

■ 統合化

- 気候変動や汚染、生態系、資源利用等も含めた統合的研究への発展
- 地球システムモデルへの関連要素の取り込み
- Food-Energy-Water Nexus
- 環境面・社会面・経済面を考慮した持続可能性の概念の反映

■ 大規模化

- 衛星観測の飛躍的向上（質・量・種類）
- 人間活動データや地球観測データを活用した健康影響把握
- 出生コホート調査やエクスポソームの把握
- 水銀などの有害物質の全球動態モデル

■ 高度化

- AOP（Adverse Outcome Pathway）への注目
- 同位体研究の進展による物質循環理解の深化
- 医薬品および日用品等由来化学物質（PPCPs）やマイクロプラスチックなど新汚染物質の認識と対応
- 選別技術等のリサイクル技術の高度化

■ 可視化

- モデル比較、ダウンスケーリング、アンサンブルシミュレーション
- 生態系サービスの定量評価
- リサイクル技術のDB構築とDB連携、物質フローの可視化
- 環境的側面に加え社会的側面のインパクト評価技術の開発と応用

■ ネットワーク化・共有化

- 衛星や地上局等の観測ネットワーク構築と得られたデータの共有

■ 研究スタイルの変化

- 問題設定とデータ収集、シミュレーション設定を共通化し、参加モデルを横断的に分析して論文を執筆する形式に変化

□ 統合的な研究開発の実施

気候変動や環境汚染、健康影響、生態系管理、資源利用と循環、経済、社会等の関連要素全体を扱う統合的な研究開発への発展

- 対策間のトレードオフ・シナジー効果の解明
- 社会的側面も含む多面的な影響や価値の可視化、経済や社会への反映
- 社会・経済データを含むビッグデータや地球観測データの活用
- エクスポソームの把握
- 持続的な土地、水、生物資源の利用
- 資源循環研究や技術の高度化・システム化
(水、希少資源、廃プラ、廃素材や廃機器等)

□ 気候システムモデル・気候変動影響予測モデルの開発と応用

- 予測精度向上：人間活動を含む多様な要素の取込み、ESMでは炭素排出に対する気候過渡応答（TCRE）の評価精度向上や高度な海洋生態系モデルの結合等
- データ保管・配信・解析やモデル結合作業を支援するシステム開発
- ダウンスケーリング、アンサンブルシミュレーション
- 影響予測・評価の強化と対象の拡大
- その他の環境変動予測・評価

□ 観測や評価の低コスト化・省力化

- 効率的かつ省メンテナンスで統計学的にも優れた観測手法の開発
- AOP研究の推進（毒性試験の省力化・迅速化）

□ モニタリングやシステム開発の継続性と研究プラットフォーム維持・強化

- 長期間の継続的な観測によるデータ蓄積が研究開発の深化と発展に不可欠
- データベース整備やモデル開発の継続性確保
- 衛星や観測船などのプラットフォーム維持・強化
- 活動を評価する仕組みの構築
- ユーザ獲得のためのシステムのインタフェースデザイン検討

□ 要素技術だけでなくシステム化の研究開発の推進

□ 計算機資源の拡充

□ 社会受容性のための技術評価とリスク評価

□ 技術資源のデータベース化

内容

1. 環境分野の俯瞰分析結果
2. 気候変動の影響・適応
生物多様性・生態系サービスの
俯瞰分析結果

概要

米国は衛星による全球スケールのデータ構築など基礎研究が圧倒的に強い。欧州は全球水文モデル開発で世界をリード。全球水文モデルで国を横断した世界的なデータが存在しないことが課題。

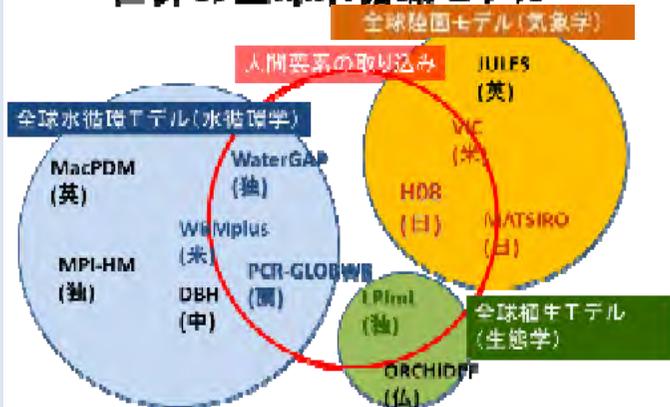
国際比較表

	日本		米国		欧州		中国		韓国	
	現状	動向								
基礎										
応用										

科学技術トピックス

人間活動を含む全球水文モデル開発

世界の全球水循環モデル*



- 主要4モデル：
 - WaterGAP
フランクフルト大学他 [独]
 - PCR-GLOBWB
ユトレヒト大学 [オランダ]
 - LPJmL
ポツダム気候影響研究所 [独]
 - H08
国立環境研究所
・東京工業大学
・東京大学

- 水文モデルと社会経済モデルの連携の重要性が増加
- 超高解像度化
1km解像度で全球をカバーする共通目標の普及
- Food-Energy-Water Nexusへの注目

課題

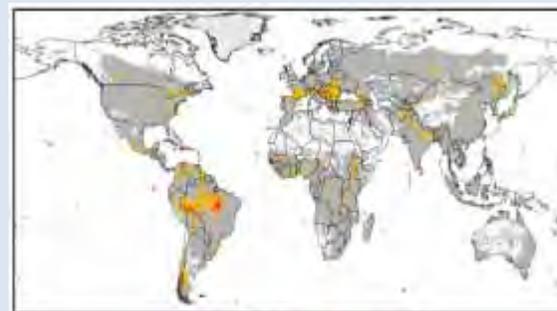
- 全球水文モデル開発における集約されたグローバルな水利用関連データの不足
- モデルの超高解像度化
- 学際的な知識や能力が要求されるモデル開発・応用を担える人材の確保
- モデルやデータベース開発支援（デファクトスタンダード化による国際的影響力の確保）

気候変動影響のモデル比較 ISI-MIP



(Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project)

- 共通の将来想定をもとに複数モデルの予測結果を比較。
- 独ポツダム気候影響研究所(PIK)主導で2012年開始。
- 対象5分野：水循環、農業（作物成長）、農業（農業経済）、陸域生態系、健康（マラリア）
- フェーズ1はIPCC AR5に貢献。フェーズ2が進行中。
- フェーズ1の日本からの参加モデル：H08（水循環・国環研）、MATSIRO（水循環・東大）、VISIT（陸域生態系・国環研）



成果例：4.5℃上昇時に分野が重複して顕著な影響が現れる地域
出典：国立環境研究所 <http://www.cger.nies.go.jp/ja/news/2014/140206.html>
Piontek et al. PNAS(2014) Figure2を改変

概要

干ばつや洪水の将来推計に関する解析が進み、欧米がリード。日本も世界レベルだが伸び悩んでいる。洪水・氾濫のシミュレーションにおける高解像度の境界条件データの整備が課題。

国際比較表

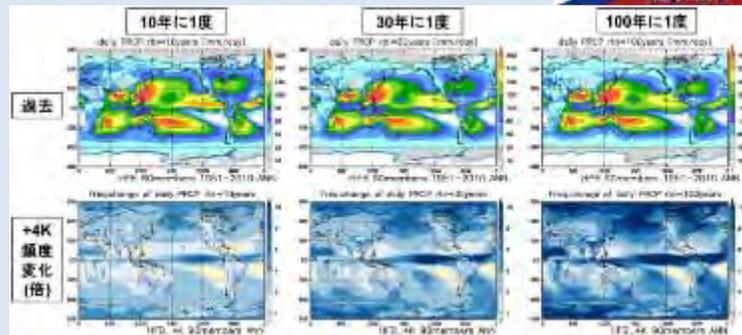
	日本		米国		欧州		中国		韓国	
	現状	動向								
基礎										
応用										

科学技術トピックス

アンサンブルシミュレーション

極端現象予測等の不確実性の定量化

- 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 [日]
- 成果例：台風に伴う高潮が100年に一度程度から30~50年に一度発生への予測

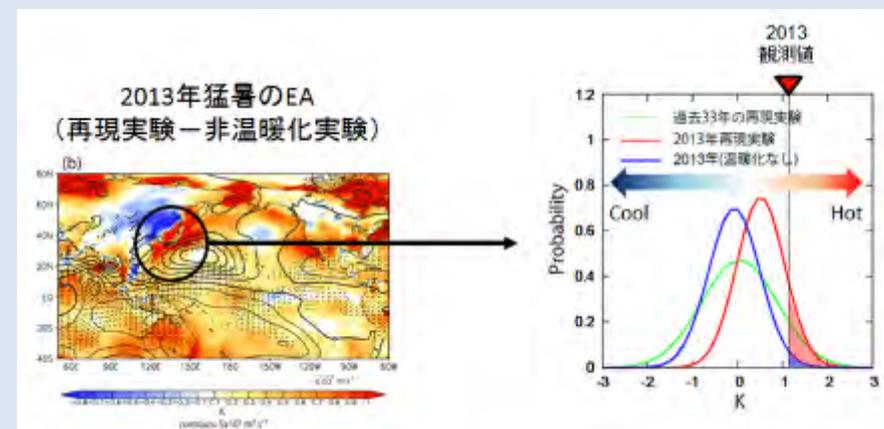


90メンバー平均の日降水量分布 出典：d4PDF

- アンサンブルシミュレーションを用いた洪水予測・警報システム
 - European Flood Awareness System (EFAS) [欧]
 - NOAA / NWS Hydrologic Ensemble Forecasting [米]

イベントアトリビュション (EA)

大量のアンサンブルメンバーを用い、地球システムそのものによる気候変動（内部変動）と人間に起因する気候変動（外部変動）を統計的に区別することで、極端現象への人間起因の寄与を統計的に見積もる手法



2013年の日本の猛暑での温暖化影響の定量化
出典：気候変動リスク情報創生プログラムHP (テーマA)

課題

- 洪水・氾濫シミュレーションにおける高解像度（数m~数十m解像度）の境界条件データ整備（河川形状データ等）
- 精緻な過去再現が可能なモデル構築、メカニズム・プロセス理解のための継続的モニタリング・集中的観測
- 長期間（数世紀以上）の検証のための代替情報（文献、堆積物・生物の同位体比等）
- 被害金額の精度向上（金額以外の観測データの欠如）、被害金額推定モデルの開発（資産の詳細な時空間分布データ入手）

概要

欧米が長期の大型研究プログラムを持ち強い。生態系変化の予測に用いる気候変動モデルならびにその計算結果のダウンスケーリングが求められる。

国際比較表

	日本		米国		欧州		中国		韓国	
	現状	動向								
基礎										
応用										

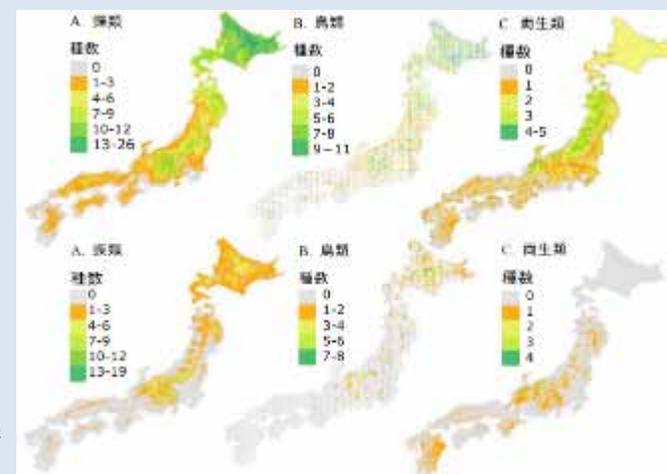
科学技術トピックス

モデルを用いた将来予測

- **種分布モデル (SDM : Species Distribution Model)**
 - 気候モデルによる温暖化予測値をSDMに当てはめて種の分布域を推定
 - 課題：個体群が平衡状態にあると仮定、移動や分散のプロセスが明確でない等
- **プロセスモデル**
 - 生活史や個体群変動、移動分散を考慮
 - 課題：多くの生物、生態系パラメータ、分散障壁等の推定のためのデータの不足

影響の顕在化・予測

- **分布域の変化**
 - 例：分布域の北進、北極圏への深刻な影響、サンゴ類への影響、害虫・病原菌・寄生虫の分布域変化
- **生物季節 (フェノロジー) の変化**
 - 例：北半球の植物の成長期間の長期化
- **体サイズの変化**
 - 例：北極圏で繁殖し熱帯域で越冬するシギの一種の体・嘴サイズの縮小
- **温暖化応答の生物種間の差**
 - 例：共生関係や捕食-被捕食関係などの相互作用を形成する種間での異なる反応、生物季節のミスマッチによる絶滅の予測



蝶類、鳥類、両生類の現在 (上) と将来 (下) のホットスポットマップ (RCP8.5/非分散シナリオ) 分類群間でホットスポットにギャップ
出典：環境省環境研究総合推進費 終了成果報告書S-9-1 図(1)-3

課題

- 気候変動モデルとその計算結果のダウンスケーリング
※生態系影響やレフュージア (避難場所) 検討には10~100m単位の気象パラメータの予測が必要
- 長期的生態観測のためのフィールド・施設の設置、長期的観測データの整備
- 群集レベルや生態系の栄養段階のつながりに与える影響、個体レベルにおける順化や表現形の変化、遺伝子変異などの適応進化に与える影響の解明
- 極端現象への応答の解明と、回復力 (レジリエンス) や閾値を越えた変化 (レジームシフト) の検討
- 生態系の防災・減災機能の分析と適応策への応用
- 生態系ディスプレイを引き起こす生物の拡大の監視
- 気候変動と土地利用が生態系へ与える影響の把握、土地利用変化の予測