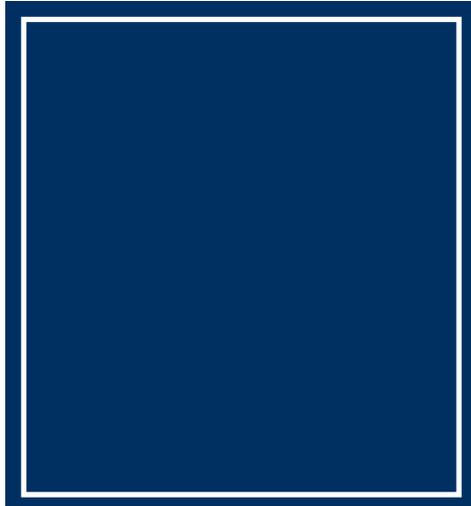


# 気候変動リスク情報創生プログラム



文部科学省

## 気候変動予測研究プロジェクトの歩み

# History

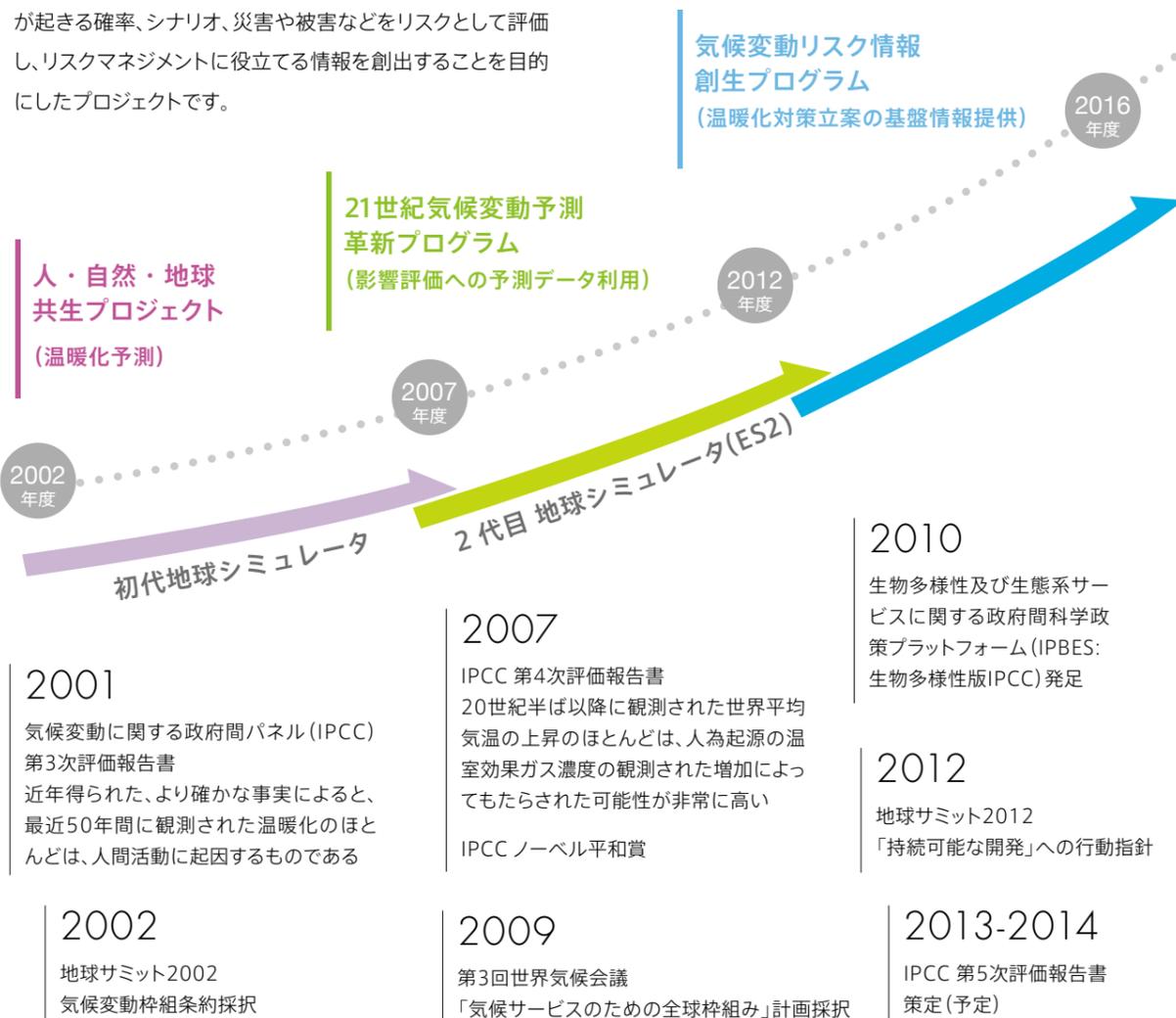
### 考えるシナリオを用意し、最高水準のリスク評価を可能にするためのプロジェクトが始動!

南北に長く、山地が多い日本列島では、地域によって気温、降水量、風などに大きな違いがみられます。また、大洋に囲まれていることから、夏から秋にかけては、たびたび台風に見舞われます。さらに近年は、局地的ともいえる集中豪雨、40℃に近い異常高温、民家をなぎ倒すほどの竜巻といった極端な気象現象が頻発しています。こうした異常な気象現象は、私たちの日常生活を脅かし、社会や経済に甚大な被害をもたらしかねません。

「気候変動リスク情報創生プログラム」は、「21世紀気候変動予測革新プログラム」(2007~2011年度)の成果を継承し、前述のような極端な気象現象を引き起こし得る気候変動が起きる確率、シナリオ、災害や被害などをリスクとして評価し、リスクマネジメントに役立てる情報を創出することを目的にしたプロジェクトです。

本プロジェクトは2012年度に始まり、5年間続けられます。具体的な研究は「A.直面する地球環境変動の予測と診断」、「B.安定化目標値設定に資する気候変動予測」、「C.気候変動リスク情報の基盤技術開発」、「D.課題対応型の精密な影響評価」、「E.気候変動研究の推進・連携体制の構築」の5つの研究領域テーマに分かれており、互いが連携するかたちで進められます。

世界最高水準の研究技術を展開することで、日本国内においてだけでなく、東南アジアをはじめとする各国の気候変動リスク予測にも役立てられることが期待できます。



## はじめに Introduction

### 気候変動予測の不確実性を軽減し、「リスク情報」を実社会に生かす

産業活動による地球の温暖化が指摘されてから、すでに四半世紀が過ぎようとしています。これまでの対策というと、二酸化炭素などの温室効果ガスの排出規制や省エネルギーのための議論が中心でした。今や集中豪雨や大型台風、それに伴う洪水などがたびたび起きるようになり、「堤防はどこまで高くすれば良いのか」、「家屋や高層ビルはどのくらいの強さの風に耐えるようにすれば良いか」

といった温暖化への適応に向けた具体策を講じておくべき時期を迎えています。

「気候変動リスク情報創生プログラム」は、気候変動予測の基盤技術をさらに向上させ、極端な集中豪雨などが起きる確率の予測、もたらされる被害のリスク評価研究などを行うことを最大のミッションにしています。

### 入れ子のようなテーマ構成

本プログラムにおける研究は、重層的な構造になっています。一番下の階層に相当するのはテーマAです。その上にテーマB、さらにテーマC、テーマDが入ります。

テーマAは、本プログラムの根幹となる基盤モデルの開発です。前身の「21世紀気候変動予測革新プログラム」においても、基盤モデルが全体の研究を牽引してきましたが、基盤モデルそのものを強化し、より高性能なものにすることがねらいです。

テーマBは、テーマAと兄弟関係にあります。基盤モデルに物質循環や生物活動などの要素を加え、

より詳細な地球システムモデルの開発、気候を安定化するための目標値の検討などを行います。

テーマCは、より詳細な予測情報を抽出したり、伊勢湾台風のようなごく稀にしか起きない気象現象について、どの程度の確かさで生じるのかを含む「想定しうるシナリオ」を描き出すことが目的です。それを受け、テーマDでは、気候変動に伴って変化する自然災害、水資源、生態系・生物多様性に対する影響を最小限に抑える適応策などを提案するためのリスク予測や評価を実現することを目指します。

### 求められるのは、科学的根拠と確実性

温暖化はもはや避けようのないところまできています。一口に気候変動リスクといっても、その意味や深刻度は世代や立場によって大きく異なります。一方で、東日本大震災による巨大津波と原発事故を経験した私たちは、「1000年に一度」とされるきわめて小さな確率でも、甚大な被害をもたらす災害が実際に起こりうると気付いてしまいました。

少子高齢化が進み、資金も潤沢ではない難しい

状況のもとで、具体的な行動を起こすには、科学的根拠と確実性のあるリスク評価が欠かせません。本プログラムに参画する私たちは、確からしいこと、いまだに良くわからないことを科学的に見極め、国民一人ひとりが考えて判断するための根拠となる成果を上げるべく、研究に邁進していく所存です。



プログラムディレクター(PD) 住 明正 (文部科学省技術参与)  
国立環境研究所 理事長



PD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(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



## PO 時岡 達志

文部科学省技術参与  
海洋研究開発機構  
地球環境変動領域 チームリーダー



## PO 木村 富士男

文部科学省技術参与  
海洋研究開発機構  
地球環境変動領域 プログラムディレクター



## PO 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

この先避けられない温暖化への適応が社会各方面で求められています。本研究テーマでは、様々な時間スケールにおいて観測データを用いて検証可能な気候変動予測システムを構築し、信頼性の高い気候変動予測情報を提供することを通して、気候変動リスク情報の創生、さらに気候変動への適応力の高い社会構築に貢献することを目的とします。過去に起こった異常天候、極端現象等様々な気候変動の要因分析や、事後予測とその検証を行い、またそれらに対する人為要因の影響評価を行うことにより、気候変動の将来変化に対する予測の信頼性を向上させることを目指します。また、二酸化炭素増加等の外力変化に対する気候系の応答の目安である気候感度についても、観測データによる検証を通して関わるプロセスの不確実性低減を目指します。

### 【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

- 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)
- 気候感度に関する不確実性の低減化 (国立環境研究所)
- 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)

#### 地球環境変動研究を支える統合的予測システムの開発

- 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)
- 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)

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 地球環境変動領域プロジェクトマネージャー

二酸化炭素濃度の予測不確実性は、気候感度の不確実性と並んで将来の気候予測を行う上で大きな障害となります。本研究テーマでは、二酸化炭素の収支、生態系、農業等の変動をより正確に予測する上で重要となる、炭素循環や窒素循環を含めた物質循環や、土地利用変化等を取り扱う地球システムモデルを開発します。研究開発の実施にあたっては、予測実験の前提となる社会経済シナリオについて科学的視点から検討します。また、目標の検討にあたっては、将来起きる可能性があるが避けなければならない事象や、回避する手段が与える影響について、把握することが重要であるため、人為起源の環境変化の度合いが一定の閾地を越えることで起こるかもしれない激変(ティッピング・エレメント)や温暖化による被害を抑制するために人為的に地球の平均気温を低下させる手法(ジオエンジニアリング)について、その影響や効果に関する新たな科学的知見を創出します。

### 【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

- 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)
- 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)
- 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)

#### 大規模な気候変動・変化に関する科学的知見の創出

- ティッピング・エレメントや環境変化の不可逆性(極端氷床の崩壊等)に関する数値実験技術の開発 (海洋研究開発機構)
- 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)

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 第二研究室 室長

近年、世界各国で気候変動の影響評価・対策策定が計画・実施されるようになってきていますが、様々な要望(平均場の変化からハザード評価まで)に同時に応えられる標準的ダウンスケーリング情報ができていないのが現状です。本研究テーマでは、日本域についての高頻度事象・低頻度事象(台風・大雨等)の双方に関し、ハザード評価までが可能な確率情報の創出を目標とします。そのために従前の超高解像度大気モデルのさらなる高度化を行うとともに、それを統計的手法と組み合わせることにより、日本を含むアジアモンスーン域における気候変動予測確率分布情報を創出します。また、予測情報の利活用を進展させるため、気候予測における基本的な変数について、不確実性に関する情報を合わせた標準的データセット(気候シナリオ)の整備を目指します。

### 【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

- 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)
- 気候変動予測データの統計学的手法の開発(統計数理研究所)
- 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 (東京大学大気海洋研究所)

#### 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

- 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)
- 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)
- 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)

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 教授

気候変動リスク管理に資する情報の創出のためには、リスクの特定、確率の把握と共に、その影響をより精密に評価することが重要です。本研究テーマでは、これまでの気候変動予測情報や、本プログラムで創出される気候変動予測情報を用いて、自然災害、水資源、生態系・生物多様性の様々な視点による定量的な影響評価を実施します。また、リスク期待値の変化量推定ならびにその推定の不確実性の推定、自然災害に関する最悪シナリオの影響評価も実施します。さらに、それらを利用して社会経済的リスクの変化推定を実施し、適応策に関する基本的な知見の創出を目指します。加えて、自然災害に関しては、適応策に関する様々な基本的な考え方を提案するとともに、最悪シナリオに基づき既存の施設計画を上回る外力発生時においても一定の被害軽減機能を発揮しうる総合的な減災施策の評価方法を検討し、その経済評価の方法論の構築を目指します。

### 【研究課題】

#### 自然災害に関する気候変動リスク情報の創出

- 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)
- 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)
- 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)
- 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)
- アジアにおける水災害リスク評価と適応策情報の創出(土木研究所)

#### 水資源に関する気候変動リスク情報の創出

- 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)
- 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)

#### 生態系・生物多様性に関する気候変動リスク情報の創出

- 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)
- 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)
- 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)
- 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)

領域テーマE: 海洋研究開発機構

## 気候変動研究の推進・連携体制の構築

気候変動にかかわる研究を効果的に推進するための支援の実施

- 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

領域代表者 河宮未知生  
海洋研究開発機構 地球環境変動領域プロジェクトマネージャー

- 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





## 領域テーマA: 直面する地球環境変動の予測と診断

# 気候変動を予測する基盤を整え、 様々な時空間の予測を可能にする

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、長い時間スケールを連続して予測できるシステムを開発します。社会のリスクアセスメントに使える「より具体的な予測値」を提供することが目標です。

私たちの生活に欠かすことのできない天気予報や降水確率の精度は、数十年前にくらべると格段によくなっています。膨大かつ複雑な計算を迅速に行えるスーパーコンピュータが登場し、大気の流れ、降水、雲の生成と消滅などを再現する大気モデルが開発されたからです。現在は、大気モデルに海洋モデルを加えた「大気海洋結合モデル」が開発されつつあり、半年から1年先のエルニーニョ現象の有無、10年後の温暖化現象などを予測するために使われ始めています。

### 数か月先からエルニーニョ、温暖化までシームレスに予測

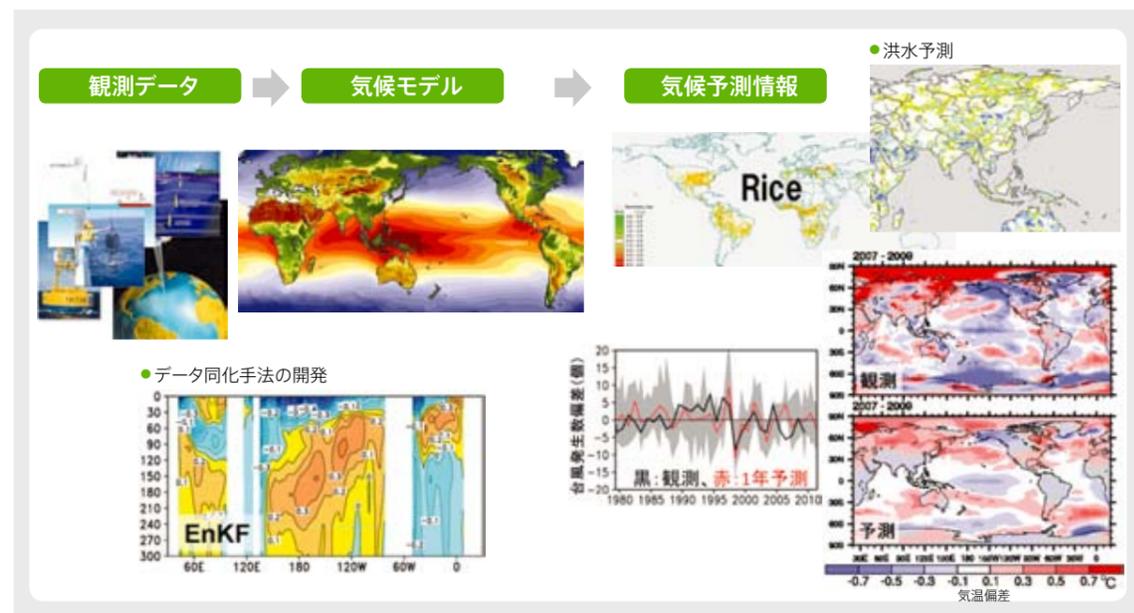
テーマAの内容は大きく、「直面する気候変動に関する要因の特定とメカニズム解明」と「地球環境変動研究を支える統合的予測システムの開発」の2つに分けられます。

前者の「直面する気候変動に関する要因の特定とメカニズム解明」は、3点を目標に進められています。第1点は、「21

ただし、現状では、予測が長期になればなるほど不確実性が大きくなり、堤防の高さ、ビルの強度といった具体的な数値を決められるほどの精度はありません。

テーマAの「直面する地球環境変動の予測と診断」は、気候変動リスク情報創生プログラムにおいて基盤となるモデルや技術を開発することがねらいです。既存のモデルやシステムを改良し、過去に経験した異常天候の検証、将来予測などを、より確実に進めるようにします。

世紀気候変動予測革新プログラム」において開発された「初期値化による近未来予測システム」をさらに発展させ、半年後のエルニーニョ現象の有無から、30年先の温暖化までをシームレスに予測するための情報を提供することです。ここでいう初期値化予測とは、観測データに基づき、現在の大

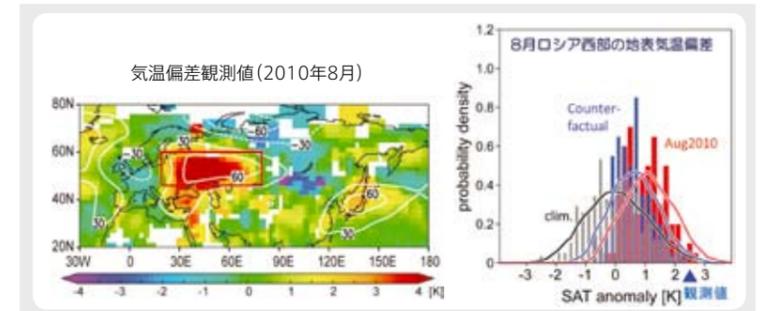


テーマAでは、数か月先の天候変動から数十年先の温暖化までシームレスに予測できるシステムの構築を目指します。このため、気候モデルの精度向上はもちろん、モデルに観測データを取り込んで初期値化するデータ同化手法の開発も行います。予測は過去事例で検証を行い、予測情報を応用研究のために提供します。

気、海洋、陸面の状態から予報を始めることです。温暖化の長期傾向に加え、大気海洋の自然のゆらぎの行く末も予測していきます。

第2点は、上記の近未来予測システムを利用して、過去に起きた猛暑や異常低温などのイベントに、人為的な温暖化がどの程度影響しているかを計算することです。

第3点は、「100年後の気温上昇は1.5度から4度」というように、予測値に大きな幅がある要因を突き止め、既存の予測モデルの改良を図ることです。とくに、「雲の振る舞い」をどう扱うかに注目することで、気候感度の不確実性を小さくしていきます。

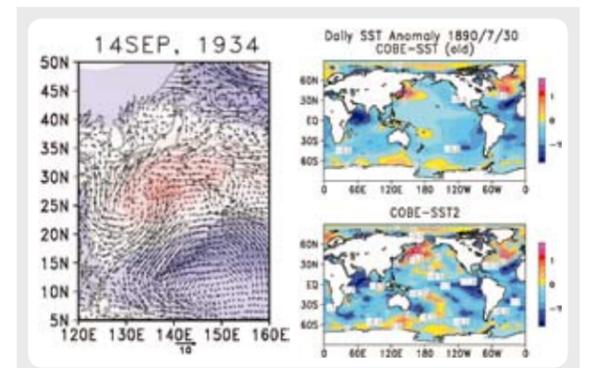


予測システムはまた、過去の顕著事例に対する温暖化の寄与や将来のリスク推定にも用いられます。2010年8月にロシアを襲った猛暑(左図)をモデルで再現したところ、同年の海水温のもとで起きた稀有な自然変動(発生確率3.3%)と考えられますが、温暖化の寄与を除いた実験(counter-factual)では、発生確率は1/5以下となりました。

### 予測精度を上げ、社会で生かすために

後者の「地球環境変動研究を支える統合的予測システムの開発」では、さまざまな時空間スケールを一括して扱える予測解析の手法、どのような値を初期値や境界値とし、どのような計算処理を加えるべきかといった最適化技術などの開発を目指します。

事例を増やして予測システムの検証をするためには、100年前にさかのぼった大気や海洋の再解析が望ましいのですが、日本が誇るスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」をもってしても難しい状況です。テーマAの研究がどこまで進むかはスーパーコンピュータの力量によるところも大きく、チャレンジングな試みといえますが、近未来予測の精度が上がれば、社会におけるリスクアセスメントに「より具体的な値」を提供できるようになります。つまり、何を優先すべきか、どこにどのくらいの予算が必要か、整備完了までに何年かかるかといった試算が可能になると期待できます。



現在、十年規模予測や顕著気候現象の研究は、50年分の観測データでしか検証できませんが、高度なデータ同化手法を用いて100年前にさかのぼった気候系の再構築を試みます。左の図は、室戸台風時の天気図の復元例、右は19世紀末の全球海面水温の再構築例です。

研究キーワード: 気候予測の不確実性低減化、人為的気候変化の検出・原因特定、シームレス気候変動予測、気候モデルの開発・改良、データ同化システムの高度化

実施体制図: 海洋研究開発機構

国立環境研究所 >> 東京大学 大気海洋研究所

等

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



領域代表者

木本 昌秀

われわれは大気海洋結合気候モデルMIROCを開発し、気候形成や気候変動の研究だけでなく、IPCCで取り上げられるような将来の気候予測情報提供にも貢献してきました。本課題では、実社会での気候リスク管理がより有効に行えるよう、季節から年々、さらに数十年以上の時間スケールも含めてよりよい気候予測情報提供を目指します。そのために、実際に起こった現象の検証を通じて、コンピュータモデルの改良、観測データを取り込むシステムの開発、そして、予測の不確実性低減のための研究に取り組みます。



## 領域テーマB:安定化目標値設定に資する気候変動予測

# 高精度な地球システムモデルを作り、温暖化対策や社会経済シナリオに貢献

全球規模の二酸化炭素やメタンなどの物質循環や、光合成をはじめとする生物活動を取り入れた気候システムモデルを構築することで、気候を安定化するための目標値の設定や、より確かな社会経済シナリオ作りにも貢献することを目的とします。

20世紀後半以降、産業活動に伴い二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出量が激増し、いわゆる「地球温暖化」のリスクが指摘されるようになりました。観測データからも、この100年で平均気温が0.74度ほど上昇したことが明らかになっており、地球が温暖化傾向にあることに疑いの余地はありません。

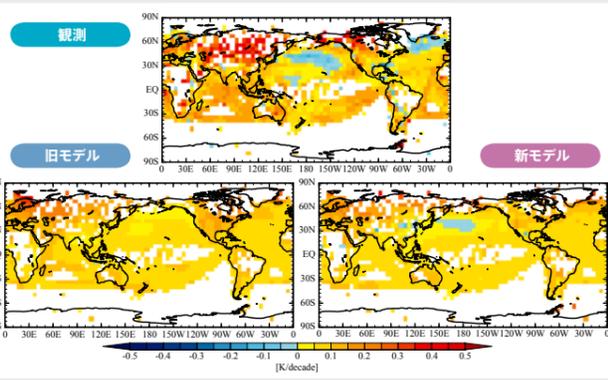
気温が上昇することで、「氷床の融解に伴う海面上昇

昇」、「大型台風や集中豪雨の増加」、「生物の絶滅」といった悪影響が問題となりますが、実際に起こりうる気候変動やその影響を予測することは容易ではありません。温暖化は、46億年にわたる地球史において何度も繰り返されてきた現象ですが、そこに人為的な要素が加わるのは初めてのことで

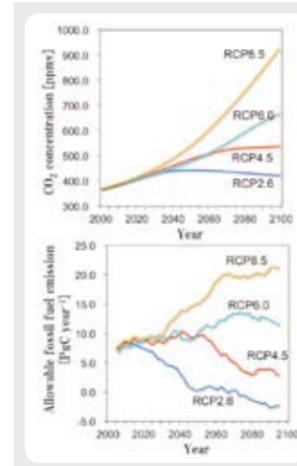
### 多様な研究領域をまたく、4大テーマ

このような状況のもと、テーマBでは「安定化目標値設定に資する気候変動予測」を可能にすべく、「地球システムモデルの開発」、「社会経済シナリオの検討」、「ティッピング・エレメント(気候の急変)の予測モデル開発」、「ジオエンジニアリング(気候工学)の数値実験技術の開発」の4つの研究テーマを設けました。

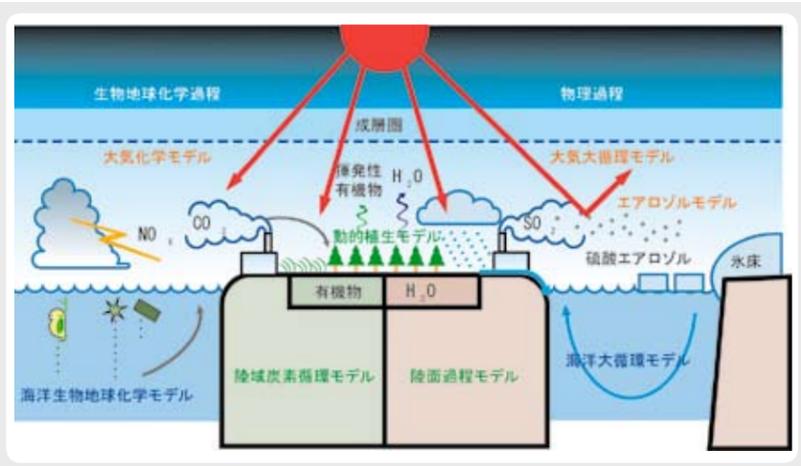
「地球システムモデルの開発」は、海洋研究開発機構、東京大学大気海洋研究所、国立環境研究所が担当します。既存の「地球システムモデル」に物質循環や生物活動までも取り込むことで全球のダイナミク



気候モデルの改良:地球システムモデルの土台となる気候モデルについても、改良の努力を進めます。過去の気候変動の再現性も向上しています。



CO<sub>2</sub>の排出経路計算:「温暖化抑制のために、CO<sub>2</sub>濃度を450ppm以下に抑えるためには、どの程度排出量を減らすべきか」といった問いに対し、地球システムモデルを用いて答えることができます。



地球システムモデルの構造。従来温暖化予測に用いられてきた大気と海洋の大循環モデルに、生物学的、化学的プロセスを付加して開発を進めます。

ス解析を可能にし、今回のプロジェクトで設定された課題に活用することを目標としています。気象学や海洋物理学だけでなく、生態系や化学など、様々なバックグラウンドの研究者が参画します。

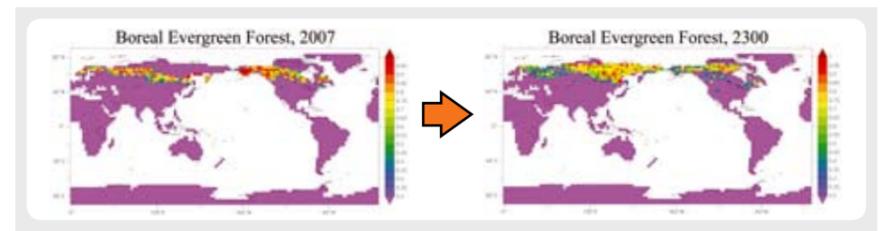
「社会経済シナリオの検討」には、東京大学大気海洋研究所と国立環境研究所に加え、滋賀県立大学と電力中央研究所の温暖化対策を専門とする経済学研究者が参画します。これまで、社会経済シナリオの開発は経済学の範疇でしたが、ここでは気候変動解析の領域との連携を図り、科学的データに基づいた社会の将来像を作ることとします。

「ティッピング・エレメントの予測モデル開発」と「ジオエンジニアリングの数値実験技術の開発」はともに、海洋研究開発機構、東京大学大気海洋研究所、国立環境研究所が担当します。前者においては、これまで検討されていない「南極氷床が崩壊した際の先端部での変化」を予測するモデルを作ったり、「永久凍土の融解がどのくらい急激に起きうる

### 社会に貢献する成果を上げるために

気候モデルの開発や検証は、スーパーコンピュータの技術発展によるところが大きいのですが、テーマB全体として、プロジェクト4年目までに地球システムモデルのバージョンアップを成し遂げたいと考えています。また、二酸化炭素の排出シナリオについては、これまでのように

植生分布変化予測:温暖化が続くと、将来の植生分布は大きく変わるかもしれません。地球システムモデルを用いることで、植生分布の変化について知見を得ることができます。



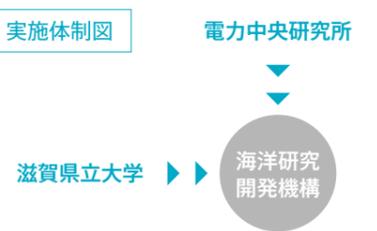
提案されているジオエンジニアリングの手法。創生プログラムではこのうち「成層圏微粒子散布」と「海洋鉄肥活化」の現実性検証に取り組みます。

か」、「融解して分解される有機炭素の量」などを数値モデルで検証します。

後者においては、気候を人工的に制御するための技術開発、費用試算、効果予測、副反応予測などの数値実験を行います。たとえば「成層圏に微粒子を散布して地球を冷やす」、「海中に鉄分を撒き、プランクトンを増やして光合成を促す」といったことを地球シミュレータ上で実験します。

社会経済の分野の研究者だけで想定を行うのではなく、炭素循環など自然科学分野の知見を十分取り入れたものを作っていく予定です。

研究キーワード:地球システムモデルの開発、社会経済シナリオの検討、ティッピング・エレメント、ジオエンジニアリング



領域代表者 河宮 未知生  
海洋研究開発機構 地球環境変動領域プロジェクトマネージャー

領域代表者  
河宮 未知生  
「地球環境を大きく損なわないためには、将来の二酸化炭素排出量をどの程度に抑制すれば良いのだろうか」といった問いは、社会経済学の問題であるとともに、地球システムモデルを用いて取り組むべき自然科学の問題でもあります。これまで希薄だった両分野の研究者のコミュニケーションを促し、ジオエンジニアリングの実現性検証など、これまであまり研究されてこなかった課題にも挑戦しながら、社会の未来像造りに関わっていければと思っています。





## 領域テーマC: 気候変動リスク情報の基盤技術開発

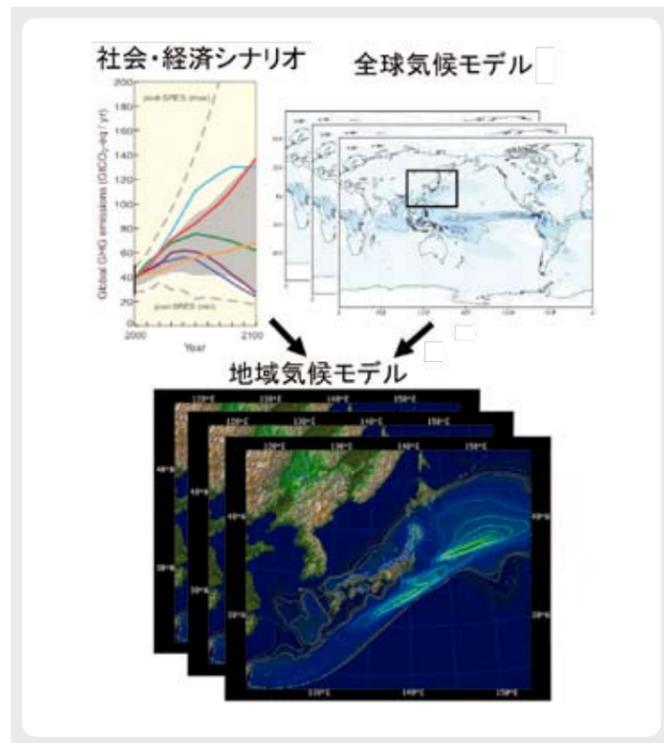
# 経年変動から、極端な気象現象まで、統計的に取り扱い、地域毎に詳細に評価するための技術開発を目指す

たとえば桜前線の北上・紅葉前線の南下をもたらす季節変化の経年変動や、伊勢湾台風のようなごく稀にしか起きない気象現象について、統計を用いた解析や評価の手法を開発し、どの程度の確かさで生じるのかを含む「想定しうるシナリオ」を描き出すことが目的です。研究成果は国や地方自治体において、災害等への将来に向けた対策を講じる際に生かすことができます。

1959年9月に潮岬に上陸し、日本列島のほぼ全域に甚大な被害をもたらした伊勢湾台風。約5,000人が命を落とし、高潮や洪水による経済的な損失は、当時の年間国家予算の3倍以上に匹敵する5,512億円に上りました。このような極端な気象現象は「20～50年に一度」という、ごく稀にしか起きないものです。しかしひとたび起きると、多くの生命が脅かされ、社会や経済に大きな損害や混乱をもたらします。

テーマC「気候変動リスク情報の基盤技術開発」は、このようなごく稀に起きる極端な気象現象にも焦点を当て、最大クラスの降水量、波の高さ、風速などを統計的に取り扱い地域毎に詳細に評価できるようにすることを最終目標としています。具体的な研究テーマは大きく2つあります。一つは「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」、もう一つは「高度利活用を支える標準的気候シナリオの整備」です。

ここでは、アンサンブル実験等による全球気候モデルの不確実性の評価に加え、地域毎に詳細な気候情報を取り出すためにダウンスケーリング技術を用います。ダウンスケーリングとは日本の各地域に特徴的な気候の変化を全球大気海洋結合モデルの計算結果のような粗い情



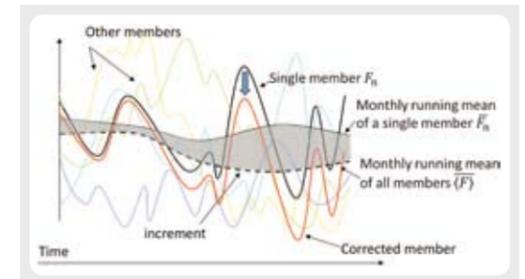
確率的気候シナリオ情報を創出するためのアンサンブル数値実験

報から取り出す方法です。ここでは、日々の天気予報にも用いられるような様々な地域気候モデルによる力学的ダウンスケーリング手法が用いられます。

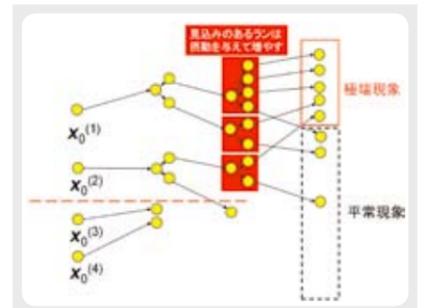
## 気候変動リスクの評価の基盤となる確率予測情報の創出

「気候変動技術リスクの評価の基盤となる確率予測情報の創出」は、防災科学技術研究所、統計数理研究所、東京大学大気海洋研究所が担当します。ここでは、気候変動リスク評価のために、気候モデルによる地域毎の詳細な気候変動シナリオの不確実性を確率的に表現すること、また稀な大気現象を効率的にサンプリングし、確率的に評価するための検討を行います。

極端現象のサンプリング。異なる初期値(左に縦に並ぶ4つの○)で複数のランを同時に始め、ある時点で極端現象に至る見込みがないと判断された(赤い破線の下)のランは時間積分を中止する。見込みがあると思われるラン(赤い破線の上にある○)は、その値に摂動を加えた上で、積分を中止した計算機にも割り当てて時間積分を継続する。この操作により、極端現象に重点的に計算資源を割り当てることが可能になる。

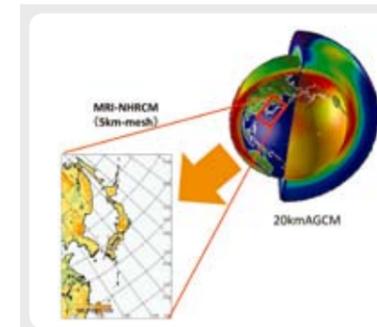


アンサンブル予測結果を効率的に力学的ダウンスケーリングする単メンバー修正法の説明図。予報変数の同方法による修正の様子(黒線から赤線)。



## 高度利活用を支える標準的気候シナリオの整備

「高度利活用を支える標準的気候シナリオの整備」は、気象研究所、筑波大学、名古屋大学地球水循環研究センターが担当します。高解像度モデルによって、気候変動リスク評価に役立つ日本域の詳細な気候変動シナリオを生成します。また、海洋が台風発達にもたらす影響を正確に評価できるモデルを開発することで、将来の台風強度を定量的に推定します。

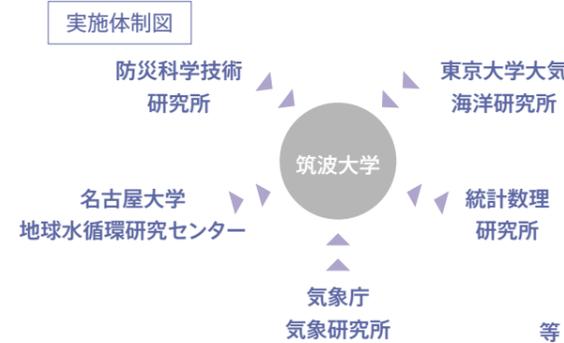


全球大気20kmモデル(右上)の5km格子地域気候モデル(左下)による力学的ダウンスケーリング実験の模式図



水平解像度2kmの雲解像モデルで予測された、温暖化気候におけるスーパー台風。シミュレーションされた台風の雲を立体的に可視化した。この台風は太平洋上にあるとき、中心気圧870～860hPa、最大地上風速70～80m/sを4日間維持し、ほぼその強度のまま上陸する。

Table with 2 columns: 研究キーワード and 気候シナリオ、気候変動アンサンブル実験、ダウンスケーリング、確率的評価、台風強度推定



領域代表者 高萩 出

気象庁気象研究所 環境・応用気象研究部 第二研究室 室長



領域代表者 高萩 出

本課題で用いる力学的ダウンスケーリングは気象学にベースを置いています。本課題においては様々な分野間での連携が成功のカギになります。今回、初めて統計の専門家にも加わっていただいておりますし、様々なアプリケーション分野の先生方とも一緒に研究していくこととなります。他分野の方々とは基本的な用語の定義を含めて、コミュニケーションを取るのに数年もかかる場合がございます。我々は、時に根気強くコミュニケーションを図っていかなくてはならないと考えています。



## 領域テーマD:課題対応型の精密な影響評価

# 台風や生態系は、温暖化でどう変わる？ 私達の身近にせまる問題に取り組む

地球温暖化によって、台風、洪水、土砂災害、川の流れ、森林や海洋などは、どう変化するのでしょうか？  
具体的な予測値を出すことで、私たちの身近にせまる問題への適応を促します。

少し前までは、最近になって増えつつある大型台風やゲリラ豪雨などの極端な気象現象が地球温暖化と関係しているか否かについて、慎重論が多くありました。ところが日本列島では、大型台風の度重なる接近や直撃を受け、暴風、洪水、河川の氾濫、高潮、高波、土砂災害などが頻発するようになりました。温暖化の進行に伴い、これらの災害が激化する懸念が広がっています。

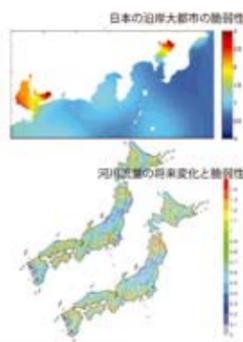
テーマDの「課題対応型の精密な影響評価」は、前述のような自然災害の増加と地球温暖化との関係を科学的に示し、今後どこまで深刻化するのかについて、100年先まで見通すことを目的としています。研究の結果は「具体的な数値」としてあげられることになっており、政府や自治体が、都市や農村、沿岸域、河川域において人命を守るためにはどうすべきかを考えるための情報として活用されることが期待できます。

「100年先の影響評価」は、前身の「21世紀気候変動予測革新プログラム」において提唱されたものですが、「予測される将来の最大雨量」など具体的な数値を出す試みは今回が初めてです。このような具体的な数値を出すには、細かい情報が高精度で必要になりますが、集めうるデータではサンプル数も精度も限られます。そこで、テーマDではこのような状況でも予測可能な評価モデルの開発、極端現象の評価にも挑戦します。

具体的な研究テーマは大きく3つあります。「自然災害に関する気候変動リスク」、「水資源に関する気候変動リスク」、「生態系・生物多様性に関する気候変動リスク」です。

### 自然ハザードの変化予測と不確実性評価

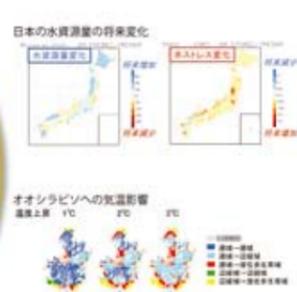
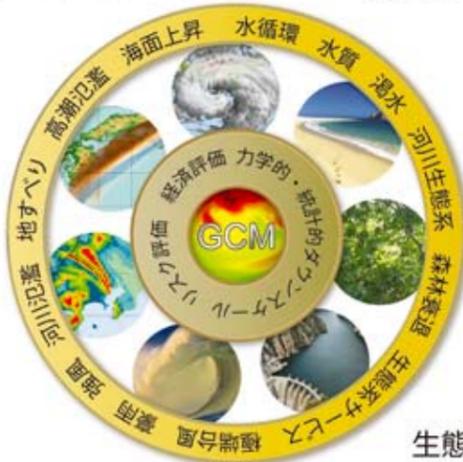
#### 社会経済評価



#### 社会経済評価

最悪シナリオによる自然ハザード予測

### 水資源に関する気候変動リスク



生態系・生物多様性に関する気候変動リスク情報

### 自然災害に関する気候変動リスク

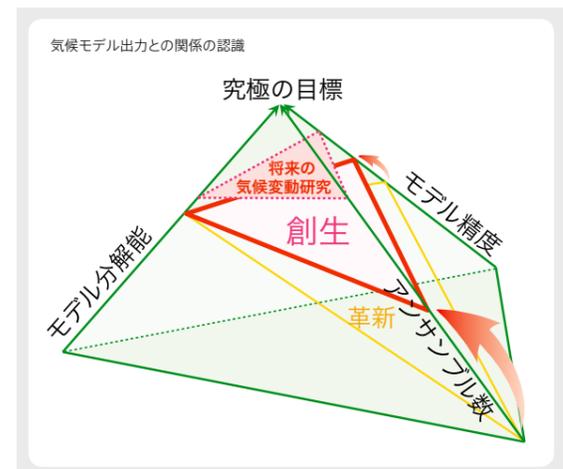
「自然災害に関する気候変動リスク」は、土木研究所、京都大学防災研究所が担当します。日本の気象災害のなかで最も深刻な被害をもたらす台風を柱に、梅雨なども含め、その頻度、規模、それに伴う雨量、暴風、高潮、高波、土砂崩れなどの事象について、最悪の場合も含めて予測値を出すことがねらいです。

台風は年間約25個発生し、10個前後が日本列島に接近または上陸しています。数としてはそれほど多くありませんが、ちょっとした進路のずれが、雨や風にきわめて大きな影響を与えること、さらにその結果、甚大な災害がもたらされることがわかってきています。「100年に一度」程度や最悪の被害が、この先の100年ではどう変化するかを予測・評価し、社会への影響や国土計画に生かせるようにします。

### 水資源に関する気候変動リスク

「水資源に関する気候変動リスク」は、京都大学防災研究所と東京大学生産技術研究所が担当します。地球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ます。また、これまで雪だったものが雨に変わる可能性も出てきます。山地の多い日本において、こうした変化は「水が川に流れ出る様子」を大きく変えたと予想されます。

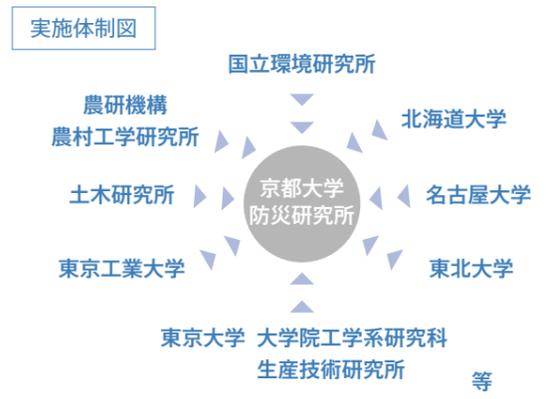
そこで、本グループの京都大学のチームは、日本列島の主



影響評価や適応策の創出には、モデルの精度が上がって、より細かな時間・空間分解能で、たくさん可能性(アンサンブル)が創出されることが究極の理想ですが、それはいきません。ではどうすれば良いのでしょうか？そこに気候変動影響評価の醍醐味の一つがあります。

な河川における水の流れや供給の変化、稲作などへの影響、ダムなどの治水の必要性などを予測・評価します。アジアをはじめ、世界の主な河川についても、同様の予測・評価を進めます。また、東京大学のチームは、人為的な改変が加わった現実の水循環が世界規模でどのように変化するかを予測・評価し、さらに適応策の効果についても検討します。

研究キーワード 100年先の影響評価、東アジア地域への適用、温暖化の実態と影響の評価及び対応策、地域規模の気候予測



領域代表者  
中北 英一  
この領域は広い分野を相手にします。入口として扱う現象(自然ハザード、水資源から生態系まで)も、出口として扱う(適応策として扱う)対象もです。入口の現象を理解することも出口として扱う社会・ひと・いきものを知ることも、とても大切です。したがって、他の領域と比べて多くの皆さんと一緒に、楽しく生き活きと進めていくことができたらと思っています。

領域代表者 中北 英一  
京都大学防災研究所 教授

### 生態系・生物多様性に関する気候変動リスク

「生態系・生物多様性に関する気候変動リスク」には、東北大学生命科学研究科を中心に、名古屋大学、北海道大学、国立環境研究所なども参画します。東北地方の森林と、日本近海の海洋生物をモデルに、地球温暖化によって生態系が急激に変わりうるかを予測・評価することがねらいです。

東北大学チームでは、温暖化が高山植物を絶滅させうるかどうか、強風が森林に与える影響、森林の浄化作用、観光資源の変化などについて予測・評価します。名古屋大学チ

ームは、アジアの熱帯雨林と東シベリア北方林を主要な研究対象地として、気候変化が森林植生をどう変えるか、変化した森林植生は次に気候にどう影響を与えるかを予測・評価し、ツンドラの森林など、世界的に主要な森林の変化を扱います。

北海道大学・国立環境研究所チームでは、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ってサンゴ礁や藻場のような沿岸生態系がどのように変化するかを予測・評価します。

### 政策に取り込める具体的な成果を

テーマDは、本プロジェクトにおいて、最も具体的、かつ身近にせまりつつある問題に取り組みます。「気候や気象現象がどう変化するか」を、より高精度に予測することはもとより、自然災害で失われる命や金銭的被害を最小限にするために、研究成果を社会でどう生かすかについても模索します。政策側のパラダイムを変えうる提言を可能にするような成果が期待されています。



自然ハザードの将来変化予測

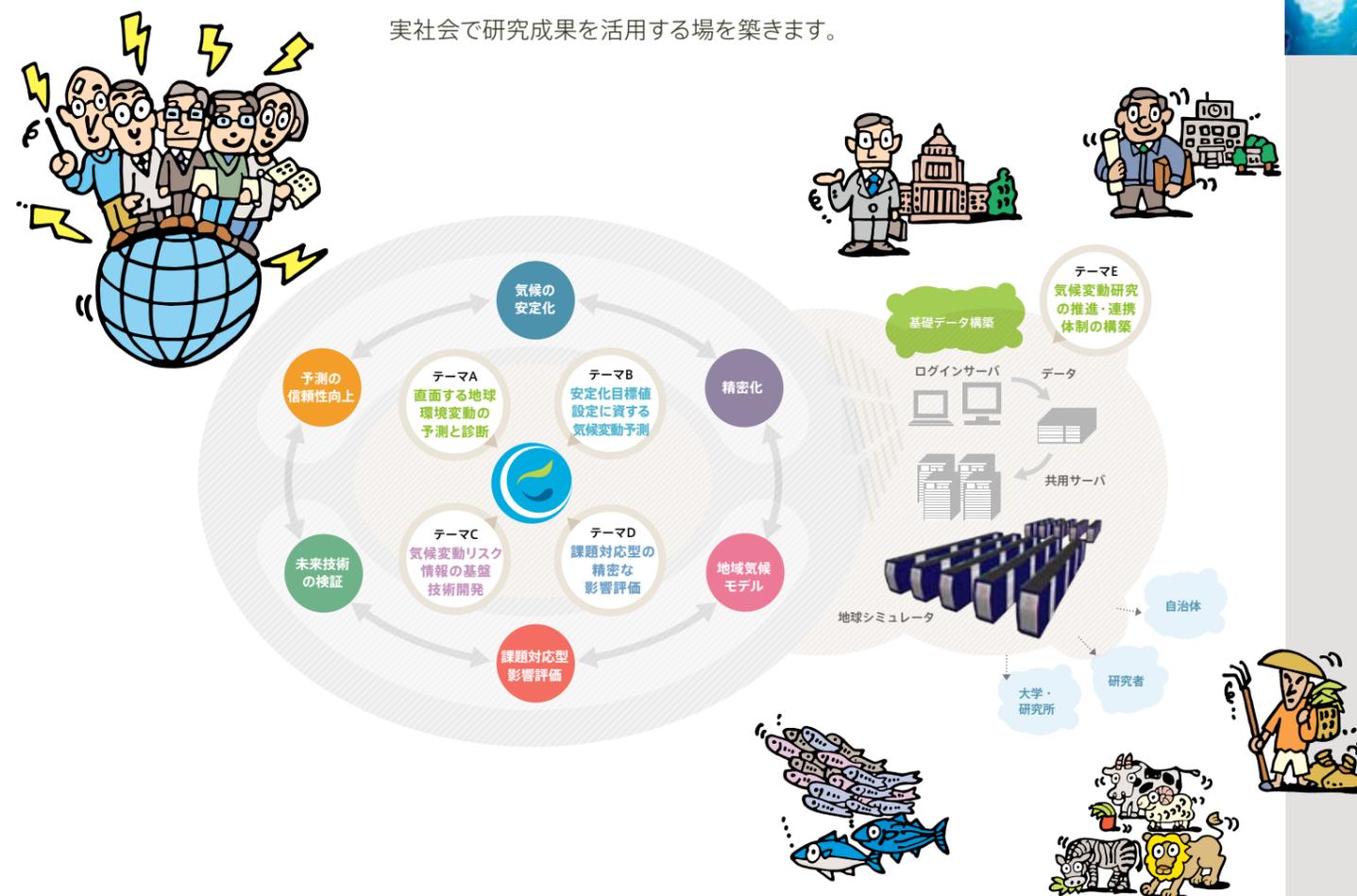
### 領域テーマE: 気候変動研究の推進・連携体制の構築

# 創生プログラムの研究成果を、社会とつなぐ

テーマEはコーディネーター役を果たします

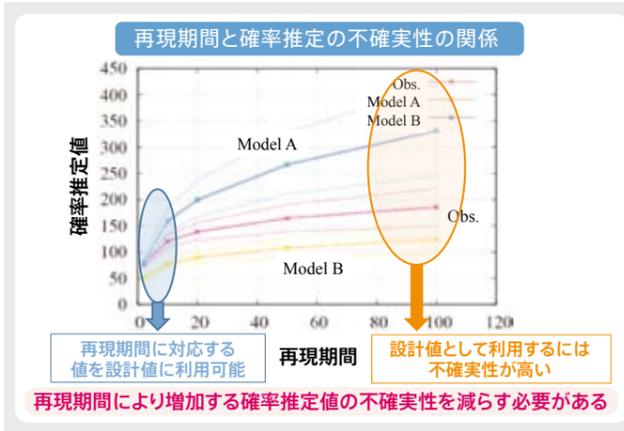
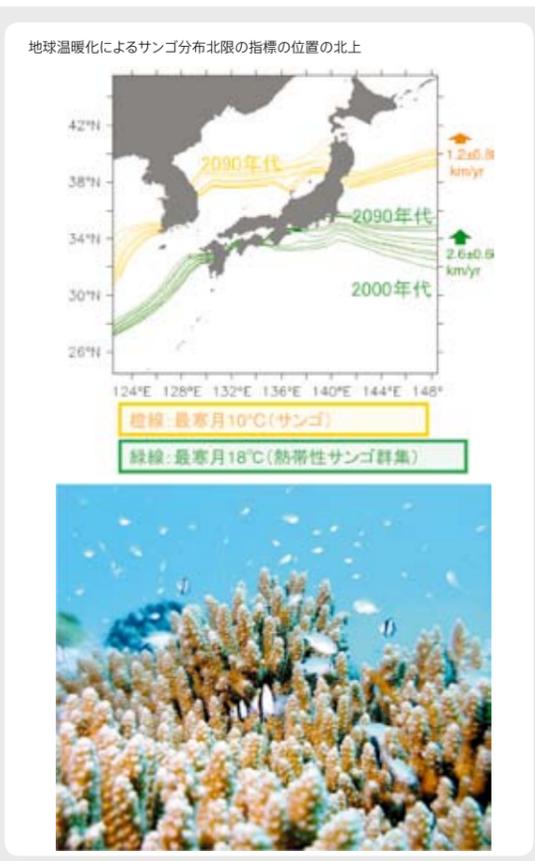
創生プログラムの成果を最大限に生かし、防災や備えなどさまざまな場面の実践へとつなげます。そのための調整や連絡、情報交換などの支援がテーマEの役割です。

A～Dまでのテーマの連携体制をつくり、研究成果をデータベースに一元管理します。その活用に向けて編集整理した上で、各チームや関係機関との情報ネットワークにより、実社会で研究成果を活用する場を築きます。

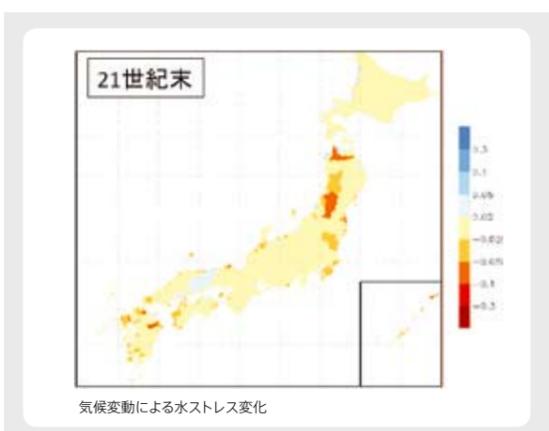


### テーマEの役割概要

- 「気候変動リスク情報創生プログラム」の研究成果を的確に、より精度の高い気象予測や防災へ活用し、実践的に社会に役立てていくためのコーディネーターの役割を果たします。
- 各テーマの研究成果をデータベースに一元化し、データを効率的に活用するための分類・整理や技術的支援を行います。
- A～D各テーマ間の連絡会議や情報交換を主導し、互いの研究成果の共有と重層的な活用へ寄与します。
- 公開シンポジウムの開催やニューズレターの発信など、本プログラムを広く知らしめる広報活動を行います。



再現期間と確率推定の不確実性の関係



気候変動による水ストレス変化

# 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 ユニットリーダー 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 田中 幸夫

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 地球環境変動領域プロジェクトマネージャー		
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	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 立入 郁
	c	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 上席研究員 筒井 純一
(ii) 大規模な気候変動・変化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 プロジェクトマネージャー 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 プロジェクトマネージャー 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: 高藪 出 気象庁気象研究所 環境・応用気象研究部 第二研究室 室長		
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 東京大学大気海洋研究所 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 第二研究室 室長 高藪 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 地球水循環研究センター 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 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 准教授 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 安田 成夫
(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・水循環の人為的変化を含めた評価研究 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 環境科学研究科 准教授 馬奈木 俊介
	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 地球水循環研究センター 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>

お問い合わせ先  
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](mailto:sousei_info@jamstec.go.jp)

2013.12

