

第7回 水資源分野における気候変動への適応策のあり方 検討会

今年度の検討状況について

【気候変動による水資源への影響について】

平成26年6月17日

1. IPCC第5次評価報告書

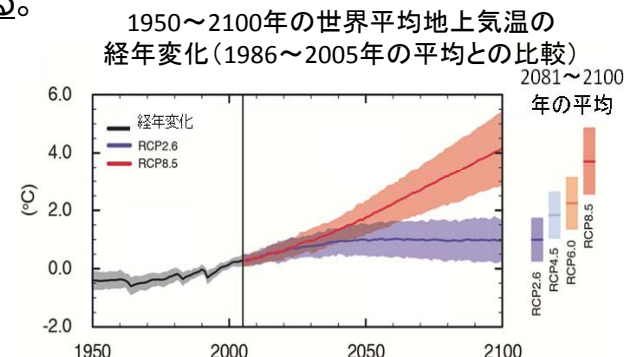
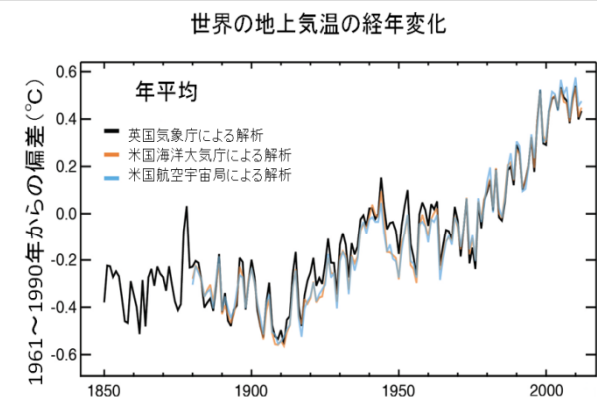
第1作業部会報告書(科学的根拠)(2013年9月公表)の主な内容

【観測事実と温暖化の要因】

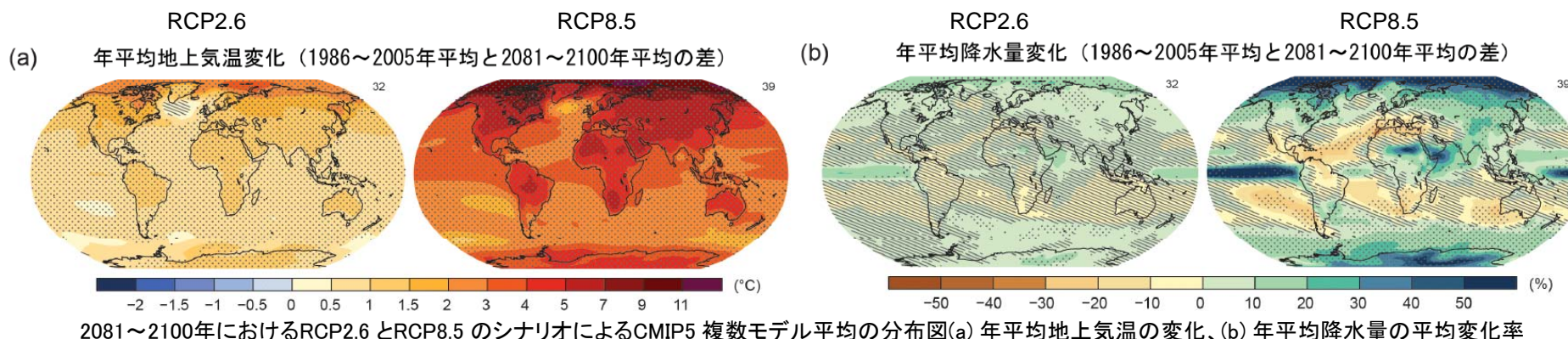
- ◆ 気候システムの温暖化については疑う余地がない。
- ◆ 人間活動が20世紀半ば以降に観測された温暖化の主な要因であった可能性が極めて高く、温暖化に最も大きく効いているのは二酸化炭素濃度の増加。
- ◆ 最近15年間、気温の上昇率はそれまでと比べ小さいが、海洋内部(700m以深)への熱の取り込みは続いており、気候システムの温暖化は継続している。

【予測結果】

- ◆ 21世紀末までに、世界平均気温が0.3~4.8°C上昇、世界平均海面水位は0.26~0.82m上昇する可能性が高い。(4種類のRCPシナリオによる予測)
- ◆ 21世紀末までに、ほとんどの地域で極端な高温が増加することがほぼ確実。また、中緯度陸地などで極端な降水がより強く頻繁となる可能性が非常に高い。
- ◆ 排出された二酸化炭素の一部は海洋に吸収され、海洋酸性化が進行。



(出典: IPCC第5次評価報告書を基に気象庁作成)



2081~2100年におけるRCP2.6とRCP8.5のシナリオによるCMIP5複数モデル平均の分布図(a)年平均地上気温の変化、(b)年平均降水量の平均変化率

(出典: IPCCAR5WG I 報告書政策決定者向け要約(気象庁訳)をもとに国土交通省水資源部作成)

1. IPCC第5次評価報告書

第2作業部会報告書(影響・適応・脆弱性)(2014年3月公表)の主な内容①

(1)ここ数十年、すべての大陸と海洋において、気候変動による自然及び人間システムへの影響が現れている。

(2)懸念の理由の説明

気候変動のリスクのレベルに関する判断の根拠として、5つの包括的な懸念の理由(Reasons For Concern)が示された。

1986-2005年平均気温から気温上昇と影響の関係は以下のように予測されている。

- 1℃の上昇: 極端な気象現象による熱波・沿岸洪水などのリスクが高くなる
- 2℃の上昇: サンゴ礁システム等への甚大な影響、作物生産の減少リスクが高くなる
- 1-3℃の上昇: グリーンランド氷床消失による7mの海面上昇など不可逆な変化が生じるリスクが高まり、人間社会に甚大な影響を及ぼす

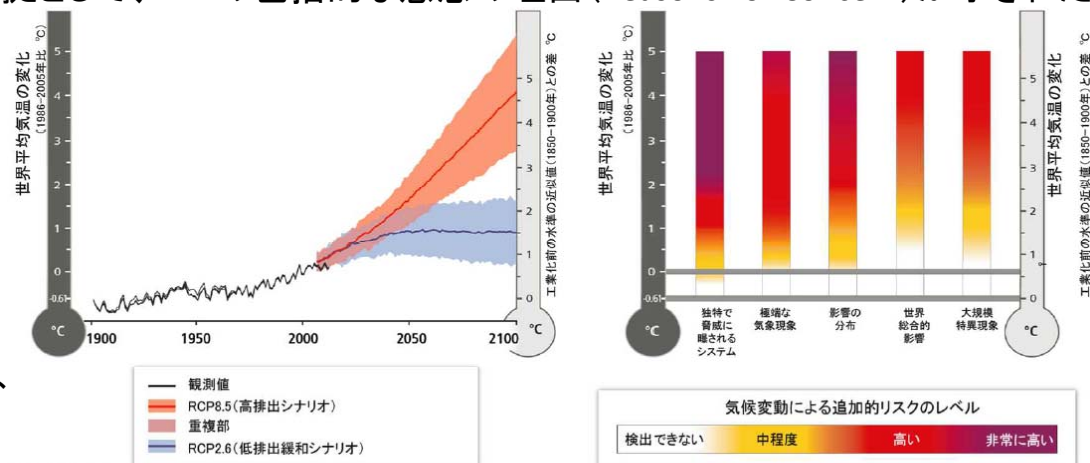


図 世界年平均気温の変動(観測値と予測値)と、分野横断的な主要なリスクのレベル

(3)8つの主要なリスク

確信度の高い複数の分野や地域に及び主要なリスクとして、以下の8つが挙げられている。

- i. 高潮、沿岸洪水、及び海面水位上昇による、沿岸の低地並びに小島嶼開発途上国及びその他の小島嶼における死亡、負傷、健康障害、生計崩壊のリスク。
- ii. いくつかの地域における内陸洪水による大都市に住む人々についての深刻な健康障害や生計崩壊のリスク。
- iii. 極端な気象現象が、電気、水供給並びに保健及び緊急サービスのようなインフラ網や重要なサービスの機能停止をもたらすことによるシステムのリスク。
- iv. 特に脆弱な都市住民及び都市域または農山漁村域の屋外労働者についての、極端な暑熱期間における死亡及び罹病のリスク。
- v. 特に都市及び農山漁村の状況におけるより貧しい住民にとっての、温暖化、干ばつ、洪水並びに降水の変動及び極端現象に伴う食料不足や食料システム崩壊のリスク。
- vi. 特に半乾燥地域における最小限の資本しか持たない農民や牧畜民にとっての、飲料水及び灌漑用水への不十分なアクセス並びに農業生産性の低下によって農山漁村部の生計や収入を損失するリスク。
- vii. 特に熱帯と北極圏の漁業コミュニティにおいて、沿岸部の人々の生計を支える海洋・沿岸の生態系と生物多様性、生態系便益・機能・サービスが失われるリスク。
- viii. 人々の生計を支える陸域及び内水の生態系と生物多様性、生態系便益・機能・サービスが失われるリスク。

1. IPCC第5次評価報告書

第2作業部会報告書(影響・適応・脆弱性)(2014年3月公表)の主な内容②

(4) 淡水資源分野のリスク

淡水に関連する気候変動のリスクは、温室効果ガス濃度の上昇に伴い著しく増大する(証拠が確実、見解一致度が高い)。

21世紀全体の気候変動は、ほとんどの乾燥亜熱帯地域において再生可能な地表水及び地下水資源を著しく減少させ(証拠が確実、見解一致度が高い)、分野間の水資源をめぐる競争を激化させると予測されている(証拠が限定的、見解一致度は中程度)。

(5) 効果的な適応のための原則

適応は場所と文脈に固有のものであり、すべての状況を通じて適切な単一のリスク低減のアプローチは存在しない(確信度が高い)。

【水資源分野における主な事例】

カテゴリー	事例
災害リスク管理	早期警戒システム、ハザード・脆弱性マッピング、水資源の多様化、排水の改善、暴風雨・廃水の管理
構造的／物理的	工学的&建築環境上の選択肢: 貯水池、排水改善 技術的選択肢: 効率的な灌漑、節水、技術脱塩、早期警戒システム サービス: 水・衛生設備などの自治体サービス
制度的	経済面の選択肢: 誰にでも提供し慎重な利用を促すための水価格設定 法&規制: 水の規制・協定、災害リスク低減を支援する法律 国家&政府の政策&プログラム: 自治体の水管理プログラム、災害についての計画策定・備え、統合的水資源管理

表 気候変動リスク管理のアプローチ

重複しているアプローチ	カテゴリー	事例
多くの後編の少ない対策などの開発・計画立案、及び実践を通じた脆弱性と曝露の低減	人間開発	教育、栄養、保健施設、エネルギーへのアクセス向上、安全な住宅・居住地の構造・社会支援構造; ジェンダー不平等への形式における周縁化の低減。
	貧困削減	地域資源へのアクセス・制御の向上; 土地保有権; 災害リスク軽減; 社会的セーフティネット・社会的保護; 保険制度。
	生計保障	収入、資産、生計の多様化; インフラの改善; 技術・意思決定に関する公開討論へのアクセス; 意思決定力の増大; 作物、家畜・水産養殖の慣行の変更; ソーシャルネットワークへの信頼。
	災害リスク管理	早期警戒システム; ハザード・脆弱性マッピング; 水資源の多様化; 排水の改善; 洪水・サイクロン時の避難所; 建築基準法・実践; 暴風雨・廃水の管理; 運輸&道路インフラの改善。
	生態系管理	湿地・都市緑地空間の維持; 沿岸森林; 流域・貯水池管理; 生態系への他のストレス要因・生息地の断片化の低減; 遺伝的多様性の維持; 擾乱体制の操作; 地域社会ベースの天然資源管理。
	空間あるいは土地利用計画	適切な住居、インフラ・サービスの提供; 洪水が起りやすい地域・他のリスクが高い地域の開発管理; 都市計画・アップグレードプログラム; 土地区画整理についての法律; 地役権; 保護区。
	構造的／物理的	工学的&建築環境上の選択肢: 防波堤、海岸保全構造物; 洪水堤防; 貯水池; 排水改善; 食料・サイクロン時避難所; 建築基準法・実践; 暴風雨・廃水管理; 運輸・道路インフラの改良; 水上住宅; 発電所と電力グリッドの調整。 技術的選択肢: 新たな作物・動物の多様性; 先住民の知識、伝統的な知識・その土地の知識; 技術・方法; 効率的な灌漑; 節水; 技術脱塩; 保全型農業; 食品貯蔵・保護施設; ハザード・脆弱性マッピング; モニタリング; 早期警戒システム; 建物の断熱; 機械的冷却; 受動的冷却; 技術開発、移転・普及。 生態系ベースの選択肢: 生態回復; 土壌保全; 植林・森林再生; マングローブ保全・移植; 緑のインフラ(例: 日よけの木々、屋上緑化); 乱獲のコントロール; 漁業共同管理; 種の移動・分散支援; 生態学的回復; 種子バンク; 遺伝子バンク; 他の生息域外保全; コミュニティベースの天然資源管理。 サービス: 社会的セーフティネット・社会的保護; フードバンク(困窮者用食料貯蔵配給所); 余剰食料の分配; 水・衛生設備などの自治体サービス; ワクチン接種プログラム; 必要不可欠な公衆衛生サービス; 救急医療サービスの強化。
	制度的	経済面の選択肢: 金融インセンティブ; 保険; キャットボンド(大災害債券); 生態系サービスに対する支払い(PES); 誰にでも提供し慎重な利用を促すための水価格設定; マイクロファイナンス; 災害非常準備基金; 送金; 官民パートナーシップ。 法&規制: 土地区画整理の法律; 建築基準と実践; 地役権; 水の規制・協定; 災害リスク低減を支援する法律; 保険購入を奨励する法律; 財産権の定義・土地保有権の保障; 保護地域; 漁獲割当; 特許権・技術移転。 国家&政府の政策&プログラム: 主権を含む国家・地域の適応計画; 準国家・地方の適応計画; 経済の多様化; 都市のアップグレードプログラム; 自治体の水管理プログラム; 災害についての計画策定・備え; 統合的水資源管理; 統合沿岸域管理; 生態系ベースの管理; コミュニティベースの適応。
	社会的	教育面の選択肢: 意識向上・教育への統合; 教育における男女平等; 観外活動; 土地固有・伝統的地域的知識の共有; 参加型行動リサーチ; 社会的学習; 知識共有; 学習プラットフォーム。 情報面の選択肢: ハザード・脆弱性マッピング; 早期警戒・対応システム; 体系的なモニタリング・リモートセンシング; 気候サービス; 先住民の気候観察の利用; 参加型のシナリオ開発; 総合評価。 行動面の選択肢: 各世帯での備え・評価計画立案; 移住; 土壌・水の保全; 暴風雨時の排水の除去; 生計の多様化; 作物、家畜・水産養殖の慣行の変更; ソーシャルネットワークへの信頼。
	変化の範囲	実践面: 社会的・技術的革新、行動のシフト、あるいは成果の大幅なシフトを生み出す制度的・経営的変化。 政治面: 脆弱性・リスクを低減し、適応、緩和・持続可能な開発を支援することと整合性のある政治的、社会的、文化的、生態学的意思決定と行動。 個人面: 気候変動への対応に影響を与える個人・集団の信念、価値観、世界観。

追加的及び変革的調整を含む適応

変革

※これらのアプローチは個別ではなくむしろ重複して検討されるべきであり、しばしば同時に進められる。事例は、不特定の順序で提示され、複数のカテゴリーに関連しうる。

2. 環境省「日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について」

1. 整備された情報の内容

①気候変動予測モデル

- 全球気候モデル(MRI-AGCM60:水平格子間隔60km)による計算を実施し、その結果から、日本周辺の気象条件を抽出し、地域気候モデル(MRI-NHRM20:水平格子間隔20km)への入力として用いた。本計算は(独)海洋研究開発機構が運用する「地球シミュレータ(ES2)」を利用して実施した。

※気候モデル(MRI-AGCM60・MRI-NHRM20)は気象庁気象研究所より提供

②解析計算の諸条件等

●予測計算期間

- 現在気候:1984年9月～2004年8月／将来気候:2080年9月～2100年8月

●将来予測シナリオ

- RCPの4シナリオ(RCP2.6/4.5/6.0/8.5)を想定

※RCPシナリオについては参考資料を参照

●将来の海面水温の状況

- IPCC第5次報告書において用いられた第5期結合モデル相互比較計画(CMIP5)データより作成された、3種の異なる特徴を有する海面水温の将来変化の空間パターン(SST1/SST2/SST3)を適用。なお、現在気候は観測データ(HadISST)を適用

※3種のSSTは文部科学省気候変動リスク情報創生プログラムテーマCより提供

●積雲対流スキーム

- 全球気候モデルにおいて、Yoshimura Scheme (YS)、Kain-Fritsch Scheme (KF)、Arakawa-Schubert Scheme (AS) の3種の積雲対流スキームを適用

2. 環境省「日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について」

1. 整備された情報の内容

③予測計算ケース

- 現在気候3ケース、将来気候16ケースの計19ケースについて計算を実施した。予測に含まれる不確実性の程度を評価できるように、複数のケースを設定した。

※不確実性のすべての要素を説明しているわけではない。例えば、海面水温変化の不確実性についてはCMIP5データより3つのSSTを作成することで考慮している。一方、大気に関しては、降水過程に大きく影響する積雲対流スキームを3種類用いているものの、その他のコンポーネントは同一であるため、大気モデルによる気候予測に含まれる不確実性の全体を表現できてはいない。

番号	計算期間	シナリオ	海面水温	積雲対流スキーム	ケース名
1	現在気候 3ケース	-	HadISST	YS	HPA_m02
2			HadISST	KF	HPA_kf_m02
3			HadISST	AS	HPA_as_m02
4	将来気候 16ケース	RCP8.5 9ケース	SST1	YS	HFA_rcp85_c1
5			SST1	KF	HFA_kf_rcp85_c1
6			SST1	AS	HFA_as_rcp85_c1
7			SST2	YS	HFA_rcp85_c2
8			SST2	KF	HFA_kf_rcp85_c2
9			SST2	AS	HFA_as_rcp85_c2
10			SST3	YS	HFA_rcp85_c3
11			SST3	KF	HFA_kf_rcp85_c3
12			SST3	AS	HFA_as_rcp85_c3
13		RCP6.0 3ケース	SST1	YS	HFA_rcp60_c1
14			SST2	YS	HFA_rcp60_c2
15			SST3	YS	HFA_rcp60_c3
16		RCP4.5 1ケース	SST1	YS	HFA_rcp45_c1
—			SST2	YS	HFA_rcp45_c2
—			SST3	YS	HFA_rcp45_c3
17		RCP2.6 3ケース	SST1	YS	HFA_rcp26_c1
18	SST2		YS	HFA_rcp26_c2	
19	SST3		YS	HFA_rcp26_c3	

RCP4.5の2ケース(c2,c3)は平成26年度に計算を実施の予定

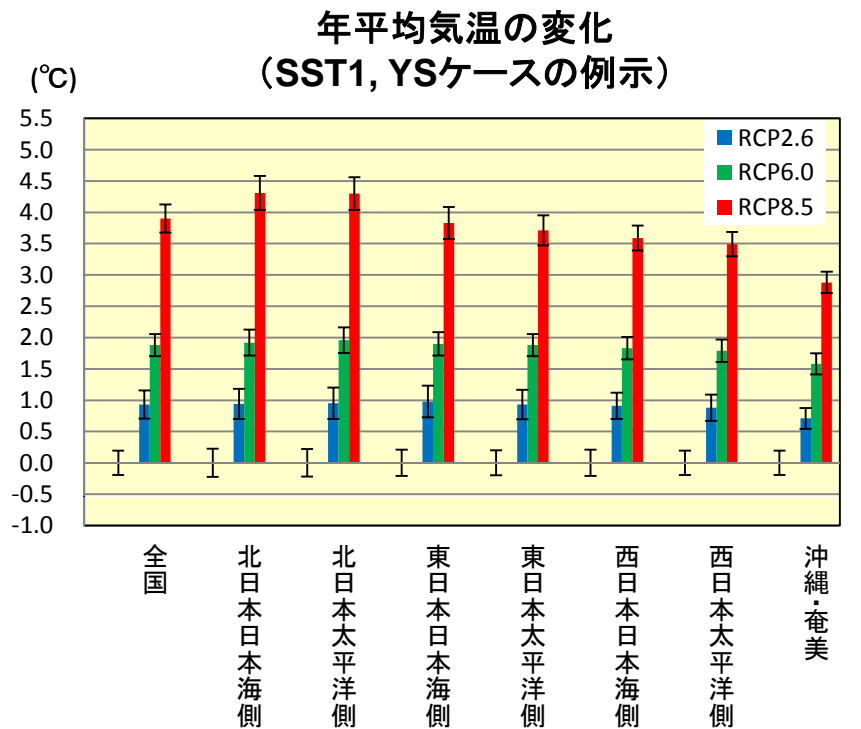
(出典: 報道発表資料平成26年6月6日環境省日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について(お知らせ)別添資料)

2. 環境省「日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について」

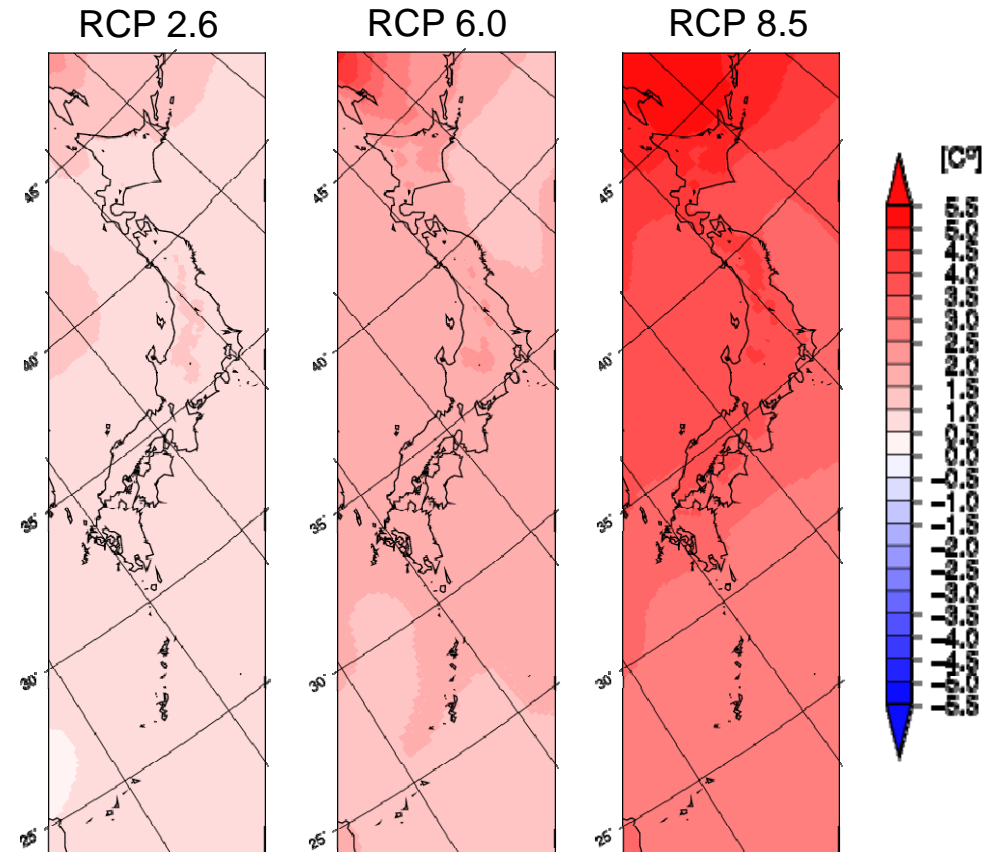
2. 整備された情報の特徴 将来気候の予測／気温(年平均気温の変化)

①年平均気温の変化の地域分布

- 年平均気温は全国的に上昇し、上昇幅は年々変動幅より概ね大きい。特に北日本での温度上昇幅が大きく、沖縄・奄美は比較的小さい。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。



棒グラフ : 現在気候との差
(青:RCP2.6、緑:RCP6.0、赤:RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差
(棒グラフがないもの:現在気候)



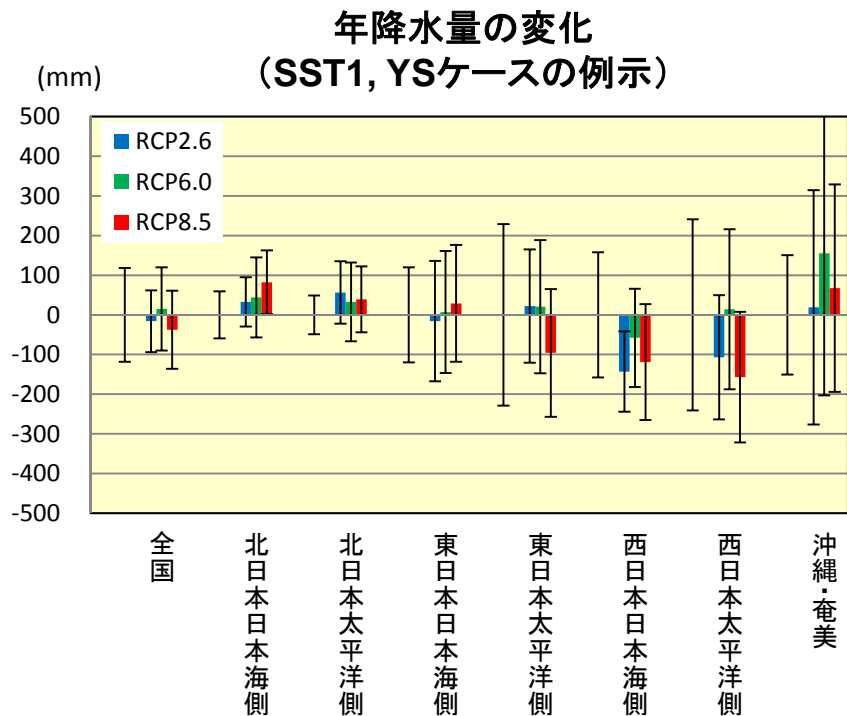
年平均気温の変化の分布(SST1, YSケースの例示)

2. 環境省「日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について」

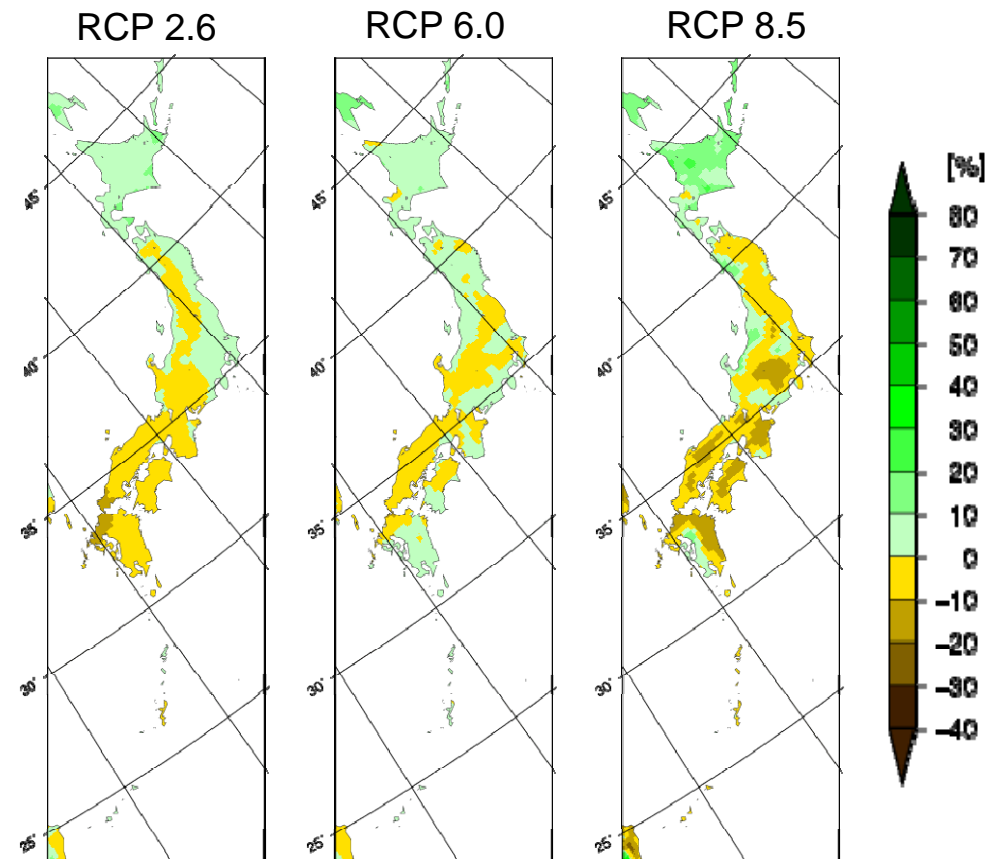
2. 整備された情報の特徴 将来気候の予測／降水(年降水量の変化)

②年降水量の変化の地域分布

- 年降水量の将来における増減幅は年々変動幅より概ね小さく、統計的に有意な変化はほとんど見られない。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。



棒グラフ : 現在気候との差
(青:RCP2.6、緑:RCP6.0、赤:RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差
(棒グラフがないもの: 現在気候)



年降水量の変化の分布(SST1, YSケースの例示)

2. 環境省「日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について」

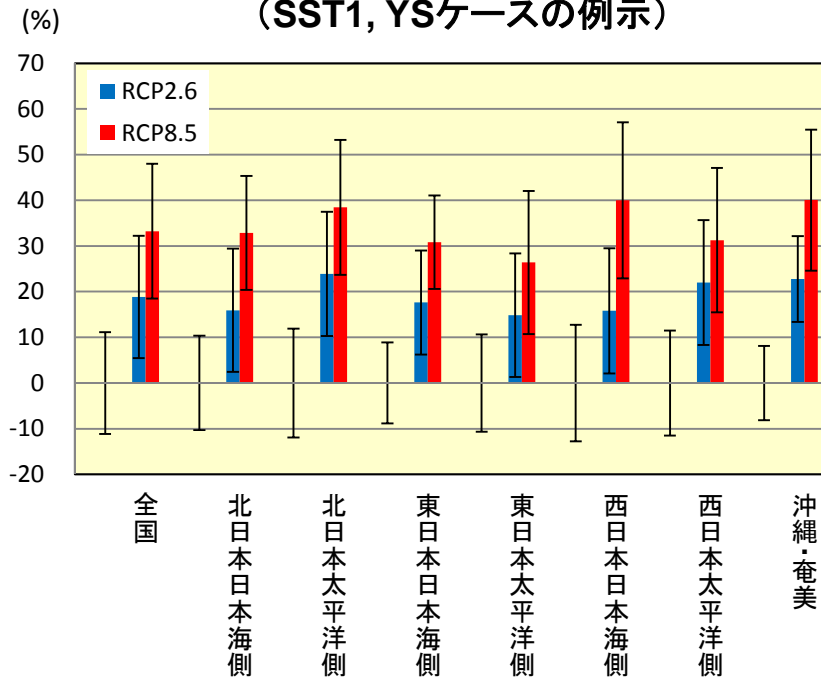
2. 整備された情報の特徴 将来気候の予測／降水(大雨による降水量の変化)

③大雨による降水量の変化の地域分布

- 大雨による降水量は全国的に増加し、増加幅は年々変動幅より概ね大きい。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。

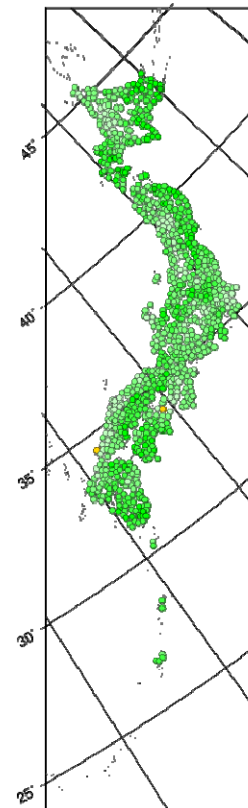
※ バイアス補正後のデータを使用

上位5%の降水イベントによる日降水量の変化
(SST1, YSケースの例示)

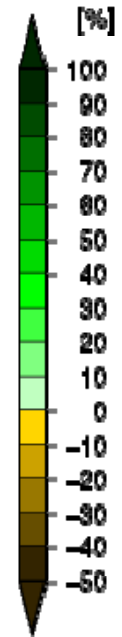
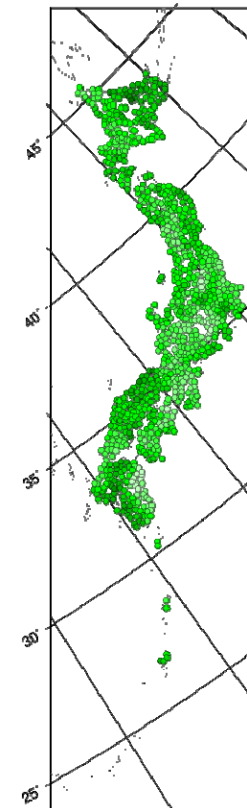


棒グラフ : 現在気候からの変化率(青:RCP2.6、赤:RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差(現在気候計算結果との比)
(棒グラフがないもの: 現在気候)

RCP 2.6



RCP 8.5



上位5%の降水イベントによる日降水量の変化の分布
(SST1, YSケースの例示)

2. 環境省「日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について」

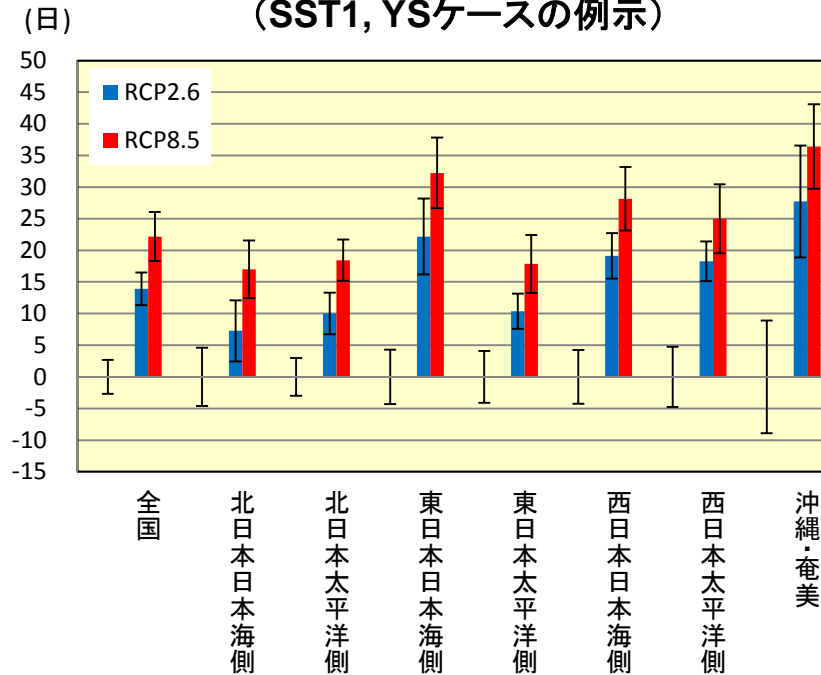
2. 整備された情報の特徴 将来気候の予測／降水(無降水日日数の変化)

④無降水日(日降水量1ミリ未満)の年間日数の変化の地域分布

- 無降水日の年間日数は全国的に増加し、増加幅は年々変動幅より概ね大きい。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。

※ バイアス補正後のデータを使用

無降水日の年間日数の変化
(SST1, YSケースの例示)

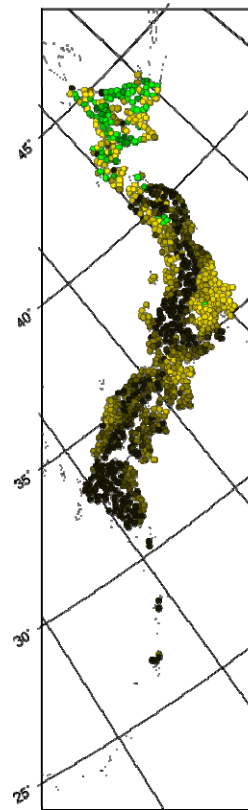


棒グラフ : 現在気候との差(青:RCP2.6、赤:RCP8.5)

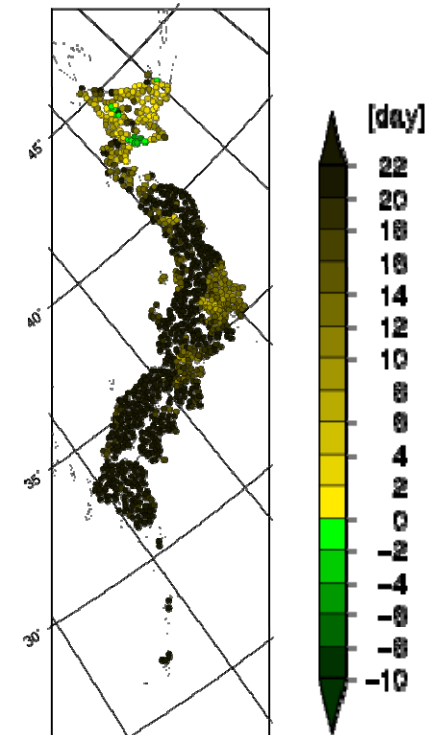
エラーバー : 年々変動の標準偏差

(棒グラフがないもの: 現在気候)

RCP 2.6



RCP 8.5



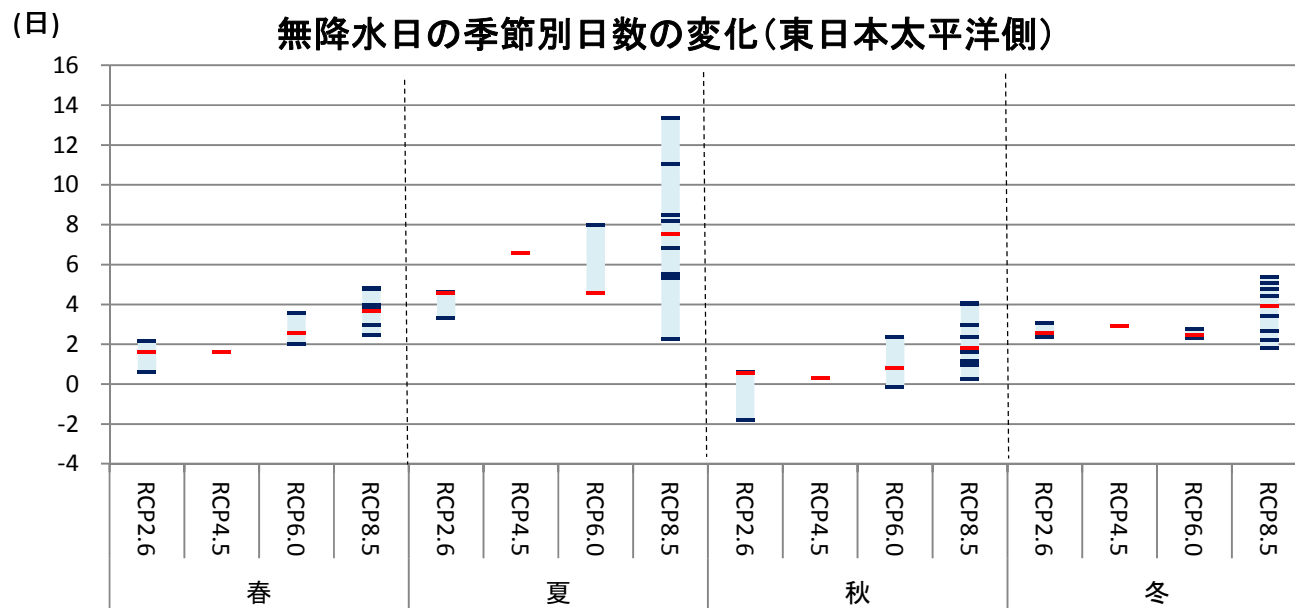
無降水日の年間日数の変化の分布(SST1, YSケースの例示)

2. 環境省「日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について」

2. 整備された情報の特徴 将来気候の予測／降水(無降水日日数の変化)

⑤無降水日(日降水量1ミリ未満)の季節別日数の変化(東日本太平洋側)

- 東京を含む東日本太平洋側で季節別日数の変化をみると、夏に大きく増加することが分かる。



<アンサンブルメンバ数>

RCP2.6: 3ケース

RCP4.5: 1ケース

RCP6.0: 3ケース

RCP8.5: 9ケース

グラフの青線及び赤線は各ケースにおける将来気候の予測(2080~2100年平均)と現在気候(1984~2004年平均)との差、赤線は各シナリオにおける中央値を示す。薄い青でケース間の幅を示す(各シナリオにおける不確実性を示すものではない)。

下表に、各シナリオにおける全ケースの平均値、括弧内に全ケースの下端と上端(年々変動等を含めた不確実性の幅ではない)を示す。また、参考として各地域の一都市における平年値(1981~2010年平均)を例示する。

(単位:日)

	春(3~5月)	夏(6~8月)	秋(9~11月)	冬(12~2月)
RCP2.6	1.5 (0.6~2.1)	4.2 (3.3~4.6)	-0.2 (-1.8~0.6)	2.7 (2.4~3.1)
RCP4.5	1.6	6.6	0.3	2.9
RCP6.0	2.7 (2.0~3.6)	5.7 (4.6~8.0)	1.0 (-0.1~2.3)	2.5 (2.3~2.7)
RCP8.5	3.5 (2.5~4.8)	7.6 (2.2~13.3)	2.1 (0.2~4.1)	3.7 (1.8~5.4)
東京(参考都市)の平年値	61.9	62.6	63.4	75.8

モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。

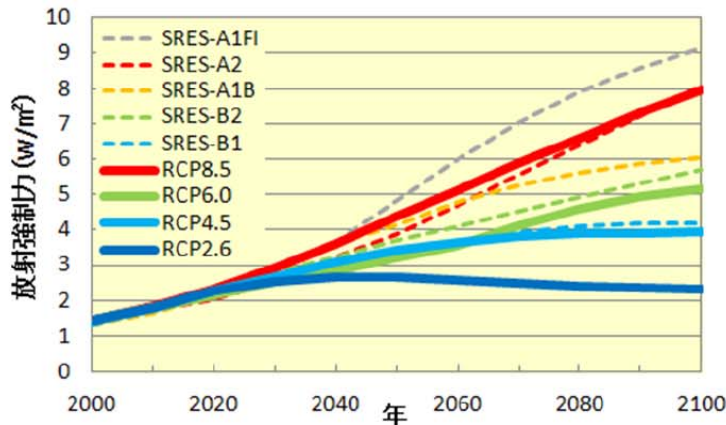
2. 環境省「日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について」

【参考資料①】RCP(代表的濃度経路)シナリオについて

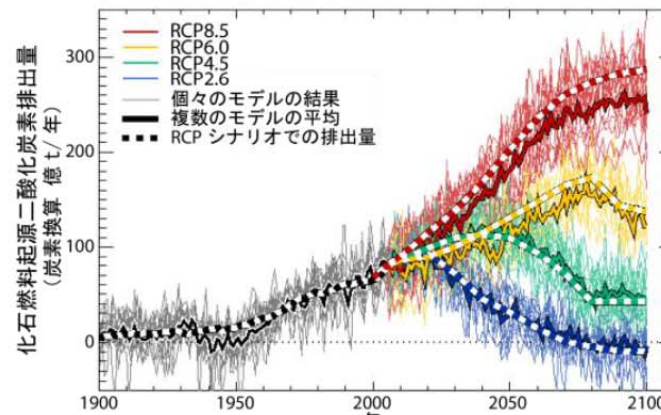
- 政策的な温室効果ガスの緩和策を前提として、将来の温室効果ガス安定化レベルとそこに至るまでの経路のうち代表的なもの(代表的濃度経路)を選び作成したシナリオ
- 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書から、このシナリオ区分に基づいた気候の予測や影響評価が行われるようになった
- 従来のSRESシナリオに基づいた予測と違い、目標主導型の社会経済シナリオを複数作成して検討することが可能
- RCPに続く数値は、2100年における1750年に対するおおよその合計放射強制力(単位:W/m²)を示し、大きいほど2100年における放射強制力が大きい

シナリオ略称	シナリオ名称	放射強制力の変化
RCP8.5	高位参照シナリオ	2100年以降も上昇が続く
RCP6.0	高位安定化シナリオ	2100年以降に安定化する
RCP4.5	中位安定化シナリオ	2100年までに安定化する
RCP2.6	低位安定化シナリオ	2100年までにピークを迎えその後減少する

※放射強制力:ある因子が持つ、地球-大気システムに出入りするエネルギーのバランスを変化させる影響力の尺度であり、潜在的な気候変動メカニズムとしてのその因子の重要性の指標である。正の放射強制力には地表面を昇温させる傾向が、負の放射強制力には地表面を降温させる傾向がある。(IPCC第4次報告書第一作業部会政策決定者向け要約より)



(左) RCPシナリオに基づく放射強制力(RCPシナリオで定める4つの放射強制力の経路を実線で示す。比較のためSRESシナリオに基づいて求めた放射強制力を破線で示す。)



(右) RCPシナリオに対応する化石燃料からの二酸化炭素排出量(地球システムモデルによる逆算の結果。細線:個々のモデルの結果、太線:複数のモデルの平均)

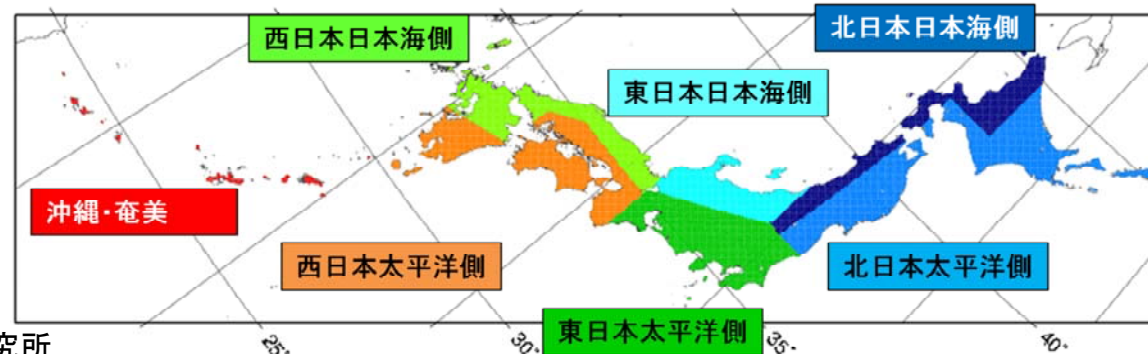
文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省2013年9月27日報道発表資料をもとに作成

(出典:報道発表資料平成26年6月6日環境省日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について(お知らせ)別添資料)

2. 環境省「日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について」

【参考資料②】地域分類・各地域の主な都市における各指標の平年値

●地域分類



出所) 気象庁気象研究所

7地域の名称と領域

●各地域の主な都市における各指標の平年値

※ 平年値: 1981~2010年(昭和56年~平成22年)の30年間の観測値から求めた平均値

各地域の主な都市における各指標の平年値

地域	都市例	年平均気温 (°C)	日最高気温 の年平均値 (°C)	日最低気温 の年平均値 (°C)	真夏日の 年間日数 (日)	真冬日の 年間日数 (日)	年降水量 (mm)	日降水量1.0ミリ 未満の年間日数 (日)
北日本日本海側	札幌	8.9	12.9	5.3	8.0	45.0	1106.5	225.5
北日本太平洋側	釧路	6.2	10.2	2.3	0.1	44.7	1042.9	276.7
東日本日本海側	新潟	13.9	17.6	10.6	33.5	1.1	1821.0	192.8
東日本太平洋側	東京	16.3	20.0	13.0	48.5	0.0	1528.8	263.6
西日本日本海側	福岡	17.0	20.9	13.6	57.1	0.0	1612.3	253.7
西日本太平洋側	大阪	16.9	21.1	13.3	73.2	0.0	1279.0	266.8
沖縄・奄美	那覇	23.1	25.7	20.8	96.0	0.0	2040.8	243.1

出所) 気象庁ホームページ (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>)

(出典: 報道発表資料平成26年6月6日環境省日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について(お知らせ)別添資料)