに分かれて分布し、岩村・土岐盆地には瑞浪層群が、可児盆地には可児層群が発達し、大局的には一連の中新統として分布する。  
 鮮新世瀬戸層群はこれらを明瞭な不整合で覆って広く分布する。

(2) 層序

調査地付近の層序区分を示した。

(表-1) 模式柱状図

時代	層名		層厚 (m)	岩相	
鮮新世	瀬戸層群	土岐砂礫層	50以上	礫を主とし、砂を交える	
		土岐口層	0~30	粘土、珪砂	
中新世	瑞浪層群	生伎層	0~60	粘土~淤泥岩 下部細粒砂岩、基底礫岩	
		明世累層	上部層 (山野内層相当層)	20~25	細粒砂岩~砂質淤泥岩
			中部層 (戸狩層相当層)	10~15	細粒~中粒砂岩
			下部層 (月吉層相当層)	20~30	中粒~粗粒砂岩 基底礫岩
	土岐夾炭累層		60	砂岩、泥岩互層 亜炭・炭質頁岩・礫岩・凝灰岩を挟む 基底礫岩	
先第三紀	基盤花崗岩類		黒雲母花崗岩		

### ① 基盤花崗岩

この地域の基盤は、中生代～古第三紀初期に貫入したと考えられる花崗岩類がその大部分を占めている。調査区域のものは、苗木型の黒雲母花崗岩であって、ときに石英斑岩脈に貫かれた部分がある。

### ② 土岐夾炭累層

本累層は基盤花崗岩を不整合に覆って地域全般にかけて広く分布し、上位の海成層の明世層群とは不整合と考えられる。基底部は礫岩から成り主要構成礫は花崗岩および石英斑岩である。礫は円磨度が悪く、角礫～垂角礫を成し、径数mの巨大なものを多く含むことから、この礫岩層は供給源よりあまり遠く運搬されたものではないと推察される。基底礫岩部の上位は青灰色～緑灰色を呈する砂岩・泥岩層が卓越し、厚さ数mの細礫岩～中礫岩、厚さ数mの炭質泥岩～砂岩、またところにより厚さ数m～数cmの垂炭を含む。

放射能異常は基底部の角礫岩直上の砂岩・炭質頁岩・頁岩中に認められ、主要含ウラン層となっている。

### ③ 瑞浪層群

#### (③-1) 明世累層

本累層は東濃地域にわたり広く分布し下部に礫岩・砂岩・泥質細粒砂岩が発達するが、一般に火山性物質が多く、細粒～中粒の凝灰質砂岩・凝灰質泥岩を主体としており、数枚の凝灰岩が挟在する。

本累層の下部はVicaryaの産出で有名である。中部は凝灰質砂岩から成り、層理に平行する不規則偏平の団球が特徴的に発達し、海棲化石に富む。上部は無層理の砂質泥岩・凝灰質泥岩である。

本累層は浅海性内湾的な堆積環境が考えられている。

#### (③-2) 生俵累層

本累層は地域北部に主に分布しており、下位の地層を不整合に覆っている。岩相は特徴的なシルト～泥岩を主とするが、部分的に基底部に礫岩層が発達することがある。本累層にはGlobigerinaのような浮遊性有孔虫が多く、前述の明世累層堆積時よりさらに水深が深くなったことを示している。本地域の中新世を通じ、生俵層堆積時が最も海進がすすみ深かったことを示している。

### ④ 瀬戸層群

本層群はすべての下位地層を不整合に覆って地域全般に広く分布し、下部の土岐口層と上部の土岐砂礫層に細分される。

土岐口砂層は当地域内にはほとんど分布せず、五斗時方面に良く発達している。

土岐砂礫層は、ほとんど礫から成る。礫はよく円磨された花崗岩、古生層の粘板岩・チャート等の円礫がその量比の上で圧倒的に多いが、ところにより第三系の砂岩礫を混えることがある。

### (3) 地質構造

この地域の第三系の分布は堆積時の基盤岩の形態に規制され、各堆積盆地に向かういくつかの旧河川系を埋めており、地層の傾斜は一般に盆地の中心に向かい $2^{\circ}$ ～ $6^{\circ}$ である。なお、当地域にはこの付近の新第三系を切るE-Wないし、NE-SW方向に発達する山

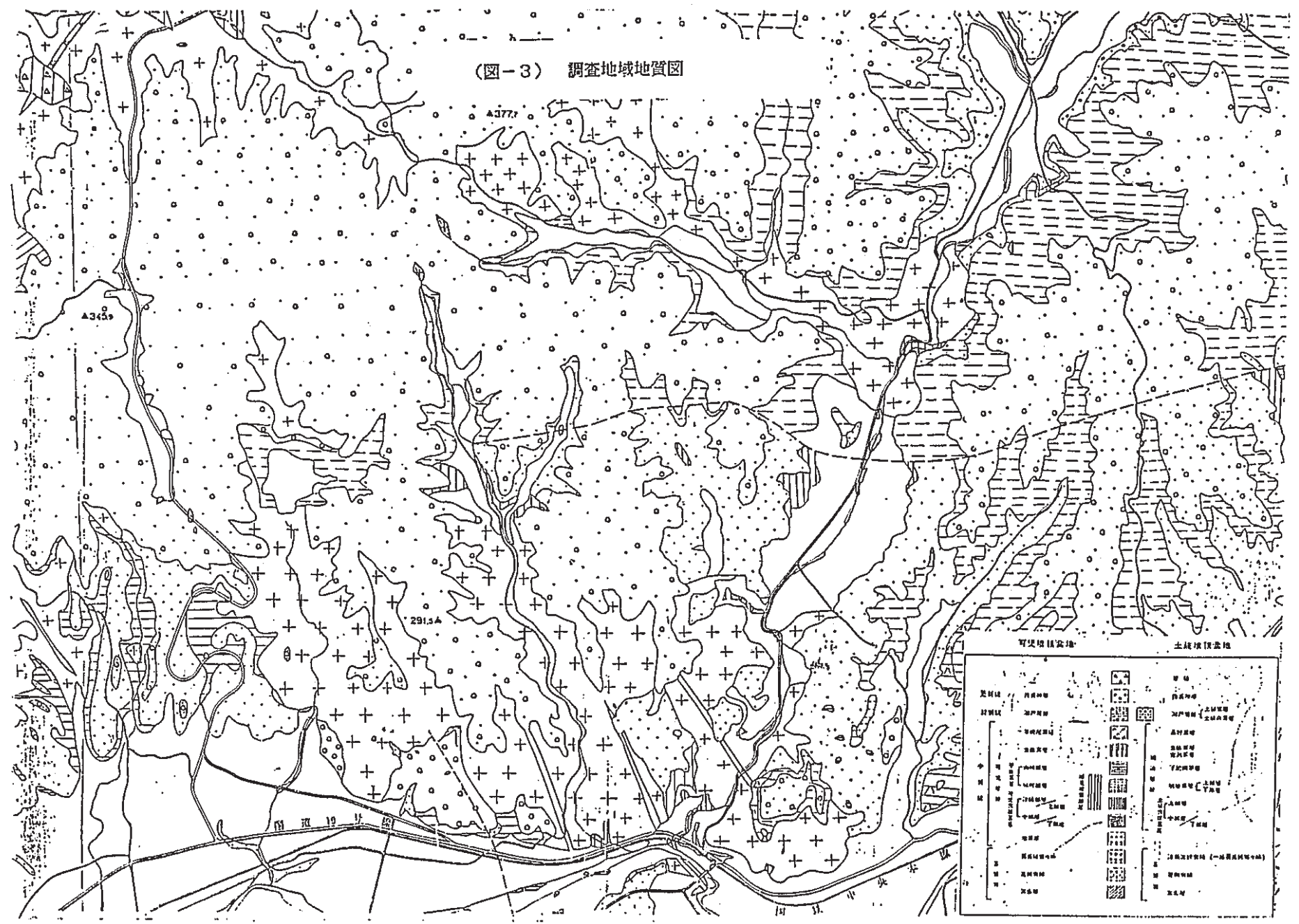
田断層、月吉断層などがあり、月吉断層はこの付近の鉍床も切っているが、瀬戸層群には影響を与えていない。

#### (4) 月吉鉍床と月吉断層

月吉断層は、走向E-W、傾斜 $65^{\circ}$ ~ $70^{\circ}$  Sの逆断層で約35mの落差がある。

本断層に沿って月吉鉍床は、基盤岩と新第三系との不整合面の凹所、換言すれば、かって新第三系堆積前の旧河川系に極めて強く支配され長さ3.4km、幅300~700mにわたって胚胎している。しかし、鉍床は旧河川の主流部（主チャンネル）に発達している場合は少なく、主チャンネルの上流部または支流（枝チャンネル部）に主として見られる傾向がある。含ウラン層は通常1~数層より成り、その延層厚は10mを越すような例もあるが、一般的には1~3mである。月吉鉍床での産出ウラン鉍物は、主として4価コフィン石  $(U(SiO_4)_{1-x})(OH)_{4-x}$  で、同チャンネル全域にわたって推定品位0.01%  $U_3O_8$  以上である。品位0.03%  $U_3O_8$  以上では総延長でほぼ2700m幅は賤洞100~200m、正馬様・月吉で200~300mに分布する。

(圖-3) 調查地域地質圖



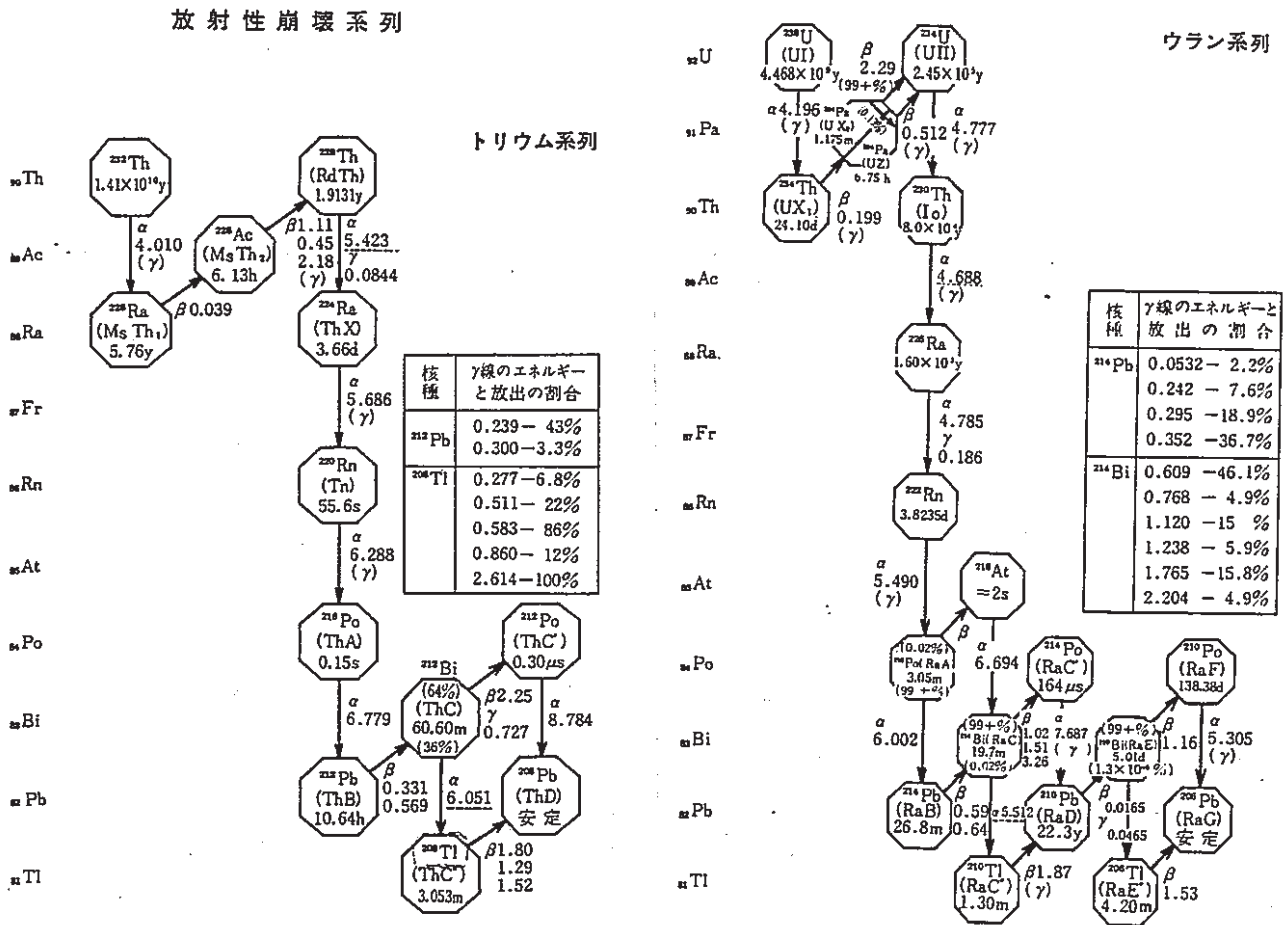
可變地質圖		土壤地質圖	
第四系	沖積層	第四系	沖積層
第三系	砂岩層	第三系	砂岩層
第二系	頁岩層	第二系	頁岩層
第一系	頁岩層	第一系	頁岩層
...	...	...	...

I - 3 ウラン鉱床探査原理

断層近傍の地表で放射線の異常値を認める現象は一般によく知られていたが、この現象をウラン鉱床・断層・き裂の探査に応用することは、ごく最近まで行なわれなかった。

断層近傍で放射能異常値を示す原因として、地殻中のウランが壊変しラドンガスを生成、これが断層による岩石・地層中の空隙・割れ目を通して地表にもたらされ、断層近傍に $^{222}\text{Rn}$ の娘元素である $^{214}\text{Bi}$ が濃集する結果と想定される。

したがって、地表でこの $^{214}\text{Bi}$ の異常を検出すれば、地下に伏在する断層・ウラン鉱床の存在を推定することが可能となる。



(図 - 4) 放射性崩壊系列図

天然に存在する放射性元素は $^{238}\text{U}$ 、 $^{235}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ のどれかにはじまって順次に壊変する3つの放射性崩壊系列を構成する。

$^{238}\text{U}$ にはじまる系列は8回の $\alpha$ 壊変と6回の $\beta$ 壊変で安定な $^{206}\text{Pb}$ で終る。この系列の中に見出される核種の質量数は、 $n$ を整数とすると $(4n+2)$ で表わされ、ウラン系列とよばれる。

$^{214}\text{Bi}$ はこの系列の中に入る。

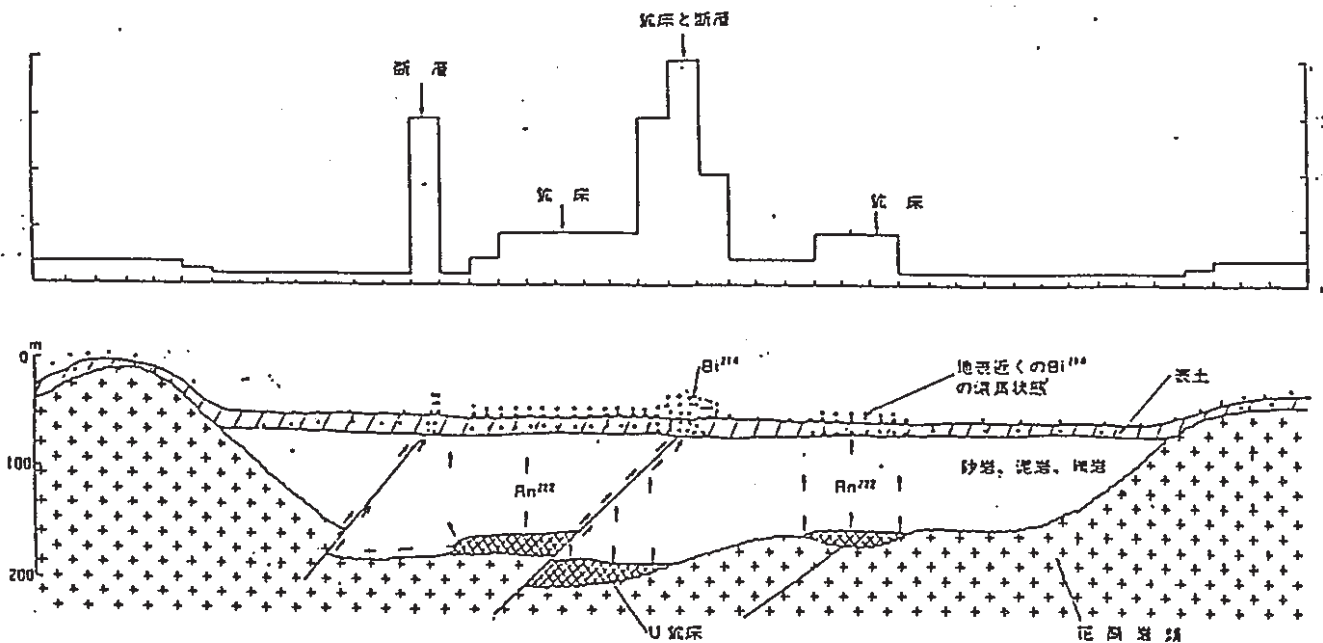
トリウム系列 $(4n)$ は $^{232}\text{Th}$ にはじまり $^{208}\text{Pb}$ で終る。

$^{208}\text{Tl}$ はこの系列の中に入る。

$^{40}\text{K}$ は系列をつくらない天然放射性核種の一つである。

天然に存在するKに、この $^{40}\text{K}$ は0.0118%含まれており、家屋建築材・生体などにも含まれている。

一般に、火山岩地域では、ウラン・トリウムなどの系列に属する自然放射性核種と $^{40}\text{K}$ によって線量率が高くなり火山灰でおおわれている地域では主として $^{40}\text{K}$ の寄与のみで線量率は低いとされている。



(図-5) 探査原理図

# I - 4 測定原理

測定核種およびγ線エネルギーは以下のとおりである。

- $^{40}\text{K}$  : 1.46 MeV
- $^{214}\text{Bi}$  : 1.76 MeV
- $^{208}\text{Tl}$  : 2.61 MeV
- Total-γ : 0.1 MeV~3.00 MeV

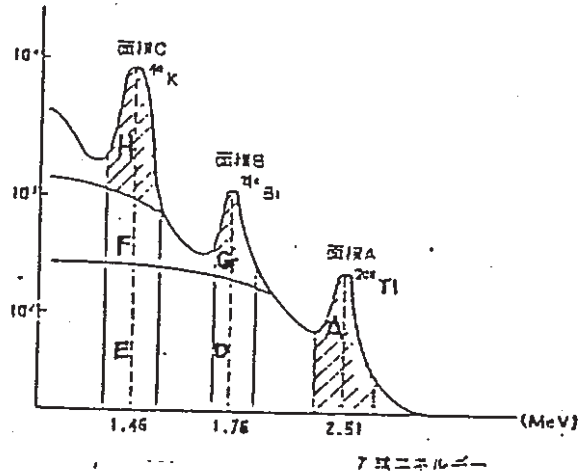
地層・岩石でのK, U, Thの各核種の含有量は地層・岩石ごとにほぼ一定なため、図-6におけるピーク面積A, G, Hを用いたピーク比は、幾何学的条件で各核種のピーク計数率がどのように変化しても、地層ごとにほぼ一定となる。

したがって、ピーク比を用いることにより地層・岩石ごとの幾何学的条件による各核種のピーク計数率の変動は消去される。

$$\frac{{}^{214}\text{Bi} \text{ ピーク計数率}}{{}^{208}\text{Tl} \text{ ピーク計数率}} = \frac{\text{面積 G}}{\text{面積 A}}$$

$$\frac{{}^{214}\text{Bi} \text{ ピーク計数率}}{{}^{40}\text{K} \text{ ピーク計数率}} = \frac{\text{面積 G}}{\text{面積 H}}$$

$$\frac{{}^{40}\text{K} \text{ ピーク計数率}}{{}^{208}\text{Tl} \text{ ピーク計数率}} = \frac{\text{面積 H}}{\text{面積 A}}$$



(図-6) 測定原理図

すなわち、いずれの条件でも各ピークの計数率は地表での測定位置ごとに大幅に変動するが、2核種の含有量の比率でこれらの条件での各核種のピーク計数率のもつ大幅な変動は除去され、各ピーク比は比較的安定な値を示す。

実際に地下にウラン鉱床が存在したり、地層中の断層とそれらに伴われた亀裂から $^{222}\text{Rn}$ が上昇している表層では、一般の表層より $^{222}\text{Rn}$ の放射性崩壊による $^{214}\text{Bi}$ のγ線量は増えることになり鉱床上部・断層・き裂地点ではピーク比のうちの

$$\frac{{}^{214}\text{Bi} \text{ ピーク計数率}}{{}^{208}\text{Tl} \text{ ピーク計数率}} = \frac{\text{面積 G}}{\text{面積 A}} \quad \text{と} \quad \frac{{}^{214}\text{Bi} \text{ ピーク計数率}}{{}^{40}\text{K} \text{ ピーク計数率}} = \frac{\text{面積 G}}{\text{面積 H}} \quad \text{の値}$$

が急増することになり、地下鉱床や断層・き裂の存在が検出される。



## II. 機器の構成・仕様

### II-1 概要

4 chマンボーンは地表の $^{40}\text{K}$ ・ $^{214}\text{Bi}$ ・ $^{208}\text{Tl}$ ・Total- $\gamma$ 線を検出する為の装置である。

4 chマンボーンは中国プロジェクトで使用されている車載型装置の携帯型のものであり、小型ながらデジタルデータ処理部(CPU)を装備しているので、採取したデータをもとに各種の計算処理をした結果を直接得る事が出来る。

スペクトル分析には、マルチ・チャンネル波高分析器を採用し、採取する核種の選定をPROMによって固定し、手動による操作を減らし、取扱いを簡単にしている。また温度変化によるドリフトを防ぐ為に、スペクトル安定回路を採用して装置の安定化をはかっている。

### II-2 特長

#### 1. スペクトル安定回路

携帯用機器においては、一定環境下において使用される研究用機器と異なり、その使用条件は極めて過酷である。特に4 chマンボーンのようにNaI(Tl)シンチレーション検出器を使用する場合は、NaI(Tl)結晶ならびに光電子増倍管の温度による検出効率の変化が大きく、安定なスペクトルの測定は野外においては極めて困難である。この為、4 chマンボーンには車載用分析装置と同様の安定回路を組込んである。

#### 2. マルチ・チャンネル波高分析器

スペクトル分析に従来の製品がシングル・チャンネル波高分析器(S.C.A)を多数用いていたのに対し、4 chマンボーンでは、車載用の機器と同様に、マルチ・チャンネル波高分析器を取込む事により多様な機能を実現できるようになっている。

#### 3. 演算部

マイクロCPUを主体とし構成されるいわゆるコンピュータ部であり、データの収集ならびに処理を行う。

4 chマンボーンにおいては、データの収集はCPUの管理化にあるマルチ・チャンネル波高分析器により行なわれている。収集されたデータ即ちスペクトル・データは、RAM(ランダム・アクセス・メモリー)に記憶される。興味を抱く部分、即ち、 $^{40}\text{K}$ ・ $^{214}\text{Bi}$ ・ $^{208}\text{Tl}$ のデータは部分的に抽出され、それぞれに積算される。 $^{40}\text{K}$ ・ $^{214}\text{Bi}$ ・ $^{208}\text{Tl}$ のスペクトルは、それぞれにより高いエネルギーのコンプトン散乱による影響を受けている。即ち、 $^{214}\text{Bi}$ は $^{208}\text{Tl}$ より、又 $^{40}\text{K}$ は $^{214}\text{Bi}$ と $^{208}\text{Tl}$ より影響を受けている。この補正は検出器による個別誤差があり、標準線源を用いて個別に行う必要がある。

4 chマンボーンはこの様な方法により得られたデータを側面パネル上より入力する事により補正を行う。この補正された値( $K'$ ,  $\text{Bi}'$ ,  $\text{Tl}$ )により $\text{Bi}/\text{Tl}$ ,  $\text{Bi}'/K'$ ,  $K'/\text{Tl}$ の3つの比率を求める。

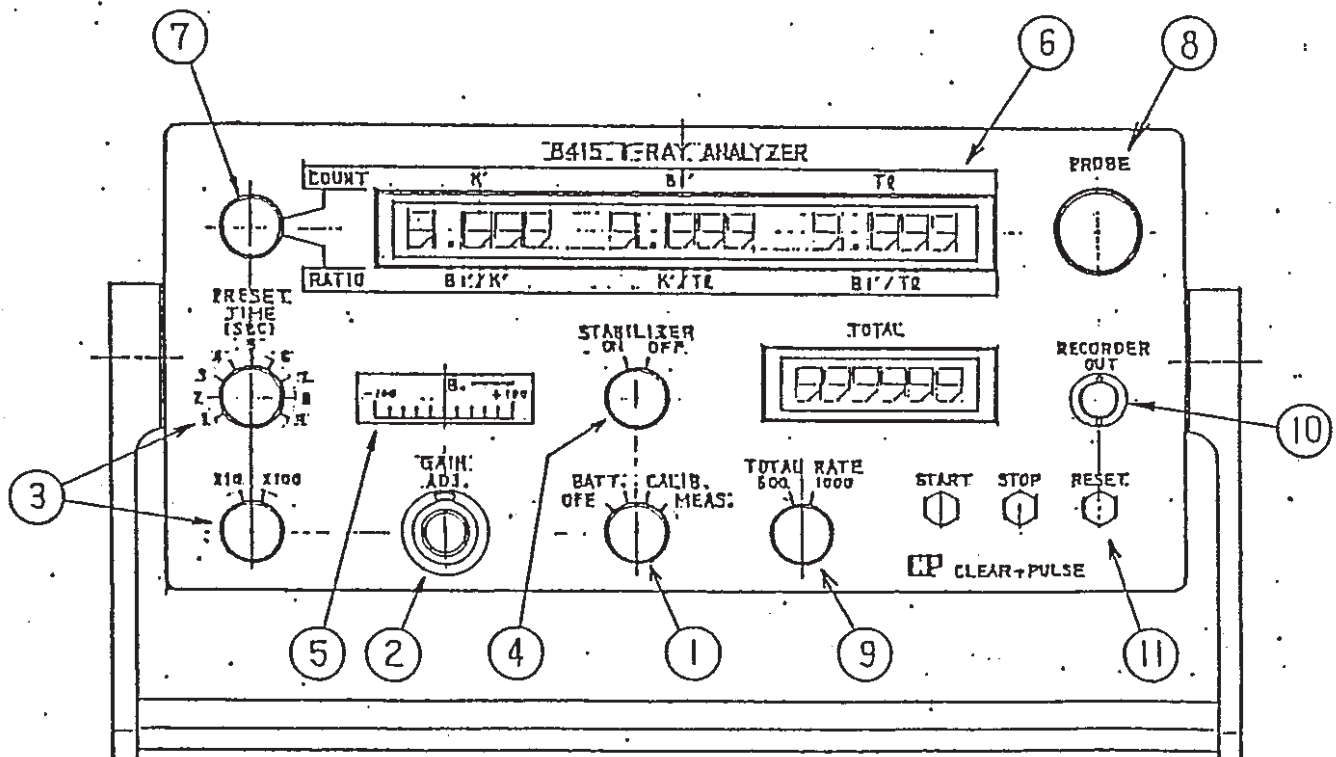
## II-3 主な仕様

検出器	5"×5" NaI(Tl)シンチレーション検出器
前置増幅器	フロー形
高圧電源	+500~+1000V (内部にて固定), 0.5mA
主増幅器	アクティブ型、電圧制御可変利得方式
スペクトル安定回路	内臓
波高分析部	1024チャンネル波高分析器
R. O. I.	$^{40}\text{K} \cdot ^{214}\text{Bi} \cdot ^{208}\text{Tl}$ に内部で固定
マイクロCPU部	8ビットCPU、制御並びに演算を行う。
コンプトン補正機構	$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 値を各3桁側面パネル上のスイッチにより設定する。
分解能設定	4.5%, 5.5%, 6.5%, 7.5%を側面パネル上のスイッチにより設定する。
校正用線源	$^{137}\text{Cs}$ (検出器の内部に固定されている)
表示機構	液晶表示 補正後の $^{40}\text{K} \cdot ^{214}\text{Bi} \cdot ^{208}\text{Tl}$ の値 (5桁) 及び比率計算の結果 (少数点を含めて5桁) をスイッチ切換で表示する。 Total- $\gamma$ 値を6桁表示する。
プリセット機構	プリセット・タイム (ライブタイム) 10~90秒、10秒ステップ 100~900秒、100秒ステップ
記録計出力	100KeVから3000KeVのエネルギー範囲の $\gamma$ 線の計数率を出力する。 (但し、 $^{137}\text{Cs}$ 校正用線源のピークを除く) フルスケール 1V/1000CPS 1V/500CPS
電源	単1形乾電池10本シリーズ (連続使用 約5時間)
全重量	約15kg

II-3-1 パネル面

前面操作パネル

- |   |  |
|---|--|
| <p>① モードスイッチ<br/>OFF<br/>BATT.<br/>CALIB.<br/>MEAS.</p> <p>② FINE GAIN</p> <p>③ PRESET TIME (SEC)</p> <p>④ STABI. (ON/OFF)</p> <p>⑤ メーター</p> <p>⑥ 表 示</p> | <p>本器の動作モードを設定するスイッチ。<br/>電源を切る。<br/>電池のチェックを行う。<br/>校正モードで、エネルギーの校正を行う。<br/>計測モードである。</p> <p>アンプのゲインを調整する。10回転のポテンショメータで、エネルギー校正の際にゲインを調整する。</p> <p>上下のロータリースイッチの組合せにより計測時間の設定を行う。<br/>1 2 3 4 5 6 7 8 9<br/>及び ×10、×100 (10~900sec)</p> <p>スペクトル安定回路の [ON] [OFF] スイッチ。</p> <p>計数率計の表示及びバッテリーチェック用メーター。</p> <p>K' Bi' Tℓまたは Bi' / Tℓ、Bi' / K'、K' / Tℓを夫々5桁(少数点込み)、Total-τ値を6桁を液晶表示器により表示する。<br/>また校正時 (CALIB.) には α、β、τの値を表示する。</p> |
|---|--|

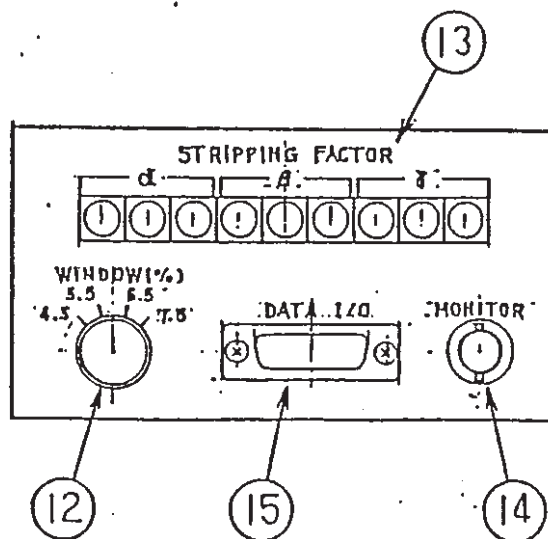


(図-7) 前面操作パネル面

- ⑦ スイッチ (COUNT/RATE) 表示の切換えスイッチ。  
[COUNT] にすると  $K' \cdot Bi' \cdot Tl$  の値、[RATE] にすると  $Bi' / Tl$ 、 $Bi' / K'$ 、 $K' / Tl$  の値を表示する。
- ⑧ PROBE 検出器のケーブルを接続する為のコネクターであり、接続しない時はキャップをする。
- ⑨ TOTAL RATE (500/1000) 記録計出力のフルスケールを設定するスイッチ。  
Total- $\gamma$  値のフルスケール (1 V) 当りの線量率を示す。
- ⑩ RECORDER OUT Total- $\gamma$  の計数率を記録計用に電圧出力する。  
計数率のフルスケールの値は前項の“TOTAL RATE”スイッチにより設定される。
- ⑪ START STOP RESET 計測の開始、停止及びデータのリセットをする為の押ボタンスイッチ。

側面操作パネル

- ⑫ WINDOW (%) データー収集のウィンドウを設定するスイッチ。  
数字はそのエネルギーに対する % を示す。
- ⑬ STRIPPING FACTOR 補正係数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  をそれぞれ 3 桁のデジタルスイッチで設定する。
- ⑭ MONITOR 内部のアンプの出力をモニターする為のコネクターで、本器を調整する時に使用する。通常は使用しない。
- ⑮ DATA I/O 内部の CPU 調整用のコネクターで通常は使用しない。



(図-8) 側面パネル面

## II-3-2 操作手順

### 1. 電池の取付

電源が〔OFF〕になっている事を確認する。本体の後面のネジを6本はずして後面パネルをはずし、電池ボックスに単1形電池を10本入れる。その時電池の向きを間違えないようにする。再び後面パネルをしっかりととめる。

### 2. 検出器の接続

電源スイッチを〔OFF〕にした状態で、前面パネルのコネクター⑧“PROBE”に検出器の接続ケーブルのオス型コネクターを接続し、反対側を検出器に接続する。

### 3. 電源の投入

前面パネルのモードスイッチ①を〔BATT.〕に合わせる。この位置で自動的に電源が投入される。

### 4. バッテリーチェック

前項の操作でモードスイッチを〔BATT.〕に合わせると、電源が投入されメーターの指針が移動するので、メーターの緑色の線の中にある事を確認する。若し指針が赤色の線の中にある時は、電池を交換する必要がある。

また測定中に電池がなくなると、“TOTAL”の表示の部分に〔BATT.〕の文字が表示されるので、その時は電池を交換する。

### 5. エネルギーの校正

モードスイッチ①を〔CALIB.〕に合わせる。またパネルの中央にあるロータリースイッチ④“STABI.ON/OFF”を〔OFF〕に合わせる。

メーターの下にあるポテンショメータ②“FINE GAIN”を〔3.00〕付近に合わせる。

この状態に設定が終えたら、右下の押しボタンスイッチ⑩“START”を押す。“ピーッ、ピッ”とブザーが鳴り、検出器から信号が取込まれ始める。

メーターの指針が右側一杯近くまで振れていたら正常である。若し、指針が少ししか振れていない時は、ポテンショメータ②“FINE GAIN”をゆっくり回して、指針が一番右側まで振れるよう調整し直す。次にロータリースイッチ④“STABI.ON/OFF”を〔ON〕に合わせる。この時メーターの指示は半分位に下る。この状態で約1分間待つ。終了したならば押しボタンスイッチ⑩“STOP”を押す。これで校正は終了する。

計測の前には、必ずエネルギーの校正を行う。

## II-3-3 計測

### 1. 補正係数の設定

側面パネル上の3組の3桁デジタルスイッチ⑬“STRIPPING FACTOR  $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ ”をドライバーで目的とする値に設定する。

### 2. ウィンド巾の設定

側面パネル上のロータリースイッチ⑫“WINDOW (%)”のつまみを、目的とする値に合せる。

### 3. 計測時間の設定

左下の2個のロータリースイッチ③“PRESET TIME (SEC)”の組合せにより、計測時間が設

定される。但し、この計測時間はライブタイムでデッドタイム（死感時間）を差引いた時間である。

上のスイッチでは、〔1〕から〔9〕まで設定出来、下のスイッチで×10または×100を選択する事により、10秒から90秒または、100秒から900秒を設定することが出来る。例えば、上のスイッチを〔3〕とし、下のスイッチを〔×10〕にすれば、計測時間は30秒である。目的とする時間に設定する。

#### 4. 計測の開始

モードスイッチ①を〔MEAS.〕に合わせる。

左下の押ボタンスイッチ⑩“STOP”を押す。

同じく押ボタンスイッチ⑪“RESET”を押す。

同じく押ボタンスイッチ⑫“START”を押す。

ブザーが“ピーッ”と鳴り、“TOTAL”の表示器の〔000000〕の表示が点滅し、計測が開始される。

メーターの指針が中心付近で振れている事を確認する。

#### 5. 計測の終了とデータの表示

設定時間の計測が終了すると、ブザーが“ピーッ”と鳴り、データが表示される。

左上のロータリースイッチ⑦を〔COUNT〕に合わせると、上段の表示部左より $K'$ 、 $Bi'$ 、 $Tl$ のデータが表示される。スイッチを〔RATIO〕に合わせると、左より $Bi'/K'$ 、 $K'/Tl$ 、 $Bi'/Tl$ の値が表示される。

下段の表示部にはTotal-rの値が表示される。

データの表示を確認後、計測を再び開始する時は、4より繰り返す。

補正係数、ウインド巾、計測時間を変更して、次の計測を行う時は、1から実行する。

#### 6. 途中経過の表示

設定時間が終了する前にデータを表示させたい時は、押ボタンスイッチ⑩“STOP”を押すと、ブザーが“ピーッ、ピッ、ピッ”と鳴りデータが表示される。

表示内容は5と同一で、そのまま計測を続行させたい時は、押ボタンスイッチ⑫“START”を押すと計測が続行される。

注意： この時、押ボタンスイッチ⑪“RESET”は押さないこと。

もし押した場合は、データが消えてしまう。その時は4から実行し直す。

#### 7. 電源の切断

計測が終了したら、必ずモードスイッチ①を〔OFF〕にする。

#### 8. 電池の交換

新しい電池を使用した場合、計測は連続で約5時間行える。

断続して使用した場合は多少時間が伸びる。

電池が消耗したら、後面のパネルをはずして新しい電池と交換する。

$K'$ 、 $Bi'$ について

$K'$ 、 $Bi'$ は下記の式により計算される。

$$Bi' = Bi - \alpha \times Tl$$

$$K' = K - \beta \times Tl - r \times Bi$$

$\alpha$  ,  $\beta$  ,  $r$  はそれぞれ補正係数で、検出器により値が異なるので、標準線源を用いて、実測して求める。この値を計測の際デジタルスイッチで設定して用いる。

#### II - 3 - 4 一般的注意事項

1. 検出器は大型のNaI (Tl) シンチレータと光電子増倍管が組込まれており、壊れ易く、また高価なものであり、また本体には高密度に電子回路が組込まれているので、水をかたり、衝撃を与えることは極力避ける。
2. 本体と検出器を接続しているケーブル内には、信号機と電源線が通っているので、ケーブルを折曲げたりしない。
3. 本体と検出器の接続は、電源が切れている事を必ず確認してから行う。
4. 検出器に組込まれているシンチレータは急激な温度変化に弱いので、寒い屋外から急に暖かい屋内に入ったり、またその逆に暖かい場所から寒い場所に出たりすると、シンチレータが破壊する事があるので注意する。
5. 本体及び検出器は、雨等にぬらさないこと。故障の原因となる。
6. 使用後は電池をはずしておく。長時間古い電池を入れたままにしておくと、電池液が漏れて故障の原因となる事がある。



## II-4 ストリッピングファクター ( $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ ) について

4 chマンボーンで得られた計測値は、他の放射性元素によるコンプトン散乱計数に重なる為、得られた値を補正しなければならない。この補正の割合は検出器によって異なり、また目的とするガンマーピークのウインド幅によっても異なる。従ってその各々について較正しなければならない。

$^{40}\text{K}$  に対する  $^{214}\text{Bi}$  のコンプトン散乱の影響の割合を  $\gamma$  とし、

$^{40}\text{K}$  に対する  $^{208}\text{Tl}$  のコンプトン散乱の影響の割合を  $\beta$  とし、

$^{214}\text{Bi}$  に対する  $^{208}\text{Tl}$  のコンプトン散乱の影響の割合を  $\alpha$  とする。

上記の  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  を用いると、 $^{40}\text{K}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  の真の係数値を各々  $K'$ ,  $\text{Bi}'$  とすれば、

$$K' = K - \beta \times \text{Tl} - \gamma \times \text{Bi}$$

$$\text{Bi}' = \text{Bi} - \alpha \times \text{Tl}$$

$K$  :  $^{40}\text{K}$  のカウント数

$\text{Bi}$  :  $^{214}\text{Bi}$  のカウント数

$\text{Tl}$  :  $^{208}\text{Tl}$  のカウント数

となる。

実際に  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  を決定する為には、 $^{214}\text{Bi}$  の線源,  $^{208}\text{Tl}$  の線源を用いて、次の方法により算出する。

- ① 線源のない状態で一定時間 ( $T$ ) 計測する。その時の  $^{40}\text{K}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{208}\text{Tl}$  の計数値を各々  $K-1$ ,  $\text{Bi}-1$ ,  $\text{Tl}-1$  とする。
- ②  $^{214}\text{Bi}$  の線源を検出器の近くの一定の場所に置いて一定時間 ( $T$ ) 計測する。  
その時の  $^{40}\text{K}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{208}\text{Tl}$  の計数値を各々、 $K-2$ ,  $\text{Bi}-2$ ,  $\text{Tl}-2$  とする。
- ③  $^{208}\text{Tl}$  の線源を検出器の近くの一定の場所に置いて一定時間 ( $T$ ) 計測する。  
その時の  $^{40}\text{K}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{208}\text{Tl}$  の計数値を各々  $K-3$ ,  $\text{Bi}-3$ ,  $\text{Tl}-3$  とする。
- ④  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  を次式により算出する。

$$\alpha = \frac{(\text{Bi} - 3) - (\text{Bi} - 1)}{(\text{Tl} - 3) - (\text{Tl} - 1)}$$

$$\beta = \frac{(K - 3) - (K - 1)}{(\text{Tl} - 3) - (\text{Tl} - 1)}$$

$$\gamma = \frac{(K - 2) - (K - 1)}{(\text{Bi} - 2) - (\text{Bi} - 1)}$$

### II-4-1 ストリッピングファクター ( $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ ) の決定

4 chマンボーンにおける  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  の値を、実際に求めた結果は以下の通りである。

測定条件

- ウインド幅 : 7.5 %
- 測定時間 : 300 秒

① バックグラウンド測定

(1回目)	K = 6736	Bi = 2634	Tℓ = 1622
(2回目)	K = 6995	Bi = 3034	Tℓ = 1671
(3回目)	K = 13034	Bi = 2716	Tℓ = 2818

② <sup>208</sup>Tℓ 線源測定

(1回目)	K = 9274	Bi = 5619	Tℓ = 10290
(2回目)	K = 8568	Bi = 4829	Tℓ = 7063
(3回目)	K = 15711	Bi = 5744	Tℓ = 11864

③ <sup>214</sup>Bi 線源測定

(1回目)	K = 7593	Bi = 4032	Tℓ = 1635
(2回目)	K = 7846	Bi = 4320	Tℓ = 1761
(3回目)	K = 13833	Bi = 3998	Tℓ = 3044

1回目

$$\alpha = \frac{5619 - 2634}{10290 - 1622} \approx 0.344$$

$$\beta = \frac{9274 - 6736}{10290 - 1622} \approx 0.293$$

$$\gamma = \frac{7593 - 6736}{4032 - 2634} \approx 0.613$$

2回目

$$\alpha = \frac{4829 - 3034}{7063 - 1671} \approx 0.333$$

$$\beta = \frac{8568 - 6995}{7063 - 1671} \approx 0.291$$

$$\gamma = \frac{7846 - 6995}{4320 - 3034} \approx 0.661$$

3回目

$$\alpha = \frac{5744 - 2716}{11864 - 2818} \approx 0.334$$

$$\beta = \frac{15711 - 13034}{11864 - 2818} \approx 0.295$$

$$\gamma = \frac{13833 - 13034}{3998 - 2716} \approx 0.623$$

以上の結果より、ストリップングファクターは、

$$\alpha = 0.337$$

$$\beta = 0.293$$

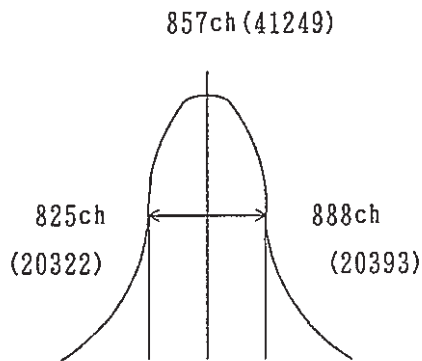
$$\gamma = 0.632$$

と決定した。

II - 5 NaI (Tl) シンチレーション検出器の分解能について

米国 Bicron社製 NaI (Tl) シンチレーション検出器の分解能検査を実施した。

製造元 : Bicron Corporation  
形式 : 5H5/5型  
製造番号 : EH-906  
線源 :  $^{137}\text{Cs}$   
波高分析器 : ORTEC社製 6240B型  
テスト電圧 : +900V



ピーク・チャンネル : 857  
ピーク・カウント : 41249  
半値巾 : 63  
FWHM : 7.35%

$$\text{FWHM} = \frac{888 - 825}{857} \times 100 = 7.35\%$$

(図-9) 分解能検査図

分解能検査より得られた7.35%の分解能は、探鉱技術開発班仕様の7.50%以下を満すものである。

### Ⅲ. 調査日程

昭和60年5月～9月

5月	納入・ストリッピングファクターの決定
6月	測定
7月	同上
8月	報告書作成
9月	同上

## IV. 調査結果

### IV - 1 測線

59年度実施した各種ラドン法比較試験（各種ラドン法比較試験報告書 PNC N441 85-01）で  
用した250mグリッド118点を使い測定を行った。（図-10）

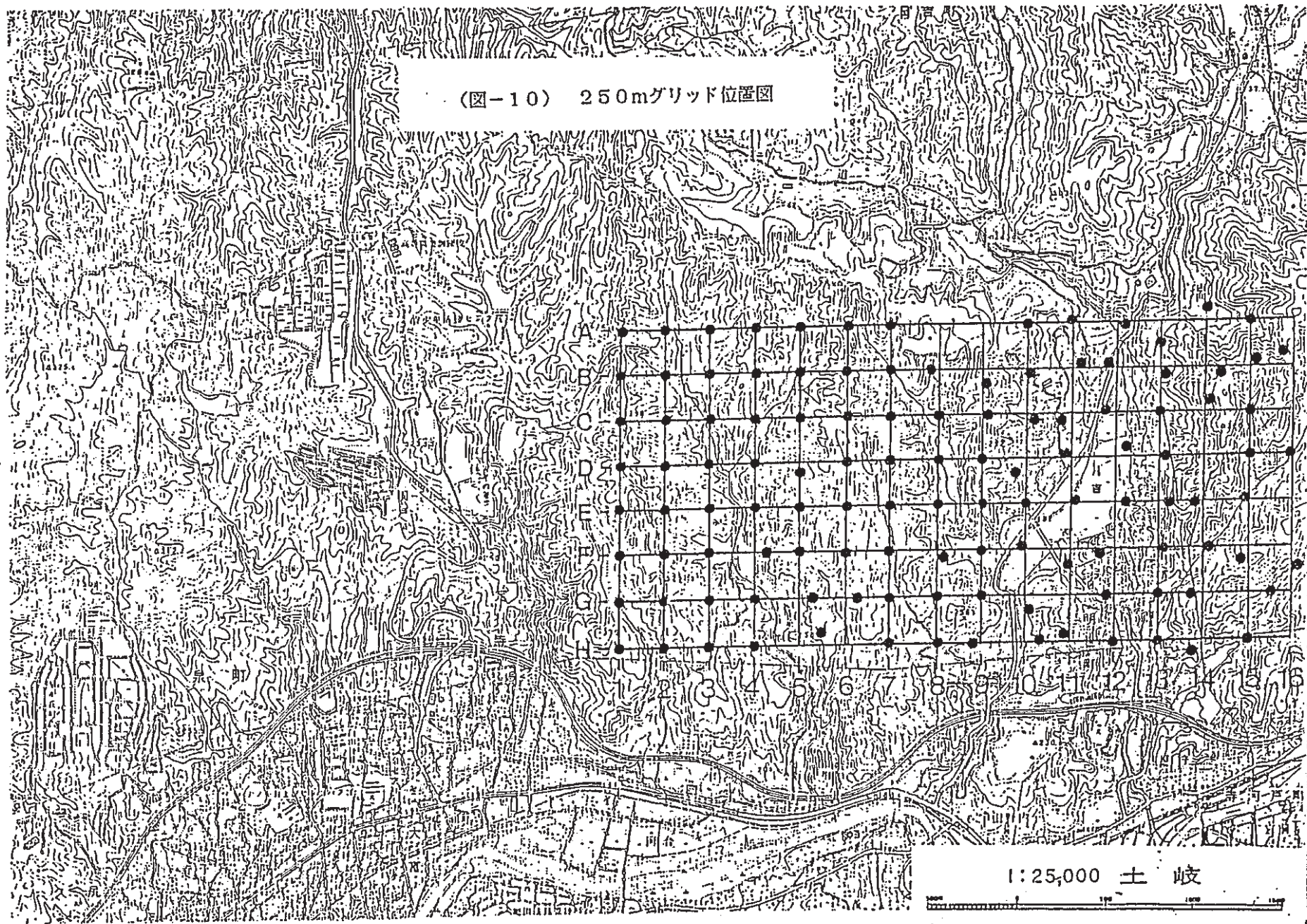
他に月吉断層を横切る測線（図-12）と月吉断層を中心とした2m間隔グリッド（図-13）  
を設定した。

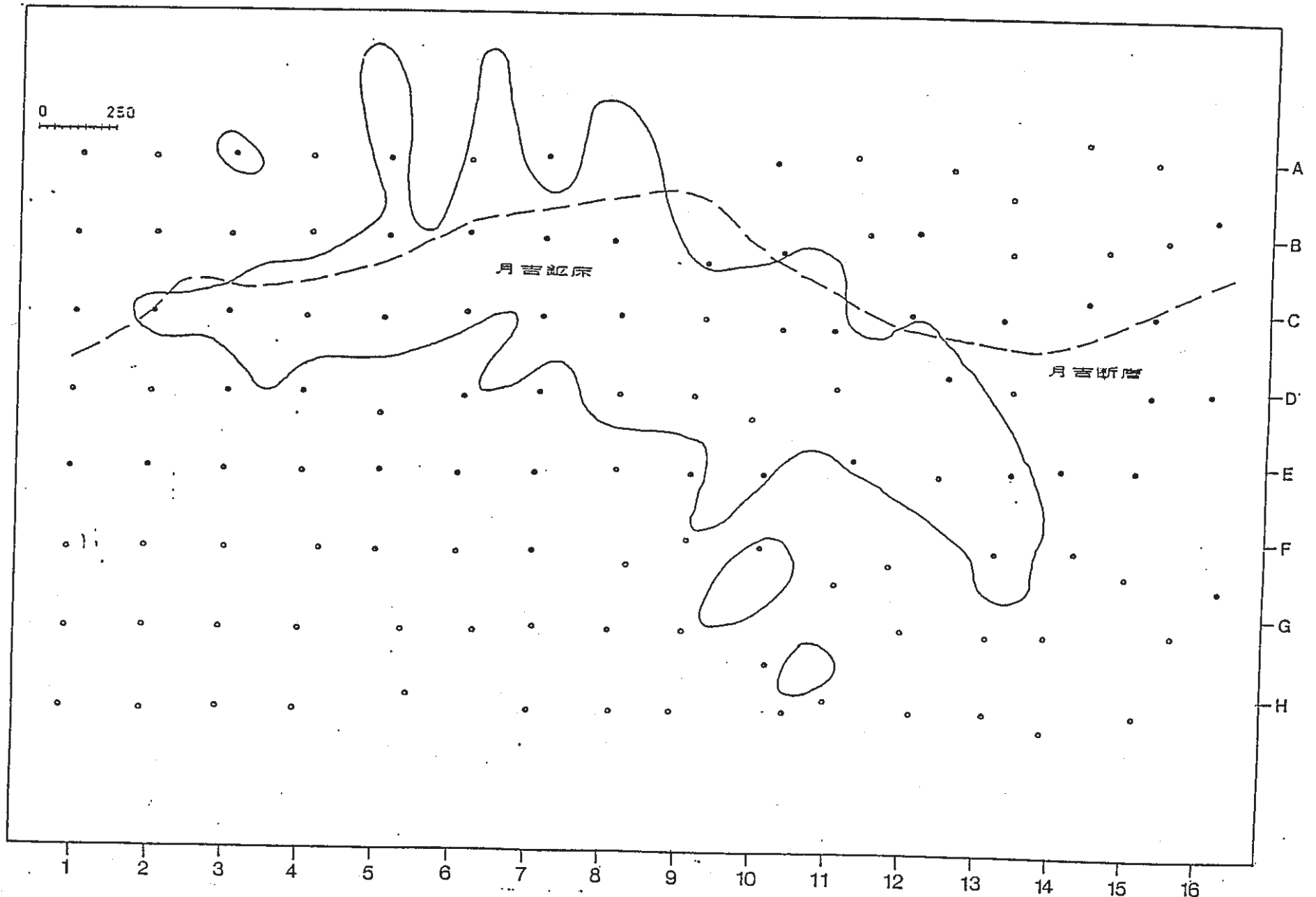
### IV - 2 測定結果

4chマンボーンによる測定値（表-2, 3, 4）を示す。

測定値は、各測点における300秒間の計数値である。

(図-10) 250mグリッド位置図





(图-11) 月吉鉱床・断層と測定位置図



(表-2) 250mグリッド測定値

測点 No.	K	Bi	T $\ell$	Bi/K	K/T $\ell$	Bi/T $\ell$	Total-r
A-1	6580	510	1683	0.077	3.909	0.303	349427
A-2	4907	506	1136	0.103	4.320	0.446	328272
A-3	4529	608	1158	0.134	3.912	0.526	329389
A-4	8573	660	1840	0.071	3.610	0.256	361987
A-5	3972	452	1115	0.114	3.563	0.406	309704
A-6	8811	499	1946	0.056	4.527	0.256	431611
A-7	8524	577	1830	0.068	4.658	0.315	393173
A-10	6536	668	1608	0.102	4.065	0.415	375442
A-11	3652	684	1196	0.188	3.054	0.573	336984
A-12	17526	1080	4243	0.062	4.131	0.255	751612
A-13	4054	560	1823	0.140	2.224	0.311	378521
A-14	7005	468	1511	0.066	4.636	0.309	400281
A-15	8006	567	1623	0.070	4.932	0.349	379111
B-1	7010	498	1981	0.071	3.538	0.251	361985
B-2	6968	637	1918	0.091	3.633	0.332	386252
B-3	4363	537	1396	0.108	3.556	0.385	345409
B-4	9006	652	2006	0.072	4.489	0.325	429872
B-5	2942	415	638	0.141	4.612	0.650	273842
B-6	8748	520	1934	0.059	4.524	0.269	421165
B-7	7345	573	1819	0.078	4.038	0.315	383170
B-8	3853	531	1150	0.138	3.350	0.462	297358
B-9	3109	547	1053	0.176	2.953	0.520	286198
B-10	4581	559	1409	0.122	3.250	0.397	341349
B-11	5099	627	1410	0.123	3.617	0.445	356327
B-12	9395	679	2871	0.072	3.273	0.237	503460
B-13	5788	501	1299	0.087	4.456	0.386	347487
B-14	6872	496	1683	0.072	4.083	0.294	349864

测点 No.	K	Bi	T $\ell$	Bi/K	K/T $\ell$	Bi/T $\ell$	Total- $\gamma$
B-15	7092	466	1511	0.065	4.693	0.308	336814
B-16	8107	500	1596	0.061	5.079	0.313	359871
C-1	6603	503	1798	0.076	3.672	0.279	361911
C-2	4348	639	1100	0.147	3.953	0.581	323731
C-3	4526	450	1341	0.099	3.376	0.336	330150
C-4	8991	596	2011	0.066	4.493	0.297	442811
C-5	4767	390	1153	0.082	4.134	0.339	312879
C-6	8738	531	1991	0.060	4.388	0.266	422815
C-7	8890	521	1816	0.058	4.895	0.286	419018
C-8	5006	467	1261	0.093	3.970	0.370	316116
C-9	6164	548	1504	0.089	4.099	0.364	343271
C-10	1388	335	726	0.242	1.912	0.462	236791
C-11	9081	809	2098	0.089	4.329	0.386	446519
C-12	10642	606	2046	0.057	5.201	0.296	418568
C-13	5307	490	1587	0.092	3.344	0.309	364363
C-14	7980	492	1611	0.061	4.953	0.305	369783
C-15	5961	493	1677	0.082	3.554	0.293	368711
D-1	8061	549	1811	0.068	4.451	0.303	398127
D-2	6839	499	1695	0.072	4.034	0.294	329827
D-3	8957	994	1992	0.111	4.497	0.499	525022
D-4	16364	2186	2221	0.134	7.368	0.984	603191
D-5	5869	543	1529	0.092	3.838	0.355	365829
D-6	2107	537	2135	0.255	0.987	0.252	355563
D-7	2855	517	1352	0.181	2.112	0.383	310773
D-8	6576	573	1561	0.087	4.213	0.368	368328
D-9	7703	572	1732	0.074	4.448	0.330	373123
D-10	2774	457	1151	0.165	2.411	0.397	295017
D-11	6170	706	1311	0.114	4.706	0.539	344482

测点 No	K	Bi	T $\ell$	Bi/K	K/T $\ell$	Bi/T $\ell$	Total-r
D-12	5480	479	1762	0.087	3.113	0.272	340206
D-13	6780	604	1704	0.089	3.979	0.355	374877
D-15	6709	561	1332	0.083	5.036	0.421	359867
D-16	6789	523	1544	0.077	4.397	0.339	358746
D-1	6866	497	1799	0.072	3.816	0.276	409872
E-2	8871	549	2051	0.061	4.325	0.267	339867
E-3	6980	496	1933	0.071	3.610	0.256	361987
E-4	8001	596	1495	0.074	5.351	0.398	351628
E-5	3486	481	1069	0.137	3.260	0.449	349884
E-6	5006	496	1329	0.099	3.766	0.373	349922
E-7	2831	689	1982	0.243	1.429	0.348	341307
E-8	3875	501	1076	0.129	3.602	0.466	307382
E-9	3862	616	1451	0.159	2.662	0.425	325733
E-10	6871	634	1743	0.092	3.942	0.364	390127
E-11	5421	537	1790	0.099	3.029	0.300	355627
E-12	3720	397	1090	0.107	3.414	0.365	290674
E-13	2967	501	1201	0.168	2.470	0.417	316812
E-14	3006	496	1189	0.165	2.528	0.417	312768
E-15	5896	522	1600	0.088	3.685	0.326	398762
E-1	5703	528	1805	0.092	3.159	0.292	399657
F-2	7892	527	1650	0.066	4.783	0.319	289831
F-3	8134	792	4292	0.097	1.895	0.185	600860
F-4	7216	695	1486	0.096	4.855	0.467	349872
F-5	5961	601	1911	0.100	3.087	0.314	369425
F-6	2715	628	1330	0.232	2.042	0.473	312178
F-7	2232	549	1486	0.246	1.502	0.370	320180
F-8	3564	498	1311	0.140	2.719	0.380	335863
F-9	3161	649	1300	0.206	2.432	0.500	325572

测点 No.	K	Bi	T $\ell$	Bi/K	K/T $\ell$	Bi/T $\ell$	Total-r
F-10	6673	639	1464	0.096	4.558	0.437	349115
F-11	4145	611	1511	0.147	2.666	0.393	357142
F-12	3495	689	1279	0.197	2.733	0.539	316745
F-13	3852	453	1196	0.117	3.220	0.378	298746
F-14	6709	501	1588	0.074	4.224	0.315	400060
F-15	6809	499	1561	0.073	4.361	0.319	395946
F-16	6510	590	1532	0.090	4.249	0.385	328964
G-1	7015	546	1697	0.077	4.133	0.321	279988
G-2	5223	496	1950	0.094	2.678	0.254	400590
G-3	6998	499	2083	0.071	3.359	0.239	398632
G-4	12891	896	5426	0.070	2.376	0.165	722833
G-5	5389	529	2900	0.098	1.858	0.182	390060
G-6	2599	562	1394	0.216	1.865	0.403	339911
G-7	5712	740	1512	0.130	3.778	0.490	383502
G-8	3229	603	1510	0.181	2.205	0.399	350133
G-9	11851	2350	3527	0.198	3.360	0.666	711857
G-10	7713	899	1819	0.117	4.240	0.494	422396
G-12	6911	523	1549	0.075	4.461	0.337	358964
G-13	4611	591	1208	0.128	3.817	0.489	368972
G-14	5551	522	1190	0.094	4.665	0.439	322829
G-16	7478	605	1632	0.081	4.583	0.371	356361
H-1	6981	538	1988	0.076	3.511	0.270	316872
H-2	15379	1312	6219	0.085	2.473	0.211	839532
H-3	7024	691	5612	0.098	1.252	0.123	637086
H-4	2289	613	1425	0.268	1.606	0.431	354332
H-5	4362	619	2066	0.141	2.111	0.299	387088
H-7	3798	589	1434	0.155	2.649	0.411	349483
H-8	4813	608	1848	0.126	2.605	0.329	394404





(圖-12) 尾根道測線位置圖

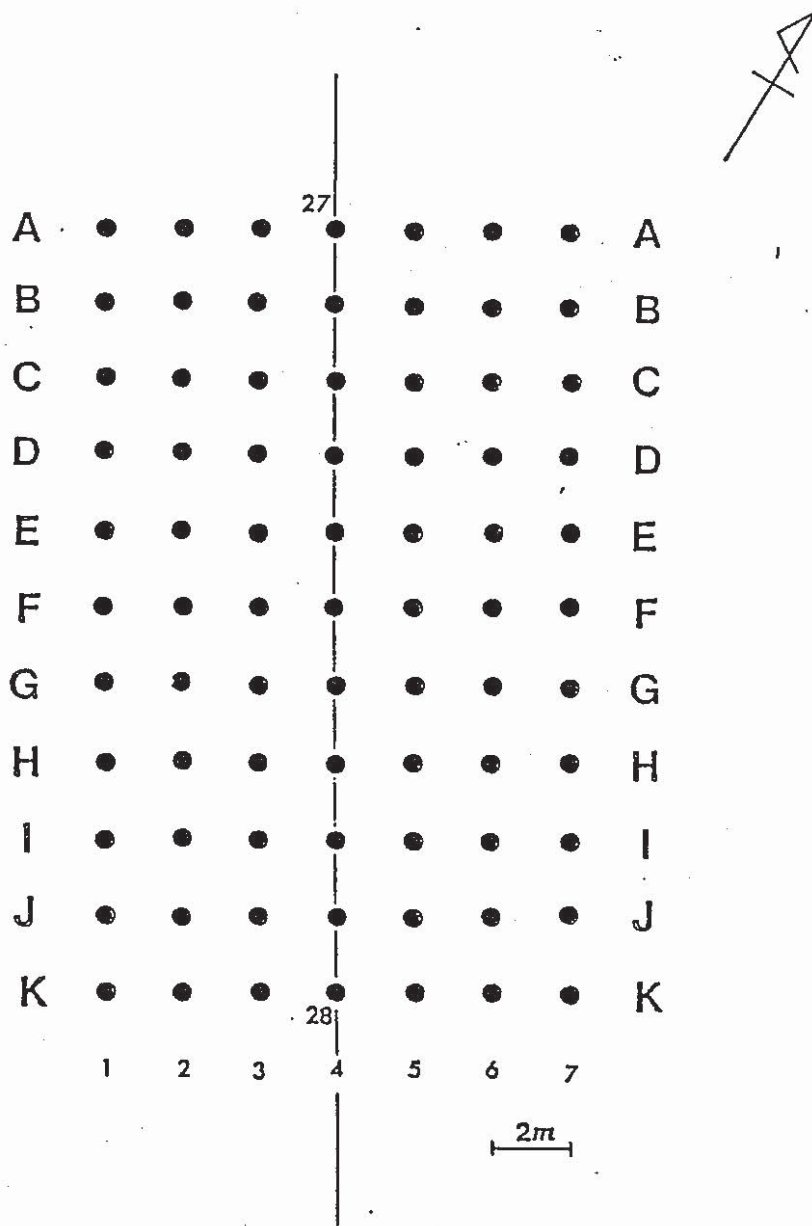


(表-3) 尾根道測線測定値

	K	Bi	Tℓ	Bi/K	K/Tℓ	Bi/Tℓ	Total-r
15	7110	626	1494	0.088	4.759	0.419	371022
16	7936	615	1528	0.078	5.194	0.403	378796
17	7955	599	1522	0.075	5.227	0.394	377945
18	7879	543	1650	0.069	4.775	0.330	385328
19	8602	521	1877	0.061	4.583	0.278	406292
20	7186	530	1568	0.074	4.584	0.338	378193
21	7131	590	1607	0.083	4.438	0.367	378346
22	7739	533	1774	0.069	4.363	0.301	391894
23	5327	556	1137	0.105	4.685	0.490	329119
24	4744	561	1150	0.118	4.126	0.488	329640
25	4725	574	1640	0.122	2.881	0.350	365549
25.2	5843	554	1786	0.101	3.070	0.310	372979
25.4	6513	573	1770	0.088	3.680	0.324	377511
25.6	6968	482	1584	0.069	4.399	0.304	367532
25.8	6881	504	1797	0.073	3.829	0.281	386286
26.0	9840	519	2234	0.053	4.405	0.232	440178
26.2	11193	620	2411	0.055	4.643	0.257	461693
26.4	9573	510	2129	0.053	4.497	0.240	432180
26.6	9862	526	2228	0.053	4.427	0.236	444103
26.8	10356	616	2095	0.059	4.944	0.294	442878
27.0	10089	516	2123	0.051	4.753	0.243	443253
27.2	10356	492	2198	0.048	4.712	0.224	453634
27.4	10610	546	2231	0.051	4.756	0.245	448956
27.55	9939	1311	2211	0.132	4.495	0.593	480030
27.6	9881	894	2072	0.091	4.769	0.432	445678
27.65	9908	992	2228	0.100	4.447	0.445	459622
27.8	10115	602	2109	0.060	4.796	0.286	430328







(図-13) 2mグリッド位置図

(表-4) 2 m グリッド測定値

測点 No	K	Bi	Tℓ	Bi/K	K/Tℓ	Bi/Tℓ	Total-γ
A-1-A	8231	606	1458	0.073	5.645	0.415	421607
A-2-A	7989	611	1602	0.076	4.986	0.381	349601
A-3-A	7762	607	1507	0.078	5.150	0.402	389991
A-4-A	10089	516	2123	0.051	4.753	0.243	443253
A-5-A	8011	621	1801	0.077	4.448	0.344	402826
A-6-A	7996	596	1811	0.074	4.415	0.329	398611
A-7-A	8106	585	1812	0.072	4.472	0.322	355611
B-1-B	8016	623	1811	0.077	4.426	0.344	349816
B-2-B	8116	661	1826	0.081	4.444	0.361	421927
B-3-B	7991	603	1791	0.075	4.461	0.336	387692
B-4-B	9087	599	2203	0.066	4.125	0.272	437263
B-5-B	7832	611	1786	0.078	4.385	0.342	401627
B-6-B	7169	592	1456	0.082	4.913	0.405	389625
B-7-B	8101	573	1399	0.070	5.790	0.409	374441
C-1-C	8026	598	1907	0.074	4.208	0.313	389811
C-2-C	6748	658	1615	0.097	4.178	0.407	376725
C-3-C	7819	664	1589	0.084	4.920	0.417	398621
C-4-C	10356	492	2198	0.048	4.712	0.224	453634
C-5-C	7896	651	1611	0.084	4.901	0.404	400621
C-6-C	8012	596	1712	0.074	4.679	0.348	398611
C-7-C	7796	599	1496	0.076	4.426	0.344	386212
D-1-D	9501	598	1896	0.062	5.011	0.315	421211
D-2-D	8421	661	1863	0.078	4.520	0.354	391625
D-3-D	8211	601	2011	0.073	4.083	0.298	99916
D-4-D	9707	624	2093	0.064	4.638	0.298	447697
D-5-D	7986	589	1761	0.073	4.534	0.334	400621
D-6-D	8023	606	1896	0.075	4.231	0.319	419106

测点 No.	K	Bi	T $\ell$	Bi/K	K/T $\ell$	Bi/T $\ell$	Total-r
D-7-D	7968	596	1907	0.074	4.178	0.312	402981
E-1-E	11030	910	2385	0.082	4.625	0.381	455970
E-2-E	10945	735	2485	0.067	4.405	0.297	462205
E-3-E	10045	480	2475	0.048	4.060	0.194	437695
E-4-E	9468	610	2086	0.064	4.539	0.292	442193
E-5-E	8569	496	1965	0.057	4.360	0.252	432911
E-6-E	7096	593	1899	0.084	3.736	0.314	419876
E-7-E	8501	606	1895	0.071	4.486	0.319	421445
F-1-F	11135	725	2385	0.065	4.671	0.305	457745
F-2-F	10680	750	2555	0.071	4.180	0.295	481855
F-3-F	9175	1075	1920	0.117	4.780	0.561	452900
F-4-F	10607	885	2233	0.083	4.750	0.397	463903
F-5-F	7940	480	1810	0.060	4.387	0.265	417750
F-6-F	8565	600	1705	0.070	5.025	0.352	415980
F-7-F	8885	680	1715	0.077	5.181	0.398	411080
G-1-G	9485	598	2011	0.063	4.717	0.298	427569
G-2-G	9824	619	2178	0.063	4.511	0.284	432355
G-3-G	9443	906	2227	0.096	4.240	0.407	453956
G-4-G	8587	1027	2025	0.120	4.240	0.507	442575
G-5-G	9630	1025	2340	0.107	4.116	0.439	466680
G-6-G	7310	580	1598	0.080	4.583	0.365	411600
G-7-G	10770	745	2295	0.069	4.694	0.325	455370
H-1-H	6325	508	1805	0.080	3.504	0.282	410289
H-2-H	6684	449	1917	0.067	3.487	0.231	405489
H-3-H	9217	606	2291	0.065	4.023	0.264	443731
H-4-H	9391	1128	2121	0.120	4.428	0.532	456428
H-5-H	9352	773	2050	0.083	4.562	0.377	431361
H-6-H	9668	1033	2124	0.107	4.552	0.486	452781

测 点 No.	K	Bi	T $\ell$	Bi/K	K/T $\ell$	Bi/T $\ell$	Total- $\gamma$
H-7-H	9410	958	2199	0.102	4.279	0.436	454429
I-1-I	6380	591	1869	0.092	3.413	0.316	421116
I-2-I	6980	511	1899	0.073	3.675	0.269	409876
I-3-I	9505	660	2311	0.069	4.112	0.285	429871
I-4-I	9146	579	2036	0.063	4.492	0.285	432164
I-5-I	9955	915	2245	0.092	4.436	0.409	465320
I-6-I	8680	900	2370	0.104	3.663	0.380	443800
I-7-I	8800	1095	2220	0.125	3.966	0.494	448890
J-1-J	8512	579	1911	0.068	4.456	0.302	400256
J-2-J	9503	596	1862	0.062	5.103	0.320	421927
J-3-J	8862	606	1899	0.068	4.666	0.319	436912
J-4-J	8148	651	1877	0.080	4.341	0.347	416451
J-5-J	8510	600	1950	0.071	4.365	0.309	421445
J-6-J	8470	680	2105	0.080	4.024	0.323	426945
J-7-J	9585	920	1960	0.096	4.892	0.472	452130
K-1-K	9652	691	1970	0.071	4.899	0.350	449692
K-2-K	8430	671	1896	0.079	4.446	0.353	431725
K-3-K	7989	597	1861	0.074	4.292	0.320	400211
K-4-K	8820	600	1911	0.068	4.616	0.314	416234
K-5-K	8023	601	2011	0.074	3.989	0.298	419828
K-6-K	8211	632	1986	0.076	4.134	0.318	431001
K-7-K	7996	598	1799	0.074	4.444	0.332	399896

## V. 解析結果

### V-1 解析方法

中部探鉱事務所で使用されている地化学探査データ処理法によって解析を行った。

異常値の算出方法等は、各種ラドン法比較試験報告書（PNC N441 85-01）を参照されたい。

### V-2 250 mグリッド測線について

Bi, Bi/K, Bi/Tl, Total- $\gamma$ について、コンターマップ（図-14, 16, 18, 20）と鳥かん図（図-15, 17, 19, 20）を作成した。

地化学探査データ処理法で、今回異常値の決定が出来たものはBiのみであり、他のものについては異常値が無いという結果に終わった。

各々の鳥かん図で認められる若干のふくらみはほとんどが、花崗岩からの影響を受けたもので、ウラン鉱床・断層に起因する何らかの異常は認められなかった。

測定結果から判断すれば 250 m というような長間隔の測定方法では、良好な結果は期待出来ないということになる。

むしろ後述のような、ある程度断層が予想される地点を選んで短間隔の測定を行ったほうが有効と考えられる。

(表-5) B i 異常値

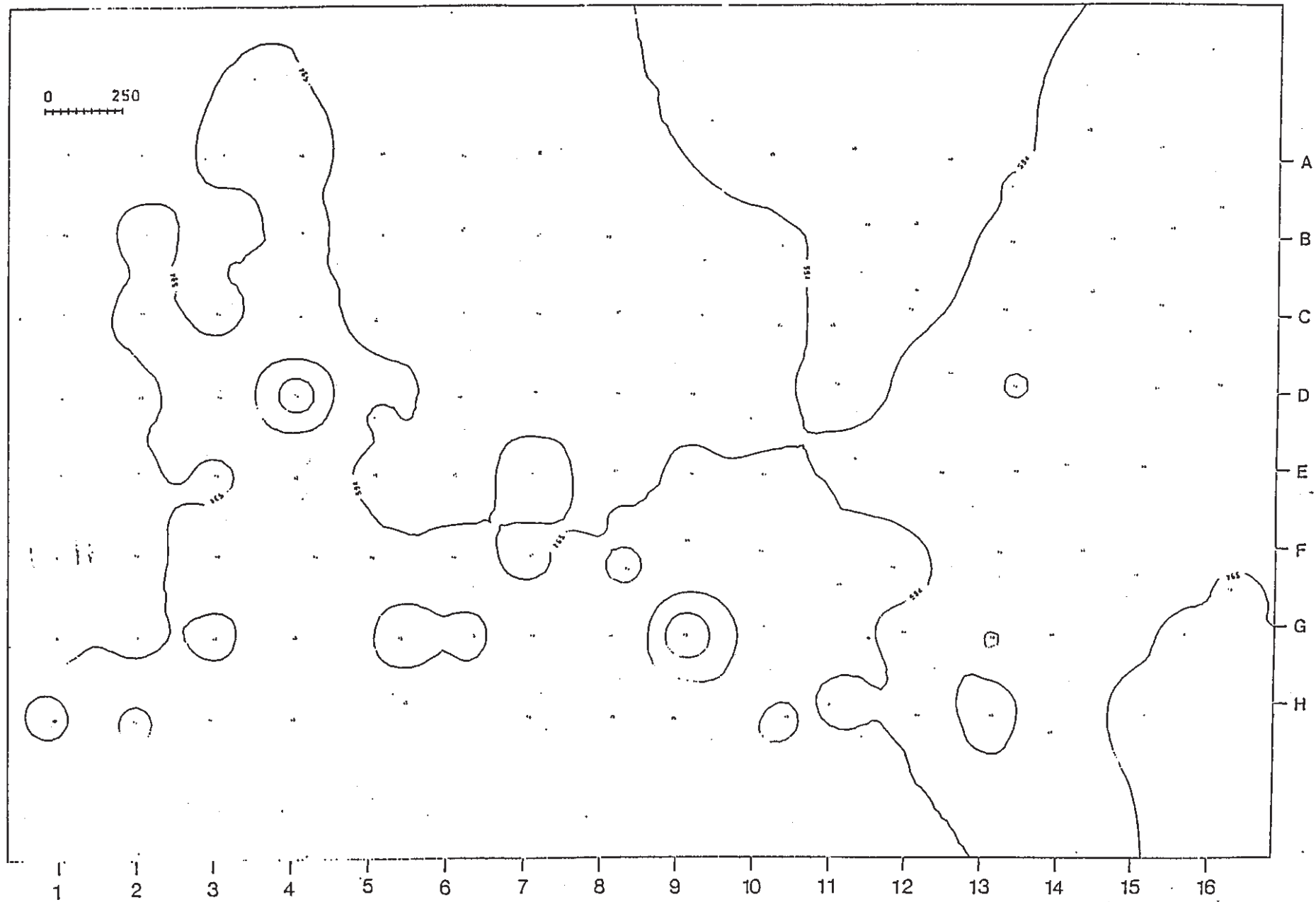
ARRANGED DATA

335.00	342.00	390.00	397.00	415.00
450.00	452.00	453.00	457.00	466.00
467.00	468.00	479.00	481.00	490.00
492.00	493.00	496.00	496.00	496.00
496.00	496.00	497.00	499.00	499.00
499.00	499.00	499.00	499.00	500.00
501.00	501.00	501.00	501.00	503.00
506.00	506.00	510.00	517.00	520.00
521.00	522.00	522.00	523.00	523.00
527.00	528.00	529.00	531.00	531.00
537.00	537.00	537.00	538.00	542.00
543.00	546.00	547.00	548.00	549.00
549.00	549.00	559.00	560.00	561.00
562.00	567.00	572.00	573.00	573.00
577.00	589.00	590.00	591.00	596.00
596.00	601.00	603.00	604.00	605.00
606.00	608.00	608.00	611.00	613.00
616.00	619.00	627.00	628.00	630.00
633.00	634.00	637.00	639.00	639.00
649.00	652.00	660.00	668.00	679.00
684.00	689.00	689.00	691.00	695.00
706.00	726.00	740.00	792.00	809.00
896.00	899.00	994.00	1030.00	1312.00
1378.00	2180.00	2350.00		

Spoiled 2350  
Spoiled 2180

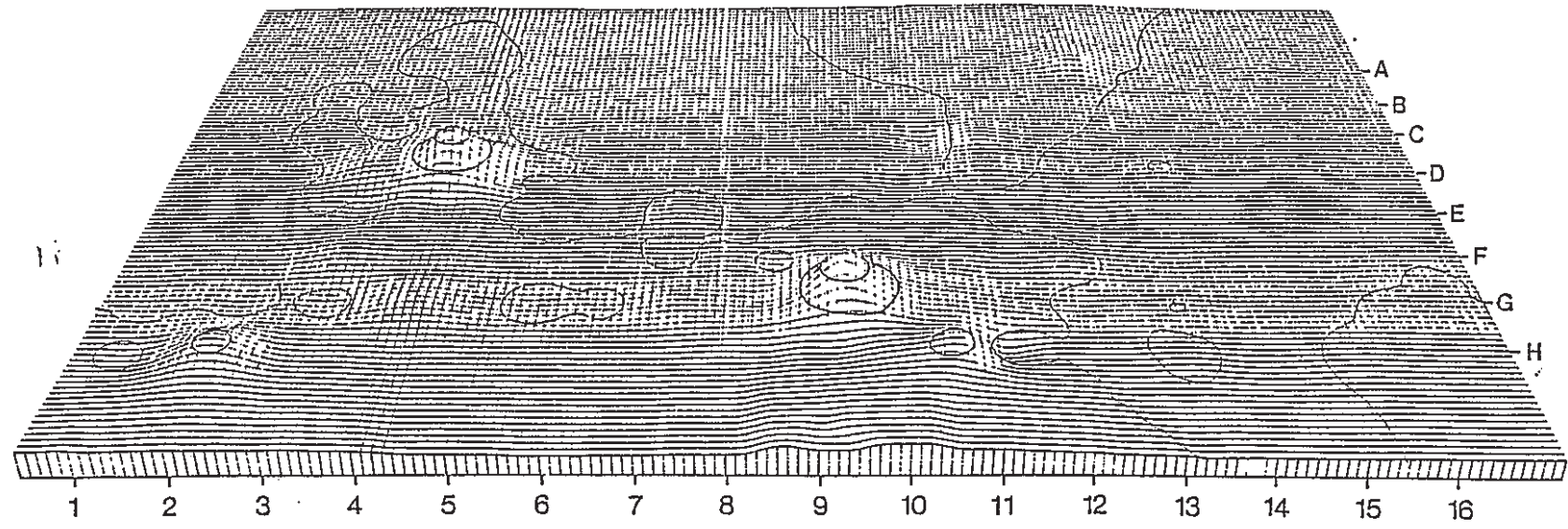
MEAN VALUE= 547  
UPPER LIMIT OF BACKGROUND 1695.7  
STANDARD DEVIATION= 151.255981085  
B.G.N.= 584.103449276





(図-14) Biコンターマップ

X= 0 Y=-5000 Z= 5000 3049 Z



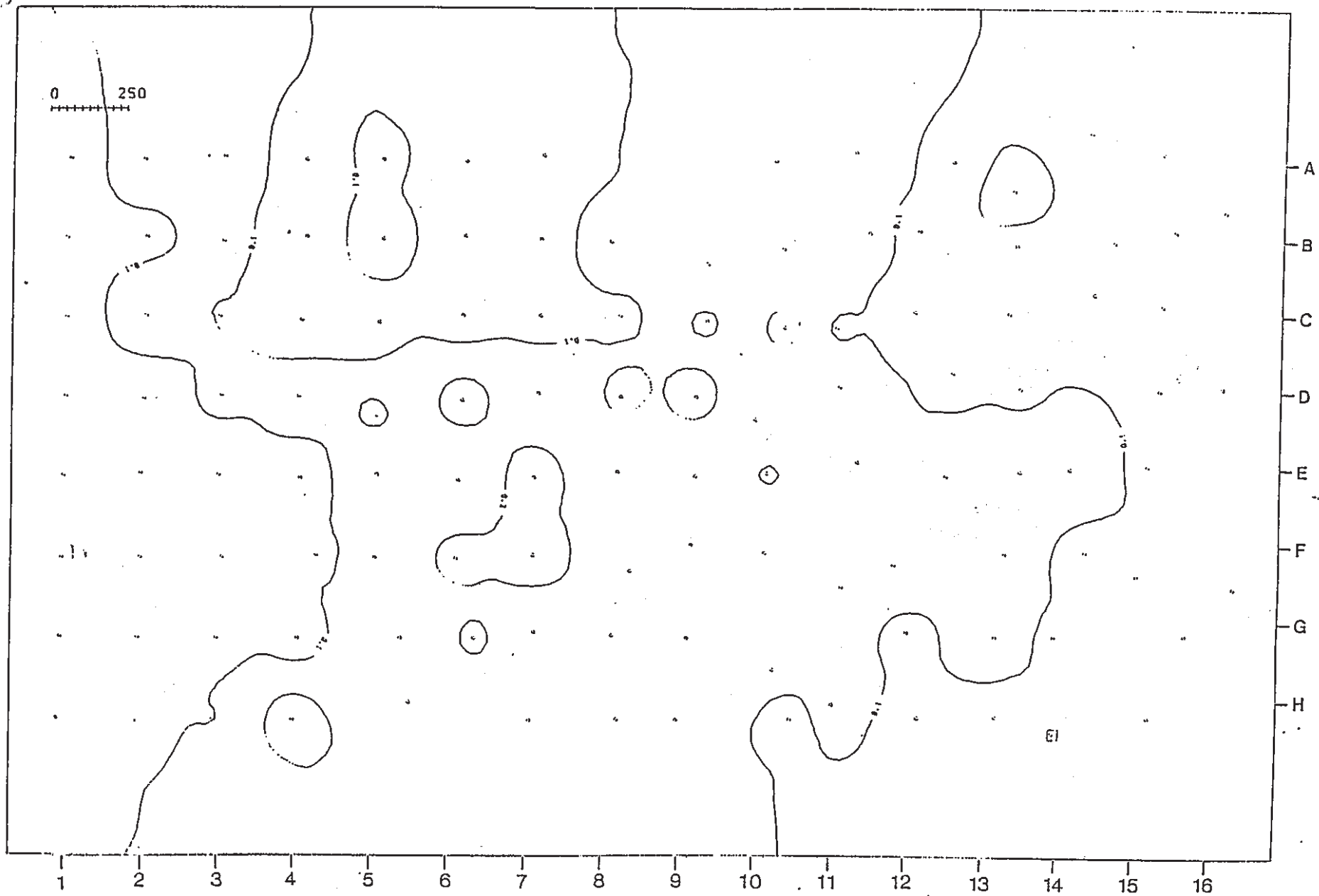
(图-15) B i 鳥かん图

(表-6) Bi/K異常値

ARRANGED DATA

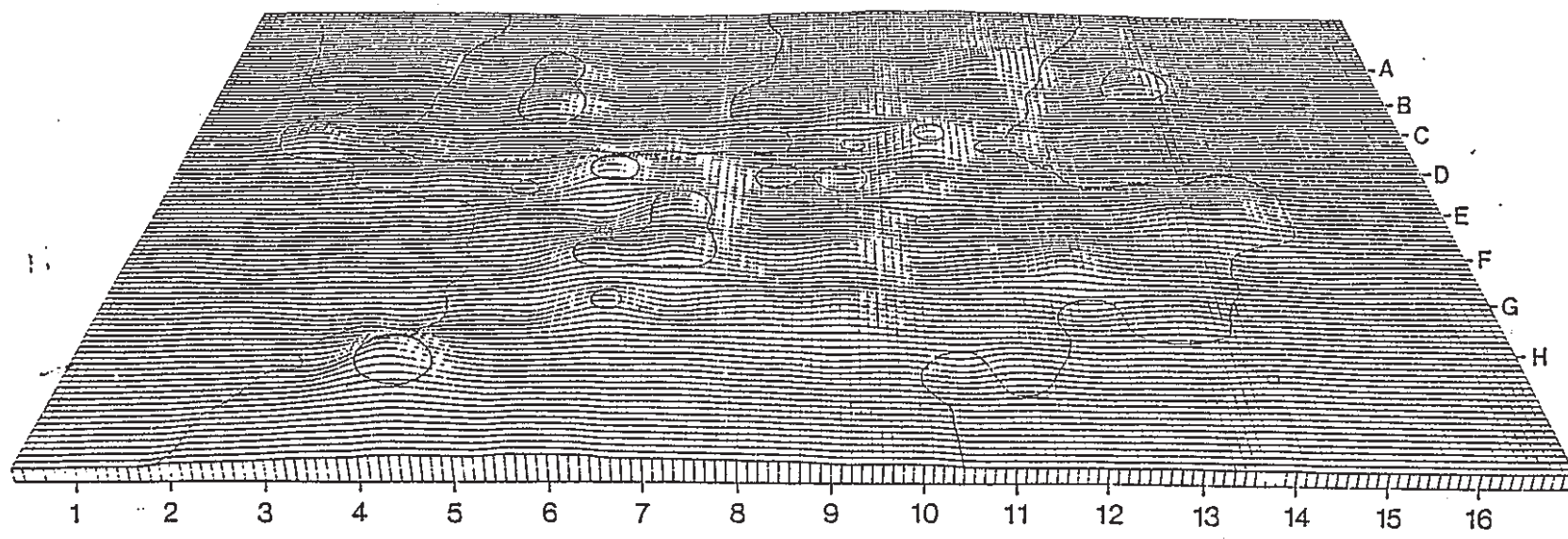
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
0.06	0.06	0.06	0.06	0.07
0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
0.07	0.08	0.08	0.08	0.08
0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
0.09	0.09	0.10	0.10	0.10
0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
0.12	0.12	0.12	0.12	0.13
0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
0.13	0.14	0.14	0.14	0.14
0.14	0.14	0.15	0.15	0.16
0.16	0.17	0.17	0.17	0.18
0.18	0.18	0.19	0.20	0.20
0.21	0.22	0.23	0.24	0.24
0.25	0.26	0.27		

MEAN VALUE= .092  
UPPER LIMIT OF BACKGROUND .2852  
STANDARD DEVIATION= 4.85489816743E-02  
B.G.M.= .109525423729



(図-16) Bi/Kコンターマップ

X= 0 Y=-5000 Z= 3000 30m x ス



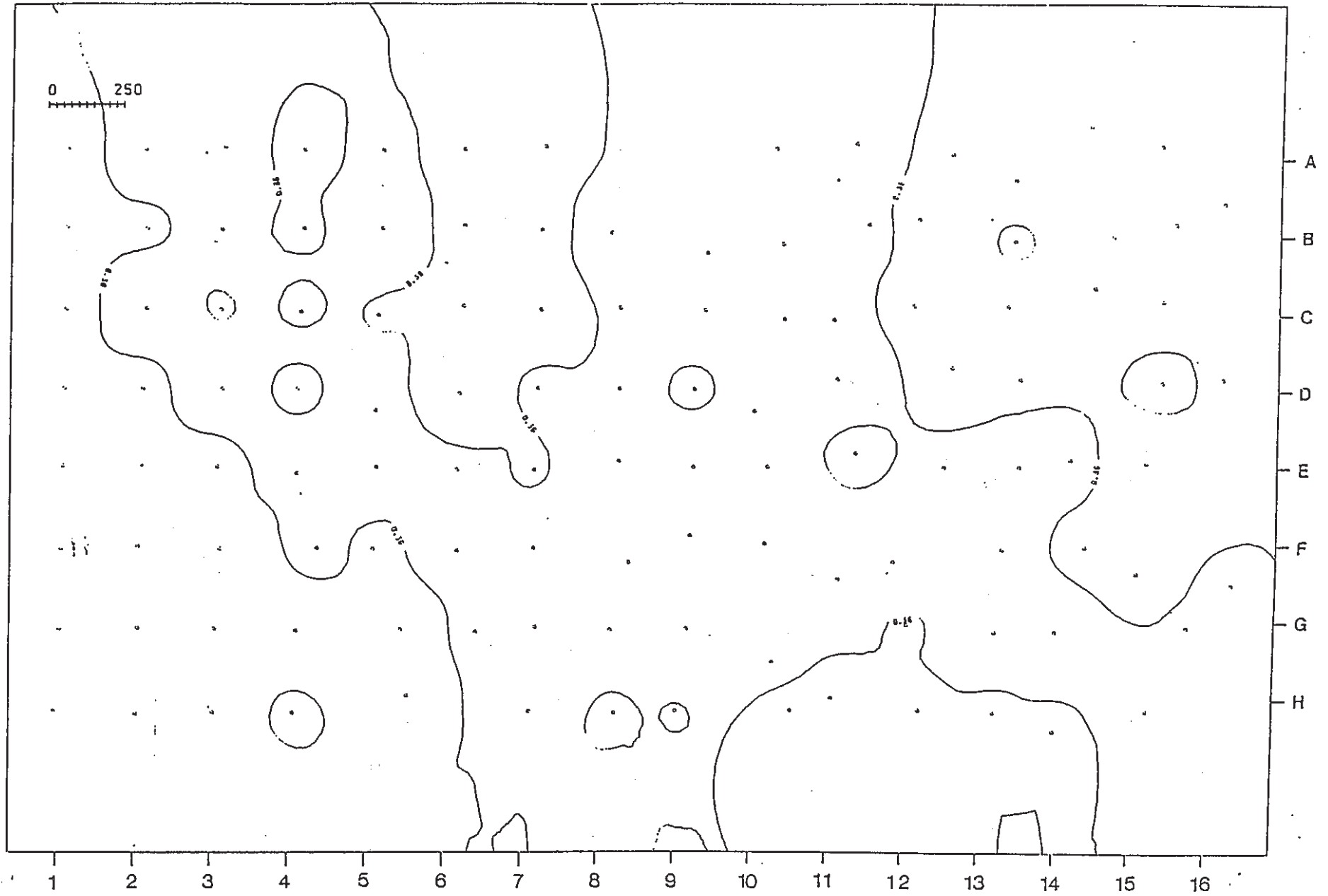
(図-17) Bi/K鳥かん図

(表-7) Bi/Tl 異常値

ARRANGED DATA

0.12	0.17	0.18	0.19	0.21
0.22	0.24	0.24	0.25	0.25
0.25	0.26	0.26	0.26	0.26
0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
0.28	0.28	0.29	0.29	0.29
0.29	0.29	0.29	0.30	0.30
0.30	0.30	0.30	0.30	0.31
0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
0.31	0.32	0.32	0.32	0.32
0.32	0.32	0.33	0.33	0.33
0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
0.34	0.34	0.34	0.34	0.35
0.35	0.35	0.36	0.36	0.36
0.36	0.37	0.37	0.37	0.37
0.37	0.37	0.38	0.38	0.38
0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
0.39	0.40	0.40	0.40	0.40
0.40	0.41	0.41	0.42	0.42
0.42	0.42	0.43	0.43	0.44
0.44	0.45	0.45	0.45	0.46
0.46	0.47	0.47	0.47	0.49
0.49	0.50	0.50	0.50	0.52
0.53	0.54	0.54	0.57	0.58
0.65	0.67	0.98		

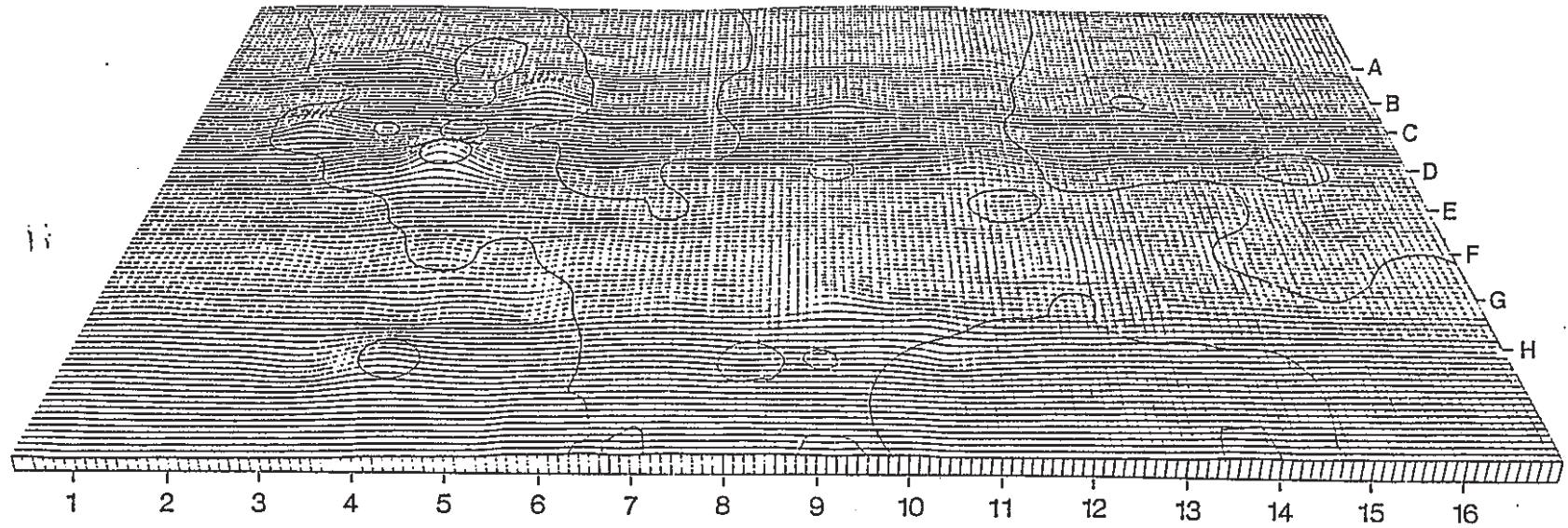
MEAN VALUE= .339  
UPPER LIMIT OF BACKGROUND 1.0509  
STANDARD DEVIATION= .111361697936  
B.G.M.= .363957627119



(図-18) Bi/Tlコンターマップ



X= 0 Y=-5000 Z= 3000 ムルツノ ズ



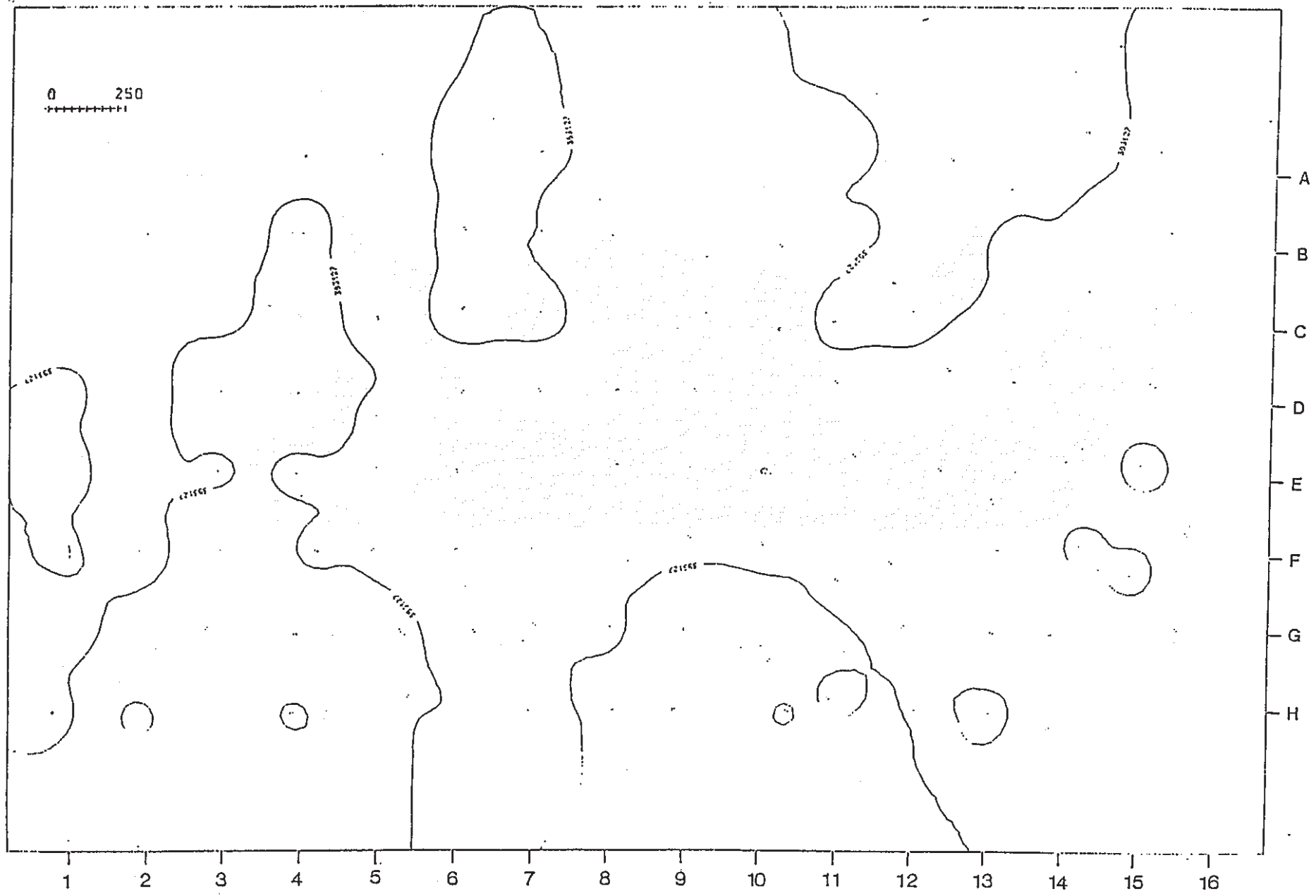
(图-19) Bi/Ti鳥かん図

(表-8) Total-r異常値

ARRANGED DATA

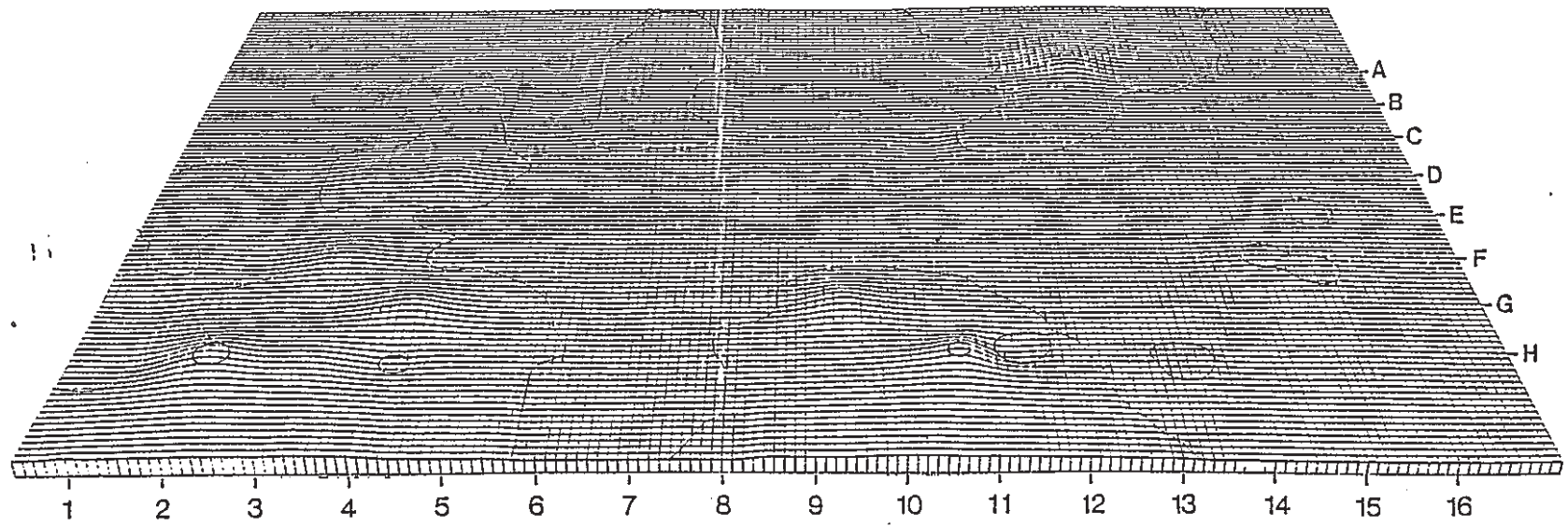
236791.00	273842.00	279988.00	286198.00	289607.00
289831.00	290674.00	295017.00	297358.00	298746.00
308372.00	309704.00	310773.00	312178.00	312768.00
312879.00	316116.00	316745.00	316812.00	316872.00
320190.00	322829.00	323731.00	325572.00	325733.00
328272.00	328964.00	329389.00	329827.00	330150.00
335863.00	336814.00	336984.00	338964.00	339867.00
339911.00	340206.00	341307.00	341349.00	343271.00
344482.00	345409.00	347487.00	349115.00	349427.00
349483.00	349864.00	349872.00	349884.00	349922.00
350133.00	351628.00	354332.00	355562.00	355627.00
356327.00	356361.00	357142.00	358746.00	358964.00
359867.00	359871.00	361911.00	361985.00	361987.00
361987.00	364363.00	365829.00	368328.00	368711.00
368972.00	369425.00	369783.00	373123.00	374877.00
375442.00	376389.00	378521.00	378942.00	379111.00
383170.00	383502.00	386252.00	387088.00	390060.00
390127.00	393173.00	394404.00	395946.00	398127.00
398632.00	398762.00	399657.00	400060.00	400281.00
400590.00	400801.00	409872.00	418568.00	419018.00
421165.00	422396.00	422815.00	429872.00	431611.00
442811.00	446519.00	447945.00	503460.00	525022.00
600860.00	603191.00	637086.00	711857.00	722833.00
751612.00	839532.00	850780.00		

MEAN VALUE= 358746  
UPPER LIMIT OF BACKGROUND 1112112.6  
STANDARD DEVIATION= 102715.308294  
B.G.M.= 383127.991525



(図-20) Total- $\gamma$ コンターマップ

X= 0 Y=-5000 Z= 3000 ヲハシ ス



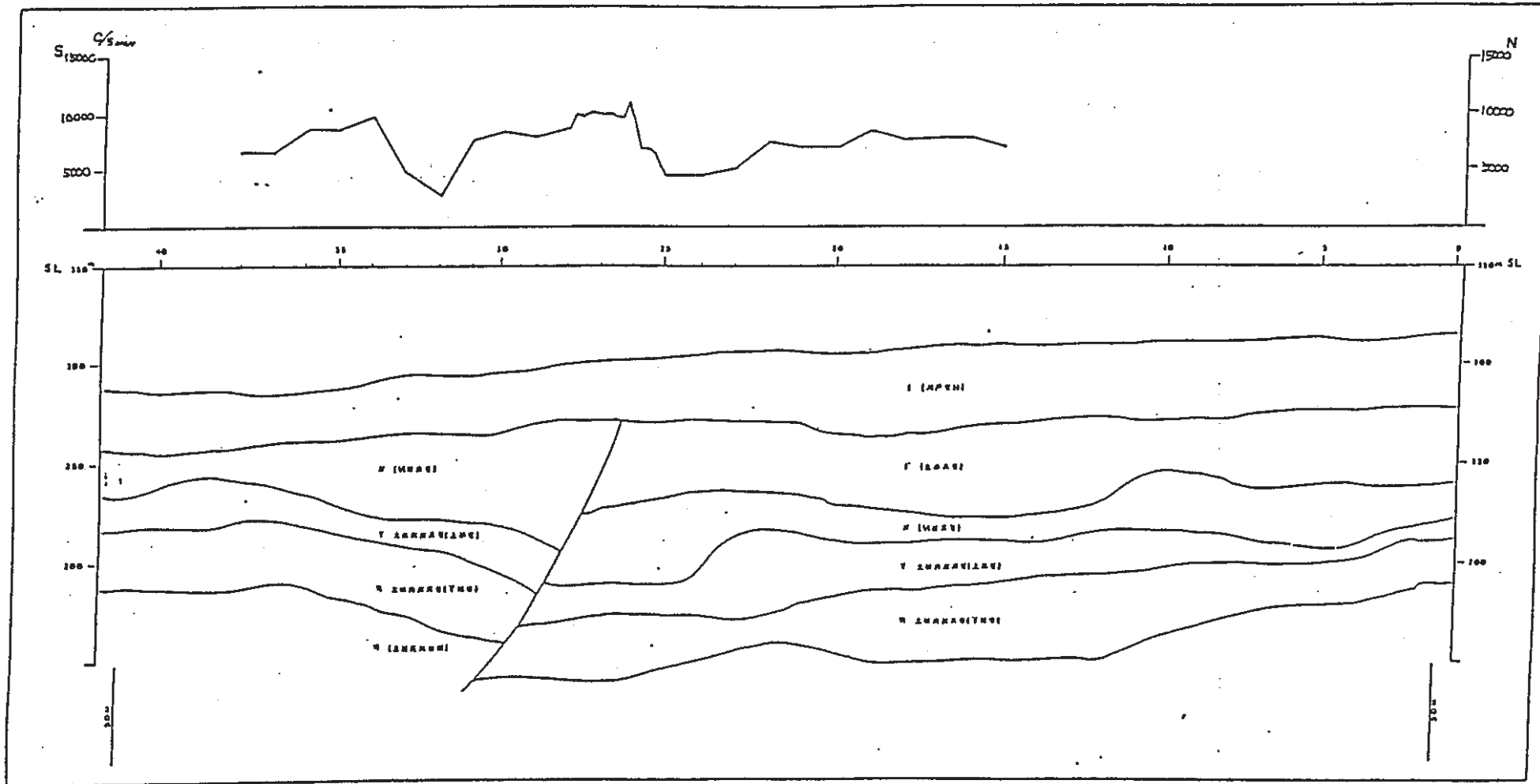
(図-21) Total-r鳥かん図

### V-3 尾根道測線について

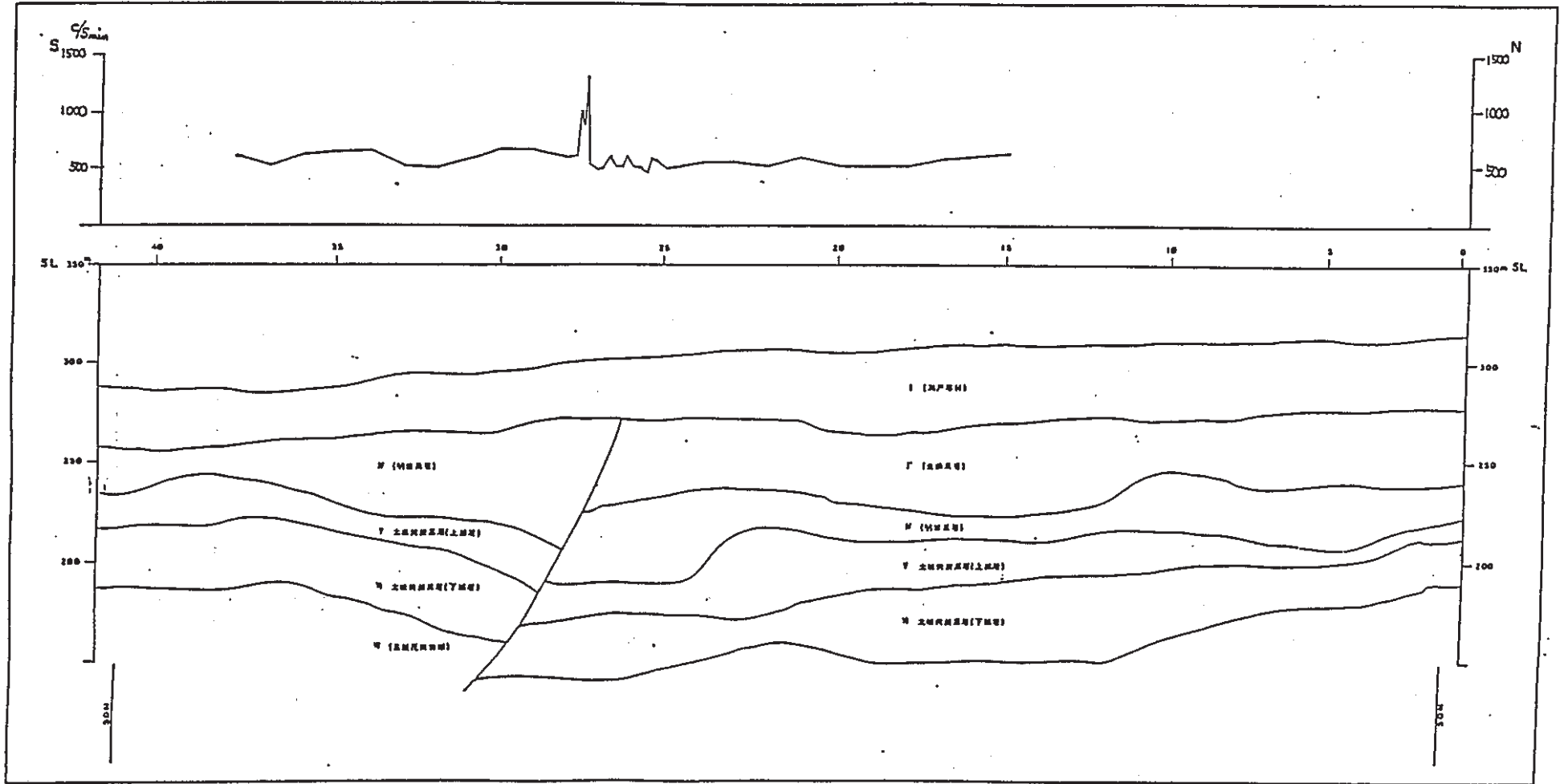
この測線については当初20m間隔での測定を行ったが、断層に起因すると思われるBi異常は認められなかった。

そこで、断層が予想される地点においてのみ4m間隔で新たに測定を行ったところ、図-23に示すように断層直上において顕著なBi異常を認めることができた。

またBi/K(図-25), Bi/T $\rho$ (図-27)でもそれぞれにおいて異常を示している。

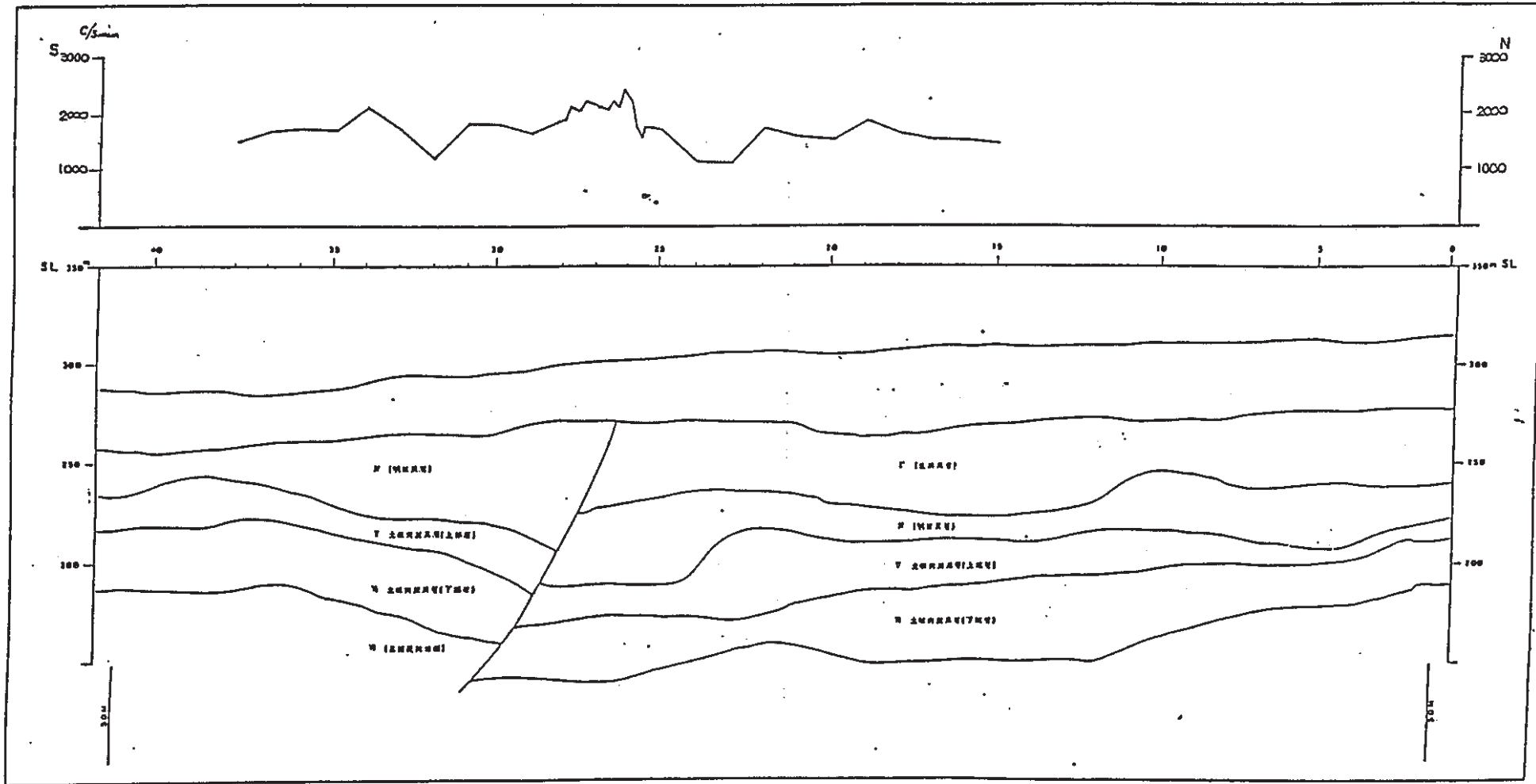


(图-22) 尾根道測線 K 濕度分布及び地質断面図

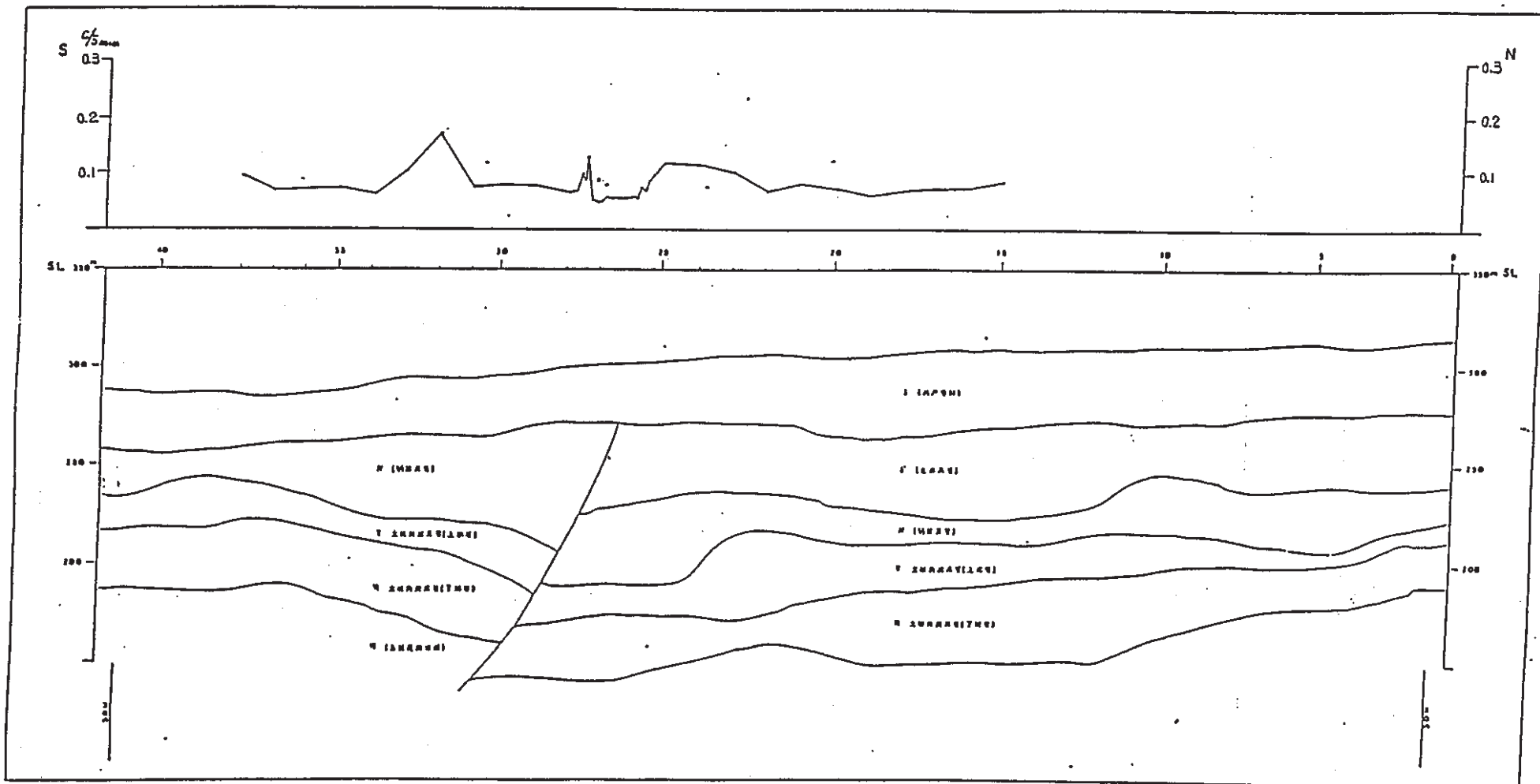


(圖-23) 尾根道測線 Bi 温度分布及び地質断面図

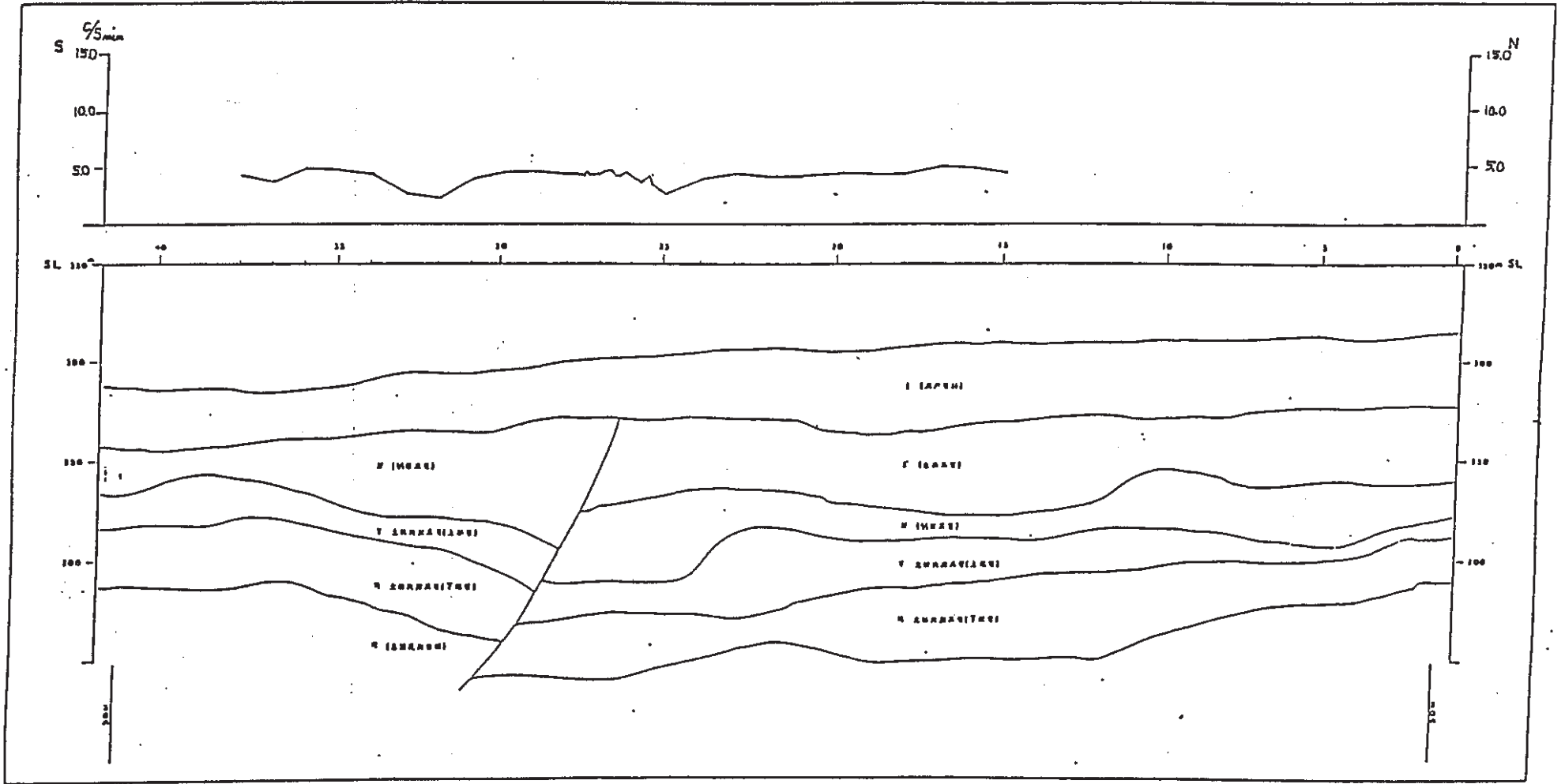




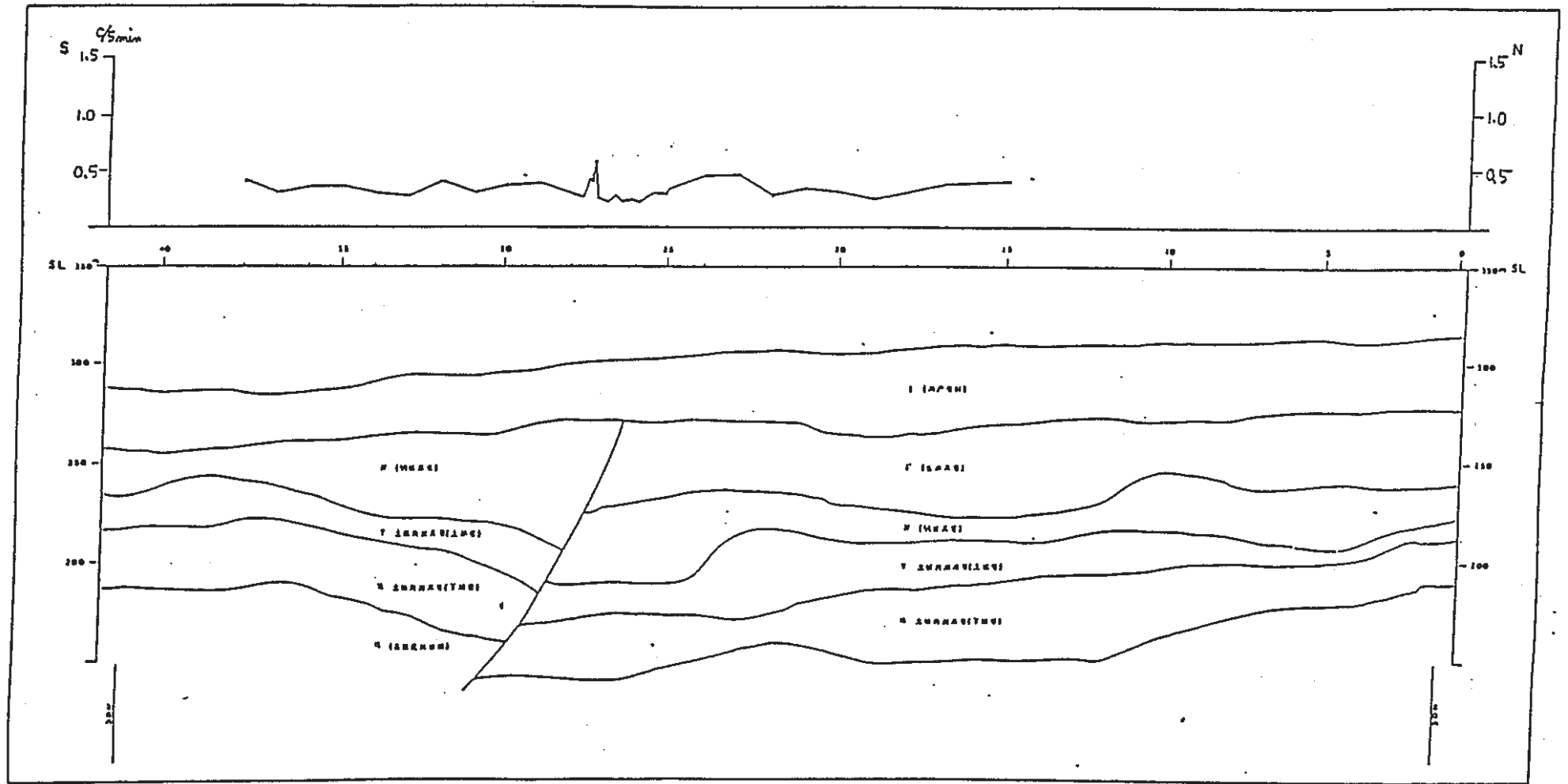
(圖-24) 尾根道測線 Tl 濃度分布及び地質断面図



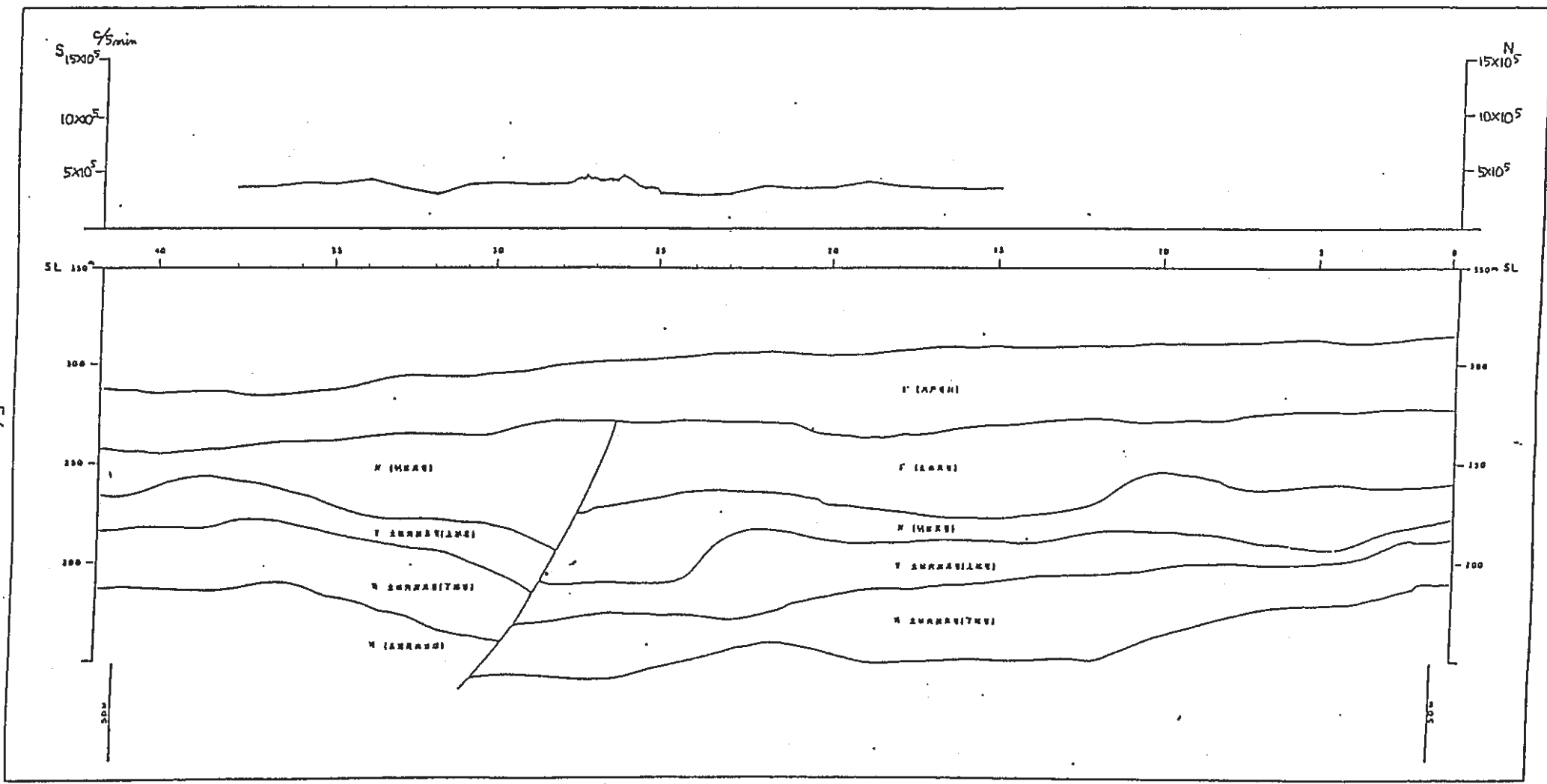
(图-25) 尾根道測線 Bi/K 温度分布及び地質断面図



(圖-26) 尾根道測線 K/T1 濃度分布及び地質断面図



(圖-27) 尾根道測線 Bi/T1 濕度分布及び地質断面図



：(圖-28) 尾根道測線 Total- $\gamma$  濃度分布及び地質断面図

#### V-4 2 m グリッド測線について

尾根道測線で得られた測定結果より、No.27とNo.28の間に月吉鉱床・断層に起因すると考えられる異常点を確認できたので、この異常点を中心とした2 m 間隔の測定を行った。

(12 m × 20 m = 240 m<sup>2</sup>)

250 m グリッド測線と同様に地化学探査データ処理法により異常点抽出を行ったが、ここでも異常値は得られず、BGの中に全て入ってしまった。

そこで本グリッドでは4 chカーボン車で採用されている変動率計算をもとに異常値抽出を行ってみた。

4 chカーボン車の場合は任意地点における測定値(A)を前5点平均値(B)で割ったものである。

$$\text{変動率} = A / B \times 100 \quad \text{..... (1)}$$

通常4 chカーボン車では、120%で異常を知らせる様に設定されている。

4 chマンーボンの場合、この変動率を以下のごとく仮定して考えてみた。

ある任意地点での測定値(A')を5点の平均値ではなく全体の平均値(B')で割ったもので、130%を一つの目安

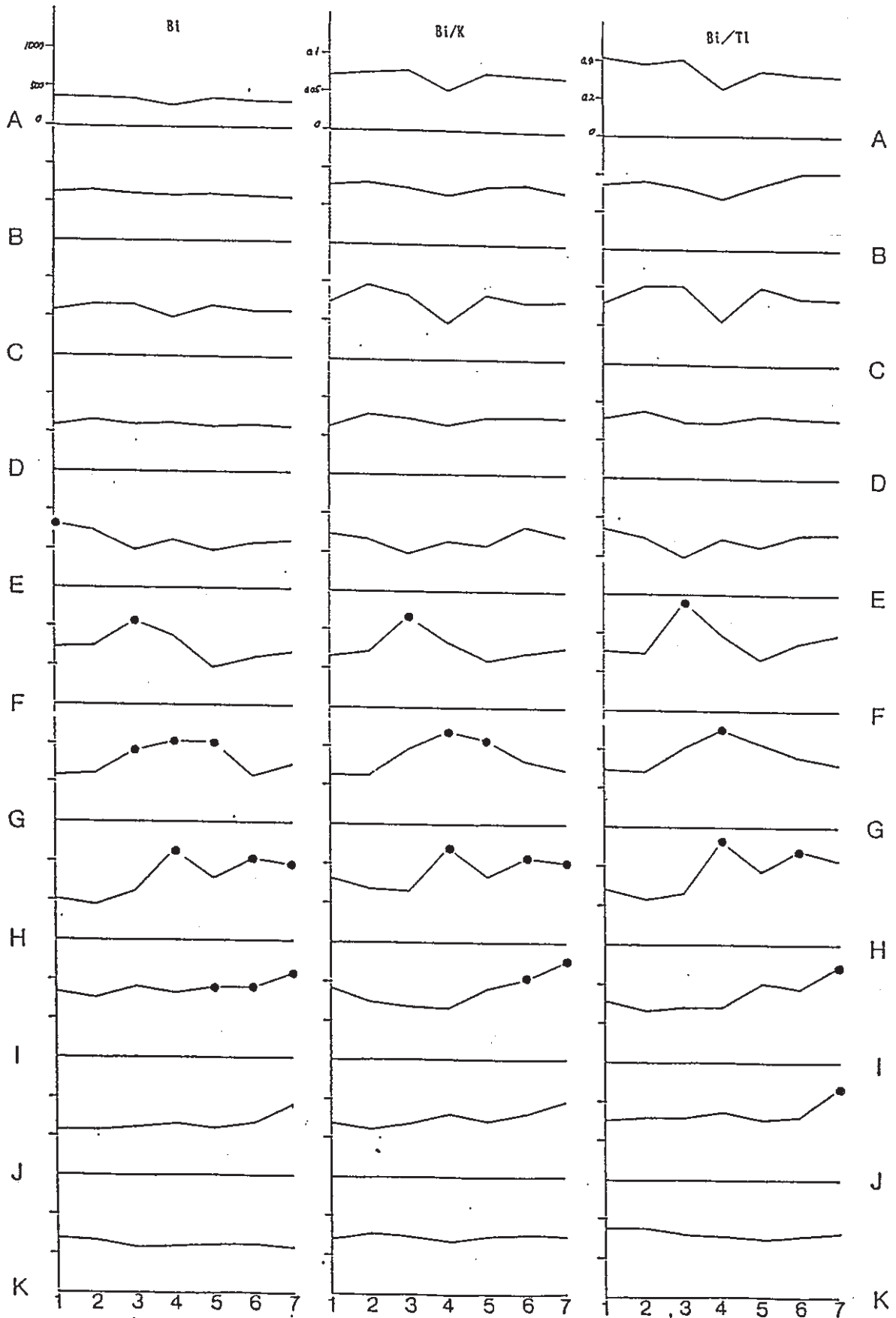
$$\text{変動率} = A' / B' \times 100 \quad \text{..... (2)}$$

としてみた。

つまり、Biは $\geq 900 \text{ C}/300\text{SEC}$  : Bi/Kは $\geq 0.100$  : Bi/T $\ell$ は $\geq 0.450$ を異常値として抽出したのである。

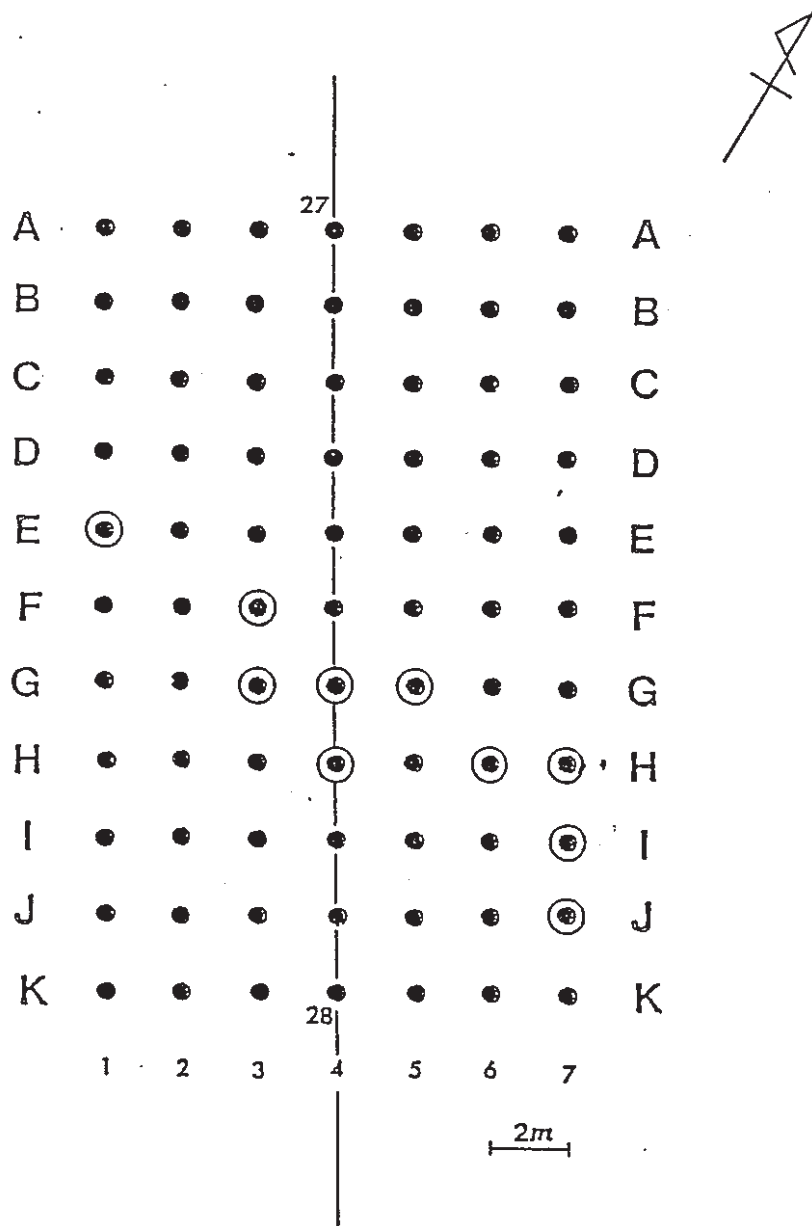
図-29にその結果を示す。更に図-30に3つの指標の異常点を重ね合せてみた。

そこには、ある一つの方向に沿って異常点が並んでいるのがわかる。



(圖-29) Bi · Bi/K · Bi/Tl 異常値





(图-30) Bi·Bi/K·Bi/Tl 异常测点

## V - 5 山岡町測線について

恵那郡山岡町での試錐地選定調査の一方法として4chマンボーンを用いた断層調査を行った。

(図-31)

測線西側の露頭では、東西方向に延びる断層を観察できる。

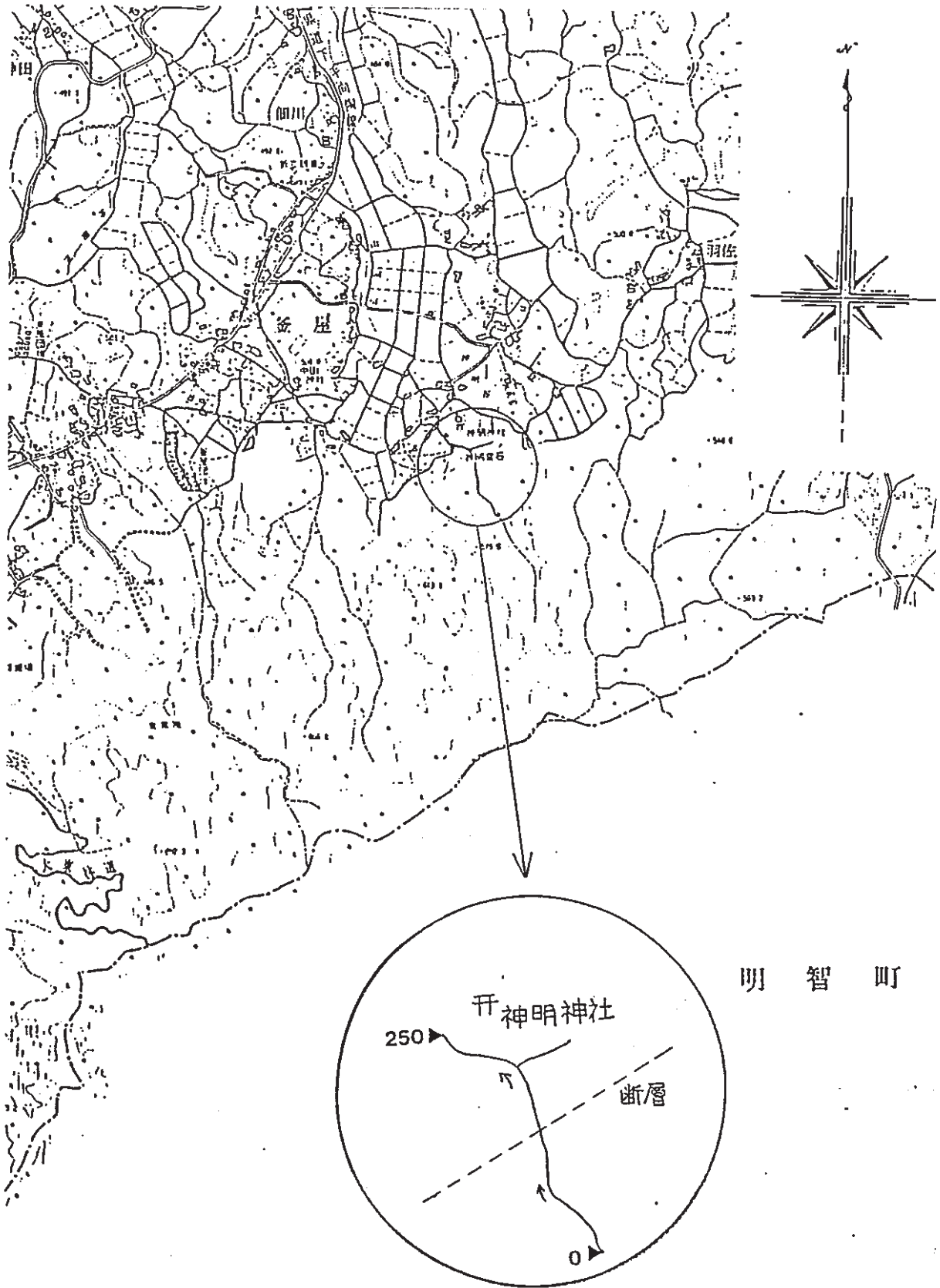
測線は、この断層(推定位置 No.80~120間)と直交する方向に設けた。測線全長250mを5m間隔により測定した。(測点数 51点)

### ① 測定結果

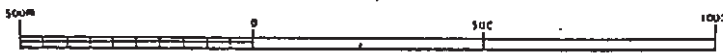
断層直上に測線を設けたにもかかわらず、測定値には明瞭な断層を示す結果は表われていない。(図-32,  $B_i \cdot B_i / K \cdot B_i / T_l$ )

$B_i / K$ 比で若干の変化を認められる程度である。

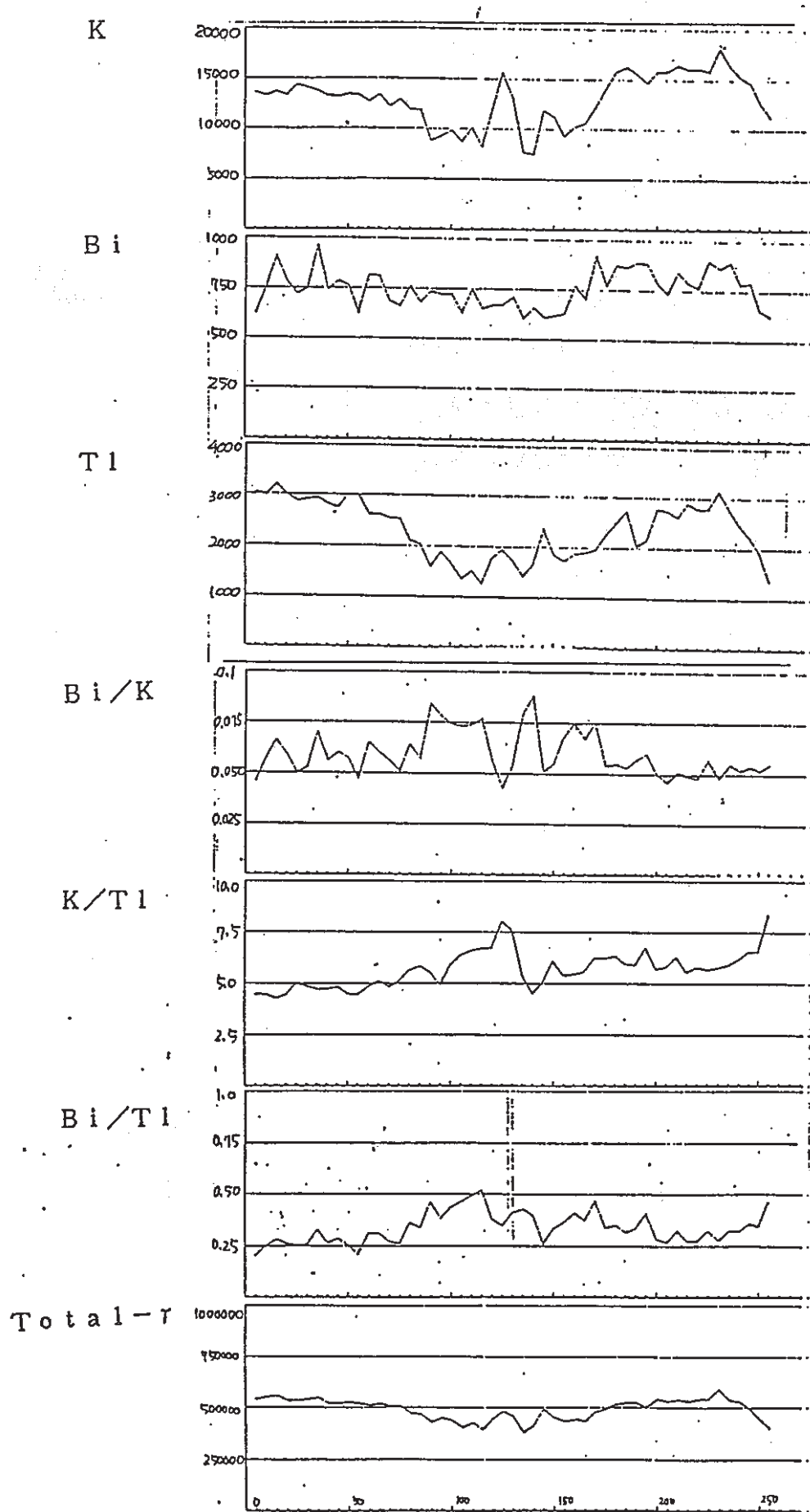
断層の間隙部に上部堆積物が詰まっているための窒息状態が原因の一つと考えられる。前述、尾根道測線での断層を示唆する良好な結果が得られたことと本測線の結果を考え合わせれば、今後の4chマンボーン調査に対しての、一つの情報を与えてくれたことになる。



1:15,000



(图-31) 山岡町測線図



(圖-32) 山岡町測線測定値

#### V-6. $^{40}\text{K}$ ・ $^{214}\text{Bi}$ ・ $^{208}\text{Tl}$ の間の関係

花崗岩における一般的傾向として、カリの増加とともにトリウムも増し、カリ含有量が大きくなるにつれてトリウム含有量は加速度的に増していくことが知られている。

今回測定を実施した総ての測点について、その相関関係をグラフ（図-33, 34, 35）に示した。

相関係数  $r$  は、一般には

- 0.2 ~ 0.2	ほとんど関連しない
0.2 ~ 0.4 ( - 0.4 ~ - 0.2 )	やや関連がある
0.4 ~ 0.7 ( - 0.7 ~ - 0.4 )	かなり関連がある
0.7 ~ 1.0 ( - 1.0 ~ - 0.7 )	非常に強い関連がある

が一つの目安となっている。

$^{40}\text{K}$ と $^{214}\text{Bi}$ 、 $^{208}\text{Tl}$ と $^{214}\text{Bi}$ 、 $^{40}\text{K}$ と $^{208}\text{Tl}$ の3つの関係とも、相関係数は、0.4~0.7（かなり関連がある）の範囲に入っているが、特に $^{40}\text{K}$ と $^{208}\text{Tl}$ の関係は、他の2つの関係よりも強い相関を示していることがわかる。

### 相関及び散布図 ###

ファイル名 : TOKI-1  
タイトル : 4-ch

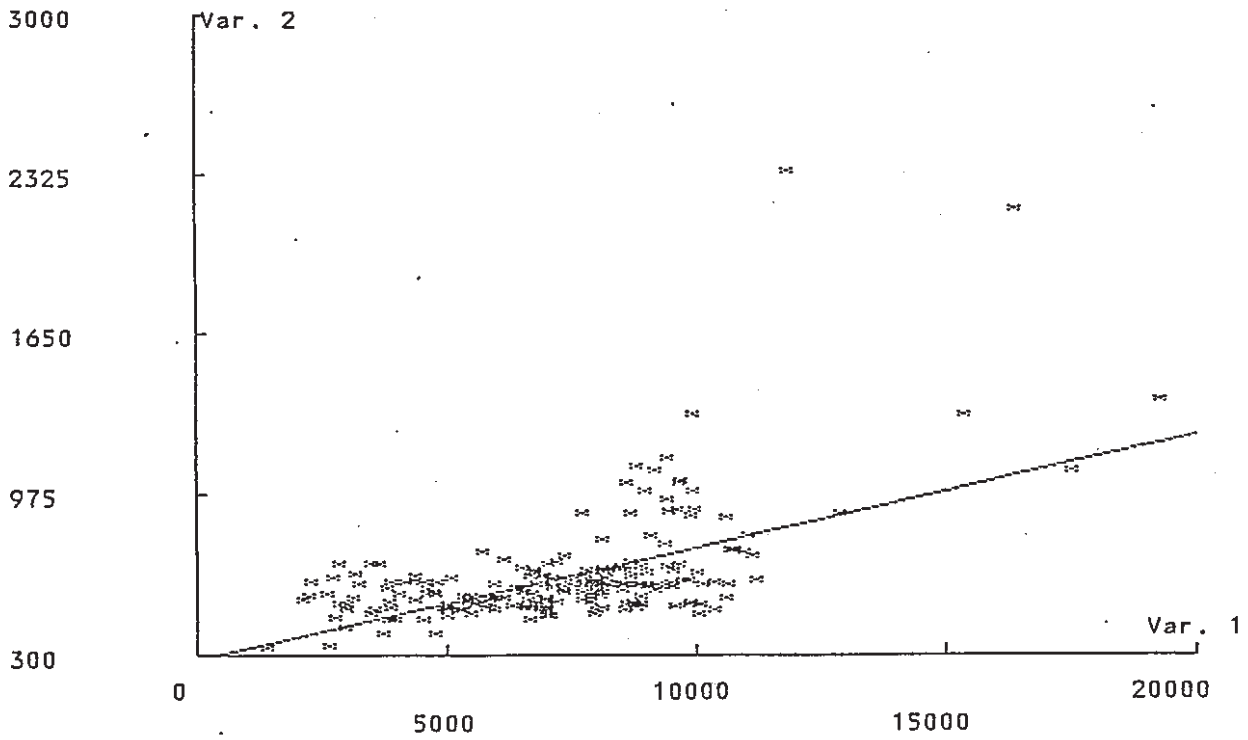
変数No. 変数名  
1 K  
2 Bi

$$Y=a+bX$$

X --- Var. 1  
Y --- Var. 2

a= 282.624  
b= .0472557

r= .557388  
rxr= 0.31



(図-33) BiとK相関図

### 相関及び散布図 ###

ファイル名 : TOKI-1  
タイトル : 4-ch

変数No. 変数名

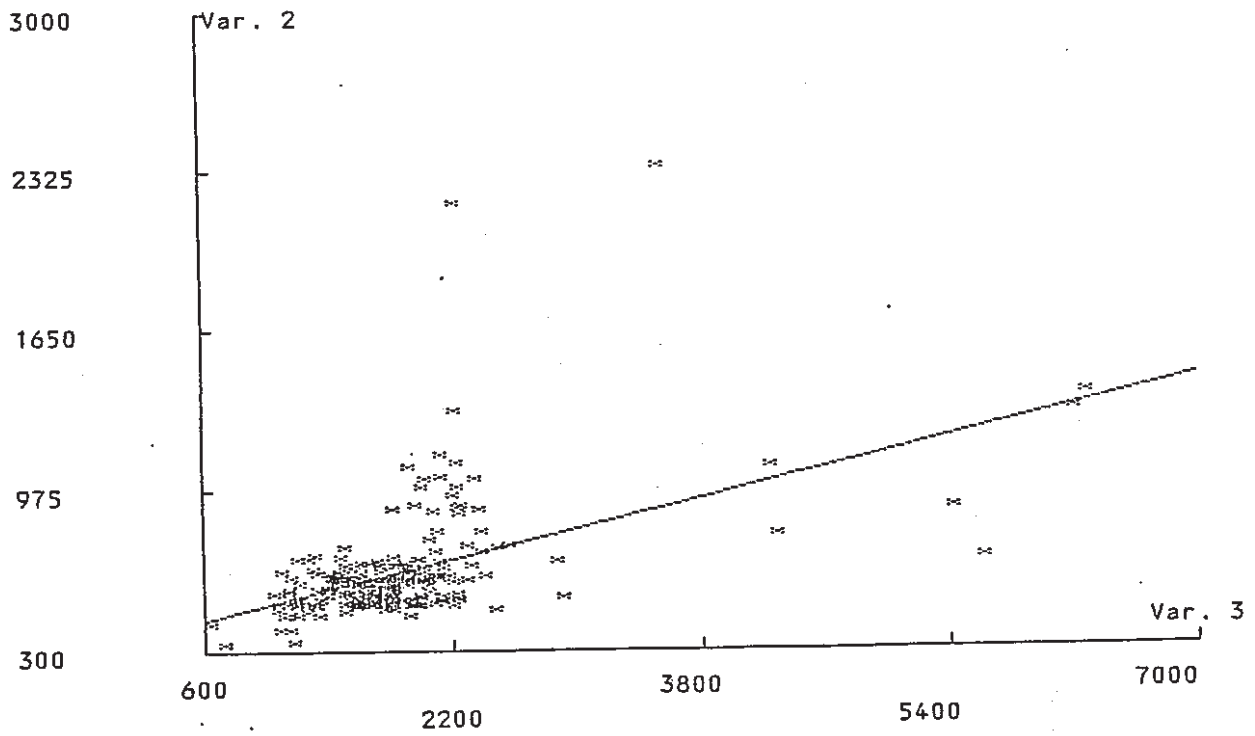
3 T1  
2 B1

$$Y=a+bX$$

X --- Var. 3  
Y --- Var. 2

a= 336.511  
b= .15918

r= .505505  
rxr= 0.26



(図-34) B1とT1相関図

### 相関及び散布図 ###

ファイル名 : TOKI-1  
タイトル : 4-ch

変数No. 変数名

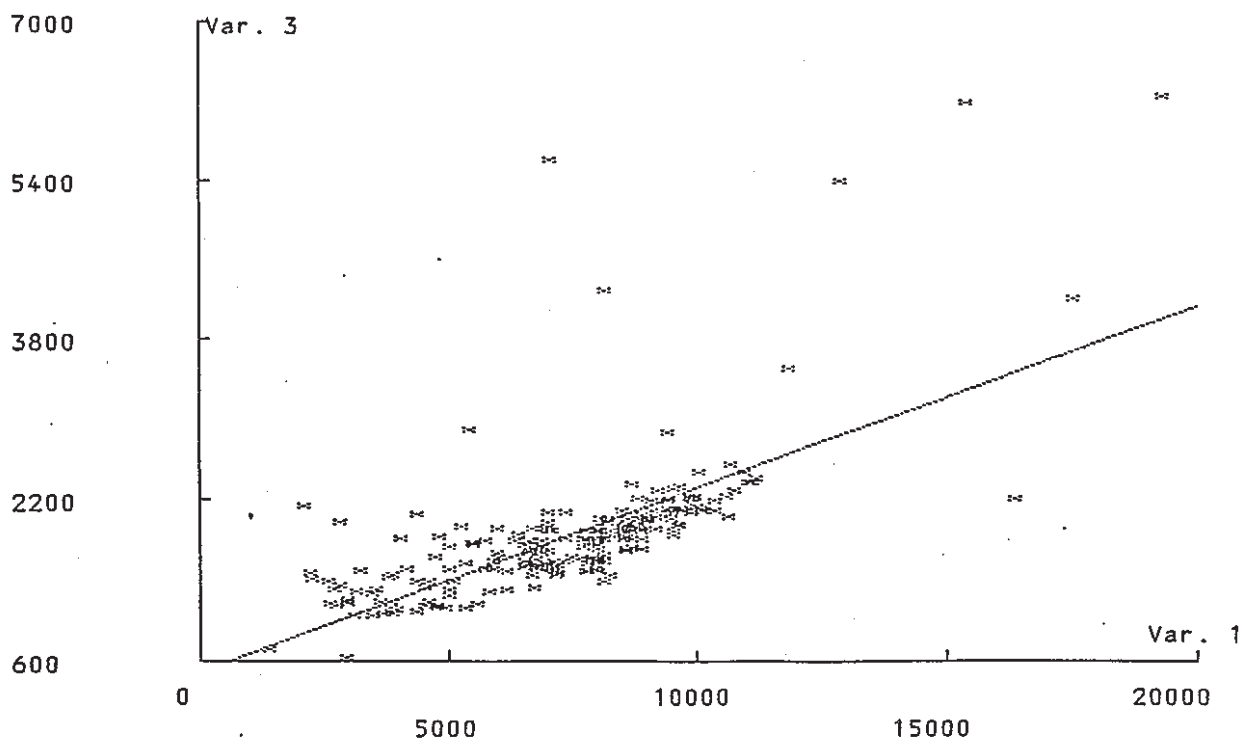
1 K  
3 T1

$$Y=a+bX$$

X --- Var. 1  
Y --- Var. 3

a= 499.745  
b= .183451

r= .681376  
rxr= 0.46



(図-35) KとT1相関図



V-7. 各種測定例

東濃地域全般に広く分布し、下位地層を不整合に覆っている瀬戸層群及び代表的な放射能異常露頭である21号露頭等の測定結果を示す。

(表-9) 測定結果一覧

	K	Bi	Tℓ	Bi/K	K/Tℓ	Bi/Tℓ	Total-γ	備考
瀬戸層群①	2132	445	1134	0.209	1.880	0.393	278998	事務所クラブハウス裏
瀬戸層群②	2106	468	1080	0.222	1.950	0.433	263460	泉北社宅裏
花崗岩	15379	1312	6219	0.085	2.473	0.211	839532	グリッド H-2
月吉断層直上	9939	1311	2211	0.132	4.495	0.593	480030	現場事務所裏尾根道
21号露頭	33970	35370	127680	1.041	0.266	0.277	5792700	
小原露頭	5145	6025	2670	1.171	1.927	2.257	928660	
和合露頭	14625	17180	10535	1.175	1.389	1.631	2823045	
テストホール	8339	14421	2657	1.729	3.139	5.428	1150965	No.2 U, Th 混合

砂礫層である瀬戸層群①と②では各測定値ともほぼ同程度の値を示しており、この値が瀬戸層での平均値と考えられる。

## VI. ま と め

現場適用試験を実施した結果、以下に示す幾つかの点が明らかになった。

- ① いわゆる放射能異常値と呼ばれるものが、ウランあるいはトリウムによる異常であるか確認出来る。
- ② 断層が予想される地点において表土がそれを覆っている場合でも顕著な $^{214}\text{Bi}$ 異常を確認出来る。
- ③ 異常を示した地点を中心とした狭間隔（2 m程度）のグリッド測定により断層・割れ目の延びが確認出来る。
- ④ 全ての測点が同一地層内とはいえない今回の様な長間隔（250 m）のグリッド測定には、その機能を十分に発揮出来ない。
- ⑤ 4 chマンボーンの重量（約15kg）が、他の放射能測定器（SPP-2, TCS等）と比べて重い為、測定者への肉体的負担が問題となる。
- ⑥ 現在の地化学探査データ処理法をそのまま使用することは適切ではなく、他の処理法による解析を行う必要がある。

ウラン系列中には半減期の長いものがいくつかあり、その中のある元素が風化作用などによって移動すると、系列中の各元素が一定の比率で存在せず放射非平衡となる。

放射能強度が高くてもウラン含有量が多いとは限らないし、放射能強度が低いからウラン含有量が少ないともいえない。地表での放射能強度が高い場合、ウランに起因するかどうかは、地質環境・地形・人為条件や表層での各核種含有量の微妙な変化を確認しなければならない。現在迄の単に、Total- $\gamma$ 線だけを計測する測定器と比較した場合、 $^{40}\text{K}$ ・ $^{214}\text{Bi}$ ・ $^{208}\text{Tl}$ ・Total- $\gamma$ 線を同時に測定することによって、

- ①  $\text{Bi}/\text{K}$ ・ $\text{Bi}/\text{Tl}$ 比により地下の鉱床・断層等の推定が可能となる。
- ② Total- $\gamma$ 線異常が、ウラン系列あるいはトリウム系列か判別出来る。
- ③ 地層・岩石中のK, U, Th含有量の違いにより地表下での地層・岩石の境界が推定出来る。

とまとめられる。

4 chマンボーン自体の重量問題を差し引いて考えれば、優れた測定器と言えよう。

理想的には、4 chカーボン車で異常を確認した場所をこの4 chマンボーンで精査するといった使用方法が最良と考えられる。

今後は、断層に関連したウラン鉱床探査に活用していくと共に、将来予想される廃棄物地層処分地選定のための断層・き裂等の構造確認にも導入することが望まれる。