

モンゴル国 中央北部地域  
資源開発協力基礎調査報告書

最終報告書

平成13年3月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

## はしがき

日本国政府はモンゴル国政府機関・通商産業省鉱物資源管理庁の要請に応え、同国中央北部の非鉄鉱物資源賦存の可能性を確認するため衛星画像解析、地質調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および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、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11年度から開始された。本年度は第2年次に当たり、金属鉱業事業団は5名の調査団を編成して平成12年6月17日から平成12年8月12日まで現地に派遣した。現地調査は、モンゴル国政府機関、鉱物資源管理庁の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、2ヶ年間の調査結果を取りまとめたものである。

終わりに、本調査の実施に当たってご協力頂いたモンゴル国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在モンゴル国日本国大使館および関係各位の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

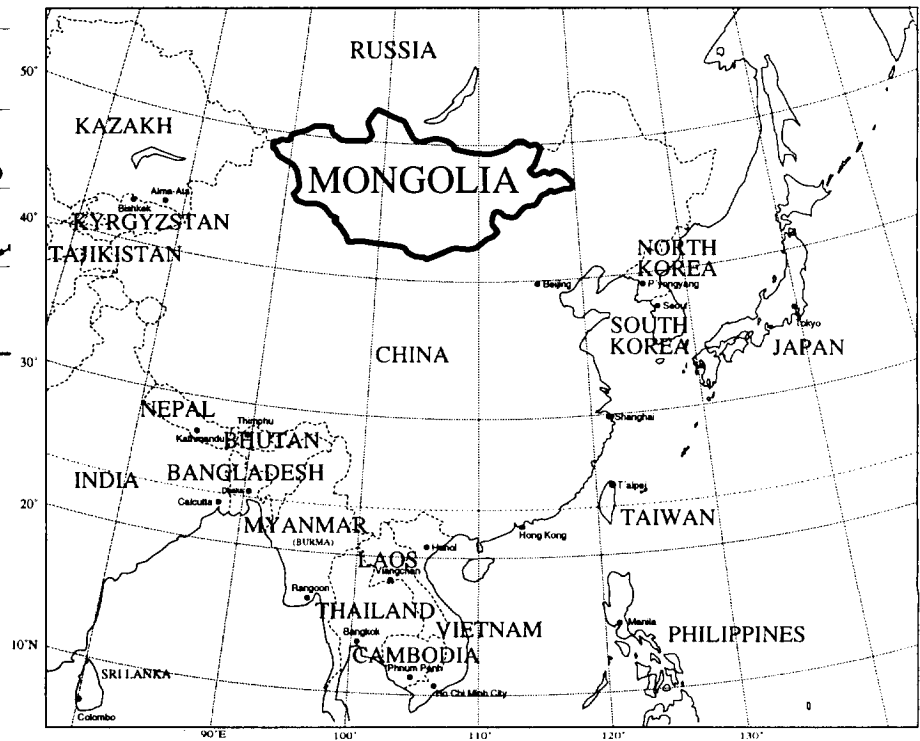
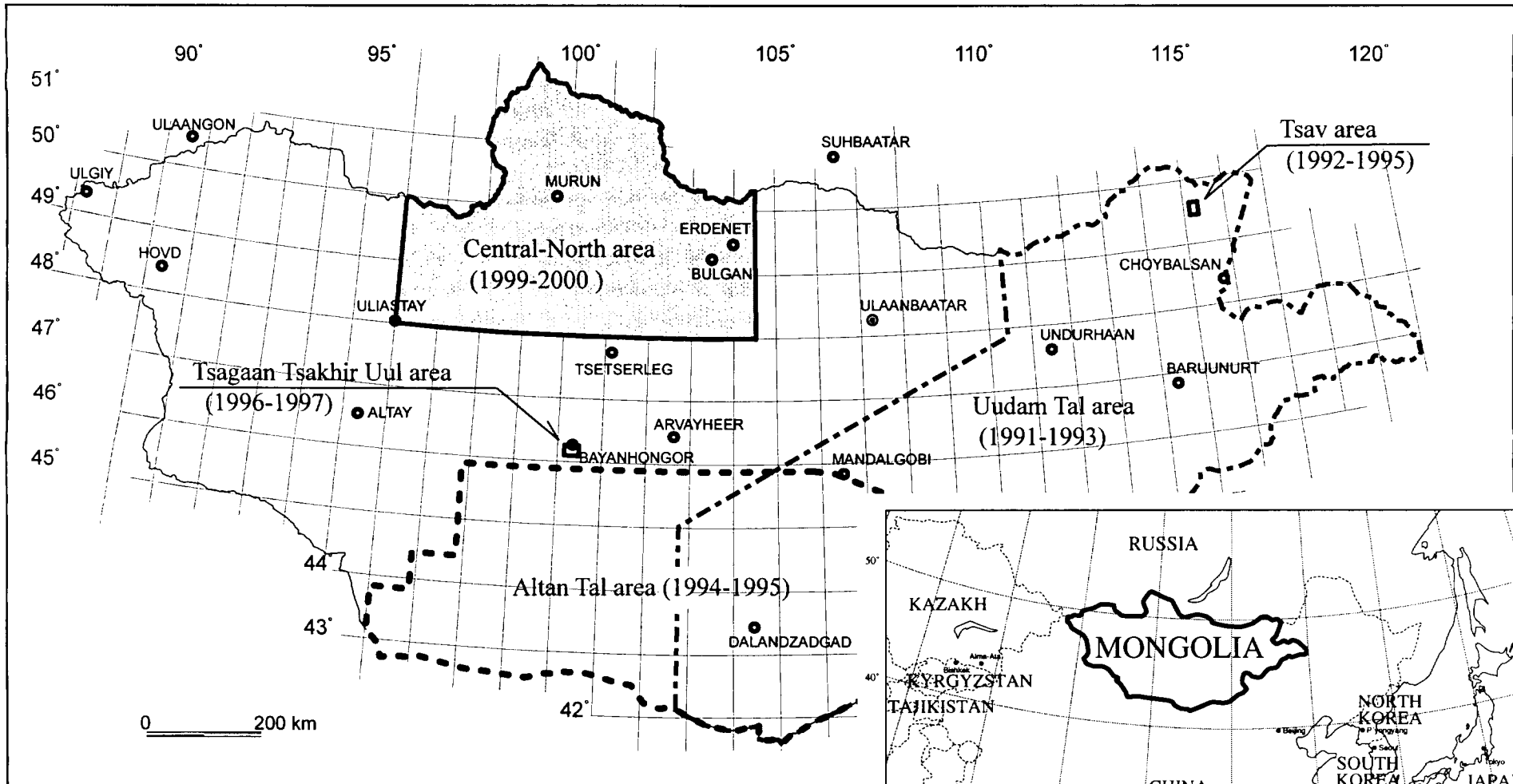
平成13年3月

国際協力事業団

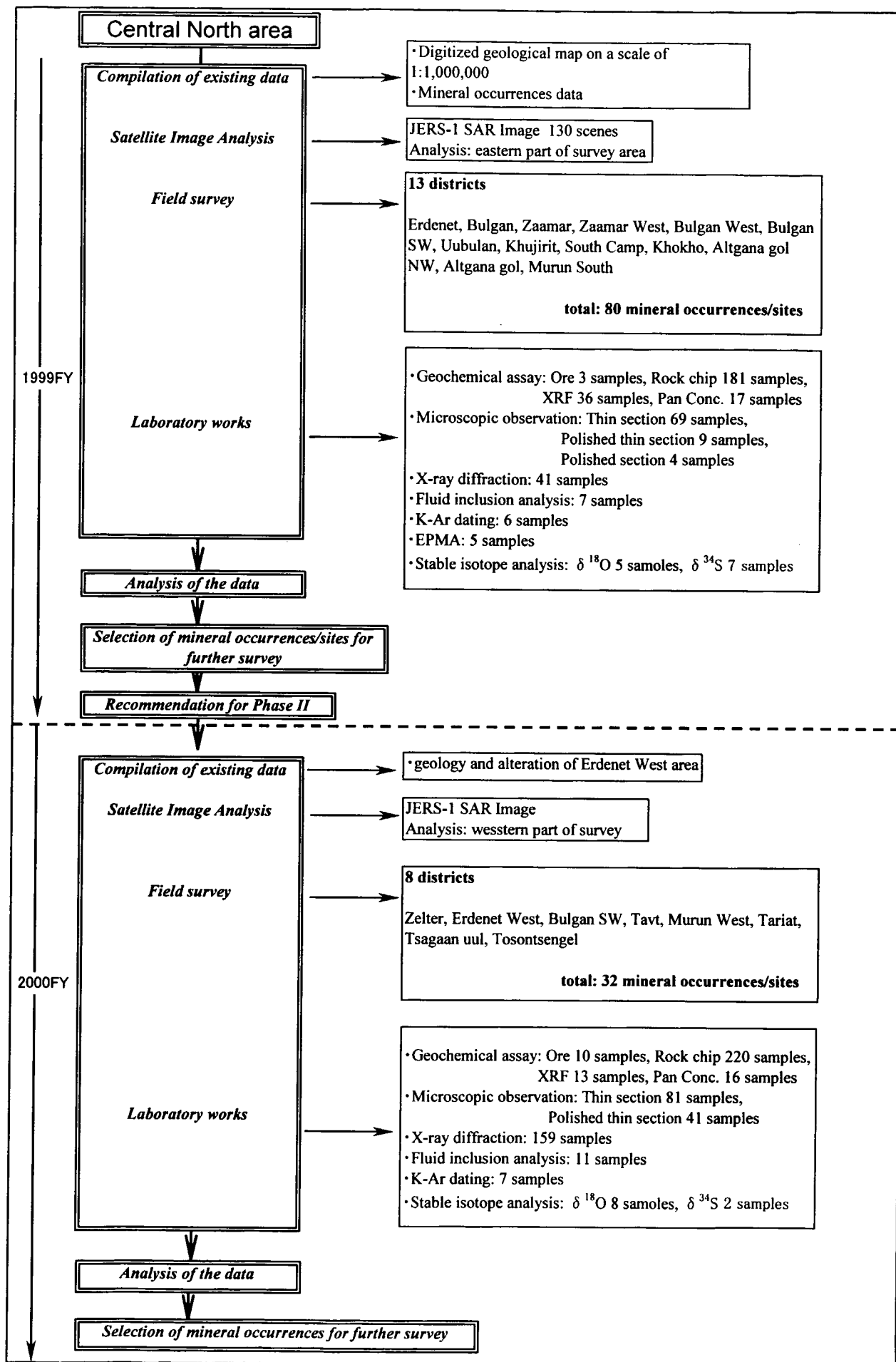
総 裁 齊藤 邦彦

金属鉱業事業団

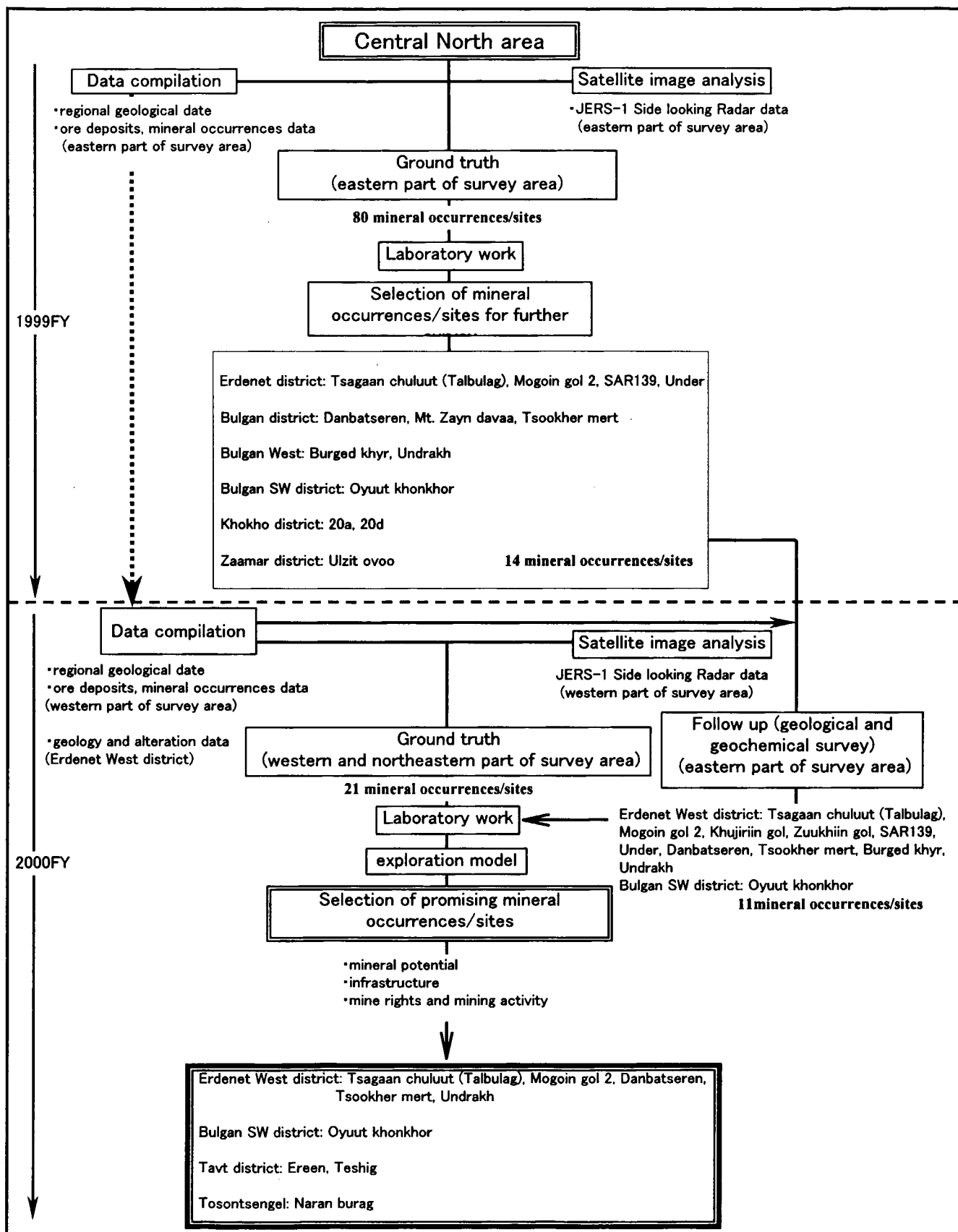
理事長 田代 直弘



Location map of the central north area, Mongolia



Survey flow in the central north area, Mongolia



Flow chart of the sequence of survey and the selection of promising mineral occurrences and sites in the central north area, Mongolia

## 要 約

本調査は、モンゴル国と日本国政府との間で平成11年5月27日に締結された調査実施実務協定書（Scope of Work）に基づき、同国中央北部からロシア共和国との国境にかけて位置する中央北部地域において、非鉄金属鉱物資源を対象とし、地域全域のポテンシャル評価および将来、政府間ベースの調査への発展性、あるいは民間企業の新たな調査への参入の可能性を考慮した有望地域抽出を目的として2ヶ年に亘って実施された。本報告書は2ヶ年間の調査結果をとりまとめたものである。

調査は、既存データ解析、衛星画像解析およびグランドトランスよりなる。既存データ解析では、主にモンゴル国側で整理された資料に基づき本地域の地質および鉱床・鉱徴地の分布と特徴を把握した。衛星画像解析では、SAR 画像からリニアメントを抽出し、既知鉱徴地との関係を検討した。これらを総合的に解析することによりグランドトランスの対象鉱徴地/調査地点を抽出した。なお鉱徴地/調査地点の抽出にあたっては、ポーフィリー型銅・モリブデン鉱床および金鉱床に重点を置いた。

衛星画像解析およびグランドトランスは、調査対象範囲が20万平方キロメートルと広範であることから東経100°を境として東西に2分して実施した。第1年次は東経100°以東において13地区80鉱徴地/調査地点の調査を実施した。第2年次は東経100°以西において4地区19鉱徴地の調査を実施した。また第2年次には、第1年次にアクセスの問題でグランドトランスの実施出来なかったTavt地区およびZelter地区ならびに第1年次調査の結果有望と判断されたErdenet West地区（10鉱徴地）およびBulgan SW地区（1鉱徴地）のフォローアップ調査を実施した。

調査地域の地質は原生代ベンディアン紀以降のマグマ弧と付加体の形成およびアンガラクラトンと北中国クラトンの衝突によって形成されたものと考えられている。こうした構造発達史から調査地域には様々なタイプの鉱床の存在が考えられるが、グランドトランスの結果、ポーフィリー型銅・モリブデン鉱床、浅熱水性金鉱床、深成岩関連型金鉱床、スカルン型金鉱床およびスカルン型銅・鉛・亜鉛の鉱徴が確認された。

2ヶ年間の調査の結果、本調査地域においてポーフィリー型銅・モリブデン鉱床および浅熱水性金鉱床賦存の可能性の高い10鉱徴地が選定された。これらのうち6鉱徴地がErdenet West地区に集中することが判明した。

Erdenet West地区ではErdenet 鉱山周辺のTsagaan chuluut、Mogoin gol 2およびDanbatseren 鉱徴地においてポーフィリーシステムの上部兆候を示すリソキャップに相当する”secondary quartzite”が分布しており、その内部に高硫化系金鉱床、また深部にポーフィリー型銅・モリブデン鉱床の賦存が期待される。Zuukhiin gol 鉱徴地およびUndrakh 鉱徴地ではポーフィリーシステムの削剥が進んで酸化銅鉱が露出しており浅所に採掘可能鉱体の賦存が期待される。またTsookhermert 鉱徴地ではトレンチ内の石英細脈帯（分析幅30cm）でAu:285.4g/tが捕捉され、周辺・深部に高品位金鉱床の賦存が期待される。

Erdenet West 地区においては、有望と判断された上記各鉱徴地の詳細調査はもとより、特にこれら鉱徴地がまとまって分布する Erdenet West 地区の東部において高分解能空中磁気探査等の基礎的調査を実施し、既存鉱床・鉱徴地の位置付けを明確にするとともにさらに精査地区を選定することが望まれる。

Tosontsengel 地区 Naranbulug 鉱徴地についてはポーフィリー型銅・モリブデン鉱床の賦存が期待され詳細な調査が望まれるものの、鉱山開発のためのインフラ等を考慮すると Erdenet West 地区に比べ詳細調査の優先度は低くなる。

また有望鉱徴地として抽出された熱水性金鉱床の賦存が期待される Bulgan West 地区 Oyuut khonkhor 鉱徴地、深成岩関連型金鉱床の賦存が期待される Tavat 地区 Ereen 鉱徴地、およびスカン型金鉱床が期待される Tavat 地区 Teshig 鉱徴地では、モンゴル国の民間企業が探鉱を実施中であり今後の成果に期待したい。

## 目次

はしがき	
調査地域位置図	
調査フローチャート	
有望地区選定フローチャート	
要約	
目次	
図表一覧	

## 第1部 総論

第1章 序論	1
1-1 調査実施の経緯	1
1-2 調査の概要	1
1-2-1 調査の目的	1
1-2-2 調査地域	3
1-2-3 調査方法	3
1-2-4 調査団の編成	4
1-2-5 調査期間および調査量	5
第2章 調査地域の地理	9
2-1 位置・交通	9
2-2 地形	13
2-3 水系	13
2-4 気候	17
2-5 植生	17
第3章 調査地域の地質、鉱床、鉱業事情	20
3-1 モンゴルの地質・鉱床概要	20
3-1-1 構造発達史	20
3-1-2 構造区分	27
3-1-3 火成活動	33
3-1-4 構造線・リニアメント	38
3-1-5 鉱床概要	38
3-2 調査地域の地質・鉱床概要	49
3-2-1 地質・構造	49
3-2-2 花崗岩類の特徴	53
3-2-3 鉱床・鉱徴	57
3-3 最近の鉱業事情	77
3-3-1 鉱業の歴史	77
3-3-2 鉱業全般	78
3-3-3 鉱業法および鉱区	81
3-3-4 最近の探鉱・開発動向	84
第4章 調査結果の概要	85
4-1 既存データの解析	85
4-2 衛星画像解析	85
4-3 グラントルース	87
4-4 地質構造および鉱化作用の特性と鉱化規制	87



4-5	鉱床賦存ポテンシャルと有望鉱微地の選定	89
4-5-1	鉱床賦存ポテンシャル	89
4-5-2	有望鉱微地の選定	96
第5章	結論および提言	103
5-1	結論	103
5-2	将来の調査への提言	103

## 第II部 各論

第1章	既存データ解析	105
1-1	既存データ収集対象機関	105
1-2	既存データの種類	105
1-3	既存データの解析	107
第2章	衛星画像解析	108
2-1	JERS-1/SAR 画像処理・作成	108
2-1-1	序論	108
2-1-2	使用衛星データ	108
2-1-3	使用機器およびソフトウェア	112
2-1-4	データ処理	112
2-2	JERS-1/SAR 画像判読・解析	121
2-2-1	概要	121
2-2-2	判読・解析方法	121
2-2-3	判読・解析結果	122
2-2-4	鉱微地分布	131
2-2-5	まとめ	137
2-3	LANDSAT TM 画像処理・作成	141
2-3-1	序論	141
2-3-2	使用衛星データ	141
2-3-3	データ処理	142
2-3-4	結果	153
第3章	グラントルース調査	162
3-1	調査対象地区および地点の選定	162
3-1-1	第1年次調査地点の選定	162
3-1-2	第2年次調査地点の選定	165
3-2	グラントルース調査結果	165
3-2-1	Zelter 地区	171
3-2-2	Erdenet West 地区	184
3-2-3	Zaamar 地区	238
3-2-4	Zaamar West 地区	239
3-2-5	Bulgan SW 地区	239
3-2-6	Tavt 地区	246
3-2-7	Uubulan 地区	258
3-2-8	South Camp 地区	258
3-2-9	Khujirit 地区	258
3-2-10	Khokho 地区	258
3-2-11	Altgana gol 地区	259
3-2-12	Altgana gol NW 地区	259

Figure II-2-8	Circular feature extracted from JERS-1/SAR mosaic image (Hutag unit and Jarganant unit)	129
Figure II-2-9	Circular feature extracted from JERS-1/SAR mosaic image (Tosontsengel unit and Hatgal unit)	133
Figure II-2-10	Lineament and circular feature extracted from JERS-1/SAR mosaic image	135
Figure II-2-11	Lineament and circular feature extracted from JERS-1/SAR mosaic image with mineral occurrences on the image	139
Figure II-2-12	LANDSAT TM false color image of the Erdenet West area (western part)	143
Figure II-2-13	LANDSAT TM false color image of the Erdenet West area (eastern part)	145
Figure II-2-14	LANDSAT TM false color mosaic image of the Erdenet West area	147
Figure II-2-15	LANDSAT TM ratio image of the Erdenet West area (western part)	149
Figure II-2-16	LANDSAT TM ratio image of the Erdenet West area (eastern part)	151
Figure II-2-17	LANDSAT TM classification image of the Erdenet West area (eastern part)	155
Figure II-2-18	LANDSAT TM classification image of the Erdenet West area (western part, 1)	157
Figure II-2-19	LANDSAT TM classification image of the Erdenet West area (western part, 2)	159
Figure II-3-1	Location of survey sites of Phase I and II survey in the central north area	163
Figure II-3-2	Geological map, distribution of mineral occurrences and lineaments based on JERS-1/SAR mosaic image analysis of the central north area	167
Figure II-3-3	Geological map of the Zelter district	173
Figure II-3-4	Sample locations of the Zelter district	177
Figure II-3-5	Geological map around the Occurrence24 and the Gatsuurkhan	181
Figure II-3-6	Geological map of the Erdenet West district	187
Figure II-3-7	Sample locations of the Erdenet West district	191
Figure II-3-8	Route map of the SAR139	194
Figure II-3-9	Schematic plan of the Zuukhiin gol	197
Figure II-3-10	Geological map of the Mogoin gol 2	199
Figure II-3-11	Schematic plan of the Khujiriin gol	202
Figure II-3-12	Geological map of the Tsagaan chuluut	207
Figure II-3-13	Histograms of the individual elements used for the multivariate analysis (cluster analysis)	211
Figure II-3-14	Dendrogram on the basis of the cluster analysis results	213
Figure II-3-15	Geochemical zoning map on the basis of the cluster analysis results in the Tsagaan chuluut	217
Figure II-3-16	Geological map of the Under	220
Figure II-3-17	Geological map of the Danbatseren	223
Figure II-3-18	Route map of the Danbatseren	225
Figure II-3-19	SAR image of the Tsookher mert	227
Figure II-3-20	Schematic plan of the Tsookher mert	229
Figure II-3-21	Schematic plan of the Burged khyr	231
Figure II-3-22	Geological map of the Undrakh	234
Figure II-3-23	Route map of the Undrakh	235
Figure II-3-24	Route map of the Oyuut khonkhor	243
Figure II-3-25	Geological map of the Tavn district	247
Figure II-3-26	Sample locations of the Tavn district	251
Figure II-3-27	Geological map of the Ereen	255

Figure II-3-28	Geological map of the Tariat district	261
Figure II-3-29	Sample locations of the Tariat district	265
Figure II-3-30	Geological map of the Terkhiin tsagaan nuur	269
Figure II-3-31	Geological map of the Tariatiin gol	273
Figure II-3-32	Geological map of the Solongot	277
Figure II-3-33	Geological map of the Murun West district	283
Figure II-3-34	Sample locations of the Murun West district	287
Figure II-3-35	Geological map of the Tsagaan tolgoi	289
Figure II-3-36	Geological cross section of the Tsagaan tolgoi (1)	293
Figure II-3-37	Geological cross section of the Tsagaan tolgoi (2)	295
Figure II-3-38	Geological map of the Ulaannuur	298
Figure II-3-39	Geological map of the Tsagaan uul district	301
Figure II-3-40	Sample locations of the Tsagaan uul district	303
Figure II-3-41	Geological map of the Tsagaan uul	307
Figure II-3-42	Geological map of the Nariin azarga	311
Figure II-3-43	Geological map of the Deed ulaan tolgoi (1)	313
Figure II-3-44	Geological map of the Deed ulaan tolgoi (2)	314
Figure II-3-45	Geological map of the Gurvan buudal uul	317
Figure II-3-46	Geological map of the Khunkh tsakhir	321
Figure II-3-47	Geological map of the Tosontsengel district	325
Figure II-3-48	Sample locations of the Tosontsengel district	329
Figure II-3-49	Geological map of the Zost uul	331
Figure II-3-50	Geological map of the Khuurai sair	335
Figure II-3-51	Schematic plan of the Naranbulag	338
Figure II-3-52	Geological map of the Occurrence124-B-4, 5	341
Figure II-3-53	Geological map of the Quartzite	344
Figure II-3-54	Geological map of the Davaa	346
Figure II-4-1	Histograms of the individual elements used for the multivariate analysis	349
Figure II-4-2	Results of geochemical principal components analysis	361
Figure II-4-3	Quartz - Alkali feldsper - Plagioclase diagram	367
Figure II-4-4	Rb - (Y+Nb) diagram (Pearce et al., 1984)	367
Figure II-4-5	Rb - (Yb+Ta) diagram (Pearce et al., 1984)	369
Figure II-4-6	Ta - Yb diagram (Pearce et al., 1984)	369
Figure II-4-7	Nb - Y diagram (Pearce et al., 1984)	371
Figure II-4-8	Chondrite normalized Ce/Yb - Yb diagram	371
Figure II-4-9	Alkali (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) - FeO* - MgO diagram	374
Figure II-4-10	FeO*/MgO - SiO <sub>2</sub> diagram	374
Figure II-4-11	(Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) - SiO <sub>2</sub> diagram	375
Figure II-4-12	Zr/TiO <sub>2</sub> - Nd/Y diagram	376
Figure II-5-1	Radiometric age of Selenge complex, Erdenet porphyritic intrusion complex and Erdenet deposits (taken from Sotnikovetal, 1995; Berzina et al., 1999; Watanabe and Stein, 2000; JICA-MMAJ, 2000)	381
Figure II-5-2	Idealized model of advanced argillic (lithocap) and underlying porphyry Cu/Au deposit taken from Sillitoe 1995	383

## 圖 表 一 覽

Frontispiece	Location map of the central north area, Mongolia
	Survey flow in the central north area, Mongolia
	Flow chart of the sequence of survey and the selection of promising mineral occurrences and sites in the central north area, Mongolia

### Figures

Figure I-1-1	Location map of the past and present projects in Mongolia	2
Figure I-2-1	Site map of the central north area	11
Figure I-2-2	Relief map of the central north area	15
Figure I-2-3	Mean temperature in the central north area	15
Figure I-2-4	Precipitation of the central north area	15
Figure I-2-5	Mean temperature of major province centers in the central north area	18
Figure I-2-6	Precipitation of major province centers in the central north area	19
Figure I-3-1a	Tectonic units of Mongolia (Sengor et al., 1996)	21
Figure I-3-1b	Tectonic units of Mongolia (MRAM, unpublished)	21
Figure I-3-2	Schematic tectonic evolution of the Mongol-Okhotsuk folded belt (Sengor et al., 1996)	28
Figure I-3-3	Geological and tectonic map of Mongolia (MRAM, 1993)	29
Figure I-3-4	Distribution of granitic rocks in Mongolia (MRAM, 1993)	35
Figure I-3-5	Distribution of major base and precious metal deposits and occurrences in Mongolia (MRAM, 1993)	39
Figure I-3-6	Geological map of the central north area	51
Figure I-3-7	Distribution of granitic rocks in the central north area	55
Figure I-3-8	Geology and metallogenic map of the central north area	61
Figure I-3-9	Location of ore deposits, mineral occurrences, and geochemical anomalies in the central north area	67
Figure I-3-10	Distribution of "secondary quartzite" and Selenge complex in the Erdenet West district	73
Figure I-3-11	Idealized model of advanced argillic (lithocap) and underlying porphyry Cu/Au deposit taken from Sillitoe 1995	75
Figure I-4-1	Radiometric age of Selenge complex, Erdenet porphyritic intrusion complex and Erdenet deposits (taken from Sotnikovetal, 1995; Berzina et al., 1999; Watanabe and Stein, 2000; JICA-MMAJ, 2000)	91
Figure I-4-2	Geological cross section along the Oyut - Erdenet NW - Tsagaan chuluut - Mogoin gol 2 deposits and mineral occurrences in the Erdenet West district	93
Figure I-4-3	Selected mineral occurrences and sites in the central north area	97
Figure II-2-1	Location of satellite image analysis	109
Figure II-2-2	Index map of JERS-1/SAR data	110
Figure II-2-3	Flow of producing JERS-1/SAR mosaic image units	112
Figure II-2-4	Process of stitching 4 scenes of JERS-1/SAR data	112
Figure II-2-5	Index map of 1:200,000 JERS-1/SAR mosaic images	116
Figure II-2-6	Example of 1:200,000 JERS-1/SAR mosaic image	117
Figure II-2-7	JERS-1/SAR mosaic image of the central north area	119

3-2-1 3	Murun South 地区	259
3-2-1 4	Tariat 地区	259
3-2-1 5	Murun West 地区	280
3-2-1 6	Tsagaan uul 地区	299
3-2-1 7	Tosontsengel 地区	323
第4章	地化学分析データ解析	347
4-1	使用データ	347
4-2	分析データの前処理	347
4-3	解析方法および結果	347
4-3-1	解析方法	347
4-3-2	計算結果および解釈	347
4-3-3	各鉱微地の地化学的特徴	352
4-3-4	各主成分と変質の特徴	363
4-4	結論	364
4-5	花崗岩類および火山岩類の岩石化学的特徴	366
4-5-1	花崗岩類	366
4-5-2	火山岩類	373
第5章	考察	377
5-1	地質構造および鉱化作用の特性と鉱化規制	377
5-2	鉱床賦存ポテンシャルと有望鉱微地の選定	379
5-2-1	鉱床賦存ポテンシャル	379
5-2-2	有望鉱微地の選定	388

### 第III部 結論および提言

第1章	結論	395
第2章	将来の調査への提言	396
参考文献		398

巻末資料

Figure II-5-3	Distribution of "secondary quartzite" and Selenge complex, and geological cross section along the Oyut - Erdenet NW - Tsagaan chuluut - Mogoin gol 2 deposits and mineral occurrences in Erdenet West district	385
Figure II-5-4	Selected mineral occurrences and sites in the central north area	389

## Tables

Table I-1-1	Record of the ground truth (Phase I survey)	5
Table I-1-2	Laboratory test (Phase I survey)	6
Table I-1-3	Record of the ground truth (Phase II survey)	7
Table I-1-4	Laboratory test (Phase II survey)	7
Table I-2-1	Mean monthly and annual temperature (°C) of major province centers in the central north area	18
Table I-2-2	Mean monthly and annual precipitation (mm) of major province centers in the central north area	19
Table I-3-1	Comparison of the tectonic units of Mongolia	23
Table I-3-2	Simplified stratigraphy of Mongolia	25
Table I-3-3	List of base and precious metal deposits in Mongolia	41
Table I-3-4	Characteristics of middle and late Paleozoic granitoid intrusive complex distributed in the central north area	58
Table I-3-5	Metallogenic classifications of the central north area	63
Table I-3-6	Characteristics of Selenge complex and Erdenet porphyritic intrusive complex distributed around Erdenet deposits	70
Table I-3-7	Production of Cu, Mo and Au in Mongolia	78
Table I-4-1	Selected promising mineral occurrences of the central north area	99
Table II-2-1	List of JERS-1/SAR data	111
Table II-2-2	List of JERS-1/SAR mosaic images	116
Table II-2-3a	Characteristics of photogeologic units (sedimentary and volcanic rocks)	123
Table II-2-3b	Characteristics of photogeologic units (intrusive rocks)	125
Table II-2-4	LANDSAT TM data used in the analysis	141
Table II-2-5	Data on the image of the eastern part of the central north area (P133-R26)	153
Table II-2-6	Data on the image of the western part of the central north area (P134-R26)	153
Table II-3-1	Simplified stratigraphy of the central north area	169
Table II-3-2	Summary of drilling logs previously carried out in the Tsagaan chuluut	205
Table II-3-3	List of geochemical samples in the Tsagaan chuluut	214
Table II-4-1	Principal component matrix	351
Table II-4-2	Principal component scores of individual samples in the central north area	353
Table II-4-3	Summary of geochemical PCA results in the central north area	359
Table II-4-4	Alteration minerals of samples used for the multivariate analysis	365
Table II-5-1	Selected promising mineral occurrences of the central north area	391

# 第 I 部 総論

# 第 I 部 総論

## 第 1 章 序論

### 1-1 調査実施の経緯

モンゴル国は 1990 年以降、計画経済から市場経済への移行を進め、西側諸国に対し経済の門戸を開き、その資金および技術の導入を促す政策を実施してきている。同国の主要産業は牧畜業、鉱業、軽工業などであるが、特に、鉱業については世界有数の規模を持つ Erdenet 鉱山を有し、そこからの銅精鉱、モリブデン精鉱が総輸出額のうちの大きな比重を占めている。

国際協力事業団（JICA）／金属鉱業事業団（MMAJ）によるモンゴル国の資源開発協力基礎調査は 1991 年度（平成 3 年度）より開始され、1997 年度までの間に以下の 5 地域において実施されてきた（Fig.I-1-1）。

オーダムタル地域（資源開発調査）	1991～93 年度
ツァブ地域（地域開発計画調査）	1992～95 年度
アルタンタル地域（鉱物資源広域調査）	1994～95 年度
オーダムタル地域（フォローアップ調査アフターケア）	1995 年度
ツァガンツアヒウール地域（資源開発調査）	1996～97 年度

モンゴル国は世界の基準に添った新鉱業法を 1997 年に制定し、外貨 100%の鉱山開発を認める等外資導入による探査・開発を促進している。このような状況の下、モンゴル国農牧産業省・鉱物資源管理庁（MRAM：政権交代に伴う省庁再編成により 2000 年 9 月からモンゴル国通商産業省・鉱物資源管理庁に改編された）は、過年度の資源開発協力基礎調査を高く評価し、銅・金などのポテンシャルが期待される中央北部地域の基礎調査を 1998 年 10 月 9 日わが国に要請してきた（公信第 449 号）。モンゴル側は本調査の成果を、外貨導入による同地域の探査・開発の促進のための基礎データとして活用したいとしている。

### 1-2 調査の概要

#### 1-2-1 調査の目的

本調査はモンゴル国中央北部地域を対象として、既存データ解析、衛星画像解析、グランドトールス（現地踏査）を行い、得られた結果を総合的に解析し、広範囲の中から効率的に鉱床賦存有望地域を抽出することを目的とする。



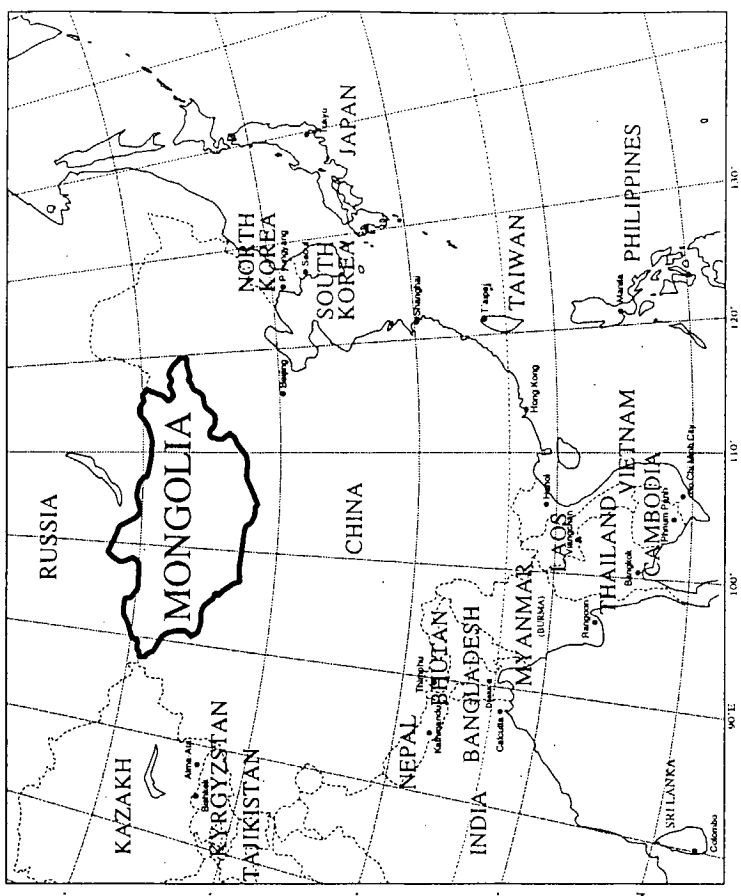
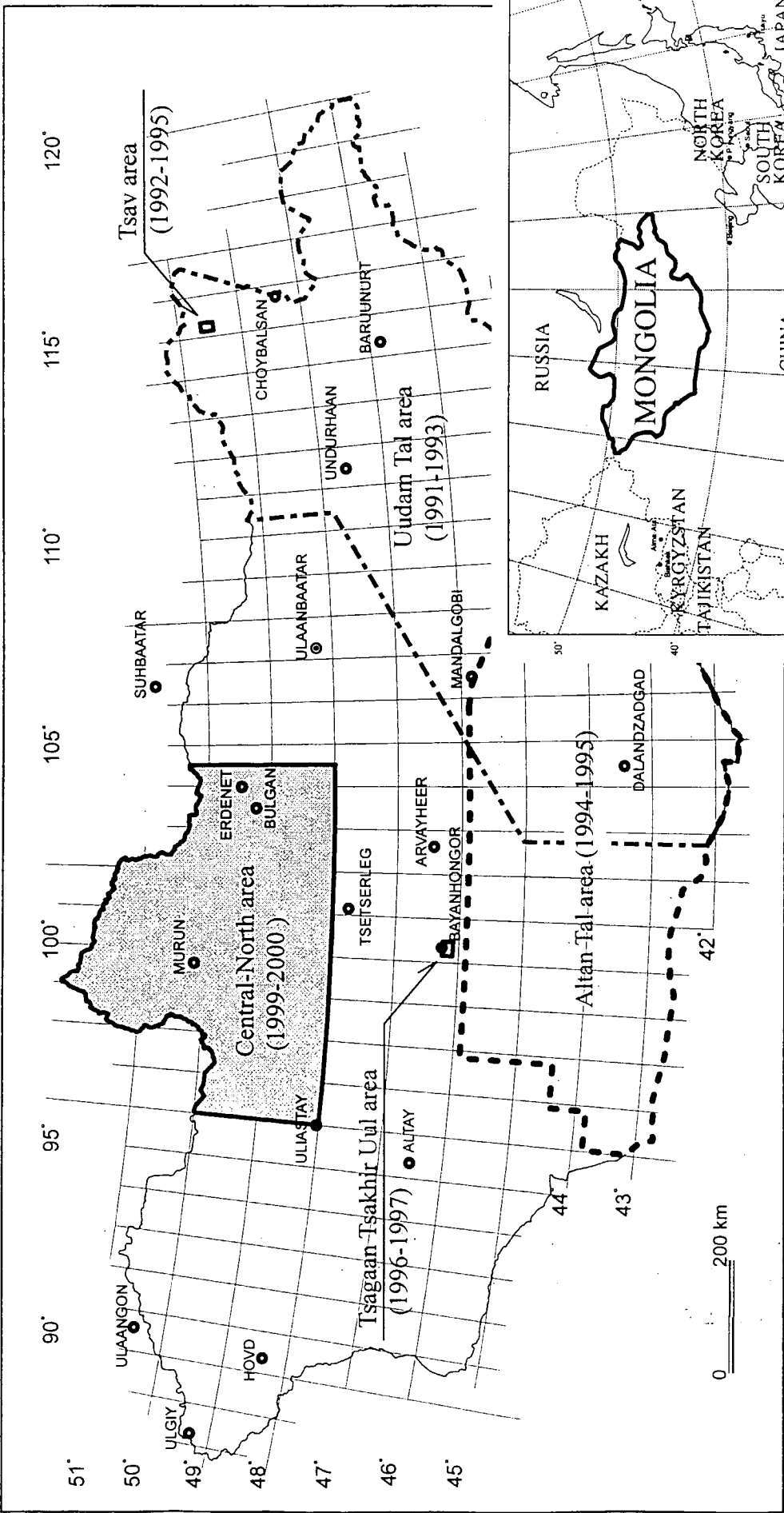


Fig. I-1-1 Location map of the past and present projects in Mongolia

## 1-2-2 調査地域

調査地域はモンゴル国北部に位置し、東西方向は東経 97° 00′ ~104° 30′、南北方向は南限が北緯 48° 00′、北限がロシア共和国との国境、に囲まれた面積約 200,000km<sup>2</sup> の範囲である (Fig.I-1-1)。調査地域の地理は大きく南のステップ草原地帯と北の山岳森林地帯に分かれる。調査地域の南東部に 1978 年より稼行中の Erdenet 鉱山 (ポーフィリー型銅・モリブデン鉱床) を含む。

## 1-2-3 調査方法

第 1 年次は、既存データの収集・解析を実施し、調査対象地域の地質・鉱床等情報を収集整理するとともに、JERS-1 により取得された SAR データのモザイク画像作成およびその地質判読に基づきグラントルース対象地点の抽出を行った。調査面積が約 200,000km<sup>2</sup> と広いことから、グラントルースは東経 100° 以東と以西に 2 分し、第 1 年次は東経 100° 以東、第 2 年次は東経 100° 以西について実施した。ただし、第 1 年次においてアクセスの問題で調査が出来なかった Tavt および Zelter 地区については第 2 年次に実施した。また第 1 年次調査で有望と判断された Erdenet West 地区については、第 2 年次において更にフォローアップ調査を実施した。

### (1) 既存データ解析

本地域においてこれまでモンゴル国が単独あるいは旧ソ連邦・東欧諸国と共同で実施した地質調査や鉱物資源探査のデータ・図面類をリストアップし、重要と思われる鉱徴地を選定することを目的とし、第 1 年次に実施した。

### (2) 衛星画像解析

JERS-1 により取得された SAR データのモザイク画像を作成し、それを地質学的に判読し既存データと合わせて解釈する。リニアメント、環状構造など鉱床生成と関係する地質構造を SAR 画像上で把握し、鉱床賦存有望地域の抽出に資する。なお第 1 年次は全域の画像作成および東経 100° 以東の画像解析を、第 2 年次は東経 100° 以西の画像解析を実施した。

### (3) グラントルース

既存データ解析および衛星画像解析の結果を基に、現地の地質状況、変質帯、鉱徴地などの把握を目的に地質調査 (地表踏査) を実施するとともに採取した岩石・鉱石・沢砂サンプルを室内試験に供し、その結果を地表観察結果とともに総合解析に用いることを目的とした。

## 1-2-4 調査団の編成

### (1) 既存データ解析、グラントルース

#### (1-1) 日本側

- 中山 健 (財) 国際鉱物資源開発協力協会  
(Japan Mining Engineering Center for International Cooperation: JMEC)
- 林 育浩 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
- 菱田 元 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
- 両角春寿 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
- 村上尚義 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

#### (1-2) モンゴル国側

- Dambiisurengiin BOLD 通商産業省 鉱物資源管理庁  
(Ministry of Trade and Industry,  
Mineral Resources Authority of Mongolia : MRAM)
- Chadrabaliin GERELKHUU 通商産業省 鉱物資源管理庁(MRAM)
- Baatariin OCHIRKHYAGO 通商産業省 鉱物資源管理庁 地質情報センター  
(MRAM, Geological Information Center : GIC)
- Sengeegiin MUNKHBAATAR 通商産業省 鉱物資源管理庁 地質情報センター  
(MRAM, GIC)
- Renchindorjin ENKHSАIKHAN 通商産業省 鉱物資源管理庁 地質情報センター  
(MRAM, GIC)

#### (1-3) 衛星画像処理・解析 (日本国内で実施)

- 南野正彦 (解析、報告書作成) (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
- 柴田芳彰 (画像作成、解析、報告書作成) (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
- 山川 正 (データ処理、画像作成) (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
- 後藤 求 (データ処理、画像作成) (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

#### (1-4) 総合解析・報告書作成 (日本国内で実施)

- 中山 健 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
- 林 育浩 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
- 菱田 元 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
- 両角春寿 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
- 村上尚義 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

(1-5) 成果報告 (モンゴル国で実施)

中山 健 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

村上尚義 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

1-2-5 調査期間および調査量

(1) 第1年次調査

(1-1) 既存データ解析およびグラントルース

平成11年(1999年)6月30日(水)～9月3日(金)

既存データ解析、グラントルース

Table I-1-1 Record of the ground truth (Phase-I)

Item		Number
Observed sites	:	80
Samples obtained	: Rocks and ores	276
	: Stream sediments	18

(1-2) 衛星画像解析

平成11年(1999年)6月22日(火)～10月15日(金)

JERS-1 SAR 画像のデータ処理・モザイク画像作成・解析

(1-3) 室内試験・総合解析・報告書作成

平成11年(1999年)9月6日(月)～平成12年(2000年)3月16日(木)

Table I-1-2 Laboratory test (Phase-I)

Item	Number of samples
Microscopic observation	
Thin section	69
Polished thin section	9
Polished section	4
X-ray diffraction	41
Geochemical analysis	
Ore (23 elements)	3
Rock Chip (28 elements)	181
Rock (XRF: 47 elements)	36
Pan Concentrate (17 elements)	17
Fluid inclusion (Homogenization Temperature and Salinity)	7
EPMA	5
K-Ar dating	6
Stable isotope	
$\delta^{18}\text{O}$	5
$\delta^{34}\text{S}$	7

#### (1-4) 第1年次調査結果の概要

調査対象地域の地質は、先カンブリア時代から中生代前期にかけて形成もしくは付加された複数の微大陸および島弧からなり、数回の造山運動による影響を受け、古生代末から中生代にかけて生じた活発な火成活動に起因して鉱床が形成されたことが判明した。鉱化作用は、NW-SE 系のリニアメントと N-S 系のリニアメントの関係が重要で、主に花崗岩類の活動が関与する傾向が認められ、ポーフィリー型銅、浅熱水性金、スカルン型鉛・亜鉛の鉱徴が確認できた。

グラントルースの結果に室内試験の結果を加えて検討したところ、計 17 鉱徴地/地点が有望として抽出され、Erdenet 地区、Bulgan 地区、Bulgan West 地区に有望鉱徴地/地点が集中することから、これら 3 地区が鉱床賦存ポテンシャルに優れていることが判明した。

#### (2) 第2年次調査

##### (2-1) グラントルース

平成12年(2000年)6月17日(土)～8月12日(土)

グラントルース

Table I-1-3 Record of the ground truth (Phase-II)

Item	Number
Observed sites :	37
Samples obtained : Rocks and ores	276
: Stream sediments	18

## (2-2) 衛星画像解析

平成12年(2000年)6月14日(水)~10月13日(金)

JERS-1 SAR 画像のデータ処理・モザイク画像解析

## (2-3) 室内試験・総合解析・報告書作成

平成12年(2000年)8月14日(月)~平成13年(2001年)3月23日(金)

Table I-1-4 Laboratory test (Phase-II)

Item	Number of samples
Microscopic observation	
Thin section	81
Polished thin section	41
Polished section	
X-ray diffraction	159
Geochemical analysis	
Ore (23 elements)	10
Rock Chip (28 elements)	220
Rock (XRF: 47 elements)	13
Pan Concentrate (17 elements)	16
Fluid inclusion (Homogenization Temperature and Salinity)	11
EPMA	0
K-Ar dating	7
Stable isotope	
$\delta^{18}\text{O}$	8
$\delta^{34}\text{S}$	2

(2-4) 成果報告 (モンゴル国において実施)

平成13年(2001年)3月4日(日)～3月9日(金)

(2-5) 第2年次調査結果の概要

東経 100° 以西は、第1年次調査範囲と同様にリフェアン紀～中生代初期の付加体・マグマ弧より構成される。既存データ解析の結果、特に金および銅鉱床の賦存ポテンシャルの高いと考えられる Tariat、Tsagaan uul、Tsosontsengel および Murun West 地区を選定した。東経 100° 以東では、Zelter および Tavit 地区を選定した。グラントルースの結果に室内試験の結果を加えて検討したところ、Tsosontsengel 地区 Naranbulag 鉱徴地および Tavit 地区 Ereen、Teshig 鉱徴地が有望鉱徴地として抽出された。一方、第1年次調査の結果、有望と判断されフォローアップ調査を実施した Erdenet West 地区においては、Tsagaan chulut、Mogoin gol 2 および Danbatseren 鉱徴地においてポーフィリーシステムの地表浅所の兆候であるリソキャップが再確認され、その深部に高硫化系金鉱床およびポーフィリー型銅鉱床賦存の可能性があると判明した。また Erdenet West 地区 Tsookher mert 鉱徴地および Bulgan West 地区 Oyuut khonkhor 鉱徴地において浅熱水性金鉱床賦存の可能性があると再確認された。

## 第2章 調査地域の地理

### 2-1 位置・交通

調査地域はモンゴル国北部に位置し、東西方向は東経 97° 00′ を西限、東経 104° 30′ を東とし、南北方向は北緯 48° 00′ を南限、ロシア共和国との国境線を北限とした約 200,000km<sup>2</sup> の範囲である (Fig.I-2-1)。また首都 Ulaanbaatar と調査地域の南東端との直線距離は約 180km である。

調査地域は東部が Bulgan、北部が Khovsgol、南部が Arkhangay、西部が Zavkhan の各々の県 (aimag) にまたがる。地域内の主要都市としては県都である Bulgan (人口 13,000 人; Bulgan 県)、Murun (人口 28,000 人; Khuvsgul 県)、Tsetserleg (人口 18,000 人; Arkhangay 県)、Tosontsengel (人口 10,000 人; Zavkhan 県) および鉱山都市である Erdenet (人口 65,000 人; Bulgan 県) の5つが挙げられる。

調査地域へは首都 Ulaanbaatar から鉄道や航空機でアクセスすることもできるが、それらは経路が限られており、車による移動が一般的である。調査地域内の市町村を結ぶ幹線道路はいずれも未舗装で悪路が多く、四輪駆動車で移動が必要条件となる。地形や道路状況によっては時速 70~80km 程度で通行可能な箇所は一部あるが、ほとんどは時速 30~40km 程度での通行となる。道路に砂利~岩石が多かったり降雨直後でぬかるんでいたりすると、時速 30km 以下の通行を余儀なくされる。幹線道路以外のローカル市町村を結ぶ道路網も発達しているが、悪路が多い。このため距離のみで到達時間を予測することは危険である。

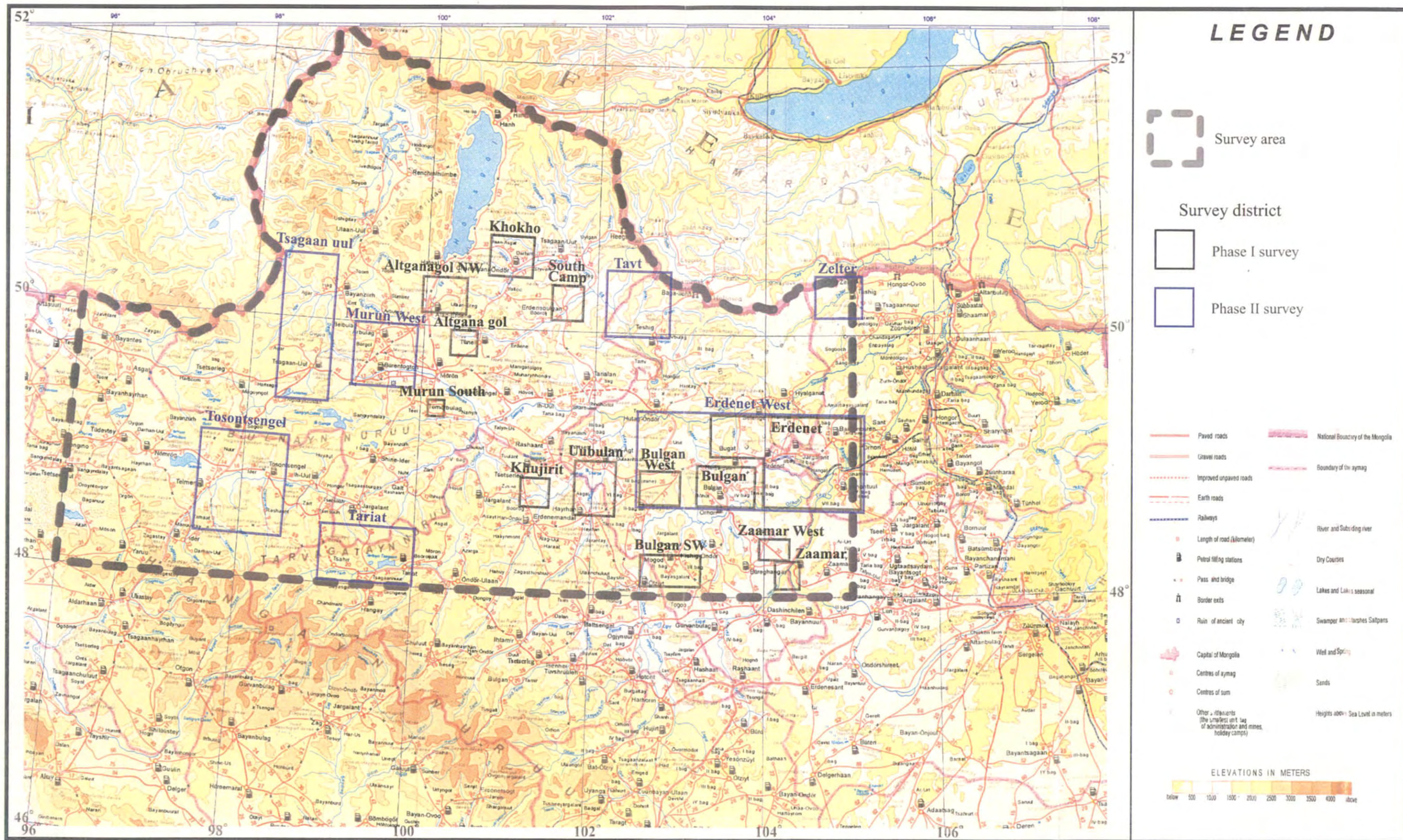
車両移動の場合の問題の1つは河川の渡河である。調査地域北部は山岳森林地帯で河川が多く、幹線道路と大きな河川の交差部には橋はあるものの、その多くは木製でいたみが激しい。大雨により橋が流され通行不可能の箇所もあった (例えば、調査地域北部 Tsagaan uur 市街東方)。また、小~中規模の河川には橋が掛かっておらず、増水している場合はロシア製トラックで四輪駆動車を牽引して渡河した。Tavt 近くでは渡河中に4輪駆動車が水流に流され浸水し大型重機で牽引しなければならない状況に陥ったこともあった。車両の部品の入手も地方では殆ど困難であることから十分な準備が必要である。

幹線道路としては次のものが挙げられる。

- Ulaanbaatar→Zaamar (200km、5 時間) →Bulgan (100km、3 時間)
- Ulaanbaatar→Darkhan (200km、5 時間) →Erdenet (50km、2 時間)
- Erdenet→Bulgan (100km、3 時間)
- Bulgan→Selenge (250km、6 時間) →Murun (100km、3 時間)
- Ulaanbaatar→Tsetserleg (400km、11 時間)

幹線道路にバスも走っているが、時刻が不定期で外国人には利用しにくい。モンゴル人は車やバスの他に、牛馬などの家畜を移動手段に用いている。





**LEGEND**

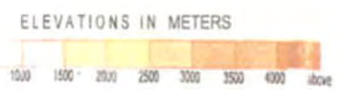
Survey area

Survey district

Phase I survey

Phase II survey

- Paved roads
- Gravel roads
- Improved unpaved roads
- Earth roads
- Railways
- Length of road (kilometer)
- Petrol filling stations
- Pass and bridge
- Border exits
- Ruin of ancient city
- Capital of Mongolia
- Centres of aymag
- Centres of sum
- Other settlements (the smallest unit of administration and census, holiday camps)
- National Boundary of the Mongolia
- Boundary of the aymag
- River and Subside river
- Dry Courses
- Lakes and Lakes seasonal
- Swamper and Saltpans
- Well and Springs
- Sands
- Heights above Sea Level in meters



Road map of Mongolia (1999)

Fig. I-2-1 Site map of the central north area

鉄道線路は Ulaanbaatar から Darkhan 経由で Erdenet まで敷設されており、列車は毎日 1 便が運行している。航空機は通年で Ulaanbaatar～Murun、Ulaanbaatar～Tosontsengel 間の定期便が運航している。

## 2-2 地形

Fig.I-2-2 に調査地域の地形を示す。

モンゴル国は平均海拔は 1,580m、最低地点の海拔は 552m である。最高地点は、アルタイ山脈の最高峰ペルーハの 4,506m である。国土は、北から森林・河川、湖沼・肥沃な高原からなるハンガイ、そして植物の被覆率が 50%以下の砂漠性草原や砂漠からなるゴビに大別される。本調査地域は、ハンガイに属する。調査地域の地形は、調査地域南西部が標高 2,000～4,000m のハンガイ山脈、調査地域北部のロシア共和国との国境付近が急峻なフヴスグル山岳地帯からなる。対して調査地域中央～東部は、なだらかな丘陵もしくは平坦な草原である。

次に調査地域内の特徴的な地形について記す。

フヴスグル山岳地帯 (Khuvsgul Mountains) は、ロシア共和国から連なるサヤン山脈 (Sayan Mountains) の東側延長に相当する地域で、その中央部にはモンゴル国有数の景勝地であるフヴスグル湖がある。標高は 2,000～3,500m である。

ハンガイ山岳地帯 (Khangai Mountains) はハンガイ山脈、タルヴァガタイ (Tarvagatai Mountains)、およびブルナイ山脈 (Bulnai Mountains) からなり、標高 2,000～4,000m である。

オルホン・セレンゲ盆地 (Orkhon-Selenge River Basin) はモンゴル中央北部にあるセレンゲ河 (ロシア共和国のバイカル湖に流入する)、およびその支流であるオルホン河の流域地帯で、当国有数の農牧地帯となっている。

## 2-3 水系

Fig.I-2-2 に調査地域の水系を示す。

調査地域内にはモンゴル国最大の河川で多数の支流を有するセレンゲ河 (Selenge gol) が流れている。セレンゲ河は、広大なセレンゲ、オルホン盆地を流域とし、ロシア共和国との国境を越えバイカル湖に流れ込む。さらにバイカル湖からはアンガラ河、エニセイ河となり北極海へ流出する。エニセイーバイカルーセレンゲ河の総流域延長は 5,540km に達する。

オルホン川 (Orkhon gol) は、セレンゲ河の支流で、調査地域南東部を流れており、ロシア共和国の国境から約 50km 南でセレンゲ河に合流する。

フヴスグル湖 (Khuvsgul nuur) は、モンゴル国で 2 番目の面積となる湖 (2,760km<sup>2</sup>, 125km×30km) で、琵琶湖の約 4 倍の面積に相当する。最大水深は 262m に達する。淡水湖で透明度が非常に高く、観光客に最も人気のある景勝地の 1 つである。フヴスグル湖の周辺は国立公園に指定

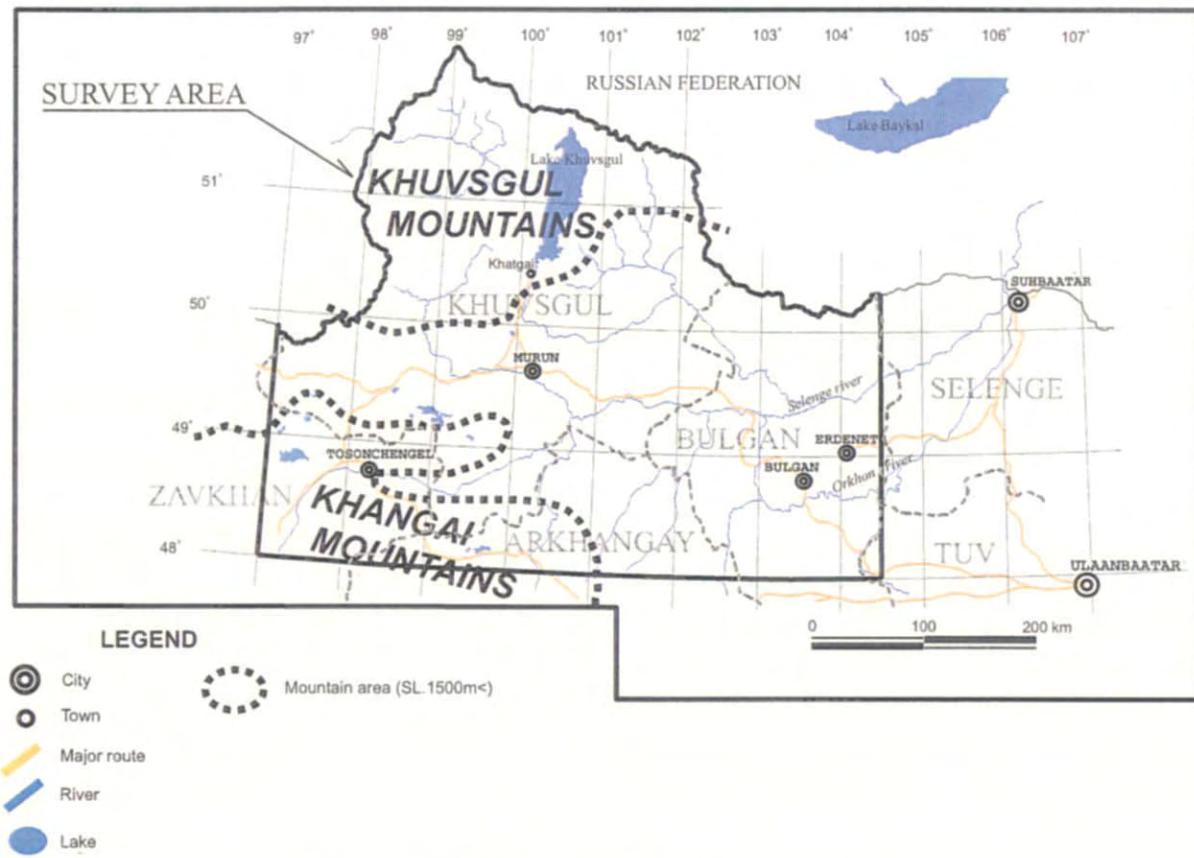


Fig. I-2-2 Relief map of the central north area

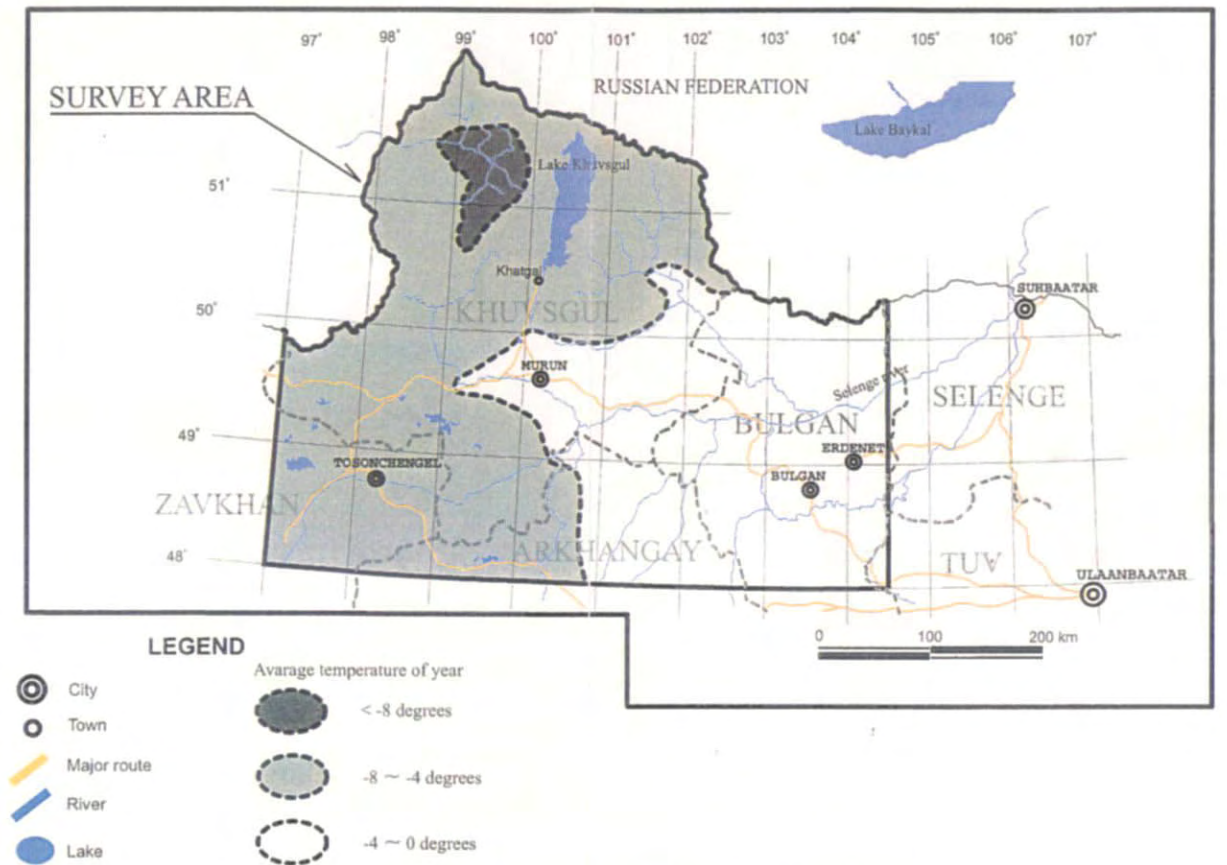


Fig. I-2-3 Mean temperature in the central north area

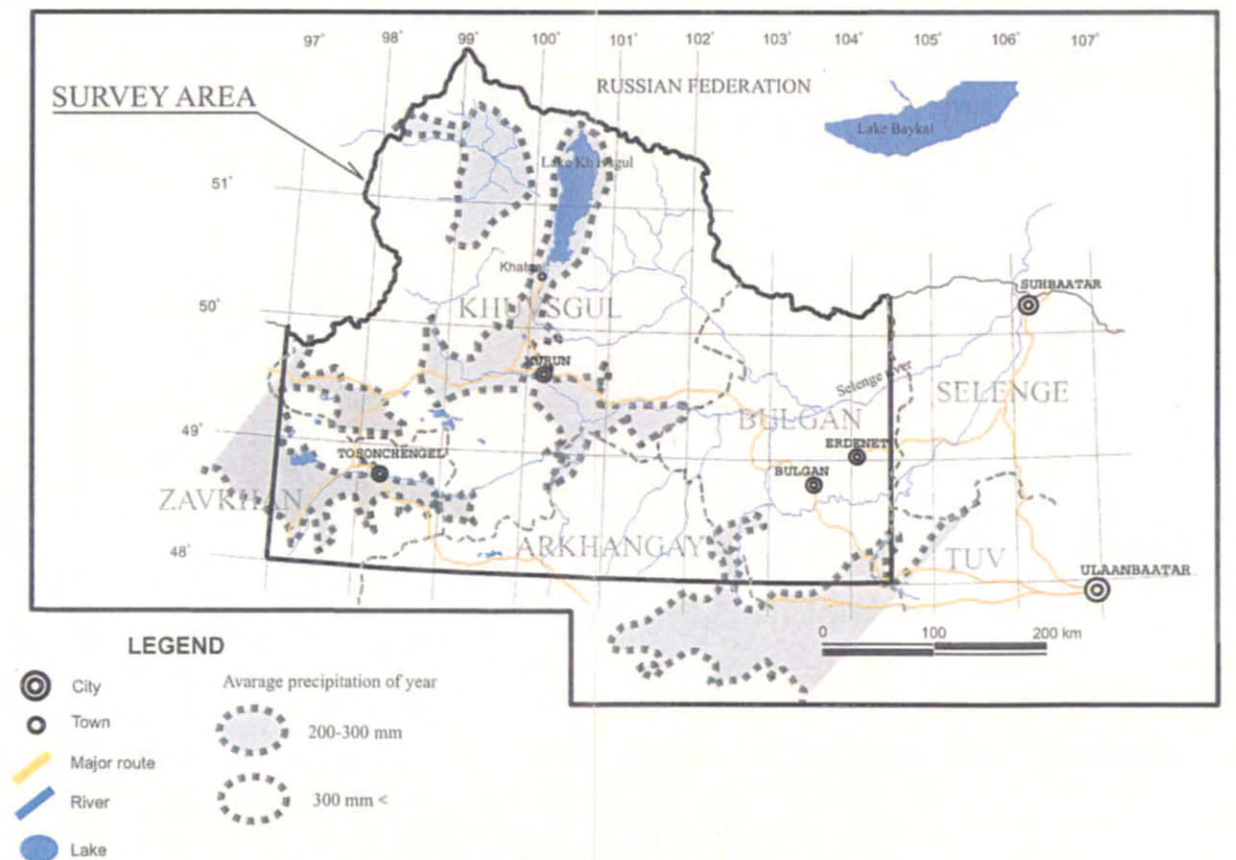


Fig. I-2-3 Precipitation of the central north area

されている。

調査地域西部から西南部は、調査地域東部に比べて湖沼が発達する。

#### 2-4 気候

Fig.I-2-3, I-2-4 に調査地域の気温・降水量を、また、Table I-2-1, I-2-2 および Fig.I-2-5, I-2-6 にウランバートル、ムルンおよびブルガンの年間の各月の気温および降水量を示す。

モンゴル国は、大陸性気候のため、温度変化が顕著なのが特徴である。暑い夏季は短く、冬季は寒冷である。本調査地域の位置するモンゴル国北部は、気候区分によると冷帯気候の亜寒帯に属する。モンゴル国中部は、乾燥気候のステップ帯、南部のゴビ砂漠は砂漠気候となる。首都ウランバートルの年間降水量は、東京の 1/6 以下で、気温は年隔差、日隔差ともに大きく、夏季の平均気温が 15 ° C、冬季の平均気温が氷点下 20 ° C である。調査地域の中央～南東部もウランバートルとほぼ同様の気候である。調査地域北部のフヴスグル湖周辺や調査地域西部および南西部の山岳地帯は、調査地域の中央～南東部に比べさらに寒冷となる。

#### 2-5 植生

調査地域南部から中部の丘陵地帯や標高の低い場所には、夏季に背丈の低い草木が繁茂する。特に、夏季に日射量が多く乾燥する南斜面は草原であるのに対し、湿潤な北斜面には針葉樹が茂る。調査地域北部のフヴスグル山岳地帯や南西部のハンガイ山岳地帯、そして標高の高い尾根部は、針葉樹林が密集する。調査地域東部のセレンゲーオルホン盆地の平原や丘陵地は、モンゴル随一の農牧地となっており、夏季には、大規模な穀物畑が広がる。

Table I-2-1 Mean monthly and annual temperature (°C) of major province centers in the central north area

Province center	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Average
Bulgan	-21.3	-19.2	-9.5	0.8	8.6	14.7	16.3	14.4	7.5	-1.3	-11.4	-19.2	-1.6
Murun	-23.8	-19.7	-8.3	1.5	9.1	15.7	16.9	14.7	7.8	-1.2	-12.3	-21.5	-1.8
Ulaanbaatar	-26.1	-21.7	-10.8	0.5	8.3	14.9	17	15	7.6	-1.7	-13.7	-24	-2.9

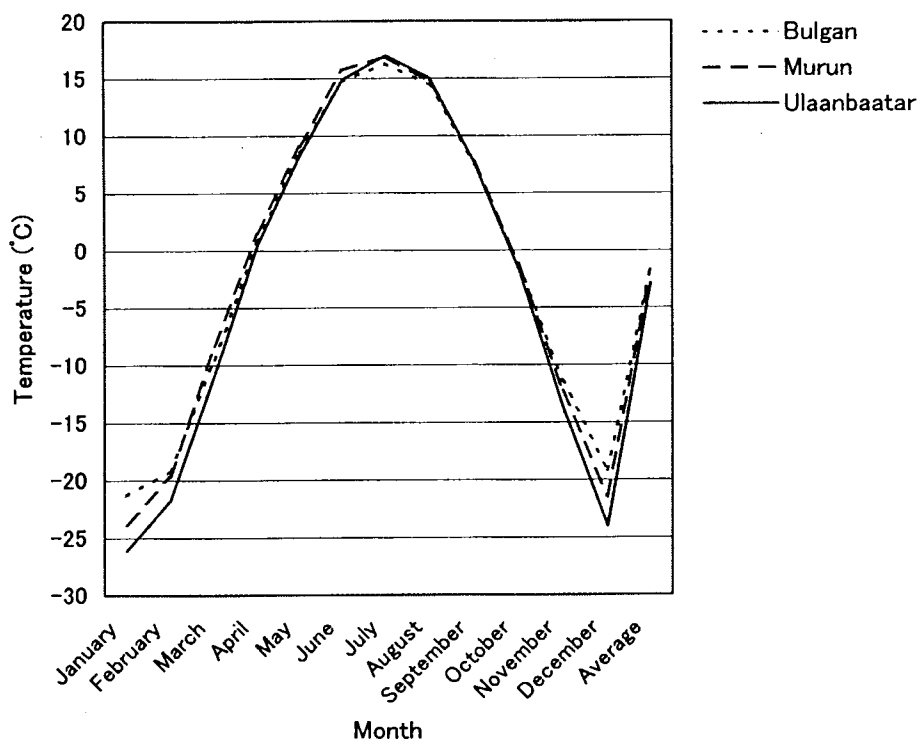


Fig. I-2-5 Temperature of major province centers in the central north area

Table I-2-2 Mean monthly and annual precipitation (mm) of major province centers in the central north area

Province center	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Average
Bulgan	1.4	2.1	3.9	9.4	24.5	57.1	10.1	77.9	30.2	11.4	3.6	1.8	19.5
Murun	1.5	0.9	2.1	6.4	13.8	46.2	70.1	60.6	22.3	6.2	2.5	1.9	19.5
Ulaanbaatar	1.5	1.9	2.2	7.2	15.3	48.8	72.6	47.8	24.4	6	3.7	1.6	19.4

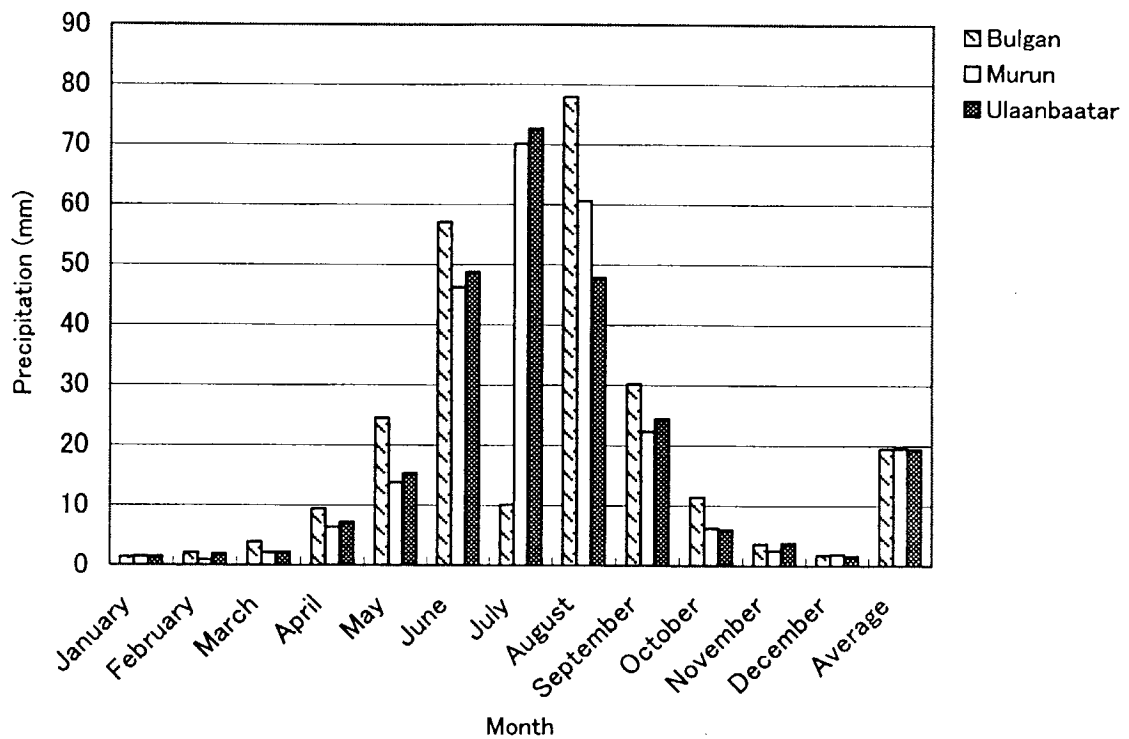


Fig. I-2-6 Precipitation of major province centers in the central north area