

研究課題	（Ｃ課題）気候・地球環境変動の要因解明と予測に関する研究 副課題１：異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価 副課題２：地球温暖化予測の不確定性低減 副課題３：大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明 副課題４：海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明
研究期間	令和元年度から５年間（５年計画第３年度）
担当者	○須田一人 気候・環境研究部長 （副課題１） 〔気候・環境研究部〕○直江寛明、小林ちあき、原田やよい、今田由紀子、高薮出、保坂征宏、遠藤洋和、古林慎哉（併任）、高坂裕貴（併任）、千葉丈太郎（併任）、佐藤大卓（併任）、黒田友二（併任）、前田修平（併任） 〔全球大気海洋研究部〕石川一郎、高谷祐平、新藤永樹、足立恭将、吉田康平 〔応用気象研究部〕仲江川敏之、川瀬宏明 （副課題２） 〔気候・環境研究部〕○保坂征宏、水田 亮、遠藤洋和、行本誠史、田中泰宙、辻野博之、直江寛明、小林ちあき、原田やよい、今田由紀子、村上茂教（併任） 〔全球大気海洋研究部〕石井正好、吉村裕正、出牛真、神代剛、吉田康平、石川一郎、高谷祐平、新藤永樹、足立恭将、大島長、中野英之、坂本圭、浦川昇吾 〔気象予報研究部〕中川雅之、川合秀明、長澤亮二 〔応用気象研究部〕仲江川敏之、村崎万代、川瀬宏明、小畑淳、山口宗彦 （副課題３） 〔気候・環境研究部〕○田中泰宙、坪井一寛、石島健太郎、藤田遼、高辻慎也（併任）、雪田一弥（併任）、佐藤祥平（併任） 〔全球大気海洋研究部〕眞木貴史 （副課題４） 〔気候・環境研究部〕○辻野博之、遠山勝也、小杉如央、小野恒、笹野大輔（併任）、飯田洋介（併任）、佐藤克成（併任） 〔全球大気海洋研究部〕中野英之、豊田隆寛、坂本圭、浦川昇吾、川上雄真 〔研究総務官〕石井雅男
目的	本研究課題では、大気と海洋の物理及び生物地球化学の長期観測と多様かつ高解像度のプロセス観測及びそれらのデータ解析や、精緻化された大気・海洋・生物地球化学過程を含むシステムの数値モデルの利用と解析を推進し、それらの研究の連携を強化する。これによって気候システムとその変化をより深く理解し、その諸現象の予測の不確実性の低減に資することで、社会に貢献する。 （副課題１）異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価 ・季節予測システム等を用いたアジア地域固有の気候現象と異常気象の季節予測可能性の研究、観測・長期再解析並びにモデル実験等を用いた異常気象の実態解明と温暖化の影響の研究、そして気候研究に必要なデータ整備に関する研究を通して、季節予測の向上とその予測を用いた減災に資する情報を提供する。 （副課題２）地球温暖化予測の不確定性低減 ・地球システムモデルを実用し、地球温暖化予測や十年規模の気候変動予測のための研究基盤システムを開発する。高解像度の地球システムモデルを活用した実験を行い、気候メカニズムを理解し、全球および地域スケールの気候の再現・予測の不確実性を評価・低減する。また、海洋の温暖化予測情報を充実させる。 （副課題３）大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明 ・大気中の温室効果ガスの新しい観測・測定手法を開発し、多種類の大気化学トレーサー観測を実施して、西太平洋域における時空間変動を把握する。それらの観測情報に基づいて、温室効果ガスの変動要因を解析し、炭素収支を評価する。これらの活動を通じて、温室効果ガス排出削減の政策決定に科学的根拠を与える気象庁の現業温室効果ガス観測、世界気象機関の全球大気監視（WMO/GAW）、パリ協定のグローバルストックテイク等に貢献する。

	(副課題 4) 海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明 海洋の炭素循環や海洋酸性化について、新しい観測手法の開発や、従来の手法の改良を行う。それらによる観測データと数値モデルのデータを合わせて解析し、海洋炭素循環の変化や海洋酸性化の実態を評価すると同時に、その原因を解明する。これによって、「持続的開発目標」や温室効果ガス排出削減の政策決定に科学的根拠を与える気象庁の現業海洋二酸化炭素観測や全球海洋観測システムの発展に貢献する。また、数値モデリングとの比較等を通じて、海洋酸性化の将来予測の向上にも貢献する。
目標	- 異常気象の実態解明、季節予測の可能性、地球温暖化、大気と海洋の炭素循環に関する長期かつ高解像度の観測およびモデル実験データベースを作成する - それらの解析や数値モデリングにより、炭素循環や気候変動の実態とメカニズムの理解を深めるとともに、過去気候再現と将来気候予測の不確実性を評価・低減する。 (副課題 1) 異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価 ① アジアモンスーンと台風の予測可能性評価 - 季節予測システムを用いた実験により、海洋・陸面と相互作用したアジアモンスーンの季節～数年の予測可能性を評価し、そのメカニズムを解明する。 - 季節予測システムの再予報実験における台風の発生数等の予測精度を評価し、予測可能性の要因を解明する。 ② 極端気象の実態と予測可能性の研究 - 長期再解析などのデータ解析と季節予測システムを用いたモデル実験を通して、極端気象の実態と発生メカニズムを明らかにする。 - 大気モデルの大規模アンサンブル実験を用いて、熱波、旱魃、豪雨といった極端事象の発生確率の季節（内）予測可能性を評価し、季節予測システムを用いて大気・海洋結合がそれらの予測可能性にどのような影響を及ぼすかを調べる。 ③ 異常気象の実態解明と要因に与える大規模場の影響評価 - 長期再解析データ、地上観測データ、モデル実験等を利用して、今後発生する異常気象の発生機序の迅速かつ的確な情報提供に資するために、過去の異常気象の実態と発生機序、温暖化寄与評価について大規模場の観点から研究を行う。 ④ 気候データに関する研究 - 異常気象の実態と発生機序の解析、予測初期値、予測精度評価に必要な、気候研究の基盤となる長期再解析データなどを整備し、品質評価を行う。また、次世代の長期再解析の品質向上に資する同化インパクト実験や結合同化実験の評価を行う。 (副課題 2) 地球温暖化予測の不確実性低減 ① タイムスライス温暖化予測システム - 地球システムモデルを用いた高解像度モデルによる温暖化予測システムを開発し、アンサンブル実験を行い、地域スケールの予測情報の不確実性を評価・低減する。また、海洋の将来予測プロダクトの検討を行う。 ② 十年規模気候変動予測 - 地球システムモデルに組み込む初期値化スキームを開発し、十年規模予測実験を行い、全球および地域スケールの十年規模の気候予測可能性や変動メカニズムについて考察する。また、これにより、モデル開発、初期値スキームの開発、予測情報の不確実性の低減に結びつける。 ③ 気候再解析 - 気候モデルにより、歴史的観測データを整備・活用した長期気候変動再現（気候再解析）システムを開発する。再現実験出力により長期気候変動の理解を進め、観測データに基づく百年スケールの気候変動研究領域を開拓する。 ④ CMIP 実験 - 世界気候研究計画の第 6 期気候モデル相互比較プロジェクト（CMIP6）の各種温暖化実験を行い、国際比較のために実験出力をプロジェクトへ提出する。また、CMIP6 マルチモデル解析を行う。解析結果をモデル開発にフィードバックするとともに、上記の課題の気候変動メカニズムの理解に役立てる。

	(副課題3) 大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明 ① 化学トレーサーの時空間変動に関する観測研究 ・気象庁の大気観測所(綾里、与那国島、南鳥島)や父島気象観測所の観測施設を利用して、ラドン、酸素や、二酸化炭素の炭素・酸素安定同位体比等の複数の大気化学トレーサーの連続観測を実施する。これらのデータと、大気観測所で収集されている温室効果ガス濃度のデータを統合して、多種類の微量気体を含む高分解能観測データベースを作成する。 ・温室効果ガス測定の標準ガス等の国内相互比較実験に参加し、観測基準や測定精度を評価する。また、実大気を用いた標準ガス調製システムを開発する。 ・次世代のレーザー分光型分析計等を利用した観測・校正システムを開発する。 ・代替フロンを含むハロカーボン類の連続測定技術確立する。 ② 化学トレーサー観測による炭素収支に関する解析研究 ・観測データベースを用いて、ラドンを指標とした清浄大気データの選別手法を確立し、温室効果ガスの広域代表性の高い変動を再解析する。 ・酸素や二酸化炭素同位体比を用いた解析を実施し、他の手法とも比較検証を行って温室効果ガス濃度の変動要因・炭素収支を定量的に評価する。 (副課題4) 海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明 ① 高解像度観測や高精度分析による海洋炭素循環と酸性化実態の解明 ・水中グライダーによる観測方法と取得されたデータの品質管理技術確立し、観測結果から時空間的に高解像度の海洋観測データセットを作成する。 ・海水の pH 測定における不確かさ低減の手法や、アルカリ度の航走観測技術の確立により、海洋酸性化観測技術を改善する。 ② データ解析による海洋物質循環の変動機構解明 ・水中グライダーによる観測データから、中規模渦の物理・化学構造や、亜表層の酸素濃度の季節内変動など、海洋観測船では取得が難しい事象について知見を深める。 ・気象庁観測船などによる北太平洋の長期観測データを解析することにより、この海域の表層及び中層における二酸化炭素など、生物地球化学パラメーターの変動実態を定量的に評価し、その変動要因を解明する。 ・海洋モデルや地球システムモデルの結果を観測結果と比較することにより、これらのモデルの性能を評価する。また、モデルの結果から、観測された海洋への二酸化炭素蓄積や酸性化の進行の実態について理解を深める。
研究の概要	(副課題1) 異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価 ① アジアモンスーンと台風の予測可能性評価 ・季節予測システムを用いた実験により、海洋・陸面と相互作用したアジアモンスーンの季節～数年の予測可能性を評価し、そのメカニズムを解明する。 ・季節予測システムの再予報実験における台風の発生数等の予測精度を評価し、予測可能性の要因を解明する。 ② 極端気象の実態と予測可能性の研究 ・長期再解析などのデータ解析と季節予測システムを用いたモデル実験を通して、極端気象の実態と発生メカニズムを明らかにする。 ・大気モデルの大規模アンサンブル実験を用いて、熱波、旱魃、豪雨といった極端事象の発生確率の季節(内)予測可能性を評価し、季節予測システムを用いて大気・海洋結合がそれらの予測可能性にどのような影響を及ぼすかを調べる。 ③ 異常気象の予測可能性の研究 ・長期再解析データ、地上観測データ、モデル実験等を利用して、今後発生する異常気象の発生機序の迅速かつ的確な情報提供に資するために、過去の異常気象の実態と発生機序の研究を行う。社会的に影響の大きい異常気象が発生した場合には、速やかに実態と要因解明を行う。この研究を通して、副課題1の季節予測システムによる精度について、その要因を明らかにする。 ・大気モデルの大規模アンサンブル実験を用いて、現在気候条件下で発生した異常気象に対する温暖化の影響を定量化する。(この結果を、応用気象 AP3 の領域大

規模アンサンブル実験と合わせてシームレスな解析を行い、全球モデルで分析困難な異常気象の要因を明らかにする。)

④ 気候研究の基盤情報整備に関する研究

- ・異常気象の要因解明や季節予測システム予測精度評価に必要な基盤データを整備するため、長期再解析 JRA-3Q データを作成する。計算過程でリアルタイム品質管理を実施し、最新技術による再解析データを、品質情報と共に提供する。このデータセットは、M4 はじめ M 課題でのモデル検証・評価や初期値として利用される。
- ・次世代の長期再解析の品質向上につながる、未使用データの同化インパクト実験を行い、長期再解析での利用可能性を評価する。

(副課題 2) 地球温暖化予測の不確定性低減

① タイムスライス温暖化予測システム

- ・最初の 2 年間で、地球システムモデルに外部条件を変えたアンサンブル生成スキームとデータ同化による初期値化スキームを組み入れた実験システム開発を行い、過去と将来についての予備実験を行う。3 年目に既存システムとの比較、課題整理、システム改修をしたのち、4 年目に外部プログラムと連携した長期のタイムスライス実験を実施し、将来気候変化について考察する。
- ・システム開発では海洋に関する温暖化情報プロダクトの生成も可能となる構成を検討し、4 年目以降は海洋プロダクトの検討を進める。

② 十年規模気候変動予測実験

- ・タイムスライス実験で開発した初期値化システムを活用して、過去気候についてのハインドキャスト実験を実施する。初期値化手法を変えた試みも行い、2 年目までにシステムを完成させる。3 年目以降、本番実験を行い、長期気候予測可能性や気候変動メカニズムについて考察する。

③ 気候再解析

- ・地球システムモデルに組み入れた初期値化手法により、地上観測データを同化する気候再解析の可能性を検討する。2 年目までにシステム開発を行い、以後長期積分し、過去気候変動を考察する。

④ CMIP 実験

- ・CMIP6 の各種温暖化実験を行い、2 年目までに成果を取りまとめる。以後、マルチモデル実験データ解析を進め、地球温暖化メカニズムの理解やモデル開発に結びつけるための調査を行う。

(副課題 3) 大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明

① 化学トレーサーの時空間変動に関する観測研究

- ・気象庁の 3 つの大気観測所（南鳥島、綾里、与那国島）と父島において、ラドン (^{222}Rn)、酸素 (O_2/N_2)、二酸化炭素 (CO_2) の炭素・酸素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$) 及び水素 (H_2) 等の複数の大気化学トレーサーを高精度で連続測定する装置を設置し、観測データを取得する。
- ・これらの化学トレーサー観測データと、大気観測所で測定している温室効果ガス濃度 (CO_2 、メタン (CH_4) 等) のデータを統合して、多種類の微量気体を含む高分解能観測データベースを構築する。
- ・観測データのスケール統一とその国際標準化のため、気象庁との標準ガス比較を定期的実施すると同時に、気象庁の温室効果ガス標準化共同プログラムにおける国内の標準ガス相互比較実験に参加し、観測精度を評価する。
- ・気象庁の次期更新計画に対応する、次世代のレーザー分光型大気観測・校正システムや実大気を用いた標準ガス調製システムの開発と、代替フロンを含むハロカーボン類の連続測定技術の高度化を図る。

② 化学トレーサー観測による炭素収支に関する解析研究

- ・サブ課題①で作成した ^{222}Rn の観測データベースを利用して、大陸の発生源の影響を強く受けた大気の前データをとり除き、広域の清浄大気を代表するデータを選別する手法を確立する。
- ・この手法を適用して、 CO_2 や CH_4 等の温室効果ガス濃度のデータを選別し、より正確なバックグラウンド大気の季節変動や長期的な増減傾向を解析する。

	・上記から得られた CO₂濃度の広域を代表する長期増加速度とサブ課題①で取得する O₂濃度の減少速度の関係性等に基づいて炭素収支解析を実施し、海洋や陸域生態系の吸収・発生量を定量的に評価する。 ・この結果と、M5 課題における従来のインバージョン法や C4 課題の海洋診断解析による陸域や海洋の炭素フラックス解析結果を相互に比較解析し、炭素収支の不確かさを評価する。 (副課題 4) 海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明 ① 高解像度観測や高精度分析による海洋炭素循環と酸性化実態の解明 ・気象庁観測船の協力を得て、水中グライダーによる水温・塩分・溶存酸素・クロロフィル濃度の時空間高解像度観測を行う。 ・伊豆・下田の筑波大学臨海実験センターを拠点にして、水中グライダーの性能試験を実施し、水中グライダーの安定運用法を確立する。 ・船舶観測による正確なデータを用いて、水中グライダーに搭載したセンサーによる観測データの誤差やドリフトの評価と、その補正方法を確立し、水中グライダー観測に基づく海洋物質循環の解析や海洋データ同化結果との比較に資するデータセットを作成する。 ・分光光度法による pH 測定の精度をいっそう向上させることにより、海洋酸性化の実態をより高精度で把握することを可能にする。 ・亜熱帯域や亜熱帯・亜寒帯移行域において、気象庁観測船などで全アルカリ度の航走観測試験を行い、性能を評価するとともに、測定の問題点を明らかにする。 ② データ解析による海洋物質循環の変動機構解明 ・気象庁観測船による高精度の長期海洋観測データ（東経 137 度、東経 165 度、東シナ海、沖縄東方など）を解析し、亜熱帯域の海洋表層や海洋内部における CO₂の季節変化・年々変化・長期変化等を明らかにする。また、それらの要因について数値モデル結果等を活用して考察する。 ・気象研究所の地球システムモデルによる海洋炭素循環の予測結果を、気候モデル相互比較プロジェクト (CMIP) に参加する他のモデルによる結果とともに解析し、観測データにより得られた知見と比較してそれら信頼性を評価する。
研究の有効性	(副課題 1) 異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価 ・季節予測可能性の研究については、気候情報課の季節予報業務と密接に結びついており、予測可能性の要因の理解を通じて発表予報の精度や解説の的確性の向上に貢献する。また、台風の季節予報など新たな情報発信の検討に資する。この研究は、気象庁が発表する季節予報の精度向上や新たな情報の発表につながり、ユーザの意思決定への寄与の増大につながることが期待される。 ・アジアモンスーンの長期にわたる予測可能性や台風の季節予測可能性については、先行研究で指摘されている。本研究では、季節予測システムの解析等を通じて、それらの要因についてさらに理解を深めることにより、新たな情報発信に通じる知見が得られることが期待される。また、予測システムの改善につながるフィードバックも期待できる。 ・極端事象の季節（内）予測可能性については、まだ十分に理解されていない。大規模大気アンサンブルと季節予測システムの解析を通じて、理解が深まることが期待される。 ・異常気象の研究については、気候情報課の異常気象情報センターの監視・解析班の業務と密接に結びついている。蓄積される知見は、異常気象分析検討会の基礎資料となる。この研究は、将来の異常気象の発生頻度と強度、発生要因を理解する上で、重要な情報を提供する。また、防災・減災に関する研究の基礎資料となる。 ・基盤データの整備については、長期再解析データ JRA-3Q の作成を数値予報課再解析班と共同で実施する。このデータは、気候情報課で行っている季節予報の初期値として使用されるほか、解析業務の基盤情報となる。長期再解析データは、気象コミュニティーにおける気候研究基盤データとして、世界的に広く利用されることが期待される。また、再生可能エネルギーの潜在量の推定など、気象分野外での利活用も期待される。

	・異常気象については、文科省「統合的気候モデル高度化研究プログラム」の資金の一部を活用する。基盤データの整備については、現在、科研費に応募中である。 (副課題 2) 地球温暖化予測の不確定性低減 ・地球システムモデルの活用を想定した次世代現業システムの有り様を考える上での様々な判断材料が提供される。 ・複雑な海洋構造を持つ海洋に接した日本域の気候について、大気海洋相互作用を適切に表現したモデルにより、気象と海洋の物理的に整合したプロダクトの生成による社会貢献と、プロダクトを活用した気候研究の展開が可能となる。 ・将来気候への適応や気候緩和を進める研究や政策への貢献につながる。 ・大規模データを保存する技術、それを効率的に利用できる技術等の開発が進み、関連する計算科学技術の進展に結びつく。 (副課題 3) 大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明 ・本研究で開発した測定技術や品質管理と解析等の手法は、気象庁における現業観測の効率化や高精度化及び温室効果ガス監視情報の充実に貢献する。 ・観測技術の高度化と科学的知見の集積は世界気象機関/全球大気監視(WMO/GAW)計画に貢献する。データの標準化並びに解析手法の開発は、温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)が担う広域の温室効果ガス分布監視の向上につながる。温室効果ガス測定の基準となる標準ガススケールの維持・管理は気象庁が運営する世界気象機関全球大気監視校正センター(WMO/GAW-WCC)活動を支える技術的基盤となる。また、国内の地球温暖化観測連携拠点活動に貢献する。 ・気象庁の温室効果ガスの定常観測を技術的に支援するとともに、遠隔地にある大気観測所等の観測プラットフォームを共有し、国内外の研究機関と連携して研究観測を実施し、定常観測結果と合わせ変動要因に関する解析成果を発信する。これらは、国内の研究連携を推進するとともに、気象庁による情報発信の内容の改善に貢献する。 ・アジア地域における温室効果ガスの発生源に関する有効な知見を提供し、地球温暖化予測の不確実性低減に貢献する。これらの科学的知見は、IPCC 報告書等に反映させ、CO₂排出削減に向けた国際的な地球環境政策に貢献する。 ・地球温暖化の最先端の科学的知見による啓発活動によって、温暖化対策に対する一般市民の意識向上に役立てる。 ・日本域の温室効果ガス濃度の変動の把握と変動過程の理解は、地球温暖化の将来予測並びに排出量削減対策の効果検証の高度化に寄与する。 (副課題 4) 海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明 ・海洋内の物理構造や生物地球化学的分布について、従来の海洋観測では得ることができなかった高い時間・空間解像度でデータを取得できるようになることで、現象の理解が深まるとともに、高解像度の海洋モデルの検証も可能になる。 ・環境・海洋気象課の「海洋の健康診断表」や気候変動監視レポートなど、気象庁による情報発信の内容の改善に貢献する。 ・全球海洋観測システムが支援する国際的な海洋 CO₂ 分布のデータベース(SOCAT、GLODAP)の構築に貢献する。 ・海洋モデルや地球システムモデルの検証や解析を通して、それらの数値モデルの向上に貢献する。 ・得られた科学的知見を、IPCC WG1 の評価報告書などに反映させ、CO₂排出削減に向けた国際的な政策の立案や実施に貢献する。
令和 3 年度 実施計画	(副課題 1) 異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価 ① アジアモンスーンと台風の予測可能性評価 ・現行季節予測システム(CPS2)と他機関のモデルの再予報データの比較により、アジアモンスーンの再現性と予測可能性を調査する。さらに、それらと次期季節予測システム(CPS3)の再予報データの評価を通じて、モデルの改善に資する。 ② 極端気象の実態と予測可能性の研究 ・大気モデル大規模アンサンブルの解析結果と比較しつつ、結合モデルでの初期値

	問題としての予測可能性を評価する。 ③ 異常気象の実態解明と要因に与える大規模場の影響評価 ・ 大気循環場の変動と異常気象発生の関係やそれらのメカニズム解明を行う。 ・ 気候系の監視や異常気象発生時の要因分析を行う。 ・ 地球温暖化や十年規模変動と個別の異常気象の因果関係の評価を行う。 ④ 気候データに関する研究 ・ 次期長期再解析データの品質評価を行う。 ・ 次期長期再解析の速報報告論文と長期再解析総合報告論文を執筆する。 (副課題2) 地球温暖化予測の不確定性低減 ① タイムスライス温暖化予測システムの活用 ・ 過去と将来の気候を対象とするタイムスライス実験システムにより感度実験を行い、結合効果を中心とするメカニズムの解明をはかるとともに、調整・システム改良を進める。 ② 十年規模気候変動予測 ・ 前年度までに実施した十年規模予測実験結果を解析し、変動メカニズム並びに十年規模の気候予測可能性について考察する。課題整理のうえ、初期値化手法などを改良したシステムを開発し、数値実験に着手する。 ③ 百年スケールの気候変動解明に向けた気候再現実験 ・ 前年度までに整備した産業革命以降の気温を中心とした歴史的観測データを活用した気候再現実験システムにより、予備実験・感度実験やシステム改良を行い、観測データを同化した長期積分による気候再現データセットの準備を進める。 ④ CMIP 実験への参加等を通じた気候変動要因解明及び気候将来変化予測向上 ・ 気候変動メカニズムの解明のため、引き続き MRI-ESM2 を用い、CMIP6 実験を追加実施するとともに各種数値実験を行い、アジア域を中心とするプロセスやイベント等に注目した解析を進める。 ・ 主に日本付近の気候将来変化の説明を試みるべく、引き続き CMIP5/6 や高解像度モデルをはじめとするマルチモデルデータ解析によるメカニズム解明を行うとともに、予測結果の活用に必要な確信度情報の付与を試みる。 (副課題3) 大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明 ① 化学トレーサーの時空間変動に関する観測研究： ・ 綾里・与那国島・南鳥島・父島の気象観測所におけるラドン濃度と水素等の微量気体の観測、南鳥島のハロカーボン観測、綾里の酸素濃度連続観測をそれぞれ継続する。 ・ 南鳥島における気象庁のハロカーボン観測の技術支援を行う。これまで気象研が実施してきたフラスコ分析との比較実験を行い、フラスコ分析から気象庁の連続観測装置による観測への移行を検討する。気象庁のフロン標準ガス分析を行い、観測スケール維持について支援を行う。 ・ 次世代のレーザー分光型大気観測システムを見据え、3成分(CO₂、CH₄、CO)レーザー分光分析計の評価試験を実施すると同時に、平成31年度整備のガス充填装置を用いて、実大気ベースの標準ガスの導入に向けた評価を行う。 ・ レーザー分光型分析計を採用した一酸化二窒素分析計の実用化試験を行う。 ・ 気象庁と標準ガス比較実験を年2回実施し、これまでの実験結果も踏まえながら、気象庁から要請のあるCO₂標準ガス新校正装置の運用について技術支援を行う。 ・ 実大気標準ガス充填設備を用いて、充填したガス容器の安定性評価試験を行う。 ② 化学トレーサー観測による炭素収支に関する解析研究： ・ ①で得られたラドン等各種観測データを利用して、大陸の発生源の影響を強く受けた大気の前データをとり除き、広域の清浄大気を代表する時系列データベースを作成する。実観測データを用いた輸送モデルの検証を進める。CO₂濃度の変動に対応するラドンや酸素濃度等の変動の関係性の解析を行い、組成比について、イベント・季節的な変動性の違いの有無について解析を実施する。 ・ ①で得られた酸素等の各種観測データを利用して、二酸化炭素濃度に対応する変動の関係性を解析し、日本付近の炭素収支評価の検討を行う。
--	--

- ・ M 課題と連携し地球システムモデルによる温室効果ガスの時空間変動の調査・検証及び温室効果ガス輸送モデルを用いたラドン濃度の再現実験を行う。気象研究所で観測を実施している 4 つの観測所における観測値との比較解析を行い、大陸からの気塊の輸送過程の再現性の評価を行う。

(副課題 4) 海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明

- ① 高解像度観測、高精度分析による、海洋炭素循環、酸性化実態の理解の促進
 - ・ 房総半島南東の黒潮再循環域において、2021 年 2 月～4 月に約 50 日間の水中グライダー観測を行い、晩冬から春季にかけての海洋表層の急激な変化期における物理的・生物地球化学的な海洋鉛直構造の変化を把握する。
 - ・ 日本南方の海域において、水中グライダーにより黒潮横断するあるいは台風進路の直下に移動する機動的観測を行い、水温や生物地球化学パラメーターの急激な変化を把握する。
 - ・ 前項の観測や筑波大学下田臨海実験センターにおける試験をもとに、水中グライダーの運行性能や観測性能などを確認し、効率的な観測法やデータ処理方法の開発を進める。
 - ・ 海洋気象観測船においてアルカリ度の航走観測を実施し、観測技術を確立する。
- ② データ解析による海洋物質循環の変動機構解明
 - ・ 全炭酸濃度や全アルカリ度等の観測データを収集して、北太平洋及び全球の亜寒帯域表層・中層における二酸化炭素等、生物地球化学パラメーターの長期変化の実態を明らかにする。
 - ・ 観測データと海洋モデル、及び地球システムモデルによる予測データとを組み合わせ、北太平洋及び全球における予測結果の検証と海洋炭素系の変動要因の解明を行う。