

2.2 農業生産基盤

2.2.1.1 農業用水

① 気候変動が広域水田灌漑に及ぼす影響の全国マップとその不確実性【委員ご提供情報】

1. 執筆者(公表年)	工藤亮治、吉田武郎、堀川直紀、増本隆夫、名和規夫(2016)
2. 掲載紙	応用水文 No.28 「論文編」 Applied Hydrology
3. 対象品目	農業水利用(河川流量)、水利施設管理(河川流量)
4. 対象地域	全国
5. 予測手法の概要	予測期間: 2081年-2100年
	空間解像度: 5km メッシュ(逆距離内挿法によるダウンスケーリング、CDF マッピング法によるバイアス補正、Gumbel 分布による極値補正)
	気候モデル: MIROC5、CSIRO-Mk3-6-0、HadGEM2-ES、CNRM-CM5、MRI-CGCM
	排出シナリオ: RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5
	適応策の検討: なし
予測手法: 水循環モデルによる評価	

影響評価マップの作成手順を図 67 に示す。マップ作成方法は GCM による気候変動実験結果を気候シナリオとして用い、空間詳細化、バイアス補正などを施して評価モデルである水循環モデル⁸⁰へ入力し、現在気候下、気候変動下それぞれの出力を比較することで影響を吟味する。

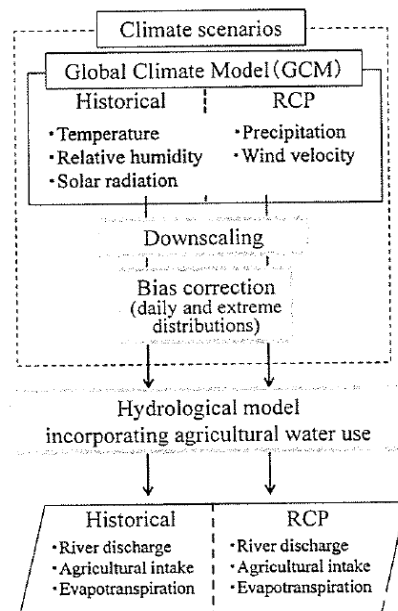


図 67. 影響評価マップの作成手順

⁸⁰ 水循環モデルとは、複数のサブモデル(積雪融雪モデル、基準蒸発散量モデル、水田水利用モデル、流出モデル)が相互作用することで水田における水利用を考慮した水循環を解析するモデルである。

水循環モデルに入力するために GCM の結果から収集した要素は、日最高/最低/平均気温、日平均比湿、日平均風速、日積算日射量、および日降水量である。一部の GCM では日射量が出力されていないため、気温の日較差（日最低気温と日最高気温の差）から日射量を推定した。

農業水利用及び水利施設管理への影響は、水利用、洪水の 2 つの観点から行う。水利用の評価指標は、それぞれの期間の半旬（5 日）平均流量（以下 Q_{mv} ）の 10 年確率値。洪水の評価指標は施設設計等の基準となる 10 年確率を目安とし、10 年確率日流量とした。

6. 影響の概要

影響評価マップの例として、RCP4.5 における代かき期の 10 年確率 Q_{mv} の変化を図 68 に示す。全ての GCM で東北、北陸地方の 10 年確率 Q_{mv} が減少する傾向が見られ、シナリオ間の変化傾向の整合性も高い。一方で、中四国、九州などの西日本では GCM によって増加するもの、減少するものが混在しており傾向の整合性が低い、言い換えれば評価の不確実性が多い。

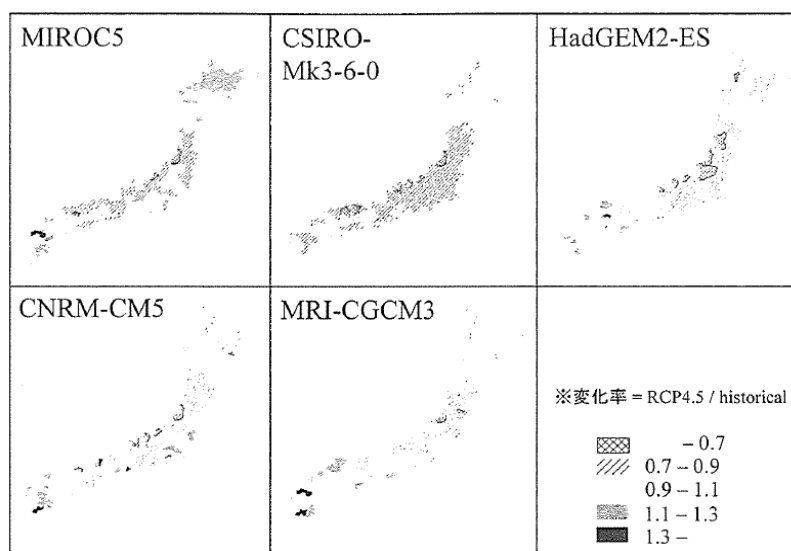


図 68. 農業水利用に対する気候変動影響評価マップの例（代かき期 10 年確率半旬平均流量）
※アンサンブルメンバーを有する GCM ではアンサンブル平均のマップを示している。

代かき期の北日本（東北、北陸）で 10 年確率半旬平均流量が大きく減少し、気候変動（特に気温変化）に対して脆弱であることが示された。また、同じ北日本でも気温がさらに低い北海道では同指標に大きな変化が見られなかったことから、RCP4.5 程度の昇温（北海道ではおよそ 3℃程度）では水資源的にはほとんど影響がないことが示された。以上の結果は、各シナリオでその傾向も整合的であり評価指標のばらつきも小さいことから信頼性は比較的高いと考えられる。

各評価指標のばらつきを地域ごとに検討した結果、西日本（特に中四国と九州）では代かき期（図 69 上段）、出穂期（図 69 中段）いずれにおいても 10 年確率半旬平均流量の評価の不確実性が大きくなった。西日本のこれらの時期は降水量の変動が大きく、河川流量

の年変動も大きい時期と考えられる。

また、洪水に関連する指標として用いた 10 年確率日流量は GCM 間やアンサンブルメンバー間でばらつきが非常に大きく変化率の定量的な評価は困難であった (図 69 下段)。ただし、傾向の整合性は高く、北海道では増加傾向が強くなることが示された。

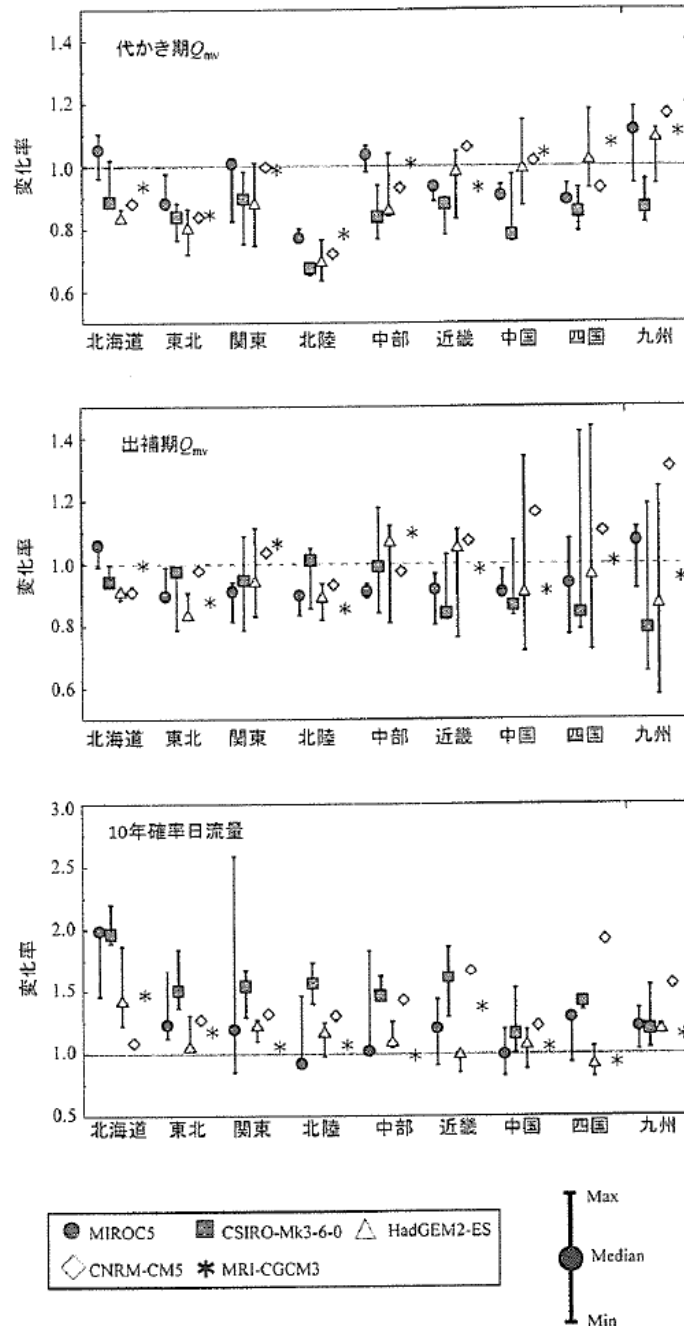


図 69. 評価指標による不確実性の差

※ Q_{mv} : 半旬平均流量

※地域区分は、評価結果を流域単位で結果を整理しているため、河川管理上の地域区分としている。

※各 GCM のアンサンブルメンバーのばらつきをエラーバーで示している。

② Nationwide assessment of the impact of climate change on agricultural water resources in Japan using multiple emission scenarios in CMIP5 【委員ご提供情報】

1. 執筆者(公表年)	Ryoji Kudo, Takeo Yoshida and Takao Masumoto (2017年)
2. 掲載紙	Hydrological Research Letters 11(1), 31-36
3. 対象品目	農業用水(河川流量)、水利施設管理(河川流量)
4. 対象地域	全国
5. 予測手法の概要	予測期間: 2081-2100年
	空間解像度: 5kmメッシュ(逆距離内挿法によるダウンスケーリング、CDFマッピング法によるバイアス補正、Gumbel分布による極値補正)
	気候モデル: MIROC5、CSIRO-Mk3-6-0、HadGEM2-ES、CNRM-CM5、MRI-CGCM3、
	排出シナリオ: RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5
	適応策の検討: なし
予測手法: 水循環モデル(DWCM-AgWU) ⁸¹ による評価	

工藤ら(2016)⁸²と同様の手法である。工藤ら(2016)では主にRCP4.5を対象としているが、本文献ではRCP2.6、RCP4.5、RCP8.5について予測し、結果の比較を実施している。

影響評価マップの作成手順を図8に示す。GCMによる気候変動実験結果を気候シナリオとして用い、空間詳細化、バイアス補正などを施して評価モデルである水循環モデルへ入力し、現在気候下、気候変動下それぞれの出力を比較することで影響を吟味する。

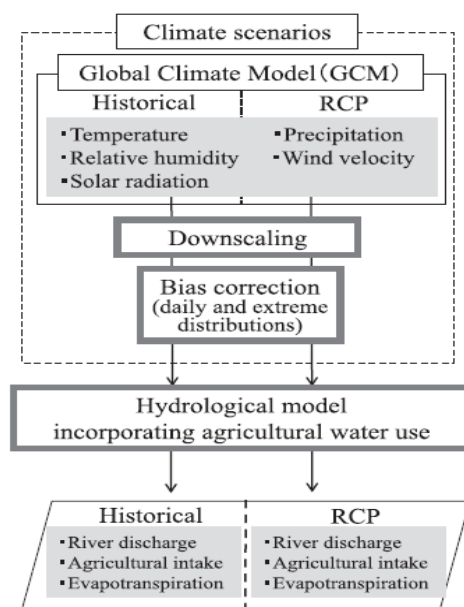


図 70. 影響評価マップの作成手順

⁸¹ 水循環モデルとは、複数のサブモデル(積雪融雪モデル、基準蒸発散量モデル、水田水利用モデル、流出モデル)が相互作用することで水田における水利用を考慮した水循環を解析するモデルである。

⁸² 工藤亮治ほか(2016): 気候変動が広域水田灌漑に及ぼす影響の全国マップとその不確実性、応用水文 No.28 「論文編」 Applied Hydrology

水循環モデルに入力するために GCM の結果から収集した要素は、日最高/最低/平均気温、日平均比湿、日平均風速、日積算日射量、および日降水量である。一部の GCM では日射量が出力されていないため、気温の日較差（日最低気温と日最高気温の差）から日射量を推定した。

農業水利用及び水利施設管理への影響は、水利用、洪水の 2 つの観点から行う。水利用の評価指標は、それぞれの期間の半旬（5 日）平均流量の 10 年確率値。洪水の評価指標は施設設計等の基準となる 10 年確率を目安とし、10 年確率日流量とした。

6. 影響の概要

影響評価マップの一例として、代かき期の 10 年確率半旬平均流量を図 9、図 10 に示す。図 9.では、北日本では、北海道を除いて放射強制力が高いほど半旬平均流量は大幅に減少することが予測された。また、特に北陸地方と東北地方では RCP2.6 の下でも減少傾向を示しているため、気候変化の影響を受けやすいことが明らかになった。

図 10 は結果の不確実性の地域特性を示している。北日本（東北および北陸）ではすべての排出シナリオの下で一貫した減少傾向がある。一方で西日本（特に九州）は変化率 1.0 の変化率の線を跨ぐ分布となっており、将来の不確実性が大きくなることが示された。

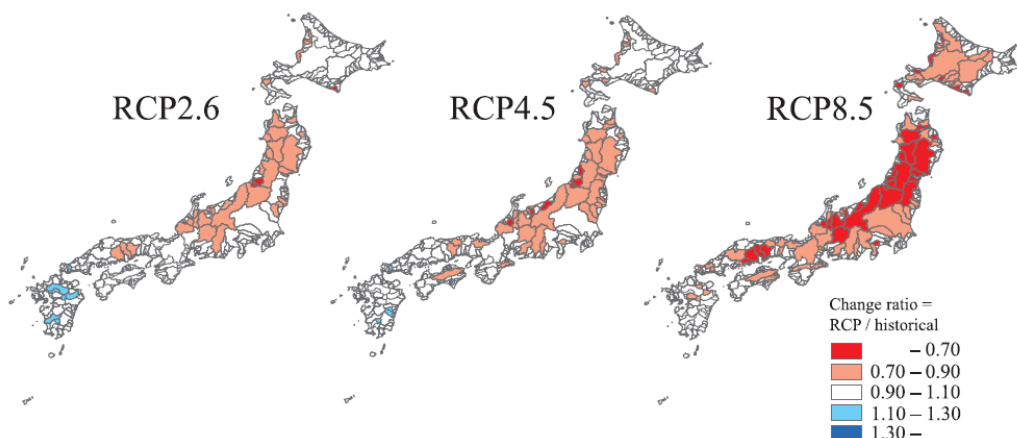


図 71. 農業水利用に対する気候変動影響評価マップの例

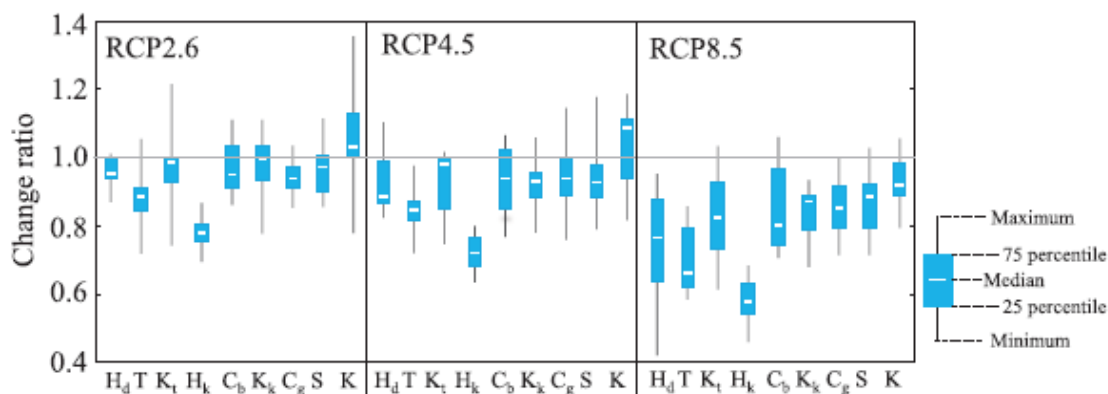


図 72. 10 年確率代かき期半旬平均流量の不確実性の差（地域別、11 気候シナリオの幅）

Hd: 北海道、T: 東北、Kt: 関東、Hk: 北陸、Cb: 中部、Kk: 近畿、Cg: 中国、S: 四国、K: 九州

2.2.1.2 ため池

① 将来の気候変動がため池に及ぼす影響予測の事例報告【委員ご提供情報】

1. 執筆者（公表年）	佐藤俊典（2015年）
2. 掲載紙	農業農村工学会誌（水土の知）、82(9)、3-6
3. 対象品目	ため池（被災指標値、管理指標値、被災率）
4. 対象地域	全国
5. 予測手法の概要	予測期間：21世紀半ば（2041-2060年）、21世紀末（2081-2100年）
	空間解像度：地域（全国を154地域に分割）
	気候モデル：MRI-CGCM3、MIROC5
	排出シナリオ：RCP2.6、RCP8.5
	適応策の検討：なし ⁸³
予測手法：ため池の災害や管理に関する影響を3つの指標で表現。	

予測期間における5～10月の降雨データを対象に計算を行った。ため池の災害や管理に関する影響を3つの指標（被災指標値、管理指標値、被災率）で表現し、154地域ごとに「現在」に対する「21世紀半ば」「21世紀末」時点の値の増減を将来のリスクの増減と読み替えて整理した。なお「被災指標値」は全国一律での視点、「管理指標値」は現在の地域ごとの気象条件の違いを加味した視点、「被災率」は地域ごとのため池の特徴や将来の気象条件の変化も加味した視点を持つ（表22）。

表 22. 影響予測指標の概要

指標	概要	基準雨量	算定値
被災指標値	・ 過去のため池災害と降雨量との関係を参考にした、ため池災害が発生する可能性のある日降雨量。流域比ごとに3つの指標を設定。	・ 全国共通 ・ 100 mm/d（流域比：100～200） ・ 150 mm/d（流域比：50～100） ・ 180 mm/d（流域比：0～50）	・ 各基準雨量の超過日数（計算期間20年間の総数） ・ 予測地域ごと、予測時期ごとに算定
管理指標値	・ ため池管理者へのアンケート調査などを参考に設定した、管理行動（巡視、事前排水、導水停止、土のう設置など）の契機となる降雨量。	・ 予測地域ごとに現在の気象庁基準（1時間雨量または3時間雨量）で設定 ・ 大雨注意報基準雨量 ・ 大雨警報基準雨量	・ 各基準雨量の超過日数（計算期間20年間の総数） ・ 予測地域ごと、予測時期ごとに算定
被災率	・ 表計算ソフトで作成した簡易な解析モデルで基準雨量に対するため池の水位応答を計算し、モデル上の設計洪水位を超える場合を「被災」と定義。 ・ 解析モデルでは、ため池諸元（貯水量、面積、流域比、洪水吐規模、初期水位など）をそれぞれ3～5段階の条件として設定し、これらの条件の組合せにより各地域のさまざまなため池を模擬的に再現して計算。	・ 予測地域ごとに予測時期ごとの以下の確率降雨（日雨量）を気候モデル・シナリオごとに算定 ・ 20年確率降雨 ・ 50年確率降雨 ・ 100年確率降雨 ・ これらの確率降雨を時間単位降雨量（中央集中型降雨波形）に変換して解析モデルに入力	・ 解析モデル上のすべての計算条件の組合せに対する、設計洪水位を超える条件の組合せの割合 ・ 予測地域ごと、予測時期ごとに算定

6. 影響の概要

【概要】

3つの指標の全国154地域全体の結果について、現在よりも将来リスクが高まる地域数で整理した結果を表23に示す。リスクの高まる地域の変化は、指標値ごとの違いよりも全体的には気候モデルとシナリオの組み合わせによって、その傾向が決まっているように見える。

表 23. 影響予測結果 現在よりリスクが高まる地域数一覧

⁸³ 定性的な記載に留まる。

予測時点		21 半				21 末			
温暖化シナリオ		2.6		8.5		2.6		8.5	
気候モデル		MI3	MC5	MI3	MC5	MI3	MC5	MI3	MC5
被災指 標値	100 mm	41	115	113	95	114	107	133	126
	150 mm	29	75	74	58	77	59	102	96
	180 mm	21	41	53	44	51	33	88	66
管理指 標値	注意報基準	42	116	123	89	126	111	136	124
	警報基準	34	51	72	54	82	43	108	86
被災率	20 年確率	46	96	96	101	96	95	142	135
	50 年確率	46	112	93	109	95	101	139	135
	100 年確率	47	108	92	107	94	97	135	133

【被災指標値】

結果の事例として、指標値 100mm と 180mm の将来リスクが高まる地域数割合を図 73～図 76 に示す。全国的には同じ指標値では、RCP2.6 (2.6) よりも RCP8.5 (8.5) の方が、リスクが高くなるケースが多くなった。

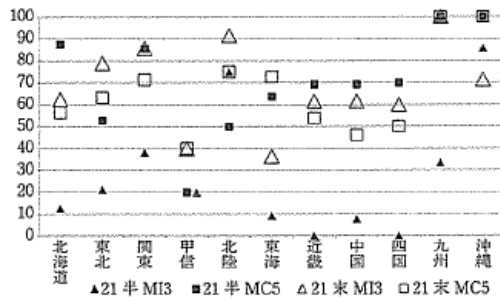


図 73. 将来リスクが高まる地域割合 (%)
(100mm : 2.6)

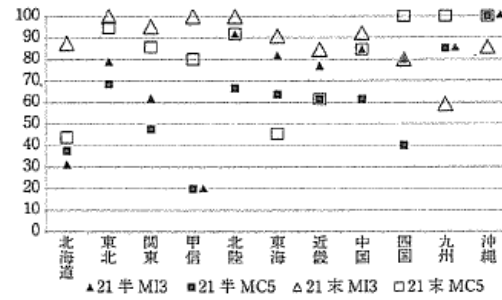


図 74. 将来リスクが高まる地域割合 (%)
(100mm : 8.5)

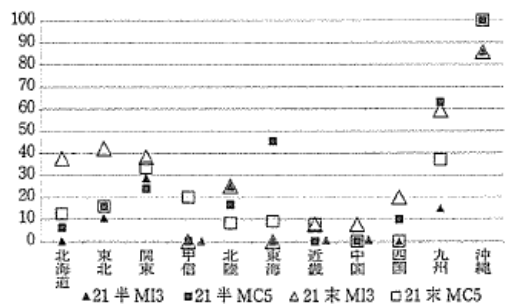


図 75. 将来リスクが高まる地域割合 (%)
(180mm : 2.6)

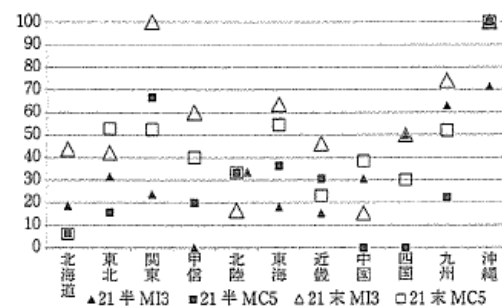


図 76. 将来リスクが高まる地域割合 (%)
(180mm : 8.6)

2.6 : RCP2.6、8.5 : RCP8.5、21 半 : 21 世紀半ば、21 末 : 21 世紀末、MC5 : MIROC5、MI3 : MRI-CGCM3

【管理指標値】

結果の事例として、注意報基準、警報基準それぞれの将来リスクが高まる地域数割合を図 77～図 80 に示す。全体的には注意報基準と警報基準で同様の傾向が見られたが、基準値が低い注意報基準の方がリスクより高い傾向であり、21 世紀末には、ほとんどの地方でリスクが高

まる地域数の割合が5割を超えた。

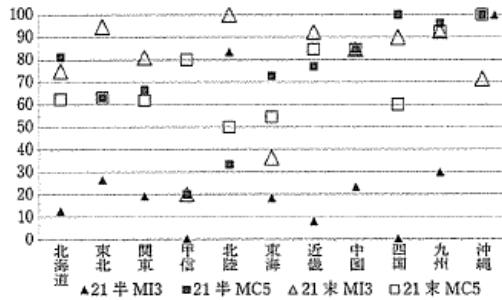


図 77.将来リスクが高まる地域割合 (%)
(注意報基準：2.6)

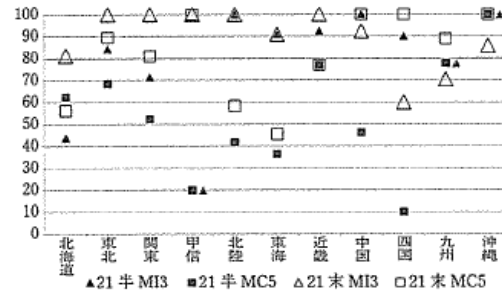


図 78.将来リスクが高まる地域割合 (%)
(注意報基準：8.5)

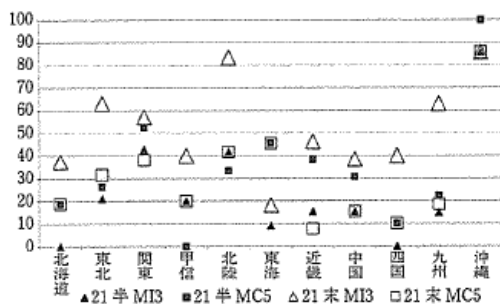


図 79.将来リスクが高まる地域割合 (%)
(警報基準：2.6)

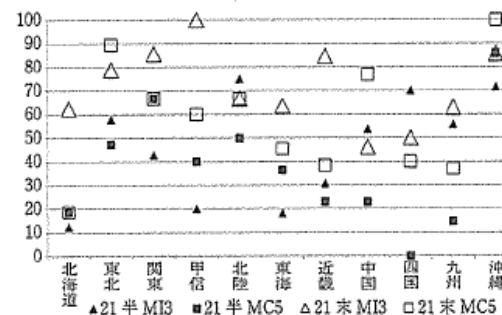


図 80.将来リスクが高まる地域割合 (%)
(警報基準：8.6)

2.6：RCP2.6、8.5：RCP8.5、21半：21世紀半ば、21末：21世紀末、MC5：MIROC5、MI3：MRI-CGCM3

【被災率】

結果の事例として、50年確率降雨量での将来リスクが高まる地域割合を図81、図82に示す。全般的な傾向として、各地方ごとのリスクは、MRI-CGCM3では21世紀半ばよりも21世紀末の方が一層高くなる。一方でMIROC5では、地方によって21世紀半ばと21世紀末のリスクの大小が異なった。

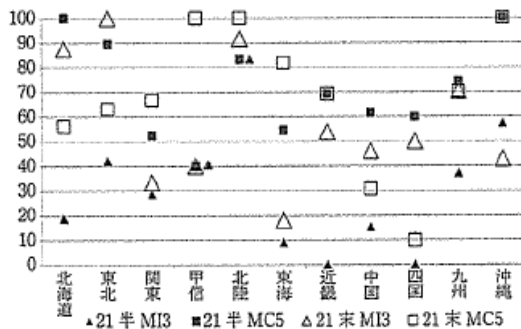


図 81.将来リスクが高まる地域割合 (%)
(50年確率：2.6)

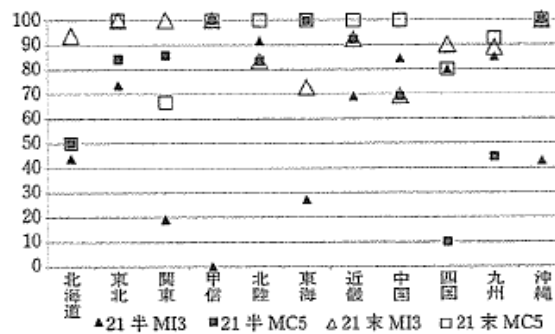


図 82. 将来リスクが高まる地域割合 (%)
(50年確率：8.5)

2.6：RCP2.6、8.5：RCP8.5、21半：21世紀半ば、21末：21世紀末、MC5：MIROC5、MI3：MRI-CGCM3