

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5年度）
担当者	○気候・環境研究部長 須田一人 （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、高薮出、保坂征宏、遠藤洋和、古林慎哉（併任）、高坂裕貴（併任）、竹村和人（併任）、佐藤大卓（併任）、前田修平（併任） 〔全球大気海洋研究部〕出牛真、吉田康平、平原翔二、吉村裕正、石川一郎、高谷祐平、足立恭将 〔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、辻野博之、直江寛明、小林ちあき、原田やよい、村上茂教（併任）、小畑淳（併任） 〔全球大気海洋研究部〕石井正好、出牛真、神代剛、吉田康平、平原翔二、吉村裕正、石川一郎、高谷祐平、足立恭将、大島長、中野英之、浦川昇吾 〔気象予報研究部〕中川雅之、川合秀明、長澤亮二、新藤永樹 〔応用気象研究部〕仲江川敏之、村崎万代、川瀬宏明 （副課題3） 〔気候・環境研究部〕○坪井一寛、石島健太郎、石井雅男、藤田遼、潮延泰（併任）、藤原昂（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、石井雅男、笹野大輔（併任）、飯田洋介（併任）、小野恒（併任） 〔全球大気海洋研究部〕中野英之、豊田隆寛、浦川昇吾、川上雄真、青木邦弘
目的	（全体） - 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・長期再解析及び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うことで、気候メカニズムを理解し、全球及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、WMO/GAWによる国際的な観測・解析、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ともに、その原因を解明する。これによって、「持続可能な開発目標」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	(全体) - 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及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(d4PDF)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メカニズム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メカニズム、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メカニズムの解析、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、地域スケールの温暖化予測の不確実性を評価・低減する。また、これをもとに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、全球及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 気候再現実験 - 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 実験の実施と気候変動メカニズム解明 - 世界気候研究計画 (WCRP) 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、マルチモデル (CMIP6、CMIP5) 等の各種データセット・実験を解析した結果をモデル開発にフィードバックするとともに、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 化学トレーサの時空間変動に関する観測研究 - 気象庁の定常大気観測所 (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の連続観測を実施する。これらのデータと、定常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時間分解能の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を確立する。 ② 化学トレーサ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 (^{222}Rn) を指標とした清浄大気 of データ選別手法を確立し、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を確立し、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 - 気象庁の現業季節予測システム (JMA/MRI-CPS2) を用いた再予報実験により、海洋・陸面と相互作用したアジアモンスーンの活動度の季節～数年の予測可能性を評価し、そのメカニズムを解明する。 - 上記季節予測システムを用いた再予報実験により、台風の発生数等の予測精度を評価し、予測可能性に影響を及ぼす要因を解明する。 ② 極端気象の実態と予測可能性の研究 - 長期再解析 (JRA-3Q) などのデータ解析と上記季節予測システムを用いた再予報実験を通して、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 (d4PDF) 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) 予測可能性を評価するとともに、上記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メカニズム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メカニズムの研究を行う。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、上記季節予測システムによる異常気象の予測精度について、影響を及ぼす要因を明らかにする。
 - ・上記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、A3 課題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、全球モデルのみでは分析困難な異常気象の要因を明らかにする。)
- ④ 気候データに関する研究
- ・上記①～③の異常気象等の要因解明や予測精度の評価に必要な基盤データを整備するため、数値予報課気候データ同化チームと共同で長期再解析 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することで、最新技術による再解析データと品質情報とを共に提供する。このデータセットは、M4 はじめ M 課題でのモデル研究において、検証・評価や初期値として利用される。
 - ・上記長期再解析における未使用データの同化インパクト実験を行い、次世代の長期再解析での品質向上のため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
- ・地球システムモデルを用いた当該温暖化予測システムの開発について、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、今世紀半ば及び今世紀末までの気候変化について考察する。
 - ・海洋の将来予測プロダクトの検討について、上記システム開発の段階から当該プロダクトの生成も可能となる構成を検討し、4 年目以降に、日本沿岸の海面水位等の当該プロダクトの検討を進める。
- ② 十年規模気候変動予測
- ・上記①のタイムスライス実験で開発した初期値化スキームを活用して、20 世紀半ば以降の過去気候についてのハインドキャスト実験を実施する。あわせて、初期値化手法を①とは変えた試みも行い、2 年目までに十年規模気候変動予測システムを完成させる。3 年目以降、同システムを用いたハインドキャスト実験を行い、十年規模気候変動の予測可能性やメカニズムについて考察する。
- ③ 気候再現実験
- ・150 年程度の長期気候変動を再現するシステムの開発のため、上記①や②とは異なる初期化スキームを地球システムモデルに組み入れることにより、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、以後は長期積分を実行しつつ、その結果を基に過去の百年スケールの気候変動に関するメカニズムを考察する。
- ④ CMIP 実験の実施と気候変動メカニズム解明
- ・CMIP6 の下で各種温暖化実験を行い、2 年目までに成果を取りまとめてプロジェクトへ提出する。以後、それ以外のものを含めたマルチモデル実験データの解析を進め、地球温暖化メカニズムについて考察するとともに、たとえば雲の気候系への影響をはじめとする全球熱バランスや、日本・アジア域の気候、特に黒潮流路に影響を与える日本付近の風の分布等、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)と父島に設置している、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) 等の複数の化学トレーサーを高精度で連続測定する装置を利用して、連続観測を行いデータを取得する。 - これらの化学トレーサー観測データと、気象庁が大気観測所で測定している温室効果ガス (CO_2、メタン (CH_4) 等) の観測データを統合して、多種類の微量気体を含む高時間分解能観測データベースを構築する。 - 上記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ともに、国内外の観測実施機関との標準ガス相互比較実験に参加し、上記観測の精度を評価する。 - 気象庁の観測・校正システムの更新計画に対応するため、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 - 上記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詳細データを特定し、それを取り除くことで広域の清浄大気を代表するバックグラウンドデータを選別する手法を確立する。 - この手法を適用して、上記①で作成した観測データベースからバックグラウンド大気を選別し、CO_2 や CH_4 等の温室効果ガスの季節変動や長期的な増減傾向をより正確に解析する。 - 上記で解析される広域を代表した CO_2 濃度の長期増加速度と上記①で取得する O_2 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。 - 観測とモデル解析に基づく全球メタン収支の推定、及び気象庁の二酸化炭素輸送モデル (GSAM-TM) を用いた CO_2 逆解析システムを実験装置として用いて炭素収支の推定を行う。 (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の協力を得て、同地に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。 - 気象庁観測船など船舶観測によるデータを基準にして、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。 - 気象庁観測船で実施している分光光度法による pH 測定について、使用する指示薬に応じた補正を行うことで精度をいっそう向上させ、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。 - 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、観測精度等の性能を評価するとともに、測定の問題点・改善点を明らかにすることで、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 - 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 CO_2 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予測結果の信頼性を評価する。また、海洋への CO_2 蓄積や酸性化の進行の実態について、海洋モデルによる再現実験結果と観測結果を比較解析することで海域的特性等について理解を深める。
研究の有効	(全体)

性	・「日本の気候変動 2020」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。また、WMO、IPCC、WCRPなどの国際的な報告書やプロジェクトの推進に貢献する。 ・地球システムモデルや気候予測モデルなど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。 ・地球温暖化に関する最先端の科学的知見の提供及び啓発活動によって、温暖化対策に対する一般市民の意識向上に役立てるとともに、気候変動の緩和・適応に向けた国内外の政策の立案や実施に貢献する。 (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 ・季節予測可能性の研究は、気候情報課の季節予報業務と密接に結びついており、気象庁が発表する季節予報や、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、アジアモンスーンと台風の予測可能性研究は、季節予測システムの解析等を通じて、要因のさらなる理解を深め、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。 ・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。 ・イベント・アトリビューション(温暖化寄与評価)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、地球温暖化の影響を数値化することで、国民が地球温暖化の影響を実感するきっかけとなり、国が打ち出す緩和策に対する理解の促進に資する。 ・気候研究の基盤となる長期再解析データの整備については、次期長期再解析JRA-3Qの作成を数値予報課地球システムモデル技術開発室気候データ同化チームと共同で実施する。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。 (副課題2) 地球温暖化予測の不確定性低減 ・大気海洋相互作用を表現する温暖化予測システムによる数値実験・データ解析を通じて100～150年程度の過去再現、今世紀半ばまで及び今世紀末までの将来予測情報を提供することにより、将来気候への適応や気候緩和を進める研究や政策に貢献する。特に、複雑な海洋構造を持つ海洋に接した日本域・東アジア域の気候について、海洋を含む詳細かつ高精度の気候情報の提供による社会貢献が可能となる。 ・地球システムモデルによる十年規模変動予測の利活用を通じて季節予測システム等の本庁現業システムの改良のための知見や判断材料を提供する。加えて、大規模火山噴火による十年規模の影響も調査し、気象庁への貢献をはかる。 ・CMIP6実験のデータやCMIPマルチモデル等の解析による、気候変動メカニズムの要因解明を通じて、地球温暖化予測の不確定性低減に向けた国内外の研究開発活動に貢献する。 (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 ・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。データの標準化及び解析手法の開発は、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情報の向上につながる。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、国内の地球観測連携拠点の活動に貢献する。 ・アジア地域における温室効果ガスの発生・吸収源に関する観測に基づいた有効な知見を提供し、地球システムモデルの検証・改良に資することで地球温暖化予測
---	--

	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、温室効果ガス排出削減に向けた国際的な地球環境政策に貢献する。 ・地球温暖化の原因となる温室効果ガスに関する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及び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、混合による変質や中規模渦による輸送の過程等、現象に対する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。 ・水中グライダー観測技術の開発や海洋炭酸系の測定技術の向上により海洋気象観測技術の改善に貢献する。 ・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。
令和 5 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 (CPS3) のハインドキャストの解析によりアジアモンスーンと台風年々変動の再現性と予測可能性を調査し、取りまとめを行う。さらに、他機関のモデルの再予報データの評価を通じ次期中期計画のモデル開発に反映させる。 ② 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 ・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について取りまとめを行う。さらに、イベント・アトリビューション手法を応用し、地球温暖化が気温や水蒸気に与える熱力学的な効果だけでなく、循環場に与える力学的効果まで評価できる発展的な手法について次期中期計画に反映させる。 ・気候系の監視、大気循環場の変動と異常気象発生時の要因分析やそれらのメカニズム解明を行い、成果の取りまとめを行う。 ③ 気候データに関する研究 ・長期再解析データの品質評価を行い、長期再解析総合報告論文及び評価論文を執筆する。 (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の開発、それを用いたアンサンブル実験の成果を④に統合した解析について取りまとめ、論文を執筆する。新たにシステムで得られるようになった海洋プロダクトについて検討を進める。 ② 十年規模気候変動予測 ・数値実験結果を解析し、気候変動メカニズム及び十年規模変動予測に関する予測可能性の考察を進め、取りまとめを行う。 ③ 気候再現実験 ・これまで開発した長期気候変動再現システムにより、歴史的観測データを整備・活用して行った長期積分による再現実験結果を解析し、百年スケールの長期気候変動の理解を進め、取りまとめを行う。 ④ CMIP 実験の実施と気候変動メカニズム解明 ・CMIP6 実験やその感度実験、CMIP マルチモデル実験、タイムスライス温暖化予測システムによる実験等の多様なデータを解析して気候変動メカニズムの解明を進め、地球温暖化予測の不確実性の低減を図る。取りまとめとして論文を執筆する。 (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 これまでの多成分・高分解能データベース、標準ガス調製システム、ハロカーボン

測定 の 確立、清浄大気 の データ選別手法 の 確立、温室効果ガス濃度 の 変動 の 要因解明 と 炭素収支評価 に 関する 研究 に 関して、成果 の 取りまとめ を 行う。

① 化学トレーサーの時空間変動に関する観測研究

- ・南鳥島、綾里、与那国島、父島において、ラドン、水素、酸素等の複数の大気化学トレーサーの観測を継続し 2023 年までのデータをまとめる。
- ・ハロカーボン観測について、南鳥島に設置された気象庁の連続観測装置による観測をフラスコ分析と比較検証し結果をまとめる。
- ・気象庁との標準ガス比較を年 2 回実施すると同時に、気象庁の温室効果ガス標準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する。
- ・気象庁の装置更新と並行して、 N_2O ・ CO レーザー分光型分析計の試験を行い、結果をまとめる。平成 31 年度整備のガス充填装置を用いた実大気ベースの標準ガスの可能性について、これまでの結果をもとにまとめる。
- ・携帯型分析計や次世代のローコストセンサーを活用した温室効果ガスの多点観測ネットワークの可能性を検討し、次期研究計画に反映させる。

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

- ・①で得られたラドン等各種観測データを利用し大陸の発生源の影響を強く受けたデータを取り除き選別した時系列データベースによる解析を継続し、実観測データを用いた輸送モデル検証結果をまとめる。
- ・①で得られた酸素等の各種観測データを利用して、温室効果ガス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を評価する。
- ・M 課題と連携し、全球輸送モデルを用いた逆解析システムによる炭素収支評価を行う。

(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

- ・水中グライダーを用いて、夏季から秋季に台風直下における表層水温や生物地球化学パラメータの鉛直構造の変化過程の詳細を把握するための観測を行い、水中グライダー観測の有効性を実証する。
- ・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用方法や取得したデータの処理や較正の方法を取りまとめる。
- ・海洋気象観測船による酸性度や溶存酸素等生物地球化学パラメータの航走観測を継続的に実施し、蓄積したデータや既存の観測データを合わせて日本周辺海域における海洋表層炭酸系データを効果的に充実化できることを実証する。

② データ解析による海洋物質循環の変動機構解明

- ・気象庁の海洋気象観測船により取得された海洋炭酸系をはじめとする生物地球化学パラメータのデータ解析結果に基づいて、北西太平洋域における炭酸系パラメータの季節変動・経年変動の実態について取りまとめる。
- ・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、北太平洋域及び全球において海洋炭酸系に生じている長期変化傾向や将来変化について取りまとめる。