

2.3.3 中村地区 地質調査結果

1) 地区概要

中村地区は緑豊の北方約15kmに位置する面積8km²の地区である。本地区は新村-重戸村N-S断裂の東側に隣接する。標高は1600m~1900mで、標高差は300m程度であるが各河川沿いには急崖が発達し、地形は極めて急峻・複雑である。アクセスは中村より山道が通ずるが、雨期には河川は増水し、各所で渡河不可能となる。

中村地区には、老洞箒、和尚洞、三笠箒などの銅鉱徴が知られており、現在民採による小規模な試掘が行われている。鉱床は主として落雪層苦灰岩中、一部因民層粘板岩・泥灰岩中に胚胎する。鉱石部は極めて不規則であるが高品位部はCu 1%~数%に達する。本地区では繰返し調査が行われて来たが、本地区の地質構造は極めて複雑なため、一部を除き、全体構造は明確でない。

2) 岩質・層序(図2-3-52)

本地区は原生界中部の昆陽層群が広く分布し、地区東部の地形上の高所で中生界に覆われる。本地区の昆陽層群は因民層、落雪層、鵝頭殿層である。

- ① 因民層：主として紫色~褐灰色の粘板岩、粘板岩・泥灰岩・シルト岩互層からなる。特に、数mm~数cmのパターンで繰返す細互層が本層の特徴である。細互層中には、シルト質部、泥灰質部、泥質部からなる級化3層構造、級化層理、クロスラミナ、フルートキャストなどの発達認められる。これらの現象は地層の上下関係の判定に有効であることが、本年度調査で明らかとなった(図2-3-33)。
- ② 落雪層：細粒、緻密な苦灰岩で、中部~下部に藻化石を多産する。層厚は通常80m程度であるが、変動が著しい。藻化石は藻の成長方向を保存しており、藻礁構造から地層の堆積方向の判定が可能であることが、東川地域での研究で確立している(図2-3-31)。
- ③ 鵝頭殿層：主として灰色~褐灰色の粘板岩の層厚である。一部に、緑色岩、シルト岩を挟み、稀に石灰岩、苦灰岩、泥灰岩が認められる。本層の粘板岩は、全体的に泥質であるのが特徴であるが、因民層の粘板岩との識別は、必ずしも容易ではない。
- ④ 中生界：砂岩・泥岩の互層からなり、本地区東部の地形上の高所(海拔1800~1900m以上)で昆陽層群を不整合に覆って分布する。不整合面では、ノジュールを伴う赤褐色泥岩及び基底礫岩が認められる。本層の走向はNNW-SSEで、東方へ15°程度で緩く傾斜する。本層は、三疊系~ジュラ系に対比される。
- ⑤ 火成岩類：火成岩としては、輝緑岩、石英曹長石斑岩がある。昆陽層群の断層破碎帯中に岩脈状に貫入したものと思われる。
- ⑥ 角礫岩：和尚洞-小尖山の中間域の背斜軸部の因民層相当部、NNW系~NS系断層破碎帯相当部に分布する。

3) 地質構造(図2-3-52)

(1) 概況

本地区の昆陽層群は、著しく騒乱、破碎、変形している。また、NNW系、NS系、ENE系、EW系などの断層群が繰返し発達し、地層は著しく転移、ブロック化、断片化している。そのため、地質構造は著しく複雑である。局所的に比較的単純な構造を保存している部分を除けば、マクロ的にも、ミクロ的にも理解し難い状況を示している。

なお、昨年度までに、本地区でほぼ確認された構造は次のとおりである。

- ① 老洞管—和尚洞—三岔管の鉱床帯を胚胎する落雪層苦灰岩層は、約1.2kmにわたってNW-SE方向に連続し傾斜 30° ～ 50° NEの単斜構造を示す。
- ② 老洞管の西側に対位する小尖山の落雪層苦灰岩層は、走向NE-SW、傾斜 60° ～ 70° SEで逆転し、老洞管—小尖山の間で転倒背斜構造を造っている。
- ③ 老洞管北山の落雪層苦灰岩層は、上記背斜構造の軸部を構成する。

(2) 大規模逆転構造の認識

昨年度の調査で、a 落雪層と推定される苦灰岩が、各所に断片的に分布すること、b 苦灰岩中の造礁構造の解析から、これらの苦灰岩層が、各所で緩傾斜で逆転しているらしいことなどの事実が判明したが(図2-3-31)、その意味付けとマクロ構造の解釈は困難であった。

今年度の調査では、苦灰岩の周辺に分布する因民層と推定される粘板岩・泥灰岩・シルト岩細互層中に、級化層理、クロスラミナ、フルートキャストなどの堆積構造が保存されていることが判明した(図2-3-32・33)。このような堆積構造の解析から、老洞管—和尚洞—三岔管を結ぶ線の南西方の老那姑東山、三岔管峠、和尚洞谷及び東方の紀拉管などで、昆陽層群は大規模な逆転構造を示すことが確実となった。このため、中村地区の地質構造については、全面的なみなおしが必要となった。

(3) 地質構造の再解析(図2-3-52・54)

a) 老那姑東山の逆転苦灰岩層

山頂部に比較的緩傾斜で分布する苦灰岩は、落雪層と推定され、造礁構造からみて、明らかに逆転している(図2-3-31)。本苦灰岩層の見掛上の下位を占め、山腹部に分布する粘板岩は、全体的に泥質な岩相よりみて、層位上上位の鵝頭層であり、この鵝頭層も逆転していると推定される。

b) 三岔管峠付近の逆転苦灰岩層

三岔管峠北西部の急斜面に落雪層と推定される苦灰岩が周囲の粘板岩に複雑にくだむ形で断続的に分布する。本苦灰岩層の造礁構造は逆転しており、また周囲の因民層細互層の級化層理構造も逆転している。

c) 和尚洞谷の逆転構造(図2-3-34・35・36)

和尚洞坑口以西の和尚洞谷下流域には、2個所に逆転苦灰岩層が分布する。今回の調査で、

苦灰岩だけでなく、その周囲の粘板岩細互層が逆転していることが判明した。逆転の範囲は、和尚洞坑口付近を通る、角礫岩を伴うNNW系断層以西の区域である。

① 和尚洞坑口西方約0.1kmの苦灰岩層は、従来、因民層とみなされてきた。しかし、本苦灰岩層は、比較的均質で、実層厚は少くとも80mに達する厚層であり、因民層とは考え難く、落雪層であると考えられる。本層は走向NW-SE、傾斜 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ NEで藻礁構造は逆転しており、小尖山の落雪層苦灰岩逆転層(走向NNW、傾斜 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ E)とは構造的に類似していることが判明した。

② 和尚洞坑口西方約0.4kmの苦灰岩層は走向NNE-SSW、傾斜 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ Nを示し逆転している。本層は、和尚洞谷を挟んで、小尖山の落雪層苦灰岩とはその南に対位しているが、構造的には整合性がない。構造的に連続するためには、ほぼ 100° の回転転移を必要とし理解し難い。恐らく、両ブロックは、谷北岸を通る垂直方向の転移を特徴とするEW系断層により接合しているものと推察される。

d) 杞拉箐の逆転構造

杞拉箐の谷筋には、粘板岩・泥灰岩・苦灰岩の互層が分布する。この互層は因民層と推定され、全面的に逆転していることが、今回の調査で判明した。さらに、本互層の南方に分布する苦灰岩の厚層も逆転していることが推定された。なお、三岔箐付近の落雪層・因民層・鵝頭巖層は、正常の単斜構造であることが再確認された。従って、三岔箐の落雪層苦灰岩は、杞拉箐谷の三岔までは連続するが、三岔以東では所在不明となる。恐らく、鵝頭巖層の下部へ伏在するのであろう。

(4) 断層系(図2-3-52)

本地区の主要な断層としては、NNW系、NS系、ENE系、EW系が顕著である(図2-3-24~40)。しかしながら、個々の断層の延長及び相互の関係は、極めて不規則・複雑で明瞭でない。これは次のような理由によるものと考えられる。

① 本地区がN-S系大断層の東側に隣接し、長い地質年代を通じて、繰返し強い構造運動を蒙って来たこと。そのため地質構造も断層もブロック化、断片化したと思われる。

② 本地区の地層は、インコンピーテントの物性を有する粘板岩と苦灰岩から構成されるため、断層と地層の変形とが不規則・選択的に進行したこと。

主要な断層系の特徴は次のとおりである。

a) NNW系断層

和尚洞坑内(SKT3-1)、和尚洞付近の川床、老洞箐旧坑(PD1)などで確認される。本断層は、比較的急傾斜を示し、角礫岩を伴うのが特徴である。落雪層苦灰岩層の分布とも関係を有し、褶曲構造とも関係を有するのではないかと推察される。

b) NS系断層

和尚洞谷で観察される。角礫岩を伴っており地殻深部に起源を有するものと推定される。

c) ENE系断層--NE系断層

NE系断層は、小尖山及び老洞管北山の北西山腹に推定される。ENE系断層は、中村から杞拉管を通り張家村方面へ抜ける位置に推定される。両断層とも、かなり大きな転移量が考えられるが、その連続性は不明確で断続的に発達する。恐らく、禄武地域のNE-SW方向の大構造に関連するものと推察される。

d) EW系断層

老洞管及び和尚洞谷で部分的に観察される。垂直転移の大きな断層である。

e) NW系断層

和尚洞田坑(SKT8, SKT9)、老洞管などで確認される。和尚洞田坑では、落雪層苦灰岩層にほぼ平行し、繰返し発達する。周辺は強く破碎され、一部で粘土を伴う。三岔管、和尚洞坑内(SKT3-1)などでは、落雪層苦灰岩に接する因民層粘板岩互層中には引褶褶曲が発達しており、苦灰岩中にはスリッケンサイドが観察できる。

(5) 転倒背斜構造

坑道多数が掘削され、最もよく地質構造が確認できる老洞管田坑(PD1)と和尚洞坑(SKT3-1)付近の地質断面図を図2-3-41、図2-3-42に示す。

老洞管では激しく折畳まれた転倒背斜構造の一部が確認できるが、転倒翼の延長部は未確認である。

和尚洞区域では大規模な転倒翼が断片的に出現しているが、転倒翼の延長部は地下に完全に伏在している。

(6) 大規模横臥褶曲・押しかぶせ褶曲構造

本地区の地質構造に関して、逆転構造、転倒背斜構造、断裂系など多くの事実を前項に詳述した。これらの事実を繋ぎ合わせてみると、本地区全体を特徴付ける基本構造は大規模な横臥褶曲または押しかぶせ褶曲であると結論付けられる(図2-3-54)。

本地区の横臥褶曲構造の特徴を、落雪層苦灰岩を中心に記述すれば、次のとおりである。

- ① 老洞管、和尚洞、三岔管の落雪層苦灰岩が、横臥褶曲の上翼(背斜の上翼、北東翼)を構成する。
- ② 老洞管北山の苦灰岩は、背斜の軸部を構成する。
- ③ 横臥褶曲の中心翼(背斜の下翼、向斜の上翼)に相当する苦灰岩は、小尖山、和尚洞谷、老那姑東山、三岔管峰、杞拉管などに広範囲、断片的に分布する。これは、中心翼が特に激しい剪断作用を蒙り、また後期のブロック化作用を受けたためと考えられる。
- ④ 横臥褶曲の下翼(向斜の下翼、南西翼)は、ほとんど地下に伏在するが、その延長部に相当するのが本地域外西方の羅王田、中村中学、下村東方に分布する落雪層苦灰岩であろうと推論される。

本地区の複雑・怪奇な地質構造は、下記のように要約される。

- ① 横臥褶曲の背斜軸は、小尖山～老洞管山の中間部、和尚洞坑口付近、三岔管南方を通り、さらに杞拉管方面へ延長する。その伸長方向は、NNW-SSE-Eで、約2.5kmにわたって追跡できる。その延長部は地表が鵝頭層及び中生界に覆われるため、現状では推定困難である。
- ② 横臥褶曲の向斜軸は、老邦姑東山西方、三岔管峠付近に位置すると推定されるが、正確な位置とその詳細構造は、鵝頭層の構造解析が進捗していない現状では、解明は困難である。
- ③ ここで重要な事実は、横臥褶曲の背斜軸と向斜軸に挟まれた区域では、鵝頭層を含め、因民層、落雪層など古期岩類を構成するすべての地層が逆転していることである。本地区での逆転の規模は、褶曲軸NNW-SSE-E方向に直交する幅0.8kmの範囲である。

4) 鉍化作用

(1) 鉍床の性状

中村地区の強い鉍徴は、横臥褶曲構造上翼(背斜構造東翼)の落雪層苦灰岩中に集中する。本苦灰岩はNNW-SSE方向に約1,200mにわたって連続し、北より老洞管、和尚洞、三岔管、杞拉管などの銅鉍化帯を賦存する。顕著な鉍化層準は苦灰岩下部～中部層準であるが、和尚洞区域では角礫岩中及びその周辺にも銅鉍化が認められる。鉍石部の産状は次のとおりである。

- ① 層状～層紋状、鉍染状：銅濃集部は、通常数mm程度で、母岩の苦灰岩中に繰返し発達し、縞状構造を呈する。銅鉍化層準の層厚は通常数10cmから数mである。

鉍石鉍物は黄銅鉍、斑銅鉍、輝銅鉍である。鉍石鉍物の周辺は、珪化作用、炭酸塩鉍物の再結晶作用が著しい(F42 三岔管)。鉍石品位は通常Cu 0.5% 以下である。

- ② 不規則細脈状～網状：銅鉍物堆積後の構造運動または変質作用で、2次的に形成された鉍床と考えられる。このタイプは和尚洞にみられ、時に銅高品位部を形成するが、鉍体の形状と品位分布は極めて不規則である。鏡下の観察によれば、鉍石鉍物は黄銅鉍、輝銅鉍、斑銅鉍及び黄鉄鉍で、石英・方解石脈中に胚胎する(N24 和尚洞坑内)。母岩の角礫化が著しい部分では、鉍染状を呈する(N25 和尚洞坑内)。手選後の高品位部は、Cu 2% ～数% 以上に達する。

- ③ 角礫岩周辺の因民層中の細脈鉍床：和尚洞の角礫岩体中及びその周辺の因民層中には、鉍染状または細脈状の銅鉍化が認められる。鉍石鉍物は主として黄銅鉍であり、赤鉄鉍を伴う。脈石は石英である(F43 和尚洞)。

(2) 2次酸化銅鉍の産状

地表部付近では、初生硫化銅鉍物は、酸化鉍物に変わっている。主な2次酸化銅鉍物は、クジャク石と藍銅鉍であるが、その生成に関して、次の2ケースが認められる。

- ① 黄銅鉍などの初生銅鉍物を交代したもの(F56 和尚洞)。
- ② 粘板岩、苦灰岩などの割れ目を充填したもの(J11 小新原)。銅成分は周辺あるいは遠方から移動し、沈殿したもので、本タイプの鉍徴は発展性に欠ける。

(3) 和尚洞の坑内調査結果

今回、和尚洞旧坑(SKT-3 KT-8 KT-9)の坑道調査が実施できた。その結果を図2-3-37・38に

示す。富鉄部はすでに採掘りされており、詳細な観察は困難であるが、坑道内で採取した鉄石サンプルの分析値を下記に示す。

No.	坑道名	母岩	採取幅 (m)	Cu (%)	Mo (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	
NN61	和尚洞(SKT-3)	Itv	0.2	0.04	0.18	1.3	2.1	
NN62	和尚洞(SKT-3)	Brc	0.2	0.01	0.25	1.5	3.0	
NN63	和尚洞(SKT-3)	Pile	0.2	8.62	0.32	6.4	12.7	手選選別後
NN68	和尚洞(SKT-3)	Do(L)	1.0	0.35	1.5	2.6	2.2	
NN69	和尚洞(SKT-3)	Do(L)	1.0	0.68	1.8	1.7	1.8	
NN70	和尚洞(SKT-3)	Do(L)	1.0	1.25	1.1	2.4	2.4	
NN64	和尚洞(SKT-9)	Do(L)	0.1	3.73	0.43	12.2	3.3	
NN65	和尚洞(SKT-9)	Do(L)	0.08	4.22	0.64	4.3	7.0	
NN66	和尚洞(SKT-8)	Do(L)	1.0	3.28	0.10	2.4	5.0	
NN67	和尚洞(SKT-8)	Do(L)	1.0	1.93	0.11	2.4	2.6	

鉄床は脈幅1~10cm程度の細脈の不規則な集合体である。富鉄部の形態と連続性は、脈幅と脈の密度により変化が激しく、極めて不規則である。計画的な開発は困難であるが、採掘後、選別すれば、高品位鉄の出荷が可能である(NN63)。

(4) 旧坑・トレンチの鉄況

本地区には多数の旧坑、トレンチが実施されており、現在はほとんど崩壊しており入坑不能であるが、よく調査されている。これらの旧資料の検討結果を表2-3-31にまとめた。旧坑の調査図は図2-3-39・40にまとめて示した。

本地区のサンプリング品位は、富鉄部が不規則で変動に富むため、Cu品位はサンプリング箇所により大きく変動するものと思われる。本地区で最も鉄況が良いのは、和尚洞と老洞管であるが、本表によれば、ほとんど開発が進んでいない杞拉管区域に富鉄部が捕捉されており、今後の調査対象として興味がある。

なお、中国側の検討結果では、老洞管と和尚洞の鉄況は次のとおりである。

坑準	老洞管		和尚洞	
	延長	Cu品位	延長	Cu品位
1750m準	4.7m	0.55%	5m	1.20%
1670m準	7.6m	2.24%	8m	1.23%
1660m準	7.6m	1.32%	10m	1.50%

(5) 角礫岩について

中村地区の和尚洞西部に、大規模な角礫岩体が分布する。本岩体の主要部は、主として断層帯に伴う破碎型角礫岩及び背斜構造の軸部を占める構造型角礫岩であると思われるが、和尚洞付近では次のような現象が観察される。

- ① 和尚洞坑内の落雪層苦灰岩中に、角礫岩の岩脈状の貫入が認められる。
- ② 和尚洞坑口の南方約60mに、因民層互層中に銅・石英細脈～網状脈の発達ที่認められる。
- ③ 和尚洞坑口の北西方約130mの尾根部で、強い銅鉍化を伴う角礫岩が因民層に接して発達するのが認められる。

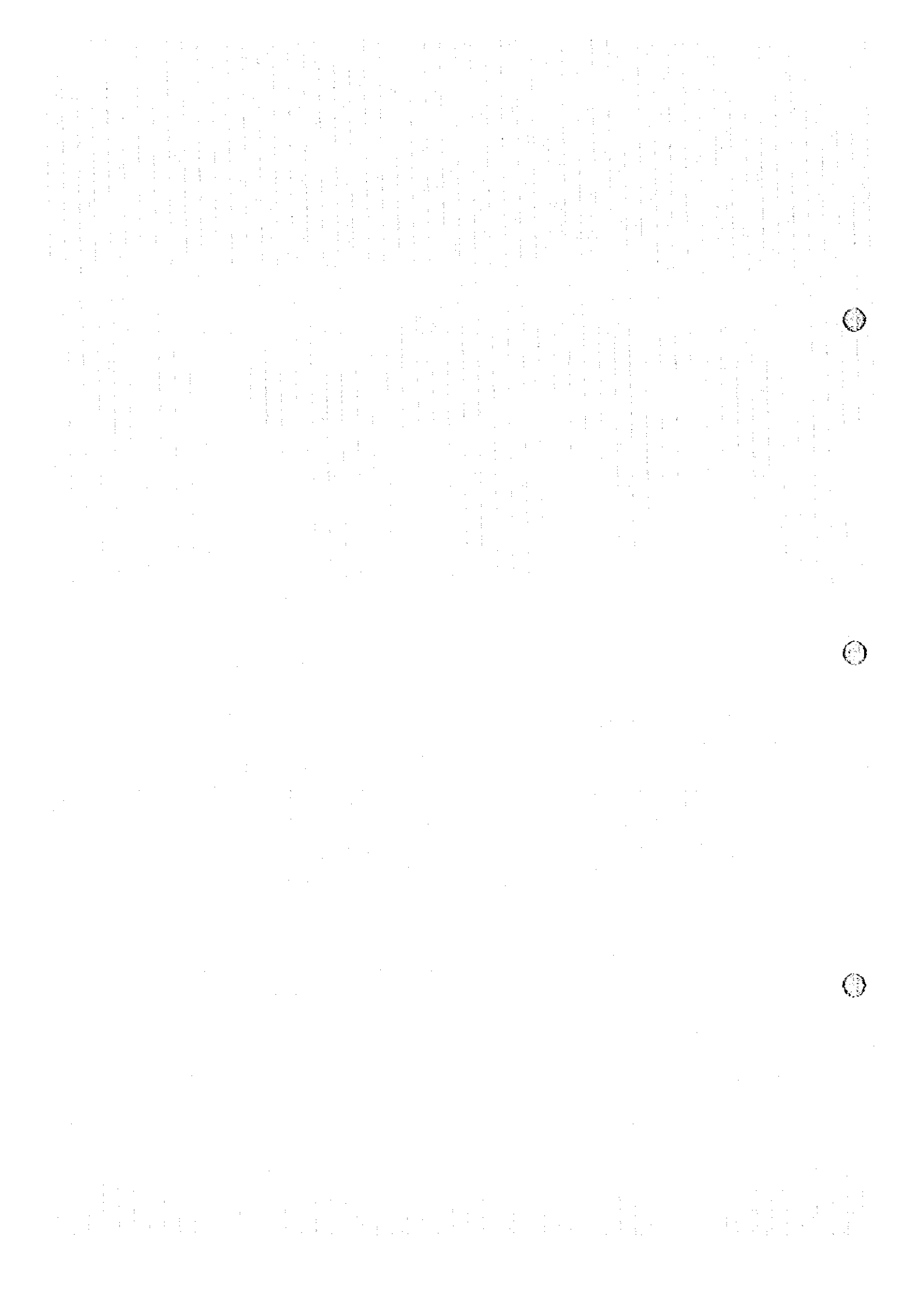
上記の現象から、和尚洞付近の角礫岩は、次のタイプが混在し、角礫岩体の一部は爆裂型刺穿角礫岩であろうと推定される。各タイプの角礫岩の特徴は次のとおりである。

- ① 破碎型角礫岩：断層帯に分布する。角礫径は大小様々である。
- ② 構造型角礫岩：著しく折畳まれた背斜軸に沿って分布する。基質が苦灰岩であることが多い。
- ③ 爆裂型角礫岩：パイプ状～岩脈状の形を示す。礫は比較的小型で円礫～亜角礫が多く、礫種は多様である。酸性貫入岩を作ることがあり、顕著な銅鉍化を伴う。

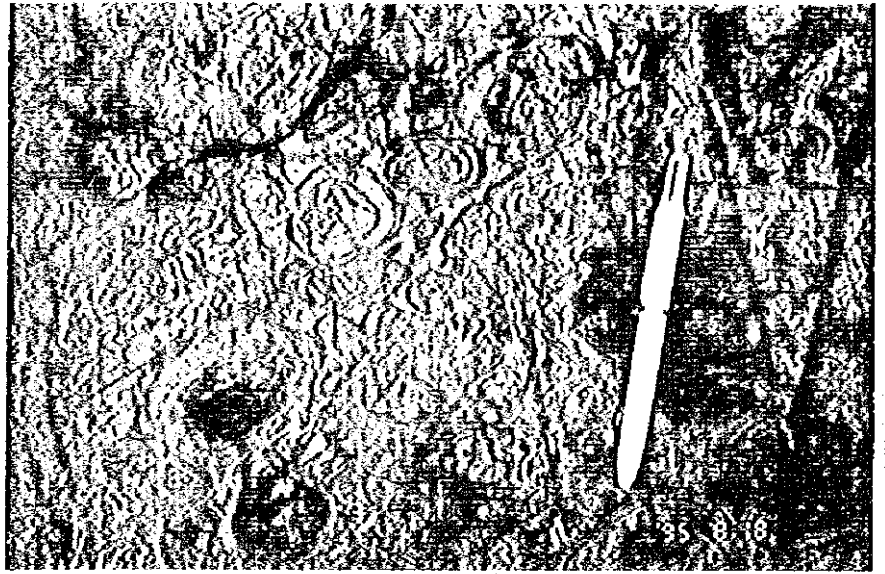
中村地区で存在が推定された爆裂型刺穿角礫岩は、易門鉍山や大美阪鉍山で観察される爆裂型角礫岩とは、次の点で成因がやや異なるようである。

- ① 易門・鳳山式：構造破壊移動型
- ② 大美阪式：割れ目噴気型、基質は砂状、鉍石鉍物は多様で角礫間隙を充填する。
- ③ 中村式：貫入刺穿型、パイプ状～岩脈状

爆裂型刺穿角礫岩と銅鉍化作用との関係は、今後の研究課題として極めて興味深い。



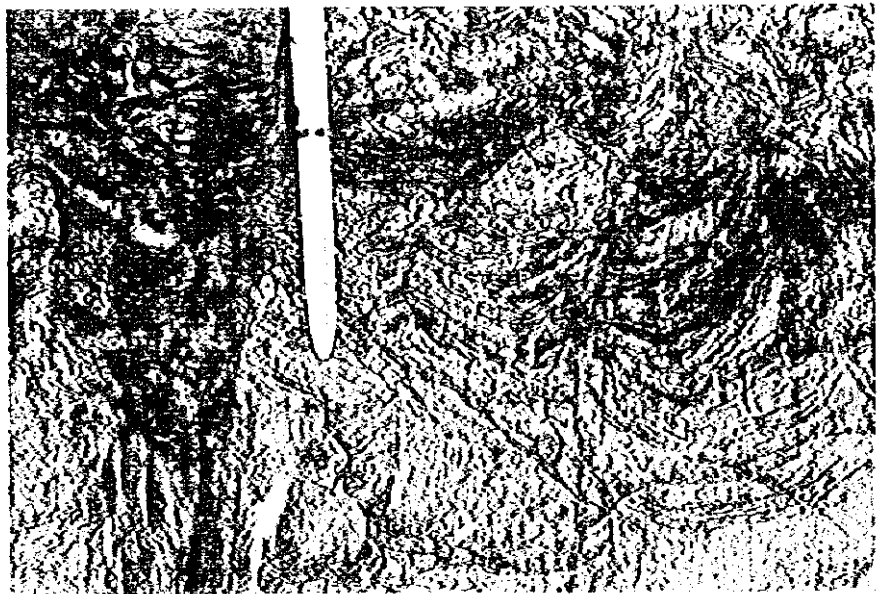
見掛上の上位
層位上の下位



(1) 中村地区 老邦姑東山頂上付近

層理面を上方より撮影，藻が造る各リングは上方へ
拡大しており，見掛上の上位は層位上の下位である。

見掛上の上位
層位上の下位



見掛上の下位
層位上の上位

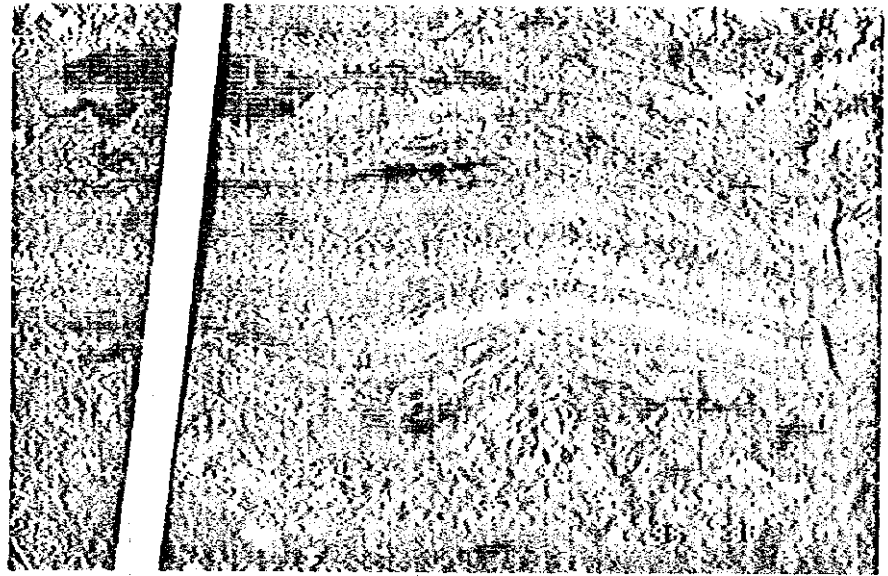
(2) 中村地区 和尚洞南西方約 100m

層理面の断面方向の藻構造
藻の発達方向は下向を示す。

図 2 - 3 - 31 地層の逆転を示す苦灰岩中の藻礁構造 (写真)



見掛上の上位
層位上の下位



見掛上の下位
層位上の上位

(1) 中村地区杞拉箒 (三ッ俣の東方約100m)

見掛上の上位
層位上の下位



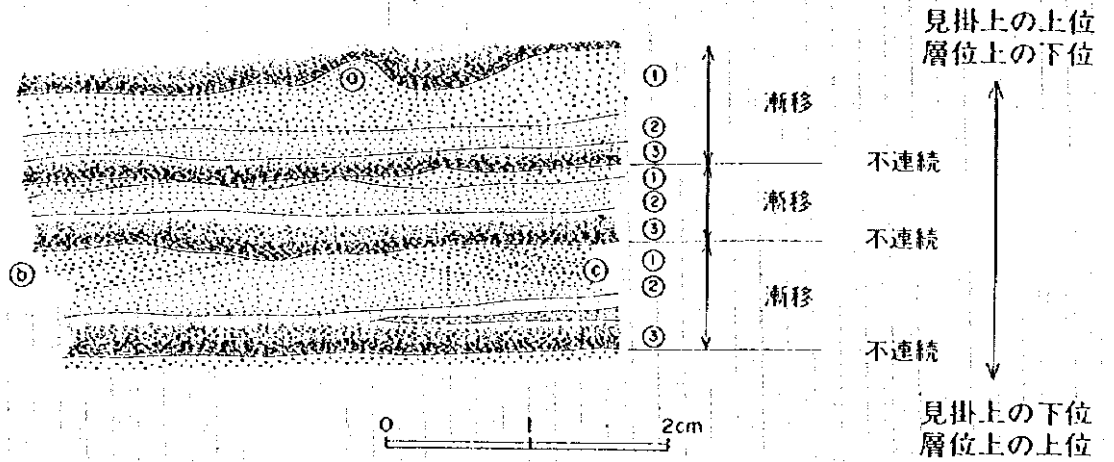
見掛上の下位
層位上の上位

(2) 中村地区 和尚洞
ZKIII-1孔, 深度 182m, 192m付近

図 2 - 3 - 32 地層の逆転を示す粘板岩中の級化層理構造 (写真)

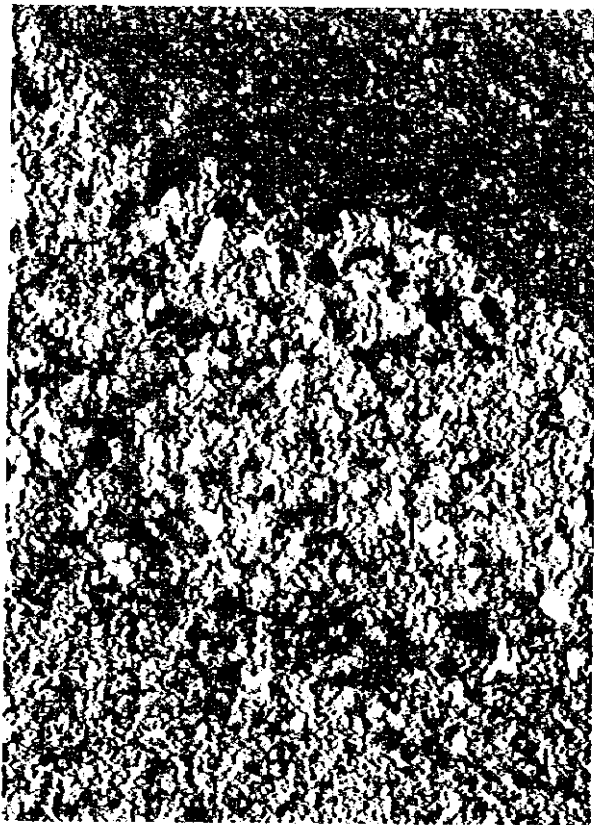


(1) 粘板岩・泥灰岩互層の級化層理 (NN91, 和尚洞南方)



	色彩	粗度	主要構成構物
①シルト質部	褐灰色	粗~中粒(50~30 μ m)	Qt・Do・Pl・Ser
②泥灰質部	淡褐色	中~細粒(30~10 μ m)	Do・Qt・Ser
③泥質部	紫褐色	細粒(<10 μ m)	Ser・etc.

- Ⓐ フルート キャスト
- Ⓑ クロス ラミナ



(2) 級化層理の顕微鏡写真 (NN95, 杞拉箒)

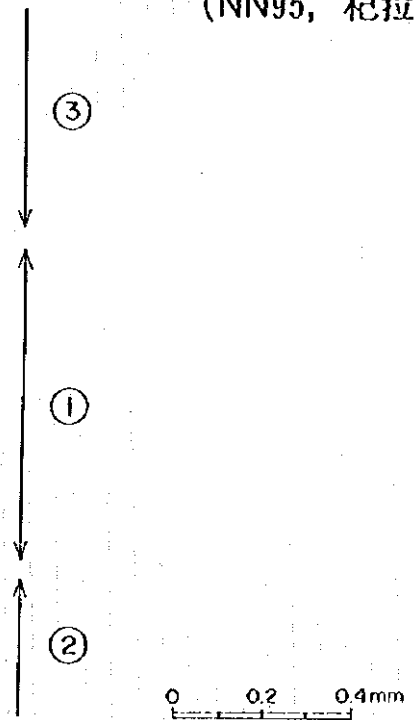
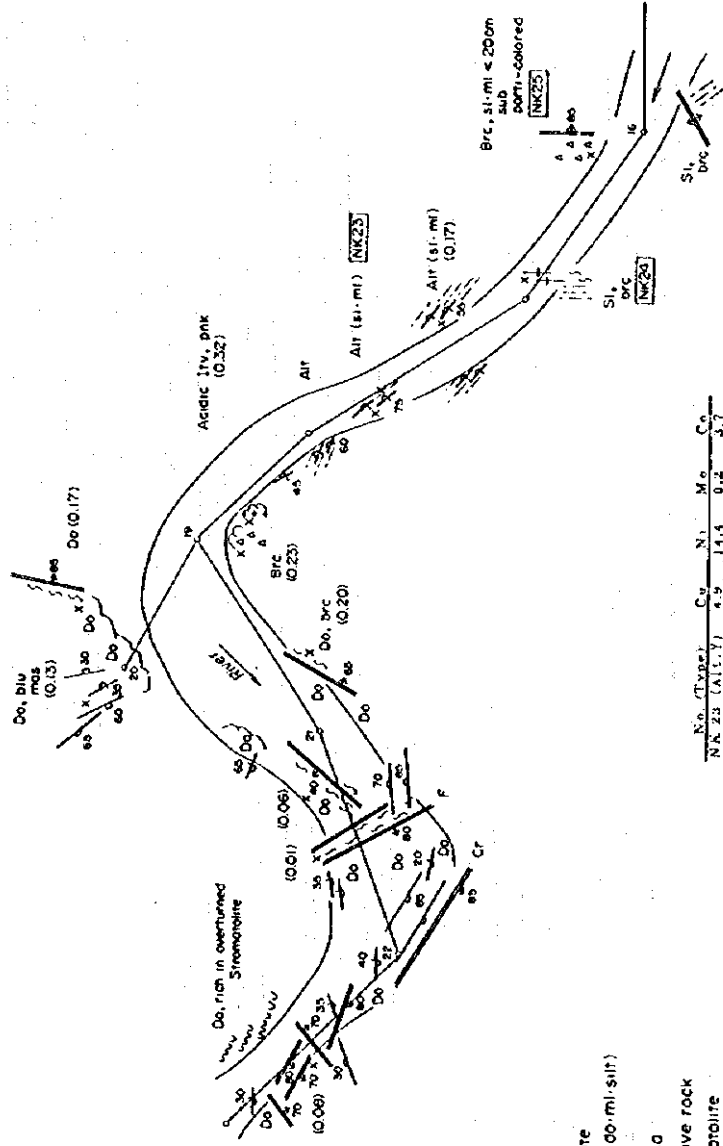
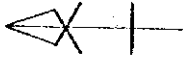


図 2 - 3 - 33 粘板岩・泥灰岩・シルト岩互層の級化層理構造





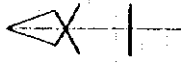
- Do Dolomite
- Alr (st. ml-silt)
- Slate
- Breccia
- Intrusive rock
- Stromatolite
- Bedding
- Overturned bedding
- Fault
- Joint
- Fractured
- Dissemination
- X Sampling spot
- (0.10) Magnetic susc.
- NK23 Sample No.

No. (Type)	Cu	Ni	Mn	Co
NK 23 (Alr-Y)	8.9	14.4	0.2	3.7
NK 24 (Brc-Y)	4.1	10.4	1.0	1.9
NK 25 (Brc-Y)	8.2	18.8	0.2	2.7

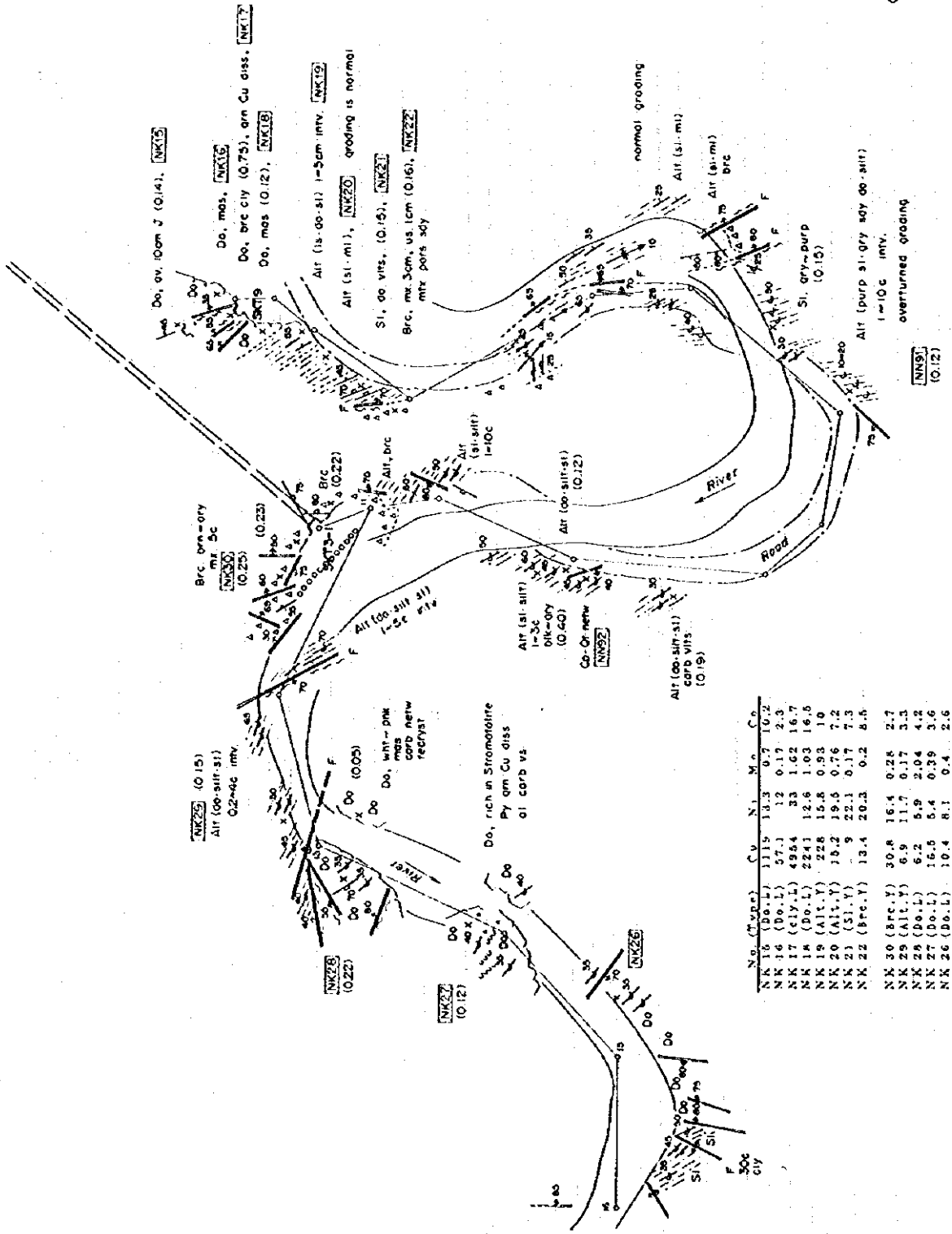
(単位: ppm)



図 2-3-34 中村地区 和尚洞区域 スケッチ図(1)



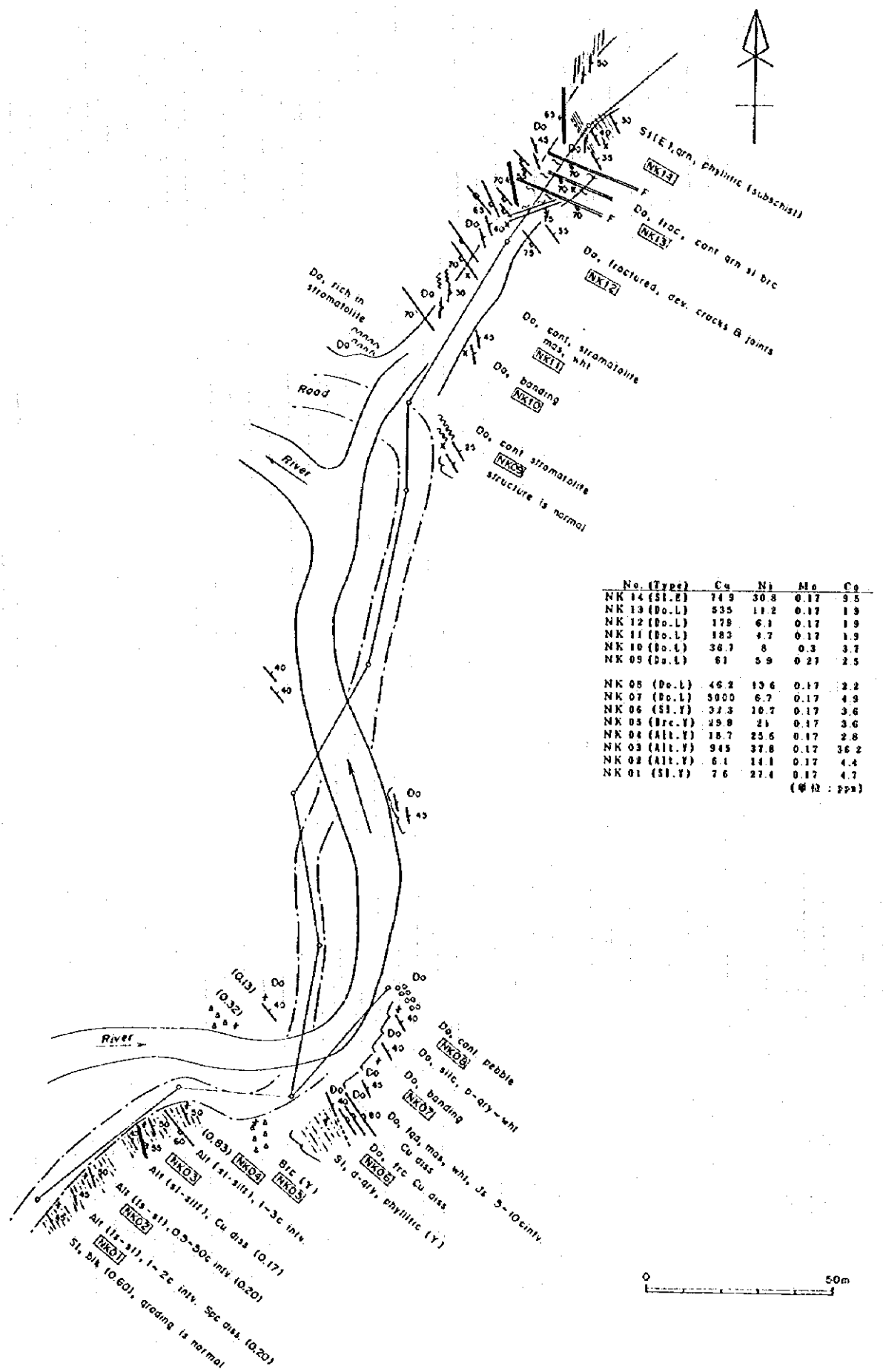
- Do Dolomite
- /// Air (sl. do. ml. slt.)
- //// Siltite
- △ Breccia
- △ Ingressive rock
- Stromatolite
- Bedding
- Overturned bedding
- Fault
- Joint
- Fractured
- Dissemination
- X Sampling spot
- (O.10) Magnetic susc.
- NK23 Sample No.



No.	(Type)	Cu	Ni	Mn	Co
NK 16	(Do. L)	115	13.3	0.7	10.2
NK 17	(Do. L)	57.1	12	0.17	2.3
NK 18	(Cl. L)	4254	33	1.62	16.7
NK 19	(Do. L)	2241	12.6	1.03	16.5
NK 20	(Alt. Y)	228	15.8	0.93	10
NK 21	(Sl. Y)	19.2	19.5	0.76	7.2
NK 22	(Brc. Y)	13.4	20.3	0.2	8.5
NK 30	(Brc. Y)	30.8	16.4	0.28	2.7
NK 29	(Alt. Y)	6.9	11.7	0.17	3.3
NK 28	(Do. L)	6.2	5.9	2.04	4.2
NK 27	(Do. L)	15.5	5.4	0.39	3.6
NK 26	(Do. L)	10.4	8.1	0.4	2.6

(単位: pps)

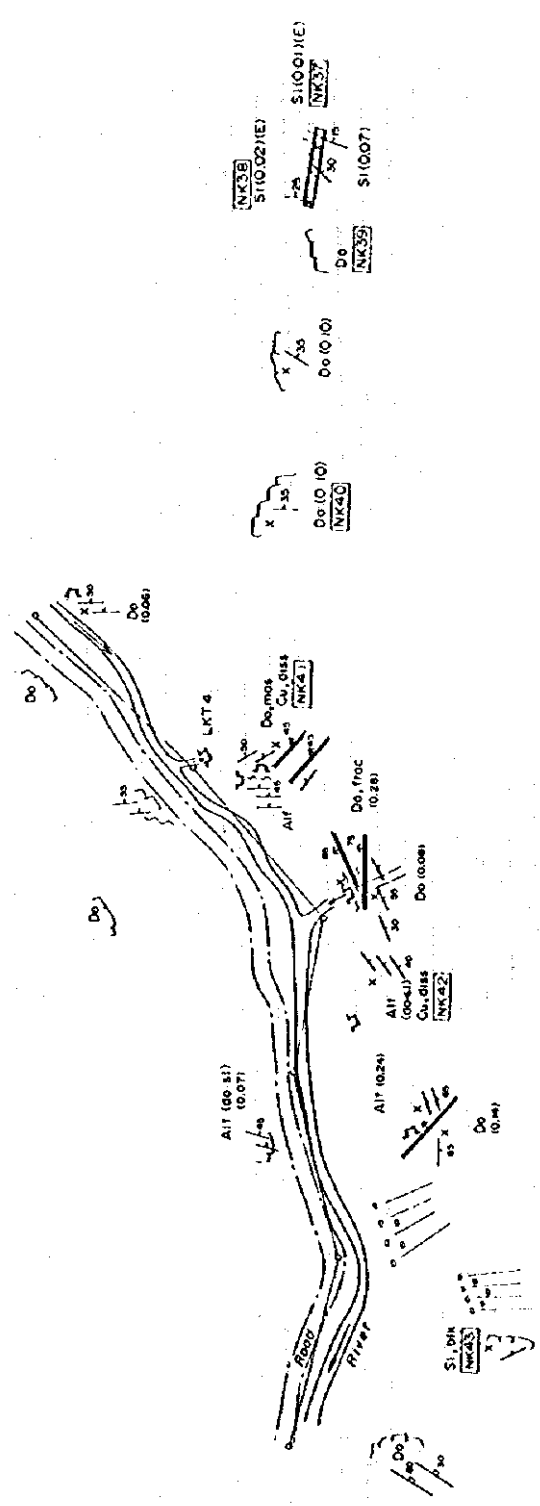
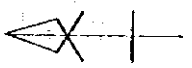
図 2-3-34 中村地区 和尚洞区域 スケッチ図(2)



No. (Type)	Cu	Ni	Mo	Co
NK 14 (Sl. B)	74.9	30.8	0.17	9.5
NK 13 (Do. L)	535	11.2	0.17	1.9
NK 12 (Do. L)	179	6.1	0.17	1.9
NK 11 (Do. L)	182	4.7	0.17	1.9
NK 10 (Do. L)	36.7	8	0.3	3.7
NK 09 (Do. L)	61	5.9	0.27	2.5
NK 08 (Do. L)	46.2	15.6	0.17	2.2
NK 07 (Do. L)	5000	6.7	0.17	4.9
NK 06 (Sl. Y)	32.3	10.7	0.17	3.6
NK 05 (Brc. Y)	29.8	21	0.17	3.6
NK 04 (All. Y)	18.7	25.6	0.17	2.8
NK 03 (All. Y)	945	37.8	0.17	36.2
NK 02 (All. Y)	6.1	14.1	0.17	4.4
NK 01 (Sl. Y)	7.6	27.4	0.17	4.7

(単位: ppm)

図 2 - 3 - 35 中村地区 三岔管区域 スケッチ図

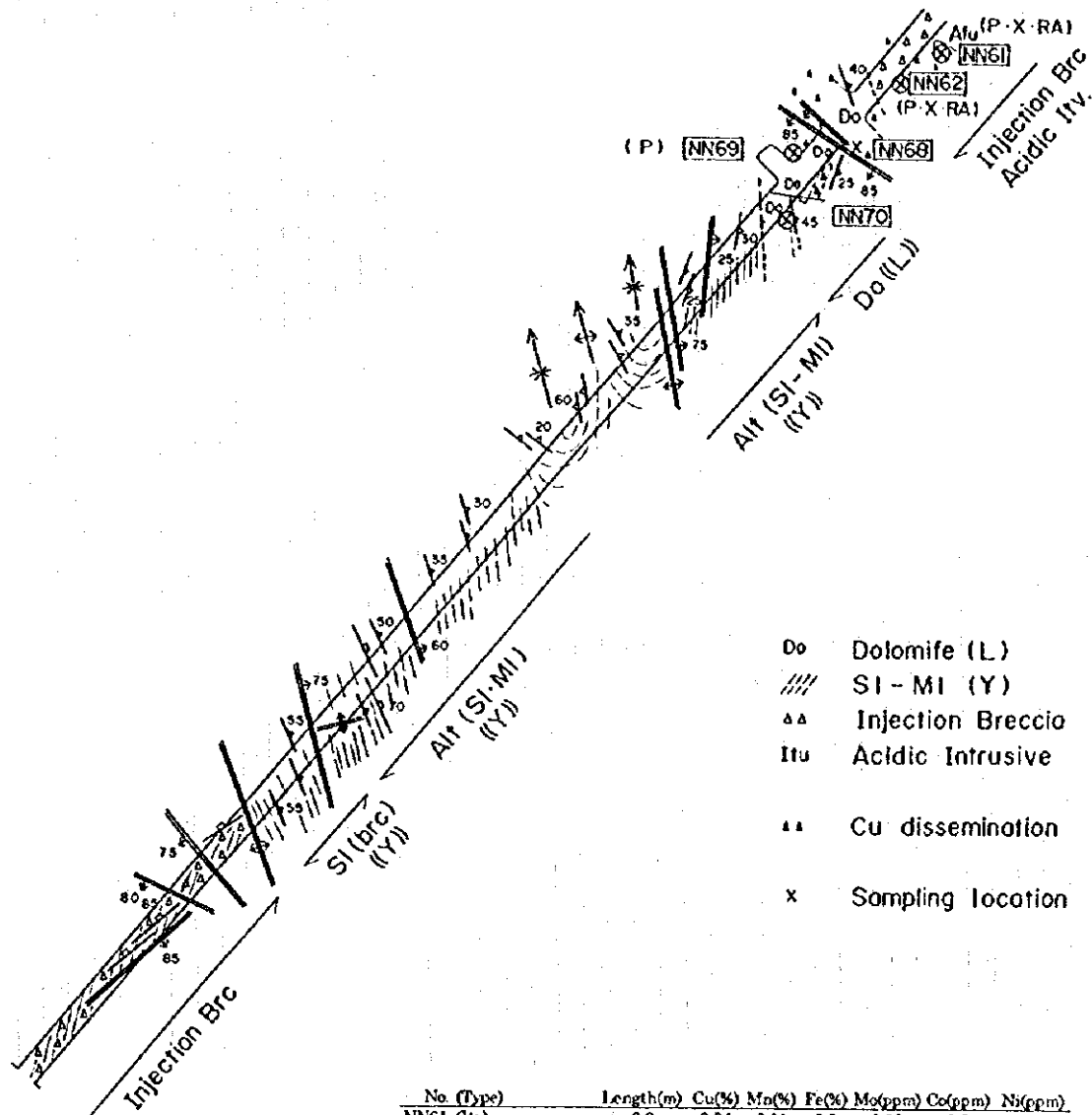


No. (Type)	Cu	Ni	Mo	Co
NK 38 (S1.1)	16.4	1.4	0.17	10.4
NK 39 (S0.1)	30.8	4.3	0.3	4.2
NK 40 (S0.1)	33.3	5.8	0.3	4.2
NK 41 (S0.1)	26.8	6.9	0.3	6.6
NK 42 (S0.1)	38.9	10.8	0.23	7.7
NK 43 (S1.1)	59.6	31.3	0.35	6.8
NK 44 (S0.1)	7.7	5.6	0.17	1.9

(単位: ppt)



図 2-3-36 中村地区 老洞管区域 スケッチ図



- Do Dolomite (L)
- /// SI - MI (Y)
- △△ Injection Breccia
- Itu Acidic Intrusive
- ** Cu dissemination
- x Sampling location

SKT3-1

(X = 810
Y = 671
H = 1645m)

No. (Type)	Length(m)	Cu(%)	Mn(%)	Fe(%)	Mo(ppm)	Co(ppm)	Ni(ppm)
NN61 (Itv)	0.2	0.01	0.11	5.9	0.18	1.3	2.1
NN62 (Brc)	0.2	0.01	0.16	5.4	0.25	1.5	3
NN63 (Pile ore)	0.2	8.62	0.37	5.7	0.32	6.4	12.7
NN68 (Cu ore, diss)	1	0.35	0.5	2.9	1.5	2.6	2.2
NN69 (Cu ore, diss)	1	0.68	0.32	2.8	1.8	1.7	1.8
NN70 (Cu ore, netw)	1	1.25	0.43	3.9	1.1	2.4	2.4

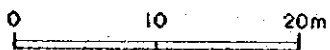


图 2 - 3 - 37 和尚洞坑道调查图 (SKT3 - 1)

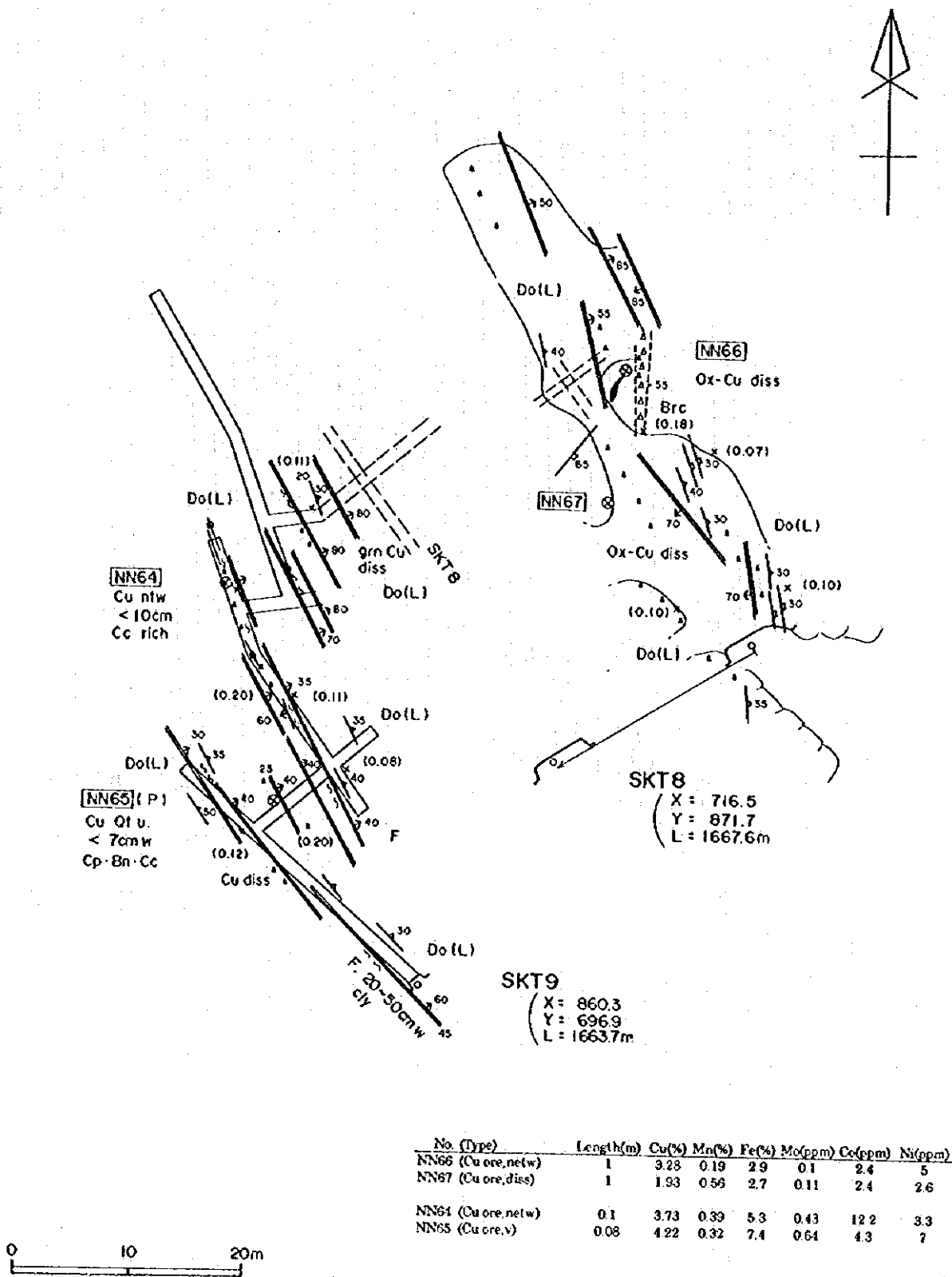


图 2-3-38 和尚洞旧坑调查图(SKT8, SKT9)

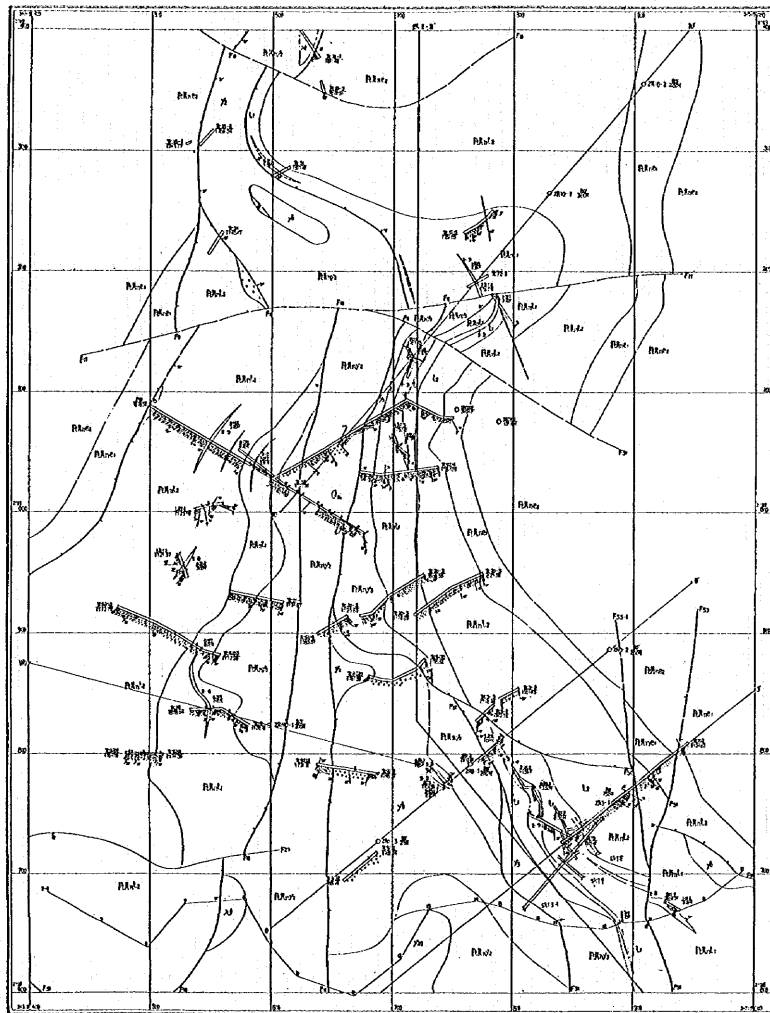


図 2-3-39 老洞箐・和尚洞区域
旧坑・トレンチ調査総括図

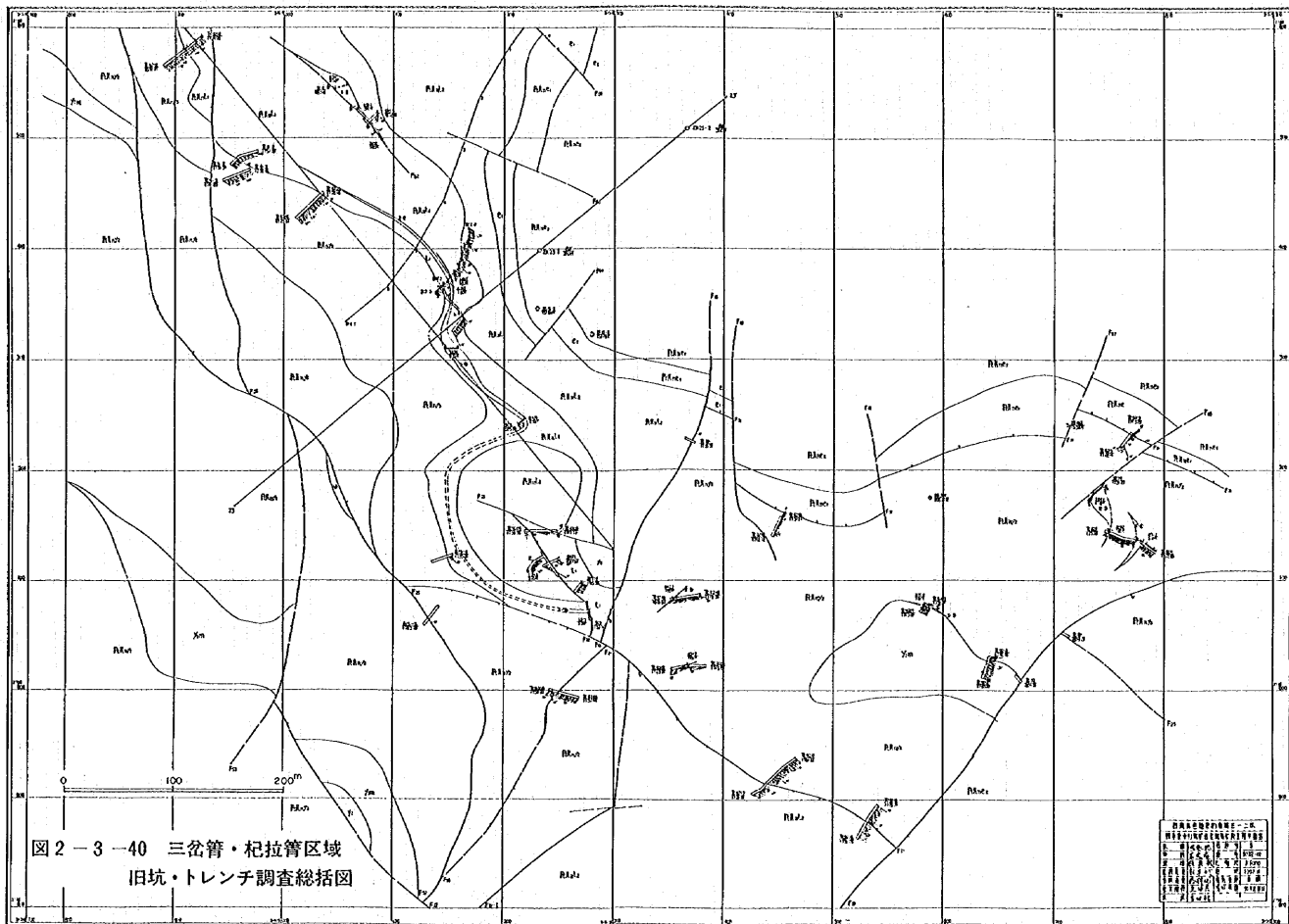


图 2-3-40 三岔管·杞拉管区域
旧坑· 트렌치 調査總括図

凡例

- E 晚泥盆層 (Sl)
- L 志留層 (Do)
- Y 奧陶系 (Alt of Sl, Ml, Do)
- Brc 頁岩
- △ 鉆孔
- 斷層
- - - 逆轉層

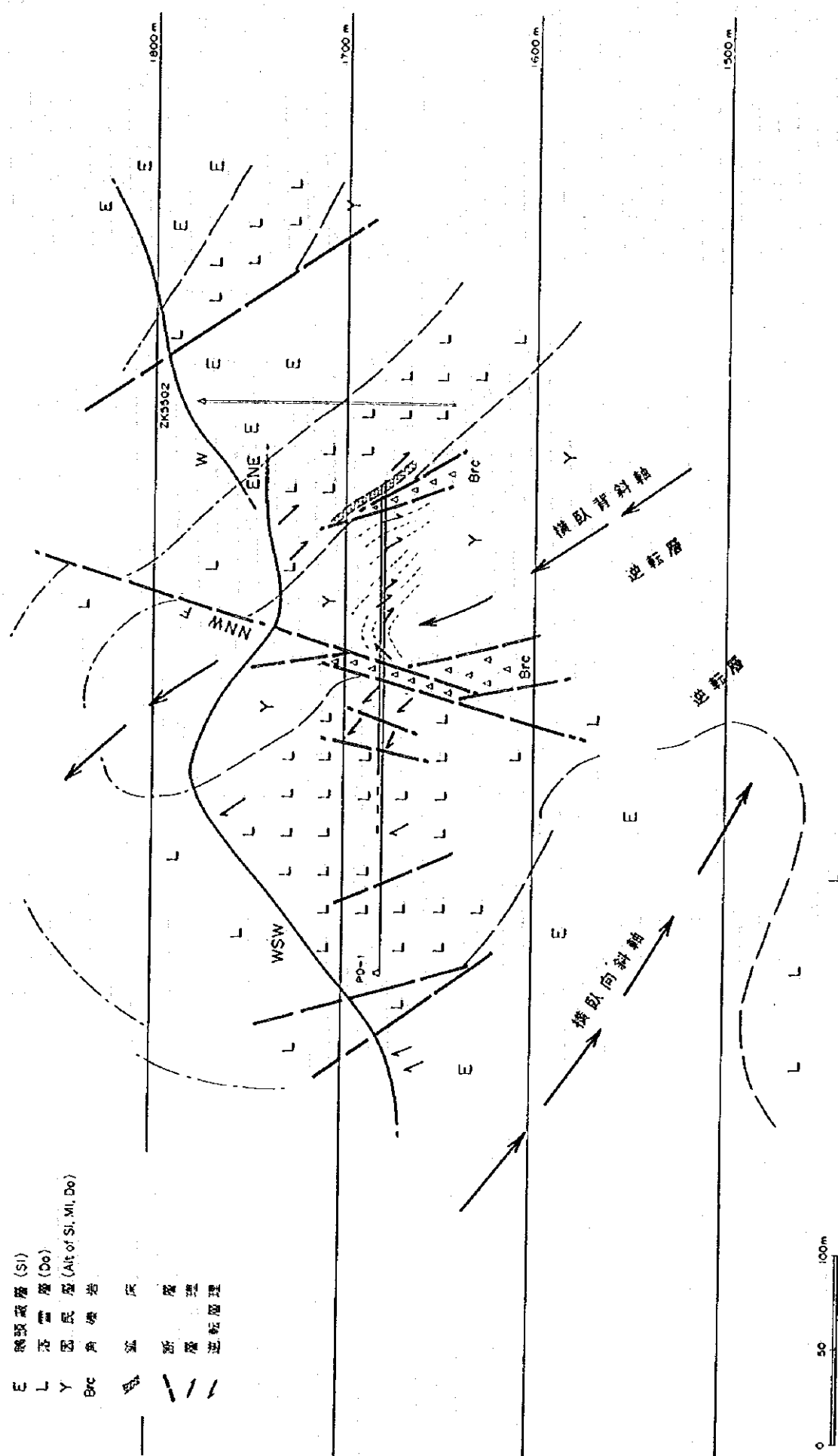


图 2-3-41 老洞箐 (PD-1坑) 地質断面图

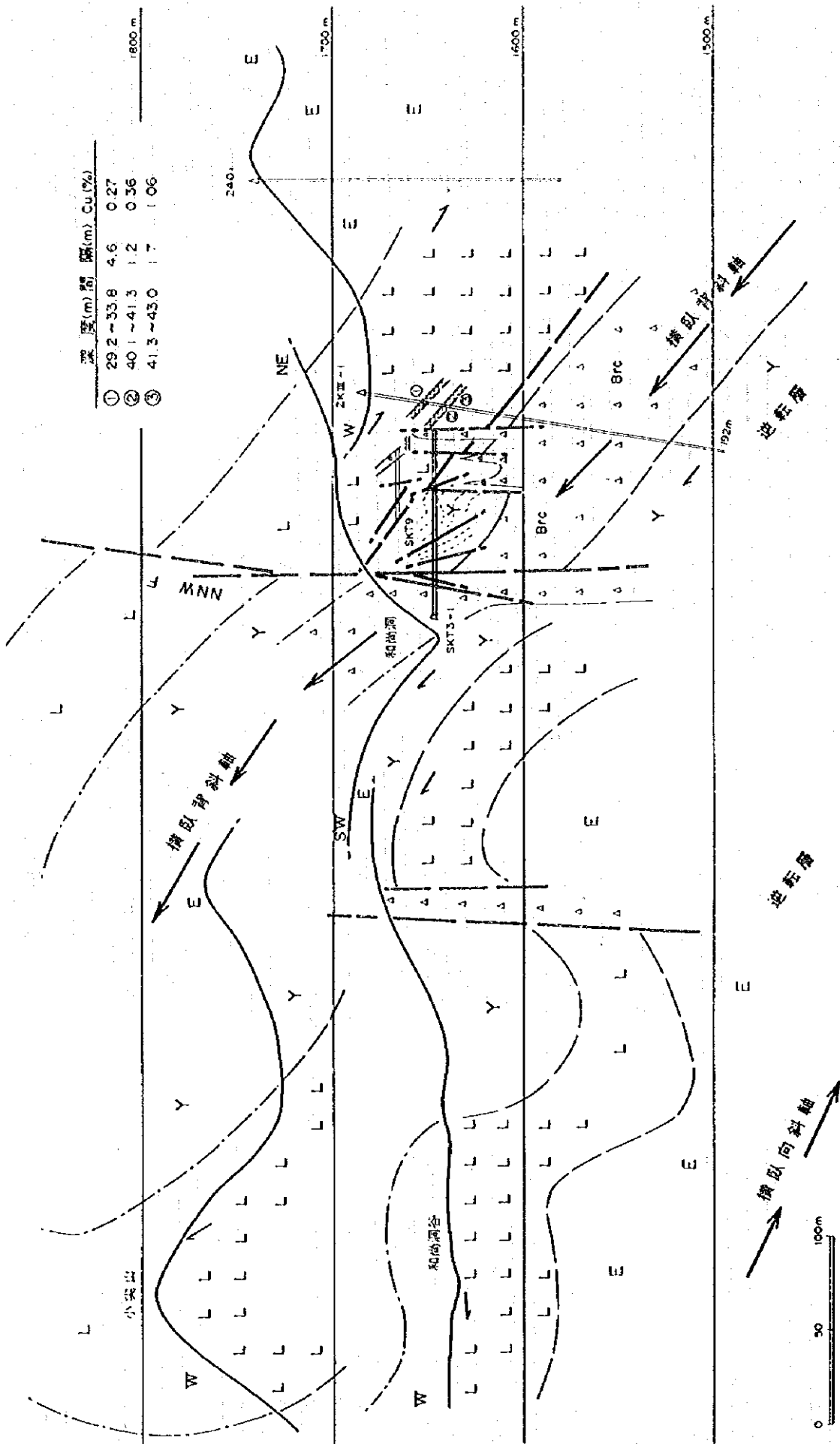


图 2-3-42 和尚洞 (SKT3-1 坑) 地质断面图

2.3.4 岩石分析結果

1) 前提条件

岩石試料分析件数：120件（白石岩地区 70 件、中村地区 50 件）

分析成分：6成分（Cu, n, Ni, o, Co, ot, Cu）

統計解析対象件数：101件（Cu \geq 1500ppm の試料を除く）

試料採取位置を(図2-3-55・56)に示す。分析結果は巻末資料2-2に示す。

2) 地区別・層序別統計値

統計解析対象試料(101件)の地化学分析値統計表を表2-3-41に示す。Cu平均値(幾何平均値)の地区別・層序別分布は次のとおりである。

白石岩地区(55件)：Cu=218ppm

Y(=378ppm) $>$ L(=259ppm)

中村地区(46件)：Cu=139ppm

L(=210ppm) $>$ Y(=77ppm)

2地区計(101件)：Cu=182ppm

第2年次(478件) Cu=89ppm

上記のデータは、Cu元素が白石岩地区では因民層(Y)に、中村地区では落雪層(L)に濃集していることを示しており、両地区でCu鉱化作用のタイプが異なることを暗示している。

3) 相関分析(表2-3-42)

Cu-Co間に相関関係が認められる(cc=0.504)。Co-Ni, Co-Mo, Ni-Fe間にも弱い相関関係がある。Cu-Mo間には、第2年次結果と異り、相関関係は認められない(cc=0.165)。

4) 帯磁率測定結果(表2-3-43)

Kappameter KT-5 型による地表露岩の帯磁率測定結果は次のとおりである（測定単位： $\times 10^{-3}$ SI unit）。

測定件数：120件

平均値：0.28(第2年次(396件):1.79)

測定値範囲：0.00~6.20

層序別帯磁率：Y $>$ E $>$ L $>$ Lz

第2年次結果に比較し、平均値が著しく低いのは、本年度の測定値には稀鉄山式鉄鉱が含まれないためである。層序別帯磁率は第2年次結果と同様の傾向を示す。

5) 全岩分析結果(巻末資料2-3)

本年度の全岩分析は典型的なサンプル、10件を選んで分析した。

(1) 苦灰岩

緑汁江層(Lz)の苦灰岩は、通常、石英などの含有が少なく、純度が高い(H₂O=21%, CaO=30%, CO₂=47%, SiO₂<1%)。しかし、炭質苦灰岩は、多量の石英岩屑を含む(RH₂O:SiO₂=28%)。なお、

落雪層(L)の苦灰岩は、通常、多量の石英を含む(第2年次報告:SiO₂=15~23%)。

(2) 粘板岩

鵜頭層(E)の粘板岩(TH03, NK45)の主成分は次のとおりであり、通常の粘板岩と比較すると、Al₂O₃と(Fe₂O₃+FeO)成分に富む特徴がある。

SiO₂ : 59~60 %

Al₂O₃ : 18~20 %

Fe₂O₃+FeO : 7~8 %

Na₂O+K₂O : 3.4~4.6 %

(3) 角礫岩

和尚洞(SKT-3)で採取した角礫岩の基質部(NX62)の分析値の主成分を下記に示す。

SiO₂ : 49.7 % MgO : 4.0 %

Al₂O₃ : 12.6 % CaO : 6.7 %

Fe₂O₃ : 5.0 % CO₂ : 9.4 %

K₂O : 4.3 %

本角礫岩の主成分は、①CO₂とFe₂O₃が多い、②MgOとCaO及びK₂Oが比較的多い、③SiO₂が比較的少ないなどの特徴を示す。

本角礫岩の起源物質としては、苦灰岩及び粘板岩の混成の影響、鉍化変質作用の影響が考えられるが、火成活動・火山活動の関与については即断できない。

表2-3-31 旧坑・トレンチ鉄況一覧表

区 域	坑 名	方 向(方位)	坑 準 (mL)	坑道延長 (m)	平均品位(%) Cu%	高品位部(%) Cu% (m)	備 考
(1) 老洞箒	1KT-3	S 向(160°)	1750mL	24	0.46% (6)*	0.55% (4.7)	採掘済崩壊
	1KT-4	SE向(145°)	1707mL	32	0.19% (8)*	0.37% (2.1)	水 没
	PD-2	SE向(150°)	1704mL	16	0.23% (18)*	0.56% (6.0)	採掘済崩壊
		切羽		16	1.39% (16)*		採掘済崩壊
	PD-1	SE向(121°)	1679mL	204			坑口崩壊
		NE向(59°)		154			"
		N 向(115°)		43			"
		切羽底		1666mL			水 没
(2) 小尖山	1KT-1	E 向(78°)	1723mL	24	0.14% (5)*		崩 壊
	1KT-2	S 向(160°)	1722mL	20	0.46% (5)*	0.55% (3.0)	崩 壊
	PD-1	SE向(121°)	1679mL	207	0.49% (3)*	1.06% (1.3)	坑口崩壊
	(TC9203)	トレンチ	1773mL			0.38% (0.9)	
	(TC19)	トレンチ	1738mL			0.36% (2.0)	
(3) 和尚洞	SKT-5	NE向(50°)	1703mL	30		1.20% (1.0)	崩 壊
	SKT-6	NW向(300°)	1691mL	100	1.18% (11)*	1.23% (8.0)	崩 壊
	SKT-8	NW向(325°)	1668mL	38		3.98% (0.2)**	採掘後放置
	SKT-9	NW向(315°)	1664mL	83		2.65% (2.0)**	採掘後放置
	SKT-3-1	NE向(40°)	1648mL	100	0.76% (3)**	8.62% (0.1)**	採掘中
	(SC3)	トレンチ	1715mL		0.45% (2)	0.68% (1.8)	
(4) 和尚洞南	SKT-7	SE向(120°)	1660mL	14		1.03% (3.0)	水 没
	SKT-3	SW向(225°)	1679mL	50	0.49% (6)*	0.66% (4.0)	採掘後崩壊
	(SC4)	トレンチ	168mL			0.56% (8.0)	
(5) 三岔箒	SKT-2	S 向(160°)		50	0.93% (10)*	1.23% (7.0)*	一部採掘中
	(SC2-4)	トレンチ		(13)	1.23% (7)		
	(SC3)	トレンチ	1686mL	(9)		0.40% (2.0)	
	SKT-1	SW向(245°)	1718mL	56	0.41% (6)*	1.24% (2.0)	一部採掘済
	SKT-1-1		1715mL	11			採掘中
	(SC1)	トレンチ	1739mL	(18)		1.27% (3.3)	
(6) 把杖箒	SKT-4	SW向(227°)	1729mL	(22)		1.04% (17.1)	一部採掘済
	(TC9211)	トレンチ	1740mL		0.54% (5)		

** 今回の分析結果
 * 旧資料から再計算
 無印 西南地質調査局資料(1992)
 サンプル長は原則1m

表 2-3-41

岩石分析值統計表

Cu<1500ppm

全試料 101	Cu(ppm)	Mn(ppm)	Ni(ppm)	Mo(ppm)	Co(ppm)	T Fe(%)
最大値	1,232	9,285	113	8.40	171	10.04
最小値	3.9	29	4.4	0.17	1.9	0.23
偏差値	287.2	1,894	17.5	1.34	21.8	2.32
中央値	34.9	1,658	15.8	0.30	5.7	2.78
平均値	181.9	1,962	21.1	0.71	12.0	3.36

Cu<1500ppm

中村全試料 46	Cu(ppm)	Mn(ppm)	Ni(ppm)	Mo(ppm)	Co(ppm)	T Fe(%)
最大値	1,232	9,285	91.7	2.04	36.2	10.04
最小値	4.1	29	4.7	0.17	1.9	0.45
偏差値	246.5	1,969	14.0	0.34	6.0	2.15
中央値	33.1	2,149	11.9	0.17	4.0	2.28
平均値	138.5	2,319	15.5	0.34	6.0	3.14

Cu<1500ppm

中村落雪層 22	Cu(ppm)	Mn(ppm)	Ni(ppm)	Mo(ppm)	Co(ppm)	T Fe(%)
最大値	1,119	9,285	13.6	2.04	10.5	10.04
最小値	6.2	159	4.7	0.17	1.9	0.47
偏差値	282.3	2,065	2.7	0.41	2.7	1.90
中央値	59.1	3,181	7.0	0.30	3.6	1.55
平均値	210.0	3,447	7.9	0.40	4.3	1.89

Cu<1500ppm

中村因民層 19	Cu(ppm)	Mn(ppm)	Ni(ppm)	Mo(ppm)	Co(ppm)	T Fe(%)
最大値	945	3,840	37.8	0.96	36.2	7.11
最小値	4.1	29	10.4	0.17	1.9	2.30
偏差値	216.1	1,179	7.2	0.28	7.6	1.26
中央値	13.4	1,834	19.5	0.17	4.4	4.59
平均値	77.0	1,540	19.7	0.33	6.6	4.57

Cu<1500ppm

白石岩全試料 55	Cu(ppm)	Mn(ppm)	Ni(ppm)	Mo(ppm)	Co(ppm)	T Fe(%)
最大値	1,232	7,401	113	8.40	171	8.83
最小値	3.9	53	4.4	0.17	1.9	0.23
偏差値	314.9	1,792	18.8	1.74	28.2	2.46
中央値	42.9	883	23.4	0.35	7.2	3.08
平均値	218.1	1,663	25.7	1.01	17.0	3.55

Cu<1500ppm

白石岩落雪層 14	Cu(ppm)	Mn(ppm)	Ni(ppm)	Mo(ppm)	Co(ppm)	T Fe(%)
最大値	823	4,467	50.5	0.66	11.3	3.08
最小値	10.9	58	4.9	0.17	1.9	0.60
偏差値	274.6	1,421	11.7	0.14	3.6	0.64
中央値	173.4	2,811	7.2	0.34	3.9	1.01
平均値	258.8	2,182	10.3	0.35	5.3	1.20

Cu<1500ppm

白石岩因民層 19	Cu(ppm)	Mn(ppm)	Ni(ppm)	Mo(ppm)	Co(ppm)	T Fe(%)
最大値	1,232	7,401	60.4	8.40	171	8.83
最小値	12.9	126	12.8	0.17	2.7	1.03
偏差値	411.4	2,185	12.5	2.28	42.7	2.24
中央値	250.0	1,658	33.8	0.43	17.9	6.18
平均値	377.6	2,540	31.9	1.24	31.9	5.41

表 2-3-42 岩石分析成分相關係數表

	Cu	Mn	Ni	Mo	Co	Fe
Cu	1	0.254	0.183	0.165	0.504	0.209
Mn	0.254	1	0.029	0.157	0.220	0.045
Ni	0.183	0.029	1	0.285	0.443	0.479
Mo	0.165	0.157	0.285	1	0.418	0.187
Co	0.504	0.220	0.443	0.418	1	0.309
Fe	0.209	0.045	0.479	0.187	0.309	1

表 2-3-43 帶磁率測定值統計表

	全試料	綠汁江層	落管層	瑪頭廠層	因民層
個數	120	8	53	20	37
最大值	6.20	0.23	0.75	0.43	6.20
最小值	0.00	0.00	0.01	0.01	0.07
偏差值	0.77	0.07	0.11	0.14	1.33
平均值	0.28	0.10	0.13	0.16	0.62

2.3.5 考察

1) 白石岩地区

白石岩地区の冬瓜箆区域は、鵝頭殿層中に上昇した落雪層及び因民層の地質構造帯であると推察される。本構造帯は、北北東の邵家坡、南西の周家箆へ弧状に連続する。なかでも冬瓜箆区域は、地表部では強い鉍化作用は認められないが、顕著な地化学異常を示し(図2-6-11)、空中磁気異常の最強部ともほぼ重複している(図2-3-11)。

本年度の調査で冬瓜箆の東方約1kmの長麦地の落雪層及び因民層中に、酸化銅鉍のほか、黄銅鉍、黄鉄鉍を鉍染する銅鉍微が発見された。また、物理探査の結果、本構造帯中及びその周辺の鵝頭殿層及び緑汁江層中に伏在型のIP異常及び低比抵抗帯が捕捉された。このような事実からみて、本地区は鉍床形成に関連する火山活動～海底噴気活動を強く受けた銅鉄鉍化圏内にあるのではないかと推察される。本上昇地質構造帯及びその周辺区域は、稀鉍山式銅鉄鉍床、鳳山式銅鉍床などの大型潜頭鉍床が伏在する可能性が考えられるので、比較的浅部での鉍微を手懸りに深部への探査を進めて行くことが望ましい。

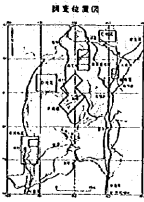
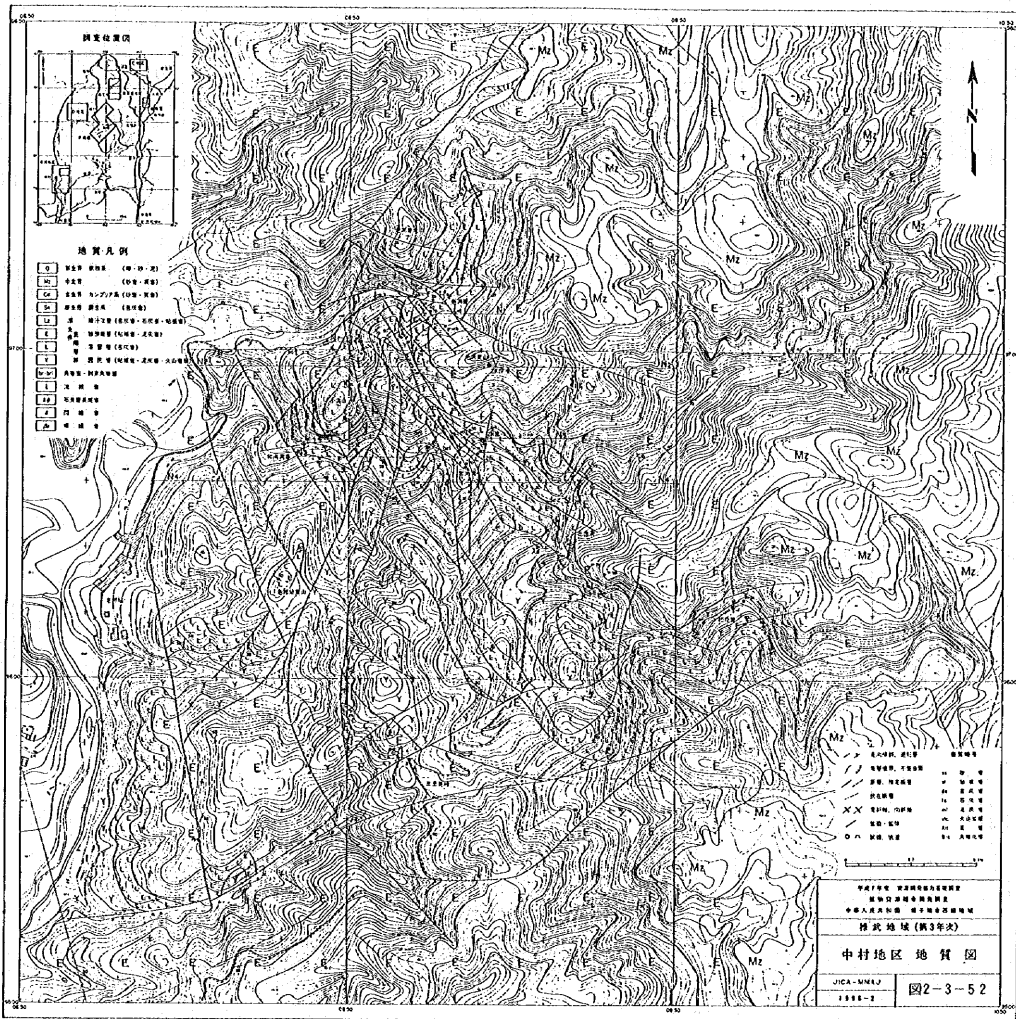
2) 中村地区

中村地区の地質構造は極めて複雑で解析困難であったが、藻礁構造の解析による落雪層苦灰岩の逆転のほか、因民層粘板岩・泥灰岩細互層が、級化層理の解析により、各所で緩傾斜の逆転構造を造っていることが判明した。地質構造の再解析の結果、①大規模な逆転構造が発達すること、②本地区の地質構造は大規模な横臥褶曲構造であることが明らかとなった(図2-3-42)。

中村地区和尚洞区域の角礫岩は、次のタイプが混在し、角礫岩体の一部に爆裂型刺穿角礫岩が分布することが予測された。

- ① 破砕型角礫岩 : 断層に伴い、礫径は大小様々である。
- ② 構造型角礫岩 : マトリックスが苦灰岩で折畳み背斜軸に沿って分布する。
- ③ 爆裂型角礫岩 : パイプ状～岩脈状、礫は小型で円礫～亜円礫が多く、礫種は多様、酸性貫入岩を伴う。また、強いCu鉍化を伴う。

爆裂型刺穿角礫岩は、初生銅鉍床の富化改造作用に深く関与していると推定される(易門鉍山鳳山銅鉍床、大美殿銅鉍床など)。爆裂型刺穿角礫岩と銅鉍化作用との関係の解明は、今後の研究課題として極めて興味深い。和尚洞、老洞箆などの既存高品位銅鉍体の下部、周辺延長部の探査を進めるとともに富鉍部と角礫岩体との関係を究明することが望ましい。



地质图例

- 1 第四纪沉积物 (Q-10-2)
- 2 冲积层 (Q1-10)
- 3 洪积层 (Q2-10)
- 4 坡积层 (Q3-10)
- 5 残积层 (Q4-10)
- 6 全新统 (Q5-10)
- 7 全新统 (Q6-10)
- 8 全新统 (Q7-10)
- 9 全新统 (Q8-10)
- 10 全新统 (Q9-10)
- 11 全新统 (Q10-10)
- 12 全新统 (Q11-10)
- 13 全新统 (Q12-10)
- 14 全新统 (Q13-10)
- 15 全新统 (Q14-10)
- 16 全新统 (Q15-10)
- 17 全新统 (Q16-10)
- 18 全新统 (Q17-10)
- 19 全新统 (Q18-10)
- 20 全新统 (Q19-10)
- 21 全新统 (Q20-10)
- 22 全新统 (Q21-10)
- 23 全新统 (Q22-10)
- 24 全新统 (Q23-10)
- 25 全新统 (Q24-10)
- 26 全新统 (Q25-10)
- 27 全新统 (Q26-10)
- 28 全新统 (Q27-10)
- 29 全新统 (Q28-10)
- 30 全新统 (Q29-10)
- 31 全新统 (Q30-10)
- 32 全新统 (Q31-10)
- 33 全新统 (Q32-10)
- 34 全新统 (Q33-10)
- 35 全新统 (Q34-10)
- 36 全新统 (Q35-10)
- 37 全新统 (Q36-10)
- 38 全新统 (Q37-10)
- 39 全新统 (Q38-10)
- 40 全新统 (Q39-10)
- 41 全新统 (Q40-10)
- 42 全新统 (Q41-10)
- 43 全新统 (Q42-10)
- 44 全新统 (Q43-10)
- 45 全新统 (Q44-10)
- 46 全新统 (Q45-10)
- 47 全新统 (Q46-10)
- 48 全新统 (Q47-10)
- 49 全新统 (Q48-10)
- 50 全新统 (Q49-10)
- 51 全新统 (Q50-10)
- 52 全新统 (Q51-10)
- 53 全新统 (Q52-10)
- 54 全新统 (Q53-10)
- 55 全新统 (Q54-10)
- 56 全新统 (Q55-10)
- 57 全新统 (Q56-10)
- 58 全新统 (Q57-10)
- 59 全新统 (Q58-10)
- 60 全新统 (Q59-10)
- 61 全新统 (Q60-10)
- 62 全新统 (Q61-10)
- 63 全新统 (Q62-10)
- 64 全新统 (Q63-10)
- 65 全新统 (Q64-10)
- 66 全新统 (Q65-10)
- 67 全新统 (Q66-10)
- 68 全新统 (Q67-10)
- 69 全新统 (Q68-10)
- 70 全新统 (Q69-10)
- 71 全新统 (Q70-10)
- 72 全新统 (Q71-10)
- 73 全新统 (Q72-10)
- 74 全新统 (Q73-10)
- 75 全新统 (Q74-10)
- 76 全新统 (Q75-10)
- 77 全新统 (Q76-10)
- 78 全新统 (Q77-10)
- 79 全新统 (Q78-10)
- 80 全新统 (Q79-10)
- 81 全新统 (Q80-10)
- 82 全新统 (Q81-10)
- 83 全新统 (Q82-10)
- 84 全新统 (Q83-10)
- 85 全新统 (Q84-10)
- 86 全新统 (Q85-10)
- 87 全新统 (Q86-10)
- 88 全新统 (Q87-10)
- 89 全新统 (Q88-10)
- 90 全新统 (Q89-10)
- 91 全新统 (Q90-10)
- 92 全新统 (Q91-10)
- 93 全新统 (Q92-10)
- 94 全新统 (Q93-10)
- 95 全新统 (Q94-10)
- 96 全新统 (Q95-10)
- 97 全新统 (Q96-10)
- 98 全新统 (Q97-10)
- 99 全新统 (Q98-10)
- 100 全新统 (Q99-10)
- 101 全新统 (Q100-10)

- 1 断层
- 2 褶皱
- 3 节理
- 4 裂隙
- 5 岩层
- 6 岩层
- 7 岩层
- 8 岩层
- 9 岩层
- 10 岩层
- 11 岩层
- 12 岩层
- 13 岩层
- 14 岩层
- 15 岩层
- 16 岩层
- 17 岩层
- 18 岩层
- 19 岩层
- 20 岩层
- 21 岩层
- 22 岩层
- 23 岩层
- 24 岩层
- 25 岩层
- 26 岩层
- 27 岩层
- 28 岩层
- 29 岩层
- 30 岩层
- 31 岩层
- 32 岩层
- 33 岩层
- 34 岩层
- 35 岩层
- 36 岩层
- 37 岩层
- 38 岩层
- 39 岩层
- 40 岩层
- 41 岩层
- 42 岩层
- 43 岩层
- 44 岩层
- 45 岩层
- 46 岩层
- 47 岩层
- 48 岩层
- 49 岩层
- 50 岩层
- 51 岩层
- 52 岩层
- 53 岩层
- 54 岩层
- 55 岩层
- 56 岩层
- 57 岩层
- 58 岩层
- 59 岩层
- 60 岩层
- 61 岩层
- 62 岩层
- 63 岩层
- 64 岩层
- 65 岩层
- 66 岩层
- 67 岩层
- 68 岩层
- 69 岩层
- 70 岩层
- 71 岩层
- 72 岩层
- 73 岩层
- 74 岩层
- 75 岩层
- 76 岩层
- 77 岩层
- 78 岩层
- 79 岩层
- 80 岩层
- 81 岩层
- 82 岩层
- 83 岩层
- 84 岩层
- 85 岩层
- 86 岩层
- 87 岩层
- 88 岩层
- 89 岩层
- 90 岩层
- 91 岩层
- 92 岩层
- 93 岩层
- 94 岩层
- 95 岩层
- 96 岩层
- 97 岩层
- 98 岩层
- 99 岩层
- 100 岩层

比例尺 1:50,000

地质图例

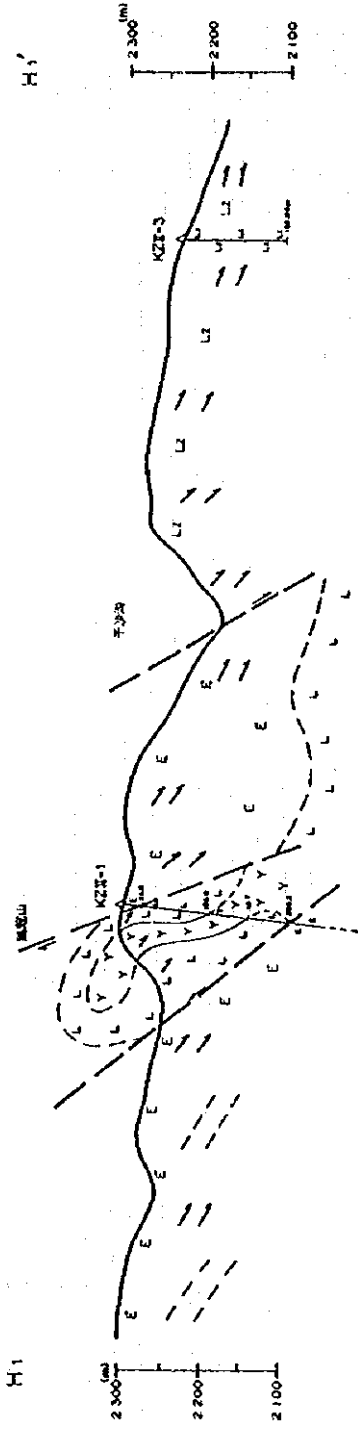
中村地区地质图

JICA-MRE/J

1998-2

图2-3-52

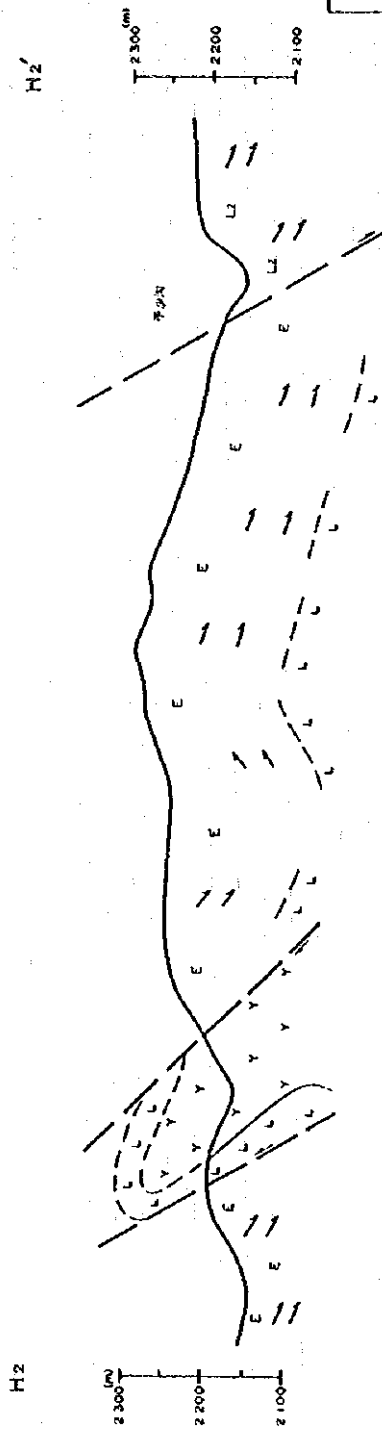
白石岩地区 H₁ - H₁' 地质断面图 (NW-SE)



地质凡例

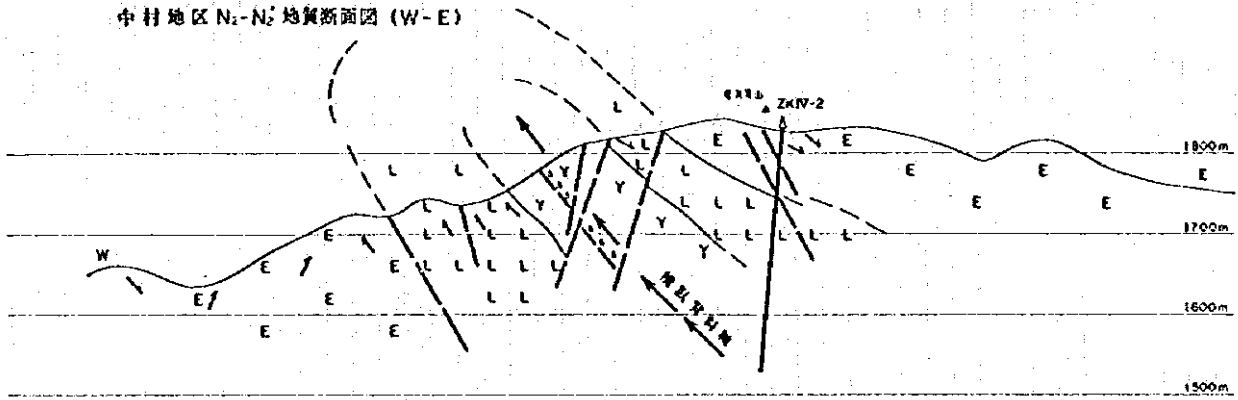
Q	第四系 全新统 (全新统)
N	第三系 渐新统 (渐新统)
G	第三系 古新统 (古新统)
L	第三系 白垩统 (白垩统)
E	第三系 侏罗统 (侏罗统)
C	第三系 白垩统 (白垩统)
Y	第四系 全新统 (全新统)
Z	第四系 全新统 (全新统)
W	第四系 全新统 (全新统)
M	第四系 全新统 (全新统)
...	...

白石岩地区 H₂ - H₂' 地质断面图 (NW-SE)

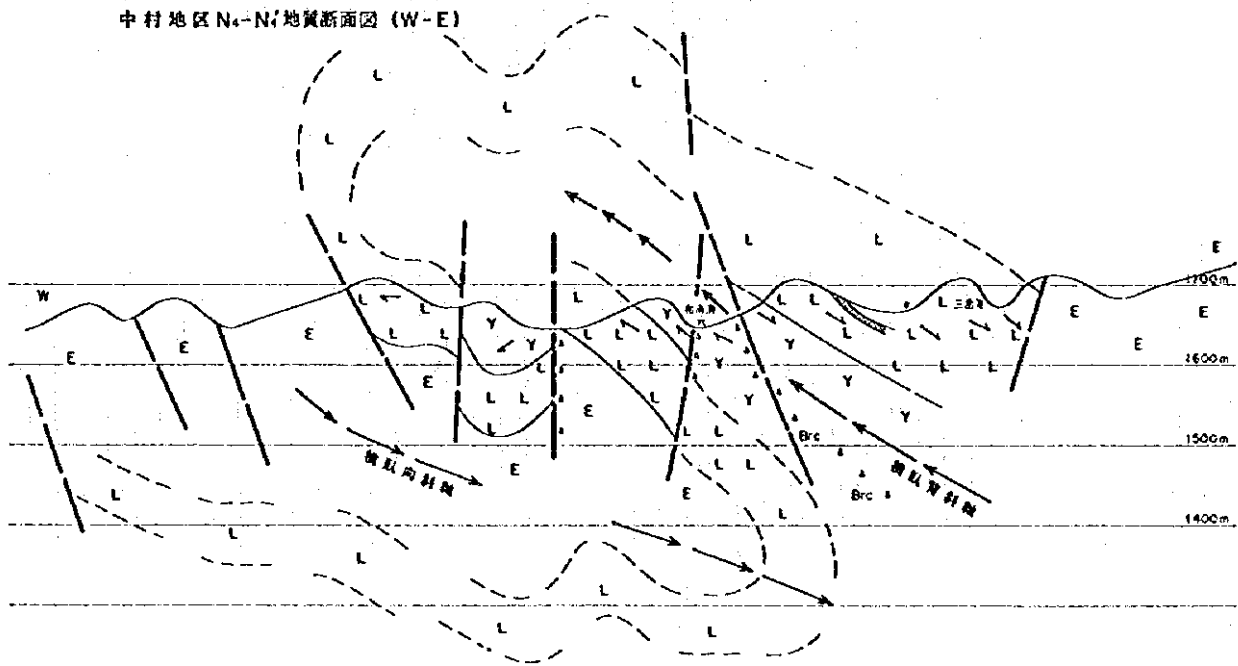


中国科学院地质研究所	
地质研究所地质研究所	
中国科学院地质研究所	
地质研究所 (第3年次)	
白石岩地区 地质断面图	
JICA-MMAJ	图2-3-53
1996-2	

中村地区 N₂-N₁ 地质断面图 (W-E)



中村地区 N₄-N₁ 地质断面图 (W-E)

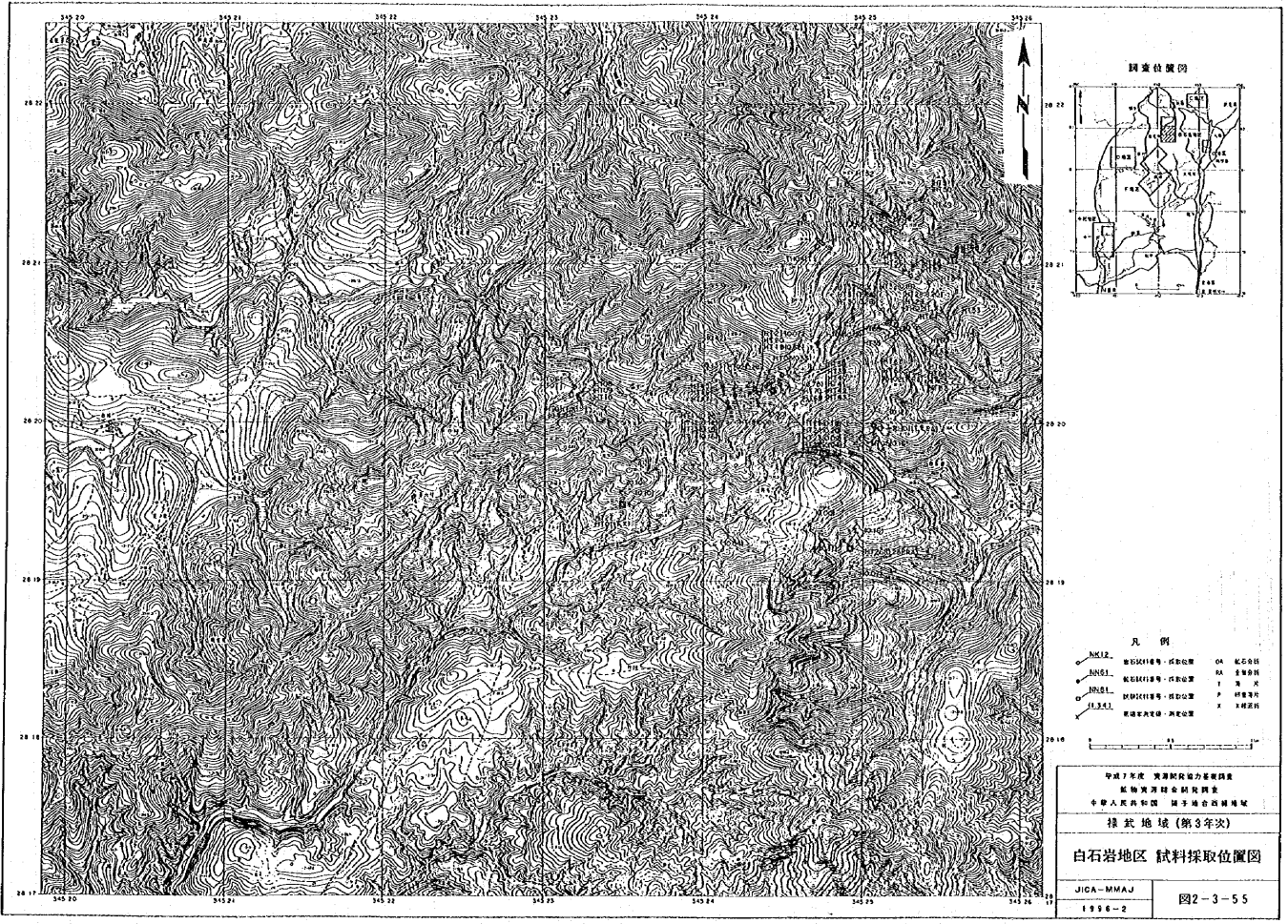


凡例

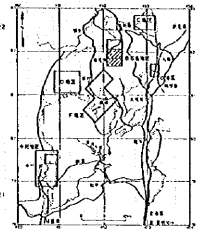
- E 油页岩 (S)
- L 页岩 (Dol)
- Y 泥岩 (A)
- A 砂岩 (Brc)
- ↔ 断层
- ↗ 背斜轴
- ↘ 向斜轴

0 100 200m

中国地质科学院地质研究所 地质研究所地质研究所 中国科学院地质研究所	
松辽地区 (第3年次)	
中村地区 地质断面图	
JICA-MMAJ 1998-2	付图 2-3-54

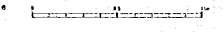


調查範圍圖



凡例

- ANK12. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O4. 礫石分佈
- ANK11. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O3. 礫石分佈
- ANK10. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O2. 礫石分佈
- ANK9. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O1. 礫石分佈
- ANK8. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O0. 礫石分佈
- ANK7. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O0. 礫石分佈
- ANK6. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O0. 礫石分佈
- ANK5. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O0. 礫石分佈
- ANK4. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O0. 礫石分佈
- ANK3. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O0. 礫石分佈
- ANK2. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O0. 礫石分佈
- ANK1. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O0. 礫石分佈
- ANK0. 第四紀沖積層 - 砂礫層 O0. 礫石分佈



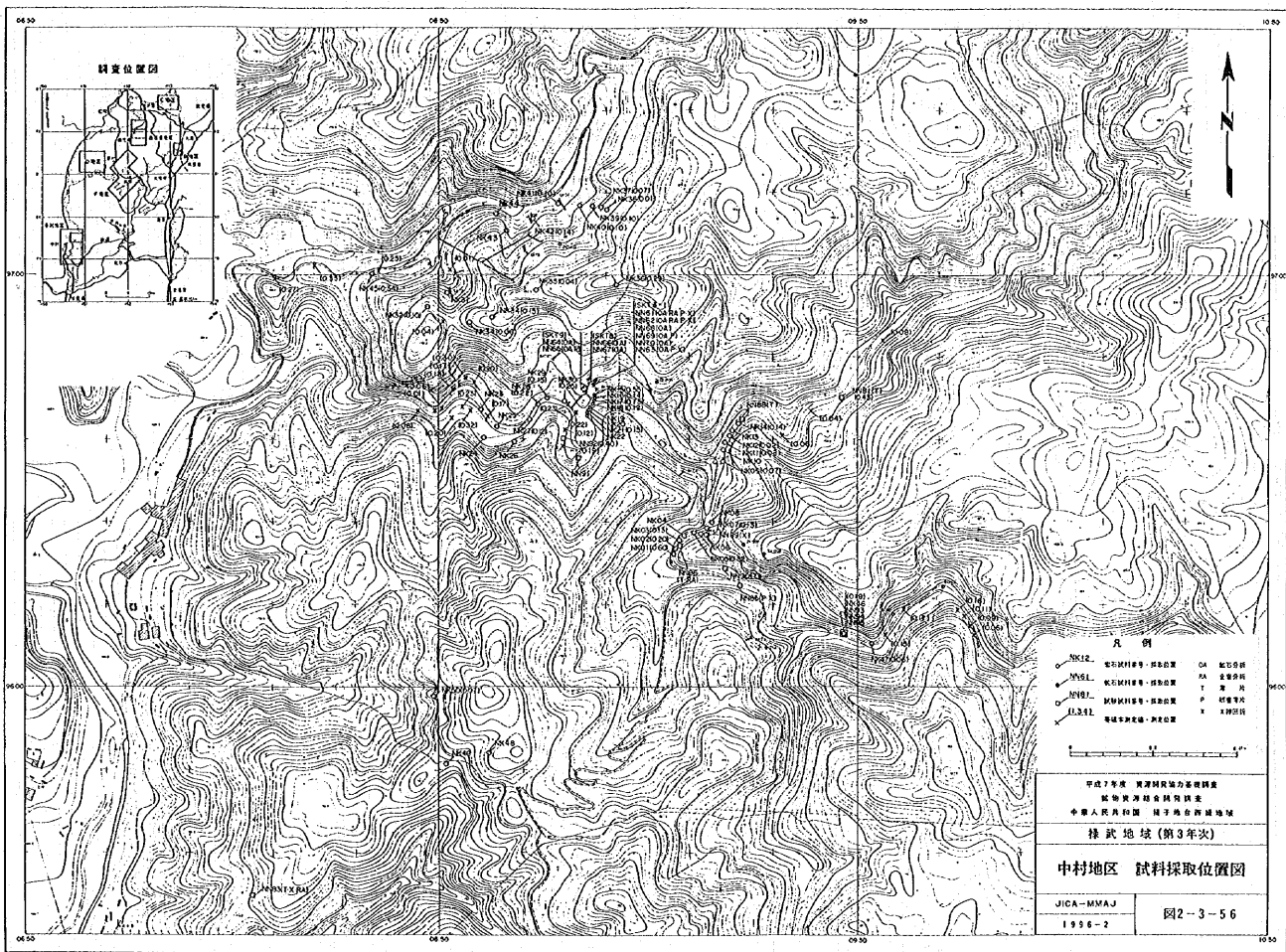
甲種工程 廣東建設廳工程局
 廣東省地質研究所
 中華人民共和國 廣東省地質研究所編

標式地塊 (第3年次)

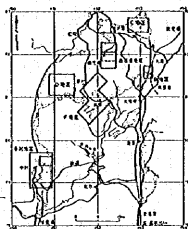
白石岩地区 試料採取位置圖

JICA-MMAJ
 1996-2

圖2-3-55

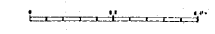


調查位置圖



凡例

- NR12 北沢村番号、調査位置
- NR5L 北沢村番号、調査位置
- NR10L 北沢村番号、調査位置
- NR31L 北沢村番号、調査位置
- DA 北沢分所
- PA 北沢分所
- P 調査地点
- I 調査地点



平成7年度 長野県環境力基盤調査
 環境調査総合研究所
 中興人民共和国 延平地方資源調査隊

棒 武 地 域 (第3年次)

中村地区 試料採取位置圖

JICA-MMAJ
 1996-2

図2-3-56

2.4 物理探査

(1) 調査目的

本調査は、雲南省揚子地台西縁地域の地質構造及び鉍化変質帯の分布を物理探査手法を用いて解明することを目的とする。

(2) 調査手法

物理探査手法としては、前年度のサンプル測定結果、現地の地質や地形、これまで中国側でなされた各種の調査結果などを考慮した結果、TEM法とIP法が実施された。

(3) 調査数量

TEM法

- ・測点 中村地区：100点
白石岩地区：100点
- ・測定装置 Proteo47 及び 57
- ・送信ループ 20~100m角程度

IP法

- ・測線 中村地区：4本 計7.6km
白石岩地区：4本 計7.8km
- ・電極配置 ダイポール・ダイポール配置
- ・電極間隔 50m
- ・隔離係数 $n = 1、2、3、4、5、6$
- ・測定 時間領域 比抵抗及び分極率の測定
- ・測定装置 Phoenix V5 IP測定器

2.4.1 探査手法

本地区の調査においては、前年度に実施された地質調査やサンプル測定結果及び中国側で実施された物理探査結果などを考慮して手法が選定された。サンプル測定結果によると、対象となる苦灰岩は、 $5000\Omega\text{m}$ 以上の高比抵抗を示し、鉍石の部分は数十 Ωm 程度までの小さな値となり、IP効果も大きい。探査手法を選定するに当たって考慮した要点をまとめると、以下のようなる。

- ① 地質構造が極めて複雑である。特に中村地区では、多くの断層が考えられ、褶曲も激しい。
- ② 地形が極めて急峻である。
- ③ 岩石の比抵抗は、主な母岩である苦灰岩は数千 Ωm と極めて高いが、鉍化の進んだ部分では数十 Ωm 程度に下がり、比抵抗のコントラストは大きい。
- ④ 鉍石のIP効果も大きい。
- ⑤ 道路などのアクセスの悪い部分が多く、可搬性のよい探査装置が必要である。

⑥ 全体的に極めて高比抵抗の地域と考えられる。

以下に岩石サンプルの比抵抗値とIP効果（ここでは周波数効果）を示す。なお、今回の調査でも、特に比抵抗やIP異常の顕著な部分でサンプルを採取し、比抵抗とIP効果を測定した。それらの結果も併せて表示する。

サンプルの比抵抗は、特に鉱脈の母岩となる落雪層の苦灰岩で高く、鉱脈自体は低くかつIPが高くなる。従って、探査手法としてはTEM法とIP法が採用された。

試料記号	岩石名	層序	比抵抗 (Ωm)	IP値 (FE%)
F43	角礫岩	貫入岩	449	6.3
F49	含銅苦灰岩	落雪層	51	60.4
F50	苦灰岩	落雪層	6630	-
F57	石英曹長石	貫入岩	1520	2.5
N29	粘板岩	鵝頭層	313	2.1
T22	石英曹長石	貫入岩	1600	4.3
756	苦灰岩	落雪層	5960	-
M01	苦灰岩	緑汁江層	9480	-
M02	粘板岩	鵝頭層	22	37.3
M03	鉄鉱石	因民層	245	17.5
M04	塩基性岩	因民層	626	0.3
M05	粘板岩	因民層	301	0.7
T01	石英曹長石	貫入岩	996	0.5
T04	粘板岩	因民層	285	2.2
W03	輝緑岩	貫入岩	144	3.2
W04	角礫岩	貫入岩	2720	0
K36	粘板岩	鵝頭層	1990	0.6
K37	苦灰岩	落雪層	6620	-
T14	輝緑岩	貫入岩	2880	0
T15	苦灰岩	緑汁江層	3830	-
T16	凝灰岩	鵝頭層	2550	0
T67	含銅石英曹長石	貫入岩	2900	0.7
T68	含銅苦灰岩	落雪層	165	29.1
F12	苦灰岩	緑汁江層	3090	0.5
F13	苦灰岩	落雪層	4850	-
F19	緑色片岩	因民層	285	2.2
J13	鉄鉱石	因民層	2390	7.5
879	砂岩	中生層	561	3.7
T69	含銅苦灰岩	因民層	2500	6.1
W11	含銅輝緑岩	貫入岩	952	3.7
W12	苦灰岩	緑汁江層	4040	1.5

試料の比抵抗及びIP値

(1) TEM法

電磁誘導現象を利用する電磁探査法は、シュランベルジャー法などの直流の電気探査に比べて、地下の比抵抗の変化に敏感であり、かつ大地に直接電極を接地する必要がない。そのため、岩盤が露出したり、砂漠などの電極接地が困難なところや、地表付近が高比抵抗で電流を流すのが困難な地域の調査にも適している。

こうした電磁探査法としては、従来から流す電流の周波数を変化させて、探査深度をコントロールする周波数領域の手法が中心であった。しかし近年はエレクトロニクスやコンピュータ処理技術の進歩に伴って、時間領域の手法も普及してきている。これは、地上の送信ループに流す電流を急激に遮断したときに、大地に生じる渦電流の地下内部への浸透現象を地上の受信コイルで測定して、地下の比抵抗分布を求める手法である。送信電流が流れていない状態で測定するために、送信ループからのプライマリー場（地下構造の影響を全く含まない大きなノイズとなる）のない状態での測定となり、探査深度や送信ループ径、送受信機間隔などが自由になる。時間領域の探査手法は、TEM法（Transient EM）、あるいはTDEM法（Time Domain EM）と呼ばれ、多くの装置が市販され、鉱山や地下水調査などを中心に世界的に広く用いられている。TEM法の特徴をまとめると以下のようになる。

- ① ループを地表に置くだけで測定できるため、露岩地や砂漠などの電極接地の困難な地域でも調査ができる。
- ② シュランベルジャー法などの直流電気探査やCSAMT法などの周波数領域の電磁探査に比べて地下の比抵抗の変化に対して敏感である。
- ③ 地形や地表付近の影響を受けにくい。特にMT法やCSAMT法、シュランベルジャー法などで問題となるスタティックシフトが生じないため、深部の比抵抗が正確に求められる。
- ④ 測定装置としては、バッテリーで動作する小型の装置が市販されており、地形の急峻なアクセスの悪い地域でも実施が可能である。
- ⑤ 水平多層インバージョン、多層解析（Occam's Inversion）、プレートプログラム、2・3次元解析プログラムなどの多くの解析ソフトが開発されている。

（TEM法測定装置）

TEM法の測定には、カナダ Geonics社製のProtem-47 及びProtem-57 を使用した。これは古くからあるEM-37と呼ばれる装置を改良したもので、特に受信機はマイクロプロセッサによって、スタッキング結果や見掛比抵抗のグラフィック表示などがリアルタイムに表示可能になっている。またProtem-47の送信機は、極めて急速に電流が遮断でき（約3 μ sec）、本調査地域のような高比抵抗の地域（比抵抗が高いと過渡現象は極めて短時間のうちに終わってしまう）での調査に適している。

測定データは受信機内部のメモリに書き込まれ、RS-232Cケーブルを介してコンピュータに転送される。測定装置の仕様を以下に示す。

装置名 Protem 57

送信機

送信電流 : 最大20 A
送信周波数 : 25Hz (III) 、 2.5Hz (LO)
同期 : 水晶クロック (恒温槽式) または同期ケーブル
出力電圧 : 20V、40V
遮断時間 : 115 μ sec (5 \times 5 m、8回巻きのループに対して)
重量 : 13 kg
電源 : 発電機または24Vバッテリー

装置名 Protem 47

送信機

送信電流 : 最大3 A
送信周波数 : 273.5Hz (u) 、 62.5Hz (v) (電源周波数50Hz地域)
同期 : 水晶クロック (恒温槽式) または同期ケーブル
出力電圧 : 12V
遮断時間 : 2.5 μ sec (40 \times 40m、2A)
重量 : 5.3 kg
電源 : 内蔵12Vバッテリー

受信機 Protem-D

サンプリング	: III	86.7 μ sec	-	7.03msec	(Protem-57)
		LO	857 μ sec	-	70.3msec (Protem-57)
		u	6.8 μ sec	-	0.696msec (Protem-47)
		v	35.3 μ sec	-	2.792msec (Protem-47)

チャンネル数 : 20

メモリ : 1000測定分

データ転送 : RS232C

バッテリー : 連続8時間使用可能 (水晶同期使用)

受信コイル

モーメント : 100 m²、 31.4m² (Protem47) 直径 1 m

周波数帯域 : 60 kHz

送信ループ

ループサイズ : 5 \times 5m、8回巻きから600 \times 600m程度まで任意

(測定方法)

白石岩地区及び中村地区とも、地形・地質が複雑であり、かつ岩石サンプルの測定結果より、地層の比抵抗は極めて高いと考えられる。従って、そうした条件に適したループ径やループ間隔などを事前に検討した。次ページに示すのは、探査深度及び精度の検討結果の一例で、調査計画を立てる際に、こうした多くのモデル計算を実施した。この例は、5000Ω mの地層の深さ300mのところに100Ω mの層がある場合の例で、Protem47を使用した場合を想定している。送信ループ径は25mで、送受信ループの中心間の距離も25mの場合である。300mの深度まで、この配置で十分な精度で測定できることがわかる。この場合Protem57やEM-37のような、最初のゲートが約100μ秒の装置では、地表から2~300mの情報は失われてしまい、送信ループを数百mの大きさにする必要が生じ、本調査地区のような地形やアクセスの悪いところでは測定に多大の労力を要することになる。

さらに、実際に中村地区のLine-1の東でテスト地点を設定し、調査を開始する前にProtem47, 57を用いて25mから100mまでの送信ループでインループ配置、アウトループ配置などでいろいろ送受信機間隔などの測定パラメータを変えてテストを行った。その結果では、100m角の送信ループの中心での測定でも、比抵抗が高いためレスポンスが早いために十分な精度と探査深度が得られないことがわかった。時間領域の測定では、測定の時間 t と測定系の大きさ(送受信ループ間隔など) L と大地の比抵抗 ρ とで、

$$\frac{L^2}{\rho t} : \text{一定}$$

という条件のときに、レスポンスは同じ減衰をする。通常日本では100Ω m程度の大地に対して、100m角のループの中心、あるいは25m角のループの中心から25mはなれた点での測定が多い。本調査地域では、地表付近の比抵抗が日本の50~100倍と考えられ、同じサンプリング時間で測定すると仮定すると、 L は7~10倍(500m~1000m角のループ)とする必要がある。本調査では、調査地域の地形が複雑で、大きなループを設置することが困難なため、原則として25m角の送信ループを設置し、測定はループの中心から75~150m離れた点で行うことにした。これで L は3~5倍であり、さらに測定装置として、サンプリングの早いProtem-47を使用することで、このような高比抵抗域での調査が可能になる。

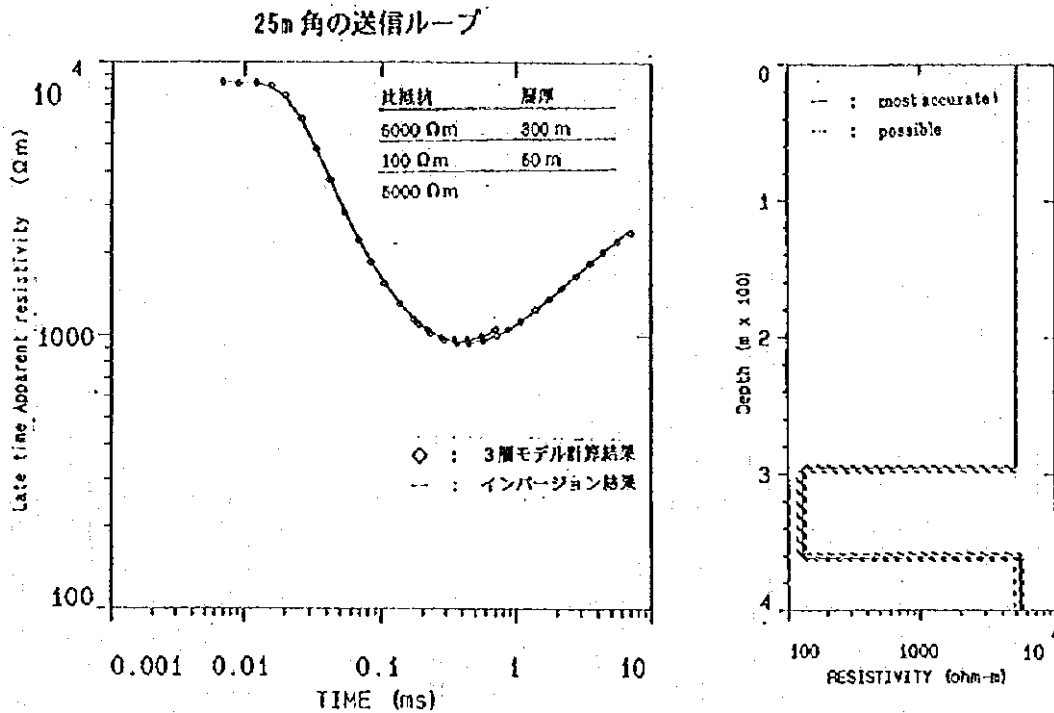
実際の測定では、送受信機間隔を75mを標準とし、現地での測定結果を受信機のスクリーンで確認し、減衰が早いようであればさらに間隔を広げて再度測定をおこなった。

測定データはRS-232Cケーブルでコンピュータに転送し、Occamのインバージョンによる多層(15~19層)解析を実施した。

(2) I P 法

I P法は強制分極法(Induced Polarization Method)の略称で、岩石の電気化学的な物性を

利用し、大地の電氣的分極効果（IP効果）を測定する。測定方法としては、時間領域（Time Domain）測定と周波数領域（Frequency Domain）測定に大別される。両者は、すべての周波数・時間で誤差がない測定をすれば、フーリエ変換によって等価である。現実には多くの周波数で測定するのは困難であり、近年ではコンピュータ関連の技術の進歩にも助けられて、より情報量の多い時間領域の測定が普及している。本調査でも時間領域で測定した。



探査深度及び精度の検討例（Protem 47）

本調査の電極配置は電磁誘導（カップリング）現象の影響が少なく、IP異常応答体に対する感度が良い点から、ダイポール・ダイポール配置を用いた。測定概念を上図に示す。電極間隔 $a = 50 \text{ m}$ 、電極隔離係数 $N = 1 \sim 6$ とした。

この電極配置で測定される値は、電極系がつくる直角二等辺三角形の頂点にプロットした擬似断面で表示される。

本調査で用いた周波数は 0.125 Hz である。見掛比抵抗の測定値は、一次電位と送信電流の値から前述の式を用いて求めた。

充電率の測定は電流切断後の 0.05 秒から 1 秒間の残留電位を時間積分し、一次電位との比から算出した。ここで分極率の単位には $(\text{mV} / \text{V} \cdot \text{ミリ秒})$ を用いた。

（IP法測定装置）

本調査で使用したIP法測定装置はカナダのフェニックス社製のシステムであり、その次表にその仕様を示す。

	モデル	仕様
受信機	Multipurpose Receiver Model V-5	入力チャンネル数 : 8チャンネル ゲインレンジ : ± 5 V ゲイン : 1~2048倍 メモリ : 256kバイトRAM
送信機	Transmitter Model IPT-1	最大出力 : 3kW 最大出力電流 : 10A 出力波形 : 0.125Hz、50% duty cycle
発電機	Generator Model MG-2	最大出力 : 2kVA 出力周波数 : 400Hz、3相

2.4.2 白石岩地区物理探査結果

(1) TEM法比抵抗構造断面

25m角の送信ループから75~150m離れた受信コイルで測定を行った。送受信ループの間隔は、まず75mで測定し、その結果によって比抵抗が高いと判断された場合にはさらに受信機を離して測定を繰返した。

IP法の3本の測線に沿った点及びそれらの間を補うような測点が計画された。測点の配置図を図2-4-1に示す。

① Line-1 (図2-4-1)

本地区の最も西の部分に北北西~南南東に切る測線で、長さは約2.6kmである。測点22より南では緑汁江層が厚く分布し、それより北では鵜頭層の領域になる。測点81付近では断層がほぼ東西に走り、落雪層が分布する。緑汁江層に対応する部分では、比抵抗も非常に高く、地表及び測点9付近以外ではほぼ全体が3000 Ω m以上になっている。測点22付近では断層(干沙江断層)で緑汁江層と鵜頭層が接している。比抵抗でも、測点24から30までの間は、地表付近で低比抵抗になっているが、この部分は後に説明するIP法の異常と一致する。TEM法の異常はやや南の測点22と23の下部にあり、深度50mより下部では250 Ω m以下の低比抵抗になっており、干沙江断層に対応すると考えられる。

② Line-2 (図2-4-2)

Line-1の東約1kmにある長さ約4kmの測線である。前述の干沙江沿いの断層と測点136付近で交差すると考えられる。また測点125と117の間には落雪層と因民層が複雑に分布する。比抵抗の特徴は、Line-1と同様に測点136の干沙江断層より南では高比抵抗になるが、測点136から162の深度100~200mで、非常に低比抵抗の領域が現れている。測点163から南でも、深さ150mより深部では、全体としては比抵抗が低くなっていく傾向が認められる。中国側でなされ

た重力調査によると、高密度の緑汁江層の厚さが2~300mの可能性もあり、下の鵝頭賦層を反映しているか、緑汁江層の中の亀裂や変質などの原因が考えられる。鉍化による低比抵抗の可能性もないことはないが、それにしては範囲が広すぎ、かつ緑汁江層と考えれば既知の鉍床のタイプからは説明が困難であるが、検討を要する。

③ Line-3 (図2-4-3)

Line-2のさらに東約300mの長さ2.1kmの測線である。干沙江断層が測点63付近を通るが、その部分で高比抵抗の構造の不連続が認められる。また、測点62と63の間で低比抵抗の構造が解析されている。干沙江断層の南に見られる、Line-2で特徴的な低比抵抗の構造は、この測線では測点67~73にかけての深さ100~200mに連続する低比抵抗部分に対応すると考えられる。測点49から52にかけても、深さ100m前後に250Ωm以下の低比抵抗の部分が層状に分布しているが、ここは因民・落雪層の分布する区域でもあり、今後の検討を要すると考えられる。

(2) TEM法比抵抗構造平面図

① 地表 (図2-4-4)

深度10~20mに対応する、Occamのインバージョンの結果のうち、最も浅い部分の解析結果を表示したものである。本地域は、比抵抗のコントラストが大きく、表土の影響もあり、必ずしも地質と対応した図が得られていない。全体としては、調査地域の南部~西部が比抵抗が高く、北東部が低くなっている。Line-2の測点123から東北東-西南西に延びる比抵抗の2000Ωm以上の高い峰は、新しく民採の始まった長麦地まで延びており、苦灰岩の層を示すと考えられる。

② 深度100m (図2-4-5)

図のほぼ中央部から南東部にかけては、緑汁江層に対応する高比抵抗部のはずであるが、その中央付近に250Ωm以下の低比抵抗の部分が存在して、複雑な比抵抗分布図になっている。Line-1の測点22付近から北東に延びる低比抵抗の帯が干沙江断層に対応すると考えられる。測点120付近から東西に続く高比抵抗の部分が、因民・落雪層に対応すると考えられる。

③ 深度200m (図2-4-6)

この深度では、Line-2及びLine-3の南部を中心に250Ωm以下の低比抵抗部分が広範囲に広がる。低比抵抗になる原因については、今後も検討を要する。中国側でなされたCSAMT法の調査結果でも、Line-2の南部でこの深度で低比抵抗になっており、IP法でも深部で低くなる傾向は同じであり、物理探査結果としては、各種の手法は調和的である。本調査終了後、より深部の比抵抗を測定するため、約300m角の送信ループによるTEM法の測定(E M37を使用)がなされている。こうした結果も含めて検討を続けることが望ましい。範囲が広く、緑汁江層にも含まれ、かつ重力ではこの低比抵抗部を鉍化で説明する程の異常が認められないと考えられ、これまでのデータでは鉍脈との関連は薄いと判断される。

(3) I P法の調査結果

① Line-1 (図2-4-7)

I P法の比抵抗は、測線中央の測点30付近に干沙江断層があり、それより南では $1000\Omega\text{m}$ 以上の高比抵抗になる。断層の200mほど北の測点26を中心として、大きな比抵抗及びI P異常が見られる。いわゆる「ハ」の字の形の異常で、浅い部分の異常を反映していると考えられる。T E M法では、干沙江断層の低比抵抗部分がこの付近で地表に達している断面が解析されている。なお、この付近では、地表に炭質の粘板岩が見られ、その影響も考慮する必要がある。

② Line-2 (図2-4-8)

測点28付近に干沙江断層があるが、比抵抗ではその南の測点34にかけて及び測点43と56を中心にした部分にも低比抵抗が見られる。同じ緑汁江層でありながら、測線H-1に比べると低い部分が発達している。これらの低比抵抗部分はI P異常も極めて大きい。何れも地形では谷の部分を中心とする「ハ」の字の形の異常で、Line-1の測点26の異常と同じく、浅い部分の影響と考えられる。測点20~22にも低比抵抗かつI P異常の大きい部分があり、地質では落雪層が分布する部分であり、重要と思われる。

③ Line-3 (図2-4-9)

I P法の比抵抗の異常は測点4、8、21及び33付近に認められ、これらは全てI P異常と一致している。地質図の上では、干沙江断層は測点31付近を通ると考えられるが、比抵抗及びI Pの異常は測点33を中心としていて、100m程ずれている。この部分では、T E M法の比抵抗測定結果とI P法の比抵抗が若干食い違っているが、T E M法によると干沙江断層は高比抵抗のかぶりの下に、高比抵抗の岩体に囲まれるような構造をしており、直流法であるI P法では検出されにくく、地表部分が低比抵抗の測点33に影響されたと考えられる。測点8及び18付近のI P異常は落雪層の分布する範囲での異常であり、重要である。

④ シミュレーション解析図 (図2-4-10)

有限要素法による2次元解析の断面図を示す。ここでは、T E M法の結果、鉱床胚胎の可能性及びT E M法によって、緑汁江層の下部に極めて低比抵抗の構造が認められるLine-2の解析例を示す。計算結果と実測結果は、多くのモデルで検討して、図2-4-10に示すような構造図が得られた。Line-28付近には、干沙江断層があり、T E M法では低比抵抗構造として解析されたが、I P法では、全体に $1000\Omega\text{m}$ の高比抵抗の中に $30\Omega\text{m}$ という低比抵抗の構造が、やや北に寄って求められた。また、測線の南の32~44付近に $100\Omega\text{m}$ 程度の低比抵抗の構造が、垂直に近い形で解析されており、T E M法のように広い範囲の低比抵抗構造とは異なっている。構造に対する計算結果は、大まかには測定結果を近似しているが、十分に近いとはいえない。必要によって、地質やほかの探査結果を含めて再解析をする必要があると判断される。

2.4.3 中村地区物理探査結果

(1) TEM法の測定

本地区は、前述の白石岩地区よりもさらに地形及び地質が特に複雑である。同様のループ配置でTEM法の測定を行った。図2-4-11に測点の位置図を示す。可能な限り中国側で実施した物理探査や地化学探査で捕捉された異常点を含むようにした。また、同時に実施されたIP調査の測線配置も考慮して、配点した。

(2) TEM法比抵抗構造断面

本調査地区では、IP調査として、5測線を実施したので、それらと同じ断面についてTEM法の測定、解析も行った。

① Line-1 (図2-4-12)

中村地区の5測線のうち最も南に位置する。東端は中村中学の北約200mの西河に沿った道路の付近、西は前述のテスト地の先までのほぼ東西の長さ約1kmの測線である。本地域の北へランジする複背斜構造の西翼の南部を切り、落雪層は測線西端及び中央部に一部認められている。

地表付近の比抵抗は測線の西の河岸段丘の部分(測点88、85付近)で低比抵抗になり、測点84、79の山の部分では、表面に高比抵抗の層が認められ、低比抵抗層はその下部に連続している。ここは地質図では鵝頭層の部分と一致している。測点85の東及び181~77にかけては、地質図では因民層に対応し、比抵抗では高くなっている。測点181から東では、全体として地表付近に高比抵抗の層があり、深さ100m付近で250Ωm以下の低比抵抗になり、その下部でまた比抵抗が高くなる傾向が認められる。この1kmの測線に地質図の上では6本の断層が交差し、比抵抗と地質の関連を調べるのは困難である。

② Line-2 (図2-4-12)

Line-1の約700m北の測線で、測線長は約2.4kmである。測線の西の端では深さ200mまで低比抵抗の層が連続しているが、測点109より東では全体としては下部に高比抵抗の層が認められる。地質図の上では、測点104~131にかけて落雪層が分布するが、複数の断層で切られかつ因民層も複雑に入り込んでいる。比抵抗分布も非常に複雑になり、地質との対応は考えにくい。測点132の付近では高比抵抗の落雪層があると考えられるが、比抵抗の上では深さ20~100mに1000Ωm以上の高比抵抗の層があるが、その下部に低比抵抗の層が認められる。落雪層は極めて高比抵抗と考えられる。

③ Line-3 (図2-4-13)

Line-2の北約200mの、長さ約2kmのほぼ東西の測線である。地形が急峻なため東側ではやや北に偏して設定されている。断層や地質境界の複雑に入り組んだ部分であるが、Line-2と全体としては似た傾向が認められる。測点107、141付近は鵝頭層に対応するが、これはLine-2の108、105付近及びLine-1の84、79付近と同様の地質と考えられるが、比抵抗の上

でも、上部が1000 Ω m程度の比抵抗で、深度100m程度まで比抵抗は下がり、それ以上の深度では2000 Ω m以上の高比抵抗になるという同じ傾向が見られる。

測点193より東では鶏頭礫層が分布すると考えられるが、一部を除いて1000 Ω m以下の比抵抗が得られている。Line-2の測点119付近及びLine-3の測点193付近では高比抵抗の構造が見られるが、鶏頭礫層の下部の高比抵抗層（落雪及び因民層）に対応する。

④ Line-4 (図2-4-13)

Line-3の北約400mの測線で、長さは約1kmである。複背斜構造の頂部に近い。測点173から155の深部には低比抵抗の部分があり、それを取り囲むように高比抵抗の部分認められる。こうした高比抵抗の部分は、落雪層の苦灰岩に対応する可能性もあり、その中の低比抵抗部分には注目する必要がある。

⑤ Line-5 (図2-4-14)

Line-4の北約200mに位置する、長さ1kmの測線で、背斜構造の頂部に位置する。測点91から178にかけては、地表付近から200m深まで1000 Ω m以下と、周囲より低くなっている。この付近は川沿いで、幾つかの民採が落雪層の苦灰岩中の銅鉱に対して実施されている。地質図では、測点90から208にかけて落雪層の分布が示されている。周辺の地形が極めて急峻で、測線が断層と平行になっている部分もあり、注意を要するが、測点178から208にかけては、高比抵抗の層に挟まれる形で低比抵抗層が認められる。

(3) TEM法比抵抗構造平面図

① 地表 (図2-4-15)

Occamのインバージョンの結果のうち、最も浅い部分の比抵抗を平面図としてプロットしたもので、深度10~20m程度を示すと考えられる。Line-2を取り囲むように2000 Ω m以上の高比抵抗の部分が、円形に分布するのが大きな特徴である。これは中国側でなされた地化学探査の銅の異常とよく一致している。

② 深度100m (図2-4-16)

浅い部分で認められたリング状の構造が、東側で切れて、中央部分の高比抵抗の部分が南東に延びてリング構造に繋がっている。

③ 深度200m (図2-4-17)

全体に比抵抗が低くなり、Line-3とLine-4の間に高比抵抗の部分が認められる。

(4) IP法調査結果

5本の測線をほぼ東西方向に設置した。測線上で、ダイポール・ダイポール配置による比抵抗・IP値(分極率)を測定した。各測線とも地形が急峻であったため、2次元の有限要素法による地形解析を実施し、影響を除去している。本地域では、計算上の地形の影響は±40%程度であり、現実の比抵抗の変化が桁違いに大きかったため、相対的には地形の影響は小さかった。

① Line-1 (図2-4-18)

I P法の比抵抗は、測点0~6の浅い部分及び15、16を中心とした3角形の領域で250Ω m以下の低比抵抗になっている。後者は特に浅い部分の低比抵抗異常が反映していると考えられるが、その部分ではI P異常も20[mV/V]以上になっている。

② Line-2 (図2-4-19)

比抵抗の低い部分は、測線の東寄りの測点0~8付近及び39、44付近である。測点39から東では、I P以上も大きく、本測線で重要である。また、負のI P異常が測点9及び19付近にある。

③ Line-3 (図2-4-20)

測点3~6付近及び26~31付近にまとまった低比抵抗の部分がある。特に測点28から東ではI P異常も大きい。地質の上では鵜頭礫層に対応するが、異常は100m程度の深部であり、下部の落雪層の可能性もある。T E M法の低比抵抗異常もこの付近に得られている。

④ Line-4 (図2-4-21)

測点11及び16~19付近に比抵抗の小さい領域がある。特に前者は落雪層に対応し、T E M法でも高比抵抗に囲まれた低比抵抗部分が検出されており、I P異常も大きく、興味ある部分である。付近には和尚洞などの鉱山もある。

⑤ Line-5 (図2-4-22)

測点7及び13付近に低比抵抗の異常が認められる。I Pの異常は測点4と12、13付近に得られており、後者では一致する。測線と断層が平行し、解釈が難しいが、T E M法の異常も考えあわせると、測点13付近が重要と思われる。

⑥ シミュレーション解析図(図2-4-23)

有限要素法による2次元解析の断面図を示す。3次元の問題や、地質・地形が複雑でコンピュータに人力できる構造の細かさが、現実の構造の複雑さに追従できないことなどから、有意な結果が得られなかった。ここでは、T E M法の結果、鉱床胚胎の可能性のあるLine-4の解析例を示す。計算結果と実測結果は、多くのモデルで検討して、図2-4-23に示すような構造図が得られた。構造に対する計算結果は、大まかには測定結果を近似しているが、十分に近いとはいえない。必要によって、地質やほかの探査結果を含めて再解析をする必要があると判断される。Line-4の測点11付近に、T E M法では高比抵抗に囲まれる形で低比抵抗の構造が解析されたが、I P法では、全体に2000Ω mの高比抵抗の中に50Ω mという低比抵抗の構造が求められた。深度もT E M法に比べると浅くなっている。また、測線の東の15~20付近に100Ω m程度の低比抵抗の構造が、浅い部分に解析されているが、これはT E M法とよく一致している。

(5) サンプル測定結果(白石岩・中村)

白石岩では、非常に顕著なI P異常が検出されたが、浅い部分の影響の様にも判断された。中村地区でもいくつかのI P異常が得られた。こうした異常の解析のために、中国側に幾つかのサ

サンプルで比抵抗及びIPの測定を依頼した。その結果を次表に示す。なお、現地での測定は時間領域で実施したが、サンプル測定は周波数領域で、周波数効果(MFE)で示されている。なお、サンプル採取地点は、白石岩の炭質苦灰岩はLine-1のIP測点29付近、苦灰岩はLine-3の測点34付近である。

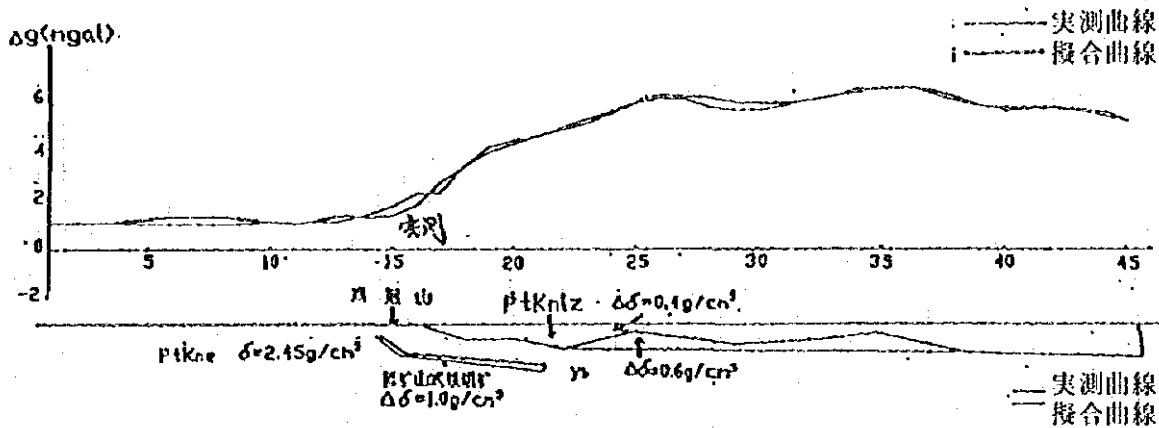
資料記号番号	サンプル	比抵抗(Ω m)	IP値(PE%)	地区
Cu - ore	銅鉱石	1.	11.4	中村
Cu - do	含銅苦灰岩	218.	5.0	中村
E - Csl	炭質粘板岩	354.	0.9	中村
ity	貫入岩	1841.	2.2	中村
E - sl	粘板岩	2323.	1.5	中村
Y - sl	粘板岩	248.	0.6	中村
L - do	苦灰岩	12322.	0.3	中村
w - s	土壌	4382.	1.1	中村
Do - A	炭質苦灰岩	672.	6.6	白石岩
Do - B	苦灰岩	1462.	0.6	白石岩
Sl - A	粘板岩	332.	2.4	白石岩
Sl - B	粘板岩	451.	0.9	白石岩

(6) そのほかの調査結果との比較

白石岩地区では、空中磁気探査により大きな異常が検出されている。今回の調査に先立って、中国側から提供されたデータに対してインバージョン解析を実施した。図2-4-24に磁気データ3次元解析結果図を示す。全磁力分布図では、周辺の既知の鉱山では北がI、南がIIの磁気異常がうまく対応している。しかしながら、今回調査した白石岩地区では、非常に大規模な磁気異常が認められ、その理由についていろいろと議論が分かれた。一般に磁気異常は北半球では北がI、南がIIの異常に対して、磁気構造はその中間にあり、白石岩の磁気異常も、3次元インバージョンの結果に示すように両異常の中間に解析された。

そのほかに中国側でなされた重力探査の結果を次図に示す。図の下に示されている2次元の解析構造で、全体としては密度 2.45 g/cm^3 の層に対して、 0.4 g/cm^3 高い緑汁江層と見られる層が測線の南に分布している。この断面は今回調査した断面Line-2に近いと考えられるが、詳細の位置は現段階ではわからない。こうした重力の結果からの緑汁江層の厚さは300m前後と考えられる。TEM法の比抵抗でも、下部では低くなる傾向が見られ、従来地質で考えられていた厚さよりも緑汁江層は薄い可能性もある。しかし、緑汁江層の中に破砕された部分があれば、重力の増加も小さくなり、かつ比抵抗も低くなるので、調査結果と調和する。Line-2の干沙江断層より

南の部分にある低比抵抗異常は、これまでなされた、TEM法、IP法、中国側のCSAMT法、TEM法でも全て検出されており、その原因については興味がある。この断面の磁気・重力解析では、鉱体に対応する構造が得られているが、TEM法の比抵抗の平面図では、低比抵抗異常はかなりの広がりを持っており、鉱化を反映していると考えられることは可能性はあるものの難しいと思われる。



重力探査の2次元解析結果

2.4.4 考察

物理探査結果の考察を以下に記す。本年度は中国側独自の各種の地化学探査や物理探査なども実施され、まだそれらのデータが総合的に解釈できる状態まで至っていないため、ここでは物理探査の結果を中心にしたまとめを示すに止める。

(1) 白石岩地区 (図2-4-25)

TEM法及びIP法の比抵抗はよく調和しており、干沙江断層を境にして南部の緑汁江層は高比抵抗、北の鴨頭層は低比抵抗に大きく分かれる。その中で、Line-2、3では緑汁江層の中に低比抵抗の部分が発達しており、地質的には説明が困難で、ほかのデータとも総合して検討を続ける必要がある。興味ある異常を以下に示す。

① Line-1 TEM法の測点22の干沙江断層より南は緑汁江層になり、比抵抗は高くなっており、また断層はTEM法でよく捉えられている。極めて大きなIP異常がその断層の北約200mの地点を中心に認められる。これは地表付近で認められる炭質の粘板岩のせいとも考えられるが、今後も検討を続ける必要がある。TEM法では測点78~87にかけて、高比抵抗層の間に低比抵抗の部分が認められ、IP法でも低比抵抗かつ高いIP異常が認められる。深度100m以深での異常と考えられ、地質調査結果なども踏まえて今後も検討を要する。

② Line-2 TEM法では、測点136の干沙江断層より南で深さ100m程度までは緑汁江層に対応する高比抵抗層を示している。100mより下部では急激に低比抵抗になり、同様の低比抵抗

はIP法でも認められる。IP異常は、IP測点の28付近の断層及び測点45、57で大きい、地形の谷の部分であり、浅い部分が原因である可能性が高い。TEM法の測点136から162にかけての、下部の低比抵抗の部分については、一部IP異常の大きいところもあり、極めて興味あるところである。ただし地質の上では緑汁江層と考えられ、鉱化ではなく、亀裂や破碎、変質などの発達している可能性もあり、地質調査などの結果も含めて検討する必要がある。またTEM法の測点123付近で高比抵抗層に挟まれるように低い層が認められ、IPでも異常がある。この部分は地質でも落雪層が分布するところであり、今後の検討を要する。

③ Line-3 TEM法では、測点64の干沙江断層より南では高比抵抗層に挟まれるように低比抵抗層が認められる。IP法でも断層に対応して低比抵抗かつ高IP異常が認められる。測点49～52にかけても、高比抵抗層に挟まれるように低比抵抗層があり、IP異常も大きい。落雪層の分布するところであり、検討を要する。

(2) 中村地区 (図2-4-26)

地質構造がきわめて複雑で、地形も急峻なため、調査結果も込み入ったものとなった。TEM法及びIP法の比抵抗測定結果はほぼ調和的である。比抵抗の苦灰岩の分布する部分で、比抵抗が低くかつIPの異常が認められるところが有望と考えられる。該当する部分でかつ地質の上で落雪層が分布する地域として、有望地域を以下に示す。

① Line-3 TEM法の測点191～190にかけて、比抵抗とIPの異常が重なっている。深度は150～200mでIP異常は45%前後である。

② Line-4 TEM法の測点173～155にかけて、比抵抗とIPの異常が重なっている。深度は150～200mでIP異常は50%前後である。TEM法の結果では、高比抵抗部分に囲まれるように低比抵抗部分が解析されており、興味ある異常である。

③ Line-5 TEM法の測点92～91にかけて及び178から208にかけて、比抵抗とIPの異常が重なっている。深度は150～200mでIP異常は50%前後である。TEM法の結果では、高比抵抗部分に囲まれるように低比抵抗部分が解析されており、興味ある異常である。

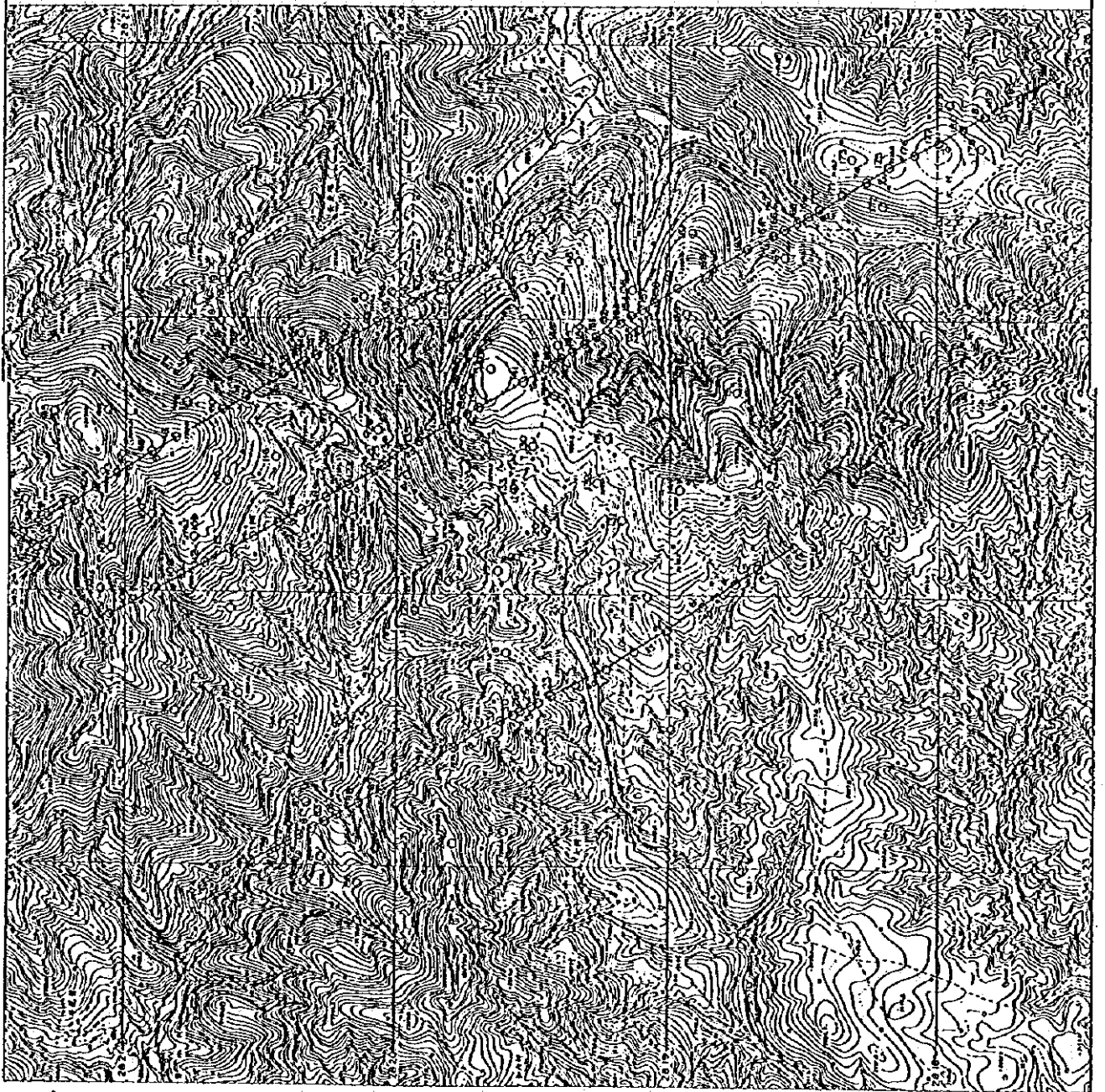
(3) 今後の探査指針

a. 白石岩地区

TEM法のLine-2の測点136～162にかけての低比抵抗部分は、緑汁江層に対応すると考えられ、電気が流れやすい原因については不明である。IP法の比抵抗測定や中国側でなされたCSAMT法などでも低比抵抗になっており、その原因について調べる必要がある。比抵抗の平面分布図からは、この低比抵抗異常域はLine-2からLine-3にかけて広く分布しており、鉱化との関連を付けるのは現時点では難しい。地質の上で因民・落雪層に対応する部分で低比抵抗が得られているLine-2の119から124にかけて、さらにLine-3の49～52にかけても、鉱床の可能性の調査を続けるべきと考える。

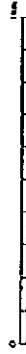
b. 中村地区

今後も検討を続けるべき所は、TEM法の3測線の197~201、4測線の176~155、5測線の91~208の、何れも高比抵抗に接した低比抵抗部分である。特に測線4の深さ100m以深では、近くに採掘中の鉱山もあり、その連続性も含めて検討する必要がある。



凡例

- 温度
- TEMPERATURE
- TEMPERATURE
- 1:1 比例尺
- 1:1 比例尺
- 1:1 比例尺



平成7年度 気象観測所位置図
 台湾 花蓮 地区
 中華人民共和國 福建省 漳州市 龍巖 地区

白石岩地区

测点位置图

JICA-MMAJ
 1995-12

图2-4-1



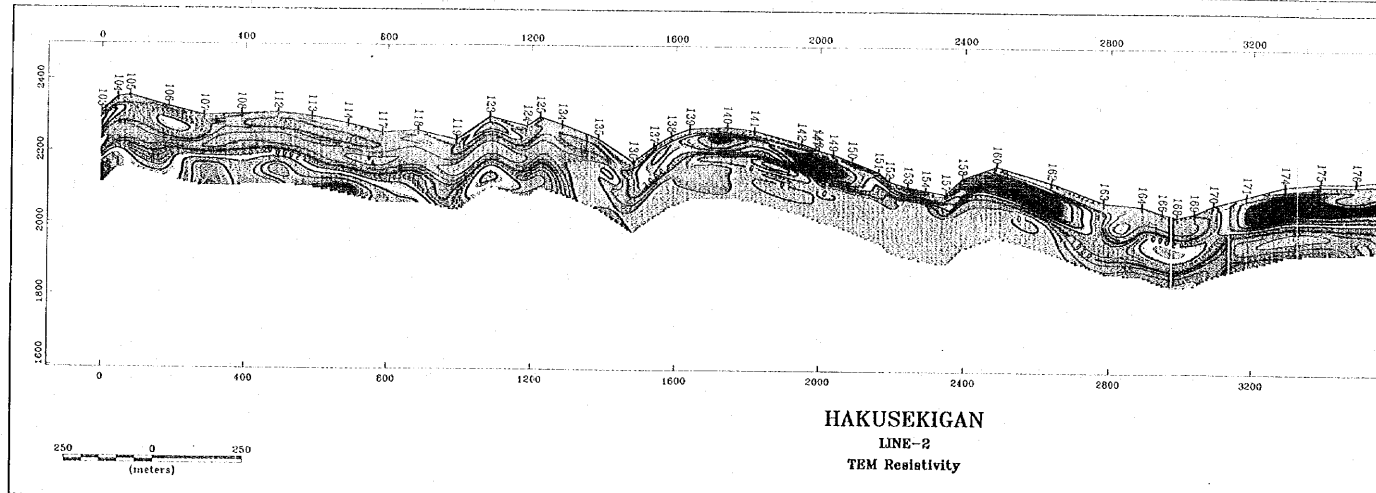
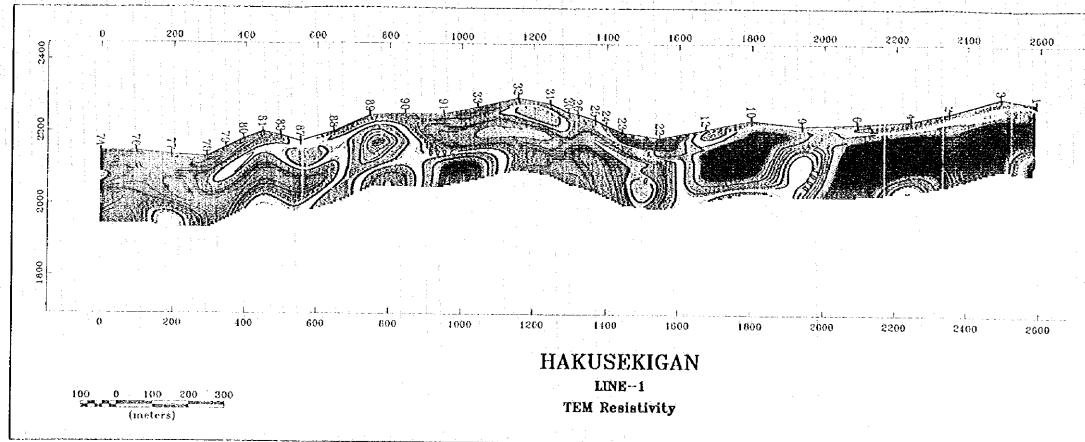


图2-4-2 比抵抗構造断面图 (Line-1, Line-2)