

第3章 調査地域の地質、鉱床および鉱業事情

3-1 地質概要

3-1-1 アルゼンティンの地質の概要

本地域の地質に関しては、SEGEMAR が 1997 年に発行した縮尺 1/250 万のアルゼンティン全土地質図および SEGEMAR とチリの SERNAGEOMIN が協力して 1999 年に発行した縮尺 1/100 万の Mapa de Recursos Minerales del Area Fronteriza Argentina-Chilena entre los 34° y 56° S. (Zanettini et al., 1999) を主に参考にした。地質構造発達史に関しては SEGEMAR が 1998 年に発行した CD-ROM の Metallogenic Map of Argentina. (Zappettini, 1998) を参考とした。他にも、南緯 32° ~40° を対象とした縮尺 1/40 万の Geologia y Metalogenesis del Orogeno Andino Cenral. (Mendéz et al., 1995) や各州毎の地質図が存在しており、既存データは比較的豊富である (Appendix-1)。

Zappettini (1998) による南米大陸の南部の地質体区分図を第 I-3-1 図に示す。アルゼンティンの領土は、本来は構造的-層序的に分離していた異地性の地質体によって形成されていると考えられる (e.g. Ramos, 1996)。これら地質体の付加と同時進行の地質現象は、オフィオライト岩体の沈み込み、変形、変成作用、せん断帯の発達による幅広い構造的運動によって特徴づけられる。付加後の進化は、海成及び陸成層が堆積する堆積盆の発達、大陸内部のリフトの発生、衝突後の伸張性応力場でのマグマ活動によって特徴づけられる。また、海洋地殻がサブダクトすることに関係する持続的なマグマ弧の形成によって特徴づけられる。

アルゼンティンの領土を構成する地質体は、Rio de la Plata Craton, Pampia, Cuyania, Chilenia, Patagonia に大きく 5 分される。

Rio de la Plata Craton は、細分される複数の地質体によって構成されており、これらの付加は 2,300~1,900Ma の間に行われ、原生代前期の Transamazonian 造山運動によって融合して固結した。

Pampia は片岩及び片麻岩を伴う大理石の基盤から構成されており、それらは 900~1000Ma 頃の安定な縁海における堆積物が変成したものである。Pampia は原生代後期の 750Ma 頃に Rio de la Plata Craton と衝突して付加されたと考えられている。

Cuyania は Cuyania-Precordillera と呼ばれ、変成年代が 900Ma~1100Ma の間とされる高度-低度の変成岩類及び古生代初期の堆積岩類で構成される。この地域には Cuyania と Precordillera が原生代に付加したことを示す縫合線の地帯が含まれる。Cuyania と Pampia は縫合線に沿ったオルドビス紀のマグマ活動により、オルドビス紀の末期に付加したと考えられる。

Chilenia の基盤は古生代後期の火成岩及び変成岩によって被覆されており、その性質は良く解明されていないが 500~415Ma の間に変形と変成を受けた形跡がある。また、基盤はシルル紀の堆積岩に覆われる。Chilenia はデボン紀後期に Cuyania に付加した。その縫合線は多くのオフィ

オライト岩体によって示される。深成岩と部分的な安山岩が縫合線以前のマグマ弧を代表している。

Patagonia は Somuncura と Deseado の 2 つの地質体から構成されている。これらは古生代前期の Famatinian 造山運動によって衝突したものであり、これに先行して Deseado massif の沈み込みに関係するマグマ弧の活動があった。Patagonia がアルゼンティンの主要な部分と完全に接合したのは古生代後期であり、これが大きな付加運動として最後のものである。Somuncura における二畳期の深成岩活動はこの縫合線に先立つマグマ弧に相当するものである。西部における縫合線は付加後のマグマ活動や中生代から新生代の堆積物によって不明となっている。その状況については論争があり、二畳期の火成活動に調和的な SW-NE 方向であるという説と、磁気異常に調和的な NW-SE 方向であるとの説がある。

3-1-2 調査地域の地質の概要

SEGEMAR (1997) による本地域の地質図を Fig. I-3-2 に、その凡例を Fig. I-3-3 に示す。Table I-3-1 には実際に調査対象とした箇所に該当する地質層序表を示す。Table I-3-1 は Fig. I-3-3 を簡略化したものに相当する。これらおよび Zanettini et al. (1999) の地質記載に基づいて、本地域の地質概要を以下に述べる。

1) 原生界 (PC2)

本地域において原生界は Neuquen 州の Paso de Pino Hachado の南方、Rio Negro 州の San Carlos de Bariloche の近傍、Chubut 州の Chshamen などにおいて小規模に分布する。これらは本地域の基盤を形成するものであり、千枚岩、片岩、片麻岩の低～高度の変堆積岩からなり、花崗岩～花崗閃緑岩の貫入岩体を伴っている。複雑な変形作用を受けており、石英およびペグマタイトの脈を伴っている。Neuquen 州の Huechlafquen 湖近傍の試料の Rb-Sr 法年代測定結果は $714 \pm 10 \text{Ma}$ を示した (Parica, 1986)。Neuquen 州においては Colohuincul 層、Chubut 州においては Chshamen 層と命名されている。

2) カンブリア系～オルドビス系 (PZg)

本地域においてカンブリア紀～オルドビス紀の貫入とされる花崗岩類が Chubut 州の Cushamen の東方に分布する。その分布範囲の北西部は Rio Negro 州にも及ぶ。

3) 石炭系 (C, CP)

本地域において石炭系は Neuquen 州の Andacollo、Chubut 州の Tecka から Jose de San Martín の近傍に分布する。これらは海成ないし陸成の礫岩、頁岩、砂岩と少量の石灰岩からなり、化石を産する。Andacollo では安山岩質の凝灰岩を挟在する。全体の層厚は約 2,000m に達する。Neuquen 州では Andacollo 層群 (C) と命名されており、二畳系によって不整合に覆われる。Chubut 州では Tepuel 層群 (CP) と命名されており、ジュラ系によって不整合に覆われる。

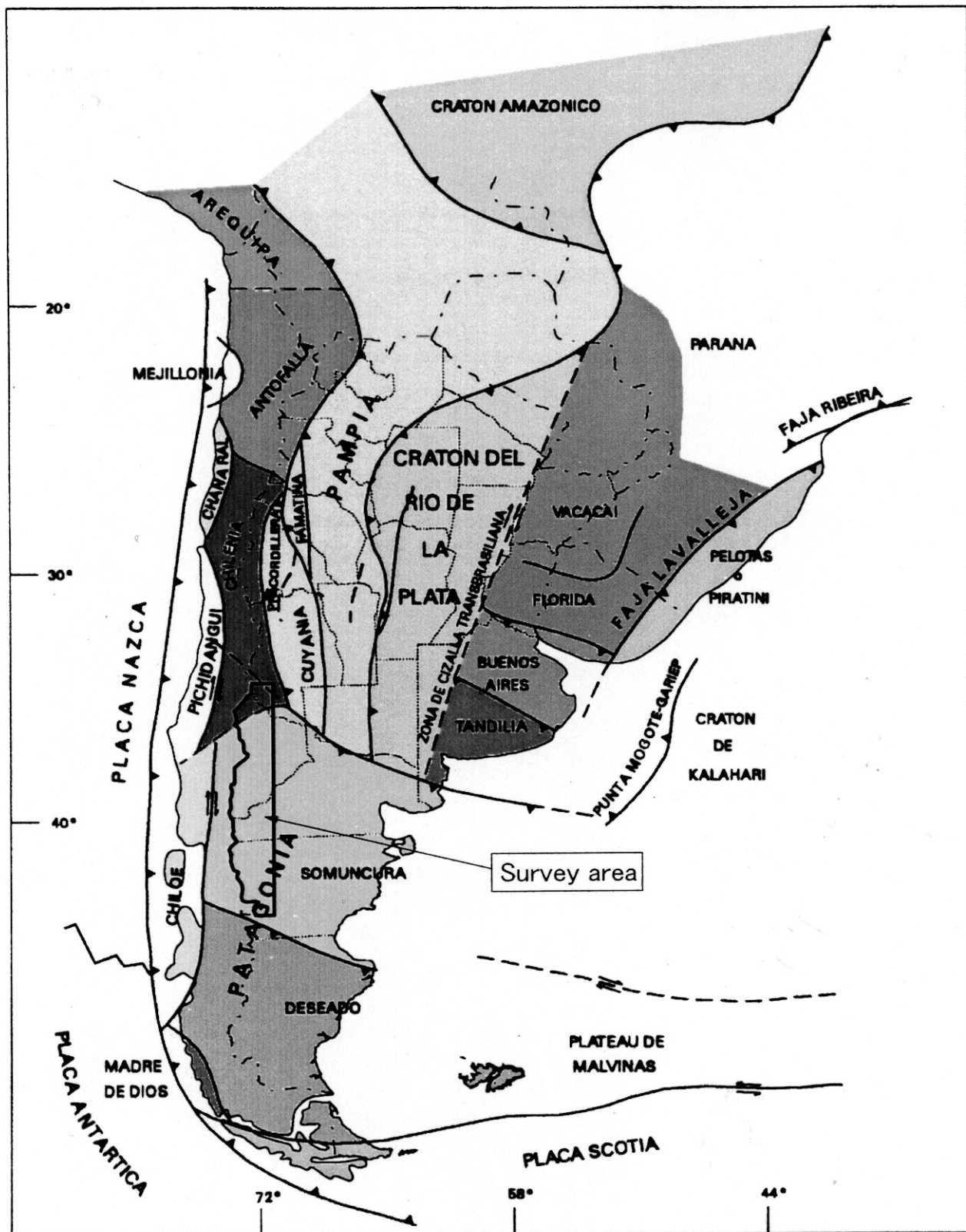


Fig. I-3-1 Accretionary terranes of the southern region of South America (SEGEMAR, 1998; after Ramos, 1988; Kraemer et al., 1995; Ramos, 1996; Bahlburg y Herve, 1997).

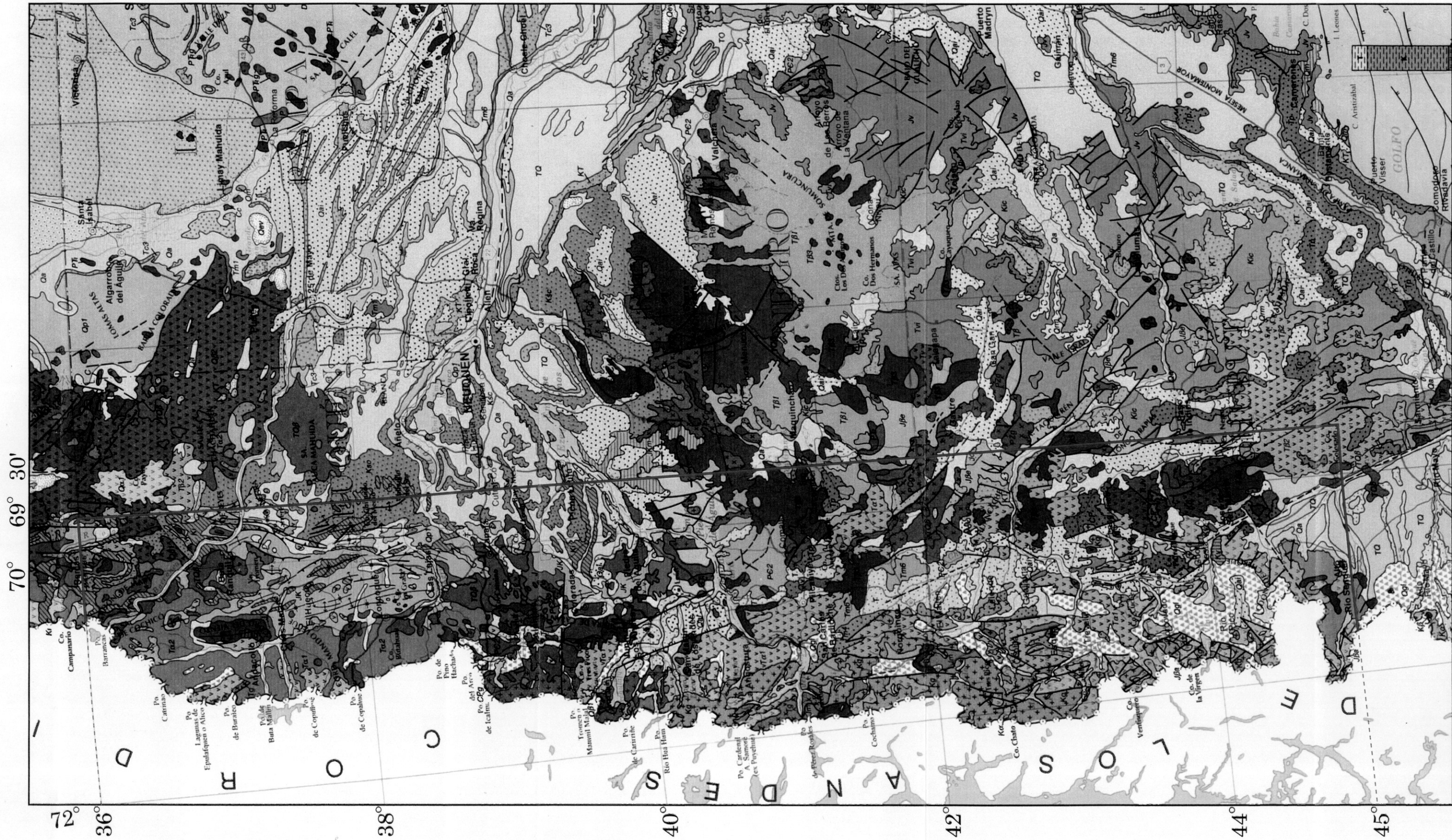
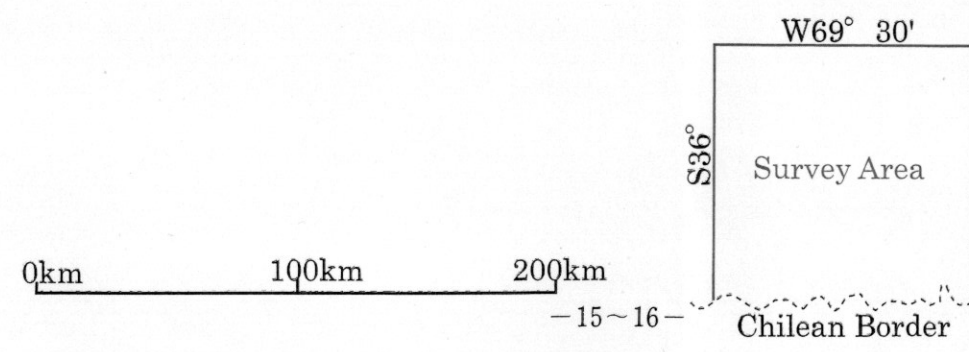
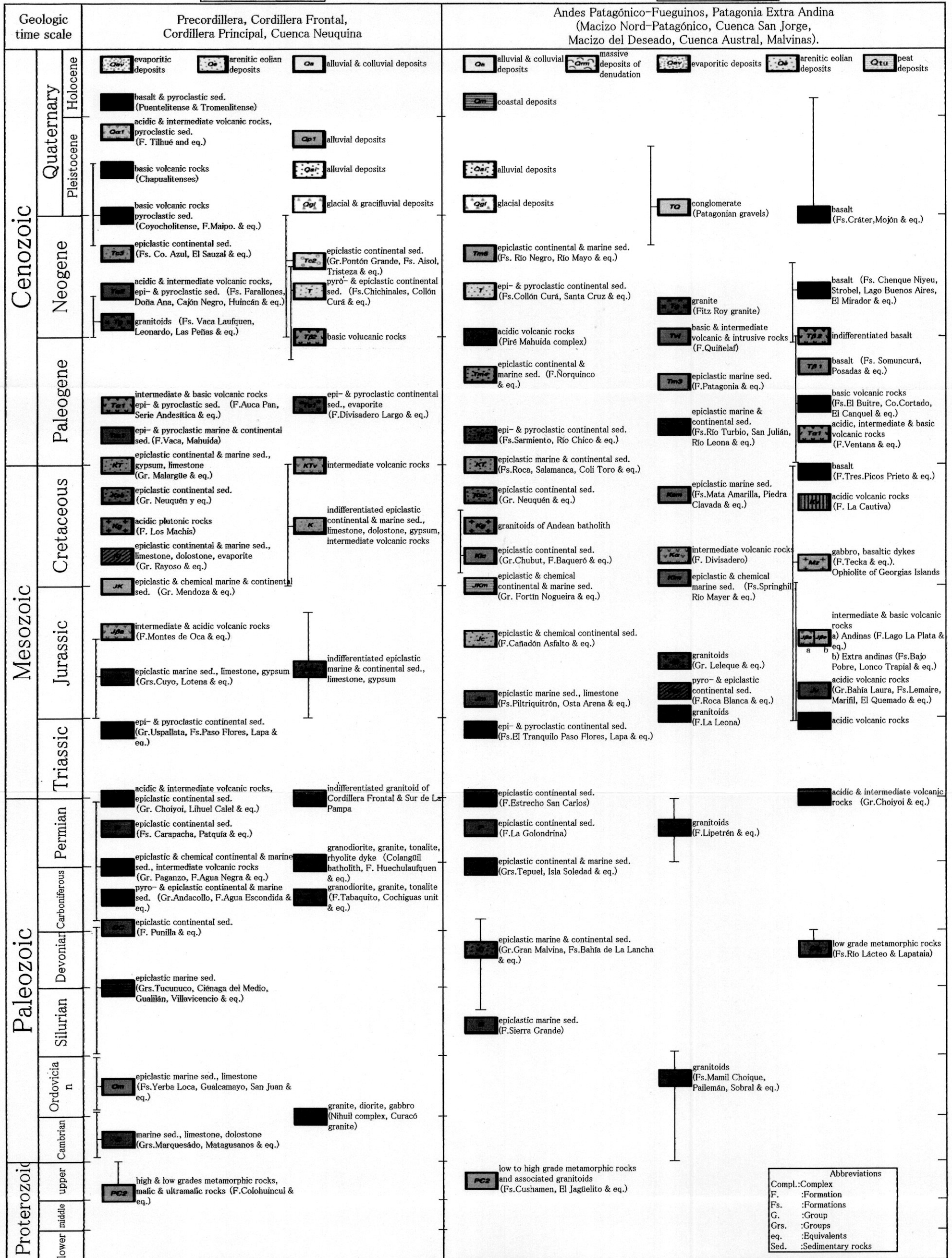
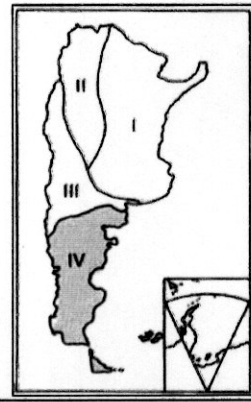
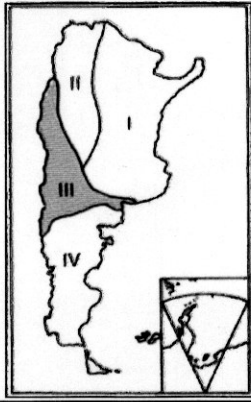


Fig.I-3-2 Geological Map of the survey area





Abbreviations
 Compl.: Complex
 F.: Formation
 Fs.: Formations
 G.: Group
 Grs.: Groups
 eq.: Equivalents
 Sed.: Sedimentary rocks

Fig. I-3-3 Legend for the geological map of the survey area

Table I-3-1 Simplified stratigraphy of the survey area.

Period	Epoch	Neuquen Province		Rio Negro - Chubut Provinces		
		Stratigraphy	Intrusive	Stratigraphy	Intrusive	
Quaternary	Holocene	Depositos aluviales y coluviales (Qa : alluvium and colluvium)		Depositos aluviales y coluviales (Qa : alluvium and colluvium)		
	Pleistocene	Depositos glaciares y glaciafluviales (Qgl : glacial and glaciafluvial deposits)		Depositos glaciares y glaciafluviales (Qgl : glacial and glaciafluvial deposits)		
		Campos basálticos de Zapala (TQβ : basic volcanic rocks)				
Tertiary	Neogene	Fm. Cajón Negro (Tα2 : acidic, intermediate volcanic rocks)	Granitoides (Tg : granitoids)	Fm. Collón Curá (T : continental sedimentary rocks)		
	Paleogene	Serie Andesítica, Fm. Auca Pan (Tα1 : intermediate, basic volcanic rocks)		Fm. Ventana (Tα1 : acidic, intermediate, basic volcanic rocks)		
Mesozoic	Cretaceous	Grupo Neuquén (Ksc : continental sedimentary rocks)	Plutonitas ácidas (Kg : granitoids)	Fm. Tres Picos Prieto (Kβ : basalt)	Granitoides del Batolito Andino (Kg : granitoids)	
		Grupo Rayoso (Ki : marine and continental sedimentary rocks with limestone, dolomite, evaporite)		Fm. Divisadero (Kα : intermediate volcanic rocks)		Gabbros (Mz : Gabbro)
	Jurassic	Grupo Mendoza (JK : marine and continental sedimentary rocks)		Granitoides (Jg : granitoids)		
		Grupo Cuyo (J : marine sedimentary rocks with limestone and gypsum)				
	Triassic	Grupo Choiyoi (PTR : acidic, intermediate volcanic rocks with continental sedimentary rocks)	Granitoides (CPg : granitoids)	Grupo Choiyoi (PTR : acidic, intermediate volcanic rocks)		
	Permian	Grupo Andacollo (C : marine and continental sedimentary rocks)		Grupo Tepuel (CP : marine and continental sedimentary rocks)		
Paleozoic	Carboniferous					
	Devonian					
	Silurian					
	Ordovician					
	Cambrian					
Proterozoic		Fm. Colohuincul (PC2 : low to high grade metamorphics, mafic and ultramafic rocks)		Fm. Cushamen (PC2 : low to high grade metamorphics and associated granitoids)	Granitoides (PZg : Granitoids)	

Marks of geological unit, such as "Kg", are common to Figure I-3-2, I-3-3 except PTR and PC2. PTR and PC2 correspond to PR and PC2 of figure I-3-2, I-3-3 respectively.

4) 二畳系～三畳系 (CPg, PCg, PTR)

本地域において二畳系～三畳系は Neuquen 州の Andacollo 近傍および Zapala の西方、Rio Negro 州の Ñorquinco の東方に分布する。これらは二畳紀前期に貫入した花崗岩類と、この花崗岩類と密接な関係にある二畳紀後期～三畳紀の火山岩類からなる。

花崗岩類 (CPg, PCg) はトータル岩ないし花崗岩であり、 $278 \pm 10\text{Ma}$ と $264 \pm 8\text{Ma}$ の年代測定結果が得られている (Caminos et al., 1979, 1982)。

火山岩類は Choiyoi 層群 (PTR) と命名されており、安山岩質～流紋岩質の火山岩および同質火砕岩からなる。基底層における礫岩および砂岩層から陸生植物の化石が発見されている。層厚は 550～1,800m に達する。年代測定では $252 \pm 14\text{Ma}$ と $235 \pm 10\text{Ma}$ の結果が得られている (Caminos et al., 1979, 1982)。これら花崗岩類及び火山岩類は、太平洋側からのプレート沈み込みに関連した引張応力場での火成活動と考えられている。

5) ジュラ系 (J, Jm, Jβa, Jg, Mz)

本地域においてジュラ系は Neuquen 州の Andacollo～Zapala 及び Zapala 南方にかけて断続的に分布し、Chubut 州では Epuyen～Fontana 湖にかけて断続的に分布する。これらは堆積岩類、火山岩類及び深成岩から構成される。深成岩については花崗岩類と斑レイ岩が分布している。

堆積岩類は碎屑性堆積岩、石灰岩および蒸発岩からなり、塩基性の火山岩類を挟在する。一部は陸成層へと漸移する箇所が存在し、島弧後退期にあって海中の堆積盆が陸化してゆく過程の堆積物を代表している。動物化石の産出から Pliensbachian～Kimmeridgian 期に属することが知られている (Emparan et al., 1992 etc)。Neuquen 州においては Cuyo 層群 (J)、Chubut 州においては Osta Arena 層 (Jm) と命名されている。

火山岩類の分布は南緯 40° 以南において広範囲であり、地域外であるが Horn 岬までアンデス山脈沿いに分布が連続する。これらはイグニブライトを含む流紋岩質、デイサイト質、安山岩質および玄武岩質の火山岩および同質火砕岩からなるが、本地域内では Chubut 州において安山岩類および玄武岩類が卓越する。これは Lago la Plata 層 (Jβa) と命名されている。この火成活動は Gondwana 大陸の解体を導いた伸張テクトニスに関連するものと考えられている。

花崗岩類 (Jg) の分布は本地域において小規模である。Neuquen 州の Varvarco と Chubut 州の Leleque 近傍に花崗岩体が分布しており、後者の岩体において 195Ma の年代測定値が得られている (Gordon and Ort, 1993)。これらはトータル岩、花崗閃緑岩および花崗岩からなる。カルクアルカリ花崗岩であり、一般的な K_2O 含有量でアルミナ質である。

斑レイ岩 (Mz) は Chubut 州の Tecka 南東の Tepuel 山地に分布する。これは縞状斑レイ岩 (Page, 1984) で構成され、石炭系 (CP) に熱変成を与えている。地域外の南緯 50° ～ 55° のチリ側にはオフィオライトが分布しており、これがジュラ系に挟在され、また白亜系に覆われることから、上部ジュラ系～下部白亜系と考えられており、U-Pb 法年代測定で 140～137Ma の結果が得られている (Stern et al., 1992)。本地域の斑レイ岩についても同年代であることが推定されている。

6) 上部ジュラ系～白亜系 (JK, Ki, Ksc, Kim, K α , K β , Kg)

本地域において白亜系は Mendoza 州から Neuquen 州の Zapala 南西にかけて分布する。Rio Negro 州～Chubut 州では調査地域の西部のチリとの国境沿いに分布する。これらは堆積岩類、火山岩類および花崗岩類から構成される。

堆積岩類はジュラ紀後期の Tithonian 期から白亜紀前期の Albian 期にわたる下部層と白亜紀後期の Cenomanian 期～Campanian 期の上層に分けられている。下部層は Neuquen 州において下部の Mendoza 層群 (JK) と上部の Rayoso 層群 (Ki) に細分され、Chubut 州においては Apeleg 層 (Kim) と命名されている。これらは堆積盆によって性質が異なるものの、頁岩および石灰質岩と少量の砂岩からなる。Aptian 期～Albian 期には蒸発岩と少量の陸成頁岩が堆積している。平均層厚は約 4,500m である。上部層は Neuquen 州に Neuquen 層群 (Ksc) が分布している。砂岩および頁岩と少量の陸成礫岩からなる。層厚は 1,600m に達する。

火山岩類は主に Chubut 州に分布し、安山岩質火山岩類からなる Divisadero 層 (K α) と玄武岩質火山岩類からなる Tres Picos Prieto 層 (K β) が存在する。Tres Picos Prieto 層は堆積岩類を挟在しており、白亜紀後期の火成活動であると考えられている (Page, 1980)。

花崗岩類は (Kg) は Rio Negro 州～Chubut 州においてチリとの国境沿いに広く分布している。これらに関する年代測定結果は 100Ma 前後を示す (e.g. Ramos, 1983)。カルクアルカリ花崗岩でモンゾ花崗岩質であり、活動的な大陸縁辺部におけるプレート沈み込みに密接に関係している。また、Neuquen 州の Campana Mahuida 斑岩銅鉱床に関して 74Ma (Sillitoe, 1977) の安山岩斑岩の分布が知られている。

7) 古第三系 (T α 1, Tg)

本地域において古第三系は Neuquen 州の北西部と、Neuquen 州南西部の San Martin de los Andes から Rio Negro 州の San Carlos de Bariloche を経て Chubut 州の Tecka にかけて断続的に分布する。これらは火山岩類および花崗岩類から構成される。

火山岩類 (T α 1) について、Neuquen 州北西部では Serie Andesítica、同州南西部では Auca Pan 層、Rio Negro 州～Chubut 州では Ventana 層と命名されている。Serie Andesítica は主に安山岩溶岩及び同質火砕岩からなり、脊椎動物の化石を産する陸成層を挟在する。Auca Pan 層および Ventana 層は層厚が 1,000m 以上に達し、垂直的および水平的な岩相変化を示す。西部においては安山岩類を主体として玄武岩類を伴い、東部において流紋岩類が卓越する。これらはカルクアルカリ系列で medium-K～high-K に属する。

花崗岩類 (Tg) については 50～7 MA (e.g. Pesce, 1981; Llambías and Rapela, 1989) の年代測定結果が得られている。古第三紀の花崗岩類は Neuquen 州北西部の Andacollo や Cerro Caicayen に小規模岩体として分布している。新第三紀の花崗岩類については後述する。

8) 新第三系 (T α 2, T, TQ β , Tg)

本地域において新第三系は Neuquen 州北西部に広く分布する。また、同州南西部から Rio Negro 州の San Carlos de Bariloche 西方、Rio Negro 州の Ñorquinco から Chubut 州の Leleque 東方