

## 研究プロフィールシート（中間評価）

研究課題名：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～令和5年度（5年間）

研究費総額：

研究代表者：石井雅男（気候・環境研究部長、～令和2年9月）

須田一人（気候・環境研究部長、令和2年10月～）

研究担当者：

（副課題1）副課題代表者：直江寛明（気候・環境研究部第一研究室長）

担当研究者：[気候・環境研究部] 小林ちあき、原田やよい、今田由紀子、高薮出

（R2.4～）、保坂征宏（R2.4～）、遠藤洋和、尾瀬智昭（～R3.3）、古林慎哉（併任）、高坂裕貴（併任）、上口賢治（併任、R2.1～9）、南敦（併任、～R2.3）、若松俊哉（併任、～R2.3）、千葉丈太郎（併任、R2.4～）、佐藤大卓（併任、R2.4～）、黒田友二（併任）、村上茂教（併任、～R2.3）、前田修平（併任、R3.4～）、

[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（R2.4～）、吉田康平、齊藤直彬（～R2.9）、[応用気象研究部] 仲江川敏之、川瀬宏明

（副課題2）副課題代表者：保坂征宏（気候・環境研究部第二研究室長）

担当研究者：[気候・環境研究部] 水田 亮、遠藤洋和、尾瀬智昭（～R3.3）、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、R2.4～）、[全球大気海洋研究部] 石井正好、吉村裕正、出牛真、神代剛（R3.4～）、吉田康平、石川一郎、高谷祐平、新藤永樹、齊藤直彬（～R2.9）、足立恭将（R2.4～）、大島長、山中吾郎（～R3.3）、中野英之（R3.4～）、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）副課題代表者：田中泰宙（気候・環境研究部第三研究室長）

担当研究者：[気候・環境研究部] 坪井一寛、石島健太郎、松枝秀和（～R2.3）、

藤田遼（R2.10～）、川崎照夫（併任、～R2.3）、梅澤研太（併任、～R2.3）、古積健太郎（併任、～R2.3）、高辻慎也（併任、R2.4～）、雪田一弥（併任、R2.4～）、佐藤祥平（併任、R2.4～）[全球大気海洋研究部] 眞木貴史

（副課題4）副課題代表者：辻野博之（気候・環境研究部第四研究室長）

担当研究者：[気候・環境研究部] 遠山勝也、小杉如央、小野恒、増田真次（併任、

～R2.3）、笹野大輔（併任）、飯田洋介（併任）、佐藤克成（併任、R3.4～）、[全球大気海洋研究部] 山中吾郎（～R3.3）、中野英之、豊田隆寛、坂本圭、浦川昇吾、川上雄真（R3.4～）、[研究総務官] 石井雅男（R2.10～）

1. 研究の背景・意義 ※現状、問題点、研究の必要性及び緊急性についても記載  
(社会的背景・意義)

- 人為的な温室効果ガスの排出によって、大気と海洋の温暖化が進み、気候が変化している。海洋では排出された二酸化炭素の吸収や温暖化によって 海洋酸性化や貧酸素化も進んでいる。これらの変化は、国際社会に大きな脅威と認識され、2015年9月に国連総会で制定された17の持続可能な開発目標の中で、気候変動への対策や豊かな海を守る具体的な行動を求めている。2016年11月には温室効果ガス排出の抑制による地球温暖化の緩和に向けたパリ協定が発効した。世界経済フォーラムが公表したグローバルリスク報告書2018においても、異常気象、自然災害、気候変動の緩和と適応の失敗の3つは、世界が抱える30のリスクの中でも発生の可能性が最も高く、負の影響が最も大きいリスクに挙げられている。
- 日本国内においても、観測史上かつてない猛暑や集中豪雨が、近年各地で発生し、人身や社会基盤に大きな被害を与えており、気候の変化が現実の問題として国民に広く認識されるようになった。こうした中、2018年5月には気候変動における海洋の役割や海洋酸性化の実態把握を目的に含む第三期海洋基本計画が閣議決定された。2018年12月には気候変動適応法が施行され、産業や自然・社会環境に関する様々な分野で、気候変動に対する効果的な適応策を推進する。
- 気候変動の緩和や適応に関する国内外の諸政策を立案し、啓発や技術開発・体制構築などを通じてこれらを実施するために、その根拠となる 炭素循環や気候変動の実態、原因、メカニズムや、数年から百年スケールの予測に関する科学的知見の充実と、その不確かさの低減が、喫緊の課題として社会から求められている。同時に、気象・気候災害による被害を防止・軽減するため、異常気象の中長期予報精度の向上や極端気象のメカニズム究明も不可欠である。
- 本課題が対象とする現象は、全球気候観測システム(GCOS)が掲げる7つの全球気候インディケータのうち、雪氷圏の2つを除く5つ(表面温度、海洋熱、大気CO<sub>2</sub>、海洋酸性化、海面水位)を対象に含む。また、8つの補助インディケータのうち、やはり雪氷圏の2つを除く6つを対象に含む。

(学術的背景・意義)

- 本課題の内容は、世界気候研究計画(WCRP)が掲げる7つの重要課題のうち、気候システムにおける炭素循環の解明、十年規模変動予測、顕著な気象・気候変動の理解と予測、沿岸水位変化に関連する。
- 地域的な気候や顕著な気象・気候現象に関するメカニズムの解明を実現するためには、大気と海洋等の結合作用を考慮した精緻な高解像度モデルによる気候再現・予測研究の展開が求められている。
- 地球の放射収支に影響を与える 温室効果ガスの長期的変動の実態を把握するための観測の継続に疑問を挟む余地はない。観測データに基づいて地球規模の炭素循環の把握にアプローチすることは目下の重要課題の一つである。また、近年の高度な海洋観測手法により、空間変動スケールの小さい海洋内部変動が卓越す

る、とりわけ日本近海の複雑な海洋構造の理解を深め、海洋及び海洋炭素循環モデルの高度化を通して、モデルによる海洋変動の再現性を高めることが肝要である。これは海洋学の知見を増やすだけでなく、短期気象予測の高度化や温暖化による気候変動の解明に関わる研究展開につながる。

- 温室効果ガスの気候影響評価や、気候システムの中でその役割を理解するためには、地球システムモデルを活用した気候研究が有効である。これによる研究成果を積み上げることにより、長期的な気候予測の精度向上が期待される。
- 温室効果ガスは、もともと地球表層の炭素循環の構成要素であって、地球の放射収支に大きな影響を持つ微量気体群である。温室効果ガスの増加は地球の気候を決定する大気、海洋、陸、雪氷などの多様な要素の相互作用を通して気候システムの変化を引き起こす。したがって、人為的に排出された温室効果ガスの動態や、その増加が引き起こす気候変化の実態及びメカニズムを解明することは、気候システムと、その重要な一構成要素である炭素循環を理解する学術的な研究なしには成し得ない。
- 気象研究所は、気象庁各課との密接な連携や、国内外の研究機関との共同研究により、季節予報や異常気象の理解、地球温暖化の実態把握と予測、大気と海洋の炭素循環の実態把握など、気候システムに関わる大気科学や海洋科学の諸分野の研究において、それらの黎明期から学術的に優れた業績を挙げるとともに、研究に必要なデータセットなどの基盤情報を学界に広く提供してきた。

(気象業務での意義)

- 気象再解析、気候再解析、季節予報実験、十年規模予測実験、温暖化予測実験、及びこれらに関連したデータ解析の成果は、気候情報課における季節予報や解析業務の基盤情報となる。
- 開発と実用化を進める世界最先端の観測手法は、世界気象機関の全球大気監視(WMO/GAW)やユネスコ政府間海洋学委員会等の全球海洋観測システムなどと連携して気象庁が実施している 大気と海洋における温室効果ガスの現業観測の改善に活かし、その地球環境監視業務の充実と向上に貢献する。
- 本課題で得られる研究成果は、気象庁のウェブサイトや、異常気象レポート、気候変動監視レポート、地球温暖化予測情報などの 気象庁の刊行物の作成に貢献する。また、気候変動に関する政府間パネル第6次評価報告書(IPCC AR6)や、WMO 気候ステートメント年報及び温室効果ガス年報等に貢献する。

## 2. 研究の目的

(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実性低減

- 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。

### 3. 研究の目標

#### (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

- 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 化学トレーサー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ー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を確立する。
- 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 ( $^{222}\text{Rn}$ ) を指標とした清浄大気の詳細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うことで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。

#### 中間評価時の到達目標

#### (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
  - 現行の季節予測システムにより、アジアモンスーンや台風等の予測可能性を評価し、その起源を解明する。
- 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実験による極端事象の予測可能性を評価する。
- ③ 異常気象の予測可能性の研究

- 長期再解析を用いて過去に発生した異常気象の実態を把握する。
  - 大気モデル大規模アンサンブル実験により、異常気象への温暖化寄与率を定量化する。
- ④ 気候研究の基盤情報整備に関する研究
- 気象庁による次世代再解析（JRA-3Q）の品質評価を行う。

### （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
- 開発したタイムスライス実験システムにより過去と将来気候を対象とした実験を行い、既存システムとの予測パフォーマンスの相違点についてまとめる。
  - 海洋のプロダクト作成に向けた作業に着手する。まずは、海水温情報について取りかかる。
- ② 十年規模気候変動予測
- 開発した十年規模気候予測のための新しい実験システムの主要な十年規模変動についての予測パフォーマンスを理解し、課題を整理する。地域的な予測精度の向上に向けて、二回目の予測実験をデザインする。
- ③ 気候再現実験
- 長期気候変動再現実験システムにより予備実験を行い、アジア域の気候再現に関する課題を整理・解決する。
- ④ CMIP 実験
- 実施した CMIP6 関連実験の成果をまとめるとともに、各種データセットを解析したメカニズム解明を進める。

### （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
- 化学トレーサー観測（ $^{222}\text{Rn}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2/\text{N}_2$ ）を実施し、長期の連続データを取得し、データセットを作成する。
  - 気象庁及び国内研究機関による標準ガス比較実験を通じて、観測基準の国際標準化を図るとともに、実大気を利用した標準ガス調製装置の製作試験を行う。
  - レーザー分光型分析計を利用した連続観測装置の高精度化と新装置に最適な標準ガスの検討試験を進め、レーザーを利用した観測システムやハロカーボン測定システム等の観測手法を確立する。令和 3 年度以降に更新予定の気象庁の定常観測装置仕様に反映させる。
- 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
- ラドンの観測データをもとにしたデータ選別手法を確立する。これによって、広域を代表する温室効果ガス濃度の変動を、濃度データのみから検出する従来手法よりも高い確からしきで検出する。
  - 化学トレーサー（ $\text{O}_2/\text{N}_2$  など）の変動に基づいて、 $\text{CO}_2$  濃度の変動要因を定量的に評価する手法を開発する。温室効果ガス濃度と化学トレーサーの変動について短期的・季節的な関係を解析する。

#### (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基本的な観測手法を確立する。
- 観測船で測定した高精度のデータに基づいて、水中グライダーに搭載したセンサーで測定したデータの誤差を評価し、補正法を考案する。
- 精製した発色指示薬を用いることにより、分光光度法による pH 測定の精度を向上させることが可能か否か検討する。

##### 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東経 137 度、東経 165 度、東シナ海の各観測定線における長期高精度観測データを解析することにより、北太平洋亜熱帯域の海洋炭素系の十年規模変動と長期変化傾向や、それらのメカニズムを解明する。
- 海洋炭酸系パラメーターの分布・変動に関して、気象研究所の海洋モデルや地球システムモデルの再現性を検証する。

#### 4. 研究成果

##### (1) これまで得られた成果の概要

###### (全体)

本研究は課題解決型研究課題であり、M 課題（地球システム・海洋モデリングに関する研究）や気象庁数値予報課、気候情報課、環境・海洋気象課などとの緊密な協力や、外部資金などを通じた他機関との共同研究を通じて、季節予報モデル、大気輸送モデル、温暖化予測モデル、地球システムモデルの解析や、長期再解析データの品質管理・解析、大気・海洋の温室効果ガスや種々の化学トレーサーの観測・解析、それらの組合せにより、異常気象のメカニズム、季節予報可能性、温暖化に関する種々の予測、大気・海洋の炭素循環や海洋酸性化などの実態解明と予測に関して、以下に述べる成果を上げることができた。

#### (副課題1) 異常気象のメカニズム解明と季節予報可能性の評価

##### ① アジアモンスーンと台風の予報可能性評価

- 2018 年の夏は北西太平洋モンスーンが活発で、台風の発生個数や存在確率が大きかった。気象庁の現業季節予報システムを用いた数値実験により、これらの状況には太平洋南北モード (PMM) が関係していたことがわかった (Takaya 2019)。これは、ENSO やインド洋キャパシターモード (IPOC) に加え、PMM が北西太平洋モンスーン及び台風活動の予報可能性をもたらすことを意味する。
- 2010 年夏の記録的な高温に対する大西洋の海水温の影響及び 2020 年梅雨期の多雨に及ぼすインド洋の変動の影響について、現行季節予報システム (JMA/MRI-CPS2) を用いて研究を行い、異常気象発生メカニズムに関する論文 (Takaya et al., 2020, Takaya et al., 2021) を発表した。

##### ② 極端気象の実態と予報可能性の研究

- 2018 年夏の事例について、現業季節予報システムを用いて季節予報実験を行い、夏の特徴である深いモンスーントラフやハドレー循環偏差、中緯度域の帯状平均高温偏差などがある程度再現されることを確認した。SST 感度実験などを通して、北太平洋亜熱帯域の SST 高温偏差が対流活動偏差を通じて中緯度大気の高



温に影響していたことを明らかにした (Kobayashi and Ishikawa, 2019)。

- 2019/2020 年冬季の大暖冬について、異常気象発生や持続メカニズムに関する解析を行い、当該現象の発生・持続のメカニズムに関する論文 (Kuramochi et al., 2021) を発表した。
- d4PDF を利用して、日本の局所的な豪雨の発生確率の長期予測可能性を評価した。

### ③ 異常気象のメカニズム解明と要因に与える大規模場の影響評価

- IPCC AR6 への貢献 1): WG1 AR6 第 10 章”世界規模と地域規模の気候変化のつながり”への主要執筆者としての参加。最終草稿 (FGD) の精査と、第 2 次草稿 (SOD) への専門家レビューコメントへの回答作成。WG1 AR6 テクニカルサマリー (TS) のアジア域の取りまとめ。気候変動の駆動要因テーブル、およびトレースバック表 (TBM) のアジア域作成の取りまとめ。アジア域ファクトシート作成の取りまとめ。
- IPCC AR6 への貢献 2): 第 54 回全体会合への日本政府関係者としての参加。7/15 記者クラブ向けの事前勉強会への参加。8/9 公表時の記者会見への同席。政策決定者向け要約 (SPM) の日本語訳暫定訳の作成への参加。8/31 統合プロによる IPCC AR6 紹介のシンポジウムでの発表及びパネリストとしての参加。
- WG1 AR6 第 11 章「変化する気候下における気象及び気候の極端現象」および第 12 章「地域規模の影響及びリスクを評価するための気候変化に関する情報」にて、イベント・アトリビューションに関する本課題の研究結果が引用された。
- イベント・アトリビューションのための d4PDF 延長実験を実施し、異常気象に備えた。
- 平成 29 年 7 月九州北部豪雨及び平成 30 年 7 月豪雨のイベント・アトリビューションに関する論文 (Imada et al., 2020) を発表し、アウトリーチ活動を行った。
- 令和元年台風 19 号 (Kawase et al., 2020)、令和元年から令和 2 年にかけての大暖冬、令和 2 年 7 月豪雨に対する地球温暖化の影響の評価を行った。
- 西日本の過去の大雨時と平成 30 年 7 月豪雨の循環場の特徴についてまとめた論文 (Harada et al., 2020) を発表した。
- ユーラシア (EU) パターンに関連する惑星波の変調を解析し、EU パターンの力学的メカニズムを明らかにする論文 (Maeda et al., 2021) を発表した。
- 2019 年南半球の成層圏突然昇温 (SSW) 後に起きた南極振動の負位相の持続について、現行季節予測システム (JMA/MRI-CPS2) を用いた予測実験を実施し、実態解明と予測可能性の研究を行った。
- 2019 年南半球 SSW 発生時の特徴であったダブルジェット構造について、循環場の特徴、波強制で駆動されるジェットの役割、対流圏ジェット変位の予測可能性を調べた。
- 夏季ユーラシア大陸で、亜熱帯ジェットと波強制で駆動されるジェットが発達するダブルジェット型について、循環場の特徴、運動量収支、生成・発達メカニズムを調べた。
- 国内地上観測データを用いて過去 120 年間の梅雨期と秋雨期の降水量及び大雨頻度の長期変動を調べ、梅雨は活発化、秋雨は不活発化していることが分かった。

### ④ 気候データに関する研究

- JRA-3Q ストリーム A (1990 年代以降) の本計算では、各種衛星観測データセット (OA フラックス、CERES、TRMM 及び MLS/Aura など) を用いて熱・放射フラックスや降水量、非断熱加熱率の鉛直プロファイル、成層圏における水蒸

気やオゾン分布などの品質評価を行った。またヨーロッパ中期予報センターや米国航空宇宙局などの他機関作成の最新プロダクト (ERA5、MERRA2 など) との比較を行った。

- JRA-3Q ストリーム B (1960 年代~1980 年代) の本計算で、他機関の再解析を含む相互比較から、降水などの 2 次元平面量、風や気温の東西平均場、赤道準二年周期変動について評価を行った。
- 将来の再解析システムの検討に向け、気象研究所で開発された大気海洋結合同化システム (MRI-CDA1) を用いて、季節内スケールでの海面水温と降水の時間変化の関係の再現性に対する結合化のインパクトを示す研究を行い、論文 (Kobayashi et al., 2021) として発表した。
- 利用可能な 20 種類の Level 2 衛星観測オゾン全量データを 40 年 (1978–2017 年) 分取得し、地上からのオゾン観測との比較から、2 種類の方法でバイアス補正と時間的に高分解能な結合データセットを作成し、論文として発表した (Naoe et al., 2020)。

## (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

- 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った。従来の温室効果ガス濃度変化を与える大気海洋結合モデルに比べるとデータ同化により降水量の気候値、年々変動の再現性が改善している。また、従来の海水面温度変化を与える高解像度大気モデルと比べると、大気海洋結合効果により、北西太平洋域での季節内変動スケールの SST と降水の間のラグ相関関係や、強い台風の頻度の緯度分布が改善することを確認した。このシステムを高解像度化することで梅雨の再現性能等も向上する。
- 同システムで、複数の CMIP6 モデル温暖化差分を加えた将来予測の予備実験を実施した。将来予測実験では CMIP6 に提出された海洋の温暖化に伴う変化を与えることで降水量の変化も再現できることを示し、海洋表層状況の分布の変化が降水量の分布の変化に強い影響を与えることが示唆された。
- 同システムで、大気モデルを低解像度の設定にして、長期積分を実施することに成功した。対象とする将来予測期間の計算が、長期の積分ののちに実施されるため、海洋のドリフトが少ない状態で実施できること等を確認中である。
- 大気海洋結合モデルの高解像度化 (大気 20 キロ、海洋 10 キロ) のテストを実施し、海水面温度、海面高度場、西岸境界流路の再現性が向上することを確認した。

### ② 十年規模気候変動予測

- 気象研究所地球システムモデル MRI-ESM2 により、CMIP6 のサテライト MIP による十年規模変動予測実験 (DCPP) について実験を実施し、成功し、CMIP6 へのデータ提出作業を行った。また、結果について解析を進めた。
- WMO の十年規模変動予測活動の一環として最新初期値による 予測実験を行い、実験結果をリードセンターである英国ハドレーセンターに提出した。
- 気象研究所地球システムモデルを用いて大規模火山噴火の気候及び生態系への影響 (全球平均 1 °C 寒冷乾燥化、中緯度陸域 3 °C 寒冷化で純一次生産 20% 減少、数年後ほぼ回復、等) を解析した論文を公表した (Obata and Adachi, 2019)。

### ③ 歴史的観測データの活用

- 気候モデルに用いる歴史的観測データの整備を進めたうえで、大気モデル MRI-AGCM3.2 と LETKF を用いて、観測データ (海面気圧データ、日本域気圧デ

ータ、COBE-SST2、台風トラックデータ)を与えるデータ同化システムのプロトタイプを開発し、1850～2015の期間で実施可能にした。試験的に行った一部期間の初期結果についてJRA-55や20CR ver.3と比較する等の形で検証を開始した。

#### ④ CMIP 実験の実施と気候変動メカニズム解明

- 気象研究所地球システムモデルMRI-ESM2を用いてCMIP6の各種MIPを実施し、CMIP6にデータを提出した。歴史実験、シナリオ実験の検証・解析を実施し、放射収支や大気・海洋による南北熱輸送といった基本的なエネルギー収支が大きく改善され、CMIP5マルチモデル群と比べてもっともよいという結果を論文にまとめた(Yukimoto et al., 2019)。CMIP6のendorsed MIPとして行ったものは、AerChemMIP, CFMIP, C4MIP, DAMIP, FAFMIP, GMMIP, RFMIP, PMIP, CovidMIP 等である。
- CFMIPの下で行われているSPOOKIE2(共通のシンプルな雲スキームを用いてAMIP、AMIP+4Kの計算をするモデル間比較実験)に実験結果を提出した。SPOOKIE2の結果として、雲スキームを共通にしても、雲フィードバックのばらつきは小さくならないという結果を得た。
- COVID-19に伴う気候影響評価をおこなうCovidMIPに参加した。MRI-ESM2を含む世界の12モデルによる影響評価の結果、一時的な排出量減少により、東アジアや南アジア域でのエアロゾル量は減少するものの、地上気温や降水量への有意な影響は見られないことが分かった(Jones et al., 2021)。
- CMIP6の歴史実験(1850-2014年)におけるエアロゾル濃度変化の再現性をグリーンランドのアイスコアデータにより検証し、解析した。硫酸塩エアロゾルの再現性は高かったが、黒色炭素エアロゾルについては20世紀前半にみられる濃度増大を再現できなかった。排出源データとして代わりにCMIP5で配布されたものを用いたところ、黒色炭素エアロゾルの濃度増大がより適切に表現された。黒色炭素粒子の排出源データにかかわる不確定性、予測の不確実性は大きいと言える。
- 放射強制力モデル相互比較計画RFMIPとAerChemMIPの枠組みで、MRI-ESM2での産業革命前を基準とした現在における人為起源気体とエアロゾルによる有効放射強制力をMRI-ESM2.0を用いて推定した(Oshima et al., 2020)。
- 北極評議会・北極圏監視評価プログラム作業部会(AMAP)の枠組みで、Short-lived Climate Forcers(SLCFs)の北極気候や大気質への影響を評価した。
- 気象研究所大気大循環モデル(MRI-AGCM3.2)による将来気候アンサンブル予測実験結果を解析し、梅雨降水帯の6月は強化・南偏が高い確度で予測される一方、7月は変化傾向の不確実性が大きいことを示した。モデル感度実験により、7月は複数の要因が打ち消しあうために変化傾向がばらつきやすいことが分かった(Endo et al., 2021)。
- 同じくd4pdfを用いて梅雨の将来変化について解析し、夏季降水量は東アジアのほとんどの地域で増えるものの、西日本では6月の降水が減ること、これは北西太平洋亜熱帯高気圧が南に偏り、日本の南で水蒸気収束が起こることによる影響であることを示した(Kusunoki et al., 2021)。
- MRI-AGCMによる大気循環予測実験結果及びCMIPマルチアンサンブルを用いて日本周辺の解析を行い、予測結果の説明と信頼度についての評価し、冬季は暖冬型、夏季は初夏型の気圧配置、春季は北日本にアリューシャン低気圧が残る一方、秋季はアリューシャン低気圧の南下が遅れる季節変化の傾向が見られること等がわかった(Ito et al., 2020)。

- MRI-AGCM3.2 の 20/60km モデルと CMIP5 マルチモデル平均について盛夏期の日本の将来気候変化を解析した。それらの海面気圧将来変化が、JRA-55 の海面気圧偏差と類似する年を抽出して比較すると、日本域の盛夏降水量偏差には類似性がみられることが分かった。なお将来予測では加えて、水蒸気量の増加に伴う降水量増加が重要な因子となる。
- MRI-ESM2 による将来の全球の降水効率を、排出シナリオ別に、それぞれ平均量と極端降水に分けて調べた。平均降水量では低排出シナリオの方が降水効率が高く、各シナリオ別にみると平均降水量よりも極端降水の方が降水効率が高いという結果を得た。
- d4PDF における極端な降水現象の地球温暖化に伴う変化について解析し、再現期間や時空間スケールに対する依存性は、上昇流増加に伴う力学的寄与の違いによって生じていることを示した (Mizuta et al., 2020)。
- 下層雲が SST、亜熱帯高気圧、熱帯降水帯に与える影響を、下層雲を消す実験により、大気海洋結合モデル及び大気モデルを用いて系統的に調べた。大陸西岸の下層雲の雲頂冷却の亜熱帯高気圧への寄与はほとんどないこと (Kawai and Koshiro, 2020)、亜熱帯では下層雲は大陸西岸に局所的に存在するが、SST への局所的な効果はそれほど大きくないこと等がわかった。また MRI-ESM2 では、南大洋の放射バイアスが大きいほど南半球の熱帯降水帯の表現が悪化していくという明瞭な関係が示された (Kawai et al., 2021)。
- 気候モデルにおける雲の取り扱いにかかわる、その値自体の不確実性も結果に与える影響も大きいパラメータ「雲-降水変換が起こる雲粒有効半径の閾値  $R_c$ 」が全球平均気温上昇の再現性に与える影響を、気象研究所全球大気・海洋結合モデル MRI-CGCM3 を用いて調べた。先行研究を支持する結果を得た上で、 $R_c$  を変えたときの雲粒数密度の変化がもたらす雲放射効果の違いが気温上昇量に効くことを明らかにした (Koshiro et al., 2020)。この一連の過程の不確実性を減らすことが重要であると言える。
- d4PDF を用いて熱帯低気圧の地球温暖化に伴う変化について調査し、将来の台風の中緯度での移動速度の低下 (Yamaguchi et al., 2020) や日本域での台風に伴う顕著な降水の増加 (Hatsuzuka et al., 2020) についてその要因や不確実性も含めて明らかにした。
- d4PDF を用いて、成層圏突然昇温(SSW)が熱帯対流圏、特に対流活動に与える影響について調べた。熱帯低気圧を含む熱帯対流活動は SSW 発生時に活発化し成層圏上昇流と同期することがわかった。対流圏中高緯度波活動の熱帯への影響はサンプルサイズが大きい場合には支配的ではないことも示した (Yoshida et al., 2021)。
- MRI-ESM2 を用いて、1850 年を基準とした 2014 年における気候変動をもたらす主な駆動要因による有効放射強制力 (ERF) を総合的に推定し、エアロゾルと氷雲の相互作用 (氷晶核) の重要性を示唆した (Oshima et al 2020)。
- MRI-ESM2 を用いて、20 世紀前半 (1920-1940 年) の北極域温暖化について評価・解析し、モデルは地上気温の上昇と海氷減少を再現するを示した。DAMIP に基づく解析により、自然強制と内部変動がこの温暖化の主要因であり、これらの大きさは同程度であることが示唆された (Aizawa et al., 2021)。
- 気象研地球システムモデル産業革命前実験の定常状態に於いて、エルニーニョとアジアモンスーンについて調べた。産業革命後の温暖化がまだ顕著でない 1877-1878 年の大旱魃・大飢饉に類似した場 (+3°C のエルニーニョの影響でモンスーンアジア陸域の降水と純一次生産が 20%減少) が解析され、炭素循環にかかわ

- る気候・環境変動の解明・予測におけるモデルの有用性を確認した。
- 日本付近における夏期降水の将来予測について、MRI-AGCM3.2 ならび CMIP5 マルチモデルを用いて解析した。21 世紀末の夏季東アジアの平均降水量変化はマルチモデル平均では増加を示すが、夏季東アジアの現在気候再現性が高いモデルを選択すると月や地域によっては減少する可能性があり、その特徴は 60 km MRI-AGCM 予測実験の結果と共通することがわかった(Ose, 2019)。
  - CMIP5 マルチモデル間の降水量予測の不確実性について大気循環の将来変化による説明を行い、モデルの現在気候再現性や将来の海陸温度コントラストに基づく要因分析等を進めた。その結果、地球温暖化時に生じる鉛直流の抑制は、現在気候における鉛直流（すなわち降水量）分布を反映しており、現在気候のアジア太平洋モンスーンの降水量が比較的少ない（多い）モデルは、将来の夏季東アジア南風指数増加（減少）を予測する傾向を示すことがわかった（Ose et al., 2020）。
  - CMIP マルチモデルを解析し、将来の降水が過去の降水量の最大値を連続して超え始める時期を調べた。平均降水量では高緯度の方が低緯度より早く出現する傾向があること、強い降水では力学的効果より熱力学的効果の増加に起因することなどを示した（Kusunoki et al., 2020）。
  - CMIP5 マルチモデルの解析を行って、将来気候変動の不確実性の最も大きな要因の一つである亜熱帯海洋下層雲量の温暖化時における変化を調べた。多くのモデルで温暖化時に下層雲量が減少する傾向が見られるが、下層雲量の指標（強い正相関を持つ）として知られる推定逆転強度 EIS は増加しており、近年大きな議論となっている。これに対し、Kawai et al.(2017) で新しく提案した指標 ECTEI は、温暖化時に減少しており、下層雲量の減少とそのメカニズムを矛盾なく説明できることがわかった。
  - インド-西太平洋コンデンサー効果についてメカニズムおよび影響について調べ、レビュー論文の形でまとめた（Kosaka et al., 2020）。
  - WWRP/WCRP の季節内から季節予測プロジェクトの予測データを解析した。負 AO 相は渦・帯状流フィードバックによりユーラシア・北米の寒冷を引き起こすことを示した（Minami et al., 2020）。
  - QBO モデル相互比較（QBOi）データを用いて QBO の中高緯度テレコネクションを調べた(Anstey et al.,2021)。QBO 西風時に成層圏極渦の強化が起きたがシグナルは観測より弱かった。モデル QBO の振幅の小ささがテレコネクションに影響していると示唆された。
  - CMIP6 データを用いて Brewer-Dobson 循環の再現性と将来変化を評価した (Abalos et al.,2021)。これまでと同様に成層圏中上層での観測とモデル間のトレンドの不一致が見られた。地球温暖化で循環強化が起きるが下層での変化がロバーストである一方、上層の循環はモデル依存性が大きく、予測の不確実性が大きいことが示された。
  - 国・地方公共団体、事業者、国民、さらには研究者向けの、地球温暖化に対する緩和策・適応策や影響評価の基盤情報として使える報告書として「日本の気候変動 2020」が気象庁と文部科学省の共同で令和 2 年度に刊行されたが、気象研究所の他課題、気象庁等とも連携して貢献した。地球温暖化予測の最新の知見がまとめられており、特に「不確実性・確信度」の情報も記載されている。

### (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・父島におけるラドン ( $^{222}\text{Rn}$ ) 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、気象条件や装置不

具合による欠測に対応しながらそれぞれ継続した。父島の CO<sub>2</sub>と CH<sub>4</sub>は、台風被害により令和元年 10 月末から令和 2 年 2 月まで、令和 2 年 4 月 22 日から令和 3 年 2 月まで装置不具合のため欠測が続いたが、それぞれ新たな採取口等の整備と点検時対応により観測を再開した。また、4 観測所で得られているラドンデータの濃度計算方法や品質管理等を再評価し、データセットを新たに整備した。この整備したラドン観測データは WMO/GAW 温室効果ガス世界資料センター (WDCGG) に登録予定である。

- 次世代のレーザー分光型大気観測システム開発を見据え、3 成分 (CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、CO) レーザー分光分析計の評価試験を行った。南鳥島現業観測装置との比較実験の準備を行った。
  - 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 CO<sub>2</sub>標準ガス新較正装置の性能評価や運用について技術支援を行った。また CO<sub>2</sub>の WMO スケール改訂案 (X2019) の評価を実施した。
  - 気象庁で運用を開始した CH<sub>4</sub>新較正装置の結果を解析し、高精度測定が維持されていることを検証した。また、過去 (1994 年～2000 年) に気象庁が実施した CH<sub>4</sub>標準ガス国際巡回比較実験の結果をまとめた (松枝ほか, 日本気象学会 2019 年度秋季大会)。また較正装置の現仕様・設定で蓄積してきたデータを解析して性能評価を行い (Ishijima et al., GGMT-2019)、今後の較正装置の運用について議論・助言を行った。
  - 南鳥島で令和 2 年に開始された気象庁ハロカーボン観測について、観測装置の製作段階から技術支援を行った。これまで気象研が整備したプラスチック分析用の標準ガスと気象庁が整備する標準ガスの比較実験を行って観測スケールの整合性を確認し、観測スケールの維持手法について検討した。
  - 実大気標準ガス充填設備を導入し、初期的な動作試験を実施した。
- 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
- 新たに整備したラドンデータセットを用いて、大陸やローカルな発生源の直接的影響を受けた温室効果ガス濃度データの選別を行った。
  - ラドン、六フッ化水素 (SF<sub>6</sub>)、仮想的な人工トレーサーを用いて、気象庁二酸化炭素輸送モデル GSAM-TM の低・高解像度での再現実験を行い、南北半球間輸送がやや遅めの傾向を示す等の大規模輸送特性等について M5 課題 (化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究) 担当者及び気象庁環境・海洋気象課と共有した。
  - ラドン濃度の時空間変動について、低・高解像度の GSAM-TM を用い、モデル解像度による依存性や、異なる領域から放出されたラドンの 4 観測所での細かな濃度変化への寄与などについて解析した。その結果、洋上サイトでのモデル再現性は良いが速い輸送による細かな濃度変化は高解像度でないと捉えられない場合が多いこと、月別ラドン放出データは日本が過小評価になっている可能性があること、地域放出の影響は限定的で総観規模の高濃度イベントはほぼ中国からの輸送に起因し、それより長いスケールの変動についてはロシア等からの輸送の影響も受けているということが分かった。また、これまで着目されてこなかった海洋等からのラドン放出の可能性を探り、日内・総観規模・月別という異なる時間スケールのラドン変動について解析を行った。これらの成果は JpGU 2019、2019 年度 気象学会秋季大会と AGU Fall Meeting 2019 で発表し、査読付き論文に取りまとめて投稿した。
  - ERA5 の海洋熱フラックスデータ等を用いて新たに N<sub>2</sub>と Ar のフラックスデー

タを作成し、GSAM-TMに入力して計算を行った結果、Ar/N<sub>2</sub>比の大気観測の季節変動の再現性が大きく改善した。この改善したAr/N<sub>2</sub>比の季節変動のGSAM-TMシミュレーション結果について、JpGU 2020ポスターセッション及びAGU Fall Meeting 2020招待講演にて発表した。

- 航空機観測データの解析から2020年の米国西部における大規模森林火災によるCO<sub>2</sub>放出とみられる濃度変動シグナルを見出すことができた。
- 大気中CH<sub>4</sub>濃度、CH<sub>4</sub>の安定炭素・水素同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta\text{D}$ ）及び近年新たに得られた $\Delta^{14}\text{C}$ の観測データの時空間変動を、数値モデルによって統一的に再現することで、1750年から2015年にかけての全球CH<sub>4</sub>の各排出源・消滅源の最適な推定値を求めた。得られた成果を第25回大気化学討論会2020及びJpGU 2021にて招待講演を行い、さらにイギリスのImperial College London及びUniversity of Bristolにおいて招待セミナーを行った。また、大気化学輸送モデルを用いて過去30年間のメタンの大気中濃度と放出量の変化を詳細に明らかにした共著論文（Chandra et al., 2021）を気象集誌より出版した。
- 航空機観測データの解析からユーラシア大陸上空の上部対流圏・下部成層圏におけるCH<sub>4</sub>濃度、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta\text{D}$ の時空間変動を明らかにした。得られた成果を気象学会分科会「航空機観測研究集会」にて口頭発表した。
- 地球システムモデルMRI-ESM2.0によるCMIP6歴史実験（esm-hist）における大気二酸化炭素濃度の再現性をWDCGGの地上観測データ及び他機関による解析データセットとの比較評価を行い、日本気象学会2020年度秋季大会で発表した。
- 気象庁二酸化炭素分布の作成に用いられているCO<sub>2</sub>逆解析システムを気象研究所スパコンシステムに移植し、炭素収支の解析実験装置として整備した。

#### （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

- 水中グライダーによる実海域観測を多様な条件の下で観測試験を兼ねて実施している。令和元年4月から6月には房総半島南東の黒潮再循環域で高気圧性中規模渦の断面観測に成功した。この高気圧性渦は中心付近に密度一様で高酸素の水を閉じ込めており、熱や物質の輸送に寄与していることを実証できた（遠山ほか、日本海洋学会秋季大会、Toyama et al., Ocean Sciences Meeting 2020）。令和2年3月から4月には房総半島沖合の黒潮再循環域において、春季の成層化による生物生産の活発化を捉えることができた。晩冬の混合層最発達期を含めた季節遷移を完全に把握するには2月中から観測を開始し、黒潮続流にも近づく必要があることが分かったが、この時期特有の強風による高波の状況下でも問題なく水中グライダー観測を実施することができ、観測船による現場観測を補う手段となる可能性があることを確認した。
- 水中グライダーの測器試験を筑波大学臨海実験センターで実施し、水中グライダーの運行性能や観測性能などを確認し、より効率的な観測法やデータ処理方法の開発を進めている。令和元年度から3年度は特に自己推進装置の操作習熟を行った。自己推進装置は想定通りに動作し、黒潮等海水の性質が急激に変化する海域での観測や低気圧の予想進路を想定した機動的観測など、今後の観測に柔軟性を持たせることができることを確認した。
- 水中グライダーにより測定したデータの誤差評価とその補正法の考案を行った。投入・回収時の観測船で測定した高精度データとの比較から、水中グライダーによる水温・塩分データについては系統的補正が必要と判断されるほどの誤差が見

いだされなかった。酸素濃度データについては濃度に依存せず経過時間と共に増加する正のバイアスが存在することが判明したため、バイアスが経過時間と共に一定の率で増加すると仮定してバイアスを除去する補正を行うこととした。

- 気象庁環境・海洋気象課からの要請で pH 測定における指示薬の時間変化の影響調査を実施した。未精製・精製済の指示薬により、標準溶液 (CRM) の測定・比較を行い、それぞれの指示薬に対して提案されている補正手法の妥当性を評価した。補正のための測定は、同じ指示薬を使っている限り 1 週間に 1 度程度で十分であることを確認した。
- アルカリ度に関して、実測値と表面海水中二酸化炭素分圧 ( $p\text{CO}_2$ ) 及び全炭酸濃度 (DIC) の実測値から算出した推算値がよく一致し、十年規模で同様のトレンドを得ることができ、今後クロスチェック等による品質管理に役立つ可能性が示唆された。

## 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  $\text{CO}_2$  観測データの解析結果に基づいて、日本南方の亜熱帯域で海洋酸性化が加速していることを定量的に示すことができた。また、黒潮南方や熱帯域では、酸性化速度に顕著な十年変動があることも分かった (Ono et al., 2019)。
- 「日本の気候変動 2020」の「詳細版第 15 章 海洋酸性化」における将来変化の部分を担当し、CMIP5 地球システムモデルの結果や観測に基づく線形重回帰モデルを活用して、世界及び沖縄周辺、日本南方海域における海洋酸性化、炭酸カルシウム (アラゴナイト) 飽和度の低下に関する定量的評価を行った。人間活動による  $\text{CO}_2$  排出がこのまま続いた場合 (RCP8.5 の濃度シナリオによる CMIP5 参加モデルによる予測に基づく)、日本の南方海域では地球の全海域平均とほぼ同様のペースで酸性化が進行し、2100 年にはさらに 0.3 の pH 低下が見込まれる。
- 東経 137 度観測線の亜熱帯域における表面海水 DIC の 10 年規模変動の要因について調べ、同海域の亜表層に分布する亜熱帯モード水の厚さや等密度面の深さの変化傾向と一致することを示した。さらに、4 年のラグを適用することで太平洋十年規模振動 (PDO) との有意な相関関係も確認でき、当海域の DIC が時間的・空間的に離れた現象の影響を受けて変動していることが明らかとなった。
- 東経 165 度観測線における表面海水 DIC のトレンドを算出したところ、大気  $\text{CO}_2$  濃度増加から想定されるトレンドと概ね一致することが確認されたが、相違点として、西部亜寒帯循環域及び北緯 10 度付近で、大気  $\text{CO}_2$  の増加より遅いこと、黒潮続流で高いことが確認された。
- 太平洋西部赤道域の温度躍層とその下部を対象として、全炭酸濃度の鉛直勾配が大きな水深付近におけるその長期増加速度を評価する方法を考案した。その結果などに基づいて、同海域における海洋  $\text{CO}_2$  増加・海洋酸性化のトレンドとその海洋循環との関係を考察した論文を発表した (Ishii et al., 2020)。
- 米国海洋大気庁 Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) の地球システムモデル ESM2M のラージアンサンブルデータの海洋  $\text{CO}_2$  吸収予測の解析に協力し、RCP8.5 シナリオにおける今後の海洋表層の  $\text{CO}_2$  分圧の季節変化の増大が、海水への  $\text{CO}_2$  蓄積に伴う表層海水の化学的性質の変化 (バッファークターの増加) に起因することを明らかにした (Schlunegger et al., 2019)。
- 筑波大学により伊豆半島下田沖において約 2 年間にわたってサンプリングされた海水に対する全炭酸と全アルカリ度の高精度測定に協力し、希少な本州南岸沿



岸での炭酸系の通年観測例に基づく、同海域における炭酸系の季節変動とその要因の解明に貢献した (Wada et al., 2020)。

- 欧州や米国の研究チームや気象庁海洋気象課 (当時) と協力して、気象庁の海洋気象観測船による現業観測データを多く含む品質管理された海洋内部の海洋 CO<sub>2</sub> 観測データベース“GLODAPv2\_2019”を作成し、米国海洋大気庁の National Centers for Environmental Information (NCEI) から公開した (Olsen et al., 2019)。
- 北西太平洋亜熱帯域の亜表層に形成される酸素極大層内に蓄積される酸素量の季節変化を定量した。さらに、大気海洋間や水平移流、下部からの拡散を考慮してこの酸素極大層内における純一次生産量を見積もることで、亜熱帯域の亜表層でも顕著な生物生産が行われていることを定量的に評価できた (小杉ほか, 2019, 日本海洋学会秋季大会)。
- 気象研究所地球システムモデル (MRI-ESM2) による CMIP6 の炭素循環相互比較プロジェクトの実験指針に準拠した実験結果を解析した結果、MRI-ESM2 では海洋による人為起源 CO<sub>2</sub> の吸収量は観測に基づく推測の不確実性に範囲にあるのに対し、陸域生態系による人為起源 CO<sub>2</sub> の吸収が観測に基づく推測より多いことが分かった。前期 (CMIP5) の実験と比較して、海面付近のクロロフィル、栄養塩の分布に改善がみられた。

## (2) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

- (副課題 1) 及び (副課題 4) は当初計画からの変更はない。
- (副課題 2) では当初「CMIP 実験」としていたテーマを、「CMIP 実験の実施と気候変動メカニズム解明」に拡張して進めている。
- (副課題 3) では、同位体比観測とモデル解析に基づく全球メタン収支の推定、及び GSAM-TM を用いた CO<sub>2</sub> 逆解析システムを実験装置として用いた炭素収支の推定を開始した。

## (3) 成果の他の研究への波及状況

### (副課題 1)

- 季節予測システム (JMA/MRI-CPS2) を用いた予測可能性の研究は、M4 課題 (全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究) と協力して進めている。2020 年の活発な梅雨・メイユの予測可能性に関する研究成果 (Takaya et al., 2020) などの予測可能性に関する調査研究は異常天候に関する気象庁の情報発信に寄与した。これらの研究成果は、今後の季節予測システム開発において、性能評価の着眼点としてフィードバックを与えると考えられる。
- 気象庁による次世代再解析 (JRA-3Q) ストリーム A、B の本計算について、各種衛星データや他気象機関作成再解析プロダクトを用いた品質評価及び循環場全般の表現性能評価を行い、長期再解析推進懇談会資料を作成した。
- 地球温暖化と個別の異常気象の因果関係を評価するイベント・アトリビューションの研究を行い、社会的に影響の大きかった平成 30 年 7 月豪雨及び同年夏の猛暑の異常気象についてその研究成果を報道発表し、アウトリーチ活動を行った。これらの成果は、共同研究「気候モデルを用いた気候変動再現実験のマルチモデ

ル比較」(東京大学)や、外部研究「統合的気候変動予測」(文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム)におけるアウトリーチ活動にも貢献した。

(副課題 2)

- 気象庁と文部科学省の共同で刊行した『日本の気候変動 2020』の作成にあたり、気象庁気候変動対策推進室のとりまとめのもと、所内関係課題とも連携して協力した。
- 気象庁環境・海洋気象課で行われている最新の表層水温解析の現業運用に協力した。

(副課題 3)

- 気象研究所で実施してきた南鳥島採取大気中のハロカーボン分析手法を参考に、南鳥島で開始された気象庁ハロカーボン観測の技術支援を行った。これまで気象研が整備した標準ガスと気象庁が整備する標準ガスの比較実験を行い、観測スケールの維持手法について検討した。
- 国内機関による温室効果ガス観測スケール標準化のための「温室効果ガス標準化共同プログラム」を気象庁環境・海洋気象課と共同運営し、WMO/GAW の下での国際的な較正業務を支える標準スケールの維持・管理に貢献した。
- 本研究課題で開発される観測技術・解析技術は、文部科学省補助事業 (ARCS、ARCS-2) 及び地球環境保全等試験研究費、環境研究総合推進費、科学研究費助成事業等の外部研究課題へと波及している。

(副課題 4)

- 地球システムモデル出力や回帰モデル等を用いて得られた海洋酸性化の将来見通しを、「日本の気候変動 2020」に反映させた。

(4) 事前評価の結果の研究への反映状況

(自然現象、社会情勢、技術発展等の状況を研究目標に反映させ、達成度を確認)

- 異常気象など社会的に影響の大きい又は関心の高い事例、IPCC やパリ協定などの国際枠組みや CMIP などの国際プロジェクト、観測・解析・モデル技術の進展や気象庁の観測・情報の発出などの状況を意識して、計画の優先度を設定したり柔軟に変更・運営するとともに、達成度を評価している。
- 特に、今中期計画の最初の 2 年間には、「日本の気候変動 2020」や IPCC AR6 の公表、次世代再解析 (JRA-3Q) の作成など多くのイベントがあり、これらを意識して研究・評価を進めた。

(目標達成に向けた優先度を示したメリハリのある研究活動の展開)

- 目標達成に向けては、途中に IPCC やパリ協定などの国際的なイベントや、気象庁におけるシステム整備や情報・プロダクトの作成などのスケジュールを意識して、これらに向けて最大限に貢献できるよう、研究活動の優先度や手順を定める。
- その他、異常気象など予期せぬイベントにも、その都度柔軟に対応できるよう、それに向けた研究環境の整備などを進める。

(長期的な目標と短中期的な目標の整合)

- IPCC や CMIP などの国際取組、統合的気候モデル高度化研究プログラムなどの

外部研究課題、長期再解析（JRA）や環境・海洋の現業観測システムなどの本庁業務など、短中期的な潮流やニーズを意識しつつ長期的に発展・継続する活動と整合させながら研究を実施しており、長期・短中期両方の視点から目標を立て、両者を整合させながら研究を実施している。

- 次期中期計画の立案に当たっては、現中期計画の下での短中期的な成果を土台とし、上記のような外部の長期的な課題を踏まえて進めたい。

（気候変動・地球環境変動の研究における我が国内でのリーダーシップ）

- 「日本の気候変動 2020」の作成に対して研究機関としての主導的な役割を果たすとともに、IPCC AR6 の作成においても被引用論文の発表やリードオーサーとしての貢献の一翼を担った。
- 日本の高解像度の地球温暖化情報の作成や、イベント・アトリビューション研究において、A1 副課題（地域気候モデルによる予測結果の信頼性向上に関する研究）と連携して、リーダーシップを取っている。
- 環境・海洋分野の観測・解析において、気象庁の定常観測との連携を強みとし、更に関係機関と共同しての研究観測、モデル等を活用した解析を組み合わせ、存在感を示している。

（多数アンサンブルを用いた感度解析の要因分析への組織的な活用）

- 極端現象発生時には、その発生確率と強度の 2 つの側面について、異なる 2 通りの手法でアプローチする体制を整えることができた。発生確率に対する要因分析については、多数アンサンブル実験を効率的に延長するシステムを整えた。強度に対する要因分析については、極端現象発生後のなるべく早い段階で評価結果を出せるような体制を整え、令和 2 年 7 月豪雨の際には異常気象分析検討会の臨時会に貢献することができた。また、気象場の強度だけでなく、水文分野の変数（洪水や高潮など）に対する影響評価までを統合的に行うことができるシステムの構築を開始し、運用に向けて準備中である。

## 5. 今後の研究の進め方

（副課題 1）

- 引き続き、現行季節予測システム（JMA/MRI-CPS2）のハインドキャストの解析による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の調査、及び現業季節予報システムを用いた海面水温の感度実験などを実施して、季節予報に関わる大気・海洋変動のメカニズムを明らかにし、予測可能性を評価する。さらに、他機関のモデルと次期季節予測システム（JMA/MRI-CPS3）のハインドキャストの評価を通じて、モデルの改善に資する。
- 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。
- 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、気候系の監視や異常気象発生時の要因分析を行う。
- 引き続き長期再解析 JRA-3Q データの品質評価を行い、報告論文を執筆する。

- 極端現象発生時に迅速にイベント・アトリビューションの結果を提供するため、過去に遡って極端現象の要因分析結果を蓄積し、類似事例をもとに速報を出す体制を整える。

#### (副課題 2)

- 基本的には引き続き当初計画に基づいて行っていく予定である。
- タイムスライス温暖化予測システムは、特に海洋の初期ドリフトを減らし有用な情報を作成できるように、また長期の連続した気候変動情報も作成できるようにするよう、タイムスライスに限らず長期連続的な計算を行えるようにシステム改良・調整を進めているので、これをさらに進める。
- 十年規模変動予測については、引き続き DCPP に加え、最新初期値による近未来予測実験の結果を解析してメカニズム解明を行っていく。また、大規模な火山噴火が十年規模で影響を与えるような数値実験も実施し、いざ噴火が起こったときに気象庁が速やかに適切な情報を出せることに貢献できるようになることを目指す。
- 気候再現実験は、引き続きシステム改良を行い、実施された長期積分結果を用いて長期気候変動に関する理解を深める。
- CMIP 実験の実施と気候変動メカニズム解明は、引き続き、気候再現性能に優れた MRI-ESM2 を用いて、アンサンブルメンバ数を増やすための追加実験や感度実験を実施していく。また、CMIP5/6 のマルチモデル解析を含む、各種数値計算結果等を用いて、地球温暖化予測の不確定性・不確実性の低減を強く意識して、全球及び東アジア域の各種気候変動メカニズム解明を進めていく。

#### (副課題 3)

- 次世代観測技術の開発や地上観測点及び航空機観測をさらに推進・発展させる。大気観測所等における大気化学トレーサー観測と多成分観測データ統合によるデータベース更新を行う。
- 標準ガス比較実験を継続して実施する。また、実大気を用いた標準ガス調製システムの開発を進める。
- 新たに導入された一酸化二窒素 ( $\text{N}_2\text{O}$ ) 計による実用化試験を実施し、試験観測を開始する。
- 炭素収支解明に観測データと数値モデルを融合的に活用して温室効果ガスの変動と炭素収支の解析を、気象庁環境・海洋気象課及び数値予報課、所内他課題、並びに国内関係研究機関と連携してさらに進める。
- 同位体比観測とモデル解析に基づく統合的な全球メタン収支の最適推定値を解明する。
- $\text{CO}_2$ 逆解析システムを用い  $\text{CO}_2$ 放出量領域分割・植生火災による放出の感度実験等の手法を用いて炭素収支の解明を進める。

#### (副課題 4)

- 今後も観測データと予測モデルデータを相互活用して海洋生物化学循環及び酸性化の実態把握と将来変化の評価を進めていく。研究の推進にあたっては、気象

研究所以外の観測データの収集やアップデート、及び CMIP6 などの機会を利用して他のモデル運用機関による予測データの収集が不可欠である。それに伴い、ディスクスペースの確保やマルチモデル解析に資するデータの管理や解析ソフトウェアの整備が重要な課題である。

## 6. 自己点検

### (1) 到達目標に対する進捗度

#### (副課題 1)

- 異常気象の要因解明は予定通り進んでいる。
- JRA-3Q の品質評価は、各種衛星観測データセットとの比較、他機関の再解析を含む相互比較など行い、予定通り進んでいる。

#### (副課題 2)

タイムスライス温暖化予測システムはおおむね予定通り進んでいる

- 十年規模気候変動予測は、初年度に実験のミスがあり、これを第 2 年度に行ったため、解析・課題整理などで若干遅れている。
- 気候再現実験はおおむね予定通り進んでいる。
- CMIP 実験の実施と気候変動メカニズム解明は予定通り進んでいる。

#### (副課題 3)

- 化学トレーサーの時空間変動に関する観測、化学トレーサー観測による炭素収支に関する解析研究はおおむね予定通り進んでいる。

#### (副課題 4)

- 予定通り進んでいる。

### (2) 到達目標の設定の妥当性

#### (副課題 1)

1. アジアモンスーンと台風の予測可能性評価：概ね妥当
2. 極端気象の実態と予測可能性の研究：概ね妥当
3. 異常気象の予測可能性の研究：概ね妥当
4. 気候研究の基盤情報整備に関する研究：概ね妥当

#### (副課題 2)

1. タイムスライス温暖化予測システム：概ね妥当
2. 十年規模気候変動予測：概ね妥当
3. 気候再現実験：概ね妥当
4. CMIP 実験の実施と気候変動メカニズム解明：概ね妥当

#### (副課題 3)

1. 化学トレーサーの時空間変動に関する観測研究：概ね妥当
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：概ね妥当

(副課題 4)

1. 水中グライダーの観測技術の確立：概ね妥当
2. 水中グライダー補正法の確立：概ね妥当
3. pH 測定の改良・補正手法の確立：概ね妥当
4. 気象庁観測船データを使用した気候変化、10 年規模変動の把握：概ね妥当
5. 地球システムモデル、海洋モデルの評価：概ね妥当

(3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

(副課題 1)

- 異常気象の解析と予測可能性について、C1 副課題では季節予測システムを用いた実験で季節～数年の予測可能性を評価しメカニズム解明研究を行い、そこで得られた知見は他の研究副課題「M4：全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究」における季節予測可能性の研究や季節予測システム開発で考慮すべき点として活用されるなど、連携を密にして、研究を効率的に進めている。
- 地球温暖化や十年規模変動について、C1 副課題では個別の異常気象について解析研究を行うことで、他の副研究課題「C2：地球温暖化予測の不確定性低減」、A1 副課題「地域気候モデルによる予測結果の信頼性向上に関する研究」で行われている不確定性低減やモデルによる再現・予測結果に対する信頼度評価に貢献しており、連携を密にして研究を効率的に進めている。
- 異常気象のメカニズム解明では、他の研究副課題「M1：気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究」で行われた大規模数値実験を他機関の結果と相互比較することでモデルの性能評価を行い、得られた知見は地球システムモデル開発で考慮すべき点として活用されるなど、連携を密にして、研究を効率的に進めている。

(副課題 2)

- 階層的な地球システムモデルの開発は M1 副課題「気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究」を中心とする M 課題「地球システム・海洋モデリングに関する研究」等で行われており、それらと連携を密にして研究を効率的に行っている。
- C1 副課題「異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価」で行われている個別事象の解析研究を、地球温暖化の不確実性・不確定性低減に活かすことで、研究を効率的に進めている。
- C3 副課題「大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明」ならびに C4 副課題「海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明」で行われている観測をベースにした調査結果を、地球温暖化のメカニズム解明にかかわる基礎情報として活かすことで、研究を効率的に進めている。
- C2 では日本を含むアジア域での気候メカニズムの解明に力を入れているが、日本域を中心とした領域を高解像度で研究する A1 副課題「地域気候モデルによる予測結果の信頼性向上に関する研究」と連携を密にすることで研究を効率的に行っている。

- 外部研究「統合的気候変動予測」（文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム）で行われる、地球シミュレータ等で実施された大規模実験結果等をメカニズム解明に活用することで研究を効率的に行っている。

#### （副課題 3）

- 化学トレーサーの時空間変動に関する観測は、気象庁環境・海洋気象課の温室効果ガス観測班と密に連携して進めることによって、効率的に研究を進めている。また、外部研究課題（文部科学省補助事業（ARCS、ARCS-2）及び地球環境保全等試験研究費、環境研究総合推進費、科学研究費助成事業）と連携しつつ研究を効率的に進めている。
- 化学トレーサー観測による炭素収支に関する解析研究は、気象庁数値予報課地球システムモデル技術開発室及び他の研究副課題「M5: 化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究」と密に連携して進めることによって、効率的に研究を進めている。

#### （副課題 4）

- 水中グライダー観測にあたっては、他の研究副課題「M3: 次世代海洋データ同化・大気海洋結合データ同化に関する研究」と協力して現場の水温・塩分や流れなど最新の海況データを元に水中グライダーの移動方向の決定等を行っている。台風直下の海洋観測にあたっては、他の研究副課題「T1: 台風の発生、発達から温帯低気圧化に至る解析・予測技術の研究」と協力して、台風の発生状況や移動方向について助言を得るなど、他課題と連携しつつ研究を効率的に進めている。
- 地球システムモデル及び海洋モデルを用いた解析にあたっては、他の研究副課題「M1: 気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究」及び「M2: マルチスケールに対応した海洋予測技術の開発に関する研究」から解析プログラムの共有やモデル出力データの解釈などについて適宜助言を受けるなど、他課題と連携しつつ研究を効率的に進めている。
- 水中グライダー観測は、気象庁の海洋気象観測船のほか、共同研究先である筑波大学臨海実験センターの活用及び支援を得ながら実施している。
- 観測に基づくデータの収集にあたっては、気象庁環境・海洋気象課と共有を図っている。

### （4）成果の施策への活用・学術的意義

#### （副課題 1）

- 季節予測システム（JMA/MRI-CPS2）を用いた予測可能性の研究は、M4 副課題（全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究）と協力して進めている。梅雨の予測可能性に関する研究成果などの予測可能性に関する調査研究は異常天候に関する気象庁の情報発信に寄与した。これらの研究成果は、今後の季節予測システム開発において、性能評価の着眼点としてフィードバックを与える。
- 気象庁による次世代再解析（JRA-3Q）ストリーム A、B の本計算について、各種衛星データや他気象機関作成再解析プロダクトを用いた品質評価及び循環場全般

の表現性能評価を行っている。

- 地球温暖化と個別の異常気象の因果関係を評価するイベント・アトリビューションの研究を行い、社会的に影響の大きかった梅雨期の豪雨や夏の猛暑の異常気象についてその研究成果を報道発表し、アウトリーチ活動を行っている。

#### (副課題 2)

- 気象庁気候変動対策推進室のとりまとめのもと、所内関係課題とも連携して協力して作成した『日本の気候変動 2020』（文部科学省・気象庁、2020）は、進行しつつある地球温暖化への適応策・緩和策にかかわる研究やそれらの政策策定に直接的に貢献する材料として用いられていくことが大いに期待される。
- 気象庁環境・海洋気象課による最新の表層水温解析に貢献している。このほか、これまであまり提供されてこなかった地球温暖化にかかわる海洋の情報作成も、M4 副課題（全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究）や C4 副課題と連携しながら進めている。

#### (副課題 3)

- 本研究で開発した代替フロンを含むハロカーボン等の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。
- 観測された大気成分データを WDCGG に登録することにより、地球環境監視・予測評価研究に活用が期待される。
- 温室効果ガスの収支を観測データと数値モデルを用いた解析に基づいて高精度で監視・評価することにより、国や自治体による温暖化政策の立案に貢献することができる。

#### (副課題 4)

- CMIP5 の結果等に基づいて海洋酸性度の将来変化を評価し「日本の気候変動 2020」に掲載した。
- 本課題の成果として発表した論文のうち数篇が IPCC 第 6 次評価報告書の科学的根拠として引用された。政策立案者向け要約で人間の影響が気候変動の要因となっていることに疑いの余地がない、とされたことの根拠として貢献している。

### (5) 総合評価

#### (副課題 1)

- 研究はほぼ当初計画のとおり実施され、全体として概ね順調である。
- 研究成果は、気象庁における現業季節予報システムの開発や予報作成、異常気象の解説業務及びこれに必要な基盤データの利用や開発に活かされており、現業季節予報の予測精度向上に寄与し異常天候の災害軽減に役立つことから、本研究を進める意義は大変大きい。
- また、研究成果の多くは査読論文にまとめられており、学術的な意義も高い。

#### (副課題 2)



- 研究はほぼ当初計画の通りに実施され、全体として概ね順調である。
- 研究成果は気象庁の地球温暖化予測業務等に活かされているうえ、引き続き進行中で、その緩和への動きが強く求められつつある地球温暖化の予測をはかる本研究を進める意義は大きい。
- 研究成果は査読論文にまとめられ学術的意義も高いこと、得られる知見は今後の地球システムモデルの改良に引き続き活かされる予定であること、ここで開発されたシステムをもとにしたデータセットが地球温暖化の緩和策、適応策に今後も広く活かされていくと期待されること等からも、引き続き推進していくべきと考える。

#### (副課題3)

- 研究はほぼ当初計画の通りに実施され、全体として概ね順調である。
- 研究成果は、気象庁の環境気象に関する現業観測及び二酸化炭素分布情報の開発等に活かされており、気候変動及び大気環境の監視に寄与することから、本研究を進める意義は大変大きい。また整備された観測データから大気微量成分の変動を解析した結果は査読論文として投稿されている。

#### (副課題4)

- 研究はほぼ当初計画の通りに実施され、全体として概ね順調である。
- 水中グライダーの観測技術はほぼ確立された。今後は、台風直下への自律的移動を伴った観測や、黒潮などの強い流れを横切る等のより機動的な移動を伴った観測等を実践すること等により、海洋観測の新たな可能性を提案する方向へ技術開発を進めることが可能となった。
- 気象庁海洋気象観測船による長期の海洋生物地球化学系観測データの解析を進め、海洋酸性化の長期変動等の実態を浮かび上がらせ、IPCC の報告書等に反映させることができた。
- 地球システムモデルや海洋モデルの海洋生物地球化学場の再現性検証を実施して、今後観測データと数値モデルデータを融合した海洋酸性化などの実態把握と今後の見通しに関する情報の高度化へ向けた道筋を作ることができた。

## 7. 参考資料

### 7.1 研究成果リスト

#### (1) 査読論文

Abalos, M., K. Yoshida, (他 11 人), 2021: The Brewer-Dobson circulation in CMIP6, Atmos. Chem. Phys, accepted.

Anstey, J.A., H. Naoe, K. Yoshida, (他 26 人), 2021: Teleconnections of the quasi-biennial oscillation in a multi-model ensemble of QBO-resolving models. Q. J. R. Meteorol. Soc., <https://doi.org/10.1002/qj.4048>

Ayarzaguena, B., A. J. Charlton-Perez, A. H. Butler, P. Hitchcock, I. R. Simpson, L. M. Polvani, N. Butchart, E. P. Gerber, L. Gray, B. Hassler,

- P. Lin, F. Lott, E. Manzini, R. Mizuta, C. Orbe, S. Osprey, D. Saint-Martin, M. Sigmond, M. Taguchi, E. M. Volo, 2020: Uncertainty in the response of sudden stratospheric warmings and stratosphere-troposphere coupling to quadrupled CO<sub>2</sub> concentrations in CMIP6 models. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 125, e2019JD032345.
- Bushell, A.C., H. Naoe, K. Yoshida, S. Yukimoto, (他 22 人), 2020: Evaluation of the Quasi - Biennial Oscillation in global climate models for the SPARC QBO - initiative. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, <https://doi.org/10.1002/qj.3765>
- Cha, E. J., T. R. Knutson, T. C. Lee, M. Ying, and T. Nakaegawa, 2020: Third Assessment on Impacts of Climate Change on Tropical Cyclones in the Typhoon Committee Region ? Part II: Future Projections. *Tropical Cyclone Research and Review*, 9, 75-86.
- CHANDRA Naveen, PATRA Prabir K., BISHT Jagat S. H., ITO Akihiko, UMEZAWA Taku, SAIGUSA Nobuko, MORIMOTO Shinji, AOKI Shuji, JANSSENS-MAENHOUT Greet, FUJITA Ryo, TAKIGAWA Masayuki, WATANABE Shingo, SAITOH Naoko, CANADELL Josep G, 2021: Emissions from the Oil and Gas Sectors, Coal Mining and Ruminant Farming Drive Methane Growth over the Past Three Decades. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. (in press)
- Chrysanthou, A., A. C. Maycock, M. P. Chipperfield, S. Dhomse, H. Garny, D. Kinnison, H. Akiyoshi, M. Deushi, R. R. Garcia, P. Jockel, O. Kirner, G. Pitari, D. A. Plummer, L. Revell, E. Rozanov, A. Stenke, T. Y. Tanaka, D. Visionsi, and Y. Yamashita, 2019: The effect of atmospheric nudging on the stratospheric residual circulation in chemistry-climate models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 11559-11586.
- Couldrey, MP, J. M. Gregory, S. M. Griffies, H. Haak, A. Hu, M. Ishii, J. Jungclaus, O. A. Saenko, A. Shao, T. Suzuki, A. Todd, L. Zanna, 2020: What causes the spread of model projections of ocean dynamic level change in response to greenhouse gas forcing? . *Climate Dynamics*.
- Endo, H., A. Kitoh, R. Mizuta, and T. Ose, 2021: Different future changes between early and late summer monsoon precipitation in East Asia. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. (submitted)
- Endo, H., A. Kitoh, R. Mizuta, and T. Ose, 2021: Different future changes between early and late summer monsoon precipitation in East Asia. *J. Meteor. Soc. Japan*. (in press)
- Fudeyasu, H., Yoshida, K., Yoshida, R., 2020: Future Changes in Western North Pacific Tropical Cyclone Genesis Environment in High-Resolution Large-Ensemble Simulations. *Oceans*, 1, 355-368.
- Fujii, Y., T. Ishibashi, T. Yasuda, Y. Takaya, C. Kobayashi, and I. Ishikawa,

- 2021: Improvements in tropical precipitation and sea surface air temperature fields in a coupled atmosphere-ocean data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 147, 1317-1343.
- Garfinkel, C., M. Deushi, (他 12 人) 2021: Influence of ENSO on entry stratospheric water vapor in coupled chemistry-ocean CCM1 and CMIP6 models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 3725-3740.
- Griffiths, P. T., L. T. Murray, G. Zeng, Y. M. Shin, N. L. Abraham, A. T. Archibald, M. Deushi, L. K. Emmons, I. Galbally, B. Hassler, L. W. Horowitz, J. Keeble, J. Liu, O. Moeini, V. Naik, F. M. O'Conner, N. Oshima et al., 2021: Tropospheric ozone in CMIP6 Simulations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 4187-4218.
- Harada, Y., H. Endo, and K. Takemura, 2020: Characteristics of Large-Scale Atmospheric Fields during Heavy Rainfall Events in Western Japan: Comparison with an Extreme Event in Early July 2018. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 98, 1207-1229.
- Hasegawa, A., Y. Imada, H. Shioyama, M. Mori, H. Tatebe, M. Watanabe, 2020: Impact of air-sea coupling on the probability of occurrence of heat waves in Japan. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7, 78.
- Hashihama, F., I. Yasuda, A. Kumabe, M. Sato, H. Sasaoka, Y. Iida, T. Shiozaki, H. Saito, J. Kanda, K. Furuya, P. W. Boyd, M. Ishii, 2021: Nanomolar phosphate supply and its recycling drive net community production in the subtropical North Pacific. *Nature Communications*, 12, 3462. (in press)
- Harada, Y., K. Sato, T. Kinoshita, R. Yasui, T. Hirooka, and H. Naoe, 2019: Diagnostics of a WN2 - Type Major Sudden Stratospheric Warming Event in February 2018 Using a New Three - Dimensional Wave Activity Flux. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 124, 7018-7033.
- Hatsuzuka, D., T. Sato, K. Yoshida, M. Ishii, and R. Mizuta, 2020: Regional projection of tropical-cyclone-induced extreme precipitation around Japan based on large ensemble simulations, SOLA, doi:10.2151/sola.2020-005.
- Hatsuzuka D, Sato T, Yoshida K, Ishii M, and Mizuta R, 2020: Regional projection of tropical-cyclone-induced extreme precipitation around Japan based on large ensemble simulations.. SOLA, 16, 23-29.
- Hirabayashi, Y., A. Heireti, D. Yamazaki, G. Donchyts, Y. Kimura, Y. Imada, and H. Shioyama, 2020: Effect of anthropogenic climate change on recent flooding. *Geophysical Research Letters*. (submitted)
- Holt, L.A., H. Naoe, K. Yoshida, S. Yukimoto (他 22 人), 2020: An evaluation of tropical waves and wave forcing of the QBO in the QBOi models.

Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society,  
<https://doi.org/10.1002/qj.3827>

- Horinouchi, T., S. Matsumura, T. Ose and Y. N. Takayabu, 2019: Jet-Precipitation Relation and Future Change of the Mei-Yu-Baiu Rainband and Subtropical Jet in CMIP5 coupled GCM Simulations. *Journal of Climate*, 32, 2247-2259.
- Iida, Yosuke, Yusuke Takatani, Atsushi Kojima, Masao Ishii, 2021: Global trends of ocean CO<sub>2</sub> sink and ocean acidification: an observation-based reconstruction of surface ocean inorganic carbon variables. *Journal of Oceanography*, 77, 323-358.
- Imada, Y., M. Watanabe, H. Kawase, H. Shiogama, and M. Arai, 2019: The July 2018 High Temperature Event in Japan Could Not Have Happened without Human-Induced Global Warming. *SOLA*, 15A, 8-12.
- Inai, Y., R. Fujita, T. Machida, H. Matsueda, Y. Sawa, K. Tsuboi, K. Katsumata, S. Morimoto, S. Aoki, and T. Nakazawa, 2019: Seasonal characteristics of trace gas transports into the extratropical upper troposphere and lower stratosphere. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 7073-7103.
- Ishidoya, Shigeyuki, Satoshi Sugawara, Yasunori Tohjima, Daisuke Goto, Kentaro Ishijima, Yosuke Niwa, Nobuyuki Aoki, and Shohei Murayama, 2021: Secular change in atmospheric Ar/N<sub>2</sub> and its implications for ocean heat uptake and Brewer-Dobson circulation. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 1357.
- Ishidoya A., H. Sugawara, Y. Terao, N. Kaneyasu, N. Aoki, K. Tsuboi, and H. Kondo, 2020: O<sub>2</sub>: CO<sub>2</sub> exchange ratio for net turbulent flux observed in an urban area of Tokyo, Japan, and its application to an evaluation of anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 5293-5308.
- Ishii, Masao, Keith B. Rodgers, Hisayuki Y. Inoue, Katsuya Toyama, Daisuke Sasano, Naohiro Kosugi, Hisashi Ono, Kazutaka Enyo, Toshiya Nakano, Daniele Iudicone, Bruno Blanke, Olivier Aumont, and Richard A. Feely, 2020: Ocean Acidification From Below in the Tropical Pacific. *Global Biogeochemical Cycles*, 34, e2019GB006368.
- Imada, Y., H. Kawase, M. Watanabe, H. Shiogama, M. Arai, and I. Takayabu, 2020: Advanced event attribution for heavy regional rainfall events. *npj Climate and Atmospheric Science*, 3, 35.
- Ito, R., T. Ose, H. Endo, R. Mizuta, K. Yoshida, A. Kitoh, T. Nakaegawa, 2020: Seasonal characteristics of future climate change over Japan and the associated atmospheric circulation anomalies in global model experiments. *Hydrological Research Letters*, 14, 130-135.

- Ito, A., K. Nishina, K. Ishijima, S. Hashimoto and M. Inatomi, 2019: Emissions of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) from soil surfaces and their historical changes in East Asia: a model-based assessment. *Progress in Earth and Planetary Science*, 5.
- Johnson, G. C., J. M. Lyman, T. Boyer, L. Chen, C. M. Domingues, J. Gilson, M. Ishii, R. Killick, D. Monselesan, and S. E. Wijffels, 2019: Ocean heat content [in "State of the Climate in 2018"].. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100, 74.
- Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, 2021: Relationship between shortwave radiation bias over the Southern Ocean and the double-intertropical convergence zone problem in MRI-ESM2. *Atmospheric Science Letters*. (in press)
- Kawamiya, M., Ishii, M., Mori, N., I. Takayabu, and Watanabe, M., 2021: Preface for "Projection and impact assessment of global change".. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8. (in pKodera, K., N. Eguchi, R. Ueyama, Y. Kuroda, C. Kobayashi, B. M. Funatsu, and C. Claud, 2019: Implication of tropical lower stratospheric cooling in recent trends in tropical circulation and deep convective activity. *Atmos. Chem. Phys.*, 19, 2655–2669. Shibata, K. and H. Naoe, 2021: Decadal amplitude modulations of the stratospheric quasi-biennial oscillation, *J. Meteorol. Soc. Japan*. (accepted)
- Kawase, H., Y. Imada, H. Sasaki, T. Nakaegawa, A. Murata, M. Nosaka, and I. Takayabu, 2019: Contribution of Historical Global Warming to Local - Scale Heavy Precipitation in Western Japan Estimated by Large Ensemble High - Resolution Simulations. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 124, 6093-6103.
- Keeble, J., M. Deushi, (他 29 人), 2021: Evaluating stratospheric ozone and water vapor changes in CMIP6 models from 1850-2100. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 5015-5061.
- Keen, A., E. Blockley, D. Bailey, J. B. Debernard, M. Bushuk, S. Delhaye, D. Docquier, D. Feltham, F. Massonnet, S. O'Farrell, L. Ponsoni, J. Rodriguez, D. Schroeder, N. Swart, T. Toyoda, H. Tsujino, M. Vancoppenolle, and K. Wyser, 2021: An inter-comparison of the mass budget of the Arctic sea ice in CMIP6 models. *The Cryosphere*, 15, 951-982.
- Kinase, T., K. Adachi, N. Oshima, K. Goto - Azuma, Y. Ogawa - Tsukagawa, Y. Kondo, N. Moteki, S. Ohata, T. Mori, M. Hayashi, K. Hara, H. Kawashima, and K. Kita, 2020: Concentrations and Size Distributions of Black Carbon in the Surface Snow of Eastern Antarctica in 2011 . *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 125.

- Klotzbach, P. J., Y. Takaya, (他 11 人), 2019: Seasonal Tropical Cyclone Forecasting. *Tropical Cyclone Research and Review*, 8, 134-149.
- Kobayashi, C., and I. Ishikawa, 2019: Prolonged northern-mid-latitude tropospheric warming in 2018 well predicted by the JMA operational seasonal prediction system. *SOLA*, 15A, 31-36.
- Kobayashi, C., Y. Fujii, I. Ishikawa, 2021: Intraseasonal SST-Precipitation Relationship in a coupled reanalysis experiment using the MRI coupled atmosphere-ocean data assimilation system. *Climate Dynamics*.
- Kosugi, Naohiro, Nariaki Hirose, Takahiro Toyoda and Masao Ishii , 2020: Rapid freshening of Japan Sea Intermediate Water in the 2010s. *Journal of Oceanography*, 76.
- Kuramochi, M., H. Ueda, C. Kobayashi, Y. Kamae, K. Takaya, 2021: Anomalous warm winter 2019/2020 over East Asia associated with trans-basin Indo-Pacific connections. *SOLA*. (in press)
- Kusano, K., K. Yoshida, (他 49 人), 2021: PSTEP: project for solar-terrestrial environment prediction. *Earth Planets Space* 73, 159.
- Kusunoki, S., and R. Mizuta, 2020: Future changes in rainy season over East Asia projected by massive ensemble simulations with a high-resolution global atmospheric model. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 99, 79-100.
- Kusunoki, S., T. Ose, and M. Hosaka, 2020: Emergence of unprecedented climate change in projected future precipitation. *Scientific Reports*, 10.
- Kwiatkowski, L., O. Torres, L. Bopp, K. Toyama, H. Tsujino, 他 23 名 , 2020: Twenty-first century ocean warming, acidification, deoxygenation, and upper-ocean nutrient and primary production decline from CMIP6 model projections. *Biogeosciences*, 17, 3439-3470.
- Lamy, K., Deushi, M., Tanaka, T. Y., Yoshida, K., et al., 2019: Clear-sky ultraviolet radiation modelling using output from the Chemistry Climate Model Initiative. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 10087-10110.
- Lim, E.P., H. H. Hendon, A.H. Butler, D. W. J. Thompson, A. Scaife, I. Polichtchouk, R. S. Garreaud, R. Comer, L. Coy, P. A. Newman, T. G. Shepherd, H. Nakamura, Z. Lawrence, G. Wang, C. Kobayashi and A. Dowdy, 2021: The 2019 Southern Hemisphere polar stratospheric warming: Evolution, predictability and impact.. *Bulletin of the American Meteorological Society*. (in press)
- Maeda, S., K. Takemura, C. Kobayashi, 2021: Three-dimensional structure of Eurasian teleconnection pattern. *J. Meteor. Soc. Japan*, 99
- MAEDA, Shuhei, Kazuto TAKEMURA, Chiaki KOBAYASHI, 2021: Planetary wave modulations associated with the Eurasian teleconnection pattern. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 99. (in press)

- Matsueda, H., R. R. Buchholz, K. Ishijima, H. M. Worden, D. Hammerling, and T. Machida, 2019: Interannual variation of upper tropospheric CO over the western Pacific linked with Indonesian fires. *SOLA*, 15, 205-210.
- Mei, W., Y. Kamae, S.-P. Xie, and K. Yoshida, 2019: Variability and predictability of North Atlantic hurricane frequency in a large ensemble of high-resolution atmospheric simulations. *J. Climate*, 32, 3153-3167.
- Merryfield, W., Takaya Y., (他 62 人), 2020: Current and emerging developments in subseasonal to decadal prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*.
- Minami, A. and Y. Takaya, 2020: Enhanced Northern Hemisphere correlation skill of subseasonal predictions in the strong negative phase of the Arctic Oscillation. *J. Geophys. Res.*, e2019JD031268.
- Mizuta, R., and H. Endo, 2020: Projected changes in extreme precipitation in a 60-km AGCM large ensemble and their dependence on return periods. *Geophysical Research Letters*, 47, e2019GL086855.
- Mori, T., K. Goto-Azuma, Y. Kondo, Y. Ogawa-Tsukagawa, K. Miura, M. Hirabayashi, N. Oshima, M. Koike, K. Kupiainen, N. Moteki, S. Ohata, P. R. Sinha, K. Sugiura, T. Aoki, M. Schneebeli, K. Steffen, A. Sato, A. Tsushima, V. Makarov, S. Omiya, A. Sugimoto, 2019: Black carbon and inorganic aerosols in Arctic snowpack. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 124, 13325-13356.
- Morgenstern, O., M. Deushi, (他 15 人) 2020: Reappraisal of the climate impacts of ozone - depleting substances. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL088295.
- Nakagawa, Y., Y. Onoue, S. Kawahara, F. Araki, K. Koyamada, D. Matsuoka, Y. Ishikawa, M. Fujita, S. Sugimoto, Y. Okada, S. Kawazoe, Sh. Watanabe, M. Ishii, R. Mizuta, A. Murata, and Hiroaki Kawase, 2020: Developments of a system for efficient content-based retrieval to analyze Large volume climate data.. *Progress in Earth and Planetary Science*.
- Naoe, H. and K. Yoshida, 2019: Influence of quasi-biennial oscillation on the boreal winter extratropical stratosphere in QBOi experiments. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 145, 2755-2771.
- Naoe, H., T. Matsumoto, K. Ueno, T. Maki, M. Deushi, and A. Takeuchi, 2020: Bias correction of multi-sensor total column ozone satellite data for 1978-2017. *J. Meteorol. Soc. Japan*, 98, 353-377.
- Niwa, Y., and Y. Fujii, 2020: A conjugate BFGS method for accurate estimation of a posterior error covariance matrix in a linear inverse problem. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146, 3118-3143.
- Noguchi, S, Y. Kuroda, K. Kodera, and S. Watanabe 2020: Robust enhancement of tropical convective activity by the 2019 Antarctic sudden stratospheric

- warming, *Geophys. Res. Letters*, 47, e2020GL088743.
- Noguchi, S., Y. Kuroda, H. Mukougawa, R. Mizuta, and C. Kobayashi, 2020: Impact of satellite observations on forecasting sudden stratospheric warmings. *Geophysical Research Letters*, 47, e2019GL086233.
- Notz, D., J. Dorr, D. A. Bailey, E. Blockley, M. Bushuk, J. B. Debernard, E. Dekker, P. DeRepentigny, D. Docquier, N. S. Fuckar, J. C. Fyfe, A. Jahn, M. Holland, E. Hunke, D. Iovino, N. Khosravi, F. Massonnet, G. Madec, S. O'Farrell, A. Petty, T. Toyoda, H. Tsujino, et al., 2020: Arctic Sea Ice in CMIP6. *Geophysical Research Letters*, 47, e2019GL086749.
- Obata, A., and Y. Adachi, 2019: Earth system model response to large midlatitude and high-latitude volcanic eruptions. *Journal of Geophysical Research Biogeosciences*, Volume 124, Issue 7, 1865-1886.
- Olsen, A., N. Lange, R. M. Key, T. Tanhua, M. Alvarez, S. Becker, H. C. Bittig, B. R. Carter, L. Cotrim da Cunha, R. A. Feely, S. van Heuven, M. Hoppema, M. Ishii, E. Jeansson, S. D. Jones, S. Jutterstrom, M. K. Karlsen, A. Kozyr, S. K. Lauvset et al., 2019: GLODAPv2.2019 ? an update of GLODAPv2 . *Earth System Science Data*, 2019, 1-39.
- Ono, H., N. Kosugi, K. Toyama, H. Tsujino, A. Kojima, K. Enyo, Y. Iida, T. Nakano, and M. Ishii, 2019: Acceleration of Ocean Acidification in the Western North Pacific. *Geophysical Research Letters*, 46, 13161.
- Ose, T., 2019: Characteristics of Future Changes in Summertime East Asian Monthly Precipitation in MRI-AGCM Global Warming Experiments . *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 97 卷 2 号.
- Ose, T., 2019: Future changes in summertime East Asian monthly precipitation in CMIP5 and their dependence on present-day model climatology. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 97 卷 5 号, 1041-1053.
- Oshima, N., S. Yukimoto, M. Deushi, T. Koshiro, H. Kawai, Y. Tanaka, and K. Yoshida, 2020: Global and Arctic effective radiative forcing of anthropogenic gases and aerosols in MRI-ESM2.0. *Prog Earth Planet Sci* 7, 38.
- Ouchi, M., Y. Matsumi, T. Nakayama, K. Shimizu, T. Sawada, T. Machida, H. Matsueda, Y. Sawa, I. Morino, O. Uchino, T. Tanaka, and R. Imasu, 2019: Development of a balloon-borne instrument for CO2 vertical profile observations in the troposphere. *Atmospheric Measurement Techniques*, 12, 5639-5653.
- Qian Y, , K. Yoshida, (他 11 人), 2019: On the Mechanisms of the Active 2018 Tropical Cyclone Season in the North Pacific . *Geophys. Res. Lett.*, 46, 12293-12302.
- Rahaman, H., U. Srinivasu, P. Swapana, J. V. Durgadoo, S. M. Griffies, M. Ravichandran, H. Tsujino, et al., 2020: An assessment of the Indian



- Ocean mean state and seasonal cycle in a suite of interannual CORE-II simulation. *Ocean Modelling*, 145, 101503.
- Richter, J.H., H. Naoe, K. Yoshida, S. Yukimoto, (他 21 人), 2020: Response of the Quasi - Biennial Oscillation to a warming climate in global climate models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, <https://doi.org/10.1002/qj.3749>
- Rodgers, K. B., M. Ishii, T. L. Frolicher, S. Schlunegger, O. Aumont, K. Toyama, and R. D. Slater, 2020: Coupling of Surface Ocean Heat and Carbon Perturbations over the Subtropical Cells under Twenty-First Century Climate Change. *Journal of Climate*, 33, 10321-10338.
- Rodgers, K. B., S. Schlunegger, R. D. Slater, M. Ishii, T. L. Frolicher, K. Toyama, Y. Plancherel, O. Aumont, and A. J. Fassbender, 2020: Reemergence of Anthropogenic Carbon Into the Ocean's Mixed Layer Strongly Amplifies Transient Climate Sensitivity. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL089275.
- Roberts, M. J., R. Mizuta, (他 28 人), 2020: Projected future changes in tropical cyclones using the CMIP6 HighResMIP multimodel ensemble. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL088662.
- Robertson, F.R., J. B. Roberts<sup>1</sup>, M. G. Bosilovich, A. Bentamy, M. Schroeder, H. Tomita, C. A. Clayson, G. P. Compo, M. Gutenstein, C. Kobayashi, P. Sardeshmukh, L. C. Slivinski, 2020: Ocean Latent Heat Flux Uncertainties at Interannual to Inter-decadal Scales in Satellite Retrievals and Reduced Observation Reanalyses.. *Journal of Climate*.
- Schlunegger, S., K. B. Rodgers, J. L. Sarmiento, T. Frolicher, J. Dunne, M. Ishii, R. Slater, 2019: Emergence of anthropogenic signals in the ocean carbon cycle. *Nature Climate Change*.
- Sekizawa S., T. Miyasaka, H. Nakamura, A. Shimpo, K. Takemura, S. Maeda, 2019: Anomalous Moisture Transport and Oceanic Evaporation during a Torrential Rainfall Event over Western Japan in Early July 2018. SOLA, 15A-005.
- Shimpo A., I. Takayabu, (他 23 人), 2019: Primary Factors behind the Heavy Rain Event of July 2018 and the Subsequent Heat Wave in Japan. SOLA, 15A-003.
- Skeie, R.B., M. Deushi, (他 17 人), 2020: Historical total ozone radiative forcing derived from CMIP6 simulations. *npj Climate and Atmospheric Science*, 3, 32.
- Smith, A. K., H. Naoe, K. Yoshida, (他 20 人), 2020: The equatorial stratospheric semiannual oscillation and time - mean winds in QBOi models. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, <https://doi.org/10.1002/qj.3690>
- Sugi, M., Y. Yamada, K. Yoshida, R. Mizuta, M. Nakano, C. Kodama, M. Satoh,

- 2020: Future changes in the global frequency of tropical cyclone seeds. *SOLA*, 16, 70-74.
- Smith, C. J., R. J. Kramer, G. Myhre, K. Alterskjar, W. Collins, A. Sima, O. Boucher, J.-L. Dufresne, P. Nabat, M. Michou, S. Yukimoto, J. Cole, D. Paynter, H. Shiogama, F. M. O'Connor, E. Robertson, A. Wiltshire, T. Andrews, C. Hannay, R. Miller, et al., 2020: Effective radiative forcing and adjustments in CMIP6 models. *Atmospheric Chemistry and Physics*.
- Stewart, K. D., W. M. Kim, S. Urakawa, A. McC. Hogg, S. Yeager, H. Tsujino, H. Nakano, A. E. Kiss, and G. Danabasoglu, 2020: JRA55-do-based repeat year forcing datasets for driving ocean-sea-ice models. *Ocean Modelling*, 147, 101557.
- Stockdale, T. N., H. Naoe, K. Yoshida, S. Yukimoto (他 16 人), 2020: Prediction of the quasi - biennial oscillation with a multi - model ensemble of QBO - resolving models. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, <https://doi.org/10.1002/qj.3919>
- Strommen, K., I. Mavilia, S. Corti, M. Matsueda, P. Davini, J. von Hardenberg, P.-L. Vidale, and R. Mizuta, 2019: The sensitivity of Euro-Atlantic regimes to model horizontal resolution. *Geophysical Research Letters*, 46, 7810-7818.
- Sun, N., T. Zhou, X. Chen, H. Endo, A. Kitoh, and B. Wu, 2020: Amplified tropical Pacific rainfall variability related to background SST warming. *Climate Dynamics*, 54, 2387-2402.
- Tebaldi, C., T. Koschiro, (他 54 人), 2021: Climate model projections from the Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) of CMIP6. *Earth System Dynamics*, 12, 253-293.
- Takaya, Y., N. Saito, I. Ishikawa, S. Maeda, 2021: Two Tropical Routes for the Remote Influence of the Northern Tropical Atlantic on the Indo—western Pacific Summer Climate. *J. Climate*, 34, 1619-1634.
- Takaya, Y., I. Ishikawa, C. Kobayashi, H. Endo, and T. Ose, 2020: Enhanced Meiyu?Baiu Rainfall in Early Summer 2020: Aftermath of the 2019 Super IOD Event. *Geophysical Research Letters*.
- Takaya, Y., 2019: Positive Phase of Pacific Meridional Mode Enhanced Western North Pacific Tropical Cyclone Activity in Summer 2018. *SOLA*, 15A, 55-59.
- Takegawa, N., T. Seto, N. Moteki, M. Koike, N. Oshima, K. Adachi, K. Kita, A. Takami, and Y. Kondo, 2020: Enhanced new particle formation above the marine boundary layer over the Yellow Sea: Potential impacts on cloud condensation nuclei. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*.
- Takemura, K., H. Mukougawa, and S. Maeda, 2020: Large-scale atmospheric circulation related to frequent Rossby wave breaking near Japan in

- boreal summer. *J. Climate*, 33, 6371-6744.
- Takemura, K., S. Wakamatsu, H. Togawa, A. Shimpo, C. Kobayashi, S. Maeda, and H. Nakamura, 2019: Extreme moisture flux convergence over western Japan during the Heavy Rain Event of July 2018. *SOLA*, 15A-009.
- Takemura, K., H. Mukougawa, and S. Maeda, 2021: Interdecadal variability of Rossby wave breaking frequency near Japan in August, *SOLA*, 17, 125-129.
- Takemura, K., H. Mukougawa, and S. Maeda, 2021: Decrease of Rossby wave breaking frequency over the middle North Pacific in boreal summer under global warming in large-ensemble Climate simulations, *J. Meteor. Soc. Japan*, accepted.
- Tegtmeier, S., J. Anstey, S. Davis, R. Dragani, Y. Harada, I. Ivanciu, R. P. Kedzierski, K. Kruger, B. Legras, C. Long, J. S. Wang, K. Wargan, and J. S. Wright, 2020: Temperature and tropopause characteristics from reanalyses data in the tropical tropopause layer. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 753-770.
- Toyoda, S., Takahito Kakimoto, Kushi Kudo, Naohiro Yoshida, Daisuke Sasano, Naohiro Kosugi, Masao Ishii, Sohiko Kameyama, Mahomi Inagawa, Hisayuki Yoshikawa - Inoue, Shigeto Nishino, Akihiko Murata, Shigeyuki Ishidoya, and Shinji Morimoto, 2021: Distribution and Production Mechanisms of N<sub>2</sub>O in the Western Arctic Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 35, e2020GB006881
- Thornhill, G. D., W. J. Collins, R. J. Kramer, D. Olivie, R. B. Skeie, F. M. O'Connor, N. L. Abraham, R. Checa-Garcia, S. E. Bauer, M. Deushi, L. K. Emmons, P. M. Forster, L. W. Horowitz, B. Johnson, J. Keeble, J.-F. Lamarque, M. Michou, et al., 2021: Effective radiative forcing from emissions of reactive gases and aerosols ? a multi-model comparison. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 853-874.
- Tohjima, Yasunori, Jiye Zeng, Tomoko Shirai, Yosuke Niwa, Shigeyuki Ishidoya, Fumikazu Taketani, Daisuke Sasano, Naohiro Kosugi, Sohiko Kameyama, Hisahiro Takashima, Hideki Nara, Shinji Morimoto, 2020: Estimation of CH<sub>4</sub> emissions from the East Siberian Arctic Shelf based on atmospheric observations aboard the R/V Mirai during fall cruises from 2012 to 2017. *Polar Science*, 27.
- Tsujino, H., L. S. Urakawa, S. M. Griffies, G. Danabasoglu, 他 38 名, 2020: Evaluation of global ocean?sea-ice model simulations based on the experimental protocols of the Ocean Model Intercomparison Project phase 2 (OMIP-2). *Geoscientific Model Development*, 13, 3643-3708.

- Turnock, S. T., R. J. Allen, M. Andrews, S. E. Bauer, M. Deushi, L. Emmons, P. Good, L. Horowitz, J. G. John, M. Michou, P. Nabat, V. Naik, D. Neubauer, F. M. O'Connor, D. Olivie, N. Oshima, M. Schulz, A. Sellar, S. Shim, T. Takemura, S. Tilmes, et al., 2020: Historical and future changes in air pollutants from CMIP6 models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 14547-14579.
- Urakawa, L. S., H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, G. Yamanaka, and T. Toyoda, 2020: The sensitivity of a depth-coordinate model to diapycnal mixing induced by practical implementations of the isopycnal tracer diffusion scheme. *Ocean Modelling*, 154, 101693.
- Wada, S., Ishii, M., Kosugi, N., Sasano, D., Matushita, W., Omori, Y. and Hama, T., 2020: Seasonal dynamics of seawater CO<sub>2</sub> system at a coastal site near the southern tip of Izu Peninsula. *Journal of Oceanography*, 76, 227.
- Watanabe, Sh., M. Fujita, S. Kawazoe, S. Sugimoto, Y. Okada, R. Mizuta, M. Ishii., 2020: Frequency change of clear-air turbulence over the North Pacific under 2 K global warming ? ensemble projections using a 60-km atmospheric general circulation model. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 97, 757-771.
- Xue, Y., Y. Takaya, (他 77 人), 2021: Impact of Initialized Land Surface Temperature and Snowpack on Subseasonal to Seasonal Prediction Project, Phase I (LS4P-I): Organization and Experimental design. *Geoscientific Model Development*. (in press)
- Yamaguchi, M., J. C. L. Chan, I.-J. Moon, K. Yoshida, and R. Mizuta, 2020: Global warming changes tropical cyclone translation speed. *Nature Communications*, 11, 47.
- Yamanaka, G., H. Nakano, K. Sakamoto, T. Toyoda, S. Urakawa, S. Nishikawa, T. Wakamatsu, H. Tsujino, and Y. Ishikawa, 2021: Projected climate change in the western North Pacific at the end of the 21st century from ensemble simulations with a high-resolution regional ocean model. *Journal of Oceanography*, 77, 539-560.
- Yokoyama C., Y. N. Takayabu, O. Arakawa, and T. Ose, 2019: A study on Future Projections of Precipitation Characteristics around Japan in Early Summer Combining GPM DPR Observation and CMIP5 Large-Scale Environments. *Journal of Climate*, 32, 5251-5274.
- Yoshida, K. and R. Mizuta, 2021: Do sudden stratospheric warmings boost convective activity in the tropics?. *Geophysical Research Letters*, 48, e2021GL093688.
- Yukimoto, S., H. Kawai, T. Koshiro, N. Oshima, K. Yoshida, S. Urakawa, H. Tsujino, M. Deushi, T. Tanaka, M. Hosaka, S. Yabu, H. Yoshimura, E.

- Shindo, R. Mizuta, A. Obata, Y. Adachi, M. Ishii, 2019: The Meteorological Research Institute Earth System Model version 2.0, MRI-ESM2.0: Description and basic evaluation of the physical component. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 97.
- Zanis, P., Akritidis, D., Georgoulas, A. K., Allen, R. J., Bauer, S. E., Boucher, O., Cole, J., Johnson, B., Deushi, M., Michou, M., Mulcahy, J., Nabat, P., Olivie, D., Oshima, N., Sima, A., Schulz, M., Takemura, T., and Tsigaridis, K., 2020: Fast responses on pre-industrial climate from present-day aerosols in a CMIP6 multi-model study. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 8381-8404.
- Zhang, G., H. Murakami, T. R. Knutson, R. Mizuta and K. Yoshida, 2020: Tropical cyclone motion in a changing climate, *Sci. Adv.*, 6 (17).Shiogama, H., T. Hasegawa, S. Fujimori, D. Murakami, K. Takahashi, K. Tanaka, S. Emori, I. Kubota, M. Abe, Y. Imada, M. Watanabe, D. Mitchell, N. Schaller, J. Sillmann, E. Fischer, J. Scinocca, I. Bethke, L. Lierhammer, J. Takakura, T. Trautmann, P. Doell, 2019: Limiting global warming to 1.5°C will lower increases in inequalities of four hazard indicators of climate change. *Environmental Research Letters*, 14, 124022.
- 石井 正好、森 信人, 2020: d4PDF: large-ensemble and high-resolution climate simulations for global warming risk assessment.. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7.
- (2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等) :
- Kawai, H., and T. Koshiro, 2020: Does Radiative Cooling of Stratocumulus Strengthen Summertime Subtropical Highs?. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling/WMO*, 50, 711-712.
- Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, 2020: Relationship between shortwave radiation bias over the Southern Ocean and the ITCZ in MRI-ESM2. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling/WMO*, 50, 709-710.
- Kitoh, A. and H. Endo, 2021: Future changes in global monsoon precipitation and their uncertainty: Results from 20-km and 60-km MRI-AGCM Ensemble Simulations. In: C.-P. Chang, K.-J. Ha, R. H. Johnson, D. Kim, G. N.-C. Lau, and B. Wang (eds.), *The Multiscale Global Monsoon System*. World Scientific Publishing, 343-353.
- Kosaka, Y., Y. Takaya, Y. Kamae, 2020: The Indo-western Pacific Ocean capacitor effect. *Tropical and Extratropical AirSea Interactions Modes of Climate Variations*, 141-162.
- Koshiro, T., H. Kawai, and S. Yukimoto, 2020: Impact of cloud microphysics parameter on 20th century warming simulated in MRI-CGCM3.

CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling, 50, 713-714.

Sloyan, B. M., M. Ishii, (他 25 人), 2019: The Global Ocean Ship-Based Hydrographic Investigations Program (GO-SHIP): A Platform for Integrated Multidisciplinary Ocean Science. *Frontiers in Marine Science*, 6, 445.

Tanhua, T., M. Ishii, (他 25 人), 2019: What We Have Learned From the Framework for Ocean Observing: Evolution of the Global Ocean Observing System. *Frontiers in Marine Science*, 6, 471.

Testor, P., M. Ishii, (他 100 人), 2019: OceanGliders: A Component of the Integrated GOOS. *Frontiers in Marine Science*, 6, 422.

Wanninkhof, R., M. Ishii, (他 29 人), 2019: A Surface Ocean CO<sub>2</sub> Reference Network, SOCONET and Associated Marine Boundary Layer CO<sub>2</sub> Measurements. *Frontiers in Marine Science*, 6, 400.

石井雅男, 2021: 海の二酸化炭素研究の「価値連鎖」～「国連海洋科学の 10 年」に向けて～. *Ocean Newsletter*, 482, 2-3.

石井雅男、見延庄士郎, 2021: 「国連海洋科学の 10 年」— One Ocean に向けて気候変化と気候変動の観点から. *学術の動向*, 26, 28-34.

石井雅男, 2020: 海洋酸性化の現状と影響 — 二酸化炭素排出によるもうひとつの地球環境問題. *EIC ピックアップ*, 278.

石井正好, 2019: 気象談話室「明治 150 年、歴史的観測資料と気候解析」. *天気*, 66, 601-608.

今田由紀子, 川瀬宏明, 渡部雅浩, 2020: 2018 年夏のイベント・アトリビューション. *気象研究ノート*. (submitted)

今田由紀子, 2019: 温暖化がなければ 2018 年の猛暑はなかった. *岩波「科学」*, 89, 659-661.

今田由紀子, 「異常気象が異常でなくなった世界」, *岩波「世界」*, 2020 年 12 月号

今田由紀子, 「地球温暖化が近年の日本の豪雨に与えた影響について」, *経済調査会「建設マネジメント技術」*, 2021 年 2 月号

今田由紀子, 「令和 2 年梅雨前線豪雨の特徴と近年の異常気象について」, *消防防災科学センター「消防防災の科学」*, No.143 2021 (冬季)

植田宏昭、前田修平、谷本陽一、立花義裕, 2020: 2019 年秋季「気候形成・変動機構研究連絡会」の報告. *天気*, 67, 51-53.

村松貴有, 加藤輝之, 中里真久, 遠藤洋和, 鬼頭昭雄, 2020: 竜巻の将来予測. *気象研究ノート*, 243, 288-297.

### (3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等:

Endo, H. and A. Kitoh, Monsoon precipitation responses to global warming and

- their regional differences simulated by CMIP models, The 1st International Workshop on Global Monsoons Intercomparison Project (GMMIP), 2019 年 10 月, China, Beijing
- Endo, H. and A. Kitoh, Distinguishing feature of the Asian summer monsoon response to global warming simulated by CMIP5 climate models, 14th East Asian Climate (EAC14) Workshop, 2019 年 4 月, China, Hong Kong
- Fujii, Y., C. Kobayashi, I. Ishikawa, Y. Takaya, and T. Ishibashi, Evaluation of the lead-lag relationship between SST and precipitation in a coupled reanalysis using TAO-TRITON data, 2020 AGU Fall Meeting, 2020 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
- Fujita, Ryo, Heather Graven, Impact of atmospheric radiocarbon and stable isotope measurements on understanding the global CH<sub>4</sub> budget over 1750?2015, 第 25 回大気化学討論会, 2020 年 11 月, (オンライン)
- Harada, Y., S. Kobayashi, Y. Kosaka, J. Chiba, and T. Tokuyoshi, Early results of the evaluation of the JRA-3Q reanalysis, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, 2021 年 6 月, オンライン
- Harada, Y., S. Kobayashi, Y. Kosaka, J. Chiba, and T. Tokuyoshi, Early results of the evaluation of the JRA-3Q reanalysis, EGU General Assembly 2021, 2021 年 4 月, オンライン, オンライン
- Harada Y., S. Kobayashi, Y. Kosaka, J. Chiba, K. Kamiguchi, and T. Tokuyoshi, Early results of the evaluation of the JRA-3Q Reanalysis, AGU Fall Meeting 2020, 2020 年 12 月, 米国, virtual
- Harada, Yayoi, Relationship between the Boreal Summer Intra-seasonal Oscillation and the Stratospheric Quasi-Biennial Oscillation, 第 27 回国際測地学地球物理学連合総会 (IUGG2019), 2019 年 7 月, カナダ, モントリオール
- Ishidoya, Shigeyuki, Satoshi Sugawara, Shinji Morimoto, Daisuke Goto, Yasunori Tohjima, Kentaro Ishijima, Dmitry Belikov, Fumio Hasebe, Kazuhiro Tsuboi, Shohei Murayama, Nobuyuki Aoki, Shuji Aoki, Takakiyo Nakazawa, Observations of elemental and isotopic ratios of atmospheric major components and its application to detect atmospheric circulation and ocean heat uptake changes, 2020 AGU Fall Meeting, 2020 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
- Imada, Y., H. Kawase, H. Shioyama, M. Mori, C. Takahashi, M. Arai, M. Watanabe, and I. Takayabu, Event attribution using large ensemble model simulations by MIROC5, MRI-AGCM, and NHRCM, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
- Imada, Y., H. Tatebe, M. Ishii, Y. Chikamoto, M. Mori, M. Arai, S. Kanae, M. Watanabe, and M. Kimoto, Predictability of two flavors of El Niño and statistical downscaling by SVD analysis using the MIROC5 seasonal

- prediction system, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
- Imada, Y., Event attribution using MIROC5 and the JMA/MRI models, 8th EU-Japan Workshop on Climate Change Research, 2020年3月, ベルギー, Brussels
- Kawai, H., and T. Koshiro, Do Low-level Clouds Strengthen Summertime Subtropical Highs?, International workshop for mid-latitude air-sea interaction, 2021年6月, オンライン
- Kobayashi, C., and T. Iwasaki, Brewer-Dobson circulation diagnosed from reanalysis datasets, Asia Oceania Geosciences Society 16th Annual Meeting (AOGS2019), 2019年8月, シンガポール, シンガポール
- Kobayashi, C., and I. Ishikawa, Northern mid-latitude warming prolonged for more than 6 months in 2018 well-predicted by the JMA's operational seasonal prediction system, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市
- Kosaka, Y., Y. Takaya, M. Watanabe, S. Maeda, Seasonal prediction of Asian summer climate enabled by the Pacific-Indian Ocean coupling, American Geophysical Union 2019 Fall meeting, 2019年12月, アメリカ, サンフランシスコ
- Mizuta, R., Projected changes in extreme precipitation in a 60-km AGCM large ensemble, 8th EU-Japan Workshop on Climate Change Research, 2020年2月, ベルギー, Brussels
- Nakagawa, Y., Y. Onoue, S. Kawahara, F. Araki, K. Koyamada, D. Matsuoka, Y. Ishikawa, M. Fujita, S. Sugimoto, Y. Okada, S. Kawazoe, S. Watanabe, M. Ishii, R. Mizuta, A. Murata, H. Kawase, A Content-Based Database System for Large Volume Climate Data, AGU Fall Meeting, 2019年12月, 米国, サンフランシスコ
- Naoe, H., S. Kobayashi, Y. Kosaka, J. Chiba, T. Tokuhiko, and Y. Harada, Quality assessment of the third Japanese Reanalysis for Three Quarters of a Century (JRA-3Q) during a pre-satellite era, 日本地球惑星科学連合2021年大会, 2021年6月, 千葉市
- Naoe, H., S. Kobayashi, Y. Kosaka, J. Chiba, T. Tokuhiko, and Y. Harada, Evaluation of a new Japanese reanalysis (JRA-3Q) in a pre-satellite era, EGU General Assembly 2021, 2021年4月, オンライン
- Oshima, N., Evaluation of Radiative Forcing using MRI Earth System Model, AMAP short-lived climate forcers (SLCF) expert group meeting, 2019年11月, アメリカ, アナーバー
- Oshima, N., Development of the MRI-ESM2 and evaluation of black carbon in the Arctic, Summer Session 2019 Tsukuba on Air Quality Modeling in Asia, 2019年8月, 茨城県つくば市



- Oshima, N., Development of the MRI Earth System Model (MRI-ESM2) and Evaluations of Radiative Effects of Black Carbon, The Workshop on Air Quality and Climate Research Across Scales, 2019年7月, 東京都
- Oshima, N., K. Kaiho, K. Adachi, Y. Adachi, T. Mizukami, M. Fujibayashi, and R. Saito, Global Climate Change Driven by Soot Ejection Following the Asteroid Impact as the Cause of the Extinction of the Dinosaurs, 27th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2019), 2019年7月, カナダ, モントリオール
- Rodgers, K. B., P. Zhai, R. D. Slater, B. R. Carter, D. Iudicone, O. Aumont, J. Farmer, I. Frenger, Y. Plancherel, L. Resplandy, A. Fassbender, and K. Toyama, Western boundary currents and their extension regions as conduits for the ejection of bomb-radiocarbon from the thermocline, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
- Takaya, Y., N. Saito, I. Ishikawa, S. Maeda, Y. Kosaka, M. Watanabe, Rethinking the ENSO-monsoon relationship in light of trans-basin interactions, 2020 AGU Fall Meeting, 2020年12月, アメリカ, サンフランシスコ
- Takaya, Y., Y. Kosaka, M. Watanabe, S. Maeda, N. Saito, I. Ishikawa, Rethinking the ENSO-monsoon relationship in light of trans-basin interactions, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
- Takaya, Y., The Indian Ocean-origin seasonal rainfall predictability in the South and Southeastern Asian summer monsoons, American Geophysical Union 2019 Fall meeting, 2019年12月, アメリカ, サンフランシスコ
- Takaya, Y., Collaborative Studies with Other Research Projects: Subseasonal to decadal predictions, International Workshop on Decadal Challenges in Asian Monsoon Process Studies, 2019年9月, 名古屋
- Takaya, T., F. Vitart, A. Robertson, Sub-seasonal to Seasonal Prediction Project: Science Plan of Phase 2, EMS Annual Meeting 2019, 2019年9月, デンマーク, コペンハーゲン
- Takaya, Y., Y. Kubo, S. Hirahara, and S. Maeda, New sources of the seasonal tropical cyclone predictability in the western North Pacific, EMS Annual Meeting 2019, 2019年9月, デンマーク, コペンハーゲン
- Takaya, Y., Current status and challenges in seasonal predictions of the Asian summer monsoon, AsiaPEX Kick-off Conference, 2019年8月, 札幌
- Takaya, Y., and M. Yamaguchi, Drought monitoring and prediction using sub-seasonal predictions, Workshop on predictability, dynamics and applications research using the TIGGE and S2S ensembles, 2019年4月, イギリス, レディング

Tanaka, Taichu Y, Johannes Flemming, Alexander Baklanov, Greg Carmichael, James H. Crawford, Vincent-Henri Peuch, Guy Brasseur, Ranjeet Sokji, Sean Khan, Slobodan Nickovic, Xiao-ye Zhang,, Christopher Gan, Kobus Pienaar, Nathalie Laure Roebbel, Radenko Pav, Towards a globally harmonized air quality forecasting: GAFIS, a new WMO-GAW initiative, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン

Yoshida, K., Do sudden stratospheric warmings boost convective activity in the tropics?, WCRP/SPARC SATIO-TCS joint workshop on Stratosphere-Troposphere Dynamical Coupling in the Tropics, 2020 年 2 月, 京都府京都市

Yoshida, K., Solar influence on climate with MRI-ESM2.0 and its behavior in CMIP6 simulations, PSTEP-4 & ISEE-2 International Symposium, 2020 年 1 月, 愛知県名古屋市

Yoshida, K. and R. Mizuta, Sudden Stratospheric Warming Influence on the Tropical Troposphere with High Resolution Large Ensemble Simulations, Asia Oceania Geosciences Society 16th Annual Meeting (AOGS2019), 2019 年 7 月, シンガポール, シンガポール

Yoshida, K. and R. Mizuta, Influence of Sudden Stratospheric Warmings on the Tropical Troposphere with High Resolution Large Ensemble Simulations, 27th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2019), 2019 年 7 月, カナダ, モントリオール

今田由紀子, Potential Predictability of Extremes Estimated by Large Ensemble Simulations, AGU Fall Meeting 2020, 2020 年 12 月, 米国, virtual

楠 昌司, How will the onset and retreat of rainy season over East Asia change in future?, East Asian Climate 14th Workshop, 2019 年 4 月, 中国, 香港

藤田遼, 森本真司, 町田敏伸, 澤庸介, 松枝秀和, 坪井一寛, 青木周司, 中澤高清, Carbon and hydrogen isotope ratios of methane in the upper troposphere/lowermost stratosphere over the Eurasian Continent, 「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進」研究集会, 2020 年 12 月, (オンライン)

・国内の会議・学会等：

Endo, H., A. Kitoh, R. Mizuta, and T. Ose, Different future changes between early and late summer monsoon precipitation in East Asia, JpGU 2021, 2021 年 6 月, オンライン

Ishii, Masao, Sustainable ocean carbon and biogeochemistry observing system in the era of warming, acidification and deoxygenation, 日本地球惑星科学連合 2020 年大会, 2020 年 7 月, 千葉県千葉市幕張

- 石井雅男, 生物地球化学アルゴ: 意義と課題, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, 2021 年 6 月, オンライン, オンライン
- 石戸谷重之、石島健太郎、菅原敏、丹羽洋介、遠嶋康徳、後藤大輔、坪井一寛、村山昌平、青木伸行、眞木貴史、田中泰宙、中村貴, Seasonal variations in the atmospheric Ar/N<sub>2</sub> ratio observed at ground-based stations in Japan and Antarctica and its application to an evaluation of the air-sea heat flux, JpGU meeting 2020, 2020 年 7 月, 千葉県千葉市
- 石戸谷重之、遠嶋康徳、石島健太郎、菅原敏、丹羽洋介、後藤大輔、村山昌平、坪井一寛、青木伸行、中村貴, 大気中アルゴン・窒素比を用いた大気ポテンシャル酸素の変動要因の評価一季節変動と緯度分布一, 第 25 回大気化学討論会, 2020 年 11 月, 千葉
- 今田由紀子, 川瀬宏明, 近年の日本の豪雨や高温事例に地球温暖化が与えた影響～d4PDF による Event Attribution 研究の進展, 令和 2 年度日本気象学会長期予報研究連絡会, 2021 年 1 月, オンライン
- 今田由紀子, 2019/2020 年の大暖冬のイベント・アトリビューション, 第 16 回「異常気象と長期変動」(異常気象研究会), 2020 年 12 月, 京都府宇治市
- 今田由紀子, 2020 年梅雨前線豪雨の特徴と近年の異常気象について, 2020 年梅雨前線がもたらした中国・日本の大水害シンポジウム, 2020 年 8 月, オンライン
- 今田由紀子, 異常気象と地球温暖化の関係を解き明かす新手法～イベント・アトリビューション～, 三重県気候講演会『地球温暖化によって 猛暑・豪雨・台風はどうなるのか』, 2019 年 11 月, 津
- 今田由紀子, 異常気象における温暖化の寄与, 日本気象学会関西支部第 41 回夏季大学, 2019 年 8 月, 京都
- 今田由紀子, 異常気象における温暖化の寄与, 筑波大学エクステンションプログラム, 2019 年 6 月, 東京
- 今田由紀子, 異常気象と地球温暖化, 環境プランニング学会 2019 年春季学術講演会, 2019 年 6 月, 東京
- 今田由紀子, 渡部雅浩, 川瀬宏明, 塩竈秀夫, 荒井美紀, 2018 年 7 月の猛暑と地球温暖化, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都渋谷区
- 今田由紀子, 異常気象と地球温暖化 両者の関連を解き明かす新手法～イベント・アトリビューション～, 気象研究所一般公開特別講演, 2019 年 4 月, 茨城県つくば市
- 遠藤洋和, 梅雨と秋雨の過去 120 年間の長期変動, 研究会「長期予報と大気大循環」, 2021 年 1 月, オンライン
- 遠藤洋和, 鬼頭昭雄, 水田亮, 尾瀬智昭, 東アジアの夏季降水量の将来変化: 初夏と晩夏の違い, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン
- 遠藤洋和, 鬼頭昭雄, 水田亮, 尾瀬智昭, 高解像度 MRI-AGCM による東アジアの夏季降水量の将来変化と不確実性, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, オンライン

遠藤洋和, 地球温暖化によるアジアの降水変化 ～日本の梅雨はどうか?～, 令和元年度気象研究所研究成果発表会, 2019年12月, 東京都千代田区

遠藤洋和, 世界、日本、茨城の気候変化と将来予測, つくば市谷田部地区シルバークラブ連合会第2回シルバー教室, 2019年11月, つくば市

大島長, SE-Dome コアによるエアロゾルデータベースのモデル研究への適用・応用と MRI-ESM2 による放射強制力の推定, グリーンランド南東ドームアイスコアに関する研究集会, 2019年11月, 北海道札幌市

大島長, MRI-ESM2 でのエアロゾルコンポーネント, 第一回気候モデル開発コンソーシアム, 2019年9月, 東京

大島長、田中泰宙、神代剛、出牛真、相澤拓郎、保坂征宏、川合秀明、行本誠史、飯塚芳徳、東久美子、青木輝夫, 気象研究所地球システムモデルによる過去再現実験での北極域のエアロゾルと気候変動, 日本地球惑星科学連合2019年大会, 2019年5月, 千葉県千葉市

尾瀬智昭、遠藤洋和、仲江川敏之, 日本域の季節平均気圧配置の将来変化, 日本気象学会 2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン

尾瀬智昭, CMIP5 モデルの夏季東アジア現在気候再現性と降水量将来変化 (その2), 日本気象学会 2019年度秋季大会, 2019年10月, 福岡県福岡市

尾瀬智昭, CMIP5 モデルの夏季東アジア現在気候再現性と降水量将来変化, 日本気象学会 2019年度春季大会, 2019年5月, 東京都

小野 恒, 石井雅男, 飯田洋介, 延与和敬, 笹野大輔, 西部北太平洋亜寒帯域における表面海水中全炭酸濃度の増加傾向, 日本海洋学会 2020年度秋季大会, 2020年11月, オンライン

小笠恒夫, 伊藤大樹, 小杉如央, 中岡慎一郎, 黒潮大蛇行期における夏季黒潮内側域の pCO<sub>2</sub> 空間変動, 日本海洋学会 2019年度秋季大会, 2019年9月, 富山市

小畑淳, 辻野博之, 将来温暖化時の旱魃、飢饉を地球システムモデルで探る, 日本気象学会 2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン

小畑淳, 辻野博之, 行本誠史, 旱魃、飢饉を地球システムモデルで探る, 日本気象学会 2019年度春季大会, 2019年5月, 東京都渋谷区

釜堀弘隆, 藤部文昭, 松本淳, 関東・東海地方の降水量観測データレスキュー, 日本気象学会 2019年度春季大会, 2019年5月, 東京都

川合秀明, 気候モデルにおける南大洋の雲, 国立極地研究所気水圏コロキウム, 2021年5月, オンライン

川合秀明, 神代剛, 行本誠史, MRI-ESM2 における南大洋の短波放射バイアスとダブル ITCZ 問題の関係, 日本気象学会 2021年度春季大会, 2021年5月, オンライン

川合秀明, 神代剛, 亜熱帯下層雲の放射冷却は夏季の亜熱帯高気圧を強化するか?, 日本気象学会 2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン

川合秀明, 神代剛, 遠藤洋和, 荒川理, 全球の海霧の分布とその温暖化時の変化, 日本気象学会 2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン

- 神代 剛, 川合秀明, 行本誠史, 新しい統合的推定指標で理解される亜熱帯海洋下層雲フィードバック, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
- 小杉如央, 小野恒, 延与和敬, 石井雅男, 気象庁観測船による 2010 年代の北西太平洋亜熱帯域における全アルカリ度観測結果, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, オンライン
- 小杉 如央, 広瀬 成章, 豊田 隆寛, 石井 雅男, 栄養塩をトレーサーとした日本海中層水に含まれる淡水起源の推定, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
- 小杉如央, 石井雅男, 笹野大輔, 安田一郎, 大気・下層・水平方向への酸素フラックスから定量した亜熱帯貧栄養域の新生産, 日本海洋学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 富山市
- 小杉如央, 辻野博之, 石井雅男, pCO<sub>2</sub> データベースに基づく沖縄本島周辺の海洋酸性化現状把握と将来予測, JpGU meeting 2019, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
- 小林ちあき, 前田修平, 2019 年南半球成層圏突然昇温後の対流圏における負の南極振動の持続と季節予測可能性, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, 2021 年 6 月, オンライン, オンライン
- 小林ちあき, 岩崎俊樹, JRA-3Q で表現された平均子午面循環の特徴, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン
- 小林ちあき, 前田修平, 2019 年南半球成層圏突然昇温後の対流圏における負の南極振動, 第 16 回「異常気象と長期変動」(異常気象研究会), 2020 年 12 月, 京都府宇治市
- 小林ちあき, 前田修平, 2019 年南半球成層圏突然昇温後の負の南極振動の持続(その 2), 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
- 小林ちあき, 前田修平, 2019 年南半球成層圏突然昇温後の負の南極振動の持続, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, 川崎市
- 小林ちあき, 石川一郎, 季節予測システムで予測された 2018 年北半球中緯度高温偏差, 研究会「長期予報と大気大循環」, 2019 年 12 月, 東京都千代田区
- 小林ちあき, 石川一郎, 2018 年の北半球中緯度高温偏差, 異常気象研究会 2019・第 7 回観測システム・予測可能性研究連絡会「異常気象の発現メカニズムと大規模大気海洋変動の複合過程」, 2019 年 11 月, 京都府宇治市
- 小林ちあき, 石川一郎, 藤井陽介, 結合同化システムの短期再解析実験における降水量と SST、海面フラックスとの関係, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
- 小林ちあき, 2018 年夏季の北半球中緯度高温偏差, 第 8 回波と平均流の相互作用に関する研究会, 2019 年 9 月, 新潟県新潟市
- 小林ちあき, 石川一郎, 結合モデルで予測された半年以上継続する 2018 年北半球中緯度高温偏差, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都

- 高谷祐平, 石川一郎, 小林ちあき, 遠藤 洋和, 尾瀬 智昭, 2020 年の活発な梅雨・メイユに対するインド洋の影響, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン
- 高谷祐平, 齊藤直彬, 石川一郎, ENSOーアジアモンスーン関係の再考, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
- 竹村和人, 向川均, 前田修平, 夏季日本付近におけるロスビー波の砕波頻度と関連する大気循環, 日本気象学会研究連絡会「長期予報と大気大循環」, 2019 年 12 月, 東京
- 田中泰宙, 弓本桂也, 吉田真由美, 村上浩, 永尾隆, GCOM-C SGLI エーロゾルデータ同化・予測の実証実験, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, つくば市
- 辻野博之, 遠山勝也, 中野英之, 西川史朗, 杉山徹, 西川悠, 石川洋一, 海洋モデルの水平解像度の向上による北太平洋の海洋生物地球化学シミュレーションの改善, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, 2021 年 6 月, オンライン, オンライン
- 辻野博之, 小室芳樹, 浦川昇吾, 海洋モデル相互比較プロジェクトと日本からの貢献, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, オンライン
- 直江寛明, 古林慎哉, 高坂裕貴, 千葉丈太郎, 徳広貴之, 原田やよい, 気象庁長期再解析(JRA-3Q)非衛星時代の品質評価, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, つくば市
- 直江寛明, 小林ちあき, 原田やよい, 対流圏成層圏結合が対流圏ジェット変動に及ぼす影響と中緯度海洋前線帯の役割 (その 2), 新学術領域研究「中緯度大気海洋」(気候系の Hotspot2) 第 2 回領域全体会議 (virtual 会合), 2021 年 3 月, 横浜
- 直江寛明, 榎本剛, 今田由紀子, 夏季のダブルジェットの力学変動, 第 16 回「異常気象と長期変動」(異常気象研究会), 2020 年 12 月, 京都府宇治市
- 直江寛明, 小林ちあき, 原田やよい, 今田由紀子, 前田修平, 廣岡俊彦, 2019 年南半球 SSW の波動伝播特性とダブルジェット, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
- 直江寛明, 対流圏成層圏結合が対流圏ジェット変動に及ぼす影響と中緯度海洋前線帯の役割 (その 1), 新学術領域研究「中緯度大気海洋」(気候系の Hotspot2) 第 1 回領域全体会議 (virtual 会合), 2020 年 9 月, 横浜
- 直江寛明, 松本隆則, 上野圭介, 眞木貴史, 出牛真, 竹内綾子, マルチセンサの衛星観測によるオゾン全量のバイアス補正, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, 川崎市
- 直江寛明, 夏季亜寒帯ジェット上のロスビー波伝播, 第 15 回「異常気象と長期変動」(異常気象研究会), 2019 年 11 月, 京都府宇治市
- 直江寛明, 吉田康平, QBOi 実験における Holton-Tan メカニズムの温暖化応答, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡市
- 直江寛明, 出牛真, 上野圭介, 眞木貴史, 松本隆則, Level 2 衛星オゾン全量の有効

温度依存性, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都渋谷区  
中川友進, 尾上洋介, 川原慎太郎, 荒木文明, 小山田耕二, 松岡大祐, 石川洋一, 藤  
田実季子, 杉本志織, 岡田靖子, 川添祥, 渡辺真吾, 石井正好, 水田亮, 村田  
昭彦, 川瀬宏明, 大規模アンサンブル気候データの効率的な解析に向けたコ  
ンテンツベース検索システム, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10  
月, 福岡市

中川友進, 川原慎太郎, 荒木文明, 松岡大祐, 石川洋一, 藤田実季子, 杉本志織, 岡  
田靖子, 川添祥, 渡辺真吾, 石井正好, 水田亮, 村田昭彦, 川瀬宏明, 大規模  
アンサンブル気候データの効率的な解析に向けたコンテンツベース検索シ  
ステム, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉市

原田 やよい, 木下 武也, 佐藤 薫, 廣岡 俊彦, Characteristics of planetary-wave  
packet propagation during a major sudden stratospheric warming event  
in January 2021, 日本地球惑星科学連合2021年大会, 2021年6月, オンライン

原田やよい, 遠藤洋和, 竹村和人, 令和 2 年 7 月豪雨時における大気循環場の特徴  
と過去の大雨事例との比較, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月,  
つくば市

原田やよい, 古林慎哉, 高坂裕貴, 千葉丈太郎, 徳広貴之, JRA-3Q 長期再解析の初  
期評価結果, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, つくば市

原田やよい, 遠藤洋和, 竹村和人, 令和 2 年 7 月豪雨時における大気循環場の特徴  
と過去の大雨事例との比較, 第 16 回「異常気象と長期変動」(異常気象研  
究会), 2020 年 12 月, 京都府宇治市

原田やよい, 遠藤洋和, 竹村和人, 西日本の大雨時における大気大循環場の特徴～  
平成 30 年 7 月豪雨との比較～(第 2 報), 日本気象学会 2020 年度秋季大  
会, 2020 年 10 月, オンライン

原田やよい, 遠藤洋和, 竹村和人, 西日本の大雨時における大気大循環場の特徴～  
平成 30 年 7 月豪雨との比較～(第 2 報), 日本気象学会 2020 年度春季大  
会, 2020 年 5 月, オンライン

原田やよい, 遠藤洋和, 西日本の大雨時における大気大循環場の特徴, 第 15 回  
「異常気象と長期変動」(異常気象研究会), 2019 年 11 月, 京都府宇治市

原田やよい, 成層圏準 2 年周期振動と北半球夏季季節内振動との関係, 日本気象  
学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市

原田やよい, 西日本の大雨時における大気大循環場の特徴, 第 8 回波と平均流の相  
互作用に関する研究会, 2019 年 9 月, 新潟県新潟市

原田やよい, 遠藤洋和, 西日本の大雨時における大気大循環場の特徴, 日本気象学  
会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都渋谷区

前田修平, 気候形成・変動に関する素朴な疑問～気候系監視・季節予報の現場の視  
点から～, 第 1 回気候形成・変動機構研究連絡会, 2019 年 10 月, 福岡

前田修平, ENSO に伴う気候システム変動の諸相, 日本地球惑星科学連合 2019  
年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市

松本淳, 井上知栄, 藤部文昭, 濱田純一, 林泰一, 寺尾徹, 村田文絵, 久保田尚之,

- 赤坂郁美, 釜堀弘隆, 遠藤伸彦, 山本晴彦, 小林茂, 村治能孝, ACRE-Japan・データレスキューによるアジアモンスーンの長期変動の解明, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都
- 水田 亮, 極端降水将来変化の再現期間・時間スケールによる違い, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡市
- 村田文絵, 松山沙紀, 井上達斗, 栗山匡一郎, 釜堀弘隆, 松本淳, 長期日降水量データを用いた四国の降水特性の解析, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都
- 村治能孝, 松本淳, 井上知栄, 久保田尚之, 山本晴彦, 小林茂, 赤坂郁美, 釜堀弘隆, 20 世紀前半の紙及び画像気象資料の数値化, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都
- 吉田康平, 水田亮, 2021: 成層圏突然昇温は熱帯対流活動を励起するか? ~大規模アンサンブルシミュレーションからの視座~, JpGU 2021, オンライン, 2021 年 6 月, (招待講演)
- 吉田康平, 成層圏突然昇温は熱帯の対流を促進するか?, 異常気象研究会 2019・第 7 回観測システム・予測可能性研究連絡会「異常気象の発現メカニズムと大規模大気海洋変動の複合過程」, 2019 年 11 月, 京都府宇治市

イ. ポスター発表

- ・国際的な会議・学会等:

- Ganeshi, N., M. Mujumdar, R. Krishnan, M. Goswami, Y. Takaya and T. Terao, Understanding the impact of soil moisture variations on temperature extremes over the Indian region, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
- Harada, Yayoi, Relationship between the Boreal Summer Intra-seasonal Oscillation and the Stratospheric Quasi-Biennial Oscillation, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, 千葉市幕張
- Inai, Y., S. Chida, S. Morimoto, S. Murayama, S. Aoki, T. Nakazawa, T. Machida, H. Matsueda, Y. Sawa, K. Tsuboi, K. Katsumata, R. Fujita, Seasonal variations of  $^{18}\text{O}$  and  $^{13}\text{C}$  of  $\text{CO}_2$  in the upper troposphere and lower stratosphere over Siberia, 第 11 回極域科学シンポジウム, 2020 年 11 月, 東京都
- Imada, Y., Extreme weather and climate change ~How to detect a signal of change in atmospheric noises~, 3rd UK-Japan Frontiers of Science Symposium, 2019 年 11 月, 千葉県浦安市
- Kawai, H., and T. Koshiro, Stability Index for Marine Low Cloud Cover over the Mid-latitudes, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
- Kawai, H., T. Koshiro, H. Endo, and O. Arakawa, Mechanisms of Changes in Marine Fog in CMIP5 Multi-Model Simulations, AGU Fall Meeting, 2019



- 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
- Kobayashi, C., and I. Ishikawa, Prolonged Northern-Mid-Latitude Tropospheric Warming in 2018 Well Predicted by the JMA Operational Seasonal Prediction System, AGU Fall Meeting 2020, 2020 年 12 月, 米国, virtual
- Kobayashi, C. and S. Maeda, Persisted negative Antarctic oscillations after sudden stratospheric warming in the Southern Hemisphere in 2019, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
- Kosaka, Y., Y. Takaya, M. Watanabe, S. Maeda, The Pacific-Indian Ocean coupling and seasonal prediction of the Asian summer climate, WCRP-CLIVAR Workshop on Climate Interactions among the Tropical Basins, 2021 年 2 月, オンライン
- Koshiro, T., H. Kawai, and S. Yukimoto, Can low cloud feedback be explained based on low cloud indices?, CFMIP Meeting on Clouds, Precipitation, Circulation, and Climate Sensitivity, 2019 年 10 月, ギリシャ, ミコノス
- Mizuta, R. and H. Endo, Projected changes in extreme precipitation in a 60-km AGCM large ensemble and their dependence on return periods, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
- Mizuta, R., Projected changes in extreme precipitation in a 60-km AGCM large ensemble and their dependence on return periods, Joint SPARC Dynamics & Observations Workshop - QBOi, FISAPS & SATIO-TCS, 2020 年 2 月, 京都府京都市
- Mizuta, R., Changes in very extreme precipitation due to global warming in a large ensemble by 60-km AGCM, The Large Ensembles Workshop, 2019 年 7 月, アメリカ, ボルダー
- Nakagawa, Y., Y. Onoue, S. Kawahara, F. Araki, K. Koyamada, D. Matsuoka, Y. Ishikawa, M. Fujita, S. Sugimoto, Y. Okada, S. Kawazoe, S. Watanabe, M. Ishii, R. Mizuta, A. Murata, H. Kawase, A content-based database system for large volume climate data, VizAfrica Botswana 2019, 2019 年 11 月, ボツワナ, ハボローネ
- Nakagawa, Y., Y. Onoue, S. Kawahara, F. Araki, K. Koyamada, D. Matsuoka, Y. Ishikawa, M. Fujita, S. Sugimoto, Y. Okada, S. Kawazoe, S. Watanabe, M. Ishii, R. Mizuta, A. Murata, H. Kawase, A content-based retrieval system for conventional and machine learning methods to analyze large volume climate data, The 9th International Workshop on Climate Informatics, 2019 年 10 月, フランス, パリ
- Naoe, H., T. Hirooka, Y. Harada, C. Kobayashi, Y. Imada, and S. Maeda, Characteristics of a pronounced Antarctic stratospheric warming in September 2019, International workshop for mid-latitude air-sea interaction, 2021 年 6 月, オンライン, 札幌
- Kodera, K. and H. Naoe, Role of downward propagation of stratospheric Planetary waves in

- development of Atlantic winter storms in February 2020, International workshop for mid-latitude air-sea interaction, 2021年6月, オンライン, 札幌
- Naoe, H., T. Hirooka, C. Kobayashi, Y. Harada, Y. Imada, and S. Maeda, Wave Guide of the 2019 Stratospheric Sudden Warming and Tropospheric Double Jets in the Southern Hemisphere, AGU Fall Meeting 2020, 2020年12月, 米国, virtual
- Naoe, H., T. Matsumoto, K. Ueno, T. Maki, M. Deushi, and A. Takeuchi, Bias correction of satellite multi-sensor total column ozone datasets and their merged ozone dataset, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, 千葉市幕張
- Naoe, H., C. Kobayashi, Y. Harada, Y. Imada, S. Maeda, and T. Hirooka, Predictability of 2019 stratospheric sudden warming in the Southern Hemisphere and its impact of surface weather, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, 千葉市幕張
- Naoe, H. and K. Yoshida, Holton-Tan mechanism in the effect of the QBO on the polar vortex in MRI-ESM 2.0 QBOi experiments, 大気力学変動モデル相互比較プロジェクト (DynVarMIP), 2019年10月, スペイン, マドリード
- Naoe, H. and K. Yoshida, Influences of Quasi-Biennial Oscillation on the Extratropical Stratosphere in the Northern Hemisphere Winter Using MRI-ESM2.0 in QBOi Experiments, 27th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2019), 2019年7月, カナダ, モントリオール
- Ono, H., M. Ishii, Y. Iida, K. Enyo, D. Sasano, Relationship between the variability in dissolved inorganic carbon in surface seawater and the formation volume of subtropical mode water along the 137°E line, International workshop for mid-latitude air-sea interaction, 2021年6月, オンライン
- Ono, Hisashi, Masao Ishii, Toshinori Aoyagi, Acceleration of ocean acidification in the western North Pacific, The 50th session of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, UNFCCC, 2019年6月, ドイツ, ボン
- Rodgers, K.B., M. Ishii, T.L. Froelicher, S. Schlunegger, O. Aumont, K. Toyama, and R. Slater, Coupling of Surface Ocean Heat and Carbon Perturbations Over the Subtropical Cells under 21st Century Climate Change, Ocean Sciences Meeting 2020, 2020年2月, アメリカ, サンディエゴ
- Takano, Y., J. Tjiputra, J. Schwinger, M. Groger, J. Hieronymus, T. Koenigk, S. Berthet, R. Seferian, L. Bopp, A. Yool, J. Palmieri, M. Watanabe, S.

- Urakawa, H. Nakano, H. Tsujino, M. C. Long, J. P. Krasting, J. P. Dunne, and T. Ilyina, Ocean Modeling Perspectives of Multi-Decadal Ocean Deoxygenation and Heat Content Evolutions, Ocean Sciences Meeting 2020, 2020 年 2 月, アメリカ, サンディエゴ
- Takaya, Y., N. Saito, I. Ishikawa, S. Maeda, Two Tropical Routes for the Remote Influence of the Northern Tropical Atlantic on the Indo-western Pacific Summer Climate, WCRP-CLIVAR Workshop on Climate Interactions among the Tropical Basins, 2021 年 2 月, オンライン
- Tanaka, Taichu Y, Keiya Yumimoto, Mayumi Yoshida, Hiroshi Murakami, Takashi M. Nagao, Megumi Okata, Aerosol data assimilation experiment using GCOM-C SGLI aerosol product, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
- Toyama, K., Late-winter glider observation of upper ocean responses to weather disturbances in the western subtropical North Pacific, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021 年 6 月, オンライン
- Toyama, K., H. Ono, N. Kosugi, H. Tsujino, M. Ishii, Glider observation of an eastward moving anticyclonic eddy in the western North Pacific, Ocean Sciences Meeting 2020, 2020 年 2 月, アメリカ, サンディエゴ
- Tsujino, H., A. Obata, S. Yukimoto, M. Hosaka, T. Tanaka, K. Toyama, T. Koshiro, S. Urakawa, H. Nakano, Evaluation of carbon cycles in a suite of CMIP6-C4MIP experiments by Meteorological Research Institute Earth System Model version 2.0 (MRI-ESM2.0), JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, 千葉県千葉市
- Urakawa, S., H. Tsujino, H. Nakano, T. Toyoda, K. Sakamoto, and G. Yamanaka, Water mass transformation by surface buoyancy flux in the Southern Ocean and its possible impact on AMOC in CMIP6 experiments of JMA/MRI, Ocean Sciences Meeting 2020, 2020 年 2 月, アメリカ, サンディエゴ
- Yamanaka, G., H. Nakano, T. Toyoda, K. Sakamoto, S. Urakawa, H. Tsujino, S. Nishikawa, T. Wakamatsu and Y. Ishikawa, Assessing future climate changes in the northwestern North Pacific around Japan using a high-resolution regional ocean model, Ocean Science Meeting 2020, 2020 年 2 月, 米国, サンディエゴ
- Yoshida, K., Do sudden stratospheric warmings boost convective activity in the tropics?, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
- Yoshida, K., Do sudden stratospheric warmings boost convective activity in the tropics?, Workshop: Stratospheric predictability and impact on the troposphere, 2019 年 11 月, イギリス, レディング
- 小野 恒, 石井雅男, 飯田洋介, 延与和敬, 笹野大輔, 東経 137 度線における表面海

水中全炭酸濃度の変動と亜熱帯モード水形成量との関係, JpGU-AGU Joint Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン

・国内の会議・学会等：

Endo, H., A. Kitoh, R. Mizuta and T. Ose, Future changes in East Asian summer monsoon precipitation and their uncertainty in 60km-mesh MRI-AGCM ensemble simulations. JpGU-AGU Joint Meeting 2020, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, 2020年7月, オンライン

Imada, Y., H. Kawase, M. Watanabe, and I. Takayabu, Impact of tropical Pacific sea surface temperature on the regional heavy rainfall events in Japan, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市

石島健太郎、坪井一寛、松枝秀和、田中泰宙、眞木貴史、中村貴、丹羽洋介, 日本周辺における大気中ラドン濃度の短周期変動, 第25回大気化学討論会, 2020年11月, 千葉

今田由紀子, 川瀬宏明, 渡部雅浩, 荒井美紀, 塩竈秀夫, 高薮出, 地域的な豪雨イベントに対する発展的イベント・アトリビューション, 日本気象学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン

浦川昇吾, 中野英之, 辻野博之, 坂本圭, 豊田隆寛, 山中吾郎, Influence of enhanced deep circulation due to geothermal heat on biogeochemical cycle in the Pacific Ocean, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市

浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 豊田隆寛, 坂本圭, 山中吾郎, 気象研究所地球システムモデル及び海洋モデルにおける南大洋海面過程と大西洋子午面循環の関係, 日本海洋学会2019年度秋季大会, 2019年9月, 富山県富山市

尾瀬智昭、遠藤洋和、仲江川敏之, 海面気圧の類似年による盛夏期日本の将来気候変化推定, 日本気象学会2021年度春季大会, 2021年5月, 茨城県つくば市

尾瀬智昭、高谷祐平、仲江川敏之、前田修平, CMIP5 マルチモデル将来予測実験における夏季東アジアの気圧配置および南風モンスーンの分析, 日本気象学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン

小野恒, 石井雅男, 谷崎知穂, 飯田洋介, 延与和敬, 笹野大輔, 東経165度線における表面海水中全炭酸濃度の変動と東経137度線との比較, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン

田中泰宙, 辻野博之, 足立恭将, 小畑淳, 中野英之, 保坂征宏, 神代剛, 行本誠史, 地球システムモデルによるCMIP6実験での大気CO<sub>2</sub>分布再現性の評価, 日本気象学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン

遠山勝也, 小野恒, 小杉如央, 辻野博之, 石井雅男, 水中グライダーによる東向きに移動する渦の直接観測, 日本海洋学会2019年度秋季大会, 2019年9月, 富山県富山市

直江寛明, 榎本剛, 今田由紀子, Dynamical variability of the double-jet structure

in the Northern Hemisphere summer, 令和 2 年度京都大学防災研究所研究発表講演会, 2021 年 2 月, 京都府宇治市  
中野俊也, 延与和敬, 笹野大輔, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 石井雅男, 北太平洋メラネシア海盆の底層水におけるフロン類の最初の検出, JpGU meeting 2019, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市

#### (4) 投稿予定論文

ISHIJIMA, Kentaro, Kazuhiro TSUBOI, Hidekazu MATSUEDA, Yasumichi TANAKA, Takashi MAKI, Takashi NAKAMURA, Yosuke NIWA, Shigekazu HIRAO, 2021: Understanding Temporal Variations of Atmospheric Radon-222 around Japan using Model Simulations. Journal of the Meteorological Society of Japan. (submitted)  
KOBAYASHI, Chiaki, Shuhei MAEDA, Yuki KANNO, Toshiki IWASAKI, 2021: Extremely weak cold-air mass flux and extratropical direct meridional circulation linked to the record-warm winter 2019/2020 over East Asia. SOLA. (submitted)  
Shibata, K. and H. Naoe, 2021: Decadal amplitude modulations of the stratospheric quasi-biennial oscillation, J. Meteorol. Soc. Japan. (revised).

#### 7.2 報道・記事

##### (報道)

石井雅男, 「土曜特集: 温暖化と同時に進行「海洋酸性化」, 公明新聞, 2020 年 12 月 12 日  
今田由紀子, 「昨年の猛暑、温暖化が影響=シミュレーションで裏付け—気象研など」, 時事通信, 2019 年 5 月 22 日  
今田由紀子, 「温暖化で猛暑日 1.8 倍に 気象研予測、1 度上昇の場合」, 共同通信, 2019 年 5 月 22 日  
今田由紀子, 「パリ協定目標達成でも 1.8 倍 気象庁」, 毎日新聞, 2019 年 5 月 22 日  
今田由紀子, 「温暖化で猛暑日 1.8 倍に 気象研などが予測」, 日本経済新聞, 2019 年 5 月 22 日  
今田由紀子, 2019 年 5 月 22 日, 「昨夏の猛暑、温暖化なければ発生せず? 気象庁など分析」, 朝日新聞  
今田由紀子, 「温暖化で猛暑日 1.8 倍に 気象研、1 度上昇の場合」, 産経新聞, 2019 年 5 月 22 日  
今田由紀子, (猛暑のイベント・アトリビューションに関する報道), TBS ゴゴスマ, 2019 年 5 月 23 日  
今田由紀子, (猛暑のイベント・アトリビューションに関する報道), フジテレビとくダネ, 2019 年 5 月 24 日

今田由紀子, Deadly Japan heatwave 'essentially impossible' without global warming, Climate Home News (ロンドンオンラインマガジン), 2019年5月29日

今田由紀子, Japan's deadly 2018 heatwave 'could not have happened without climate change', CarbonBrief (ロンドンオンラインマガジン), 2019年5月30日

今田由紀子, T&ouml;ldliche Hitze in Japan 2018 nur durch Klimawandel erkl&auuml;rbar, German daily newspaper Frankfurter Rundschau (klimareporter.de) (ドイツ新聞社), 2019年5月30日

今田由紀子, 「当たり前になっていく「異常気象」地球温暖化は誰が止めるのか」, Yahoo ニュース特集, 2019年6月4日

今田由紀子, 2019年8月20日, 「記録的猛暑～確かになる温暖化の影響」, NHK 時論公論

今田由紀子, 2020年1月9日, 「温暖化と猛暑(上)」, しんぶん赤旗

今田由紀子, 渡部雅浩, The First Undeniable Climate Change Deaths. EOS Science News by AGU, 2020年8月20日

今田由紀子, 猛暑のイベント・アトリビューション, NHK 総合「ニュースシブ5時」, 2020年8月25日

今田由紀子, 「地球温暖化が近年の日本の豪雨に与えた影響を評価しました」報道発表内容, NHK 茨城「茨城ニュース 845」, 2020年10月20日

今田由紀子, 「西日本豪雨と同規模の大雨、温暖化で発生確率 3.3 倍に」, 朝日デジタル, 2020年10月20日

今田由紀子, 「温暖化で大雨の頻度 3.3 倍に 瀬戸内地域で、気象研分析」, 共同通信, 2020年10月20日

今田由紀子, 「18年西日本豪雨 温暖化で発生確率 3.3 倍 気象研などスパコンで分析」, 毎日新聞デジタル, 2020年10月20日

今田由紀子, 「温暖化で大雨の頻度 3.3 倍に」, 西日本新聞, 2020年10月20日

今田由紀子, 「温暖化で豪雨発生増 「西日本」級 確率3倍 気象研」, 日本農業新聞, 2020年10月21日

今田由紀子, 「西日本豪雨 温暖化で確率 3.3 倍」, 毎日新聞朝刊, 2020年10月21日

今田由紀子, 「18年の西日本豪雨級 温暖化の影響で発生確率 3.3 倍に」, 日本経済新聞朝刊, 2020年10月21日

今田由紀子, 「九州豪雨「温暖化で発生率 1.5 倍」 気象研などが過去データ解析」, 西日本新聞, 2020年10月21日

今田由紀子, 「豪雨やはり温暖化影響していた 18年の西日本は 3.3 倍」, 西日本新聞, 2020年10月21日

今田由紀子, 「九州豪雨「温暖化で発生率 1.5 倍」 気象研などが過去データ解析」, TEAM 防災ジャパン, 2020年10月22日

今田由紀子, 「温暖化で大雨が多くなった?」, 朝日新聞デジタル「ののちゃん

の DO 科学」, 2020 年 11 月 14 日

今田由紀子, 「高まる「温暖化で豪雨」, 毎日新聞, 2021 年 7 月 20 日

今田由紀子, 「気候変動と激化する災害」, NHK 時論公論, 2021 年 7 月 29 日

今田由紀子, 「災害激化招く気候危機」, しんぶん赤旗日曜版, 2021 年 8 月 29 日

今田由紀子, 渡部雅浩, 川瀬宏明, 塩竈秀夫, 荒井美紀, プレスリリース「平成 30 年 7 月の記録的な猛暑に地球温暖化が与えた影響と猛暑発生の将来を通し」, 2019 年 5 月 22 日

今田由紀子, 川瀬宏明, 渡部雅浩, 荒井美紀, 塩竈秀夫, 高薮出, プレスリリース「地球温暖化が近年の日本の豪雨に与えた影響を評価しました」, 2020 年 10 月 20 日

遠藤洋和, 「集中豪雨、温暖化の影響も」, 朝日新聞デジタル, 2020 年 8 月 17 日

川瀬宏明, 山口宗彦, 今田由紀子, 林修吾, 村田昭彦, 仲江川敏之, 宮坂貴文, 高薮出, プレスリリース「近年の気温上昇が令和元年東日本台風の大雨に与えた影響」, 2020 年 12 月 24 日

丹羽洋介, 「世界の CO<sub>2</sub>収支 2020 年版を公開 ～国際共同研究（グローバルカーボンプロジェクト）による評価～」, 筑波研究学園都市記者会、環境省記者クラブ、環境記者会、水産庁記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会同時配布, 2020 年 12 月 11 日（国立環境研究所ほかとの共同プレスリリース）

丹羽洋介, 「世界のメタン放出量は過去 20 年間に 10% 近く増加」, 筑波研究学園都市記者会、環境省記者クラブ、環境記者会、文部科学記者会、科学記者会同時配付, 2020 年 8 月 6 日（国立環境研究所ほかとの共同プレスリリース）

丹羽洋介, 松枝秀和, 「東南アジアの泥炭・森林火災が日本の年間放出量に匹敵する CO<sub>2</sub>をわずか 2 か月間で放出：旅客機と貨物船による観測が捉えた CO<sub>2</sub>放出」, 2021 年 7 月 15 日（国立環境研究所ほかとの共同プレスリリース）

松枝秀和, 「民間旅客機が捉えた都市域からの CO<sub>2</sub>排出～世界 34 都市上空での CO<sub>2</sub>観測データの統計解析～」, 筑波研究学園都市記者会、環境省記者クラブ、環境記者会、気象庁記者クラブ同時配付, 2020 年 5 月 15 日（国立環境研究所との共同プレスリリース）

(アウトリーチ)

石井雅男, 「深刻化増す海洋の異変-観測データが示す気候変動 海の温暖化・海面上昇・海洋酸性化 IPCC 海洋・雪氷圏特別報告書と気象庁「海洋の健康診断表」から」 日本記者クラブ 2020 年度記者ゼミ「科学記者の役割」 2020 年 7 月 28 日

石井雅男, 「海の温暖化・海面水位の上昇・海の酸性化 — 現状と予測」内閣府総合海洋政策推進本部 気候変動が海洋環境及び海洋産業に与える影響について検討するプロジェクトチーム第 2 回会合 2020 年 12 月 10 日（非公開）

石井雅男, 「気候変動分野と海洋科学の 10 年 — 海の温暖化・海面水位上昇・海の酸性化」笹川平和財団海洋政策研究所 第 3 回「海洋科学の 10 年」研究会 2020 年 12 月 21 日

石井雅男, 「海洋観測の課題」内閣府総合海洋政策推進本部 気候変動が海洋環境及び海洋産業に与える影響について検討するプロジェクトチーム第 3 回会合 2021 年 2 月 4 日（非公開）

- 今田由紀子 (2019) 異常気象と地球温暖化 両者の関連を解き明かす新手法～イベント・アトリビューション～. 気象研究所一般公開特別講演, 気象研究所, 2019年4月10日
- 今田由紀子, 2019年6月8日, 「異常気象と地球温暖化」, 環境プランニング学会 2019年春季学術講演会, 東京
- 今田由紀子, 2019年6月29日, 「異常気象における温暖化の寄与」, 筑波大学エクステンションプログラム, 東京
- 今田由紀子, 2019年8月17日, 「異常気象における温暖化の寄与」, 日本気象学会 関西支部第41回夏季大学, 京都
- 今田由紀子, 2019年9月27日, 「豪雨のイベント・アトリビューション～極端現象と温暖化の関係を解き明かす新手法～」, 第2回洪水リスク研究会, 東京都目黒区
- 今田由紀子, 2019年11月19日, 「異常気象と地球温暖化の関係を解き明かす新手法～イベント・アトリビューション～」, 三重県気候講演会『地球温暖化によって 猛暑・豪雨・台風はどうなるのか』, 津市
- 今田由紀子, 川瀬宏明, 「近年の日本の豪雨は地球温暖化のせい?」, 「気象業務はいま 2021」トピックスIII-1 コラム, 2021年6月
- 坪井一寛, 「航空機を利用して温室効果ガス濃度を『はかる』」, 福岡市科学館 第19回気象教室「地球温暖化、その原因の正体に迫る ー旅客機・人工衛星がとらえた温室効果ガスー」, 2020年1月13日
- 坪井一寛, 石島健太郎, 丹羽洋介, 松枝秀和, 「民間旅客機を活用した大気観測によって捉えられる二酸化炭素濃度変動」, 「気象業務はいま 2021」第2部3章 コラム, 2021年6月