

研究課題一覧

研究領域 テーマA			研究課題名: 「直面する地球環境変動の予測と診断」		領域代表: 木本 昌秀 東京大学大気海洋研究所 副所長・教授
領域課題	サブ課題		サブ課題代表者		
(i) 直面する気候変動に関する要因の特定とメカニズムの解明	a	年々変動～30年程度を対象とした近未来気候変動予測研究	東京大学大気海洋研究所 准教授	渡部 雅浩	
	b-1	気候感度に関する不確実性の低減化	国立環境研究所 主任研究員	小倉 知夫	
	b-2	気候感度に関する不確実性の低減化に向けた「雲」の予測精度の向上	海洋研究開発機構 主任研究員	佐藤 正樹	
(ii) 地球環境変動研究を支える統合的予測システムの開発	a	様々な時空間スケールに対応するシームレス予測の基盤技術開発	気象庁気象研究所 気候研究部 主任研究官	石井 正好	
	b	初期値・境界値の最適化技術、データ同化技術の開発	海洋研究開発機構 ユニットリーダー	建部 洋晶	

研究領域 テーマB			研究課題名: 「安定化目標値設定に資する気候変動予測」		領域代表: 河宮 未知生 海洋研究開発機構 気候変動リスク情報創生プロジェクトチーム プロジェクト長
領域課題	サブ課題		サブ課題代表者		
(i) 多様なシナリオを踏まえた長期的な地球環境変動の予測	a	温室効果気体濃度変動や土地利用変化等を取り扱う地球システムモデルの開発	海洋研究開発機構 ユニットリーダー	渡邊 真吾	
	b-1	安定化目標値設定に向けた社会経済シナリオに関する検討・情報収集	海洋研究開発機構 ユニットリーダー代理	立入 郁	
	b-2	社会経済シナリオを含めた気候予測実験の統合的評価	電力中央研究所 環境科学研究所 副研究参事	筒井 純一	
(ii) 大規模な気候変動・改変に関する科学的知見の創出	a	ティッピング・エレメントや環境変化の不可逆性(極域氷床の崩壊等)に関する数値実験技術の開発	海洋研究開発機構 プロジェクト長	河宮 未知生	
	b	ジオエンジニアリング(成層圏エアロゾル注入等)に関する数値実験技術の開発	海洋研究開発機構 プロジェクト長	河宮 未知生	

研究領域 テーマC			研究課題名: 「気候変動リスク情報の基盤技術開発」		領域代表: 高敷 出 気象庁気象研究所 環境・応用気象研究部 部長
領域課題	サブ課題		サブ課題代表者		
(i) 気候変動リスクの評価の基盤となる確率予測情報の創出	a	アンサンブル予測技術と予測実験の最適化手法の開発	防災科学技術研究所 主任研究員	大楽 浩司	
	b	気候変動予測データの統計学的解析手法の開発	情報・システム研究機構 統計数理研究所 准教授	上野 玄太	
	c	アンサンブルデータの効率的なダウンスケーリング手法の開発	東京大学生産技術研究所 准教授	芳村 圭	
(ii) 高度利活用(影響評価研究等)を支える標準的気候シナリオの整備	a	予測情報の信頼性・不確実性の定量化手法の開発	筑波大学 生命環境系 教授	植田 宏昭	
	b	高解像度力学的ダウンスケーリングによる低頻度ではあるが影響の大きい気候変動事象に関する情報の創出	気象庁気象研究所 環境・応用気象研究部 部長	高敷 出	
	c	雲解像大気・海洋・波浪結合モデルによる台風強度推定	名古屋大学 宇宙地球環境研究所 教授	坪木 和久	

研究領域 テーマD			研究課題名: 「課題対応型の精密な影響評価」		領域代表: 中北 英一 京都大学防災研究所 副所長・教授
領域課題	サブ課題		サブ課題代表者		
(i) 自然災害に関する気候変動リスク情報の創出	a	気候変動に伴う気象災害リスクの評価	京都大学防災研究所 准教授	竹見 哲也	
	b	気候変動に伴う河川流域災害リスクの評価	京都大学大学院工学研究科 教授	立川 康人	
	c	気候変動に伴う沿岸災害リスクの評価	京都大学防災研究所 准教授	森 信人	
	d	気候変動リスクの社会・経済影響と適応策の評価手法の構築	京都大学防災研究所 教授	多々納 裕一	
	e	アジアにおける水災害リスク評価と適応策情報の創生	土木研究所 水災害・リスクマネジメント 国際センター 水災害研究 グループ長	三宅 且仁	
(ii) 水資源に関する気候変動リスク情報の創出	a	気候変動に伴う水資源に関する社会・経済的影響及びその不確実性の評価研究	京都大学防災研究所 准教授	田中 賢治	
	b	水資源・水循環の人為的改変を含めた評価研究	東京大学生産技術研究所 教授	沖 大幹	
(iii) 生態系・生物多様性に関する気候変動リスク情報の創出	a	気候変動予測情報を活用した、将来の生態系・生物多様性に関する影響及びその不確実性評価研究	東北大学大学院 生命科学研究所 教授	中静 透	
	b	生態系サービス等を通じた社会・経済的影響の評価研究	東北大学大学院 生命科学研究所 教授	中静 透	
	c	北東ユーラシア・東南アジア熱帯における気候・生態系相互作用の解明と気候変動に対する生態系影響評価研究	名古屋大学 宇宙地球環境研究所 准教授	熊谷 朝臣	
	d	沿岸海洋生態系に対する気候変動の複合影響評価研究	北海道大学大学院 地球環境科学研究院 教授	山中 康裕	

文部科学省
研究開発局環境エネルギー課
〒100-8959
東京都千代田区霞が関 3-2-2
URL: <http://www.mext.go.jp>

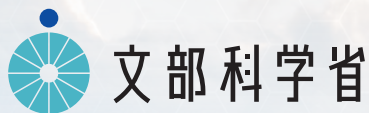
お問い合わせ
気候変動リスク情報創生プログラム事務局 海洋研究開発機構
〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町 3173-25
URL : <http://www.jamstec.go.jp/sousei>
Email : sousei_info@jamstec.go.jp



気候変動リスク情報 創生プログラム



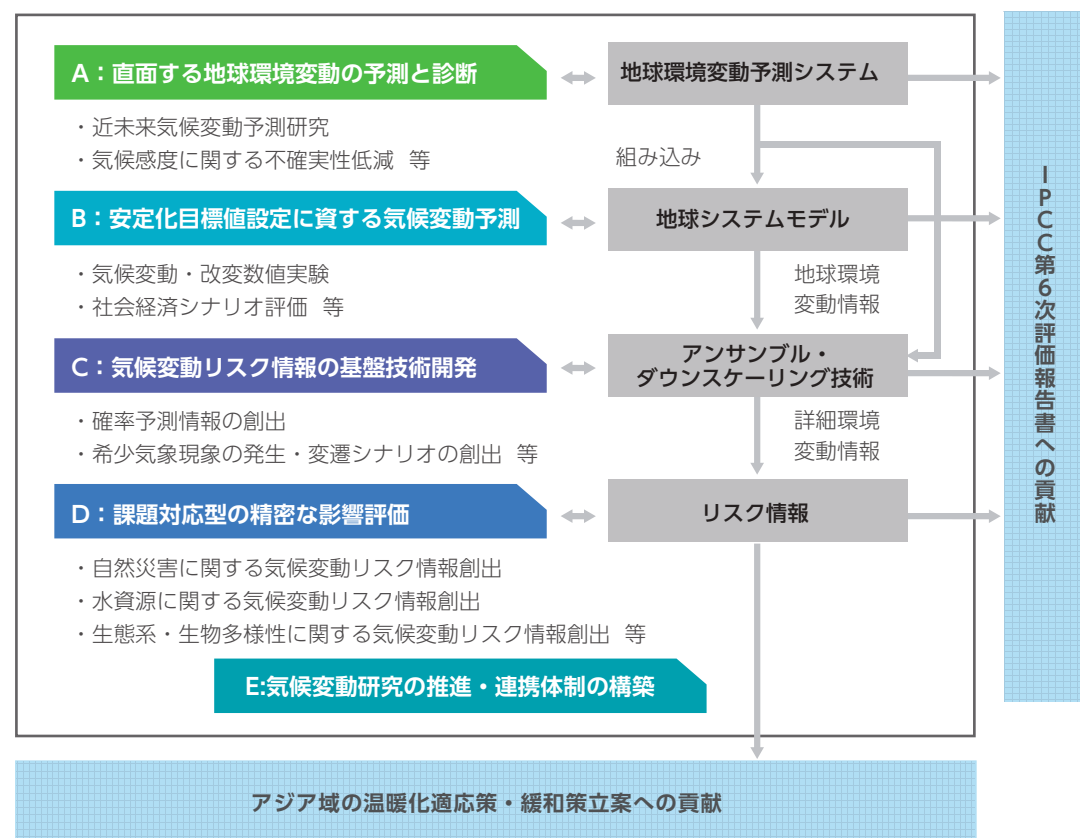
～日本・アジア・世界に役立つ気候変動予測情報とリスク情報の創出と活用～



文部科学省

概要

気候変動に関する生起確率や精密な影響評価の技術確立し、気候変動をリスクとしてマネジメントする際に必須となる基盤情報の創出を目指しています。また、さらなる気候変動予測の不確実性の低減や社会経済シナリオ研究との連携により、気候の安定化目標の科学的な評価を推進し、気候変動リスクに関して多角的な評価を実施しています。



PD（プログラム・ディレクター）は、事業統括としてプログラムを効率的・効果的に運営し、全体調整を図ります。領域テーマ毎にPO（プログラム・オフィサー）が配置され、研究課題の進捗管理、研究計画の調整等、PDの役割を補佐します。

PD・PO（テーマA・C）
住 明正

文部科学省技術参与
国立環境研究所 理事長

PO（テーマB）
植松 光夫

文部科学省技術参与
東京大学大気海洋研究所
国際連携研究センター
センター長・教授

PO（テーマD）
原澤 英夫

文部科学省技術参与
国立環境研究所
理事



領域テーマA

東京大学大気海洋研究所

直面する地球環境
変動の予測と診断

領域代表者 木本昌秀

東京大学大気海洋研究所 副所長・教授

【研究課題】

- 直面する気候変動に関する要因の特定とメカニズムの解明
- 地球環境変動研究を支える統合的予測システムの開発

●研究参画機関：東京大学
大気海洋研究所、海洋研究開発機構、
国立環境研究所 等

領域テーマB

海洋研究開発機構

安定化目標値設定に
資する気候変動予測

領域代表者 河宮未知生

海洋研究開発機構／気候変動リスク情報
創生プロジェクトチーム プロジェクト長

【研究課題】

- 多様なシナリオを踏まえた長期的な地球環境変動の予測
- 大規模な気候変動・改変に関する科学的知見の創出

●研究参画機関：海洋研究開発機構、
電力中央研究所 等

領域テーマC

筑波大学

気候変動リスク情報の
基盤技術開発

領域代表者 高数出

気象庁気象研究所
環境・応用気象研究部 部長

【研究課題】

- 気候変動リスクの評価の基盤となる確率予測情報の創出
- 高度利活用（影響評価研究等）を支える標準的気候シナリオの整備

●研究参画機関：筑波大学、気象庁
気象研究所、防災科学技術研究所、
名古屋大学 宇宙地球環境研究所、
統計数理研究所 等

領域テーマD

京都大学防災研究所

課題対応型の
精密な影響評価

領域代表者 中北英一

京都大学防災研究所 副所長・教授

【研究課題】

- 自然災害に関する気候変動リスク情報の創出
- 水資源に関する気候変動リスク情報の創出
- 生態系・生物多様性に関する気候変動リスク情報の創出

●研究参画機関：
京都大学防災研究所、
国立環境研究所、北海道大学、
名古屋大学 宇宙地球環境研究所、
東北大学、東京大学 大学院工学系研究科
生産技術研究所、東京工業大学、
土木研究所、
農研機構 農村工学研究所 等

領域テーマE

海洋研究開発機構
領域代表者 河宮未知生
海洋研究開発機構
気候変動リスク情報創生
プロジェクトチーム プロジェクト長

気候変動研究の推進・連携体制の構築

- 本プログラムの実施・アウトリーチ等にかかわる業務の支援
- 気候変動リスク情報の関係者間における共通認識の醸成に向けた取組の実施
- 気候変動リスクに関する情報の提供・助言の実施に必要な体制の整備



地球温暖化に伴う気候変動は、現存する人間社会に大きな影響を与えることになる問題です。従来には、どのような気候変動が起きるか、どのような影響が起きるか、というようなメカニズムの解明が中心でありましたが、温暖化に伴う影響が顕著になるにつれて、さまざまな具体的な対応をとることが必要になってきました。このような状況では、従来の地球温暖化予測の研究をさらに発展させて、地球温暖化予測に伴う不確実性も考慮しながら、地球温暖化に伴うリスクを定量的に把握する必要があります。こうした情報を提供しようとするのが、「気候変動リスク情報創生プログラム」です。

プログラムの発足当時には、気候モデルの不確実性が減少しない中で、どの程度の信頼度でリスク情報が得られるか危惧する声もありましたが、研究を進める中で大きな進展がありました。例えば、イベントアトリビューションという新しい手法の開発が精力的に行われ、実際に発生した極端現象に関する地球温暖化の寄与の推定が得られるようになりました。また、影響評価においては、「最大化シナリオ」に伴う影響の推定などの手法が実用化されるようになってきました。

なかでも、研究の進展の中で、各課題の協力に基づき、「d4PDF」と呼ばれる地球温暖化に伴う気候変動の影響を評価するデータセットが作成されたことは画期的なことでした。このデータセットにより、4℃昇温下での気候変動の影響、例えば、極端現象の確率分布の変化などのより詳細な情報が得られるようになりました。そして、このような本プログラムの研究成果は、このパンフレット後半の活用例の箇所にも記載されていますように、近年様々な形で内外の研究機関や行政機関にも活用されています。加えて、本プログラムの成果は国連気候変動枠組条約（UNFCCC）等国際的にも注目を集めるようになってきました。本パンフレットには、こうした本研究で得られた多くの結果が紹介されています。このパンフレットを読んでいただくことにより、リスク評価をより具体的に使用できることが可能になると期待しております。

2015年の12月には、地球温暖化に対する新しい国際的な枠組み、パリ協定が採択されました。これは、世界中のすべての国が参加する枠組みです。各国は、自主的に削減目標を設定し、その達成に努めることとなっています。この目標は、5年ごとに見直すことにもなっています。このような状況では、地球温暖化に伴う気候変動の影響をより詳細に把握する必要があります。それを可能とするには、気候モデルに伴う予測精度を向上させると同時に、アンサンブル法での標本数を増やし、影響に関するきめ細やかな情報を提供することです。そのためには、「気候変動リスク情報創生プログラム」で開発された研究手法をさらに発展させてゆく必要があります。

本プログラムが、さらに発展してゆくことを祈念するとともに、皆様のご支援・ご鞭撻をお願いいたします。

PD(プログラム・ディレクター) 住 明正

文部科学省技術参与 国立環境研究所 理事長



領域テーマA▶直面する地球環境変動の予測と診断 いま起きている気候変動を解明し、 将来を予測する —気候変動対策の基本情報を提供

領域代表者 木本 昌秀 東京大学大気海洋研究所 副所長・教授



進行しつつある地球温暖化への対策を講じるためには、将来どのようなことがどの程度起きるのか、信頼できる予測情報が必要です。本テーマでは、そのためのツールである気候モデルを高度化し、また大気や海洋の観測データをモデルに取り込んで、半年後のエルニーニョから、10年後、あるいは100年後の温暖化まで、様々な時間スケールの気候の変動を予測できるシステムを開発してきました。さらにこのシステムを用いた数値実験によって、現在進行形の気候変動に対する人為要因の影響評価を行い、温暖化リスク情報の社会への提供を試みました。

今年の猛暑は地球温暖化のせいですか？

災害は忘れたころにやってくる、とよく言われます。頻度は低くとも、猛暑の夏や大雪の冬は地球の気候の自然なゆらぎの表れとして必ずやってくるものであり、個々の気象イベントを地球温暖化だけのせいにすることはできません。しかしながら、ゆっくりと進行する地球温暖化は、いくつかの異常天候や極端気象の発生頻度を微妙にですが変えつつあります。

精巧かつ多量のシミュレーションによって、気象イベントのメカニズムを解明し、温暖化の寄与も算定することができます。テーマAでは「イベントアトリビュション」と呼ぶこのような研究を進

めました。「もし地球温暖化がなかったとしたら、2013 年のような猛暑の起こる確率はもっと低かったであろう。言い換えれば、温暖化によって猛暑のリスクが〇%増大している」というメッセージを広く社会に伝えることができ、自然のゆらぎと温暖化リスクとの関係についてよりよく理解してもらうことができます。この研究により、従来の 10 倍以上の数値実験を行うことによって確率的リスク情報生成が可能であることを示し、創生テーマ間連携による d4PDF データセット*の作成に導きました。* P.12 で詳述。

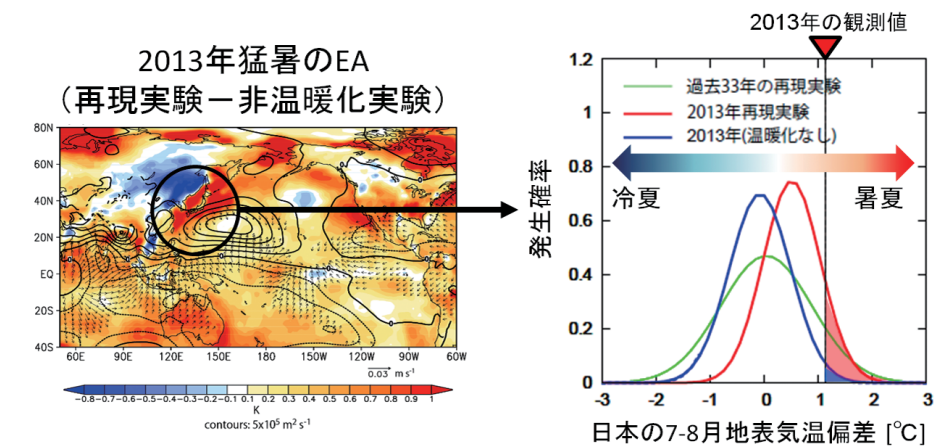


図1: イベントアトリビュション
全球大気モデルに観測された境界値(海面水温・海水)を与えて、初期値を変えた100メンバの再現実験と、境界値から温暖化成分を除いた実験を行い、これから得られる気象要素の確率密度分布を比較することで、頻度の低い異常天候などの発生確率に対する温暖化の寄与を評価しました。左図は2013年日本の猛暑に対する再現実験と非温暖化実験で得られた地表気温(色)、850hPa流線関数(等値線)と200hPa発散流(矢印)の差。右図は、再現実験(赤)と非温暖化実験(青)による日本付近の地表気温PDFの比較。緑は、より長期の再現実験による同変数の気候学的PDF。2013年の観測値(図上部に示す)より暑い夏になる確率は、温暖化が起こっていないとした場合全体の1.7%に過ぎませんが、実際の(温暖化している)場合は12.4%と見積もられ、温暖化により猛暑のリスクが増大していることがわかります。
(Imada et al. 2014, Bulletin of the American Meteorological Society)

温暖化が止まった?

個々の気象イベントだけでなく、観測データに表れる近年の気候の傾向が温暖化とどう関係しているのかも、よく社会の関心事となります。1998 年の記録的なエルニーニョの後の 15 年以上にわたる世界平均気温の停滞傾向は、英語で「停滞」を意味する「ハイエイトス現象」とも呼ばれ、社会的にも科学的にも大きな話題になっています。また、温暖化の割には最近寒い冬が多いこともよくメディアに取り上げられます。地球温暖化は本当に進行しているのでしょうか？

テーマ A では、このような疑問にきちんと科学的に答えるための研究も行ってきました。ハイエイトスについては、地球の表面では気温の停滞傾向はあるものの、海洋内部は着実に暖まっており、海洋内部へ熱がゆっくりと沁みてゆく速度が自然変動に伴ってゆらぐために、主として海面で一時的に温度上昇が停滞していると考えられること、さらに自然変動に対する人為気候変動の相対的寄与の定量評価を行うと、地球温暖化の影響はむしろ増大しつつあること

などがわかりました。また寒冬については、温暖化で減りつつある北極海の海氷がシベリア高気圧の勢力を強めるような気圧配置の変化をもたらしていることを明らかにすると同時に、温暖化の進行

後は、これとは別の自然変動である北極振動（北極域と中緯度域での海面気圧偏差の変動）の寄与の方が卓越するので、温暖化が進めば北半球は寒冬が多くなる、とは言えないことも示しました。

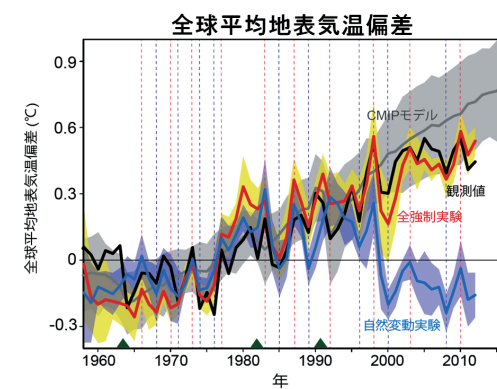


図2: ハイエイトスの再現と要因分析
全球気候モデルによるシミュレーションにより、2000年以降の地球全体の気温上昇の停滞状態(ハイエイトス)の再現に成功しました(図の赤線)。さらに、気候の自然変動の地球全体の気温変化に対する寄与は、1980～2010年までの各年代で27～47%と無視できない大きさであることが分かりました。このような過去の気候変動の再現と要因分析は、将来の気候変化予測の信頼性評価に大きく役立ちます。
(Watanabe et al. 2014, Nature Climate Change; 2014年9月1日記者発表)

新しい予測システムは将来だけでなく、過去の情報も拡張する

気候モデルは進化を続けています。本テーマでも、次期の国際比較実験で用いる新しいモデルを開発しました。観測データの取り込みを行う「データ同化」にはアンサンブルカルマンフィルタ(EnKF)という新しい方法を導入することにしました。この方法は、従来よりも計算量は増えますが、大気と海洋のデータを同時に取り込めるほか、海水のように取り込むのが技術的に難しい変数の扱いを可能にします。こうすることで取り込んだ変数の精度を上げるだけでなく、別の変数の精度も上げる効果を持ちます。この性質を利用すると、大気の高層観測データや海洋内部の観測データが著しく乏しかった 1950 年代以前の気候状況も、比較的豊富にある地表の観測データから復元が可能になります。本テーマでプロトタイプを作成した「150 年気候再解析」により、異常天候や極端気象のサンプルも増え、数十年規模の気候変動に対する理解も向上します。さらにダウンスケール手法などを併用すれば、室戸台風（1934 年）級の気象イベントのアトリビュションやリスク評価も可能になります。過去の、より広い現象範囲をカバーできるということは、将来予測の信頼性向上にも直接つながります。

予測の不確実性低減のために

地球温暖化の予測では、同じ二酸化炭素量の増加に対して、用いる気候モデルごとに、気温や降水量の増加量が異なるという問題が存在しています。本テーマではこの気候感度の問題に対して、現在の科学知見の不確実性の範囲内で多数のモデルを構築して、気候感度の幅の原因の特定、そして、気候感度に対する影響が最大の雲の表現を精細にした高解像度モデルによる研究を進めてきました。これにより気候感度を支配する「キープロセス」を明らかにし、観測データを用いてその不確実性の幅を狭めることが可能であることを示しました。また、従来のモデルでは表現できなかった水平スケールの小さい雲の重要性が明らかになり、これらの雲が気候感度を高める可能性があることも示されています。

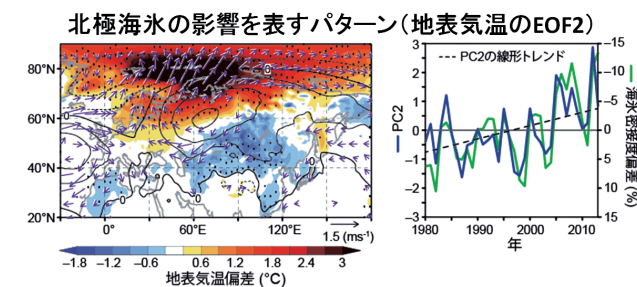


図3: ユーラシア大陸中緯度域で頻発している寒冬の要因分析
大気モデルを用いた大規模アンサンブルシミュレーションにより、北極海における近年の急速な海水の減少によってユーラシア大陸の中央部で寒冬になる確率が2倍以上高くなっていることが明らかになりました。世界中の気候モデルによる将来予測シミュレーションを解析した結果を踏まえると、近年の寒冬の増加は温暖化の過程で一時的に生じる過渡現象だと示唆されます。図は、観測された冬の地表気温偏差の主成分分析より得られた、空間パターン(左:地表気温偏差(色)と、それに伴う地表気圧(等値線:1hPa間隔)ならびに地表風(矢印)偏差)とその時係数(右)。このパターンの時間変動はバレンツ・カラ海で平均した海水偏差の年々変動(緑の時系列)とよく対応しており、北極海中の緯度への影響を表すと考えられます。
(Mori et al. 2014, Nature Geoscience; 2014年10月27日記者発表)

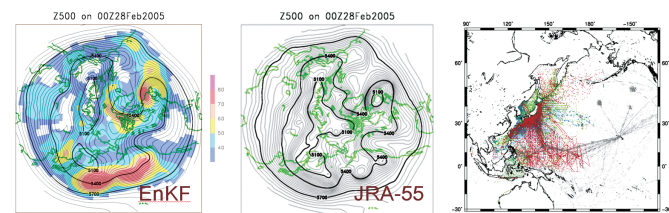


図4: 150年気候再解析に向けて
新しいデータ同化手法(EnKF)によって地表気圧データのみから再現された上空500 hPa(約5km)の高度場(左)、気象庁の解析値(中央)との比較。左図の陰影は、アンサンブル手法に基づく誤差の目安を示します。(右)戦前の表層水温データの分布。色つきが日本の機関によります。旧帝国海軍海上気象観測データのデジタル化も作業中です。150年もさかのぼって大気海洋を同時に解析する試みは世界でも初めてのものです。

下層雲が気候感度を高める効果

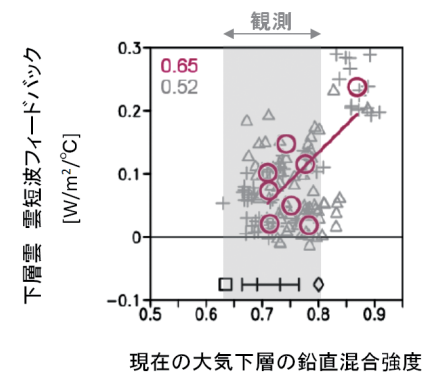


図5: 気候感度を制御するキープロセスの不確実性制限
多数の全球気候モデルを構築して温暖化シミュレーションを実施した結果、大気下層の雲には気候感度を高める働きがあり、その働きが現在の大気下層の鉛直混合強度と関係することが分かりました。さらに、鉛直混合強度の観測データを参照することにより、気候感度を高める働きについて不確実性の幅を制限できることが示唆されました。
(Kamae et al. 2016, Journal of Climate)

領域テーマB▶安定化目標値設定に資する気候変動予測

CO₂をどれだけ減らせば、温暖化は抑制できる?— 予測の「不確実性」を把握し、経済への影響を見通す

領域代表者 河宮 未知生 海洋開発研究機構 気候変動リスク情報創生プロジェクトチーム プロジェクト長



本テーマでは、人間の活動を起源とする二酸化炭素(CO₂)の排出量を減らしたとき、地球環境にどれほどの影響があるのかを探ってきました。その影響を計る上で大きな障壁となるのが、予測の「不確実性」です。そこで、100年後の地球がどのような環境になっているかについて、生物や自然、化学の過程も取り入れた様々なデータから幅を持たせた予測結果を算出し、地球規模の環境問題研究に取り組むことで、温暖化緩和抑制のための国際交渉における議論に貢献してきました。

温暖化抑制目標、達成のカギは抑制コストの「不確実性」?

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第 5 次評価報告書 (AR5) では、人為起源の CO₂ 排出の累積量と温暖化による気温上昇が比例関係にあることが示されました。この比例関係の傾きは「炭素排出に対する気候過渡応答」(TCRE) とよばれ、人間が CO₂ を排出した時の地球の温まりやすさを示しています。TCRE の平均的な値は、約 400PgC(1PgC = 炭素 10 億トン) の炭素を排出すると、1℃の平均気温上昇がもたらされることを示しています。

平均気温の上昇を産業革命前と比べ、2℃未満に抑えようという

国際的な目標、いわゆる「2℃目標」の達成のためには総排出量を 800PgC に抑える必要があるわけですが、2010 年時点ですでにその半分ほどを排出してしまっています。目標の達成が決して容易ではないことがわかりますが、その一方、TCRE の不確実性も非常に大きく、800PgC の排出で 2.5℃を超えてしまう可能性もあれば、逆に 1.5℃以下に収まる可能性もあります。この不確実性が社会経済に対して持つ意味、特に温暖化抑制のためのコストに対する影響を把握することが、非常に重要なのです。

抑制コスト不確実性を把握することで、社会経済に与えるインパクトを計る

本テーマでは、AR5 に採用された4つの CO₂ 濃度シナリオのうち、今世紀末に 2-3℃という中程度の気温上昇をもたらす RCP4.5 と呼ばれるシナリオを取り上げ、予測の不確実性が温暖化抑制コストに与える影響を検討しました。人間が排出する CO₂ の量がどの程度であれば RCP4.5 に相当する濃度になるかは、森林や海などがどのくらい CO₂ を吸収するのかにも依存するため、一定の不確実性を持ちます。その不確実性の幅を、生物や化学過程の働きも考慮した気候モデルである「地球システムモデル (ESM)」で評価したのが図 1 です。例えば 2100 年時点で、下限付近の排出経路では排出量が 0 に近い値、つまりほとんど CO₂ を排出することができなくなっているのに対し、上限付近では 5PgC 程度の排出 (現在の半分程度) が維持されている点など、排出量の上限付近と下限付近では大きな違いがあることがわかります。

この上限は TCRE の値が低い (地球が温まりにくい) 場合、下限は高い (温まりやすい) 場合にあたります。この違いが世界の社会経済にもたらす影響を、社会経済分野で開発されたモデルを使って調べてみました。経済活動の指標としてよく用いられる国内総生産 (GDP) : 世界全体ベースについては、2100 年時点で上限の方が下限より約 4% 高いという違いが見られました。4% とい

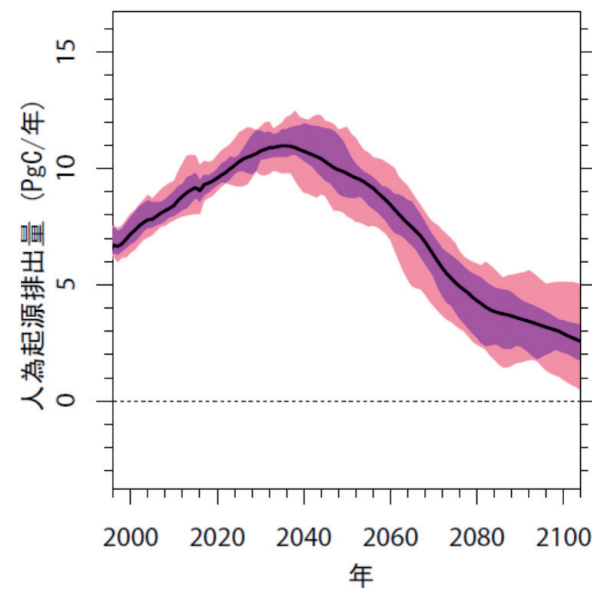


図1: RCP4.5濃度シナリオに対応する、化石燃料の燃焼による年間二酸化炭素排出量の時系列。シェードが不確実性の幅で、実際の値が紫色の範囲に入る確率が68%、ピンクの範囲に入る確率が90%であることを示している。黒線は平均値。Tachiiri et al. (2013) を改変。

うと意外と小さいと思われるかもしれませんが、図 2a の炭素価格 (炭素税の目安) で見ると両者には 3 倍もの開きがあります。炭素価格が高くなる、ということは、温暖化抑制のためのコストも同程度に高くなることを意味します。両者で想定されるエネルギー需要の構造を調べると、CO₂ の排出量が低いケースでは高いケースに比べ、木材や生ごみなどを資源として活用するバイオマスエネルギーの割合が 1.5 倍ほど多くなっていました (図 2b)。GDP への影響を 4% に留めるためには、下限のケースと比べ 3 倍という高い炭素価格のもと、石炭や石油・天然ガスからバイオマスエネ

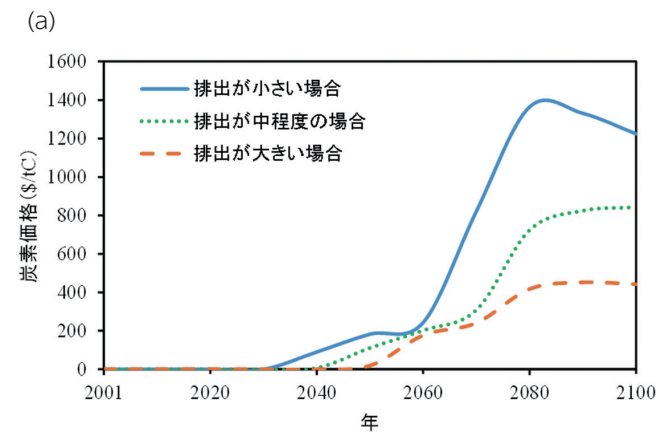
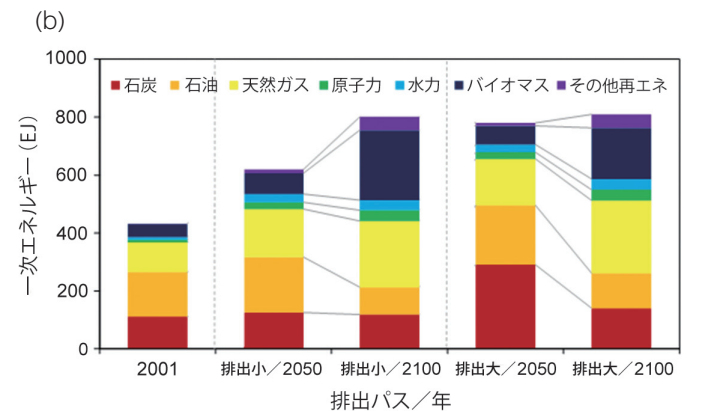


図2: (a) RCP4.5濃度シナリオに基づいた場合の、炭素価格の推移。図1の下限付近で排出量が推移し排出量が小さい場合、上限付近で推移し排出量が大きい場合、中ほどで推移し排出量が中程度の場合それぞれについて示す。
(b) 排出量が大きい場合と小さい場合の、2050年と2100年それぞれにおける1次エネルギー構成。Matsumoto et al. (2015) を改変。

ルギーへの構造転換など、CO₂ 排出削減のための努力をすべて成功させる必要があります。地球環境の観測や予測、新エネルギーの開発などといった温暖化抑制の施策をバランスよく推進していくためには、このように自然科学上の不確実性と温暖化抑制コストという社会的費用を結びつけて考えることが必要です。ここで紹介した成果は、科学的知見に基づいて温暖化対策を進めるため 2016 年 5 月にドイツ・ボンで開催された「気候変動に関する国際連合枠組条約 (UNFCCC)」の補助機関会合で紹介され注目を集めました。



温暖化予測のさらなる高度化に向けて

創生プログラムの発足以降、社会経済学分野と気候モデリング分野との連携が進み、TCRE の値により将来の社会像は大きく異なってくるということがわかってきました。この TCRE の不確実性の要因のうち、大きなものの一つが、窒素循環と炭素循環の相互作用です。世界各国の研究機関が開発する ESM の結果の比較から、窒素などの養分が生態系に取り込まれる過程の考慮の有無により、将来の森林による CO₂ 吸収量の評価が大きく変わってくることがわかってきました (図 3)。2021 年までに出版される IPCC の第 6 次評価報告書に向けて、そうした窒素循環の過程も取り込んで高度化した ESM による評価を、世界各国の研究機関が提出する見込みです。創生プログラムにおいても窒素循環過程の導入や大気海洋の物理プロセ

スの改良により、ESM の高度化を進めています (図 4)。2015 年に締結された、パリ協定 * では、5 年ごとに世界各国で進む温暖化対策を最新の科学的知見に基づいて評価することとされました。これは、ESM による予測などで得られる科学的知見が、より直接的に UNFCCC 参加各国の削減目標に影響を与えることを意味しています。TCRE の不確実性の科学的な検討といった、ESM を用いた研究は、今後いっそう重要性を増すことになるでしょう。

* 国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) において、2020 年以降の地球温暖化対策に係る国際枠組みとして、2015 年 12 月 12 日に採択された協定。産業革命以前からの世界の平均気温上昇を 2℃未満に抑えることを目標とし、さらに 1.5℃未満に抑えることが努力目標となっている。

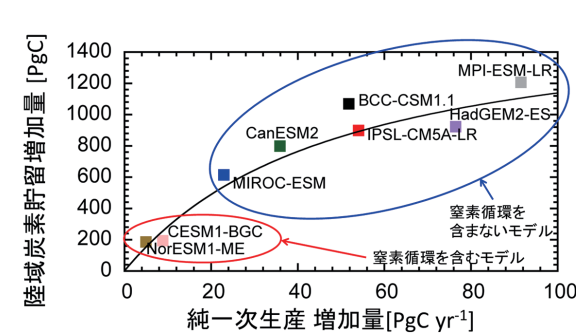


図3: 世界各国の研究機関の「地球システムモデル」による、将来の大気CO₂増加に対する陸域生態系のCO₂吸収量(陸域炭素貯留増加量)と純一次生産のレスポンスの関係。CO₂吸収量は、モデル中での純一次生産増加量と深く関係し、また窒素循環を含むモデルと含まないモデルとでレスポンスが大きく異なることが分かる。なお、図中の「MIROC-ESM」が創生プログラムで開発を継続しているモデル。Hajima et al. (2014) を改変。

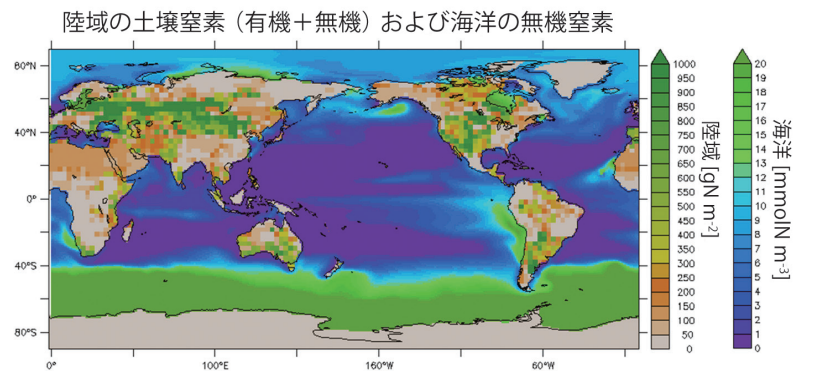


図4: 創生プログラムで開発した地球システムモデルMIROC-ESMによる土壌窒素量、海洋中の溶存無機窒素濃度の分布。

領域テーマC▶気候変動リスク情報の基盤技術開発

温暖化が進むと、高温・大雨・台風は どうなるのか？ — 不確実な未来に 「想定しうるシナリオ」を描く

領域代表者 高敷 出

気象庁気象研究所 環境・応用気象研究部 部長



本テーマに求められているのは、地球温暖化に伴うリスクを評価するための基礎となる情報を創ることです。そのために、高温・大雨・台風といった危険を生じる様々な気象が将来どうなるのかを描くことが目的となります。

不確実性も考慮しながら、未来の日本の気候・気象を予測する

気候の科学的理解やスーパーコンピュータの能力向上により、多数の全球気候モデルによる実験結果が利用できるようになりつつありますが、その信頼性やばらつきをどのように評価するかが大きな課題となっています。

本テーマでは多数の実験結果を用いて、日本における気温の将来変化の確率地図を初めて作成しました。低い人口増加のもとでの高度経済成長シナリオ（IPCC SRES A1b 排出シナリオ）において、10 年間のうちで最高となる月平均気温の上昇量は 3 ～ 5℃であり、月平均気温が 4℃以上上昇する確率は、冬季の北海道で特に大きくなることが示されています（図 1）。

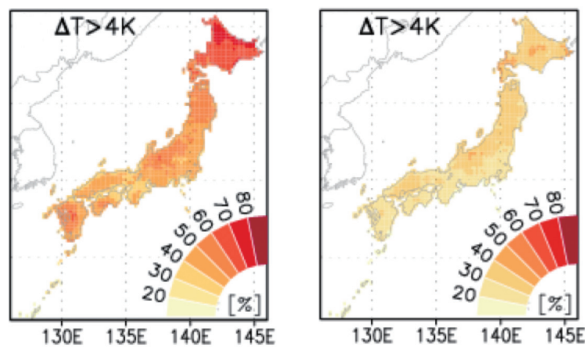


図1: 日本における21世紀後半の気温上昇の確率地図。(左)1月、(右)7月。
4℃以上昇温する確率

台風は年に 2 ～ 3 個しか日本に上陸せず、防災を意識した確率的な評価のためには台風がどのくらいの確率で発生するのかというアプローチが必要となります。図 2は台風のモデル構築の一環として、観測データから疑似的に計算された台風経路の頻度分布を示した図です。これにより、季節変化もふまえた台風経路の頻度分布のシミュレーションが可能になります。

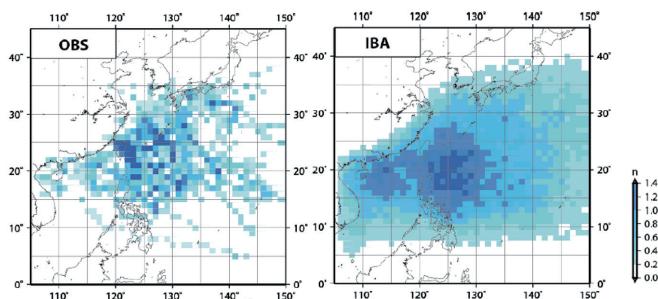


図2: 気象庁発行の1951年以降の全期間のベストトラックデータから計算された台風経路の頻度分布(左)と疑似台風経路の頻度分布(右)

図3は、産業革命以降の世界平均気温が4℃上昇した場合に、年降水量および極端降水量（年最大日降水量）がどうなるのかを、60km 格子の全球気候モデルによる多数アンサンブル実験（d4PDF）* で見積もったものです。年降水量は中高緯度と熱帯で増え、亜熱帯で減る傾向にあります。強い雨の指標となる年最大日降水量はどうでしょうか？こちらは一部の地域を除いて増加する傾向にあります。 * P.12 で詳述。

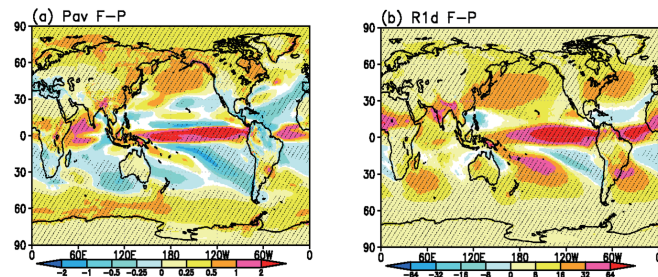


図3: (左) 年降水量 (mm/day) および(右) 年最大日降水量 (mm) の将来変化予測。予測結果の不確実性を示すために、統計的に有意な格子に着色し、6つの異なる海面水温パターン実験間で変化の符号が同一な格子に斜線を施した

モデルの高解像度化や改良で、より精確な予測を実現

日本全体の気候予測も大事ですが、自分の住む街の気候が温暖化でどう変化するかは皆様の最大の関心事ではないでしょうか。短時間の局所的な激しい降水現象などの予測精度はモデルの解像度に依存するため、地域ごとの正確な気候予測には、より高解像度の地域気候モデルが要求されます。しかし、解像度を上げると解像度に合わせた物理過程の開発が必要となります。そこで、水平解像度 2km の地域気候モデルを開発することにより、1 時間の降水量が 50mm 以上のような激しい現象のきめ細かな将来変化予

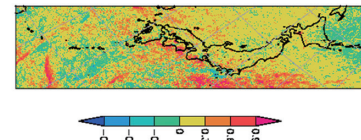


図4: 9月の1時間50mm以上の降水量の回数の将来変化予測(回数)の分布図

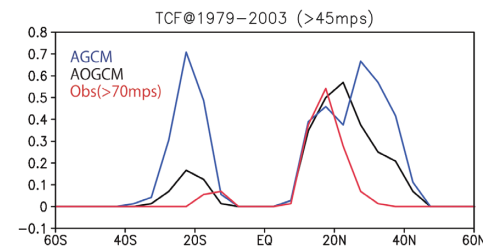


図5: 現在気候実験における強い熱帯低気圧(最大風速が45m/s以上)の存在頻度。1979-2003年の25年間の存在頻度を帯状平均して示す。60km格子の準結合モデル(AOGCM)実験は黒線で、60km格子の大気海洋準結合モデル(AGCM)実験は青線。破線は、期間を前半の12年間と後半の13年間に分けて計算した場合。赤線は、観測における強い熱帯低気圧(最大風速が70m/s以上)の存在頻度

台風の最悪シナリオを構築、東南アジアにも研究を展開

1959 年に 5000 人を超える犠牲者を出した伊勢湾台風。もし温暖化が進んだ世界でこの台風が発達したとしたら、どのくらい強大になるのか？ 4つの数値モデルを用いて高精度の最悪シナリオを作り出したところ、すべてのモデルにおいて“未来の伊勢湾台風”は強度を増したスーパー台風になるという、確実性の高い結果が得られました（図 7）。

また、熱帯から亜熱帯にある開発途上国は、台風やモンスーンによる大雨のため温暖化に対して脆弱な地域であると考えられています。適応策の対応が遅れています。本テーマではこれまで

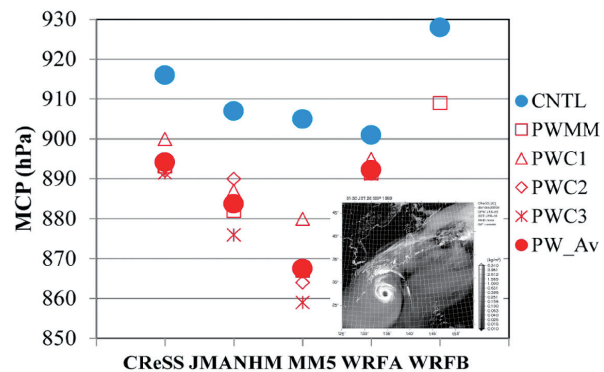


図7: 雲解像モデルCRSS、気象庁非静力学モデルJMANHM、米国の非静力学モデルMM5および領域モデルWRF(A,B)による伊勢湾台風のシミュレーションにおける最低中心気圧。青丸は現在気候、赤い四角、三角、ダイヤ、米印は4種類の海面水温の将来気候実験、赤丸はそれらの平均の最低中心気圧を示す

測が可能となりました（図4）。

また広域の予測にあたっては、海洋からの影響を考慮しないモデルは強い台風の北上しやすい傾向を含むことがわかっています。これは大気海洋結合モデルを用いることで改善できます（図 5）。図 6 は、領域大気海洋準結合モデル（RSM – ROMS）を駆使して全球規模から日本近郊域へと力学的ダウンスケーリングすることにより、より実際の観測データに近い結果が得られることを示したものです。

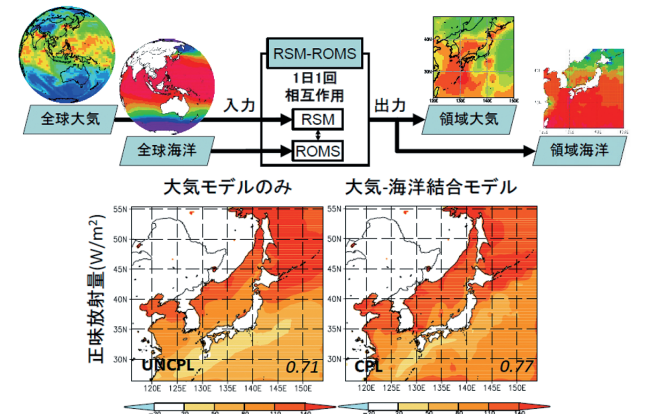


図6: RSM-ROMSシステムの概要。下図:大気モデルのみ(UNCPL)と大気-海洋結合モデル(CPL)により日本近郊域を力学的ダウンスケーリングすることによる効果。CPLでは海面水温と正味放射量ともに、観測データとより一致した細かいスケールの分布が表現されている(Ham et al., 2016より抜粋改変:図中の数字は空間相関係数を示す(1に近い方が良い))

にフィリピン、インドネシア、ベトナム、マレーシア、インドなどから研究者を各々 2 か月程度気象研究所に招待し、地域気候モデルの使用方法を指導の上、それぞれの国における温暖化実験に一緒に取り組んできました。さらにモデルは各国のスーパーコンピュータにインストールし、帰国後も引き続き実験を継続できる体制を整えてきました。図 8 は、東南アジア地域における 95 パーセントイル降水量の今世紀末までの変動を表しています。多くの地域で降水量は増え、最大で 40% 超も増加する地域もあることが示されています。

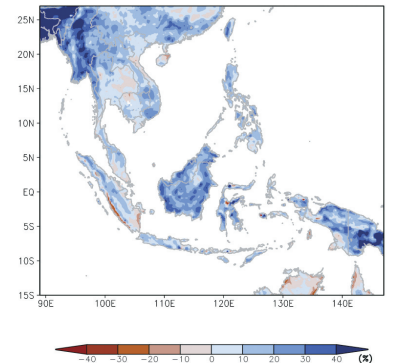
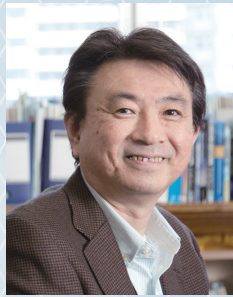


図8: 東南アジア地域における日降水量95パーセンタイル値の将来変化予測

温暖化で、21世紀末の日本と世界はどう変わる？ —適応策に役立つ情報を社会に発信

領域代表者 中北 英一 京都大学防災研究所 副所長・教授



地球温暖化によって、台風、洪水、土砂災害、川の流れなどは、どう変化するのでしょうか？ 気候変動によるリスクの管理に役立つ情報を創出するためには、リスクの特定、確率の把握とともに、その影響をより精密に評価することが重要です。本テーマでは温暖化と自然災害との関連を科学的に示し、今後どこまで深刻化するのかについて、21世紀末まで見通すことを目的としました。そのために、2つの解析手法を取り上げました。ひとつは、気候変動が台風や洪水などの自然災害にどの程度の影響を及ぼすかを、確率に基づいて定量的に把握する手法です。もうひとつはスーパー台風など、最大規模の強さをもつ極端な気象現象に気候変動がどう影響するかを科学的に求めて、気象災害の最大クラスシナリオを想定する手法です。過去の記録にない、温暖化による最大級の災害がどの程度の被害をもたらすのかを科学的・工学的な面から分析するとともに、経済的な被害まで具体的な数字で把握して、対応策への基礎情報として提供していきます。

自然災害に関する気候変動リスク

台風による被害予測については、「台風ボーガス手法」により任意の地点に台風渦を設置することで、経路が変わった場合に生じる大雨・強風の定量的な評価が可能となりました。また擬似温暖化実験により、伊勢湾台風や2004年の台風18号といった過去最大クラスの台風が温暖化でどのような影響を受けるのか評価できました。

これらの結果から、実際の伊勢湾台風は淀川流域の洪水発生に

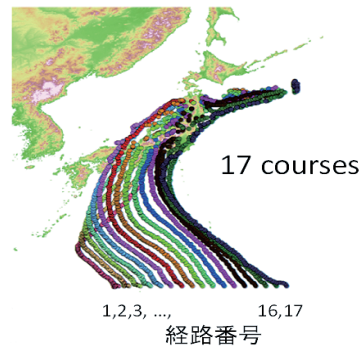


図1: 伊勢湾台風の経路アンサンブル実験による台風コース

また浸水被害の経済的なリスク評価も行い、淀川流域の浸水リスクカーブ（年最大浸水被害額の確率分布）を導出しました。導出には、分布型降雨流出モデルと洪水氾濫モデルを用いて多数の浸水シミュレーションを実施し、治水経済調査マニュアルを用いてマニュアルを用いて浸水被害額とその発生確率との関係（浸水リスクカーブ）を右図のように推定しました。現状と21世紀末、さらに何らかの適応策を施した場合とを比較することで、適応策の選択に貢献できます。



図3: 淀川流域における流出氾濫シミュレーション

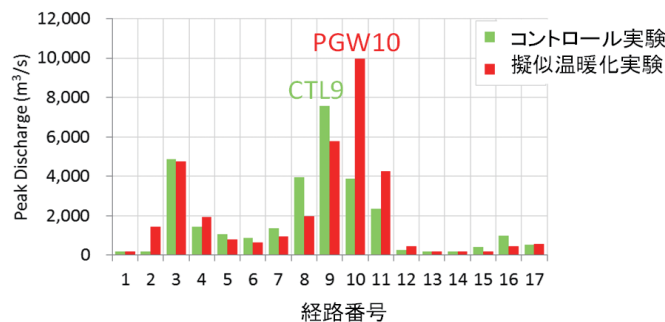


図2: 台風コースごとに計算された淀川流域の治水計画基準点（枚方地点）での最大流量。伊勢湾台風のベストトラックは、コントロール実験の経路No.9(CTL9)に近いものであった

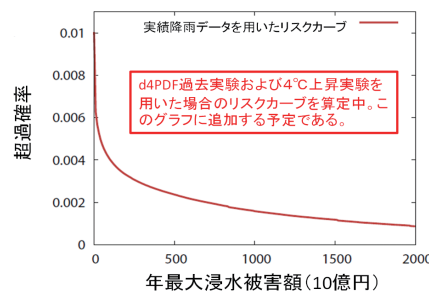


図4: 淀川流域の浸水リスクカーブ

高潮については、d4PDF、気象研 AGCM によるシナリオ、および確率台風モデル（統計モデル）を用いた3種類の手法によって評価しました。d4PDF にもとづく4℃上昇シナリオによる予測では、東京湾、大阪湾、伊勢湾の高潮による潮位偏差の将来変化は年数とともに増加し、過去において100年に1回程度発生する規模の高潮（再現年数100年の高潮）の再現年数は1/2～1/3と短くなり、湾ごとの高潮の将来変化予測は台風経路に大きく依存するため不確実性は高いものの、10年以上の長

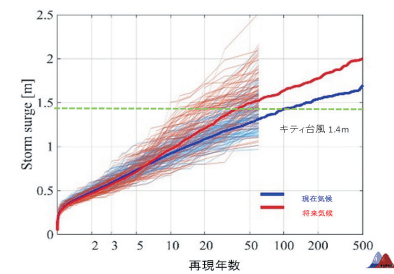


図5: 東京湾での高潮潮位偏差の長期変化(単位:m)

また日本だけでなく、海外の流域における稲作被害額の推定にも取り組みました。現在と将来の気候それぞれ25年間について、降雨流出氾濫モデル（RRI モデル）を用いて浸水面積や浸水深を計算し、浸水面積が最大となる年を抽出して、フィリピンのパンパ

期的な増加については明確な将来変化が予測され、特に大阪湾と伊勢湾で顕著です。

波浪については、力学的および統計的なモデルによって波浪の将来変化を評価しました。RCP8.5シナリオにもとづく波浪の将来変化予測では、日本の太平洋沿岸域において10年に一度の頻度で発生する高波の高さは2m以上増加します。アンサンブル実験の結果より将来変化の確実性は高く、太平洋側での予測結果は一貫しています。

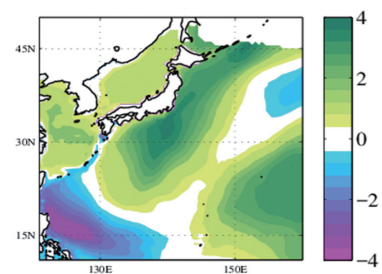


図6: 10年確率の高波変化(単位:m)

ンガ流域における稲作被害額を算出しました。この結果、現在気候と将来気候の最悪ケース同士の比較では、気候変動により将来は浸水面積が4割増し、稲作被害額が約2割増加することがわかりました。

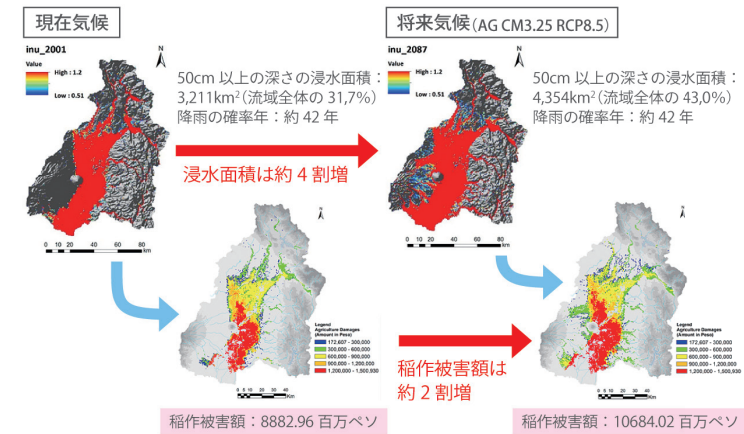


図7: 現在気候・将来気候下でのパンパンガ流域における稲作被害額の比較

水資源に関する気候変動リスク

温暖化によって気候が変わると、雨の量や降り方も大きく変化し、雪が雨に変わる可能性も出てきます。こうした変化は河川の流況(水が川に流れ出る様子)を大きく変えると予想されます。陸域水循環モデルを用いて日本全国の河川流況の変化を評価したところ、日本海側の多雪地帯の河川で大きな流況の変化が予測されました。

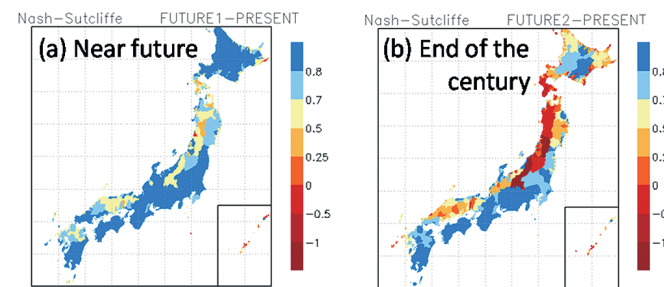


図8: 気候変動に伴う日本各地の河川流況の変化(暖色ほど変化が大きい)

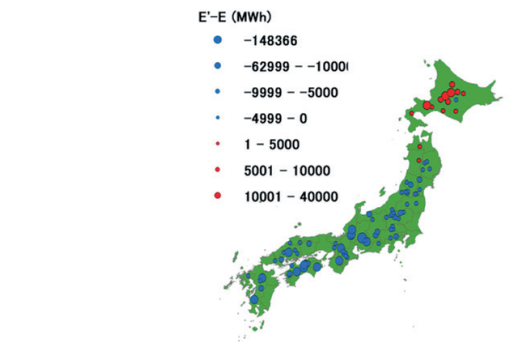


図9: 水力発電に利用可能な水量の変化

また、気候変動による河川流況の変化から水力発電に利用可能な水量の将来変化を推定したところ、北海道と東北の一部のダムを除いた多くの地域で年間水力発電量が減少する（図9の青色）ことが示唆されています。

世界の水資源の変化については、貯水池操作や灌漑取水など、人間活動の影響を組み込んだ統合水資源モデルを用いて干ばつ日数の変化を予測しました。世界を26の領域に分割した場合、多くの領域で干ばつ日数が増加しました。水資源管理などの人間活動の影響を考慮する場合(HI)と考慮しない場合(NAT)を比較すると、水資源管理などの人間活動を考慮する場合(HI)の方が干ばつ日数の増加は少ないことが推計されました。この結果からは、水資源管理施設を適切に運用することにより、干ばつ日数の増加をある程度抑えられることが示唆されています。

生態系・生物多様性に関する気候変動リスク

温暖化は、生態系や生物多様性にも影響を及ぼします。気候モデルによる予測結果を用いて、高山植物が生育可能な地域(高山帯相当域)の変化を評価しました(図11参照)。その結果、今世紀末には東北地方すべて、中部山岳域のほとんどの高山帯に相当する環境を持つ地域が消失すると予測されました。

陸上生態系の未来予測のためには、気候変動が生み出すであろう陸上植物にとっての異常事態(高温、乾燥、過湿、栄養過多・欠乏によるストレス)を精緻に表現でき、かつ、植生群落から全球スケール、数年から数百年スケールまでの計算が可能な陸上生態系動態モデルが必要です。このモデルには、植物個体の生き方(例えば、個体毎の光合成、呼吸、水分・栄養の利用、繁殖、成長、そして死亡)から植物集団の振る舞い(例えば、光・水分・栄養の奪い合い)までを表現することができる能力が求められます。そこで、新たにS-TEDy(SEIB-DGVM-originated Terrestrial Ecosystem Dynamics)モデルを開発しました。“異常事態”は地域の植生タイプや自然環境条件で様々ですので、東アジア熱帯林・温帯林と東シベリア北方林を対象として、S-TEDyを用いて各地域の生態系変化・崩壊リスクを探し、気候変動による窒素飢餓や大量枯死などの陸上生態系の異常プロセスを、より詳細に再現でき、気候変動を考慮した植生の長期評価が可能になりました。

沿岸生態系については、二酸化炭素が海水に溶け込んで起きる海洋酸性化にも着目し、温暖化と海洋酸性化によりサンゴ礁や藻場

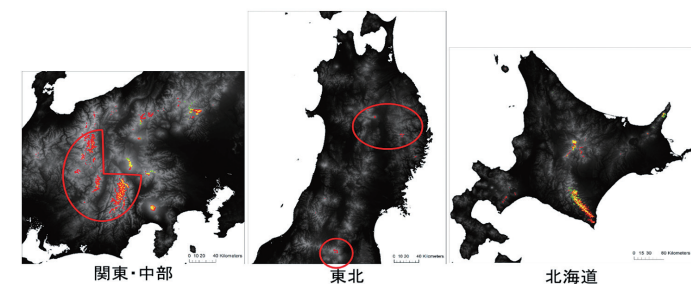


図11: 過去と将来(MRI-CGCM3(RCP2.6))の高山帯相当域の比較。赤色は高山帯消失、黄色は高山帯維持、緑色は高山帯出現を表す

具体的な予測値を出すことで、研究成果の「社会への橋渡し」を実現

本テーマでは、気候変動予測情報を用いて、自然災害、水資源、生態系・生物多様性など様々な視点からの定量的な影響評価を行いました。単に現在から将来の変化を予測するだけでなく、不確実性の推定、最大クラスのシナリオと確率の評価、社会経済への影

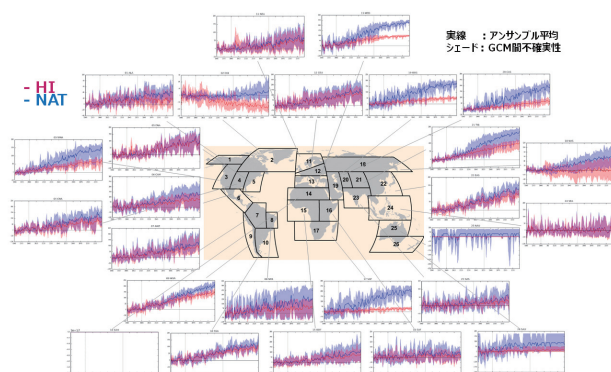


図10: 領域平均温水日数の時系列変化(1980年-2099年)

がどう変化するかを予測・評価しています。大型海藻の生息・非生息データと、水温、水質、地形など9つの環境要因の対応関係を用いて大型海藻の生息適地を求める統計モデルを作成しました。これに気候モデル(Miroc4h)の海水温情報を適用して生息適地確率を推定し、1990年代、2010年代、2030年代についてアンサンブルした推定値を得ました。その結果、温帯性海藻では生息域が北上しつつ減少し、南方性海藻では九州北西岸で増加しつつ北上する傾向が見られました。このような、気候変動にともなう沿岸生態系の変化に関する科学的知見は、沿岸域における海洋保護区や海中公園の設置場所の再検討や、水産業や観光業など沿岸生態系に依存する地場産業の適応策を講じる際に重要な指針となります。

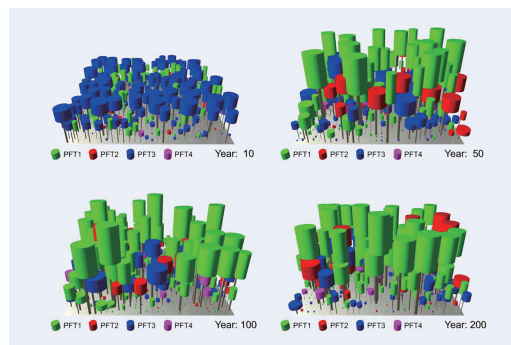


図12: 陸域生態系動態モデル(S-TEDy Model)

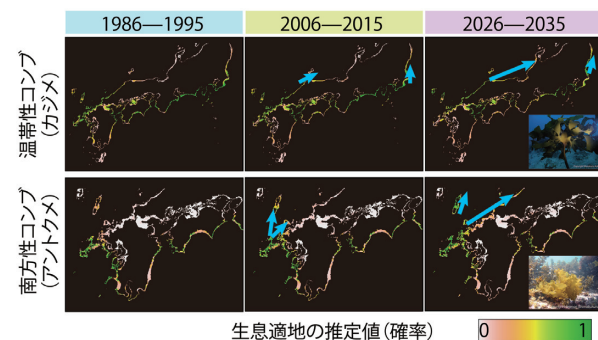


図13: 過去から近未来にかけての温帯性海藻と南方性海藻の生息確率。茶色から緑色にかけて生息確率が上昇。矢印は分布北限域の拡大を表す

響も算出しました。研究成果は国土交通省などの関係省庁において、気候変動への適応計画や地方整備局の指針の策定などに積極的に利用されており、我が国の気候変動への適応策への具体的な貢献が進みつつあります。



database for
Policy Decision making for
Future climate change

領域テーマ間連携プロジェクト

地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース[d4PDF]



地球温暖化への適応策を考えるにあたっては、気候変動の予測結果にどのくらい不確実性があるのか評価すること、そして温暖化に伴う自然災害がいかなる頻度で生じるのかを知ることが必須です。しかし従来は、発生頻度の低い台風・豪雨などの極端事象については、アンサンブル実験を行うモデル数が10程度と少なく、信頼性は十分といえませんでした。

今回、各テーマ間で連携し、世界でも例のない最大100にもものぼる多数のアンサンブル実験を行うことによって、極端事象の再現と変化について十分な議論ができる「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース、database for Policy Decision making for Future climate change (d4PDF)」を作成し、公開しました。d4PDFを公開することにより、過去の極端事象の要因分析、将来変化予測の不確実性の理解、影響評価研究などが飛躍的に進むこと、また、各省庁や自治体、産業界での温暖化適応策の策定に活用されることが期待されています。

d4PDFホームページ

<http://www.miroc-gcm.jp/-pub/d4PDF/>

シンポジウムホームページ

<http://www.jamstec.go.jp/sousei/jp/event/others/d4PDFsympo/>

d4PDFで豪雨のより正確な予測が可能に

図1は中国南部で平均した年最大日降水量の頻度の分布です。この図を見ると、実験数が増えるにつれ頻度分布が滑らかになり、データの信頼性が上がってることが見て取れます。多数アンサンブルでは、平均からはみ出た予測のサンプルが十分に取得できるため、豪雨のようなめったに起こらない現象の起きる確率を知ることができます。

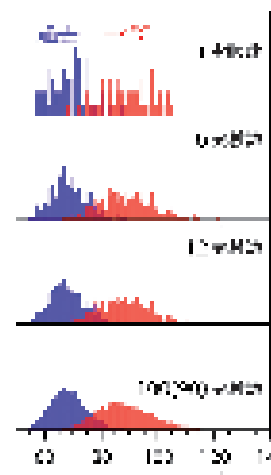


図1: 中国南部で平均した年最大日降水量の頻度の分布。

多数のサンプルから、台風による災害予測の精度も向上

台風による災害が、特定の地域で将来どのように変化するかを確率的に調べるためには十分な数のサンプルが必要です。しかし台風は日本全土でも年間2、3個しか上陸しません。そのため、通常の20～30年程度の実験期間では十分な数のサンプルは得られませんでした(a)。d4PDFならば(b)に見るように非常に大きいサンプル数が得られ、台風による超低頻度の災害を確率的に調査することができるのです。

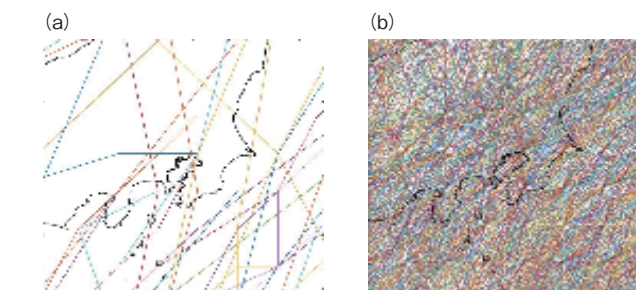


図3: アンサンブル実験で得られたすべての台風の経路。(a)30年間気候計算によるもの。(b)d4PDFの全ケース、5400年実験によるもの。

温暖化でも、大雪の確率は上がる?

図2は、日本周辺での降雪量の変化を示したものです。将来、全球平均で気温が4℃上昇した場合、日本列島では北海道山岳域を除くほぼ全域で総降雪量は減少します(a)。ところが、10年に1度という極端な降雪量は中部山岳の一部地域で増大することが示されています(b)。多数アンサンブル実験では、極端な天候の将来変化についても調査することができます。

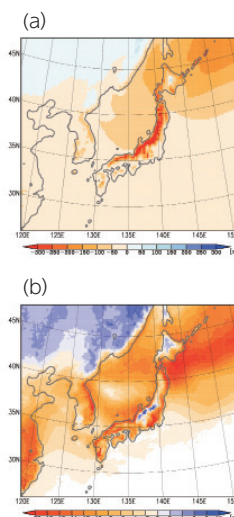


図2: (a)総降雪量の変化。(b)10年に1度という降雪量の変化。単位は水当量(mm)。

d4PDFを応用することで、防災施策にも貢献

多数アンサンブルは、このようにたくさんのサンプルを得ることによってまれに起こる気象現象の評価に力を発揮することが示されています。この情報をいかに影響評価や施策決定に利用できるのかについて、d4PDFの応用例を紹介します。図4は、50年確率風速(50年に一度起こる風速の平均値)と高潮偏差の変化の分布です。

この結果は主に将来の熱帯低気圧の発生・発達域の変化を示しており石油採掘や洋上風力発電など、海洋資源・海洋航路・沿岸部の防災施設などのインフラ整備の施策を長期的に考えるうえで貢献することができます。

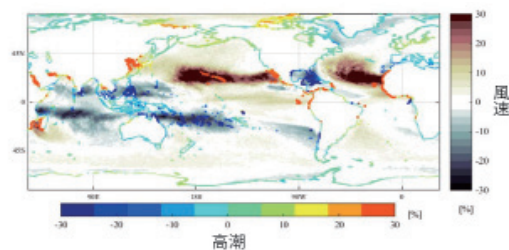


図4: 50年再起最大風速と高潮変化分布(海岸線・横軸:高潮、海洋上・縦軸:最大風速)。

「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)への貢献

地球温暖化に関する科学的知見を収集し評価することを目的とした政府間機関である「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)は、5～7年ごとに評価報告書を公表しており、この報告書は、地球温暖化対策に関する科学的根拠として、国連気候変動枠組条約(UNFCCC)を初めとする国際交渉の場や、各国政府、一般の幅広い層から引用されています。2013年に公表された第5次評価報告書(AR5)には、創生プログラムで開発を継続している気候モ

デル(MIROC(-ESM)、MRI-AGCM、NICAM)を用いて得られた論文成果が多数引用されています。またAR5に向けた地球温暖化予測実験の枠組みであるCMIP5に日本から提出された予測データの多くは、上記気候モデルによって計算されたものです。創生プログラムは、IPCCへの貢献を通じ、日本の気候変動外交や世界の気候変動対策に貢献しています。

気象庁「地球温暖化予測情報第9巻」に対する温暖化予測情報の提供

気象庁では、創生プログラムのテーマCによる温暖化予測情報(RCP8.5シナリオ下での複数のSSTを境界条件とした全球大気モデル(AGCM)／非静力学地域気候モデル(NHRCM)(水平解像度約5km)によるダウンスケーリング結果)を用いるこ

とで、不確実性を考慮した将来変化の解析が行われています。この解析結果は、「地球温暖化予測情報第9巻」として平成28年度内に取りまとめられる予定です。今後の地方自治体等が策定する適応計画などでの活発な利用が期待されます。

国土交通省近畿地方整備局紀南河川国道事務所での活用例

国土交通省近畿地方整備局紀南河川国道事務所では、本プログラムのテーマDから提供された伊勢湾台風の再現計算結果と疑似温暖化実験データに基づき、河川流域全体の流出モデルとダムの洪水調節モデルを用いて、熊野川の流量を算定しています。さらに、計算された流量を使って、下流管理区間の河川水位を

推定した結果から、現在設定されているタイムライン(時系列で整理した防災行動計画)上での課題と対応策について検討を行っています。また、今後、実験値を利用し地方自治体、住民の避難判断・行動等の防災計画について検討できることが期待されます。

気象庁の異常気象情報センター(TCC)における予測データの活用

2015年1月に、気象庁の異常気象情報センター(TCC)による外国気象機関向けの研修として、「地球温暖化予測情報作成に関する研修セミナー」が実施されました。この研修は、地球温暖化に関する基礎知識の理解を深めるとともに、最新の地球温暖化予測データを用いた自国向けの地球温暖化予測情報作成の技術を習得することを目的として開催されました。

このセミナーにおいては、創生プログラムのテーマCで計算された気象研究所の大気モデル(水平解像度約20km)による温暖化予測結果を用いて、各国・地域における将来の気候変化を予測しました。研修生は、これら創生プログラムによる予測結果やIPCC・AR5の知見等を取りまとめ、各国・地域の温暖化予測情報の作成に引き続き取り組んでいます。

東南アジア諸国への創生プログラム成果の提供

■データ提供
本プログラムのテーマCでは、全球大気モデル(AGCM)／非静力学地域気候モデル(NHRCM)ダウンスケーリングシステムを用いて海外との活発な研究交流を進めています。これは結果的に現地のキャパシティビルディングにもつながっています。東南アジア域は、台風やモンスーンによる影響を受けやすく、激しい雨が降ることにより洪水などの被害をもたらすため、地球温暖化に対して最も脆弱な地域であると考えられています。

しかし、この地域にある国々では計算機資源が十分ではなく、将来気候変化予測技術も未発達な国が多いため、正確な温暖化による影響評価を行い、適応策を立てることが困難です。これまで、これらの国々ではCMIP5の全球気候モデルGCM(解像度は100km)

の結果から統計的ダウンスケーリングすることにより国土で何が起こるかを推定することしかできていませんでした。これらの国々にとって、創生プログラムにおいて開発された20km解像度の全球大気モデルの結果は非常に魅力的で、地域気候モデルによる力学的ダウンスケーリングが不可能な多くの国々からのデータ提供の要望が大変多く寄せられています。

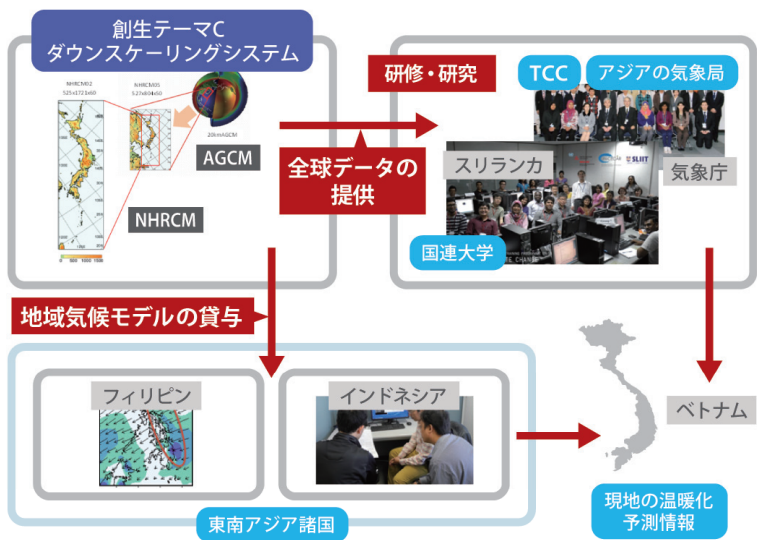
■モデル貸与

また、若干の計算機資源を持つ東南アジア諸国にはモデルの貸与を行っており、各国においては現地の力学的ダウンスケー



創生研究協力者による講演の様子

リングを行った追加の将来予測実験も行われています。もともとは、日本が将来亜熱帯化することを見込んで東南アジア域でのモデルの再現性向上を目指して始まったプロジェクトですが、これは、東南アジア各国のキャパシティビルディングにも貢献しています。創生プログラムの5年間においては、のべ17名の研究者とともに日本で共同研究を実施し、モデルは各国に貸与しています。これらの交流の成果は、学術的にも多くの論文としてまとまっているほか、ベトナムのように現地の温暖化予測情報に使われるなど、その成果も出始めています。また、これらの取組みによって得られた実験結果は、世界気候研究計画(WCRP)で行われている地域気候モデルによるダウンスケーリング国際比較実験(CORDEX)に参加しており、東南アジア域の温暖化による将来気候変化予測研究に貢献しています。



その他の活用例等

国内	文部科学省	■ 気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT) ・課題2(ダウンスケーリング)及びモデル自治体(鳥取・茨城) ・課題3(影響評価)	○ 河川流量の将来変化予測結果の提供 ○ 全球波浪の将来変化予測結果の提供 ○ 日本を対象とした高潮の将来変化予測結果の提供
		■ 地球環境情報統融合プログラム(DIAS)	○ 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF)の提供
	国土交通省	■ 社会資本整備審議会・気候変動に適応した治水対策検討小委員会	○ 台風の将来変化および降雨、河川流量、高潮の見積もりについての成果提供
		■ 近畿地方整備局・新宮川水系河川整備基本方針	○ 伊勢湾台風の疑似温暖化結果の提供
		■ シンポジウム共同開催	○ 国土交通省水管理・国土保全局と創生テーマDが共同シンポジウムを開催
	環境省	■ 生物多様性分野における気候変動の適応に関する検討会	○ 気候変動にともなうサンゴと大型藻類の分布変化についての成果提供
		■ 気候変動の影響に関する分野別ワーキンググループ 《自然生態系分野》《水環境・水資源、自然災害・沿岸域分野》 《農業・林業・水産業分野》	○ 気候変動にともなうサンゴと大型藻類の分布変化についての成果提供
	農林水産省	■ 北陸農政局国営九頭竜川下流地区技術検討委員会 (平成25年度以降、現在まで)	○ 気候変動による高温水稻障害や水管理対策について成果提供
	徳川平和財団	■ 温暖化・海洋酸性化調査研究委員会	○ 温暖化・海洋酸性化によるサンゴの変化についての成果提供
	海外	世界気象機関(WMO)／政府間海洋学委員会(IOC)合同海洋・海上気象専門委員会(JCOMM) 世界波浪予測アンサンブルプロジェクト(COWCLIP)	○ 波浪の将来予測データの提供
		台湾国立防災科学技術センター(NCDR)	○ 台風のダウンスケーリング結果、確率台風モデルの現在および将来気候におけるデータの提供
		韓国・ソウル大学	○ 波浪・高潮の将来予測データの提供： 韓国沿岸部の影響評価に利用
		英国・スウォンジー大学	○ 波浪の将来予測データの提供： イギリス沿岸部の海浜の将来変化予測に利用
海外	英国・スコットランド海洋研究所		○ 水温の将来予測データの提供：気候変動速度を考慮した海洋生物分布予測に関する共同研究に活用