

課題名	B-12 極端な気象現象を含む高解像度気候変化シナリオを用いた温暖化影響評価研究		
課題代表者名	江守正多（独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター温暖化リスク評価研究室）		
研究期間	平成16-18年度	合計予算額	127,400千円（うち18年度 49,400千円）
研究体制	<p>研究体制</p> <p>(1) 影響評価に必要な気候モデルの極値再現性の検証と入力データの検討に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日降水再現性の検証と入力データの検討（環境省独立行政法人国立環境研究所） ・日最高・最低気温再現性の検証（名古屋大学） <p>(2) 極値現象を含む気候変化シナリオを用いた温暖化影響評価に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・農業・健康分野の影響評価研究（環境省独立行政法人国立環境研究所） ・水資源・水害分野の影響評価研究（東京大学） <p>(3) 影響評価において重要な極値現象変化のメカニズム解明と不確実性の検討に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気候の長周期変動の観点からのメカニズム・不確実性検討（東京大学） ・気象擾乱の観点からのメカニズム・不確実性検討（環境省独立行政法人国立環境研究所） 		
研究概要	<p>研究概要</p> <p>1. 序（研究背景等）</p> <p>従来の多くの温暖化影響評価は、主に気温や降水量の平均値（例えば月毎の気温を長年平均したもの）の変化をもとに行われてきた。しかし、影響評価において特に重要であるのは、極端な高温日、台風や集中豪雨、長い乾燥期間といった極端な気象現象（以下、「極値現象」とよぶ。「極端現象」の用語が定着しつつあるが、サブテーマタイトル等との整合性のため、本報告書では一貫して「極値現象」を用いる。）の頻度や強度の変化であるという認識が強まってきている。例えば、洪水をもたらすような強雨の増加は、月平均の降水量の変化では表現できないし、熱中症をもたらすような高温日の増加は、月平均の気温の変化では表現できないといったことが挙げられる。このことが温暖化影響評価の不確実性の一因となり、対策の推進にも影響を及ぼしている。</p> <p>従来の影響評価が平均値の変化のみに基づくのは、影響評価の基となる気候モデルによる地球温暖化実験結果のデータが月平均程度でしか提供されないこともさることながら、気候モデルによる極端な強雨や高温のシミュレーション、またその温暖化時の変化のシミュレーションが、意味のある精度を持っていないだろうという認識に基づく。その大きな理由の一つは、計算機能力の制約により、気候モデルの空間解像度（モデルが表現できる最小スケール）が十分細かくないことにある。これに対し、日本では、世界最大級のスーパーコンピュータである地球シミュレータが2002年に稼動し、それを用いた高解像度の地球温暖化シミュレーション研究が進展しつつある。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>本研究は、極値現象を含む気候変化シナリオを用いて温暖化影響評価を試みると共に、その有効性と不確実性を議論することを通じて、全球規模の温暖化影響評価の精度向上に資することを目的とする。</p> <p>本研究では、地球シミュレータ上で計算された、大気海洋結合モデルの温暖化シナリオ実験としては世界最高解像度である大気100km程度のモデル結果を用いる。このモデルが現在の気候条件で現実的に極値現象を表現できているかの検証を行った上で、気候モデル研究者と影響研究者の間で綿密な情報交換を行い、影響評価研究に必要な変数、時間解像度などの条件を満たす気候変化シナリオを作成する。これを用いて、地球温暖化による水資源、水害、農業、健康などの影響評価を全球規模で行う。また、水資源と農業分野に関しては、温暖化の影響を緩和するためのダム管理、灌漑管理等の適応施策の検討を行う。この過程で、極値現象を考慮した影響評価の適切な手法を検討し、従来の影響評価と比較することによりその有効性を示す。最後に、気候モデル結果の不確実性を議論するため、影響が甚大であると診断された特定地域の特定現象（ホットスポット）に注目して、そのような影響をもたらす極値現象の変化が気候モデルの中で如何なるメカニズムで生じたのかを解明し、そのような変化が気候モデルの不確実な部分に依存しないかどうかの検討を行う。</p>		

3. 研究の方法及び結果

(1) 影響評価に必要な気候モデルの極値再現性の検証と入力データの検討に関する研究

本サブテーマでは、本課題で温暖化影響評価に用いる気候モデルが、豪雨や熱波などの極値現象をどの程度現実的に再現するかを観測データとの比較により検証し、モデルの信頼度を確認するとともに、問題点を特定することを目的とする。また、影響研究に必要な気候モデルデータの検討も行う。モデルの極値現象再現性の様々な側面、様々な時間スケールに注目して、次の5点について研究を行った。1) 強い日降水に注目した降水特性の再現性検証[H16年度]、2) 無降水日数の再現性検証[H17, 18年度]、3) 20世紀後半における種々の極値指標の変化傾向の再現性検証[H16, 17年度]、4) 東アジア域・アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証[H17, 18年度]、5) 影響評価研究への入力データの検討[H16年度]。なお、本課題で用いる気候モデルおよびその実験は、文部科学省RR2002課題「高分解能大気海洋モデルを用いた地球温暖化予測に関する研究」(代表: 東京大学気候システム研究センター住明正教授)において開発ならびに実施されたものであり、大気海洋結合モデルは現時点で世界最高の解像度を持つ(以降のサブテーマについても同様である)。

1) の強い日降水に注目した降水特性の再現性検証では、気候モデルの日降水量と衛星観測から推定された日降水量データなどとの比較を行った。この結果、本研究で用いる高解像度(水平解像度 1.1°)大気モデルおよび大気海洋結合モデルが、 1° 程度の空間スケールにおいて、強い日降水(99パーセンタイル値)の強度およびその空間分布を概ね現実的に表現できることが明らかになった

(図1 a,c)。解像度が向上(水平解像度 2.8° から 1.1°)することにより、日本域の地域的な降水特性や強い日降水の頻度の再現性が向上することが示された。一方で、同じ解像度でもモデル化の仮定(積雲対流過程のパラメタ化)の違いにより強い日降水の再現性は大きく変化することも示された(図1 a,b)。

2) の無降水日数の再現性検証では、気候モデルの日降水量データから求めた無降水日数の統計を観測データによるものと比較した。モデルは南北半球海上のストームトラック域で年間無降水日数を顕著に過小評価するが、陸上については概ね現実的な無降水日数を再現することが示された。また、連続無降水日数の頻度分布を陸上の多くの地域について良好に再現できることが示された(図2)。

3) の20世紀後半における種々の極値指標の変化傾向の再現性検証では、大気海洋結合モデルに20世紀の現実的な自然および人為起源の外部条件を与えて走らせた結果と、新たに入手した20世紀後半の全球日最高最低気温観測データとの比較を、統計解析により行った。この結果、日最低気温の年間最高値、真冬日日数および冬日日数の過去の変動を、モデルは自然変動の不確実性の範囲内で現実的に再現していることなどが示された。

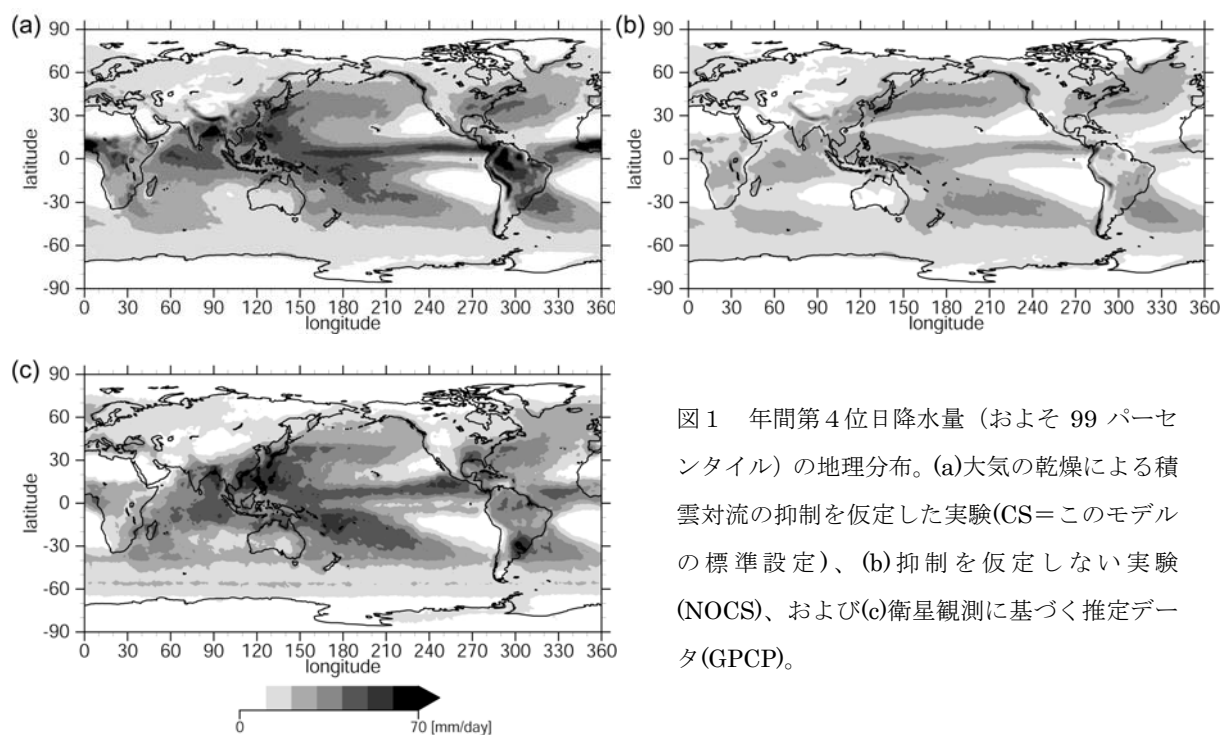


図1 年間第4位日降水量(およそ99パーセンタイル)の地理分布。(a)大気の乾燥による積雲対流の抑制を仮定した実験(CS=このモデルの標準設定)、(b)抑制を仮定しない実験(NOCS)、および(c)衛星観測に基づく推定データ(GPCP)。

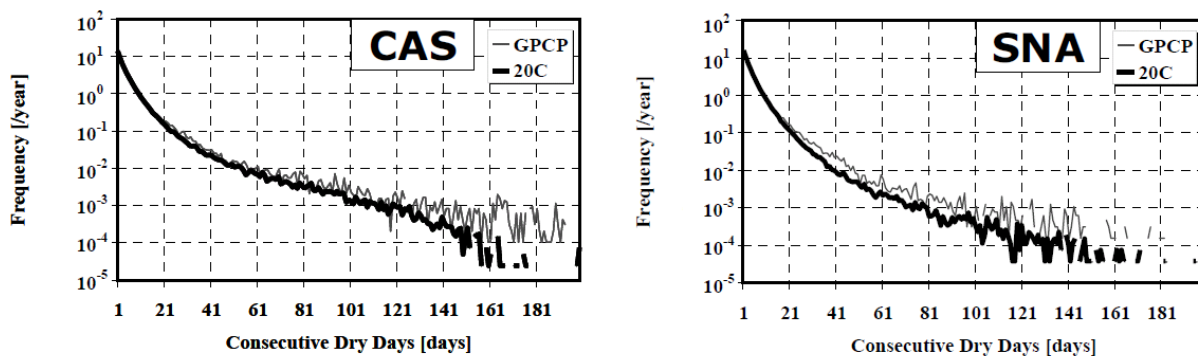


図2 連続無降水日数の頻度分布。例として世界の2つの地域について示した。CAS:中央アジア、SNA:北米大陸南部。細線が観測データ(GPCP)、太線がモデル結果。横軸が連続無降水日数、縦軸が頻度(対数軸)。

4) の東アジア域・アジアモンスーン域夏季の天候の年々変動特性の再現性検証では、日本およびその北側の東アジア域と主に日本の南方のアジアモンスーン域のそれぞれについて、気候モデル結果における夏季の天候の年々変動を解析し、観測データにおける年々変動と比較した。東アジア域については500hPa高度場、アジアモンスーン域については水蒸気フラックス鉛直積分に注目して、年々変動の主要なモード(特徴的な変動の空間パターン)を抽出したところ、観測とモデルでよく類似するものが得られた(図3)。また、観測された海面水温変動を与えた大気モデル結果においては、変動の位相(過去の特定の年が「冷夏型」か否か)も観測とモデルでよく類似することが示された。

5) の影響評価研究への入力データの検討については、従来、気候モデル実験の出力データの変数の種類や時間解像度が、影響評価研究への必要性から見て不十分であるという問題があったため、本課題では、気候モデル実験を行う前に影響研究者の希望を聞いて、出力データの調整を行った。この結果、河川モデルや農業モデルによる詳細な影響評価研究の入力データとして必要な地表付近の変数について、高時間分解能(3時間または1日)の気候モデル出力を得ることができた。

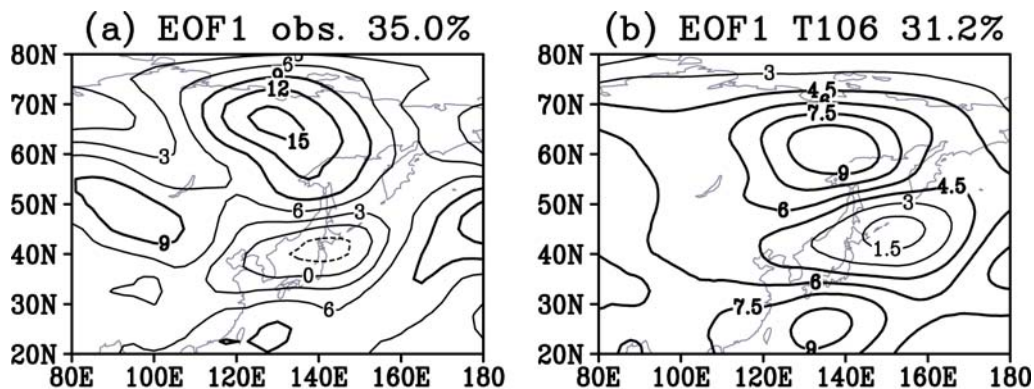


図3 東アジア域における夏季500hPa高度場の年々変動に対する(a)観測の変動第一主成分と(b)モデルの変動第一主成分。

(2) 極値現象を含む気候変化シナリオを用いた温暖化影響評価に関する研究

本サブテーマの目的は、高解像度気候モデルの結果を利用して極値現象を含む日単位の気候変化シナリオを作成し、全球を対象とした水資源、農業、健康分野への気候変化影響のモデル推計を行うとともに、影響被害軽減のための方策を検討することである。初年度(H16年度)には、予備的検討として、1) 日別の気候モデル出力の確率的特性に関する把握、および2) 月別気候モデル出力と日別気候出力を用いた場合の影響評価結果の違いの把握を行った。さらに2~3年度目には、この予備的検討をふまえ、3) 洪水・渇水リスク変化の全球的予測(水文・水資源)[H17, 18年度]、4) 統計的手法を用いた降雪量の将来予測(水文・水資源)[H18年度]、5) 極端な気象現象を考慮した農作物潜在生産性変化の推計(農業)[H17年度]、6) 暑熱日増加に伴う熱ストレスによる死亡数の変化の推計(健康)[H17, 18年度]について研究を行った。

1) の日別の気候モデル出力の確率的特性に関する把握では、1900年~2100年のSRES-A1Bシナリオに基づく温暖化実験における降水量シミュレーション結果について、14種類の確率密度関数、3種類の母数推定手法で統計解析を行った。その結果、東京を対象として、対象気候モデルの年最

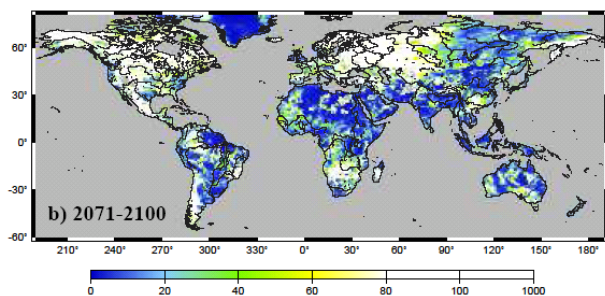


図4 現状(1941~2000年)の100年洪水流量の、将来(2071~2100年)における再現期間。

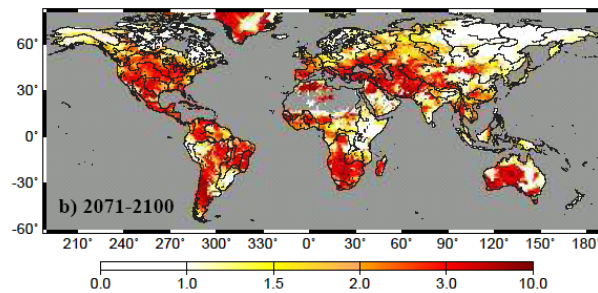


図5 将来(2071~2100年)の渇水日数/現状(2071~2100年)の渇水日数。

大日降水量の確率分布を求める場合、2母数ピアソンⅢ型分布を積率法で推定することで最も適合性が良い分布を得られることが示された。

2) の月別気候モデル出力と日別気候出力を用いた場合の影響評価結果の違いの把握では、気候モデル研究から提供された日単位気候情報に影響評価モデルに入力することで、月単位気候情報を用いる場合には評価できなかった日々の気候変動を勘案した影響評価を行った。その結果、一般的に、月単位気候情報を用いた場合の生産性は、日単位気候情報を用いた場合の生産性よりも過大評価される傾向を持つことが分かった。

3) の洪水・渇水リスク変化の全球的予測では、気候モデルの結果を用いて、20世紀再現実験の渇水・洪水の再現精度の検証と温暖化時の大河川流域の渇水・洪水の変化について解析を行った。その結果、モデルが20世紀の洪水・渇水のリスクを良く再現できること、北米大陸の北部と東ヨーロッパを除く全球で21世紀に洪水リスクが増加すること(図4)、ユーラシア大陸の北東部を除いて全世界的に渇水リスクが増加すること(図5)が示された。

4) の統計的手法を用いた降雪量の将来予測では、気温、湿度、降水量から降雪深を推定する手法を開発し、これを気候モデルの将来予測結果に適用した。新潟県の一地点を例とした結果では、温暖化が進むと強い降雪の頻度が減少し、弱い降雪の頻度が増加するが、2040年までは10日間合計230cmを越す豪雪が発生する可能性もあることが示唆された。

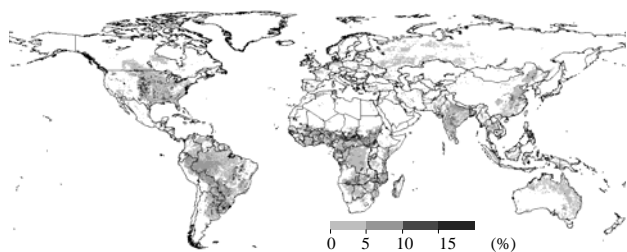


図6 農作物潜在生産性に対する全温暖化影響に占める極端な気象現象による影響の寄与度。

6) の暑熱日増加に伴う熱ストレスによる死亡数の変化の推計では、熱ストレスによる死亡率の将来変化について、全球を対象として評価する手法を開発し、それを用いた試算を行った。その結果、適応・馴化が行われないと仮定した場合、熱ストレスによる超過死亡数の変化率を国別に見ると100~1000%程度増加し、特に至適気温よりも5℃以上高い強ストレス日が大きく増加する地域では、超過死亡率増加が激しいことが示された(図7)。

5) の極端な気象現象を考慮した農作物潜在生産性変化の推計では、極端な気象現象として台風と熱波を考慮して気候変化が農作物生産に及ぼす影響を定量的に評価するために、日単位気候情報を入力条件とする潜在生産性モデルを開発し、シミュレーションを行った。その結果、アフリカ中央部、アメリカ合衆国中央部、南米、インド北部では、全温暖化影響に占める極端な気象現象の変化による影響の寄与度が、他の地域に比べて比較的大きいことが示された(図6)。

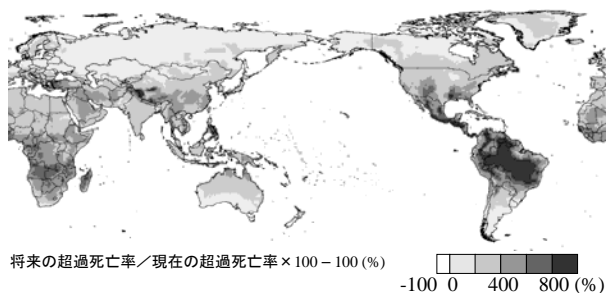


図7 熱ストレスによる超過死亡密度の変化率。

(3) 影響評価において重要な極値現象変化のメカニズム解明と不確実性の検討に関する研究
本サブテーマでは、本課題で影響評価に用いる気候変化予測結果について、そのような変化が起こるメカニズムを理解し、予測結果がモデル化の仮定にどの程度依存するかの検討を行うことにより、結果の信頼性に関する知見を影響評価研究に提供することを目的とする。影響評価において重

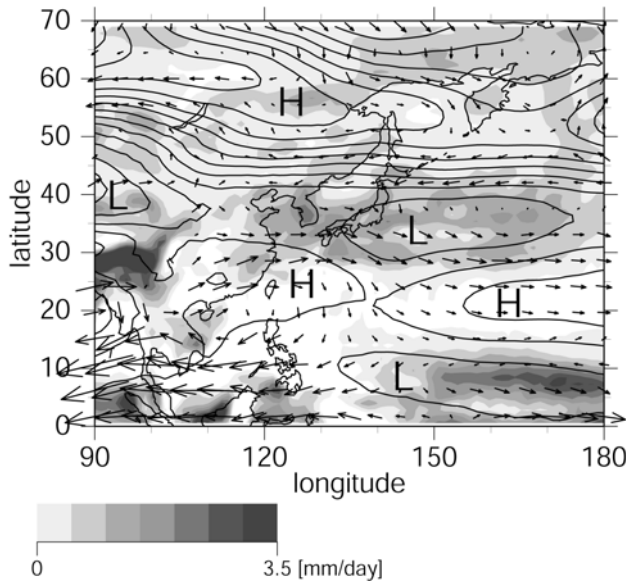


図8 日本周辺の夏季(6-8月)の気候変化予測結果。2071-2100年の平均から1971-2000年の平均を引いたもの。コンターが500hPa高度、矢印が850hPaの風、陰影が降水量変化(増加域のみ)を現す。H、Lは、それぞれ周囲と相対的に高気圧性、低気圧性の変化。

て、気候モデルの現在気候実験における夏季天候の年々変動パターンを経験直交関数(EOF)解析により抽出し、温暖化時の年々変動を現在気候の年々変動のEOFに投影したところ、温暖化の強制により、現在気候の冷夏-暑夏に対応する年々変動モードのうち、冷夏に対応するレジームの出現確率が顕著に増大することが示された。

2)の年平均降水量および極端に強い降水量のグローバル変化予測とそのメカニズムの考察では、複数の異なる気候モデルを用いて、日降水量データを力学擾乱の指標である鉛直流データと対応付けて解析した。この結果、主に亜熱帯を中心とした限られた領域で、極端に強い降水量の変化割合は年平均降水量の変化割合を顕著に上回ることが示された。また、それぞれの変化において、大気中水蒸気量の増加を原因とする変化(熱力学的変化)と、降水をもたらす力学擾乱の変化を原因とする変化(力学的変化)を分離し、極端に強い降水量と年平均降水量の変化割合の違いは熱力学的変化によってもたらされることが示された。中高緯度では、一般に力学的変化が小さく、熱力学的変化に

要と考えられる様々な現象に注目するため、以下の4点について研究を行った。1)日本域の気候変化メカニズムおよび天候の年々変動との関係[H16,17,18年度]、2)年平均降水量および極端に強い降水量のグローバル変化予測とそのメカニズム[H16,18年度]、3)温暖化に伴う熱帯低気圧およびそれに伴う降水の変化予測とそのメカニズム[H16,17年度]、4)近未来の温暖化における極値現象の変化予測[H18年度]。

1)の日本域の気候変化メカニズムおよび天候の年々変動との関係の考察では、主に高解像度大気海洋結合モデルによるSRES A1Bシナリオに基づく温暖化実験と20世紀再現実験を比較した。高解像度大気モデルによる現在気候実験とCO₂倍増実験も併せて用いた。この結果、これまで予測が難しかった日本の夏季について、熱帯太平洋の昇温および大陸の昇温にそれぞれ関係して生じる、日本の南側と北側の高気圧性変化により、日本では梅雨前線が強化され、梅雨明けが遅くなる「冷夏型」気圧配置に移行するというメカニズムが示された(図8)。また、温暖化による「冷夏型」の気候変化と天候の年々変動との関係を解析した。東アジア域およびアジアモンスーン域のそれぞれについて

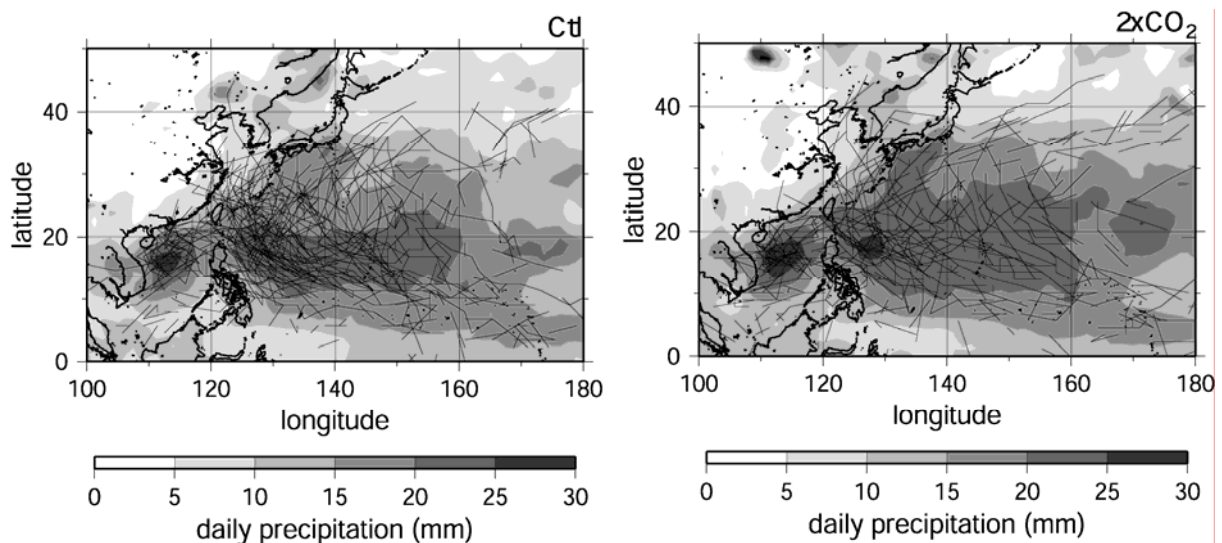


図9 台風1つあたり1日あたりにもたらされる平均降水量の分布(陰影)。左が現在気候、右が二酸化炭素倍増時。細線は、モデルにおける台風の経路を表す。

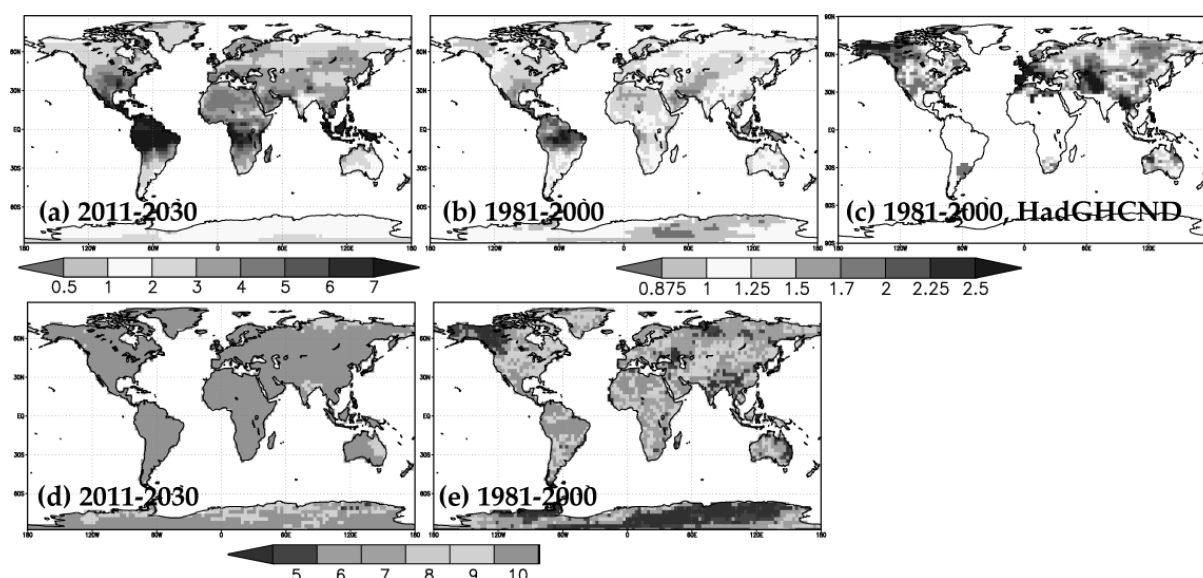


図10 極端に「暑い夜」の基準期間（1951-1970年）からの発生頻度比（RF）について、(a) 2011-2030年と(b) 1981-2000年の10メンバー平均予測値および(c) 1981-2000年の観測値。下図は(d) 2011-2030年と(e) 1981-2000年で、RF> 1（発生頻度増加）と予測されるメンバー数であり、予測の一致度を示す。

より降水量が増加する地域が多いことが予測された。この傾向は、超高解像度（水平解像度7km）の全球雲解像モデルを用いた擬似温暖化実験の結果とも一致した。

3) の温暖化に伴う熱帯低気圧およびそれに伴う降水の変化予測とそのメカニズムの考察では、気候モデル結果中の熱帯の強い擾乱を熱帯低気圧と見なして抽出し、その発生頻度、強度およびそれによってもたらされる降水量について、温暖化による変化を解析した。その結果、温暖化により熱帯低気圧による平均雨量および豪雨頻度が増加することが示された。また、大気モデルを用いた場合は、温暖化が進むと強い熱帯低気圧の発生確率が增大するが、大気海洋結合モデルを用いた場合、海洋結合の効果により、この傾向が顕著に弱まることが示された。

4) の近未来の温暖化における極値現象の変化予測では、30年程度の近未来において、温暖化による極値現象の変化傾向が自然変動によるノイズに比べて顕著になるかどうかを予測するために、中解像度気候モデルを用いた10メンバーのアンサンブル実験を行った。その結果、大規模火山噴火が無いなどの仮定の下で、陸上のほとんどの地点で「暑い夜」などの極値現象の発生頻度が全10アンサンブルメンバーにおいて増加となり（図10）、自然変動の不確実性を考慮しても、極値現象の有意な変化が予測されることが示された。

4. 考察

気候変化予測および影響評価のいくつかの重要な側面について、サブテーマ1, 2, 3によるモデル検証研究、影響評価研究、メカニズム・不確実性評価研究の結果を組み合わせることによって、以下のような知見が得られた。

日本域夏季の気候変化に関しては、気圧配置の平均的な変化が、梅雨前線が活発で梅雨明けの遅れる「冷夏型」に移行するメカニズムを示したが（サブ3）、さらに、用いた気候モデルが日本の冷夏年、暑夏年の自然変動パターンを現実的に表現することを検証した後（サブ1）、温暖化による「冷夏型」の気候変化は、年々変動における「冷夏年」の出現頻度の増加によるという高次の描像を提示することができた（サブ3）。また、モデルが100km程度の空間スケールで日本付近の日降水強度の頻度分布を現実的に表現すると同時に（サブ1）、日本域夏季の豪雨頻度の増加の可能性を示唆した（サブ3）。ただし、本課題では日本域の詳細な影響評価は行っておらず、これらの知見は他課題（例えば推進費S-4「温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究」）の影響評価研究において活用されることを期待する。

水害・水資源影響評価に関しては、用いた気候モデルが強い日降水の強度ならびに連続無降水日数の発生頻度分布を全球の陸上で概ね現実的に再現できることを検証するとともに（サブ1）、河川流量の変動による洪水・渇水発生特性も現実的に再現できることを示した上で、気候モデルの日降水量データを用いて温暖化時の洪水・渇水リスクの変化を評価した（サブ2）。この結果、南米

などいくつかの地域で、洪水リスクと渇水リスクが同時に高まることが示された。これらの地域はある意味でホットスポットといえ、このような変化のメカニズムを解明することには意義がある。気候モデル結果の解析によれば、これらの地域では温暖化により平均降水量が増加しない一方で豪雨強度は増加する傾向にあることが示され（サブ3）、温暖化により地表からの蒸発が増加しようとするのを併せて考慮することにより、洪水・渇水リスクの変化を解釈することができた。

健康影響評価に関しては、用いたモデルが気温に関する極値現象の過去50年の変化傾向を自然変動の不確実性の範囲内で現実的に表現していることを検証するとともに（サブ1）、気候モデルの日単位気温データを用いて温暖化時の熱ストレスによる超過死亡数の変化を評価した（サブ2）。超過死亡数の増加率が大きい地域はある意味でホットスポットといえる。それらの地域で、今後30年程度の近未来においても極端な高温日の増加が予測されるかどうかを調べたところ、陸上のほとんどの地点で、自然変動の不確実性を考慮しても、近未来において極端な高温日の増加傾向が有意になることが示された（サブ3）。

農業影響評価に関しては、台風と熱波の影響を考慮して、気候モデルの日単位データを用いて温暖化時の農業生産性の変化を評価した（サブ2）。気候モデルの解像度（100km程度）が不十分のためか、台風の変化による影響は顕著には見られなかった。しかし、温暖化時の台風の変化については一般に重要度が高いため、予測結果を詳細に解析した（サブ3）。その結果、温暖化時には、大気中水蒸気量の増加により、台風1つが1日あたりもたらす降水量が平均的に増加することが、比較的高い信頼性で予測できた。また、温暖化時の台風強度の変化に関する既存研究の多くは、海洋結合の効果を無視しているため、台風強度の増加を過大評価していることを指摘した。

以上のような一連の研究に基づき、影響評価にかかわる気候変化予測の信頼性の基準を、以下のように整理した。

- a. 気候変化のシグナルが自然変動と明瞭に区別される（統計的有意性）
- b. 異なる複数のモデルで同様の傾向が見られる（モデル間整合性）
- c. 変化のメカニズムが物理的、合理的に解釈可能である（解釈可能性）
- d. 変化において重要な役割を果たすと思われる素過程が現在の観測データと比較してモデル中で現実的に再現されている（素過程の妥当性）
- e. 観測された過去の傾向と整合的である（過去の傾向との整合性）

ただし、eに関しては、自然変動の不確実性を考慮する必要がある点に注意を要する。

本課題では、このような観点に基づく気候変化予測の信頼性評価と、その結果としての影響評価の信頼性向上の重要性を指摘し、国内外におけるアピールに努めてきた。しかし、このような信頼性基準は半主観的な専門家判断に留まるため、より客観的な信頼性評価に向けて、予測の信頼性を確率的表現などにより定量化することが、今後の課題として極めて重要である。

また、本課題では、熱ストレスのホットスポットにおける熱波早期警戒システムの必要性を示唆した点を除けば、温暖化影響への適応に関する議論をほとんど行うことができなかつたのは反省すべき点である。一方で、この間に適応に関する概念整理が進んだため、今後の課題として、適応に関する研究がより積極的に行われることが期待される。

5. 本研究により得られた成果

（1）科学的意義

第一に、気候研究者と影響研究者が協力して、気候変化予測の信頼性を確認しながら高度化した影響評価を行うことによって、影響評価の信頼性の向上を図ったことの意義は大きい。これまで、気候研究と影響研究の連携の重要性は認識されていながらも、有機的な協力が行われた例は国際的にも少なかった。今後はこの連携の重要性がますます強く認識される傾向にあるので、成功事例の一つとしてアピールする価値のある成果が得られたと考えている。

個別には、サブテーマ1の気候モデルの検証研究においては、これまで検証が不十分であった日降水強度や連続無降水日数といった高時間解像度の降水特性、日本域夏季の天候の年々変動、ならびに過去50年の極値現象発生頻度の変化傾向について検証が行われ、いずれの点についても、本課題で用いられた気候モデルは観測データを概ね現実的に再現することが示された。特に過去50年の極値現象発生頻度の検証に関しては、「極値現象の発生頻度が温暖化により変化しているか」という重要な問題に答える気候変化の検出と原因特定の観点からも意義のある成果が得られた。

サブテーマ2の影響評価研究においては、これまで月単位の気候モデル結果を用いることが多かったのに対して、本課題では日単位の気候モデル結果を利用できるように影響評価手法の高度化を行うとともに、極値現象の変化に注目した影響評価研究を展開したことは、国際的にも先端的であ

り、意義は大きい。特に、水資源影響評価においては、洪水・渇水をもたらす河川流量の変動特性を観測データにより検証した上で将来の影響評価を行ったこと、健康影響評価においては、全球規模で熱ストレス影響を評価する手法を新たに開発するとともに、日単位気候モデル結果の系統誤差を除去するデータ処理上の工夫を行ったこと、農業影響評価においては、熱波や台風といった極値現象の影響を明示的に影響評価に組み込んだことが先端的である。この結果、洪水リスクと渇水リスクが同時に高まる地域や、熱ストレスによる超過死亡数の増加率が特に大きい地域、熱波の影響による農業生産性の低下が特に大きい地域といった、影響ホットスポットを提示できたことの意義も大きい。

サブテーマ3の気候変化メカニズム解明および予測の不確実性評価研究においては、これまで予測の難しかった日本域夏季の気候変化に関して説得力のあるメカニズムを提示するとともに、この変化が天候の年々変動における卓越する変動パターンの発生頻度の変化に対応するという高次の描像を提示したことは極めて意義が大きい。また、温暖化による豪雨強度の増加が平均降水量の増加に比べて大きいと期待されることはこれまでも指摘されていたが、本課題ではその要因を分離することによって、より深くメカニズムに踏み込んだ考察を行うことができた。温暖化時の台風の変化については現状では信頼性の高い予測は難しいが、本課題では台風に伴う降水量の増加および大気海洋結合の効果という2つの新しい切り口を提示した。自然変動の不確実性を考慮した近未来の極値現象の変化予測は、今後重要度が高まるテーマであり、本課題でその先鞭を付けることができたことは意義が大きい。

(2) 地球環境政策への貢献

環境省の中央環境審議会地球環境部会における気候変動に関する国際戦略専門委員会において、本課題成果である日本域の気候変化予測結果が取り上げられ、同委員会の第2次中間報告の作成に貢献した（同報告p15に結果が引用されている）。また、IPCC第4次評価報告書において、第一作業部会の8章（気候モデル評価）、9章（気候変化の理解と原因特定）、10章（全球気候変化予測）および11章（地域気候変化予測）、ならびに第二作業部会の10章（アジア）に本サブテーマの成果が引用されており、温暖化に関する科学的な基盤の強化を通じて政策に貢献した（第一作業部会に関しては確定、第二作業部会に関しては最終ドラフト時点）。さらに、本課題の成果に基づく気候変化予測や影響評価の知見はマスコミ等を通じて多く発表されており、これによって、正しい危機感の醸成ならびに意思決定における科学的根拠の提供を通じて国民各層の温暖化対策への動機付けに貢献したと考えられる。

6. 研究者略歴

課題代表者：江守正多

1970年生まれ、東京大学教養学部卒業、博士（学術）、現在、独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター温暖化リスク評価研究室長

主要参画研究者

(1)：江守正多（同上）

神沢博

1953年生まれ、京都大学理学部卒業、理学博士、現在、名古屋大学大学院環境学研究科教授

(2)：高橋潔

1973年生まれ、京都大学工学部卒業、博士（工学）、現在、独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター温暖化リスク評価研究室主任研究員

沖大幹

1964年生まれ、東京大学土木工学科卒業、博士（工学）、現在、東京大学生産技術研究所教授

(3)：木本昌秀

1957年生まれ、京都大学理学部卒業、Ph.D. in Atmospheric Sciences、現在、東京大学気候システム研究センター教授

野沢徹

1968年生まれ、京都大学理学部卒業、博士（理学）、現在、独立行政法人国立環境研究

7. 成果発表状況（本研究課題に係る論文発表状況。）

(1)査読付き論文

- 1) Emori, S., A. Hasegawa, T. Suzuki and K. Dairaku: *Geophys. Res. Lett.*, 32, L06708, doi:10.1029/2004GL022306 (2005)
“Validation, parameterization dependence, and future projection of daily precipitation simulated with a high-resolution atmospheric GCM”
- 2) Kimoto, M., N. Yasutomi, C. Yokoyama and S. Emori: *SOLA*, 1, 85-88, doi: 10.2151/sola. 2005-023 (2005)
”Projected changes in precipitation characteristics near Japan under the global warming”
- 3) Hirabayashi, Y., S. Kanae, I. Struthers and T. Oki: *J. Geophys. Res.*, 110(D19), D19101, doi:10.1029/2004JD005492 (2005)
“A 100-year (1901-2000) global retrospective estimation of terrestrial water cycle”
- 4) Kimoto, M.: *Geophys. Res. Lett.*, 32, L16701, doi:10.1029/2005GL023383 (2005)
“Simulated change of the east Asian circulation under global warming scenario”
- 5) Hasegawa, A. and S. Emori: *SOLA*, 1, 145-148, doi:10.2151/sola.2005-038 (2005)
“Tropical cyclones and associated precipitation over the western North Pacific: T106 atmospheric GCM simulation for present and doubled CO2 climates”
- 6) Emori, S. and S. J. Brown: *Geophys. Res. Lett.*, 32, L17706, doi:10.1029/2005GL023272 (2005)
“Dynamic and thermodynamic changes in mean and extreme precipitation under changed climate”
- 7) Dairaku, K. and S. Emori: *Geophys. Res. Lett.*, 33, L01704, doi:10.1029/2005GL024754 (2006)
“Dynamic and thermodynamic influences on intensified daily rainfall during the Asian summer monsoon under doubled atmospheric CO2 conditions”
- 8) Hirota, N., M. Takahashi, N. Sato, and M. Kimoto: *SOLA*, 1, 137-140, doi:10.2151/sola. 2005-036 (2005)
“Change of the Baiu season climate in the East Asia during 1979 to 2003”
- 9) 村井啓朗,高橋潔,増井利彦,原沢英夫,松岡謙: 環境システム研究論文集, 33,97-104 (2005)
「適応策を考慮した上での温暖化が農作物潜在生産性に及ぼす影響の評価」
- 10) 大楽浩司, 江守正多: 水工学論文集, 50, 547-552 (2006)
「高解像度全球気候モデルによる地球温暖化時の夏季アジアモンスーン」
- 11) 江守正多: 地球環境, 11, 3-10 (2006)
「高解像度気候モデルによる気候変化予測とその信頼性」
- 12) 高橋潔: 地球環境, 11, 111-119 (2006)
「温暖化が農業生産に及ぼす影響とその適応策」
- 13) Emori, S.: *Global Environmental Research*, 10, 143-149. (2006)
“The Reliability of Future Climate Change Projection by High-Resolution Climate Models”
- 14) Takahashi, K.: *Global Environmental Research*, 10, 243-252 (2006)
“Impacts of global warming on agricultural production and adaptations in response”
- 15) Shiogama, H., N. Christidis, J. Caesar, T. Yokohata, T. Nozawa, and S. Emori: *SOLA*, 2, 152-155, doi:10.2151/sola.2006-039 (2006)
“Detection of greenhouse gas and aerosol influences on changes in temperature extremes”
- 16) Yokohata, T., S. Emori, T. Nozawa, T. Ogura, N. Okada, T. Suzuki, Y. Tsushima, M. Kawamiya, A. Abe-Ouchi, H. Hasumi, A. Sumi, M. Kimoto, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L02707, doi:10.1029/2006GL027966 (2007)
“Different transient climate responses of two versions of an atmosphere-ocean coupled general circulation model”
- 17) Hasegawa, A. and S. Emori: *Geophys. Res. Lett.*, 34, L05701, doi:10.1029/2006GL028275. (2007)
“The effect of air-sea coupling in the assessment of CO2-induced intensification of tropical cyclone activity”
- 18) Takahashi, K., Honda, Y. and Emori, S.: *Journal of Risk Research*, 10(3), 339-354 (2007)
“Assessing mortality risk from heat stress due to global warming”
- 19) Kiktev, D., J. Caesar, L. Alexander, H. Shiogama, and M. Collier: *Geophys. Res. Lett.* (2007)
“Comparison of observed and modeled trends in annual extremes of temperature and precipitation using the results of several climate models” (in press)
- 20) Shiogama, H., T. Nozawa, and S. Emori: *Geophys. Res. Lett.* (2007)
“Robustness of climate change signals in near term predictions up to the year 2030: Changes in the frequency of temperature extremes” (in press)