

重点プロジェクト研究観測 GS-2

研究代表者： 和田 誠

極域における宙空—大気—海洋の相互作用からとらえる地球環境システムの研究 サブテーマ2 極域の大気圏—海洋圏結合研究

研究目的:

極域の大気圏(対流圏)と海洋圏で生じている現象に着目し、特に地球規模の環境変動において重要な温室効果気体の変動メカニズムの解明を目指す。この目的で温暖化に対して影響の程度を含め、不確かな要素が多いエアロゾル・雲・水蒸気について観測を実施する。極域での降水は降雪という形で大気中に長期滞留する特性をもち、気候変動に対し作用が大きい可能性があるため、この観測も実施する。これらを通じて、より高い精度で将来の環境変動を予測するための根幹となる研究を実施する。

大気中の温室効果気体の変動を知る上で、大気に対する発生源・吸収源の動態を捉えることが必要である。南極域にとってこれらの供給・発生源として南極海の果たす役割が特に大きく、この供給・吸収バランスは、物理・化学的環境に加え、海洋表層での生物活動によって大きく変動するものと考えられる。このような現象の解明に向け、これまで観測事例の少ない南大洋インド洋区において、地球温暖化に正・負の効果を持つ気体(二酸化炭素・硫化ジメチル類など)の大気—海洋間における交換量と交換過程を、研究船の共同運航および観測船を備船し、特に氷縁域で最も活発に生物生産が生じている期間に、緻密に繰り返し観測する。

実績・成果:

1. 温室効果気体の変動メカニズムの解明

1.1 酸素濃度観測:

南極域における大気中の酸素(O₂)濃度の変動を詳細に把握し、地球表層での二酸化炭素(CO₂)収支や大気—海洋間の酸素交換に関する知見を得るために、新たに開発した高精度酸素濃度連続観測装置を49次隊(2008年)夏に昭和基地に設置し、連続観測を開始した。49次から現在まで大きな問題はなく連続観測を継続している。

これまでに処理が終わった49次、50次の2年間のデータからは、振幅(peak-to-peak)約16ppmvの明瞭な季節変化と約3ppmv/年の経年減少傾向の他、夏期のCO₂濃度に見られる不規則な変動と同期したO₂濃度の変化等が捉えられた。その後も順調にデータが取れており、計画通りの目的を達成した。

1.2 小型回収気球実験:

小型回収気球を用いた成層圏大気採取実験を行った。南極域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、新たに開発した小型成層圏大気クライオサンプラーを小型気球を用いて49次夏に昭和基地から飛揚し、高度18kmと25kmにおいて成層圏大気試料を採取した。得られた大気試料を国内に持ち帰った後、各種温室効果気体濃度・同位体比の高精度分析を行った。

観測されたメタン(CH₄)と一酸化二窒素(N₂O)は高度と共に減少しており、両者の減少率は過去の観測と矛盾のない関係であったことから、新しい小型クライオサンプラーが正常に機能したことを確認した。また、高度18km以上のCO₂濃度を過去の観測と比較することにより、1998年以降

昭和基地における酸素濃度連続観測: 49-50次

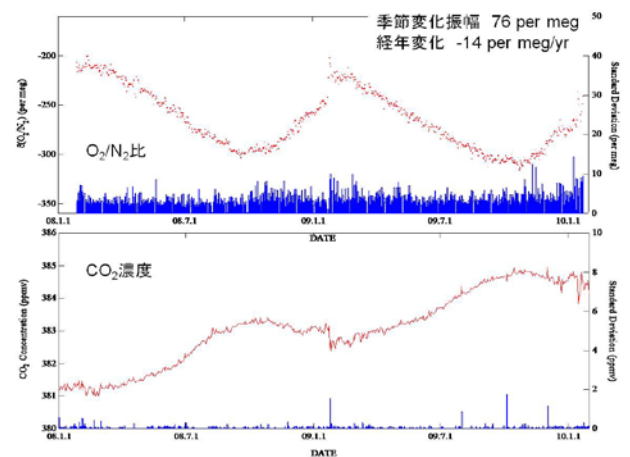


図1 上: O₂/N₂比 季節変化振幅 76 per meg (約16ppmvに相当)、化石燃料消費による経年減少が観測されている。下: CO₂濃度連続観測データ。

の平均増加率が約 1.8ppmv/年であることが明らかになった。これまで規模の大きい回収気球実験を行ってきたが、今回少人数で飛揚できる小型回収気球実験が成功し、夏期の期間だけでなく冬期にも実施できる見込みが付き、成層圏の温室効果気体の変動をより詳細に把握することが出来る可能性を高めた。

2. 環境変動に関与する、エアロゾル・雲・水蒸気の動態

2.1 成層圏のオゾン量の変動に関する観測:

2 台のフーリエ変換赤外分光計(FTIR)、オゾンゾンデ、エアロゾルゾンデを用いたオゾン破壊のメカニズムを探る観測である。この観測は 48 次越冬隊によって実施された。高分解能 FTIR 観測は越冬期間中のべ 87 日間のデータを取得した。またドイツが中心となっておこなった Match 観測に関わりオゾンゾンデを飛揚した。Match 観測は、ある基地の上空を通過した空気塊がその後どのような経路で進むかをトラジェクトリ解析予測し、その空気塊が他の基地の上空を通過するときにオゾンゾンデを飛揚し、その空気塊の中のオゾン濃度の変化を調べようとする観測である。昭和基地での Match 観測(IPY の項目名は OLACLE)に同期したオゾンゾンデ観測は、オゾンホールが始まる前の 6 月から開始し、オゾンホールがほぼ終わる 10 月末までの間、40 回実施した。またその後も 2008 年 1 月まで、計 63 回のオゾンゾンデ観測を実施した。その他に、5 回のエアロゾルゾンデ観測を実施した。また、地上 FTIR による極成層圏雲(PSC)観測としては、PSC からの赤外散乱光・放射光を測定し、PSC のタイプ識別を試みる低分解能 FTIR 観測を実施した。この他にモニタリング観測であるマイクロパルスライダーによる PSC のモニターデータも利用した。このような多くの手法を駆使してオゾン破壊に関連する微量物質の観測を実施したのは世界初である。

上記のように計画通りに観測が実施され、目的は十分達成された。一例として PSC が形成される冬季にどの様に硝酸濃度が変化するかを調べた結果からは、気温が低いほど気柱全量、高度 20km の濃度ともに減少する傾向が見られた。また昭和基地上空 18-22km の塩素濃度、硝酸塩素濃度の 1 年間の変化が捉えられた。またオゾン破壊量と PSC のタイプによる関係を見積もり PSC のタイプによりオゾン破壊量に大きな違いがあることが判明した。

2.2 夏季対流圏エアロゾルの広域分布と輸送過程の観測:

48 次隊の夏に、広域大気エアロゾルの空間分布とその気象学的特性の把握を目的とした日独共同航空機観測を行った。昭和基地近くの S17 地点に加え、Neumayer 基地及び Kohnen 基地(いずれもドイツ)を航空・観測拠点として、東南極域の航空網(DROMLAN)も利用した。南極域では、観測範囲の規模、期間、フライト回数において、世界的にも

小型回収気球実験(成層圏大気採取実験): 49次夏

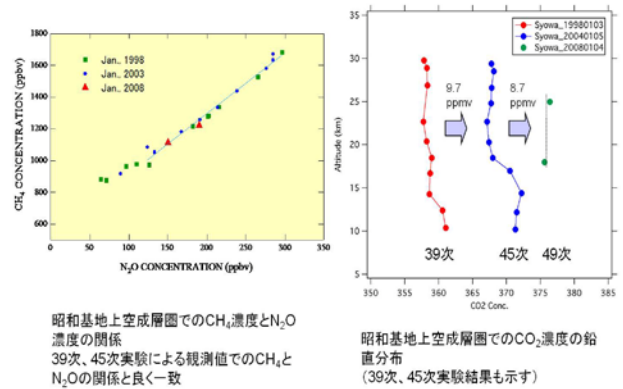


図2 南極域成層圏において対流圏のCO₂濃度増加に追隨した増加が観測された。新規小型サンプラーの有効性が確認できたので、今後さらに観測例を増やし、成層圏での温室効果気体の長期変化を明らかにする。

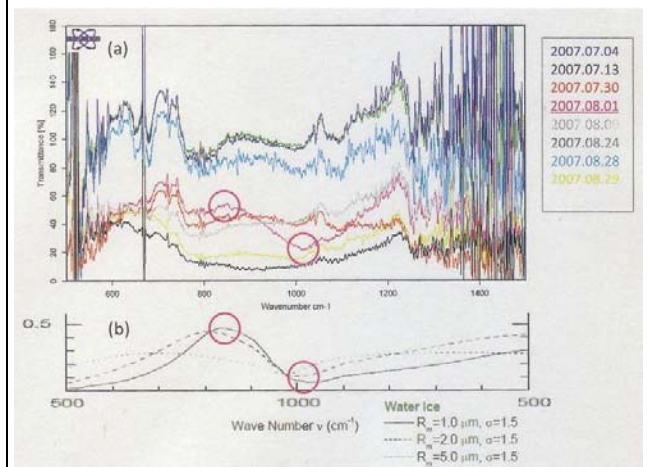


図3 FTIR MCTチャンネルにおける観測スペクトル(a)と計算によって求められた、Ice PSCによるスペクトル(b)。2007年8月1日のスペクトルに、Ice PSCによる特徴が見て取れる。

これまでにない大規模な観測を実施した。この観測では、国立極地研究所とドイツのアルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所との研究協定に基づいて、両国からの観測施設の提供やドイツからの観測用航空機の提供が行われ、日本及びドイツに加え、スウェーデンからの共同研究者も参加した。

今回の航空機観測から、夏季の南極対流圏中のエアロゾル数濃度やエアロゾル粒子化学成分とその混合状態の空間分布に関する知見を得ることができた。大陸縁辺部～海氷・棚氷～開水域のエアロゾル水平分布観測では、海氷縁を境に開水域で数濃度が高くなる水平分布が確認された。この濃度勾配は、海表面からのDMS発生と密接な関係を持つ可能性があるとともに、海塩粒子の数濃度の増加とも対応している。長距離輸送の指標となる燃烧起源のエアロゾル粒子成分(ブラックカーボン、カリウム含有の硫酸塩粒子)は、沿岸部上空だけではなく内陸上空でも観測された。燃烧起源成分の割合が高い高度では、エアロゾル数濃度(粒径 0.3 μm 以上の粒子)も増加することがあった。燃烧起源成分の割合は対流圏下層よりも上層の方が高くなっていったため、夏季には燃烧起源のエアロゾルが対流圏上部経路で低中緯度から南極域へ輸送されていることを示していると考えている。

2.3 下層大気物質循環メカニズム把握のための無人航空機、飛翔体などによる準備観測

夏季以外の季節や内陸部上空のエアロゾルの分布に関しての知見は、南極大気中の物質循環・輸送過程全体を理解する上では必要であるが、国際的にみても依然として多くない。アイスコアデータを解釈する上でも欠かすことのできない情報である。沿岸部や内陸部の地上で行うエアロゾル連続観測に加え、航空機や飛翔体を利用しながら、年間の空間的なエアロゾル観測の実現に繋げていくことが今後の国際的な課題である。

南極氷床上的航空拠点 S17 では、滑走路機能を維持するだけでなく、多岐にわたる地上気象観測を展開し、無人飛行機観測、係留風観測による大気境界層の観測が行われた。地上観測からは、カタバ風システムの日変化が明らかにされ、日中にカタバ風が止まり斜面を上昇する風が発生する場合が見出された。この時に海洋性の下層大気が氷床上に輸送される可能性が示唆された。このプロセスは南極内陸域への物質輸送メカニズムの一つとして提案される。また、エアロゾル数濃度の大きな大気境界層の詳細構造の時間変化を把握することは、大気境界層と対流圏自由大気との間の物質交換を理解する上で必要であるが、有人航空機での観測は難しい。

今回、S17 からの無人飛行機観測によって、大気境界層の厚さが日中から夕方にかけて薄くなることを捉えることに

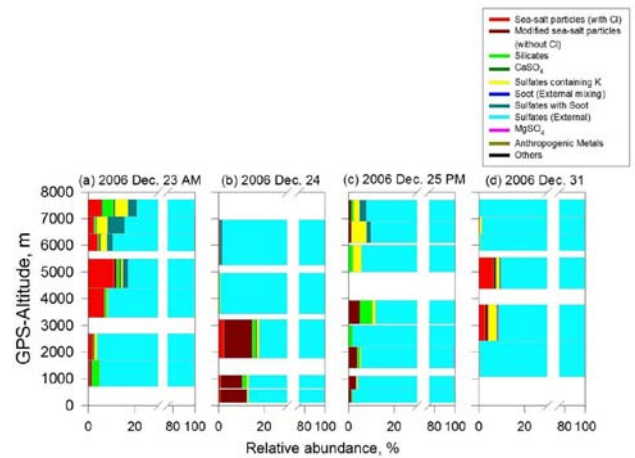


図 4 Neumayer 上空付近で得られた鉛直方向のエアロゾルの組成比率

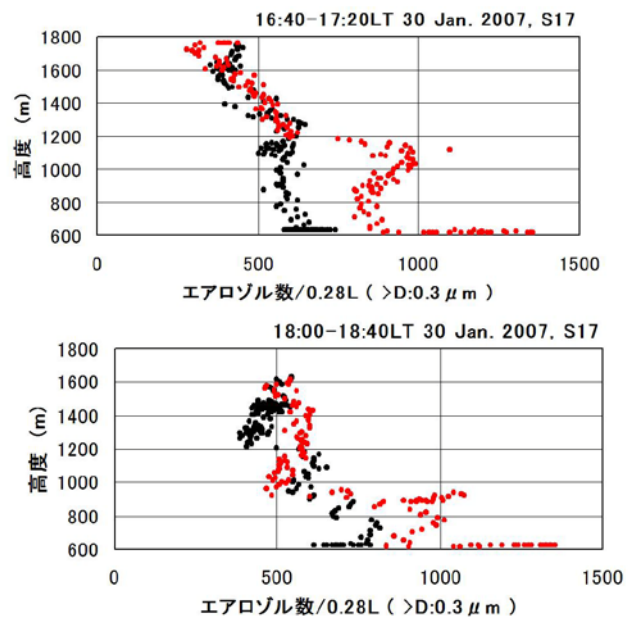


図 5 無人飛行機を使った夕方下の層エアロゾルの数濃度変化

成功した。日本隊での無人飛行機観測は、次の第 49 次隊において昭和基地の海氷上からの試験観測が成功しており、大気境界層の詳細観測や航続距離 1000km 程度の長距離・長時間観測への足掛かりができた。国際的にも同様の歩調で南極域での無人飛行機観測が導入されてきたが、ここ 1、2 年は、イギリス隊などで大規模な経費をかけた大気科学観測が成功している。今回、独自の技術によって、国際的にみて最も経済的かつオペレーション負荷の軽い無人飛行機観測の基盤を作った。今後、この特徴を生かして、大気科学だけでなく多くの方面で無人飛行機観測を活用すべきであろう。

3. 大気圏と海洋圏の二酸化炭素および硫化ジメチルの交換過程に関する研究

我が国の南極地域観測隊が活動する南大洋インド洋区、氷縁ブルームが起こっている海域、定着氷域で、二酸化炭素および硫化ジメチル(DMS)の大気下層と海洋表層および海水との交換過程、大気下層での変質過程(DMS のみ)を明らかにするための観測を行った。第 49 次および第 50 次観測において、東京海洋大学「海鷹丸」をプラットフォームとして、氷縁ブルームが起こっている海域での二酸化炭素の大気-海洋間における交換量と交換過程を明らかにするとともに、DMS の海洋での生成過程及び海洋からの放出過程と大気中での変質過程を明らかにした。一方、第 48 次観測および第 51 次観測においては、「しらせ」をプラットフォームとして定着氷・流氷帯において、DMS/DMSP の生成過程を明らかにした。観測はほぼ計画通り実施することが出来た。

3.1 海洋表層の二酸化炭素観測

海洋表層の二酸化炭素濃度の観測は 29 次隊からふじ・しらせの航路に沿って行われてきた。二酸化炭素濃度の増加率は海域によって異なるが、大気中の二酸化炭素濃度の増加率(2.0ppmv/yr)より小さく、大気海洋間の二酸化炭素交換以外の海洋中のプロセスが強く関与していることが示唆された。インド洋セクター南緯 60 度近傍の観測に基づき、pH の変化を見積もったところ、0.04/decade の有意な減少が確認された。

3.2 大気下層および海洋表層中の DMS 濃度観測

海鷹丸(2009 年 1 月から 2 月)、しらせ(2010 年 1 月から 2 月)の航海を利用した DMS の大気中の連続観測を実施した。また 2009 年の観測期間には海洋中の DMS の測定が行われた。その結果、海氷縁域では DMS 濃度が 2ppb を越える高い値を示したこと、海洋表層の DMS 濃度(液体)と大気下層の DMS 濃度(気体)の空間変化は良い相関を示すこと、海氷縁から定着氷域までの流氷域では、気温と大気中

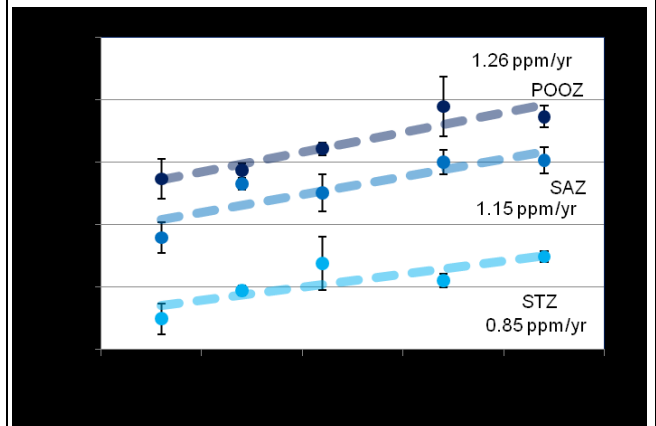


図 6 東経 110 度における Sub-Tropical Zone (STZ)、Sub-Antarctic Zone (SAZ)、Permanent Open Ocean Zone (POOZ) の xCO₂ の経年増加率。

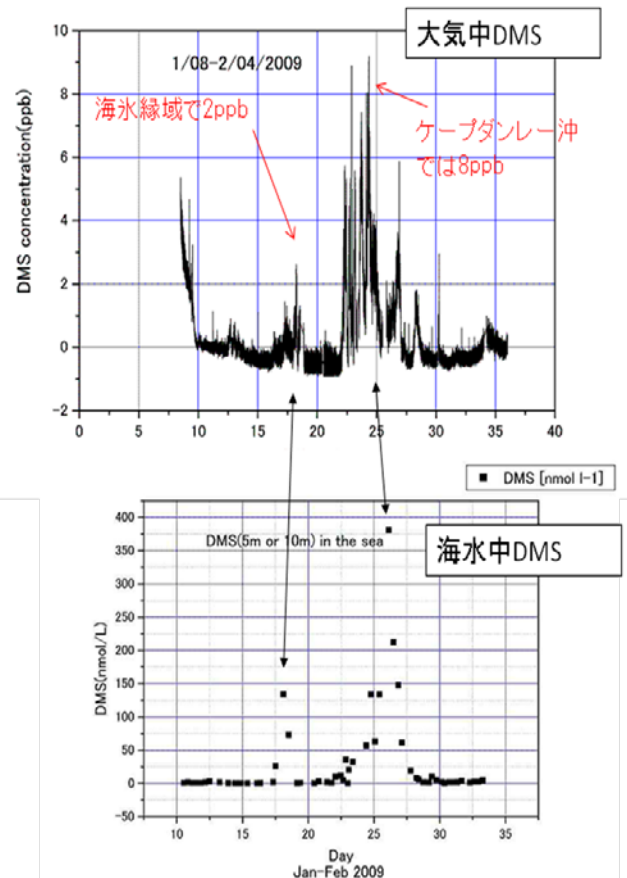


図 7 大気下層および海洋表層中の DMS 濃度観測南大洋で観測された大気下層(上)と海洋表層(下)の硫化ジメチル濃度

DMS 濃度は良い相関を示すことなどが明らかにされた。また定着氷域での DMS 観測からは、これまで大気海洋間の硫黄物質交換のバリアとして扱われた海氷は、実際は DMS や二酸化炭素などの気体透過性に富み、物質交換が頻繁に起こっていることが示唆された。また、大気中に放出された DMS が雲形成に関与する可能性を探ることを考え、サブミクロンエアロゾルの性状や生成条件を知るための観測を海鷹丸で同時に実施した。昭和基地沖の海氷縁域で観測された超微小エアロゾル粒子濃度の増加イベント(1/17-18日)は、既存粒子数濃度が著しく低く、日射のある条件に対応していた。逆に、大気中の DMS 濃度やアンモニア濃度が高くて、既存粒子が高濃度で雲量の多い条件下では、超微小粒子の生成イベントは観測されなかった。

今回の観測から、海洋から放出された DMS は、単純には超微小エアロゾル粒子の生成には繋がっていない様であり、今後の課題である。

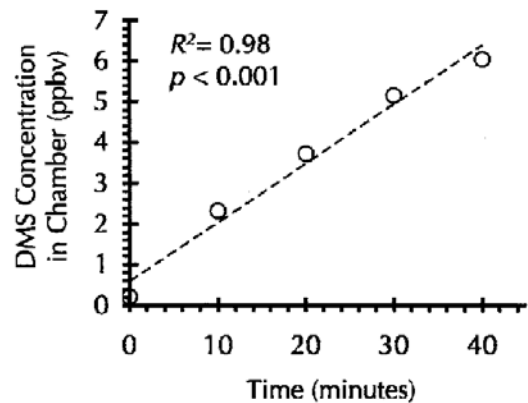


図 8 ガス採取用チャンバーをスラッシュ層の上に置いて捕捉した硫化ジメチル濃度の時間変化

観測の実績・成果が計画に照らしてどの程度得られたか。

- 計画以上あるいは、完璧に近い観測の実績・成果を得た。
- 計画通りの観測の実績・成果を得た。
- ほぼ計画通りで、十分な観測の実績・成果を得た。
- 計画が不備であったため、観測の実績・成果が不十分であった。
- 天候等不可抗力による理由で、観測の実績・成果が不十分であった。

上記の判断をした理由

GS-2全体として、当初の観測計画をほぼ完遂した。予定通りのデータを得ることが出来なかった観測もあるが、研究成果を得る為には十分なデータが取得された。以下に各項目ごとについて記載する。

- ・温室効果気体の観測においては、二酸化炭素の発生・消滅源を詳細に知るための観測としての酸素濃度の連続観測が2008年夏に開始され、その後現在まで順調にデータが取得されている。また成層圏の温室効果気体濃度研究のための小型回収気球による大気の採取に成功し、今後の利用計画が進められている。
- ・エアロゾル、雲、水蒸気の観測においては、フーリエ変換赤外分光計による観測が順調に行われ、成層圏のオゾン破壊とエアロゾル(極成層圏雲)とがどの様に関係するのかの研究が成された。またIPY観測としてオゾンゾンデ観測を実施し、オゾン破壊のメカニズムの研究に貢献した。一方、対流圏下層のエアロゾルのドイツとの共同航空機観測では、内陸域だけでなく、これまでになかった海氷および海洋上空のエアロゾル観測を実施した。また、無人模型飛行機観測から沿岸域の対流圏下層の物質循環研究用のデータを取得した。有人航空機観測後に計画された短期間の観測であり得られたデータは少ないが、無人飛行機の準備観測としては成功である。
- ・大気圏と海洋圏の二酸化炭素と硫化ジメチルの交換過程の観測においては、大気下層および海洋表層の二酸化炭素濃度の測定に加え、より深いところの二酸化炭素濃度の測定が行われた。また硫化ジメチル濃度についても大気下層と海洋表層の測定が海鷹丸、しらせで行われ、多くのデータを収録することが出来た。さらに極域に特徴的な海氷上、海氷中の数地点の観測が実施された。

研究目的をどの程度達成したか：

上記のように、3つの研究課題とも当初予定の目的をほぼ完遂した。

- ・酸素濃度観測は順調に続いており、十分目的を達成した。今後モニタリング観測へ移行する。小型回収気球実験は数年おきに実施する目処が立った。
- ・成層圏のエアロゾル、オゾン濃度の観測は目的を十分達成したと考えているが、まだオゾン濃度変動に予測と合わ

ない点などがあり、今回のデータを有効に生かすことを進めたい。対流圏下層のエアロゾル観測は予定していた項目は十分実施され目的のデータ取得は成された。今後、エアロゾルの発生に海水縁域がおよぼす影響を解析する予定である。エアロゾル濃度は、放射量や水蒸気量と密接にかかわるため、時間間隔の短い観測が今後の課題である。

・海鷹丸、しらせと2つの船の性格を良く理解して、十分なデータを取ることが出来た。しかし大気下層と海洋表層の硫化ジメチル濃度の同時データは海鷹丸での測定のみであり、再確認の観測を今後行うことが必要である。またVII期の4年間の観測計画としては実現しなかったが、海洋から放出された硫化ジメチルがどの様に変化し雲の核になるかの全体像を作成するためのデータ取得は出来なかった。

・観測については十分目的を達成した。多くの初期論文が作成されている。しかしまだこれらのデータを詳細に吟味した論文は、まだ観測が終わってから短期間ということはあるが、ほとんど作成されていない。当初予定の観測目的は十分達成されたが、最終的な研究目的の達成度は、現状では、初期論文が数多く作成されていることを考慮し80%程度であろう。

国際共同観測にどの程度貢献したか:

IPYに参加した項目は十分な観測成果を上げた。日独共同航空機観測プロジェクトは、ANTSYO (Antarctic flight mission at Syowa region: Airborne Geophysical, Glaciological and Atmospheric Research in East Antarctica)-II: AGAMES (Antarctic Trace Gas and Aerosol Airborne Measurement Study)として、国際極年(International Polar Year)成果報告会での招待講演等を行ってきた。またオゾンゾンデによる成層圏のオゾン破壊量を見積もる観測(ORACLE-03)では昭和基地で40回のオゾンゾンデを飛ばしデータを取得し各区域の観測の一翼を担い大きな貢献をした。また南大洋の船舶を用いた共同観測(STAGE, ICED-IPY)では、日本側のデータ収集は十分成され、データ交換、公開などが行われつつある。

注)DMSのデータについては国際データベース【Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL) global DMS database (<http://saga.pmel.noaa.gov/dms/> after Kettle et al., 1999),】に登録し、科学論文に引用されている(例、doi:10.5194/bg-7-3215-2010)。

他の研究にどの程度影響を与えているか:

航空機による、ドイツとの共同観測は、その後のドイツを含むEUの北極観測の参考となった。南極域の酸素濃度データはバックグラウンドデータとして重要な役割を持ち、今後の二酸化炭素濃度の予測にも貢献する。また小型回収気球により得られた、成層圏の温室効果気体のデータは、極域だけでなく世界的に少ない。今後の温室効果気体の濃度変動予測に大きな貢献である。さらに小型回収気球は、これまでの大型の回収気球実験に比べ扱いが用意であり、船上での飛揚も可能になり、他の地域の成層圏の温室効果気体濃度の測定手段として貢献する。また、二酸化炭素の大気-海洋間における交換の観測成果の一部は、海洋酸性化問題に関連した日本南極地域観測第VIII期計画の重点研究観測サブテーマ2へ発展的につながった。

この成果に関係する主要な論文:

・Morimoto, S., T. Yamanouchi, H. Honda, S. Aoki, T. Nakazawa, S. Sugawara, S. Ishidoya, I. Iijima and T. Yoshida, A new compact cryogenic air sampler and its application in stratospheric greenhouse gas observation at Syowa Station, Antarctica, J. Atmos. Ocean. Tech. 26, 2182-2191, 2009.

成層圏において温室効果気体濃度・同位体比分析用大気試料を採取するために、ジュール・トムソンミニクーラー(JTクーラー)を用いた小型クライオジェニック大気サンプラーを開発した。本サンプラーは、JTクーラーに高圧ネオンガスを供給することで発生する寒冷を用いて成層圏の希薄な大気を固化・液化して採取するという全く新しい装置である。49次隊夏期に、満膨張時容積1,000または2,000m³の小型プラスチック気球を用いて本サンプラーを昭和基地から飛揚し、高度18km及び25kmの大気試料を採取することに成功した。採取された大気試料を国内に持ち帰

り、各種温室効果気体の濃度・同位体比の分析を行った。その結果、採取大気試料中の N₂O と CH₄ 濃度の関係等から、本サンプラーが良質な成層圏大気試料を採取していることを確認した。

・Nakajima, H., K. Saeki, I. Murata, and T. Nagahama (2008), Bi-polar polar stratospheric cloud (PSC) observations related to polar ozone depletion with FTIR spectrometer at Ny-Ålesund, Svalbard, Proc. of the First International Symposium on the Arctic Research (ISAR-1), 4-6 November 2008, Tokyo, Japan, 58-61.

冬季極域の-78°C以下の極低温になる高度 15~25 km の成層圏に出現する極成層圏雲 (PSC: Polar Stratospheric Cloud) は、オゾン破壊の引き金を引く重要な働きをする。つまり、その表面上での不均一反応によって、準安定なリザーバー分子から、活性な塩素を作り出す働きをする。我々は、低分解能フーリエ変換赤外分光器 (FTIR) を用いた地上観測により、2007 年の冬に南極昭和基地において、また 2008/2009 年の冬に北極・スバルバル・ニーオルスンにおいて、PSC のタイプ識別のための分光観測を行った。その結果、いくつかのタイプの異なる PSC に特徴的な赤外スペクトルを、MCT (500-1800 cm⁻¹)、InSb (1800-3500 cm⁻¹) それぞれのディテクター領域に置いて得ることが出来た。今後、PSC のタイプに伴うオゾン破壊量の違いについて、マッチ解析などの手法を用いて調べていく予定である。

・原圭一郎、平沢尚彦、山内 恭、和田 誠、Andreas Herber、ANTSYO-II members: 夏季南極対流圏中のエアロゾル粒子の分布と混合状態: ANTSYO-II (AGAMES) 観測、南極資料、54、特集号、704-730、2010.

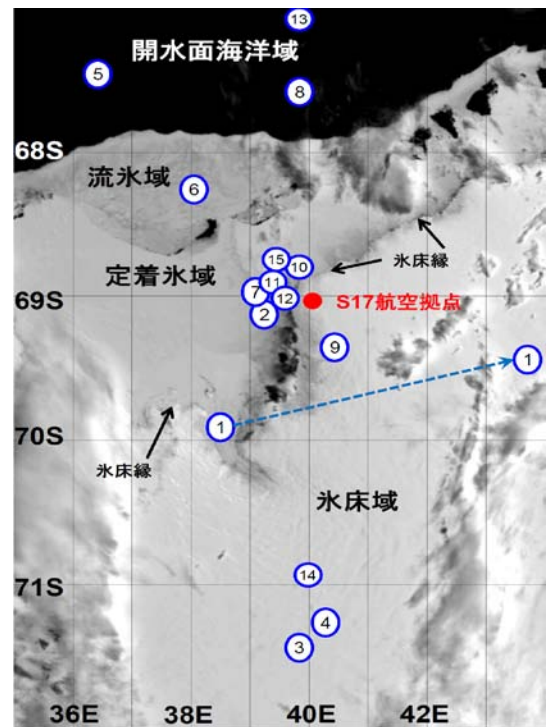
第 48 次南極地域観測隊夏時期に、日独共同航空機観測 (ANTSYO-II: AGAMES) を実施した。12 月には、Neumayer 基地、Kohnen 基地で、1 月には昭和基地周辺で観測飛行を実施した。Neumayer 基地、Kohnen 基地周辺上空で採取されたエアロゾル粒子のほとんどが硫酸粒子で、その存在割合は 80% 以上だった。微量成分としては、海塩粒子、変質海塩粒子、K 含有硫酸塩、土壌粒子などが確認された。特に、バイオマス燃焼などの燃焼起源由来の K 含有硫酸塩粒子は、自由対流圏上部で観測されることが多く、Neumayer 基地 (沿岸) 上空だけではなく、Kohnen (内陸) 基地上空でも観測されていた。K 含有硫酸塩粒子の鉛直分布は、低中緯度域の燃焼起源物質が自由対流圏上部経路で南極域へ長距離輸送されていることを示唆する。また、大陸~海氷~開水域のエアロゾル水平分布に注目すると、境界層内では海氷縁を境に粗大粒子数濃度が急増し、エアロゾル粒径分布が大きな変化をしていた。この水平分布は、Neumayer 基地、昭和基地沖のいずれでも同様な傾向が観測されており、海氷縁付近の物質循環を議論する上では、非常に興味深い結果である。S17 を拠点にした昭和基地周辺の観測結果については、現在、詳細を集計・解析中である。

・平沢尚彦、原圭一郎: 第 48 次南極地域観測隊の S17 航空拠点における活動報告。日独共同航空機観測に関連して一、南極資料、Vol.51(3)、273-297、2007.

第 48 次南極地域観測隊夏隊において、ドイツのアルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所 (AWI) と共同で、大気エアロゾルの広域 3 次元分布とそれらの物理・化学特性に関する航空機観測を行った (ANTSYO-II: Antarctic Flight Mission at Syowa Region II)。航空機は AWI の所有する Polar2 を持ち込み、滑走路は昭和基地近くの大陸氷床上の S17 拠点を開設して、1 月 7 日から 24 日にかけて飛行回数 15 回、総飛行時間約 42 時間の観測を実施した (図)。S17 拠点での地上観測として、気温、湿度、風向・風速、気圧などの一般的気象要素に加えて、雲底計、エアロゾル計数計、雪粒子計数計、超音波風速計、放射計による連続計測を行うとともに、小型模型飛行機による大気境界層観測を試みた。

本観測に参加した日本、ドイツ、スウェーデンからの研究者、技術者、パイロットは、航空機によりケープタウン (南アフリカ共和国) から Novo 基地 (南極、ロシア) を経由し S17 拠点に出入りしたものと、観測船しらせにより往復したものが含まれる。基地運営には拠点の開設・撤収・維持及び他の沿岸調査隊活動等の支援が含まれており、短期間で展開する S17 拠点の高度利用実績として、それらの情報もともにまとめられている。

図の説明: 各観測飛行において、鉛直プロファイル観測、或いは放射観測を行った地域(丸印に飛行通番で示す)の分布とS17航空拠点の位置。2007年1月15日に受信したNOAA衛星の可視画像により南極氷床・氷床縁、海水域(定着氷域、流水域)、開水域を示す。海水域及び開水域の分布は航空機観測期間中に大きな変化はなかった。



・原圭一郎、平沢尚彦、山内 恭、和田 誠、Andreas Herber、ANTSYO-II members: 夏季南極対流圏中のエアロゾル粒子の分布と混合状態: ANTSYO-II (AGAMES) 観測、南極資料、54、特集号、704-730、2010。

・橋田元、中岡慎一郎、小野亘、中澤高清、吉川久幸、青木周司、森本真司、山内恭、小達恒夫、福地光男、南大洋オーストラリア区における表層海洋中の二酸化炭素分圧の経年変化と季節変化、南極資料、54、特集号、438-448、2010。

全海洋面積のおよそ 20%を占める南大洋は巨大な CO₂ の吸収源と考えられているが、他海域に比べて観測機会が限られており、CO₂ 吸収量の正確な評価に結びつく表層海洋中の乾燥空気平衡分圧(xCO₂)データの蓄積は十分ではない。本研究では、主としてしらせの東経 110 度における長期 xCO₂ 観測データを用いて、経年変化を評価した。観測時期である 12 月上旬は、一般的に植物プランクトンの増殖前で安定した冬季の状態を保存した状態と考えられるため、季節変化の影響を考慮せずに経年変化を議論できると考え得る。南大洋は水温や塩分などが急激に変化する亜熱帯収束線、亜南極前線、南極前線が存在し、それら前線に挟まれる海域には比較的均質な水塊が分布する。それらの水塊を Sub-Tropical Zone (STZ), Sub-Antarctic Zone (SAZ), Permanent Open Ocean Zone (POOZ)に分け、平均的な xCO₂ の経年増加率を導出した。その結果、それらは大気中の CO₂ 濃度増加率よりも若干低い値で変化していることが明らかとなった。

・和田誠、中岡慎一郎、笠松伸江、「海鷹丸」による南大洋の大気中硫化ジメチル濃度観測、南極資料、55、82-91、2011。

2009 年 1 月から 2 月の南半球の夏期間に、東京海洋大学の研究練習船「海鷹丸」にプロトン移動反応質量分析計を搭載して、南大洋の大気中の硫化ジメチル濃度の連続観測を実施した。海鷹丸は昭和基地沖とケーブダンレー沖の氷縁域を含む南大洋を航行し、観測を実施した。この海域での大気中の硫化ジメチル濃度の連続観測は初めてである。また、海水中の硫化ジメチル濃度の観測も採取した表面海水を分析する手法で実施され、大気下層および海洋表層のデータの対比が可能となった。この paper では、大気側のデータについてまとめた。大気中の連続観測から、氷縁域である昭和基地沖およびケーブダンレー沖では高い硫化ジメチル濃度が観測された。どちらの海域でも

2ppb を越え、最も高い値としては 8ppb を越えていた。

•Nomura, D., Simizu, D., Shinagawa, H., Oouchida, C., Fukuchi, M. Biogeochemical properties of water in melt ponds on Antarctic fast ice and relationship to underlying sea ice properties, (Submitted) Journal of Glaciology.

南極海の海氷表面に分布するメルトポンドの生物地球化学成分の測定及びメルトポンドの生成が海氷の物理/化学/生物特性に与える影響を評価したものである。本研究により、メルトポンドの生成が海氷の物理特性に与える影響とメルトポンド—海洋間での溶存無機炭素/栄養塩の循環像を示す事ができた。

•Nomura, D., Koga, S., Kasamatsu, N., Shinagawa, H., Simizu, D., Wada, M., Fukuchi, M. Direct measurements of DMS flux from Antarctic fast sea ice to the atmosphere by a chamber technique, (In revision) Journal of Geophysical Research, Oceans.

南極海の海氷表面からの大気への DMS 放出量をチャンバー法により定量化した。本研究により、これまで大気—海洋間の硫黄物質交換のバリアとして扱われた海氷は、実際は気体透過性に富み、物質交換が頻繁に起こっていることが明らかになった。

•Nomura, D., Ooki, A., Simizu, D., Fukuchi, M. Bromoform concentrations in slush-layer water in Antarctic fast ice, (Accepted) Antarctic Science.

南極海の海氷—積雪間に存在するスラッシュ水のブロモホルム (CHBr_3) の濃度を測定した。観測期間中、スラッシュ水のブロモホルム濃度は海氷下海水に対して低くなった。これは、夏季の気温上昇/日射量の増加による雪/Superimposed ice の融解に伴う希釈効果のためである。本研究により、スラッシュ水のブロモホルムの生成/消失過程が初めて明らかになった。

•Nomura, D., Kasamatsu, N., Tateyama, K., Kudoh, S., Fukuchi, M. DMSP and DMS in coastal fast ice and under-ice water of Lützow-Holm Bay, eastern Antarctica, (Accepted) Continental Shelf Research.

南極昭和基地沖の海氷中に存在する硫化ジメチル (DMS) とその前駆体 (DMSP) の濃度を時系列で測定した。本研究により、海氷内での DMS/ DMSP の生成過程が明らかになった。また、海氷の融解に伴う海水への DMS/ DMSP の流出は、海氷域における硫黄循環を考慮する上で重要な割合を占めることが示された。