念頭において実施する。このように、東南極氷床の質量損失の過程の詳細解明と、その海洋環境や物質循環への影響の実態解明を軸にしつつ、サブテーマ１や３とも密接に関連する大気変動、氷床変動、古環境復元に関わる研究観測も連携して実施し、氷床―海氷―海洋相互作用の統合的理解を発展させる。これにより、現状の気候モデルの高度化、ひいては海水準変動を含む全球環境変動の将来予測の高精度化に貢献する。

ョンでは、沖合暖水の広範な侵入、局所的な海氷の生成、トッテン棚氷への海洋の熱輸送が再現され、トッテン棚氷とモスクワ大学棚氷での底面融解の時間変動に顕著な違いがあることを示した。さらに、季節海氷域における糞粒様渦鞭毛虫（FLDs）の調査から、微生物食物網の構成者と考えられていた２種の渦鞭毛虫が炭素ポンプにおいて重要な役割を果たしていることを指摘した。

・第 66 次

現場観測による検証を行った独自の衛星海面力学高度データセットと気象再解析データを用いた統計解析により、偏西風の強化に伴って東南極沿岸域に点在する時計回りの海洋循環が強化され、氷河の底面融解を引き起こす海洋熱の流量増加につながることが明らかになった。この傾向は地球温暖化の進行によりさらに顕著になると予想される。暖水輸送に関する数値実験では、トッテン棚氷とモスクワ大学棚氷で底面融解の時間変動に差異があることを示し、上流のダルトンポリニヤによる海氷生産が鍵であることが示唆された。

海洋生態系分野では、漂流ブイ観測や停船観測から炭素循環にかかわる特定の動物プランクトン（G. rubrum）の分布が海氷融解と明瞭な相関関係にあることを見いだし、炭素循環変動の理解を一歩前進させた。さらに

みでは、民間企業の研究者らも参画し、大型プロジェクト間の連携および産学連携による開発・研究を推進しており、従来の枠組みを超えた学際的研究コミュニティーが南極観測に関わっている。

学術変革領域研究では、海氷下における海洋観測のための AUV を独自に開発し、トッテン氷河近傍海域において本格運用を開始した。これにより、船舶によるアクセスが困難な氷近傍の海洋観測データの取得・拡充を図っている。また、特別推進研究では、沖合からトッテン氷河方向への海洋熱輸送量をコントロールする大陸斜面ジェット流の形成・変動機構について、観測・数値モデル・理論を組み合わせた包括的な研究を実施している。このように、多様な外部資金課題の連携のもと、東南極氷床変動システムとその影響の包括的理解に向けた多角的な研究が展開されている。

・これまで南極観測事業への参画実績がほとんどなかった海洋微化石・底生生物分野の研究者の積極的な観測隊への参加を通して、周辺コミュニティとも充実した連携体制を構築できた。

・氷河観測では、従来行われていたような単一地点での定着型観測ではなく、地形や流動特性の異なる多数の氷河で短期間に機動的な観測を展開した。こうした活動は氷床全域への研究の拡張を考える上で重要かつ有効

	海氷生産にかかわる研究として、マイクロ波放射計による複数の薄氷プロダクトの開発を進めており、今後は海氷変動・底層水形成・炭素循環にかかわる分野横断的な研究の発展が期待される。（その他、論文 59 本の成果。） 【海底／湖沼／陸上堆積物掘削】 サブテーマ 1 と密接に連携し、南極氷床の大規模融解・変動メカニズムの解明を目指し、南極氷床各所で陸上・湖沼・深海をシームレスに繋ぐ観測を実施した。 令和 4 年度には、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。令和 5 年度には、トッテン氷河沖およびリュツォ・ホルム湾において、「しらせ」による海底堆積物掘削を実施した。令和 6 年度には、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。加えて、大型国際プロジェクト SWAIS-2C（Sensitivity of the West Antarctic Ice Sheet to Two Degrees of Warming：気温上昇 2℃に対する西南極氷床の応答を評価することを目的とした、10 カ国による国際共同プロジェクト）に参画し、初年度から 2 年目までの現地掘削作業には支援とテスト試料の分析を通じて貢献した。	性が高く、大きな波及効果が見込まれる。 ・船上で取得した大気観測データを参照値とした再現実験において、領域気候モデルおよび全球エアロゾルモデルの研究者が参画している。さらに、WCRP Polar CORDEX などの国際プロジェクトとも連携し、領域気候モデルのエアロゾルや雲の物理過程の検証を進めており、学際的研究コミュニティの広がりという点でも大きな意義のある研究活動を展開している。 【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】 ・船上では海氷や氷山の存在により観測の進捗が大きく左右される。そのため、国内からの支援の下、衛星画像に基づいて、観測点を戦略的・効率的に再配置することで、限られたシップタイムを最大限有効活用している。 ・船上で連続稼働可能な自動気象観測装置を活用した長期間にわたるデータを蓄積しており、後半 3 か年での気候モデリング研究を効果的に進められる体制となった。 ・観測プラットフォームの一つとして外国基地も有効に活用し、東南極各所での陸上・湖沼・深海をシームレスに繋いだ観測を展開することができた。	

	以上の観測から、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。さらに、リュツォ・ホルム湾の堆積物分析により、CDW の流入による棚氷崩壊がこの融解イベントを引き起こした可能性も示された。（その他、論文 20 本の成果。） 【氷河観測】 南極氷床における近年の氷損失を駆動する、棚氷・接地線・溢流氷河システムの変動とそのメカニズムの解明を目的として、65 次夏隊でラングホブデ、白瀬、ホノール、テーレン、スカルブスネスの各氷河で観測を実施した。これにより、氷河流動、カービング、氷河基盤地形、氷河上の水文環境などに関する多くのデータが得られた。 顕著な学術的成果として、ラングホブデ氷河の接地線付近で取得した 3 年間にわたる氷震データには、明瞭な季節変動、潮汐変動、短周期変動が現れており、融解、気象・波浪、潮汐等が氷河流動と破砕に与える影響を示す、重要な学術的成果が得られた。また、ホノール氷河では、氷河末端付近の流動速度とカービング現象について、固定翼 UAV、タイムラプスカメラ、地震計を用いて観測し、カ	・ヘリコプターの機動性を十分に活かし、1 シーズンで 5 つの氷河での現地観測を成功させ、効率性の高い活動を実現できた。さらに、現地での活動時間が限られていても、長期稼働が可能な観測機器を設置することで、通年から数年にわたる連続データを効率的に取得することができた。 ・提案当初には勘案できなかった大陸棚斜面ジェット流などに焦点を当てた国際共同研究観測をX期後半で行うことについて日豪で合意し、国際連携研究についても前進している。特にX期前半の成果に基づいて、X期後半では海洋熱輸送、南極底層水の変質に着目した日豪による共同観測により、一国では不可能な観測研究を実施する。 以上のように、観測計画は予定通り進み、最終目標の一つである「海盆から棚氷底面までの海洋熱輸送過程とその時間変動要因」の全貌がすでに明らかになりつつある。加えて、2 レグ制（JARE66/67）を取ることで、より海洋～大気に特化した構成の観測隊を編成し、大陸棚域を網羅的に観測するだけでなく、生物・化学分野の参画による物質循環・生態系変動にかかわる成果が今後期待される。サブテーマ 2 に関する公表論文数は現時点で 93 報あり、当初予定にはなかった産学連携が進み、情報科学分野の新規参入による学際的な研究の促進が図られている。これら	

	ービング氷河末端部の流動とカービング現象を解析するために必要なデータを取得した。観測期間中に発生したカービングイベントについては、そのメカニズムの解明が期待される。（その他、論文６本の成果。） 【船上気象・大気観測】 南大洋上のエアロゾル–雲–放射の関係性を明らかにするため、「しらせ」航路上において、雲の相状態を連続的に観測するライダーシーロメーター、雲底温度を観測するマイクロ波放射計、基本気象観測、雲粒子センサーゾンデ、エアロゾル数濃度の鉛直分布を把握するドローン気象観測等の様々な観測を実施した。 その結果、南大洋上で遭遇した「大気の川」イベントにおいて、対流圏中層の雲は氷晶で構成されることが明らかとなった。この氷雲の起源となる氷晶核粒子は、中緯度から南極域へ遠隔輸送された海洋起源のバイオエアロゾルであることが推察され、南極域の対流圏中層の雲を氷雲に変質させる可能性のあることを示した。一方で、イベント時以外には水雲が卓越することが雲底温度・相状態の観測から示された。これは南極域では背景場の氷晶核粒子が少ないことを意味し、気候モデリングにおけるエアロゾル・雲の不確実性を修正する際の、重要な観測事実を提供した。	を踏まえてＡ評価と判断する。	

	上記の二つの成果を考慮すると、総観規模擾乱で南極域に遠隔輸送されるエアロゾルと水蒸気は降雪をもたらす氷雲を形成する一方で、それ以外の期間は放射強制の強い水雲が卓越すると解釈でき、両者の頻度が氷床の涵養と海面の熱収支を左右すると考えられる。（その他、論文８本の成果。）		

評価様式【評価項目毎・重点研究観測サブテーマ 3】

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 3「大型大気レーダーを中心とした観測展開から探る大気大循環変動と宇宙の影響」

計　　画	実　績・成　果	自己点検 【評価結果　Ｓ・Ａ・Ｂ・Ｃ】	 【評価結果　Ｓ・Ａ・Ｂ・Ｃ】
重点研究観測サブテーマ 3 「大型大気レーダーを中心とした観測展開から探る大気大循環変動と宇宙の影響」 南極域は地球気候において重要な役割を果たし、かつ、気候変動のシグナルが顕著に現れる場所である。気候変動の主要因の 1 つである大気大循環変動には様々な大気現象が関わっており、観測の不足が著しい南極域において総合的な観測を展開し、変動の定量的な理解を進めることが本サブテーマの主目的である。さらに、南極域大気の大循環の形成・維持・変動においては、第Ⅸ期計画で明らかになってきた、地球周辺の宇宙環境から南極域の中層・超高層大気へのエネルギー流入による影響や、氷床―海洋との相互作用も重要な要素であり、これらを含めた大気大循環変動の研究観測を進めることが必要である。 第Ｘ期計画においては、南極昭和基地大型大気レーダー（PANSY レーダー）を中心とした多角的な大気複合観測および国際共同観測を継続発展させる。数分から太陽活動周期	**観測実績** 【南極昭和基地大型大気レーダー（PANSY レーダー）】 1000 本以上のアンテナから成るフルシステムによる対流圏・成層圏・中間圏連続観測および下部熱圏流星風連続観測を継続実施した。さらに南極域では例のない電離圏電子密度プロファイル観測を、毎月のキャンペーンベースで 2024 年から開始した。また、南極地域観測隊では初となる、観測時間割当を行う公募型国際共同利用を X 期 1 年目（第 64 次）から開始し、研究コミュニティからの幅広いアイディアに基づいた観測を実施中である。 【スーパープレッシャー（SP）気球】 第 63 次で実施した日本独自の SP 気球観測の結果をもとに観測手法の改善を行い、第 65 次夏隊で 2 機の改良型 SP 気球を昭和基地から放球することに成功した（冨川他, 2025; 2024 年 11 月 15 日プレスリリース）。 【MF レーダー・OH 分光計】 MF（Middle Frequency）レーダーによる、PANSY レーダーの中間圏・下部熱圏観測を補	<u>評価結果：S</u> 【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】 南極昭和基地大型大気レーダー（PANSY レーダー）のフルシステムを使用し、VIII 期末から約 10 年に及ぶ対流圏・成層圏・中間圏の高精度観測データを蓄積し、併せて IV 期末からは下部熱圏の流星風速観測も連続実施するなど安定した運用を実現した。さらに、相補的な各種電波光学装置（MF レーダー、OH 大気光分光計、極冠オーロラカメラ、ミリ波分光計、スペクトル・リオメター、宇宙線観測装置）を昭和基地で実施し、複合的なデータの取得に成功した。併せて、南極域を広く観測するため、スーパープレッシャー（SP）気球観測試験（68 次隊で越冬観測予定）および４つの外国基地への極冠オーロラ観測装置の新規設置など、面的な展開を順調に進めた。 各観測データを元に、様々な時空間スケールの現象を調査して多くの論文成果として	<u>評価結果：A</u> 【必要性】 気候変動の主要因の１つである大気大循環変動には様々な大気現象が関わっており、観測の不足が著しい南極域において PANSY ならびに相補的な各種電波光学装置を運用して安定的に長期観測を継続した。そこで得たデータと全圏大気モデルによる長期再解析データを予定より早く公開したほか、複合的なデータは豪州の天気予報の精度改善に活用されるなど社会実装も進み、国内外の学術的・社会的に大きく貢献していると高く評価できる。 【有効性】 夏季の乱流活動やブリザード時のシアー観測など、世界的にもユニークな成果を挙げており、学術水準を高める成果が得られている。新たに PANSY の国際共同利用課題を公表

11 年までの幅広い周期帯の南極大気現象を捉え、各現象のクライマトロジー、年々変動、極端イベントの特性などを対流圏から成層圏、中間圏の広い高度域で探る。さらに南極域の種々の大気現象により生成される大気乱流が、大気混合を通じて物質輸送に果たす役割の定量的な評価を目指す。南極域成層圏・対流圏には、物質循環の極向きおよび鉛直下向き方向の両方の動きが存在し、活発な気象活動が存在することから、サブテーマ 1 および 2 にも関連して、大気圏から雪氷圏への水蒸気等の物質の流れの統合的な理解も進める。昭和基地を中心とした拠点精密観測に加え、南極上空の風に乗って南極域全域の面的観測を可能にする気球観測を季節ごとにキャンペーン的に実施する。また、地球周辺の宇宙環境から地球大気への影響を評価するため、中間圏から更に高い高度領域に位置する電離圏観測の充実も図るとともに、より高緯度かつ観測空白域である極冠域でのオーロラ撮像ネットワークと宇宙線観測の拡充も行う。

これらの観測に加え、かねてより国内で開発が進められてきたデータ同化研究、高解像度大気大循環モデル等も組み合わせることにより、各大気現象の全球的な年々変動とそのメカニズム、宇宙天気現象の物理メカニズムの解明を目指し、全球的な大気環境変動の将来予測の更なる高精度化に貢献する。さら

強する水平風速観測を継続実施し、さらに OH 大気光分光計により、レーダーでは困難な中間圏界面温度観測を実施した。

【極冠域オーロラ・ネットワーク観測】

極冠オーロラ自動観測を、昭和基地や米基地（マクマード、南極点）の他、2024 年度から豪基地（ケイシーおよびデイビス）、仏基地（デュモンデュルビルおよびコンコルディア）の４点で新たに開始して、南極ネットワーク観測データの蓄積を開始した。ドームふじ観測拠点 II での観測は、風力発電装置の開発を継続中のため、第 68 次以降に実施する。

【スペクトル・リオメター】

南半球で唯一のスペクトル・リオメターとして IX 期最終年度の第 63 次隊から開始し、周波数 20-60 MHz の広帯域で銀河雑音電離層吸収を継続観測した。

【宇宙線観測】

昭和基地の中性子計・多方向ミューオン計による宇宙線観測を安定的に継続実施するとともに、X 期前半にはミューオン計の増設により統計精度を向上した。

【ミリ波分光計】

大気分子の時間変化と太陽風・磁気圏の状態（各種指数や降り込み粒子フラックス・エネルギー）との関係を探るため、O3、NO、CO などの同時分光観測を継続実施した。

発表したが、分かりやすい社会還元の一例として、PANSY レーダーの高精度データを気象予報に応用した研究が挙げられる。豪州の天気予報の精度改善が図られ、南極における高精度観測が日常生活にも有用であり、直接的な社会還元が可能であることを改めて示した。

また、近年の宇宙関連産業の市場拡大に伴い、国内でも宇宙戦略基金が創設され、産学連携による様々な技術開発が進められようとしている。本プロジェクトで蓄積した SP 気球観測の技術と経験は高く評価されており、宇宙戦略基金に採択された企業との間で、気球を活用した社会課題解決を目的とした共同研究契約の締結が進められている。

【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】

上記の南極観測や並行して国内で行ったモデル研究により得られたデータは、積極的な公開と展開を行った。PANSY レーダー他の観測データを公開サーバーで広く研究コミュニティに供するとともに、並行して開発した、下部熱圏域までに至る全中性大気長期再解析データ（JAWARA）も想定よりも大幅に早く 2025 年に公開を開始した。本再解析データは公開を開始したばかりだが、既に国際コミュニティから多くの利用があり、国際的な観測とモデルの融合型研究の推進と水準向

し、年に 6～7 件採択・実施されており、異分野融合型研究が当初想定以上に促進されている。

【効率性】

観測機器や観測プラットフォームの有効活用により効率的・効果的な運用が実現され、限られた観測期間で多様な貴重なデータ取得に成功していることに加え、PANSY レーダーの観測時間割当共同利用や、オーロラ研究におけるエミュレータの開発（Kataoka et al., 2023; 2024）、観測データを同化する新手法の開発など、学際的研究や融合的研究、分野横断的研究を大きく進展させている。

以上、当初計画より大幅に早く長期再解析データを公開サーバーで提供開始したことは大きな成果である。一方、サブテーマ間の連携については今後さらなる進展が期待されることから、サブテーマ 3 全体としては A 評価と判断した。

に、PANSY レーダー観測の共同利用体制を立ち上げ、南極での観測の一部を研究者コミュニティからの提案に基づいて実施し、多様な科学的要請に応じた観測研究を行う。	**研究成果** PANSY レーダー観測データを元に、様々な時空間スケールの大気現象の研究を行った。高空間分解能特殊観測手法により、ケルビン・ヘルムホルツ不安定波を検出し、メカニズムを解明した（Minamihara et al, 2023)。観測された大気重力波を、国際共同研究に基づく高解像度シミュレーションで再現し、発生メカニズムを解明した（Kohma et al., 2024)。VIII～IX 期に主導的に実施した大気レーダー国際協同観測（ICSOM)で捉えられた対流圏・成層圏・中間圏の重力波を、高解像度全大気圏モデル(JAGUAR)を開発して再現に成功した（Sato et al., 2023)。併せて、本全大気圏モデルにデータ同化システムを組みこみ、対流圏から下部熱圏域（高度 0～150km)まで、従来よりも大幅に高度拡張した全中性大気長期再解析データ（JAWARA）を 20 年間に渡って作成して、広く国際研究コミュニティに公開した（Koshin et al., 2025)（https://jawara.nipr.ac.jp)。JAWARA を用いて ICSOM で捉えた半球間結合を調べ、新たな結合メカニズムを発見した(Okui et al., accepted)。PANSY 長期連続観測データにより、対流圏・成層圏の重力波活動のクライマトロジーを示すだけでなく、子午面循環鉛直流の直接検出に成功した（Tokimori et al., 2025)。最新の大気再解析 ERA5 による運動量フラックスの過小評価が鉛直風擾乱の過小	上に大きく貢献している。 【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】 X 期から PANSY レーダーの観測時間を割り当てる国際共同利用を開始し、6-7 件/年が採択・実施されている。中でも、ドイツ研究機関による付加受信機を使った流星ヘッドエコー連続観測は、南半球高緯度では初となるもので、南天の流星物質分布の空白域を埋める観測として太陽系天文学にとって画期的と言える。さらに、流星エコーの振る舞いからは大気密度の時間変化など大気研究も期待され、異分野融合型研究が当初想定以上に大きく促進されている。 本プロジェクトで用いる日本独自の SP 気球は、JAXA/ISAS と極地研の協力の下、国内での製作・試験と南極での観測実施・フィードバックというサイクルで理工連携による開発が進められている。また、SP 気球観測データを用いたイリジウム衛星通信の評価・較正手法の開発が情報学分野との連携により進められている。 オーロラ研究においては、機械学習を用いて物理シミュレーション結果を高速化したエミュレータを開発し（Kataoka et al., 2023; 2024)、観測データを同化する新手法を開発するなど、分野融合型の研究を展開し	

	評価に起因することを報告した（Yoshida et al., 2024）。 PANSY レーダーを活用し、南大洋上の大気循環予測の精度向上を図るデータ同化研究を実施した。対流圏と成層圏下部の水平風を高頻度に同化することで、流れに依存した誤差伝播が抑制され、豪州の低気圧予測が高精度化することを示した（Sato et al. 2022）。 PANSY レーダー観測時間割当共同利用においては、特に、付加受信装置（独研究機関）を用いた、南半球初となる流星ヘッドエコー連続観測が実現し、大気力学と太陽系天文学を融合する観測研究が進展しつつある。 第 63 次夏隊実施の SP 気球と PANSY レーダーによる慣性重力波の同時観測結果を最新の大気再解析 ERA5 と比較し、高解像度数値モデルにおける重力波表現の限界を明らかにした（Tomikawa 他, 2024; 2024 年 12 月 25 日プレスリリース）。 IX 期最後に開発した MF レーダーによる流星エコー利用の高分解能風速観測手法は、国際学会での報告をきっかけとして、北極域の既存 MF レーダーにも応用される国際共同研究に発展した。 スペクトル・リオメターで観測された銀河雑音吸収は、低高度の大気電離の指標であり、原因となる高エネルギー粒子や X 線量を入力としたシミュレーションにより、雑音吸収が良く再現されることを明らかにした	た。 宇宙線観測においては、宇宙天気現象の解析に成功し、宇宙天気現象の新しい情報源としての価値が示された。太陽活動極大期を迎えた現在、今後の宇宙線データ活用がさらに期待できる。 複合的な電波・光学観測（特に PANSY レーダー、リオメター、ミリ波観測など）から、高エネルギー粒子降り込みに対する地球大気の応答の、より定量的な評価を可能とした。今後、さらにデータを蓄積し、メカニズム解明を進展させる。 【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】 南極唯一の大型大気レーダーである PANSY レーダーを中心として、各観測装置を安定したプラットフォームである昭和基地で通年連続運用し、観測空白域である南極での貴重なデータを蓄積した。 PANSY レーダーを公募型の観測時間割当共同利用に供することで、国際共同研究を推進し、貴重な南極観測プラットフォームである昭和基地のさらなる効果的な活用を図った。 SP 気球は長期間飛翔するという特性上、国境をまたぐことが多く、南極域以外での観測が困難なのが現状である。そのため、本プロ	

	(Murase et al., 2022; 2023)。併せて、低高度大気電離が、PANSY レーダー（さらには北極の EISCAT レーダー）でも同時確認され、OH 大気光強度も相関を示すことが示された。 宇宙線観測データからは、大気効果などによる係数変動の補正法を開発したほか、宇宙線観測ネットワークデータを統合した宇宙天気現象の解析などを行い、Munakata et al.(2024)他の複数の論文で成果を報告した。 ミリ波観測からは、高時間分解能化した NO 観測から磁気嵐時の NO 増加を多く検出することに成功した。 オーロラ研究においては、観測データを同化し宇宙天気予報を実現する手法開発を進めた（Kataoka et al., 2023; 2024)。 **人材育成** 本サブテーマ 3 全体として、査読付き論文計 43 編、学会などでの口頭発表 150 件以上、受賞 9 件、プレスリリース 7 件、報道 8 件の成果があった。また若手人材育成として、修士 9 人、博士学位 4 人を輩出し、内 2 名は大学のテニュアトラック助教に、また 1 名は外国研究機関の研究員として活躍している。 **今後の予定** PANSY レーダーは当初予定の太陽周期 11 年を超える 12 年間のフルシステム運用を実	ジェクトでは南極域（具体的には 60S 以南）での SP 気球の飛翔について COMNAP を通じて許諾を得て実施している。南極域は SP 気球観測が容易に実現可能な世界唯一の場所となっており、その特性を活用した研究観測である。 本プロジェクトで初めて実現した極冠域オーロラ観測ネットワークは、国際協力に基づき、昭和基地、米国基地、さらに新規の外国 4 基地からなり、南極の観測プラットフォームを最大限に活かしたものである。 安定した昭和基地の衛星通信回線は、必要に応じた現地装置の国内からのメンテナンスを可能として安定運用を実現し、また観測データの準リアルタイム国内転送による迅速なデータ公開を実現しており、本サブテーマ推進のために大いに活用されている。 以上の通り、計画に照らし、予定どおり、あるいは予定を大きく超える進捗や成果が創出されたことに加え、社会還元や多数の分野連携を創出しつつあること等を総合的に勘案した結果、自己評価を「S」とする。	

	現し、数分から太陽周期 11 年に至る広い周期の大気現象解析に資する連続データを蓄積する。第 69 次夏期間には計画に沿って縮小し、その後は対流圏・成層圏・下部熱圏観測を中心とした運用を継続する。スーパープレッシャー気球については、第 68 次越冬期間を通した南極周回観測を行い、大気重力波を中心とした大気現象の振る舞いを南極全域にわたって観測する。その他の各種電波・光学・気球観測・宇宙線観測も継続し、X 期終了時には、昭和基地を拠点とした幅広い高度域の精密観測データと、広く南極域をカバーするデータを得る。 　将来展望として、これら観測と並行して国内開発した同化モデルに、地表から電離圏/熱圏域に至る観測データ、国際ネットワーク観測データ、さらに人工衛星データを適用する。対流圏・成層圏域に限定されていた従来の同化研究の対象域を大きく拡張した視野から、地球外からの高エネルギー粒子などの影響も含めた大気大循環変動を探る。		

評価様式【評価項目毎・一般研究観測／萌芽研究観測】

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

一般研究観測／萌芽研究観測

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】
一般研究観測 一般研究観測は、南極の特色を活かした独創的・先駆的な観測で、研究者の自由な発想に基づくものである。観測課題の選定は第Ⅷ期計画より公募システムを導入しており、第Ｘ期計画においても引き続き公募により広く研究コミュニティからの提案を募る。第Ⅸ期計画では、期中３回の公募により課題選定を行ったが、より機動的な観測開始を目指して、第Ｘ期計画では毎年公募を実施することとする。ただし、南極域での観測実施は他地域に比して安全の観点から十分な準備期間が必要であるため、観測実施は選考決定の翌年度からとする。 また、一般研究観測の実施期間は第Ⅸ期計画では３隊次までとしていたが、研究分野によっては短期間の観測では科学的に価値の高いデータを取得することが難しく、研究コミュニティから実施期間の延長の要望が強かったため、実施期間を延長し、最大で期中６隊次に亘って実施することを可能とする。公募スケジュールは、科学研究費補助金などの外部資金の獲得を推奨する観点から、観測	一般研究観測 **【氷縁域・流氷帯・定着氷の変動機構解明としらせ航路選択】** 気候学的①・戦略的②・戦術的③なルーティング技術の確立に資する観測に大別される。 ①当初計画（最終年に６基）を大幅に上回り、第 64 次以降毎年 21 基の波浪ブイを 100 ㎞×60 ㎞の広範囲に展開し、外洋から湾内に侵入するうねりによる定着氷の破壊と流出を計測した。そして、小型漂流ブイを氷縁・流氷帯に 10 数基展開し波浪海氷相互作用を計測した。また、ヘリコプターにより氷上に３年連続で着陸し最大 20 点定着氷厚の直接計測に成功した。 ②しらせ航行支援のため、第 51 次から続いている船体挙動モニタリングシステムを刷新し、氷海中しらせ航行シミュレーションに着手した。そして、海氷機械特性の現場計測、電磁誘導式氷厚計による広域氷厚計測を昭和基地北の浦にて実施した。 ③既存船上観測の刷新および新計測を開始し（カメラ群による氷況モニタリング、波浪	評価結果：Ａ 【必要性】 【氷縁域・流氷帯・定着氷の変動機構解明としらせ航路選択】IoT 技術の活用により、小型化・低価格化を早期に実現し、初年度から広域に波浪ブイを展開したことは先駆的である。また、ヘリコプターによる氷上へのブイ設置方法を確立し、３年連続で定着氷のうねりによる崩壊・流出、氷厚の変化を計測したことは独創的である。リュツォ・ホルム湾における氷況、流出の経年変化が初めて明らかになった。３か年は、2023 年に記録した南極海氷面積の激減に重なる。その時期の大きな崩壊と流出は、南極海レジームシフトの可能性、もしくは地球温暖化の影響を暗示する。その新たな課題解決のため、20 年間の砕氷航行記録の解読と波浪海氷海洋再解析に取り組むべく科学研究費補助金基盤研究 S が 2025 年より始動した。 【氷床中の宇宙線生成核種を使った太陽粒子嵐の定量評価】深層掘削Ⅰ期より開始されたドームふじ基地周辺における気象観測デ	評価結果：Ａ 【必要性】 第Ⅸ期（62、63 次）では一般研究観測の応募は５件、萌芽研究観測の応募は２件であったが、第Ｘ期（64～67 次）ではそれぞれ 23 件、15 件と応募件数が増加している。その中で一般研究観測では 11 件、萌芽研究観測では５件が採択されており、各観測が南極研究におけるテーマならびに人材の広がりを目指し独創的・先駆的な観測、技術開発を実施している。気候変動の一因の解明に寄与する解析もあり、学術水準の向上や新たなテーマ創出も期待できる。 【有効性】 観測課題の有効性も認められ、また公募の競争率も上がっており観測課題の裾野を広げたいという目的にかなっている。学際的な研究や融合的な研究も進められており、国内外

実施前年度の科学研究費補助金の内定通知のタイミングを念頭に設定する。 これらの措置により、研究者の自由な発想に基づく科学的な価値の高い観測課題を分野を問わず機動的に募り、国内での研究体制も含め、十分に準備が整ったものから順次南極域での観測を展開することとする。	計測、電磁誘導式氷厚計測、しぶき・飛沫計測など)、船体挙動モニタリングデータ、衛星データと合わせ、リアルタイムでの可視化を行い艦橋で開示した。 加えて、重点課題への協力として、トッテン氷河沖での漂流波浪ブイ観測とドローン氷況観測を行った。 **【氷床中の宇宙線生成核種を使った太陽粒子嵐の定量評価】** 初年次にはドームふじ基地で採取された積雪ピット試料の化学分析を実施し、1950年後半から2021年までの10Be時系列データを作成した。その後、宇宙線カスケードモデルを使って南極上空における10Be生成量の時系列変化を計算し、大気上層における10Be生成量変動が氷床コア試料にどの程度保存されているか解析を行った。その結果、ドームふじ基地周辺の氷床コア試料では、大気輸送といった地表面過程の影響が大きく、大気上層での生成量変化を抽出するには、大気輸送過程の影響を除去または緩和する必要があることが明らかになった。 また、ドームふじ周辺における大気輸送過程の変動を明らかにするため、当該地域における長期気候変動の解析に取り組んだ。ドームふじ基地周辺で観測された気象観測データを収集し、1993年から2022年までの過去30年間にわたる長期地上気温データセット（ドームふじ基地、中継拠点、みずほ基地）	ータをとりまとめ、過去30年間にわたる気温データセットを作成して公開した。東南極内陸域は観測空白域として知られており、未解明であった内陸域の気候変動を解析することに役立つ。 【海氷下における魚類の行動・生態の解明】実施されている観測は、単に魚類の生態・行動を観測しているだけでなく、海洋環境を総合的に実施されている。魚類の超音波テレメトリシステムは、寒冷地対策をした機器を特別に開発している。また、その他の観測機器も最新鋭の機器を導入して計測精度を高くしている。魚類行動・生態と海洋環境、環境DNAの複合的な解析を昭和基地周辺で行うことは初めての試みであり、これまでそれぞれが独立し、かつ単年度での観測のみであったことを考えると、3年連続での計測と第66次隊における越冬観測により周年のデータが得られることから、短期的で狭い範囲を対象とする生態モデルを構築できる可能性が示唆される。昭和基地周辺でのマイクロプラスチックの観測は初めての試みであり、極域における人間活動との関係性が明らかにされることが期待される 【極域の大陸地殻の形成発達と太古代-原生代の地球環境変遷に関する研究】研究目標と調査地域の特徴を踏まえて7つのエリアに区分し、その中から調査地を選定して必要日数と優先順位と「しらせ」とヘリコプターの	への発表を通して他分野へのインパクトや貢献が進んでいる。 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、独創的・先駆的な観測、技術開発が実施されており、学術水準の向上や新たなテーマ創出の試みが認められることに加え、開発した観測システムがILRSへのデータ提供開始を予定しているなど、成果の実装も実現されようとしていることから、A評価と判断した。 今後各課題のさらなる深化に期待したい。

	を作成した。そして、作成した気温データセットの解析より、ドームふじ基地周辺では過去 30 年間にわたって温暖化が持続していることを明らかにした。 **【海氷下における魚類の行動・生態の解明】** ①魚類の超音波テレメトリ：海氷を掘削し、超音波受信機を設置した。掘削した穴から釣獲したショウワギス、ウロコギス、ヒレトゲギスに超小型超音波発信機を装着し、海中へ放流した。各魚種の遊泳深度および生息範囲が得られた。第 66 次では初めて越冬期のショウワギスを対象とした長期テレメトリ観測を開始した。 ②生物採集：釣り、鉛直曳きネット(100μmメッシュ)、エクマンバージ型採泥器（5141A、離合社）を用いて魚類、プランクトン、ベントスを採集した。 ③環境 DNA と海洋環境計測：北の浦で 6L バンドーン式採水器（離合社製）を用いて 9 回の採水調査を実施した。CTD を使用し、海面から海底まで 0.1m 毎に水温、塩分、溶存酸素濃度、クロロフィル、濁度を計測した。 ④マイクロプラスチック観測：北の浦にて採雪・海氷コア採取、採水、ネットサンプリング（鉛直）、採泥にてマイクロプラスチックサンプルを収集した。 ⑤水中音の観測：北の浦にて海氷下に水中録音装置を設置し、継続してテレメトリー発信器の発信状況と周囲の水中音を記録した。	運用を勘案して、綿密な計画を立案し、実施できた。地質図が未整備の露岩（インステクレパーネ）から重要な地質情報と岩石試料を取得できたとともに、現地データをもとに地質図の作製がすすめられている。エンダビーランドの調査は実施日程が 1 日しか確保できなかったが、ヘリコプターの運用と計画の工夫により 6 露岩からの岩石試料採取を成功させた。 【南極 30cm サブミリ波望遠鏡による星間ガスの進化・星形成過程の解明】南極内陸部は、標高が高く気温が低いため水蒸気量が少なく大気の透過率が地上で最も高い。そのため、大気吸収の影響を受けやすいサブミリ・テラヘルツ観測にとって地上で最も適した場所である。南極内陸部に天文観測装置を設置する準備を計画通り進めることができた点は高く評価できる。将来の天文観測拠点への発展も期待される。日本は、国立天文台を中心とした ALMA 望遠鏡（Atacama Large Millimeter/submillimeter Array：アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計）などの開発から、サブミリ・テラヘルツ帯での高い受信機開発技術を有する。本計画では、国立天文台と協力して、その最先端の受信機技術を導入し、2 偏波広帯域サイドバンド分離型受信機の開発を行っている。南極での観測は日本の持つ受信機技術を最大限活かせるものである。サブミリ波帯での銀河面サーベイという	

	⑥空中ドローン観測：北の浦海氷状況調査として見晴らしから空中ドローンを使用した空撮を実施した。 上記の観測により、海氷掘削、音響測位、生物採集、採水等に関する技術が確立できた。今後、魚類の超音波テレメトリ、生物採集、環境 DNA と海洋環境計測を長期間連続的に実施する。それにより、海氷下の魚類と海洋環境の関連を多角的に統合解析することができる。 **【極域の大陸地殻の形成発達と太古代-原生代の地球環境変遷に関する研究】** 前半 3 か年（第 64 次～第 66 次隊）においては、第 65 次隊の夏期間に 4 名の隊員によって露岩域での地質調査をおこない、次の実績・成果を得た。 ・リュツォ・ホルム湾沿岸～プリンスオラフ海岸の 7 露岩での野営を伴う滞在型の地質調査を、さらに 19 露岩で短時間あるいは日帰りでの地質調査を実施することができた。その中には、未調査の露岩や地質図が未作成の露岩が含まれ、今回の調査に基づいて地質図の作製がすすめられている。 ・エンダビーランド（アムンゼン湾）では日本隊初調査の 4 露岩を含む 6 露岩において短時間の地質調査と岩石試料の採取がなされた。 ・第 65 次隊の調査全体であわせて 3,260kg の岩石試料を採取し、野外の地質情報とあわ	南極以外の場所では困難な観測を行うことで、これまで観測できていなかった希薄な分子ガスである“暗黒ガス”や星形成の現場となる高温高密度ガスの銀河系における大局的な分布・運動が明らかにできる。 【マルチスケールのペンギン行動・環境観測で探る南極沿岸の海洋生態系動態】ペンギンをプラットフォームにすることで、観測手段の非常に限られる東南極域沿岸の春期の海洋観測データの補間や、海洋物理場の理解向上に貢献している。また、群の構成個体の大部分を全て同時に調べるという昭和基地の立地を生かした観測から、動物個体間の相互作用や情報の流れを捉える独創的な研究成果が得られつつある。さらに、雛のトラッキングから、雛の生残過程に影響を及ぼす海洋環境要因などを調べる新規性の高い研究成果が得られつつある。 【昭和基地における PANSY レーダー、HYFLITS 気球による大気乱流特性の協調観測】PANSY レーダーの受信データのスペクトルからの乱流パラメータ推定がうまくいっておらず、進展が遅れている。これは、レーダービームの非軸対称性に起因すると考えられる。そこで、統計的アプローチを活用して、代替的な独自の処理方法による解析を進めている。これらの方法は性質上近似的なものかもしれないが、特に風速が低い場合（例えば 20m/s 未満）には信頼できる結果	

	せて持ち帰った岩石試料の解析が現在国内の隊員所属機関において鋭意すすめられている。すでに、調査報告書（査読付き）に加えて予察データによる学会発表や論文投稿がなされている。 **【南極 30cm サブミリ波望遠鏡による星間ガスの進化・星形成過程の解明】** 第 66 次までで、ドームふじ観測拠点Ⅱに 30cm サブミリ波望遠鏡を設置するための環境整備を以下のように行うことができた。南極内陸部での日本で初めての電波観測の基盤を築くことができたことは大きな成果である。 ・30cm 望遠鏡を設置する天文スペースの位置を決定 ・30cm 望遠鏡を載せる架台および電源システムを組み込むための電源室の設置 ・無停電装置が組み込まれた電源システムの設置 ・ディーゼル発電機からの電源ケーブルの敷設 ・冬季発電用の風力発電機の設置と試験 ・ソーラーパネルを設置する架台の組み立て また、国内において 30cm 望遠鏡の整備・性能確認を以下のように進めることができた。また、受信機以外は性能に問題がないことを確認することができた。受信機に関しては、日本が世界をリードするサブミリ・テラ	が得られるはずである。結果は、査読論文や学会で発表される予定である。 【南大洋における大気中 CO2・O2 濃度の変動と CO2 収支の定量化】地球表層の CO2 収支解析には大気中 CO2 および O2 濃度の同時観測に基づく解析が有効であるが、極域や海洋上での O2 観測データの不足が CO2 収支解析精度向上の妨げとなっている。本課題では、本チームが独自に開発・実用化した世界最高水準の測定精度を持つ CO2・O2 同時連続観測システムを利用して、アクセスの困難性や限定的な観測基盤のため長期の観測実施が難しくデータの空白域であった南大洋の「しらせ」航路上で、大気中 O2 および CO2 の系統的な観測を行うことができた。南大洋上における継続的な大気中 O2 および CO2 濃度の高精度観測は世界で唯一の試みである。 【南極対流圏中の物質循環と大気酸化能の 4 次元像から気候変動への影響を探る】本研究課題初年度（第 66 次・2024 年度）の計画では、昭和基地に大気観測機器を設置し、連続観測を開始すること、第 64 次隊夏行動において H15 地点で得られた浅層コアの処理を完了すること（分析は次年度）、過去データの再解析を開始することを想定していた。現状では、予定通りに昭和基地でのエアロゾル・飛雪連続観測・サンプリングを開始できたことに加え、浅層コアの基本解析まで終えることができ、過去のエアロゾル観測の結果	

	ヘルツでの受信機開発技術を活かした開発を国立天文台と共同で行っている。 ・2 偏波同時観測を可能にするための 2SB 受信機の改修（進行中） ・中間周波数部の性能確認 ・広帯域分光計によるデータ取得試験 ・光学望遠鏡を用いたポインティングシステムの試験観測 ・国立極地研究所での低温下（～ - 30℃）での望遠鏡駆動試験 今後は、第 67 次で望遠鏡本体の南極への輸送を開始し、第 68 次でドームふじ観測拠点Ⅱでの観測を開始する予定である。 **【マルチスケールのペンギン行動・環境観測で探る南極沿岸の海洋生態系動態】** 第 65 次隊・第 66 次隊では DROMLAN（Dronning Maud Land Air Network：東南極航空網）を使って先遣隊でメンバーを派遣し、春期のペンギンの行動や利用環境を観測した。その結果、移動軌跡から、流氷の漂流の動きを検出したり、表層下約 50m までの水温や塩分を計測したほか、流氷下でオキアミの群を繰り返し捕食する映像を取得した。 夏期には、小規模なコロニーの大多数のペンギンに同時に行動記録計を装着して、群の維持形成や、個体間で採餌場に関する情報がどのように伝わってゆくかを明らかにした。また、小型の ROV を使って沿岸の海氷下の水温・塩分の計測、海底や海氷裏の撮影、生	との比較を始められるところまで、到達できた。また、過去データの再解析も順調に進み,「南極ヘイズ」と大気酸化能・大気化学過程との関係についてもまとまり、論文投稿まで行うことができた。 【船上観測とリモートセンシングを組み合わせた南大洋への鉱物粒子負荷量推定】本研究観測の代表者が特許を取得している偏光 OPC は他に存在せず、鉱物粒子を他の粒子と区分し、連続的に測定した結果は本研究だけの独自のデータである。SAURE は本研究観測の代表者がすべて製作したものであり、揺する船舶上で太陽直達光だけではなく散乱光も測定する測定機は他には存在せず、航路上の大気エアロゾルの光学特性のデータも独自のデータである。 【南極観測用ペネトレータの開発と白瀬氷河および周辺域での集中観測】本研究では、当初計画していた投下試験に加え、有人ヘリによる試験や長期観測の実現に成功し、実施内容・成果ともに計画を上回った。特に、氷震の取得や 100 日以上の測位データの継続取得は、観測技術の信頼性と運用性の高さを示しており、今後の南極域における広域観測展開に向けた技術的基盤として大きな前進である。ドローンや有人ヘリによる投下型観測という独創的かつ先駆的な手法を実証し、南極域での地震・氷震観測の新たな可能性を拓いた。特に、長期観測を可能とする装置の	

	物サンプリングなどを行った。 夏期終盤には、巣立ち雛に新型の衛星発信器を装着して、巣立ち雛が秋から冬にかけて海流などに乗って数千 km にわたって移動していることや、初期生残率が他の地域と比べても高いことが明らかになった。 今後、第 67 次隊では DROMLAN を使って先遣隊でメンバーを派遣してペンギンの行動・利用環境・生理状態などを観測するほか、血液や羽毛、餌生物の化学分析により、沿岸の食物網の解析を進める予定である。 **【昭和基地における PANSY レーダー、HYFLITS 気球による大気乱流特性の協調観測】** GODSILA （ Guided Observations of Dynamic Shear Instability Layers over Antarctica）キャンペーンは、HYFLITS（ Hypersonic Flight In the Turbulent Stratosphere）と呼ばれる高分解能乱流観測装置を用いて、昭和基地周辺の南極沿岸域における乱流の強度とその発生源の特徴を明らかにするため、第 65 次夏隊で実施された。HYFLITS による観測は、PANSY レーダーによる定常観測と、同時に実施されたスーパープレッシャー気球による観測および 1 日 2 回のラジオゾンデによる観測と協調して行われた。 レーダーと HYFLITS のデータから、夏季に頻繁に発生する大気重力波の存在が明ら	安定運用を確認したことで、将来的な観測網の構築や氷床変動メカニズムの解明に向けた新たな研究テーマの創出が期待され、学術的波及効果も大きい。 【南東インド洋海嶺にみる海底拡大様式と地球内部ダイナミクス】地球内部の特異な海底拡大プロセスとそのダイナミクスについては、依然として多くの未解明点が残されている。特に AAD （Australian-Antarctic Discordance : オーストラリア・南極不連続）から西方のホットスポットへと続く遷移帯は特異な性質を持ち、継続的かつ現場観測に基づく研究の必要性が高い。地球物理観測を通じて海底構造を一義的に理解することができれば、岩石試料の採取や地震学・電磁気学的構造探査、さらに海底付近の生命圏や物質循環研究にも波及し、具体的かつ学際的な研究テーマとして高い価値を持つ。 【小型衛星レーザ測距システムの開発と南極初試験】今の科学と社会を支える宇宙測地技術のうち、全球規模の高精度計測ができる衛星レーザ測距（SLR）の技術開発を行い、世界初となる南極 SLR 観測をめざす。昭和基地の測地観測を光領域にも拡充する。低コスト化・小型化などの観点は南極に限らず、測地観測網の将来の拡充につながる。Omni-SLR が測地局として機能することを実証することができた。68 次隊における昭和基地での試験運用をめざし問題点の洗い出しを	

	かになった。その特徴は、高層気象観測やPANSY レーダーを用いた過去の研究で報告されたものと一致している。成層圏では持続的な乱流現象は稀であったが、重力波活動と関連するイベントも観測された。3 回のブリザード時のデータでは、地形性重力波と高度4～6km の強いシアー領域および乱流が同時に観測された。対流圏では、最も顕著で頻度の高い乱流現象は、高度 4～5km の薄い雲の下で観測された（レーダーデータによると、16%以上の時間）。これらの現象は、様々なシアー条件下で観測され、放射冷却によって引き起こされた対流不安定性に起因する可能性があり、以前の研究で高積雲の上で観測されたものと類似している。 **【南大洋における大気中 CO2・O2 濃度の変動と CO2 収支の定量化】** 本課題の一年目の計画として、第 66 次隊において「しらせ」船上に大気中 02 および C02 濃度の連続観測システムを設置し、南大洋上の「しらせ」航路上で大気中 C02 および 02 濃度の連続観測を開始した。第 66 次では、フリーマントル～昭和基地（レグ１）、およびフリーマントル～トッテン氷河沖（レグ２）の各往復区間で大気中 02 および C02 濃度の連続観測を実施した。観測中、02 センサーの不具合に起因すると考えられる 02 濃度分析計の出力不安定が発生し、一部区間で 02 濃度の測定精度が悪化したが、センサーを交	進めている。測地学のみならず、軌道工学・光計測・時間周波数計測などをベースにして、さらに宇宙通信・移動体通信・地球観測などへの応用が見込まれる。 【有効性】 【氷縁域・流氷帯・定着氷の変動機構解明としらせ航路選択】しらせ挙動のリアルタイム可視化は、船舶デジタルツイン構築につながる。第 51 次から継続している船体挙動モニタリング計測は極めて貴重なデータで、造船技術革新への有効活用が期待される。 【氷床中の宇宙線生成核種を使った太陽粒子嵐の定量評価】宇宙科学分野では、氷床コアに記録されている数年から数十年スケールの 10Be 変動をノイズとして捉え、極端に大きな 10Be 変化（極大イベント）のみに着目して研究が行われてきた。本研究を通じて大気輸送過程の影響を評価できれば、これまで検出できなかった中規模の太陽面爆発の発生も議論できるようになり、太陽活動をより詳細に解析することができる。 【海氷下における魚類の行動・生態の解明】単独で行われていた、海洋観測や環境 DNA の計測と生態・行動調査が融合され、かつマイクロプラスチックなどの分野が参画している。加えて生体採取により、寄生虫や腸内細菌といった新たな分野の研究へのサンプル提供も行っている。	

	換することで正常な測定精度に回復し、南大洋上の大気中 CO2 および O2 濃度のデータを取得することができた。今後Ｘ期計画期間中は同観測を毎年実施し、得られたデータを用いて数時間から数日規模の短周期の変動と海洋生物活動との関係性や、緯度・経度分布に着目した解析を進めていく。その際に、海洋生態系モニタリング（AMB1002）とも連携し、本課題で取得する大気の観測データに加えて、pCO2 やクロロフィル、溶存酸素といった海洋表層のデータも組み合わせた解析を行う。また、本観測で得られた南大洋上の観測データを 3 次元大気輸送モデルによる逆解析の新たな入力データとして使用し、CO2 収支の推定精度の向上をはかる。 **【南極対流圏中の物質循環と大気酸化能の４次元像から気候変動への影響を探る】** 本研究課題は第 66 次隊からの計画のため、令和６年度・66 次隊夏隊の実績となる。南極地域の観測計画では、エアロゾル数濃度（直径>10nm）を計測する CPC（Condensation Particle Counter）、ブラックカーボン（BC）を連続観測するための MAAP（Multi-Angle Absorption Photometer）、エアロゾル数濃度・粒径分布・鉱物粒子数濃度を計測する POPC（Polarization Optical Particle Counter）、化学分析用のエアロゾル試料を採取するシーケンシャルサンプラーを清浄大気観測室に、昭和基地上空のエアロゾル・雲	【極域の大陸地殻の形成発達と太古代-原生代の地球環境変遷に関する研究】南極で採取された岩石試料は、極地研岩石リポジトリ(NIPR Rock Repository; https://ads.nipr.ac.jp/nrr/)に登録し、公開されている。帰国後 15 ヶ月間（2024 年 4 月-2025 年 6 月まで）で、報告書 1 件、学会発表 6 件、学術論文 2 件（査読中）の成果の公開をすすめている。 【マルチスケールのペンギン行動・環境観測で探る南極沿岸の海洋生態系動態】海洋学分野との連携により、ペンギンの観測で得られた海洋環境データから、南極沿岸生態系の中の生物と物質の流れの理解が進む。また、行動学分野との連携により、採餌の映像から、海氷下の餌生物をペンギンがどう追跡するのか、細かい時空間スケールでの生物間相互作用の解明が期待される。さらに、東南極の中で様々な海氷環境の地域に基地を持つ外国との連携により、環境変動に対する南大洋の生態系の応答を明らかにするといった研究の発展も今後期待できる。 【南大洋における大気中 CO2・O2 濃度の変動と CO2 収支の定量化】一年目の計画が終了したばかりであり具体的な成果はまだ得られていないものの、大気中の O2 濃度の短期的な変動から海洋生物活動のシグナルを検出できる可能性があり、大気科学と海洋生物学の融合的研究を試みている。また、南大	

	の分布を PMPL（Polarization Micro-pulse LIDAR）を観測棟に設置した。これらの機器は、2025 年 1 月より連続観測を実施し、継続中である。さらに化学分析用の飛雪試料も荒天時に適宜採取するようにしている。さらに第 64 次隊により H15 で得られた浅層コアの処理を行い、密度・主要水溶性成分濃度やなどの基礎分析や H202 濃度分析は完了し、データの確認と解析を始めた。また、過去の観測結果の再解析を進め、南極ヘイズの季節・空間分布、大気酸化能に関わる大気化学過程への寄与を明らかにし、論文を投稿した（現在、修正・審査中である）。また、過去の BC 濃度観測データを整理し、データ論文・データを公開した。化学輸送モデルによる再現のため、積雪からの海塩粒子の計算過程の導入の調整を進めている。 萌芽研究観測 **【船上観測とリモートセンシングを組み合わせた南大洋への鉱物粒子負荷量推定】** 南極観測船しらせに偏光 OPC および SAURE を搭載し、第 64 次、65 次、66 次の行動中に観測を実施した。 偏光 OPC の観測結果より南極沿岸域で相対的に高い鉱物粒子濃度が示された。後退流跡線解析によると低緯度からの鉱物粒子の輸送ではなく。南極沿岸域、もしくは沿岸海域で発生した鉱物粒子である可能性が示唆	洋における CO2 吸収量推定値の高精度化は、地球表層の炭素循環研究において重要な課題であり、温暖化対策の根拠となる情報を提供し得るという点で、社会的課題に対する貢献も期待される。 【船上観測とリモートセンシングを組み合わせた南大洋への鉱物粒子負荷量推定】偏光 OPC の観測から得られた南大洋における鉱物粒子の濃度分布は、HNLC 海域における微量金属の供給源に関するデータとして重要である。SAURE から得られた大気エアロゾルの光学的厚さや光学特性は地球観測衛星の地上検証データとして重要である。 【南極観測用ペネトレータの開発と白瀬氷河および周辺域での集中観測】氷河研究チームとの連携を通じて、地震学・氷河力学の融合的研究を推進し、新たな分野横断的アプローチが実現されている 【南東インド洋海嶺にみる海底拡大様式と地球内部ダイナミクス】本課題を通じて得られたノウハウは、従来の局所的かつ単発的な探査を主体とした中央海嶺研究のあり方を刷新するものである。毎年の「しらせ」による南極往復航路を利用した定期的観測機会を生かすことで、日本が世界をリードする海底研究テーマを明確化し、新たな探査対象の開拓につながった。ADMAP（The Antarctic Digital Magnetic Anomaly Project）、WDMAM（World Digital Magnetic Anomaly Map）、	

萌芽研究観測 萌芽研究観測は、挑戦的な観測、調査や技術開発で今後の重点研究観測や一般研究観測に発展することを期待するものである。一般研究観測と同様に毎年公募により課題を選定する。実施期間は最大で連続する 3 隊次とする。挑戦的な観測を推奨するため、終了後の評価は基本的に観測実績を対象として行うこととし、研究成果については付加的なものとして取り扱う。	された。 SAURE の観測結果より導出した大気エアロゾルの鉛直総量を示す光学的厚さは、外洋域でほぼ 0.2 から 0.3 程度であった。南極大陸沿岸海域でも 0.5 前後の高い値がみられた。オーストラリア西岸沖でも 0.3 以上であった。さらに大気エアロゾルの光学特性を導出した。西太平洋と東インド洋海域では、微小粒子の分布が相対的に小さく、海塩粒子が卓越して存在していることが考えられる。南極海では、わずかながら二山分布がみられた。単一散乱アルベドは、南極海でほぼ 1 であり、非常に吸収性の低い粒子が卓越していたことがわかる。東インド洋海域では単一散乱アルベドの値が低く、吸収性のエアロゾルの存在を示唆していた。 MDI（Mineral Dust Index : 鉱物ダスト指数）のアルゴリズムの開発およびデータ処理を実施した。SGLI（Second Generation gLobal Imager）データから北太平洋における MDI を導出した。2018～2023 年を 1 ヶ月ごとに MDI のコンポジット画像を作成した。雲の影響を取り切れておらず、黄砂のプルームを捉えることは出来なかった。 **【南極観測用ペネトレータの開発と白瀬氷河および周辺域での集中観測】** 南極大陸において、投下型観測システムの実証を目的とし、ドローンを用いた投下試験を約 10 回実施した。その結果、ペネトレー	IBCSO（International Bathymetric Chart of the Southern Ocean）、SEABED2030、InterRidge、International Seabed Authority など、国際的なプロジェクトや取り組みへの直接的な貢献が大いに期待される。	

	タの貫入特性や、貫入時に発生する衝撃力データの取得に成功した。さらに、有人ヘリコプターを用いた投下試験も同程度実施し、現地での運用手順や安全管理を含めた基本的な実施プロセスを確立した。また、ラングホブデ氷河に投下した機体では氷震観測に成功し、白瀬氷河に投下した機体では2025年7月1日時点で100日以上にわたり測位データの取得を継続しており、長期間の安定運用が確認された。加えて、有翼無人航空機については、機器の搬送・保管・組み立てを少人数（2人）で遂行できることを確認したが、離着陸およびペネトレータの投下試験の成功までには至らなかった。 以上により、南極域における投下型観測装置の有効性と実現可能性が実証されたが長距離無人搬送技術までは確立することができなかった。 **【南東インド洋海嶺にみる海底拡大様式と地球内部ダイナミクス】** 第64～66次隊の往復航路において、船上三成分磁力計、船上重力計、マルチビーム音響測深機、海底地層探査装置を連続稼働させ、南東インド洋海嶺における地球物理観測データを取得した。海中音速度構造の推定にはXCTD観測データを活用した。 第64次隊では、2023年3月11日にマルチビーム音響測深機の受信機CPUが故障したため、それ以降の地形データに欠測が生じ		

	た。また荒天や氷山を回避する安定航行のため、一部測線を離脱する場面があった。第 66 次隊の復路では食事時の船体動揺を抑制するため頻繁に船首方位が変えられ、測線を逸れて航走したことから、この期間の船上三成分磁力計データは解析可能な品質を確保できなかった。 観測範囲は当初の計画の半分を大きく下回ったものの、未探査海域のデータを一定程度取得することに成功した。特に新規性の高い海底構造とその時空間変動を、世界で初めて長期的かつ連続的に観測できたことにより、本課題で得られた観測データは高い学術的価値を有する。課題担当隊員が不在の場合でも、地球モニタリング隊員、海上保安庁隊員、生態系モニタリング担当者との連携により、効率的な観測・調整の運用体制を構築できた。今後も南東インド洋海嶺における継続的な地球物理観測が強く望まれる。 **【小型衛星レーザ測距システムの開発と南極初試験】** 地上局の少なさによる衛星レーザ測距（SLR）の限界を打破するため、低コスト・小型・可搬性の高い観測システム Omni-SLR の開発を推進している。 2023 年末、極地研究所屋上での初測距成功を契機に、一橋大学と国土地理院との共同研究契約が締結され、2024 年には石岡測地観測局内の敷地においてわれわれの Omni-		

	SLR 装置の試験を行うためのテストベッドが設置された。同年秋以降は低軌道衛星を中心に人工衛星への測距に成功している。特に光学アライメントの機構や方式を重点的に改良し、2025 年 2 月以降は測地的に有用な測距データを蓄積している。今は数センチメートルの精度ではあるが、バイアスのない測距観測ができていることを精密軌道決定を通して確認した。石岡 SLR 局は ILRS (International Laser Ranging Service) の試験局としても登録され、まもなく ILRS へのデータ提供開始を予定している。		

評価様式【評価項目毎・国際的な共同観測の推進】

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
　　計画通りに進まなかったものの、適切な措置を講じることにより、概ね計画通りの実績・成果を上げている
Ｃ：計画を下回っている

第Ｘ期計画			
国際的な共同観測の推進			
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】
国際的な共同観測の推進 南極域における観測活動は、国際協力と協調を前提とした南極条約体制（ATS: Antarctic Treaty System）の下で実施されている。南極条約前文及び第 2 条の「南極地域における科学的調査の自由」及び同条約第 3 条の「南極における科学的調査についての国際協力の促進」の趣旨に基づき、国際的な共同観測を推進することは、南極地域観測の開始以来、各国の共通認識となっている。 実際、広大な南極域での科学観測は、南極条約体制の下、各国が協調・分担して推進されてきた。特に基本観測は、国際学術会議(ISC)や国際連合(UN)等の国際的な枠組みの中で、我が国が担うべき地域での観測を高精度で継続的に実施してきており、第Ｘ期計画においても、引き続き国際的な観測網の一翼を担って行く。 SCAR は、2021 年からの重点的に推進すべき研究課題（Scientific Research Programmes: SRPs）として、「南極大陸の不安定さと閾値」（Instabilities and	第Ｘ期前半 3 か年では、外国人研究者の受入は 4 名であった。一方、外国基地派遣は 3 名であった。 第 66 次隊では、日本・インド・ベルギーの共同観測としてインドのバラティ基地に 2 名を派遣し、海底・湖底堆積物のサンプリングを実施した。また 1 名がフランスのデュモン・デュルビル基地に赴き、アデリーペンギンの生態調査に従事した。 これ以外にも、オーロラネットワーク観測のためオーストラリアのデービス基地に 1 名を派遣する計画があったが、先方の計画変更などにより実施に至らなかった。 一方、64 次隊においてベルギーから 1 名を受け入れたほか、65 次隊で米国、インドからそれぞれ 1 名、66 次隊では韓国から 1 名を受け入れた。 このうち、66 次隊でのインド基地派遣と 64 次隊でのベルギーからの受け入れは、日本が主体となって展開された東南極地域を広くカバーする堆積物掘削計画であり、大きな国際的リーダーシップを発揮することとなった。	<u>評価結果：B</u> 【必要性】 【評価軸：国際連携の強化が図られているか】 ・観測現場における具体的な人的交流のさらなる充実を計画したが、世界的なパンデミックの影響が残るなどしたため、受け入れ・派遣人数は低いレベルにとどまった。しかし、JARE の訓練システムに関する情報交換を通じて国際連携の強化に結びつけることができた。 【有効性】 【評価軸：我が国のプレゼンスの向上や国益につながるようなアウトカムが得られているか】 ・インド・ベルギーとの共同観測による研究者の相互派遣は、大きな国際的リーダーシップの発揮に結びつき、我が国のプレゼンスの向上に貢献した。 【効率性】	<u>評価結果：B</u> 【必要性】 コロナ禍の長引く影響で外国人研究者の受入れ、外国基地への派遣ともに想定を下回ったものの、研究者交流は丁寧に実施されており、訓練システムに関する情報交換を通じアジア諸国との連携強化にも貢献した。 【有効性】 日本が主体となって展開した東南極地域を広くカバーする堆積物掘削計画で、インド・ベルギーとの共同観測を通じ国際的リーダーシップを発揮したことは、日本の国際的プレゼンス向上に貢献している。また、極地研究所において国際共著論文の比率が高いことも、国際共同観測の有効性の高さを示している。 【効率性】 研究者派遣によりインド・フラン

Thresholds in Antarctica: INSTANT)、「南極の気候システムの近未来の変動と予測」（Near-term Variability and Prediction of the Antarctic Climate System: AntClim^{now})、「南極と南大洋の保全に向けた統合的研究」（Integrated Science to Inform Antarctic and Southern Ocean Conservation: ANT-ICON)、という 3 課題を開始した。第Ⅹ期計画の重点研究観測は、このうち、INSTANT と AntClim^{now} に密接に対応した課題設定となっており、国際的な連携及び貢献が期待できる。また、それぞれのサブテーマでは、実際に計画立案段階から各国と分担・共同を進めている。例えば、最古級の氷床コア掘削を目指すサブテーマ 1 においては、各国で分担・共同して「Oldest Ice Core」（最古の氷床コア）プロジェクトを推進、南極の異なる地点で複数の氷床コアの掘削を目指しており、日本はドームふじ近傍で、100 万年を超える最古級のアイスコアを掘削することを期待されている。氷床融解により流出の進むトッテン氷河沖を主な観測域と設定するサブテーマ 2 は、SCAR の SOOS 公認プロジェクトとしても位置付けられ、特にオーストラリアや英国との連携が進んでいる。サブテーマ 3 においても、第Ⅸ期計画から継続して大型大気レーダーの国際共同観測（Interhemispheric Coupling Study by Observations and Modeling:	アジア極地科学フォーラム（AFoPS）加盟・オブザーバー国の研究者に向けた支援策として、第 66 次隊の冬期総合訓練に中国、韓国、マレーシアからそれぞれ 2 名を招待し、我が国の訓練システムを学んでいただいた。また各国における南極観測の発展を支援する計画については、インドとの共同現場研究を通して、先方の若手研究者等の育成・支援に大きな成果を上げた。 今期、外国人研究者の受け入れ実績が無く、また外国基地派遣人数が少なかった原因としては、新型コロナウイルス感染症の蔓延の影響が残ったことがある。この点については有効な対応策はなく、不可避な状況であったと考える。また、ドームでの第 3 次氷床掘削やトッテン氷河沖観測などの大型プロジェクトが重なったため、「しらせ」の乗船枠に余裕がなかったことも影響した。後半に向けては、より積極的に研究者の受け入れ・派遣に取り組み、国際共同体制の拡大に努める必要がある。	【評価軸：効率的・効果的な国際連携が図られているか】 ・実施した派遣により、インド・フランスの観測インフラを利用しての効率的な共同観測を実施できた。 以上の通り、予定した人的交流の規模には達していなかったが、世界的なパンデミックの影響については有効な対応策はなく、不可避な状況であったこと、また大きな国際的リーダーシップを発揮する国際共同観測が実施できたことなどを考慮した結果、自己評価を「B」とする。	スのインフラを利用した効率的な共同観測が実現した。 以上の通り、コロナ禍の影響を受けたために予定した規模の国際的な共同研究はできなかったものの、日本のリーダーシップを示す取組が行われたことから、B 評価と判断した。

ICSOM)を実施して成層圏突然昇温現象などの全球規模大気現象の定量的理解を進めるほか、各国南極基地にオーロラ撮像装置を展開してネットワーク観測を行う計画となっている。 　これらの計画を実施に移すに当たっては、観測現場における具体的な人的交流の更なる充実が期待されることから、研究観測の各課題に同行して共同観測を実施する外国人研究者同行者枠を設け、外国人研究者の参画を推進する。その際、特に、アジア極地科学フォーラム（AFoPS）加盟・オブザーバー国の研究者に向けた支援策を併せて実施し、各国における南極観測の発展を支援する。			