

B-54 アジア太平洋地域統合モデル(AIM)を基盤とした気候・経済発展統合政策の評価手法に関する途上国等共同研究

(4) 新排出シナリオに基づく新しい気候変動シナリオの推計に関する研究

気象庁気象研究所

気候研究部 部長 野田 彰
第四研究室 楠 昌司・行本 誠史・内山 貴雄
環境・応用気象研究部 第二研究室 千葉 長

平成12～16年度合計予算額 49,631千円
(うち、平成16年度予算額 9,693千円)

[要旨] 比較的簡単なシナリオにおける実験結果を比較し、硫酸エアロゾルの地球温暖化に及ぼす影響について評価した。硫酸エアロゾルの濃度とその放射強制力は非一様性の強い分布をしているが、エアロゾルの地球温暖化に及ぼす影響は局在化せず、むしろ地球規模の温暖化パターン全体を弱める効果が最も卓越する。他の研究機関の気候モデルの結果との正確な比較を行うため、成層圏の効果を取り入れた放射強制力の計算を行った。1990年における産業革命以降の放射強制力の変化は、従来の方法では 2.4W/m^2 、成層圏の効果を取り入れた方法では 2.2W/m^2 と計算された。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第四次評価報告書(AR4)に向けて、硫酸エアロゾルの濃度シナリオを二酸化硫黄の排出シナリオから作成した。IPCCの第三次評価報告書(TAR)¹⁾で公開された大気中のエアロゾル濃度のA2、B2シナリオの大気中積分値と今回の計算結果との比較から、エアロゾル濃度の計算結果では大気化学輸送モデルの依存性がかなり大きいことが分かった。このエアロゾル濃度シナリオを用いて6つのSRESシナリオ²⁾に対して温暖化予測実験を行った。1961-1990の平均に対する2071-2100年の昇温量は、A1B、A1T、A1FI、A2、B1、B2の各シナリオに対してそれぞれ 2.4°C 、 2.1°C 、 3.2°C 、 2.7°C 、 1.7°C 、 2.0°C となった。海氷の減少、海面水位の増加などは、大気中の二酸化炭素の濃度を固定した後もまだ変化し続ける結果が示された。本サブ課題によって得られたシナリオ実験の結果は、IPCCを通じて地球温暖化評価研究者に提供されている。

[キーワード] IPCC、SRESシナリオ、地球温暖化、エアロゾル、放射強制力

1. はじめに

本サブ課題研究では、IPCCの温室効果ガス排出シナリオやAIMモデルに基づく排出シナリオを前提として、気候変動シナリオを大気海洋モデルにより予測することにより、地球温暖化の影響・適応シミュレーションの分析の基礎となるデータを他のサブテーマに提供することを主要課題として研究を実施している。

研究を進めるにあたり、まず、IPCCのデータ配布センター(DDC)に集められている複数の温暖化実験の結果を相互比較することによって、エアロゾルの地球温暖化への影響について評価した。

また、温室効果気体やエアロゾルの排出による放射強制力の変化を、他の機関と共通の手法で求めることができるように、成層圏の効果を取り入れた放射強制力の時間変化を求めた。IPCC AR4に向けた温暖化実験では、エアロゾルについては排出シナリオのみが与えられていて、濃度シナリオは与えられていない。そのため、気象研究所で開発された大気化学輸送モデル(MASINGAR)³⁾を用いて、6つのSRES排出シナリオ(A1B、A1T、A1FI、A2、B1、B2)についてエアロゾルの大気中濃度シナリオを作成した。さらに、このエアロゾルシナリオを用いて温暖化予測実験をおこなった。

2. エアロゾルの効果の比較

(1) 研究目的

エアロゾルは地球温暖化を抑制する効果があることが知られている。二酸化炭素などの温室効果気体とは異なり、エアロゾルの大気中の寿命は一週間程度と短いため、発生源近くに濃度が大きい非一様性の高い分布を持つ。従って、その効果も温室効果期待とは異なる特徴的な地理分布を持つと予想される。そこで、比較的簡単な同一のシナリオに基づいて行われた複数のモデルによる地球温暖化実験の結果を比較・総合することによってエアロゾルの影響を評価する。

(2) 研究方法

IPCCのデータ配布センター(DDC)から提供されている7つのモデル、カナダ気候センター(CCCma)、東京大学気候システム研究センター/国立環境研究所(CCSR/NIES)、オーストラリア科学産業研究機構(CSIRO)、英国ハドレーセンター(HadCM2、HadCM3)、気象研究所(MRI-CGCM1、MRI-CGCM2)の結果を用いてエアロゾルの効果の比較を行った。温暖化のシナリオとしては、比較的簡単なIS92a⁴⁾シナリオの結果を用いた。このシナリオでは二酸化炭素の濃度はほぼ1%複利で増加し、エアロゾルの濃度は2050年付近まで増加した後ほぼ一定の値となる。この場合2050年以降の上昇率はどちらの実験においても二酸化炭素の濃度のみが増える効果に対応している(図1のAとB)。これらと50年間の平均の値(図1の<a>と)を用いてエアロゾルの温暖化に与える影響を評価する。

(3) 結果・考察

2050年から2099年までの50年平均の地上気温について、二酸化炭素の効果(図1のA-Cに相当)と硫酸エアロゾルの効果(図1の-<A>に相当)、同じ強制を与えた場合の変化パターンに対して硫酸エアロゾルの与える効果(図1のB-Aに相当)を図2に示している。エアロゾルによる効果の地理的な分布には、二酸化炭素による温暖変化パターンに類似性の高いパターンが認められた。エアロゾルの放射強制力は局地的には二酸化炭素等の放射強制力に匹敵するか、または、それ以上の値を示すこともあるが、地球温暖化に与える影響としてはエアロゾルの分布を特徴付けるような地理的分布のパターンは見られなかった。また、この類似性は各々のモデルに共通であった。また、エアロゾルが存在しているとき方が北極域において同じ強制力でも現れる変化が小さくなっている(図2下)。これは、エアロゾルが多い実験のほうが海氷が多く残っており、海氷の誘拐する効果によってこのような差が生まれたものと思われる。これらの結果から、エアロゾルの放射強制力は発生源近くに大きな値をとるような局在化した分布をしているが、その効果は地球規模の温暖化パターンを弱める効果が最も卓越すると結論される。

(4) 本研究により得られた成果

エアロゾルは濃度や放射強制力の分布としては発生源近くに局在した分布をしているが、地球

温暖化に対する影響としては全体の効果を弱めるように働くということが分かった。

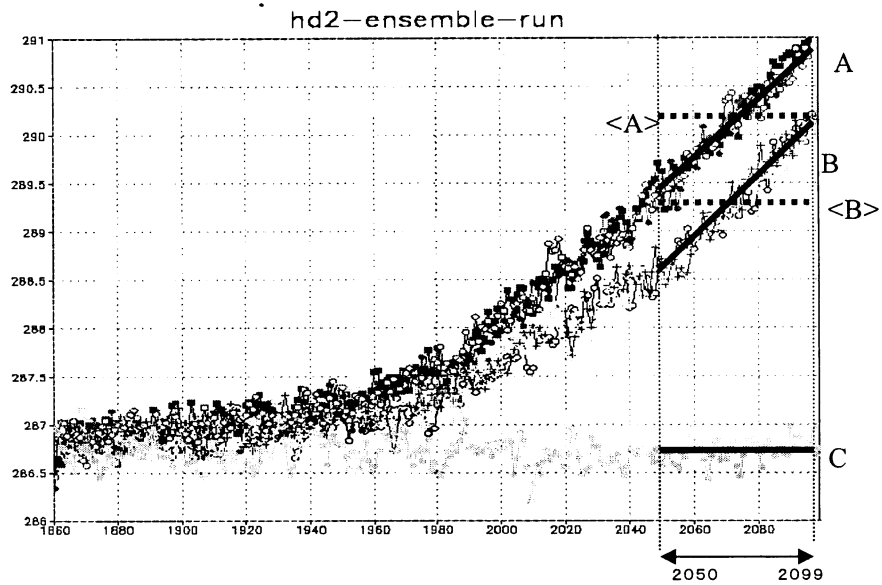


図1 全球年平均気温の変化。例としてハドレーセンターのものを示す。A、B、Cはそれぞれ二酸化炭素のみ、二酸化炭素+硫酸エアロゾル、基準実験の50年間の上昇率。<A>、はそれぞれの平均を示している。

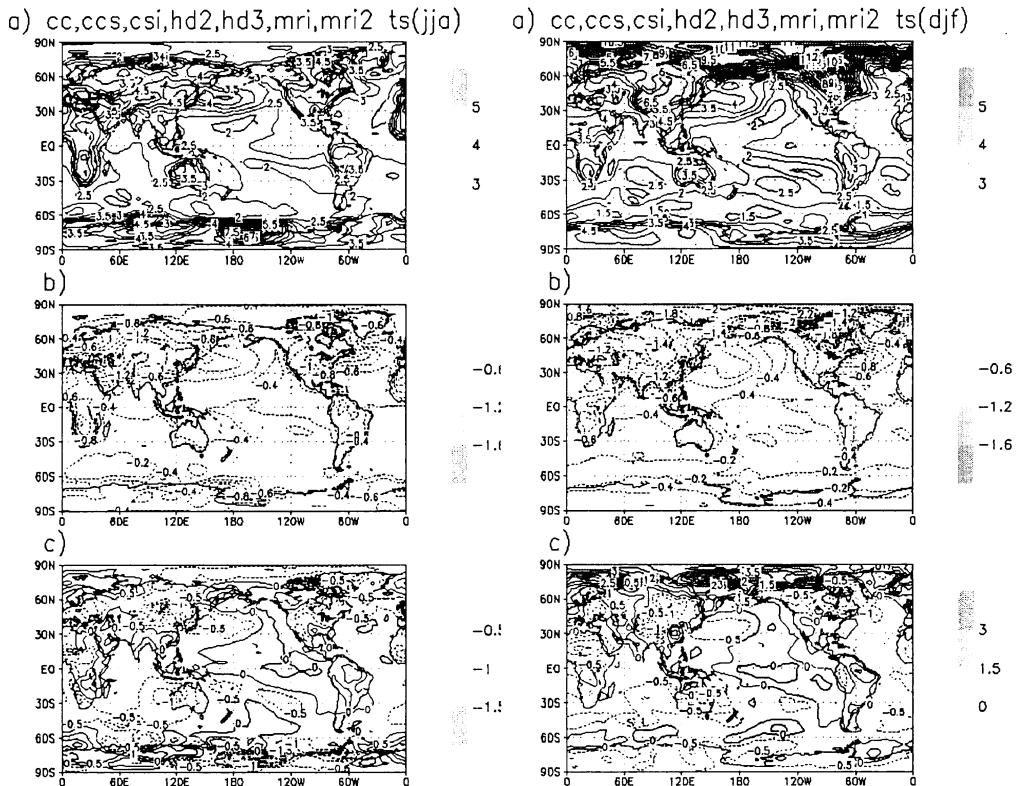


図2 2050-2099年の50年平均のJJA(左)とDJF(右)の地上気温の変化。上段が二酸化炭素による効果(A-C)、中段がエアロゾルの効果(-<A>)、下段がエアロゾルによる変化パターンに与える効果(B-A)。

3. 成層圏の効果を考慮した放射強制力の計算

(1) 研究目的

地球温暖化予測は、温室効果気体やエアロゾルの排出による放射強制力の変化に対する応答問題ととらえることができる。他の研究機関の気候モデルの結果との正確な比較を行うためには、放射強制力についても共通の方法で求める必要がある。そのため成層圏の効果をとり入れた放射強制力の時間変化を求めた。

(2) 研究方法

IPCC(2001)によると、放射強制力 (radiative forcing) は以下のように定義されている。「放射強制力とは、気候システムの内的変化、あるいは、外的な強制による変化、例えば二酸化炭素濃度の変化や太陽放射の変化、によって生じる対流圏界面における正味の鉛直放射束密度 (単位面積 1m^2 当たりのワット数; 単位 Wm^{-2}) の変化である。通常、放射強制力は、成層圏の温度を放射平衡に再調整後、しかし、全ての対流圏の性質は擾乱を受けない値に固定して、計算される。成層圏の温度の調整を考慮しない場合、瞬間的な放射強制力と呼ばれる。」

この定義に従って、瞬間的放射強制力に対して成層圏調整を求めるために、温室効果気体またはエアロゾルを変化させて、成層圏が放射平衡に達した状態での圏界面における下向きの放射量と、瞬間的放射強制力の圏界面における下向きの放射量との差をとることによって成層圏調整の値を計算した。成層圏が放射平衡に達するまでの時間を考慮して、15ヶ月積分したうちの最後の12ヶ月の平均をとって、産業革命以前の平均場と比較した。圏界面としては、各緯度帯での年平均気温からWMOの定義に従って圏界面に相当する気圧を求め、その気圧面での放射フラックスをもつて圏界面における放射フラックスの値とした。

(3) 結果・考察

気象研究所の大気海洋結合モデルを用いて行われた歴史シナリオ実験における、成層圏の効果を考慮した場合としない場合の放射強制力の計算結果を例として表1と図3に示した。成層圏の効果を考慮しない従来の瞬間的な放射強制力では、放射強制力の値を1割程度過大評価していることが分かった。

表1. 1990年における人為起源物質の放射強制力 [W/m^2]

	瞬間的強制力	成層圏調整強制力
CO2	1.995	1.775
CH4	0.458	0.446
N2O	0.046	0.037
エアロゾル	-0.118	-0.136
全体	2.379	2.176

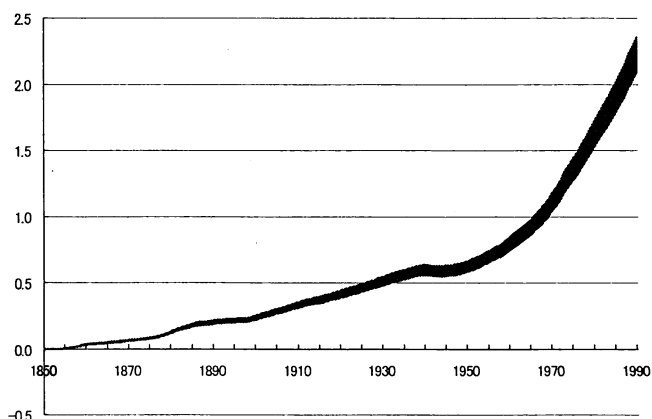


図3. 歴史シナリオ実験に対する放射強制力
陰影部分は成層圏調整を示す。縦軸は放射強制力 [W/m^2]、横軸は西暦1850年から1990年。

成層圏の効果を考慮した放射強制力の定義では、対流圏の状態を変化させない状態で計算することが求められているが、大気海洋結合モデルを用いてこの条件を完全に満たすことは不可能である。その理由は、温室効果気体が増加することにより対流圏の赤外冷却率が変わり、この変化と釣り合うために積雲対流加熱も変化する。積雲対流の変化により対流圏界面高度も変化し、放射強制力を求める高度が変化してしまうためである。このため、放射強制力に不確実性が生じるが、緯度平均値に及ぼす影響は調整値に比べて小さい。

(4) 本研究により得られた成果

成層圏調整を含んだ放射強制力の計算を行うことによって、他の研究機関と放射強制力の値の規格化が可能になり、地球温暖化予測結果の相互比較の基礎が確立された。

4. 対流圏エアロゾル分布の作成

(1) 研究目的

大気中にほぼ一様に存在する温室効果気体についてのシナリオは、シナリオ作成者の側で排出シナリオから大気中の濃度を計算して、濃度シナリオの形で公開されている。しかし、エアロゾルについては、排出シナリオが公開されているのみなので、大気中のエアロゾル濃度については、モデルセンターが独自に計算しなければならない。そのため、気象研究所で開発された大気化学輸送モデルMASINGARを用いて、6つのSRES排出シナリオ全部に対して、エアロゾルの大気中濃度シナリオの作成を行った。

(2) 研究方法

排出シナリオではSO₂の排出の地理分布が与えられている。この排出分布から大気中のエアロゾル分布を計算するために、気象研究所環境・応用気象研究部で開発された大気大循環・対流圏エアロゾル化学輸送結合モデルを用いた。このモデルは気象庁・気象研究所共同で開発された大気モデル (MRI/JMA98 GCM)⁵⁾と対流圏の化学輸送モデル (CTM) を結合したものである。CTMの輸送計算は水平移流にセミラグランジュ法、鉛直移流に上流差分法を用い、鉛直拡散はMRI/JMA98 GCMの渦拡散スキームに積雲対流による効果を加えている。

この大気大循環・対流圏エアロゾル化学輸送結合モデルは、気象庁全球客観解析値によるナッジングをおこない気象場のデータ同化が出来るようになっている。本実験では、観測値の代わりに、気象研究所大気海洋結合モデルの基準実験（放射強制力を現在の値に固定して長期積分したもの）で6時間毎に出力された気象場を用い、排出シナリオのSO₂の排出を与えて、大気中のエアロゾル分布の計算を行った。

(3) 結果・考察

大気大循環・対流圏エアロゾル化学輸送結合モデルを用いて計算された硫酸エアロゾル分布の一例として1990年とA1Bシナリオの2050年における年平均の硫酸エアロゾルの気柱積算量を図4に示した。シナリオや年代により二酸化硫黄の発生源が変化するのに伴い、硫酸エアロゾルの濃度の高いところが増えている様子が見られる。また、硫酸エアロゾルの生成過程には光化学変化を伴うため、濃度分布は明瞭な季節変化を伴う地域も見られる。A1Bシナリオの2050年における季節平均の硫酸エアロゾルの変化を図5に示した。化学輸送モデルを用いて計算したことにより、硫酸エアロゾルの季節変化が良く表現されている。これまでは年平均の気柱積算量でしかエアロゾル濃度が与えられていなかったため、より現実に近い分布を再現できるようになった。

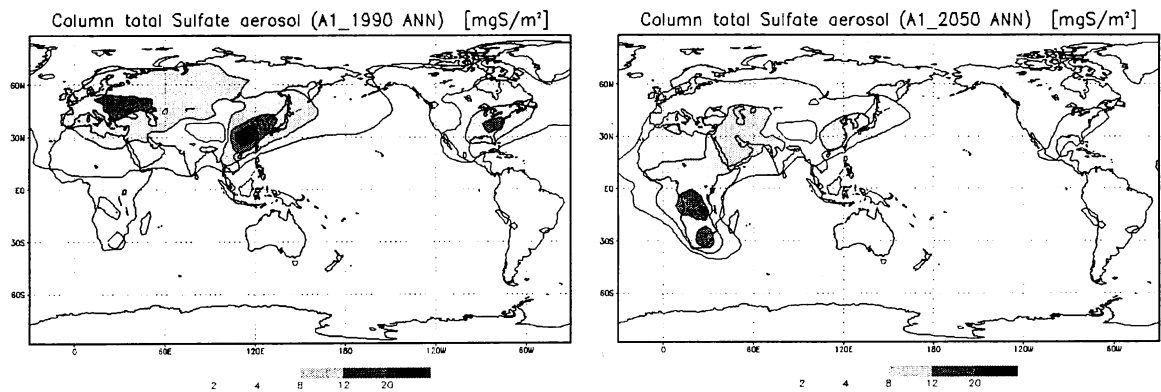


図4 気柱積分した年平均の硫酸エアロゾルの量。左は1990年、右はA1Bシナリオにおける2050年のもの。単位は mgS/m^2 。

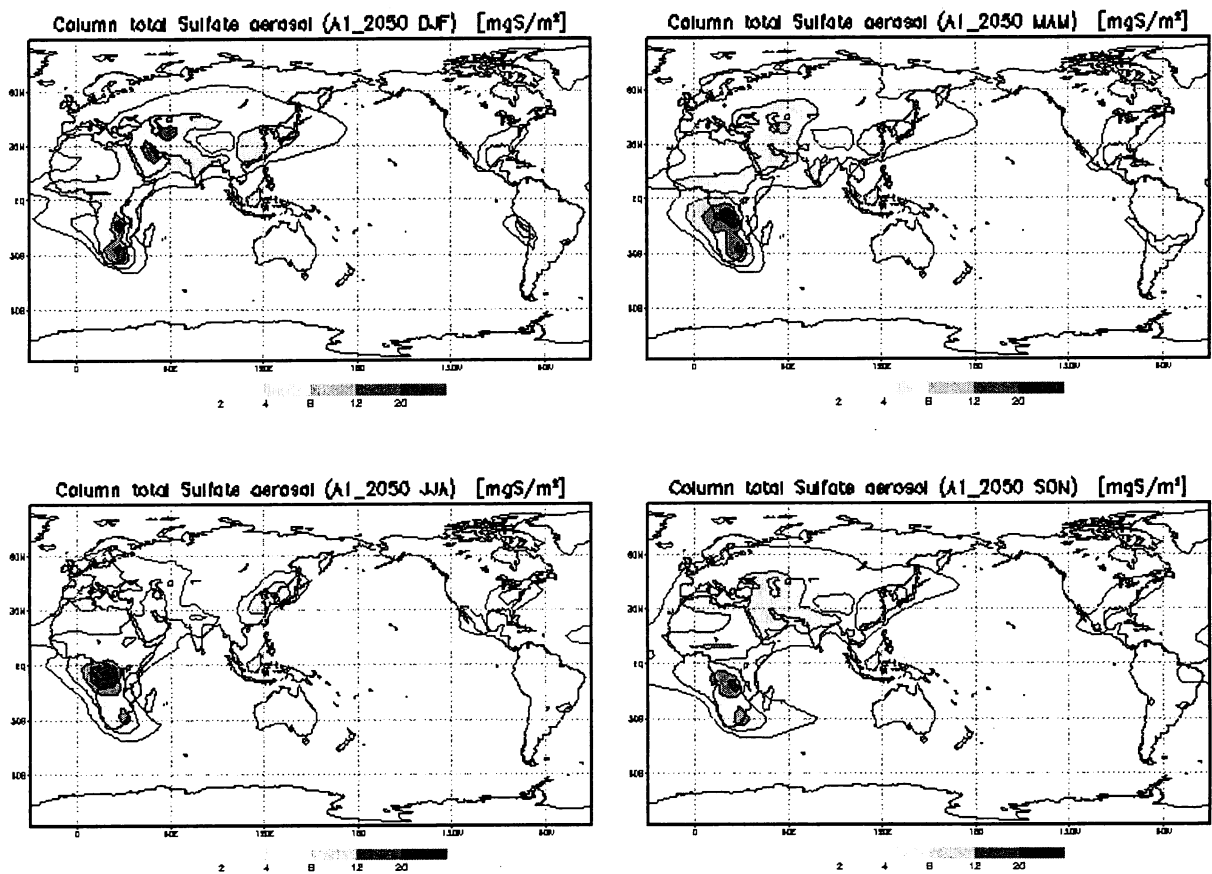


図5 気柱積分したA1Bシナリオの2050年における硫酸エアロゾルの量。左上)12-2月、右上)3-5月、左下)6-8月、右下)9-11月の平均。単位は mgS/m^2 。

図6には計算された硫酸エアロゾルの総量と、放射強制力を示した。1990年における人為起源の硫酸エアロゾルの量は0.79TgS、放射強制力は $-0.54\text{W}/\text{m}^2$ となった。これらの値は最近の他の研究結果と比較すると3倍近い大きな値となっているが、それらの研究での第1種間接効果（エアロゾルが雲の光学的性質を変える効果）まで評価した放射強制力の値と比較すると同程度の値となっている。本研究で温暖化予測実験に用いる大気海洋結合モデルは硫酸エアロゾルの直接効果のみを評価するようになっているため、この結果はIPCC第二次評価報告書⁶⁾で評価されたエアロゾルの放射強制力を再現していると考えられる。

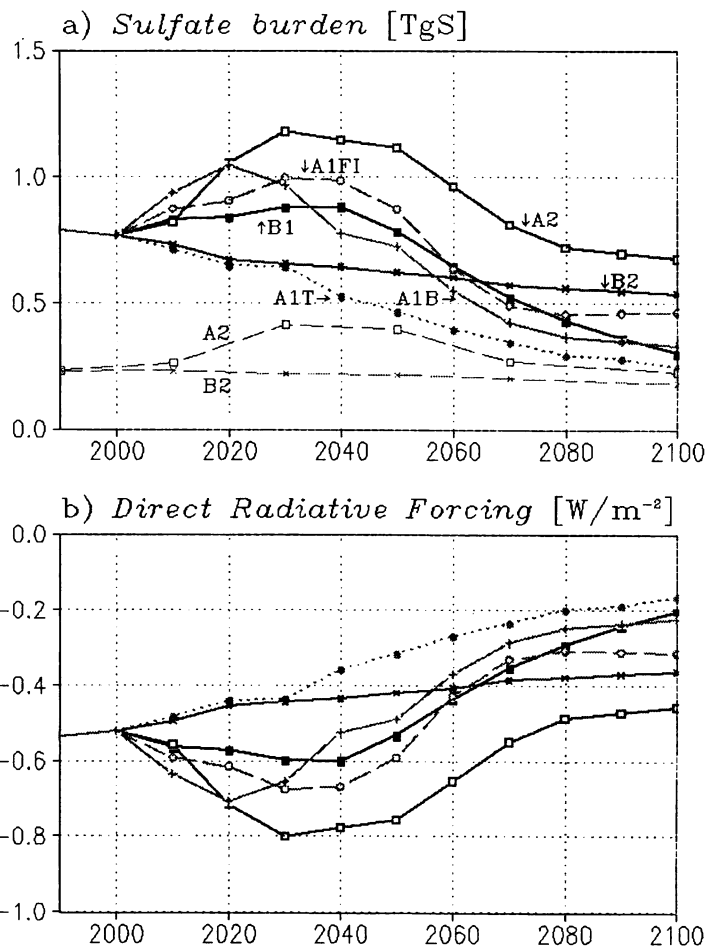


図6 a) 計算された硫酸エアロゾル量。細い破線はTARでIPCCから提供されたもの。b) 硫酸エアロゾルの直接効果の放射強制力。

(4) 本研究により得られた成果

気象研究所で開発した大気大循環・対流圏エアロゾル化学輸送結合モデルを用いて、排出シナリオから大気中の濃度シナリオが算出できるようになった。これにより、二酸化硫黄の排出シナリオから温暖化予測実験を行うことが可能になった。また、季節変化や鉛直分布などより現実に近い分布を用いた実験ができるようになった。

5. 三次元のエアロゾル分布を用いた温暖化予測実験

(1) 研究目的

IPCC AR4の作成に向けて、シナリオ作成事務局のTGCIや科学的評価を行う第一作業部会の技術支援事務局TSUから出された要請にも叶うシナリオ実験を行うことが本研究の目的である。そのために、前節で作成された三次元の硫酸エアロゾルの濃度分布を用いて温暖化予測実験を行った。また、計算された結果は、IPCCを通じて地球温暖化評価研究者に対して提供を行う。

(2) 研究方法

温暖化予測実験には気象研究所の大気海洋結合モデル(MRI-CGCM2)⁷⁾を用いた。解像度は、大気が水平T42鉛直30層で0.4hPaを大気上端とするハイブリッドσ-p座標、海洋は東西5° 南北4° 鉛直23層で熱帯域は南北0.5° になっている。Arakawa-Schubertの積雲対流スキーム、Mellor-Yamadaレベル2の鉛直拡散、Sibタイプの陸面モデルを用い、海氷は厚さと密接度を予測する熱力学モデル用いている。放射過程については、CO₂、H₂O、O₃の以外にもCH₄、N₂Oを温室効果気体として直接扱っているほか、硫酸エアロゾルの直接効果を扱っている。

温室効果気体についてはCH₄、N₂OについてはSRESの値をそのまま与えた。硫酸エアロゾルについてはMASINGARを用いて10年毎に求めた3次元分布を時間内挿して与えた。初期値は20世紀の気候再現実験における1990年の状態を使用した。

(3) 結果・考察

図7にそれぞれのシナリオにおける年平均地上平均気温の分布パターンを示す。それぞれ、21世紀末(2071-2100年)における現在気候(1961-1990年)からの変化を示している。海洋上よりも陸上で昇温が大きく、また、北半球の高緯度で昇温が大きい。熱帯太平洋域で見ると、熱帯西部太平洋よりも熱帯東部太平洋の昇温のほうが大きく、エルニーニョ年に似た温度変化を示している。これらの基本的な特徴はこれまでの研究による結果と良く一致している。また、シナリオによる温暖化パターンの違いはほとんど見られない。図8は図7と同様に年平均日降水量の変化を示した。エルニーニョに似た温度変化に伴い、熱帯東部太平洋で降水量が大きく増加している。中高緯度では降水量が増加し、亜熱帯域では減少しているところが多くなっている。これらの特長についてもこれまでの研究結果と概ね一致している。シナリオによるパターンの違いは気温の場合と同様にほとんど見られない。

図9はそれぞれのシナリオに対する全球年平均の地上気温と日降水量の変化を示した。温室効果気体の増加に伴い、全てのシナリオにおいて気温、降水量ともに増加している。予測結果の不確実性を評価するため、結合モデルによる気候再現実験(20C3M)とSRESシナリオのうちのA1B、A2、B1については5メンバーによるアンサンブル実験も行っており、その個々のメンバーについても細線で示した。年々変動およびアンサンブルメンバー間のばらつきについては降水量に対してのほうが気温に対してよりも大きくなっているが、シナリオ間、年代間の違いはほとんど見られない。1961-1990年の平均に対する2071-2100年における平均気温の昇温量は、A1B、A1T、A1FI、A2、B1、B2の各シナリオに対してそれぞれ2.4℃、2.1℃、3.2℃、2.7℃、1.7℃、2.0℃となった。

南北両半球で積算した年平均の海氷の面積と体積を図10に示した。温暖化に伴い、面積、体積とも両半球で大きく減少している。A1Bシナリオでは海氷の面積は約35%程度、体積は60%程度減少している。年々変動に対する温暖化のシグナルとしては北半球のほうが南半球よりも明瞭である。A1BとB1については二酸化炭素の濃度を安定させた後も海氷の面積、体積が減少し続けていること

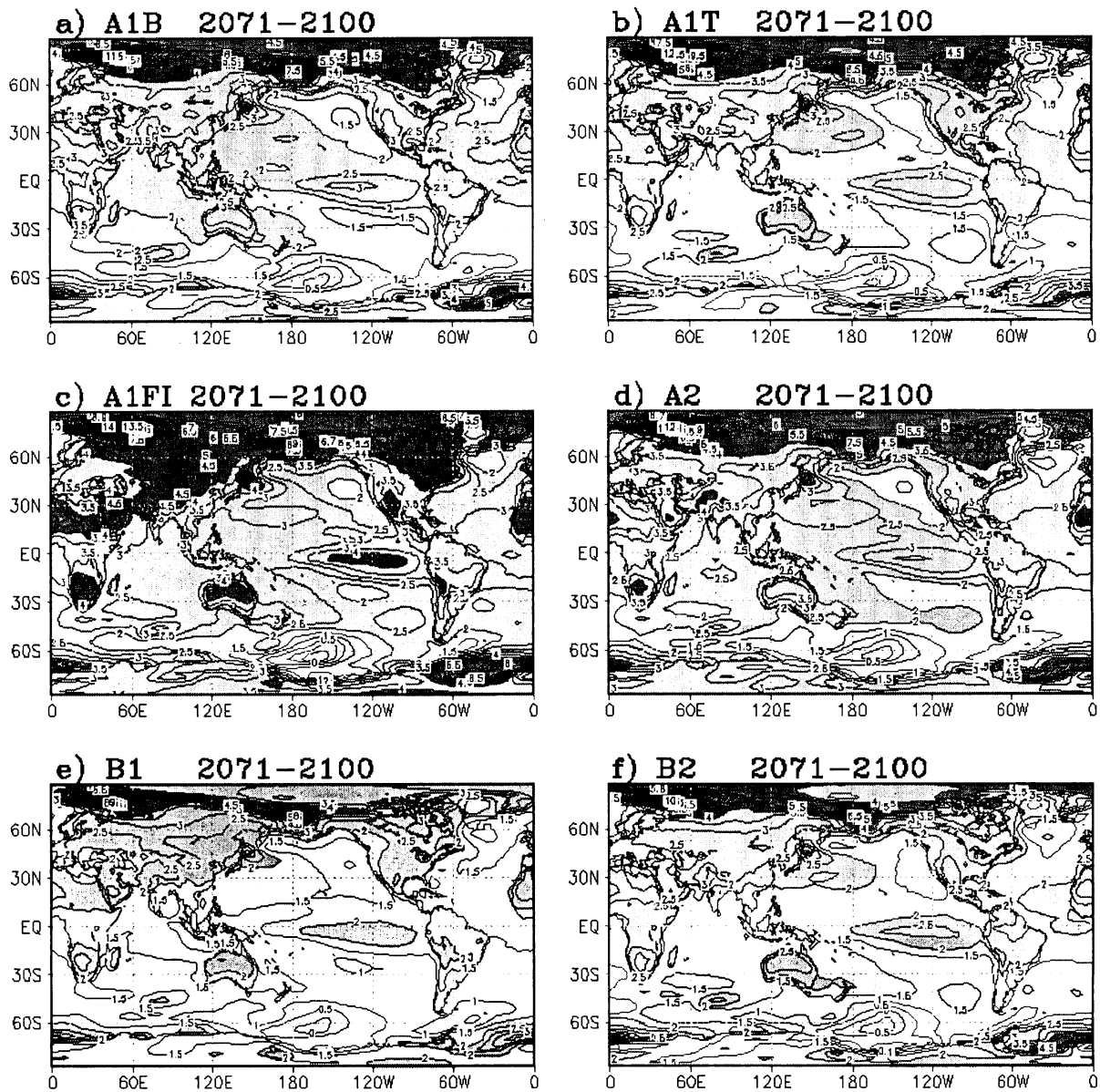


図7 年平均地上気温の変化。それぞれa) A1B、b) A1T、c) A1FI、d) A2、e) B1、f) B2について1961-1990年の平均対しての2071-2100年の平均の変化を示している。陰影の下限値は薄いほうから1、2、4℃で、等値線は0.5℃間隔。

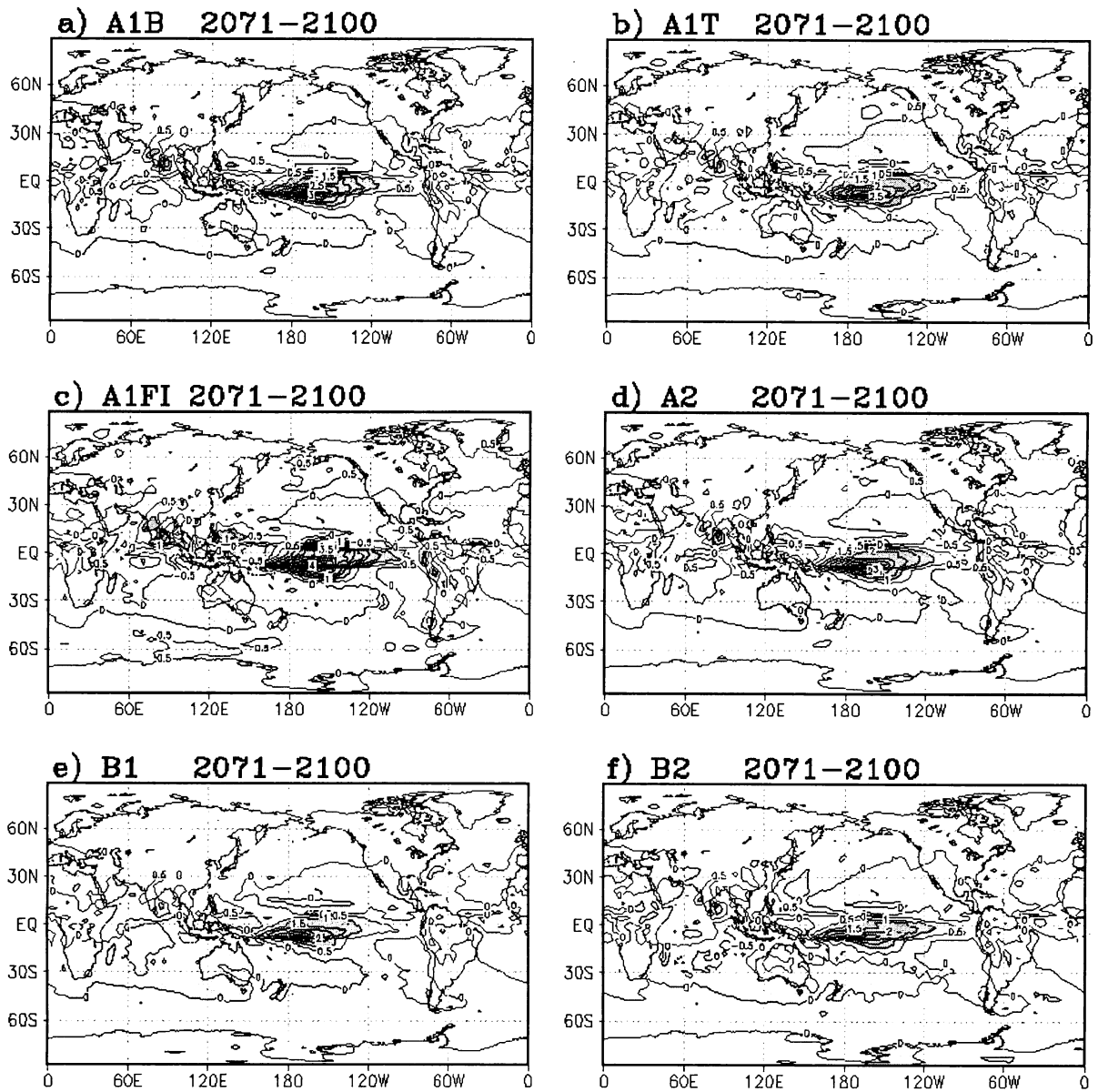


図8 年平均日降水量の変化。薄い陰影は降水量が減少しているところで、濃い陰影は1mm/day以上降水量が増加しているところを示す。等値線は0.5mm/day間隔。それ以外は図7と同じ。

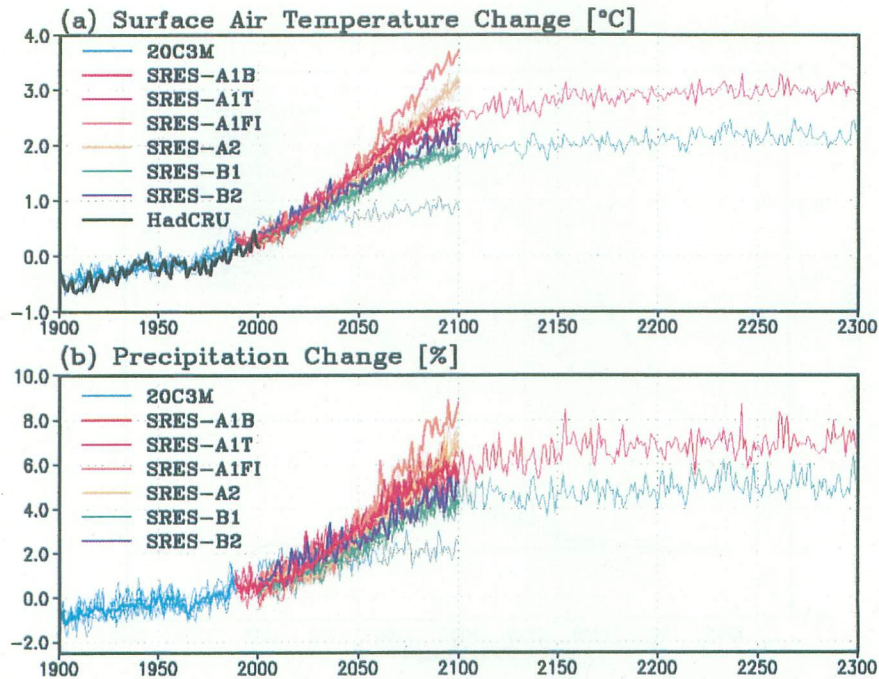


図9 (a) 全球年平均地上気温の20世紀の気候再現実験(20C3M)における1961-1990年の平均からの変化(°C)。 (b) (a)と同様で全球年平均降水量の変化(%)。アンサンブル実験を行っているものについては個々のメンバーを細線で示した。(a)には比較のため Jones et al. (2001)⁸⁾の観測による結果も黒線で示している。

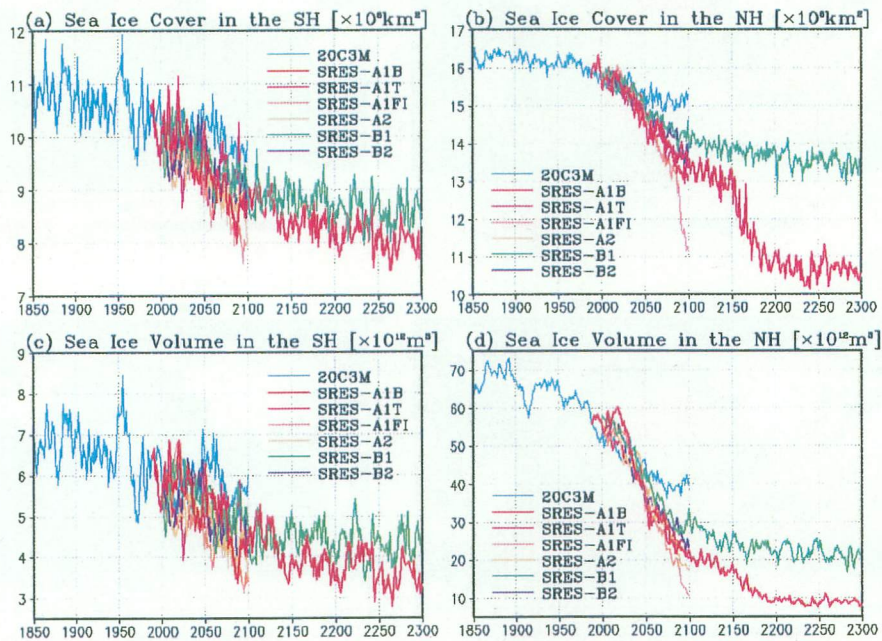


図10 海氷の時間変化。上段が海氷の面積(単位: $\times 10^6 \text{km}^2$)で、下段は体積(単位: $\times 10^{12} \text{m}^3$)。左が南半球で右が北半球。

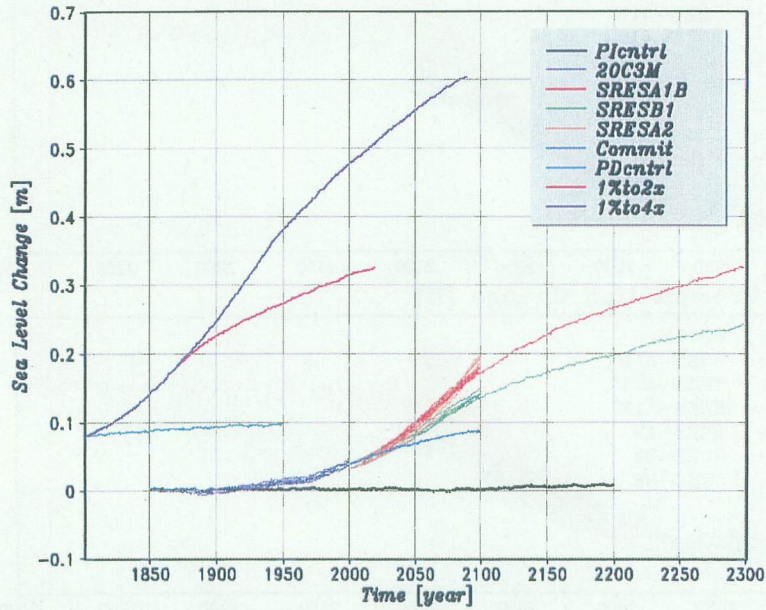


図11 全球平均の熱膨張による海面水位の時間変化。単位はm。産業革命以前の基準実験(P1cntrl)における最初の50年の平均的な状態に対して相対的な値で書かれている。

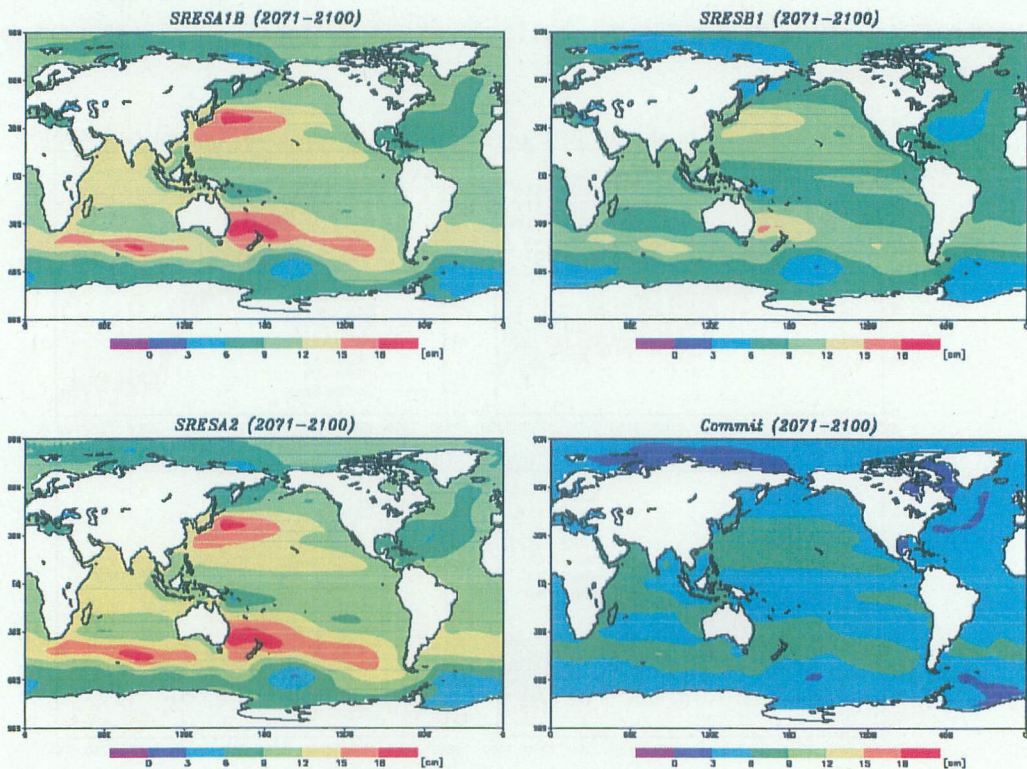


図12 2071年から2100年の平均における海面水位の変化の地理分布。左上はSRES A1B、右上はSRES B1、左下はSRES A2、右下はCommitment実験(2000年の外的強制力を用いて100年間延長積分を行う実験)についてそれぞれ示している。

が分かる。また、特に北半球の海氷面積において、A1FIシナリオの21世紀末とA1Bシナリオの2150年付近には特徴的な海氷の減少が見られる。この付近では大気－海氷－海洋系の非線形な応答があると考えられる。

熱膨張に伴う海面水位の変化量については、ある基準状態からの密度の変化を全球で積分することによって計算することができる、全てのIPCC AR4の実験に対して海面水位の変化を計算した。基準状態には産業革命前の基準状態におけるコントロール実験の平均的な状態を使用した。全球平均の海面水位の変化は熱膨張による体積の増加分と陸上と大気からの水フラックスの変化による水の質量の変化の和として表現される。MRI-CGCM2では氷床の力学的な変化については表現していないので、氷床の上に積もった雪の量の変化が海水面の変化に与える影響については適切な表現がなされていない。土壌水分量の変化と氷床以外の陸上における積雪の変化のみが、陸からの水フラックスの変化として扱われている。水収支の観点からすると、このモデルにおいて氷床の上の水の量は不変量である。全てのIPCC AR4の実験に対する熱膨張による海面水位の上昇の全球平均を図11に示した。2000年から2100年までの間に海面水位は10cm(SRES B1)から15cm(SRES A2)の範囲で上昇している。深い海洋中の水温は非常にゆっくり上昇するので、海面水位は二酸化炭素を安定化させた後も上昇を続け、2100年から2300年の間にさらに10cm (SRES-B1) から15cm (SRES-A1B) 上昇している。温暖化すると高緯度では一般的に土壌水分量が増加するので、海水を減少させ、海面水位の変化を9%減少させる。大気中の水蒸気の増加も海面水位を下降させるように働くが、この効果はせいぜい数mm程度である。

MRI-CGCM2の海洋モデルは固定表面近似を行っているので、局所的な海面水位の変化は海面の圧力勾配を積分することによって求めることができる。海洋中の温度変化は一様ではなく、さらに気候の変化によって海洋の循環も変化するので、海面水位の変化は一様ではなくある地理分布を示す。局所的な海面水位の変化の地理分布を図12に示した。シナリオによる大きな違いはあまり見られないことが分かる。海面水位の変化は中緯度の北太平洋と南半球で大きく、北極海、北大西洋、南極海では相対的に小さい。最も大きな増加は日本とオーストラリアの東で見られ、大気の循環場の変化に海洋が応答した結果と考えられる。

(4) 本研究により得られた成果

大気大循環・対流圏エアロゾル化学輸送結合モデルを用いて得られた大気中の硫酸エアロゾルの濃度の分布を用いて地球温暖化実験を行った。幾つかのシナリオについて計算結果の不確実性を評価するため5メンバーによるアンサンブル実験を行った。この研究による成果はIPCCを通じて地球温暖化評価研究者に提供されている。

6. 引用文献

- 1) IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis – Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 881pp.
- 2) IPCC, 2000: Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 599pp.
- 3) T. Y. Tanaka, K. Orito, T. T. Sekiyama, K. Shibata, M. Chiba, and H. Tanaka, 2003: MASINGAR, a global tropospheric aerosol chemical transport model coupled with MRI/JMA98 GCM: Model

description. Papers in Meteorology and Geophysics, 53: 119-138.

- 4) IPCC 1992: Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 200pp.
- 5) K. Shibata, H. Yoshimura, M. Ohizumi, M. Hosaka and M. Sugi, 1999: A simulation of troposphere, stratosphere and mesosphere in MRI/JMA98 GCM. Papers in Meteorology and Geophysics, 50: 15-33
- 6) IPCC, 1996: Climate Change 1995: The Science of Climate Change – Contribution of Working Group I to the IPCC Second Assessment Report. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA, 572pp.
- 7) S. Yukimoto, A. Noda, A. Kitoh, M. Sugi, Y. Kitamura, M. Hosaka, K. Shibata, S. Maeda and T. Uchiyama, 2001: The new Meteorological Research Institute Coupled GCM (MRI-CGCM2) – Model climate and variability –, Papers in Meteorology and Geophysics, 51: 47-88.
- 8) P. D. Jones, T. J. Osborn, K. R. Briffa, C. K. Folland, E. B. Horton, L. V. Alexander, D. E. Parker and N. A. Rayner, 2001: Adjusting for sampling density in grid box land and ocean surface temperature time series. J. Geophys. Res., 106, D4: 3371-3380.

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

なし

<その他誌上発表(査読なし)>

- ① A.Noda, S.Maeda, T.Uchiyama, and S.Yamaki : CGER's Supercomputer Activity Report, Vol.9-2000, 15-18(2002)
"The effect of aerosols on global warming. - Intercomparison among CGCM results -"
- ② S.Yukimoto and A.Noda: CGER's Supercomputer Activity Report, Vol.10-2001, 37-44(2002)
"Improvements of the Meteorological Research Institute global ocean-atmosphere coupled GCM (MRI-CGCM2) and its climate sensitivity."
- ③ T.Uchiyama, A.Noda, S.Yukimoto, and M.Chiba : CGER's Supercomputer Activity Report, Vol.11-2002, 41-46 (2003)
"Study of the estimate of the new climate change scenario based on new emission scenarios."
- ④ T.Uchiyama, A.Noda, S.Yukimoto, and M.Chiba : CGER's Supercomputer Activity Report, Vol.12-2003
"Study of the estimate of new climate scenarios based on new emission scenarios –IPCC AR4 experiments –"

(2) 口頭発表(学会)

- ① 野田彰、八牧幸子 : 日本気象学会春季大会(2001)

「地球温暖化におけるエアロゾルの影響評価」

- ② 内山貴雄、野田彰、行本誠史、八牧幸子：日本気象学会春季大会(2002)

「成層圏補正を含んだ放射強制力」

- ③ 野田彰、行本誠史、内山貴雄：国立環境研究所地球環境研究センター、第10回スーパーコンピュータによる地球環境研究発表会(2002)

「新排出シナリオに基づく新しい気候変動シナリオの推計に関する研究」

- ④ 内山貴雄、野田彰：日本気象学会春季大会(2003)

「新しいエアロゾル分布を用いた温暖化予測実験」

- ⑤ T.Uchiyama, A.Noda, and S.Yamaki：XXIII General assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Sapporo, Japan, 2003

“The effect of aerosols on global warming estimated from multi-CGCM runs and multi-emission scenario runs.”

- ⑥ 野田彰、行本誠史、内山貴雄：国立環境研究所地球環境研究センター、第11回スーパーコンピュータによる地球環境研究発表会(2003)

「新排出シナリオに基づく新しい気候変動シナリオの推計に関する研究」

- ⑦ 内山貴雄、行本誠史、野田彰：国立環境研究所地球環境研究センター、第12回スーパーコンピュータによる地球環境研究発表会(2004)

「新排出シナリオに基づく新しい気候変動シナリオの推計に関する研究」

- ⑧ T.Uchiyama：NOAA 29th annual climate diagnostics and prediction workshop, Madison, USA, 2004

“Global warming experiments for IPCC AR4 by MRI-CGCM2.3”

- (3) 出願特許

なし

- (4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし

- (5) マスコミ等への公表・報道等

なし

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

IPCCを通じ、本サブ課題の成果を地球温暖化評価研究者へ提供した。