

ISSN 0386—5878

土木研究所資料第3368号

土 木 研 究 所 資 料

急傾斜地調査への地下レーダーの適用

平成7年8月

建設省土木研究所
急傾斜地崩壊研究室

Copyright © (1995) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全文又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

急傾斜地調査への地下レーダーの適用

急傾斜地崩壊研究室	室	長	門	間	敬	一
	研	員	笹	原	克	男
	究	々	小	嶋	伸	一
			海	老	和	重
地すべり研究室	室	長	網	木	亮	介

要 旨

本報告書は、5ヵ所に急傾斜地における地下レーダー調査結果をもとに、急傾斜地調査への地下レーダー調査手法の有効性について検討を実施したものである。

キーワード：急傾斜地調査、表層土厚、地下レーダー

はじめに

がけ崩れ災害実態調査（昭和47年～昭和63年）の資料によると、斜面崩壊の多くは、崩壊深2 m以内で、表層土内で発生している。このことから、急傾斜地において表層土厚を計測することは、斜面の崩壊規模を推定したり対策工を設計する上で非常に重要な調査であると言える。

このような表層土厚の調査には、一般にボーリング調査やサウンディング調査、斜面調査用簡易貫入試験機（土研式簡易貫入試験機、以後簡易貫入試験と記述する）等が用いられているが、これらの調査は、点での調査であり、測線での表層土の分布を把握するには精度や経済性に問題が生じる。また、このような調査手法としては、弾性波探査や電気探査などが用いられるが、深さ2 m前後の表層土厚の調査には十分な分解能があるとは言い難い。

このことから、計測が容易で分解能が高く、新しい地盤の調査手法として近年注目を集めている地下レーダーを、急傾斜地の表層土厚調査へ適用し、急傾斜地調査への地下レーダーの有効性について検討を行った。

目 次

はじめに

1. 地下レーダー調査の概要	1
1. 1. 地下レーダー調査の方法	3
2. 急傾斜地における地下レーダー調査	8
2. 1. 福島県白河市広谷地内	9
2. 2. 神奈川県横浜市鶴見区駒岡神社前地区	20
2. 3. 富山県氷見市新保地区	31
2. 4. 和歌山伊都郡高山町県上筒香地区	39
2. 5. 香川県木田郡庵治町谷地区	47
2. 6. 調査結果の整理	54
3. まとめ	57
参考文献・引用文献	57

1. 地下レーダー調査の概要

地下レーダー調査とは、図-1に示すように地中に向けて電磁波を放射し、その反射波を捉えることにより、地下構造、空洞又は埋設物などの地中に存在する異物を地表から非破壊的に探査する方法である。

地下レーダー調査には、図-2(a), (b), (c)に示すようにワイドアングル測定、プロファイル測定との2通りによる測定が必要であり、電磁波は電磁波伝播速度の異なる境界面で反射されることから、図-2に示すように電磁波が受信機に受信され、濃淡の縞模様がグラフィックレコーダーに記録される。

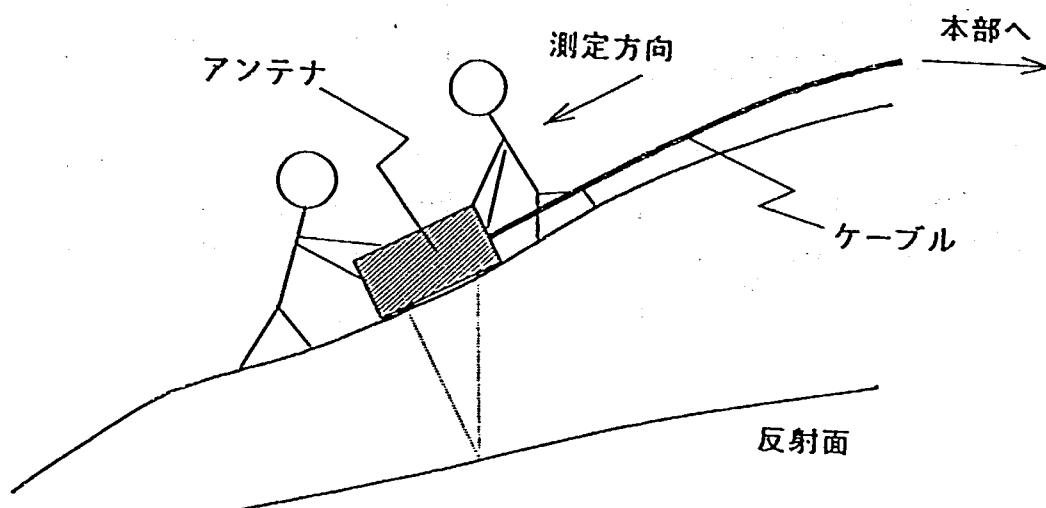
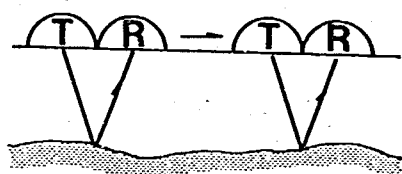
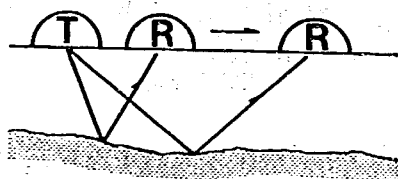


図-1 測定状況模式図

プロファイル測定



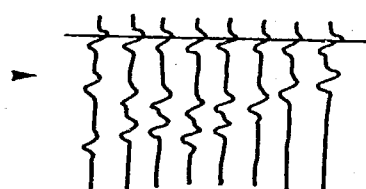
ワイドアングル測定



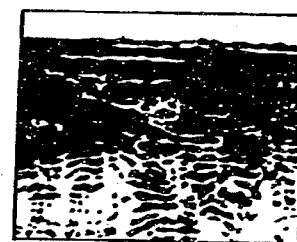
T : 送信機

R : 受信機

(a) 測定方法



(b) 観測波形



(c) グラフィック出力

図-2 測定記録模式図

このような反射波は、地層境界、地下水面、締め固め状態の急変面や空洞、埋設物等で起こり、図-3に示すような反射物の形状を反映した反射パターンが記録される。

また、地下レーダーの地中における理論上の探索可能深度は、約2～4mと言われているが¹⁾、急傾斜地の場合、図-4(a)、(b)に示すように昭和47年～昭和63年までのがけ崩れ災害の資料を見ると表層土層は2m以浅のものが大部分を占めており、大部分の崩壊が表層土層内で起こっていることから、十分な探索深度をもっていると言える。

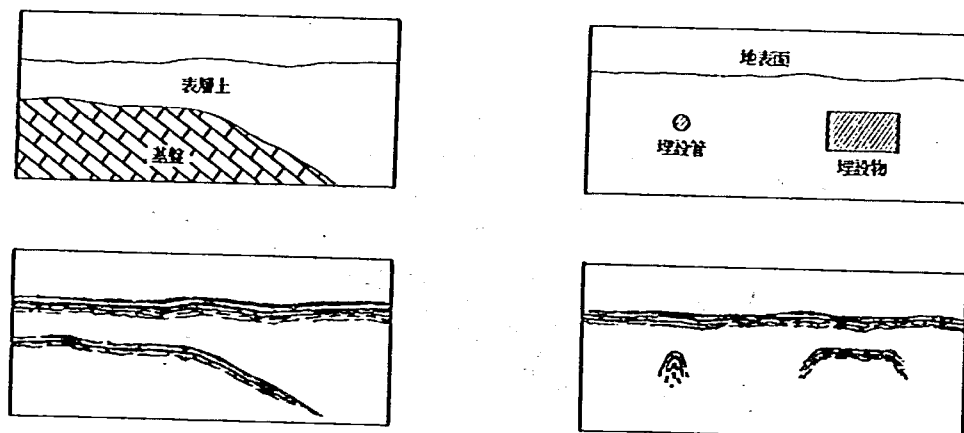


図-3 測定結果模式図

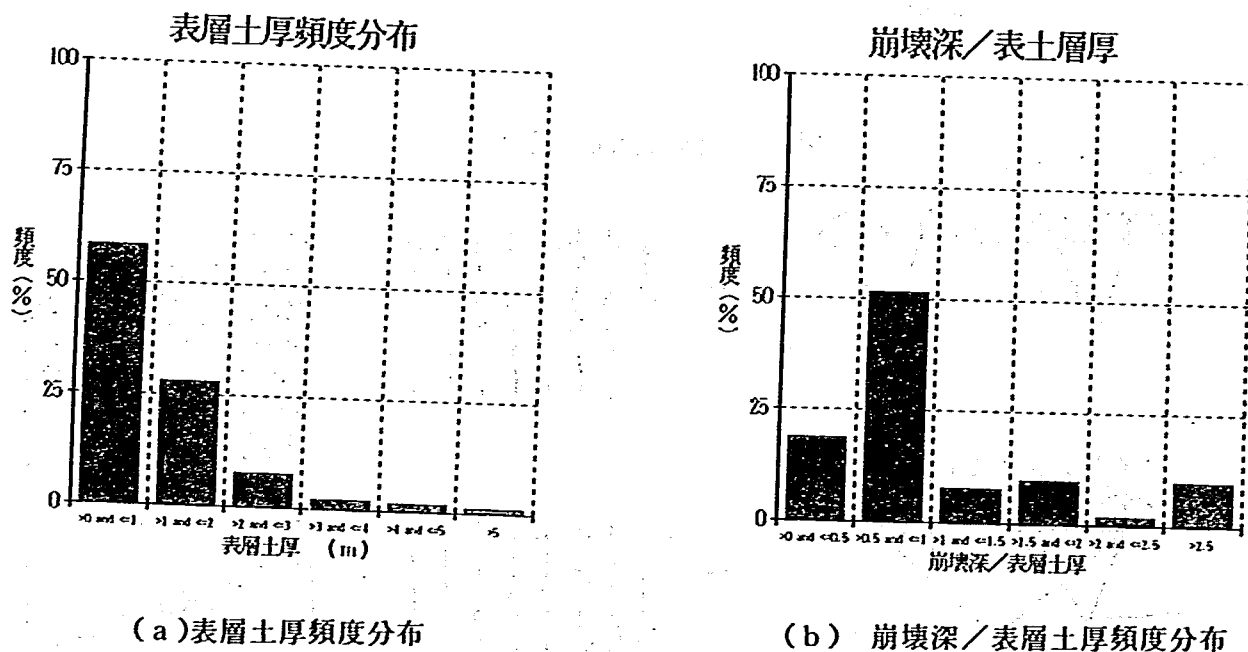


図-4 崩壊深および表層土厚の関係

また、地下レーダー調査は、次に示すような特徴があげられ、高分解能で計測が容易な調査法であると言える。

- 1) 地下レーダーの分解能は、アンテナ周波数が500MHz、表層土の電磁波伝播速度が5 cm/nsと仮定すると波長が10cmとなり、分解能はおよそ1/2波長と思われることから、5 cmと高い分解能を示す。弾性波探査や電気探査では、分解能は受振点、電極間隔によることから、数十cm～数mの精度となる。
- 2) 地下レーダー調査では、測線に沿ってアンテナを移動して観測することから、弾性波探査や電気探査のように受振点や電極を設置する必要がなく、測定が容易である。
- 3) このことから、弾性波探査や電気探査の場合では、受振点や電極を設置するため、多点での擬似的な2次元のデータとなるが、地下レーダー調査では、ほぼ完全な2次元的なデータを収集可能であるといえる。
- 4) また、反射波の反射時間を測定し、グラフィック出力が可能であることから、特に解析を実施しなくても地層の大まかな状況を現地ですぐに視覚的に捉えることが出来る。

1. 1. 地下レーダー調査の方法

今回の調査で用いた測定装置の構成は、図-5に示すように送信・受信アンテナ、コントローラー、データレコーダー、グラフィックレコーダーで構成される。また、地下レーダー調査に用いる周波数は、一般に100～1,000MHzの周波帯の電磁波である。

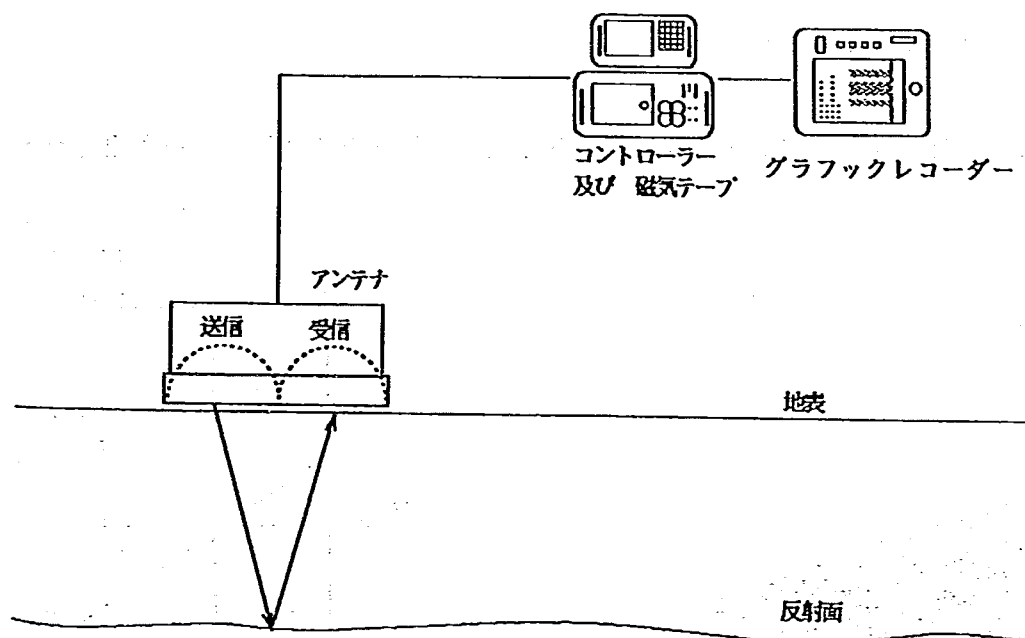


図-5 地下レーダーの機器構成図

地下レーダー調査は、送信アンテナと受信アンテナの距離を変えて調査地の電磁波伝播速度を計測するワイドアングル測定と、送信アンテナと受信アンテナの距離を一定として電磁波の反射時間を求めるプロファイル測定の2通りの測定が必要である。この結果より以下に示す計算を経て反射面の深さが求められる。

1) ワイドアングル測定

いま、図-6のように送受信アンテナの間隔をX、地盤内の電磁波伝播速度をV、電磁波の反射時間をtとすると①式の関係が成り立つ。

$$t^2 = (X^2 + 4D^2) / V^2 \dots\dots\dots ①$$

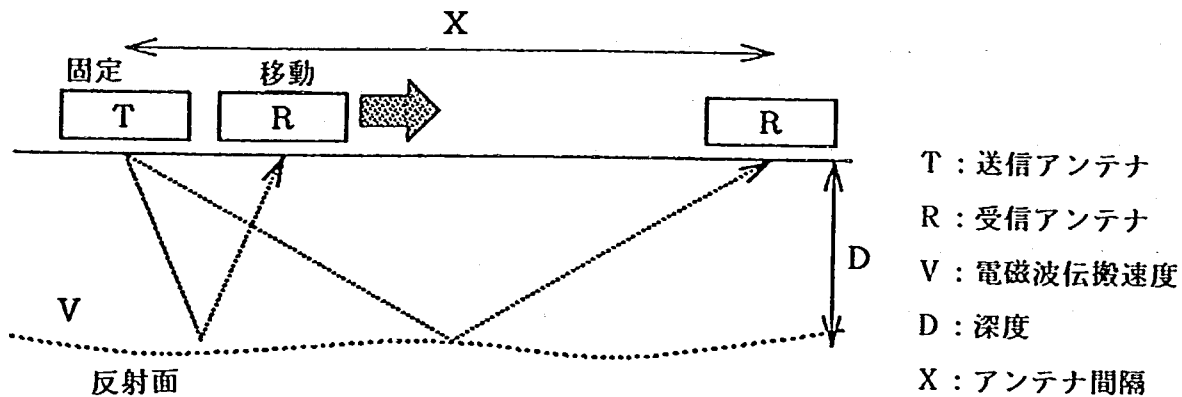
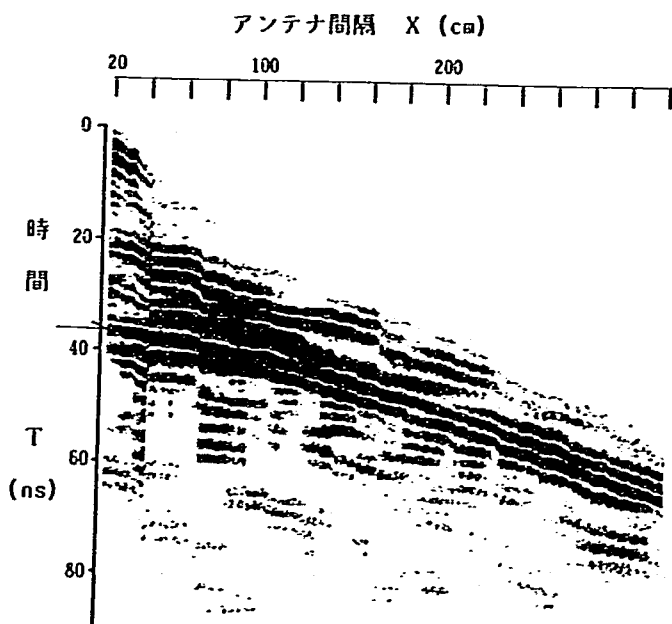


図-6 ワイドアングル測定

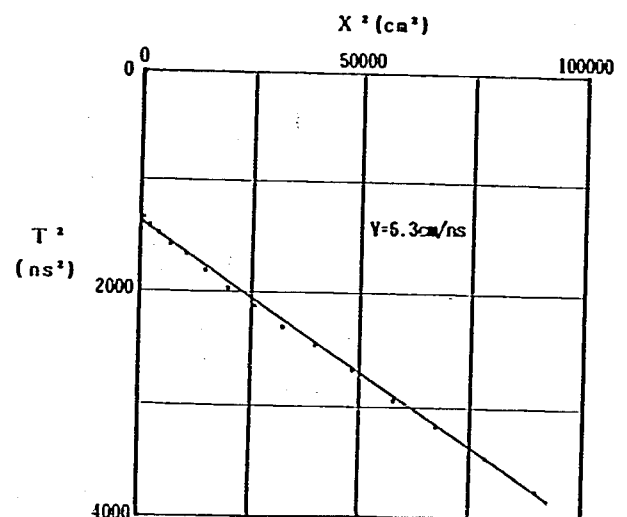
ここで、Xは変数であり、 $X^2 - t^2$ の平面図上で直線関係が得られる。このことから、測定により得られたX、Tを、この $X^2 - t^2$ の平面図上にプロットし、その直線の傾きをmとすると、電磁波伝播速度は、②式より求められる。

$$V = 1 / \sqrt{m} \dots\dots\dots ②$$

図-7(a)、(b)は、ワイドアングル測定による観測結果例とその結果から導き出した $X^2 - t^2$ のグラフである。



(a)ワイドアングル測定結果



(b)解析結果図

図-7 ワイドアングル測定結果

2) プロファイル測定

いま、図-8のように送受信アンテナの間隔を X_0 、地盤内の電磁波伝播速度を V 、電磁波の反射時間を T とすると反射面の深度 D は、③式で表される。

$$D = \sqrt{(t \cdot V)^2 - X_0^2} / 2 \quad \dots\dots\dots ③$$

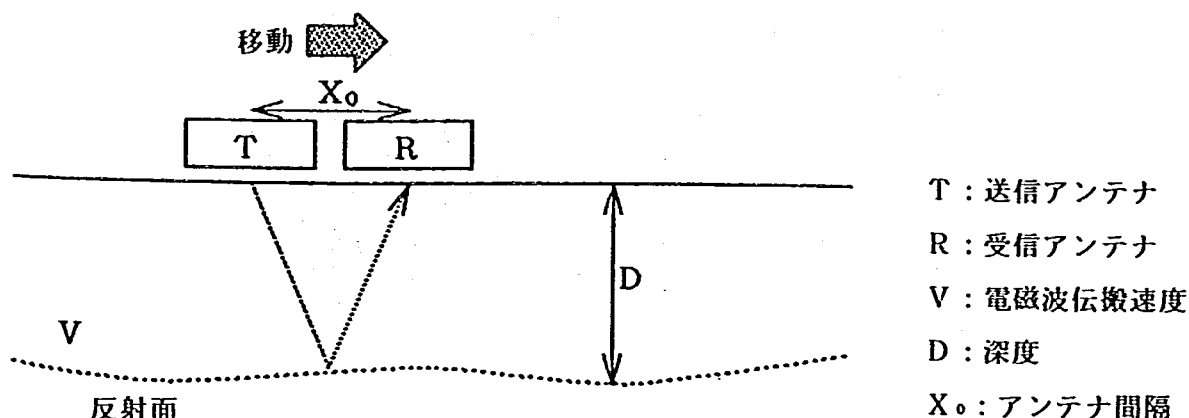


図-8 プロファイル測定

ここで、送受信アンテナの間隔 X_0 は既知であり、プロファイル測定により往復反射時間 t が求められ、地盤内の電磁波伝播速度 V はワイドアングル測定により求められるので、③式から反射面の深度 D が定まる。

プロファイル測定によって得られる記録は、横軸が水平距離、縦軸が往復反射時間（往復走時）であるが、往復反射時間 T はワイドアングル測定により求められる電磁波伝播速度 V を用いて、反射面の深度 D に換算できる。したがって、プロファイル測定によって得られる縞模様の記録は、一種の深度断面と見ることができる。

3) 記録の見方

記録の見方としては、反射波3～4波を1組として、その連続性を見てゆく。この時、“連続した反射波” = “境界面”と考えられる。また、局所的な反射の場合、礫・地表面の凹凸や段差・不均一な表土等によるものと考えられ、空洞、埋設物などが地中に存在すると、双曲線型などの強い反射パターンとなり、記録上の異常箇所として現れることが多い。

次に、波形記録に関して説明する。図-9は、観測された反射波の内、50cm毎の記録を抜き出して並べたものである。それぞれの波のプラス側を黒く着色して見やすくしてある。

波形の振幅が大きいところは、何らかの反射波が観測された時間である。

グラフィック出力（白黒）の場合は、図-10に示すように振幅大きいほど（反射波が強いほど）濃い着色となる。

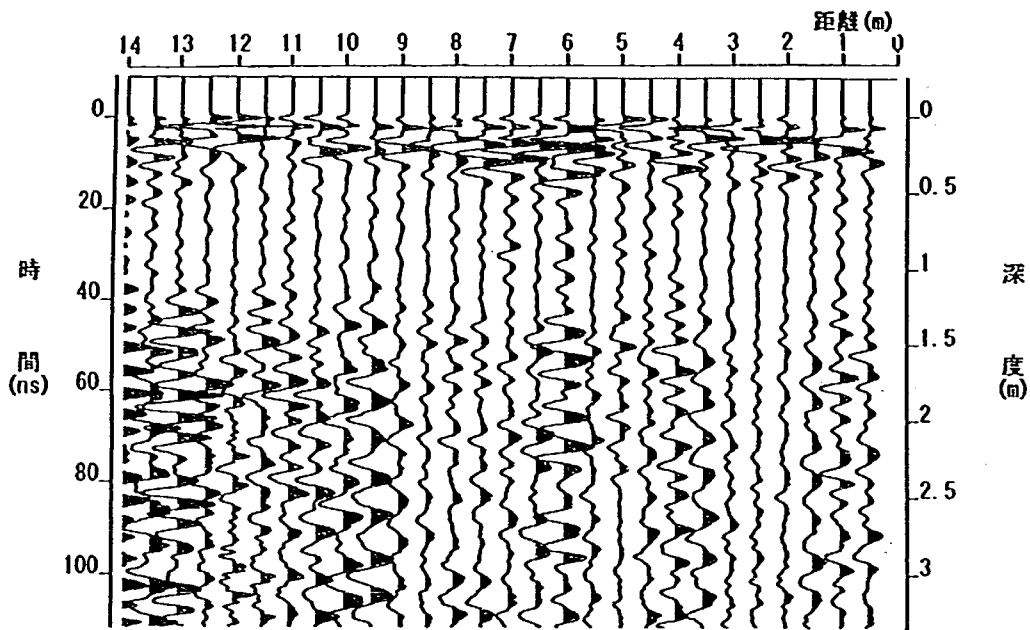


図-9 プロファイル測定観測結果例

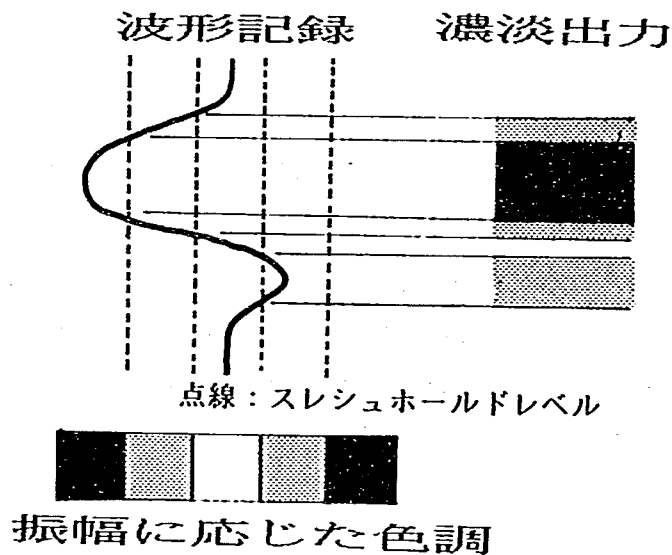


図-10 グラフィック出力における色調

グラフィック出力で、反射は振幅がスレッシュホールド以下となり白くなる場合や、濃淡の一樣な縞模様でノイズになる場合は、測定限界を超えている部分である。図-11に示す例では、時間レンジで40nsが当地盤における測定限界ということになる。

反射波は通常複数のサイクルの波として現れることが多い。特に強い反射や空間的に幅のある反射体からの反射は多重反射を起こし、時間軸の下の方まで反射波が多数観測される場合が多い。よって、どの反射波が反射面の正確な深度に関する情報を表しているのか、振幅や前後関係等から慎重に決定する。

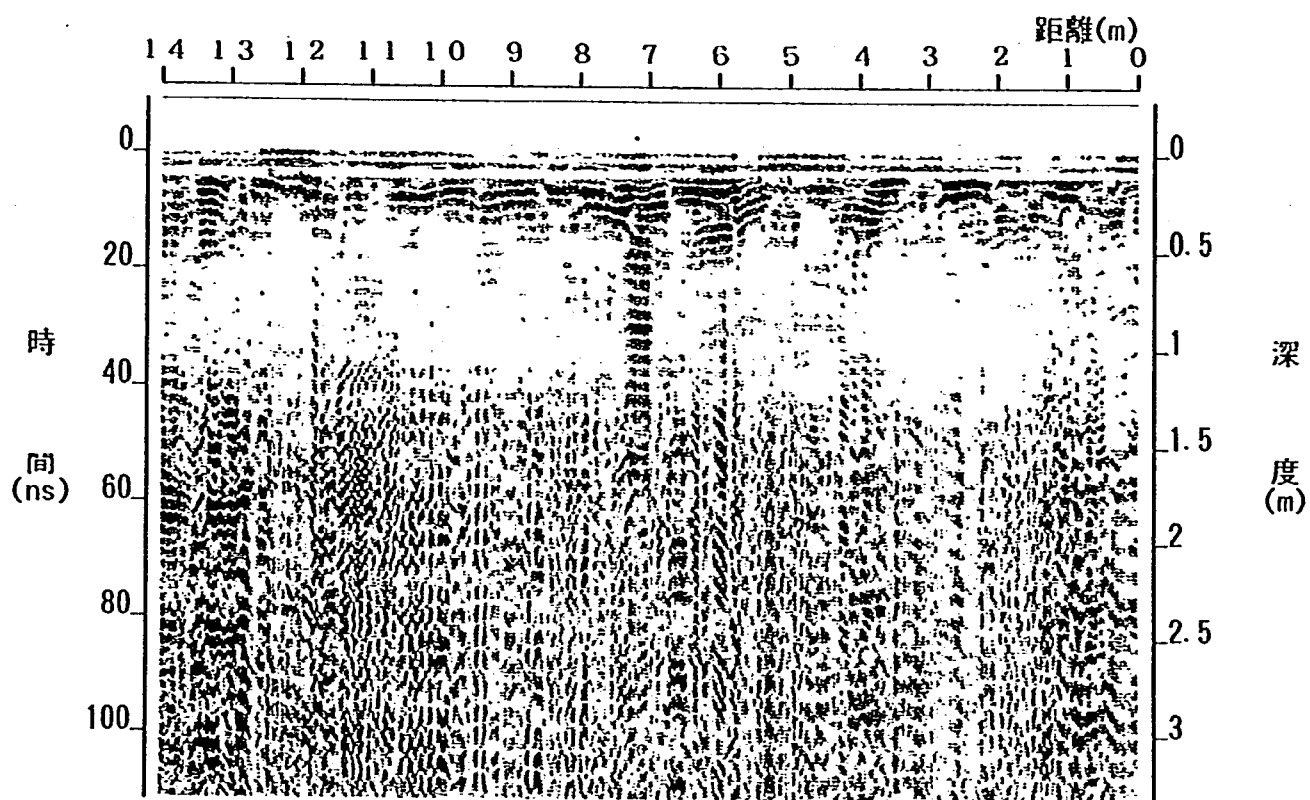


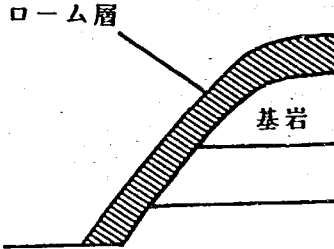
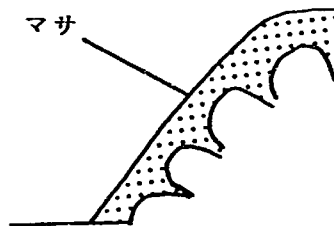
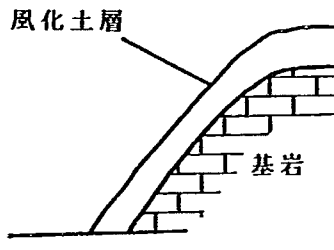
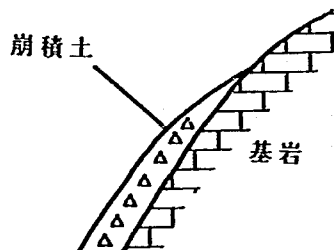
図-11 グラフィック出力結果例

2. 急傾斜地における地下レーダー調査

比較的柔らかい表層土と締まった地層では、電磁波の伝播速度が異なると考えられ、地下レーダーにより表層土厚の調査が可能であると考えられる。

そこで、表-1に示すような各種の急傾斜地において、地下レーダーによる表層土厚調査を平成5年度及び平成6年度に実施し、地下レーダーの有効性について検討した。なお、特に明記していない限り、距離は斜距離を表すものとする。

表-1 調査地一覧表

調査地	地層の状況	模式図
神奈川県	地表の状況：粘性土 ローム 基盤の状況：第四紀砂岩泥岩堆積層	
香川県	地表の状況：砂質土 地盤の状況：強風化岩	
福島県 富山県	地表の状況：粘性土 強風化岩 基盤の状況：第三紀砂岩・泥岩互層 溶結凝灰岩	
和歌山県	地表の状況：粘土混じり 砂礫 基盤の状況：中生層粘板岩	

2. 1. 福島県白河市広谷地内

1) 地形・地質概要

図-12は、福島県の調査地位置図である。調査地は、JR白河駅から北東に6kmに位置する傾斜 $30\sim35^\circ$ の斜面である。調査地の地質は、図-13の地質図に示すように固結度の高い石英安山岩質の溶結凝灰岩が分布しており、その上位に約50cm~1mの軽石層またはロームと考えられる表層土が分布する。

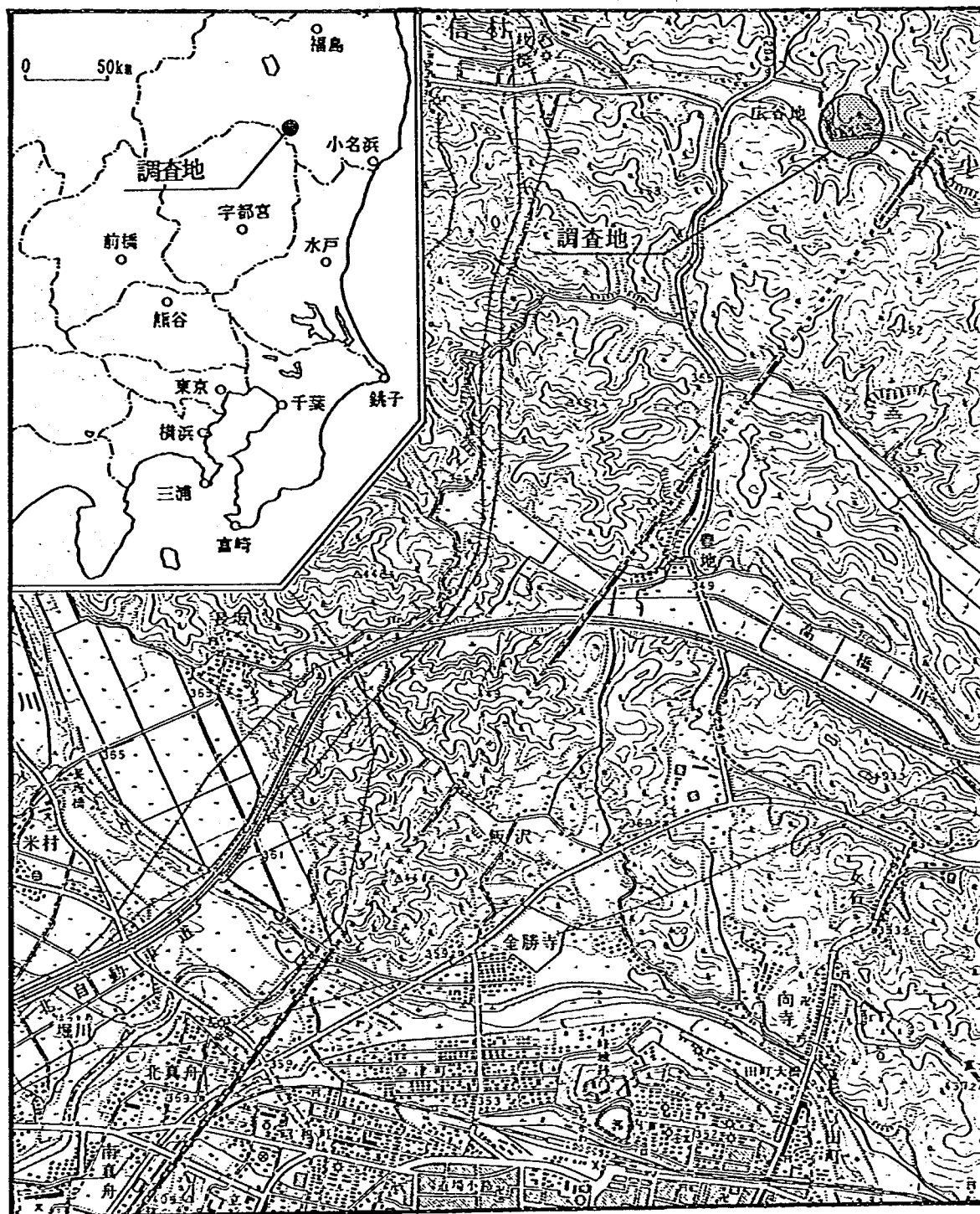
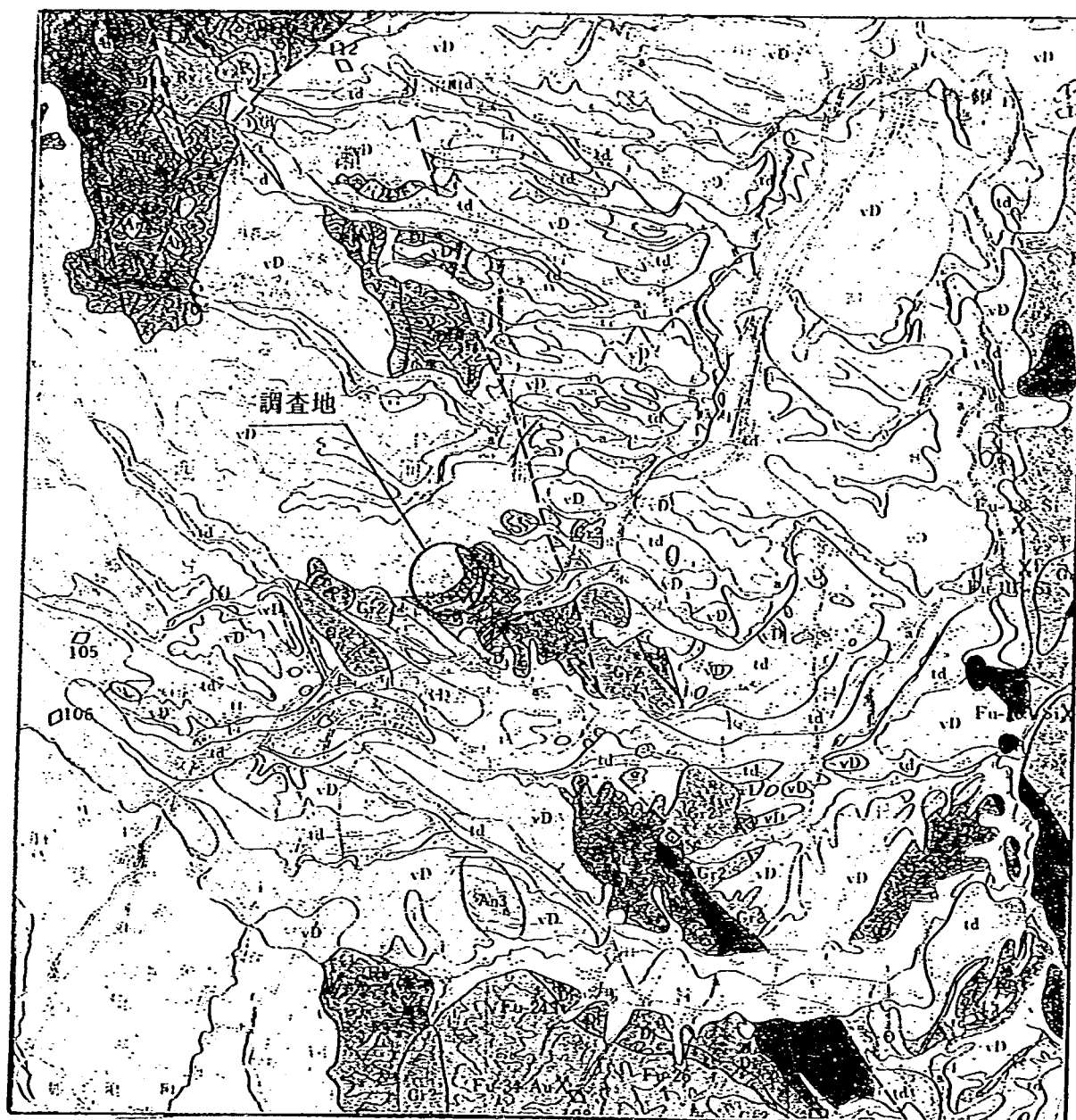


図-12 調査地位置図 (S=1:25,000)



0 10km

- 第四系 Quaternary
- 全新統 (Holocene) 沖積地堆植物 Alluvial deposits
- 砂丘堆植物 Sand dune deposits
- 段丘堆植物 Terrace deposits
- 更新統 (Pleistocene) 扇状地性堆植物 Fangiomerates
- 火山岩屑 (泥流堆植物も含む) Volcanic detritus (mud flow deposits)
- 第三系 Tertiary
- 中新統 (Miocene) 大石層, 台島層および相当層 Oishi and Daijima Formation and its correlatives
- 白亜紀花崗岩類 Cretaceous granites

- 0.01Ma
- a 礫, 砂および泥 Gravel, sand and mud (clay)
- s 砂 Sand
- td 礫, 砂, 粘土 Gravel, sand and clay
- r 礫, 砂, 粘土 Gravel, sand and clay
- vD 火山岩塊, 礫, 砂, 泥 Block, gravel, sand and mud
- td1 低位
- td2 中位
- td3 高位
- 緑色凝灰岩, 凝灰角礫岩, 凝灰質泥岩 Green tuff, tuff-breccia and tuffaceous mudstone
- 花崗岩類 Granites

図-13 調査地周辺地質図 (S=1:200,000) 2)

調査地周辺の写真を写真1、写真2に示すが、写真からもわかるように表層土と基岩の境が非常に明瞭な地区である。この斜面に図-14に示すように測線長40mの測線を2本設定した。

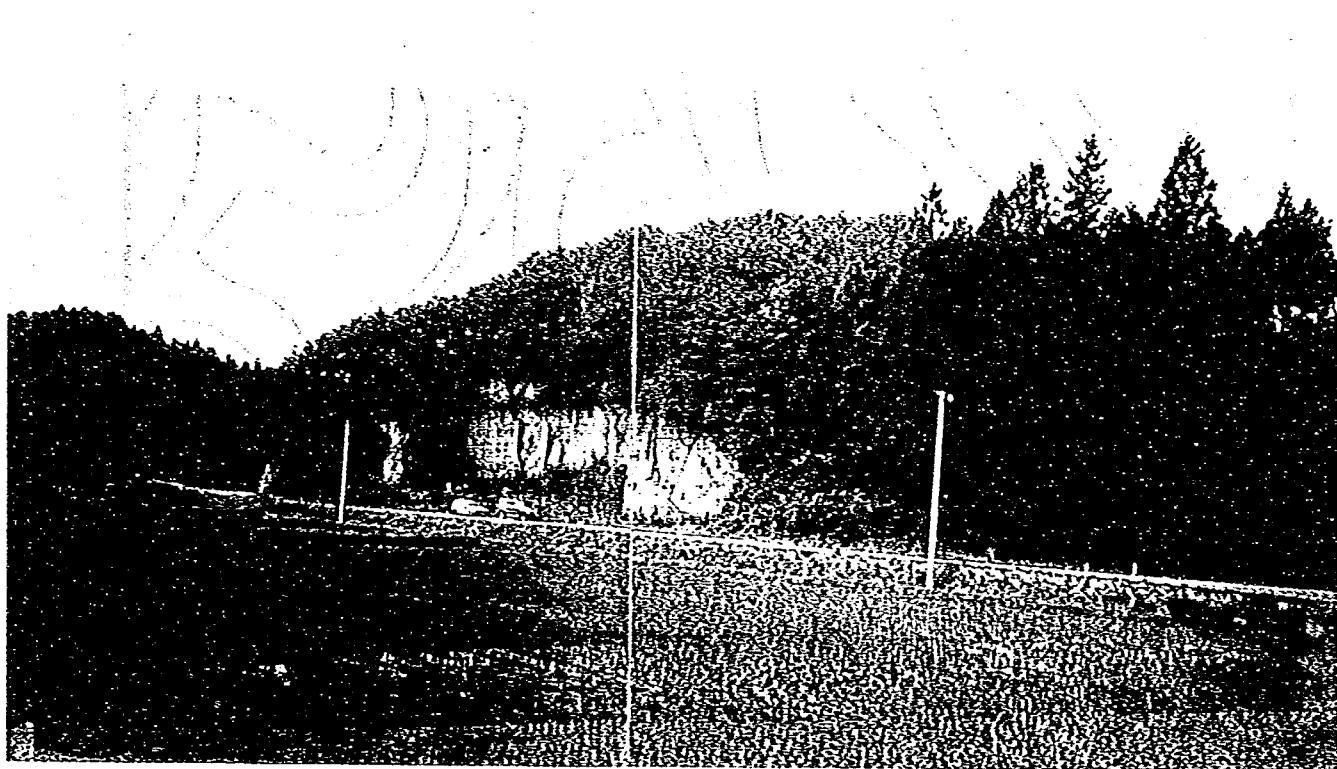


写真1 調査地全景



写真2 地層状況

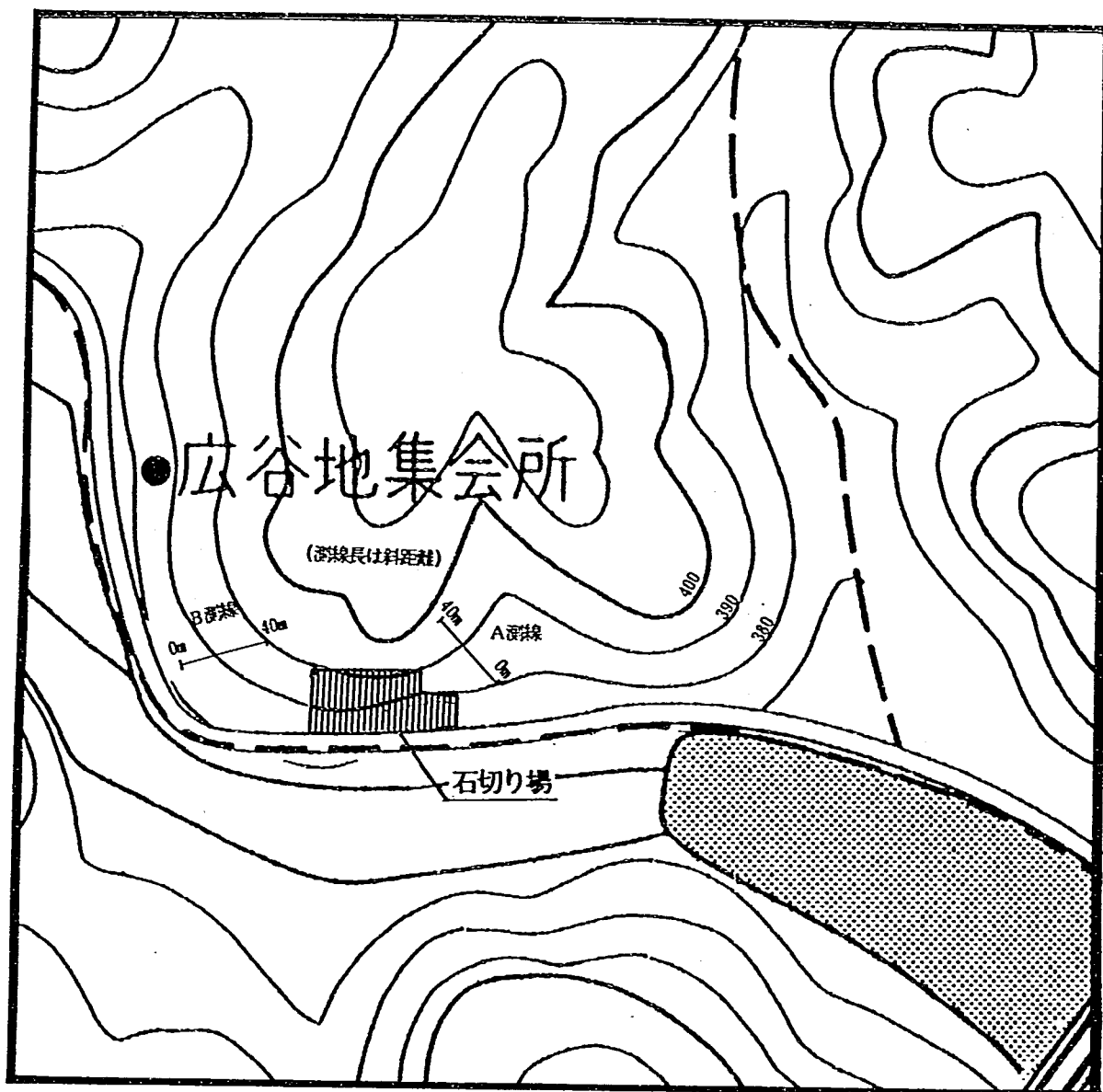


図-14 測線位置図

2)測定結果

本地区の調査に用いた地下レーダーの周波数は、100, 300, 500MHzである。また、1m間隔で簡易貫入試験を実施して、地下レーダーの結果と比較した。図-15(a), (b)は、代表的な地点での簡易貫入試験結果である。本地区は、表層土の下位がすぐ溶結凝灰岩となるため、簡易貫入試験結果も明瞭で急激にNc値が大きくなっている。なお、A測線では、27m付近から表層土厚が厚くなっている。また、A測線20mでの簡易貫入試験結果のようなNc値の変化は転石による影響と思われる。

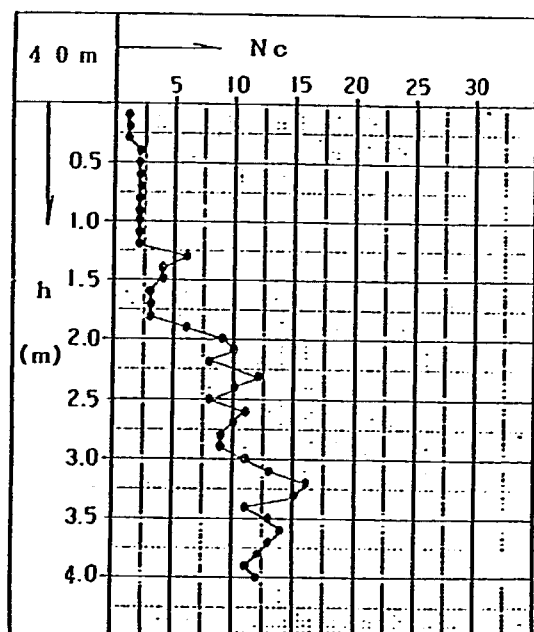
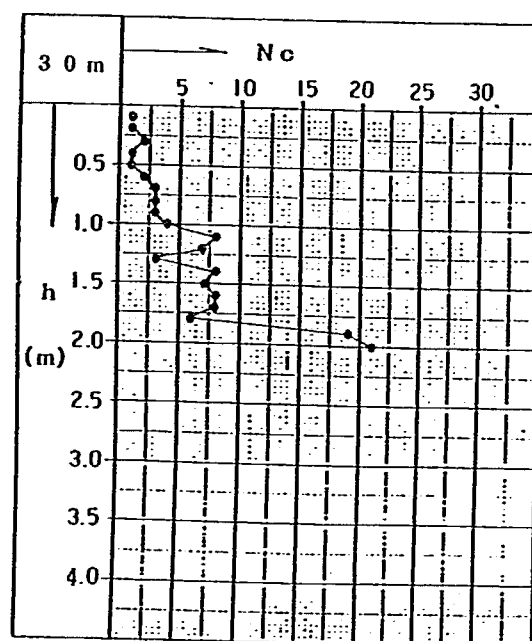
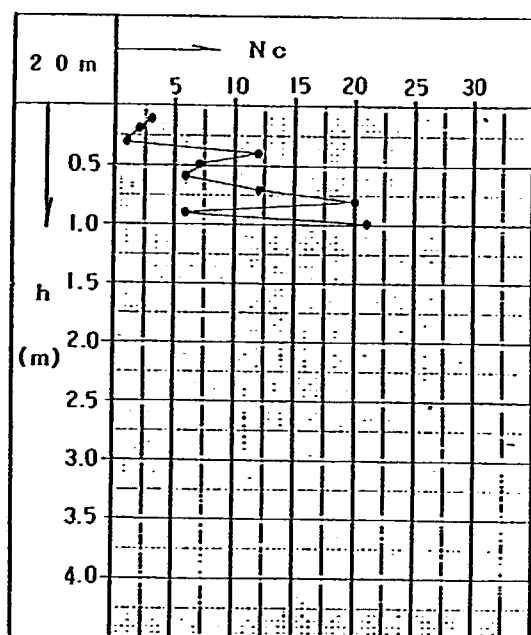
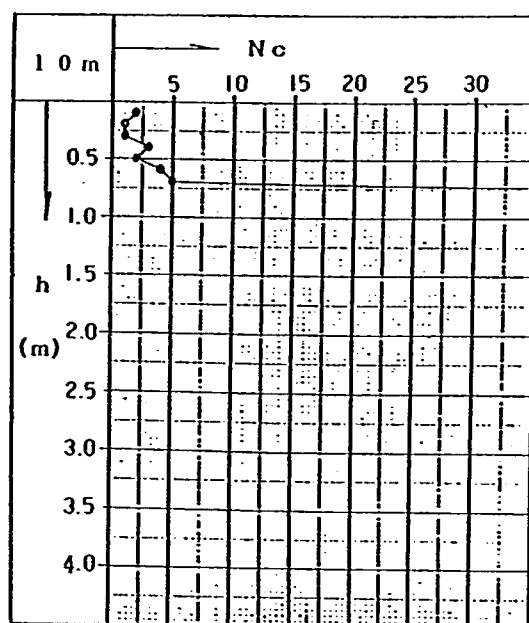
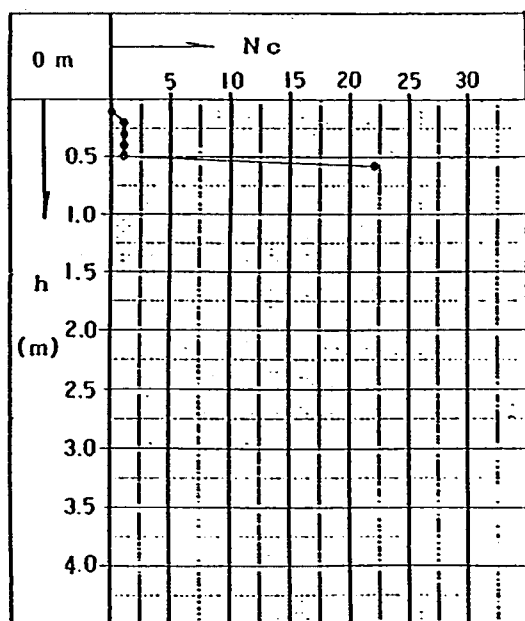


図-15(a) 福島県A測線簡易貫入試験結果

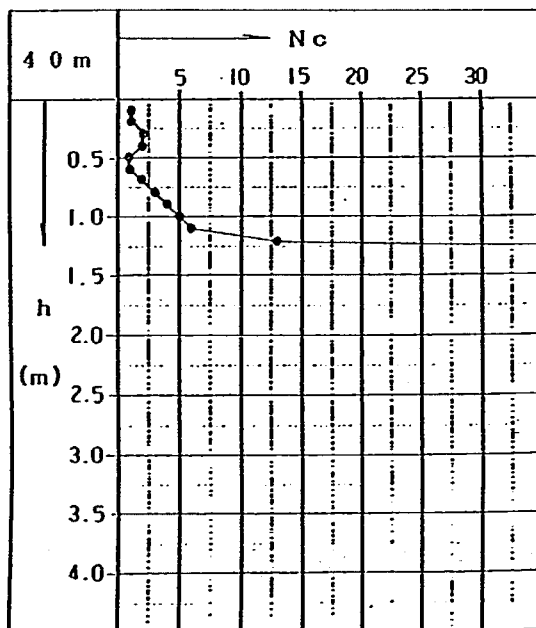
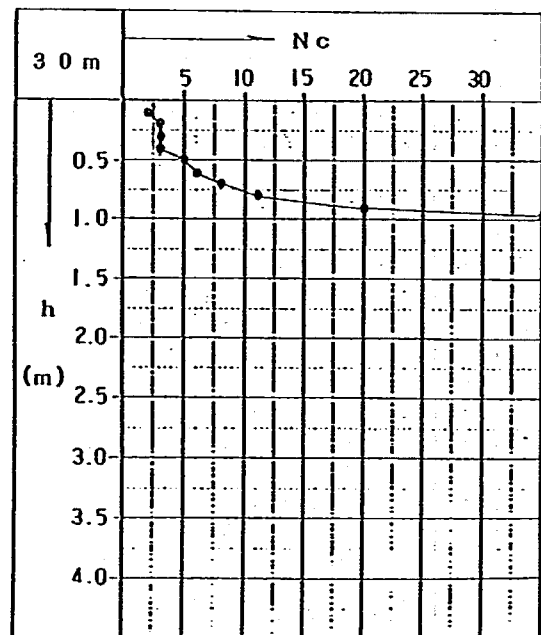
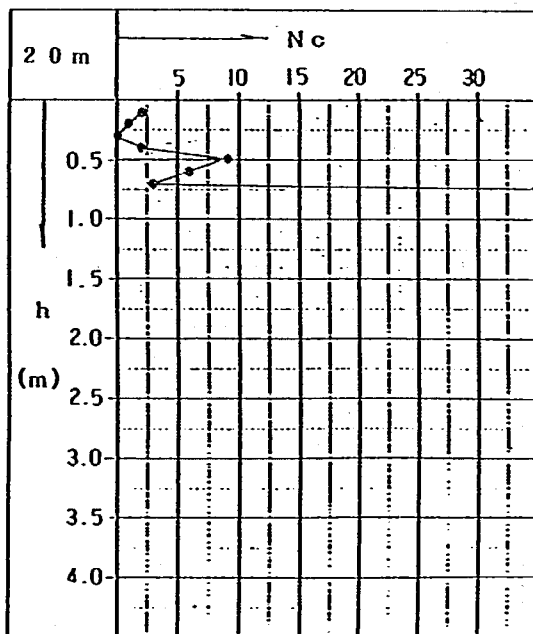
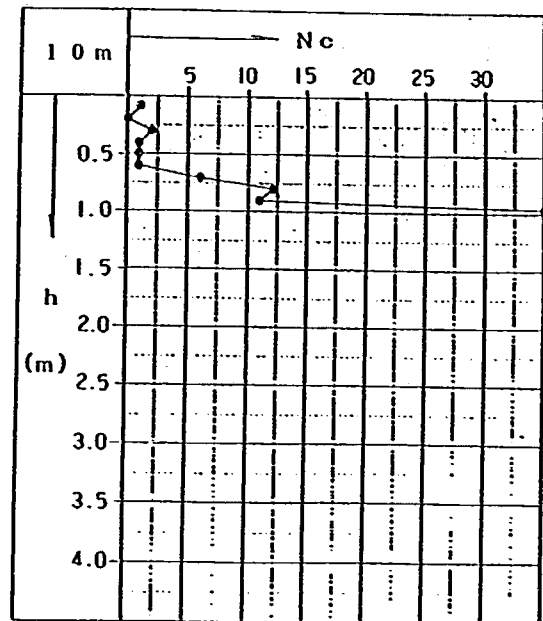
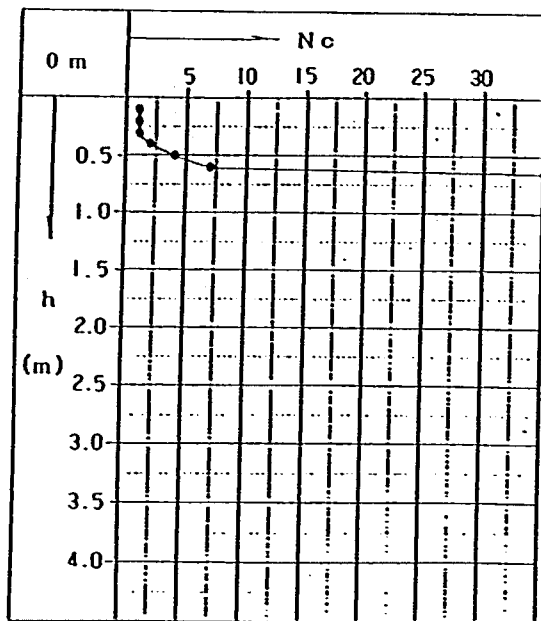


図-15(b) 福島県B測線簡易貫入試験結果

地下レーダー調査結果では、ワイドアングル測定により本地区の表層土の電磁波伝播速度は、表－2に示すようにA測線では5.3cm/ns、B測線では6.5cm/nsであった。

また、本地区のプロファイル測定による各アンテナ周波数での地下レーダー結果には、表－3の特徴がみられた。

表－2 電磁波伝播速度

測線	位置(m)	電磁波伝播速度(cm/ns)
A	4	5.5
	20	5.1 (平均：5.3)
B	5	6.3
	20	6.7 (平均：6.5)

表－3 地下レーダー観測結果の特徴

アンテナ 周波数	記 録 の 特 徴
500MHz	もっとも明瞭に反射面が捉えられている。 (最大探査深度1.7m)
300MHz	500MHzと同様に反射面が捉えられているが、反射面が浅部のため、直接波と反射波の識別がしにくい(最大探査深度1.7m)
100MHz B測線のみ	500MHzと同様に反射面が捉えられているが、反射面が浅部のため、直接波と反射波の識別がしにくい(最大探査深度1.7m)

本地区の500MHzの地下レーダー探査結果を図－16(a)，(b)に示す。記録左端が側線の始点側で斜面下方にあたる。

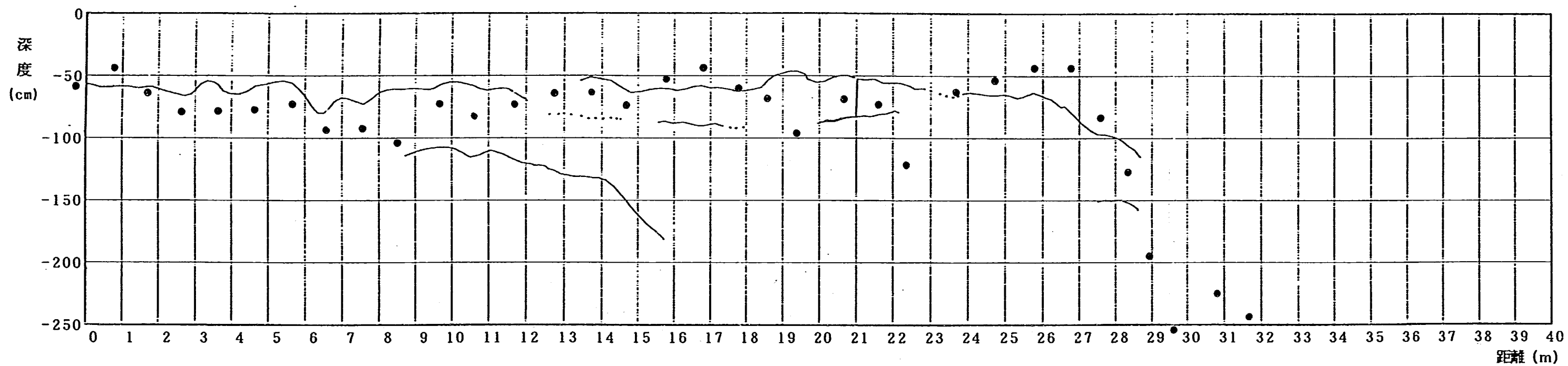
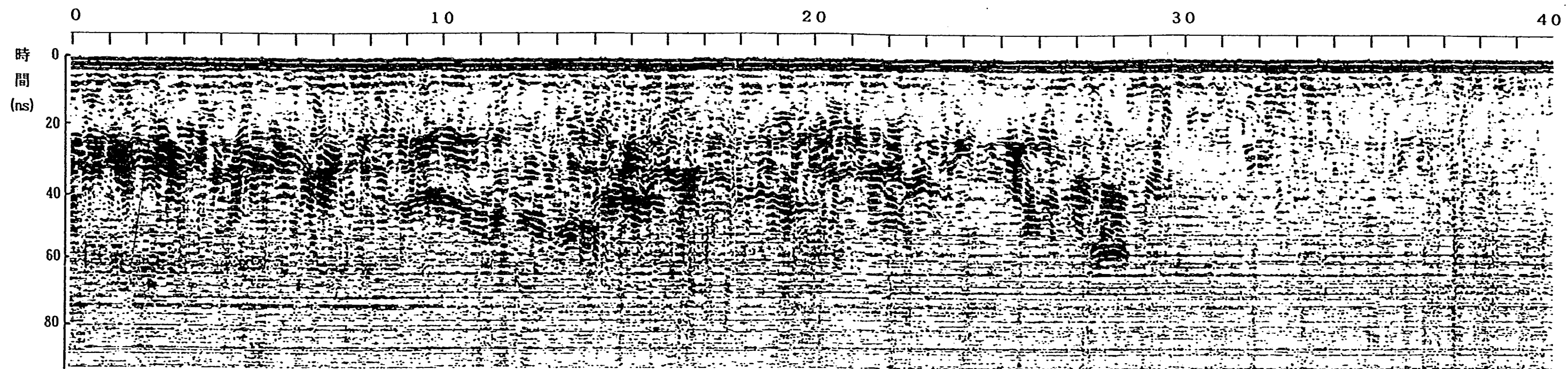
また、代表的な位置での簡易貫入試験結果に反射面を書き入れたものが図－17(a)，(b)である。

3)考察

本地区は、現地踏査、簡易貫入試験結果よりわかるように、固結度の高い石英安山岩質の溶結凝灰岩の上位に約50cm～1mの表層土が分布している地区であり、表層土厚も薄く、表層土と基岩の境界が明瞭である。

本地区では、500MHzの周波数で、もっとも明瞭な反射波を得ることができた。100，300MHzでも明瞭な反射波を得ることが出来たが、境界面の深度が浅いため、地表面での反射と境界面の反射が識別しにくい結果となった。

また、図－16からわかるように、A測線、B測線でも、反射波が複数の面で認められた。これ



———— : 地下レーダー記録上の反射面位置
 ● : 簡易貫入試験結果 (N c 値 ≥ 20)
 ただし、34m以降は4m以深

図-16(a) 地下レーダー調査結果と簡易貫入試験の対比 (福島県A測線: 500MHz)

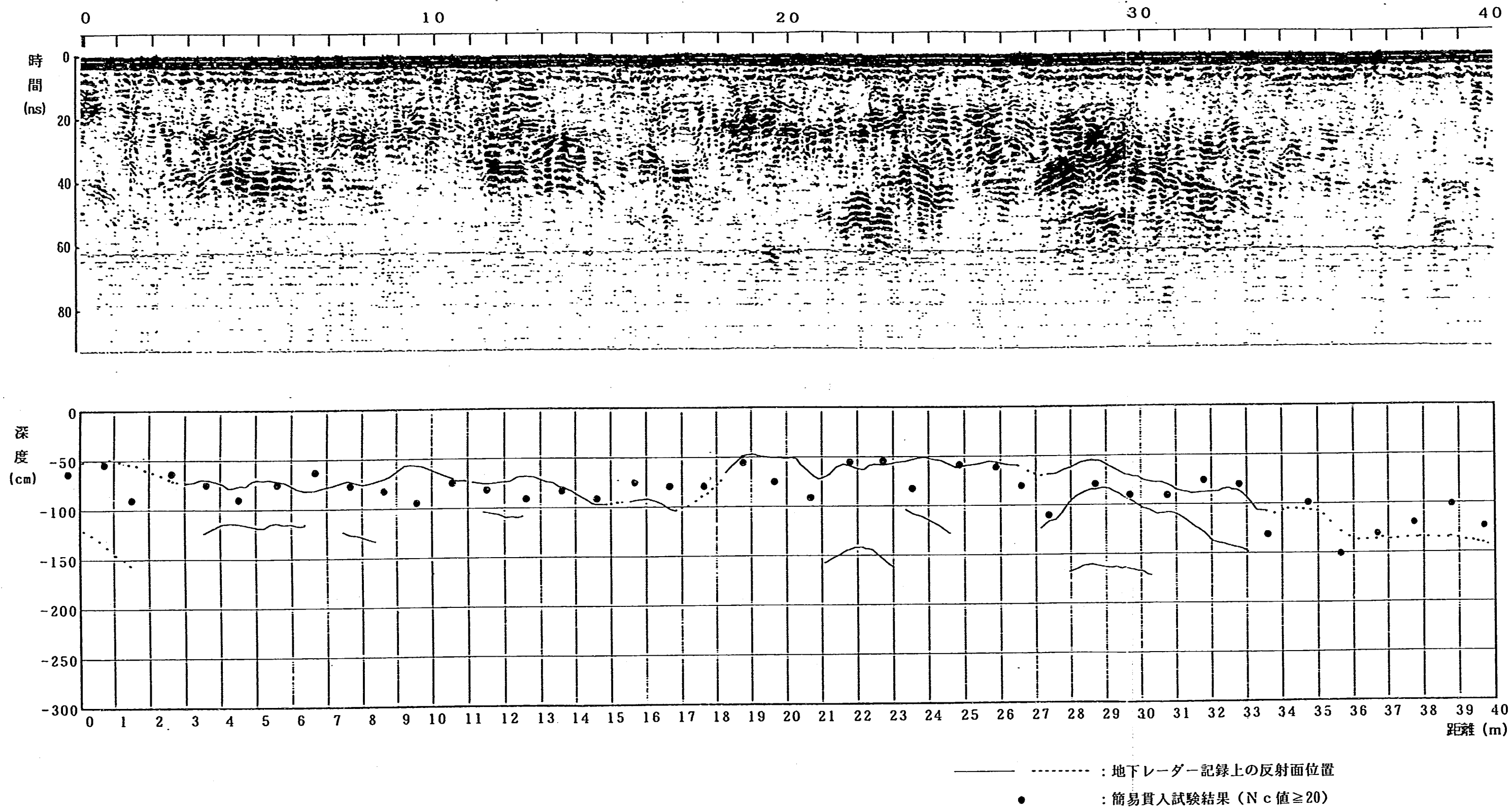
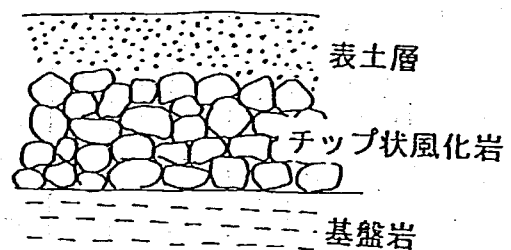
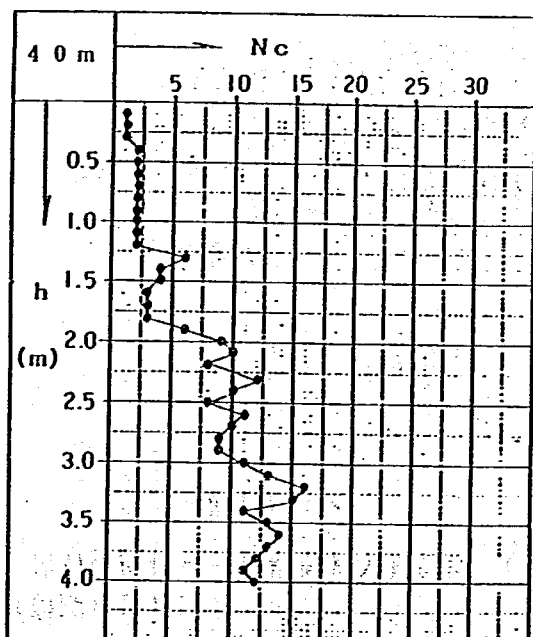
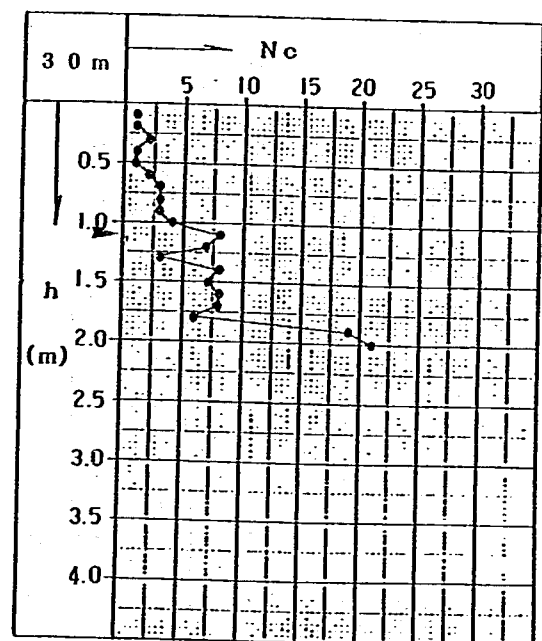
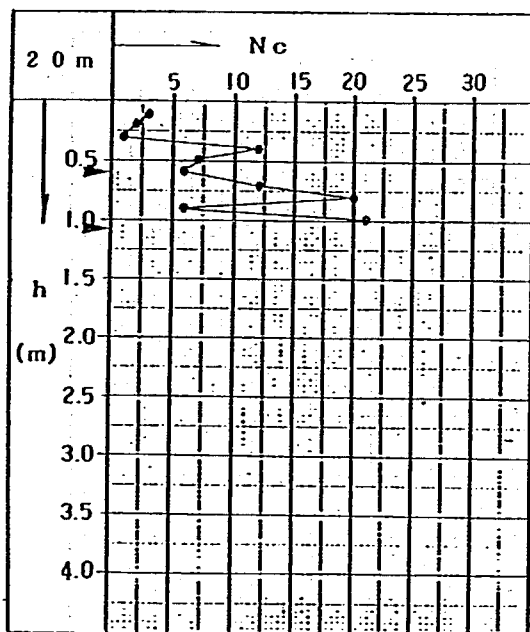
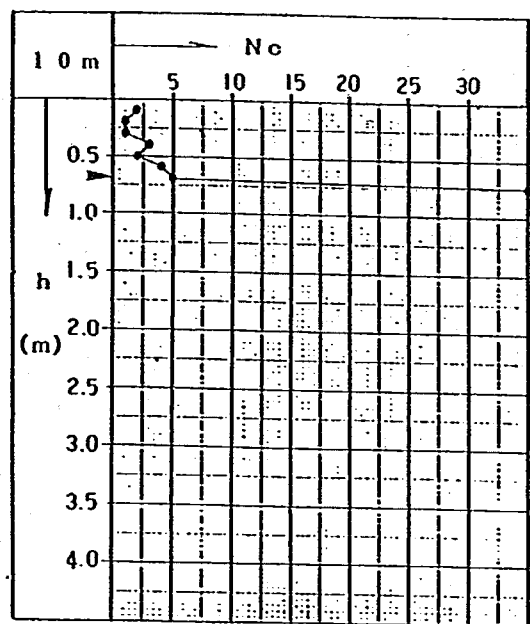
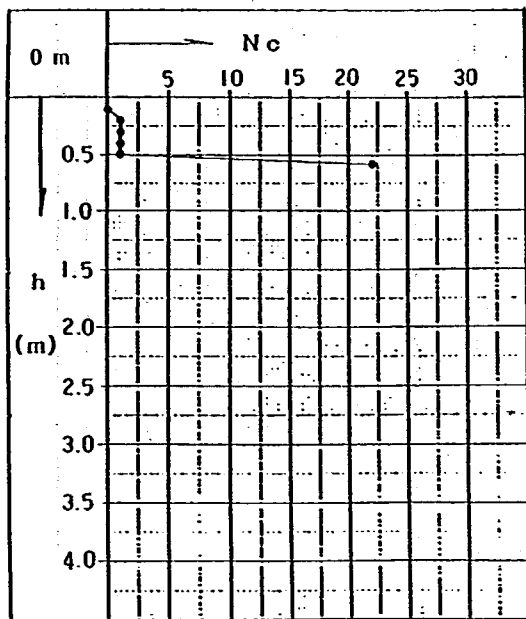


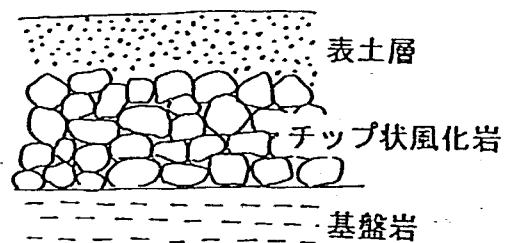
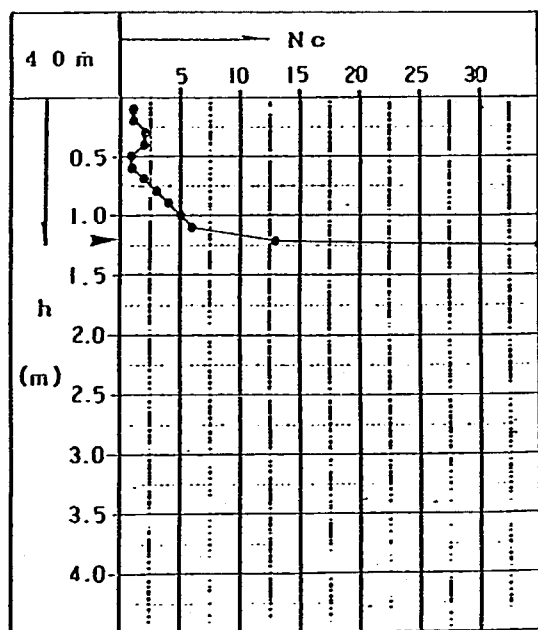
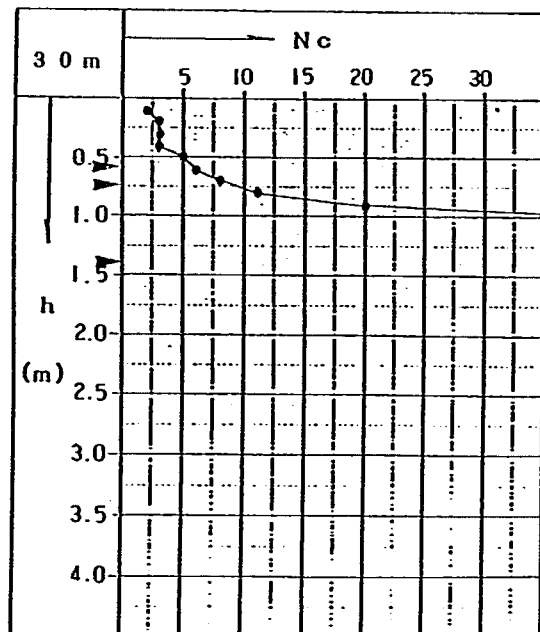
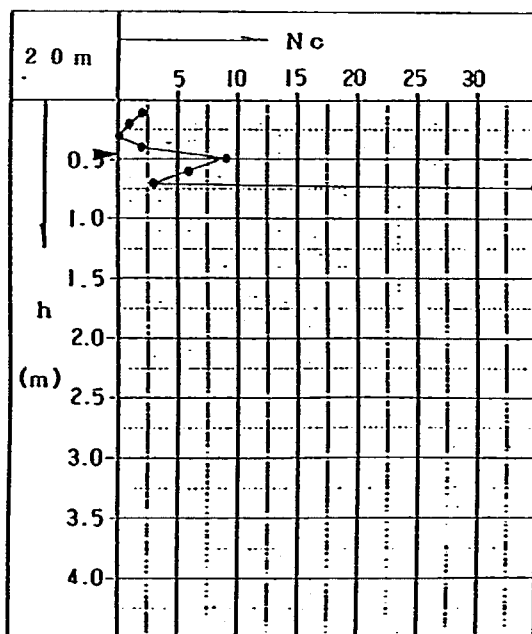
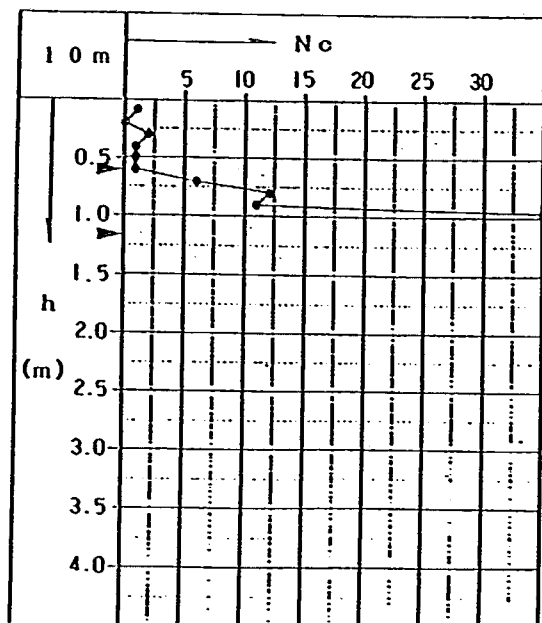
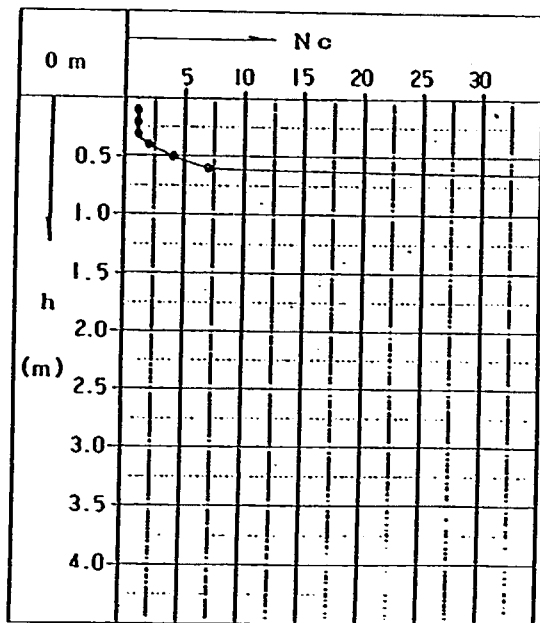
図-16(b) 地下レーダー調査結果と簡易貫入試験の対比 (福島県B測線: 500MHz)



風化層模式図

▶ 反射面

図-17(a) 簡易貫入試験結果と反射面の位置
(福島県A測線)



風化層模式図

▶ 反射面

図-17(b) 簡易貫入試験結果と反射面の位置
(福島県B測線)

は、写真2からわかるように基岩上面、表土と基岩の間にあるチップ状の風化岩帯上面の2つの面で反射波が発生したことによるものと考えられる。

また、A測線では、27m地点から表層土厚も厚くなっており、探査結果でもこの傾向は認められているが、29m地点から表層土厚が厚くなり、反射波は得られなかった。

2. 2. 神奈川県横浜市鶴見区駒岡神社前地区

1) 地形・地質概要

図-18は、神奈川県の調査地位置図である。調査地は、JR鶴見駅より北西に3kmの地点に位置する標高42mの台地の縁部の急傾斜地にあたり、斜面の傾斜は30~35°である。

調査地の周辺の地質は、図-19に示すように更新世前期の砂岩泥岩互層を基盤とする礫・砂・粘土からなる洪積台地であり、その最上位は、新期のローム層に覆われている。写真3、写真4に調査地の全景を示す。

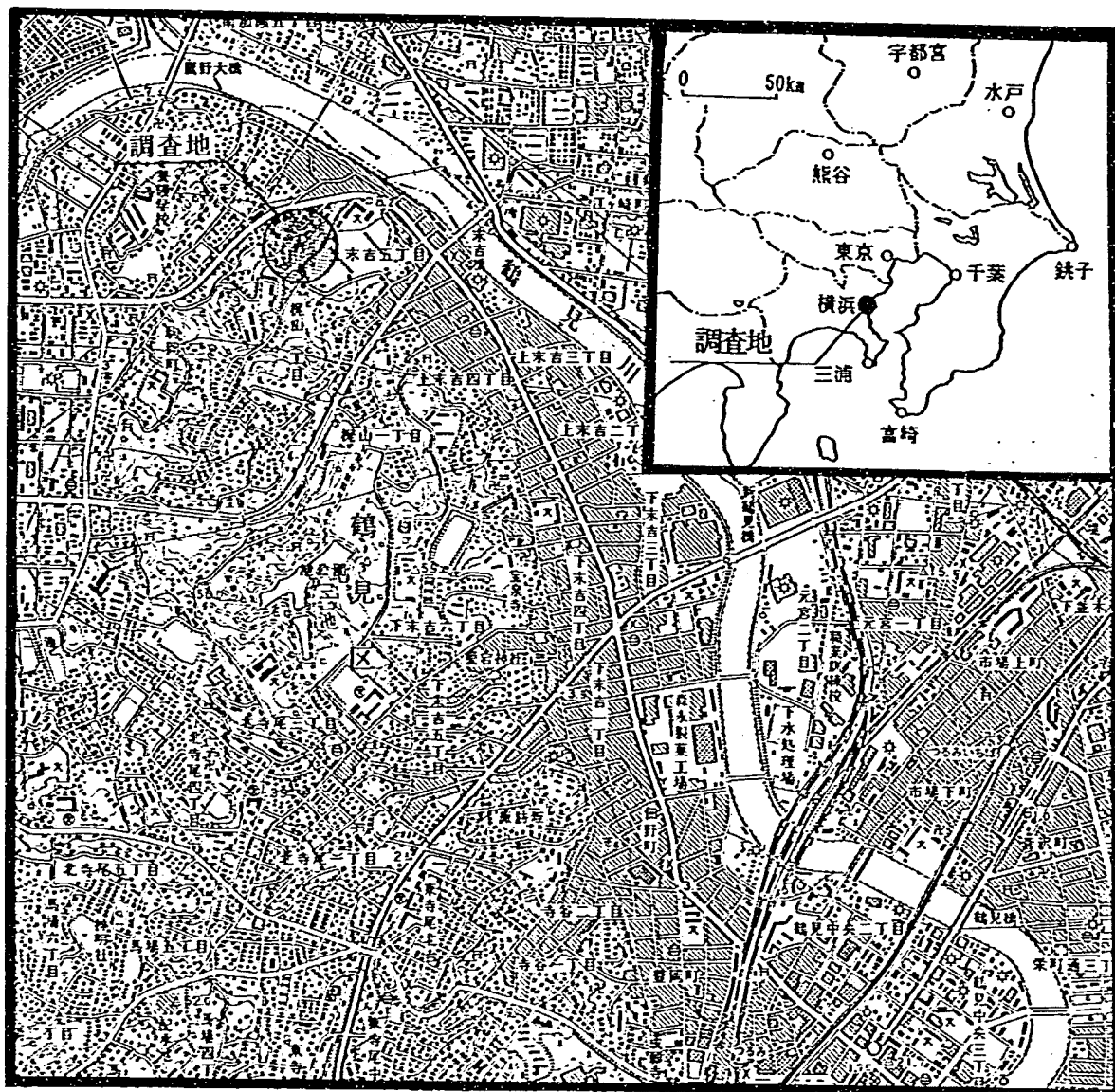
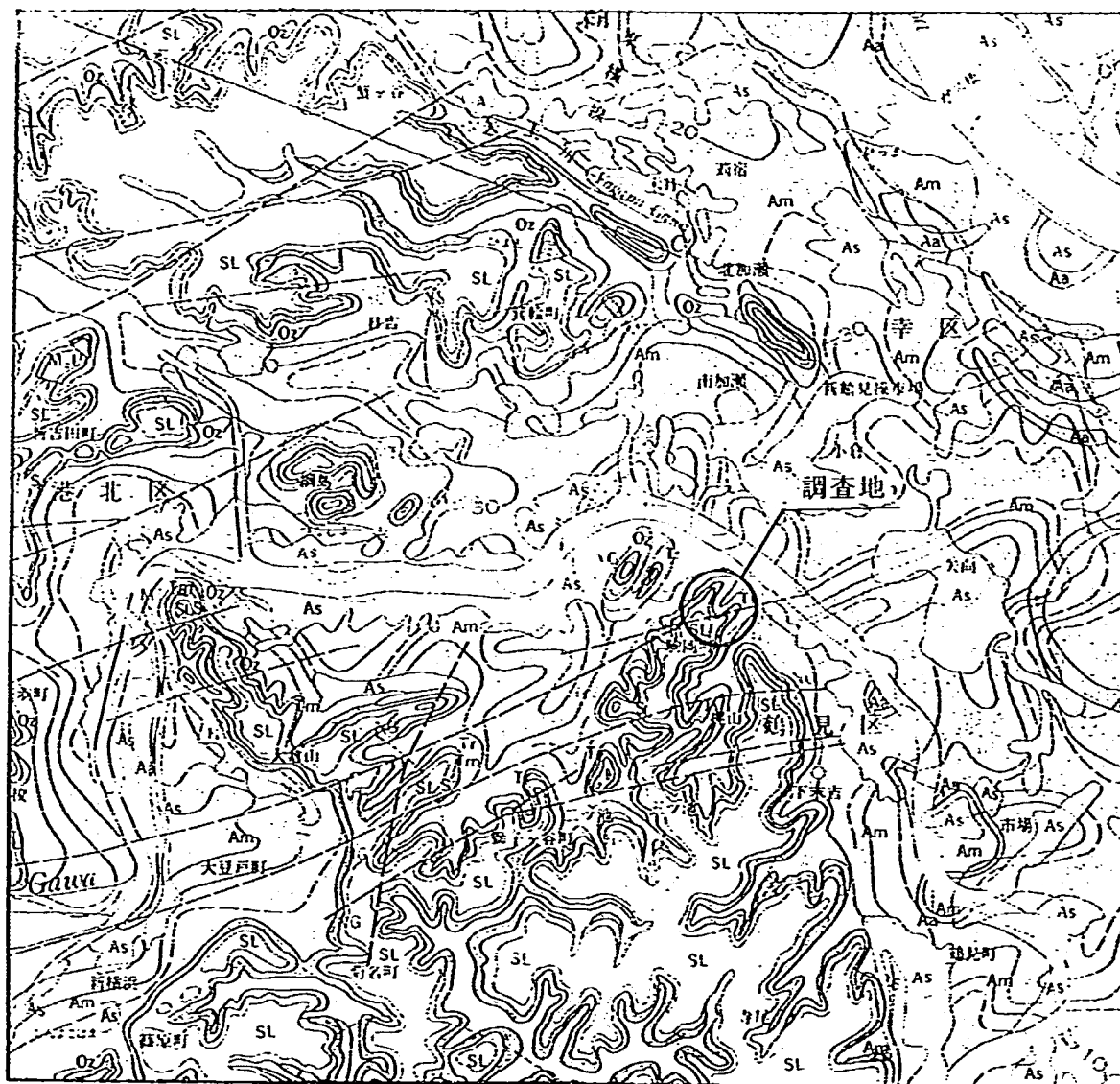


図-18 調査地位置図 (S=1:25,000)



現河床堆積物
Flood plain deposits

礫・砂及び泥
Gravel, sand and mud

旧河道堆積物
Abandoned channel deposits

Aa 泥
Mud

低湿地堆積物
Back marsh deposits

Am 泥
Mud

自然堤防及び砂州堆積物
Natural levee and sand bar deposits

As 砂及び礫
Sand and gravel

武蔵野ローム層中部
Middle Musashino Loam

M.L 火山灰（軽石層を挟む）
Volcanic ash (with pumice layers)

下末吉ローム層
Shimosueyoshi Loam

SL 火山灰（軽石層及びスコリア層を挟む）
Volcanic ash (with pumice and scoria layers)

下末吉層
Shimosueyoshi Formation

S 泥・砂・礫及び火山灰（軽石層を挟む）
Mud, sand, gravel and volcanic ash (with pumice layers)

鶴見層
Tsurumi Formation

泥・砂・礫及び火山灰（軽石層及びスコリア層を挟む）
Mud, sand, gravel and volcanic ash (with pumice and scoria layers)

王様寺層
Ozenji Formation

Oz 泥礫ち砂岩泥岩互層（ときに乱堆積層を挟む）
Muddy alternation of sandstone and mudstone (with slumping beds)

図-19 調査地周辺図 (S=1:50,000) 3)



写真3 調査地全景

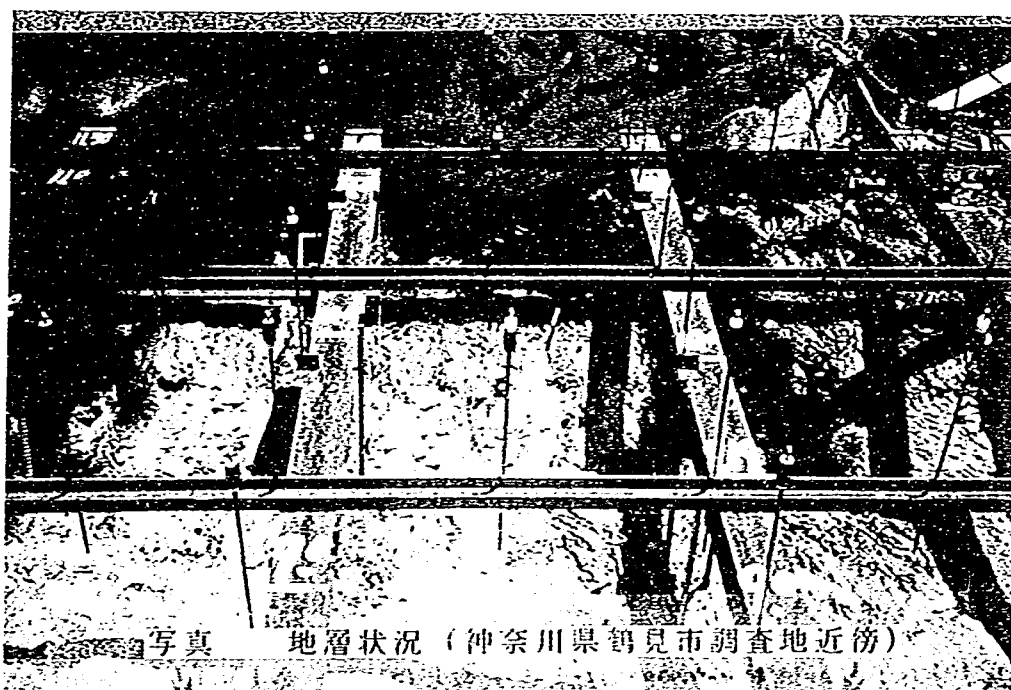


写真4 地層状況（神奈川県鶴見市調査地近傍）

写真4 調査地周辺の地層状況

[illegible]

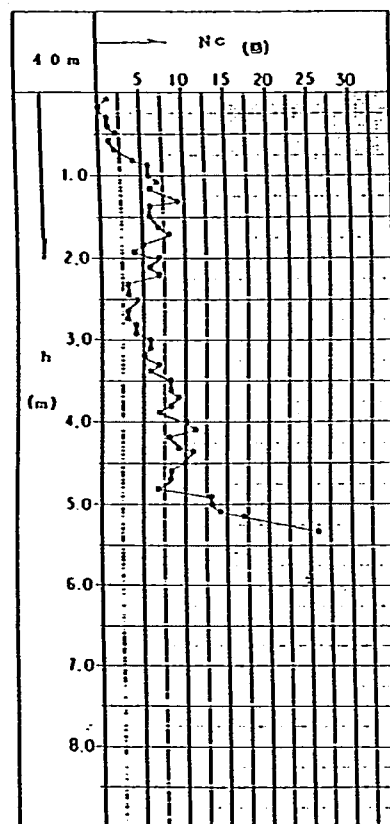
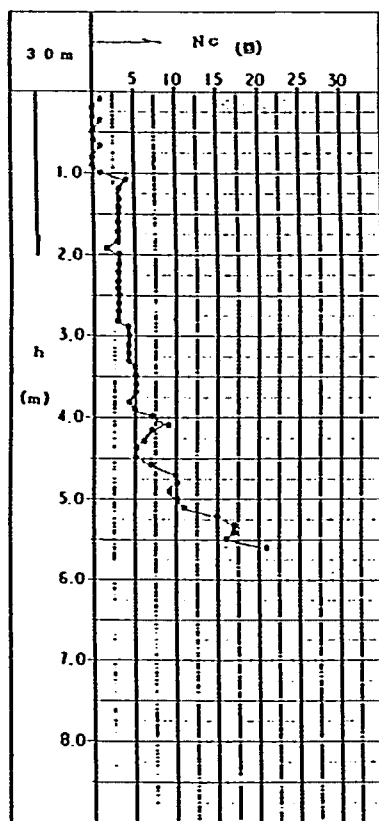
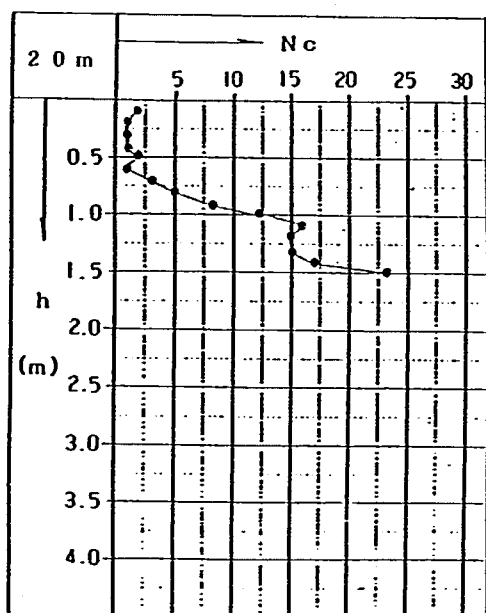
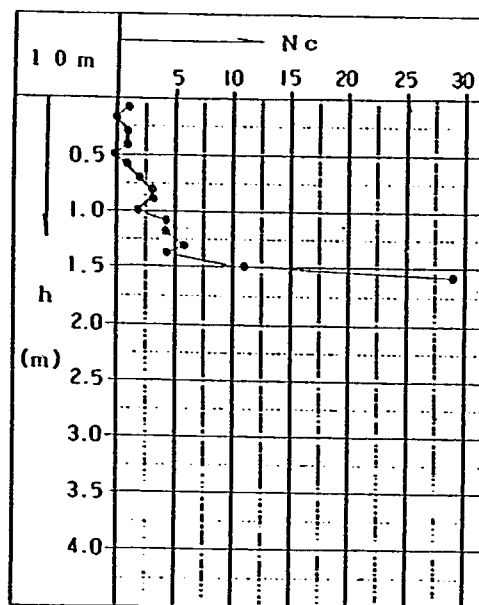
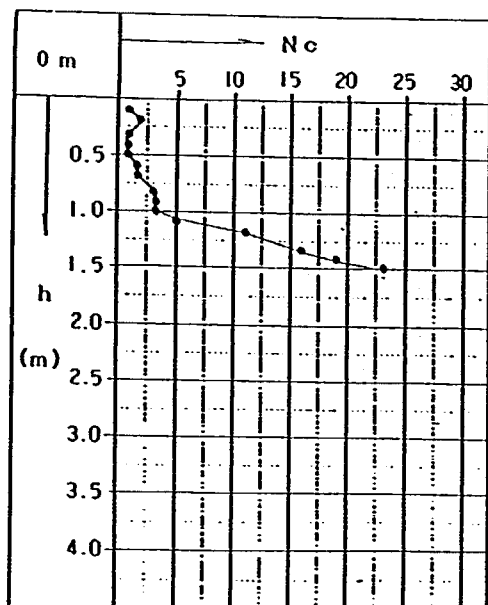


図-21(a) 神奈川県A測線簡易貫入試験結果

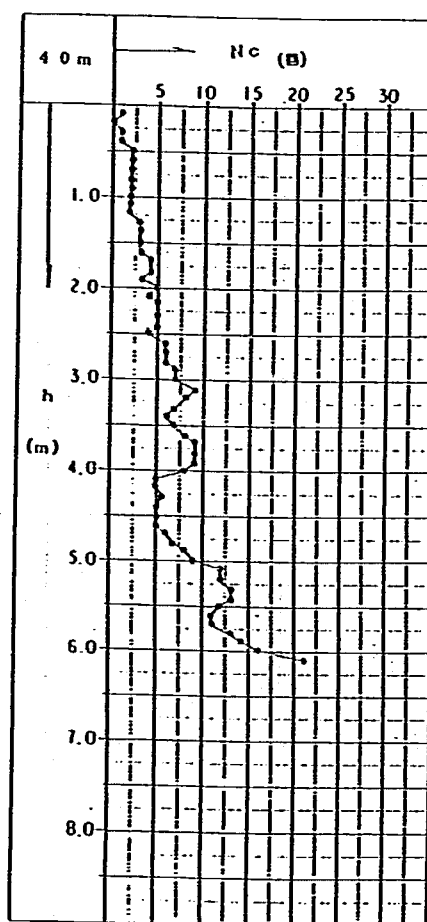
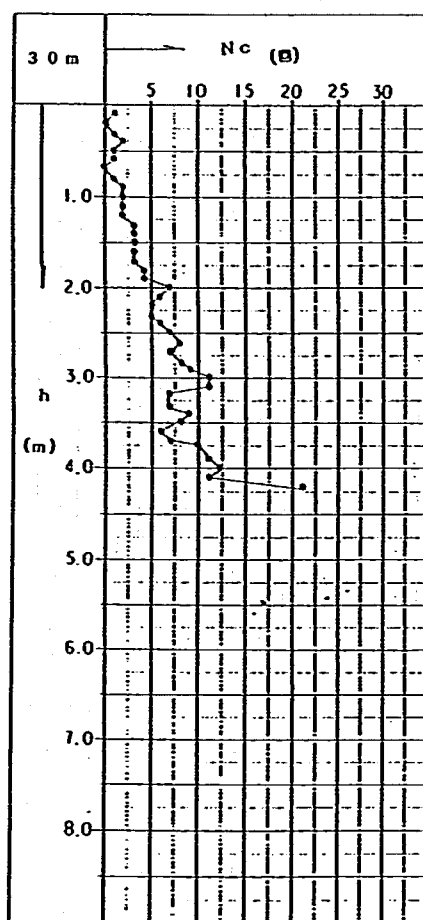
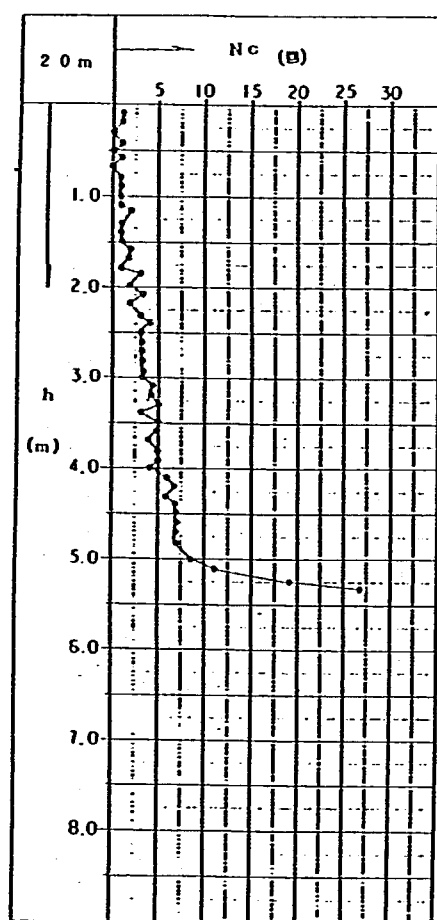
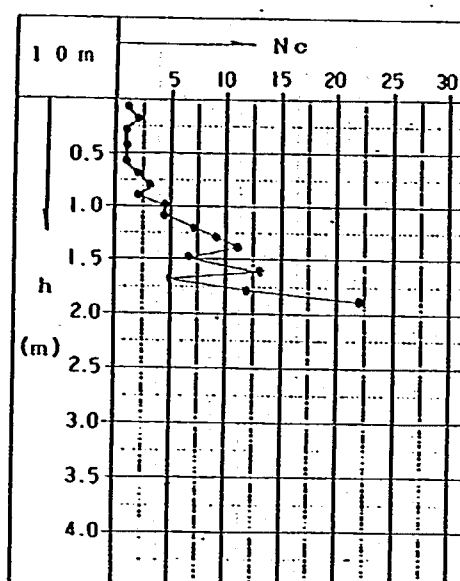
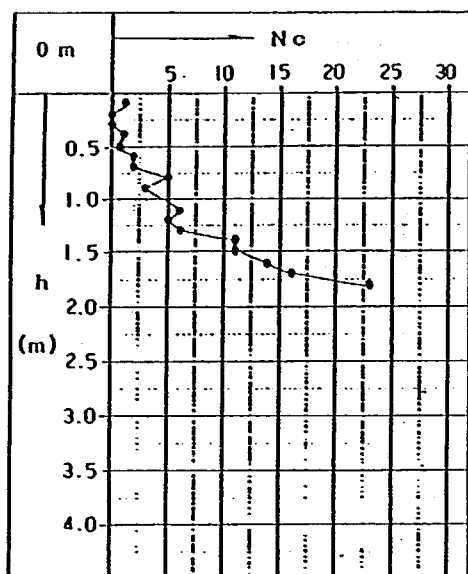


図-21(b) 神奈川県B測線簡易貫入試験結果

測線では7.5cm/ns, B測線では7.7cm/nsであった。

本地区のプロファイル測定による各アンテナ周波数での地下レーダー結果には、表－5の特徴がみられた。

表－4 電磁波伝播速度

測線	位置(m)	電磁波伝播速度(cm/ns)
A	20	7.5
B	20	7.7

表－5 地下レーダー観測結果の特徴

アンテナ周波数	記録の特徴
500MHz	明瞭な反射面はB測線の33m以降にの浅部に認められるだけである。(最大探査深度1.5m)
300MHz	4.5mまで反射面を捉えているが、測線方向に連続した反射波、部分的にしか認められない(最大探査深度4.5m)
100MHz	他のアンテナに比べより深部の反射面が捉えられているが、測線方向に連続した反射波は、一部(最大探査深度5.7m)

本地区の300MHz(A測線), 100MHz(B測線)の地下レーダー探査結果を図－22に示す。記録左端が側線の始点側で斜面下方にあたる。

また、代表的な位置での簡易貫入試験結果に反射面を書き入れたものが図－23である。

3)考察

本地区では、100, 300, 500MHzの各周波数とも反射波を得ることが出来た。しかしながら、測線方向に連続した反射波は一部にしか認められなかった。

また、図－22に示すように、簡易貫入試験結果のN値が20以上(ある程度連続性のあるN c 値の変換点)になる位置は、1～5m非常に深く、地下レーダー探査結果と一致しなかった。

本地区の場合周波数が長いほど探査深度が深くなっているが、地質状況を反映した有効な反射面が得られたとは言い難い結果となった。

簡易貫入試験結果によると本地区は、N c 値が表層から深部に行くに従って徐々に増加しており、N c 値20以上の地層も表層土とほぼ同じ土質で構成されていると考えられる。このような場合、電磁波が反射するための明瞭な境界がなく、良好な結果を得ることが出来なかったものといえる。

また、電磁波伝播速度は、その土質の空隙率と含水率に左右されることから、降雨によって、反射面があらわれた可能性がある。

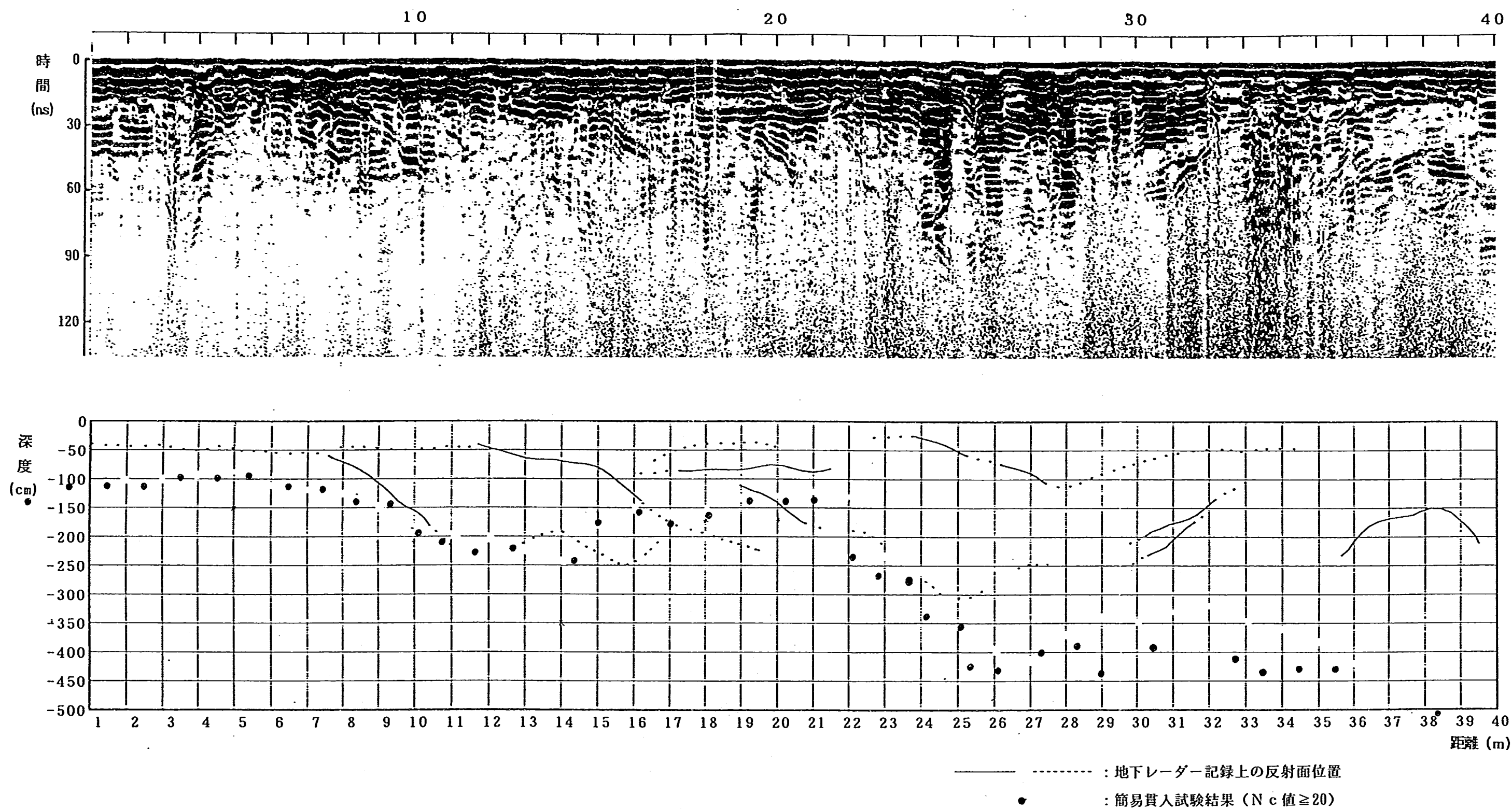


図-22(a) 地下レーダー調査結果と簡易貫入試験の対比 (神奈川県A測線: 300MHz)

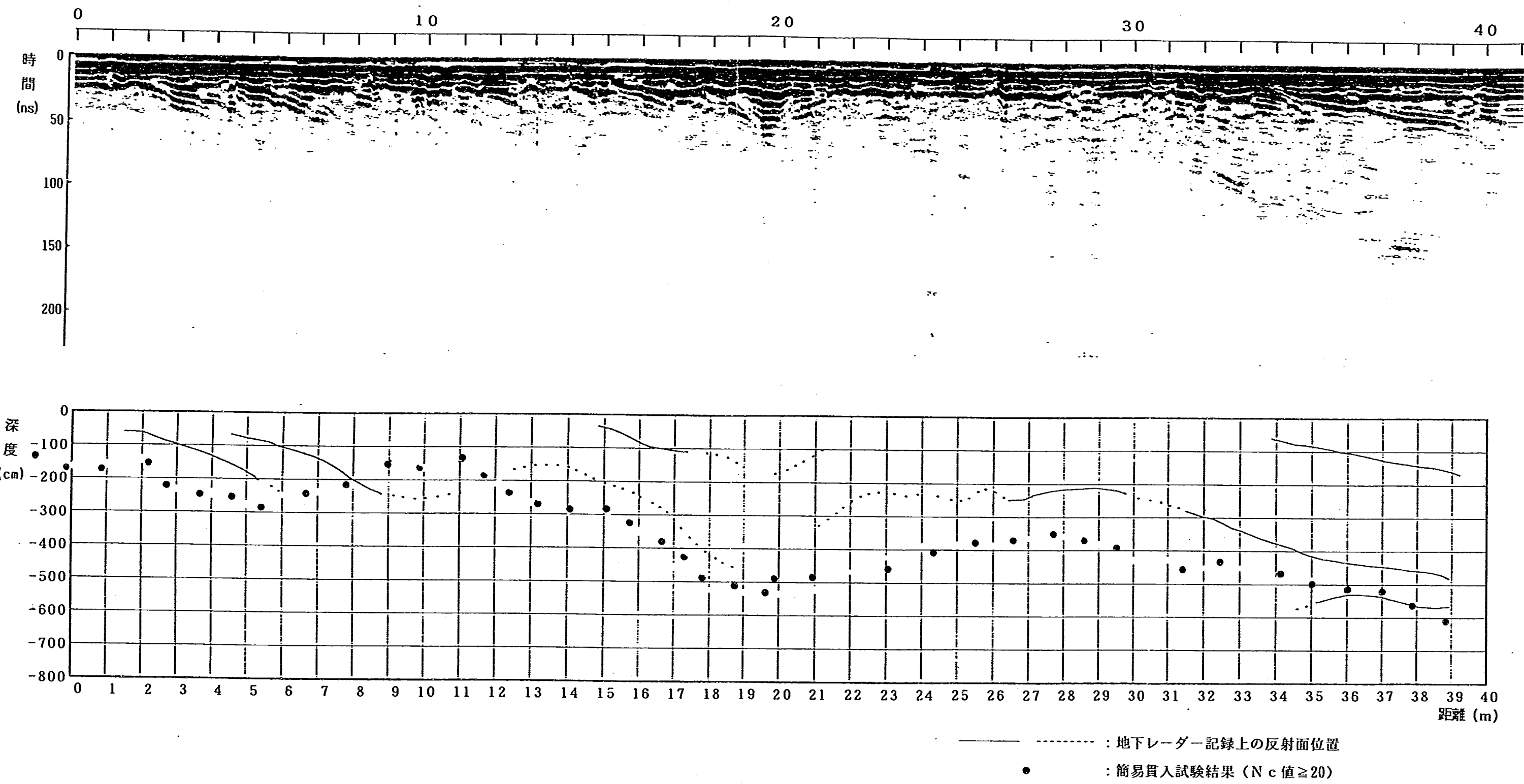
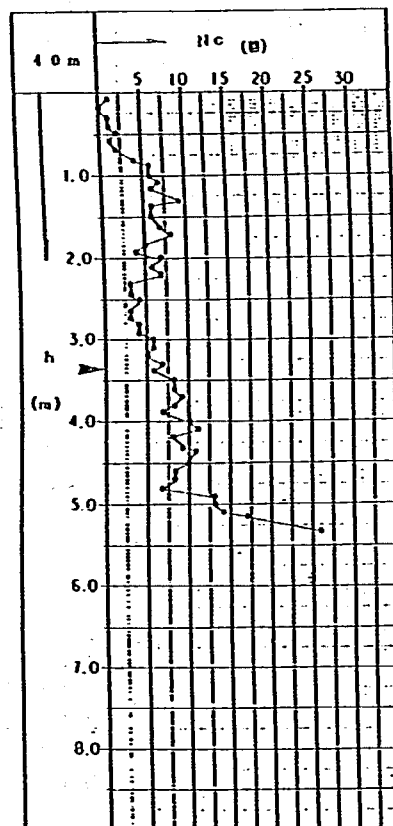
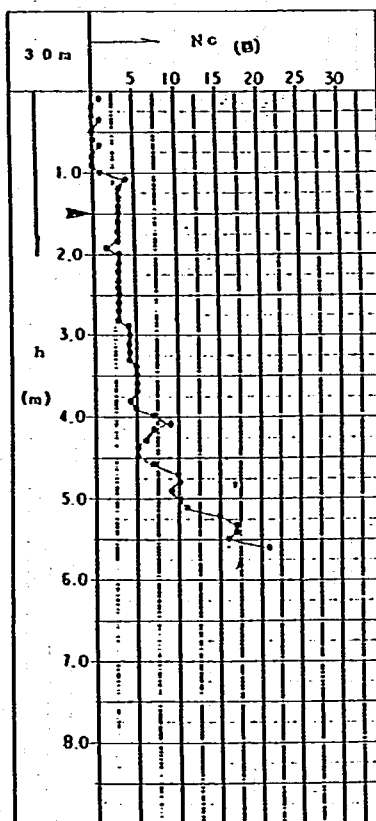
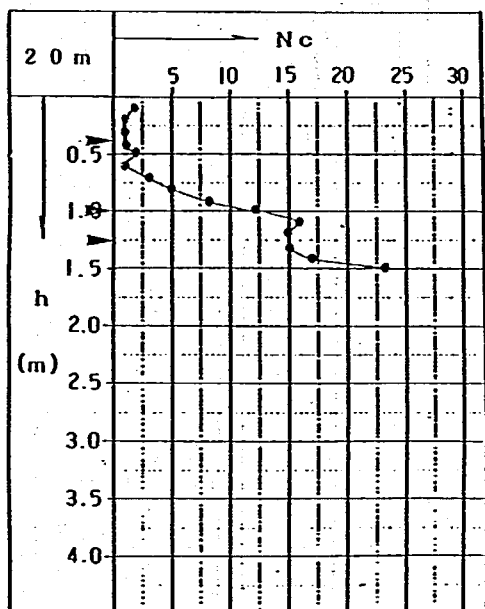
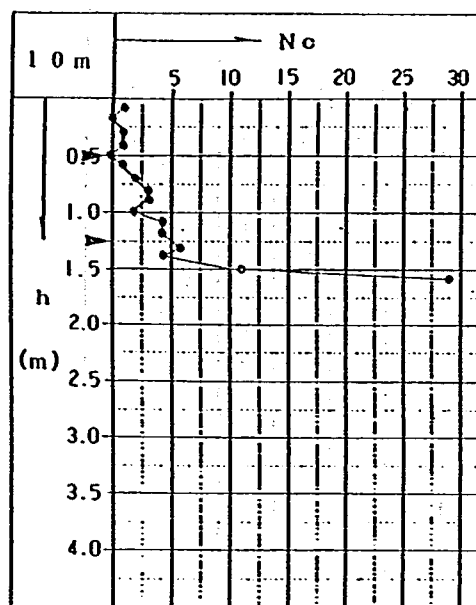
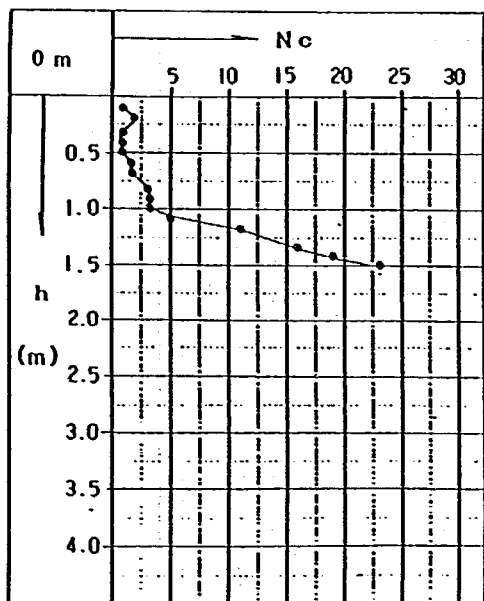
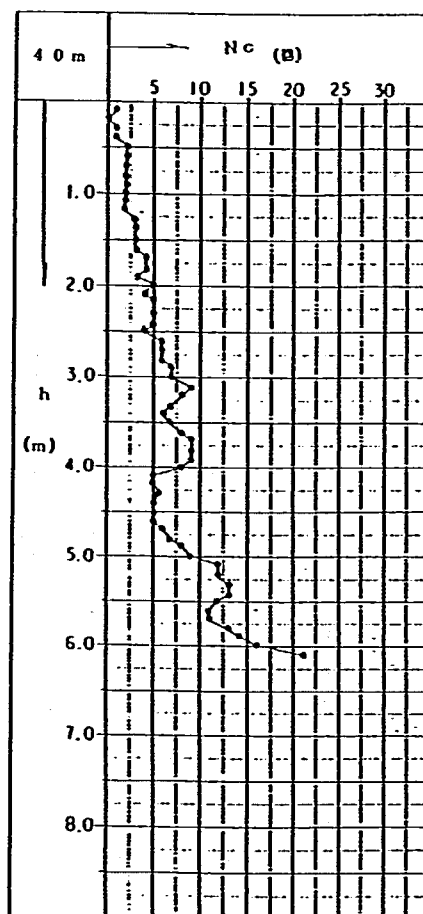
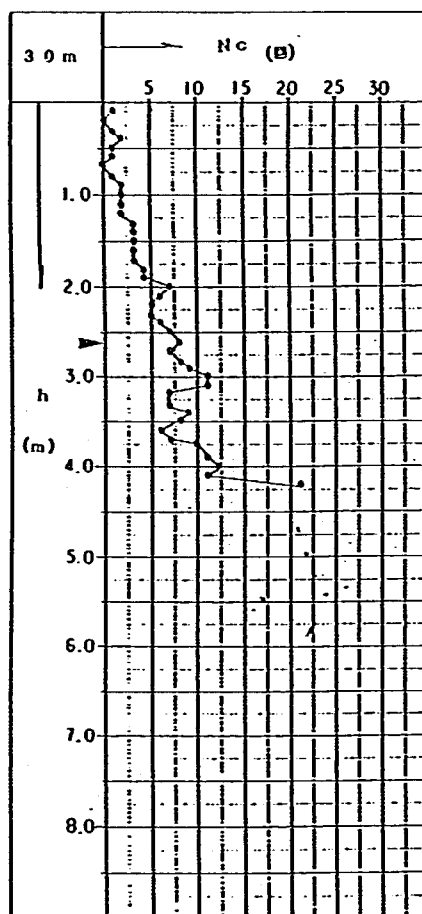
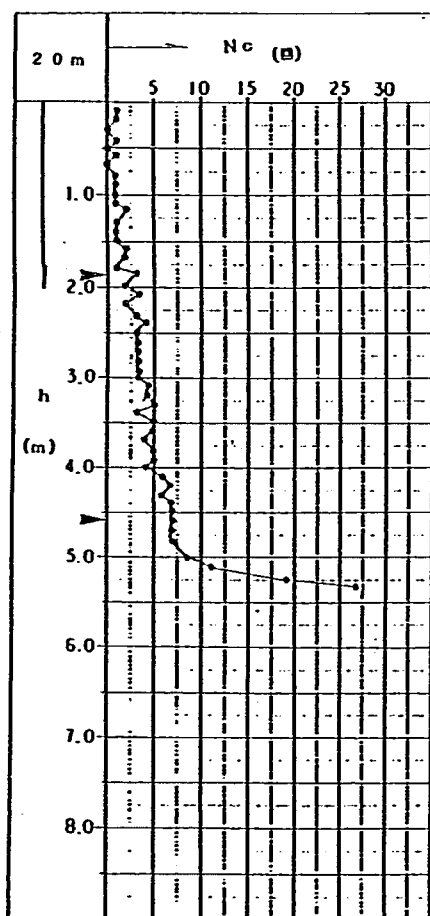
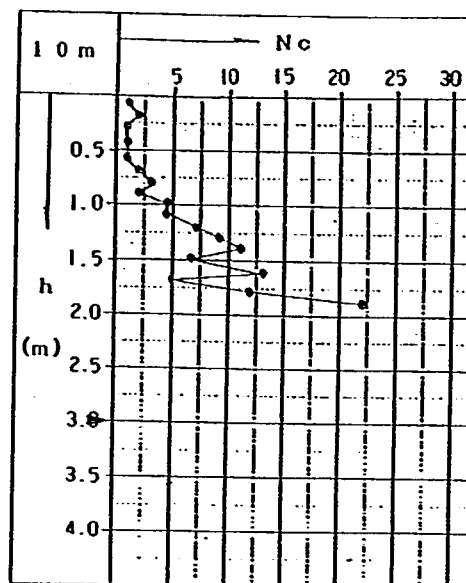
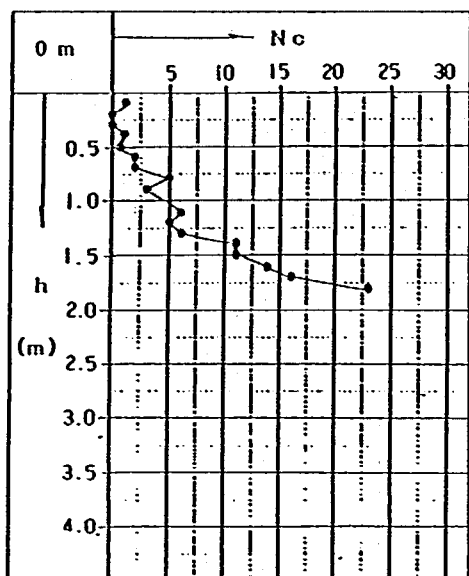


図-2 2 (b) 地下レーダー調査結果と簡易貫入試験の対比 (神奈川県B測線: 100MHz)



▶ 反射面

図-23(a) 簡易貫入試験結果と反射面の位置 (神奈川県A測線)



▶ 反射面

図-23(b) 簡易貫入試験結果と反射面の位置 (神奈川県B測線)

2. 3. 富山県氷見市新保地区

1) 地形・地質概要

調査地は、図-24に示すように氷見市街から、西方へ6km程離れた氷見市新保地区内に位置する急傾斜地である。この急傾斜地は、標高100~200mを有する氷見丘陵が、論田川や上庄川などの浸食によって開析された南西斜面である。この斜面は平均斜度30度であるが、一部で比高5~10mを有する40~50度の斜面となっており、非常に急勾配な地形となっている。また、斜面上には、表層崩壊跡や木の根元湾曲、斜面裾部のオーバーハングが随所に認められる。

急傾斜地に面しては沖積低地が広がっており、その平坦面上に斜面に近接する形で民家が建ち並んでいる。

調査地周辺の地質は、図-25の調査地周辺地質図に示すように新第三紀後期中新世~前期鮮新世の上部音川累層が分布しており、主として海性の泥岩・砂岩・凝灰岩から構成されている。調査地対象である急傾斜地の基盤岩を形成しているのは、音川累層の中でも中期中世期に形成された葛葉互層である。この葛葉互層は、凝灰岩・砂岩・泥岩からなる互層であるが、調査地では泥岩を主体にして分布している。

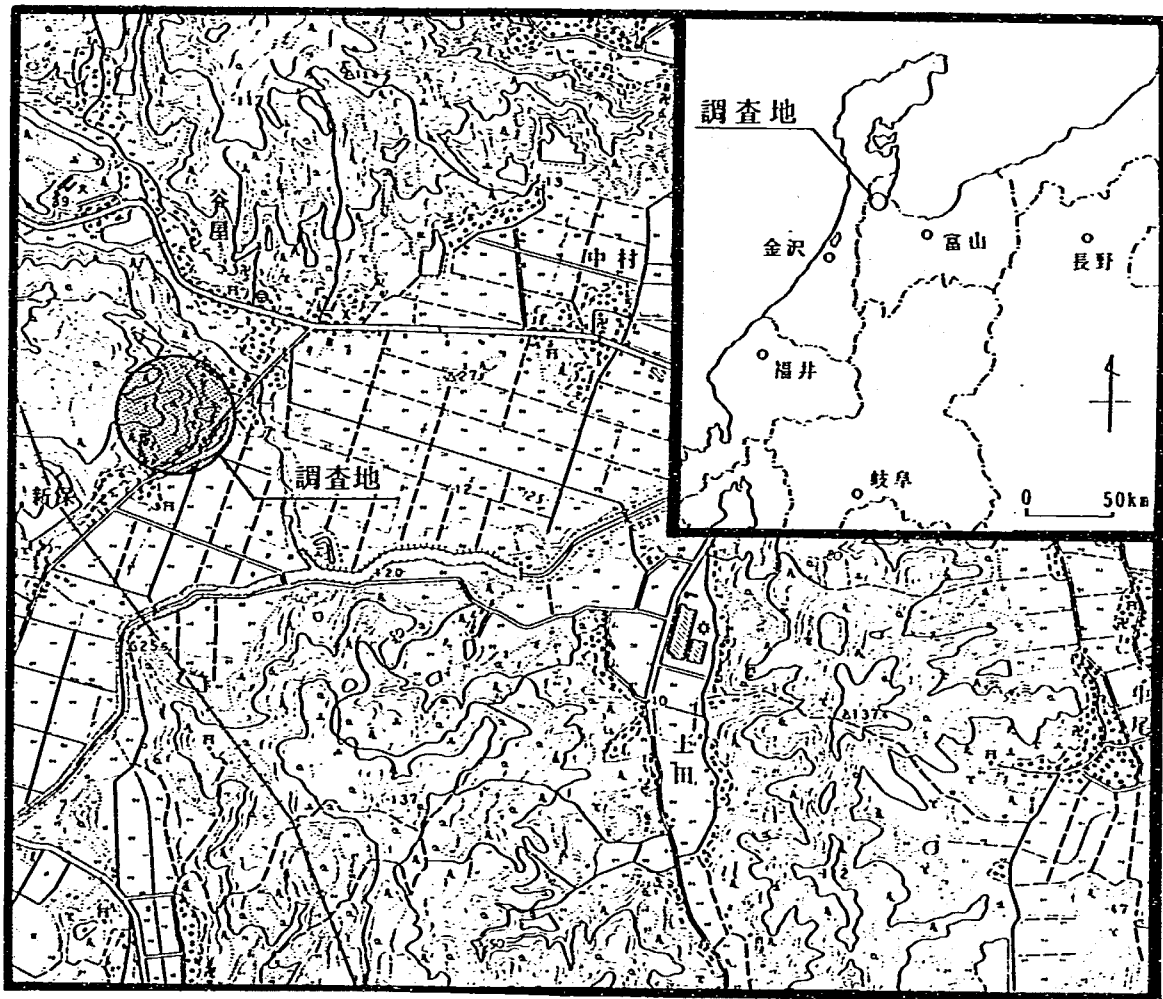
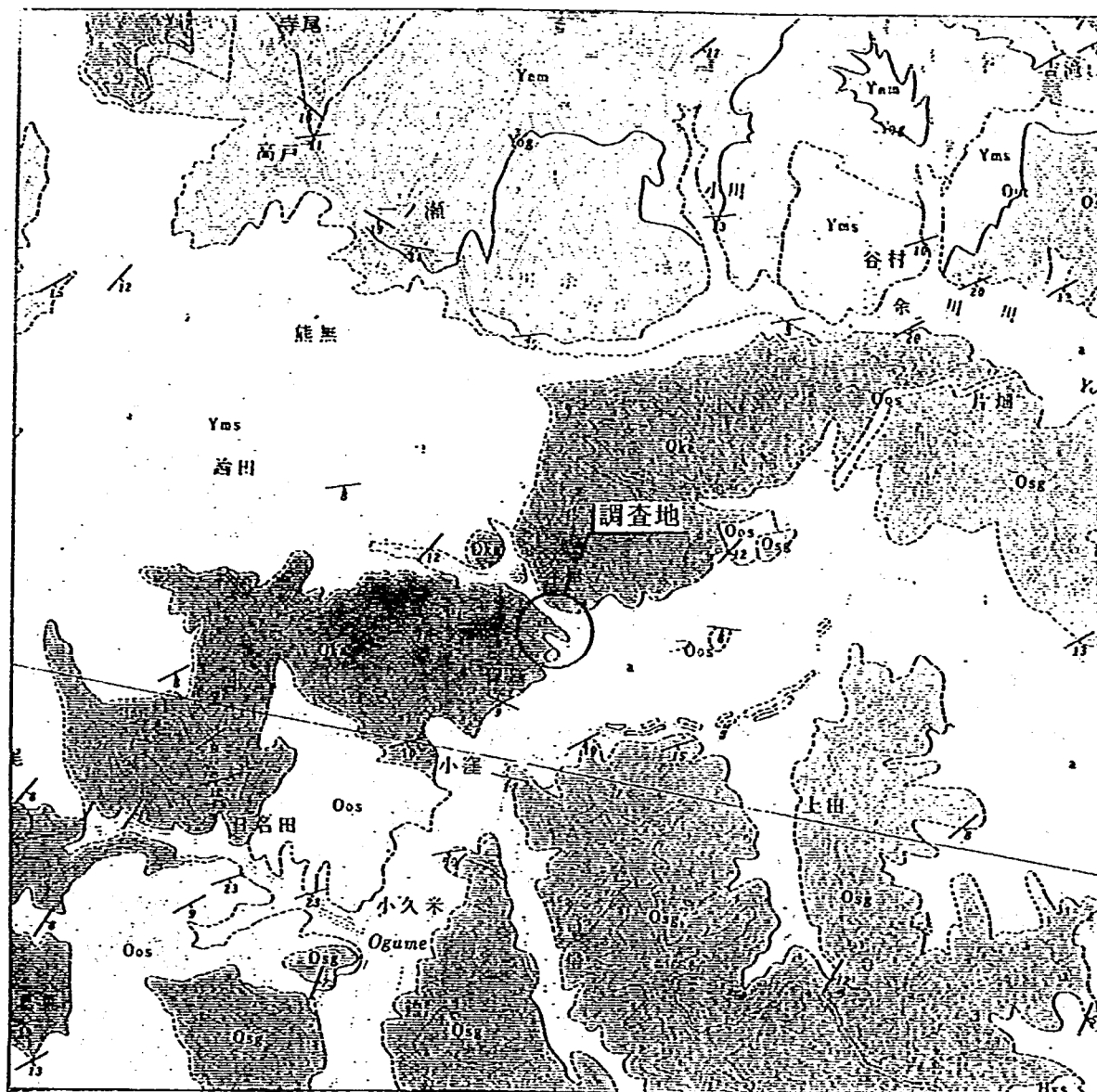


図-24 調査地位置図 (S=1:25,000)



新第三紀 (中新世～鮮新世) Neogene Tertiary (Miocene～Pliocene)	菅川系層 Otogawa formation	小久米砂岩層 Ogume sandstone member	Oos	砂岩 Sandstone
		葛葉互層 Kuzuba alternating beds of sandstone and mudstone		砂岩・泥岩および凝灰岩 Sandstone, mudstone and tuff
		姿泥岩層 Sugata mudstone member		泥岩およびシルト岩 Mudstone and siltstone
	八尾系層 Yatsuo formation	三尾砂岩層 Mio sandstone member	Yms	砂岩およびシルト岩 Sandstone and siltstone
		新宮礫岩層 Shingu conglomerate member		礫岩および砂岩 Conglomerate and sandstone
		高畠礫岩層 Takabatake conglomerate member		礫岩および砂岩 Conglomerate and sandstone
		砂岩泥岩互層 Alternation of sandstone and mudstone		砂岩および泥岩 Sandstone and mudstone
		小川層灰岩層 Ogawa tuffite member	Yos	層灰岩 Tuffite
		中波泥岩層 Nakanami mudstone member		泥岩および硬質頁岩 Mudstone and hard shale

図-25 調査地周辺地質図 (S=1:50,000)⁵⁾

露頭で見られる泥岩は風化が進んで褐色化しており、岩心まで軟質化が進んで角礫～片状に割れ易い状況である。泥岩中には層厚1～3m程度で砂岩層が挟在しているが、風化が岩心まで及んでいるため褐色をおびている。構造は、南西～北東の走向を有しており、東～南東へ約10°で傾斜している。また、大規模な破碎帯を伴うような断層は存在していない。粘土性を主体とした表土が基盤岩を覆って分布しており、斜面中位から裾部にかけて崖錐堆積物が分布している。また、沖積低地には、粘性土～礫質土からなる沖積層が分布している。

地下レーダー調査のための測線は、図-26に示すように、測線長60mで1測線を設定した。

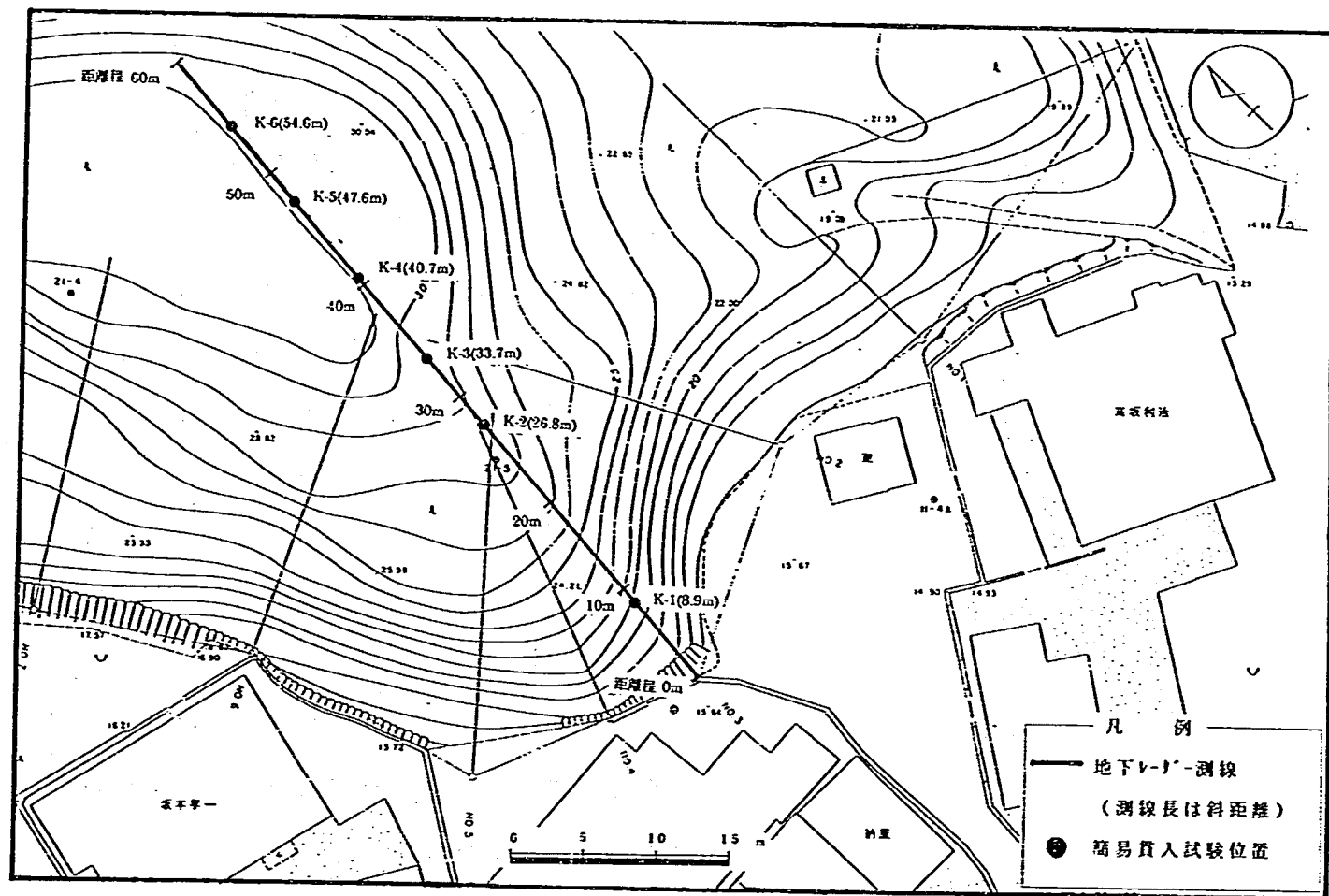


図-26 測線位置図

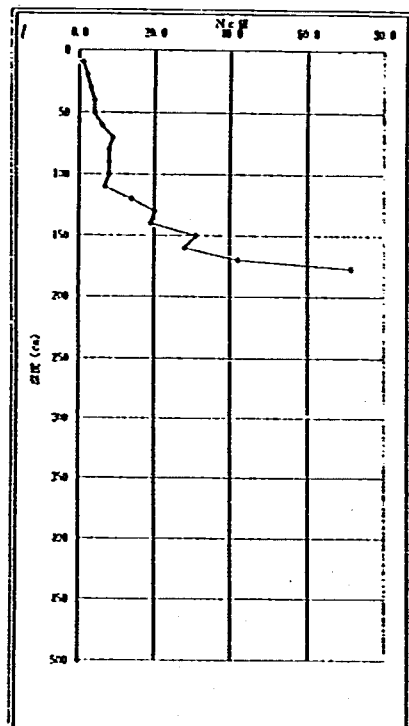
2)測定結果

本地区の調査に用いた地下レーダーの周波数は、100, 300, 500, 700MHzの4種類である。また、表-6に示す地点で簡易貫入試験を実施して、地下レーダーの結果と比較した。図-27は、簡易貫入試験結果である。

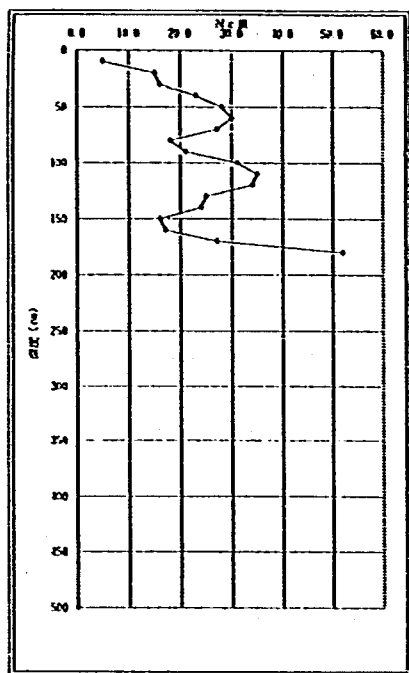
表-6 簡易貫入試験結果一覧表

地点	距離程 レーザ測線	$N_c \geq 50$ を示す 深度(m)	N_c 値分布状況
K-1	8.9m 急斜面部	1.77m	深度1.1m程度までは $N_c \leq 9$ であり、徐々に N_c 値が大きくなる。深度1.1m以深は急激に N_c 値が増加し、コントラストが明瞭である。
K-2	26.8m 斜面上部	1.80m	深度0.4m～1.7mまでは N_c 値が20～35程度で比較的大きな値を示す。 K-1地点とは N_c 分布が大きく異なる。
K-3	33.7m	2.88m	深度0.4mまでが $N_c 6$ 程度、深度2.5mまでは、12～24程度で徐々に N_c 値が大きくなる。それ以深は急激に N_c 値が増加する。
K-4	40.7m	2.70m	深度0.4m～2.5mまでは N_c 値が15～40程度で不規則に変化する。深度2.5m以深で急激に N_c 値が増加する。
K-5	47.6m	4.67m	深度1.5m程度までは N_c 値10程度、深度1.5～4m程度までは N_c 値20～35程度を示す。4m以深は単調に N_c 値が増加する。
K-6	54.6m	3.50m	深度0.3m～1.5mまでは N_c 値がほぼ一定で12程度である。深度1.5m～2.3mまでは N_c 値5～8程度となる。深度3.1m以深は単調に増加する

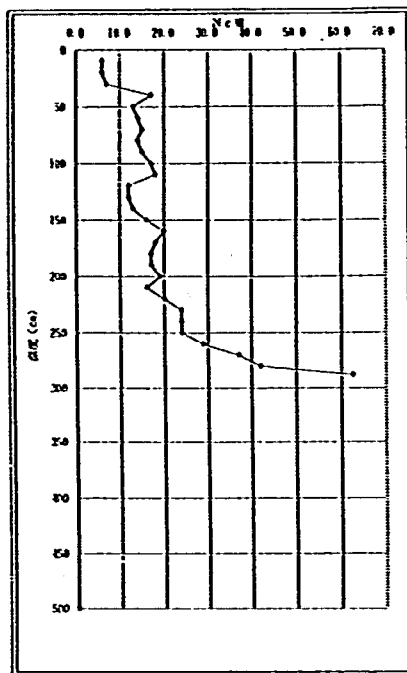
k-1



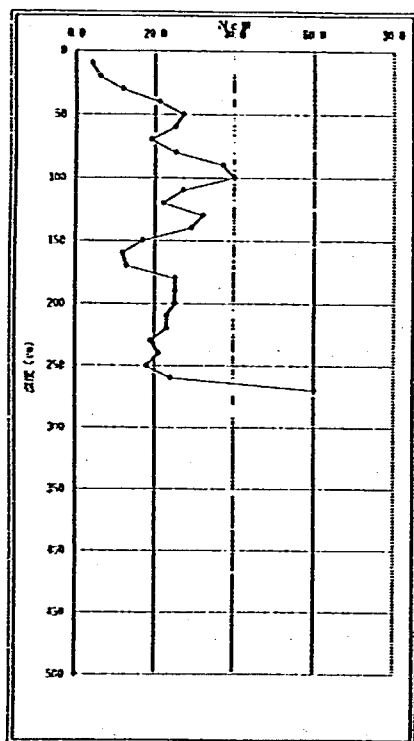
k-2



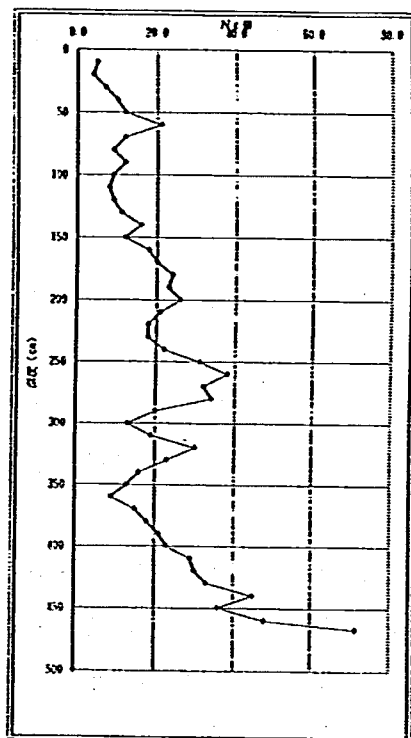
k-3



k-4



k-5



k-6

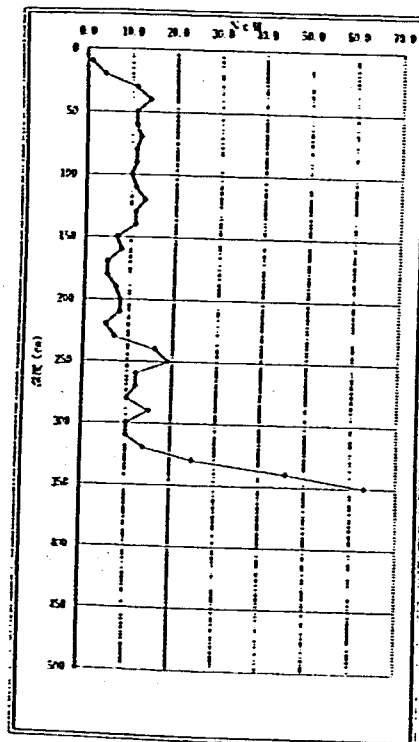


図-27 簡易貫入試験結果

また、本地区の表層土の電磁波伝播速度は、ワイドアングル測定の結果、5.7cm/nsであった。

表-7には、本地区のプロファイル測定による各アンテナ周波数での地下レーダー結果の特徴を示す。

表-7 地下レーダー観測結果の特徴

アンテナ 周波数	記 録 の 特 徴
700MHz	測線方向に連続する明瞭な反射波は認められない。
500MHz	測線方向に連続する明瞭な反射波は認められない。 (最大探査深度1m)
300MHz	2～14mの地点で、深度約1.8～3.5mと、だんだん深くなる連続した反射波が認められる。20～60m付近に、ノイズと思われる反射波を捉えている。(最大探査深度3.5m)
100MHz	20～60m付近に反射波の明瞭な箇所が認められる、しかしながら、測線方向への連続性が認められないことから、ノイズである可能性が高い。

本地区で、反射波の得られた300MHzの地下レーダー調査結果を図-28、図-29に示す。記録左端が側線の始点側で斜面下方にあたる。

3) 考察

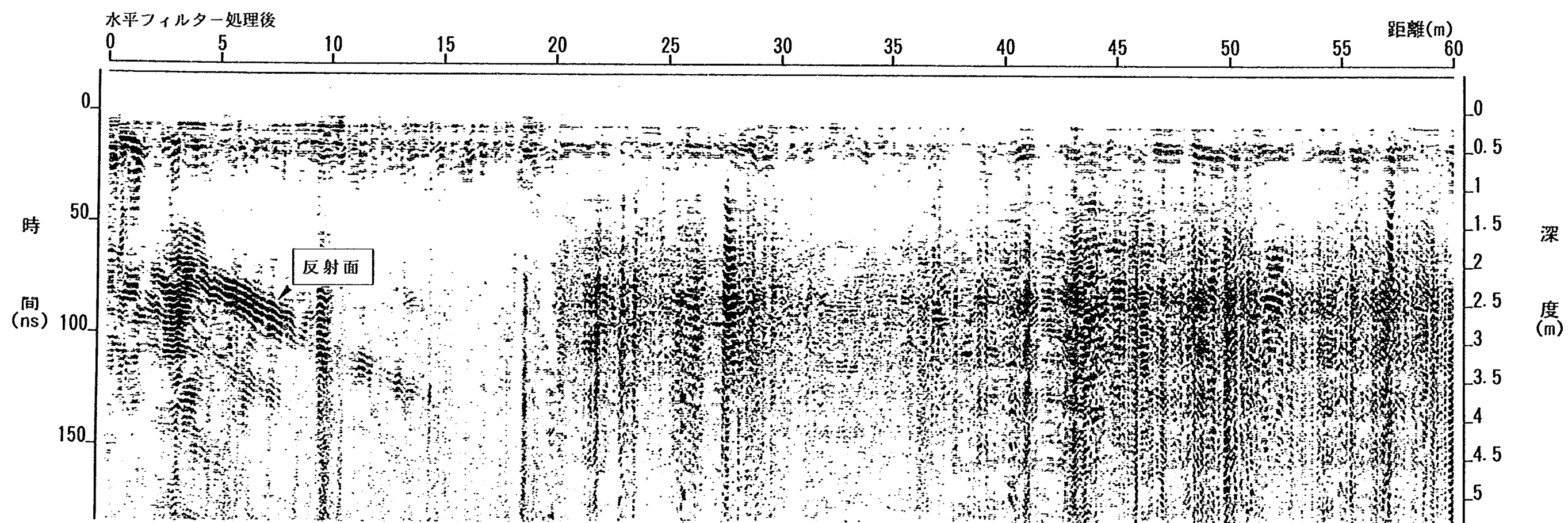
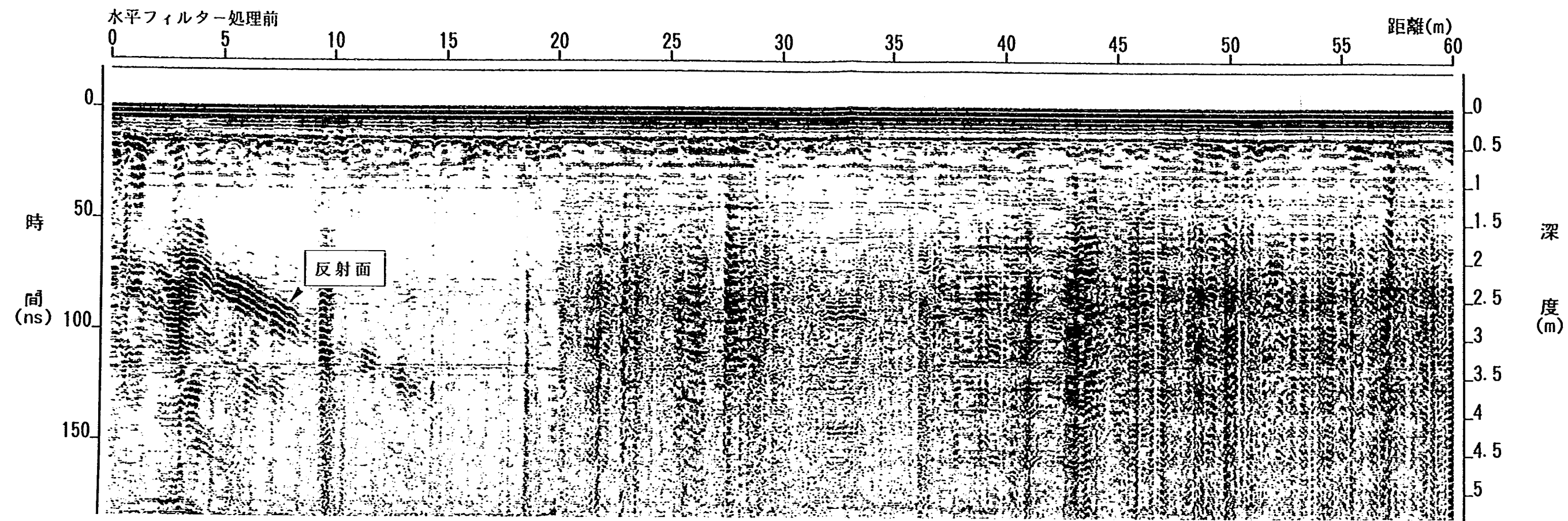
本地区は、泥岩が優勢な砂岩・泥岩互層であり、ボーリングや簡易貫入試験などから、表層土の層厚は、1m前後と推定され、その下位に粘土化している強風化帯が深度2.5～4.5mまで分布し、砂状～礫状に軟質化している中風化帯が深度2.5～4.5m以深に分布していると推定される。

簡易貫入試験結果によると、K-1～K-6に向かうにつれて、Nc値が急激に大きくなる深度が深くなる傾向が認められるが、地下レーダー探査の記録中に明瞭な反射波が認められる区間が距離程2～14m付近だけであった。

K-1でNc値が急激に大きくなる深度は、GL-1.5m付近であるが、同じ位置で地下レーダー探査の記録中に認められた反射面の深度は、GL-2.5～3m付近であり、反射面の位置と、簡易貫入試験結果のNc値の急変点とは良く対応していると言い難い結果となった。

しかしながら、側線上で行われたボーリング調査の結果によると、Nc値の急変点の深度以深に泥岩内にN値の低い箇所や泥岩と砂岩の境界面が認められていることから、Nc値の急変点の深度以深の何らかの地質境界面か、地下水面を捉えたものである可能性が考えられる。

また、20m～60m地点については、表層土および強風化層の厚さが2m～5m程度と推定されて



地下レーダー探査記録図(アンテナ:300MHz)

図-28 地下レーダー探査記録(300MHz)

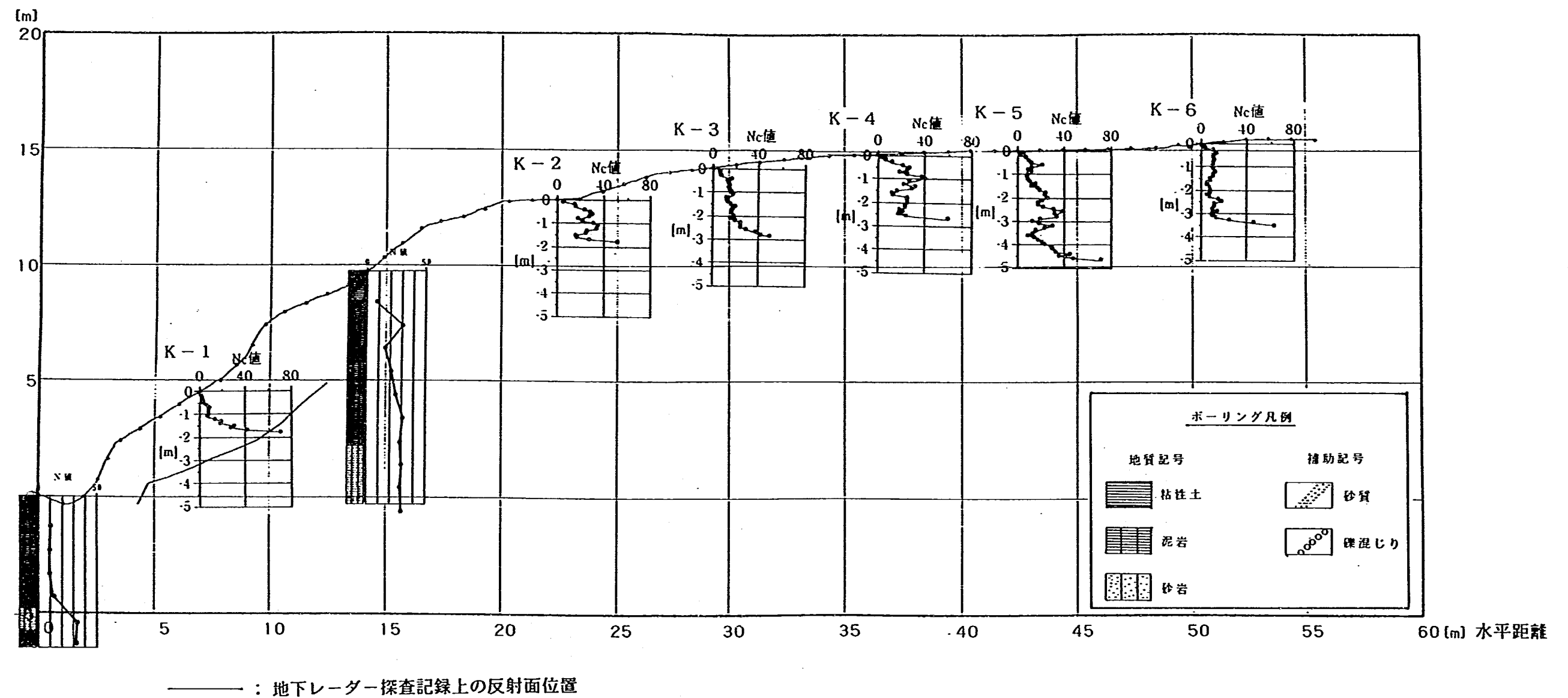


図-29 地下レーダー調査結果と簡易貫入試験の対比 (300MHz)

おり、強風化の泥岩と中風化の泥岩との境界や、泥岩と砂岩の境界など、電磁波伝播速度のコントラストが比較的小さいために明瞭な反射波が得られなかったと推定される。

2. 4. 和歌山伊都郡高山町県上筒香地区

調査地は、図-30に示すように紀伊山地の北部の急峻な山地に位置し、丹生川上流部にあたる。調査した斜面地は、丹生川河谷に沿ってひろがる上筒香地区の人家の背後にある西向きの急斜面である。この斜面の平均斜度は、約45度で一部に崩壊した形跡が見られている。表面には、30~50cm大の転石が多く分布している。

図-31に示すように、地質は、中生代白亜紀の四万十累帯日高川帯の天辻層群に属し、粘板岩が主体となり細粒砂岩層が介在している。表層土となる崖錐堆積物は、数cmの転石を含む粘土混じり砂礫である。調査地の上部で1m、中部、下部で3m程度の層厚がある。

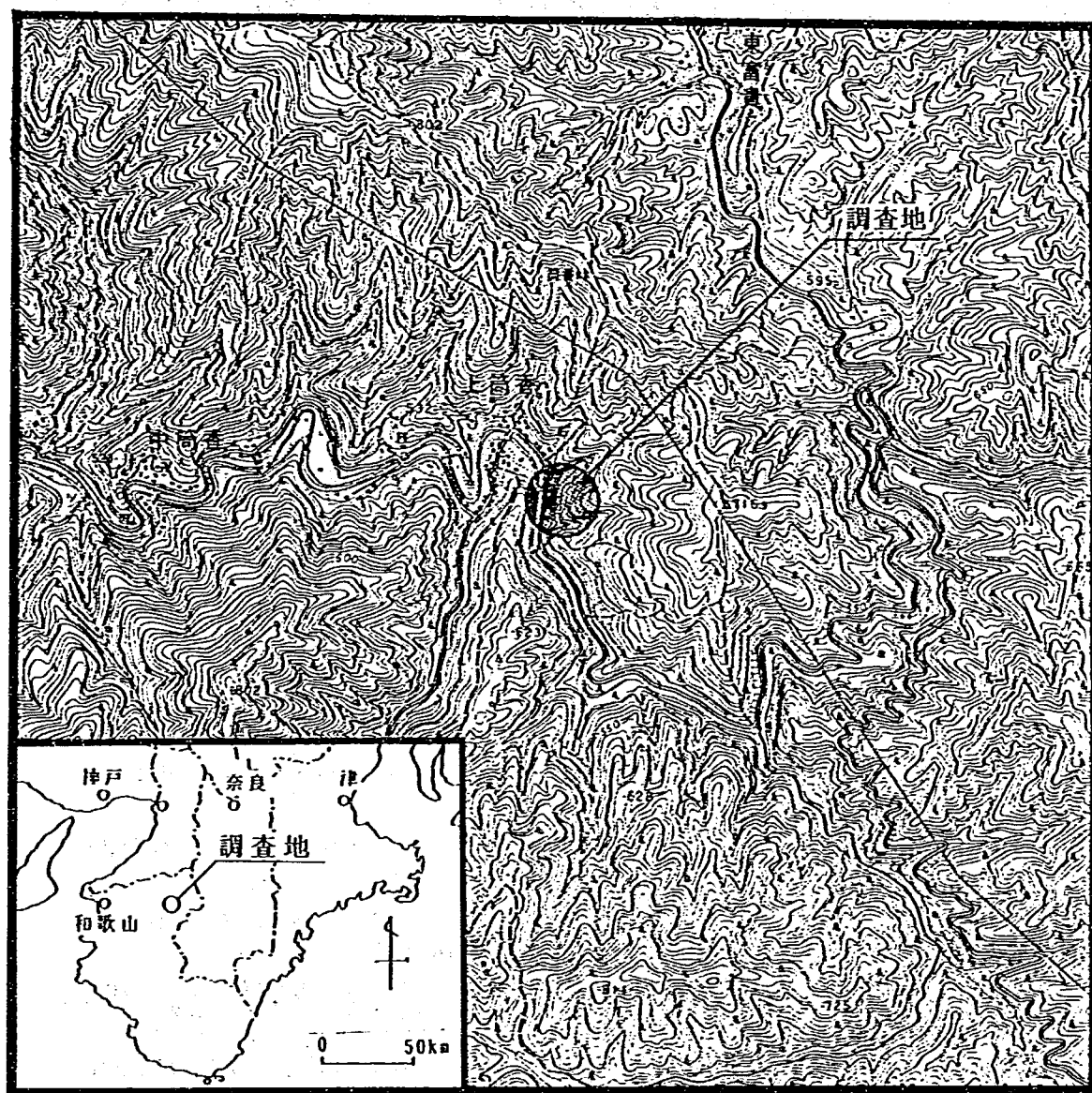
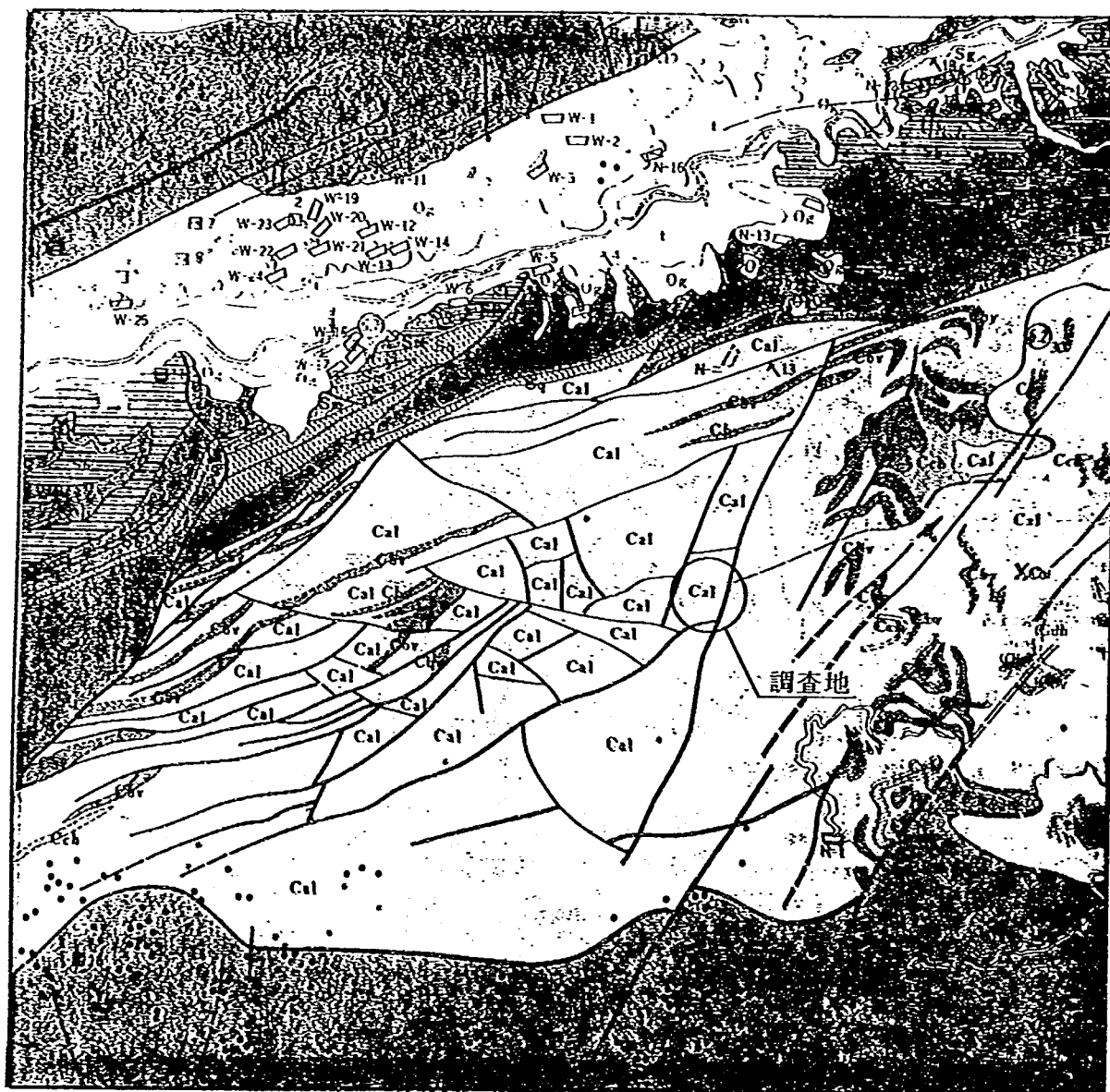


図-30 調査地位置図 (S=1:25,000)



0 10km

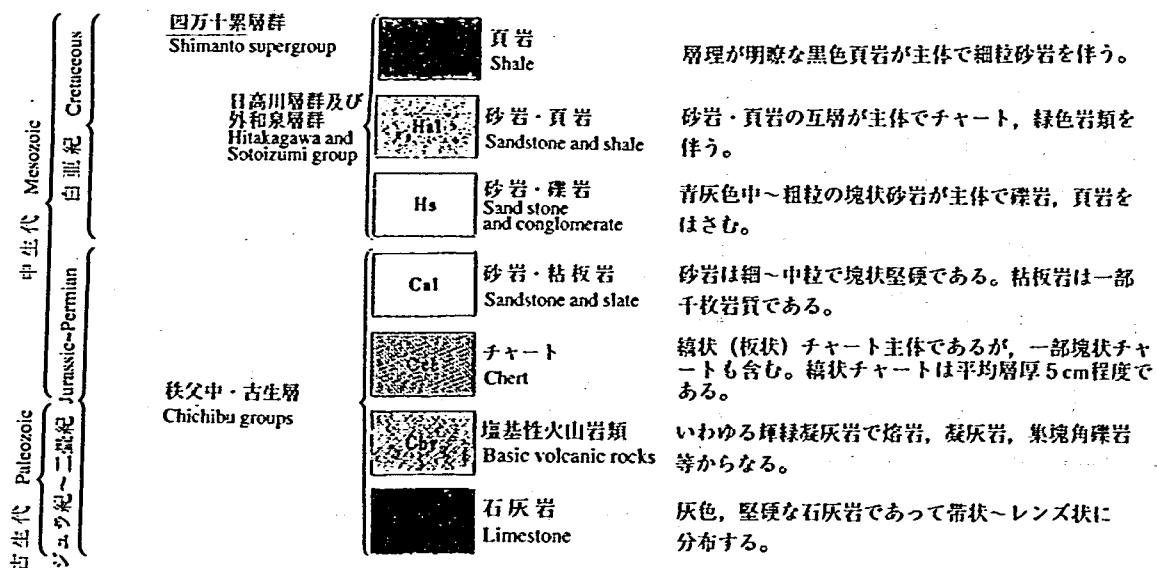


図-31 調査地周辺地質図 (S=1:200,000) 7)

地下レーダー調査のための測線は、図-32に示すように、測線長30mで1測線を設定した。

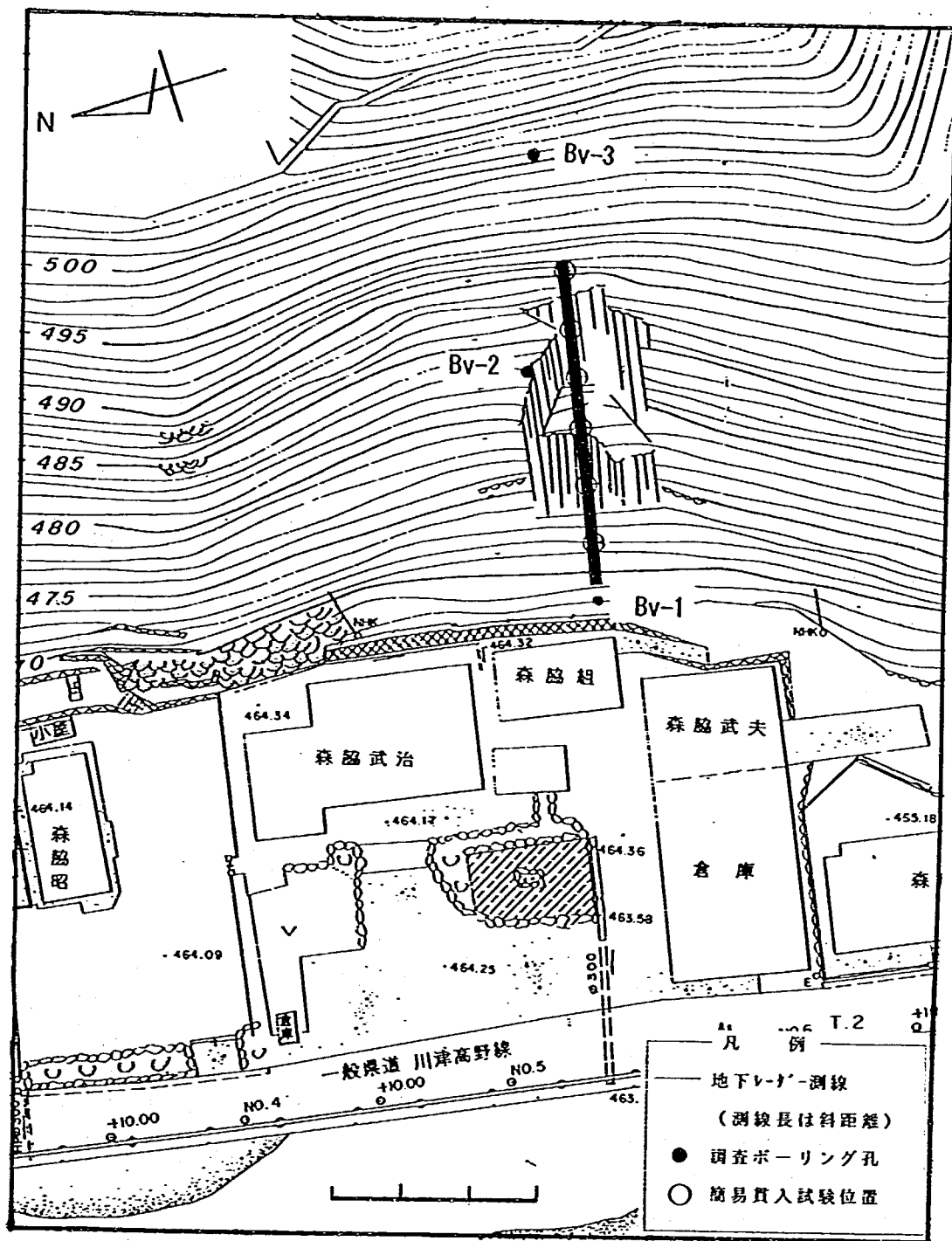


図-32 測線位置図

2)測定結果

本地区の調査に用いた地下レーダーの周波数は、500MHzである。また、図-32に示す地点で簡易貫入試験を実施して、地下レーダーの結果と比較した。図-33は、簡易貫入試験結果である。

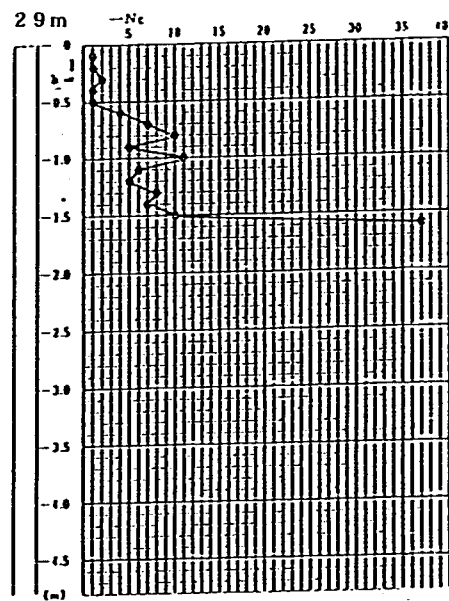
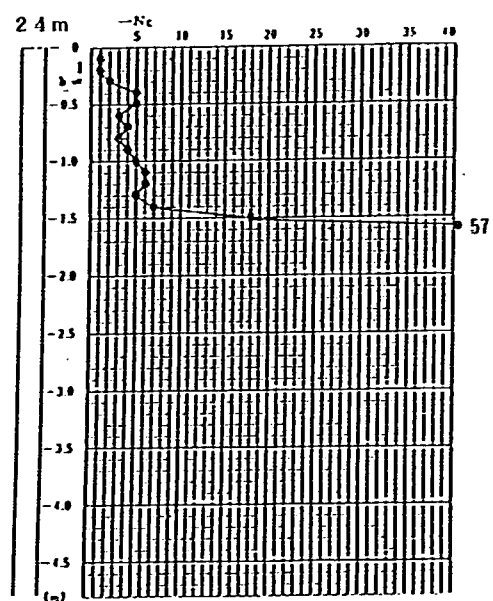
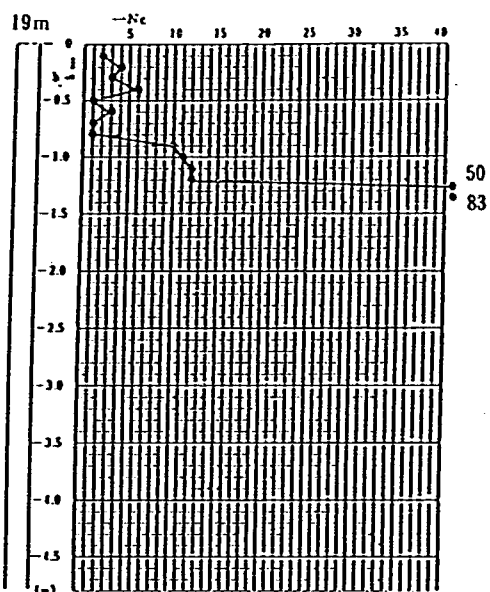
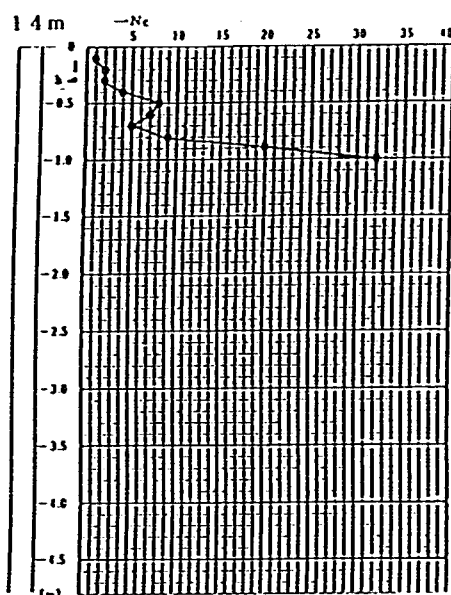
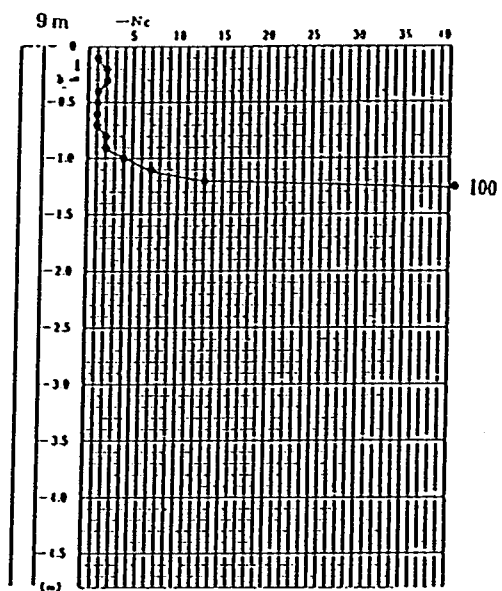
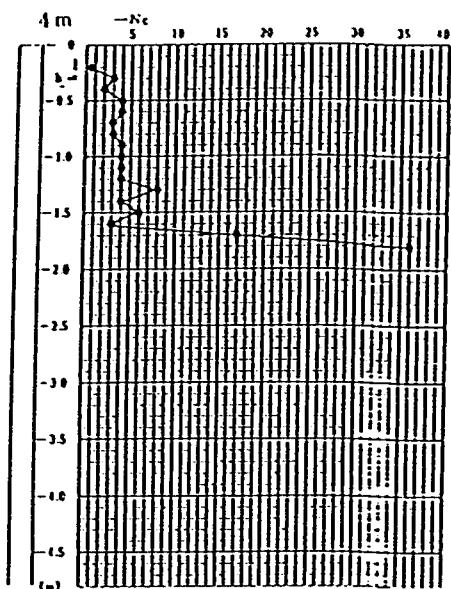


図-33 簡易貫入試験結果

簡易貫入試験は、4 m、9 m、14m、19m、24m、29mの6地点で実施した。

表－8に簡易貫入試験結果をまとめる。

表－8 簡易貫入試験結果一覧

距 離 程 レーザ測線	推定基岩 深度(m)	N c 値の分布状況
4 m	1.8	深度1.2mまでNc値 ≤ 5 である。深度1.2～1.5mは、転石の影響でNc値5～10の範囲をとる。深度1.6mから基岩と考えられる。
9 m	1.3	深度1.2mまでNc値 ≤ 5 であり、深度1.2mから基岩と考えられる。
14m	1.0	深度0.5mまでNc値 ≤ 5 である。深度0.6～0.8mは、転石の影響でNc値5～10の範囲をとる。深度0.8mから基岩と考えられる。
19m	1.3	深度1.2mまで転石の影響と思われるNc値 ≤ 12 の値をとる。深度1.2mから基岩と考えられる。
24m	1.6	深度1.4mまでNc値 ≤ 5 である。深度1.4mから基岩と考えられる。
29m	1.6	深度0.5mまでNc値 ≤ 5 である。深度0.6～1.5mは、転石の影響でNc値5～10の範囲をとる。深度1.5mから基岩と考えられる。

また、ワイドアングル測定の結果、本地区の表層土の電磁波伝播速度は、6.6cm/nsである。

表－9に、本地区のプロファイル測定による地下レーダー調査結果の特徴を示す。

表－9 地下レーダー観測結果の特徴

アンテナ 周 波 数	記 録 の 特 徴
500MHz	明瞭な2面の反射面が認められた。(最大探査深度1.5m)

図－34は、500MHzの地下レーダー調査結果である。記録左端が側線の始点側で斜面下方にあたる。図－35には、地下レーダー調査結果から求められた地下構造に簡易貫入試験結果を示してある。また、図－36では、簡易貫入試験結果に反射面の位置を示した。

3)考察

本地区は、粘板岩の基岩の上に崩積土と思われる、粘土混じり砂礫が厚さ1～3mで分布しており、下側に行く程、崩積土の厚さは厚くなっている。

調査結果を見ると、おおむね2面の反射面が認められる。浅い方の反射面は、鉛直方向の深さで0.5m前後、深い方の反射面は鉛直方向の深さで1.0～1.5mであり、若干の起伏を伴っている。ポ

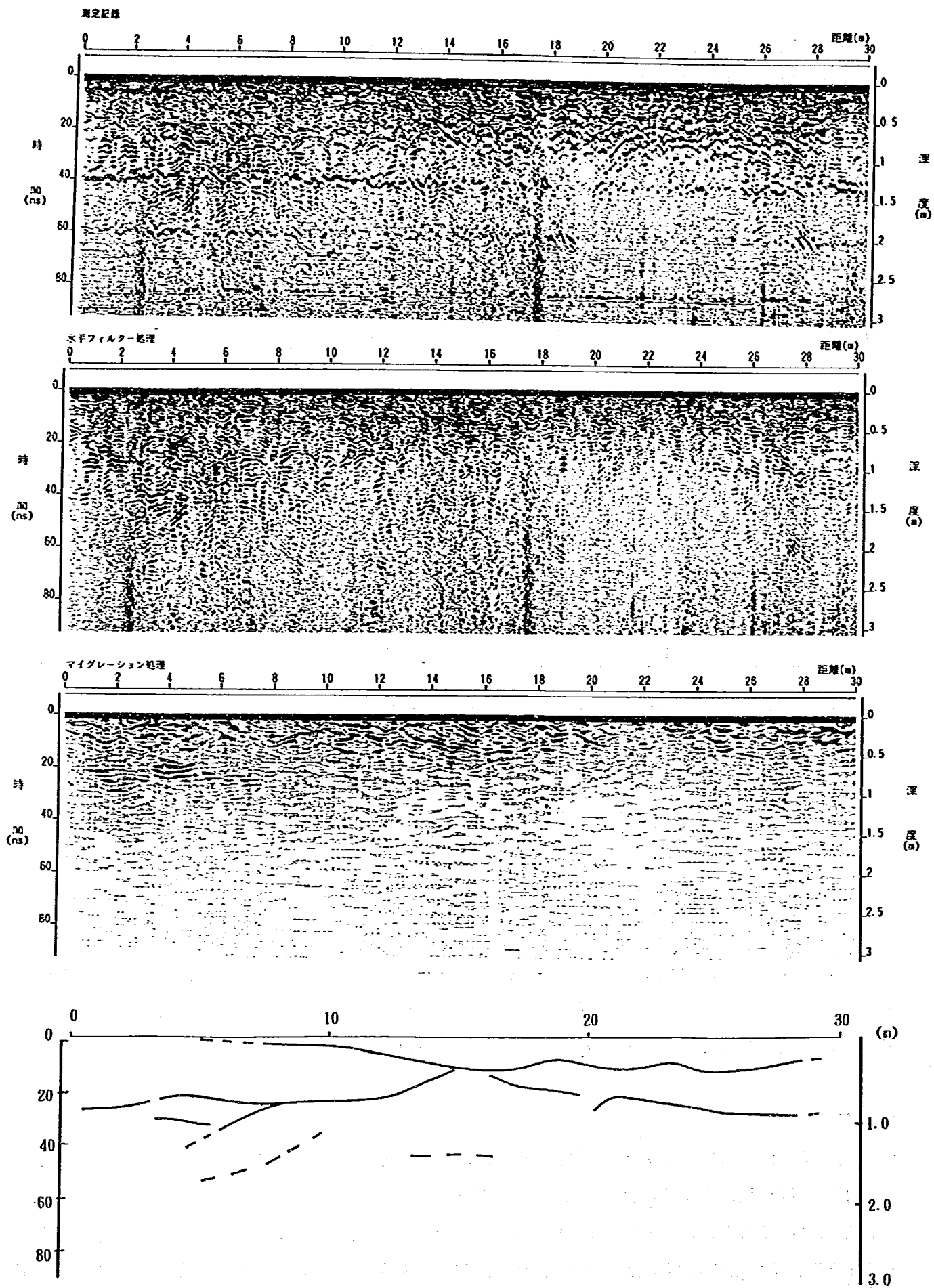


図-34 地下レーダー探査結果(500MHz)

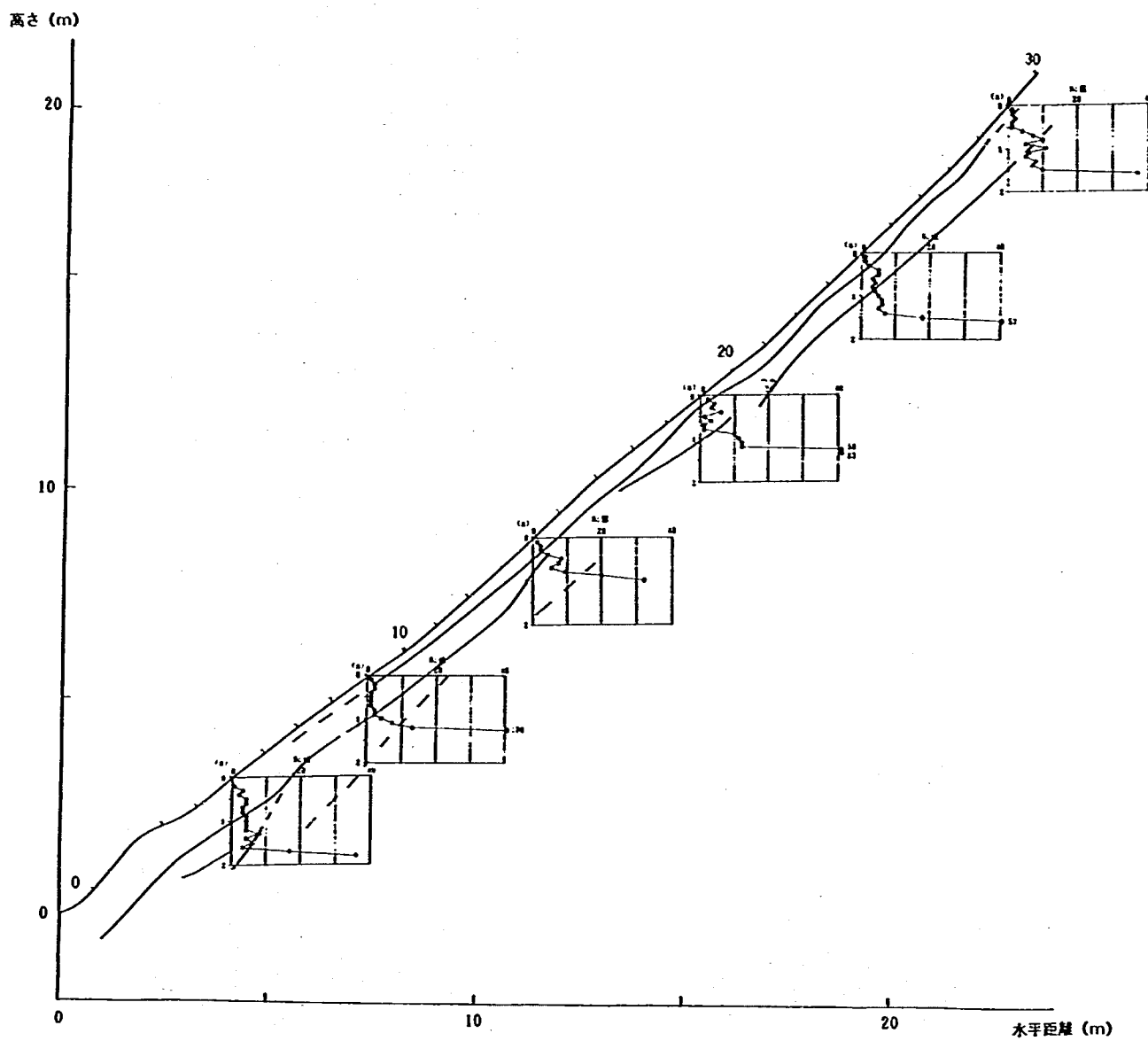
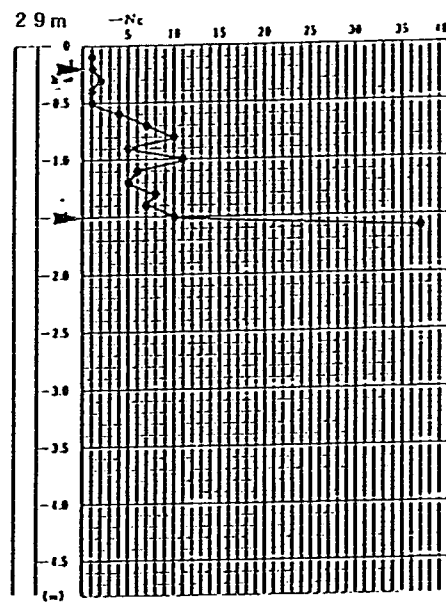
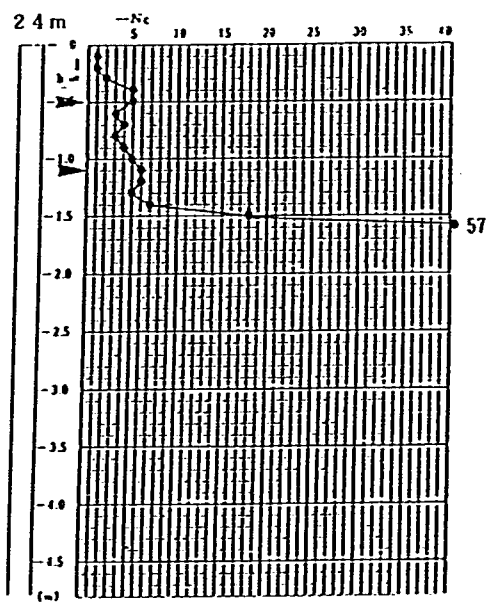
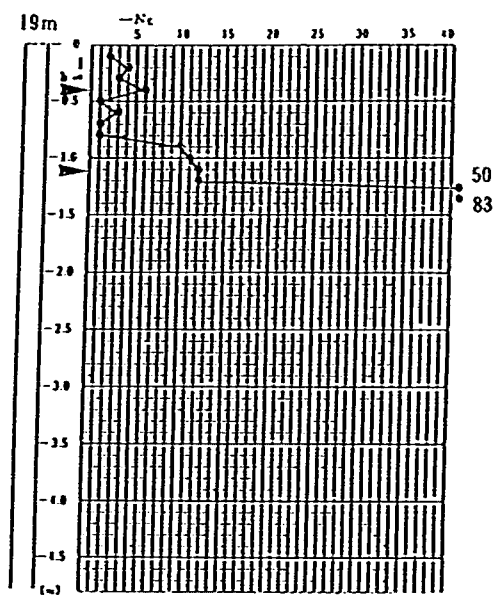
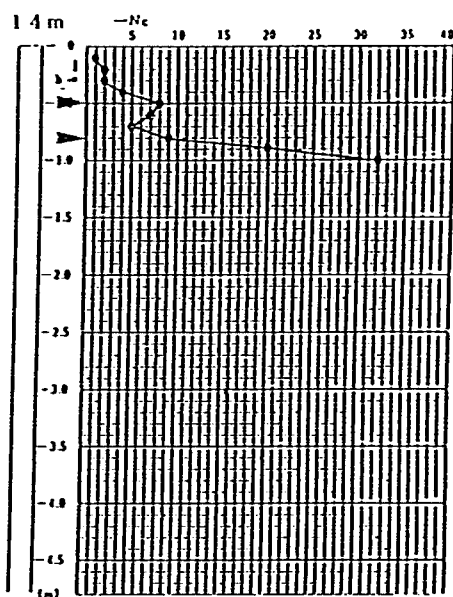
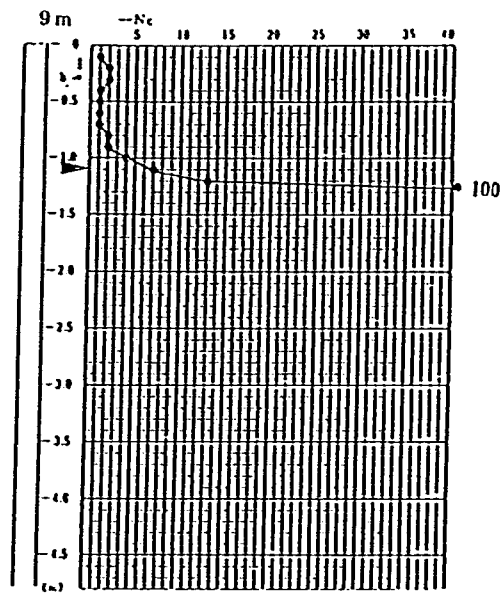
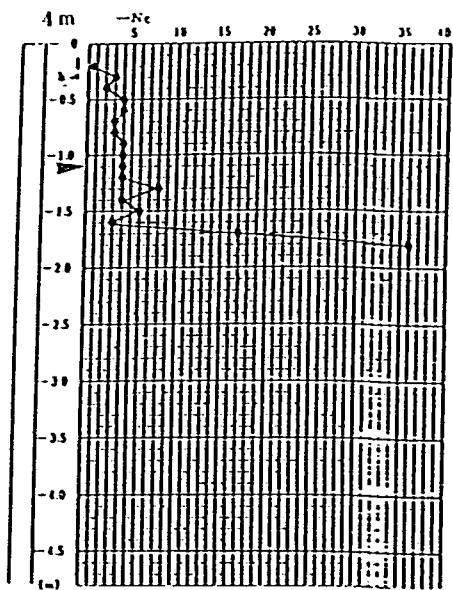


図-35 地下レーダー調査結果と簡易貫入試験の対比(500MHz)



▶ 反射面

図-36 簡易貫入試験結果と反射面の位置

ーリング結果や簡易貫入試験結果と対比すると、基岩である粘板岩と崩積土の境界は、深い方の反射面と一致していることから、深い反射面の方が表層土の下面に相当するのではないかと考えられる。

また、浅い方の反射面は、表層土内の何らかの境界面、たとえば土質や風化度の違い、含水量の違いに相当するものと考えられる。

2. 5. 香川県木田郡庵治町谷地区

調査地は、図-37に示すように、木田郡庵治谷地区でJR八栗駅の北約5.5kmに位置する。この付近一帯は、庵治石（細粒黒雲母花崗岩）と呼ばれる石材の産地である。

調査地周辺は南西に庵治漁港を望み、北東には標高100m程度の丘陵性山地がある。調査地はこの山地の山裾にある丘陵地で、宅地造成による切土法面の直上に位置する。

図-38に、地質分布図を示す。調査地周辺は、領家花崗岩類の庵治花崗岩と呼ばれる細粒黒雲母花崗岩を基盤としている。調査地付近には崩積土等の堆積物は見られないが、調査地の南側に広がる平野部には基盤岩の上位に沖積層が分布している。

調査地の花崗岩は細粒の花崗岩を主体としており、表層部は風化の進行が著しく土砂化している。調査地の直下にある切土法面では、CL級～CM級（軟岩Ⅰ～軟岩Ⅱ）の岩盤がみられ、法面上部に向かって風化が進んでおり、土砂化している。

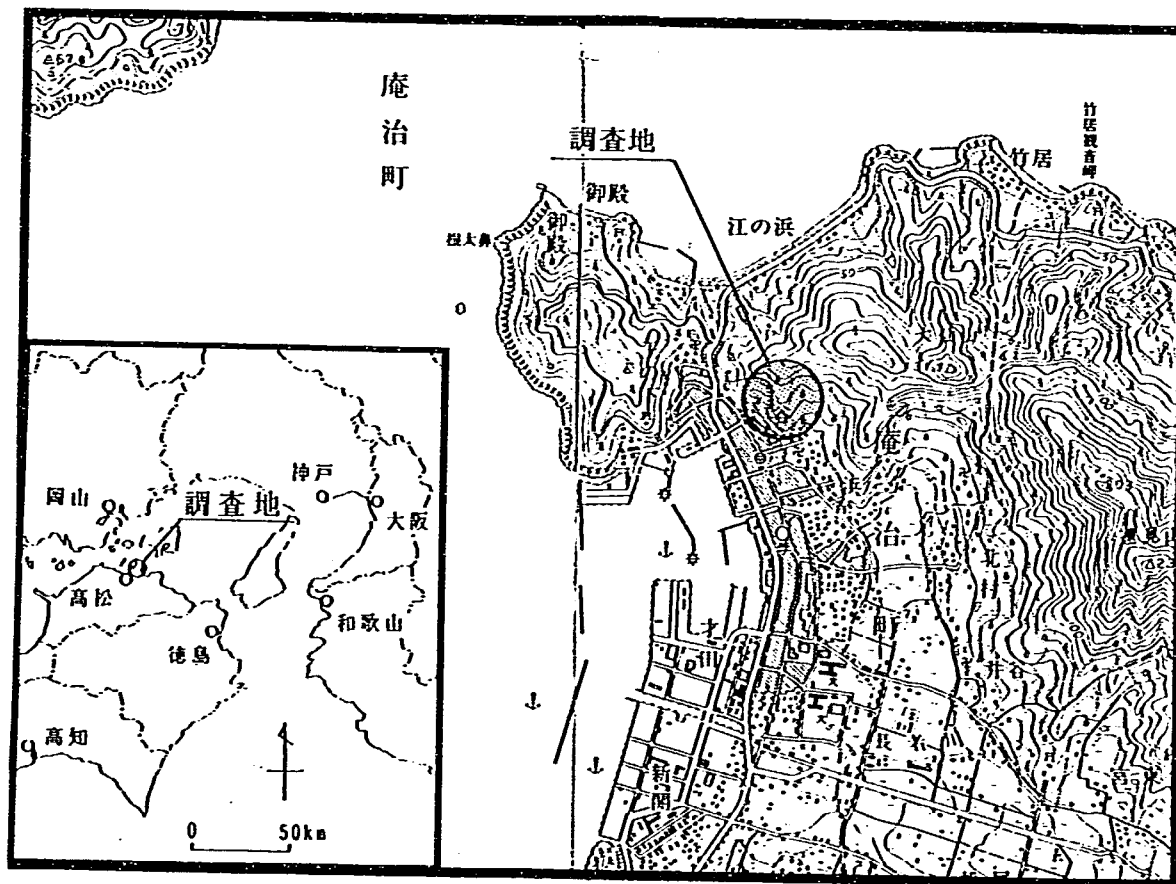
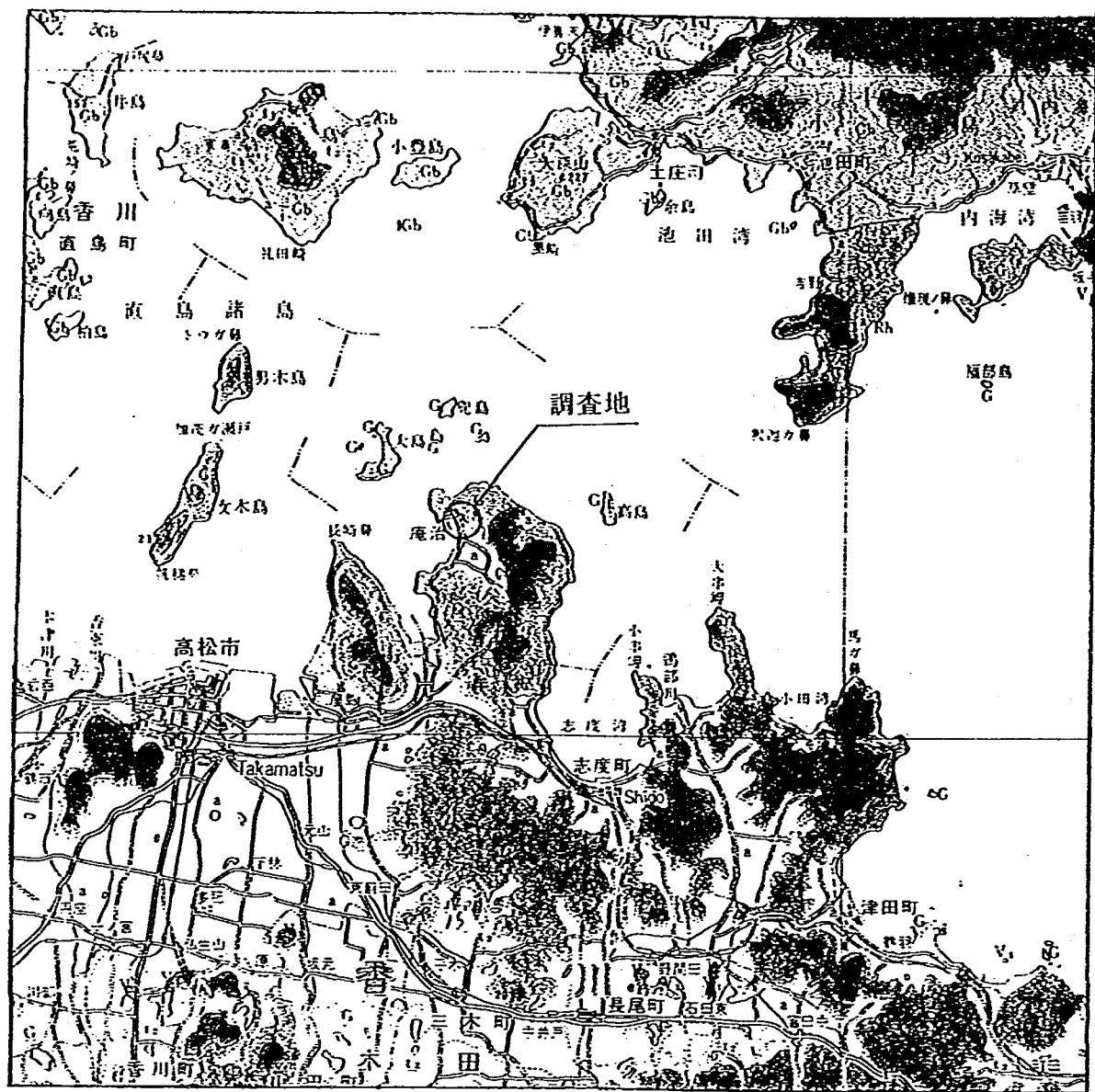


図-37 調査地位置図 (S=1:25,000)



0 10km

鮮新-更新世
Plio-Pleistocene

瀬戸内新期火山岩類
Setouchi younger
volcanic rocks
大阪層群および段丘堆積層
Osaka group and terrace
deposits

安山岩・玄武岩および同矽屑岩類
Andesite, basalt and their pyroclastic rocks

砂岩・泥岩・凝灰岩および礫岩
Sandstone, mudstone, tuff and conglomerate

第三紀
Tertiary
中新世
Miocene

瀬戸内旧期火山岩類
Setouchi older volcanic
rocks
神戸層群
Kobe group

安山岩・玄武岩・讃岐岩質安山岩および同矽屑岩類
Andesite, basalt, Sanukitic andesite and their pyroclastic rocks

砂岩・泥岩および礫岩
Sandstone, mudstone and conglomerate

古生代 (広域変成古生層)
Paleozoic (Regionally metamorphosed Paleozoic rocks)

領家花崗岩類
Granites in Ryōke zone

(角閃石) 黒雲母花崗岩・花崗閃緑石・白雲母黒雲母
花崗岩および閃緑岩質岩石 (変輝緑石など)
(Hornblende-) biotite granite, granodiorite, muscovite-biotite
granite and dioritic rocks (granitized diabase, etc.)

高変成帯
Zone of higher
metamorphic grade

片状ホルンフェルス (雲母片岩) および縞状片麻岩
Schistose hornfels (mica schist) and banded gneiss

領家変成岩類
Ryōke metamorphic rocks

低変成帯
Zone of lower
metamorphic grade

変成塩基性火山岩類
Metamorphosed basic volcanic rocks

変成粘板岩および砂岩
Metamorphosed clayslate and sandstone

図-38 調査地周辺地質図 (S=1:200,000) 9)

地下レーダー調査は、図-39に示すように、測線長14mで1測線を設定した。

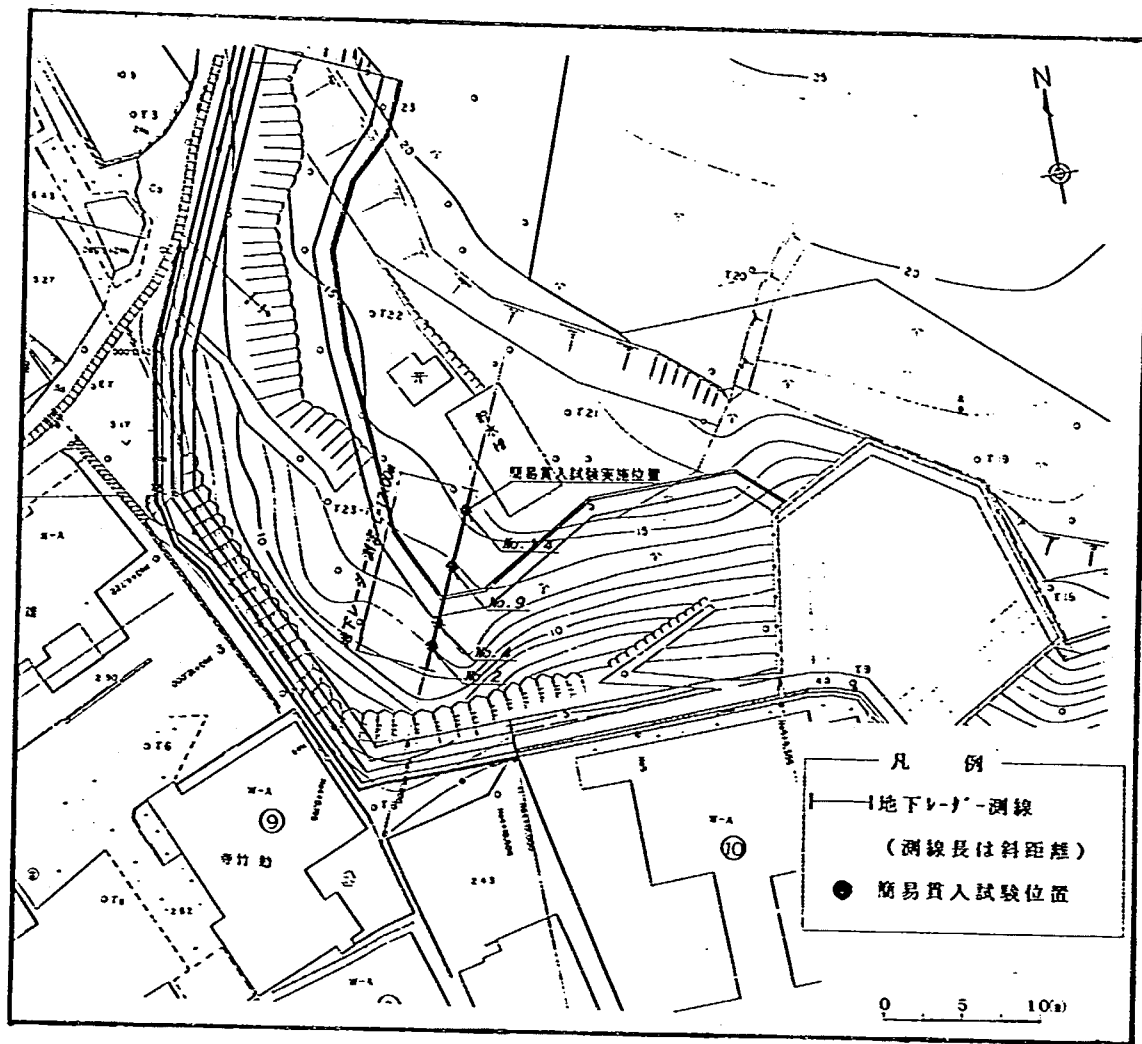


図-39 測線位置図

2)測定結果

本地区の調査に用いた地下レーダーの周波数は、100, 400, 500, 900MHzである。本地区の表層土の電磁波伝播速度は、6.0cm/nsであった。

また、図-39に示す、2m, 4m, 9m, 14mの4地点で簡易貫入試験を実施して、地下レーダーの結果と比較した。

図-40に簡易貫入試験結果を示す。また、表-10に、簡易貫入試験結果をまとめる。

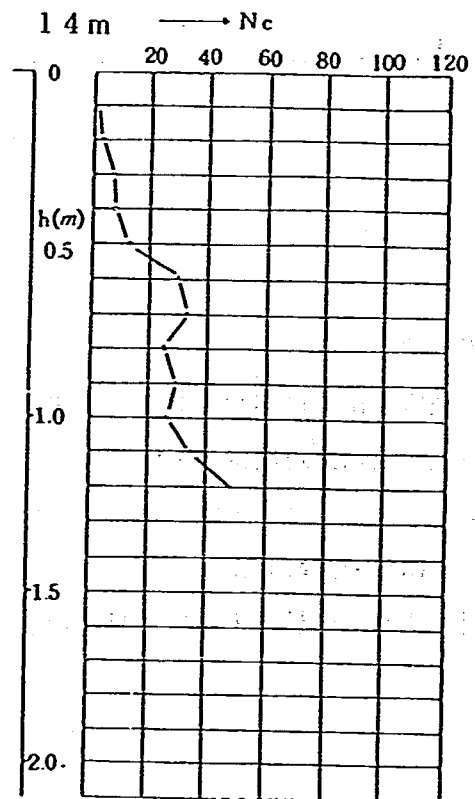
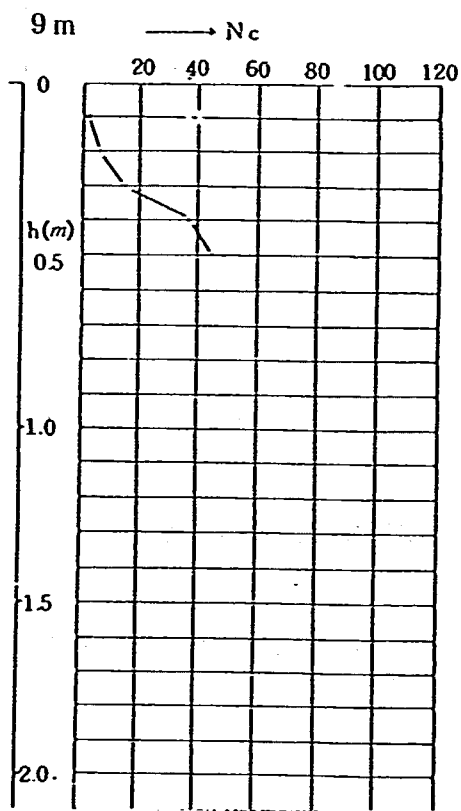
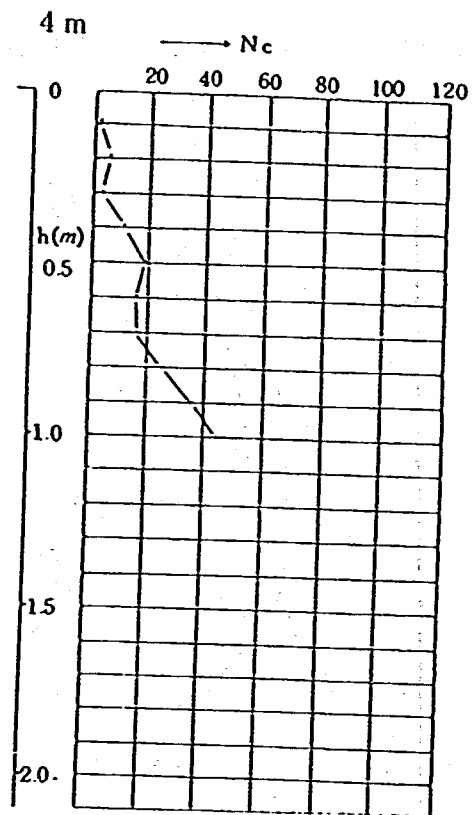
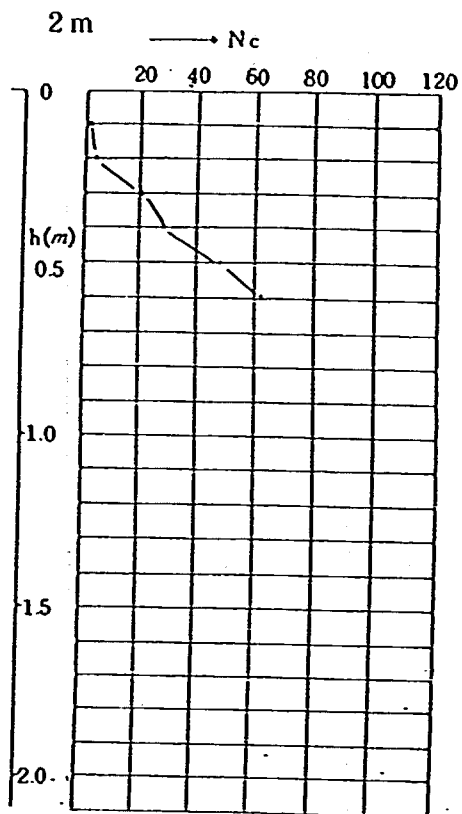


圖-40 簡易貫入試驗結果

表－１０ 簡易貫入試験結果一覧

距 離 程 レーダー測線	N c 値の分布状況
2 m	深度0.6mまでNc値は、ほぼ直線に増加している。
4 m	深度0.3mまでNc値 ≤ 5 、深度0.3～0.7mまでNc値10～20、深度0.7m以上は、ほぼ直線に増加している。
9 m	深くなるにしたかってNc値は徐々に増加している。深度0.3mでNc値の変換点が認められる。
14m	深度0.5mまでNc値 ≤ 10 である。また、深度0.6～1.0mまでは、Nc値が約30の値となる。深度1.0以深はNc値が徐々に増加している。

表－１１には、本地区のプロファイル測定による各アンテナ周波数での地下レーダー結果の特徴を示す。

表－１１ 地下レーダー観測結果の特徴

アンテナ 周 波 数	記 録 の 特 徴
900MHz	明瞭な反射面は認められない。 (最大探査深度約40cm)
500MHz	連続した比較的明瞭な反射面が認められた。 (最大探査深度約80cm)
400MHz	連続した明瞭な反射面が認められた。 (最大探査深度約1 m)
100MHz	50cm付近にやや不明瞭な反射が認められる (最大探査深度約4.2m)

本地区で、明瞭な反射波の得られた400MHzの地下レーダー調査結果を図－４１に示す。記録右端が側線の始点側で斜面下方にあたる。また、図－４２には、地下レーダー調査結果と簡易貫入試験とを比較した結果を示してある。

3)考察

大局的には、深度0.3m付近に明瞭な反射が見られ、深部には反射が少ない。これより、浅いところに地層境界や不均一な表土・礫等の反射体が存在し、深い所は比較的均一で堅固な地層・基盤が存在していることを示していると考えられる。

また、12m付近からは、別の境界が派生し、14mに向かって深くなっている。前述の境界のさら

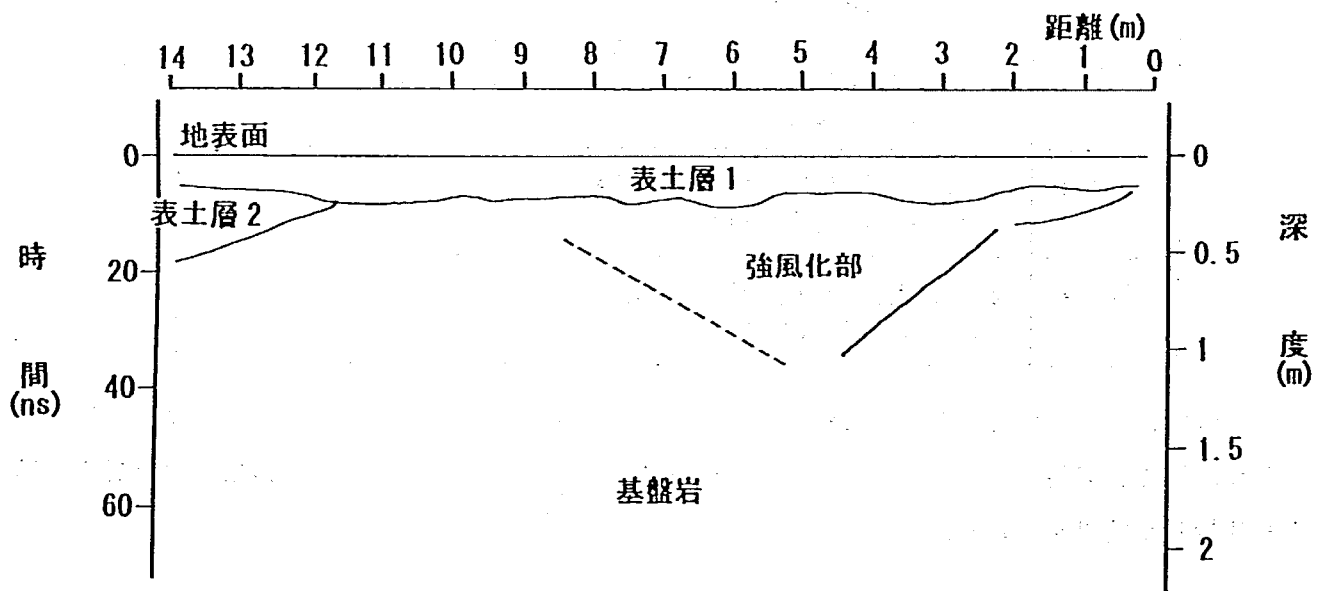
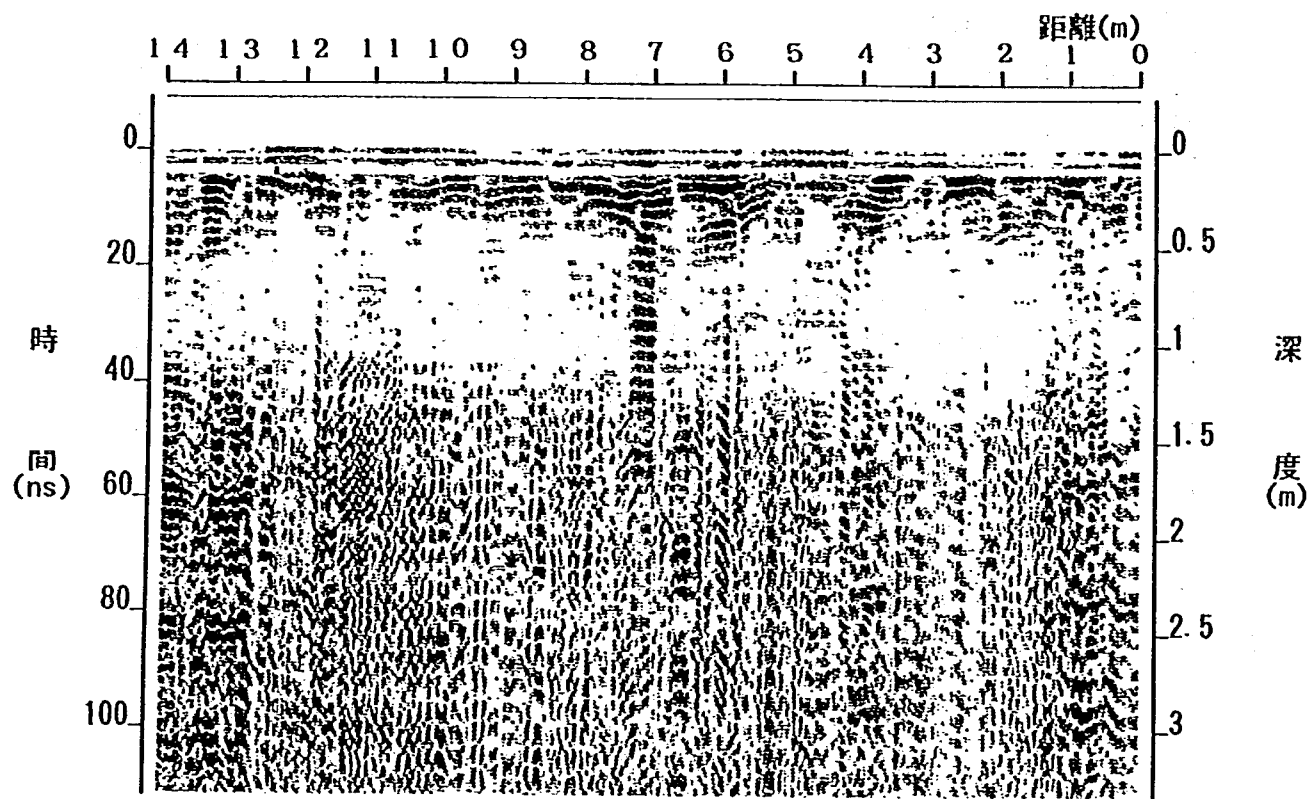


図-41 地下レーダー探査結果 (400MHz)

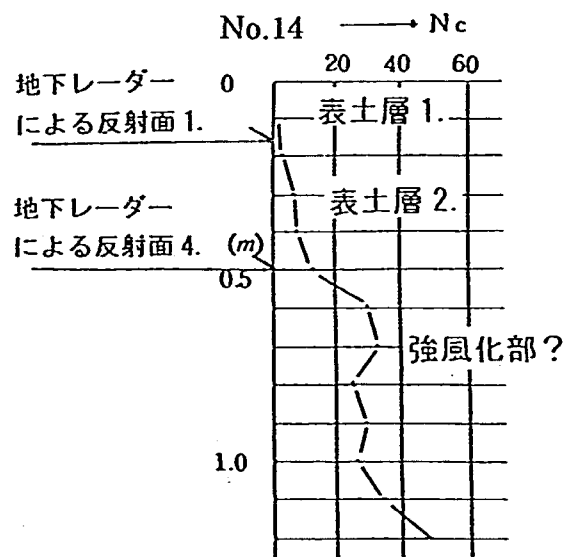
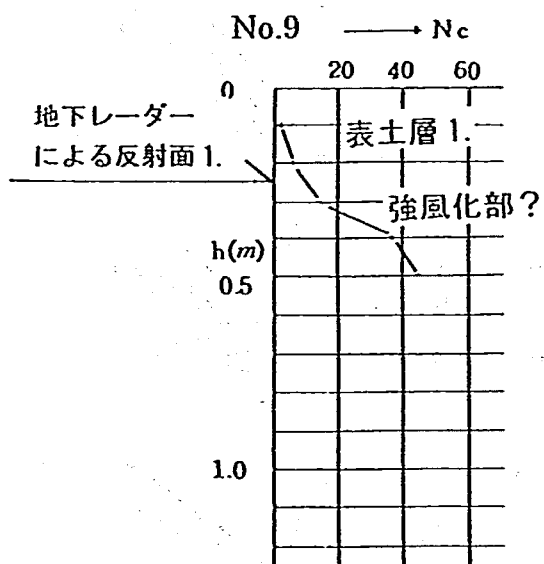
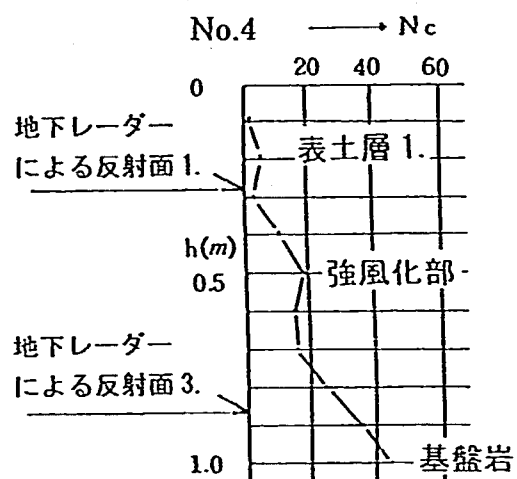
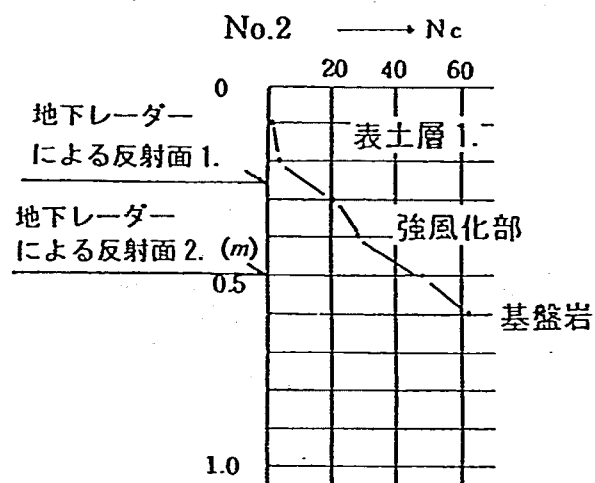
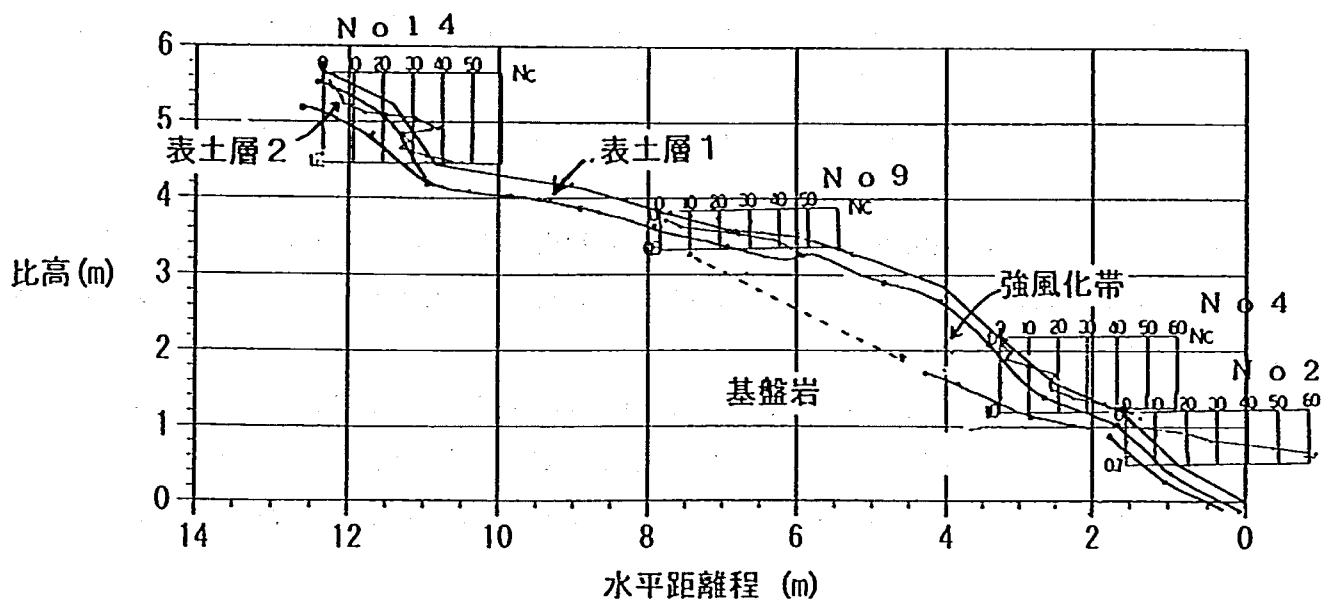


図-42 地下レーダー調査結果と簡易貫入試験の対比 (400MHz)

に深部には、別の境界が存在し、0～2 mの深度20～40 cmに一つと距離程2～4.5 mの深度40 cm～1 mにもう一つ存在する。後者は500MHzの記録でより明瞭である。この2本の境界が連続しているかどうかは明瞭でない。さらに、別の反射が5.5 m～8.5 m、深度1 m～40 cmに不明瞭ながら存在する。

簡易貫入試験結果から、約20～30 cmまでは、Nc値10程度のごく小さな値を示すことから表層土と思われ、それ以深にはNc値20～30程度の強風化部と思われる層が存在している。これらの層の境界で反射波が得られたものと思われる。

また、6.3 m付近と7.2 m付近では、顕著な反射があり、深部にまでノイズとして影響を及ぼしている。これは二つとも地表近くの土中に有る礫の影響であることが現地を確認されている。また、2.5 m付近と3.7 m付近は、礫あるいは地表の段差によるアンテナの浮きの影響と考えられる。

2. 6. 調査結果の整理

表-12に示すような各種の急傾斜地において、地下レーダーによる表層土厚調査を実施した。

表-12 調査地一覧表

調査地	地層の状況	模式図
神奈川県	地表の状況：粘性土 ローム 基盤の状況： 第四紀砂岩泥岩堆積層	ローム層 基岩
香川県	地表の状況：砂質土 地盤の状況：強風化岩	マサ
福島県 富山県	地表の状況：粘性土 強風化岩 基盤の状況： 第三紀砂岩・泥岩互層 溶結凝灰岩	風化土層 基岩
和歌山県	地表の状況：粘土混じり 砂礫 基盤の状況：中生層粘板 岩	崩積土 基岩

その結果、表-13に示すような結果が得られた。

表-13 調査結果一覧表

調査箇所	表層土厚 (m)	表層土の土質 (伝播速度 ns)	基岩の岩質	地層境界 の明瞭度	777 周波数 (MHz)	最大探 査深度 (m)	測定 結果
福島県白河市 広谷地区	0.5~2	粘性土 (5.1~ 6.7)	溶結凝灰岩	非常に 明瞭	500 300 100	1.7 1.7 1.7	○ △ △
神奈川県 横浜市鶴見区 駒岡神社前地区	1~2	粘性土 (7.5~ 7.7)	第4紀層砂岩	Nc値が20 まで徐々に増加	500 300 100	1.5 4.5 5.7	× △ ×
富山県氷見市 新保地区	2~5	粘性土 (5.7)	砂岩泥岩互層	Nc値が30 まで徐々に増加	700 500 300 100	1.0 3.5	× × △ ×
和歌山県 伊都郡高山町 上筒香地区	1~3	粘土混 り砂礫 (6.6)	古生代粘板岩	非常に 明瞭	500	1.5	○
香川県木田郡 庵治町谷地区	0.3~1	マサ土 (6.0)	風化花崗岩	Nc値が20 まで徐々に増加	900 500 400 100	0.4 0.8 1.0 4.2	× ○ ○ ×

○：明瞭な反射波が認められ、ボーリング調査結果、簡易貫入試験結果等と良い対応が得られた。

△：明瞭な反射波が得られたが、ボーリング調査結果、簡易貫入試験結果等と良い対応は得られなかった。

×：明瞭な反射波は認められなかった。

今回行った5カ所の地下レーダー調査の内、3カ所で表層土の境界を示すと思われる明瞭な反射波を得ることが出来た。これらの結果を整理すると、以下のようにかける。

①調査に用いた地下レーダーの電磁波周波数は100MHz~900MHzであったが、300~500MHzの電磁波周波数で、良好な探査結果が得られた。

②表層土厚では、調査地の表層土と推定される層の厚さは、0.5~5mの範囲をとっているが、表層土厚が0.5~2mの福島県白河市広谷地区、1~3mの和歌山県伊都郡高山町上筒香地区、0.3~1mの香川県木田郡庵治町谷地区では、明瞭な反射波を得ることが出来たが、表層土厚が2~5mと厚い石川県氷見市新保地区では、良い結果は得られなかった。

③神奈川県鶴見区駒岡前神社地区は、表層土の厚さが1~2mであり、300MHzで地下レーダーの

最大探査深度も4.5mと十分な深度があるが、Nc値は深度が深くなるにつれ徐々に増加しており、表層土と基岩の境界が明瞭でないため、良好な反射波は得られなかった。

④香川県木田郡庵治町谷地区の場合も、Nc値が深度が深くなるにつれ徐々に増加しているため、表層土と基岩の境界が明瞭とは言い難い。しかしながら本地区の表層土厚は0.3～1mと薄く、また、花崗岩から黒雲母などの構成鉱物が溶脱し、もろくなった鉱物がまさ土となることから、まさ土や風化花崗岩の場合、風化の程度により空隙率が明瞭に変化し、それに伴い電磁波伝播速度が変化したため、良好な反射波を得ることが出来たものと思われる。

⑤調査地の表層土の土質は、粘性土、粘土混じり砂礫、まさ土であったが、土質による電磁波伝播速度の差異は今回の調査結果からは判別できなかった。また、電磁波伝搬速度は、5.1～7.7(m/ns)の範囲であり、明瞭な反射波が得られた地区と得られなかった地区の表層土層の電磁波伝播速度には、差は認められなかった。

周波数と探査深度の関係については、図-43に示すように、電磁波周波数が小さい程、土に対する透過能力が大きくなることから、最大探査深度は深くなっている。しかしながら、電磁波周波数が小さくなると分解能が悪くなる。

また、明瞭な反射面が認められるとその下層に伝播する電磁波のエネルギーが小さくなることから福島のように基岩と表層土のコントラストが明瞭な場合、表土層の境界以深の探査は困難となる。

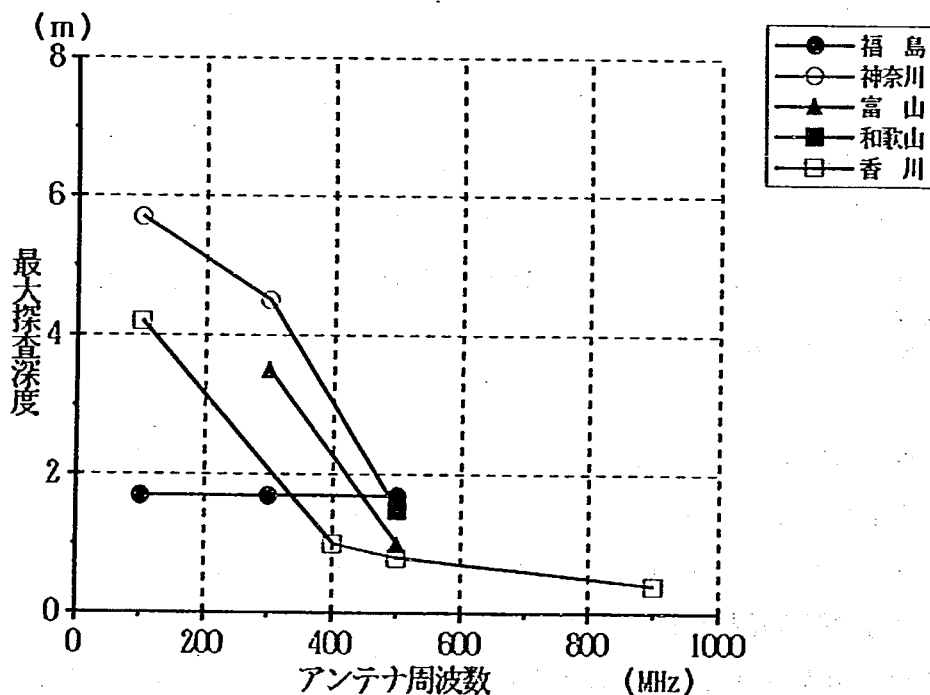


図-43 アンテナ周波数と最大探査深度

3. まとめ

地下レーダー調査は、計測が容易で分解能が高く、測線に沿って地下構造が調査できるものである。また、測定現場でグラフィック出力が出来ることから、その場で視覚的に地層構造が把握できる。

そこで、急傾斜地調査での表層土厚調査への新しい調査手法として、5カ所の調査地において地下レーダー調査を実施し、地下レーダー調査の有効性を検討した。

その結果、今回の調査では、下記の条件を満たした地域で、明瞭な反射波を得ることが出来た。

①表層土厚が1～2mより浅い場合

②電磁波伝播速度コントラストが大きいと推定される箇所（ N_c 値の変化が明瞭な場合や基岩の上に表土がある場合、まさ土のように風化に伴い土の鉱物組成が変化する場合）

また、探査に用いる周波数は300～500MHz程度で良好な結果が得られた。しかし、分解能や探査深度の関係から、その前後の周波数による探査も実施する必要がある。

なお、表層土の厚い場合や地質の状況などによって、地下レーダーでは、良好な結果が得られない場合があり、他の物理探査手法（例えば弾性波探査や電気探査など）も検討してみたうえで実施する必要があると考えられる。

なお、本資料をまとめるにあたっては、神奈川県、富山県、和歌山県、香川県の砂防課の関係各位の方々に、地下レーダー調査など多大なご協力を頂きました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献，引用文献

- 1)五十嵐亨：地質と調査 教養読本「地中探査レーダー」，地質と調査 昭和63年 第1号 PP.41～47，全国地質調査協会連合会，1988.3
- 2)東北地方土木地質図編纂委員会：東北地方土木地質図 解説書（1:200,000），1988
- 3)通商産業省工業技術院地質調査所：日本地質図大系 関東地方，朝倉書店
- 4)富山県氷見土木事務所：新保地区急傾斜地崩壊対策土質調査その2委託報告書，平成6年11月
- 5)通商産業省工業技術院地質調査所：日本地質図大系 中部地方，朝倉書店
- 6)和歌山県橋本土木事務所：平成6年度 急傾斜第2号～5 上筒香地区急傾斜地崩壊対策地質調査業務委託報告書，平成7年1月
- 7)近畿地方土木地質図編纂委員会：近畿地方土木地質図 解説書（1:200,000），1981
- 8)香川県高松土木事務所：平成6年度 谷地区地質調査委託報告書，平成7年3月
- 9)通商産業省工業技術院地質調査所：日本地質図大系 中国・四国地方，朝倉書店

急傾斜地調査への地下レーダーの適用 ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3368号
平成7年8月(1995)
門間敬一, 笹原克夫, 小嶋伸一
海老原和重, 網木亮介

要 旨

本報告書は、5ヵ所に急傾斜地における地下レーダー調査結果をもとに、急傾斜地調査への地下レーダー調査手法の有効性について検討を実施したものである。

キーワード：急傾斜地調査、表層土厚、地下レーダー

○

郵便はがき

切手をは
いて下さ
い。

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所

急傾斜地崩壊研究室 行

茨城県つくば市大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第3368号

部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

○