

Outline of the Glaciological Research Project in Patagonia, 1985-1986

Chotaro Nakajima

Professor emeritus of Kyoto University. Present address : Kamishibamoto-cho 34, Shichiku, Kita-ku, Kyoto 603 Japan

(Received December 17, 1986)

1. Introduction

We have conducted glaciological investigations, particularly on meteorology and glacial hydrology in Patagonia, in 1983-84 and 1985-86, which were financially supported by the Japanese Ministry of Education, Science and Culture. The results of the first expedition were published in March, 1985, as "Glaciological Studies in Patagonia Northern Icefield, 1983-1984" by the Data Center for Glacier Research, Japanese Society of Snow and Ice. This issue focuses on the research results of the second expedition in 1985-86.

The Patagonia region is located in the belt of westerly winds of the Southern hemisphere. Since the seasonal meridional migration of the westerly wind belt in the Southern hemisphere is not as great as that in the Northern hemisphere due to small extent of the land mass, the western (windward) side of the Patagonia Icefield receives rain and snow constantly throughout the year, while on the eastern (leeward) side the amount of precipitation is relatively small with a greater number of clear days.

One of the major objectives of the first expedition was to elucidate how these contrasting conditions affect glacier accumulation and ablation, by studying glaciers located on the western and eastern sides of the icefield. San Rafael Glacier on the western side and Soler Glacier on the eastern side were investigated and their characteristics were revealed. Particularly, a relatively high flow velocity of 17 m/d was observed at the San Rafael Glacier snout. Meteorological factors which influence the accumulation and ablation were observed on and around the glacier, and the amount of ablation was recorded. On the Soler Glacier side, hydrological data were also collected in the outlet stream. An aerial photographic survey, particularly by near-vertical photographs, revealed details of the glacier and topographic features around

Soler Glacier.

The success of the first expedition arose keen interest among Chilean scientists and consequently, the second expedition included several Chilean members and received great cooperation from all the Chilean sectors involved in this project. There are some new members who engaged in new research topics such as glacier drilling, tree ring analysis, radiosonde observations and gravimetric survey, as well as continued observation of meteorology and hydrology. The results of these research activities are reported in the following articles of this issue.

Although with these two expeditions, the first four-year project on the Patagonia glaciers was completed, a follow-up project from Japan is being considered.

2. Objectives

The research topics of the Glaciological Research Project in Patagonia (GRPP), from October, 1985 through February, 1986, were the following.

- 1) Meteorological observations on and around glaciers
- 2) Heat balance and ablation measurements on glaciers
- 3) Vertical profiles of temperature and humidity by radiosonde observations
- 4) Glacier drilling on the icefield and core analysis
- 5) Ice flow measurements of glaciers
- 6) Hydrological observations on and around glaciers
- 7) Ice thickness estimation by gravimetric surveys
- 8) Glacier morphology and structure and proglacial landform studies
- 9) Dendrochronology and vegetation around glaciers
- 10) Aerial photographic surveys of glaciers and clouds

Of these, 3), 4) and 7) were carried out for the first time

in Patagonia.

3. Areas for research activities

In the southern part of the Andes between 46°30'S and 51°30'S lie vast seas of ice commonly called the Patagonia Icefield (Hielo Patagónico). The Canal Baker (or Estrecho Baker) at around 48°S separates the Northern (HPN) and Southern (HPS) Icefields. The Northern Patagonia Icefield is about 100 km long and 45 km wide with an area of about 4400 km², while the Southern Icefield is about 360 km long and 40–60 km wide with an area of 13500 km², (Lliboutry, 1956). The highest mountain in Patagonia, Mt. San Valentín (3910 m), is located in the northeastern corner of the Northern Icefield. Much of the Northern Icefield is at elevations ranging from around 1000 m on the western side to 1700 m on the eastern side. The Southern Icefield, with a much larger area, has higher elevations at 1200–2000 m. Numerous glaciers flow out from these icefields. Those from the Southern Icefield are generally much larger than those from the Northern Icefield. Glaciological research was done mainly on San Rafael, Soler, and Tyndall Glaciers.

San Rafael Glacier, whose main ablation area is located around 46°41'S and 73°51'W, is a calving glacier flowing out from the Northern Icefield into Lagoon San Rafael on the western side. It is 45 km long and 3–24 km wide with an estimated area of about 800 km². Its elevation ranges from sea level to 3910 m; however, large area lies between 1000 and 1500 m. The equilibrium line was estimated at 1200 m. This glacier has retreated several kilometers during the past few decades.

Soler Glacier is located on the eastern side of the Northern Icefield, around 46°54'S and 73°10'W. The main ablation area is separated from the icefield by an icefall about 700 m high. The total area is about 2651 km². It is a valley glacier below the icefall, 7 km long and 1.5 km wide with an area of 12 km². The elevation ranges from 350 m at the snout to about 3000 m near Mt. Hyades. The equilibrium line was estimated at 1350 m. The glacier is fed by two sources; one from the icefield and another from the southeastern slope of Mt. Hyades. Reflecting these sources, the glacier consists of two distinctive surfaces, clean and debris-covered. The glacier has been slowly retreating during the past few decades.

Tyndall Glacier is located near the southern tip of

the Southern Icefield, around 51°15'S and 73°16'W. It terminates in two proglacial lakes in Paine National Park. Its elevation ranges under 100 m to well over 1000 m in the icefield. In the middle of the glacier lie massive nunataks which cause glacier flow from the accumulation area at the upper end to diverge and the divergent glacier branches converge at the lower end of this mass of nunataks. About 15 km from the snout, the glacier body is confined in a valley. The glacier has retreated about 4.5 km during the past few decades.

4. Members

The members of the Glaciological Research Project in Patagonia, 1985–86, were:

Project Leader:

Chotaro Nakajima, Dr. (Climatology), Professor Emeritus, Kyoto University, Uji.

Deputy Leader:

Renji Naruse, Dr. (Glaciology), Assistant Professor, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo.

JAPANESE MEMBERS:

Tomomi Yamada, Dr. (Glaciology), Research Fellow, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo.

Masamu Aniya, Dr. (Geomorphology), Assistant Professor, Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Ibaraki.

Jiro Inoue, (Meteorology), Research Fellow, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji.

Tatsuo Sweda, Dr. (Dendrochronology), Research Fellow, Department of Forestry, Nagoya University, Nagoya.

Yasushi Fujiyoshi, Dr. (Meteorology), Research Fellow, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo.

Hiroshi Fukami, (Hydrology), Research Scientist, Geological Survey of Hokkaido, Sapporo.

Hiroshi Kondo, (Meteorology), Graduate Student, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji.

Ippei Nagao, (Meteorology), Graduate Student, Water Research Institute, Nagoya University, Nagoya.

Takuya Fukuzawa, (Glaciology), Undergraduate Student, Hokkaido University, Sapporo.

CHILEAN MEMBERS :

Cedomir Marangunić, Dr. (Glaciology), Consultant Geologist, Centro de Estudios Geológicos y Mineros Ltda., Santiago.

Humberto Peña, Ing. (Hydrology), Jefe sub-Depto. Estudios Hidrológicos, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago.

Gino Casassa, Ing. (Glaciology), Graduate Student, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo.

Fernando Escobar, Ing. (Hydrology), Research Scientist, Estudios Hidrológicos, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago.

Acknowledgments

We would like to take this opportunity to express our gratitude for the assistance rendered to us by Chilean government officials, institutions and people, and other personnels.

Mr. Arturo Ayala, Jefe Departamento Operaciones, DIFROL, Mr. Eugenio Lobo, Director General de Aguas, Mr. Iván Castro, Director de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), Mr. Agustín Brajović, Gerente de Operaciones Línea Aérea del Cobre (LADECO), Mr. Antonio Horvath, editor of *Trapananda* (now Secretario Regional Ministerial de Obras Públicas (SEREMI OO. PP.) in Coihaique), in Santiago ; Mr. Luis Osorio, Gobernador Provincial, Mr. Martín Muñoz, Comandante Cuerpo Militar del Trabajo (CMT), Mr. Pablo Errázuriz, Alcalde, Mr. Francisco Fernández, SEREMI OO. PP., Mr. T. Guillermo Holmberg B., Director Regional de CONAF, Mr. Pablo Aguilera, Director del Servicio Nacional de Pesca (SERNAP), Mr. Aliaky Nagasawa, Jefe Contraparte Japonesa JICA-SERNAP, Mr. Mario Anguita, Director de Vialidad, Mr. Luis Castañeda, Director Regional de Aguas, Mr. Gustavo Araya and Mr. Héctor Novoa of the Piscicultura de SERNAP, in Coihaique ; Mr. Patricio Casanueva, Jefe Provincial Vialidad in Puerto Aisén ; Mr. Carlos de Smet, Alcalde de Chile Chico ; Mr. Oscar Vásquez, Jefe Provincial Vialidad in Cochrane ; Mr. Guillermo Julio, Director Regional de Aguas, Mr. Mauricio Rosenfeld, Director Regional de CONAF, Mr. Carlos Laguna, Jefe Parque Nacional Torres del Paine, in Punta Arenas. To all of them, we are grateful for their kind consideration, general support and study facilities.

Mr. Humberto Fuenzalida, Prof. Departamento

de Geofísica, Universidad de Chile and Mrs. Mary Kalin, Prof. Departamento de Biología, Universidad de Chile, gave scientific advice and comments for our project.

The following people assisted us in the field, with measurements, transportation and general logistics : Mr. Jorge Quinteros and Mr. Raul Anabalón of the Dirección General de Aguas (DGA), and Mr. Rodrigo Mujica, of Coihaique ; Mr. Juan Vargas and Mr. Sergio Saldivia, of Coihaique ; Mr. Anselmo and Mrs. Gullermina Soto, Mr. and Mrs. Mario Pereda, Mr. Luis Pereda, and Mr. Oscar, of Lago Plomo ; Mr. Dagoberto Urrutia of Puerto Bertrand ; Mr. Bernardo Ruiz of Puerto Ibañez ; Mr. Luis Soto of Cochrane ; and Ms. Bonnie Schwahn of USA.

The following offices and companies also gave us invaluable assistance : Dirección Meteorológica de Chile, CONAF X Región, CONAF XI Región, CONAF XII Región, LADECO, Instituto Antártico Chileno, Transporte Aéreo Don Carlos Ltda., Instituto de la Patagonia, and Meteorological Station of Fuerza Aérea de Chile at Lagoon San Rafael.

We are much obliged to many Japanese living in Chile, particularly to the Ambassador and Secretaries of the Japanese Embassy in Santiago, JICA project team in Coihaique, and Mr. Tsuyoshi Nishimura of Santiago.

Also thanks are expressed to the Chilean Embassy in Tokyo. Kawasaki Line Co. assisted us with our return freight.

The expenses of this expedition, research work and publication were supported by a grant-in-aid for Scientific Research from the Japanese Ministry of Education, Science and Culture (Nos. 60041035 and 61043031).

Reference

Llibouty, L. (1956) : *Nieves y Glaciares de Chile*. Ediciones de la Universidad Chile, Santiago, 471p.

Resumen

Bosquejo del Proyecto de Investigación Glaciológica en Patagonia, 1985-86

Durante 1983-84 y 1985-86 hemos llevado a cabo en Patagonia investigaciones glaciológicas, en especial en meteorología e hidrología glacial, las cuales fueron financiadas por el Ministerio de Educación, Ciencia y Cultura de Japón. Los resultados de la primera expedición han sido publicados en Marzo, 1985, como "Glaciological Studies in Patagonia Northern Icefield, 1983-84" por el Data Center for Glacier Research, Japanese Society of Snow and Ice. La presente publicación del Glaciological Research Bulletin tiene por objeto presentar los resultados científicos de la campaña 1985-86.

Patagonia está ubicada en el cinturón de vientos del oeste del hemisferio sur. Dado que la oscilación de este cinturón no es tan pronunciada como en el hemisferio norte debido a la pequeña superficie continental, el lado occidental (barlovento) del Hielo Patagónico está continuamente afectado por lluvia y nieve a través del año mientras que en el lado oriental (sotavento) la precipitación es relativamente baja con un mayor número de días despejados.

Uno de los objetivos principales de la primera expedición fue establecer de que manera estas contrastantes condiciones afectaban la acumulación y ablación glacial, estudiando glaciares ubicados en el lado occidental y oriental del campo de hielo. En esa oportunidad se midió la velocidad del Glaciar desprendente San Rafael ubicado al oeste y del Glaciar Soler al este, y se obtuvo información sobre sus características. En especial se encontró que la velocidad de 17 m/d en el frente del Glaciar San Rafael era de una magnitud comparable a la elevada velocidad del Glaciar Columbia, Alaska. Se observó los factores meteorológicos que controlan la acumulación y ablación alrededor y en el glaciar, y se registró la cantidad de ablación. En el Glaciar Soler también se recolectó información hidrológica del cauce de desagüe. El levantamiento aerofotogramétrico, en especial por medio de fotos casi-verticales, ha revelado detalles del glaciar y características topográficas alrededor del Glaciar Soler.

El éxito de la primera expedición ha desarrollado un gran interés en la comunidad científica chilena y consecuentemente, la segunda expedición incluyó va-

rios integrantes chilenos, brindando gran apoyo todas las instituciones chilenas involucradas en el proyecto. Algunos nuevos integrantes llevaron a cabo nuevos temas de investigación tal como perforación del hielo, análisis dendrocronológico, radio sondas y estudio gravimétrico, como también observaciones continuas en meteorología e hidrología. Los resultados de estas actividades de investigación se muestran en los diversos artículos de esta publicación.

A pesar que con estas dos expediciones se completó el primer proyecto sobre glaciares Patagónicos de 4 años de duración, desde Japón se está considerando la posibilidad de continuarlo.

A continuación se enumeran los temas de investigación del Proyecto de Investigación Glaciológica (GRPP) desde Octubre, 1985 hasta Febrero, 1986. Los estudios se realizaron principalmente en los glaciares San Rafael y Soler en el HPN y en el Glaciar Tyndall en el HPS.

- 1) Observaciones meteorológicas en/y alrededor de glaciares
- 2) Balance energético y mediciones de ablación sobre glaciares
- 3) Perfiles verticales de temperatura y humedad por radio sondas
- 4) Perforación sobre el campo de hielo y análisis de los testigos de hielo
- 5) Mediciones de flujo glaciar
- 6) Observaciones hidrológicas en los glaciares
- 7) Estimación de espesores de hielo por el método gravimétrico
- 8) Morfología glacial y estudios de estructura y formas del terreno proglacial
- 9) Dendrocronología y vegetación
- 10) Levantamientos aerofotogramétricos de glaciares y nubes

De éstos, 3) 4) y 7) se realizaron por primera vez en Patagonia.

La lista de integrantes del Proyecto de Investigación Glaciológica en Patagonia, 1985-86 es la siguiente :

Jefe del Proyecto :

Chotaro Nakajima, Dr. (Climatología), Profesor Emeritus, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji.

Sub Jefe :

Renji Naruse, Dr. (Glaciología), Profesor Asistente,

Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo.

INTEGRANTES JAPONESES

Tomomi Yamada, Dr. (Glaciología), Investigador, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo.

Masamu Aniya, Dr. (Geomorfología), Profesor Asistente, Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Ibaraki.

Jiro Inoue, (Meteorología), Investigador, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji.

Tatsuo Sweda, Dr. (Dendrocronología), Investigador, Department of Forestry, Nagoya University, Nagoya.

Yasushi Fujiyoshi, Dr. (Meteorología), Investigador, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo.

Hiroshi Fukami, (Hidrología), Investigador, Geological Survey of Hokkaido, Sapporo.

Hiroshi Kondo, (Meteorología), Estudiante de post-grado, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji.

Ippei Nagao, (Meteorología), Estudiante de post-grado, Water Research Institute, Nagoya University, Nagoya.

Takuya Fukuzawa, (Glaciología), Estudiante de pre-grado, Hokkaido University, Sapporo.

INTEGRANTES CHILENOS

Cedomir Marangunić, Dr. (Glaciología), Geólogo Consultor, Centro de Estudios Geológicos y Mineros Ltda., Santiago.

Humberto Peña, Ing. (Hidrología), Jefe sub-Depto. Estudios Hidrológicos, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago.

Gino Casassa, Ing. (Glaciología), Estudiante de Post-grado, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo.

Fernando Escobar, Ing. (Hidrología), Investigador, sub-Depto. Estudios Hidrológicos, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago.

Queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos por la gran ayuda recibida por parte de oficiales del Gobierno de Chile, instituciones públicas y privadas y otras personas.

Don Arturo Ayala, Jefe Departamento Operaciones Dirección de Fronteras y Límites (DIFROL), Don Eugenio Lobo, Director General de Aguas, Don Iván Castro, Director de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), Don Agustín Brajović, Gerente de Operaciones Línea Aérea del Cobre (LADECO), Don Antonio Horvath, editor de Trapananda (ahora Secretario Regional Ministerial de Obras Públicas (SEREMI OO. PP.) en Coihaique), en Santiago ; Don Luis Osorio, Gobernador Provincial, Don Martín Muñoz, Comandante Cuerpo Militar del Trabajo (CMT), Don Pablo Errázuriz, Alcalde, Don Francisco Fernández, SEREMI OO. PP., Don T. Guillermo Holmberg, Director Regional de CONAF, Don Pablo Aguilera, Director Regional del Servicio Nacional de Pesca (SERNAP), Don Aliaky Nagasawa, Jefe Contraparte Japonesa JICA-SERNAP, Don Mario Anguita, Director de Vialidad, Don Luis Castañeda, Director Regional de Aguas, Don Gustavo Araya y Héctor Novoa de la Piscicultura de SERNAP, en Coihaique ; Don Patricio Casanueva, Jefe Provincial de Vialidad en Puerto Aisén : Don Carlos de Smet, Alcalde de Chile Chico ; Don Oscar Vásquez, Jefe Provincial de Vialidad en Cochrane ; Don Guillermo Julio, Director Regional de Aguas, Don Mauricio Rosenfeld, Director Regional de CONAF, Don Carlos Laguna, Jefe Parque Nacional Torres del Paine, en Punta Arenas. A todos ellos estamos muy agradecidos por demostrar especiales consideraciones, apoyo general y facilidades de estudio.

El Dr. Humberto Fuenzalida, Prof. Departamento de Geofísica, Universidad de Chile y la Dra. Mary Kalin, Prof. Departamento de Biología, Universidad de Chile, proporcionaron consejos científicos y comentarios hacia nuestro proyecto.

Las siguientes personas nos ayudaron en terreno a realizar mediciones, transporte y logística en general : Sr. Jorge Quinteros y Sr. Raul Anabalón de la Dirección General de Aguas (DGA), Sr. Rodrigo Mujica, de Santiago ; Sr. Juan Vargas y Sr. Sergio Saldivia, de Coihaique ; Sr. Anselmo y Sra. Guillermina Soto, Sr. Mario Pereda y Sra., Sr. Luis Pereda, y Oscar, del Lago Plomo ; Sr. Dagoberto Urrutia de Puerto Bertrand ; Sr. Bernardo Ruiz de Puerto Ibañez ; Sr. Luis Soto de Cochrane ; y Doña Bonnie Schwahn de USA.

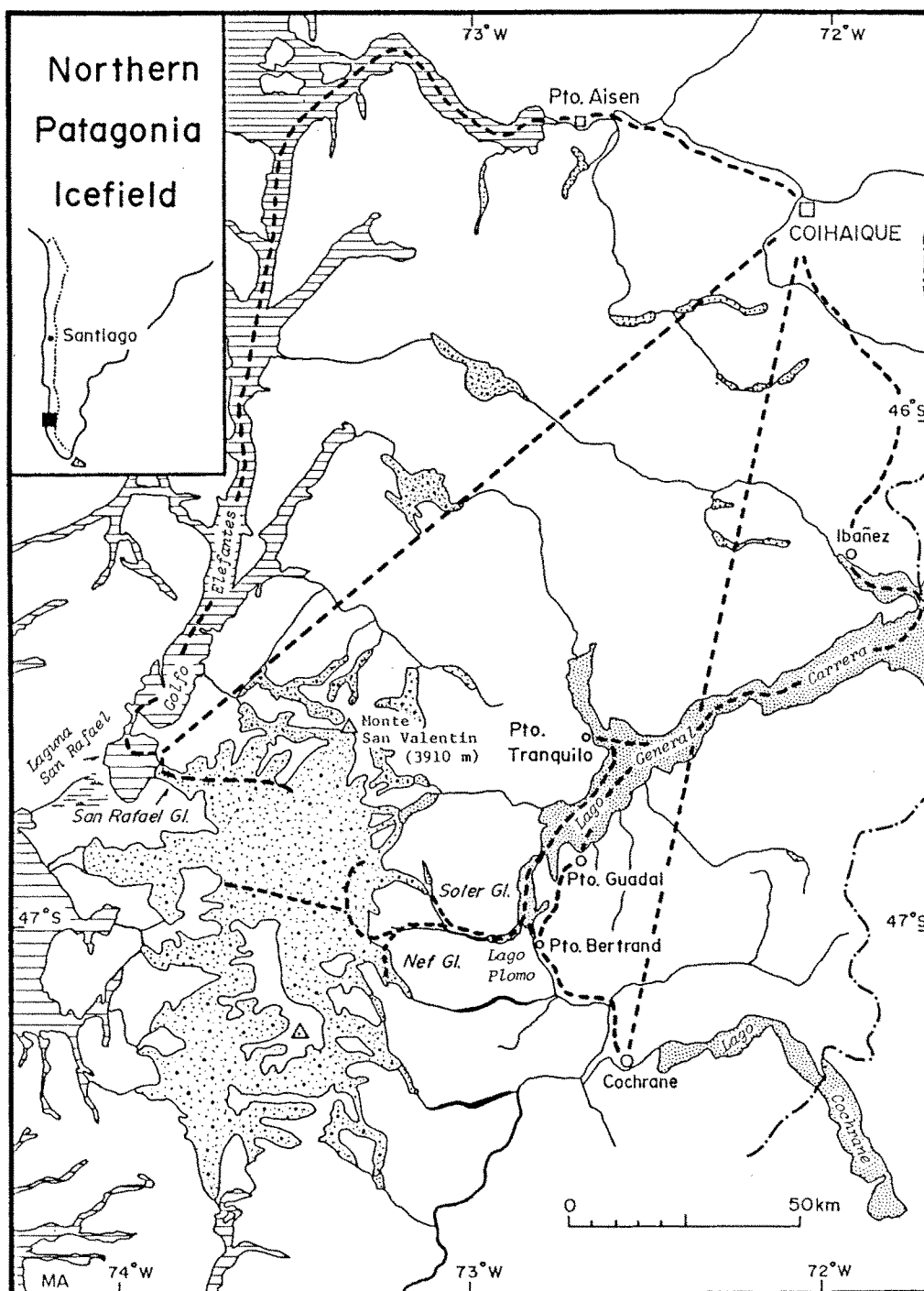
Las siguientes oficinas e instituciones también cooperaron en forma valiosa ; Dirección Meteorológica de Chile, CONAF X Región, CONAF XI Región, CONAF XII Región, LADECO, Instituto Antártico

Chileno, Transporte Aéreo Don Carlos Ltda., Instituto de la Patagonia, y la Estación Meteorológica de la Fuerza Aérea de Chile en la Laguna San Rafael.

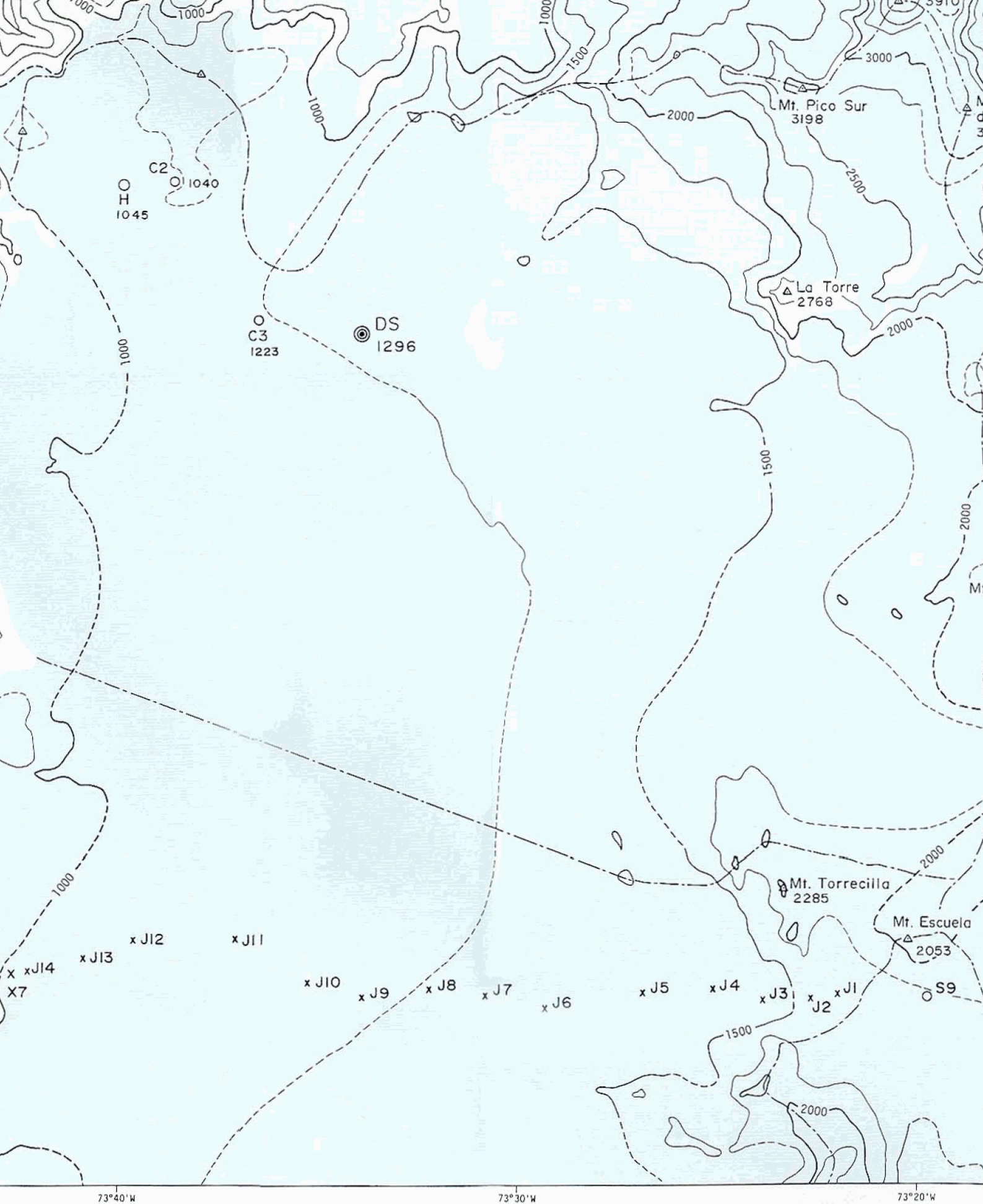
Estamos muy agradecidos de la ayuda brindada por numerosos japoneses residentes en Chile, en especial el Sr. Embajador y Secretarios de la Embajada de Japón en Chile, el grupo del proyecto JICA en Coihaique y el Dr. Tsuyoshi Nishimura de Santiago.

También deseamos dar nuestros agradecimientos a la Embajada de Chile en Tokyo. Kawasaki Line Co. nos ayudó con el flete de retorno.

Los costos de la expedición, el trabajo de investigación y la publicación fueron financiados con fondos para Investigación Científica del Ministerio de Educación, Ciencia y Cultura de Japón.



Map 1. Northern Patagonia Icefield and the expedition routes. Map based on the USAF Navigation Chart and partly modified using 1 : 50,000 topographic maps published by Instituto Geográfico Militar of Chile.



from that on the
 afico Militar of
 the topographic
 utry (1956) gave
 ed 1.5 km to the
 o name is given
 ht of Mt. Hyades
 ghest peak, but
 ons in 1970 and

Scale 1:150,000



Contour Interval: 250 m

