

Simpson, 1990 ; Master, 1984, 1991 etc)。これらの研究は、マングラ付近以南のマゴンディ変動帯及び調査地域北部のザンベジ変動帯を中心としたものである。

マゴンディ累層群に関係した最初の地質構造のイベントは、マゴンディ堆積盆を形成した地溝帯の拡大である。地溝帯は、地域外東方のグレート・ダイクの活動による左横ずれの破砕帯に沿って形成されたと考えられている。地域南部の堆積盆東縁は、ほぼグレート・ダイクに平行なNNE-SSW方向で区画されており、中央部のマングラ北方では、NNW-SSE方向に屈曲している。

デュェラス層群は地溝帯に伴った扇状地堆積物、河川堆積物及びプラヤ成堆積物からなり、堆積時には、いくつかの塩基性火成活動が起こっている。ロマグンディ層群は、沿海性の環境で堆積したと推定されている。ピリウィリ層群は、黒海型の水成堆積物で、おそらく大陸斜面や海底扇状地のような環境で堆積したと推定されている (Master, 1991)。

調査地域のほぼ全域は、マゴンディ変動帯に位置し、数回の変形作用を被っている。主要構造は、調査地域南部と北部とは異なった特徴を示す。

調査地域南部の主要構造は、NNE~NE方向の等斜褶曲及びマゴンディ堆積盆東縁沿いの衝上断層で特徴づけられる。これらの構造は、NE-SW方向の右横ずれ断層によって切られている。また地域外西方のロマグンディ層群及びピリウィリ層群中では、NW-SE方向の断層も発達している。

中央部のマングラ付近の始生代の新期花崗岩とデュェラス層群の関係は、坑内では小規模な衝上断層で接しているが、地表では不整合関係が観察される。

北部では、NNE-SSW~N-S方向の変形作用、NE-SW方向の褶曲構造及びNE-SW方向の横ずれ断層に区分されるが、NW-SE方向の構造は認められていない (Thole, 1974)。

地域の南部のアラスカ周辺から中央部のマングラ周辺にかけての変成度は、黒雲母の生成を頂点とした緑色片岩相である。マングラから北へ向かって角閃石相へと変成度が上昇している。特に北部のザンベジ変動帯内での変成度は顕著に上昇している (Thole, 1974, 1976)。

2-4 鉍化作用

2-4-1 鉍山・鉍微地調査

9カ所の鉍微地のうち近接したものをまとめ5地区とし、調査を実施した。各地区の調査結果図、及びスケッチを図II-2-6から図II-2-16に示す。鉍石研磨片検鏡結果、鉍石分析結果、及び鉍微地調査結果一覧表を表II-2-2から表II-2-4に示す。また、鉍石顕微鏡写真を付録A-2に示す。

1. アラスカ地区 (図II-2-6, 図II-2-7, 図II-2-8)

鉍微地としては

- 1) オールド・アラスカ鉍床
- 2) アングワ鉍床
- 3) ハンス鉍床

表 II - 2 - 3 鉍石の化学分析結果一覧表

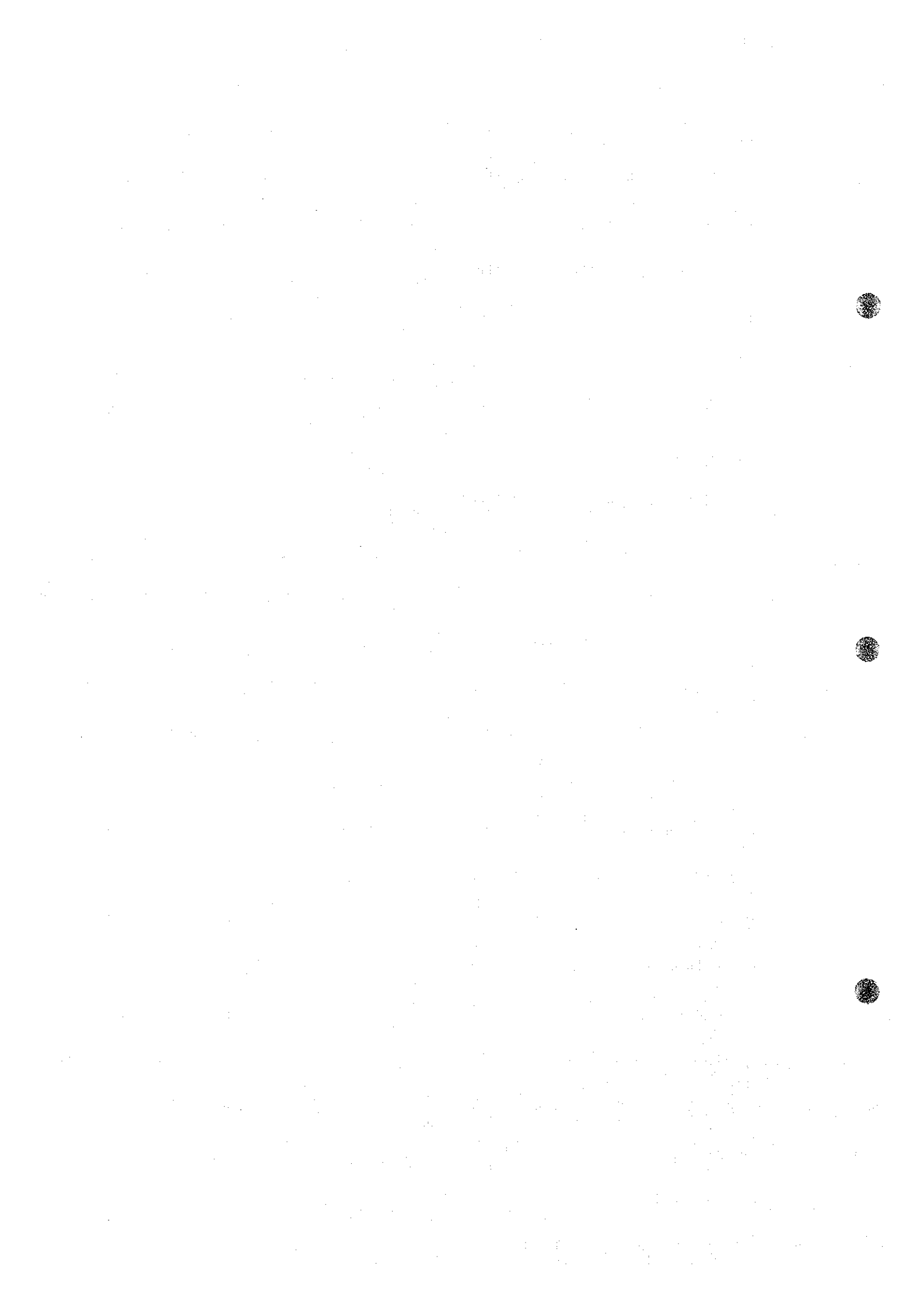
No.	Rock names	Locality	Coordinate		Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (%)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Pt (ppb)
			Latitude	Longitude								
KR 44A	quartz vein	Shanrocke East	16°28.16'S	30°1.73'E	0.06	3.8	0.030	67	23	24	37	46
KR 48A	amphibolite	Shanrocke Mine	16°25.78'S	30°0.33'E	0.01	4.5	0.057	151	88	15	181	10
KR 48C	amphibolitic rock	Shanrocke Mine	16°25.78'S	30°0.33'E	0.14	4.2	0.700	34	21	4	110	10
KR 48D	dolomitic rock	Shanrocke Mine	16°25.78'S	30°0.33'E	0.17	4.4	2.250	71	44	9	299	10
KR 49B	amphibolitic rock	Shanrocke Mine	16°25.78'S	30°0.33'E	0.55	8.1	3.470	90	46	4	517	10
KR 49C	sandstone / amphibolite	Shanrocke Mine	16°25.78'S	30°0.33'E	0.52	7.8	3.340	128	57	22	2,008	10
KR 49E	schist	Shanrocke Mine	16°25.80'S	30°0.28'E	0.08	5.3	0.974	24	21	11	82	10
KR 52	siliceous rock	Shanrocke West	16°25.91'S	29°58.41'E	0.05	5.2	0.027	27	47	13	116	10
KR 54	dolomite(malachitization)	Old Alaska Mine	17°23.99'S	30°0.17'E	0.03	6.1	0.437	33	16	17	82	10
KR 60	arkose	Mangula, Underground	16°53.31'S	30°9.58'E	0.22	23.1	2.080	17	15	5	185	10
KR 61	quartz-magnetite vein	Chirobozi	16°50.63'S	30°10.57'E	0.03	4.5	0.036	20	16	8	142	10
NR 3	arkose with malachite	Mangula Opencut	16°53.31'S	30°9.59'E	0.04	16.1	2.520	30	12	10	274	10
NR 72	amphibolitic rock	Norah Mine	16°52.20'S	30°9.52'E	0.10	22.9	1.890	111	86	19	451	10
NR 73	arkose	Norah Mine	16°52.20'S	30°9.52'E	0.02	2.6	0.018	28	14	4	6	10
NR 74	arkose	Norah Mine	16°52.20'S	30°9.52'E	0.01	2.3	0.023	51	26	44	899	10
NR 75	quartz vein in dolerite	Norah Mine	16°52.20'S	30°9.52'E	3.86	68.9	6.370	25	15	63	699	10
NR 76	arkose	Norah Mine	16°52.20'S	30°9.52'E	0.04	3.0	0.066	30	15	2	9	10
NR 78	arkose	Norah Mine	16°52.20'S	30°9.52'E	0.27	170.0	13.000	33	21	160	1,667	10
NR 79	doleritic basalt	Norah South	16°57.21'S	30°9.52'E	0.30	43.1	4.250	46	33	33	519	10
NR 80	arkose	Mangula, Underground	16°52.31'S	30°9.59'E	0.06	3.1	0.162	30	18	8	28	10
NR 81	arkose	Mangula, Underground	16°52.31'S	30°9.59'E	0.04	3.0	0.038	41	19	34	83	10
NR 82	arkose-conglomerate	Mangula, Underground	16°52.31'S	30°9.59'E	0.06	20.4	1.680	34	20	39	190	10
NR 83	arkose	Mangula, Underground	16°52.31'S	30°9.59'E	0.06	3.6	0.615	20	15	15	83	10
NR 84	quartz vein in arkose	Mangula, Underground	16°52.31'S	30°9.59'E	8.05	33.2	2.000	45	27	87	245	10
NR 92	arkose(malachitization)	Hans Mine	17°22.47'S	30°1.95'E	0.04	93.5	1.830	41	19	47	245	10
NR 93	arkose(malachitization)	Hans Mine	17°22.47'S	30°1.95'E	0.06	28.7	2.370	31	14	36	272	10
NR 94	arkose(malachitization)	Hans Mine	17°22.47'S	30°1.95'E	0.05	16.3	2.710	31	15	41	297	10
NR 95	arkose(malachitization)	Hans Mine	17°22.47'S	30°1.95'E	0.05	26.1	3.710	32	15	63	394	10
NR 96	arkose(malachitization)	Hans Mine	17°22.47'S	30°1.95'E	0.05	32.9	1.900	29	13	43	217	10
NR 97	arkose(malachitization)	Hans Mine	17°22.47'S	30°1.95'E	0.05	59.4	1.330	43	18	60	230	19
NR 98	arkose(malachitization)	Hans Mine	17°22.47'S	30°1.95'E	0.03	29.2	0.054	31	14	19	192	10
NR103	arkose	Angwa Mine	17°32.96'S	30°3.37'E	0.06	2.9	0.195	34	12	11	45	10
NR104	arkose with quartz vein	Angwa Mine	17°32.96'S	30°3.37'E	0.05	35.4	1.230	30	12	20	164	10
NR106	arkose	Angwa Mine	17°32.96'S	30°3.37'E	1.99	62.6	1.590	24	11	16	298	10
NR107	quartz vein in dolerite	Angwa Mine	17°32.96'S	30°3.37'E	0.06	2.5	1.110	62	38	121	330	10
NR112	schist, basic rock origin	United Kingdom Mine	17°4.67'S	30°11.24'E	0.12	10.6	0.253	222	128	18	808	21
NR113	qz vein	United Kingdom Mine	17°4.67'S	30°11.24'E	0.19	45.9	2.690	11	1	25	162	10
NR114	qz vein	United Kingdom Mine	17°4.67'S	30°11.24'E	0.04	1.2	1.450	24	7	10	38	10
NR115	qz vein	United Kingdom Mine	17°4.67'S	30°11.24'E	0.07	2.1	0.092	26	8	19	47	10
NR116	qz vein	United Kingdom Mine	17°4.67'S	30°11.24'E	0.05	1.3	1.470	15	3	5	18	10
NR117	qz vein	United Kingdom Mine	17°4.67'S	30°11.24'E	0.17	5.6	1.460	11	2	9	40	10
NR118	qz vein	United Kingdom Mine	17°4.67'S	30°11.24'E	0.06	1.2	0.807	17	6	17	28	10
NR120	dolomite(malachitization)	Old Alaska Mine	17°23.99'S	30°0.17'E	0.07	32.4	2.130	43	17	23	313	10
NR121	dolomite(malachitization)	Old Alaska Mine	17°23.99'S	30°0.17'E	0.06	8.6	2.740	30	15	6	189	10
NR122	dolomite(malachitization)	Old Alaska Mine	17°23.99'S	30°0.17'E	0.07	5.8	1.710	39	19	3	133	42
NR123	dolomite(malachitization)	Old Alaska Mine	17°23.99'S	30°0.17'E	0.08	16.5	0.939	35	17	15	222	10
NR124	dolomite(malachitization)	Old Alaska Mine	17°23.99'S	30°0.17'E	0.08	19.4	1.530	35	14	13	261	10
NR125	dolomite(malachitization)	Old Alaska Mine	17°23.99'S	30°0.17'E	0.05	9.0	2.700	36	13	7	257	10
NR126	dolomite(malachitization)	Old Alaska Mine	17°23.99'S	30°0.17'E	0.07	12.2	0.008	27	15	19	112	10
NR127	dolomite(malachitization)	Old Alaska Mine	17°23.99'S	30°0.17'E	0.07	4.7	0.354	56	27	26	177	10
NR136	arkose	Avondale Mine	17°17.86'S	30°4.11'E	0.06	3.6	0.005	82	42	13	140	10
NR137	arkose	Avondale Mine	17°17.86'S	30°4.11'E	0.08	11.5	0.446	37	26	12	138	10

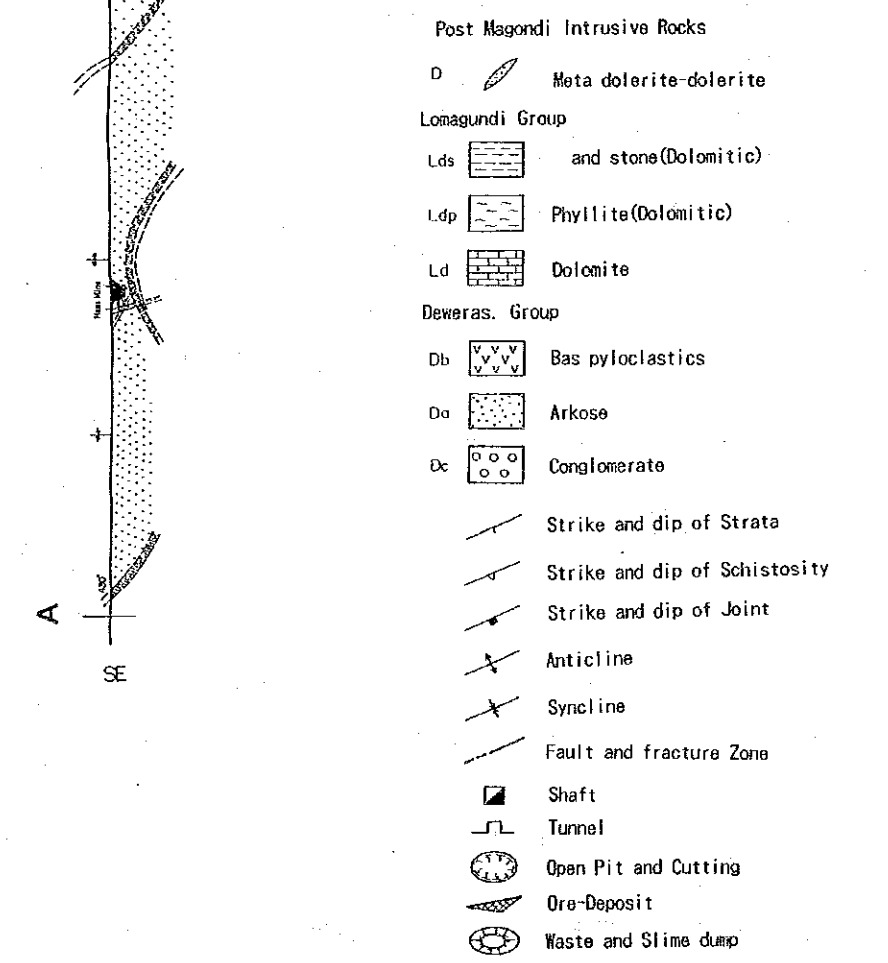
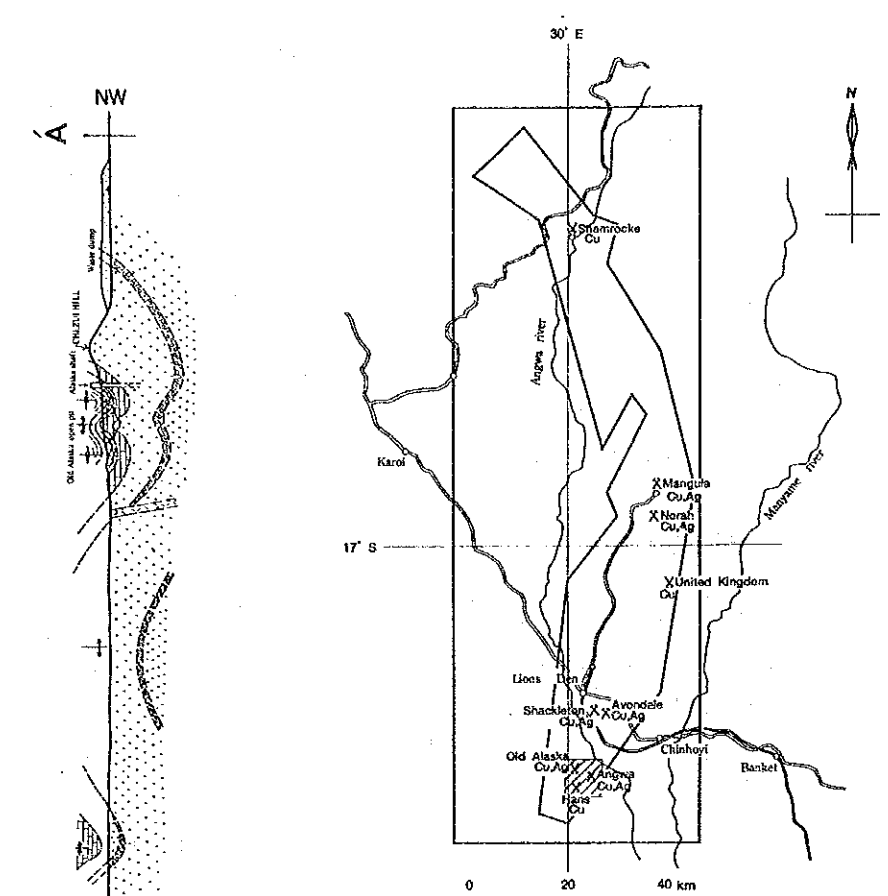
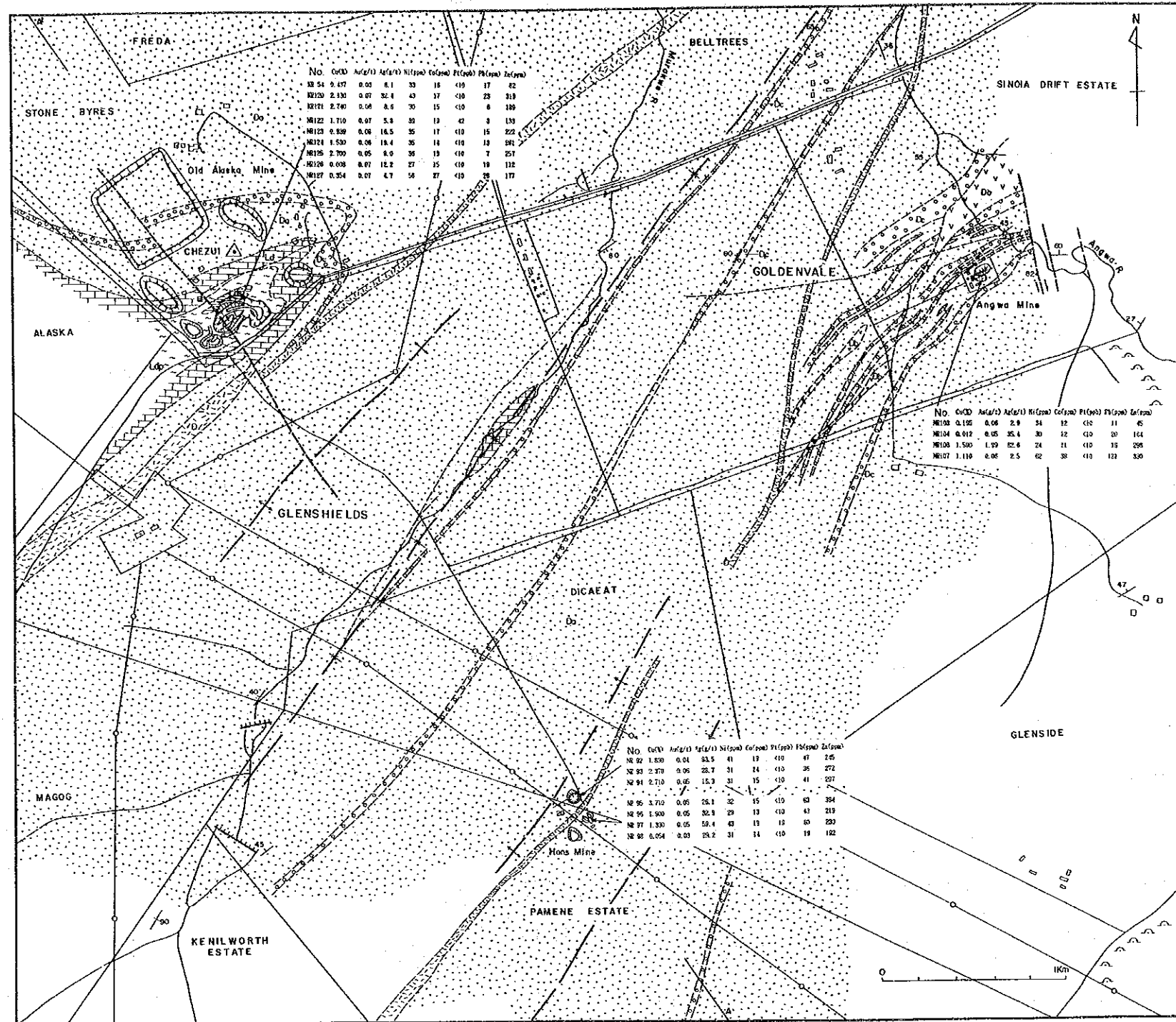
表 II - 2 - 4 鈳微地調查結果一覽表

Name of Mine and Mineralized Area	Locality Coordinates	Situation	Type of deposits	Mineralized Metal	Ore reserve	Metal grade	Main ore minerals	Accessory minerals	Gangue minerals	Host rock	Present Production
(1)Hans	17°25.47'S 30°01.95'E	closed	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	0.3million tons Cul. 0%	AgMax93.5g/t CuMax3.71%	Mal, Bo, Cc Cp	Cp	-	Arkose Conglomerate	
(2)Angwa	17°23.96'S 30°03.37'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	4.5million tons Cul. 0.95%	AgMax62.6g/t CuMax1.59%	Bo, Cc, Cp	Py, Mt, Hem	-	Arkose Conglomerate	16,000t/m Cu0.6%
(3)Old Alaska	17°23.87'S 30°00.87'E	closed	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	5million tons? Cul. 5%	AgMax62.6g/t CuMax1.59%	Mal, Bo, Cc	Cp, Py, Cv, Mt, Hem	-	Lomagundi. G Dolomite	
(4)Shackleton	17°18.08'S 30°02.67'E	closed	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	5million tons Cul. 2%		Bo, Cc	-	-	Arkose Conglomerate	
(5)Avondale	17°17.86'S 30°04.11'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	4.4million tons Cul. 0.9%	Ag 11.6g/t Cu 0.45%	Cc	Bo, Cp	-	Arkose Conglomerate	16,000t/m Cu0.8%
(6)United Kingdom	17°04.67'S 30°11.24'E	closed	qz-cal Vein	Cu, Ag		AgMax45.9g/t CuMax2.69%	Mal, Cc	Cv	Qz, Cal, Hem	Arkose	
(7)William	16°53.31'S 30°09.59'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag, Au Pt, Pd, Se	30million tons Cul. 0%	AgMax33.2g/t CuMax13.0%	Bo, Cc, Cp	Py, Mt, Hem	-	Arkose Conglomerate	4,000t/d Cu0.7%
(8)Norah	16°56.21'S 30°09.16'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag, Ag	8million tons Cul. 2%	AgMax170g/t CuMax13.0%	Cp, Bo, Cc	Py, Cv, Sph, Mt, Hem	-	Arkose Conglomerate	
(9)Shamrocke	16°25.78'S 30°09.52'E	closed	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag, Au	5million tons Cul. 0%	AgMax 8.1g/t CuMax3.47%	Po, Cp	Cub, Sph, Py, Mc, Mt	-	MetaArkose	
(10)Nyamnyoko Hill	16°50.63'S 30°10.57'E		qz-mt Vein	Au, Ag?	Extension2km	Au0.03g/t Ag4.5g/t	-	Hem, Mt	-	Granite	
(11)Rivington	17°00.40'S 30°04.82'E		Banded iron	Fe			Mt, Hem	-	-	slate	
(12)Zawi	17°13.88'S 30°01.58'E		Dolomite	Dolomite			Dolomite	-	-	Lomagundi. G Dolomite	
(13)Hilltop	17°19.01'S 30°07.74'E		Slate	slate			slate	-	-	Lomagundi. G slate	

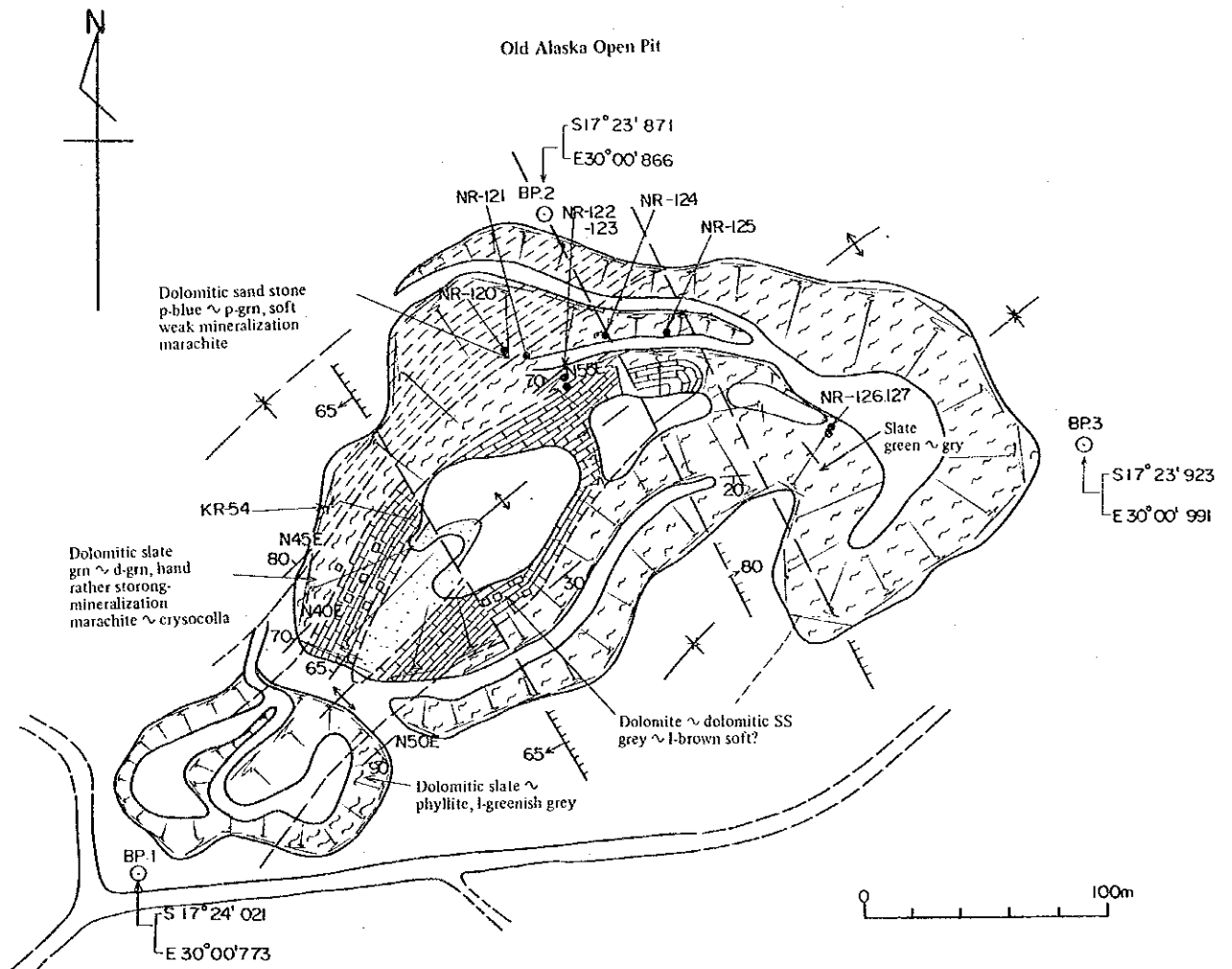
Abbreviations

Py:pyrite Mc:marcasite Po:pyrrhotite Cub:cubanite Cp:chalcopyrite Bo:bornite Cc:chalcocite Cv:covellite Sph:sphalerite
Mt:magnetite Il:illmenite Hem:hematite Mal:malachite Qz:quartz Cal:calcite Ot:other gangue minerals





図II-2-6 オールド・アラスカ-アングワ-ハンズ地区鉱微地調査結果図



図Ⅱ-2-7 オールド・アラスカ鉱山の露天掘り跡見取り図

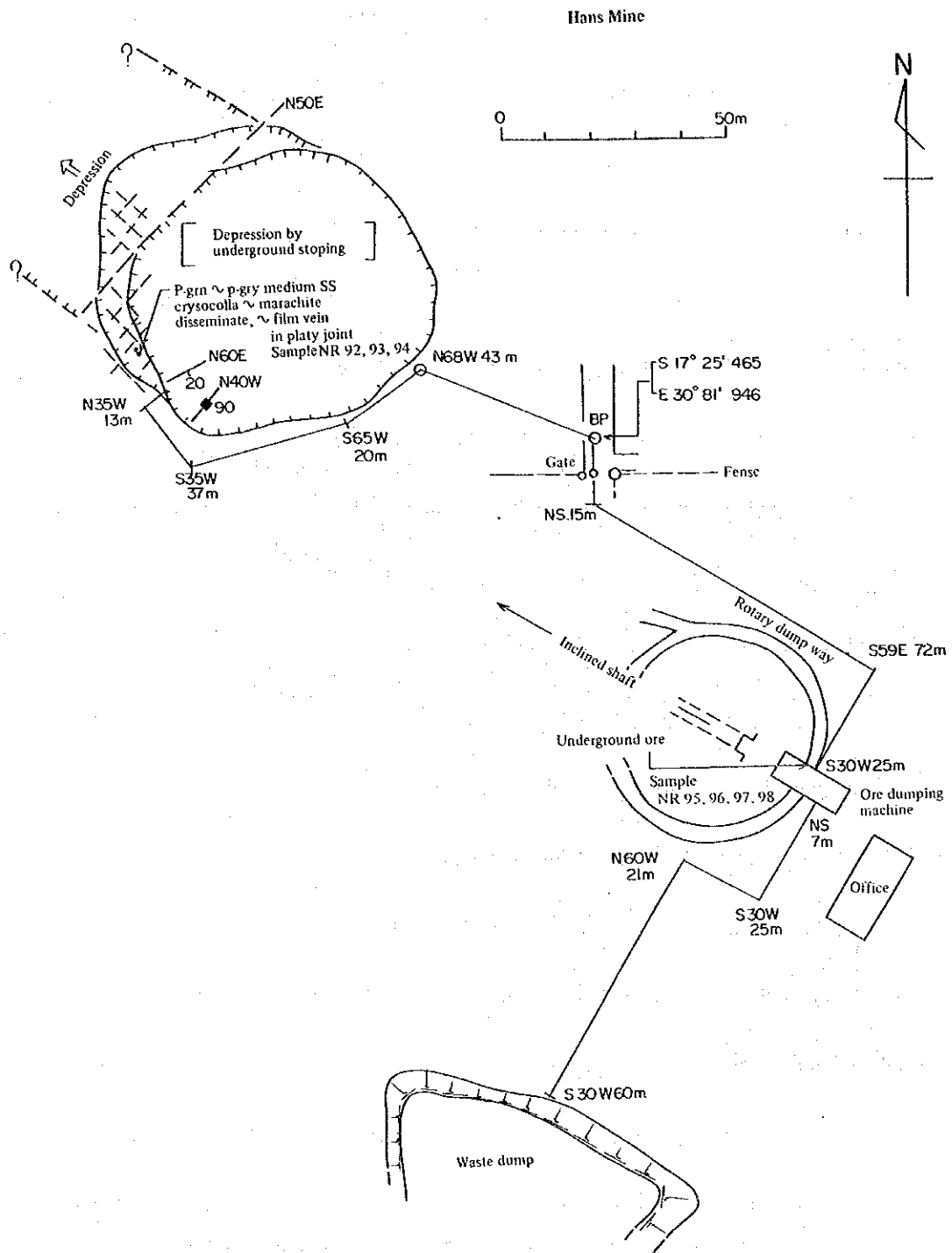


図 II - 2 - 8 ハンス鉱山跡見取り図

が含まれる。本地区はデウェラス層群の礫岩及びアルコースが広く分布し、西側でこれを覆ってロマグンディ層群の苦灰岩及び粘板岩が分布する。岩脈としては粗粒玄武岩質岩が認められる。地質構造的にはデウェラス層群はNE-SW系の走向及び褶曲軸を示すほか、NNW-SSE系、E-W系の断層が見られる。

(1) オールド・アラスカ鉱床

位置： チノイ市西方20km CHEZUI HILL麓

露天掘北端；S17°23.871' E30°00.866'

現況： 休山中。CHEZUI HILL南麓に竖坑、及び露天掘（東西約400m、南北約200m）跡現存。

歴史： 本鉱山は有史以前より採掘されていたといわれ、その歴史は不明である。近代的な採掘は1956年～1961年 MTD Co. Ltd により採掘、開発がおこなわれ、1977年に採掘を終了した。

規模： 生産量は有史以前の推定採掘粗鉱量は100万トン、1929～1931年間の採掘93,400トン（Cu3.18%）、1961～1977年間の採掘粗鉱量400万トン（Cu1.5%）である。（Simpson 1990）

地質： 露天掘り及び周辺の地質は下位よりデウェラス層群の礫岩、アルコース、ロマグンディ層群の苦灰岩、苦灰岩質粘板岩～千枚岩、及び苦灰岩質砂岩より構成される。地質構造は、SWにゆるくプランジする主向斜軸に支配され、この中で小規模な背斜及び向斜構造を伴うほか、NW-SEの断層によって切られる。

鉱床： 鉱石は主に孔雀石の鉱染状、板状節理、劈開面に沿う細脈として、主としてロマグンディ層群の苦灰岩、砂岩、及び頁岩中に胚胎する。鉱石鉱物はこのほか黄鉄鉱の仮像を伴う輝銅鉱が特徴的に認められるほか、黄銅鉱、自然銅、珪孔雀石、コルネタイト、プランシェアイト、翠銅鉱、赤銅鉱、及び黒銅鉱等が報告されている（Master, 1991）。

露天掘りから得た鉱石の研磨片の顕微鏡観察では細脈状、ないしは網状の孔雀石、外形不定の斑銅鉱、輝銅鉱、板状、葉片状結晶集合体の銅藍、及び微量の黄銅鉱が認められる。孔雀石脈の肥厚部には輝銅鉱が存在し、斑銅鉱は輝銅鉱により、さらに輝銅鉱は銅藍により交代されている。黄銅鉱は斑銅鉱中に筋状、外形不定等の形態を伴って出現する。

試料の分析結果は次のとおりである。

試料	Cu(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Ni(ppm)	Co(ppm)	Pt(ppb)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
KR 54	0.437	0.03	6.1	33	16	<10	17	82
NR120	2.130	0.07	32.4	43	17	<10	23	313
NR121	2.740	0.06	8.6	30	15	<10	6	189
NR122	1.710	0.07	5.8	39	19	42	3	133
NR123	0.939	0.08	16.5	35	17	<10	15	222
NR124	1.530	0.08	19.4	35	14	<10	13	261
NR125	2.700	0.05	9.0	36	13	<10	7	257
NR126	0.008	0.07	12.2	27	15	<10	19	112
NR127	0.354	0.07	4.7	56	27	<10	26	177

(2) アングワ鉱床

位置： オールド・アラスカ露天掘り東 4km GOLDENVALE Farm

鉱山ゲート前；S17° 23.960' E30° 03.365'

現況： 稼行中。

歴史： 本鉱山は1958年地表試錐探鉱を開始し、1965年から立坑開削を含む探鉱を開始した。本格的生産開始は1973年である。

規模： 埋蔵鉱量450万トン、品位Cu0.95% (Simpson 1990)、現在の粗鉱生産量は16,000トン/月、(Cu0.6%, Ag18g/T) である(鉱山資料)。

地質： 下位よりデウェラス層群の礫岩、アルコース、及び泥質岩を単位とする堆積サイクルを示し、一部に火砕岩層を伴うほか、西側に粗粒玄武岩質岩脈がハンス鉱山より連続する。構造はN-E系の走向、40-60°N傾斜を示し、緩やかな褶曲を伴う。

鉱床： 鉱床は上下2層に大別される。上位鉱床は泥質岩直下のアルコース中に胚胎し、上盤泥質岩の発達、及び連続性に規制される。上位鉱床は下位鉱床に比べ品位、連続性ともに安定しており、本鉱山の主鉱床である。一方、下位鉱床は下盤礫岩の上部に胚胎し、規模、層厚ともに上位鉱床に比べ優勢であるが、形態、分布、及び品位が不規則である。主要鉱石鉱物は輝銅鉱、斑銅鉱であり、副次的に銅藍、黄銅鉱、及び黄鉄鉱が認められるほか、微量成分として自然銀が報告されている。輝銅鉱、斑銅鉱は黄鉄鉱の仮像を示す場合が多い。これらの鉱石はいずれも礫岩、アルコース中に鉱染状、細脈状、または礫岩、砂岩の粒子間隙を埋めて胚胎する。

坑内360#採掘ブロックから得た鉱石の研磨片の顕微鏡観察では外形不定の黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱、柱状、外形不定の赤鉄鉱、自形粒状の磁鉄鉱が認められる。黄銅鉱は斑銅鉱と共存する。斑銅鉱と輝銅鉱は文象構造を伴って共生するものと、斑銅鉱の一部が輝銅鉱となっているものがある。磁鉄鉱は赤鉄鉱により交代され、時に全く赤鉄鉱化しているものがある。

試料の分析結果は次のとおりである。

試料	Cu(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Ni(ppm)	Co(ppm)	Pt(ppb)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
NR103	0.195	0.06	2.9	34	12	<10	11	45
NR104	1.230	0.05	35.4	30	12	<10	20	164
NR106	1.590	1.99	62.6	24	11	<10	16	298
NR107	1.110	0.06	2.5	62	38	<10	121	330

(3) ハンス鉱床

位置： オールド・アラスカ露天掘り南東 3km DICHEAT Farm, PAMANE ESTATE境界

鉱山ゲート前；S17° 25.465' E30° 01.946'

現況： 休山中。旧坑内採掘による地表陥没孔、斜坑口他、設備跡、廃石山現存

歴史： 本鉱山は1974年生産を開始し、1976年休山した。

規模： 粗鉱生産量は30万トン (Cu1.0%) であり、アラスカ鉱山に送鉱した。尚、この他10万ト

ンの残鋳量を有している。

地質： 鋳床付近はデウェラス層群のアルコース、泥質岩が分布し、NE-SW系の背斜軸付近に位置する。

鋳床： 鋳床は上盤塩基性火砕岩と礫岩境界部の礫岩中に胚胎するとされているが陥没孔付近、斜坑口で見られる鋳石はいずれも白色～桃色アルコース、緑色泥質岩を母岩とするものである。

鋳石は主に孔雀石の鋳染状、板状節理、及び劈開面に沿う細脈のほか、弱い鋳染状の斑銅鋳、輝銅鋳、及び黄銅鋳が認められる。

陥没孔付近及び斜坑口から得られた試料の分析結果は次のとおりである。

試料	Cu(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Ni(ppm)	Co(ppm)	Pt(ppb)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
NR 92	1.830	0.04	93.5	41	19	<10	47	245
NR 93	2.370	0.06	28.7	31	14	<10	36	272
NR 94	2.710	0.05	16.3	31	15	<10	41	297
NR 95	3.710	0.05	26.1	32	15	<10	63	394
NR 96	1.900	0.05	32.9	29	13	<10	43	217
NR 97	1.330	0.05	59.4	43	18	19	60	230
NR 98	0.054	0.03	29.2	31	14	<10	19	192

2. シャックルトン、アヴォンデール地区 (図Ⅱ-2-9)

(1) シャックルトン鋳床

位置： アラスカ製錬所北北西 9km

鋳山ゲート前；S17° 18.082' E30° 02.674'

現況： 稼行中、本鋳床の坑内採掘は終了したが鋳山設備はアヴォンデール、アヴォンシャック、シャックルトン東、及びアングワ鋳床の鋳石処理のため稼行。

歴史： 本鋳山の探鋳は、1958年からの土地化学探査によって始められた。この結果に基づき1961年から試錐探鋳が開始された。1968年探鋳出鋳を開始し、1972年本格生産、1984年8月採掘を終了した。

規模： 1972年～1984年の粗鋳生産量は530万トン (Cu1.33%) であり (Simpson 1990)、探鋳出鋳を含めた総生産量は粗鋳約600万トン (Cu1.2%) である (鋳山資料)。

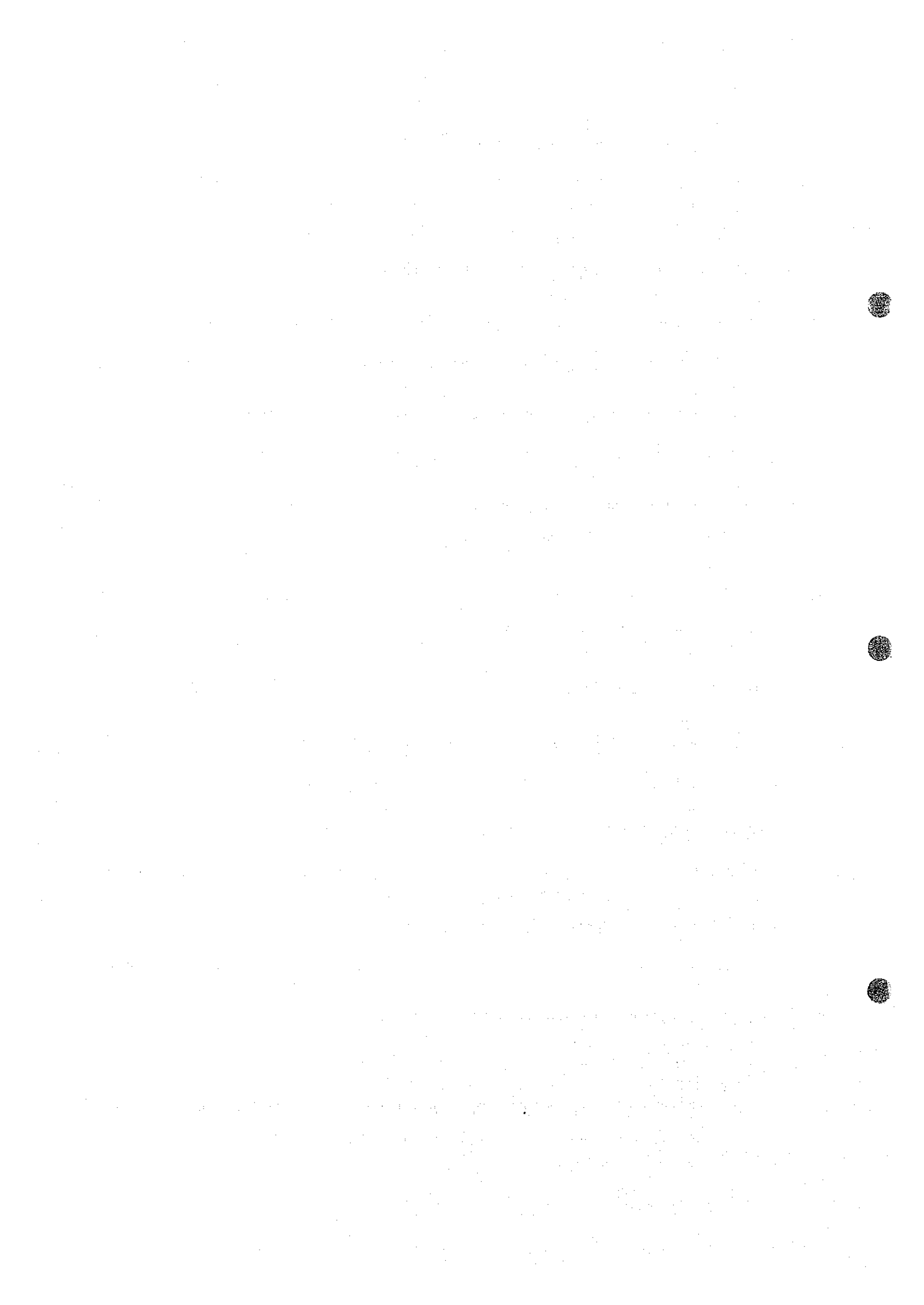
(2) アヴォンデール鋳床

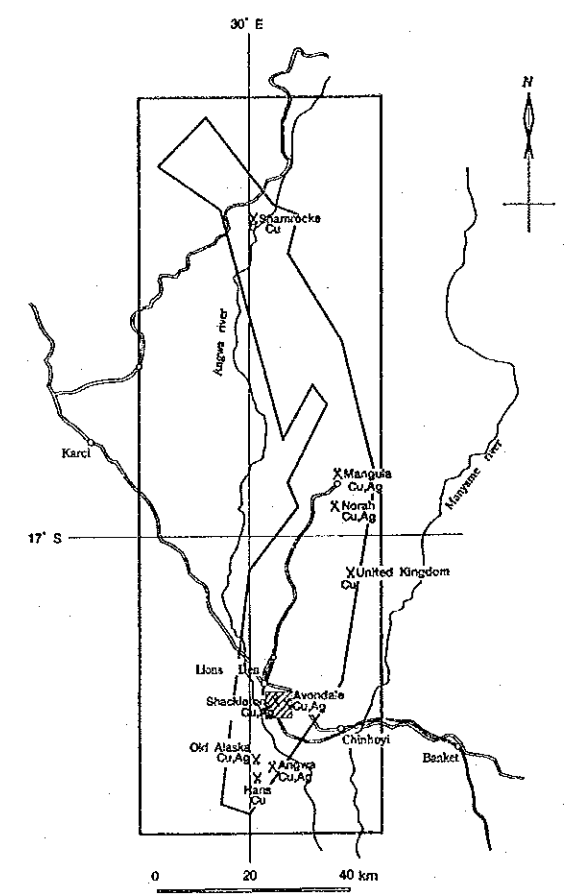
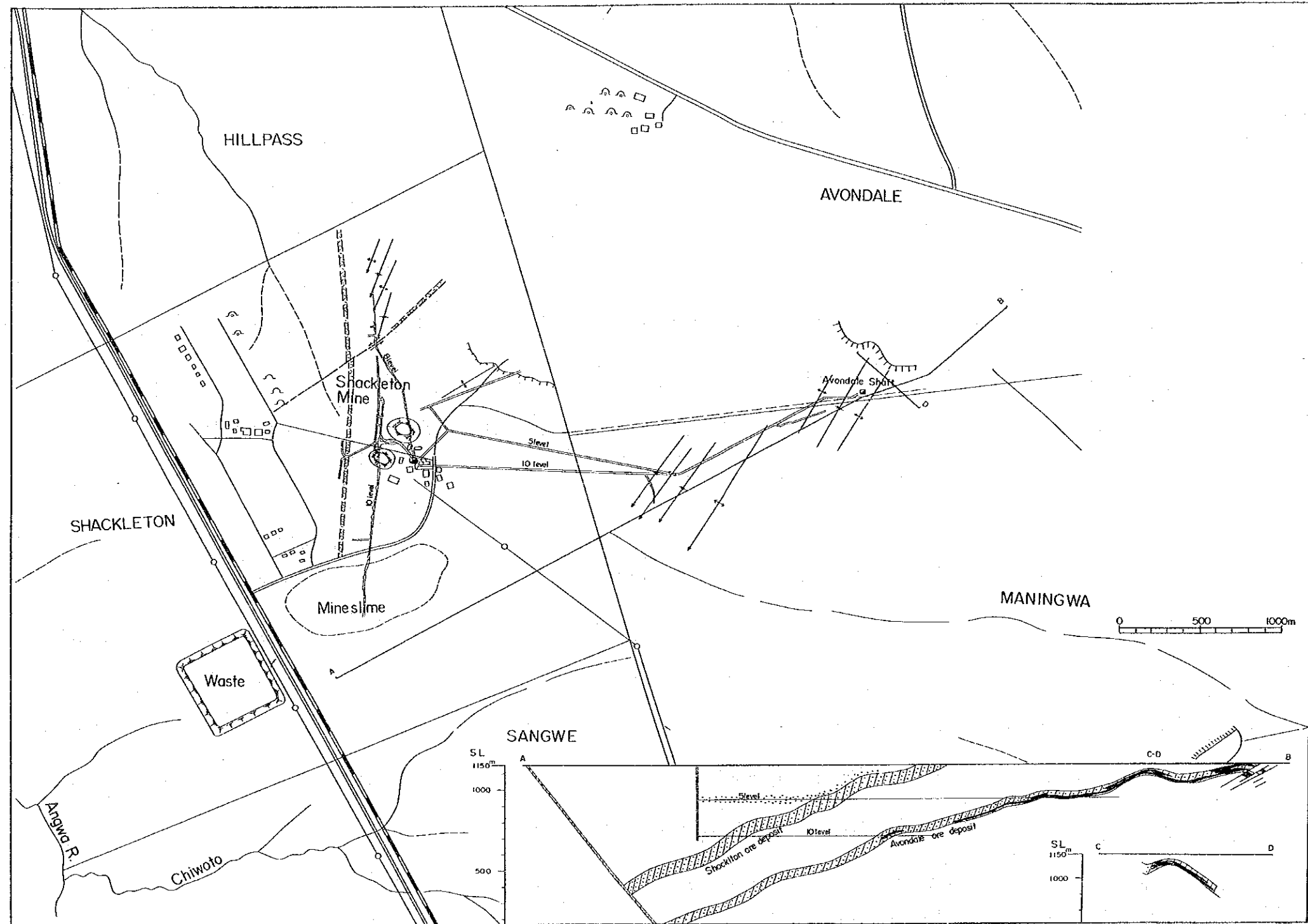
位置： アラスカ製錬所北 9km AVONDALE Farm, MANINGWA Farm

鋳山ゲート前；S17° 17.861' E30° 04.113'

現況： 稼行中、本鋳床の鋳石はシャックルトン立坑より出鋳。

歴史： 本鋳山は土地化学探査異常地に対する試錐探鋳によって発見された。1975年シャックルトン立坑からの運搬坑道開削を含む開発を始め、1982年生産を開始した。





- D Dolerite sub-outcrops.
- Ore deposit sub-outcrops
- Ore bodies
- Inferred zone with copper mineralization potential
- Anticline with direction of plunge
- Syncline with direction of plunge
- Fault
- Waste and slime
- Shaft
- Mining development projected vertically to surface or perpendicularly to the section

図II-2-9 シャックレトン-アヴォンデール地区鉱徴地調査結果図

規模： 開発当初埋蔵鉱量440万トン，Cu品位0.90%，既採掘粗鉱量約100万トン，残存可採鉱量200万トン，品位Cu0.8%，現在採掘量月産16,000トン（Cu0.8%Cu，Ag16g/t）である。尚，最近の下部探鉱の結果，鉱床の下部連続が確認されつつある（鉱山資料）。

地質： シャックルトン，アヴォンデール鉱床周辺の地表は大部分が耕地で，一部林地となっており，露頭は見られない。

鉱山データ，既存資料では鉱床付近はデウェラス層群のアルコース，泥質岩が分布し，これらは基底の礫質砂岩～砂岩，上位の細粒アルコース，砂岩，最上位の泥質岩～石灰質泥質岩から構成される堆積サイクルを繰り返している。各堆積サイクルの境界は明瞭な不整合を示す。

地質構造は，NNE-SSW系の小褶曲を繰り返しながら全体としてNE-SW系の緩やかな背斜構造を示す。シャックルトン鉱床西側ではNNW-SSE系の顕著な断層帯があり，これに沿って粗粒玄武岩質岩脈(Shackleton Dyke)が貫入している。

鉱床： 鉱床は層準規制型銅鉱床であり，上盤泥質岩直下，または上下泥質岩の間に胚胎する。

シャックルトン鉱床は数層の積み重なった鉱床から成り，その西側は岩脈によってさえぎられる。主要3鉱床は岩脈の東側に連続するが，その他の鉱床は小ドーム状，または岩脈境界部で厚く東側で楔状に尖滅する小規模鉱床である。岩脈の西側では岩脈境界部で厚い数層の層状鉱床があるがいずれも楔状に尖滅する。

一方，アヴォンデール鉱床は単層の鉱床であり，小褶曲構造の背斜軸に沿って胚胎する。

鉱石は主に輝銅鉱，斑銅鉱，及び黄銅鉱の鉱染鉱であり，一部には層理面，破碎帯中の小脈状鉱石がある。

アヴォンデール鉱床の坑内で得た鉱石の研磨片の顕微鏡観察では外形不定の輝銅鉱，斑銅鉱，黄銅鉱，及び柱状の赤鉄鉱が認められる。輝銅鉱，斑銅鉱，及び黄銅鉱は共存し，斑銅鉱が輝銅鉱中に散点する場合もある。

試料の分析結果は次のとおりである。

試料	Cu(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Ni(ppm)	Co(ppm)	Pt(ppb)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
NR136	0.005	0.06	3.6	82	42	<10	13	140
NR137	0.446	0.08	11.5	37	26	<10	12	138

3. ウンボエ（ユナイテッド キングダム）地区（図II-2-10，図II-2-11）

（1） ユナイテッドキングダム鉱床

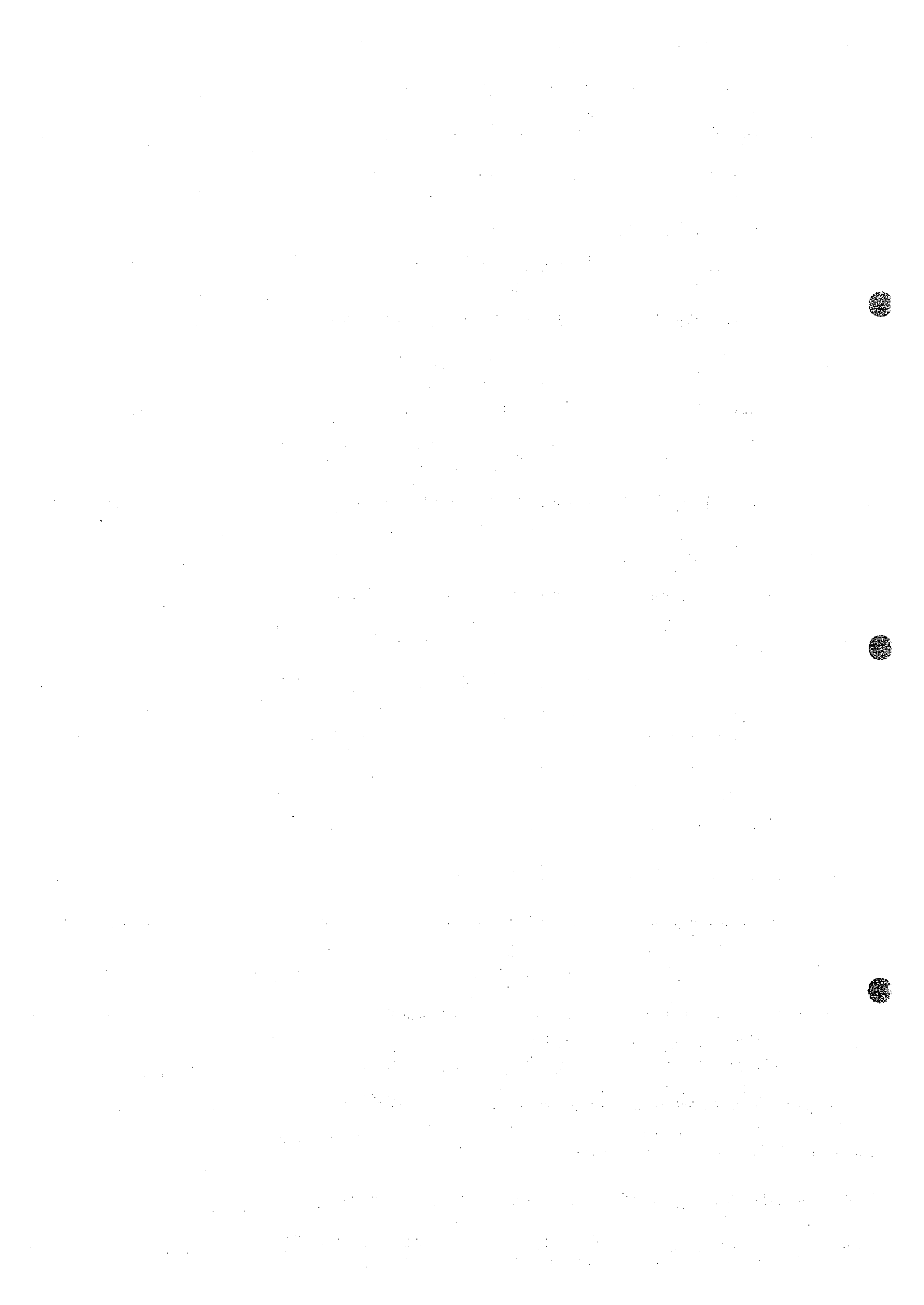
位置： チノイ市北40km マングラ鉱山南南東20km INYATI Farm

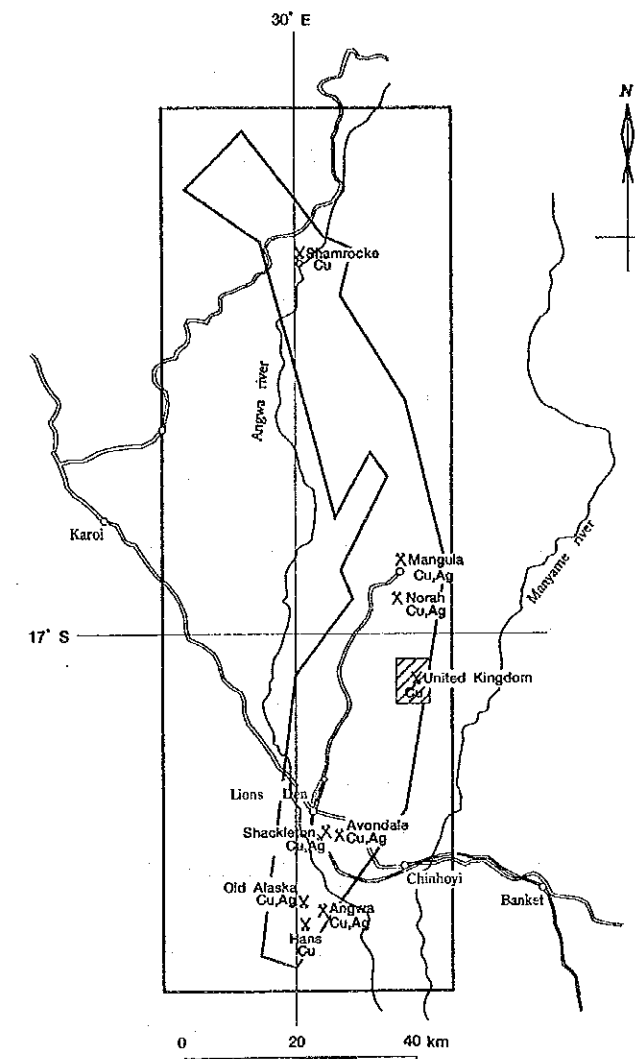
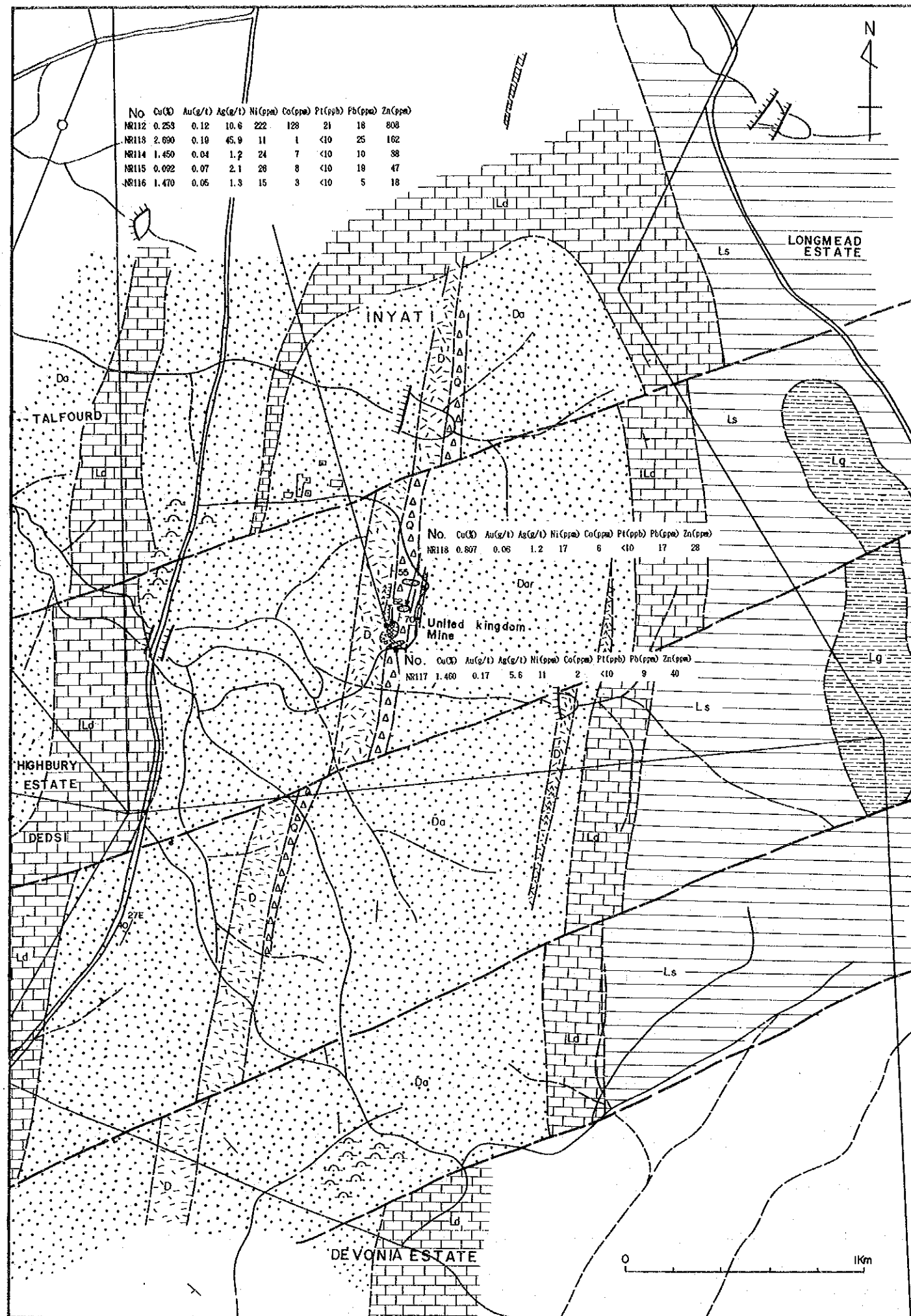
露天掘南サイド；S17°04.670' E30°11.235'

現況： 休山中。露天掘跡，建物跡基礎コンクリート，及びトレンチ跡現存。

歴史： 本鉱山の発見の経緯は不明であるが，1939-1940年小規模に採掘した。その後1972年頃にトレンチ探鉱3カ所，及び試錐探鉱が実施されたが再開発に至らず今日に至る。

規模： 生産量Cu 2.74ton，Au 1.59kg(1939-1940) (Bartholomew 1990)。





- Post Magondi Intrusive Rocks
- O Quartz Vein
 - D Meta dolerite-dolerite
- Lomagundi Group
- Lg Sand stone
 - Ls Slate
 - Ld Dolomite
- Deweras Group
- Da Arkose
- Strike and dip of Strata
 - Strike and dip of Joint
 - Fault and fracture
 - Open Pit and Cutting

図II-2-10 ユナイテッド・キングダム地区鉱微地調査結果図

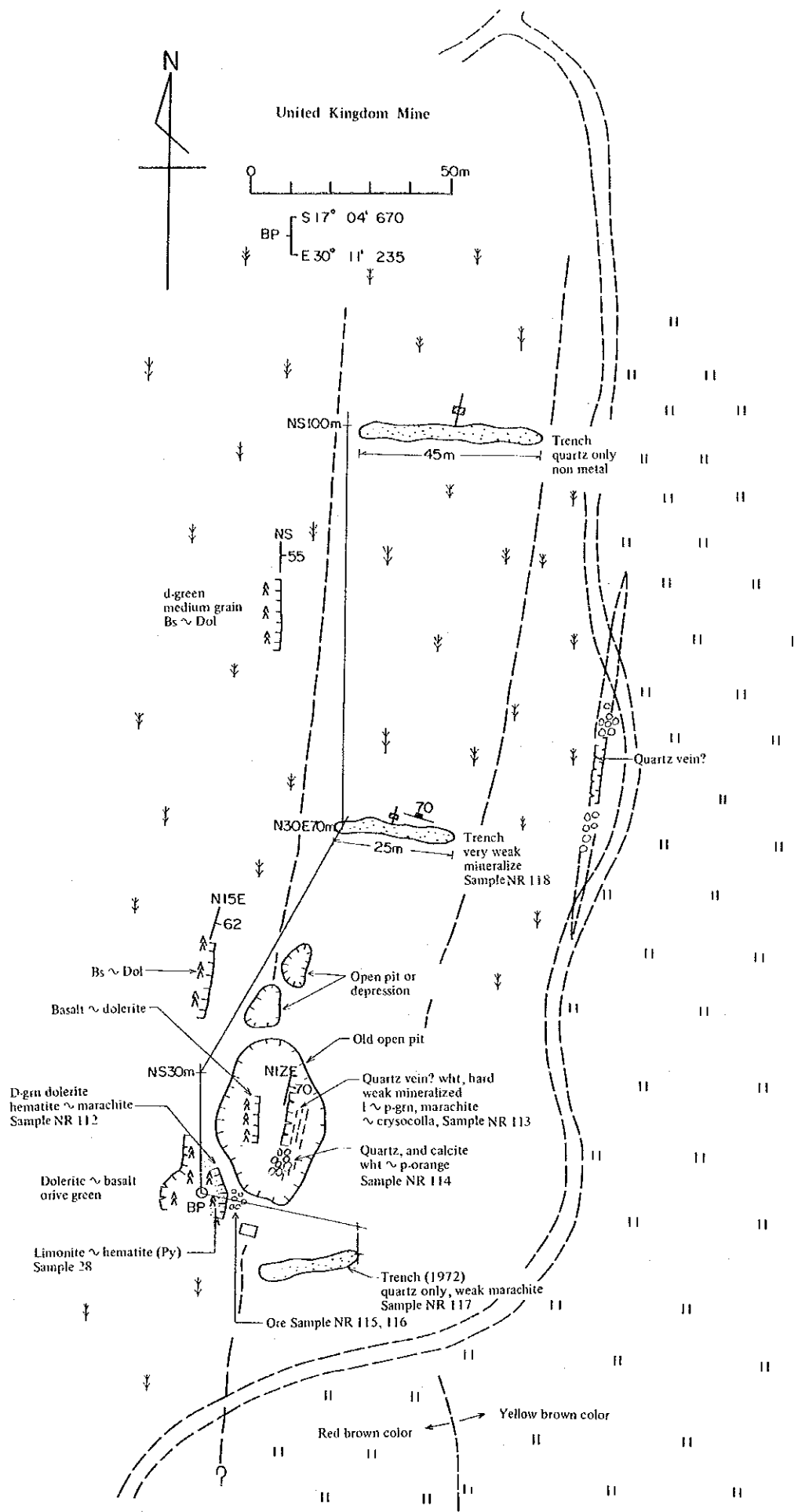


図 II - 2 - 11 ユナイテッド・キングダム鉱山跡見取り図

地質： 鉱床付近はデウェラス層群のアルコース，ロマグンディ層群の珪岩，苦灰岩，及び頁岩が分布する。露天掘の西側にはN-S方向に粗粒玄武岩質岩脈が貫入している。露天掘東側には石英方解石脈が岩脈と平行して貫入している。

鉱床： 鉱床は粗粒玄武岩岩脈と石英方解石脈の接触部に沿って胚胎する鉱脈型鉱床である。

鉱石は孔雀石を主とし，岩脈～石英方解石脈の接触部，石英方解石脈の節理，及び劈開面に沿う細脈のほか，岩脈側に弱い鉱染状の孔雀石，褐鉄鉱，及び赤鉄鉱が認められる。

鉱石研磨片の顕微鏡観察では外形不定の輝銅鉱と，これを一部交代した板状，葉片状銅藍，及び繊維状結晶集合体の孔雀石が認められる。

試料の分析結果は次のとおりである。

試料	Cu(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Ni(ppm)	Co(ppm)	Pt(ppb)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
NR112	0.253	0.12	10.6	222	128	21	18	808
NR113	2.690	0.19	45.9	11	1	<10	25	162
NR114	1.450	0.04	1.2	24	7	<10	10	38
NR115	0.092	0.07	2.1	26	8	<10	19	47
NR116	1.470	0.05	1.3	15	3	<10	5	18
NR117	1.460	0.17	5.6	11	2	<10	9	40
NR118	0.807	0.06	1.2	17	6	<10	17	28

4. マングラ地区 (図II-2-12, 図II-2-13)

(1) ミリアム鉱床 (マングラ鉱山)

位置： チノイ市北方 70km

ミリアム立坑前；S16°53.308' E30°09.586'

現況： 稼行中。露天掘 (モーリー北，ミリアム南，モーリー南) 終了，現在ミリアム立坑，東立坑を使用し，坑内採掘実施。

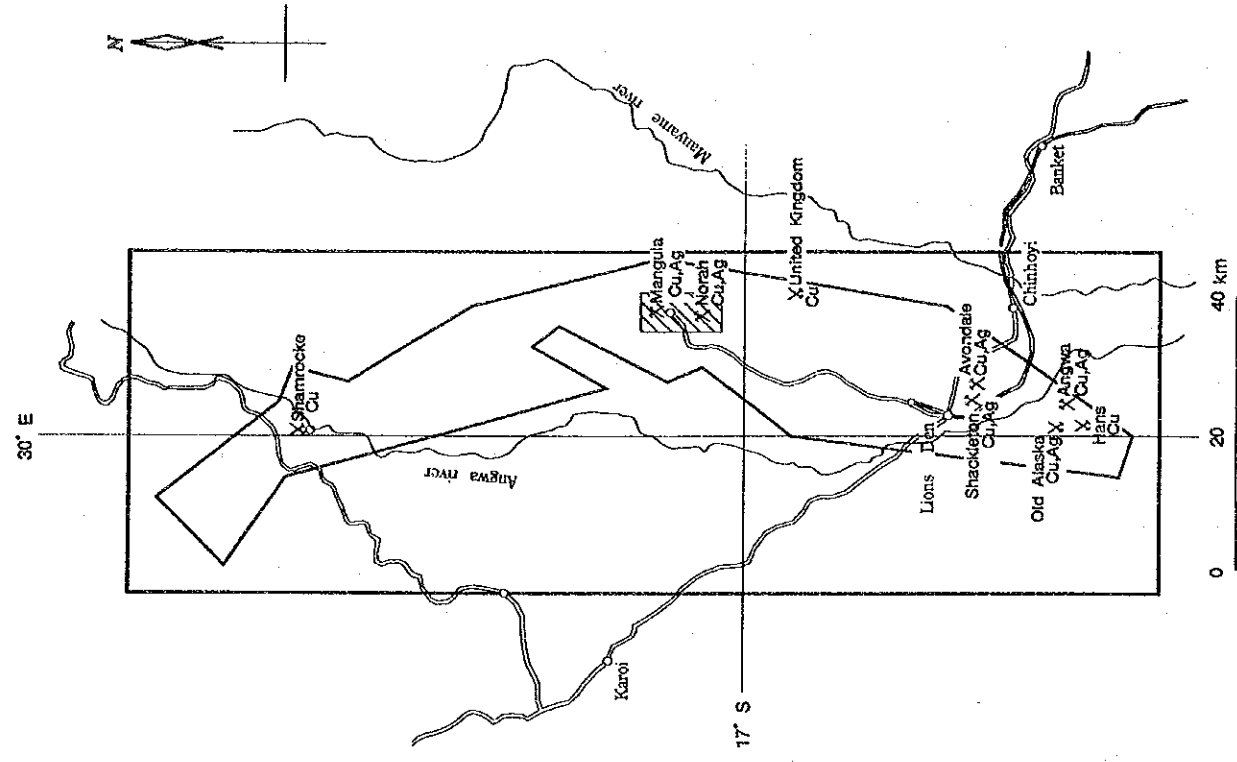
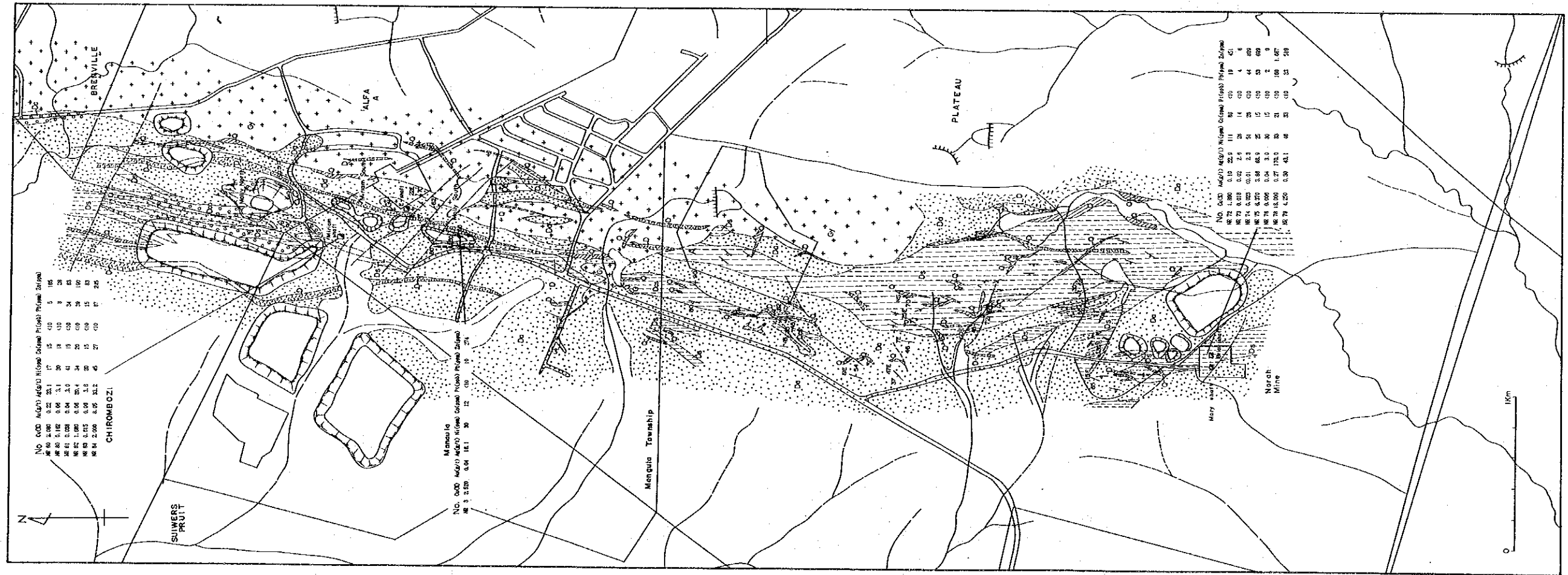
歴史： 本鉱山の探鉱は1930年代Anglo Americanによって開始された。1940年代RCV Ltd. が探鉱を実施した。1950年代 MTD Co. Ltd. が RCV Ltd. から権利を取得し，開発を開始するとともに，1956年生産を開始した。

規模： 埋蔵鉱量約 6,000万トン，品位 Cu1.0%。現在粗鉱生産量日産4,000トン (Cu0.7%, Ag 8.2g/t, Au0.068g/t)，選鉱設備規模 4,500トン/日である。

地質： 鉱床付近は東側に本地区の基盤岩である始生代の花崗岩が分布し，N-S系衝上断層を隔てて西側にデウェラス層群のアルコース，泥質片岩及び緑泥石片岩などが分布する。構造はN-S系，傾斜E50-60°を示し，南北に連続する。

鉱床： 鉱床は扇状地堆積物の特徴を伴う礫岩，アルコース，泥質片岩中に胚胎し，鉱染状，または，破碎帯，泥質片岩の劈開面に生成した石英，微斜長石細脈状鉱石である。

鉱石は主に輝銅鉱，斑銅鉱より成り，黄銅鉱，及び黄鉄鉱を伴うほか，微量の輝水鉛鉱，自然



図Ⅱ-2-12 マングラ地区鉱微地調査結果図

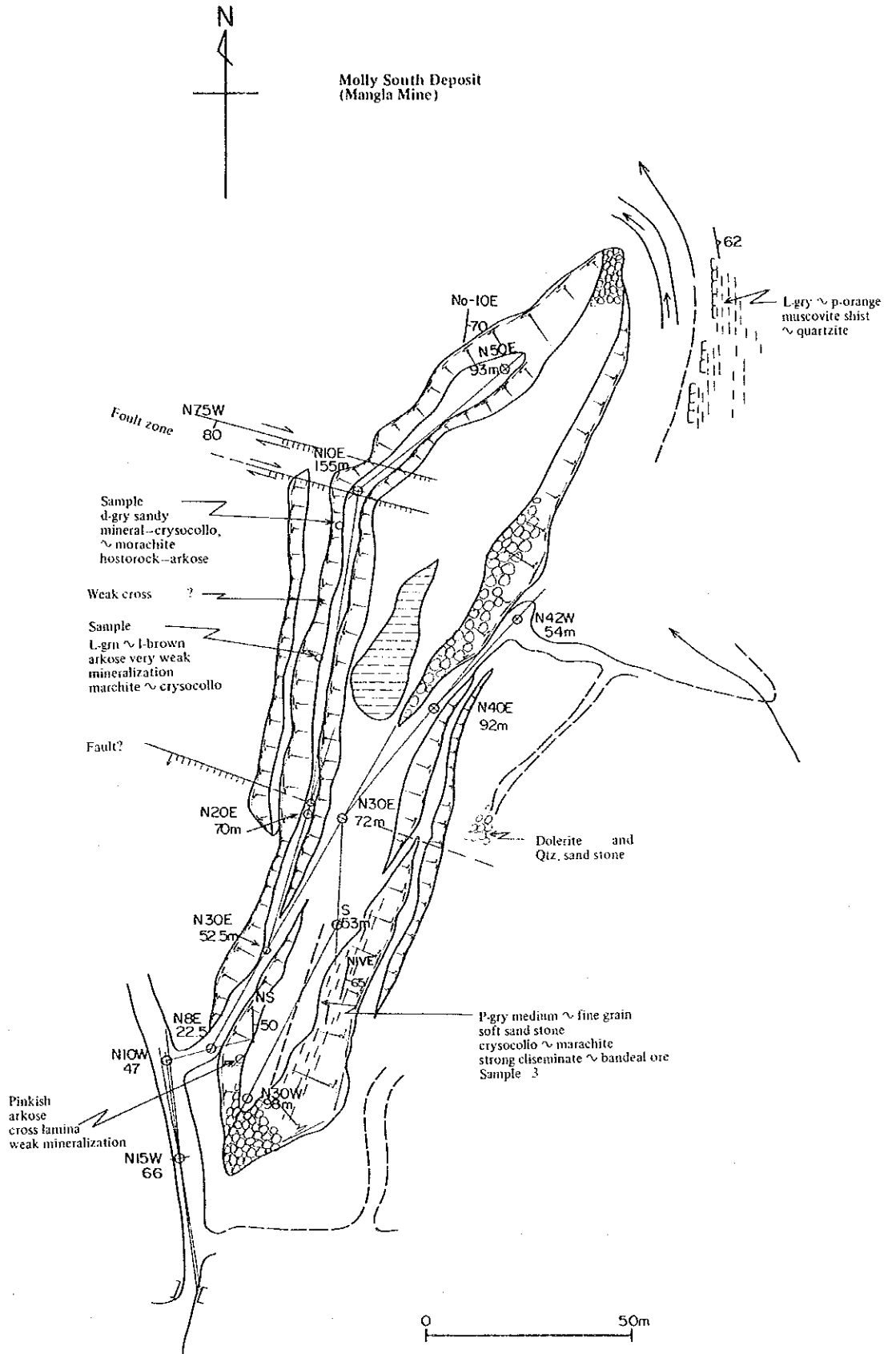


図 II - 2 - 13 モレー鉱山露天掘り跡見取り図

銀，輝銀鉱，閃亜鉛銅鉱(wittichenite)，閃ウラン鉱，自然金が報告されている (Master 1991)。

地表部 (モーリー南露天掘) では鉱床は強い酸化帯となり，孔雀石の鉱染状，細脈状鉱石となる。

鉱床周辺は，赤鉄鉱の発達で特徴づけられ，鉱体間のアルコースは赤色化しているが，顕著な変質作用を受けていない。

鉱石研磨片の顕微鏡観察では外形不定の斑銅鉱，輝銅鉱，黄銅鉱，柱状の赤鉄鉱，及び自形の磁鉄鉱が認められる。斑銅鉱，輝銅鉱，及び黄銅鉱は共存する。斑銅鉱，輝銅鉱は文象構造を伴って共生するものと，斑銅鉱を交代した輝銅鉱とがある。黄銅鉱はアルコースの粒間を充填するもの，閃亜鉛鉱を包有するものも認められる。

試料の分析結果は次のとおりである。

試料	Cu(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Ni(ppm)	Co(ppm)	Pt(ppb)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
NR 3	2.520	0.04	16.1	30	12	<10	10	274
KR 60	2.080	0.22	23.1	17	15	<10	5	185
NR 80	0.162	0.06	3.1	30	18	<10	8	28
NR 81	0.038	0.04	3.0	41	19	<10	34	83
NR 82	1.680	0.06	20.4	34	20	<10	39	190
NR 83	0.615	0.06	3.6	20	15	<10	15	83
NR 84	2.000	8.05	33.2	45	27	<10	87	245

(2) ノーラ鉱床 (マンガラ鉱山)

位置： チノイ市北方 70km ミリアム鉱床南 5km PLATEAU Farm

鉱山ゲート前；S16°56.212' E30°09.163'

現況： 稼行中。

歴史： 本鉱山も探鉱は1930年代Anglo Americanによって開始された。1940年代初期RCV Ltd. が開発を開始した。1950年代中期MTD Co. Ltd. がRCV Ltd. から権利を取得し，1972年生産を開始した。

規模： 埋蔵鉱量約800万トン，品位Cu1.2% である。

地質： 本鉱床はミリアム鉱床の南延長部に位置し，鉱床付近の地質はミリアム鉱床地区と同様である。

鉱床： 鉱床はミリアム鉱床に対して層準的に上位に位置し，平行層理，斜交層理を示す細礫～粗粒花崗砂岩，苦灰岩質泥質岩中に胚胎する。鉱床上盤は緑泥石～石英砂岩，緑泥石～石灰石片岩であり，特徴的に硬石膏，重晶石，天青石，緑泥石，電気石，硫化物等を含む蒸発岩薄層を伴う。

鉱石は主に輝銅鉱，黄銅鉱より成り，斑銅鉱，及び黄鉄鉱を伴う。鉱床は上盤側で明瞭な境界を持つが，下盤側では粗粒砂岩中で漸移的に劣性となり明瞭な境界を示さない。

鉍石研磨片の顕微鏡観察では外形不定の黄銅鉍，斑銅鉍，輝銅鉍，閃亜鉛鉍，板状，葉片状銅藍，及び長柱状～放射柱状赤鉄鉍，自形磁鉄鉍がみとめられる。斑銅鉍，輝銅鉍，及び黄銅鉍は共存する。斑銅鉍，輝銅鉍は文象構造を伴って共生するものがある。また，斑銅鉍を交代した輝銅鉍，輝銅鉍がある。赤鉄鉍は磁鉄鉍を一部交代したもの，黄銅鉍，斑銅鉍に対して自形をとり，放射状に成長したものが認められる。

試料の分析結果は次のとおりである。

試料	Cu(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Ni(ppm)	Co(ppm)	Pt(ppb)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
NR 72	1.890	0.10	22.9	111	86	<10	19	451
NR 73	0.018	0.02	2.6	28	14	<10	4	6
NR 74	0.023	<0.01	2.3	51	26	<10	44	899
NR 75	6.370	3.86	68.9	25	15	<10	63	699
NR 76	0.006	0.04	3.0	30	15	<10	2	9
NR 78	13.000	0.27	170.0	33	21	<10	160	1,667
NR 79	4.250	0.30	43.1	46	33	<10	33	519

5. シャムロック地区 (図Ⅱ-2-14)

(1) シャムロック鉍床

位置： カロイ市北東80km

露天掘削 ; S16°25.78' E30°00.33'

現況： 休山中。

歴史： 本鉍山は1950年代後に半発見され，1958-1961年にかけてRand Mines Ltd. が坑内外の探鉍を実施した。1960年中頃以降 Nyashere Copper (Private) limited により開発が行われ，本鉍山は1972年～1978年まで稼行した。

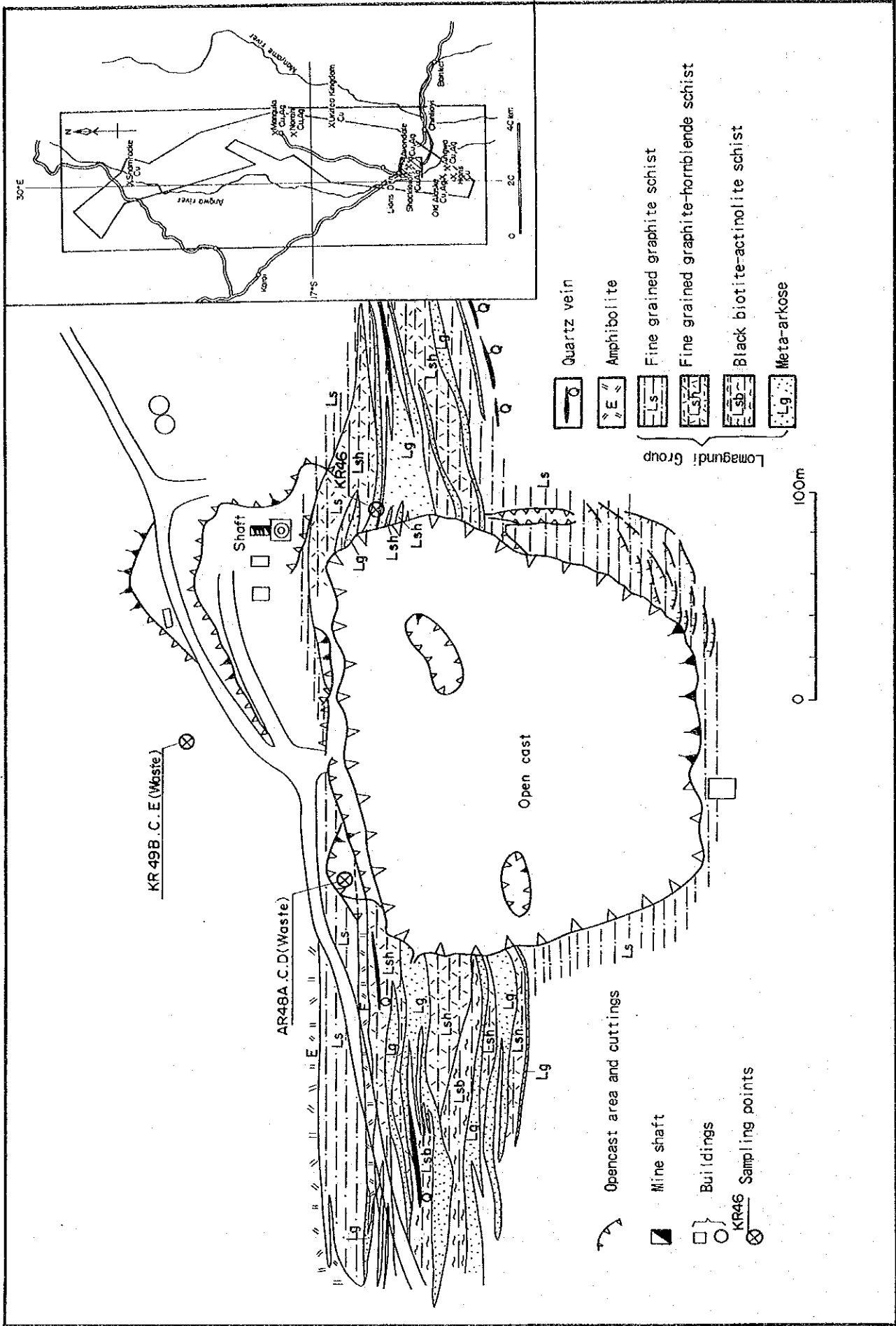
規模： 埋蔵鉍量約500万トン，品位 Cu1%，Ag0.8g/t，Au0.018g/t，休山時残鉍量約100万トンである。

地質： 鉍床付近は石墨質片岩，石英-長石-角閃石片岩，変アルコース，黒雲母-陽起石片岩が分布する。鉍山周辺では約40°SEにプランジする等斜褶曲が顕著である。

鉍床： 鉍床は石墨質片岩中に挟在する細粒石灰質変アルコース中に硫化物鉍染帯として胚胎する。

鉍石は主に磁硫鉄鉍，黄銅鉍の鉍染鉍よりなり，この他少量の硫砒鉄鉍，黄鉄鉍，赤鉄鉍，磁鉄鉍，チタン鉄鉍，ペントランダイト，輝蒼鉛鉍，及び閃亜鉛鉍を伴う。

研磨片の顕微鏡観察では多くの場合外形不定の磁硫鉄鉍と黄銅鉍が共存し，磁硫鉄鉍を交代した白鉄鉍が認められる。この他黄銅鉍中に板状，葉片状に離溶したキューバ鉍，周辺に赤鉄鉍化を伴う磁鉄鉍，自形の黄鉄鉍，チタン鉄鉍，外形不定の閃亜鉛鉍，及び黄銅鉍，閃亜鉛鉍周辺に出現する輝銅鉍が認められる。



図II-2-14 シャムロック地区鉍微地調査結果図

試料の分析結果は次のとおりである。

試料	Cu(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Ni(ppm)	Co(ppm)	Pt(ppb)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
KR 44A	0.030	0.06	3.8	67	23	46	24	37
KR 48A	0.057	<0.01	4.5	151	88	<10	15	181
KR 48C	0.700	0.14	4.2	34	21	<10	4	110
KR 48D	2.250	0.17	4.4	71	44	<10	9	299
KR 49B	3.470	0.55	8.1	90	46	<10	4	517
KR 49C	3.340	0.52	7.8	128	57	<10	22	2,008
KR 49E	0.974	0.08	5.3	24	21	<10	11	82
KR 52	0.027	0.05	5.2	27	47	<10	13	116

6. その他の鉱徴地

(1) 石英磁鉄鉱脈

位置： マングラ北方7km, NYAMAMYOKO 山

S16° 50.63' E30° 10.57'

地質： 付近は本地区の基盤岩である始生代の花崗岩類が分布する。

鉱脈： 鉱脈は花崗岩類中に胚胎する石英脈であり, NYAMAMYOKO山系に平行し, ほぼ南北に連続する。

鉱脈は石英のみからなり, 肉眼的には微量の鉄鉱物が散見されるのみである。

研磨片の顕微鏡観察では磁鉄鉱, 赤鉄鉱が認められ, 赤鉄鉱は磁鉄鉱を一部交代したものと, 小柱状自形結晶を持ち磁鉄鉱とは独立して分布するものがある。

試料の分析結果は次のとおりである。

試料	Cu(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Ni(ppm)	Co(ppm)	Pt(ppb)	Pb(ppm)	Zn(ppm)
KR 61	0.036	0.03	4.5	20	16	<10	8	142

(2) 層状鉄鉱床

位置： マングラ南西15km, RIVINGTON Farm 北西境界

S17° 00.40' E30° 04.82'

地質： 付近はロマグンディ層群の苦灰岩, 頁岩が分布し, NE-SW方向に連続する。

鉱床： 鉄鉱層は転石群1カ所のみで, 採取試料では粘板岩中に地層に平行に胚胎し, その厚さ数cm~十数cmの複数の縞状鉄層により構成されている。

鉱石は, 肉眼的には主に緻密, 塊状の磁鉄鉱よりなり, 少量の赤鉄鉱を伴う。

研磨片の顕微鏡観察では磁鉄鉱, 赤鉄鉱が認められる。赤鉄鉱は磁鉄鉱の結晶周辺部を交代したもので, 磁鉄鉱が完全に赤鉄鉱化したものがあり, 自形結晶赤鉄鉱の中にも磁鉄鉱の残存構造を残すものがある。

(3) 苦灰岩鉱床

位置： ①オールドアラスカ露天掘り南南西8km LISTONSHIELS Farm

S17° 27.88' E29° 58.58'

②ライオンズデン西1.5km

S17° 15.69' E30° 01.04'

③ライオンズデン北4km ZAWI Farm

S17° 13.88' E30° 01.58'

現況： 上記3地区共休止中。

地質及び鉱床： 付近はいずれもロマグンディ層群最下位の苦灰岩層であり、デウェラス層群、ロマグンディ層群境界に沿って南北に連続する。鉱床はこの苦灰岩、苦灰岩質砂岩を小規模に採掘しており、農場主が自家用に採掘したものか、小規模の探鉱を試みたものと思われる。

なおチノイ西方5kmにはアラスカドロマイト鉱山（調査地域外）があり、国内需要の約40%を生産している。

(4) スレート鉱山

位置： チノイ北西7km

S17° 19.01' E30° 07.74'

現況： 休止中。

地質及び鉱床： 付近はロマグンディ層群上位の暗灰色～暗褐色の粘板岩であり、フニャニ山脈に沿ってNNE-SSW方向に連続する。鉱山はこの粘板岩のうち剥離性の強い部分を採掘しており、自家用もしくは必要に応じて採掘しているものと思われる。

2-4-2 鉱化作用の特徴

マコンデ地域には層準規制型鉱染状銅硫化物鉱床、石英、方解石脈に伴う銅脈型鉱床、層状鉄鉱床、及び苦灰岩鉱床が分布する。これらの鉱床は特定の地質層準、岩相、及び地質構造に密接に関連して生成している。本項では層準、岩相、地質構造、及び鉱化作用の関連について述べる。

1. 層準規制型鉱染状銅硫化物鉱床

調査地域内の休山、稼行中のものを含め大規模主要鉱床はいずれもこの鉱床型のものであり、地域南部のオールド・アラスカ、アングワ、ハンス、シャックルトン、及びアヴォンデール各鉱床、地域中部のミリアム、ノーラ鉱床、北部のシャムロック鉱床がこれに属する。

鉱床層準という観点からは、主としてデウェラス層群のアルコースに胚胎するが、例外的にオールド・アラスカ、シャムロック鉱床はロマグンディ層群の苦灰岩、変アルコースに胚胎する。

鉱床胚胎岩相という観点からは、礫岩、級化構造・斜層理を伴うアルコース、及び各種蒸発岩

類を挟在する泥質岩を1サイクルとする堆積サイクルがあり、鉱床はこのうちの特に泥質岩直下のアルコース中に胚胎するもの（アヴォンデール鉱床、アングワ上位鉱床、ノーラ鉱床、シャムロック鉱床）、礫岩～アルコースに胚胎するもの（アングワ下位鉱床、ハンス鉱床、ミリアム鉱床、シャックルトン鉱床）が顕著である。オールド・アラスカ鉱床は例外的に苦灰岩、苦灰岩質砂岩～頁岩に胚胎する。

鉱石組織という観点からは、外形不定の斑銅鉱、輝銅鉱、及び黄銅鉱を主要鉱石鉱物とし、母岩の粒間を埋める鉱染状鉱石が一般的であり、層理、劈開、破碎帯に沿う小脈が一部に認められる。特に高品位鉱の場合はこの両者を伴う。このほか副次的鉱石鉱物として銅藍、磁鉄鉱、及び赤鉄鉱を伴う。尚、シャムロック鉱山は例外的に磁硫鉄鉱、黄銅鉱を主要鉱石鉱物とし、少量の黄鉄鉱、キューバ鉱、輝銅鉱、銅藍、閃亜鉛鉱、磁鉄鉱、及びチタン鉄鉱を伴う。また、鉱床は地表部付近で酸化帯を形成し、孔雀石、及び銅藍を主とする鉱染状、細脈状鉱石となる。

鉱石品位という観点からは、Auは小脈部分（NR75, NR84, NR106）で1g/t以上と高くなるほかは0.01～0.5g/tである。Agは小脈部分（NR75, NR79, NR92, NR106）で60g/t以上を示すほかはほぼ1～30g/tの範囲で含まれ、Cuは0.01～3.5%範囲で含まれる。Ni, Co, 及びPbは数10ppmである。Znは検鏡で閃亜鉛鉱を確認できるシャムロック鉱山、ノーラ鉱山の一部分で1,000ppm以上（NR78）を示すほかは数100ppmである。Ptは検出限界値（10ppb）付近もしくはそれ以下である。対象鉱種としてはCu, Au, Ag以外は経済的価値を見いだせない。

地質構造という観点からは局部的な背斜軸、あるいは小ドーム状構造の頂部に沿って胚胎するもの（アヴォンデール鉱床）、優勢な断層帯両翼に楔状に発達するもの（シャックルトン鉱床）があり、アングワ鉱床、ハンス鉱床、及びオールド・アラスカ鉱床も同様な構造的条件下にある。尚、ミリアム鉱床、ノーラ鉱床、及びシャムロック鉱床については鉱床生成後の変形が激しく明らかではないが鉱床生成時には、ほぼ同様な構造的条件下にあったものと推察される。

関係火成岩という観点からは、何れの鉱床においても付近に粗粒玄武岩質の岩脈が存在するが、鉱床付近以外にも同種の岩脈は多く、関係火成岩と断定するのは困難である。このほか鉱床生成に関与したと思われる酸性火山岩類などの活動は認められない。

以上を要約すると以下のとおりであると思われる。

- ①地溝帯拡大に伴い、礫岩～アルコースなどの多孔質岩石が広範囲に生成した。
- ②海進に伴い、一部蒸発岩類を含む細粒泥質岩類を堆積した。
- ③これら①、②の活動が繰り返し行われ、デウェラス層を形成した。
- ④造山運動により褶曲構造、断層帯、及び破碎帯を形成した。
- ⑤鉱液は断層帯、破碎帯を上昇し、背斜軸に沿って細粒泥質岩類を帽岩として、多孔質岩類を選択的に通過した。
- ⑥この過程において、銅硫化物等を析出し、鉱染状、細脈状鉱石を生成した。
- ⑦鉱床は生成後の褶曲、及び断層（マゴンディ変動、ザンベジ変動）の影響を受け、現在の鉱床形態を形成した。

2. 鉍脈型鉍床

鉍脈型鉍床には、石英方解石銅鉍脈（ユナイテッド・キングダム鉍床）及び石英磁鉄脈（Nyama-myako Hill）の2カ所のみが認められた。

前者はデウェラス層群のN-S～NNE-SSW系背斜軸に沿って貫入した東傾斜の粗粒玄武岩岩脈とこれに沿って生成した石英方解石脈であり、岩脈の活動に引き続いて生成された可能性が強い。

一方後者は基盤岩の花崗岩類中に胚胎する石英脈であり、ほぼ南北に連続する。類似の石英脈はNangaza Hill, Guma Hillなどにも認められ、これらは花崗岩の生成末期の張力裂隙に生成したものである。

両者とも現地の規模、品位から発展性、経済的価値ともに認められない。

3. 層状鉄鉍床

本鉍床はロマグンディ層群の苦灰岩質頁岩中に胚胎するいわゆる縞状鉄鉍床であり、海洋性盆地に生成した化学的沈澱堆積性鉍床と思われるが、転石群1カ所のみで、その全容は不明である。

2-5 岩石及び鉍石の物性

2-5-1 測定方法

地表の露頭及び坑内から採取した岩石及び鉍石試料について物性測定を行った。試料は、測定面間隔約6cmの直方体に整形した。送信電流10 μ Aとして3Hz及び0.3Hzの2周波数での電位差測定を行い、見かけ比抵抗値を算出した。なお、電流電極及び電位電極は白金線（直径0.4mm）を用いた。分極率（PFE）は次式で算出した。

$$PFE = \frac{\rho_{0.3} - \rho_3}{\rho_3} \times 100 (\%)$$

ここで、 $\rho_{0.3}$ は0.3Hzでの見かけ比抵抗値、 ρ_3 は3Hzでの見かけ比抵抗値である。

2-5-2 測定結果

測定は、基盤の片麻岩類、先マゴンディ貫入岩類、マゴンディ累層群、及び後マゴンディ貫入岩類を代表する試料について行った。物性測定結果表を表II-2-5に示す。地層別・岩相別の比抵抗値及び分極率を図II-2-15に示す。また、岩石、鉍石試料におけるIPと見掛比抵抗の関係を図II-2-16に、銅品位とIPの関係を図II-2-17に、銅品位と見掛比抵抗の関係を図II-2-18に示す。これらの図から以下の点が指摘される。

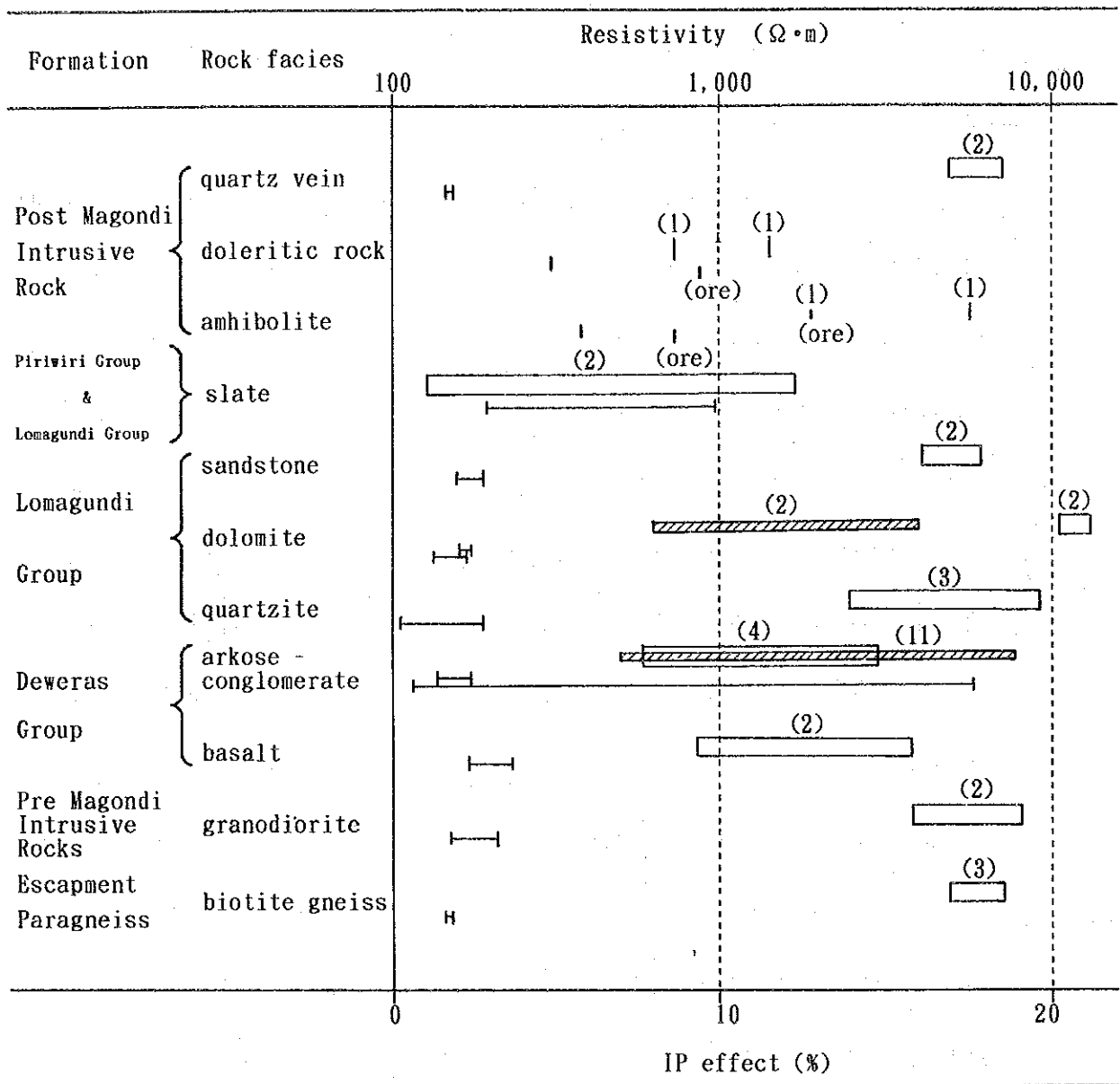
1. 見掛比抵抗

比抵抗値は、128～13,216 $\Omega \cdot m$ と変化に富むが、粘板岩で最も低く、ついでアルコース～礫岩、苦鉄質岩（粗粒玄武岩類、角閃岩、玄武岩）、珪岩、石英脈、砂岩、花崗岩、片麻岩、苦灰岩の順に大きくなる傾向にある。

表 II - 2 - 5 物性測定結果一覽表

No.	Rock names	Formation	Locality	Coordinate		Resistivity (Ω -m)	IP effect (%)	Assay of Cu (%)
				Latitude	Longitude			
KR 2	arkose	Deweras	Manvamba Estate	17° 21.56' S	30° 1.33' E	579	2.4	n.a.
KR 3	basalt	Deweras	Freda	17° 22.43' S	30° 1.57' E	3,792	3.6	n.a.
KR 11	conglomerate-arkose	Deweras	Chipingu A	16° 39.83' S	30° 6.32' E	3,010	1.4	n.a.
KR 37	gneiss	Gneiss	Doma Safari Area	16° 31.40' S	30° 5.64' E	1,188	1.8	n.a.
KR 40	gneiss	Gneiss	Doma Safari Area	16° 30.02' S	30° 7.30' E	2,257	1.8	n.a.
KR 41	schist?, dolomitic	Gneiss	Niruana	16° 36.56' S	30° 9.87' E	2,820	1.7	n.a.
KR 44A	quartz vein	Lomagundi	Shamrocke East	16° 26.16' S	30° 1.73' E	7,114	1.8	0.030
KR 48C	amphibole calc-silicate rock	Lomagundi	Shamrocke Mine	16° 25.78' S	30° 0.33' E	6,338	4.2	0.700
KR 50	amphibolite	Dyke	Doma Safari Area	16° 25.87' S	30° 1.73' E	5,685	5.3	n.a.
KR 54	dolomite	Lomagundi	Old Alaska Mine	17° 23.87' S	30° 11.24' E	618	1.2	0.487
KR 45	quartzite	Lomagundi	Cotswold Estate A	16° 58.27' S	30° 12.62' E	2,473	0.2	n.a.
NR 56	arkose-slate	Deweras	Chirobozi	16° 52.43' S	30° 9.80' E	1,112	2.4	n.a.
NR 57	granodiorite	Younger Granite	Alfa A	16° 53.61' S	30° 10.20' E	3,811	1.8	n.a.
NR 61	arkose	Deweras	Plateau	16° 55.03' S	30° 9.12' E	1,814	1.9	n.a.
NR 63	slate, graphitic	Piriwiri	Robbstale	16° 56.44' S	30° 6.15' E	1,660	9.8	n.a.
NR 72	amphibolitic rock	Dyke	Norah Mine	16° 56.21' S	30° 9.16' E	1,859	8.5	1.890
NR 73	arkose	Deweras	Norah Mine	16° 56.21' S	30° 9.16' E	2,419	3.2	0.018
NR 76	arkose	Deweras	Norah Mine	16° 56.21' S	30° 9.16' E	6,949	4.1	0.061
NR 79	doleritic basalt	Dyke	Piringani	16° 57.21' S	30° 9.52' E	725	9.5	4.250
NR 80	arkose	Deweras	Mangula, Underground	16° 53.31' S	30° 9.59' E	4,300	2.4	0.162
NR 81	arkose	Deweras	Mangula, Underground	16° 53.31' S	30° 9.59' E	4,436	2.4	0.038
NR 83	arkose	Deweras	Mangula, Underground	16° 53.31' S	30° 9.59' E	5,564	5.3	0.615
NR 94	arkose(malachitization)	Deweras	Hans Mine	17° 25.47' S	30° 1.95' E	498	0.8	2.710
NR 97	arkose(malachitization)	Deweras	Hans Mine	17° 25.47' S	30° 1.95' E	1,165	0.6	1.330
NR104	arkose with quartz-bornite vein	Deweras	Angwa Mine	17° 23.96' S	30° 3.37' E	7,689	7.5	1.230
NR106	arkose	Deweras	Angwa Mine	17° 23.96' S	30° 3.37' E	3,146	17.7	1.590
NR114	quartz vein	Vein	United Kingdom Mine	17° 4.67' S	30° 11.24' E	4,880	1.6	1.450
NR126	dolomite(malachitization)	Lomagundi	Old Alaska Mine	17° 23.87' S	30° 0.87' E	1,377	2.0	0.008
NR127	dolomite(malachitization)	Lomagundi	Old Alaska Mine	17° 23.87' S	30° 0.87' E	3,994	2.2	0.354
NR186	arkose with quartz vein	Deweras	Avondale Mine	17° 17.86' S	30° 4.11' E	1,436	1.8	0.005
NR187	arkose	Deweras	Avondale Mine	17° 17.86' S	30° 4.11' E	3,461	4.7	0.446
SR 4	sandstone	Lomagundi	Strathcona	17° 21.75' S	30° 6.88' E	4,064	2.8	n.a.
SR 9	dolomite	Lomagundi	Kings Peak	17° 19.85' S	30° 8.85' E	13,216	2.4	n.a.
SR 11	quartzite	Lomagundi	Sinoia Citrus Estate	17° 20.43' S	30° 9.04' E	9,054	2.5	n.a.
SR 27	quartzite	Lomagundi	Celuk	17° 13.05' S	30° 8.70' E	3,055	2.1	n.a.
SR 58	dolerite	Dyke	Whindale Ranch	16° 56.75' S	30° 11.63' E	1,477	4.9	n.a.
SR 82	granodiorite	Younger Granite	Nyamamyoko A	16° 48.31' S	30° 10.99' E	8,056	3.2	n.a.
YR 21	slate	Piriwiri	Hillpass	17° 16.56' S	30° 0.20' E	128	2.9	n.a.
YR 42	dolomite	Lomagundi	Baruka	17° 19.23' S	30° 6.28' E	10,528	2.0	n.a.
YR 70	sandy slate origin mica schist	Lomagundi	Robbstale	16° 56.42' S	30° 5.71' E	6,119	2.0	n.a.
YR104	basalt with elongated amygdal	Deweras	Bandira	17° 30.91' S	30° 57.42' E	835	2.3	n.a.

n.a. : not analysed.



() number of measured samples

□ resistivity

▨ resistivity of ores

┆ IP effect

図 II - 2 - 15 見かけ比抵抗値及び分極率と岩相の関係

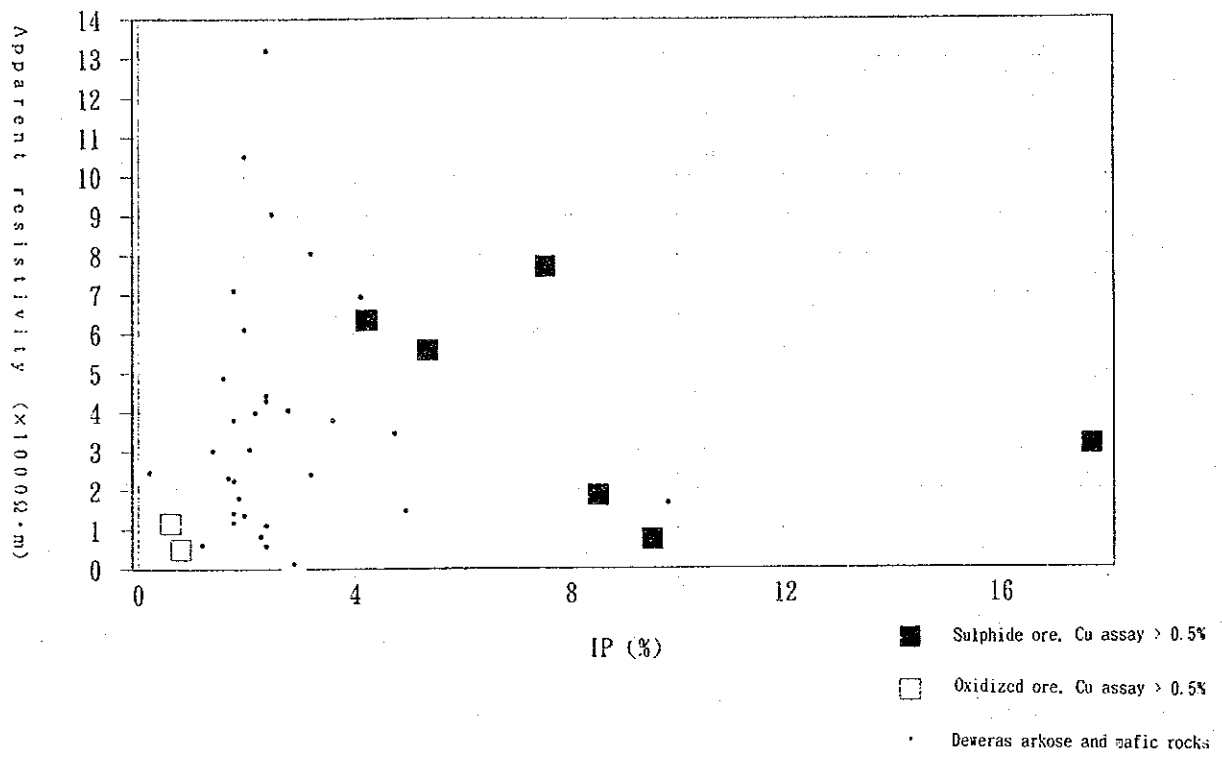


図 II - 2 - 16 岩石及び鉱石試料の IP と見掛比抵抗の関係

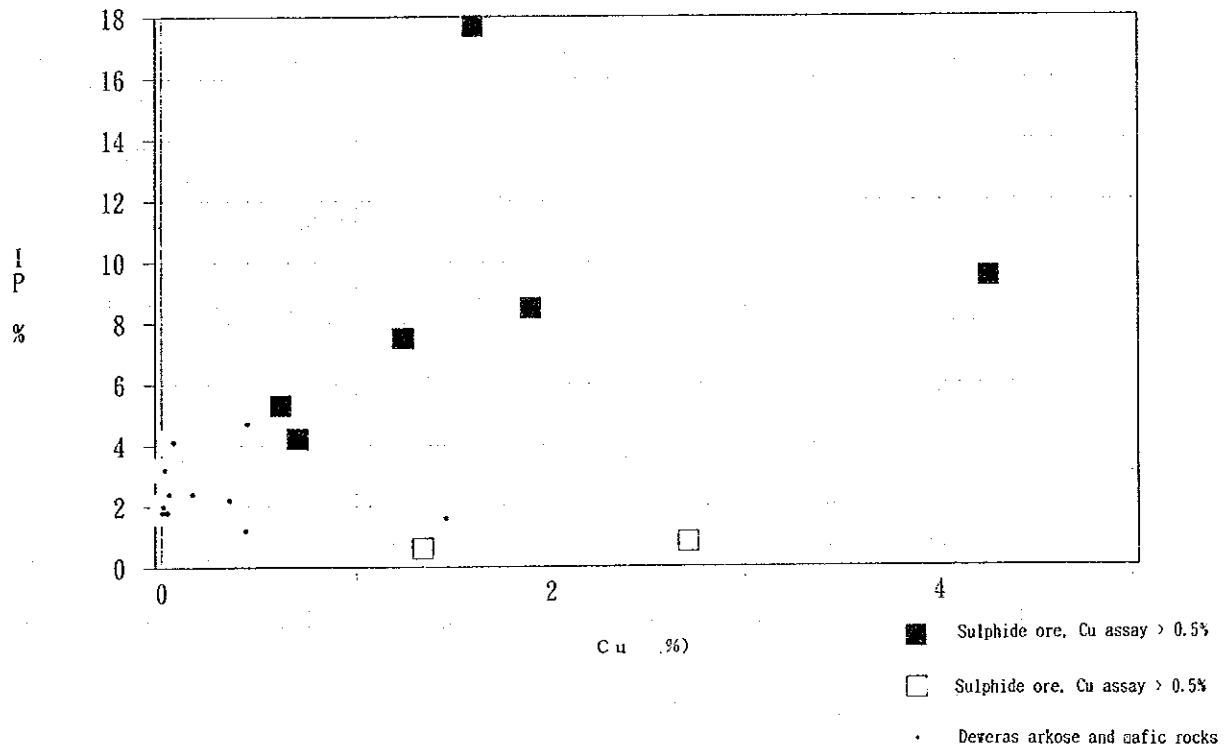
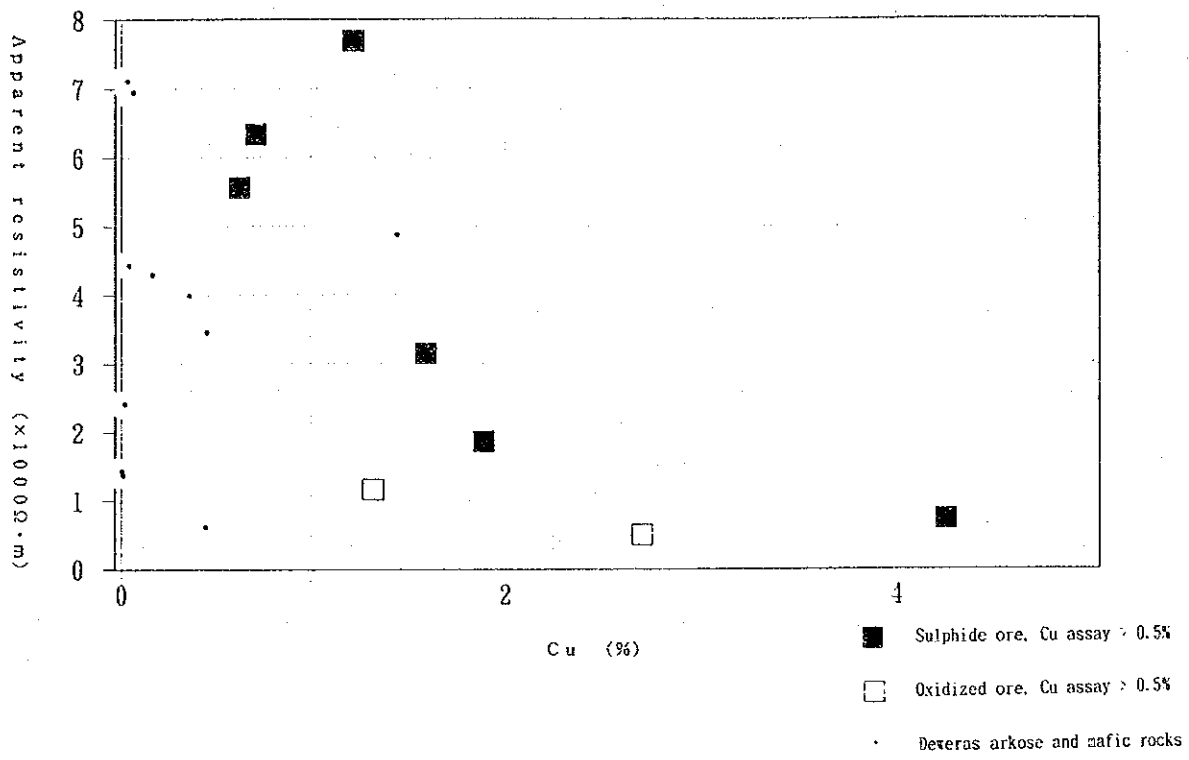
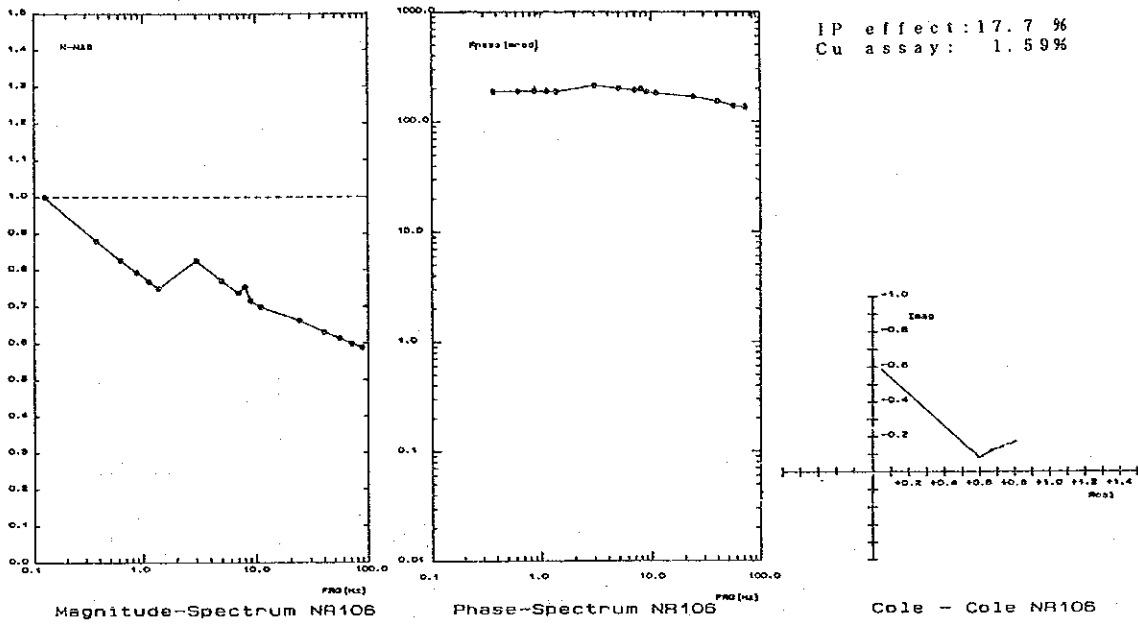


図 II - 2 - 17 岩石及び鉱石試料の Cu 品位と IP の関係



図II-2-18 岩石及び鉱石試料のCu品位と見掛比抵抗の関係

(a) Arkose (sulphide ore)



(b) Arkose (oxidized ore)

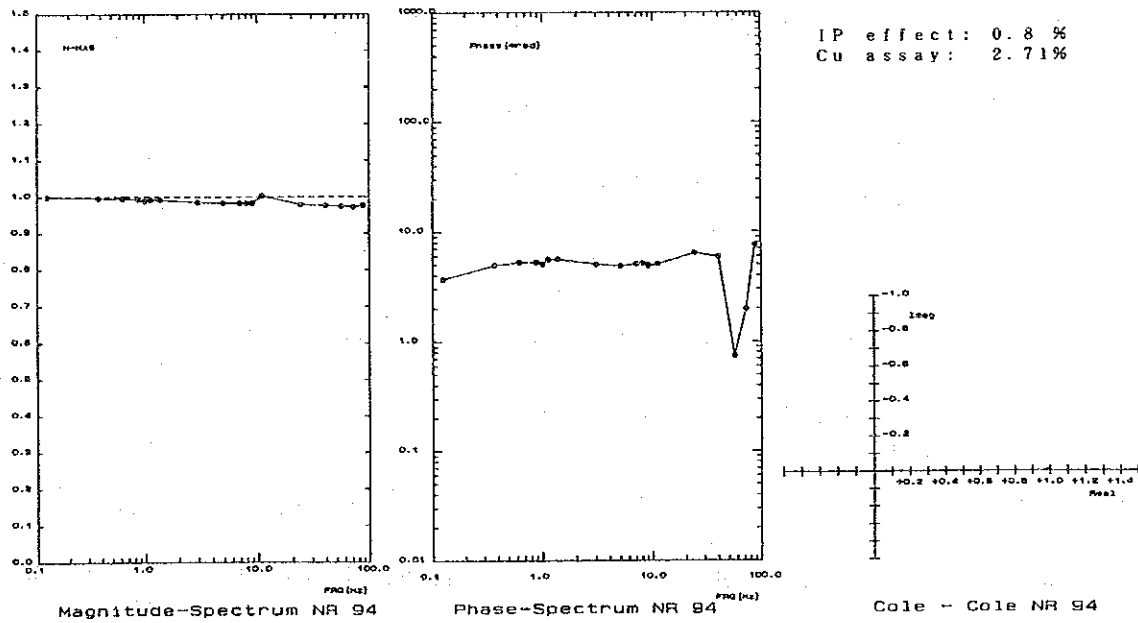
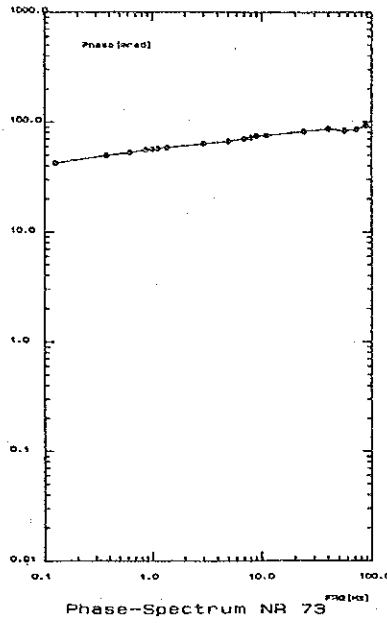
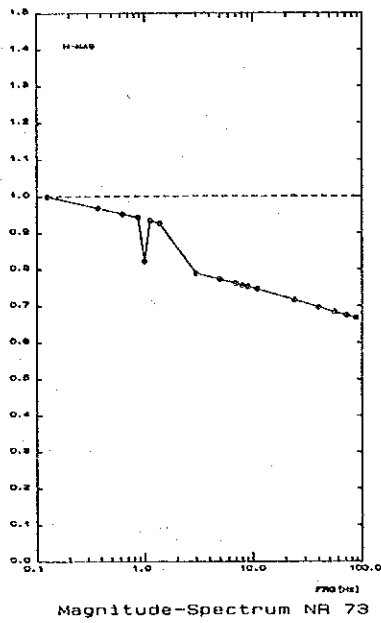
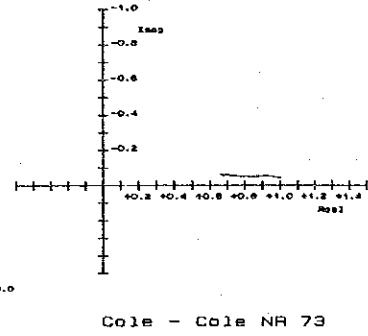


図 II - 2 - 19 岩石及び鉱石試料のスペクトル特性 (1)

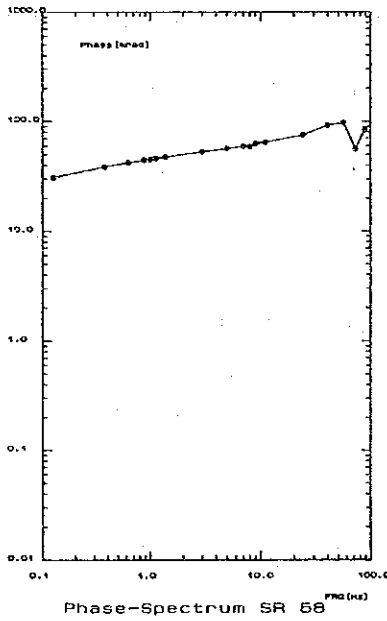
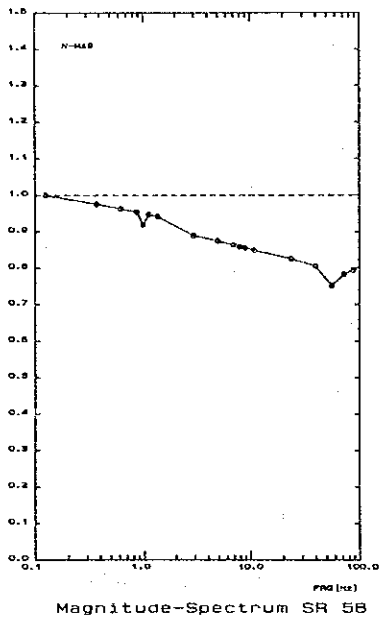
(c) Arkose (non ore)



IP effect: 3.2 %
Cu assay: 0.02%



(d) Dolerite (Non mineralization)



IP effect: 4.9 %
Cu assay: no anal.

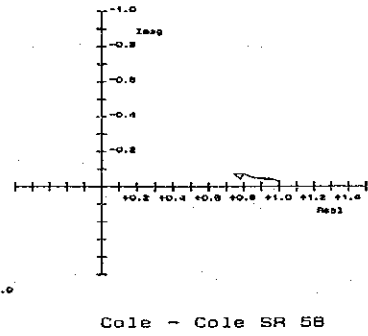


図 II - 2 - 19 岩石及び鉱石試料のスペクトル特性 (2)

鉱床の主要胚胎層準であるデウェラス層群のアルコースの見掛比抵抗は、硫化物による鉱化作用を受けた試料で3,000~7,000 $\Omega\cdot m$ と高く、そうでない試料で500~7,000 $\Omega\cdot m$ と変化に富み、鉱化状況は比抵抗に明瞭な影響を与えていない。一方酸化物による鉱化作用では、500~1,000 $\Omega\cdot m$ とやや低い傾向を示す。

硫化物による鉱化を受けている粗粒玄武岩、角閃石岩などでは、比抵抗は700~6,000 $\Omega\cdot m$ と変化に富む。

2. 分極率

分極率は、硫化物による鉱化を受けたアルコースでは銅品位に応じて5~18%の高IPを示す。しかし、酸化物を伴う鉱化を受けたアルコースでは1%以下のIPしか示さない。

鉱化を受けた粗粒玄武岩、角閃石岩なども、硫化物の品位に応じて4~10%の高IPを示す。

その他の岩石で高IPを示すのは石墨質の粘板岩で、約10%と高い値を示す。

その他の岩石は1~3%の低IPを示す。

3. スペクトルIP

次に、今回見掛比抵抗及び分極率の測定を行った試料のうち代表的なものについてSIPの測定を行い、鉱石と岩石におけるスペクトル特性について検討を行ったので、その結果について述べる。図II-2-19に代表的な岩石及び鉱石試料のスペクトル図を示す。これらの図から以下の点が指摘出来る。

硫化物鉱石では位相差が大きく、また周波数によらず一定である。

酸化物鉱石では位相差が小さく、また周波数によらず一定である。

ドレライトや鉱化をほとんど伴わないアルコースでは、位相差が低周波側で小さく、高周波数側で2~3倍大きくなる。

マグニチュードについては、高周波数側で増加もしくは減少傾向が認められるもの、及び一定値を示すものがあるが、鉱化との関連においては明瞭な差異が認められない。

以上の結果をまとめると、当地域で今後物理探査法を適用する場合、以下の点が重要である。

- 1) 本調査地域における鉱床の主要胚胎層準であるデウェラス層準のアルコースは、硫化物の鉱化作用の程度により高IPを示す。
- 2) 比抵抗値は変化に富み、硫化物の鉱化作用が比抵抗変化に影響を与えている可能性は小さい。
- 3) 鉱化を伴う粗粒玄武岩及び角閃岩も鉱化作用の程度によって高IPを示す。
- 4) 石墨質の粘板岩は約10%の高IPを示すが、今回の主要鉱床胚胎層準であるデウェラス層準中にはその分布が認められていないため、IP調査の妨害要因とは成り得ない。
- 5) スペクトルIPの特性では、鉱石と岩石で位相差の挙動に差異が認められる。

第3章 地化学探査

3-1 土地化学探査

3-1-1 土地化学探査実施地区の選定

経済的な視点から本地域で稼行対象となり得る金属資源はデウェラス層群中の銅である。そのほかに苦灰岩及び黒色粘板岩を母岩としたミシシッピ・バレー型の鉛・亜鉛鉱床の可能性があるものの、現在の段階で探鉱対象とはなっていない(Simpson, 1990)。本地域の鉱床探査は、1940年代後期から1970年代中期まで継続的に行われている。マンガラ鉱山北部からアラスカ鉱山南部及びシャムロック鉱山周辺では、詳細な土地化学探査及び沢砂地化学探査が全域にわたって行われている。これらの地化学調査の異常地区では、ピット、トレンチ、及びボーリングによる精密探査が行われている。これらの探査結果により、アングワ、アヴォンデル及びシャックルトン鉱床が発見された。これまでのE. P. O. 調査結果及びZMDCの内部資料によって、本地域のCu単成分の土地化学異常地の大半は抽出され尽くしているといえる。

地化学探査位置図を図II-3-1に示す。銅鉱床のポテンシャル範囲は、中央部から南部にかけては、デウェラス層群の分布域、北部では、基盤岩類とデウェラス層群及びロマグンディ層群の接触部付近と考えられている。

土壌試料採取地域の選定に当たっては、既存資料及び地質調査結果を基にした。選定基準は、

- 1) デウェラス層群の分布域及びその周辺
- 2) 既存資料から銅資源のポテンシャルが高い地区
- 3) 既存鉱山の採掘、選鉱、精錬等による汚染を受けていない地区
- 4) GPS (Global positioning system) による位置確認が可能な地区

である。

本地域でこれまで行われた地化学探査では、複数の成分について分析が行われていても、単成分解析のみが主体で、広域的な多変量解析はなされていない。したがって本調査では、多変量解析等によって当該地域の地化学異常の全体像及びその特徴の検討を試みることにした。上記理由から選定した範囲は南から、

- 1) アラスカ地区
- 2) ウンボエ地区
- 3) マングラ北部地区
- 4) シャムロック地区

の4地区である。4地区の調査面積は919km²、採取試料は3,676個である。

アラスカ地区は、シャックルトンを中心とした面積286km²で、採取試料数は1,143個である。本地区では、中央部にデウェラス層群のアルコースが広く分布し、東西の両翼側にロマグンディ層群の苦灰岩及び粘板岩が分布する。地区内には、シャックルトン鉱山、アヴォンデル鉱床、アングワ鉱山、ハンス鉱山、及びオールド・アラスカ鉱山がある。前二者及びアラスカ精錬所周辺は、地表が汚染されていることが考えられることから試料採取を行わなかった。

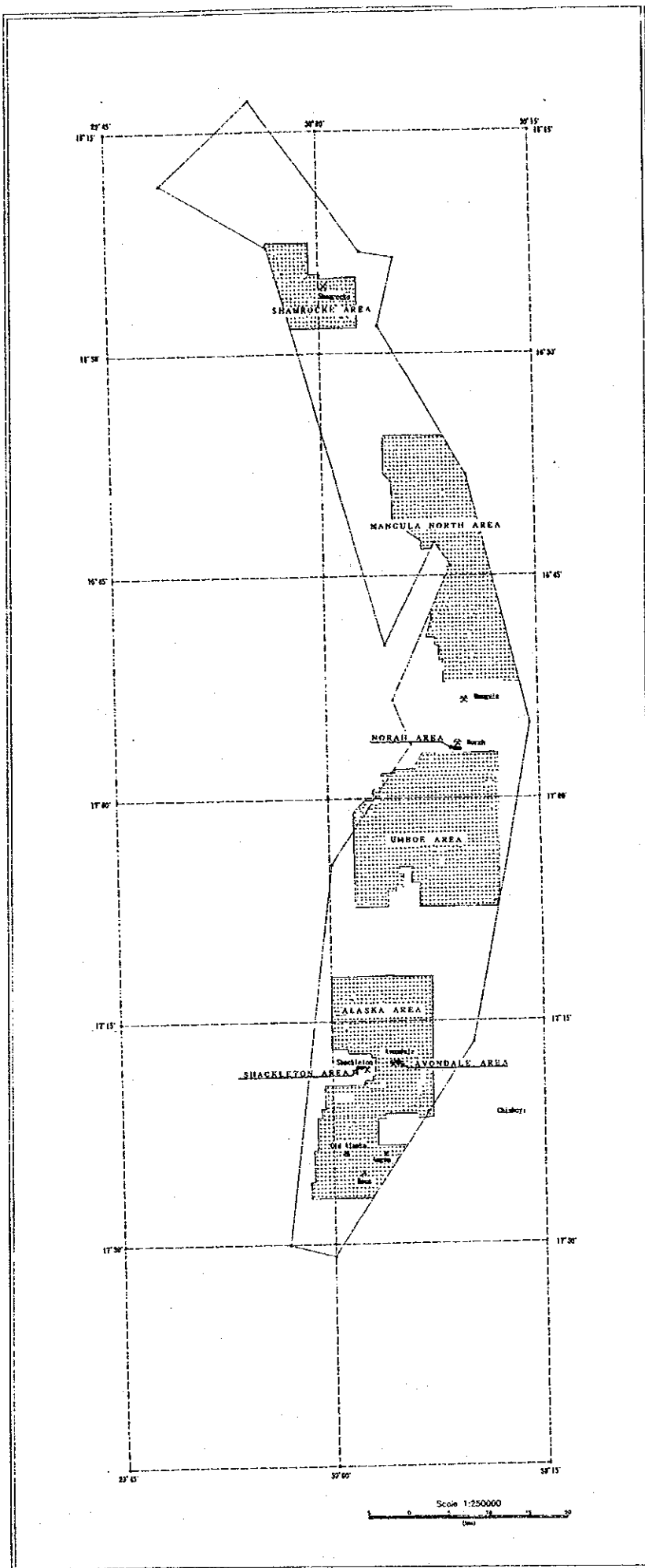


图 II - 3 - 1 地化学探查地区位置图

ウンボエ地区は、ライオンズ・デン北方からノーラ鉱山南方にかけての面積297km²で、採取試料数は1,189個である。本地区では、NE-SW方向の褶曲軸に沿ってデウェラス層群のアルコース及びロマグンディ層群の苦灰岩が分布し、東側では、デウェラス層群とロマグンディ層群が断層で接する。地区内南東には、ユナイテッド・キングダム鉱山がある。調査地域南部のムンワ川上流沿いでは、河川堆積物が幅数kmにわたって分布していることから除外した。

マンガラ北部地区は、マンガラ鉱山北方から、チタツ（Chitatu）農場にかけての面積258km²で、採取試料数は1,032個である。本地区では、基盤の片麻岩類、先マゴンデ貫入岩類の花崗岩及びデウェラス層群のアルコースが分布する。

シャムロック地区は、シャムロック鉱山を中心とした面積78km²で、採取試料数は312個である。本地区はザンベジ変動帯に属し、ロマグンディ層群及びデウェラス層群に相当する変成岩が分布する。採取地は、サファリ地域に隣接し、地形の起伏があり樹木が繁茂しているため、GPSの受信の良否や採取地までの移動に関して制約条件がある。

3-1-2 試料採取

土壌試料の採取位置図は、付録A-3に示す。採取地の現位置の確認は、GPSを用いて行った。試料は、500m間隔（4試料/1km²）で採取した。土壌試料採取に当たっては、ツルハシ、スコップ等を用いてA層の土壌を剥土した上、B層より採取した。採取深度は、深さ30~50cmである。試料採取に際しては、採取した土壌の色調、含有岩片及び植生を記載し、付近の地質を把握する手助けとした。試料は採取時に80メッシュ以下にふるい分けし、試料袋に密封し分析に供した。

3-1-3 指示元素

分析成分は、Cu, Ag, Au, Fe, Pb, Zn, Co, Ni, As及びHgの10成分である。各成分の分析方法及び検出限界値を表II-3-1に示す。分析値の一覧は付録A-4に示す。

表II-3-1 土壌化学分析の分析方法及び検出限界値一覧表

Element	Analytical method ¹⁾	Detectable limit
Cu	ICP	1 ppm
Ag	AAS	0.1 ppm
Au	AAS (Frameless)	1 ppb
Fe	ICP	0.01 %
Pb	ICP	2 ppm
Zn	ICP	2 ppm
Co	AAS	1 ppm
Ni	ICP	1 ppm
As	ICP (Hydride)	2 ppm
Hg	MA (Cold vapor)	1 ppb

1) AAS: Atomic Absorption Spectrochemical method
 ICP: Inductivity Coupled Plasma method
 MA: Molecular Absorptiometry method

3-1-4 分析値の統計処理

分析結果は、単成分解析及び多変量解析を行った。地化学データ解析においては、経験的に微量含有量の集団の頻度は対数正規分布することが知られている (Lepeltir, 1969)。実際の地化学データの集団は地化学特性を異にする何種類かの母集団からなることが一般的である。したがって、指示元素の大部分が示す対数正規分布 (バックグラウンドの母集団) からのずれる部分 (異常集団) に注目するのが一般的な異常値の決定方法である。しかし本調査では、単成分解析にあたっては、各成分の含有量の濃度分布を見るために、幾何平均値から標準偏差 (常用対数変換値の標準偏差) の整数倍のずれを閾値とした。すなわち、j 成分についての幾何平均値を m_j 、標準偏差を σ_j とすると、標準偏差の i 倍の濃度コンター値 I_{ji} を、

$$I_{ji} = m_j \times 10^{\sigma_j \times i}$$

と設定した。

なお、各成分の統計処理にあたって、検出限界以下の分析値については、検出限界値の半分の値として扱った。また、探査地区は 4 地区にわたるが、以下の統計処理は全域を一括して行った。

主成分分析は、10 成分全てを用いて行った場合と検出限界値以下が過半数を越える Au, Ag, As, 及び Hg の 4 成分を除いた 6 成分を用いて行った場合の二通りについて処理し、主成分軸の特徴について検討を行うこととした。

なお主成分分析は、相関係数行列を開始行列として行った。

3-1-5 土壌地化学探査異常の評価

1. 単一成分の特徴

幾何平均値、対数値の標準偏差値等の基本統計値一覧表を表 II-3-2 に示す。各成分の頻度分布及び累積頻度分布図を付録 A-5 に示す。

全域を対象とした単一成分の統計量及び頻度分布の特徴は、次のとおりである。

表 II-3-2 土壌化学分析値の基本統計値一覧表

	Cu (ppm)	Au (ppb)	Ag (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Fe (%)	Co (ppm)	Ni (ppm)	As (ppm)	Hg (ppb)
<u>All samples</u>										
Geometric average	26.0	1.4	0.08	15.3	48.9	2.17	8.0	51.1	2.2	5.6
Standard deviation (logarithm)	0.45	0.47	0.32	0.39	0.55	0.27	0.34	0.26	0.54	0.14
<u>Deweras Group</u>										
Geometric average	20.4	1.8	0.08	13.2	38.0	1.91	7.2	51.3	2.1	5.8
Standard deviation (logarithm)	0.47	0.49	0.32	0.40	0.55	0.26	0.34	0.26	0.52	0.16

Cu： 幾何平均値は26.0ppm，最大値は819ppmである。全体の1.4%が検出限界以下の濃度である。Cuの相対頻度分布は，8ppm，13ppm及び40ppm付近に最頻値を持つ3つの集団と検出限界値以下の集団の存在を読み取ることができる。

Au： 幾何平均値は1.4ppb，最大値は450ppbである。全体の53.9%が検出限界値以下と多数を占める。検出限界値以上については累積頻度分布では15ppb付近に明瞭な屈曲点が認められるが，この高濃度集団は全体の試料数の1%以下である。また3ppb付近に最頻値を持つ集団がある。3ppbまでの高濃度側の累積頻度は全体の約26%であり，検出限界値以下の集団のうち少なくとも48%は本集団に属さず，別の低濃度集団を形成しているものと推定できる。

Ag： 幾何平均値は0.08ppm，最大値は8.5ppmである。全体の79.3%が検出限界以下である。検出限界値以上の累積頻度分布はほぼ直線的となるが，最頻値は検出限界値である。これは有効数値の桁が0.1ppm刻みであるためなのか，標準偏差値の大きな幅広い集団であるためなのかは不明である。いずれにしろ，分析値の母集団の推定は困難である。

Pb： 幾何平均値は15.3ppm，最大値は129ppmである。検出限界値以下は全体の6.1%である。検出限界値以上の分析値の累積頻度分布は，右下がりの放物線状を示す。頻度分布では5ppm，15ppm及び25ppm付近に頂部を持つが，このデータだけからは，これらがそれぞれの集団の最頻値（幾何平均値）であるかは言及できない。

Zn： 幾何平均値は48.9ppm，最大値は6,287ppmである。検出限界値以下は全体の2.9%である。累積頻度分布では200ppm付近に明瞭な変曲点が認められ，600ppm前後に最頻値を持つ小集団と45ppm付近に最頻値を持つ大集団に分かれる。

Fe： 幾何平均値は2.17%，最大値は8.58%，最小値は0.22%である。検出限界値以下の分析値はない。頻度分布は，低濃度側に緩い勾配をもつ山型を示す。累積頻度分布は，0.8%，1.6%，及び5%付近に屈曲点をもつ。

Co： 幾何平均値は8.0ppm，最大値は85ppmである。検出限界値以下は全体の3.8%である。累積頻度分布は低濃度側にブロードな勾配を有し，集団の区別は困難である。

Ni： 幾何平均値は51.1ppm，最大値は658ppm，最小値は3ppmである。検出限界値以下の分析値はない。頻度分布は，55ppmに最頻値をもつ大集団のほか25ppm付近に頂部をもつ小集団がある。累積頻度分布は，25ppm及び100ppm付近に屈曲点が認められる。

As： 幾何平均値は2.2ppm，最大値は151ppmである。検出限界値以下は全体の71.4%を占める。一般に花崗岩中のAs濃度は1ppm前後であり，アルコースが卓越する本地域の場合，検出限界値（2ppm）以下が過半数を占めたものと考えられる。検出限界値以上では40ppm付近に頂部をもつ高濃度集団があるが，40ppm以上の集団は全体の約6%であることから本高濃度集団は全体の12%前後を占めていると考えられる。

Hg： 全体の97.9%は検出限界値以下である。検出限界値以上の分析値の累積頻度分布は，ほぼ直線上にのるものの，全集団の特徴は不明である。

デウェラス層群分布地域を対象とした場合には，全域を対象とした場合と比較した幾何平均値

は、Cuが5.6ppm, Pbが2.1ppm, Znが10.9ppm及びFeが0.26%ほど低い値を示しているほかは、ほぼ類似した値をとる。

2. 二変量解析結果の特徴

各成分間の相関係数を表II-3-3に示す。各成分間の散布図は付録A-6に示す。

全域を対象とした場合及びデウェラス層群を対象とした場合ともに相関係数は全て正の値を取る。

全域を対象とした場合の相関係数が0.3以上と比較的高い値を示す組み合わせは、次のとおりである。Cu, Pb, Zn, Fe及びCoについては、お互いに高い相関を示している。そのほかの組み合わせとしては、NiとFeが0.35, NiとCoが0.49, 及びAsとZnが0.40がある。Au, Ag, As及びHgについては検出限界値以下が過半数であるために分析値の集団が真の濃度分布を示しておらず、相関係数についての信頼性は乏しい。

相関係数に関しては、デウェラス層群を対象とした場合も全地域を対象とした場合と同様の傾

表II-3-3 土壤化学分析成分の相関係数一覧表

(a) All samples

	Cu	Au	Ag	Pb	Zn	Fe	Co	Ni	As	Hg
Cu	1.									
Au	0.20	1.								
Ag	0.15	0.14	1.							
Pb	0.30	0.12	0.09	1.						
Zn	<u>0.44</u>	0.13	0.07	<u>0.41</u>	1.					
Fe	<u>0.55</u>	0.17	0.07	<u>0.45</u>	<u>0.67</u>	1.				
Co	<u>0.47</u>	0.23	0.04	0.34	<u>0.49</u>	<u>0.69</u>	1.			
Ni	0.24	0.26	0.04	0.24	0.26	0.35	<u>0.49</u>	1.		
As	0.11	0.05	0.08	0.04	<u>0.40</u>	0.15	0.11	0.10	1.	
Hg	0.14	0.13	0.11	0.01	<u>0.04</u>	0.03	0.05	0.02	0.10	1.

(b) Deweras Group

	Cu	Au	Ag	Pb	Zn	Fe	Co	Ni	As	Hg
Cu	1.									
Au	0.25	1.								
Ag	0.18	0.15	1.							
Pb	0.29	0.19	0.09	1.						
Zn	<u>0.41</u>	0.23	0.11	<u>0.40</u>	1.					
Fe	<u>0.51</u>	0.30	0.08	<u>0.46</u>	<u>0.63</u>	1.				
Co	<u>0.43</u>	0.30	0.02	0.36	<u>0.46</u>	<u>0.65</u>	1.			
Ni	0.22	0.29	0.02	0.28	0.33	<u>0.42</u>	<u>0.52</u>	1.		
As	0.09	0.06	0.12	0.07	<u>0.43</u>	0.17	0.12	0.14	1.	
Hg	0.19	0.15	0.12	0.04	0.07	0.07	0.07	0.03	0.10	1.

向を示している。

3. 多変量解析結果の特徴

(1) 10成分の主成分分析結果

10成分を用いた主成分分析結果の固有値、寄与率、因子負荷量、及び寄与値を表Ⅱ-3-4に示す。主成分得点の頻度分布及び累積頻度分布は付録A-7に、主成分得点と分析成分間の散布図を付録A-8にそれぞれ示す。

寄与率は、第1主成分が33.6%であり、全体の約1/3を説明している。第6主成分までの累積寄与率は82.2%となり、第1主成分から第6主成分までで本分析の意味のある特徴を説明している。

第1主成分の因子負荷量は全ての成分に対して正相関していることを示している。特にCu、Pb、Zn、Fe、Co及びNiに関して0.56以上の高い正相関を示す。これらの成分のうち、Cu、Pb、Zn、Fe及びCoの寄与値は、大きく第1主成分はこれらの元素の挙動を主に説明していると考えられる。Cu、Zn、Fe、Co及びNiは、珪長質岩から苦鉄質岩に向かってそれらの含有量が増加する傾向が知られており、これらの各成分は、鉍化作用等の特異な現象を除いて、地化学的に類似した挙動を示すと推定できる。試料採取地域は、基盤の片麻岩類、先マゴンディ貫入岩類の新期花崗岩、デウェラス層群のアルコース及び玄武岩質火山岩類、ロマゴンディ層群の苦灰岩、珪岩及び粘板岩、後マゴンディ貫入岩類の粗粒玄武岩及び石英脈等が分布している。したがって、第1主成分は、主としてこれらの岩石の多様性を反映しているものと考えられ、苦鉄質岩類ほど高得点となる。また、鉍化作用を受けた場合にも主成分の高得点が期待できる。

第2主成分の寄与率は12.1%である。因子負荷量はAu、Ag及びHgに対して0.43以上の強い相関を示している。これらの成分は過半数が検出限界値以下の値である。また第1主成分に関しては比較的強い正相関を示したPb、Zn、Fe、Co及びNiに対して弱い負相関を示している。寄与値から見て、本主成分はAg及びHgの特性を主に説明していると考えられる。

第3主成分の寄与率は11.1%である。因子負荷量はAs及びNiに対して強い正相関し、Auについて強い負相関を示している。寄与値から、本主成分はAs及びAuの特性を説明しており、Cu、Ag、Pb、Fe及びHgの特性はほとんど何も説明していない。

第4主成分の寄与率は9.4%である。因子負荷量はAg及びPbに対して強い正相関し、Ni及びAsに対してやや強い負相関する。寄与値から、本主成分は第1主成分から第3主成分で説明され残されたAg、Pb、Ni及びAsの特性を説明しているが、Cuの特性の説明はほとんどなされていない。

第5主成分の寄与率は8.9%である。因子負荷量はHgに対して強い正相関し、Ag及びAsに対してやや強い負相関する。寄与値から、本主成分は第2主成分と同様にAg及びHgの特性を説明している。しかし固有ベクトルの符号はAgが負、Hgが正となっており、両主成分の意味は異なる。

第6主成分の寄与率は7.1%である。因子負荷量は、Pb及びAuに対して強い正相関する。寄与値から両成分の特性を主に説明している。

表II-3-4 土壌化学分析値の主成分分析結果表 (10成分の場合)

Eigenvalues										
	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$
	3.37	1.21	1.11	0.94	0.89	0.71	0.70	0.48	0.36	0.24
Eigenvectors										
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
Cu	0.38	0.07	-0.02	0.22	0.25	-0.27	-0.42	0.70	0.00	-0.05
Au	0.19	0.40	-0.46	-0.30	-0.23	0.47	-0.47	-0.08	0.01	0.01
Ag	0.10	0.54	-0.04	0.59	-0.48	-0.26	0.16	-0.13	0.01	-0.01
Pb	0.32	-0.17	-0.04	0.38	0.04	0.69	0.41	0.20	-0.21	-0.04
Zn	0.42	-0.08	0.38	0.00	-0.04	0.11	-0.10	-0.25	0.63	-0.43
Fe	0.47	-0.17	0.05	0.10	0.10	-0.09	-0.12	-0.35	0.03	0.76
Co	0.44	-0.14	-0.17	-0.12	0.05	-0.29	0.02	-0.34	-0.59	-0.44
Ni	0.30	-0.04	-0.37	-0.41	-0.23	-0.24	0.55	0.29	0.31	0.09
As	0.17	0.26	0.69	-0.39	-0.30	0.08	0.05	0.21	-0.34	0.13
Hg	0.07	0.62	0.04	-0.11	0.70	0.02	0.29	-0.13	0.05	0.00
Contribution ratio(%)										
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
	33.6	12.1	11.1	9.4	8.9	7.1	7.0	4.8	3.6	2.4
Factor loading										
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
Cu	0.69	0.08	-0.02	0.22	0.24	-0.22	-0.35	0.49	0.00	-0.03
Au	0.36	0.44	-0.49	-0.29	-0.22	0.39	-0.39	-0.05	0.00	0.01
Ag	0.18	0.60	-0.04	0.57	-0.45	-0.22	0.13	-0.09	0.00	-0.01
Pb	0.58	-0.19	-0.05	0.37	0.04	0.58	0.34	0.14	-0.13	-0.02
Zn	0.77	-0.09	0.40	0.00	-0.04	0.09	-0.08	-0.17	0.38	-0.21
Fe	0.85	-0.19	0.05	0.10	0.10	-0.08	-0.10	-0.24	0.02	0.37
Co	0.80	-0.16	-0.18	-0.12	0.05	-0.25	0.01	-0.24	-0.35	-0.21
Ni	0.56	-0.04	-0.39	-0.40	-0.22	-0.20	0.46	0.20	0.18	0.04
As	0.31	0.28	0.73	-0.38	-0.29	0.07	0.05	0.15	-0.20	0.07
Hg	0.13	0.68	0.04	-0.11	0.66	0.02	0.24	-0.09	0.03	0.00
Contribution										
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
Cu	0.48	0.01	0.00	0.05	0.06	0.05	0.12	0.24	0.00	0.00
Au	0.13	0.19	0.24	0.09	0.05	0.16	0.15	0.00	0.00	0.00
Ag	0.03	0.36	0.00	0.33	0.20	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00
Pb	0.34	0.03	0.00	0.14	0.00	0.34	0.11	0.02	0.02	0.00
Zn	0.60	0.01	0.16	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.14	0.04
Fe	0.73	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.00	0.14
Co	0.64	0.03	0.03	0.01	0.00	0.06	0.00	0.06	0.12	0.05
Ni	0.31	0.00	0.15	0.16	0.05	0.04	0.21	0.04	0.03	0.00
As	0.09	0.08	0.53	0.14	0.08	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00
Hg	0.02	0.47	0.00	0.01	0.44	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00

以上のように10成分による主成分分析結果は、第1主成分で全体の構造の33.4%を説明しており、第2主成分から第6主成分までは、検出限界値以下の値が過半数を占める成分であるAu, Ag, As及びHgの特性を主に説明している。しかし、本地域の鉱床の主要稼行対象の金属であるCuの特性は、第1主成分で48%、第8主成分で24%が説明されている。したがって、岩石の種類や鉱化作用の影響によるCuの挙動を説明するためにこれらの二つの主成分を取り上げて後述する。

(2) 6成分の主成分分析結果

本調査で分析した10成分のうちAu, Ag, As及びHgに関しては検出限界以下の値が過半数を越えるため、実際の分散を示していない。したがって、以下ではこれらの成分を外した6成分について検討を行う。

Cu, Pb, Zn, Fe, Co及びNiの6成分を用いた主成分分析結果の固有値、寄与率、因子負荷量、及び寄与値を表Ⅱ-3-5に示す。主成分得点の頻度分布及び累積頻度分布は付録A-9に、主成分得点と分析成分間の散布図を付録A-10にそれぞれ示す。

寄与率は、第1主成分が53.0%であり全体の特徴の半分以上を説明している。累積寄与率は、第1主成分から第4主成分までで全体の特徴の88.8%を説明しており、以下では第4主成分まで検討を行う。

第1主成分の因子負荷量は、全ての成分に対して正相関しており、相関係数は0.55~0.87と高い値となっている。寄与値から見て、Cu, Zn, Fe及びCoの特性を主に説明していると考えられる。10成分の場合の第1主成分と同様に本主成分は、その構造から土壌の母材となった岩石の性質を強く示徴していると推定できる。

第2主成分の因子負荷量は、Cu, Pb, Zn及びFeに対して負相関し、Co及びNiに対して正相関する。これらのうちNiに対しては0.76と高い正相関である。寄与値からみて本主成分はNiの特性を説明している。

第3主成分の因子負荷量は、Niに対して正相関し、Cu, Zn, Fe及びCoに対して負相関する。これらのうちPbに対しては0.70と高い正相関である。寄与値からみて本主成分はPbの特性を主に説明しているが、Cuも関与している。一般に、苦鉄質岩と珪長質岩の微量成分と比較した場合、Cu, Zn, Fe, 及びCoは苦鉄質岩で多く、Pbは珪長質岩で多い。本主成分の固有ベクトルの係数の符号から、本主成分の低得点域は、苦鉄質岩の分布を反映したものと考えられる。

第4主成分の因子負荷量は、Cu, Pb及びNiに対して正相関し、Zn, Fe及びCoに対して負相関している。これらのうちCuに対して0.53と高い正相関している。寄与値から本主成分はCuの特性を主に説明しているが、Feも関与している。

主成分分析結果の寄与値から、Cuの特性をよく説明している主成分は、10成分を用いた場合の第1主成分及び第8主成分、及び6成分を用いた場合の第1主成分及び第4主成分である。10成分を用いた場合の第8主成分及び6成分を用いた第4主成分の特徴は、固有ベクトルの構造がCu

表 II - 3 - 5 土壤化学分析値の主成分分析結果表 (6成分の場合)

Eigenvalues						
	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$
	3.18	0.87	0.72	0.55	0.42	0.24
Eigenvectors						
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Cu	0.39	-0.22	-0.48	0.72	-0.23	-0.06
Pb	0.34	-0.31	0.83	0.30	0.10	-0.08
Zn	0.43	-0.30	-0.05	-0.56	-0.55	-0.32
Fe	0.49	-0.13	-0.12	-0.24	0.25	0.78
Co	0.46	0.28	-0.17	-0.12	0.64	-0.51
Ni	0.31	0.82	0.21	0.10	-0.40	0.13
Contribution ratio(%)						
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
	53.0	14.5	12.1	9.2	7.1	4.1
Factor loading						
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Cu	<u>0.70</u>	-0.20	<u>-0.41</u>	<u>0.53</u>	-0.15	-0.03
Pb	<u>0.60</u>	-0.29	<u>0.70</u>	<u>0.22</u>	0.07	-0.04
Zn	<u>0.77</u>	-0.28	<u>-0.04</u>	<u>-0.42</u>	-0.36	-0.16
Fe	<u>0.88</u>	-0.12	-0.10	<u>-0.18</u>	<u>0.16</u>	<u>0.39</u>
Co	<u>0.82</u>	0.26	-0.14	-0.09	<u>0.42</u>	<u>-0.25</u>
Ni	<u>0.55</u>	<u>0.76</u>	0.18	0.07	<u>-0.26</u>	0.06
Contribution						
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Cu	0.48	0.04	0.16	0.29	0.02	0.00
Pb	0.37	0.08	0.50	0.05	0.00	0.00
Zn	0.59	0.08	0.00	0.18	0.13	0.03
Fe	0.77	0.01	0.01	0.03	0.03	0.15
Co	0.67	0.07	0.02	0.01	0.17	0.06
Ni	0.31	0.58	0.03	0.01	0.07	0.00

に対して正、Zn、Fe、及びCoに対して負となっており、共に類似している。この構造は、Cuの高濃度異常地に対して、Zn、Fe、及びCoが多い場合は低得点、少ない場合は高得点を与えるもので、Cu鉱化作用と苦鉄質岩の区別の指標として用いることができる。ただし、10成分を用いた場合の第8主成分の固有ベクトルの構造は、Ag及びAuに対して負となっており、Ag及びAuを随伴するCu鉱化作用に対して低得点となっている。したがって、本結果から、本地域のCu-Ag-Au鉱化作用の場所は、Cuが高濃度であり、かつ、6成分を用いた主成分分析の第4主成分が高得点となる場所として抽出可能である。

4. 地区別の特徴

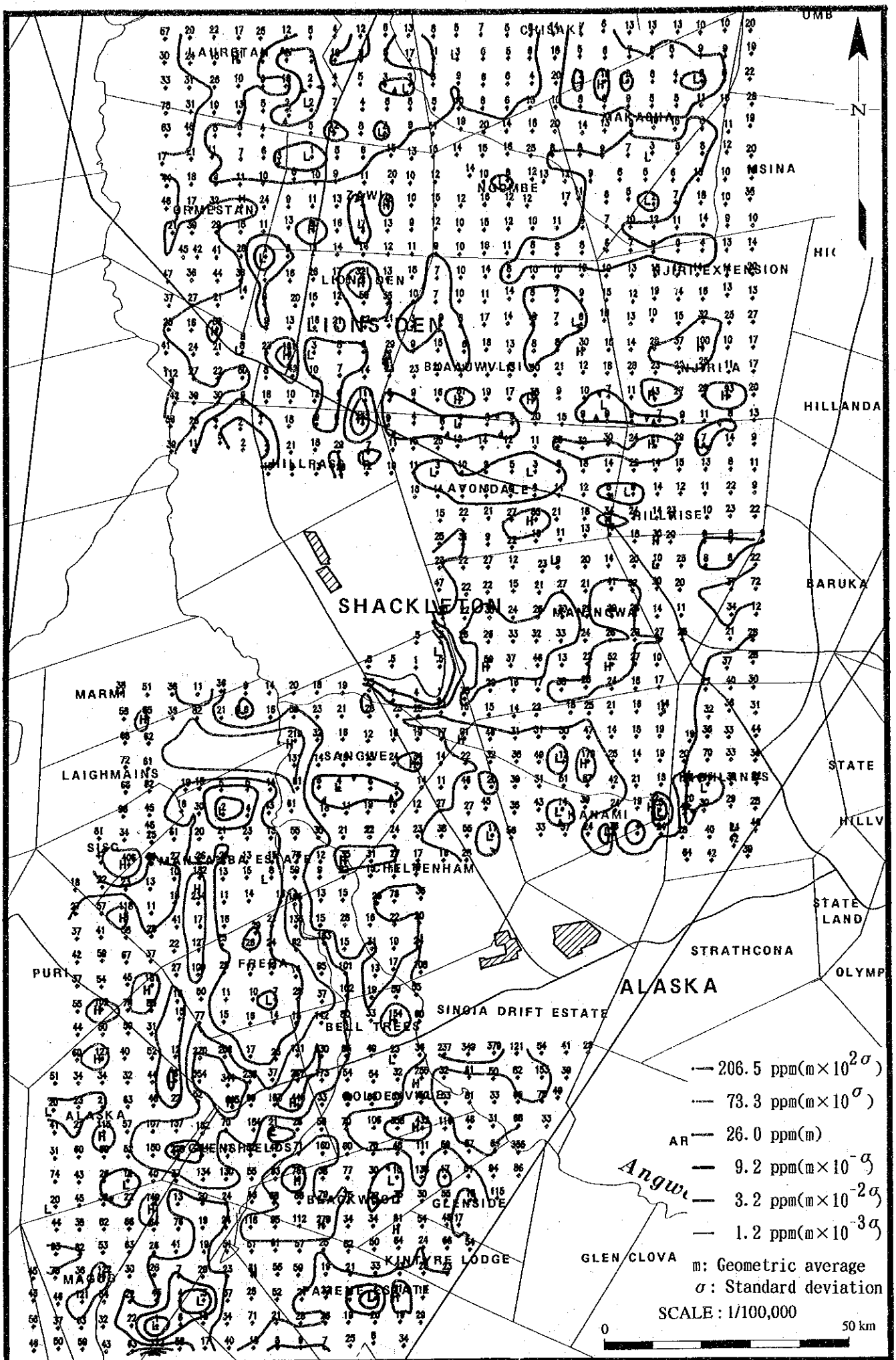
(1) アラスカ地区

Cuの濃度分布図及び代表的な主成分分析得点の分布図を図II-3-2～図II-3-4に示す。

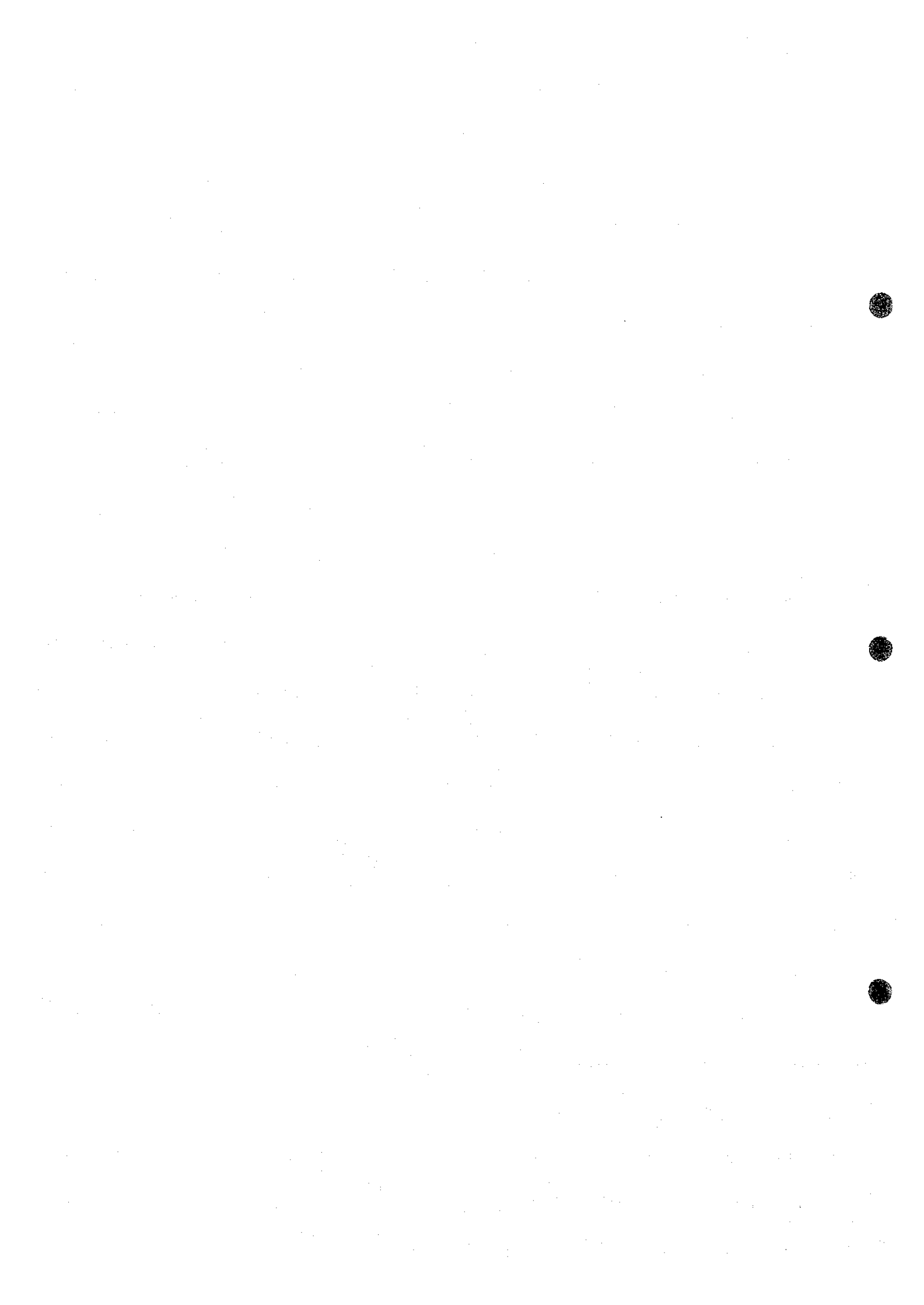
本地区には、南からハンス鉱山、アングワ鉱山、オールド・アラスカ鉱山、シャックルトン鉱山、及びアヴォンデル鉱床があるほか、南東にはアラスカ精錬所がある。これらの鉱床は、有史以前から稼行されていたオールド・アラスカ鉱山を除いて、過去のCuの土壌地化学探査とそれに引き続く精査によって発見されたものである。これまでのE. P. O. 調査から既知鉱山・鉱床以外にも、堆積岩中のいくつかのCu異常地が指摘されており、銅鉱床胚胎のポテンシャルの高い地区である。

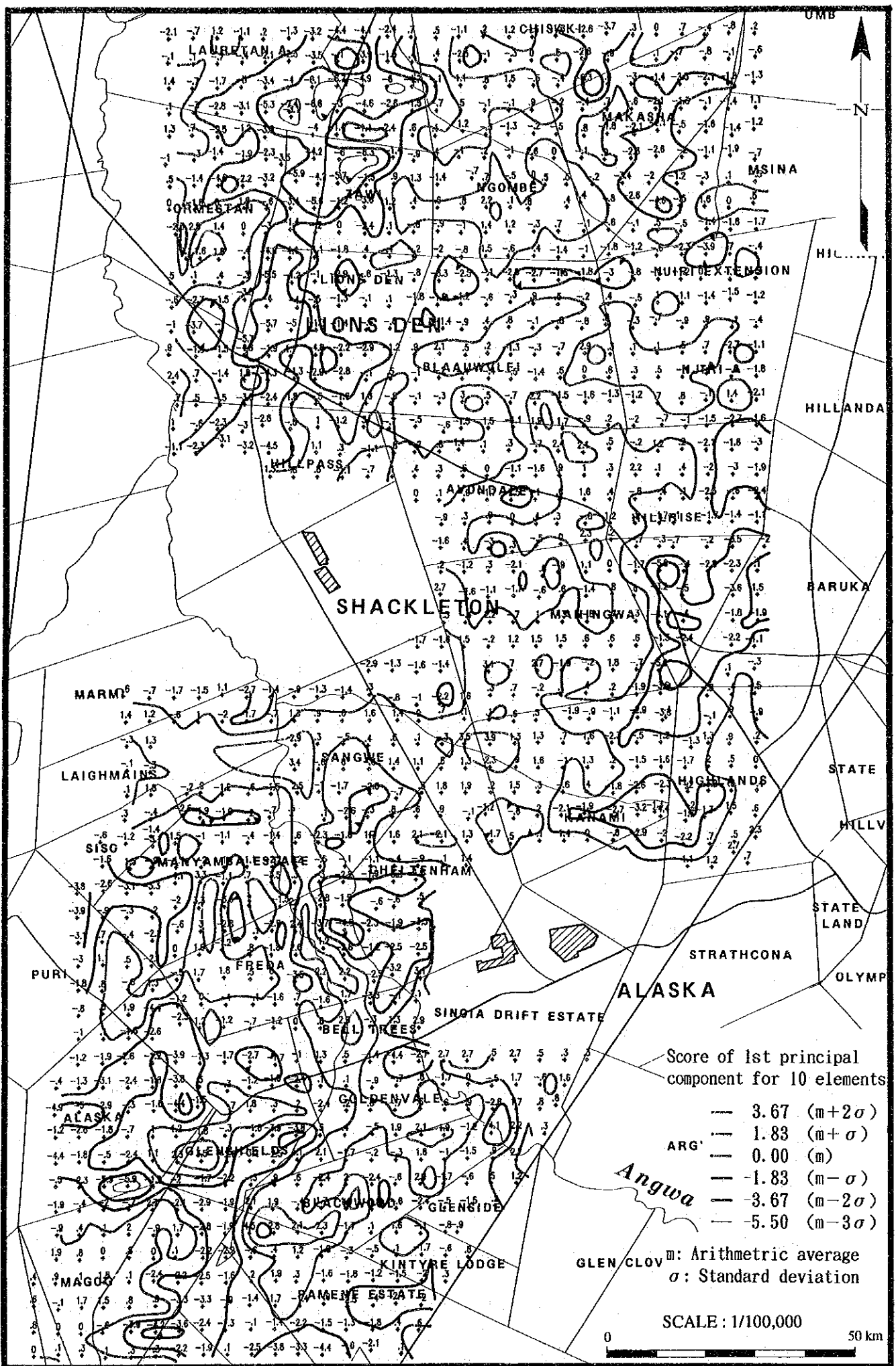
Cuは、シャックルトン鉱山南方では広範にわたって相対的な高濃度を示している。オールド・アラスカ、アングワ、及びハンスの各既知鉱床付近では、 $73\text{ppm} (m \times 10^{2\sigma})$ 以上の濃度を示す。アヴォンデル鉱床の露頭部付近では、顕著なCu異常は認められず、本調査の試料採取密度では鉱徴を捕捉していない。そのほかに地質図と対比した場合、オールド・アラスカ鉱山北方等の粗粒玄武岩貫入岩及びデウェラス層群の玄武岩溶岩の分布域でも73ppm以上の高濃度でありよい一致を示す。そのほかの単成分異常としては、Feが本地区の東縁においてデウェラス層群のアルコーズ側で高濃度となり、ロマグンディ層群の苦灰岩側で相対的に低濃度となるほか、苦鉄質岩類の分布域では高濃度となっており、岩相の違いをよく反映している。Pb、Zn、Co及びNiの濃度分布は、苦鉄質岩の分布に調和的に高濃度となる場合が多いが、Cuの様に鉱床を直接反映した高濃度ないし低濃度ハローを形成しているとはいえない。Ag及びAsについては検出限界値以上の値が散点的に分布し、単成分のみからの解釈は困難である。

主成分分析結果のうち6成分を用いた場合の第4主成分の得点分布は、オールド・アラスカ鉱山を中心として $m+2\sigma$ 以上の高濃度域が広範に広がる。Cu単成分で認められたオールド・アラスカ鉱山の北部の苦鉄質岩の分布の高濃度異常域は、本主成分の高得点域から除外されており、Cu高濃度異常の原因をCu鉱化作用と鉱化作用に関係しない苦鉄質岩とを区別するためのフィルターとして有効と考えられる。

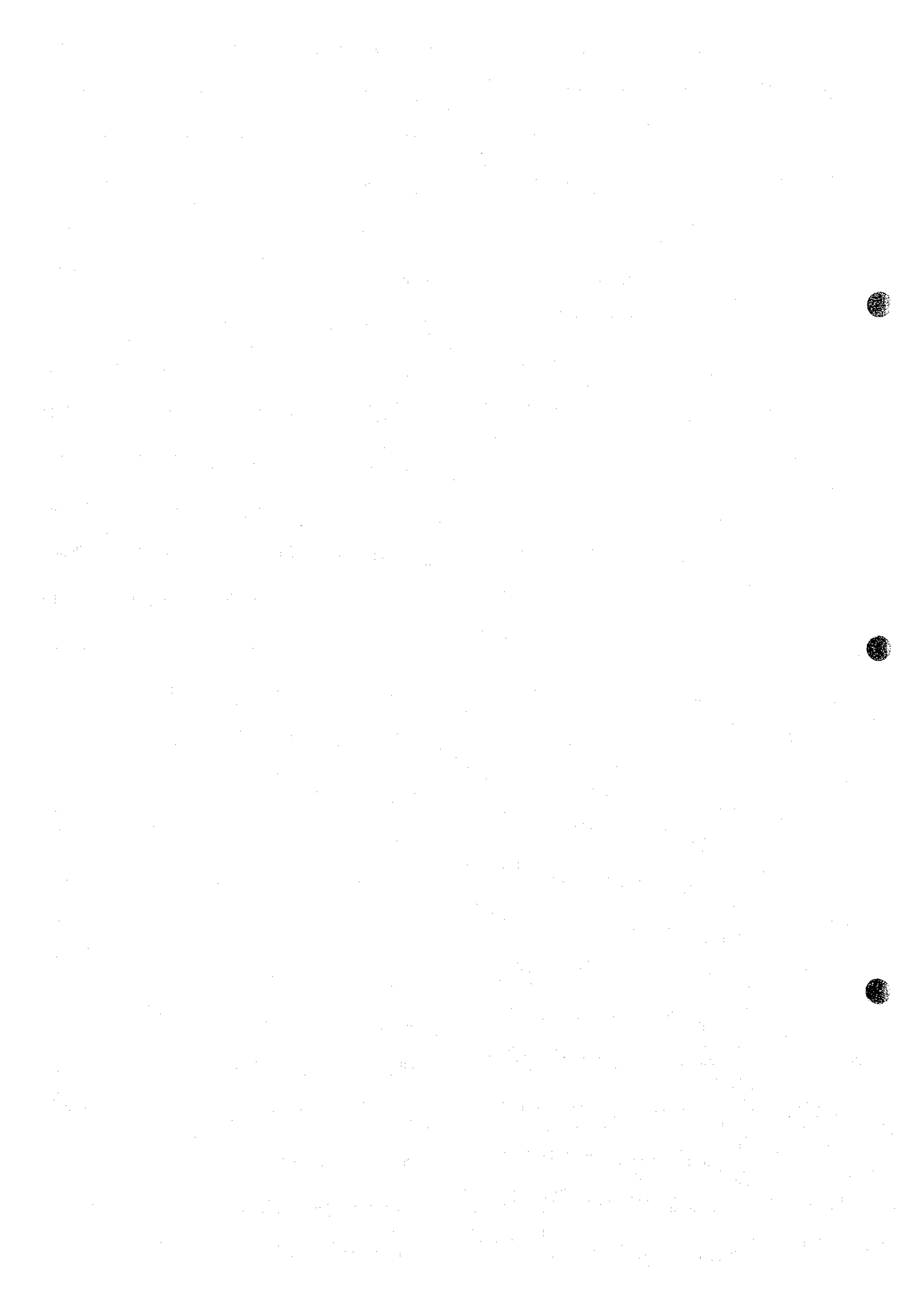


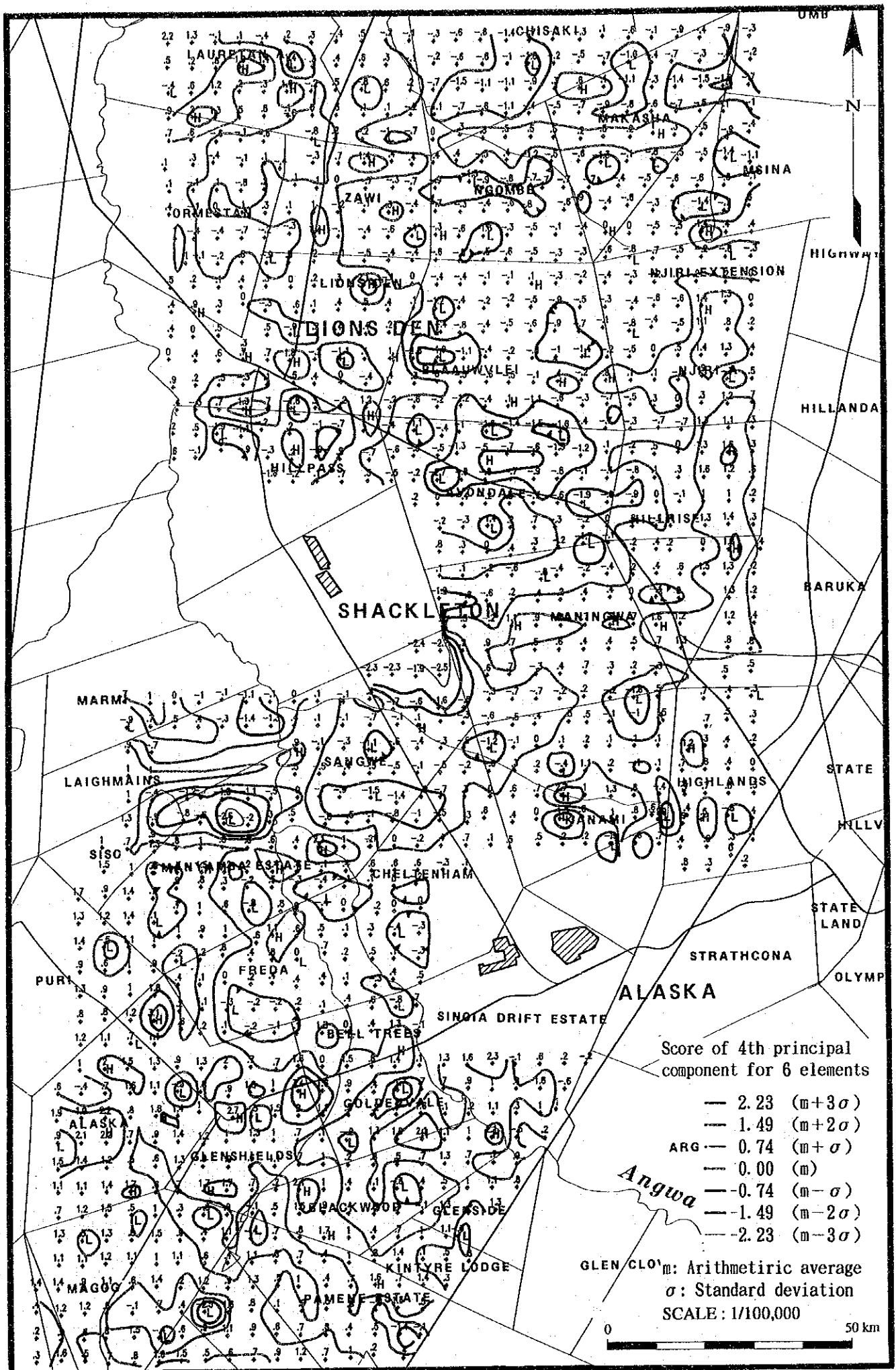
図II-3-2 Cuの濃度分布図 (アラスカ地区)



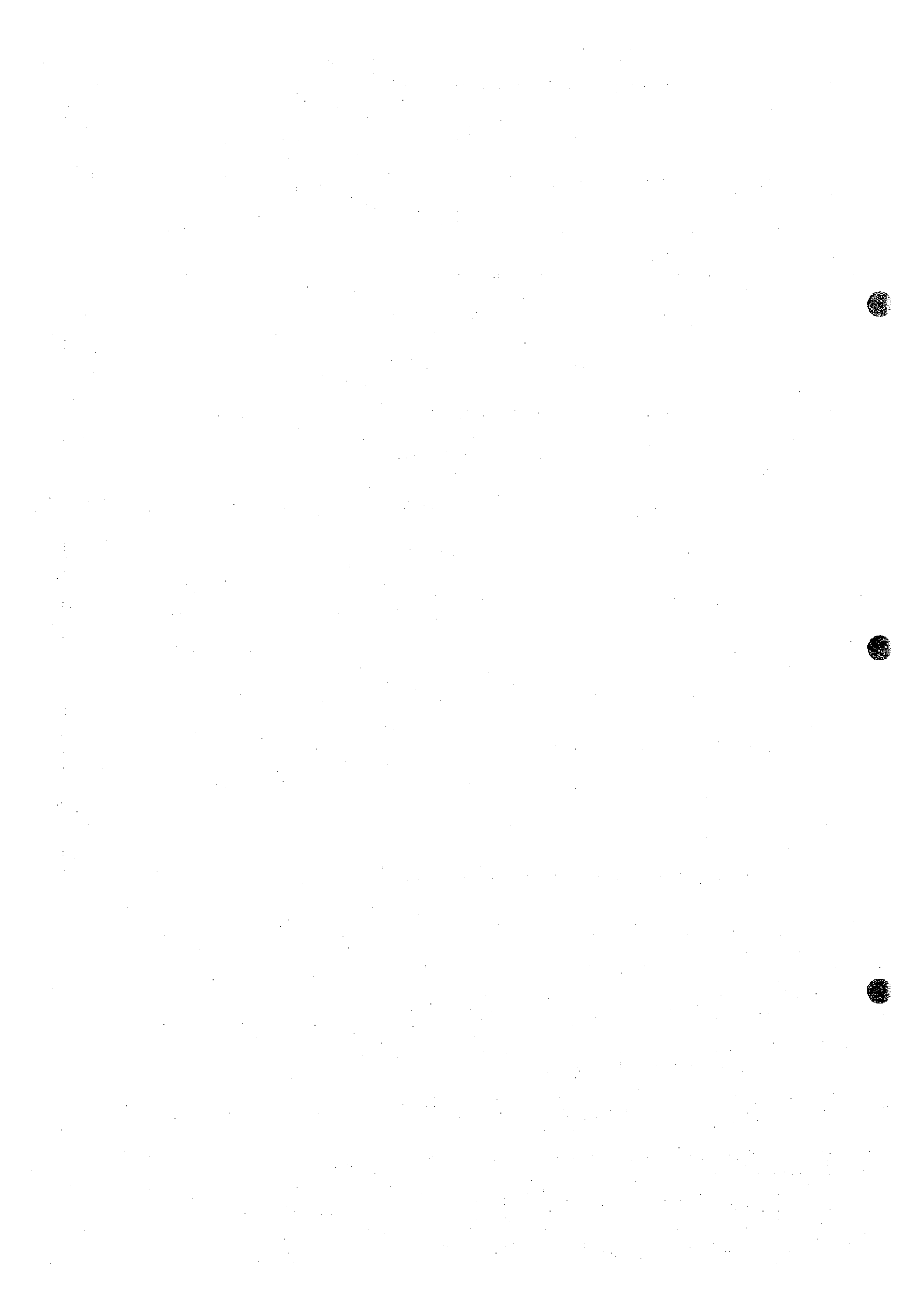


図II-3-3 10成分を用いた場合の第1主成分得点の分布図(アラスカ地区)





図II-3-4 6成分を用いた場合の第4主成分得点の分布図(アラスカ地区)



(2) ウンボエ地区

Cuの濃度分布図及び代表的な主成分分析得点の分布図を図Ⅱ-3-5～図Ⅱ-3-7に示す。

調査地区の南東には、ユナイテッド・キングダム鉱山がある。地質は、デヴェラス層群のアルコースが分布し、それを取り囲むようにロマグンディ層群の苦灰岩が発達する。アルコース中には粗粒玄武岩が貫入している。

単成分濃度で見た場合、ユナイテッド・キングダム鉱山付近では、Cu、Au、Ag及びFeが周辺と比較して高濃度となっている。Cuはデヴェラス層群のアルコースよりもロマグンディ層群の苦灰岩の方が高濃度を示す傾向がある。また、アラスカ地区と同様に、苦鉄質岩類の分布域でも高濃度となっている。類似した傾向はFe及びZnについても認められその濃度分布は地層境界に調和的である。デヴェラス層群中のアルコース分布域に注目した場合、Cuは既知鉱山付近を含めて、73ppm以上の高濃度地点が幾つか散見できる。調査地域北西のリビングトン、リバースデール、及びザグレンの農場地内では広範囲に渡って73ppm以上の高濃度帯が分布する。地質図では表現されていないが、過去のE. P. O. 調査 (No. 74及び414) では苦鉄質岩類の分布に対応しているとされ、堆積岩中のCu鉱化作用の可能性は低い。

主成分分析結果のうち6成分を用いた場合の第4主成分の得点分布は、ユナイテッド・キングダム鉱山付近のほか幾つかの場所で $m+2\sigma$ 以上の高得点となっている。これらの高得点地のうちユナイテッド・キングダム鉱山北方及びノーラ鉱山南方はCu高濃度異常と対応している。

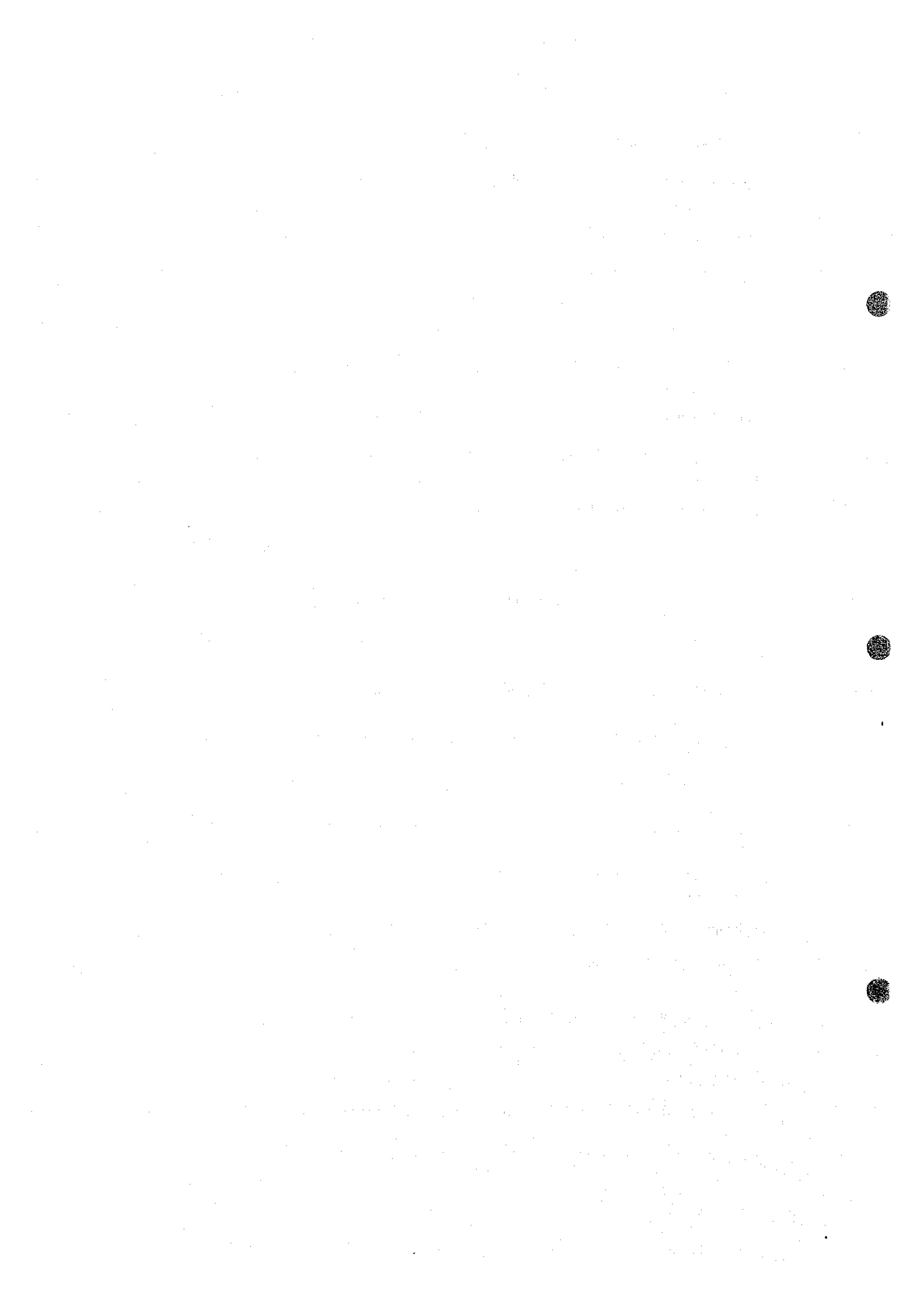
(3) マングラ北部地区

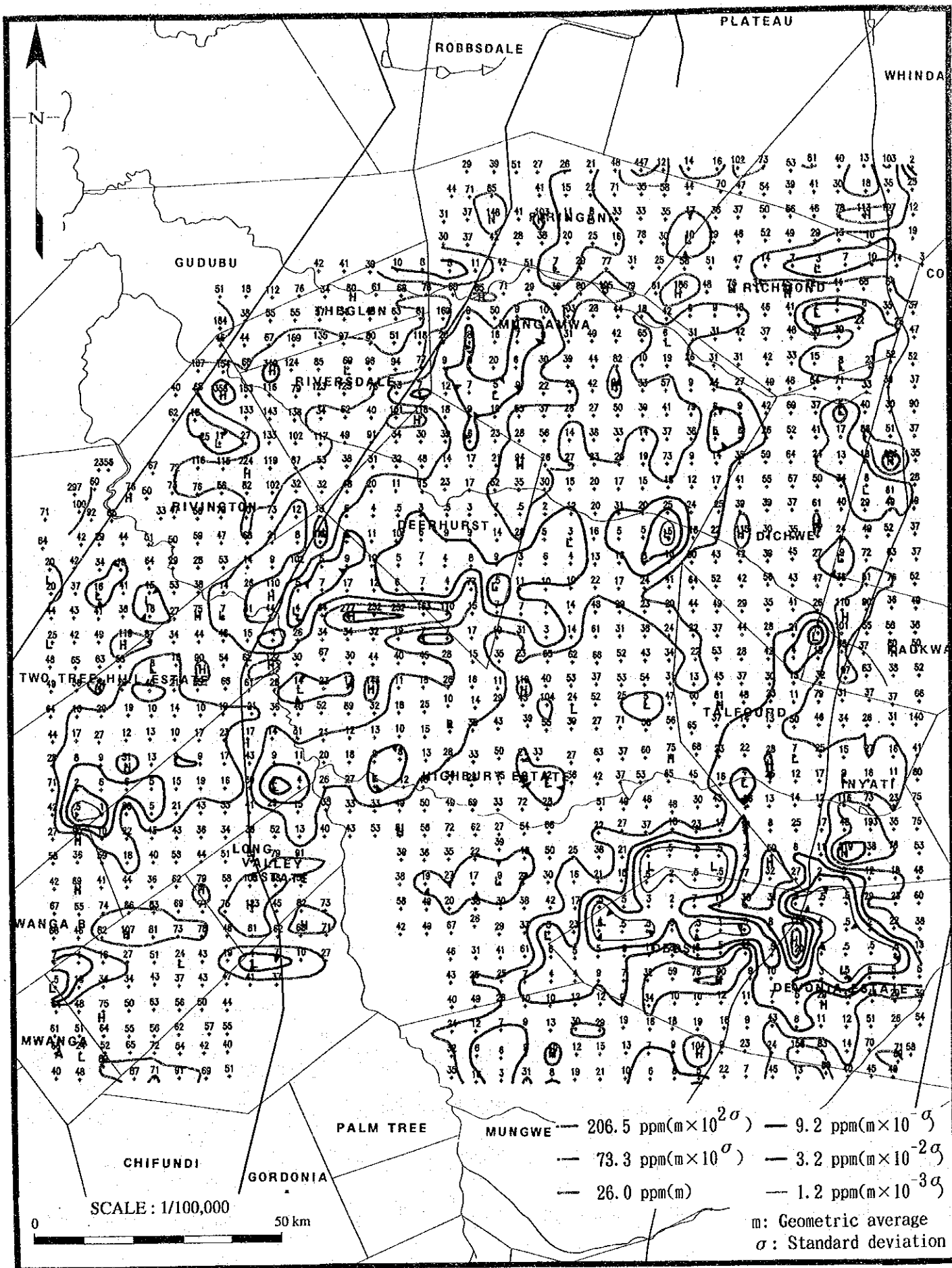
Cuの濃度分布図及び代表的な主成分分析得点の分布図を図Ⅱ-3-8～図Ⅱ-3-10に示す。

調査地区の北半分については、これまで土地化学探査は行われていない。本地区南部に比較してデヴェラス層群のアルコースの分布幅は狭く、東西4km前後である。調査地区の東側は、マゴンディ累層群の堆積前の基盤岩類及び新期花崗岩が広く分布する。

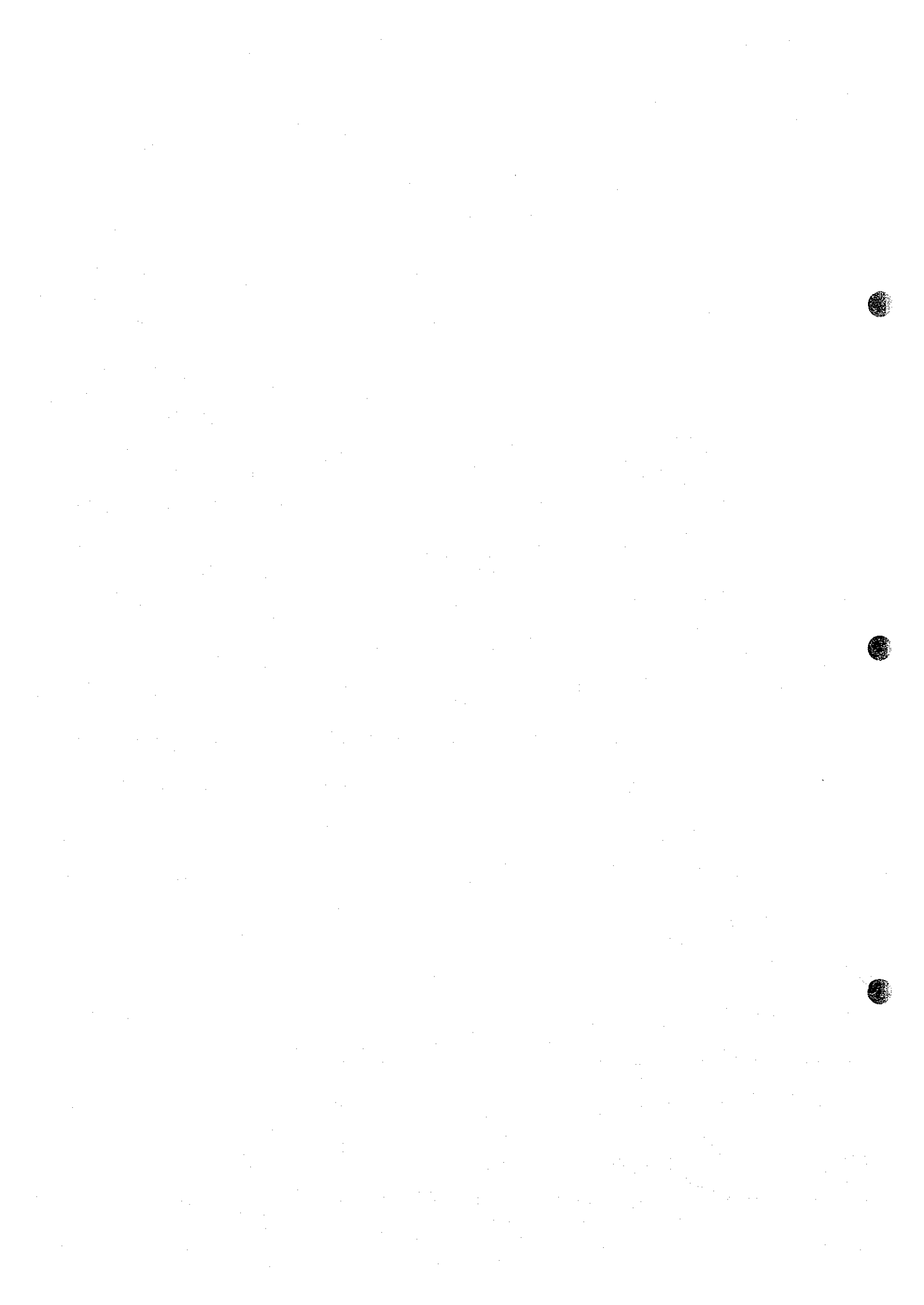
単成分で見た場合、Cu濃度は新期花崗岩の分布域では全般に低濃度であり顕著な高濃度異常は示していない。デヴェラス層群の分布域内で73ppm以上の高濃度以上を示す箇所が広範に認められるが、地質図上の粗粒玄武岩貫入岩の分布に対比できない異常が基盤岩及び新期花崗岩との境界部等で幾つか認められる。地区北部のビンジ及びレドゥウィングの両農場内の基盤岩分布域にも73ppm以上の高濃度異常が認められ、付近の地質の検証が必要である。類似した傾向は、Auの高濃度としても認められる。Zn、As及びHgの高濃度箇所は、地層の違いによらず散点しており、単成分での解釈は困難である。

主成分分析結果のうち6成分を用いた場合の第4主成分の得点は全般に低く、 $m+2\sigma$ 以上の高得点地は2箇所のみである。苦鉄質岩類の分布に対比された73ppm以上のCu高濃度地は、全て本主成分得点が $m+2\sigma$ 以下である。本主成分得点が $m+\sigma$ 以上の場所のうち、Cu高濃度異常と重なり合う部分が数点で確認された場所は、マングラ北部のチロンボジ～グリーンフィールド～ワイルデンにまたがるデヴェラス層群の基底部付近、デヴェラス層群分布域のチピリ農場内、及び





図II-3-5 Cuの濃度分布図 (ウンボエ地区)



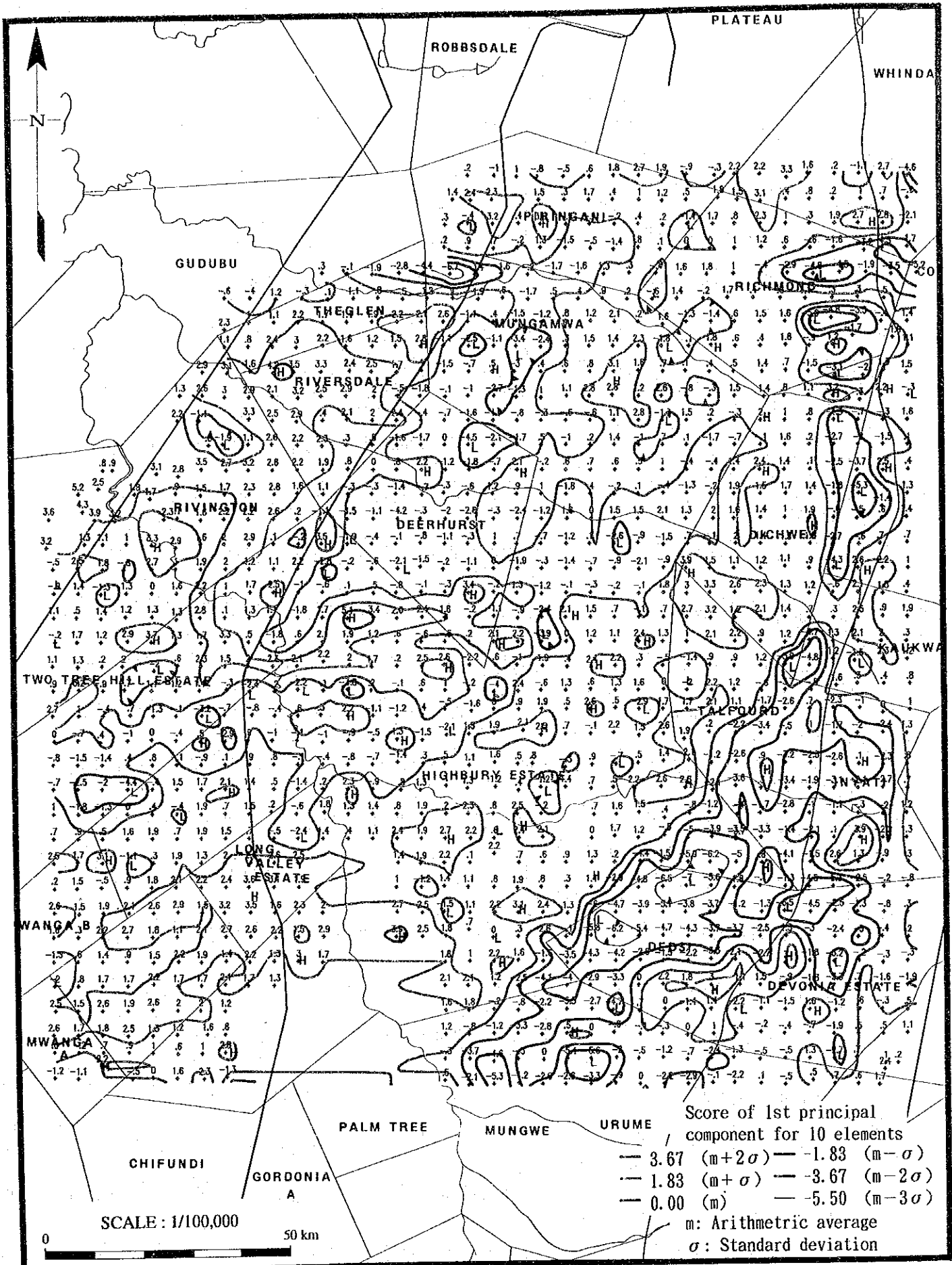
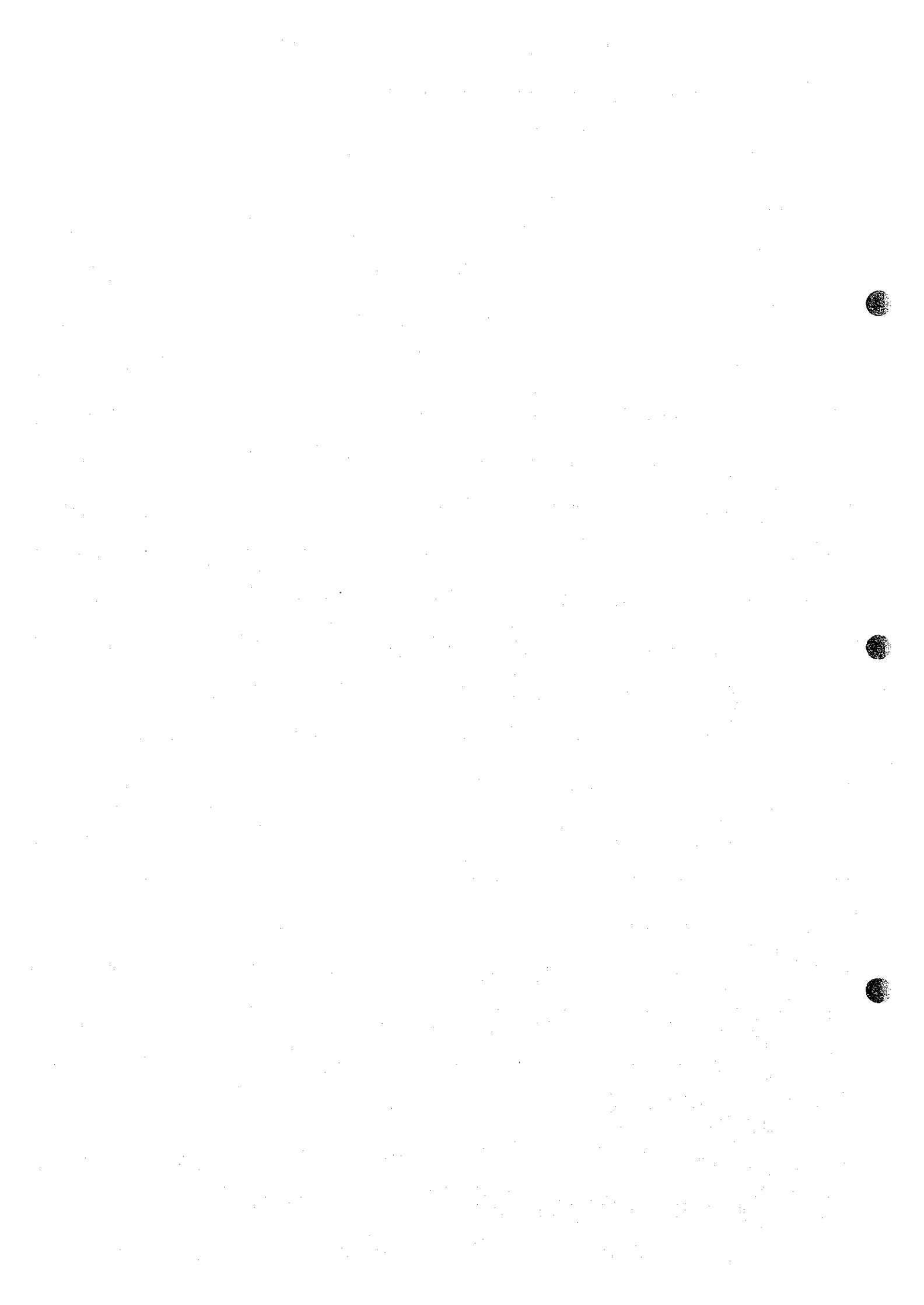
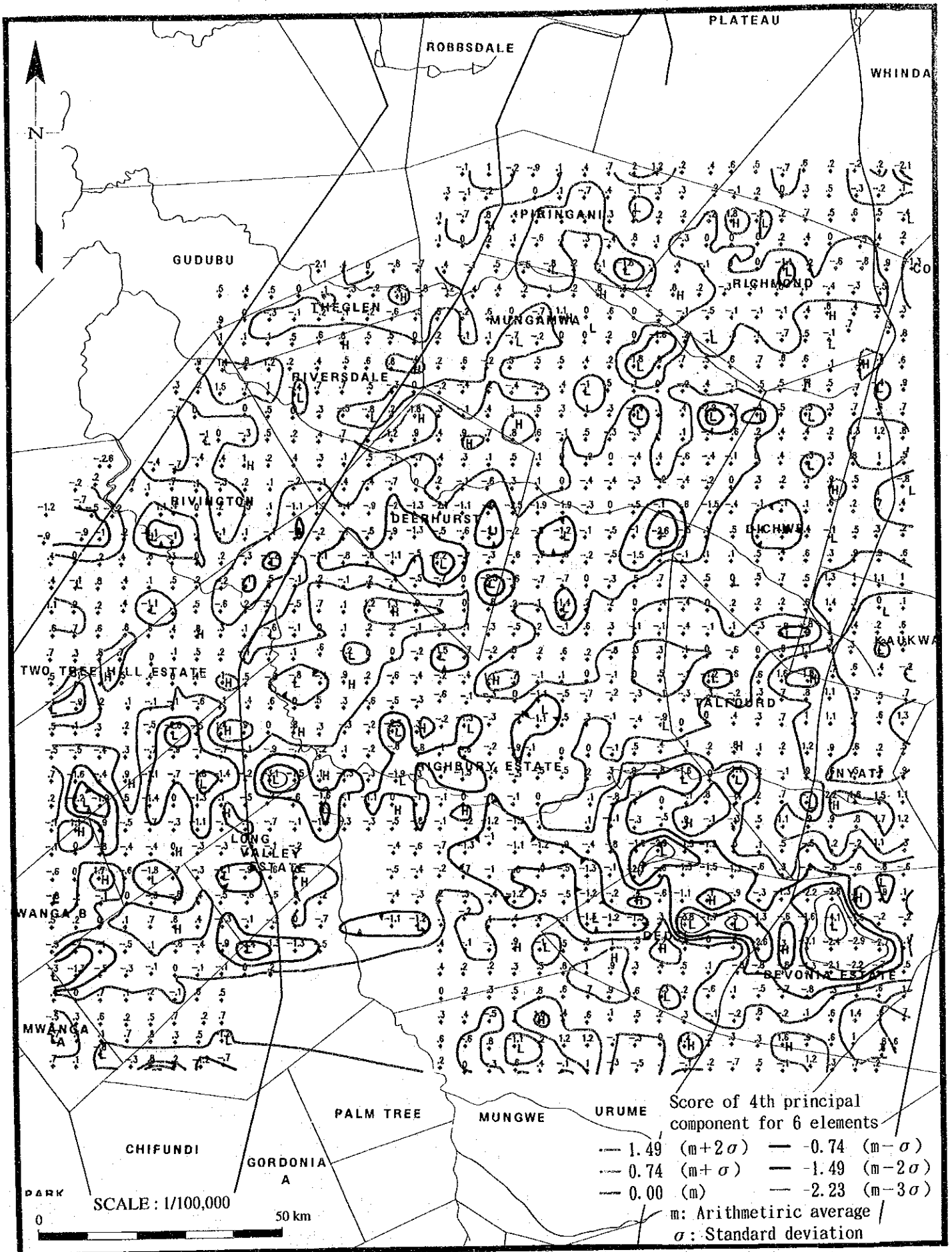
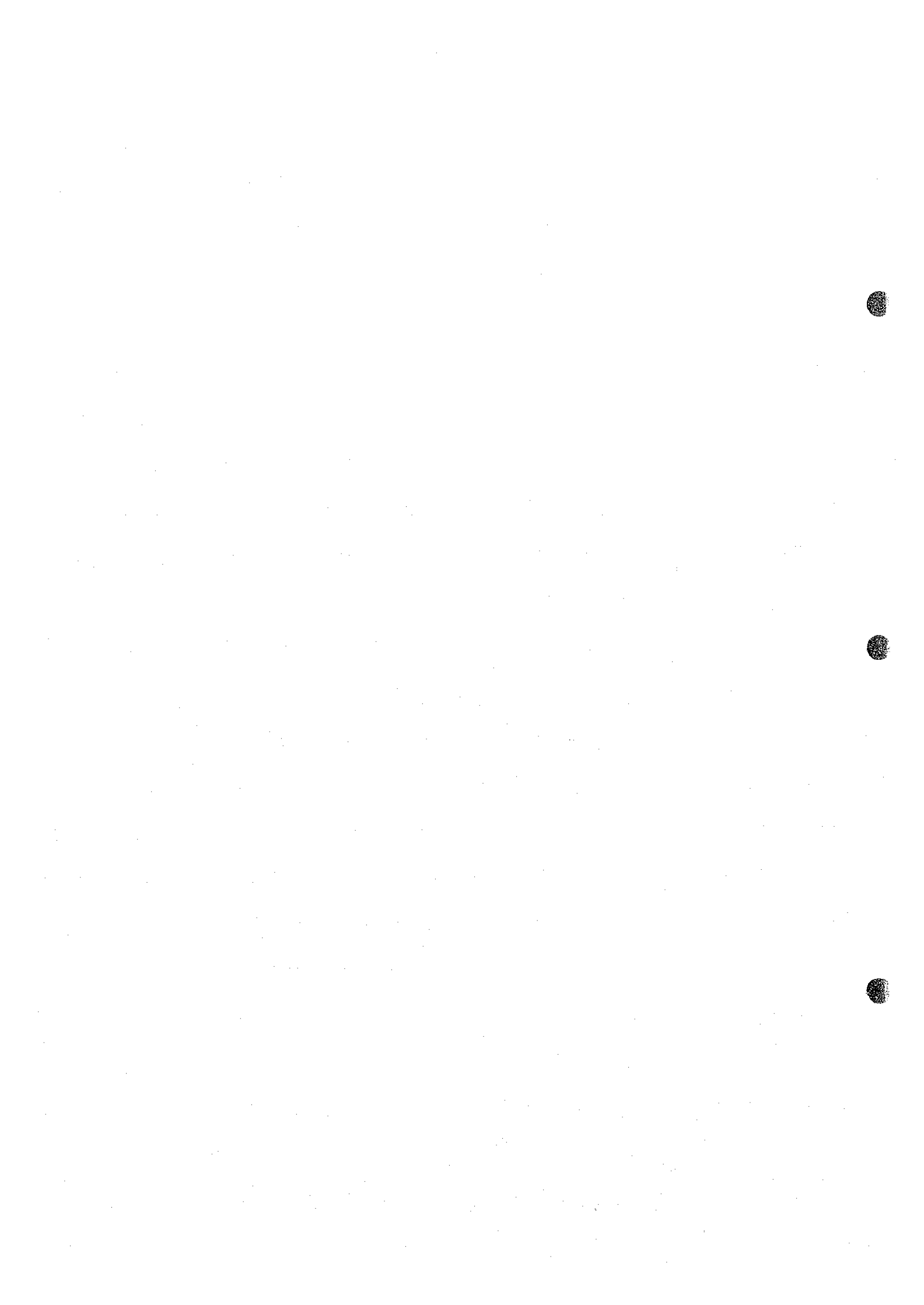


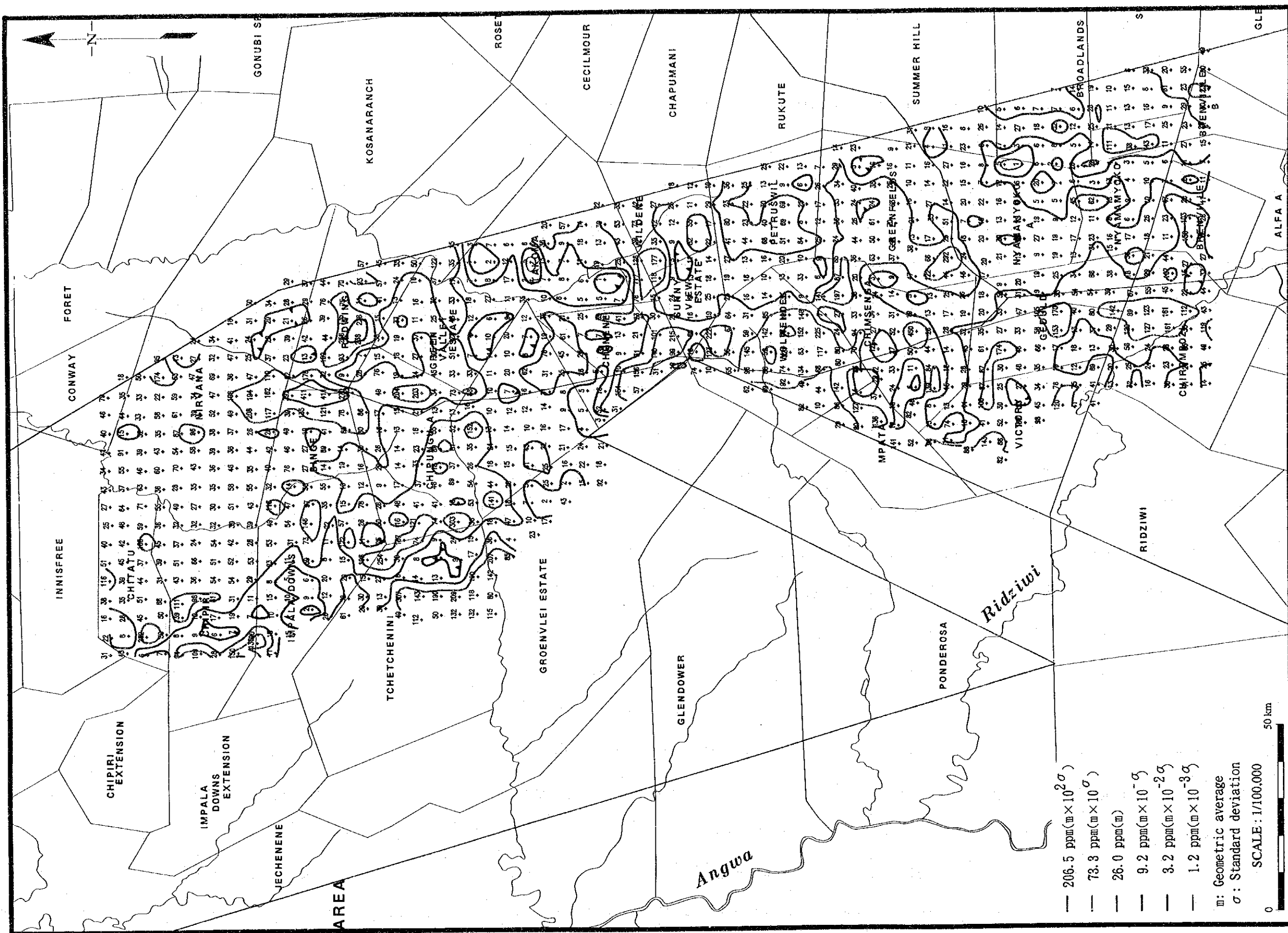
図 II - 3 - 6 10成分を用いた場合の第1主成分得点の分布図 (ウンボエ地区)





図II-3-7 6成分を用いた場合の第4主成分得点の分布図(ウンボエ地区)

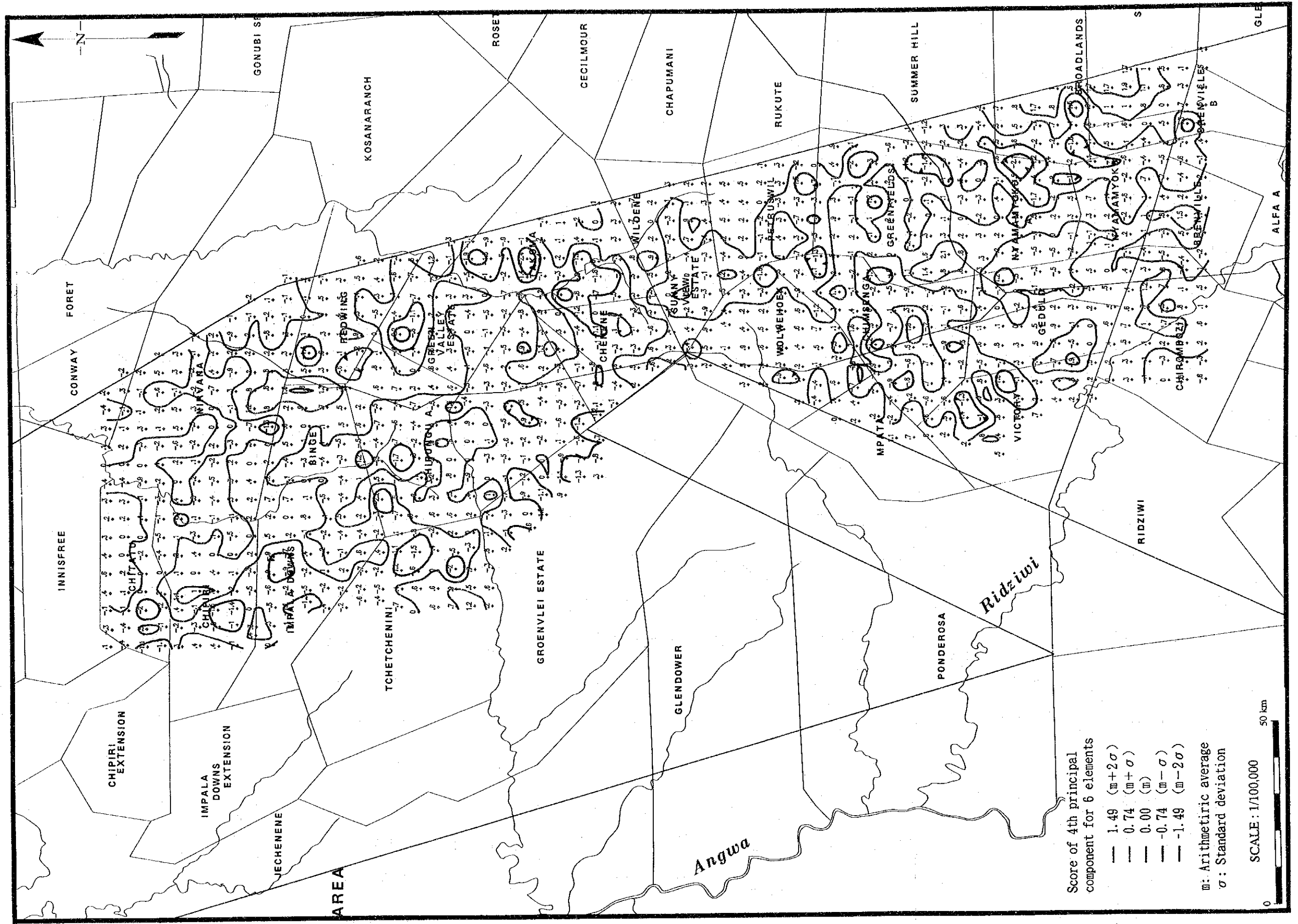




図II-3-8 Cuの濃度分布図 (マングラ北部地区)



図 II-3-9 10成分を用いた場合の第1主成分得点の分布図 (マングラ北部地区)



図II-3-10 6成分を用いた場合の第4主成分得点の分布図(マングラ北部地区)

