

JNC TJ7440 2005-016

~~PNC ZJ4211 88-001~~

~~開示制限~~

FD 地区における深部地質環境データ

—地表物理探査結果(P L M T 法)—

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1989年2月

三菱金属株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせ
してください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課
電話：029-282-1122（代表）
ファックス：029-282-7980
電子メール：jserv@jnc.go.jp

Inquires about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

○核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2005

~~この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに配
布するものです。ついでに供覧、複製、転載、引用等を絶対に行わないよう、また
第三者への開示又は内容漏洩がないよう厳重に管理して下さい。また今回の配布目
的以外のことには使用しないよう特に注意して下さい。~~

~~なお、開示制限が解除になった場合はその旨通知しますが、それ以前に関連業務
が終了した場合は、直ちに返却して下さい。~~

~~本資料についての問い合わせは下記に願います。~~

~~〒107 東京都港区赤坂1-9-13~~

~~動力炉・核燃料開発事業団~~

~~技術管理部 技術情報室~~

FD 地区における深部地質環境調査データ

－地表物理探査（PLMT法）－

[redacted] *、[redacted] *

要 旨

本資料は、既存の鉱床探査資料の中から青森県黒石地区における地表物理探査（PLMT法）のデータ解析結果をとりまとめたものである。

対象地域は、弘前市の南東約20kmの南津軽郡大鰐町、平賀町、碓ヶ関村にまたがる丘陵地に位置し、14km²の範囲である。

PLMT法に用いた周波数は50～550Hzの11周波数であり、測定点は計101点である。対象地域には、新第三系中新統、鮮新統、第四系が分布する。解析結果により、新第三系中新統の大落前川層の比抵抗は1,000～2,000Ω・m、鮮新統の碓ヶ関層、安山岩はそれぞれ30～200Ω・m、300～500Ω・m、第四系の十和田火山噴出物は50Ω・mと推定された。

安山岩は、対象地域南側で厚く、層厚400m前後に達し、対象地域北側および西側では層厚100m～200m前後と薄くなるものと考えられる。また、本安山岩は下位の碓ヶ関層を貫いて噴出した溶岩であり、やや低い比抵抗値を示すことから全体的に孔隙の多い岩石であると考えられ、試算による孔隙率は10～14%である。

PLMT法データ解析により得られた見掛け比抵抗値は、CSAMT法調査により得られた見掛け比抵抗値と比較すると、250Hz以下の低周波数域では約半数の測点で一致するが、350Hz以上の高周波数域では極めて低くなる傾向がみられた。

本報告書は、三菱金属株式会社が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契約番号：632A10058

事業団担当部課長室：環境資源部地層処分対策室

*三菱金属株式会社 原子力技術センター技術第二部

FEBRUARY, 1989

Underground Environmental Investigation in FD
- PLMT Method -

████████████████████ *

████████████████████ *

Abstract

This report summarizes the analytical results obtained from the geophysical PLMT (Power-Line Magneto-Telluric) survey conducted for the mining exploration purpose.

The object area is located in the both Ohwani Town and Hiraga Town, 20 km southeast of Hirosaki City, Aomori Prefecture, and occupies an area of 14 sq. km, showing a hilly topography. The geology in the area is consisted of Miocene and Pliocene of Neogene Tertiary, and Quaternary.

A total of 101 PLMT data at eleven frequencies from 50 Hz to 550 Hz were analyzed.

Resistivity values of Oh-otoshimaekawa formation of Miocene range from 1,000 $\Omega \cdot m$ to 2,000 $\Omega \cdot m$, and those of Ikarigaseki formation and andesite of Pliocene show 30 $\Omega \cdot m$ to 200 $\Omega \cdot m$, and 300 $\Omega \cdot m$ to 500 $\Omega \cdot m$, respectively. Towada volcanic rocks of Quaternary show the values of about 50 $\Omega \cdot m$.

The PLMT results suggest that the andesite of Pliocene, being thought to include Ikarigaseki formation, is distributed thickly at the thickness of about 400 meters at the southern part of the area, and at the thickness of 100 meters to 200 meters at the northern and western parts of the area. And, taking the relation between resistivity and porosity of the rock into consideration, the andesite in the area seems to be porous and its effective porosity is estimated 10 to 14 %.

The CSAMT (Controlled-Source Audio-frequency Magneto-Tellurics) had been conducted in the province of the area. The PLMT apparent resistivities show almost consistent with those of the CSAMT in the frequency range of lower than 250 Hz, but there are some differences in the frequency range of higher than 350 Hz.

Work performed by Mitsubishi Metal Corporation under contract with Power
Reactor and Nuclear Fuel Development corporation
PNC Liaison: Waste Management and Raw Materials Division,
Waste Isolation Office

* Nuclear Engineering Center of Mitsubishi Metal Corporation

目 次

和文要旨	i
英文要旨	ii
目 次	iii
図 目 次	v
1. 資料調査概要	1
1. 1 対象地域	1
1. 2 資料調査期間	1
1. 3 担当者	1
1. 4 解析内容	1
2. 地形・地質・鉱床の概要	3
2. 1 地形	3
2. 2 地質および地質構造	3
2. 3 鉱床	4
3. 調査・解析方法	9
3. 1 P L M T法の概説	9
3. 2 測定方法および測点配置	10
3. 3 測定装置	10
3. 4 データ処理および解析手順	13
4. 解析結果	15
4. 1 見掛比抵抗平面図	15
4. 2 見掛比抵抗断面図	41
4. 3 比抵抗構造断面図	42
4. 4 比抵抗構造平面図	51
4. 5 C S A M T法調査結果との対比	59

5. 解析結果の考察および要約.....	61
5. 1 地質と比抵抗の関係.....	61
5. 2 解析結果の要約.....	62
参考文献.....	63

別 添

付帯資料

対象地域の写真

見掛比抵抗曲線図（南北方向および東西方向）

解析比抵抗曲線図（南北方向）

図 目 次

第 1 図	資料調査位置図	2
第 2 図	対象地域周辺の地質図	5
第 3 図	対象地域周辺の総合模式柱状図	7
第 4 図	測点位置図および断面線	11
第 5 図	見掛比抵抗平面図（南北方向：550 Hz）	17
第 6 図	見掛比抵抗平面図（南北方向：450 Hz）	19
第 7 図	見掛比抵抗平面図（南北方向：350 Hz）	21
第 8 図	見掛比抵抗平面図（南北方向：250 Hz）	23
第 9 図	見掛比抵抗平面図（南北方向：150 Hz）	25
第 10 図	見掛比抵抗平面図（南北方向：50 Hz）	27
第 11 図	見掛比抵抗平面図（東西方向：550 Hz）	29
第 12 図	見掛比抵抗平面図（東西方向：450 Hz）	31
第 13 図	見掛比抵抗平面図（東西方向：350 Hz）	33
第 14 図	見掛比抵抗平面図（東西方向：250 Hz）	35
第 15 図	見掛比抵抗平面図（東西方向：150 Hz）	37
第 16 図	見掛比抵抗平面図（東西方向：50 Hz）	39
第 17 図	A - A' 断面図	45
第 18 図	B - B' 断面図	47
第 19 図	C - C' 断面図	49
第 20 図	比抵抗構造平面図（海拔 300 m）	53
第 21 図	比抵抗構造平面図（海拔 100 m）	55
第 22 図	比抵抗構造平面図（海拔 -100 m）	57

1. 資料調査概要

1. 1 対象地域

青森県南津軽郡大鰐町、平賀町、碓ヶ関村

1. 2 資料調査期間

(自) 平成元年1月10日

(至) 平成元年2月20日

1. 3 担当者

■■■■■

■■■■■

■■■■■

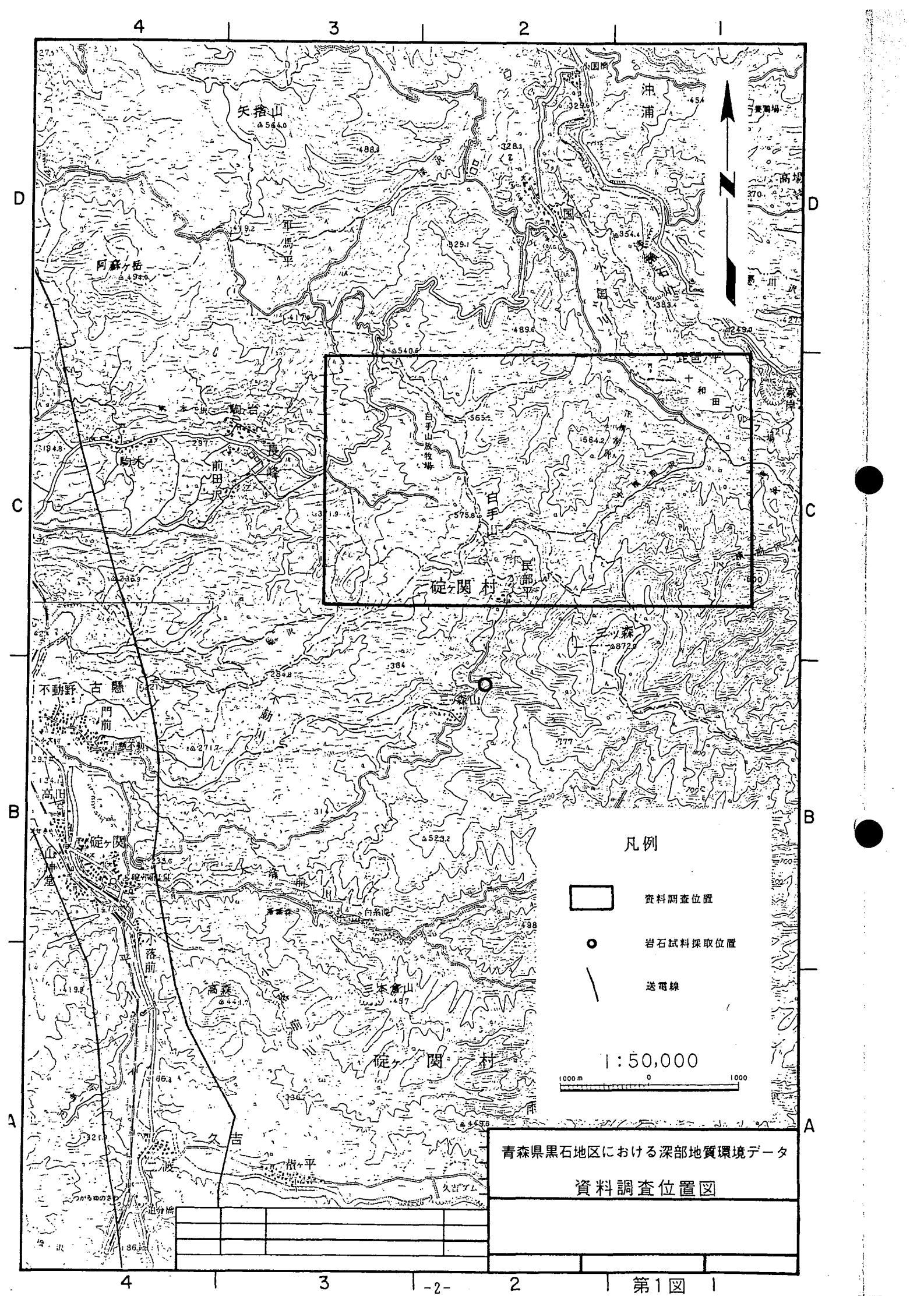
1. 4 解析内容

方 法 : P L M T 法

周波数 : 50 ~ 550 Hz

面 積 : 14km²

測点数 : 101点



2. 地形・地質・鉱床の概要

2. 1 地形

対象地域は、弘前市の南東約20kmに位置し、標高576mの白手山をほぼ中心とする東西4.8km、南北2.8kmの範囲である（第1図）。

本地域は、大鰐町の奥羽本線長峰駅から平賀町小国部落に至る主要地方道大鰐・一ノ渡線経由で約3kmで至ることができ、大鰐町役場より車で約15分のところに位置する。

本地域の地形は、標高200m～700mの丘陵地をなし、地域中央部を北から軍馬平～白手山～三ッ森山に至る尾根が南東方向に伸びている。

また、水系は、地域北東端を北西方向に流下する浅瀬石川支流の小国川を主体とし、小国川に流入する下横前沢、中横前沢、上横前沢等の支流が発達している。これらの支流沿いは急傾斜を呈している。

一方、植性は、白手山周辺部が牧草地として利用され、尾根沿いは松の植林地となっている。その他は、雑木林である。

2. 2 地質および地質構造

対象地域には新第三系中新統、鮮新統および第四系が分布する。

中新統は下位より大落前川層、青荷層からなり、鮮新統は下位より碓ヶ関層、安山岩類、第四系は下位より十和田火山噴出物、段丘堆積物、沖積層からなる。

大落前川層は、本地域南東部の上横前沢を中心に分布する。本層は、両錐形の石英斑晶（または石英粒）を多く含むネバダイト質溶岩、同質火砕岩からなり硬質で緻密である。

青荷層は、浅瀬石川沿いに細長く分布する塊状無層理の軽石質凝灰岩～砂質凝灰岩からなる。

碓ヶ関層は、対象地域の西端部から西側の碓ヶ関温泉にかけて広く分布する他、地域北西部の小国川沿いに小規模に露出する。本層は、安山岩礫を主とする淘汰不良の礫岩

層を主体とする。

安山岩は、対象地域南方の三ッ森山から連続して地域の中央部を南北に帯状をなして広く分布する。本安山岩は、斜長石の斑晶のよく発達する暗灰色～黒色の両輝石安山岩である。

十和田火山噴出物は、対象地域の西半部に広く分布する他、小国川の北東側にも分布する。本火山噴出物は、灰色～褐灰色を呈し、安山岩片、スコリア、軽石、火山灰で形成される降下火山灰および軽石流であるとされている。

また、安山岩の分布域には局所的に段丘堆積物が分布する。

対象地域の地質構造は、小国川の北東部と南西部では異なっており、南西部では大落前川層を不整合に覆って碇ヶ関層が広く分布する。北東部はいわゆる沖浦カルデラに属し、青荷層の湖成堆積物が厚く発達する。

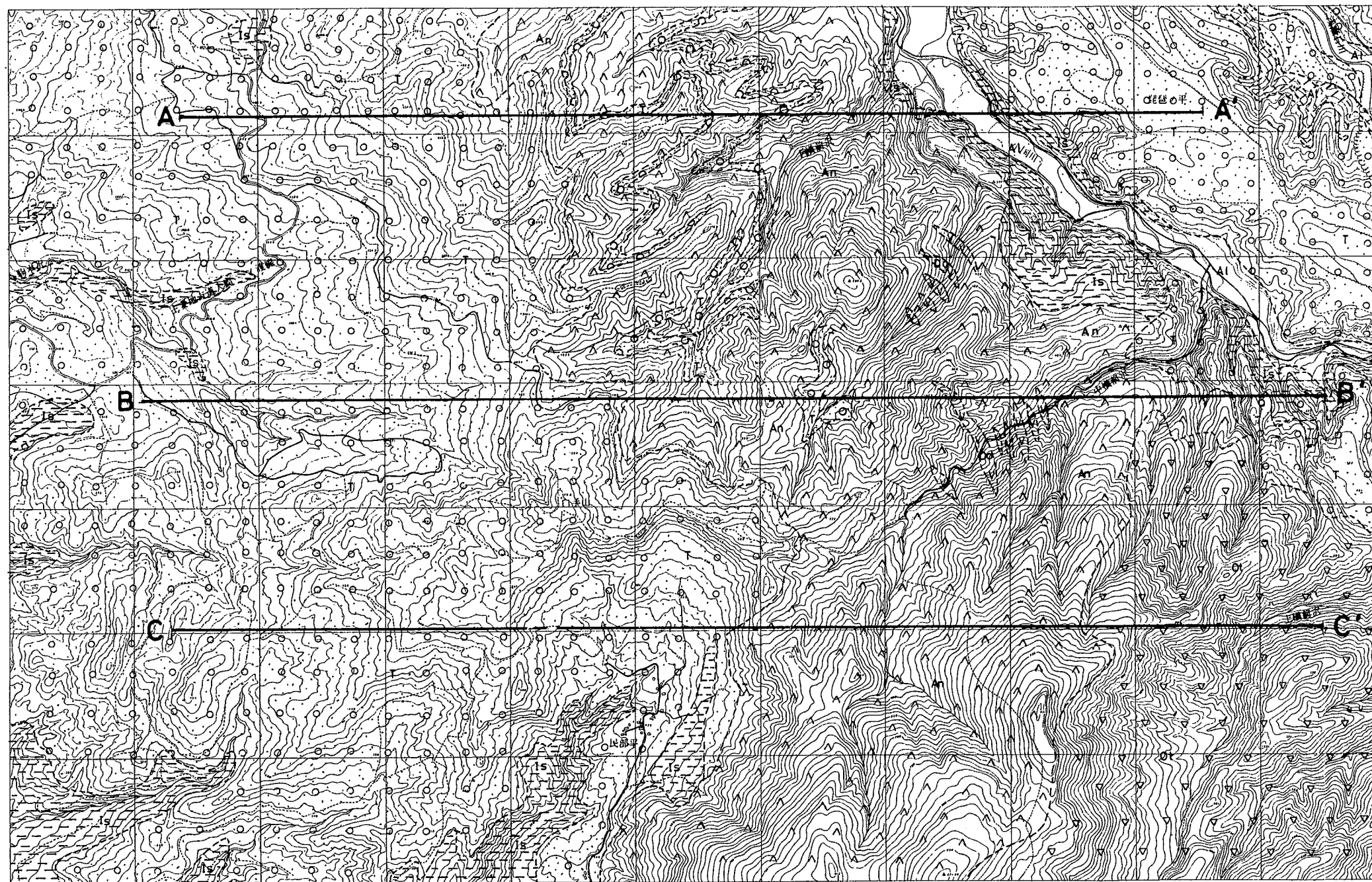
2. 3 鉱床

対象地域周辺の既知鉱床としては、尾崎鉱床、深沢鉱床および阿蘇ヶ岳付近の鉱床がある。

尾崎鉱床は、重晶石を産した鉱床で、鉱体は長径 40m の塊状を呈し、鉱体下盤側では少量の閃亜鉛鉱、方鉛鉱を伴う重晶石網状帯および重晶石脈を伴う珪化帯に移化することから、黒鉱型と考えられる。本鉱床は、板留層上部に層状に胚胎する。

深沢鉱床は、沖浦玄武岩中にみられる鉛・亜鉛鉱脈鉱床である。

阿蘇ヶ岳付近の鉱床は金・銀を含む石英脈からなる。



凡例

- | | | | |
|-----|-----|----|----------------|
| 第四系 | | A1 | 沖積層 |
| | | T | 十和田火山噴出物、段丘堆積物 |
| 第三系 | 鮮新統 | An | 安山岩類 |
| | | Is | シルト岩、砂岩、礫岩 |
| | 中新統 | As | 軽石質凝灰岩、凝灰岩 |
| | | Qt | ネバダ岩質溶岩、同質凝灰岩 |
| 貫入岩 | | Do | 粗粒玄武岩 |

0 1000m

(出典：金属鉱業事業団、1971)

青森県黒石地区における深部地質環境データ

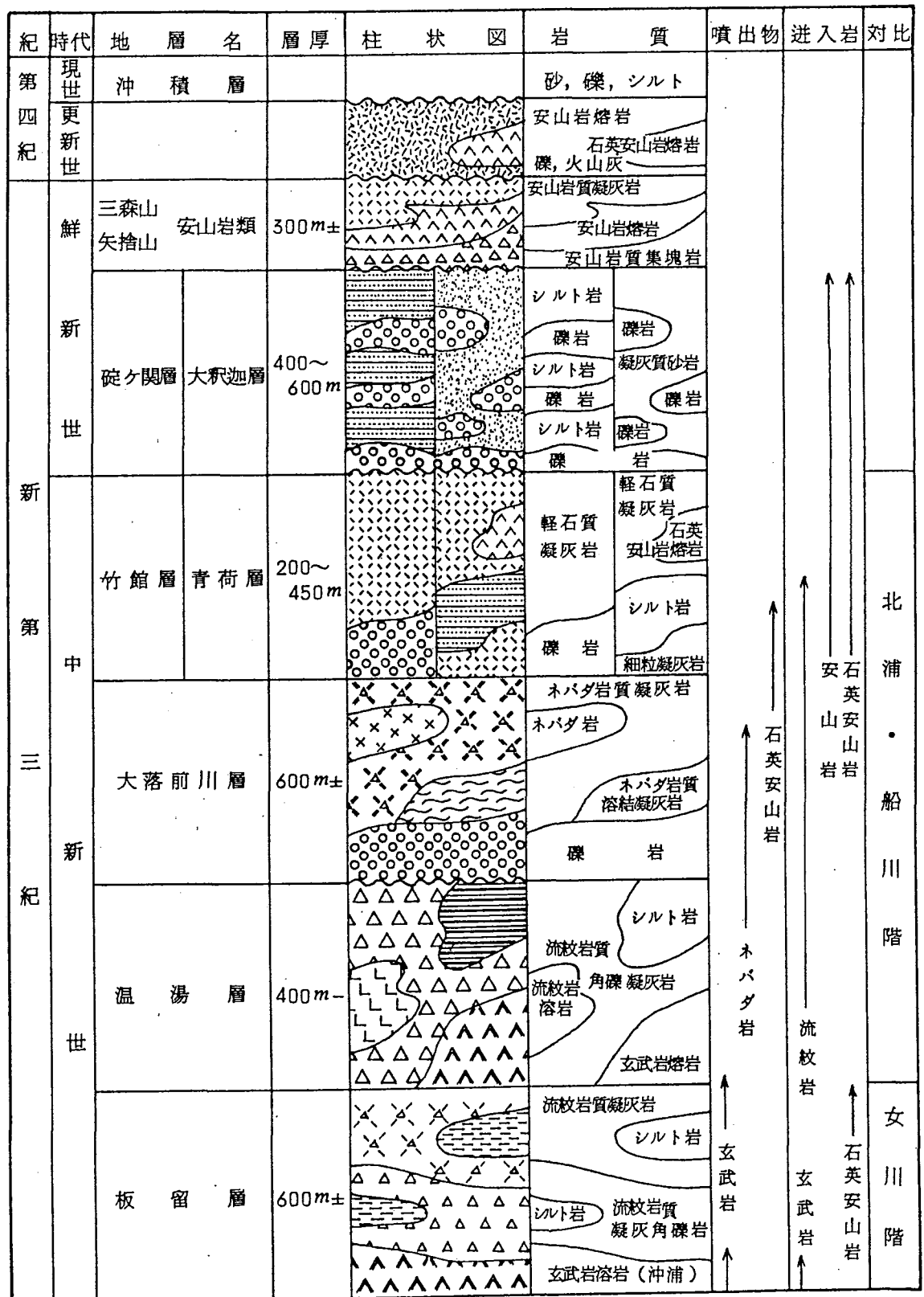
対象地域周辺の地質図

製作：(三菱金属株式会社)

This is a blank page.

第3図

対象地域周辺の総合模式柱状図



金属鉱物探鉱促進事業団昭和46年度実施広域調査北鹿北地域報告書 資料

This is a blank page.

3. 調査・解析方法

3. 1 P L M T法の概説

P L M T法 (Power-line Magnetotelluric Method: 商用周波数地磁気地電流法) は、商用送電線から発生する50Hzまたは60Hzの基本波とその2～11次の高調波の電磁場を信号源として、計11周波数の見掛け比抵抗を測定する調査法である。

特別に信号源を設ける必要はなく、送電線が数10km以内にあれば、どこでも測定は可能である。

探査深度は、大地の比抵抗と周波数の関数であり、周波数が低いほど深い。即ち、電磁波の強さが地表の $1/e$ (37%) になる深さを表皮深度 (Skin Depth) と呼び、探査深度の目安にしている。

一般に、見掛け比抵抗を用いた表皮深度 δa は、

$$\delta a = \sqrt{2 \cdot \rho a / \omega \mu} = 503 \sqrt{\rho a / f}$$

で表される。

また、見掛け比抵抗の計算には次の Cagniard の式を用いる。

$$\rho a = |E_x / H_y|^2 \cdot 1 / 5f$$

ここで、 δa : 表皮深度 (m)

ρa : 見掛け比抵抗 ($\Omega \cdot m$)

E_x : 電界 (mV/Km)

H_y : 磁界 (gamma)

f : 周波数 (Hz)

である。

従って、大地を $100 \Omega \cdot m$ の均質構造とした場合、P L M T法で使用する 50Hz～550Hz のデータでは、深度約700mまでの情報を得ることができる。

3. 2 測定方法および測点配置

信号源となる送電線は、対象地域の西側約 3km地点を北北西－南南東方向に通っている。また、その送電線とほぼ平行してさらに西側約 2.5km地点に別の送電線が走っている（第1図）。電場の大きさは送電線に平行な方向が最も強いため、送電線とほぼ平行なN15°W方向の電場（電極間隔 15m）と、電場と直交する方向の磁場も同時に測定している。この南北方向の電場測定とは別に、送電線に直交する方向の電場、平行する磁場も測定している。

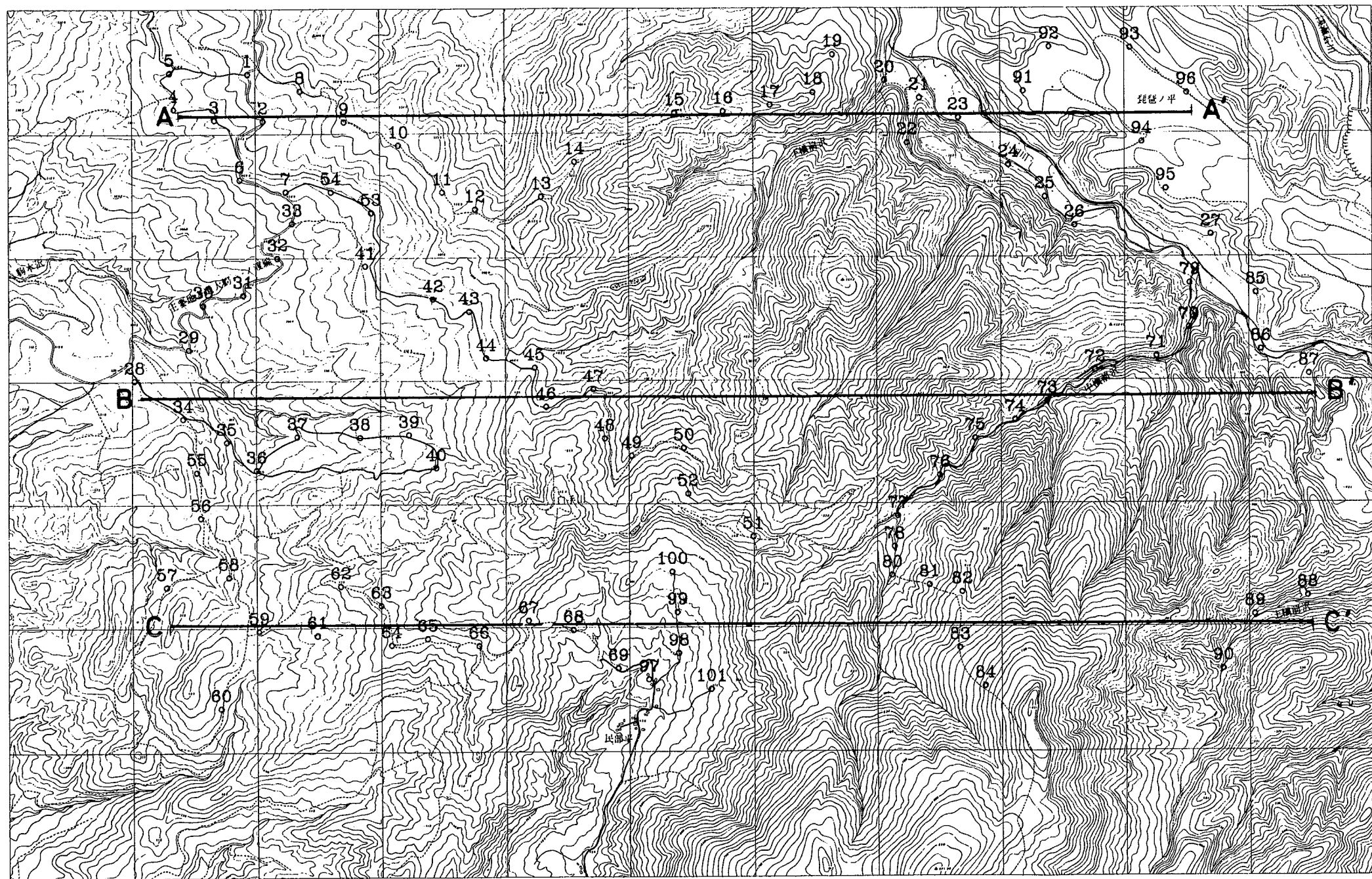
解析に使用した総測点数は第4図に示す101点で、約200～250m間隔で主として道路沿いに配点されている。

測点は、家庭用電力線、電話線等から少なくとも 80m離して設定してあるが、総測点数 101点のうち、約50%は比較的ノイズを多く含んでおり、特に電話線に近接した小国川沿いのデータは信頼性に欠ける。

3. 3 測定装置

PLMT法の測定装置はモデルPLA216である。

装置名	仕様
受信機	A/D変換(分解能 12ビット; サンプリグ周波数 5.12 KHz) デジタル部(CPU V20+80877プロセッサ; フロッピーディスク 3.5インチ 737kバイト) 増幅機 36～144dB
インダクションコイル	感度 $3.7 \mu\text{V/nT}\cdot\text{Hz}$
電極	黄銅製



凡例

51 測点番号

断面線

0 1000m

青森県黒石地区における深部地質環境データ

測点位置図及び断面線

製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.

3. 4 データ処理および解析手順

各測点で取得された11周波数分の電場強度、磁場強度、計算された見掛け比抵抗値は、3.5インチ・フロッピーディスクに収録されている。これらの測定値から $\rho a-f$ 曲線図、見掛け比抵抗平面図、見掛け比抵抗断面図を作成する。解析には、50Hzを基調波とする1～11の高調波を用いたが、偶数次高調波のデータで電場強度、磁場強度が小さく、見掛け比抵抗値は奇数次に比べてバラツキが大きい。従って見掛け比抵抗平面図、見掛け比抵抗断面図の作成には、データの再現性の良い奇数次高調波のデータのみを用いた。

見掛け比抵抗は、地下の真の比抵抗を示すものではなく、表皮深度までの比抵抗情報を含んでいる。従って、真の比抵抗モデルを得るため一次元多層構造解析が必要である。各種見掛け比抵抗平面図・断面図の作成後、測点ごとに下記に示す手順で一次元解析を行ない、その結果から東西方向3本の比抵抗構造断面図と、海拔標高300m、100m、-100mの比抵抗構造平面図を作成し、地質との対比を行なった。

なお、本解析に用いたPLMT法のデータは、CSAMT法などのデータと比べてかなりバラツキが大きいため、比較的電場強度の大きい $5.0E-3(\mu V/m)$ 以上のデータのみを使用して一次元解析を実施した。

一次元多層構造解析の作業手順は以下の通りである。

- (a) 見掛け比抵抗曲線の変化から最適と思われる層数を決める。
- (b) 各層に初期値として適当な比抵抗と厚さを与える。最下層の厚さは、無現大にする。
- (c) 仮定した初期モデルからスタートし、逆解析プログラムにより自動的にモデルを修正し、計算値と測定値がほぼ合致するまで計算を繰り返し、最適解を求める。
- (e) 最適解による見掛け比抵抗曲線が測定見掛け比抵抗曲線と大きく異なる場合、初期モデルを修正し、再度逆解析を繰り返す。

上記の手順により一次元多層構造解析を試みたが、電話線と平行する小国川沿いおよび地形変化の大きい地点などではデータのバラツキが大きく、一次元解析が可能であった測点は約半分の52点である。

4. 解析結果

4. 1 見掛比抵抗平面図

第5図～第10図は送電線と平行な電場のデータから作成した見掛比抵抗平面図、第11図～第16図は東西方向の電場から得られた平面図である。

平面図に描いた等見掛比抵抗線は、4、6.5、10、15、25、40、65、100、150、250、400、650、1,000、1,500 $\Omega \cdot m$ の14種類である。

平面図の見掛比抵抗値は概略40～400 $\Omega \cdot m$ の範囲に大半が含まれることから、400 $\Omega \cdot m$ 以上を高見掛比抵抗、40～400 $\Omega \cdot m$ を中見掛比抵抗、40 $\Omega \cdot m$ 以下を低見掛比抵抗として見掛比抵抗分布の平面的特徴を述べる。

(1) 南北方向

350Hz以上の周波数域では100 $\Omega \cdot m$ 以下の見掛比抵抗域が卓越し、250Hz以下の周波数域では100 $\Omega \cdot m$ 以上の見掛比抵抗域が次第に拡大する。高周波数域になるほどノイズの影響によると思われる見掛比抵抗のバラツキが大きくなり、局部的な高・低見掛比抵抗域が顕著に現れている。ノイズの影響によると思われる高・低見掛比抵抗域を除外すると、各周波数に共通する高見掛比抵抗域および低見掛比抵抗域の分布は以下の通りである。

a) 高見掛比抵抗域

- ・上横前沢付近(測点No.88、89、90)

350Hz以上の周波数域では250 $\Omega \cdot m$ 程度、250Hz以下の周波数域では1,000 $\Omega \cdot m$ 以上を示す。地質的には大落前川層の凝灰岩の分布域に一致する。

b) 低見掛比抵抗域

- ・対象地域西部(測点No.1、2、3、4、5、6、9、28、29、30、34、37、56、57、58、60、62、63、64、65)

550Hzの周波数では40 $\Omega \cdot m$ 以下の低見掛比抵抗が大半を占め、周波数が低下するに

つれて、次第に本低見掛比抵抗域は西端に移動し、またその分布域が減少する。本比抵抗域には十和田火山噴出物が分布し、下位に碇ヶ関層の礫岩・砂岩が分布しているとされている。

・対象地域北部(測点No.15、16、17、18、19)

450Hz以下の周波数域では、ほぼ一様に $40\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗を示す。

地質的には安山岩の分布域である。測定場所は東西に伸びるやせ尾根であり、地形の影響を受けて全体に低比抵抗を示している可能性がある。

(2) 東西方向

50Hz、150Hzの低周波数域では南北方向の見掛比抵抗分布とほぼ一致するが、高周波数域では一致しない。

高周波数域になるにつれて低見掛比抵抗域が拡大する傾向は南北方向と同様であるが南北方向の見掛比抵抗分布と比べ局所的な比抵抗異常が顕著である。これは、ノイズの影響によるものと考えられる。

a) 高見掛比抵抗域

・上横前沢付近(測点No.88、89、90)

150Hz以下の低周波数域で $400\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗を示すが、周波数が高くなるにつれて急激に低見掛比抵抗に変化する。

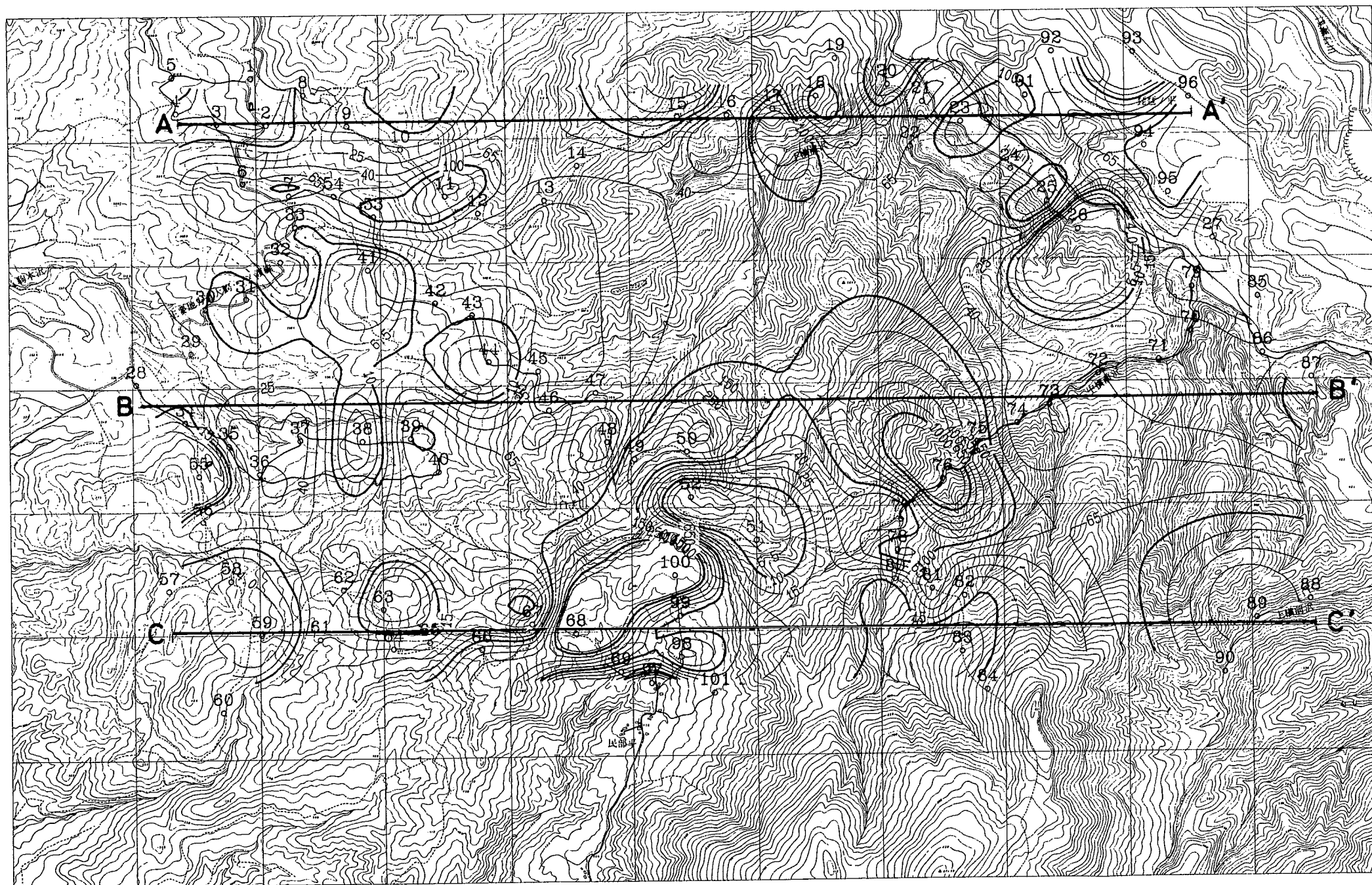
b) 低見掛比抵抗域

・対象地域西部(測点No.1、2、3、4、5、6、9、28、29、30、34、37、56、57、58、60、62、63、64、65)

350Hz以上の高周波数域では概略 $10\Omega\cdot m$ の高見掛比抵抗を示すが、局所的に $1,000\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗を示す測点が点在する。低周波数域では、南北方向の平面図と同様 $40\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗域は西端に移動し、分布域が狭くなっている。

・対象地域北部(測点No.15、16、17、18、19)

50Hz以下の周波数でNo.15、No.18が $200\Omega\cdot m$ 以上の見掛比抵抗を示すが、他の周波



凡例

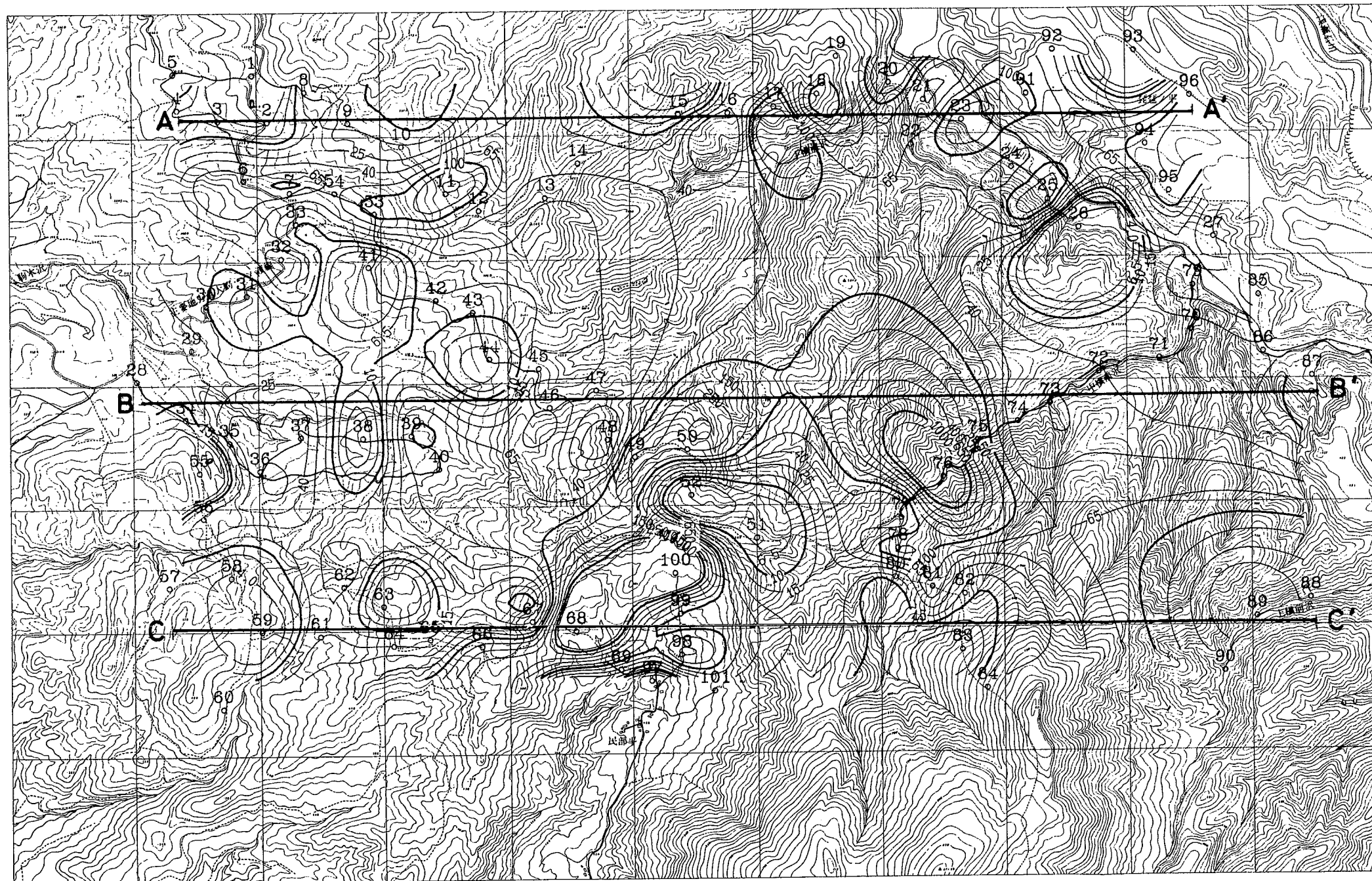
等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)

0 1000m

青森県黒石地区における深部地質環境データ

見掛比抵抗平面図 (南北方向: 550Hz)

製作: (三菱金属株式会社)



凡例

等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)

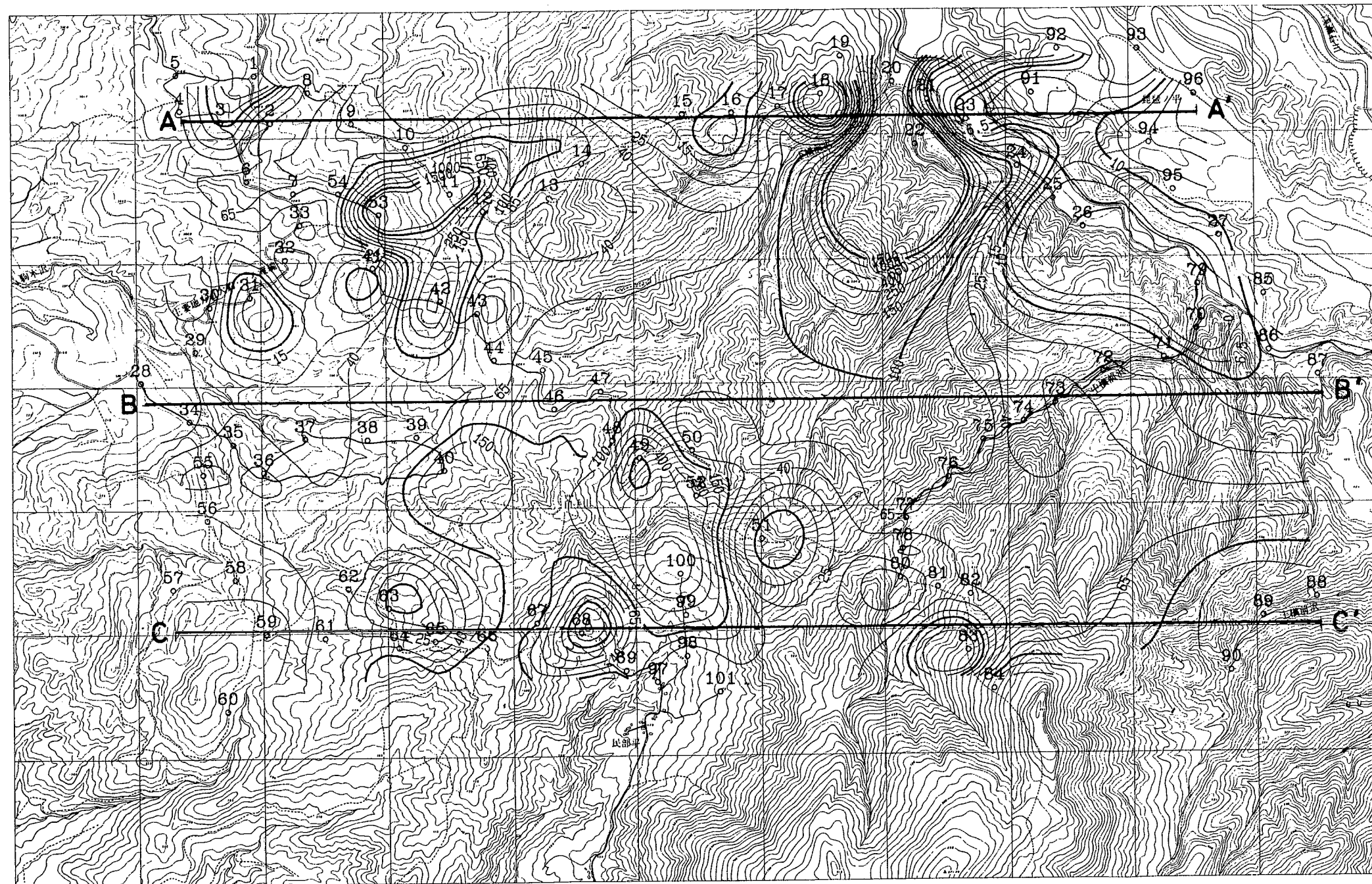
0 1000m

青森県黒石地区における深部地質環境データ

見掛比抵抗平面図 (南北方向: 550Hz)

製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.



凡例



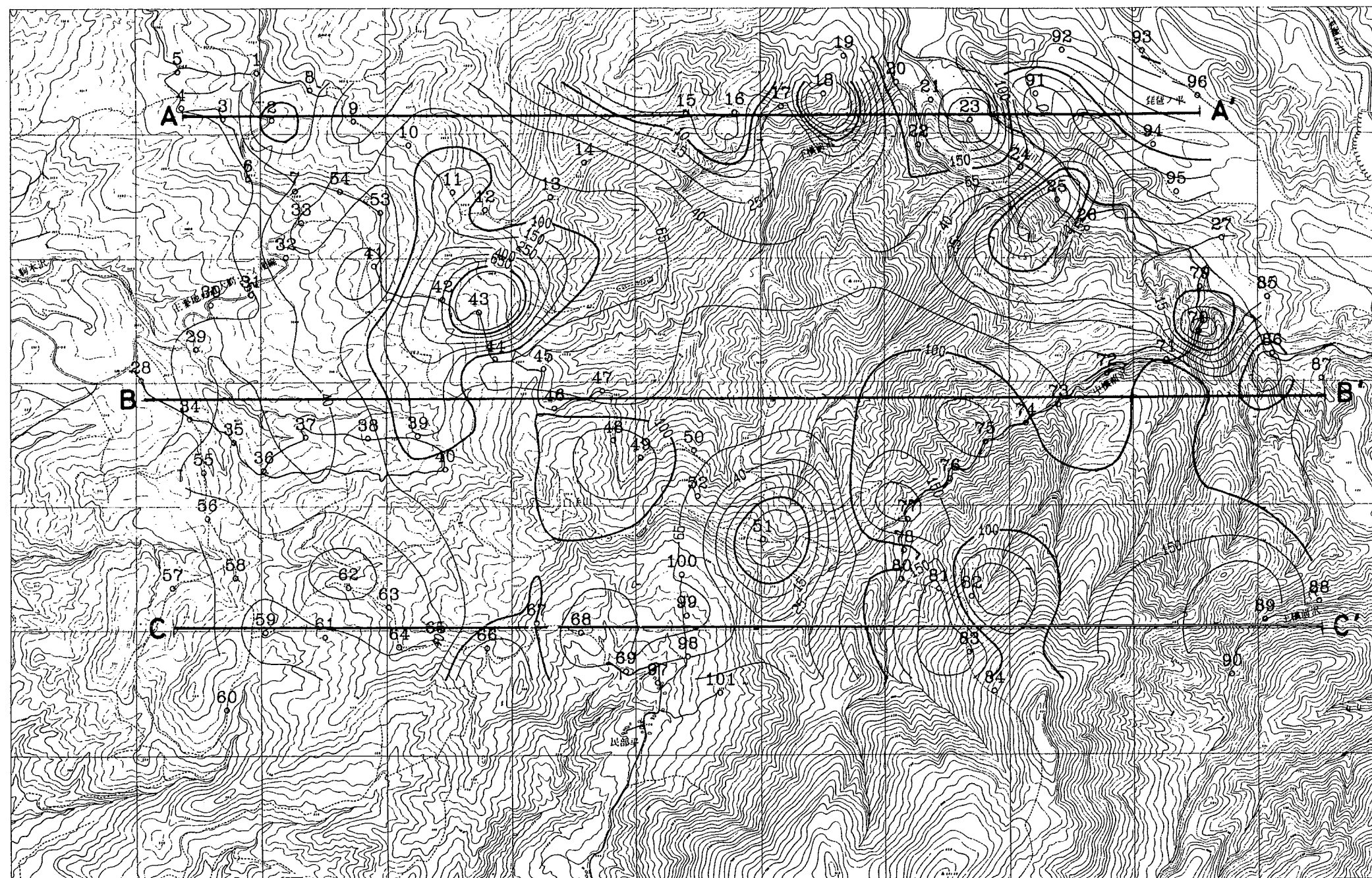
等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)

0 1000 m

青森県黒石地区における深部地質環境データ
見掛比抵抗平面図 (南北方向: 450Hz)

製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.



凡例



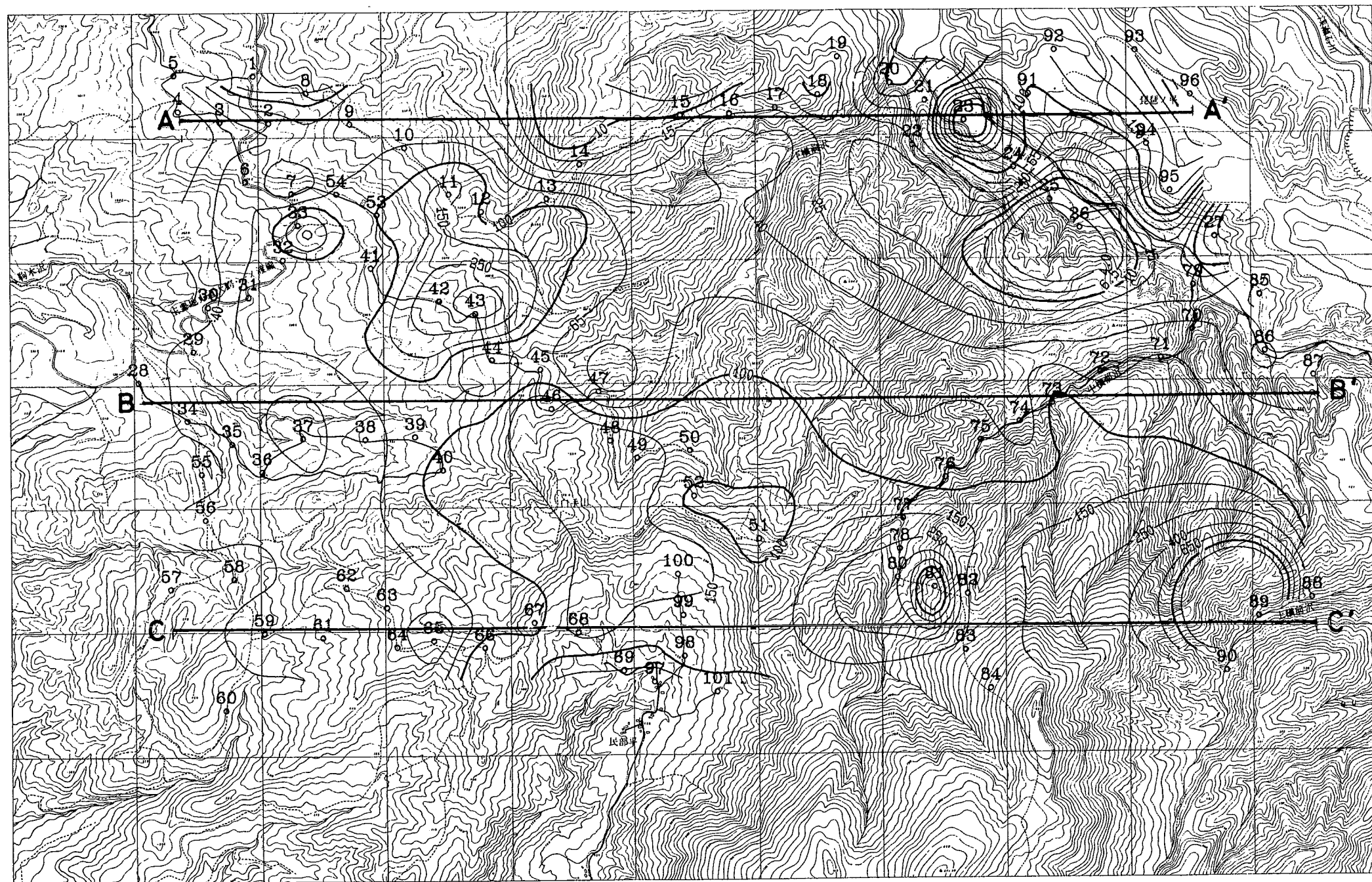
等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)

0 1000m

青森県黒石地区における深部地質環境データ
見掛比抵抗平面図 (南北方向: 350Hz)

製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.



凡例

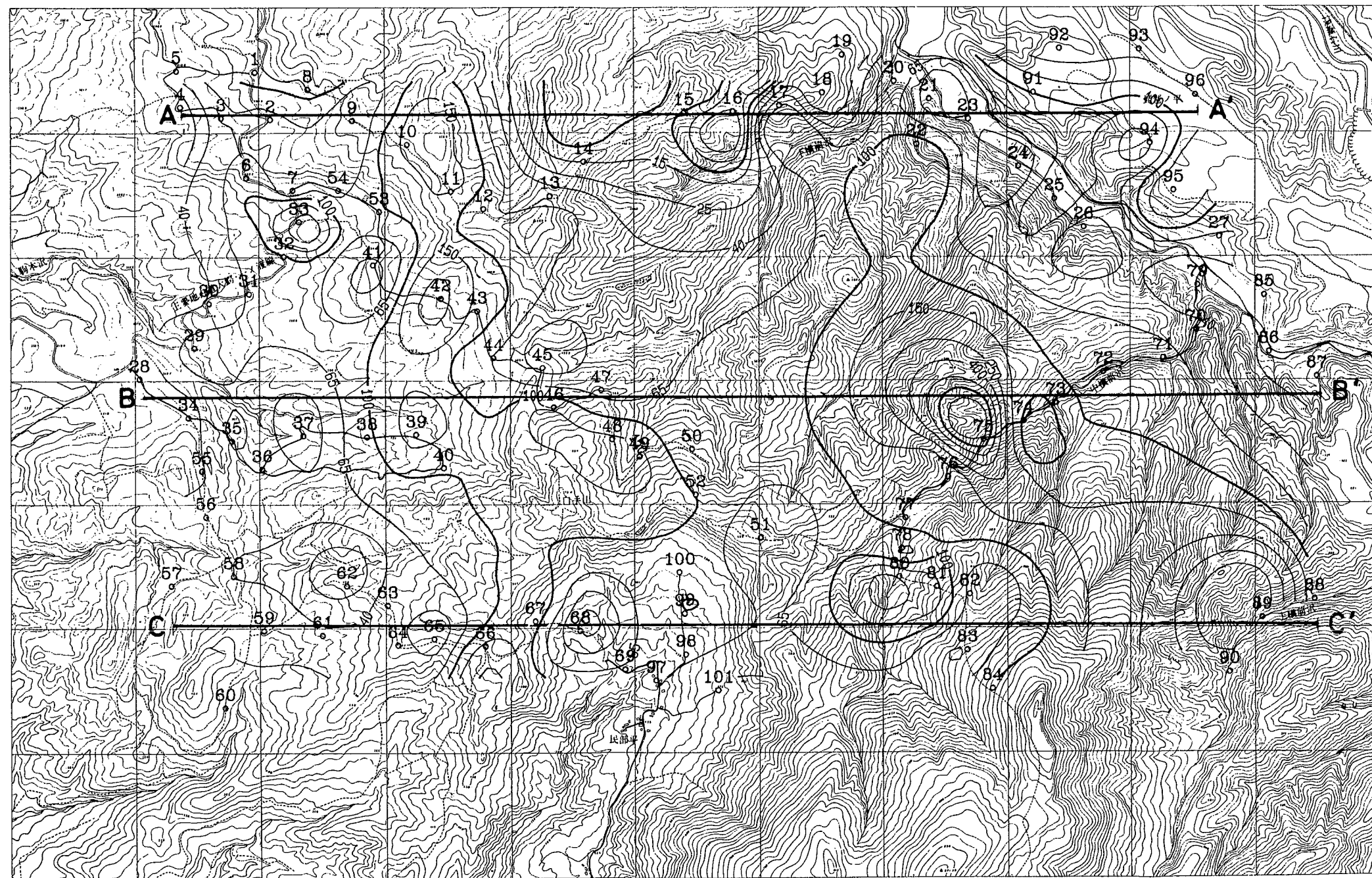
等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)

0 1000m

青森県黒石地区における深部地質環境データ
見掛比抵抗平面図 (南北方向: 250Hz)

製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.



凡例

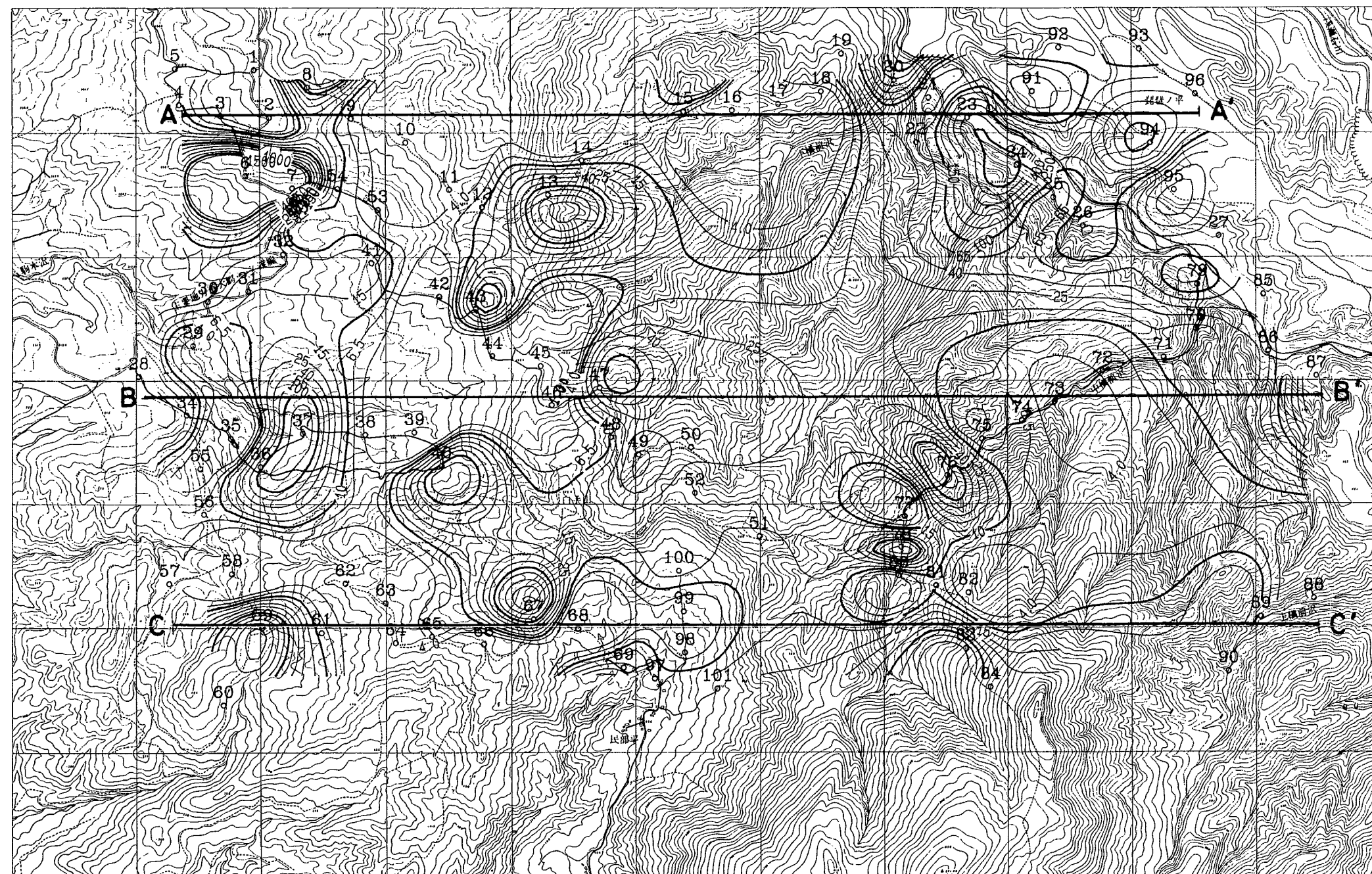
等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)

0 1000m

青森県黒石地区における深部地質環境データ
見掛比抵抗平面図 (南北方向: 150Hz)
製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.

This is a blank page.



凡例

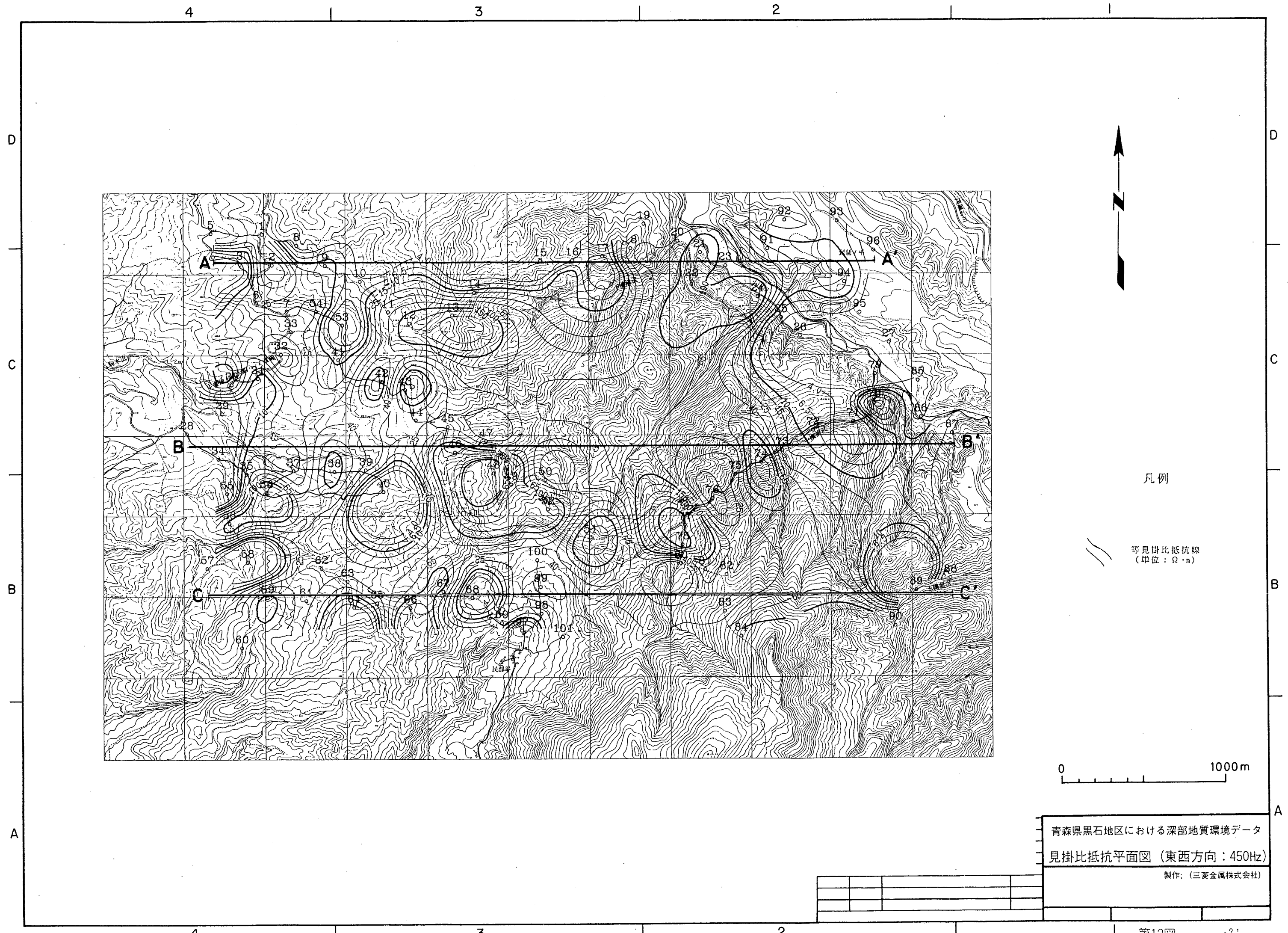
等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)

0 1000m

青森県黒石地区における深部地質環境データ
見掛比抵抗平面図 (東西方向: 550Hz)

製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.



This is a blank page.

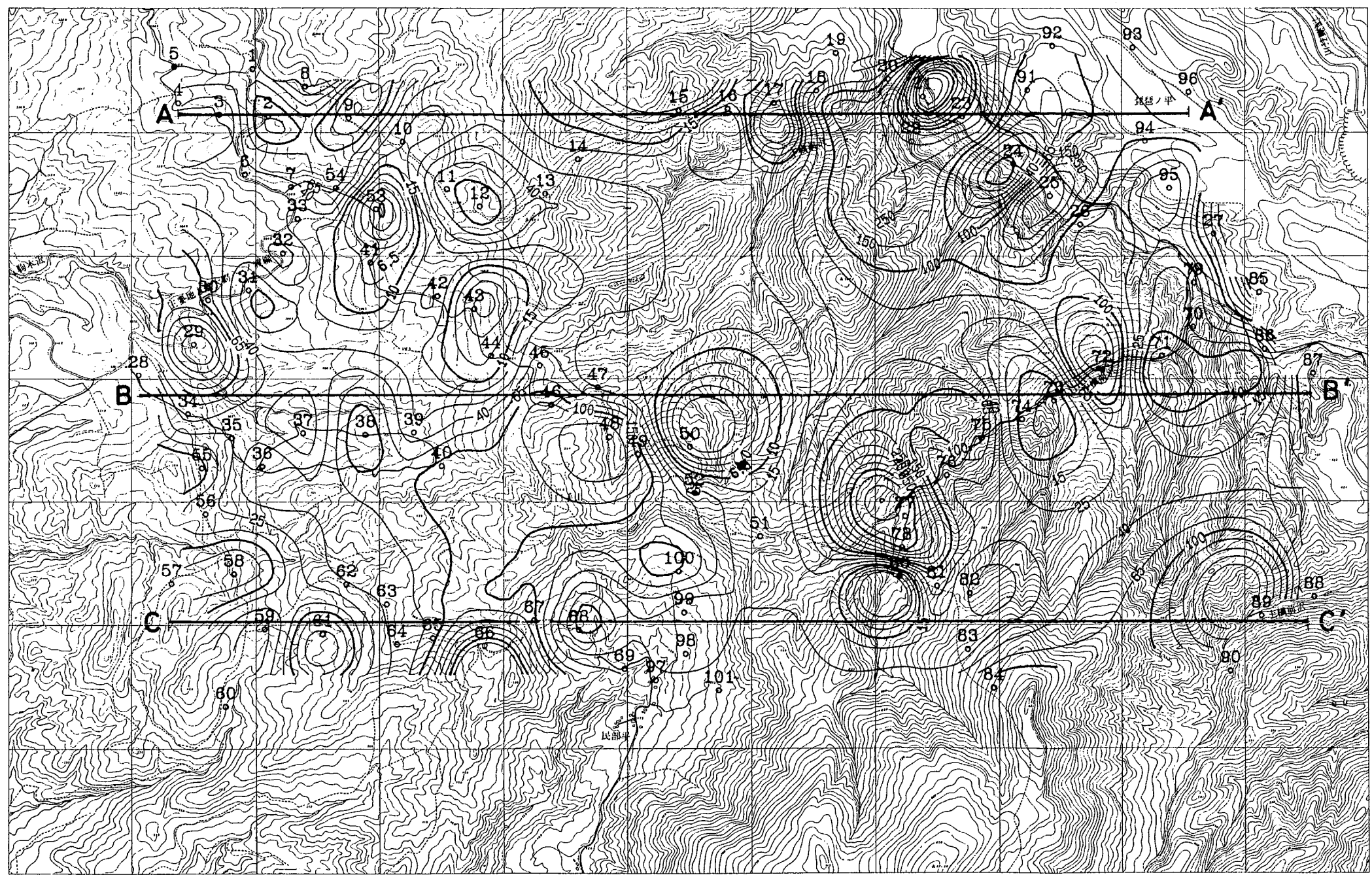
4 3 2 1

D

C

B

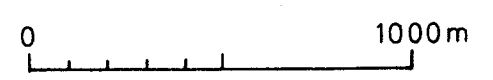
A



凡例



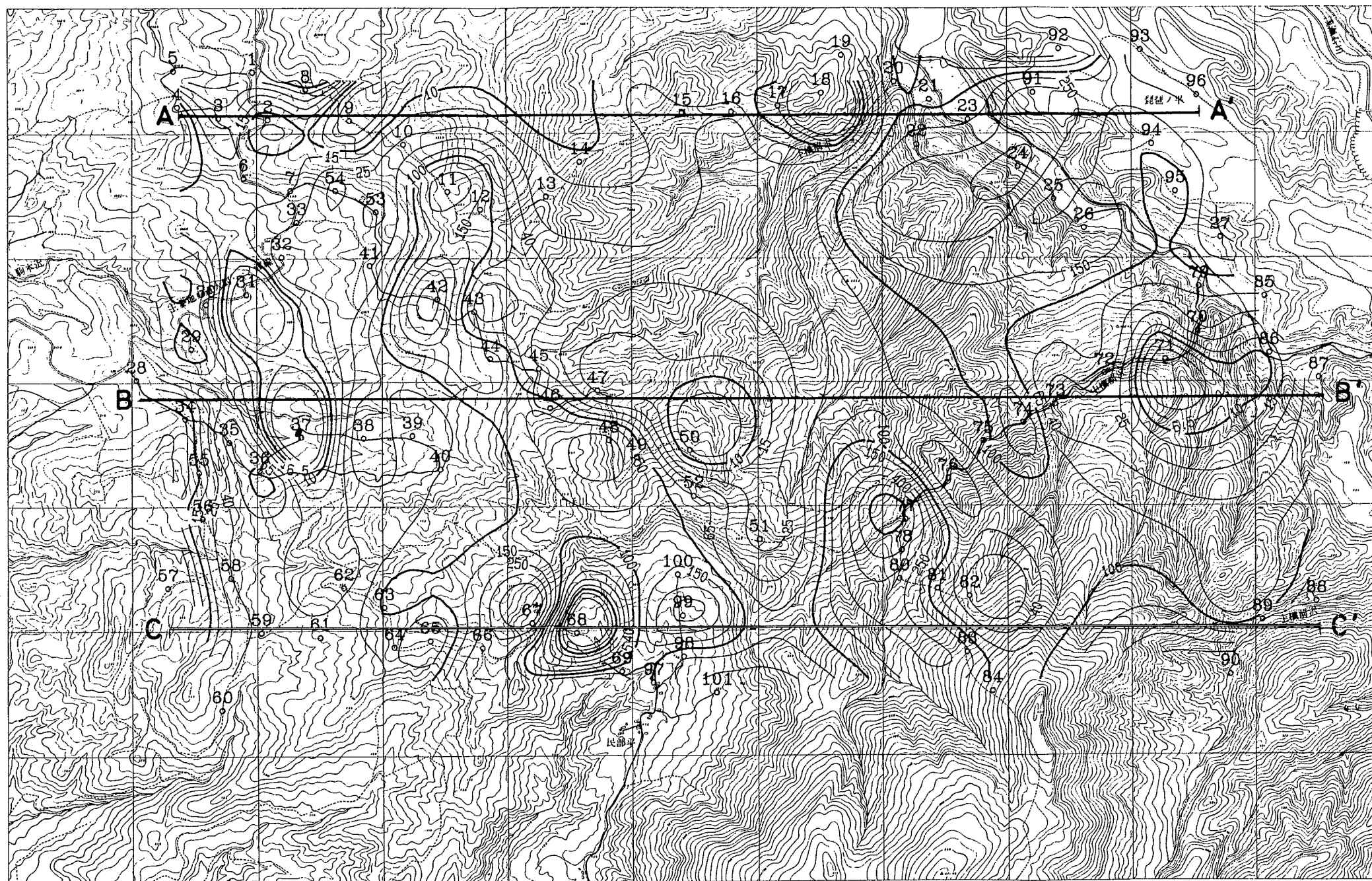
等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)



青森県黒石地区における深部地質環境データ
見掛比抵抗平面図 (東西方向: 350Hz)

製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.



凡例

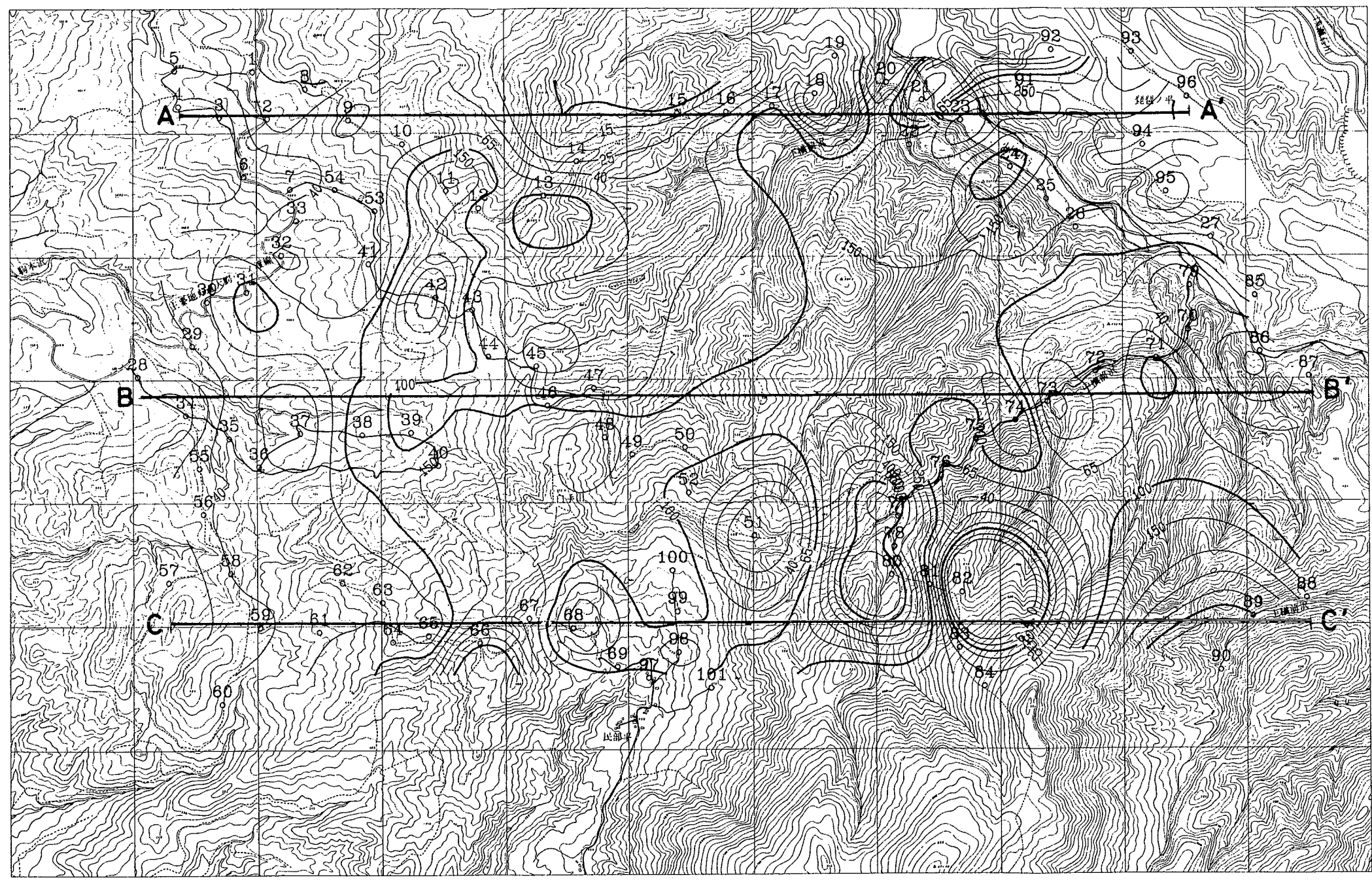
等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)

0 1000m

青森県黒石地区における深部地質環境データ
見掛比抵抗平面図 (東西方向: 250Hz)

製作: (三菱金属株式会社)

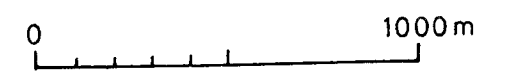
This is a blank page.



凡例



等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)



青森県黒石地区における深部地質環境データ
見掛比抵抗平面図 (東西方向: 150Hz)

製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.

This is a blank page.

数では $40\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗を示す。

4. 2 見掛比抵抗断面図

対象地域の安山岩は南北に帯状に伸びて分布する傾向があることから、この対象地域の地質構造を考慮して3本の東西方向の断面図に示す（第17図～第19図）。

(1) A - A' 断面図

全体的に $100\Omega\cdot m$ 以下の見掛比抵抗が大半を占める。断面中央部の測点 No. 15、16、17、18 付近には、高周波数域から低周波数域まで低見掛比抵抗が分布する。これは、4. 1 で述べた"対象地域西部"の低見掛比抵抗域に相当する。

西端のNo. 4、No. 3の全周波数にみられるほぼ $40\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗は、"対象地域北部"の低見掛比抵抗に相当する。

また、No. 23、91、94の450Hzおよび350Hzでは、低見掛比抵抗が水平方向に連続している。これらの測点は小国川の兩岸に位置し、沖積層および礫ヶ関層の分布を反映していると考えられる。

(2) B - B' 断面図

A - A' 断面と同様に $100\Omega\cdot m$ 以下の見掛比抵抗域が大半を占めるが、 $40\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗域はA - A' 断面に比べやや減少している。

西端のNo. 28、34およびNo. 37の全周波数にかけての $40\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗は、"対象地域西部"の低見掛比抵抗域に相当する。

東端のNo. 72～87の450Hz以上で $40\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗域が認められる付近には礫ヶ関層が露出する。

中央部のNo. 50、76、75付近は $100\Omega\cdot m$ 以上の見掛比抵抗域を示し、安山岩の分布域に一致する。

(3) C - C' 断面図

A - A' 断面、B - B' 断面に比べ、 $100\ \Omega \cdot m$ 以上の見掛け比抵抗域が卓越している。“対象地域西部”の低見掛け比抵抗域は、西端の No. 57~65間に認められる。また、中央部の No. 82付近の 550Hz、450Hzでは一部低見掛け比抵抗がみられる。

東端の No. 90、89、88付近は、全体的に $200\ \Omega \cdot m$ 以上の見掛け比抵抗域をなし、250Hz以下の低周波数域では“上横前沢付近”の高見掛け比抵抗域に相当する $400\ \Omega \cdot m$ 以上の高見掛け比抵抗を示す。

また、No. 88、81の低周波数域にも高見掛け比抵抗域が認められる。地質的には安山岩の分布域である。

4. 3 比抵抗構造断面図

各測点ごとの一次元多層構造解析より得られた層厚・比抵抗をもとに、見掛け比抵抗断面図と同様に3本の比抵抗構造断面図を作成し、地質との対比を試みた。

浅部の比抵抗は、各断面とも概略 $30 \sim 500\ \Omega \cdot m$ の範囲内にあり、 $1,000\ \Omega \cdot m$ 以上の比抵抗を高比抵抗、 $250 \sim 1,000\ \Omega \cdot m$ を中比抵抗、 $250\ \Omega \cdot m$ 以下を低比抵抗と区分する。

A - A' 断面西側の No. 3~9の地表から深度約 70m に連続して分布する $30 \sim 70\ \Omega \cdot m$ の低比抵抗層は、十和田火山噴出物に対応している。また、小国川東側の琵琶ノ平付近 (No. 91、94) に地表から層厚 100~150m でほぼ水平に分布する $130 \sim 150\ \Omega \cdot m$ の低比抵抗層も同様に十和田火山噴出物に相当すると考えられる。

B - B' 断面では、西側の No. 28~46に地表から層厚 50~140m で連続して分布する $20 \sim 50\ \Omega \cdot m$ の低比抵抗層が十和田火山噴出物に対応し、C - C' 断面でも同様に、断面西側の No. 57~65間の地表から 100m 前後で連続する $20 \sim 90\ \Omega \cdot m$ の低比抵抗層が十和田火山噴出物に対応する。

従って、対象地域を広く覆っている十和田火山噴出物の平均的比抵抗は $50\ \Omega \cdot m$ 程度であり、琵琶ノ平付近ではやや高い値を示すものと考えられる。

A - A' 断面中央部のNo. 11~17間の地表から層厚100~150m前後で連続する100~180 $\Omega \cdot m$ の比抵抗層は、安山岩に対応すると推定される。

B - B' 断面ではNo. 49~71間に層厚150~300mで連続して分布する200~500 $\Omega \cdot m$ の比抵抗層が、安山岩に対応すると推定される。本比抵抗層は西側では十和田火山噴出物(30~50 $\Omega \cdot m$ の比抵抗層)の下位に連続して分布している。

C - C' 断面では、No. 99~84間に層厚300m 前後で分布する140~700 $\Omega \cdot m$ の比抵抗層が安山岩に対応すると考えられる。本層はさらに西側のNo. 66 付近まで連続していることから、表層部に薄く分布する十和田火山噴出物の下位に安山岩が連続して分布しているものと考えられる。

従って、対象地域の安山岩の平均的比抵抗は、300~500 $\Omega \cdot m$ と考えられるが、地域北側のA - A' 断面付近やB - B' 断面の東側では、やや比抵抗が低下している。

A - A' 断面東側のNo. 91、94には、十和田火山噴出物(130~150 $\Omega \cdot m$ の比抵抗層)の下位に層厚50~100mで30~50 $\Omega \cdot m$ の低比抵抗層がほぼ水平に分布する。本層は、碇ヶ関層に相当する。

また、B - B' 断面東端のNo. 87の地表から西落ちの緩傾斜で分布する層厚50~ 100m 25~50 $\Omega \cdot m$ の低比抵抗層は同様に碇ヶ関層に相当し、安山岩(400~500 $\Omega \cdot m$ の比抵抗層)の下位に連続して分布し、さらに下位の高比抵抗層とは明瞭に区分される。

また各断面の西側で、地表浅部の十和田火山噴出物(30~100 $\Omega \cdot m$ の比抵抗層)および安山岩(400~500 $\Omega \cdot m$ の比抵抗層)の下位に認められる概略30~200 $\Omega \cdot m$ の低比抵抗層は碇ヶ関層に相当すると考えられるが、比抵抗値・層厚の面で断面上での連続性に 乏しい。

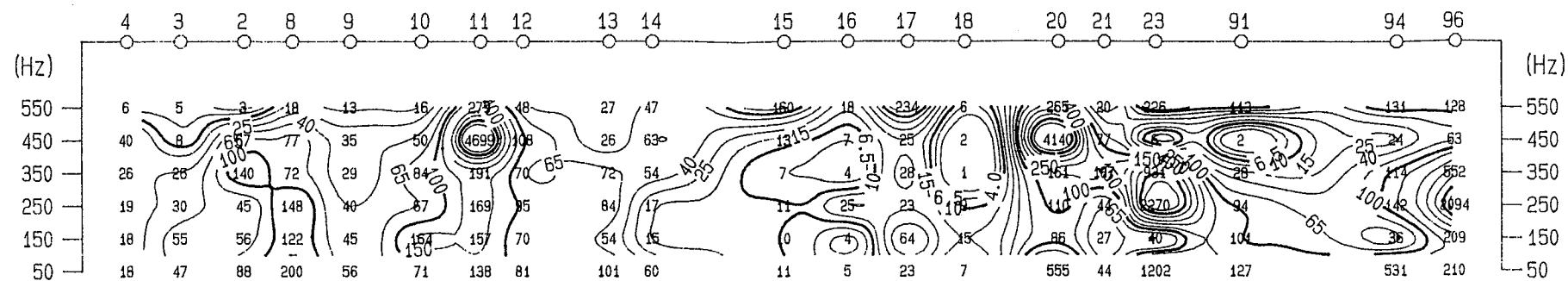
対象地域北東部に分布する青荷層は、小国川の東側に厚く分布するとされている。本層は、A - A' 断面東側ではNo. 91の200 $\Omega \cdot m$ の比抵抗層およびNo. 94の2,300 $\Omega \cdot m$ の比抵抗層に相当し、碇ヶ関層(40~50 $\Omega \cdot m$ の比抵抗層)の下位に分布する。また、B - B' 断

面東端のNo. 87の深度200m以深に分布する $79\Omega\cdot m$ の比抵抗層も青荷層に対比されるが、比抵抗値はA-A'断面上での値と異なっていることから、青荷層の比抵抗値は変化に富んでいると推定される。

C-C'断面東端の上横前沢周辺(No. 90、89、88)は大落前川層の凝灰岩の分布域であり、地表から100m付近までは $100\sim 200\Omega\cdot m$ 、下位は $2,000\Omega\cdot m$ 以上の高比抵抗層が分布し、対象地域で最も高い比抵抗値を示す。この高比抵抗層は、上横前沢西側では安山岩(No. 84の $700\Omega\cdot m$ の比抵抗層)の下位に連続し、またB-B'断面東側の碇ヶ関層($20\sim 50\Omega\cdot m$)の下位にも連続し、広く分布する。

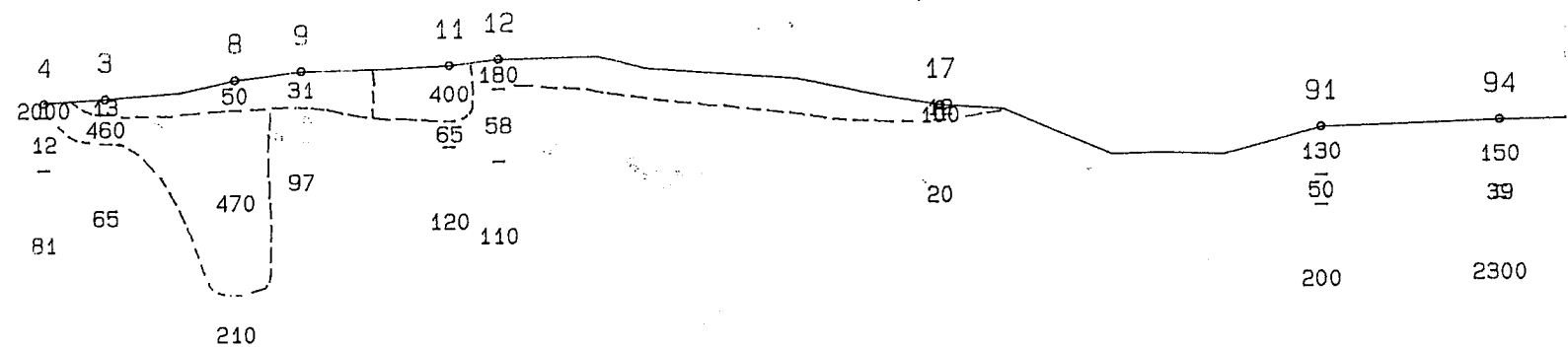
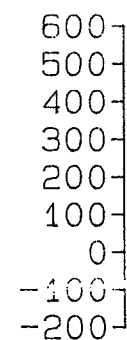
比抵抗不連続線は、A-A'断面のNo. 17~91間に、またB-B'断面のNo. 71~87間、No. 76~73間に認められる。これらのうち、A-A'断面のNo. 17~91間とB-B'断面のNo. 71~87間の比抵抗不連続線は、小国川沿いの沖浦カルデラに伴う断層構造に対比できる。また、B-B'断面のNo. 76~73間の不連続線は、大落前川層中を安山岩層が貫いて噴出したためと判断される。

凡例



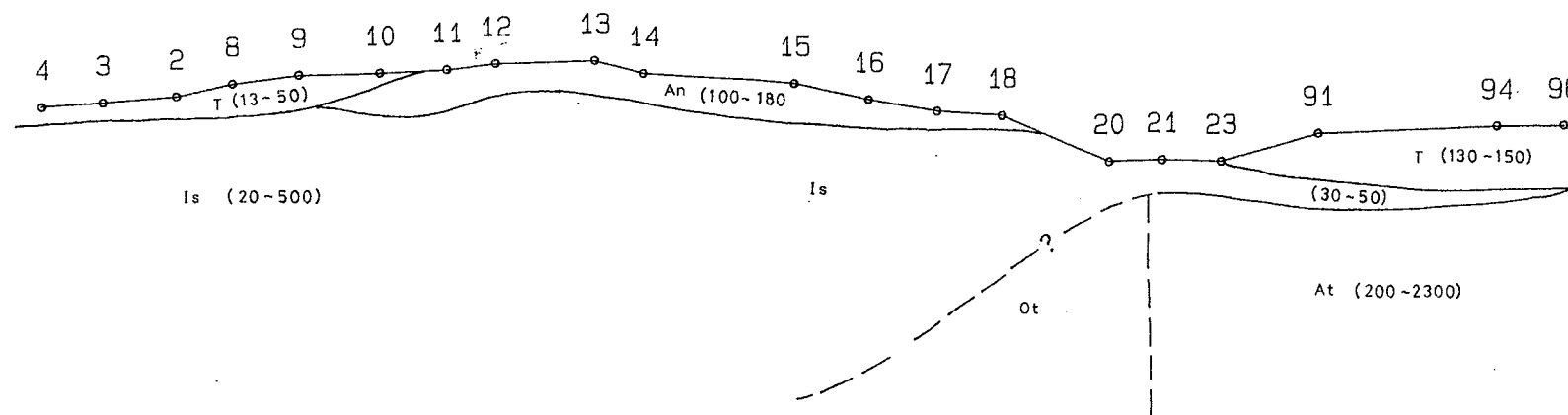
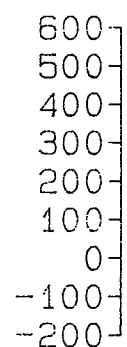
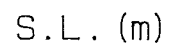
等見掛比抵抗線
(單位： $\Omega \cdot m$)

(m)



400
—
30 地層の比抵抗値 ($\Omega \cdot m$)

(m)



第四系		Al	冲積層
		T	十和田火山噴出物、段丘堆積物
第三系		An	安山岩類
		Is	シルト岩、砂岩、礫岩
		At	怪石質凝灰岩、凝灰岩
		Ol	ネバダ岩質溶岩、同質凝灰岩
貫入岩—粗粒玄武岩		Do	

A horizontal scale bar with a vertical tick mark at the left end labeled '0' and a vertical tick mark at the right end labeled '1000 m'. There are four additional vertical tick marks between the ends, dividing the bar into five equal segments.

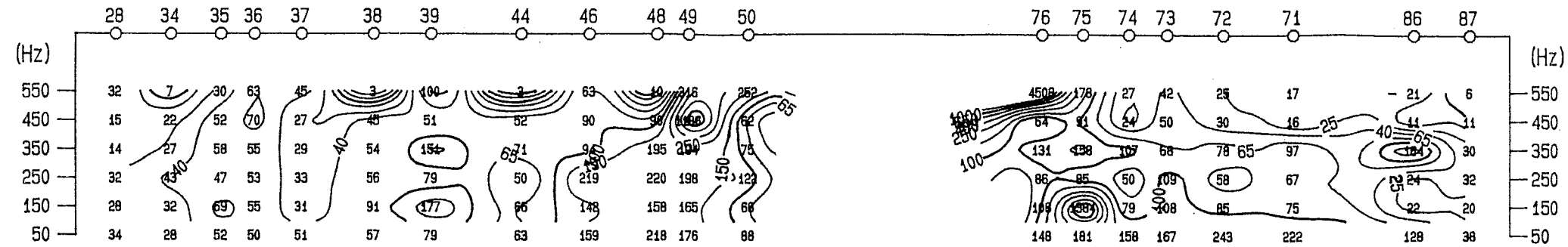
青森県黒石地区における深部地質環境データ

A—A' 断面图

製作：(三菱金属株式会社)

This is a blank page.

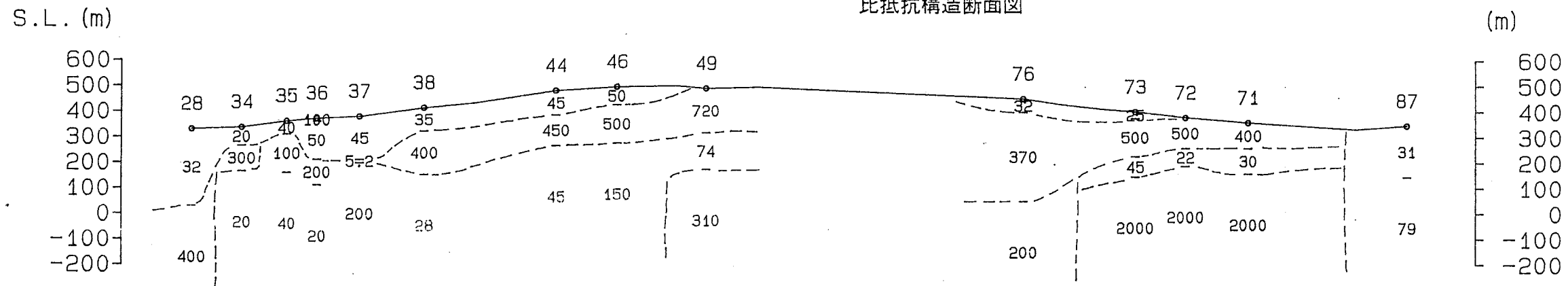
見掛比抵抗断面図



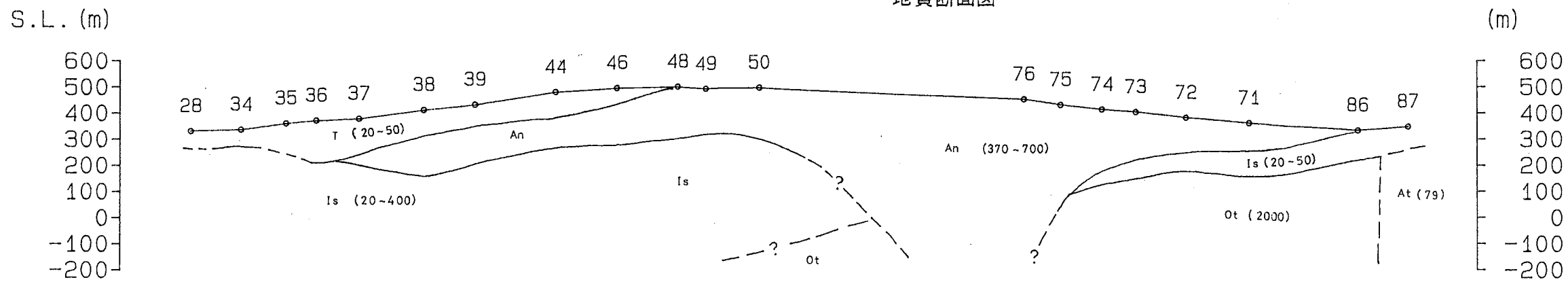
凡例

等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)

比抵抗構造断面図



地質断面図



- | | | |
|-------|----|----------------|
| 第四系 | Al | 沖積層 |
| | T | 十和田火山噴出物、段丘堆積物 |
| 第三系 | An | 安山岩類 |
| 安山岩 | Is | シルト岩、砂岩、礫岩 |
| 蛇ヶ関層 | At | 軽石質凝灰岩、凝灰岩 |
| 青荷層 | Ot | ネバダ岩質溶岩、同質凝灰岩 |
| 大落前川層 | Do | 貫入岩—粗粒玄武岩 |

0 1000m

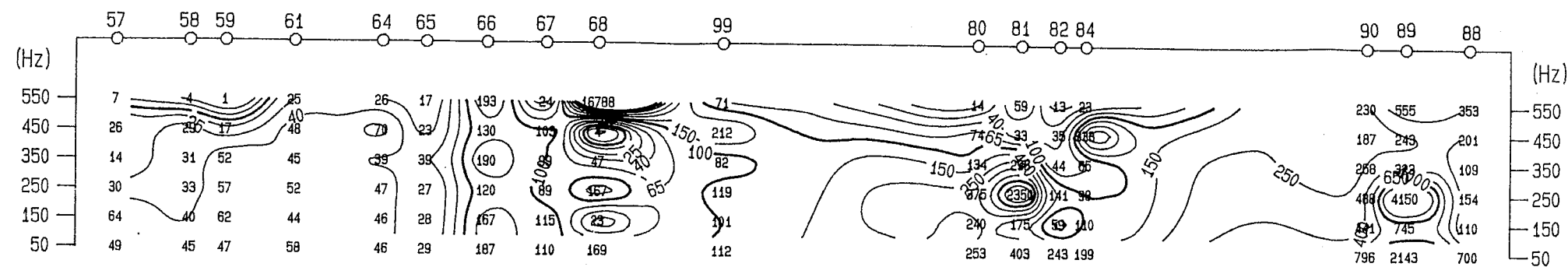
青森県黒石地区における深部地質環境データ

B-B' 断面図

製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.

見掛比抵抗断面図

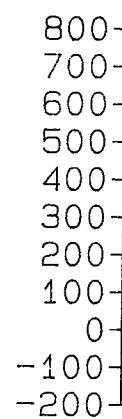


凡例

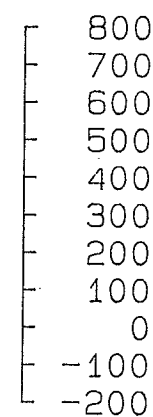
等見掛比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)

比抵抗構造断面図

S.L. (m)



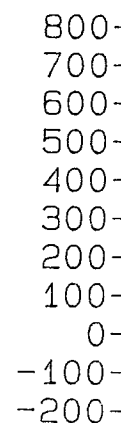
(m)



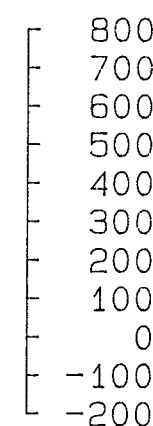
400
30 地層の比抵抗値 ($\Omega \cdot m$)

地質断面図

S.L. (m)



(m)



- | | | |
|-------|----|----------------|
| 第四系 | Al | 沖積層 |
| | T | 十和田火山噴出物、段丘堆積物 |
| 第三系 | An | 安山岩類 |
| 安山岩 | Is | シルト岩、砂岩、礫岩 |
| 安山岩類 | At | 軽石質凝灰岩、凝灰岩 |
| 大落前川層 | Ot | ネバダ岩質溶岩、同質凝灰岩 |
| 貫入岩 | Do | 粗粒玄武岩 |

0 1000m

青森県黒石地区における深部地質環境データ

C-C' 断面図

製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.

4. 4 比抵抗構造平面図

各測点の海拔標高は、対象地域北東部の小国川沿いで約270m、西部の主要地方道沿いで約320m、南部の尾根沿いで約730mあり、安山岩は主として地域中央部に分布する。従って、安山岩の分布状況を最も良く反映すると考えられる海拔標高300m、100m、-100mでの比抵抗構造平面図を、各測点での一次元多層構造解析より得られた層厚・比抵抗をもとに作成した(第20~22図)。

4. 3で述べたように安山岩の平均的比抵抗は概略300~500 $\Omega \cdot m$ であり、1,000 $\Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗は大落前川層の凝灰岩、250 $\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗は、十和田火山噴出物と碓ヶ関層に対比される。

(1) 高比抵抗域

- ・上横前沢周辺部(測点No. 79、71、72、73、84、88、89、90)

海拔300mでは、上横前沢付近のNo. 88、89、90で1,000 $\Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗を示し、その分布域は深部に比べ小さい。

海拔100mでは、高比抵抗域は上横前沢付近から西側はNo. 84まで、北側は中横前沢(No. 79、71、72、73)を通り、琵琶ノ平付近まで広がっている。

海拔-100mでは、海拔100mに比べてやや北側への伸びが縮小している。

従って、高比抵抗域の分布から、大落前川層の凝灰岩は浅部では上横前沢周辺に限定されるものの、深部では北方および西方に広がっているものと考えられる。

(2) 中比抵抗域

- ・中横前沢~白手山周辺部(測点No. 38、42、44、46、47、49、97、76、84)

海拔300mでは、中横前沢付近(測点No. 79、71、72、73、76)から南西方へは民部平付近(No. 97)まで、西方へはほぼB-B'断面沿いにNo. 42、44、38付近まで東西方向に広く分布する。本分布域は安山岩の分布域に一致する。

海拔100mでは、中比抵抗域は本地域中央部にほぼ南北向に帯状に分布し、また海拔

-100mではその分布域が縮小してNo. 47、49付近にのみ分布している。No. 47、49付近の海拔100m、-100m には安山岩が分布する可能性は小さく、碇ヶ関層中の高比抵抗部または下位の地層を反映しているものと考えられる。

・対象地域北西部(測点No. 8、32、54、53)

海拔300mでは、A - A' 断面北側のNo. 8に認められるのみであるが、海拔100mではB - B' 断面付近まで伸び、No. 8、32、53、54に分布域を形成している。海拔-100mでは本比抵抗域はやや南東に移行し、No. 42、53、54を結ぶ細長い帯状の分布域を形成している。

いずれの深度においても安山岩が分布するとは考えにくく、本比抵抗域は碇ヶ関層中の高比抵抗部に対応すると考えられる。

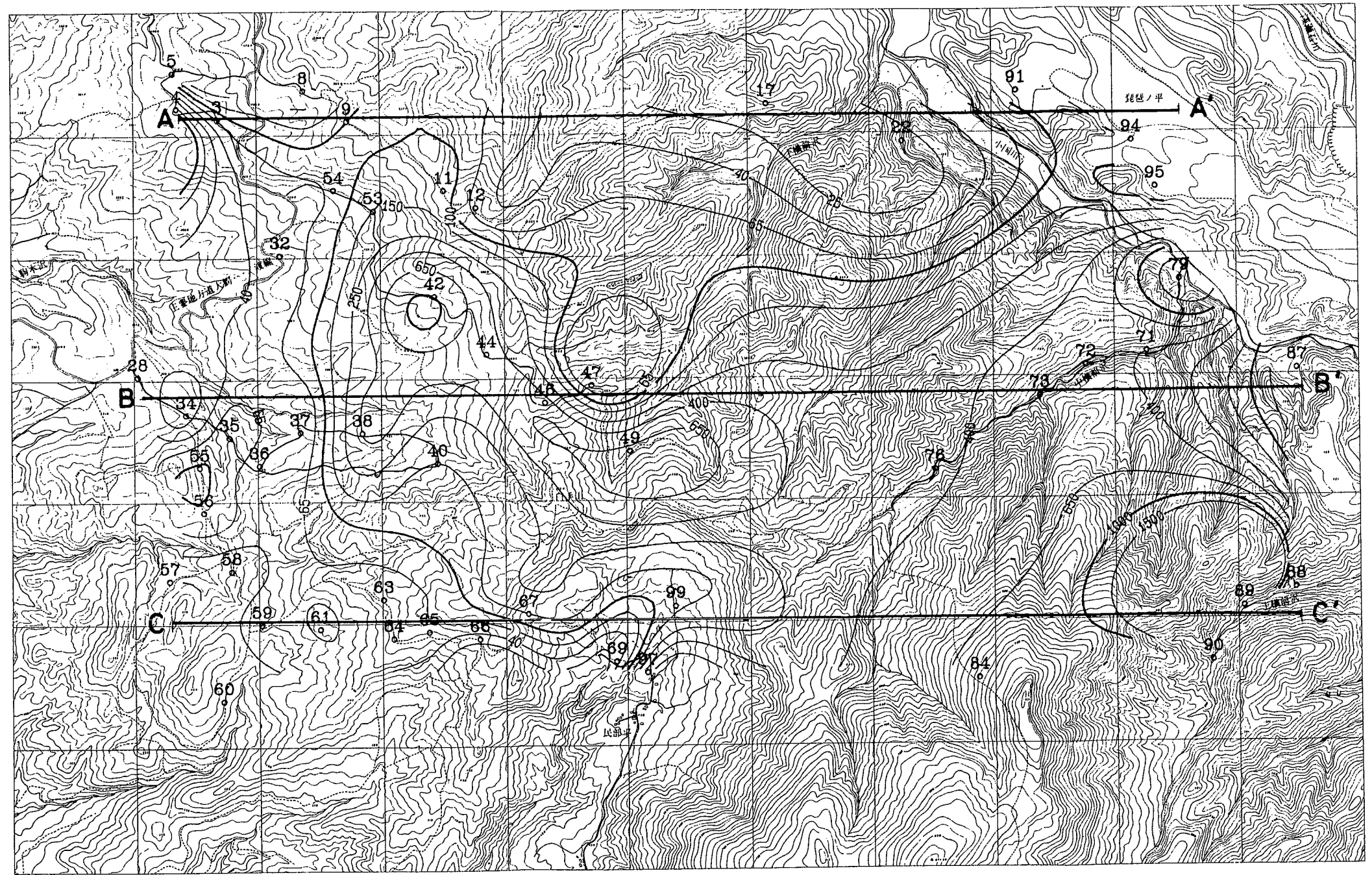
(3) 低比抵抗域

・対象地域西部～北部(測点No. 3、4、5、9、11、12、32、28、34、35、36、37、55、56、57、58、59、60、61、63、64、65、66、67、69、99、17、22、91)

海拔300mでは、B - B' 断面付近の No. 38、42、44、46の中比抵抗域を取り巻くように、南側では民部平付近まで、北側では下横前沢付近まで広く分布する。深度から考えると十和田火山噴出物および碇ヶ関層に相当する。

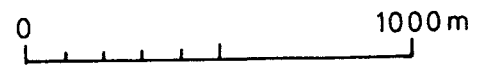
海拔100mでは、対象地域の西半分を占めて広く分布する。深度から考えると碇ヶ関層に対比される。

また海拔 -100mでは、海拔100mの平面図とほぼ同様の分布形態を示すものの、中横前沢上流のNo. 76を含め北東方向にも帯状に広がり、No. 47、49の中比抵抗域を取り巻くようになる。また、本低比抵抗域は北側では小国川右岸のNo. 91にまで広がり、地域の半分以上の面積を占める。小国川右岸では青荷層に、他の地区では碇ヶ関層に対比される。



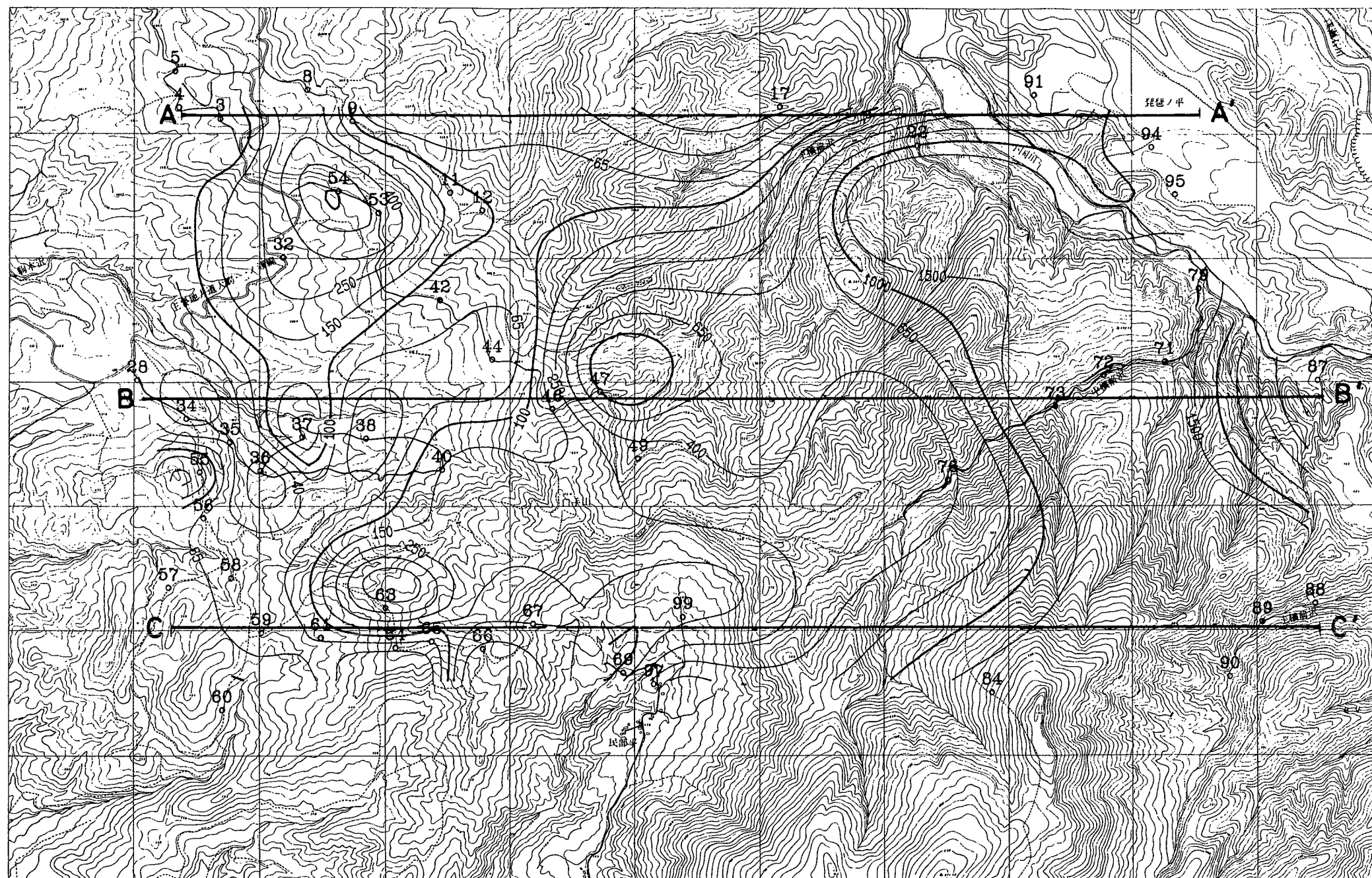
凡例

等比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)



青森県黒石地区における深部地質環境データ
比抵抗構造平面図 (海拔300m)
製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.



凡例

等比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)

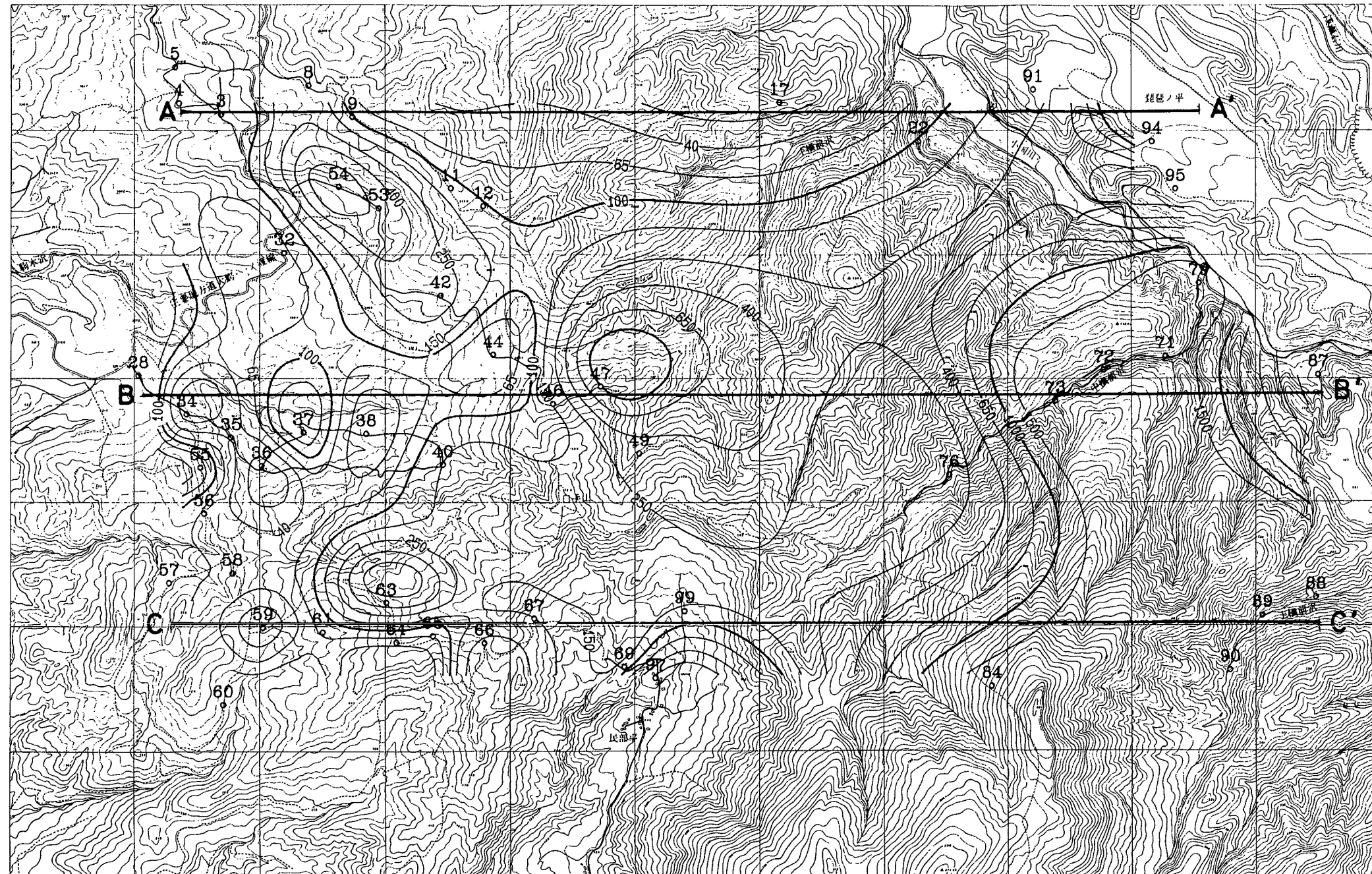
0 1000m

青森県黒石地区における深部地質環境データ

比抵抗構造平面図 (海拔100m)

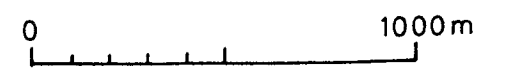
製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.



凡例

等比抵抗線
(単位: $\Omega \cdot m$)



青森県黒石地区における深部地質環境データ
比抵抗構造平面図 (海拔-100m)
製作: (三菱金属株式会社)

This is a blank page.

4. 5 C S A M T 法調査結果との対比

金属鉱業事業団が、昭和61年度に対象地域周辺部でC S A M T 法電気探査を実施している。P L M T 法との重複測点は、No. 7、15、23、27、29、37、43、59、73、77、84、90、94、97の14点である。

C S A M T 法探査による見掛け比抵抗値は、別添の ρ_a-f 曲線図に P L M T 法結果と合わせて示してある。なお、C S A M T 法の信号源の電流電極は、ほぼ南北方向である。

P L M T 法とC S A M T 法との対比結果を、以下に述べる。

- ・ 250Hz以下の低周波数域では、両者の見掛け比抵抗は約半数の測点で一致するが、高周波数域では一致せず、P L M T 法による見掛け比抵抗値がC S A M T 法に比べて極めて低いものが多い。

- ・ P L M T 法の見掛け比抵抗値とC S A M T 法の見掛け比抵抗値とがお互いに上下にずれている測点が6点(No. 23、27、29、77、90、94)あり、このうち5点(No. 23、27、29、29、90、95)はP L M T 法の方が見掛け比抵抗が高くなっている。

- ・ P L M T 法による見掛け比抵抗分布は、高周波数域を除いてC S A M T 法による見掛け比抵抗分布と傾向的にはほぼ一致している。

This is a blank page.

5. 解析結果の考察および要約

5. 1 地質と比抵抗の関係

対象地域の地質は、下位より新第三系中新統の大落前川層、青荷層、鮮新統の碇ヶ関層、安山岩、第四系の十和田火山噴出物からなる。

P L M T法の解析結果では、安山岩の比抵抗は $100 \sim 700 \Omega \cdot m$ と判断された。

金属鉱業事業団が昭和61年度に実施したC S A M T法調査結果では、対象地域北方の矢捨山安山岩類の比抵抗は $100 \sim 250 \Omega \cdot m$ 、対象地域に分布する三ッ森山安山岩類の比抵抗は $200 \sim 500 \Omega \cdot m$ である。

また、財団法人日本地熱資源開発促進センターが昭和52年度に実施したシュランベルジャー法電気探査結果によれば、矢捨山安山岩類の比抵抗は $120 \Omega \cdot m$ である。

一般的に、安山岩は生成時の状況および以後の風化・変質による岩相変化が著しいため、その比抵抗値は $100 \sim 10,000 \Omega \cdot m$ と変化に富む。また、安山岩の緻密度を比抵抗のみから判断することは危険であるが、対象地域のように狭い地域では同種類の安山岩のみが分布していると考え、比抵抗値から有効孔隙率の算出を試みた。

一般に安山岩の孔隙率は $3.6 \sim 18.2\%$ （山口久之助(1952)、電気式地下探査法による）で対象地域内における孔隙水の比抵抗、水分飽和度、充填指数を一定と仮定すれば、 $500 \Omega \cdot m$ の安山岩の有効孔隙率はおおよそ 10% 、 $200 \Omega \cdot m$ の安山岩の有効孔隙率は 14% となる。本地域の安山岩は、下位の碇ヶ関層を貫いて噴出した溶岩であり、全体的に孔隙の多い岩石であると考えられる。

5. 2 解析結果の要約

P L M T法の解析結果を要約すると、以下の通りである。

- (1) 対象地域に分布する地層の平均的比抵抗は、下位より大落前川層($1,000 \sim 2,000 \Omega \cdot m$)、青荷層(?)、碇ヶ関層($30 \sim 200 \Omega \cdot m$)、安山岩($300 \sim 500 \Omega \cdot m$)、十和田火山噴出物($50 \Omega \cdot m$)である。
- (2) 安山岩は対象地域南側で厚く、層厚400m前後に達するものと思われるが、対象地域の北側および西側では層厚100m $\sim$ 200m前後と薄くなると考えられる。
- (3) 対象地域南側の $500 \Omega \cdot m$ 以上を示す安山岩は比較的堅硬・緻密と考えられるが、対象地域北側の安山岩は風化・変質などを受けており、 $100 \sim 200 \Omega \cdot m$ に低下している。本地域の安山岩の有効孔隙率は、10 $\sim$ 14%程度と予想される。
- (4) P L M T法による見掛け比抵抗値は、C S A M T法による見掛け比抵抗値と比較すると250Hz以下の低周波数域ではほぼ一致するが、350Hz以上の高周波数域では極めて低くなる傾向がみられた。

参 考 文 献

1. 山口久之助(1952): 電気式地下探査法
2. 金属鉱業事業団(1970): 昭和45年度広域調査報告書北鹿北地域
3. 金属鉱業事業団(1971): 昭和46年度広域調査報告書北鹿北地域
4. 財団法人日本地熱資源開発促進センター(1977):
昭和52年度地熱開発基礎調査沖浦地区電気探査報告書
5. 物理探査技術協会(1979): 物理探査用語辞典
6. 藤原忠一、橋本憲和(1981):
岩盤の比抵抗と孔隙率について、物理探査、Vol.34、2号、p.32~36
7. 金属鉱業事業団(1986): 昭和61年度精密調査報告書北鹿北地域
8. 坪田浩二、則竹和光、佐久間秀樹(1986):
商用周波数及びその高調波を使った簡易電磁探査法の開発、動燃技報、No.66