

第Ⅶ期計画

【重点プロジェクト研究観測】「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(1)：極域の宙空圏-大気圏結合研究

計 画	実 績・成 果	自己点検 【評価結果 S・A・B・C】	評価意見 【評価結果 S・A・B・C】
	<p>2. 熱圏・中間圏の観測から探る宙空圏-大気圏の上下結合</p> <p>2.1 MFレーダーによる下部熱圏・中間圏領域の水平風観測                      高度60-100km領域における水平風速の連続観測を、当初計画通りⅦ期を通して実施した。Ⅶ期の2年目に昭和基地に導入されたOH回転温度観測装置の中間圏界面温度データと併せて、極域中間圏界面領域の上下結合に関する研究を行い論文発表するなど、本プロジェクトの主要目的である複合観測に基づく研究を実施できた。                      また大気潮汐波のグローバルな構造解明や大気重力波の研究のために、他国の南極基地や北極観測拠点のレーダー観測と協力して国際的な共同研究を行い論文発表した。</p> <p>2.2 1-100Hz帯ULF/ELF電磁波動観測                      雷放電から放射される1-100Hz帯ELF波動の連続波形観測を2000年2月から継続している。得られるデータは、他の追従を許さない世界トップレベルのクオリティを維持しており、国内外からのデータリクエストが常に絶えない状態である。これまでの成果として主たるものは、全球雷放電の発生頻度分布を位置推定精度0.5 Mmで求め、そこから全球の放電電荷モーメント分布を導出することに世界で初めて成功したことが挙げられる。この他にも、スプライトや、雷放電に起因する地球ガンマ線の全球発生頻度分布を推定することに成功しており、1-100Hz帯ELFデータは、雷放電・スプライト研究にとってもはや無くてはならないデータとなっている。</p> <p>2.3 大気電場観測                      オーロラ現象に伴う電離圏変動が下層大気の電磁環境に与える影響を観測的に明らかにすることを目的に、フィールドミル型の垂直大気電場観測装置を用いた観測を2008年より実施した。2010年には、より信頼性の高い新たな観測装置を導入した。                      気象擾乱の影響の少ない日のデータから、地磁気静穏時には雷活動に起因する日変化が観測されること、また地磁気擾乱時には、オーロラ嵐の発達に伴った変動が観測され得ることなどを示し、英文誌に投稿した。</p> <p>2.4 OH大気分光器による中間圏界面領域の大気温度観測                      オーロラ帯での観測に特化したOH大気分光器を開発し、2008年2月より観測を開始した。装置は現在も運用中であり、冬季夜間における昭和基地上空の中間圏界面領域の大気温度データを順調に集積中である。                      これまでの成果として、昭和基地MFレーダーおよび衛星データとの比較により、中間圏界面領域における数日スケールの大きな温度変動が鉛直風と結びつくことや、活発なオーロラ発生時にOH発光層で大気光強度の減少とともに、回転温度が上昇する現象を観測した。この現象は、オーロラの下端高度である中間圏界面領域にも、降り込み粒子による擾乱が存在することを示すものである。</p>		

次頁に続く

第Ⅶ期計画  
 【重点プロジェクト研究観測】「極域における宙空一大気－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(1)：極域の宙空圏－大気圏結合研究

計 画	実 績・成 果	自己点検 【評価結果 S・A・B・C】	評価意見 【評価結果 S・A・B・C】
	<p>2.5 下部熱圏探査レーザー観測                      流星エコーをターゲットとした下部熱圏観測専用レーザーとして水平風速と温度変動を観測するために計画された。南極での空輸中のトラブルで装置の一部が紛失したり、送受信系統の一部に不具合が発生するなどし、残念ながら計画通りの完全運用には至らなかった。その後、補修品・予備品を用意する予定であったが、本レーザーよりも格段に大きな能力を持つ大型大気レーザー（PANSY）が導入される事が決定したため、経費面から本レーザーを補修することにはせず、研究目的は国際的にも期待の大きい大型大気レーザーに発展的に引き継がれるとして51次をもって運用を停止した。</p> <p>なお、本レーザーのアンテナ装置と受信機には大型大気レーザー用に開発されたものを採用して大型大気レーザーの実証型パイロットシステムも兼ねた試験を実施し、他のレーザー装置などとの電波干渉の有無の確認試験も実施するなど次期計画の基礎作りに貢献できた。</p> <p>2.6 レイリーライダーによる成層圏・中間圏の温度及び雲観測                      レイリーライダーは、対流圏・下層大気と中間圏・熱圏・超高度層大気をつなぐ高度領域の大気温度とその変動を観測する装置で、平成19年度から21年度にかけて国内での装置開発を行った。平成22年初めから立川で試験観測を行い、その後昭和基地に設置して、2011年2月から晴天時夜間の成層圏・中間圏の温度観測、および対流圏から中間圏に至る領域の雲観測を始めた。成層圏・中間圏の温度の連続観測に成功したほか、気候変動の力ナリアと言われる極中間圏雲（PMOC）を昭和基地では初めて定量的データとして観測し高度を測定することに成功した。Ⅶ期で開発した同測器はⅧ期でPANSYレーザー等との協同観測での観測成果が大いに期待される。</p> <p>2.7 ミリ波放射計による大気微量成分の観測                      成層圏から中間圏の大気分子の鉛直分布を測定することを目的に、昭和基地で運用可能なミリ波分光計の開発を行った。平成20年度から21年度にかけて開発を行わない、消費電力を従来機の1/31に抑え昭和基地の電力仕様に見合う省電力型の装置の実用化に成功した。平成22年には国内での評価実験を進め、目的のスペックが達成されていることを確認した。</p> <p>その後昭和基地に設置し、平成23年2月より観測を開始、初期成果として248GHz帯のオゾンスペクトルを受信し鉛直分布の導出に成功している。太陽活動が極大期に向かうⅧ期では、極域に振り込む高エネルギー粒子の影響を受けやすいNO2等の観測に取り込むことにより解析精度を上げ、中層の温度分布を鉛直分布解析に振り込むことにより解析精度を上げ、中層大気中の分子組成変動に新たな知見をもたらすことが大いに期待される。</p>		

第七期計画  
【重点プロジェクト研究観測】「極域における宙空一大気一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)：極域の大気圏一海洋圏結合研究

S：特に優れた実績・成果を上げている。  
A：計画通り、又は計画を上回った実績・成果を上げている。  
(達成度100%)  
B：計画を若干下回っているが、一定の実績・成果を上げている。  
(達成度70～100%)  
C：計画を大幅に下回っており、改善が必要である。  
(達成度70%未満)

計 画	実 績 ・ 成 果	自己点検 【評価結果 S・A・B・C】	評価意見 【評価結果 S・A・B・C】
<p>電磁圏と中層・超高層大気の観測にあわせ、その下層に位置する成層圏や対流圏の極域大気現象の研究を進める。特に、地球温暖化に関連する二酸化炭素、メタン、オゾン等の気体やエアロゾル、それらに与える様々な化学物質、さらには環境変動の指標となる微量物質がどのよう大気中へ放出され、大気中で輸送・変質し、大気中から除去されるかを明らかにする。また、水循環あるいは気候変動に関する水圏の役割を大気圏との相互作用の観点から明らかにする。この目的のために、オゾンホール現象の大気力学・化学過程の把握や温室効果気体の年々二酸化炭素の放出源、吸収源を含めた規模での二酸化炭素の放出源、観測濃度を循環過程の理解のための観測濃度の観測などを実施する。これららの観測のために、地上での観測とともに気球を用いた観測や地上からのロケットセンシング観測を実施する。また、有人航空機により、南極氷床から海上を結ぶ広域空間でのエアロゾルと温室効果気体の水平分布の観測を行う。これら各種の観測用機器の利用により、地表面から成層圏までの極域大気の立体的な観測が可能となる。これららの観測は、IPY2007-2008のOzone Layer and UV Radiation in a Changing Climate Evaluated during IPY (ORACLE-03)と連携して計画されている。</p> <p>また、温室効果を持つ二酸化炭素の大気一海洋間における交換量と交換過程を正しく理解することは、大気中の二酸化炭素濃度変化の将来予測の精度を高めることから、人類が地球温暖化へ取り組みむ上で最も重要な課題である。しかし南大洋インド洋区での南極地域観測隊が活動する確実さが残っているため、この交換量を確かにするたため交換過程が劇的に変化する夏期間の集中的な観測を実施する。</p> <p>一方、硫化ジメチル(DMS)の生成は、海洋の生物生産過程と深く関連しており、大気中へ放出されると一連の化学過程を受け、最終的に雲核へ変化するといわれており、雲の生成と関連して太陽放射の地表到達を妨げることから、</p>	<p>1. 南北両極広域ネットワーク観測によるジオスペース環境変動の研究</p> <p>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、地球表面での二酸化炭素(CO2)収支や大気一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。</p> <p>これまでに処理が完了した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。</p> <p>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を明らかにするため、新たに開発した小型成層圏大気クワイオオンプラを用いて49次夏に昭和基地から飛行し、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。</p> <p>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また、新しい小型クワイオオンプラ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、今回少人数で飛行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。</p> <p>2. 熱圏・中間圏の観測から探る宙空圏一大気圏の上下結合</p> <p>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(FIR)、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FIR観測は越冬期間中のべ8日間に関わりオゾンゾンデを飛行した。またドイツが中心となっておこなったMatch観測に空気が塊がその後のような経路で進むかをトラジェクトリ解析予測し、その空気が塊が他の基地の上空を通過するときオゾンゾンデを飛行し、</p>	<p>【評価結果 S・A・B・C】</p> <p>計画達成度、国際貢献度、影響度のすべての面でAであるので、総合もAと評価する。</p> <p>成層圏から海洋表面までを扱っており、それぞれの観測がよにより繋がっていくことを期待したい。</p>	<p>【評価結果 S・A・B・C】</p> <p>エアロゾル・雲・水蒸気の状態について計画通りの成果を得ている。またオゾン破壊関連物質の観測も行っては、計画通りの成果を得ている。国際貢献度も充分である。</p> <p>いくつかの観測が計画通りに実施できなかったが、オゾン破壊関連物質の観測により破壊のメカニズムの解析に貢献するなど一定の成果も上げた。</p> <p>今後、種々のデータ解析が進み成果が論文化されることを期待する。極域における大気一海洋相互作用は、中低緯度のそれとは全く異なる大きな特徴をもち、だからこそ全球的気候・環境システムに果たす役割にも独特な「何か」があるはずである。今後は、それを明確な形で導き出すためには、もう少し大きな視点からの、しかももつと突っ込んだ取組みを期待したい。</p>

次頁に続く

第七期計画  
 【重点プロジェクト研究観測】「極域における宙空一大気－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

計 画	実 績・成 果	自己点検 【評価結果 S・A・B・C】	評価意見 【評価結果 S・A・B・C】
<p>負の温暖化効果を持つとされている。逆に、太陽放射の地表到達量が減ると、植物プランクトンの光合成量が低下しDMSの生成量が減少し、雲の生成が減ることから、太陽放射の地表到達量が増加する。</p> <p>すなわち、DMSの生成過程は気候変化へ負のフィードバック効果を持つとされていると考えられている。第七期計画においては、氷縁ブルームが起き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する。これらの観測は、「しらせ」以外の海洋観測船をプラットフォームとして実施する。この分野の観測は、IPY2007-2008へ日本が提案した計画Studies on Antarctic Ocean and Global Environment (STAGE) (IDNo.806)の一部であり、国際的にはIntegrated Analyses of Circumpolar Climate Interactions and Ecosystem Dynamics in the Southern Ocean-International Polar Year (ICED-IPY) と連携して計画されている。</p>	<p>その空気の塊の中のアゾール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OLAGLE)に同期したオゾンゾン子観測は、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。</p> <p>昭和基地近くのSI7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、世界的にもこれまでにない大規模な観測を実施した。</p> <p>この観測では、国立極地研究所とドイツのアルフレッド・ウエ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。</p> <p>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～海水・棚氷～開水域のエアロゾル水分分布観測では、海水縁を境に開水域で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焼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、沿岸上空だけではなく内陸上空でも観測された。燃焼起源成分の割合が高い高度では、エアロゾル濃度 (粒径0.3 μm以上の粒子) も増加することがあった。燃焼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、夏季には燃焼起源のエアロゾルが対流圏上部経緯度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られている。</p>	<p>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</p> <p>夏季以外や内陸部上空のエアロゾルの分布に関する知見は、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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>南極氷床下の航空拠点SI7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なり、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面が見出された。この時に海洋性の下層大気が氷床上に輸送され</p>	

次頁に続く