

第4章 調査結果の概要および総合検討

4-1 既存データ解析

本地域内に存在する個々の既知鉱床・鉱徴地についての地質・鉱床および鉱区関係などの既存情報を SEGEMAR については Buenos Aires 市の本部のほか Salta 支所および Tucuman 支所にて、州政府については Jujuy 州、Salta 州および Tucuman 州の各鉱山局において収集した。

アルゼンチンの鉱床・鉱徴地インベントリ(SSM, SEGEMAR y IGRM, 1999)から本調査地域内のものを抽出し、これをベースに SEGEMAR カウンターパートの協力を得て収集した既存情報に基づいてデータの追加・削除・修正等を行い、新規のデータベース(計 534 件、巻末資料参照)を再構築した。この再構築したデータベースに含まれている各鉱床・鉱徴地の緯経度を基に GIS 化し、別に縮尺 1:500,000 の各州別地質図を GIS 化して合成した調査地域地質図と合わせて鉱床・鉱徴地と周囲の地質・地質構造との関係を検討した。最終的に地質、鉱種、鉱床タイプ等を考慮した 44 の鉱床密集ゾーンにグループ分けした(Fig. I-4-1-1 および Table I-4-1-1 参照)。

鉱床・鉱徴地に関する既存データの解析結果、特にその分布について以下のことが明らかになった。

①既知ポーフイリー型鉱床

Catamarca 州 Andalgalá 北部の Zone-43 中には、既知ポーフイリー型銅・金鉱床で稼行中の Bajo de la Alumbrera、F/S が完了した Agua Rica などがある。いずれも中新世後期の火成活動に関係して生成した鉱床である。

②ポーフイリー型鉱床および浅熱水性金鉱床賦存の可能性のある地域

ポーフイリー型鉱床および浅熱水性金鉱床の賦存可能性のある地域としては、いずれも第三紀の火山活動が知られている地域、すなわち、調査地域の北から Zone-07, Zone-09, Zone-24, Zone-26, Zone-27, Zone-28, Zone-31, Zone-34, Zone-38, Zone-39, Zone-42, Zone-43, Zone-46 である。

③SEDEX 型鉱床 (VMS 型鉱床を含む) 賦存の可能性のある地域

既知 SEDEX 型鉱床は、Aguilar 山脈の Zone-15 中において稼行中の El Aguilar および隣接する Esperanza の 2 鉱山である。

賦存可能性のある地域は、オールドビス系が分布する調査地域北部、Jujuy 州の Zone-1, Zone-2, Zone-8, Zone-10, Zone-11, Zone-12, Zone-15, Zone-17 および Zone-22、Salta 州の Zone-3, Zone-5 および Zone-18 である。

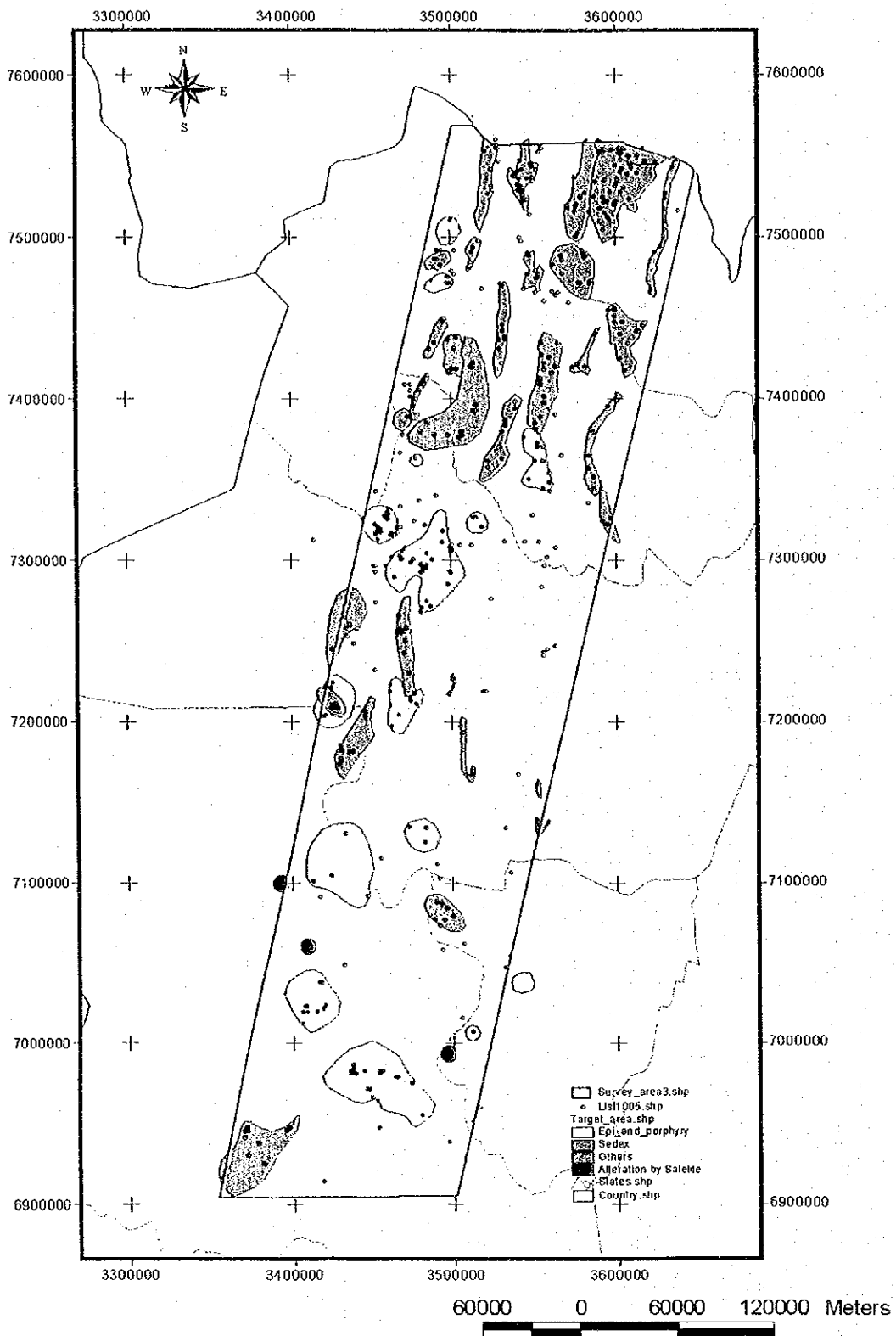


Fig. I-4-1-1 Location of mineral showings and deposits, and cluster of them listed on the Appendix.

Table I-4-1-1 List of mineralized zones in the survey area

Zone No.	Province	Element/ Material	Type	Age of Host Rock	Location and Access	Topography and Vegetation	Geology	Mineralization	Geological structure	Aero-magnetic anomaly	Alteration extracted by ASTER image	Area (km ²)	Number of mineral occurrences	Mineral occurrence surveyed	Evaluation
Zone-01	JUJUY	Cu (+Pb)	Vein	Ordovician	It covers Cordón de Escaya and a northern part of Sierra Cochinoas and is located about 10km to the northern end of the zone from La Quiaca and about 20km to the southern end from Abra Pampa. Two Roads crossing the zone exist northern and central parts of the zone.	Mountains with altitudes of 3,500-4,500m and a few scattered shrubs.	Dacitic porphyry, sandstone and shale of the Ordovician Cochinoas-Escaya Complex	It includes three occurrences of Cu and one occurrence of Pb vein type mineralization hosted by the Cochinoas-Escaya Complex.	N-S trending faults and volcanics distributions	A low magnetic anomalous area exists trending N-S with a weak to medium grade and is associated with a small magnetic semi-circular structure with 5km in a diameter to the west.	A small alteration zone with an area of 1km ² is extracted along the western fault in the north area.	400	5	1 La Gataosa	
Zone-02	JUJUY	Pb-Zn (+Ag-Cu)	Vein	Ordovician	It occupies a wide area including the Pumahuasi mining district to the south of La Quiaca.	Hilly regions with altitudes of 2,500-4,000m and a few vegetation.	Sandstone and shale of the Ordovician Azoite Formation	It includes 19 occurrences composed mainly of Pb-Zn vein type mineralization hosted by the Azoite Formation.	N-S trending faults and folding axes	A weak high magnetic anomalous area exists trending N-S.		340	1	24 La Belgoja La Pumahuasi Sol de Mayo	
Zone-03	SALTA	Barite-Pb (+Cu-Zn)	Vein	Ordovician, Cambrian	It covers the main part of Sierra Santa Victoria located about 40km to the east of La Quiaca.	Mountains with altitudes of 4,000-5,000m and a few vegetation.	Cambrian Mesozo Group and Ordovician Santa Rosa Formation	Ten in a total of 17 occurrences are barite and/or Pb vein type mineralizations, and the other 7 occurrences are Cu-associated vein type mineralizations. Most of the mineralizations are hosted by shale and sandstone of the Santa Rosa Formation. Only La Niquelina mineralization is unique. It contains Ni and hosted by the Upper Cambrian Chahuaimayoc and the Santa Rosa formations.			1000	16	16 Santa Rosa		
Zone-04	SALTA	Au	Placer	Pleistocene - Holocene	It is located about 60km to the east of La Quiaca and covers the Santa Cruz river and its tributaries. The northern side of the zone is limited by the border.	Mountains with altitudes of 2,000-4,000m and woody vegetation.		Placer gold in the alluvial plain deposits				350	11		Out of the survey target
Zone-05	SALTA	Barite-Pb (+Cu-Zn)	Vein	Precambrian, Ordovician, Silurian	It covers an eastern wide foot area of Sierra Santa Victoria. Santa Victoria town is located within the zone.	Mountains with altitudes of 2,000-4,500m and woody vegetation.	Precambrian Pampeanas Formation, Cambrian Mesozo Group and Ordovician Santa Rosa Formation	The 26 occurrences in a total of 39 occurrences are mainly of Pb-barite vein type mineralization hosted by shale and sandstone of the Ordovician Santa Rosa Formation. Nine in the 26 occurrences contain Cu, and Chuquiapampa, El Quinillal and Rio Blanco	Faults and folding axes show NNW-SSE to NNE-SSW trends.		1100	36	36 La Ciénaga		
Zone-06	SALTA	P ₂ O ₅	Stratiform	Ordovician, Silurian	It is located about 30km to the east of Santa Victoria town and covers a narrow area with a width of about 10km and a length of about 80km, trending NNE-SSW.	Mountains with altitudes of 1,000-3,000m and woody vegetation.	Ordovician Labrado and Centinela formations, and Silurian Lipeona Formation	Stratiform bioherm phosphates beds intercalated with quartzite, sandstone and lutite of the Ordovician Labrado and Centinela formations, and stratiform oolitic iron beds in siltsone and greywacke of the Silurian Lipeona	Approximate N-S trending structure (strike of bedding)		450	10		Out of the survey target	
Zone-07	JUJUY	Pb-Ag-Zn (+Sb)	Vein	Middle Miocene	It is an area including Pan de Azúcar mine located about 40km to Abra Pampa.	Hills with altitudes of 3,700-4,200m and a few vegetation.	Middle Miocene Laguna de Pozuelos Volcanic Complex	It includes occurrences of Pb-Ag-Zn (+Sb) veins hosted by dacite and andesite of Middle Miocene Laguna de Pozuelos Volcanic Complex. A mineralized zone of Pan de Azúcar-Potosí-España has a reserve of 59,000t with 4.62% Pb, 6.58% Zn, 0.224% Ag and 0.88% Sb.	NE-SW trending fault zone and NNW-SSE trending faults	A small area exists with a striped pattern of high and low magnetic anomalies.	The small alteration zone extracted by TXI is observed as similar location and size in the southern part.	200	1	1 Pan de Azúcar	
Zone-08	JUJUY	Pb-Zn(+Cu-Ag-Au-Sb)	Vein	Ordovician	It is located about 30km from Abra Pampa. Road condition is not good within the zone.	Mountains with altitudes of 3,500-4,500m and scattered shrubs.	Lutite and sandstone of the Ordovician Azoite Formation, and sandstone, shale and rhyolitic porphyry of the Ordovician Cochinoas-Escaya	It includes two occurrences composed mainly Pb-Zn mineralization and some Sb and Au.	NE-SW and N-S trending faults and NE-SW trending volcanics distributions	The zone is located in a low magnetic anomalous area with a medium grade.	No alteration zone is extracted.	110	3	3 Tupiza	
Zone-09	JUJUY	Sb(+Au) / Pb-Zn-Ag	Vein and Dissemination	Neogene tertiary	It is an area in the south of Raetica village located about 50km to the WSW of Abra Pampa.	Mountains with altitudes of 3,500-5,000m and a few vegetation.	Neogene Tertiary (Miocene)	It includes two occurrences of Sb(+Au) vein type mineralization in the eastern part and one occurrence of Pb-Zn-Ag stockwork and vein type mineralization in the western part. All of them are hosted by dacite, andesite and tuff of Neogene	A large fault trending E-W to NE-SW in the north and a semi-circular structure with about 15km of the major axis and about 5km of minor axis in the southwestern part of the zone.	An area with a striped pattern of intense high and low magnetic anomalies exists trending E-W.	Some alteration zones with a total area of 3km ² are extracted in the semi-circular structure in the southwestern part.	150	4	4 Raetica	
Zone-10	JUJUY	Barite-Pb (+Cu)	Vein	Ordovician	It is located at southern part of the Sierra Cochinoas and includes Cochinoas village located about 20km from Abra Pampa.	Mountains with altitudes of 3,500-4,500m and scattered shrubs.	Ordovician Azoite Formation and Cochinoas-Escaya Complex	Four in a total of 5 occurrences are barite and/or Pb mineralization of vein type. Only Barite occurrence is composed of Cu.	Faults, folding axes and distribution of volcanics, all trend approximately N-S.	A low magnetic anomalous area exists with a weak grade.	No alteration zone is extracted.	100	5		
Zone-11	JUJUY	Barite-Pb (+Cu-Zn-Ag)	Vein and Dissemination	Ordovician	It is located about 15km from Abra Pampa. Road condition is not good within the zone.	Mountains with altitudes of 3,700-4,100m and scattered shrubs.	Ordovician Santa Victoria Group surrounded by post-Cretaceous formations	Five in a total of eight occurrences are mineralization mainly of Cu vein type, other two are Pb-barite vein type mineralization. Four occurrences in the Rumienaz district are characterized by Ni association.	Either faults or folding axes trend approximately N-S.	A set of high and low magnetic anomalies with a weak grade exists trending NE-SW in the southern half of the zone.		150	5	5 La Proxima - Rumienaz	
Zone-12	JUJUY	Pb-Zn-Cu (+Ag-Barite)	Vein	(Precamb.) Ordovician	It is a wide area centered by Inuya, the capital town of the department. Inuya is located about 40km to the ENE of Tres Cruces.	Mountains with altitudes of 3,000-4,500m.	Precambrian Pampeanas Formation, Cambrian Mesozo Group, Ordovician Santa Rosa Formation and Cretaceous Balbuena Subgroup	Seven in a total of 13 occurrences are vein type mineralizations composed mainly of Cu, and the other six occurrences are barite and/or Pb-Zn mineralization. La Esperanza occurrence in the six is characterized by U association.	NNW-SSE to NE-SSW trending faults and folding axes		450	13			

Zone No.	Province	Element / Material	Type	Age of Host Rock	Location and Access	Topography and Vegetation	Geology	Mineralization	Geological structure	Aero-magnetic anomaly	Alteration extracted by ASTER image	Area (km ²)	Number of mineral occurrences	Mineral occurrence surveyed	Evaluation
Zone-26	SALTA	U-V	Strata-bound	Cretaceous	It is located about 40km to the SE of Cachi town and occupies the Sierra Colorado.	Hills with altitudes of 2,500-3,500m	Cretaceous Yacuarine Formation	It includes four stratabound and tabular U-V deposit interbedded by micaceous calcareous sandstone, pellicle limestone and sandy limestone of the Cretaceous Yacuarine Formation.			No alteration zone is extracted.	200	4		Out of the survey target
Zone-27	SALTA	U-V	Strata-bound	Cretaceous	It is located about 40km to the SW of Guachipas town and includes Cerro El Penon and Cerro Quillipi.	Hills with altitudes of 1,500-2,500m.	Cretaceous Yacuarine Formation	It includes two stratabound and tabular U-V deposit interbedded by micaceous calcareous sandstone, pellicle limestone and sandy limestone of the Cretaceous Yacuarine Formation.			No alteration zone is extracted.	125	2		Out of the survey target
Zone-28	SALTA	Cu	Vein and Stratabound	Precambrian, Ordovician, Cretaceous	It covers an area about 30km to the south of Angastaco village. There is no accessible road from the village in the zone.	Mountains with altitudes of 2,500-3,000m	Precambrian Tolombon Metamorphic Complex, Precambrian Puncoviscana Formation, Ordovician Oiro Effusive Complex, Cretaceous Pirgu Subgroup, and Neogene Tertiary welded tuff and Payogastilla Group	It includes two occurrences of Cu vein type mineralizations hosted by the Precambrian Tolombon Metamorphic Complex and Puncoviscana Formation, and the other one is Valticito occurrence of stratabound Cu in the Cretaceous Pirgu Subgroup.	Mainly NNW-SSE to NW-SE and E-W trending faults	Weak magnetic anomalies exist, low in the north and high in the south.	No alteration zone is extracted.	300	3		
Zone-29	CATAMARCA / SALTA	Cu	Vein and Stratabound	Cretaceous, Tertiary	It covers a wide area about 40km to the east of Antofagasta de la Sierra town and about 70km to the northwest of Santa Maria town. There is a few accessible road from the towns in the zone.	Mountains with altitudes of 4,000-5,000m	Cretaceous Pirgu Subgroup, Miocene monodivisional volcanic rocks, Miocene to Pliocene Payogastilla Group and Pliocene to Pleistocene volcanic rocks	It includes two occurrences of stratabound Cu mineralization in the Cretaceous Pirgu Subgroup and the Miocene to Pliocene Payogastilla Group, and the other one is Laguna del Salitre occurrence of Pb-Zn vein hosted by the Miocene Monodivisional.	NNW-SE, NE-SW and N-S trending faults, a large circular structure with about 40km of the major axis and about 25km of minor axis to the northwest of the zone, and a very small circular structure with about 10km in a diameter between faults trending NNW-SE in the southern part.	The zone is located in a wide high and low magnetic anomalous area with an intense magnitude. The southeast part of the zone is high and the northwest part is low. In the northwest part, a part of a magnetic circular structure exists corresponding to the western arc of the large circular structure, and in the central part, a striped pattern of high and low magnetic anomalies	An alteration zone with an area of 15km ² and some small and sporadic alteration zones are extracted in the southeast part and along the eastern margin of the large circular structure in the west. All of the zones are not correspond to the zones extracted by TM.	1500	3	Laguna del Salitre	
Zone-30	TUCUMAN / CATAMARCA / SALTA	Mica/Bc	Pegmatite	Upper Precambrian, Lower Carboniferous	It is located about 30km to the NNW of Santa Maria town and occupies an N-S trending area including Cerro Quilmes, Cerro Vieques Horco and Cerro Tres Rios.	Mountains with altitudes of 2,500-3,500m	Late Precambrian Piscoyacu Gneiss and Tolombon Metamorphic Complex	It includes eight occurrences of mica pegmatite deposits hosted by the Precambrian Tolombon Metamorphic Complex and the Upper Precambrian Piscoyacu Gneiss.	NNW-SSE and NW-SE trending faults	The northern part is covered by high magnetic anomalies with medium to intense magnitude and the central to southern part is covered by weak magnetic anomalies.	No alteration zone is extracted.	900	9		Out of the survey target
Zone-31	TUCUMAN	Cu-Pb-Zn-Au	Dissemination	Upper Precambrian	It is located about 40km to the NNW of Santa Maria town and occupies an NW-SE trending area including the Cerro Negro de los Balcones.	Mountains with altitudes of 2,000-4,000m.	Precambrian Piscoyacu Gneiss and Carboniferous Granite Stocks	It includes two occurrences of Cu-Pb-Zn-Au disseminations hosted by gneiss and migmatite of the Upper Precambrian Piscoyacu Gneiss, and one.	NNW-SSE and E-W trending faults. Las Canoas occurrence is located on an extension line of NNW-SSE trending fault zone.	No remarkable magnetic anomaly exists in the zone.	No alteration zone is extracted.	350	2		
Zone-32	CATAMARCA	Au	Vein	Upper Cambrian - Ordovician - Silurian, Upper Miocene	It covers an area about 70km to the north of Belen city, National Route #43 for Antofagasta de la Sierra from Belen is passing through the north and east sides of the zone but there is no road within the zone.	Mountains with altitudes of 2,500-4,500m and a few vegetation.	Upper Cambrian to Lower Ordovician Caehinán Group (metasediments), Upper Ordovician to Silurian Chango Real Granites and Granite Gneiss, Miocene andesitic porphyry intrusives and dikes, and Upper Miocene La Hoyada Formation (andesite)	Eight in a total of 19 occurrences of various types are occurrences mainly of polymetallic mineralizations hosted by the Upper Cambrian to Lower Ordovician. Four are occurrences of Pb-Ag-Cu vein type mineralization hosted by the Upper Miocene La Hoyada Formation, and the others includes Vaca Viecas occurrence of porphyry Cu hosted by the Chango Real Granodiorite and the intruding andesitic porphyry dikes of the Miocene El Astero	NNW-SE and N-S trending fault and circular structure with about 15km in a diameter.	A wide striped pattern of high and low magnetic anomalies exists to the west of the zone. The striped pattern of magnetic anomalies extends to the north of the area, with a medium grade.	Some tiny alteration zones elongated in a E-W trend are extracted in the area covered by the Tertiary volcanics within the circular structure in the northeast.	350	14	Vaca Viecas	
Zone-33	CATAMARCA	Cu-Mo-Pb-Zn-Ag-Au	Dissemination and/or Vein	Ordovician, Upper Miocene	It covers a wide area including the Pamahuasi mining district to the south of La Quiaca. There are pavement roads for main occurrences.	Mountains with altitudes of 1,000-4,700m and a few vegetation.	Upper Miocene Paríalton Negro Volcanic Complex and Canedo Breccia	It includes 28 occurrences composed mainly of porphyry Cu such as Bajo de la Alambra mine and Agua Rica and epithermal low sulfidation Au such as Alto de la Bienda mine.	In the central part, the large fault trending NNW-SSE, along which metamorphic rocks are located, a large fault trending NE-SW to E-W, and in the western Agua de Dionisio district, a circular structure with about 15km in a diameter.	A striped pattern of high and low magnetic anomalies with an intense magnitude exists trending NE-SW in the western Agua de Dionisio area. In the pattern, a magnetic circular structure is located with 7km of the minor axis and 15km of the major axis. In the central north of the eastern part, a striped pattern of high and low magnetic anomalies with an intense magnitude exists trending NE-SW.	Relatively large alteration zones with the maximum area of 10km ² are mostly extracted around the known ore deposits in the area covered by the Tertiary volcanics.	1200	26	Alto de la Bienda (Laborero, Nuebo, Esperanza) Agua Tapada Bajo de la Alambra Bajo El Durazno Capillitas	
Zone-34	CATAMARCA	W	Vein	Upper Precambrian, Upper Ordovician, Silurian			Late Precambrian, Late Ordovician and Silurian metamorphic rocks and granite	It includes 13 occurrences of Sn or W vein type mineralizations mainly hosted by the Chango Real Granite and the intruding schist of the Upper Precambrian Famabalastón	NNW-SSE to NNE-SSW trending faults	No alteration zone is extracted.	1200	13		Out of the survey target	
Zone-35	TUCUMAN	Cu - Au	Dissemination	Ordovician, Miocene	It covers an area about 10km to the northeast of Taft del Valle and about 30km to the west of San Miguel de Tucuman. There is no accessible road in the zone.	Mountains with altitudes of 1,500-3,000m and a thick vegetation	Ordovician Mala Mala Granodiorite and Miocene Volcanic Complex	It covers El Añal occurrence of porphyry Cu-Au hosted by the Ordovician Mala Mala granodiorite and the intruding Miocene andesitic rocks.	NNW-SE trending faults.	No alteration zone is extracted.	60	1	El Añal		
Zone-37	TUCUMAN	Cu-Au-Pb-Zn	Dissemination	Upper Precambrian	It includes El Pige occurrence about 50km to the south of Taft del Valle town and about 70km to the WSW of San Miguel de Tucuman. There is no accessible road from the main road.	Mountains with altitudes of 2,000-3,500m and a thick vegetation.	Gneiss and migmatite of the Upper Precambrian Piscoyacu Gneiss, and the intruding porphyry and lamprophyre	It is reported that pyrite, chalcopyrite, sphalerite and galena are disseminated in the basement rocks and the intruding porphyry and lamprophyre, and alterations such as sericitic, argillitic, silicic, potassic and propylitic occur	ENE-WSW trending faults	Some alteration zones are extracted with a total area of about 1km ² .	30	1			

Zone No.	Province	Element / Mineral	Type	Age of Host Rock	Location and Access	Topography and Vegetation	Geology	Mineralization	Geological structure	Aero-magnetic anomaly	Alteration extracted by ASTER Image	Area (km ²)	Number of mineral occurrences	Mineral occurrence surveyed	Evaluation
Zone-26	SALTA	Sb, Pb-Ag-Zn	Vein	Ordovician, Cretaceous, Tertiary	It covers an area about 10km to the west of San Antonio de los Cobres.	Mountains with altitudes of 3,700-5,000m and a few vegetation.	Precambrian Puncovicana Formation, Ordovician Oira Effusive Complex, Cretaceous Pigua Subgroup, Tertiary Yuta del viento Formation (dacite), and Miocene Agua Caliente Formation (dacite) and Mumbola Formation (andesite)	It includes 17 occurrences of vein type mineralizations and two occurrences of placer gold. The vein type mineralizations are composed of 13 Pb-Ag-Zn occurrences and four Sb occurrences, and hosted by the Ordovician granodiorite, the Cretaceous conglomerate and the Tertiary dacite and andesitic rocks.	Tertiary volcanic area in the zone is located on an extension free of NW-SE trending fault zone in the Paleozoic area to the west of the zone.	A set of high and low magnetic anomalies with a intense magnitude exists trending E-W.	Some alteration zones with a total area of 10km ² are extracted in an area covered by the Tertiary volcanics and the Precambrian Puncovicana Formation.	448	25		
Zone-27	SALTA	Cu-Pb-Zn (Au, Ag, Bi)	Vein and Dissemination	Precambrian, Cretaceous, Tertiary	It covers a wide area about 10km to the southeast of S.A. de los Cobres. National routes #40 and #51 from S.A. de los Cobres are crossing the zone.	Mountains with altitudes of 3,000-5,000m and a few vegetation.	Precambrian Puncovicana Formation, Cretaceous Yacoraiz Formation, Oligocene Acay Granite, Oligocene to Miocene Rio Grande Formation, Miocene to Pliocene Payaguilla Group and Pliocene Mumbola Formation (andesites)	10 in a total of 22 occurrences are vein type mineralizations of Cu hosted by the Precambrian Puncovicana Formation, nine occurrences are mineralizations of base metals such as Cu-Pb-Zn-hosted mainly by the Tertiary volcanics, and the other three occurrences are mineralizations composed of Au. One of the Au mineralization is the Organullo occurrence of porphyry Au hosted by the Tertiary dacite and andesitic flows and dikes.	N-S trending faults	In the eastern central, a high magnetic anomalous zone with a intense to medium magnitude exists trending E-W, and in the eastern north, a low magnetic anomalous zone with a intense to medium magnitude exists and in the eastern south, a set of high and low magnetic anomalies exists with a weak magnitude. In the western side, a striped pattern of intense high and low magnetic anomalies is located trending NE-SW.	Some alteration zones in the area covered by the Precambrian Puncovicana Formation in the eastern part and some in the area covered by the Tertiary volcanics are arranged trending NNE-SSW, extracted with a total area of 15km ² .	1400	25	El Acay Organullo Incachale	
Zone-28	SALTA	Mo-Cu-Au	Dissemination and Porphyry	Precambrian, Miocene	It covers an area about 30km to the southeast of S.A. de los Cobres and about 60km to the northwest of Siles. The zone is cut by National Route #51 in the southern part and surrounded by a rough way. It is accessible.	Mountains with altitudes of 3,000-4,000m and a few vegetation.	Precambrian Puncovicana Formation (Metamorphic rocks), Miocene dacite porphyry and Tasil Granites	It includes the Pancho Azules occurrence of porphyry Mo-Cu-Au hosted by the Precambrian leptomamorphic rocks, and the Miocene dacite porphyry dikes and hydrothermal breccias.			Some alteration zones with a total area of approximately 3km ² are extracted in the area covered by leptomamorphic rocks of the Precambrian Puncovicana Formation.	190	2	Pancho Azules	
Zone-29	SALTA	Borates	Fossil Evaporite and Evaporite	Miocene, Pleistocene Holocene	It covers an area including Salar de la Laguna located about 50km to the SSW of San Antonio de los Cobres.	Salt lakes with an altitude of approximately 4,000m.	Miocene and Pleistocene to Recent fine sediments	It includes four evaporite and five fossil evaporite deposits of borates in the Siles salt lake.		The zone is covered by weak low magnetic anomalies.	No alteration zone is extracted.	500	9		Out of the survey target
Zone-30	SALTA	Borates	Evaporite	Pleistocene - Holocene	It covers an area including Laguna Ratonces located about 100km to the SSW of San Antonio de los Cobres.	Salt lakes with an altitude of approximately 4,000m.	Pleistocene to Recent fine sediments	It includes eight evaporite deposits of borates in the Salar de Diablillos salt lake located on the southern extension of the Siles salt lake.		The zone is covered by weak low magnetic anomalies.		100	8		Out of the survey target
Zone-31	SALTA	Au-Cu (-Mo)	Dissemination and Vein	Ordovician, Tertiary	It covers an area about 50km to the west of Cachi town, about 100km to the NNE of San Rafael de la Sierra town and also about 100km to the SSW of S.A. de los Cobres. It is not accessible for one day trip from these towns.	Hilly area with altitudes of 4,000-5,000m and a few vegetation.	Precambrian Rio Blanco Complex (sillimanite schist), Ordovician Oira Effusive Complex, and Miocene monzonite porphyry, dacite porphyry and granitic intrusives	It includes two occurrences of porphyry Au-Cu mineralization hosted by the Miocene intrusives and breccias, and a occurrence of base-metal vein type mineralization hosted by the Ordovician Oira Effusive Complex.	N-S and NW-SE trending faults	No remarkable magnetic anomaly exists except for a weak low magnetic anomaly in the central part.	Relatively large alteration zones with a total area of 10km ² are extracted around the area covered by the Tertiary volcanics (Inca Viejo), some with a total area of 3km ² are extracted in the area covered by the Precambrian Rio Blanco Complex and the intruding Tertiary granitic rocks (Diablillos) and some alteration zones with the maximum area of 7km ² are extracted in the fans covered by the Precambrian Rio Blanco Complex and Quaternary sediments between Inca Viejo and Diablillos.	600	4	Viruna Muerta Inca Viejo Diablillos Condor Yacu	
Zone-32	SALTA	Mica	Pegmatite	Precambrian	It is located about 20km to the NW of Cachi town and covers an area including the Sierra de Cachi trending N-S.	Mountains with altitudes of 5,000-6,380m.	Precambrian Pachamama Igneo Metamorphic Complex	It includes six occurrences of sillimanite vein or nodule hosted by the Precambrian Pachamama Igneo-Metamorphic Complex and four occurrences of Be-mina pegmatite hosted by the Precambrian Rio Blanco Metamorphic Complex.	NW-SE and NNE-SSW trending faults	A set of weak high and low magnetic anomalies exists E-W trending.	A very small alteration zone is extracted in the south end of the zone.	900	10		Out of the survey target
Zone-33	SALTA	Pb-Tl-Li-Bi-Be	Pegmatite	Precambrian - Lower Cambrian	It is located about 50km to the SW of Cachi town and covers an area including the upper tributaries of the Rio Blanco, trending NE-SW.	Mountains with altitudes of 3,200-4,800m.	Precambrian Puncovicana Formation (La Pays Formation) and Late Cambrian Cachi Trencholytic Pluton	All nine occurrences included in the zone are Pb-Tl-Li-Bi-Be pegmatites hosted by the Precambrian Puncovicana Formation (La Pays Formation) and the intruding Precambrian to Late Cambrian Cachi Trencholytic Pluton.	NW-SE trending faults and NNW-SSE trending intrusive body elongation	The northern half of the zone is covered by low magnetic anomalies and southern half is covered by high magnetic anomalies with weak to medium grade.	No alteration zone is extracted.	600	10		Out of the survey target
Zone-34	SALTA	Pb-Ag, Cu	Vein and Strata-bound	Precambrian, Cretaceous	It covers an area SW adjacent to Cachi town.	Mountains with altitudes of 2,100-4,600m and a few vegetation.	Precambrian La Pays Formation (Puncovicana Formation), Cambrian Cachi Granite, Cretaceous Pigua Subgroup and Cretaceous porphyry body	Six in a total of eight occurrences are Pb simple vein type mineralizations with some Ag, mainly hosted by the Precambrian slates, schist and phyllite, one is breccia occurrence of Cu, and the other is Bi mine occurrence of strata-bound Cu in the Cretaceous	NNW-SSE to N-S trending faults	The zone is mostly covered by weak high magnetic anomalies, associated with weak low magnetic anomalies in the south.	No alteration zone is extracted.	270	8	Brealino	
Zone-35	SALTA	U-V	Strata-bound	Cretaceous	It is located about 20km to the east of Cachi town and occupies the eastern slope of Cerro Tinin.	A hill with an altitude of 3,763m	Cretaceous Yacoraiz Formation	It includes only strata-bound and/or U-V deposit interbedded by micaceous calcareous sandstone, oolitic limestone and sandy limestone of the Cretaceous Yacoraiz Formation.			No alteration zone is extracted.	60	1		Out of the survey target

Zone No.	Province	Element / Material	Type	Age of Host Rock	Location and Access	Topography and Vegetation	Geology	Mineralization	Geological structure	Aeromagnetic anomaly	Alteration extracted by ASTER image	Area (km ²)	Number of mineral occurrences	Mineral occurrence surveyed	Evaluation
Zone-13	JUJUY	Cu-Sn	Vein and Pegmatite	Ordovician, Tertiary	It is located about 70km to the southwest of Abra Pampa and covers Cerros de Petimón trending NNE-SSW.	Mountains with altitudes of 3,500-4,300m.	Ordovician Azóite and Chiqueros formations, Tertiary rhyolite dykes and Negreces tertiary welded tuff in the western part.	It includes three vein type occurrences. Two occurrences are Cu mineralizations hosted by the Ordovician Chiqueros Formation, and the one is a Sn-Pb mineralization hosted by rhyolite dyke intruding the Ordovician.	NNE-SSW trending faults in the east and NNW-SSE trending faults in the north of the zone.	The zone is covered by low magnetic anomalies with an intense to medium magnitude.	Some alteration zones with a total area of 10km ² located along the fault trending NNW-SSE are extracted in an area covered by the Ordovician.	150	3		Out of the survey target
Zone-14	JUJUY	W	Green	Jurassic - Cretaceous	It is located about 70km to the SSW of Abra Pampa and covers mountains of Cerro Norado and Cerro Altar, trending N-S.	Mountains with altitudes of 3,500-4,300m.	Jurassic to Cretaceous Tusaquillas Batholith (granodioritic)	All five occurrences included in the zone are W-Ag-Au mineralizations hosted by granodiorite of the Jurassic to Cretaceous Tusaquillas Batholith.		The zone is covered by low magnetic anomalies with a weak to medium magnitude.	Approx 10 alteration zones with areas of approximately 10km ² are extracted in the area covered by granodiorite of the Tusaquillas Batholith.	300	5		Out of the survey target
Zone-15	JUJUY	Pb-Ag-Zn (Au-baritic)	Vein and SEDEX	Ordovician	It covers Sierra del Aguilar including Aguilar mine. There is a good road to the mine from Tres Cruces in the eastern flank of the range, but no road crossing the range.	Mountains with altitudes of 4,000-5,000m and a few vegetation.	Ordovician Santa Rosita Formation, Lampazar Formation, Aguilar Formation and Padroco Formation.	Four in a total of seven occurrences are SEDEX Pb-Zn-Ag stratiform mineralizations interbedded in the Lampazar, Aguilar or Padroco formations, and other two occurrences are Pb simple veins hosted by sandstone and shale of the Azóite Formation.	Faults and folding axes trend mainly N-S. Other NNW-SE trending fault cut them diagonally in the central part of the zone.	The zone is located in a low magnetic anomalous area with a weak to medium grade.	Two small alteration zones with a total area of 3km ² are extracted in an area covered by the Ordovician Santa Victoria Group and an area in the southeast of El Aguilar mine.	300	7	La Candiana Rio Grande El Aguilar	
Zone-16	JUJUY	Baritic-Pb (Zn-Ag)	Vein(?)	Precambrian - Cambrian	It is located about 20km to the east of Humahuaca and covers the Chano river and its tributaries.	Mountains with altitudes of 3,000-4,200m.	Precambrian Puncovicana Formation, Cambrian Mesón Group and Ordovician Santa Victoria Group.	It includes three occurrences of baritic vein with some Pb and an occurrence of Pb-Ag-Zn vein, hosted by the Precambrian Puncovicana Formation and	An intersection of N-S and NE-SW trending faults.			150	5		
Zone-17	JUJUY	Barite-Pb (Cu-Zn)	Vein(?)	Ordovician	It covers a wide area of Sierra de Zenta with its eastern foot. It is about 20km to the western flank of the range to the nearest town of Humahuaca.	Mountains with altitudes of 4,000-5,000m and thick vegetation in its eastern foot.	Precambrian Puncovicana Formation, Cambrian Mesón Group, Ordovician Santa Victoria Group (Santa Rosita and Azóite formations), Ordovician Cencilia Formation and Silurian Lipeón.	There is a total of 11 occurrences are composed of barite and/or Pb vein type mineralizations mostly hosted by shale and sandstone of the Ordovician Santa Victoria Formation.	Faults show N-S, NE-SW and NW-SE trends.		600	13			
Zone-18	SALTA	Pb-Zn-Cu	SEDEX or VMS	Ordovician, Tertiary	It covers the northern part of Sierra del Cobre and is located about 70km to the north of San Antonio de los Cobres.	Hilly mountains with altitudes of 3,500-4,200m and a few vegetation.	Ordovician Santa Victoria Group (Chiqueros and Faldas Chiguas formations) and Negreces Tertiary welded tuff in the western part.	The zone includes La Colorada of SEDEX (massive sulphide) and covered by the Ordovician Santa Victoria Group. It also includes Pb vein and Cu vein. La Colorada of SEDEX has an indicated reserve of 12 Mt with 33-50%Fe, 10-30%S, 0.5%Cu, 0.9-1.5Zn, 0.1-1.5Pb, 7-10gAu and 0.7gAg.	Approximately N-S trending faults.	The zone is located in a weak to medium magnetic anomalous area, and a relatively high magnetic anomalies with a weak grade exist trending NNW-SE in the central part.	No alteration zone is extracted.	500	3	La Colorada Lincea	
Zone-19	SALTA	Au	Placer	Pleistocene - Holocene	It is located about 40km to the north of San Antonio de los Cobres town and covers a small area including Pueblo Viejo occurrence of placer gold.	Hilly mountains with altitudes of 3,500-4,000m.	Precambrian Puncovicana Formation	Placer gold with detrital sediments near Au-vein hosted by the Precambrian Puncovicana Formation.		The zone is covered by high magnetic anomalies with a medium magnitude.	No alteration zone is extracted.	100	2		Out of the survey target
Zone-20	JUJUY	REE-Th	Carbonatic	Ordovician, Cretaceous	It is located about 80km to the north of San Antonio de los Cobres town and covers mountains formed of Cerro Curamayo, Fito Honduras, Cerro Volcan and Cerro Cores.	Hilly mountains with altitudes of 3,500-4,500m.	Ordovician Azóite and Chiqueros formations, Late Ordovician Cobres Granodiorite and carbonatic dykes.	It includes eight occurrences of REE-Th carbonatic dike intruding the Late Ordovician granodiorite hosted by the Azóite and Chiqueros formations.	N-S trending granodiorite elongation.	The zone corresponds to a magnetic anomalous area with a weak to medium magnitude. A relatively high magnetic anomalies with a weak magnitude exist trending NNW-SE in the central part.	No alteration zone is extracted.	150	9		Out of the survey target
Zone-21	JUJUY	Borates	Evaporitic	Pleistocene - Holocene	It covers a wide area including Laguna de Guayayoc and Salinas Grandes located about 60km to the SSW of Abra Pampa and about 70km to the north of San Antonio de los Cobres.	Large lakes with an altitude of approximately 3,400m.	Pleistocene to Recent fine sediments.	It includes 13 evaporitic deposits of borates and salt in the Salinas Grandes salt lake.		The zone nearly corresponds to a wide high magnetic anomalous area with an intense to medium magnitude.	No alteration zone is extracted.	1400	13		Out of the survey target
Zone-22	JUJUY	Barite	Vein(?)	Precambrian and Ordovician	It is a small area trending NNE-SSW and located to the east of the Salinas Grandes.	Small mountain ranges with 3,600-4,200m and a few vegetation.	Precambrian Puncovicana Formation and Ordovician Azóite Formation.	All of 9 occurrences in the zone are composed of barite simple vein hosted by sandstone and shale of the Azóite Formation and shale, phyllite and schist of the Puncovicana.	NNW-SSE to NNE-SSW trending faults and folding axes.		Two alteration zones with areas of 5km ² are extracted in the area covered by the Precambrian Puncovicana Formation.	550	10	Visca	
Zone-23	JUJUY	Cu, Pb-Ag-Zn, Bi	Vein	Precambrian (Ordovician)	It is located about 20km to the southwest of Humahuaca town and covers the Sierra Alta range trending N-S.	Mountains with altitudes of 4,000-5,200m.	Precambrian Puncovicana Formation, Cambrian Mesón Group and Ordovician Azóite Formation.	It includes seven occurrences of Cu vein, four occurrences of Pb-Ag-Zn vein and two occurrences of baritic vein, hosted mainly by the Precambrian Puncovicana Formation and Cambrian Mesón.	NNW-SSE to NNE-SSW trending faults and folding axes.		No alteration zone is extracted.	900	15		
Zone-24	JUJUY	Cu-Pb-Zn-Ag-Sb-Au	Vein	Precambrian	It covers the western mountain of Quebrada de Humahuaca, including Volcan village about 40km to the NNW of San Salvador de Jujuy.	Mountains with altitudes of 1,500-3,000m and woody vegetation in the lower part.	Precambrian Puncovicana Formation, Cambrian Mesón Group and rhyolite dykes.	It includes seven occurrences of vein type mineralization hosted by schists, slate and some rhyolite dyke of the Precambrian Puncovicana Formation. The occurrences are base-metal mineralization such as Cu, and also includes Sb-Au vein type mineralization.	NNW-SSE trending faults.		No alteration zone is extracted.	600	9	Cairuro	
Zone-25	JUJUY	P ₂ O ₅	Maniform	Ordovician, Silurian	It is located about 10km to the northwest of Lib. Grl. San Martín city and covers an unshaded area in the western slope of the Serranía de Calilegua and Cerros de Ovejera.	Mountains with altitudes of 1,000-3,000m and jungle adjacent to Calilegua National Park.	Ordovician Labrador and Cencilia formations, and Silurian Lipeón Formation.	Stratiform biotite-phosphate beds interbedded with quartzose sandstone and little of the Ordovician Cencilia and Labrador formations, and stratiform oolitic iron beds in ferruginous micaceous sandstone of the overlying Silurian Lipeón Formation.	NNW-SSE to NNE-SSW trending faults and folding axes.		No alteration zone is extracted.	500	11		Out of the survey target

4-2 空中物理探査結果解析

広域地質構造及び金属鉱床有望地抽出を目的として、調査対象地域で取得された空中物理探査（磁気・放射能）データについて SEGEMAR より提供を受け解析を行った。データ取得地域は Jujuy 州、Salta 州および Catamarca 州にまたがり、面積は北部約 23,000 km²、南部約 44,000 km² で本調査対象地域の西側部分を占める。

データは、空中磁気データ（全磁力 (MI)、極磁気変換 (RTP)）、空中放射能データ（トータルカウント、ポタシウム(K)、トリウム(T)、ウラン(U)）、デジタル地形データであり、解析処理の種類は RTP（極磁気変換）について鉛直 1 次微分、鉛直 2 次微分、水平 1 次微分、放射能については K/T 比、 $K/(K+T+U)$ 比、カラー合成 (RGB=KTU) 等である。

これらにより本調査地域の広域的な磁気及び放射能データの特性について広域的な視点から調査地域全体の特長比較を行った。その結果、磁気データの解析では、主に第三系の火山岩類の分布域が磁気データの短波長の分布域として明瞭に示される。本調査地域内では浅熱水性鉱床及びポーフイリー型鉱床はこれらの火山岩類の分布域によく一致する。また、表層に貫入岩体等の露出が少ない地域にも長周期の磁気構造の分布域が認められるところがあり、深部の貫入岩体等の存在を示すと思われる。

放射能データの利用では、特に火山岩類の分布については明瞭に示すことができ岩石種の推定には使えそうである。また、浅熱水性鉱床等の存在を推定するためポタシウム / (ポタシウム + トリウム + ウラン) 比の計算を行った。その結果、ポタシウム / (ポタシウム + トリウム + ウラン) 比の高いところが広域的には鉱床の分布域にあたること、さらに局所的にみればポタシウム / トリウム比の高い付近に鉱床が集中している傾向がある。

今後の課題としては、より精密的な視点から鉱床分布域を特定するため有望地として抽出した特定エリア内について地質、地質構造、放射能データ等の詳細な対比を行う必要がある。その他、要望としてデータの充実と質の改善が上げられる。今回の空中物理探査調査範囲のほとんどは植生が薄く、衛星画像等でも容易に第三紀火山岩類の分布を把握することができる。しかし、調査対象地域の東側の空中物理探査データ未取得地域は植生が多く、むしろ空中物理探査のデータ利用の重要性はこちらのほうが高い。また、本データには格子状のノイズ（特に南北方向の線状構造はノイズ成分が多い）が認められるためデータの質の改善を行う必要がある。

4-3 川砂試料分析データ解析

調査範囲内において、アルゼンティン側で過去に採取された川砂試料 5,000 個の提供を受け、48 成分につき化学分析を行なった。その結果、以下のことが判明した。銅の異常値は、主に既知鉱徴の斑岩銅鉱床周辺に対応して分布する。特に Agua Rica 付近に高異常値が認められる。鉛の異常値は、主に既知鉱徴の SEDEX 鉱床周辺に対応して分布しており、一部ではあるが斑岩銅鉱床周辺部でも認められる。亜鉛の異常値は、鉛と同様に主に既知鉱徴の SEDEX 鉱床周辺に分布する。銀の異常値は、主に調査地域南部で広範囲に認められる。これは南部に分布するオルドビス紀の花崗岩類分布域に良く対応する。

4-4 衛星画像解析

乾燥露岩地域を対象とした本解析は、金属鉱床探査に衛星データを有効に活用できる ASTER で取得された実データを用い、鉱床に伴う変質帯の変質鉱物を同定することを目的とした。

解析に先立ち、以下の事前処理を行った。

- ・望遠鏡内/間に生じるピクセルずれを補正するバンド間レジストレーション
- ・疑似反射率変換係数（経済産産業省 2001）を利用した疑似反射率変換
- ・SAVI(Soil Adjust Vegetation Index)を利用した植物の反射スペクトル除去

変質鉱物の同定および半定量解析には、鉱物粒子間の反射・吸収を考慮した等粒子モデルを用いた。本解析では、広汎に認められる 9 種の鉱物を選択し、これら鉱物を混合した分光反射率のデータベースを等粒子モデルによって作成し地表面の鉱物同定および半定量解析を行い、鉱物マッピングを実施した。

また、雲のない連続する 5 シーンの立体視データから DEM を作成した。作成した DEM の空間分解能は 30m とし、同時に VNIR および SWIR の各データについて空間分解能 30m の正射投影変換画像を作成するとともに衛星鳥瞰図を作成した。

さらに、ASTER の特徴の 1 つである熱バンドのデータについて大気補正と温度・放射率分離を実施し、平成 11 年度資源衛星データ解析（経済産産業省 2000）で提唱された変換式を使用して SiO₂ 含有量のマッピングを実施した。

今回の調査では ASTER 画像 15 シーンを利用して画像解析を行ったが、ASTER 画像未取得の地域については平成 9 年度アルゼンティン共和国資源開発協力基礎調査鉱物資源広域調査で作成した LANDSAT TM（以下 TM）による 10 シーンのモザイク画像を利用した。

この結果、TM にくらべ今回の ASTER 画像でははるかに多くの変質帯を抽出している。これは変質帯抽出処理が、TM ではフォールスカラー及び比演算画像を利用して抽出していること、ASTER ではこれらに加え等粒子モデルを利用して微弱なスペクトルの違いを識別していることによる。特に ASTER の優位性はスペクトル解像度が高いことであり、等粒子モデルのようなスペクトルパターンマッチング処理を有効に利用することができる。空間解像度については TM の 1 ピクセル 30m に対し、ASTER の可視画像では 15m であるが、変質帯抽出では短波長赤外バンドと合わせるため 30m としており短波長を利用するかぎりは違いはない。

本年度の現地調査では ASTER データによって抽出された変質帯の検証を実施した。その結果、変質帯として抽出された場所の多くが既知鉱床や既知鉱徴地であること、またほとんどすべての地点で変質が確認でき ASTER の有効性を確認した。逆に変質帯を伴う浅熱水性鉱床やポーフィリー型の既知鉱床・鉱徴地で ASTER で抽出できなかったものはほとんどないといってよい。しかし、変質ではあっても断層粘土や花崗岩類中の白雲母の多い地域を変質帯として抽出している。これらは変質帯を抽出するという能力の観点からすると当然抽出されるべきものではなく、センサー性能の欠陥ではない。しかし、その変質が鉱徴を伴うものではない。今後の解析では鉱徴に伴う変質とそうではないものの区別ができるかどうか、また現地で未確認の変質帯の検証が課題となろう。

ASTER で抽出された変質帯分布の特長をみると、特にシーン 012、013、014、015 を中心とする調査範囲西側の画像列に多くの変質帯を抽出することができた。

なお、調査地域の東側は植生が密なため抽出された変質帯はほとんどないが、Tucuman 州 El Pago (シーン 6201) の例のように、ASTER により重要な鉱微地を密な植生の中から抽出している。植生の影響除去については Agua Rica の例のように、比較的薄い植生であれば良好に除去できることが分かった。

また、本年度の ASTER 解析では DEM の作成を行い、その利用可能性を検討した。具体的には DEM を利用し ASTER 画像による鳥瞰図を作成した。地表からの調査では高所から地形を観察できたとしても大規模なリニアメントや環状構造を認識することは難しい。しかし、DEM を使って鳥瞰図を作成することで大規模な構造や変質帯、岩相等の立体的分布を把握することができる。今回の解析では特に環状構造と変質帯の分布状況の把握に有効であった。

今回の解析ではさらに熱赤外データの利用可能性についても検討を行った。具体的には熱赤外データにより SiO₂ 含有量推定図を作成し、現地での比較を行った。その結果、シリカ量が多いと推定される個所は、砂丘や崖錐などのような砂が堆積しているような個所、すなわち第四紀層のようなどころであること、一方、花崗岩類のような酸性岩類にもかかわらずシリカ量があまり高くない等の傾向が見られた。しかし、シーン 015 の Galan caldera 付近のように岩相によってシリカ量推定が異なっており、岩相の分布の違いを良好に示している。全体的には岩相の違いによるシリカ量の違いはみられるものの、その岩石がもつシリカ量を正確に示してはいないようである。これについては解析処理のところで述べたように DEM を利用して標高補正を行う必要があるため、詳細な検討は次年度としたい。

4-5 グランドトルース

上記 4 手法の解析に基づき、有望地区として鉱床・鉱微地クラスター 24 地区を抽出した。その中の代表的鉱微地・変質帯のうち、これまでの探査実績、アクセス、カウンターパートの希望を勘案して 36 鉱微地および 4 変質帯について調査を実施した。調査は、地質構造、変質、鉱化作用の特徴を把握するとともに室内試験用試料を採取し解析に供した。グランドトルース地点を Fig.I-4-5-1 に調査日程および結果の総括を Table I-4-5-1 および Table I-4-5-2 に示す。

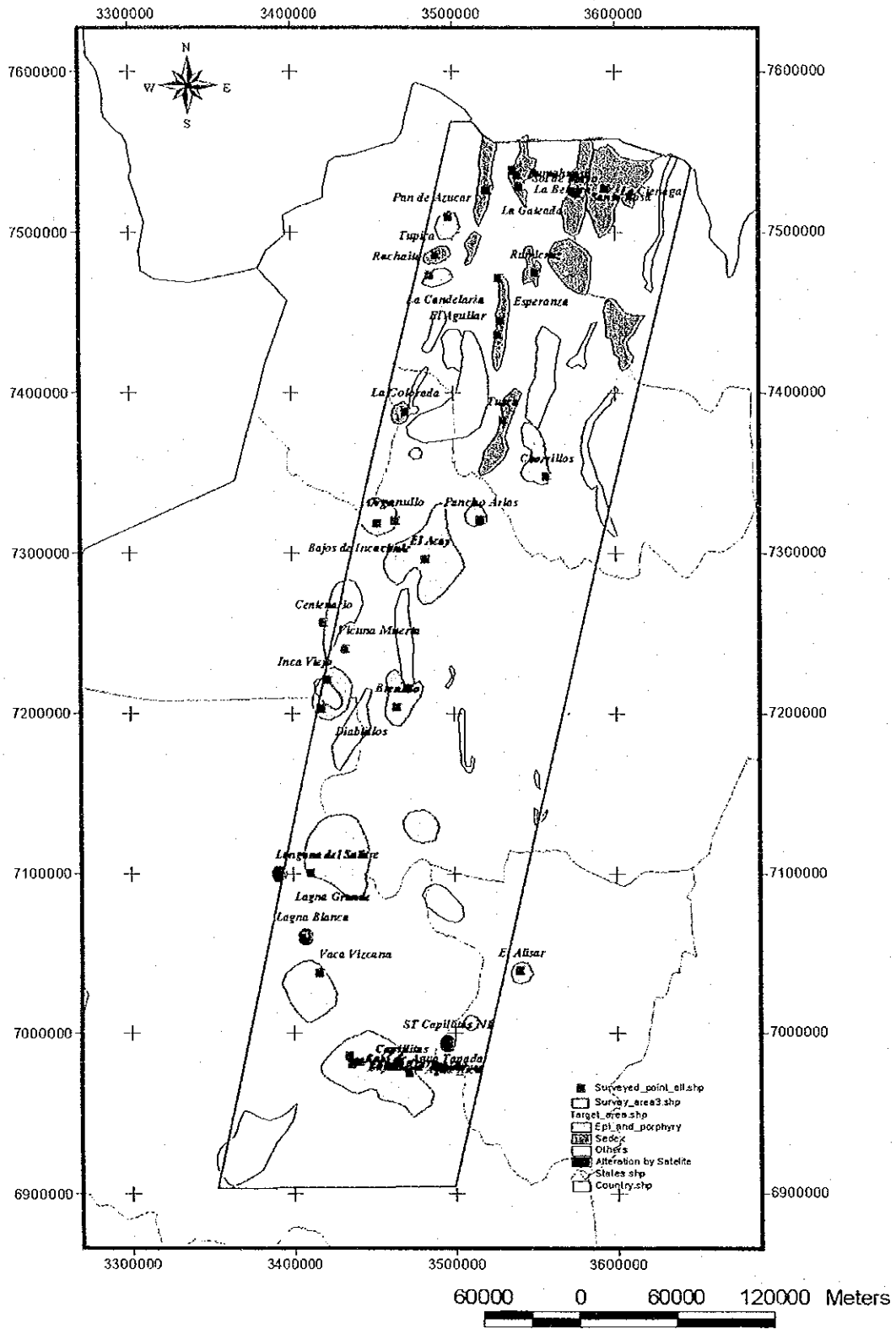


Fig.I-4-5-1 Selected promising zones and survey points.

Table I-4-5-2 Outline of survey results

No.	Mineral occurrences surveyed	Zone No.	Element / Material	Type	Alteration extracted by ASTER image	Survey results	Project status	Activity status	Holding of mining right	Evaluation
1	La Gateada	Zone-01	Pb	Vein	-	A quartz vein with Cu-Pb-Zn was observed.	AP	ABD	-	x
2	La Belgica	Zone-02	Pb-Zn	Vein	-	Some barite vein with Pb were observed.	AP	ABD	-	x
3	La Pumahuasi	Zone-02	Pb-Zn	Vein	-	Barite with Pb was observed in waste dumps.	AP	ABD	-	x
4	Sol de Mayo	Zone-02	Pb-Zn	Vein	-	Barite with Pb was observed in a stock pile.	AP	ABD	-	x
5	Santa Rosa	Zone-03	Barite	Vein	-	Barite with Pb was observed in a stock pile.	AP	ABD	-	x
6	La Cienaga	Zone-05	Pb - Cu-Barite	Vein	-	Some barite vein with malachite was observed at the entrance of a gallery and Pb-Zn-Cu ore were found in a stock pile.	AP	ABD	-	x
7	Pan de Azucar	Zone-07	Pb-Ag-Zn-Sb	Vein	○		AP	ABD	-	
8	Tupiza	Zone-08	Pb-Ag-Zn-Cu	Vein	-		AP	ABD	-	x
9	Rachalte	Zone-09	Pb-Zn-Ag-Mn	Vein and Dissemination	○		BS	NOA	?	○
10	La Candelaria	Zone-15	Pb	Vein	x	Some small barite veins with Pb were observed.	AP	ABD	-	x
11	La Pricima - Runicruz	Zone-11	Cu-Pb-Barite-Ni-Co-Zn-Ag-Au	Vein	x		AP	ABD	-	x
12	El Aguilar	Zone-15	Pb-Ag-Zn	SEDEX	x	Active mine of SEDEX	PR	ACT	Compania Minera Aguilar S. A	○
13	Rio Grande	Zone-15		SEDEX	x	Some massive pyrrhotite beds were found.	BS	HLD	Compania Minera Aguilar S. A	○
14	La Colorada	Zone-18	Cu-Pb-Zn-Fe	SEDEX or VMS	x	Thick massive sulphide ore with a high Fe-S content was found in the drill cores which were collected by a private company.	RD	ABD		○
15	Limca	Zone-18			x	The existence of SEDEX horizon is reported.	BS	ABD		○
16	Tusca	Zone-22	Barite	Vein	○?	Barite veins have been mined out on the surface.	AP	ABD		x
17	Coiruro	Zone-24	Sb-Au	Vein	-	Old adits and pits are found on the steep slope.	AP	ABD		x
18	Incachule	Out of			○		RD	HLD?		○
19	Organullo	Zone-27	Cu-Pb-Bi / Cu-Au	Vein and Dissemination	○	In the Organullo north, drillings were carried out for porphyry Cu by a private company.	RD	HLD?		○
20	El Acay	Zone-27	Fe-Cu-Pb-Zn	Vein and Dissemination	-		BS	HLD?		○
21	Pancho Arias	Zone-28	Mo-Cu-Au	Dissemination and Porphyry	○	It has been drilled for porphyry Cu by a private company.	RD	HLD?		○
22	Centenario	Alteration			○		RD	HLD?		○
23	Vicuna Muerta	Zone-31			○	The topography shows an interesting circular	BS			x
24	Inca Viejo	Zone-31	Au-(Cu-Mo)	Dissemination and Vein	○	It has been drilled for porphyry Cu by a private company.	RD	HLD?		○
25	Diablillos	Zone-31	Au-Cu		○	It has been drilled for porphyry Cu by private companies	FS	HLD	Pacific Rim	○
26	Condor Yacu	Zone-31	Au-Cu		○	Explorations including drillings are being carried out by a private company	RD	HLD		○
27	Brealio	Zone-31	Cu		x		RD	?		x
28	Laguna Grande	Alteration			○		-	-		x
29	Laguna del Salitre	Zone-39	Pb-Zn	Vein and Stratabound	x		AP	-		x
30	Laguna Blanca	Alteration			○		AP	-		x
31	Vaca Vicana	Zone-42	Cu-Au	Porphyry Cu	-		AP	-		x
32	El Alisar	Zone-46	Cu-Au	Porphyry Cu	-	Porphyry Cu-Au hosted by the Ordovician Mala Mala granodiorite and the intruding Miocene andesitic rocks.	BS	HLD		○
33	El Pago	Zone-47	Cu-Au-Pb-Zn	Dissemination	○		BS	HLD		○
34	Alto de la Blenda (Laboreo, Nudo, Esperanza)	Zone-43	Au-Ag-Mn	Epithermal, low sulfidation	○		PR	ACT	YMAD	○
35	Agua Tapada	Zone-43	Au		○		RD?	HLD?		
36	Bajo de la Alumbrea	Zone-43	Cu-Au	Porphyry Cu-Au	○		PR	ACT	YMAD	○
37	Bajo El Durazno	Zone-43	Cu-Au	Porphyry Cu-Au	○		RD?	HLD?		
38	Agua Rica	Zone-43	Cu-Mo-Pb-Zn-Ag-Au	Porphyry Cu	○		FS	ACT	BHP	○
39	Capillitas	Zone-43	Cu-Au-Pb-Zn-Ag	Vein and Dissemination	○		AP	HLD		x
40	Capillitas NE Alteration	Alteration			○		-	-		x

Project status
PR: Production
FS: Feasibility Study
RD: Resource Definition
BS: Basic Survey
AP: Ancient Prospect

Activity status
ACT: Active
ABD: Abandoned
HLD: Temporarily on hold
NOA: No activity

4-6 地質構造および鉱化作用の特性と鉱化規制

アルゼンティン北西部の地質構造は、第3章で述べたとおり、先カンブリア時代後期から古生代前期の Gondwana 大陸南西縁での微小大陸の衝突・付加および古生代後期から現世に至る西側からの海洋プレートのサブダクションによるコルディレラ型造山運動により形成された。

当地域に発達する先カンブリア紀から第四紀の地質体には、それぞれ構造発達史と密接に関係した時代別に特徴ある鉱床が存在する。なかでも、オルドビス系には SEDEX 型鉛・亜鉛鉱床および火山性塊状硫化物鉱床が、新第三系にはポーフイリー型銅、銅・金鉱床および浅熱水性金・銀鉱床といった経済性を有する鉱床賦存のポテンシャルが高いと考えられる。

SEDEX 型鉛・亜鉛鉱床である El Aguilar 鉱床は、調査地域北部東側に分布する非活動的大陸縁辺部堆積体であるオルドビス紀前期 Acoite 層中に存在する。火山性塊状硫化物鉱床である La Colorada 鉱床は調査地域北部西側のオルドビス紀のマグマ弧に存在する。

ポーフイリー型銅、銅・金鉱床および浅熱水性金・銀鉱床は、チリ国境付近から SW 方向にアーム状伸長する4本の新第三紀火山岩分布域、アーム間の貫入岩周辺部およびアームの延長上に限定される。ポーフイリー型銅および銅・金鉱床は、比較的剝削の進んだ火山岩アームである Farallon Negro 周辺、アーム間の貫入岩周辺部に当たる Inca Viejo 周辺およびアームの延長部にあたる Tucuman 西部に発達する。一方浅熱水性金・銀鉱床に関連した変質帯は、Agua Caliente カルデラ周辺のような剝削レベルの浅い箇所が存在する傾向がみられる。

4-7 鉱床賦存ポテンシャルおよび有望地区の選定

以上述べたように、層準規制型鉱床である SEDEX 型鉛・亜鉛鉱床は、オルドビス系分布域のなかでも、El Aguilar から Pumahuasi にかけての Acoite 層分布域に、火山性塊状硫化物鉱床はマグマ弧において、新たな鉱床の発見が期待される。ポーフイリー型銅および銅・金鉱床については、当地域一帯は賦存のポテンシャルは高いものの、既に詳細な調査が実施されている。火山岩アームの延長部に同鉱床賦存の可能性はある。浅熱水性金・銀鉱床についても既に詳細な調査が実施されているが、剝削の少ない Garan, Agua Caliente, Coranzuli 等のカルデラ周辺部の変質帯について確認調査が望まれる。特に Coranzuli カルデラ周辺部は、ボリビアから連続する錫帯と重複し、多金属鉱床も同時に期待される (Table 1-4-7-1 および Fig. 1-4-7-1 参照)。

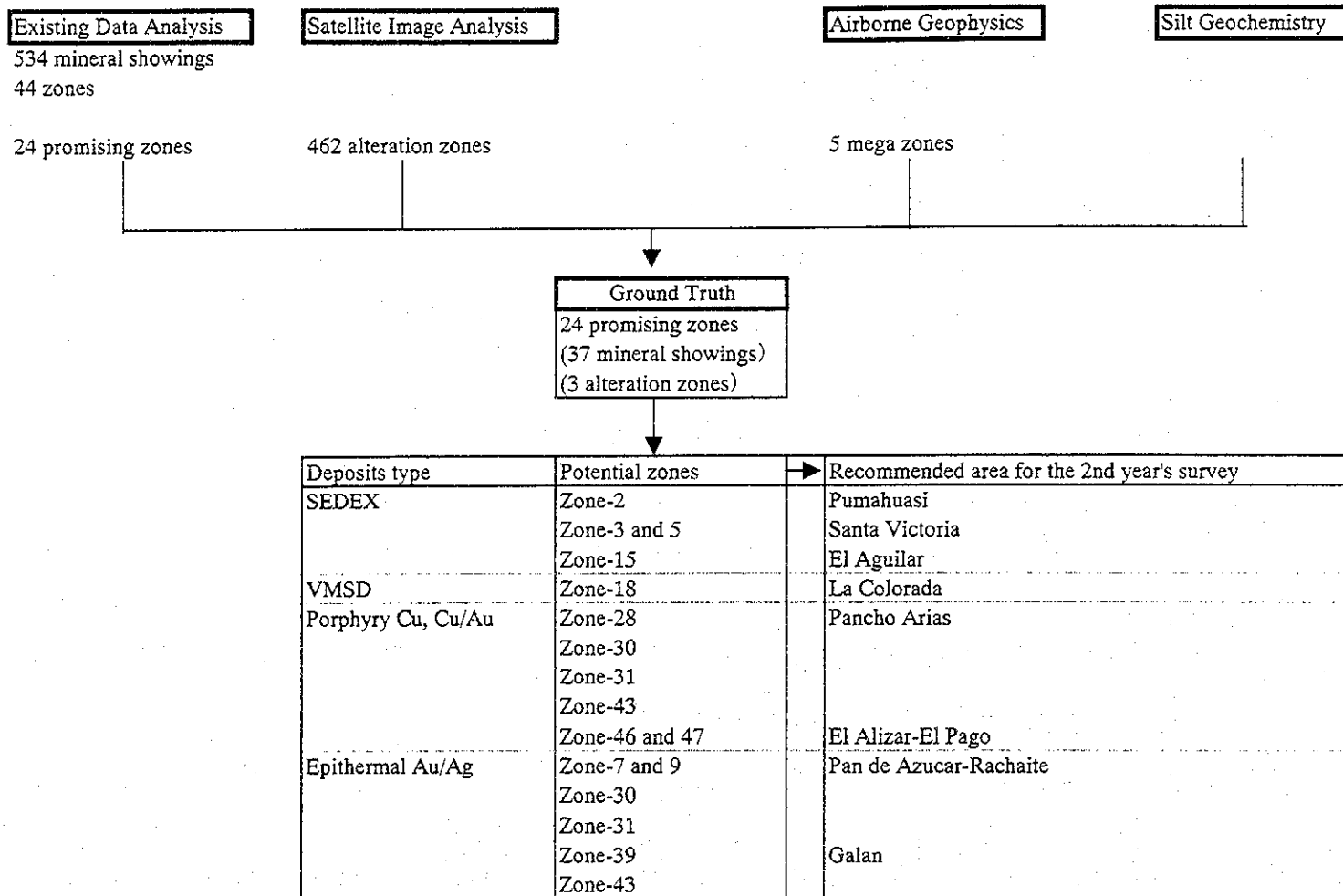


Fig. I-4-7-1 Flow chart for the selection of the potential zones and recommended area for the 2nd year's survey

第5章 結論および提言

5-1 結論

2ヶ年間調査の第1年次にあたる本年度は、既存データ解析、空中磁気・放射能データ解析、衛星画像解析および川砂試料分析データ解析に基づき40箇所の鉱徴地および変質帯を選定し、グラントルースを実施した。既存データ解析段階において経済性を有する鉱床タイプとしてSEDEX型鉛・亜鉛鉱床、ポーフィリー型銅、銅・金鉱床および浅熱水金鉱床にターゲットを絞った。上記4つの解析にグラントルース結果、室内試験結果を併せて総合的に検討した結果、次の結論に至った。

1) SEDEX型鉛・亜鉛鉱床および火山性塊状硫化物鉱床

SEDEX型鉛・亜鉛鉱床探査に関しては、一般に熱水性鉱床と異なり変質ハローが微弱で探査の手掛かりが乏しい。今回、Compania Minera Aguilar S. A.からEl Aguilar鉱床を貫くボーリングコアの提供を受け、その泥質岩の化学組成の統計処理解析から鉱床胚胎層準およびその上下盤の判定を試みた結果、化学組成に差異があり、岩石地化学探査が有効な手法であることが判明した。

Sureda(1999)の堆積盆の解釈に基づけば、2~3次オーダーの堆積盆の中心部付近に当たるEl AguilarからPumahuasiにかけてのゾーン(鉱床胚胎層準であるオールドビス紀前期のAcoyte層分布域)が、熱水噴出の可能性のあるゾーンと考えられる。その中に位置するRio Grandeを含むEl Aguilar鉱床周辺(Zone-15)には、SEDEX型鉛・亜鉛鉱床上下盤判定から判明した鉱床胚胎相当層準が南北に伸長しており、最も鉱床賦存の可能性が高い地区と考えられる。更に東側のオールドビス系にはAcoyte層より上位の地層が分布しており、その下部にSEDEX型鉛・亜鉛鉱床が期待される。

オールドビス系分布域の鉱脈型鉛・亜鉛・重晶石鉱床中の鉛の硫黄同位体比は $-2.5\sim+12.8\%$ であるのに対し、El Aguilar鉱床の鉛の硫黄同位体比は $+10.3\sim+26.8\%$ と重く、両者の硫黄の起源は異なっていたものと考えられる。従って、鉱脈型鉛・亜鉛・重晶石鉱床とSEDEX型鉛・亜鉛鉱床とは別の成因をもつものと判断される。

オールドビス系分布域西側に分布するLa Corolada鉱床は、周辺に火山岩類を伴うこと、硫化物が母岩の角礫構造を充填する組織が見られること、鉛・亜鉛に対して銅含有量が高いことから火山性塊状硫化物鉱床とみなした。同鉱床生成を規定する要因は明瞭ではないが、火山活動に伴って形成されたとすれば、調査地域北部の西側に分布するオールドビス紀のマグマ弧一帯に類似鉱床が期待される。

2) ポーフィリー型銅および銅・金鉱床

チリーアルゼンティン国境付近には中新世~鮮新世のマグマ弧が発達する。調査地域には、このマグマ弧から南東方向に4本の火山岩類がアーム状に伸びる。基本的には、この4本のアーム状火山岩類に伴ってポーフィリー型銅、銅・金鉱床および浅熱水性金鉱床が発達しており第一義的にこの4つのゾーンが有望ゾーンとしてあげられる。特にNo.4アームには、Bajo de la Alumbreira, Bajo de la Agua Tapada, Durazuno, Filo Coloradoといったポーフィリー型鉱床、変質帯が密集する。No.3とNo.4アームの中間のInca Viejo付近には火山岩類の分布は僅少ではあるが空中

磁気探査結果から周辺の浅所に貫入岩潜在が推定され、更に Inca Viejo, Diablillos, Condor Yacu, Centenario といった鉱化帯が知られており、火山岩類の分布は僅少なも、ポーフイリー型銅、銅・金鉱床および浅熱水性金・銀鉱床賦存有望ゾーンとして捕らえることが出来る。

また各アームの南東延長部には、縮尺 1/50 万スケールの地質図では表現されない小規模な貫入岩が散在し、その内外にポーフイリー型銅、銅・金鉱化作用が認められる。それらは No.4 アームの Agua Rica 鉱床、No.3 アームの El Arizal, El Pago, No.2 アームの Panco Arias 変質帯である。これらは衛星画像解析で変質帯として抽出されている（但し El Arizal は雲のため未確認である）。

ポーフイリー型銅および銅・金鉱床に関しては、このように鉱床賦存のポテンシャルは高いものの、既にかなり詳細な調査が実施されている。各アームの SW 延長部に探査の余地があるものと考えられる。

4 本のアームのうち北の 3 本には ignimbrite を伴う再生カルデラが存在し、火山体の削剥がまだ余り進んでない。従ってこの火山アームではポーフイリー型銅および銅・金鉱床が形成されるとすればより深部となり、探査の対象とはなり得ない。

浅熱水性金・銀鉱床に関しては favorable な削剥レベルにあると考えられる。特に Rachite および Incachule 変質帯は、明らかにカルデラ壁の内側にあり火山熱水系の産物とみなすことができる。衛星画像解析から抽出された Galan カルデラの西側の変質帯についても同様な推定が出来る。

3) ASTER 画像解析

今回はじめて ASTER 画像からフォールス画像、比演算画像、等粒子画像を作成し変質帯抽出を行い、既知鉱床、変質帯とのチェックを行ったがほとんど漏れなく変質帯を抽出することが出来その有効性が検証された。

5-2 第 2 年次調査への提言

本年度は、既存データ解析、衛星画像解析、空中物理探査データ解析、川砂試料分析データ解析およびグランドトリスにより調査対象地域全域のポテンシャル評価を実施した。第 2 年次においては、全域評価のなかで抽出された有望地区のなかで、鉱床賦存ポテンシャルは高いと判断され、かつ、これまでの調査が不十分で、今後の調査によって鉱床発見に繋がることが期待される地区について提言したい (Table 1-4-7-1 参照)。

1) SEDEX 型鉛・亜鉛鉱床および火山性塊状硫化物鉱床

本地域のオールドビス系中には、SEDEX 型鉛・亜鉛鉱床として El Aguilar 鉱山が稼動中である。探査の手掛かりの希薄な同タイプの探査においては、第一義的に El Aguilar 鉱床 (Esperanza 鉱床を含む) の特徴および生成束縛条件を正確に把握し、そこから導き出される探査要素ならびに世界の主要な SEDEX 型鉛・亜鉛鉱床の一般的探査要素を周辺類似地質環境に演繹的に適用する方法論が望まれる。世界の主要な SEDEX 型鉛・亜鉛鉱床は、非活動的大陸縁辺部のような大規模堆積盆のなかの更に嫌気性環境を持つ小規模な堆積盆中で形成されているという経験則がある (例えば Sangster and MacIntyre, 1983; Lydon, 1995)。Sureda (1999) によると、El Aguilar 鉱床は El

Aguilar から Pumahuasi にかけて南北に広がる第三次オーダーの Padrioc basin 中で形成されたと推定されている。超広域的な観点から、既存の堆積学的データに基づきオールドビス系中での El Aguilar 鉱床位置付けについて堆積盆解析（再検討）が望まれる。

El Aguilar 鉱床胚胎層準は大型化石によりオールドビス紀前期の Acoite 層であるとされている。上記堆積盆解析とともに鉱床胚胎層準の追跡が重要であり古生代前期の分解能の高い微化石（コノドントおよび放散虫）を使った層序区分が望まれる。

泥質岩を用いた岩石地化学探査法は、手掛かりの少ない SEDEX 型鉛・亜鉛鉱床に極めて有効な方法論であり、周辺の調査に適用するとともに、更に同鉱床周辺において追加試験を実施し、その精度を上げることが望まれる。

具体的には、El Aguilar 鉱床を含みかつ今回のグランドトルースにおいて層状硫化物を捕捉し、かつ鉱床層準判定法で鉱床胚胎層準を抽出した Rio Grande を含む Zone-13 (El Aguilar 地区) において、更に広域的に本判定法を適用し、微化石による層序区分と併せて鉱床胚胎層準を明確にする必要がある。また Pumahuasi から Sanat Rosa, La Cienaga 鉱微地を結ぶ東西ルート (Zone-2, 3, 5) (Pumahuasi および Santa Victoria 地区) において、同様な方法で鉱床胚胎層準の抽出を実施する必要がある。

La Colorada 鉱床に関しては、Pacific Rim 社が実施したボーリングにより塊状硫化物鉱床が捕捉されており、本ボーリングを利用した同鉱床の特徴の把握が不可欠である。El Aguilar 鉱床の場合と同様に鉱床胚胎層準抽出のための鉱床母岩を使った岩石地化学探査が必要である。また火山性塊状硫化物鉱床とした場合、鉱床上下盤には熱水変質帯の存在が期待され、その確認が必要である。同鉱床については、カルクアルカリ火山岩の発達が見られるという点において El Aguilars 鉱床とはテクトニックセッティングが異なるが、その生成環境についてはほとんど解かっていない。La Colorada 鉱床の特徴把握を踏まえ、既存データから火山活動の場と塊状硫化物鉱床の生成という観点から検討することが望まれる。

具体的には、La Colorada および類似の鉱微が発見されている Limcca を含む Zone-18 (La Colorada 地区) において調査を実施することが望まれる。

ポーフィリー型銅、銅・金鉱床および浅熱水性金・銀鉱床に関しては、調査地域およびその周辺の既知鉱微地および変質帯は、Table 1-3-2-4-1 に示すように 1990 年代後半に外資により鉱床確認段階までの詳細な調査が実施されている。

ポーフィリー型銅および銅・金鉱床に関しては、火山岩アーム延長部に位置する基盤岩中の小規模な新第三紀ストック中の鉱微については、火山岩分布の主体から離れていることもあり、まだ十分な調査が実施されているとは言い難い。具体的には、Pancho Arias を含む Zone-28 (Pancho Arias 地区)、El Alizar を含む Zone-46 および今回の既存データ解析では有望地区として抽出されなかったが、現地調査段階で判明した El Pago を含む Zone-47 一帯 (El Alizar-El Pago 地区) があげられる。後者は衛星画像解析により変質帯として抽出されており、その変質帯の特徴および広がりについて把握しておくことが望まれる。

浅熱水性金・銀鉱床に関しては、火山岩アーム部に多くの鉱徴が知られているが、今回、画像解析とグランドトランスにより、Rachite, Incachule, Pan de Azucar のような再生カルデラあるいは環状構造の壁部にベースメタルを伴う粘土化変質帯が発達ことが判明した。これらは熱水システムの浅部を表しており、周辺、深部に浅熱水性金鉱床が期待される。

具体的には、調査地域北部の Rachaité 変質帯の存在する Cornazuli カルデラから Pan de Azucar 鉱床の存在する Pozuelos 陥没周辺（Pan de Azucar-Rachaité 地区）および調査地域南部の Zone-39 および Garan カルデラ周辺部（Galan 地区）である。前者は、Zone-7 および Zone-9 を含む一帯において、既存変質帯、衛星画像から抽出された変質帯について、その特徴と広がりおよび鉱化作用の有無について調査を実施することが望まれる。特にこの一帯は、ボリビアの錫地帯の南端部に位置しており、Pan de Azucar 鉱床では錫の鉱化作用が知られており、鉱脈型多金属鉱床のポテンシャルも高いと考えられる。一方後者は、Zone-39 および Garan カルデラ周辺部で、カルデラ壁部およびその南東側に衛星画像解析から変質帯が抽出されているが、未だ十分な調査が実施されておらず、その特徴と広がりおよび鉱化作用の有無について調査を実施することが望まれる。

第II部 各論

第1章 既存データ解析

1-1 既存データ収集

本地域内に存在する個々の既知鉱床・鉱徴地についての地質・鉱床および鉱区関係などの既存情報を関係機関より収集した。収集の対象とした機関は SEGEMAR、各州政府の鉱山局 (Dirección de Minería) などである。SEGEMAR については Buenos Aires 市の本部のほか、Salta 支所および Tucuman 支所にて、州政府については Jujuy 州、Salta 州および Tucuman 州の各鉱山局にて資料収集を行った。

1-2 データベースの再構築

アルゼンチンの鉱床・鉱徴地インベントリー (SSM, SEGEMAR y IGRM, 1999) から本調査地域内のものを抽出し、さらにアルゼンチン鉱床生成図 (Zappettini, 1999) 付属の鉱床・鉱徴地データベース (CD-ROM)、縮尺 1:250,000 既刊地質図幅説明書添付の鉱床・鉱徴地一覧などの既存情報を基に、SEGEMAR カウンターパートの協力を得てデータの追加・削除・修正等を行った後、新規のデータベース (計 512 件、巻末資料参照) を再構築した。

1-3 既知鉱床・鉱徴地の分布

再構築したデータベースの既知鉱床・鉱徴地の中には、Au、Ag、Cu、Pb、Zn、レアメタルなどの金属元素のほか、レアアース、パーライト、石灰岩、硼酸、燐鉱石、塩類、雲母、カオリンなどの工業原料、さらには菱マンガン鉱やトパーズなどの貴石の鉱床・鉱徴地も含まれている。これらの金属元素や工業原料などの鉱床・鉱徴地の分布と周囲の地質・地質構造との関係を把握するために、各鉱床・鉱徴地の緯経度を基に GIS 化し、別に縮尺 1:500,000 の各州別地質図を GIS 化して作成した調査地域地質図と合わせて表示出来るようにした。

地質、鉱種、鉱床タイプ等を考慮して、既知鉱床・鉱徴地を分類・整理した後、最終的に 44 の鉱床密集ゾーンにグループ分けした (Fig.1-4-1-1 および Table 1-4-1-1 参照)。

1-4 既存データ解析結果

鉱床・鉱徴地に関する既存データの解析結果、特にその分布について以下のことが明らかになった。

① 既知ポーフイリー型鉱床

Catamarca 州 Andalgalá 北部の Zone-43 中には、既知ポーフイリー型銅・金鉱床で稼行中の Bajo de la Alumbrera、F/S が完了した Agua Rica などがある。いずれも中新世後期の火山活動に関係して生成した鉱床である。

② ポーフイリー型鉱床および浅熱水性金鉱床賦存の可能性のある地域

ポーフイリー型鉱床および浅熱水性金鉱床の賦存可能性のある地域としては、いずれも

第三紀の火山活動が知られている地域、すなわち調査地域の北から Zone-07, Zone-09, Zone-24, Zone-26, Zone-27, Zone-28, Zone-39, Zone-42, Zone-43, Zone-46 である。

③ SEDEX 型鉱床 (VMS 型鉱床を含む) 賦存の可能性のある地域

既知 SEDEX 型鉱床は、Aguilar 山脈の Zone-15 中において稼行中の El Aguilar および隣接する Esperanza の 2 鉱山である。

賦存可能性のある地域は、オルドビス系が分布する調査地域北部、Jujuy 州の Zone-01, Zone-02, Zone-08, Zone-10, Zone-11, Zone-12, Zone-15, Zone-17 および Zone-22, Salta 州の Zone-03, Zone-05 および Zone-18 である。

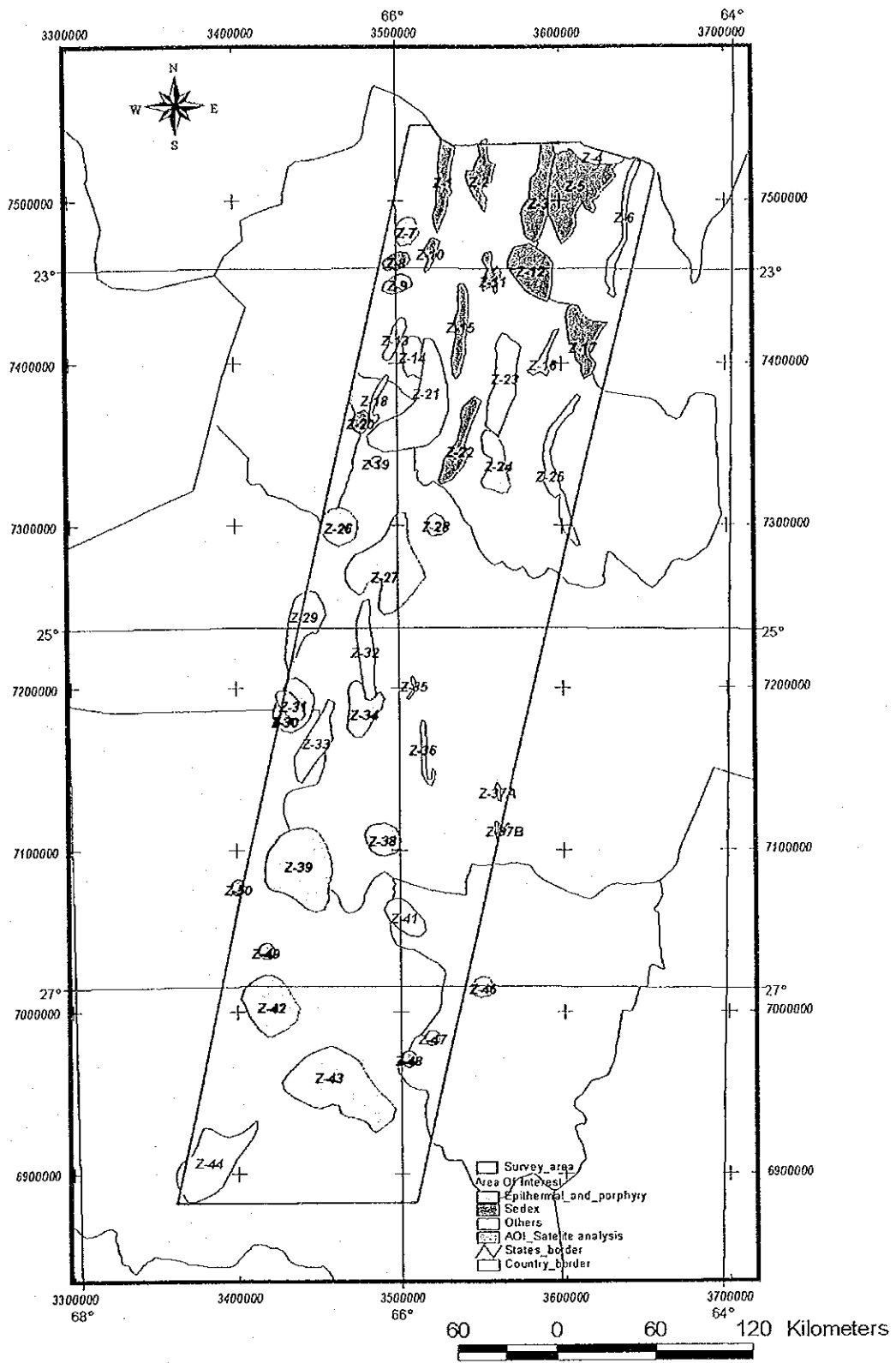


Fig.II-1-3-1 Location of Mineralized zones in the Project area

第2章 空中物理探査

2-1 調査概要

広域地質構造及び金属鉱床有望地抽出を目的として、調査対象地域で取得された空中物理探査（磁気・放射能）データについて SEGEMAR より提供を受け解析を行った。

空中物理探査のデータは2地域に分割されており SEGEMAR の要請に基づき、北部側が World Geoscience 社（1996年6月）、南部側が Sander Geophysics 社（1999年5月）によって取得されたものである。データ取得地域は Jujuy 州、Salta 州、Catamarca 州にまたがり、面積は北部約 23,000 km²、南部約 44,000 km² で本調査対象地域の西側部分を占める（Fig.II-2-2-1-1）。

2-2 データ及び解析処理の種類

2-2-1 提供データの種類

空中磁気データ	全磁力 (MI) 極磁気変換 (RTP)
空中放射能データ	トータルカウント カリウム(K) トリウム(T) ウラン(U)
デジタル地形データ	DEM

2-2-2 解析処理の種類

提供を受けたデータのうち、極磁気変換 (RTP) について以下の処理を行った。

RTP (極磁気変換)	鉛直1次微分 鉛直2次微分 水平1次微分
放射能	K/T K/(K+T+U) カラー合成(RGB=KTU)

2-2-3 その他

- ・解析図の投影法：Gauss-Kruger
- ・座標系（原データ）：Datum-Campo Inchauspe, Spheroid-International 1924
- ・解析：Oasis Montaj5.0(GEOSOFT) グリッド間隔 200m
- ・表示：Arcview3.2a(GRID 形式)
- ・凡例：本解析では、北部側と南部側でデータのレンジが異なるため、データの表示はその絶対値で示さず、標準偏差を用いた。南部側の放射能のデータは欠損が多い。
- ・構造線等：各解析図には広域的な地質構造と比較するため Ulrich et al (2001)による大構造線と縮尺 1/50 万地質図よりカルデラ構造を抽出し、空中物理探査データに重ねた。

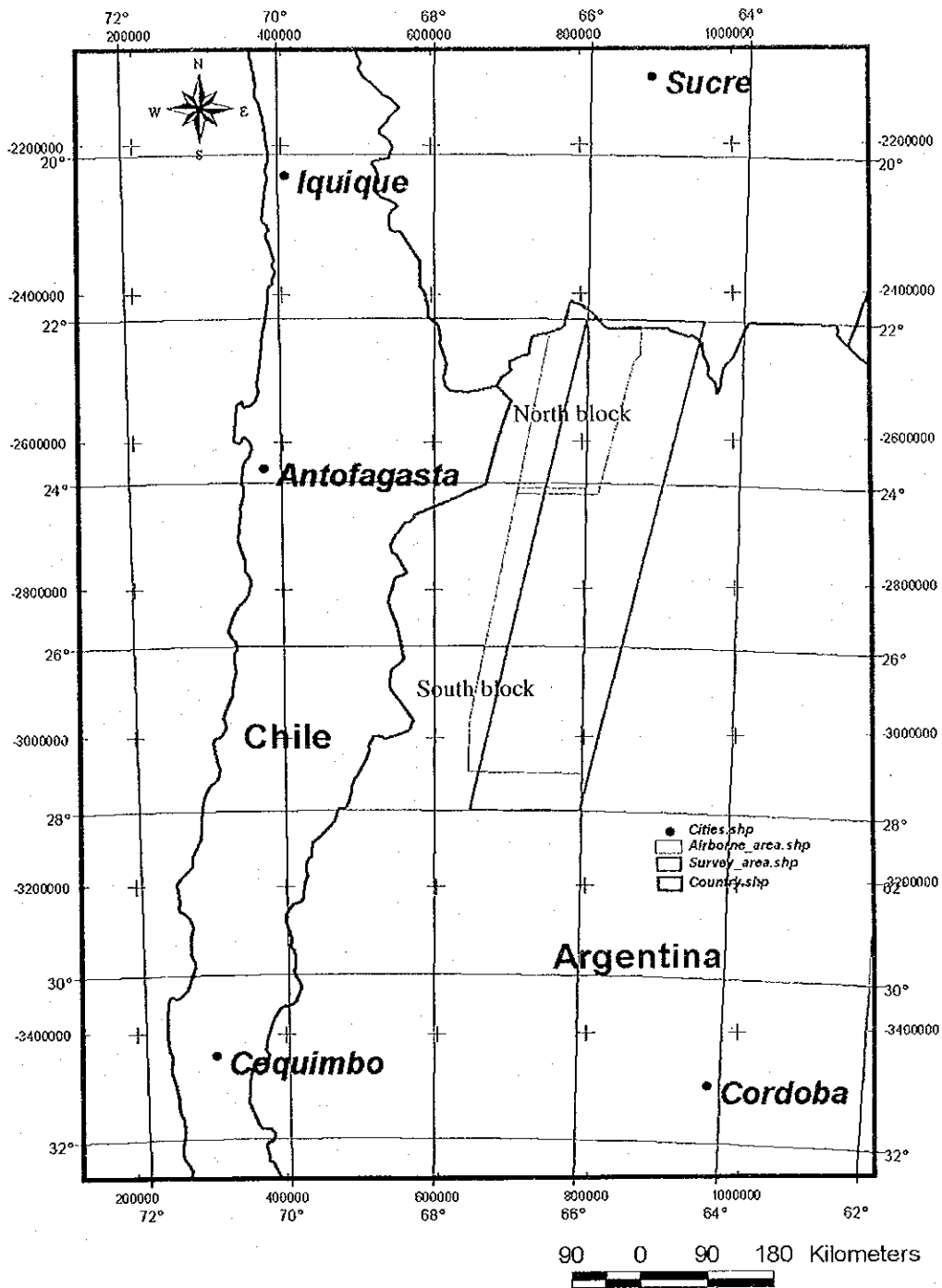


Fig.II-2-2-1-1 Location of the airborne geophysical survey

2-3 データ解釈結果

2-3-1 各処理画像の特長

(1) 空中磁気データ

空中磁気データは、航空機の下にある全ての岩石の磁性鉱物（主として磁鉄鉱、イルメナイト、磁硫鉄鉱）の割合を図化したものである。磁鉄鉱が最も普遍的に産する磁性鉱物なので、一般的に磁鉄鉱の量を表すと考えてもよい。磁鉄鉱の量は一次的な作用（マグマの全岩化学組成等の違い）と二次的な作用（変成、変質、変形作用等）の両方に依存する。

1) 全磁力 (TMI: Total Magnetic Intensity) (Fig. 11-2-2-1-2)

全磁力図では空中物理探査調査範囲の全体的には地形標高の高い西側で値が高く、標高の低い東側で値が低い。また、物理探査範囲南部の Galan カルデラや範囲北部にある Abra Pampa 等付近のように短い周期でデータ値が変動する個所 (Area1-5) は第三紀の火山岩類が分布する地域 (Fig. 11-2-2-1-2) に相当していることが分かる。

2) 極磁気変換全磁力 (RTP : Total Magnetic Intensity (Reduced to the Pole)) (Fig. 11-2-2-1-3)

極磁気変換全磁力図では前述した短波長の分布域と第三系火山岩類及びカルデラ構造との一致がより明瞭になる。また、長周期の波長分布域はより深部の構造を示すものと考えられるが、本地域の長周期の分布域 (Area6,7) では、既存の地質図上等では塩湖や新規の火山岩類等の分布域にあたる。

3) 鉛直1次微分 (Fig. 11-2-2-1-4)

鉛直1次微分処理は、ハイパスフィルターの一種で磁気データの応答の変化を強調するため、地質境界や線形の構造等を明瞭にしたり、浅所にある磁気構造を強調する。本解析図では、長周期の構造が落とされ短波長の構造がさらに強調される。第三系火山岩類分布とこの短波長の磁気構造は本調査範囲では非常に良く一致している。

4) 水平1次微分 (Fig. 11-2-2-1-5)

水平1次微分でも鉛直1次微分処理とほぼ同様である。

5) 鉛直2次微分 (Fig. 11-2-2-1-6)

鉛直2次微分は1次微分をさらに強調するもので、より地質境界や線形構造等が明確になる。本解析図ではノイズ成分が強調されてしまうが、水平1次微分の結果と大差は無い。

6) Upward continuation (500m) (Fig. 11-2-2-1-7)

Upward continuation はローパスフィルターあるいはスムージングの一種で長周期の応答を強調するため、より深部の磁気構造を強調する。本解析では upward を 500m に設定したが、極磁気変換全磁力図よりも短波長の構造が目立たなくなり大構造がより明瞭になる。

(2) 放射能データ

空中放射能データは、岩石や鉱物中に含まれる天然放射性同位体元素の自然放射能壊変の記録であり、データは放射能カウント合計、及びカリウム、トリウム、ウランの個々のチャンネルに表示される。ある種の変質帯、例えばポタシク変質は放射能（カリウム）応答として検出されることが期待され、水系も運ばれた土壌や粘土がたまっているので放射能データに表れる。

1) トータルカウント (Fig. 11-2-2-1-8)

磁気データの短波長の構造は地表に露出している第三紀火山岩類の分布に良い一致を示すが、トータルカウントでも値の高い分布域は第三紀の火山岩類の分布域の形状に近い。しかし、短波長の磁気構造の分布と異なってトータルカウントでは花崗岩類やはんれい岩類も高い値として出現する。

2) カリウム (Fig. 11-2-2-1-9)

ポーフイリー型鉱床ではカリウムの値が周辺の非鉱化帯に比べ高い(2倍程度まで)という事例が報告されており(Davis & Guilbert(1973))、ポーフイリー型鉱床探査の1つの探査指針になる可能性がある。本図でも極磁気変換全磁力等と同様に第三紀の火山岩類の分布域に高い値が分布しており、火山岩類中のカリウムが応答していると考えられる。しかし、空中物理探査範囲南部側の中央から北部にかけて磁力図等では見られなかった N-S 方向の分布(Area8)が、また空中物理探査範囲北部側にも NE-SW 系の分布(Area9)が見られる。

3) トリウム (Fig. 11-2-2-1-10)

トリウムでもカリウム同様の傾向があるが、Galan カルデラ付近の火山岩類の分布が特に強調される。カリウム図でみられた空中物理探査範囲南部側の N-S 方向の分布は不明瞭である。

4) ウラン (Fig. 11-2-2-1-11)

ウランも広域的にはカリウム、トリウムと同様であるが、トリウムの傾向に近い。

5) カリウム・トリウム・ウランカラー合成(RGB=KTU) (Fig. 11-2-2-1-12)

カリウム、トリウム、ウランについては前述したように、広域的にみればほぼ同様な傾向を示しており、その違いを視覚的に捉えることが難しい。このため、これら3種の画像に赤緑青の色調を割り当て、擬似カラー合成を行った(RGB=カリウム、トリウム、ウラン)。空中物理探査範囲北部側と同南部側ではデータの質が異なるため色調に差がでるが、北部側、南部側とも第三紀の火山岩類の分布が白っぽい色調として明瞭に表示される。特に Galan カルデラ付近の火山岩類はトリウム、ウランで分布が特長づけられているため明瞭である(Area10)。

一方、空中物理探査範囲北部側の Salinas Grandes(Area11)、 Salar de Olaroz(Area12)、南部側では Salar de la Laguna、 Salar del Hombre Muerto のような塩湖の分布域(Area13)では放射能が吸収されるため色調が暗く表示されていると推測される。

空中物理探査範囲南部側画像には古生代前期(特にオルドビス紀)の深成岩類が多く分布しているが、カリウムの強度が比較的高いため画像上では淡い赤色域として示される(Area14)。また、青い色調で示される地域はウランの強度が強い地域であるが、画像上では古生代の堆積岩や第四紀の堆積層の分布域に多く見られる。

既知鉱床の分布 (Fig.11-2-2-1-15)と比較すると、広域的に見ると浅熱水性鉱床は明るい色調の火山岩類の分布地域に多く分布し、ポーフイリー型鉱床は色調のやや暗い範囲に分布することが多い。

6) カリウム/トリウム比 (K/T) (Fig. 11-2-2-1-13)

浅熱水性鉱床における放射能探査では、銅鉱床等の変質帯でカリウムの値が上がり、トリウムの値は変動しないという事例がある(Mocham et al(1965) 等)。従って、カリウム/トリウム比の高いところが熱水性変質帯の存在を示すものと考えられるため、カリウム/トリウム比の計算を行った。

計算の結果は、広域的にみるとフラットな印象であるが、カリウム／トリウム比の高い場所が小さくスポット的に抽出される。これらと既知鉱床分布を比較してみると、空中物理探査範囲南部側の Bajo de la Arumbraera を中心とした地域(Area15)等ではポーフィリー型鉱床及び浅熱水性鉱床の分布と比較的良く一致する。しかし、調査地域中央部の San Antonio de Cobres 等の地域(Area16)にある浅熱水性鉱床等との一致は良くない。また、調査地域北部の La colorada、Rachaita、tupiza 等の鉱徴地(Area17)では分布的には小さいけれどもカリウム／トリウム比の高い個所が配列している。

7) カリウム／(カリウム+トリウム+ウラン) 比 $K/(K+T+U)$ (Fig. II-2-2-1-14)

本図はカリウムの値をカリウム、トリウム、ウランの合計で正規化したものである。カリウム／トリウム比の図と同様で第三紀の火山岩類の値は小さいが、本図では特に中央部(Area18)に浅熱水性鉱床の分布域が比較的高い値として示される。

(3) 地形その他

空中物理探査解析図との比較参考ために以下の図を掲載した。

- ・ 標高モデル(DEM) (Fig.II-2-2-1-15)
- ・ 地質図 (Fig.II-2-2-1-16)
- ・ 構造線、変質帯、鉱徴地 (Fig.II-2-2-1-17)

変質帯は ASTER 及び TM 画像より抽出したもの。鉱徴地は浅熱水性鉱床、ポーフィリー型鉱床、SEDEX 型鉱床の位置を示した。

大構造線は Ulrich et al (2001)によりコンパイルされたもの、またカルデラの位置は対象地域に含まれる各州が発行した 1/50 万地質図幅から GIS 化したものである。

- ・ 既存空中物理探査解析図との比較 (Fig.II-2-2-1-18)

解析データのソースが同じと思われる Chernicoff, C.J., Zappettine, E.O. (2000)による既存の研究では、磁気構造によるリニアメント解析が行われており、対象地域に NNE-SSW、NE-SW、ENE-WSW、N-S 方向のリニアメント系があり、特に WNW-ESE 系及び WNW-ESE 系と ENE-WSW 系の交差部等が鉱床の分布に密接に関係していることを至適指摘している。

- ・ 重力データとの比較 (Fig.II-2-2-1-19)

現在、インターネットサイトから人工衛星等を利用して広域的な重力データが入手できる (http://topex.ucsd.edu/marine_topo/mar_topo.html)。これを利用して本地域の重力データ構造をプロットしたのが本図である。興味深いのは既知の浅熱水性鉱床、ポーフィリー型鉱床、SEDEX 鉱床やその他の鉱脈型鉱床の分布域が広域重力構造の High の付近あるいは High の周辺部に集中していることである。たしかに重力構造が高い地域には第三紀火山岩類が多く（逆に重力の低いところはベースン構造をなし新規の堆積岩等で被覆されていることが多い）、浅熱水性鉱床などの分布域と比較的良く一致すること、また地形的にも標高が高く露出がよくて鉱床が見つかりやすかった等の理由も上げられるが、単にそれだけではない因果関係を予感させる。今後、広域な鉱床生成の場を考える上でも重力構造の解明は重要となると思われる。

2-4 空中物理探査解析による有望地抽出指針

以上各解析図からの特長から現時点での浅熱水性鉱床及びポーフィリー型の有望地抽出指針については磁気データの短波長構造の分布域、放射能データではカリウム／（カリウム+トリウム+ウラン）比、カリウム／トリウム比の高い区域が既知鉱床の分布と比較的良く一致するため、指針としての可能性がある。磁気の短波長構造は、直接は第三紀火山岩類の分布にあたる。しかし、短波長構造をもってはいるが、第三紀火山岩類の分布がないか知られていない地区も探鉱余地の観点からは興味深い。また、表層部に貫入岩等の分布は少ないもの長周期の重力構造(Vicuna Muerta 周辺等)が存在する場所は、深部岩体が鉱化作用の供給源として期待されることから重要なものと思われる。

2-5 まとめ

本調査地域の広域的な磁気及び放射能データの特性について広域的な視点から調査地域全体の特長比較を行った。その結果、磁気データの解析では、主に第三系の火山岩類の分布域が磁気データの短波長の分布域として明瞭に示される。本調査地域内では浅熱水性鉱床及びポーフィリー型鉱床はこれらの火山岩類の分布域によく一致する。また、表層に貫入岩体等の露出が少ない地域にも長周期の磁気構造の分布域が認められるところがあり、深部の貫入岩体等の存在を示すと思われる。

放射能データの利用では、特に火山岩類の分布については明瞭に示すことができ岩石種の推定には使えそうである。また、浅熱水性鉱床等の存在を推定するためカリウム／（カリウム+トリウム+ウラン）比の計算を行った。その結果、カリウム／（カリウム+トリウム+ウラン）比の高いところが広域的には鉱床の分布域にあたること、さらに局所的にみればカリウム／トリウム比の高い付近に鉱床が集中している傾向がある。

今後の課題としてはより精密な視点から鉱床分布域を特定するため、有望地として抽出した特定エリア内について地質、地質構造、放射能データ等の詳細な対比を行う必要がある。その他、要望としてデータの充実と質の改善が上げられる。今回の空中物理探査調査範囲のほとんどは植生が薄く、衛星画像等でも容易に第三紀火山岩類の分布を把握することができる。しかし、調査対象地域の東側の空中物理探査データ未取得地域は植生が多く、むしろ空中物理探査のデータ利用の重要性はこちらのほうが高い。また、本データには格子状のノイズ（特に南北方向の線状構造はノイズ成分が多い）が認められるためデータの質の改善を行う必要がある。

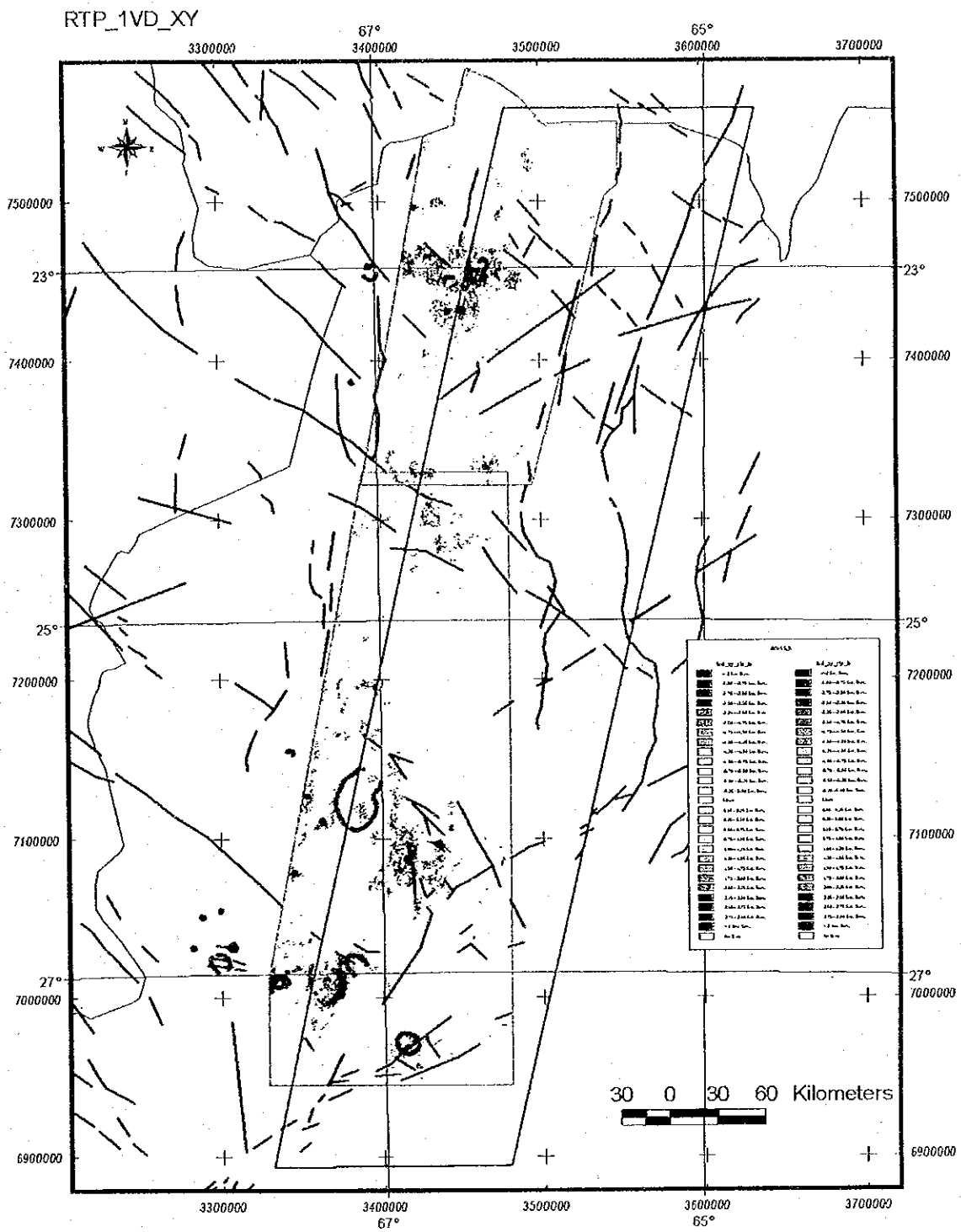


Fig.II-2-2-1-5 First horizontal derivative image of RTP

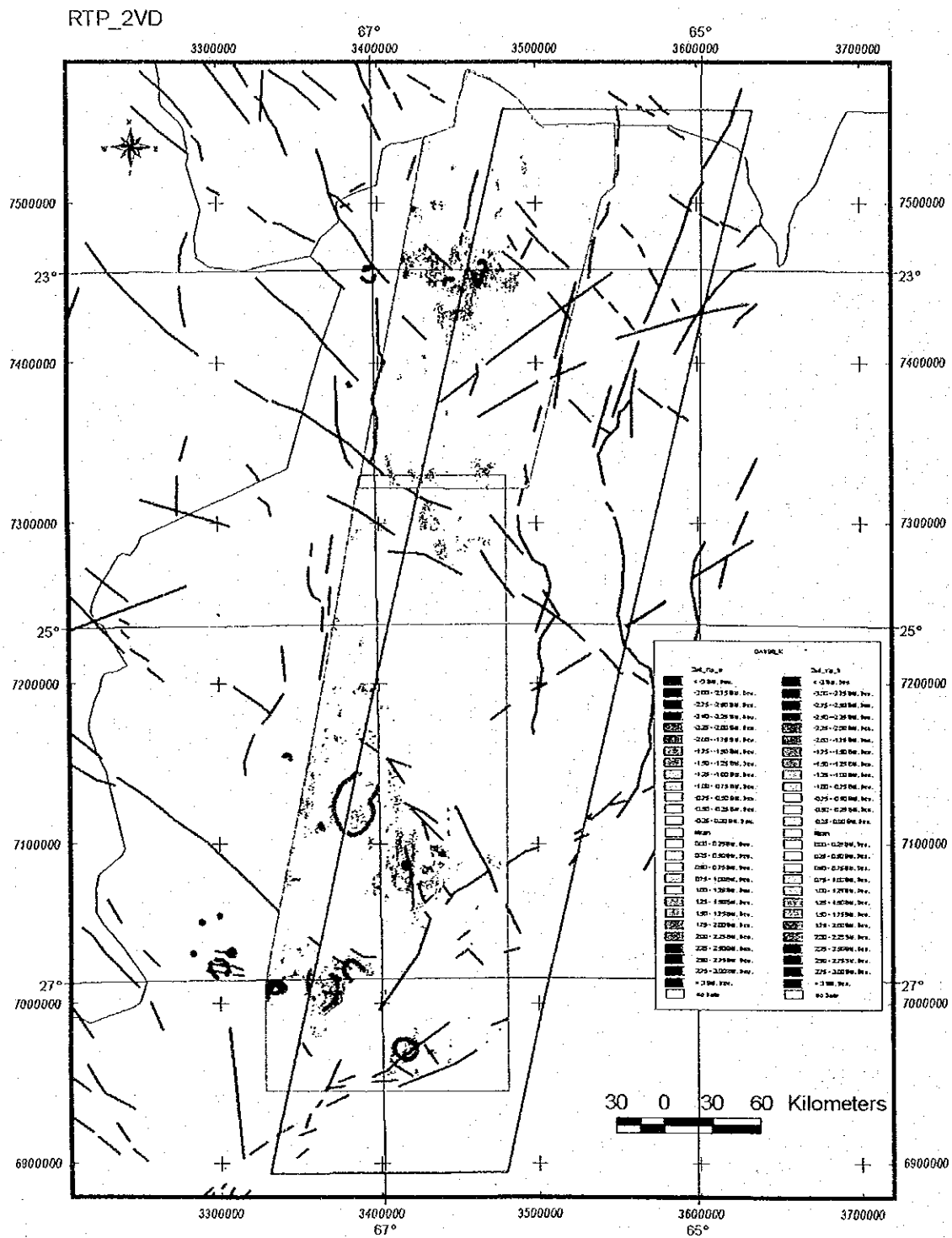


Fig.II-2-2-1-6 Second horizontal derivative image of RTP

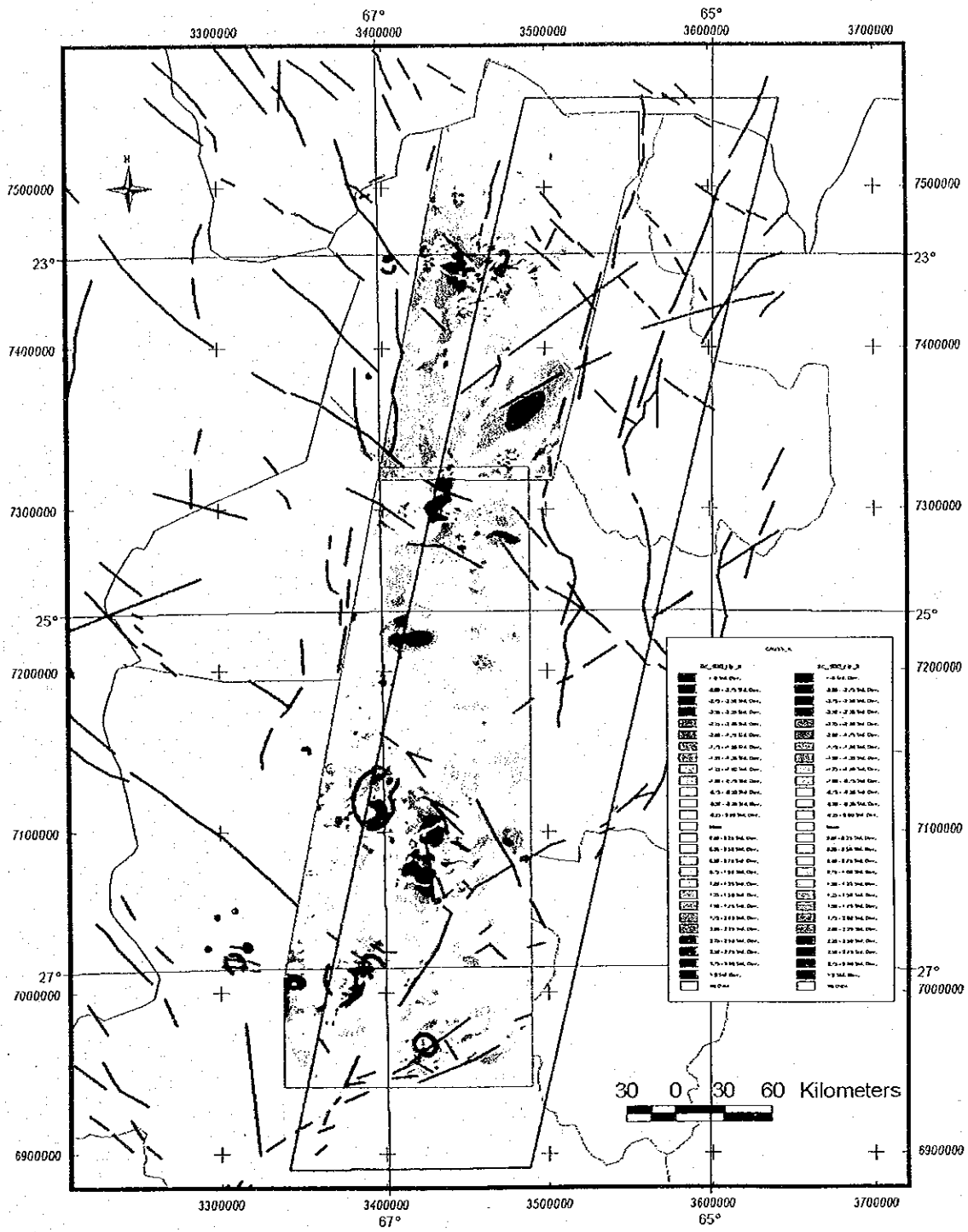


Fig.II-2-2-1-7 Upward continuation (500m) of RTP

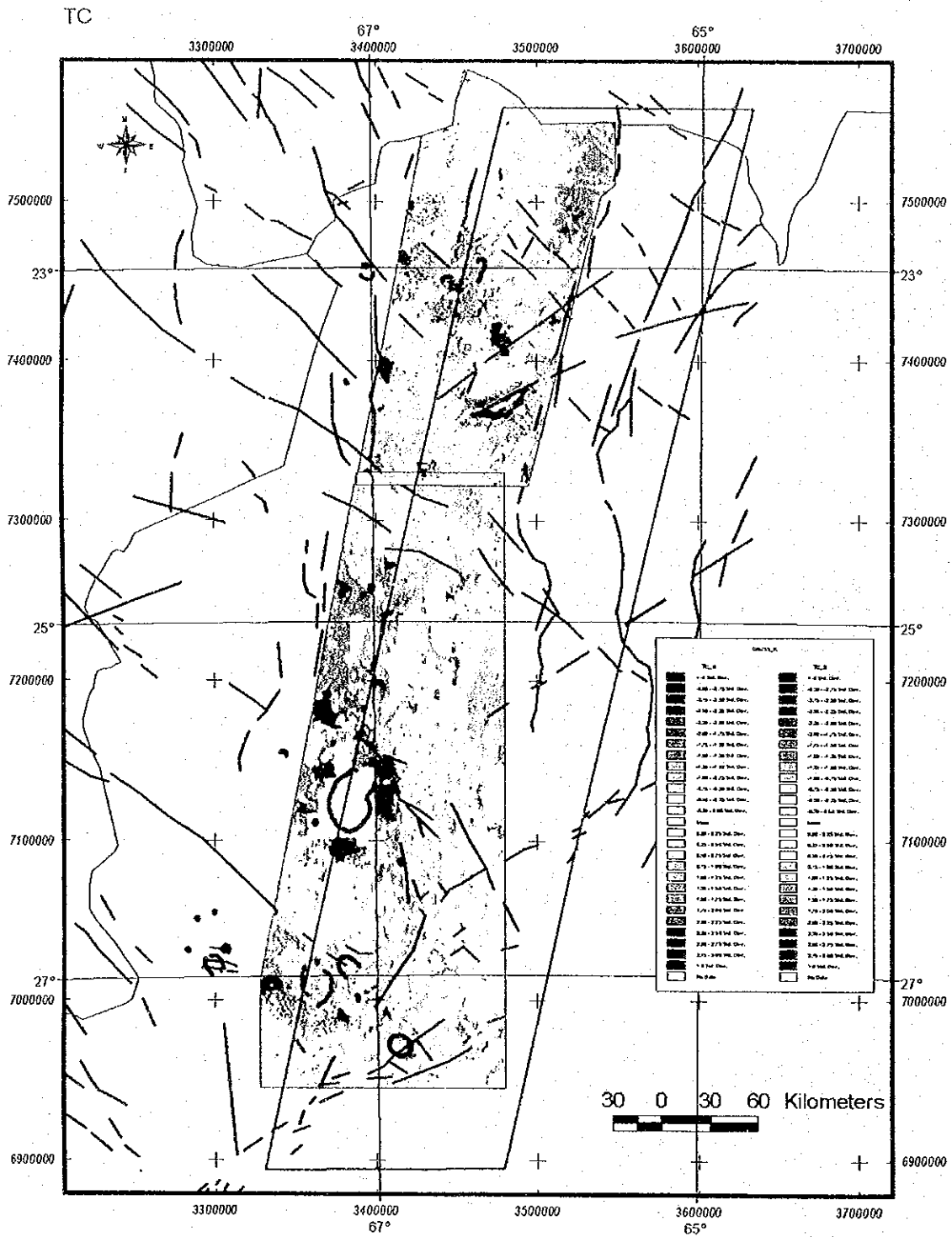


Fig.II-2-2-1-8 Total count(TC) image

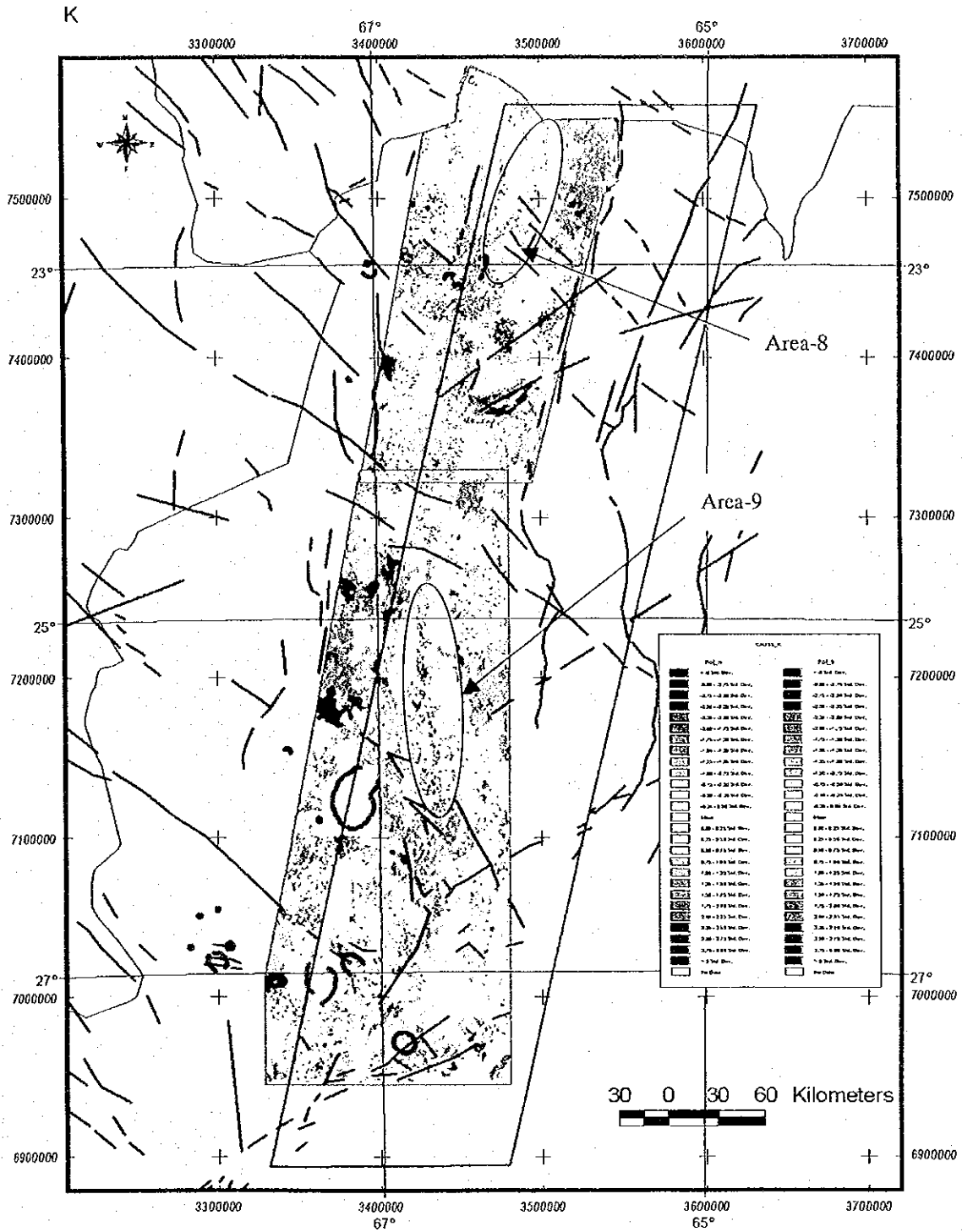


Fig.II-2-2-1-9 Radiometric image(K)

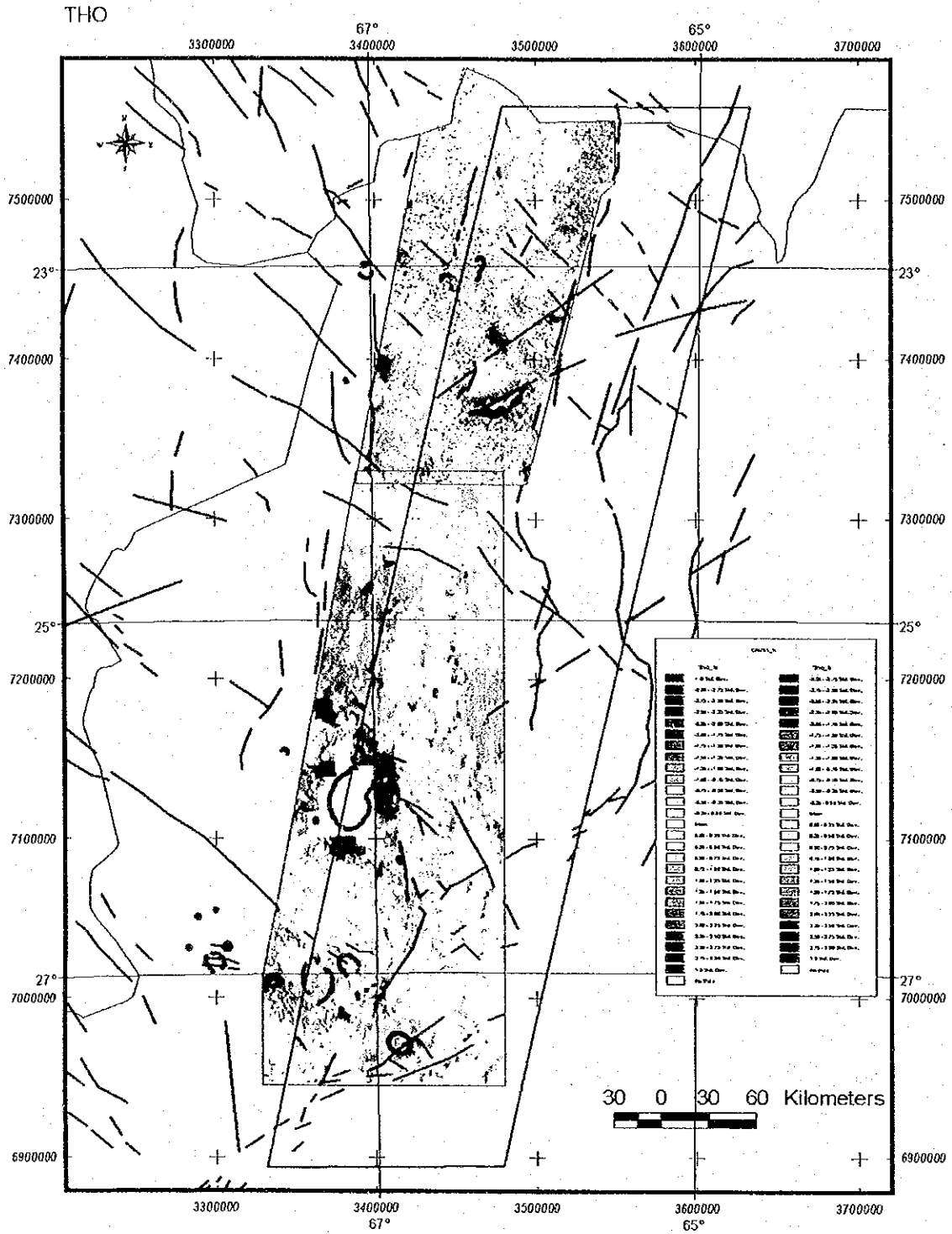


Fig.II-2-2-1-10 Radiometric image(T)

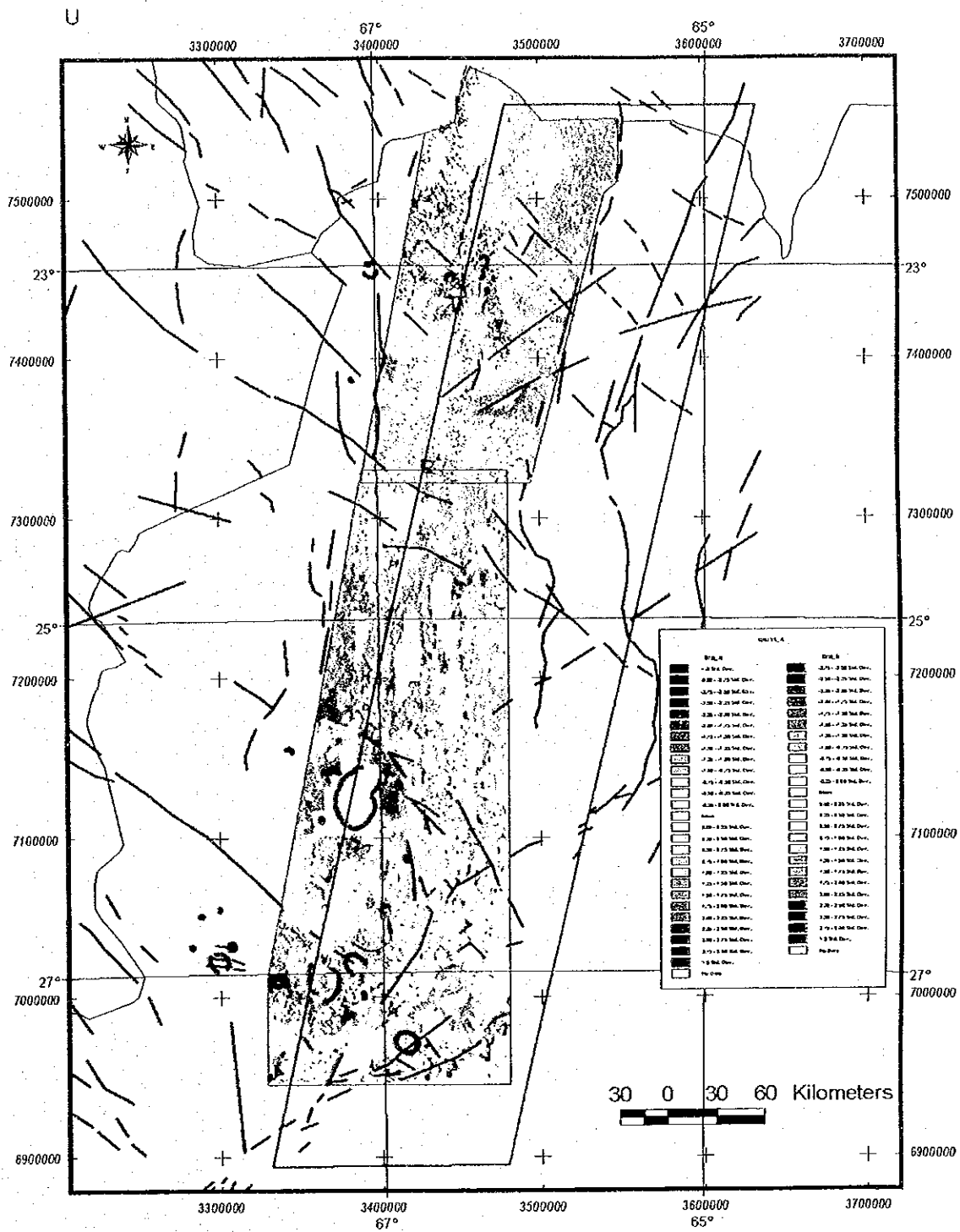


Fig.II-2-2-1-11 Radiometric image(U)

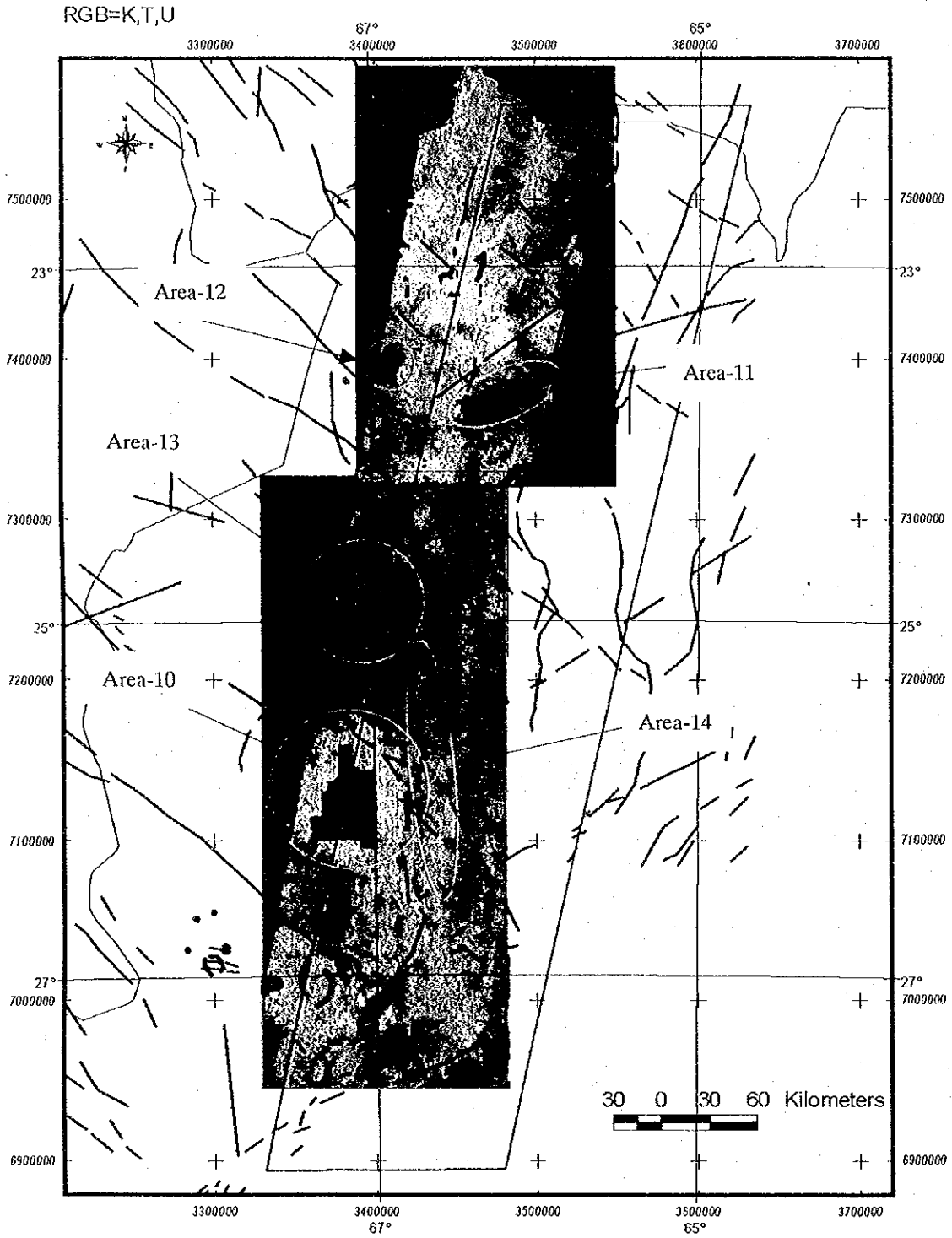


Fig.II-2-2-1-12 Color composite image of K,T,U(RGB=KTU)

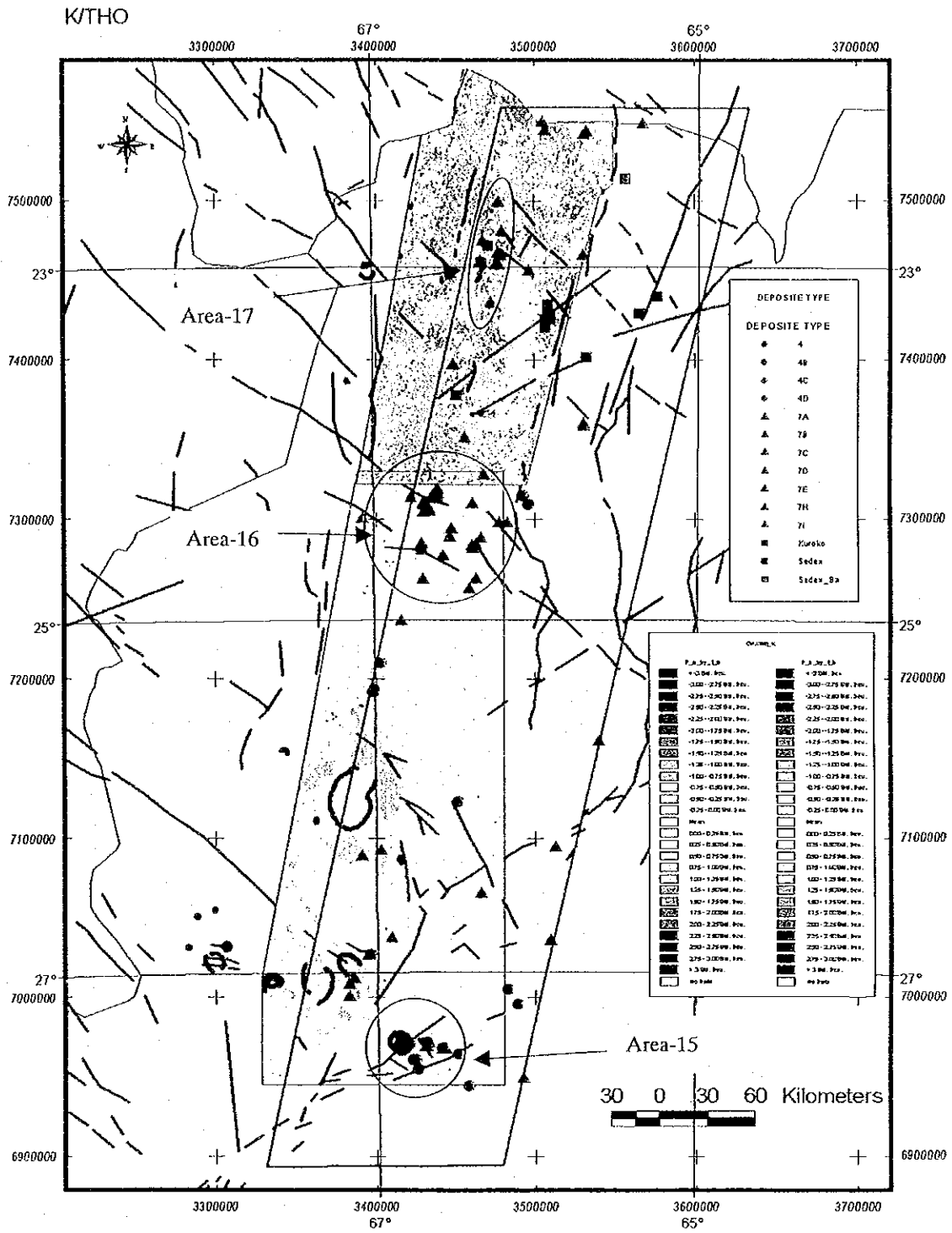


Fig.II-2-2-1-13 Ratio K/T image

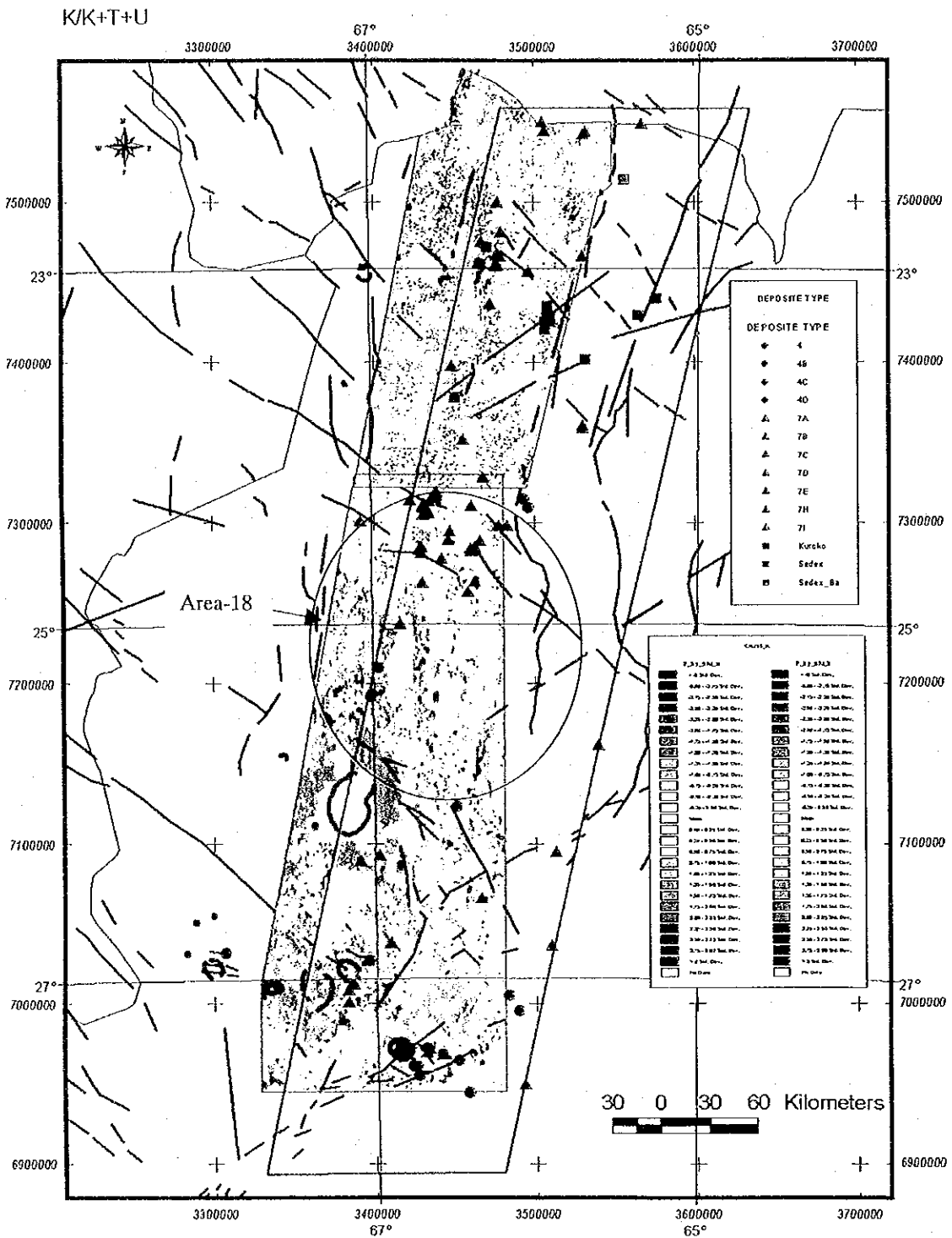


Fig.II-2-2-1-14 Ratio K/(K+T+U)image

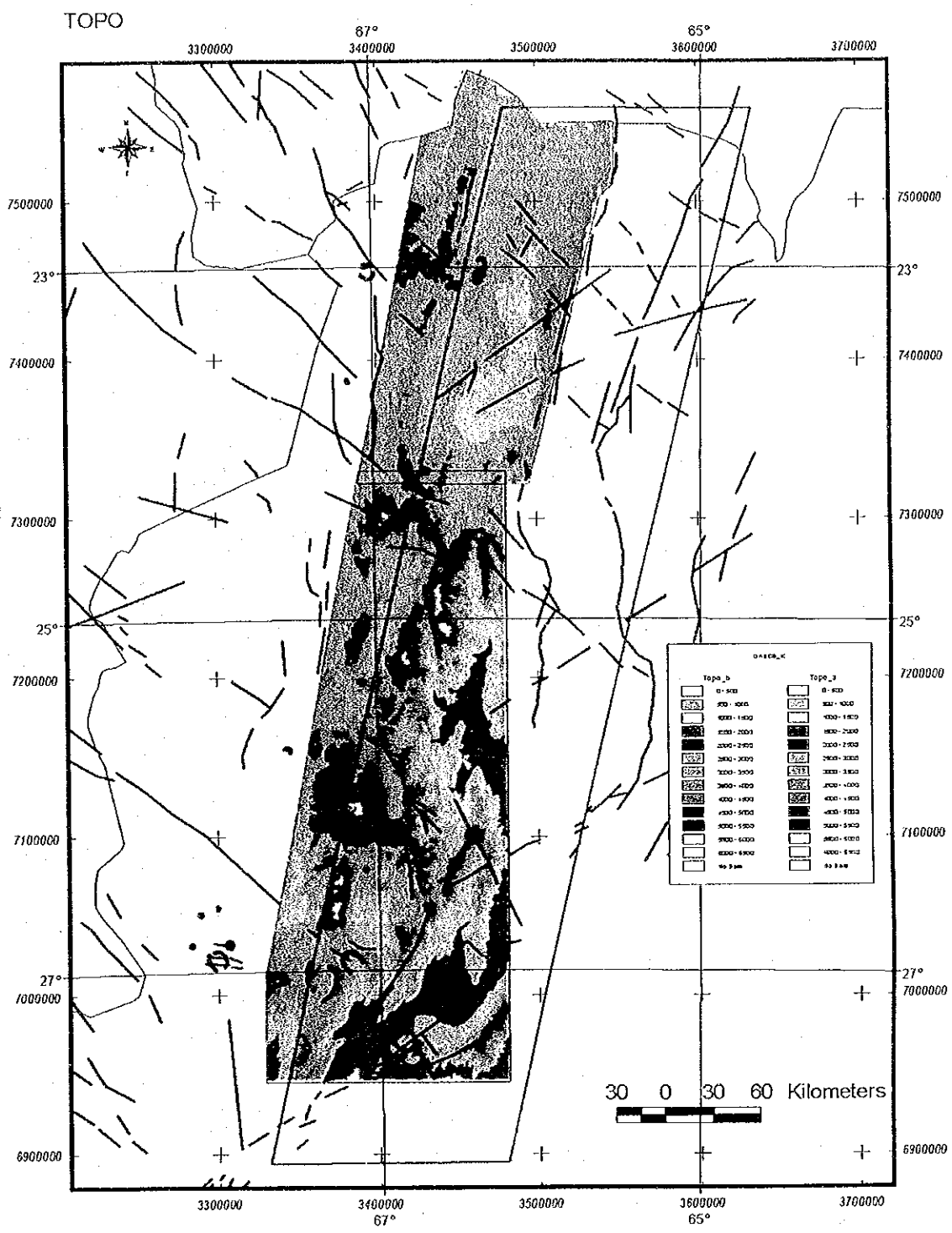


Fig.II-2-2-1-15 Digital terrain model image(DEM)

GEOLOGY

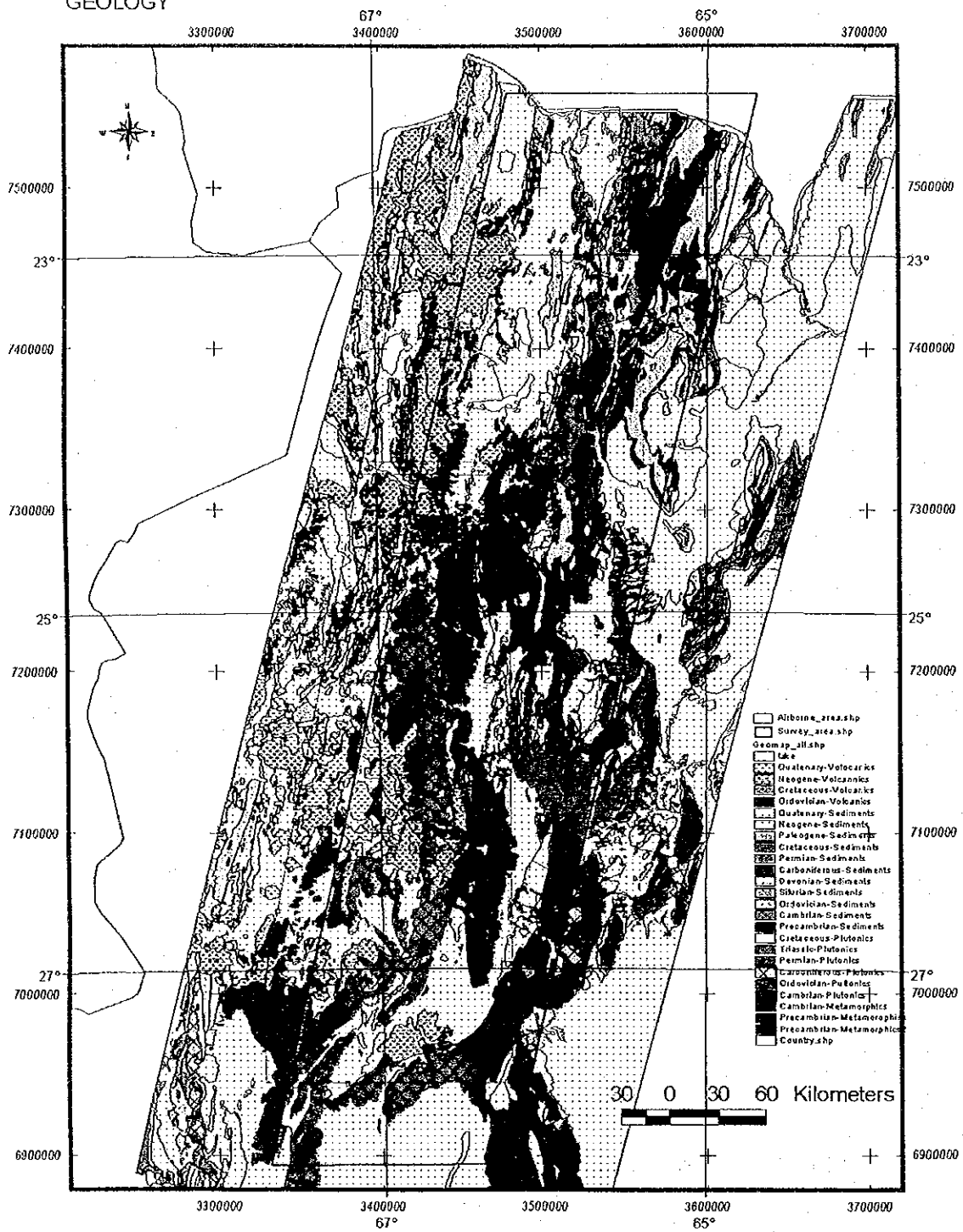


Fig.II-2-2-1-16 Geological map

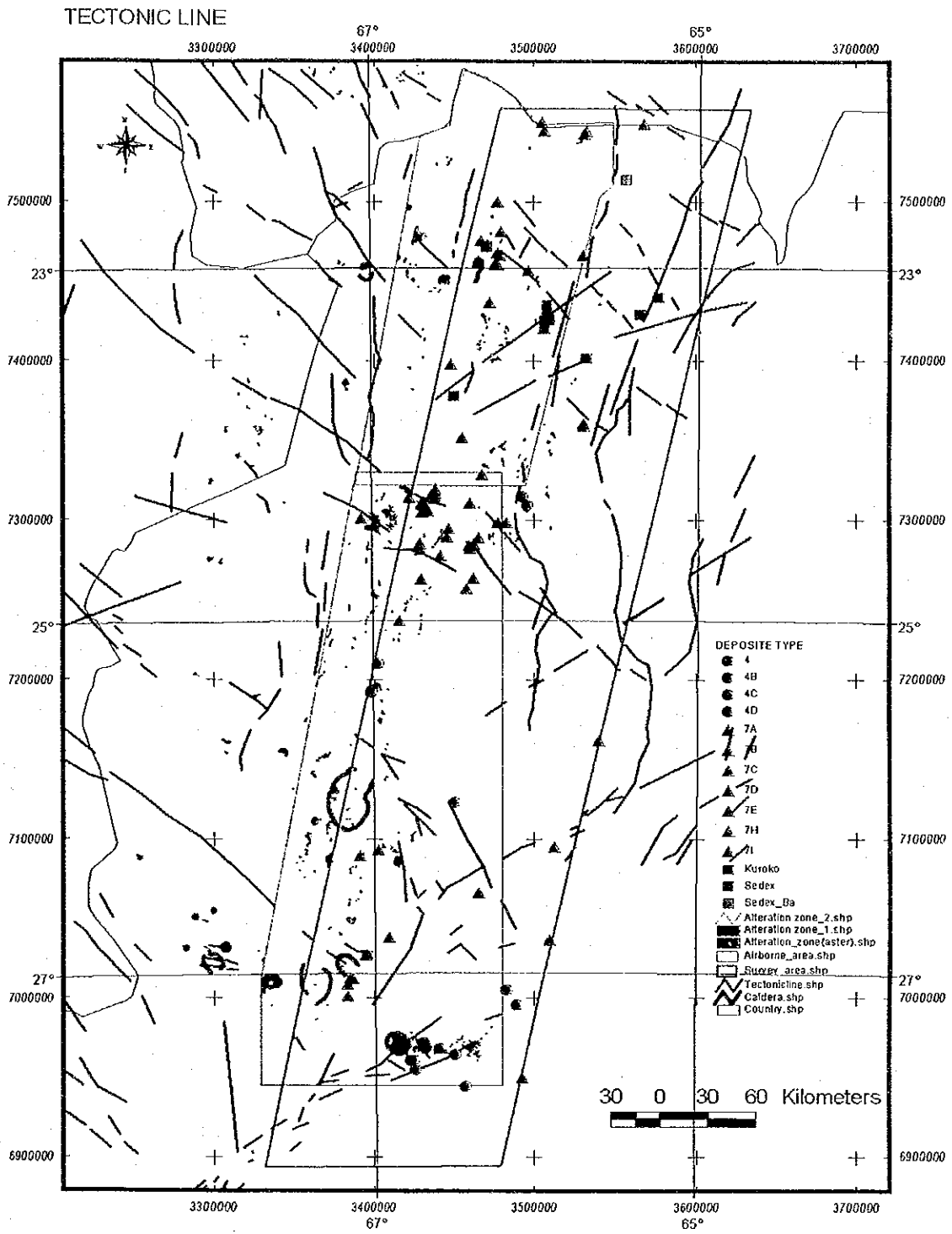


Fig.II-2-2-1-17 Tectonic line, mineral occurrences, alteration zone

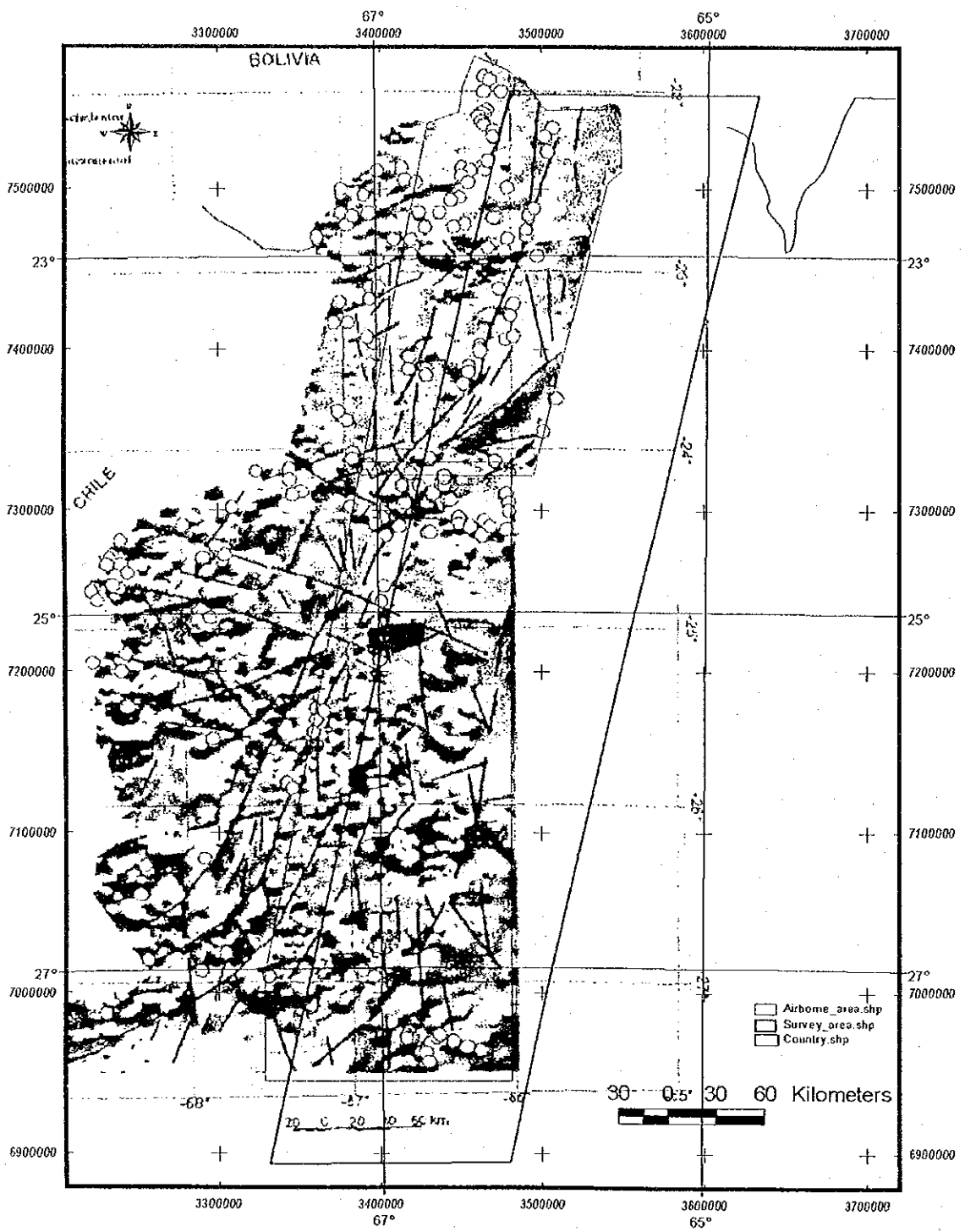


Fig.II-2-2-1-18 Airborne geophysical map from Chernicoff,C.J., Zappettine, E.O.

Gravity

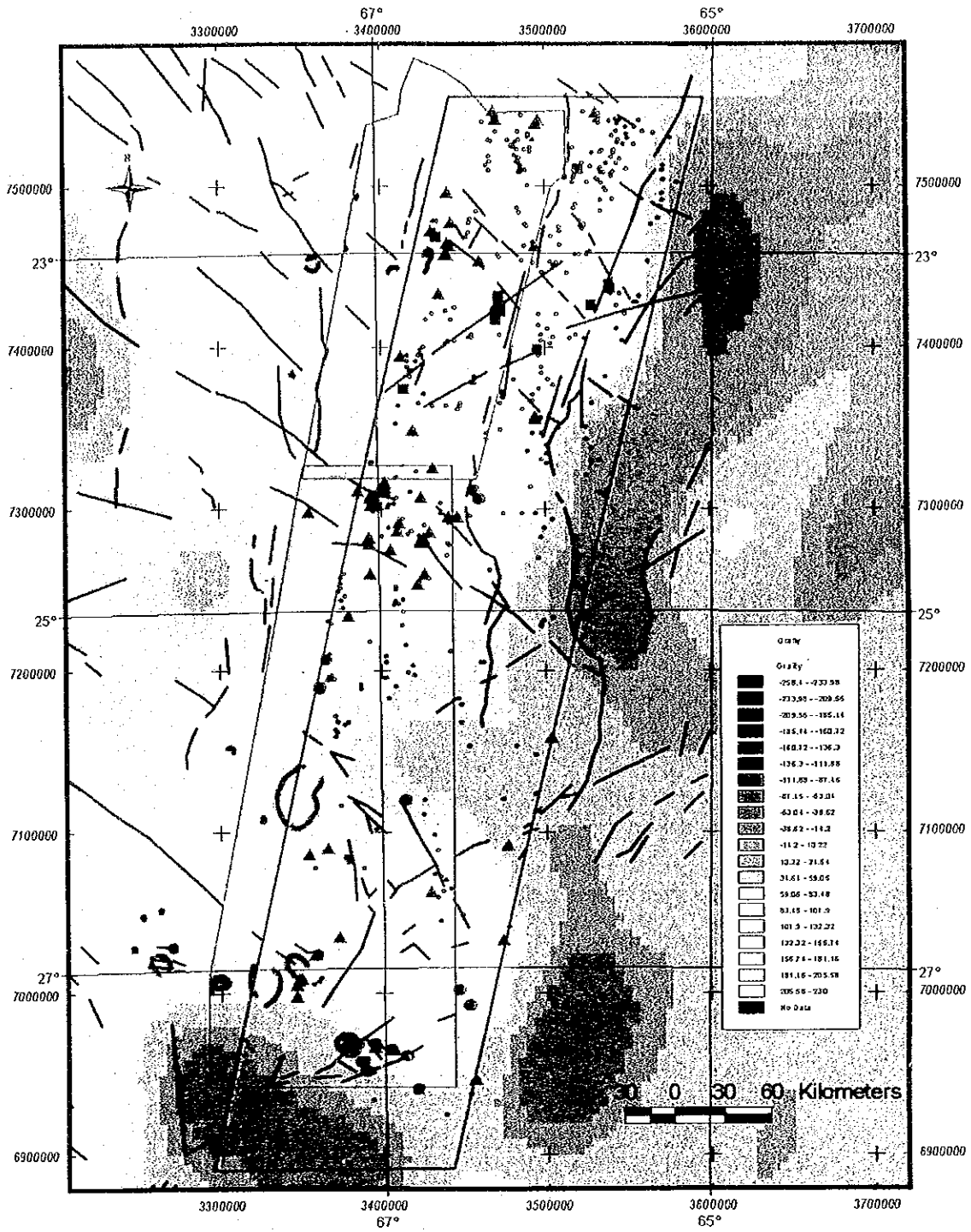


Fig.II-2-2-1-19 Gravity model image

第3章 川砂試料分析データ解析

3-3-1 経緯

1960年代に実施された Plan Cordillerano Project では、アンデス山脈に沿った地域において鉱物資源の広域調査が行われた。当時採取された河床堆積物は銅・鉛・亜鉛についての分析を行ったのみであり、金・銀・モリブデンらの金属元素や、砒素・アンチモン・水銀といった鉱化指示元素は分析が行われなかった。また当時の分析精度は十分でなく、将来の他の元素も含めた再分析のために SEGEMAR が残試料を保管しておいたものである。

3-3-2 試料

川砂試料はアルゼンチン北西部地域から採取されたものである。量不足のために分析不可能なもの、座標情報の欠如したものなどを差し引くと、地化学情報として使用可能なものは5,123個である。

3-3-3 分析法・分析成分・検出限界

分析法はアルゼンチン側の要望により、少ない試料でも対応でき、比較的安いコストで迅速に卑金属、貴金属、レアアースの分析が可能であるという事から、INAA法(22成分)とICP-AES法(26成分)のパッケージを採用することとした。

分析会社はアルゼンチン側の要望により、東部アンデスおよび南部アンデス地域鉱物資源広域調査において使用したカナダの XRAL Laboratories, A Division of SGS Canada Inc.に依頼した。

Table II-3-3-1 List of elements and detection limits

(upper:INAA Method, lower:ICP-AES Method)

Element	D.L.	Element	D.L.	Element	D.L.
As	0.5ppm	Au	2ppb	Br	0.5ppm
Ce	3ppm	Cr	5ppm	Cs	1ppm
Eu	0.2ppm	Hf	1ppm	Hg	1ppm
Ir	5ppb	Lu	0.05ppm	Nd	5ppm
Rb	5ppm	Sb	0.1ppm	Se	3ppm
Sm	0.1ppm	Ta	0.5ppm	Tb	0.5ppm
Th	0.2ppm	U	0.5ppm	W	1ppm
Yb	0.2ppm				
Ag	0.2ppm	Al	0.01%	Ba	1ppm
Be	1ppm	Bi	5ppm	Ca	0.01%
Cd	0.5ppm	Co	2ppm	Cu	0.5ppm
Fe	0.02%	K	0.01%	La	2ppm
Mg	0.01%	Mn	1ppm	Mo	1ppm
Na	0.005%	Ni	1ppm	P	0.001%
Pb	2ppm	Sc	2ppm	Sn	10ppm
Sr	0.5ppm	Ti	0.01%	V	2ppm
Y	0.5ppm	Zn	0.5ppm		

分析結果の使用に際しては、最小検出限界値以下であった試料については検出限界値の半値を、最大検出限界値以上であった試料についてはその最大値を採用した。

閾値は Arc View に付属している標準偏差分類を使用した。これはデータの平均値を求めてから、いずれかのクラスに含まれるまで、標準偏差の計算によって分類していく方法である。

3-3-4 評価

分析結果は Appendix の CD-ROM に Arc View のファイルとして採取地点情報と共に格納してある。北西部地域について、銅、鉛、亜鉛および銀の分析値分布図の出力例を Fig.II-3-3-4-1~4 に示す。銅の異常値は、主に既知鉱徴の斑岩銅鉱床周辺に対応して分布する。特に Agua Rica 付近に高異常値が認められる。鉛の異常値は、主に既知鉱徴の SEDEX 鉱床周辺に対応して分布しており、一部ではあるが斑岩銅鉱床周辺部でも認められる。亜鉛の異常値は、鉛と同様に主に既知鉱徴の SEDEX 鉱床周辺に分布する。銀の異常値は、主に調査地域南部で広範囲に認められる。これは南部に分布するオルドビス紀の花崗岩類分布域に良く対応する。

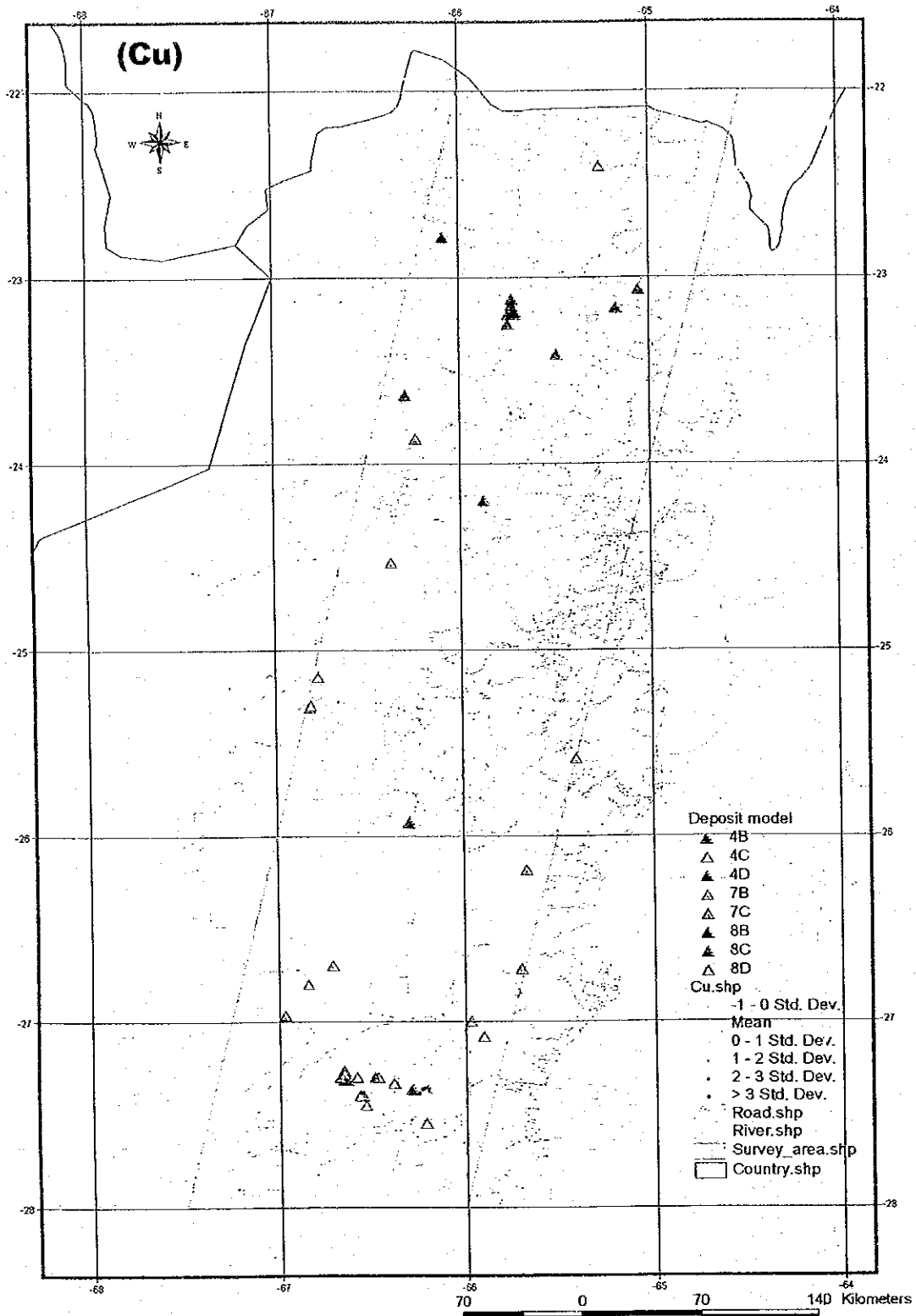


Fig.II-3-3-4-1 Geochemical anomaly map (Cu).

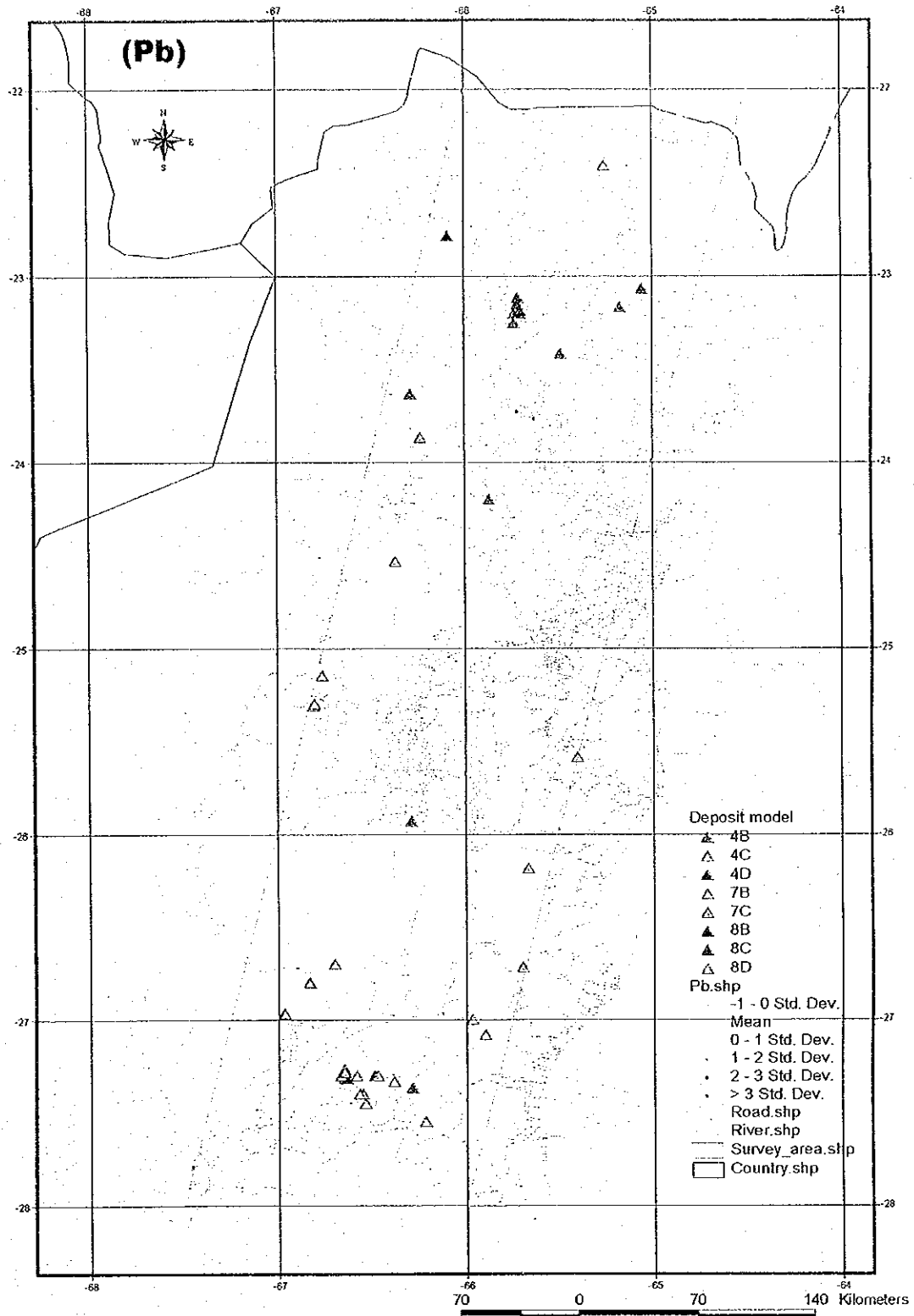


Fig.II-3-3-4-2 Geochemical anomaly map (Pb).

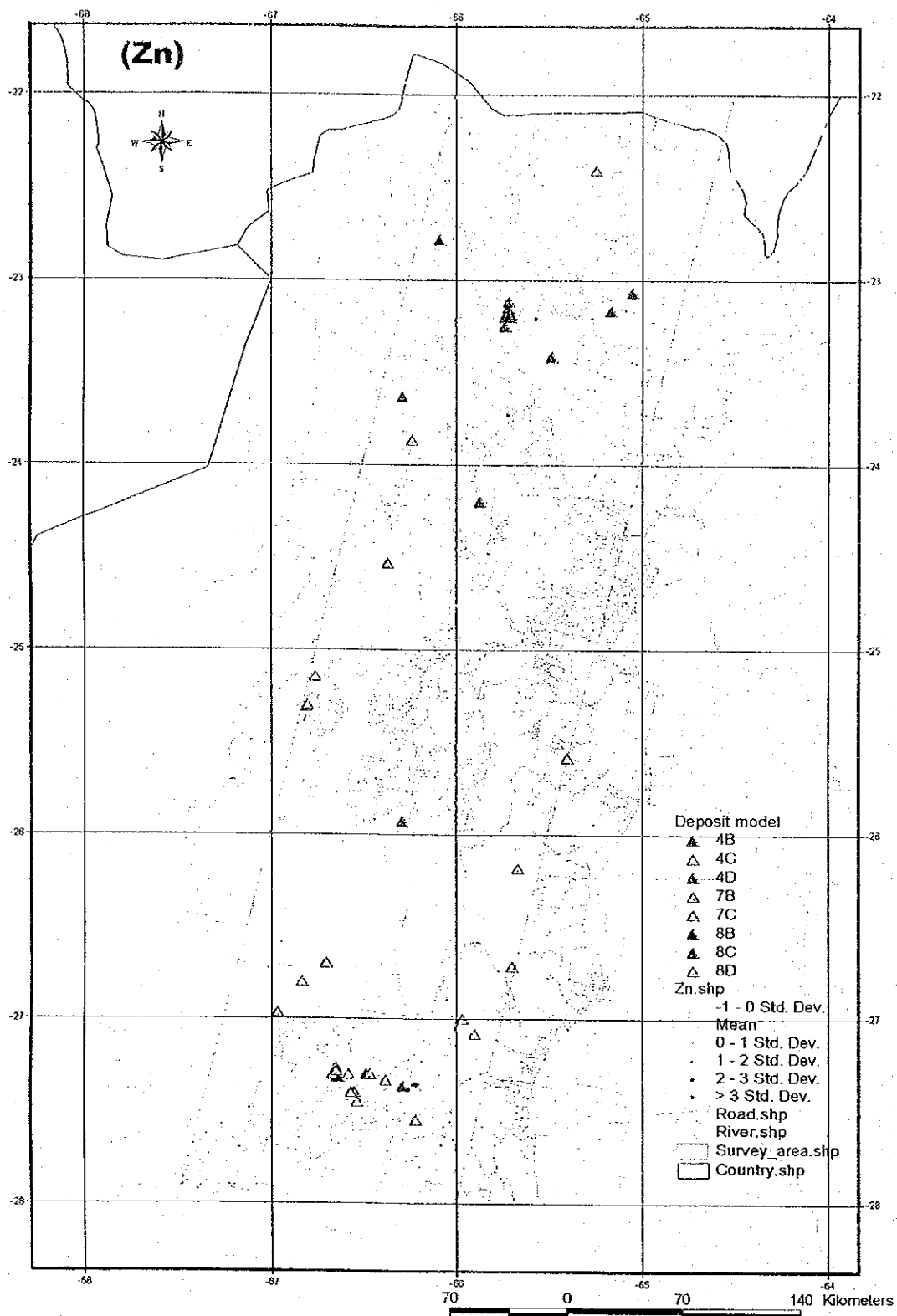


Fig.II-3-3-4-3 Geochemical anomaly map (Zn).

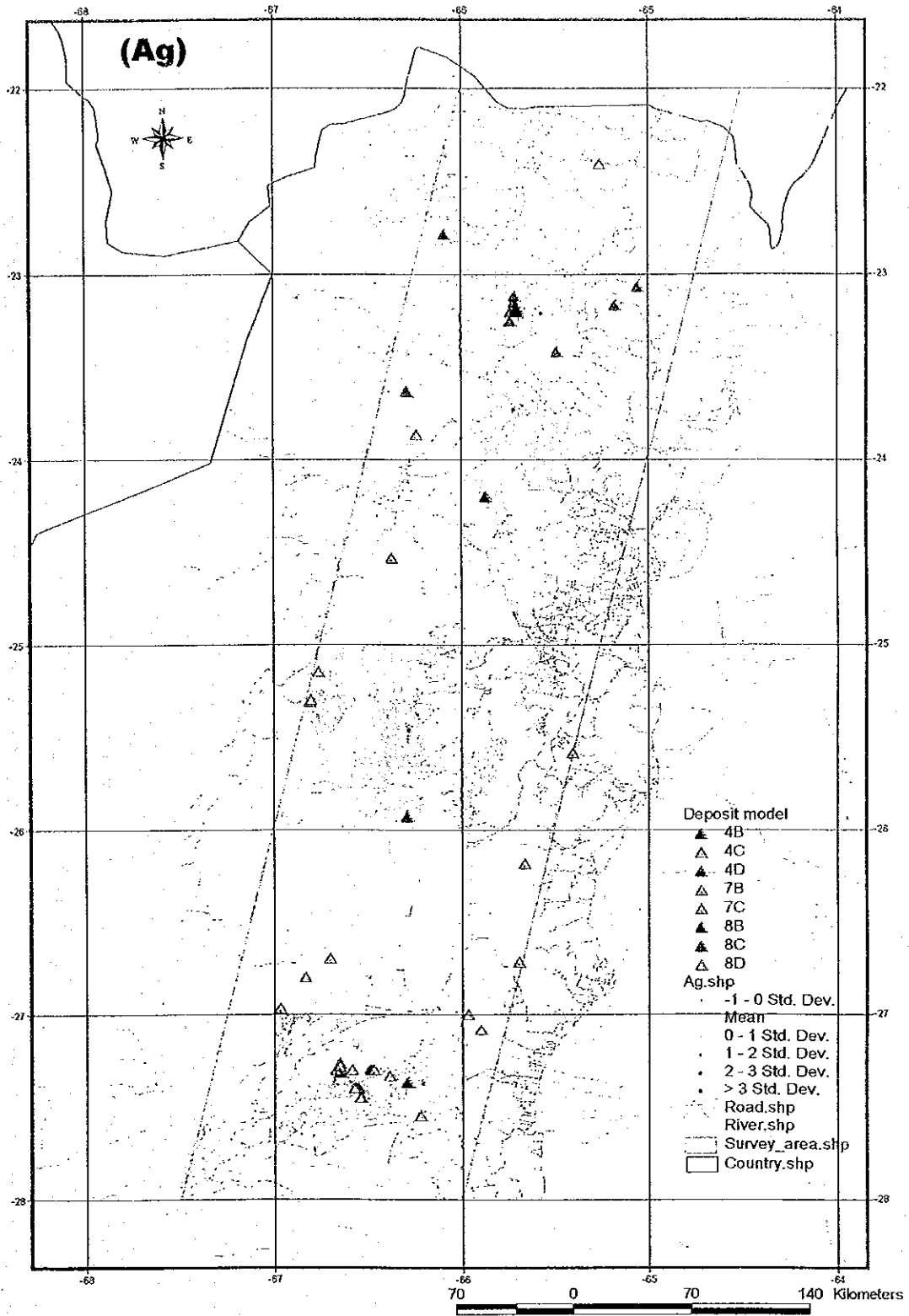


Fig.II-3-3-4-4 Geochemical anomaly map (Ag).