

ウズベキスタン共和国 南ヌラタウ地域
資源開発協力基礎調査報告書

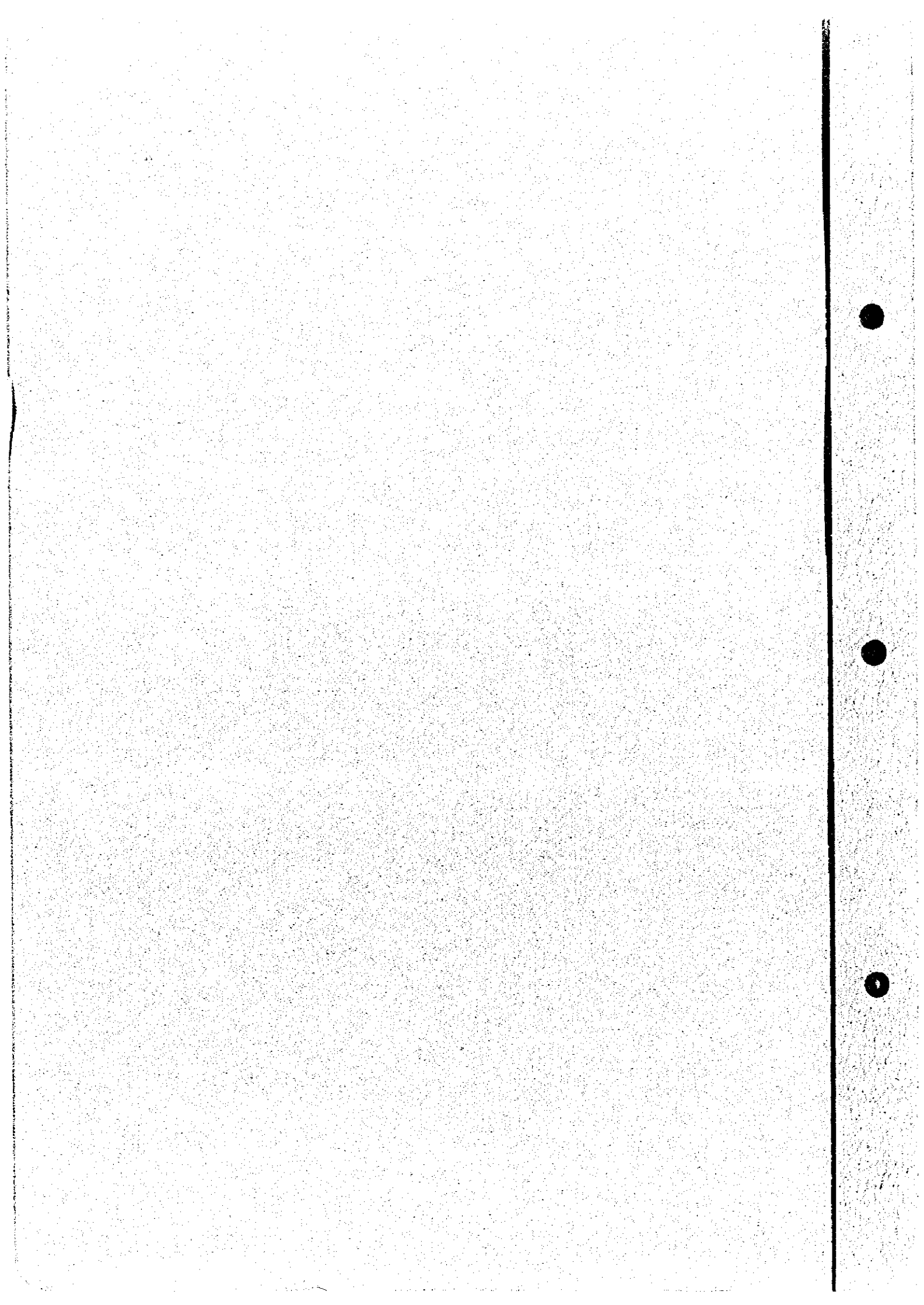
第 1 年 次

平成10年3月



国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱調査
CR(2)
98-085



ウズベキスタン共和国 南ヌラタウ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 1 年 次

平成10年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1142048 (6)

はしがき

日本国政府はウズベキスタン共和国政府の要請に応え、同国の首都タシケントの南西方約330kmに位置する南ヌラタウ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、地化学探査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は平成9年度を第1年次とする初年次にあたり、金属鉱業事業団は4名の調査団を編成して平成9年8月17日から平成10年1月23日まで現地に派遣した。

現地調査は、ウズベキスタン共和国政府関係機関、国家地質委員会の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、第1年次の調査結果をまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力をいただいたウズベキスタン共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ウズベキスタン共和国日本大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成10年3月

国際協力事業団

総裁 藤田 公 郎

金属鉱業事業団

理事長 桧 山 博 昭

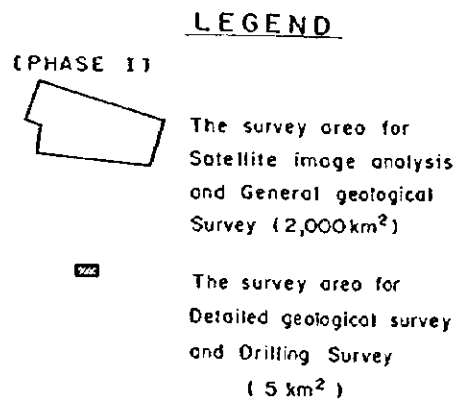
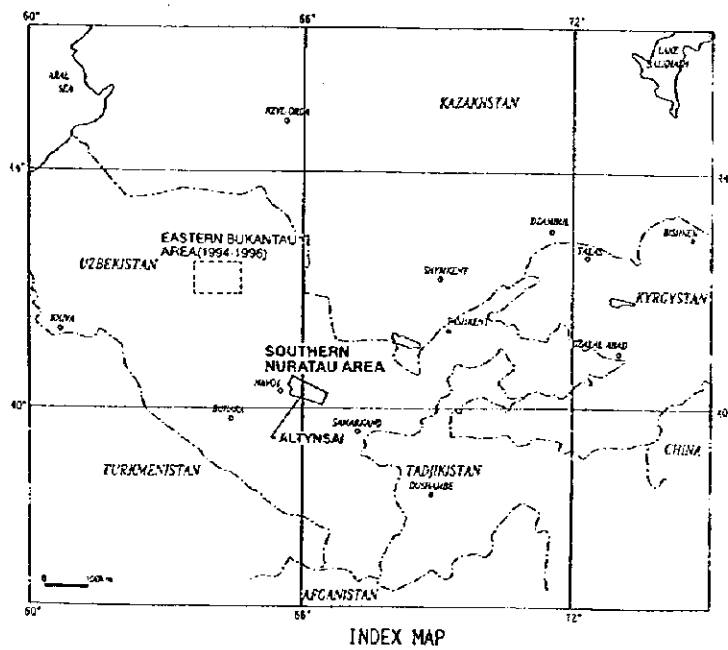
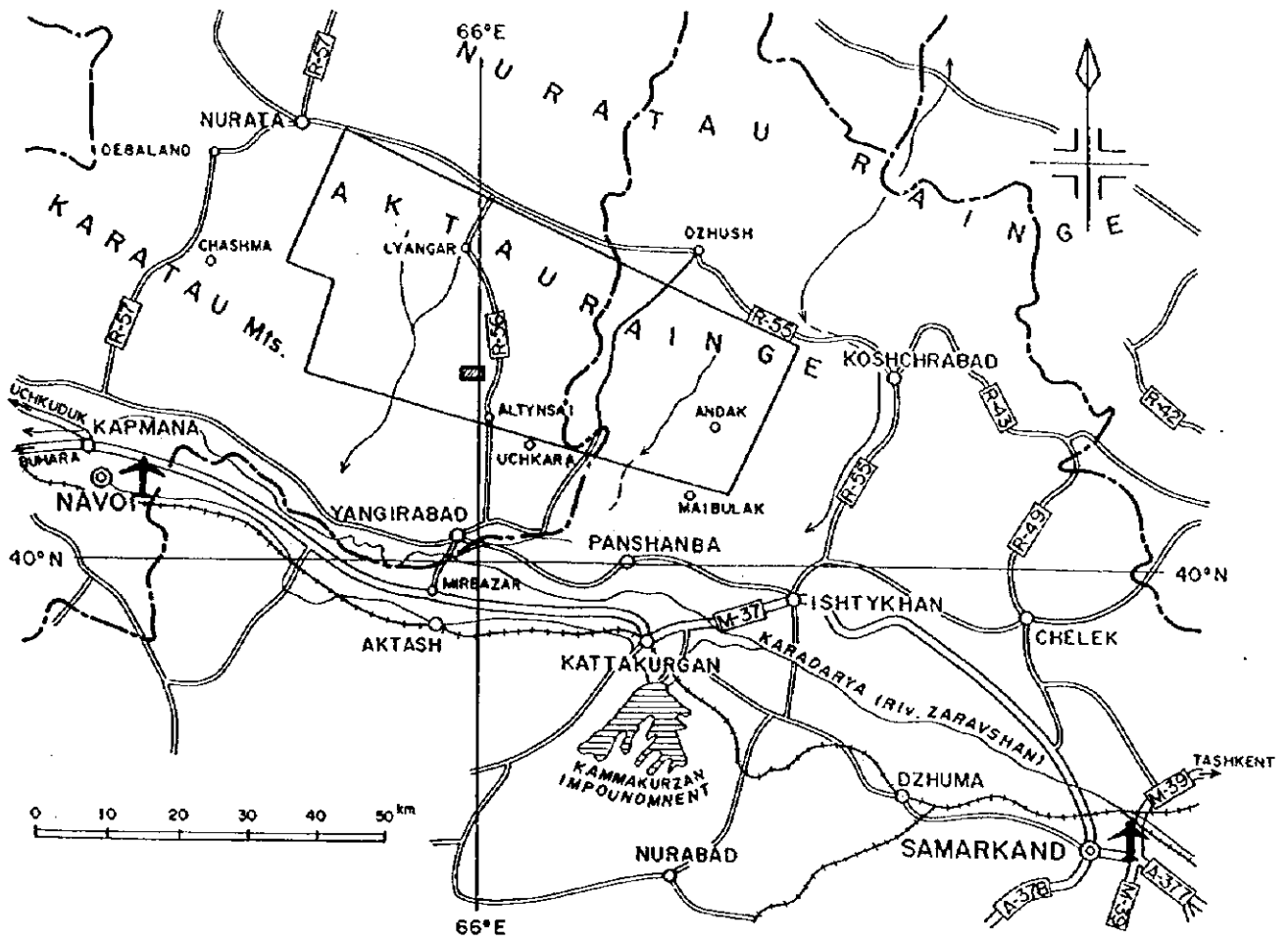


Fig. I -1 Location Map of the Survey Area

要 約

本報告書は、ウズベキスタン共和国南ヌラタウ地域において実施した資源開発協力基礎調査の第1年次調査結果をとりまとめたものである。本調査の目的は、ウズベキスタン共和国南ヌラタウ地域において地質状況及び鉱床賦存状況を解明し、今後の探査指針を策定すること及び既存鉱床等の再評価を行い探掘計画を策定することにより、相手国の資源開発の支援を行うことである。現地調査は平成9年8月から平成10年1月にかけて実施された。

第1年次調査は、調査対象地域に設定された地区2,000km²に対し衛星画像解析、既存の資源関連資料の収集・解析及び地質概査を行った。また、アルティンサイ地区に対し地質精査5km²を実施するとともに、アルティンサイ鉱床に対してボーリング調査(10孔、合計2,451.1m)を実施した。

地区ごとの調査結果及び第2年次調査への提言は以下のとおりである。

1) 南ヌラタウ地域全域

- (1) 本地域の中部から南部には下部カンブリア系～下部シルル系の陸源堆積物が分布し、北部には、上部シルル系～中部石炭系の石灰岩が主に分布している。これらに、シルル紀～三疊紀の岩脈類と石炭紀～二疊紀の花崗岩類が貫入している。地層はWNW-ESE方向の褶曲と断裂によって、同方向に伸張する細長い構造帯を形成している。この方向と交差するNE-SW及びE-W方向の断裂も発達する。
- (2) LANDSAT TMデータを用いて作成された衛星画像は、地質の分布と構造を明瞭に表し、調査地域での地質判読に有効であることが確かめられた。
- (3) 本地域の金を主体とする鉱床・鉱微地は、WNW-ESE方向の断裂帯に沿って分布し、カラタウ花崗岩体の北側に沿うカラタウ鉱化帯(東西70km, 南北2-4km)及びアクタウ花崗岩体の南側に沿うアクタウ鉱化帯(東西70km, 南北2-5km)を形成している。
- (4) カラタウ鉱化帯中には、カラメチェットークライ鉱微地、精査地区のアルティンサイ鉱床等の金・銀石英脈タイプの鉱床・鉱微地が分布している。アクタウ鉱化帯中には、ピタブ、バシュタット、マウリャン、タウリャン等の金・銀石英脈タイプの鉱微地がある。これらのほかに、アクムラの鉄・マンガン鉱微地、サルタクチのニオブ・タンタル鉱微地とリャンガールのスカルン型タングステン・モリブデン鉱床がある。
- (5) マウリャン鉱微地では、直径約2mmの金粒が単独で石英中に認められ、初生のもものと判断された。ピタブ鉱微地の研磨片観察で確認したエレクトラムは石英の割れ目中に黄鉄鉱及びマンガン酸化物と共生しており、二次富化作用によって生成された可能性がある。
- (6) 石英の流体包有物均質化温度は140°C～340°Cを示し、140°C～170°Cの比較的低い温度のグループと270°C～340°C前後の高い温度のグループに分けられる。低い温度の流体包有物

均質化温度は、その産状から、後期の熱水溶液が石英中の割れ目に取り込まれた二次的な流体包有物の均質化温度を示すと考えられる。低い温度を示したものはクライ、セピスタン及びサルタクチの石英で、高い温度を示したものはカラメチェット、マウリヤン、タウリヤン及びリヤンガールの石英である。

(7) マウリヤン鉱微地では、約10条のWNW-ESE方向の破碎・珪化帯に沿う石英脈や珪化帯に金鉱化作用が伴われる。現在までに脈幅1-4m、延長150m、200m及び800mの鉱体3条が確認されている。金品位は、1-18g/tと変化する。自然金(径2mm)は電気石を伴う新鮮な石英中に単独に含まれ、初生のもつと判断される。本鉱微地は、珪化帯の連続性が比較的良く、金品位も高い。東西の延長部及び下部に探鉱余地があり、概査地域内では最も有望と考えられた。

2) アルティンサイ地区

(1) 本地区の地質は、オールドビス系-シルル系の粘板岩、シルト岩、砂岩、千枚岩と下部シルル系の粘板岩、シルト岩、砂岩からなり、これらに貫入したランプロファイアの岩脈が分布する。本地区の鉱床は、WNW-ESE系、NW-SE系の断裂帯に規制された金を含む石英脈とN-S系節理に伴う電気石・石英脈からなる鉱脈型鉱床である。現在までに、No.1、No.2、No.5、No.8、No.9、No.10脈等20以上の珪化帯が確認されている。

(2) No.1、No.2、No.5、No.8脈及びNo.10脈を含む延長2.5km、幅500-800mの範囲に、N-S系の節理が無数に発達し、電気石・石英細脈帯を形成している。本細脈帯は母岩の黒雲母-白雲母ホルンフェルス帯の分布範囲とほぼ一致することと、ウズベク側が実施した空中磁気探査の結果から、本細脈帯の下部にWNW-ESE方向に配列する花崗岩類の岩株の存在が推定される。

(3) WNW-ESE系、NW-SE系断裂帯中に胚胎する石英脈の構成鉱物は、石英、黄鉄鉱、白鉄鉱、硫砒鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、針鉄鉱、鱗織石を主とし、方鉛鉱、自然蒼鉛、アイキナイト、閃蒼鉛銅鉱、灰重石、ルチル及びエレクトラムを伴う。今回研磨片観察で確認されたエレクトラムは粒径5-10 μ mで石英中に存在し、黄銅鉱、自然蒼鉛及び閃蒼鉛銅鉱と脈状の配列をなして共生するが単独に存在し、初生のもつと考えられた。

(4) N-S系の電気石・石英脈は、石英、電気石、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱を主とする。ウズベク側の研究結果では、鉄マンガン重石、錫石、トパーズ、緑柱石、自然金を含み、電気石グライゼンと考えられた。

(5) 石英の流体包有物均質化温度は一般に250°C~350°Cを示すが、WNW-ESE及びNW-SE方向の鉱脈の一部で110°C~200°Cの低温を示すものがある。概査地域と同様に低温を示すグループは、二次的な流体包有物の均質化温度を示すと考えられる。N-S系の電気石・石英脈の均質化温度は、250°C~340°Cを示し、WNW-ESE方向及びNW-SE方向の鉱脈と有意

な差は認められない。

- (6) 本年度のボーリングの結果では、No.1脈の上盤側やNo.5脈で比較的良好な鉍化作用（真幅0.2-1m, 金品位2-20g/t）を捕捉し、MJSN-8孔でNo.2脈の下部に優勢な鉍化作用（真幅1.6m, 金品位15.3g/t）を確認した。しかし、No.1脈ひ押し坑道（延長135m, 平均幅2.29m, 金品位15.7g/t）及びNo.2脈のひ押し坑道（延長55m, 平均幅4.28m, 金品位4.5g/t）で確認した富鉍体の下部を採鉍したMJSN-4, 5, 9, 10孔では低品位の鉍化作用（金品位4g/t）を捕捉したにとどまった。この理由としては、これら鉍体が小規模で品位が不均質なためと推定される。MJSN-8孔では、地表下250mで良好な鉍化作用を捕捉したため、No.2脈の鉍化作用はかなり深部まで連続することが確認された。

第2年次への提言は、次のように纏められる。

1) マウリャン地区

本鉍徴地は、本年次の既存資料調査と地質調査の結果、鉍化帯の連続性が比較的良好く、金品位も高いことが判明した。ウズベク側がトレンチで確認した鉍体の地下深部における鉍化状況を明らかにするためにボーリング調査を実施することが望ましい。また、本鉍徴地の南東延長方約3kmにはベシュブラク金鉍徴地、北東方4kmにはタウリャン金鉍徴地が存在する。これらの鉍徴地を含めた地区について地質精査を実施することが望ましい。

2) アルティンサイ地区

- (1) 本年次のボーリング調査の結果、地表下250mで良好な鉍化作用を捕捉し、深部への連続が明らかになったNo.2脈の西延長及び地下深部における鉍化状況を確認するためにボーリング探鉍を継続することが望ましい。
- (2) 坑道で確認したNo.1脈の富鉍体(延長135m, 平均幅2.29m, 金品位15.7g/t)の下部延長が未確認なため、ボーリング調査で探鉍することが望ましい。
- (3) 南部鉍化帯のNo.5, No.6, No.7, No.11, No.12脈等の各脈の下部については、本年次のボーリング調査でその一部を採鉍しただけでほとんど未採鉍である。これら北傾斜の断層が深部まで連続して花崗岩体に達し、鉍液の通路となって主要鉍体を胚胎し、No.1, No.2脈はこれから派生した分岐脈である可能性がある。地下深部における鉍化状況を確認するためにボーリング調査を実施することが望ましい。
- (4) N-S系電気石・石英細脈帯は、本年次のボーリング調査の結果、金品位は0.3-1.0g/tであったが、2-5g/tを示す部分も捕捉された。ストックワーク状に細脈が濃集し、金品位が1-1.5g/t以上になる部分では、露天掘りで採掘できる可能性がある。地表における細脈濃集帯の下部をボーリング調査で探鉍することが望ましい。

ウズベキスタン共和国南ヌラタウ地域

資源開発協力基礎調査

(第1年次)

目 次

はしがき
調査地域位置図
要 約

第 I 部 総 論

第1章 序 論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 第1年次調査の概要	1
1-2-1 調査地域	1
1-2-2 調査目的	1
1-2-3 調査方法	2
1-2-4 調査団の編成	3
1-2-5 調査期間	3
第2章 調査地域の地理	5
2-1 位置及び交通	5
2-2 地形及び水系	5
2-3 気候及び植生	5
第3章 一般地質	6
第4章 調査結果の総合検討	11
4-1 地質及び地質構造と鉍化作用の関係	11
4-2 鉍化作用の特性	12
4-3 鉍床賦存のポテンシャルについて	14
第5章 結論及び将来への提言	20
5-1 結 論	20
5-2 第2年次調査への提言	22

第 II 部 各 論

第1章 既存資料の解析	23
1-1 目的	23
1-2 既往調査の概要	23
1-2-1 既存地質資料の概要	23
1-2-2 既存物理探査資料の概要	24
1-3 調査地域の地質及び地質構造	25
1-4 調査地域の鉱床及び鉱微地	26
第2章 南ヌラタウ地域全域	35
2-1 衛星画像解析	35
2-1-1 調査目的	35
2-1-2 解析範囲、使用データ及び方法	35
2-1-3 画像判読・解析	37
2-1-4 変質帯抽出結果	38
2-1-5 グラントゥールズ結果	38
2-2 地質概査	53
2-2-1 調査目的	53
2-2-2 調査方法	53
2-2-3 調査結果	53
2-3 まとめ及び考察	64
第3章 アルティンサイ地区	91
3-1 地質精査	91
3-1-1 調査目的	91
3-1-2 調査方法	91
3-1-3 調査結果	91
3-2 ボーリング調査	103
3-2-1 調査目的	103
3-2-2 調査方法	103
3-2-3 調査結果	104
3-3 まとめ及び考察	107

第 III 部 結論及び将来への提言

第1章 結 論	141
1-1 南ヌラタウ地域全域	141
1-2 アルティンサイ地区	142
第2章 第2年次への提言	144
参考文献	145
巻末資料	A-1

LIST OF FIGURES

Fig. I -1	Location Map of the Survey Area
Fig. I -3-1	Geologic Map of the Southern Nuratau Area
Fig. I -3-2	Structural Zones of the Western Uzbekistan
Fig. I -3-3	Schematic Geologic Column of the Southern Nuratau Area
Fig. I -4-1	Scatter Plots (logarithmic) for Ore Samples in the General Survey Area
Fig. I -4-2	Scatter Plots (logarithmic) for Ore Samples in the Detailed Survey Area
Fig. I -4-3	Scatter Plots (logarithmic) for All Ore Samples
Fig. II -1-1	Existing Geologic Data
Fig. II -1-2	Existing Geochemical Data
Fig. II -1-3	Existing Electric Prospecting Data
Fig. II -1-4	Existing Magnetic and Gravity Prospecting Data
Fig. II -2-1-1	Ground Coverage of Satellite Data and its Specification
Fig. II -2-1-2	LANDSAT TM Color Composite Image
Fig. II -2-1-3	LANDSAT TM Ratio Anomaly Map
Fig. II -2-1-4	Geologic Interpretation Map of LANDSAT TM
Fig. II -2-1-5	LANDSAT TM Lineament Map
Fig. II -2-1-6	Integrated Interpretation Map of Image Analysis
Fig. II -2-2-1	Geologic Map of Kurai and Karamechet Ore Manifestations
Fig. II -2-2-2	Geologic Map of Karamechet Ore Manifestation
Fig. II -2-2-3	Geologic Cross Section of Karamechet Ore Manifestation
Fig. II -2-2-4	Geologic Map and Cross Section of Bitab and Bashtut Ore Manifestations
Fig. II -2-2-5	Geologic Map of Bitab Ore Manifestation
Fig. II -2-2-6	Geologic Cross Section of Bitab Ore Manifestation
Fig. II -2-2-7	Geologic Map and Cross Section of Bashtut Ore Manifestation
Fig. II -2-2-8	Geologic Map of Maulyan Ore Manifestation
Fig. II -2-2-9	Geologic Cross Sections of Maulyan Ore Manifestation
Fig. II -2-2-10	Geologic Map and Cross Section of Lyangar Tungsten Mine
Fig. II -3-1-1	Geologic Map of Altynsai Deposit
Fig. II -3-1-2	Geologic Cross Sections of Altynsai Deposit
Fig. II -3-1-3	Geologic Map and Cross Section of No.9 Vein(Kazanbulak Vein)
Fig. II -3-2-1	Location Map of the Drillholes in Altynsai District
Fig. II -3-2-2	Geologic Cross Section along MJSN-1 and 3 (L-65)

Fig. II-3-2-3	Geologic Cross Section along MJSN-2 (L-81)
Fig. II-3-2-4	Geologic Cross Section along MJSN-4 and 10 (L-61)
Fig. II-3-2-5	Geologic Cross Section along MJSN-5 and 9 (L-57)
Fig. II-3-2-6	Geologic Cross Section along MJSN-6,7 and 8 (L-51)
Fig. II-3-2-7	Perspective Section for Altynsai No.1 Vein
Fig. II-3-2-8	Perspective Section for Altynsai No.2 Vein
Fig. II-3-2-9	Perspective Section for Altynsai No.8 Vein
Fig. II-3-3-1	Integrated Interpretation Map of Altynsai Deposit
Fig. II-3-3-2	Integrated Interpretation Cross Sections of Altynsai Deposit

LIST OF TABLES

Table I-1-1	Outline of the Survey
Table I-4-1	Correlation among 4 Elements in Ore Samples
Table II-1-1	List of Ore Deposits and Ore Manifestations in the Survey Area
Table II-2-2-1	Major Assay Results in the General Survey Area
Table II-3-1-1	Major Assay Results in the Detailed Survey Area
Table II-3-2-1	Quantity of Drilling Works and Core Recovery in the Altynsai District
Table II-3-2-2(1)~(2)	Efficiency of Each Drillhole in the Altynsai District
Table II-3-2-3(1)~(2)	Working Time of Diamond Drilling in the Altynsai District
Table II-3-2-4	Consumable Drilling Articles in the Altynsai District
Table II-3-2-5	Drilling Meterage of Diamond Bits in the Altynsai District
Table II-3-2-6	Results of Drilling Works in the Altynsai District
Table II-3-2-7(1)~(2)	Major Mineralization Zones Revealed by Drillings in the Altynsai District

LIST OF PLATES

PL. II-2-2-1	Geologic Map of the General Survey Area (1)~(2)
PL. II-2-2-2	Location Map of the Samples of the General Survey Area (1)~(2)
PL. II-3-1-1	Geologic Map of the Altynsai District
PL. II-3-1-2	Geologic Cross Sections of the Altynsai District
PL. II-3-1-3	Geologic Map of the Adit (+698.89M Level) of the Altynsai Deposit
PL. II-3-1-4	Location Map of the Samples in the Altynsai District
PL. II-3-1-5	Location Map of the Samples in the Adit (+698.89M Level) of the Altynsai Deposit

APPENDICES

Appendix 1.	Geologic Core Logs of the Drillings
Appendix 2.	Results of Laboratory Works
Appendix 2-1	List of Laboratory Works
Appendix 2-2	Microscopic Observations of the Thin Sections
Appendix 2-3	Photomicrographs of the Thin Sections
Appendix 2-4	Microscopic Observations of the Polished Sections
Appendix 2-5	Photomicrographs of the Polished Sections
Appendix 2-6	Assay Results of the Ore Samples
Appendix 2-7	Results of X-Ray Diffraction Analyses
Appendix 2-8	Homogenization Temperatures of the Fluid Inclusions
Appendix 3.	Miscellaneous Data for the Drilling Survey
Appendix 3-1(1)~(4)	List of the Used Equipments for Drilling
Appendix 3-2(1)~(10)	Results of Drilling Works on Individual Drillhole
Appendix 3-3(1)~(10)	Progress Record of Diamond Drilling

第 I 部 総 論

第1章 序 論

1-1 調査の経緯

本調査は、ウズベキスタン共和国政府の要請を受けて、1997年6月14日付で締結されたScope of Workに基づいて、日本国政府がウズベキスタン共和国南ヌラタウ(Southern Nuratau)地域において、鉱物資源調査を実施するものである。

本調査の目的は、ウズベキスタン共和国南ヌラタウ地域において地質状況及び鉱床賦存状況を解明し、今後の探査指針を策定すること及び既存鉱床等の再評価を行い探掘計画を策定することにより、相手国の資源開発の支援を行うことである。また、調査期間を通じて相手国機関に対し技術移転を図ることを目的としている。

1-2 第1年次調査の概要

1-2-1 調査地域

南ヌラタウ地域は、首都タシケント(Tashkent)の南西方約330km、古都サマルカンド(Samarkand)の西北西方約100kmに位置している(Fig. I-1)。本地区の地形は、北部は海拔1,000～2,000mの山岳地帯、南部は海拔600～900mの緩やかな丘陵地からなる。

1-2-2 調査目的

第1年次調査は、調査対象地域に設定された地区2,000km²に対し衛星画像解析、既存の資源関連資料の収集・解析及び地質概査を行った。また、アルティンサイ(Altynsai)地区に対し地質精査5km²を実施するとともに、アルティンサイ鉱床に対してボーリング調査(10孔、合計2,451.1m)を実施した。

本調査の目的は、

- 1) 全地域について、衛星画像の写真地質学的判読作業を行い、調査地域の地質構造・岩相区分を把握すると共に、スペクトル解析画像から鉱化作用に伴う変質帯の抽出を行い、調査地域の広域的なポテンシャル評価のための基本図を作成する。
- 2) 地質・鉱床に関する既存資料を収集、整理、解析することにより、調査地域内の鉱床と鉱微地の概要及び鉱床の賦存状況を把握し、探査課題を明らかにする。
- 3) 地質概査(広域)及び地質精査(アルティンサイ地区)を行い、本地区の地質及び地質構造と鉱化作用との関係を把握する。
- 4) アルティンサイ地区において、ボーリング調査を実施し、層序と鉱床の産状を確認・記載するために、試料を採取し鉱量を確認する。

1-2-3 調査方法

1) 衛星画像解析

ランドサットTMデータを用い、当該地域の地質判読に最適と判断されるバンド組み合わせを選定し、フォールスカラー画像(縮尺20万分の1)を作成した後に地質単元と地質構造を判読した。判読結果から、地質単元区分図及びリニアメント解析図(共に縮尺20万分の1)を作成した。さらに、比演算及び無相関ストレッチ等のスペクトル解析を実施し、変質帯抽出に最適な画像(縮尺20万分の1)を作成した。このスペクトル解析画像から変質帯を抽出し、変質帯抽出結果図(縮尺20万分の1)を作成した。これらのデータ処理及び解析は、日本で実施された。

2) 既存資料解析

地質・鉱床に関する既存資料は、タシケントの国家地質委員会(State Committee of Geology and Mineral Reserves)、サマルカンドのサマルカンド地質局(Samarkandgeology)及びザラフシャン探査部隊(Zarafshan Expedition)で収集された。

3) 地質調査

Table I-1-1に示す調査量の地質概査(広域)及び地質精査(アルティンサイ地区)を行った。ベースキャンプはミルバザール(Millbazar)のホテル内に置いた。

地質概査の踏査は、縮尺2万5千分の1の地形図を使用してルートマップを作成し、特に重要な露頭については縮尺100~200分の1のスケッチ及びカラー写真撮影を行った。調査結果は、縮尺5万分の1の地質図にまとめた。

地質精査の踏査は、現地のアルティンカズガン地質隊(Altynkazgan Geological Party)で入手した縮尺5,000分の1の地形図を拡大した縮尺2,500分の1の地形図を使用してルートマップを作成し、特に重要な露頭については縮尺100~200分の1のスケッチ及びカラー写真撮影を行った。調査結果は、縮尺2,500分の1及び1万分の1の地質図にまとめた。

また地質調査と同時に、Appendix 2-1に示す数量の各種サンプリングを行い、室内試験を実施した。

4) ボーリング調査

アルティンサイ地区においてTable I-1-1に示す調査量のボーリングを実施した。ボーリング掘進は現地ボーリング業者を起用して行った。

鑑定と写真撮影を行った後に半割りコアを採取し、Appendix 2-1に示す数量の各種サンプリングを行い、室内試験を実施した。コアの鑑定結果はAppendix 1に示す縮尺200分の1の柱状図にまとめた。

1-2-4 調査団の編成

1) 調査計画及び折衝

日 本 側		ウズベキスタン共和国	
氏 名	所 属	氏 名	所 属
辻本 崇史 (団長)	金属鉱業事業団	A.Abdurakhmanov	国家地質委員会
神谷 太郎 (調査企画)	国際協力事業団	A.L.Ogarkov	//
山口 聡 (地質)	金属鉱業事業団	G.E.Kamagurov	//
		A.T.Zakirov	//

2) 現地調査団

日 本 側		ウズベキスタン共和国	
氏 名	所 属	氏 名	所 属
福元 勝治 (団長)	三井金属資源開発株式会社	A.Abdurakhmanov (全般)	国家地質委員会
原田 陽夫 (地質調査)	//	G.E.Kamagurov (全般)	//
柴田 精久 (地質調査)	//	A.T.Zakirov (全般)	//
青山 務 (ボーリング調査)	//	A.L.Ogarkov (地質)	//
		N.E.Kozarez (地質)	//
		Xamidoraev (地質)	サマルカント地質局
		V.A.Shebchenk (地質)	アライシヤン探鉱部隊
		Lev.A.Sim (物探)	国家地質委員会
		N.Akhmedov (全般)	サマルカント地質局
		M.B.Karimov (全般)	サアラフヤン探鉱部隊
		Zalyotov (試錐)	サマルカント地質局
		Abdumutalov (試錐)	サアラフヤン探鉱部隊

3) 現地作業管理

栗原政臣 金属鉱業事業団

1-2-5 調査期間

期 間 項 目	1997年					1998年	
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
計画・準備	16						
現地調査	12					23	
試験・分析							15
報告書作成							

Table I -1-1 Outline of the Survey

Items	Quantity			
Satellite image analysis	Analyzed area	;	2,000 km ²	
Geological survey (general survey area)	Survey area	;	2,000 km ²	
	Length of route	;	584 km	
(detailed survey area)	Survey area	;	5 km ²	
	Length of route	;	22 km	
Drilling survey (Altynsai deposit)	Hole No.	Length	Dip	Direction
	MJSN-1	190.0m	-75°	N 10° E
	MJSN-2	160.1m	-75°	S 10° W
	MJSN-3	341.4m	-75°	N 10° E
	MJSN-4	320.0m	-75°	N 10° E
	MJSN-5	320.0m	-75°	N 10° E
	MJSN-6	173.0m	-75°	N 10° E
	MJSN-7	191.1m	-75°	N 10° E
	MJSN-8	335.5m	-80°	N 10° E
	MJSN-9	200.0m	-75°	N 10° E
	MJSN-10	220.0m		
Total 10 holes	Total length	2,451.1m		

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

調査地域は、首都タシケントの南西方約330km、古都サマルカンドの西北西方約100kmに位置し、ナボイ州(Navoi Region)及びサマルカンド州(Samarkand Region)に跨って分布する。本地域に至るには、タシケントから自動車にて約4.5時間(380km)で本地域東方のサマルカンドまで達し、その後更に約2時間(155km)でザラフシャン探鉱部隊アルティンカズガン地質隊の本拠地であるアルティンサイ鉱床に至る(Fig. I-1)。道路はアルティンサイ付近の約5kmを除き舗装されている。

2-2 地形及び水系

本地域の北部には南天山山脈の西縁にあたるアクタウ山脈(Aktau Range)があって、海拔1,000~2,000m級の山脈がWNW-ESE方向に連なる急峻な山岳地帯を形成している。南部はその山麓部にあたり、海拔600-900mの緩やかな丘陵地に相当する。南西部にはWNW-ESE方向のカラタウ山地(Karatau Mountains)があって、その海拔は600~1,200mと変化する。

本地域では、乾燥期の夏期にも恒常的な流水を伴うのは大きな沢に限られ、冬と春の降雨時にのみ時々水が流れる多くの涸沢が見られる。水系は、N-S~NNE-SSW方向に伸張する樹枝状~平行状の水系パターンを示す。

2-3 気候及び植生

本地域の気候は、典型的な大陸性乾燥気候で、暑く乾燥した夏と寒い冬で特徴づけられ、月平均気温は1月が最も気温が低く最低気温は-20°C、7月が最も高く最高気温は+40°Cに達する。

降雨量は冬と春に多く、年間総降雨量は300-350mmで春の降雨量はその30%に達する。

砂漠性気候のため、植生は大きな沢の流域を除き少なく、岩石砂漠の景観を呈する。

恒常的な流水のある大きな沢沿いには、ポプラ、柳、桑や果樹類等の樹木と灌木類が見られる。草と灌木は地域全体に認められるが、通常一部の沢沿いを除き、毎年7月までに枯れてしまう。動物は数は少ないが、蛇、トカゲ、亀等の爬虫類のほか、鳥類、ネズミ、リス、狐、狼等が生息する。

第3章 一般地質

調査地域には、古生代の堆積岩類及び花崗岩類からなる基盤岩類と、上部白亜系セノン統 (Senonian Series) から第四系までの堆積物からなる被覆層が分布する (Fig. I-3-1 及び Pl. II-2-2-1)。本地域は、南天山構造帯 (Southern Tien Shan Tectonic Belt) のザラフシャン-トルケスタン帯 (Zarafshan-Turkestan Zone) に属し、基盤岩類の広域的な構造方向は西北西-東南東を示す (Fig. I-3-2)。

基盤を構成する堆積岩層は下部カンブリア系から中部石炭系までの13累層が区分され (Fig. I-3-3)、それぞれの累層は主に断層で接している。これらの累層は、アクタウ山脈及びカラタウ山地の伸長方向に沿って西北西-東南東方向の帯状の分布を示し、著しく褶曲している。基盤の堆積岩類に、石炭紀中期から二畳紀前期のアクタウ花崗岩類及び二畳紀前期のカラタウ花崗岩類が貫入し、アクタウ山脈及びカラタウ山地の主要部をそれぞれ構成している。花崗岩類以外の火成岩としては、シルル紀から三畳紀のランプロファイア、閃緑岩及び斑れい岩などの岩脈が分布する。

下部カンブリア系から上部シルル系までの地層は、粘板岩と砂岩を主とする厚い陸源堆積物であり、カラタウ山地と調査地域東部のアクタウ山脈に広範囲に分布する。上部シルル系から中部デボン系までの地層は厚い石灰岩を主とし、調査地西部ではアクタウ山脈に、また調査地東部では主にアクタウ山脈南部の復背斜構造に沿って分布する。中部石炭系は礫岩及び粗粒砂岩を主とし、調査地域北西部で西北西-東南東に配列した小ブロック状に分布する。

被覆層を構成する堆積物は非常に緩い傾斜をなして、主にアクタウ山脈北側とカラタウ山地南側の平地に分布する。上部白亜系のセノン統及び古第三系の始新統は、マール、シルト岩、石灰岩、砂岩及びコキナ岩などを主とする浅海成の堆積物である。新第三系は、半固結の礫岩、砂岩及び粘土などを主とするモラッセ型の堆積物である。第四系は扇状地堆積物、段丘堆積物、河床堆積物及び風成堆積物などからなる。

本地域の鉍床・鉍微地はシルル紀から三畳紀の岩脈類と石炭紀から二畳紀の花崗岩類に由来した金・銀鉍脈鉍床を主としている。

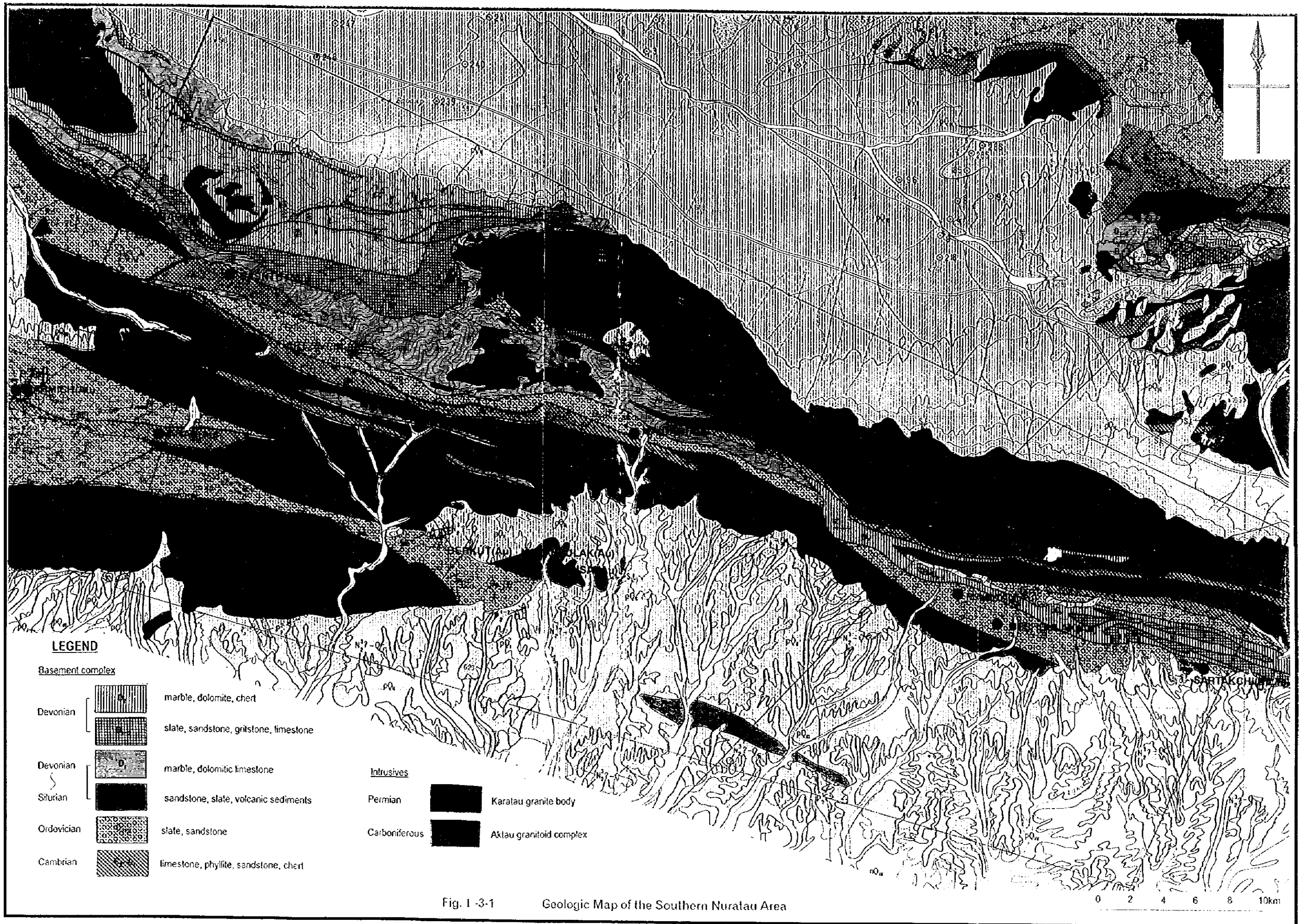


Fig. 1 -3-1 Geologic Map of the Southern Nuratau Area

0 2 4 6 8 10km

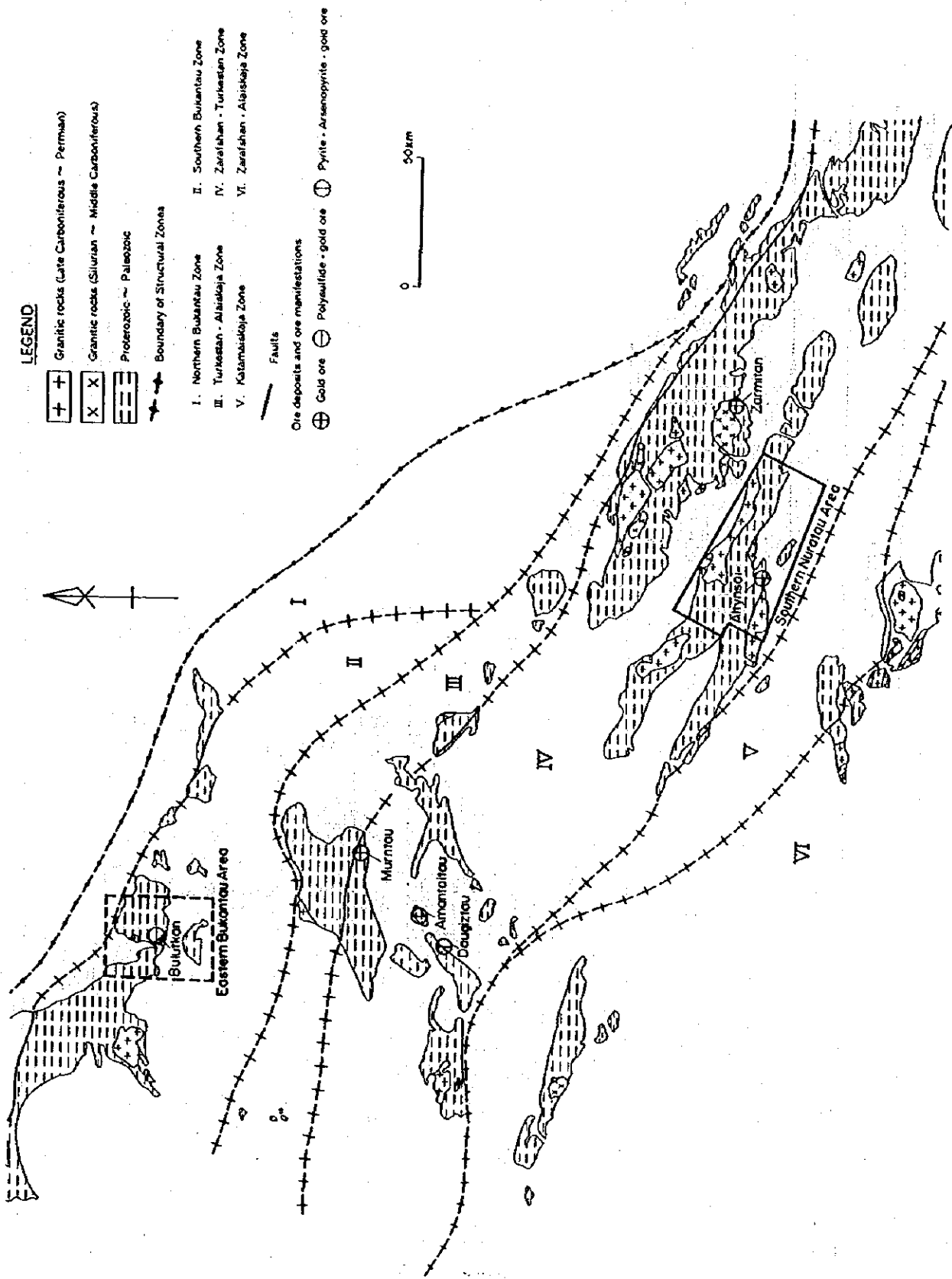


Fig. 1-3-2 Structural Zones of the Western Uzbekistan

Age		Formation	Abbreviation	Geologic column	Thickness (m)	Lithology	
Cenozoic	Quaternary		a			sand, gravel (present river bed sediments)	
			Q		<310	sand, gravel, silt	
	Tertiary	Neogene	N ₁		<450	conglomerate, shale, sandstone, siltstone	
		Paleogene	P		310	marl, shale, sandstone, siltstone	
Mesozoic	Cretaceous	Senonian	K _{1sn}		50-65	sandstone, shale, coquinite	
Paleozoic	Carboniferous	middle	Bitab	C _{1?bt}		100	conglomerate, sandstone, slate
	Devonian	middle	Bakhiltau	D _{1bb}		850	limestone
			Charkhansai	D _{1cr}		620	limestone, chert, dolomite
			Darasai	D _{1dr}		300	slate, siltstone, sandstone, conglomerate, limestone
		lower	Angidan	S _{1?-D1an}		1,000	limestone, dolomitic limestone, conglomerate
			Aktau	S _{1-D1ak}		>330	limestone, slate
	Silurian	upper	Tansarai	S _{1-D1ta}		350	siltstone, sandstone, slate, conglomerate
		lower	Tumsai	S _{1l1tm}		450-500	sandstone, siltstone, slate, tuff
			Sartbulak	S _{1l1sr}		250-300	sandstone, siltstone, slate, conglomerate
	Ordovician	upper	Tusun	O _{1st}		500	siltstone, sandstone, slate, "multicolored slate"
		middle					
		lower	Karakargin	O _{1'-O1lr}		400-450	slate, siltstone, sandstone
	Cambrian	upper	Shurchin	C _{1sr}		100-300	limestone, phyllite, sandstone, chert
		middle					
	lower	Kutanbulak	C _{1kt}		150-180	slate, siltstone, limestone, metavolcanics, cherty limestone	

Fig. 1-3-3

Schematic Geologic Column of the Southern Nuralau Area

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質及び地質構造と鉱化作用の関係

本地域の古生層は、北部のアクタウ山脈及び南部のカラタウ山地の伸張方向と同じWNW-ESE方向の軸を有する褶曲によって褶曲し、更にほぼ同方向の断裂によって切られ褶曲構造と同方向に伸張する構造的ブロックを形成している。これらブロックは、後期のNE-SW方向の断裂によって更にブロック化している。これらの構造は、古生代後期のヘルシニア造山運動 (Hercynian orogeny) 及びおそらく古生代前期のカレドニア造山運動 (Caledonian orogeny) で形成されたと考えられる。

本地域の金を主体とする鉱床と鉱微地は、これらWNW-ESE方向の断裂帯に沿って分布し、カラタウ花崗岩体(270-274Ma)の北側に沿うカラタウ鉱化帯(東西70km, 南北2-4km)と、カラタウ鉱化帯の北側にアクタウ花崗岩体(295-322Ma, 260-286Ma, 265-268Ma)の南側に沿うアクタウ鉱化帯(東西70km, 南北2-5km)を形成している。

これらの鉱化帯は、主として古生界の砂岩、粘板岩を切る断裂帯に賦存する。これらの鉱化帯の断裂帯にはシルル紀の貫入岩類(閃緑岩, ひん岩), 先二疊紀前期の貫入岩類(花崗斑岩), 二疊紀後期-三疊紀前期の貫入岩類(ランプロファイアー, ひん岩)が貫入している。断裂帯の内部には様々な方向の断裂が発達するが、WNW-ESE方向(290-310°)が最も卓越し、E-W方向(260-280°)及びNE-SW方向(30-60°)を伴う。

NE-SW方向の断裂は後期のものでWNW-ESE方向の断裂帯を切ってブロック化している。

各断裂帯に沿って強い熱水活動が認められ、石英脈、ストックワーク帯、脈状珪化帯が見られる。この熱水活動に伴って、金を主とし銀、砒素、ビスマス、鉛、銅を伴う鉱化作用が生じている。主要鉱化作用の胚胎箇所は地質構造によって規制され、富鉱部は異なる方向の断裂の交会部、特にENW-ESE方向の断裂帯がNE-SW方向の断裂と交会する部分に胚胎していると考えられる。

カラタウ鉱化帯中には、スバシーサルミチ鉱床(Subashi-Sarmich)、ピラン鉱床(Biran) (以上範囲外)、カラメチットークライ鉱微地(Karamechet-Kurai)、アルティンサイ鉱床等の金・銀石英脈タイプの鉱床、鉱微地が分布している。

アクタウ鉱化帯に属するものは西から、ビタブ(Bitab)、バシュタット(Bashtut)、マウリヤン(Maulyan)、タウリヤン(Taulyan)等の金・銀石英脈タイプの鉱微地がある。これらのほかに、アクムラ(Akumulla)の鉄・マンガン鉱微地が存在する。

以上のほか、花崗岩岩株中の気成鉱床としてサルタクチ(Sartakchi)のニオブ・タンタル鉱微地と、アクタウ花崗岩類と関連するリヤンガール(Lyngar)のスカルン型タングステン・モリブデン鉱床がある。

精査地域のアルティンサイ地区の堆積岩類、変成岩類はWNW-ESE方向の背斜、向斜によっ

て褶曲し、多数のWNW-ESE系断裂帯、NW-SE系断裂帯及びN-S系節理が発達する。本地区の鉱床は、WNW-ESE系断裂帯及びNW-SE系断裂帯に規制された含金石英脈とN-S系節理に伴う電気石・石英脈で特徴づけられる。現在までに、No.1, No.2, No.5, No.8（北西脈）、No.9（カザンブラク、Kazanbulak）、No.10脈（ベルクット脈、Berkut）等20以上の鉱化帯が確認されている。

主要鉱脈である北部鉱化帯のNo.1, No.2, No.8脈はWNW-ESE方向で南へ45-70°傾斜する断裂帯に胚胎し、南部鉱化帯のNo.5, No.6, No.7, No.10, No.11, No.12脈等は同方向で北へ傾斜する断裂帯に胚胎する。No.9脈のみがNW-SE方向で北東方向に傾斜する断裂帯に胚胎する。

No.1, No.2, No.5, No.8脈及びNo.10脈を含む延長2.5km、幅500-800mの範囲に、N-S方向で西へ45-80°傾斜する節理が無数に発達し、これらに幅0.1-25cmの電気石-石英細脈が胚胎している（Fig.II-3-3-1, 2）。本細脈帯は黒雲母-白雲母ホルンフェルス帯の分布範囲とほぼ一致している。ウズベク側が実施した空中磁気探査の異常(20-60ガンマ)から本細脈帯の下部にWNW-ESE方向に配列する花崗岩類の岩株の存在が推定されている。本細脈帯は花崗岩類の岩株の上昇に伴って形成された胴切り節理に沿う気成作用によって形成された電気石グライゼンと考えられる。

上記の石英脈、電気石-石英脈は粘板岩中よりも砂岩中で脈数、脈幅共に増大し、富鉱部を形成している。

4-2 鉱化作用の特性

本地域の含金石英脈の構成鉱物は、石英、黄鉄鉱、白鉄鉱、硫砒鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、針鉄鉱、鱗織石からなり、少量の方鉛鉱、自然着鉛、アイキナイト、閃蒼鉛銅鉱、灰重石、ルチル及びエレクトラムを伴う。アルティンサイ鉱床の鉱脈は、ほかの鉱微地の鉱脈よりも白鉄鉱、硫砒鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱等の硫化鉱物が多く、ビスマス鉱物を含むのが特徴となっている。

アルティンサイ鉱床のN-S系の電気石・石英脈は、石英、電気石、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱を主とする。ウズベク側の研究結果では、鉄マンガン重石、錫石、トバース、緑柱石、自然金を含むとされているが今回は確認していない。

金が肉眼または顕微鏡で観察されたのはアルティンサイ鉱床、マオリャン及びピタブ鉱微地である。アルティンサイ地区のエレクトラムは粒径5-10 μ mで石英中に存在し、黄銅鉱、自然着鉛及び閃蒼鉛銅鉱と脈状の配列をなして共生するが、これら鉱物とは接しておらず単独に存在し、初生のもものと判断される。マオリャンでは、直径約2mmの金粒が単独で石英中に認められ、初生のもものと判断される。ピタブ鉱微地の研磨片観察で確認したエレクトラムは石英の割れ目中に黄鉄鉱及びマンガン酸化物と共生しており、二次富化作用によって生成された可能性がある。

今回分析された試料は金が、銀と比較的良好な相関を示して共生するものと、銀を伴わないものに明瞭に分類される(Fig. I-4-1~3)。金と銀が共生するものはピタプ及びクライに見られ、特にピタプに多い。銀と共生しないものは、マイダグとバシュタットに多く、マウリヤン及びピタプにも見られる。ベシュブラクでは、金を伴わずに銀が比較的多く含まれる特徴を示す。今回分析された試料では、金と砒素は相関を示さない。

母岩の変質は、珪化、黄鉄鉱化及び電気石化である。変質帯は石英・セリサイト帯ないしセリサイト・緑泥石帯が主体であり、少量のカオリナイトを伴う。

本年次調査では、概査地域で30試料、アルティンサイ地区の精査地域で50試料及びボーリング調査20試料について流体包有物均質化温度測定を行った(Appendix 2-8)。供試料は脈状の石英、細脈～網状の石英あるいは珪化岩である。

流体包有物はほとんど気液2相であり、固相(NaCl)を伴う流体包有物が1試料(B10-1)観察された。

各鉱床・鉱微地の石英の流体包有物均質化温度は110°C~350°Cを示し、110°C~200°Cの比較的低い温度のグループと250°C~350°C前後の高い温度のグループに分けられる。概査地域で低い温度を示したものはクライ、セビスタン及びサルタクチの自形～半自形の晶洞状石英である。高い温度を示したものはカラメチェット、マウリヤン、タウリヤン及びリヤンガールの乳白色の脈石英である。アルティンサイ鉱床での石英の均質化温度は一般に250°C~350°Cを示すが、WNW-ESE方向及びNW-SE方向の鉱脈の一部で110°C~200°Cの低温を示すものがある。N-S系の電気石-石英脈の均質化温度は、250°C~340°Cを示した。

低い温度の流体包有物均質化温度は、その産状から、後期の熱水溶液が石英中の割れ目に取り込まれた二次的な流体包有物の均質化温度を示すと考えられる。高温の流体包有物均質化温度(40個の平均で309.7°C)を示した石英試料の平均金品位は、3.09g/t、低温の均質化温度(18個の平均で182.4°C)を示した石英試料の平均金品位は、0.43g/tであった。

高温の石英がやや高い品位を示したのは、アルティンサイ鉱床No.1脈ひ押し坑道の高品位鉱石5個を含むためであり、これらを除くと両者の品位はほぼ同じになり、有意な差は認められない。

4-3 鉱床賦存のポテンシャルについて

本年次に実施した既存資料解析の結果、本地域に分布する鉱床・鉱微地は次の6つのタイプに分類された。

① 金・銀石英脈、② タングステン・モリブデンスカルン、③ タングステン・銅スカルン及び銅石英脈、④ ニオブ・タンタル気成鉱床、⑤ 錫石砂鉱床、⑥ 鉄・マンガン水酸化物鉱床

上記の内、鉱床規模及び品位の観点から判断し、今後探鉱価値のある鉱床・鉱微地としては、①の金・銀石英脈のマウリャン鉱微地とアルティンサイ鉱床である。

1) マウリャン鉱微地

本鉱微地には、約10条のWNW-ESE方向の破碎・珪化帯(幅1~20-30m)がトレンチによって確認されている。これら破碎帯に沿う石英脈や珪化帯には金鉱化作用が伴われる。今回肉眼で確認した自然金(径2mm)は電気石を伴う新鮮な石英中に含まれ、初生のもものと判断される。ウズベク側のトレンチで確認された最高品位は、K-3での脈幅2.4m、金17.8g/t、銀8.6g/tとK-7での脈幅4.2m、金11.0g/t、銀1.4g/tである。現在までに脈幅1-4m、延長150m、200m及び800mの鉱体3条が確認されている。金品位は、1-18g/tと変化する。石英の均質化温度は、1個のサンプルで328°Cで金鉱脈としてはやや高い温度を示した。本鉱微地では現在もウズベク側によってトレンチ探鉱が実施され、1998年にはボーリング探鉱が予定されている。本鉱微地は、鉱化帯の連続性が比較的良く、金品位も高い。東西の延長部及び下部に探鉱余地があり、概査地域内では最も有望と考えられる。

2) アルティンサイ地区

本地区の鉱床は、WNW-ESE系断裂帯及びNW-SE系断裂帯に規制された含金石英脈とN-S系節理に伴う電気石・石英脈である。現在までに、No.1、No.2、No.5、No.8(北西脈)、No.9(カザンブラク脈)、No.10脈(ベルクット脈)等20以上の鉱化帯が確認され、鉱化範囲は東西4km、南北2kmに達する。

本年度のボーリングの結果では、No.1脈の上盤側やNo.5脈で比較的良好的な鉱化作用を捕捉し、MJSN-8でNo.2脈の下部に優勢な鉱化作用(真幅1.6m、金品位15.3g/t)を確認した。しかし、鉱況の良いNo.1脈及びNo.2脈のひ押し坑道の下部を探鉱したMJSN-4、5、9、10では低品位の鉱化作用を捕捉したにとどまった。この理由としては、これら鉱体が小規模で品位が不均質なためと推定される。MJSN-8の結果、地表下250mで良好な鉱化作用を捕捉したため、No.2脈の鉱化作用はかなり深部まで連続することが確認された。同じカラタウ鉱化帯内の西方50kmに存在するサルミチ金・銀脈鉱床(確定埋蔵金量26t)は、中部カンブリア系下部オルドビス系-シルル系の砂岩、粘板岩中のWNW-ESE断裂帯に胚胎し、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、方鉛鉱等の硫化鉱物と自然金を含みアルティンサイ鉱床に類似した鉱床である。鉱体は、ボーリング、

坑道により、地表下400mまで鉱体が連続することが確認されている。また、同じザラフシャントルケスタン帯内の北東方約60kmに位置するサルミタン金鉱脈鉱床（確定埋蔵金鉱量140t）は、シルル紀の花崗閃長斑岩と砂岩、粘板岩中のWNW-ESE系及びNE-SW系断裂に胚胎し、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱等の硫化鉱物と自然金、濃紅銀鉱を含む。探鉱の結果、開発対象の鉱体は地表下700m以深まで連続する。これら近隣の鉱床の状況からアルティンサイ鉱床の鉱体も更に深部まで連続することが期待できる。

一方、南部鉱化帯のNo.5、No.6、No.7、No.11、No.12脈等の各脈の下部については、本年次にMJSN-4、5孔でNo.5脈を、MJSN-2孔でNo.11脈を探鉱しただけでほとんど未探鉱である。これらの鉱脈を規制するWNW-ESE方向の断裂は北へ70-80°傾斜するため、地下深部で南傾斜のNo.1、No.2脈と交会するが、交会後どちらが深部まで連続するかは明らかではない。北傾斜の断裂が深部まで連続して花崗岩体に達し、鉱液の通路となって主要鉱体を胚胎し、No.1、No.2脈はこれから派生した分岐脈である可能性がある。

No.1、No.2、No.5、No.8脈及びNo.10脈を含む延長2.5km、幅500-800mの範囲に分布する電気石-石英細脈帯は、本年次のボーリングの結果、金品位は0.3-1.0g/tであったが、2-5g/tを示す部分も捕捉された。細脈が濃集し、金品位が1-1.5g/t以上になる部分では、露天掘りで採掘出来る可能性がある。

Table 1-4-1 Correlations among 4 Elements in Ore Samples

General Survey Area (105 samples)

	Au	Ag	As	W
Au	1.00	0.49	-0.03	-0.03
Ag		1.00	-0.03	-0.03
As			1.00	-0.01
W				1.00

Detailed Survey Area (1,331 samples)

	Au	Ag	As	W
Au	1.00	0.70	0.05	0.01
Ag		1.00	0.09	-0.01
As			1.00	0.07
W				1.00

Total samples (1,436 samples)

	Au	Ag	As	W
Au	1.00	0.69	0.01	0.01
Ag		1.00	0.02	-0.01
As			1.00	0.00
W				1.00

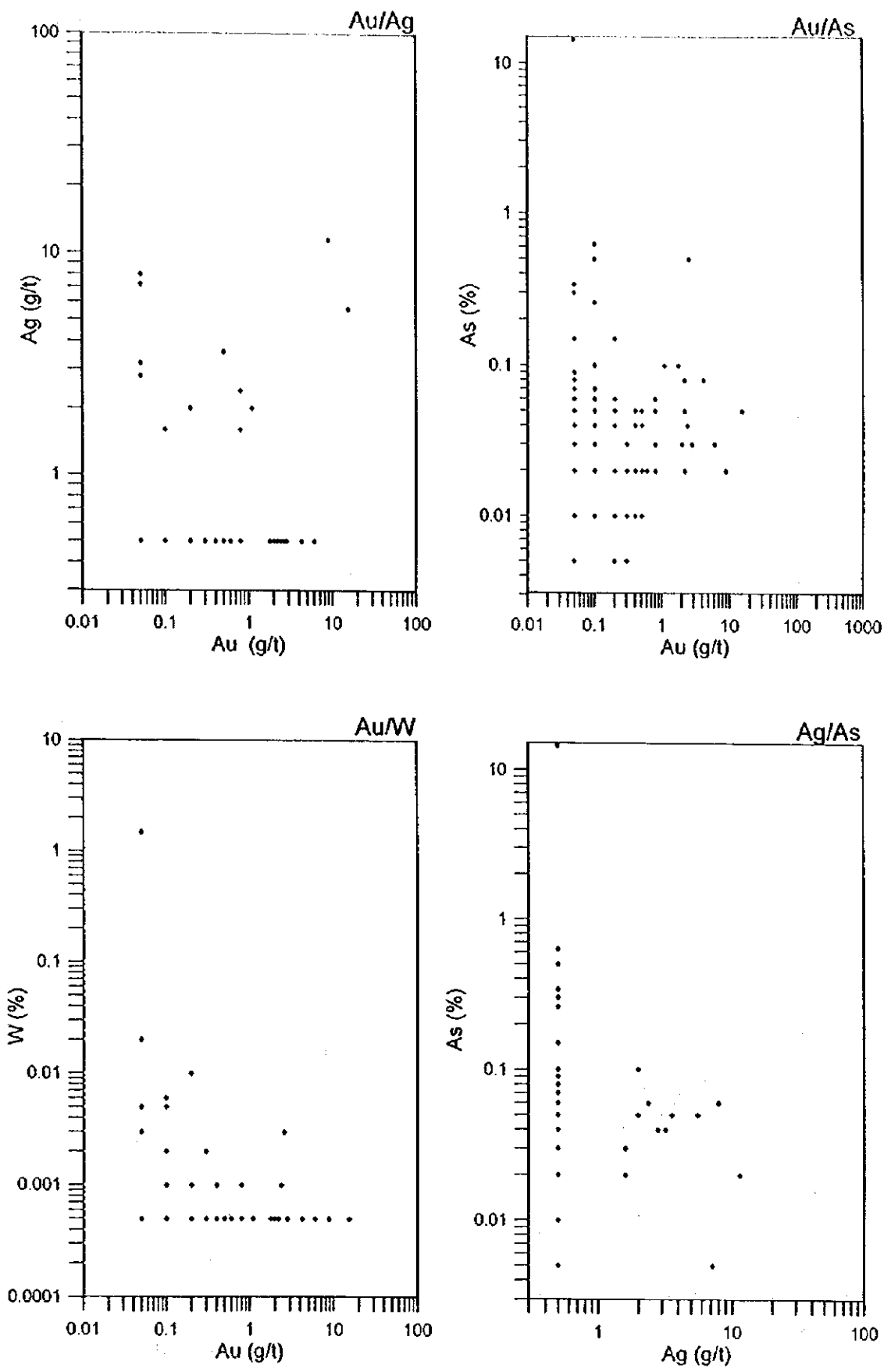


Fig. I-4-1 Scatter Plots (logarithmic) for Ore Samples in the General Survey Area

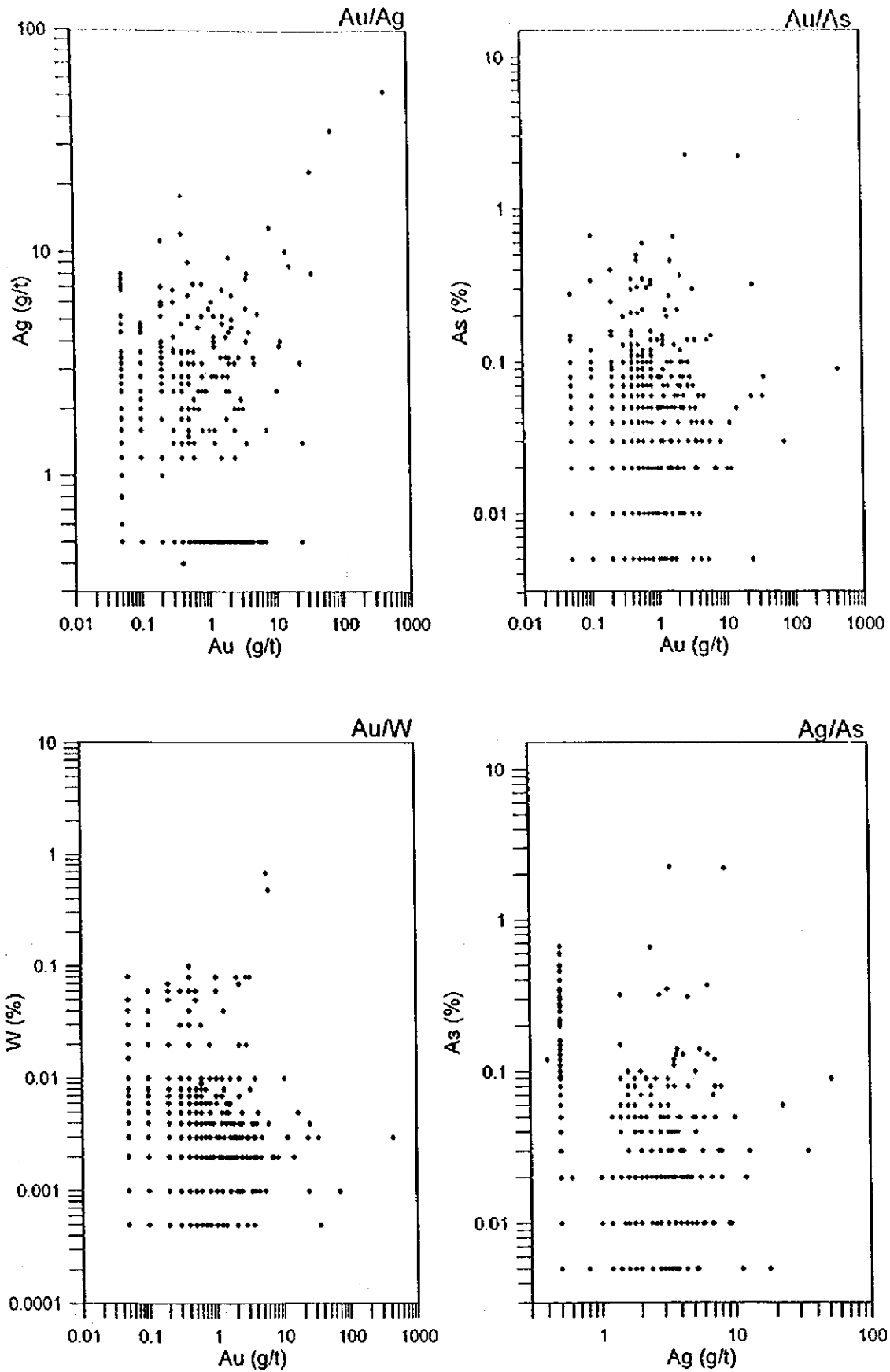


Fig.I-4-2 Scatter Plots (logarithmic) for Ore Samples in the Detailed Survey Area

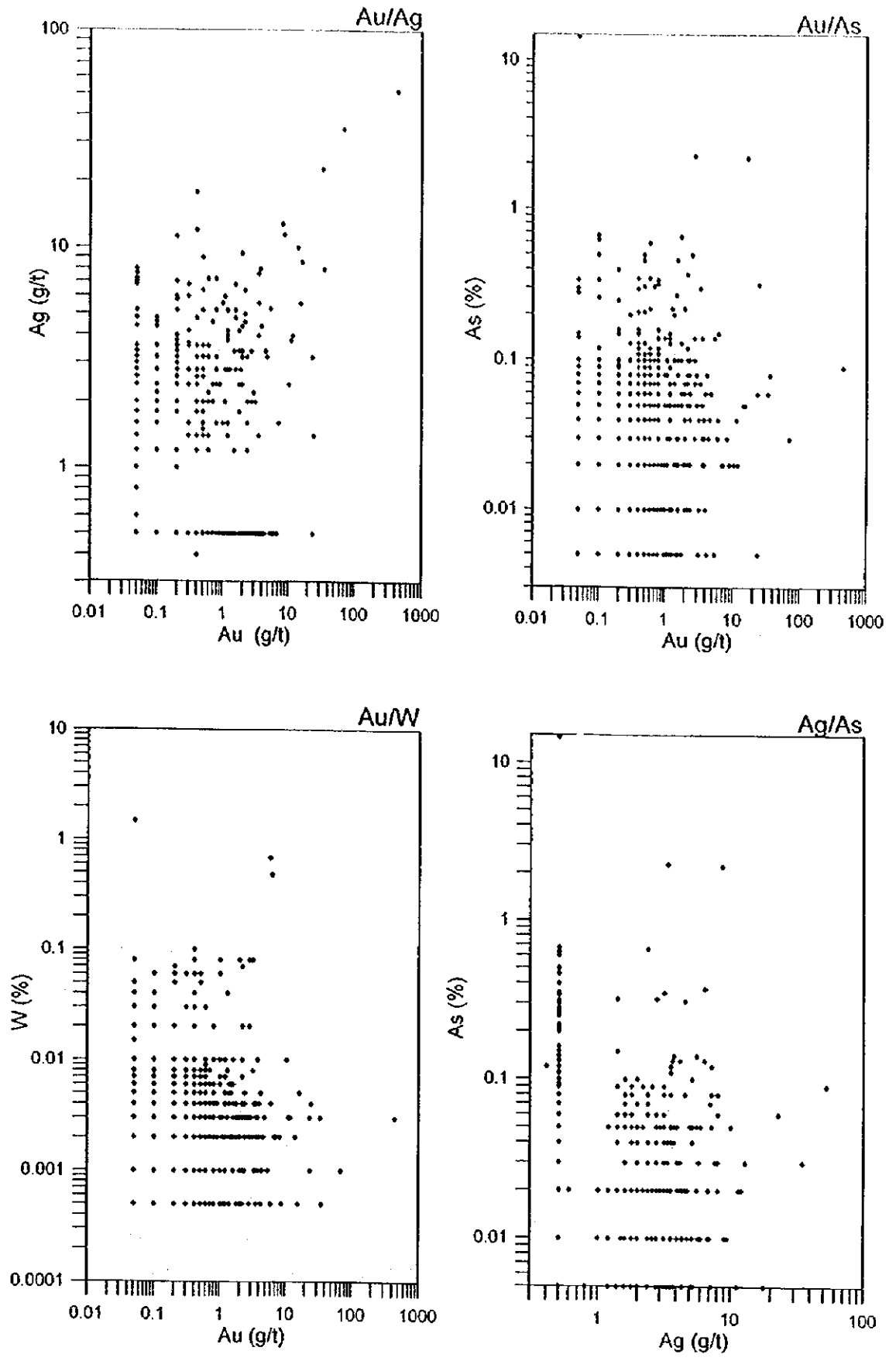


Fig.I-4-3 Scatter Plots (logarithmic) for All Ore Samples

第5章 結論及び将来への提言

5-1 結論

1) 南ヌラタウ地域全域

- (1) 本地域は、南天山帯のザラフシャントルケスタン帯に位置し、中部から南部には下部カンブリア系～下部シルル系の陸源堆積物が分布し、北部には、上部シルル系～中部石炭系の石灰岩が主に分布している。これらに、シルル紀～三畳紀の岩脈類と石炭紀～二畳紀の花崗岩類が貫入している。地層はWNW-ESE方向の軸を有する褶曲によって褶曲し、ほぼ同方向の断裂によって切られ、WNW-ESE方向に伸張する細長い構造帯を形成している。この方向と交差するNE-SW及びE-W方向の断裂も発達する。
- (2) LANDSAT TMデータを用いて作成された衛星画像は、地質の分布と構造を明瞭に表し、調査地域での地質判読に有効であることが確かめられた。調査地中北部の花崗岩体の中央部を横切るNW-SE方向の明瞭なリニアメントは、幅約100mの破砕帯を伴う断層であった。TMデータの比演算処理により酸化鉄帯として抽出された地区は、実際に酸化鉄帯が認められた場合と日陰斜面である場合とがあった。粘土化・炭酸塩化変質帯として抽出された地区は、鉍化作用に伴うものではなかったが、カオリナイト・セリサイト及び方解石を含む風化花崗岩が分布することが確認された。
- (3) 本地域の金を主体とする鉍床・鉍微地は、WNW-ESE方向の断裂帯に沿って分布し、カラタウ花崗岩体の北側に沿うカラタウ鉍化帯（東西70km、南北2-4km）及びアクタウ花崗岩体の南側に沿うアクタウ鉍化帯（東西70km、南北2-5km）を形成している。
- (4) カラタウ鉍化帯中には、カラメチェットークライ鉍微地、精査地区のアルティンサイ鉍床等の金・銀石英脈タイプの鉍床・鉍微地が分布している。アクタウ鉍化帯中には、ピタブ、バシユタット、マウリヤン、タウリヤン等の金・銀石英脈タイプの鉍微地がある。これらのほかに、アクムラの鉄・マンガン鉍微地、サルタクチのニオブ・タンタル鉍微地とリヤンガールのスカルン型タングステン・モリブデン鉍床がある。
- (5) 含金石英脈の構成鉍物は石英、黄鉄鉍、針鉄鉍、鱗織石を主とし、少量の白鉄鉍、硫砒鉄鉍、黄銅鉍、閃亜鉛鉍、方鉛鉍、磁硫鉄鉍、灰重石及びエレクトラムを伴う。
- (6) マウリヤン鉍微地では、直径約2mmの金粒が単独で石英中に認められ、初生のものと判断された。ピタブ鉍微地の研磨片観察で確認したエレクトラムは石英の割れ目中に黄鉄鉍及びマンガン酸化物と共生しており、二次富化作用によって生成された可能性がある。
- (7) 石英の流体包有物均質化温度は140°C～340°Cを示し、140°C～170°Cの比較的低い温度のグループと270°C～340°C前後の高い温度のグループに分けられる。低い温度の流体包有物均質化温度は、その産状から、後期の熱水溶液が石英中の割れ目に取り込まれた二次的な流体包有物の均質化温度を示すと考えられる。低い温度を示したものはクライ、セビスタ

ン及びサルタクチの石英で、高い温度を示したものはカラメジェット、マウリヤン、タウリヤン及びリヤンガールの石英である。

- (8) マウリヤン鉱徴地では、約10条のWNW-ESE方向の破碎・珪化帯に沿う石英脈や珪化帯に金鉱化作用が伴われる。現在までに脈幅1-4m、延長150m、200m及び800mの鉱体3条が確認されている。金品位は、1-18g/tと変化する。石英の流体包有物均質化温度は、1個のサンプルで金鉱脈としてはやや高い328°Cを示した。自然金(径2mm)は電気石を伴う新鮮な石英中に含まれ、初生のもつと判断される。本鉱徴地は、鉱化帯の連続性が比較的良く、金品位も高い。東西の延長部及び下部に探鉱余地があり、概査地域内では最も有望と考えられた。

2) アルティンサイ地区

- (1) 本地区の地質は、オールドビス系-シルル系の粘板岩、シルト岩、砂岩、千枚岩と下部シルル系の粘板岩、シルト岩、砂岩からなり、これらに貫入したランプロファイアの岩脈が分布する。本地区の鉱床は、WNW-ESE系、NW-SE系の断裂帯に規制された金を含む石英脈とN-S系節理に伴う電気石・石英脈からなる鉱脈型鉱床である。現在までに、No.1、No.2、No.5、No.8(北西脈)、No.9(カザンブラク脈)、No.10脈(ベルクット脈)等20以上の鉱化帯が確認されている。
- (2) No.1、No.2、No.5、No.8脈及びNo.10脈を含む延長2.5km、幅500-800mの範囲に、N-S系の節理が無数に発達し、電気石・石英細脈帯を形成している。本細脈帯は母岩の黒雲母-白雲母ホルンフェルス帯の分布範囲とほぼ一致することと、ウズベク側が実施した空中磁気探査の結果から、本細脈帯の下部にWNW-ESE方向に配列する花崗岩類の岩株の存在が推定される。
- (3) WNW-ESE系、NW-SE系断裂帯中に胚胎する石英脈の構成鉱物は、石英、黄鉄鉱、白鉄鉱、硫砒鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、針鉄鉱、鱗纖石を主とし、方鉛鉱、自然蒼鉛、アイキナイト、閃蒼鉛銅鉱、灰重石、ルチル及びエレクトラムを伴う。今回研磨片観察で確認されたエレクトラムは粒径5-10 μ mで石英中に存在し、黄銅鉱、自然蒼鉛及び閃蒼鉛銅鉱と脈状の配列をなして共生するが単独に存在し、初生のもつと考えられた。
- (4) N-S系の電気石・石英脈は、石英、電気石、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱を主とする。ウズベク側の研究結果では、鉄マンガン重石、錫石、トパーズ、緑柱石、自然金を含み、電気石グライゼンと考えられた。
- (5) 石英の流体包有物均質化温度は一般に250°C~350°Cを示すが、WNW-ESE及びNW-SE方向の鉱脈の一部の試料で110°C~200°Cの低温を示すものがある。概査地域と同様に低温を示すグループは、二次的な流体包有物の均質化温度を示すと考えられる。N-S系の電気石・石英脈の均質化温度は、250°C~340°Cを示し、WNW-ESE方向及びNW-SE方向の鉱脈

と有意な差は認められない。

(6) 本年度のボーリングの結果では、No.1脈の上盤側やNo.5脈で比較的良好な鉍化作用(真幅0.2-1m, 金品位2-20g/t)を捕捉し、MJSN-8孔でNo.2脈の下部に優勢な鉍化作用(真幅1.6m, 金品位15.3g/t)を確認した。しかし、No.1脈ひ押し坑道(延長135m, 平均幅2.29m, 金品位15.7g/t)及びNo.2脈のひ押し坑道(延長55m, 平均幅4.28m, 金品位4.5g/t)で確認した富鉍体の下部を採鉍したMJSN-4, 5, 9, 10孔では低品位の鉍化作用(金品位4g/t以下)を捕捉したにとどまった。この理由としては、これら鉍体が小規模で品位が不均質なためと推定される。MJSN-8孔では、地表下250mで良好な鉍化作用を捕捉したため、No.2脈の鉍化作用はかなり深部まで連続することが確認された。

5-2 第2年次調査への提言

1) マウリャン地区

本鉍微地は、本年次の既存資料調査と地質調査の結果、鉍化帯の連続性が比較的良好く、金品位も高いことが判明した。ウズベク側がトレンチで確認した鉍体の地下深部における鉍化状況を明らかにするためにボーリング調査を実施することが望ましい。また、本鉍微地の南東延長方約3kmにはベシュブラク金鉍微地、北東方3kmにはタウリャン金鉍微地が存在する。これらの鉍微地を含めた地区について地質精査を実施することが望ましい。

2) アルティンサイ地区

- (1) 本年次のボーリング調査の結果、地表下250mで良好な鉍化作用を捕捉し、深部への連続が明らかになったNo.2脈の西延長及び地下深部における鉍化状況を確認するためにボーリング探鉍を継続することが望ましい。
- (2) 坑道で確認したNo.1脈の富鉍体(延長135m, 平均幅2.29m, 金品位15.7g/t)の下部延長が未確認なため、ボーリング調査で探鉍することが望ましい。
- (3) 南部鉍化帯のNo.5, No.6, No.7, No.11, No.12脈等の各脈の下部については、本年次のボーリング調査でその一部を採鉍しただけでほとんど未採鉍である。これら北傾斜の断裂が深部まで連続して花崗岩体に達し、鉍液の通路となって主要鉍体を胚胎し、No.1, No.2脈はこれから派生した分岐脈である可能性がある。地下深部における鉍化状況を確認するためにボーリング調査を実施することが望ましい。
- (4) N-S系電気石・石英細脈帯は、本年次のボーリング調査の結果、金品位は0.3-1.0g/tであったが、2-5g/tを示す部分も捕捉された。ストックワーク状に細脈が濃集し、金品位が1-1.5g/t以上になる部分では、露天掘りで採掘できる可能性がある。地表における細脈濃集帯の下部をボーリング調査で探鉍することが望ましい。

第II部 各 論

第1章 既存資料の解析

1-1 目的

南ヌラタウ地域内の既存の鉱床及び鉱微地の概要と賦存状況を把握することを目的とし、既存資料の収集、整理、解析を行った。

1-2 既往調査の概要

1-2-1 既存地質資料の概要

1)地質調査

南ヌラタウ地域で、これまでに実施された主要な地質調査の調査範囲、手法と実施年度等をFig.II-1-1に示す。調査手法は水文地質調査、地表地質調査、トレンチ及び岩石地化学探査を始めとし、既知鉱床・鉱微地でのノンコアボーリング及びコアボーリング等のボーリング探鉱、探鉱立坑、立入及び横坑等が実施されている。特にリャンガール鉱山(W)、アルティンサイ鉱床(Au)、ピタブーバシュタット鉱微地(Au)、クライーカラメチット鉱微地(Au)及びマウリャン鉱微地(Au)に探鉱が集中して実施されている。

2)地化学探査

南ヌラタウ地域で、これまでに実施された主要な地化学探査の調査範囲、手法と実施年度等をFig.II-1-2に示す。

1954年以降、現在までに南ヌラタウの古生界分布地域の大部分について、地化学探査が実施されている。

1962、1963年には南ヌラタウ山脈において縮尺5万分の1の地化学探査が実施された。この結果、As、Mo、Cu、Au及びHgの異常が抽出された。1964年にはカラタウ貫入岩体の北側接触部に沿って、Nb、W、Be、Mo及びAsの異常が抽出された。これら初期の地化学探査では分析技術の未発達と不十分な地質調査のために有望な結果は得られていない。

1963-1968年間にヌラタウ山脈において地化学探査が実施された。本調査ではAs、Ag、Zn及びAuの分析精度の上昇によりカラタウ山地、アクタウ山脈でAsとAuの異常地が抽出された。本地域で実施された縮尺5万分の1～1万分の1の地化学探査を含む調査によってスバシーサルミチ(Subashi-Sarmich)金鉱床、マウリャン(Maulyan)及びタウリャン(Taulyan)等の鉱微地が発見された。

1968年にはアルティンサイ金鉱床(Altynsai)において縮尺1万分の1の地化学探査が実施され、新しい金鉱化帯が発見された。

1-2-2 既存物理探査資料の概要

1950年以降、ヌラタウ山脈における物理探査は、次の様に実施された。

- ①非鉄金属及びレアメタルの鉱床及び鉱微地に対する電気探査及び磁気探査
- ②潜在する古生界の構造及び岩石のマッピングを目的とする地震探査、電気探査及び磁気探査。

ヌラタウ山脈において実施された物理探査の手法別既往調査をFig. II-1-3, 4に示す。手法別探査結果の概要は下記のとおりである。

1) 空中磁気探査

1954年以降の探査の結果、閃緑岩質、花崗岩質及び花崗閃緑岩質貫入岩体に対応することが明らかになった。潜在する花崗岩質貫入岩体が抽出され、また岩体中で磁性鉱物の多い閃緑岩質な部分が区別された。

2) 地表磁気探査

1950年以降の探査の結果、塩基性岩類及び超塩基性岩類が追跡され、花崗閃緑岩質貫入岩体がマッピングされた。更にアクムラ(Akmulla)鉄・マンガン鉱微地、スバシーサルミチ(Subashi-Sarmich)金鉱床(西方範囲外)及びクラーカラムチット(Kurai-Karamechet)金鉱微地等で縮尺1万分の1の地表磁気精査が実施された。これらの磁気探査によって花崗閃緑岩質貫入岩体がマッピングされ、貫入岩体に近接する部分に多くの磁気異常が確認され、ほかの探査手法と組み合わせて有用鉱物の有望地域が抽出された。

3) 電気探査

1954年以降、VES法、SP法、IP法が実施された結果、潜在する基盤の古生界の分布が推定され、地質構造図が作成された。電気探査が鉱床地域や探鉱有望地域で実施され、新たな鉱化帯が発見された。1963-1967年間には、スバシーサルミチ及びクラーカラムチット鉱微地で縮尺1万分の1の電気探査が実施され、硫化鉱物鉱化作用は負の異常、珪化帯と石英脈発達帯は正の異常で追跡された。硫化鉱物の含有量の多い(8%以上)現場はIP法の局部的異常で示され、破碎帯は低比抵抗($30\Omega \cdot m$ 以下)で示された。

1969年には、サルミチ-アルティンサイ鉱化帯でIP法が実施され、この結果、NW-SE方向及びNE-SW方向の破碎帯が明らかになった。弱い正の異常帯と比抵抗変換部は珪化帯に一致し、IPの負異常は岩石中の破碎帯及び硫化鉱物鉱化作用に一致した。

4) 重力探査

本地域の重力探査の結果、地殻深部の構造についての概念と潜在する古生界の深度と概

略の構造及び花崗岩質岩体の分布が明らかにされた。

5)地震探査

縮尺5万分の1～50万分の1の地震探査が地域内の山麓部と山間部の谷部で実施された。この結果、潜在する古生界の構造図が作成された。

6)空中ガンマ線調査

1968年以降、ガンマ線スペクトロメーターによる調査が実施された結果、12箇所の金の鉱床及び鉱微地の内、11箇所でウランウムの濃集が認められた。ウランウムと共にトリウム及びカリウムの含有量も同様に増加している。これら全ての鉱床・鉱微地は中性または酸性の貫入岩類の岩脈あるいは岩株に関連している。これら花崗岩質貫入岩類自身と貫入岩体に接する堆積岩類はほかの火成岩類、堆積岩類の中で最も放射能に富んでいる。このことより、空中ガンマ線調査は潜在する中性または酸性の岩脈帯や岩株の探査に有効と考えられた。

岩石の放射能と磁性の特徴は逆の関係にあり、酸性岩類は放射能が高く磁性が低い。一方、塩基性岩類は磁性が高く放射能が低い。南ヌラタウ地域の金の鉱床・鉱微地と関係する中性または酸性の貫入岩類は弱い正の磁場の強さ(+150ガンマ以内)で判別され、明瞭なウランウム、カリウム及びトリウムの異常を示す。従って、潜在する中性または酸性の貫入岩類に関連した金鉱床の探査には空中ガンマ線調査と磁気探査の併用が有効であるとされている。

1-3 調査地域の地質及び地質構造

調査地域には、下部カンブリア系から上部シルル系までの厚い陸源堆積物と中部デボン系の石灰岩が広く分布する。これらの堆積岩類は、石炭紀中期から二疊紀前期に貫入した花崗岩類と共に基盤岩類を構成する。

基盤の地層は、北部のアクタウ山脈及び南部のカラタウ山地の伸長方向と同じ西北西-東南東方向の軸により褶曲している。地層は、更にほぼ同方向の断裂によって切られ、褶曲構造と同方向に伸長する細長い帯状のブロックを形成している。これらのブロックは、北東-南西方向の断裂によって、更に小さなブロックに分かれている。

南ヌラタウ地域の主要な地質構造は、西部のカラタウ複背斜(Karatau anticlinorium)及び東部のアクタウアンチフォーム(Akutau antiform)PL.II-2-2-1(1)である。カラタウ複背斜は、長さ20～30km、両翼が数キロに達する。背斜軸部には陸源堆積岩層からなるカンブリア系のクタンブラク(Kutanbulak)累層及びオルドビス系のカラカルギン(Karakargin)累層が分布する。カラタウ複背斜の主要部は調査地域の西方にあり、調査地域内では不明瞭である。アクタウアンチフォームは、サルタクチニオブ・タンタル鉱微地の2km北に位置し、軸に沿ってシルル系(?)から

デボン系の石灰岩層からなるアクタウ累層及びデボン系の陸源堆積岩層からなるダラサイ(Darasai)累層が分布する。

カラタウ山地には断層が発達し、西北西―東南東方向のカラタウ断層帯(Karatau fault zone)を形成している。本断層帯のカラタウ花崗岩体の北側には、北からサルミチ(Sarmich)、中央ビラン(Central Biran)、南ビラン(Southern Biran)という平行する3つの断層帯が細分されている。これら3つの断層帯には、金の鉱床・鉱徴地が分布し、全体でカラタウ鉱化帯を形成している。

アクタウ花崗岩類複合岩体の南側には、金、ニオブ・タンタルなどの鉱徴地が西北西―東南東方向に分布し、アクタウ鉱化帯と呼ばれている。

1-4 調査地域の鉱床及び鉱徴地

調査地域内には18の鉱床・鉱徴地が分布する(Fig. I-3-1, Table II-1-1)。これらのうちカラタウ鉱化帯に属するものは、西からカラメチェット(Karamechet)、クライ(Kurai)、ベルクット(Berkut)、カザンブラク(Kazanbulak)及びアルティンサイ(Altynsai)等の金鉱床・鉱徴地であり、アクタウ鉱化帯に属するものは西から、ピタブ南(Bitab-South)、ピタブ(Bitab)、バシュタット(Bashtut)、クオーツベインII(Quartz Vein-II)、マイダン(Maidan)、マウリヤン(Maulyan)、タウリヤン(Taulyan)、ベシュブラク(Beshbulak)及びセビスタン(Sebistan)等の金鉱徴地がある。これらのほかに、アクムラ(Akumulla)の鉄・マンガン鉱徴地とスカルン型のリヤンガール(Lyngar)タングステン・モリブデン鉱床及びサルタクチ(Sartakchi)のニオブ・タンタル鉱徴地がある。

Number	Issue year	Scale of maps	Activities	Report's author
1	1924-25	1:210,000	Hydrogeologic survey	Nikolaev V. A.
	1930-33	1:500,000	Hydrogeologic survey	Smirnov N. A.
2	1933	1:500,000	Hydrogeologic survey	Leonov V. M.
3	1950	1:100,000	Geologic survey	Zierko N. D. Sonnikova I. I. Golynets Yu. V. Popov V. F.
4	1951	1:100,000	Geologic survey	Popov V. F.
4a	1952	1:100,000	Geologic survey	Vasilevskiy B. F. Mikhno I. M.
5	1952	1:100,000	Geologic survey	Urmanov Kh. Kh. Popov V. F. Vasilevskiy B. F.
6	1952	1:100,000	Geologic survey	Chukryov O. S. Ryskina Kh. V. Voinova K. A.
7	1954	1:25,000	Geologic survey	Kuznetsova R. P. With participation of Jidkov V. I.
8	1962	1:200,000	Geologic survey	Ryskina Kh. V.
9	1962	1:200,000	Geologic survey	Ryskina Kh. V.
10	1965-68	1:50,000	Geologic survey and prospecting	Ogarev D. M. Chalbyseva N. V. Klimenko E. D.
11	1965-66	1:50,000	Geologic survey	Loshkin Yu. I. Emeljanov V. G. & others
12	1928	1:50,000	Geologic survey and prospecting	Kuliasov S. V.
13	1930	1:50,000	Geologic survey and prospecting	Kuliasov S. V.
14	1931	1:50,000	Geologic survey and prospecting	Sikstel Yu. A.
15	1935	1:100,000	Geologic survey and prospecting	Peirov N. P.

Number	Issue year	Scale of maps	Activities	Report's author
16	1935	1:25,000	Prospecting	Nachejstov N.
17	1940-II	1:50,000	Geologic survey and prospecting	Darydov D. M.
18	1940	1:25,000	Prospecting	Nachejstov N.
19	1945	1:10,000	Geologic survey and prospecting	Shujatnikov K.
20	1952	1:25,000 1:50,000	Prospecting	Jakovleva N.
21	1955	Prospecting	Prospecting	Trojanov M. D. Goshev R. P.
22	1957	1:25,000	Geologic survey and prospecting	Bomolov R. G.
23	1959	1:25,000 prospecting	Prospecting	Kumandin N.
24	1960	1:25,000 prospecting	Prospecting	Rumjantsev E. Spirin Yu. G. & others
25	1960	prospecting	Prospecting	Talalov V. A. Chernjaskiy Yu.
26	1961	Prospecting	Prospecting	Chernjaskiy Yu. Rumjantsev E.
27	1962	1:25,000	Prospecting	Spirin Yu. G.
28	1962	Prospecting	Prospecting	Chernjaskiy Yu. Rumjantsev E.
29	1970-72	1:50,000 1:10,000	Prospecting	Djakov Yu. F. Narkulov A.
30	1974-75	1:25,000 1:10,000	Prospecting	Ogarev D. M. & others
31	1967	1:50,000	Geologic survey	Ministry of Geology
32	1973	1:50,000	Geologic survey and prospecting	Ministry of Geology
33	1983-84	1:50,000	Aerial photogeologic survey	Pyanovskaya I. A.
34	1989	1:100,000	Geologic survey	Xan R. S.
35	1989	1:50,000	Geologic survey	Ministry of Geology

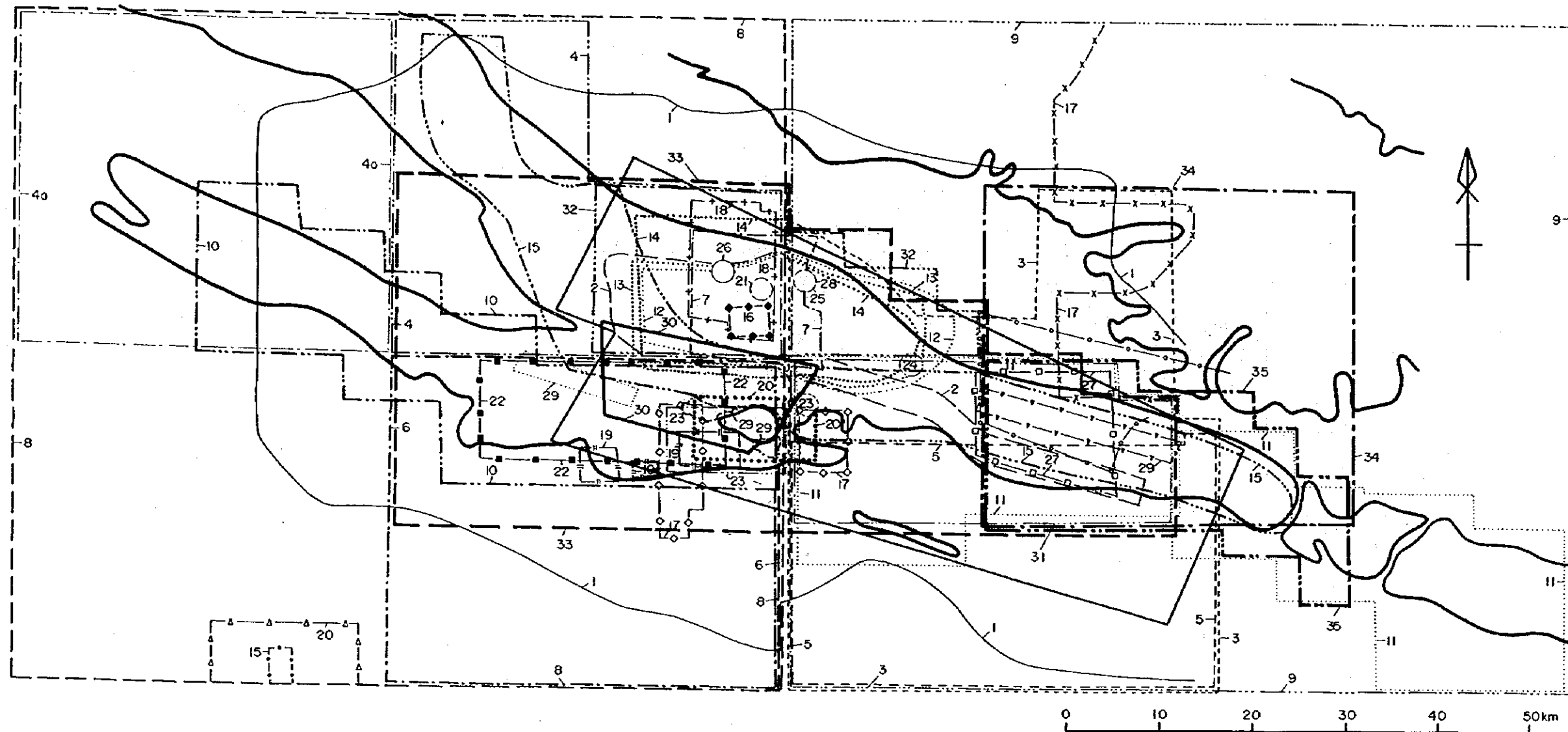


Fig. II-1-1 Existing Geologic Data

Number	Issue year	Scale of maps	Activities	Report's author
1	1984	1:500,000 1:50,000	Prospecting on stray fluxes	Kubrakova L. V.
2	1976	1:25,000 1:10,000	Prospecting on secondary aureoles	Shurnakov Yu. V.
3	1978	1:25,000 1:10,000	Prospecting on secondary aureoles	Mezentsev V. I.
4	1967	1:50,000 1:25,000 1:10,000	Prospecting on secondary aureoles	Degtyarev N. G.
5	1972	1:25,000 1:10,000	Prospecting on secondary aureoles	Dyukov Yu. F.
6	1988	1:25,000 1:10,000	Prospecting on secondary aureoles	Kubrakova L. V.
7	1985	1:50,000	Prospecting on secondary aureoles	Kostyuk A. M.
8	1971	1:10,000	Prospecting on secondary aureoles	Korobeynikov G. N.
9	1989	1:50,000 1:10,000	Prospecting on stray fluxes and secondary aureoles	Khan R. S.
10	1979	1:25,000 1:10,000 1:50,000	Prospecting on secondary aureoles, biochemical prospecting	Ilyasov A. J.

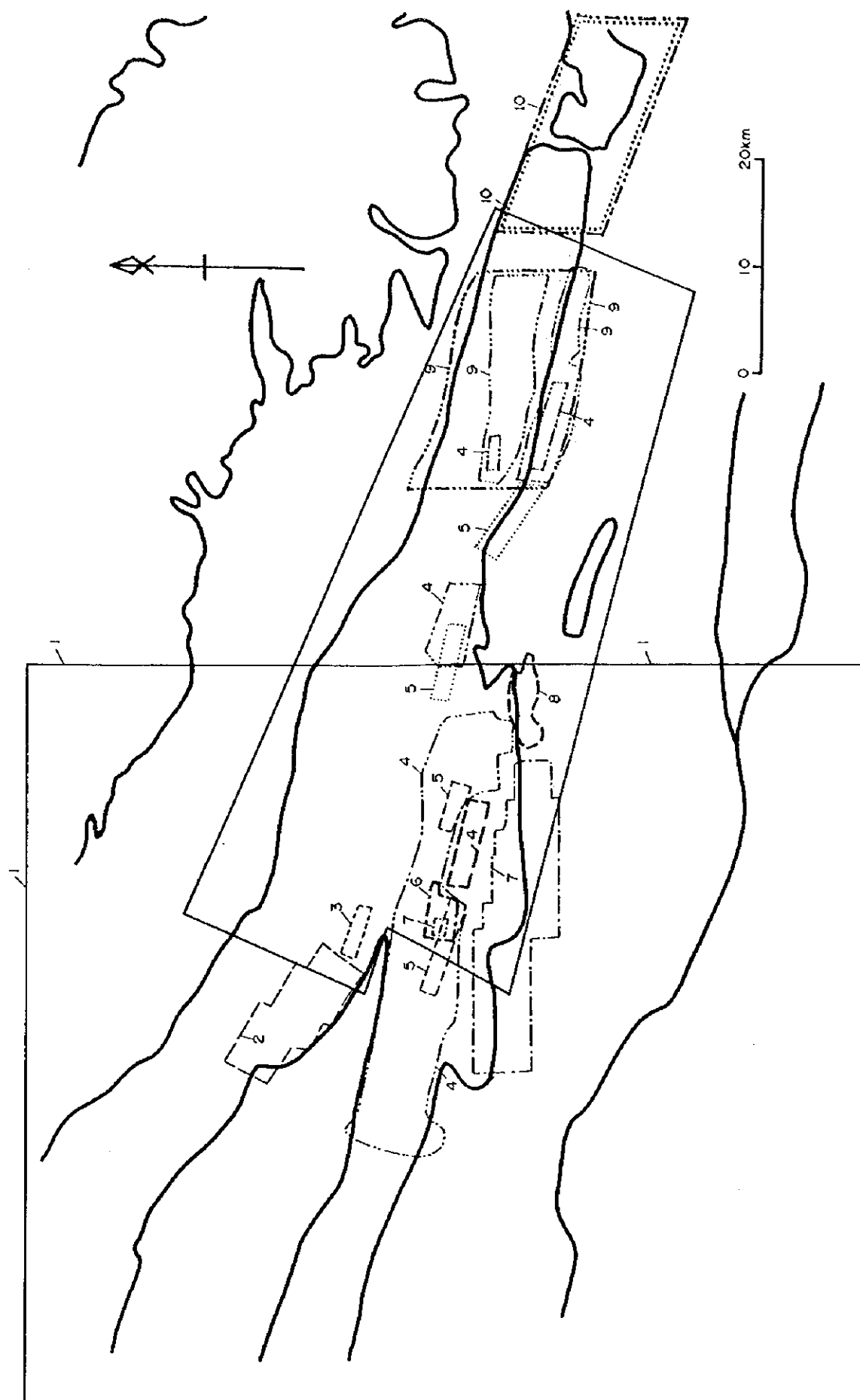


Fig. II -1-2 Existing Geochemical Data

Number	Issue year	Scale of maps	Activities	Report's author
1	1963	1:100,000	Vertical electric sounding (VES)	Ivanov G. A.
2	1958	1:100,000	VES	Galkin A. I.
3	1966	Works out of scale	VES	Umrzakov K. R.
4	1976	1:25,000	Provoked polarization IP, Natural field SP	Shumakov Yu. V.
5	1978	1:25,000 1:10,000	IP, SP	Mezentsev V. I.
6	1971	1:25,000 1:500,000	IP, SP	Korobeynikov G. I.
7	1967	1:200,000 1:100,000	IP, SP	Degyaev N. G.
8	1972	1:50,000 1:10,000	IP, SP	Dyukov Yu. F.
9	1983	1:5,000	IP	Shubin E. N.
10	1961	1:100,000 1:50,000	VES	Shagaev M. M.
11	1959	1:25,000	IP	Kirillov N. I.
12	1959	1:10,000	IP	Nyusser E. G.
13	1975	1:200,000	VES	Izbagambetov M. B.
14	1965	1:50,000	VES	Gorshkov B. A.

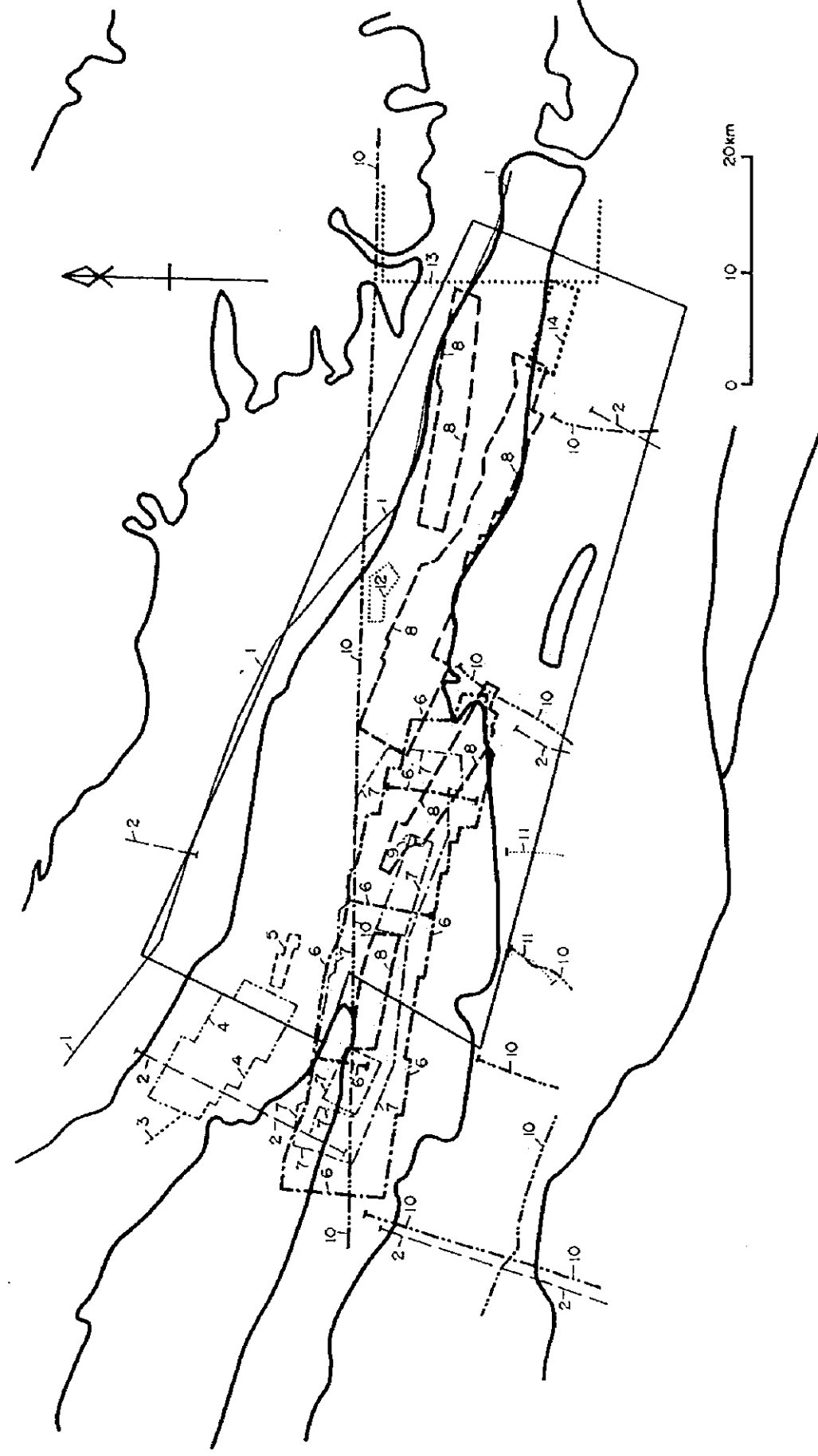


Fig. II-1-3 Existing Electric Prospecting Data

Number	Issue year	Scale of maps	Activities	Report's author
1	1976	1:25,000	Superficial magnetic prospecting (SMP)	Shumakov Yu. V.
2	1958	1:100,000	Airborne magnetic prospecting (AMP)	Kotlyarevsky L. N.
3	1956	1:50,000	AMP	Shukevich A. M.
4	1970	1:25,000	AMP	Klimov V. I.
5	1963	1:10,000	AMP	Kotlyarevsky L. N.
		Works out of scale		
6	1967	1:10,000	SMP	Degtyarev N. G.
7	1972	1:10,000	SMP	Dyukov Yu. F.
8	1959	1:10,000	SMP	Nyusset E. G.
9	1972	1:25,000	AMP	Evsstigneev A. V.
10	1956	1:25,000	SMP	Khivalovsky A. G.
11	1979	1:25,000	AMP	Kotlyarevsky L. N.
12	1987	1:50,000	SMP in complex with gravity prospecting	Krivolapov A. N.
13	1991	1:50,000	SMP in complex with gravity prospecting	Krivolapov A. N.
14	1985	1:50,000	SMP	Kostyuk A. M.

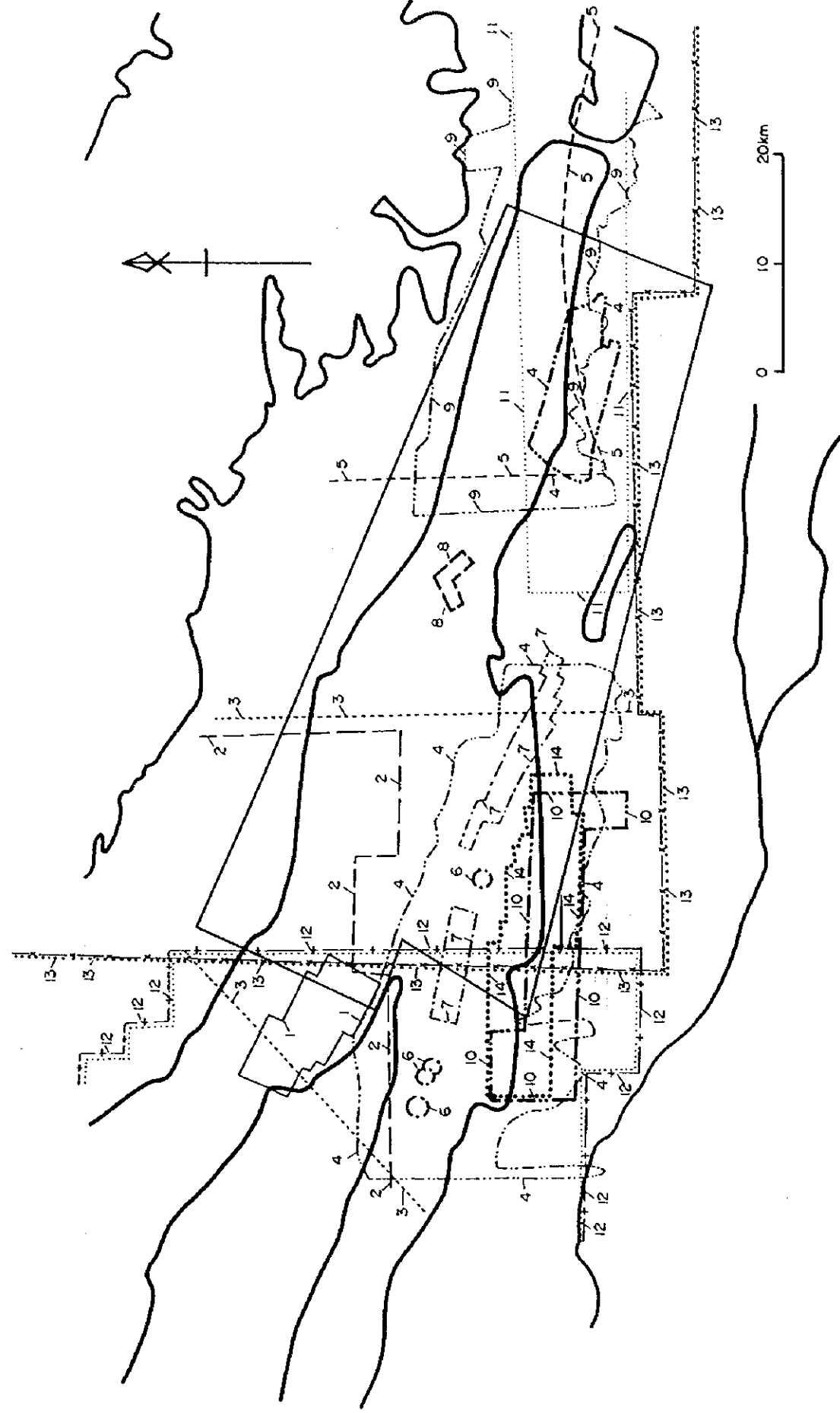


Fig. II-1-4 Existing Magnetic and Gravity Prospecting Data

第2章 南ヌラタウ地域全域

2-1 衛星画像解析

2-1-1 調査目的

衛星画像を用いた地質判読作業を行い、調査地域の広域的な地質構造・岩相分布を把握する。鉍化変質帯の抽出を目的としたスペクトル解析を実施する。解析結果を解釈し、調査地域の広域的なポテンシャル評価のための基本図を作成する。

2-1-2 解析範囲、使用データ及び方法

本調査に使用した画像データは Path 156 / Row 32のLANDSAT TMデータである。同シーンの位置及びデータ諸元をFig. II-2-1-1に示す。

以下に述べる5項目について解析を実施した。

1)解析範囲の切り出し

調査地域をカバーする3408×1704画素(100×50km, 29.34m/pixel)のサブシーンデータを切り出した。

2)カラー合成画像の作成

バンド間の相関係数及び3つのバンドの組み合わせによる情報エントロピーを計算し、相関係数が低く、情報エントロピーの値が高いバンド組み合わせによるカラー合成画像を数種類作成し、画面上で判読技術者が最も地質判読に適するバンド組み合わせを決定した。その結果、バンド1, 4, 5をそれぞれ青, 緑, 赤に配色した画像が最も良く地形情報を反映し、かつ、岩相の違いに起因する画像上での色調差も比較的良好に表現されていると判断された。従ってバンド1, 4, 5にそれぞれリニアストレッチ及びエッジ強調フィルター処理を施し、それぞれを青, 緑, 赤に配色したカラー合成画像を作成し、縮尺20万分の1で出力した。作成した画像をFig. II-2-1-2に示す。

3)地質判読

縮尺20万分の1カラー合成画像を使用し、以下の作業を実施した。

- a. 地質単元区分：画像上の色調、水系パターン、地表面のテクスチャー、浸食に対する抵抗度の違い、層理あるいは片理の発達状況等の写真地質学的特徴に基づき、縮尺20万分の1地質単元区分図を作成した。判読結果を既存地質図と対比し、判読された各地質単元の岩相及び時代を決定した。

- b. リニアメント抽出：画像上に現れた、地質的要因によると推定される直線的な谷地形、急崖及び鞍部の連続をリニアメントとして抽出し、20万分の1リニアメント図を作成した。既存地質図において断層とされ、かつ画像上で明瞭なりニアメントとして抽出されたものは断層として記載した。

4) リニアメント密度分布の作成

上記で作成したりニアメント図から、単位面積当たりに含まれるリニアメントの総延長を求め、これから格子データを作成して、リニアメント密度分布図を作成した。

5) 変質帯抽出 (比演算処理)

以下の手順により、変質帯抽出画像を作成した。

- a. 疑似反射率への変換(ログ・レジデュアル法)：リモートセンシングデータで得られるラディアンデータには、大気中の散乱・吸収や地形の影響が含まれていて、そのままの形では直ちに地表物質を識別できない。画素の位置に依存する地形ファクターと波長に依存するイルミネーションファクターを除去し、対象地域の平均反射率からの反射率の差を全画素について求めることにより、反射率の近似値を求めるのが本手法である。
- b. 植生指標(NDVI)の計算：NDVI(Normalized Differential Vegetation Index)は次式により算出される。
- $$\text{NDVI} = (\text{バンド4} - \text{バンド3}) / (\text{バンド4} + \text{バンド3})$$
- NDVIが高いほど植生が密に分布すると判定される。
- c. 植生被覆部分の除外：NDVI が $M+2\sigma$ (輝度値=169)以上の画素は、岩石・鉱物のスペクトル特性を反映しないと判断し、それらを解析対象から除外した。
- d. 比演算1：酸化鉄帯の抽出を目的として、 $(\text{バンド2} - \text{バンド1}) / (\text{バンド2} + \text{バンド1})$ の比演算を実施した。一般に酸化鉄帯の抽出では $\text{バンド3} / \text{バンド1}$ が多く用いられているが、ある種の酸化鉄鉱物は バンド3 にも吸収特性を示すことから、ここでは バンド2 と バンド1 の比を用いた。
- e. 比演算2：粘土鉱物・炭酸塩鉱物の多くがTMの バンド7 に吸収特性を持つことから、 $(\text{バンド5} - \text{バンド7}) / (\text{バンド5} + \text{バンド7})$ の比演算によりそれらの鉱物の分布域を抽出することが可能である。
- f. 主成分分析： $\text{バンド1, 2, 3, 4, 5, 7}$ による主成分分析を行い、地形ファクター(アルベド)が反映されている第1主成分画像を変質帯抽出画像のベースとした。
- g. レベルスライス：比演算1と比演算2のそれぞれについて、最大値から1%と5%を閾値として、スペクトル異常域を抽出した。解析結果を第1主成分画像と合成して、縮尺20万分の1で出力した。作成した画像をFig. II-2-1-3に示す。

2-1-3 画像判読・解析

カラー合成画像から作成した地質単元区分図をFig. II-2-1-4に示す。解析範囲を10単元に区分した。既存地質図に比較して花崗岩体の分布域がより詳細に把握された。特に、北西部に明瞭な環状構造を形成する貫入岩体の分布が推定され、これは石炭紀の花崗岩類に対比される。既存地質図で細分されているシルル系は画像上では区分が困難であった。以下に各単元の特徴を述べる。

- 単元a：地域南東部の主要水系沿いに細長い分布を示し、沖積層と解釈される。
- 単元PP：地域の南部と北部に、非常に緩い傾斜地を形成し、その一部は耕作地となっている。非常に軟質の堆積岩ないし未固結堆積物からなるものと推定される。既存地質図では、中生代～第四紀の堆積岩類(砂・ロームを含む)に対比される。
- 単元D：地域北西部の山腹に細長く分布する。軟質の堆積岩と推定される。既存地質図ではデボン系とされている。
- 単元S-D：地域北西部にややまとまって分布するほか、中央をWNW-ESE方向に横断して細長く分布する。明るい肌色の色調を呈し、浸食抵抗が非常に高く、成層構造が明瞭である。砂岩など硬質の堆積岩と推定される。
- 単元S：地域西部及び南部に分布する。やや暗い帯紫褐色を呈し、浸食抵抗は低い。軟質の堆積岩類と推定される。既存地質図ではシルル紀の砂岩・礫質片岩とされている。
- 単元O2：地域中央をWNW-ESE方向に横断して、広く分布する。群青色の特徴的な色調を呈し、浸食抵抗は中程度である。成層構造がやや顕著に認められることから、砂岩、頁岩などの互層である可能性がある。既存地質図のオルドビス紀フリッシュ型シルト岩に対比される。
- 単元O1：地域北西部で単元S-Dに挟まれて分布する。群青色の色調を呈し、浸食抵抗はやや高い。既存地質図ではオルドビス紀フリッシュ型シルト岩・炭成シルト岩とされる。
- 単元Gr₃：地域南西部に分布する。藤色の色調を呈し、浸食抵抗はやや低い。NE-SW方向のリニアメントが顕著である。既存地質図の未区分花崗岩類に対応する。
- 単元Gr₂：地域内からややはずれて北西部に分布する。既存地質図ではGr₁と同じ単元として扱われているが、色調及び浸食抵抗に差があり、異なる岩相であると推定される。
- 単元Gr₁：地域北部に広く分布し、黄褐色の色調を呈す。片理面と推定される細かな線状構造が顕著に認められる。地域北西端に分布する岩体は明瞭な環状構造に囲まれており、ドーム状の貫入岩と推定される。既存地質図では、未区分の花崗岩類と分類されている。

リニアメント判読の結果をFig. II-2-1-5に示す。解析対象地域で抽出されたリニアメントの

分布傾向は以下のようにまとめられる。

- a. NNE-SSWとENE-WSWの二方向が顕著である。
- b. Gr₁中でリニアメント密度が高い傾向がある。特にGr₁岩体の北西端部分が非常に高密度で、この付近には多くの割れ目が分布すると推定される。
- c. Gr₁岩体を切るNW-SE方向の断層の存在が推定される。

2-1-4 変質帯抽出結果

比演算処理の結果、以下の地域にスペクトル異常域が抽出された。

1)比演算1 (酸化鉄帯を示唆する異常)

- 北東から中北部の花崗岩体(单元Gr₁)縁辺部。特に北東部に高異常域が分布する。
- 北西部の单元O1, O2, S-D中。特にそれらの東部。
- 北緯40度20分, 東経66度00分付近の单元S-Dとその近傍。
- 单元S-Dの西部。

2)比演算2 (粘土化・炭酸塩化変質帯を示唆する異常)

- 北東から中北部の花崗岩体(单元Gr₁)の西端部。
- 同岩体を切るNW-SE断層沿い。

衛星画像解析結果総括図をFig. II-2-1-6に示す。地質单元区分図から貫入岩類の分布,断層・リニアメントの分布,スペクトル異常域の分布及びリニアメント密度分布を図中に示した。

スペクトル異常域が分布し,リニアメント密度が高い地域は鉍化作用が存在する可能性が高いと判定される。そうした地域はGr₁岩体の周囲に多く見られる。これらの地域を中心に,衛星画像解析結果を検証するための地表踏査を実施した。

2-1-5 グランドトゥルス結果

調査地域では,基盤岩類が山地に広く露出するのに加え植生が乏しいため,衛星画像には地質の分布状況とリニアメントが明瞭に反映された。画像により判読された基盤の地質分布は現地での検証結果とよく一致した。被覆層の分布する平地部においても画像の色調と地表面のテクスチャーの差異によって,地質单元の識別が可能であることが判明した。

画像(Fig. II-2-1-2)で群青色を呈する地区には,肉眼で灰色,暗灰色及び黒色を呈する粘板岩及び砂岩が分布している。粘板岩は砂岩よりも風化しやすいため,土壌を形成しその上に草が生えているところが多い。一方,砂岩はそのまま露出している。画像上で認められる群青色を呈する地区(Fig. II-2-1-4のO2に相当)の成層構造は,直接には植生密度の僅かな差異を反映したものであった。

画像で帯紫褐色を呈する地区(Fig. II-2-1-4のSに相当)には、赤褐色の砂岩層及びシルト岩層を主とし、淡緑灰色または淡赤灰色の千枚岩化した粘板岩層も分布する。これらの地層は下部シルル系のサルトブラク(Sartbulak)累層に対応している。

画像上で明るい肌色を呈し山稜を形成しているものは、デボン紀の石灰岩層であった(Fig. II-2-1-4のS-Dに相当)。画像上の石灰岩分布地域の中に群青色の縞が見られるが、これは暗灰色のチャート質片岩とチャート質礫岩、暗灰色の石灰質砂岩及び橙色のドロマイトなどの薄層の挟みであった。石灰岩は、調査地北部の花崗岩体(Fig. II-2-1-4のGr₁に相当)中にもルーフペンダントとして分布し、画像上では明るい肌色を呈している。

調査地北部と南部に判読された2種類の花崗岩体(Fig. II-2-1-4のGr₁とGr₂に相当)の画像上での色調と表面テクスチャーの差異は、地表のマサの有無に因る。すなわち北部の岩体Gr₁の地表には、南部の岩体Gr₂よりもマサが厚く発達している。

アクタウ山脈北側の平地は、画像上で滑らかな表面テクスチャーを示し、赤褐色から黄褐色を呈する。これらの地区には第四紀の扇状地堆積物が広く分布し、堆積物の土壤化は進んでいない。画像での色調の違いは、堆積物の構成岩種を反映しており、灰色の石灰岩を主とするものが赤褐色を、花崗岩のマサを主とするものは黄褐色を呈する。

アクタウ山脈南側の平地は、画像上で細かなしわの多い表面テクスチャーを示し、淡赤褐色から淡緑白色を呈する。この地区には、古第三紀層または新第三紀層が広く分布し、これらの地層を覆って薄い第四紀の砂と土壌が分布する。第四紀層が厚いか、あるいは土壤化が進行している地区は画像上で淡緑白色を、古第三紀層または新第三紀層が露出する地区は淡赤褐色を呈する。

調査地中北部の花崗岩体の中央部を横切る北西-南東方向の明瞭なりニアメントは、破碎帯幅約100mの断層であった。破碎帯中の花崗岩にはマイロナイト化した部分が観察されることから、本断層は深部で形成されたものであると考えられる。

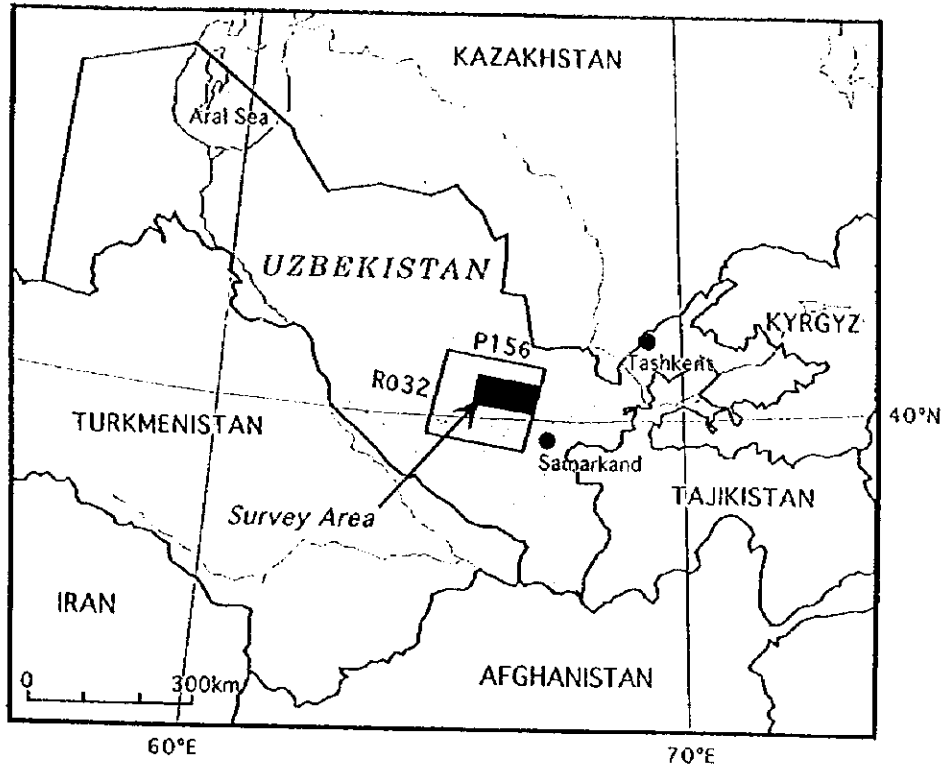
調査地北西部の環状構造の内側には花崗岩が分布し、花崗岩を取り囲む石灰岩と砂岩及び粘板岩が環状の尾根を形成している。これらの堆積岩は花崗岩により接触変成作用を受けており、また石英脈も形成されているが、鉍化作用は認められない。

画像上で、堆積岩の成層構造を示す縞模様が閉じたり、あるいは開いたりすることによって基盤岩類の褶曲が示されている。しかし、今回の画像の精度では褶曲構造を詳しく抽出することは困難であった。褶曲構造の把握には縮尺10万分の1程度の精度の画像が必要と考えられる。

画像処理により抽出された酸化鉄帯を示唆する異常地には、褐鉄鉍のヤケがあり金の鉍化作用が認められる地点(鉍石分析サンプル番号HG043, Au 2g/t)もあったが、多くは北西向き急崖斜面にできた著しい日陰を捕捉したものであった。そのような日陰は、酸化鉄と同様の比演

算結果をもたらすと考えられる。

粘土化・炭酸塩化変質帯を示唆する異常は、風化変質によりカオリナイトが生成された花崗岩類のマサ(X線回折分析サンプル番号HGX38, HGX40)を示していた。この異常は既知の鋳化作用に伴うものではなかったが、手法は粘土化変質の抽出に有効であることを示した。



Specification of Data Used

PRODUCT =97143006-01
 WRS =156/032
 ACQUISITION DATE =1988.09.11
 SATELLITE =L4
 INSTRUMENT =TM
 RESAMPLING =CC
 PROJECTION =UTM
 USGS PROJECTION # = 9
 USGS MAP ZONE = 41
 EARTH ELLIPSOID =CLARKE_1866
 PIXEL SIZE =28.50
 PIXELS PER LINE= 6967
 LINES PER IMAGE= 5965
 UL 0644457.2465E 411433.6933N 646579.405 4566961.828
 UR 0670404.1771E 405414.0655N 842657.513 4535850.201
 LR 0664011.9907E 392419.0991N 816021.030 4367976.265
 LL 0642358.8896E 394406.4960N 619942.921 4399087.892
 BANDS PRESENT =1234567
 SUN ELEVATION =47
 SUN AZIMUTH =139

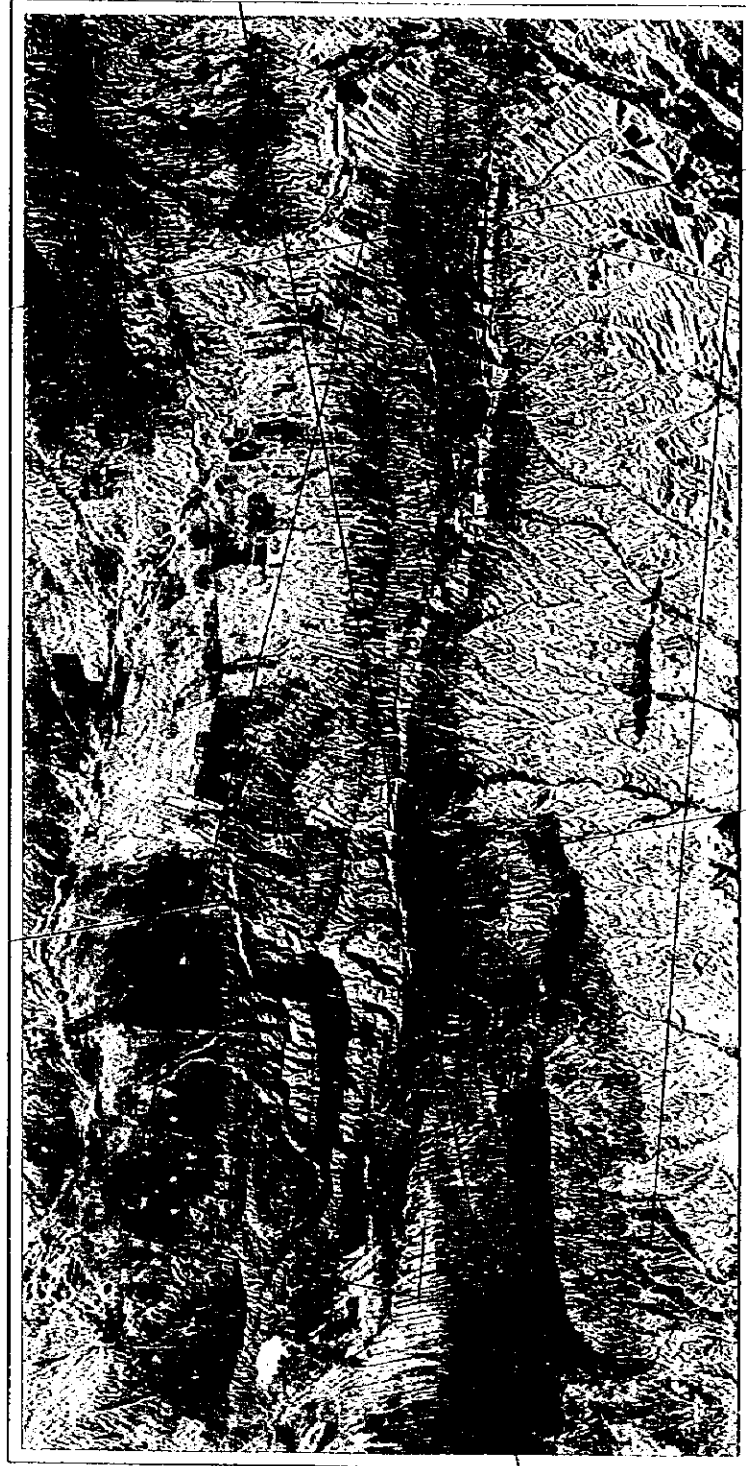
Fig. II-2-1-1 Ground Coverage of Satellite Data and its Specification

1 4 5

66°30' E

66°00' E

40°20' N



40°20' N



66°00' E

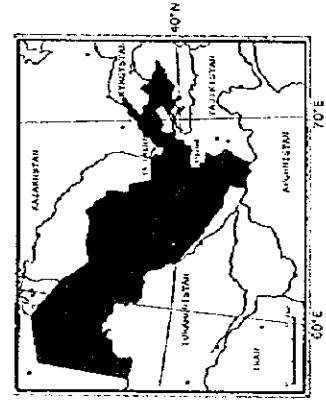
66°30' E

COLOR COMPOSITE IMAGE

SATELLITE : LANDSAT 4
 INSTRUMENT : TM
 WRS : 156/032
 ACQUISITION DATE : 1988.09.11
 SUN ELEVATION : 47°
 SUN AZIMUTH : 139°

Band 1 : Blue
 Band 4 : Green
 Band 5 : Red

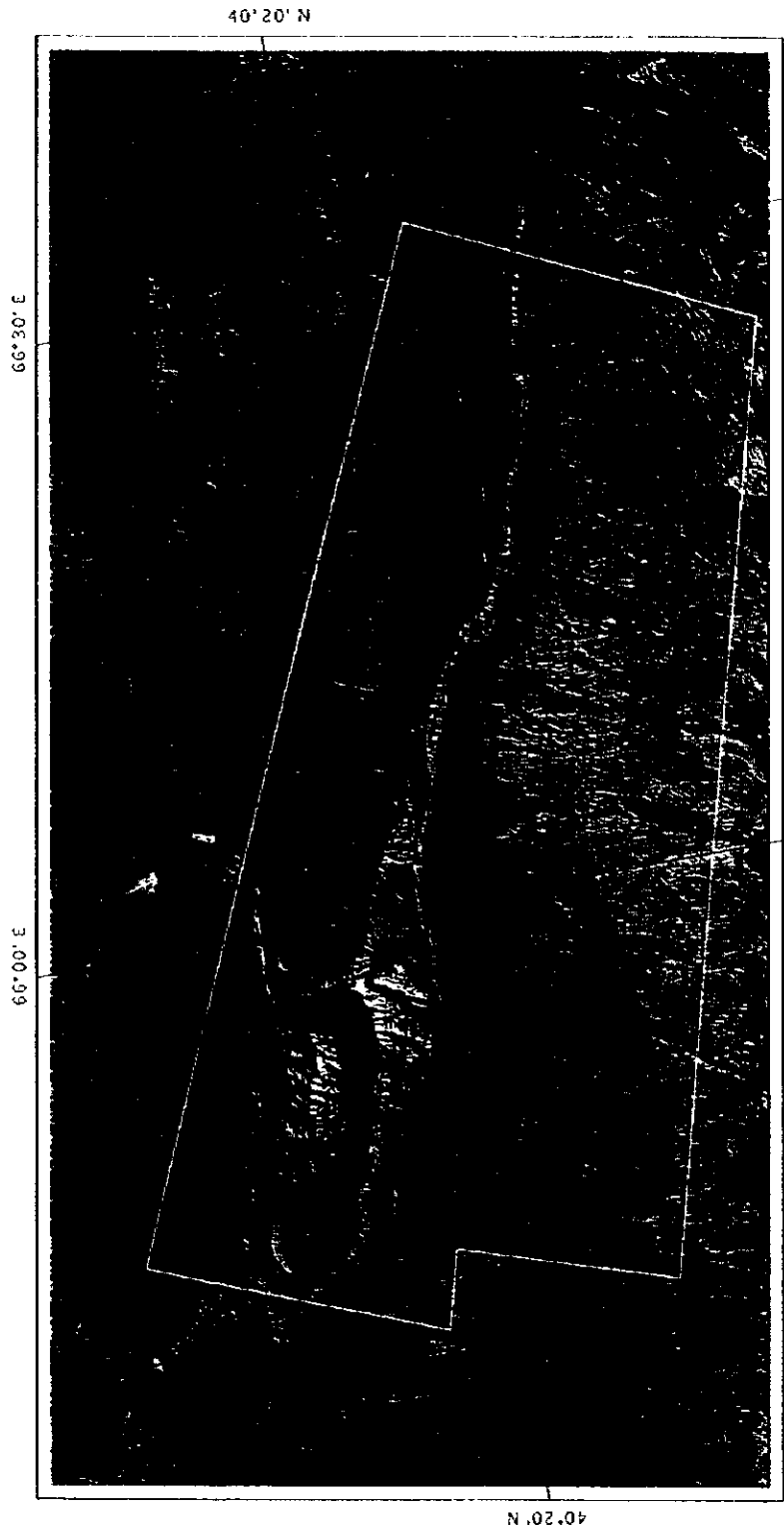
THE SOUTHERN NURATAU AREA, REPUBLIC OF UZBEKISTAN



Japan International Cooperation Agency
 Metal Mining Agency of Japan
 1998

Fig. II-2-1-2 LANDSAT TM Color Composite Image

Processed by Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd. (MIMDECO).

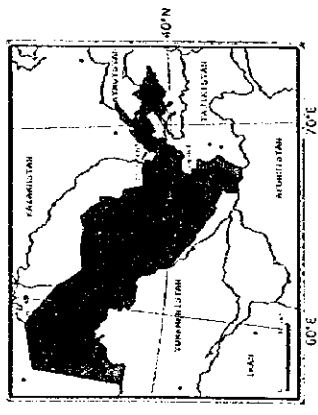


66°30' E
 0 5 10 20 30 km
 66°00' E
 40°20' N

RATIO IMAGE

- (Band 2 - Band 1) / (Band 2 + Band 1) : 1 % of Max.
 - (Band 2 - Band 1) / (Band 2 + Band 1) : 5 % of Max.
 - (Band 5 - Band 7) / (Band 5 + Band 7) : 1 % of Max.
 - (Band 5 - Band 7) / (Band 5 + Band 7) : 5 % of Max.
- Base Image : First Principal Component

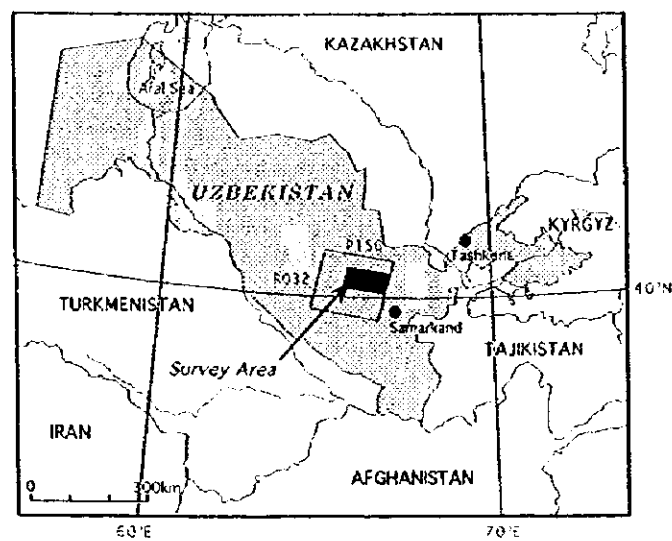
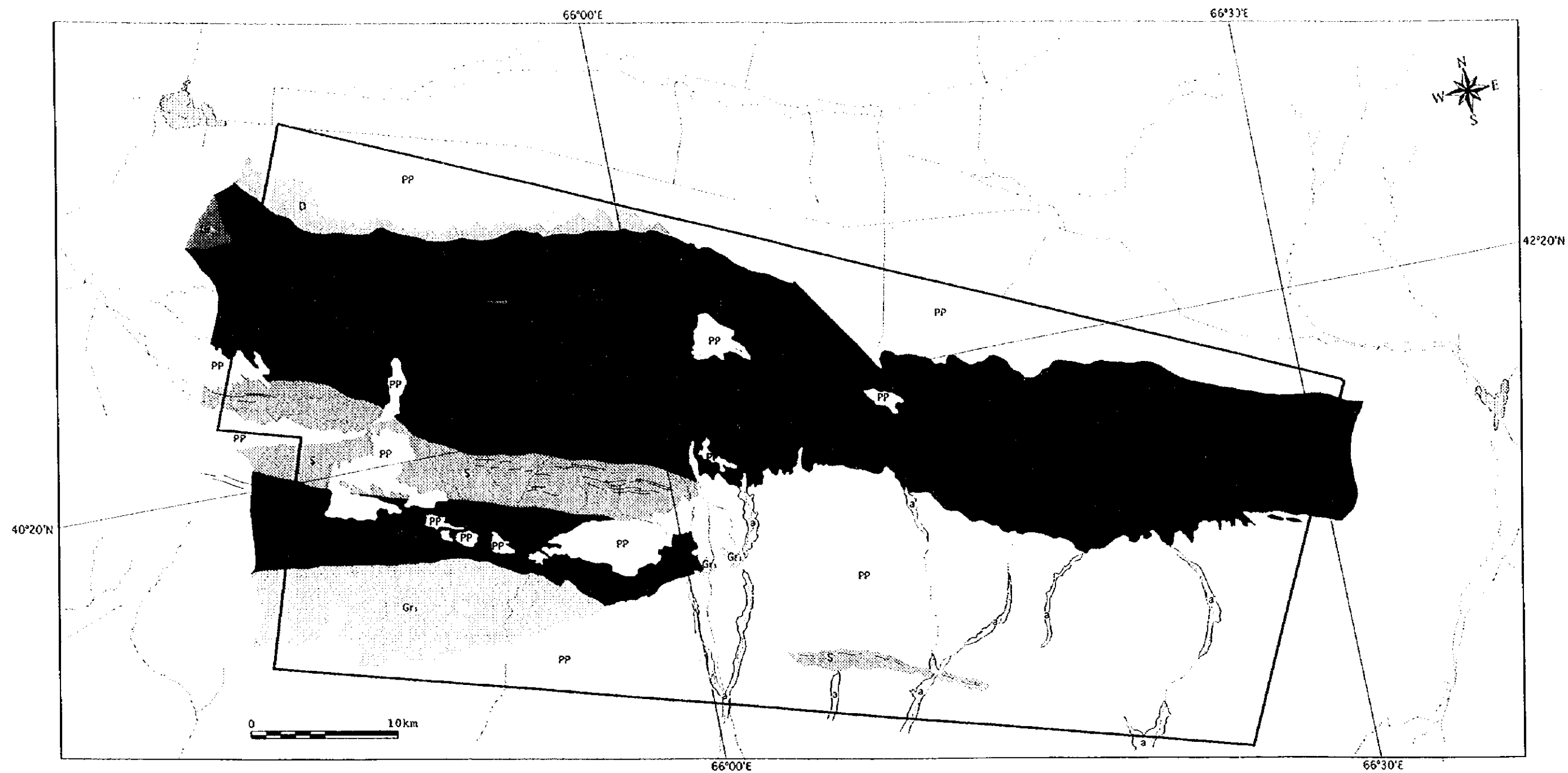
SATELLITE : LANDSAT 4
 INSTRUMENT : TM
 WRS : 156/032
 ACQUISITION DATE : 1988.09.11
 SUN ELEVATION : 47°
 SUN AZIMUTH : 139°



THE SOUTHERN NURATAU AREA, REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Japan International Cooperation Agency
 Metal Mining Agency of Japan
 1998
 Processed by Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd. (MINECO).

g. II-2-1-3 LANDSAT TM Ratio Anomaly Map



Sedimentary Units

- a Holocene (alluvial deposit)
- pp Post Paleozoic
- D Devonian
- Silurian to Devonian
- Silurian
- Upper Ordovician
- Lower Ordovician

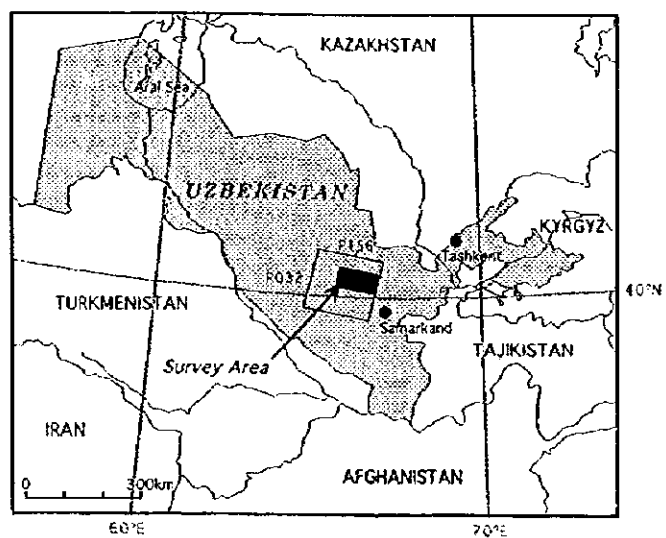
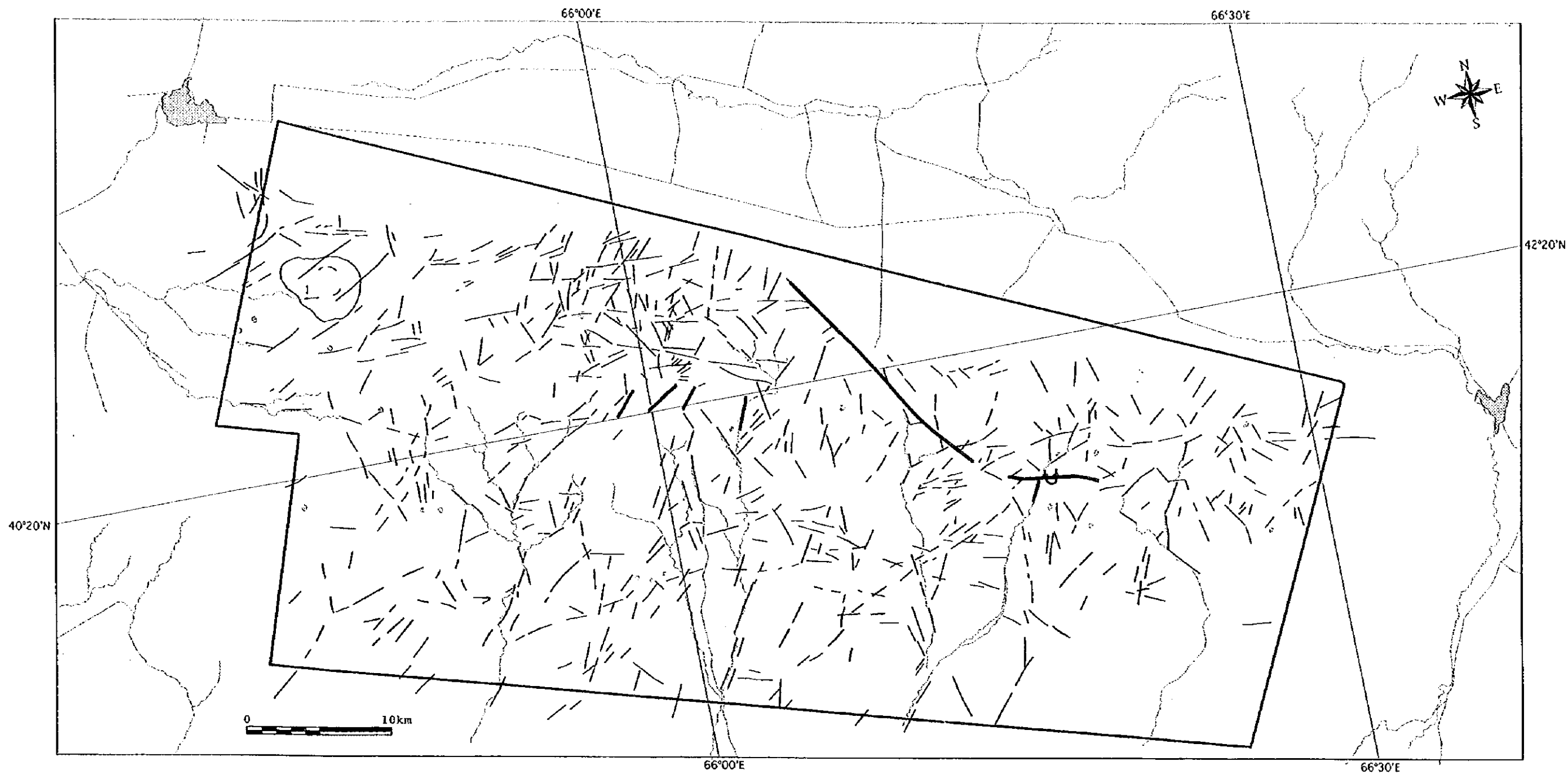
Intrusive Rocks

- Gr1 Permian Granitic rocks
- Carboniferous Granitic rocks 2
- Carboniferous Granitic rocks 1

Others

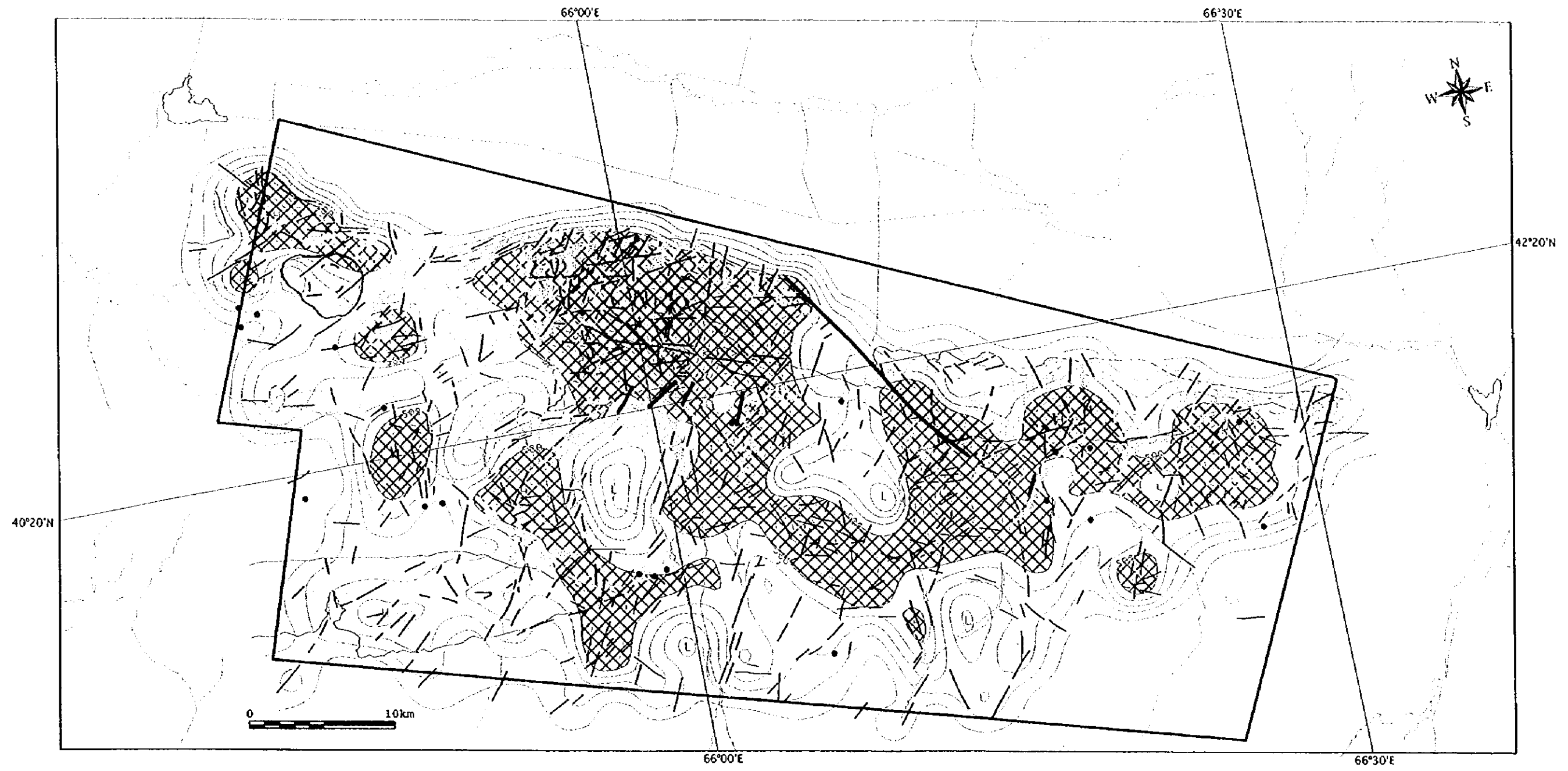
- Overturned syncline
- Fault
- Bedding or schistosity
- Road
- Town
- Drainage

Fig. II-2-1-4 Geologic Interpretation Map of LANDSAT TM



- Fault
- Lineament
- Overtured syncline
- Road
- Town
- Drainage

Fig. II-2-1-5 LANDSAT TM Lineament Map













- | | | | |
|---|--|---|---|
|  | Granitic intrusive rocks |  | Spectral Anomaly by band2 / band1 (second order) |
|  | Fault |  | High lineament density (≥ 500 m/km ²) |
|  | Lineament |  | Known ore deposit/showing |
|  | Lineament density (m/km ²) |  | Road |
| | |  | Town |
| | |  | Drainage |

Fig. II-2-1-6 Integrated Interpretation Map of Image Analysis

