

## IR-3 地球温暖化の総合解析を目指した気候モデルと影響・対策評価モデルの統合に関する研究

### (2) 気候モデルと影響評価モデルとのインターフェース開発に関する研究

独立行政法人国立環境研究所

社会環境システム研究領域 環境計画研究室 高橋 潔

大気圏環境研究領域 大気物理研究室 江守正多・菅田誠治

平成 13～15 年度合計予算額 45,885 千円

(うち平成 15 年度予算額 16,951 千円)

[要旨] 本研究の目的は、気候モデルと影響評価モデルを統合するためのインターフェースを開発し、そのインターフェースを利用してアジア地域における地球温暖化の影響を精度良く見積もることである。インターフェース開発に先立ち、気候モデル・影響評価モデル統合に関わる問題点について検討した。その結果、気候モデルが提供可能な気候予測情報と影響評価モデルが要する気候予測情報との間には、空間・時間解像度、気候要素種等についてギャップが存在することが示された。それらのギャップを認識したうえで、全球気候モデル (GCM)・地域気候モデル (RCM) の改良と、RCM による気候変化実験、影響評価研究への予測情報提供を行った。まず、評価対象地域 (アジア) に注目し、RCM に境界条件を与える GCM の改良を行った。モデル中での低緯度の層状性降水が過少である点に着目し、かなとこ雲からの降水を促進するような改良を物理過程に導入し、結果的に降水量分布が改善された。次に、改良された物理過程を RCM に導入し、GCM-RCM 間の整合性向上を図った後、RCM による気候変化実験を行った。それにより GCM では明瞭に表現できない地形性降雨などのメソスケール現象を表現した気候予測情報を影響評価研究に提供出来た。また、気候シナリオ (影響評価モデルの入力情報) の開発手法に注目し、手法選択が影響評価結果に及ぼす効果について検討した。現段階では、GCM・RCM ともに現実気候再現能が十分ではないため、それらの出力を直接影響評価の入力情報として用いることは不適切であり、モデルバイアス除去・空間詳細化のための手法を施した気候シナリオを影響評価の入力情報として用いる必要性が確認された。GCM 出力・RCM 出力それぞれに基づいて作成した気候シナリオを使って気候変動下でのコムギ・イネの生産性変化を推計したところ、評価対象地域の国平均で見た場合、GCM 出力・RCM 出力の選択により、1980 年代から 2040 年代の生産性変化に最大 25%程度の差が生じることが示された。

[キーワード] 気候シナリオ、GCM、地域気候モデル、影響評価モデル、地球温暖化

#### 1. はじめに

温暖化問題の解決に向けた対策を検討するために、(1)将来の温室効果ガス排出に関する見通し、(2)その排出見通しを前提とした気候変化予測、さらに (3)その気候変化予測を前提とした温暖化影響・適応対策評価、を定量的に行うことが大きな課題となっている。IPCC においても、課題 (1)～(3)への取り組みが、それぞれ WG3、WG1、WG2 で取り扱われ、最新の知見は 2001 年に発表された第三次評価報告書にまとめられている。しかしながら、現実的かつ効率的な温暖化対

策を検討するためには、分野別の知見の集積のみでは不十分であり、分野間の関わりを明示的に勘案した包括的な評価が必要となる。本研究課題は各分野別に開発されてきた予測・評価モデルの統合を通じて包括的な評価の達成を目指すものである。うち、本サブ研究課題では、特に課題(2)の気候変化予測と課題(3)の影響・適応対策評価との連携を深めるために必要なモデル間インターフェースの開発を目的としている。ここで、モデル間インターフェースの開発とは、モデルをリンクするためのツールプログラムならびにデータベースの開発に限定したのではなく、モデルを連携させる際の問題点の検討とそれを解決するための手段の開発全般を含むものである。

## 2. 研究目的

本研究の目的は、気候モデルと影響評価モデルを統合するためのインターフェースを開発し、そのインターフェースを利用してアジア地域における地球温暖化の影響を精度良く見積もることである。また、気候モデル研究と影響評価モデル研究の統合作業の実践を通じて、両研究分野の連携をより効率的に推進するための課題について明らかにする。

本サブ研究課題における気候モデル研究側の役割は、影響評価での利用を想定した数値気候モデルの改良を行い、改良モデルを用いた気候変化実験により、将来気候に関する予測情報を提供することである。従来の数値気候モデルは、計算機資源の制約および気候システムの理解の不十分さから水平分解能が数百 km と粗く、有意義な影響評価を行うための地域スケールでの地上気温、降雨量等の予測が不可能であった。そこで、大規模スケールの気候モデルと局地循環モデルとを結合した地域気候モデルを用いて影響評価に耐える気候変化シナリオ結果を出力することを、気候モデル研究側の研究目標とした。

影響評価モデル研究側の役割は、数値気候モデルが出力する気候予測情報に基づいて影響評価の入力情報（気候シナリオ）を作成するための手法を検討・開発し、アジア地域における影響評価を高精度に行うことである。従来の影響評価研究では、気候シナリオを作成するための手法が研究事例によりまちまちであり、気候シナリオ作成手法の違いに由来する影響評価結果の不確実性が明確でなかった。また、数値気候モデルの制約により、全球気候モデルによる水平分解能の粗い気候予測情報に基づき気候シナリオを開発し、影響評価を行わざるを得なかった。そのため、従来の影響評価では、前提とする気候変化の空間分布が詳細さに欠けるという問題点が存在した。そこで、本課題では、気候シナリオ作成手法による影響評価結果の不確実性を把握するとともに、地域気候モデルによる気候予測情報を利用した影響評価の実践を通じてその意義・方法について検討することを、影響評価研究側の研究目標とした。

## 3. 研究方法

研究目的達成のために、以下の手順により研究を行った。図1に手順間の連携を示す。

- ・ 手順1：気候モデル研究と影響評価モデル研究の統合に関わる問題点の検討
- ・ 手順2：アジア地域を対象とした影響評価研究に気候予測情報を提供するための、数値気候モデル改良と気候変化実験
  - ▶ 手順2-1：物理過程の新規導入及びパラメータ改良による全球気候モデルの高度化
  - ▶ 手順2-2：全球気候モデルと整合な物理過程導入による地域気候モデル改良と、気候変化実験による気候予測情報の提供

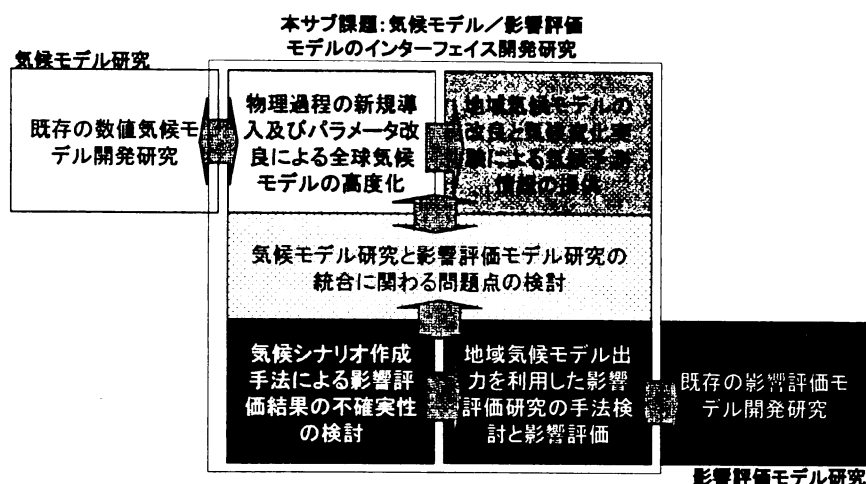


図1 気候モデル／影響評価モデルのインターフェイス開発の概念図

- ・ 手順3：数値気候モデルによる気候予測情報を利用した影響評価
    - 手順3-1：気候シナリオ作成手法による影響評価結果の不確実性の検討
    - 手順3-2：地域気候モデル出力を利用した影響評価研究の手法検討と影響評価
- 本節では上記の手順別に研究方法をまとめる。

(1) 手順1：気候モデル研究と影響評価モデル研究の統合に関わる問題点の検討

モデル間インターフェースの開発に先立ち、モデル統合に関わる問題点について検討した。気候モデル研究・影響評価モデル研究のそれぞれの立場から、モデル統合を妨げる原因、ならびにその解決方策について意見交換を行い、本研究課題での対処方針と将来的課題を検討した。

(2) 手順2-1：物理過程の新規導入及びパラメータ改良による全球気候モデルの高度化

アジア域における地球温暖化の影響評価を高精度で行うためには、アジア域における現在の気候の再現性が良い地域気候モデルを用いて、温暖化時の気候変化実験を行うことが望ましい。また、一般に、地域気候モデルを用いた気候変化実験においては、地域気候モデルに境界条件を提供する全球気候モデルが現在の気候をある程度良好に再現できている必要がある。そこで、アジア域における地球温暖化の影響評価をできる限り高い信頼性で行うために、アジア域に注目した全球気候モデルの改良を行った。従来の全球気候モデルでは、東アジアの夏の気候再現性に問題があったため、地域気候についても夏に関しては議論ができなかった。そのため本研究課題では、アジア地域の地域気候モデルに通年で境界条件を提供できるように、アジアの夏の気候の再現性向上を目指した全球気候モデルの改良を行った。

研究方法としては、全球気候モデル CCSR/NIES AGCM を水平分解能 T42 (〜2.8°格子)、鉛直 20 層で用いた。現在の気候における温室効果気体濃度と海面水温の気候値を与えて、適当な初期値から 5 年程度の積分を行い、後ろ 3 年の平均をモデルの気候値と見なして、種々の変数について観測データとの比較を行った。モデルの物理過程のパラメータ値を調整したり、新たな過程を導入したりしながら、この計算を多数繰り返し行って、モデルの問題点を抽出するとともに、

モデルの改良を図った。

(3) 手順 2-2：全球気候モデルと整合な物理過程導入による地域気候モデル改良と、気候変化実験による気候予測情報の提供

全球気候モデルに地域気候モデルをネスティングして力学的ダウンスケーリングを行う場合、物理過程の違いによって生じる非現実的な振る舞いを避けるためにも、全球気候モデルと地域気候モデルの物理過程が整合的であることが望ましいという考えから、既開発の地域気候モデル<sup>1)</sup>に、手順 2-1 で新規導入・パラメータ改良された物理過程を取り入れ、地域気候モデルの改良を行った。

次に、改良した地域気候モデル (NIES-RAMS) の気候再現性能を検証するための現在気候再現実験を行った。全球気候モデルを境界条件として地域気候モデル実験を行うと、全球気候モデルのバイアスを地域気候モデルが引き継いだり、そのバイアスをより強める可能性もあるため、ヨーロッパ中期予報センター (ECMWF) の 15 年再解析値 (ERA15) を境界条件として、NIES-RAMS による現在気候再現実験を行った。

そして、影響評価研究に将来気候変化の予測情報を提供するために、水平解像度 T42 (約 2.8

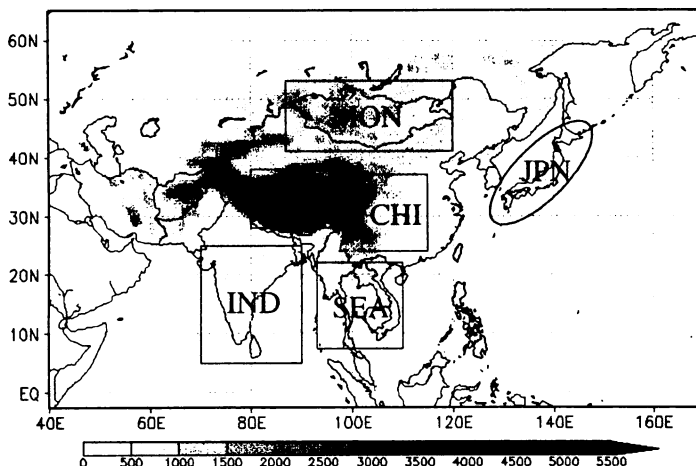


図 2 NIES-RAMS による数値実験の計算領域

度グリッド) の CCSR/NIES AGCM の実験結果 (6 時間毎) を境界条件として、NIES-RAMS による現在気候 (1981-1990) と将来気候 (2041-2050) の地域気候実験を行った。NIES-RAMS の数値実験の計算領域は、図 2 に示される約 9,600 × 7,100km の領域で、60km の水平解像度である。現在気候実験の海面水温 (SST) と海氷分布は UKMO の GISST (Rayner et al., 1996)<sup>2)</sup> を用いた。将来気候では、T21 の大気海洋結合モデル (CGCM) 実験から得られた季節変化を持つ温暖化パターンを GISST に加えたものを用いた。

(4) 手順 3-1：気候シナリオ作成手法による影響評価結果の不確実性の検討

影響評価研究では、全球気候モデルによる将来気候予測をそのまま影響評価モデルの入力情報 (気候シナリオ) として用いずに、以下のような手法を介して数値気候モデル出力の有する影響評価に不都合な性質 (空間・時間解像度のギャップ、モデルバイアス、前提排出シナリオ種の制約) を軽減しつつ気候シナリオを作成し、影響評価の入力情報として用いることが一般的である。

・ 空間解像度のギャップを補うための手法

- 高解像の観測気候値に GCM による気候変分を加算する手法 (観測気候値とのオーバーレイ)

- ▶ 地域気候モデルを用いたネスティング
- ▶ 統計的ダウンスケーリング
- ▶ 高解像 A-GCM 実験
- 数値気候モデルが持つバイアスを除去するための方法
  - ▶ 観測気候値とのオーバーレイ
- 多様な排出シナリオに対応した気候シナリオを作成するための手法
  - ▶ パターンスケーリング

しかしながら大半の影響評価研究では、これらの手法を施すことで影響評価結果がどの程度変化するかについて、定量的な把握を行っていない。本研究では、気候モデル研究／影響評価モデル研究統合のためのインターフェース開発の一端として、影響評価での気候シナリオ開発手法に注目し、手法選択が影響評価結果に及ぼす効果についての把握を行った。

研究方法としては、全球気候モデルによる気候変化実験出力をそのまま影響モデルの入力データとして用いる場合（ケース 1）と「観測気候値とのオーバーレイ」により気候シナリオを作成する場合（ケース 2）について、気候シナリオ自体およびそれを用いた影響評価結果に生じる差異を見積もった。「観測気候値とのオーバーレイ」では、数値気候モデル出力からは現状から将来にかけての気候変化分に関する予測情報のみを抽出し、その気候変化分を現状気候の観測情報に足し合わせることで将来の気候シナリオを得る。この手法の適用により、数値気候モデル出力を直接気候シナリオとして利用する場合に比べ、数値気候モデルの持つバイアスを除去することが可能となり、かつ数値気候モデル出力では表現できない地域地形性の気候状態を反映した影響評価が可能となる。同手法適用の有無による影響評価結果の差異と、「現状から 2050 年までの気候変化の大きさ」ならびに「将来の温室効果ガス排出量見込みに関する不確実性に起因する気候変化の予測幅」との比較を行い、同手法適用の相対的重要性について示した。

数値気候モデル出力としては、大気海洋結合大循環モデル CCSR/NIES CGCM（水平分解能 T21 (5.6°格子)、鉛直 20 層)<sup>3)</sup>を用いた。現状の観測値としては、CRU データセット<sup>4)</sup>の 1961～1990 年 30 年平年値を用いた。比較のための空間解像度としては CRU データセットの解像度である緯度経度 0.5°を採用し、緯度経度 5.6°の CCSR/NIES CGCM 出力については単純内挿により緯度経度 0.5°のメッシュデータに変換した後に作業に用いた。アジア全域を対象地域、1961～1990 年 30 年平年（ベース年；以下 1975 年と略記）、2006 年～2035 年 30 年平年（以下 2020 年と略記）、2036 年～2065 年 30 年平年（以下 2050 年と略記）の 3 時点を評価対象時期として、前述の 2 ケースについて気候シナリオ作成と影響評価を行い、結果を比較した。影響評価については、解釈を容易にするために、気温のみ将来変化すると仮定し、その他の気候因子については 1975 年の観測気候値を用いた。本課題で利用する影響評価モデル AIM/Impact モデル<sup>5)</sup>では、水資源、農業、マラリアリスク、植生変化の影響評価が可能であるが、本研究では特に農業（穀物の潜在生産性）への影響に注目し、評価対象作物として冬コムギを取り扱った。

#### （5）手順 3-2：地域気候モデル出力を利用した影響評価研究の手法検討と影響評価

現時点で利用可能な全球気候モデルの空間解像度の粗さを補う手法として、手順 3-1 では「観測気候値とのオーバーレイ」をとりあげた。同手法を施すことで、数値気候モデルのバイアスを除去し、また観測気候値を反映した地形性の地域気候の表現が可能となった。しかしながら、同

手法での地域気候の表現は、現状の観測気候値をそのまま将来に適用したものであり、気候変化傾向の地域性を勘案するものではない。そこで手順 3-2 では、手順 2-2 により提供された地域気候モデルによる気候変化予測情報を用いて影響評価を行った場合、全球気候モデルを用いた場合に比べてどの程度差が生じるかを検討した。これは、数値気候モデル選択による不確実性の把握といえる。

研究方法としては、現状観測データ（CRU データセットの 1981～1990 年平年月平均値）、手順 2-2 で地域気候実験に境界条件として用いられた T42 の解像度を持つ全球気候モデルによる現状（1981～1990 年の 10 年平年月平均値）及び将来（2041 年～2050 年の 10 年平年月平均値）の数値気候モデル出力、手順 2-2 で地域気候実験により出力された NIES-RAMS による現状及び将来の数値気候モデル出力を用いて、(1)地域気候モデル出力は影響評価モデルの入力情報として直接利用可能か（観測データとどの程度差があるか）、(2)「観測気候値とのオーバーレイ」を施す場合、全球気候モデル出力ではなく地域気候モデル出力を用いる意味はあるか（両モデル出力に基づき作成した気候シナリオにはどの程度差が生じるか）、(3)影響評価結果にどの程度の差が生じるか、について検討した。影響評価の対象としては作業 3-1 と同様に農作物生産性に注目し、影響評価シミュレーションには、作業 3-1 で用いた AIM/Impact モデルに作物成長パラメータ修正と適応を勘案するための改良を加えたもの（村井，2004）<sup>6)</sup>を用いた。

#### 4. 結果・考察

##### (1) 手順 1：気候モデル研究と影響評価モデル研究の統合に関わる問題点の検討

モデル間インターフェースの開発に先立ち、モデル統合に関わる問題点について検討を行った。気候モデル研究・影響評価モデル研究のそれぞれの立場から、モデル統合を妨げる原因、ならびにその解決への方策について意見交換を行った。本報告では、主要な論点についてまとめる。

##### ① 空間解像度

影響評価モデルでは、全球～大陸規模を対象とした比較的空間スケールの大きな研究であっても、10～50km 程度の空間解像度の気候情報を要する。さらに、各国・各県スケールの研究では、より高解像な気候情報が要求される。一方、現時点において影響評価での利用を目的として提供される大気海洋結合大循環モデル(AO-GCM)気候変化実験による将来気候予測の空間解像度は、せいぜい数 100km 程度である。そのため、モデルの統合に際してギャップが存在している。

影響評価研究の立場からは、例えば地球シミュレーターを用いて行われつつある高解像 AO-GCM による気候変化実験等により、必要な空間解像を持つ気候予測が近い将来に提供されることに対する期待が大きい。しかしながら、気候モデル研究の立場からは、計算機能力の向上に応じた GCM の高解像化により新規に再現可能となるプロセスが存在する一方で、高解像化のみでは解決の出来ない問題（例えば、その解像度に対して適切な物理過程のパラメータ化の開発が新たに必要）も存在するため、影響評価研究からの要求に合致した気候予測を提供するには、まだ多くの克服すべき課題が残されていると考える研究者が多い。

本サブ研究課題では、現時点における実行可能性を勘案し、AO-GCM による気候変化実験出力と現状観測気候を用いた気候シナリオ開発手法と、地域気候モデルによる高解像将来気候予測を用いた気候シナリオ開発手法により、気候モデル研究と影響評価モデル研究の間の空間解像に関するギャップを埋めることとした。

## ② 時間解像度

現時点において、影響評価のために提供される AO-GCM による気候変化実験出力の多くは月平均値である。一方、ある種の影響（例えば洪水）の現実的なシミュレーションのためには、日～半旬程度の気候情報が必要となる。その種の高時間解像度を要する影響研究では、現状の日々変動のパターンを統計的に取り扱い、必要な時間解像度の気候シナリオを開発することで対処している。今日、影響研究から気候モデル研究に対して、AO-GCM による日平均値出力の提供への要望が高まりつつある。しかしながら、気候モデル研究の立場からは(1)データ量が膨大であること、(2)日々変動の再現能についてまだ検証が不十分であること、などの理由により、影響研究への日平均値の提供に躊躇がある。前者のデータ量の問題については、月平均値から日平均値をエミュレートする際に有用な集計情報（例えば月別降雨日数）の提供により、解決を試みている気候研究グループも存在する。日々変動の再現能については、今後、検証のための研究が望まれる。

## ③ 気候要素の種類

国際的なデータインフラ整備のプロジェクト（例：IPCC-DDC）を通じて気候モデルが提供する気候要素の種類が、影響評価モデルが必要とする入力データの種類と合致しない場合がある。なんらかの換算により影響モデルの入力情報とすることが可能である場合が多いが、不可能な場合も存在する。また、同じ名称の気候要素であっても、気候モデル毎に定義がまちまちである場合もある。この問題は、影響モデル研究と気候モデル研究間のコミュニケーションの改善により解決していく必要がある。

## ④ 前提とする排出シナリオの多様性

将来の多様な発展・排出シナリオの下での影響を見積もり、致命的な被害を回避するための効率的な対策を検討することが、影響評価モデル研究の目的の一つである。しかしながら、計算機負荷が甚大であるため、影響評価が要するシナリオ全てについて AO-GCM を用いた気候変化実験を行うことは不可能である。また、計算機技術の進歩により同じ空間解像度でのシミュレーションにかかる時間は短縮されるが、空間解像度の向上の優先順位が高いため、多様な排出シナリオ下での気候予測は行われない。このギャップを克服するために、影響モデル研究では、計算機負荷の小さい簡略型気候モデルによる全球平均気温変化見積りと AO-GCM による気候変化の空間パターンを統合して気候シナリオを作成するパターンスケーリングと呼ばれる手法が提案されてきた。しかしながら、パターンスケーリングの科学的合理性については、今後さらに検討が必要である。

## ⑤ 気候モデルの不確実性に関する情報の伝達

上記の個別課題に加え、両モデル統合の障害となるものに、不確実性に関する情報の伝達がある。気候モデル研究は日夜改良が進められている研究分野であり、気候変化実験の出力結果の中には不確実性の大きい情報も小さい情報も混在している。問題となるのは不確実性自体ではなく、不確実性に関する気候モデル研究側の認識が、適切に影響モデル研究に伝達されないことにある。不確実性に関する情報が影響モデル研究側に適切に理解されないという前提に立てば、気候モデル研究が提供できる情報は比較的不確実性の小さいことが分かっているものに限定される。そうでなければ、不確実性の大きな結果が、影響評価研究を通じて政治的文脈で一人歩きしてしまう恐れがあるからである。不確実性に関する情報を、気候モデル研究と影響モデル研究の間で積極的に共有する仕組みや、影響研究による気候モデル結果の利用に行き過ぎがあった場合に気候研

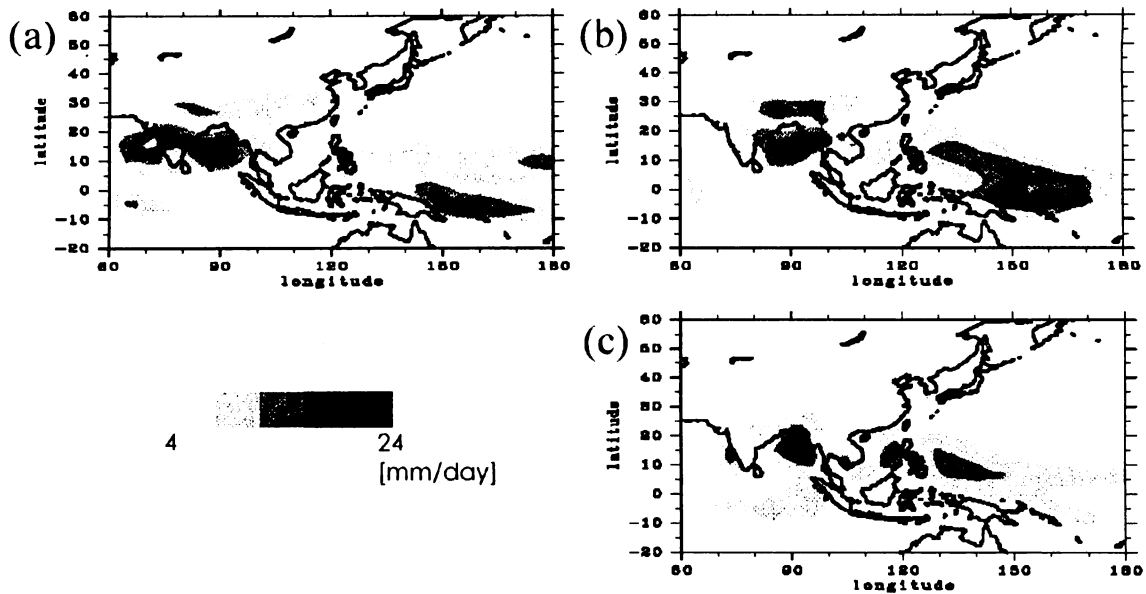


図3 アジア域周辺の夏の降水量分布 ((a): 改良前の全球モデルによる計算値; (b): 改良後の全球モデルによる計算値; (c): 観測データに基づく推定値 (Xie and Arkin, 1996)<sup>7)</sup>)

究側がそれを制止できる仕組みを用意することにより、更に多くの気候変化実験出力が影響評価研究で適切に利用可能になると見込まれる。具体的には、気候予測提供とその利用に関するインターネット掲示板を通じたオープンプロセスの開始が提案された。

## (2) 手順 2-1: 物理過程の新規導入及びパラメータ改良による全球気候モデルの高度化

改良前の全球気候モデルにおいて、アジア域の現在気候再現の上で顕著であった問題は以下のとおりである。

- ・ 夏のアジア域周辺の降水量分布が現実的でない
- ・ 夏の北半球陸上で地表面付近の大気が湿りすぎる

以下で、それぞれについての問題点の考察と改善について述べる。

### ① アジア域周辺の夏の降水量分布の改善

一般に、気候モデルの降水過程は、積雲対流による降水と大規模凝結(層状雲)による降水に分けて表現されている。CCSR/NIES AGCM では、熱帯域における降水はほとんどが積雲対流によるものだが、人工衛星 TRMM の観測データを用いた推定によれば、積雲対流による降水は半分程度で、残りは層雲性のものであった(図略)。この点に注目して、積雲対流の雲頂に形成される「かなとこ雲」からの降水が促進されるように、モデル中の雲の取り扱いを変更した。かなとこ雲は層状雲ではあるが、全球気候モデルの水平格子(〜250 km 程度)の中では、積雲の分布に対応して部分的 (sub-grid) に生じるべきであると考えられる。そこで、積雲の雲頂付近では水平格子中の水蒸気の空間的ばらつきが大きいことを表す過程を導入し、積雲の雲頂付近で sub-grid の過飽和を起りやすくすることで、かなとこ雲を表現した。結果として、熱帯域の降水量に占める対流性の降水の割合が TRMM による推定<sup>7)</sup>に近付いたと同時に、アジア域周辺の夏の降水分布が改善された(図3)。特にフィリピンの東沖から東に伸びる降水帯の分布、インド周辺の降水



強度、および梅雨前線と熱帯収束帯の分離について、顕著な改善が見られた。かなとこ雲による層状性降水を促進したことにより東アジア付近の降水分布が改善した理由は明らかではないが、アジアモンスーン域の降水帯の形成に層状性降水が重要な役割を果たしていることが示唆された。

## ② 夏の北半球陸上の湿潤バイアスの改善

夏の北半球陸上で地表面付近の大気が湿りすぎる問題は、地表面モデルの改良とエアロゾルの効果の導入により改善された。一般に、地表面のエネルギーバランスにおいては、地表面が吸収した放射エネルギーと、地表面から大気に与えられる潜熱と顕熱の和がおおまかにつりあっている。そして、地表面からの潜熱が現実よりも過大であると地表面付近は湿り過ぎ、顕熱が過大であると地表面付近は暖まり過ぎの系統誤差(バイアス)が生じやすいと考えられる。まず、地表面モデルとして植生の効果を陽に表現したモデル (MATSIRO)<sup>9)</sup> を導入した。MATSIRO では、植物の生理機能により蒸散が抑制される効果が表現されている。これにより潜熱が抑制され、湿潤バイアスは軽減されたが、今度は高温バイアスが顕著になった(図略)。次に、エアロゾルの直接効果と間接効果を導入した。すなわち、エアロゾル自身が日射を反射する直接効果、およびエアロゾルが雲による日射の反射を促進する間接効果を考慮した。これにより、地表面が吸収する放射エネルギーが減少し、地表面からの潜熱、顕熱がともに抑制されたことにより、湿潤バイアスと高温バイアスがともに軽減された(図略)。このことは、地表面付近の温度・湿度の現実的な再現のためには、地表面過程の取り扱いと同等かそれ以上に、地表面が吸収する放射エネルギー量の現実的な再現が重要であることを示している。特に、陸上の雲の表現には未だ問題点が多く、今後も改良を続ける必要がある。

## (3) 手順 2-2 : 全球気候モデルと整合な物理過程導入による地域気候モデル改良と、気候変化実験による気候予測情報の提供

### ① ECMWF (ERA15) を初期・境界条件とした現在気候実験

ヨーロッパ中期予報センターの再解析値 (ERA15) を境界条件として、NIES-RAMS による 1981 年の現在気候再現実験を行った。NIES-RAMS は再解析値に見られるモンスーン循環、亜熱帯高気圧、偏西風の特徴をよく再現できている (図 4)。高度場を見ても、平均場を比較的良好に再現できている。ただし、ERA15 に比べ、NIES-RAMS では高度場が全体的に高くなっている (図略)。降水分布については、多くの地域気候モデルで見られるように、境界部分付近において非現実的な降水が生じている他は、フィリピンから日本に伸びる降水帯や、西太平洋やベンガル湾上の強い降水域などの降水分布を比較的良好に捉えることができている。また、解像度の粗い CPC Merged Analysis of Precipitation (CMAP; Xie and Arkin, 1997)<sup>9)</sup> や、Global Precipitation Climatology Project (GPCP; Huffman et al., 1997)<sup>10)</sup> では見られないが、TRMM で見られるインド西岸やチベットの南斜面における地形性降水もモデルで比較的良好に捉えることに成功している (図 5)。降水の観測値も、データセットによってばらつきが見られるけれども、3つの観測値のどれと比べても、モデルは熱帯域で降水を過大評価気味である。また、中国の東部においても比較的強い降水が生じている。これは、NIES-RAMS のバイアスである。他の変数についても検討した結果、現段階の NIES-RAMS には高温バイアスがあり、対流圏下層の低い気圧による収束が生じ、水蒸気が増加し、降水過多をもたらしている。過剰な降水は大気中で潜熱を解放することによって気温は上昇し、層厚が厚くなり、高温・低気圧バイアスを生じていることが分かった。

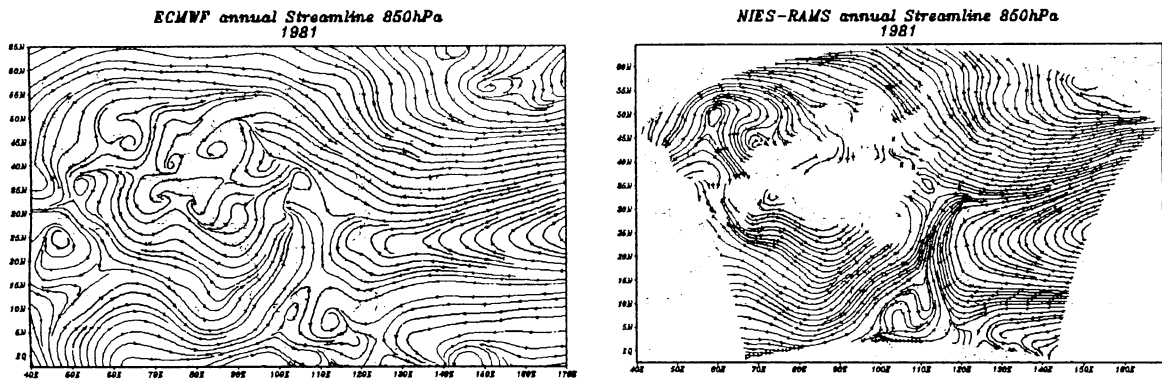


図 4 850hPa の年平均流線 (左 : ERA15 ; 右 : ERA15 を境界条件とした地域気候モデル (NIES-RAMS) の計算結果)

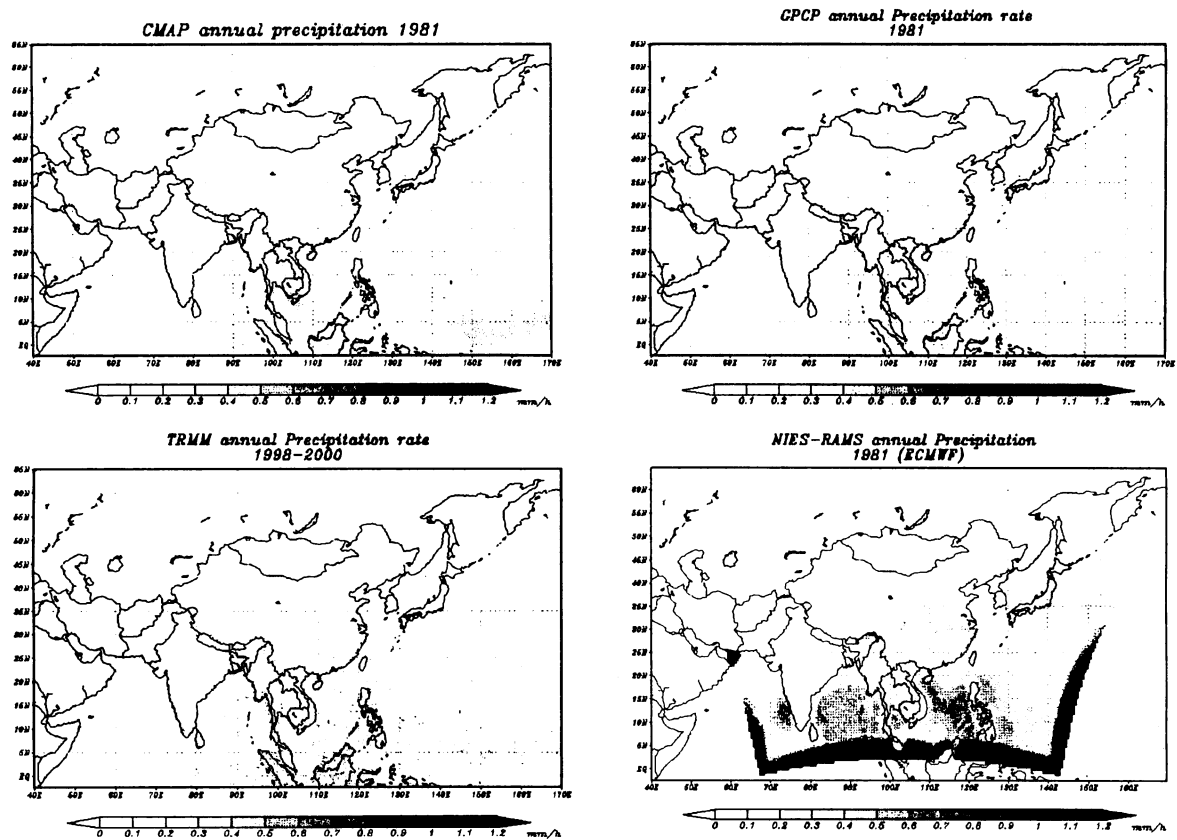


図 5 年平均降水強度分布 (左上 : 1981 年平均の CMAP ; 右上 : 1981 年平均の GPCP ; 左下 : 1998-2000 年平均の TRMM ; 右下 : ERA15 を境界条件とした地域気候モデル (NIES-RAMS) の 1981 年の平均)

熱帯域における強い降水は、積雲対流スキームの調整によって抑制することが可能であり、今後調整が必要である。

② CCSR/NIES AGCM を初期・境界条件とした現在気候実験と将来気候実験

CCSR/NIES AGCM (以下 GCM と呼ぶ) による現在気候・将来気候のタイムスライス実験結果を NIES-RAMS の初期・境界条件として与え、それぞれ 10 年間ずつ積分を行い、地球温暖化

時におけるアジアの水循環変動を検討した。NIES-RAMS を用いることによって、地域的な循環場の改善が見られた。親モデルと NIES-RAMS 間で大きな不整合が生じることはなく、地域気候モデルを用いた力学的ダウンスケーリングは概ね成功している。

1981-1990 年の 10 年平均した降水分布について観測値と GCM、NIES-RAMS を比べると、GCM では亜熱帯高気圧の張り出しが弱く、ITCZ による強い降水帯が観測よりも北にシフトしている。また、熱帯域における降水が過大評価気味である。この GCM にネスティングした NIES-RAMS は基本的には GCM の循環場、降水分布に従った空間パターンを示している。

梅雨前線、熱帯低気圧に関係するフィリピンから東シナ海、日本にかけての降水帯や、GCM では不明瞭なインド西岸やチベットの南斜面における地形性降雨などの地域的な降水の空間分布の改善が見られる。しかし、GCM の熱帯域における強めの降水が NIES-RAMS によってさらに強化されており、また、前述の NIES-RAMS のバイアスにより、中国東部においては過大な降水域が生じてしまっている (図 6)。この特徴は、将来気候実験においてもほぼ変わらない。

ただし、温暖化した結果、本研究で用いた GCM では、海面水温が El Niño 的な応答を示し、活発な対流域が東へシフトし、西太平洋域では下降流が強まり、降水の減少が予測される。また、モンスーン循環が強まっているとは必ずしも言えないけれども、温暖化による水蒸気量の増加によって水蒸気フラックスは増加し、インド西岸、チベット南側の地形性降水の強まりが見られる。西太平洋域における高気圧性の循環場の強まりにより、フィリピン諸島から東シナ海にかけて水

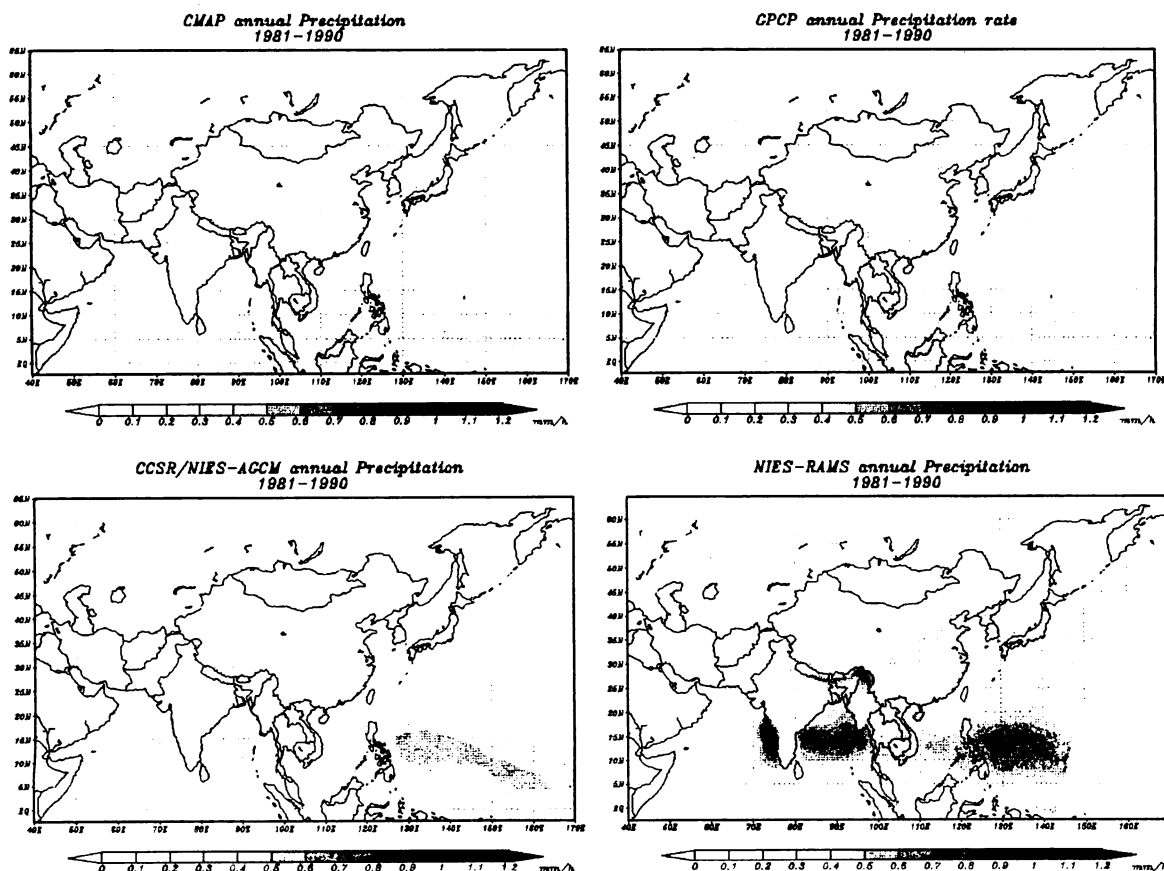


図 6 1981-1990 年の年平均降水強度分布 (左上: CMAP (左上); 右上: GPCP; 左下: GCM; 右下: NIES-RAMS)

蒸気フラックスの増加が見られ、日本周辺で降水量が増加することが予測される。温暖化時には、飽和水蒸気圧の増加によって全体的に大気中の水蒸気が増加し、水循環が活発化し、アジアの多くの地域において年平均流出量が増加することが予測される。

#### (4) 気候シナリオ作成手法による影響評価結果の不確実性の検討

図7は、ケース1「CCSR/NIES CGCM (以下CGCMと呼ぶ)による気候変化実験出力(0.5°メッシュに単純補間)」とケース2「観測気候値とのオーバーレイによる気候シナリオ」について、1961~1990年30年平均(以下1975年と略記)と2036~2065年30年平均(以下2050年と略記)の2時点の年平均気温を示している。両ケースとも排出シナリオはIPCC-SRESのA1Bを仮定し、ケース2におけるベース観測気候値としてはCRUデータセット<sup>4)</sup>の1961~1990年30年平均値を用いた。つまり、ケース2の1975年シナリオは、観測気候値に等しい。1975年の気候変化実験出力と観測気候値の比較により、CGCMの年平均気温に関する現状再現能を見ると、広域的なバイアス(例えば華北~華南・インドシナ半島北部・インド亜大陸北部では気候変化実験出力の方が年平均気温を低く見積っている)が存在することや、観測気候にはCGCMの空間解像度では再現できない地域性があることがわかる。また、図8と図9に、タイ並びに中国の各月平均気温(国平均)を示す。図8では1975年の気候変化実験出力、1975・2020・2050年の観測気候値とのオーバーレイによる気候シナリオ(全てA1B排出シナリオ)を示し、図9では2050年の気候変化実験出力、2050年の観測気候値とのオーバーレイによる気候シナリオ(A1B、A2、B1、B2)を示している。月平均気温(国平均)で見た場合、1975年の気候変化実験出力と観測気候値との誤差は、1975年から2050年までの気候変化の大きさと同程度であり、また2050年での排出シナリオ間の差に比べるとかなり大きいことがわかる。以上から、現研究段階においては、気候変化実験出力を直接影響評価に用いることは不適切であり、「観測気候値とのオーバーレイ」等の地域化手法を施した気候シナリオを用いるべきであることが示された。

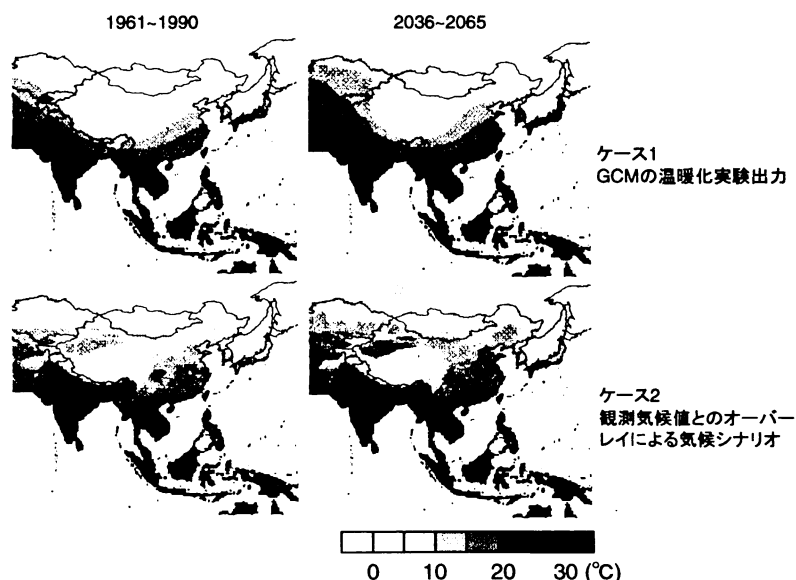


図7 CGCMによる温暖化実験出力(ケース1)と観測気候値とのオーバーレイによる気候シナリオ(ケース2)の年平均気温の比較(1961~1990年・2036~2065年の30年平均; 排出シナリオはA1Bシナリオを前提)

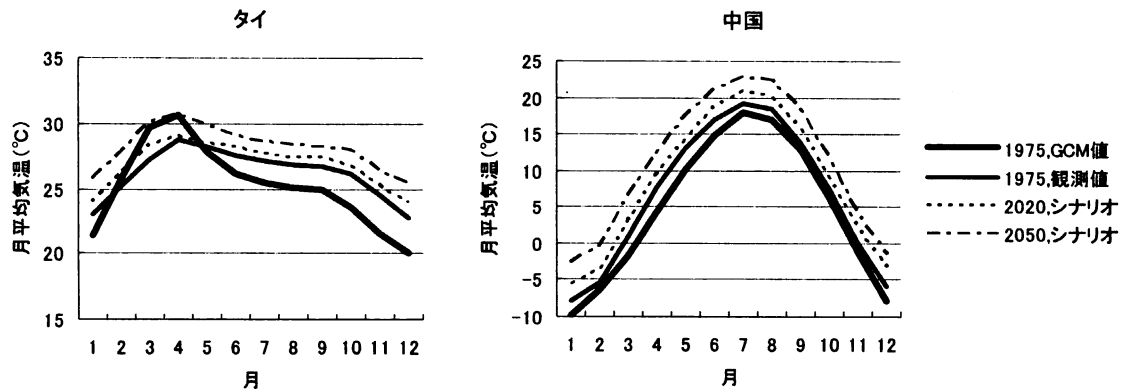


図8 月平均気温シナリオ (①1961～1990年30年平年の温暖化実験出力、②1961～1990年30年平年の観測気候値、③2006～2035年並びに④2036～2065年30年平年の観測気候値とのオーバーレイによる気候シナリオ；全てA1B排出シナリオを前提)

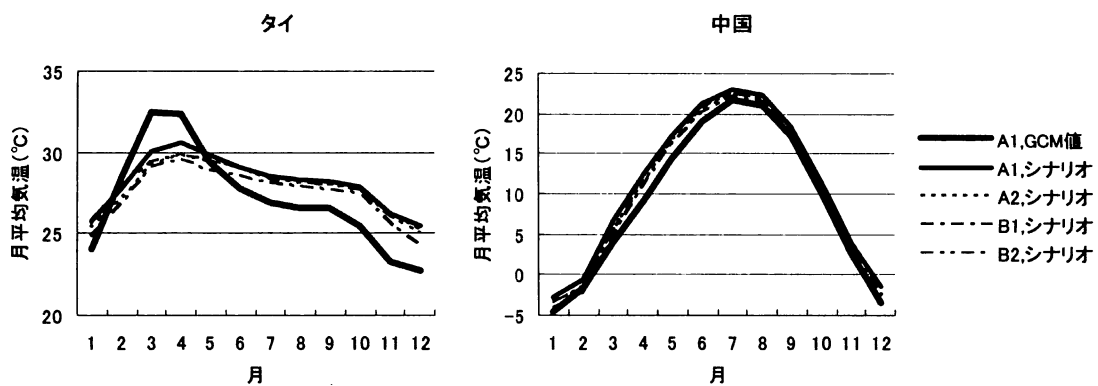


図9 月平均気温シナリオ (①2036～2065年30年平年の温暖化実験出力(A1B排出シナリオを前提)、②2036～2065年の観測気候値とのオーバーレイによる気候シナリオ(A1B排出シナリオを前提)、同様に③A2、④B1、⑤B2排出シナリオを前提)

図10は、1975年・2020年・2050年の3時点について、月平均気温データとして気候変化実験出力を直接用いた場合(ケース1)と観測気候値とのオーバーレイによる気候シナリオを用いた場合(ケース2)の、冬コムギの潜在生産性の推計結果を図示したものである。例えば、中国東北部に注目すると、ケース1では次第に生産性が増加するが、ケース2では2050年に生産性が低下する。潜在生産性(中国全土の平均)の変化率(%、対1975年)で見ると(図11)、ケース1とケース2では全く異なる予測結果となり、その差は排出シナリオの違いによる差に比べてかなり大きい。ケース1とケース2の挙動の違いは、図7から説明可能である。つまり、ケース2では1975年の気温が冬コムギの生産に最適なレベルであるが、気温上昇するにつれ次第に生産性が低下する。一方、ケース1では1975年気温は冬コムギの生産に適した気温に比べ低い、その後気温上昇するにつれ冬コムギの生産に最適な気温となる。このように、影響評価の結果か

ら見ても、現研究段階においては、CGCMによる気候変化実験出力を直接影響評価に用いることは不適切であり、「観測気候値とのオーバーレイ」等の地域化手法による気候シナリオを用いるべきであることが示された。

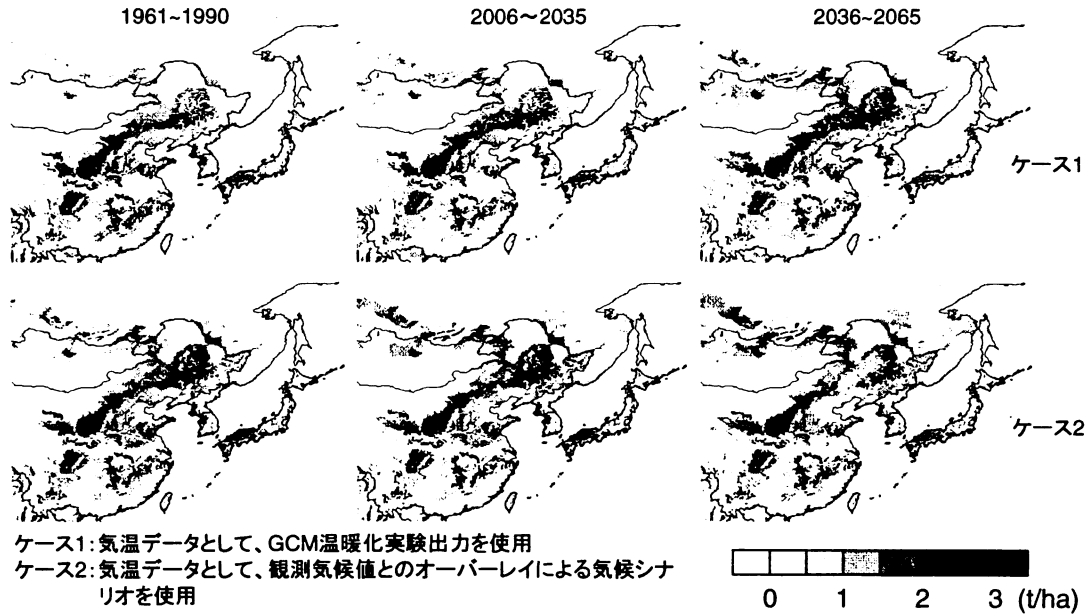


図 10 冬コムギ潜在生産性推計結果（月平均気温データとして温暖化実験出力（ケース 1）と観測気候値とのオーバーレイによる気候シナリオ（ケース 2）を使用；1975 年・2020 年・2050 年；A1B 排出シナリオを前提）

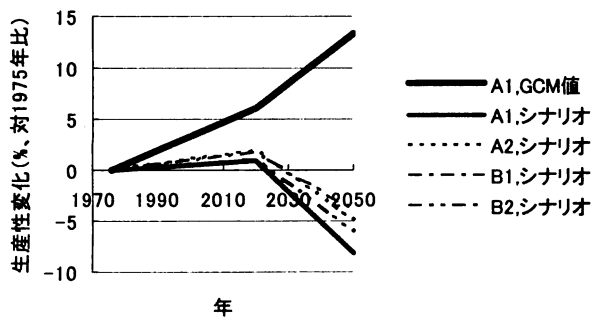


図 11 冬コムギ潜在生産性（中国の平均）の変化率（対 1975 年比；①温暖化実験出力（A1B 排出シナリオを前提）、②観測気候値とのオーバーレイによる気候シナリオ（A1B 排出シナリオを前提）、同様に③A2、④B1、⑤B2 排出シナリオを前提）

(5) 地域気候モデル出力を利用した影響評価研究の手法検討と影響評価

図 12 は、日本、ミャンマー、ネパールにおける 1981～1990 年 10 年平年月平均気温を、(1) 観測気候値 (略称: CRU)、(2) 全球気候モデル出力 (略称: GCM)、(3) 地域気候モデル出力 (略称: RCM) について示している。RCM は、日本については夏季の高温バイアスが減少しているものの、ミャンマー、ネパールについては逆に GCM に比べバイアスが大きな月が多い結果となっている。図 13 は、季節別の CRU、GCM、RCM の平均気温を地図化したものである。RCM は GCM に比べ、春季、夏季を良く表現しているものの、冬季については全地域的に GCM の高温バイアスをさらに助長した結果となっている。しかしながら、チベット高原に典型的にみられるように、RCM は地形性の地域気候の表現に秀でている。図 14 は、各 0.5° メッシュのグリッドごとに GCM ならびに RCM の気温の観測気温からの乖離 (絶対値) を計算し、その国平均をとったものである。図 12 ではミャンマー、ネパールについて、RCM が GCM の高温バイアスを助長する結果が示されたが、地形性の地域気候を適切に表現するため、図 14 では RCM の乖離が GCM に比べ小さい月が多い。これらのことから、RCM は GCM に比べて地形性の地域気候をより現実的に表現しているものの、境界条件である GCM と同様のバイアスを有しており、地域・季節によっては GCM のバイアスをさらに強めることもあるため、影響評価の入力情報としてそのまま利用するのは不適切であることがわかった。そのため、現研究段階においては、RCM 出力を利用する際にも、GCM 出力を利用する場合と同様に、観測気候値とオーバーレイする気候シナリオ作成手法の適用が必要であることがわかった。

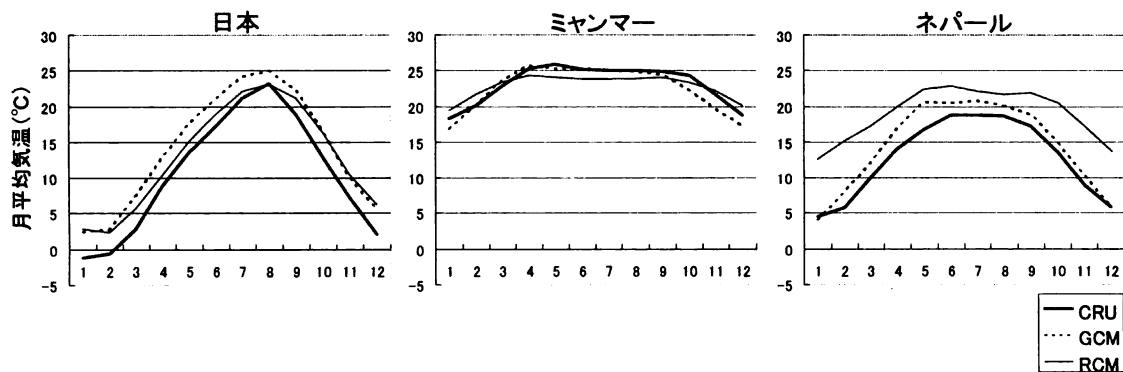


図 12 日本、ミャンマー、ネパールにおける 1981～1990 年 10 年平年月平均気温

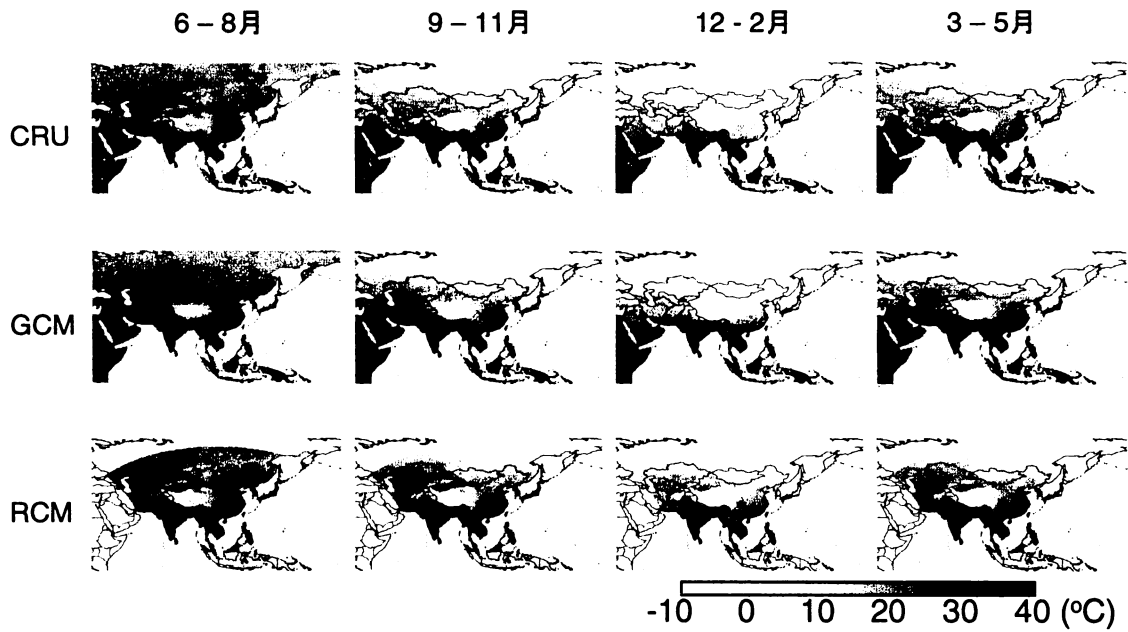


図 13 1981～1990 年 10 年平年季節平均気温

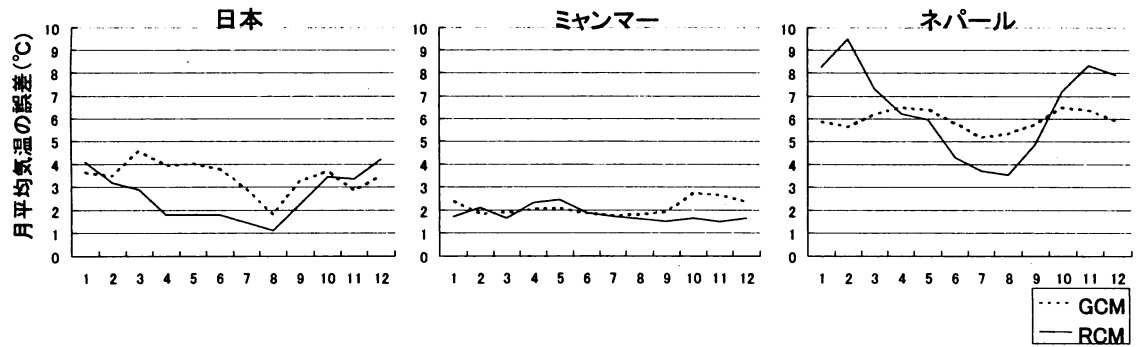


図 14 0.5° メッシュデータごとの GCM・RCM 気温の観測気候値からの乖離 (国平均)



図 15 は、日本、ミャンマー、ネパールにおける、1981～1990 年 10 年平年月平均気温の観測値 (CRU) と GCM 出力・RCM 出力にオーバーレイ手法を適用して作成した 2041～2050 年 10 年平年月平均気温のシナリオ (図中では各々 GCM-S、RCM-S と略記) を示している。オーバーレイ手法では数値気候モデル出力は、気候変化の変分情報としてしか用いられないため、国平均を取った場合には、GCM 出力・RCM 出力のどちらに基づき気温シナリオを作成してもあまり違いが無いことがわかる。しかし、高解像のメッシュ空間情報として見た場合には、両シナリオの差が無視できない地域が存在する (図略)。また、図 16 が示すように、降水の気候シナリオの場合には、国平均をとった場合であっても両シナリオ間の差が無視できない程度に大きい。つまり、国平均の気温のみを入力情報とする影響評価であれば GCM 出力・RCM 出力どちらを元にして気候シナリオを作成しても問題ないが、降水についても入力情報とする影響評価では RCM 出力に基づき気候シナリオを作成することを検討する必要がある。また気温のみを入力情報とする影響評価でも、高空間解像なメッシュ別の影響評価を行う際には、やはり RCM 出力に基づいた気候シナリオの作成を検討する必要があることが分かる。ただし、図 12～図 14 に基づく検討からもわかるように、現時点では GCM に比べ RCM があらゆる面でより精度の高い予測を行うとは限らないため、無条件に RCM 出力の利用を薦めるものではない。

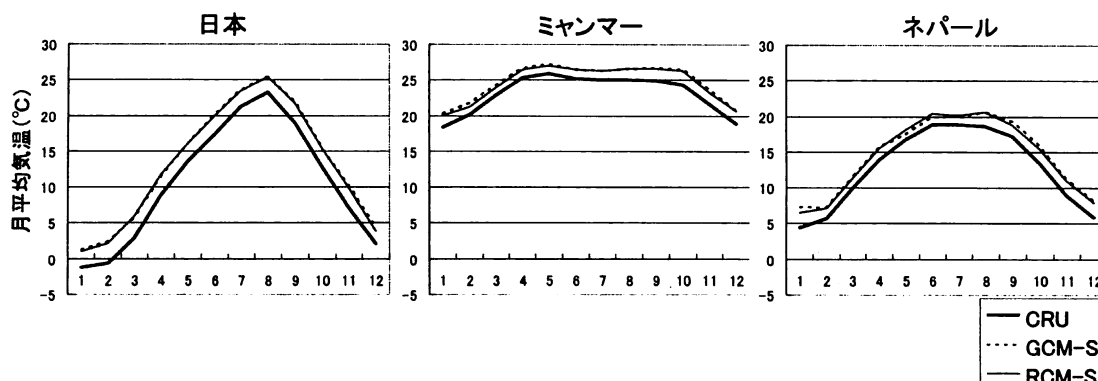


図 15 日本、ミャンマー、ネパールにおける 1981～1990 年 10 年平年月平均気温の観測値 (CRU) と GCM・RCM 出力にオーバーレイ手法を適用して作成した 2041～2050 年 10 年平年月平均気温シナリオ (GCM-S、RCM-S)

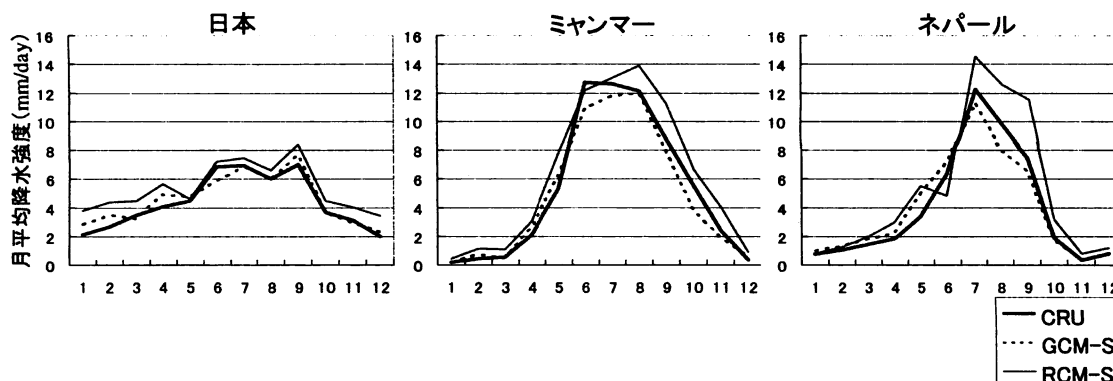


図 16 日本、ミャンマー、ネパールにおける 1981～1990 年 10 年平年月平均降水強度の観測値 (CRU) と GCM・RCM 出力にオーバーレイ手法を適用して作成した 2041～2050 年 10 年平年月平均降水強度シナリオ (GCM-S、RCM-S)

図 17 は、コムギ、イネの、(a)GCM 出力に基づく気候シナリオ (GCM-S) の下での生産性変化、(b)RCM 出力に基づく気候シナリオ (RCM-S) の下での生産性変化、(c) b-a、を地図化したものである。GCM-S、RCM-S のどちらを用いて影響評価を行っても生産性変化の全体的傾向に大きな差がみられないが、インド西岸、インド北部、華中～華南の一部地域では、RCM-S・GCM-S の選択により結果に無視できない差が見られることが分かった。また、図 18 は両シナリオに基づき推計した冬コムギ・イネの生産性への影響 (現状の国平均生産性からの変化率) を国別に示したものである。RCM-S を用いた場合、GCM-S を用いた場合に比べて生産性低下が緩和される傾向があるが、これは作業 2-2 で出力した RCM による夏季降水量の将来増加傾向が GCM に比べて強く、農業に適した水分条件を与える傾向があるためである。RCM 計算対象地域内の国について見ると、GCM-S・RCM-S の選択により、1980 年代から 2040 年代の生産性変化に最大 25% 程度の差が生じる結果となった (図 18)。これらの結果からも、空間詳細な影響評価を行

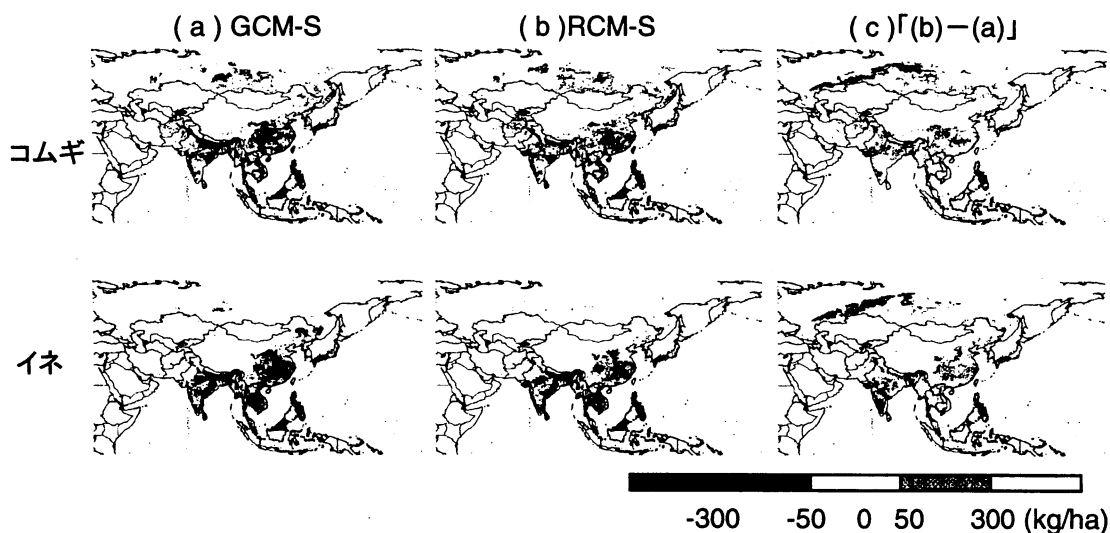


図 17 コムギ・イネの、(a)GCM 出力に基づく気候シナリオの下での生産性変化、(b)RCM 出力に基づく気候シナリオの下での生産性変化、(c) (b)と(a)の差

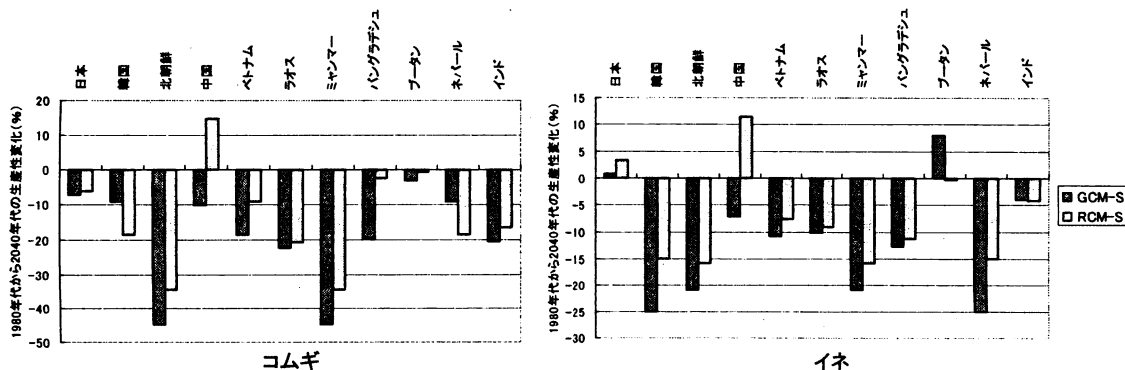


図 18 GCM、RCM 出力に基づく両シナリオにより推計した冬コムギ・イネの生産性への影響 (現状の国平均生産性からの変化率)

う際には、RCM 出力を利用した影響評価の実施を検討する必要があることが示された。

#### 5. 本研究により得られた成果・今後の課題

本研究では、気候モデル研究・影響評価モデルのインターフェース開発に先立ち、モデル統合に関わる問題点について検討を行った。その結果、気候モデルが提供できる気候予測情報と、影響評価モデルが要する気候予測情報との間には、空間・時間解像度、気候要素種、前提排出シナリオについてギャップが存在することが明らかとなった。問題の解決方針として、気候モデル研究による地域気候モデル・高解像 GCM を使った高解像気候変化予測情報や日別気候予測情報の提供、影響評価モデル研究によるパターンスケーリング等の気候シナリオ開発手法の検討が必要であるとの結論に至った。また、気候変化実験結果の不確実性に関する情報を気候モデル研究と影響モデル研究の間で積極的に共有する仕組みや、影響研究による気候モデル結果の利用に行き過ぎがあった場合に気候モデル研究側からそれを制止できる仕組みを用意することにより、更に多くの気候変化実験結果が影響評価研究で適切に利用可能になるとの考えを示した。

上記の問題点検討を踏まえ、気候モデル・影響評価モデル間インターフェースの一端として、全球気候モデル・地域気候モデルの改良と、地域気候モデルによる気候変化実験の実行、出力の影響評価研究への提供を行った。まず、対象地域であるアジア域に注目して、地域気候モデルに境界条件を与える全球気候モデルの改良を行った。改良前の全球気候モデルには、夏のアジア域周辺の降水量分布が現実的でない、夏の北半球陸上で地表面付近の大気が湿りすぎる、といった問題があった。降水量分布に関しては、モデル中での低緯度の層状性降水が過少であると思われる点に着目し、かなとこ雲からの降水を促進するような改良を導入することにより、結果として降水量分布も改善された。陸上の湿度に関しては、植生過程の導入による潜熱の抑制と、エアロゾルの効果の導入による地表面で吸収する放射量の抑制により、改善された。次に、改良された物理過程パッケージをアジア域を対象とした地域気候モデルに導入し、地域気候モデルにおける同様の問題の改善と、全球モデル・地域モデル間の物理過程の整合性向上を図った。地域気候モデルを用いることで、全球モデルでは明瞭に表現できない地形性降雨などのメソスケール現象を表現した気候予測情報を影響評価研究に供することが出来た。

また、影響評価モデル研究側からのアプローチとして、気候シナリオ開発手法に注目し、手法選択が影響評価結果に及ぼす効果について検討した。その結果、現時点では、全球気候モデルの現実気候再現能がいまだ十分ではないことから、全球気候モデルによる出力を直接影響評価の入力情報として用いることは不適切であり、「観測気候値とのオーバーレイ」等のモデルバイアス除去・空間詳細化のための手法を施した気候シナリオを用いるべきであることが確認された。

さらに、地域気候モデルによる気候予測情報を用いた影響評価を行った。地域気候モデルは全球気候モデルに比べ地形性の地域気候をより現実的に表現可能であるが、現時点では、全球気候モデル同様に現実気候再現能がまだ十分ではないことから、モデルバイアス除去・空間詳細化のための手法を施した気候シナリオを影響評価の入力情報として用いるべきであることがわかった。また、「観測気候値のオーバーレイ」を気候シナリオ作成手法として用いる場合、国平均の気温のみを入力情報とする影響評価であれば GCM 出力・RCM 出力どちらを元にして気候シナリオを作成しても評価結果に差が出ないが、降水についても入力情報とする影響評価や、高空間解像なメッシュ別の影響評価を行う際には、GCM 出力に基づく気候シナリオと RCM 出力に基づく気

候シナリオの間に無視できない差が生じることが示された。よって、気候モデルによる不確実性を把握するという観点から、後者のような影響評価の場合には、RCM 出力に基づく気候シナリオ作成を検討する必要があることが分かった。コムギ、イネについて、GCM 出力・RCM 出力それぞれに基づいて作成した気候シナリオを使って、気候変動下での生産性変化を推計したところ、対象としたアジア地域の国平均で見た場合、GCM 出力・RCM 出力の選択により、1980 年代から 2040 年代の生産性変化に最大 25%程度の差が生じることが示された。

本研究では、まず気候モデル・影響評価モデルの統合の問題点について把握し、さらにモデル改良、シミュレーション、手法検討を通じて、問題点の解決に取り組んだ。今後の課題としては、気候予測情報を月別平均値ではなく日別値で取り扱い、豪雨・異常高温といった月別平均値では表現できない極値的気候現象が及ぼす影響について評価するための手法開発を早急に行う必要があると考えている。また、本研究で必要性が認識された、気候モデル研究と影響モデル研究の有機的な情報交換の仕組み（気候変化実験結果の不確実性に関する情報を気候モデル研究と影響モデル研究の間で積極的に共有する仕組みや、影響研究による気候モデル結果の利用に行き過ぎがあった場合に気候モデル研究側からそれを制止できる仕組み）の具体的な構築を早急に進めることが課題として挙げられる。

## 6. 引用文献

- 1) Emori, S., T. Nozawa, A. Numaguti and I. Uno: A regional climate change projection over East Asia, Proc. the 11th Symp. Global Change 80th AMS Annual Meeting, 15-18 (2000)
- 2) Rayner, N.A. et al.: Version 2.2 of the global sea ice and sea surface temperature data set, 1903-1994, CRTN, 44. Available from Hadley Center, Meteorological Office, Bracknell, UK. (1996)
- 3) Nozawa, T., S. Emori, A. Numaguti, Y. Tsushima, T. Takemura, T. Nakajima, A. Abe-Ouchi, and M., Kimoto: Projections of future climate change in the 21st century simulated by the CCSR/NIES CGCM under the IPCC SRES scenarios, In "Present and Future of Modeling Global Environmental Change: Toward Integrated Modeling", Matsuno, T. and H. Kida Eds., Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, 15-28 (2001)
- 4) New, M., M. Hulme and P. Jones: Representing twentieth century space-time climate variability. I: Development of a 1961-1990 mean monthly terrestrial climatology, *J. Climate*, 12, 829-856 (1998)
- 5) Harasawa, H., Y. Matsuoka, K. Takahashi, Y. Hijioka, Y. Shimada, Y. Munesue and M. Lal: Potential impacts of global climate change, In "Climate policy assessment", Kainuma, M., Y. Matsuoka and T. Morita Eds., Springer, 37-54 (2002)
- 6) 村井啓朗：適応を考慮した地球温暖化が穀物生産に及ぼす影響に関する研究，東京工業大学卒業論文(2004)
- 7) Xie, P. and P.A. Arkin: Analysis of global monthly precipitation using gauge observations, satellite summaries, and numerical model predictions. *J. Climate*, 9, 840-858 (1996)
- 8) Takata, K. et al.: Development of the minimal advanced treatments of surface interaction and runoff, *Global and Planetary Change*, Vol.38, 209-222 (2003)

- 9) Xie, P. and P.A. Arkin: Global Precipitation: A 17-Year Monthly Analysis Based on Gauge Observations, Satellite Estimates, and Numerical Model Outputs, Bull. Amer. Meteor. Soc., Vol.78, 2539-2558 (1997)
- 10) Huffman, G.J. et al.: The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Combined Precipitation Dataset, Bull. Amer. Meteor. Soc., Vol.78, 5-20 (1997)

#### 7. 国際共同研究等の状況

APN (Asian Pacific Network) の「アジア地域気候モデル相互比較プロジェクト」(代表: 中国科学院 Congbin Fu 教授)に参加し、アジア各国の地域気候モデル研究者と情報交換を行っている。また、本研究は、IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: 気候変動に関する政府間パネル) の活動と密接な関連をもって進められる。

#### 8. 研究成果の発表状況

##### (1) 誌上発表 (学術誌・書籍)

<学術誌 (査読あり)>

- ① Lal, M., T. Nozawa, S. Emori, H. Harasawa, K. Takahashi, M. Kimoto, A. Abe-Ouchi, T. Nakajima, T. Takemura, and A. Numaguti : Current Science, 81(9),1196-1207 (2001)  
“Future Climate Change: Implications for Indian summer monsoon and its variability”
- ② Takahashi, K., Y. Matsuoka, T. Okamura, and H. Harasawa : Journal of Global Environmental Engineering, 7, 31-45 (2001)  
“Development of climate change scenarios for impact assessment using results of General Circulation Model simulations”
- ③ Emori, S., T. Nozawa, A. Numaguti, and I. Uno: J. Meteorol. Soc. Japan, 79, 939-947 (2001)  
“Importance of cumulus parameterization for precipitation simulation over East Asia in June”
- ④ Lal, M., H. Harasawa, and K. Takahashi : Climate Research, 19, 179-192 (2002)  
“Future climate change and its impacts over small island states”
- ⑤ Dairaku, K., S. Emori, and T. Oki : J. Hydromet. (in press)  
“Rainfall amount, intensity, duration, and frequency relationships in the Mae Chaem watershed in Southeast Asia”

<学術誌 (査読なし)>

- ① 江守正多、高橋潔、野沢徹、神沢博 : 天気、50, 379-384 (2003)  
「地球温暖化の影響対策研究から見た気候モデル研究」
- ② 江守正多 : 月刊海洋、34, 136-140 (2002)  
「地域気候モデル」

<書籍>

- ① 松岡譲、原沢英夫、高橋潔 : [研究展望] 地球環境問題へのシナリオアプローチ、土木学会論文集、678 (VII-19), 1-11 (2001)

- ② Hayasawa, H., Y. Matsuoka, K. Takahashi, Y. Hijioka, Y. Shimada, Y. Munesue, and M. Lal: Climate policy assessment (Eds. M. Kainuma, Y. Matsuoka and T. Morita), 37-54, Springer, 2002.

“Potential impacts of global climate change”

<報告書類等>

なし

(2) 口頭発表

- ① 江守正多、高橋潔、野沢徹、神沢博：日本気象学会 2002 年度春季大会（2002）  
「地球温暖化の影響対策研究から見た気候モデル研究」
- ② Emori, S. : Awaji-Yumebutai, Awaji, Japan, 2002  
“Improvement of climatology simulated by CCSR/NIES AGCM, International Workshop on the Next-generation Climate Model”
- ③ 高藪出・加藤央之・西澤慶一・江守正多・大楽浩司・佐藤康雄・栗原和夫・佐々木秀孝：日本気象学会 2003 年度秋季大会（2003）  
「領域気候モデルによる現在気候の再現性について」
- ④ Emori, S.: Symposium on Water Resource and Its Variability in Asia in the 21st Century, Tsukuba. Japan, 2004  
“Impact of Cumulus Suppression Treatment on Precipitation Intensity in a Hi-Resolution AGCM-Implication for Asian Climate Change”
- ⑤ Dairaku, K., S. Emori, T. Nozawa, N. Yamazaki, M. Hara, and H. Kawase: Symposium on Water Resource and Its Variability in Asia in the 21st Century, Tsukuba. Japan 2004  
“Regional climate simulation over Asia under the global warming nested in the CCSR/NIES AGCM”
- ⑥ Takayabu, I., H. Kato, K. Nishizawa, S. Emori, K. Dairaku, Y. Sato, H. Sasaki, and K. Kurihara: Symposium on Water Resource and Its Variability in Asia in the 21st Century, Tsukuba. Japan 2004  
“Simulations of Asian climate by using regional climate models nested in global circulation models”
- ⑦ 大楽浩司、江守正多、野沢徹、山崎昇、原政之、川瀬宏明：日本気象学会 2004 年度春季大会（2004）  
「CCSR/NIES AGCM にネスティングした NIES-RAMS による 21 世紀のアジアの水循環変動」

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

- ① 環境省国立環境研究所公開シンポジウム「環境の世紀の幕開け」（2001 年 7 月 19 日、於東京国際フォーラム 地球温暖化の影響評価と対策効果プロジェクト（地球温暖化研究プロジ

ェクト) グループ: 地球温暖化による気候変化と社会変化の総合的解明に向けて)

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

IPCC 関連会議への発表等を通じ、成果の広報・普及に努めた。以下に、IPCC への執筆協力者として行った貢献についてまとめる。

IPCC TAR (Third Assessment Report) WG I: "Climate Change 2001: The Scientific Basis"

Emori, S., A contributing author, Chapter 10 "Regional Climate Information · Evaluation and Projections"

IPCC TAR (Third Assessment Report) WG II: "Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability"

Emori, S., A contributing author, Chapter 11 "Asia"