

3. 気候変動がため池に及ぼす影響に対する中長期的な適応策を検討するための参考情報

2章で示しましたように、大雨注意報発表回数やため池の設定洪水位超過可能性の増加など、気候変動による降水変化がため池の防災面に及ぼす影響は21世紀末に向けて拡大することが予測されました。

気候変動の影響は長期にわたって継続するため（図17）、今後30～100年先を対象とした「中長期的」²な適応策を検討し、継続的に取り組んでいくことが重要です。その際、科学技術的な側面のみならず、社会的な側面（農業従事者数の変化、ため池の農業用水需要の変化、農業生産基盤全体の老朽化等）も考慮することが重要です。

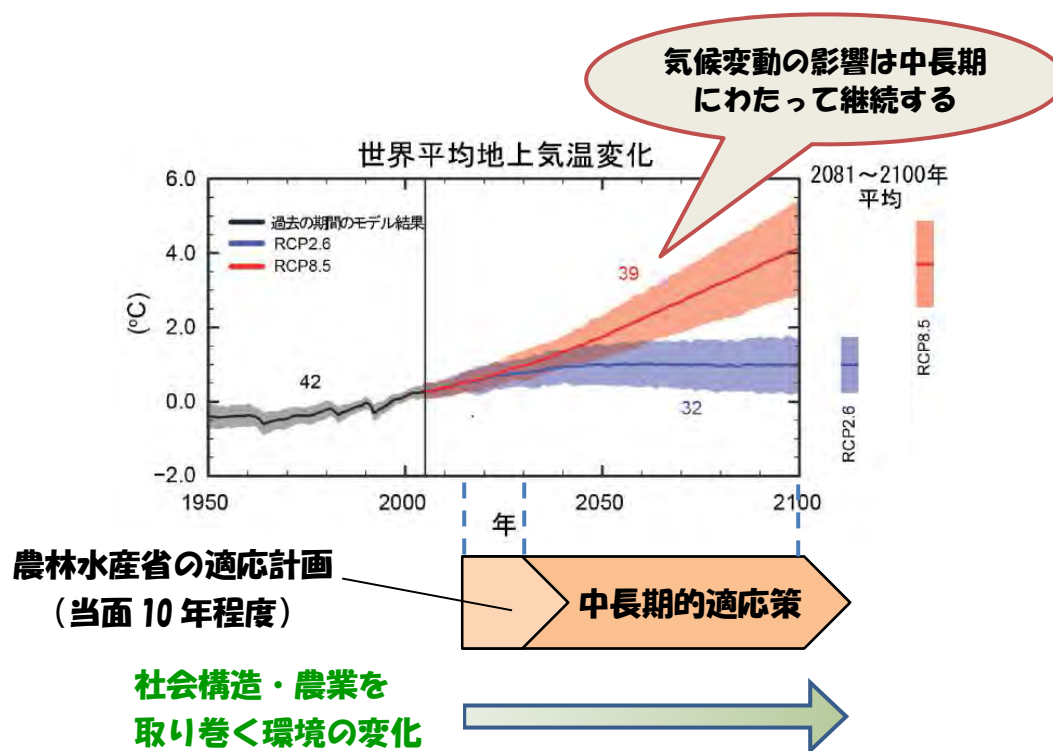


図17 中長期的な適応策のイメージ

² 気候変動枠組条約の温室効果ガス削減目標を達成していく上で2030～2050年を「中期目標」、2100年以降を「長期目標」と設定している。（環境省 気候変動問題に関する国際的な戦略について；<http://www.env.go.jp/council/06earth/r064-01/>）

3.1 農林水産省の農業生産基盤分野における気候変動への対応

- ・農林水産省では気候変動適応計画を2015年8月に策定
- ・湛水等の対策として、ハード・ソフト対策の適切な組合せによる、農村地域の防災・減災機能の維持向上に取り組む

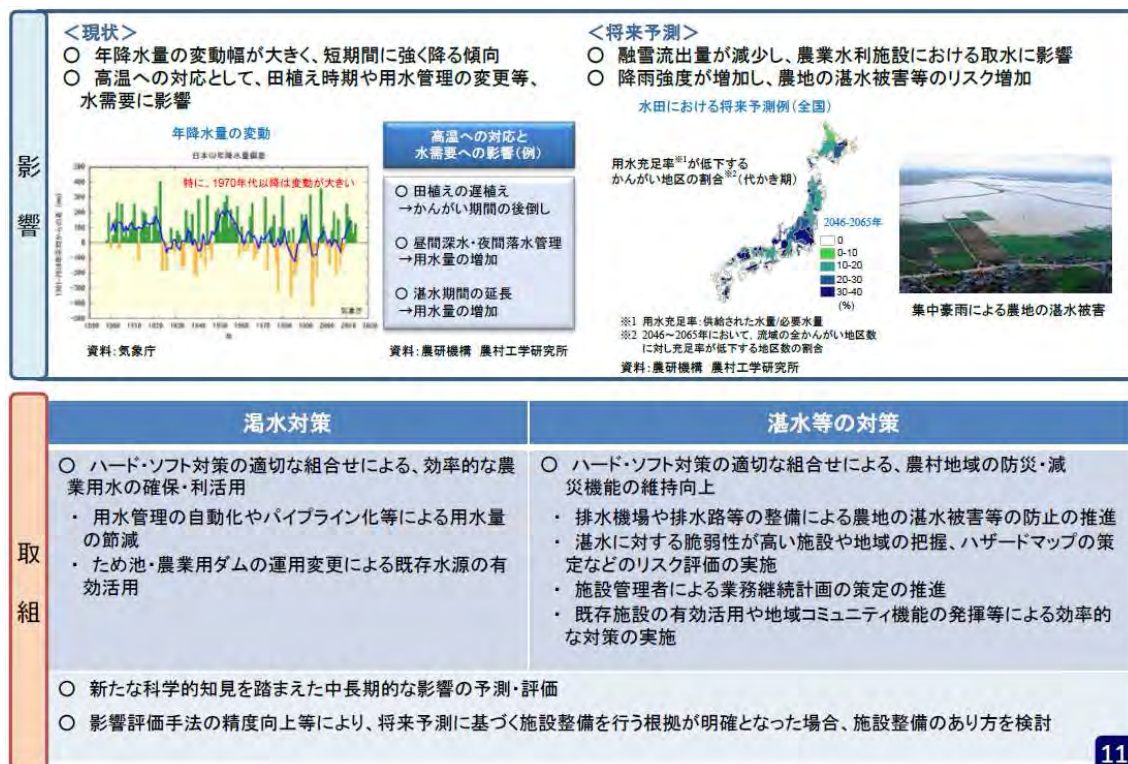


図 18 農林水産省気候変動適応計画（農業生産基盤分野）の概要

(出典：農林水産省 HP <http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/kankyo/pdf/150806-03.pdf>)

近年、観測記録を塗り替える高温、豪雨等による大きな災害が我が国の農村の生産や生活の基盤を揺るがしかねない状況となっています。このため農林水産省では2015年8月に気候変動適応計画を策定しました。その中で、農業生産基盤分野で今後必要となる取り組みについて整理しています。

集中豪雨の増加等に対応するため、排水機場や排水路等の整備により農地の湛水被害等の防止を推進するとともに、湛水に対する脆弱性が高い施設や地域の把握、ハザードマップ策定などのリスク評価の実施など、ハード・ソフト対策を適切に組み合わせ、農村地域の防災・減災機能の維持・向上を図ることとされています(図 18)。ため池についても、本計画に沿って取組を進めていくこととなっております。

なお、気候変動影響評価結果は、科学技術の進歩等により今後も更新されていくため、その都度適応計画も見直すことが必要とされています。

3.2 気候変動がため池に及ぼす影響予測と留意点

■ため池への間接的な影響（大雨注意報発表回数の変化）

- ・ 気候変動により、全国 154 地域のうち 8 割以上の地域において、現在から 21 世紀末にかけて大雨注意報発表（ため池管理行動開始の一つの目安）レベルの短時間大雨の発生回数が増加する。

■ため池への直接的な影響（設定洪水水位超過可能性の変化）

- ・ ため池簡易解析モデルを用いて流域の降水量変化により洪水水位を超過する可能性（ため池貯水が越流する可能性）について影響予測をした結果、将来 RCP8.5 シナリオで推移した場合、全国の約半数の地域において現在～21 世紀末にかけて越流可能性が高まる

気候モデルの降水量予測結果を基に、大雨注意報発表回数およびため池簡易解析モデルによる設定洪水水位超過可能性の 2 つの評価指標から降水変化がため池に及ぼす影響予測を行いました。

ため池の保全・管理等の取組において中長期的な（30～100 年程度先の）気候変化に対応できるよう、予測結果を参考に適応策の検討を行っていくことが重要です。ただし、影響予測結果の利用にあたっては下記の点に留意が必要です。

●「大雨注意報発表回数」の分析結果利用にあたっての留意点

- ・ 気候モデルの予測精度は不確実性を伴い、気候モデルの特性や気候変動シナリオによっても予測結果に大きな差が生じる

●「設定洪水水位超過可能性」の分析結果利用にあたっての留意点

- ・ 気候モデルの予測精度は不確実性を伴い、気候モデルの特性や気候変動シナリオによってもため池水位の予測結果についても大きな差が生じる
- ・ 本資料で掲載している洪水水位超過可能性の変化は、代表的な諸元のため池（1 パターン）で計算されたものであり、各地域におけるため池と規模や流域比等の条件が異なるので、個々のため池での影響を正確に示したものではない
- ・ 水位計算に用いたため池簡易解析モデルは現実のため池を簡略化してモデルとしているため、水位計算結果については、実在のため池における大雨時の水位の挙動を正確に再現したものとはなっていない

3.3 気候変動がため池に及ぼす影響への中長期的な適応策の検討

3.3.1 中長期的な適応策の検討

2章で整理しましたように、今後21世紀末にかけての気候変動に伴う降水変化によりため池の管理行動やため池本体に及ぼす影響が顕著となる可能性が示されました。

このことから、中長期的（30～100年程度先）には、ため池の保全・管理等において現在取り組んでいる事項に加え、追加の対応について検討していくことが重要と考えられます。具体的事項については、予測結果を踏まえ何をしていくべきか関係者間で検討、整理をしていくこととなりますが、行政とため池管理者、地域の関係者等が広く連携しながら継続的に検討していくことが必要となります。

また、気候変動の影響や予測に関する情報は適宜更新され、各省庁などのホームページ上でも閲覧することができるため、検討に必要な情報についてこまめに確認していくことも大事です。適応策検討に役立つ情報（現時点で国の機関で整理されているもの）を表4に示します。

表4 中長期的適応策の検討に役立つ情報（インターネット）

提供元	情報の内容	ホームページアドレス
気象庁	地球温暖化予測情報 －気温・降水量等の長期変動傾向および予測	http://www.jma.go.jp/jma/index.html
農林水産省	農林水産省の気候変動適応計画 －農業・林業・水産業分野にわたる適応計画	http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/kanryo/150806.html
	ため池ポータルサイト －ため池の安全対策等	http://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/
国土交通省	国土交通省の気候変動適応計画 －自然災害分野、水資源・水環境分野、国民生活・都市生活分野等における適応計画	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_fr_000130.html
	国土交通省における地球温暖化対策 －自然災害分野、水資源・水環境分野、国民生活・都市生活分野等における温暖化対策	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000006.html
	総合水資源管理について －上流から下流まで流域単位における気候変動リスクへの対応	http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/tochimizushigen_mizsei_tk1_000022.html
	水関連災害分野における地球温暖化に伴う気候変動への適応策 －様々な水災害を軽減するための適応策	http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/kikouhendou/index.html
環境省 （内閣官房）	気候変動の影響への適応計画 －様々な分野における影響や適応計画	http://www.env.go.jp/earth/tekiou.html

3.3.2 中長期的な適応策検討に取り組む際の留意点

■個々のため池において中長期的な適応策の検討に取り組む際、以下の点に留意する必要があります。

- ・ 気候変動の影響は既に顕在化している
- ・ 気候変動の予測結果は不確実性を伴い、予測に使用する気候モデルによっても異なる
- ・ 気候変動の予測結果が同じ（例えば同量の降水量）でも、ため池は個々に条件が異なるため受ける影響については違いが生じる
- ・ 調査研究等の進展により、気候変動の予測結果は更新される
- ・ 以上のような状況はあるものの、現在の段階から継続的に検討を進めていくことが重要である

2章で整理した気候変動とその影響は、地域ごとに全体的な傾向を示したものであり、個々のため池で適応策に取り組むためには、それぞれの地域に応じた工夫を施す必要があります。表 5 にいくつか留意点を例示します。

留意点の中でも特に「気候変動の予測結果が更新されることがある」という内容については、「気候変動の予測結果がいずれ変わるのなら、その時に適応策の検討を始めればいいのか？」ということではありません。今の段階から気候変動の影響に対する認識を深め、検討を進めていくことが重要です。

将来気候モデルの改良が進めば、計算格子間隔が細くなる等、大雨の再現性は改善されると思われますが、詳細な予測精度が大きく改善されるものではありません。また、気候変動シナリオについても、これまでの検討状況を見る限り、向こう 10 年程度は現在のシナリオが踏襲されるものと思われます。10 年後に予測精度の飛躍的な向上を見込むことも難しいため、まずは取組可能な適応策から検討、実施していくことが望ましいと考えられます。

表 5 中長期的な適応策を検討する際の留意点

留意点	備 考
気候変動の影響は既に顕在化している	・ 既に現れている影響については、現時点で対策を検討する必要があります。
気候変動の予測結果が同じでも、個々のため池に及ぶ影響は異なる	・ 個々のため池の諸元（満水面積、流域面積、貯水量等）や洪水吐の条件は様々であり、同じ量の雨が流域に降ったとしても、ため池が受ける影響は異なります。
気候変動の予測結果が更新される	・ 調査研究が進展すれば、気候モデルの精度が向上し、計算条件（温暖化物質の排出シナリオ）が変わることも想定されるため、予測結果が更新されます。

＝ 参 考 資 料 ＝

（１）気候モデル MIROC5 を用いた場合の大雨注意報発表回数の将来変化

東京大学等が開発した気候モデル MIROC5 を用いた場合の大雨注意報発表回数の将来変化を参考資料の図 19～図 21（p.26～p.28）に示します。図 11～図 13（p.11～p.13）の MRI-CGCM3 を用いた場合の結果と比較すると、以下のように気候モデルの違いで発表回数の変化傾向が異なることが分かります。

- ・北日本：RCP2.6 シナリオでは MRI-CGCM3 に比べて今世紀半ばの変化率は大きく、今世紀末には小さい。RCP8.5 シナリオでは今世紀半ば・末ともに小さい。
- ・中日本：RCP2.6 シナリオでは今世紀半ばの変化率は大きく、今世紀末には小さい。RCP8.5 シナリオでは今世紀半ば・末ともに小さい。
- ・西日本：RCP2.6 シナリオでは今世紀半ばの変化率は大きく、今世紀末は同程度。RCP8.5 シナリオでは今世紀半ばの変化率は小さく、今世紀末は大きい。

（２）ため池簡易解析モデルの概要および設定洪水水位超過可能性の算出方法

ため池簡易解析モデルの概要や影響評価指標（設定洪水水位超過可能性）の算出方法、影響評価の際の計算条件について記載しています（p.29～p.31）。

（３）規模の異なるため池における設定洪水水位超過可能性の将来変化

本編で影響評価に用いたため池（貯水量：10,000 m³）よりも貯水量規模が小さい（ため池諸元は下記参照）ため池で影響評価を行った例を図 23～図 25（p.32～p.34）に示します。図 14～図 16（p.16～p.18）の計算結果と比較すると、以下のように規模の違いによって変化率が若干異なることが分かります。

貯水量[m ³]	満水面積[m ²]	流域比
2,000	500	15

- ・北日本：RCP2.6 シナリオでは今世紀半ば・末ともに貯水量 10,000 m³ の場合とほぼ同程度。RCP8.5 シナリオでは今世紀半ば・末ともにやや小さい。
- ・中日本：RCP2.6 シナリオでは今世紀半ば・末ともにほぼ同程度。RCP8.5 シナリオでは今世紀半ばはほぼ同程度であり、今世紀末では若干大きい。
- ・西日本：RCP2.6 シナリオでは今世紀半ば・末ともにほぼ同程度。RCP8.5 シナリオでは今世紀半ば・末ともに若干大きい。

(1) 気候モデル MIROC5 を用いた場合の大雨注意報発表回数の将来変化

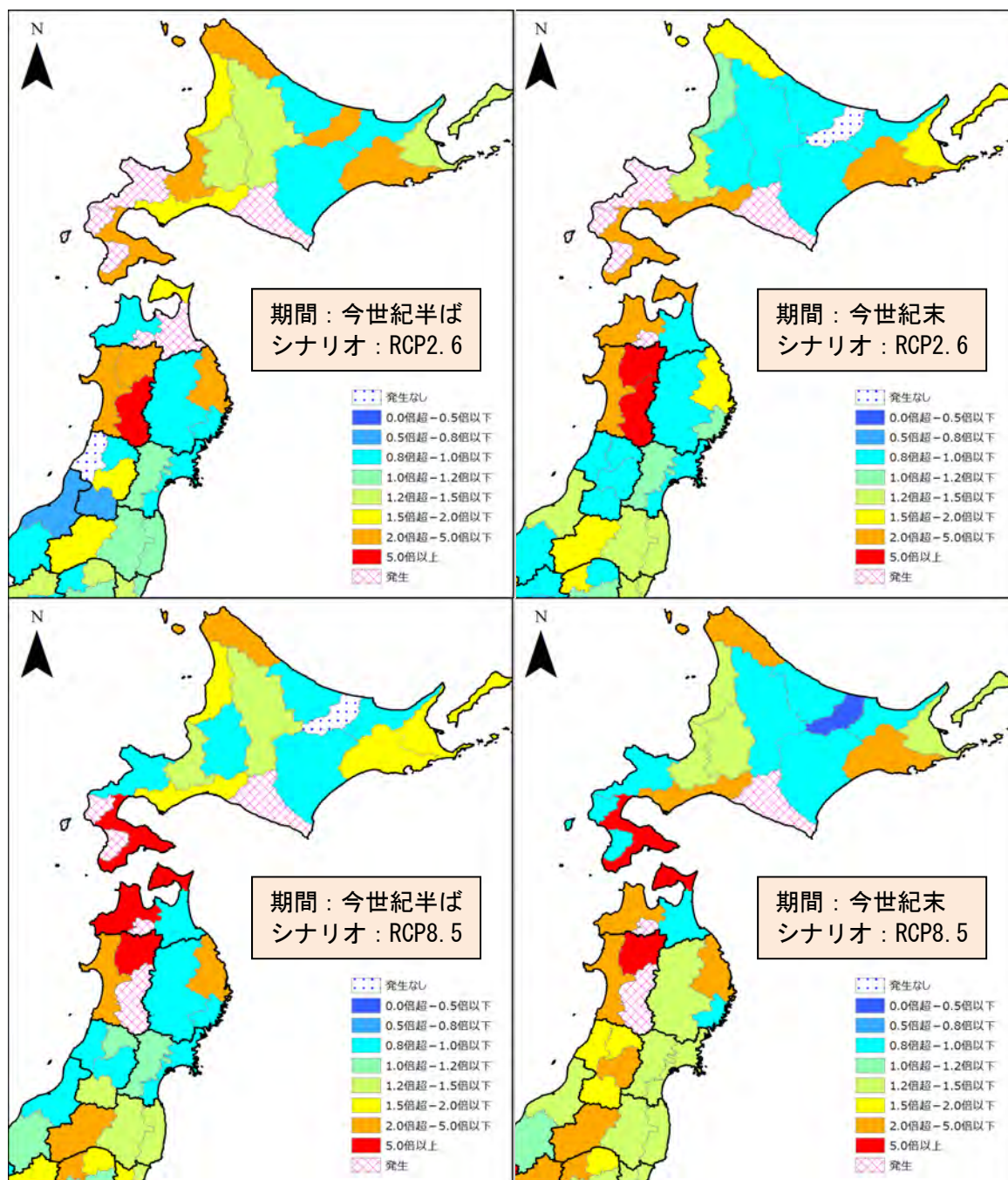


図 19 大雨注意報発表回数の将来変化 (MIROC5・北日本)

MRI-CGCM3 (図 11) と比較すると、変化率は RCP2.6 (今世紀半ば) では大きくなり、RCP2.6 (今世紀末) と RCP8.5 (今世紀半ば・末) では小さくなる。

※変化率が 1.0 より大きい：現在に比べ注意報発表回数が増加、1.0 未満：現在より減少

※「発生」：注意報発表回数が現在気候では 0 回で、将来 (今世紀半ば・今世紀末) 1 回以上発生
→注意報発表回数が現在気候、将来ともに 0 回の場合は、変化率 1.0 倍 (変化なし) として整理

※「発生なし」：注意報発表回数が現在気候では 1 回以上あったが、将来 0 回に変化

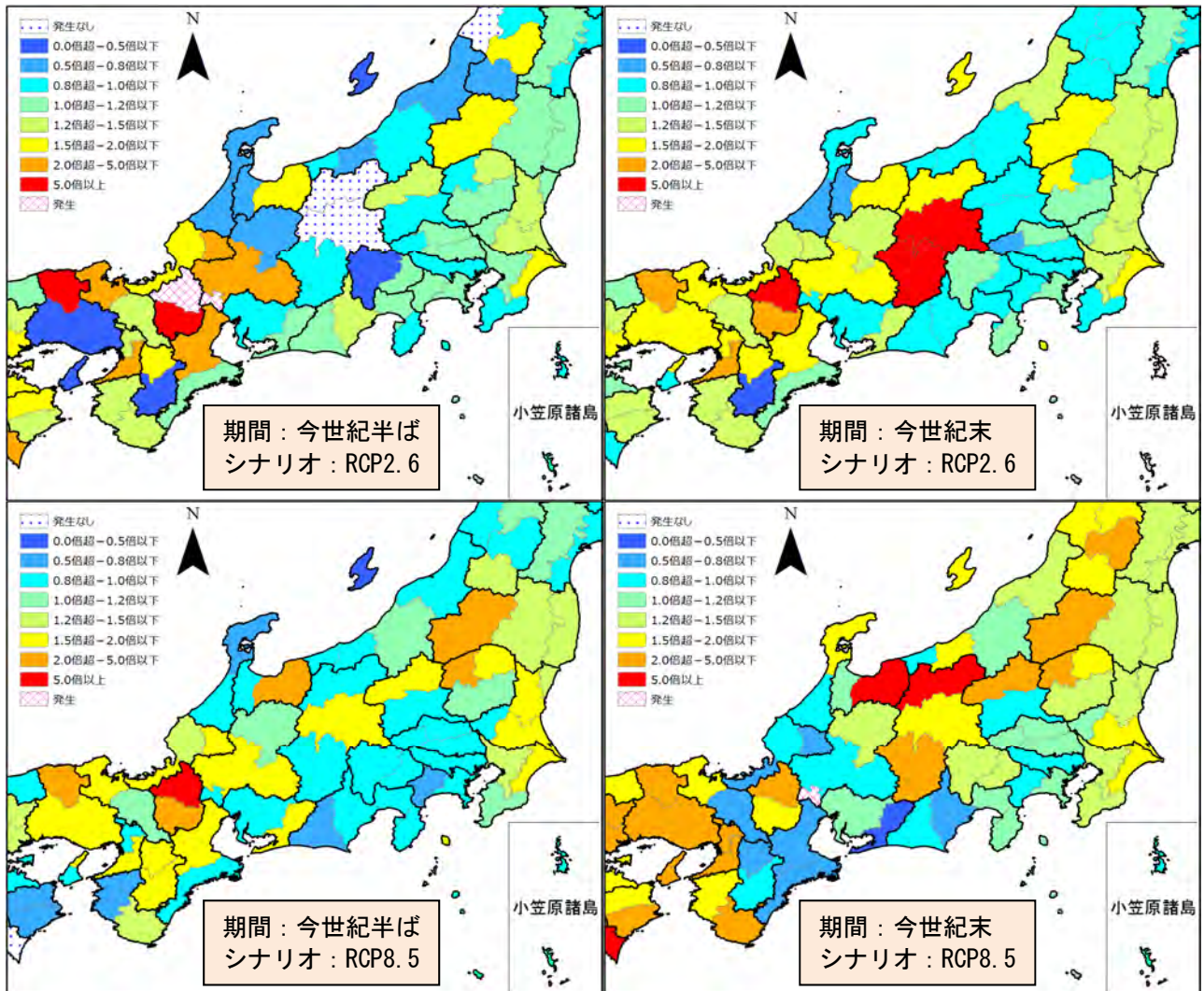


図 20 大雨注意報発表回数の将来変化 (MIROC5・中日本)

MRI-CGCM3 (図 12) と比較すると、変化率は RCP2.6 (今世紀半ば) では大きくなり、RCP2.6 (今世紀末) と RCP8.5 (今世紀半ば・末) では小さくなる。

※2 種類の気候変動シナリオ (RCP2.6、8.5) による降水量予測結果を基に、現在気候に対する将来 (今世紀半ば、今世紀末) の大雨注意報発表回数の増加割合を地域区分毎に算出

※現在気候：1981-2000 年、今世紀半ば：2041-2060 年、今世紀末：2081-2100 年

※変化率が 1.0 より大きい：現在に比べ注意報発表回数が増加、1.0 未満：現在より減少

※「発生」：注意報発表回数が現在気候では 0 回で、将来 (今世紀半ば・今世紀末) 1 回以上発生
→注意報発表回数が現在気候、将来ともに 0 回の場合は、変化率 1.0 倍 (変化なし) として整理

※「発生なし」：注意報発表回数が現在気候では 1 回以上あったが、将来 0 回に減少

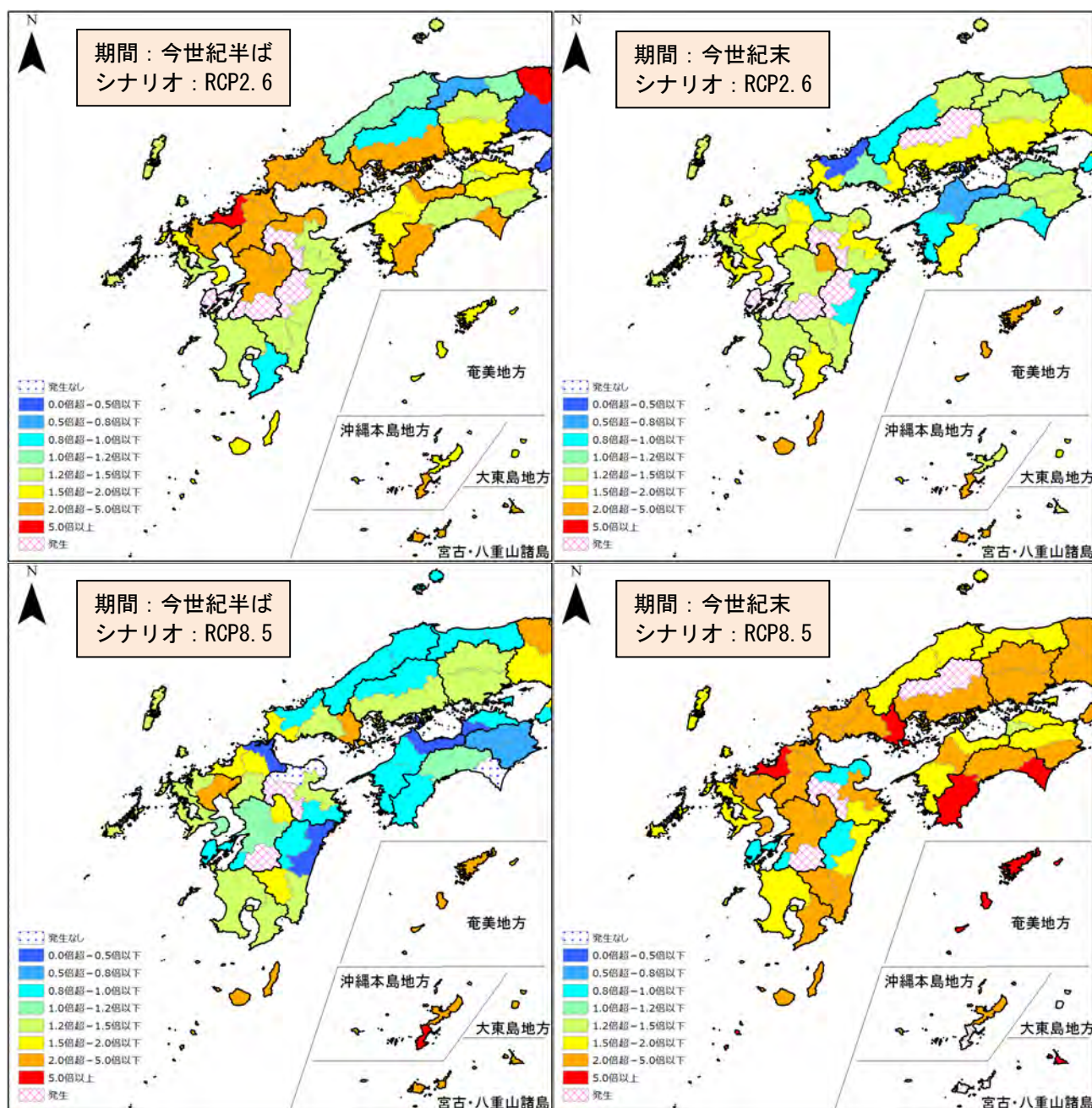


図 21 大雨注意報発表回数の将来変化 (MIROC5・西日本)

MRI-CGCM3 (図 13) と比較して、RCP2.6 では今世紀半ばの変化率は大きく、今世紀末はほぼ同程度。RCP8.5 では今世紀半ばの変化率は小さく、今世紀末は大きい。

- ※2 種類の気候変動シナリオ (RCP2.6、8.5) による降水量予測結果を基に、現在気候に対する将来 (今世紀半ば、今世紀末) の大雨注意報発表回数の増加割合を地域区分毎に算出
- ※現在気候：1981-2000 年、今世紀半ば：2041-2060 年、今世紀末：2081-2100 年
- ※変化率が 1.0 より大きい：現在に比べ注意報発表回数が増加、1.0 未満：現在より減少
- ※「発生」：注意報発表回数が現在気候では 0 回で、将来 (今世紀半ば・今世紀末) 1 回以上発生
→注意報発表回数が現在気候、将来ともに 0 回の場合は、変化率 1.0 倍 (変化なし) として整理
- ※「発生なし」：注意報発表回数が現在気候では 1 回以上あったが、将来 0 回に減少

（２）ため池簡易解析モデルの概要及び設定洪水水位超過可能性の算出方法

＜ため池簡易解析モデルの概要＞

「設定洪水水位超過可能性」（設定洪水水位：洪水吐の機能を 1/20 とした場合のため池設計洪水水位に設定）の計算には、気候モデルの予測降水量データと農林水産省が作成した「ため池簡易解析モデル（以下、ため池モデルと呼ぶ）」を用います。ため池モデルに予測降水量を入れることでため池の水位予測を行い、将来の気候下における洪水水位超過の可能性を評価しました。ため池モデルでは堤体内に洪水吐（越流堰型洪水吐）を設け（図 22）、ため池の水位が常時満水位を超えると洪水吐から水が放流され、洪水吐からの放流量が流域からため池への流入量よりも少ない場合、さらに水位が上昇します。大雨の場合には、水位が設定洪水水位に到達し、超過する可能性があります。

＜ため池モデルの条件設定＞

ため池モデルでは日本全国のため池情報をもとに代表的な（高頻度の）サイズのため池を仮定し（ため池諸元：貯水量 10,000m³、満水面積 2,000m²、流域比 15）、水位予測計算を行いました。また流出特性に影響のある流域の土壌の湿潤状態の条件として、3つの条件（湿潤、標準、乾燥）を与えました（表 6）。

＜ため池モデルに入力する予測降水量の設定＞

気候モデルには「大雨注意報発表回数」の評価と同様 MRI-CGCM3 を採用し、気候変動シナリオには温暖化対策を最大限に講じた場合の RCP2.6 と、対策をしなかった場合の RCP8.5 の 2 種類を適用しました。また、3 種類の計算期間（現在気候、今世紀半ば、今世紀末）の予測降水量データを用いました（表 6）。

ため池モデルへの入力値としては、各計算期間における毎日の予測降水量をそのまま用いるのではなく、計算期間・気候変動シナリオ毎に 154 地域それぞれで 100 年確率降水量（日降水量）を求め（非積雪期間 5～10 月の各 20 年間の予測降水量から推定）、さらに日降水量を時間降水量に配分（中央の 12 時に雨のピークが来るようひと山の波形に配分）することで入力値としました。

＜洪水吐規模（洪水吐の高さと幅）の設定＞

洪水吐の高さについては「農林水産省土地改良事業設計指針」にある常時満水位（洪水吐高）、越流水深の関係等を踏まえ、ため池堤高（仮定した諸元）を踏まえて設定しました。洪水吐の幅については、同指針の越流堰型洪水吐幅算定式に準拠し、ため池の流域面積と現在気候における 20 年確率降水量から設

計洪水流量を算出し、そこから先に設定した洪水吐の高さをもとに洪水吐幅を算定しました。

同指針では、ため池洪水吐は 200 年確率降雨を基準に設計することになっていますが、実際には必要な施設規模となっていないため池が多く存在することから、本解析においてはこのようなため池を基本として豪雨による影響を予測することとし、20 年確率降雨を基準に洪水吐を設定しました。

＜設定洪水水位超過可能性の算出方法＞

計算期間・気候変動シナリオ・154 地域毎に、ため池モデルの計算 3 ケース（土壌状態 3 ケース）に対して、ため池予測水位が洪水水位を超えたケースを「設定洪水水位超過可能性」として評価しました。

$$\text{設定洪水水位超過の可能性} = \frac{\text{計算 3 ケース中予測水位が洪水水位を超えたケース (0~3 ケース)}}{\text{計算 3 ケース (=土壌状態 3 ケース)}}$$

（注意）

ため池簡易解析モデルは、気候変動によるため池影響の変化傾向の評価を目的とし、現実のため池をモデル化する時点で簡略化して水位計算を行っているため、各地域に存在する個別のため池の水位変化現象を正確に再現できているものではありません。

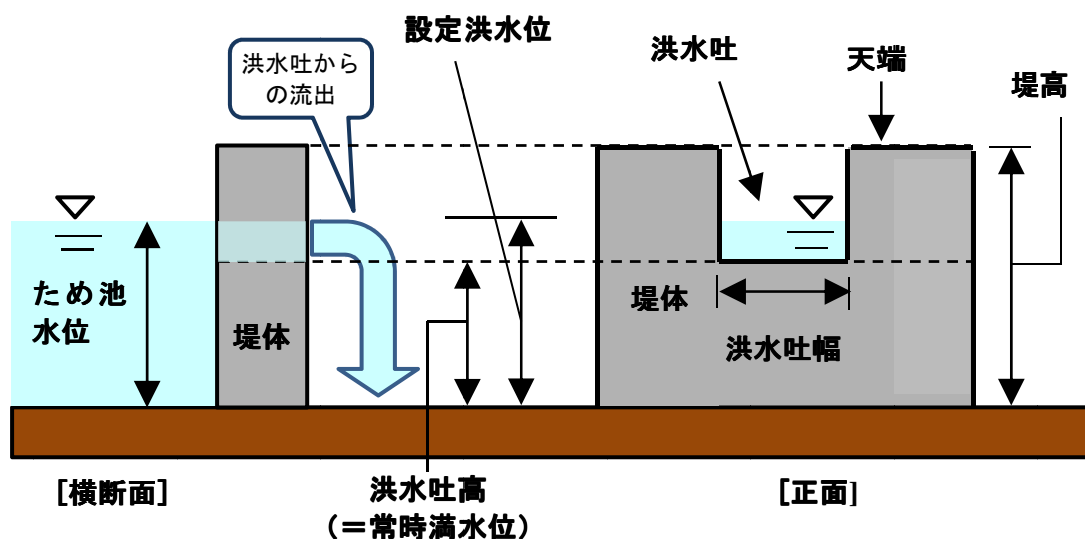
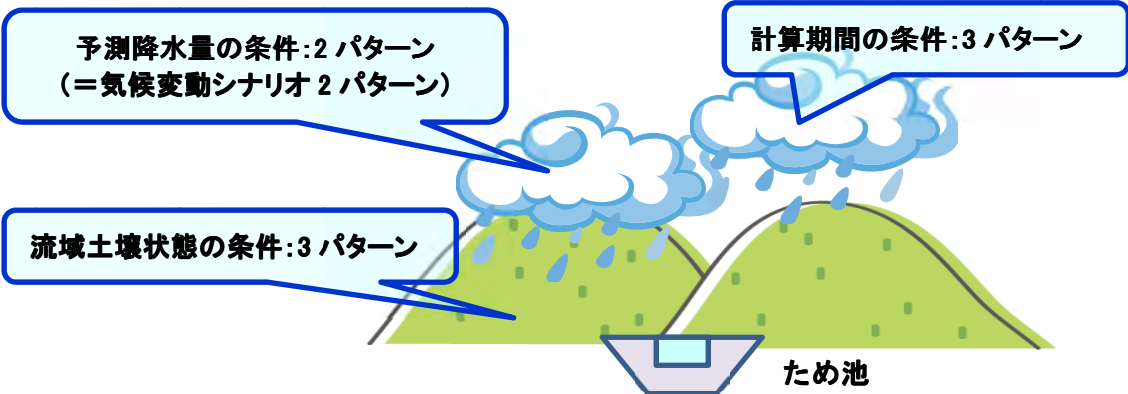


図 22 ため池簡易解析モデル 模式図

表 6 本編での影響評価時に設定しているため池簡易解析モデルの計算条件

気候モデル予測降水量および流域土壌状態の条件		
条件項目	条件数	概 要
気候モデル	1	MRI-CGCM3 （参考資料で MIROC5 も適用）
気候変動シナリオ	2	RCP2.6、RCP8.5 ⇒2 条件
流域土壌の状態	3	湿潤、標準、乾燥 ⇒3 条件（※1）
確率降雨	1	100 年確率（※2）
ため池諸元の設定		
貯水量[m ³]	満水面積[m ²]	流域比
10,000	2,000	15
2,000（参考資料のため池）	500（参考資料のため池）	15（参考資料のため池）
ため池管理の条件		
洪水吐対応能力		初期水位
20 年確率降雨対応（※3）		100%（常時満水位）
ため池モデル計算期間の条件		
条件項目	条件数	概 要
計算期間	3	現在気候(1981-2000 年)、今世紀半ば(2041-60 年)、今世紀末(2081-2100 年)
⇒合計：3 条件		
		

（※1）流域の土壌湿潤条件の違いが流出特性に影響を与えることから、本解析では湿潤、標準、乾燥の 3 ケースで「設定洪水水位」超過可能性を検討。この 3 ケースが超過可能性計算の分母となっている。

（※2）100 年確率降雨：100 年に 1 回程度降るレベルの大雨。

（※3）20 年確率降雨対応の洪水吐能力とは、20 年に 1 回程度の大雨が降っても、洪水吐が全ての雨を流すことができる能力を持っていることを示す。

(3) 規模の異なるため池における設定洪水水位超過可能性の将来変化

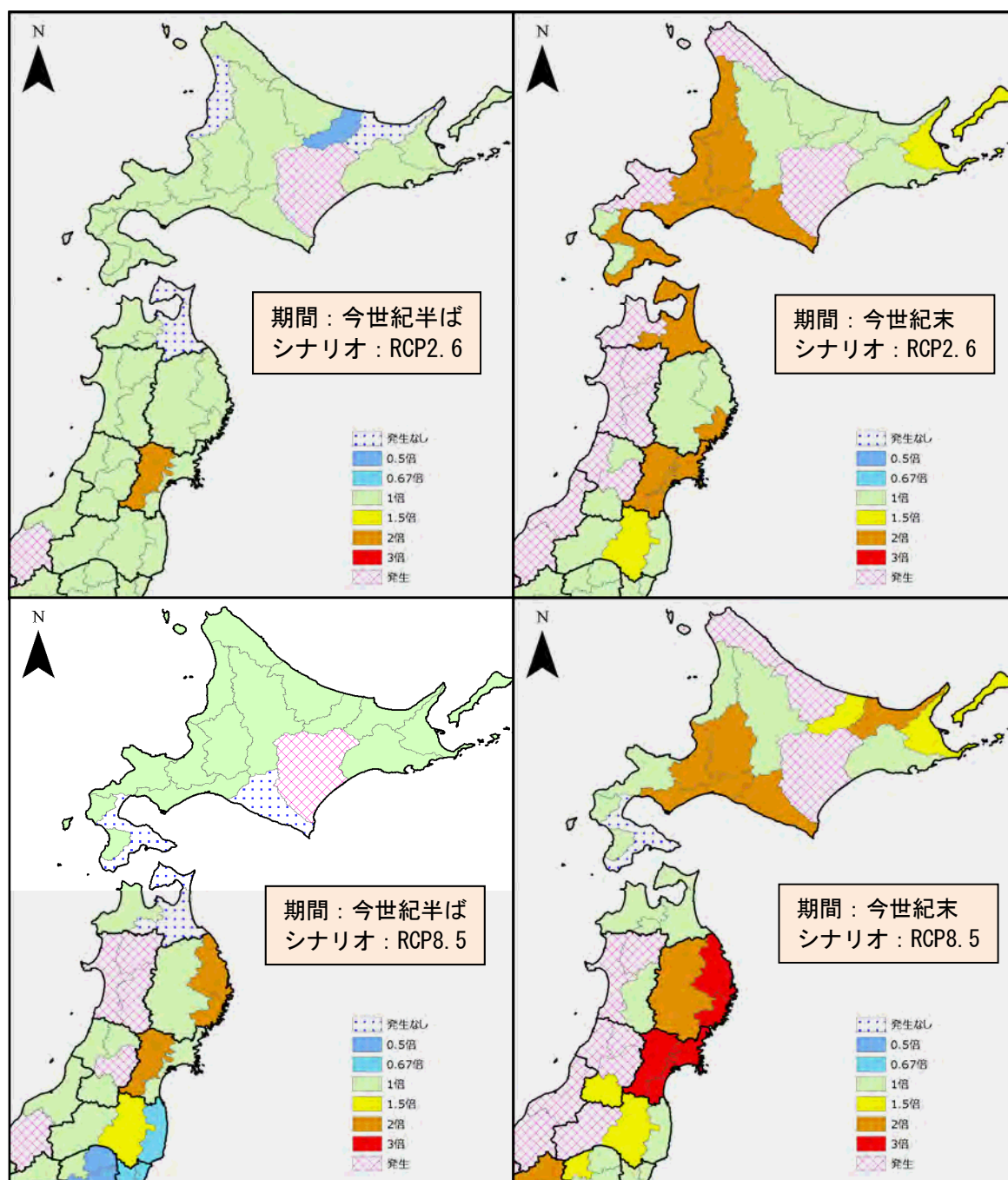


図 23 設定洪水水位超過可能性の将来変化（貯水量：2,000 m³・北日本）

貯水量 10,000 m³ のため池（図 14）と比較すると、変化率は RCP2.6（今世紀半ば・末）ではほぼ同程度。RCP8.5（今世紀半ば・末）では若干小さくなる。

※変化率が 1.0 より大きい：現在に比べ洪水水位超過可能性が増加、1.0 未満：現在より減少
 ※「発生」：超過可能性が現在気候では 0 で、将来（今世紀半ば・今世紀末）0 より大きい
 →超過可能性が現在気候、将来ともに 0 の場合は、変化率 1.0 倍（変化なし）として整理
 ※「発生なし」：超過可能性が現在気候では 0 より大きかったが、将来 0 に低下

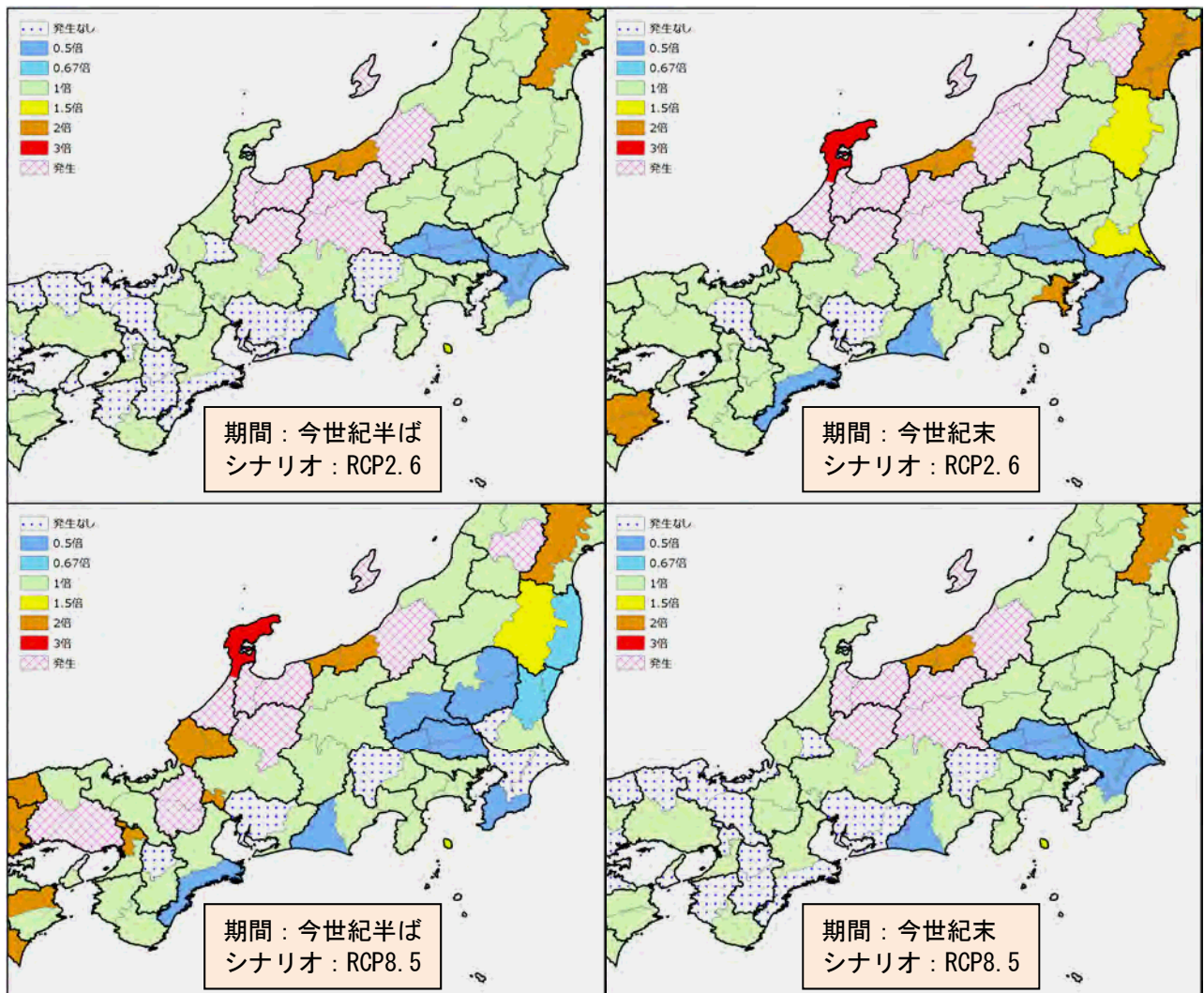


図 24 設定洪水水位超過可能性の将来変化（貯水量：2,000 m³・中日本）
 貯水量 10,000 m³ のため池（図 15）と比較すると、変化率は RCP2.6（今世紀半ば・末）
 ではほぼ同程度。RCP8.5 では今世紀半ばの変化率はほぼ同程度であり、今世紀末では若
 干大きい。

- ※2 種類の気候変動シナリオによる予測降水量をため池簡易解析モデルに入力し、現在気候に
 対する将来（今世紀半ば、今世紀末）の洪水水位超過可能性の増加割合を地域区分毎に算出
- ※現在気候：1981-2000 年、今世紀半ば：2041-2060 年、今世紀末：2081-2100 年
- ※変化率が 1.0 より大きい：現在に比べ洪水水位超過可能性が増加、1.0 未満：現在より減少
- ※「発生」：超過可能性が現在気候では 0 で、将来（今世紀半ば・今世紀末）0 より大きい
 →超過可能性が現在気候、将来ともに 0 の場合は、変化率 1.0 倍（変化なし）として整理
- ※「発生なし」：超過可能性が現在気候では 0 より大きかったが、将来 0 に低下

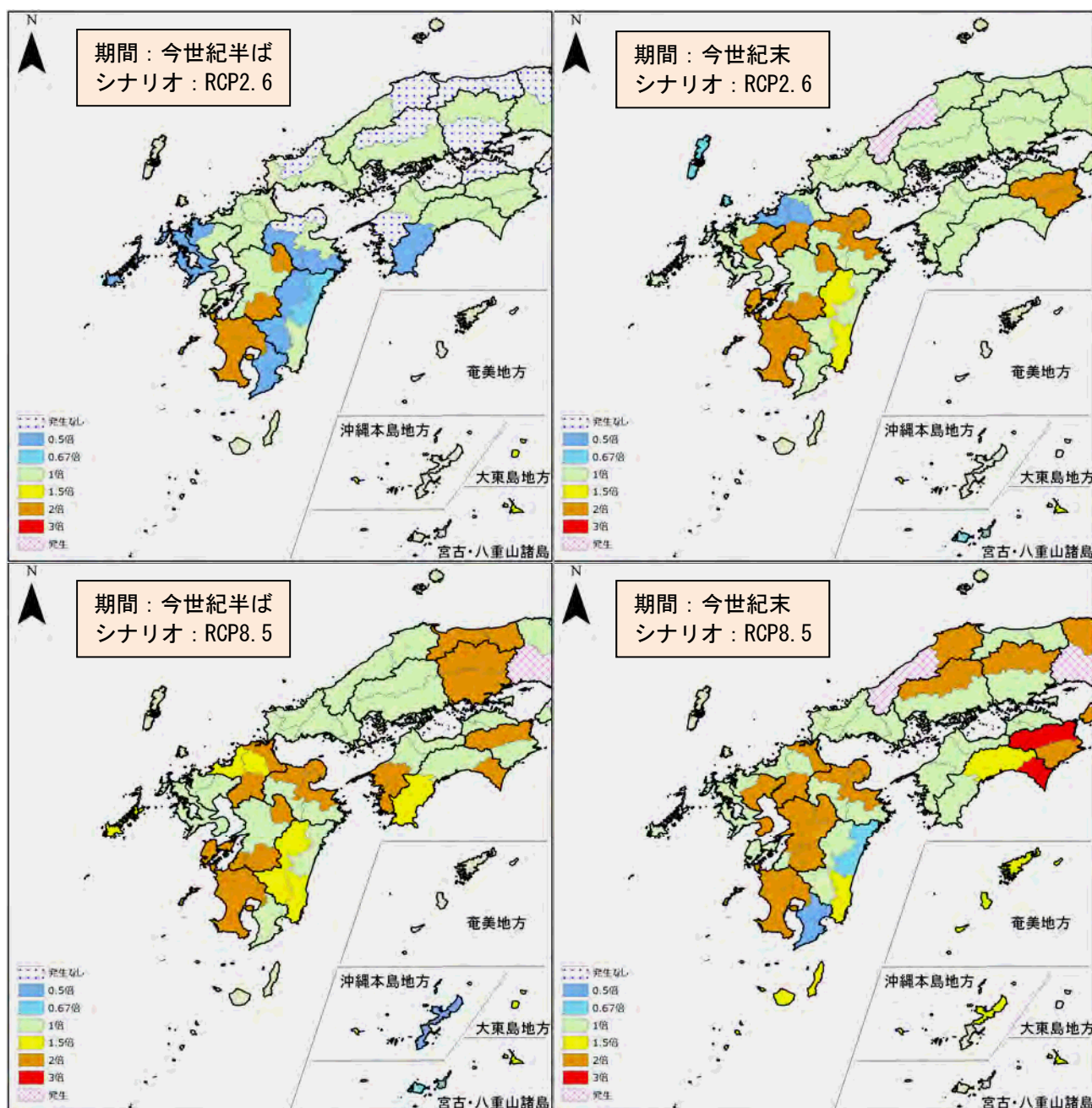


図 25 設定洪水水位超過可能性の将来変化（貯水量：2,000 m³・西日本）

貯水量 10,000 m³ のため池（図 16）と比較すると、変化率は RCP2.6（今世紀半ば・末）ではほぼ同程度。RCP8.5（今世紀半ば・末）では若干大きい。

- ※2 種類の気候変動シナリオによる予測降水量をため池簡易解析モデルに入力し、現在気候に対する将来（今世紀半ば、今世紀末）の洪水水位超過可能性の増加割合を地域区分毎に算出
- ※現在気候：1981-2000 年、今世紀半ば：2041-2060 年、今世紀末：2081-2100 年
- ※変化率が 1.0 より大きい：現在に比べ洪水水位超過可能性が増加、1.0 未満：現在より減少
- ※「発生」：超過可能性が現在気候では 0 で、将来（今世紀半ば・今世紀末）0 より大きい
→超過可能性が現在気候と将来ともに 0 の場合は、変化率 1.0 倍（変化なし）として整理
- ※「発生なし」：超過可能性が現在気候では 0 より大きかったが、将来 0 に低下