

モンゴルにおける

気候変動

GCMによるアウトプット





エーデルワイス



モンゴルの冬山



放牧



ゴビ砂漠



草原のゲル

1. 概要

1.1 気候変動予測および適応の必要性

平成26年10月のIPCC第40回総会で、IPCC 第5次評価報告書（AR5）の統合報告書が公開された。改めて将来の気候変動リスクに対する対応が重要であり、緩和策、適応策の両方が重要であることが示された。AR5のために、多数の気候変動予測モデルによる予測データ（CMIP5）が使用されており、定量的な予測と不確実性の評価を行うための重要な情報源となっている。

国際的な取り組みを受けて各国が行う気候変動予測、影響評価、適応においても、予測データに基づく定量的な評価の重要性が高まっている。そのために、上記のCMIP5データをダウンスケーリングして用いたり、独自に予測データを構築したりしている。

気候変動は様々な分野に影響を与え、影響が生じる確かさや時間スケールも異なっている。その中で適切な適応戦略を作成するためには、定量的な予測データに基づき、それを適切に処理・解釈してリスク評価、コストベネフィット評価を行うことが重要となっている。

1.2 全球気候変動予測データの概要と位置付け

データの概要

環境省は気象庁の協力のもと、日本国内の影響評価および適応策の策定を目的として気候変動予測データセットを作成した。データセットは全球モデル出力と地域モデル出力の2種類からなる。全球モデル出力（以降ではGCMデータと呼ぶ）は、地球全体を対象とする約60kmの水平解像度を持った大気モデルによる計算結果である。

計算期間は現在気候20年間、将来気候20年間（21世紀末）である。

データセットの最大の特徴は、多数のケースによる計算結果が利用できるという点である。現在気候3ケース、将来気候は排出シナリオに応じてRCP2.6、4.5、6.0で各3ケース、RCP8.5では9ケースと合計21ケースの予測計算を行っている。同じシナリオで多数のケースを実施している理由は、将来の海面水温のパターンや、気候変動予測モデルの計算手法（積雲対流スキームと呼ばれる）に関する不確実性を考慮するためである。

データの位置付け

データを作成した主な目的は日本国内の気候変動適応計画を策定するための影響評価であるが、GCMデータについては世界全体を対象とした予測計算結果であり、基本的にはどの国でも使用可能である。

本GCMデータは、既存の気候変動予測結果と比較して以下のような特徴がある。

- CMIP5の全球モデル出力と比較して、解像度が高いという特徴がある。解像度を高めている目的は、地形性の気象現象や、台風をはじめとする熱帯域の現象の再現性を高めることである。
- CMIP5は多機関のモデル出力を利用できるのに対して、本データセットは単一モデルによる予測結果であるが、不確実性を考慮して多数のケースを計算しており、本データのみで不確実性の評価が一定程度可能である。

2. モンゴルの気候変動予測および気候変動影響の概観

以下では、既にモンゴルにおいて作成されている各種レポートから、モンゴルの気候条件および観測されている気候変動および影響を概観する。

2.1 モンゴルの気候条件

モンゴルは、ロシアと中国に囲まれた内陸国である。北緯41° 35′ ~52° 06′、東経87° 47′ ~119° 57′ に位置し、面積は1,564,116km²に及ぶ。地形は高い山脈に囲まれ、海拔1500m以上（平均標高：1580m）の高地にある。

はっきりとした四季があり、気温の変動が大きく、降水量が少ない。また、標高だけでなく、緯度の違いにより、気候に明確な差がある。年平均気温は-8℃~6℃、年平均降水量は50（ゴビ砂漠）~400mm（北部山岳地域）となっている。年降水量の約85%が4~9月にかけて降る（図1）。また、1940~2000年までの間に2.14℃気温が上昇した（図2）。

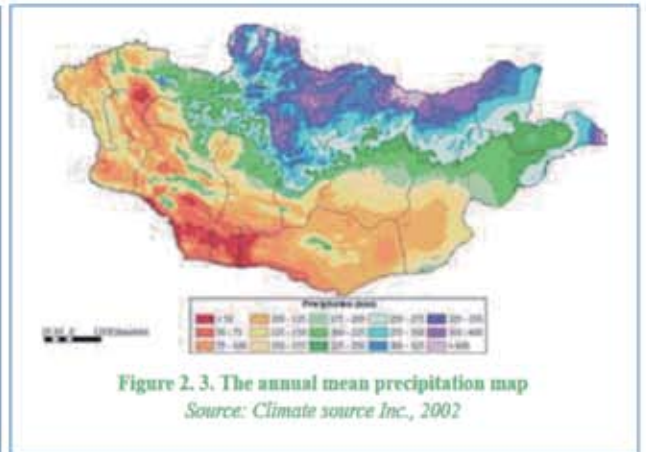
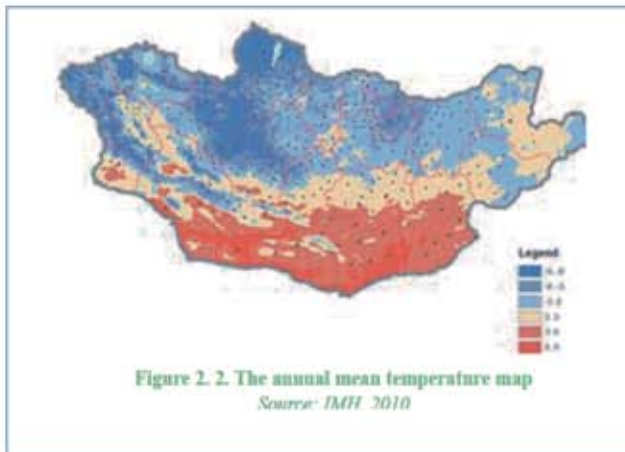


図1：モンゴルにおける平均気温（左）および平均降水量（右）のマップ（Mongolia Second National Communication, 2010, p.41）

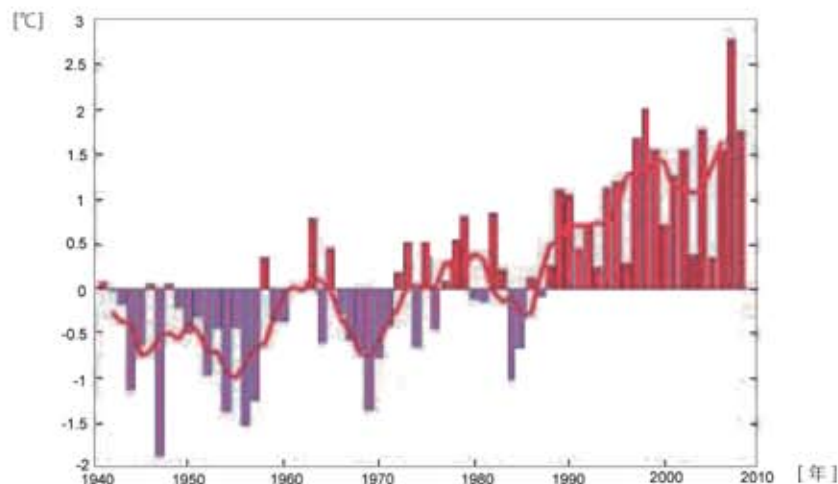


図2：モンゴルの年平均気温の変化（1961～1990年の平均値からの偏差）（Mongolia Second National Communication, 2010, p.98）

2.2 観測されている気候変動

気象観測によれば、1940～2008年の間に、2.14℃の気温上昇が確認されている。降水に関しては、冬の降水量が減少し、夏の降水量が増加する傾向がある。

砂嵐（dust storms）の日数が大きく増加し、1960～2007年の間に、18日間から57日間に増加している。

これは気候の乾燥が進展した結果であるとしている。

遊牧民の家畜は、自然環境の変化による影響を受けやすい。特に寒雪害ゾド=zud（氷点下40～50度といった極寒の状況）が生じると、甚大な経済被害を及ぼす。図2にゾド指数の変化を示す。指数が大きいほど寒雪害が厳しく、被害が大きくなることを示している。1990年代前半までは減少傾向であったが、その後は増加傾向にある（図3）。

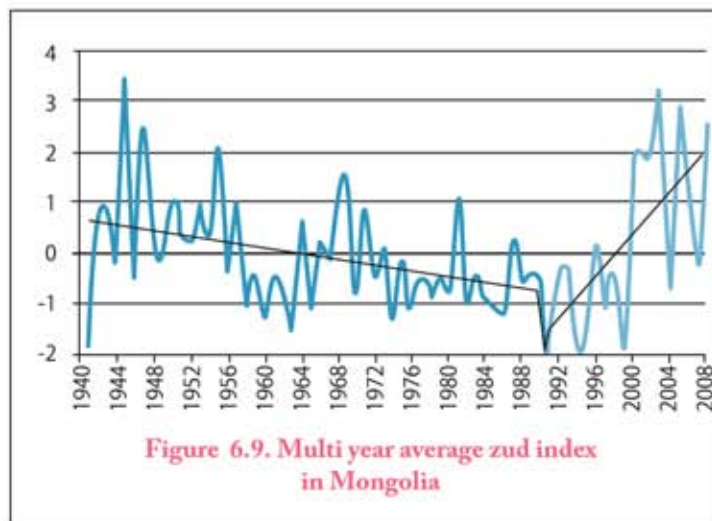


図3：モンゴルにおけるゾド指数の年々変化（Mongolia Second National Communication, 2010, p.101）

2.3 観測されている気候変動による影響

モンゴルでは、分野毎に以下のような気候変動影響が確認されている。

- 生態系：1992年から2006年にかけて、荒地（草のない土地）が3倍に増加し、逆に、森林地が26%減少した。
- 放牧地：過去40年間で、牧草地のバイオマス量が20～30%ほど減少した。
- 昆虫およびネズミ：気候変動、干ばつ、異常気象のため、昆虫及びネズミが広がっている。特に、バッタ及びネズミの増加が著しい。
- 砂漠化：国土の草地のうち、約70%が砂漠化の影響下にある。
- 水資源：2003年、2007年に、地表水のインベントリ調査が実施され、多くの河川、湖、池が干上がったことが示された。
- 寒冷圏：過去30年の平均積雪深は、北部山岳地域で減少傾向にある。しかし、東部及び南部は増加傾向にある。積雪がなくなる時期は1か月ほど早くなった。将来にわたり、積雪地域は減少すると予想されている。

3. モンゴルにおける気候変動予測

GCMデータをもとに、東アジア域およびモンゴルにおける気温および降水量の将来変化について出力した。

3.1 気温の予測

図4に、東アジア域およびチベット高原を含む広域についての気温変化量を示す。いずれのシナリオ、いずれのケースにおいても気温が上昇する傾向にある。気温上昇量には地域的なパターンがあり、高緯度およびヒマラヤ山脈周辺での気温上昇量が大きい。

図5に、モンゴル国内における平均気温の変化を示す。各ケースでの2080～2100年の年々の変化を左に、それを集計した気温変化幅を右に示す。いずれのシナリオでも気温は明確に上昇する傾向にある。最も排出量の大きいRCP8.5シナリオでは、気温上昇量の幅は5～6℃程度である（同データでの全球地上平均気温の上昇量は3.5～4℃程度）。

3.2 降水量の予測

図6に、東アジア域およびチベット高原を含む広域についての年間の降水量変化を示す。変化を現在気候に対する割合で表現している。気温の場合と異なり、降水量が増加する地域と減少する地域の両方があり、不確実性の高い地域（網掛けのない地域）も多い。RCP8.5シナリオでは、モンゴル国周辺の地域では概ね降水量が増える傾向にある。

図7に、モンゴル国内における降水量変化を示す。各ケースでの2080～2100年の年々の変化を左に、それを集計した降水量変化を右に示す。いずれのシナリオでも不確実性が大きいだが、RCP8.5シナリオでは増加傾向にある。

図8にRCP8.5シナリオでの季節別の変化傾向を示す。モンゴル国内ではいずれの季節においても増加する傾向であるが、特に冬季において降水量の増加率が大きくなっている。

3.3 参考：現在気候の再現性

気候モデルの妥当性を確認するため、現在気候における平均気温および降水量について観測データとの比較を行った（図9）。気温、降水量ともにアジア地域内の相対的な傾向は概ね良く再現されているが、局所的には違いが生じている。



モンゴル / 草原の湖

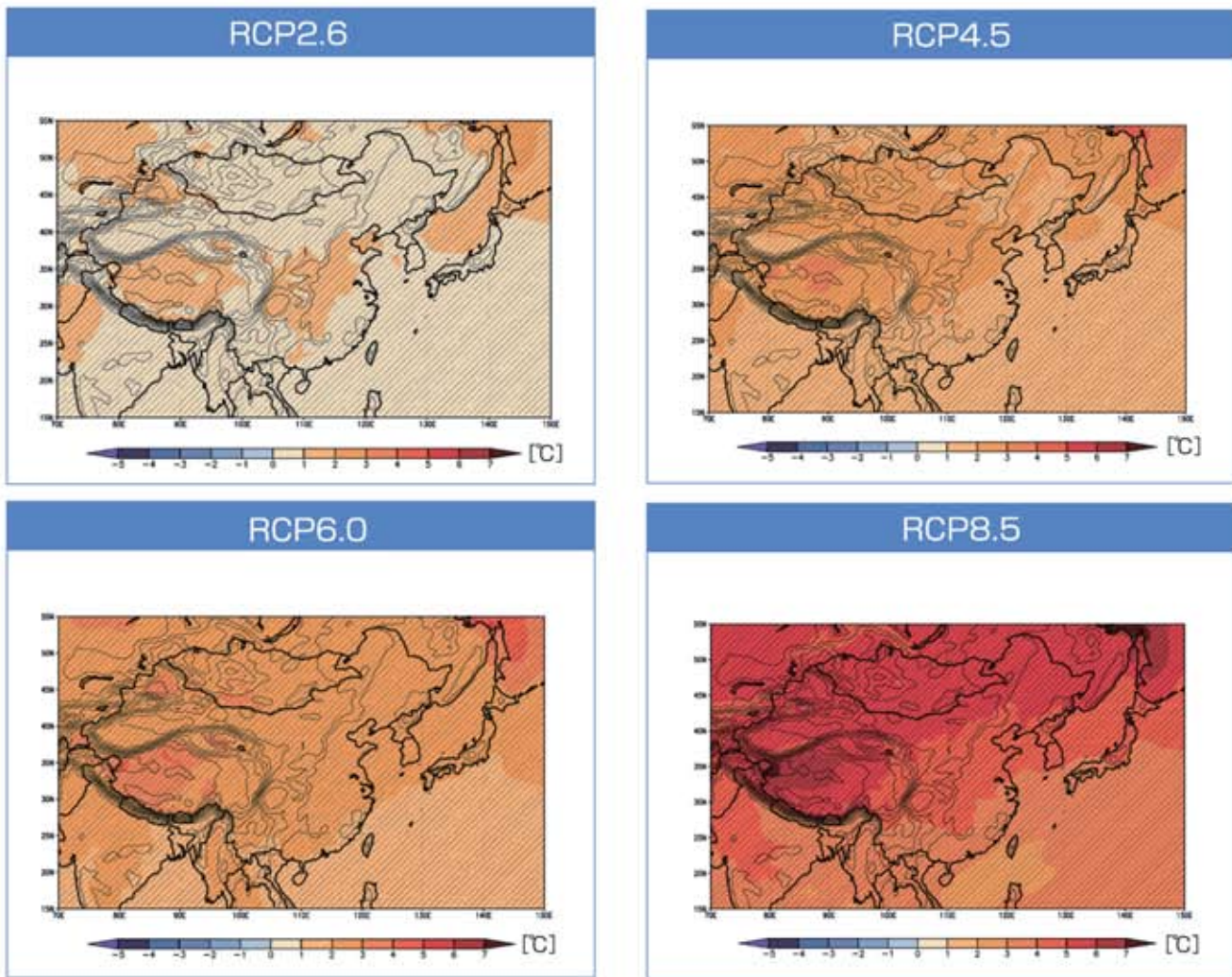


図4：RCPの各シナリオにおけるアジア地域の年平均気温変化量（℃）：将来気候（2080～2100年）と現在気候（1984～2004年）の差分を示す。カラーは3ケース（2.6, 4.5, 6.0）および9ケース（8.5）の平均値を示し、網掛けは全ケースで将来変化の符号が一致する地域（確信度の高い地域）を示す。参考のため気候モデルの地形を等高線により表示（モデル化された地形であり、実際の地形とは若干異なる）。

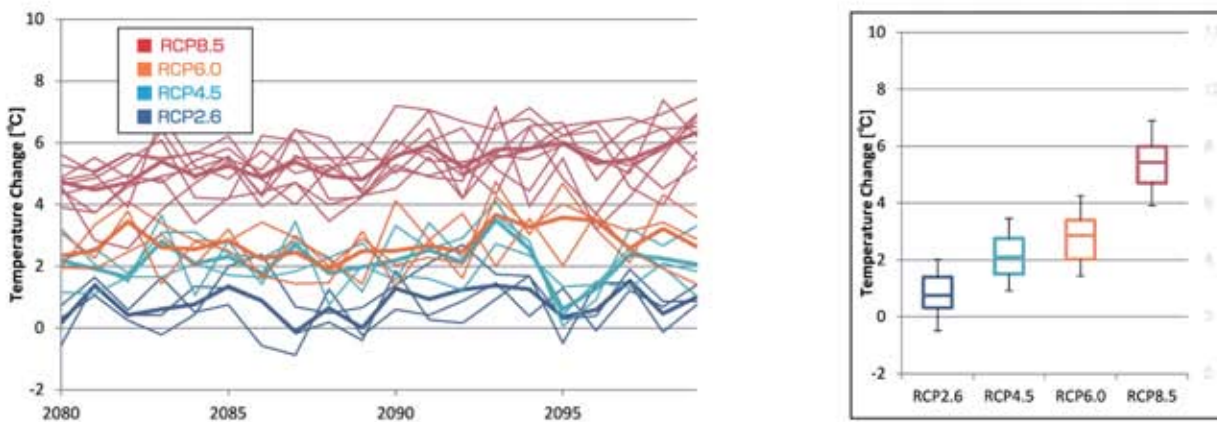


図5：モンゴル国における各シナリオの年平均気温変化。左：各年の気温変化量の時系列、細線は各ケースの結果を、太線は複数ケースの平均値を示す。右：シナリオ毎の気温上昇量のまとめ。ボックスプロットで25～75パーセントイルの区間と中央値を、幅で5～95パーセントイルの区間を示す。気温変化量は全て現在気候（1984～2004年）の平均気温からの差で表示。各シナリオで全ての年およびケースについて集計。

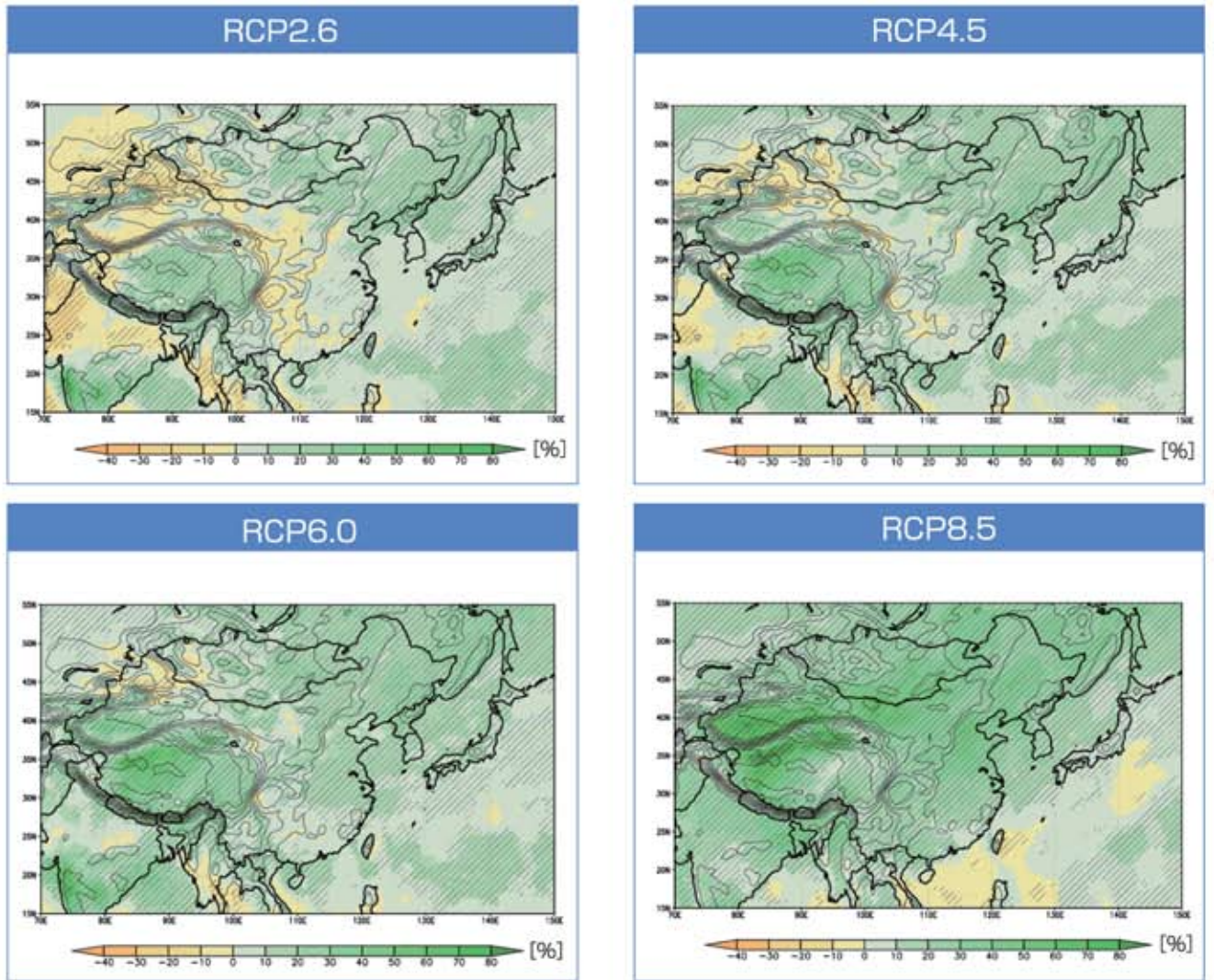


図6：RCPの各シナリオにおけるアジア地域の年間降水量変化（％）：現在気候（1984～2004年）と比較した将来気候（2080～2100年）の変化率を示す。カラーは3ケース（2.6、4.5、6.0）および9ケース（8.5）の平均値を示し、網掛けは全ケースで将来変化の符号が一致する地域（確信度の高い地域）を示す。参考のため気候モデルの地形を等高線により表示（モデル化された地形であり、実際の地形とは若干異なる）。

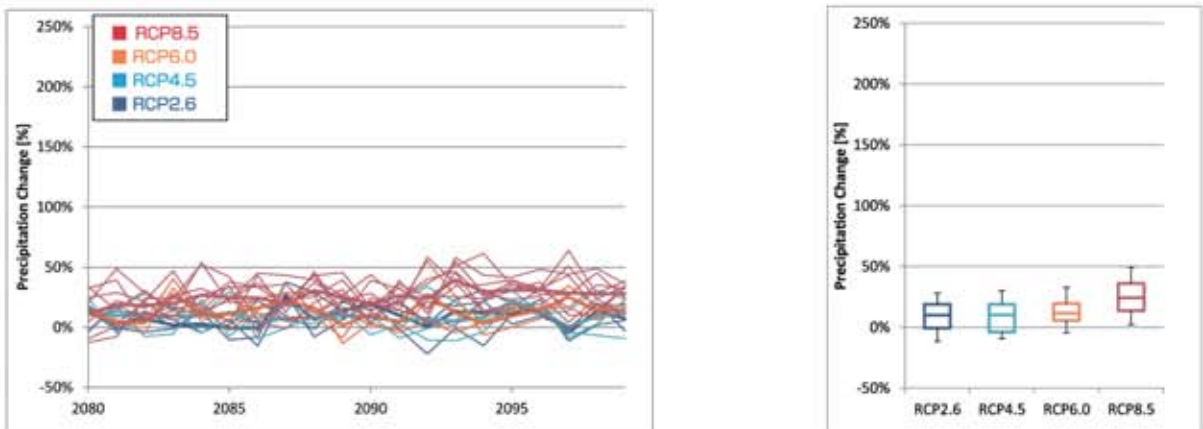


図7：モンゴル国における各シナリオの年間降水量変化（％）。左：各年の降水量変化、細線は各ケースの結果を、太線は複数ケースの平均値を示す。右：シナリオ毎の降水量変化のまとめ。ボックスプロットで25～75パーセンタイルの区間と中央値を、幅で5～95パーセンタイルの区間を示す。降水量変化は全て現在気候（1984～2004年）の平均降水量からの変化率で表示。各シナリオで全ての年およびケースについて集計。

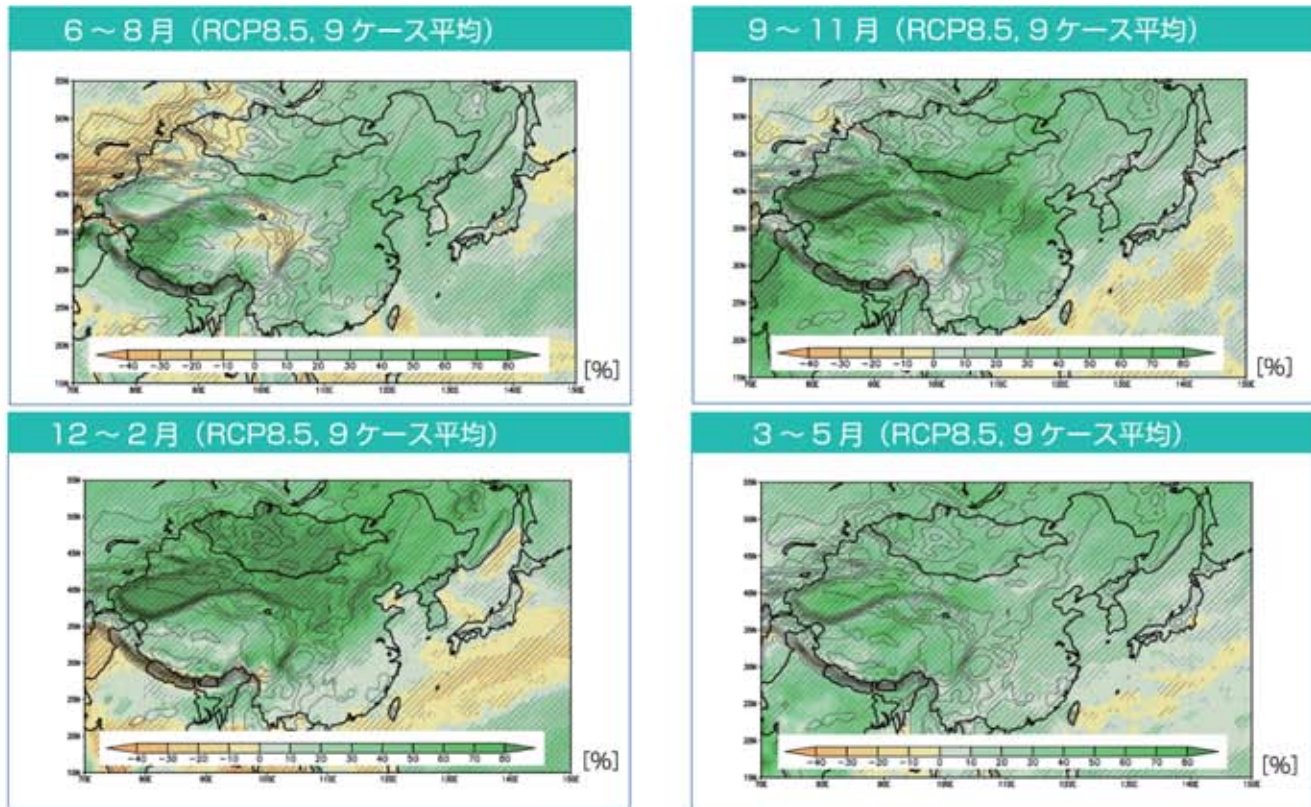


図8：季節別のアジア地域の降水量変化(%)：現在気候(1984～2004年)と比較したRCP8.5の将来気候(2080～2100年)の変化率を示す。網掛けは全ケースで将来変化の符号が一致する地域(確信度の高い地域)を示す。参考のため気候モデルの地形を等高線により表示(モデル化された地形であり、実際の地形とは若干異なる)

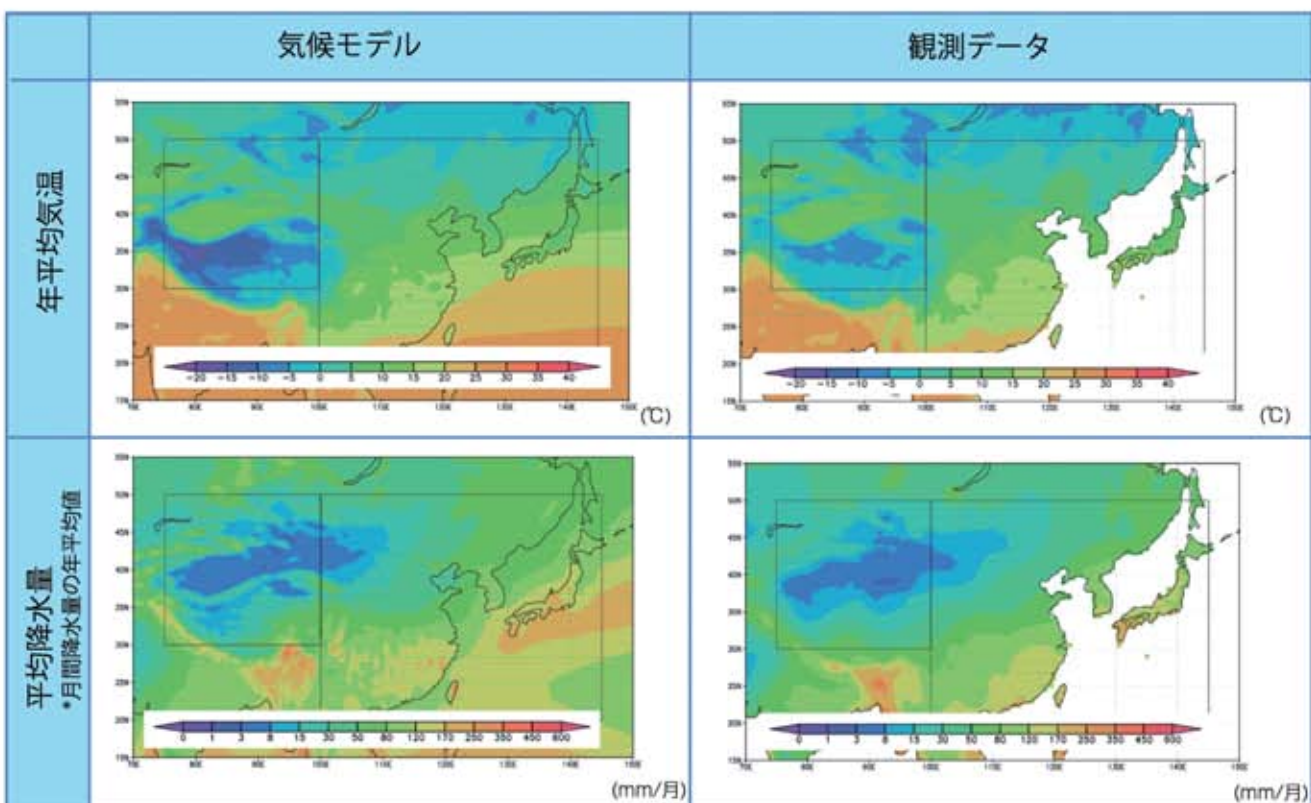


図9：現在気候における気温と降水量の再現性：気候モデルによる現在気候(1984～2004年)の平均値と同期間の観測データ(CRU_TS3.21)の比較。モデル標高データと実際の標高データには違いがあり、本図面では高度補正を行っていないため、それにより気温に差が生じていることに注意が必要である。

4. まとめ

今回出力したように、GCMデータを用いて各地域の将来の気候変化について把握することができる。今回表示したのは非常に基礎的な変数であるが、その他の変数についてもデータセットとしては整備している。

今回の計算結果は、既存のデータセット（CMIP5等）を置き換えるものではなく、相互補完的に用いることができる。ある程度高い空間解像度があり、複数のケースが揃っているという特徴から、各国の気候変動の状況の把握や、気候変動影響評価の入力として使用するためには良いデータのの一つであると考えている。

環境省としては、本データセットが世界各国の気候変動適応計画の推進に貢献することを願っている。

■ GCMデータの内容およびアクセス方法

予測計算の詳細

項目	内容
名称	環境省 気候変動予測データ（協力：気象庁）（2014）
モデル名称	MRI-AGCM3.2H
モデルの種別	大気モデル
水平解像度	約60km
排出シナリオ	RCP2.6, 4.5, 6.0, 8.5
計算期間	現在気候：1984年9月～2004年8月 将来気候：2080年9月～2100年8月
格子数	640×320（水平）60層（鉛直）
積雲対流スキーム	Yoshimuraスキーム/Kain-Fritschスキーム/ Arakawa-Shubertスキーム
主な入力条件	温室効果ガス、オゾン、エアロゾル濃度 海面水温、海氷密接度、海氷厚

アクセス方法

■ 本データセットは、文部科学省の地球環境情報統融合プログラムにおいて構築された「データ統合・解析システム（DIAS）」にて保存し、公開している。DIASにユーザー登録することで下記公開サイトからデータを取得することができる。

■ データ公開サイト（要ログイン）
 全球気候モデル計算結果（データセットID: GCM60_ADAPT2013）

<http://dias-dss.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/dl/storages/filelist/dataset:214>

Mongolia

GCMによるアウトプット



モンゴルの草原に咲くイワアズマギク



朝靄の草原



草原の中の都市ウランバートル

謝辞

当該パンフレットの取りまとめに際しては、気象研究所の環境・応用気象研究部及び気候研究部のみなさまに、気候予測モデルの解析計算や、計算結果の取りまとめに関して、専門的な見地から懇切丁寧にご指導をいただいた。この場を借りて心より感謝を申しあげる。

企画：環境省 地球環境局

編集：株式会社 三菱総合研究所

協力：株式会社 ディ・ジャパン

モンゴルにおける 気候変動

GCMによるアウトプット



表紙写真 / モンゴルの秋の草原

本パンフレットに関するお問合せ

環境省 地球環境局 総務課 研究調査室

〒100-0013 東京都千代田区霞が関1-4-2 大同生命霞ヶ関ビル17階

Tel: 03-3581-3351 (内線6756)