

気候変動による湖沼における水質・生態系への影響及び適応策の検討

平成27年7月

水・大気環境局

1. 経緯

- 水・大気環境局では、平成21～24年度の「気候変動による水質等への影響解明調査」において、気候変動に起因する公共用水域の水温等の状況変化及びそれに伴う水質、生態系への影響の検討を行った。その中で、A1Bシナリオ[※]を用いた予測では、一つの検討事例として琵琶湖において、水温上昇やこれに伴う温度成層の変化、底層DOの低下及び水質の悪化が予測された。
- 他方、平成25年版環境白書（平成25年6月閣議決定）では、気候変動が日本にどのような影響を与えるのかを把握するため、気候変動の影響の予測・評価を実施し、その結果を踏まえ、適応策を政府全体の総合的・計画的な取組としてまとめることとしている。
- こうした方針を踏まえ、平成25年7月に中央環境審議会地球環境部会のもとに気候変動影響評価等小委員会等が設置され、気候変動が日本に与える影響の評価についての審議が行われた。
- 上記の審議においては、対象となる気候変動の影響について、水環境・水資源を含む7分野、30の大項目、56の小項目に整理し、それぞれの項目について、文献や気候変動及びその影響の予測結果を活用して、重大性（気候変動は日本にどのような影響を与えうるのか、また、その影響の程度、可能性等）、緊急性（影響の発現時期や適応の着手・重要な意思決定が必要な時期）及び確信度（情報の確からしさ）の観点から評価を行った。
- 平成27年1月から2月にかけて実施されたパブリック・コメントの結果も踏まえ、平成27年3月に、「日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について」が取りまとめられ、環境大臣に意見具申が行われている。（表1参照）
- この状況に鑑み、水・大気環境局では、湖沼等の水質への影響と適応策の検討結果を政府の適応計画に盛り込むために、平成25～26年度に、湖沼に特化して水質や生態系への将来影響予測及びそれを踏まえた適応策に関する検討を行い、平成21～24年度の調査結果と併せて、湖沼における水質・生態系への影響評価及び適応策の検討結果を取りまとめた。
- 現在、政府全体の適応計画を、本年夏頃を目処に取りまとめることが計画されており、上記検討結果を適応計画に適切に盛り込むことが求められている。
なお、水・大気環境局としては、引き続き、平成27～28年度に、最新知見による予測の精度向上や全湖沼を対象とした適応策の検討を行うこととしている。

[※]A1Bシナリオとは、温室効果ガス濃度シナリオ（排出シナリオ）の一つであり、気候変動予測に中程度の結果を与えるもので、今回の湖沼での予測に用いるモデルとして適しているものである。

気候変動による影響に対する適応計画の検討経緯と今後の予定

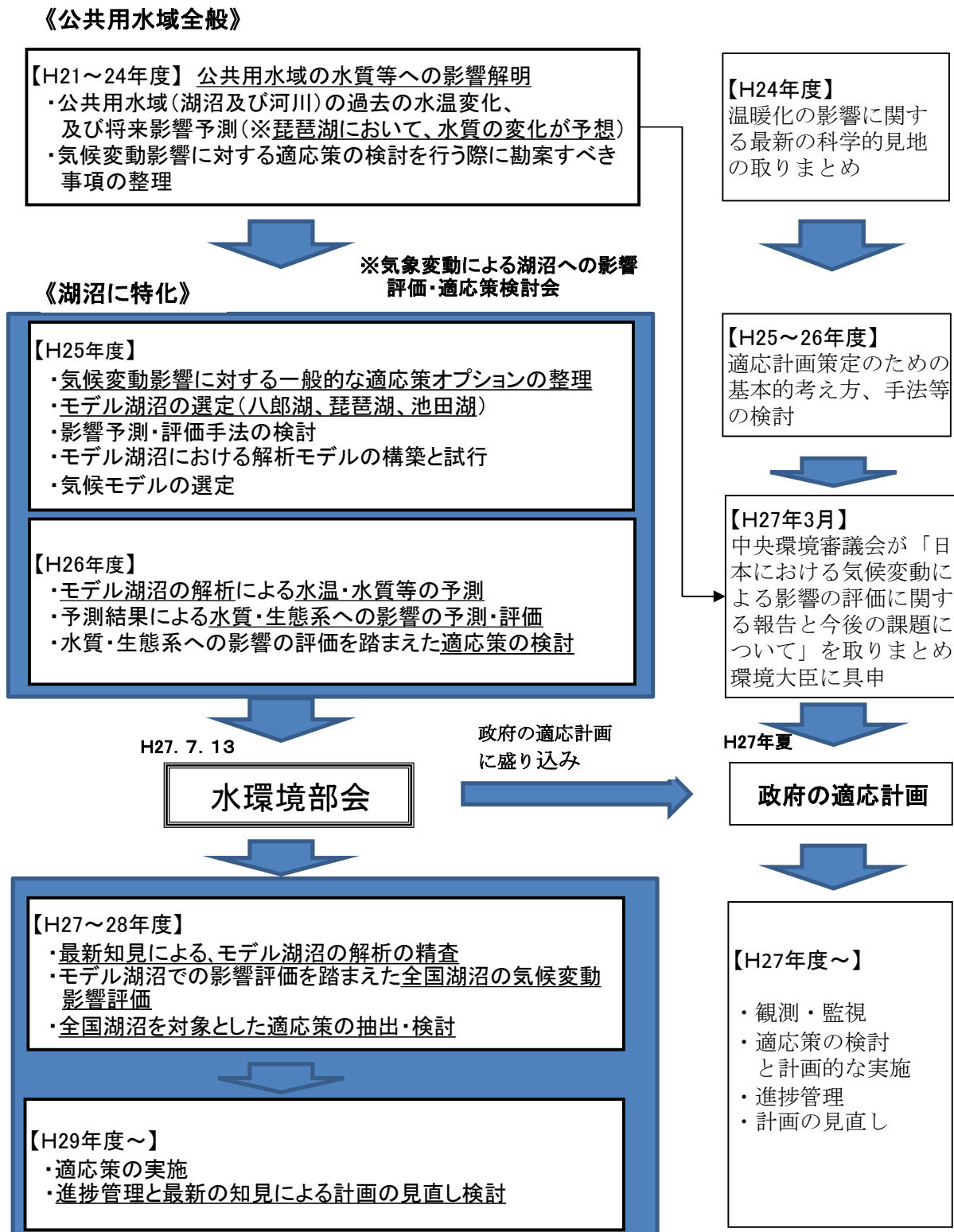


図 1 気候変動による影響に対する適応計画の検討経緯

表1 「日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題」(平成27年3月 中央環境審議会)(抜粋)

凡例:	●: 特に大きい	◇: 「特に大きい」とは言えない	-: 現状では評価できない	(観点) 社: 社会	経: 経済	環: 環境
【重大性】	●: 高い	△: 中程度	□: 低い	-: 現状では評価できない		
【緊急性】	●: 高い	△: 中程度	□: 低い	-: 現状では評価できない		
【確信度】	●: 高い	△: 中程度	□: 低い	-: 現状では評価できない		

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考
					観点	判断理由			
水環境・水資源	水環境	湖沼・ダム湖	<ul style="list-style-type: none"> 全国の公共用水域(河川・湖沼・海域)の過去約30年間(1981~2007年度)の水温変化を調べたところ、4,477観測点のうち、夏季は72%、冬季は82%で水温の上昇傾向があり、各水域で水温上昇が確認されている。また、水温の上昇に伴う水質の変化が指摘されている。 ただし、水温の変化は、現時点において必ずしも気候変動の影響と断定できるわけではないとの研究報告がある。 一方で、年平均気温が10℃を超えるとアオコの発生確率が高くなる傾向を示す報告もあり、長期的な解析が今後必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> AIBシナリオ¹⁰を用いた予測では、琵琶湖は2030年代には水温の上昇に伴うDO(溶存酸素)の低下、水質の悪化が予測されている。 同じくAIBシナリオを用いた研究で、国内37の多目的ダムのうち、富栄養湖に分類されるダムが2080~2099年では21ダムまで増加し、特に東日本での増加数が多くなるとする予測も確認されている。 気候変動による降水量や降水の時空間分布の変化に伴う河川流量の変化や極端現象の頻度や強度の増加による湖沼・ダム湖への影響については、具体的な予測の研究事例は確認できていない。 	社経環	影響の範囲は全国の湖沼・ダム湖と広範囲に及ぶ。湖沼や貯水池は、気温・水温の上昇により湖沼等内部での温度成層や植物プランクトンの活動が影響を受ける等、河川以上に厳しい水質変化が予想される。湖沼・ダム湖の水温・水質の変化は、水道水源として、社会に与える影響は甚大であり、水質悪化に伴う浄水コストの増加は経済への影響も避けられない。また、レクリエーション価値の低下や損失も無視できない。生態系への影響も含め、一度悪化した水環境は簡単に元に戻せるものではない。	△	△	

2. 湖沼全般における気候変動による一般的な影響及び適応策

(1)気候変動による影響に対する適応策オプション

- 気温上昇などの気候変動による影響については、「水温の変化」、「融雪期の変化」、「降雨の変化」、「陸域の変化」、「大気循環の変化」及び「日射量の変化」が考えられるが、特に湖沼の環境に直接的に影響を及ぼすと考えられる「水温の変化」、「融雪期の変化」及び「降雨の変化」について、これまでに確認されている気候変動及び文献等で懸念されている影響要因による水質・生態系への影響について文献調査、自治体へのヒアリング等により取りまとめた。
- 表 2-1 は、気候変動影響要素毎に水質・生態系及び社会への影響を取りまとめたものであり、表 2-2 は、表 2-1 で整理した「抑制すべき要因」毎の適応策オプションについて、既往の検討やモデル湖沼での事例をもとに整理したものである。
- なお、気候変動影響要素と湖沼・流域における水質・生態系への影響との関連について図 2 の模式図に整理した。

表 2-1 湖沼における気候変動により生じる影響と抑制すべき要因

気候変動影響要素	主要変化	水質・生態系への影響	懸念される人や社会への影響	抑制すべき要因	
水温変化	冬季全循環不全	①底層水の貧酸素化、底層利用種の酸欠	イサザ等の湖底利用種の漁獲量	底層の貧酸素 温度成層の変化	
		②底泥からの窒素、リンの溶出	利水、景観、臭気	栄養塩溶出	
	水温上昇				水温上昇
		③冷水性魚類等の生息適水温とのずれ	冷水性魚類の漁獲量、遊漁人口	農林水産業への影響	
		④植物プランクトン(chl. a)の変化	利水、景観、臭気	富栄養化	
		⑤生息水深の変化	漁業影響	農林水産業への影響	
		⑥底泥からの窒素、リンの溶出	利水、景観、臭気	栄養塩溶出	
	藍藻類の変化・増加	⑦魚類生息影響	利水、景観、臭気、水面養殖	富栄養化	
湖面結氷の短期化	⑧魚類、プランクトンへの影響	魚類の漁獲量、遊漁人口、レクリエーション	農林水産業への影響		
融雪期の変化	融雪時期の変化による栄養塩供給時期の変化	⑨植物プランクトン(chl. a)の変化	利水、景観、臭気	富栄養化	
	河川流量変化による湖内流動・循環の変化	⑩春先の栄養塩供給量減少	漁獲量、漁業時期変化	農林水産業への影響	
		⑪湖底へ貫入する融雪水量の変化			
降雨の変化	増水、渇水、ピーク流量の変化、流入栄養塩の変化	⑫浮遊物質の増加、透明度の変化	魚類の漁獲量、遊漁人口、レクリエーション	土砂流出増加	
		⑬植物プランクトン(chl. a)の変化	利水、景観、臭気	富栄養化	

表 2-2 抑制すべき要因と一般的な適応策オプション

抑制すべき要因	適応策オプション
底層の貧酸素	・底層 DO 改善技術
	深層曝気
	流動化装置
	高濃度酸素溶解装置
温度成層の変化	・曝気・流動化装置
	全層曝気
	流動化装置
栄養塩溶出	・定期的な浚渫
	・覆土
	・底土の置き換え
	・池干し
水温上昇	・湖面遮光（浮島等）
	・河畔林の整備
	・水生植物や植生帯の整備
農林水産業への影響	・高水温対応型農林水産業への転換
	・新たな魚種・漁法等の検討および指導
富栄養化	<流入負荷削減>
	・河川での浄化
	沈殿
	ろ過
	接触酸化
	土壌処理法
	植生浄化
	底泥浚渫
	・下水道の整備等
	下水処理場（高度処理、超高度処理）整備促進
	合流式下水道の改善
	高度処理型合併処理浄化槽の整備促進
	・無代かき等、環境保全型農業の実施
	・漁獲での対応
	漁獲量調整
	漁業での負荷削減
	・工場・事業場等、排水基準の強化
	・湖沼における水質総量削減制度の実施
	<水域内対策>
	・浅層・全層曝気、流動化装置
	浅層曝気
	全層曝気
	流動化装置
	・浄化施設の導入
	接触酸化
	土壌浄化
	植生浄化
ろ過	
・水生植物や植生帯の整備及び管理	
・浄化水の導入	
・殺藻	
衝撃殺藻装置	
紫外線殺藻装置	
<その他>	
・湖沼水質保全計画等における気候変動影響の考慮	
土砂流出増加	・森林の適正管理（負荷削減）
	・砂防治山ダムの整備
	・未舗装道路の浸食抑制
	・畑地の耕し方や土づくりの工夫

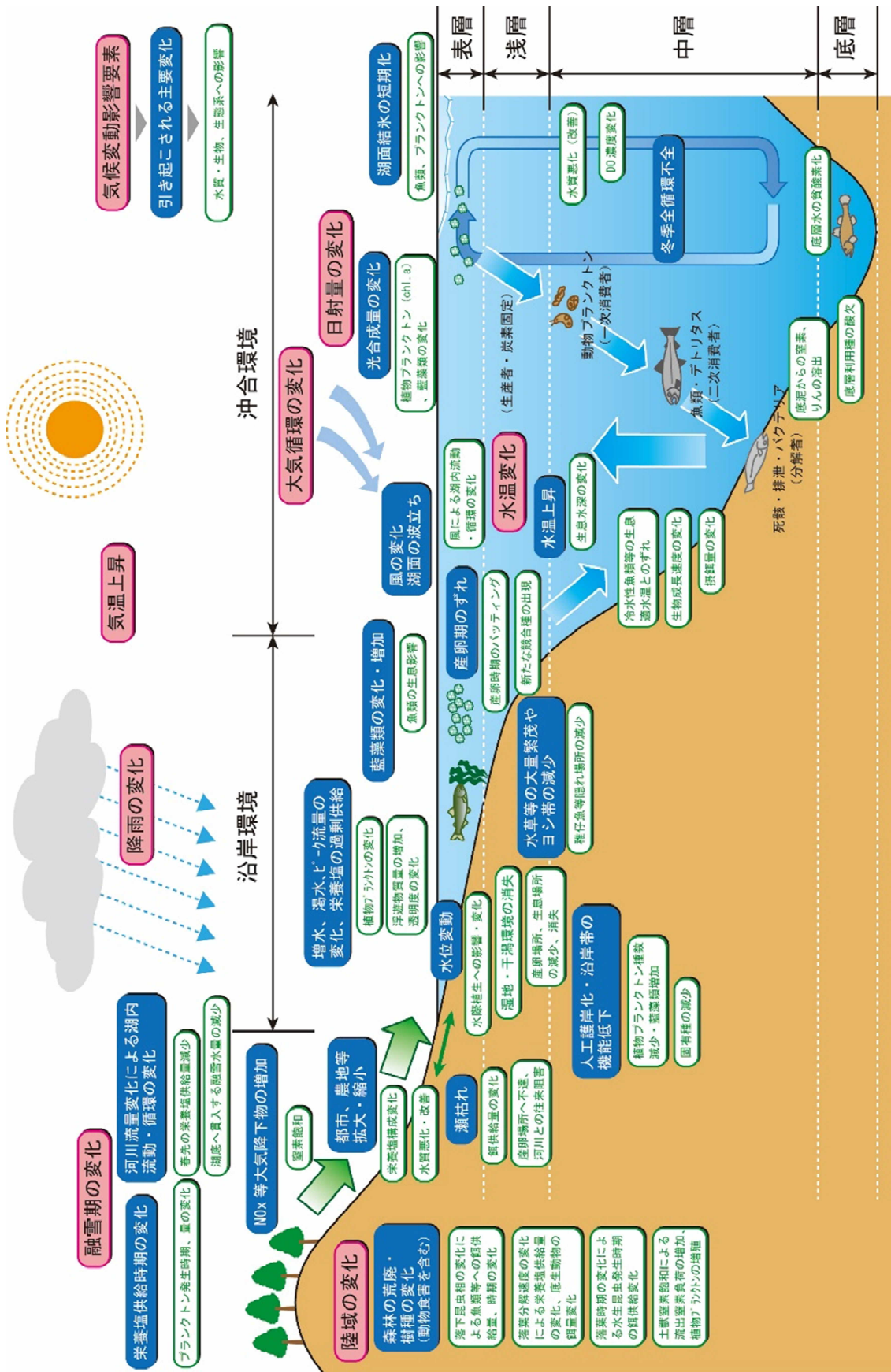


図 2 気候変動影響要素と湖沼・流域における水質・生態系への影響との関連

(2)適応策オプションの効果を高めるための施策等

適応策オプションの効果を高めるための技術開発、能力強化等の施策の内容を表3に整理した。

また、気候変動の影響を適切に把握するために必要とされるモニタリング等の内容を表4に整理した。

表3 技術開発、能力強化等の施策

分類	内容
予測手法の整備	<ul style="list-style-type: none"> 流域における気候変動影響予測モデルをはじめとする、気候変動の評価手法の開発¹ ※適応策の定量評価や、モニタリングには適切な予測モデルの開発が不可欠。
技術開発等	<ul style="list-style-type: none"> 曝気装置等の開発 例) 大規模高効率な底層 DO 回復装置 藻場の回復技術の開発 例) 徳島県や玄海域(佐賀県)では、植食性魚類による食害減少に取り組むとともに、藻場の造成方法や回復技術の開発を実施
意識啓発	<ul style="list-style-type: none"> 調査・蓄積した水質等のデータ解析結果や既に生じている影響を分かり易くとりまとめ、情報発信 例) 福井県では、地球温暖化現象がどの程度生じているかを県民に分かり易く情報提供(見える化)することを目的に研究チームを組織し、県民向けの「福井県から見る地球温暖化」報告書を作成² 気候変動影響に関する環境学習の実施
仕組み・体制づくり	<ul style="list-style-type: none"> 温暖化影響常時監視・警戒体制 行政での温暖化対策体制の構築 適応策を実行する流域コミュニティの構築
能力強化等	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動に関する環境学習を実施できる人材の育成 気候変動影響および適応策についてのコンサルティングやアドバイスのできる人材の育成

表4 モニタリング等

分類	内容
モニタリング	<p><影響をみるために必要な項目></p> <ul style="list-style-type: none"> 公共用水域における水温連続観測 河川の流況観測 アオコモニタリング 淡水赤潮モニタリング 水生生物のモニタリング <p><追加で強化が必要な項目></p> <ul style="list-style-type: none"> 湖沼の底層 DO の観測 例) 琵琶湖(滋賀県)では9~3月に週1回、底層 DO のモニタリング調査を実施。 生物の餌となる動物プランクトンおよび植物プランクトンのモニタリング 河川上流域における水温観測
その他	<ul style="list-style-type: none"> 調査研究の実施 例) 水生生物に関する高水温耐性試験 モニタリング体制の充実

¹ Climate Ready - Ontario's Adaptation Strategy and Action Plan, 2011 - 2014 p.66 (Lake Simcoe)

² 福井県衛生環境研究センター(2012.3)「福井県から見る地球温暖化」調査研究報告書
<http://www.erc.pref.fukui.jp/center/ondanka/H23houkoku/all.pdf>

3. 個別湖沼におけるシミュレーションを通じた気候変動による影響及び適応策の検討

(1) 平成 21～24 年度の検討内容及び検討結果

琵琶湖を対象として行った気候変動による水質・生態系等への影響の予測結果を以下に示す。

1) 水質・生態系への影響予測手法

ア. シミュレーションモデルの構築

- 将来の気候変動による水質・生態系への影響を予測・評価するため、流域および湖内のシミュレーションモデルを構築した。
- 気候変動影響の解析手法としては、図 3 の解析フローに示すように、気候モデルから得られる将来気象条件を入力条件として、構築した水質予測モデルにより水量、水温及び水質の将来予測計算を行った。
- これらの結果を用いて、水質の変化及び生態系への影響の予測及び評価を行った。

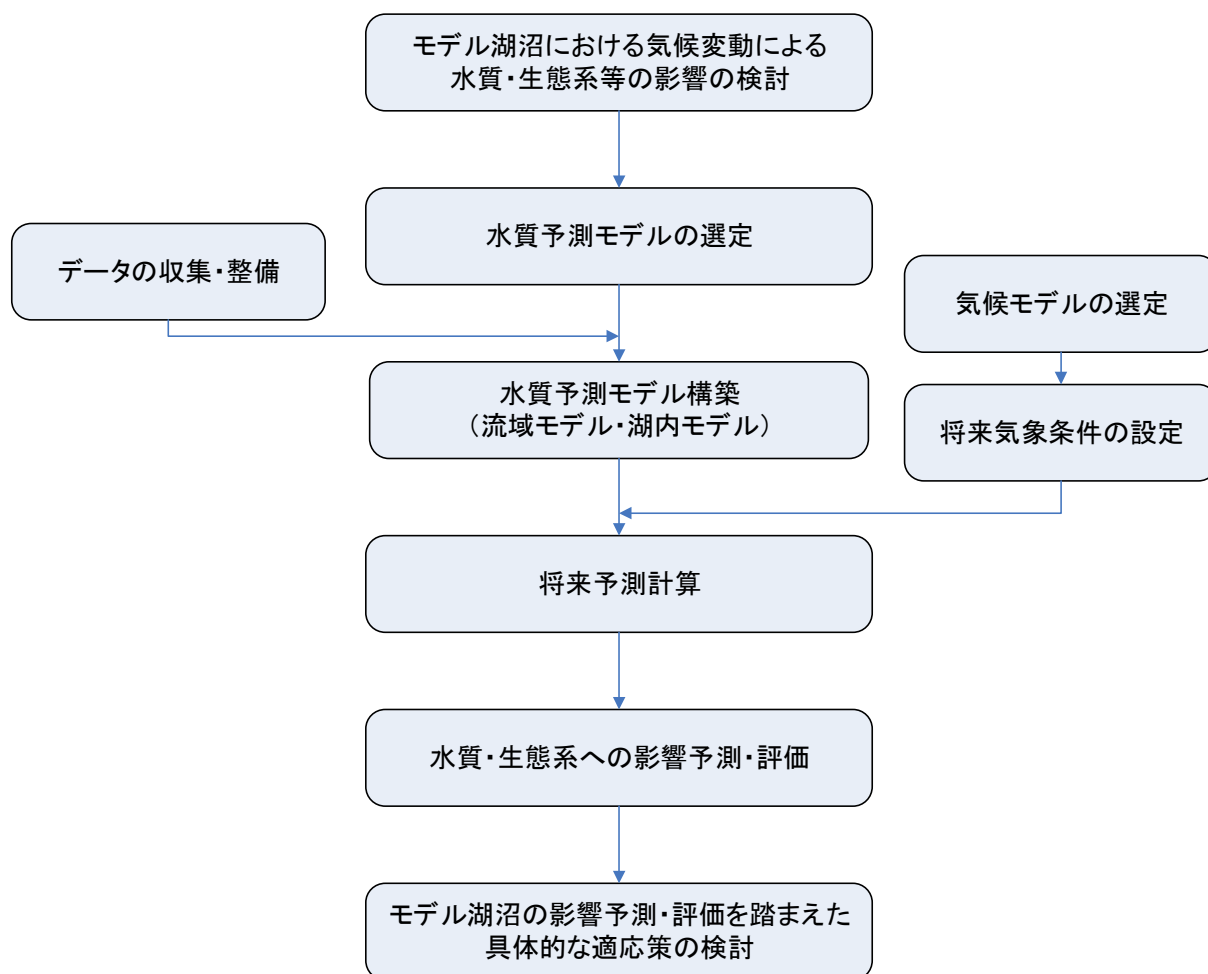


図 3 気候変動によるモデル湖沼の影響予測及び評価の解析フロー

イ. 水質予測モデルの選定

- 琵琶湖の特性を踏まえ、水質予測モデルは、表 5 に示す「流域モデル」と「湖内モデル」から構成する。
- 流域での流量や水質を解析する「流域モデル」は、分布型モデルの流域水物質循環モデルを採用した。
- 湖内での流動や水質を解析する「湖内モデル」は、準三次元モデルを採用した。

表 5 水質予測モデルの概要

項 目		内 容	
本検討で採用する水質予測モデル		流域モデル+湖内モデルを採用 〔既往検討(H21~24)で使用したモデルを採用(琵琶湖の湖沼計画策定検討でも使用)〕	
流域モデル	採用モデル	分布型モデル	
	解析項目	河川流量(降雨流出融雪出水)	○
		河川水温	○
		河川水質(C、N、P)	○
湖内モデル	採用モデル	準三次元モデル	
	解析項目	水温分布(水平、鉛直)	○
		湖沼水質(C、N、P)	○
		湖沼水質(DO)	○
		植物プランクトン(藍藻類、珪藻類)	○
		底泥から栄養塩溶出	○
モデル再現性で特に着目する解析項目と、その理由	水温(鉛直分布)、溶存酸素、溶出、富栄養化 滋賀県ヒアリング結果、および既往検討結果より冬期全循環への影響および底層水の貧酸素化影響		

ウ. 気候モデルの選定

気候モデルについては、表 6 に示す高解像度（20km メッシュ）のデータが得られる MRI-AGCM3.2S を用いた。

表 6 気候モデルの概要

項 目	H21～24 年度検討での解析の設定条件
気候モデル	・MRI-AGCM3.2S
・空間解像度	約 20 km メッシュ
排出シナリオ	・SRES「A1B」での「近未来」
人口・土地利用条件	・現在と同じ条件
解析期間（近未来）	・2030～2039 年の 10 ヶ年
気象要素（降水量）	時別値、1 ケース
（気温）	時別値、3 ケース

2) シミュレーション結果

①平均水温の予測結果

現在（1994 年～2003 年）の平均水温は 15.3℃であるが、近未来（2030 年～2039 年）の平均水温は 16.6℃となり、1.3℃の水温上昇が予測される結果となった。

（図 4 の参照）

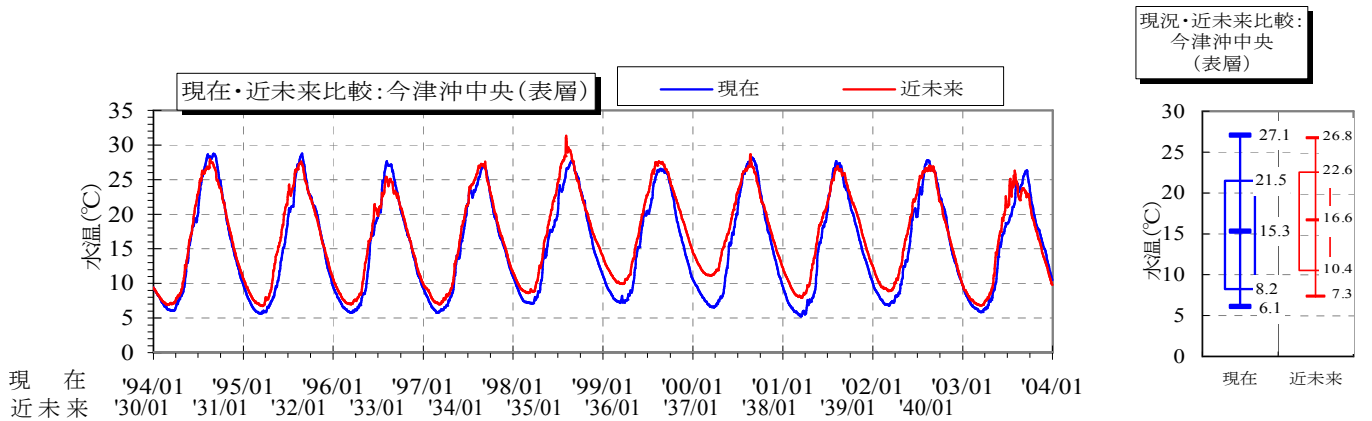
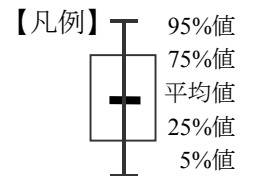


図 4 現在気候と近未来気候の水温比較（今津沖中央（表層））



② 水質・生態系の影響

- 近未来（2030年～2039年）の10年間のうち、3年間（2034年～2036年）の水温の予測結果において、図5のとおり、冬季に表層～中層の水温が十分に低下しないことから、鉛直方向の水温が一樣とならず、全循環が停止することが予測される結果となった。

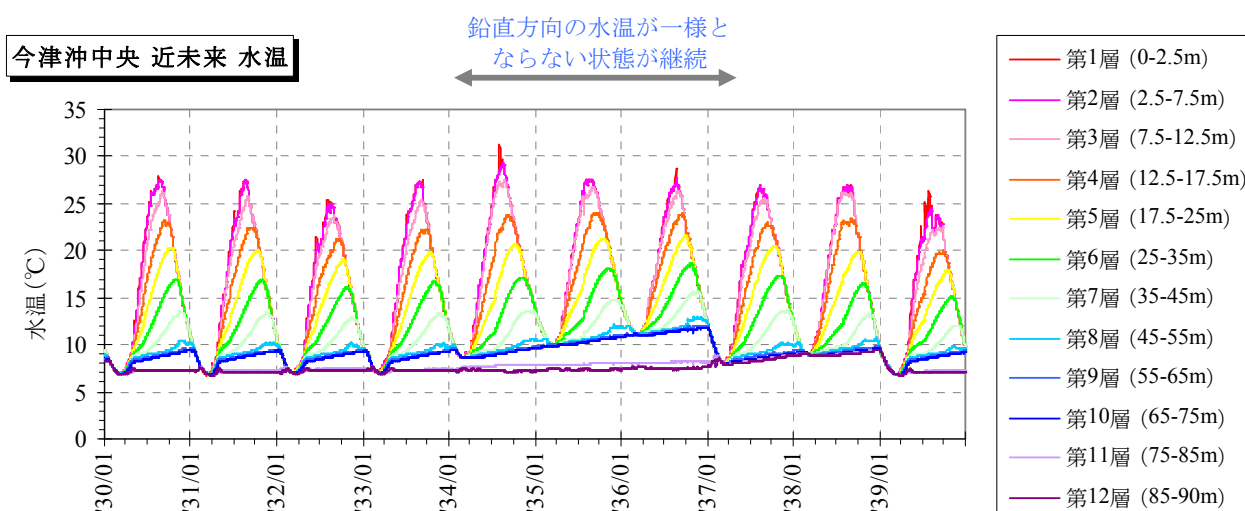


図5 水温の鉛直方向の経時変化（近未来気候、今津沖中央地点）

- 上記結果から、図6-1のとおり底層DOが減少・枯渇し、図6-2のとおり全りん、特にりん酸態りんの底層濃度が増加するという結果が得られた。

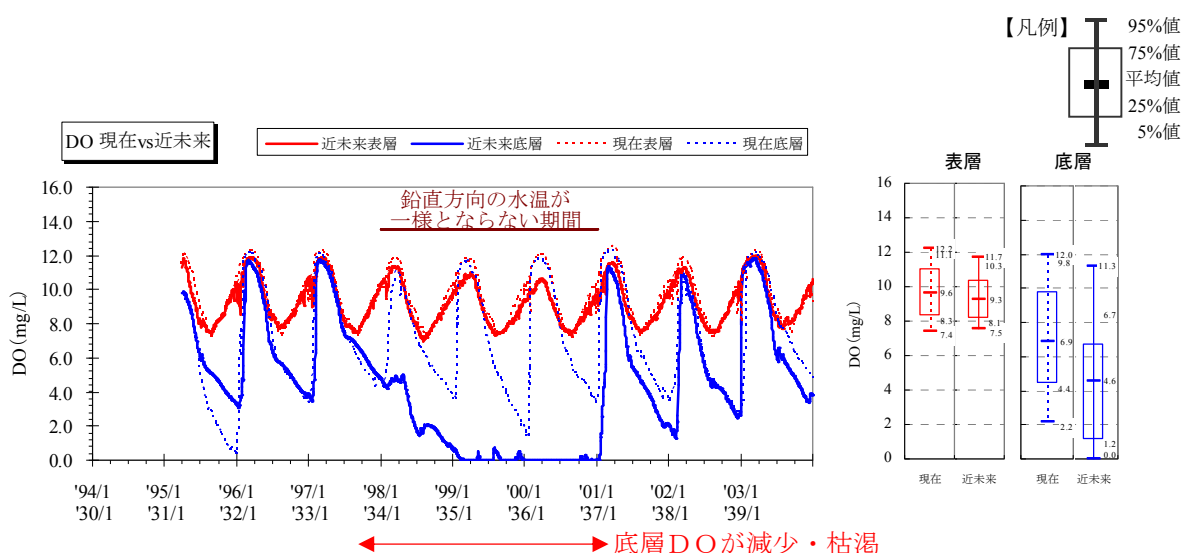


図6-1 湖内水質の現在・近未来比較（今津沖中央地点、表層および底層）

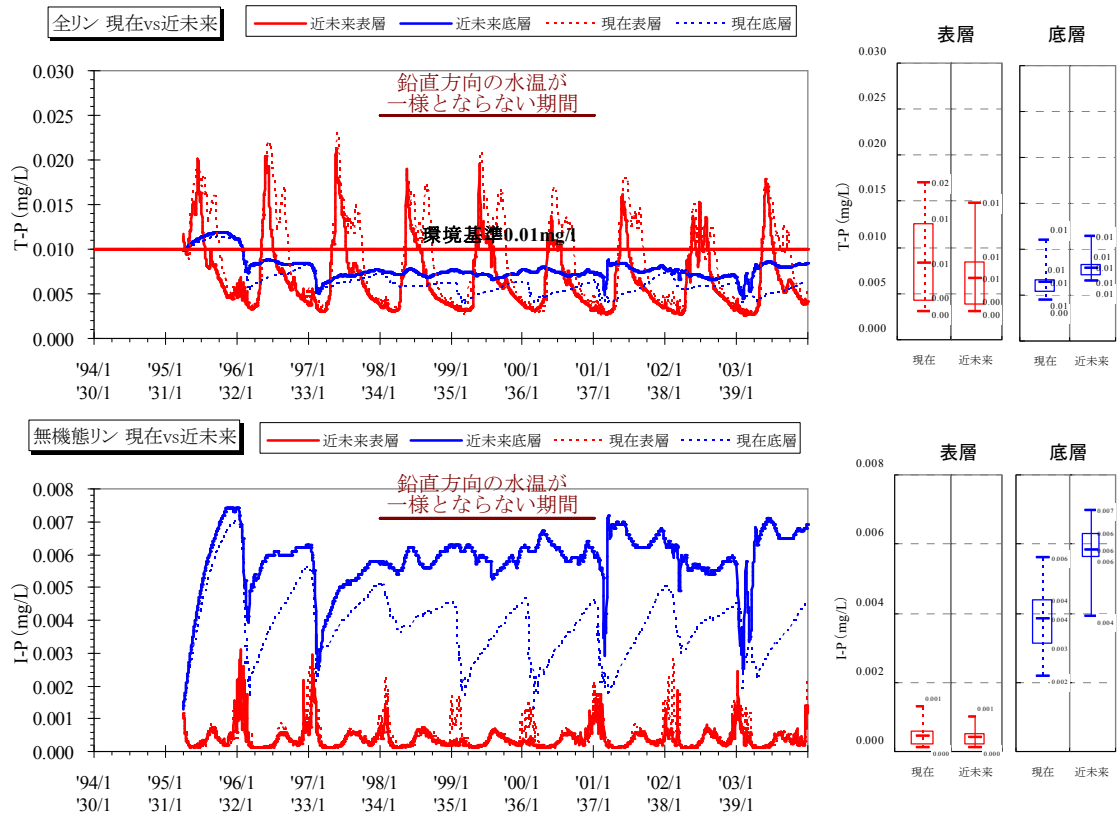


図 6-2 湖内水質の現在・近未来比較（今津沖中央地点、表層および底層）

(2) 平成 25～26 年度の検討内容及び検討結果

1) モデル湖沼の選定

全国のすべての湖沼に対して個別に気候変動影響予測及び評価を行うことは困難であることから、全国湖沼に一般化することを前提に、図 7 のフローに従って全国湖沼の中から代表的な湖沼（モデル湖沼）（表 7）を選定した。

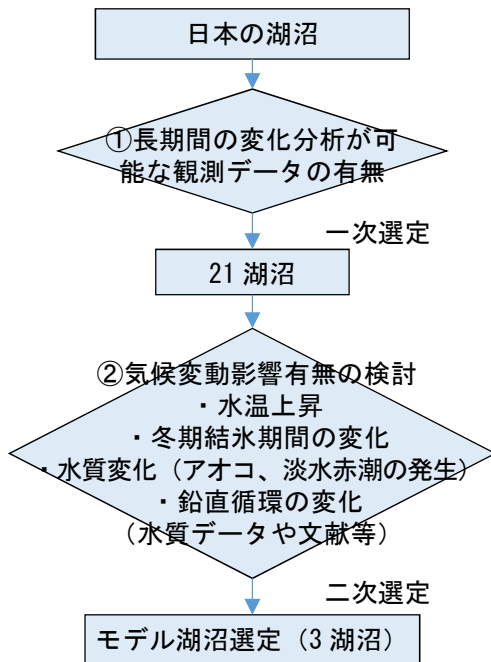


図 7 モデル湖沼選定フロー

表 7 モデル湖沼の選定

地域	No.	湖沼	気候変動影響					汽水湖 (海水の影響を 含む)	(二次選定) モデル 湖沼	
			過去水温上昇		結氷 短期化	アオコ・ 淡水赤 潮発生	循環 不全			融雪 出水
			夏季	冬季						
北海道	1	屈斜路湖	○	—	○					
	2	阿寒湖		—	○					
	3	洞爺湖		—	○					
東北	4	小川原湖			○	○		○		
	5	十和田湖	○	—	○			○		
	6	田沢湖		—	○			○		
	7	八郎湖	○	—	○	○		○	○	
	8	猪苗代湖		—	○			○		
関東	9	中禅寺湖		—	○					
	10	霞ヶ浦	○	○		○				
	11	手賀沼	○			○				
	12	印旛沼	○			○				
中部	13	野尻湖	○	○		○				
	14	諏訪湖			○	○				
	15	佐鳴湖				○		○		
	16	河口湖								
近畿	17	琵琶湖北湖	○	○		○	△	○		
		琵琶湖南湖	○	○		○			○	
中国	18	中海		○		○		○		
	19	宍道湖		○		○		○		
	20	児島湖				○				
九州	21	池田湖	○	○		○	○		○	

※過去水温上昇は、過去30年間で水温上昇の地点があった湖沼(「—」冬季結氷のため水温測定無し)

2) モデル湖沼の特徴

- 八郎湖は、寒冷地にある湖及び富栄養化による問題を生じている浅い湖の代表として、冬季結氷の短期化や融雪期の変化による河川からの流入の時期や量の変化、水温の上昇や植物性プランクトン量の変化による水質・生態系への影響が把握できる。
- 琵琶湖は、深い成層化湖沼の代表として、水温の上昇やアオコの発生、冬季の全循環不全やこれに起因する水質・生態系への影響が把握できる。
- 池田湖は、冬季に全循環停止している湖沼の代表として、冬季の全循環停止やこれに起因する水質・生態系への影響を把握できる。

3) モデル湖沼における気候変動影響の検討項目

すでに顕在化している気候変動影響、モデル湖沼の地形特性や水質・生態系の特徴を踏まえ、気候変動影響に対する各モデル湖沼における検討項目を表 8 の通りとした。

表 8 気候変動影響に対するモデル湖沼における検討項目

気候変動 影響要素	主要変化	水質・生態系への影響	検討項目		
			八郎湖	琵琶湖	池田湖
水温変化	冬季全循環不全	① 底層水の貧酸素化、底層利用種の酸欠	—	●	—
		② 底泥からの窒素、リンの溶出	—	●	●
	水温上昇	③ 冷水性魚類等の生息適水温とのずれ	●	●	—
		④ 植物プランクトン (Chl. a) の変化	●	●	●
		⑤ 生息水深の変化	—	●	—
		⑥ 底泥からの窒素、リンの溶出	●	●	●
	藍藻類の変化・増加	⑦ 魚類生息影響	○	○	
湖面結水の短期化	⑧ 魚類、プランクトンへの影響	○	—	—	
融雪期の変化	融雪の変化による栄養塩供給時期の変化	⑨ 植物プランクトン (Chl. a) の変化	●	●	—
	河川流量変化による湖内流動・循環の変化	⑩ 春先の栄養塩供給量の変化	●	●	—
		⑪ 湖底へ貫入する融雪水量の変化	●	●	—
降雨の変化	増水、渇水、ピーク流量の変化、流入栄養塩の変化	⑫ 浮遊物質量の増加、透明度の変化	●		
		⑬ 植物プランクトン (Chl. a) の変化	●	●	—

※検討対象の凡例

●：定量評価：気候変動関連性が高く、比較的定量的にその影響がわかりやすく表現できると考えられるもの

○：定性評価：定量化は困難と考えられるものの気候変動との関連と生物生態系や人に対する影響を定性的に検討しておくことが望ましいと考えられるもの

—：該当なし、空欄：気候変動による影響の程度、機構が明らかでない、または検証データが不足するため H26 年度は検討対象とせず、今後の課題とする。

4) モデル湖沼における水質・生態系への影響予測及び適応策

a) 水質・生態系への影響予測手法

ア. シミュレーションモデルの構築

平成 21～24 年度の検討と同様とした。

イ. 水質予測モデルの選定

- 各モデル湖沼の水質等の特性を踏まえ、表 9 の「流域モデル」と「湖内モデル」から構成される水質予測モデルを用いた。
- 流域での流量や水質を解析する「流域モデル」は、分布型の流域水物質循環モデルを採用し、3つのモデル湖沼の流域で同じモデルを用いた。
- 湖内での流動や水質を解析する「湖内モデル」は、モデル湖沼によって地形や管理状況が異なるとともに、検討する項目も異なるため、それら条件に応じたモデル（準三次元モデル及び鉛直二次元モデル）を採用した。

表 9 各モデル湖沼で採用する水質予測モデル

項 目		八郎湖	琵琶湖	池田湖	
本検討で採用する水質予測モデル		流域モデル+湖内モデルを採用 〔秋田県の湖沼計画策定検討において使用しているモデル〕	同左 〔既往検討(H21~24)で使用したモデルを採用(琵琶湖の湖沼計画策定検討でも使用)〕	同左 〔琵琶湖でのモデルと同等のモデル(本業務において構築)〕	
流域モデル	採用モデル	分布型モデル	同左	同左	
	解析項目	河川流量(降雨流出融雪出水)	○	○	○
		河川水温	○	○	○
		河川水質(C、N、P)	○	○	○
湖内モデル	採用モデル	準三次元モデル	準三次元モデル	鉛直二次元モデル※2	
	解析項目	水温分布(水平、鉛直)	○	○	○
		湖沼水質(C、N、P)	○	○	○
		湖沼水質(DO)	— ※1	○	○
		植物プランクトン(藍藻類、珪藻類)	○	○	○
底泥から栄養塩溶出	○	○	○		
モデル再現性で特に着目する解析項目と、その理由		水温、溶出、富栄養化 秋田県ヒアリング結果から魚への影響、および八郎湖で現状生じている水質問題(富栄養化)への影響	水温(鉛直分布)、溶存酸素、溶出、富栄養化 滋賀県ヒアリング結果、および既往検討結果より冬期全循環への影響および底層水の貧酸素化影響	水温(鉛直分布)、溶存酸素、溶出、富栄養化 鹿児島県ヒアリング結果から全循環停止と底層水の貧酸素化に伴う底泥溶出・栄養塩濃度の上昇、表層への影響	

※1 八郎湖は浅い湖であり強固な水温躍層は生じないことから、湖底層水での溶存酸素低下の問題は生じないと考えられるため、予測モデルでも考慮しない。

※2 池田湖では水質の水平分布の変化は鉛直方向に比べて小さいことと、解析による計算時間の負荷をなるべく小さくするため、三次元ではなく、鉛直二次元モデルとした。

ウ. 気候モデルの選定

- 平成 21～24 年度の検討では、湖沼全体の傾向を把握することを優先し、メッシュ幅が大きな MRI-AGCM3.2S を使用した。この気候予測モデルは全球気候モデルで解像度が約 20km メッシュであったため、流域水循環・水域水質といった地域性があるエリアを対象とした影響評価を行う上では、さらに高解像度の気候予測モデルが望まれた。
- そこで、平成 25 年度の検討から、将来気候のベース条件として、現時点で予測値の使用が可能な気候モデルについて、表 10 の右の欄に示す気象庁が提供する最新の NHRCM-5km を用いた。
- この気候モデル (NHRCM-5km) は、日本付近の気候変化や極端現象の変化を予測するために、より現実に近い形で計算された高解像度 (5km メッシュ) のモデルであり、日本付近での再現性が高いとされている。
- なお、近未来の解析期間については、それぞれの気候モデルの適用できる期間のデータに違いがあることから、平成 21～24 年度の検討では 2030 年～2039 年の 10 年間、平成 25～26 年度の検討では 2026 年～2035 年の 10 年間と、異なる設定となっている。

表 10 気候予測モデル一覧

項 目	H21～24 年度検討での解析の設定条件	H25～26 年度検討での解析の設定条件
気候モデル	・ MRI-AGCM3.2S	・ NHRCM-5km
・ 空間解像度	約 20km メッシュ	約 5km メッシュ
排出シナリオ	・ SRES「A1B」での「近未来」	・ 同左
人口・土地利用条件	・ 現在と同じ条件	・ 同左
解析期間	・ 2030～2039 年の 10 ヶ年	・ 2026～2035 年の 10 ヶ年
気象要素 (降水量)	時別値、1 ケース	時別値、1 ケース
(気温)	時別値、3 ケース ※不確実性を検討するため、幅は、使用した気候モデルの誤差 (95%信頼区間: アメダス気温と気候モデル気温予測値) を求め、その上限・下限での気温を与える	日別値、3 ケース ※不確実性を検討するため、幅は、S-8 検討で採用されている 4 モデル各 3 シナリオ (計 12 シナリオ) から、月平均でその上限・下限の気温差を与える (S-8: 環境省地球環境総合研究推進費)

- 上記のとおり、平成 21～24 年度と平成 25～26 年度の解析において、異なる気候モデルを用いたことから、琵琶湖における年平均気温については、平成 21～24 年度の検討における解析期間 (2030 年～2039 年) では 15.6℃、平成 25～26 年度の検討における解析期間 (2026 年～2035 年) では 14.2℃と約 1.4℃違った結果となった。
- 上記の結果は、一定の条件のもと将来影響を解析した予測で、適用した気候モデルの違いや気温変動の予測変動幅の中央値を採用したことによる結果であり、例えば、気温変動の予測変動幅のピークを使えば異なった結果となる可能性もあることに留意しなければならない。

b) 検討結果

今回のシミュレーションモデルに基づき各モデル湖沼における水質及び生態系への影響予測及び適応策の検討を行った結果は次の通りとなった。

○八郎湖

ア. 水質及び生態系への影響予測結果

11 ページに掲げる「気候変動影響に対するモデル湖沼における検討項目」に基づき水質及び生態系への影響を検討した結果、「気温変化に伴う水温上昇」及び「降雨の変化に伴う流入栄養塩の変化」により、近未来（2026年～2035年）の10年間の各月の平均の値について3月から5月の間にクロロフィル a 濃度が現在（2002年～2011年）より増加するとともに、8月～10月の間に年毎の変動幅が現在より大きくなると予測された。（図8参照）

上記の他、水質及び生態系への顕著な影響があると考えられる変化は予測されなかった。

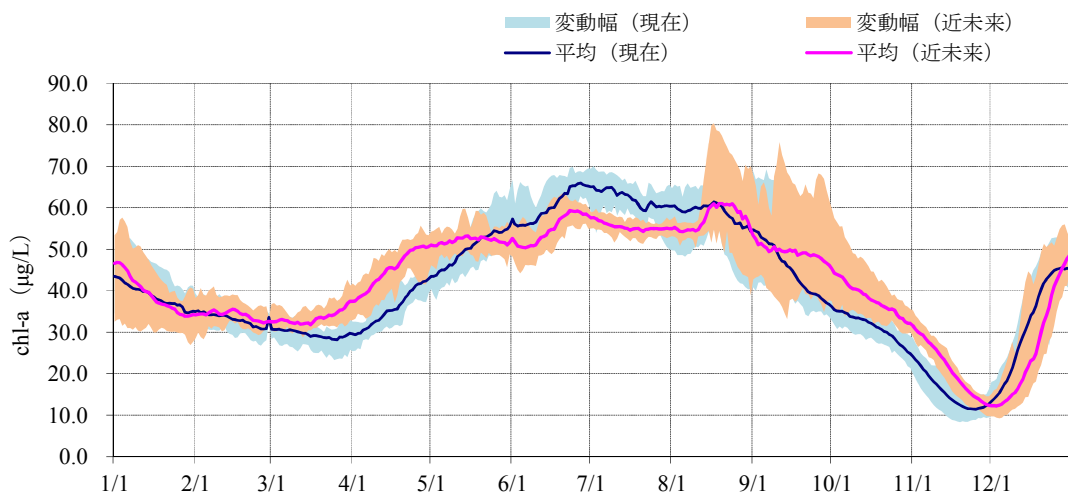


図 8 八郎湖（調整池）でのクロロフィル a 濃度の予測結果
（予測期間（2026～2035）10ヶ年の平均値と最大と最小の変動幅）

イ. 適応策の検討

八郎湖の水質予測モデルを用いて、気候変動による水質悪化の影響を相殺するための流域対策量を試算した。

- 現在（2002年～2011年）及び近未来（2026年～2035年）でのクロロフィル a の平均値を比較すると、表 11 に示すとおり現在での平均(10年平均)は $41.2 \mu\text{g/L}$ であるのに対し、近未来での平均(10年平均)は $42.3 \mu\text{g/L}$ となり、 $1.3 \mu\text{g/L}$ 増加する。

- 流域に流入する負荷（窒素、りん）を 5%削減した場合及び 10%削減した場合のクロロフィル a の平均(10 年平均)はそれぞれ 41.5 μ g/L 及び 40.6 μ g/L となる。
- 以上から、3 月から 5 月の間にクロロフィル a 濃度が増加することに対する適応策としては、現在のクロロフィル a の平均値（41.2 μ g/L）までを低減させるため、クロロフィル a の生成要因となる栄養塩（N、P）の流入負荷量について、現在より 6.5%削減することが必要となる。
- また、8 月～10 月の間にクロロフィル a 濃度の変動が大きくなることについては、変動の状況を正確に把握するため、監視体制を整備し、頻度の高いモニタリングを行うことが適当と考えられる。

表 11 流域対策を実施した場合のクロロフィル a の年平均値

年平均値		現在	近未来	将来 (NP負荷5%減)	将来 (NP負荷10%減)
Chl. a	(μ g/L)	41.2	42.3	41.5	40.6

○琵琶湖

ア. 水質及び生態系への影響予測結果

- 平成 25～26 年度に検討した将来の気候モデルでの条件で、水温を予測したところ、平成 21～24 年度の検討結果と異なり、図 9 のとおり冬季には表層から底層の水温が一致し、全循環が行われると予想された。
- この結果、図 10、図 11 のとおり低層 DO 及び全りんについて現在から大きな変化はなく、水質変化及び生態系への影響は小さいと予測された。

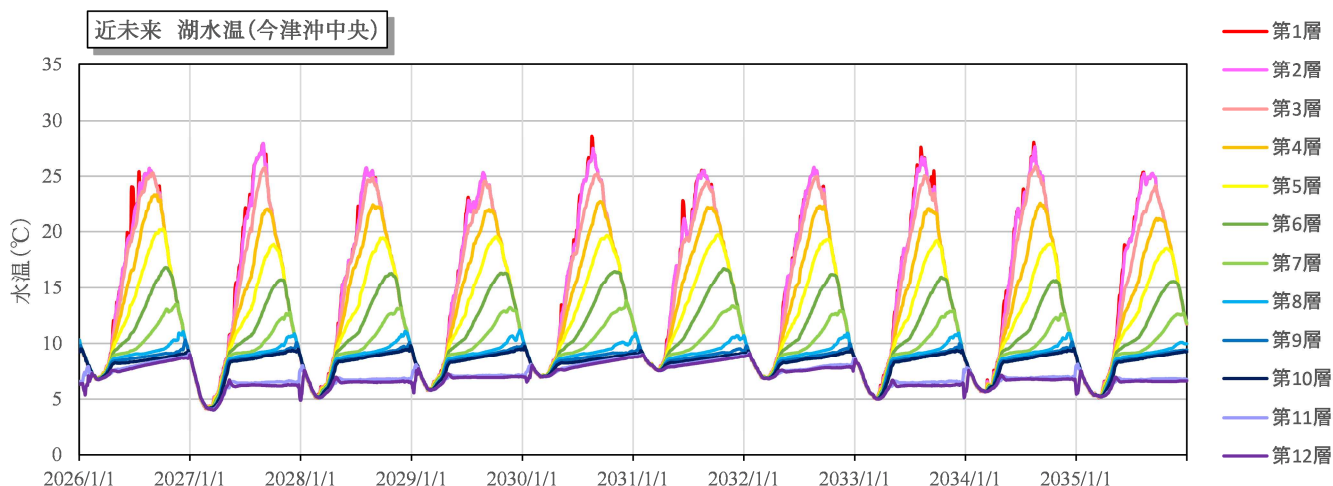


図 9 近未来での水温鉛直分布予測結果（今津沖中央）

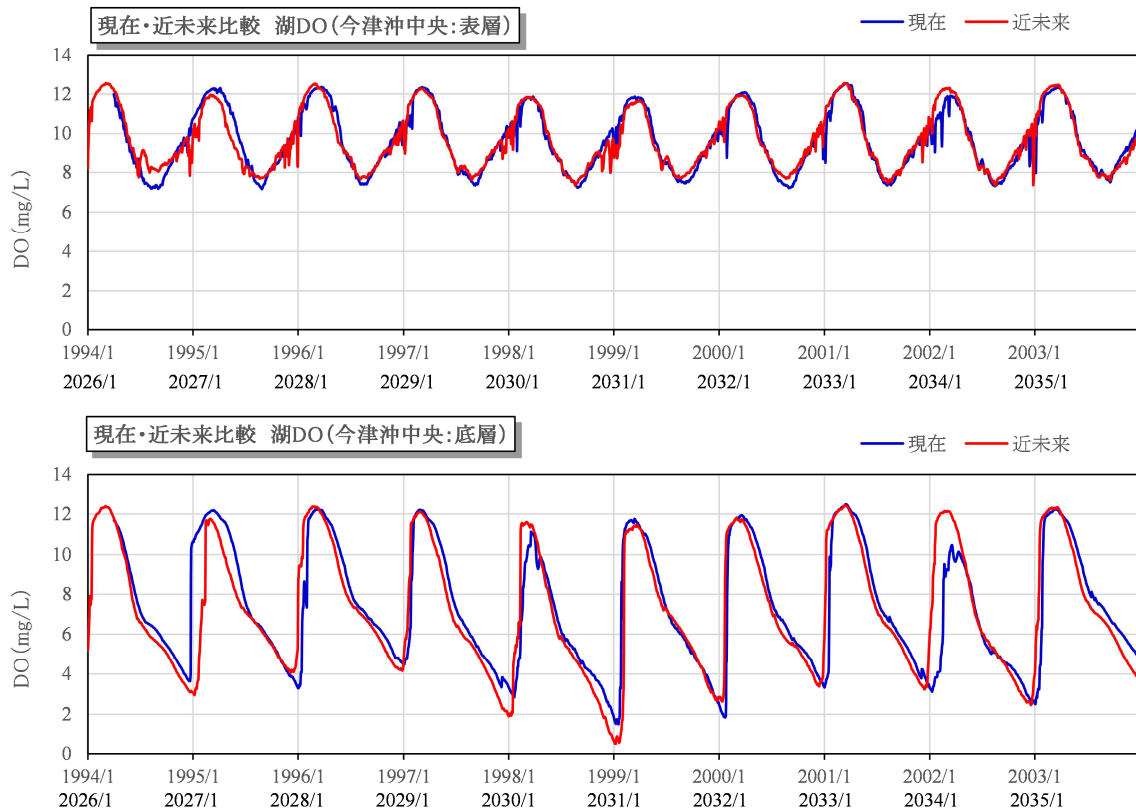


図 10 北湖（今津沖中央）における湖 DO の予測結果
（上：10年計算結果、下：10ヶ年平均）

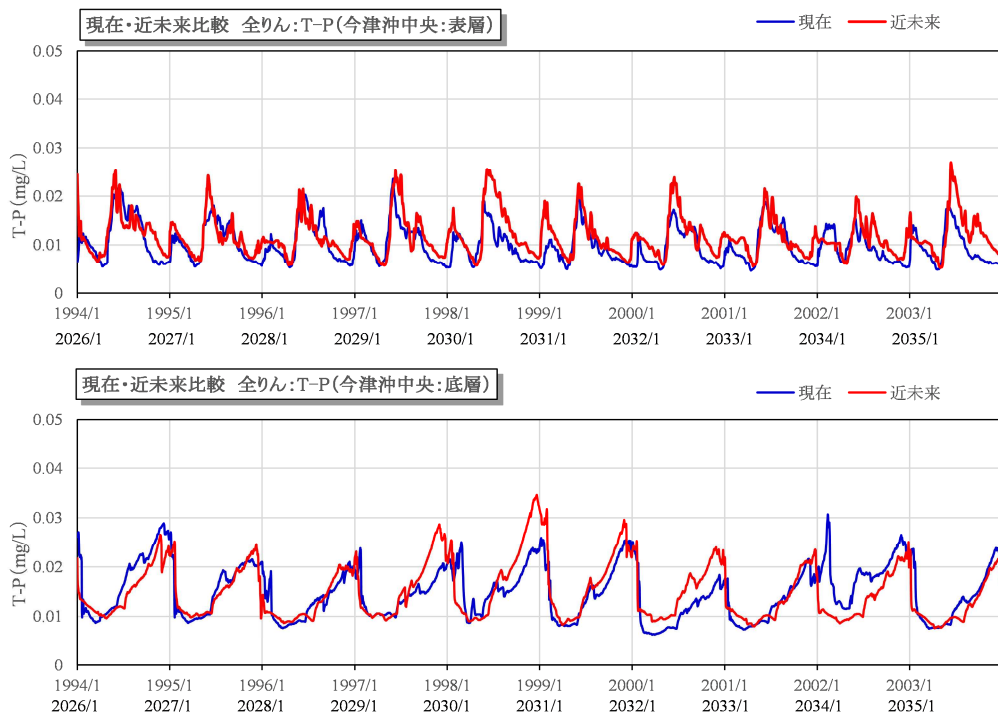


図 11 北湖（今津沖中央）における湖水質(T-P)の予測結果

- ただし、平成 21～24 年度の検討結果では、冬季に全循環が停止することにより、底層 DO が減少・枯渇、全りん、特にりん酸態りんの底層濃度が増加するという予測結果が得られていることから、今後、さらに解析の精度を上げて検討を行うことが必要である。

イ. 適応策の検討

- 今後の精度を高めた検討の結果を踏まえ、必要に応じ適応策を検討する必要がある。

○池田湖

ア. 水質及び生態系への影響予測結果

- 今回設定した将来の気候モデルでの条件では、図 12 のとおり、現在及び近未来の水温に変化が見られなかった。このため、水質及び生態系への顕著な影響はないと予測された。

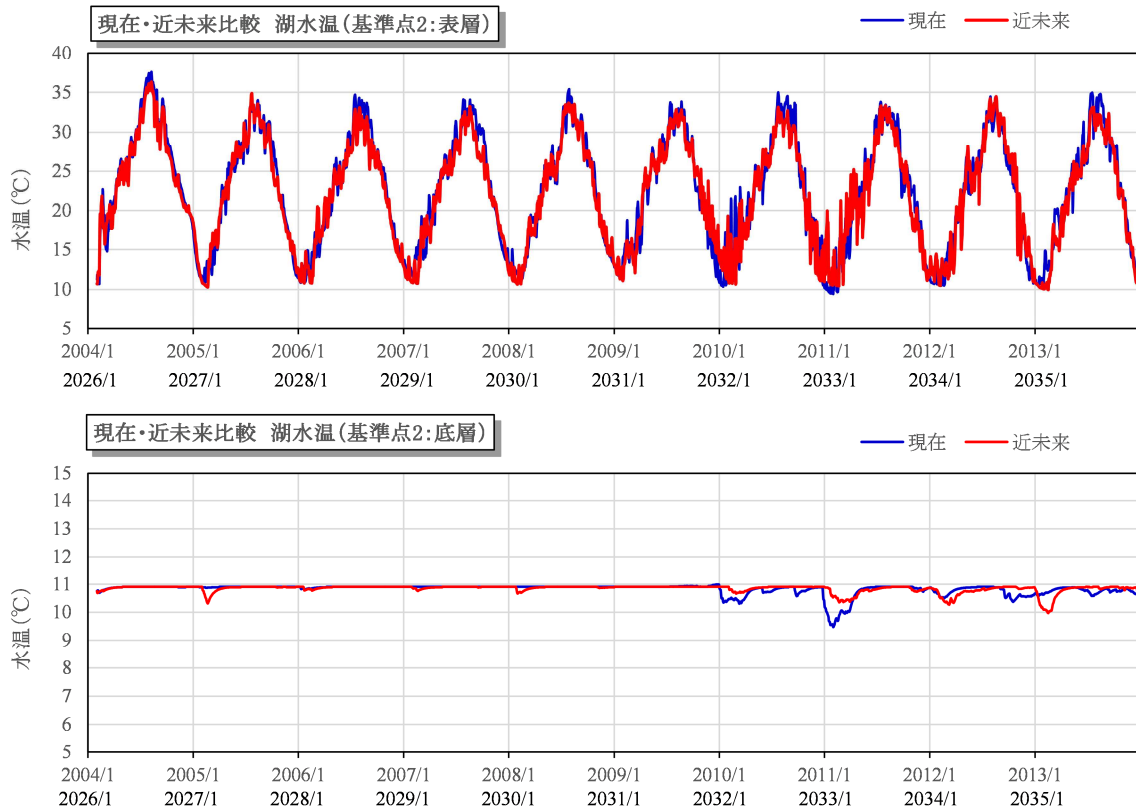


図 12 池田湖（基準点 2）における湖水温の予測結果

4. 湖沼の適応計画

今回のモデル湖沼での検討から、次のような適応策が考えられる。

- 水温上昇や降雨の変化に伴う植物プランクトンの変化や水質の悪化が想定される湖沼では、工場・事業場排水対策、生活排水対策などの流入負荷量の低減対策を推進するとともに、植物プランクトンの変動を適切に把握するためのモニタリング体制を強化する。
- 深い成層湖沼で水温変化による冬季の全循環不全が予測される場合には、底層DOの改善のための対策を検討する。
- 最新の科学的な知見の把握を継続し、予測の精度の向上を図るとともに、その結果を踏まえて、必要に応じて追加的な措置を検討する。