

~~27 - - 5号~~

メモ第 27C-2-4号

泊発電所（1、2号炉）

活断層と過去の地震及び微小地震について

昭和59年 1 月 1 2 日

# 目 次

1. 敷地周辺の活断層	-----	1
2. 活断層と過去の地震及び微小地震との関係	-----	3
2.1 活断層と過去の地震との関係	-----	3
2.2 活断層と微小地震との関係	-----	3
2.3 発足のリニアメント付近の微小地震について	-----	5

## 1. 敷地周辺の活断層

断層に関する最新の文献としては、「日本活断層図」<sup>(1)</sup>、「日本の活断層」<sup>(2)</sup>(第1図)及び「海底地質構造図」<sup>(3)</sup>(第2図)がある。

一方、敷地周辺海域、敷地前面海域及び敷地周辺の陸域における活断層の調査を行っており、敷地周辺海域では、留萌西側海域の断層、神威岬西側海域の断層及び弁慶岬西側海域の断層が仮に活断層であるとすると、当該活断層から想定される地震の敷地への影響が大きいと推定されるため調査を実施している。

敷地周辺海域の調査結果から、留萌西側海域の断層では、FA-1断層の中央部約13kmの区間、神威岬西側海域の断層では、FB-1断層の全長約18km、FB-2断層の北側約14kmの区間及び南側約50kmの区間(以下「神威岬西側断層」という)、積丹岬西側海域の断層では、FB-3断層の南側約30kmの区間は、その活動が第四紀後期まで及んでいると評価している。

敷地前面海域の調査結果からは、FS-3断層及びFS-6断層が敷地への影響が大きいと推定される活断層であり、その活動は第四紀後期まで及んでいるとし、特にFS-3断層の南側11kmを活動度の高い活断層であると評価している。

これら海域における評価断層を第3図に示す。

また、陸域の調査結果からは、赤井川断層及び白炭東・西断層を敷地への影響が大きいと推定される活断層でその活動時期が第四紀後期まで及んでいると評価している。

以上の調査結果に基づく敷地周辺の活断層と文献に記載されているこれら以外の活断層の分布を併せて第4図に示す。

## 2. 活断層と過去の地震及び微小地震との関係

### 2.1 活断層と過去の地震との関係

敷地周辺における過去の地震は「早佐美カタログ(1979)<sup>(4)</sup>」等に基づき選定されており、敷地周辺の主な地震の震央分布と断層分布を第5図に示す。

これによると、敷地周辺の主な活断層と過去の地震との関連については、明瞭に歴史地震の震源となったり、地震時に変位を示した明確な根拠のある活断層はなく、また、これらを地震断層としている文献もない。

### 2.2 活断層と微小地震との関係

敷地周辺の地震活動を把握するために昭和55年11月から微小地震観測を実施しており、観測概要及び観測結果は以下のとおりである。

#### 1) 観測概要

地震計の設置位置(第6図)は、一辺の長さが20~24.3kmの三角形観測網の頂点及び中心の4地点であり、観測装置の設置主要諸元は第1表に示すとおりである。

震源位置の計算に用いる地殻構造モデル(第7図)は、1968年及び1969年に襟裳岬沖~手稲~積丹半島爆破観測による地殻構造調査の結果等<sup>(5)</sup>を参考に決定している。

## 2) 観測結果

昭和55年11月から昭和58年3月まで観測された微小地震の震央分布を第8図に示す。また、この図には敦地周辺の断層分布を併せて示す。

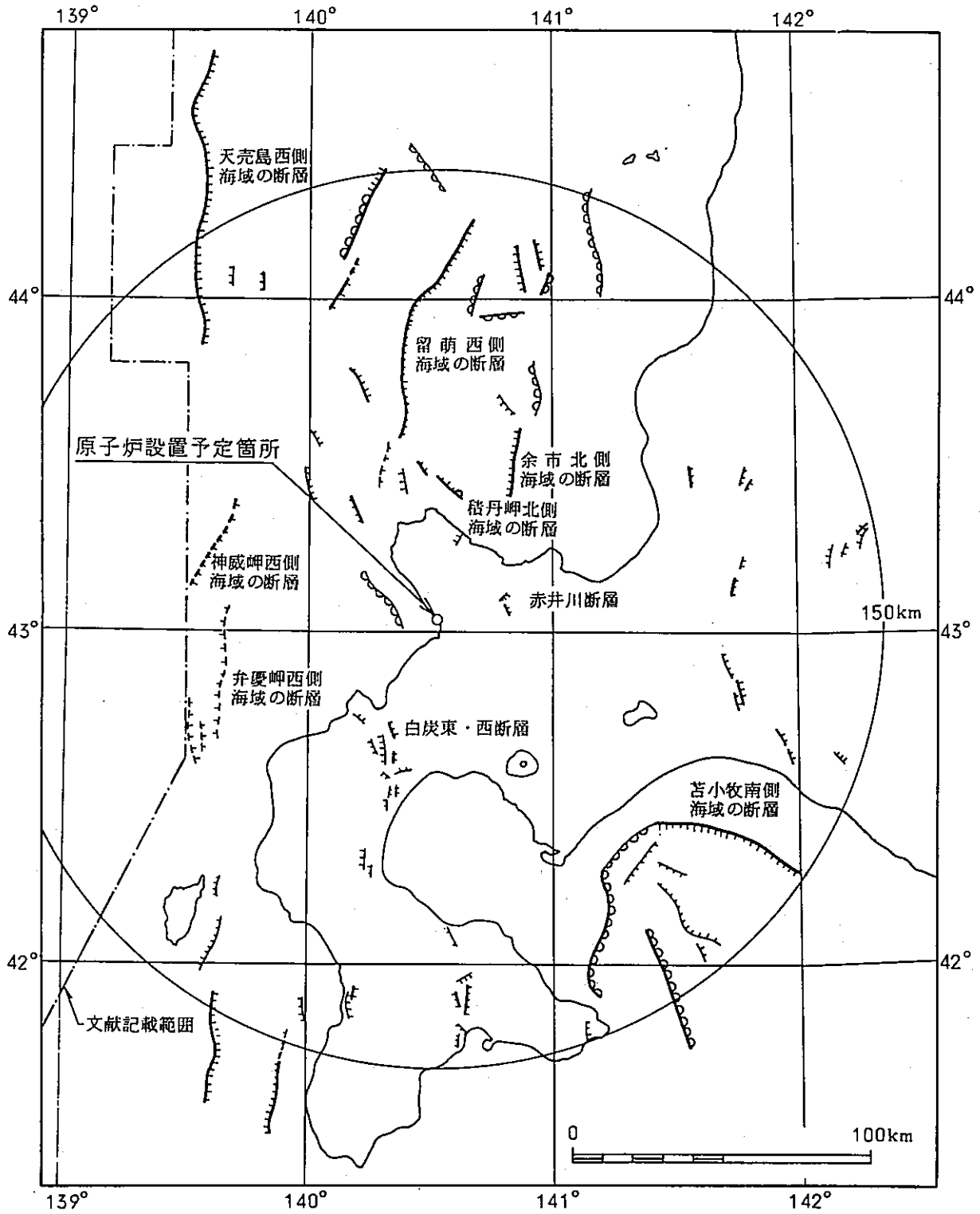
観測期間を約6ヶ月毎に区分した震央分布図を第9図に示す。

これらによると、有珠山周辺で最近の火山活動による微小地震の集中が認められるが、主な活断層については、現在における顕著な活動性を示す傾向は見られない。

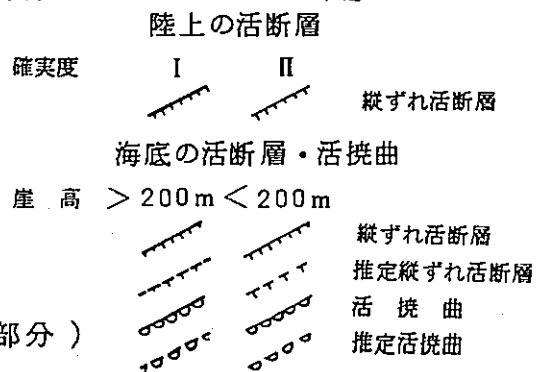
### 2.3 発足のリニアメント付近の微小地震について

「日本の活断層」に記載されている発足のリニアメントについては、各種調査の結果からこのリニアメントに相当する断層は認められないとしている。このリニアメントの山地部付近に微小地震が散発的に発生している。

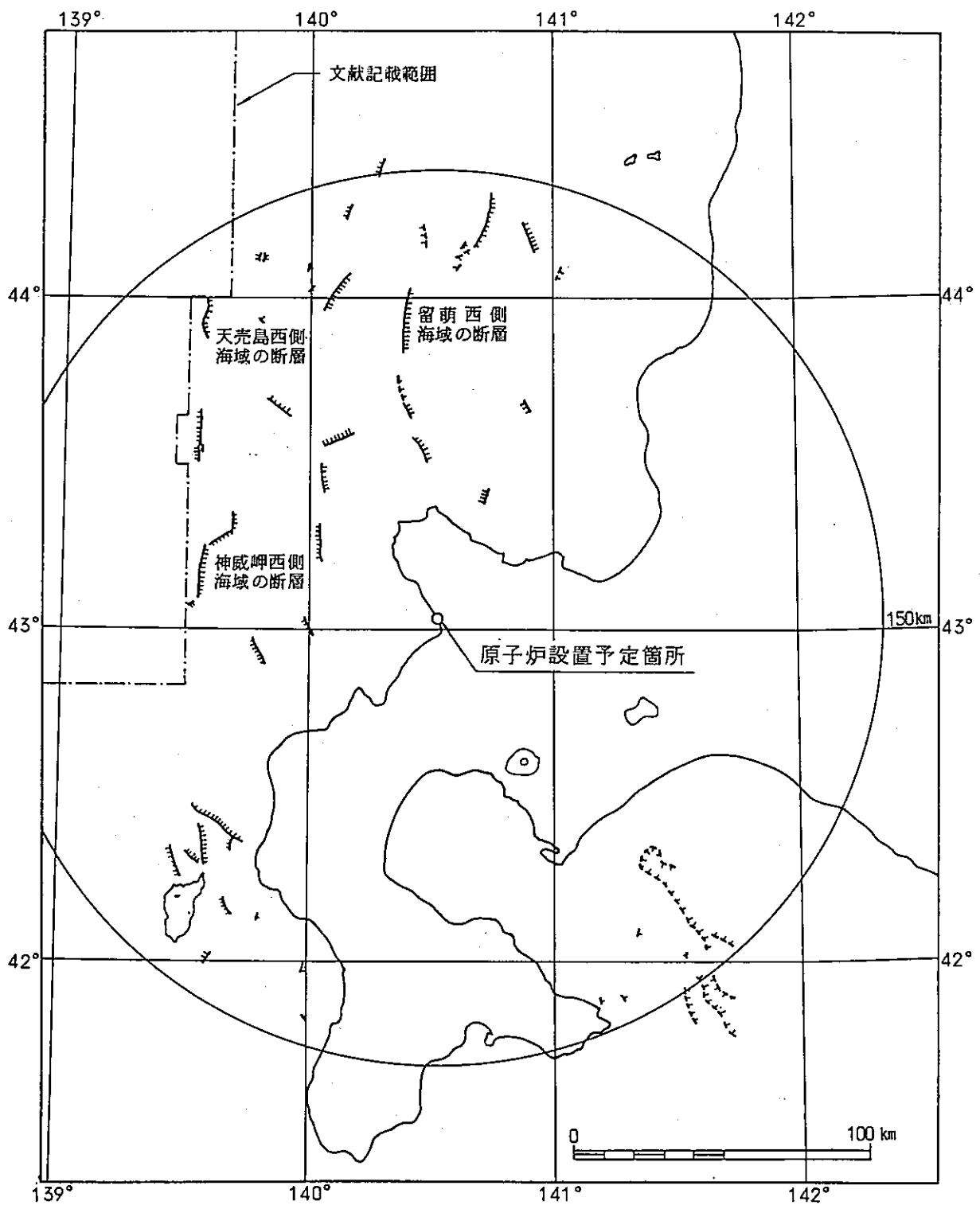
発足のリニアメントと微小地震の位置関係を第10図に、微小地震の発震年月日等を第2表に示すが、これらによると、微小地震は発足リニアメントから比較的離れた位置で発生しており、微小地震発生の相関関係にも著しい傾向は見られない。



(活断層研究会「日本の活断層」より作成)

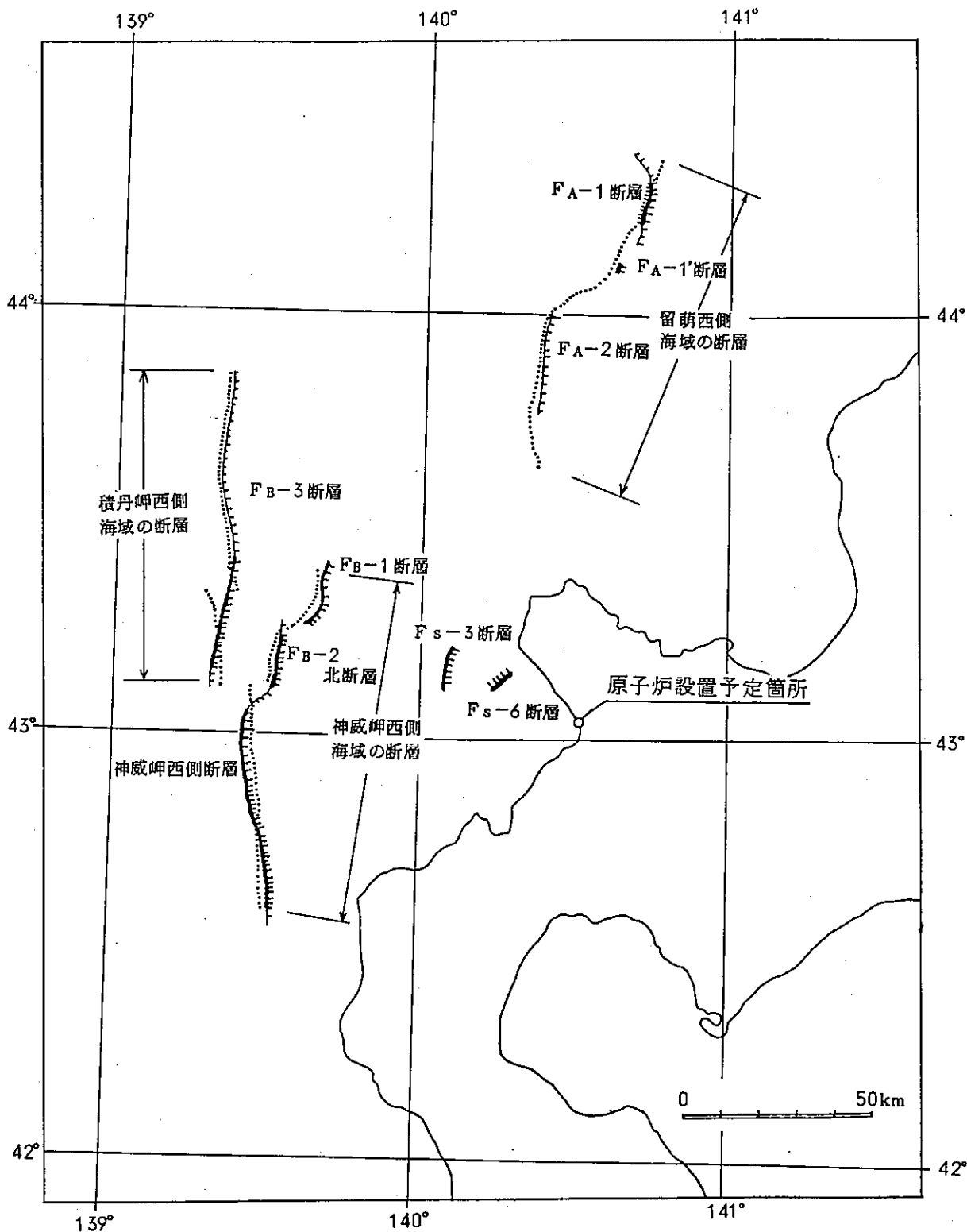


第1図 日本の活断層(部分)



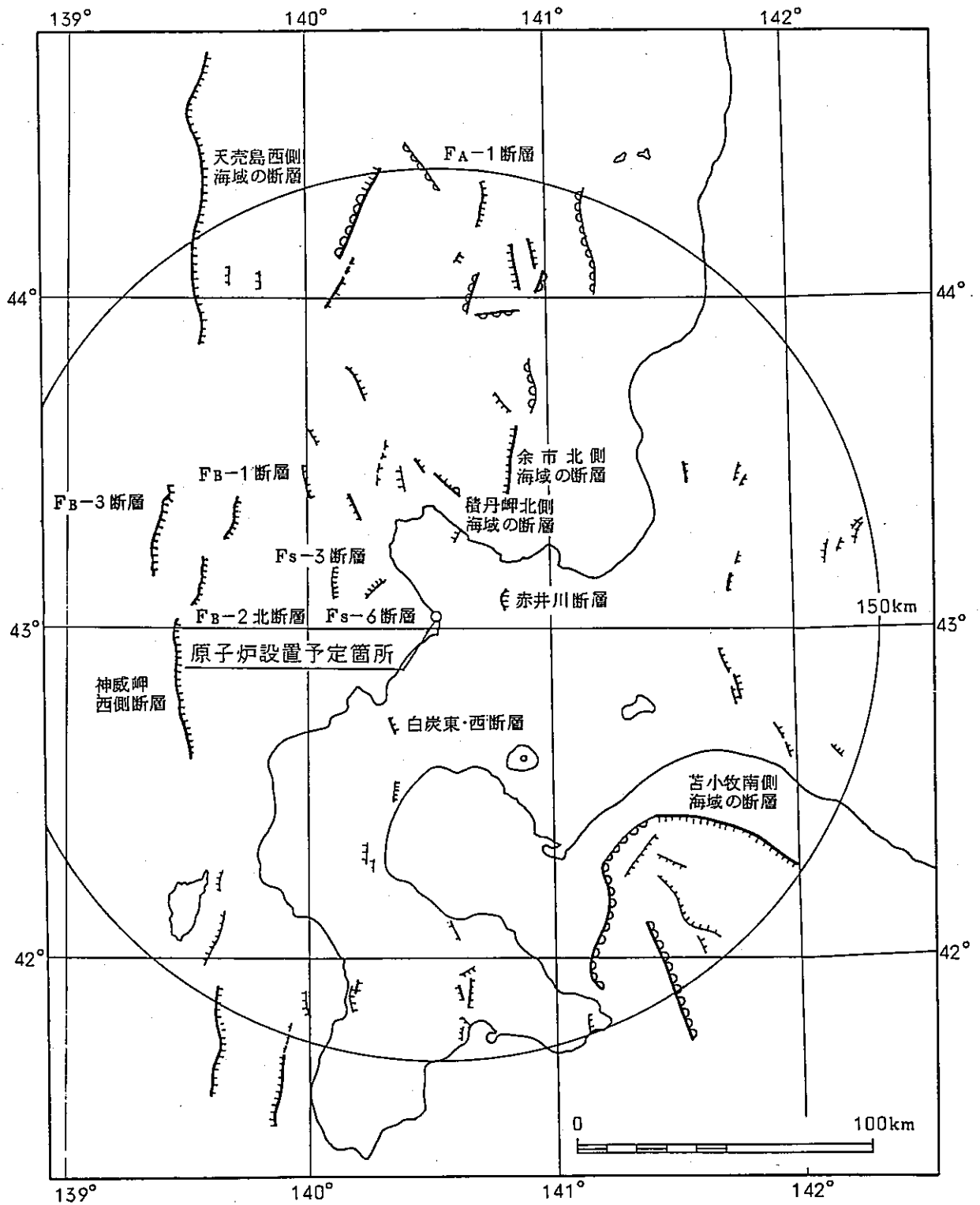
(海上保安庁「海底地質構造図」より作成)

第2図 海底地質構造図(断層部分)

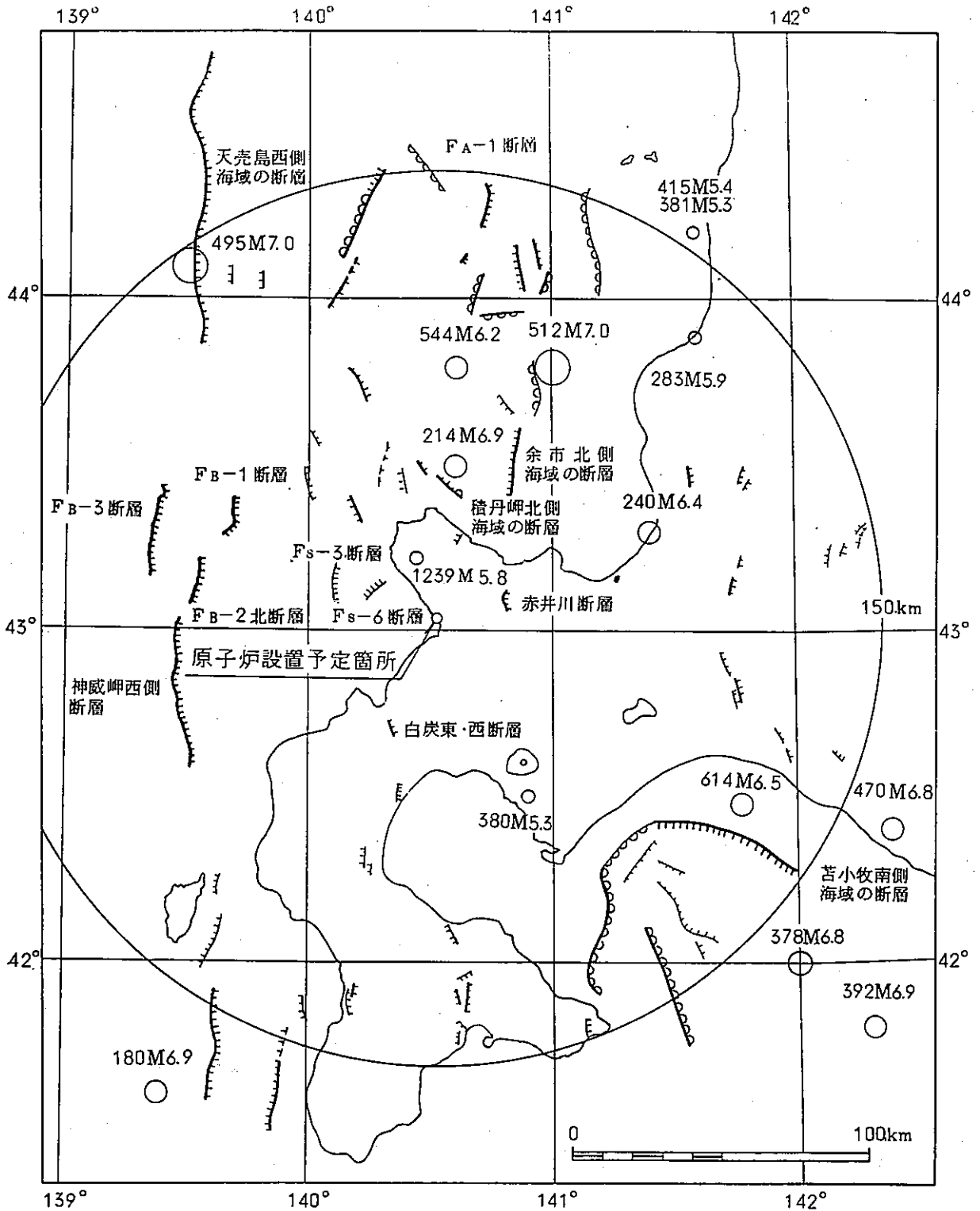


- 凡例
- ..... 文献断層
  - ~~~~~ 調査断層
  - ||||| 評価断層

第3図 海域の活断層分布



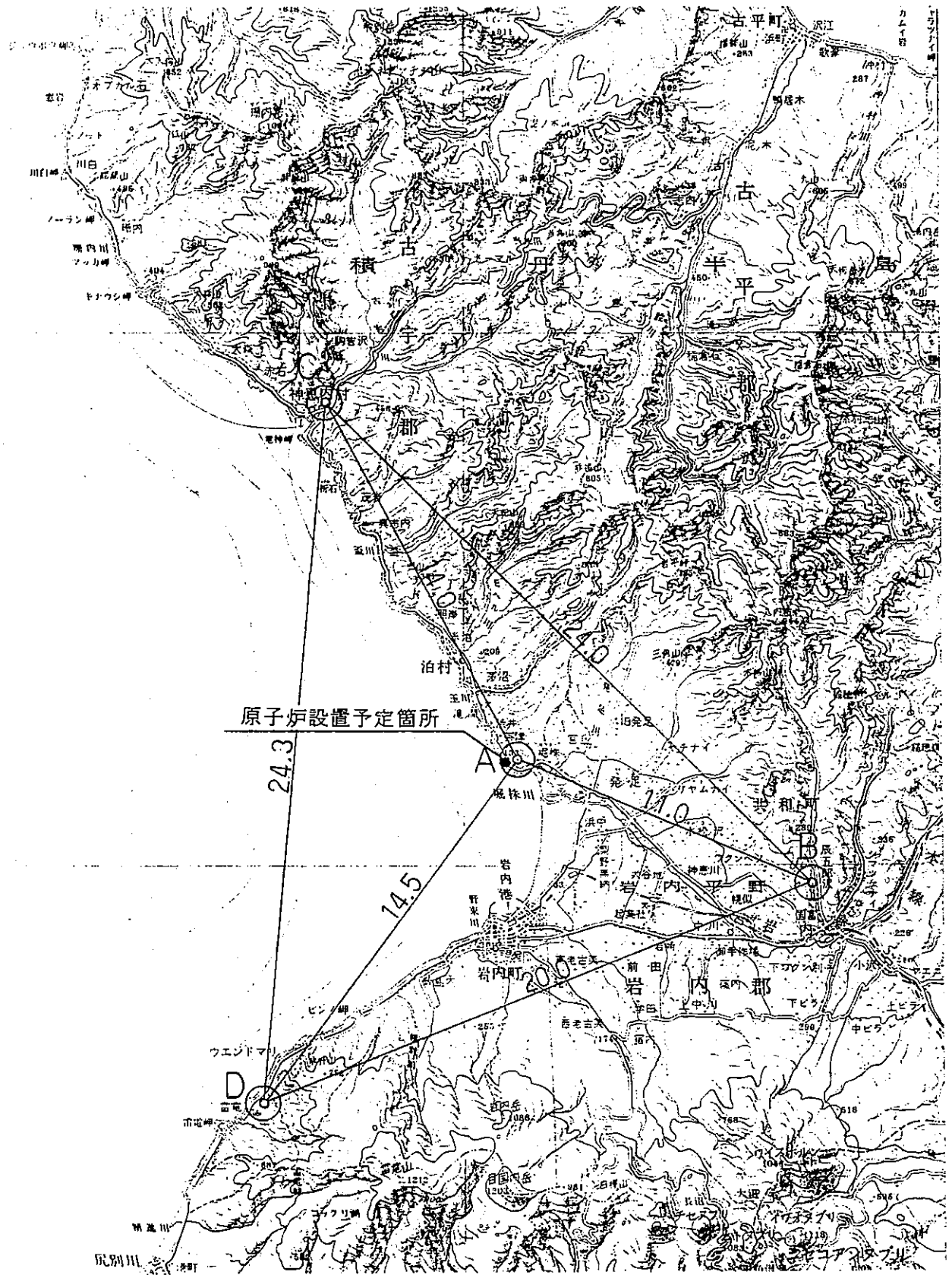
第4図 敷地周辺の活断層分布



(断層分布： 第4図による)

- M7.0以上
- M6.0~6.9
- M5.9以下

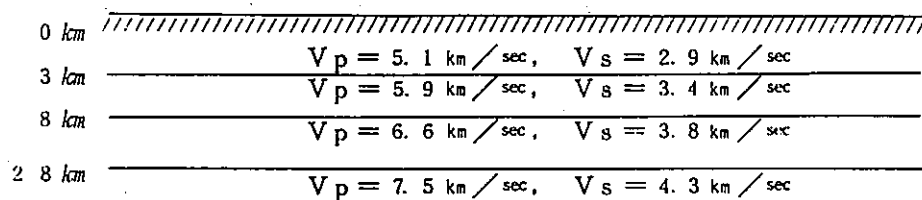
第5図 敷地周辺の主な地震の震央分布と断層分布



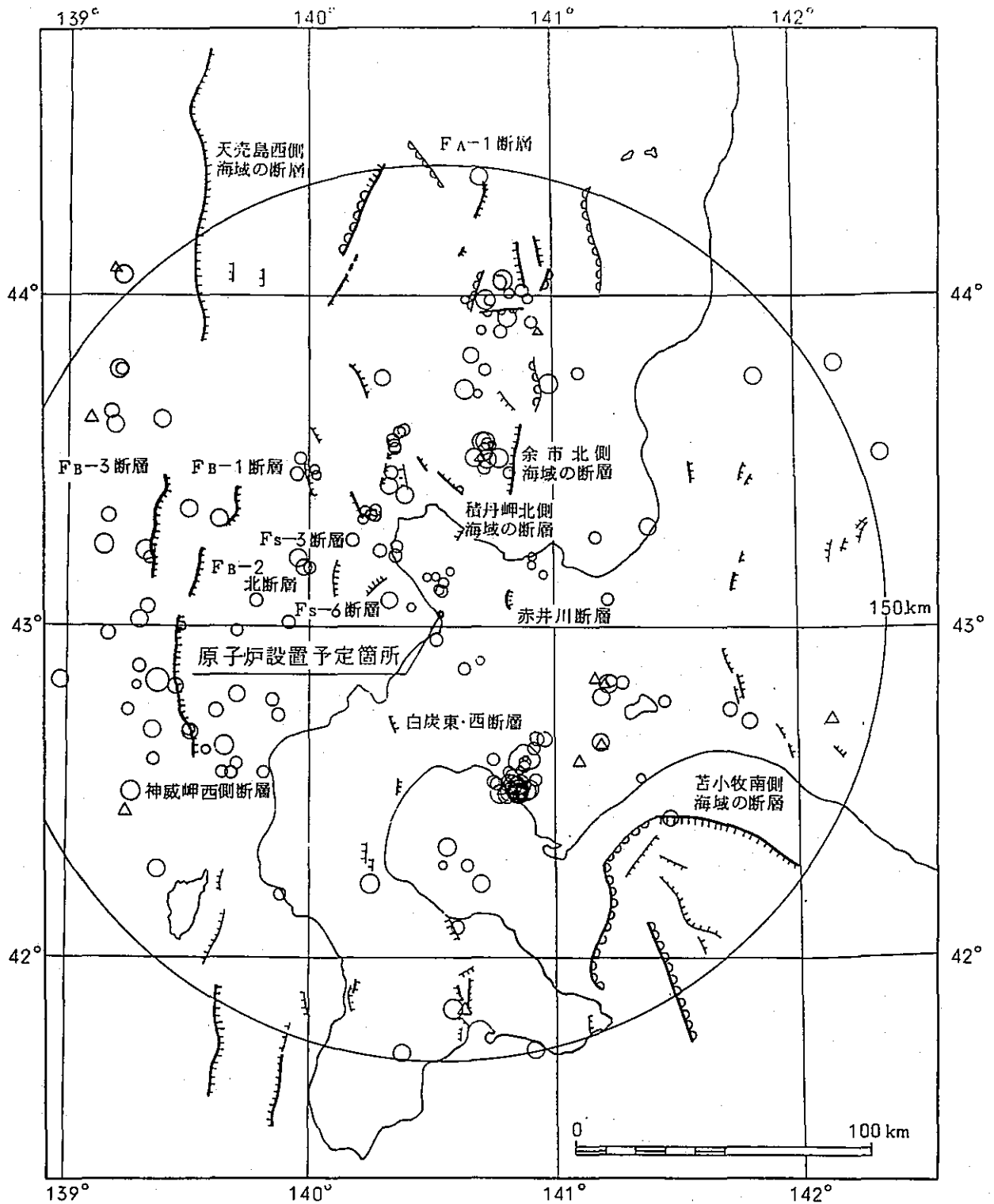
第6図 微小地震観測点位置図 (1/200,000)

第1表 微小地震観測主要設定諸元

名称	仕様
地震観測成分	水平2成分・上下1成分1点、水平1成分・上下1成分3点
記録速度	データレコーダー：2.4 cm/sec、オシログラフ：10 mm/sec
記録感度	データレコーダー：444 $\mu$ Kine/V、オシログラフ：148 $\mu$ Kine/cm
スタート感度	100 $\mu$ Kine
記録時間	データレコーダー：180秒、オシログラフ：120秒



第7図 地殻構造モデル



(本図は、当社で実施した微小地震観測結果(昭和55年11月～昭和58年3月)に基づいて作成したものである。)

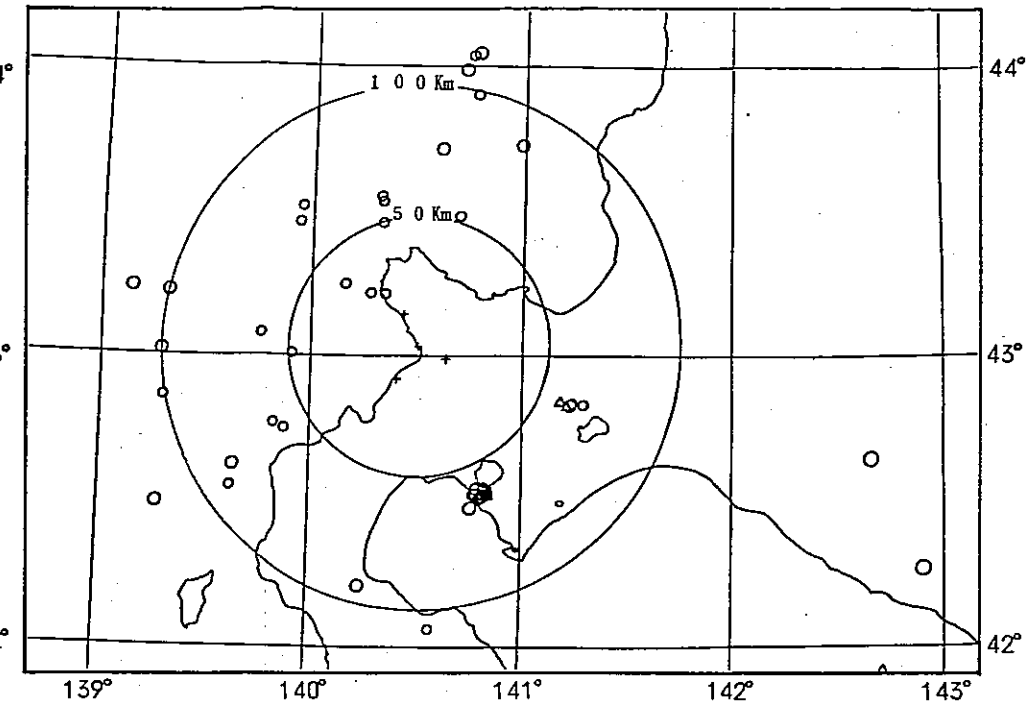
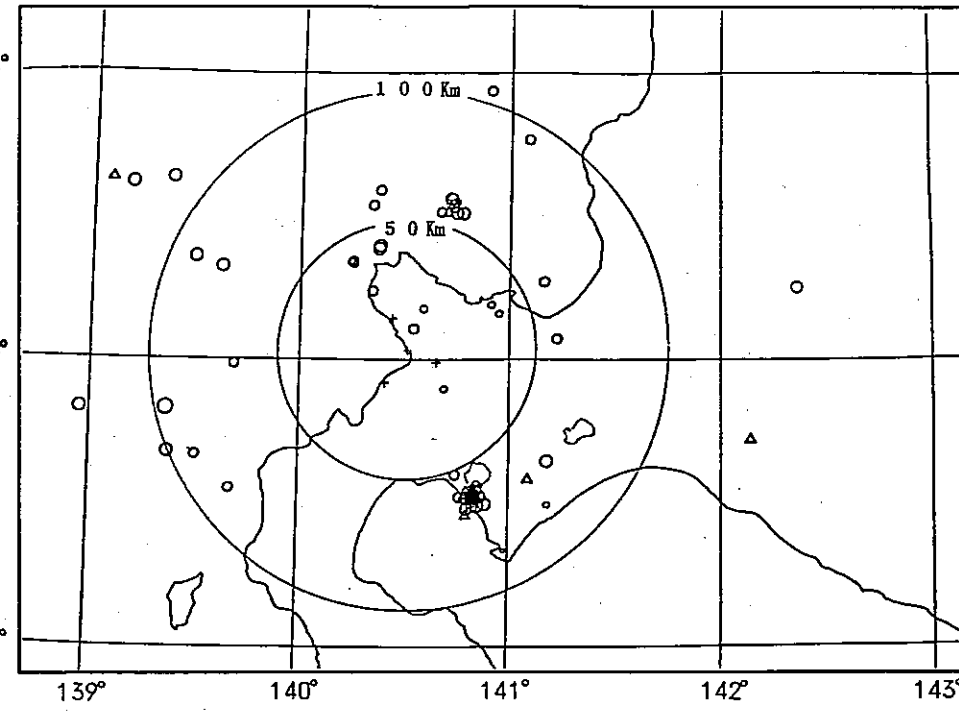
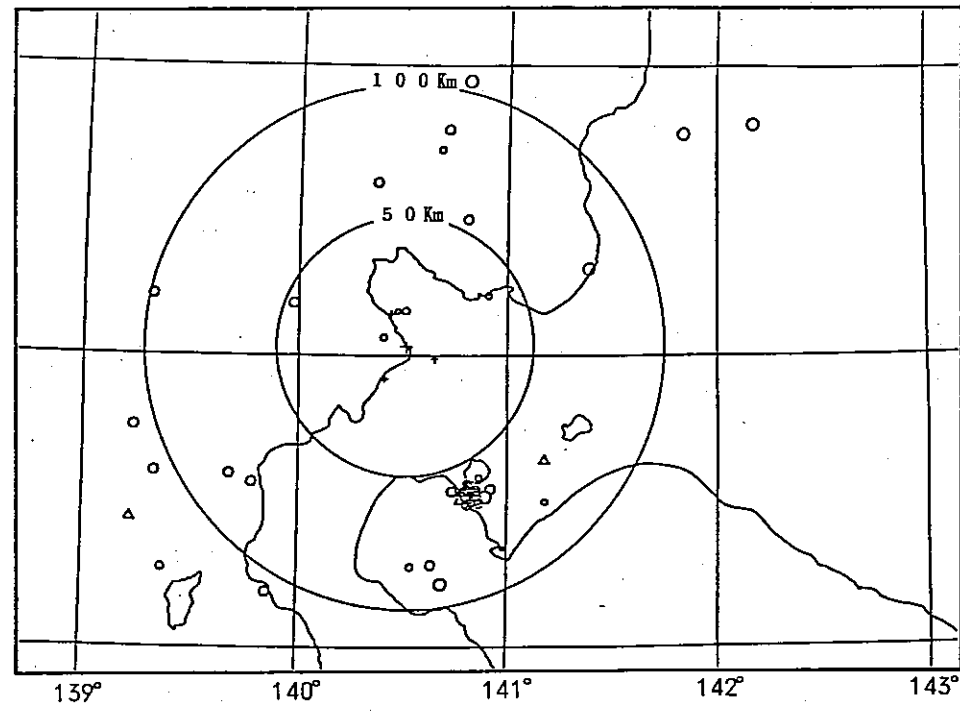
- M 4.0以上
- M 3.0～3.9
- M 2.0～2.9
- M 1.9以下
- △ M 不確定

第8図 敷地周辺の微小地震の震央分布と断層分布

昭和55年11月～昭和56年3月

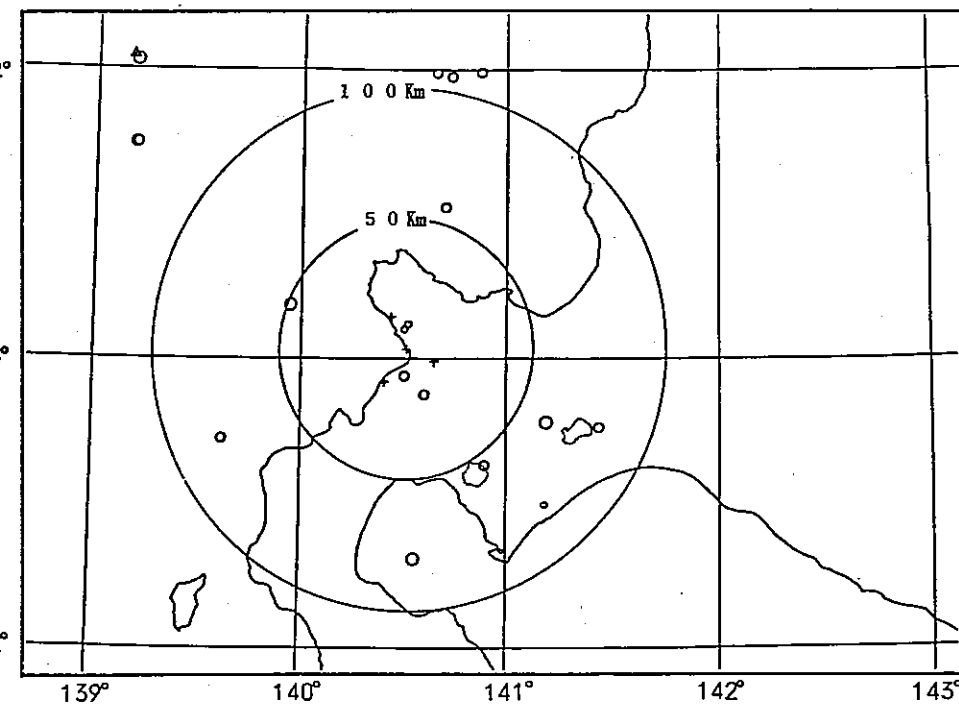
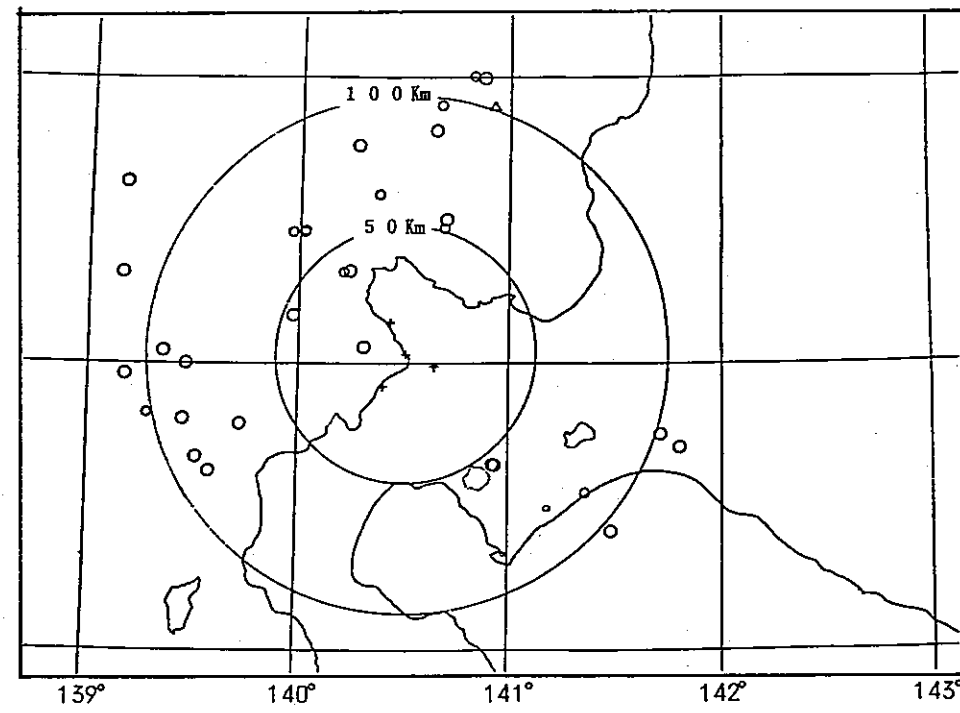
昭和56年4月～昭和56年9月

昭和56年10月～昭和57年3月



昭和57年4月～昭和57年9月

昭和57年10月～昭和58年3月



凡例

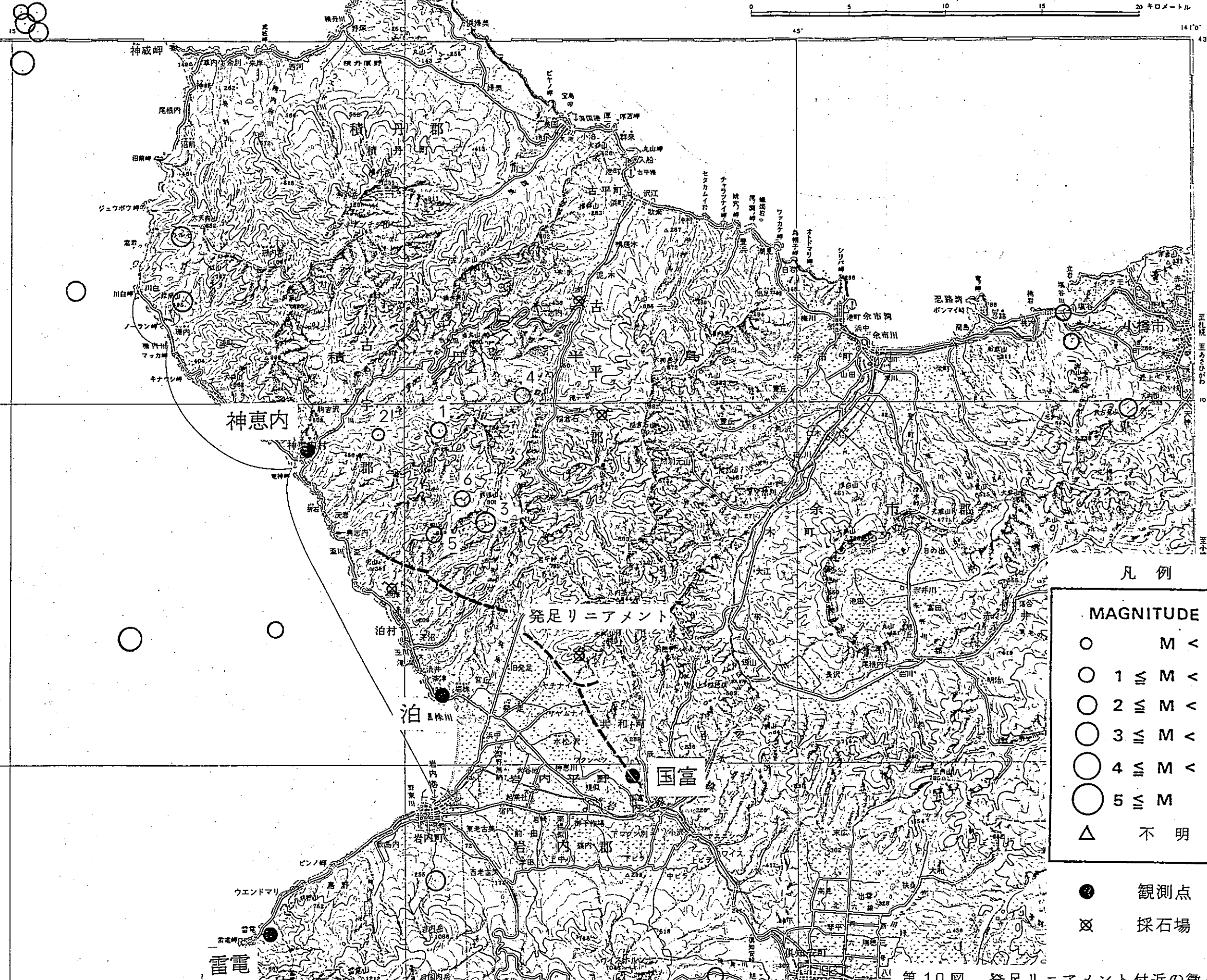
MAGNITUDE	
•	$M < 1$
◦	$1 \leq M < 2$
◌	$2 \leq M < 3$
◍	$3 \leq M < 4$
○	$4 \leq M < 5$
⊙	$5 \leq M$
△	不明

第9図 敷地周辺の微小地震の震央分布

(昭和55年11月～昭和58年3月)

1:200,000

0 5 10 15 20 キロメートル



凡例

MAGNITUDE	
○	M < 1
○	1 ≤ M < 2
○	2 ≤ M < 3
○	3 ≤ M < 4
○	4 ≤ M < 5
○	5 ≤ M
△	不明

- 観測点
- ⊗ 採石場

第10図 発足リニアメント付近の微小地震

第2表 発足リニアメント付近の微小地震

地震番号	発震年月日	震央位置		震源深さ H (km)	マグニチュード M
		経度	緯度		
1	1981. 1.15	140.52°	43.15°	5.6	1.2
		43.15°			
2	1981. 3.23	140.48°	43.15°	7.4	0.9
		43.15°			
3	1981. 4.12	140.55°	43.11°	0.7	2.6
		43.11°			
4	1981. 9.21	140.58°	43.17°	0.1	1.5
		43.17°			
5	1983. 1.31	140.52°	43.11°	4.2	1.6
		43.11°			
6	1983. 2.1	140.54°	43.12°	4.1	1.6
		43.12°			

参考文献

- (1) 「日本活断層図」

垣見俊弘他編、地質調査所、昭和53年

- (2) 「日本の活断層—分布図と資料」

活断層研究会、東京大学出版会、昭和55年

- (3) 「海底地質構造図」

海上保安庁水路部、昭和47、50年

- (4) 「わが国における歴史地震の研究」

宇佐美龍夫、東大震研彙報 Vol.54 昭和54年

- (5) Crustal Structure in the Profile across the Southern part of Hokkaido Japan, as derived Explosion Seismic Observations. by 「H.OKADA, S.SUZUKI, T.MORIYA, and S.ASANO.」 J. phys. Earth 21. 1973.

泊発電所（1、2号炉）

過去の地震の指摘事項について

昭和59年 1月12日

# 目 次

1. 1905年神威岬沖の地震について	-----	1
1.1 地震規模について	-----	1
1.2 地震記録について	-----	2
2. 1940年神威岬沖の地震について	-----	3

# 1. 1905年神威岬沖の地震について

## 1.1 地震規模について

1905年神威岬沖の地震の震央位置(「気象庁カタログ」<sup>(1)</sup>)、震央地等(「中央気象台年報 地震の部」<sup>(2)</sup>)を第1図に示す。また、各地の震度(「日本全国地震原簿」<sup>(3)</sup>)を第2図に示す。

震度0の函館を体感の限度として有感半径( $r$ )を求めると、「気象庁カタログ」の震央位置からは $r=160$  km、震央地の左上隅A点及びB点(A点、 $140^{\circ}20'E$   $43^{\circ}20'N$ 、B点、 $140^{\circ}40'E$   $43^{\circ}20'N$ )からは、双方とも $r=180$  kmとなる。

これらに基づき地震のマグニチュードを評価すると下記のとおりとなるが、申請において採用しているマグニチュード5.8を上回らない。

有感半径( $r$ )の算定範囲	有感半径 $r$ (km)	マグニチュード
「気象庁カタログ」の震央位置から震度0の函館まで	160	5.2~5.7
震央地A点及びB点から震度0の函館まで	180	5.3~5.8

## 1.2 地震記録について

(4)  
市川の資料に基づく地震観測状況によると、北海道及びその周辺において1905年当時地震観測を実施していたのは、釧路、札幌、寿都、函館、青森、秋田及び宮古の7ヶ所である。

これらの観測所のうち、釧路、札幌、寿都、函館及び青森は当時の記録が残っており、また、秋田及び宮古では当時の地震記録は保存されているが、当該地震のものはない。

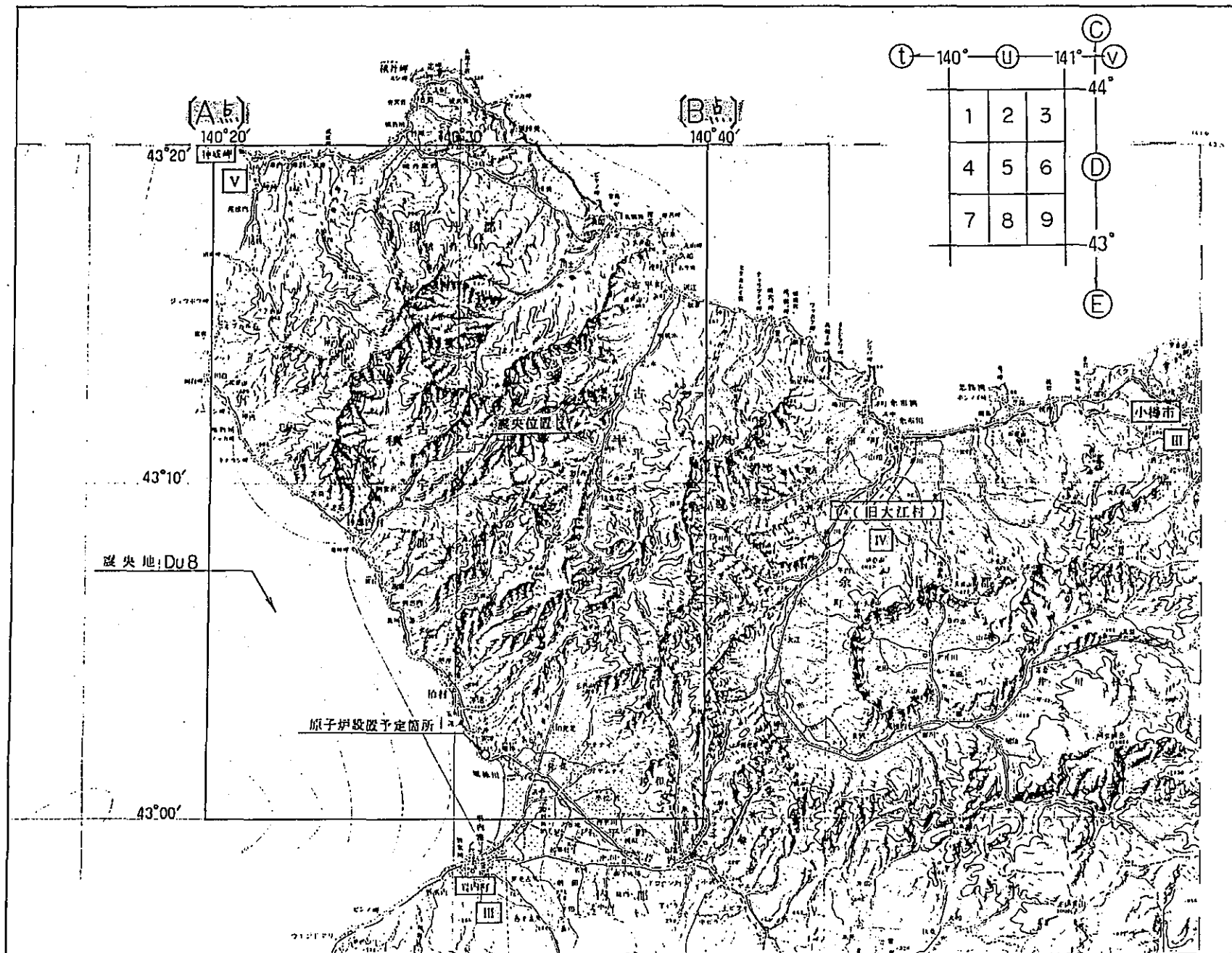
## 2. 1940年神威岬沖の地震について

1940年神威岬沖の地震の震央位置、マグニチュードは下記に示すように「早稲美カタログ(1979)<sup>(5)</sup>」と「地震月報 別冊第6号<sup>(6)</sup>」の間に差異が見られる。

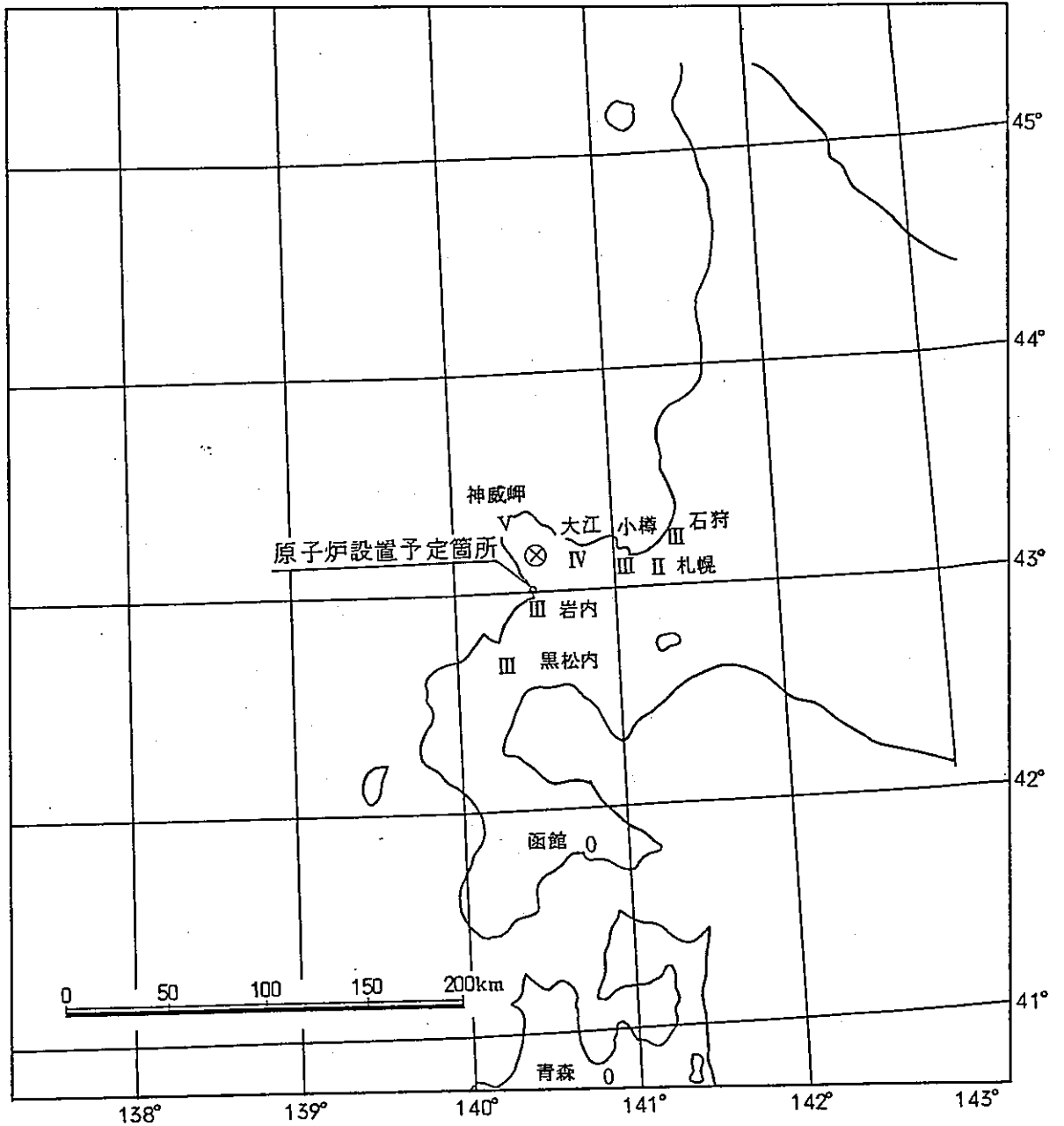
1940年神威岬沖の地震		早稲美カタログ(1979)	地震月報別冊第6号
震央位置	経度	139.5°	139.5°
	緯度	44.1°	44.3°
マグニチュード		7.0	7.5

この差異による敷地への影響を敷地の基盤の最大速度振幅及び応答スペクトルで表わすと第1表及び第3図のとおりである。これらには過去の地震において敷地に最も影響を及ぼすと推定される 1792年後志の地震、1905年神威岬沖の地震も併せ示す。

これらによると、カタログ間の比較では「地震月報 別冊第6号」による場合の方が、敷地への影響は大きい。1792年後志の地震及び1905年神威岬沖の地震に包絡されるので、基準地震動の策定には影響を与えることはないとしている。



第1図 1905年神威岬沖地震の震央地及び震度分布 (震央位置は「気象庁カタログ」による。)



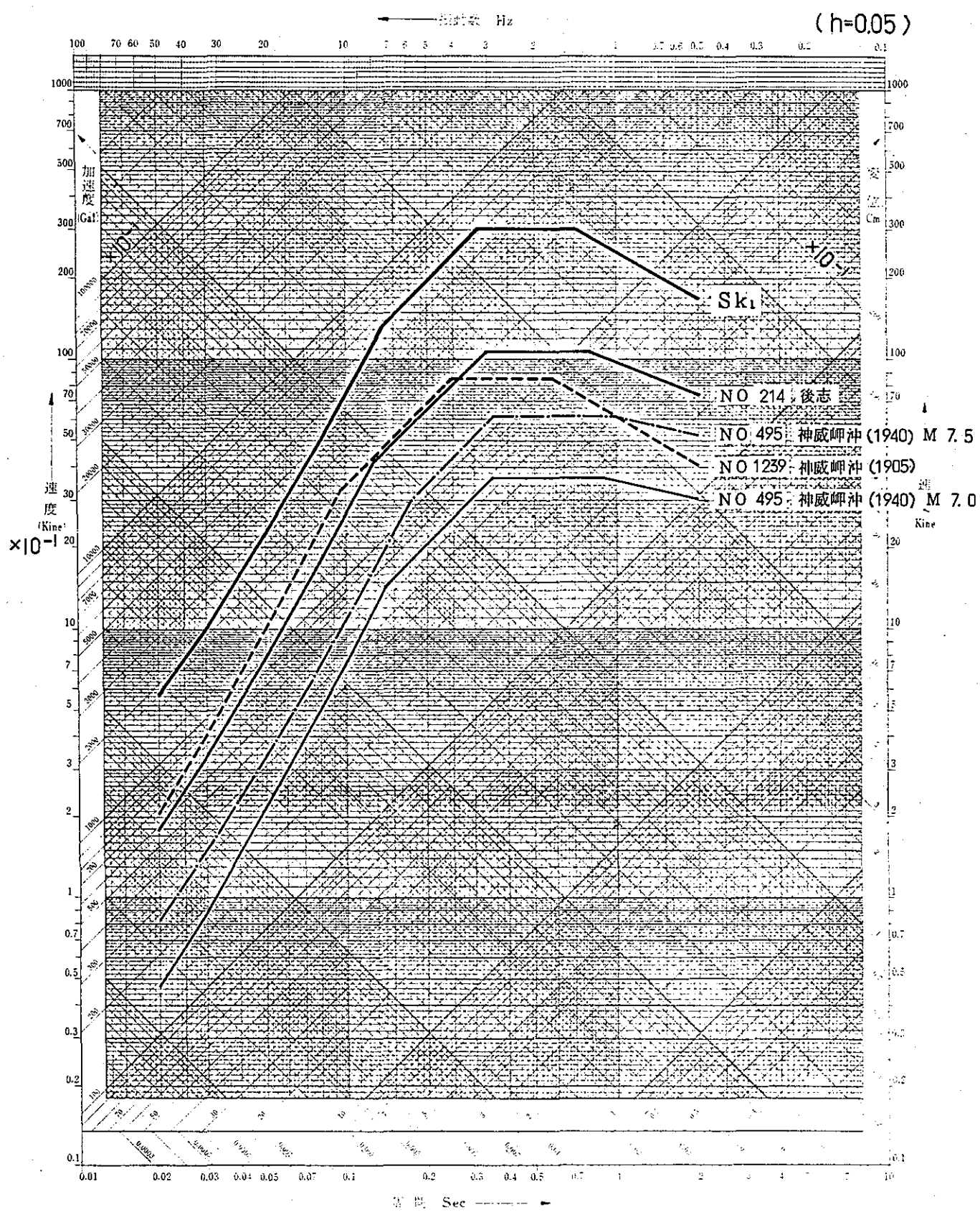
⊗ 震央位置

(「日本全国地震原簿」により作成)

第 2 図 1905年神威岬沖の地震の震度分布図

第1表 敷地基盤ごの最大速度振幅.

年 月 日 地震名		震央位置		規模 M	震央距離 Δ (km)	速 度 V(Kine)	備 考
		経 度	緯 度				
1940. 8. 2 神威岬沖	宇佐美カタログ(1979)	139.5	44.1	7.0	144	0.97	
		44.1					
	地震月報別冊第6号	139.5	44.3	7.5	159	1.68	
		44.3					
1792. 6.13 後 志		140.6	43.5	6.9	52	3.66	宇佐美カタログ (1979)
		43.5					
1905.10.13 神威岬沖		140.50	43.17	5.8	15	3.41	気象庁カタログ等
		43.17					



第3図 応答スペクトルの比較

## 参考文献

- (1) 「日本付近におけるおもな地震の規模表(1885年~1950年)」  
地震観測法付録12、中央气象台、昭和27年
- (2) 「中央气象台年報 地震の部」  
中央气象台、明治38年
- (3) 「日本全国地震原簿」  
中央气象台
- (4) 「地震計測—震源決定・走時曲線—」  
市川政治、地震 第2輯、第32巻、第3号 昭和56年
- (5) 「わが国における歴史地震の研究」  
早佐美龍夫、東大震研彙報 Vol.54、昭和54年
- (6) 「改訂 日本付近の主要地震の表(1926年~1960年)」  
地震月報別冊第6号」  
気象庁、1982年

泊発電所（1、2号炉）

発足のリニアメントについて

昭和59年1月12日

## 目 次

1. 空中写真判読	1
a. 明瞭度基準について	1
b. 空中写真判読について	4
2. リニアメントについての地質的説明 (山地部)	5
3. リニアメント平地部	6
a. ボーリング調査について	6
b. 弾性波探査について	7
c. 電磁波探査について	9
d. ヤチナ砕石場内の路頭について	11
参 考	30

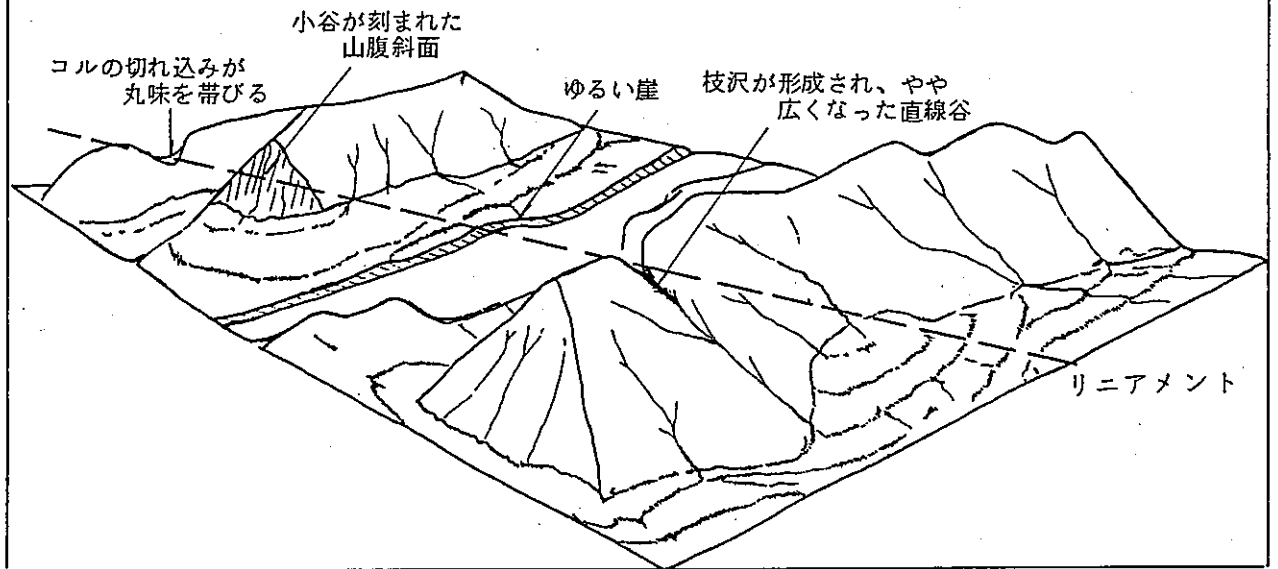
## 1. 空中写真判読

### a. 明瞭度基準について

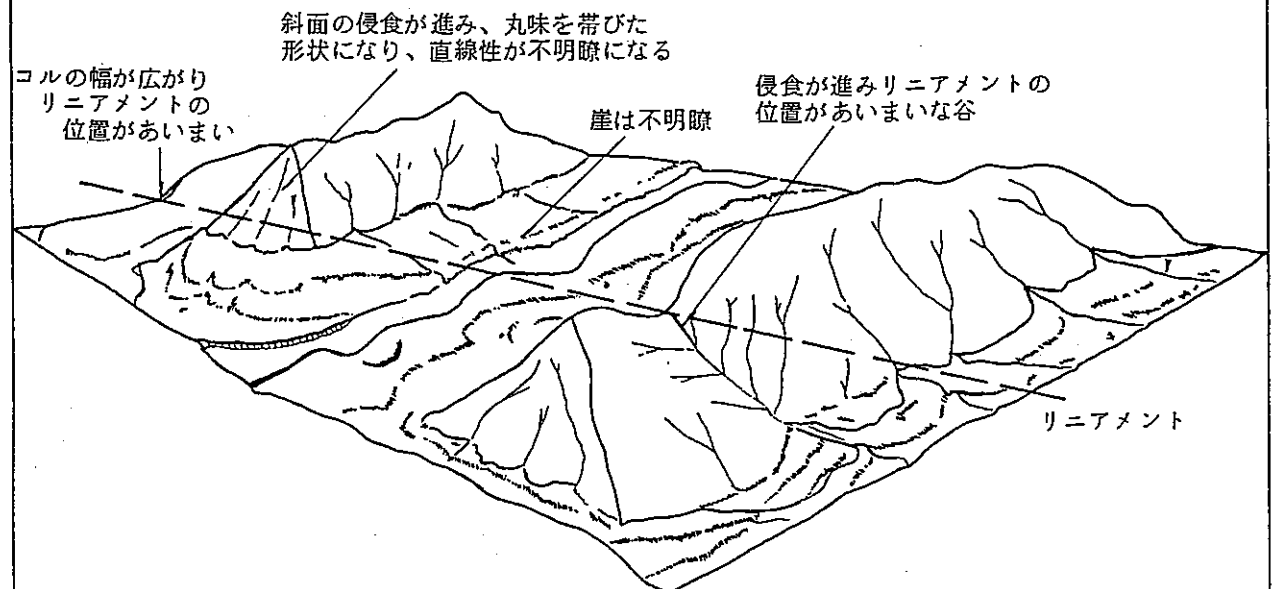
リニアメントは、斜面の傾斜変換点、三角末端面、鞍部、直線状の谷等の地形的特徴や、開析の程度を考慮して、明瞭度をⅠ、Ⅱ、Ⅲに区分した。すなわち、Ⅰは明瞭なもの、Ⅱはやや明瞭なもの、Ⅲは不明瞭なものである。

以下に明瞭度の判断基準と判断例を示す。

明瞭度Ⅱ



明瞭度Ⅲ



b. 空中写真判読について

空中写真によれば、「日本の活断層」に示されているものとはほぼ同じ位置の孟の東方から国富の北西に至る間に長さ3.3~5.5km、明察度Ⅲのリアメントが山地部に2本、平地部に2本認められる。リアメントの位置及びリアメントの構成要因も合せて第1図に示す。

図中でリアメントの要因が示されていない破線部には、これという要因は認められないが、前後のリアメントの要因が線状に並びしかも距離もあまり離れていないことから、これらの要因を連ねて一連のリアメントとして取り扱ったものである。

## 2. リニアメントについての地質的説明(山地部)

地表地質踏査の結果から、発足のリニアメント(山地部)に相当する断層は認められず、リニアメントは地質境界、割れ目集中部や熱水変質帯に伴う差別侵食地形を反映したものを判断している。地質境界、割れ目集中部、熱水変質帯の位置を第2図に示す。

### 3. リニアメント平地部

#### Q. ボーリング調査について

リニアメントに直交する方向に測線を設けて、5地区でボーリング調査を実施している。ボーリング調査測線を第3図に、各測線の地質図を第4図に示す。

ボーリング地区の基盤形状は、山側から平野側へゆるく傾斜しているが、2-2、2-3、2-4の3地区でリニアメントの平野側20~50m付近に傾斜変換部が認められる。

この傾斜変換部の深部の地質構造を直接把握するため2-2及び2-3地区で傾斜ボーリングを実施したが、断層の存在を示唆する徴候は認められない。

傾斜ボーリング柱状図を第5図~第6図に示す。

## ② 弾性波探査について

弾性波探査は、第3図に示すようにリニアメントにはほぼ直交する道路沿いの4測線で実施している。

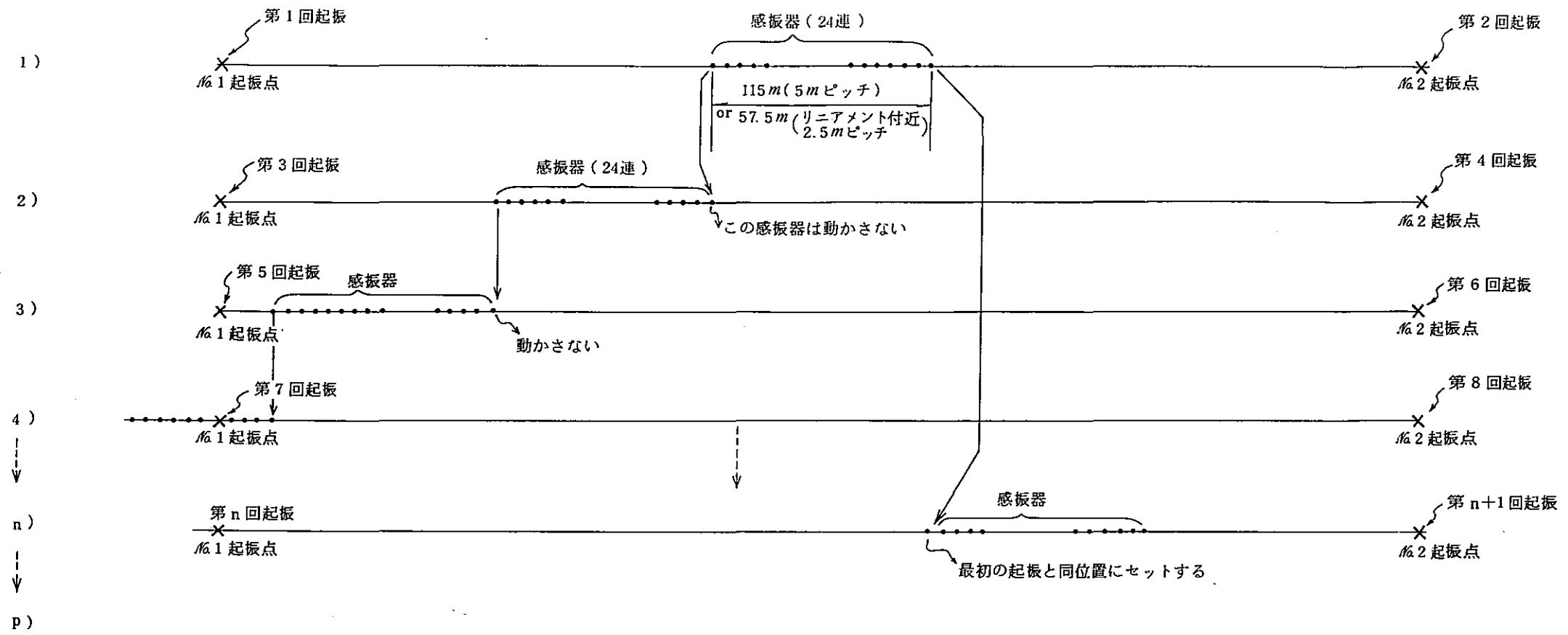
各測線の長さは、リニアメントを中心として1kmである。起振は、測定場所が道路沿いであることから、エアガン、ウォーターガン、カケヤによって行なっている。起振間隔は、各測線とも約50mである。

受信は、24連の受信器をリニアメント付近の200m間は2.5m間隔、その他の区間は5m間隔に設置して行なっている。

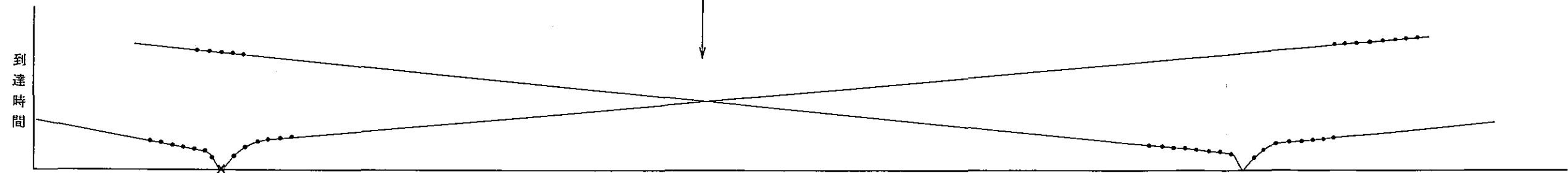
測定方法の概念を次図に示す。

各測線について、比較的長い測定距離をとった起振点に対する記録をハーストアップしたものを第7図に示す。

# 弾性波探査方法概念図(例)



上記1)~p)の測定により #1、#2 起振点に対する各感振器における初動の到達時間を読みとって走時曲線が描かれる。



上記1)~p)の測定における起振は任意の時刻に行っているが、それぞれの測定に対して最低1個は動かさない感振器をセットしている。この感振器における同一起振点での起振による初動の到達時間は同じであり、この到達時間をあわせるように同一起振点での各感振器の振動記録を順序よく並べることによりベストアップを作成した。

## C. 電磁波探査について

電磁波探査は、弾性波探査と同じ測線で実施している。電磁波としては、VLF (Very Low Frequency) 電波を使用している。

VLF 電波は、周波数 3~30 kHz の電波をいい、世界各地の大出力の送信所から送られているもので、日本では愛知県の依佐見から 17.4 kHz、500 kW で送信されており、今回の探査もこの VLF 電波によっている。

VLF 電波によって地表面下に誘導電流が発生し、それに伴って新たな磁場 (H) と電場 (E) が生じている。

ここに、

$$\rho = \frac{1}{2\pi f \mu} \left| \frac{E}{H} \right|^2$$

$\rho$ : 地表面下の比抵抗 [ $\Omega \cdot m$ ]

$f$ : 電波の周波数 (17.4 kHz) ( $\frac{1}{s}$ )

$\mu$ : 透磁率 ( $4\pi \times 10^{-7}$ ) ( $\frac{Vs}{Am}$ )

$E$ : (V/m)

$H$ : (A/m)

なる関係があり、EとHを測定することにより $\rho$ が求まるが、実際には E/H を測定する計器を使用して $\rho$ を求めた。

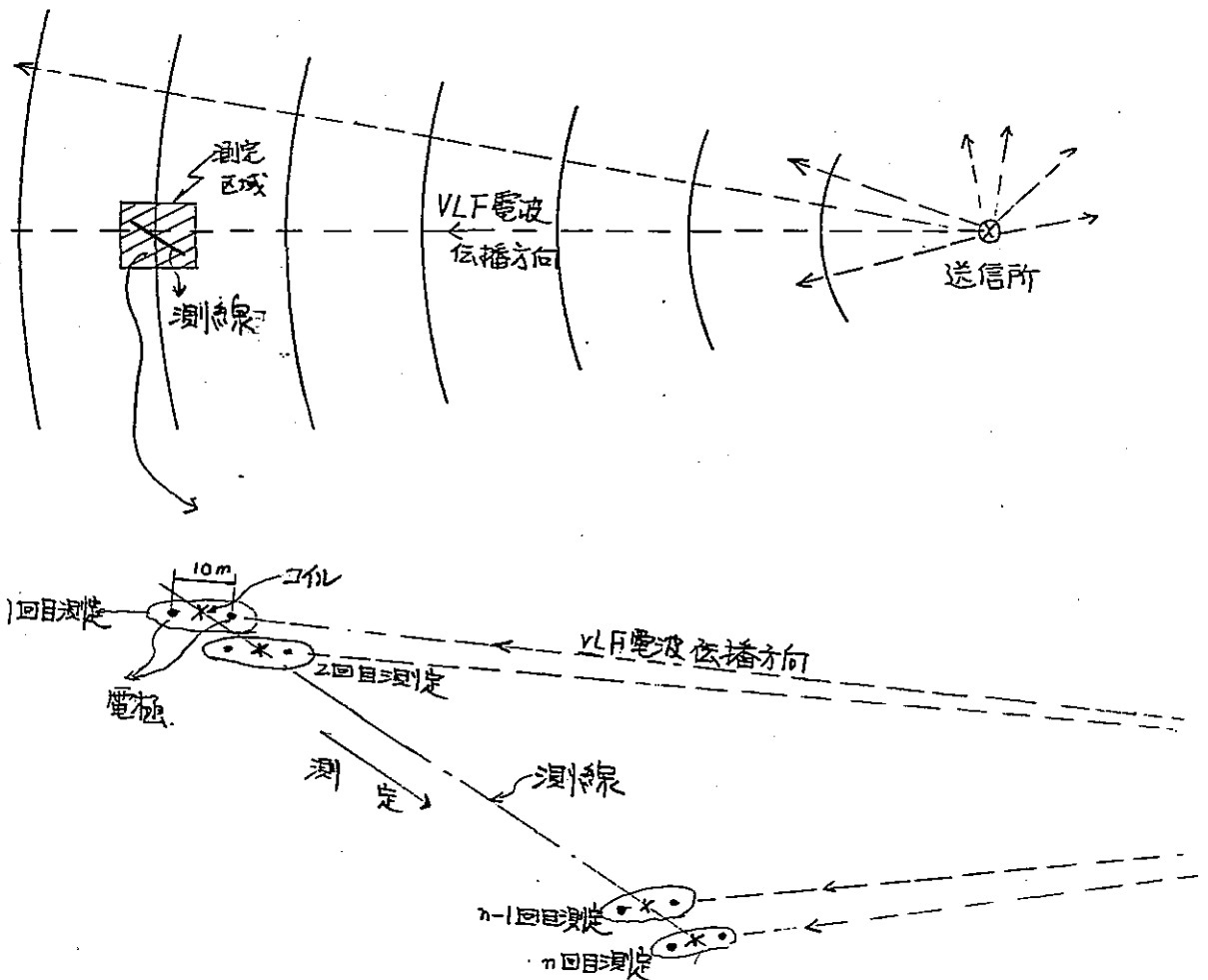
地表面下のどの程度の深さまでの情報が $\rho$ に含まれているかは、電波の周波数により決まるが、17.4 kHz の電波では地表からおおよそ 100 m 程度である。

ここに活断層が存在する場合は、その付近の比抵抗 $\rho$ が周辺のそれと比べて低くなり、HとEの位相差 $\theta$ が高くなるという傾向にあり、これがこの探査を活断層調査に適用する理由である。

この方法は、活断層を対象として地質調査所、東大地震研

筑前、秋田大学等で測定されており、地質学的所見と比較的よい対応を示している。(参考資料参照)。

### VLFの測定概念図



測線の両側に電極をさす。電極の間隔は10mと基本としている。電極の方向は電波の伝播方向とするので必ずしも測線の方法は一致しない。この電極によって電場の強さを知ることが出来る。

電極の中心にセットしたコイルによって磁場の強さを知ることが出来る。

計測には  $\frac{\text{電場の強さ}}{\text{磁場の強さ}}$  を測定できる計器を使用している。この比から地表面下の比抵抗が求まる。

このようにして測線の端部から端部まで n 回の測定を行うことにより、測線沿いの地表面下の比抵抗を求めうる。

但し、測定間隔は任意であるが基本的には50m間隔とし、測定値に差があるような場合にはこの程度まで測定間隔を短くした。

d. ヤチナイ碎石場内の露頭について

ヤチナイ碎石場内で認められたNO. ②の断層の断層面には、断層運動に伴う鏡肌や条線が認められるが、条線の代表的な方向は $NS3^{\circ}W / 30^{\circ}SE$ である。この方向から②の断層は必ずしも水平ではなく、斜め方向に動いた断層と判断される。この断層は、上部に分布する扇状地堆積物を切っていない。また、この断層の延長上を横切る排水溝の側壁部は、扇状地を構成する砂礫が主として分布し、この砂礫層中には多少うねったシルトや砂の薄層を挟在している。この扇状地堆積物のような陸成の地層は堆積環境や堆積過程により層相の側方変化に富み、連続性もさほどなく、海成堆積物のように成層構造にならないことが多い。

以上のことから、ヤチナイ碎石場内の排水溝内のシルトの薄層が若干うねっていることは、断層によって形成されたものではなく、ヤチナイ川の扇状地形成に伴う堆積過程によるものと判断する。NO. ②断層露頭スケッチを第8図に、排水溝スケッチを第9図に示す。

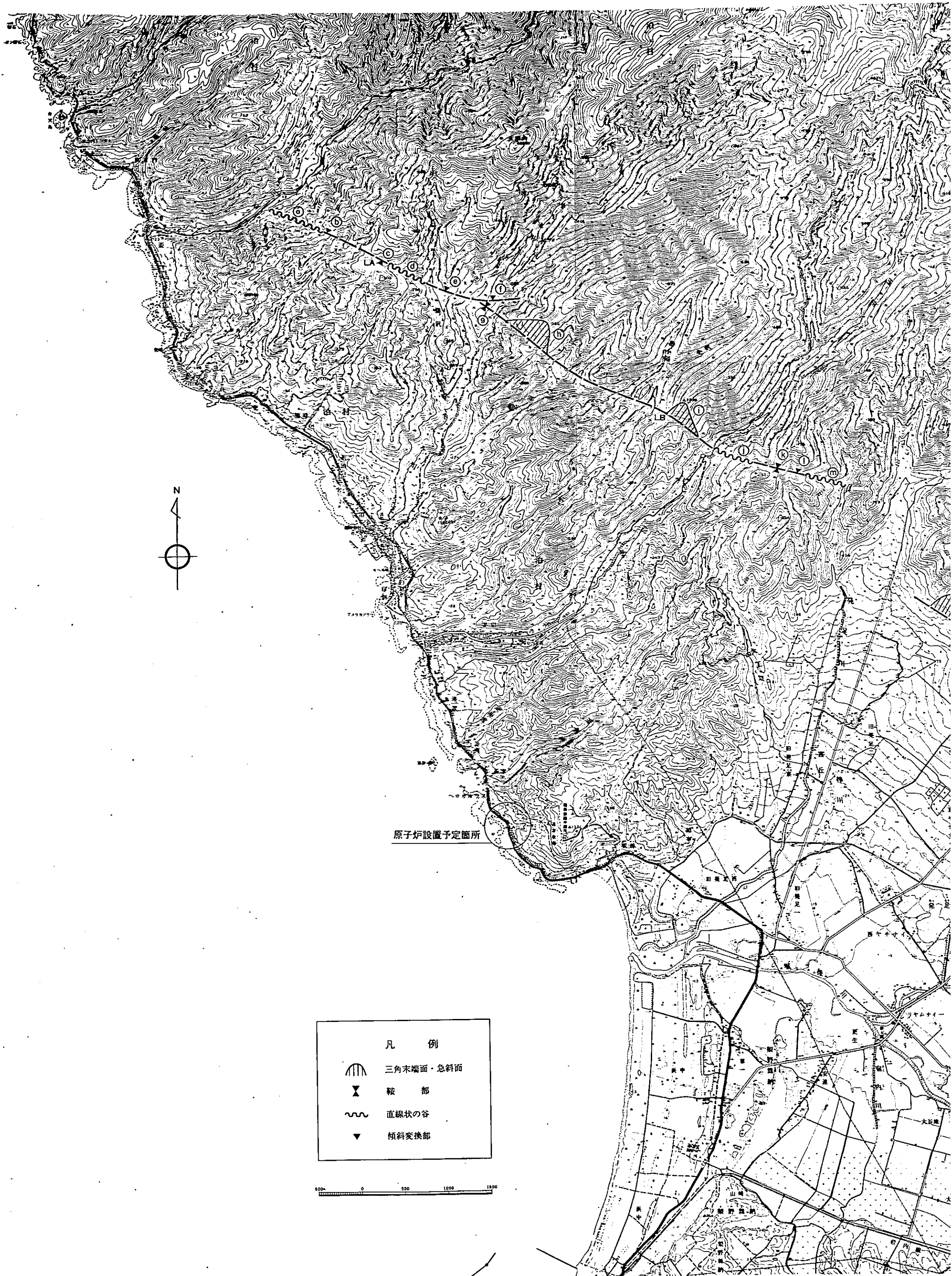
圖 表 集



第1図 発足のリアメント位置図

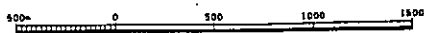


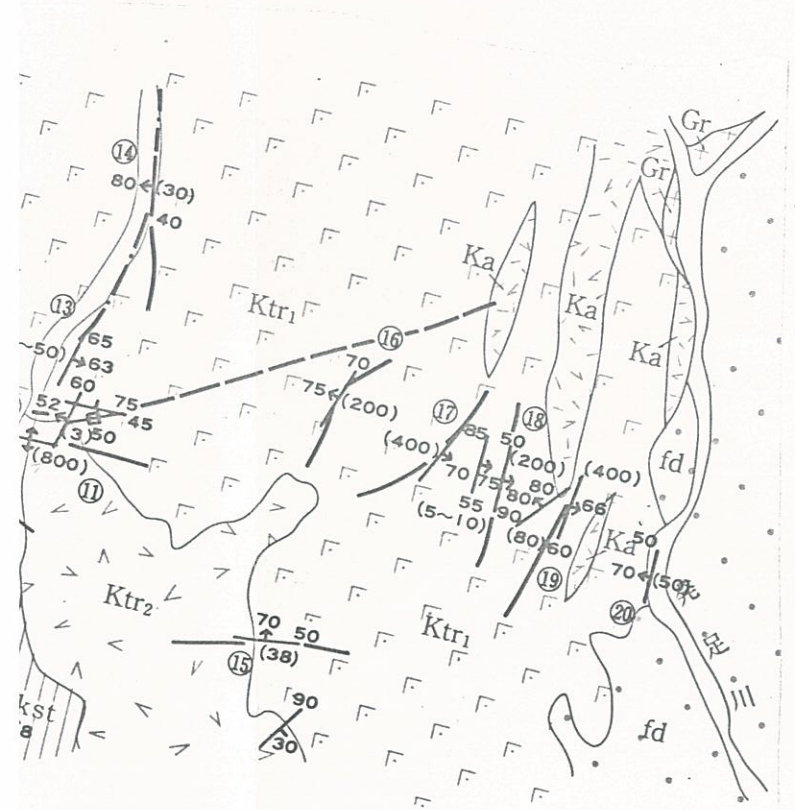
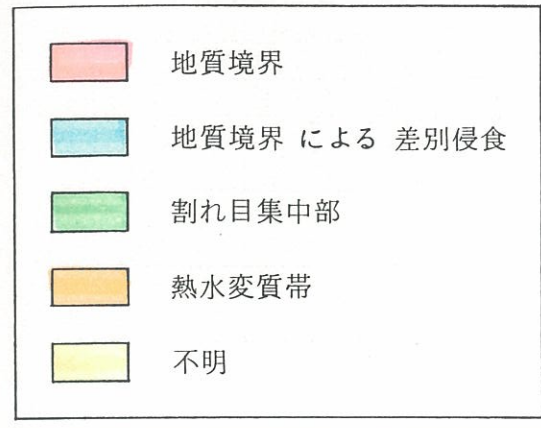
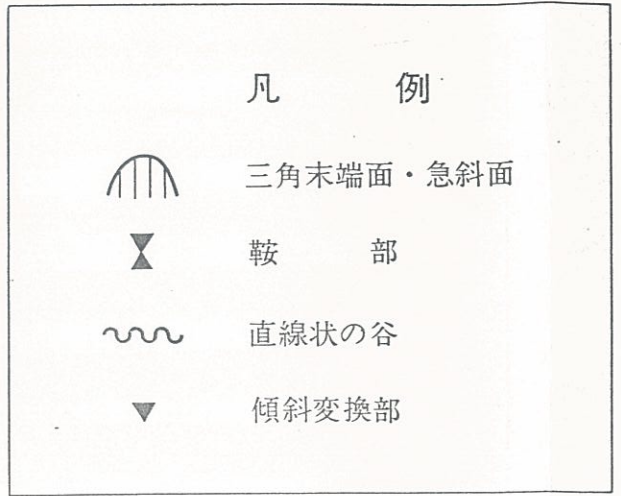
第1図 発足のリアメント位置図



原子炉設置予定箇所

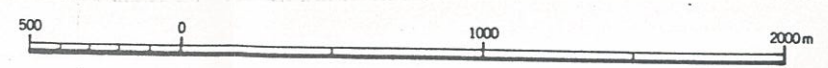
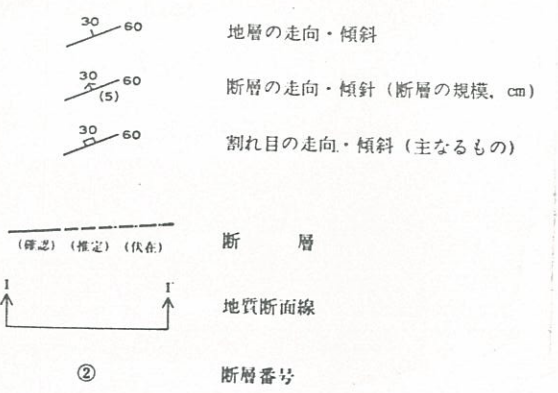
凡 例	
	三角末端面・急斜面
	鞍 部
	直線状の谷
	傾斜交換部



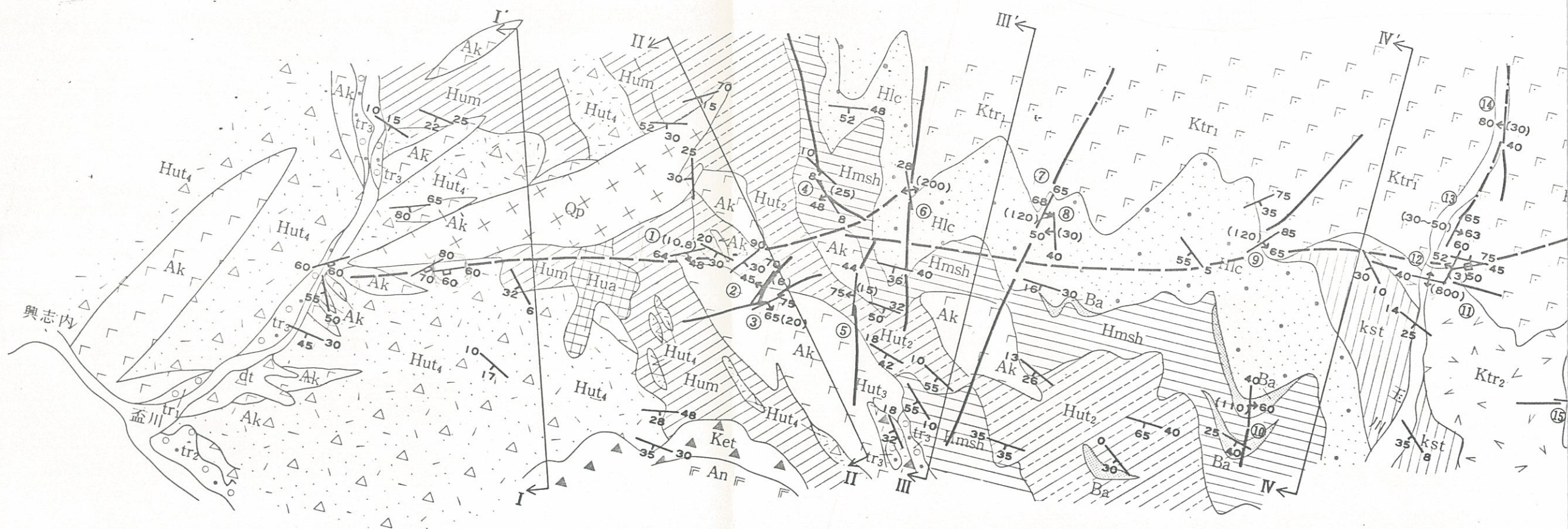


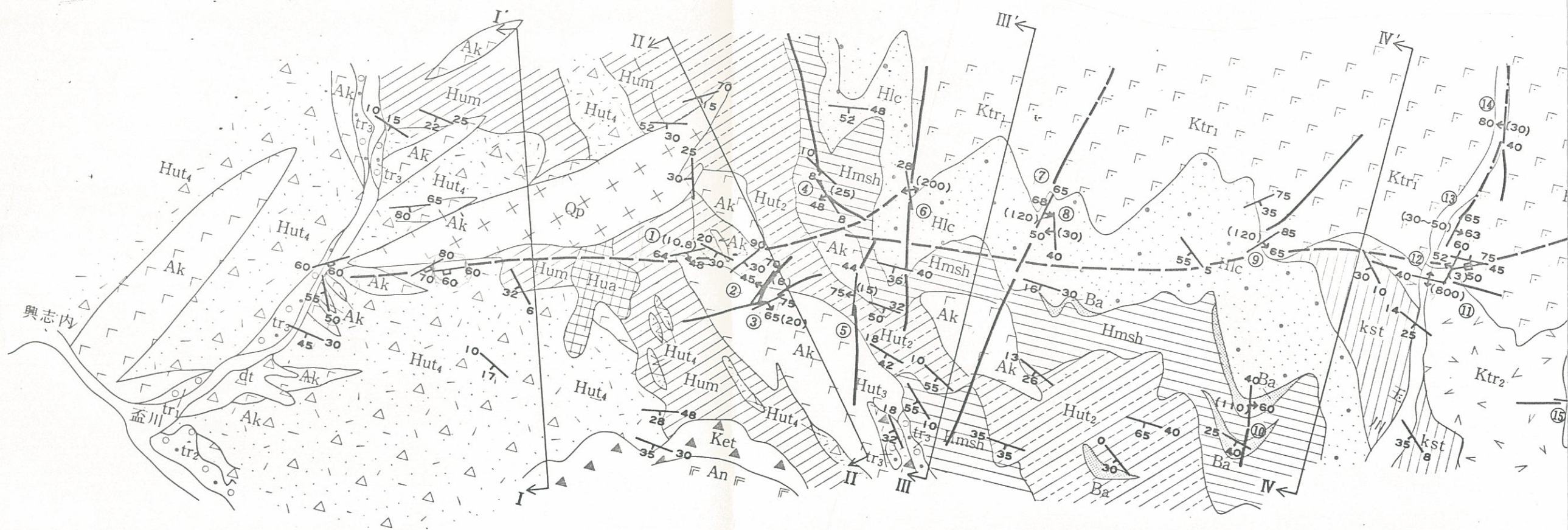
地質時代	地質名	記号	主な岩質	
第四紀	完新世 岩屑堆積物	dt	角礫混り粘性土、砂質土	
	沖積層	al	礫、砂、粘土	
	更新世	低位段丘堆積物	tr <sub>3</sub>	礫、砂、粘土
		扇状地堆積物	fd	砂、礫
		観似火山灰層	pm	軽石質火山灰
		高位段丘堆積物	tr <sub>1</sub>	粘土混り砂礫
	ワクンベツ層	Wk	砂、砂礫	
新第三紀	神恵内累層	Ket	安山岩質凝灰角礫岩	
	上部層	Hua	安山岩	
		Hut <sub>4</sub>	安山岩質凝灰角礫岩	
		Hum	泥岩、頁岩	
		Hut <sub>3</sub>	安山岩質凝灰角礫岩、凝灰質砂岩、泥岩互層	
		Hut <sub>2</sub>	火山礫凝灰岩、凝灰岩、砂岩、泥岩互層	
		Hmtb	玄武岩質凝灰角礫岩	
	中部層	Hmts	凝灰質泥岩、同砂岩、石英安山岩質凝灰岩	
		Hmd	石英安山岩、同質凝灰角礫岩	
	下部層	Hms	頁岩	
		Hlc	礫岩	
	茅沼累層	Ka	安山岩	
先第三紀 花崗岩類	kst	頁岩、凝灰岩		
	Ktr <sub>2</sub>	流紋岩質凝灰岩		
	Ktr <sub>1</sub>	流紋岩、石英安山岩、同凝灰角礫岩、同火山岩礫岩		
先第三紀 花崗岩類	Gr	花崗閃緑岩、石英閃緑岩		

貫入岩類	
Ba	玄武岩
Rh	流紋岩
An	安山岩
Ak	安山岩 (熱水変質による緑色化)
Qp	石英斑岩

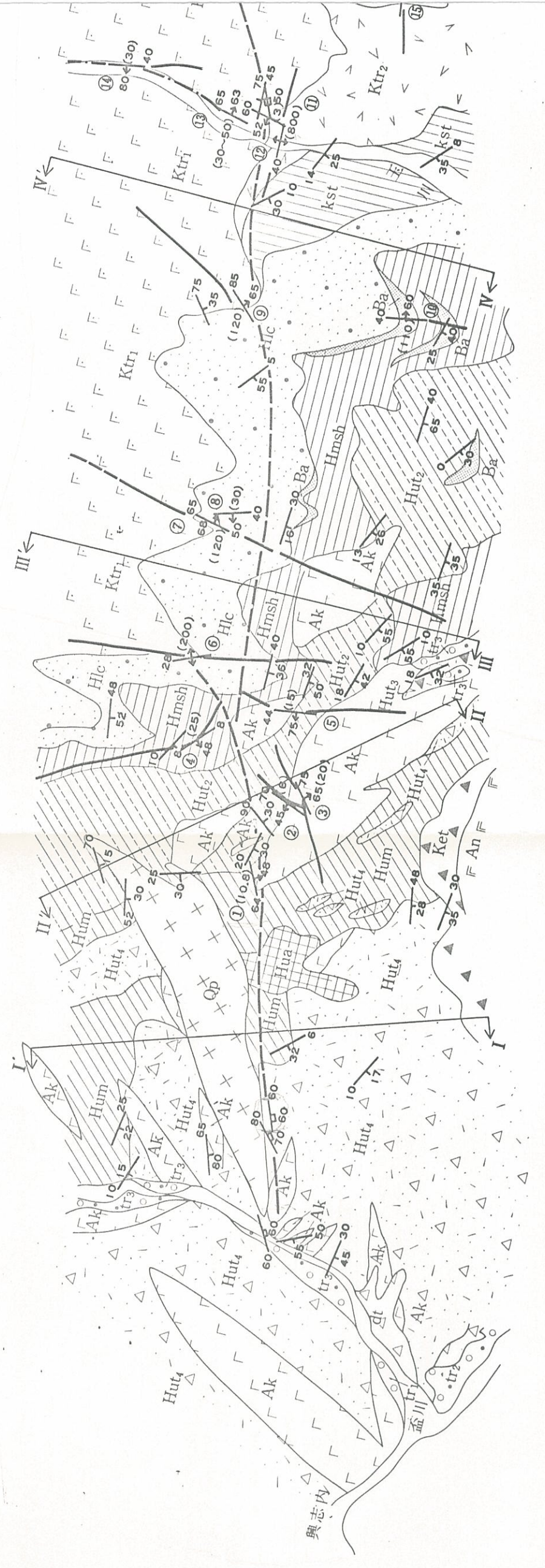
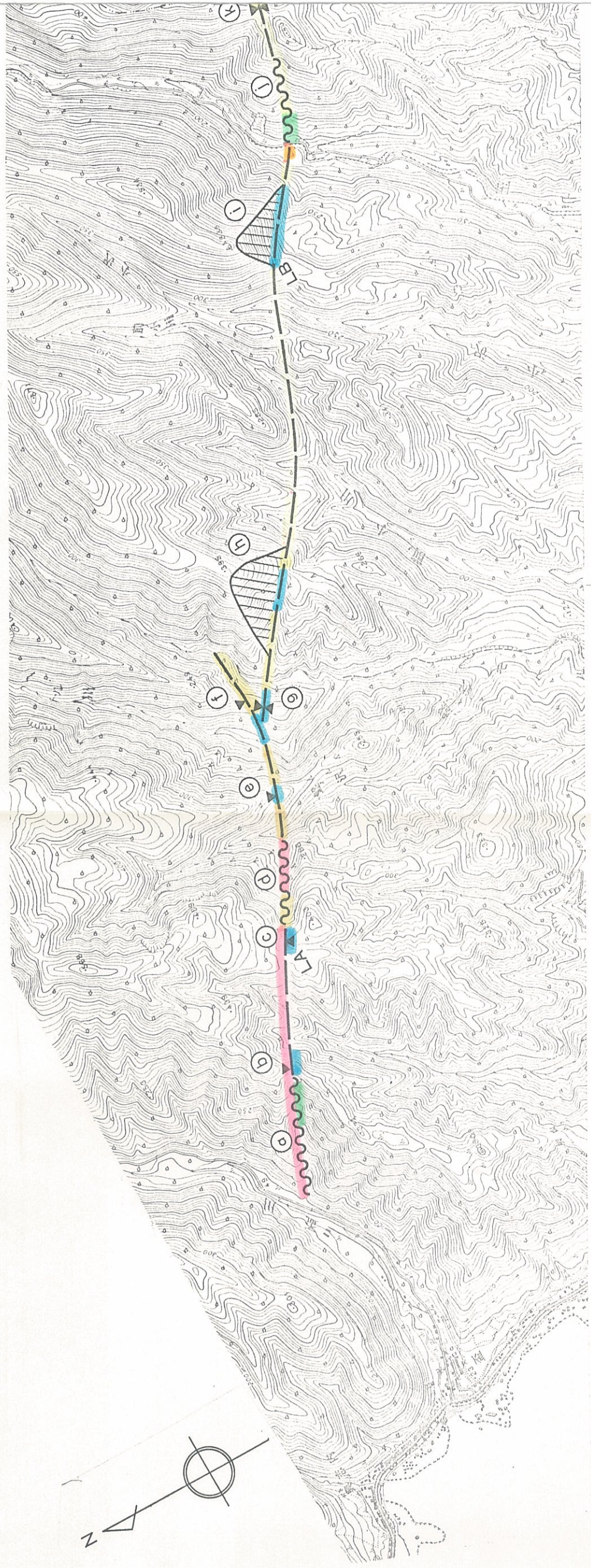


第2図 発足のリアメントの地質的説明図











凡例

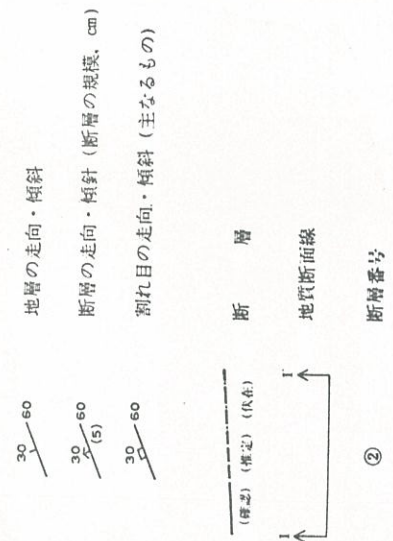
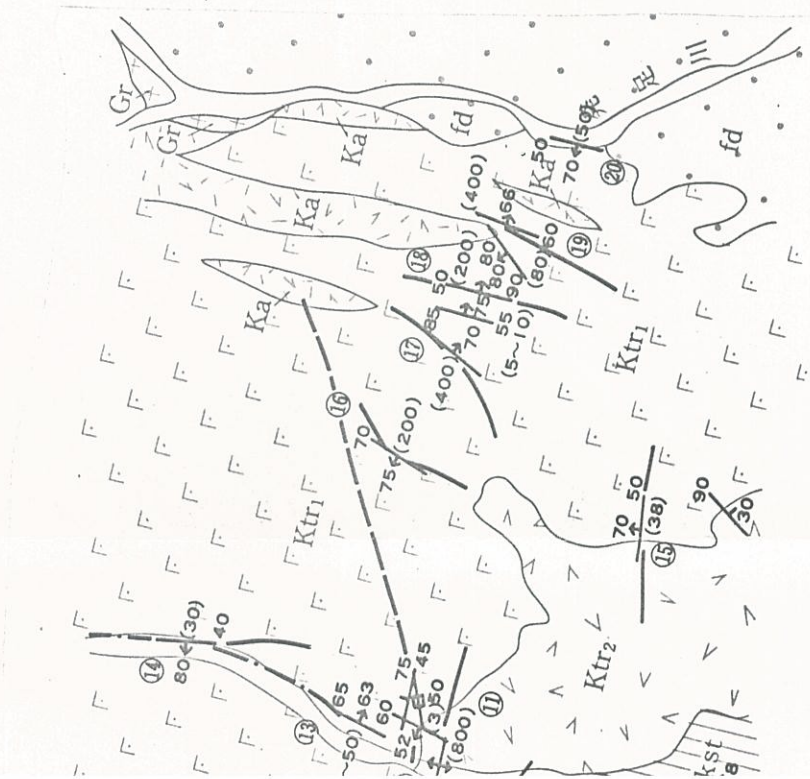
- 三角末端面・急斜面
- 鞍部
- 直線状の谷
- 傾斜変換部

- 地質境界
- 地質境界による差別侵食
- 割れ目集中部
- 熱水変質帯
- 不明

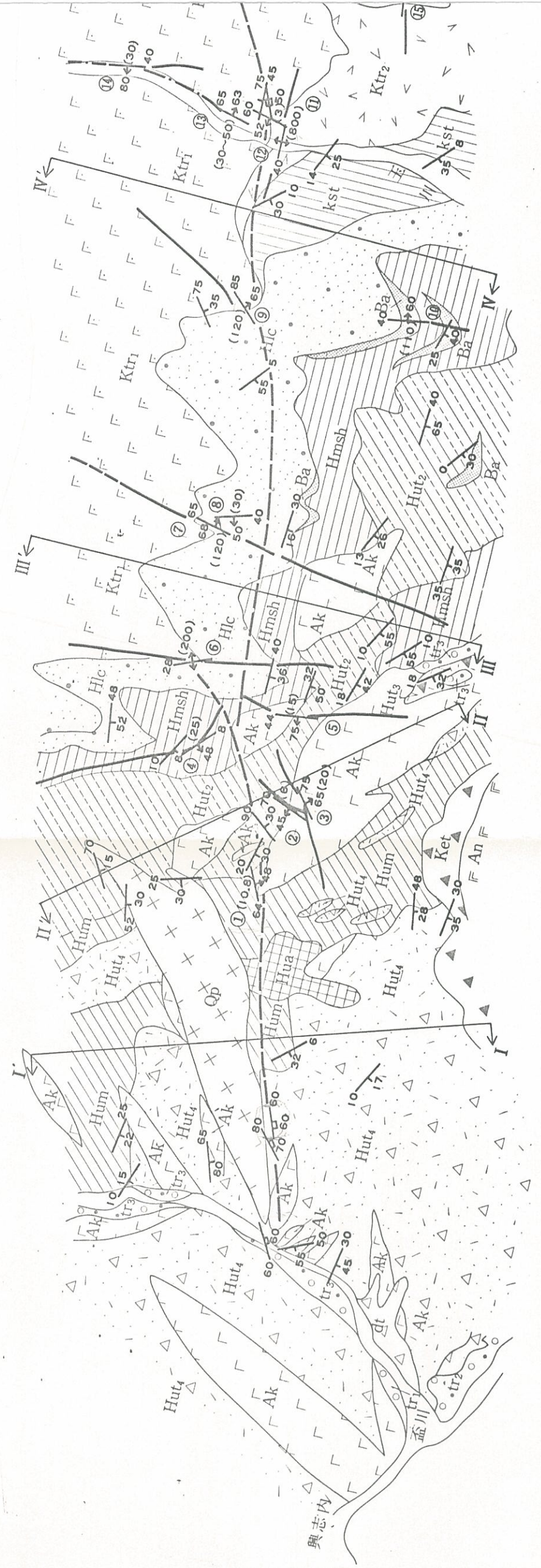
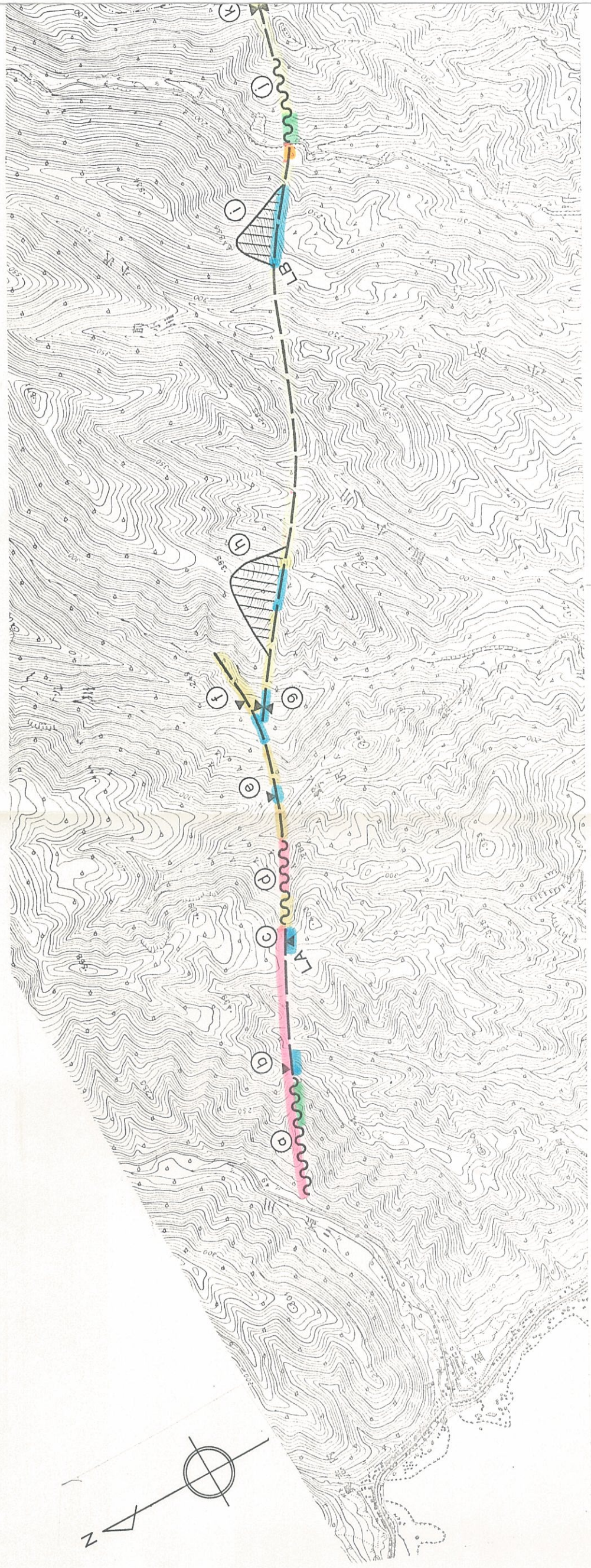
地質時代 地質名 記号 主な岩質

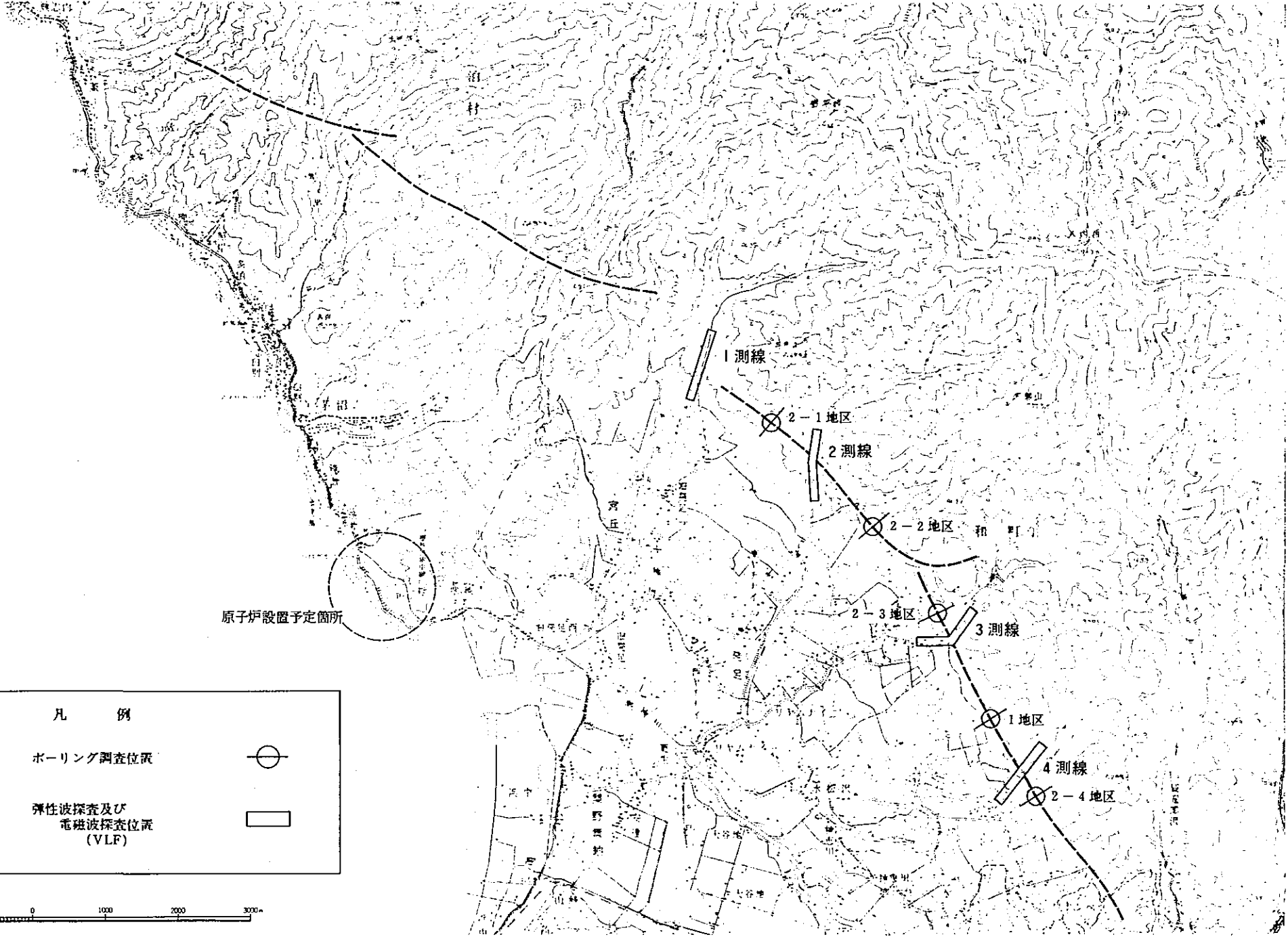
地質時代	地質名	記号	主な岩質
第四紀	岩屑堆積物	dt	角礫混り粘性土、砂質土
	沖積層	al	礫、砂、粘土
更新世	低位段丘堆積物	tr <sub>3</sub>	礫、砂、粘土
	扇状地堆積物	fd	砂
	親御火山灰層	pm	軽石質火山灰
	高位段丘堆積物	tr <sub>1</sub>	粘土混り砂礫
	フクンベツ層	Wk	砂、砂礫
第三紀	神志内累層	Ket	安山岩質凝灰角礫岩
	上部層	Hua	安山岩
		Hut <sub>1</sub>	安山岩質凝灰角礫岩
		Hum	泥岩、頁岩
		Hut <sub>2</sub>	安山岩質凝灰角礫岩、凝灰質砂岩、泥岩互層
		Hut <sub>3</sub>	火山碎凝灰岩、凝灰岩、砂岩、泥岩互層
	中部層	Hmb	玄武岩質凝灰角礫岩
		Hmt <sub>1</sub>	凝灰質泥岩、同砂岩、石英安山岩質凝灰岩
		Hmd	凝灰質泥岩、同砂岩、同質凝灰角礫岩
	下部層	Hms	頁岩
		Hlc	頁岩
	茅沼累層	Ka	安山岩
		kst	頁岩、凝灰岩
		Ktr <sub>1</sub>	流紋岩質凝灰岩
		Ktr <sub>2</sub>	流紋岩、石英安山岩、同凝灰角礫岩、同火山角礫岩
花崗岩類	Gr	花崗閃綠岩、石英閃綠岩	

Ba	玄武岩
Rh	流紋岩
An	安山岩
Alk	安山岩
Qp	石英斑岩



第2図 発足のリアメントの地質的説明図

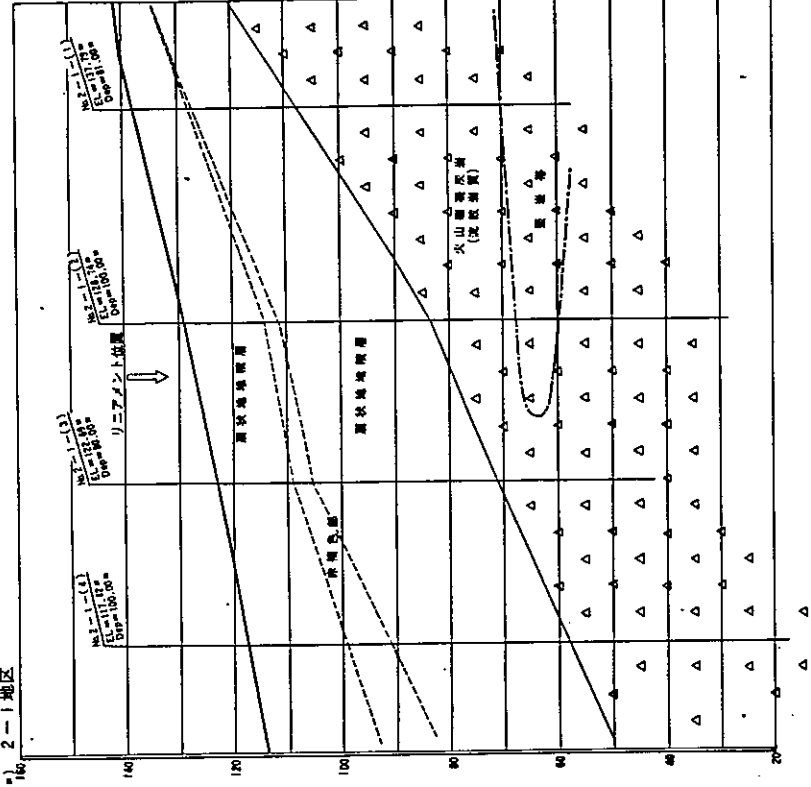




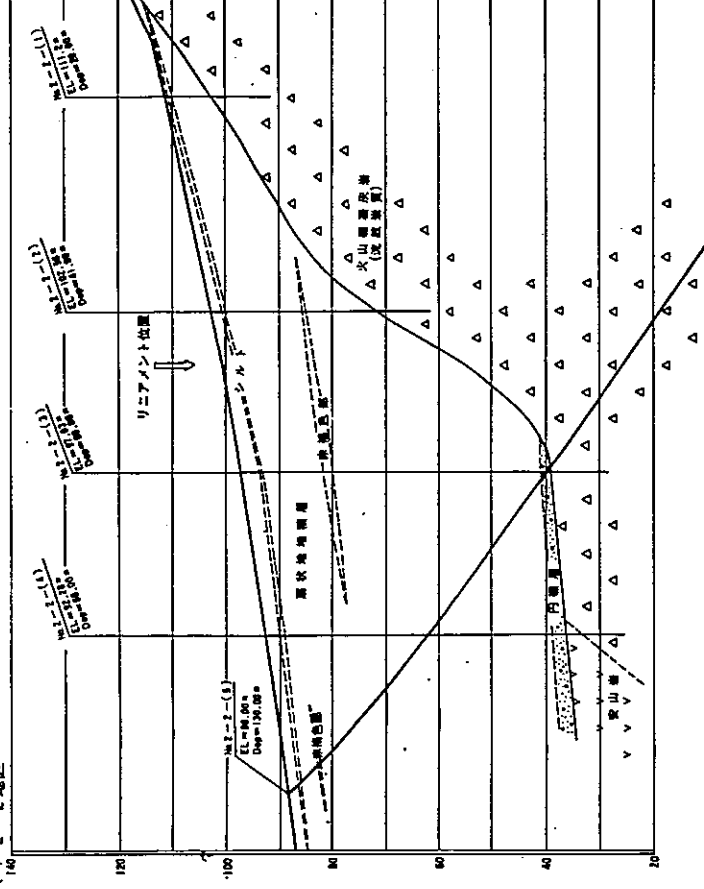
第3図 発足のリニアメント周辺のボーリング、物理探査位置図



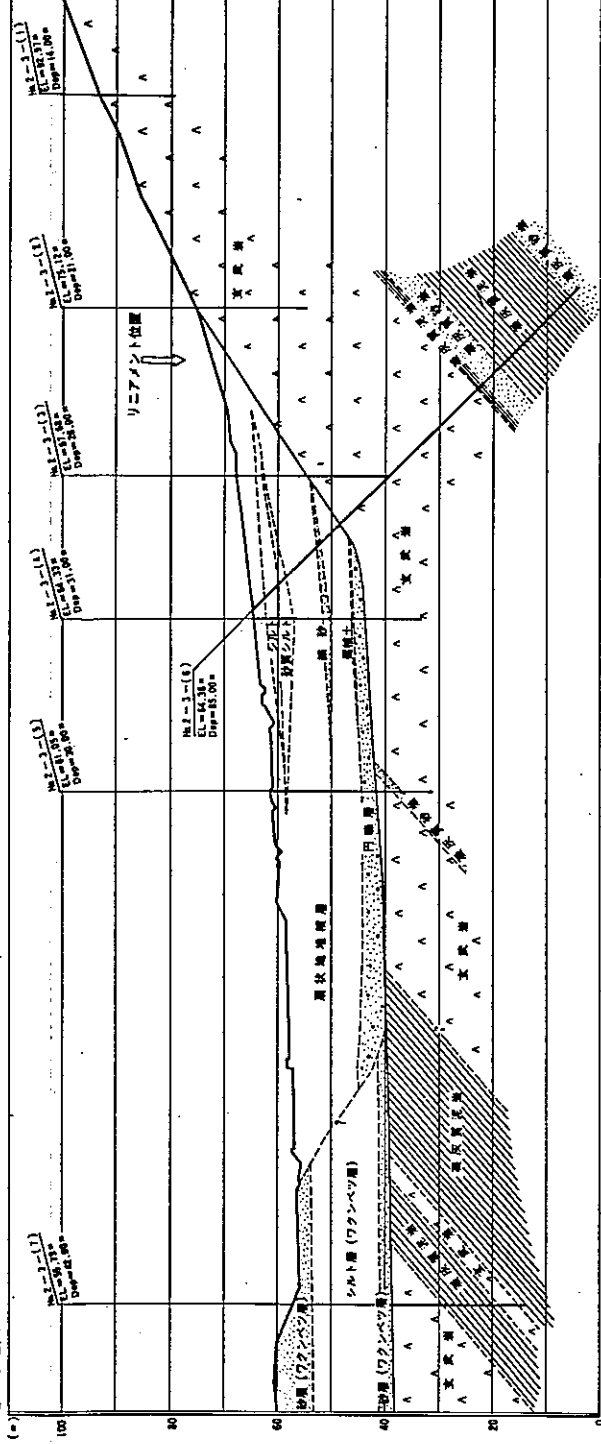
断面 (°) 2-1 地区



断面 (°) 2-2 地区



断面 (°) 2-3 地区



断面 (°) 1 地区

