

第 2 1 回極域気水圏シンポジウム
プログラム・講演要旨

The Twenty-first Symposium
on
Polar Meteorology and Glaciology
Programme and Abstracts

国立極地研究所図書室



000186544

1998年11月25日(水)～11月26日(木)
November 25～26, 1998

国立極地研究所

National Institute of Polar Research
Tokyo, Japan

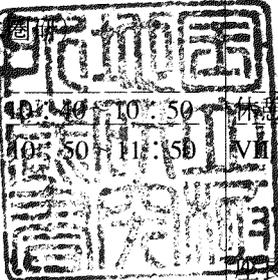
第21回極域気水圏シンポジウム プログラム

日 時： 1998年
11月25日（水）09：30～18：00
11月26日（木）09：30～16：50

会 場： 国立極地研究所 講堂（6階）

主 催： 国立極地研究所

第 2 1 回極域気水圏シンポジウム・日程表

1 1 月 2 5 日 (水)	1 1 月 2 6 日 (木)
開会の挨拶 9:30~9:40 平澤威男 (極地研所長)	VI. 大気循環< 2 >、放射 (6) 9:30~10:45 座長: 山崎孝治 (北大院・地球環境)
I. ドームふじ基本解析 (5) 9:40~10:40 座長: 上田 豊 (名大・大気水圏研)	
	
休憩 10:40~10:50 II. コア解析研究 (5) 10:50~11:50 座長: 庄子 仁 (北見工大)	休憩 10:45~10:55 VII. エアロゾル・PSCs< 1 > (5) 10:55~11:55 座長: 林 政彦 (福岡大・理)
昼食・休憩 11:50~13:00	昼食・休憩 11:55~13:00
PI. ポスター発表 (28) 13:00~14:00 雪氷 海洋	PII. ポスター発表 (30) 13:00~14:00 大気
III. 氷床環境 (7) 14:00~15:25 座長: 西尾文彦 (北海道教育大・釧路)	VIII. エアロゾル・PSCs< 2 > (6) 14:00~15:15 大気微量成分 座長: 三浦和彦 (東京理科大)
休憩 15:25~15:35 IV. 海氷・海洋 (6) 15:35~16:50 座長: 滝沢隆俊 (海洋科技センター)	休憩 15:15~15:25 V X. 北極 (6) 15:25~16:40 座長: 長田和雄 (名大STE研)
V. 大気循環< 1 > (3) 17:00~17:40 座長: 榎本浩之 (北見工大)	閉会の挨拶 16:40~16:50 渡辺興亜 (極地研)
懇親会: 研究棟 2 F 講義室 18:00~19:30	

* 各セッションの () 内の数字は講演数

* 口頭発表の講演時間は12分 (発表10分、質疑 2分)

P18906
11.1.14

第21回極域気水圏シンポジウムプログラム

口頭発表の講演時間は12分（発表10分、質疑2分）

11月25日（水） 9:30～17:40

開会の挨拶 国立極地研究所所長 平澤威男（9:30～9:40）

I. ドームふじ基本解析（9:40～10:40）

座長：上田 豊（名大・大気水圏研）

I-1 南極ドームふじ深層コアの同位体組成・化学主成分濃度・微粒子濃度に関する基本解析

渡辺興亜、藤井理行、神山孝吉、本山秀明、古川晶雄、五十嵐誠、島田互、森本真司、金森暢子（極地研）、佐藤和秀（長岡高専）、上田豊、中尾正義、田中浩、金森悟（名大・水圏研）、東信彦（長岡技科大）、庄子仁、亀田貴雄、高橋修平（北見工大）、成田英器、本堂武夫、山田知充、白岩孝行（北大・低温研）、藤田秀二、前晋爾（北大・工）、中澤高清、青木周司（東北大・理）、川田邦夫（富山大・理）、横山宏太郎（北陸農試）

I-2 ドームふじ深層コアの年代について

渡辺興亜（極地研）、庄子仁（北見工大）、佐藤和秀（長岡高専）、本山秀明（極地研）

I-3 南極ドームふじコアの結晶組織解析

東信彦、王うん（長岡技科大）、成田英器、本堂武夫（北大低温研）、庄子仁（北見工大）、渡辺興亜（極地研）

I-4 南極ドームふじ深層コアの物理基本解析

本堂武夫、成田英器、堀彰、宮本淳、藤井道子（北大・低温研）、庄子仁、亀田貴雄（北見工大）、前晋爾、藤田秀二、池田倫子、深沢裕、福村拓（北大・工）、東信彦、王うん（長岡技科大）、川田邦夫（富山大・理）、渡辺興亜、本山秀明（極地研）

I-5 ドームふじ深層コアの固体交流電気伝導度

藤田秀二（北大・工）、本山秀明（極地研）、東信彦（長岡技科大）、成田英器（北大・低温研）、藤井理行（極地研）

休憩：10:40～10:50

II. コア解析研究（10:50～11:50）

座長：庄子 仁（北見工大）

II-1 南極ドームふじ深層コアによる温室効果気体の変動の再現準備状況と初期解析

中澤高清、川村賢二、青木周司、大和田有軌（東北大・大気海洋センター）
町田敏暢（環境研）

II-2 ドームFコアの火山灰層

藤井理行、本山秀明（極地研）、藤田秀二（北大・工）、東信彦（長岡技科大）、河野美香、的場澄人（総研大）、福岡孝昭（立正大・地球環境）、菊地正（山口東京理科大）、鈴木利孝（山形大・理）、渡辺興亜（極地研）

II-3 南極ドームふじコア 573m および 2202m 深火山灰の化学組成

河野美香（総研大）、藤井理行（極地研）

II-4 クラウディー・バンドの結晶C軸方位分布と氷コアの変形特性

宮本淳（北大・低温研）、庄子仁（北見工大）、成田英器（北大・低温研）、渡辺興亜（極地研）、Henrik B. Clausen（コペンハーゲン大学）、本堂武夫（北大・低温研）

II-5 Phase lag of Antarctic and Greenland climate in the Last glacial

Thomas Blunier (Univ. of Bern)

昼食・休憩：11：50～13：00

PI. ポスター発表（雪氷・海洋）（13：00～14：00）

PI-1 1997年ドームふじ観測拠点における深層コア現場処理と深層掘削現状報告

本山秀明（極地研）、川村泰史（奈良女子大）、東信彦（長岡技科大）、藤田秀二（北大・工）、成田英器、山田知充（北大・低温研）、藤井理行、渡辺興亜（極地研）

PI-2 氷期一週氷期サイクルにおける陸域起源物質の変動

藤井理行、本山秀明（極地研）、福岡孝昭（立正大・地球環境）、菊地正（山口東京理科大）、鈴木利孝（山形大・理）、的場澄人、河野美香（総研大）、渡辺興亜（極地研）

PI-3 南極ドームふじ基地深層掘削コアの溶存化学成分の鉛直分布と気候変動に伴う特徴

神山孝吉、東久美子、五十嵐誠（極地研）、渡辺幸一、永尾一平、田中浩（名大・大気水圏研）、金森悟、金森暢子

PI-4 南極ドームふじ深層コア中のテフラ粒子の特性化

菊地正（山口東京理科大）、小島真次郎（理学電機工業）、藤井理行（極地研）、河野美香（総研大）

PI-5 ドームふじ 52m コア中の固体微粒子のSEM-EDX 評価

工藤善之、中村寿充、須澤貴祥、古谷圭一（東京理科大・理）、菊地正（山口東京理科大・基礎工学）、神山孝吉、渡辺興亜（極地研）

PI-6 南極 H15 コアに記録された過去 300年の火山シグナル

河野美香*、日下部実（岡山大・地球研、*現・総研大）、福岡孝昭（立正大・地球環境）、藤井理行（極地研）

PI-7 南極 H15 コア中に1815年タンボラ火山？テフラ

林伸幸（日大院・理）、福岡孝昭（立正大）、河野美香、藤井理行（極地研）、遠藤邦彦（日大）

PI-8 東南極 S25 コア中の化学成分濃度の変動特性

渡辺幸一（名大・大気水圏研）、佐藤和秀（長岡高専）、神山孝吉、本山秀明、渡辺興亜（極地研）

- PI - 9 ドームF深層コアの空気含有物測定と力学試験
成田英器（北大・低温研）、庄子仁、亀田貴雄（北見工大）、東信彦（長岡技科大）、宮本淳、本堂武夫（北大・低温研）、川田邦夫（富山大・理）、前晋爾（北大・工）
- PI - 10 ドームふじコアにおける気泡及び空気包接水和物結晶のラマン散乱測定
福村拓、池田倫子、深沢裕、前晋爾（北大・工）、本堂武夫（北大・低温研）
- PI - 11 南極ドームFコア氷の格子定数測定
森川公彦、本堂武夫、宮本淳、堀彰、成田英器（北大・低温研）
- PI - 12 ドームF浅層コアのX線密度プロファイル
堀彰、田行一成、成田英器、本堂武夫（北大・低温研）、亀田貴雄、庄子仁（北見工大）、東信彦（長岡技科大）、本山秀明、渡辺興亜（極地研）
- PI - 13 Penny Ice Cap (Canada) コア P96 コアの結晶粒特性と気泡数密度の測定
奥山純一、成田英器、本堂武夫、宮本淳（北大・低温研）、渡辺興亜（極地研）、R. M. Koerner (TSD/GSD, Canada)
- PI - 14 Vostok Antarctic ice の中性子散乱測定
深澤裕（北大・工）、池田進（高エネルギー加速器機構）、本堂武夫（北大・低温研）、V. Ya. Lipenkov (AARI)、前晋爾（北大・工）
- PI - 15 南極ドームふじ降雪試料中の脂質の組成と季節変化
山本芳樹、河村公隆、松永壮（北大・低温研）、東信彦（長岡技科大）、藤井理行、本山秀明（極地研）
- PI - 16 南極ドームF周辺の堆積環境
本山秀明（極地研）、川村泰史（奈良女子大）、神山孝吉、渡辺興亜（極地研）
- PI - 17 北極圏氷河学術調査隊 (JAGE 98 - Svalbard) 報告 (1)
—現地調査の概要および氷河水化学解析結果報告—
渡辺興亜、神山孝吉、[○]五十嵐誠、飯塚芳徳（極地研）、亀田貴雄、館山一孝（北見工大）、白岩孝行（北大・低温研）、渡辺幸一（名大・大気水圏研）、宮原盛厚（(株)日本リンク）、藤井純一（(株)NTT 北海道）、Erizabeth Isaksson (Norwegian Polar Ins.)
- PI - 18 北極圏氷河学術調査隊 (JAGE 98 - Svalbard) 報告 (2)
—氷温および再凍結氷の分布—
渡辺興亜、神山孝吉、五十嵐誠、飯塚芳徳（極地研）、[○]亀田貴雄、館山一孝（北見工大）、白岩孝行（北大・低温研）、渡辺幸一（名大・大気水圏研）、宮原盛厚（(株)日本リンク）、藤井純一（(株)NTT 北海道）、Elizabeth Isaksson (Norwegian Polar Ins.)
- PI - 19 西スバルバルにおける氷河上季節積雪の融解と流出
石井吉之、兒玉裕二（北大・低温研）、伊藤一（極地研）
- PI - 20 エアロゾル及び降水中金属元素の地球化学的特徴
一谷修也（総研大）
- PI - 21 INSAR を利用した積雪深計測の可能性
鈴木勝裕、神力正浩、佐々木正巳（北海道工業大）
- PI - 22 SAR 画像の検証を目的とした航空機によるクレバス帯の観測
高橋晃（通総研）、藁科秀男（仙台電波高専）、深津徹（東海電気通信監理局）、山内恭、古川晶雄（極地研）
- PI - 23 運動学的温度
伊藤一（極地研）

PI - 24 船舶に搭載したレーザ距離計によるオホーツク海の海水観測

下田春人、宇都正太郎（船舶技研）

PI - 25 冬季オホーツク海南西部における海水の酸素同位体比

山本美千代、田中教幸、角皆静男（北大院・地球環境）

PI - 26 オホーツク海南西部における冬季の海水生成と炭酸系の経年変動

大槻晃久、渡邊修一、角皆静男（北大院・地球環境）、大島慶一郎
（北大・低温研）

PI - 27 南極発散域における低気圧性渦の形成

牛尾収輝（極地研）、深町康、大島慶一郎、若土正暁（北大・低温研）

PI - 28 氷期・間氷期サイクルにおける南極の氷床変動と大気循環：序報

斎藤冬樹、阿部彩子（東大気候システム研究センター）

III. 氷床環境（14:00～15:25）

座長：西尾文彦（北海道教育大・釧路）

III - 1 南極ドームふじにおける1997年雪氷観測概要報告（第38次南極観測隊）

本山秀明（極地研）、川村泰史（奈良女子大）、金戸進（気象庁）、
渡辺興亜（極地研）

III - 2 東南極クイーンモードランド高原における酸素安定同位体組成、積雪涵養量および温度

佐藤和秀（長岡高専）、渡辺興亜、本山秀明（極地研）、庄子仁（北見工大）

III - 3 南極氷床内部の電波反射層の物理

藤田秀二、前晋爾（北大・工）、前野英生、浦塚清峰（通総研）、古川晶雄、
藤井理行、渡辺興亜（極地研）

III - 4 AMSR を利用した氷上の積雪の観測

大橋良彦、佐々木正巳、鈴木勝裕、秋葉録二郎（北海道工大）、
和田誠（極地研）

III - 5 積雪中の安定同位体比の変化について

橋本重将、周石礒、坂井亜規子、中尾正義、上田豊（名大・水圏研）、
石川信敬、成田英器（北大・低温研）

III - 6 南極ドームふじ降雪試料中における低分子ジカルボン酸組成の季節変化

松永壮、河村公隆、山本芳樹（北大・低温研）、東信彦（長岡技科大）、
藤井理行、本山秀明（極地研）

III - 7 Densification of cold snow layers

Zhou SHIQIAO, S. HASHIMOTO, A. SAKAI, M. NAKAWO (Nagoya Univ.), H.
NARITA and N. ISHIKAWA (Hokkaido Univ.)

休憩：15:25～15:35

IV. 海水・海洋（15:35～16:50）

座長：滝沢隆俊（海洋科技センター）

IV - 1 The Arctic Oscillation and the Northern Hemisphere Sea-ice distribution in Wintertime

Fang Zhifang (Chengdu Ins. of Meteorology, China), J. M. Wallace,
D. W. J. Thompson (Univ. of Washington, U.S.A.)

- IV-2 ノースウォーター (NOW) ポリニア域における海水下での乱流フラックスおよび海水構造の観測
小日向邦夫、白澤邦男、河村俊行、高塚徹 (北大・低温研)
- IV-3 バルト海水縁域における海水下乱流境界層の観測
白澤邦男、小日向邦夫、高塚徹 (北大・低温研)
- IV-4 Thermobaric convection に関する数値実験
納谷美也子、長島秀樹 (東京水産大)
- IV-5 1997 - 1998 年南極リュツォ・ホルム湾の海水流出について
牛尾収輝、山内恭 (極地研)、高橋晃 (通総研)
- IV-6 ECM 法による海水塩分量と海水構造の異方性
戸山陽子、西尾文彦 (北海道教育大・釧路)

休憩：16：50～17：00

V. 大気循環 (1) (17：00～17：40)

座長：榎本浩之 (北見工大)

- V-1 第38次「南極大気・物質循環観測」概要報告
山内恭、平沢尚彦 (極地研)、林政彦 (福岡大・理)
- V-2 ドームふじ観測拠点の地上風向に見られる5日周期の変動 (速報)
森永裕幸 (気象庁)、平沢尚彦 (極地研)
- V-3 東南極大陸上でのブロッキングの形成とドームふじ観測拠点の気象
平沢尚彦 (極地研)、中村尚 (東大・理)

懇親会 (研究棟2階) : 18：00～19：30

11月26日 (木) 9：30～16：50

VI. 大気循環 (2)、放射 (9：30～10：45)

座長：山崎孝治 (北大院・地球環境)

- VI-1 南極内陸部の冬期昇温と大気循環の年々変動について
榎本浩之 (北見工大)
- VI-2 ラジオゾンデ定期観測データに基づく南極域重力波の解析
吉識宗佳、佐藤薫 (京大・理)
- VI-3 高緯度域成層圏における下降流について
薛東一、山崎孝治 (北大院・地球環境)
- VI-4 オゾンホールが引き起こす大気大気循環の変動
廣岡俊彦、西吉寿彦、渡辺真吾、宮原三郎 (九州大・理)
- VI-5 南極雪面上における紫外域日射量の数値実験
青木輝夫、青木忠生、深堀正志 (気象研)
- VI-6 火山灰エアロゾルおよび雲が南極域大気一積雪系内の下向き放射フラックスに及ぼす影響
堀雅裕 (NASDA)、青木輝夫、青木忠生、深堀正志、内山明博 (気象研)

休憩：10：45～10：55

VII. エアロゾル・PSCs（1）（10：55～11：55）

座長：林 政彦（福岡大・理）

- VII-1 ドームふじ上空の成層圏エアロゾルの季節変動：気球搭載 OPC とライダーの同時観測
林政彦*、渡辺征春、柴田隆、足立宏、酒井哲、田村耕一、長谷正博、
中田滉、岩坂泰信（名大 STE 研）、牧山慎司、白石浩一、藤原玄夫（福岡
大・理）、平沢尚彦、山内恭（極地研）*：現在（福岡大・理）
- VII-2 ドームふじ周辺のプロッキング高気圧侵入にともなう極成層圏雲 (PSCs) の変化
林政彦、*牧山慎司、白石浩一、藤原玄夫（福岡大・理）、平沢尚彦、
山内恭（極地研）、柴田隆、足立宏、酒井哲、田村耕一、長谷正博、仲田滉、
岩坂泰信（名大 STE 研）
- VII-3 南極・昭和基地で観測されたエアロゾル粒子サイズ一数濃度の変動 - II
岩坂泰信、長田和雄（名大 STE 研）、林政彦（福岡大・理）、
長谷正博（名大 STE 研）、宇井啓高（富山大・教育）、山内恭（極地研）、
深津徹（東海電監）、橋田元（極地研）
- VII-4 昭和基地における酸性ガス・大気エアロゾル成分 ～38次南極観測隊での観測～
原圭一郎、長田和雄、林政彦、木戸瑞佳、松永捷司、岩坂泰信（名大 STE
研）、山内恭（極地研）、深津徹（東海電監）
- VII-5 南極・昭和基地の大気エアロゾルに含まれる水溶性イオン濃度 - II
第38次日本南極地域観測隊における観測
長田和雄、原圭一郎、木戸瑞佳（名大 STE 研）、林政彦（福岡大・理）、
山内恭（極地研）、深津徹（東海電監）、宇井啓高（富山大・教育）、
松永捷司、岩坂泰信（名大 STE 研）

昼食・休憩 11：55～13：00

PII. ポスター発表（大気）（13：00～14：00）

- PII-1 JT クライオスタットを用いた成層圏大気クライオサンプラーの開発 (2)
森本真司、和田誠、山内恭（極地研）、本田秀之（宇宙研）、青木周司（東
北大・理）、大場章弘、弘川昌樹（日本酸素）
- PII-2 昭和基地で採集された個々のエアロゾル粒子の解析
毛利英明（気象研）、永尾一平（名大・水圏研）、岡田菊夫（気象研）、
古賀聖治（資環研）、田中浩（名大・水圏研）
- PII-3 海洋大気エアロゾルに含まれる水溶性イオン濃度の地理的分布
第39次日本南極地域観測隊 観測船「しらせ」における観測
長田和雄（名大 STE 研）、橋田元（極地研）、原圭一郎、木戸瑞佳（名大
STE 研）、林政彦（福岡大・理）、松永捷司、岩坂泰信（名大 STE 研）
- PII-4 昭和一みずほ基地間の水蒸気・エアロゾル航空機観測
山内恭、和田誠（極地研）、深津徹（東海電監）、林政彦（福岡大・理）、
長田和雄、長谷正博、中田滉、岩坂泰信（名大 STE 研）

- PII - 5 ドームふじ観測拠点におけるエーロゾル・ラドン濃度の季節変動
林政彦*、長田和雄、岩坂泰信、長谷正博、中田滉（名大 STE 研）、
田阪茂樹（岐阜大・教育）、飯田孝夫（名大・工）、平沢尚彦、山内恭（極地研）*：現在（福岡大・理）
- PII - 6 南極ドームFにおける積雪、大気エアロゾルおよび酸性ガスの化学（3）
金森悟、金森暢子（名大）、渡辺興亜、藤井理行、本山秀明（極地研）、
亀田貴雄（北見工大）
- PII - 7 スバルバルと南極ドーム基地上空で観測した極成層圏雲の比較
白石浩一、林政彦、佐藤和史、牧山慎司、藤原玄夫（福岡大・理）、柴田隆、
足立宏、酒井哲、石井昌憲、田村耕一、岩坂泰信（名大 STE 研）、
平沢尚彦、山内恭（極地研）
- PII - 8 内陸旅行中の移動気象観測（第38次南極地域観測隊）
木津暢彦、中嶋哲二、江崎雄二、松島功、栗田邦明（気象庁）、山内恭、
本山秀明、平沢尚彦（極地研）
- PII - 9 ドームふじ観測拠点で観測された積雪表面近傍における特異な気温変動
本山秀明（極地研）、金戸進（気象庁）、平沢尚彦（極地研）
- PII - 10 ドームふじ観測拠点におけるGPS 高層気象ゾンデの通年観測
平沢尚彦（極地研）、林政彦（福岡大）、川村泰史（奈良女子大附属中）、
西平亮（共同通信）、西村淳（海上保安庁）、福田正人（砂川市立病院）
- PII - 11 ドームふじ観測拠点の地上気温、風向データに含まれるエラーについて
平沢尚彦（極地研）、森永裕幸（気象庁）
- PII - 12 ドームふじ観測拠点の雲量と長波放射量の比較
平沢尚彦、山内恭（極地研）
- PII - 13 南極域衛星データの雲と地表の識別
久保守、村本健一郎（金沢大・工）、山内恭（極地研）
- PII - 14 SSM/I データを利用した南極の水蒸気量の変動
三浦啓充、高橋忠司（埼玉大・教育）、和田誠（極地研）
- PII - 15 補間処理による南極大陸気温分布図の作成
佐々木順一、志賀太生、猪股悟司、畑中雅彦、板倉賢一（室蘭工大）、
和田誠、平沢尚彦（極地研）
- PII - 16 Temporal Variations of Surface UV Radiation at King Sejong Station in Antarctica
Bang Yong Lee (KORDI, Korea), Hi-Ku Cho (Yonsei Univ., Korea) and
Sung Nam Oh (ETRI, Korea)
- PII - 17 昭和基地における地上オゾン急減現象 (SOD) とそのバックトラジェクトリー解析
— 1997年8月28～29日のSODの事例解析—
江崎雄治（福岡管区気象台）、林政彦（福岡大）、山内恭（極地研）
- PII - 18 南半球高緯度の極夜のオゾン全量について
忠鉢繁（気象研）
- PII - 19 カナダ・ユーレカ基地上空のオゾンについて (2)
廣田道夫（気象大学校）、宮川幸治（高層気象台）、永井智広、藤本敏文、
牧野行雄（気象研）、内野修（気象庁観測部）、H. Fast（カナダ大気環境局）
- PII - 20 極成層圏雲粒子の相状態と温度との関係 —Ny-Ålesundでのライダー観測—
足立宏、柴田隆、酒井哲、石井昌憲、田村耕一、荒木真、長谷正博
（名大 STE 研）、白石浩一、佐藤和司、牧山慎司、林政彦、藤原玄夫（福
岡大）、岩坂泰信（名大 STE 研）
- PII - 21 垂直レーダーの長期連続観測データを用いた極域の雲のタイプの分類
小西啓之（大阪教育大）

- PII - 22 1997/98 冬季スバルバルニーオルスンの雲、降水、エアロゾルの観測 (I)
 和田誠 (極地研)、小西啓之 (大阪教育大)
- PII - 23 AAMP'98 における温室効果気体の観測
 菅原敏 (宮城教育大)、森本真司、塩原匡貴 (極地研)、中澤高清、
 青木周司、吉村悟 (東北大・理)
- PII - 24 AAMP 98 観測 北極圏上空エアロゾル中のイオン成分
 庄司和弘、山形定、村尾直人、太田幸雄 (北大院・工)、塩原匡貴、
 藤井理行 (極地研)
- PII - 25 北極飛行機観測 (AAMP 98) における大気エアロゾル粒子の直接採集
 原圭一郎、岩坂泰信、長田和雄、松永捷司、猪股弥生、渡辺征春
 (名大 STE 研)、山形定 (北大・工)、塩原匡貴 (極地研)
- PII - 26 北極航空機観測 (AAMP 98) による北半球中・高緯度の対流圏一成層圏の
 硫化カルボニル (COS) の濃度
 猪股弥生、松永捷司 (名大 STE 研)、菅原敏 (宮城教育大)、森本真司
 (極地研)、長田和雄、岩坂泰信、渡辺征春 (名大 STE 研)、
 塩原匡貴 (極地研)
- PII - 27 AAMP 98 (Arctic Airborne Measurement Program 1998) における
 成層圏・対流圏エアロゾル数濃度の観測
 渡辺征春、長田和雄、猪股弥生、柴田隆、足立宏、岩坂泰信 (名大 STE 研)、
 山形定 (北大・工)、塩原匡貴 (極地研)、土屋政義 (シグマテック)、
 大橋敏次 (DAS)
- PII - 28 カナダ北極対流圏エアロゾルの長距離輸送
 石井昌憲、柴田隆 (名大 STE 研)、板部敏和、水谷耕平 (通総研)、
 永井智広、藤本敏文 (気象研)
- PII - 29 北極圏航空機観測 (AAMP 98) で観測された北極域上部対流圏及び下部成層圏の二酸化炭素濃度
 町田敏暢 (環境研)、菅原敏 (宮城教育大)、森本真司、塩原匡貴 (極地研)
- PII - 30 地上オゾンの季節変動と反応性および地球環境シグナルの解析 (第2報)
 二木安之 (信州大・医衛生)、渡辺興亜、神山孝吉 (極地研)

VIII. エアロゾル・PSCs (2) (14:00~15:15)

大気微量成分

座長：三浦和彦 (東京理科大)

- VIII-1 昭和基地上空の成層圏エアロゾルの季節変化
 — 38次隊における光散乱計数型エアロゾルゾンデによる観測 —
 木津暢彦、江崎雄二、松島功、栗田邦明、中嶋哲二 (気象庁)、林政彦
 (福岡大)、渡辺征春、岩坂泰信 (名大 STE 研)、山内恭 (極地研)
- VIII-2 南極昭和基地におけるエアロゾルの光学的厚さの高度分布
 中嶋哲二 (徳島地方気象台)
- VIII-3 1996年に昭和基地で観測されたラドン嵐
 宇井啓高 (富山大・教育)、田阪茂樹 (岐阜大・教育)、林政彦
 (福岡大・理)、長田和雄、岩坂泰信 (名大 STE 研)
- VIII-4 南大洋上の大気中生物起源有機化合物の測定
 横内陽子、町田敏暢 (環境研)、青木周司 (東北大・理)

VIII-5 昭和基地におけるクライオサンプリング実験 - -気球工学関連事項について - -

本田秀之、並木道義、矢島信之、山上隆正（宇宙研）、青木周司
（東北大・理）、橋田元（極地研）、町田敏暢（環境研）、森本真司
（極地研）

VIII-6 昭和基地上空の成層圏におけるCO₂, CH₄, N₂O濃度の鉛直分布

青木周司（東北大・理）、橋田元（極地研）、町田敏暢（環境研）、
森本真司、岡野章一、山内恭（極地研）、本田秀之、矢島信之（宇宙研）、
中澤高清、川村賢二（東北大・理）、菅原敏（宮城教育大）

休憩 15:15~15:25

VX. 北極（15:25~16:40）

座長：長田和雄（名大 STE 研）

VX-1 航空機による北極圏大気観測 (AAMP98) 一概要と序報

塩原匡貴、藤井理行、森本真司（極地研）、遊馬芳雄（北大院・理）、山形
定（北大・工）、菅原敏（宮城教育大）、猪股弥生、渡辺征春
（名大 STE 研）、町田敏暢（環境研）

VX-2 ノルウエー海海上のポーラーローの航空機観測

遊馬芳雄、福田陽子、菊地勝裕（北大院・理）、塩原匡貴、和田誠、
藤井理行（極地研）

VX-3 極域成層圏（キルナおよび昭和基地上空）における微量ハロカーボン類の高度分布

—大気球クライオジェニックサンプリング— GC/MS 測定—

白井知子、巻出義紘（東大アイソトープ総合センター）

VX-4 冬季北極大気中の無機臭素化合物の挙動と起源

原圭一郎、長田和雄、松永捷司、岩坂泰信（名大 STE 研）

VX-5 気球搭載型 OPC による北極圏及び赤道域成層圏エアロゾル層の観測

松村貴嗣、林政彦、藤原玄夫（福岡大・理）、松永捷司（名大 STE 研）、
安井元昭、水谷耕平、板部敏和（通総研）、永井智広、藤本敏文（気象研）

VX-6 硝酸塩の長距離輸送の可能性について

遠藤辰雄（北大・低温研）、高橋庸哉（北海道教育大）、野口泉（道環科セ）、
栗田直幸（東工大）、田中教幸（北大院・地球環境）

閉会の挨拶 国立極地研究所 渡辺興亜（16:40~16:50）

第21回極域気水圏シンポジウム

講演要旨

南極ドームふじ深層コアの同位体組成・化学主成分濃度・微粒子濃度 に関する基本解析

渡辺興亜、藤井理行、神山孝吉、本山秀明、古川晶雄、五十嵐誠、島田互、森本真司、金森暢子（極地研）、佐藤和秀（長岡高専）、上田豊、中尾正義、田中浩、金森悟（名大・水圏研）、東信彦（長岡技科大）、庄子仁、亀田貴雄、高橋修平（北見工大）、成田英器、本堂武夫、山田知充、白岩孝行（北大・低温研）、藤田秀二、前晋爾（北大・工）、中澤高清、青木周司（東北大）、川田邦夫（富山大）、横山宏太郎（北陸農試）

Basic analyses for stable isotopes, major chemical elements and micro particles in Dome Fuji deep ice core samples, Antarctica

O. Watanabe, Y. Fujii, K. Kamiyama, H. Motoyama, T. Furukawa, M. Igarashi, W. Shimada, S. Morimoto, N. Kanamori (NIPR), K. Satow (NTI), Y. Ageta, M. Nakawo, H. Tanaka (Nagoya Univ.), N. Azuma (NITS), H. Shoji, N. Kameda, S. Takahashi (KIT), H. Narita, T. Hondoh, T. Yamada, T. Shiraiwa, S. Fujita, S. Mae (Hokkaido Univ.), K. Nakazawa, S. Aoki (Tohoku Univ.), K. Kawada (Toyama Univ.) and K. Yokoyama (MIA)

Deep ice core was successfully obtained up to 2,500 meters depth at Dome Fuji Station, Antarctica. The station is located at the highest points of the shirase glacier basin, where the glacier flow lines begin. The core provides the undisturbed climatic record from present up to about three hundred thousand years ago.

The stable isotopic profile tells us that the core can cover several glacial-interglacial stages. Concentrations of chemical constituents and micro particles give us information on the glacial and interglacial environments. With the increase in oxygen isotopic ratio, the chemical concentrations decreased. In glacier ages, the more chemical constituents were brought onto the ice plateau through the atmosphere.

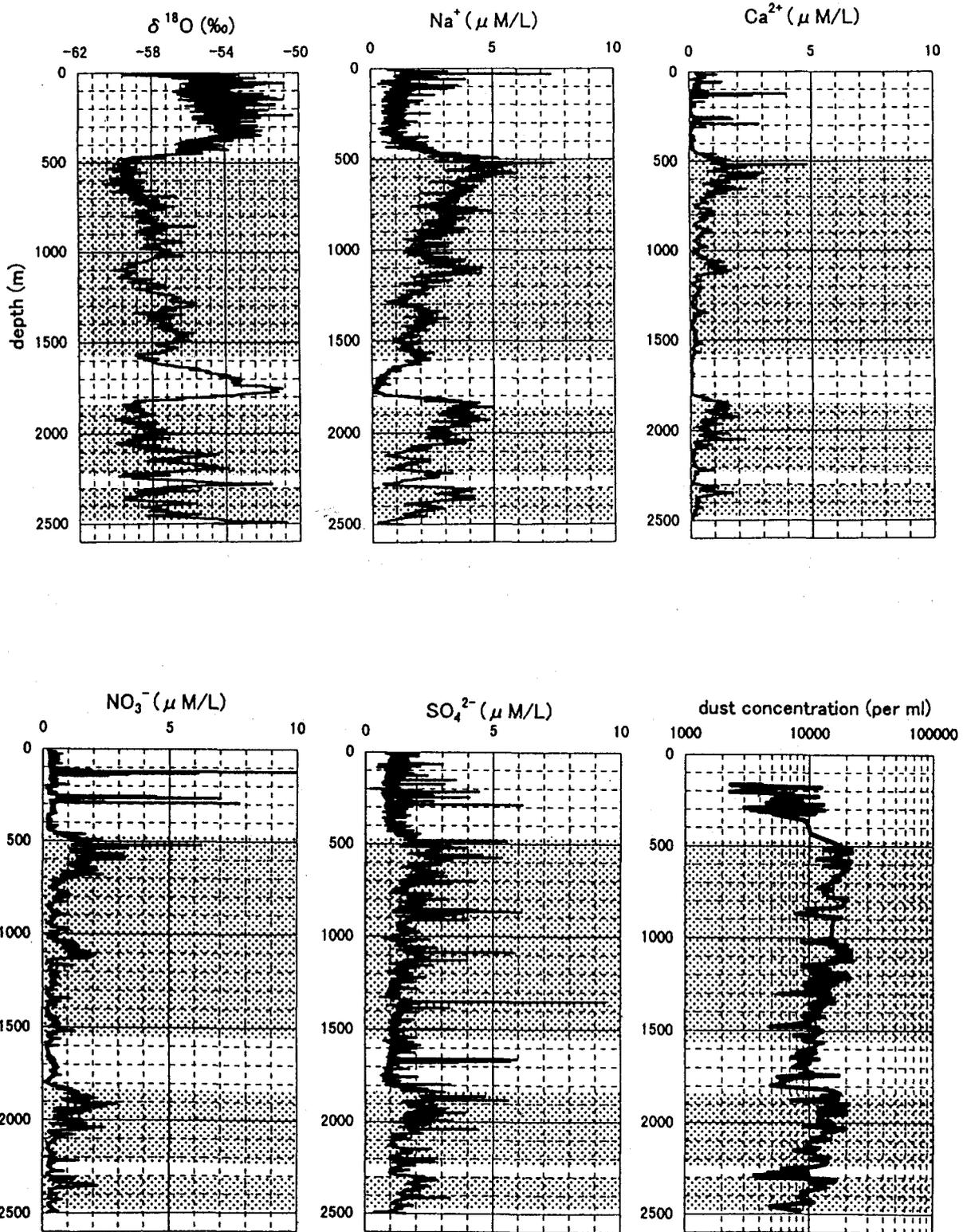
The more detail paleo-environmental researches will be available for using the core samples.

1995年から1996年にかけてドームふじ観測拠点で掘削された深層コアの基本解析が終了した。数年来にわたって進められてきた氷床ドーム深層掘削計画の大きな成果のひとつである本コアには、過去約35万年間の地球の気候および環境変動を記録しているが判明した。

氷床コアから古環境を復元するためには理想的な堆積条件であるしらせ氷河源頭部の氷帽最高地点で掘削した2,500 mの深層コアの酸素同位体組成のプロファイルは、コアが数回の氷期・間氷期を記録していることを明かにした。また各種化学成分濃度及び微粒子濃度の変動は、氷期・間氷期で氷床上への物質循環が大きく変動したことを物語っている。

今後本コアを利用して氷期-間氷期の数サイクルを含んだ数十万年に及ぶ気候・環境変動研究が可能となった。

ドームふじ深層コアの同位体変動に伴う各種環境シグナルの挙動



ドームふじ深層コアの年代について

渡辺興亜(極地研)、庄子仁(北見工大)、佐藤和秀(長岡高専)、本山秀明(極地研)

Dating the Dome Fuji ice core from oxygen isotope data

Watanabe, O. (NIPR), Shoji, H. (Kitami Institute of Technology),

Satow, K. (Nagaoka National College of Technology), Motoyama, H. (NIPR)

Stable isotope measurements were conducted on 50 cm-long Dome Fuji ice core samples from the entire core depth of 2500 m. Assuming the same conversion factors for the past relation as today between isotope values and accumulation rates in the inland region of East Queen Maud Land. Flow modelling was made by using a simple D-J model with the same flow parameters for the Summit ice core, central Greenland.

ドームふじ深層掘削で得られた2503mコアの年代を次の方法で決定し、作業年代とした。

1. 涵養量

酸素の同位体比 δ (‰) から、過去の涵養量 λ_H (kg/m²/a) を求める式として、(1) 式を使用した。これは、東クイーンモードランドでの表面トラバース、ピット、10m コア等の研究から、表層部の積雪の密度、10m 雪温、 δ 、涵養量等の間の関係式が求まっている(佐藤他、本シンポジウムで発表)。

$$\lambda_H = 32 \exp(0.0884(\delta + 54.1))$$

この式は、ドームでの δ 値として -54.1‰ を使うと、年涵養量 32 kg/m² を与える。

2. 流動モデル

年層の厚さは、流動により深さ(時間)とともに薄くなるが、それを D-J モデルにより計算する。サミットコアの年代では、底部の silty ice の流動(サミットコアの計算では、厚さ 6m を使用)も考慮しているが、これは底部 50m についてのみ影響するので、ここでは無視する。ドームふじでの氷厚は、 $H=3028\text{m}$ (サミットでは 3003.8m)、shear layer の厚さは、 $h=1200\text{m}$ (サミットと同じ)とする。

次に結果を図示する。

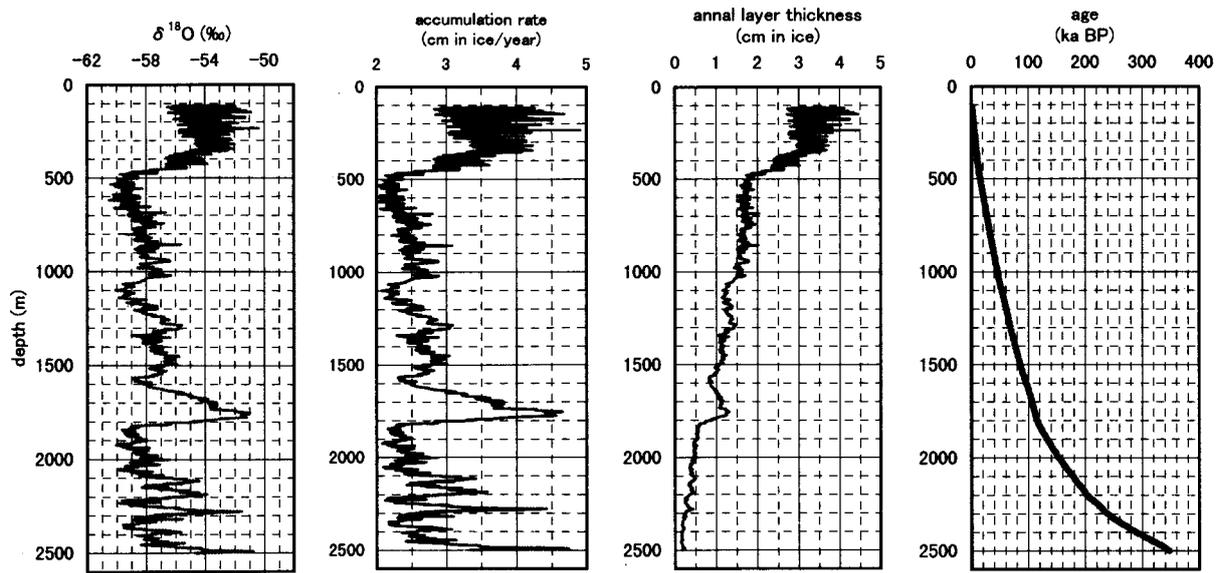


図1. ドームふじコアの年代計算
縦軸が深さ。横軸が右から酸素同位体比、堆積速度、年層の厚さ、年代。

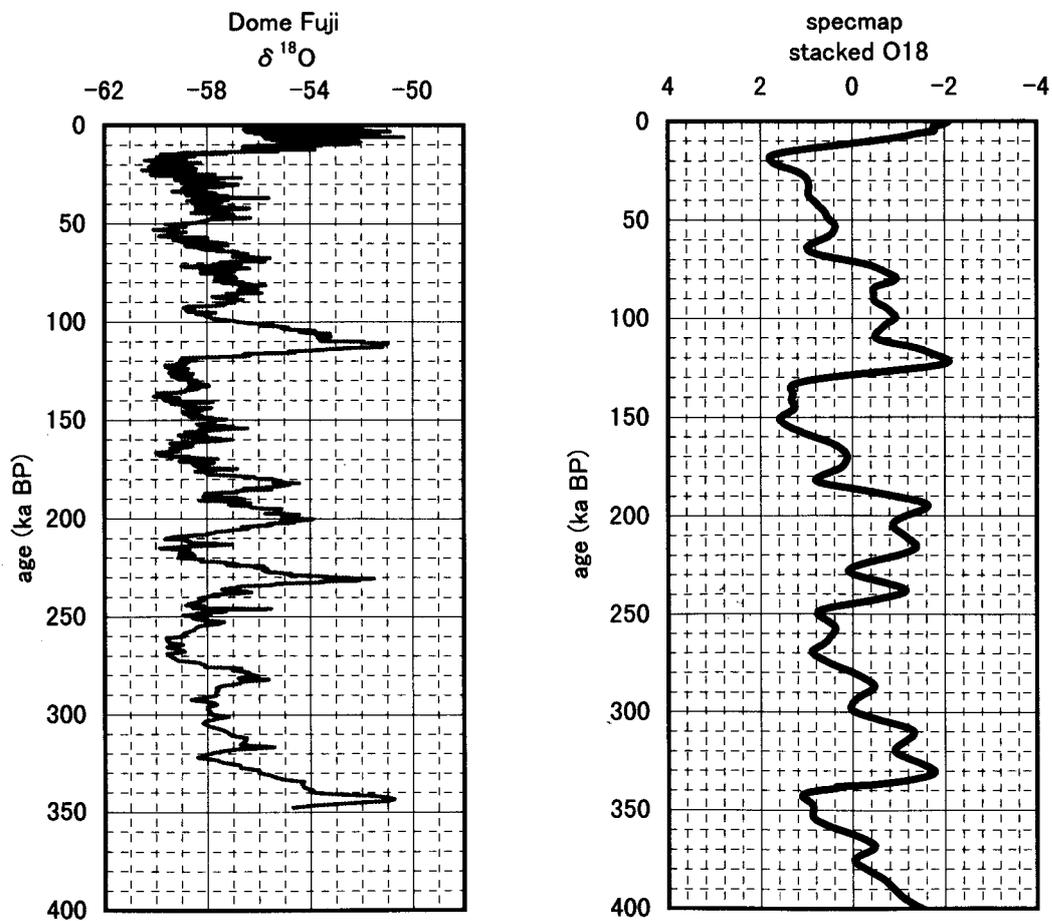


図2. ドームふじコアの年代と酸素同位体比。比較のために、SPECMAP のグラフを示す。

南極ドームふじコアの結晶組織解析

東信彦・王的（長岡技術科学大学），成田英器・本堂武夫（北大低温研），
庄子仁（北見工大），渡辺興亜（極地研）

Textures and ice fabrics of the Dome Fuji ice core

N. Azuma, Y. Wang (Nagaoka Univ. Tech.), H. Narita, T. Hondoh (ILTS Hokkaido Univ.)
H. Shoji (Kitami Institute of Technology), O. Watanabe (NIPR)

Crystal c-axis orientations, crystal sizes and crystal shape have been measured on the Dome Fuji core with an automatic ice fabric analyzer and the general feature of textural and fabric development through a 2500m long core is obtained. Crystal size steadily increases with depth except for the depths of about 500m, 1100m, 1800m, 2000m, 2200m and 2300m at which depths crystal size decreases suddenly. There is a clear correlation between crystal size and $\delta^{18}O$ values. Crystals tend to elongate horizontally with depth and the aspect ratio (long axis vs. short axis of a grain) increases to 2.3 at 1600m depth and fluctuates below that depth. The c-axis orientation fabrics gradually changes with depth from a random orientation pattern near the surface to a strong vertical single maximum at 2500m, which are very similar to those at the GRIP core. The observation of crystal shape and the fabric measurement indicate that the nucleation-recrystallization does not take place at Dome Fuji.

1. はじめに

南極ドームふじで掘削された2500mにおよぶ氷床深層コアは過去35万年の地球環境の歴史を記録していると考えられ、各分野で解析が行われている。本研究では氷床の流動の履歴を反映するコア中の氷結晶の方位分布、結晶粒径、粒形状の解析を行った。解析結果からドームふじ氷床は低温のため再結晶が起きていないこと、少なくとも2500mの深さまでは層構造の乱れは無いこと等が明らかとなった。

2. 測定方法

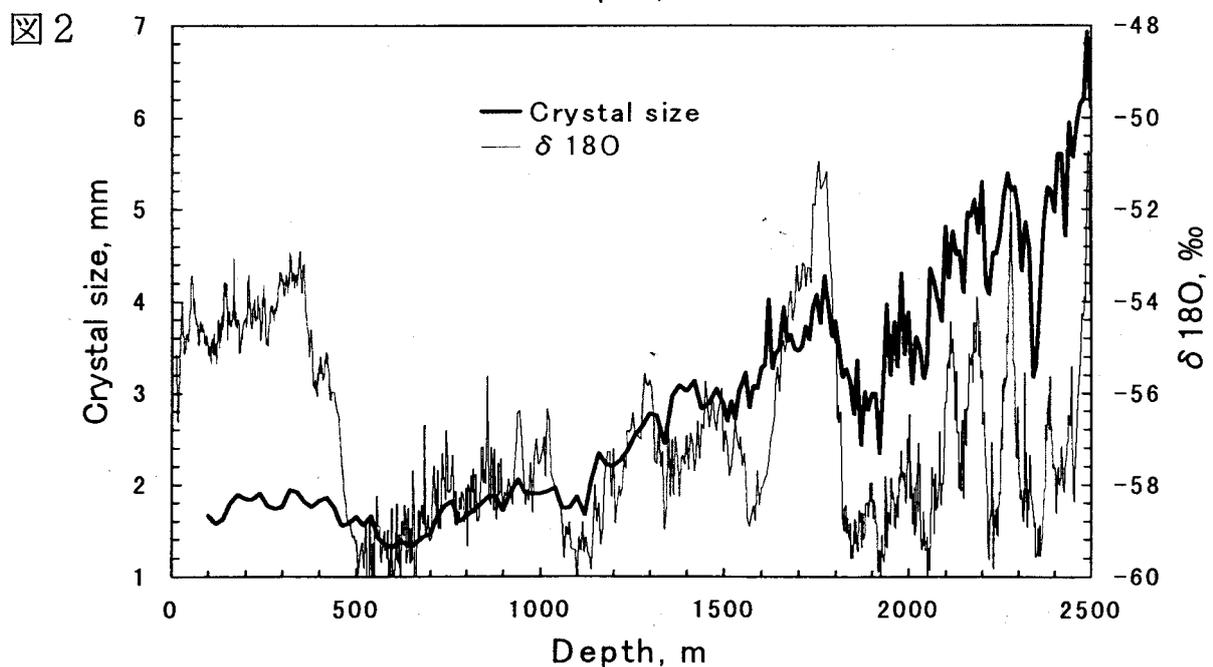
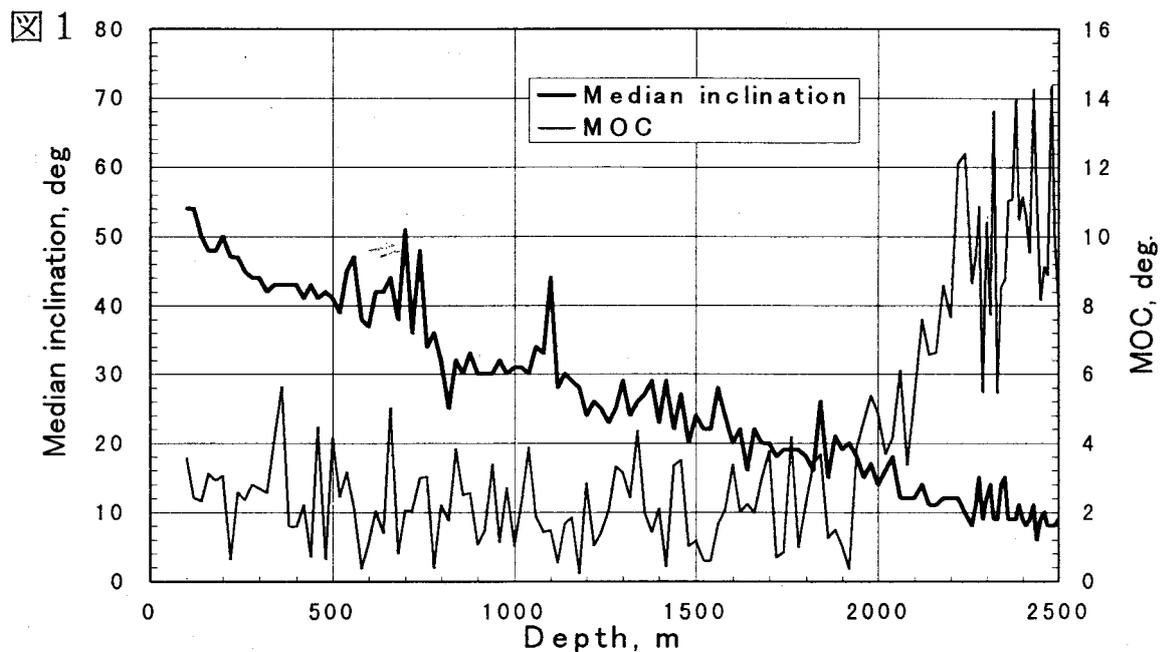
測定方法は新しく開発されたファブリック自動解析装置を用いた。試料は2500mのコアから約350枚の縦薄片を作成した。薄片の大きさは縦10cm横4cm厚さ0.4mmである。測定間隔は100mから1500m深まで20m毎、1500mから2500m深まで10m毎とした。また18箇所深さで4cm毎1mに亘る連続測定を行った。測定項目は結晶粒径、結晶の伸長度（アスペクト比）、結晶の伸長方位、結晶主軸方位である。

3. 測定結果および考察

測定からドームふじコアのC軸方位分布は深さと共にC軸が鉛直方向に集中する単極大型が発達することが明らかとなった。図1の太線はC軸の集中度の指標となるMedian inclination (MI値)を深さに対して表したものである。氷床表面付近ではC軸は無秩序に配向しているが深さと共にMI値は小さくなり2500mでは強い単極大型が発達してMI値は 10° 程度になる。

図1中の細線はC軸の平均集中方向とコア軸との交角を表したもの（MOC値）である。2000m以浅ではC軸の平均集中方向はコア軸とほぼ平行しているが、それより深くなると急に値が大きくなり最大約15度になる。掘削孔は2000m付近までは1度以内で鉛直であり、それより深くなると最大4度傾くことが掘削時の観測から分かっている。このことから、平均C軸集中方位は2000mまでは鉛直方向と一致するが、それより深くなると鉛直からずれていることが示唆された。

図2は平均結晶粒径の深さに対する変動を示したものである。図中に酸素同位体プロファイルと比較のために示した。結晶粒径は概ね深さと共に増加しているが500m付近や1900m付近の氷期末期に減少が見られ、酸素同位体プロファイルと見事に同期して変動している。これらは氷中の不純物濃度の増減に起因するものと考えられる。



南極ドームふじ深層コアの物理基本解析

本堂武夫、成田英器、堀彰、宮本淳、藤井道子（北大低温研）、庄子仁、亀田貴雄（北見工大）、前晋爾、藤田秀二、池田倫子、深沢裕、福村拓（北大工）、東信彦、王うん（長岡技科大）、川田邦夫（富山大理）、渡辺興亜、本山秀明（極地研）

Overview on physical properties of Dome Fuji ice cores, Antarctica

T.Hondoh, H.Narita, A.Hori, A.Miyamoto, M.Fujii (ILTS), H.Shoji, T.Kameda (KIT), S.Mae, S.Fujita, S.Ikeda, H.Fukazawa, T.Fukumura (Hokkaido Univ.), N.Azuma, Y.Wong (NUT), K.Kawada (Toyama Univ.), O.Watanabe, H.Motoyama (NIPR)

We have carried out physical analyses of the Dome Fuji ice cores to obtain fundamental data sets for further development of the ice-core research. The data sets we have at present are: (1) Stratigraphy, bulk density and X-ray density profile of shallow cores, (2) total gas contents, permeability and bubble volumes in shallow cores, (3) number and size distributions of air-bubbles and clathrate hydrates, (4) orientation and size distributions of ice crystals (grains), (5) Raman spectral N₂/O₂ ratios of air-bubbles and clathrate hydrates, (6) laser scattering images of deep cores, (7) ECM and AC-ECM profiles, and (8) neutron scattering data of ice crystals. In the present paper, we focus on several important results found in the data sets. Details of the individual data sets are given in the other papers prepared by the proper authors.

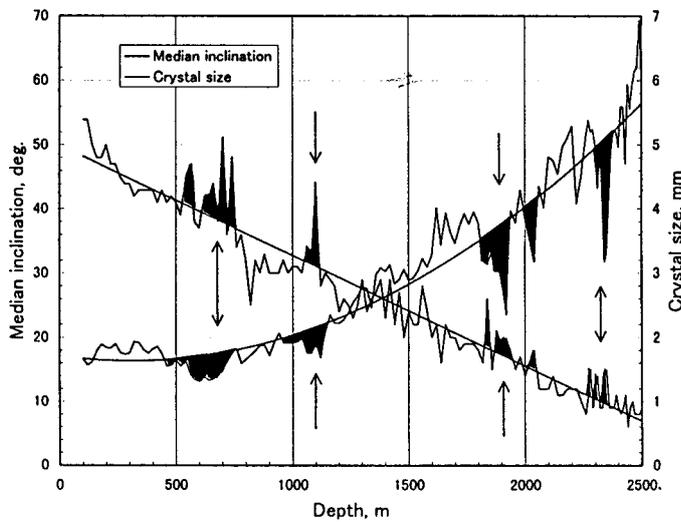
ドームふじ深層コアの物理基本解析について、総合的に報告する。基本解析の目的は、今後の様々な研究に必要となる基本的なデータを得ることにあり、以下の項目について解析・測定が行われてきた。データポイントの粗い項目等については引き続き解析を行っているが、ほぼ初期の解析目標を達成した。これらの基本解析データの中に、すでに興味深い結果が数多く見出されており、次の研究ステップが楽しみな状況になっている。ここでは、各項目について、データの概要と特徴をかいつまんで説明する。詳細は、個別の発表を参照して頂きたい。

本基本解析にあたって、いくつかの新手法、新装置の開発を行ってきた。中でも、氷結晶のサイズ（粒径）と方位（ファブリクス）の自動解析装置（東ら）は威力を発揮し、短期間に優れたデータを得ることができた。AC-ECM（藤田ら）は、それまでのECMとDEPの長所をミックスした手法であり、現場解析で全く新たなシグナルを検出している。また、X線透過率測定による密度プロファイル（堀ら）は、密度の短周期変動を見ることができるとだけでなく、層構造を画像として見ることもできるという特徴を持っている。ラマン散乱法（福村ら）は、遷移領域における大気の系統的な分別を発見するという成果をもたらしている。この他にも、X線回折法（堀ら）や中性子散乱法（深沢ら）が氷やクラスレート水和物の構造研究に応用されている。以上のように、独自の解析手法で新たな情報を得るといふわれわれの目論見も達成されつつある。これを次の研究ステップにつなげて、貴重なコアの価値を一層高めるべくさらに努力したい。

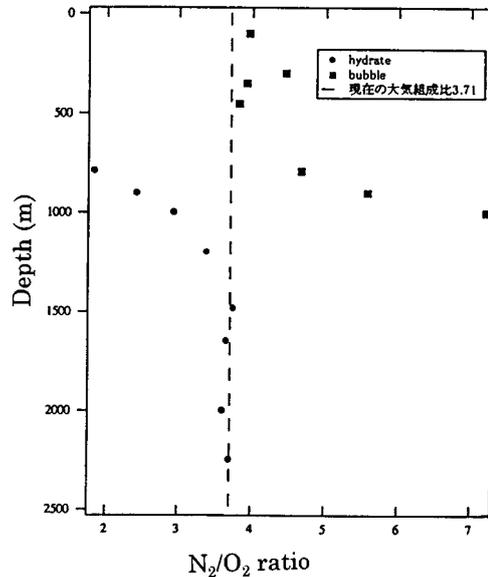
- (1) 層位観察、バルク密度、X線密度プロファイル：層位観察では、年層の厚さから年涵養量が推定されその長期的な変動が見えている。X線密度プロファイルでは、密度の短周期変動の他薄い氷板の存在が認められている。
- (2) 含有空気量、通気度、気泡体積：フィルンから氷化に至る深度域での密度、気泡体積、通気度および150m以深の含有空気量が測定されている。深度90mから孤立気泡の体積が増加し、110mではほぼ飽和する。
- (3) 気泡・クラスレート水和物の数密度、サイズ分布：気泡からクラスレート水和物に変わる遷移領域(transition zone)は、550mから1100mであり、気泡の数密度もクラスレート水和物の数密度も $\delta^{18}\text{O}$ とほぼ逆相関の関係にあるが、必ずしもそうでない部分もある。特に、遷移領域直後のクラスレート水和物の数密度が、ポストーク・コアの半分程度になっており、この相違が興味深い。
- (4) 氷結晶サイズ（粒径）、結晶方位（ファブリクス）：深度と共に粒径が大きくなり、結晶c軸

が鉛直方向に揃ってくるという傾向が、非常にきれいなデータとして得られている。ドームが掘削地点として最適であった証拠であり、標準コアとしての価値をもつものと言えよう。上記の傾向から大きくずれる深度があり、気候変動イベントの関係が検討されている。

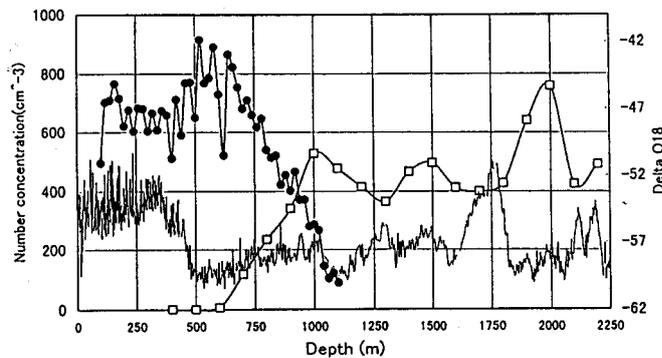
- (5) 気泡、クラスレート水和物のラマン散乱：遷移領域で明瞭な大気の分別が見出された。すなわち、気泡の N_2/O_2 比は遷移が進むにつれて増加し、クラスレート水和物の N_2/O_2 比は遷移の始めに小さく徐々に大気組成に近づいて行く。この過程は、気泡からクラスレート水和物に向かう気体の拡散過程の結果として解釈可能であるが、なお議論がある。大気組成の復元にどれほどの補正が必要か、今後の課題である。
- (6) レーザー散乱トモグラフィ：レーザー散乱光を画像化することによって、光散乱体の分布を測定している。当初、クラスレート水和物の分布測定に期待されたが、深層部でも微小気泡による強い散乱のためにこの測定は無理な状況である。むしろ、層構造の検出に有用である。
- (7) ECM, AC-ECM：現場解析で多くの特徴的なピークが見出されており、AC-ECM だけに見られる変化が何に起因しているのか、検討中である。
- (8) 氷結晶の中性子散乱：ラマン散乱で氷の構造が深度と共に変化することが見出されているが、これをプロトン配置の変化によるものと考えて、中性子散乱実験が進められている。新たな秩序・無秩序相転移の発見につながるか否か、なお検討を要する。氷床中の氷が実験室では、再現できない特性を持っていることは確かなようである。



ドームふじコアの結晶粒径と C 軸方位分布の深度プロフィール



ドームふじコアの気泡、及びハイドレートの N_2/O_2 比の深さ依存性



ドームふじコアの気泡・クラスレートの数密度、及び $\delta^{18}O$ の深度プロフィール

ドームふじ深層コアの固体交流電気伝導度

藤田秀二（北海道大学）、本山秀明（国立極地研究所）、東信彦（長岡科学技術大学）、
成田英器（北海道大学）、藤井理行（国立極地研究所）

Ice core analysis with AC-ECM method

S.Fujita, H.Motoyama, N.Azuma, H.Narita, and Y.Fujii

Abstract.

As one of the initial ice core processing, both AC and DC conductivity was measured with 2504-m Dome Fuji ice core at the drilling site in 1995-1998. DC method was a traditional ECM method by Hammer (1980). Surface current of the ice was measured with 1250-V DC. Distance between each electrode was 15 mm. For AC method, the electrodes were similar one as DC method. But conductance of the ice-core surface was measured at 1 MHz and with an applied voltage 1 V. Results of these two methods showed several different features and common features as follows.

- (1) There are conductivity peaks that occur in DC signal or in AC signal independently.
- (2) In particular, sharp drop of the AC signal was observed at several sides of DC peaks.
- (3) Strength of the conductivity peaks decrease with depth. This tendency appears more clearly in the AC signals.

Initial results of these measurements will be presented.

要旨

ドームふじ深層コアの現場初期解析として、交流と直流の電気伝導度測定を実施した。電気伝導度は、氷体の中に含まれる電気伝導キャリアーの濃度を反映することが既に知られており、特に、水素イオン濃度が最も強くこれに寄与することがわかっている。簡易測定法による現場での測定から、その後のコア解析にとって非常に重要ないくつかのコアシグナルをとりだすことができる。それは、1) 火山爆発起源の高酸性度層、2) 氷期・間氷期遷移における、エアロゾル堆積濃度の変化である。1) は、個々の火山爆発の規模を量る指標となるとともに、各地で掘削されたコアの解析結果を比較する場合の示準年代層となる。また、2) によって掘削されたばかりの氷のもつ年代を大まかに把握することができる。

本研究では、特に、交流電気伝導度のもつ物理特性について検討した結果を述べる。現在まだ解析の途上ではあるものの、ドームコアの解析により、いままで知られていなかった氷の電気伝導特性が見えつつある。いくつかの特徴を以下に述べる

- (1) 火山噴火に起因する電気伝導度ピークは深さ（年代）とともに減衰する。減衰とともにピークはブロードになる。この傾向は直流では判別がむずかしいが交流では明瞭に現れる。
- (2) 電気伝導度の平均値は、深さとともに低下し、深部（2000m以深）では浅層よりも約30%低下する。
- (3) 交流と直流は信号の全体傾向は似通っているが、ブリットルゾーン（500-800 m深）では、交流値が直流値よりも有意に大きな値を示す。
- (4) 火山起源物質により、電気伝導度の高いピークがあらわれる深度の前後の深度に、電気伝導度が2桁以上低くなる層が検知された。これは直流測定の結果には現れない。

これらの信号の詳細な分析は、氷床氷体内部の電気伝導メカニズムや、不純物イオンの拡散過程や結晶中への分布を知るうえで重要な手がかりになる。特にエアロゾルが雪氷中に取り込まれた後の、保存プロセスや再分布プロセスを求めることができるため、コアシグナルを解釈する際に不可欠な情報を提供する。

南極ドームふじ深層コア分析による温室効果気体の変動の再現

中澤高清、川村賢二、青木周司、大和田有軌（東北大学・大気海洋センター）、
町田敏暢（国立環境研究所）、藤井理行、渡辺興亜（国立極地研究所）

Reconstruction of Variations of Atmospheric Greenhouse Gases
from an Antarctic Deep Ice Core, Dome Fuji

Takakiyo Nakazawa, Kenji Kawamura, Shuji Aoki, Yuuki Ohwada (Tohoku University),
Toshinobu Machida (NIES), Yoshiyuki Fujii, and Okitsugu Watanabe (NIPR)

To estimate the values of the CO₂, CH₄, N₂O concentrations and $\delta^{13}\text{C}$ in CO₂, $\delta^{15}\text{N}$ in N₂ and $\delta^{18}\text{O}$ in O₂ over 350,000 years including 3 glacial-interglacial cycles from an Antarctic deep ice core, Dome Fuji, we have developed dry and wet air extraction systems with high efficiency, and high precision analysis techniques for the concentrations and the isotopic ratios. The analytical precisions were estimated to be 1 ppmv, 10 ppbv, 2 ppbv, 0.05 ‰, 0.02 ‰ and 0.05 ‰ for the CO₂, CH₄ and N₂O concentrations, $\delta^{13}\text{C}$ in CO₂, $\delta^{15}\text{N}$ in N₂ and $\delta^{18}\text{O}$ in O₂. By using these measurement techniques, we will analyze the Dome Fuji core for the above-mentioned factors soon.

地球表層における温室効果気体の循環や気候変動への温室効果気体の関わりを理解するためには、過去の長い期間にわたる温室効果気体の変動を明らかにすることが不可欠である。我々は、南極ドームふじ基地で掘削された深層氷床コアに含まれる空気を分析することにより、3つの氷期-間氷期サイクルにわたるCO₂やCH₄、N₂Oの濃度およびCO₂の $\delta^{13}\text{C}$ の変動を正確に再現することを目的として、高効率の空気の抽出装置や高精度の分析装置の開発・改良に取り組んできた。特に本研究においては、コアから取り出された試料空気のN₂の $\delta^{15}\text{N}$ を測定することによって、フィルンの中で生ずる重力分離や分子拡散の効果を補正し、これらの要素の変動を正確に求めるとともに、得られた変動を他の深層コアの結果と容易に比較できるようにするために、試料空気のO₂の $\delta^{18}\text{O}$ を測定することを試みる。そのため、コアから空気を取り出すために切削法および融解法を採用した抽出装置を製作し、前者をCO₂、N₂Oの濃度、CO₂の $\delta^{13}\text{C}$ 、N₂の $\delta^{15}\text{N}$ 、O₂の $\delta^{18}\text{O}$ の測定のために、後者をCH₄濃度、空気含有量、N₂の $\delta^{15}\text{N}$ 、O₂の $\delta^{18}\text{O}$ の測定のために用いる。これらの抽出装置に対して、さまざまなテストを行った結果、高精度の分析に供することができることが分かった。

コアから取り出した空気試料については、濃度をガスクロマトグラフ法により測定し、残った試料を用いて、N₂の $\delta^{15}\text{N}$ とO₂の $\delta^{18}\text{O}$ および精製したCO₂の $\delta^{13}\text{C}$ を質量分析計で測定する。空気の抽出からガスクロマトグラフ分析あるいは質量分析までの総合精度は、CO₂濃度について1 ppmv、CH₄濃度について10 ppbv、N₂O濃度について2 ppbv、CO₂の $\delta^{13}\text{C}$ について0.05 ‰、N₂の $\delta^{15}\text{N}$ について0.02 ‰、O₂の $\delta^{18}\text{O}$ について0.05 ‰であることを確認した。現在、みずほコア等を用いて空気抽出装置と濃度分析装置、質量分析計の最終調整を行っており、間もなくドームコアの分析に取りかかる予定である。

また、実際にドーム基地においてフィルンの空気を採取し分析することによって、フィルンの中の諸要素の鉛直分布を明らかにし、その結果を拡散モデルを用いて解析して、氷床コアへの空気の取り込み過程を明らかにすることも行った。

シンポジウムにおいては、今日までに確立した分析技術およびドーム基地で採取したフィルン空気の分析結果について主に紹介し、間もなく得られると考えられるCO₂濃度の結果についても報告したい。

ドームF コアの火山灰層

藤井理行、本山秀明（極地研）、藤田秀二（北大工）、東信彦（長岡技科大）、河野美香、的場澄人（総研大）、福岡孝昭（立正大）、菊地正（山口東京理科大）、鈴木利孝（山形大理）渡辺興亜（極地研）

Tephra layers found in Dome Fuji deep ice core

Y. FUJII, H. MOTOYAMA, S. FUJITA, N. AZUMA, M. KOHNO, S. MATOBA, T. FUKUOKA, T. KIKUCHI, T. SUZUKI and O. WATANABE

A deep ice core drilled to the depth of 2503 m at Dome Fuji, Antarctica contains 28 visible tephra layers deposited during the past 350 kyears. An ice flow model gives the thickness of tephra layers and duration at their deposition on ice sheet surface, showing the maximum thickness of 92 mm and the maximum fallout duration of 4.3 years for the tephra at 1849 m in depth (129 kyears B.P.). Some of 28 tephra layers are found in cold stages in the glacials, suggesting a linkage between changes in land ice volume or sea level, and volcanic activities. Six of the 28 tephra layers can be recognized in the Vostok core.

ドームふじ氷床深層 2503m コアの火山シグナルとして、目視できる厚さ 1~22mm の 28 のテフラ層、150 を超える大 ECM ピークを見出した。現在の積雪涵養量と酸素同位体組成の関係、および氷床流動モデルに基づいて、火山灰堆積時の厚さと期間を推定した。最も厚い火山灰層は深さ 1849m 深（約 12.9 万年前）のもので、氷床上に 4.3 年にもわたり 92mm の厚さで堆積したと推定される。

テフラ層の分布は、多くが氷期の寒冷期に集中しており、気候との関連が考えられる。氷床周辺の火山では氷厚の変化、その他の地域では海面変化が地殻のマグマだまりへの圧力を変化させ、火山活動を誘因させたというシナリオが考えられる。西南極バードコアで多量に見い出された 30000-16000 年前のテフラ (Kyle et al., 1981)、地中海の海底コアで明らかになった 15000-8000 年前の活発な火山活動 (McGuire et al., 1997) については、こうした理由が示されている。

ドームふじコアの 28 層の火山灰層とポストークコアの 38 層の火山灰層 (Basile, 1999) を、酸素・水素同位体組成プロファイルとの位置関係に基づいて対比すると、6 層の火山灰層が同一時期のものと判断される。この中には、ドームふじコアで最も厚い火山灰層が含まれる (図)。同一時期の火山灰層が 6 層しか見い出されなかったのは、多くの火山が南極あるいはその周辺の火山であり、さらに対流圏経路で輸送されたため噴火時の風向に支配され堆積したことを反映している可能性がある。また、積雪堆積の欠層がいずれかの場所で起こったことも可能性として考えられる。

参考文献

- Basile I 1997 Origine des aerosols volcaniques et continentaux de la carotte de glace de Vostok (Antarctique). These de doctorat de l'Universite Joseph Fourier-Grenoble I, 274pp
 Kyle P R, Jezek P A, Mosley-Thompson E, L Thompson 1981 Tephra layers in the Byrd Station ice core and the Dome C ice core, Antarctica and their climatic importance. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 11, 29-39.
 McGuire, W J et al. 1997 Correlation between rate of sea-level change and frequency of explosive volcanism in the Mediterranean. *Nature*, 389, 473-476.

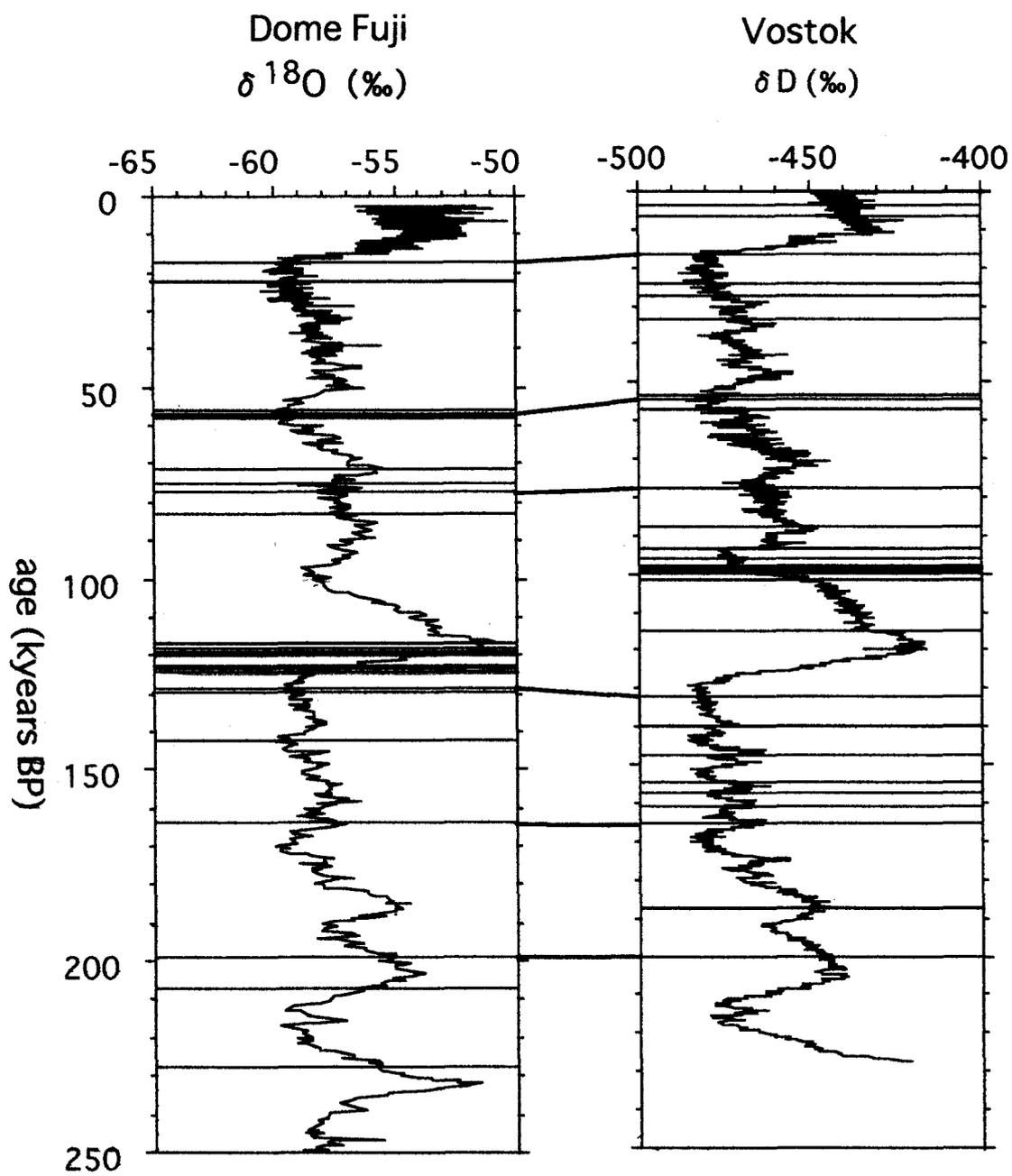


図 ドームFコアとボストークコアのデフラ層の対比

南極ドームふじコア 573mおよび 2202m深火山灰の化学組成

河野美香 (総研大)・藤井理行 (極地研)

Chemical compositions of tephra found in layers at 573 and 2202 m depths of Dome Fuji ice core, Antarctica

M. KOHNO (Grad. Univ. Advanced Studies) and Y. FUJII (NIPR)

Chemical compositions of tephra, which were found in layers at 573 and 2202 m depths of Dome Fuji ice core, were determined using a JEOL-JXA8800 wavelength-dispersion electron microprobe analyzer (EPMA-WDS). Tephra from 573 and 2202 m layers were basaltic andesite and dacite, respectively.

1. はじめに

南極ドームふじ深層コアに、28層の火山灰層が確認された。これらは、過去の火山活動の証拠であり、給源火山を特定できれば、過去の火山噴火活動を復元することができる。本研究では、これらの火山灰層のうち2層(573 mと2202 m)から火山灰粒子を採取し、主成分化学組成を明らかにする。そして、それらの給源火山の推定を試みる。

2. 方法

クリーンベンチ内で、コア氷の火山灰粒子を含む融解水 8 μ lをスライドガラスに滴下し、乾燥させた。スライドガラス上に残った火山灰粒子をエポキシ系樹脂で固め、鏡面研磨した。カーボン蒸着し、波長分散型X線マイクロアナライザー(EPMA-WDS; JEOL-JXA 8800)を用いて各粒子の岩石組織を記載し、主成分化学組成(SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O)を明らかにした。

3. 結果

573mの火山灰は填間状組織(微細な結晶が多量に晶出している組織)を有するスコリアであり、2202mの火山灰は均質なガラスのみから成っていた。各試料について4個の火山灰粒子を分析し、表1に主成分化学組成を平均値で示した。573mおよび2202mの火山灰は、それぞれ非アルカリ質の玄武岩質安山岩およびデイサイトであった。これらの結果から、給源として前者はサウスサンドウィッチ諸島などの火山、後者はサウスシェトランド諸島、アンデス山脈南部などの火山も考えられる。しかし、給源火山を特定するには主成分化学組成だけでは不十分であり、今後、微量成分化学組成や、SrやNd同位体組成などを明らかにすることが必要である。

表 1. 火山灰粒子の主成分化学組成

Oxide, wt. %	573m tephra		2202m tephra	
	wt. %	(σ)	wt. %	(σ)
SiO ₂	55.25	(0.54)	64.78	(0.52)
TiO ₂	1.12	(0.15)	0.79	(0.04)
Al ₂ O ₃	13.92	(0.65)	14.52	(0.20)
FeO*	13.11	(1.39)	7.19	(0.15)
MnO	0.24	(0.05)	0.19	(0.03)
MgO	4.18	(0.48)	1.64	(0.12)
CaO	8.04	(0.40)	5.07	(0.14)
Na ₂ O	2.31	(0.31)	4.63	(0.16)
K ₂ O	0.22	(0.04)	0.82	(0.04)
Total	98.39		99.62	
n	4		4	

FeO*: 全鉄; n: 分析した火山灰粒子の数; 括弧内は標準偏差 (1 σ).

クラウディー・バンドの結晶 C 軸方位分布と氷コアの変形特性

宮本 淳¹, 庄子 仁², 成田英器¹, 渡辺興亜³, Henrik B. Clausen⁴, 本堂武夫¹

(1: 北海道大学低温科学研究所, 2: 北見工業大学, 3: 国立極地研究所, 4: コペンハーゲン大学)

Distributions of c-axis orientation in cloudy bands and deformation of ice core

Atsushi MIYAMOTO¹, Hitoshi SHOJI², Hideki NARITA¹, Okitsugu WATANABE³, Henrik B. Clausen⁴, Takeo HONDOH¹

(1: Inst. of Low Temp. Sci., Hokkaido University, 2: Kitami Institute of Technology,

3: National Institute of Polar Research, 4: University of Copenhagen)

To understand the relation between cloudy band structure and deformation of ice core, detailed c-axis orientation measurement was carried out by using GRIP ice core. We can observe cloudy bands in the glacial period ice of GRIP ice core. The cloudy ice has comparably a weak c-axis orientation in the GRIP ice core. This result is opposite to the Byrd ice core, Antarctica, but, cloudy bands of Byrd ice core are ash layer. The difference of c-axis orientation between cloudy ice and enclosing ice gradually increase with depth. These results suggest that deformation process vary with the scale of cloudy band.

1. はじめに

グリーンランド頂上部で掘削された GRIP コアの氷期中の氷にはクラウディー・バンドと呼ばれる乳白色に曇った層と透明な氷の互層構造 (数 mm から数 cm スケール) が明瞭に観察される。一般的に氷床内部の結晶 C 軸方位分布は深さと共にランダムから単極大型を示す。また力学試験の結果から結晶 C 軸方位が著しい単極大型を示し、さらにクラウディー・バンドを持つ試料は結晶 C 軸方位分布から計算される硬さよりも非常に軟らかいことが明らかになっている。しかし、クラウディー・バンドの分布 (幅, 試料中に含まれる本数) と氷の硬さに相関はなかった⁽¹⁾。本研究ではクラウディー・バンド構造の特徴と氷コアの変形特性の関係を理解するために詳細な結晶 C 軸方位分布測定を行った。

2. クラウディーバンドの結晶 C 軸方位分布

クラウディー・バンド内には微小気泡, クリベージ・クラックなどの散乱体が多数あり, 結晶粒径はバンド外に比べ小さくなっていることが観察されている。また, バンド部分の ECM レベルが下がることから不純物濃度が高いことも示唆されている。クラウディー・バンド内外の詳細な結晶 C 軸方位分布測定から, バンド内はバンド外に比べ集中度が低いことが明らかになった (図参照)。これは層毎に厚さ変化の割合を変えることを意味しており, コアの年代決定などにとっては重要な情報となる。またこの GRIP コアの解析結果は, 南極バードコアのクラウディー・バンドの解析結果と逆であるが, バードコアのクラウディー・バンドは火山灰層であるので単純な比較はできない (Gow, 私信)。また, 南極 Vostok コアの結果とも同様に逆であったが, Vostok のクラウディー・バンドも火山灰層である (Lipenkov, 私信)。

3. クラウディー・バンドの変形履歴

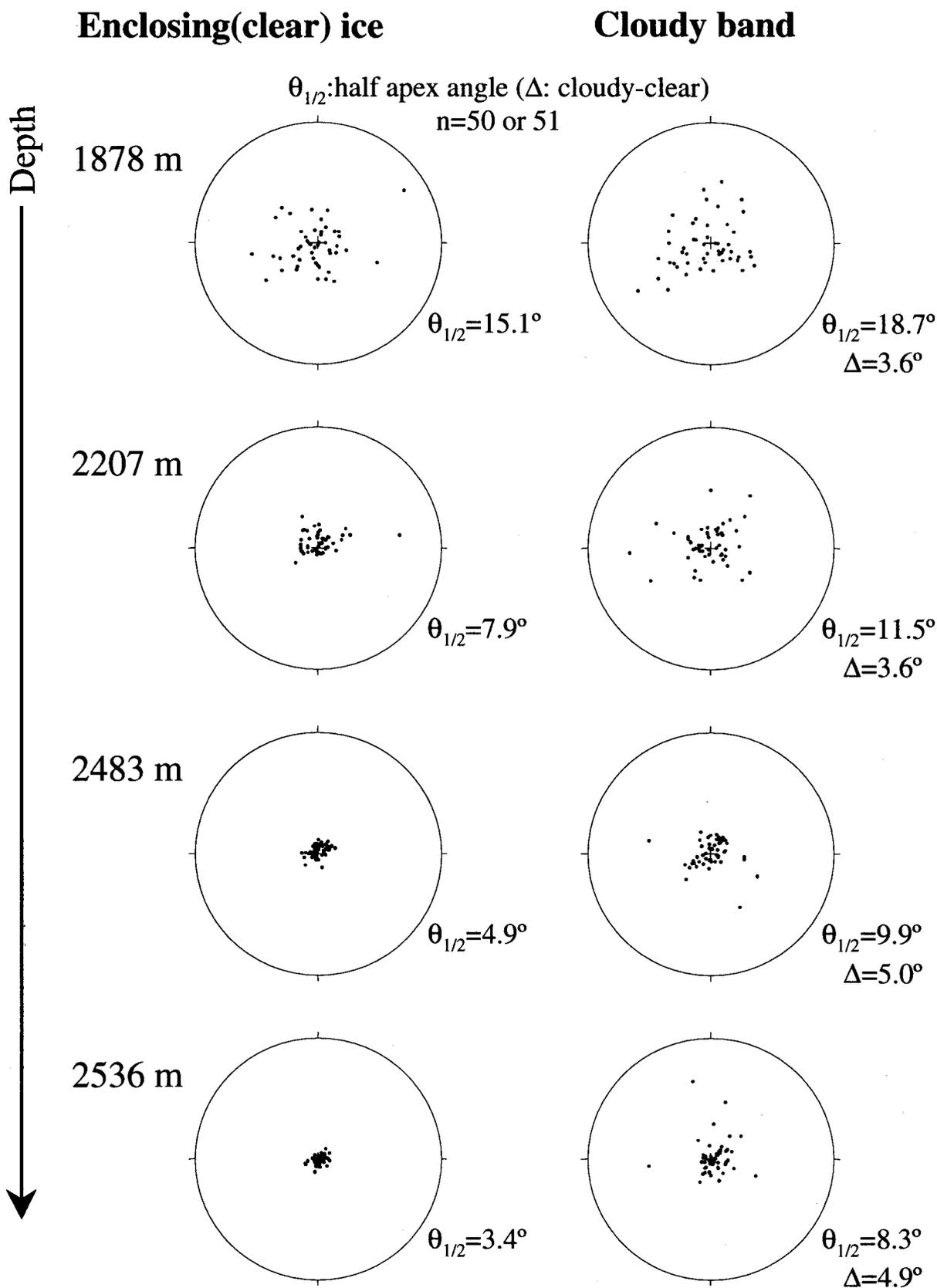
バンド内外の結晶 C 軸方位集中度の差は深さと共に大きくなり, 発達度の一般的傾向と比較するとバンド内の方位の発達が遅れていると考えられる。また, 発達途中にバンド内の結晶のポリゴン化などにより結晶粒が細粒化し結晶 C 軸方位の集中度が低くなる可能性も示唆される。現在変形履歴の理解のため X 線回折法によりバンド内外の結晶性を調べている。

(1) Miyamoto *et al.*, 1997, *Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol.* 11, 87-93.

図. クラウディー・バンド内外の結晶 C 軸方位分布

$\theta_{1/2}$: Median inclination, Δ : クラウディー・バンド内外での $\theta_{1/2}$ の差, 1 つのシュミット・ネット内の測定結晶数 n は 50 から 51 個。

クラウディー・バンド内外とも深さと共に結晶方位が徐々に単極大型に近づくがその差は深さと共に大きくなる傾向にある。



Phase lag of Antarctic and Greenland climate in the Last glacial

Thomas Blunier, Climate and Environmental Physics, Physics Institute, University of Bern, Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern, Switzerland

Fundamental for the understanding of processes involved in climate change is the knowledge about its temporal and spatial succession. Of special interest is the relation between high latitude polar sites since they are a major component in climate change. Ice cores are a unique climate archive with a high temporal resolution.

We have established coherent time scales for two Antarctic cores with respect to the GRIP time scale over the period from 50 kyr BP to the Holocene by using the global CH₄ signal recorded in Antarctic (Byrd Station and Vostok) and Greenland (GRIP ice core, Summit) ice cores (GRIP ice core, Summit).

A central issue in climate dynamics is to understand how the northern and southern hemisphere temperature couple during climatic events. It was shown that some of the fast temperature changes observed in Greenland during the last glacial have a concomitant in the temperature signal of Antarctica. With the CH₄ synchronisation we are able to show that long-lasting Greenland warming events around 36 and 45 kyr BP (D-O events 8 and 12) lag their Antarctic counterpart by 2-3 kyr (comparing the starting points of corresponding warmings). On average Antarctic climate change leads that of Greenland by 1-2.5 kyr over the period 47-23 kyr BP. The CH₄ changes are in phase with Greenland climatic fluctuations and thus also lag the Antarctic climate change. The observed time lag questions a coupling between northern and southern polar regions via the atmosphere and favours a connection via the ocean. Here we confirm a mechanism described in climate models: when the North Atlantic deep water formation switches on, heat is extracted from the southern hemisphere where cooling occurs. This interhemispheric coupling is clearly identified in interstadial events 8 and 12 as well as during the termination of the last glacial.

1997年ドームふじ観測拠点における深層コア現場処理と深層掘削現状報告

本山秀明(極地研)、川村泰史(奈良女子大)、東信彦(長岡技科大)、藤田秀二(北大工)、
成田英器・山田知充(北大低)、藤井理行・渡辺興亜(極地研)

Ice core processing of the Dome Fuji deep ice core in 1997, Antarctica

Motoyama, H.(NIPR), Kawamura, Y.(Nara Woman's Univ.), Azuma N.(Nagaoka Univ. Tech),
Fujita, S., Narita, H., Yamada, T.(Hokkaido Univ.), Fujii, Y., Watanabe, O.(NIPR)

Deep ice core processing was carried out by JARE 38 at Dome Fuji Station, Antarctica. The processing depth was from 2250 to 2500 m. That ice core was obtained by JARE 37. The bulk density, diameter and AC/DC-ECM were measured.

1. コア現場処理

掘削した深層コアは、コアを日本国内に持ち帰った後に本格的な解析が開始されるが、その前段階として、「現場処理作業」を越冬中に基地において実施している。38次隊越冬期間中には、深層掘削は行わなかったが、37次隊によって掘削された深層コアのうち約2250m～2500mまでの部分が未処理のまま38次隊に引き継がれたので、これを現場処理した。

具体的な現場処理の作業内容は、氷床ドーム計画研究プロジェクトで決定した方針に従い、コアを分割・梱包をすることと、現地で実行可能な初期解析を実施することである。最初にコアを垂直方向に60%、25%、15%の大きさになるように分割し(それぞれの試料片をAコア、Bコア、Cコアと呼ぶ)、さらに50cmの長さで梱包するため、水平方向にも切断した。それぞれにコアの情報を記載したコアカードをつけてプラスチックチューブに入れ、コアケースに梱包した。これら的大まかな使用用途は、Aコアは基地での一時保存用(一部に関しては本次隊で国内搬入)、Bコアは国内での物理系研究とガス分析研究を中心とした分析用、Cコアは化学、同位体分析を中心とした分析用である。解析の項目は以下のとおり。(1)バルク密度測定、(2)層位構造観察・記録、(3)固体直流電気伝導度測定(CD-ECM)、(4)固体交流電気伝導度測定(AC-ECM)、(5)写真撮影。なお処理深度は2251.393m～2500.722mであった。

バルク密度、コアの直径の深さ方向のプロファイルを37次隊の観測結果も含めて図1に示す。大きく変動している。掘削されたコアを地上に回収してから測定するまでのあいだに、生じた変化を反映しているのかもしれない。50cmの平均値でAC/DC-ECMの結果を36次隊、37次隊のデータも加えて図2に示す。振幅が小さくなり、値も小さくなっていることがわかる。詳細な解析結果は、藤田他(本シンポジウム)で発表される。

2. 深層掘削関連

当初は37次隊で行われた2500mまでの深層掘削を、引き続き38次隊で継続する計画であった。しかし、1996年12月に深層ドリルが掘削孔内の2300m深付近で引っかかったため、深層掘削は一時中断している。38次隊で行った深層掘削関連の作業は、液封液注入と液面レベルモニター、ドリル引き上げ試み、ケーブル巻き取り装置への新規ウインチケーブルの組み込み、掘削場の温度変化のモニター、高密度液の注入(39次隊と共同作業)。

3. コア持ち帰りと残置コアについて

1997年1月のコア保存雪洞天井の落盤によって、多量の雪に埋まったAコア約1000ケースを掘り出して、その修復と保存場所移転を8月に行った。国内持ち帰り深層コアの梱包作業は、越冬隊員全員の協力を得て9月から11月にかけて実施された。これは、コアケースへの雪詰め、中ダンへコアケースを4ケースずつ入れてから隙間への雪詰め、ガムテープ貼り、マーキング作業である。作業環境が-50℃であるため、ガムテープはヒートガンで暖めながら使用した。本次隊で国内に持ち帰った深層コアは中型ダンボール換算で以下のとおり。

・Aコア 160箱(15m毎に4m分)

- ・Bコア 22 梱 (2250~2500m)
- ・Cコア 13 梱 (2250~2500m)
- ・大気成分分析用コア 41 梱
- ・火山灰層視認コア 6 梱

38 次越冬終了後に基地へ残置されたAコアは 1528 ケース 中ダンで 382 梱。なお1ケースには、1m 分のコアが収納されている。

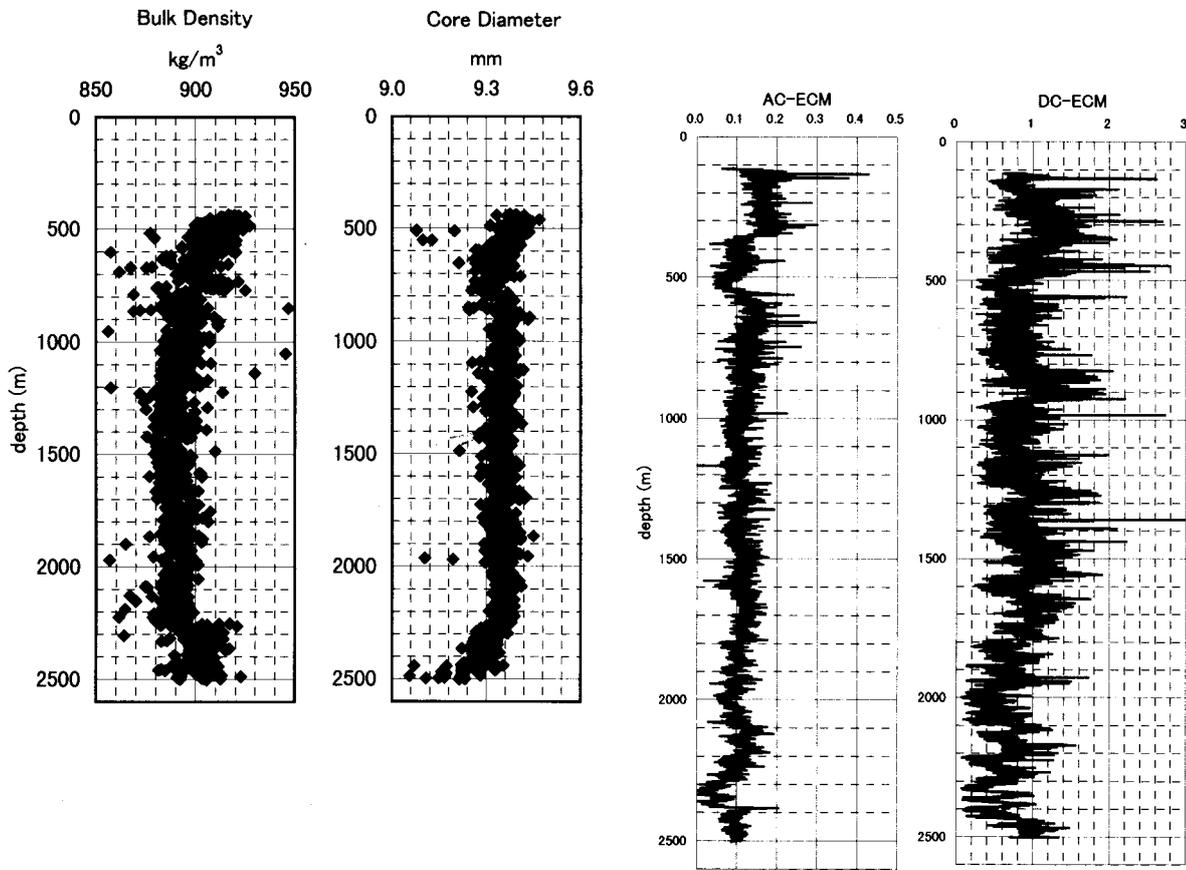


図1. コアバルク密度と直径

図2. AC-ECM および DC-ECM の測定結果
 AC-ECM: $\tan(\delta)$
 DC-ECM: acidity (μ M/L)

氷期-間氷期サイクルにおける陸域起源物質の変動

藤井理行、本山秀明（極地研）、福岡孝昭（立正大）、菊地正（山口東京理科大）、
鈴木利孝（山形大理）、的場澄人、河野美香（総研大）、渡辺興亜（極地研）

Change in dust concentration in Dome Fuji deep ice core during
glacial-interglacial cycles

Y. FUJII, H. MOTOYAMA, T. FUKUOKA, T. KIKUCHI, T. SUZUKI, S. MATOBA,
M. KOHNO and O. WATANABE

Concentration and size distribution of dusts in Dome Fuji, Antarctica ice core are examined with a laser particle counter (MetOne 211). The concentration is high in the glacials and low in the interglacials. During the glacials, the concentration increased with time, showing higher concentration in the cold stages. The concentration of submicron dusts was high in interglacials and interstadials of the glacials. On the other hand, concentration of dusts larger than $1.0 \mu\text{m}$ in diameter was high in glacials and low in interglacials, being the similar trend to that of Ca^{2+} . These suggest the change in the dust sources and wind condition in glacial-interglacial cycles.

ドームふじ氷床深層コア中に含まれる固体微粒子について、レーザ散乱型パーティクルカウンター (MetOne-211) を用い、粒径 $0.52\text{-}5.02 \mu\text{m}$ のダスト濃度と 10 段階の粒径分布の分析を開始した。サンプルは 2.5m 深毎に 7cm 長に切り出した C コアサンプルで、ダスト濃度と粒径分布の他、化学主成分濃度、電気伝導度、酸性度の分析が進められている。

ダスト濃度は、氷期に高く (15000-20000 個/ml) 間氷期に低い (5000-10000 個/ml) 傾向を示す。氷期における濃度は時間とともに増大し、氷期末期に最も高くなった。これは、氷期の進行に伴う海面レベルの低下により次第に露出した大陸棚がダストの主要な供給源であるとのこれまでの考えを支持するものである。間氷期と氷期末期におけるダスト濃度の量比は 1/2.4 で、南極ドーム C での 1/6、北極キャンプセンチュリーコアでの 1/12 と比べて大きい。

また、粒径分布の変動は、氷期-間氷期サイクルで異なる傾向を示すとの新しい知見を得た。氷期には粒径 $1.00\text{-}1.26 \mu\text{m}$ の粒子が最大となる分布パターンを示すのに対し、間氷期には粒径が小さい粒子ほど濃度が高くなる分布パターンを示す。また、サブミクロンの細粒な粒子は、氷期の亜間氷期を含む温暖期に高濃度、氷期の寒冷期に低濃度であった。一方、粒径 $1 \mu\text{m}$ 以上の粒子は、サブミクロンの粒子とは逆の傾向を示した。

Ca^{2+} イオンは、粒径 $1 \mu\text{m}$ 以上の大粒子濃度に近い変動傾向を示すが、間氷期にはゼロ近くまで低濃度になるなどダスト濃度とは異なる変動が認められる。

こうしたことは、氷期-間氷期サイクルにおけるダスト供給地の面積を含む変動と、ダスト供給地から南極に至る地域での風向、風速場の変化に起因していると考えられる。

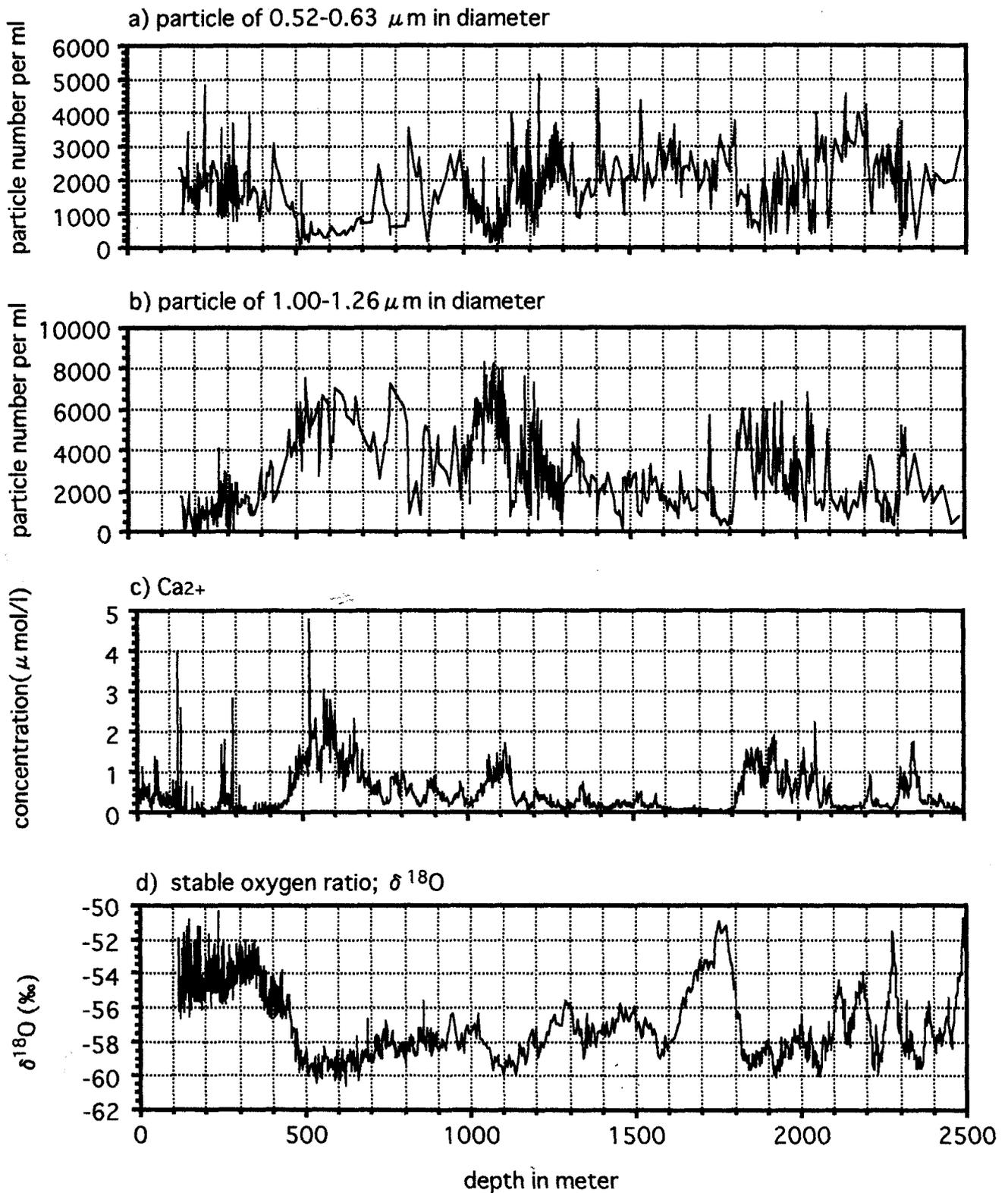


図 ドームふじ2503mコアの水期-間氷期サイクルにおける陸域起源物質と気温の変動。
 a) 粒径0.52-0.63 μm の固体微粒子濃度、b) 粒径1.00-1.26 μm の固体微粒子濃度、
 c) Ca^{2+} イオン濃度、d) 酸素同位体組成。

PI-3

南極ドームふじ基地深層掘削コアの溶存化学成分の鉛直分布と気候変動に伴う特徴
神山孝吉、東久美子、五十嵐誠（極地研）、渡辺幸一、永尾一平、田中浩（名大・
大気水圏研）、金森悟、金森暢子

The vertical and climatic distribution of soluble chemical constituents in the deep ice core at
Dome Fuji station, Antarctica

K. Kamiyama, K. Azuma, M. Igarashi (NIPR), K. Watanabe, I. Nagao, H. Tanaka (Nagoya
Univ.), S. Kanamori and N. Kanamori

The vertical distribution of soluble chemical constituents up to 2,500 meters depth preserves the climatic record, including several glacial and interglacial decades as were detected by the distribution of oxygen isotopic ratio. The chemical concentration changes with the change in the oxygen isotopic ratio. The frequency distribution of the isotopic values shows that there are two maximum at lower and higher isotopic values. The depth intervals corresponding to the higher than the higher maximum of the frequency and lower than the lower one were consist of the ice constructed in warm and cold periods. The concentrations of anions and cations in each period show that the higher concentrations were characterized in warmer period as were observed most clearly in Ca and Cl. The vertical distributions of most popular anion and cation in both periods were introduced.

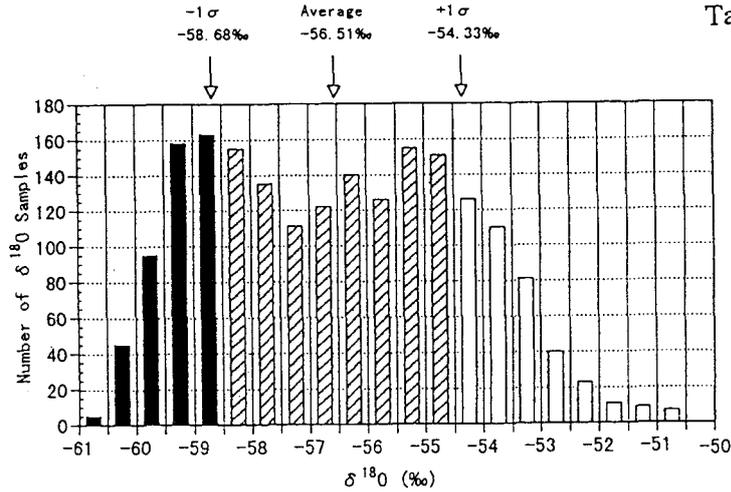
南極内陸ドーム基地から得られたコア（2,500メートル）の溶存化学成分組成のプロファイルが得られた。測定間隔は表1に示した。酸素同位体比のプロファイルからは度重なる氷期 - 間氷期の変動が記録されており、同位体比の変動に伴って溶存化学成分も変動している。酸素同位体比測定値の頻度分布（図1）には二つのピークが検出された。寒冷期（全てのデータが図1の灰色に入る深度）と温暖期（全てのデータが図1の白抜きに入る深度）を仮定し（表2）、各期の陽イオン、陰イオンを濃度の高い順に並べた（図2）。温暖期に比べて寒冷期にはほとんどの成分が高濃度になり特にカルシウム、塩化物イオンの増加が著しい。

各期に最も高濃度の陽イオン (Na) と陰イオン (SO₄, Cl) の鉛直プロファイルを示した。

Table 1: Sampling interval for the whole ice core

Depth (m)	interval (m)	Number of samples	Feature
6.7 - 113	1	106	Firn
113 - 430	1	495	Ice
430 - 2500	2.5	826	Ice

Table 2: Depth for warm and cold periods



Warm Period				
Depth (m)	Maximum (‰)	Minimum (‰)	Average (‰)	count
329.9-349.92	-52.02	-54.29	-53.34	40
1687.25-1789.75	-50.61	-54.26	-52.58	42
2271.85-2284.87	-50.61	-54.10	-52.94	11
2478.06-2498.04	-50.74	-54.30	-52.73	11
Total	-50.61	-54.30	-52.90	104

Cold Period				
Depth (m)	Maximum (‰)	Minimum (‰)	Average (‰)	count
564.61-595.5	-58.88	-60.78	-59.75	62
1080.25-1144.75	-58.72	-60.22	-59.39	27
1829.76-1862.25	-58.70	-59.62	-59.16	14
1909.75-1934.75	-58.82	-60.06	-59.39	11
2042.13-2059.88	-58.69	-59.98	-59.35	12
2341.73-2367.73	-58.69	-59.58	-59.18	12
Total	-58.69	-60.78	-59.37	138

Fig. 1: Frequency of the values of oxygen isotopic ratio in whole ice core.

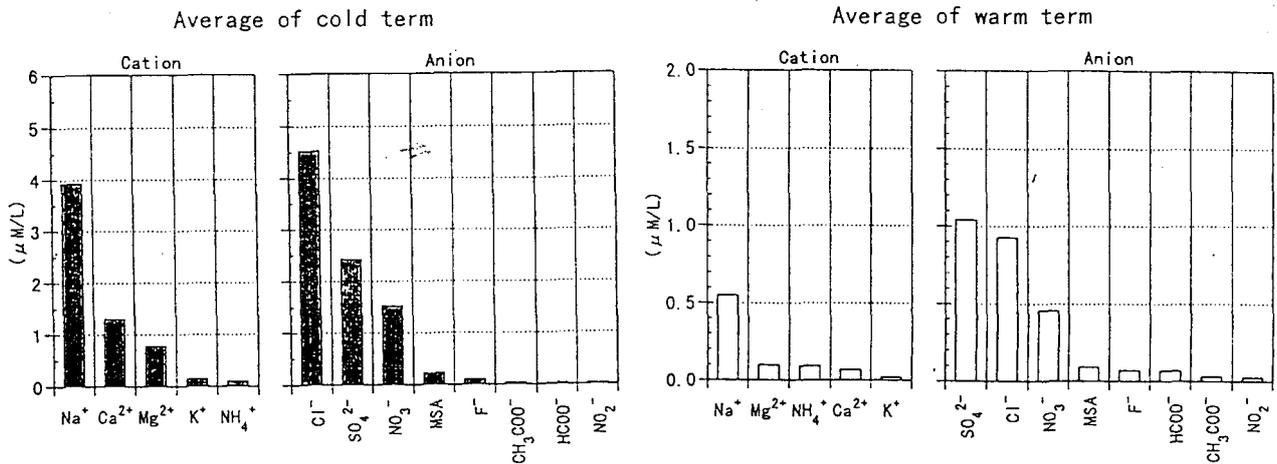


Fig. 2: The concentrations of cations and anions in cold and warm periods.

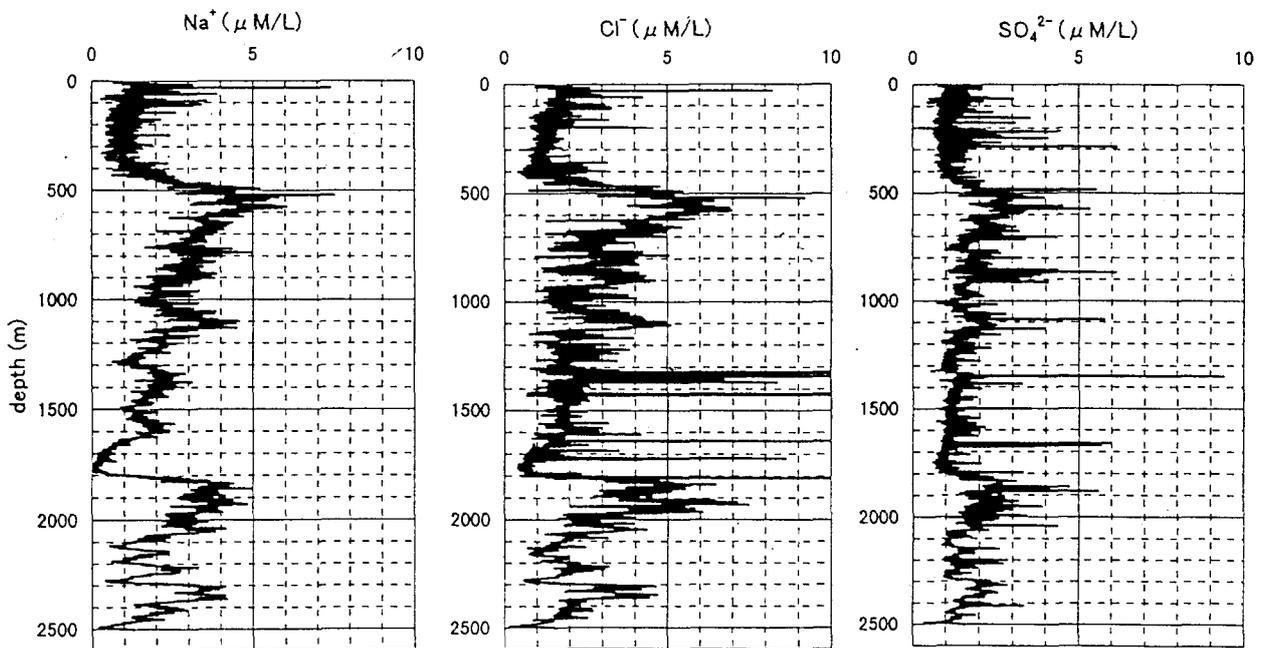


Fig. 3: The vertical distribution of Na, Cl and SO4

南極ドームふじ深層コア中のテフラ粒子の特性化

菊地 正 (山口東京理科大学)・小島真次郎 (理学電機工業・X線研究所)
藤井 理行 (極地研・北極センター)・河野 美香 (総合研究大学院大学)

The characterization of tephra particle in the deep layer of the Fuji ice-core at the south pole dome

Tadashi KIKUCHI (Sci.Univ. of Tokyo in Yamaguchi), Shinjiro KOJIMA (Rigaku Industrial Co.
X-ray Resarch Laboratory), Yoshiyuki FUJII (NIPR), Mika KOHNO (NIPR)

In the present study, tephra particles in the Fuji ice core at the South Pole dome have been characterize by using total reflection X-ray fluorescence for compositional analysis and analytical electron microscope for morphological analysis.

The particles are obtained from shallow, middle and deep layer of the ice core, respectively. On the basis of the characterization, elemental composition of the shallow layer is similar to that of the deep layer. In the both layers, the particles show the basalt like composition since the contents of Fe, Ca and K are relatively high. On the other hand, the particles from middle layer shows that the crystallization of the volcano magma takes place since the elemental composition in this layer is quite different from the composition in the other layers.

【はじめに】 本研究では、ドームふじ基地で2500mまで深層掘削された氷床ドームFコア中に含有されているテフラ粒子状物質の特性化を行う事を目的とした。このテフラ層の厚さは、厚くとも22mm、平均的には1~8mm程度と薄く含有粒子数も限られている。そこで本実験を行うにあたり、作業環境および分析環境からの影響を低減させ微量・高感度分析法の確立をはかり分析条件の検討を行った後、ドームFコア中のテフラ層を深度573.88m、1361.89m、2202.81mの3層の粒子状物質について全反射蛍光X線分析法 (TRXRF) で平均組成分析, 走査型分析電子顕微鏡 (SEM-EDX) で個々の粒子形状・形態分析および組成分析からテフラ粒子状物質の特性化を行った。

【実験および方法】 ドームふじコアの堆積テフラ層は、薄いことから、分析試料量が非常に少量であると推察される。その為、これらテフラの分析を行うには、如何に空試験値を低減させた分析手法と汚染量低減化の試料処理法の開発が第一の目的であるから以下の処理法の検討を行った。はじめに容器の材質 (テフロン、ポリプロピレン)、氷塊表面の処理及び洗浄方法について検討を行った。まず、二種類の中蓋とスクリュウ蓋付き容器にミリQ水 (電気伝導度: 0.05~0.10 μ S/cm) を用い、模擬氷塊試料を作製した。これを、バンドソーで目的の形状に切断後、表面処理作業をクリーンベンチ内でセラミックスナイフにて表面を

5 mm以上削除し、清浄容器に封入し、秤量後、ただちにクリーンルーム内クリーンベンチ中にて氷塊試料をミリQ水で表面を十分に洗浄後、各容器に封入し、電子レンジにて氷解、これを清浄シリコンウェハー上に $25\mu\text{l}$ 、 $50\mu\text{l}$ 、 $100\mu\text{l}$ 滴下乾燥し、半導体ウェハートレーに入れ、これをビニール袋に封入した。同様に共洗い処理を施した氷塊についても行った。

粒子状物質の平均組成分析には、全反射蛍光X線分析装置（理学電機工業・TXRF-3700）、粒径、形態、組成分析には走査型分析電子顕微鏡（日立・S-5000, SEM-EDX）、（日本電子・JEOL-JXA880, EPMA-WDS）で行った。

南極氷床ドームふじコアは、深度573m、1361m、2202mの三種層である。氷床コアからテフラ層の切断は、国立極地研究所・冷凍研究室内（ -20°C ）でテフラ層上下から数mm、計13mmの厚さに金鋸で切断し、分析に必要量 1cm^3 を切り出し、クリーンベンチ内でセラミックスナイフで表面研磨後、洗浄容器（PP）に保存した。つぎに、これをクリーンルームのクリーンベンチ内でミリQ水にて表面を十分に水洗後広口ビン（PP）中にて氷解し分析に供した。

【結果考察】模擬氷床試料を用いてサンプリング法の検討を行った結果、用いたミリQ水とブランク間の分析値には誤差範囲内で一致していたが、容器に関して各元素ともテフロン製容器に比してポリプロピレン製容器は2～3倍量検出された。つぎに氷塊試料の表面処理については、ミリQ水洗浄に比して共洗い洗浄法が元素によって多少異なるが数倍から数十倍ブランク値を低減化ができた。

以上の試料処理および測定条件にて氷床コア中のテフラ粒子に関し、TRXRF, SEM-EDXでの測定結果を以下にまとめると。

○TRXRF法での結果

- 1) 三層のテフラ粒子は殆どがガラス質である。
- 2) Fe, Ca 濃度に差はあるが573m層と2202m層に含有されるテフラ粒子は元素組成が類似している。
- 3) 1361m層のテフラ粒子はCa量が一桁程度、Fe, Al量は半分以下少ない、反面K量は約3倍強多い。

○SEM-EDX法での結果

- 1) テフラ粒子は1364m層が深度573m, 2202m深度に比してサブミクロン粒径が多い。
- 2) 三種のテフラ粒子はSiを主成分としたAl, Naを含有する酸化物粒子が最も多く、つぎに酸素含有量が異なりAlに比してP含有量が多い酸化物粒子が多い。
- 3) SiやAlを主成分としFe, Al, Na, Ca等を含有した酸素を含有しない粒子が573m, 2202m層にある。

ドームふじ52mコア中の固体微粒子のSEM-EDX評価

工藤善之・中村寿充・須澤貴祥・古谷圭一（東京理科大学理学部）・菊地正（山口東京理科大学基礎工学部）・神山孝吉・渡辺亜興（国立極地研究所）

SEM-EDX observation of solid micro particles in Dome Fuji 52m ice core

Y. Kudo, H. Nakamura, T. Suzawa, K. Furuya (Science University of Tokyo),
T. Kikuchi (Science University of Tokyo in Yamaguchi),
K. Kamiyama, O. Watanabe (National Institute of Polar Research)

In an ice piece from Dome Fuji core at 51.93m~52.24m in depth, 450 particles were observed from an area of 520 μm x 320 μm selected randomly on the Nuclepore filter by SEM-EDX. The average particle size was 2.26 μm and they consist of 91% mineral, 7% silica, and 2% others. Particle concentration was estimated as 5900 \pm 670~8500 \pm 940/g, judging from the results of dispersion of the synthesized monodispersed particles on a filter. The number of contamination particles were measured all through the processes from cutting the stored ice core sample to SEM-EDX observation. Parallel experiment for the background revealed that it included 4~5 contamination particles.

はじめに： 南極ドームCコア中の固体微粒子¹⁾ や南極エアロゾル²⁾ の研究において観察された固体微粒子の数十%は粘土鉱物であったと報告されたように、南極まで輸送され雪氷とともに堆積する固体微粒子中には大陸土壌起源粒子が多く含まれる。本研究では、ドームふじ52mおよびみずほ384m氷床コアに含まれる微量の固体微粒子をSEM-EDXで評価した。また、氷試料の切断からフィルターに捕集した固体微粒子のSEM-EDX観察までの実験操作過程における汚染要因を評価して、簡易的な微粒子観察の最適条件を確立することを目的とした。

方法： ドームふじ氷床コア試料 (Dome F '93 No.123D3-124D4, 51.82m~52.24m) を使用した。またみずほコア試料 (840628 M'-521, 383.82m~384.32m) とも比較した。コア試料の表面を2回、厚さ数mm程度をセラミックナイフで除去した後常温融解し、直径13mm、孔径0.2 μm のニュークリポアフィルターでろ過して粒子を分離した。イオンスパッターE-1030 (日立) でPt-Pd蒸着し、無作為に選んだ520 μm x 320 μm の視野範囲 (有効ろ過面積の1/450、倍率20000倍) を走査型電子顕微鏡S-5000 (日立) およびKEVEX-SIGMA型EDXシステムで観察した。

結果： ドームコア試料D3-2(51.93m~52.04m部分, 10.0g)、D3-3(52.04m~52.16m部分, 10.0g)、D4(52.16m~52.24m部分, 9.5g)に含まれていた固体微粒子は計測面積520 μm x 320 μm あたりでそれぞれ189個、132個、129個で、平均粒子サイズはそれぞれ2.1₁、2.3₃、2.2₅ μm 、全平均サイズでは2.2₆ μm であった。コアの51.93m~52.04m部分でやや粒子数が多いものの粒子サイズはほぼ同じであった。全粒子450個の91%はSi、Al、Na、K、Fe、Caを主成分とする土壌鉱物粒子と考えられ、他にシリカ粒子が7%、その他2%であった。コア深度による粒子組成変化はほとんどなかった。保存コア試料の切断からSEM-EDX観察までの全操作過程を通じて混入する汚染粒子数を超純水 (多摩化学) を凍らせ模擬試料として評価した結果、バックグラウンド実験での汚染粒子数はシリカ系粒子と炭素質粒子の4~5個であった。従って、それぞれのドームコア試料での観察粒子にはこの程度の汚染粒子が含まれる可能性があった。一方、みずほコア (M3, 384.00m~384.11m部分) の10.9g中の固体微粒子は520 μm x 320 μm あたりで115個、平均粒子サイズは1.6₄ μm であり、土壌鉱物粒子77%、シリカ系粒子20%、その他の組成の粒子3%に分類出来た。フィルター上の粒子の分散性を別に合成した単分散粒子を用いて検討した。その結果からコア中の総粒子数を算出すると、ドーム試料では5900 \pm 670~8500 \pm 940個/g、みずほ試料M3では4700 \pm 520個/gとなる。ドーム試料での粒子数はみずほ試料M3に比べるとやや多い傾向がある。これに対し平均粒子サイズおよび組成では相違が認められた。

1) A. Gaudichet, J. R. Petit, R. Lefevre, and C. Lorius, *Tellus*, **38B**, 250-261 (1986).

2) K. Koji, K. Okuda, and Y. Iwasaka, *J. Met. Soc. Jpn.*, **67**, 889-906 (1989).

南極 H15 コアに記録された過去 300年の火山シグナル

河野美香*・日下部実(岡山大地球研; *現: 総研大)・福岡孝昭(立正大地球環境)・
藤井理行(極地研)

300-year volcanic signals recorded in an ice core from site H15, Antarctica

M. KOHNO*, M. KUSAKABE (Okayama Univ., ISEI; *^{present} Grad. Univ. Advanced Studies),
T. FUKUOKA (Rissho Univ.) and Y. FUJII (NIPR)

A 120-m long ice core from site H15 in Mizuho Plateau, Antarctica was dated by (1) empirical densification model, and (2) counting acidity-induced summer peaks of electrical conductivity. Ten prominent peaks of non-sea-salt sulfate (nssSO_4^{2-}) and hydrogen ion concentrations were found in the core for the past 300 years, and were assigned to explosive volcanic eruptions took place south of 20°N.

火山の爆発的な噴火に伴って成層圏に到達した細粒の火山灰や硫黄を含む火山ガス(硫酸エアロゾル)は全地球的に広がり、極域氷床では雪と共に氷床上に連続的に堆積する。従って、氷床ボーリングコアには、過去数十万年前から現在までに成層圏に注入された火山起源物質が保存されている。大規模な火山噴火の1~2年後に相当する雪氷層には火山灰が含まれていたり、また、その融解液には火山シグナルとして酸性度や非海塩性硫酸イオン(nssSO_4^{2-})濃度の顕著なピークが現れる。タンボラ火山(インドネシア)1815年噴火や給源火山がわかっていない1809年の噴火による火山シグナルは、南極氷床の多くの地域の浅層コアで検出され、南極のコアの絶対年代を与える示準層として重要である。本研究では、南極みずほ高原 H15 地点(69°04'46"S, 40°46'54"E, 1050 m a.s.l.)で1991年9~10月に採取された120.2 m深コアの年代として、(1) Herron and Langway (1980)および Nye (1963)によるコア年代推定法、(2) コアの直流電気伝導度(electrical conductivity measurement; ECM)ピークを数える方法を検討し、推定精度から後者を採用した。この方法は、ECMが酸性度と相関があり、また雪の酸性度が夏に高くなるという性質に基づいている。また、H15コアで火山シグナルが検出される層の推定年代と、20°N以南に位置する火山の噴火年代が対応するか検討した。

コアの融解液の主成分および酸性度は、それぞれイオンクロマトグラフ(Dionex model 2000i)、pHメータ(TOA HM-60S)を用いて測定した。図1に、 nssSO_4^{2-} 濃度および酸性度プロファイルを示した。コアの表面から水当量深度4 mまで、雪尺による積雪量測定値に基づいて、ECMの1980~1991年夏のピークが識別されている(図2)。そこで、ECMピークで示される夏の層の nssSO_4^{2-} 濃度の最大値($72 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$)をバックグラウンドレベルとし、この値を超える nssSO_4^{2-} 濃度ピークを火山シグナルと考えた。コアの推定年代に基づいて、これらの火山シグナルと対応する可能性のある火山噴火を挙げた(図1)。これは、20°N以南に位置する火山で VEI (volcanic explosivity index; 火山の爆発度を示す尺度で0~8段階あり、例えばタンボラ火山1815年噴火は7とされている)が5以上の噴火による硫酸エアロゾルは、顕著な火山シグナルとして南極氷床に輸送・堆積したことを示している。

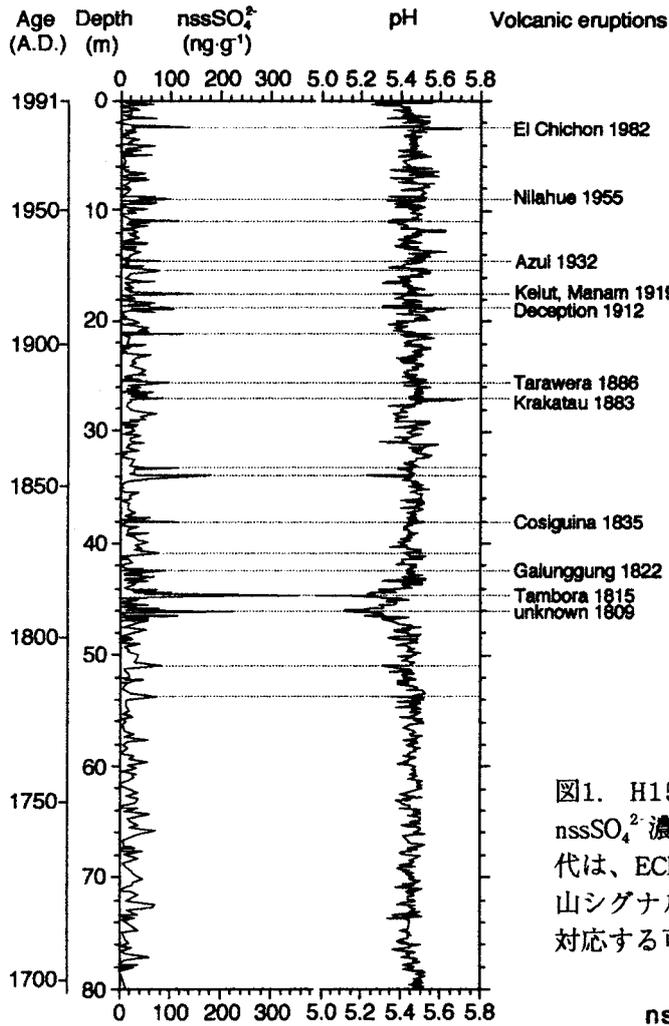


図1. H15コアの表面から水当量深度 80 m までの nssSO₄²⁻ 濃度および酸性度プロファイル。左の推定年代は、ECMピークを数える方法に基づく。点線は、火山シグナル (nssSO₄²⁻ 濃度 > 72 ng·g⁻¹) を示し、それに対応する可能性のある火山噴火を併記した。

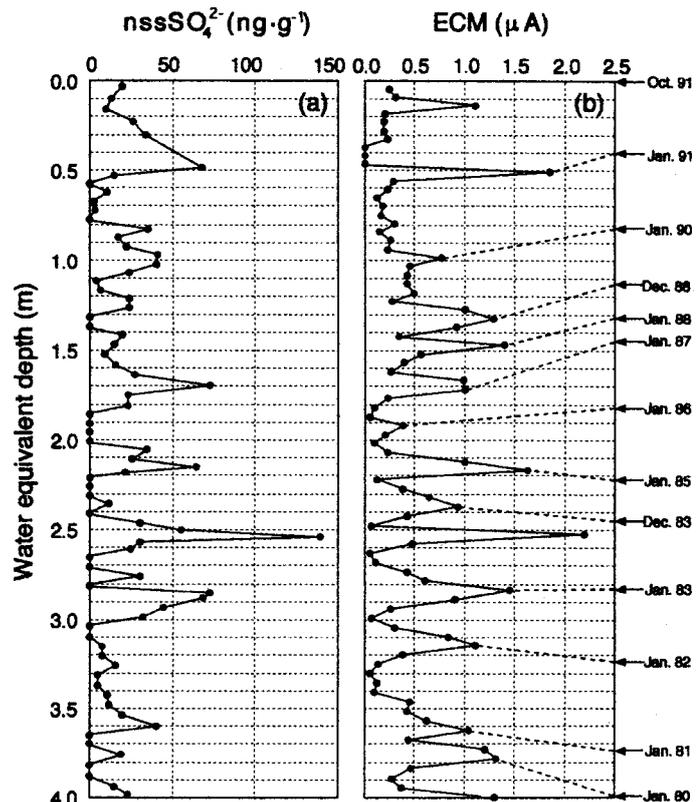


図2. (a) H15コアの表面から水当量深度 4 m までの nssSO₄²⁻ 濃度プロファイル。2.5 m 深には、エル・チチョン火山(メキシコ) 1982年噴火によるピークが見られる。(b) 同深度範囲のECMプロファイル。雪尺測定値に基づく年代を図の右に示した。ECM ピークを各年代の夏(12月または1月)に割り当て、点線で示した。

南極 H15 コア中に 1815 年タンボラ火山？テフラ

林伸幸（日大院）・福岡孝昭（立正大）・河野美香（極地研）
藤井理行（極地研）・遠藤邦彦（日大）

Possible Tambora 1815 eruption tephra have been found in the H15 ice core, Antarctica

N.HAYASHI (Nihon Univ.), T.FUKUOKA (Rissho Univ.),
M.KOHNO (NIPR), Y.FUJII (NIPR), K.ENDO(Nihon Univ)

We found micro tephra particles which are composed of bubble-wall type glass and pumiceous type glass, in the H15 ice core, Antarctica. The ratio of grain number for both type glass in the H15 ice core is similar to it in Tambora 1815 tephra itself. Chemical composition of both type glass, in the H15 ice core by SEM/EDS qualitative analysis is also similar to it of glass in Tambora 1815 tephra. These may suggest that source for tephra in the H15 ice core is Tambora 1815 eruption.

南極 H15 コア中には 1815 年相当層に高い ECM 値が存在する。この ECM 値の高いシグナルは Kohno et al.(1996)により、1815 年タンボラ火山噴火の火山性エアロゾルによるものと推定した。林ほか（1997）は、この部分のコア氷をフィルターでろ過し、そのフィルター上の粒子について実体顕微鏡で観察、計数をおこなった。その結果 10 μm 以下の粒子のヒストグラムが ECM 値の強度変化と良い相関を示した。さらに電子顕微鏡（SEM）で観察の結果、典型的なテフラ粒子（バブルウォール型ガラス）を発見した。

今回これらフィルター上の粒子について、さらに詳しい観察、分析を電子顕微鏡でおこなった。さらに対比のため、インドネシア、タンボラ火山麓から採取した 1815 年噴火のテフラ試料を観察、分析した。H15 コアとインドネシア、タンボラ火山 1815 年テフラの両者に、多数のバブルウォール型、軽石型の両タイプのガラスが存在することを確認した。その比率も両者で類似している。SEM/EDS による化学分析の結果、H15 コア中の微小テフラ粒子の主成分化学組成比は、タンボラ火山麓の 1815 年噴火によるテフラ粒子のものと類似している。また化学組成の対比のために使用した AT 火山灰（2 万 4000 年前に鹿児島で噴火した広域テフラ）の組成比とはっきり識別された。

エアロゾルによる火山シグナルの存在する層準が、圧密などの推定年代から 1815 年相当とされている点、粒子形態やその比率、主成分化学組成比の類似性を総合すると、H15 コア中のテフラ粒子は、1815 年タンボラ火山起源の可能性が高い。しかし、国内の広域テフラの対比の経験から、主成分化学組成比の類似性を中心とした比較では類似したテフラも多く、今後微量元素組成を含めて定量的に検討する必要がある。

10 μm 以下の粒子サイズのテフラについて、微量元素性を含めて十分に検討できれば、Dome FUJI コア中のテフラ粒子についても信頼のおける対比が可能になる。

東南極 S25 コア中の化学成分濃度の変動特性

渡辺幸一（名大大気水圏研）・佐藤和秀（長岡高専）
 神山孝吉・本山秀明・渡辺興亜（極地研）

Chemical composition variations in the S25 core, East Antarctica

K. Watanabe (IHAS), K. Satow (Nagaoka College of Technology)
 K. Kamiyama, H. Motoyama, O. Watanabe (NIPR)

Chemical composition variations in the S25 core, near the coastal region on Mizuho Plateau, East Antarctica, have been analyzed. The time series of nssSO_4^{2-} which is mainly derived from marine-biogenic sulfur, showed not only seasonal variations, but also 4-5 year and 8 year variations. There are about 11 year variations of NO_3^- concentration in the S25 core.

極域雪氷コア中の化学成分濃度の測定は、大気環境の変動を考察するのに大変有効である。南極沿岸部は内陸に比べ積雪量が多く、化学成分の変質が小さく、季節変動なども保存されやすい。本研究では東南極沿岸部の S25 地点で掘削された雪氷コア中の化学成分について、その変動特性・周期性などについて考察した。

S25 コア中の nssSO_4^{2-} 濃度には非常に明瞭な季節変動だけでなく、4~5 年周期や 8 年程度の周期変動がみられた。南極沿岸域の積雪中に含まれる nssSO_4^{2-} の大部分は海洋生物起源であると考えられるが、その生成量や氷床上への輸送過程などは、海水温、海水分布や気象条件などに大きく依存しているものと考えられる。最近、海面気圧、風応力、海水観測データなどから、南極周極波 (ACW) と呼ばれる南大洋を東へ伝播する地球規模の波動が発見された (White and Peterson, Nature, 1996)。ACW は波数 2、周期 4~5 年で東方へ伝播し、8~10 年かけて南極大陸の周囲を 1 周している。このため、南極沿岸域では、ACW の影響を大きく受けて nssSO_4^{2-} が氷床上へと運ばれ、その濃度変動に 4~5 年周期や 8 年程度の周期性がみられるものと考えられる。

また、S25 コア中の H_2O_2 濃度には 11 年程度の太陽活動周期に相当する変動がみとめられ、オゾン全量にかつて明瞭な 11 年周期変動がみられ、対流圏光化学反応に影響を与えていた可能性を報告した (Watanabe et al., J. Meteor. Soc. Japan, 1998) が、 NO_3^- についても 11 年程度の変動がみられた。 H_2O_2 濃度は太陽活動が増加する時期に (この時期オゾン全量が極小であった (Christie, 1973)) 極大となっていたが、 NO_3^- 濃度は太陽活動が極大から減少へと向かう時期に高濃度となっていた。太陽活動が活発な時期に成層圏やさらに上層大気中で、 NO_x 、 HNO_3 がさかんに生成され、後に粒子化したものが落下し氷床上へと堆積・記録されるものと考えられる。このような南極氷床コア中の NO_3^- 濃度と太陽活動との関連性については反対意見もあり、これまでも論争がなされてきたが、S25 コアについてもその関連性がみとめられる結果が得られた。

ドームF 深層コアの空気含有物測定と力学試験

成田英器 (北大低温研)、庄子 仁・亀田貴雄 (北見工大)、東 信彦 (長岡技科大)
宮本 淳・本堂武夫 (北大低温研)、川田邦夫 (富山大)、前 晋爾 (北大工)

Measurements of air inclusions and mechanical tests of the Dome F deep core

H. Narita(ILTS), H. shoji, T. Kameda(KIT), N. Azuma(NUT), A. Miyamoto, T. Hondoh(ILTS)
K. Kawada(Toyama Uni.) and O. S. Mae(Hokkaido Uni.)

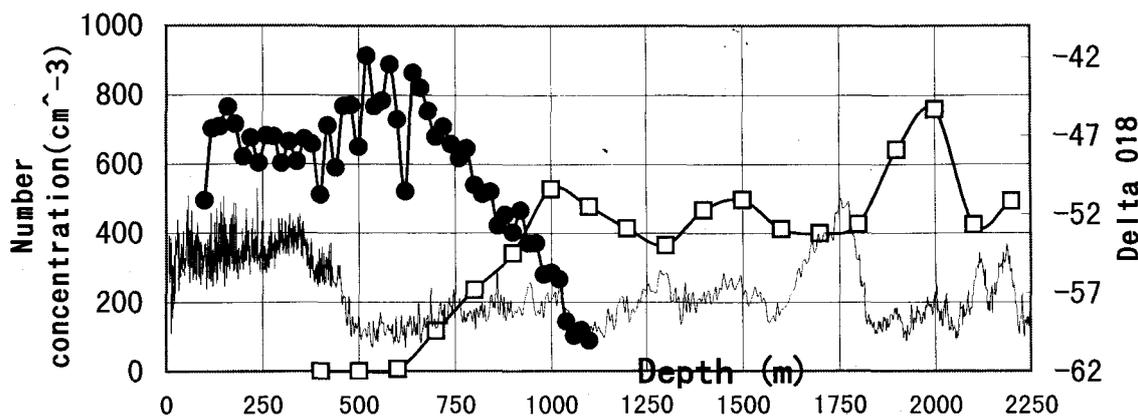
Morphological changes and number concentration of air bubbles and air hydrates were examined at the Dome F deep ice core. Air bubble disappeared at about 1100m depth and air hydrate began to appear from about 700m depth. The number concentration of them were closely related to the fluctuation of $\delta^{18}\text{O}$ profile. Those total volume decreased exponentially with increase of depth. On the other hand, constant load test and constant strain rate test were conducted in order to examine the mechanical properties of Dome F ice core.

まえがき：南極ドームF コアの空気含有物（気泡、クラスレート）の測定と力学試験を行った。フィルンの氷化に伴って氷に取り込まれた空気は、気泡の形で観察される。この気泡は深さを増すとともに空気包接水和物（クラスレート・ハイドレート）に変わる。この気泡やハイドレートの数密度は $\delta^{18}\text{O}$ の値と密接に関係している。つまり、これらは気温や雪の堆積・圧密変態で様々に変化する積雪・フィルン形態の生き写しとも考えられ、 $\delta^{18}\text{O}$ と共に過去の環境情報を持っている重要な因子である。また、力学試験は氷床の動力学の解析、層の thinning やコアの年代決定に欠かせないデータを提供するものである。

空気含有物の測定と結果：気泡の観測は厚さ約2 mm、幅約3.5 cm、深さ方向に10 cmの薄の透過光写真を撮り、写真上で気泡の数と平均直径を測定した。一方、ハイドレートでは、厚さ5 mmの厚薄片を用い、幅5 mm、長さ10 cmの範囲内で顕微鏡観測を行った。下図は、

これらの測定で得られた数密度と深さの関係を $\delta^{18}\text{O}$ のデータと共に示したものである。数密度の一点は上記の測定範囲内での平均値である。気泡は深さ約1100 mで消え、ハイドレートは約600 mから現れた。そして、これらの変化は $\delta^{18}\text{O}$ と逆相関関係にあることが認められる。その他、形態、体積、粒径などの深度分布、空気含有量等について述べる。力学試験：深さ150 m～2250 mで約100 m毎の試料について、一軸定荷重圧縮試験と一軸定歪速度圧縮試験を行っている。圧縮はコア軸方向に行い、定荷重の場合、3 barsの荷重を与えている。定歪速度試験の歪速度は $4.5 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$ で、両者とも試験温度は -15°C である。ドームF コアのC-軸方位分布は深さとともに鉛直方向に一極大に集中してゆく。これに伴って、これらの力学試験でも深さと共に氷の硬さが増した。

本発表では、以上の結果を中心にドームF コアの空気含有物と力学特性について議論する。



ドームふじコアにおける気泡及び空気包接水和物結晶の
ラマン散乱測定

○福村拓、池田倫子、深澤裕、前晋爾（北大工）、本堂武夫（北大低温研）、

Raman scattering measurements on air-bubbles and air-hydrates
in Dome Fuji core

T.Fukumura, T.Ikeda, H.Fukazawa, S.Mae, T.Hondoh

Ancient atmospheric gases are trapped in polar ice sheets. The gas molecules are stored in air-bubbles at shallower depth. The air-bubbles are gradually compressed with depth and begin to transform into clathrate hydrates. We measured N_2/O_2 ratios of air-bubbles and clathrate hydrates in Dome Fuji Antarctic ice cores using a microscopic Raman spectrometers. The results showed that the average N_2/O_2 ratio in the air-bubbles increases from the atmospheric value(3.7) at 620m to 8.0 at 1100m. The average N_2/O_2 ratio in the clathrate hydrates is 1.8 at 800m, and approaches the atmospheric value.

南極大陸などの極地氷床は、数万年に及ぶ過去の大気を保存している。氷床中の空気は氷床浅部では気泡として存在する。しかし、深さとともに圧力が増加するため空気包接水和物結晶に変化する。気泡と空気包接水和物結晶は氷床内において非常に長い深さ領域にわたって共存しており、この領域は transition zone と呼ばれている。

池田ら[1]は南極 Vostok コア中の気泡及び空気包接水和物のラマンスペクトルの測定を行い、transition zone において気泡及び空気包接水和物中の空気の N_2/O_2 比が大きく変化することを発見した。この変化は transition zone における気泡と空気包接水和物間の空気の拡散によって生じるものと考えられる。一方、GRIP コア中の空気包接水和物のラマン測定[2]においては、 N_2/O_2 比の変化は存在しない。そこで、本研究では、南極ドームふじコア中の気泡及び空気包接水和物中の空気の N_2/O_2 比の詳細な深さ依存性の測定を行った。

測定結果以下のようなことが明らかになった。気泡の N_2/O_2 比は transition zone 浅部では現在の大気組成比(3.7)に等しいが、深さとともに増加する。空気包接水和物中の空気の N_2/O_2 比は transition zone の浅部では約 2.0 であるが、深さと共に増加し現在の大気組成比に近づく。本研究の結果は、Vostok コアから得られた結果と同様な傾向を示している。

REFERENCES

- [1]T.Ikeda, H.Fukazawa, S.Mae, L.Pepin, P.Duval, B.Champagnon, V.Ya.Lipenkov, and T.Hondoh, Geophys.Res.Lett. to be submitted.
[2]Pauer.F, J.Kipfstuhl, and W.F.Kuhs, Geophys. Res. Lett.22,969-971,1995

南極ドームFコア氷の格子定数測定

森川公彦・本堂武夫・宮本淳・堀彰・成田英器（北大低温研）

Measurements of the lattice constant of ice core from Dome-F, Antarctica

K. Morikawa, T. Hondoh, A. Miyamoto, A. Hori, H. Narita (ILTS, Hokkaido Univ.)

A lattice constant of the Dome-F core ice measured at -20°C by using of the high resolution X-ray diffractometer. The lattice constants were indicated smaller values than that under atmospheric pressure.

1. はじめに

氷床の結晶組織を知る事は、氷床流動モデルの構築を行う上で重要である。これまで氷床コアの結晶解析は偏光板を用いて光学的に行われてきた。しかし、X線トポグラフィを利用したポストークコアの観察で、光学的に単一の結晶と思われていた結晶粒が、わずかに方位の違う薄い板状の結晶の集合体である事が明らかになった¹⁾。この微細組織は、氷の塑性変形の結果として生ずるものであり、氷床内に応力がはたらいっている事を示している。

そこで、ドームFコアの残留応力について知るため、格子定数測定を行なった。

2. 測定

試料はドームFコアの薄片試料を用いた。格子定数の測定は、以前開発された -20°C の低温室で作動する精密ゴニオメーターおよび強力X線発生装置を用いて行なった。測定温度は $-20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ であり、温度変化に対する格子定数の変化は(a軸) $\pm 0.0002 \text{ \AA}$ である。格子定数はブラッグ条件 $2d \sin \theta = \lambda$ (d: 面間隔, θ : 回折角, λ : X線の波長) から得られる。角度分解能は 0.0001° 、測定精度は 10^{-4} \AA である。

3. 測定結果

図1は(10-10)反射での $2\theta/\omega$ スキャン

の結果である。縦軸は強度である。この θ の値から(10-10)面の面間隔がわかり、この値からa軸の格子定数が得られる。得られた格子定数は常圧 -20°C での値(4.5188 \AA)よりは小さく400mで 4.5137 \AA 、1740mで 4.5163 \AA であった。本講演ではドームFコア氷の格子定数の深さプロファイルを報告する。

Reference

- 1) 研究成果報告書「極地氷床コアの物性と古環境シグナル」平成9年3月

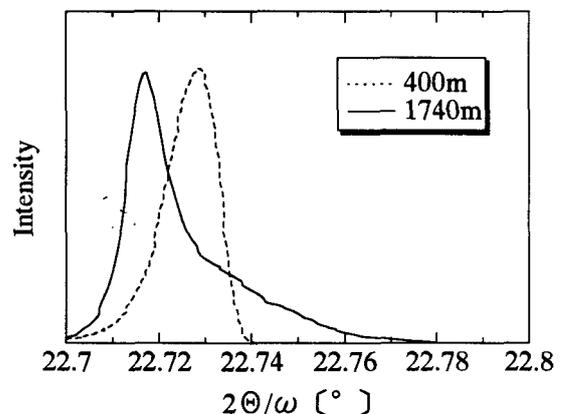


図1. (10-10)面での回折強度曲線

ドームF浅層コアのX線密度プロファイル

堀 彰, 田行一成, 成田英器, 本堂武夫 (北大低温研), 亀田貴雄, 庄子仁 (北見工大),
東 信彦 (長岡技科大), 本山英明, 渡邊興亜 (極地研)

A Detailed Density Profile of the Dome-Fuji Shallow Ice Core by X-ray Transmission Method

A. HORI, K. TAYUKI, H. NARITA, T. HONDOH (ILTS, Hokkaido Univ.),

T. KAMEDA, H. SHOJI (Kitami Inst. of Tech.), N. Azuma (Nagaoka Univ. of Tech.),

H. Motoyama, and O. Watanabe (NIPR)

A detailed density profile of the Dome-Fuji shallow ice core was measured by the X-ray transmission method. The high spatial resolution of this method gave us the information on the variations of the density profile. Layer structures in the ice core samples were found in the X-ray radiographs.

1. 緒言: 氷床コアのバルク密度の測定において, 従来の方法では, 深さ方向の分解能は数 10 cm であった。われわれが開発したX線透過率測定法により, 深さ方向に関して 1mm の分解能で, バルク密度プロファイルが得られる。今回, ドームF浅層コアのバルク密度プロファイルを, 15-25m, 55-68m, 95-100m の各区間で, 連続的な測定を行った。
2. 方法: 試料のX線入射および透過面を, ミクロトームで切削して試料表面を平滑に整えた。測定はX線の出力を 30kV-200mA として行った。同じ測定条件の下で作成した校正曲線を基にして, 透過X線強度を試料のバルク密度に換算した。さらに, イメージング・プレート(IP)を用いて, X線画像の2次元的なデータを得た。

3. 結果: X線透過法により測定した密度プロファイル全体を, Fig.1 に示す。X線透過法により, 1mm の高分解能の測定を行った結果, 密度に細かい変動があることがわかった。その変動の標準偏差が, 密度 0.55g/cm^3 となる深さの近傍で変化することから, 圧密の機構の変化との対応が示唆される。

深さ 85m 付近の試料の密度プロファイルとX線画像を Fig.2 に示す。密度の高い層(黒)と低い層(白)の層状構造が見られた。密度 0.83g/cm^3 を越える高密度の層の存在と, 試料の通気性との関連は当日議論する。

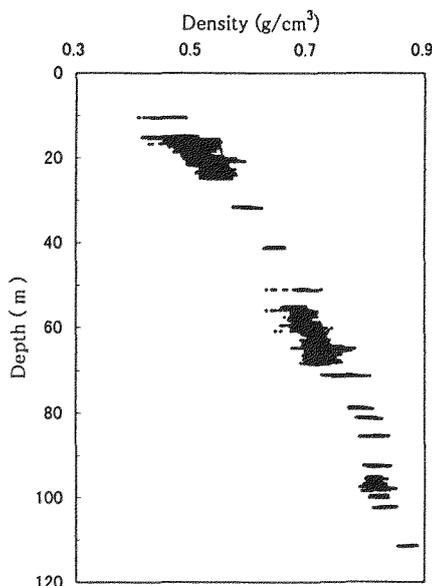


Fig. 1 ドームF浅層コアのX線密度プロファイル

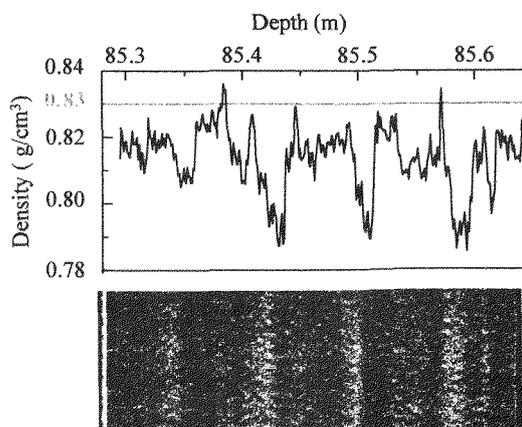


Fig. 2 85m付近の試料の密度プロファイル(上)とX線画像(下).

Penny Ice Cap(Canada)コア - P96 コアの結晶粒特性 と気泡数密度の測定

奥山純一・成田英器・本堂武夫・宮本 淳（北大低温研）・渡辺興亜（極地研）
R. M. Koerner(TSD/GSD, Canada)

Physical analysis of stratigraphy of Penny Ice Cap core, Canada
J. Okuyama, H. Narita, T. Hondoh, A. Miyamoto(ILTS), O. Watanabe(NIPR)
and R. M. Koerner(TSD/GSD, Canada)

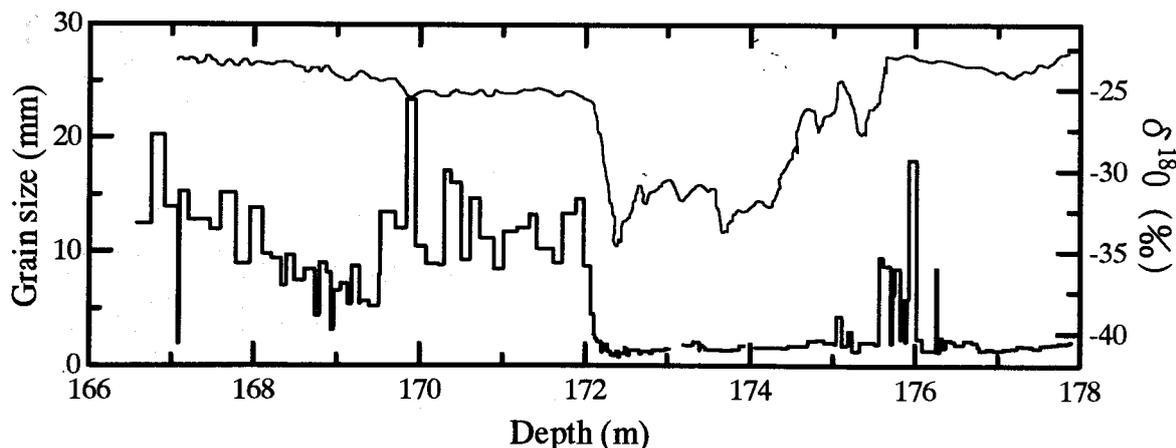
Crystal grain size and number concentration of air bubbles of Penny Ice Cap core(Canada) -P96 were measured. The grain size in Wisconsin period was smaller than that of Holocene. A depth which the grain size changed steeply coincided with the depth of Holocene-Wisconsin transition indicated by $\delta^{18}\text{O}$ profile. The number concentration of air bubbles was larger in depth which included smaller grain size. Also, characteristic structures like stripe feature as being observed at GRIP and GISP cores were found in the bottom layer.

はじめに：1995-1996年、環北極圏氷床コア観測計画（代表：渡辺興亜）：日加国際共同研究の一環として、カナダ・バフィン島の Penny Ice Cap で 333.78m (P95)と 177.91m (P-96)のコアを採取した。この内、P-96 コアの半割が日本に送られ、物理層位解析と化学分析を行うことになった。Penny Ice Cap は、かつてのローレンタイド氷床の東端に位置し、現在でも底部に Wisconsin 氷期氷が存在している。最終氷期から現在に至る地球環境変化の情報を含んでいるこの氷コアの物理的構造変化を知っておくことは、化学情報等を的確に抽出するために重要である。

物理層位解析結果：p-96 コア底部にも Wisconsin 氷期氷が存在する。このコアについて、今回は、1)結晶粒径と形状の特徴、2)気泡数密度の二項目を重点的に測定・解析した。最初に、連続薄片を作成し、厚さ約 2.5 mm の

薄片写真で気泡数密度を、そして厚さ約 1mm の薄片偏光写真で結晶粒径と形状の解析を行った。図-1 は、底から 11m までの粒径深度分布と $\delta^{18}\text{O}$ 分布である。グリーンランドや南極の深層コアの結晶粒と同様に Wisconsin 氷期氷の結晶粒は P-96 コアにおいても Holocene 氷に比べて非常に小さく、粒径が急に変化する深さが、 $\delta^{18}\text{O}$ 分布において示された Wisconsin-Holocene Transition の深度と一致していることが認められる。

一方、気泡の数密度は Wisconsin 氷期層で多く、Holocene 層で極めて少なかった。そして、堆積時に形成された層位と見られる数密度の濃淡層が存在した。また、底部層の中に GRIP コアや GISP コア底部に見られるような stripe 構造が観察された。本発表では、これらのことを中心に P-96 コアの物理構造の特徴を議論する。



Vostok Antarctic ice の中性子散乱測定

深澤裕 (北大工)・池田進 (高エネルギー加速器機構)
 本堂武夫 (北大低温研)・V. Ya. Lipenkov (AARI)・前晋爾 (北大工)

Neutron scattering measurements on Vostok Antarctic ice

H. Fukazawa (Hokkaido Univ.), S. Ikeda (KEK),
 T. Hondoh (Hokkaido Univ.), V. Ya. Lipenkov (AARI), S. Mae (Hokkaido Univ.)

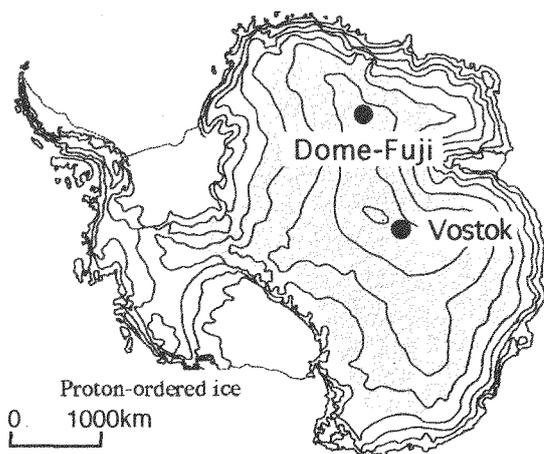
We measured the incoherent inelastic neutron scattering (IINS) spectra of ice recovered from Vostok, Antarctica. We found that the IINS spectrum of Vostok ice at 500 m in depth has a peak at 97 meV in the librational region. From the spectrum, we calculated the order parameter (the ratio of ordered protons in the ice), which is consistent with the ice temperature dependence of the order parameter in Dome-Fuji Antarctic ice. The result implies that the proton-ordered arrangement exists in Vostok Antarctic ice.

ドームふじコア氷における incoherent inelastic neutron scattering (IINS) スペクトルの解析 [Fukazawa *et al.*, *Chem. Phys. Lett.* **294** (1998) 554] は、プロトン無秩序相から秩序相への二次相転移が $T_i = 237$ K (T_i : 氷床温度) において生じていることを示した。この結果にもとづいて、 $T_i \leq 237$ K の領域の氷床氷はプロトン秩序配置を含むと推定された。

下図に示されるように、 $T_i \leq 237$ K の領域は南極氷床の 1/3 程度の体積をしめる。従って、大量の秩序氷が存在していると推察される。この秩序氷の存在は、コア解析において極めて重要である。なぜなら、プロトン秩序配置を含む氷は、通常の氷 (ice Ih) のプロトン配置である無秩序状態の氷と、様々な化学物理的性質 (例えば、氷結晶の誘電特性、水分子や不純物のダイナミクス) が異なるからである。

本研究では、 $T_i \leq 237$ K の領域における秩序氷の存在の検証を目的として、Vostok コア氷の IINS スペクトルの測定を行った。

その結果、深さ 500 m の試料 ($T_i = 220$ K) のスペクトルは 97 meV にピークをもつことが明らかになった。このピークは、秩序氷と、 $T_i \leq 237$ K の条件にあるドームふじコア氷のスペクトルにも存在する。従って、Vostok コア氷においても、 $T_i \leq 237$ K の試料は秩序氷を含むと思われる。



南極ドームふじ降雪試料中の脂質の組成と季節変化

山本芳樹・河村公隆・松永壮 (北大低温研)

東信彦 (長岡技大) 藤井理行・本山秀明 (国立極地研)

Seasonal changes in the distribution of lipids in the Dome Fuji snow samples

Y. YAMAMOTO, K. KAWAMURA, S. MATSUNAGA (Hokkaido Univ.),

N. AZUMA (Nagaoka Univ. of Tech.), Y. FUJII and H. MOTOYAMA (NIPR)

Fresh snow samples were collected at Dome Fuji Station, Antarctica, from Oct.1995 to Nov.1996 and analyzed for lipids class compounds using a capillary gas chromatography and GC/MS. Lipids have much information about source of the aerosols and the photochemical reactions occurring in the atmosphere and snow surface during long range atmospheric transport. This study was conducted to better understand the seasonal changes of the atmospheric transport of marine and continental matter in the southern hemisphere and photochemical reactions. Hydrocarbon distributions in a few samples showed an influence from local pollution source from Dome Fuji Station. Concentration ratios of low molecular weight saturated fatty acids (LFAs)/high molecular weight saturated fatty acids (HFAs) generally appeared to be higher in winter than in summer. This indicates that relative contribution of marine aerosols over continental aerosols is more important in winter than in summer. Concentration ratios of unsaturated fatty acids (UFAs)/saturated fatty acids (SFAs) were found to be higher in winter, suggesting that photochemical reactions were depressed in winter. In addition to oleic acid (C18 unsaturated fatty acid) which is cis form, trans C18 UFA(elaidic acid) was found. The cis/trans ratios seemed to be decreased in summer when solar radiation is stronger.

【はじめに】

極域は大気輸送の終着点である。特にドームふじは沿岸から遠距離にあり、また高度も高いために、沿岸域に比べ海洋からの影響を直接には受けにくい。よって、そこで採取される雪は、南極周辺からだけでなく、低・中緯度を含む南半球全体から輸送されるエアロゾルが降雪、ドライデポジションにより大気から除去されたものを含んでおり、グローバルな情報をもっていると考えられる。また、脂質成分 (n-アルカン、アルコール、モノカルボン酸、ジカルボン酸、多環芳香族炭化水素 : PAHs) は、陸上植物、土壌、海洋などの生物起源、化石燃料の燃焼などによる人為起源、またそれらが大気中で二次的に生成された光化学反応起源に大別することができ、その組成比から起源を特定することが可能である。しかし、南極内陸での冬期降雪中の脂質のデータはない。本研究ではドームふじ基地周辺で採取された降雪試料中の脂質成分を検索し、その起源の特定と輸送過程に起ると考えられる光化学反応についての季節変化の特徴を明らかにすることを目的とした。

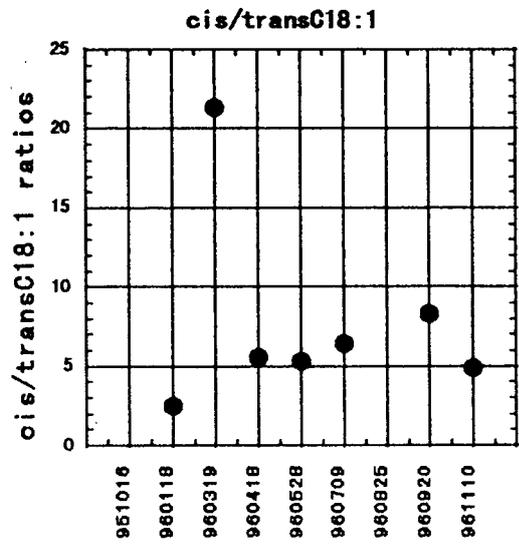
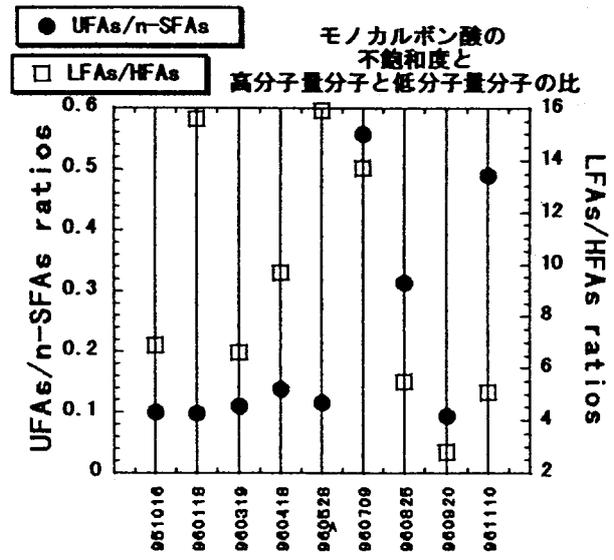
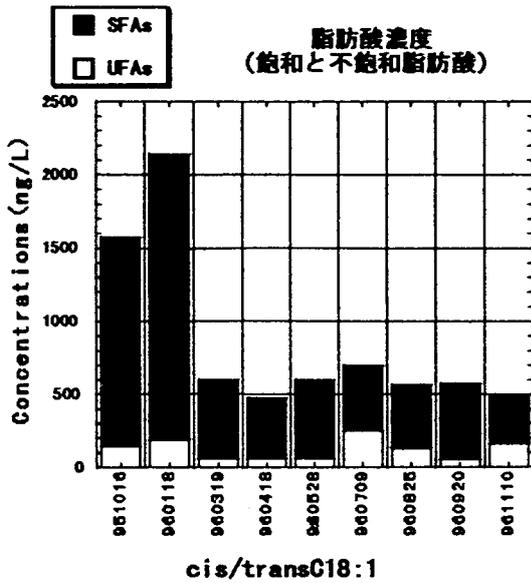
【サンプルと分析法】

本研究では1995年10月から翌年の11月までの約1年を通しほぼ月1回の頻度でドームふじ基地周辺で基地からの汚染が最小限になるよう採取された9つの降雪試料を用いた。これらは、分析直前まで北大低温研の-25℃の低温室で保管した。試料を分析直前に、微生物分解を避けるために塩化水銀をごく少量入れた後、室温で融解した。その後、有機溶媒を用いて抽出を行ない、KOH/MeOH を用いけん化して、酸性成分と中性成分に分離した。酸性成分はエステル化し、中性、酸性成分をシリカゲルカラムを用い7つの化合物群に分画した。その後、GC、GC/MS を用い化合物の同定、定量を行った。

【結果と考察】

PAHs は化石燃料の燃焼などの人為起源物質であるが、これを含む試料が幾つかあることがわかった。このことは、ドームふじ基地周辺の降雪は基地からの汚染を部分的に受けていることを示唆している。

生物起源のモノカルボン酸の濃度は、1995年10月から翌年の1月にかけて極端に高くなっていた。また、その分子組成から、陸上高等植物（炭素鎖の長い脂肪酸 C20~32）の寄与は、海洋生物（植物プランクトンなどを主な起源とする炭素鎖の短い脂肪酸 C12~19）からの寄与に比べ冬期に相対的に低くなることが示唆された。また、モノカルボン酸の不飽和度は冬に相対的に増大することから冬期に光化学反応が弱まることが示唆された。オレイン酸はモノカルボン酸成分中に多く見られる C18 の不飽和脂肪酸であり cis 体をとるが、光化学反応によって trans 体のエライジン酸に変化することが知られている。cis/trans 比は、1 点を除き 2-8 の間にはいり、夏期において低い値を示した。このことは、オレイン酸が長距離輸送される間に光化学的に異性化されていること、また、その反応が夏に大きく進行していることを示している。今後、他の脂質成分を解析することにより光化学反応とともに陸源有機トレーサを使って大気輸送の強度の季節変化についても考察を進める予定である。また、沿岸からドームふじにかけて採取した雪試料中の脂質分布を解析する予定である。



南極ドームF周辺の堆積環境

本山秀明(極地研)、川村泰史(奈良女子大)、神山孝吉(極地研)、渡辺興亜(極地研)

Snow depositional condition around Dome F area, Antarctica

Motoyama, H.(NIPR), Kawamura, Y.(Nara Woman'S Univ.), Kamiyama, K. and Watanabe, O.(NIPR)

A 2500 m ice core was obtained at Dome Fuji Station. The detailed climatic information was derived from the core. It is necessary to reveal the snow depositional condition for explain the core signals. The glaciological and meteorological observations to find out snow depositional condition were carried out in 1997 by JARE38.

(はじめに)

南極ドームふじ観測拠点にて 2500m までの深層コアが採取されている。このコアから得られる情報は膨大なものになる。現在のドーム周辺の堆積環境を明らかにしておくことは、このコア情報を解釈する上で必要不可欠である。38次越冬期間中、堆積環境に関わる様々な観測を行ったので、ここに報告する

(観測項目)

<ドームふじ観測拠点>

- ・降雪量:1日1回、箱の中に溜まった降雪を秤量
- ・蒸発・凝結量:1日1回、氷及び雪試料を秤量
- ・降雪・飛雪・霜サンプリング:積雪表面は汚染されている可能性が高いので、箱に溜まった雪を洗浄サンプル瓶に採取
- ・ピット観測及びサンプリング:1~2mの積雪断面で、層位観察と雪サンプリング(6,7月を除く毎月1回)
- ・36本雪尺観測:月2回の観測
- ・微気象観測:高さ1m、0.1mの気温、風速及び雪温プロファイルの連続観測

<ドームF周辺>

- ・DFルート再測、Dome Camp 100本雪尺再測:36次隊設置の雪尺
- ・ピット観測及びサンプリング:3地点で実施
- ・表面積雪サンプリング:10km毎にサンプリングと30cm深までの平均密度測定

(観測結果)

図1に降水量観測の結果を示す。降水量観測は、サンプル箱へ飛雪の混入があるので、風が弱く静かに積もったときのデータを抽出し、月降水量への換算として、飛雪による欠測日数の割り増しをおこなった。飛雪がある時には、より多量の降雪が予想されるので、月降水量は、この図よりも大きいことが予想される。観測結果から降水量の季節変化が得られ、10月と11月が少なかった。雲量との比較を行ったところ、雲量が多い方が、降雪量が多い傾向が見られた。

図2に降雪・飛雪中の化学成分を示す。春先に濃度の増大が見られるが、速やかに減少する。図3に酸

素同位体と日平均気温を示す。地上気温との関係が見られ、降雪の方が飛雪より重たい。

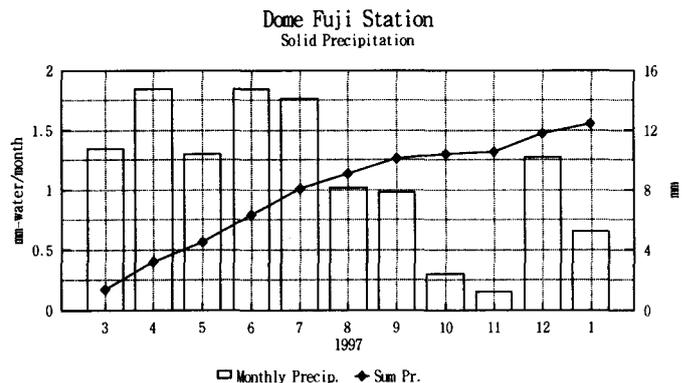


図1 ドームふじ観測拠点の降水量(1997)

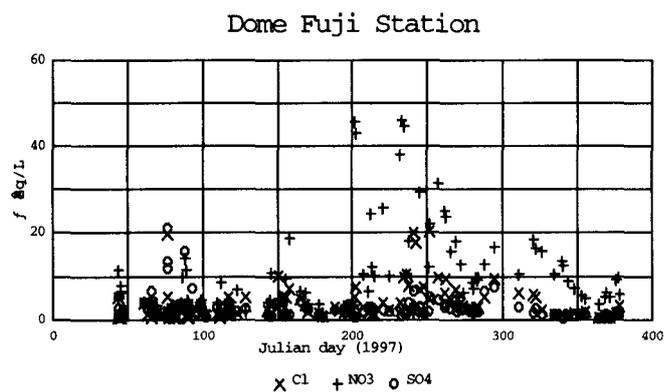


図2 ドームふじ観測拠点の降雪・飛雪中陰イオン

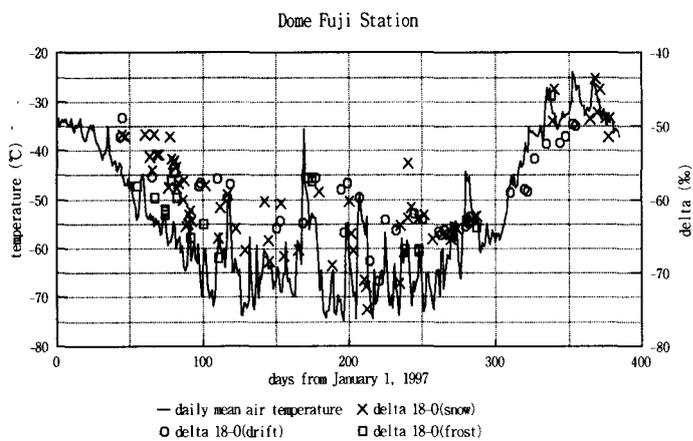


図3 ドームふじ観測拠点の降雪・飛雪中の酸素同位体比と日平均気温

北極圏氷河学術調査隊 (JAGE98-Svalbard) 報告 (1)
 — 現地調査の概要および氷河水化学解析結果報告 —

渡辺興亜・神山孝吉・五十嵐誠・飯塚芳徳 (国立極地研)、亀田貴雄・館山一孝 (北見工大)、白岩孝行 (北大低温研)、渡辺幸一 (名大大気水圏研)、宮原盛厚 (榊日本リンク)、藤井純一 (榊NTTテレコムエンジニアリング北海道)、Erizabeth Isaksson (Norwegian Polar Institute)

Report on the activities of JAGE98-Svalbard (1)

O. Watanabe, K. Kamiyama, M. Igarashi, Y. Iiduka (NIPR), T. Kameda, K. Tateyama (Kitami Inst. Tech.), T. Shiraiwa (Hokkaido Univ.), K. Watanabe (Nagoya Univ.), M. Miyahara (Nihon Link Inc.), J. Fujii (NTT Telecom Engineering Inc.) and E. Isaksson (Norwegian Polar Institute)

The ice drillings on the glaciers in Svalbard have been carried out by Japanese Arctic Glaciological Expedition for the last 10 years. The Nordestlandet which has the largest glacier, Austfonna is located in the northeastern area in Svalbard. From March to April in 1998, we obtained the ice core at the top of the Austfonna ice cap (79° 48'03"N, 24° 00'21"E, 750 m a.s.l) for getting the information about the climatic and the environmental change in the Arctic. The length of the ice core was 118 m. We also gathered the surface snow samples from about 1.7 m depth pit, snowfall and frost.

Whole ice core samples were transported to Norwegian Polar Institute in Tromsø with keeping frozen condition. Each sample of 8 cm long was divided at every 1.5 -- 3 m depth for chemical analysis in Tromsø. After melting to enter the plastic bottles at once, these samples were refrozen quickly and carried back to Japan.

We measured the concentration of chemical components of ice samples by ion chromatography. The vertical profiles from top to 118 m depth about the six kind of components are shown in Fig. 1. The left side of main profiles are the continuous profiles between 6.4 and 9.5 m depth. The average concentrations of all ions upper about 45 m depth of the all components were larger than deeper. We think it is due to climatic change because the value of $\delta^{18}\text{O}$ changed around 45 m depth. And the concentration of all ions between 6.4 and 9.5 m depth were indicated the periodical variation. We are considering whether these trend mean seasonal variation or not.

1, はじめに

北極圏氷河学術調査隊 (Japanese Arctic Glaciological Expedition) では、スバルバル諸島の氷河堆積環境を明らかにするために、過去約10年間にわたって数地点で氷河掘削を行ってきた。今回はスバルバル諸島において最も面積が広く、また最も氷の厚い氷帽の一つである北東島東氷帽 (Austfonna) のドーム頂上部 (79° 48'03"N, 24° 00'21"E, 750 m a.s.l) にて、1998年3月~4月に氷河掘削を行った。その結果、深さ118mまでのコア試料を採取した。また、掘削と平行し表層ピット観測、降雪および着霜の採取を行った。本報告では氷コアの化学解析結果を中心に述べる。

2, コア処理および解析結果

氷コアは現地にて層位観察を行った後、長さ約50cm毎に切断し、トロムソのノルウェー極地研究所へ冷凍輸送した。同所にてコア処理を行い、酸素同位体測定用には一つの試料の長さが20~40cmになるように切り分けた。また化学分析用には、1.5~3m毎に長さ約8cmの試料を作成した。試料は汚染を除去した後、ポリ瓶に入れるため1度融解したがすぐに再凍結させ冷凍保存して国内へ輸送した。

イオンクロマトグラフィーによる分析結果を図1に示す。それぞれの全層のプロファイルの左に、6.4~9.5mの間は8cmずつに切り分けた連続サンプルを分析した結果も併せて示した。全層のプロファイルには40~50m深を境に浅い層のほうがそれより深い層より濃度が高い傾向がある。酸素同位体プロファイルや層構造の目視観測から見た融解率も、40~50m深付近で大きく変化している。これは掘削地点周辺の氷河堆積環境が変化したためであると推測される。また6.4~9.5mの連続的に分析した深さには、各成分とも濃度変化が周期的に現れており季節変動の可能性が高い。

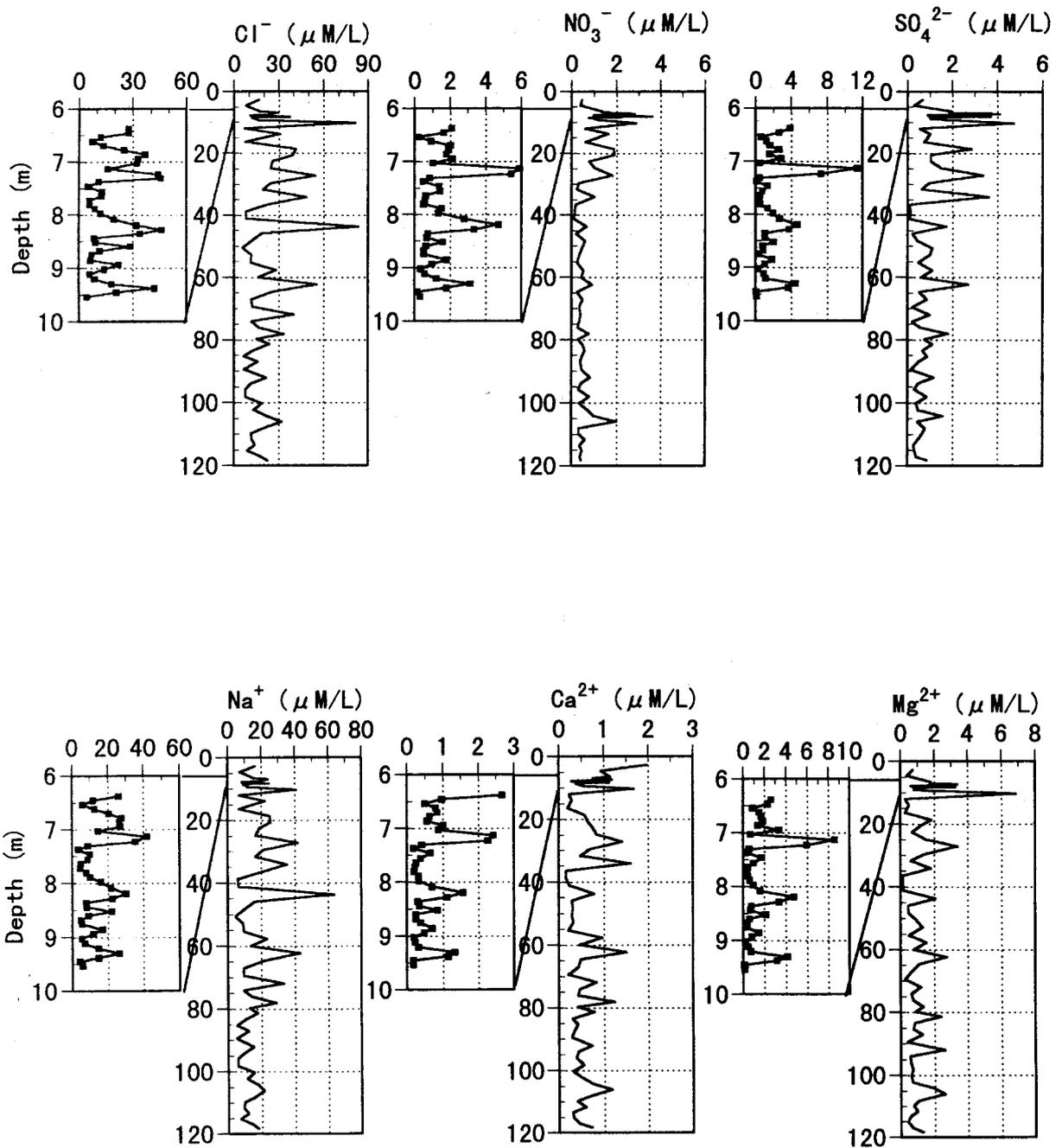


図1 Austfonna氷河コアの化学主成分プロファイル
 全層プロファイルの左側に6.4~9.5m深までの
 連続プロファイルを示す

北極圏氷河学術調査隊 (JAGE98-Svalbard) 報告 (2)
 —— 氷温および再凍結氷の分布 ——

渡邊興亜・神山孝吉・五十嵐誠・飯塚芳徳 (国立極地研)、[○]亀田貴雄・館山一孝 (北見工大)、
 白岩孝行 (北大低温研)、渡辺幸一 (名古屋大学大気水圏研)、宮原盛厚 (㈱日本リンク)、
 藤井純一 (㈱NTTテレコムエンジニアリング北海道)、Elizabeth Isaksson (Norwegian Polar Institute)

Report on the activities of JAGE98-Svalbard (2)

O.Watanabe, K.Kamiyama, M.Igarashi, Y.Iizuka, T.Kameda, K.Tateyama, T.Shiraiwa,
 K.Watanabe, M.Miyahara, J.Fujii and E.Isaksson

We obtained 118m deep ice core at the top of the ice dome, Austfonna, Svalbard. The site is relatively flat and ice was formed by refreezing and snow densification. The percentage of the refreezing ice (melt feature percentage: MFP) indicates relative summer warmth during the ice formation near the surface. It was found that MFP shows remarkably low from AD1820 to 1860. This indicates that the summer temperature during the period is lower than the present day condition, and this period probably corresponds to the "Little Ice Age". Because the same relative cool period was also observed in Greenland Site-J ice core (Kameda et al., 1995), it seems that the cool summer condition occurred over Austfonna and Greenland in early and middle of 19th century.

1. はじめに

1998年3月から4月にかけて、スバルバル諸島北東島 (Nordaustlandet, Svalbard) の東氷帽 (Austfonna) のドーム状頂部 (79° 48' 03"N, 24° 00' 21"E; 750m a. s. l.; 図1参照) にて掘削を実施し、118m長の氷コアを採取した。本報告では、調査地点の状況およびコア中で観察された融解再凍結氷の分布を報告する。

2. 調査地点の状況

調査地点は、ほぼ平らな雪原であった。表面から0.56m深まで積雪、それ以深約60mまではフィルンと再凍結氷が互層、60m以深では圧密氷 (フィルンが圧密氷化した氷; 均一に分布する気泡が特徴) と再凍結氷が互層になっていた。表面付近の積雪は、昨年の夏期の融解後の積雪であると思われる。図2の雪温分布を示す。10m雪温は、-3.0°Cであった。内部では徐々に低くなり、118m深で-6.7°Cとなった。

3. 調査結果の概要

図3に氷コアで観察された再凍結氷の割合 (melt feature percentage; % -wt.) を示す。細線で1m中の値を示し、太線で7mの移動平均を示した。氷の年代は、このコアの酸素同位体比プロファイルと北東島の西氷帽 (Vestfonna) コアの酸素同位体比プロファイルとを比較することで決めた作業年代である (なお、Vestfonna コアの年代は、トリチウム濃度と電気伝導度による1963年と1783年層の検出により決めた)。この年代を採用すると、再凍結氷の割合が多くなるのは、1890年から1950年代である。再凍結氷の割合は主として夏の気温を示す指標と考えられるので、この時代の夏は現在よりも高温であったと推定できる。また、1820年から1860年が顕著な冷夏 (小氷期) であったことも特徴である。グリーンランドでの同様な研究 (Kameda et al., 1995) によると、グリーンランドで冷夏が起きたのは、1835年から1870年と推定されているので、ほぼ同じ時期にスバルバル諸島でも冷夏であったことを示す。

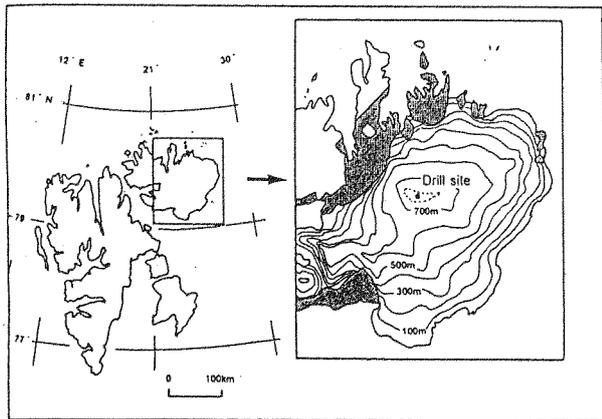


図1 掘削調査地点

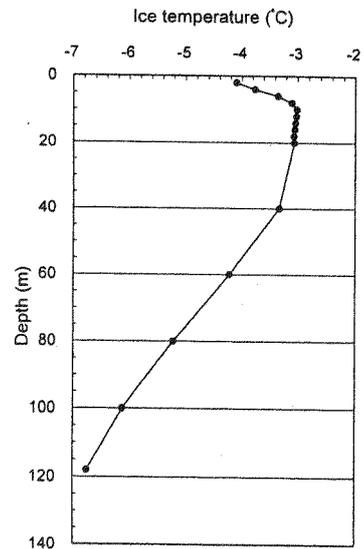


図2 Austfonna の温度分布

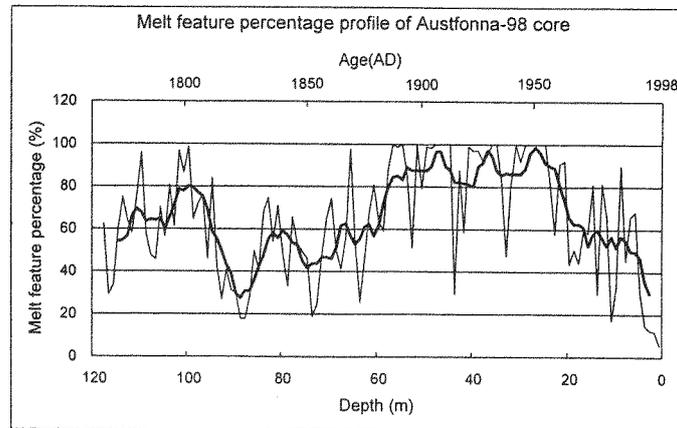


図3 再凍結氷の割合 (%)

Kameda et al.(1995): Melt features in ice cores from Site J, southern Greenland: some implication for summer climate since AD1550. *Annals of Glaciology*, 21, 51-58.

西スバルバルにおける氷河上季節積雪の融解と流出

石井吉之・兒玉裕二(北大低温研)・伊藤 一(極地研)

Snowmelt and meltwater runoff on the glacier in western Svalbard

Y. ISHII, Y. KODAMA (Hokkaido Univ.) and H. ITO (NIPR)

Observations for snowmelt and meltwater runoff were made on the glacier in western Svalbard in June 1995. The intensive snowmelt were caused by the blowing of warm, moist and strong wind from the south. At this time, the radiative, sensible and latent heat fluxes were nearly the same. Although the elevation of snow covered area were ranging from 50 to 450 m a.s.l., snowmelt amount depended on the elevation and the amount of lower site was 2 to 3 times larger than upper site. The snowmelt amount of whole snow covered area was coincident with the stream runoff height. The diurnal variation of specific electrical conductivity of the stream water showed the remarkable changes of the occurrence time of high/low peak between the first and the second half of snowmelt period. These changes of timing was due to the changes of chemical composition of the stream water.

【はじめに】ノルウェー北極圏のスバルバル諸島は島全体の60%が氷河で覆われ、それ以外の地域には厚さ75~450mの永久凍土が分布する。しかしながら、スピッツベルゲン島西海岸の気候は北大西洋海流の影響を受け、高緯度にもかかわらず比較的温暖である。ニーオルスン基地(78°55'N, 11°56'E)での気象資料(1975-1989)によると、年平均気温は-6.2°C(2月:-14.6°C, 7月:+5.0°C)、年降水量は372mmで、白夜と極夜の期間は各々年間100日程度である。演者らは北極域での融雪流出特性を把握するため、1993年よりニーオルスンの日本基地(国立極地研)周辺で水文気象観測を行ってきた(Kodama *et al.*, 1995; Nakabayashi *et al.*, 1996)。1995年6月には基地近傍のバエルバ川流域(31.6km²)を対象に、面積17km²を占めるブレッガー氷河上の季節積雪の融雪流出過程を調べた。

【方法】1)気象要素: 下流部のツンドラ平地において地上高約1mの風向、風速、気温、湿度、全天日射量、アルベドを自記観測し、30分間隔でデータロガーに記録した。2)融雪量: 東ブレッガー氷河の中央縦断線沿いの6地点に標高差がおおよそ100mになるように雪尺を立て、同時に雪面上約1mの気温を自然通風で自記観測した。雪面低下量は2~3日間隔で読み取り、同時に測定した積雪表面密度を乗じて融雪量を求めた。3)河川流出量: ノルウェー水資源エネルギー局(NVE)が設置した流域末端の量水堰地点において川水の水位・水温・電導度を10分間隔で自記観測するとともに、1日2回程度の川水採取を行ない主要無機イオン濃度を分析した。このほか積雪水量分布、氷河表層掘削、氷温の鉛直プロファイル、氷河末端での流出河川の水位・流量・水質などの観測も行なった。

【結果】1)融雪特性: 観測開始時にはすでに

融雪流出が始まっており、河道にも水流が現れていた。しかし、氷河上での活発な融雪は13日以降に起き、特に22~23日には氷河上流側からの高温多湿な強い南風の吹き出しによって著しい融雪が生じ、河川流量も顕著に増大した。通常の晴天日は全融雪熱量の約7割を放射収支がまかなうが(Nakabayashi *et al.*, 1996)、この時には放射収支、顕熱flux、潜熱fluxがほぼ同じ割合で融雪に寄与した。なお、3ヶ年分の融雪期の放射観測結果から、大気放射量 La の推定式としてBrunt型の

$$La = \sigma Ta^4(0.705 + 0.052 e^{0.9})$$

を得た。

2)水収支: 13日以降を4期間に区分し、各期間内の融雪量と流出量の水収支を検討した。各地点の融雪量は積算暖度と明瞭な比例関係にあり融雪係数として $9.9 \text{ mm}^\circ\text{C}^{-1} \text{ day}^{-1}$ が得られた。融雪量は高所ほど小さくなるが、積算暖度と融雪係数を用いて融雪量を標高の1次式で近似した。この近似式と地形図から読み取った氷河全域の面積高度分布図から、氷河全域での総融雪量を計算した。河川流出量については標準減水曲線を用いてハイドログラフを分離し、該当期間内の総流出量を求めた。融雪量と流出量は概ね1:1に対応した。

3)流出応答: 22~24日を除き河川流量に規則的な日周変動が見られた。極大は毎日20~22時、極小は翌日6~12時に現れ、生起時刻は日を追って遅くなった。電導度にも概ねこれを反転した日周変動が現れたが、16日以前は電導度の極小が流量の極大より0~4時間先行し16日以降は逆に5~6時間遅れた。電導度とイオン濃度の関係を調べたところ、鉱物起源の Mg^{2+} , Ca^{2+} , HCO_3^- と電導度の相関が明瞭であった。しかし、16日以前は積雪中に蓄積された海塩起源イオンの流出が特に顕著で、電導度の応答の急変化はイオン組成の違いから生じたと判断される。

エアロゾル及び降水中金属元素の地球化学的特徴

一谷修也 (総研大・極域科学)

Geocheistic character of metallic element in aerosol precipitation

N. Ichitani (Grad. Univ. Advanced Studies)

The study of snowfall needs for study of ice core. The purpose here is to explore a little further into snowfall using metal analysis. The samples were collected at Rikubetu of the east Hokkaidou. The measurements were carried out with GFAAS and ICP-MS. In this time, we report about change of metal concentration in precipitation

1. はじめに

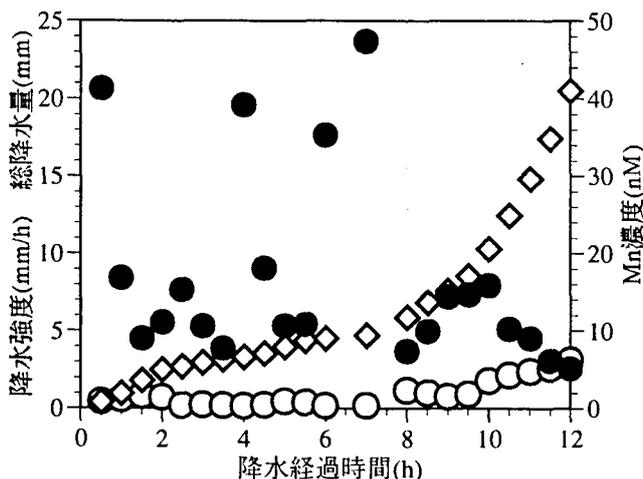
近年、雪氷コア中に含まれる化学主成分のみならず、極めて低濃度な金属を測定することが試みられている。しかし、これらの金属の挙動や起源は、未だ不明な部分が多い。これらの金属の理解を進めるために、降水中に含まれる金属濃度変化を調べた。また、長時間にわたる降水中の金属が、時間経過や降水量によって受ける影響を報告する。

2. 試料採取と測定法

降水試料は1997年、1998年に北海道東部陸別町で採取した。試料数は215である。降水試料は酸洗浄したテフロン容器に採取し、溶解後別の容器に移した。試料は、酸を滴下し測定直前まで冷凍保存を行った。測定にはGFAASとICP-MSを使用した。

3. 結果と考察

図1. に1998/3/12の降水量と金属濃度変化の例を示す。降水中の金属濃度は降水経過時間や降水強度に依存する。しかし、均一に分布するAlの濃度変化の比をとることによって、起源や降水中の特異な挙動を示すことができる。表に降水強度とEF値の相関係数を示す。



● : Mn濃度 ○ : 降水強度
◇ : 総降水量

Be	Cs	Li	In	Co	Mg
0.96	0.92	0.91	0.91	0.90	0.88
Mn	Rb	Sr	Cd	Ni	Ba
0.86	0.86	0.85	0.82	0.79	0.76
As	Cu	Pb	Ga	V	Fe
0.67	0.65	0.63	0.48	0.46	0.10

表 降水強度とEFの相関係数

INSARを利用した積雪深計測の可能性

鈴木勝裕・神力正浩・佐々木正巳（北海道工業大学）

Possibility of Measuring Snow Depth by Interferometric SAR

M.SUZUKI M.SHINRIKI M.SASAKI (Hokkaido Institute of Technology)

For the purpose of measuring snow depth from a satellite, a simulation of the data observed for the typical snowpack parameters by L-band SAR and an analysis of the phase data created by the SAR interferometry were carried out. The results of analysis show that the Interferometric SAR(INSAR), using L-band SAR, is effective for measuring snow depth and the spatial distribution of snow depth is possible to be visualized by the interference fringes.

はじめに： 本稿では、近年 SAR の新しい応用技術として、多方面で注目を浴びている INSAR (Interferometric SAR) を積雪深計測に利用することへの可能性について検討を行う。

INSAR による積雪観測： INSAR は、SAR が同じ目標に対して2回の観測を行った場合、2回の観測間に生じる反射波（散乱波）のわずかな位相変化を精度良く測定できることを利用する技術である。同一目標を積雪のある時期と無い時期に SAR が観測した場合、SAR が受信する信号には積雪深に応じた位相の変化が生じる。そこで、この位相の異なる2つの信号を INSAR で干渉させれば、積雪深に対応した干渉縞が得られるのではないかと考え、簡単なモデルを用いた理論的なシミュレーションを行って検証した。SAR で積雪を観測する場合、SAR が受信する信号成分には積雪を透過した大地からの散乱成分（図1）と積雪表面からの散乱成分（図2）が含まれる。そこで、それら2つの成分から構成される SAR 受信信号をシミュレーションにより計算し、合成開口処理を行った。そして、この計算より得られる、積雪がある場合と積雪が無い場合の2つの SAR データを干渉させて干渉縞を求め、干渉縞と積雪深の関係を解析した。

解析結果： シミュレーションにおける衛星のパラメータは、SAR 搭載の日本資源探査衛星 JERS-1 を参考に、観測周波数 1GHz、送受信とも水平偏波、オフナディア角は 35° とした。積雪観測をシミュレーションし、積雪がある場合と無い場合の二つの SAR データを干渉させた結果の一例を図3に示す。同図は、水平距離 1km に対して深さが 1.0m~3.4mの間で直線的に変化している単層の積雪（含水率 0%、粒径 1mm、密度 0.3g/cm³）を観測した場合をシミュレーションした結果である。含水率は、0,3,10%と変化させた。今回のシミュレーションで用いたパラメータの場合には、積雪表面からの散乱成分の大きさは無視できるほど小さく、受信信号は積雪を透過した大地からの散乱成分によって決定されることが分かった。同図の結果を見ると、

含水率の増加により干渉後の波形の周期が短くなり、波の振幅の変化幅が小さくなっている。前者は、含水率の増加による積雪の比誘電率の増加が同一伝搬距離に対する位相の変化量を増加させたことが原因である。後者は、含水率の増加が積雪中を伝搬するマイクロ波の減衰を増加させたことが原因である。また同図において、干渉縞の周期は一定である。これは、位相が一定の割合で変化していることを示しており、深さが直線的に変化している積雪を INSAR の干渉結果が正確に捕らえていることを意味している。これより、1GHz の周波数で含水率 0~10%の積雪を観測した場合、干渉縞は主に積雪を透過した大地からの散乱成分が支配的となり、そこから積雪深の情報が得られることが確認された。

おわりに： INSAR による積雪深計測の可能性を理論的なシミュレーションにより示した。

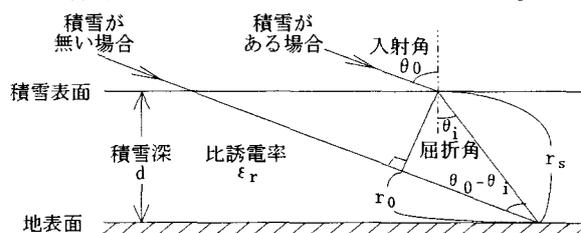


図1 積雪を透過した大地からの散乱波の位相

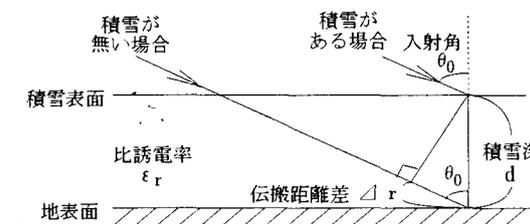


図2 積雪表面からの散乱波の位相

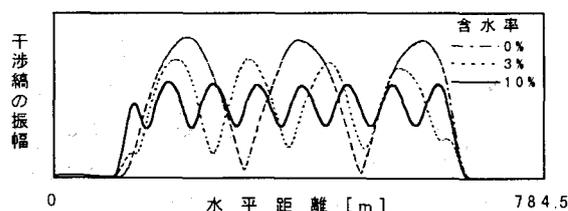


図3 シミュレーションによる干渉結果の一例

SAR画像の検証を目的とした航空機によるクレバス帯の観測

高橋 晃（通信総合研究所）、藁科秀男（仙台電波工業高等専門学校）、
深津 徹（東海電気通信監理局）、山内 森、古川晶雄（国立極地研究所）

Observation of crevasse area using aircraft video images
to investigation of SAR image.

Takahashi Akira(CRL), Warashina Hideo(Sendai National Colleges of Technology),
Fukatu Toru(Tokai Bureaus of Telecommunications),
Takashi Yamanouti, Furukawa Teruo(NIPR)

[はじめに]

SAR（合成開口レーダ）の電波的な性質を利用したクレバス帯の調査は、光学センサ画像と比べてクレバスを抽出しやすく、広域観測に有効である。実際の利用に際しては、現地調査を行い、SAR画像の解釈に対する十分な知識を得る必要がある。危険なクレバス帯の調査には航空機観測は有効であり、市販のビデオカメラを利用した簡易空中撮影でも、SAR画像より高い空間分解能が得られるため解析に十分な威力を発揮すると考えられる。

評価の対象領域には、SAR画像で数kmに及ぶ細長い散乱が観測されているスカーレン氷河の上流（69°50'S, 40°30'E 付近）を選んだ。航空機データは、GPS飛行経路を参考にJARE38(1997.4.15)に取得したデータを用いた。対応する衛星画像には地図投影の行われているものを使用するため、JERS-1(1994.1.15)を用いた。観測日は異なるが、対象領域の氷床の流動量は少ないので特に問題はないと考える。

[解析方法]

ビデオデータの変換には市販のビデオキャプチャーボード（画像サイズ 608×456dot）を用いて画像のデジタル化を行っている。データの取り込みを効率的に行うため、ビデオデータを非圧縮 AVI形式の動画として取り込んだ後、1フレーム毎の画像に切り出している。また、切り出した画像からラインノイズの影響を除去するために奇数ラインのみを取り出し偶数ラインは

補完している。従って厳密には画像縦方向の独立サンプル数は画像サイズの半分になっている。

ビデオ画像の空間分解能を評価するには、航空機の対地高度と飛行速度をほぼ一定と仮定し、地上の対象物と比較することが現実的に最も有効な手段と考える。また、飛行速度に急激な変化がないことはGPSデータから確認している。露岩域の比較からは、画像の幅が約700mであり、1dot=1m程度の分解能と推定しても問題ないと考える。対するJERS-1画像は1pixel=12.5mであり、ビデオ画像の横幅は衛星画像の56dot分に対応する。対象領域の平均飛行速度は 52m/sec程度と考えられる。

ビデオと衛星画像を比較するためには、観測領域の狭いビデオ画像をモザイク処理する必要がある。厳密なモザイク処理を行うためには飛行機の動揺を補正が必要であるが、対象領域への進入経路が直線であること、衛星画像との分解能が1桁異なることから、画像のオーバーラップが1/2シーン以上になる事に注意し、幾何補正はほとんど行っていない。

ビデオ画像：奇数/偶数のラインを間引きした2枚の画像（フィールド）を合成し、間引きの無い完全な画像（フレーム）にしている。これは画像の転送を効率的に行うための方式であり、通常の観賞用には問題はないが、対象物が移動する場合にはフィールド間の同期が取れずラインノイズとなる。

[結果]

下図のA地点がSAR画像で細長い散乱が観測されている領域である。飛行経路はこの散乱に平行な方向に設定している。B地点はクレバスの密集している場所で非常に散乱が強くなっている。飛行経路は氷河の流動方向に対して斜めから進入している。

これまでA領域の散乱は非常に長いため、本当にクレバスであるか判断の難しい点があったが、航空機の観測からクレバスである確証が得られた。ビデオ画像から得られるクレバスの特徴は長さが3km近く、隣接するクレバスの間隔は700m程度である事が分かる。開口部分の幅は太いところで40m程度である。衛星画像と比較したクレバスの長さについては、予想していた程度であるが、間隔については予想した平均350m程度より若干大きい値を示している。クレバスの開口部分の幅は狭いため、SAR画像との比較は困難であるが、予想よりもかなり大きな結果となった。

画像を解釈する時の問題点としては、画像比較に飛行高度及び速度が一定であることを前提

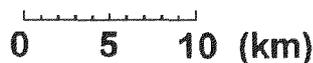
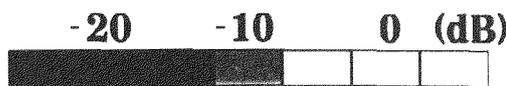
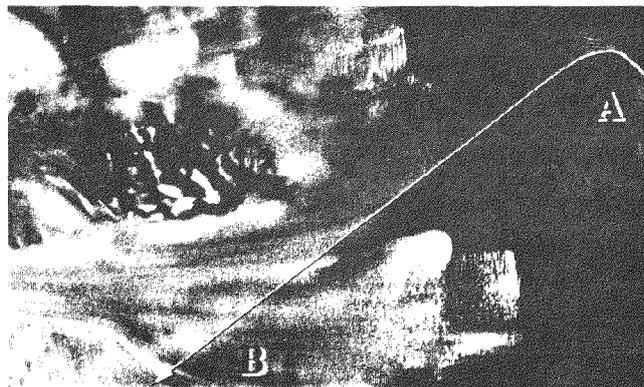
としているため、変動は画像の分解能に大きく影響することになる。最終的な結論を出すには広域のモザイク画像を作成し、衛星画像と対応を充分に取った上で対応点に距離歪みがないことを確認する必要がある。ただしモザイク画像作成時の様子からは、A地点の特徴である孤立した細長いクレバスが多く分布している状況に大きな違いはないものと考ええる。

[まとめ]

市販のビデオ装置を利用した観測がクレバスを含む氷床状態を調査するのに有効である事が分かった。

本方式の問題点は画像の取り込みとモザイク画像の作成に時間がかかる点にある。画像の取り込みについては、当時あまり普及していなかったデジタルビデオの利用が有効であると考ええる。モザイク画像の作成には自動化ソフトの開発が必要である。クレバス帯は海水域よりも特徴があるために重ね合わせる画像の対応点を取りやすく、飛行経路が直線で高度/速度ともに安定していれば比較的簡単なプログラムで対応出来るのではないかと考える。

JERS-1 1994.1.15 (D185-419)



A→Bの方向に飛行

航空機観測 1997.4.15

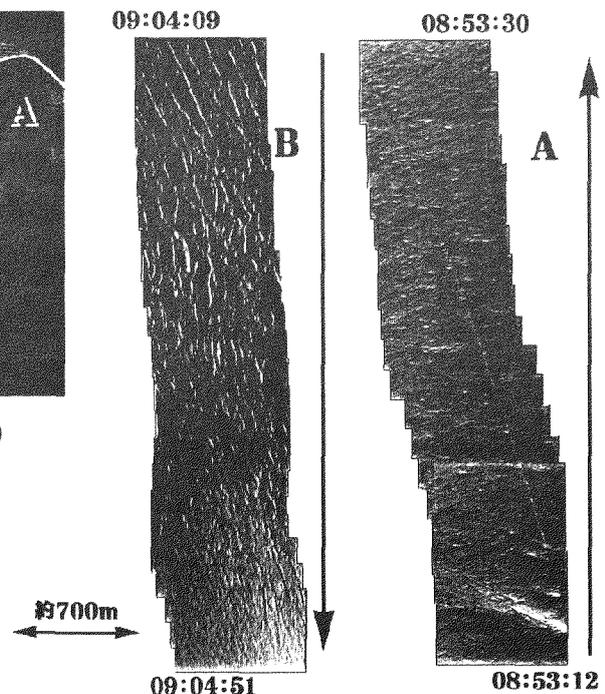


図 JERS-1/SAR画像(4×4画素平均)及び航空機観測ビデオのモザイク画像

運動学的温度

伊藤 一 (極地研)

Kinematic Temperature

Hajime ITO (NIPR)

Ice thickness, concentration and other factors are often used as indexes to describe the state of a frozen sea. They are all static indexes, and do not present the information about the internal activity of the sea area.

The kinematic temperature was defined (Ito, 1993) as a measure of the activity. It was demonstrated, the kinematic temperature explains some motion of the frozen sea (Fig.1 and 2). Its contribution in terms of the dynamics is investigated in the present study.

氷海の状態は密接度、氷厚などの指標を用いて表現されるが、これらはいずれも静的な事象であり、氷海の活発さを表していない。伊藤は個々の氷盤の運動を表すものとして、運動学的温度を提唱した。(1993年)

氷海を気体と対比する。密接度は単位空間に存在する分子数であり、濃度にあたる。氷厚は1個の分子の大きさつまり分子量に相当する。気体分子の運動を表現するものが温度であり、これは氷海における氷盤の運動に対比できるので、後者を氷海の運動学的温度と呼んだ。

氷海の運動は運動学的温度に強く規定される。図1に氷縁が明確に描かれる説明を、図2に岸に向かう氷盤が進路変更を強いられ、着岸・上陸しがたいことの説明を、例示する。

今回は、運動学的温度が氷海の力学的性質に及ぼす影響を検討した。ソロモンが1973年に試算した衝突モデルに運動学的温度の概念を導入した。運動学的温度が高いと、氷海が硬化することがわかった。すなわち、「活発な」氷海ほど同じ変形を起こすためには大きな力が必要である。

[文献]

伊藤一、1993、Kinematic Temperature of ice sea, Proceedings of 8th International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice, February 2-4, 1993, Monbetsu, pp.89-90

Solomon, Harold, 1973, A One-Dimensional Collision Model for the Drift of Compact Pack Ice, Geophysical Fluid Dynamics, Vol.5, pp.1-22

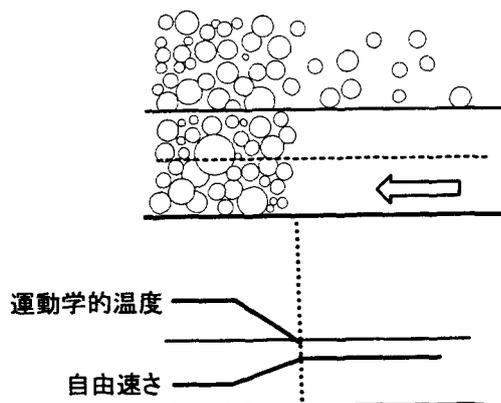


図 1

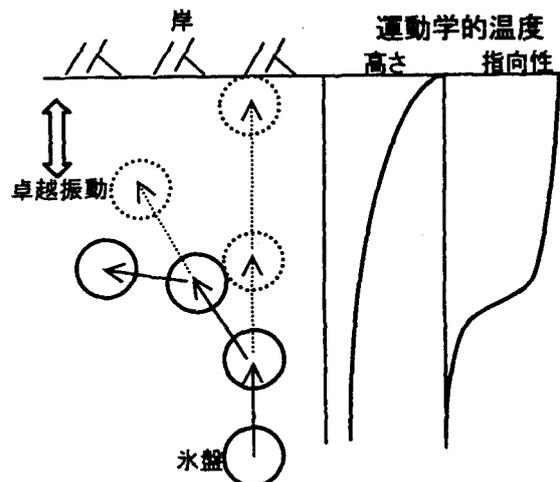


図 2

船舶に搭載したレーザ距離計によるオホーツク海の海氷観測

下田 春人、宇都 正太郎 (運輸省船舶技術研究所)

Sea Ice Observation by Ship-borne Laser Distance Sensor in the Sea of Okhotsk

H. SHIMODA and S. UTO (Ship Research Institute, Ministry of Transport)

Sea ice observation by the icebreaker PM "TESHIO" was conducted in the Sea of Okhotsk near the cape of Shiretoko in February 1998. The laser distance sensor was installed onboard to investigate its applicability for the profile measurement of deformed ice. The elevation profile along the ship's track was compared with that of the ice and snow thickness which was measured by drilling ice.

1. はじめに

オホーツク海は地球温暖化の傾向を最も顕著に反映する海域の一つと考えられており、海氷の拡がりや生産量の年々変動が注目されている。しかしながら海氷生産量を評価するために必要な氷厚の広域観測手法は確立されていない。

船舶による海氷観測は衛星観測の検証データを与える観点から重要である。船舶技術研究所は 1991 年から北海道沿岸オホーツク海域で、砕氷船に搭載した VTR を用いた氷厚観測を実施している[1]。本手法は比較的平坦な氷盤は氷厚を精度良く観測できるが、氷丘氷や氷丘脈などの変形氷の観測には適していない。

そこで変形氷の氷厚観測への適用性を検討するために、航空機観測[2]で実績のあるレーザ距離計を砕氷船に搭載し、海氷観測を実施した。

2. 計測手法

計測は 1998 年 2 月 24 日から 26 日にかけて知床岬の北約 20km 付近で行われた。海上保安庁の砕氷巡視船「てしお」にレーザレーダ式距離計 (LD90-3100HS-GF;RIEGL 製) を搭載し、航路に沿った氷盤表面の高度を計測した。センサの精度は±20mm である。この他に VTR による氷厚計測を実施した。海氷計測システムの概要を Fig.1 に示す。また停船中の 2 地点で左舷側の船首尾方向に 5m 間隔で氷盤を削孔し、氷厚及び積雪厚を計測した。

3. 計測結果

レーザ距離計による氷盤高度を解析する場合、観測プラットフォームである船舶の運動が問題となる。砕氷後に開水路を低速で後進する際には船体運動は比較的小さい。そこで後進時のデータを解析に用いた。ゼロレベルは、直近の時間帯で開水面もしくはニラス等の薄氷域を航行中に得られたデータを用いた。結果を Fig.2 に示す。氷厚の計測は左舷側で、また氷盤高度計

測は右舷側で実施したため厳密な比較はできないが、山谷の関係は概ね一致している。今後、船体運動の影響を考慮した解析法について検討する予定である。なお、本研究は海上保安庁装備技術部船舶課との共同研究として行われた。

参考文献

- [1] Shimoda H.et.al., POAC, 1997
- [2] Wadhams P., JGR Vol.97, No.C12, 1992

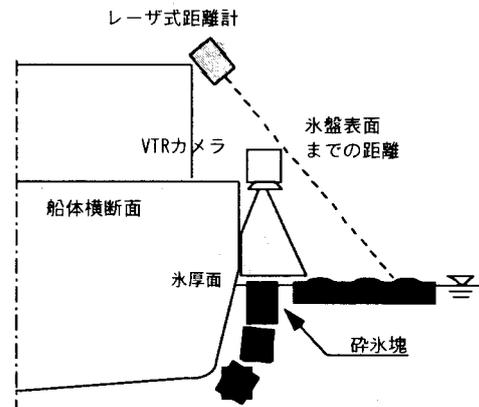


Fig.1 海氷計測システムの概要

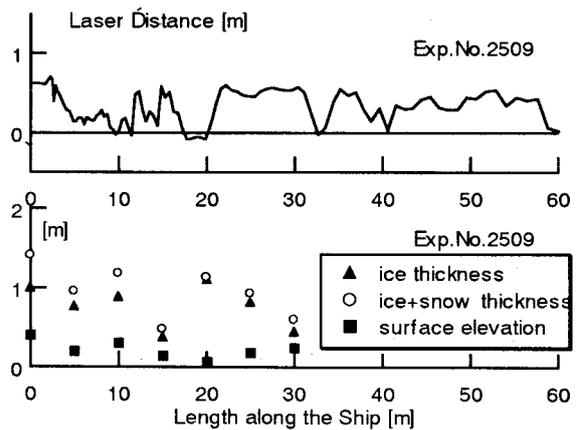


Fig.2 Elevation and Thickness Profiles

冬季オホーツク海南西部における海水の酸素同位体比

山本美千代・田中教幸・角皆静男(北大院地球環境)

Distribution of $\delta^{18}\text{O}$ of the Southwestern Okhotsk Seawater in winter

M. YAMAMOTO, N. TANAKA, S. TSUNOGAI (Hokkaido Univ.)

The distributions of temperature, salinity and $\delta^{18}\text{O}$ were determined in winter from 1996 to 1998 in the Southwestern Okhotsk Sea. The salinity- $\delta^{18}\text{O}$ relation shows effects of melt water of seaice, East Sakhalin Current water, Soya Current water and the water left at the seaice formation.

The temporal variation in these three years will be discussed with special attention on the influence of freezing in the salinity- $\delta^{18}\text{O}$ relation.

オホーツク海は、冬季には表面積の約8割を海氷に覆われる季節海氷域である。海氷の存在は、大気—海洋間の熱交換や気体交換に影響するばかりではなく、ブライン排出によって高塩分の高密度水をつくり出し、対流を引き起こす等、オホーツク海における海水の変質・形成において重要な役割を果たしていると考えられる。

また、オホーツク海からの中層流出水は、人為起源の CO_2 の吸収源として重要視されている NPIW (北太平洋中層水) の起源水の一つであると言われているが、そのオホーツク海中層水は海氷生成時に沈み込んだ水が混合したものであることが塩分と酸素同位体比の関係から明らかになっている(1998 海洋学会春 山本ら)。

オホーツク海での海氷生成は今後予測される気温の上昇に敏感な反応を示すことが予想されており、その変化は NPIW の形成にも影響を及ぼしかねないということからも、オホーツク海における海氷生成とそれに伴う海水変質・形成過程を把握することは重要である。

海氷の存在する冬季の観測は困難であり、オホーツク海の全体像はなかなかつかみがたいが、幸運にも '96、'97、'98 の3年間、巡視船「そうや」による冬季オホーツク海南西部での観測において海水を採り、その酸素同位体比を測定することができたのでその結果を報告する。

海水の酸素同位体比は蒸発、降水や海氷生成・融解によって値が変化する。酸素同位体比を測定することによって、水温・塩分だけでは得られない情報を引き出すことができる。例えば、降水と海氷の融氷水はどちらも塩分はほとんど0であり、塩分から見分けることはできない場合でも、酸素同位体比はそれぞれ異なる値を示すので、両者の見分けができる、また、海氷生成時に酸素同位体比の値が変化するの、海氷生成に関与した水を識別することができる、等である。

これらの特徴を利用して、オホーツク海南西部における海氷生成・融解に関して、3年間のデータを比較しながら議論する予定である。

オホーツク海南西部における冬季の海水生成と炭酸系の経年変動

大槻晃久 渡邊修一 角皆静男 (北大院地球環境) 大島慶一郎 (北大低温研)

Inter-annual comparison of wintertime marine carbonate system in the southwestern Okhotsk Sea
Akihisa OTSUKI, S. WATANABE, S. TSUNOGAI and K. I. OHSHIMA (Hokkaido Univ.)

The deep convection and brine rejection due to sea ice formation will be very important process of CO₂ cycle in the polar ocean. In Feb. 1997, surface layer dissolved inorganic carbon concentration was higher than in Feb. 1998 at southwestern part of Okhotsk Sea. The sea ice condition was heavier in 1997 than 1998 in this area, so further CO₂ would be absorbed from atmosphere on account of lower sea surface temperature and higher wind speed in 1997 winter.

極域海洋における海水形成は、大気からの冷却と海水からのブライン排出のため、鉛直混合の深度を著しく増大させる。その結果、二酸化炭素 (CO₂) をはじめとする表層の溶存物質を深層へ、逆に深層の物質を表層へと比較的ダイレクトに輸送しうるので、海洋における物質循環を考える上で重要な過程である。例えば南極底層水中にはブライン排出によって他の海域では表層にしか存在しないような人類起源 CO₂ が存在していることが確かめられている。しかし実際に冬季にいかなる過程を経て入り込んだのかを確かめた例はほとんどない。そこで冬季のオホーツク海において炭酸物質 (pH、全アルカリ度、全炭酸濃度) についての観測を行い、海水生成の度合いや海洋構造との比較を行った。

【結果および考察】 毎年 2 月に行われている海上保安庁の砕氷型巡視船「そうや」を利用した水路部と北大低温研との共同観測は、オホーツク海の中でも北海道の沖合 50~100 マイルに限られたものであるが、観測海域のすぐ北側のサハリン東岸に沿岸ポリニヤ域、すなわち海水の生成域が存在するので、この海域の 2 月の海洋構造は、そのときの海水生成の影響を強く受けていると考えられる。1997 年と 98 年で比較してみると、97 年のほうが海洋の混合層が厚く、海水も厚かったので、大気から海洋が受けた冷却が激しかったことが推定される。表層水の全炭酸濃度も 97 年のほうが 20~40 μmol/kg 高かったが、これは鉛直混合がより深くまでおよんで、深層の高全炭酸濃度の水が表層まで運ばれた結果であろう。ただし夏季のデータと比較すると、その場における鉛直混合のみでは全炭酸のインベントリーが不足するので、その不足分はおそらく海水の南下と前後してサハリン東岸の陸棚域から全炭酸濃度の高い水の移流が起きたことで補われると思われる。つまり表層水中の全炭酸濃度が増加した原因の一つとして、季節風の吹き出しによる海面の攪拌と表面水温低下の効果で、海水形成時の沿岸ポリニヤ域における大気からの CO₂ 吸収量が意外と大きいことが考えられる。

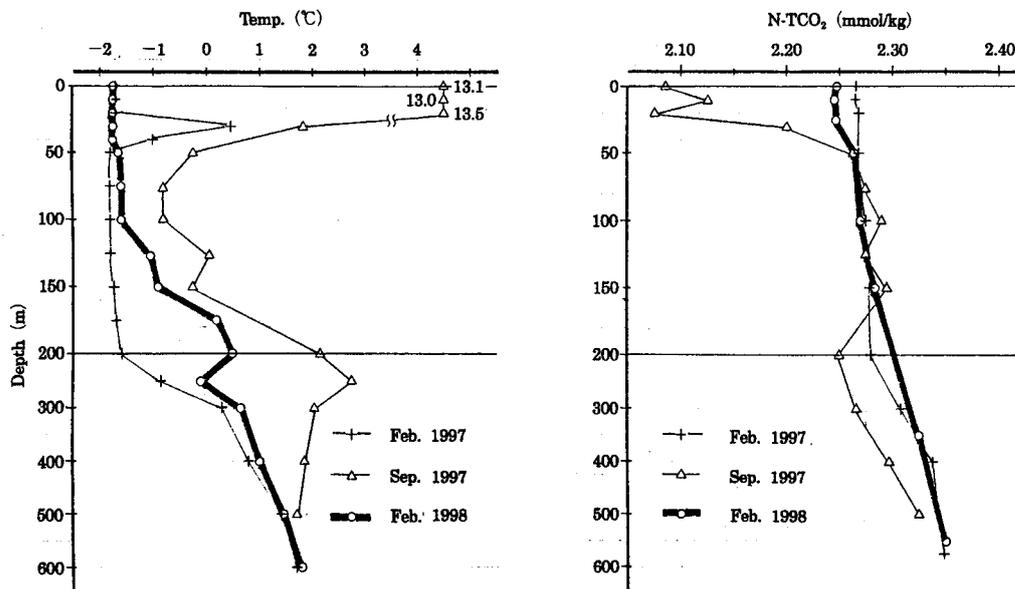


Fig. The seasonal and interannual comparison of vertical distributions of Temperature and 35psu-normalized Total-CO₂ off Cape Shiretoko (45° 00'N, 145° 20'E).

南極発散域における低気圧性渦の形成

牛尾収輝 (極地研) ・ 深町康 ・ 大島慶一郎 ・ 若土正暁 (北大低温研)

Formation of cyclonic eddies in the Antartic Divergence zone

S.USHIO (NIPR), Y.FUKAMACHI, K.I.OHSHIMA, and M.WAKATSUICHI (Hokkaido Univ.)

Observation of subsurface circulation with ALACE floats have been conducted on the sailing route of icebreaker SHIRASE since austral summer of 1996. To understand heat and salt transport in the ocean, water current fields should be revealed. In particular, Indian Ocean sector is one of the areas for sparse data. ALACE floats have been deployed in the eastern area of the Kerguelen Plateau and Antarctic Divergence zone (AD) off Wilkes Land. From the float trajectory, cyclonic eddies were detected in the AD. This eddied show that active upwelling occurs locally and upward fluxes will be accelerated.

1. はじめに

1996年12月以降、南大洋インド洋区において、中層フロートによる海洋循環の観測を継続している。これは熱や各種物質輸送を理解する上で不可欠な情報である海水の流れを実測し、高緯度海域が南大洋および地球規模の気候形成に果たす役割の解明を目的としている。これまでに投入されたフロートの漂流軌跡および既存の観測データをもとに、南極周極流域および南極発散域の中層循環の特徴を報告する。

2. 観測方法

中層フロート (ALACE: 米国 Webb 社製) は予め設定された密度層と海面の間を、一定時間毎に往復するポップアップフロートで、海面浮上期間中にアルゴシステムで測位される。その位置変化からフロートの漂流経路、即ち海水の流れの様子が把握できる。第38, 39次隊がケルゲレン海台東斜面域(90E付近)およびウィルクスランド沖(120E)において、計5台のフロートを投入した。フロートは約500mまたは1500mで中立し、漂流期間は15,

21, 28日間のいずれかである。高緯度の季節海氷域における観測例は少なく、興味深いデータが取得された。

3. ケルゲレン海台東斜面域の北上流

斜面に沿う北向き成分を持つ流れが500mおよび1500m層で観測された。平均流速は約8.5km/day (10cm/sec)であり、南北方向の熱・物質輸送に大きく寄与すると考えられる。約1か月後には東向きの流れに転じ、南極周極流域に入ったことがうかがえる。

4. 南極発散域の低気圧性渦

ウィルクスランド沖で投入されたフロート(1500mで中立, 28日毎に浮上)は平均約2km/day (2.3cm/sec)の速さで、時計周りに2回周回した(図1)。これは低気圧性渦の存在を捉えたといえる。図2はフロートが計測した最深層の水圧と現場水温の値を時間順に結んだものである。渦域における漂流中に水温が変化している。南極発散域の中でも低気圧性渦による活発な湧昇が、局所的に生じていることが推測される。

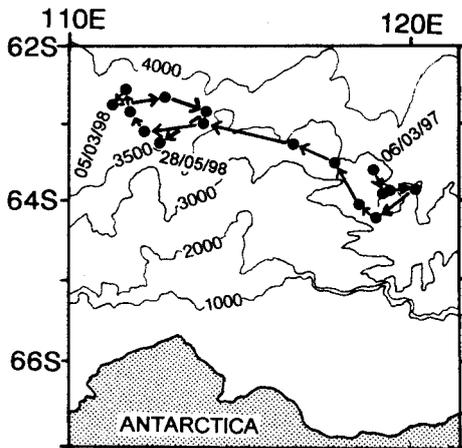


図1: フロートの位置変化.
(1997年3月6日~1998年5月28日)

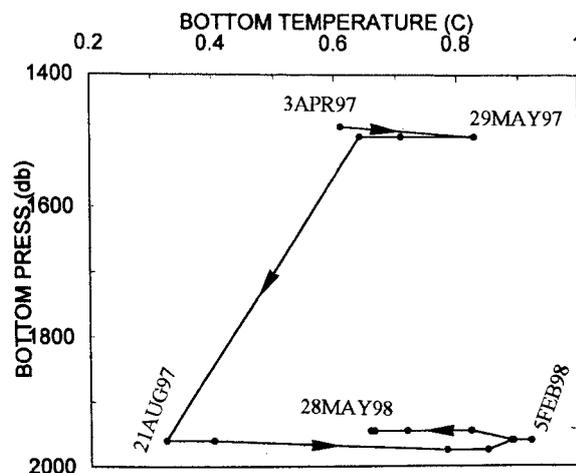


図2: 最深層の水圧-水温の変化

氷期・間氷期サイクルにおける南極の氷床変動と大気循環:序報

齋藤冬樹、阿部彩子 (東京大学気候システム研究センター)
SAITO Fuyuki, Ayako Abe-Ouchi (CCSR)

[Introduction] 氷床は過去数千年の気候変動の影響を記憶しており、現在の氷床を知るためにも過去の情報を知る必要があるからである。従って氷期と間氷期の形状など状態の違いを調べることは現在や将来の氷床変動を考える上でも重要である。この形状変動を調べるために数値モデルが有効な方法である。

本研究では氷床力学モデルを用いて氷期および間氷期の氷床の定常・非定常に関する数値実験を行った。

氷期は現在に比べて気温が低く、涵養量が小さく、さらに海水準が下がっていたことが知られている。気温が低いと氷が硬くなるため流動しにくく、氷床の体積は増加する。一方、涵養量が小さいと体積は減少する。また、海水準が低下すると陸地が増え氷床体積は増加すると考えられる。このような拮抗する外力の影響を評価することが数値実験で可能である。

今回は、2サイクル以上続く氷期間氷期サイクルの外的条件を与えて氷床の変動を計算して、形状、流動、温度などが氷期と間氷期でどれほど違うかを調べた。また、これまでに求めた氷床の氷期と間氷期の定常状態と比べた。さらに、不確定プロセスである氷床縁辺部(氷床と棚氷の境界)の取り扱いが氷床の形状・体積に対してどのような影響があるかを調べた。

一方、氷期と間氷期の大気循環の違いについては大循環モデルを用いて調べたので、その結果についても報告する予定である。

[モデル]

- Shallow Ice 近似をもとにした3次元流動モデル
- 予報変数は氷床の流速、温度、氷厚の分布
- 境界条件は基板地形、氷床の表面質量収支、表面温度および地熱
- 温度に依存した構成方程式
- 氷の温度が融点に達したら融点に固定する(質量収支には影響しない)
- 底面の滑り、棚氷は考慮しない

[実験および結果] 本研究では縁辺部の取り扱いを二種類用いた。

- 氷厚と表面高度の比が一定値以下になったら氷床から分離する。
- 氷厚と表面高度の比が一定値以下でも別に定めた氷床の進出限界までは氷床を分離しない。

閾値の比と氷床の進出限界は Budd and Jenssen(1989) の格子データから算出した。定性的には前者がより領域が広がりにくく後者が広がりやすい条件である。

実験は以下の三通り行った。

- 間氷期定常実験
- 氷期定常実験(海水準-129m、気温差-7.85K)
- 非定常実験(気温の時系列に Vostok core の data を用いる)

各実験の比較考察など結果の詳細はポスターで報告する。

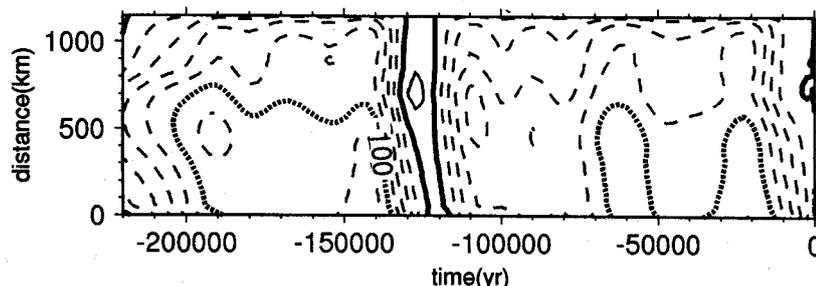


図 1: 非定常実験の Dome F から白瀬流域沿いの標高変化(現在の値との差)の時間断面。縦軸は Dome からの水平距離 (km)、横軸は時間 (年)。

南極ドームふじにおける1997年雪氷観測概要報告(第38次南極観測隊)

本山秀明(極地研)、川村泰史(奈良女子大)、金戸進(気象庁)、渡辺興亜(極地研)

Outline of the glaciological research at Dome Fuji in 1997(JARE38)

Motoyama, H.(NIPR), Kawamura, Y.(Nara Woman's Univ.), Kaneto, K.(JMA), Watanabe, O.(NIPR)

The new project "study of changing ice sheet system" has been started by 38th Japanese Antarctic Research Expedition. The three aims are, observation of changing ice sheet mass balance, observation of changing ice sheet dynamics and observation of fundamental process concerned with mass balance. Under these aims, the glaciological and meteorological observations were carried out at Dome Fuji Station. The 130 m ice core were also obtained there. Around the Dome F area, the observation of snow accumulation and surface snow sampling were done.

37 次隊で5カ年計画の氷床ドーム深層掘削観測計画が終了し、38 次隊からは新たに氷床変動システムの研究観測が開始された。当初は 37 次隊で行われた 2500m までの深層掘削を、引き続き 38 次隊で継続する計画であった。しかし、1996 年 12 月の深層ドリルが掘削孔内に引っかかったために、深層掘削の継続は一時中断した。ドリルの回収を試みたが 38 次越冬中には成功しなかった。ドリル回収は 39 次以降に持ち越される。深層掘削関連では、37 次隊で掘削された未処理の 2250m から 2500m までの氷床コア現場解析を行った。深層コアの持ち帰り梱包及び雪洞内の残置コア整理も順調に行われた。氷床変動システムの研究観測が新たに 38 次隊から開始された。この3つの課題が、氷床の質量収支の変動に関する観測、氷床変動ダイナミクス観測、質量収支に係わる諸プロセス計画である。その目的のために、ドームふじ観測拠点での様々な定常的観測を行うとともに、130m 浅層掘削を行った。さらに広域調査として、ドーム F 周辺の観測旅行を2回実施した。観測地域と観測項目を以下に記す。

1. 氷床の質量収支の変動に関する観測

- 1) 積雪量観測(36 本雪尺)月2回
- 2) 積雪断面観測(ピット)1~2m深、2-5, 8-12 月
- 3) 浅層掘削
 - a) ドームふじ観測拠点での 130m 浅層掘削
 - b) ドーム F 南方での 56m 浅層掘削(S79,E42.5)
- 4) 広域観測
 - a) DF ルート雪尺再測
 - b) Dome Camp 100 本雪尺再測

2. 氷床変動ダイナミクス観測

- 1) GPS 精密測位

9月20日から1月15日まで連続受信
- 2) 平均傾斜測量
- 3) 広域観測

GPS観測点の新設

3. 質量収支に係わる諸プロセス観測

- 1) 無人気象観測(基地及びルート沿い)
 - a) データロガー型の無人気象観測
 - b) 風力発電の運用テスト
- 2) 無人気象観測(ウイスコンシン大学)
- 3) 10m積雪温度分布測定

- 4) 降水量観測
- 5) 凝結・昇華量観測
- 6) 熱収支観測
- 7) 各種サンプリング
 - a) エアロゾルサンプリング
 - b) 積雪サンプリング
 - ア) 表面積雪サンプリング(基地)
 - イ) 積雪断面観測
 - ウ) 広域観測
- 8) 車載用観測器の運用

4. 深層掘削及びコア現場解析

- 1) 深層掘削
 - a) 液面レベルモニター
 - b) ドリル引き上げ
 - c) ケーブル巻き取り装置への組み込み
 - e) 高密度液の注入(39次隊と共同作業)
- 2) コア現場処理

バルク密度測定、層位構造観察・記録、固体直流電気伝導度測定(DC-ECM)、固体交流電気伝導度測定(AC-ECM)、写真撮影、コア切断・梱包。処理深度は2251.393m~2500.722m。

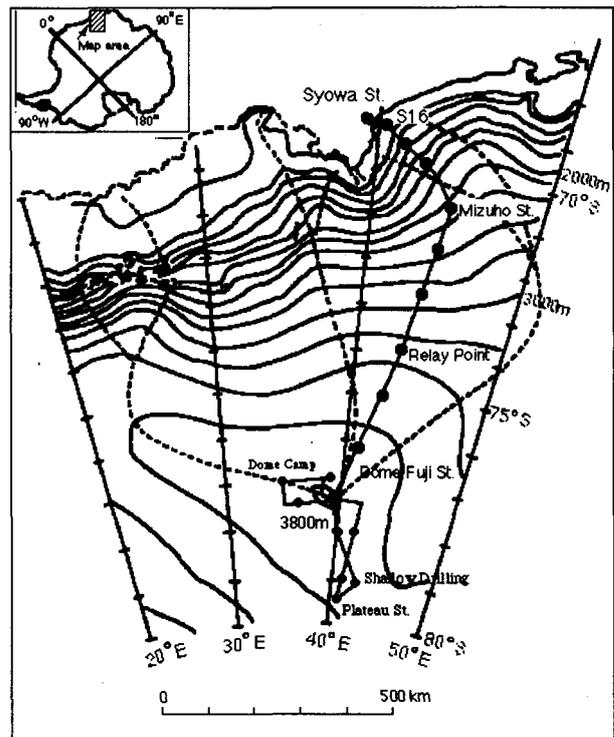


図. 観測地域

III - 2

東南極クィーンモードランド高原における酸素安定同位体組成、 積雪涵養量および温度

佐藤和秀(長岡高専)・渡辺興亜(極地研)・本山秀明(極地研)・庄子仁(北見工大)

Stable isotope ratio, snow accumulation rate, and temperature in the highland plateau of East Queen Maudland, Antarctica

K. SATOW (Nagaoka National College of Technology), O. WATANABE (NIPR),
H. MOTOYAMA (NIPR) and H. SHOJI (Kitami Institute of Technology)

Distribution characteristics of stable isotope ratio, snow accumulation and temperature are analyzed in the highland plateau of east Queen Maudland, Antarctica. A following equation is introduced; $Acc = 32 \exp \{0.0884(\delta + 54.1)\}$, where Acc is snow accumulation ratio ($\text{kg m}^{-2} \text{a}^{-1}$) and δ is $\delta^{18}\text{O}$ (%). And a good relation is shown between $\delta^{18}\text{O}$ and firm temperature. By using these relations, estimations of the time variation of accumulation ratio, or ice core-dating and reconstructing the paleoclimate can be made for Dome Fuji core.

1. はじめに

日本南極地域観測隊によって、Dome Fuji 基地 ($77^\circ 22' 24'' \text{S}$, $39^\circ 36' 50'' \text{E}$, 3807m) において、深層雪氷コア掘削が行われ、2500mの深さの雪氷コアが回収された。コアの深さ-年代関係の推定は、コア試料の解析による古環境の復元の際の本質的な要素である。

深層コアの Chronology の確率方法を目指し、East Queen Maud Land における、積雪涵養量と積雪の酸素安定同位体組成との関係や、温度との関係を調べた。

2. Annual snow depth (雪尺) 測定

沿岸のS16からドームF基地にいたるS、H、Z、MDルート上で1992年1月から1997年1月の間、2kmの間隔で雪尺測定が行われ、503箇所の間積雪深が算出された(図1)。沿岸地域の年間平均積雪深0.6mから内陸にかけて徐々に減少し、0.1m程度の値に達する。

3. 密度の分布

表面 mass balance (accumulation rate) は積雪深に密度を掛けて得られる。

1968年より1996年まで内陸ト

ラバースが行われた際、測定された積雪表面密度を、海拔高度に対してまとめた。特徴から高度500mから2000m、2000mから3000m、3000mから3800mの大きく3地域の分布に分類される。この3地域毎に密度の高度に対する回帰式を使用し、雪尺測定点の高度より、その地点の積雪密度を求め、積雪深を掛けて、雪尺測定点の accumulation ratio (annual mass balance) を計算し求めた。

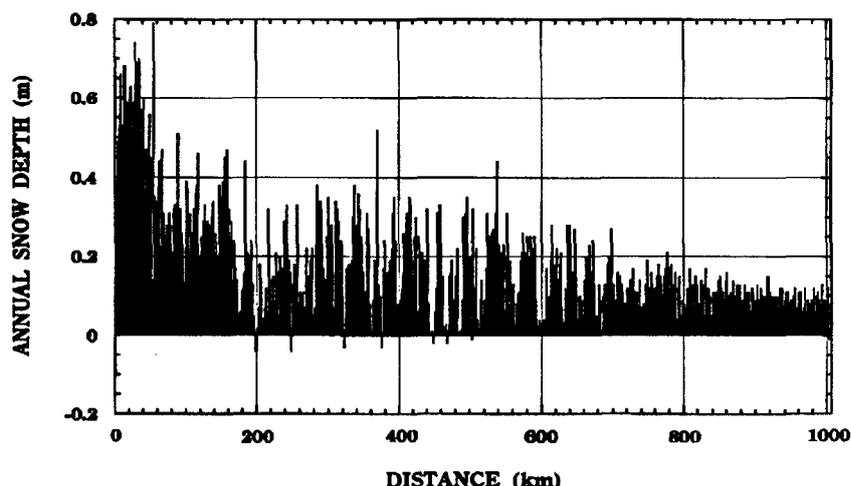


図1 S16からドームF基地に到る年間積雪深の分布。
距離はS16からの距離。

4. 高度3000m以上の high land plateau における accumulation ratio と酸素安定同位体 ($\delta^{18}\text{O}$) の関係

この地域の表面積雪の酸素安定同位体組成 $\delta^{18}\text{O}$ (%) と高度(E: m)の関係式(Satow and Watanabe, 1992) :

$$\delta^{18}\text{O} = -0.011E - 11.4$$

を使って accumulation ratio を求めた地点について、その高度から $\delta^{18}\text{O}$ 値を求めた。そして $\delta^{18}\text{O}$ 値と accumulation ratio との関係を求め、高度3000m以上の week katabatic wind area について、図2に示した。黒丸印は距離20km平均毎の $\delta^{18}\text{O}$ 値に対する accumulation ratio を示している。白丸印は、Dome Fuji 基地に近い Dome Camp (77° 00' 01" S, 35° 00' 00" E, 高度3761m)の5mピットの値を示している(Ageta et al.,1989 ; Ageta et al.,1991)。Dome Campの値を通る回帰曲線を求め、次式を得た (Acc : accumulation ratio ($\text{kg m}^{-2} \text{a}^{-1}$), δ : $\delta^{18}\text{O}$ (%)) :

$$\text{Acc} = 32 \exp \{0.0884(\delta + 54.1)\} \quad (R^2=0.646) \quad (1)$$

この式は、高度3000m以上のこの地域における、積雪の $\delta^{18}\text{O}$ 値と accumulation ratio との関係を示している。この関係が過去の積雪にも成立すると仮定するならば、深層コアの $\delta^{18}\text{O}$ 値から(1)式により、過去の accumulation ratio が計算できる。それを積算すればコアの年代が算出できる。

また、この地域の表面積雪の $\delta^{18}\text{O}$ (%) と10m雪温 (気温の年平均気温に近い、T : °C) の関係式 (Satow and Watanabe(1992) :

$$T = 1.20 \delta^{18}\text{O} + 10.4 \quad (2)$$

(高度3000m以上の地域では

$$T = 1.80 \delta^{18}\text{O} + 40.9 \quad (2')$$

が得られる。) から、過去においてもこの関係が成り立っていたと仮定すると、深層コアの $\delta^{18}\text{O}$ 値から過去の温度が推定できる。

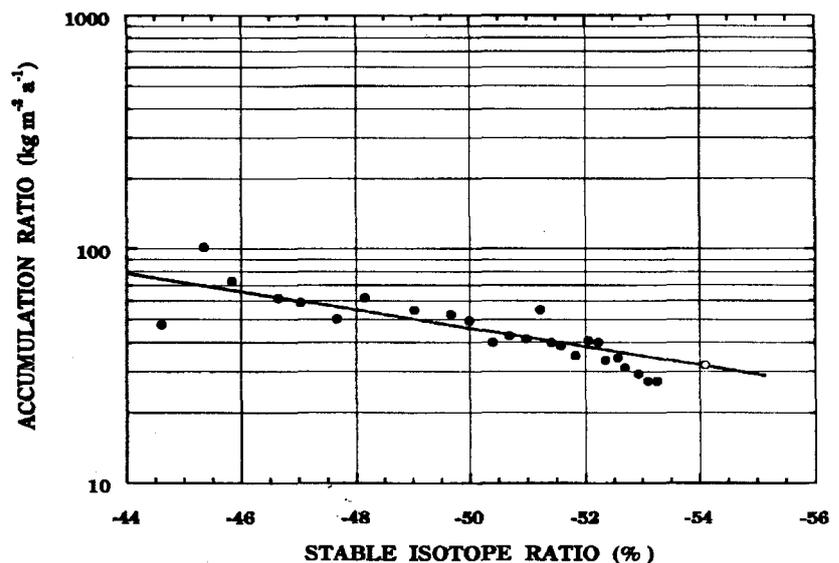


図2 高度3000m以上の氷床上の積雪堆積量と酸素安定同位体組成の関係

以上より、高度3000m以上にあるドームF基地で掘削された深層コアなどに対して、ある深さの $\delta^{18}\text{O}$ 値から、(1)および(2)または(2')式より、その年代と温度が推定でき、過去から現代までの温度の時間変動分布を得ることが可能となる。

南極氷床内部の電波反射層の物理

藤田秀二・前晋爾（北海道大学）、前野英生・浦塚清峰（郵政省通信総合研究所）
古川晶雄・藤井理行・渡辺興亜（国立極地研究所）

Nature of radio-echo layering in the Antarctic ice sheet

S.Fujita, H.Maeno, S.Uratsuka, T.Furukawa, S.Mae, Y.Fujii and O.Watanabe

Abstract. A two-frequency radio-echo sounding experiment was carried out at Dome Fuji, the second highest dome in the East Antarctica, and along a 1150 km long traverse line from the dome to the coast. The goal was to determine the dominant causes of the radio-echo internal reflections and investigate their possible changes with depth ranges and regions. From the 2-frequency (60 MHz and 179 MHz) radio-echo responses at various sites, we distinguished four zones. Each of the zones is characterized by a dominant cause of radio-echo internal reflection as follows: in the “ P_D ” zone, changes in dielectric permittivity due to density fluctuations, in the “ P_{COF} ” zone, changes in dielectric permittivity due to changes in crystal-orientation fabrics, and in the “ C_A ” zone, changes in electrical conductivity due to changes in acidity induced by past volcanic eruptions. In addition, the basal echo-free zone, the fourth zone, was found to appear always below a P_{COF} zone. These four zones and their distribution suggested us variations of the physical conditions in the ice-sheet. In particular, the P_{COF} zone; we found it is an indicator of simple-shear strain component along isochrones; and the echo-free zone suggested us distribution of the flow regimes, flow laws, and strain in the ice-sheet. They are important physical processes to interpret ice-dynamics. In addition to them, we can detect isochronous layers and densification processes of ice from the ice of P_D zone and C_A zone.

要旨

氷床ドーム計画において、東南極頂部ドームふじ地域から海岸線にのびる1150km長の測線上で、二周波数氷床レーダサウンディングの実験を実施した。その目的は、現在まで研究者間のコンセンサスが形成されていない内部電波反射の主因を明らかにすることと、その深さ方向や地域毎の変化を明らかにすることであった。2周波（60MHzと179MHz）に対しての、電波反射の応答から、明らかに反射原因の異なる3つの領域を発見した。それぞれの領域は、内部反射の主因に応じて以下のような特徴をもっている。1）「 P_D ゾーン」では、氷床内部の深さ方向への密度変動（Density fluctuation）により、複素誘電率実数部（Permittivity）の変動が形成されることにより電波が反射する。2）「 P_{COF} ゾーン」では、氷床内部の深さ方向への結晶主軸方位分布（COF）変動により、複素誘電率実数部（Permittivity）の変動が形成されることにより電波が反射する。3）「 C_A ゾーン」では、過去の火山爆発起源の酸性の（Acidic）エアロゾル等の非正常の堆積が、氷床中に電気伝導度（Conductivity）の変動を形成することにより、ここで電波が反射する。これらの3つに加え、さらに4番目のゾーンであるエコーフリーゾーンも観測結果として見いだされ、このゾーンが例外なく「 P_{COF} ゾーン」の卓越する深度帯の直下に分布することを発見した。これらの4つの領域の分布と、それらの境界域の分布は、氷床内部の物理構造の直接指標として有効である。特に、「 P_{COF} ゾーン」の卓越は、「選択的歪み活性層」が氷床内部に存在することを意味する。ここでは、氷床内部の応力が、等年代面に沿ったすべり変形によって開放されていることを意味している。また対照的に、エコーフリーゾーンでは、氷床はその内部応力を、もはや等年代面に沿ったすべり変形によっては開放することができず、褶曲やミキシングにより開放していることを意味する。本研究の結論として、多周波氷床レーダサウンディングは、従来から指摘されているような等年代面の検知だけではなく、氷床内部のせん断層や非せん断層の内部構造検知に有効であることがわかり、今後氷床内部物理構造の包括的な検知・理解をもたらさうる技術であることを実証した。

AMSR を利用した氷上の積雪の観測

大橋良彦・佐々木正巳・鈴木勝裕・秋葉隼二郎（北海道工大）・和田誠（極地研）

Observation of Snowpack on the ice layer by AMSR

Y.OHASHI M.SASAKI M.SUZUKI R.AKIBA M.WADA*
(Hokkaido Institute of Technology) (*NIPR)

Using snowpack models in which globular grains of snow of same diameter were distributed irregularly over the ground or the ice layer, analyses of the microwave emissivity at the multi-frequencies were carried out. The results of analyses showed that the AMSR mounted on ADEOS-II are effective for measuring snow depth and grain sizes of the dry snowpacks not only on the ground but on the ice layer.

はじめに: 1999年に打ち上げ予定の ADEOS-II に搭載される AMSR は、6.9GHz 帯から 89.0GHz 帯までの 8 周波数帯を各々垂直および水平偏波 (50GHz 帯は垂直偏波のみ)、地表入射角 55 度で観測するマイクロ波放射計である。

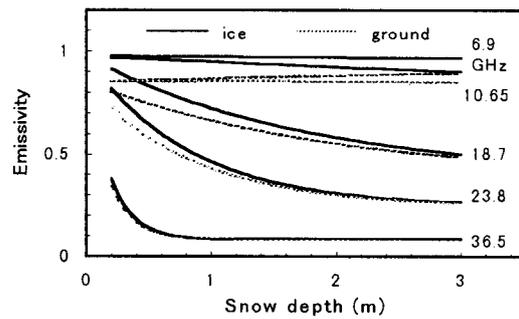
本稿では、ADEOS-II 搭載 AMSR を用いた氷上の積雪観測について理論的に検討する。

理論的解析: 図 1 は、積雪深と放射率の関係を AMSR の観測パラメータに基づき、地面が氷の場合について解析した結果である。同結果には、比較として地面が大地の場合についても記載している。積雪のパラメータは、単層で含水率 0%、密度 0.3g/cm³ とした。周波数は、観測電波の波長に比べて雪粒子の粒径が十分に小さいという仮定のもとにレイリー散乱を適用していることから、6.9~36.5GHz の間の 5 つの周波数について計算を行った。同図より、地面が氷の場合でも湿った大地の場合でも、積雪深に対し放射率の変化の傾向が同じように表れていることがわかる。このことから両者の場合において放射率の値から積雪深を推定することができる。例えば同図で、粒径が 1mm のときには 18.7GHz と 23.8GHz、粒径が 3mm のときには 6.9GHz と 10.65GHz で観測すると積雪深の広い範囲に対して放射率が単調に減少し、放射率の値から積雪深の推定が可能である。なお、積雪のパラメータの変化によって、積雪深の広い範囲に対し放射率が単調に減少する周波数帯は異なる。そのため、様々な積雪の状況に応じて観測に適した周波数帯を選択することが重要となる。

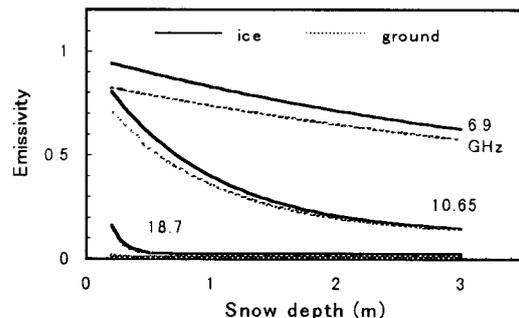
図 2 は地面が氷の場合の積雪深と放射率の関係を直線近似し、その近似直線の傾きの粒径による変化(0.5~3.5mm)を示したものである。同図より、6.9GHz では傾きが単調に変化しながら負の方向に大きくなり、10.65GHz 以上ではいったん極値をとったあと 0 に近づいている。この図から、例えば単一の周波数のみで観測した場合には、ある 1 つの傾きの値に対し 2 つの粒径の値が対応するため、粒径の値を決定できない。しかし、多周波を用いると、それぞれの傾きの大きさを比較することにより、粒径の値を決定

できる。

まとめ: ADEOS-II 搭載 AMSR で得られる放射率の理論的解析を行った結果、大地上の積雪だけではなく氷上についても積雪深や粒径を測定できる可能性があることを示した。



(a) 粒径 1mm



(b) 粒径 3mm

図 1 積雪深と放射率の関係(垂直偏波)

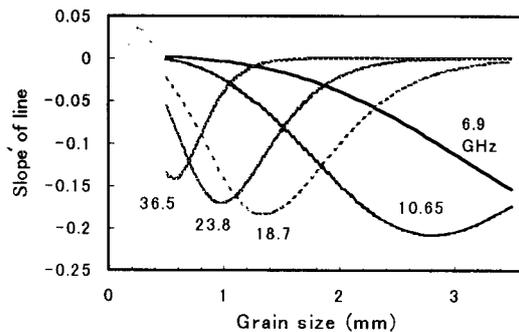


図 2 近似直線の傾きの粒径による変化 (地面が氷の場合、垂直偏波)

積雪中の安定同位体比の変化について

橋本重将、周石礪、坂井亜規子、中尾正義、上田豊（名大水圏）
石川信敬、成田英器（北大低温研）

Isotope content in snow

S.Hashimoto, Zhou Shiqiao, M.Nakawo, Y.Ageta
(IHAS, Nagoya University)

N.Ishikawa, H.Narita(ILTS, Hokkaido University)

The isotope content in a snow pack changes with time in association with its metamorphism. The change would be caused by the sublimation/condensation at the surface as well as the inside of the snowpack, when the snow is dry. For wet snow, the melting/refreezing process would be very important for the temporal change of isotope content. For understanding these processes, the change in isotope content after the snow deposition was examined from February to April, 1998 at Moshiri in Hokkaido. We collected precipitation and melt water throughout the observation period, and a series of snow samples from snow pits. In the melting season, wet snow samples were differentiated into ice particles and the water in between snow grains.

The isotope content of those samples was analyzed, and the results is presented.

1. はじめに

雪氷コアの安定同位体比は、過去の気温を復元する指標として用いられている。しかし積雪中の安定同位体比は堆積後積雪の変態とともに変化する。従って、安定同位体比から気温を復元するときには積雪の変態に伴う同位体比の変化を考慮しなくてはならない。同位体比の変化の過程は積雪中の温度がマイナスの乾燥積雪と、雪温が0℃で水を含む湿潤積雪とでは異なっていると考えられる。乾燥積雪では大気への蒸発や大気からの凝結に加えて積雪層内部での昇華凝結過程が積雪の同位体変化をもたらす。これに対して湿潤積雪では、液層の水の存在による融解再凍結過程が重要であると考えられる。

そこで、積雪中の同位体比の時間変化を解明するために、北海道雨竜郡幌加内町母子里にて観測を行った。この地では厳冬期には乾燥積雪が、そして融雪期には湿潤積雪が見られ、2種類の積雪について観測することができる。

2. 観測

1998年2~4月にかけて母子里にある北海道大学低温科学研究所の融雪観測室横の積雪層について観測を行った。観測期間中の降水、および融雪開始以降は融雪水をそれぞれ連続的に採取した。3月中旬までの乾燥積雪の時期には2, 3日に1回、3月下旬からの湿潤積雪の時期にはほぼ毎日のペースで合計42回の断面観測を行い、毎回毎回全層にわたる積雪サンプルを採取した。さらに融雪期にはいった3月下旬からは湿潤積雪を遠心分離して、雪粒と間隙水をそれぞれ別々にサンプリングした。

また3月上旬から4月上旬の時期に積雪の蒸発実験を行い、大気への蒸発と大気からの凝結による同位体比の変化を実験的に調べた。

観測期間中の降水と融雪水の $\delta^{18}\text{O}$ の変化の様子を図に示す。降水の $\delta^{18}\text{O}$ は期間中-4‰から-29‰の間で複雑に変化している。融雪水は3月5日に初めて流れ出した。融雪水の $\delta^{18}\text{O}$ は-12‰から-16‰の間で変化し、3月下旬に小さくなったのち4月に入ると次第に増加しており、降水とは異なる変化を示した。

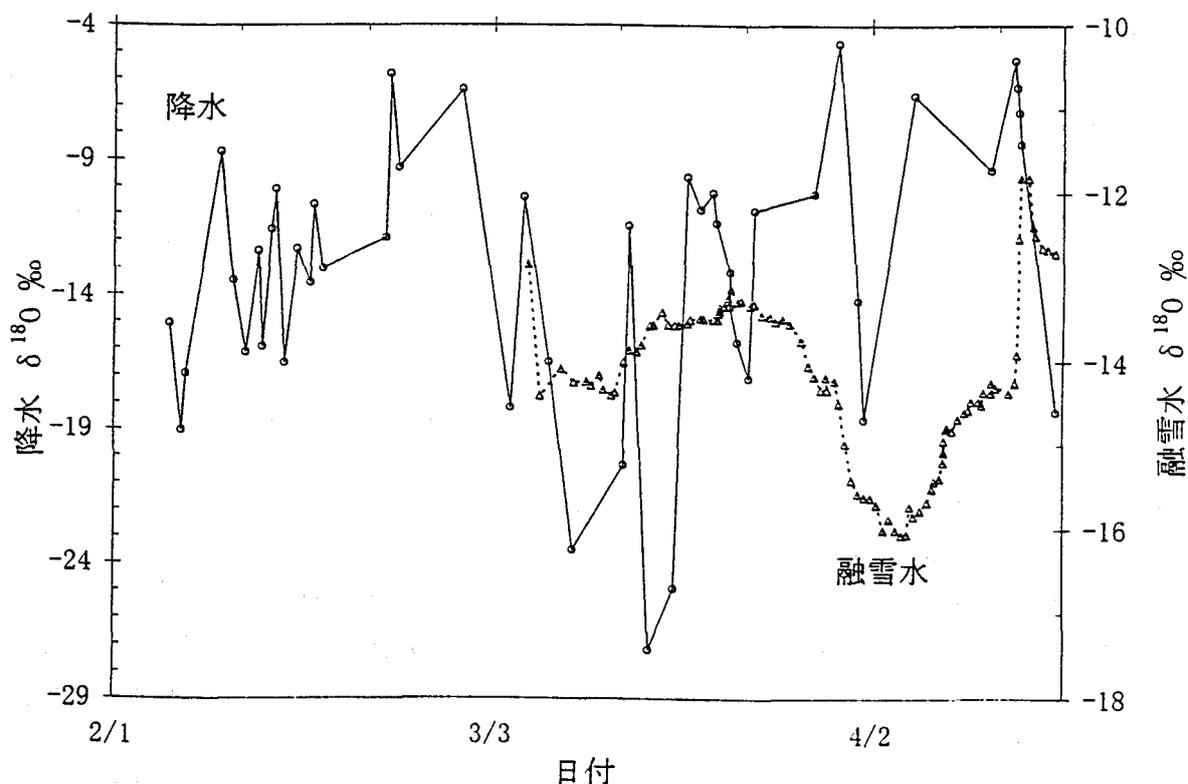


図 観測期間中の降水と融雪水の $\delta^{18}\text{O}$ の変化

南極ドームふじ降雪試料中における低分子ジカルボン酸組成の季節変化

松永壮・河村公隆・山本芳樹（北大低温研）
東信彦（長岡技大）・藤井理行・本山秀明（国立極地研究所）

Seasonal Changes of Low Molecular Weight Dicarboxylic Acids
in Snow Samples from Dome-Fuji, Antarctica

S. Matsunaga, K. Kawamura, Y. Yamamoto (Hokkaido Univ.)
N. Azuma (Nagaoka Univ. of Tech.), Y. Fujii and H. Motoyama (National Inst. of Polar Research)

Polar region has been thought as a sink of gases and aerosols by a long-range atmospheric transport, thus, polar snow and ice contains many information on their sources and transport mechanisms. Trace organic compounds are present in polar snow. They undergo photo oxidation during the atmospheric transport from source region to polar region. The aim of this study is to understand the pathway of photo oxidation of environmental organic compounds and to find the relation between composition of dicarboxylic acids and atmospheric oxidizing capability. Snow samples were collected at Dome-Fuji, the Antarctica from October 1995 to November 1996, and analyzed for low molecular weight dicarboxylic acids. Concentrations of dicarboxylic acids (C2-C8) were found to be higher in summer than in winter. Azelaic acid (C9 dicarboxylic acid) showed a seasonal distribution different from others (C2-C8). On the other hand, fumaric acid/maleic acid concentration ratios showed a positive correlation with solar radiation.

1. はじめに：

低分子ジカルボン酸は生物起源の不飽和脂肪酸、人為起源の不飽和炭化水素が大気中で酸化を受けることにより生成する。またこれらは自動車排気ガスなどにも含まれており、化石燃料やバイオマス燃焼による生成など直接大気に放出されるものもある。さらに大気中のジカルボン酸は光化学的酸化を受けてより小さなジカルボン酸へと分解されていく。したがって低分子ジカルボン酸類はそれらの起源に関する情報だけでなく、大気輸送中の光化学的変質に関する情報を持っている。また、極域は大気輸送の終着点として知られている。このことから極域の降雪試料にはそれらの凝結核となった物質が大気輸送中に受けた変質についての極めて重要な情報が残されている。そこで本研究では南極ドームふじ基地周辺で約1年にわたってほぼ月1回の頻度で採取された降雪試料中の低分子ジカルボン酸 (C2 ~ C8) について同定・定量を行った。分析した降雪試料は南極ドームふじ基地周辺にて採取されたものである。ドームふじ基地は南極沿岸部から約 1000km 内陸に位置しているため、南極周辺の海洋の直接的影響をほとんど受けていないと考えられる。本研究の目的は降雪試料中の低分子ジカルボン酸についてその化学組成を明らかにし、これをもとに大気に放出された有機化合物の輸送中および降雪後の変質が太陽放射とどのような関係にあるのかについて新たな知見を得ることである。

2. 試料および分析方法：

分析した試料は、1995年10月から翌年11月までの約1年間にわたって採取された南極ドームふじ基地周辺の降雪試料9サンプルである。これらは分析の直前まで北大低温研の低温室 (-25℃) に保管されていたものである。分析の直前に融解し、塩化水銀(II)を添加して微生物による変質を防いだ。融解した降雪試料は濃縮し、三フッ化ほう素/n-ブタノールでジカルボン酸をジブチルエステル化した後 GC および GC/MS にて同定・定量した。

3. 結果および考察：

C2 ~ C8 のジカルボン酸濃度については、夏に高く冬に低いという季節変動が認められた (図 1、図 2)。それに対してアゼライン酸濃度/全ジカルボン酸濃度 (C2 ~ C9) の比は、夏に低く冬に高いという逆の傾向を示した (図 3)。C2 ~ C8 のジカルボン酸は日照のある夏に増加するのに、アゼライン酸のみは日照のない冬にその割合を増している。これは、アゼライン酸だけが違うソースを持っているか、またはアゼライン酸が C2 ~ C8 のジカルボン酸と異なり太陽放射なしでも生成するというを示唆している。低分子ジカルボン酸の主要な前駆体の一つであるオレイン酸がオゾンと反応するとアゼライン酸が生成するが、この反応は太陽放射を必要としない。アゼライン

酸の季節変化だけが他のジカルボン酸の季節変化と異なるのはこのためかも知れない。また、C10以上のジカルボン酸は、ほとんどの試料について検出限界以下だった。このことも今回分析した降雪試料中のジカルボン酸の主要な前駆体がオレイン酸であるという考えと矛盾しない。オレイン酸はC18の不飽和脂肪酸で海洋生物由来の物質であり、9番目の炭素に二重結合を一つを持つ。したがって、オレイン酸がオゾンにより酸化分解されてもC10以上のジカルボン酸は生成しない。

さらに、フマル酸(*trans*体)とマレイン酸(*cis*体)の濃度比も季節変動を示した。これは、*cis*体のフマル酸が太陽放射を受けることにより、より安定な*trans*体のマレイン酸へ異性化することにより起こっていると考えられる。実際、フマル酸/マレイン酸比は太陽放射と良い正の相関関係にあった。このことから、フマル酸/マレイン酸比は光化学的変質の程度を示す指標として有用であると考えられる。今後、光化学的変質の程度を表す指標をいくつか確立し、将来的にはそれらを用いて大気酸化能力を評価できるようにし、アイスコア試料の分析に利用して過去の大気に関するより多くの情報を得られるようにしたいと考えている。

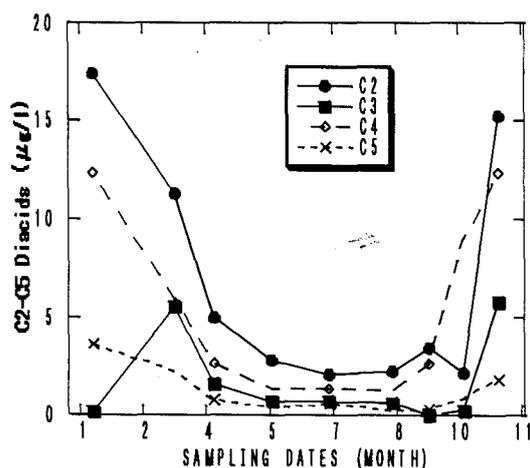


図1 ジカルボン酸(C2-C5)濃度の季節変化

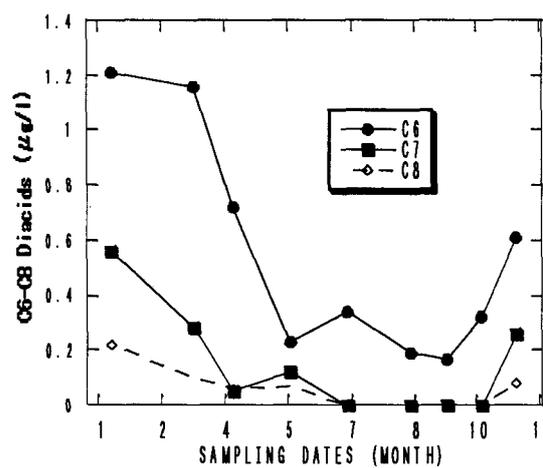


図2 ジカルボン酸(C6-C8)濃度の季節変化

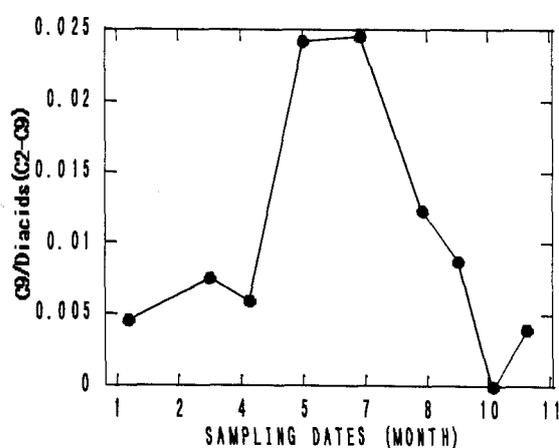


図3 アゼライン酸/ジカルボン酸合計比の季節変化

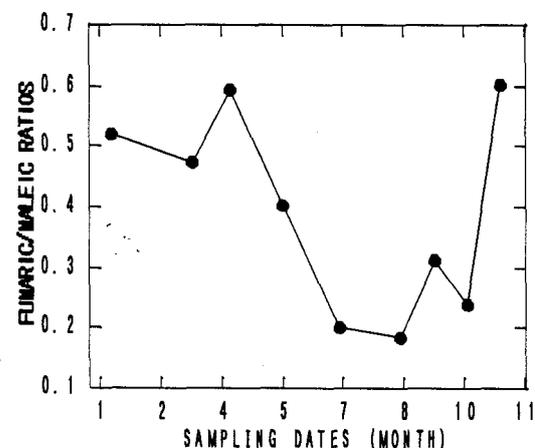


図4 フマル酸/マレイン酸濃度比の季節変化

Densification of cold snow layers

Zhou Shiqiao, S. Hashimoto, A. Sakai, M. Nakawo, H. Narita N.Ishikawa**
Institute for Hydrospheric-Atmospheric Sciences, Nagoya University
**Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University*

Densification of snow is important for interpreting ice core data including those from Antarctica, since it would affect the change of annual layer thickness with time. The bubble close-off density and the depth would also be influenced significantly by the rate of densification in shallower layers. The rate of densification is considered to be a function of a variety of factors such as overburden load, density *per se*, snow temperature, particle size (including the distribution characteristics) and so on. Previous studies revealed relationships between the rate of densification and the snow density for a given temperature. Temperature dependence of the strain rate of a snow layer was also found for a certain density range. It is crucial, however, to examine the characteristics of densification, taking into consideration the overall parameters.

The field work was carried out from February to April, 1998 at Moshiri in Hokkaido, where cold snow pack is available, whose thickness was as large as 180.1cm on Feb.14. The snow temperature was recorded at different heights in the snowpack, having the lowest value of -17.3°C on Feb.7. During the observation period, air temperature and wind speed were recorded continuously by an automatic meteorological station. Precipitation was measured manually. Snow pits were dug every two to three days, and snow samples were taken from the pit walls continuously from the top to the bottom with a 5cm-thick sampler. The samples were subjected to density measurement and particle size distribution analysis.

The densification was examined in terms of the overburden load, and the densification rate was analyzed. Its temperature dependence will be presented at the symposium.

For The 21st Symposium on Polar Meteorology and Glaciology

The Arctic Oscillation and the Northern Hemisphere Sea-ice distribution in Wintertime

Fang Zhifang

(Chengdu Institute of Meteorology, Chengdu, Sichuan, 610041, P. R. of CHINA.

J.M.Wallace and D.W.J.Thompson

Department of Atmospheric Sciences, University of Washington, Seattle, 98195 USA

ABSTRACT

The "Arctic Oscillation" (AO) is the leading empirical orthogonal function of the wintertime sea-level pressure field. It resembles the NAO in many respects, but its primary center of action covers more of the Arctic, giving it a more zonally symmetric appearance. It can be interpreted as the surface signature of modulations in the strength of the polar vortex aloft, published by Thompson and Wallace (1998).

Relationship between large-scale patterns of atmospheric variability and sea ice variability had investigated by Fang et al (1994 and 1995). The strongest sea ice pattern is comprised of a dipole with opposing centers of action in the Davis Straits/Labrador Sea region and the Greenland and Barents seas. Its temporal variability is strongly coupled to the atmospheric North Atlantic Oscillation (NAO). The relationship between the two patterns is strongest with the atmosphere leading the ocean by two week-one month.

For several Northern Hemisphere (NH) regions, the stationary wave variability associated with \bar{u} anomalies is found to constitute a significant fraction of the climatological wintertime stationery wave variability. A single hemispheric mode consisting of wave trains over the North Pacific-North American region and over the North Atlantic-Eurasian region described the stationary wave adjustment to \bar{u} anomalies. In a recent article, Ting et al. (1996) documented the three-dimensional structure of the stationary-wave response to a distinctive mode of variability of the zonally averaged basic state: a meridional 'see-saw' in zonal momentum represented by the algebraic difference between the zonal-mean, zonal geostrophic wind at 55°N and 35°N (denoted Ting index). We relate the mode of variability that they examined to the AO and sea-ice, and we consider the degree to which it is of singular importance with respect to the variability of the stationary waves.

First we will compare the meridional structure and stationary wave signature of the mode of variability described by Ting et al., with their counterparts for the AO index. The temporal correlation between the index of Ting and the AO based on seasonal data is 0.85. By regressing the zonal-mean 500-mb zonal geostrophic wind, the profiles for the index of Ting and AO were obtained. The two profiles are very similar, both with respect to amplitude and the placement of the maxim and minim.

The corresponding distributions for the stationary wave (total minus the zonal-mean, denoted $Z500^*$) component of the 500-mb height field, which were obtained in a manner analogous to the profiles from Ting and AO index. There is one-to-one correspondence between all the major centers of action in two maps, especially in North Atlantic-Eurasian region. The pattern centers are located in south of the Greenland, west Europe and center of Eurasian continent, denoted as AO- $Z500^*$ pattern. The pattern is similar to the large-scale patterns of atmospheric variability with sea ice (Fang et al. 1994).

The all correlation maps between $Z500^*$ and sea-ice index in the Davis Straits /Labrador Sea region and the Greenland and Barents seas are very similar, especially the Barents sea and Davis Straits /Labrador Sea region. The Davis Straits /Labrador Sea region Sea is phase out with another Seas. They resemble the AO- $Z500^*$ pattern in North Atlantic-Eurasian region. If use the correlation maps between sea-ice index and 500 mb field, the correlation coefficients are small than $Z500^*$, and patterns are different each other. we consider the AO-index and AO- $Z500^*$ pattern play important role in winter time.

The correlation coefficients between the AO index and sea-ice index shows that sea-ice lagged the AO index by months. The Barents sea-ice lag the AO index to two months, but the Davis Straits /Labrador Sea ice is simultaneous with AO index.

ノースウォーター(NOW)ポリニア域における海水下での乱流フラックスおよび海水構造の観測

小日向邦夫・白澤邦男・河村俊行・高塚徹(北大低温研)

Observations of under-ice turbulent fluxes and sea-ice microstructure in the North Water (NOW) polynya region

K.KOBINATA, K.SHIRASAWA, T.KAWAMURA and T.TAKATSUKA (Hokkaido Univ.)

The North Water (NOW) polynya, which is situated at the southern part of the Smith Sound and the northern end of Baffin Bay, and at the northwest of Greenland and the southeast of Ellesmere Island, is described as a recurring polynya. Time series measurements of under-ice currents, temperatures and salinities were made by a 3-D electromagnetic current meter and CT sensors deployed near the ice edge regions of the polynya at Smith Sound and Rosse Bay during the period from the beginning of April to the end of May, 1998. The aim of this study is to measure turbulent fluxes of momentum, heat and salt and to understand the mechanisms that control its formation and maintenance of the NOW polynya. Sea-ice core samples were taken from the two stations near the current meter deployment sites to analyze crystallographic structure and examine salinity and density profiles.

1.はじめに

ノースウォーター(NOW)・ポリニアは、グリーンランドと、カナダ・エルズミア島との間にあるスミス海峡およびバフィン湾北部で冬期間発達するポリニアである。ノースウォーター・ポリニアが形成される主な原因として、(1)北極海から流入する海水がグリーンランドとエルズミア島の細い水路で収縮され、海水の堰が形成される。(2)北西風の卓越により、グリーンランド西岸で深層から高温の大西洋水の湧昇が起こり、開水面が維持されることが挙げられる。

今回の観測では1998年4月上旬から5月下旬の期間、ポリニア氷縁域2地点の海水下に3次元電磁流速計と温度・塩分センサーを設置し、流速、水温、塩分を測定した。これから得られた時系列を用いて乱流フラックスを求めることにより、海水下の海洋境界層がノースウォーター・ポリニアの維持、形成にどのように寄与しているのかを理解することが主な目的である。

また、海水コアを採取することにより、この海域の海水構造の特徴を調べた。

2.観測

1998年4月13日から5月24日にかけて、ノースウォーター・ポリニア氷縁域2地点(SMITH SOUNDとROSSE BAY)(Fig. 1)の海水下1mに、3次元電磁流速計(ACM32M)を設置し、また温度・

塩分センサー(MDS-CT)を海水底面近くに3台、それぞれ深さを変えて設置した。電磁流速計は1時間毎10分間、サンプリング周波数は1Hzで測定し、温度・塩分センサーは10分毎の連続測定を行った。また、同地点でアイスコアを採取した。

3.解析方法

乱流フラックス(運動量、熱、塩フラックス)の計算には渦相関法を用いた。観測で得られた流速(u, v, w)と水温(T)、塩分(S)の各瞬間での変動成分と流速の鉛直成分(w)との積の時間平均より、運動量フラックスは $\rho \langle u'w' \rangle$ 、熱フラックスは $\rho C_p \langle w'T' \rangle$ 、塩フラックスは $\rho \langle w'S' \rangle$ で求められる(ρ :海水密度, C_p :比熱, 'は変動成分)。採取した海水コアは冷凍保存したまま日本に輸送し、低温室内で鉛直・水平的な結晶構造を調べ、密度、塩分を測定した。

4.結果

(流速、水温、塩分)

ポリニアに近いSMITH SOUND(Fig. 2(a))では、流速が最大70cm/sと非常に大きい値を示しており、流向は、北からの流れが卓越していることがわかる。4月23日から水温が増加し、塩分は減少しているが、これは海水融解によるポリニアの拡大によるものと考えられる。一方、ROSSE BAY(Fig. 2(b))ではSMITH SOUNDに比べると流

速は小さく、最大でも25cm/sで、流向もSMITH SOUNDほど北流速が卓越していない。また、両地点の時系列とも潮汐による変動が見られ、ポリニアに近いSMITH SOUNDの方がより明瞭に現れている。

(海氷コア)

2地点の海氷の鉛直結晶構造を見ると、表面から数cmにのみgranular iceが分布しているだけで、それ以下はすべてcolumnar iceとなっている。しかしSMITH SOUNDのコアは底面付近にもgranular iceが見られるが、その原因として海氷が他の海氷に乗り上げたか、あるいは下にもぐり込んだことによって海氷同士が重なったものと考えられる。これはSMITH SOUNDの海氷が、ポリニアの形成、維持機構において力学的作用を受けていることを示している。またROSSE BAYで見られないのは、この地点の海氷は比較的ポリニアの影響が少なく、定着氷であったためと考えられる。

5. 今後の方針

今後解析を進めていく上で、観測から得られた流速、水温、塩分データを用い、乱流フラックスの計算を行う。更に各データの時系列をスペクトル解析することで卓越周期を調べ、潮汐変動との相関を検討する。

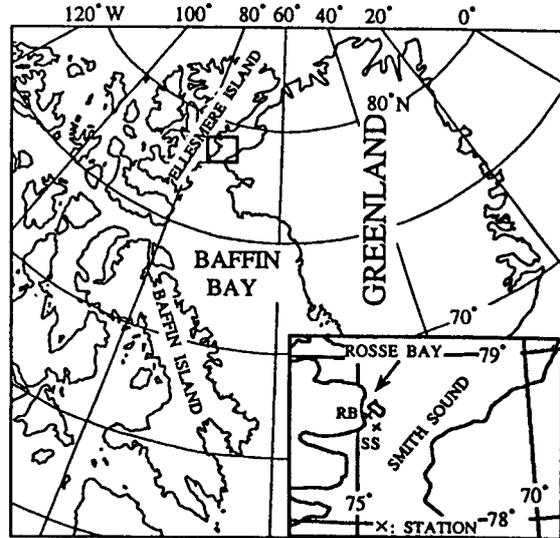
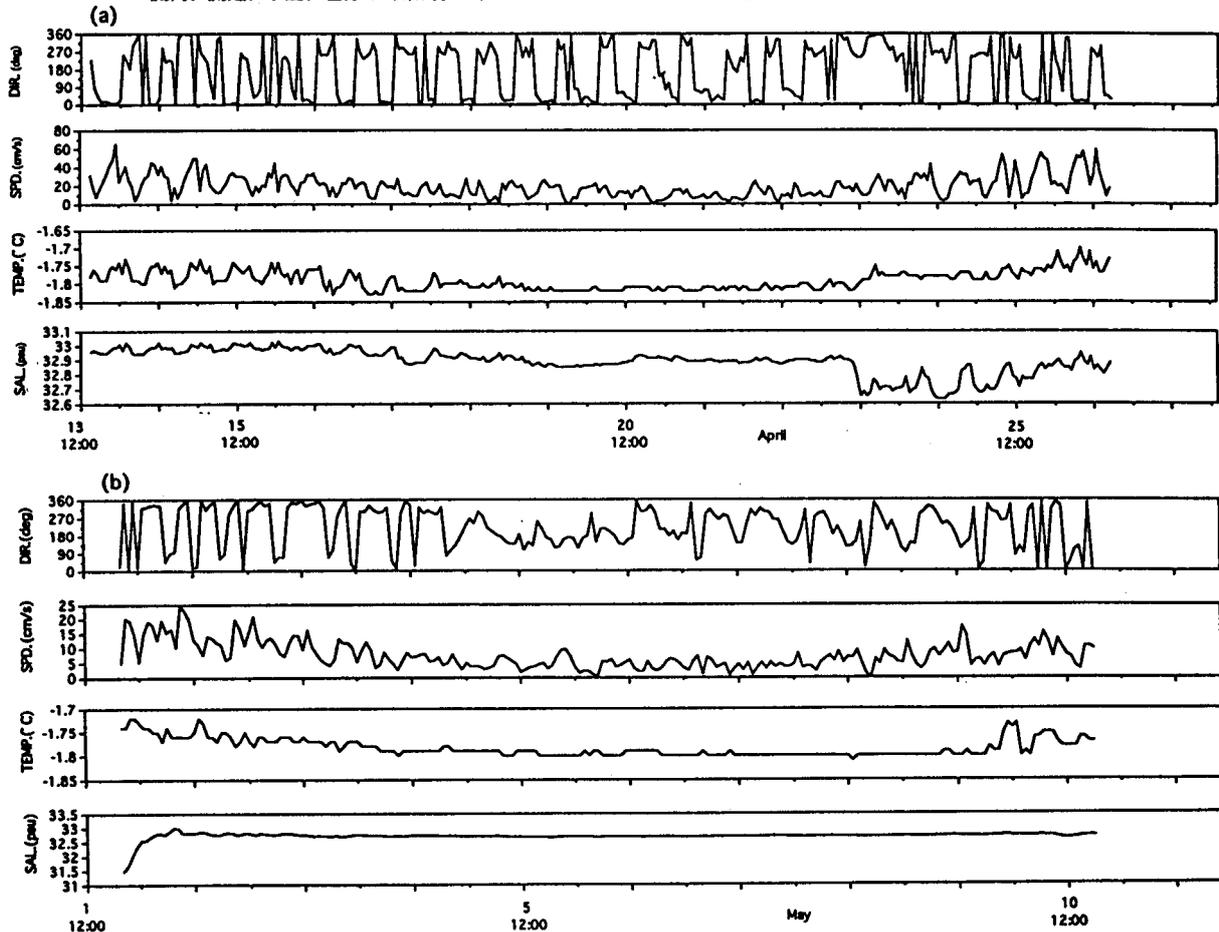


Fig.1 観測点 SMITH SOUNDとROSSE BAY

Fig.2 (a) SMITH SOUND (b) ROSSE BAY の
流向、流速、水温、塩分の時系列データ



バルト海水縁域における海水下乱流境界層の観測

白澤邦男・小日向邦夫・高塚徹（北大低温研）

Measurements of under-ice turbulent fluxes and oceanic boundary layer processes in the Baltic Sea

K. Shirasawa, K. Kobinata and T. Takatsuka (Hokkaido Univ.)

Measurements of turbulent fluxes of momentum and heat in the oceanic boundary layer under the landfast sea ice were made near the ice edge region in the Baltic Sea during the BALTEX (Baltic Sea Experiment)/BASIS (Baltic Air-Sea-Ice Study) 1998 winter experiment. Time series of 3-D currents, temperatures and salinities were collected to estimate momentum and heat fluxes in the oceanic boundary layer under the sea ice. Temperature profiles through the air/ice/ocean were also measured to understand the heat conduction through the ice sheet.

はじめに：バルト海は比較的閉ざされた海で、主に、カテガット海峡を通して大西洋とバルト海との海水の交換、河川水の流入及び海表面からの降水蒸発による淡水との収支等により海の海洋構造が決まる。塩分濃度は4~5pptでBrackish Waterである。また、冬期間数カ月のみ海水に覆われる典型的な季節海水域である。BALTEX/BASISはGEWEX/BALTEXのサブプロジェクトの一つで、バルト海のエネルギー及び水交換の物理過程を観測とモデル実験からその機構を解明しようという研究計画である。1997年から2000年の3カ年計画で、1998年2月から3月にかけてのバルト海の海水域における冬期のエネルギーや水循環過程の現場観測がそのプロジェクトの中心である。本研究では、バルト海水縁域の海水下に流速計、温度・塩分センサーを設置して、観測期間中の流速3成分、温度、塩分の時系列を測定し、この時系列データから乱流フラク

スを求め、海水-海洋境界層での運動量交換過程や海洋から海水へ輸送される海洋熱フラックスを調べるのが目的である。

観測及び解析：1998年2月16日から3月7日までVaasa（フィンランド）西方の定着氷上に氷上観測基地を設けた（第1図）。海水下0.5及び5mに3次元電磁流速計、また温度・塩分センサーを設置した。また、温度センサーを海水中に凍着して氷中の温度分布を測定し、同時に氷厚の変化も測定した。流速3成分、温度、塩分の時系列データから渦相関法により運動量、熱、塩フラックスを求めることができる。

結果：海水下0.5及び5mの深さで測定された流速、温度、塩分の時系列を第2図に示す。観測期間中深さ0.5mでは流速は最大で15cm/s程であったが、深さ5mでは最大約20cm/s程であった。今後は、フラックス等の計算を行う予定である。

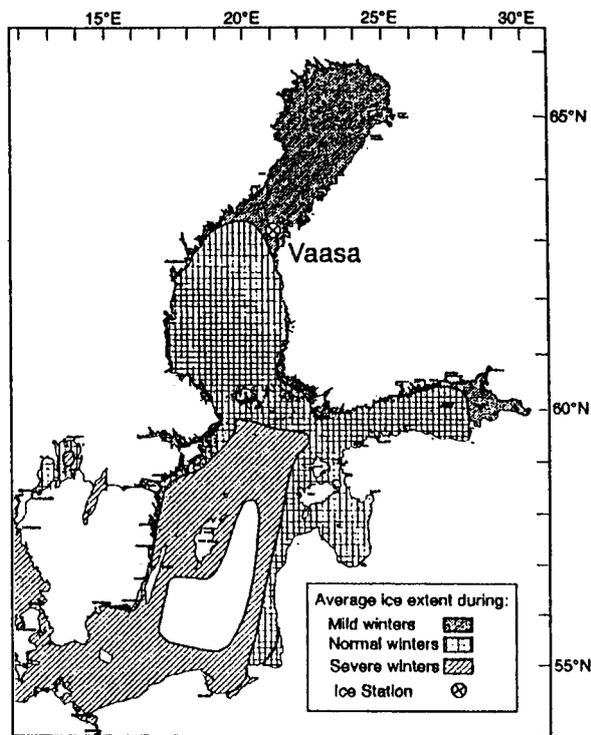


Fig. 1 Study area

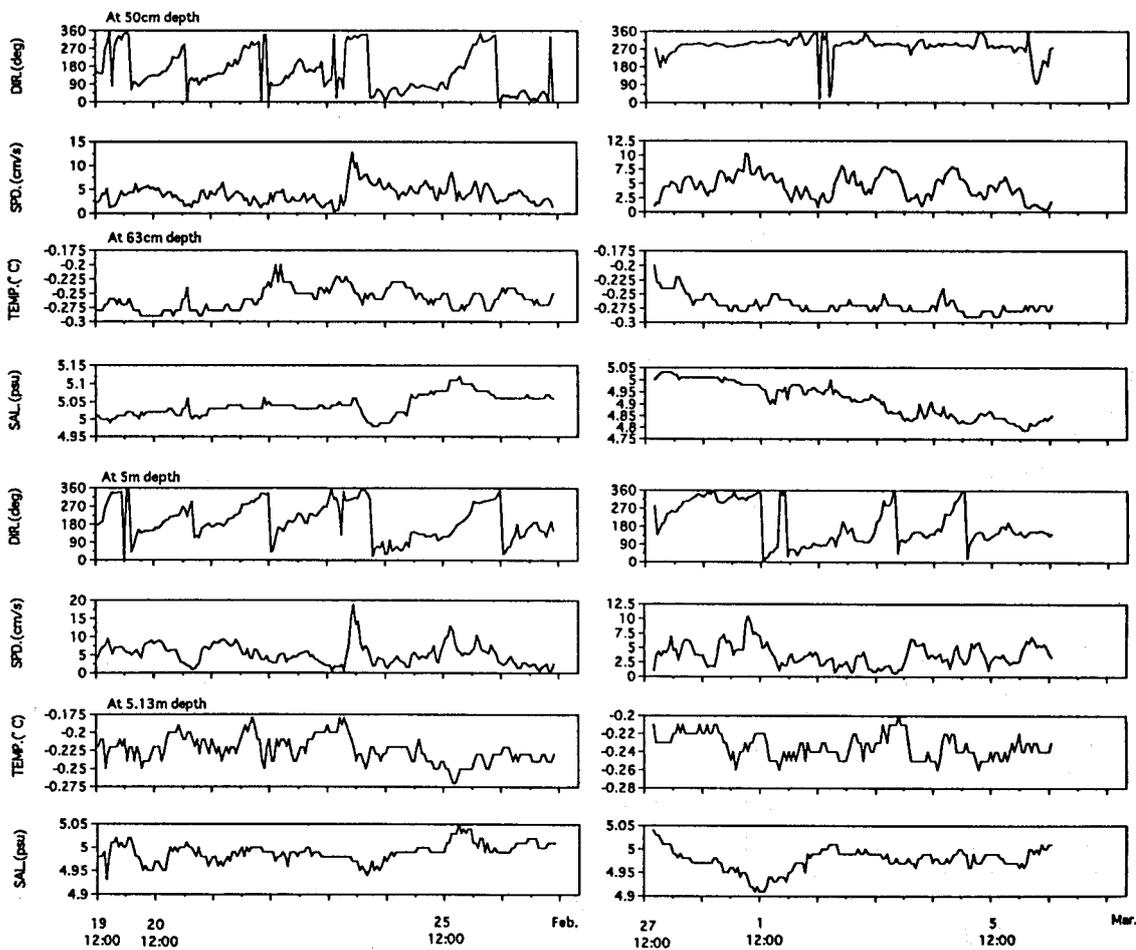


Fig. 2 Time series of under-ice currents, temperatures and salinities at 0.5 and 5 m depth during the BASIS 1998 winter experiment

Thermobaric convection に関する数値実験

納谷美也子・長島秀樹(東京水産大学)

A numerical experiment on thermobaric convection
M.NAYA and H.NAGASHIMA (Tokyo Univeristy of Fisheries)

A simple numerical experiment on thermobaric convection is carried out based on the non-linear equation of state in which the thermal expansion coefficient is a function of pressure. The onset of convection is well explained by a linear stability analysis of the Rayleigh-Benard problem where the double diffusive effect is taken into account. The result of this experiment suggests that the double diffusive effect reduces the thermobaric convection.

1. 目的

極域での深層水形成に関わる深い対流プロセスの本質は、thermobaric 効果(海水の熱膨張係数の圧力依存性が温度によって異なり、低温ほど大きくなること)によって生ずる鉛直対流であると言われている。(c.f. Gill,1972;Killworth,1977;Garwood et al.,1994;Akitomo et al.,1995;Loyning and Weber,1997)

海水の密度の水温・塩分・圧力への非線形的な依存性および thermobaric convection の物理機構を数値実験によって調べた。

2. 数値モデル

モデル海洋は、非回転系における鉛直2次元の長方形(水平8km×鉛直4km)とし、支配方程式は、Boussinesq 近似の下での静水圧近似を行わない運動方程式、連続の式および熱と塩分の移流拡散方程式である。表面は Rigid-lid で、各境界を通じてのフラックスは無いものとした。計算初期の水温・塩分分布は、冬季の南極域の典型的な水柱(上層:低温・低塩、下層:高温・高塩)をモデル化したものを用い(図-1)、計算開始時に、上下層の境界にランダムな擾乱(境界上部の水塊を鉛直方向に1グリッド下げる)を与えた。

実験では、海水の状態方程式として、①非線形近似および②線形近似の2種類を用いて結果を比較した。このうち、①にのみ thermobaric 効果が含まれている。さらに、①について二重拡散対流を active にしたケースの実験を行った。

海水の状態方程式:

①国際状態方程式(UNESCO,1983):温度・塩分・圧力に関して非線形近似、thermobaric 効果も含む

$$\rho = \rho(T, S, P)$$

②線形近似

$$\rho = \rho_0 (1 - \alpha \Delta T + \beta \Delta S)$$

3. 計算結果および考察

計算結果例として、ケース①およびケース②の計算開始9時間後の水温の分布を図-2に示す。

ケース①の場合には、安定な密度成層にも係わらず、計算開始とともに初期擾乱が発達し、4時間後にはスケールが選択され plume が発生し、深い対流へと発達していくことが確認された。ケース②の場合には、初期条件の水中の密度場は不安定となり、①と同様に plume の発生と急激な overturning が起こった。これら2つのケースでの、plume に伴う鉛直速度は、①の方が大きく、②の場合の5~10倍程度にもなっていた。

さらに、plume の水平スケールは、①と②では同じであることが解ったので、plume の発生を古典的な Rayleigh-Bernard 対流に基づく線形不安定解析で解釈することが

できた。

また、①のケースについて、塩分拡散係数と温度拡散係数の比(turbulent Lewis 数)を $\tau = K_S / K_T < 1$ とした結果、二重拡散を active にした場合には、対流の発達が抑えられることが示された。

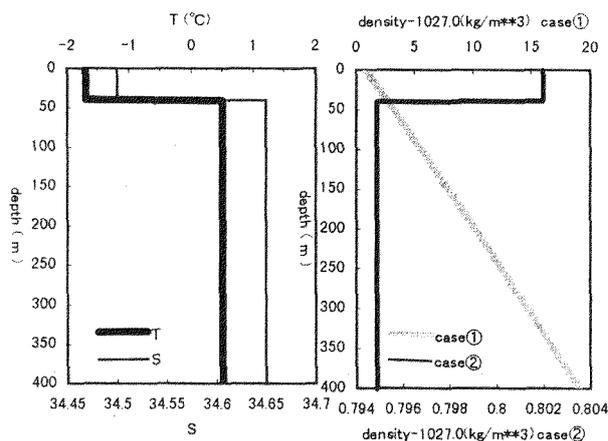


図-1 計算初期条件のT, Sおよび密度分布

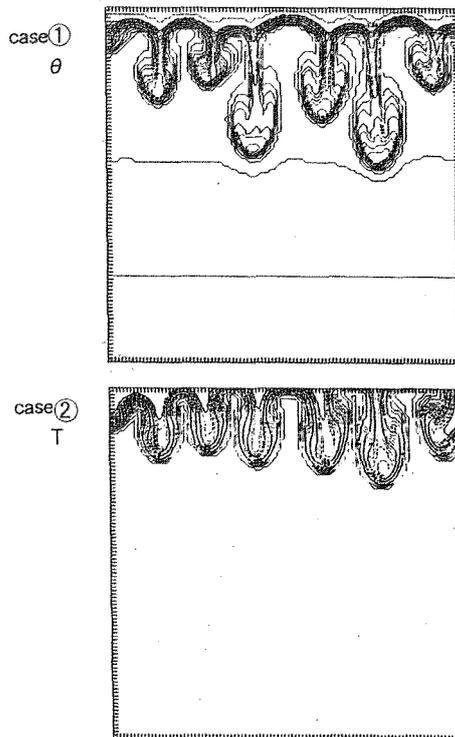


図-2 計算開始9時間後の水温分布(コンター間隔0.1°C)

1997-1998 年 南極リュツォ・ホルム湾の海氷流出について

牛尾 収輝・山内 恭 (極地研) ・高橋 晃 (通総研)

On the breakup of land-fast ice in Lutzow-Holm Bay, Antarctic, 1997-1998

Shuki Ushio, Takashi Yamanouchi (NIPR) and Akira Takahashi (CRL)

Land-fast ice was broken up in Lutzow-Holm Bay, Antarctic, from early in autumn through winter season 1997. The present case is considered to be the greatest in history. On the basis of meteorological and hydrographic data, factors of the breakup are discussed. One of the factors is wind system around the bay. Strong southerly wind contributes to transport of ice floes to the offshore. Also, summer melting was much conspicuous. Large scale uniqueness in this period should be considered as compared with usual case, because sea ice condition is much sensitive to atmospheric and oceanic forcings.

1. はじめに

南極リュツォ・ホルム湾の定着氷が1997年、広域にわたって流出した。今回の事例は、流出面積、期間とも観測史上最も規模が大きい。定着氷野の安定性には、大気および海洋の諸過程が寄与していると考えられる。衛星画像をもとに海氷域の推移を詳細に調べると共に、海氷流出を引き起こす要因について考察した。

2. 1997年の海氷流出経過

図1は1997年7月20日のNOAA衛星画像である。湾中央部で定着氷が割れ、流出している様子がわかる。6月の時点で既に流出の開始が認められ、7月下旬には湾奥まで広がった。その後、薄氷形成と流出が繰り返され、春から夏の融解期には、昭和基地周辺およびプリンスオラフ海岸沿いの定着氷も次々と崩壊した。そして1998年3月には湾中央から東方の定着氷のほとんどが流失し、湾中央部は完全結氷しないままの状態が同年7月まで続いている(図2)。

1980年以降の観測隊報告および衛星画像によ

ると、1982、86、90、91、93、96年を除いて、湾内のどこかで定着氷流出が生じているか、開水面が形成されている。また過去の海氷流出では、秋から初冬にかけて発生し、その後は凍結して安定な定着氷野が形成されている事例が多い。場所の違いや規模の大小はあるが、海氷流出は頻発していると言える。

3. 海氷流出の要因は何か?

流出を引き起こす要因として、まず風系に注目した。昭和基地で観測された風向別頻度を調べたところ、1997年4月には、卓越風向である北東の頻度が平年より高かった(約2倍)。沖合流氷が未だ充分発達していない秋に吹き続けた北東風によって生じたうねりの影響が、定着氷域奥まで侵入し、クラックの発生を助長した可能性がある。また秋から冬(5月から7月)にかけては、例年よりも南風の頻度が高かった(約2倍)。南風は割れた氷盤を沖合へ移動させやすい。

風系の他、積雪や潮汐など様々なデータを用いて総合的に解析を進めている。

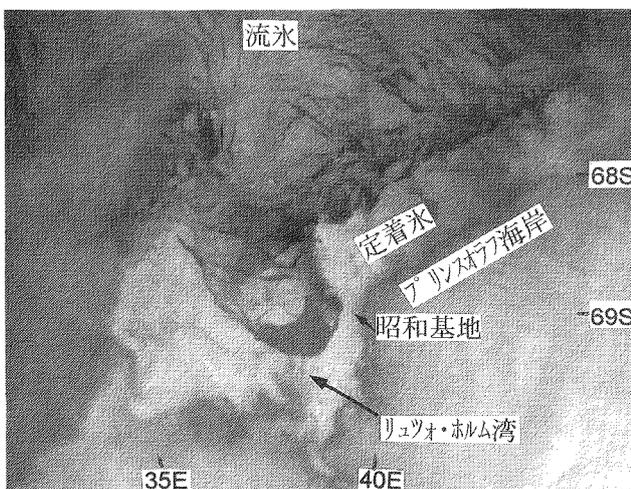


図1. リュツォ・ホルム湾のNOAA衛星画像 (AVHRR 赤外チャンネル; 1997年7月20日)

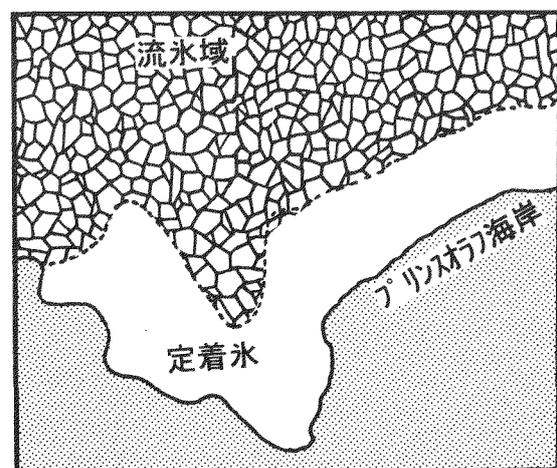


図2. 1998年7月9日の定着氷縁 (NOAA画像からトレース)

ECM 法による海水塩分量と海水構造の異方性

○戸山陽子・西尾文彦 (北海道教育大釧路校)

Sea ice structure and salinity profile by ECM method

Yoko Toyama & Fumihiko Nishio (Hokkaido Univ. of Education)

Electrical method of ECM is applied to infer salinity profile in sea ice core as in situ measurements. ECM current depends on ice core temperatures. When ice core temperature is around melting point (-1.8°C), ECM current would not indicate the original signal of sea ice crystal structure because the surface of sea ice core has a liquid layer. Particular, sea ice has strong temperature dependency. And it was proven to be activation energy based D.C. changed by brine drainage. When ice core temperature is lower than -5°C , ECM current is associated with crystal structure of sea ice. Therefore, salinity measurement is presented by ECM calibration curve and low ECM currents due to lower core temperature are interpreted as crystal structure dependence of sea ice.

1. はじめに

1996年から1998年にかけて、毎年2月に北海道東部に位置するサロマ湖において、海水コアを採取しECM測定を行い、塩分濃度と結晶構造との比較を行った。ECMとは、固体直流電気伝導度 (Electrical Conductivity Measurement: 以後ECMと呼称する) 測定の略称で、氷コアを縦方向に切断し、電極を切断面上でトレースして固体の電気伝導度を測る手法である。海水コアの場合、南極のオンゲル海峡における海水の測定において、塩分量とECMレベルにはよい相関がある結果が得られている。海水コアの塩分量の分布の情報を得るためには簡便な手法であり、海水コアの掘削現場での有効な解析手段として考えられる。

2. 測定方法

ECMの測定装置は、真鍮を加工した電極、9Vの直流電源、1996年と1997年の測定においては $10\text{k}\Omega$ 、1998年の測定においては $5\text{k}\Omega$ の抵抗と、その抵抗の両端の電位差を測定するためのXYレコーダーから構成されている。1998年は、コアを固定できる架台を用いて測定を行った。それ以前の測定においては手持ちで電極を走査させていた。電極とコアの接触面積は約 0.7mm^2 である。一方、電極の幅は異なり、架台を用いた電極は 2cm 、手持ちで走査した電極 3.5cm である。

3. 測定結果

1996年と1997年の測定より、コアの温度が -5°C 以上の条件でECM測定を行うと、海水におけるECMは塩分濃度とよい相関を持つ。一般に一年氷の海水の塩分濃度は、海水の表面と底面で塩分濃度の高いC文字型のカーブを示す。図1は典型的な結晶構造をもつ海水の塩分濃度と -3°C と -13.5°C の温度条件

で測定したECMと薄片写真のプロファイルである。図1から -3°C の条件で測定したECMが示すレベルと塩分濃度は同様のC文字型のカーブを示しているのがみられる。一方、 -13.5°C の温度条件で測定したECMレベルは、海水の結晶構造に対応している様子がみられる。

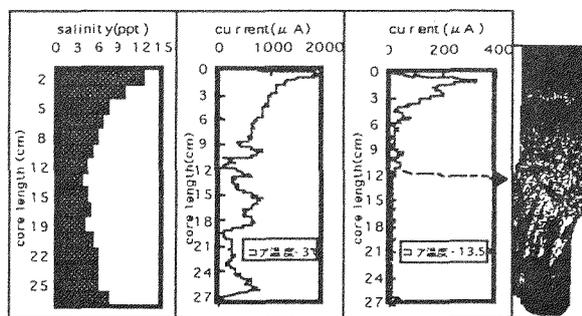


図1 海水の結晶構造、ECM、塩分量との対応

4. 検定曲線の作成

1998年にサロマ湖の27地点で採取したコアから塩分濃度測定とECM測定を行い、ECMレベルと塩分濃度の検定曲線を作成した。図2に検定曲線のグラフを示す。

水の固体直流電気伝導度は水の温度に依存性があり、特に海水の場合ブラインを含んでいるため、温度依存性は顕著である。この検定曲線のデータとして使用したECMのデータは、温度条件が 0°C ～ -5°C の範囲で測定した結果を用いている。また、ECM測定に用いたコアと塩分濃度測定を行ったコアは、採取地点は同じであるが、測定に用いたコアがそれぞれ異なる

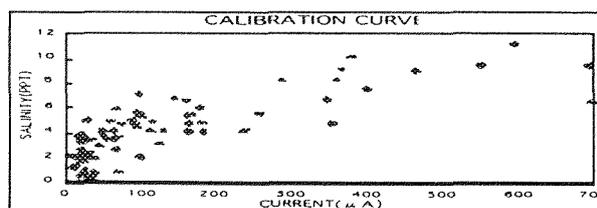


図2 1998年に採取したサロマ湖の海水から求めた塩分濃度と直流電気伝導度の検定曲線

第38次「南極大気・物質循環観測」概要報告

山内 恭・平沢尚彦（極地研）・林 政彦（福岡大）

Observation Project on "Atmospheric Circulation and Material Cycle in the Antarctic" by
JARE-38

T. Yamanouchi, N. Hirasawa (NIPR) and M. Hayashi (Fukuoka Univ.)

Observation Project on "Atmospheric Circulation and Material Cycle in the Antarctic" was started by JARE-38. The project aims to understand the atmospheric circulation fields, behavior of minor constituents, and their relations. Extended observations including GPS sondes, radiometers, lidar and aerosol sondes were conducted at Dome Fuji Station and colocated observations at Syowa Station.

第38次南極観測からの第V期5カ年計画の中で、南極域における大気循環場の変動と大気中の微量物質の挙動、およびその関連を明らかにすることを目的に、「南極大気・物質循環観測」が始められた。これは、放射活性な温室効果気体やオゾン、関連物質、エアロゾル等の微量成分、さらには水蒸気等が、低緯度から高緯度に、南極沿岸から内陸へ、成層圏から対流圏へ、大気圏から雪氷圏に、さらには海洋から大気へどのように輸送され、変質していくかという"物質循環"を、大気の流れ、大気循環場との関連で捕えていこうという計画である。

第38次観測隊では、ドームふじ観測拠点(77°19' S, 39°42' E, 3810 m a.s.l.)での越冬最終年ということで、本観測も内陸を代表してドームでの観測を中心とした。ライダーやゾンデによる上空のエアロゾル(極成層圏雲PSCs含む)やオゾンの観測、地上での水蒸気やエアロゾルの観測、上空の気温や風の様子を調べるGPSゾンデの観測、循環場との関連やエネルギー収支を調べる雲や放射の観測、地上気象観測等を実施した(表1)。同時に行なわれた雪氷GRープによる雪氷表面での降雪観測も有用なデータであった。これらと同期して、沿岸の昭和基地(69°00' S, 39°35' E)でもエアロゾルに関して地上での観測、ゾンデによる観測を実施した他、航空機による沿岸と内陸を結ぶエアロゾル・水蒸気観測や大気サンプリング等を行った。38次夏期(1997年1月)には、回収気球予備実験3年目としてクラブサンプラーを搭載した小型気球を3発飛揚、回収し成層圏大気の採集に成功した。これは、39次夏期の回収気球実験の本番として

結実した。これら多岐にわたる観測を通じて、沿岸から内陸までの子午面断面図を描くことを目指している。さらには、並行して行なわれた大気微量成分モニタリング観測や定常気象観測、NOAA衛星受信データの解析等を通じて、総合的な解析が行なわれ、極域の大気循環、物質循環解明の一助となることが期待される。

本観測を担当した隊員は、38次越冬隊では気水圏系隊員5名のうちの、3名で、2名がドームふじ観測拠点にて越冬して専属、1名が昭和基地にて越冬して衛星受信観測と兼務という体制であった。昭和基地では、さらに定常気象担当隊員5名が加わった他、隊長も口を出した。ドームふじ観測拠点では、副隊長が地上気象観測を担当した他、越冬9名の内ほとんど全ての隊員が支援として関った。感謝の次第。

表1 南極大気・物質循環観測項目

(大気循環)			
地上気象	(昭和)	ドーム	
高層気象/GPSゾンデ	(昭和)	ドーム	
放射収支	(昭和)	ドーム	
雲画像	(昭和)	ドーム	
(物質循環)			
ライダー観測		ドーム	
エアロゾルゾンデ	昭和	ドーム	
オゾンゾンデ	(昭和)	ドーム	
回収気球大気採取	昭和		
航空機大気採取	昭和		
航空機水蒸気・エアロゾル観測	昭和	みずほ	
エアロゾル粒径別濃度	昭和	ドーム	船上
露点湿度		ドーム	
地上オゾン濃度	(昭和)	ドーム	(船上)
ラドン濃度		ドーム	
エアロゾルサンプリング	昭和	ドーム	船上
同位体比分析用大気精製	昭和		

ドームふじ観測拠点の地上風向に見られる 5日周期の変動（速報）

森永裕幸（気象庁）、平沢尚彦（極地研）

Introduction for 5 days periodic variation in surface wind direction at Dome Fuji station

H.Morinaga(Japan Meteorological Agency), N.Hirasawa(NIPR)

Weather observations were carried out by JARE36-38 at the Dome Fuji Station, inland of Antarctica from 1995 to 1997. And JARE has focused Automatic Weather Stations(AWSs) at six sites on a 1000km-long traverse route between Syowa Station and Dome Fuji Station since 1993.

Katabatic winds are dominant widely in Antarctica, and are well known for their directional constancy. But the wind directional constancy at Dome Fuji is very small compared with other inland stations.

There were five days periodic variation in wind direction obviously synchronous at Dome Fuji Station and Dome-C Station.

1.はじめに

一般に南極大陸では、その地域特性により大陸斜面に沿ってカタバ風と呼ばれている局地風が吹き、年間を通じて卓越風向があるとされている。しかし、内陸の高原寒冷帯のうち、プラトー、ボストーク、ドームふじなどの寒冷核心部気候帯(Dalryple, 1966)は、表面傾斜が小さく、各観測所の資料や内陸旅行隊によって観測されたサスツルギからの大陸全体の地上風を求めた流線(Mather and Miller, 1967)を見る限り空白域であり、観測を継続して行うことも困難であることから、その詳細について未だわからないことが多い。

南極氷床の沿岸からドームふじ観測拠点まで1000kmにわたる区間の6地点で1993年から無人気象観測装置が設置され、気温・風向・風速など

の気象要素を観測しており、1995年から3年間にわたりドームふじ観測拠点において有人気象観測も行われた。

風向は反時計方向に回る傾向があるが、その中で明瞭な5日周期の転向が見られることがあった。ここでは、南極内陸に展開されている無人気象観測データを併せて5日周期の風向の転向についての解析結果を報告する。

2.解析データ

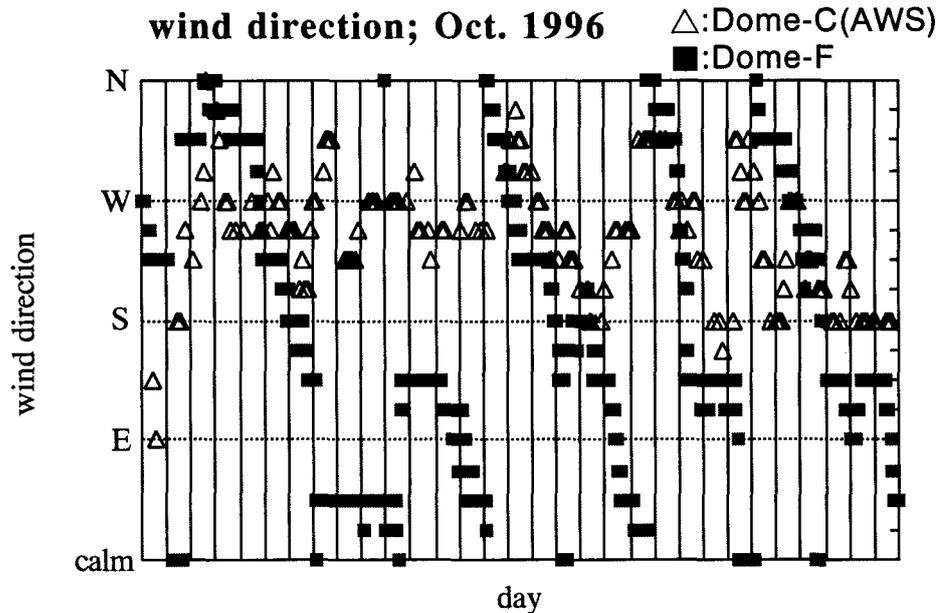
ドームふじ観測拠点は有人観測によって取得したデータを、他の地点では有人（昭和・ボストーク・アムンゼン-スコット・モーソンなど）若しくはAWSによる無人（ドームC・昭和ドーム中継点など）観測によって取得され衛星経由で気象庁

に配信された通報データを用いた。本報告では1995年から1997年のデータを用いた。なお、1996年ポストークにおいては越冬不成立のためデータはない。

3. 解析結果および考察

1996年10月のデータを図に示す。ドームふじ及びドームCの風向は反時計方向への5日周期が見られる。先にも述べたが寒冷核心部気候帯は氷床の上部にあたり表面傾斜が小さいことから、風向の安定度を示す定常率（平均ベクトルと平均風速の比）は他の観測地点に比べ非常に小さい。ポストークを除き、表面傾斜がほぼ0と考えられているドームふじ及びドームC年間の定常率は年間平均30%であった。また1996年10月のドームふじでの定常率は11%であった。これらのことは、2地点はカタバ風が少なく顕著な卓越風が存在し

ないことを示す。（例：みずほ 96%、バード 86%、ポストーク 81%、南極の科学3,1988）加えて、同じ気候帯でもポストークとは異なっていることが考えられる。一方、総観的な場から500hPaの天気図を用いて内陸の気候に大きく関与すると思われるアメリー棚氷やロス棚氷に位置する沿岸低気圧との関係を調べてみたが、風向の周期に対して有意な影響を特定することはできなかった。しかし、ドームふじとドームCを比べたとき、その周期は同調しており、周期だけに着目すると地球規模の大気循環に大きく関係するロスビー波の5日周期(Hirota and Hirooka, 1984)を示唆しているとも考えられる。今回使用したデータが単なる地上風であったため、内陸部の風向のメカニズムについて十分な解析を行うことができず、これらの風が局地的なものなのか、総観的なものなのか特定することができなかった。今後、高層データも含めてさらなる解析を行いたい。



東南極大陸上でのブロッキングの形成とドームふじ観測拠点の気象

平沢尚彦 (極地研究所)、中村 尚 (東大・理)

Blocking over East-Antarctica and the related temporal variation in meteorological data at Dome-Fuji station, located on the ridge line of the continent N.Hirasawa (NIPR), H.Nakamura (Univ. of Tokyo)

One of the science programs of JARE-38 in 1997 is meteorological observation at Dome Fuji station at blocking over east-Antarctica. We experienced a large increase in surface temperature, about forty degrees, at a blocking in June. At that time, the sky is filled with clouds and the highest value in wind speed in the year was recorded (about 15m/s).

This study will describe the meteorological aspect at Dome Fuji station and discuss about the large-scale circulation associated with formation of the blocking.

1. はじめに

極夜期に南極大陸域の OLR がパルス様に急増することがあり、それはブロッキング高気圧の南極大陸内陸への侵入、55° S 付近を取り巻いている極ジェットの低緯度側へのシフトといった大規模な大気循環場の変動と同期していることを見出した。また、東-南極の内陸で唯一の観測点であるポストークでは、この時雲量が増加した。(1994 秋、1995 秋の大会)。

昨年 (1997 年) 南極内陸のドームふじ観測拠点で越冬し、4 月から 10 月にかけて発生した数回のブロッキングの観測を行った。ブロッキング高気圧の侵入時には地上気温の昇温、雲量増加等が観測された。ここでは 6 月の半ばに起こったイベントの観測結果を中心に報告する。時間は現地時間を使用する (世界標準時より 3 時間進んでいる)。

2. 500hPa 高度場

図 1 は 6 月 16 日、18 日、20 日のそれぞれ 15 時の 500hPa 高度場である。18 日には昭和基地の東方から高気圧が内陸に侵入している (図中の矢印)。この高気圧は 20 日には切離し、南極内陸に孤立した。

3. 地上気象の推移

図 2 にドーム観測拠点の地上気圧、地上気温、風速の時系列を示す。ドームふじ観測拠点における気圧の上昇は 16 日から始まり、4 日足らずの間に 35hPa、特に 17、18 日の 2 日で 25hPa の上昇があった。気温、風速ともにこの間にピークを示した。気温は約 40°C も上昇し、最高 -29.2 度を示した。これは夏の気温である。風速は 38 次越冬中の年間最大風速となり、15m/s を超えた。

目視観測の雲量 (1 2 時間毎の棒グラフと数字で示す) は気温や風速が極大を示した 17 日、18 日に多く、雲量 10 の状態が続いた。ライダー観測では、1~3km の高度に次々と雲が通過する様子が捉えられた。19 日以降は雲量が多い状態が続くが、雲は薄く空や星が透けて見えた。

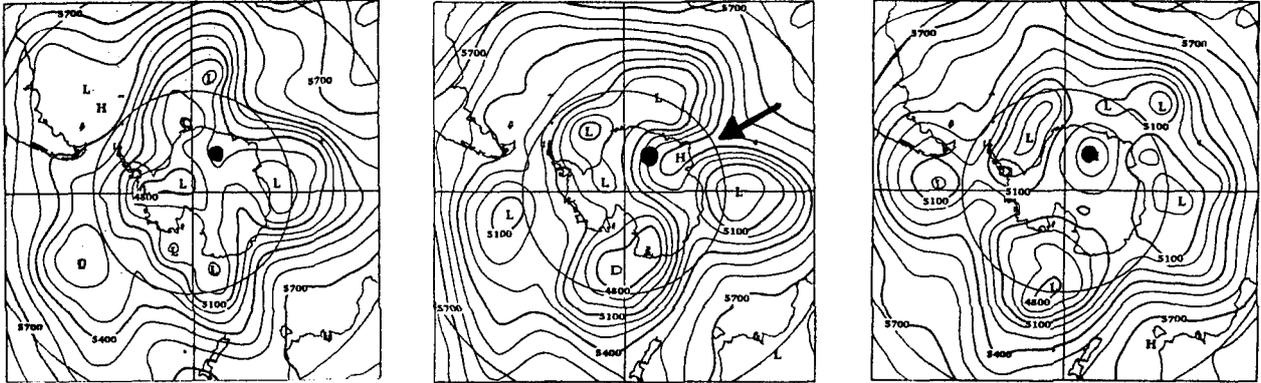
4. 考察とまとめ

ここでは高層ゾンデ、NOAA の画像を考慮した考察を記す。

ブロッキング高気圧の形成 (侵入) にともなって、先ず高気圧南西縁辺の気圧傾度の大きい領域がドームふじ観測拠点を通過した。ここは地衡風が強く、その流れに乗って低緯度側から暖気の移流と水蒸気の移流が顕著である。その気流が大陸斜面を昇る過程で断熱膨張によって雲が出来ると考えられる。気温の極大には顕熱移流と潜熱の両方が貢献しているだろうし、地上気温は

雲の温室効果や鉛直混合による逆転層の弱まりも影響している可能性がある。

今回の観測結果は、ブロッキング形成に伴い地衡風が暖気と水蒸気を低緯度側から運ぶという仮説を支持するものと考えている。ブロッキングは南極大陸の外から内部へ暖気と水蒸気を輸送するポンプの役目を果たしていると言える。



(a) 6月16日15時

(b) 6月18日15時

(c) 6月20日15時

図1 500hPa 高度場。図中の●印はドームふじ観測拠点の位置。

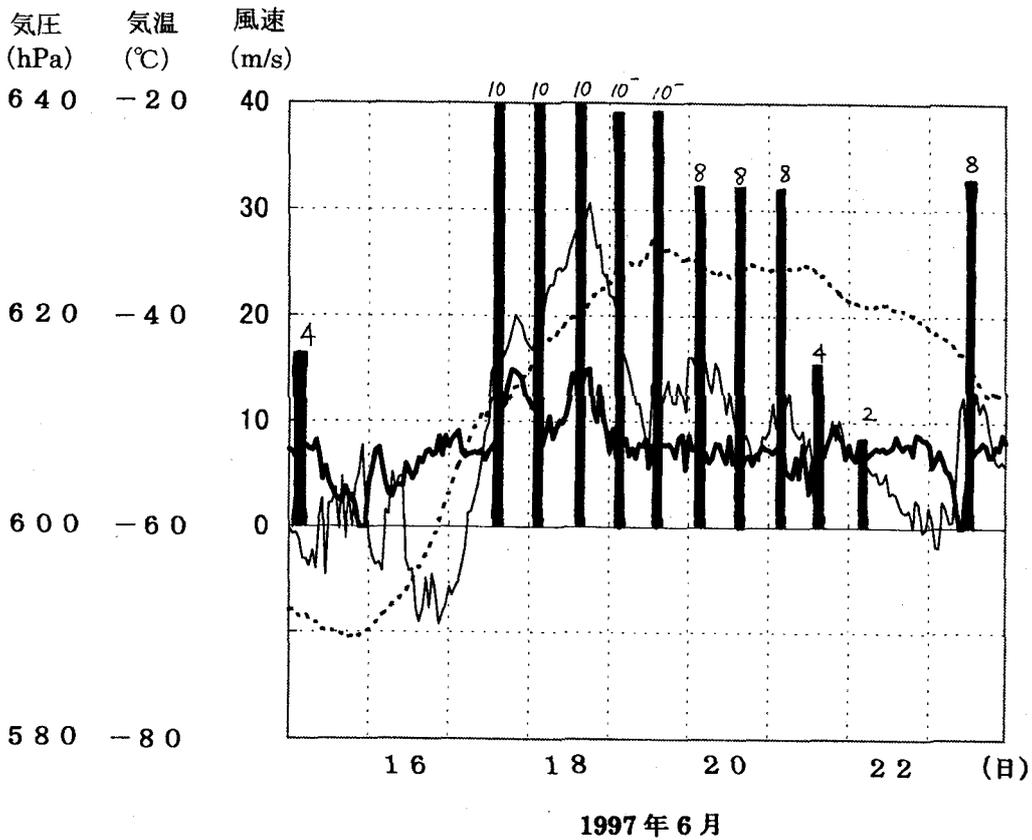


図2 ブロッキング高気圧形成時期（1997年6月15日～23日）のドームふじ観測拠点の地上気圧（点線）、気温（細実線）、風速（太実線）、雲量（棒）。

南極内陸部の冬期昇温と大気循環の年々変動について

榎本浩之(北見工業大学)

Interannual fluctuations of the winter warming and atmospheric circulation over the Antarctica
Hiroyuki ENOMOTO (Kitami Institute of Technology)

Air temperature data by Automatic weather station at Dome Fuji shows winter warming in 1994, 1995 and 1996. Warming was significant in intensity but the duration was short in 1997. The center of polar vortex shifts to westward in the winter of 1994, 1995, 1996, however shift was not significant in winter of 1997. This results in the decrease of the duration of advection over the Dome Fuji area in Jun. 1997. Similar warming in winter can be observed at the South Pole, however, there were some years with no winter warming. After the warm period of El Nino, winter warming was not significant, therefore mean temperature in winter (Jun-Aug) increases. Therefore, ENSO related fluctuations in the atmospheric circulation affects on the intensity and duration of winter warming, then mean temperature in winter, over the Antarctica.

1.はじめに

南極昭和基地ドームふじ間では、1993年より無人気象観測装置(AWS)による観測が行われ、内陸部での冬期の気温上昇が観測されている。同様な現象はアムンゼン・スコット基地やヴォストーク基地などの長期データにも記録されているが、長期データからこの冬期昇温が生じない年も見いだされる。この研究では冬期昇温の年々変動を調べ、ENSOとそれに伴う大気循環の違いを検討する。

2. 1994～1997年のドームふじの冬期気温と大気循環場

ドームふじでは1993年1月よりAWS観測が開始され現在に至っている(図1a)。冬期の昇温は1994、1995年は顕著で、1996年は冬明けの気温上昇と重なっているものの9月以降の気温変化に昇温の影響が認められる。1997年6月も顕著な気温上昇が起きている。しかし、昇温期間は短めであった。極渦の位置がドームふじ周辺への対流圏中層の移流の目安となることから、30hPa面での波数1の循環の位置や振幅を調べたところ、1994～1996年は冬期に極渦が西南極側に寄ってくる様子が見られたが、1997年には顕著ではなかった。30hPa面での波数1について、緯度70Sの経度90Eと0Eの高度差をとったものを図1bにしめす。これは、極渦の西への移動と昭和基地やドームふじの経度での南風成分の大きさを表している。

3. 冬期昇温の減少とENSO

南極点での気温変動について、Savage et al.(1988)は、エルニーニョの翌年に低温となることを見いだしている。またSmith and Stearns (1993)は、エルニーニョの前後における気温変化について長期記録のある10地点のデータを検討し、南極点周辺でエルニーニョ前の昇温と後の降温を報告している。図3に南極点のアムンゼンスコット基地及びウィスコンシン大学のAWSによる気温記録とエルニーニョ/南方振動の指標となるSOI (Southern

oscillation Index:エルニーニョのとき SOI は負)を比較した。気温については、南極点の冬期(6~8月)の気温の各月毎に平均値からの偏差を示している。また、気温低下がSOIの負の時期から遅れることを考慮して、8ヶ月ずらして記入してある。

南極点の気温にはドームふじと同様な冬期の昇温が多く年の年で見られるが、昇温が起きなかった年を●で示してある、エルニーニョ(図中-で示す)の後に低温となることが多く、また冬期の昇温が顕著でないまたは持続しなかった時に対応していることがわかる。1993年より開始した中継拠点の気温記録からは、1993年は気温上昇が分散しており、顕著な昇温ピークが見られず、1997年は顕著なピークが記録されたが持続期間が短めであったことがわかっている。1982/83年はそれまでにない強いエルニーニョ現象が起きた年であったが、1983年は南極点では冬期の昇温が起きていない。この冬はヴオストーク基地で最低気温が記録された年でもある。1997年は強いエルニーニョ現象の年であり南極点では月平均データも現れるような大きな冬期昇温が起きず低温となっている。

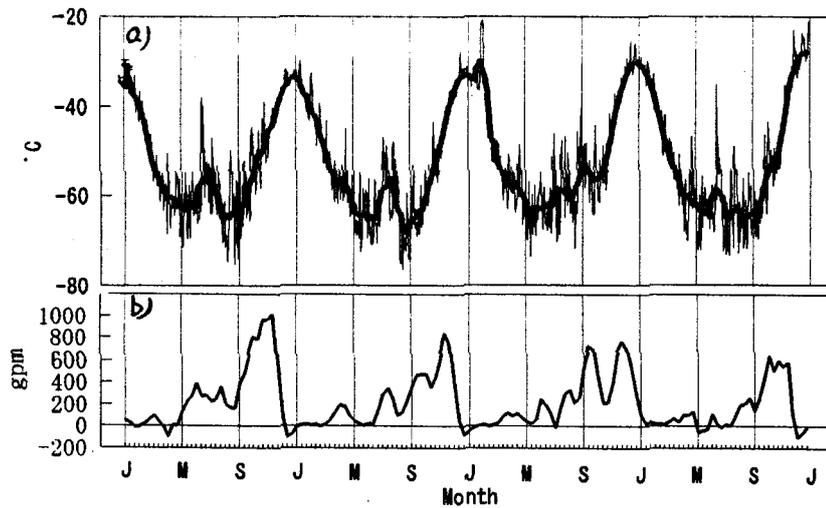


図1 a ドームふじの気温記録(細線:日データ、太線:30日移動平均データ)
 1 b 緯度70S、経度90Eと0Eの30hPa面の高度差(波数1成分、30日移動平均)。
 0E-90Eの北からの移流を示す。1997年は、冬期に顕著な増加が持続しなかった。

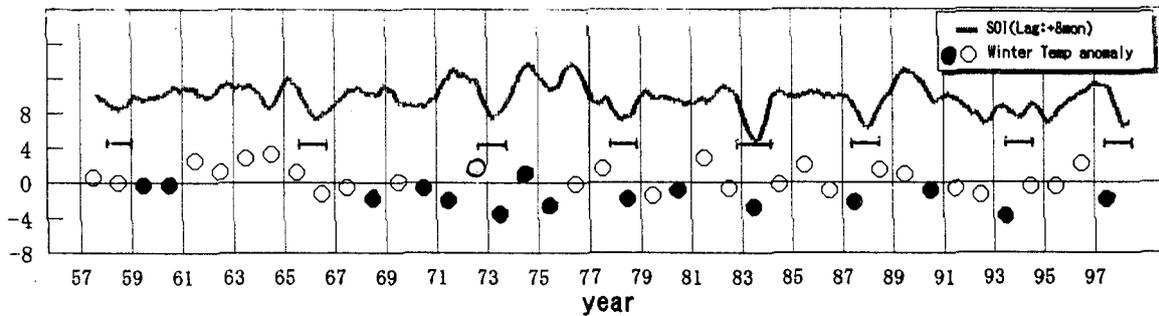


図2 (上) 南方振動指数(SOI:負がエルニーニョ warm period)。ただし、8ヶ月遅らせてある。
 ↳はエルニーニョの期間を示す。
 (下) 南極点の冬期(6~8月)気温の平均値からの偏差。●は月平均気温で冬期昇温が見られなかった年。

ラジオゾンデ定期観測データに基づく南極域重力波の解析

*吉識宗佳・佐藤 薫 (京大・理)

A statistical study of gravity waves in the Antarctic

*Motoyoshi Yoshiki · Kaoru Sato (Kyoto Univ.)

Gravity waves in the lower stratosphere in the Antarctic are examined based on operational radiosonde observation data at 20 stations over 10 years. Potential and kinetic energies of gravity waves vary annually taking their maxima in the spring. The maxima are observed later in lower altitudes where and when the static stability becomes high. The high stability area propagates gradually from 135E 50S to 45W 70S through the south pole in August to November. The gravity wave energy enhancement coincides with the stability maximum at each station. The vertical flux of zonal momentum estimated using a statistical method by Vincent et al.(1997) is mostly negative and large except for summer, indicating the dominance of gravity waves propagating westward relative to the mean wind. A spring maximum as observed in gravity wave energy is not seen in the profile of momentum flux. This result suggests the necessity to identify gravity wave parameters describing their structure through hodograph analysis.

1. はじめに

本研究では、これまで統計的研究のなされていない南極域重力波の力学的特性を、長期間のラジオゾンデ定期観測データを用いて解明することを目的とする。極域重力波は、冬期極域成層圏の高温の維持、極成層圏雲の生成といった光化学過程への関与等、極域において重要な役割を担うと考えられている。

2. データ

1987年から1996年までのNCEPラジオゾンデデータアーカイブのうち、標準時0時と12時の水平風と温度を用いた。緯度50S以南の高層気象観測地点からデータの質のよい20地点を選んだ。200m間隔で線形補間をおこなった後、重力波成分として2~8kmの鉛直波長成分をバンドパスフィルターを用いて取り出した(以下擾乱と呼ぶ)。また背景場の解析には同期間のNCEP再解析データを用いた。

3. 結果

3.1 背景場

南極域の典型例として、昭和基地(69S,40E)の例を示す。図1は昭和基地での旬毎の10年平均温度 T とプラントバイサラ振動数の2乗 N^2 、東西風 U の時間高度断面図である。春(9~12月)、高度15~30kmにおいて、温度は高い高度から上昇し、安定度の高い層が下降している様子が見られる。東西風は、冬の間極渦が発達し、高さとともに風が強くなっている。

3.2 擾乱場

次に10年平均の重力波のポテンシャルエネルギー $PE = \frac{\rho_0}{N^2 T^2} T'^2$ と、運動エネルギー $KE = \frac{\rho_0}{2} (u'^2 + v'^2)$ を図2に示す。一般に重力波の鉛直風成分は小さいので、KEにおける鉛直風擾乱の寄与は無視する。高

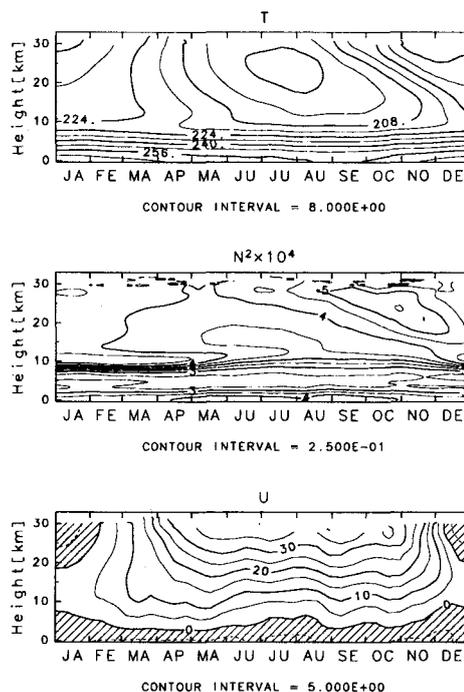


図1: 昭和基地における温度 T [K]とプラントバイサラ振動数の2乗 N^2 [s^{-2}]、東西風 U [m/s]の季節変化

さ15~30kmにおいてPEは春に最大となり、その時期は低い高度ほど遅く、各高度での擾乱振幅の極大は安定層の時期と一致していることが分かる。同様の特徴は他地点でも共通してみられる。一方KEも春に極大となるが、より早い時期から大きくなり、結果としてPEに比べてKEの大きい期間は長い。

南極域下部成層圏における春期の温度上昇は南極域全体で同時ではなく、135Eから45Wに向かって徐々に起こることが知られている。図3に15~20kmの高度平均温度 T の緯度時間断面図を示す。縦軸は南極を中心として上側に135E、下側に45Wの経線

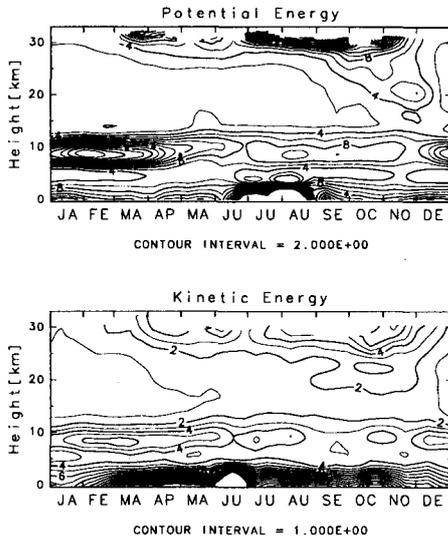


図 2: 昭和基地における PE[(m/s)²] と KE[(m/s)²] の季節変化

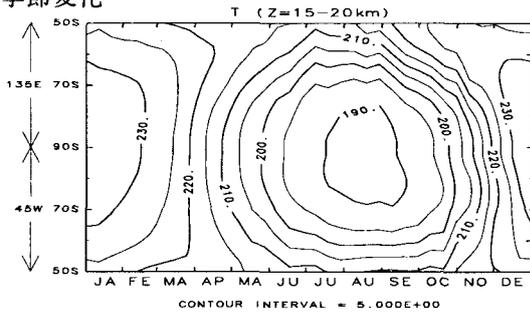


図 3: NCEP 再解析データを用いた温度 T[K] の緯度時間断面図。

上の緯度である。南半球下部成層圏の春の温度上昇は極に対して非対称で 135E 側から始まっている。

次に 135E と 45W の経線に近い観測地点をこれらの経線に射影してポテンシャルエネルギーの高度平均の緯度時間断面図を作成した (図 4)。各観測地点での PE の春の極大時期は、背景温度場が急激に上昇する時期 (図 1 から大気の高い安定度層が存在する時期) と一致していることが分かる。

4. 考察

静水圧を仮定すると重力波の PE と運動量フラックス

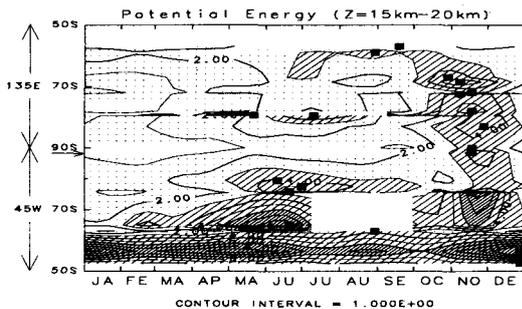


図 4: $\overline{T'^2}$ [K²] の緯度時間断面図。■は観測地点で最大となる時期。矢印は昭和基地のデータの位置。

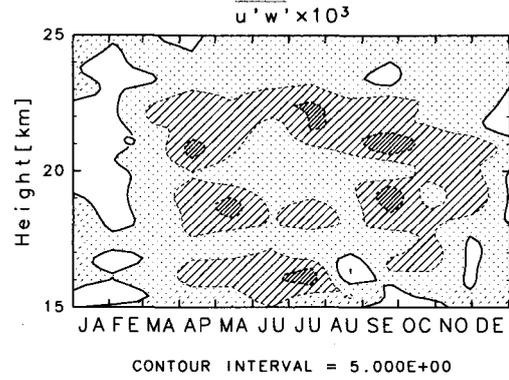


図 5: 昭和基地における $\overline{u'w'}$ [(m/s)²] の季節変化

クス $\overline{u'w'}$ の間には

$$\begin{aligned} \frac{g^2}{N^2 T^2} \overline{T'^2} &= \left| \frac{m}{k} \right| |\overline{u'w'}| \left(1 - \frac{f^2}{\omega^2} \right) \\ &= \left| \frac{k}{m} \right| \frac{N^2}{f^2 + (k/m)^2 N^2} |\overline{u'w'}| \quad (1) \end{aligned}$$

という関係がある。m と k はそれぞれ鉛直波数と水平波数である。

そこで図 2 に見られるようなポテンシャルエネルギーの春の極大が式 (1) におけるアスペクト比 k/m と $\overline{u'w'}$ のどちらの効果によるものかを調べるために、Vincent et al.(1997) の方法を用いて運動量フラックスを見積もった。

ラジオゾンデには鉛直風のデータがないので、代わりに温度擾乱を用いる。重力波が上方伝播であると仮定し、温度擾乱 T' の位相をヒルベルト変換によって下方に 90 度ずらした T'_{+90} をもちいると、

$$\overline{u'w'} = -\frac{\hat{\omega}g}{N^2 T} \overline{u'T'_{+90}}$$

となる。重力波のスペクトル理論から得られるエネルギーの周波数スペクトル密度を重みとして用いた $\hat{\omega}$ の平均値 $\hat{\omega} = -f \ln(f/N)$ を $\hat{\omega}$ として用いる。

この方法で高さ 15~25km の範囲で求めた $\overline{u'w'}$ が図 5 である。秋から春にかけて負となっており、これは背景風に対し西向きに伝播する波が卓越していることを示す。その大きさは MU レーダー観測による下部成層圏の冬の統計値の約 5 分の 1、夏と同程度である。しかし、PE や KE にみられたような春の極大は明確ではなく夏を除いて値はほぼ一定である。

この結果は PE や KE の春の極大が単純に運動量フラックスを反映するのではなく、波の構造の変化による効果も考える必要があることを示唆する。

5. 今後の予定

運動量フラックスの見積もりには、上方伝播や重力波のスペクトルの形が仮定されているため、その妥当性を検証する必要がある。また PE と KE の春の極大が波の構造の変化に伴うものであるかどうかを確かめる必要もある。今後はホドグラフ解析を行ない、以上の点を明らかにしていく予定である。

高緯度域成層圏における下降流について

薛 東一・山崎孝治 (北大院地球環境)

Descending motion in the high-latitude stratosphere

D.-I. SEOL and K. YAMAZAKI

(Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University)

Using the transformed Eulerian-mean (TEM) residual circulation for 10 years from December 1985 to November 1995, the climatological and long-term variations of descent in the high-latitude (60° - 90°) stratosphere are investigated. The descents of both hemispheres show the annual cycle with maximum during each hemispheric winter and minimum during each hemispheric summer. The descent in the southern hemisphere also shows the semiannual cycle. As a long-term variation, the quasi-biennial oscillation (QBO), El Niño-Southern Oscillation (ENSO), trend, and Pinatubo signals are detected. The descent is enhanced during QBO westerly phase at 50 hPa and the El Niño event and reduced during QBO easterly phase and the La Niña event, respectively. The trend which the descent is enhanced along with time exists and is statistically significant in the southern and northern lower to middle stratosphere. The descent is abruptly enhanced after the Mount Pinatubo volcanic eruption. The enhancement is larger in the southern hemisphere than in the northern hemisphere.

1. はじめに

対流圏界面を横切る上昇流として特徴づけられる熱帯域は成層圏-対流圏循環において重要な領域であり、その領域(特に下部成層圏)の上昇流については観測やモデルなどを用いてさまざまに研究されている。その結果、熱帯域上昇流の時間的(例えば、季節変化、年平均、経年変動など)な、空間的(例えば、鉛直分布)な特徴はだんだん明らかになってきた。しかしながら、成層圏-対流圏循環において対流圏への下降流として特徴づけられる中・高緯度域成層圏における鉛直速度についてはほとんど研究されていない。本研究では成層圏で最大の下降流が存在する高緯度域(60° - 90°)に注目して、その領域の下降流の平均的な季節変化と長期変動を調べるのを目的とする。

2. データと解析方法

使用したデータはNMCの等圧面高度、風、温度場の客観解析値(1985.12.1-1995.11.30、1日1回、 2.5° 緯度 \times 5.0° 経度、1000-0.4 hPaの18層)である。

下降流はTEM方程式系の東西運動方程式(1)と連続方程式(2)を連立させ3回のiteration法で求めた残差平均子午面循環の鉛直成分($\overline{w^*}$)

を用いる。

$$\overline{u}_t + \overline{v^*} [(a \cos \phi)^{-1} (\overline{u} \cos \phi)_\phi - f] + \overline{w^*} \overline{u}_z = (\rho_0 a \cos \phi)^{-1} \nabla \cdot \mathbf{F} + \overline{X} \quad (1)$$

$$(a \cos \phi)^{-1} (\overline{v^*} \cos \phi)_\phi + \rho_0^{-1} (\rho_0 \overline{w^*})_z = 0 \quad (2)$$

(1)で \overline{X} はサブグリッドスケールのエディーによる帯状平均のforcingであり、本研究ではShibata and Chiba(1990)のレイリー-摩擦係数(κ)を用いて簡単にパラメーター化した($\overline{X} = -\kappa \overline{u}$)。

下降流の長期変動を調べるために用いられる重回帰統計モデルは赤道域のQBOを表わすSingapore(50 hPaと20 hPa)の月平均東西風、ENSO現象を表わすSOI(Southern Oscillation Index)、線形トレンド、季節変化を表わす年周期成分と半年周期成分、それからQBOの季節モジュレーションを表わすもの(Singaporeの月平均東西風 \times 季節変化を表わす年周期成分または半年周期成分)を説明変数として含む。

3. 結果

図1は10年平均した、30 hPaにおける残差鉛直速度の季節変化を示す。北半球と南半球の高緯度域下降流はそれぞれの冬に強く、夏に弱い年周期成分が卓越するのが分る。しかしなが

ら、南半球の場合は4月と8月に強く、1月と6月に弱い半年周期成分も大きく、秋から早い春にかけてはなべ底型の季節変化を示す。このような特徴は下・上部成層圏における高緯度域下降流からも見る事ができる。

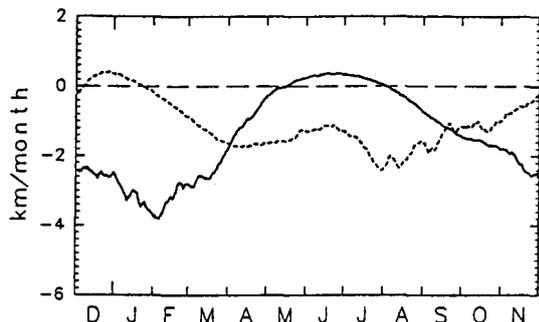


図1: 30 hPaにおける高緯度域残差鉛直速度(\bar{w}^*)の季節変化。実線と点線はそれぞれ60°-90°Nと60°-90°Sの重みつき平均であり、30日移動平均を示す。

高緯度域成層圏における下降流の長期変動を調べるための重回帰分析からQBO、ENSO、トレンド、それからピナトゥボ火山噴火のシグナルが存在するのが分った。図2は赤道域QBOの位相と関連した高緯度域下降流の変動を示す。高緯度域成層圏の下降流はQBO westerly phase(基準面: 50 hPa)の間に強く、QBO easterly phaseの間に弱くなる傾向がある。このようなQBOシグナルは南半球の下部成層圏(100-70 hPa)で統計的に有意であり、peak-to-peak 振幅は約0.4 km/monthである。QBOの位相差と関連した残差循環流線関数の差を表わす図3より、大きな下向き循環アノマリが60°-70°Sに存在するのが分る。この循環アノマリが高緯度域下降流のQBOシグナルに大きく寄与すると考えられる。逆に30°-40°Sには大きな上向き

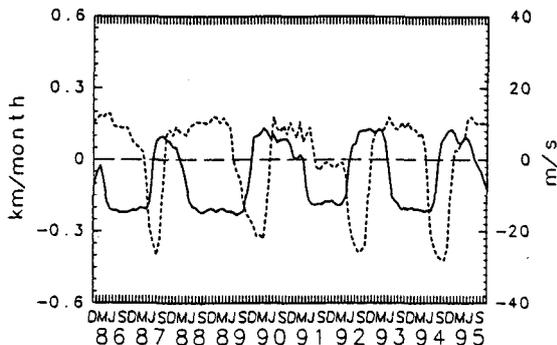


図2: QBOの位相(点線: Singapore 上空50 hPaの東西風)と関連した高緯度域残差鉛直速度(実線: 60°-90°Sの重みつき平均、100 hPa)の変動。

き循環アノマリが、80°-90°Sには小さな上向き循環アノマリが存在する。QBOの位相差と関連した、このような循環アノマリは北半球にも見られる。

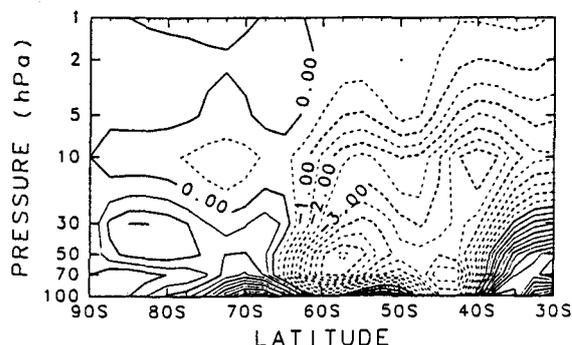


図3: QBOの位相差と関連した残差循環流線関数の差(Singapore 上空50 hPaの東西風5 m/s以上を基準としたQBO westerly phase minus easterly phase、コンター間隔: 0.5 kg/m/s)。

図4はENSO現象と関連した高緯度域下降流の変動を示す。高緯度域成層圏の下降流はEl Niño現象が起こると強く、La Niña現象が起こると弱くなる傾向がある。このようなENSOシグナルは南半球の中部成層圏(50-30 hPa)で統計的に有意であり、peak-to-peak 振幅は約1.0 km/monthである。

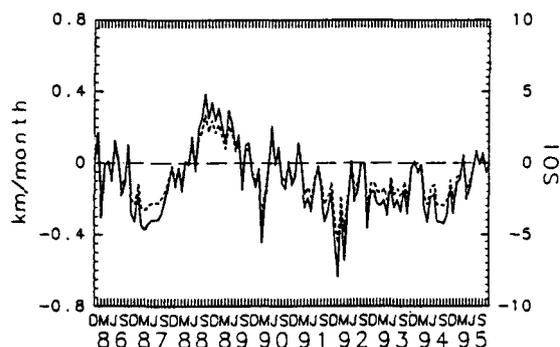


図4: ENSO(点線: SOI)現象と関連した高緯度域残差鉛直速度(実線: 60°-90°Sの重みつき平均、50 hPa)の変動。

北半球と南半球の下・中部成層圏(100-30 hPa)では高緯度域の下降流が10年間において時間と共に強くなるトレンドが存在し、その比率はそれぞれ0.09 km/month/year、0.07 km/month/yearである(図省略)。1991年6月に起こったピナトゥボ火山噴火によって高緯度域成層圏における下降流は両半球で強くなり、その大きさは北半球(約0.0-0.5 km/month)より南半球(約0.8-1.0 km/month)の方が大きい(図省略)。

オゾンホールが引き起こす大気大循環の変動

廣岡俊彦, 西吉寿彦, 渡辺真吾, 宮原三郎 (九大・理)

Influences of ozone holes on the general circulation

T. HIROOKA, T. NISHIYOSHI, S. WATANABE, S. MIYAHARA (Kyushu Univ.)

Numerical experiments are performed for four years to estimate influences of Arctic and Antarctic ozone holes on the general circulation by using a general circulation model developed at Kyushu University. Resultant characteristics of interannual changes of simulated ozone holes are very similar to observations. Results are discussed based on the comparison to those of control experiments.

1. はじめに

1990年代に入り、南極域春先のオゾンホールは、1980年代に比べ非常に低い総オゾン量レベルで生じている。それに加え、北極域でも春先に顕著なオゾン減少が観測されている。

吉川他(1996, 秋季気象学会), 廣岡他(1997, 春季気象学会)は、これら南北極域のオゾンホールに伴い大循環が変動する様子を、大気大循環モデルを用いて調べた。しかしながら、実験回数は各々1回のみであったため、オゾンホールの大循環変動への影響の評価が難しく、特に北極オゾンホール実験では、突然昇温の影響が顕著であった。今回は、より信頼度の高い結果を得るために、更に同様の実験を4年間にわたり行った。

2. モデル

使用する大気大循環モデルは、九州大学で開発したT21、鉛直37層(0~約83km)の大循環モデルに、HO_x、NO_xの効果をパラメタライズしたチャップマン反応を組み入れたものである。モデルは短波・長波放射のパラメタリゼーションを含み、オゾン場が大気力学場と相互作用を行うようになっている。

3. 数値実験の概要と結果

オゾンホール実験は、観測に合わせて設定した太陽天頂角・温度・緯度・高度に関する条件が同時に満たされたときに働く、ある時定数を持ったオゾン減少項を、オゾンの予報方程式に加えて行った。従って、本実験は、まずオゾン減少が生じたときに大気大循環場がどう変動するかを見ていることに相当する。

オゾンホール実験は、オゾン減少項なしで数年間積分した後の8月1日を初期値にして、続けて4年間行った。同時に、オゾンホール形成の大気大循環への影響を見積るため、減少項を含まない実験であるコントロール実験を、オゾンホール実験の各年の8月1日と同じ初期値から各1年間行った。

オゾンホール実験では、毎年南北両極でオゾンホールが起こる。図1に、オゾンホール実験で得られた帯状平均総オゾン量の時間変化を示す。これは実験期間の最後の2年間のものであるが、観測と同様、顕著な年々変動が見られる。発表では、各年の冬季から春季にかけての大循環場を、コントロール実験と比較することにより、オゾンホールが大循環場に及ぼす影響を議論する。

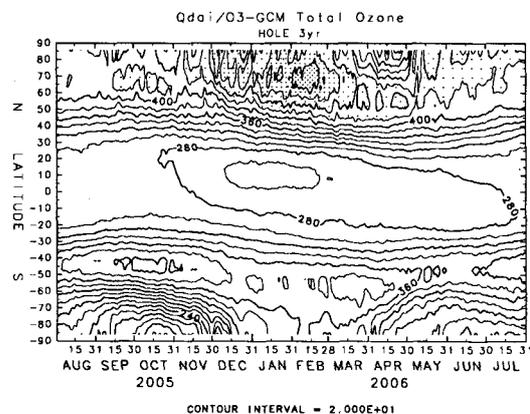


図1a オゾンホール実験で得られた、3年目の帯状平均総オゾン量の季節変化。(等値線間隔:20DU)

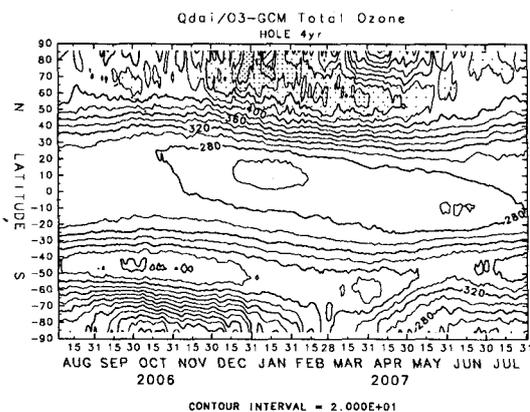


図1b オゾンホール実験で得られた、4年目の帯状平均総オゾン量の季節変化。(等値線間隔:20DU)

南極雪面上における紫外域日射量の数値実験

青木輝夫、青木忠生、深堀正志 (気象研究所)

Numerical simulation of solar ultraviolet irradiance
on snow surface in Antarctica

Te. AOKI, Ta Aoki and M. Fukabori (Meteorological Research Institute)

Solar ultraviolet irradiance on the snow surface in Antarctica is simulated with a multiple scattering radiative transfer model for the atmosphere-snow system. Solar irradiance in UV-B region (290-315 nm) is found to be increased by about 1.6 times by multiple reflection effect between the atmosphere and snow surface for any case of solar zenith angle and ozone column amount. The effect of Antarctic background and volcanic aerosols is very small for the reduction of UV-B irradiance.

1. はじめに

オゾン層の破壊に伴い有害紫外線(UV-B: 290-315 nm)の増加が懸念されているが、南極昭和基地の観測でも、オゾンホール出現時には中低緯度の夏季に匹敵する UV-B が観測されている。紫外域日射量に影響を与える要素は、オゾン以外に地表アルベド、雲、エアロゾルなどがある。これらのうち、地表が積雪で覆われているとき、大気と雪面の間で多重反射が起こることにより、UV-B が 1.6-1.8 倍増加する (高尾・下道, 1995) ことが確認されている。また、雲やエアロゾルは日傘効果により、UV-B を減少させる。これらの要素が UV-B に与える効果を大気-積雪系の多重散乱モデルを用いて数値実験で見積もった。

2. 大気-積雪系の多重散乱モデル

このモデルでは一次散乱に Mie 理論、多重散乱に Doubling and adding 法を用いている。積雪があるときは積雪粒子の粒径 (有効半径) $200 \mu\text{m}$ を仮定した。大気には亜寒帯冬期大気モデル (49 層) を用い、波長分解能は 0.5nm 、オゾン全量を変えるときは、全層を 0.4, 0.6, 0.8, 1.2 倍した。亜寒帯冬期大気モデルのオゾン全量は 378 m atm-cm であるが、南極昭和基地における最近のオゾン全量は、夏季に約 300 m atm-cm 、オゾンホール出現時にはその半分近くまで減少するため、夏季の代表値として亜寒帯冬期大気モデルを 0.8 倍した値 (300 m atm-cm)、オゾンホール出現時の代表値として 0.4 倍した値 (150 m atm-cm) を用いた。エアロゾルの効果は波長 $0.5 \mu\text{m}$ における光学的厚さ $\tau_a = 0.02$ のバックグランド硫酸エアロゾル、バックグランド+成層圏火山灰で $\tau_a = 0.1$ 及び $\tau_a = 0.3$ の 3 種類について調べた。

3. 結果と考察

図 1 は 2 種類のオゾン全量に対する UV-B 領域における下向き日射の波長変化である。2 種類のオゾン全量に対する下向きフラックスの差は短波長側ほど大きくなっている。これは短波長側ほどオゾンによる吸収が大きいためである。積雪がある場合、この波長域における波長別アルベドは $0.95 \sim 0.96$ で、太陽天頂角依存性はほとんどない。積雪の影響は下向きフラックスを 290nm で 1.31 ~ 1.45 倍、 315nm で 1.64 ~ 1.69 倍に増加させた。

図 2 は UV-B の太陽天頂角依存性を 2 種類のオゾン全量に対して計算したものである。太陽天頂角 57° (昭和基地における 10 月下旬の北中時) のときの UV-B の値は、オゾン全量 150 m atm-cm のとき雪面上で 1.48 W/m^2 となり、これはオゾン全量 300 m atm-cm 、アルベド 0.0、太陽天頂角 6° (中低緯度の夏季) の UV-B の値 1.86 W/m^2 に匹敵する大きさといえる。

図 3 はオゾン全量と UV-B の関係を 3 種類の太陽天頂角に対して示したものである。オゾン全量の変化に対する UV-B の変動は、太陽天頂角が大きいときの方が顕著である。オゾン全量 $\Omega (\text{m} \cdot \text{atm} - \text{cm})$ と UV-B の値 $UVB (\text{W}/\text{m}^2)$ の関係は指数の回帰式でよく表現され、例えば、太陽天頂角 63.1° の雪面上では、

$$UVB = 2.08 \exp(-0.00551 \cdot \Omega)$$

となり、このとき相関係数は 0.998 である。一方、積雪の影響はオゾン全量によらず UV-B を 1.6 倍前後増加させた。

図 4 は UV-B に対するエアロゾルの影響を見たものである。エアロゾルは一般に日傘効果によって、UV-B を減少させる方向に働く。 $\tau_a = 0.02$ のバックグランドエアロゾルの影響は非常に小さ

く、図4ではエアロゾルのない大気とほとんど重なっている。 $\tau_a=0.3$ の場合でも、UV-Bの減少は

6% (太陽天頂角 $56.8\sim 63.1^\circ$) 以下である。

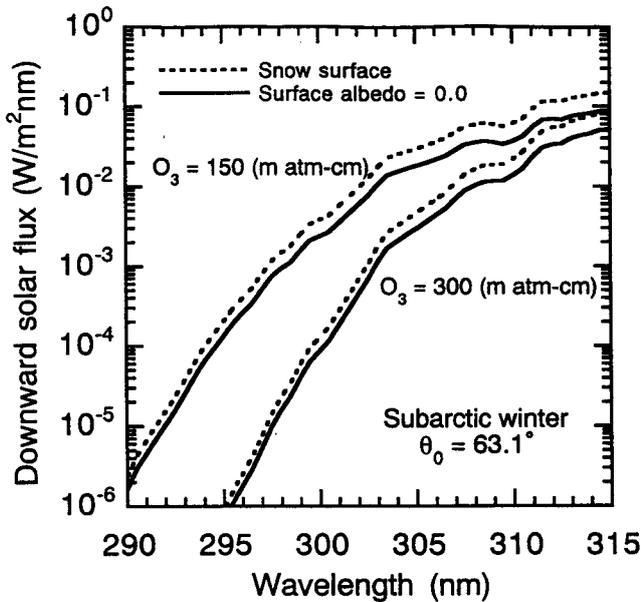


図1 2種類のオゾン全量に対するUV-B領域における下向き日射の波長変化。太陽天頂角 63.1° 、実線は地表アルベド=0.0のとき、破線は地表が積雪で覆われているとき。

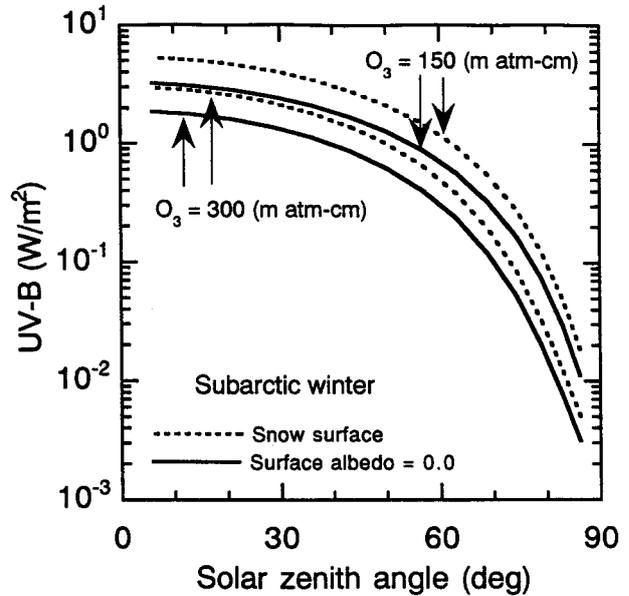


図3 オゾン全量とUV-Bの関係。太陽天頂角は 50.1° 、 63.1° 、 74.3° の3種類に対して、積雪があるときとアルベド=0.0のとき。

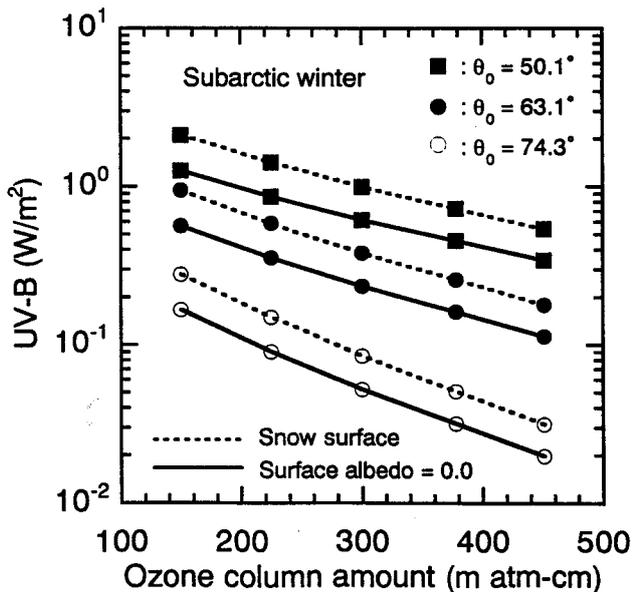


図2 UV-Bの太陽天頂角依存性。オゾン全量300及び150 m atm-cmの2種類に対して、積雪があるときとアルベド=0.0のとき。

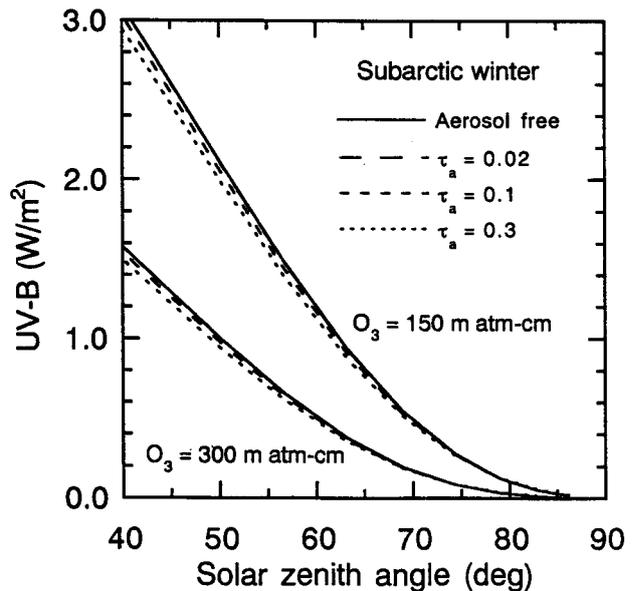


図4 UV-Bに対するエアロゾルの影響。波長 $0.5 \mu\text{m}$ における光学的厚さ $\tau_a=0.02$ のバックグランド硫酸エアロゾル、バックグランド+成層圏火山灰で $\tau_a=0.1$ 及び $\tau_a=0.3$ の3種類について、雪面上でオゾン全量300及び150 m atm-cmのとき。

火山灰エアロゾルおよび雲が南極域大気-積雪系内の下向き放射フラックスに及ぼす影響

堀 雅裕 (宇宙開発事業団)・青木 輝夫・青木 忠生・深堀 正志・内山 明博 (気象研)

Effect of volcanic ash aerosol and cloud on downward radiative flux in atmosphere-snow system

M. Hori (NASDA), Te. Aoki, Ta. Aoki, M. Fukabori, A. Uchiyama (Meteorological Research Institute)

To estimate radiative forcing due to increase of volcanic ash aerosol and cloud optical depth in the Antarctic atmosphere-snow system, we calculated spectrally integrated downward radiative flux at top of atmosphere (TOA) and snow covered surface (SWS) using radiative transfer model based on the doubling-adding method. The calculations showed that SWS was cooled and TOA was heated by the volcanic ash aerosol in the stratosphere. As a result atmosphere-subsystem (ATM) between TOA and SWS, particularly stratosphere, was heated due to absorption of solar radiation by the aerosol. On the other hand, by the increase of cloud optical depth both TOA and SWS was largely cooled, and ATM was heated at solar zenith angle ($\theta_0 < 70^\circ$) and was cooled at $\theta_0 > 70^\circ$.

はじめに:

積雪域は、可視光領域のアルベドが大きく、地球の放射収支に大きな影響を及ぼし得る領域である。特に南極域はバックグラウンドのエアロゾル濃度が低いため、火山灰など突発性のエアロゾル流入が、大気-積雪系の下向き太陽放射や雪面アルベドに大きな影響を及ぼし、また、雲核数増加による雲の光学的厚さなどの放射特性の変化も大きな影響を及ぼすと考えられる。そこで、大気エアロゾルの種類および雲の光学的厚さの変化が、南極域の大気-積雪系内の下向き放射フラックスにどのような影響を及ぼすのかを、doubling and adding 法による放射伝達モデルを用いた数値計算により見積もった。

モデル概要:

モデル大気は 13 層の平行平板大気を仮定し、太陽放射波長領域の $0.325 \sim 2.975 \mu\text{m}$ を考慮した。また、 H_2O , CO_2 , O_2 , O_3 ガスによる吸収を考慮した。晴天時は、大気エアロゾルとしてバックグラウンドに硫酸エアロゾル (高度 5km 以下に分布、 $\Delta\tau_a = 0.02$ at $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$) が存在し、高度 10km 以上の成層圏に火山灰 ($\Delta\tau_a = 0.08, 0.28$ at $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$) が流入した場合を想定した。また、曇天時は、高度 4~5km に光学的厚さ $\tau_c = 2.5, 5, 10$ ($\lambda = 0.5 \mu\text{m}$) の雲が分布した場合を想定した。また、積雪層中の氷粒子の有効半径として、50, 200, 1000 μm の三通りについて計算を行った。大気中の空気・水蒸気量などは AFGL の subarctic winter のものを、エアロゾルの複素屈折率も AFGL に従い、雲は球状の氷粒子を仮定し複素屈折率は Warren (1984; Appl. Opt., 23, 1206-1255) によった。

以上の設定のもとに、大気上端 (TOA)、積雪表面 (SWS) での下向き放射フラックス ($\text{DNFX}_{a(\text{erosol}) \text{ or } c(\text{cloud})}$) を 14 の太陽天頂角について計算し、エアロゾルも雲もない清浄大気中での下向きフラックス (DNFX_0) との差をとり、両境界での下向き放射フラックスの変化量 ($= \text{DNFX}_{a \text{ or } c} - \text{DNFX}_0$, 以下、放射強制力) を算出した。また、TOA と SWS の放射強制力の差を、大気系内 (ATM) に生じる放射強制力として算出した。

大気-積雪系内の放射強制力:

図 1 に、エアロゾルのみを考慮した場合の、(a) TOA、(b) SWS、(c) ATM の放射強制力の計算結果を示す。バックグラウンドエアロゾルのみでは各計算結果に清浄時からの変化は見られない。火山灰エアロゾルが流入した場合、SWS での放射強制力は全太陽天頂角 (θ_0) で負の値をとっており、エアロゾルがない場合に比べて積雪面が冷却されることを示しているが、TOA では逆に $\theta_0 < 75^\circ$ で正となり大気-積雪系全体としては加熱されていることが分かる。大気系も $\theta_0 < 75^\circ$ で加熱された。これは成層圏にある火山灰エアロゾル層が太陽放射を吸収する効果による。したがって火山灰流入があった場合、 θ_0 が小さくなる夏季の晴天時に南極域全体で、大気-積雪系全体とともに大気系、特に成層圏が清浄時に比べ加熱されると考えられる。

図 2 は、雲を考慮した場合での図 1 と同様の図である。対流圏内に雲が存在すると、TOA、SWS でともに負の放射強制力をもつことから、大気-積雪系全体、積雪表面ともに大きく冷却されることを示している。一方、 $\theta_0 = 70^\circ$ 弱で TOA と SWS の放射強制力が交差しているため、両者の差である ATM の放射強制力は、その前後で正と負の両方の値を取る。これは、雲の存在により大気中での多重散乱が増し水蒸気による太陽放射の吸収が増加する加熱効果と、雲のアルベドが太陽天頂角の増大とともに増加することによる冷却効果という両者の相互作用によるものである。したがって、雲が生じた場合、南極域では、夏季の昼間の正午付近は大気系全体が加熱されるが、それ以外では清浄時に比べ冷却されると考えられる。

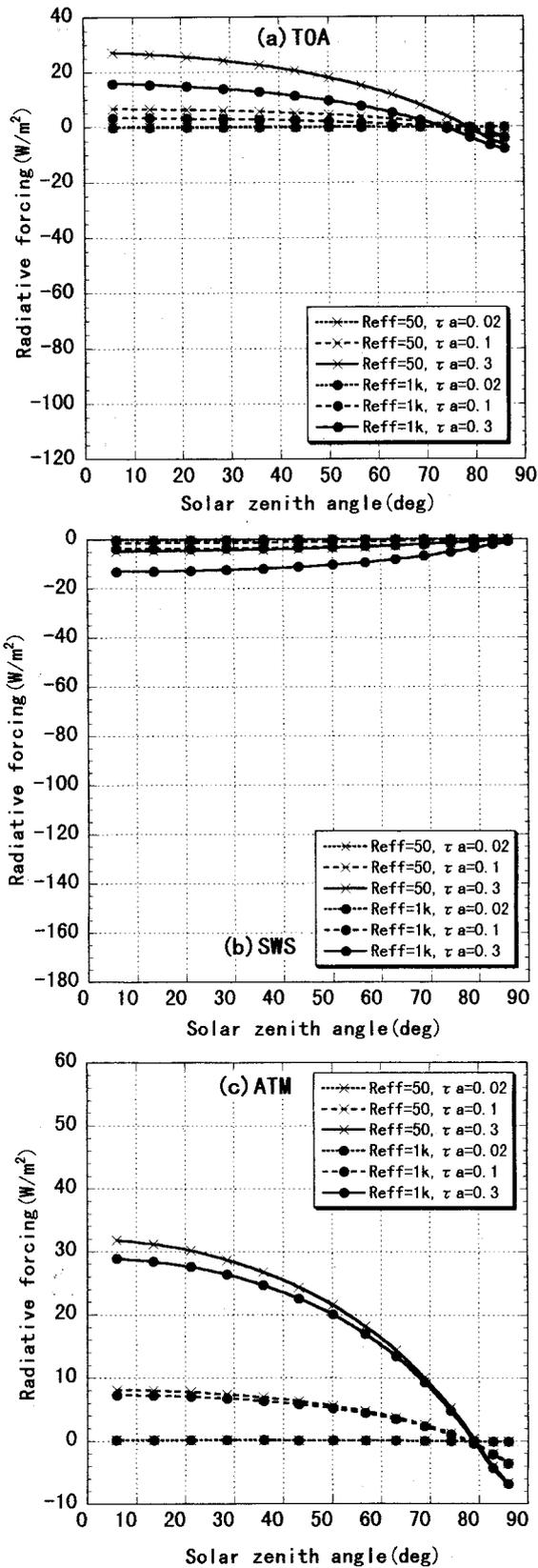


図1 大気-積雪系内に光学的厚さ $\tau=0.02$ の硫酸エアロゾルおよび $\tau=0.08, 0.28$ の火山灰エアロゾルが存在した場合に大気上端 (TOA: a)、積雪表面 (SWS: b)、大気系内部 (ATM: c) に生じる放射強制力の計算結果。積雪粒子の有効半径 $50, 1000 \mu\text{m}$ についての結果を示す。図中、Radiative forcing = $\text{DNFX}_1 - \text{DNFX}_0$ である。

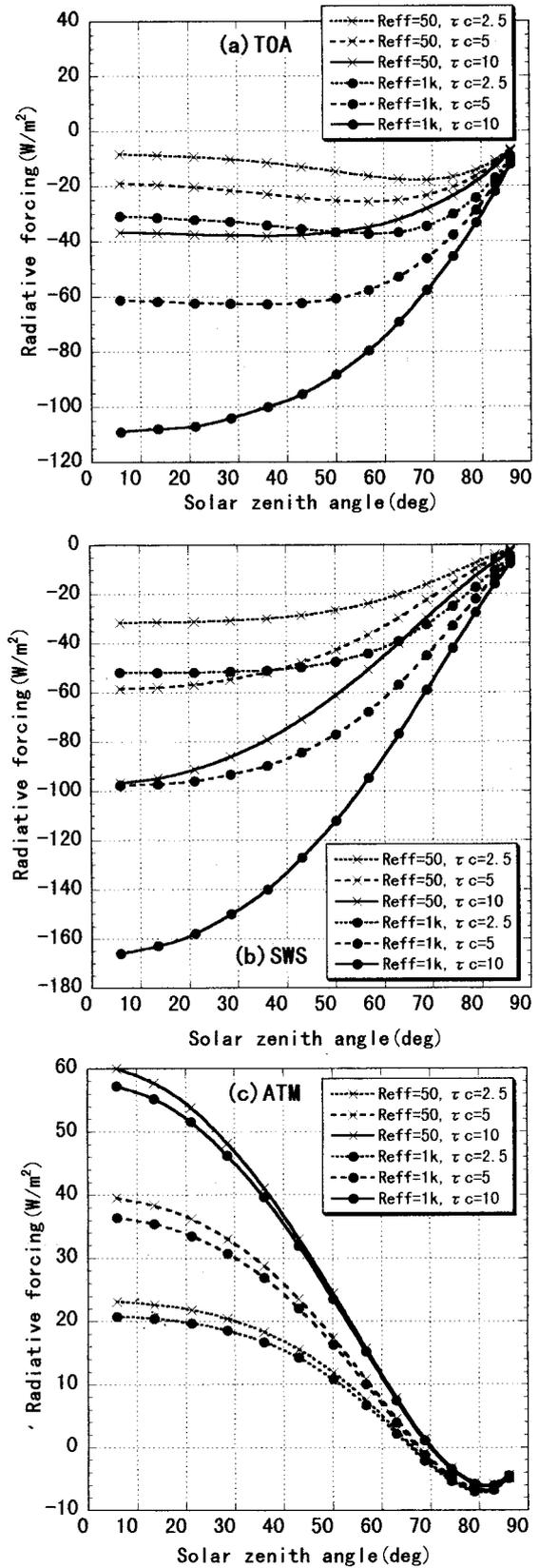


図2 大気-積雪系内に光学的厚さ $\tau=2.5, 5, 10$ の雲が存在した場合に大気上端 (TOA: a)、積雪表面 (SWS: b)、大気系内部 (ATM: c) に生じる放射強制力の計算結果。積雪粒子の有効半径 $50, 1000 \mu\text{m}$ についての結果を示す。図中、Radiative forcing = $\text{DNFX}_1 - \text{DNFX}_0$ である。

ドームふじ上空の成層圏エアロゾルの季節変動
— 気球搭載 OPC とライダーによる同時観測 —

林政彦*・渡辺征春・柴田隆・足立宏・酒井哲・田村耕一・長谷正博・中田滉・岩坂泰信（名古屋大学 STE 研）、牧山慎二、白石浩一、藤原玄夫（福岡大学理学部）
平沢尚彦・山内恭（極地研） *：現在 福岡大学理学部

Seasonal variation of stratospheric aerosol over Dome Fuji
— Simultaneous observations with a balloon-borne optical particle counter and a lidar —

M. Hayashi*, M. Watanabe, T. Shibata, H. Adachi, T. Sakai, K. Tamura,
M. Nagatani, H. Nakada, Y. Iwasaka (Nagoya U.),
S. Makiyama, K. Shiraishi, M. Fujiwara (Fukuoka U.),
N. Hirasawa, T. Yamanouchi (NIPR) * : Now Fukuoka Univ.

Seasonal variations of stratospheric aerosol and Polar Stratospheric Clouds over Dome Fuji (78oS, 40oE) in East Antarctica are observed with a balloon-borne particle counter and a lidar, simultaneously. Here we report preliminary results of variation of scattering ratio and depolarization ratio of stratospheric aerosol observed with the lidar, and vertical profiles and size distribution observed with the particle counter.

1. はじめに

南極域の成層圏は、極夜期に放射冷却により非常な低温となり、長期間氷の霜点以下の気温になることが知られており、極成層圏雲（PSCs）と呼ばれる様々な雲が出現する。PSCsには、様々なタイプがあり、中でも氷粒子のPSCsは重力沈降による物質輸送に関与していると考えられている。しかし、PSCsは異なったタイプのものが相互に関与しながら発達していると考えられており、物質輸送に対する寄与を理解するためには、年間を通じてのより詳細な観測が求められていた。また、低温下により圏界面が不明確になり、成層圏・対流圏間の物質交換が夏季と異なった機構で行われている可能性がある。

これらのエアロゾルを通じた物質輸送機構を理解するために、本研究では、東南極大陸高原部のドームふじ観測拠点において、気球搭載光散乱粒子計数装置（OPC）とライダーによる成層圏エアロゾルの通年観測を行った。これは、南極観測事業第5期5カ年計画「南極大気・物質循環観測」の一環として行われたものであり、気球搭載 OPC による観測には、昭和基地において OPC 観測を同期して実施した。

ここでは、初期的な解析結果を報告する。

2. 観測装置

2.1 気球搭載 OPC

半導体レーザー (810nm) を光源として使用したゴム気球での放球が可能な小型光散乱粒子計数装置である。計測粒径は、半径 0.15, 0.25, 0.4, 0.6, 1.8 μm である。受信システムは、バイサラ社製 MW15 を使用した。

観測高度は、おおむね 27km まで、高度分解能 70m 前後である。

2.2 ライダー

光源 : Nd-YAG レーザーの基本波 (1064nm)、第 2 高調波 (532nm)

受信望遠鏡: 25cm シュミットカセグレン

受信系: フォトンカウンティング (4 チャンネル)

1064nm、532nm (P, S 偏光分離)、670nm (532nm の窒素ラマン散乱)

アナログ計測 (2 チャンネル)

1064nm&670nm または 532nm の P 波&S 波

データ処理系: フォトンカウンティング 高度分解能 30m (90m 移動平均処理)

アナログ計測 高度分解能 5m

3. 観測

3.1 ゾンデ

OPC 2/24, 3/31, 5/1, 5/28, 6/15, 6/28, 7/23, 8/24, 9/30, 10/30, 12/2

ozone sonde 2/18, 2/24, 3/31, 5/2, 5/28, 6/28, 7/24, 8/24, 9/30, 10/30, 12/2, 12/29

3.2 ライダー

1997 年 4 月より観測を開始し、観測を終了したのは 12 月 31 日であった。

4. 観測結果

- 1) 成層圏エアロゾル層の上端高度は、季節の進行とともに下降し、日射が回復して高温化した 10 月に最低高度を記録した。12/2 には、上層に極渦の外側のエアロゾル層、下層に極渦の内部の沈降したエアロゾル層が存在する 2 層構造を示した。これは、極渦の崩壊に伴う低緯度気塊の進入によるものと考えられた。
- 2) ライダーで PSCs が観測されたのは、5/28 が初めてであり、その後、10 月中旬まで、毎日 PSCs が観測された。7 月以降の PSCs は概ね偏光解消度が高く、偏光解消度が低い PSCs は出現頻度が低かった。
- 3) 半径 1.8 ミクロン以上の巨大粒子は、既存成層圏エアロゾル層の底部にまで存在し、それは、ライダーによって観測された偏光解消度の高い領域に対応していた。
- 4) 圏界面が不明確なとき、OPC で観測された成層圏エアロゾル層の下端は、8km 付近までさがり、温度減率より決定される圏界面高度より低くなっていた。
- 5) PSCs 消滅後の既存エアロゾル層の粒径分布は、PSCs 出現前の粒径分布と異なっていた。特に、0.15 ミクロン以上の粒径の粒子濃度が高かった。

VII - 2

ドームふじ周辺のブロッキング高気圧侵入にともなう極成層圏雲 (PSC_s) の変化

林政彦、*牧山慎司、白石浩一、藤原玄夫 (福岡大学理学部)、平沢尚彦、山内恭 (国立極地研)
柴田隆、足立宏、酒井哲、田村耕一、長谷正博、仲田滉、岩坂泰信 (名古屋大学 STEL)

Variations of PSC_s at the appearance of blocking high over Dome Fuji

M.hayashi, S.Makiyama, K.Shiraishi, M.Fujiwara (Fukuoka Univ.), N.Hirasawa, T.Yamanouchi (NIPR)
T.Shibata, H.Adachi, T.Sakai, K.Tamura, M.Nagatani, A.Nakada, Y.Iwasaka (STEL, Nagoya Univ.)

Polar stratospheric clouds (PSCs) over Dome Fuji, Antarctic were observed by Nd:YAG lidar (wavelength 532, 1064 nm) from April 1997 to January 1998. PSCs were detected almost every day when the temperature was below ice frost point, from the end of May to the end of September. Blocking high were observed at Dome Fuji about five times from June to October. Phase change of PSCs developed drastically at the appearance of blocking high. Relation between growth of PSCs and blocking high will be discussed.

はじめに

これまでの南極観測から、南極オゾンホール形成に極成層圏雲(Polar Stratospheric Clouds : PSC_s)が重要な影響を与えていると分かってきた。その役割を正確に評価するために、PSC_sの形成及び消滅を含めた発達過程を知る必要がある。また PSC_sは液滴や固体などから形成され、複数の異なったタイプのものであり、その全体像をつかむために、粒子のエアロゾル混合比、相、粒径などの情報を PSC_s生成から消滅まで得る必要がある。そこで、第38次越冬観測で、1997年4月から1998年1月までの期間、ドームふじ観測拠点(79°19'S, 39°42'E, 3810m a. s. l)で、Lidarを用いて成層圏エアロゾルの観測をおこなった。ドームふじは、南極大陸東部の内陸部に位置し、極渦の中心付近に位置することが多い。このため上空の成層圏は、ICE Frost Point (H₂O : 5ppmv で計算)以下の低温になり、PSC_sが頻りに観測されることが期待された。

観測装置

光源としてYAG laserの基本波(1064nm)と第二高調波(532nm)を使用している。受信光は、出射Laser光の偏光面に対して532nmの後方散乱の平行成分と垂直成分、1064nmのトータル成分(平行+垂直)、532nmに対する窒素ラマン成分の4成分に分離し、それを光電子増倍管で受信し、フォトンカウンティング法で計測した。これらの装置より、532nmからのエアロゾル混合比に対応する散乱比 R_{532} と非球形度に対応する偏光解消度 δ_{532} 、1064nmからのエアロゾル混合比に対応する散乱比 R_{1064} 、及び粒径分布に依存したパラメータに対応するオングストローム係数 α を得ることが出来る。

結果

5月下旬から9月下旬まで、ほぼ毎日PSC_sが観測された。その期間、観測地点上空の成層圏は、ほぼICE Frost Pointの低温となっていた。また、6月から10月までに、ドームふじ周辺にブロッキング高気圧の侵入が5回ほど観測された。その期間にPSC_sの急激な増加が観測されることがあった。特に6月のブロッキング高気圧の侵入は、図2,3に示すように、PSC_sの相変化に影響を与えている可能性がある。1)ブロッキング高気圧侵入前(6/1~6/16):球形(液滴)PSC_sが18km付近に存在し、その上及び下の高度で偏光解消度が大きいという、北極で頻りに観測される負の相関を示す(図2(a),3(a))。2)侵入中(6/19~6/26):急激なI.B.Cの増大(図1)、散乱比 R_{532} の増大、偏光解消度 δ_{532} の増大(図2(b),3(b))が起こっている(スケールが(a),(b)で異なる)。これらはPSC_sの成長を示しているとともに、非球形粒子が主体となっていることを示唆する。3)侵入後(6/27~7/14):液滴PSC_sの存在を示すものもあるが(図2(c))、殆ど R_{532} と δ_{532} が正の相関を示す(図2(c),3(c))。さらに、気温が霜点より低いことから、氷粒のPSC_sと思われる。また、7,8月のブロッキング高気圧侵入でも、I.B.Cの増大や R_{532} と δ_{532} が正相関をもって増大する。その後のブロッキング高気圧侵入では、顕著なI.B.Cの増大は見られないが、しかし9月下旬まで、 R_{532} と δ_{532} の正相関が見られ、特に18km~30kmの高度にその傾向が顕著に見られる。

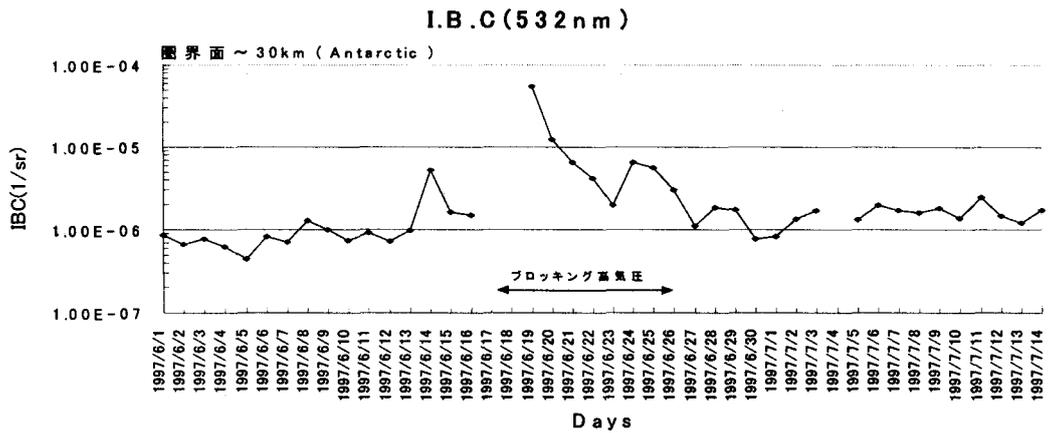


図1. ブロッキング高気圧の影響による積算後方散乱係数(I.B.C)の変化
 ブロッキング高気圧侵入はおおむね 6/17~6/26 ごろと考えられる

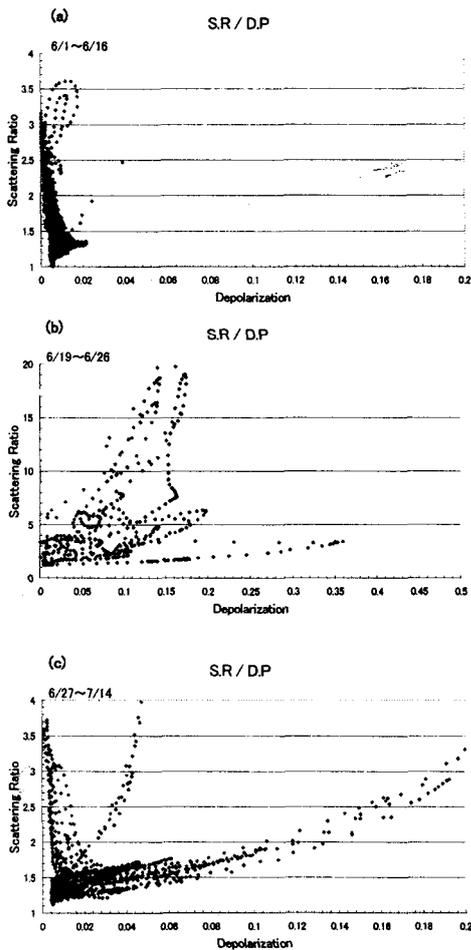


図2(a).(b).(c): 対流圏圏界面から18kmまでの532nm
 に対する散乱比と偏光解消度の散分布。
 (a) ブロッキング高気圧侵入前
 (b) ブロッキング高気圧侵入中
 (c) ブロッキング高気圧侵入後

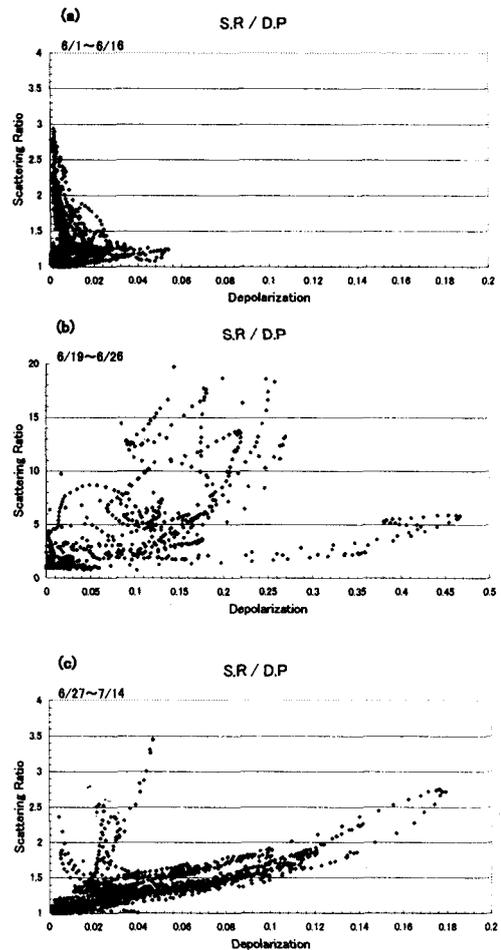


図3(a).(b).(c): 18kmから30kmまでの532nm
 に対する散乱比と偏光解消度の相関の散分布。
 (a).(b).(c)は図2と同様

VII - 3

南極・昭和基地で観測されたエアロゾル粒子サイズ-数濃度の変動-I

○岩坂泰信¹・長田和雄¹・林政彦²・長谷正博¹・宇井啓高³・山内恭⁴・深津徹⁵・橋田元⁴
1:名大太陽研、2:福岡大理、3:富山大教育、4:極地研、5:東海電監

Temporal changes in atmospheric aerosol size-number concentration measured at Syowa Station, Antarctica from 1996 to 1998

○ Y. Iwasaka¹, K. Osada¹, M. Hayashi², M. Nagatani¹, H. Ui³, T. Yamanouchi⁴,
T. Fukatsu⁵, G. Hashida⁴

1: Nagoya University, STEL, 2: Fukuoka University, 3: Toyama University, 4: NIPR, 5:

Atmospheric aerosol number-size distribution in the boundary atmosphere was monitored with optical particle counters from February 1996 to July 1998 at Syowa station, Antarctica. Results show the seasonal variation in aerosol concentrations and size-distributions. Low number concentration was frequently observed in summer (December and January) and mid-winter (June). Higher and variable number concentrations were seen in fall (March and April) and late winter to early spring (July to September) seasons. Number ratio of 0.3/0.5 shows summer maxima during December to February.

南極沿岸部での物質循環、特に大気中の粒子態物質について調べるために、光散乱方式のパーティクルカウンターによる数-サイズ分布を連続観測している。観測には、1996年2月からのJARE-37ではリオンのKC-03、1997年2月からの38次隊ではシグマテックのTD100、1998年2月からの39次隊では再びKC-03を用いている。

図1に昭和基地でモニタリング結果を示す。最上段は、0.3から0.5ミクロンまでの粒子数を0.5から1.0ミクロンまでの粒子数で割った値である。その下3段は、各粒径区分での数濃度である。所々白抜きになっている期間は、ブリザードの来襲あるいは飛行機観測のために地上観測を中断したためである。また、図示した値は時別中央値を基にした日中央値である。

それぞれのサイズレンジにおける数濃度の変化は、大まかに言ってほぼ同じ様な時間変化を示している。この2年間の傾向としては、2月から4月と8月から10月くらいの期間で高濃度な場合が多く、12月から1月と6月くらいには比較的低濃度な場合が多々観測された。数濃度が上昇するときは、たいていの場合、ブリザードの来襲や風速の増加を伴っているが、春先には風速の割に粒子数が急増する場合も見られた。逆に、夏を挟む11月から3月にかけては風速の割に粒子数の少ない場合もあり、観測している粒子の供給源や輸送過程に興味を持たれる。

また、夏場の12月から2月にかけては、0.3/0.5数濃度比が高く、2月を中心に値の変わり目となっている。揮発性硫黄化合物が夏の日射で硫酸やメタンスルホン酸へと酸化され、新粒子の生成と既存粒子の成長とが起きて0.3ミクロンレンジでの数濃度が増加したために、夏に0.3/0.5比値が大きくなり、季節の移り変わりとともに海塩粒子中心の低い0.3/0.5比値に戻っていく様子を暗示していると思われる。

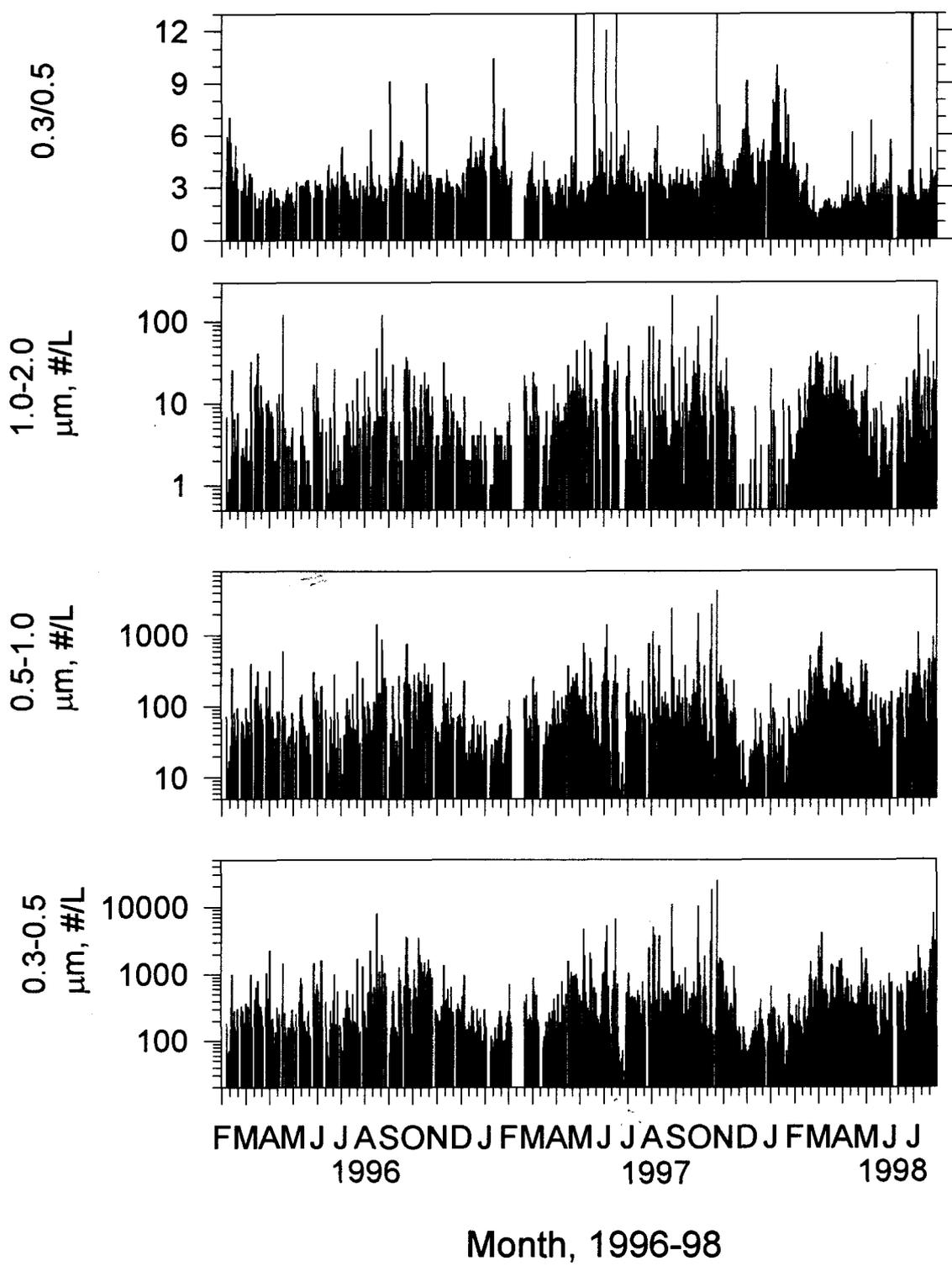


図-1 南極・昭和基地での大気エアロゾル数濃度の時系列変化。
 *観測にご協力いただいた第36から39次南極地域観測隊の方々に感謝いたします

昭和基地における酸性ガス・大気エアロゾル成分 ～38 次南極観測隊での観測～

原圭一郎・長田和雄・林政彦・木戸瑞佳・松永捷司・岩坂泰信

(名古屋大学・太陽地球環境研究所)

山内 恭(極地研)・深津徹(東海電監)

Observation of acidic gases and aerosol constituents at Syowa station, Antarctica

K. HARA, K. OSADA, M. HAYASHI, M. KIDO, K. MATSUNAGA, Y. IWASAKA

(Solar Terrestrial Environment Lab., Nagoya Univ.)

T. YAMANOUCHI (NIPR), T. FUKATSU

This report was the result from the atmospheric aerosol monitoring program for the observation of atmospheric chemical cycles at Syowa station, Antarctica. Continuous sampling of atmospheric aerosol particles and acidic gases was carried out at Syowa station from February/1997 through the end of January/1998 using filter pack system (prefilter and alkaline impregnated filters). Concentration of photochemical products such as methanesulfonate had maximum, whereas lower concentration of species with photodecomposition — e.g. gaseous HONO— were observed in summer season. During the periods with low ozone concentration episode (August), higher concentrations of gaseous inorganic chlorine and bromine species were observed.

今までに、南極沿岸域での物質循環や大気エアロゾル粒子の諸過程を調べることを目的として、昭和基地において化学成分濃度や粒子数濃度の観測がしばしば行われてきた。大気エアロゾル粒子の諸過程に注目した場合、エアロゾル粒子の観測だけではなく、大気エアロゾル粒子上の不均一過程と密接な関係のあるガス成分を観測することが重要であるが、南極沿岸域でエアロゾル粒子(化学成分と数濃度)とガス成分を同時に観測した例はほとんどない。そこで、37 次での観測項目に加えて 38 次南極観測隊では、大気エアロゾル粒子成分のみではなく酸性ガス成分の観測も実施した。粒子態は ϕ フィルター(PTFE: ϕ サイズ 1.0 μ m ϕ)で、酸性ガスはアルカリ含浸ろ紙(1%Na₂CO₃+1%グリセリン)にて採取し、超純水で抽出処理を施した後にイオンクロマトグラフィーにより各成分を定量した。サンプルの採取は、基地での活動や気象条件に関わらず連続的に、2~3 日かけて約 52m³の大気を吸引した。

図 1 に大気エアロゾル粒子の主成分イオン濃度を、図 2 に酸性ガス濃度を示す。図 1, 2 中の横軸と平行な白線と矢印は各成分のブランクレベル(ホルダーからの汚染と保存中の汚染レベルの和)を意味している。また、酸性ガスは、一部のサンプル—特に冬季—において2段目のアルカリ含浸ろ紙への漏れも確認されたことから、1 段目と 2 段目の和から大気未吸引の試料より確認したブランク値を引いた値を大気濃度とした。なお、図 1, 2 とともに基地からの汚染のあったサンプルのスクリーニング(削除)をまだ行っていない。光化学生成物(例 CH₃SO₃)は夏期に高濃度が見られ、光化学的に分解する物質(ガス状 HONO)は夏期に濃度が低くなる傾向が観測された。また、光化学反応で生成される硝酸はガス・粒子態共に夏期に濃度の極大は観測されなかった。特に粒子態の硝酸イオンは 8~9 月にかけてなだらかな極大を示し、10 月には比較的シャープな極大を示しており、昭和基地近傍での反応による生成だけではなく輸送過程の寄与が示唆される。また、地上オゾン濃度減少時(図 2 中*印)には、ガス状無機ハロゲン化合物が若干高濃度で観測されており、ハロゲンサイクルとオゾン収支との関連に興味を持たれる。

Syowa (JARE_38)

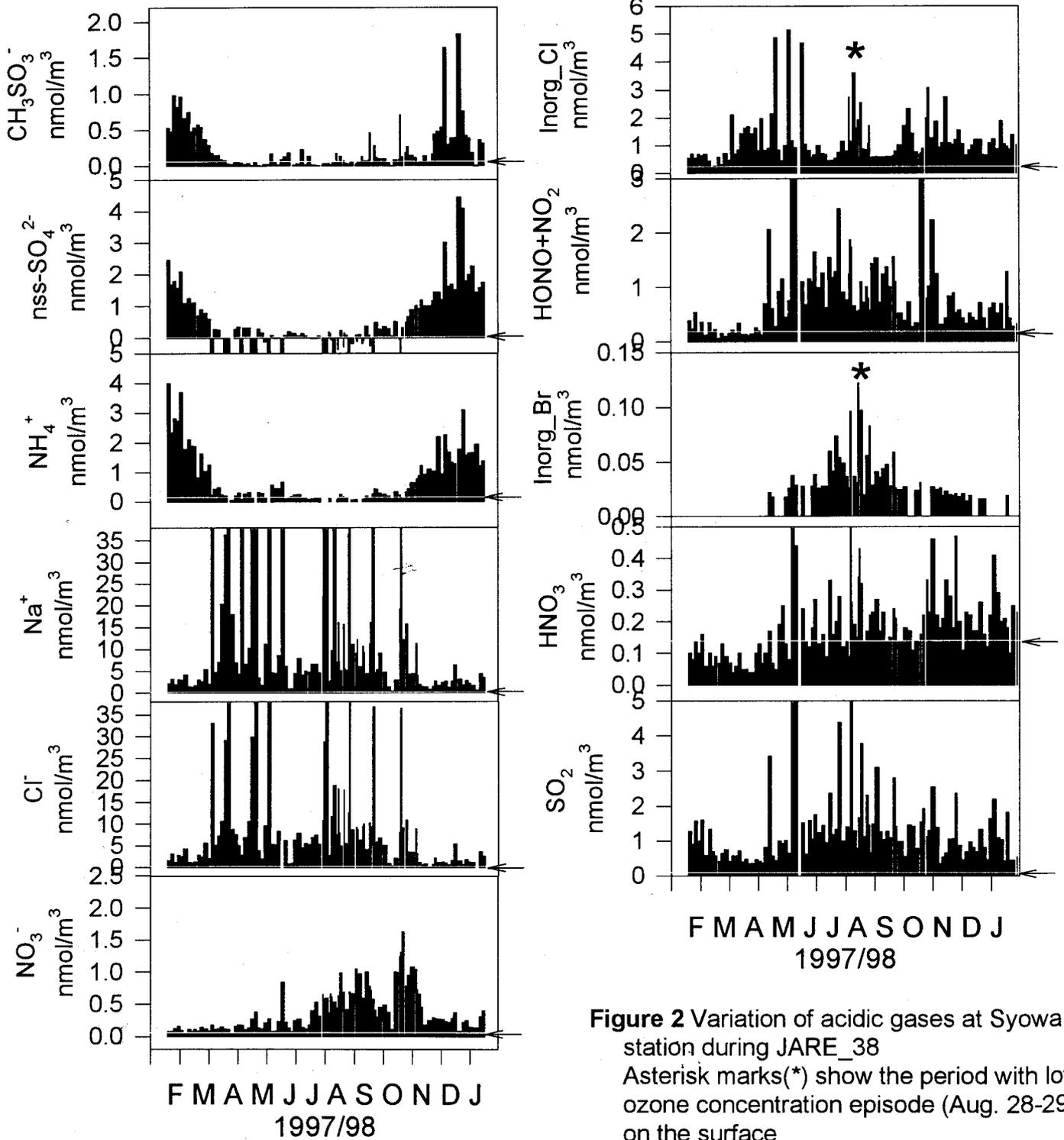


Figure 1 Variation of major constituents of atmospheric aerosol particles at Syowa station during JARE_38

Figure 2 Variation of acidic gases at Syowa station during JARE_38
Asterisk marks(*) show the period with low ozone concentration episode (Aug. 28-29) on the surface.

南極・昭和基地の大気エアロゾルに含まれる水溶性イオン濃度-11 第38次日本南極地域観測隊における観測

○長田和雄¹・原圭一郎¹・木戸瑞佳¹・林政彦²・山内恭³・深津徹⁴・宇井啓高⁵・松永捷司¹・岩坂泰信¹

1:名古屋大学 太陽研、2:福岡大理、3:極地研、4:東海電監、5:富山大教育

Water soluble ionic constituents in aerosol particles obtained from Syowa Station during JARE-38

○K. Osada¹, K. Hara¹, M. Kido¹, M. Hayashi¹, T. Yamanouchi², T. Fukatsu³, H. Ui⁴, K. Matsunaga¹, Y. Iwasaka¹

1: Nagoya University, Solar-Terrestrial Environment Laboratory

2: Fukuoka University, 3: National Institute of Polar Research, 5: Toyama University

This study summarizes the second year of atmospheric aerosol monitoring program from JARE 37 to 38. A 2 stage cascade impactor was used for this aerosol sampling. Continuous air sampling was conducted typically twice per week from Feb. 18, 1997 to Nov. 1, 1997. Concentrations of CH_3SO_3^- , nssSO_4^{2-} and NH_4^+ showed distinct summer maxima. Concentration levels of sea-salt components were sporadically high concentration levels during winter. Sea-salt particles were depleted for coarse fraction in some occasion, especially during a low ozone concentration episode. NO_3^- concentrations showed broad maxima during late winter to spring.

南極沿岸部での物質循環、特に粒子態として輸送されてくる化学物質の起源や変質過程を調べるために、大気中の粒子態物質の数濃度や化学成分濃度のモニタリングを1996年から南極・昭和基地で実施している。前年度と同様に、大気中の粒径別粒子数濃度の連続測定と共に、2段のカスケードインパクターを用いて大気エアロゾルを粒径別に捕集し(1997年2月18日から1997年11月1日まで)、水溶性イオン濃度をイオンクロマトグラフ法で測定した。大気エアロゾルの採取は、3ないし4日間かけて約100ないし130 m^3 の大気を吸引し、7月まで連続観測、8-10月は週1回1日間の採取頻度であった。残念ながら、11月からは吸引ポンプの致命的故障のため、カスケードインパクターでのエアロゾル採取は断念した。別系統でフィルターサンプリングによる通年での観測もなされており、粒径分別していないデータセットもあるが(原ほか)、ここでは、37次隊で得られた結果との比較や海塩粒子などの粒径分布の解析結果を中心に報告する。

図1に38次隊昭和基地での結果を示す。前年と同様、3成分とも微細粒子側で総量のほとんどを占め、 CH_3SO_3^- や nssSO_4^{2-} 、 NH_4^+ 濃度の各粒径区分の和(総量)は2月下旬から4月にかけてなだらかに減少し、9月・10月に増加し始めたところでデータが止まっている。海塩成分(Cl^- と Na^+)の総量は、4月から6月の低気圧活動に対応する強風時に濃度が増加する傾向にあった。しかし、図中に星印で示した8月28日から29日にかけてのサンプルでは(地上オゾン濃度の減少期間)、風速の割には高濃度で、しかも微細粒子の海塩粒子が多かった。 NO_3^- 濃度は、冬季から春季にかけて高く、粗大粒子中にも常に存在していた。別発表の総量データでも同様の傾向であり、前年と同様な粒径分布と季節変化を示した。

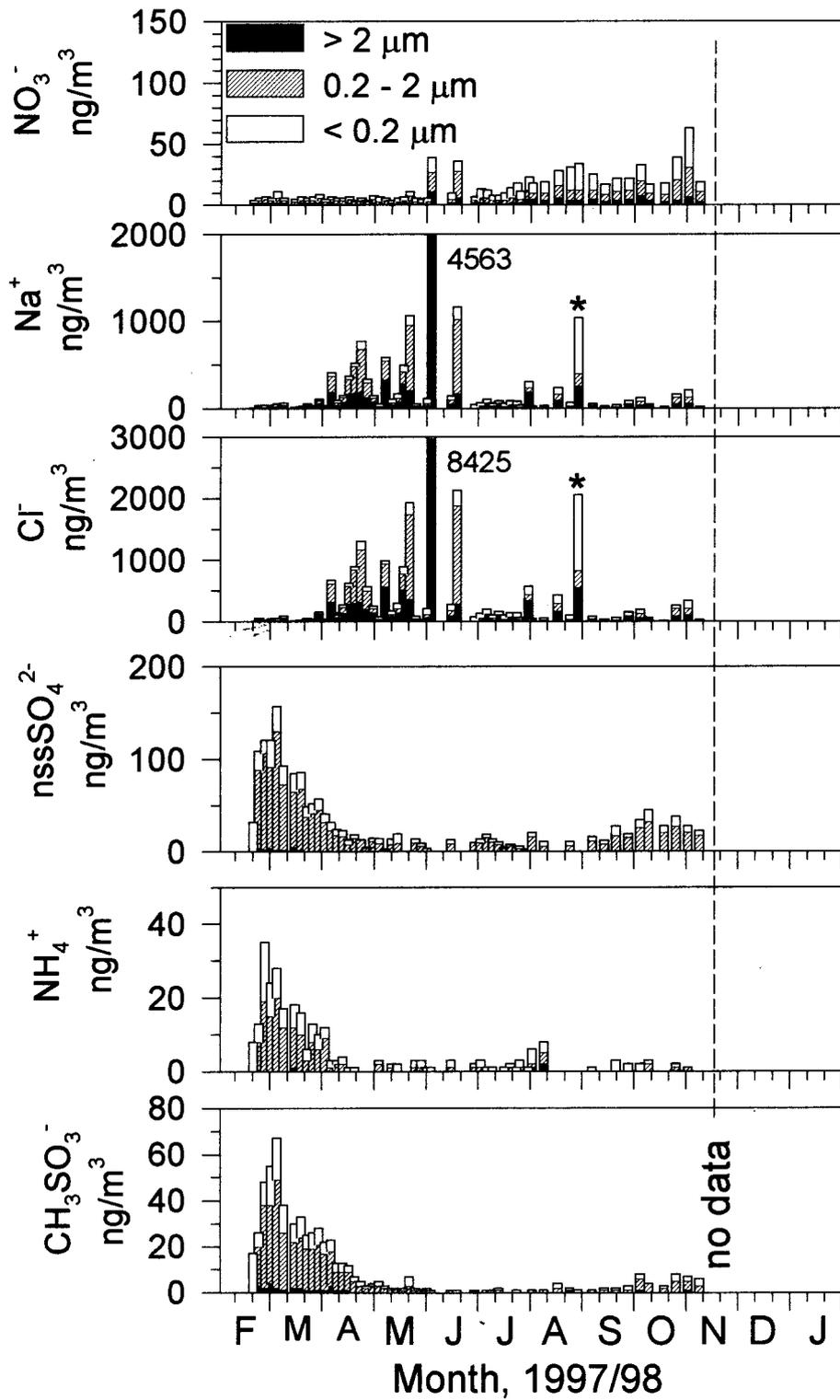


図-1 南極・昭和基地での大気エアロゾル中の水溶性イオン濃度の季節変化。

* 試料採取にご協力いただいた第38次南極地域観測隊の方々に感謝いたします

PII - 1

JTクライオスタットを用いた成層圏大気クライオサンプラーの開発 (2)

森本真司、和田 誠、山内 恭 (極地研)、本田秀之 (宇宙研)、
青木周司 (東北大・理)、大場章弘、弘川昌樹 (日本酸素)

Development of a cryogenic air sampling system using JT Cryostat (2).

S. MORIMOTO, M. WADA, T. YAMANOUCHI (NIPR), H. HONDA (ISAS),
S. AOKI (TOHOKU UNIV.), A. OHBA, M. HIROKAWA (NIPPON SANSO Corp.)

Abstract.

To clarify distributions and variations of stratospheric trace gases using an unmanned aircraft and a small balloon, it is necessary to develop a new cryogenic air sampler, of which weight and size are extremely small. For this purpose, we have continued some fundamental experiments using JT cryostat. In this study, a prototype of the new cryogenic air sampler was developed and examined. Air sampling rate of the sampler was determined using N₂ gas of which pressure was between 5 to 122 hPa. The results showed that the sampling rates of N₂ were 400 and 1000 ml/min at a pressure of 5 and 122 hPa, respectively. Constituents of the air sample which was collected cryogenically by the sampler was examined using CH₄-in-air standard gas. As a result, the CH₄ concentration in the sample was the same as that in the standard gas within the measurement precision.

はじめに

成層圏における温室効果気体の分布と変動を明らかにするためには、無人航空機あるいは小型気球に搭載が可能な小型軽量の大气採取システムを開発する必要がある。低圧の成層圏大気を大量に採取するためには、寒冷によって大気を凝縮固化・採取するクライオサンプラーが現実的である。我々は、前年度に引き続き、高圧ネオンガスを大気中に放出することで発生する寒冷によって大気を固化・捕集するクライオサンプラーの開発を目的とした基礎実験を行った。

JTクーラー素子は、オリフィス部に高圧ガスを導入して大気中に放出することにより、ジュール・トムソン効果によって寒冷を発生させる。また、オリフィス部の前に熱交換器を設けて、高圧ガスが膨張する前に、液化しないで排出される低温・低圧ガスと交流的に熱交換して予冷される仕組みになっている。前年度の実験で、高圧ガスとして液体窒素温度に予冷したネオンガスを用いることによって、JTクーラーで発生した寒冷で導入したネオンガスを液化できること、発生寒冷量はネオンガス圧力が100~150kgf/cm²の時に10~25Wであることを実験的に確かめた。今年度は、JTクーラーを用いたクライオサンプラーのプロトタイプを製作して低圧空気採取実験を行い、低圧空気の採取量と採取速度を求めた。さらに採取した空気試料の組成が変化していないかを確認した。

実験方法と結果

JTクーラーによる冷却系を容積1500ccの大气採取容器内に取り付け、冷却系先端部に接ガス表面積を増加させるためのクライオフィンを溶接した。大气採取容器は真空断熱容器内の液体窒素によって浸潤冷却することにより、侵入熱を減少させた。低圧雰囲気は、容積20lの真空容器を真空ポンプによって排気すると同時に採取すべき気体を少量供給することによって生成した。

まず、採取気体として圧力122~5hPaのN₂を用いて大气採取実験を行った。この圧力は高度15~35kmの大气圧に相当する。その結果、大气採取速度は採取大气が圧力122~5hPaの範囲において400~1000ml/minであった。この採取速度は、従来の液体ヘリウムを用いたクライオサンプラーと比較して同程度(5hPa)から1/10(122hPa)程度であることから、1)冷却部のクライオフィンの最適化、2)寒冷発生量の増加、を図ることによって、実用に耐える可能性が示された。さらに、採取気体としてあらかじめメタン濃度の決められた標準ガス(空気)を用いて、N₂と同様の大气採取実験を行い、採取した大气試料のメタン濃度を測定した。その結果、採取試料のメタン濃度は標準ガス中の濃度と測定精度内で一致した。

昭和基地で採集された個々のエアロゾル粒子の解析

毛利英明 (気象研) ・ 永尾一平 (名大水圏研) ・ 岡田菊夫 (気象研)
古賀聖治 (資環研) ・ 田中浩 (名大水圏研)

Individual-particle analyses of coastal Antarctic aerosols

H. Mouri (MRI), I. Nagao (Nagoya Univ.), K. Okada (MRI),
S. Koga (NIRE), H. Tanaka (Nagoya Univ.)

Samplings of aerosol particles were made almost monthly throughout 1993 at a coastal Antarctic station Syowa. With X-ray spectrometry, elemental composition of the individual particles is studied. The dominant aerosol constituents are sulfur species and sea salt. They are internally mixed with each other in most cases.

We find seasonal variations in (1) the relative importance of sulfur and sea salt, and (2) the modification of sea salt by acidic materials. In the austral-summer samples, the number fractions of sulfur-rich particles and modified sea-salt particles are high, because the production of marine organosulfur was enhanced. In the austral-winter samples, the number fraction of unmodified sea-salt particles is high, because severe storms enhanced the production of sea salt.

昭和基地において、1993年、ほぼ1ヶ月間隔で、エアロゾル粒子の採集を行った。個々の粒子の元素組成を、エネルギー分散型X線分析器により調べた。エアロゾルの主要成分は硫黄と海塩であった。これらは、殆どの場合、粒子内において、混合状態にあった。

硫黄成分と海塩成分の相対比、および海塩の酸化物による変質には、季節変動がみられた。夏期（南半球）のサンプルでは、硫黄を主成分とする粒子の割合が高かった。海塩粒子は殆どが変質を受けていた。生物活動による、海洋からの硫黄の発生が活発であったためと考えられる。冬期のサンプルでは、変質を殆ど受けていない海塩粒子が卓越していた。海塩粒子の発生が活発であったためと考えられる。

海洋大気エアロゾルに含まれる水溶性イオン濃度の地理的分布
第39次日本南極地域観測隊 観測船「しらせ」における観測

○長田和雄¹・橋田 元²・原圭一郎¹・木戸瑞佳¹・林政彦³・松永捷司¹・岩坂泰信¹
1:名大・太陽研、2:極地研、3:福岡大学理

Geographical distributions of water soluble constituents in aerosol particles obtained from marine atmosphere during Antarctic cruise (JARE-39) of "Shirase"

○K. Osada¹, G. Hashida², K. Hara¹, M. Kido¹, M. Hayashi², K. Matsunaga¹, Y. Iwasaka¹
1: Nagoya University, STEL, 2: NIPR, 3: Fukuoka University

Size-separated marine aerosols were obtained by using a cascade impactor during Antarctic cruise (JARE-39) of "Shirase". Geographical distributions of water soluble constituents in size separated aerosol particles are compared with the results from JARE-38 cruise. Between 0°S to 10°S, concentrations of nssSO₄²⁻, NH₄⁺ and C₂O₄²⁻ were much higher than JARE-38. High nssK⁺ was also observed for this region. These results suggest strong influence of biomass burning in Indonesia during this period. On the other hand, NO₃⁻ concentrations were below 25 ng/m³ for the southern Indian Ocean. This is consistent with the results from JARE-38 cruise and monitoring at Syowa station.

地球規模での物質循環を考える上で、海洋大気境界層内での情報は海洋上でのソース・シンクを知るために重要である。南極観測船「しらせ」の航路は、ある子午面にきっかりと沿っているわけではないが、日本以南の幅広い地理的情報を与えうる。昨年の航海に続き、第39次日本南極観測隊を乗せた南極観測船「しらせ」において、海洋大気エアロゾルを2段カスケードインパクターで分級捕集し、水溶性成分についてイオンクロマトグラフ法 (Dionex DX-300) で分析した。

大気エアロゾルは、1997年11月16日から同年12月13日に南極・昭和基地近傍に至るまでの海洋上で96年と同様に捕集した。海洋大気エアロゾル中のCH₃SO₃⁻やnssSO₄²⁻、NH₄⁺、Na⁺、NO₃⁻、C₂O₄²⁻濃度の地理的分布を図1に示す。北緯5度と南緯25度付近のサンプルは、インパクターの目図まりなどのため図には含んでいない。時間の流れとしては、日本近海が図の右端(北半球中緯度)で、南緯約30度のフリーマントルに寄港してから東経110度に沿って南緯60度に達し(右側枠内)、そこから西進して昭和基地に向かった(左側枠内)。

CH₃SO₃⁻やNa⁺濃度の地理的分布や粒径分布の特徴は96年と同様であったが、その他の成分では様子が異なる。nssSO₄²⁻やNH₄⁺、C₂O₄²⁻濃度では、96年の総濃度ピークが北緯20度付近と南緯10度付近だったのに対し、97年では南緯0度から10度にかけての地域にシフトし、北緯20度付近のピークは見受けられない。また、96年にはNO₃⁻濃度の分布がC₂O₄²⁻濃度の変化と似ていたのに対し、97年では北緯20度付近と南緯10度付近の濃度がわずかに高かった程度であった。さらに、粒径分布にも違いが現れている。96年にはnssSO₄²⁻やNH₄⁺はどこでもほとんどが1.9μm以下だったが、97年には南緯0度から10度にかけて粗大粒子中にも検出された。逆にC₂O₄²⁻では、97年には南緯0度から10度にかけて1.9-0.2μmの区画が多かった。この地域では、nssK⁺濃度も高く、バイオマスバーニングの影響下にあったことを示唆する。事実、1997年の8-10月には、インドネシアでの大規模な森林火災が報告されており、鎮火に向かったとはいえ、11月20日ころでもバイオマスバーニングの強い影響下にあったと考えられる。

一方、南緯60度付近を西進している期間中、NO₃⁻濃度は常に25ng/m³以下であった。これは96年の航海や昭和基地での観測結果と同様に、夏の南極海-インド洋-では粒子態NO₃⁻濃度がそれほど高くないことを示しており、南極域でのNO₃⁻ソースを考える上で非常に興味深い。

JARE-39 (Shirase, Nov/16-Dec/13, 1997)

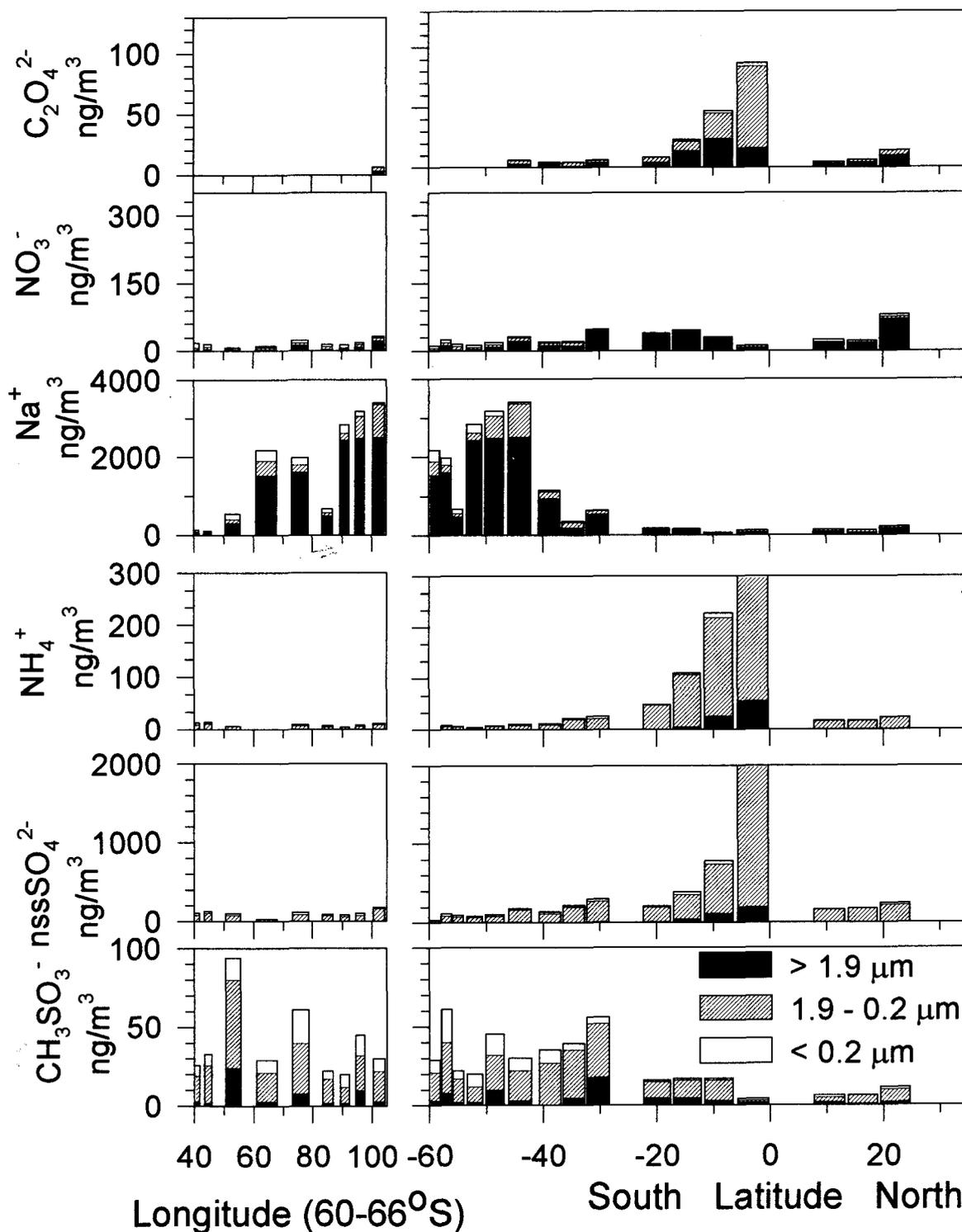


図-1 第39次南極観測船「しらせ」往路における海洋大気エアロゾル中の水溶性イオン濃度の地理的分布。

* 試料採取にご協力いただいた第39次南極地域観測隊の方々に感謝いたします

昭和－みずほ基地間の水蒸気・エアロゾル航空機観測

山内恭・和田誠（極地研）、深津徹（東海電監）、林政彦（福岡大）
長田和雄・長谷正博・中田滉・岩坂泰信（名大STE研）

Airborne observation of water vapor and aerosols between Syowa and Mizuho Station, Antarctica

T. Yamanouchi, M. Wada, T. Fukatsu, M. Hayashi, K. Osada, M. Nagatani, A. Nakada and Y. Iwasaka

Airborne observations of water vapor and aerosols using dewpoint meter and optical particle counter were made along the route from Syowa to Mizuho Station. Horizontal flights were made at the height of 3800 m a.s.l., which is the altitude of Dome Fuji Station, and return flights at about 100 m height from the ground surface. Typical results on December 25 show gradual increase of water vapor amount and anti-correlated decrease of aerosol concentration from the coast to the inland area along the 3800 m flight. On August 30, strong enhancement of aerosol loading was found in the 750 hPa layer, related to the strong low pressure system passed.

○はじめに：第38次南極地域観測隊では、「南極大気・物質循環観測」（1997-2001）の一環として、エアロゾルや水蒸気の、大陸沿岸から内陸までの鉛直分布を明らかにしようと、昭和－みずほ基地間で航空機による観測を実施した。昭和基地および内陸1000 kmのドームふじ観測拠点では、上記観測計画に基づき、地上および上空の水蒸気やエアロゾル等の強化観測が行なわれているが、その間の「子午面断面図」を描こうというものである。

○観測：本航空機観測は、往路は昭和基地近傍海氷上で上昇し、ドームふじ観測拠点と同じ高度3800 m (12700 ft)での水平飛行をみずほ基地まで行い、復路はみずほ基地で下降、氷床表面近くを対地高度100-200 mで飛行する形とした。セスナ機 (A185F)を利用、観測機器は、エアロゾル粒子の粒径別カウンター2台および水蒸気、気温センサー等を配置した。エンジン排気の影響を避けるように、翼の下、ストラット取り付け部分から空気を取り込み、各カウンターに分岐配管した。また、露点計と温・湿度計のセンサーは、直接外気に触れるよう、左後方側面の窓を封じて、取り付けた。

観測飛行は3月11日、5月15日、8月30日、10月14日、12月2日、12月25日の6日にわたって7回行なわれ、季節の違いを調べた。

○12月25日の結果：多くの飛行に比較的共通した夏の12月25日の例をあげる（図1）。水蒸気量は、変化しながら上昇、水平飛行に入ってから

らは低い値で安定し、ルート後半から増加傾向を示した。復路、地表近くでは一貫して高めの値、着陸直前にピークを示した。これに対して、エアロゾル粒子濃度は高度3800 mまで漸減、その後微増してH150付近でピークをとり、変動しながら少々減少、みずほ基地までいく。みずほ降下中に一旦ピークを示し、Z30付近まで大きい変動、この時相対湿度も大きい値を示している。以後、着陸直前まで比較的一定値をとる。他の日も含め、3800 mでのエアロゾル粒子濃度は水蒸気量とは逆相関が多く見られた。

粒径分布を見ると（図2）、各所で、比較的鋭い4乗に近い依存性が得られた他、直径0.2 μ mより小さい側で落ち込んでいる。1 μ m近くの大きい側で場所による変化があった。

○8月30日の結果：冬の例として8月30日のものを示した（図3）。水蒸気量は、上昇中、一旦増加、その後高度を増して低下する。内陸に進み、途中から変動しながら増加し、沿岸より高い値でみずほまで到達。みずほで降下後、似たような値を示し、その後、H90を過ぎて急増、地上で減少という変化となった。エアロゾル粒子の濃度変化は、離着陸前後の上昇、下降時は水蒸気量と相関のある変化を示し、大気中層に濃度の高い部分が見られる。上昇後は一旦下がったものが少々増加、S30付近でピークを示した後減少傾向が続き、みずほ手前のZ80前あたりで増加に転じる。この大きな変化は、水蒸気とは逆相関である。みずほ基地で降下以後、地面

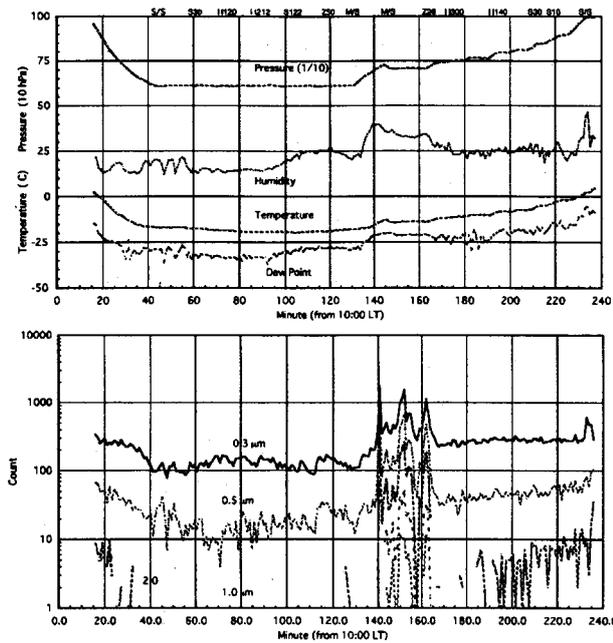


図1 昭和-みずほ基地間飛行による水蒸気、エアロゾル（粒径以上の数濃度）分布時間変化、12月25日

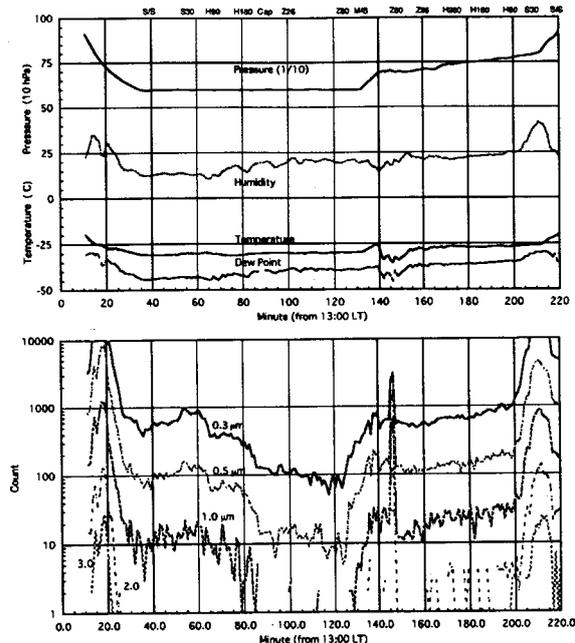


図3 昭和-みずほ基地間飛行による水蒸気、エアロゾル（粒径以上の数濃度）分布時間変化、8月30日

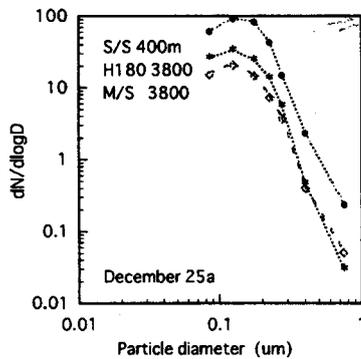


図2 昭和、H180、みずほ、各所での粒径分布

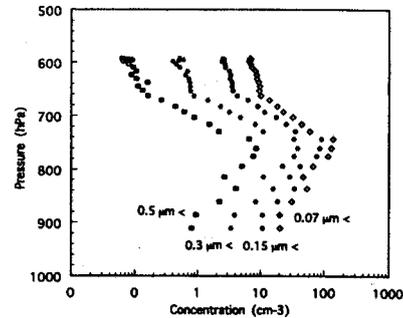


図4 昭和基地近傍海上でのエアロゾル鉛直分布、8月30日

近くを飛行中は、わずかな増加傾向でH 90先まで推移、往路とは場所は異なり、S 30付近で、類似の高度で急増加を示し、地上近くで元に戻る。

鉛直分布だけを取りだして見ると（図4）、800-700 hPa層に水蒸気およびエアロゾルの多い層があり、上空では少なくなっている。水平方向には逆相関気味であったエアロゾル濃度と水蒸気量が、鉛直分布を見ると正相関になっている。

粒径分布をみると、全般に、粒径依存性が-3乗よりゆるいとともに、750hPa層の濃度の高い層では、0.25 μm 以下の小さい粒子は少なくなるという特殊な分布形を示した。

○議論とまとめ：通常時は、高度、水平距離に伴って暫増、減はあるものの、大きな質的变化は見られない。沿岸から内陸に行くと水蒸気は増加、エアロゾルは減少の傾向が共通していた。冬は粒径分布依存の傾きが緩やかなのに対し、夏は鋭くなる。8月30日の場合は、地上でエアロゾルの急増が見られた後であり、天気図でも、大きな低気圧の後面になっており、低気圧によりもたらされた海上を渡ってきた水蒸気、エアロゾルを多く含んだ空気が大気中層に入り込んだと考えられる。このように、低気圧進入等の大気循環場の際に、大変異なった粒子が多量に入り込むものと思われる。

ドームふじ観測拠点におけるエアロゾル・ラドン濃度の季節変動

林 政彦*・長田和雄・岩坂泰信・長谷正博・中田滉（名古屋大学 STE 研）
 田阪茂樹（岐阜大教育学部）・飯田孝夫（名古屋大工学部）
 平沢尚彦・山内恭（極地研）， *：現在 福岡大学理学部

Seasonal variation of aerosol and radon concentrations observed at Dome Fuji

M. Hayashi*, K. Osada, Y. Iwasaka, M. Nagatani, H. Nakada (Nagoya U.)
 S. Tasaka(Gifu U), T. Iida(Nagoya U), N. Hirasawa, T. Yamanouchi(NIPR)
 *:Now Fukuoka Univ.

Aerosol concentrations with 0.005 to 10 μm in radius, Radon concentration, and dew point are observed from February 1997 to January 1998 at Dome Fuji (78°S, 40°E, 3810m a.s.l.) in East Antarctica. Aerosol and acidic and alkaline gas are also sampled to study the variations of constituents. Here, preliminary results for seasonal variations of aerosol number concentration and radon concentration are presented.

1. はじめに

東南極高原部のドームの一つドームふじ観測拠点において、地上エアロゾル・ラドンの観測を行った。これは、南極観測事業第5期5カ年計画「南極大気・物質循環観測」の一環としておこなわれ、そのうちのいくつかは、昭和基地との同時観測として実施した。観測は大きく連続自動観測とサンプル採取・国内持ち帰り分析に分けられる。観測全体を通じて、エアロゾルの粒径分布・数濃度・組成およびエアロゾルに關与するガス成分の変動を一年間にわたって観測する事を目標とした。加えて、地殻起源物質のトレーサーであるラドンの濃度の連続観測も行った。これらを通じて、南極大気中におけるエアロゾルが關与する物質循環機構を描き出すことを目的とした。

これまで、初期的な解析を行った段階であり、本報告では、観測装置の設置および動作の概況と連続観測の一部の結果の概略を報告する。

2. 観測

a. 観測装置および計測項目

エアロゾル 光散乱粒子計数装置 数濃度（直径 0.07～10 ミクロン）

混合凝縮型凝結核計数装置（拡散バッテリーによる分級システム付加）

0.005～0.1 ミクロンの粒径分布計測）

カスケードインパクトによる粒径分別サンプリング（国内にて組成分析）

マイクロプローブ分析用エアロゾルサンプリング

ガス	含浸ろ紙サンプリング（酸性ガスおよびアルカリ性ガス）
ラドン	α 線計測による連続観測 積算インターバル 1 hour
露点	鏡面冷却式露点計 観測下限露点 -80°C 計測インターバル 1 min

上記のうち、エアロゾルおよびガス成分の観測項目については、昭和基地においても概ね同様の観測を行った。

b. 観測の実施に当たり、ドームふじ観測拠点には大気観測棟（4.5 x 4.5 m）を新築した。観測装置は、すべて屋内に設置した。大気はファンにより、大気観測棟の天井の南東角に設置したアルミ製採取塔（導入路直径 15cm、高さ 1.5m）より屋内に吸引・排気した。試料大気は、流路中途より分岐し、エアロゾル濃度計測装置へは導電性シリコンチューブ（1 m以内）で導入・サンプリング装置・ラドン計へはユニチューブで導入した。また、露点計測のためのサンプルエアは、エアロゾルサンプリング系とは別に、内径 4mm のステンレス管により屋内に導入した。また、結霜による露点への影響を避けるため、屋外部はヒーターにより加熱した。

試料大気は、観測装置に達する頃には、おおむね室温（およそ 20 度）に近い温度に加熱されていた。

3. 観測結果

ここでは、連続観測によるエアロゾル濃度の季節変化およびラドン濃度の季節変動等の概略について報告する。

1)凝結核濃度

夏季に 100 個/cm³ 程度、冬季に数個/cm³ 程度の季節変動を示した。これは、南極点などで観測されている結果と概ね類似している。

2)大粒子濃度

夏季の粒子濃度は、半径 0.15 ミクロンで 0.1 個/cm³ 程度であり、昭和基地の数分の 1 程度の濃度であった。しかし、冬季には、 10^{-2} 個/cm³ 程度の濃度まで低下した。この濃度は、他の基地の観測結果と比べて桁違いに低く、冬季に濃度が増大するという一般的な結果と大きく異なる季節変動を示した。

3)ラドン濃度

大きな季節変動は観測されなかった。通常の濃度は、昭和基地で 1996 年に観測された値の数分の 1 程度であった。ラドンの顕著な急増は、3 回（1997 年 9 月、10 月、および 1998 年 1 月）観測された。

南極ドームFにおける積雪、大気エアロゾル
および酸性ガスの化学 (3)

金森悟・金森暢子 (名古屋大学)、渡辺興亜・藤井理行・
本山秀明 (極地研)、亀田貴雄 (北見工大)

Chemistry of snow, atmospheric aerosol and acid gas
at Dome F, Antarctica(3)

S. KANAMORI, N. KANAMORI(Nagoya Univ.), O. WATANABE, Y. FUJII,
H. MOTOYAMA(NIPR), T. KAMETA(Kitami Inst. Tech.)

Year-round observation of surface snow, atmospheric aerosol and acid gases was continued for 3 years(1995-1998) at Dome F Station. The concentration levels of common inorganic species in these three phases showed the same levels and trends as those observed in the last year. A seasonal variations of their concentrations, high in the summer and low in the winter, were observed with much interest upon the origine and transportation of chemical compounds. For NO₃, exSO₄, MSA, their concentrations in surface snow are higher than those in uppermost core sample. This has been demonstrated by severel studies on pit-snow sample and the mechanism will be discussed.

はじめに：先に1995年から、南極ドームF基地において、孔径0.2 μ mのニュークリポア・フィルターによる大気エアロゾルの捕集、アルカリ含浸口紙による酸性ガスの捕集および新鮮な積雪、飛雪の採集を同時に行う観測を続けてきたが、本年度で3年間連続して行ったことになる。これまでの観測で明らかになったことは、みずほ高原で行った同様な観測に比較すると、雪の含む主要な化学成分の濃度ではみずほ高原とドームFとの間に大差は無かったが、エアロゾルと酸性ガスは、ドームFではみずほ高原の約1/100程度の低濃度であった。これはドームFではみずほ高原に比べて高度が高い為に、大気エアロゾル濃度が低いが、同時に降雪量も低い事が大きく響いていると思われる。またドームFの大気エアロゾルと、表面積雪中の化学成分同じ位相の季節変化を示すが、これは大気エアロゾルが雪の中に取り込まれている事と、表面積雪が季節に応じて入れ替わっていることを示している。しかし、地表付近の大気エアロゾル以外からも、成層圏からの供給があることも考えられる。

観測方法：観測方法は昨年と同じであり、南極ドームF基地において、孔径0.2 μ mのニュークリポア・フィルターによる大気エアロゾルの捕集、アルカリ含浸口紙による酸性ガスの捕集および新鮮な積雪、飛雪の採集を同時に行った。試料の化学分析はイオン・クロマトグラフによって行った。

観測結果と考察：表面積雪、大気エアロゾルおよび大気中酸性ガス成分の3態中における、Cl, NO₃, SO₄, MSA, Na, K等の化学成分の濃度レベルは、今年の観測結果とよく一致してをり、大気エアロゾル中の化学成分が低濃度であることを確かめた。また多くの成分は夏に高く冬に低い季節変化を示した。問題は表面積雪中よりもコアの最上部(6.6m)で、NO₃, exSO₄, MSA等の濃度が低いことである。ピット試料の研究によって表面近くで濃度が高くなる(表面積雪中の濃度)事が報告されているが、その機構に付いて考察する。

スバルバルと南極ドーム基地上空で観測した極成層圏雲の比較

*白石浩一、林政彦、佐藤和史、牧山慎司、藤原玄夫（福岡大学理学部）、
柴田隆、足立宏、酒井哲、石井昌憲、田村耕一、岩坂泰信（名古屋大学 STEL）、
平沢尚彦、山内恭（国立極地研究）

The comparison of PSC layers observed over Svalbard and Dome station, Antarctic.

K.Shiraishi, M.Hayashi, K.Satou, S.Makiyama, M.Fujiwara (Fukuoka Univ.)
T.Shibata, H.Adachi, T.Sakai, S.Ishii, K.Tamura, Y.Iwasaka (Nagoya Univ.)
N.Hirasawa, T.Yamauchi (NIPR)

Polar stratospheric clouds(PSCs) are considered to play important roles on ozone depletion because of conversion of chlorine atoms from inactive to active forms by the heterogeneous reaction on the particle surfaces. We installed the YAG lidar system at Ny-Aalesund, Svalbard in september 1993 and have performed the observation in every winter since January 1994. PSCs were detected intermittently every winter. The results of PSCs observation over Svalbard is compared with those observed at Dome Fuji, Antarctic from the end of may to the end of September, 1997. When the temperature lowered than the NAT frost point, most of distinct PSC layers have negative correlation between R and D over Svalbard, while some of such PSC layers have positive correlation over Dome Fuji, Antarctic. We'll be discussed the relation in detail, considering the particle formation mechanism

はじめに

極成層圏雲(PSC)は、その粒子表面状での不均一反応により、Cl₂ をその粒子表面上に蓄え、春先に起こるオゾン減少を促進させるという点で非常に重要であり、近年の研究でその組成や生成過程が徐々に明らかになってきている。

福岡大学と名古屋大学は合同で、1993年9月、スバルバルのニーオルセン(79° N, 12° E)にライダー観測基地を設置し、1994以降毎年冬春期の観測を行っている。1994/95, 1995/96, 1996/97 の3冬の観測では、極渦の発達に伴う成層圏温度の低下により、断続的ではあるが数多くの PSC イベントを観測することが出来た。

また、1997年4月から1998年1月にかけて南極ドーム基地ふじ(78° S, 40° E)で林助教授によって、ライダーによる長期的な観測が行われ、極渦の発達に伴い5月下旬から10月下旬にかけてほぼ連日して PSC を観測している。

今回の発表では、これらのデータをもとに両極域で検出される PSC の特徴を述べ、その違いから、PSC 発達の様相、生成過程について論議する。

観測装置

スバルバル、南極ドーム基地のライダーシステムは、共に光源として YAG レーザーを利用している。受信系は、スバルバルのシステムは、装置立ち上げ時の 1993/94 観測では第二高調波(532nm)の射出したレーザー光の偏光面に対して、平行成分と垂直成分のみの測定であったが、1994/95 観測以降は基本波(平行+垂直)の測定も重ねて行っている。南極ドーム基地のライダーシステムも、同様に第二高調波の平行成分、垂直成分、基本波(平行+垂直)の測定を行っている。南極地方での基本波の測定も重ねた長期的な観測は、今回が初めてである。

観測結果

図 1 a, b には、1994/95, 1995/96, 1996/97 winter にスバルバル上空で検出した PSC の散乱比 R と偏光解消度 D の相関係数(a)とその層での散乱比のピーク値(b)を、その層の散乱比のピーク高度での DT(=温度-Nat frost point: H₂O=5ppmv, HNO₃=10ppbv)に対して示している。図から、散乱比のピーク高度での DT に対して色々な相関を持った PSC が検出されていることが分かる。偏光解消度は、その注目した層での球形粒子と非球形粒子

のおおよその割合を見るパラメータであり、DT=0~-4K あたりで検出されている R-D の正の相関を持った PSC は、NAT のような固体系の粒子を体積的に多く含んでいることを示している。

また、DT=-6K あたりで負の相関を持った PSC が多数検出されている。これは、散乱比の大きい高度で偏光解消度が小さい、つまり液滴粒子のような球形粒子を体積的に多く含んでいることを意味している。

これから推測できることは、温度が NAT の Frost point に対して十分に低くなっていても液滴系のエアロゾルを多数検出している、即ち液滴粒子は凍りにくいということを示しているように思える。

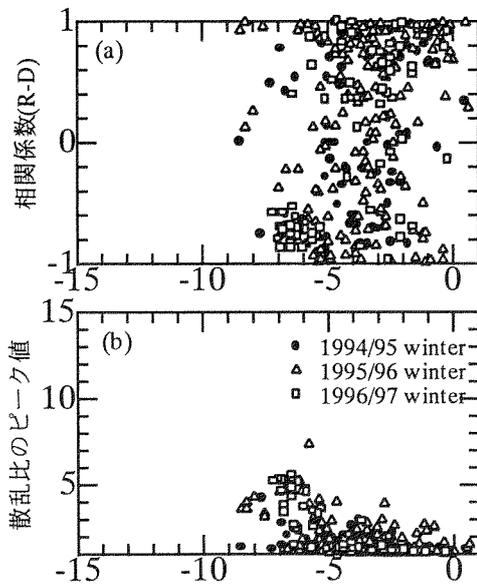
図 2 a,b には 1997/98 winter 南極ドーム基地で検出した PSC に対して、図 1 と同じように示したものである。

スバルバル上空で検出した PSC と異なるところは、北極地方よりも南極の方が極渦の勢力が強くて、中緯度からの空気塊の流入も少なく、成層圏温度も低いため、検出される散乱比、偏光解消度共に大きい (図 1, 2)。そして、温度が低くなっているところで、R-D が正の相関を持った PSC も多数検出していることである。

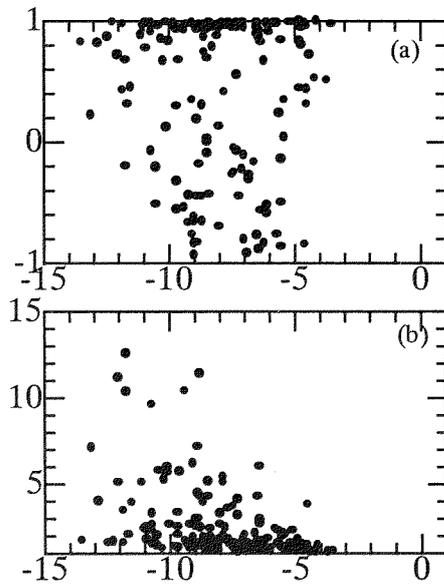
図 3 には、南極ドーム基地上空で検出した PSC の散乱比と偏光解消度の相関係数を 7-13, 13-18, 18-28km の高度に分けて、5月31日からの時系列で示している。6月中旬のブロッキング高気圧の侵入以後は成層圏の温度は、氷点(H₂O=5ppmv)まで下がり、Type 2 のような散乱比(~120)、偏光解消度(~0.28)の共に大きな正の相関を持った PSC を検出し、それ以降、正の相関を持った PSC を頻繁に検出している。これは、一度凍った粒子は、溶けにくい性質を持っているということを示しているのかもしれない。

スバルバル上空で検出されたPSCs

1997/98 winter南極ドーム基地上空で
検出したPSCs



散乱比のピーク高度でのDT(=Temp-NAT frost point)

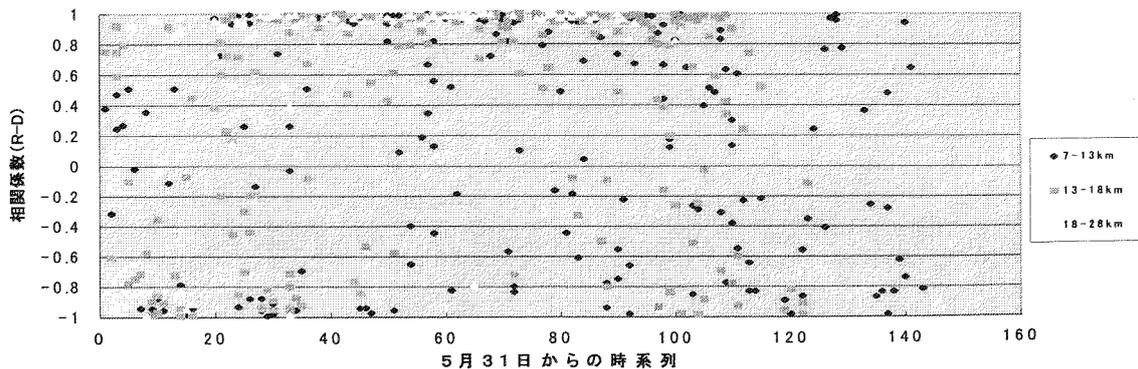


散乱比のピーク高度でのDT(=Temp-NAT frost point)

図 1

図 2

1997/98 winter 南極ドーム基地上空で検出した PSCs の R-D
相関図 (図 3)



内陸旅行中の移動気象観測（第38次南極地域観測隊）

木津 暢彦・中嶋 哲二・江崎 雄二・松島 功・栗田 邦明（気象庁）
山内 恭・本山秀明・平沢尚彦（国立極地研究所）

Meteorological observations along a traverse route from coast to Dome Fuji Station, Antarctica in 1997

N. KIZU, T. NAKAJIMA, Y. ESAKI, I. MATSUSHIMA, K. KURITA (Japan Meteorological Agency)
T. YAMANOUCHI, H. MOTOYAMA, N. HIRASAWA (NIPR)

The inland traverses from Syowa Station to Dome Fuji Station were conducted by the 38th Japanese Antarctic Research Expedition in 1997. During the traverses, surface meteorological observations were carried out. Also, air temperature and air pressure were measured at one minutes interval by using the radiosonde for upper atmospheric observation.

1. はじめに

第38次南極地域観測隊は昭和基地からドームふじ観測拠点への越冬物資輸送、燃料補給等の内陸旅行をおこなった。本報告は、そのルート上において観測した移動気象観測結果について述べる。また、春期補給旅行においては、高層用ラジオゾンデを使用した移動気象観測もおこなったので、その結果について述べる。

2. データ概要

夏季ドームふじ越冬支援旅行（1996年12月20日～1997年2月10日）において、移動気象観測は基本的に09時,21時（LT）におこなった。また、春季ドームふじ燃料補給旅行（1997年10月7日～1997年11月19日）では06時,09時,12時,15時,18時,21時（LT）におこなった。移動気象観測要素は気圧、気温、風向、風速、視程、天気、雲量、雲形、大気現象、大気混濁度で、それぞれ携帯型半導体式気圧計（夏季旅行時は携帯用アネロイド型気圧計を併用）、スリング式温度計、ハンドベアリングコンパス、携帯型風速計、携帯型サンフォトメータを用い、視程、天気、雲量、雲形、大気現象は目視により観測した。なお、春季ドームふじ燃料補給旅行時には併せて高層用レーウィンゾンデ（RS2-91型レーウィンゾンデ：(株)明星製）

を使用して、1分ごとの旅行中の気温、気圧を測定した。

3. 観測結果

観測例として、図1に夏季ドームふじ越冬支援旅行時の気温および気圧の観測結果を、図2に高層用ゾンデにより観測した春季ドームふじ燃料補給旅行時の気温および気圧の変化図を示す。図2で気圧変化が段になっているのは、夜間の行動停止により同一地点での観測となったためである。また、図2では図1に比べて、観測間隔の違いから、気温の日変化がわかるようになった。春季ドームふじ燃料補給旅行時の最低気温は往路-63.9℃（'97 10月27日 02時22分 MD658）、復路-57.9℃（'97 11月4日 03時20分）であった。また、気温の昼夜差の最大は、往路20.7℃（MD616-MD658間）であり、復路では22.8℃（MD700-MD636）であった。この昼夜差がドームふじ観測拠点近くで大きくなるのは、旅行中、ドームふじ観測拠点近くでは風が弱く、夜間の放射冷却による影響が考えられる。

なお、本発表においては、ドーム旅行中の、気温、気圧以外の気象要素の変化も掲示する予定である。

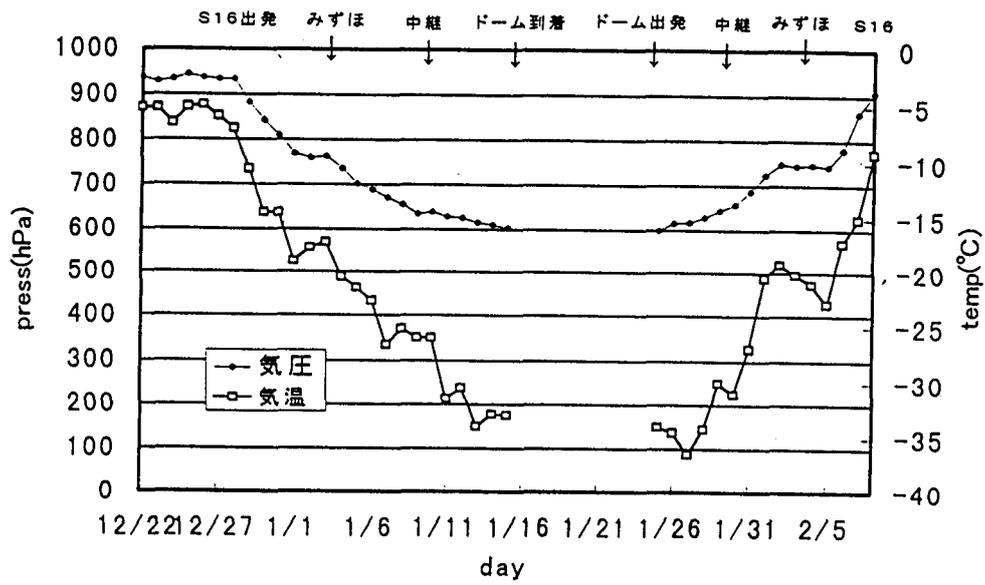


図1：夏季ドームふじ越冬支援旅行時の気温・気圧変化

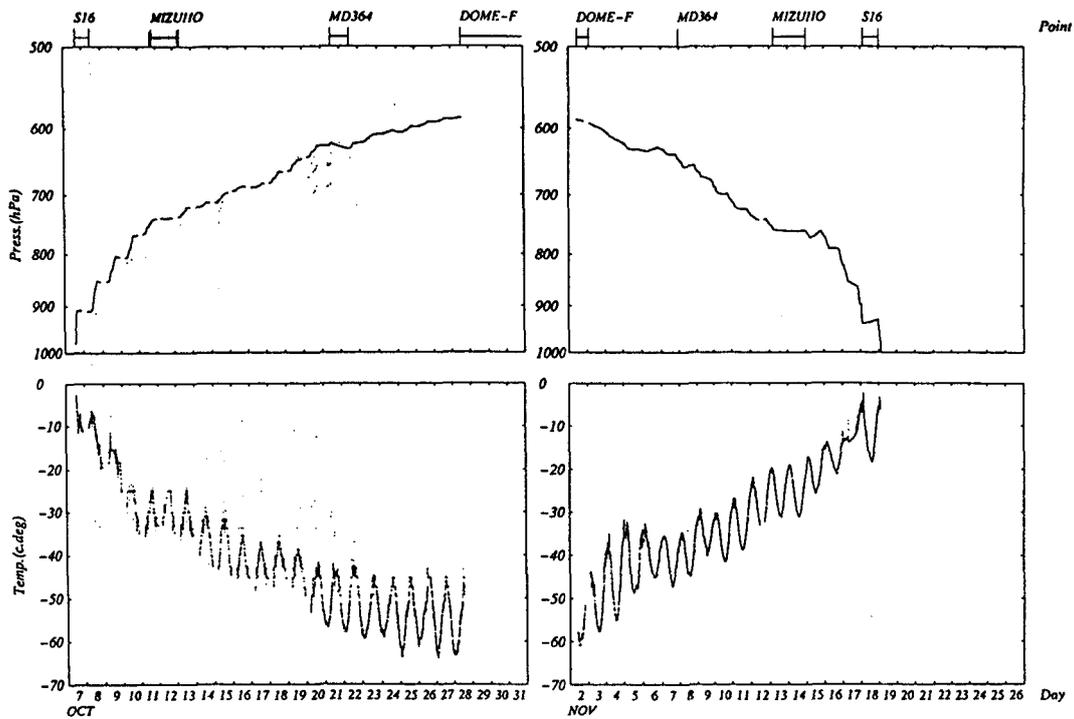


図2：春季ドームふじ燃料補給旅行時の気温・気圧変化（自動観測）

ドームふじ観測拠点で観測された積雪表面近傍における特異な気温変動

本山秀明（極地研）、金戸進（気象庁）、平沢尚彦（極地研）

Typical air temperature variation near snow surface at Dome Fuji Station, Antarctica

Meteorological observations were carried out near snow surface at Dome Fuji Station, Antarctica. When the wind speed became weak, the temperature difference between snow surface and air temperature at 1m height extended to 30°C. The air near snow surface was extra stable condition. The heat balance method was applied to clarify the phenomenon of typical temperature variation.

<はじめに>

ドームふじ観測拠点において、積雪表面近傍の微気象観測を行った。観測項目は、気温(1m, 10cm)、風速(1m, 10cm)、気圧、雪温（表面、5, 10, 20, 50, 80cm）、短波放射（、長波放射）である。降水量観測、蒸発・凝結量観測も適宜行った。気象観測の一部は基地定常観測として、観測されている。観測当初、気温、風速、雪温の観測データを測定地点の埋設したデータロガーにて記録していたが、気温の低下により記録の停止が頻繁に生じたので、フィルム型のヒーターで、ロガー類を暖めるようにした。その結果、7月以降は低温によるデータ欠測はなかった。

<観測結果の一例>

8月15日から31日までの気温と風速変動を図1に示す。基地観測の10m高の風速も加えた。気温の低下や着霜により、1mと10cm高の風速計は、回転が鈍くなったり、弱風時には停止した。1m気温の分散値（1分間観測値の10分間分散値）と高さによる温度差（1m-10cm、10cm-表面）を解析したが、10m風速が弱くなると、温度の乱れが大きくなり、温度勾配も大きくなる。高度差による温度の関係を見ると、風が弱くなると1m-10cm間で温度差が特に大きくなる。

<積雪表面の熱のやりとり>

積雪表面の熱収支を考える。熱収支面を積雪表面とすると、次の雪収支式が成り立つ。

$$\begin{aligned} \text{短波放射収支 (SR)} + \text{長波放射量 (LR)} + \text{顕熱伝達量 (H)} + \text{潜熱伝達量 (LE)} \\ = \text{雪中熱流量 (G)} \end{aligned}$$

これらの構成要素を観測結果から算出し、残差として放射収支量（SR+LR）を求めた。HとLEについては、1mの気温、風速と雪面温度を用いて、バルク法で計算した。

$$H = C_p \rho C_h U (T_s - T_1)$$

$$LE = L \rho C_e U (q_s - q_1)$$

$$G = \int (d(C_s \rho_s T)/dt) dz$$

$$SR + NR = G - H - LE$$

1mの風速が、低温や着霜のために正確さを欠くので、定性的な議論を述べる。潜熱伝達量は、他の要素と比べて十分小さい。放射で失った熱量を顕熱で補給している様子が分かる。雪中熱流量も、放射と弱い逆相関を示す。以下のことが、考えられる。

- ・ 風速減少により暖気が下降しやすくなる → 1m気温の上昇

- ・ 1 m 気温の変動が大きくなる→気温の混合、揺らぎ
- ・ 風速減少により乱流成分が減り、超安定層が形成され、強い放射冷却に伴い表面温度が下降する→表面温度の下降

このような風速が弱くなったときに温度差が大きくなる現象は、冬期だけでなく春や秋にも月2～3回の頻度で生じる。このときに表面と1 m間の温度差が30℃にもなる。すなわち、10 m 深雪温が年平均気温に相当すると言われているが、それよりも雪温が低くなる可能性が大きい。

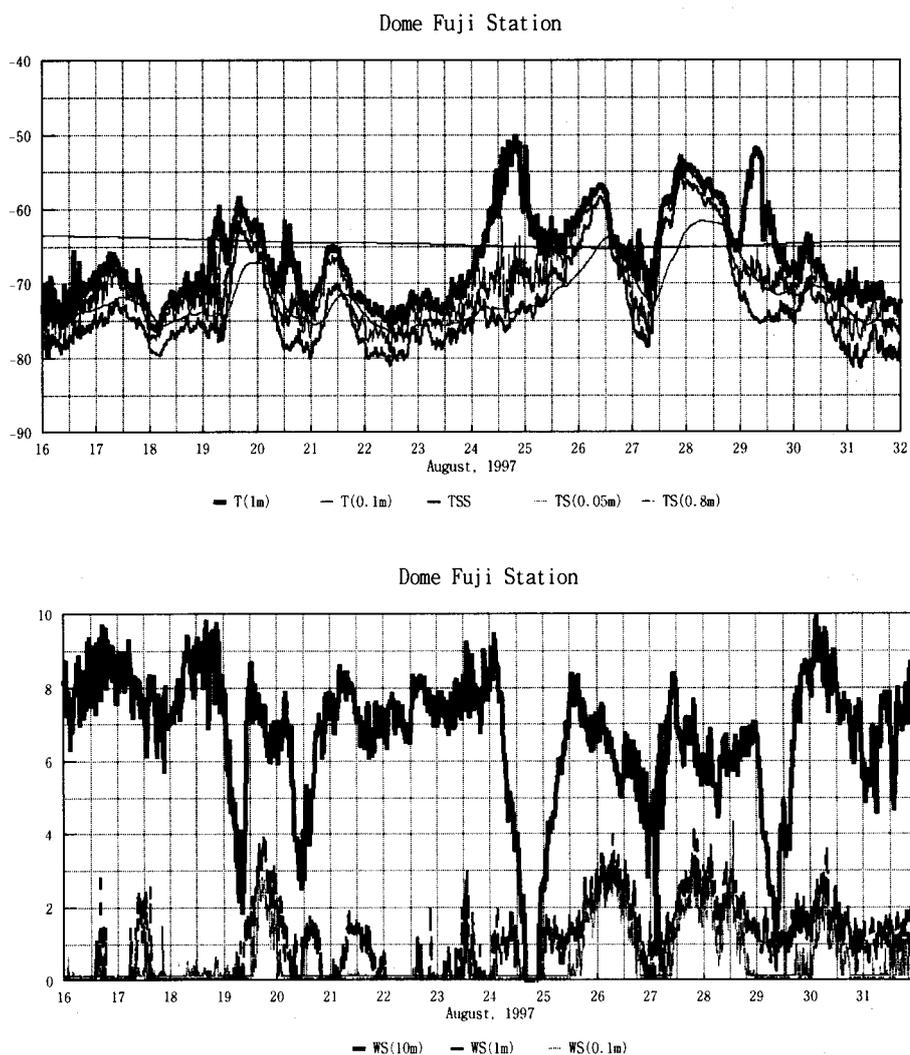


図1. いろいろな高度における気温及び雪温（上図）、風速（下図）の時間変化

ドームふじ観測拠点におけるGPS高層気象ゾンデの通年観測

平沢尚彦 (極地研)、林 政彦 (福岡大)、川村泰史 (奈良女子大付属中)、
西平 亮 (共同通信)、西村 淳 (海上保安庁)、福田正人 (砂川市立病院)

Summary of upper air observation at Dome Fuji station with GPS-sonde

N.Hirasawa (NIPR), M.Hayashi (Fukuoka Univ.), Y.Kawamura (Nara Women's Univ.),
R.Nishihira (Kyodo News), J.Nishimura (Maritime Safety Agency),
M.Fukuda (Sunagawa City Medical Center)

We have performed the observation of upper air with the GPS-sonde from February in 1997 to January in 1998. In this study, we will introduce the following subjects.

- (1) Seasonal and daily variation of the inversion layer in the PBL.
- (2) Seasonal variation of vertical temperature profile around tropopause.
- (3) Wavy structure in vertical profiles of temperature and wind.

はじめに

ドームふじ観測拠点(南極内陸稜線上)は南極内陸の各国の基地の中でも極渦の中心に近い基地の一つである。ここで、通年の高層気象データを取得すること、及びブロッキング高気圧侵入時や多雲量時に高頻度の高層気象データを取得することを目的として観測を行った。今回はGPSシステムを利用した測風機能を搭載したゾンデを持ち込んだ。以後、GPSゾンデと呼ぶ。ゾンデの測風様式にはもう一つ別にゾンデを追尾するアンテナの仰角と方位角とを利用する方法があるが、ドームふじ観測拠点のような低温域ではアンテナの駆動部分の正常動作を確保することが困難である。

1997年2月15日15時(12時GMT)に第1回目のGPSゾンデ観測が成功して以来、合計約180回の観測を行い、1998年1月7日にドームふじ観測拠点での観測を終了した。ここでは惑星境界層中の気温逆転層の季節変化、日変化、対流圏界面の付近の気温のプロファイルの季節変化、及び成層圏で観測された波状構造を紹介する。

気温逆転層の観測

図1には1997年7月9日の観測結果を示す。なお、前日には越冬中の地上気温の最低値を記録したが、ゾンデの観測は行っていない。この時、地上気温は-75度にも下がっているが、気温逆転層トップの気温は-50度程度を示している。大気下端の気温逆転はゾンデ観測を開始した2月中旬には日中でも維持されていた。日中の日射の影響で気温逆転層が消失するのは11月後半頃からであったが、再び日中でも維持されるようになるまでの観測は出

来なかった。

表 1 に 1997 年 5 月～11 月の気温逆転層の諸データを示す。1997 年 2 月～4 月及び 1998 年 1 月は観測回数が少ないため、また、1997 年 12 月は気温逆転層が不明瞭になったためこの統計では除外した。なお、この統計は月毎に観測回数が異なること、ブロッキング形成等特定の気象パターンの時の集中観測をそのまま集計していることを付記する。

表 1 1997 年 5 月～11 月の気温逆転層の諸データ

	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	5～9月
平均気温差(度)	23.3	20.7	19.3	23.3	19.8	12.1	12.1	21.3
最大気温差(度)	27.4	29.0	28.7	28.2	23.1	21.6	14.6	29.0
最小気温差(度)	10.6	9.3	7.0	11.6	16.0	4.3	2.6	7.0
平均層厚(m)	426	409	342	374	335	335	281	377
最大層厚(m)	934	912	890	589	884	753	820	934
最小層厚(m)	222	164	148	144	125	148	105	125

成層圏の気温、風向・風速の波状構造

成層圏の観測データの中にしばしば波動状の構造が見られた。図 2 に 1997 年 6 月 7 日、図 3 に同 22 日の観測例を示す。いずれのケースも 100hPa 以上では風速、風向の鉛直方向の変動が顕著である。風速の振幅は 10m/s に達する領域も認められる。

22 日のケースは風の変動に同期して気温の変化が見られるが、7 日のケースは気温の変動はそれほど顕著ではない。

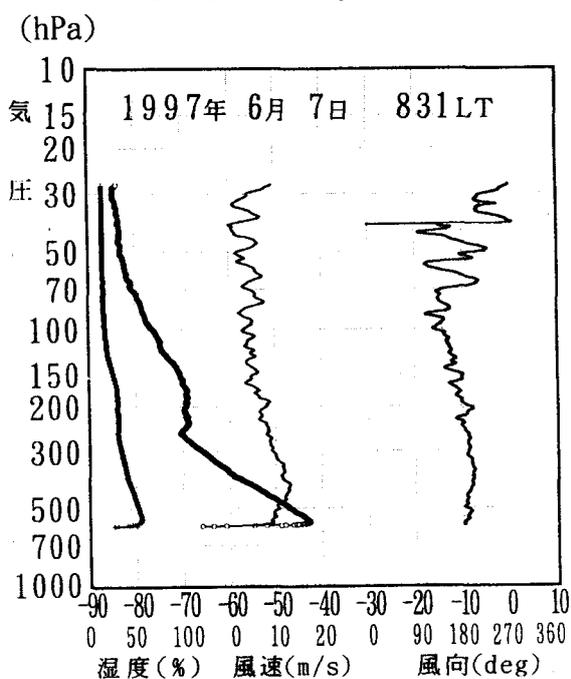


図 2 1997 年 6 月 7 日の高層気象観測結果。

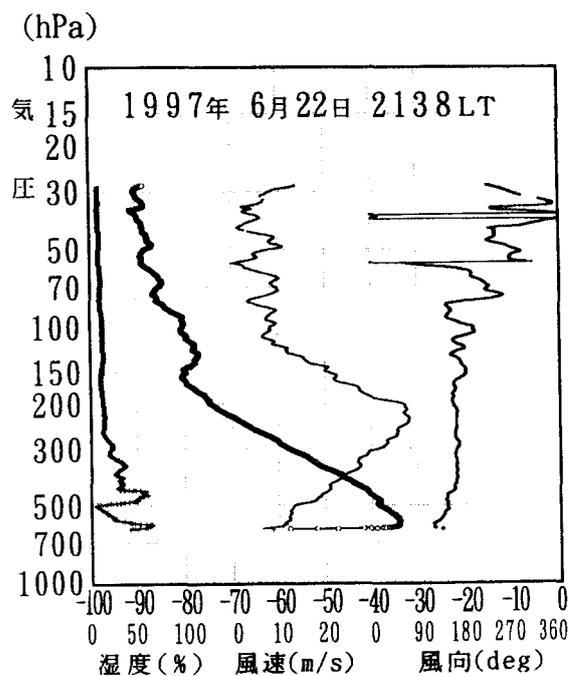


図 3 1997 年 6 月 22 日の高層気象観測結果。

ドームふじ観測拠点の地上気温、風向データ に含まれるエラーについて

平沢尚彦 (極地研)、森永裕幸 (気象庁)

Some errors in the surface meteorological data at Dome Fuji station

N. Hirasawa (NIPR), H. Morinaga (JMA)

The surface meteorological data at Dome Fuji station has been obtained under men's maintenance in JARE-36 (in 1995) to 38 (in 1997), which is one of few data sets in inland of Antarctica. We will preliminarily report about some errors in the data set. This report is focused on wind direction and temperature.

はじめに

南極内陸の観測は少なく、ドームふじ観測拠点における3年間の通年地上気象観測データは非常に貴重である。最近ではAWSの普及によって、ドームC等の内陸の通年データが得られてきてはいるが、観測測器の保守を毎日行える有人基地の観測データの質には及ばないだろう。ここでは、第38次観測隊で観測した地上気象データの初期的な品質チェックで明らかになってきたエラーについて報告する。

本報告が後のデータ解析のために利用されれば幸いである。

地上気温

ドームふじ観測拠点の地上気温観測は第36次隊では基地から約50m離れた地点で観測していたが(以後T50)、第37次、38次隊では約200m離れた地点に移された(以後T200)。第37次以降もそれまでの気温観測を続けたため、2年間は2つの地点の気温観測が継続された。

ほとんどの場合2地点の気温には差がなく、第36次隊で取得した観測データの大部分は第37次隊以降のデータと同等である。しかし、風向が南西(225度)から南東(135度)の間にある場合にはT50がT200よりも高くなる傾向がある。気温差が大きい場合には10℃以上の差を示すことがあった。また、逆にT50がT200よりも低い場合も観測されている(最大10℃程度)。

図1に1997年7月23日の例を示す。この日は風向が概ね300度から200度へと変化し、それにとまって2地点の気温差が大きくなっている。T50が高くなる場合には、基地建物(もっとも高い非難小屋(約4m))が風上側に位置することが多い。非難小屋の発熱はなく、基地の排熱が直接大気を暖めているのではない。強い接地逆転層の中で非難小屋が気流にとっての障害物として働き、上下の空気を混合した結果T50を高くしていることが推察される。

地上風向

地上風向のヒストグラム上には2種類のエラーが見られる。一つは45度、135度、225度、315度の90度毎に現れる度数のピークである。そして、もう一つは約7度毎に周期的に見られる度数の増減である。例を図2に示す。エラーの原因については現在調査中である。

90度毎のピークは他の度数に比べ1桁大きな値になっており、16方位に集計した場合にも残ることがあるほどなので詳細な議論には注意を要する。

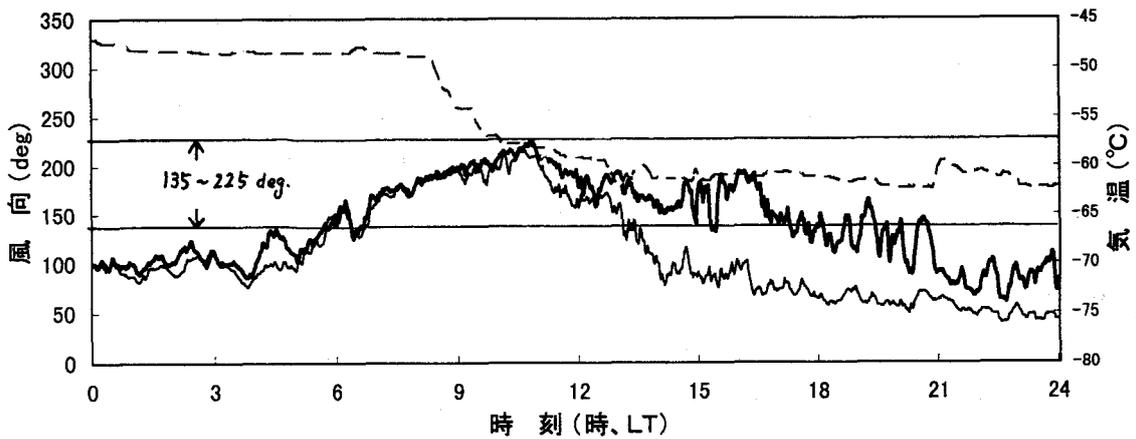


図1 1997年7月23日のT50(太線)、T200(細線)、及び風向(破線)の時間変化。

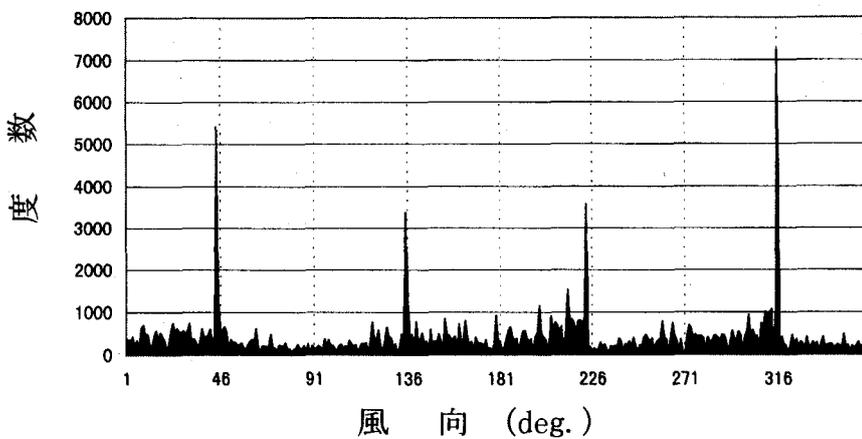


図2 1997年4月から9月において $3^{\circ}\text{C} > T50 - T200 > 0^{\circ}\text{C}$ の時の風向の頻度分布。

ドームふじ観測拠点の雲量と長波放射量の比較

平沢尚彦、山内 恭 (極地研)

Comparison between cloud amount and longwave radiation at Dome Fuji station

N. Hirasawa (NIPR), T. Yamanouchi (NIPR)

The surface observation at Dome Fuji station indicates that thick cloud, which can obscure moon rarely, appears over the station. In this study, we will show two cases of "cloudy" day. One is a case of thick cloud, which obscure moon. And the other is one of extreme thin cloud when cloud amount was judged as zero. At that time, longwave downward radiation increases up to nearly equal to longwave upward radiation, indicating there is cloud over the station.

はじめに

人工衛星の観測によって、地球上の広範囲の雲分布の知見は飛躍的に広がったが、人工衛星の観測から南極内陸の雲分布を知ることは難しく、知見はまだ少ない。太陽光の可視域の反射率で見ると、南極の雪面と雲の表面がどちらも 90%前後の値であり区分けが困難なことが第 1 の理由である。Yamanouchi et al. (1987)は、太陽光の当たる時期には、太陽光に含まれる近赤外域の反射放射量を比べることにより、氷床表面と雲域との分離が可能であることを示した。しかし、太陽光が当たらない極夜期には当然この方法は利用できない。

もう一つの障害は南極内陸域の惑星境界層中の定常的な強い気温逆転層の存在である。Phillpot and Zillman (1970)の考察によれば、東一南極のだいたい 3000m 以上の標高の高い領域では気温逆転の程度は 20 度を超える。逆転層の底に当たる大陸の表面温度は対流圏のかなり高いところの気温よりも低いことがある。それで、熱帯や中緯度域では、一般的に温度の低い領域をそのまま雲域と認識できるのに対して、南極内陸では、雲頂温度の方が雪面温度より高いことがしばしばあり、温度分布から直接的に雲分布を推察できないのである。Yamanouchi et al. (1987)や Murata and Yamanouchi (1997)は NOAA の AVHRR データの赤外域の 2 つの波長を使うことにより冬期間の南極内陸で雲を判別する方法を開発した。

ドームふじ観測拠点の雲量と上向き、下向き長波放射

図 1、図 2 にそれぞれ 1997 年 6 月中旬と 7 月上旬の雲量と上向き、下向き長波放射から換算した輝度温度の時系列を示す。

6 月 18 日頃には南極内陸に比較的厚い雲が広がったことが NOAA 画像から読み取れる

(当日)。この時には地上観測による雲量は 10 であった。下向き長波放射が上向き長波放射を上回っていることは、雪面より暖かい上空大気中の雲からの長波放射を示唆している。

一方、7月6日頃には地上観測で雲量は0に近いにも拘わらず、下向き長波放射が上向き長波放射を上回っている。この時の NOAA 画像からは周辺温度より僅か数度程度高い領域がドームふじ観測拠点付近に見られる。非常に薄い雲域が存在するようである。

考察

ここでは南極内陸で越冬した印象を交えて考察する。

内陸域では太陽や月をマスクしてしまうほどの厚い雲が広がることはほとんどなかった。6月18日頃のようにブロッキングに伴って形成される雲は厚く、太陽や月をマスクしてしまっただが、多くの場合は雲が全天に広がっても月や星が透けてみえる「10-」の記録として残っている。

これまで、Yamanouchi et al. (1987)らが開発してきた雲検出アルゴリズムが、これら2つのカテゴリーの雲に対してどの程度有効に機能するのかを検討する必要がある。また、内陸域は非常な低温領域であり、NOAAの赤外データそのものの精度が雲検出に利用可能かどうかを検討しておく必要もある。

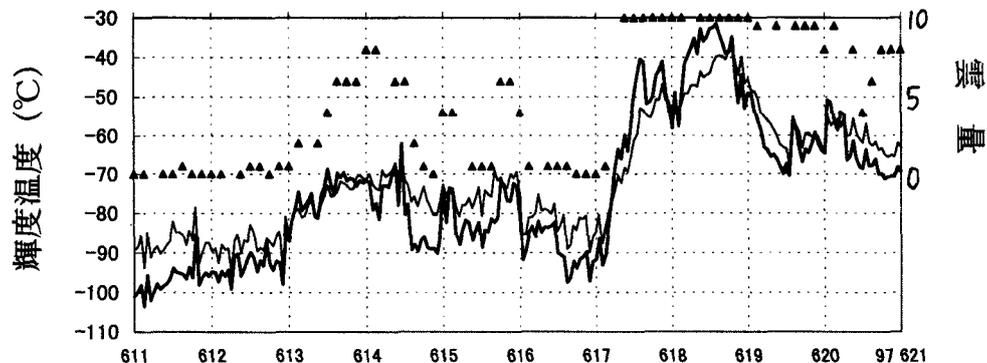


図1 1997年6月中旬のドームふじ観測拠点の雲量(▲印)、上向き(細線)、下向き(太線)長波放射。

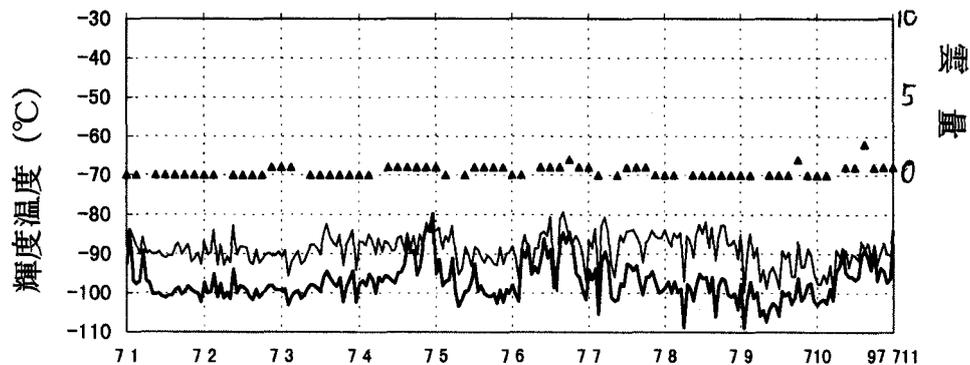


図2 1997年7月上旬のドームふじ観測拠点の雲量(▲印)、上向き(細線)、下向き(太線)長波放射。

南極域衛星データの雲と地表の識別

久保 守・村本 健一郎(金沢大・工)・山内 恭(極地研究所)

Discrimination between clouds and ground surface from polar satellite data

Mamoru KUBO, Ken-ichiro MURAMOTO(Kanazawa Univ.) and Takashi YAMANOUCI(NIPR)

In the polar region, it is difficult to discriminate between clouds and ground surface from satellite visible or infrared data, because of the high albedo and low surface temperature of snow and ice cover. In this paper, a method which discriminates between clouds and ground surface from only NOAA/AVHRR channel 4 is proposed.

1 はじめに

極域での気象観測には、衛星による観測が不可欠である。しかし極域では、大部分の地表面が雪や氷で覆われているため、衛星画像から雲を識別するのは難しい。これは、雪や氷のアルベドが雲と同程度に高く、また強い接地逆転により地表面の輝度温度が雲と同程度に低いという、極域の特性による。

本研究では、NOAA衛星AVHRR画像の赤外チャンネルであるch4を用い、雲と地表の識別を目的とする。ch4は、太陽光のない冬季にも観測可能であり、年間を通した気象観測を行うことができる。

2 雲と地表の識別

一般に雲は地表より輝度温度が低いいため、閾値を設定することにより、雲の識別が可能である。しかし、内陸部は輝度温度が低いいため、単純な閾値では雲の識別は困難である。雲の種類によっては、地表の輝度温度の方が低い場合もある。

そこで、短期間では地表の輝度温度の変化が小さいことや、陸域では雲量がそれほど多くないことから、複数のデータを使って場所毎の輝度温度平均値を求め、これを閾値とする。これにより、場所毎に最適な閾値を決めることができる。

さらに、テクスチャ特徴量により雲と地表の特徴

量を求め、識別を試みる。今回は16x16画素を一つのブロックとして、輝度温度の標準偏差を求める。

3 結果

図1は1988年11月10日の昭和基地付近のch1画像、輝度温度、標準偏差である。輝度温度、標準偏差はch1画像上の黒い線で囲まれた帯状の領域についてch4画像から計算した結果である。また、輝度温度の平均値は1988年11月1日から20日までの20日間のデータから求めた。図1は陸域に雲が無く、輝度温度は平均値とほぼ等しい。つまり、平均値がおおよそ地表の輝度温度を表していると言える。また、右側の内陸部ほど地表の輝度温度が低いことがわかる。

図2は左側に雲があるため、左側の輝度温度が平均値より低く、標準偏差も大きい。この雲は右側の内陸部の輝度温度との差はほとんどなく、場所毎の閾値が有効である。

図3は右側に細かい雲があるが、輝度温度からこの雲を識別するのは難しい。しかし、標準偏差は大きく、テクスチャ特徴量が識別に有効である。

以上のように、短期間の複数のデータから輝度温度の閾値を求め、さらにテクスチャ特徴量を利用することが、雲と地表の識別に有効であることがわかった。

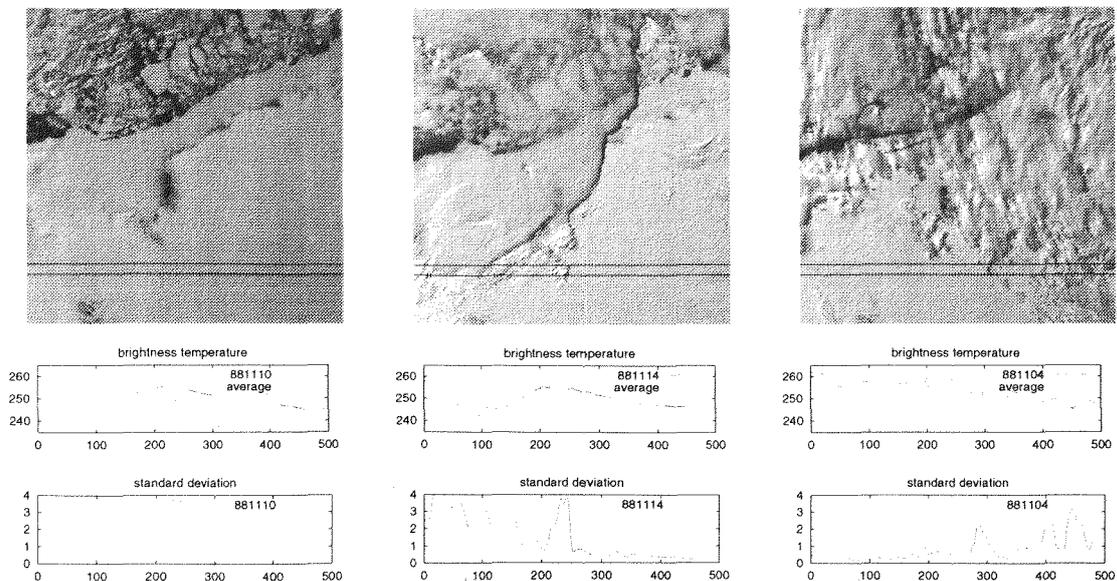


図 1. 1988.11.10

図 2. 1988.11.14

図 3. 1988.11.04

SSM/I データを利用した南極の水蒸気量の変動

三浦 啓充 ・ 高橋 忠司 (埼玉大・教育) 和田 誠 (極地研)

Variation of water vapor in the Antarctic from SSM/I

H. MIURA · C. TAKAHASHI (Saitama Univ.) · M. WADA (NIPR)

The brightness temperature of 22GHz V channel was used for the estimation of water vapor, and its variation was investigated in the region from 50S to 70S along the circle of 30E for nine years (1987-1995).

The frequency of the high brightness temperature usually appears from January to May, and it becomes high as the grid point goes away from the continent. This suggests that a lot of water vapor was transported from the ocean to the continent during this period.

Power spectral analysis was made for the grid point data (30E,50S) every season in 1993. Spectral power was high in summer and autumn. In summer, there were three peaks near about 10,4,2day.

1. はじめに

気候変動, 水循環を考える上で, 雲, 降水の研究は非常に重要である。太陽からの短波放射, 地球からの長波放射の影響における放射収支において, 雲の影響は大きい。気候変動は降水量に影響を及ぼす。

本研究では, SSM/I データを用いて南極の水蒸気量の変動, 特徴についてしらべた。和田・小西 (1996) は, 南極の1988年から1990年までの3年間について調べているが, さらに長期間のデータ解析が必要であると述べている。1987年8月から1995年12月までの南極のデータを解析した。

2. データ

今回の解析にはDMS PのSSM/Iの輝度温度データの中から, 水蒸気量検出に有効な22GHzのデータを用いた。

3. 結果

輝度温度から実際の水蒸気量を見積もるために, いくつかの方法が提案されているが, ここでは輝度温度をそのまま用いた。この場合, 輝度温度が高いということは水蒸気量が多いことに相当する。

和田・小西 (1996) は, 22Vの値が200K以上であれば水蒸気量が多いとしたが, 本研究でも同様の方法に従った。

氷や雪の部分は輝度温度が非常に高くでてくる。これは海上と氷や雪は放射率が異なるためで, 水蒸気量が多いためではない。大陸側では輝度温度が高いが, これは南極大陸の周りの海氷をあらわすことになる。よって, 水蒸気量の算出には海水面が出ている部分のみが有効である。

解析領域として昭和基地に近い東経30度, 南緯50度から70度の範囲を選んだ。

(1) 1ヶ月ごとの高輝度温度出現頻度 (図1)

解析領域において, 輝度温度が200K以上である日数の変化を示す。

① 水蒸気量の変動

例年, 海氷のない季節である1月から5月ぐらいにかけて, 輝度温度の高い部分が多くあらわれている日が多い。低緯度 (50S) ほどその頻度は高いこと

から, この時期に多くの水蒸気量が南極大陸に近づいていることがわかる。1991年を除けば, もっとも高緯度まで水蒸気量の多い部分が進入してくるのは3月頃で, 62度付近まで進入している。

1992年3月, 1995年3月は例年に比べて, 50度から62度付近まで水蒸気量の多い部分が頻繁に進入してきている。

② 海氷の変動

毎年同じような変動をしている。2月から4月あたりにかけてもっとも小さくなり, 5月ぐらいから大きくなり始め10月から11月にかけて最大となり, 12月から1月にかけて急激に減っている。このように海氷の季節変化がはっきり出ている。

経年変化の特徴としては, 1992年, 1994年は例年に比べて海氷の最大値が大きくなっている。1992年に関しては, 1991年6月に噴火したピナツボ火山 (フィリピン) の影響が考えられる。この影響は噴火後の地球全体の気温降下としてあらわれている。1994年に関しては, その原因は不明である。

(2) 22Vの輝度温度の周期解析 (図2)

1993年のデータを使って, 各季節ごとに周期解析を行った。地点として, 東経30度, 南緯50度を選んだ。

夏 (12月~2月), 秋 (3月~5月) に輝度温度パワースペクトル密度が大きい。

夏には約10日, 約4日, 約2日の3つのピークがある。

秋は約8日と約3日の2つのピークがある。

冬 (6月~8月) は約6日と約3日にピークが見える。

春 (9月~11月) は約10日, 約5日, 約3日, 約2日の4つの弱いピークを持っている。

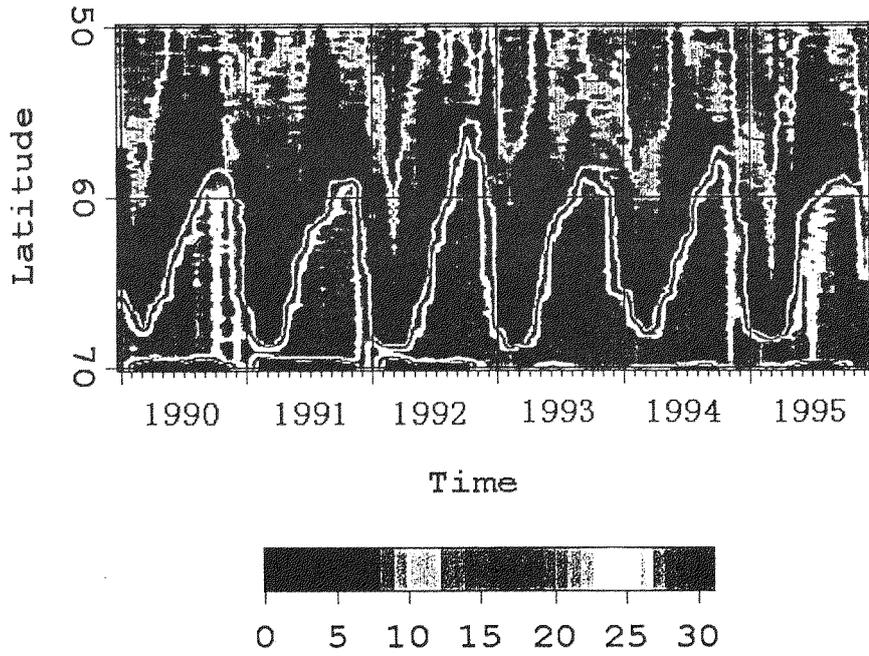


圖 1：高輝度溫度出現頻度（1990-1995）

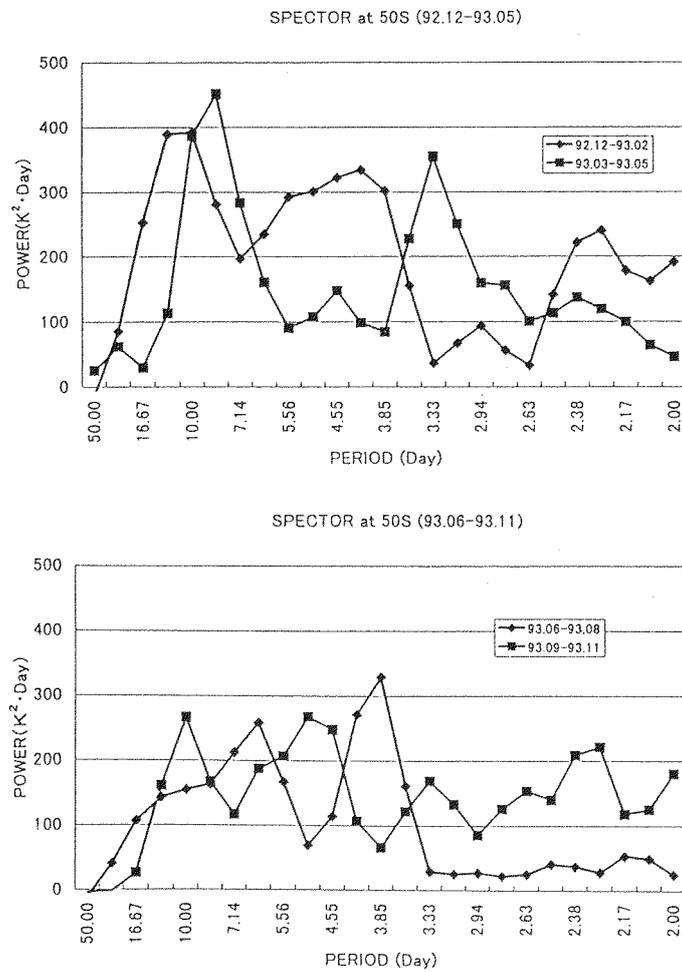


圖 2：22V 周期解析結果（92.12-93.11）

補間処理による南極大陸気温分布図の作成

佐々木 順一 志賀 太生 猪股 悟司 畑中 雅彦 板倉 賢一 (室蘭工業大学)
 和田 誠 平沢 尚彦 (国立極地研究所)

A temperature map in the Antarctica using by an image interpolation

J.Sasaki*, T.Shiga*, S.Inomata*, M.Hatanaka*, K.Itakura*, M.Wada** and N.Hirasawa**

* Muroran Institute of Technology ** National Institute of Polar Research

Using by Krigging interpolation method based on Geostatistics, an atmospheric temperature map in the Antarctica is obtained. To create this map, the monthly averaged temperature data at 76 stations during 1990-1996 in August are used. The average of the errors between interpolated temperature and observed one is 6.1 ° K, and the correlation coefficient between interpolated temperature and height above the sea level is -0.79.

1 はじめに

衛星を用いたリモートセンシングによる物体からの放射や散乱などのデータは、現場の測定対象の観測データと比較して行われる必要がある。本研究では地上の観測データとして南極域の気温に着目し、南極大陸のマイクロ波系リモートセンシング衛星[1]による輝度温度画像と気温分布画像との比較等が可能となるような南極域の気温分布図を作成することを目的とする。

本研究では、南極域に偏在する南極観測基地や無人気象観測点（以降、単に観測点と記述）のデータを用いて南極域の気温分布図を作成する。気温分布図を作成するために、観測点のデータより補間処理を行う。その方法として、クリッキング(krigging)法を用い、気温分布図を作成した。

2 補間方法

南極域に偏在する南極観測基地や無人気象観測点のうち、現在まで入手している観測点のデータから、1990年から1996年までの8月の月間平均気温を用い、クリッキング法によって各ピクセル毎に気温を推定することにより、南極域の気温分布図を作成する。

クリッキング法は、地球統計学(Geostatistics)を用いた補間方法であり、すべてのサンプルを用いてサンプル値を加重平均することで補間値を求める方法の1つである。具体的な理論は参

考文献[2]に譲ることとする。

3 結果および考察

入力データとしては、Antarctic Project Home Page^{*1}などで公開されている観測データを用いた。今回、気温分布図を作成するにあたって用いることができた観測点数は76点であった。

クリッキング法を用いて作成した気温分布図を図1に示す。この分布図は320×320ピクセルの画像であり、気温は256階調で表現している。画素値0(図1では黒)は183 ° K、画素値255(図1では白)は310.5 ° Kを示し、1階調につき0.5 ° K刻みで表現している。なお、図1では、推定に用いることのできた観測点の位置をプロットしてある。

推定した気温と実際に観測された気温を比較するために、ある一点の観測点が無いものと仮定して求めた推定値と、無いものと仮定された観測点における実際の観測値との差を誤差とし、各観測点(76点)において誤差の絶対値を調べた。その誤差の範囲と平均を表1に示す。

表1 誤差の範囲と平均

誤差の範囲 [° K]	誤差の平均 [° K]
0.04 ~ 29.4	6.1

*1 <http://uwamrc.ssec.wisc.edu/>

南極における等高線は、南極に等気温分布線を引いたとすると、その2つの線は非常に酷似することが知られている[3]。すなわち、南極における標高と気温分布にはかなり強い相関があるということであり、一般に標高が高いほど気温は低くなるため、それらの相関は負の相関となる。図2に示す標高データ (Antarctic Project Home Page より入手) より、観測点における実測値およびその観測点がないものとして推定した気温と標高との相関係数と、実測値および推定気温が仮に正しいとしたときの気温減率を求めると、表2のようになった。また、実測値および推定気温の気温減率のグラフを図3に示す。表2より、観測点における実測値と推定値は、どちらも強い相関性を示し、その差もわずかな値である。気温減率も大差がなく、そのグラフはほとんど一致する。また、作成した気温分布図と標高データ (海洋部分はのぞく) との相関係数は-0.79、気温減率は-0.010 ° K/mであった。

標高と実測値および推定値の相関や気温減率がほぼ同様であったことから、今回作成した南極域の気温分布推定画像は、全体的にはだいたい正しいといえるが、平均誤差が 6 ° K ほどあることから、推定された気温の精度はそれほど十分ではないということが言える。

今後の課題としては、公開されている観測データを集め、誤差を小さくする必要がある。

表2 標高との相関係数と気温減率

	実測値	推定値
標高との相関係数	-0.81	-0.78
気温減率 [° K/m]	0.014	0.013

参考文献

- [1] 古溝洋治, 岡本謙一, 増子治信 :
「人工衛星によるマイクロ波リモートセンシング」
pp.29-32, 社団法人電気情報通信学会 (1996)
- [2] Michael Edward Hohn :
「Geostatistics and Petroleum Geology」
Chapter 3, Van Nostrand Reinhold (1988)
- [3] 国立極地研究所 編
「南極の科学 3 気象」
pp.282-283, 古今書院 (1988)

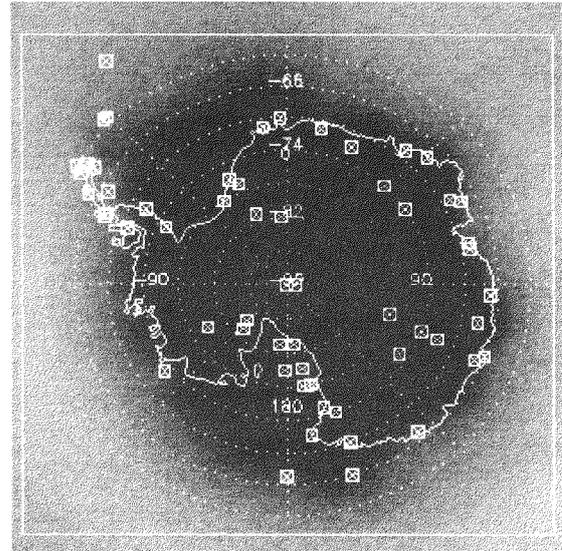


図1 作成した気温分布推定画像

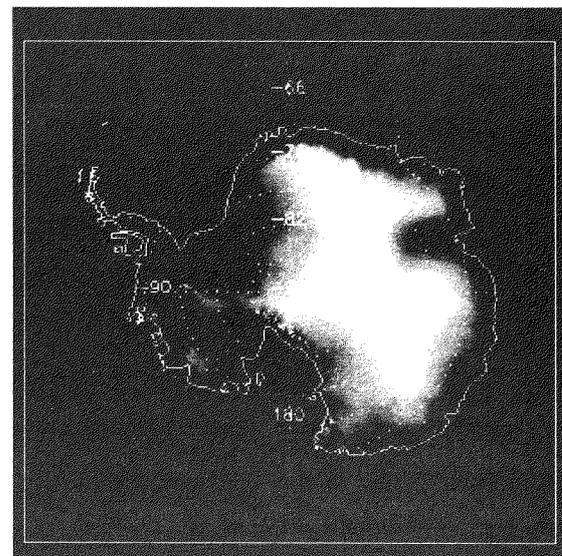


図2 標高データ

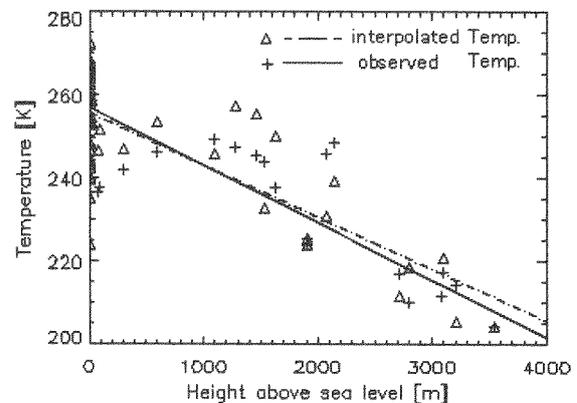


図3 標高と実測値および推定気温

Temporal Variations of Surface UV Radiation at King Sejong Station in Antarctica

Bang Yong Lee¹, Hi-Ku Cho², Sung Nam Oh³

¹Polar Research Center, Korea Ocean Research and Development Institute; ²Global Environment Laboratory, Yonsei University, Korea; ³Electronics and Telecommunications Research Institute, Taejeon, Korea

1. Introduction

The stratospheric ozone related studies have been performed worldwide politically, economically and scientifically by investigating the cause of ozone layer destruction, as well as searching the way of conserving stratospheric ozone and regulating of ozone destroying materials. The decrease of the amount of ozone increases harmful UV radiation that reaches the Earth's surface. Due to the growing concern related to ozone depletion and global change, Polar Research Center of Korea Ocean Research and Development Institute(KORDI) has also carried out research project for the study of stratospheric ozone and UV radiation at King Sejong station(62° 13'S, 58° 47'W) since 1988 and/or 1994. The station is situated at the boundary of the Antarctic ozone hole in most cases or within the ozone hole depending on the spatial extent of it. The location is also within the coverage area of the annual Antarctic vortices that are commonly developed over the Weddell Sea, Antarctica. In this paper we present the characteristics of temporal variations of surface solar radiation including UV and erythemal UV-B radiations measured at King Sejong station. The time period covered is from January 1995 to December 1996. Also we analyzed total ozone and erythemally weighted daily UV exposures data for comparison with each other.

2. Results

At first, characteristic features of the total ozone variations using the data measured by Nimbus-7/TOMS are obtained for the period of 1978-1991. The total ozone amount has decreased with the rate of 11 % per decade over King Sejong Station. Maximum decrease occurs in austral springtime (September, October, November) with its rate of 15.9 % per decade and minimum in autumn (March, April, May) with 5.7 % per decade over the Station. Maximum decrease monthly total ozone occurred

in October with the trend of 25.5% while minimum decrease is found in March with the trend of 2 % per decade at the Station. Surface ultraviolet radiation measurements from the Eppley UV radiometer(Model TUVK) and the Robertson-Berger type UV-Biometer(Model 501, Solar Light) together with Eppley Precision Pyranometer for horizontal surface solar radiation measurements have been used to analyze a statistical characteristics of the temporal variations at King Sejong Station in Antarctica during the period from January 1995 to December 1996(Table 1). The total ozone and erythemally-weighted daily UV exposures data measured from Nimbus 7/TOMS and NOAA/SBUV at the station were also analyzed for trends over the period November 1978 to April 1993. Annual mean value of daily horizontal surface solar radiation(285-3000nm) is 7.2MJ m⁻² with annual range of 11.7MJ m⁻². The same values are 0.4MJ m⁻² for daily UV radiation(290-385nm) and 5.7MED for daily erythemal UV-B radiation(280-315nm), respectively. Each annual range of the above is 0.7MJ m⁻² and 11.6MED. Global solar radiation, UV radiation and erythemal UV-B radiation are significantly correlated with each other. Correlation coefficients are calculated from 0.83 to 0.96 with the highest correlation seen between surface solar radiation and UV radiation. Regression analyses showed that erythemally-weighted UV exposures varied inversely as total ozone amount. The UV exposures increased 13%/decade as total ozone amount decreased about 10%/decade at the station during the above period.

Table 1. Seasonal and annual mean values for daily total ozone, global solar and UV radiations, and erythemal UV-B radiation at King Sejong station during the period from January 1995 to December 1996

	Spring		Summer		Autumn		Winter		Annual	
	Mean	S. D.								
Daily Total Ozone (DU)	258.4	48.1	295.2	13.8	272.5	24.1	237.5	25.3	266.5	36.7
Daily Accumulated Horizontal Surface Global Solar Radiation (MJ m ⁻²)	10.45	0.60	13.26	0.80	3.80	0.25	1.57	0.10	7.24	6.37
Daily Accumulated UV Radiation (MJ m ⁻²)	0.60	0.38	0.80	0.31	0.25	0.17	0.11	0.06	0.44	0.38
Daily Accumulated Erythemal UV-B Radiation (MED)	9.61	6.71	11.20	4.78	1.52	1.68	0.44	0.62	5.69	6.35

昭和基地における地上オゾン急減現象(SOD)とそのバックトラジェクトリー解析
 - 1997年8月28～29日のSODの事例解析 -

江崎雄治(福岡管区気象台)・林政彦(福岡大)・山内恭(極地研)

Surface ozone depletion (SOD) at Syowa Station and its back trajectory
 - A case study of SOD observed on August 28/29, 1997 -

Yuji.ESAKI(Fukuoka District Meteorological Observatory), Masahiko.HAYASHI(Fukuoka Univ.),
 Takashi.YAMANOUCHI(NIPR)

Surface ozone concentration decreased dramatically from 28 to 29 August 1997 at Syowa station. Aerosol concentrations with diameters of 0.07-5.0 μm increased to several times as much as background concentrations, accompanied with the surface ozone depletion. The SOD also accompanied with change of wind direction, and the results of trajectory analysis suggested that those air mass transported from sea ice area in low latitude (around 60°S) within several days. These results suggested that the SOD, observed on 28/29 August 1997 at Syowa Station, was carried out by transport of the air mass in which ozone had been depleted by heterogeneous reactions on sea salt particles.

1. はじめに

南極・北極の高緯度地域では、極夜が明けた春期に地上付近のオゾン濃度が減少し、ほとんど0になる現象があることが知られている。北極において実施された Polar Sunrise Experiment 1992によると、この現象は海塩起源の物質とオゾンが光化学反応することにより起こると考えられている。本報告では1997年8月28日から29日にかけて南極昭和基地において発現した地上オゾン急減現象時の気象及び地上エアロゾル濃度の変化とこの時の気塊のバックトラジェクトリー解析結果を報告する。

2. 測定装置及びデータ

オゾン濃度 : 紫外線吸収式オゾン計
 MODEL1100(Dylec, Co., Ltd.), Dasibi type
 エアロゾル濃度 : 光散乱式粒子計数装置
 TD100 : 直径 > 0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 μm
 TD500S : 直径 > 0.07, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 μm
 流跡線解析 : 気象庁客観解析データ

3. 地上付近のオゾン濃度とエアロゾル濃度の関係

観測された地上オゾン急減現象は、低気圧の通過後、地上風が北東から北西に変化すると同時に発現し、約22時間30分継続した。この時、パーティクルカウンターで観測した地上付近のエアロゾル濃度は約一桁増加した。

図1に地上オゾン急減現象時のオゾン濃度とTD100で観測された地上エアロゾル濃度の経時変化を示す。オゾン濃度の減少と同時にエアロゾル濃度がすべての粒径において増加している。この状態はオゾン濃度が平常値に戻るまで継続した。より小さな粒径(0.07, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 μm)のエアロゾル濃度についても同様の結果が観測された。

また、この現象の終了した直後に行ったオゾンゾンデ観測においては、700hPa以下の高度でオゾン濃度が通常値(25 $\mu\text{m b}$)より減少している(3 $\mu\text{m b}$ 程度)ことが観測された。

4. バックトラジェクトリー解析結果

図2に地上オゾン急減現象時の気塊(高度500m)の等温位面バックトラジェクトリー解析結果を示す。SODが発現した28、29日を挟んだ7日間(25～31日)の00, 12UTCについてそれぞれ7日間遡って計算を行った。その結果、昭和基地付近の地上付近の気塊は、通常カタバ風により南極大陸の内陸部からくるが、SOD期間の28日12UTC及び29日00UTCの気塊のみ、内陸部からではなく、10°E、60°S付近から低気圧の通過とともに海氷上を移動してきたことが分かった。また、この期間の海氷の状態は、気塊の通過した領域ではパックアイス状の領域はあったものの、大きな開氷域はなく、輸送中に海塩粒子が供給された可能性は小さい。これらの結果は、この現象が、0.07 μm から5.0 μm 以上の粒径のエアロゾル粒子が多く存在する、オゾンが破壊された気団が昭和基地を通過したことによるものであることを示唆している。

なお、この気団のスケールは、地上風から計算すると、東西方向で約190km、高さ約2600m(700hPa)程度であったと推定される。

5. まとめ

今回観測された地上オゾンの急減現象は、東西 200km、高さ 2 km ほどのオゾンが破壊された気塊が昭和基地を通過したことにより起きたと考えられる。この気塊は、7 日前は 10°E、60°S 付近にあり、エアロゾル濃度 (0.07 ~ 5.0 μm) が高く、海塩起源の物質との反応によりオゾンが破壊されていたことが示唆される。ただし、この期間の海洋の状態は大規模な開氷面はなく、どこの地域でオゾンが破壊されたかについては明らかではない。

今後、地上付近のオゾンがどこでどのように破壊されるかを解明するためには、今回行ったバックトラジェクトリー解析の事例を積み重ねることが必要であり、また、オゾン急減現象期間中の各種大気微量成分やエアロゾル粒子の化学分析についても行っていく必要がある。また、海氷上に存在が示唆された SOD 気塊の存在を航空機観測などによって確認することも必要であろう。

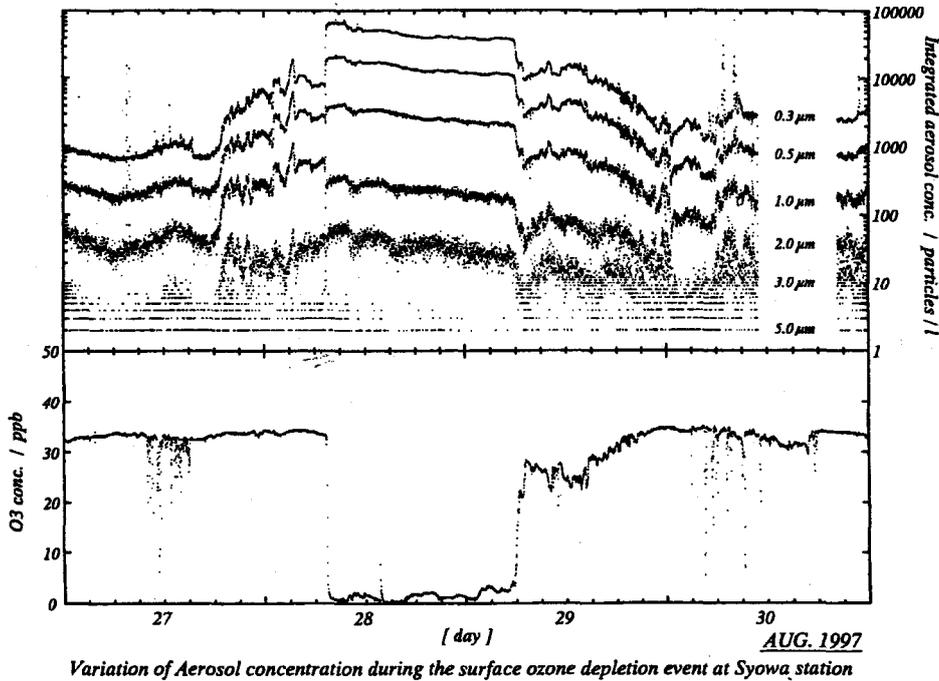


図 1 地上オゾン急減現象時の地上エアロゾル濃度の経時変化

Syowa Station (Aug 1997)

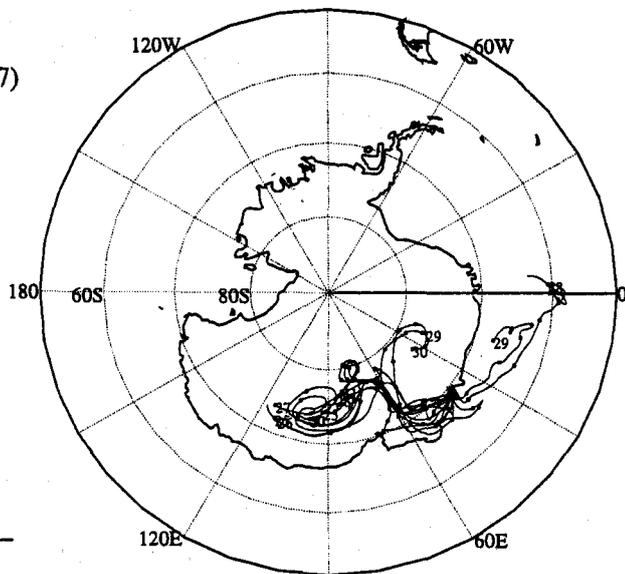


図 2 地上オゾン急減現象時の気塊 (高度 500m) のバックトラジェクトリー解析結果

南半球高緯度の極夜のオゾン全量について

忠鉢 繁 (気象研・環境応用)

On the behavior of total ozone in the polar night period over the Antarctic

S. Chubachi (Meteorological Research Institute)

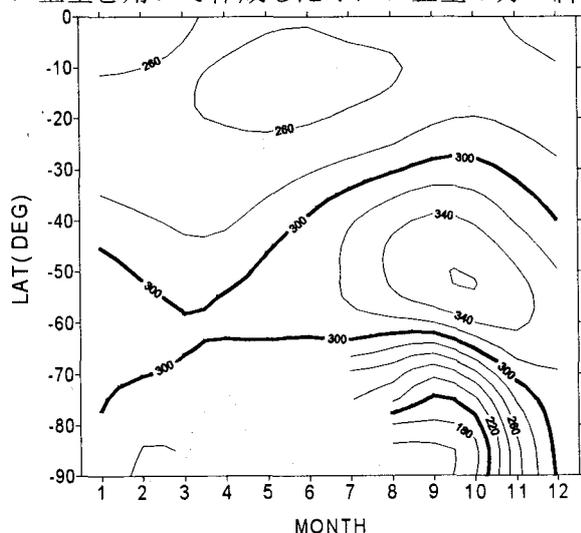
In this paper, Annual change of total ozone amount over the Antarctic is described by the use of TOMS data and ground based data with Dobson spectrophotometers. Analyses shows that the total ozone amount over Antarctica shows the total ozone is small in the pole word all year long. In the polar night period, the total ozone amount is almost constant from April to July. The rapid decrease with the Antarctic ozone hole is observed in August. There are no trend in the difference of total ozone between Syowa station and South pole, Though clear increase of that between Macquarie island and Syowa Station.

1. はじめに

太陽直射光が得られない高緯度の極夜及びその前後約一ヶ月間はドブソン分光光度計、TOMSともに観測が出来なくなり、オゾン全量の季節的な変動の実態が未解明であった。しかし、南極地域では近年月光によるオゾン全量データが蓄積されてきた。本論文ではこれらのデータを用いて極夜のオゾン全量変動の実態をあきらかにし、さらに南極地域の極夜のオゾン全量の季節変化の一般的な特徴を示す。

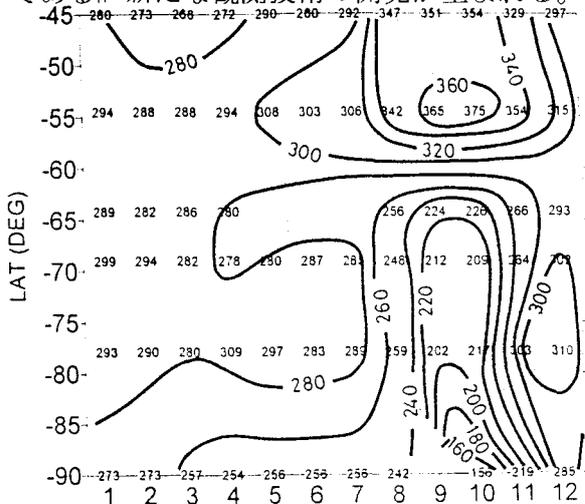
2. 南半球高緯度のオゾン全量分布

第1図に TOMS から求めた1987-97年を平均した南半球のオゾン全量の月一緯度断面図を示す。この図から南緯65度以南の冬季は、太陽高度角が小さくなるためにオゾン全量データが得られていない。この部分のオゾン全量の変化を調べるために、ドブソン分光光度計による地上観測から得られたオゾン全量を用いて作成したオゾン全量の月一緯



第1図 1987-97年の TOMS データを用いて作成した南半球のオゾン全量の月一緯度断面図。

度断面図を第2図に示す。第2図から、極夜の期間は(平均的には)大きなオゾン全量の変動がなく、極夜に入る直前のオゾン全量の分布が続いていることがわかる。また、極夜の期間も南極オゾンホールに伴うオゾン全量の減少が南緯60度以南の各緯度ではほぼ同時に始まっていることがわかる。第1図と第2図は、第1図が緯度平均したオゾン全量から作成されているが、第2図は経度方向に異なる位置にある観測点のデータから作成されていること、TOMS が太陽高度が小さく、オゾン全量が小さいとき、10-20 DU 大きなオゾン全量を示すなど、多少のちがいがあがあるが、第1図と第2図を併用することにより、我々は南極オゾンホールが発達した期間の1年を通じた南極上空のオゾン全量の平均的な変化及び分布を知ることが出来る。但し9月と3月の秋分及び春分の前後は地上観測が困難であり、観測数が少なく、実態把握が困難である。新たな観測技術の開発が望まれる。



第2図 南極点(90S)、アライバルハイツ(78S)、昭和基地(69S)、マランビオ(64S)ローダ(45S)のドブソン分光光度計による観測から作成した南半球のオゾン全量の月一緯度断面図。

カナダ・ユーレカ基地上空のオゾンについて (2)

廣田道夫 (気象大学校)、宮川幸治 (高層気象台)、永井智広 (気象研)、藤本敏文 (気象研)
 牧野行雄 (気象研)、内野修 (気象庁観測部)、H. F a s t (カナダ大気環境局)

On the Ozone over Eureka Station in the Canadian Arctic (2)

M. Hirota(MC), K. Miyagawa(Aerological Observatory), T. Nagai(MRI), T. Fujimoto(MRI)
 Y. Makino(MRI), O. Uchino(Observations Dept., JMA), H. Fast(AES, Canada)

Ozonesonde data at Eureka (80°N, 86°W) since 1993 were analyzed. At the lower stratosphere, the relation between potential vorticity and ozone mixing ratio had been consistent with the occurrence of chemical ozone loss. However in 1997/98, no sign of chemical ozone loss was observed.

1. はじめに

気象研究所では1993年からカナダ北極圏のユーレカ基地 (80°N, 86°W) において冬季に極成層圏雲 (P S C) 等のライダー観測を行っている。ここでは同時に行われているオゾンゾンデ観測の結果について報告する。観測は電気化学式の ECCゾンデを使用して、週1回行われている。ライダー等の観測期間中は、オゾンの変化を細かく見るため飛揚回数を増やしている。また1997年は通年で観測が行われた。ここで報告するオゾン全量はゾンデ観測から得られたものであるが、ゾンデが17hPa高度に達しなかった場合は、全量は算出していない。気温はオゾンゾンデ観測から得られたものを使用した。

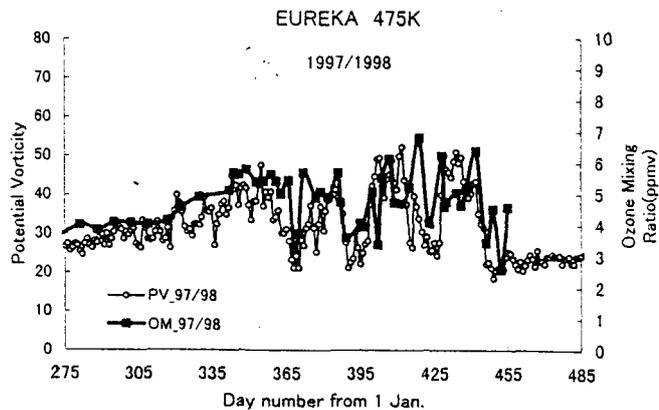
2. 観測結果

2. 1. オゾン全量 : ユーレカの約 600km南に位置するリゾリュート基地 (74.7°N, 95°W) のオゾン全量累年月平均値 (Ozone Data for the Worldによる) は3月に最大値、9月に最小値を示す。1980年代以降冬季の減少が顕著となってきたが、極大月に変化はない。ユーレカでの冬季5年間の累年月平均値は、リゾリュートよりかなり低い。97/98の冬は全ての月で累年月平均値より高かった。

2. 2. 50hPa高度の気温との関係 : 冬季のオゾン全量と50hPa高度の気温との関係は、月平均値で正の相関が見られた。97/98の冬は、気温は高めに推移し、P S Cは観測されなかった。そしてオゾン全量も高めに推移した。日々のデータで見ると、相関の傾きは96/97の冬まで年々減少する傾向にあった。これは高温側でオゾン全量が少なくなったためである。97/98の冬は高温側でオゾン量が高く、相関の傾きは過去5年間で最も大きかった。

2. 3. オゾン混合比と渦位との関係 :

冬から春にかけて、極渦内の下部成層圏 (温位475K面) のオゾン混合比と渦位 (気象庁の客観解析データによる) には良い相関が見られ、過去3年間拡大傾向にあったオゾンの化学的破壊に対応するオゾン混合比の減少は見られなかった (右図)。



極成層圏雲粒子の相状態と温度との関係

—Ny-Ålesund でのライダー観測—

○足立宏, 柴田隆, 酒井哲, 石井昌憲, 田村耕一, 荒木真, 長谷正博(名大 STE 研)
白石浩一, 佐藤和司, 牧山慎司, 林政彦, 藤原玄夫(福岡大), 岩坂泰信(名大 STE 研)

Relationship of liquid and solid phases of polar stratospheric cloud particles
to ambient temperature

— Lidar Observation at Ny-Ålesund —

H. ADACHI, T. SHIBATA, T. SAKAI, S. ISHII, K. TAMURA, M. ARAKI, M. NAGATANI (STEL)
K. SHIRAISHI, K. SATO, S. MAKIYAMA, M. HAYASHI, M. FUJIWARA (Fukuoka Univ.)
Y. IWASAKA (STEL)

Polar Stratospheric Clouds (PSCs) were observed by lidar at Ny-Ålesund, Svalbard. Backscattering ratio of spherical and non-spherical particles obtained by polarization lidar data implies the concentration of liquid and solid particles in polar stratospheric clouds (PSCs), respectively. Lidar data show that phase of PSC particles are influenced by the difference between ambient temperature and the frost point of nitric acid trihydrate (NAT).

名大STE研と福大理学部は、1994年1月から毎冬季に、Ny-Ålesund (Svalbard, Norway :78.5°N, 12°E)にて、ライダーを用いたエアロゾル観測を実施している。この場所の上空の成層圏は冬季に極成層圏雲(Polar Stratospheric Clouds: PSCs)が発生するといわれている195°K以下になりやすい。実際、観測をはじめてから毎冬季、PSCsイベントのデータを得ている。

PSC粒子は、温度が下がるに従って硫酸粒子→硝酸粒子→氷粒子になるといわれている。当初は硝酸粒子は固相粒子である硝酸三水和物(NAT)であると考えられていたが、最近の観測・室内実験・理論モデルの研究では、 $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$ の三成分系液滴粒子等、その他いろいろな硝酸粒子が提案され、未だ組成・形成・成長過程は不明な点が多い。

前回までは、偏光ライダーの解析パラメータから、PSCs中の固相粒子(～非球形粒子)と液滴粒子(～球形粒子)それぞれの量的変化が推論できる解析法を発表し、それぞれの粒子群の量的な時間変化を示してきた。これによって、北極のPSCs発生初期の段階では、それらの粒子群が、何らかの条件のもと、パッチ状(高さ方向:数km、水平方向:約500km)に複雑に重なり合っていることが分かった。この液滴粒子・固相粒子の振る舞い特徴づける条件の1つに、周囲の温度とNATの飽和温度との偏差があることがこれまでのデータから示されている。今回の発表では、過去のPSCsイベントのデータから得た液滴粒子・固相粒子の量的変化を、周囲の温度を中心にさらに細かく検討する。

垂直レーダーの長期連続観測データを用いた極域の雲のタイプの分類

小西 啓之 (大阪教育大)

Classification of cloud type by using the continuous data of vertical pointing radar

H. Konishi (Osaka Kyoiku Univ)

The precipitating clouds in the polar regions are classified by continuous echo patterns, which are obtained from vertical pointing radar at Syowa Station, Antarctica and Ny-Aalesund, Arctic region. The types of echo are classified into layer and convective type by correlation coefficient between the continuous data of two times.

はじめに

国立極地研究所では、南極昭和基地や北極圏スバル諸島の Ny-Ålesund で垂直レーダーを用いて、降水の連続観測を行っている。レーダー観測は、人工衛星観測に比べ観測範囲が小さく、雲の分布などを統計的に調べる上では不十分であるが、極域では、雲頂と地表面(海水面)の温度差が小さいために人工衛星に搭載された赤外放射輝度温度センサーのデータから雲を識別することは難しく、レーダーなどの実際の地上からの観測データを合わせて解析することが望まれる。

ここでは、これまで得られた垂直レーダーデータを使って、エコーパターンから層状性の降水エコーと対流性の降水エコーのタイプを分類する方法と、その結果について述べる。層状性と対流性の雲の違いは、発生時の気象条件の違いを示しているだけでなく、降水量や放射特性が異なると考えられるので、その分布の実態を明らかにすることは、極域の気候を調べる上で重要である。

データ解析方法と結果

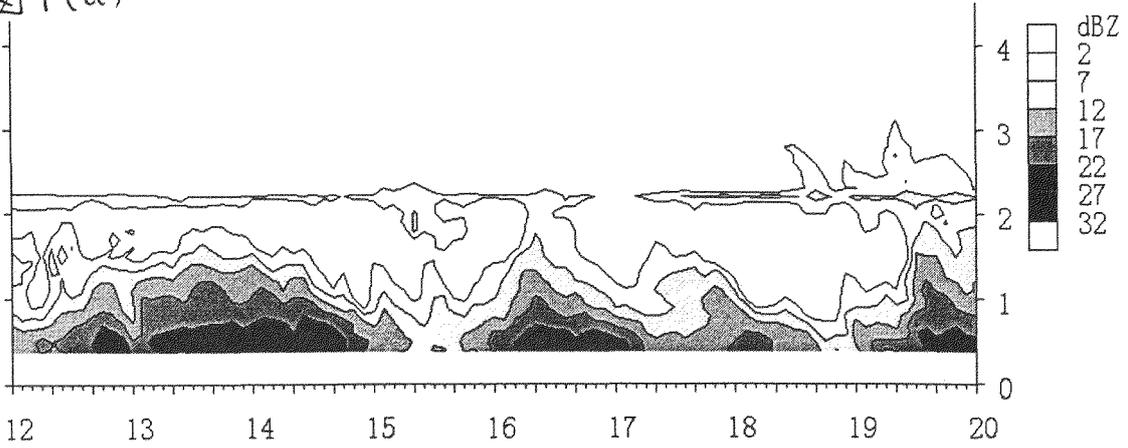
これまで、垂直レーダーは、南極昭和基地で約2年間(1988年2月~1989年12月)、また、Ny-Ålesund で多少の欠測があるものの6冬間(1992年8月~)の観測を行っている。データは50m分解能で6.4kmまでのエコー強度を10秒毎に記録している。このような長期連続したレーダーデータは極域では他に例がない。

図1(a)、図2(a)はそれぞれ Ny-Ålesund で1998年3月9日と3月10~11日に観測された層状性のエコーと対流性のエコーの時空間分布である。層状性のエコーは各時間毎の変動が小さいのに対し、対流性のエコーは変動が大きいため分類することができる。しかしながら、エコーの時空間分布からエコーのタイプ分けを行うことは、主観が入りやすいことや膨大なデータを解析する上で不都合であるので、客観的な方法として、各時刻のデータからその後の時刻のデータの相互相関を取り、比較することにした。

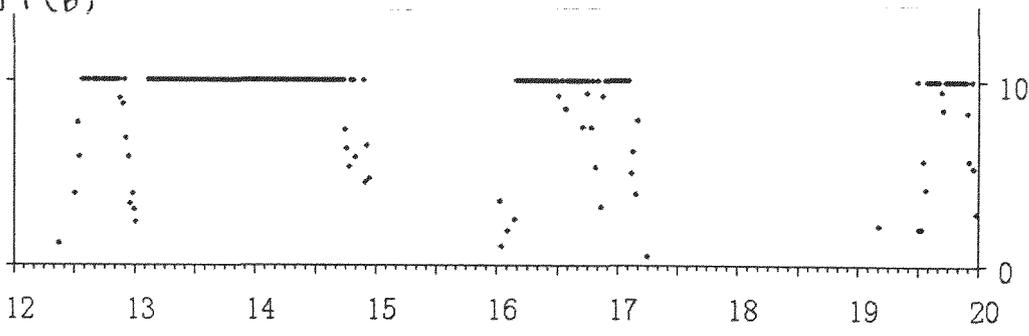
図1、図2の(b)図は、相互相関係数が0.93以上続いた時間を各観測時刻毎に調べ、まとめたものである。10分以上続いた場合は、10分として表示している。これらの図から明らかなように、層状性の例である図1の場合は、変動が小さいため10分以上相互相関係数が0.93を越えていることが多いのに対し、対流性の例である図2の場合は、変動が大きく、相互相関係数が数分で小さくなっていることが分かる。

これらの方法を使って、レーダーデータの分類を行った結果を報告する。

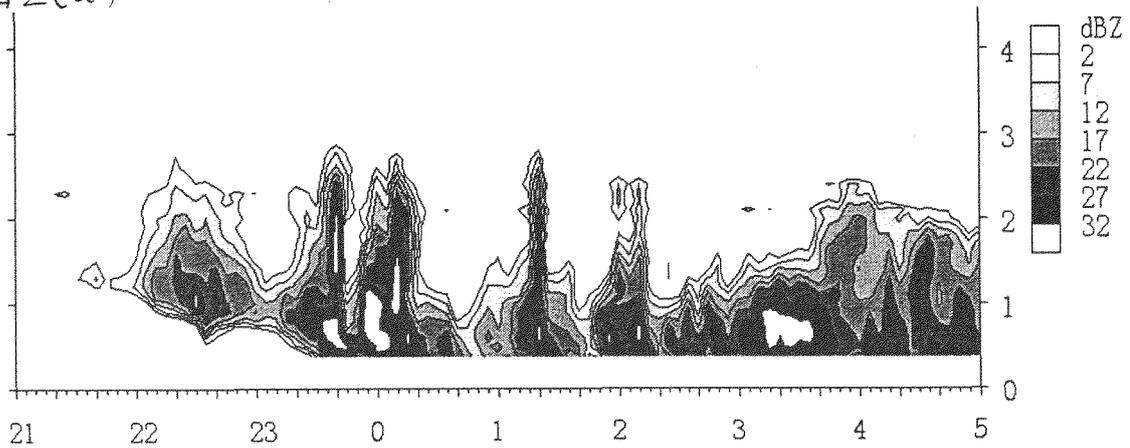
1(a)



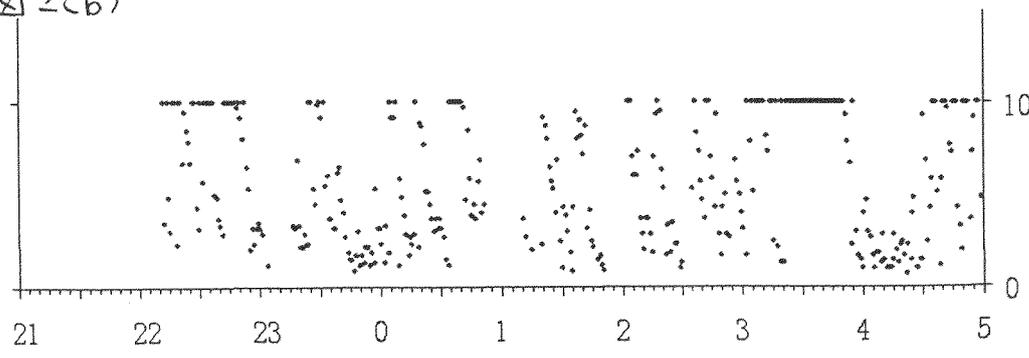
09 Mar 1998
1(b)



2(a)



10 Mar 1998
2(b)



1997/98 冬季スバルバルニーオルスンの雲、降水、エアロゾルの観測 (I)
和田誠 (極地研)、小西啓之 (大教大)

Clouds, precipitation and aerosol observation at Ny-Aalesund in 1997/98 winter (I)
Makoto Wada (NIPR), Hiroyuki Konishi (Osaka Kyoiku Univ.)

Abstract

Intensive observations using some instruments for studying clouds, precipitation and aerosol were carried out at Ny-Aalesund from December 1997 to March 1998. This observations also serve as ground based data in the period of the aircraft measurements, which were carried out in the arctic and around Svalbard on 6-14 March. The objectives are as follows:

- # How does precipitation take a role for scavenging aerosols?
- # How do aerosols take a role for forming clouds?
- # Relation of synoptic conditions to aerosol particle distributions.
- # What process is important for short term variation of aerosol?

This paper is a preliminary report of these works.

始めに :

3月初めの航空機観測の支援を兼ねて、1997年12月から1998年3月まで名古屋大学太陽地球環境研究所の協力の下、雲、エアロゾル、降水の観測を実施した。通年観測としての垂直レーダー、電場計、赤外放射温度計の継続とともに、支援観測期間中にはその他多くの観測を実施した。現在まだデータの整理中であるが、航空機観測、ニーオルスン、キルナの他の観測などにとっても参考となるデータセットができつつあるので第1報として報告する。

観測期間および観測項目 :

観測期間は12月初めから3月半ばまでの予定で開始された。実際の観測期間は12月20日から3月10日まで、ほぼ観測できた項目は、上記以外にマイクロ波放射計による積算雲水量、水蒸気量、光学式粒子計数器(OPC)によるエアロゾルの粒径分布である。また、著者らの滞在中の期間には更に、電子天秤による降雪強度、ビデオによる降雪粒子の連続記録、顕微鏡を用いた降雪粒子の写真撮影、2月から3月にかけては新しいPOSSと呼ばれる降雪強度、降雪タイプの観測装置による観測を行った。このほかドイツアルフレッドヴェーゲナー極地海洋研究所の高層ゾンデデータ、ノルウェー気象研究所の地上気象観測データ、英国ダンディー大学のNOAA衛星画像、ドイツ気象局の高層および地上天気図、アメリカ合衆国コロラドの合衆国雪氷データセンターのDMSP衛星のSSM/Iデータなどを利用して解析をおこなった。

観測結果 :

図1に12月から3月までの4ヶ月間の地上気温、気圧、降水量を示す。過去の観測で冬季12月から2月の間に、約1ヵ月から2ヵ月降雪がほとんど無い期間が見られたが、1997/1998の冬季では1月初めから3月初旬までの約2ヶ月間この傾向であった。図2に滞在期間のOPCで観測した0.3 μ m以上の粒径の粒子の11中の個数を示した。12月は相対的に低い。1月は変動が大きい。2月は20日以降大きな値をとるときが多くなる。3月は5日頃まで2月の終わりと同じ傾向を示し、その後低くなっている。現在比較をしていないので、推測であるが気団の種類、降雪の有無が関係しそうである。当日は観測期間の他のデータも示し、実際に降水現象とエアロゾルがどのように関係しているかを考える。

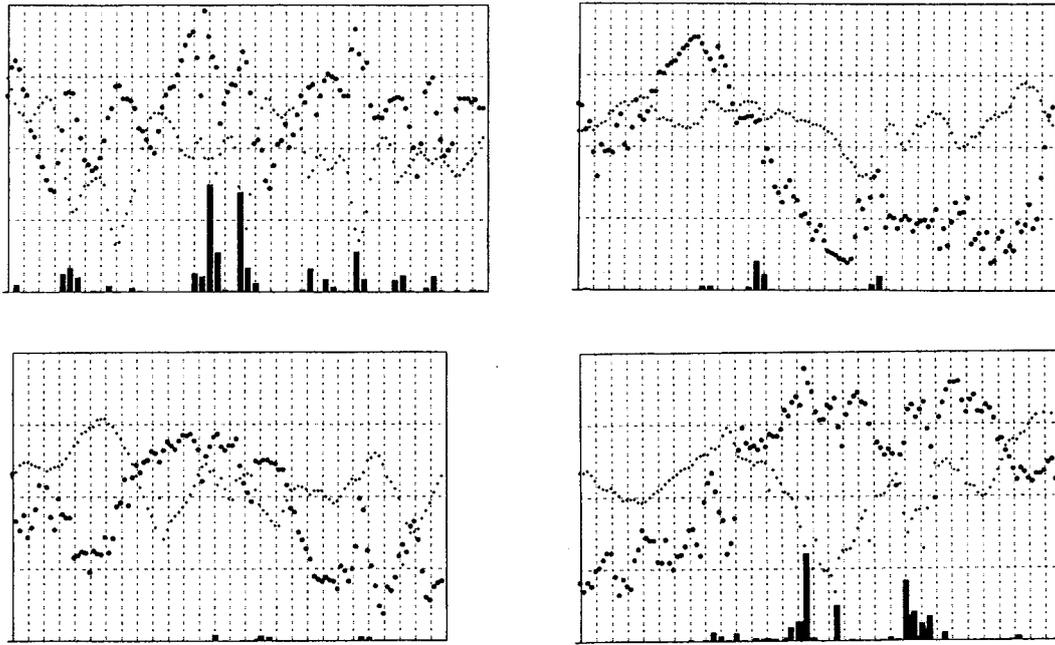


図1：1997年12月（左上）、1998年1月（右上）、2月（左下）、3月（右下）の気温（大きい丸：目盛は+4から-35C）、気圧（小さい丸：1050から960hPa）、降水量（棒：30から0mm）。

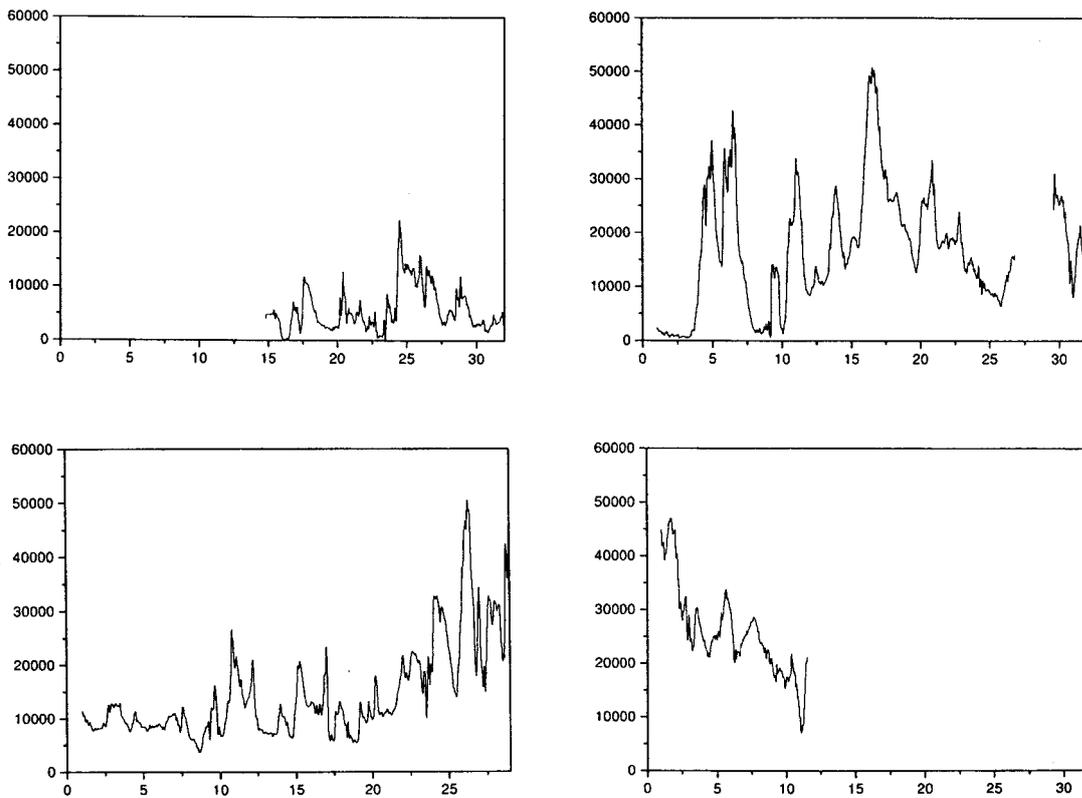


図2：図1と同期間、0.3um以上の11中のエアロゾル粒子数。

AAMP'98 における温室効果気体の観測

菅原敏 (宮城教育大)、森本真司、塩原匡貴 (極地研)、
中澤高清、青木周司、吉村悟 (東北大院・理)

Measurement of greenhouse gases in AAMP'98

S. SUGAWARA (Miyagi Univ. of Ed.), S. MORIMOTO, M. SHIOBARA (NIPR),
T. NAKAZAWA, S. AOKI, S. YOSHIMURA (Tohoku Univ.)

The lower stratospheric and tropospheric air samples were collected over the Arctic using aircraft during the period of Arctic Airborne Measurement Program '98 (AAMP98), and then analyzed for the CO₂, CH₄, CO, and N₂O concentrations, and δ¹³C and δ¹⁸O in CO₂, and δ¹³C in CH₄. The CH₄ and N₂O concentrations show good correlation with each other, due to the chemical destructions in the stratosphere. The CH₄ concentration and its δ¹³C are negatively correlated with each other, due to the carbon isotopic fractionation in the destruction process of CH₄.

今年3月に国立極地研究所の主導のもとに、Arctic Airborne Measurement Program '98 (AAMP98)が実施された。本研究では、AAMP98の中の一研究課題として、北極域での大気中微量成分の分布を明らかにすることを目的とし、大気試料の採集を行った。大気試料の採集は、機体上部に取り付けられた外気取込口から導入された空気を、2台の加圧ポンプを用いて採集容器に約10気圧まで加圧することによって行われた。試料の変質を避けるため、空気中の水蒸気は過塩素酸マグネシウムを用いて除かれた。採集は主に、アンカレッジ-パーロー-北極点-スピッツベルゲンを結ぶ成層圏下部の広域観測をねらった長距離フライトと、スピッツベルゲンとパーローでの対流圏下部から成層圏下部までの鉛直観測を主眼とする鉛直スパイラルフライトの双方で実施し、合計44本の大気試料が採集された。これらの大気試料は国内に持ち帰った後、CO₂、CH₄、CO、N₂Oの各濃度の分析と、CO₂の炭素及び酸素同位体比とCH₄の炭素同位体比の分析に供せられた。図はその結果の一部を示したものである。図1に示したように、CH₄濃度とN₂O濃度の間には明瞭な正の相関があり、共に成層圏大気中における光化学反応によって消滅していることを反映している。また、その関係は、大気球を用いた他の北極成層圏大気の観測結果と非常に良い一致を示している。図2に示したように、CH₄濃度とその炭素同位体比の間には明瞭な負の相関があり、特に低濃度側では急激に炭素同位体比が増加している。発表では、CO₂濃度及びその同位体比の分析結果等についても報告する予定である。

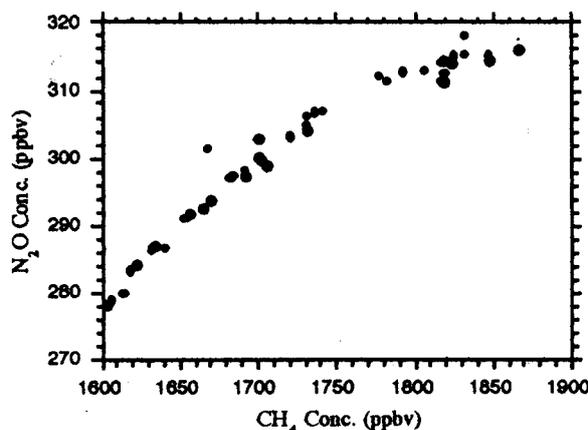


図1 CH₄濃度とN₂O濃度の関係。

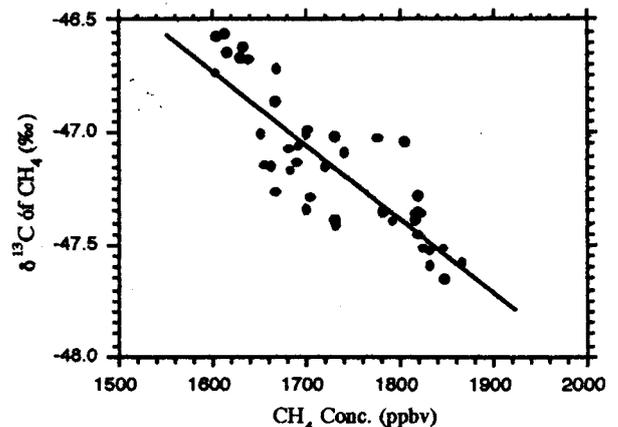


図2 CH₄濃度とCH₄のδ¹³Cの関係。

AAMP98 観測 北極圏上空エアロゾル中のイオン成分

庄司和弘, 山形定, 村尾直人, 太田幸雄(北海道大学)
塩原匡貴, 藤井理行(国立極地研究所)

AAMP98 Observation

K.SHOJI, S.YAMAGATA, N.MURAO, Y.OHTA (Hokkaido Univ)
M.SIOBARA, Y.FUJII (NIPR)

During AAMP98 with Gulfstream II as an airborne platform on-board measurements of particle(>0.3 μ m) numbers were performed by a laser particle counter. Several profiles of the concentrations of aerosol particles in the polar region were obtained. The results shows that in many cases dense haze exist at the height of several km. At the same time aerosol particles were sampled onto PTFE filters which were analyzed their ionic elements by ion chromatography in laboratory. Among several ions detected the amounts of sulfates correlate with the number of aerosol particles. In some samples high concentrations of chloride, sodium, and calcium were detected.

はじめに：1998年3月に、北極圏上空を対象としたAAMP(Arctic Airborne Measurement Program)98観測が行なわれた。その目的は「北極における地球規模大気環境変動—その立体構造の把握」である。本研究では、極域対流圏、成層圏下部のエアロゾル中のイオン成分の垂直分布の解明を目的とした。飛行区間は名古屋～北極点～ロングイヤープーン(帰りは逆)である。また、ロングイヤープーンを起点とし3日間観測飛行を行った。

観測方法：観測は、①エアロゾル数計測装置(パーティクルカウンター)によるエアロゾル数のモニタリング、及び、②フィルターサンプリングによるエアロゾル中イオン濃度の測定の2つである。サンプリング系を図1に示す。①のパーティクルカウンターによるエアロゾル計数は、0.3, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0 μ m以上の粒子数を5秒計測、1秒停止のサイクルで連続測定した。このデータから、各地点の粒子濃度を求めると共に並列して行なったフィルターサンプリングとの比較のために積算粒子数を求めた。②のフィルターサンプリングは、3段のプラスチック製ホルダーを用いた。最上段ではテフロンフィルターを用いたエアロゾルの捕集を、下2段では炭酸ナトリウム含浸ろ紙を用いSO₂ガスの捕集を行なった。エアロゾルはサンプリング後イオン交換水で抽出し、イオンクロマトグラフィーで分析を行った。

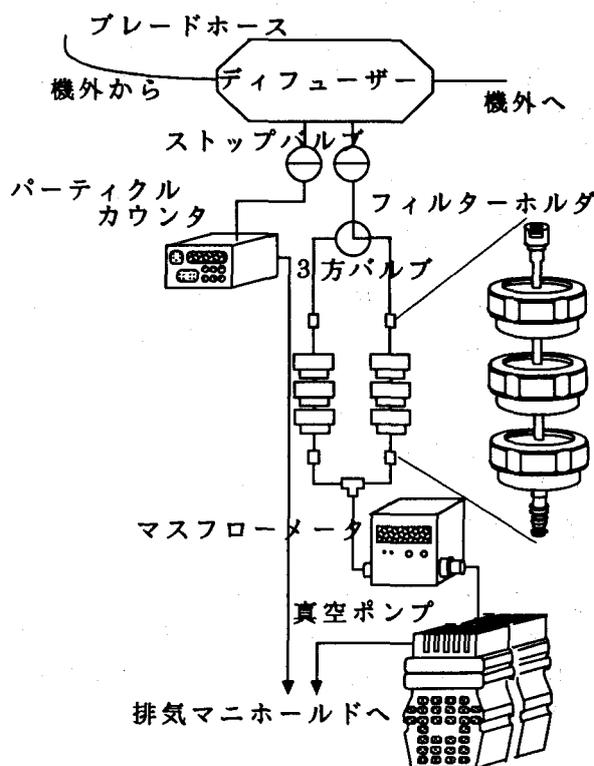


図1 エアロゾルサンプリング系

結果及び考察

①パーティクルカウンターで得られたエアロゾル数の高度プロファイルの一例を図2に示す。(実際は全日程で同様のプロファイルが得られた) ほぼ全日程において高度上昇に伴い粒子数が減少していくが高度5000~7000m付近で粒子数が急激に増加するヘイズ層が存在した(場所によっては多少高度が異なる)。

②フィルターサンプリングによって得られたエアロゾル中イオン成分の高度プロファイルを図3に示す。検出できたイオンは主に、 Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} の3成分であった。この3成分についても検出限界以下のデータがあり、明確な結論を得るためにはさらに観測を重ねる必要があるが、この図から以下のことが考えられる。まず、高度5000m付近の高濃度の Cl^- イオンについて、このサンプルが検出された時間帯には高度5000m付近にかなり濃いヘイズ層があった。 Cl^- と同時にほぼ等モルの Na^+ が検出されたことから、このヘイズは海塩粒子によるものと考えた。次に、 SO_4^{2-} イオンについては高度上昇に伴い濃度が減少していた。この傾向がパーティクルカウンターで計測したエアロゾル数の挙動と一致していた。図4にエアロゾル数とイオン濃度の関係を示す。これより、エアロゾル数と SO_4^{2-} イオン濃度との間に、良い相関が得られた。エアロゾル数の増加に伴い SO_4^{2-} イオン濃度も増加するということは、大気中のエアロゾル粒子が SO_4^{2-} イオンが主成分となって構成されていることを示唆する。おおよそその見積のため近似式を当てはめたところ、傾きが20000となった。すなわちこの式の意味は『(エアロゾルの粒径を一定と仮定したならば) SO_4^{2-} イオン1ngが約20000個の粒子から成る』ということである。また、イオン成分の分析結果から SO_4^{2-} イオンと同様の濃度挙動を示した陽イオン成分がないために SO_4^{2-} イオンの対イオンは分析していない H^+ で、 SO_4^{2-} イオンは硫酸ミストとして存在すると仮定した。 Ca^{2+} の濃度が Ca^{2+} イオンは一般に土壌粒子由来の可能性はあるが、この2サンプルが採取された時間帯にはパーティクルカウンターの計測値はいずれの粒径も大きくなっておらず、この Ca^{2+} に富んだエアロゾルは $0.3\mu\text{m}$ 以下の粒子から構成されていると考えられる。このようなエアロゾルがどのようにして高度5000mまで輸送されたかは現時点では不明である。

まとめ：今回の航空機観測では、各地点でのエアロゾル数の高度分布を観測するとともに、エアロゾル数と SO_4^{2-} イオン濃度との関係から上空での粒子が硫酸ミストである可能性を指摘した。今後、本研究で得られた結果を同時観測したガス成分、エアロゾル成分や気象データと比較検討する予定である。

【参考文献】AAMP98 北極圏航空機観測報告会 資料集 塩原匡貴

謝辞：今回の航空機観測で多大なご協力をいただいたダイヤモンドエアサービスの方々に深く感謝申し上げます。

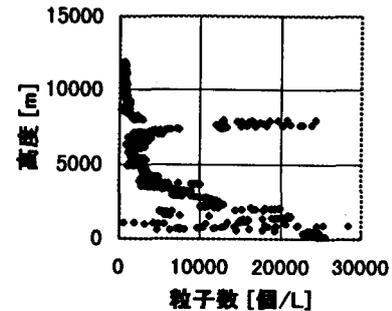


図2 エアロゾルの高度プロファイル

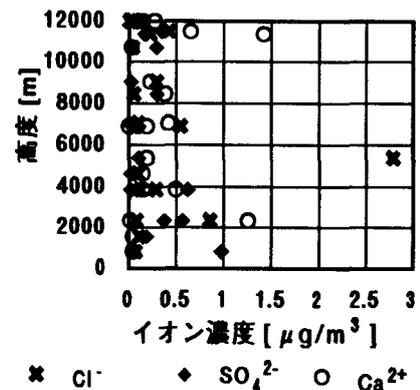


図3 エアロゾル中イオン成分の高度プロファイル

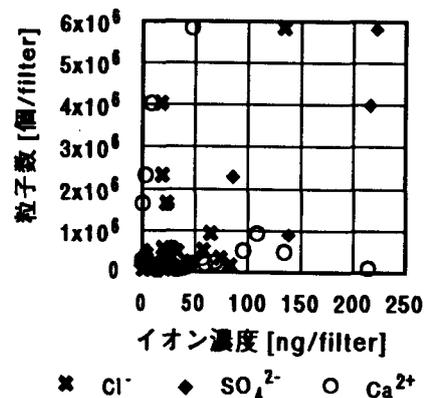


図4 粒子数とイオン濃度の関係

北極飛行機観測(AAMP98)における大気エアロゾル粒子の直接採集

原圭一郎¹・岩坂泰信¹・長田和雄¹・松永捷司¹・猪股弥生¹・渡辺征春¹
山形定²・塩原匡貴³

(1: 名古屋大学太陽研、2: 北海道大学工学部、3: 極地研)

Direct sampling of atmospheric aerosol particles during Arctic Airborne Measurement Program (AAMP 98)

K. HARA¹, Y. IWASAKA¹, K. OSADA¹, K. MATSUNAGA¹, Y. INOMATA¹, M. WATANABE¹,
S. YAMAGATA² and M. SHIOBARA³,

(1: Solar Terrestrial Environment Lab., Nagoya Univ., 2: Hokkaido Univ., 3: NIPR)

In order to know the morphology and mixing state of atmospheric aerosol particles in Arctic atmosphere, direct sampling of aerosol particles was carried out using aerosol impactor system during Arctic Airborne Measurement Program (AAMP98). Aerosol samples were observed with scanning electron microscope. Aerosol particles with clear satellite structure due to sulfuric acid droplets were observed in samples collected in lower stratosphere and free troposphere, whereas the number and size of aerosol particles in free troposphere were smaller than that in lower stratosphere. On the other hands, aerosol particles with crystal and satellite structure due to droplet of sea salt particles were observed in boundary layer.

今までに北極域で行われてきた飛行機観測は、主に中緯度から輸送された汚染物質に起因するアークティックヘイズ—主に大気エアロゾル—を中心に観測が行われてきた。そのためにヘイズ層が出現している高度や、その周辺の水平分布や若干の高度分布に観測の中心が置かれていたが、北極大気中での大気エアロゾルの性状を理解する上では、ヘイズ層という限定された空間のみの観測だけではなく、非ヘイズ層のデータを得ることが重要である。北極大気中におけるエアロゾル粒子の連続的な空間分布の観測は、気球を用いた粒径分布計測などがなされているものの、実際のエアロゾル粒子の形態、成分、混合状態の観測例は極めて希である。そこで、北極大気中のエアロゾル粒子の性状（形態・組成・混合状態）を知ることが目的として、北極航空機観測(AAMP98)において大気エアロゾル粒子の直接採集を実施した。

大気エアロゾル粒子は、名古屋大学太陽研で開発したインパクターを使用した。本装置は試料面（ここでは電子顕微鏡用のグリッド）を 30 枚セット可能なターンテーブルを内蔵したサンプルチャンバーと大気吸引用のポンプ、さらに、システム制御及び動作状況記録用のコンピュータにより構成され、地上大気圧下で約 18L/min の流量で大気を吸引し、カットオフ粒径が 0.2 μ m になるように調整されている。

スピッツベルゲン島、Ny-Ålesund 上空で行われた鉛直方向の観測フライト（下部成層圏～境界層内）の結果の例を見ると、下部成層圏付近で採集された試料では明瞭なサテライト構造を持ったエアロゾル粒子が多数存在していた。同様に自由対流圏内でもサテライト構造を持つ粒子が確認されたが、粒径は成層圏内の試料と比べると小さく、その数も極めて少なかった。また、境界層内で採集された試料でもサテライト構造を持った粒子が観察されたが、成層圏や自由対流圏内で見られた硫酸粒子ではなく、粒子の核として海塩と考えられる明瞭な結晶質を持つ粒子であった。

北極航空機観測(AAMP98)による北半球中・高緯度の

対流圏—成層圏の硫化カルボニル(COS)の濃度

○猪股 弥生¹、松永 捷司¹、菅原 敏²、森本 真司³、長田 和雄¹、岩坂 泰信
渡辺 征春¹、塩原 匡貴³

(1、名古屋大学 太陽地球環境研究所、2、宮城教育大学、3、国立極地研究所)

Aircraft observation of carbonyl sulfide (COS) concentration in the troposphere and lower stratosphere over middle - high latitude of Northern Hemisphere during AAMP98

○Y. Inomata¹, K. Matsunaga¹, S. Sugawara², S. Morimoto³, K. Osada¹, Y. Iwasaka¹, M.

Watanabe¹, M. Shiobara³

(1. Nagoya University, Solar Terrestrial Environmental Laboratory, 2. Miyagi University of Education, 3. National Institute of Polar Research)

【 Abstract 】

Stratospheric and tropospheric gas samples (altitude 1000 - 39000ft) were collected and subsequently analyzed for COS under the Arctic Airborne Measurement Program 1998 (AAMP98) over the range of Japan to the Arctic. The vertical distribution of COS over Ny-Ålesund and Barrow showed relatively small fluctuation in the troposphere. Particular, in higher concentration of COS, CS₂ was also detected. The higher concentration of COS might be influenced by emission of the anthropogenic activities. On the other hands, the results of the stratospheric samples analyzed suggested that concentration of COS was decreasing with altitude. It was considered that COS was the contributor in the formation of stratospheric sulfate aerosols.

【はじめに】

硫化カルボニル(COS)は、対流圏では反応性が乏しいために、火山活動によって突発的に成層圏に注入される SO₂ 以外には、成層圏まで拡散され得る主な硫黄化合物であるといわれている。COS は成層圏に到達後、強い紫外光によって光化学分解を受け、SO₂、さらには硫酸液滴に酸化される。従って、不均一反応によるオゾンの減少や、太陽光の散乱強度・地球の放射収支などをかえることによって地球環境に間接的影響を及ぼす成層圏エアロゾルの前駆物質であることが指摘されている。そこで、対流圏—下部成層圏の COS の濃度分布とその輸送・変質過程を明らかにすることを目的として、北極航空機観測 (AAMP98) をおこなった。

【 試料採取と分析方法 】

北極航空機観測 AAMP98 (ガルフストリームII、ダイヤモンドエアーサービス社) は、1998年3月6—14日に実施された。大気試料の採取は名古屋—ニーオルセンを結ぶ長距離フライト間で高度 39000ft においておこなわれた。また、ニーオルセン・バロー・ペテロパヴロフスク上空 (高度 500—39000 ft) で、COS の鉛直濃度分布を得た。大気試料は、機体上部に取り付けられた外気取り込み口からポンプを用いて導入し、試料採取シリンダー (1 L) 内に加圧 (約 2.5 - 6 気圧) 採取した。本観測では、

35 試料を採取することができた。試料の分析は、約 500mL の大気試料を低温濃縮後、GC/FPD (島津 GC 8A) を用いておこなった。COS の検出限界は 18 pL/L、標準誤差は±10%であった。

【結果と考察】

観測結果の一例として、ニーオルセン(79°N)・バロー(72°N)上空における下部成層圏—対流圏の COS の濃度の鉛直分布を示す。ニーオルセン上空の COS の濃度は、440-490pptv の範囲内で変動し、下層大気ほどやや高濃度となる傾向がみられた。一方、バロー上空の COS の濃度は、428 - 495pptv の範囲内で変動し、高度 20000-30000ft 付近の濃度は、下層大気と比較して高濃度であった。ニーオルセン・バロー共に、COS の濃度が高いときには人為活動に起源を持つ CS₂ も検出された。CS₂ の寿命は短い(4 - 7 日)ことから、COS の濃度が高濃度の大気は人為活動の影響を受けた空気塊が比較的急速に上空に持ち上げられた可能性がある。従って、COS の鉛直濃度分布のわずかの濃度差は、起源からの放出量・除去源・大気の全球的輸送等の影響を反映しているものと考えられた。また、航空機に搭載された GPS のデータから推定した圏界面高度をもとにすると、成層圏大気のコス濃度は対流圏大気のコス濃度と比較して明らかに低濃度であり、圏界面からの高度が高いほど COS の濃度は低くなる傾向があった。このことは、COS は成層圏で消滅し、成層圏エアロゾルの硫黄供給源となることを示唆しているものと考えられた。

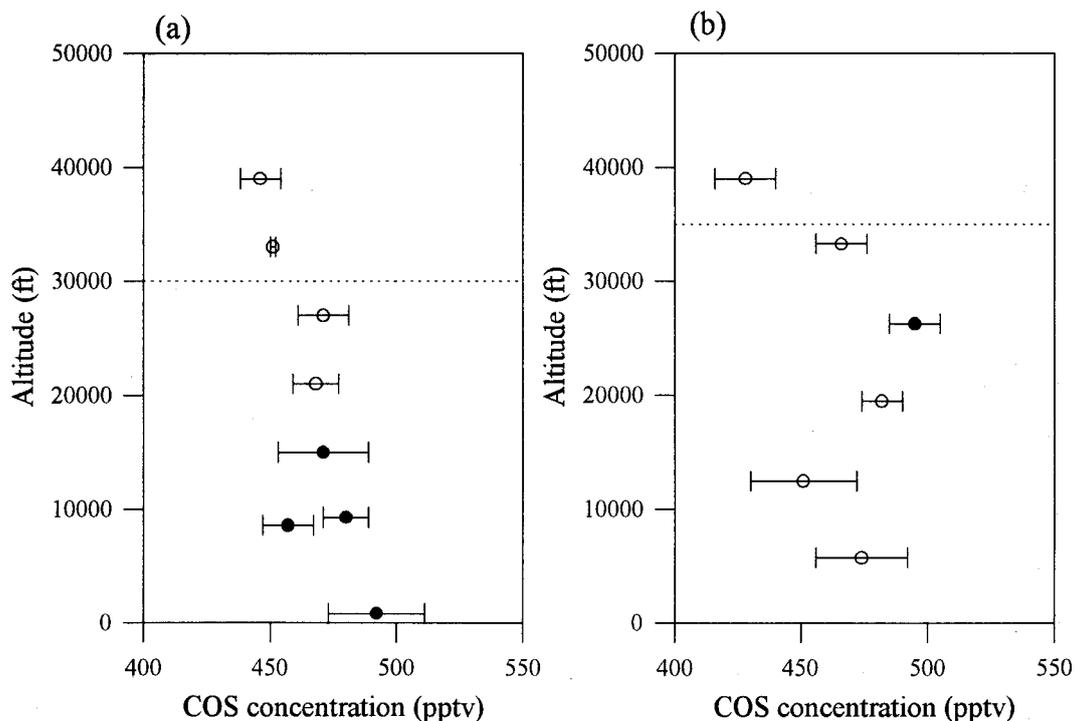


図 ニーオルセン (a) 及びバロー (b) 上空の硫化カルボニルの濃度の鉛直分布。点線は、圏界面高度を示す。○は CS₂ が検出されなかった大気試料、●は、CS₂ が検出された大気試料。

AAMP98(Arctic Airborne Measurement Program 1998)における成層圏・対流圏エアロゾル数濃度の観測

渡辺征春・長田和雄・猪股弥生・柴田 隆・足立 宏・岩坂泰信・(名大STE研)、
山形 定・(北大・工)、塩原匡貴・(極地研)、土屋政義・(シグマテック)、
大橋敏次・(DAS)

Observation of Tropospheric and Stratospheric Aerosol Concentration in AAMP 98

M.Watanabe, K.Osada, Y.Inomata, T.Shibata, H.Adachi, Y.Iwasaka (STEL, Nagoya Univ.),
S.Yamagata (Hokkaido Univ.), M.Shiobara (NIPR), T.Tsuchiya (Sigma-Tec Co.,Ltd.),
T.Oohashi (DAS)

Observation of Tropospheric and Stratospheric Aerosol Concentration had been performed in March 6 - 14, in AAMP 98. Optical Particle Counter(OPC; Designed for balloon-borne measurements by Sigma-Tec Co.,Ltd.) was installed on Gulfstream II aircraft, and the measurements were succeeded during all the observational flight. Simultaneous measurement of balloon-borne OPC had been conducted in the same flight area, and the comparison of both results shows the degree of reliability of the airborne OPC observation. The problems on the OPC particle-sampling system on the sub-sonic aircraft and the observational results will be presented.

名大太陽研と(株)シグマテックとで共同開発された気球搭載型 OPC による観測が94年から行われている。98年3月にAAMP 98が実施され、観測用航空機 Gulfstream II (G II)の機体腹部、主翼前縁付け根のスペースに OPC が搭載され、その直下に機体インレットが設置された。観測飛行の全行程中の、離陸直後から高度12 kmで巡航時、及び着陸直前まで OPC によるエアロゾル数濃度測定が問題無く行われた。さらに期間中飛行領域において OPC 観測気球が放球され、航空機搭載時とのデータの比較を行うことができ、OPC による航空機観測データの信頼性を確認することが出来た。本発表では、測器の亜音速航空機への搭載上の(主に機体インレットの)問題と対策、そして観測結果を中心に報告する。

カナダ北極対流圏エアロゾルの長距離輸送

石井昌憲 (名大・STE 研), 柴田 隆 (名大・STE 研) 板部敏和 (通総研)
 水谷耕平 (通総研), 永井智広 (気象研), 藤本 敏文 (気象研)

Long-range transport of the tropospheric aerosol in Canadian high Arctic

S.Ishii (Nagoya Univ. STE lab), T.Shibata (Nagoya Univ. STE lab),
 T.Itabe (CRL), K.Mizutani (CRL), T.Nagai (MRI), T.Fujimoto (MRI)

A Mie-scattering-polarized lidar system was installed at Eureka (80°N, 86°W) in the Canadian high arctic and has been operated to obtain the vertical distribution and optical information on arctic tropospheric aerosols during winter seasons from 1993-94 to 1996-97. The purpose of this study is to discuss the long-range transports of arctic tropospheric aerosols observed by the lidar in the free troposphere over last four winter seasons. Ten-day isentropic back trajectories were calculated for the purpose. The result indicate that arctic tropospheric aerosols observed over Eureka were transported mainly from Eurasia and Siberia/Pacific Ocean, and occasionally from Atlantic Ocean/Greenland, and North America

はじめに: 我々は、カナダ北極圏ユーレカにおいて 92 年度冬季より 97 年度冬季まで Arctic Haze をおもな観測対象としてライダーによる北極対流圏エアロゾルの観測を行ってきた。前回の発表では、観測期間が極夜のため観測された散乱体が、観測対象なのかあるいは観測対象外の雲や氷なのかをを判別する方法について主眼をおき発表を行った。検討した判別法に基づいて北極対流圏エアロゾルの高度毎について調べたところ、3km 以上の高い高度においてもしばしば観測されていることがわかった。

北極対流圏エアロゾルが等温位面上を断熱輸送されてきたとすると、高い高度の粒子ほど低緯度から極域に輸送されてきたと考えられる。観測された北極対流圏エアロゾルの輸送経路について考察を行うため気象庁の客観解析データを用いて等温位面流跡線解析を行ったのでその結果について報告を行う。

結果: ライダーによって高度 2km 以上の高度で観測された北極対流圏エアロゾル等温位面流跡線解析を行った。その結果、次のようなことがわかった。1) 高い高度で観測されほど、北極対流圏エアロゾルはより低緯度域からあるいはより低緯度域を通過して

いた。2) ユーレカ上空で観測された北極対流圏エアロゾルの輸送頻度は、ユーラシア、シベリア域、北米域、大西洋域、そしてヨーロッパ域の順に高かった。3) 北極対流圏エアロゾルは、太平洋や大西洋上の開放水面からも輸送されてきた。

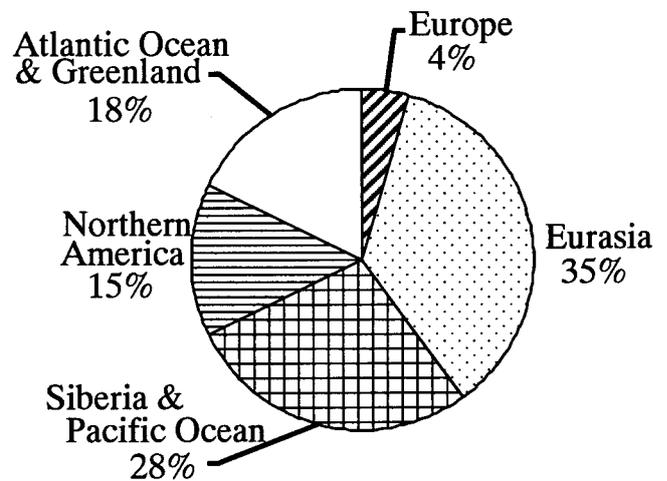


Fig.1 1993/94 年冬季から 1996/97 年にかけて高度 2km 以上で観測されたヘイズ層の輸送頻度

北極圏航空機観測 (AAMP98) で観測された北極域上部対流圏及び下部成層圏の二酸化炭素濃度

町田敏暢 (環境研) ・菅原敏 (宮教大) ・森本真司 ・塩原匡貴 (極地研)

Upper tropospheric and lower stratospheric CO₂ concentrations over the Arctic region observed by Arctic Airborne Measurement Program 1988 (AAMP98)

T. Machida (National Institute for Environmental Studies), S. Sugawara (Miyagi University of Education), S. Morimoto, M. Shiobara (National Institute of Polar Research)

Upper tropospheric and lower stratospheric CO₂ concentrations over the Arctic region were observed using a continuous measurement system onboard the airplane. CO₂ concentrations over the Svalbard Islands observed on 10 March, 1998 were about 369 ppmv at the altitudes below 33000 ft, which were regarded as tropospheric levels around this place and time. Strong vertical gradient of the CO₂ concentration was observed between 33000 ft and 43000 ft, due probably to high air stability at the lower stratosphere.

はじめに 地球表層の炭素循環を定量的に解明するためには大気中の二酸化炭素 (CO₂) 濃度の時間的空間的変動を詳細に把握することが不可欠である。本研究では観測例がほとんどない北極域上部対流圏及び下部成層圏でのCO₂濃度について航空機Gulfstream-IIを用いて連続観測を行ったのでここに報告する。

観測空域 観測機は1998年3月5日に名古屋を出発し、ロシアのバトナブ、アラスカのアンカレッジ、バロー、北極点を経てスバル諸島のロングイヤーンに達し、同様のルートを経て3月14日に名古屋に戻った。途中の寄港地とスバル諸島周辺の3地点でCO₂濃度の鉛直分布を、各寄港地間の移動の際に成層圏下部でのCO₂濃度の水平分布を観測した。

観測装置 大気中のCO₂濃度はNDIR (LI-COR, Type LI-6262) を用いて、濃度既知の標準ガスに対して決定した。観測機の空気取入口から引き込んだ大気試料をダイヤフラムポンプによって加圧した後にパーマピュアドライヤーと過塩素酸マグネシウムによって除湿し、NDIRに導入した。NDIRの空気出口に接続したバッファ容器には内部の絶対圧力を一定に保つ装置が備えられているので、飛行高度の変化に伴うキャビン圧の変動に対してNDIRの出力が影響を受けない仕組みになっている。

観測結果 今回の観測で得られた結果の一例として、1998年3月10日にスバル諸島のニールン沖上空で観測されたCO₂濃度の鉛直分布を図1に示す。CO₂濃度は高度33000 ft以下では約369 ppmvで、鉛直方向にほぼ一定の値を示している。これは、対流圏内の空気がよく混合されているということや、この時期観測地域周辺でCO₂の大

きな放出源や吸収源がないことなどが原因として考えられる。高度33000 ftより上空においてはCO₂濃度は急激に減少し、高度43000 ftでは361 ppmvに達する。高度33000 ftでのCO₂濃度の大きなギャップは対流圏界面によるものと考えられ、この高度で大気の鉛直混合が大きく妨げられていることがわかる。また、高度33000 ftから43000 ftにかけての濃度勾配の存在も大気が鉛直方向に混合しにくいことを表している。このような成層圏下部でのCO₂の濃度勾配の存在は大気球を使ったサンプリングによる観測¹⁾でも確かめられているが、本研究では連続観測装置を使用しているので、より詳細な構造まで明らかにすることが出来た。

1) Nakazawa et al. (1995). *GRL* **22**, 1229-1232.

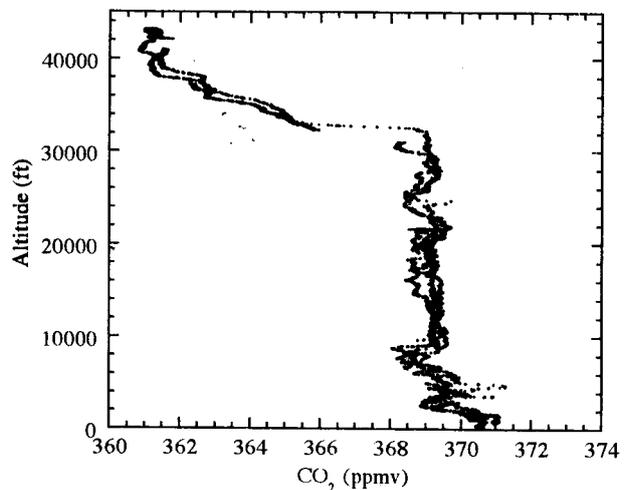


図1 ニールン沖上空におけるCO₂濃度の鉛直分布

地上オゾンの季節変動と反応性および地球環境シグナルの解析 (第2報)

二木安之 (信州大医衛生), 渡辺興亜, 神山孝吉 (極地研)

Analysis of seasonally variation of background ozone levels of the earth, ozone reactivity and environmental signals (part II)

Y. FUTATSUGI (Shinshu Univ. School of Medicine), O. Watanabe and K. Kamiyama (NIPR)

An advanced report for the analysis of seasonally variation (1997.2 to 1998.11 period data) of background ozone levels on the earth and ozone reactivity were proposed to clarify the evaluation of environmental signals related to human healthy factors. Ozone observed concentrations of ranges of day maximum data in period of 1997,2 to 1998,11 in the Shinshu university School of Medicine, Matsumoto-shi, Nagano prefecture, altitude 610m, are listed in Table. As listed in Table, the data in 1997 observed the day maximum ozone concentration of 0.056ppm; whereas that of 1998 year was 0.148ppm. But this data (c.f. TLV value 0.1ppm) was not continued in time scale. The data in spring and summer was higher than that of autumn and winter. The concentration of ozone in rain day was not detected (0.000 to 0.001ppm levels) in all seasons. The relationship between ozone concentration (in ppm) and the signal (in count) responsible for trace amounts of odorants (in trace chemical components) of an odor sensor (SnO₂ type) was negative relation.

はじめに

本報告は、平成8年度より継続している地上オゾン濃度の季節変動と反応性および地球環境シグナルの解析に関する昨年の〔第20回極域気水圏シンポジウム〕の第2報である。本年度は、定時読取データとペンレコーダーの記録からこれまでのオゾンデータの最高濃度0.148ppmが確認された(1998年5月22日14時26分)。また、1997、1998年の季節変動、天候、においセンサー(SnO₂半導体型)信号との対応について考察した内容を報告する。測定地点は、これまでと同様長野県松本市信州大学医学部衛生学教室である。

方法

既報と同様のシステムを用いた。

結果および考察

1997、1998年のオゾン濃度の日最高濃度の範囲、月別、季節別データをTableに示した。

Tableに示したように、定時のオゾン濃度の読取りデータの最高値は、0.148ppmであった。この値は、労働衛生分野の許容濃度等の勧告1998値0.1ppmをこえているが、時間単位の連続性はなかった。

雨天のデータは、各季節とも検出限界0.001ppmレベルのデータが一日観測され、前後日が高濃度日であっても極低濃度の安定した結果であった。

平成9年12月から10年1月には、当地は、100年確率の大雪にみまわれ、積雪1mとなった。

Table Ozone observed concentrations, range of day maximum data in the period of 1997.Mar.1 to 1998.Oct.30 in the Shinshu University School of Medicine,Matsumoto-shi,Nagano

1997 Period	Obs.day (n)	range of day max. (ppm)	Obs.day (n) of over 0.1	0.05-0.1	0.04-0.05 (ppm)
Spring					
97/3/1-3/11	11	0.000-0.034	0	0	0
97/4/1-4/30	17	0.013-0.046	0	0	6
97/5/1-5/29	20	0.005-0.053 (5/22)*	0*	1	5
Summer		*(14:26 0.148ppm recorder max.data)			
97/6/2-6/30	25	0.007-0.049	0	0	5
97/7/1-7/31	23	0.006-0.056	0	1	2
97/8/1-8/30	17	0.004-0.034	0	0	0
Autum					
97/9/1-9/30	23	0.000-0.047	0	0	1
97/10/1-10/30	22	0.016-0.039	0	0	0
97/11/4-11/29	22	0.000-0.033	0	0	0
Winter					
97/12/1-12/27	21	0.000-0.028	0	0	0
98/1/5-1/31	21	0.000-0.030	0	0	0
98/2/2-2/28	21	0.000-0.041	0	0	2
Spring					
98/3/1-3/31	23	0.019-0.043	0	0	6
98/4/1-4/30	20	0.010-0.047	0	0	2
98/5/1-5/29	17	0.011-0.047	0	0	5
Summer					
98/6/1-6/30	21	0.011-0.055	0	1	2
98/7/1-7/31	11	0.012-0.138	2	1	0
98/8/3-8/31	20	0.006-0.039	0	0	0
Autum					
98/9/1-9/29	18	0.003-0.037	0	0	0
98/10/1-10/30	21	0.002-0.041	0	0	1

インピンジャー内の雨雪を通過した空気中オゾン濃度には、ほとんど変化がなかった。屋外でオゾン濃度が0.06ppmをこえても気動のない室内では0.001ppmレベルであった。テドラバッグ内0.05ppmレベルのオゾン濃度は、直後70%、30分後50~60%、2時間後30%回収できた。オゾン濃度とにおいセンサー(SnO₂型)信号は、逆相関した。

通年にわたるオゾン、紫外線量、気圧、二酸化炭素、天候、気温、気湿などの観測と相互関係の解析に関する継続研究は、地球環境シグナル究明のために今後重要な研究課題テーマの一つであると考えられる。本研究の成果は、国立極地研究所共同利用研究(平成8~10年度継続研究)の一環である。

昭和基地上空の成層圏エアロゾルの季節変化

－ 38次隊における光散乱計数型エアロゾルゾンデによる観測－

木津 暢彦・江崎 雄二・松島 功・栗田 邦明・中嶋 哲二（気象庁）
林 政彦（福岡大）、渡辺 征春・岩坂 泰信（名大・STE研）
山内 恭（国立極地研究所）

Seasonal Variation of stratospheric Aerosol over Syowa Station

- Observations with Optical Particle Counter during wintering of JARE38 -

N.KIZU, Y.ESAKI, I.MATSUSHIMA, K.KURITA, T.NAKAJIMA(Japan Meteorological Agency)
M.HAYASHI(Fukuoka Univ.), M.WATANABE, Y.IWASAKA(Nagoya Univ.)
T.YAMANOUCHI(NIPR)

Seasonal variation of the concentration and the size distribution of stratospheric Aerosols were observed with an Optical Particle Counter Sonde (OPCsonde) at Syowa Station (69.00 S, 39.58 E) during wintering of JARE38 (Feb.1997 to Jan.1998). Six sondes were released and each sondes observed different stages in annual cycle, including a pre-PSCs condition on April 2, an active PSCs event on August 19, and following PSCs condition on September 22. Size distributions of PSCs observed on August 19 are similar to those of PSCs composed of liquid particles.

1. はじめに

38次隊（1997年2月～）から第5期5カ年計画のプロジェクト観測の1つとして南極大気・物質循環観測が推進されている。その一環として地上から下部成層圏までの粒径別エアロゾルの鉛直分布を観測するため、光散乱方式のパーティクルカウンタを搭載したエアロゾルゾンデを昭和基地（南緯69.00度 東経39.58度）及びドームふじ観測拠点（南緯77.32度 東経39.70度）で飛揚した。38次隊は昭和基地において年間を通して6回のエアロゾルゾンデ飛揚をおこない、南極観測史上初めて地表から下部成層圏までの粒子濃度粒径分布の季節変化を光散乱式粒子計数装置によって観測することに成功した。ここでは特に昭和基地において観測された下部成層圏におけるエアロゾルの季節変化、冬季に出現した極成層圏雲（PSCs）について述べる。

なお、昭和基地においては、このエアロゾルゾンデ観測は現在も続けられており、40次隊以降も継続する予定である。

2. 観測日

38次隊では、エアロゾルゾンデ観測をPSCsが観測される前（'97年4月2日）、PSCsが観測される時期（'97年5月27日、7月3日、8月19日）、PSCsが現

れなくなった時期（'97年9月22日）、および夏季（'98年1月28日）におこなった。

3. 観測結果

図1にPSCsが発現する前の観測結果（4月2日飛揚）を、図2にPSCsが目視により観測された時の観測結果（8月19日飛揚）を示す。38次隊が目視により何度か観測したPSCsはその発現から見えなくなるまで1～2週間の周期をもっており、8月19日のゾンデ観測は、目視によるPSCsの”濃さ”が薄らいできているときの放球であった。図1及び図2を比較すると8月19日は圏界面（高度10.8km）より上層で半径0.15～0.6μmの粒径領域の粒子濃度が顕著に高くなっている。これは、液相が卓越するPSCsに対して得られる粒径分布とよく似ている（Hayashi et al.1998）。

また、年間を通した空気塊に対する粒子の重量混合比の変化を図3に示す。PSCsが観測された8月19日の高度11km（圏界面）付近から高度17km付近にかけての重量混合比の増大が認められた。また、9月22日には高度18km付近から高度25km付近までの重量混合比の減少が認められた。

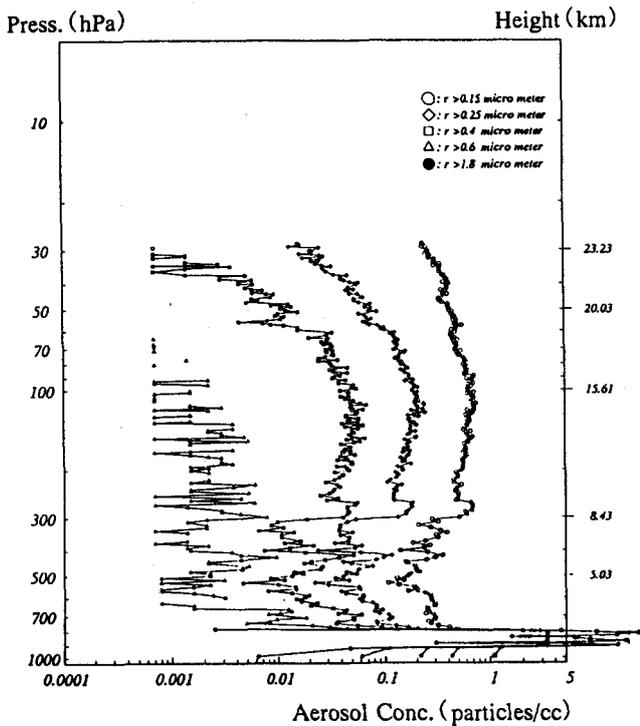


図 1 : 昭和基地上空における粒径別エアロゾルプロファイル (4月2日)

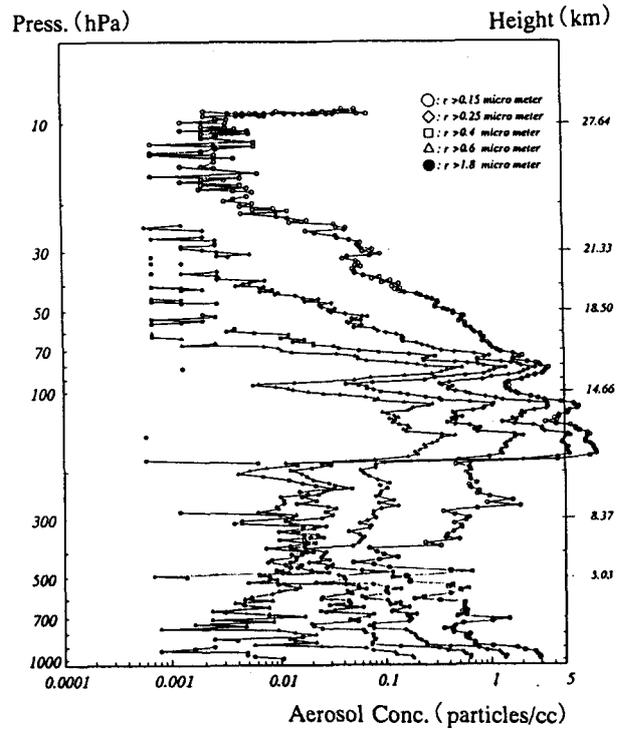


図 2 : 昭和基地上空における粒径別エアロゾルプロファイル (8月19日)

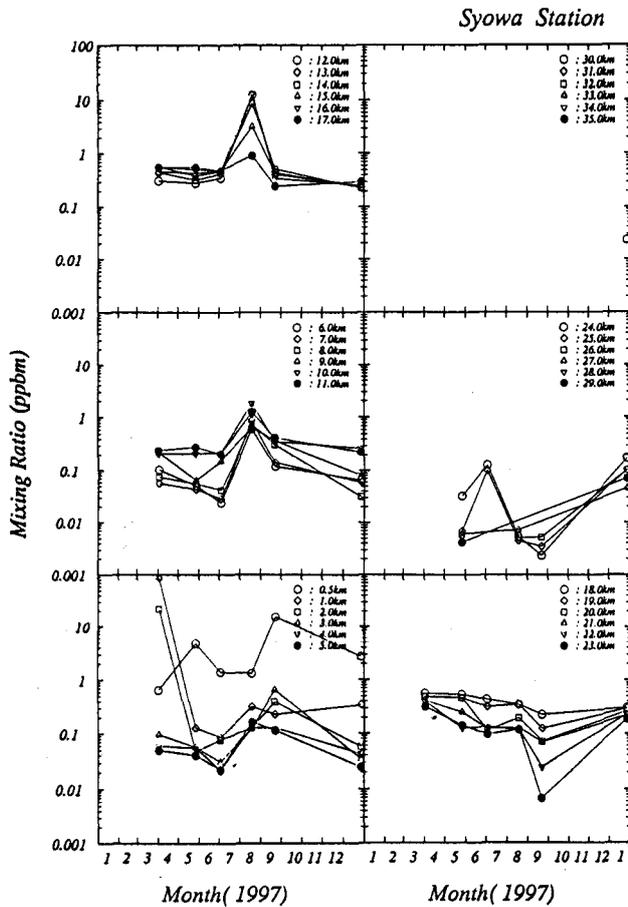


図 3 : 1km 毎の MASS MIXING RATIO の変化

4. 今後の課題

今回、エアロゾルゾンデにより PSCs の一年を通じた観測をおこなった。しかし、PSCs は変動が激しく、発生から衰退まで一連の現象を捉えたとは言えない。極渦とともに刻々と変化していく PSCs の発生、消滅機構を知り、春先に出現するオゾンホールへの PSCs の寄与を定量的に見積もる上では、より細かいエアロゾルゾンデ観測が必要であろう。

Reference

- M.Hayashi, Y.Iwasaka, M.Watanabe and et al. 1998: Size and Number Concentration of Liquid PSCs : Balloon-Borne Measurements at Ny-Ålesund, Norway in Winter of 1994/95. J.Meteorol.Soc.Japan, 76, 549-560.

南極昭和基地におけるエアロゾルの光学的厚さの高度分布

中嶋 哲二 (徳島地方気象台)

The vertical distribution of the aerosol optical depth over the Antarctic Syowa station.

TETSUJI NAKAJIMA (TOKUSHIMA Local Meteorological Observatory)

During the 25th observation period, in the of Antarctic Syowa station sky, using the Cessna machine, it was observed vertical distribution of the aerosol optical depth. As a result, the change of the aerosol optical depth, which was observed in the ground, reflected the change of stratospheric aerosol. It did 38t h of the similar observation using the Cessna machine this time but it observed the phenomenon that t he aerosol optical depth to put on the Syowa station on September 1st becomes big rapidly in the low er part of troposphere. It reports on the observation result.

1. はじめに

昭和基地において波長別の大気混濁度の観測は連続的に行われているが、第38次ではセスナ機を用いて、高度別に5波長(368nm,500nm,675nm,778nm,862nm)の大気混濁度の観測も行った。観測は太陽高度の高い時期に月1回程度、携帯型のサンフォトメーター(EKO MS-120)でセスナ機の後席の小窓から突き出し、手動で太陽を追尾して行った。これと同様の観測は第25次にも行われており、昭和基地上空におけるこの時のエアロゾルの光学的厚さ(AOT)はほぼ対流圏上部以上で決定されているという観測結果であった。しかし、第38次の観測では対流圏下部で急激にAOTが大きくなる現象を観測したのでここで報告する。

2. 観測結果

図-1に1997年9月1日、図-2に1997年10月6日の各波長におけるAOTの高度分布を示す。368nmは出力が小さいため観測精度に問題が見られるが、その他の4波長はほぼ同じ様な傾向が見られる。10月6日は高度と共に一様に減少しているものの、地上と15000ftのAOTに大きな差はない。地上におけるAOTは対流圏上部以上でほぼ決定されていることがわかるが、このことは、第25次の観測結果と同じである。ところが、9月1日は3000ftより低いところで急激にAOTが大きくなっている。地上で連続観測しているサンフォトメーターによる大気混濁度をみると、観測の行えた8月30日と9月1日は高い値を示している。また、8月28日から29日にかけて地上オゾン濃度がゼロになる現象が起こっており、何らかの関連がある可能性がある。

3. 結論

南極昭和基地において、低気圧などの擾乱の接近により対流圏にエアロゾルをもたらし、エアロゾルの光学的厚さが大きくなる事もありうる事が今回の観測で分かった。

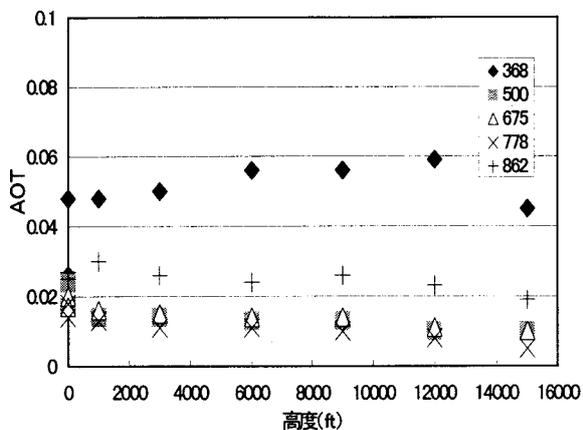


図-2 エアロゾルの光学的厚さの高度分布(1997年10月6日)

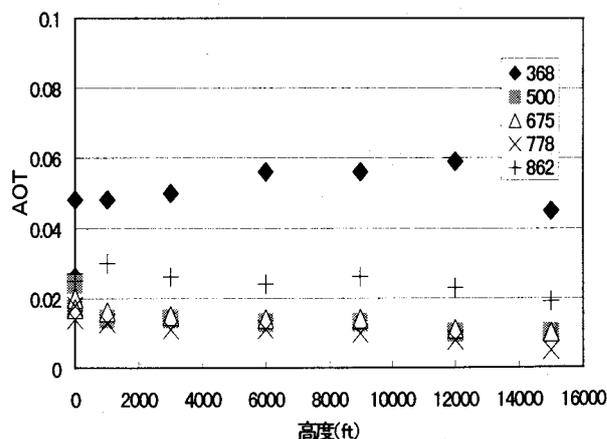


図-2 エアロゾルの光学的厚さの高度分布(1997年10月6日)

1996年に昭和基地で観測されたラドン嵐

宇井啓高（富山大学・教育学部）、田阪茂樹（岐阜大学・教育学部）、
林政彦（福岡大学・理学部）、
長田和雄、岩坂泰信（名古屋大学・太陽地球環境研）

Radon storm observed at Syowa Station during 1996

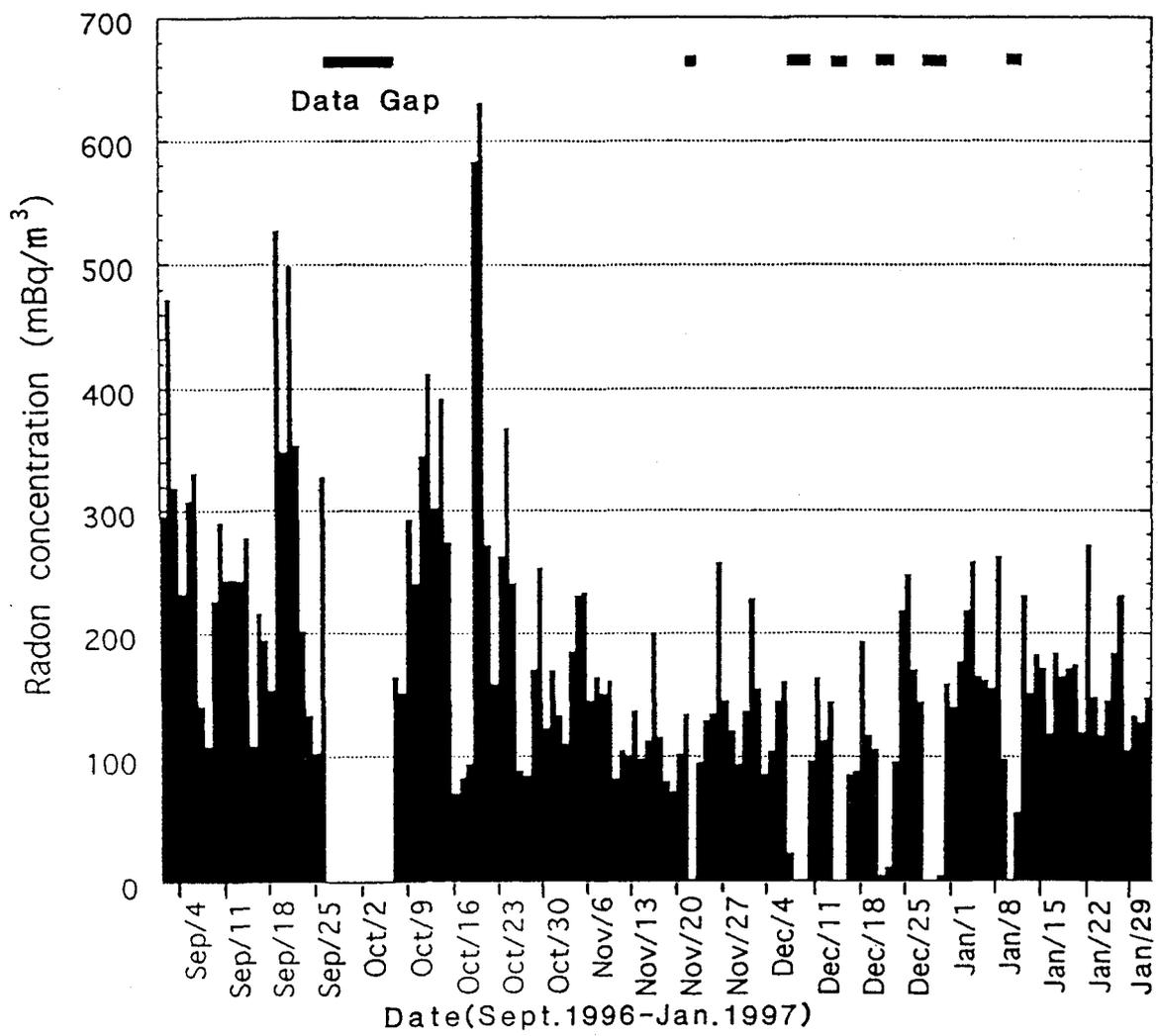
H. UI (Toyama Univ.), S. TASAKA (Gifu Univ.), M. HAYASHI (Fukuoka Univ.),
K. OSADA, Y. IWASAKA (Nagoya Univ.)

The concentration of ^{222}Rn in surface air was measured for the first time at Syowa Station, Antarctica in the period September 1996 — January 1997. Daily mean ^{222}Rn concentration averaged 150-270 m Bq/m³. There are some seasonal variations of ^{222}Rn concentration as well as daily variations. The concentration is higher in winter and lower in summer. And also it is higher in the night and lower in the day, if the sun exist. We observed two events of "radon storm" for the first time at Syowa Station during austral spring time. The first event occurred on 18-21 September and the second on 16-20 October 1996. The daily mean ^{222}Rn concentration in the first and the second radon storm attained 530 and 630 mBq/m³ respectively. On the otherhand, the hourly mean ^{222}Rn concentration attained 1200 mBq/m³ in the second event. This implies the variations of ^{222}Rn concentration may be related to the wind direction. The concentrations of ^{222}Rn seem to increase with southerly wind and decrease with northerly or northeasterly wind.

第37次の越冬観測で初めて地上ラドン濃度の測定が昭和基地でおこなわれ、ラドン嵐を観測した。ラドン嵐とは、ブリザードの来襲によりその地域の大気がブリザードによってもたらされた大気と入れ替わることによって、低緯度地域の大陸の高濃度ラドンが南極にもたらされる現象である。昭和基地ではブリザード時に高温となり、強い北東風が吹く。北東風が弱まった後、ラドン濃度の急上昇がみられた。

図-1に1996年9月から1997年1月までの昭和基地における地上ラドン濃度変化を示す。ラドン濃度は10分間隔で測定され、1時間に6個の測定値が得られ、1日では144個の測定値となる。それらのうち異常値を取り除いた日平均の濃度が図-1に示されている。絶対湿度の違いによる測定誤差は7パーセント弱である。

ラドン嵐は2回観測された。初めのもは、1996年9月18-21日、もう一つは10月16-20日にラドン濃度の急上昇として認められた。いずれの場合も昭和基地を襲ったブリザードが通過した後に発生している。昭和基地ではブリザードは西方から来て東方へ抜け、その間およそ4-5日である。はじめのラドン嵐は9月19日にラドン濃度のピークをもつ。二回目のものは10月の19日と20日にピークをもつ。初めのラドン嵐では図-1に見られるように、9月22日にも大きなピークが認められるが、9月20日にA級ブリザードが去った後にもその影響が残ったためと思われる。ブリザードの強さや通過コースなどによって、ラドン濃度に微妙な影響があると考えられる。9月のラドン嵐では530mBq/m³、10月では630mBq/m³の日平均濃度を示した。10月のラドン嵐における1時間毎の平均濃度は1200mBq/m³に達し、ラドン濃度が急激な変化をすることが観測された。これはラドン濃度が風向に大きく影響されているからと推察できる。図-1には、ラドン嵐時以外にも日常的にスパイク状の濃度上昇がみられ、これらが南風に関係していることが予想できそうである。昭和基地の平均ラドン濃度が日平均で150から270mBq/m³であり、他の南極基地でのラドン観測値よりも一桁高いことは、今後ラドン嵐の機構を考察したり、南極ラドン濃度の国際比較をする上で解明すべき重要問題である。



図一 昭和基地の地上ラドン濃度変化、1996年9月～1997年1月。

南大洋上の大気中生物起源有機化合物の測定

横内陽子・町田敏暢 (国立環境研)、青木周二 (東北大)

Observation of biogenic volatile organic compounds in the marine boundary layer

Yoko Yokouchi, Toshinobu Machida (NIES), Shuji Aoki (Tohoku Univ.)

Marine-derived volatile organic compounds were measured during the 39th Japanese Antarctic Research Expedition (Research ship "Shirase"). Many compounds showed increase in their concentration over the Southern Ocean.

海洋から大気中にはジメチルスルフィド(DMS)をはじめとする数多くの有機化合物が放出されている。そのうち、DMS は雲凝結核となる硫酸の生成物質として、塩化メチルなどのハロカーボン類は成層圏オゾン破壊物質として地球環境に重要な役割を果たしている。特に、南極周辺の海域は生物生産性が高いため、生物起源有機化合物の大きな発生源となっていると考えられるが、大気中濃度の測定例は少ない。本研究では、第 39 次南極観測の「しらせ」の航海中(1997 年 11 月 14~27 日、12 月 3~16 日、1998 年 3 月 15~21 日)に大気試料を採取して GC/MS 分析を行い、西太平洋~東インド洋~南大洋における揮発性有機化合物濃度のデータを得た。

DMS およびプロモホルムの測定結果を図 1, 2 に示す。DMS は南緯 40 度以南でしばしば高濃度となって最高濃度の 303ppt は南緯 60 度で観測された。プロモホルムは主にマクロアルジーにより生成するため一般に沿岸大気中で高濃度となるが、南大洋上では 1~3ppt が観測された。また、これまで海洋からの放出は無視できると考えられていたイソプレンもしばしば 20ppt を上まわった。このほかジメチルジスルフィド、ジプロモメタンなどが南大洋で顕著な濃度増加を示した。これら反応性有機化合物が高濃度で存在することは南極域の大気化学を考える上で重要である。なお、ヨウ化メチルに関しては緯度が高くなるにつれて濃度が下がり、海洋表層で光化学的に生成されるという Moore ら(1994)の説を支持した。

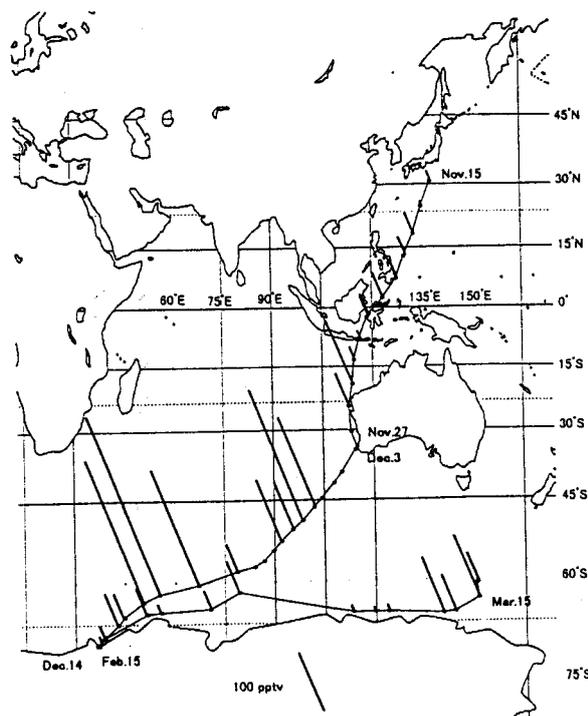


図 1. 大気中 DMS 濃度

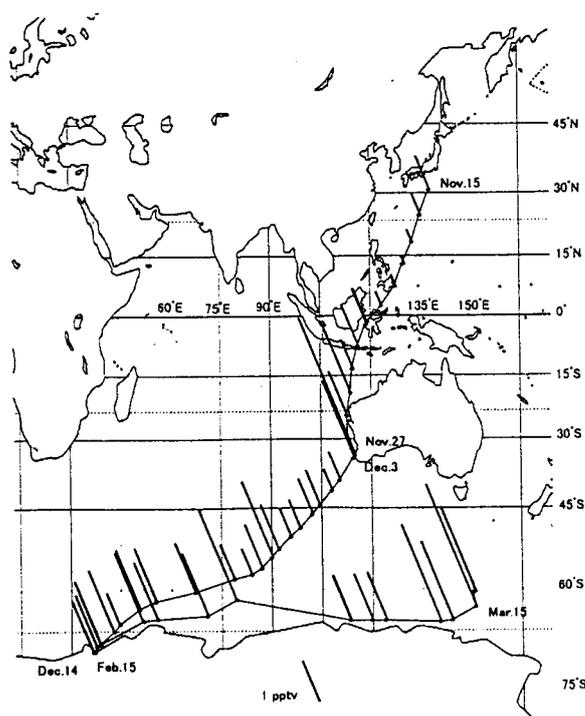


図 2. 大気中プロモホルム濃度

昭和基地におけるクライオサンプリング実験 — 気球工学関連事項について —

本田秀之・並木道義・矢島信之・山上隆正（宇宙研）、青木周司（東北大・理）
橋田元（極地研）、町田敏暢（環境研）、森本真司（極地研）

Cryosampling Experiment at Syowa Station -- Balloon Engineering Aspects --

H. Honda, M. Namiki, N. Yajima, T. Yamagami (Inst. of Space and Astronautical Sci.), S. Aoki (Tohoku Univ.), G. Hashida (NIPR), T. Machida (Nat. Inst. of Environmental Studies) and S. Morimoto (NIPR)

On January 3rd, 1998, a cryogenic air sampling experiment was successfully carried out at Syowa Station (69S, 40E), Antarctica. 11 air samples were collected at different altitudes between 14 to 30 km. The samples are analyzed for CO₂, CH₄, CFCs, and C and O isotope ratios in CO₂ in the laboratories. As the meteorological conditions for launching and payload recovery are both critical, feasibility on wind conditions over Syowa Station was studied in detail. The balloon launching operations had to be performed without a specialist of ballooning. Facilities for balloon launching, tracking, and other support systems were newly designed for ready-to- and easy-to-use. Realtime remote support from NIPR for the balloon launching and flight control operations was applied using a computer network linked by INMARSAT.

1. はじめに

南極域上層の大気中微量成分観測のため、1998年1月3日液体ヘリウムを用いたクライオジェニックサンプリング装置を大気球で飛揚し、無事回収することに成功した。南極域での大量の成層圏大気の採取は、世界初のことであった。まず観測器回収の可能性を検討するため、過去の昭和基地上層風データを使用して航跡シミュレーションを行った。また、昭和基地に於ける気球実験では国内でのそれとは異なり、観測器のみならず気球工学関連（テレメータ、コマンド、荷姿、ガス充填、放球支援システムなど）機器も用意し、かつ操作しなければならない。そこで、必要とされる地上機器や設備は、出来るだけ単純で取り扱いが容易になるように、また障害発生時にも実験遂行が不可能にはならないよう十分考慮した。さらに、気球実験を国内から支援するため、昭和基地—極地研間のネットワークを利用した実時間データ伝送が行えるシステムを開発し適用した。

2. 航跡の予測

12月20日から翌1月31日までの昭和基地上層の定常気象観測データを、1988年から1996年の8シーズン分を入手した。各シーズンで約80組のデータがあった。また、観測器重量、気球容積、飛翔時間などを考慮して最高高度を30km、上昇中の試料採取も行う飛翔制御を行うことにし、上記の風データによる着地予想地点を計算した。なお、ヘリコプターの運用条件から、回収作業可能範囲は昭和基地から半径30nm（約54km）以内と制限されたため、半径60kmの範囲内に降下させることが出来るかどうかで分類した。この結果、この範囲内で回収できる可能性は、最悪でも40%程度はあることが分かった。さらに、毎シーズン年末年始・1月10日-15日頃と25日頃に比較的昭和基地近くでの回収が可能となる日があり、これらはほぼ10日離れているため、この程度の周期性があることも分かった。

3. 荷姿

国内実験では試料の汚染対策もあって2 Gondola形式を採用しているが、ここではそれを止め1 Gondolaにした。パラシュートもパック式を採用することによって荷姿を単純化し、フィールドでの取り扱いを容易にした。

4. 地上設備

いくつかの地上設備を新しく設計した。その中には、送受信システム、データ処理および表示システム、搭載機器試験装置、ヘリウムガス充填装置がある。

まず、簡単で且つ確実に取り扱える可搬型の自動追尾受信系を用意した。これは、搭載GPS受信機

からの測位情報で追尾用のアンテナの方位角と仰角を計算し、自動追尾を行おうとするものである。この方式を採用することで、追尾受信系が非常に単純化されかつ安価に構成できることになった。また飛翔範囲も狭い領域に限られていたので、アンテナも小さいもので十分であり、現地での設置作業も容易になるメリットがあった。さらに、アンテナ指向方向にCCDカメラを向けて取り付け、放球直後の手動追尾に関しても操作が容易になるように配慮した。これらの装置は出発前に国内で操作を十分習熟し、その本人が現地に持参した。

受信データの復調器出力は、昭和基地LANに接続されたプロトコルコンバータを介して、ワークステーションに送られる。このワークステーションは、気球工学と観測器のデータの解析表示を行うのみでなく、次に述べる昭和基地-極地研間ネットワーク経由での実時間データ伝送を行うために、新たに導入したものである。

搭載機器の準備作業を容易にするための地上支援機器も用意した。これらを簡単に梱包し輸送できるように、前後に蓋の付いたコンパクトなラックを用意した。先に述べた追尾受信系も同様のラック内に構成した。これらはラック内機器間の配線が多く、それらをそのままの状態に梱包できたため、現場では外部機器との相互結線をすれば直ちに使用できた。

ガス充填システムは、基本的にはPPBで使用してきたものをそのまま補修して使った。従来より問題となっていた、配管系のコンダクタンスを改善するためにマニフォールドを導入し、各カードル単位でマニフォールドに接続できるようにした。以前ローラー車として使用したブルドーザは廃棄処分となったので、新規にブルドーザを購入し、以前のローラーをそのまま使用出来るようなアタッチメントを設計製作した。

5. ネットワークを介した支援

少人数の現場関係者のみで全ての準備・放球・飛翔制御作業を行うことは、現場に大きな負担をかけることが危惧された。そこで、気球関係機器の準備段階および実験実施時に、昭和基地でモニターした気球工学側・PI側データを実時間で日本に送信し、日本側サポートチームも気球工学・PIシステムの動作確認や、実験準備・実施状況の把握をし、発生した問題の解決を援助あるいは担当するという分業を行った。機器や進行状態が正常であることを確認し伝えるだけでも、現地担当者の精神的負担は大幅に減って実験の円滑な進行に寄与し、成功に結びつけることができた。

このような支援が可能となったのは、昭和基地-国立極地研究所（極地研）間のインマルサット衛星回線を利用したデータ通信と昭和基地LANのおかげである。すなわち、1997年1月には昭和基地とのインマルサット接続による一般的なインターネットサービスが使用可能になり、さらに1997年2月から昭和基地LANが本格的に運用を開始していた。

そこで、このように整備された昭和基地のネットワーク環境と昭和基地-極地研間のネットワークサービスを利用して、昭和基地において気球実験を行うために必要とされる工学側・PI側データの収録・表示システムを開発した。これと同時に、そのシステムにネットワークを通じての昭和基地-極地研間の双方向データ通信を行う機能も持たせ、極地研において昭和基地で取得した各種データをほぼ実時間で監視することにより、昭和基地での作業チームのサポートを行うことが出来るようにした。

6. 三陸大気球観測所での訓練

1997年9月3日と4日、宇宙科学研究所三陸大気球観測所で、B50とB1気球を用いて本実験参加予定の39次隊員による一連の放球作業の訓練を行った。併せて、昭和基地で実際に使用するローラー車とガス充填システムの動作試験も行った。

7. おわりに

昭和基地に於けるクライオサンプリング実験が成功裏に終わった。もちろんこれらは現場関係者の努力によるところが大きかったが、事前の計画や準備、機器の設計方針も見逃すことは出来ない。さらに、国内からの支援が非常にうまく機能したのは、ネットワーク経由での実時間双方向データ伝送に負うところが大きかった。このような考え方は、今後の各種実験に適用可能であろう。

最後に、本実験を実施するに当たり、第39次および第38次南極地域観測隊員、南極観測船しらせの飛行隊を始め乗員各位、国立極地研究所の関係者に大変お世話になった。ここに深く感謝いたします。

昭和基地上空の成層圏における CO₂, CH₄, N₂O 濃度の鉛直分布

青木周司(東北大・理)、橋田元(極地研)、町田敏暢(環境研)、森本真司・岡野章一・山内恭(極地研)、
本田秀之・矢島信之(宇宙研)、中澤高清・川村賢二(東北大・理)、菅原敏(宮城教育大)

Vertical profiles of CO₂, CH₄ and N₂O concentrations in the stratosphere over Syowa Station

S. Aoki (Tohoku Univ.), G. Hashida (NIPR), T. Machida (Nat. Inst. of Environmental Studies),
S. Morimoto, S. Okano, T. Yanouchi (NIPR), H. Honda, N. Yajima (Inst. of Space and Astronautical Sci.),
T. Nakazawa, K. Kawamura (Tohoku Univ.), S. Sugawara (Miyagi Univ. of Education)

In order to elucidate the vertical profiles of the CO₂, CH₄ and N₂O concentrations in the Antarctic stratosphere, we collected air samples between 10 and 30 km over Syowa Station on January 3, 1998 using a balloon-borne cryogenic sampler, and analyzed them with high precision. The results showed that the CH₄ and N₂O concentrations were decreasing with height. Irregular fluctuations with small amplitudes were also seen in these profiles and were resembles to each other. These profiles should have information of photochemical and dynamical process of Antarctic stratosphere. The vertical profile of CO₂ concentration did not have decreasing or increasing trend but had irregular variations with amplitudes of about ±3ppmv. Such large variations could not be seen in Antarctic troposphere, so it could be explained by air mass origin of different latitudes.

1. はじめに

南極成層圏における物質循環および光化学反応過程を明らかにするために、1998年1月3日昭和基地において大気球による成層圏大気の採集実験が実施された。

2. 実験概要

本実験に使用された大気採集装置は、液体ヘリウムを冷媒としたクライオジェニックサンプリング法を採用しており、成層圏のような希薄な大気環境下でも汚染のない空気を大量に効率良く採集することができる。この装置はこれまで日本での実験に使用されてきたものに手を加えたものである。主な改良点は、短時間に多量の空気試料が採集できるように配管系のコンダクタンスを上げたこと、および氷上への着陸に備え内部構造の耐衝撃性を向上させ、さらに衝撃吸収用クラッシュパッドを新たに装着したことである。本装置に命令を送信するコマンドシステムと、装置からの情報を受信するテレメトリーシステムには、今回独自に開発した八木アンテナ使用のものが採用され、従来日本で使用されてきた大型パラボラアンテナを利用するものに比べて、設置や調整に要する時間と手間を大幅に削減することができた。また、テレメトリーシステムで受信したデータは現地でモニターするとともに、衛星回線を通じて日本のサポートチームにも送られ、両者間で随時情報交換できるような環境が新たに整備され

た。

本実験で使用した気球は体積 32,600m³、重量 130kg であり、パラシュート重量は 34kg であった。サンプリング装置は、幅および奥行きが 1.2m、高さが 2m あり、パラストを含む重量は 354kg であった。さらに、サンプリング装置の下には海上を漂流する際に位置情報を発信するアルゴスプイト、飛揚中の気象データを得るためのレーウインゾンデが紐で結び付けられている。構成機器全体の総重量は 518kg であった。

このような重量物を大型気球によって飛揚させるためには、地上風が 5m/s 以下で、しかも極力弱い必要がある。このためには、昭和基地が高気圧圏内にあり、さらにカタバ風も弱くなければならない。さらに、本実験はサンプリング装置の回収が必須であり、回収可能範囲は昭和基地を中心とした 56km(30 マイル)圏内とされているため、上層風にも制限が加わる。飛揚したサンプリング装置が 30km 高度に達し、気球を切り離して地上に降りてくるまでに最低 2 時間半かかる。このため、我々は昭和基地で 1 日に 2 回実施されている高層気象観測のデータを用いてサンプリング装置の着陸地点予測シミュレーションを毎日実施した。その結果によれば、サンプリング装置は 12 月 19 日から 1 月 2 日にかけて北西から南西の扇型の範囲に着陸し、東の大陸上に着陸する可能性はほとんど無いことがわかった。さらに、昭和基地から着陸地点までの直距離は 10 日程度の周期で変化していることもわかった。放球準備が整った 12 月 29 日以降をみると、1 月

1日から2日にかけて風が急激に弱まる傾向を示しており、しかも着地予想地点が昭和基地西方の開水面上であるため、我々は1月3日が放球チャンスであると判断し、さらに地上風も弱いとの予測を得て、実験実施を決定した。

サンプリング装置は12時に昭和基地から打ち上げられ、約100分後に最高高度30kmに達し、約15分水平飛行した後気球を切り離してパラシュート降下し、14時46分に昭和基地の西北西43km地点に着水した。その後、サンプリング装置は南極観測船しらせにより無事回収された。

試料空気は、当初の予定どおりサンプラーが10kmから30kmに上昇する間2km毎に11本採集されており、日本に持ち帰られた後、東北大、東大アイソトープ総合センター、東大海洋研、名大年代測定資料研究センターの各研究室で各種気体成分の濃度や同位体の精密測定が順次実施されている。

3. 結果と考察

図1に実験で得られたメタン濃度の鉛直分布を示す。メタン濃度は10km付近では1682ppbvであり、高度とともに低下し、30kmでは881ppbvと10km付近の濃度の約1/2になっている。この時期の昭和基地地上での濃度は1706ppbvであるため、対流圏では濃度の鉛直勾配がほとんどなく、成層圏では高さとともに濃度の低下が起きていることになる。1997年2~3月に北極域（スウェーデン・キルナ）で実施した同様の実験結果と比較すると、対流圏界面付近のメタン濃度はほぼ一致しており、高度とともに濃度が低下することは同じであるが、北極域では高度27kmでも300ppbvとかなり低く、10km付近の濃度の約1/6にすぎない。この違いは、北極域での観測が冬季のポーラーボルテックス内で行われ、南極域では夏季の極渦崩壊後に行われたことを反映しているものと思われる。すなわち、ポーラーボルテックス内の気塊は孤立しており、ゆっくりとした沈降流のため濃度の鉛直分布がより圧縮されるものと思われる。ちなみに、日本上空で5月と8月に実施された同様の観測結果は南極域で得られたものに良く似ている。

図を細かく見ると、メタン濃度には不規則な鉛直構造も見られる。10~14kmおよび23~27kmにかけて等濃度層が存在し、濃度勾配が見られる層と互層構造している。N₂O濃度にもメタンと非常に良く似た不規則な構造が見られることから、これらは南極成層圏内の力学場を反映した濃度構造であると推定される。なお、発表時にはN₂O濃度およびCO₂濃度についても紹介する。

4. 謝辞

本実験を実施するにあたり大変お世話になりました。第39次および第38次南極地域観測隊員、南極観測船しらせの乗員、国立極地研究所の関係者および宇宙科学研究所の関係者に感謝いたします。

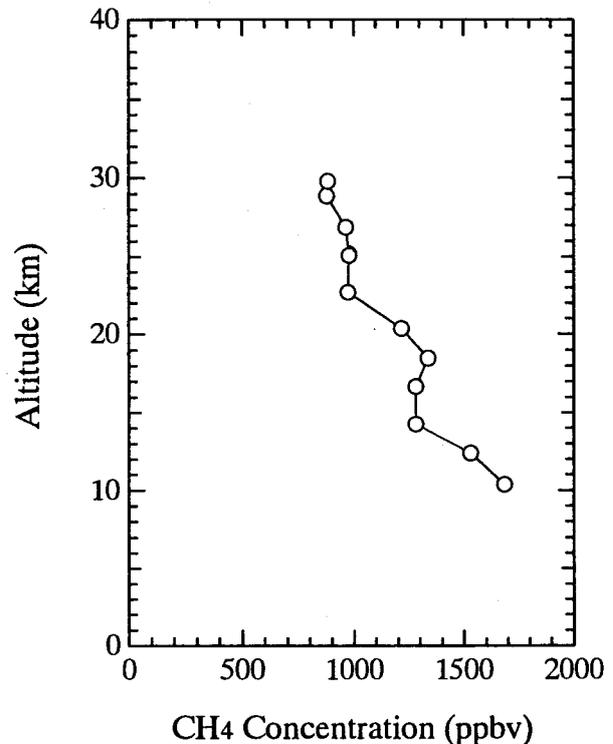


図1 1998年1月3日昭和最地上空で観測されたメタン濃度の鉛直分布。

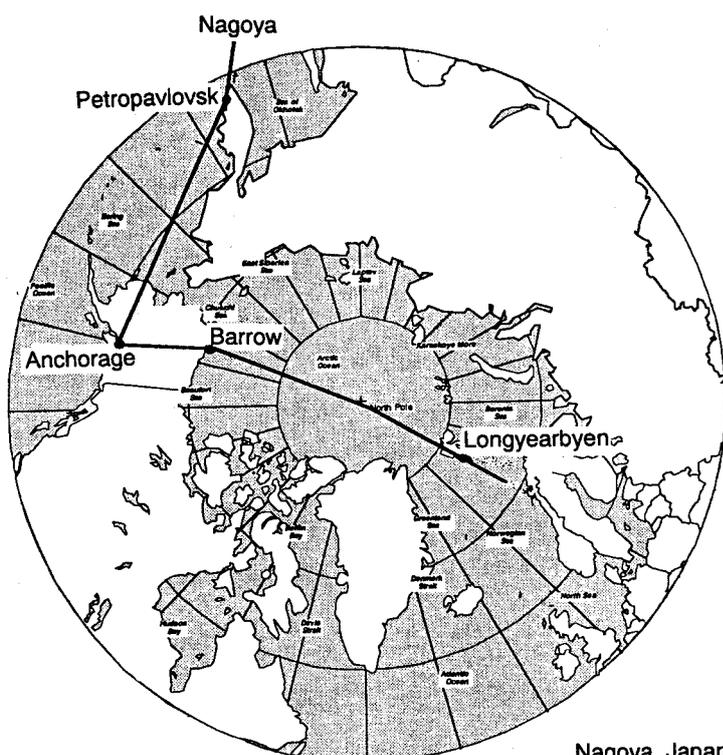
航空機による北極圏大気観測 (AAMP98) - 概要と序報

塩原匡貴・藤井理行・森本真司 (極地研)、遊馬芳雄 (北大・理)、山形定 (北大・工)、
菅原敏 (宮教大)、猪股弥生・渡辺征春 (名大・太陽研)、町田敏暢 (環境研)

An Overview and Preliminary Results from the Arctic Airborne Measurement Program 1998 Campaign

M. Shiobara, Y. Fujii, S. Morimoto (NIPR), Y. Asuma, S. Yamagata (Hokkaido U.),
S. Sugawara (Miyagi U. Edu.), Y. Inomata, M. Watanabe (Nagoya U./STEL), T. Machida (NIES)

The Arctic Airborne Measurement Program (AAMP) was planned to investigate the transport, exchange and chemical processes of gas and aerosol in the Arctic in early spring, and further to understand their roles in global change. An instrumented aircraft, Gulfstream II twin-jet plane, was used for airborne measurements in the troposphere and lower stratosphere of the Arctic. In the AAMP 98 campaign planned for March 1998, the aircraft, equipped with CO₂ and O₃ concentration monitor systems, gas and aerosol sampling systems, aerosol particle counters, and the PMS 1D and 2D airborne particle probes, was flown from Alaska, USA to Svalbard, Norway across the North Pole, and the reverse route. The nominal cruising altitude was 12km for long-range flights. Vertical profiles of gas and aerosol concentrations were acquired over Spitsbergen, Svalbard and Barrow, Alaska. A convective cloud system associated with a polar low and a marine boundary layer cloud field were observed from vertical sounding flights over Norwegian Sea.

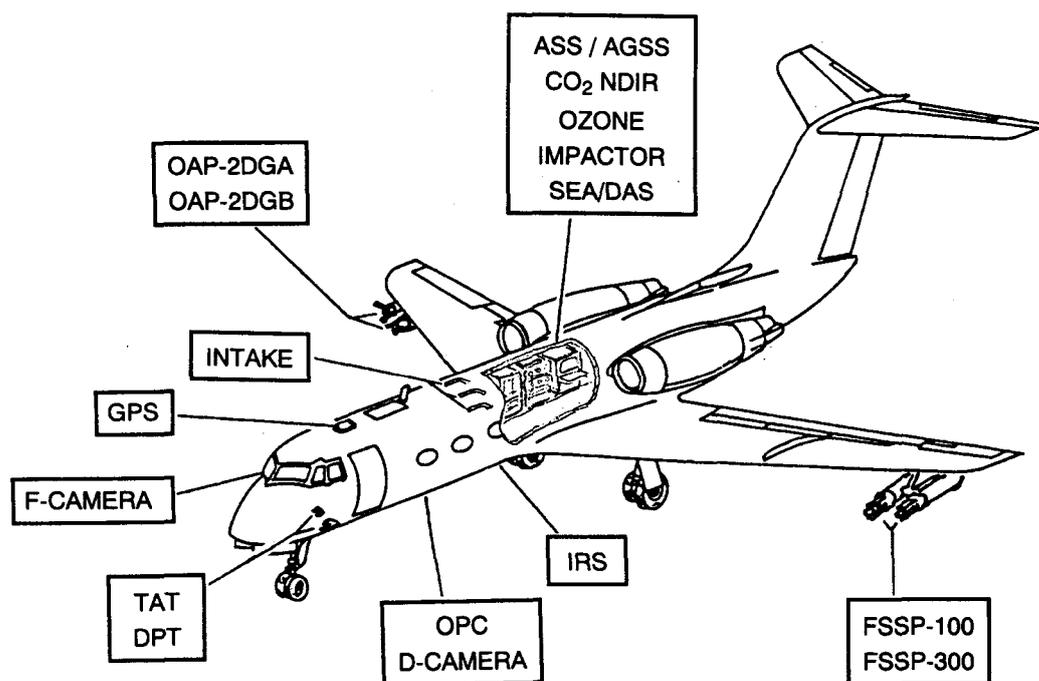


Air route of the AAMP 98 flights

Nagoya, Japan - Petropavlovsk, Russia	2,661 km
Petropavlovsk - Anchorage, Alaska, USA	3,232 km
Anchorage - Barrow, Alaska, USA	1,232 km
Barrow - Longyearbyen, Svalbard, Norway	3,488 km

北極域における大気微量成分（気体、エアロゾル、雲）の広域3次元分布、特に極渦の形成・崩壊期に着目した輸送・循環・変質の物理・化学過程を調べるため、1998年3月6日～14日、航空機による北極圏大気観測（AAMP 98）を実施した。前ページの図はその際の飛行ルートである。観測は北極点を通過し北極海を横断する長距離高高度飛行（巡航高度 12km）を基本とし、その他、スピッツベルゲン島近海上空およびアラスカ州バーロー沖合上空では海面付近から高度 12km までの鉛直プロファイル観測飛行を行った。使用した航空機はガルフストリームII型ジェット機（ダイヤモンドエアサービス株式会社所有）、搭載機器と各担当機関を下図に示す。機器は概ね順調に動作し、良好なサンプルやデータを取得することができた。これらの観測結果の詳細は、本シンポジウムにおいて、菅原他（PII-23）、庄司他（PII-24）、原他（PII-25）、猪股他（PII-26）、渡辺他（PII-27）、町田他（PII-29）、遊馬他（VIII-2）により発表予定である。

本研究は極地研「北極圏環境観測国際共同研究」の一環として科研費国際学術研究「北極域における温室効果気体の変動と循環の研究」（代表：中澤高次・東北大教授）、同「北極圏環境変動に関する総合研究」（代表：藤井理行）等の経費により実施された。航空機観測の事前調査、機器の搭載、運航全般にわたるダイヤモンドエアサービス株式会社の多大な支援、協力に謝意を表す。



AAMP 98 Instrumentation

略号	測器	担当機関
(微量気体)		
ASS	Air Sampling System	宮教大 / 東北大 / 極地研 / 名大・太陽研
CO ₂ NDIR	CO ₂ NDIR Analyzer	環境研 / 極地研 / 東北大 / 宮教大
OZONE	Ozone Monitor	極地研 / 東北大 / 宮教大
(エアロゾル)		
AGSS	Aerosol-Gas Sampling System	北大・工 / 名大・太陽研
IMPACTOR	Aerosol Impactor	名大・太陽研 / 北大・工
OPC	Optical Particle Counter	名大・太陽研 / 北大・工
FSSP-300	PMS FSSP-300	極地研 / 北大・理
(雲粒)		
FSSP-100	PMS FSSP-100	北大・理 / 極地研
OAP-2DGA	PMS OAP-2D-GA	北大・理
OAP-2DGB	PMS OAP-2D-GB	北大・理

ノルウェー海海上のポーラーローの航空機観測

遊馬芳雄・福田陽子・菊地勝弘（北大院・理）・塩原匡貴・和田 誠・藤井理行（極地研）

Norwegian Polar Low Observation during Arctic Airborne Measurement Program 1998 (AAMP 98)

Y. ASUMA, Y. FUKUDA, K. KIKUCHI (Hokkaido Univ.),
M. SHIOBARA, M. WADA and Y. FUJII (NIPR)

As a part of Arctic airborne measurement program 1998 (AAMP 98), an aircraft observation for the polar low was carried out over the Norwegian Sea on March 9, 1998. Strong horizontal temperature gradients and wind jets were observed in the low level. These low level jets were satisfied with the thermal wind relationship with the horizontal temperature gradient. Cloud droplets were mainly formed in this low level layer and carried to the upper level by updraft converting to precipitation ice particles.

1. はじめに

北極圏航空機観測 (Arctic Airborne Measurement Program 1998; AAMP 98) の一環としてスピッツベルゲン島周辺での気象擾乱の航空機観測が 1998 年 3 月 9、10 日の 2 日間行われた。3 月 9 日に観測した気象擾乱はノルウェー海海上で発生・発達したいわゆるポーラーローの気象擾乱であり、10 日の観測はスピッツベルゲン島北西海上で海水面上から海面上への寒気吹き出しに伴う筋状雲であった。本発表では 9 日に行われたポーラーローの観測について報告する。

2. 観測機器

観測航空機としてダイヤモンドエアサービス (株) 所有の Gulfstream II を用いて、両翼に雲内の微物理的構造を測定するため FSSP-300、FSSP-100、OAP-2D-GA2、OAP-2D-GB2 プローブを 2 本ずつ取り付けた。航空機の飛行経路は GPS によってモニターされ、高度や飛行速度、姿勢データ、気温、露点温度、風向・風速等の気象データとともにデータ収録された。残念ながら、今回の観測では OAP-2D-GB2 及び露点温度のデータは得ることができなかった。

3. 観測結果

ポーラーローの航空機観測は 1998 年 3 月 9 日、1115UTC から 1230UTC までの 1 時間 15 分にわたって行われた。観測開始時の 1119UTC の気象衛星 NOAA の AVHRR 赤外面像を図 1 に示す。中心にポーラーローの「目」に相当する部分が見られ、南北にスパイラル状の対流雲列が延びている。この北に延びたスパイラル状の雲列が機上からも対流性雲の列として観察され、この部分を航空機観測した (図中の白矢印)。この対流性雲列は高度約 5.5km 程度にまで達していて、アンビルが発達していた。北緯 73 度線に沿って東西に測線をとって、高度 5.0、4.0、3.1、2.3、1.5、0.8、0.5km の 7 高度で対流雲列を横切るように水平飛行観測した。最も高い高度 5.0km の水平飛行は雲頂付近の飛行で、最も低い高度 0.5km の水平飛行は雲底付近の飛行であ

る。

水平飛行中の温位分布を高度別に並べたのが図 2 である。水平飛行中の気温変動が顕著で、上層では水平飛行の中央付近で気温変動しているが、約 1.5km の高度でははっきりとした東西の温度傾度がみられ、下層ほど大きな温度傾度場となっていた。最下層では飛行経路の東端が西端に比べて 5.5℃ 気温が高かった。図 3 に水平飛行中の風の分布を示した。太線で風速の東成分、細線で西成分を示している。気温の明白な温度傾度が見られた高度 1.5km 以下で東経 7.75 度付近にはっきりとした風の水平シアが見られた。その西側では下層ほど北風が強く、東側では南東風が卓越していた。東側の下層で最も風が強かったのは高度 1.5km であった。これらの下層の風は温度風の関係を満たしていた。

図 4、5 は各水平飛行中に FSSP-300 と OAP-2D-GA2 によって各プローブで観測された粒子の 10 秒毎の数密度の高度別分布である。FSSP-300 は直径 0.3~20µm の粒子を OAP-2D-GA2 は直径 50µm 以上の降水粒子を測定する。大きな水平温度傾度が観測された高度 1.5km 以下では OAP-2D-GA2 によって比較的狭い範囲にピークを持つ降水粒子の数濃度が観測され、そこでは FSSP-300 で観測された粒子数が減っている。1.5km 以上の高度では OAP-2D-GA2 から比較的広い範囲に渡って高濃度の降水粒子が観測されていて FSSP-300 の粒子数は比較的一様である。これらは強い水平温度傾度が存在している 1.5km 以下の層で主に雲粒が形成され、成長しながら強い上昇流によって高々度にまで運ばれるためであると考えられる。すなわち、1.5km 以下の下層で雲核となる FSSP-300 領域の粒子数が減って、OAP-2D-GA2 領域の降水粒子数が比較的狭い範囲内にピークを持つような水平分布をしているが、上層ではあまり核化が行われないうえ雲内でも FSSP-300 の数濃度はあまり減少せず、OAP-2D-GA2 の数濃度の高い領域も広い範囲に分布していることが観測されたと考えられる。下層では強い上昇流のため過冷却微水滴が多く存在していて、観測機器への着水も見られた。

4. まとめ

ノルウェー海海上で発生・発達したポーラーローの航空機観測を行った。観測したポーラーローは衛星画像より中心にははっきりとした「目」を伴ったもので、「目」から北に延びる積雲列を直行するように観測航空機観測を行った。機上からも南北に延びた積雲列が観測され、その積雲列は雲頂高度が約 5.5km にも達し、発達したアンビルを伴うものであった。この積雲列を東西に横切る様に 7 高度で水平飛行をした結果、水平温度変動が大きく、特に高度 1.5km 以下で大きな水平温度傾度が観測された。また、観測された風も高度 1.5km 以下に強い下層ジェットが存在していた。この下層ジェットは温度風の関係を満たしていた。雲粒は主に混合層にあたる下層の水平温度傾度の強い部分で形成され、降水粒子に変換されながら強い上昇流によって上空にまで運ばれる様子が観測された。雲内は過冷却水滴も多く観測機器に着氷も見られた。

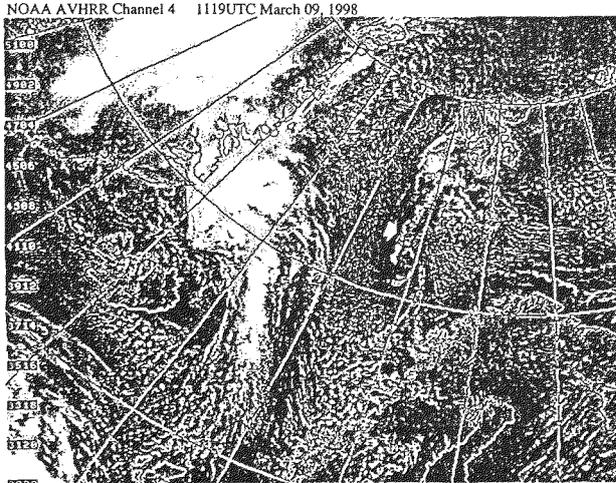


図1 1998年3月9日1119UTCのNOAAのAVHRR赤外面像。白矢印の部分観測場所を示す。

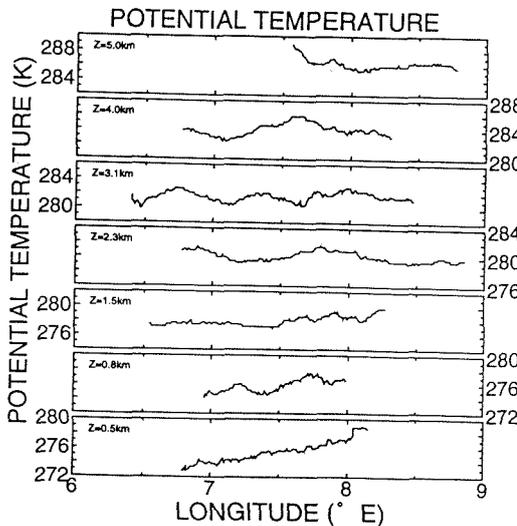


図2 水平飛行中の温位の高度別分布。

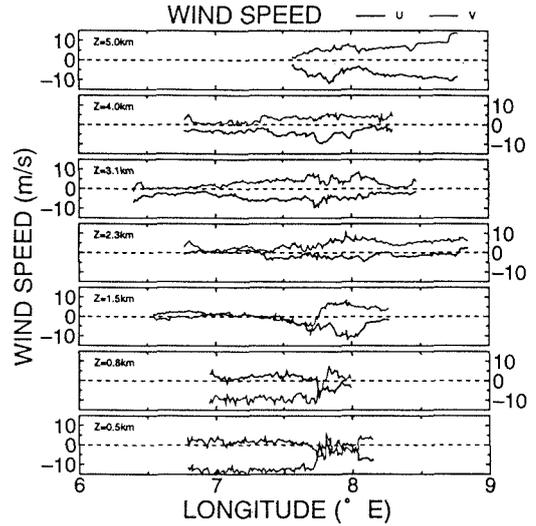


図3 水平飛行中の水平風の高度別分布。太線は東成分(U)、細線は北成分(V)を表す。

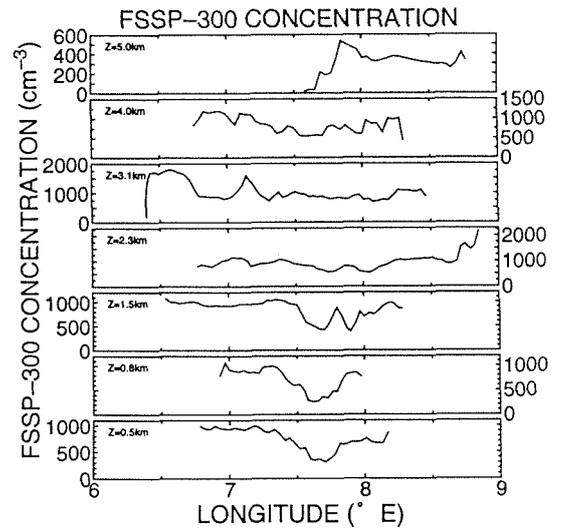


図4 水平飛行中のFSSP-300で測定した粒子数の高度別分布。

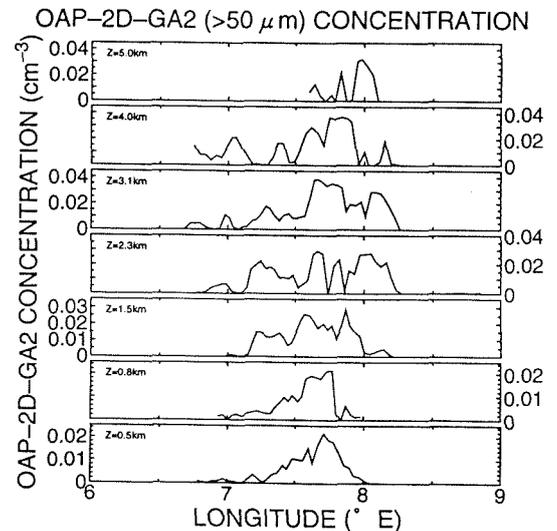


図5 水平飛行中のOAP-2D-GA2で測定した粒子数の高度別分布。

極域成層圏（キルナおよび昭和基地上空）における微量ハロカーボン類の高度分布
 —— 大気球クライオジェニックサンプリング—GC/MS測定 ——

○白井知子, 巻出義紘（東京大学アイソトープ総合センター）

Stratospheric distributions of trace halocarbons as observed by balloon-borne cryogenic sampling over Kiruna (Sweden) and Syowa Station (Antarctica)

T. SHIRAI and Y. MAKIDE (The University of Tokyo)

The mixing ratios of CFCs (CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, CFC-114a), HCFCs (HCFC-22, HCFC-142b), and several other species in the stratosphere (up to 30 km) were obtained by GC/MS analyses of air samples collected by means of balloon-borne liquid-helium cryogenic samplers over Kiruna (Sweden) and Syowa Station (Antarctica) in February/March 1997 and in January 1998, respectively. The vertical profiles of these gases were used as indicators of the history of air masses over both northern/winter and southern/summer polar regions.

南極上空のオゾンホールは過去6年間に渡り最大規模が続いた。今年のオゾン破壊量も過去最大を上回る見通しである。成層圏オゾン層破壊をもたらす特定フロン(CFC)やハロンなどのハロカーボン類は、改定されたモントリオール議定書に基づいて先進国ではすでに1995年末に全廃されたが、これらの対流圏大気中寿命は長く、長期間にわたって成層圏へ流入し続けるため、これらの成層圏大気における挙動や濃度変動はオゾン層への影響を評価する上で重要であると同時に、大気のトレーサーとしても有用である。また、HCFCは、分子中に水素原子を含むことにより対流圏内でOHラジカルと反応して分解され、成層圏オゾン層への影響は少ないとされるが、特定フロン類に代わり近年使用量が急激に増加しており、その影響は無視できなくなって来ている。これらのハロカーボン類は、近年地球温暖化ガスとしても注目されている。

われわれはこれまで過去十数年にわたり、北海道(42-45°N)および南極昭和基地(69°S)でグラブサンプリング法により採取した地表での大気試料を分析し、南北両半球におけるこれらのハロカーボン類の対流圏大気中濃度の変動を調べるとともに、三陸上空で大気球によるクライオジェニックサンプリングで成層圏の採取された大気中ハロカーボン濃度(混

合比)の高度分布を調べて来た。さらに1997年2月22日および3月18日には、スウェーデン・キルナ(68°N)で、1998年1月3日には南極昭和基地で、それぞれクライオジェニックサンプリングで成層圏大気試料が採取された。

大気試料は東京大学で低温濃縮/ガスクロマトグラフ/質量分析計(GC/MS)により分析し、特定フロン(CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, CFC-114a)や代替フロン(HCFC-22, HCFC-142b)などの南北の高緯度における高度分布を調べた。

特定フロン類は対流圏内では非常に安定で分解されず、成層圏に入ると紫外光による分解を受け、その吸収断面積に応じて高度とともに混合比が減少する。南極とキルナの結果を比較すると、夏の南極上空では混合比の減少傾向が小さく、同じ高度では冬のキルナ上空よりもかなり高い混合比が見られた。フロン類の発生源は北半球に集中していることから、この結果は、低緯度で上昇気流に乗って成層圏へ運ばれた大気が極方向へ輸送され、極域で下降するという大気の大循環を支持するものであり、夏にはより速い経路で低緯度から極域に到達すると見られる。また、冬のキルナ上空では、極渦の内側と辺縁部とで代替フロン類の混合比に差が見られ、極渦内では均一に低濃度となっていることが示された。

冬季北極大気中の無機臭素化合物の挙動と起源

原圭一郎・長田和雄・松永捷司・岩坂泰信

(名古屋大学太陽地球環境研究所)

Behavior and source of inorganic bromine species in winter Arctic troposphere

K. HARA, K. OSADA, K. MATSUNAGA and Y. IWASAKA

(Solar Terrestrial Environment Lab., Nagoya Univ.)

Atmospheric aerosol particles and acidic gases were collected using a filter set (prefilter and alkaline impregnated filters) and a 2-stage low volume impactor with a back-up filter at Ny-Ålesund (78°55'N, 11°56'E) in 1996/97 and 1997/98 winter. Atmospheric inorganic bromine species mostly consisted of non-sea-salt (nss-) Br⁻ and gaseous inorganic bromine species (XBr: X=H, OH, NO₂, NO₃). Although the increase of particulate Br⁻ concentration was not observed, the concentration of XBr gradually increased in both winter. The increasing rate of XBr was 0.0018 d⁻¹ in 1996/97 and 0.0047 d⁻¹ in 1997/98. The higher internal mixing rate of nitrate in coarse particles was observed in 1997/98, so that heterogeneous processes on sea salt particles with reactive nitrogen oxides may cause the emission of XBr. However, the concentrations of XBr and nss-Br⁻ exceeded the concentration of ss-Br⁻. Therefore, we must also estimate another bromine sources, for instance, emission from the snow on sea ice through heterogeneous processes between sea salt components and reactive nitrogen oxides.

【はじめに】 春季極域対流圏では、光化学過程によりハロゲン化合物から遊離したハロゲン元素によるオゾン消失が観測され、塩素だけではなく臭素が大きく寄与していると考えられている。臭素元素の前駆態となる反応性臭素化合物は低日射下の冬季に大気中に蓄積されていると考えられているが、系統的な観測例が少なく、その起源については不明な点が多い。ここでは、冬季北極において大気エアロゾル粒子とガス成分の観測結果に基づいて報告を行う。

【試料と分析】 1996/97、1997/98年の冬季(12-3月)に、スピッツベルゲン島のNy-Ålesund(78°55'N, 11°56'E)において、大気エアロゾル粒子と酸性ガス成分をフィルターセット—PTFEフィルター(ホアサイズ1.0μmφ)・アルカリ含浸ろ紙(1%Na₂CO₃+1%グリセリン)—により採取した。また、2段式インパクター(カット粒径2.3, 0.2 μm)とバックアップフィルター—(PTFE; ホアサイズ0.2 μmφ)も用いて、分級したエアロゾルサンプルも採取した。得られた試料は帰国後、抽出処理を施した後に、イオンクロマトグラフィーにより各成分を定量した。

個々の粒子中の硝酸イオン同定のために、前述と同様の2段式インパクターを使用し、エアロゾル粒子をニトロン薄膜上に捕集した。試料の汚染や揮発を防ぐために、サンプリング直後にオクタノール蒸気処理(約24時間)を施し、帰国後、走査型電子顕微鏡により形態観察を行った。

【結果と考察】 1996/97、1997/98年の冬季に観測されたガス状無機臭素化合物(XBr: X=H, OH, NO₂, NO₃等)と粒子態臭化物イオンの濃度変化を図1に示す。図中の非海塩性(nss-)Br⁻は、Na⁺イオン濃度と海水比により算出した。ss-Br⁻濃度の増加がしばしば見受けられるが、これは降雪現象を伴った海洋大気の流れ時期に対応していた。粒子態Br⁻濃度は1996/97、1997/98の両冬では、濃度レベル顕著な差はなかったが、若干1997/98の方が濃度が高かった。また、粒子態Br⁻は海洋大気流入時を除くと主にnss-Br⁻として存在し、分級したサンプルから粗大粒子域(>2.3μm)と微小粒子域(2.3-0.2μm)に分布していることがわかった。また、1996/97と比べると、1997/98の冬の方がnss-Br⁻やXBrは全体的に濃度が高く、XBr濃度は両冬共に春に向かうにつれて徐々に増加する傾向を示していた。XBr濃度変化の移動平均(3.5日:7サンプル)より得られ

た増加率は 1996/97 では 0.0018/day、1997/98 では 0.0047/day であり、年毎に大きな差があった。

XBr の主な起源の一つとして、反応性窒素酸化物(HNO_3 , HONO , NO_3 , N_2O_5 等)と大気中の海塩粒子や積雪中の海塩成分の変質が考えられているが、粒子態海塩成分(主に Na^+ , Cl^-)の濃度レベルには、大きな経年差や図 1 の XBr の様な明瞭な増加傾向は見られなかった。一方、図 2 に示すように、硝酸イオンを含む粗大粒子の割合は 1997/98 年の冬の方が高かった。粗大粒子のイオン成分は主に Na^+ や Cl^- で構成されていたことから、海塩粒子と硝酸イオンが混合した物が中心と考えられる。海塩成分を変質させた反応性窒素酸化物は最終的に硝酸イオンの形として存在するため、反応性窒素酸化物が海塩粒子上での不均一過程により、XBr を徐々に大気中に放出させていることが示唆される。しかしながら、大気中に存在する XBr や nss-Br はエアロゾル粒子中の海塩成分(Na^+ を指標)に対して過剰な濃度で存在し、粒子態 Br では主に nss-Br として存在していた。この傾向は、大気中の臭素化合物が単純に海塩粒子と反応性窒素酸化物の反応のみではないことを意味している。そのため、XBr が海塩粒子だけではなく、海氷上の積雪中に存在する海塩成分の不均一過程や別の発生源(例、ハロゲン化メチル)により北極大気中に徐々に放出されている可能性も挙げられる。大気中に放出された XBr は輸送中の沈着バランスの変化等により徐々に大気中に蓄積されていくため、その濃度が徐々に増加し、その一部が再びエアロゾル粒子に取り込まれているために、粒子態 Br は主に nss-Br として存在していると考えられる。

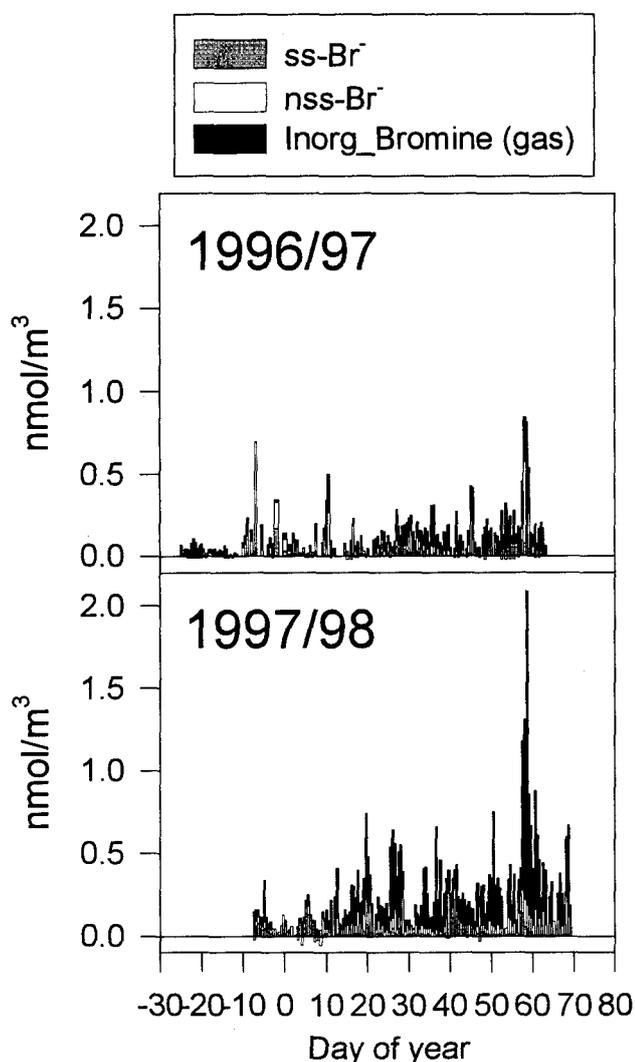


Figure 1 Variation of concentration of atmospheric inorganic bromine species

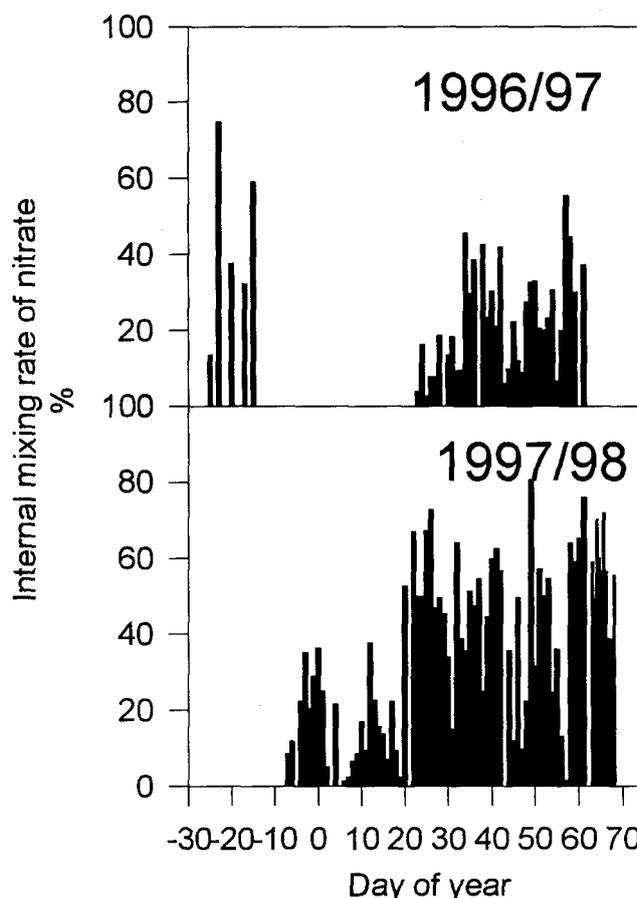


Figure 2 Variation of internal mixing rate of nitrate in coarse particle fraction

気球搭載型OPCによる北極圏及び赤道域成層圏エアロゾル層の観測

松村貴嗣¹, 林政彦¹, 藤原玄夫¹, 松永捷司², 安井元昭³,
水谷耕平³, 板部敏和³, 永井智広⁴, 藤本敏文⁴

1 福岡大学理学部, 2 名古屋大学S T E研究所,
3 通信総合研究所, 4 気象研究所

Observation of stratospheric aerosols over the Arctic and the equator with balloon-borne OPC

Takatsugu Matsumura¹, Masahiko Hayashi¹, Motowo Fujiwara¹, Katsuji Matsunaga²,
Motoaki Yasui³, Kouhei Mizutani³, Toshikazu Itabe³, Tomohiro Nagai⁴, Toshifumi Fujimoto⁴,

- 1 Department of Applied Physics, Fukuoka University
- 2 Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University
- 3 Communication Research Laboratory
- 4 Meteorological Research Institute

Abstract

Size distribution of stratospheric aerosols over the equator (Watokosek and Bandung, Indonesia) and the Arctic (Eureka, Canada) have been observed by balloon-borne OPC (optical particle counter). As OPC measurement provides number densities of limited size ranges, the backscattering coefficient simultaneously observed with a lidar is used to obtain size distribution of particle with less than 0.15 μm radius. Comparison of backscattering coefficient measured by lidar and calculated from OPC data is in good agreement when we assume the bimodal size distribution. We calculated mass mixing ratio of aerosol from determined size distribution function with the results of both measurements. Vertical profiles of mass mixing ratio observed at the equator and the Arctic are different remarkably from each other. Origin of the difference will be discussed.

はじめに

「オゾン破壊」や「気候変動」に深く関わっていると考えられている成層圏エアロゾルの挙動を調べるため、福岡大学、名古屋大学、通信総合研究所、気象研究所は、ソース領域の赤道域とシンク領域の北極域において、気球搭載型OPC（オプティカルパーティクルカウンター）による定期的な観測を実施してきた。赤道域ではインドネシアのワトコセク(8°S、113°E)とバンドン(7°S、107°E)の2ヶ所で1996年から年間2回のペースで、北極域ではカナダユーレカ基地(80°N、86°W)で1995-96年の冬期間から観測を実施している。OPCは、光学セルに直接大気を取り込み、その中に含まれる粒子をカウントする装置である。ここで使用したOPCは粒子の大きさに基づく散乱強度の違いから5チャンネル(半径0.15、0.25、0.4、0.6、1.8ミクロン以上)に分級して粒子を測定するものであり、気球搭載により高度30km程度まで、高度分解能約200mで測定できる。今回は、観測結果より粒径分布を仮定し、成層圏におけるエアロゾル粒子の混合比を求め、北極域と赤道域の比較を行った。粒径分布の仮定は、ライダー観測による後方散乱係数との整合が取れるよう行った。

観測結果

これまで、我々は成層圏エアロゾル層を、OPC装置を用いて直接的に観測してきた。これにより、エアロゾル粒子の粒径分布をより正確に仮定できるようになったが、光学機器を用いた装置では、小さな粒子を計るのは難しく、ここで使用したものは半径0.15 μm の粒子までしか測定できず、完全に分布を決めるにはまだ不十分である。そこで同時に行われていたライダー観測によって得られた波長532nmにおける後方散乱係数と整合が取れるように分布の仮定を行った。得られた粒径分布より、粒子の混合比を見積もったのがFig.1である。観測された高度までは赤道上空よりも北極上空のほうが混合比の値は高く、極上空のピークは圏界面高度より約10kmのところにある。赤道上空では、はっきりとしたピークはなく、より高い高度に極大があると推定される。また、北極と赤道の両域にお

る圏界面より高度 9km（北極上空での混合比のピークに当たる高度）での粒径分布を Fig. 2 に示す。極域、赤道域ともにふた山分布となっている。粒子の分布を仮定する際、モノモードの対数正規分布関数がよく用いられるが、これまで得た観測結果に対してモノモーダル分布では十分に整合が取れなかった。そのため、ふた山の対数正規分布関数を用いた。エアロゾル層の粒径分布がふた山になるのは、火山噴火などによる成層圏の擾乱によるものと報告もされており、この時期、近年の大規模な火山噴火の影響がまだ残っていることも考えられ、火山の影響についてこれまでの観測の経年比較を行い、本講演で報告する予定である。

両域の粒径分布を比較すると、半径 $0.3\mu\text{m}$ 程度の粒子を中心とした大粒子のモードと、半径 $0.07\mu\text{m}$ 程度の粒子を中心とした小粒子のモードより成る分布であり、比較的大きな粒子の量は同じ程度であるが、小さな粒子になると 10 倍程度、極の方が赤道より大きく、全体の質量に対して小粒子モードの質量は無視できないものとなっている。OPC で測定できない小さな粒子の量を決めるのに、ライダー観測の結果を用いたが、ライダーも測定限界に近いので、凝縮核カウンター (CNC) 等を用いたより小さな粒子の測定を行う必要がある。

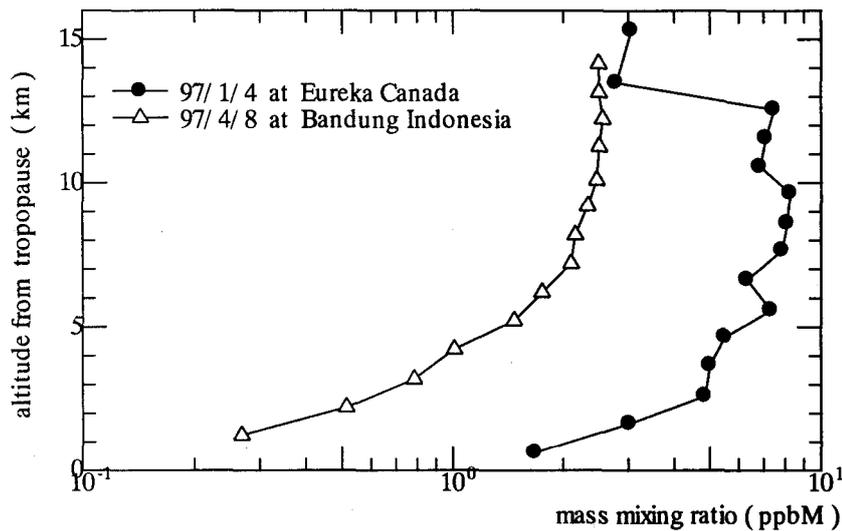


Fig 1 Vertical profiles of aerosol mass mixing ratio over Arctic and Equator.

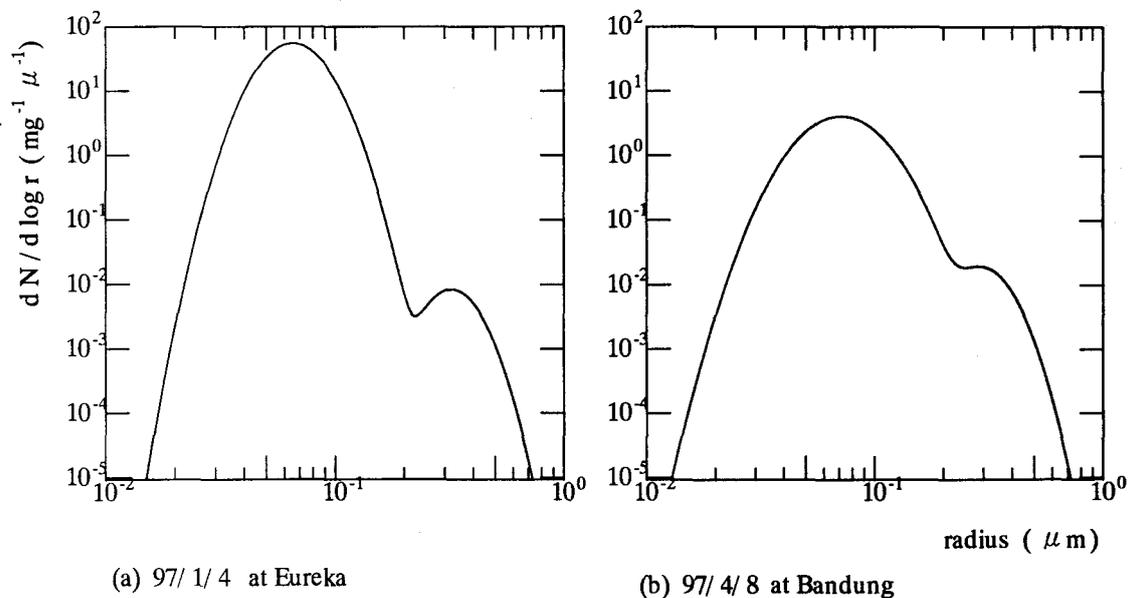


Fig 2 Size distribution of number mixing ratio at 9km above tropopause observed over (a) Eureka ($86^{\circ}\text{W}, 80^{\circ}\text{N}$) (b) Bandung ($107^{\circ}\text{E}, 7^{\circ}\text{S}$).

硝酸塩の長距離輸送の可能性について

遠藤辰雄（低温研）高橋庸哉（北教大）野口 泉（道環科セ）栗田直幸（東工大）田中教幸（北大院地球環境）

ON ABILITIES OF NO_3^- IN SOLID PRECIPITATION PARTICIPATING IN LONG RANGE TRANSPORTATION

Tatsuo Endoh¹, Tsuneya Takahashi², Izumi Noguchi³, Naoyuki Kurita⁴ and Noriyuki Tanaka⁴
Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University¹, Hokkaido University of Education², Hokkaido
Institute of Environmental Science³ and Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University⁴

From our results at urban Sapporo (Takahashi et al., Atmos. Envir. 30,1683-1692,1996), non-rimed snow crystals contain relatively greater concentration of NO_3^- rather than rimed snow crystals. Therefore, such NO_3^- ion have been considered to be introduced from anthropogenic air pollution below cloud base. To verify it and investigate the origin of falling snow compositions, this study had been carried out in a non-urbane area, Moshiri, forest located in northern Japan, midwinter 1997. And there, the contents of NO_x gas and nitric acid aerosols in the atmosphere were examined to be extremely low in one tenth or less of the urban values at the surface. Although the concentration of NO_3^- of falling snow particles were generally observed to be slightly lower in nearly one third of that in urban area, occasionally almost same levels of concentrations were observed in even such clean area of air pollution. Therefore, NO_3^- in this cases may be also considered to participate in long range transport like as SO_4^{2-} . Some reasons will be presented and argued in the conference by back trajectory and isotopic analysis with data of radar and satellite.

1. はじめに

札幌と石狩における前の観測結果は、雲粒の付かない降雪粒子は雲粒付きに比べて、硝酸塩をかなり高濃度で含んでいることを発見した (Takahashi et al. 1996)。その時の降雪粒子は都市大気によって汚染された下層の大気層を落下してきたので、これらの雲粒の付かない雪から検出された硝酸塩は雲底下で人為起源の汚染大気から及んだものと考えることが出来る。

2. 観測方法

上記の仮説を確かめ、降雪粒子の構成成分の起源を調べるために、この観測が遠隔過疎地であるの北大演習林の母子里で1997年1月21日から30日の間で実施された。観測点の環境大気の NO_x ガスと硝酸塩エアロゾルはフィルター法でモニターされた。また、降雪試料は大きな防風ネットの中心に置かれた清浄された容器で、汚染物の混入に注意して集められた。試料は冷凍保存され、後に一気に分析された。それはイオン・クロマトグラフや自動比色計、原子吸収スペクトロメーターおよび同位体質量スペクトラム解析装置等である。

3. 結果と議論

観測点の大気環境をチェックするために24時間吸引するフィルター法を用いた。得られた硝酸塩 NO_3^- の濃度は $0.12 - 1.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲に収まっていて、都市の値の $1/3 \sim 1/10$ の濃度に相当する。図の例の3例を議論する。

1月25日のCase 4の例では、環境大気の硝酸塩濃度が期間中の最小値であるにも関わらず、この時は雲粒付きの降雪粒子が卓越していたが、その硝酸塩の濃度はこの地域の平均的な値であった。その濃度値はEndoh et al.(1995)が石狩で観測した時に霰を篩で振り分けた粒子の芯の部分を含む濃度値と非常に近いことが注目される。この事例では、降水の起源は西風によって同緯度のロシア大陸からの物であることが流跡線解析によって求められている。

27日のCase 6の事例では雲粒の付かない雪も見られたが、この場合には非海塩性の硫酸塩もそうであるが、とりわけ硝酸塩の濃度が極端に低濃度であることが観測されていることが注目される。環境大気の NO_3^- 濃度は $0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であって、これも低い値である。流跡線解析によると、気流の起源は日本海北部のサハリン経由でオホーツク海の北西部に当たるが、そこはこの時期には人為活動が低く、かつ流水に覆われていたことが報告されている。

29日のCase 8の事例も雲粒の付かない雪結晶が観測されていた。しかるに、この降雪に含まれている非海塩性硫酸塩も硝酸塩もかなり高濃度であることが分かる。この場合の環境大気の NO_3^- の濃度は $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、これも高濃度である。流跡線はCase 4の場合と類似し低気圧性の循環によって日本列島上で南側から巻き上げられ近距離起源の人為汚染の影響を受けたことが考えられる。さらに他の2例に比べて、下層大気の相対湿度が高く飽和に近いので、雲底下の落下中にも雪結晶が成長した可能性があり、Diehl et al.(1995)の実験結果の好条件と一致し、硝酸ガスの吸着が起こったと考えられる。

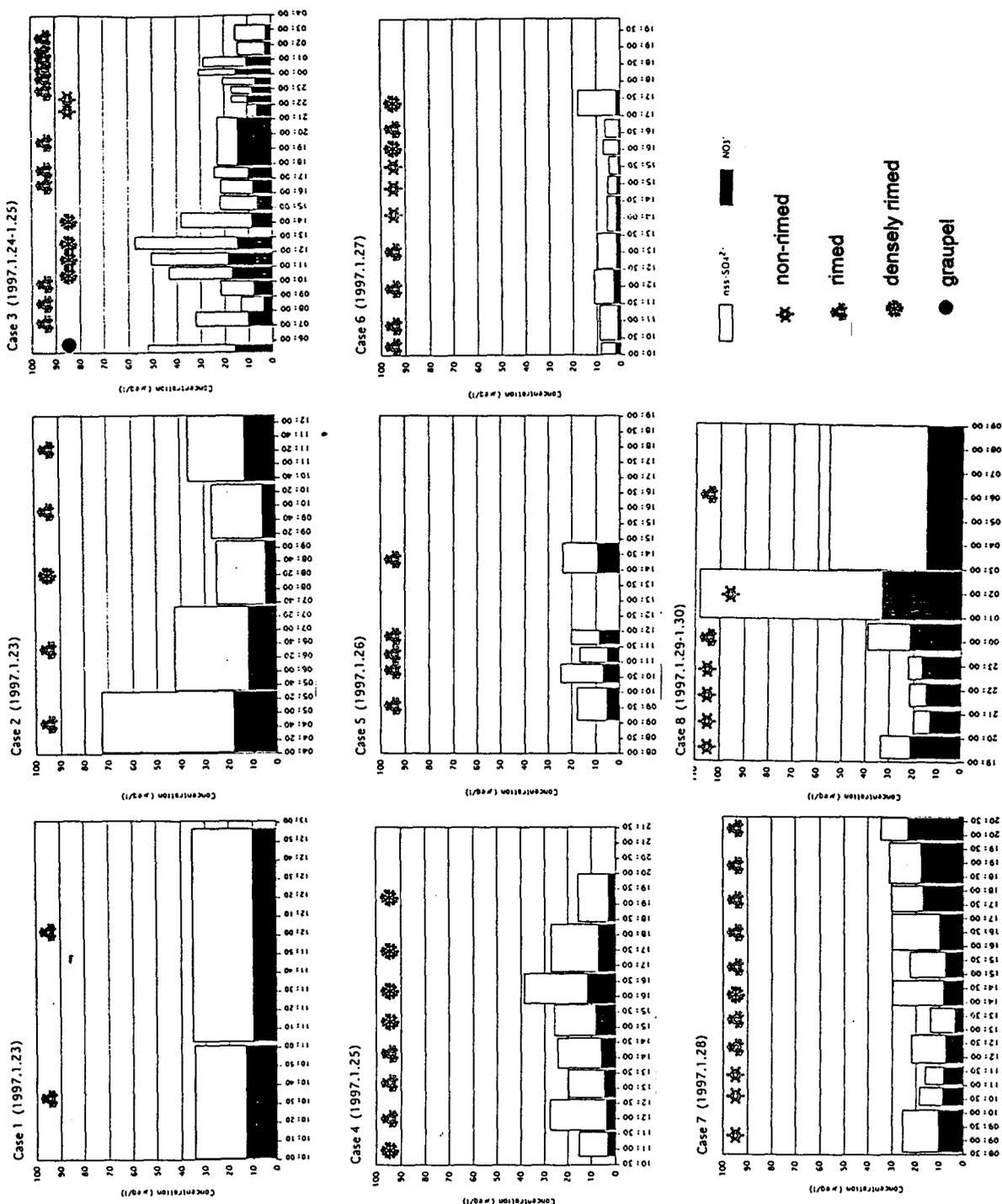


図 全降雪事例の非海塩性硫酸塩と硝酸塩の時間変化

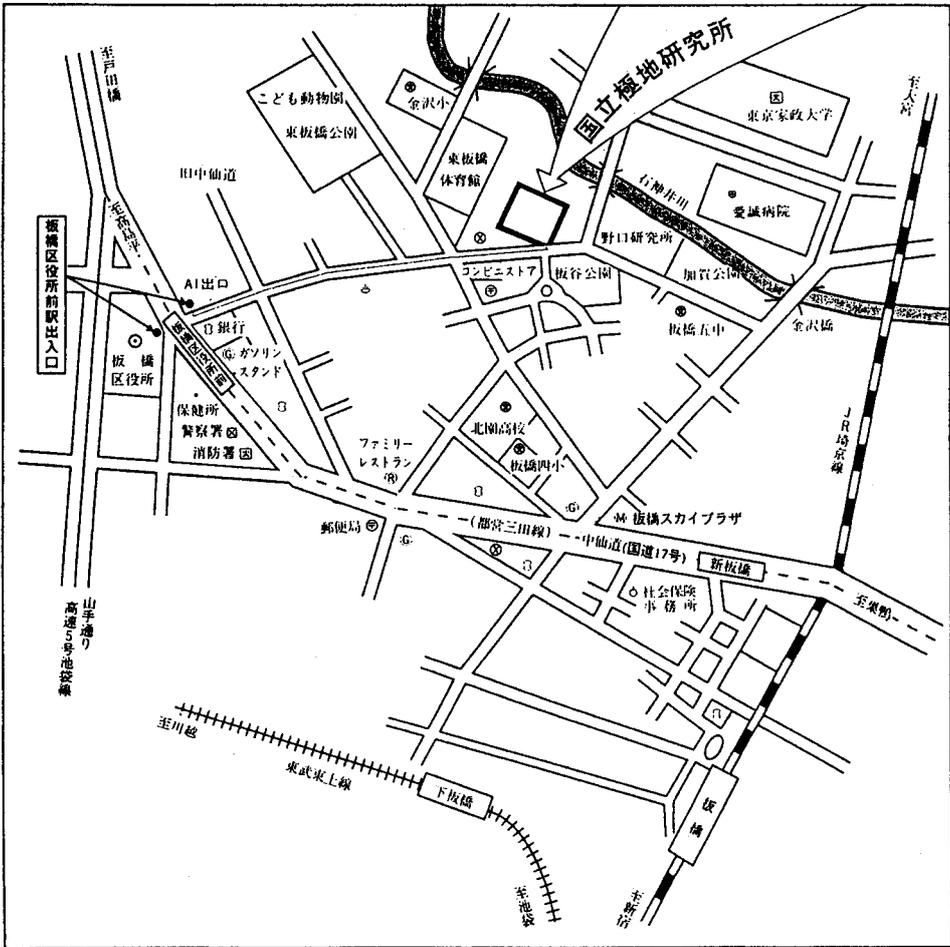
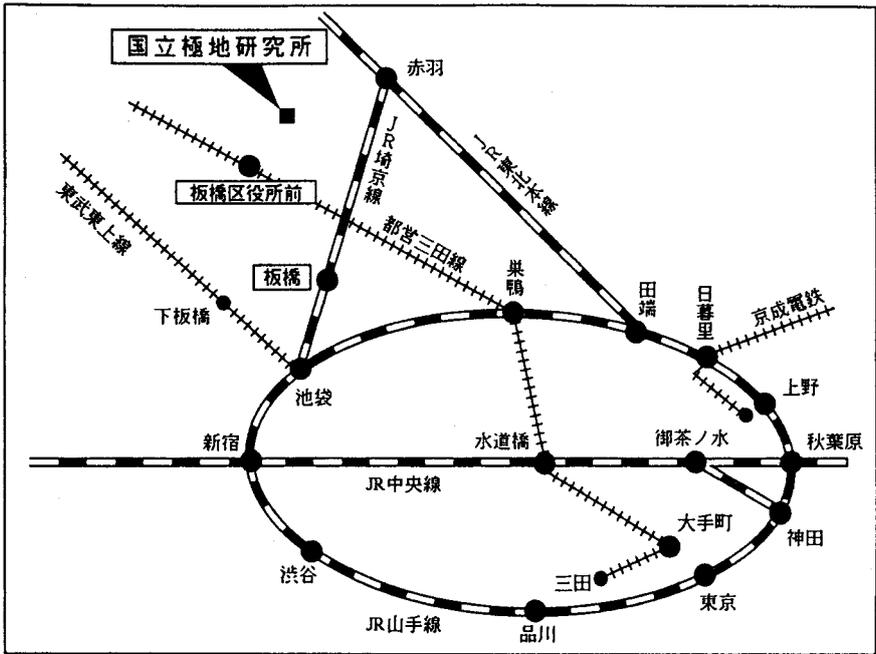
4. 終わりに

雲粒の付かない雪結晶の硝酸塩濃度も観測点の下層大気中の硝酸塩濃度に平行して変わることから、雲底下の捕集機構は依然として主要因と言える。しかし、環境大気の硝酸塩濃度がかなり低い時でも、ある程度の濃度が雲粒付きの雪粒子にも検出され、しかも、その濃度値が霰の芯の濃度に近いことから、これは雲内で捕集されたものであり、雲内まで吸い上げられる長距離輸送の可能性が期待される。

References

Diehl et al.(1996), Proc.12thICCP in Zurich, 1047-1049.
 Endoh et al.(1995), Preprints of Conference of Cloud Physics of American Meteorological Society (Dallas), 521-522.
 Takahashi et al.(1997), Atmos. Envir., 30,1683-1692.

案 内 図



●地下鉄(都営三田線)「板橋区役所前」駅下車A1出口徒歩10分

●JR埼京線「板橋」駅下車徒歩15分

国立極地研究所

〒173-8515 東京都板橋区加賀1-9-10
 電話 03(3962)4712
 FAX 03(3962)2529