にわたって継続して取得された高精度のデータとして世界的にも高く評価され、気候や地球環境の監視はもとより、地球システムの研究など重要性が高い。今後も地球規模での気候変動や環境などの監視のため、昭和基地において定常気象観測を維持・継続して実施する。 気象観測に使用する観測機器は、国際的な動向や国内での運用実績などを考慮するとともに、信頼性の向上など最新技術の導入による効率化を念頭において整備する。 第Ｘ期計画前半からは高層気象観測においてGRUAN（GCOS（Global Climate Observing System）Reference Upper Air Network）にて認証された軽量、小型、且つ環境に配慮（筐体に生分解性材質を使用）し、高精度な観測が期待されるGPSゾンデを使用する。 観測成果については、これまでも各種の報告物や気象庁ホームページへの掲載などにより利用促進を図ってきた。今後も引き続きインターネットなどの利便性の向上に合わせたデータ提供を行う。また国立極地研究所により管理しているPolar Data Journalへの掲載へも引き続き取り組んでいく。 第Ⅸ期からの懸案であった水素ガス発生装置については、検討の結果から導入を延期することとした。	ブゾン分光光度計から全自動化されたブリューワー分光光度計に更新し、観測回数の増加および省力化が図られた。 大気混濁度観測に使用する測器をスカイラジオメーターに更新するとともに同測器を月光観測用に改造し、極夜期における観測も開始した。 観測隊のオペレーションに関わる気象情報を基地内ネットワーク上で提供した。さらにS17航空観測拠点における気象ロボットを維持運用し、航空機の運航に係わる情報や行動支援のための詳細情報についての解説等も行った。 観測データは、気象庁ホームページに適宜掲載し、広く国民への利便性の向上を図っている他、WMO 所属の関係各機関においてデータ公開を行いつつ、各種研究観測の基礎資料として随時提供を行った。 第Ⅸ期にて検討した水素ガス発生装置は 以下の懸念から導入を延期することとした。 1，国内で流通している水素ガス発生装置は主に水を電気分解することにより水素を生成するが、機器等が非常に高価であり、且つ安全に使用するためには定期的な業者メンテナンスが必要である。さらに水の電気分解や装置の維持に相当量の電気が必要となるため、機器調達及び運用に非常にコストがかかる。 2，機器障害が発生した時のため装置は正副体制とし、且つ国内に持ち帰り点検するために	界の気象機関、研究者にデータを提供し、気候変動や地球環境の監視等に利用している。また即時的に利用可能な地上気象観測や高層気象観測データは世界の気象機関において天気予報等の基礎資料として利用されている。 【効率性】 高層気象観測において第Ｘ期からは従来のGPSゾンデより軽量・小型且つ筐体に生分解性材質を使用しているiMS-100型GPSゾンデに更新した。 またオゾン観測に使用していたドブソン分光光度計から全自動化されたブリューワー分光光度計に更新し、観測回数を増やすとともに省力化を図っている。 さらに大気混濁度観測においては通常、観測に太陽光が必要であるが極夜時期にも観測データ取得するために月光による観測が可能とするべく改良を実施した。	

	予備が必要となり調達にコストが必要。 3，水素ガス発生装置や貯蔵タンク等のガス漏れ発生の際に気象隊員では修理対応できない。 4，現在、気球にガスを充填するために使用している基本観測棟は水素ガスを使用するための構造なっておらず、安全設備がない。このため安全に水素を使用するためには新たに水素ガス充填施設が必要となる。		

評価様式【定常観測（海洋物理・化学観測）】

Ｓ：計画をはるかに上回った実績・成果を上げている
Ａ：計画を上回った実績・成果を上げている
Ｂ：計画通りの実績・成果を上げている
Ｃ：計画を下回っている

第Ｘ期計画

定常観測（海洋物理・化学観測）

計　　画	実　績・成　果	自己点検 【評価結果　Ｓ・Ａ・Ｂ・Ｃ】	
定常観測（海洋物理・化学観測）（文部科学省） 海洋大循環は、熱や様々な物質等の輸送を通して、地球システムにおいて重要な役割を果たしている。南極沿岸域は、海水が凍って海氷が生成される際に形成される重い水が南極底層水となり、海洋大循環の一つの要となる基点となっている点で重要な役割を担っている。IPCC の報告書でも 2014 年の第 5 次評価報告書以降継続して取り上げられているように、南極沿岸域では、全球環境変動にも関わる重要な変化が進行していると考えられている。一つの変化は、南極底層水の高温化・低塩化であり、その生成量も大きく減少している。さらに、南極氷床の融解加速による海洋への淡水の流入による底層水減少があげられる。これらは、全球を巡る海洋大循環に大きな影響を与えると考えられることから、南極域での海洋環境変化の監視は、全球規模の環境変動の予測精度を向上させるために必須であると言える。 本観測では、我が国が継続して担ってきた	第 64 次～第 66 次観測の期間、東京海洋大学「海鷹丸」をプラットフォームとして、南大洋インド洋区（フリマントル～ホバートの航路上）において、定点における海洋物理・化学観測、表層モニタリングシステムによる水温・塩分の連続観測を行った。得られたデータは、インターネットを介して公開した。 海洋大循環に関わる南極底層水の動向を監視するために、第 7 次観測以来観測を実施してきた東経 110 度線上に南緯 40 度から海氷縁に至る計 9 点の定点を設け、CTD(Conductivity Temperature Depth profiler)による水温・塩分の観測を行うことができた。また、これらの点において、得られた海水試料を基に、塩分、溶存酸素、栄養塩（硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、リン酸態リン、ケイ酸態ケイ素）濃度を船上において測定した。表面連続観測は 3 か年とも実施することができた。 第 64 次ではコロナウイルス感染対策のために担当観測員が 2 組に分かれて乗船することで、もし空路による乗船者に感染者が出た場合でも、可能な範囲で観測を実施できる	評価結果：B 【必要性】 【評価軸：データを継続的に取得・公開し、国際的または社会的な要請に応えられているか】 地球規模の海洋環境変動の監視は、国際協力の下で実施しており、我が国も貢献する必要がある。本観測は今まさに温暖化によって変化しつつある南大洋において、長期にわたり東経 110 度線を毎年ほぼ同時期に観測しており、特に海氷縁の観測頻度は他国よりも高く、海洋環境変動を確実に捉えるためにも極めて重要である。 本観測においては、データを確実に取得できるよう、新型コロナウイルス感染症による観測中止を避けるための対策を施し、さらに、従来見られなかった氷山群に対しても安全かつ柔軟に対処することで、データの継続性を担保した。取得したデータは即座に公開しており、気候変動評価への利用に応えられる体制を整えている。	（p14～15 に記載）

観測頻度の少ない東南極（南大洋インド洋区）での観測を継続し、水深 3000m 以深に及ぶ物理・化学環境の動態を監視するとともに、海氷縁付近での南極底層水の監視の強化を進め、国際的な枠組である SCAR の南大洋観測システム(SOOS)との連携等により、地球環境変動への影響評価を行う。	ように対処した。また、第 65 次と第 66 次では氷山が多数出現したため、一部観測点をずらして実施し、データの継続性を確保した。第 66 次は荒天により 2 点において XCTD による代替観測を実施した。 得られたデータについては、当該年度内に ADS(北極・南極データアーカイブシステム)にメタデータとともに登録し、インターネット上で公開した。 海氷縁での観測では、国際的な観測計画が約 10 年に一度の観測であるのに対し、本観測は毎年実施しているため南極底層水の変化を確実に捉えることに成功している。特に 2000 年代の低塩分化傾向を捉えるとともに、その後、徐々に高塩分化傾向に転じ、第 61 次以降は水温・塩分の変化が緩やかであることを明らかにすることができた。さらに、低塩分化と低密度化が南極底層水の沈み込む深度に影響することも本観測により解明された。	【有効性】 【評価軸：得られた成果等が国内外の研究や、諸活動に貢献できているか】 海洋観測設備の整った「海鷹丸」を活用することで国際基準の精度の高いデータを得ることができている。また、データは毎年観測後に公開しており、国際的にも貢献度が高い。低塩分化と低密度化が南極底層水の沈み込む深度に影響することも本観測により解明されており、今後の底層水の沈み込みの遷移を継続して監視することは、将来の地球環境を考える上で重要である。 本観測のデータの存在については、SOOS シンポジウム期間中に開催された SOOS 南大洋インド洋区ワーキンググループでも紹介した。また、JODC での公開準備も行っている。今後、オーストラリアが実施している観測との比較観測も計画しており、データの重要性は増していると考えられる。 【効率性】 【評価軸 : 研究観測が効率的に実施できているか】 委託先の東京海洋大学と事前に複数回の観測計画の立案および検討作業を行い、ガイドラインや実施要領を整理することで効率的な観測に努めている。そのため、氷山や荒天の影響が無い限り、当初の計画に沿った観測を実現できている。それにより、海洋物理・	

		化学観測だけではなく、余剰時間には海洋生態系モニタリング、一般研究観測も実施できており、観測の効率と波及効果は高い。 以上のことから、B と判断した。	

Ｓ：計画をはるかに上回った実績・成果を上げている
Ａ：計画を上回った実績・成果を上げている
Ｂ：計画通りの実績・成果を上げている
Ｃ：計画を下回っている

評価様式

第Ｘ期計画			
２－１－１－４．海底地形調査			
計　　画	実　績・成　果	自己点検 【評価結果　Ｓ・Ａ・Ｂ・Ｃ】	
地球の表面は様々な力を受けて形成されており、海底地形調査により得られる海底地形データは大陸･海洋地殻の進化過程の解明に関する研究や、氷河による浸食や堆積環境などの古環境に関する研究の基礎資料として重要なものである。 また、南極周辺海域においては、水深データ取得のための水路測量と海図の刊行が国際水路機関南極地域水路委員会（HCA）の枠組みにおいて位置づけられており、加盟各国がそれぞれの分担海域の水路測量の実施及び海図の刊行を加盟国の責務として実施している。 「しらせ」搭載のマルチビーム測深機は、海底地形を面的に調査することができ、従来の手法に比べ飛躍的にデータの密度が向上し、詳細な海底地形が把握できることから、今後もこれを用いた水深データを取得し、地球科学の基盤情報として供するとともに、海図の水深データの整備により南極海域における船舶の航行安全の確保を図	第 64 次～第 66 次南極地域観測隊では、リュツォ・ホルム湾内、湾沖、インド洋、トッテン氷河沖の海底地形調査を実施し広範囲の詳細な海底地形データを取得した。 国際的な枠組みで日本に割り当てられた南極地域の国際海図（3 図）及び航海用電子海図（ENC、計 13 セル）を刊行。リュツォ・ホルム湾内、湾沖において海底地形調査を実施することで、海図の情報更新のための資料を収集した。 地球科学等の研究のための基礎資料として、インド洋、トッテン氷河沖の海底地形調査を実施し広範囲の詳細な海底地形データを取得した。 海底地形調査で得られた資料を編集し、しらせに提供することで、南極周辺海域での安全航行に寄与した。	評価結果：A 【必要性】 海底地形データは、南極地域の海図作製のために必要である。また、氷河による浸食や堆積環境などの古環境に関する研究や、大陸・海洋地殻の進化過程解明に関する研究のほか、氷河融解に関する研究等の基礎資料として貢献している。 【有効性】 取得した海底地形データ及び水温、塩分のデータは、日本海洋データセンター（JODC：Japan Oceanographic Data Center）において公開しているほか、国際水路機関とユネスコ政府間海洋学委員会による全世界の海底地形図作成を目的とした共同プロジェクトである大洋	（p14～15 に記載）

る。		水深総図（GEBCO：General Bathymetric Chart of the oceans）で活用され、国内外へ提供されている。 豪水路部からの海図作製を目的としたデータ提供依頼を受け、海図作製に必要な海底地形関連取得データ一式の提供を行った。 【効率性】 リュッツォ・ホルム湾内、湾沖において海図作製のための調査を実施するだけではなく、他の海洋観測に並行してトッテン氷河沖、インド洋の海底地形調査を実施し、広範囲のデータを取得するとともに効率的に解析を行っている。 以上のことから、A（評定）と判断した。	

評価様式

Ｓ：計画をはるかに上回った実績・成果を上げている
Ａ：計画を上回った実績・成果を上げている
Ｂ：計画通りの実績・成果を上げている
Ｃ：計画を下回っている

第Ｘ期計画			
２－１－１－５．潮汐観測			
計　　画	実　績・成　果	自己点検 【評価結果　Ｓ・Ａ・Ｂ・Ｃ】	
潮汐観測は、海の深さや山の高さの決定並びに津波等の海洋現象研究の基礎資料として重要な観測である。 南極域の潮汐観測は、観測点の少ない地域での観測であることから貴重なものとなっており、今後も潮汐観測を継続し、インターネット等を利用してデータを公開する。 また、地球規模の海面水位長期変動監視のための国際的な世界海面水位観測システム（GLOSS：Global SeaLevel Observing System）へのデータの提供を行う。	海上保安庁では、1965 年から昭和基地周辺で短期間の観測、1987 年からは昭和基地西岸の西の浦験潮所で連続観測を開始した。西の浦験潮所は、南極地域の数少ない験潮所(11 ヶ所)の一つであり、地殻変動や地球温暖化による海面上昇等のモニター点として貴重なデータを取得している。同験潮所において、1987 年から現在に至るまで膨大な観測データを蓄積することで、長期的な海水面変動の監視や、地殻変動や地球温暖化による海面上昇等の把握に寄与している。 潮汐観測データについては、海図の基準面の算出に利用されており、海上保安庁ホームページを通じ準リアルタイムで一般に公表するとともに、日本海洋データセンター（JODC：Japan Oceanographic Data Center）にも提供し公表している。 地球温暖化監視のために海面水位を長期に監視する国際プロジェクトである、全球海面水位観測	評価結果：B 【必要性】 潮汐観測の成果は、海の深さや山の高さの決定並びに津波等の海洋現象研究の基礎資料として重要なものである。 西の浦験潮所は南極地域で数すくない験潮所であり、地殻変動や海面上昇等のモニター点として貴重なデータを取得している。 【有効性】 観測データについてインターネットに掲載し一般への公表を行うとともに、全球海面水位観測システム(GLOSS)への提供により国際的な貢献を果たしている。 【効率性】	（p14～15 に記載）

	システム（GLOSS ：Global SeaLevel Observing System ）へデータ提供を行い、国際的な地球温暖化の監視に貢献している。 潮汐観測データは海洋研究の基礎資料として使用されるほか、長期観測データから計算された潮汐推算値は、昭和基地周辺の海氷上で各種作業が実施される際、参考資料として活用されている。	計画に基づき観測を実施し、観測の結果をインターネットにて配信している。 以上のことから、B（評定）と判断した。	

評価様式

Ｓ：計画をはるかに上回った実績・成果を上げている
Ａ：計画を上回った実績・成果を上げている
Ｂ：計画通りの実績・成果を上げている
Ｃ：計画を下回っている

第Ｘ期計画

２－１．基本観測

計　　画	実　績・成　果	自己点検 【評価結果　Ｓ・Ａ・Ｂ・Ｃ】	
２－１－１－６．測地観測（国土地理院） 南極地域の測地情報及び地形情報は、隊員の安全な野外活動を支える基盤情報であるとともに地球規模気候変動の解明に必要不可欠である。そのため、国際地球基準座標系（ITRF）に準拠した測地基準座標系に基づいて、南極の氷床とその基盤も含めた高精度の測地情報及び地形情報の整備を継続する。 具体的には、測地観測では、国際 GNSS 事業（IGS）に参加し、GNSS 観測・解析等を通じて全球統合測地観測システム（GGOS）の活動を推進することにより、地球規模の測地パラメータ取得と高精度の測地基準座標系の構築に貢献する。その上で沿岸域及び内陸域において、正確な地形情報整備に必要となる測地測量を実施する。また、無人航空機（UAV）及びヘリコプターから撮影した空中写真等により大縮尺地形情報を、衛星画像により小縮尺地形情報を整備する。 さらに、多分野にわたりデータの利用者が世界	**２－１－１－６．測地観測（国土地理院）** ① 測地測量 計画どおりの観測を行うことができた。 【精密測地網測量（基準点測量）】 地形図作成に必要な地域において、基準点の新設 11 点、既設基準点の改測 4 点を GNSS 測量により実施し、国際基準座標系（ITRF）に準拠した成果値を算出した。 【精密測地網測量（重力測量）】 昭和基地の重力計室の基準重力点において、量子型絶対重力計AQGによる絶対重力測量を実施した。また、この基準重力点を基準として、露岩域の基準点（14 点）において相対重力測量を実施した。 【精密測地網測量（氷床変動測量）】 南極大陸の氷床上に設置した GNSS 観測点（3 点）を繰り返し観測し、内陸旅行出発地域における氷床流動の経年変化を観測した。観測は第 38	評価結果：A 【必要性】 全球統合測地観測システム（GGOS）の活動を推進し、地球の正確な形状と変化の解明に寄与するため、国際 GNSS 事業（IGS）に参加し、GNSS 観測データを常時安定的に提供している。 南極地域における全ての活動の基礎となる位置の基準として、国際地球基準座標系（ITRF）に基づく測地測量の成果及び地形情報（地図、空中写真）が必要であり、整備範囲の拡大及び最新の情報への更新を行い、インターネット等を通じて順次公開している。 【有効性】 昭和基地の GNSS 連続観測点のデータは、GNSS 衛星の軌道決定にも活用されており、南極地域のみならず、日本国内においても高精度測	（p14～15 に記載）

中に存在することから、積極的にインターネット等を活用し測量成果の公開・提供を行う。	次隊からほぼ毎年行われており、25 年以上にわたる氷床変動の変化を正確に捉え続けている。 【GNSS 連続観測（昭和基地）】 国際基準座標系（ITRF）構築の根幹となる観測点として登録されている「SYOG」において、観測機器の保守を適切に実施し、GNSS 連続観測データを国土地理院にリアルタイムで安定的に転送した。取得したデータは国際 GNSS 事業(IGS) にも速やかに提供され、昭和基地及びその周辺域における位置の基準として活用されるとともに、地形情報の整備にも活用されている。 【GNSS 連続観測（露岩域）】 ラングホブデに第 38 次隊で設置（第 56 次隊で大規模改修）した自立型（無人）GNSS 固定観測装置による連続観測を、第Ｘ期においても引き続き実施した。第Ｘ期は、より高性能な GNSS アンテナへの交換に加え、極夜期における観測の継続を可能とするため、ソーラーパネル及びバッテリーの追加を行った。これにより、極域において無人で GNSS データを 30 秒間隔で 24 時間安定して取得できる環境が整ったほか、装置構築に関する重要な知見も得られた。 なお、観測結果は東南極における氷河性地殻均衡による地殻変動の研究に活用されることで、南極氷床の融解史及び地球の内部構造の解明への貢献が期待される。	位社会の基盤として貢献している。 また、昭和基地の GNSS 連続観測点は、国際測地学協会（IAG）が推進する国際高さ基準座標系(IHRF)の基準点の１つであり、昭和基地及びその周辺で取得した重力データと併せて、国際的な高さ基準の決定への貢献が期待される。 測地測量の成果や地形情報（地図、空中写真）は、観測隊の観測計画の立案をはじめ、内陸部の氷河地形調査活動、昭和基地周辺の施設建設の基礎資料などで幅広く活用されており、日本の南極活動に貢献している。 地図・空中写真の公開は、国内の地図データの提供に活用されているプラットフォーム「地理院地図」を通じて行っている。このプラットフォームはインターネット上での閲覧に加え、他の情報との重ね合わせも可能であり、GIS による活用の利便性が高く、幅広い分野での利活用が期待される。また、「地理院地図」で提供される地図データは、隊員が野外活動時に携行する GPS 端末の背景地図としても活用されており、現地	

	【基準座標系構築のための測地技術の結合】 第 65 次隊において、ローカルタイ測量とよばれる複数の宇宙測地技術（GNSS、DORIS、VLBI）の位置関係を精密に求める測量作業を実施した。観測結果は国際基準座標系（ITRF）の構築に貢献することが期待される。 ② 地形情報の整備 大縮尺地形情報及び小縮尺地形情報の整備を以下のとおり実施した。 【25 万分 1 衛星画像図・25 万分 1 地勢図】 日本の主な活動地域を網羅し、さらにその周辺地域も含めた小縮尺地形情報として、25 万分 1 衛星画像図 6 面及び 25 万分 1 地勢図 2 面を整備した。 【5 万分 1 地形図】 衛星画像を用いて整備する詳細な 5 万分 1 地形図は、隊員の活動地域に重点をおいて 15 面（15,823km²）を整備した。このうち、陸域 11,649km² については、標高データの整備も併せて実施した。 【2500 分 1 正射画像】 ヘリコプターのチャーターが実現しなかったことに加え、気象条件の影響もあり、計画した範囲全体の撮影には至らなかったが、無人航空機	での位置確認や行動支援に役立っている。 【効率性】 ラングホブデにおいて実施している GNSS 固定観測装置による連続観測では、安定運用に関する実証的な知見を得た。正確な位置情報の利用可能範囲の拡大に向け、同装置の他地域への適用を現実的な選択肢として示すことができた。 衛星画像を使用した衛星画像図及び地形図作成については、既に作成済の地域と隣接する画像を使用し、可能な範囲でまとまりのある作業地区を設定するなど、効率化に努め、計画どおりの成果を得た。 無人航空機（UAV）による空中写真撮影の試験作業を実施し、現地での運用方法に関する実務的な知見を得た。これにより、従来ヘリコプターのチャーターに依存してきた南極地域での空中写真撮影について、より柔軟かつ効率的なデータ取得の可能性を示すことができた。 無人航空機（UAV）で取得した空	

	（UAV）による空中写真撮影が実施できた昭和基地周辺などで、簡易的な正射画像を作成し、関係機関への提供を行なった。 【3 次元地形情報】 昭和基地周辺の 0.1km² の範囲において、無人航空機（UAV）により撮影した空中写真から三次元点群データの試験作成を令和 4 年度に実施した。 【1,000 万分 1 南極大陸】 南極大陸図の全面的な更新を令和 5 年度に実施した。 ③ 地図情報等の整備・公開 整備した地図情報等はオープンデータとして国土地理院ホームページ「南極の地理空間情報」から公開している。また、平成 30 年 11 月から国土地理院のウェブ地図「地理院地図」でも提供している。	中写真による三次元点群データの試験作成を通じて、南極地域における高精細な地形データ整備の可能性を示すことができた。 限られた期間内で効率的に地理空間情報の整備・公開を進め、南極地域における活動の安全性と利便性向上に貢献した。国際 GNSS 事業への参加や ITRF に基づく測地成果の提供により、GGOS の推進にも寄与している。これらの成果は、国際的な研究基盤の強化に資するものである。 以上のとおり、計画通りの実績・成果を上げたうえで、今後の事業展開に資する新たな知見が複数得られたことから、A と判断した。	

評価様式【評価項目毎・モニタリング観測】

Ｓ：計画をはるかに上回った実績・成果を上げている
Ａ：計画を上回った実績・成果を上げている
Ｂ：計画通りの実績・成果を上げている
Ｃ：計画を下回っている

第Ｘ期計画

モニタリング観測

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】
モニタリング観測 　モニタリング観測は、科学研究の基盤となる観測で、国立極地研究所が研究コミュニティの意向を踏まえつつ長期的視野に立って実施する基本観測であり、以下の区分で実施する。 宙空圏変動のモニタリング 　昭和基地は、南極域においてオーロラ帯直下に位置し、オーロラに代表される太陽風ー磁気圏ー電離圏ー大気圏結合系（宙空圏）に生起する様々な宇宙天気現象を研究する上での絶好の地にあり、南北両極域での地磁気共役点同時観測も可能な、世界的にも数少ないユニークな有人基地である。宙空圏における特徴的な現象や基本的な物理量の変動データを長期間取得することは、太陽活動に対する地球環境の応答、大気上下結合や大気大循環、長期地球環境変動の基本的な理解の為に極めて重要である。また宇宙天気の擾乱は、通信障害や測位精度の悪化、大規模停電、人工衛星の故障や宇宙飛行士の放射線被爆など、人類の活動にも影響を及ぼすことが知	宙空圏変動のモニタリング ・全天単色イメージャについて、2023 年 2 月に新たに Watec 単色カメラ 4 式からなる WMI システムを導入しシステム更新を行い、以後順調にデータ取得でき、データ公開のための WEB ページ作成やデータ処理を進めることができた。 ・全磁力観測については、2023 年 1 月にオーバーハウザー磁力計を新規設置し 1 秒値連続観測データが取得できるようになった。地磁気絶対観測については、第 65 次隊で新しい弱磁場方式を試行し、第 66 次隊の 2025 年 2 月から新方式に移行し観測頻度を毎月 4 回程度に高めることができた。 ・イメージングリオメータ観測に関しては、自動で通年連続観測が行われ、銀河雑音吸収	評価結果：B 宙空圏変動のモニタリング 【必要性】 ・電磁環境の地上モニタリング観測は、地球近傍宇宙空間における、オーロラ現象、地磁気現象、波動現象を理解するうえで必要な基礎データとして、広く共通に用いられている。 ・宇宙天気研究はその重要性の社会的認識が増大し、その機構理解の深化、将来予測・実利用の為に、広域電離圏基礎データを取得できる唯一の観測手段として、長期安定運用や宇宙天気図等のデータ公開が期待されており、国際連携の下、観測継続実施とデータ公開を行った。 【有効性】 ・南極域における地上モニタリング観測デ	評価結果：B 【必要性】 　モニタリング観測は科学研究の基盤となる観測で、国立極地研究所が研究コミュニティの意向を踏まえつつ長期的視野に立って実施している。地球環境の主要なサブシステムの変動を継続的に観測することは、地球規模の気候変動や関連する宇宙環境変動を理解する上で不可欠であり、南極域という希少な観測拠点のデータの取得・公開は重要な責務であるといえ、国際的及び社会的な要請に応えている点は評価できる。 【有効性】 　観測データの多くは広く公開されており、科学的成果創出に貢献している。国際機関にて広範な研究が進み論文化されているものもあり、日本の国際的なプレゼンス向上に貢献している。

られており、その監視と理解はより一層重要性を増している。 このため、昭和基地および電磁雑音の少ない西オングル島において、オーロラ光学観測、地磁気観測、ULF/ELF/VLF 帯の電磁波動観測、銀河雑音電波電離圏吸収観測を行い、太陽風ー磁気圏ー電離圏ー大気圏結合系の中で生起する電磁波動や高エネルギー粒子降下現象の様々な時間スケールの変動等の電磁環境変動を長期間モニタリングする。さらに、昭和基地において、SuperDARN 短波レーダーによる電離圏プラズマ対流や電離圏電場等の超高層大気の基本物理量を観測し、地球規模の広域電離圏・超高層大気の変動や、宇宙天気・宇宙気候現象を明らかにするために長期間モニタリングを実施する。また、大気上下結合や大気上層部の大気大循環への寄与を明らかにするために、昭和基地において、近赤外大気光イメージャ観測を実施し、中層・超高層大気における大気重力波の水平伝搬特性を長期間継続的にモニタリングする。 気水圏変動のモニタリング 南極域の大気・雪氷・海洋圏は全球の気候システムに深く関わり、温暖化をはじめとする地球規模の環境変動を南極域の気水圏の動態監視から捉えることが重要である。	（CNA）データを取得できた。CNA は、それらの原因となる太陽フレアや磁気嵐、サブストーム時の X 線フラックス、高エネルギー陽子フラックス、高エネルギー電子フラックスを入力としたシミュレーションにより再現された CNA と良く一致することを明らかにした。 ・SuperDARN 取得データを国際組織に提供し、宇宙天気図（global な電離圏対流図）生成に引続き貢献し、全 SuperDARN データを用いた生成物を用いた論文は年間数十編、また、SuperDARN 論文を引用する論文が年間 1500 編前後に至り、宇宙天気・宇宙気候研究への重要な一翼を担った。 ・近赤外大気光イメージャ観測では、国立極地研究所で独自に開発した三次元 FFT 解析ツールを、大気重力波の二次元観測研究を行っている国内外の研究者及び大学院生に提供し、解析のサポートも行うことで、解析者によるバイアスの無い解析結果を得られるようにしたことは、コミュニティにとって観測点間の比較研究を進めるブレイクスルーとなった。 気水圏変動のモニタリング ・昭和基地における大気中温室効果気体および関連気体（CO2、CH4、CO、O2）濃度の連続観測、および現場大気の定期採取を継続して大気中 GHG（温室効果気体）および	ータは、衛星観測、両極域における観測と合わせて地球規模の電磁環境を理解するための基本データである。 ・SuperDARN は、昭和観測データを含め 2021 年に DOI を付与して公開されるに至り、更に利用が増え、全体では年間 30-50 編、また引用する論文数も年間約 1500 編に至っており、広く宇宙天気研究や応用分野でその重要性が認知され、有効に利活用された。 【効率性】 ・電磁環境の地上モニタリング観測すべての観測項目において、自動観測と遠隔監視を行いながら、準リアルタイムでの国内伝送環境が整備され、期間中安定した運用が行われている。データについては、IUGONET プロジェクトで開発・公開している統合解析ツールを用いて効率的に解析が行われている。 ・SuperDARN 短波レーダーでは、広く基礎データとして公開し、また重点研究観測と連携することにより、当初計画を超える広い視野、研究テーマでの共同研究が多く展開し、想定以上の成果が得られつつある。 気水圏変動のモニタリング 【必要性】 ・地球温暖化が大きな問題になっている中、最も基本的なデータである大気中 GHG 濃度の変動を長期間にわたって監視し、その動態	【効率性】 既存の観測プラットフォームを効果的に活用するとともに自動観測装置や遠隔監視による省力化も進められており、長期継続性と効率性を両立した観測体制が確立されている。生態系変動のモニタリングに関しても、研究資源が限られる中で状況変化に柔軟に対応し、観測を進めている。 以上の通り、国際プロジェクトの一環として位置付けられている各種モニタリング観測を、安定して着実に実施し、観測データも広く内外の研究に活用されていることから、B 評価と判断した。 国際的なプロジェクトへの参加など、今後さらなる国際的な要請への貢献や国際連携が期待される。

人間活動が活発な北半球の中高緯度地域から遠く離れた南極域は、地球規模の大気環境のバックグラウンドをモニタリングする最適地である一方、その観測地点は限られている。2015 年に採択されたパリ協定では、21 世紀後半までにカーボンニュートラルを達成するという目標が掲げられており、昭和基地で続けている高精度の温室効果気体観測は、南極域での実施が少ないことから、ますます重要になっている。この観測を継続し、地球規模の温室効果気体の変動の実態を正確に把握するとともに、国際的な全球大気監視プログラムを通じて、その変動要因である放出・吸収源に関する理解を進める。昭和基地で観測される温室効果気体の全球的なバックグランド濃度は、カーボンニュートラル達成を評価するための重要な科学的知見となる。

地球上の氷の 90%を占める南極氷床は、その質量収支を通して地球規模気候システム、特に全球の海水準変動と密接に関係している。この氷床変動を把握するため、氷床氷縁から内陸までの表面質量収支を地上の雪尺観測や自動気象観測装置によってモニタリングする。これは国際観測網の一翼を担い、得られたデータは地球観測衛星による氷床質量収支の観測や領域気候モデルによる表面質量収支の時空間変動の計算結果の検証にも活用が期待される。また、現地採取した関連成分の長期変動を明らかにした。2023 年時点で、主要な GHG である CO2 は観測を開始した 1984 年から約 73 ppm 増加し、CH4 は 1987 年から約 260 ppb 増加している。WMO（World Meteorological Organization：世界気象機関）が主導する WDCGG（World Data Center for Greenhouse Gases：温室効果ガス世界資料センター）に提供し、公開したデータは継続的に活用されている。2020-2022 年に全球規模で発生した CH4 濃度の急増が北半球低緯度帯からのメタン放出増加によることを数値シミュレーションに基づいて示した研究にも本課題の CH4 濃度データが利用されている。

・内陸トラバースルートに沿った雪尺観測では、氷床内陸の表面質量収支は、観測を始めた 1990 年頃からわずかに増加の傾向を示すが、統計的優位は見られない。一方で、特に沿岸域を中心に年々変動が大きい。第 X 期（第 64 次～）以降では、沿岸域でわずかに涵養（積雪堆積）量が多いが、カタバ風領域や内陸部では特に多い、少ないといった傾向は見られなかった。また、当観測領域を含む東ドロンイング・モードランド地域では 2009、2011 年頃に多涵養であったが、その傾向は現在まで持続するものではなく、短期的な事象であったことが明らかになった。

・内陸域 H128、MD78、MD364、NDF（以を把握することは、国際的、社会的に強い要請がある。人為的影響が極めて少ない南極域において、大気中 GHG 濃度等のバックグラウンド状態を把握することは極めて重要である。公開したデータは研究コミュニティーから一定のアクセスがあり、温暖化等の地球規模の気候変動の現状把握や将来予測に貢献している。

・現在、様々な地球観測衛星や領域気候モデルによって氷床の質量変化や表面の変化、融解と降水を引き起こす主要な要因等の研究が進められているが、これらの解析結果の信頼性を担保するためには、地上での実測値との比較が不可欠である。雪尺や AWS による地道な観測ではあるが、長期にわたる継続的な観測は、将来の地球環境予測の精度向上に大きく貢献する。

・東南極西部域の氷床上と海洋上の人工衛星データを取得し、世界的なネットワークを通じて共有し、国際的な貢献を果たした。高解像度データの取得、長期データを用いる研究、及び即時的な利用のためには現地受信及び独立したデータアーカイブが不可欠である。

【有効性】

・NOAA や WMO が主導する国際的な GHG データ収集・公開プログラムに提供し、南極観測を通して全球 GHG 監視に貢献しているほか、公開したデータは GHG 変動要因の解

積雪の化学・同位体解析から、物質や水循環に関連する知見を得て、気候変動への理解を深める。 広域の雲・海氷分布、氷床表面や対流圏・成層圏大気の状態などの地球科学データを取得する衛星リモートセンシングは、離散的な地上観測を補い、経時変化を有効に捉える。この継続観測のために、極軌道周回地球観測衛星のリアルタイムデータを昭和基地で受信する。温暖化進行に伴う氷床表面融解、氷床涵養として寄与する雲・降水の分布、氷床表面温度等に関わる総観規模気象システムの動態を衛星データから捉え、地球規模の気候・環境変化の現況評価と将来の変化予測の向上など先端的科学研究に貢献する。また、南極大陸上の直接受信データ交換網構成局の一翼を担う昭和基地は衛星観測データの空白域をカバーする。受信したデータは、昭和基地周辺域における活動支援に用いられるとともに、気象庁および世界気象機関を通じて全世界の気象機関へ即時に配信することによって、各国の数値予報の精度向上及び全球気候再解析データ作成に活用される。 地圏変動のモニタリング グローバルな地圏変動現象は、地球全体を覆う観測網を用いて包括的に観測する必要があるが、南半球における観測点数は十分と	上 4 地点は JARE 単独観測)、およびみずほ基地、MD364、ドームふじ基地（以上 3 地点は米国ウィスコンシン大学との共同観測）での無人気象観測を継続（第 64～66 次）している。日本単独観測 4 地点における観測データは、国内に送信され次第、ADS システムを通じて即時公開している。気温は校正方法の提案と長期データの構築により国際誌に 2 件の論文を、そのデータを根拠として、東南極の温暖化を示す結果に基づく論文を国際誌に 1 件発表した。 ・人工衛星 NOAA、METOP、TERRA、AQUA、NPP、JPSS）を合計して 1 日平均 50 パスの観測データを受信・保存し、現場で処理解析したサマリー画像を逐次国内に伝送し、公開した。これらのデータは総観規模擾乱や降水システムに関する研究等に利用された。また、地上検証として降水粒子観測を実施し、国内に伝送しアーカイブした。気象庁及び WMO を介して提供される衛星データは、各国の気象局の毎日の天気予報の初期値データとなり、全球気候再解析データ（WRA5、JRA3Q 等）に利用された。 地圏変動のモニタリング ・第Ⅸ期中、高精度観測できていなかった超伝導重力計の修理・再調整を行い、2022 年 12 月末より安定した高精度重力変化観測を	析、地球表層の GHG 収支推定等の炭素循環研究や、大気輸送モデルの検証データとして継続的に利用されている。 ・質量収支データおよび気象観測データは、気候モデルや再解析データの検証に活用されており、すでに公開されているデータも含め、2022 年度から 2024 年度にかけて、計 12 本の論文で活用されている。 受信した衛星データは気象庁を通じて WMO に提供しており、各国の全球数値予報の初期値データとして利用された。これにより、日々の天気予報の精度向上や全球気候再解析データの構築に貢献した。 【効率性】 ・大気中 GHG および関連気体の計測システムの自動化、作業手順の見直しによる省力化は正常に機能しており、長期の欠測もなく計画通りの観測を実施することができた。さらに、日々の装置の動作状況の確認をデジタル・オンライン化し、各隊の資料をアーカイブした Web サイトを立ち上げ、各隊担当隊員間のよりスムーズな引き継ぎや現場状況把握を可能とした。 地圏変動のモニタリング 【必要性】 ・1990 年代から継続している昭和基地の GGOS(Global Geodetic Observing System:	

は言えず、特に南極域の観測点は少ない。その中にあって、昭和基地や「しらせ」の往復航路上での観測は非常に貴重であり、そこで得られる高品質な観測データは、科学的価値が極めて高い。 昭和基地及び周辺域における測地観測や重力観測、地震観測を通して氷河性地殻均衡（GIA）やプレート運動に伴う地殻変動現象を観測し、固体地球ダイナミクスや地球環境変動についての知見を得るとともに、世界測地基準座標系の高精度化に資するデータを取得する。また、衛星観測やインフラサウンド計測、地温観測で得られたデータを統合的に解析することにより、大気、海洋、氷床などの変動に伴う地殻変動現象を高精度で検出し、表層流体との相互作用も含めた固体地球ダイナミクスの解明を目指す。さらに、南インド洋の地磁気、重力や海底地形データを取得し、固体地球ダイナミクスや過去の地球環境変動の解明等に資する基礎データを蓄積する。	再開した。VLBI (Very Long Baseline Interferometry)に関しては、新しい収録系での観測に成功した。また水素メーザの国内保守を実施し、再持込み後、第 65 次越冬期間中に運用を再開した。地学棟解体に伴い、DORIS アンテナ・送信機を重力計室近傍に移設した。移設後、信号強度が弱く、また第 65 次越冬期間中にブリザードでケーブルが破断したため、第X期は欠測状態である。露岩 GNSS 観測や超伝導重力計観測の結果はGIA 研究に活用され、リュツォ・ホルム湾の氷床融解史や地球内部の粘性構造の修正につながった。衛星データ検証観測の結果は、衛星合成開口レーダ観測から求めた白瀬氷河の高精度流動解析や質量収支を主題とした博士論文に活用されている。 ・昭和基地における短周期地震計(GS-1)・広帯域地震計(STS-1)各 3 成分による連続観測、および、沿岸露岩域（ラングホブデ）での無人観測点の展開・保守を行い、通年での観測波形データを極地研へ自動伝送・アーカイブ・国内外への迅速な公開を行った。南極プレート周辺の地震活動における機械学習による震源決定法の開発、リュツォ・ホルム湾の氷震微動の震源位置・発生機構について海氷・氷床変動を含む表層環境変動との関係性等の研究成果が得られた。また、本観測で得られた地震・インフラサウンド等の地球科学データについて、Wiki による情報共有シ	全球統合測地観測システム)観測は、地球環境監視や地理情報システムの基盤となっている地球基準座標系の構築に用いられている。その貢献が日本測地学会坪井賞（団体賞)で評価された。 ・雪氷圏起源の氷震微動の震源位置推定や励起メカニズム解明により、固体地球 - 海洋 - 雪氷圏の相互作用解明へ貢献した。また、国際地震センター等へ継続してデータ提供を行った。 ・インフラサウンド波動の特性や発生源の位置推定、並びに励起メカニズムの解析より、極域の大気-海洋-雪氷-固体地球の物理相互作用解明へ貢献した。 ・未だ面的なデータが乏しい、南極海の重力および地磁気データを蓄積し、海底地形データとともに、 固体地球科学や古環境等に関する研究の基礎資料を着実に提供している。海底圧力計による観測では、衛星の地上検証に活用されるとともに、社会的な関心も大きい海水準変動の連続観測データを提供している。 【有効性】 ・長期間にわたる重力観測は GIA モデルの修正など多くの研究成果につながっている。合成開口レーダなどの衛星観測の検証にも現地データとして使用されており、有用性は高い。重力観測値を使用した雪氷研究 G-MONARCH プロジェクトに昭和基地の重力	

	ステムを構築した。 ・昭和基地の地震計室周辺にインフラサウンドアレイ点を展開し連続観測を実施、アレイ観測による波群の到来方向・みかけ速度の推定、野外露岩域（ラングホブデ）の無人アレイ観測点と組み合わせることによるイベント検出と波源域の位置推定、等を行い、南極域におけるインフラサウンドの励起源の特定と発生・伝搬過程の解明、及び発生源域の時空間分布の推定、等に関する研究成果を得た。 ・「しらせ」船上に設置されている重力計、地磁気 3 成分磁力計により航路上の重力および地磁気データの取得を継続した。また、海上保安庁と連携して、マルチナロービーム音響測深器（MBES）と地層探査装置を用いて海底地形および浅部地層データを取得した。リュツオ・ホルム湾沖の定点において、海底圧力計を毎年設置・回収を実施し、海底圧力の連続時間変化データを継続して取得した。第 66 次隊においては、第 64 次隊設置分の海底圧力計が回収できなかった。	データを提供するなど海外の研究での利用も進んでいる。 ・グローバル地震学へ資するデータの提供と共に、南極プレートの表層構造・ダイナミクス、海氷・海洋・氷河・氷床の変動に関係する地震・氷震イベントの検知、並びにそれらの活動度のモニタリングに有効であった。さらに、ATCM への報告書（南極域の地震活動評価と災害アセスメント）へも貢献した ・インフラサウンドによる成果は、海氷・海洋・氷河・氷床の変動イベントの検知に貢献し、南極域の表層環境モニタリングの指標となる可能性を示すことができた。 ・MBES は、ADMAP（The Antarctic Digital Magnetic Anomaly Project）等の国際的な枠組で実施されているマッピングプロジェクト等に貢献している。船上地磁気 3 成分観測は、日本が開発した技術であり、南極海という厳しい環境で有効に活用されている。海底圧力の南極海深海での連続観測は、日本が唯一実施しており、我が国のプレゼンスを高めている。 【効率性】 ・物価高、円安などに起因する観測機器の保守費の高騰のなか、観測経費の増額が難しい状況下で、観測を維持している。 ・基本観測棟等の観測プラットフォームを効果的に活用し、かつ、モニタリング担当隊員が、越冬期に定常観測の維持管理を確実に	

生態系変動のモニタリング 南極大陸を取り囲む南大洋には、高い生物生産が支える豊かな海洋生態系が成立している。また南極大陸の沿岸域や内陸の露岩域には寒冷環境に適応した生物による特徴的な陸上生態系が形成されている。近年、南極域の海洋・陸上生態系は従来考えられていたよりも高い生物多様性を持ち、また環境の変化や人間活動の増加に脆弱であることが明らかになってきた。地球規模での環境の変化が、生態系に及ぼす影響を全球的に把握するためにも、南極の生態系を継続的にモニタリングし、その変化をいち早く検出することが求められている。 南極域における生態系の変化傾向を捉えることを目的に、海洋・陸上生態系のモニタリング観測を継続して実施する。海洋生態系については、観測船航路上での航走観測により、表面水温、塩分、栄養塩、プランクトン群集、表層水・海洋上大気中の二酸化炭素濃度の連続データ採取を継続的に実施する。またリュツォ・ホルム湾の定着氷域、浮氷域、開放水面域における氷縁生態系観測を継続する。さらに、海洋生態系の高次捕食者であるアデリーペンギンの昭和基地周辺での繁殖数をカウントし、個体数変化に関するデータを取得する。陸上生態系については、宗谷	生態系変動のモニタリング ・海洋表層観測として、しらせ及び海鷹丸船上において航走観測を実施し、海洋表層環境の経年データを蓄積した。浅層鉛直観測では、東経 110 度（しらせで 10 点、及び海鷹丸で 9 点）上において、氷海内停船観測（しらせのみ）では、季節海氷域および定着氷域に設定したモニタリング 5～6 定点において実施した。しらせ及び海鷹丸航路上においてCPR 曳航による連続動物プランクトン採集を実施した。取得試料の分析を行い、公開用データを得た。 得られたデータは ADS (Arctic and Antarctic Data archive System)にて公開を行ない、Polar Data Journal での公表を進めることができた。また南大洋CPRデータベースや全球的な有孔虫データベースといった国際的なデータベースにも貢献している。なお、安全な観測を実施するため、荒天時の観測中止があった。 ・昭和基地周辺の繁殖地においてアデリーペンギンの個体数観測を実施した。概ね予定通り個体数・営巣数のデータを取得した。一部の繁殖地(3 箇所)において海氷状況の悪化による観測中止があった。第 64 次では観測史上最大の個体数を記録した繁殖地が複数出現するなど、個体数が増加傾向にあることが明らかになっている。得られた個体数デー	行うことができた。 生態系変動のモニタリング 【必要性】 ・しらせ及び海鷹丸船上での海洋生態系観測は毎年ほぼ同じ時期に同じ線に沿って 50 年近く継続しており、こうした観測は国際的に例がなく、特に対象海域である南大洋インド洋区は西南極海域に比べ観測頻度が少ないため、本観測結果は国際協力の下で周南極生態系変動を解明する基礎データとして貢献している。 ・ペンギン個体数観測は CCAMLR の生態系モニタリングプログラムの一環として位置づけられ、世界各国の観測隊によって周極的に実施されており、本観測は東南極域における国際的な観測網の中で重要な位置を占めている。2023 年以降、南極で懸念されている鳥インフルエンザ感染拡大の動物への影響監視の役割も果たしている。 ・南極の基地のない露岩上の生物分布域での生物分布実態、気象変動に関する試料とデータを捉えることに貢献した。 【有効性】 ・海洋生態系観測は南極科学委員会 (SCAR) および Southern Ocean Observing System (SOOS)の活動として位置づけられている。CPR を用いた全球的な観測網や国際的データベースにも貢献しており国際的貢献は高	

海岸露岩域での気象環境の連続自動観測、南極特別保護区であるラングホブデ雪鳥沢流域に設けた植物群落の方形区観測を定期的に実施する。また、人間活動と生態系との関係把握の観点から隔年で実施してきた昭和基地周辺の土壌微生物相と現存量調査を継続して実施する。	タについては、CCAMLR (Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources: 南極の海洋生物資源の保存に関する委員会)の生態系モニタリングプログラムに報告し、CCAMLR のデータベースに登録した。また ADS においてデータの公開を行った。 ・昭和基地周辺土壌の微生物相のモニタリング観測として東オングル島内に設定した地点から土壌試料を採集した。南極特別保護区の雪鳥沢エリアでの陸上植生の方形区観察として、コケ・地衣類群落の写真撮影を実施した。周生物環境の連続観測（自動気象観測装置 AWS の保守を含む）として、3 つの主要露岩域（ラングホブデ・スカルブスネス・スカーレン）での気象要素記録を取得した。	い。 ・ペンギン個体数観測は周極的な観測網の中で連携した観測を行っており、国際共同研究の展開に貢献している。また公開したデータがメタ解析等に利用されるなど、国際的なモニタリング計画の中で期待される実績をあげている。 ・南極において周生物環境を連続的に観測している場所は極めて限定的であり、本モニタリング観測で提示できるデータは極地生物の分布・活動に関し、貴重な知見となる。 【効率性】 ・停船観測では天候・海況等により観測を中止する場合がある。安全な観測を実施するための対応であり、欠測はやむを得ないと判断している。 ・一部のペンギン繁殖地では海氷状況等による欠測があったが、全体としてほぼ計画に沿った実績・成果が得られており、基地等のプラットフォームが有効に活用できている。	

評価様式【評価項目毎・重点研究観測サブテーマ 1】

Ｓ：計画をはるかに上回った実績・成果を上げている
Ａ：計画を上回った実績・成果を上げている
Ｂ：計画通りの実績・成果を上げている
Ｃ：計画を下回っている

第Ｘ期計画

重点研究観測サブテーマ 1「最古級のアイスコア採取を軸とした古環境研究観測から探る南極氷床と全球環境の変動」

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】
南極氷床の質量減少が明らかになっているが、その原因や将来の見通しについては大きな不確実性がある。気候-氷床システムの変動メカニズムを理解し将来予測を高精度化するため、現在の氷期ー間氷期サイクルの卓越周期 10 万年の期間に加え、およそ 100 万年前に起こった卓越周期 4 万年から 10 万年への移行期の古環境情報を復元し、数値モデルの境界条件や検証データを得ることが重要である。卓越周期の 4 万年から 10 万年への移行については様々な仮説が提案されている。仮説検証やモデリングには、南極大気や南大洋の温度、涵養量、大気中温室効果気体濃度、南北半球間の気候変動の位相差など、アイスコアからしか得られない情報が必要であるため、SCAR や国際北極科学委員会（IASC）等が支援するアイスコア研究の国際組織 IPICS（International Partnership in Ice Core Sciences）は、南極域で複数の 100 万年を超えるアイスコア採取を目指す「Oldest Ice」計画を立ち上げ、この国際協力の枠組みの下で各国が掘削候補地の調査を行ってきた。日本は、第Ⅸ期計画でドーム	**・最古級アイスコア採取および関連観測**については、**64 次**では航空機にて昭和基地に到着し、ドームふじに陸路で移動した。内陸ルート上において、雪尺による表面質量収支観測や、雪試料採取、マイクロ波放射計を用いた氷床表面観測、精密 GNSS 測量による氷床表面高度・氷床流動速度観測等を実施し良好にデータや試料を得た。国内から第 3 期ドームふじ深層掘削地点決定の連絡を受け、同地にて「ドームふじ観測拠点 II」の建設作業を実施し、床板を敷設した掘削場内で 10m ピット掘削（今期は 3m まで）を実施した。また、屋外にて地表から約 125m の浅層アイスコア掘削を実施した。**65 次**では深層コア掘削準備作業を実施した。10m ピットを完成し、次にパイロット孔掘削（深層掘削に繋がる浅層コア掘削）を 126m 深まで実施した。その後リーミング（浅層掘削孔の拡幅）、ドリルマスト組立て、ケーシングパイプ設置を行った。さらに、マスト上の深層ドリル受け台設置やドリル仮組みを行い、マストベース及び回転軸の調整を行った。液封液（酢酸ブチル）配管を設置し、地上のドラム缶から掘削孔に注入した。また、ドームふじ基地からバンドソーやコア樋等の物資を拠点に移動	評価結果：Ａ 【必要性】 【評価軸：得られた知見やデータ等の成果が国内外社会に還元されているか】 【評価軸：得られたデータ等を公開することで学術水準の向上がはかられているか】 ・第 3 期ドームふじ氷床深層掘削が無事に開始し、最古級のアイスコア取得に向けた活動が進捗している。また、第Ⅸ期以前に掘削されたアイスコアも含め、コア解析や内陸観測データを用いた成果出版に伴うデータ公開や、内陸の自動気象測器データの即時公開などを進めることで、国内外への還元や学術水準の向上に貢献している。 ・過去の南極氷床融解過程やそのメカニズムに関する知見を国際論文として発表し、将来の海水準上昇予測に必要な科学的根拠として国内外に還元している。得られた地質データは広く公開され、他地域の南極氷床研究や気候・氷床モデル研究などの幅広い分野で	評価結果：Ａ 【必要性】 過去数十年間で加速度的に減少している極域氷床の質量の原因解明や予測の高精度化に必要な氷床コアの採取と、すでに得られているコアの解析が進捗している。これまでに得られた知見及び観測データの解析に基づく成果を論文として公表し、国際的な学術水準の向上に大きく貢献したほか、新規性の高い氷底湖や氷河湖決壊に関わる観測データの公開により、国内外社会への成果還元を行うなど想定以上の成果を挙げている。 【有効性】 独自開発の機器類の導入や、民間企業を含む多様な機関との共同研究により、従来の地形・地質学的研究分野を大きく超えた学際的な研究や、融合的な研究が進展しているこ

ふじ周辺での最古級のアイスコア採取に向け、氷床レーダー探査や雪氷調査を展開して最適な掘削地点の絞り込みを行ってきており、第X期計画では掘削地点を決定し、最古級のアイスコア掘削に挑む。 また、サブテーマ2と連携した「しらせ」による東南極沿岸域の海底堆積物掘削や海底地形調査、陸上・湖底堆積物掘削、氷河調査等の現場観測を実施し、さらに棚氷域も含めた広域での国際的な堆積物掘削計画とも連携することで、氷床縁辺部の過去や現在の変動に関する試料やデータを取得する。 長期の気候や氷床の変動情報を記録する試料の採取により、競争的資金や外部機関との連携による試料分析やデータ解析、気候・氷床モデリングを展開が可能となり、全球スケールから大陸スケール、ローカルスケールまでの過去から現在に至る環境変動の解明や、南極と全球との関連、種々のメカニズムの理解が促進され、地球環境の将来予測の高精度化に資することが期待される。	した。現場観測に関しては、特に観測拠点IIへのAWSの設置を実施した。**66次**では、掘削場内での深層掘削準備作業を完了した後、深層ドリルによるコア掘削を開始した。最終的に2名3交代(24時間)に移行し、約126mから約541mまでの掘削に成功した。1ランの掘削長は平均3.52m、1日の掘削長は平均20 mであった。今期掘削終了後に掘削孔の検層観測も行った。コア処理チーム（4名）は解析室の整備と温度調整を行い、バンドソーや誘電率測定装置、水同位体測定装置等の機器を立ち上げた。掘削されたコアは、深度決定及び約1.5m長への切断の後、一時貯蔵庫に格納され、その後順次コア解析室において誘電率測定、水平バンドソー切断（断面積6:4）、垂直バンドソー切断（長さ約50cm）、梱包、最終貯蔵庫への保管を行った。水平切断の際に発生する切削片は回収し、一部を水同位体比の現場測定に利用した。コア処理は連続的に365.54 mまで実施し、期間の終盤は（撤収と重なったため）持ち帰りコアの誘電率測定と梱包のみを処理した。帰路において、冷凍試料空輸地点として初となる（従来より内陸に位置する）Z8からのコア輸送を実施した。**国内における研究・開発**では、氷床レーダー探査や浅層コアの分析結果の解析、氷床流動モデルによるレーダー測線沿いの年代プロファイルの推定等を実施し、関係者の議論により深層掘削点を決定した。また、深層ドリル電装系および掘削孔検層機の開発を進め、66次での深層掘削および検層を可能にしたほか、岩盤掘削機の開発を進め	利用されており、学術水準の向上に資している。 ・氷河観測データが少ない地域で流動と変動に関する貴重なデータを収集することに成功した。特に氷底湖や氷河湖決壊に関わるデータは新規性が高く関心が高い分野である。研究活動が新聞やテレビ番組を通じて一般に伝えられ、成果への理解につながっている。テレビューワ―を氷河掘削孔に利用する取り組みでは、民間企業との共同研究が進んだ。 【有効性】 【評価軸：学際的、融合的研究などの分野横断や新たな分野の参画がはかられているか】 ・深層掘削点の選定過程やコア解析結果の出版において、雪氷学や古気候学、年代学、計算科学、大気科学等の分野横断による解析研究と議論を進めた。また、ドームふじアイスコアの配分や国内外の共同研究は、全国組織であるアイスコアコンソーシアムにより調整・促進され、複数の競争的外部資金を用いて進められている。 ・自主開発機器を含めて最新観測機器を導入した現地調査の広域展開、海洋分野との連携観測、および各種モデル研究との連携を通	とに加え、若手人材の育成面でも成果が挙がっていることは高く評価できる。 【効率性】 「しらせ」搭載ヘリコプターによるZ8地点からのアイスコア空輸が実現したほか、内陸観測プラットフォームはアイスコアの掘削にとどまらず、氷床表面質量収支等の様々な観測や天文などの他分野の研究観測にも活用されるなど、観測事業プラットフォームが効率的・効果的に利用されている。 以上の通り、計画された観測を着実に実施することに加えて、サブテーマ間、特にサブテーマ2との連携も行いながら、学際的な研究や融合的な研究を積極的に進めることで、当初の計画以上の高い成果をあげていることから、A評価と判断した。 今後、具体的なデータ活用数を把握することでデータ活用の更なる進展を図る取組や、民間も含め新たに多様なパートナーシップも築くことで研究の可能性が広がっていくことに期待する。

	た。 **・サブテーマ２と連携した地形地質分野の観測**では、64 次にはリュツォ・ホルム湾宗谷海岸域にてインド・ベルギーとの国際共同調査を行い、湖沼・浅海・陸上掘削と氷河地形調査を実施した。65 次ではトッテン氷河沖およびリュツォ・ホルム湾において南極観測船「しらせ」による海底堆積物掘削を実施した。66 次では東南極ラーセンマンヒルズのインド基地で再び国際共同調査を行い、湖沼・浅海掘削と氷河地形調査を進めた。大型国際プロジェクト SWAIS-2C に参画し、現地掘削作業の支援とテスト試料の分析を通じて貢献した。特に 2 年目の掘削では総研大生が現地観測に参加し、若手研究者の育成にも寄与した。以上の観測と試料分析により、東南極ドロンニング・モードランド内陸～沿岸において約 9～6 千年前に氷床高度が大きく低下したことが判明し、地球変形・氷床モデル解析との連携から、その原因が地域的な海水準上昇である可能性を示した。 **・サブテーマ２と連携した氷床変動にかかる現場観測**では、ラングホブデ氷河において電磁波と弾性波による探査を実施し、氷河底面地形と内部構造に関するデータを取得した。ホノール氷河では、弾性波による氷底探査と GPS 流動測定を実施した。さらにスカ	して、従来の地形・地質学的研究エリアを大きく超えた学際的・融合的研究を展開した。 ・固定翼 UAV、氷河内地震計、弾性波探査装置など、新規の機材を投入して新しいデータセットを取得した。弾性波探査に関しては他課題（ペネトレータ）から参画する研究者の助力も得た。ペネトレータを使った氷河研究に関する検討も進み、学際的・融合的な研究への発展が望める。 【効率性】 【評価軸：観測船や基地などの観測事業プラットフォームの効率的・効果的な活用が図られているか】 ・ドームふじ観測拠点 II や内陸トラバース体制といった重要な内陸観測プラットフォームは、アイスコア掘削以外に、氷床表面質量収支の観測や内陸気象自動観測、表面雪採取等の様々な観測のほか、多分野の研究観測にも活用されている（天文、大気、宙空の各分野）。また、しらせ搭載ヘリコプターによるアイスコア空輸を初めて標高約 2000m の Z8 地点から行った。 ・地質分野では「しらせ」を用いた本格的な海底堆積物掘削のほか、外国基地などの観測プラットフォームを有効に活用した観測を	

	ルブスネスでは、最近突発的な排水が確認された氷河湖周辺で活動を行い、排水経路の特定を目的とした氷河底面の電磁波探査と、湖の水位変動測定を目的とした水圧センサの設置を行った。テーレン氷河では、弾性波探査と GPS の現地データによって、衛星解析で推定された氷河底面湖の確認と変動解析が進んだ。スカーレンでは氷河湖決壊時の流路と考えられる地域で氷河底面地形が明らかになった。 【今後の予定】 **最古級アイスコア採取および関連観測**については、69 次まで毎シーズン活動を行い、氷床底付近まで氷床掘削を進め、最古級となるアイスコアの取得と掘削孔の検層観測を実施する。さらに、基盤岩採取や枝分かれ掘削を目指すほか、コアデータ解釈・古環境復元のためフィルンエア採取、自動気象観測、表面質量収支や流動に関する雪氷観測等も実施する。 **地形地質分野の観測**では、リュツォ・ホルム湾およびトッテン氷河沖の最終氷期以降の氷床融解過程の復元と，海水準データと地球変形モデルの比較を進めるとともに，最終間氷期の相対的海水準の再現と，真の極移動を考慮した氷床量変動の推定を行う。 **氷床変動にかかる現場観測**では、当初 68 次	展開した。 ・氷河観測は、しらせ搭載ヘリコプターの機動性を十分に活かして実施され、氷河観測としては初めて 1 シーズン 5 つの氷河での活動が実現した。 評価理由 最古級アイスコア掘削と関連観測において、ほぼ当初計画通り順調に進められているほか、地質分野においては当初計画以上の研究成果が得られ、氷河観測では当初計画以上のデータ取得や共同研究を達成した。 これらを踏まえて A 評価と判断する。	

	で計画していた熱水掘削が 69 次に変更となり、この観測に向けて掘削装置と観測機器の調達とテストを進める。現地で稼働中の測定装置については、観測隊員への依頼によってデータ回収と保守作業を実施する。		

評価様式【評価項目毎・重点研究観測サブテーマ 2】

Ｓ：計画をはるかに上回った実績・成果を上げている
Ａ：計画を上回った実績・成果を上げている
Ｂ：計画通りの実績・成果を上げている
Ｃ：計画を下回っている

第Ｘ期計画

重点研究観測サブテーマ 2「氷床―海氷―海洋結合システムの統合研究観測から探る東南極氷床融解メカニズムと物質循環変動」

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】
重点研究観測サブテーマ 2 「氷床―海氷―海洋結合システムの統合研究観測から探る東南極氷床融解メカニズムと物質循環変動」 南極氷床は、それが全部融解してしまえば地球の海面を 60m も上昇させうる膨大な氷の塊である。南極氷床の融解による質量損失の過程と今後の地球温暖化に対する応答の解明は、海水準上昇の将来予測において急務の課題である。我が国の南極地域観測隊の主要活動域である東南極域の氷河氷床は、西南極域のそれに比べて安定的であるとの認識であったが、近年ではトッテン氷河周辺域を筆頭に末端部の棚氷での融解損失が加速しており、海盆域から大陸棚への暖水流入がその要因であると指摘されている。また氷河氷床の質量損失による海洋への淡水放出は、海氷生産・底層水のみならず、海洋生態系・物質循環に変化をもたらす。 第Ⅸ期計画では、海底地形の条件や大気・海洋の環境要因と海氷生産・陸氷融解との関係、海氷域における海洋環境及び海洋生態系	【海洋観測】 第 64～66 次夏隊において、「しらせ」「海鷹丸」による海洋観測、漂流系観測、係留系観測、海氷観測を実施した。定在海洋渦の周辺およびトッテン氷河周辺海域において複数の係留系の設置・回収に成功し、スナップショットにとどまらない時系列観測を実施することで観測機会を最大限に活用した。 さらに、AUV（自律型無人潜水機）による無索での海氷下自律航行に成功するとともに、EVS（イベントベースビジョンセンサー）による準リアルタイムでの動物プランクトン数・種構成の自動取得を目指す取り組みや、表層連続観測における生物・非生物粒子および光合成活性の高解像度自動観測を目指した装置の運用を開始した。66 次では、クリーンコンテナラボ、クリーン CTD、現場濾過装置などを導入し、「しらせ」で初となる微量元素観測を実施した。 これら多岐にわたる観測により、以下のような重要な学術的成果が得られた。 ・第 64 次	評価結果：A 【必要性】 【評価軸：得られた知見やデータ等の成果が国内外社会に還元されているか】 【評価軸：得られたデータ等を公開することで学術水準の向上がはかられているか】 ・「しらせ」「海鷹丸」の 2 船体制での広域海洋観測により、巨大定在海洋渦列や時計回り循環が極向き海洋熱輸送を担っていることを明らかにし、さらに詳細な海底地形データを得た。こうした成果は生態系変動や物質循環の理解に役立つだけでなく、高解像度領域モデルや将来予測モデルの精緻化にも貢献する成果として社会に還元されている。 ・主要な論文 17 報についてはプレスリリースを通じて国内外に広く公開した。 ・観測により取得したデータや、実測データに基づいて検証した海面力学高度データを ADS で順次公開し、オープンサイエンスに貢献している。 ・南極氷床の沿岸域で氷減少の予兆が認められる中、氷河観測データが比較的少ない地	評価結果：A 【必要性】 海水準変動に直結する氷床―海氷―海洋相互作用に焦点を当てた東南極氷床の質量損失過程の詳細と、その海洋環境や物質循環への影響の実態を、他国に先駆けて解明するため複合分野による統合研究観測を実施してきた。独創的・先駆的な観測の取組が認められる上、Ｘ期の目標とされていた海盆から棚氷底面までの熱輸送過程とその時間変動要因がすでに明らかになりつつあるなど、想定以上の成果を上げている。成果論文の発表やプレスリリースも精力的に行うなど多岐にわたる科学的成果の社会還元もなされている。 【有効性】 複数の競争的外部資金に関わる連携拡大や産学共同での開発推進、新規研究分野からの参画や技術の活用、

変動とそれに果たす海氷等の役割についての解明を進めてきた。さらに、未だ圧倒的に観測データが不足しているトッテン氷河周辺域での観測に着手し、氷河末端域における暖水流入を確認した。

第X期計画においては、これを更に発展させ、海水準変動に直結する氷床―海氷―海洋相互作用に焦点を当て、トッテン氷河域を中心に東南極氷床の質量損失過程の詳細と、その海洋環境や物質循環への影響の実態を他国に先駆けて解明するため、複合分野による統合研究観測を実施する。具体的には、東南極において顕著な氷床―海氷―海洋相互作用が起こっていることが指摘されるトッテン氷河・ビンセネス湾（ウィルクスランド沖）およびリュツォ・ホルム湾において、氷河上での直接観測および「しらせ」による観測航海を展開し、CTD/RMS（採水システム付き水温・塩分・圧力測定装置）等の標準的な観測に加え、係留系・漂流系による観測、無人探査機による氷下観測、各種船上大気観測、海底堆積物掘削、船上培養実験等を実施する。これらの観測は、海盆域から氷床末端への暖水輸送のメカニズムと底面融解への影響、棚氷・接地線・溢流氷河システムの変動過程、過去の暖水流入の復元、海洋循環と海氷循環が係る季節海氷域の生態系・物質循環の変動過程、及び大気海洋循環の再現性に影響を与える雲形成過程等を解明することを

アメリー棚氷周辺における 2016/17 年夏の海氷消失と表層水温の上昇が氷河融解水の増加をもたらし、棚氷等の側面融解や、海氷生産の抑制、南極底層水形成量の減少につながることが示唆された。同様に底層水形成に関して着目されているケープダンレーポリニヤでは、水中のフラジルアイスが海面での熱吸収を妨げ、効率的な海氷生産に寄与していることが明らかになった。

また、現場観測により検証を行った海面高度計データを用いた解析では、CDW（周極深層水）が大陸棚へ到達するメカニズムの１つであるフラックスの推定により、気候モデルの精緻化に資する知見を得た。同衛星データを生物研究にも応用し、商用魚種メロの卵が産卵場から生育場へ輸送される過程において、陸棚斜面ー陸棚を結ぶ再循環の寄与が重要であることが示された。また、海氷に内包され外洋へ運ばれた動物プランクトンが捕食者の餌となっていることが明らかになった。

・第 65 次

現場観測と数値シミュレーション双方の結果を用いて、トッテン氷河の底面融解を引き起こすメカニズムである、沖合からトッテン氷河への暖水輸送の詳細を明らかにした。また、改良された海底地形データを組み込んだ海洋-海氷-棚氷モデルによるシミュレーシ

域において、その流動と変動に関する貴重なデータを収集することに成功した。特に氷河接地線付近での長期氷震データは独自性が高く、今後は解析結果を国内外の学会で発表し、X 期計画期間中に論文を国際誌に出版できる見込みである。

・南大洋における水雲の形成環境に関して、従来は衛星観測による雲頂からの解析結果による議論が多かったが、本研究では 4 ヶ月間にわたる船上リモートセンシングデータに基づく解析を行った。これは気候モデル及びそれによる将来予測を精緻化する上で重要な成果である。

【有効性】

【評価軸：学際的、融合的研究などの分野横断や新たな分野の参画がはかられているか】

・以下のような多様な外部資金課題の連携や、産学協働での開発・研究の推進により、学際的かつ融合的な研究を展開している。

科研費基盤研究（S）「海氷が導く熱・塩・物質のグローバル輸送（代表：大島慶一郎（北大））」および「次世代南大洋海洋観測に対するパラメタリゼーション技術の開発と展開（代表：渡辺豊（北大））」では、大学院生を含め、各機関・分野の専門チームから多様な研究者が参加しており、融合的な観測・研究を進めている。

科研費特別推進研究およびCRESTの枠組

研究コミュニティの連携強化や拡大、サブテーマ間、特にサブテーマ 1 との連携は有効性を高めている。南極研究の裾野の広がりや深化を図っていることに加え、93 報の査読付き論文を公表しており、日本の国際的なプレゼンス向上に貢献している。

【効率性】

「しらせ」の 2 レグ制やヘリコプターの活用、自動測器による長期連続観測、外国基地の有効活用などにより、東南極各所での陸上・湖沼・深海をシームレスに繋ぐ観測を展開している。限られた資源を臨機応変に活用し、効率的・効果的に調査を進める努力が認められる。

以上の通り、計画された観測を着実に実施することに加えて、想定以上の成果や、当初予定のなかった産学連携も進み情報科学分野の新規参入による学際的な研究の促進も図られていることから、A 評価と判断した。

引き続き着実に取組を進め、様々な分野に波及効果が出ることを期待する。