

気候変動研究に関する取組について

令和3年9月21日

文部科学省研究開発局環境エネルギー課



文部科学省

MEXT

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

気候変動適応戦略イニシアチブ

気候変動研究の役割

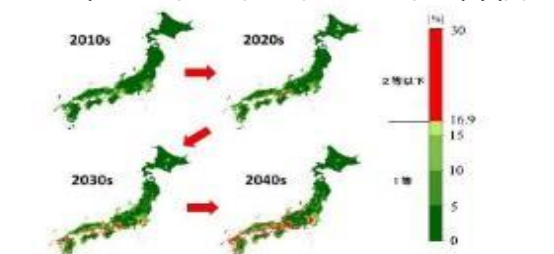
文部科学省の気候変動研究により創出された気候変動予測情報は、気候変動の影響評価や適応策のエビデンスとして活用。

気候変動影響評価

- ・気候変動影響評価報告書(環境省)
- ・各分野の影響評価研究



＜農業＞ イネ白未熟粒発生率の評価



出典 温暖化による日本のコメ(コシヒカリ)の白未熟粒発生率増加を予測 (令和元年12月17日 茨城など大学、茨城県農業総合センター)

気候変動適応策

- ・農林水産分野における高温耐性品種の開発・普及



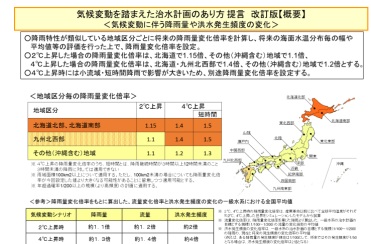
愛媛県 高温に強いブランド品「ブラッドオレンジ」



広島県 高温耐性品種「恋の予感」

出典 農水省 国土交通省 気候変動を踏まえた治水計画のあり方提言【概要】より

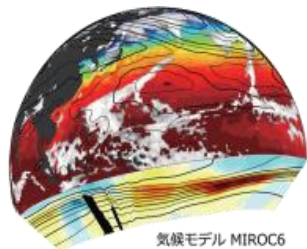
- ・国交省における気候変動を踏まえた治水計画の見直し検討



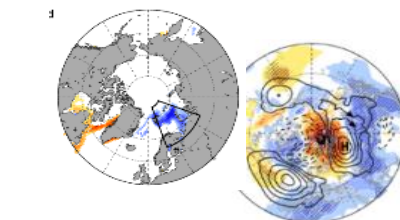
令和3年4月

気候変動研究

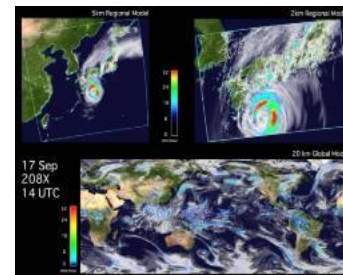
- ・気候モデル開発、気候変動メカニズム解明を通じて気候予測データ創出



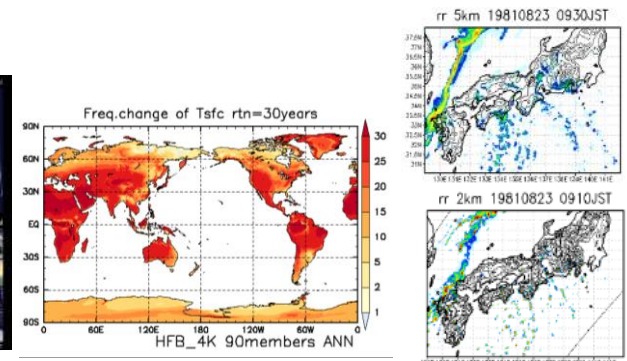
気候モデルの開発



気候変動メカニズム解明
(例：減りゆく海氷と大気の大相互作用)



温暖化した世界及び日本周辺の予測



など

全ての気候変動対策の基盤となる気候モデルの高度化（不確実性の低減）を通じ、気候変動メカニズムを解明するとともに、気候変動予測情報を創出。



* 気候感度：大気中のCO2濃度が2倍になった時の気温上昇量。

** ティッピング・エレメント：気候変動があるレベルを超えたとき、気候システムにしばしば不可逆性を伴うような激変が生じる現象。

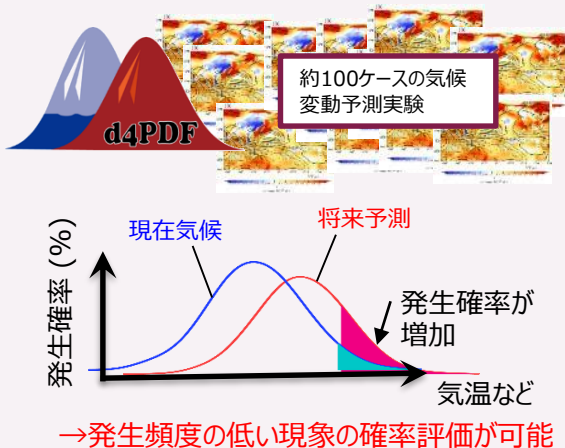
- 文部科学省の気候モデル研究事業で開発した、わが国独自の気候モデルは、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）において世界トップクラスの利用数であり、報告書作成に貢献。
- 創出された気候変動予測情報は、気候変動適応策や気候変動影響評価のエビデンスとして活用。

統合的気候モデル高度化研究プログラムの成果例

気候変動予測データセットの作成による適応策への貢献

- これまで不可能とされてきた異常気象の将来変化の確率的評価が可能になった。(約100ケースの気候変動シミュレーションd4PDF)
- 国土交通省の「気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言」(令和元年10月)、「気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について 提言」(令和2年6月)、「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方」(令和2年7月)では、d4PDFと基にした将来予測を気候変動を踏まえた対策を進めることが示された。

世界に類のない大規模(約2PB)アンサンブルデータベース d4PDF



気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言 改訂版【概要】 ＜気候変動に伴う降雨量と洪水発生頻度の変化＞

- 降雨特性が類似している地域区分ごとに将来の降雨量変化倍率を計算し、将来の海面水温分布毎の幅や平均値等の評価を行った上で、降雨量変化倍率を設定。
- 2℃上昇した場合の降雨量変化倍率は、北海道で1.15倍、その他(沖縄含む)地域で1.1倍、4℃上昇した場合の降雨量変化倍率は、北海道・九州北部で1.4倍、その他(沖縄含む)地域で1.2倍とする。
- 4℃上昇時には小流域・短時間降雨で影響が大きいため、別途降雨量変化倍率を設定する。

＜地域区分毎の降雨量変化倍率＞

地域区分	2℃上昇	4℃上昇
北海道北部、北海道南部	1.15	1.4
九州北部	1.1	1.4
その他(沖縄含む)地域	1.1	1.2

※ 4℃上昇の降雨量変化倍率は、短時間では、降雨継続時間が6時間以上12時間未満のものと長時間未満の降雨に対しては適用できない。

※ 流域面積100km²以上について適用する。ただし、100km²未満の場合についても降雨量変化倍率が今回設定した値より大きくなる可能性があることに留意しつつ適用可能とする。

※ 年間総降雨量1000mm以上の地域より気候区分の別に応用する。

＜参考＞降雨量変化倍率をもとに算出した、流量変化倍率と洪水発生頻度の変化の一級水系における全国平均値

気候変動シナリオ	降雨量	流量	洪水発生頻度
2℃上昇時	約1.1倍	約1.2倍	約2倍
4℃上昇時	約1.3倍	約1.4倍	約4倍

※ 2℃、4℃上昇時の降雨量変化倍率は、気候変動に伴う海面水温分布毎の幅や平均値等によって、4℃上昇時の世界平均シミュレーションモデルから計算。

※ 流量変化倍率は、降雨量変化倍率をもとに算出した。一級水系の全水系の平均値とする。

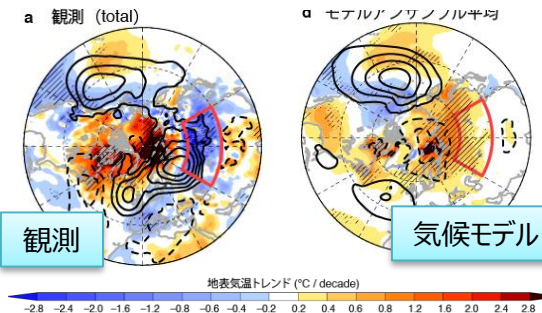
※ 洪水発生頻度の変化は、一級水系の全水系の平均値とする。

※ 洪水発生頻度の変化は、一級水系の全水系の平均値とする。

令和3年4月
国土交通省 気候変動を踏まえた治水計画のあり方提言【概要】より

地球温暖化による 海水減少の影響評価

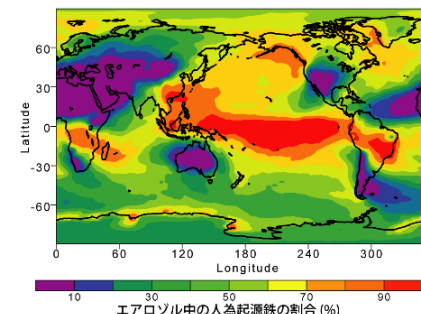
地球温暖化が、北極海の海水減少を介して、冬季ユーラシア大陸中緯度の寒冷化をもたらすことを示した。(Nature Climate Changeに掲載)



エアロゾル (鉄分) による 海洋生態系への影響把握

全球大気モデルを使用したシミュレーションにより、燃料消費の際に放出される鉄分は、海水に溶けやすく海洋生態系にとって重要であることを示した。(Science Advances【2019】に掲載)

燃料消費の際に放出された鉄

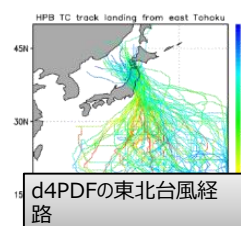


d4PDFの特徴の例

例えば、観測史上初めて東北太平洋側に上陸した平成28年台風第10号について



一般的な気候変動予測データセットではそのような台風はゼロ又は1つ程度
⇒全く検証できない



d4PDFなら東北台風は102も存在する
⇒防災の検討における確率評価に十分活用できる

データ統合・解析システム（DIAS）の概要

DIAS : Data Integration and Analysis System

- データは「21世紀の石油」といわれており、データ駆動型社会であるSociety5.0では、様々なビッグデータ、リアルタイムデータは極めて重要。その利活用による新しい価値・イノベーションの創出が期待。
- このような中、地球環境ビッグデータ（観測情報・予測情報等）を蓄積・統合解析する「データ統合・解析システム」（DIAS）を構築。
- 水課題（水災害対策）を中心にサイエンスから社会実装を含めた研究開発を進めることで、DIASの強みが確立し、学術研究はもとより国際貢献等にも活用。



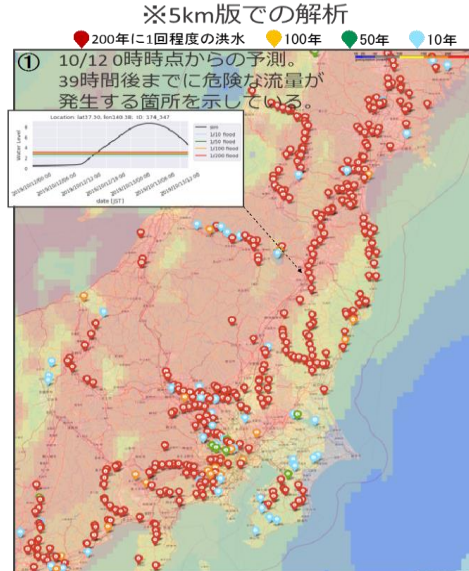
【DIASの強み・特徴】

- 約50ペタバイトの超大容量ストレージに地球環境ビッグデータ等をアーカイブ。複数機関が観測したリアルタイムデータやDIASにしかない大規模気候変動モデルデータ（CMIP、d4PDF）等が存在。
- これらビッグデータを活用した高付加価値情報の創出や新たなアプリケーション開発等が可能な計算資源。
- 特に災害対策等水課題に関する特徴的なアプリケーションを開発・整備。特に海外でDIASブランドを構築
- DIASのICT研究者による高度な支援体制。

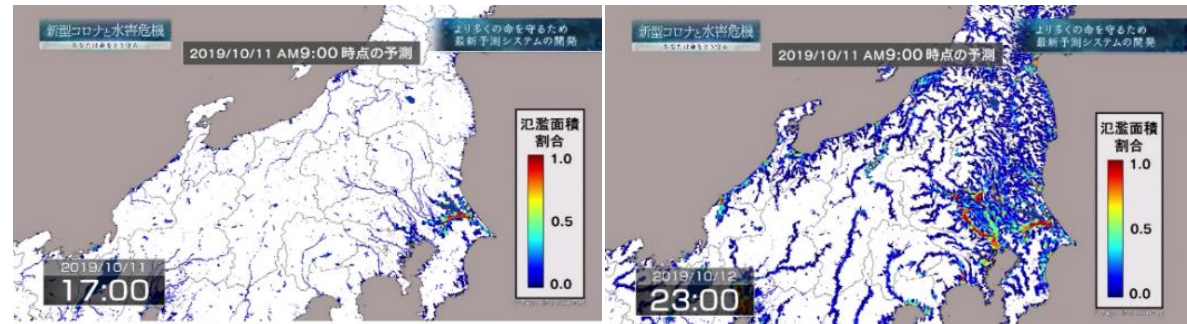
＜洪水対策＞

水災害の被害軽減のための洪水予測システムの開発

- 地球環境ビッグデータ（観測情報・予測情報）を蓄積・統合解析するDIAS（データ統合・解析システム）を活用し、日本全国について、解像度5km、39時間先までの洪水予測を可能とするシステムを開発。
- 2019年度の台風19号においては、破堤が発生したと報告のあった142地点中129地点において、200年に一度の規模の洪水の発生を平均32.3時間前から予測。
- 39時間先までの洪水予測情報をもとに、洪水可能性がある地域を特定し、事前避難等に役立てることを期待。



馬文超@東大



2020年6月20日 NHKスペシャル：「コロナと豪雨“複合災害”に備える」

データ統合・解析システム（DIAS）の主な成果・活用例②

<防災・エネルギー>

水災害の被害軽減、水力発電管理高効率化のための リアルタイム河川・ダム管理システム／中小河川の水位 提供システム研究開発

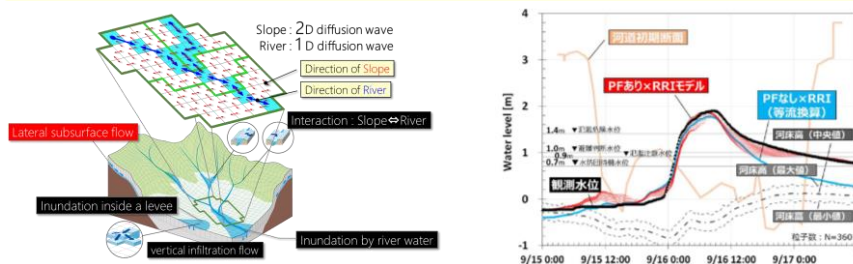
リアルタイム河川・ダム管理システム



- ダム水位・河川流量予測情報を基に、東京電力、中部電力等と協力してダム水量を管理するシステムを構築。
- 本システムは、水力発電管理の高効率化を実現するとともに、国内外の洪水・渇水被害の軽減に貢献。

中小河川の水位提供システム

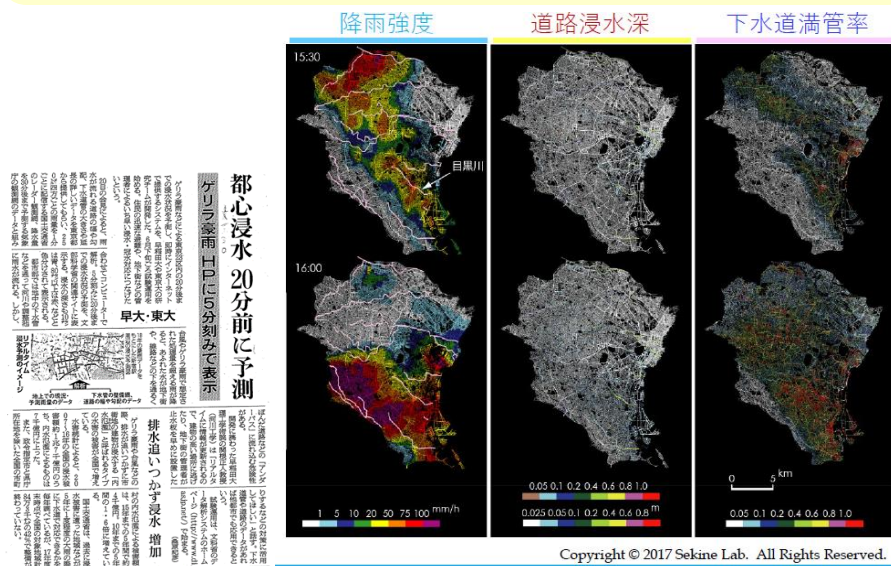
- 洪水予測の自動計算、表示システム等を開発し、中小河川の水位情報提供システムを構築中。
- 約2時間前に避難周知に必要な水位を予測することが可能となるシステムを目標。



<都市防災>

リアルタイムデータを活用した 東京都23区リアルタイム浸水予測システムの構築

- 精緻な浸水予測手法（S-uiPS）を用いた、リアルタイム浸水予測システムをDIASに実装。
- 東京都下水道局のデータ等を用い、東京都23区の精緻なリアルタイム浸水予測を実現。自治体によるハザードマップ作成、リアルタイムでの避難情報の提供等による住民の安全確保を推進。
- 「今から20分後にどの地点でどれほどの浸水あるいは冠水が生じるか」を予測し、被害を軽減するための対策をとることが可能となる技術を開発。
- 本予測情報を基に浸水しやすい地域を特定し、浸水リスクを踏まえた都市開発を行うなど、浸水による被害軽減への貢献が期待される。



2019年5月21日 朝日新聞朝刊
他主要3紙面、NHK、日テレ、テレビ朝日、TBS等

背景・課題

- 平成28年11月の「パリ協定」発効や平成30年12月の「気候変動適応法」施行等を踏まえ、具体的な温室効果ガスの削減取組や、気候変動の影響への適応等の対策の推進が強く求められている。
- また、2050年のカーボンニュートラルの達成は、我が国が総力を挙げて取り組まなければならない喫緊の課題であり、グリーン成長戦略に基づき着実に推進することが必要。さらに、地球環境ビッグデータ（観測情報・予測情報等）の利活用を推進し、防災・減災や脱炭素社会にも貢献する地球環境分野のデジタルトランスフォーメーション（DX）を更に推進することが必要。

【政策文書における記載（抄）】

＜第6期科学技術・イノベーション基本計画（令和3年3月閣議決定）＞

・高精度な気候変動予測情報の創出や、気候変動課題の解決に貢献するため温室効果ガス等の観測データや予測情報などの地球環境ビッグデータの蓄積・利活用を推進する。

＜2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（令和3年6月成長戦略会議）＞

・観測技術や、モデリング技術、シミュレーション技術の高度化により、気候変動メカニズムの解明を進め、不確実性の低減を図り、CO₂排出量のより正確な推定を目指している。

【参考：パリ協定の主な内容】

- ・ 気温上昇を産業革命以前比+2℃より十分低く保つとともに、+1.5℃に抑える努力を追求。
- ・ 気候変動への適応能力の向上、強靱性の強化。



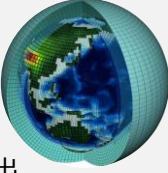
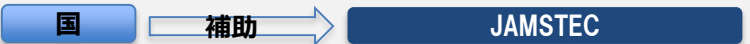
事業概要

【事業の目的・目標】

- 気候変動対策において過去データをもとにした対策から、科学的な将来予測データも活用した対策へのパラダイムシフト（気候変動対策のデジタルトランスフォーメーション（DX））を加速するため、気候変動シミュレーション技術の高度化等による不確実性の低減及び気候変動メカニズムの解明に関する研究開発並びに気候予測データの高精度化等からその利活用までを想定した研究開発を一体的に推進。
- 地球環境データを蓄積・統合解析するデータ統合・解析システム（DIAS）を活用した地球環境分野のデータ利活用を推進するとともに、国、自治体、企業等の意思決定に貢献する気候変動対策を中心とした地球環境データプラットフォーム（ハブ）の実現を目指す。



【事業概要・イメージ】

	気候変動予測先端研究プログラム 《令和4年～令和8年度》	地球環境データ統合・解析プラットフォーム事業 《令和3～12年度》
予算(案)	777百万円（新規） ※ 統合的気候モデル高度化研究プログラムとして、前年度予算額に687百万円計上。	500百万円（379百万円）
事業概要	・ 全ての気候変動対策の基盤となる気候モデルの開発等を通じ、気候変動メカニズムの解明やニーズを踏まえた気候予測データの創出を実施。 ・ 脱炭素シナリオに係る評価やカーボンバジェット等の前提にもなる近未来予測情報の創出等のための、<u>人為的な活動や短期の自然変動等も考慮した気候変動モデルの開発。</u> ・ <u>多様な社会ニーズに応じた、経時的な連続データ創出等のためのAIを活用したデータプログラムの開発。</u>  独自の全球気候モデル	・ 地球環境ビッグデータを蓄積・統合解析するDIASをこれまで開発。大容量ストレージに地球環境ビッグデータ等をアーカイブ。 ・ これまでの成果を生かして、GEO（地球観測に関する政府間会合）やIPCC等を通じた国際貢献、学術研究を一層推進。 ・ データ利活用を強化するための計算資源等の設備整備や利用拡大等を推進。 ・ <u>地球環境ビッグデータを利活用した気候変動、防災等の地球規模課題の解決に貢献する研究開発を推進。</u>  データ統合・解析システム（DIAS）
主な成果 (前身事業の成果)	✓ 将来の降雨や気温等の気候変動予測データ等が、国交省の治水計画等の適応策のエビデンスとして活用。 ✓ 気象庁と連携して「日本の気候変動2020」を作成公表 ✓ 解明した気候メカニズムについて、Nature関連誌（14本）、Science（関連誌も含む）（2本）に掲載。（令和3年7月時点） ✓ IPCCにおいて、開発した気候モデルが世界で最も多く活用。	✓ ユーザー数が直近5年で約5倍になるなど、利用者・利用範囲が国内外で拡大。 ✓ 道路や街区等の浸水状況を予測するリアルタイム浸水予測システムや台風等による洪水予測をDIAS上で解析。 ✓ DIASに蓄積されている気候変動予測データ、マラリア患者数データ等を統合解析し、マラリア流行のリアルタイム予測を実施
事業スキーム	支援対象機関：大学、国立研究開発法人等 	支援対象機関：JAMSTEC 

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 報告書

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）報告書の概要

■ 概要

- **気候変動に関する政府間パネル（IPCC）**は、人為起源による気候変動等に関し、科学的・技術的・社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として国連環境計画（UNEP）と世界気象機関（WMO）により1988年に設立された専門家を中心とする機関。（2021年9月現在、195か国・地域が参加。）
- 自ら研究を行うのではなく、出版された文献（科学誌に掲載された論文等）に基づいて報告書を作成し、各国政府の気候変動に関する政策に科学的な基礎を与える。
- 政策的中立性を重視しており、特定の政策の提案は行わない。
- 5～7年程度に一度の頻度で、IPCC総会での各国の承認を経て、3つの作業部会及びそれらを統合した評価報告書を公表。

＜参考＞ 報告書の構成

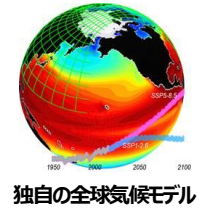
- | | | |
|-------------------------|---------------------|-------------------|
| ✓ 第1作業部会 自然科学的根拠 | （担当：文科省、気象庁） | 令和3年8月9日公表 |
| ➤ 第2作業部会 影響・適応・脆弱性 | （担当：環境省） | 令和4年2月公表予定 |
| ➤ 第3作業部会 気候変動の緩和 | （担当：経産省） | 令和4年3月公表予定 |
| ➤ 統合報告書（WG1-3の取りまとめ報告書） | （担当：関係省庁） | 令和4年9月公表予定 |

■ 今回の報告書の特徴

- 地域レベルの気候変動の評価を重点
- 極端現象の変化や、その変化における人間の影響を評価
- 長期スケールのリスクにかかる要因を評価
- 世界平均気温が1.5℃や2℃上昇した場合に着目し、予測される気候の変化を評価

■日本の貢献

- 「地球シミュレータ」等を用いた高精度な気候変動の将来予測
- 観測衛星、海洋調査船等による最新の観測データの提供
- 執筆者として日本人専門家の派遣



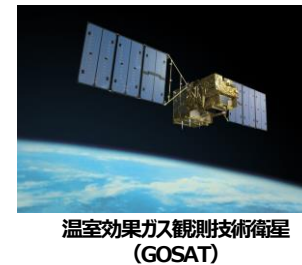
■文部科学省の貢献

平成29年度より統合的気候モデル高度化研究プログラム（以下「統合プログラム」）を実施し、気候モデルの高度化、気候変動メカニズムの解明に取り組んでおり、統合プログラムの成果等が、IPCC第6次WG1評価報告書（AR6/WG1）の内容等に貢献。



●統合プログラムの貢献例

- ・ 地球温暖化の停滞現象の評価に研究成果が反映。（第3章）
- ・ 気候感度の推定幅が減少したことに、統合プログラムに参加する研究者の研究活動が深く関与。（第7章）
- ・ 全球の降水量変化予測や水循環の変化の評価に研究成果が反映。（第8章）
- ・ アジア域の気候変化及び極端気象の変化に関する記載に研究成果が反映。（第10章、第11章）



- 地球温暖化の進行に伴い、**熱波、大雨、干ばつ並びに北極の海水、永久凍土の減少**など、**気候システムの多くの変化が拡大**。
- これまでの評価と比べて、世界の平均気温が**1.5℃上昇する到達時期が約10年程度早まる※との評価**。 ※1.5℃を超える時期の中央値：2040年ごろ⇒2030年代初頭

<早まった理由>

- ① 過去から現在までの気温上昇を最新データに基づき上方修正したこと
- ② 最新の傾向を踏まえて、予測される将来の気温上昇を大きく評価したこと

【具体例】

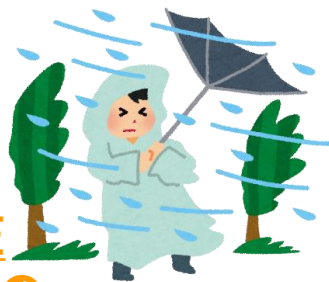
気温

工業化前と比べ、すでに世界平均気温は**1.09℃上昇**。21世紀末には**最大3.3～5.7℃上昇**する可能性。



降水

温暖化した気候では、**極端な雨期**又は乾期、気象の**極端現象の深刻さが増大**。

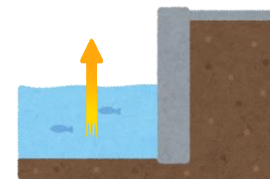


台風

非常に強い熱帯低気圧の発生割合と、強度最大規模の熱帯低気圧のピーク時の風速は、地球規模では、**地球温暖化の進行に伴い増加**。

海面水位

世界平均海面水位は、1900年から2018年の間に**0.20 m上昇**。



上昇率は1901～1990年間では1.35 mm/年、2006～2018年では**3.7mm/年**と増大。21世紀末には**最大0.63～1.01 m上昇**する可能性。

雪氷圏

北極圏では、2050年までに1回以上、**9月（夏の終わり）に実質的に海氷のない状態**。21世紀の間、**グリーンランド氷床の損失が継続**。



気候システムにおける人間の影響

✓ : これまでの変化
➤ : 予測されている変化

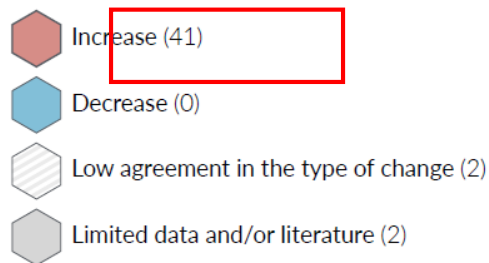
■ AR6/WG1報告書での評価

- ✓ 人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない。
- ✓ 広範囲にわたる急速な変化が、大気、海洋、雪氷圏及び生物圏に起きている。

(参考) これまでの評価

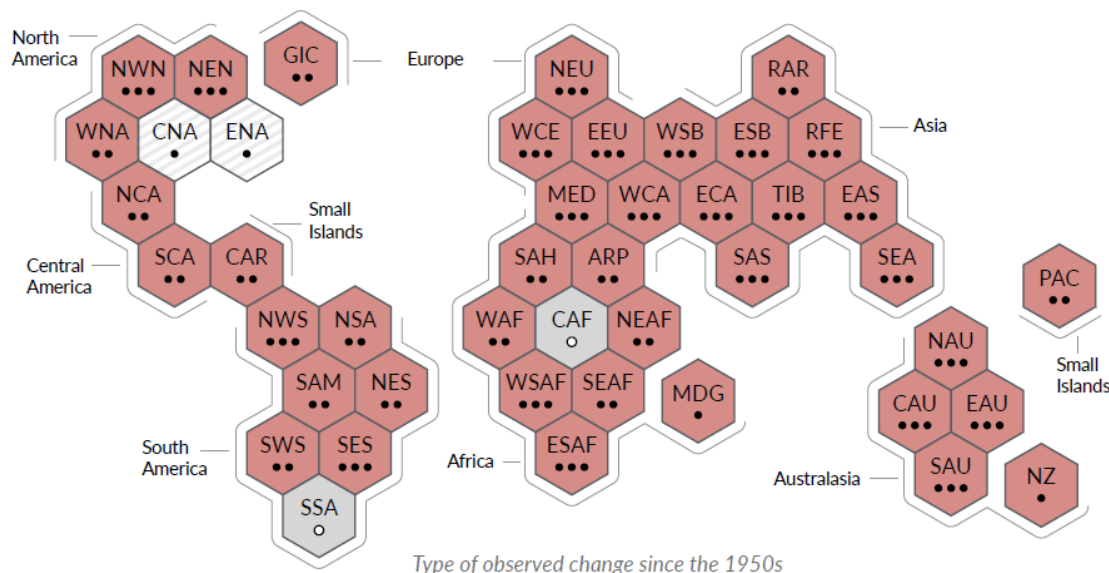
- ✓ 気候システムの温暖化には疑う余地がない。
- ✓ 気候システムに対する人間の影響は明瞭である。

Type of observed change
in hot extremes



Confidence in human contribution
to the observed change

- High
- Medium
- Low due to limited agreement
- Low due to limited evidence



SPM Fig 3

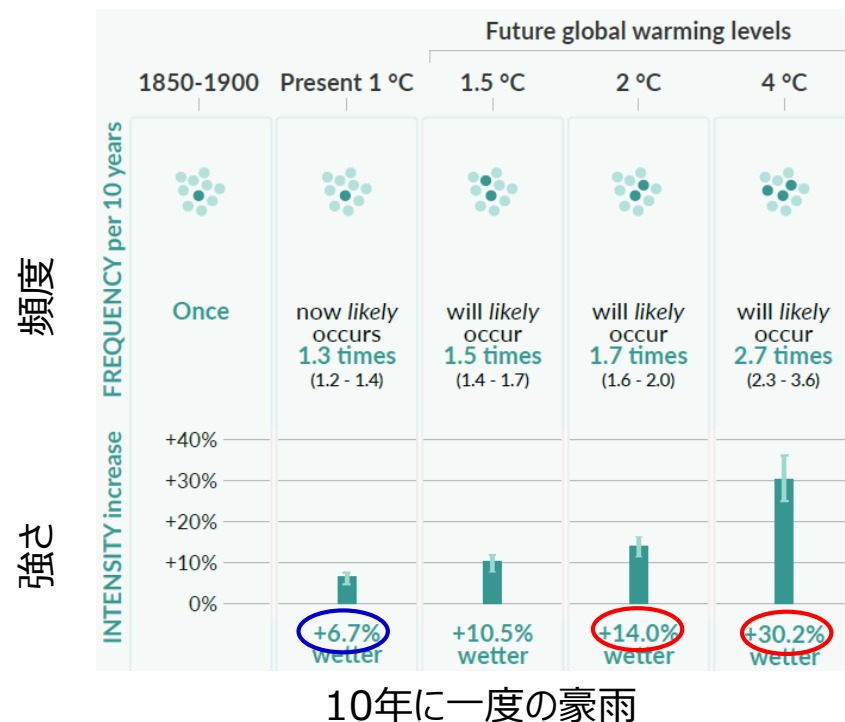
観測された高温事象に対する人間活動の影響

降水

■ AR6/WG1報告書での主な評価

- ✓ 陸域の平均降水量は1950年以降増加しており、1980年代以降はその速度が上昇。
- 世界規模では、地球温暖化が1℃進行するごとに、極端な日降水量の強度が約7%上昇。
- 温暖化した気候では、極端な雨期又は乾期、気象の極端現象の深刻さが増大。

✓ : これまでの変化
➤ : 予測されている変化



SPM Fig 6

台風（熱帯低気圧）

■ AR6/WG1報告書での評価

- ✓ 強い熱帯低気圧（風速50m/s以上）の発生割合は過去40年間で増加。
- 非常に強い熱帯低気圧（風速58m/s以上）の発生割合と強度最大規模の熱帯低気圧のピーク時の風速は、地球規模では、地球温暖化の進行に伴い増加。

(参考) 日本からの執筆者等

章	氏名	所属	役割	統合プログラムとの関係
1 章	江守 正多	国立環境研究所	執筆者	○
1 章	安成 哲三	総合地球環境学研究所	査読編集者	
3 章	小坂 優	東京大学	執筆者	○
4 章	木本 昌秀	国立環境研究所	査読編集者	○
5 章	石井 雅男	気象研究所	執筆者	
5 章	Patra Prabir K.	海洋研究開発機構	執筆者	
6 章	金谷 有剛	海洋研究開発機構	査読編集者	
7 章	渡部 雅浩	東京大学	執筆者	○
10章	高薮 出	気象研究所	執筆者	○
11章	佐藤 正樹	東京大学	執筆者	○