

第34回雲南懇話会
2015年10月3日
JICA市ヶ谷研究所

南米・パタゴニア氷原
―30余年の調査の軌跡―

Patagonia Icefield, South America
Over 30 years' Fieldwork

安仁屋政武
Masamu Aniya

話 の 構 成

- パタゴニア氷原の概略
- パタゴニアの氷河への旅と調査

(1) サン･ラファエル氷河 (北氷原)
(2) ソレール氷河 (北氷原)
(3) ウプサラ氷河 (南氷原)
(4) ペリート･モレーノ氷河 (南氷原)
(5) ティンダール氷河 (南氷原)
(6) アメギーノ氷河 (南氷原)
(7) エクスプロラドーレス氷河 (北氷原)
(8) グロッセ氷河 (北氷原)

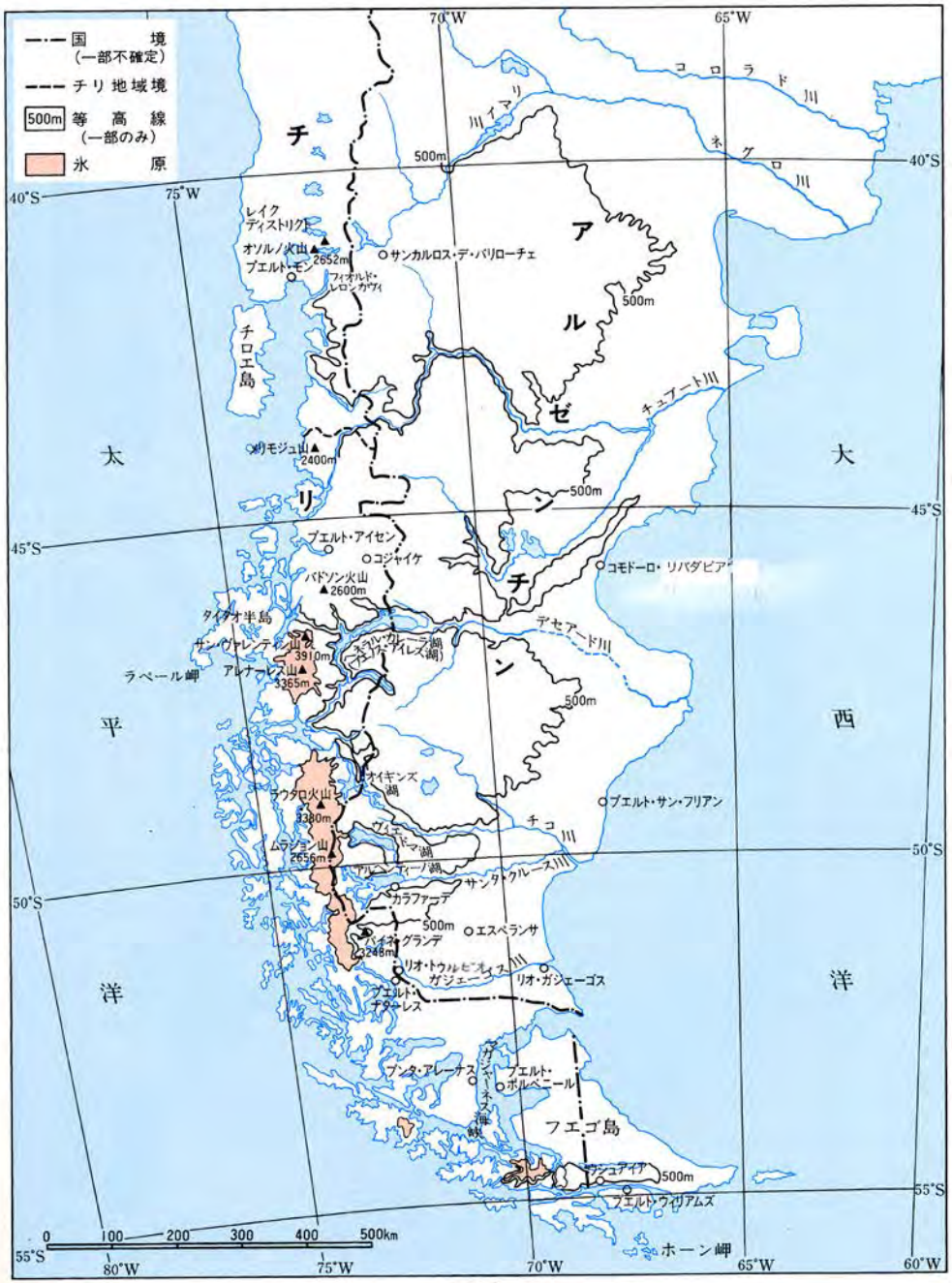


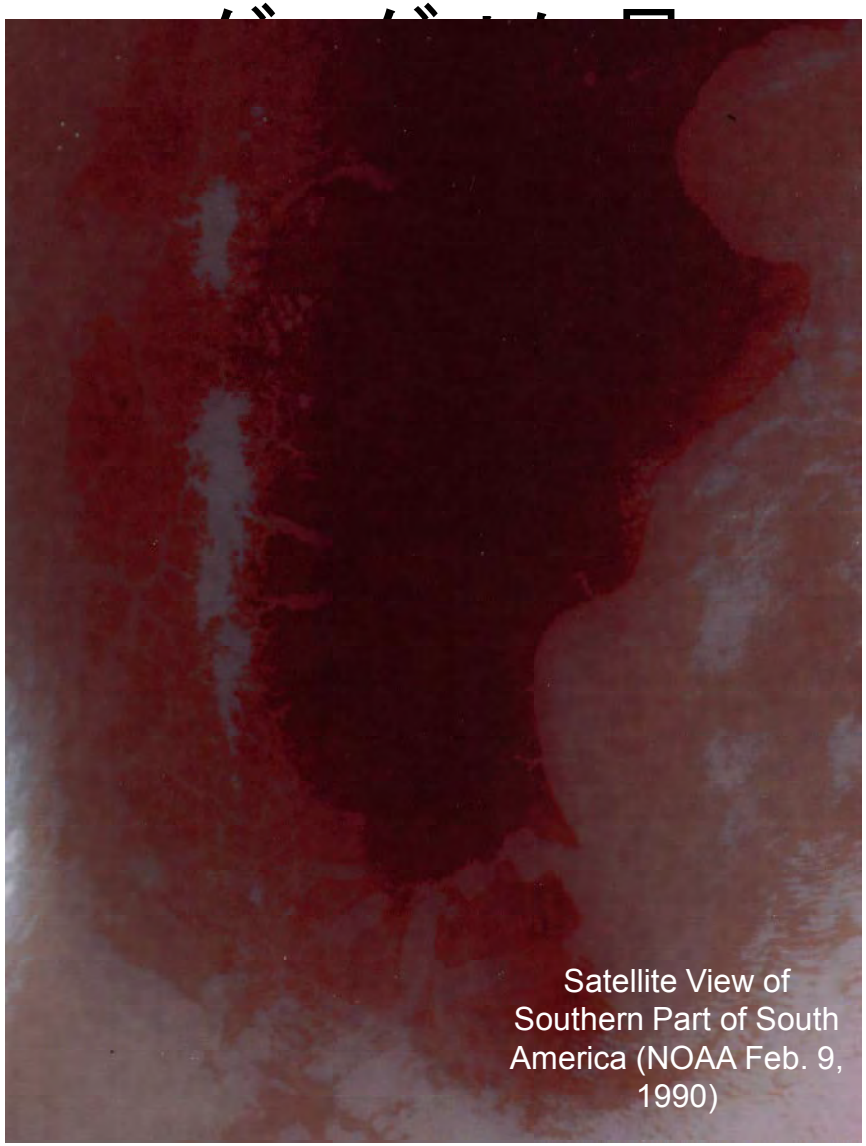
図 I-1

パタゴニア周辺図．地形の概略を示すため，一部に500mの等高線を入れてある．

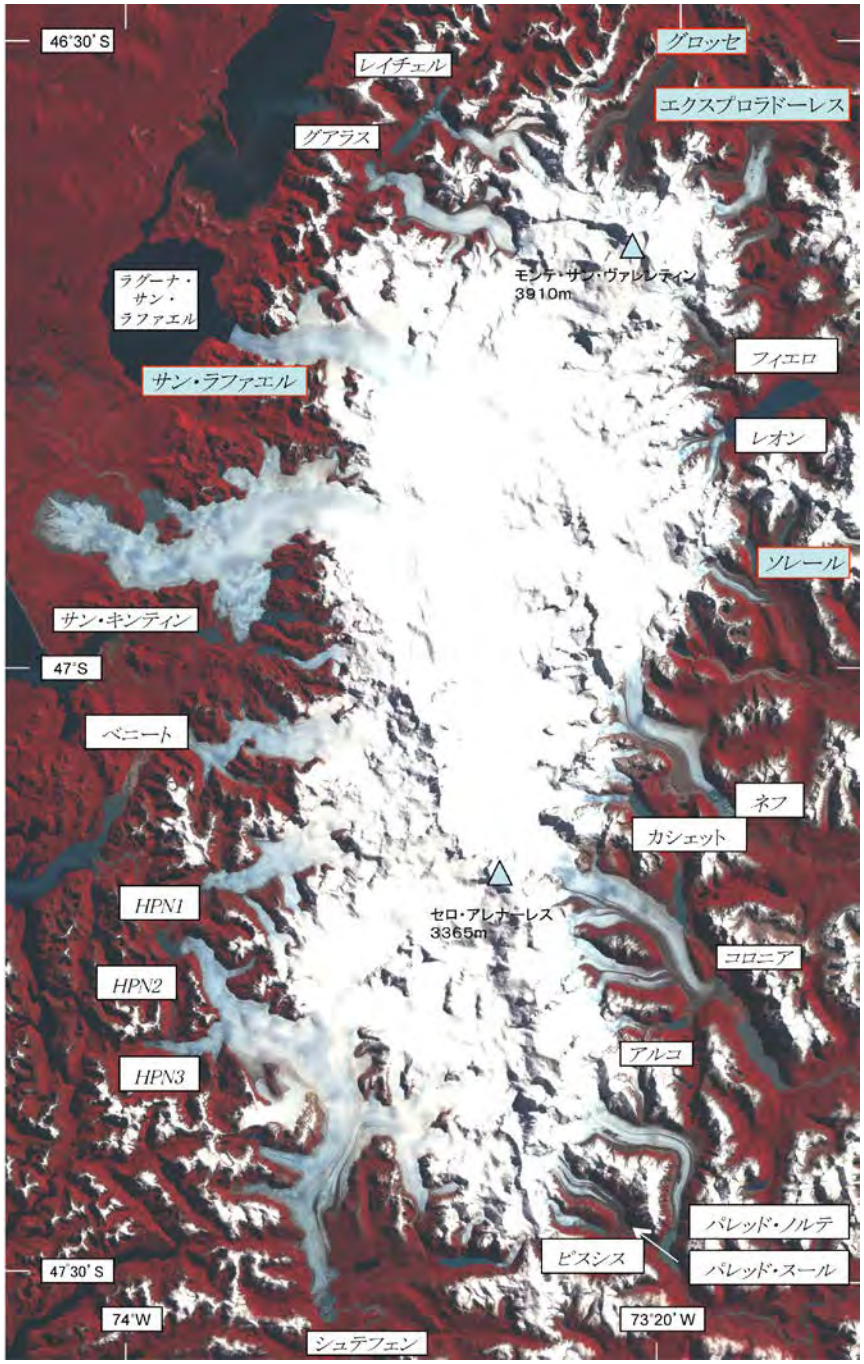
パタゴニア：南米の南端 大体南緯40度以南 チリとアルゼンチンにまたがる地域

面積約78万平方キロ





Satellite View of Southern Part of South America (NOAA Feb. 9, 1990)



北パタゴニア氷原 (3,950km^2)

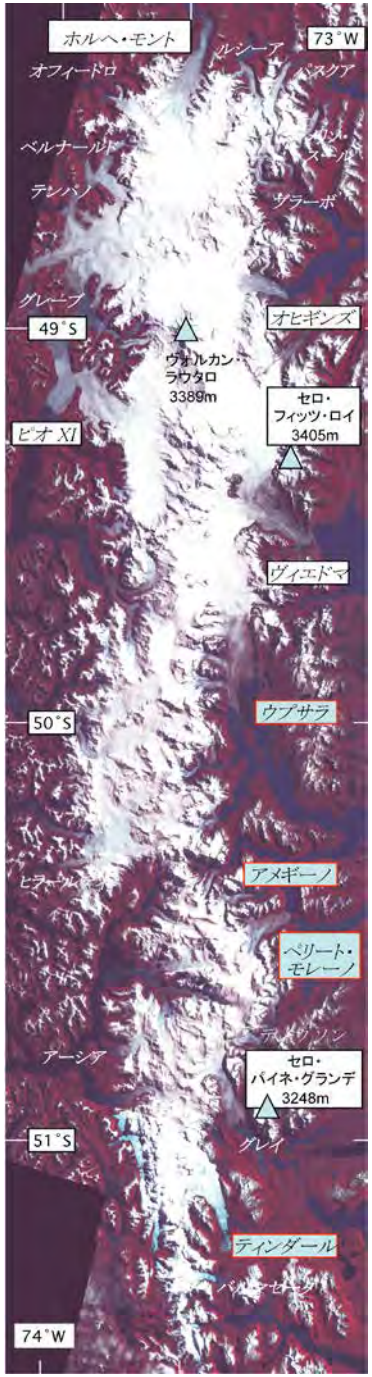
28の主要な氷河

サン・ラファエル氷河

ソレール氷河

エクスプロラドーレス氷河

グロッセ氷河



南パタゴニア氷原
(12,500 km^2)

主な溢流氷河の数：48

ウプサラ氷河

ペリート・モレーノ氷河

ティンダール氷河

アメギーノ氷河

パタゴニア氷原の特徴

- 南半球最大の温暖氷河（16,500 km^2)

  温暖氷河（氷の温度がほぼ0°C―氷の中に水が存在する）

- 現在は南北2つの氷原からなる

  北パタゴニア氷原（3,950 km^2)

  南パタゴニア氷原(12,500 km^2)

- 低緯度に位置している（南緯46°30‘から52°付近）

- 気温が高い

- 降水量が多い（6000 – 10,000 mm)

日本とパタゴニアの（学術的な）関わり

- 1958年：神戸大学がチリとの合同でパタゴニア第2の高峰、北パタゴニア氷原にあるセロ・アレナーレス（3365m）に初登頂。隊長の田中薫が氷河湖決壊洪水を調査。
- 1965～69年：北大・広島大の合同隊が北パタゴニア氷原で氷河・植生の学術調査。
- 1969年：京大探検部が南パタゴニア氷原HPS10で氷河・気象の調査
- 1969年：六甲学院隊が南パタゴニア氷原フィオルド・エクスムースからウプサラ氷河への横断。リソパトロン山脈の無名峰（3000m）に初登頂。
- 1968～69年：東工大のワンゲルがウプサラ氷河（クリスティーナ牧場）周辺で登山活動。

日本とパタゴニアの（学術的な）関わり

- 1971年：上智大学隊が南パタゴニア氷原フィオルド・ファルコンからフィオルド・エウローペへの南北縦断。
- 1972～73年：小樽商科大：南パタゴニア氷原グレイ氷河からセロ・ブランコ（1910m）に初登頂。
- 1981～82年：北大ワンゲル隊が北パタゴニア氷原シュテフェン氷河踏査。
- 1983年～2015: GRPP（ Glaciological Research Project in Patagonia)が北大・筑波大を中心に調査。北パタゴニア氷原ではソレール氷河、サン・ラファエル氷河、エクスプロラドーレス氷河を対象：南パタゴニア氷原ではウプサラ氷河、ペリート・モレーノ氷河、アメギーノ氷河、ティンダール氷河を対象。


パタゴニアへの最初の調査旅行
November 12, 1983 - January 25, 1984
サン・ラファエル氷河とソレール氷河

朝日新聞

1983年(昭和58年)3月30日　水曜日　12版　社会　(20)

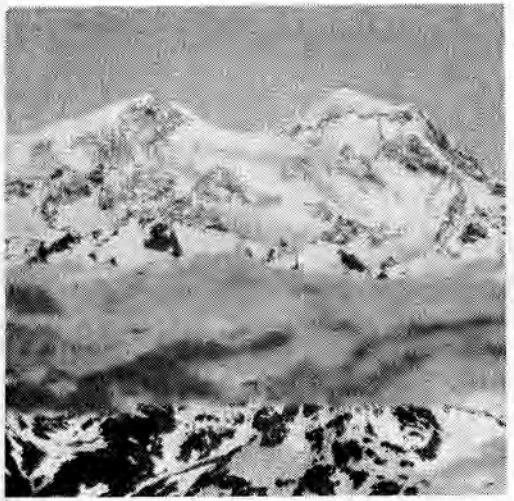
最後の極地に科学のメス

チリのパタゴニア氷河へ4大学調査隊

異常気象の構造探る　今秋出発

「地球最後の極地」といわれる南米チリ・パタゴニアの氷河に、今秋、本格的な学術調査隊が派遣される。日本雪氷学会氷河情報センター内のパタゴニア研究委員会が母体となり、三年間、情報収集と検討を重ねてきた。中島暢太郎京大防災研教授(六〇)を隊長に、京大、名大、筑波大、北大の四大学、六人の極地学者が、チリ・パタゴニア氷河調査隊(略称GRPP)に参加するが、めったに行けない地域だけに生物学研究者ら特別参加の別動隊も編成され、総勢は十人を超す予定。地球はいま、大きく流れとしては寒冷化に向かっているという。しかし、そのメカニズムは、まだ十分解明されていない。氷河のパタゴニアの氷河と気候との関係を研究することにより、神秘の扉を少しでも開こう、というのが遠征隊の目的である。

パタゴニアは、南米大陸のほぼ南緯四〇度以南五五度までの、ブドウの房状の地域をいう。面積は百十万平方キロで、日本の約三倍。このうちアルゼンチン側については、これまでかなり調査が行われている。とこ





調査地点にほど遠くないところにそびえるチリ・パタゴニアの最高峰サン・バレンチン山(四、〇五八㍍)。横にたびたびいるのは雲

(一九八一年十一月末、北大学生隊撮す

ろがチリ側は、気象の変化が激しいうえに陸路がなく、ほとんどが米軍の地。

パタゴニアは、南米大陸のほぼ南緯四〇度以南五五度までの、ブドウの房状の地域をいう。面積は百十万平方キロで、日本の約三倍。このうちアルゼンチン側については、これまでかなり調査が行われているが、チリ側は、気象の変化が激しいうえに陸路がなく、ほとんどが米軍の地。

調査隊は、今年十月末に日本を出発、来年二月初旬に帰国するまで三カ月余りチリに滞在する。大氷河期の遺物である氷河上の生物が専門の帯島司郎京大学院生(三〇)=水文・気象学、斎藤隆志名大水圏科学研助手(三〇)=水文・気象学、斎藤隆(恐京大学院生(三〇)=水文学の六人が正式メンバー。ほかに、氷河上の生物が専門の帯島司郎京大学院生(三〇)=地形学、院生の小林俊一北大低温研助手(三〇)=水文・気象学、安仁屋政武筑波大講師(五〇)=地形学、大畑哲夫名大水圏科学研助手(三〇)=水文・気象学、斎藤隆志



サン・ラファエル氷河
Glaciar San Rafael

プエルト・アイセン

コジャイケ

プエルト・
イバーニェス

ソレール氷河
Glaciar Soler

Google Earth

北パタゴニア氷原の玄関、コジャイケ



羊飼い（Obejero）: パタゴニアのシンボル

パタゴニアの代表的な動物

プーマ、グアナコ、コンドル







Nov. 20, 1983

プーマと出合う



ウエムル Huemul ― チリの国獣





プエルト・アイセン

サン・ラファエル氷河への玄関

ラグーナ・サン・ラファエルに到着



ラグーナ・サン・ラファエルのホテル









湖に沈む木





19世紀に起きた地震による地盤沈下

Nov. 27, 1983

観光の名所：サン・ラファエル氷河



Nov. 29, 1983

高速双胴船



1983年片道1日半かけて行った行程を11時間で日帰り

Feb 19, 2011

快晴のサン･ラファエル氷河



Feb 19, 2011

ゴムボートによる遊覧



Feb 19, 2011

ソレール氷河への旅



プエルト・アイセン

コジャイケ

プエルト・
イバーニェス

プエルト・ベルトラン

ソレール氷河
Glaciar Soler

Google Earth

プエルト・イバーニェス



ヘネラル・カレーラ湖南岸に渡る拠点

プエルト・ベルトランド　Pto. Bertrand



ソレール氷河への玄関

Dec. 07, 1983

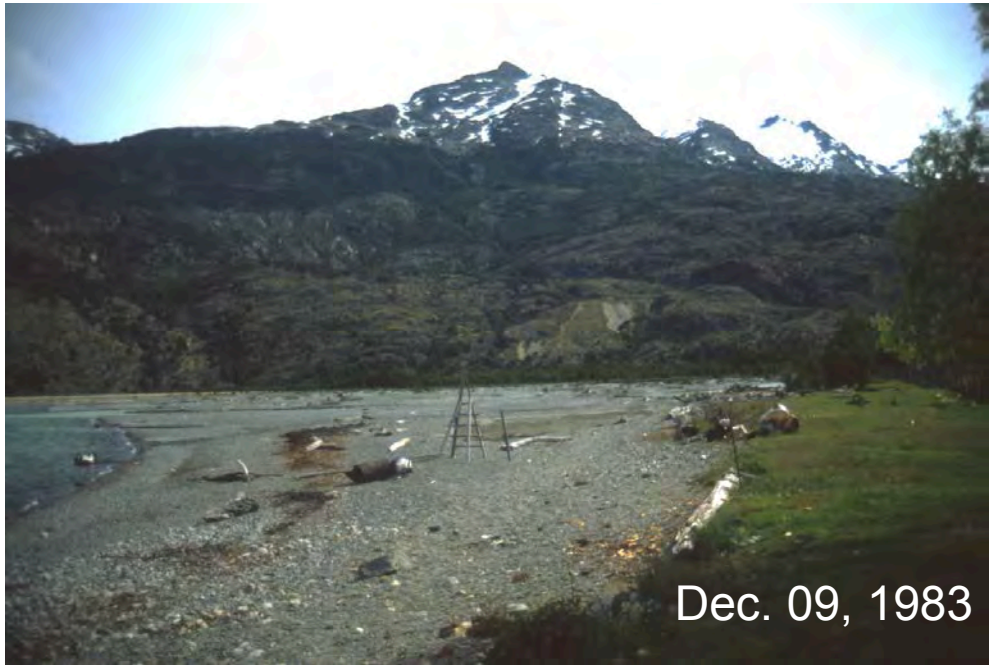
湖を渡る



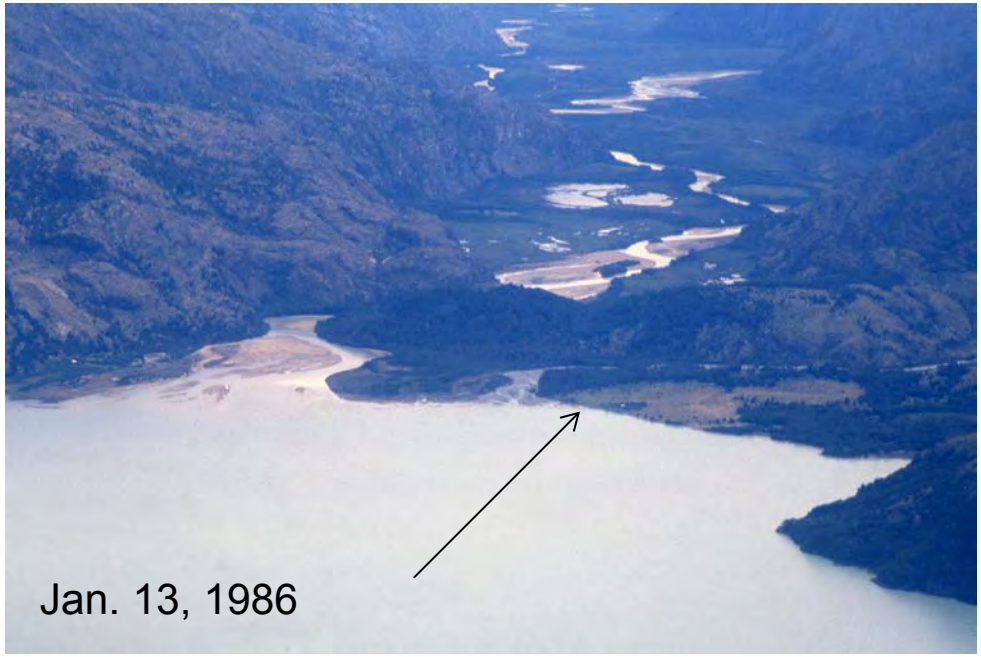
3往復、1往復1.5時間

Dec. 07, 1983

プローモ湖



2家族住んでいる



馬の荷造り（60~70kg)



氷河まで約30kmの道のり

Dec. 08, 1983

プローモ湖とソレール川



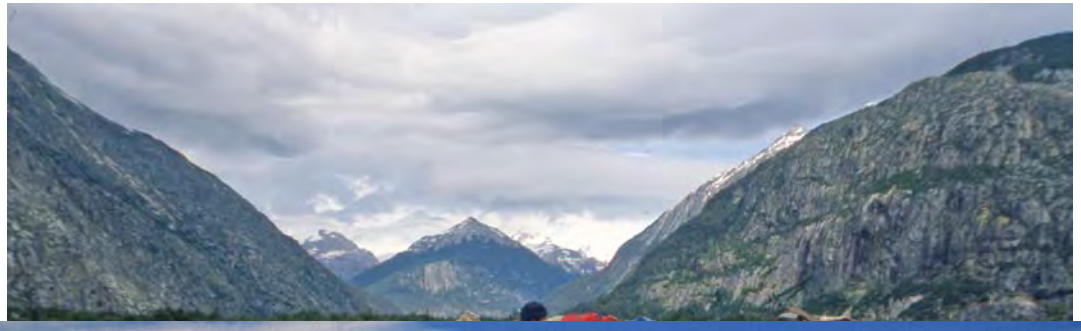
Jan 7, 1986

馬による輸送

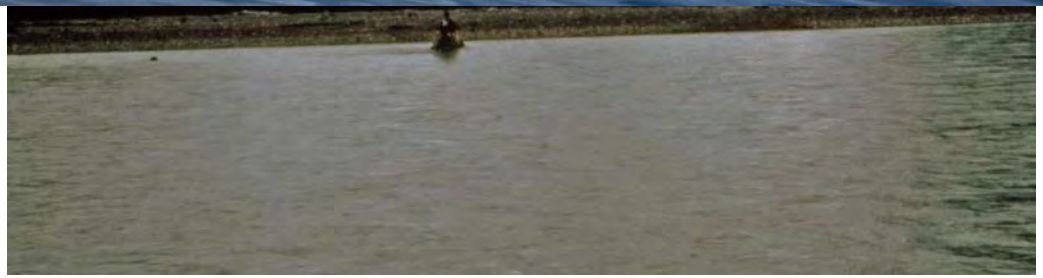


馬は60−70kg載せて、時速6kmぐらいのペースで歩く　　Dec. 11, 1983

カチョ川の渡河







川を渡るのに馬が必要：増水時は乗った馬が泳いで渡った

セロ･ヒャーデス　Co. Hyades (3087 m)





ソレール氷河とセロ・ヒャーデス
3078m

Gómez Family

こんなに奥地でも子供を含む家族が住んでいる



Dec. 17, 1983

台所＆倉庫テント



Casa de Pobre，乞食小屋と呼んでいた

Dec. 22, 1983

羊のアサード



Dec. 1983

強烈な風



Dec. 22, 1983

一夜明けたら



破れたフライ

目で見るフェーン現象



Föhn: Cascading Clouds

モレイン・フィールドの平板測量



Jan. 03, 1986

調査メンバー



北氷原の溢流氷河の最初の空撮の後

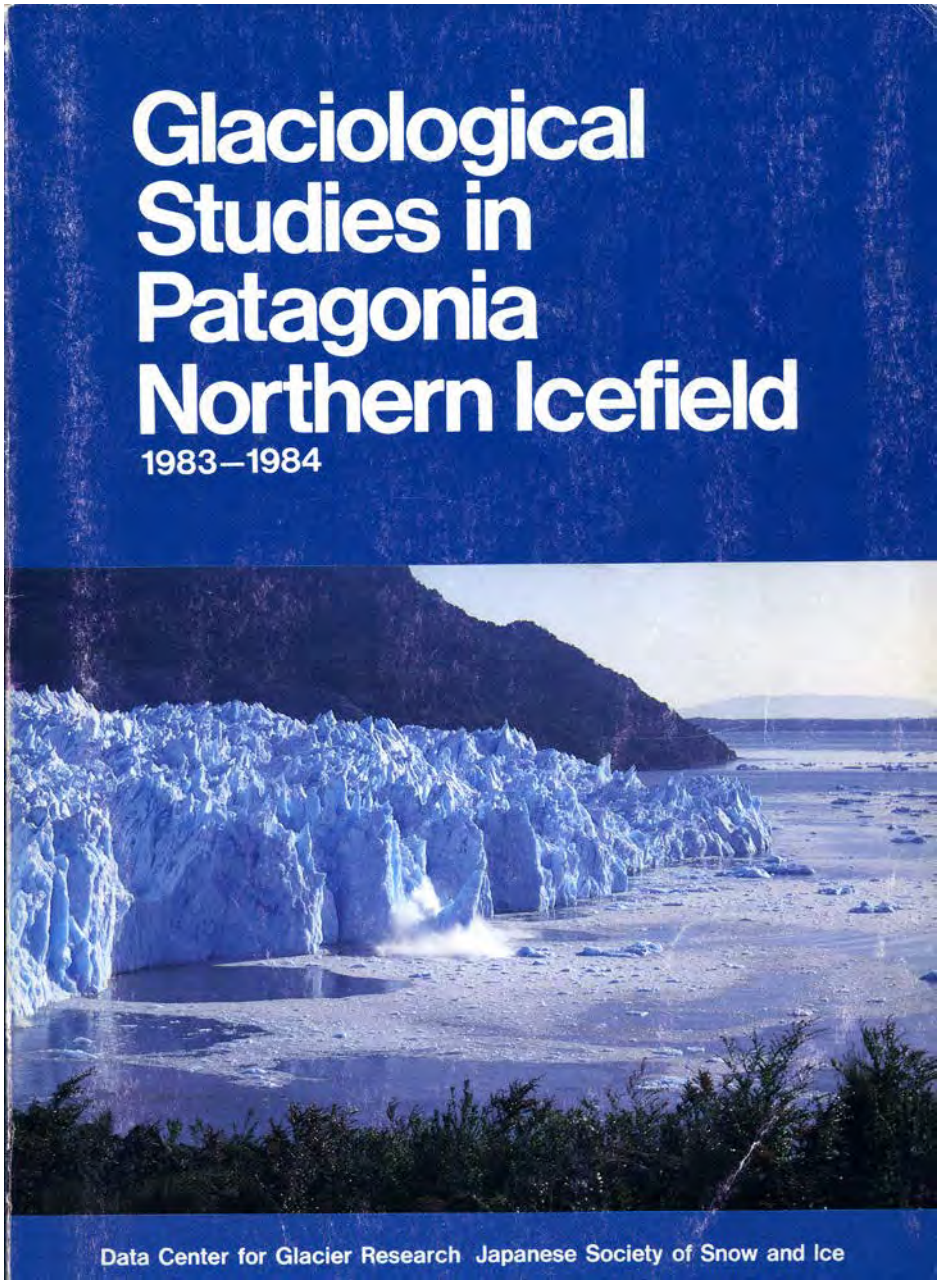


ソレール氷河のモザイク

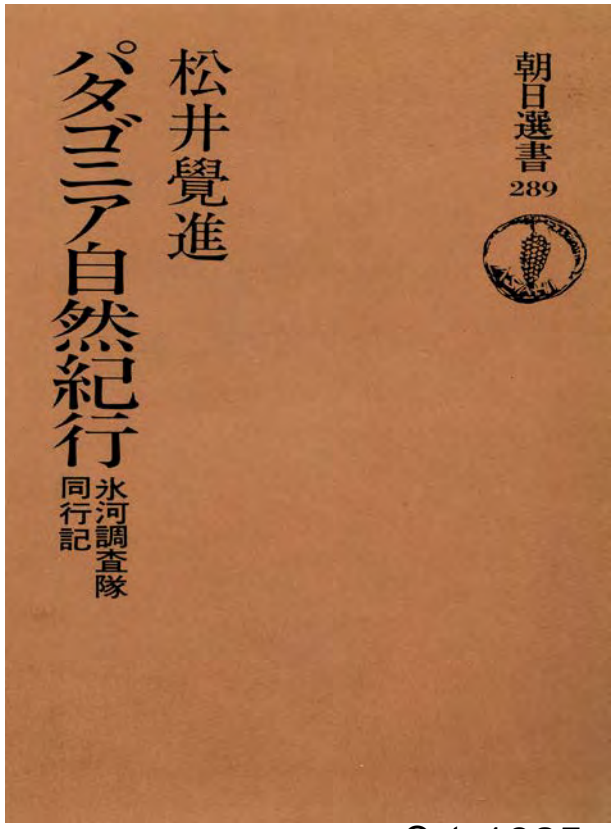


ディジタル･モザイク

成果の出版

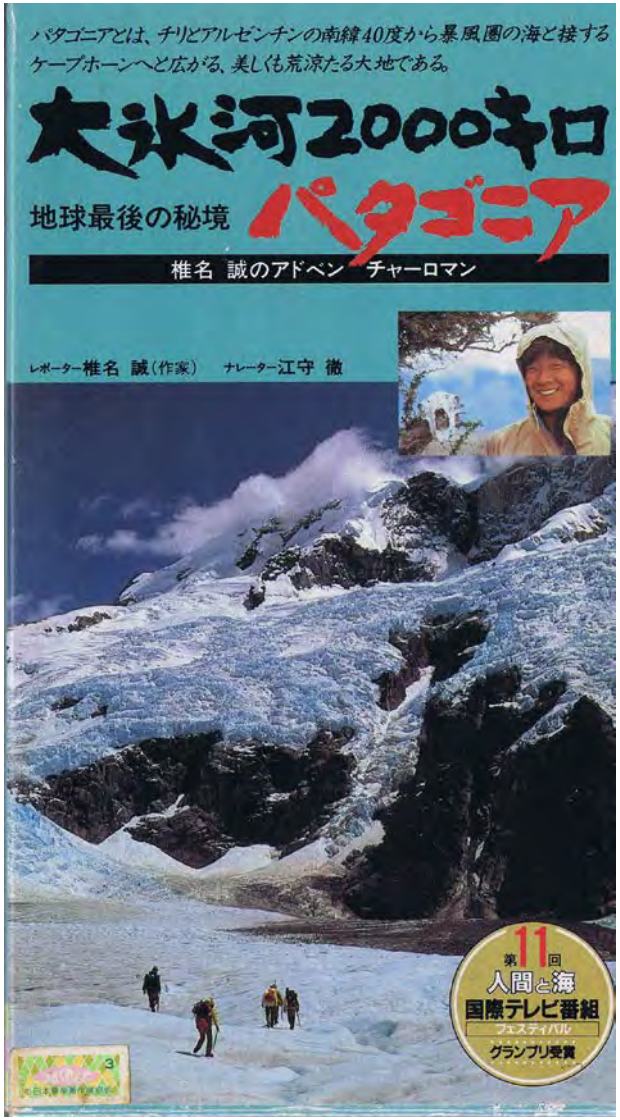


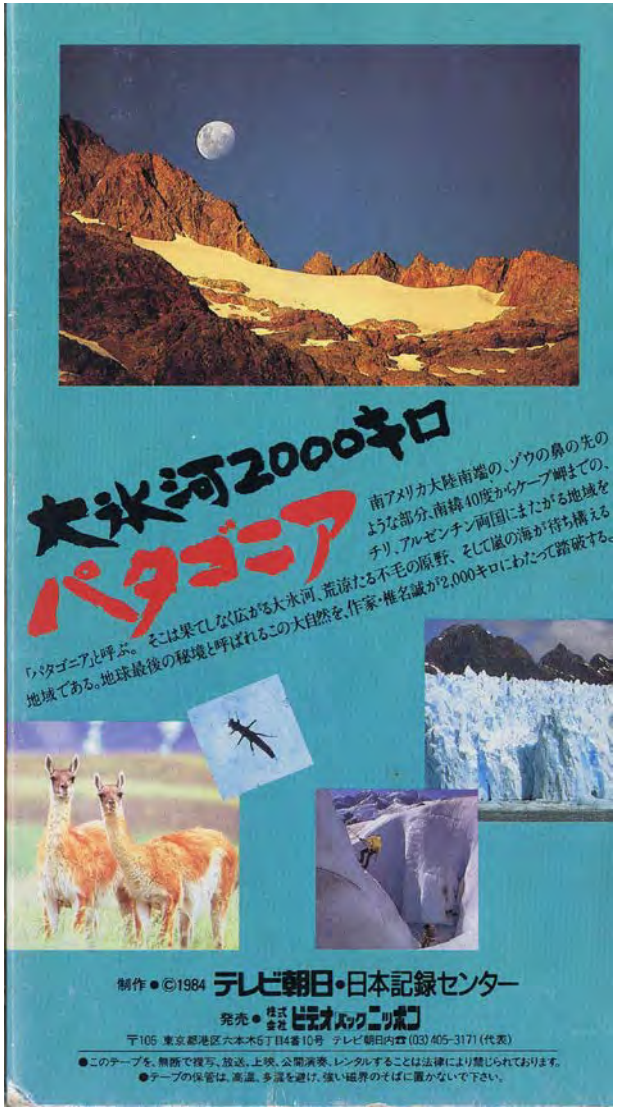
Nakajima (ed.)
Mar. 1985
B4: 133p



Oct. 1985
B5: 247p

2時間のTV番組





1984

2回目の調査



気象観測(1985-86)



ソレール湖の水深調査　(1985-86)



深さは100m以下

決死の河川の水位調査(1985-86)



水温は約 0.2˚C

サン・ラファエル氷河でのボーリング (1985-86)





Ice core boring at Glaciar San Rafael

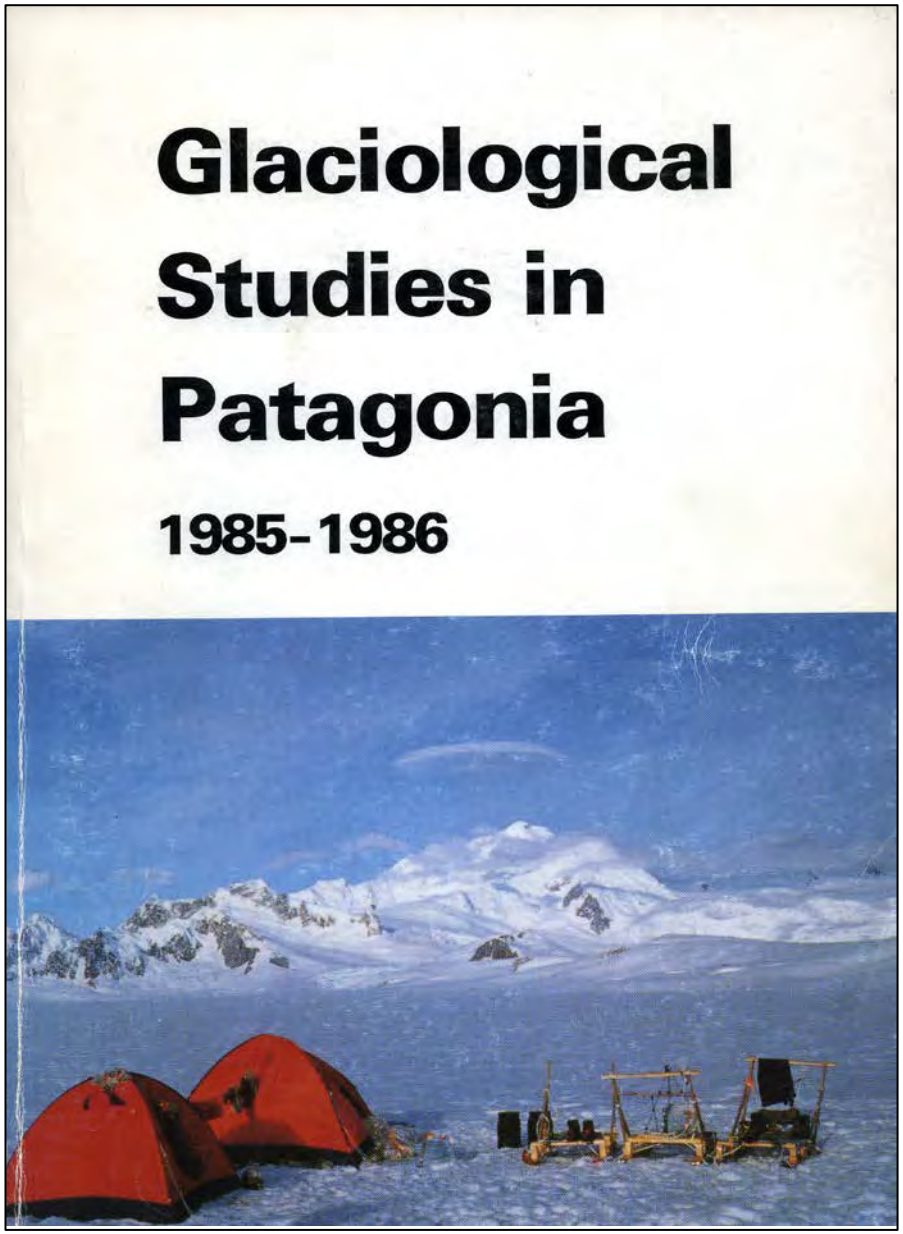
北氷原最初の周回飛行空撮の後



空撮による氷河変動研究の始まり

Jan. 13, 1986

成果出版



Nakajima (ed.)

Mar. 1987

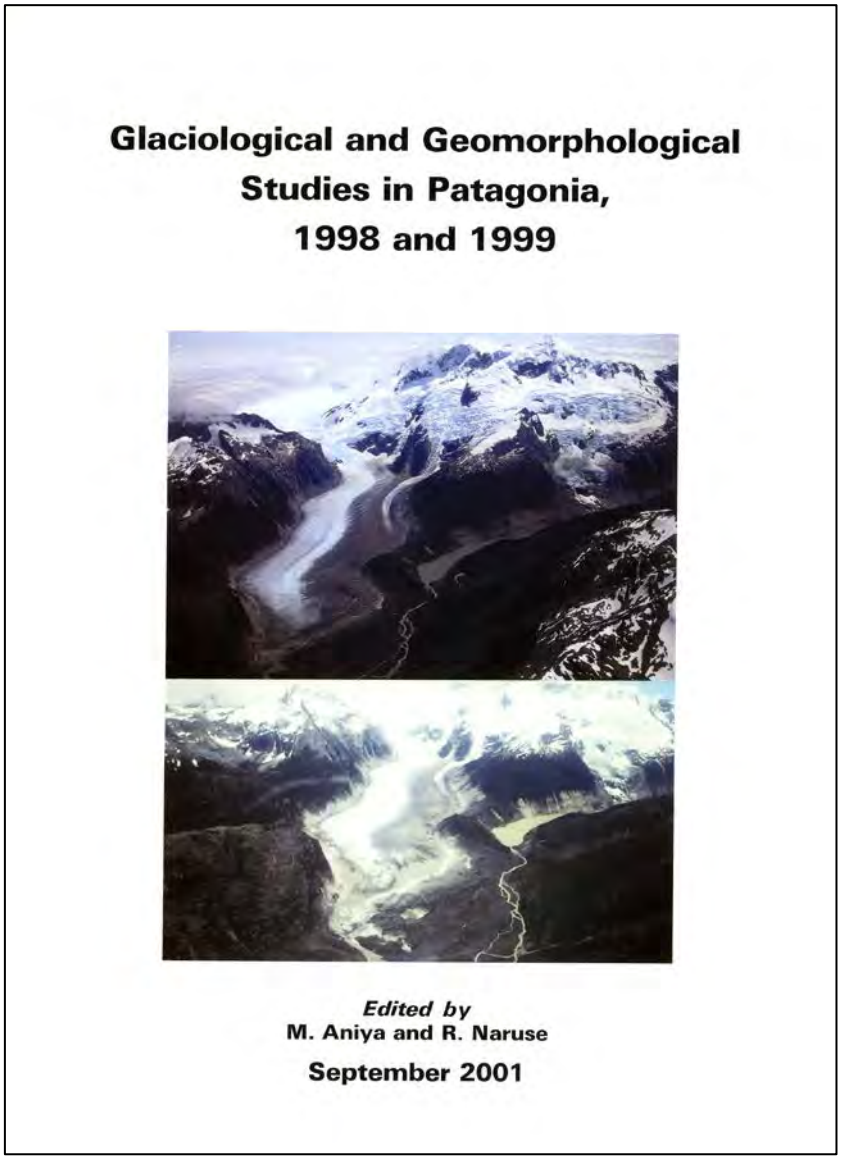
B4: 175p



Mar. 1991

A5: 203p

その後のソレール氷河での成果出版



Aniya & Naruse (eds.)

Sept. 2001

A4: 206p

ソレール氷河の変化









ペリート・モレーノ氷河

および

ウプサラ氷河への旅

最初の旅
1990年11月～12月

ペリート・モレーノ氷河：世界自然遺産（1981）



パタゴニアで1，2を争うよく知られた氷河

Post Card, bought Dec. 2010

アルヘンティーノ湖



エル・カラファーテEl Calafate：
アルゼンチン・パタゴニアの玄関



Avenida del Libertador

1990年はホテル１軒しかない寂しい町だった

エル・カラファーテ



Avenida del Libertador

パタゴニア最大の観光都市となる

ペリート･モレーノ氷河と展望所



ペリート･モレーノ氷河の展望所



世界遺産の垂れ幕はない

March 2, 2010

展望所からのペリート･モレーノ氷河

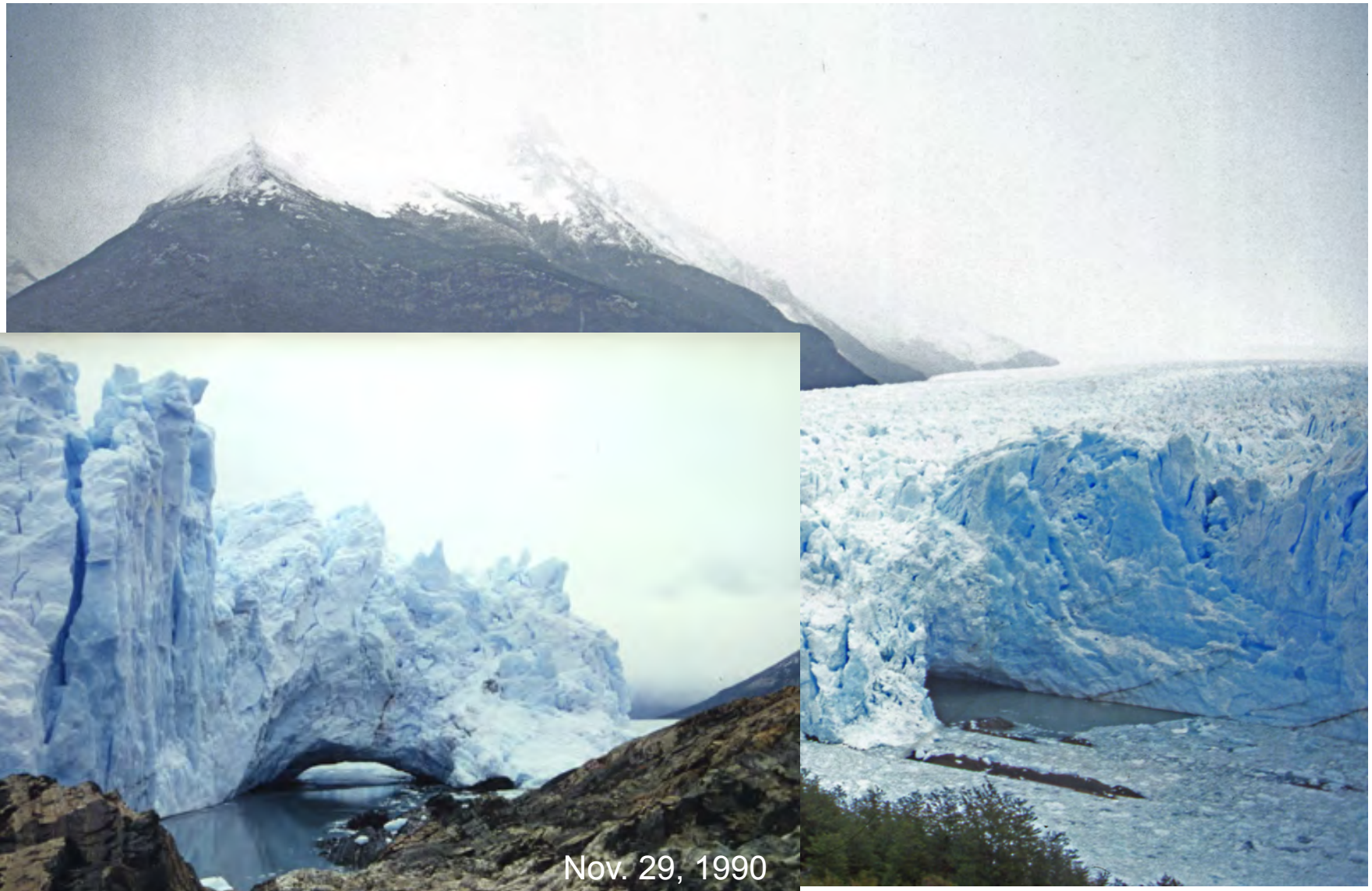


氷河が対岸へのし上げている

展望所からのペリート･モレーノ氷河



展望所からのペリート･モレーノ氷河



ペリート・モレーノ氷河



末端が対岸にのし上げている—ダムアップ

Dec. 25, 2007





リコ湖

ダムアップにより水位が4m上昇

Dec. 27, 2007



最初の調査（1990）

Nov. 21, 1990





氷河での観測



流動観測



コントロール点から距離と角度を測る

氷河の上を歩くには



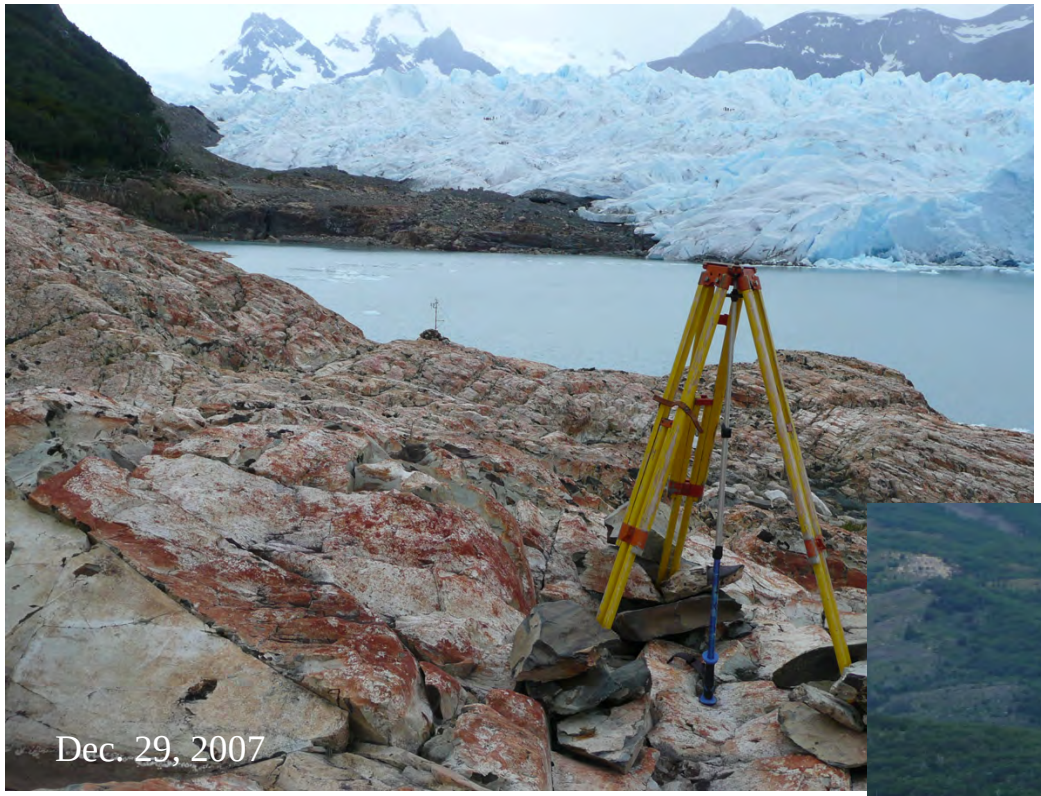
ペリート･モレーノ氷河末端



末端が崩れて離れている

Feb. 26, 2010

氷河での観測





流動観測点、気象観測点

氷河の熱水掘削



氷河底まで504mの掘削

氷河上での釣り？？？？



Dec. 31, 2007

年代測定資料の採集





Killed ~AD1650

観光地：Glaciar Perito Moreno

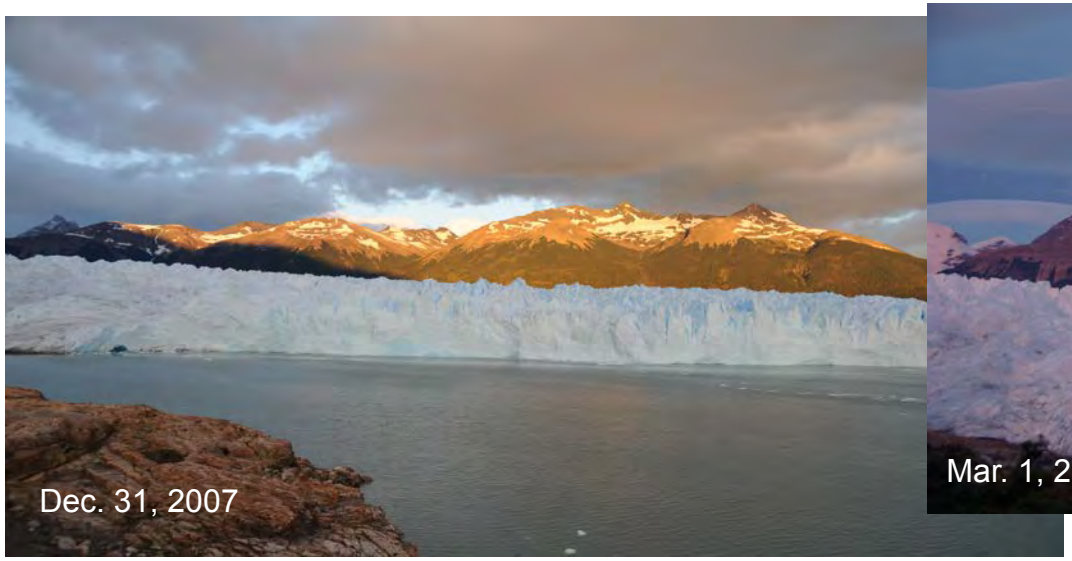


パタゴニアで一番人気の氷河

最近の調査キャンプ



Dec. 27, 2008


Dec. 31, 2007


Mar. 1, 2010


Dec. 31, 2007


Mar. 1, 2010



羊の丸焼き
Cordero Asado

Feb. 28, 2010

羊の丸焼きを前に
ガイド小屋の前



調査メンバー

Feb. 28, 2010

ガイド小屋での食事



年越しソバ
Dec. 31, 2007



くつろぎの一時
Feb. 27, 2010

アルゼンチンの研究仲間と



手に持っているのは1990年の最初の調査の時の写真

ウプサラ氷河での調査



プンタ･バンデーラ



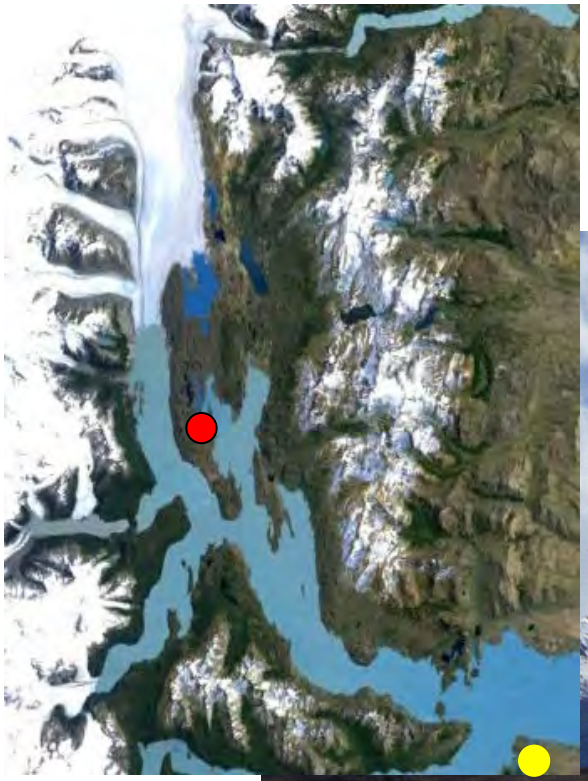
オリンポ（Olimpo）: The boat we took

プンタ･エルミニータに停泊中のオリンポ



陰鬱な天候

プンタ・エルミニータにある旧牧童小屋





昔のクリスティーナ牧場の一部

強烈な風



湖が波立っている

ウプサラ氷河の末端



氷崖の高さ 60-70 m: 水深 500~ 600 m

氷河での調査



流動; 消耗; 表面高度等の測定

氷河での調査



かなり危険な場所

氷河調査に行くのは



氷河を歩く技術が必要

ギジェルモ湖とウプサラ氷河



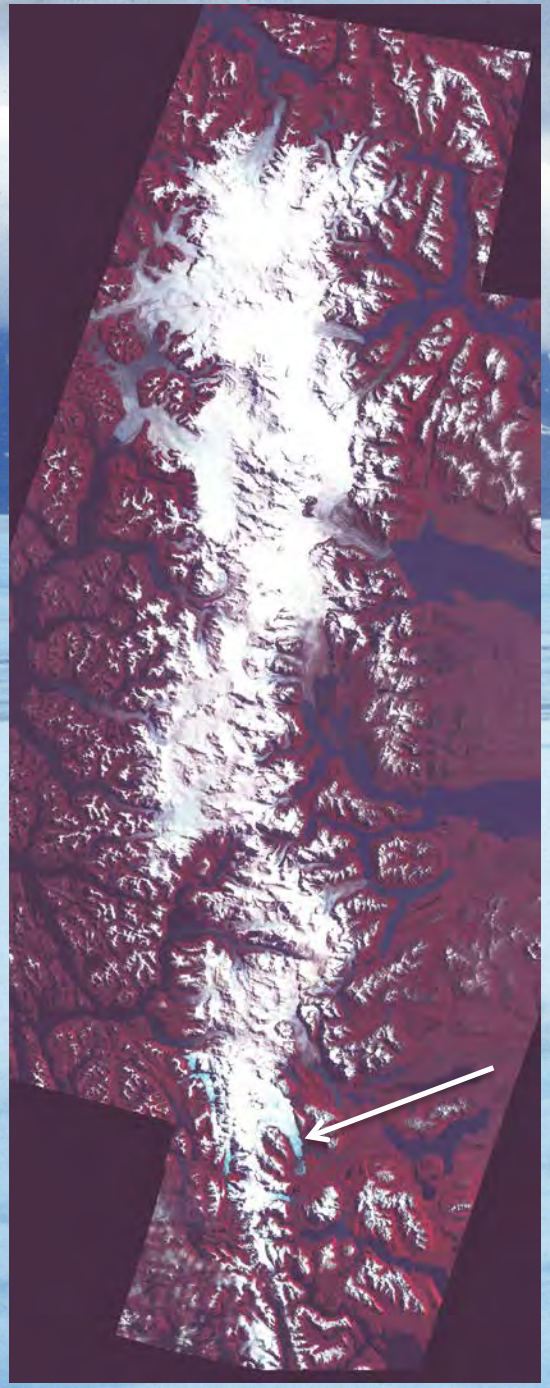
ウプサラ氷河の急激な変化





ゴア（2006）不都合な真実

From Al Gore (2006): Inconvenient Truth

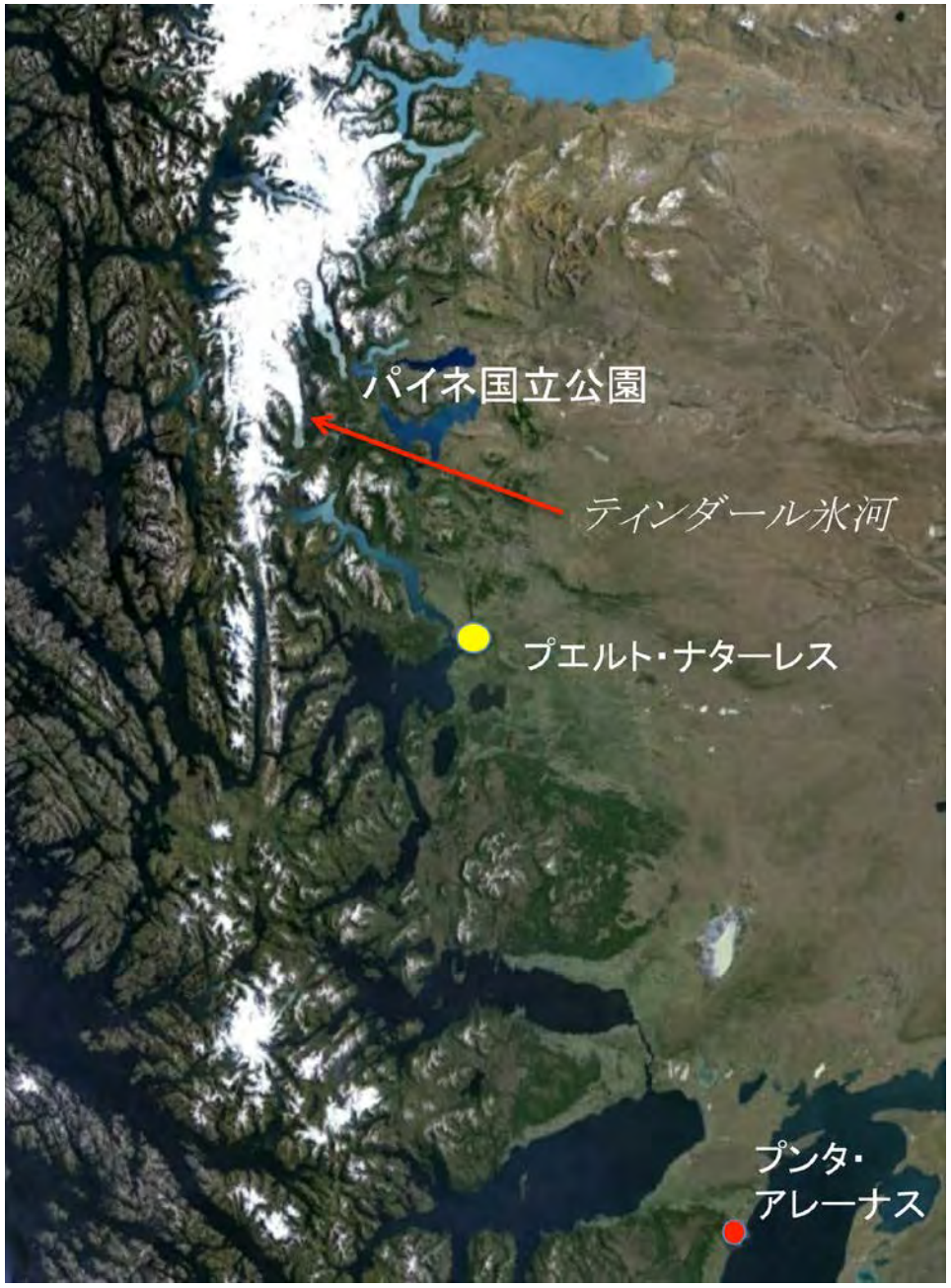


ティンダール氷河への旅

1985年、1990年&1993年

プンタ･アレーナス、
プエルト･ナターレス、
パイネ国立公園、
グレイ湖、ピンゴ川、
ティンダール氷河

Punta Arenas - Puerto Natales - Parque Paine - Lago Grey - Río Pingo - Glaciar Tyndall



ティンダール氷河への道

プエルト・ナターレス



イタリアの豪華客船が寄港

プエルト・ナターレス



Aerial View

Dec. 31, 1985

パイネへ行く途中の国境検問所



ゲートがある

Dec. 25, 1985

パイネ国立公園



ニャンドゥとグアナコ　Nyando & Guanaco

Dec. 4, 1990

トーレス･デル･パイネ　Torres del Paine



起伏~1000 m

Dec. 22, 1985

パイネの角 Cuernos del Paine



Beautiful Weather

Dec. 29, 1985

セロ・パイネ・グランデ　Co. Paine Grande, 3248 m



Dec. 29, 1985

アゴスティーニ (Agostini)のパイネの写真



セロ・パイネ・グランデ (center) & セロ・パイネ・ノルテ (left)



Guide: Jose Alarcon

Dec. 28, 1990

サパート避難小屋(Refugio Zapato)



出発の準備



馬で行く



氷河のベースキャンプ到着



Dec. 6, 1990

面白い雲



セロ・パイネ・グランデ



From Tyndall BC

雪の着き方

セロ・パイネ・グランデ　3248 m



ティンダール氷河　— 南ロウブ



BCの場所

Dec. 31, 1985

氷河へ行く途中



Dec. 7, 1990

川を跨いで渡る



川を飛んで渡る



川を歩いて渡る



Between BC and Glacier

ティンダール氷河 — 南ロウブの末端



新雪でクレバスが隠れている

Dec. 06, 1990





ティンダール氷河南ロウブの末端

ケルンを積んで1990年の位置を示した

ケルン　ー　1990年の末端位置



1993年の様子



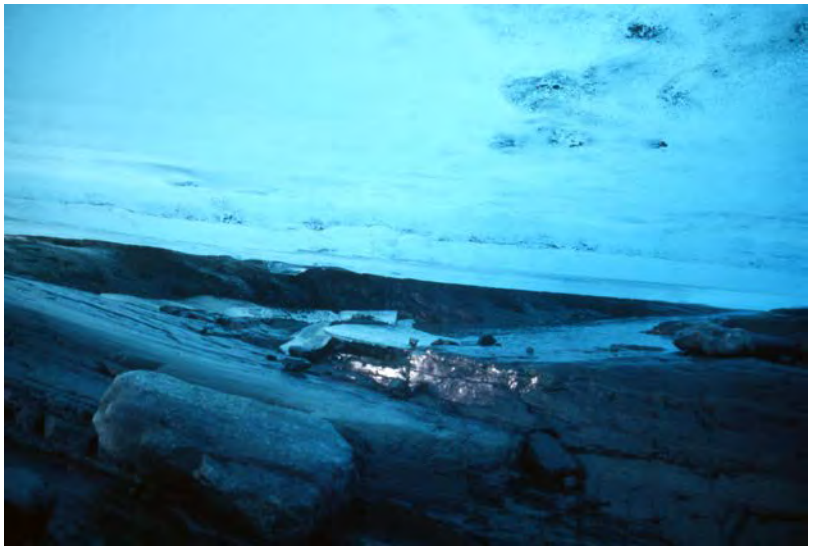
ケルン　―　1990年の末端位置



氷河底の洞窟

Dec. 7, 1993





チリとアルゼンチンの仲間



Dec. 7, 1990

河原に折れた大木



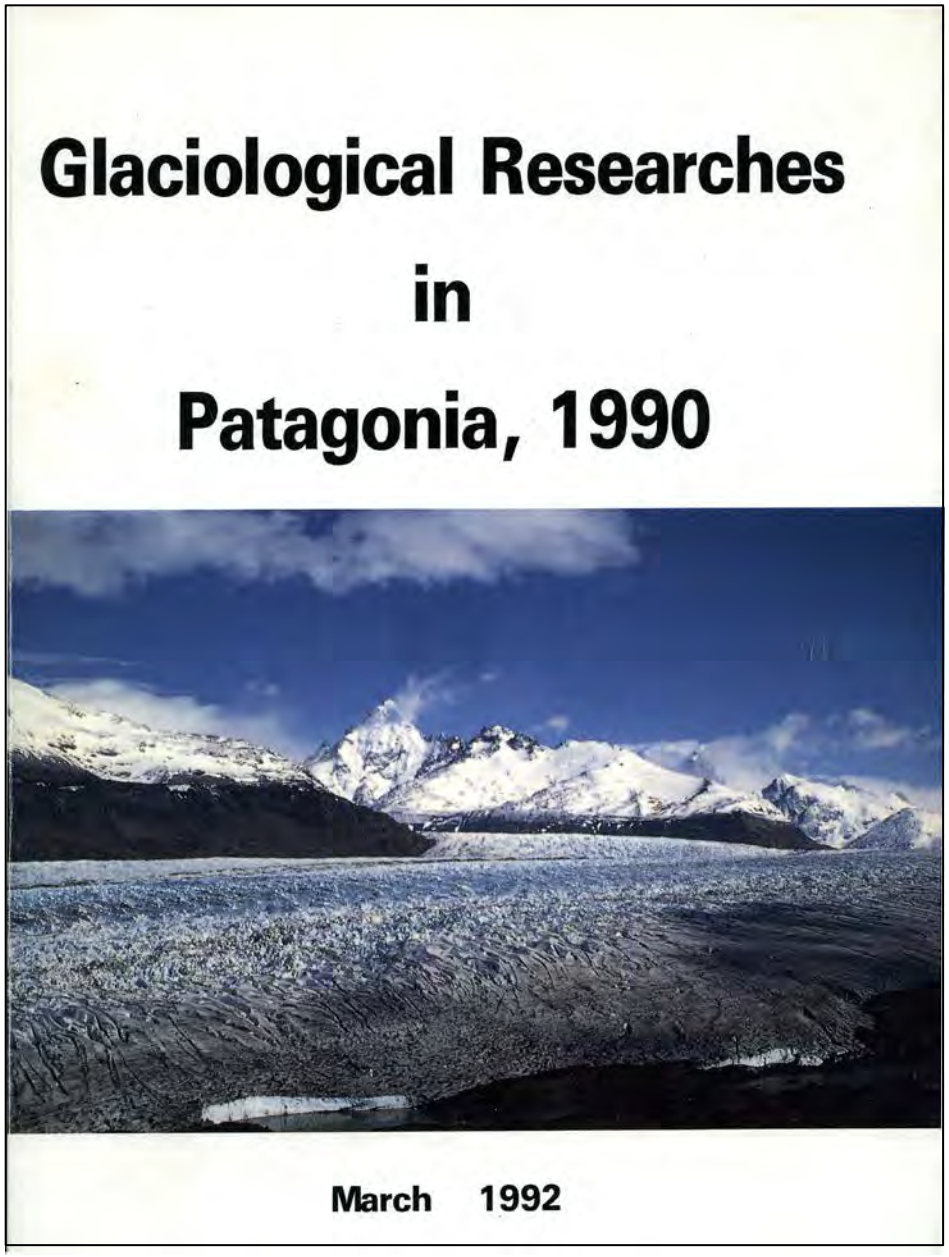
この木の年代を測定してパタゴニア氷原の完新世の氷期の研究を始めた。



時ならぬ大雪

Dec. 18, 1993





調査の成果

ペリート・モレーノ氷河

ウプサラ氷河

ティンダール氷河

Naruse & Aniya (eds)

Mar. 1992

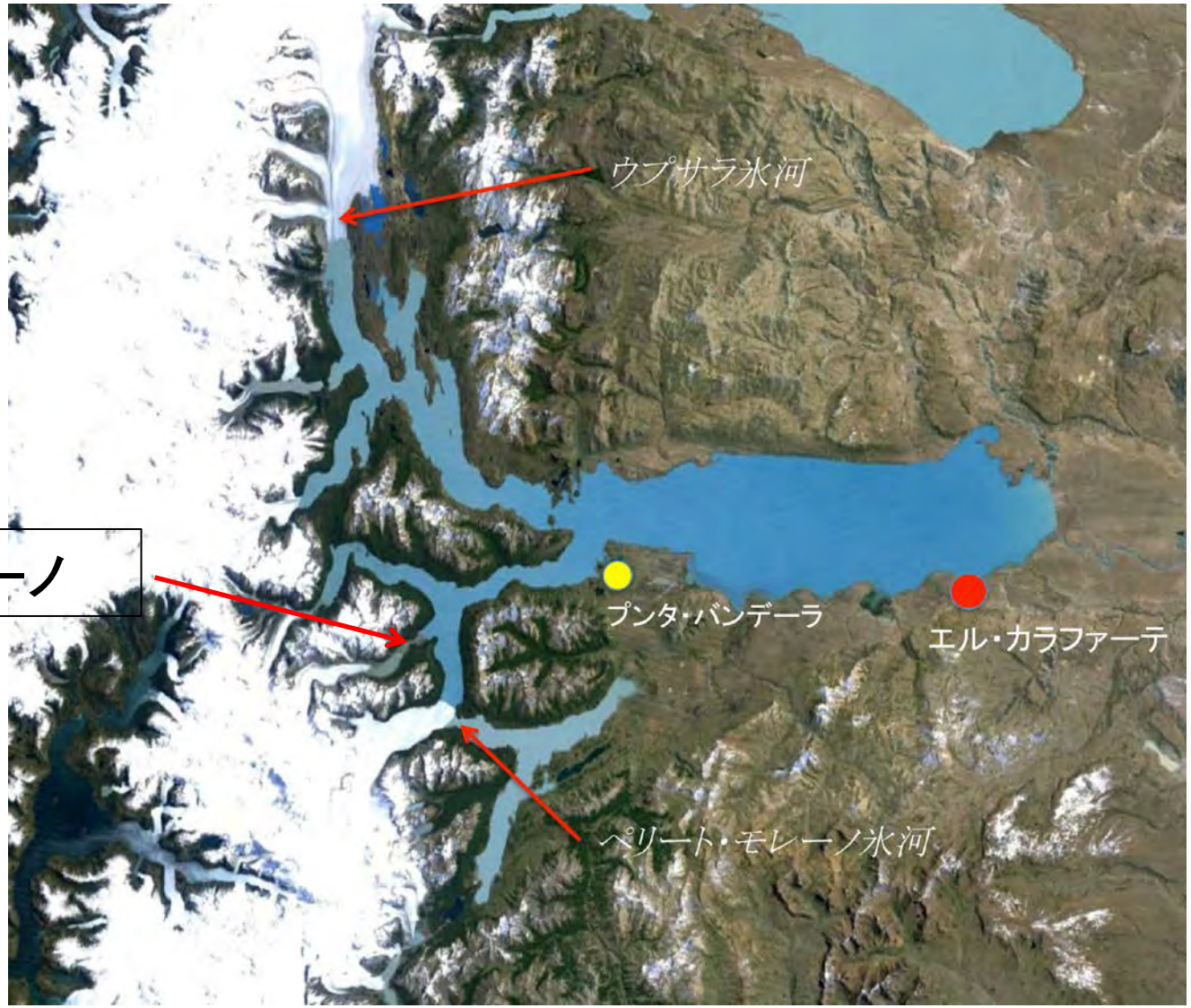
B4: 130p



アメギーノ谷への旅と調査

1993年11月

アルヘンティーノ湖



アメギーノ谷へ上陸



放棄された入植者の小屋



川の中に林立する折れた木





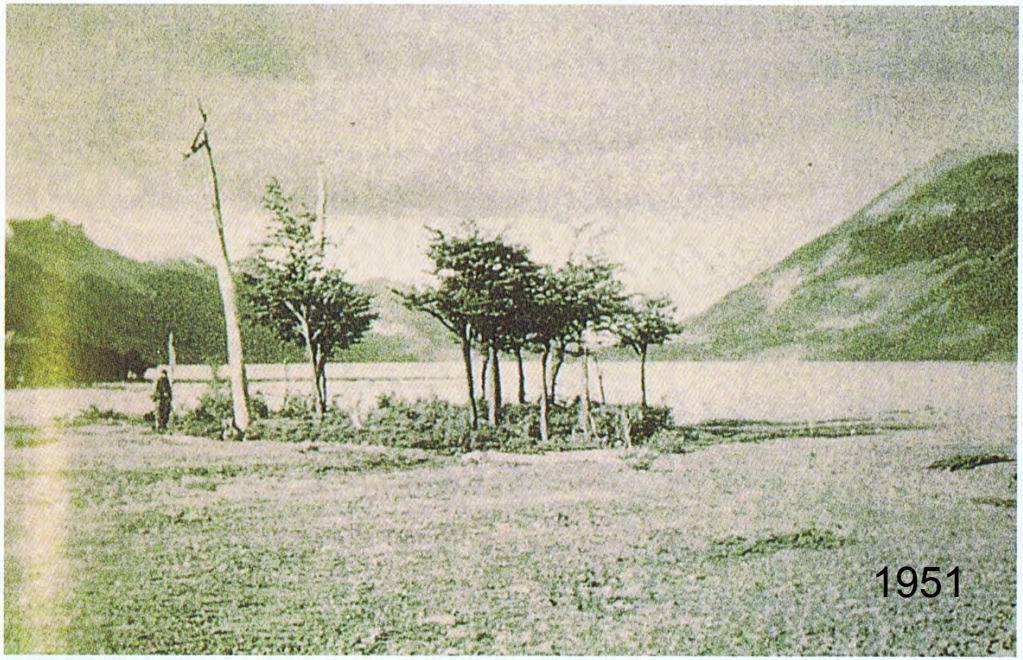




図V-30
アメギーノ谷の変化（Aniya and Sato, 1995）．上：93年11月10日撮影．下：1949/50年の南半球の夏撮影（Nichols and Miller, 1951）．左の大きな枯れ木は倒れたが，葉のついた木は成長している．礫に覆われた谷底はほとんど変化していない．谷底の埋積モレインの頂部である．

アメギーノ谷の変化 1951-1993





年代測定のためのサンプリング



480 ± 80 yrs BP

アメギーノ氷河
天気に良い日は天国







図V-32
アメギーノ湖を堰止めているモレインの44年間での変化．上：1993年11月11日撮影．下：1949/50年の南半球の夏撮影（Nichols and Miller, 1951）．内側のモレインの形が変化しているが，これは1949/50年当時は中にまだ氷が入っていたからと，解釈できる．

アメギーノ湖を堰き止めているモレイン

Damming Moraines

角がとれている巨岩



氷河の底から表面へ運ばれた

植生線のところでは



ラテラル･モレインが

年代測定用のサンプル
を採る

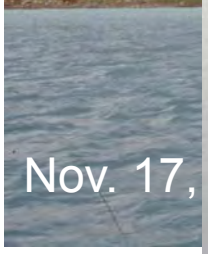


山火事！！Forest Fire!!

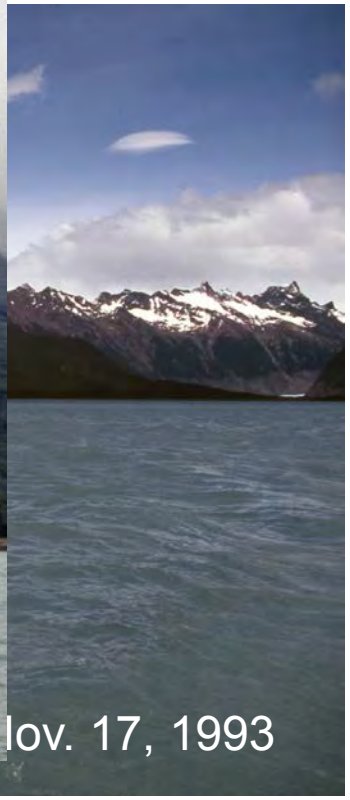


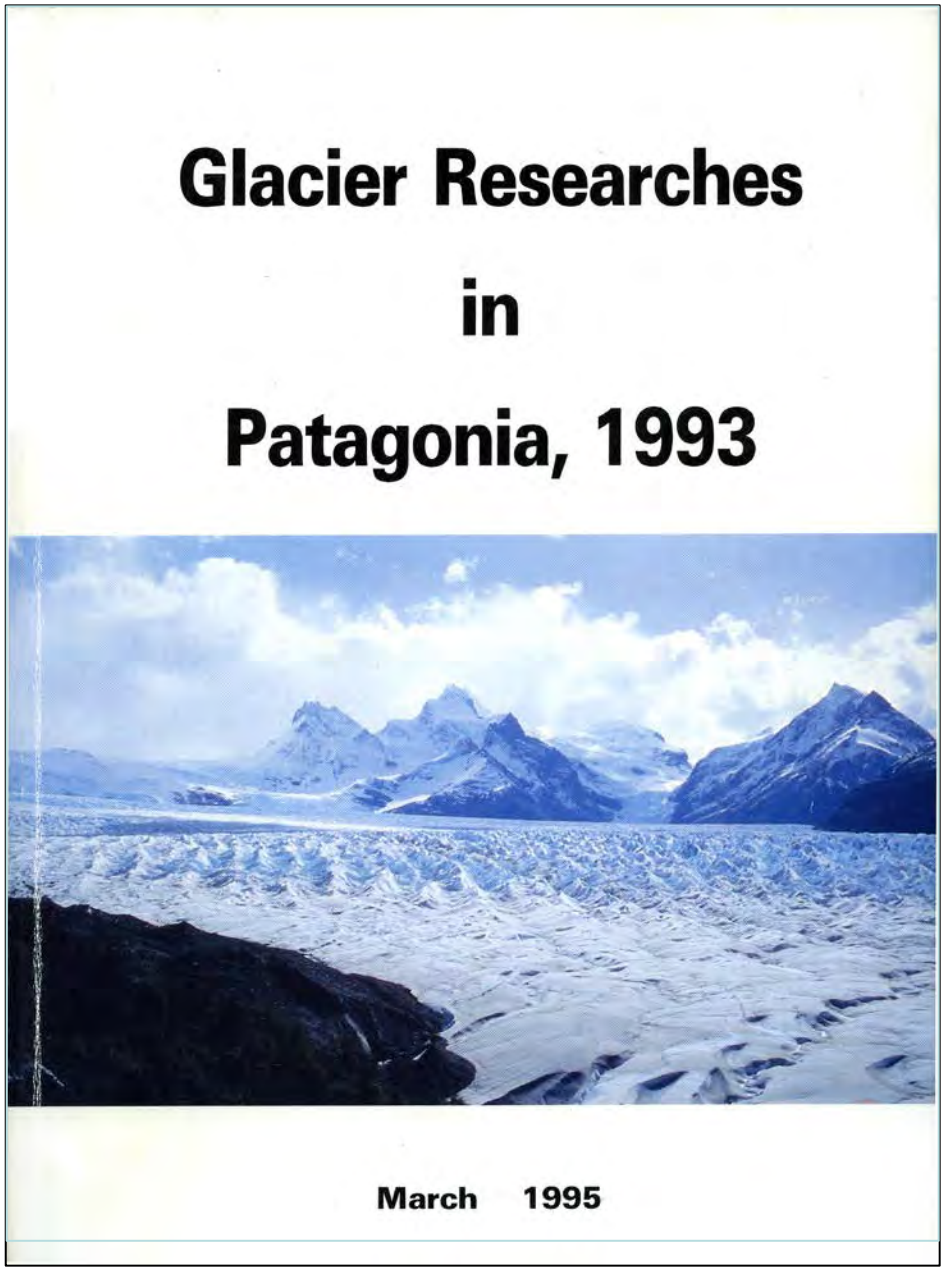
山火事











調査の成果

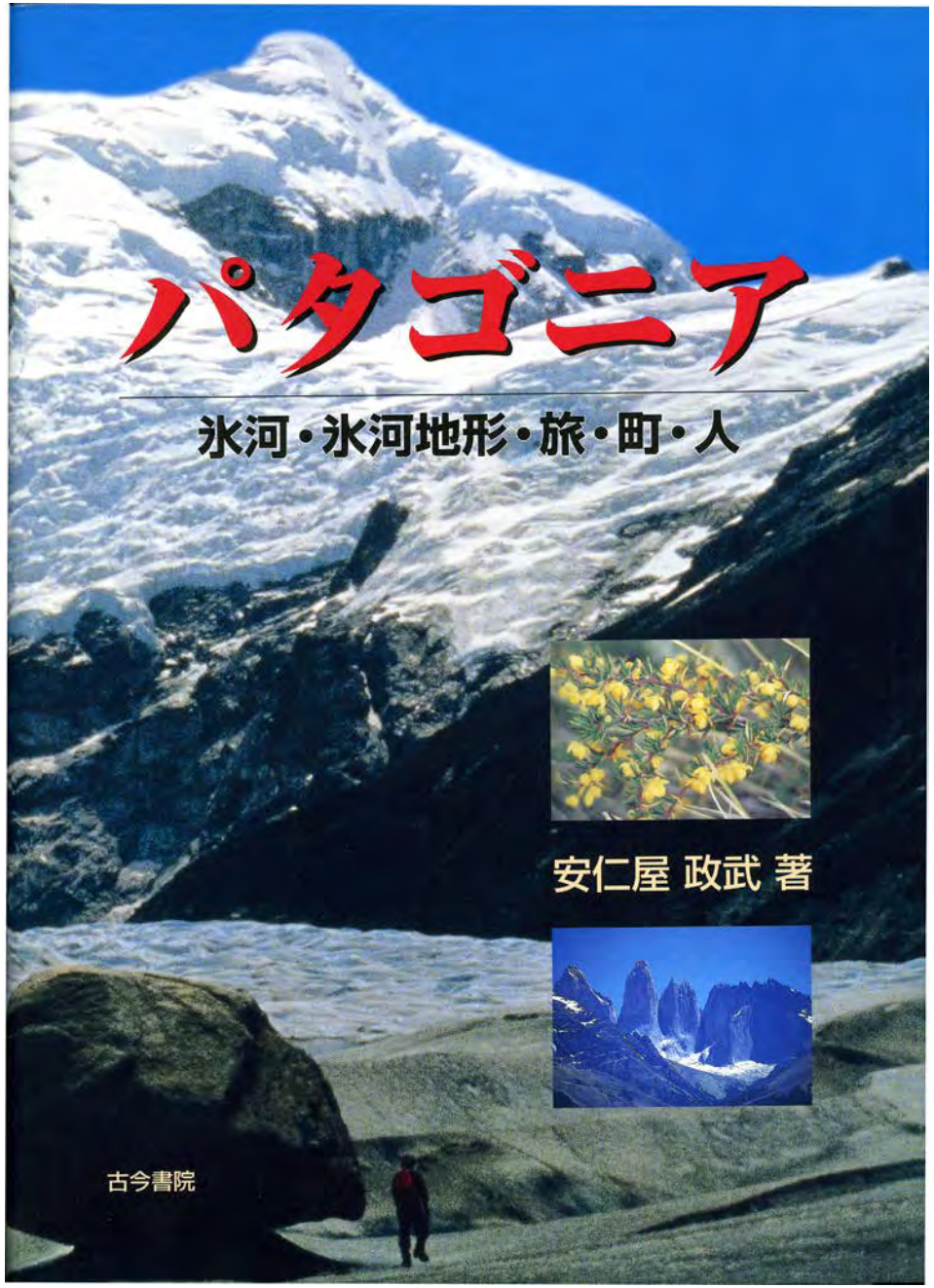
ペリート・モレーノ氷河

ウプサラ氷河

ティンダール氷河

アメギーノ氷河

Naruse & Aniya (eds.)
Mar. 1995
B4: 132p

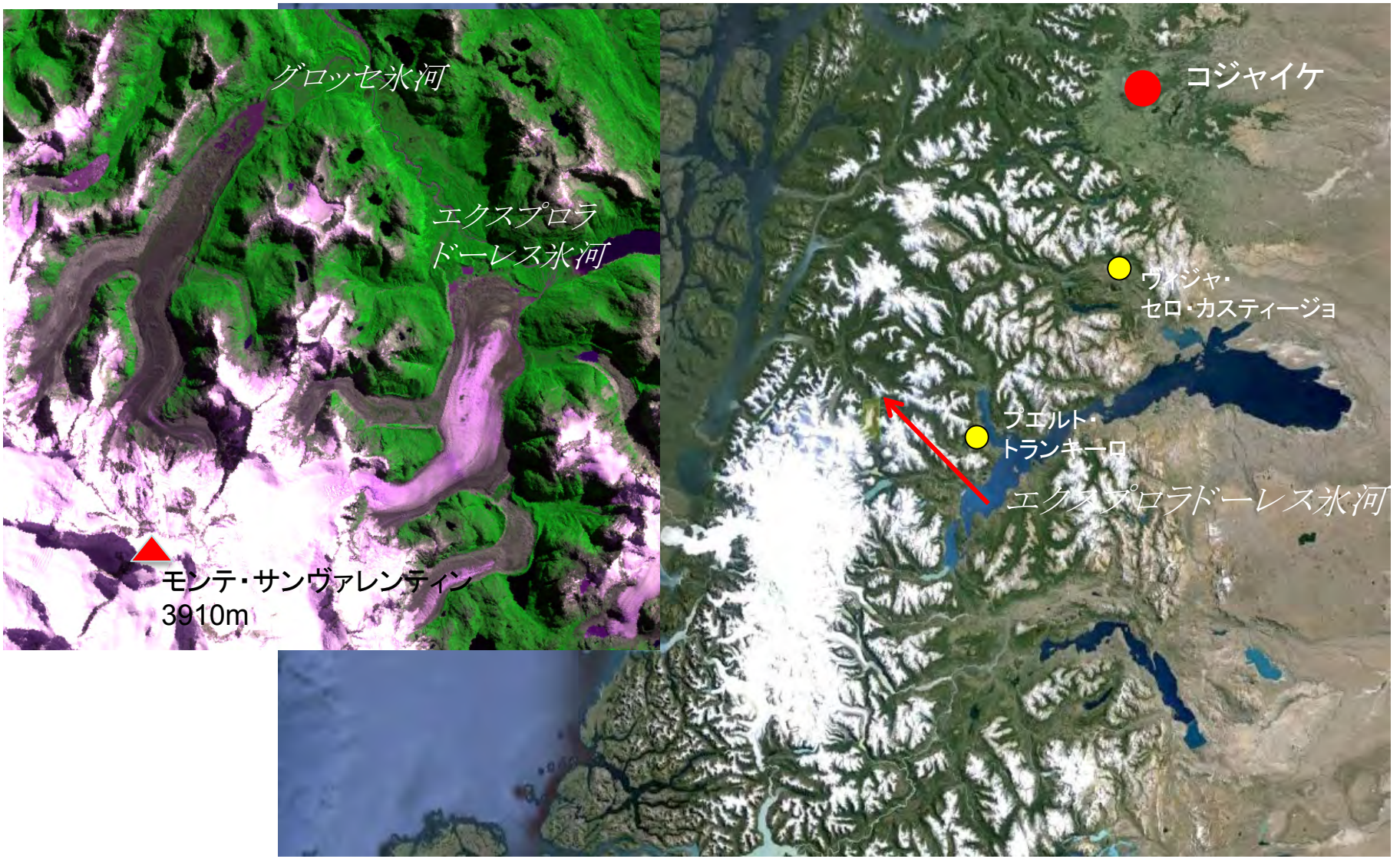


1983~1995年の調査の成果を日本語でまとめた。

1998年10月

B4: 349p

エクスプロラドーレス氷河とグロッセ氷河への旅



Google Earth

最初の調査ー2003年11月-12月



コジャイケの町を出発

道路の終点ーここで馬に乗り換える



Dec. 14, 2003　この写真は帰りの迎え

水路は馬道



目の前のモレイン



ベースキャンプ

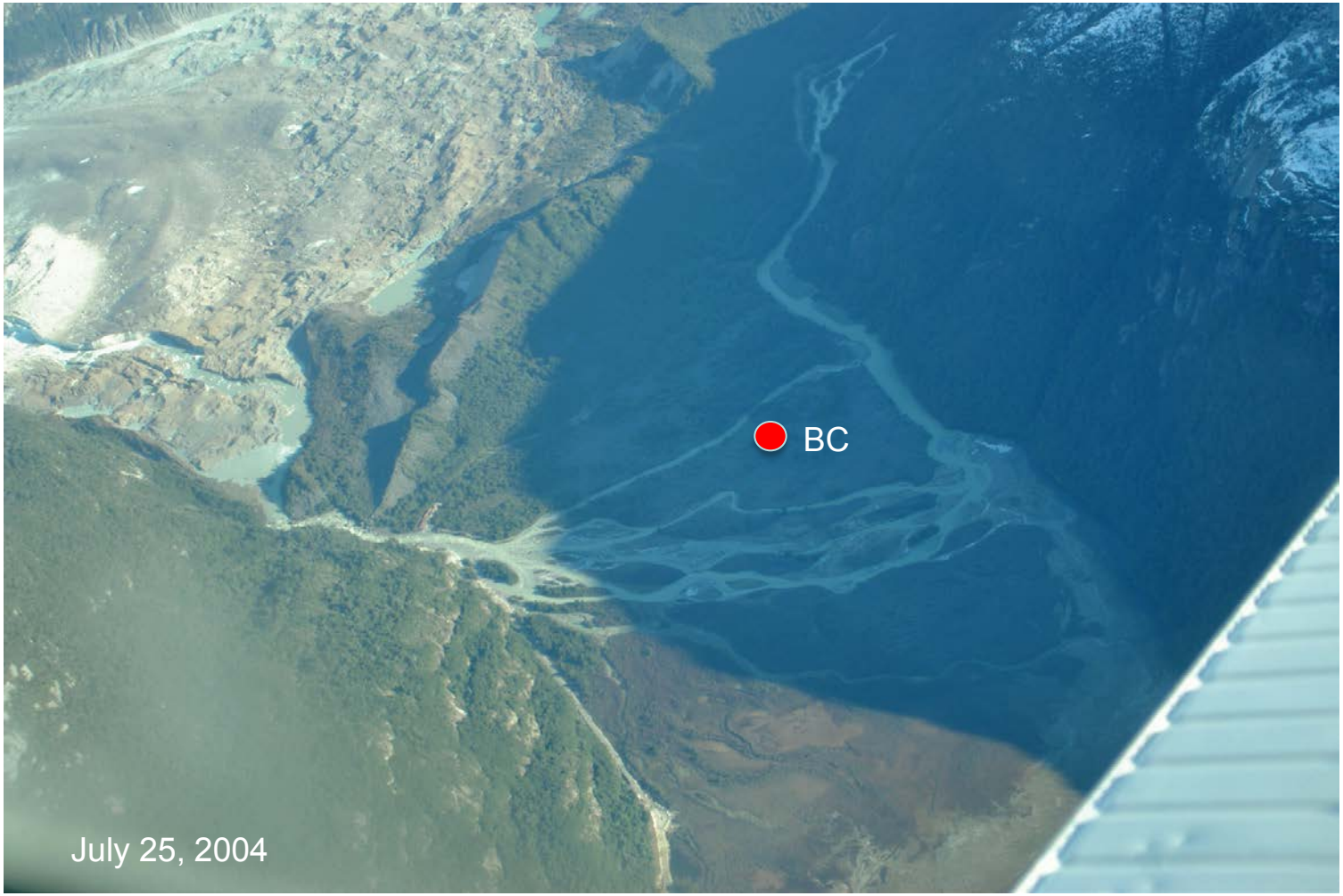


最近、木が切られた空き地。切り株がすごかったが時間も押し迫りここがBestと判断。

ところが、翌朝



空から見ると



来た道を振り返る



ラゴ・バージョ (Lago Bayo)

行く手を見る



モレインを降りて氷河に行く道を捜す。

基準点の位置をGPSで測る



モレインの年代測定資料の採取



草の下には氷がある



氷が土砂に覆われているので草木が生える

帰る日



馬方



迎えに来たミニバス

冬の調査の偵察ー2004年7月



Monte San Valentin (3910 m)

冬のパタゴニアは静か

鏡のような湖面

橋・道路建設用の大型トラック



バスケットによる川の横断



冬の氷河　ー　雪が全くない



建設中の橋



半年後、橋桁ができて歩いて渡れるようになった
2004年の夏（12月）



背負って運んだ荷物



助っ人現る



ここから荷揚げ



ベース・キャンプへの荷揚げ



BC



BCからの景色



キャンプでの食事



調査風景



年代測定用のサンプル（有機物）の採集



年代測定用のサンプル（木片）の採集

夏でも雪が降る



パタゴニアで初めての冬期調査 ― 2005年8月



降雪後のBC



雪は2～3日で融けた

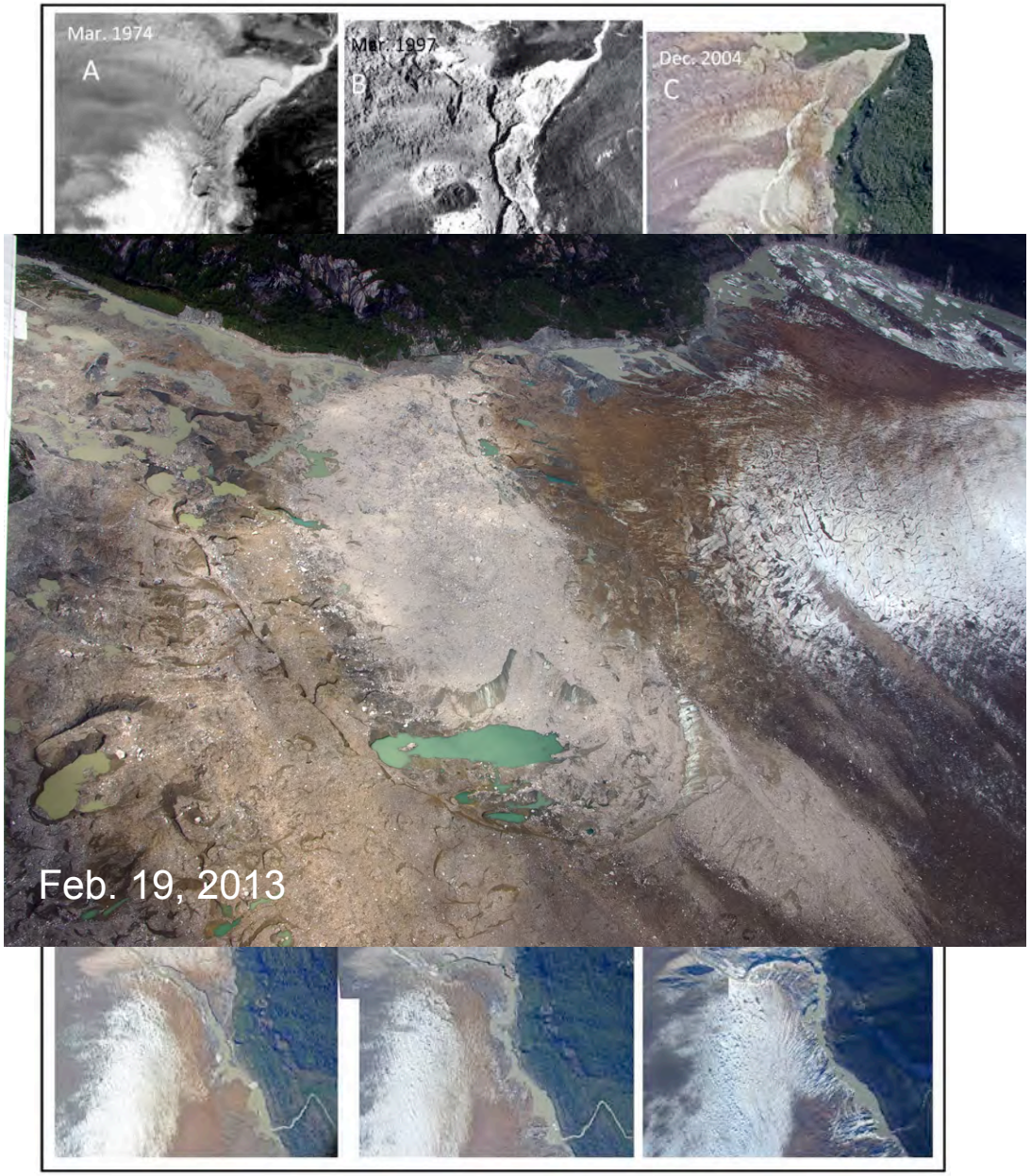
冬のキャンプは雪や寒さではなくネズミが最大の敵であった



気象ステーション





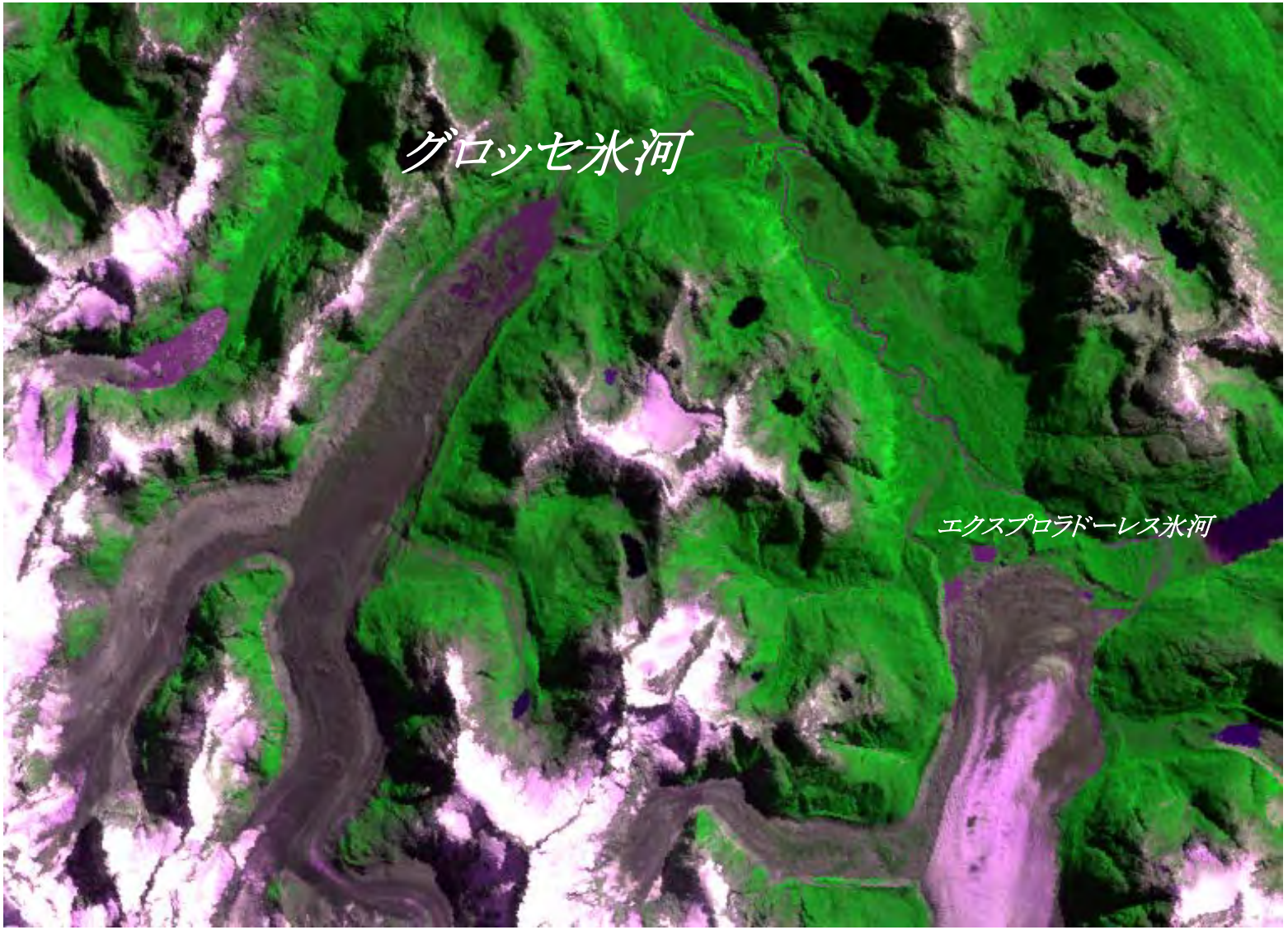


氷河表面水路の変化：
1974-2011

2013年2月までに消えた

グロッセ氷河への旅

Aug., 2005
パタゴニアの冬



ETM、2000年

エクスプロラドーレス川を渡る



2泊3日の調査旅行への出発



グロッセ氷河のモレインを望む



無情にも雪が降り、調査は不可能となった。

グロッセ氷河



雪に覆われたグロッセ氷河のモレイン



年代測定資料の採集は不可能

グロッセ氷河の奥に聳える岩峰



Aug. 6, 2005


雪が積もり滝は凍結した
Aug. 7, 2005
Aug. 3, 2005

ガイドの家



ガイドの家族



ガイドの家に行くには



生活



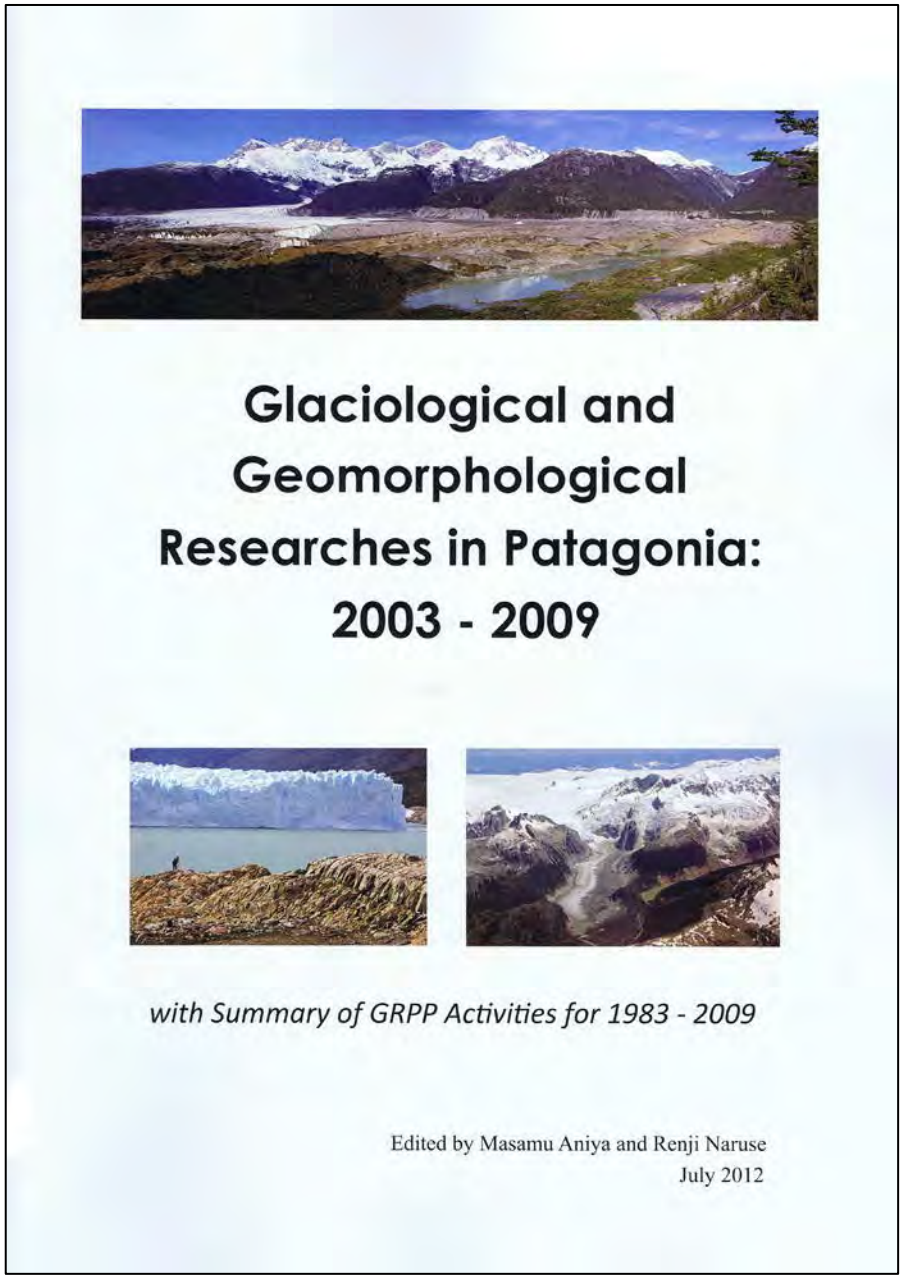






夏





成果の出版

エクスプロラドーレス氷河

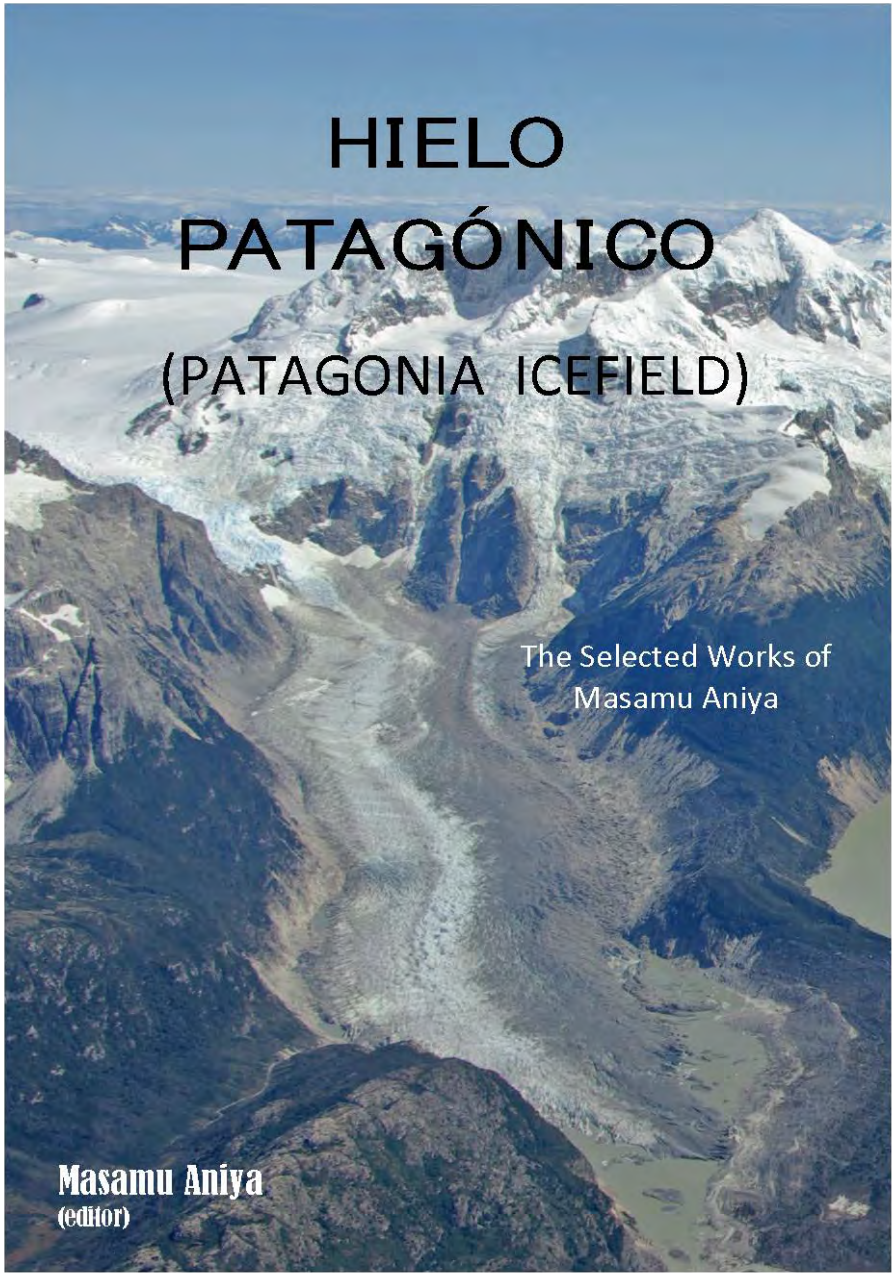
ペリート・モレーノ氷河

他

Aniya & Naruse (eds.)

July 2012

A4: 213p



成果の総集

Jan. 2015

A4: 448p





ご静聴ありがとうございました。