

研究課題	<p>(M課題) 階層的な地球システムモデリングに関する研究</p> <p>副課題 1 : 短期から長期予測課題に応用可能な地球システムモデルの開発に関する研究</p> <p>副課題 2 : 海洋予測技術の開発及び海洋現象の機構解明に関する研究</p> <p>副課題 3 : 海洋及び大気海洋結合系のデータ同化に関する研究</p> <p>副課題 4 : 週間から季節予報のための予測システム開発に関する研究</p> <p>副課題 5 : 大気微量成分の監視予測技術と気象・気候影響に関する研究</p>
研究期間	令和 6 年度から 5 年間 (5 年計画第 3 年度)
担当者	<p>○村田昭彦 全球大気海洋研究部長</p> <p>(副課題 1)</p> <p>[全球大気海洋研究部] ○辻野博之、出牛真、大島長、吉田康平、吉村裕正、高谷祐平、足立恭将、大沼友貴彦、中野英之、浦川昇吾、宮本雅俊 (併任)</p> <p>[気象予報研究部] 長澤亮二、神代剛、庭野匡思、川合秀明 (併任)</p> <p>[気象観測研究部] 堀田大介</p> <p>[気候・環境研究部] 石井正好、水田亮、平原翔二、小畑淳</p> <p>(副課題 2)</p> <p>[全球大気海洋研究部] ○中野英之、浦川昇吾、山中吾郎、青木邦弘、川上雄真、藤井陽介、碓氷典久、広瀬成章、辻野博之、吉村裕正、高谷祐平、足立恭将、住友雅司 (併任)、後藤恭敬 (併任)、山田広大 (併任)、佐藤大卓 (併任)、大江光穂 (併任)、桜井敏之 (併任) 新井一永 (併任)、安西悠理 (併任)</p> <p>[気候・環境研究部] 豊田隆寛、平原翔二、</p> <p>[応用気象研究部] 高野洋雄</p> <p>(副課題 3)</p> <p>[全球大気海洋研究部] ○石川一郎、藤井陽介、碓氷典久、広瀬成章、中野英之、浦川昇吾、山中吾郎、青木邦弘、川上雄真、吉村裕正、高谷祐平、中村貴 (併任)、杉本裕之 (併任)、櫻木智明 (併任)、浅井博明 (併任)、佐々木春花 (併任)、七海仁美 (併任)、高見真和 (併任)</p> <p>[気象観測研究部] 石橋俊之</p> <p>[気候・環境研究部] 豊田隆寛、遠山勝也</p> <p>[応用気象研究部] 高野洋雄</p> <p>(副課題 4)</p> <p>[全球大気海洋研究部] ○吉村裕正、高谷祐平、足立恭将、大沼友貴彦、中野英之、浦川昇吾、石川一郎、藤井陽介、出牛真、吉田康平、山口春季 (併任)、久保勇太郎 (併任)、越智健太 (併任)、高倉寿成 (併任)</p> <p>[気候・環境研究部] 原田やよい、中村哲、関澤徳温、平原翔二、豊田隆寛</p> <p>[応用気象研究部] 直江寛明</p> <p>(副課題 5)</p> <p>[全球大気海洋研究部] ○眞木貴史、足立光司、梶野瑞王、出牛真、大島長、関口亮平 (併任)、幸田笹佳 (併任)、安井良輔 (併任)</p> <p>[気象予報研究部] 関山剛</p> <p>[気象観測研究部] 酒井哲、及川栄治</p> <p>[応用気象研究部] 直江寛明</p>
目的	<p>気象研究所における数値予報モデル開発関連の研究について、地球の大気、海洋、陸面・雪氷、大気微量成分など地球システムを構成する各要素を総合的に扱う「階層的な地球システムモデル」の考え方に基づいて研究を進める。これにより、地球温暖化予測、季節予報、海況監視予測、大気微量成分の監視予測、台風や集中豪雨等の顕著現象等に用いられる数値予報モデルの予測精度を向上させる。</p> <p>(副課題 1)</p> <p>幅広い時空間スケールの現象を高精度に表現可能な地球システムモデルを開発することにより、モデル気候値と過去気候変動の再現性の向上を図り、気象・気候予測の精度向上と不確実性低減に貢献する。上記に加えてモデル利活用の裾野拡大を図り、地球システム要素の影響が適切に評価可能なモデルの構築を目指す。</p> <p>(副課題 2)</p> <p>様々な時空間スケールに対応した海洋予測技術を開発することにより、日本周辺海域の極端現象や長期変動の機構を解明するとともに、将来の現業システムの高度化及び気候変動予測や日本周辺の海洋環境に係る情報の高度化に貢献する。</p>

	<p>(副課題3) 地球システムの重要な構成要素である海洋及び大気海洋結合系のデータ同化システムの改良を通じて、海況監視予測情報や大気海洋結合モデルを用いた気象予報、及び気候データ同化（長期再解析）の精度向上に貢献する。</p> <p>(副課題4) 将来の現業予測システムのための技術開発とフィジビリティ研究を行うことにより、週間から季節予報の精度向上に貢献する。</p> <p>(副課題5) 化学輸送モデルの改良を通じて地球システムモデルの放射収支や雲・降水過程等を高精度化し、地球温暖化予測等の改善に繋げるとともに、気象業務（数値予報、環境気象等）の精度向上を目指す。大気微量成分の各種観測データを用いて化学輸送モデルを検証・改良するとともに、データ同化技術を改良しつつ、深層学習等も導入して大気微量成分の監視・予測精度の向上を図る。</p>
目標	<p>地球システムの構成要素の関連性とそれらの相互作用を適切に扱い、地球システムの様々な時間・空間スケールの現象の予測への影響を評価するとともに、高解像度化や初期値化について利用可能性を検討する。また、地球システム要素のコンポーネント化や計算の効率化を図ることにより、現業数値予報モデルを改善するとともに、次世代の現業数値予報モデルの仕様に係る指針を得る。</p> <p>(副課題1)</p> <p>① モデル気候値と過去気候変動の再現性の向上・検証、及び国際モデル相互比較参加 ・ 確信度の高い気候予測を行うため地球システムモデル（ESM）の現在気候の再現精度を高める（M2, M4, M5, P4 課題と共同）。また、モデル国際相互比較プロジェクトへの参画等を通して、当所におけるモデル開発の進展を図るとともに、気候変動予測の不確実性の低減と信頼性の高い科学的評価を目指す国際的な取り組みに貢献する。</p> <p>② 詳細な地域気候と顕著な地球環境イベントを再現する高解像度 ESM 開発 ・ 高解像度モデルの開発（M2, M4, M5, P4 課題と共同）を進め、当該モデルによる気候実験を通して、域規模の気候変化予測にも利用可能なプロダクト作成に向けた開発課題の整理を行う。また、短期～季節スケールの変動再現に適した大気物理過程及びオゾン簡易スキームを開発する。</p> <p>③ 短期～10年規模変動を高精度に再現する多圏間相互作用の導入と評価 ・ 地球システムの各構成要素とそれらの相互作用を高精度に実現するモデルを構築する上で、とりわけ陸面、大気化学、陸域生態系などのモデルコンポーネントに求められる開発を行う。モデルコンポーネント間の相互作用プロセスを精緻にすることで、モデル利活用の裾野を拡大し、地球システム各要素からの影響が適切に評価できるモデルの構築を目指す。開発したモデルは、火山噴火による気候影響の評価実験や、累積炭素排出量に対する過渡的気候応答の不確実性低減に向けた生物地球化学循環場の精度改善のために活用する。</p> <p>(副課題2)</p> <p>① 将来の現業業務等に資する海洋予測技術の開発 ・ 気象庁次期スパコンシステムにおける現業システム（季節予測システム及び日本沿岸海況監視予測システム）の更新に向けて、全球海洋モデルおよび日本沿岸海況監視予測システムの改良を行う。 ・ ダウンスケーリング等の手法により、様々な時空間スケールや極端現象の情報提供を可能にする海洋予測技術を開発する。 ・ 大気海洋結合モデルを用いた、大気および海洋の短期予報等への結合効果の影響調査のための研究を実施する。</p> <p>② 海洋モデルの安定性、利便性、精度、および速度の向上 ・ 水塊等の保存性の向上や、海氷の精緻化などによりバイアスを低減するとともに、より現実的な海洋物理過程を再現可能にするために、物理プロセス及びパラメタリゼーションを改良する。 ・ 多様なユーザーによる海洋モデルの円滑な実行、活用のために、前処理・後処理・解析環境の整備や出力の拡充等の利便性向上を行う。 ・ 海洋モデルの開発効率を向上させるため、他機関および本庁との連携も見据えた海洋モデル開発基盤の強化を行う。</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・ CPU の速度向上に頼らない高速化技法を取り入れて海洋モデルの高速化を図る。 <p>③ 海洋熱波等の極端現象や長期変動の機構解明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 気候変動に関わる海洋循環や海面水位等の変動プロセスを解明する。 ・ 海洋熱波等の様々な時空間スケールの極端現象の検出、同定、メカニズム評価を行う。 <p>(副課題 3)</p> <p>① マルチスケールに対応する新たな海洋データ同化手法の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 弱拘束条件の導入や高解像度衛星観測データの有効活用などにより、日本近海から全球海洋および大気海洋結合系に適應できる統合的なデータ同化システムを開発する。 <p>② 大気海洋結合系のデータ同化と数値予測に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 大気海洋結合同化システムについて、海面水温変動の再現性向上等を目指した改良を行い、解析性能を評価して、気候データ同化（長期再解析）への利用可能性、および、初期値作成手法としての結合予測へのインパクトを評価する。 <p>③ 海洋観測の活用と海洋変動のメカニズム研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 海洋観測の効率化や最適化に向け、海洋観測データのインパクト評価を実施すると共に、観測システムの評価に関する国際協力を継続し、国連海洋科学の 10 年プロジェクト SynObs に貢献する。 <p>④ 現業海洋同化システムの共同開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 気象庁次期スパコンシステムにおける現業システム（季節予測システム及び日本沿岸海況監視予測システム）の更新に向けて、全球海洋データ同化システム並びに日本沿岸海況監視予測システムの改良を行う。 <p>(副課題 4)</p> <p>① 地球システム要素を含む週間・季節予測システムの技術開発とフィジビリティ研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地球システムモデルを使用した週間から季節予測システムの構築・開発を行う。 ・ オゾン・エアロゾル・波浪等の地球システム要素の週間から季節予測での利用に向けたフィジビリティ研究を行う。 <p>② 週間から季節スケールの台風・極端現象の予測可能性評価と予測改善のための開発・研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 台風・極端現象の予測可能性の評価を行う。評価を行う。 ・ アンサンブル予測、確率予測の改善に資する研究を行う。 ・ モデル高解像度化による、予測への影響評価を行う。 <p>③ 海洋観測・初期値の週間から季節予測への影響評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 海洋同化システム、大気海洋結合同化システム、海洋観測システムの予測への影響評価を行う <p>(副課題 5)</p> <p>① 化学輸送モデルの精緻化及び統合化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ エアロゾル、オゾン、温室効果ガス等（大気微量成分）の動態をシミュレートする化学輸送モデルを高度化するとともに、地球システムモデルの構築を進めつつ、大気化学統合モデルの開発を継続する。 ・ 季節予報モデルに導入するためのオゾン簡易モデルの開発を進める。 ・ 領域化学輸送モデルの改良を継続すると共に、エアロゾルと降水とのフィードバック過程の解明を進める。 <p>② 大気微量成分データ同化システムの精緻化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ エアロゾルデータ同化システムの改良を行い、複数衛星観測データの導入などエアロゾルの監視・予測精度を向上させる。 ・ 深層学習を用いた応用研究（オゾン代理モデル、ダウンスケーリング等）を行う。 ・ 複数衛星観測データの導入など大気微量成分再解析（エアロゾル、二酸化炭素）の精度向上を目指す。
研究の概要	<p>(副課題 1)</p> <p>① モデル気候値と過去気候変動の再現性の向上・検証、及び国際モデル相互比較</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ MRI-ESM3 をベースに、各モデルコンポーネントの改良を進め、MRI-ESM3 のトータルな性能向上を図る。各モデルコンポーネントに新しい計算スキームを導入することも検討する。 ・ 気候予測においてとりわけ不確実性の高い雲・エアロゾル相互作用については、

モデル実験物理スキームの改良を通して、不確実性の低減を図る。開発したモデルで気候実験（長期積分）を行い、これまでに開発を進めてきたモデル評価ツールに依拠して全球スケールでの現象再現性を評価する。

- ・安定した動作が確認された地球システムモデルで CMIP7 等の国際相互比較プロジェクトなどの国際共同研究に参加し、気候変動に関する信頼性の高い科学的評価を目指す国際的な取り組み（IPCC 等）にも貢献する。
 - ・国際共同研究によるモデル検証結果を踏まえてモデルの開発課題を整理し、モデル改善の指針を得る。
- ② 詳細な地域気候と顕著な地球環境イベントを再現する高解像度 ESM 開発
- ・大気 10km、海洋 10km 程度の高解像度モデルを構築し、長期積分実験を行う。地域規模気候に重要な熱帯低気圧や梅雨前線などの現象に焦点を当てた初期評価を行い、海洋モデルと大気モデルそれぞれの高解像度化が地域規模の気候変動再現性に及ぼす影響を系統的に調査し、開発課題を整理する。
 - ・海洋の水塊形成や変質過程は、地域的な海洋変動や気候変動を再現する上で重要であるため、改良された海洋物理スキームによってどの程度改善されたかについて検証を行う。
 - ・GPU 等の活用など将来的な計算プラットフォームの変革が想定されていることから、地球システムモデルへの対応について検討する。部外の関連機関との情報交換を進め、当該研究計画期間内に技術開発の指針を得る。
- ③ 短期～10 年規模変動を高精度に再現する多圏間相互作用の導入と評価
- ・コンポーネント間相互作用を高精度に実現するために、特に、大気化学、陸面、植生、物質循環についてのモデル開発を進める。まず、オフライン化した陸面モデルをそれらの実験プラットフォームとして活用できるようにする。その上で、他コンポーネントとの間での動作確認とモデル評価を実施する。必要に応じて、他機関で開発されたスキームの導入も検討する。
 - ・実用性の高まった開発成果を地球システムモデルに組み入れて、火山噴火による気象・気候影響を評価するための実験を行う。他課題と連携して火山噴火影響評価研究を展開する。
 - ・累積炭素排出量に対する過渡的気候応答の不確実性低減に向けて、生物地球化学循環場の精度を改善する。短期～季節スケールの変動再現に適したオゾン簡易モデル及び大気物理過程の開発についても実施する。

（副課題 2）

① 将来の現業業務等に資する海洋予測技術の開発

- ・気象庁次期スパコンシステムにおける現業システム（季節予測システム及び日本沿岸海況監視予測システム）の更新に向けて、新しいスキームやパラメタリゼーション等を導入することにより、全球海洋モデル及び日本沿岸海況監視予測システムの改良を図る。この開発は関係課室（気候情報課、海洋気象情報室、数値予報課地球システムモデル技術開発室）及び M3, M4 課題と協力して実施する。
- ・ネスティングによる港湾スケールのモデルの構築や AI の利用等によるダウンスケールリング等の手法により、様々な時空間スケールや極端現象の将来の情報提供に資する海洋予測技術の開発を行う。
- ・高解像度大気海洋結合モデル及び、大気、海洋単体モデルの比較等から、大気及び海洋の短期予報等への結合効果の影響調査のための研究を行う。これは、関係各室（数値予報課全球モデルチーム）及び M4 課題と連携して行う。

② 海洋モデルの安定性、利便性、精度、及び速度の向上

- ・鉛直座標の抜本的見直しにより海洋内部でのラグランジュ的な水塊移動をより適切に表現することで数値拡散が小さいスキームを使うことができるオプションを開発し、海洋内部のバイアス低減を図る。
- ・数値拡散の影響が小さいモデルに、近年の混合過程の知見を取り込んで評価する。
- ・ブラックカーボンの表現を含めた海水モデルの表現を精緻化する。
- ・波浪の影響を海洋モデルに取り入れることで海面過程の精緻化を行う。
- ・本庁と協力して GPU 等の活用により、海洋モデルの高速化を図る。
- ・前処理、後処理における共用ツールの拡充等により利便性向上を図る。
- ・GitHub, Redmine 等の継続した利用により、他機関や関係各室との連携を強化する。

- ③ 海洋熱波等の極端現象や長期変動機構の解明
- ・感度実験の実施により、日本近海の気候変動や黒潮変動のメカニズムを調査する。
 - ・モデル結果及び観測データ等から海洋熱波等の様々な時空間スケールの極端現象の検出、同定、及びメカニズムの評価を行う。

(副課題 3)

- ① マルチスケールに対応する新たな海洋データ同化手法の開発
- ・日本近海から全球海洋及び結合システムに利用可能な統合的同化システムの構築を進める。そのために以下の開発を行う。
 - 弱拘束条件の利用、同化サイクル長の短縮、力学バランスに関する拘束条件の導入等による、幅広い時間スケールの変動に対応した同化手法
 - 高解像度衛星データ（ひまわり SST, SWOT など）、及び沿岸観測データ（HFレーダの海流など）の有効利用を図るための同化手法
 - 背景誤差統計量算出方法や海洋初期擾乱生成法の改良、計算の効率化
- ② 大気海洋結合系のデータ同化と数値予測に関する研究
- ・結合同化システムの開発（海面過程の再現性の高度化、及び、衛星放射計等を用いた大気と海面水温の同時解析手法の組み込み）を進め、再解析実験を行なって性能評価を行うとともに、大気海洋結合モデルによる気象予測における、結合同化のインパクトを評価する。
- ③ 海洋観測の活用と海洋変動のメカニズム研究
- ・海洋アジョイントモデルを活用した観測システム評価手法の開発を行う。
 - ・国連海洋科学の 10 年プロジェクト SynObs の計画に従い、観測システム実験等を実施し、他機関の実験結果と合わせて検討することにより、今後の海洋観測システムの拡充や効率化についての提言をとりまとめる。
 - ・海洋長期再解析データを用いて、海洋変動のメカニズムを明らかにする。
 - 日本周辺海域における水温の長期変動と黒潮・親潮・対馬暖流の関係
 - 黒潮大蛇行と黒潮流量、北太平洋の風の変化との対応
 - 急潮など沿岸域での極端現象の再現性検討と発生メカニズムの解明
- ④ 現業海洋同化システムの共同開発
- ・気象庁で運用中の全球海洋データ同化システム及び日本沿岸海況監視予測システムについて、精度評価と改良を担当課室と協力して行う。
 - ・将来の季節予測システムのための全球海洋データ同化システムの開発（渦許容海洋モデルでの四次元変分法の実施、同化サイクル長の短縮、海面水温データ同化手法の高度化）を行う。
 - ・日本近海モデルに変分法同化を導入するなどして、解析・予測精度を向上させ、日本沿岸海況監視予測システムの海洋貯熱量(TCHP)を利用した台風強度予報ガイドランスの精度向上を図るとともに、同システムの海面水温情報を気象予報モデルの下部境界条件として用いることの有効性検討に資する。
 - ・上記の開発は関係課室（気候情報課、海洋気象情報室、数値予報課地球システムモデル技術開発室）及び M2, M4 課題と協力して実施し、M3 課題は海洋同化と結合同化の改良を通じて貢献する。

(副課題 4)

- ① 地球システム要素を含む週間・季節予測システムの技術開発とフィジビリティ研究
- ・MRI-ESM3 を使用した週間から季節予測システムの構築・開発を行う。モデル開発（大気、陸面、大気波浪結合（A3 課題と連携）等）、初期値化整備、予測実験環境整備を行う。
 - ・オゾン・エアロゾル・波浪等の地球システム要素の週間から季節予報での利用に向けたフィジビリティ研究を行う。大気・海洋・陸面等の要素についても、予測への影響評価を行う。
- ② 週間から季節スケールの台風・極端現象の予測可能性評価と予測改善のための開発・研究
- ・現業季節予測システム（CPS3 等）や MRI-ESM3 を使用した予測改善のための研究を行う。
 - ・極端現象の予測可能性の評価を行う。大気・海洋場の違いによる予測可能性への

	<p>影響評価とプロセス理解を進める（C1 課題と連携）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・台風の予測可能性の評価を行う。 ・アンサンブル予測、確率予測の改善に資する研究を行う。予測システムデザイン（アンサンブル構成等）の開発を行う。 ・大気海洋結合モデルの高解像度化による予測への影響評価を行う。 ・高解像度非静力学全球大気モデルの開発・高速化と、短期から週間予測のフィジビリティ研究を行う。 <p>③ 海洋観測・初期値の週間から季節予測への影響評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・海洋同化システム・大気海洋結合同化システムによる初期値の予測への影響評価を行う。 ・海洋観測システムの予測への影響評価を行う。 <p>（副課題 5）</p> <p>① 化学輸送モデルの精緻化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・M1 課題等と連携しつつ観測データとの比較検証等を行い、MRI-ESM3 におけるエアロゾル、オゾン等の化学輸送モデルを精緻化する。 ・エアロゾル、オゾン等大気微量気体をシームレスに取り扱う全球化学統合モデルの開発を進める。 ・領域化学輸送モデルを高度化するとともに、降水とのフィードバック過程を改善する。 ・短期～季節スケールの変動再現に適したオゾン簡易モデルを開発する（M1 課題と共同）。 ・MRI-ESM3 ベースの物質輸送モデルを開発する。 <p>② 大気微量成分データ同化システムの高度化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大気微量成分のデータ同化システムにおいて複数衛星の活用を図るなどして、本庁での業務高度化を支援する。 ・エアロゾル・オゾン・二酸化炭素に関する再解析システムを改良する。 ・数値予報課地球システムモデル開発室が行っている大気化学モデル及びそのデータ同化システム維持管理への協力を行う。 ・深層学習を用いたオゾン代理モデル（注：オゾン簡易モデルとは別）やダウンスケーリング等に関する技術開発を進める。
<p>研究の有効性</p>	<p>（気象業務への貢献）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本課題で開発される「階層的な地球システムモデル」は、気象庁の季節予測、日本近海の時況監視予測、大気微量成分の監視予測に用いられる現業システムの高度化に貢献する。 ・「気候変動適応」の法制化に対応する高精度の温暖化予測と気候変動が全球から地域までのそれぞれにもたらす影響の評価に大きく資する。 ・気象庁の週間から季節予報の将来の改善に資する。 ・集中豪雨・台風等の災害をもたらす顕著な現象の今後の激甚化の可能性予測、地球温暖化の進行を背景として大気や海洋の長期変化の予測、温室効果ガスや汚染物質の排出増加にともなう地球環境の監視・予測に貢献する。 ・「地球システムモデル」の成果は、モデルを様々な業務にそのまま適用することに加えて、「階層的な地球システムモデル」の考え方に基づき、モデルを構成する「コンポーネント」を各現業モデルに適した形で利用する方法で貢献する。 <p>（学術的貢献）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大気、海洋、波浪、陸面、雪氷、大気微量成分等の地球システムを構成する多様な地球システムの各構成要素とそれらの相互作用を「地球システムモデル」として総合的に扱うことにより、各構成要素を精緻に解析・予測できる最先端の数値解析予測システムを構築することが可能になる。 ・台風・集中豪雨などの顕著現象における海洋の役割の解明に貢献する。 ・国際的な海洋観測網の維持発展に寄与し、国連海洋科学 10 年に貢献する。 ・大気微量成分の再解析データの高度化により、気象、気候、社会研究等に貢献する。 <p>（社会的貢献）</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・本課題で得られる日本周辺の海況の将来予測に関する知見は、気候変動に伴う海面上昇量の検討など、「国土強靱化基本計画」で実施されている、気候変動の影響を踏まえた治水対策に係る基盤情報を与える。 ・日本周辺海域の監視・予測能力の向上に資する海洋モデルや海洋データ同化システムの研究を進めることは、「海洋基本計画」が推進する海洋状況把握（MDA）の強化や総合的な海洋の安全保障と持続可能な海洋の構築に大きく資する。 ・大気微量成分に関する監視・予測情報の高度化は、運輸、産業、エネルギー、社会、疫学等の場面において持続可能な社会の実現に貢献することができる。
令和8年度 実施計画	<p>(副課題1)</p> <p>① モデル気候値と過去気候変動の再現性の向上・検証、及び国際モデル相互比較参加</p> <ul style="list-style-type: none"> ・開発した新地球システムモデル（MRI-ESM3）の気候再現性能を評価した記述論文を作成する。第7期結合モデル相互比較計画（CMIP7）で提案されている主要な実験を実施し、国際研究協力の下で相互比較研究を行う。 <p>② 詳細な地域気候と顕著な地球環境イベントを再現する高解像度 ESM 開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本周辺における地域規模の気候変動の理解に重要な熱帯低気圧や梅雨前線などの再現精度を向上させるために、MRI-ESM3 を高解像度化する。このために必要となる海洋モデルと大気モデルの力学・物理スキームの開発を行う。また、大気 10km、海洋 10km 程度の高解像度モデルを長期積分し、評価・検証する。 <p>③ 短期～10 年規模変動を高精度に再現する多圏間相互作用の導入と評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地球システムの各構成要素とそれらの相互作用を高精度に実現するために開発し MRI-ESM3 に組み入れた陸面・大気化学・陸域生態系モデルを活用し、火山や山火事などによる気象・気候影響の評価を行う実験に着手する。また、これらのモデルに関連した CMIP7 実験を行う。 <p>(副課題2)</p> <p>① 将来の現業業務等に資する海洋予測技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大気海洋結合の短期予報へのインパクトを、大気海洋結合モデルを利用した事例解析を通して評価する。 ・日本沿岸海況監視予測システムについて、パラメタリゼーション等の更新や高速化、安定性の向上等の MRI.COM の更新を反映させることで改良を行う。 ・統計的手法を用いたダウンスケーリング、変動パターン等やシグナルの検出、代理モデルによる予測等の開発を進める。 <p>② 海洋モデルの安定性、利便性、精度、および速度の向上</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メソスケール・サブメソスケール現象、海面スキン水温・塩分予測のパラメタリゼーションなどの物理過程の改良を進め、様々な解像度のモデルで検証を行う。 ・本庁数値予報課と協力し openACC を利用した GPU の利用や混合精度化等を通して海洋モデルの高速化を進める。 <p>③ 海洋熱波などの極端現象や長期変動機構の解明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・海洋モデルを用いた数値実験や気候変動予測先端プログラムのアンサンブル計算成果の解析などにより、気候変動に関わる海洋循環や海面水位等の変動プロセスや、極端海洋現象の発生・持続・衰退過程を調べる。また、このアンサンブルデータセットを用いて日本の気候変動 2030（仮称）に向けた初期解析を行う。 ・行う。 ・CMIP7 に付随して実施が検討されている海洋モデル相互比較計画（OMIP）に参画する準備をすすめる。 <p>(副課題3)</p> <p>① マルチスケールに対応する新たな海洋データ同化手法の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・弱拘束条件を用いた複数衛星の海面水温同化実験の実施。 ・沿岸現象の再現性向上に向けた流速場の検証と同化統計量の改良。 <p>② 大気海洋結合系のデータ同化と数値予測に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・結合同化システムへの新しい誤差統計量と海氷同化スキームの導入。 <p>③ 海洋観測の活用と海洋変動のメカニズム研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マルチシステム OSE を活用した海洋観測影響評価の実施 ・海洋再解析等を用いた海洋変動のメカニズム研究（急潮や海洋熱波、黒潮流路変動

など)

- ・海洋観測影響評価に関する国際シンポジウムの実施支援。
- ④ 現業海洋同化システムの共同開発
- ・次期現業用全球海洋同化システムの熱帯変動の再現性向上のための同化手法の改良と性能評価
 - ・海況監視予測システムの精度向上に向けた開発と導入支援

(副課題 4)

- ① 地球システム要素を含む週間・季節予測システムの技術開発とフィジビリティ研究
- ・地球システムモデル (MRI-ESM3) を使用した週間から季節予測システムの構築・開発を進める。
 - ・MRI-ESM3 に波浪要素を結合する開発を進める。
 - ・オゾン要素やエアロゾル要素を含むモデルを使用した予測実験を行う。使用する地球システム要素の違いが予測に与える影響を評価する。
 - ・陸面要素についても予測に与える影響を評価する。
- ② 台風・極端現象の予測可能性評価と予測改善に資する開発・研究
- ・週間から季節予測における台風・極端現象の予測可能性の評価を行う。
 - ・アンサンブル構成や解像度の違いが予測に与える影響を評価する。
 - ・高解像度非静力学全球大気モデルの開発・高速化を進める。
- ③ 海洋観測・初期値の週間から季節予測への影響評価
- ・海洋初期値の違いによる週間から季節予測への影響を評価する。

(副課題 5)

- ① 化学輸送モデルの精緻化および統合化
- ・MRI-ESM3 をベースとしてカップラーを利用した統合モデルのプロトタイプを構築する。
 - ・大気微量成分と気象場の相互作用に関する事例研究等を実施する。
- ② 大気微量成分データ同化システムの精緻化
- ・オゾン代理モデルのプロトタイプを構築しつつチューニング等を実施する。
 - ・エアロゾル再解析 (JRAero V2) に関して準備を行いつつ、エアロゾル複合データ同化システムの開発に着手する。
 - ・二酸化炭素逆解析に複数の衛星 (GOSAT、OCO-2) を導入した成果について取りまとめる。