

1.6 河口湖(山梨県)

1.6.1 情報・データ等の収集

(1) 湖沼・流域の特徴等の収集

河口湖は、世界に誇る富士山を仰ぎ、優れた自然景勝地として全国に知られている。この優れた自然環境と美しい景観は、地域の伝統文化を育み、酪農や観光といった各種産業の振興などにも大きく貢献し、暮らしに深く結びつき、様々な恵みをもたらしている。(富士河口湖町景観計画)

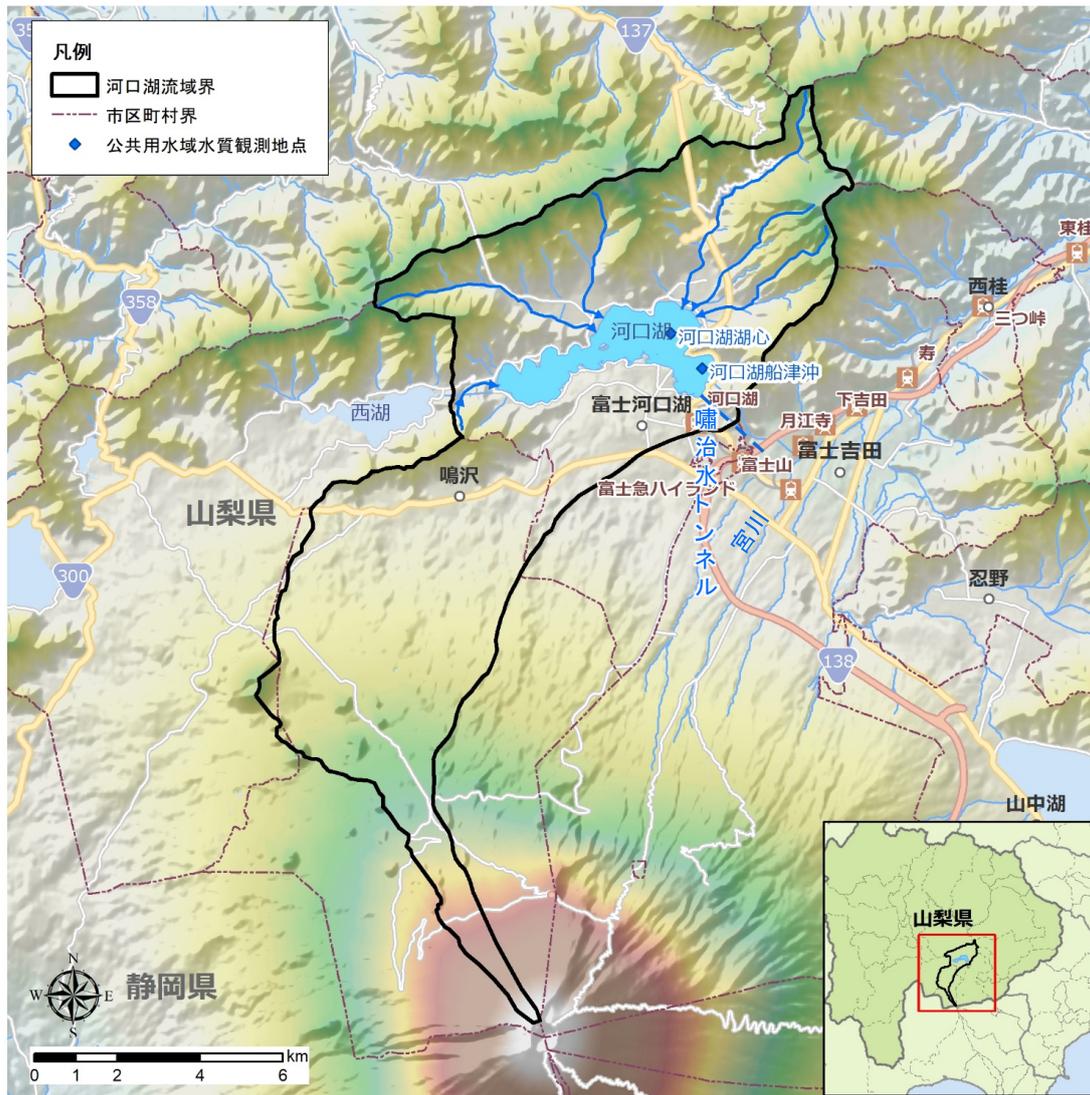
次ページに、湖沼・流域の地形、諸元等を示す。

また、関連資料収集および自治体ヒアリング結果から、主な特徴を以下に整理した。

1) 地形的特徴

- ・富士山の近くに存在する、富士五湖の1つに数えられる相模川水系の湖である。富士箱根伊豆国立公園に指定されている。富士五湖の中で最も長い湖岸線を持ち、最も低い標高地点にある。
- ・面積は富士五湖では2番目の大きさで、最大水深は精進湖とほぼ同じで14.0mの深さ。
- ・河口湖には天然の流出口がないため、古来より大雨により増水し、湖岸の村々に洪水被害を出した。現在は、1917年に竣工した第二嘯川(東京電力の放水路)と1994年に完成した嘯治水トンネルを合わせた、嘯(うそぶき)川から構成される放水路により、宮川に放水される。この宮川は桂川(=相模川)の支流であるため、河口湖は相模川水系に属している。
- ・流域面積は126.4 km²、湖面積は5.48 km²でおよそ23倍ある。
- ・流入河川は複数あり、流出河川は東京電力放水路より発電用に取水されるほか、嘯治水トンネルから宮川へ流出される。

山梨県 河口湖



【諸元】

標高	831m
湖面積	5.48km ²
最大水深	14.6m
湖容積	0.56億m ³
流域面積	126.4km ²
流域人口 (富士河口湖町)	25,329人
下水道普及率 (富士河口湖町)	77.1%

(図面出典)

- 背景地図: @Esriジャパン
- 流域界: 国土数値情報より作成
- 河川: 国土数値情報(河川)より作成

【環境基準】

項目	類型	基準値	平成30年度水質状況 (単位: mg/L)	
			河口湖湖心 (基準点)	河口湖船津沖
COD	湖沼・A	3mg/L以下	3.0	3.0
T-N	-	-	0.22	0.24
T-P	-	-	0.027	0.028

備考: 基準値の評価方法

COD: 各基準点における全層平均の年間75%値。

T-N、T-P: 各基準点における表層の年間平均値。

(データ出典)

- 平成30年度 公共用水域及び地下水の水質測定結果(山梨県)
- 富士河口湖町ホームページ 町の人口 (平成27年国勢調査基本集計(要計表による))
- 山梨県ホームページ 山梨県の下水道処理人口普及率(平成30年度末の普及状況)

2) 自然的特徴

- ・ 河口湖ではアオコや貧酸素化など、水質問題は生じていない。底層の溶存酸素は低くなるが、貧酸素と評価されるまでの濃度には至っていない。
- ・ 底層のみに生息する魚はいない。また、貧酸素化しても、他のエリアに移動することができる。
- ・ COD は、周辺が観光地化した後、上昇傾向にあったが、下水道整備が進むと低下傾向となった。現在はその段階にある。昨年度、環境基準値を超過したが、原因は分かっていない。
- ・ 河口湖は、中栄養程度の栄養塩レベルである。
- ・ 河口湖では、ボランティアによるアレチウリの駆除活動など、外来種駆除の取組が実施されている。

3) 利用状況

A) 利水

- ・ 河口湖からの流出は 2 箇所あり、東電の発電用の取水と、山梨県が管理している非常時の洪水吐（河川管理施設）である水門からの流出である。この水門からの放流は、水門竣工（昭和の最後くらい）後、これまでに 5 回だけである。昨年度（令和元年度）に 1 回、今年度（令和 2 年度）に 2 回放流した。8m³/s 以下では発電用取水（東電が運用）となり、8m³/s を超えると洪水吐からの放流（県が運用）を行う。
- ・ 河口湖の水位管理として出水期には水位を下げています。
- ・ 東電の発電取水は、通年で河口湖の水を取水している。また、その放流水を下流河川の維持流量、農業の慣行取水に寄与している。このため、出水期（～10 月）に水位を下げており、その後の非出水期に降雨が少ないと、水位が回復せず、逆に低下してしまう。前回は、これが 4 月・5 月まで続いた。
- ・ 以前、水位が低下した際に、周辺住民から悪臭の苦情があった。水位低下によって露出した湖底のヘドロの影響ではないかと推測している。
- ・ 湖水位低下は、近年では頻繁に生じている。

B) 漁業

- ・ 河口湖には、一般的な魚種のみで、特別な魚種というものは生息していない。
- ・ 河口湖には漁業権はあるが、漁協ではいまはむしろ遊漁による収入が主である。漁業専門の漁業従事者はおらず、自家消費のワカサギの漁獲が少しある程度である。

C) 観光・湖面利用

- ・ 全国的にバスフィッシングのメッカとして知られており、連日多くの釣り人が訪れる。

- 湖面利用としては、遊漁、貸しボート、持ち込みボートでの湖面利用等がある。
- 河口湖では最近では結氷しない。山中湖では一部結氷があり、ワカサギ釣りもあったが、最近では氷の厚さが薄いため、湖面でワカサギ釣りはできない。

(2) 水理・水質、気象データの収集

1) 経年変化

気象について、長期的な変化を図 1.6-1 に整理した。2010 年代は、1980 年代と比較すると、年平均気温と年降水量に増加傾向が見られる。

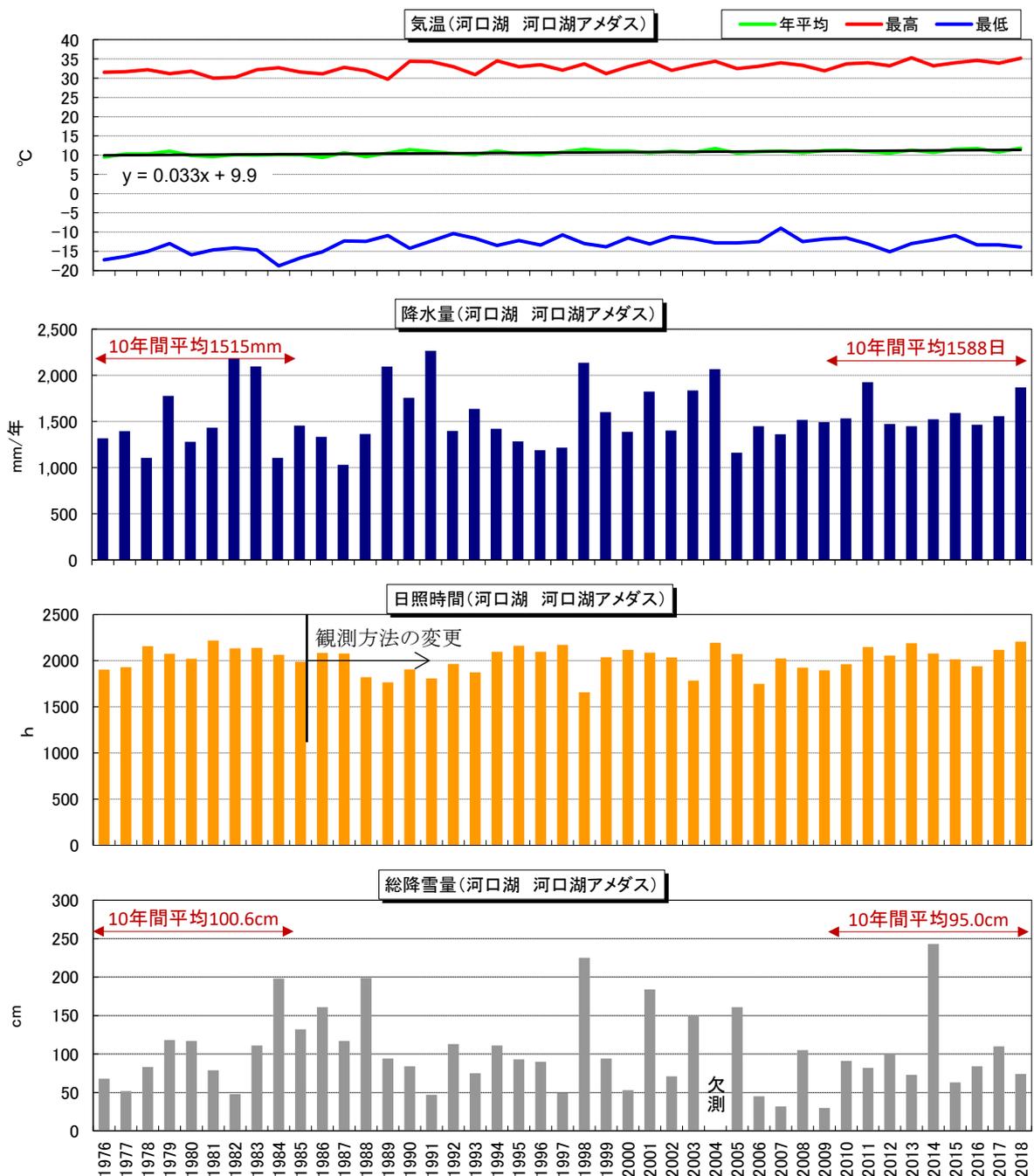


図 1.6-1 気象の経年変化(気象庁アメダス:河口湖)

2) 気温(真夏日・真冬日)

夏季の植物プランクトン増殖や、冬季の湖面結氷に影響すると考えられる、真夏日・真冬日の発生日数について図 1.6-2 に整理した。2010年代は、1980年代と比較すると、真夏日の日数が4倍近くなり、真冬日の日数は半分程度となっている。

※真夏日：最高気温が30℃以上の日 真冬日：最高気温が0℃未満の日

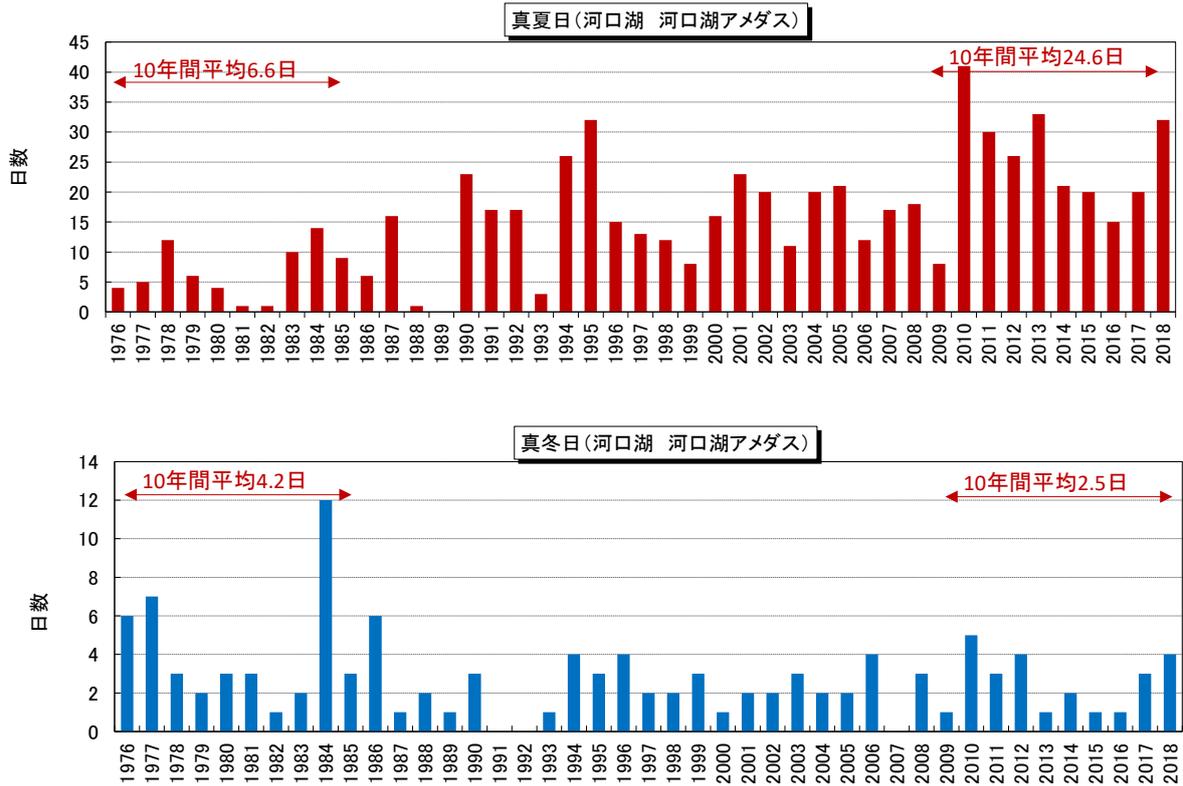


図 1.6-2 真夏日、真冬日の経年変化(気象庁アメダス:河口湖)

3) 気温(夏季・冬季平均気温)

河口湖に生息する冷水性魚類への影響が考えられる夏季気温と、冬季の全循環不全への影響が考えられる冬季気温の経年変化を図 1.6-3 に整理した。7、8、1、2月平均気温について単純に直線回帰式をあてはめると、やや上昇している傾向が見られた。

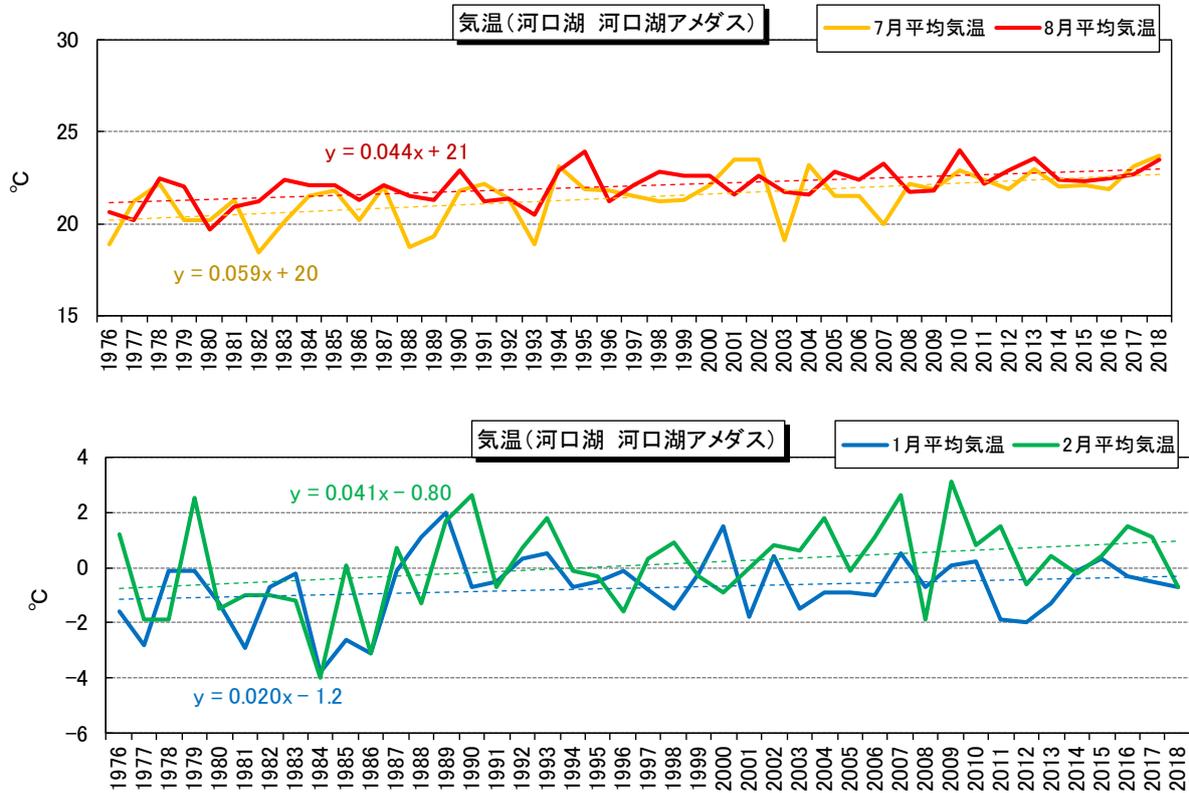


図 1.6-3 夏季と冬季平均気温の経年変化(気象庁アメダス:河口湖)

4) 降水量(100mm/日超える日数)

日降水量が 100mm を超える日数について図 1.6-4 に整理した。2010 年代は、1980 年代と比較すると、増加傾向が見られる。

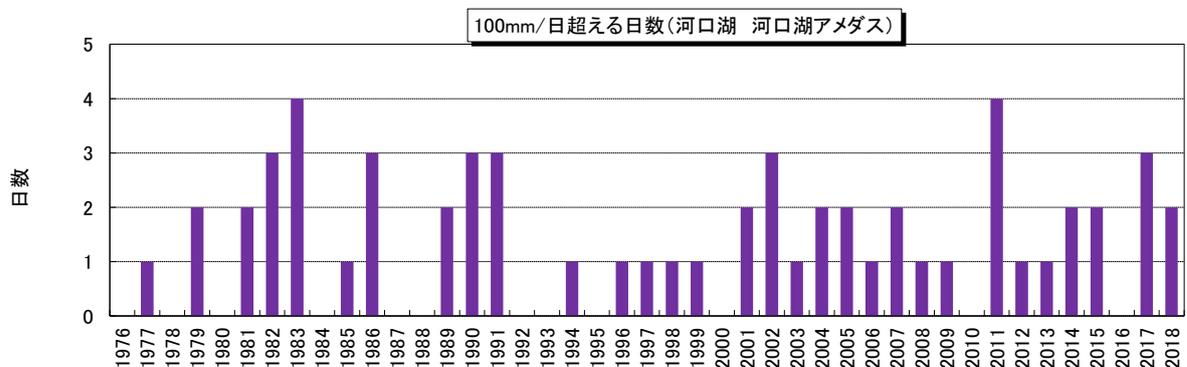


図 1.6-4 降水量が 100mm/日超える日数の経年変化(気象庁アメダス:河口湖)

(3) 将来の気象予測データの収集

河口湖における将来の気象がどのように変化するかについて具体的に把握するために、公表資料である、気象庁東京管区気象台が作成した、「気候変化レポート 2018－関東甲信・北陸・東海地方－」（山梨県）を参考に整理した。

この資料では、「地球温暖化予測情報 第9巻：RCP8.5」の計算結果に基づき整理されている。この資料から、河口湖の気候変動影響に関連するとして、河口湖が位置する山梨県における気温、降水量の情報を抽出した。

1) 気温

将来気候（21世紀末）では夏（6-8月）に平均気温が4.0度の上昇、真夏日も平均的に60日増加する。また、冬（12-2月）に平均気温が5.0度の上昇、冬日も現在より40日減少する。

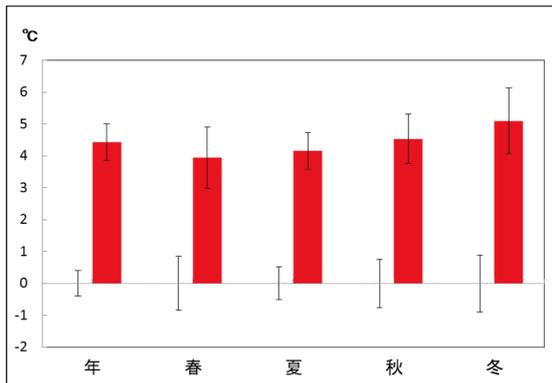


図 1.6-5 山梨県の平均気温の将来気候における変化

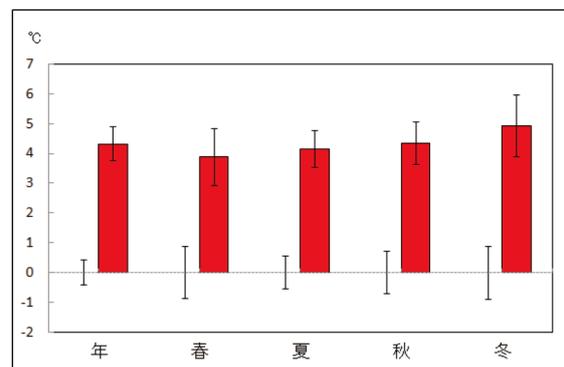


図 1.6-6 山梨県の日最高気温の将来気候における変化

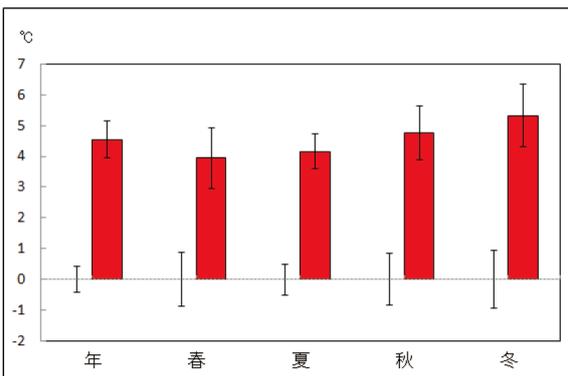


図 1.6-7 山梨県の日最低気温の将来気候における変化

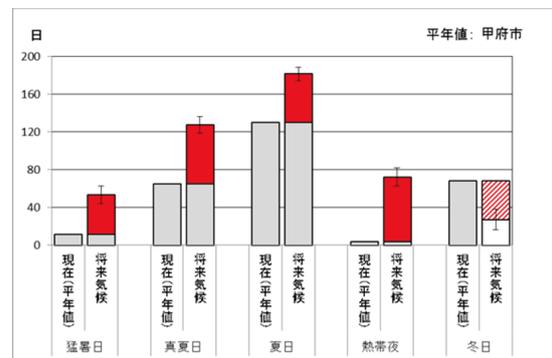


図 1.6-8 甲府市の階級別日数の将来気候における変化

2) 降水量

日降水量 50mm 以上の発生確率が現在の約 2 倍に増加すると整理されている。

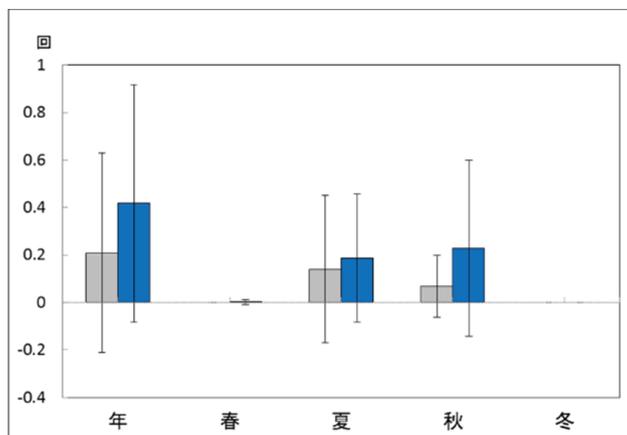


図 1.6-9 山梨県の 1 時間降水量 50mm 以上回数の将来気候における変化

1.6.2 気候変動影響の整理

1) 長期的な河口湖の水質変化

河口湖における代表的な水質地点（河口湖湖心）における 1981 年からの水質について、富栄養化・植物プランクトンの増殖に関連する COD、T-N、T-P を図 1.5-10 に整理した。

河口湖において、COD について見ると、1980 年代からは変動幅が大きく、2010 年代以降になると、平均的に濃度が低くなりピークも小さくなっている。T-N、T-P は、2000 年以前は変動幅が大きく、2000 年以降は、平均的に濃度が低くなっている傾向が見られる。

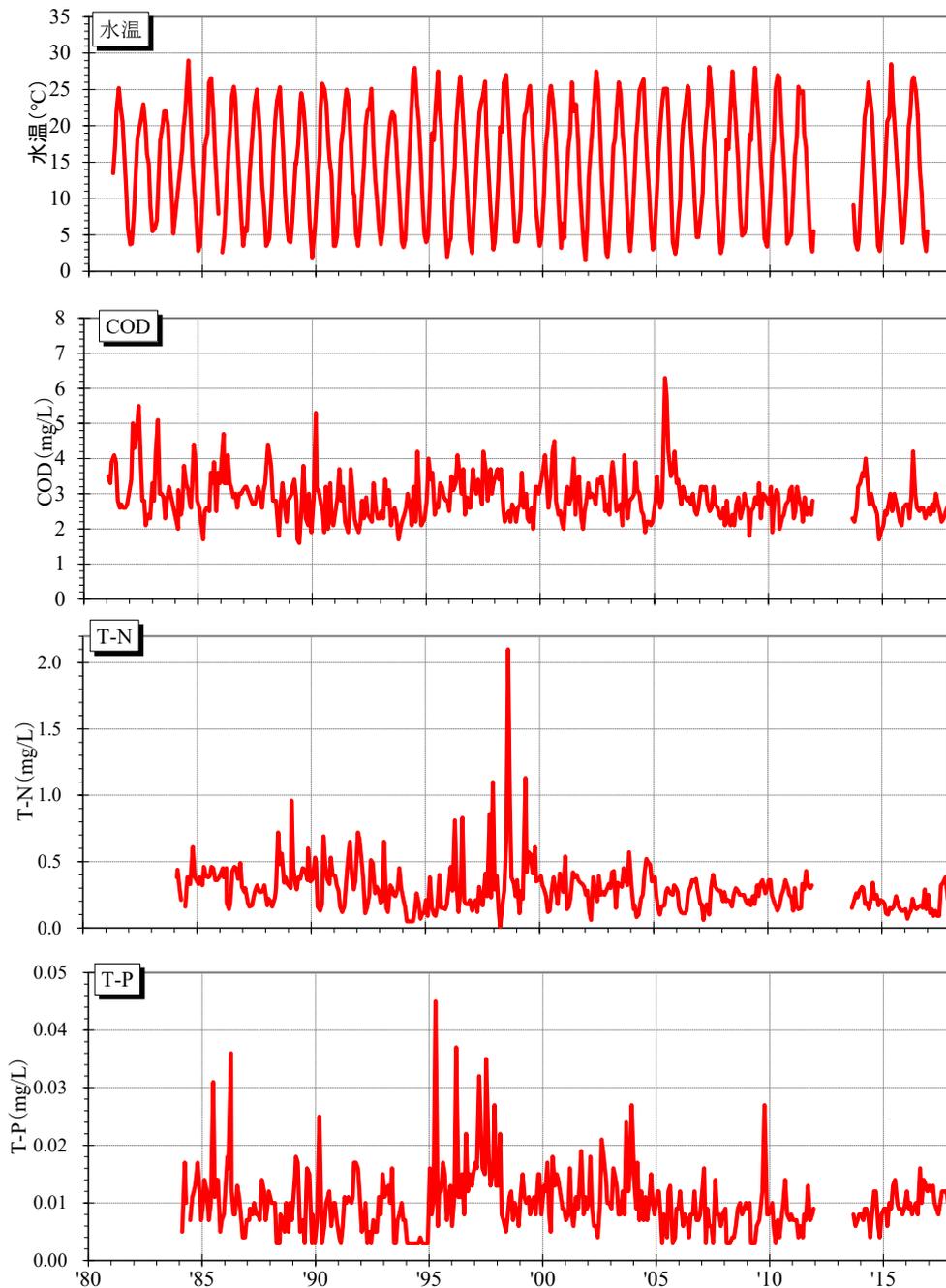


図 1.6-10 河口湖における水質の経年変化(河口湖湖心)

※データ出典:環境省 公共用水域水質測定結果

河口湖における代表的な水質地点（河口湖湖心）において、2008 と 2017 年の水温と DO の鉛直分布を図 1.6-11 に示す。10 年前と同様に、1 月に全循環が発生しており、7 月に水温成層ができているとともに底層に貧酸素化が生じていることが分かった。2017 年 7 月、底層の DO がほぼゼロであり、貧酸素化の状況が深刻であった。

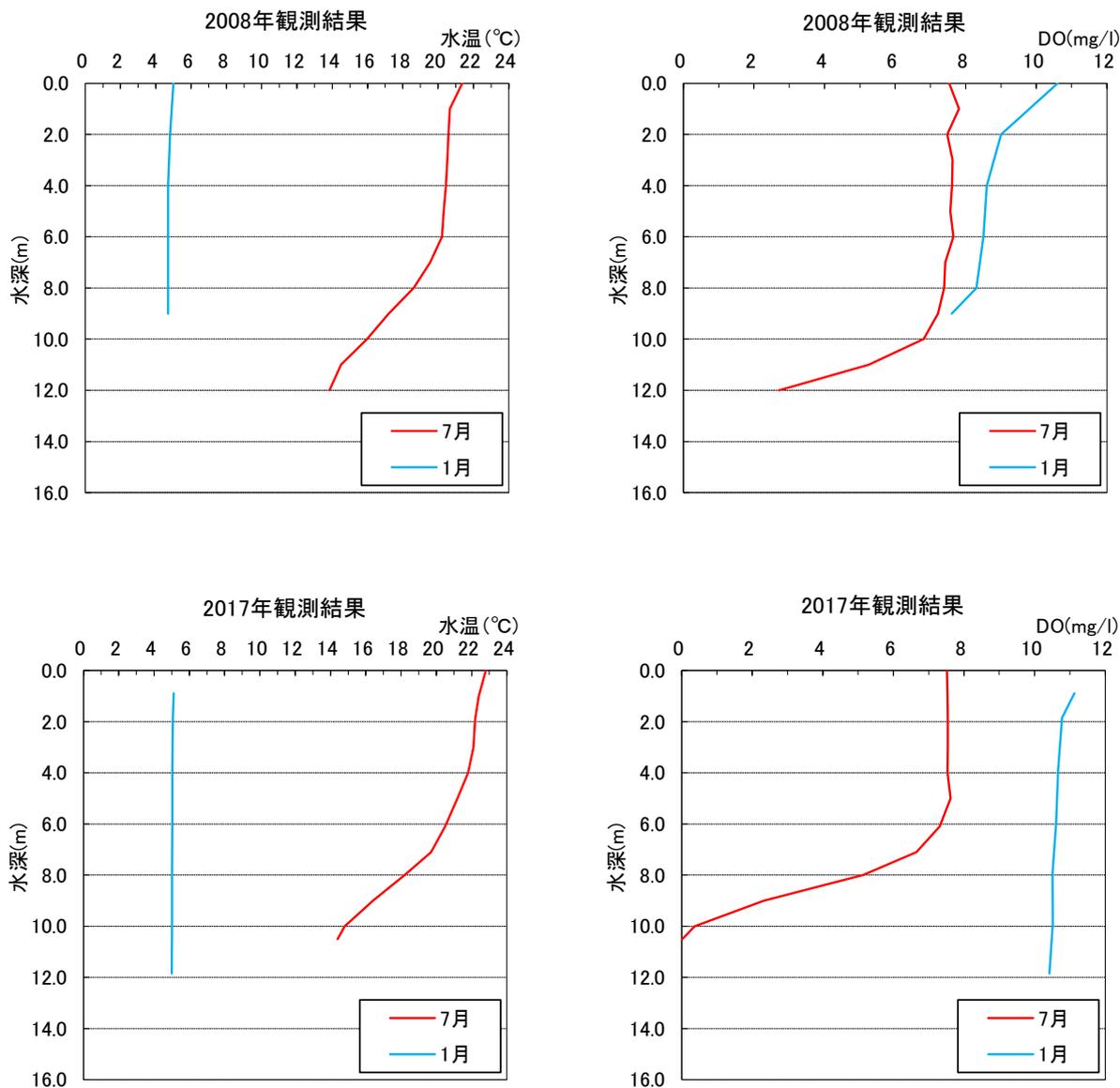


図 1.6-11 河口湖における水質の鉛直分布(河口湖湖心)

※データ出典：山梨県提供データ

1.6.3 影響評価の実施、適応策の検討

以上の河口湖における特性の整理結果を踏まえて、河口湖における気候変動による影響を想定すると、表 1.6-1 の項目が挙げられる。これらの影響のうち、手引きで示している全循環不全による影響、気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響、植物プランクトンの増殖による利水への影響と湖面結氷短期化による影響について、簡易的な手法により、検討を行った。

表 1.6-1 検討対象とする気候変動影響の選定(河口湖)

水環境の変化	水環境の変化 (影響を評価するための指標)		生活や地域社会への影響	情報・データ整理の結果を記入	
				湖沼の特徴	検討必要有無
冬季全循環の不全	①	底層水の貧酸素化、底層利用種の酸欠	底層利用種の漁獲量	水温躍層の形成	○
	②	底泥からの窒素、リンの溶出	利水(浄水処理)、景観、臭気、漁業ブランド	発電用水の取水 観光地である	-
水温の上昇	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	ニジマス等を漁獲	○
	④	植物プランクトンの変化	利水(浄水処理)、景観、臭気、漁業ブランド、水生植物	発電用水の取水 ニジマス等を漁獲 観光地である	○
	⑤	魚類等の生息水深の変化	漁法、漁獲量	ニジマス等を漁獲	-
	⑥	底泥からの窒素、リンの溶出	利水(浄水処理)、景観、臭気、漁業ブランド	発電用水の取水 ニジマス等を漁獲 観光地である	○
湖面結氷の変化	⑦	湖面結氷の短期化	景観、湖面結氷や氷を利用したイベント等(地域資源)	結氷で湖面釣り	○
融雪時期の流入量・栄養塩供給時期の変化	⑧	植物プランクトン発生時期、量の変化	漁獲量	融雪出水がある ニジマス等を漁獲	○
	⑨	春先の栄養塩供給量の減少	漁獲量、漁業適期、利水(浄水処理)、景観、臭気	発電用水の取水 ニジマス等を漁獲 観光地である	○
	⑩	春先の融雪水量の減少	(⑩と同じ)、利水(かんがい等)	(同上)	○
降雨強度の変化による出水時流入栄養塩量の増加	⑪	浮遊物質量の増加、透明度の変化	利水(浄水処理)、景観	発電用水の取水 ニジマス等を漁獲 観光地である	○
	⑫	植物プランクトンの変化	利水(浄水処理)、景観、臭気、漁獲量	発電用水の取水 ニジマス等を漁獲 観光地である	○
降水量の減少による平常時流量の減少		(⑫と同じ)	(⑫と同じ)	(同上)	○

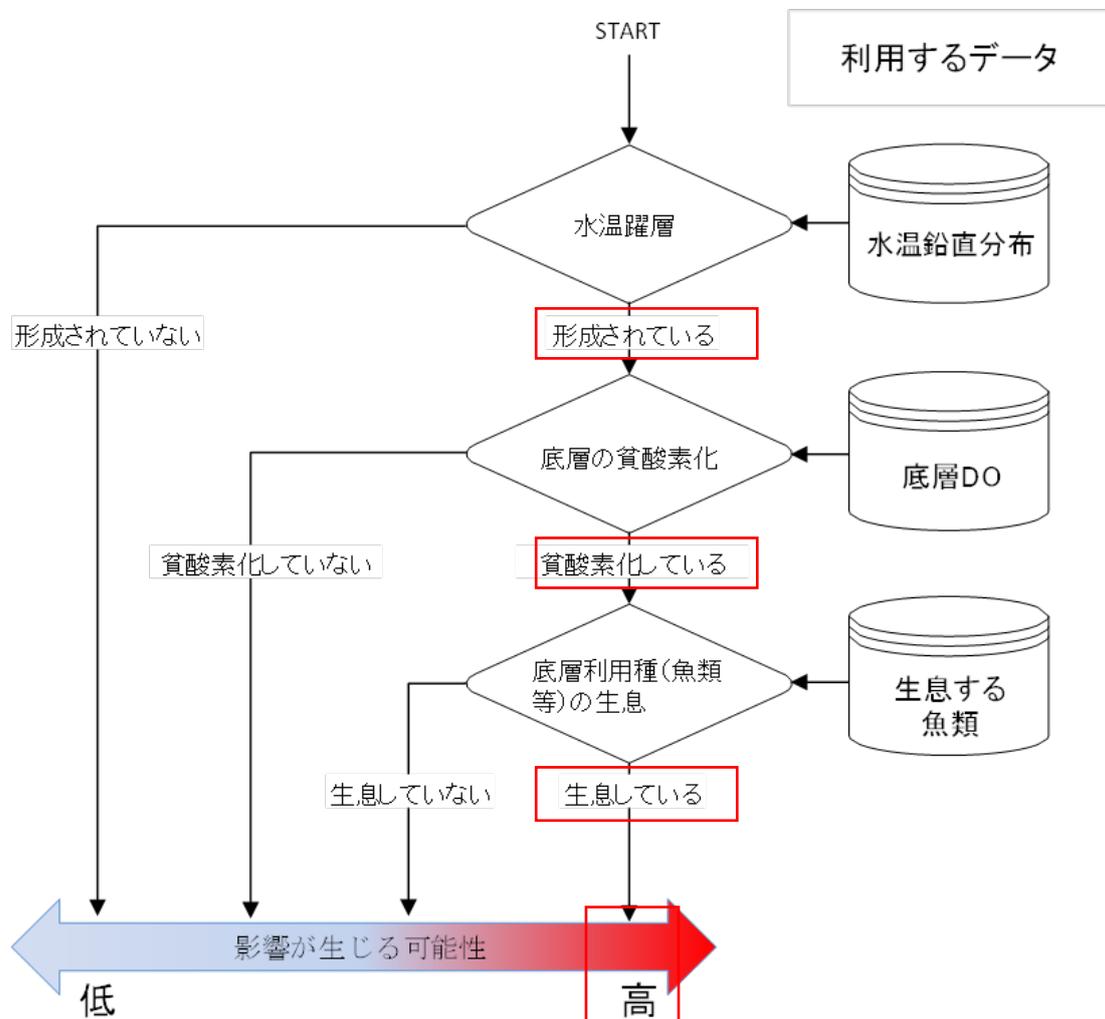
(1) 気候変動による影響の検討と評価

1) 冬季全循環不全による底層水の貧酸素化による魚類等の底層利用種への影響

図 1.6-12 のフローに従い、収集・整理したデータ・資料を踏まえて、河口湖における気候変動影響の可能性について整理する。

ここで、「冬季全循環不全による底層水の貧酸素化」が現状で生じているかを判断するために、水温と DO の観測値を用いる。特に、夏季の水温が上昇する時、水温成層が生じると底層が貧酸素化になりやすいことから、そのような変化が生じているかどうかを確認する。

水温と DO のデータは、各自治体を実施している調査結果から得ることができ、河口湖においては、山梨県による調査結果データを使用した。



※赤枠：河口湖の検討結果

図 1.6-12 冬期全循環不全による底層水の貧酸素化、底生魚類の生息への影響の検討フロー

A) 水温成層の形成状況

河口湖における代表的な水質地点（河口湖湖心）において、2008 と 2017 年の水温鉛直分布を図 1.6-13 に示す。10 年前と同様に、1 月に全循環が発生しており、7 月に水温成層ができていることが分かった。

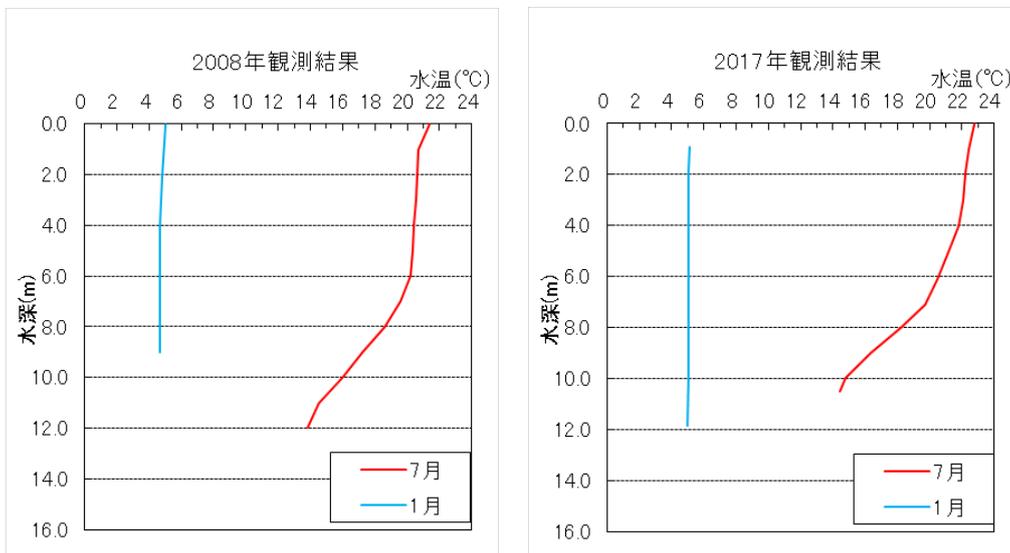


図 1.6-13 河口湖における水温の鉛直分布(河口湖湖心)

B) 底層 DO(溶存酸素)の状況

河口湖における代表的な水質地点（河口湖湖心）において、2008 と 2017 年の DO 鉛直分布を図 1.6-14 に示す。2008 と 2017 年の 7 月に水温成層ができているとともに底層に貧酸素化が生じていることが分かった。特に 2017 年 7 月、底層の DO がほぼゼロであり、貧酸素化の状況が深刻であった。

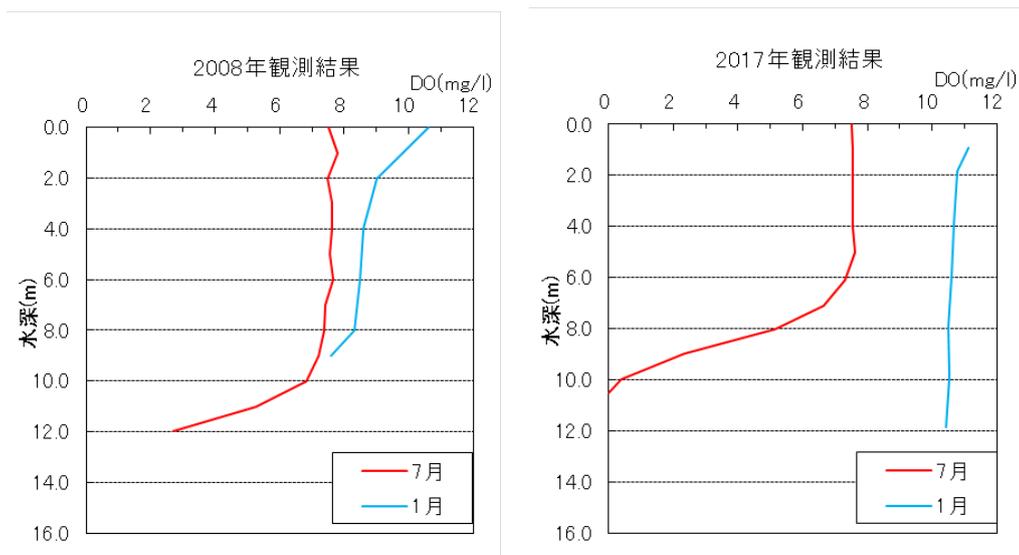


図 1.6-14 河口湖における DO の鉛直分布(河口湖湖心)

⇒【影響評価】夏季に水温成層が生じるとともに、底層の貧酸素化が生じ、気候変動により冬季全循環不全から底生魚類の生息への影響が生じる可能性がある。

C) 底生魚類の生息

河口湖においてはワカサギなどが生息している。

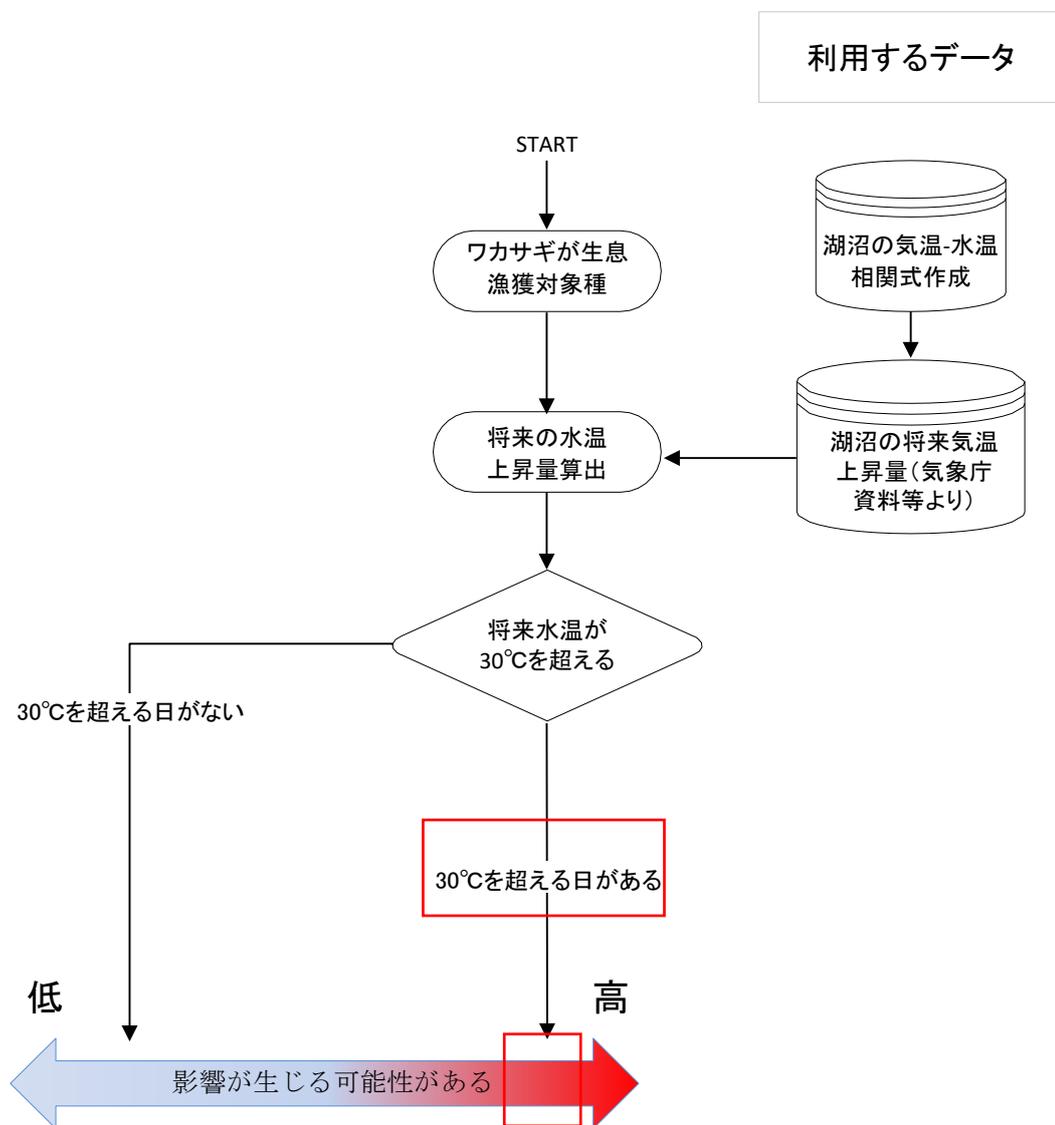
⇒【影響評価】夏季に水温成層が生じるとともに、底層の貧酸素化が生じている。気候変動により冬季全循環不全から魚類の生息への影響が生じる可能性がある。

2) 気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響

水温上昇による冷水性魚類への影響については、図 1.6-15 のフローに従い、河口湖における気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響を検討する。

ワカサギを例にして影響評価を行い、影響が生じる可能性の有無を検討する。ワカサギでは、成魚の生息適水温の範囲が 0~30℃であることが既往文献から分かっているため、将来の水温が 30℃を超えるかどうかで、ワカサギの生息への影響を評価する。

なお、ワカサギ以外の種については、魚種によって水温変化の適性や高水温への耐性が異なるため、検討対象とする魚種の生態的知見を収集し、その種の生息適水温を把握できれば、同様な検討を行うことが可能である。



※赤枠：河口湖の検討結果

図 1.6-15 気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響の検討フロー
(影響評価の対象魚種をワカサギとした場合)

A) 将来の水温上昇量算出

河口湖における将来の水温上昇量の算出結果を図 1.6-16 に示す。将来の気温上昇量 4.1℃ に対して、既往と水溫の相関式より、将来の水溫は最高に 30.8℃ になる可能性がある。そのため、ワカサギの生活が可能である最高水溫としての 30℃ を将来を超える可能性はあると考えられる。

⇒【影響評価】 気温上昇に伴う水溫上昇による冷水性魚類（ワカサギ）への影響が生じる可能性があると考えられる。

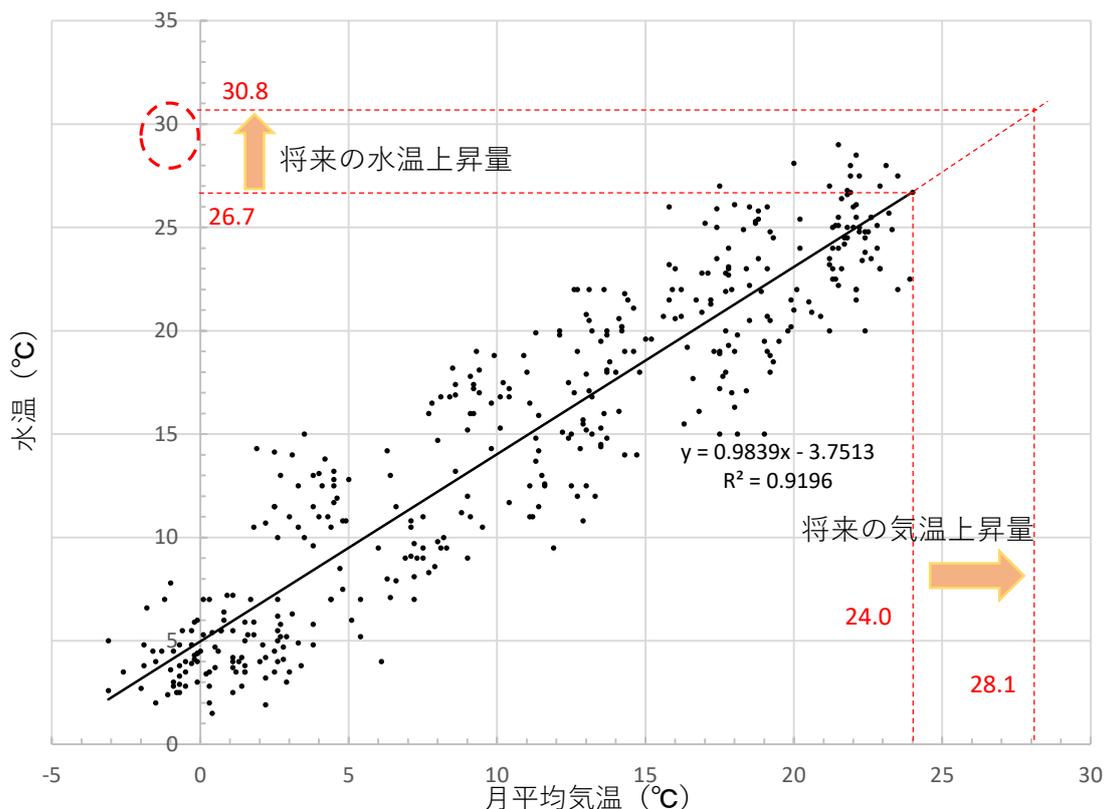


図 1.6-16 将来の水溫上昇量の算出

表 1.6-2 全国及び地域別の平均気温の変化

地域	年	春	夏	地域	秋	冬
全国	4.5 ± 0.6	4.0 ± 0.8	4.2 ± 0.5	全国	4.6 ± 0.7	5.0 ± 0.9
北日本日本海側	4.8 ± 0.7	4.3 ± 0.9	4.5 ± 0.7	北日本日本海側	5.0 ± 0.8	5.2 ± 1.1
北日本太平洋側	4.9 ± 0.7	4.4 ± 0.9	4.5 ± 0.7	北日本太平洋側	5.0 ± 0.8	5.5 ± 1.1
東日本日本海側	4.5 ± 0.6	4.1 ± 0.9	4.3 ± 0.6	東日本日本海側	4.7 ± 0.8	4.9 ± 1.0
東日本太平洋側	4.3 ± 0.6	3.8 ± 0.9	4.1 ± 0.6	東日本太平洋側	4.5 ± 0.8	4.8 ± 1.0
西日本日本海側	4.1 ± 0.5	3.7 ± 0.8	3.9 ± 0.5	西日本日本海側	4.3 ± 0.8	4.7 ± 0.9
西日本太平洋側	4.1 ± 0.5	3.6 ± 0.8	3.9 ± 0.5	西日本太平洋側	4.3 ± 0.8	4.6 ± 1.0
沖縄・奄美	3.3 ± 0.4	3.1 ± 0.7	3.2 ± 0.4	沖縄・奄美	3.5 ± 0.6	3.6 ± 0.8

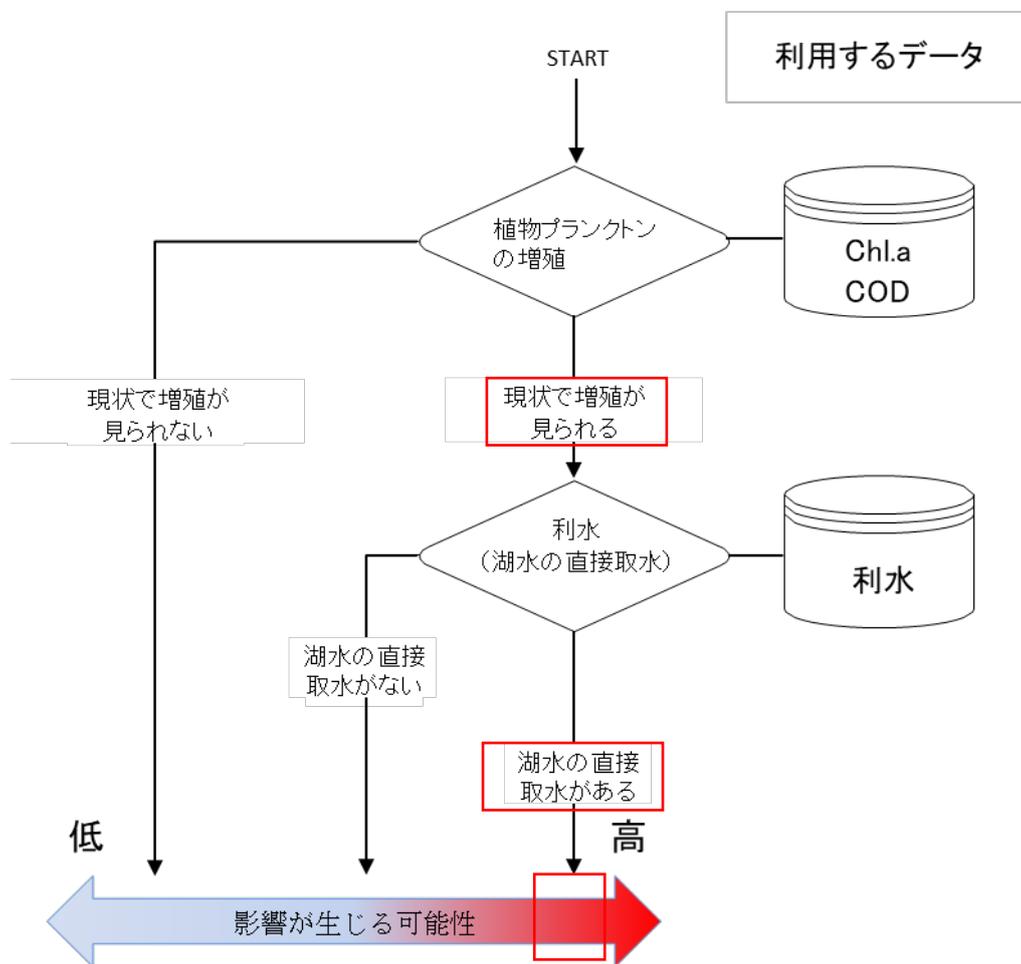
出典：気象庁 地球温暖化予測情報 第9巻 (2017年)

3) 植物プランクトンの増殖(富栄養化)による利水への影響

図 1.6-17 のフローに従い、収集・整理したデータ・資料を踏まえて、河口湖における気候変動影響の可能性について整理する。

ここで、「植物プランクトンの増殖」が現状で生じているかを判断するために、COD の観測値を用いる (Chl.a データがあれば、直接的な植物プランクトン量の指標であるため、それを用いることでもよい)。特に、夏季の水温が上昇する時、アオコの原因藻類である藍藻類が増えると COD 濃度が上昇することから、そのような変化が生じているかどうかを確認する。

COD のデータは、公共用水域水質測定として各自治体を実施している調査結果から得ることができ、河口湖においては、山梨県による調査結果データを使用した。



※赤枠：河口湖の検討結果

図 1.6-17 植物プランクトンの増殖の影響の検討フロー

A) 河口湖における COD(植物プランクトン増殖の有無)

河口湖における長期的な COD 濃度の変化を図 1.6-18 示す。河口湖では、ほぼ毎年、夏季に COD 濃度が上昇する傾向が見られている。これは植物プランクトンの増殖による影響であると考えられる。

⇒【影響評価】植物プランクトンの増殖があると判断される。

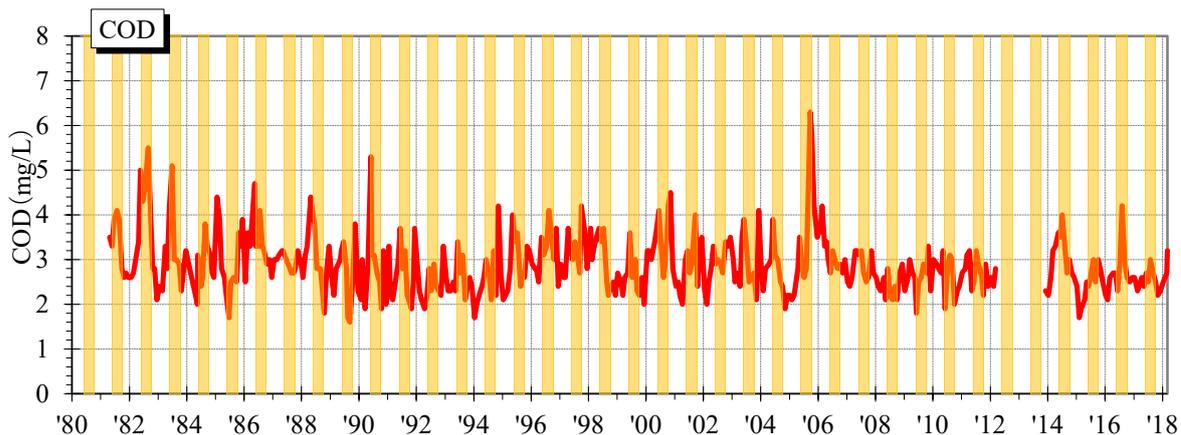


図 1.6-18 河口湖(河口湖湖心)における COD(表層)の変化(網掛けの期間は夏季)

B) 河口湖における利水の状況

自治体ヒアリング結果から、河口湖において、湖水の直接的な取水・水利用としては、発電取水がある。また、発電後の放流水として、放流先でかんがい用水として利用されている。

⇒【影響評価】発電用水、かんがい用水での使用時に、湖水を浄化しての利用はないが、植物プランクトンが増殖することによって、取水の水質が悪化し、水利用への影響が生じる可能性が考えられる。

C) その他想定される影響

その他に、ヒアリング結果等を踏まえて、植物プランクトンが増殖することで、考えられる河口湖への影響としては、次のことが挙げられる。

- ・ 内水面漁業があり、漁獲への影響、風評被害
- ・ 観光客が多数訪れる観光地であり、景観の悪化
- ・ 水門操作、水位管理がなされており、流入状況、水位状況によって滞留等が変化することによる水質への影響。

4) 湖面結氷短期化による影響

湖面結氷短期化による影響については、図 1.6-19 のフローに従い、河口湖における「湖面結氷の有無」、「湖面の利用の有無」から検討する。

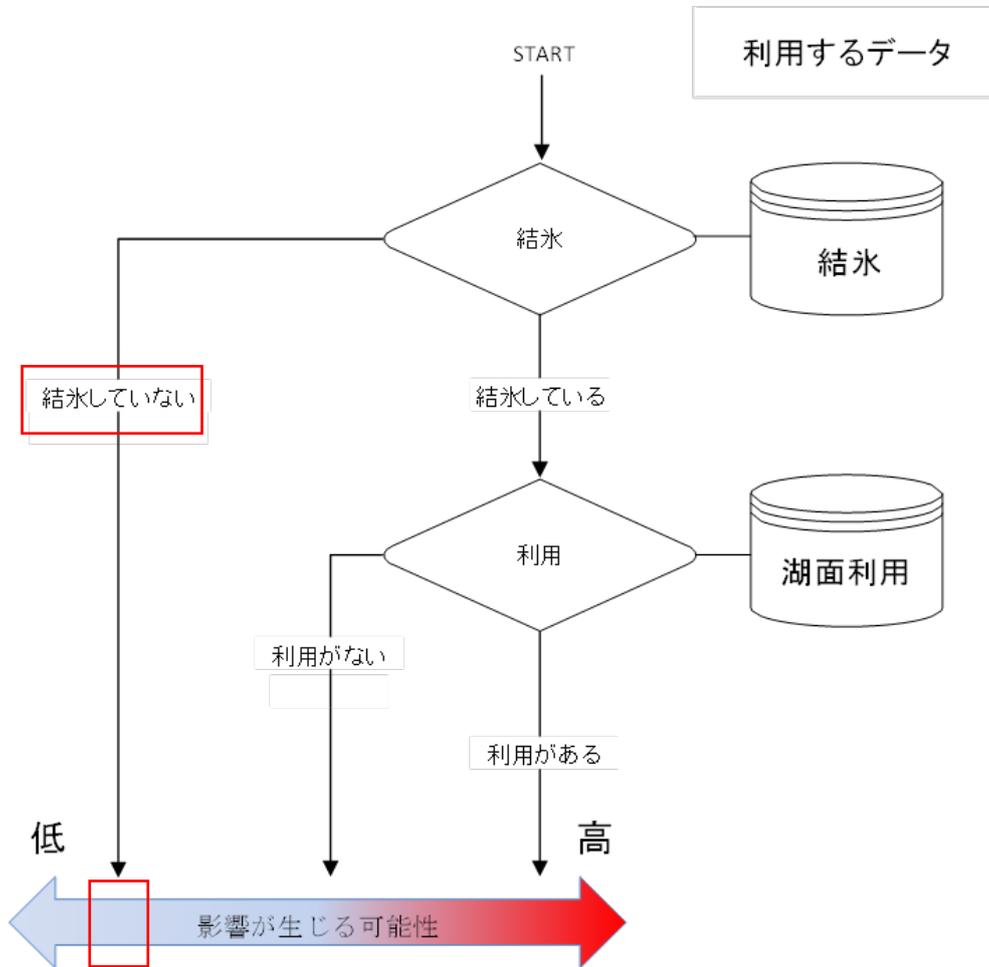


図 1.6-19 湖面結氷の短期化の影響の検討フロー

A) 河口湖における結氷

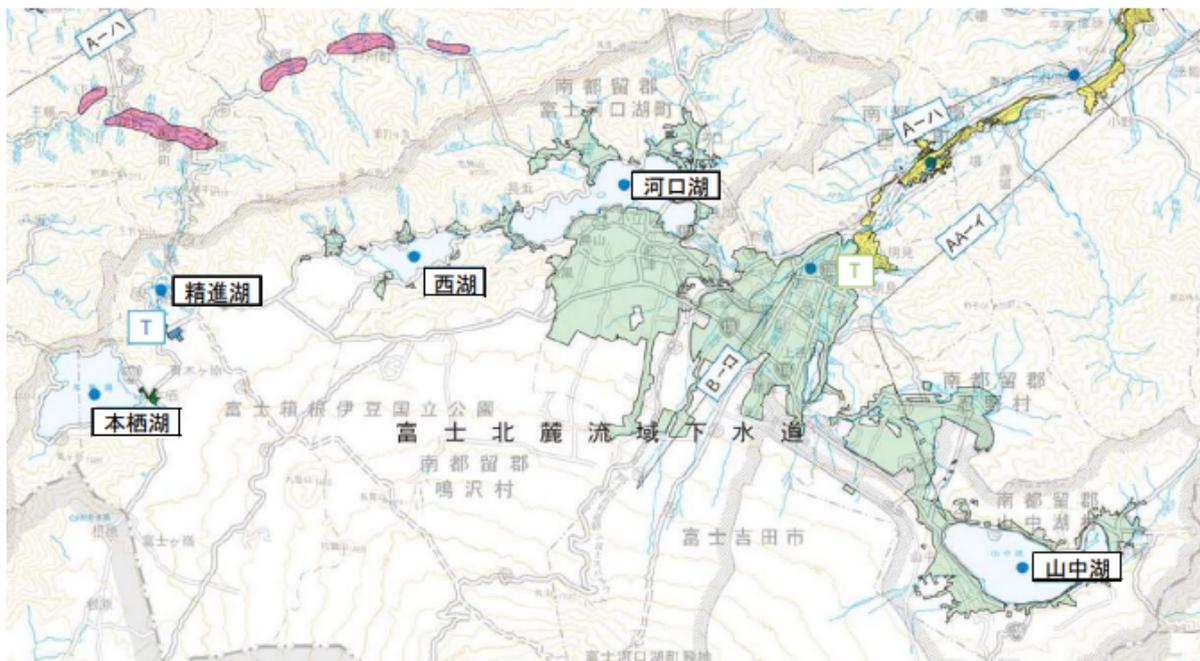
ヒアリング結果から、河口湖では、最近結氷していないことがわかった。

⇒【影響評価】冬季に湖面結氷しないため、気候変動によって影響が生じる可能性が小さいと考えられる。

(2) 影響評価を踏まえた適応策の検討

1) 既存計画および対策

山梨県は、湖沼水質保全のため、富士北麓地域の下水道事業を進めている。



※「山梨県生活排水処理施設整備構想2017」(山梨県 H29.3)長期的整備計画(H47)構想図より抜粋

- 富士北麓流域下水道計画区域
- 富士北麓浄化センター
- 富士河口湖町特定環境保全公共下水道計画区域
- 精進浄化センター

事業名	富士北麓流域下水道	富士河口湖町特定環境保全公共下水道
計画種別	事業計画	事業計画
計画年次	S50～H37年度	H7～H24年度
計画面積(ha)	3,072.4	25
計画人口(人)	54,030	400
管渠延長(km)	33.5	7.9
計画処理能力(m ³ /日)	42,100	500
放流先	桂川	苗積沢
終末処理場の位置	富士吉田市下吉田	富士河口湖町精進特定環境保全公共下水道
構成市町村	富士吉田市、忍野村、山中湖村、富士河口湖町	富士河口湖町

図 1.6-20 富士北麓地域の下水道事業

出典：山梨県ホームページ https://www.pref.yamanashi.jp/gesuido/documents/2_h30koshousuishituhozen.pdf

表 1.6-3 底層利用種の生息に対する気候変動影響を抑制するための適応策の例

適応策の視点		適応策メニュー	既存対策の有無	既存対策の対応力	適応策の方向性
A.底層水の貧酸素化の抑制	1	底層への酸素供給		冬季全循環不全への対策検討が必要	水の滞留改善に関する対策の検討、モニタリング
		深層曝気			
		表層水の深層への注入			
		高濃度酸素の注入			
	2	底質改善による酸素消費抑制			
		浚渫(継続的)			
覆土 底土の置き換え 干し上げ					
B.水温成層形成の抑制	3	水温成層の破壊			
		全層曝気			
		鉛直流動促進			
D.漁獲量の確保	6	稚魚放流量の増加			
	7	漁獲量の管理			
	8	新たな漁獲対象種への変更			
E.生息場所の確保	9	生息環境に適した新たな生息エリアの創出			
	10	種の保存のための他水域への移動、施設整備			

1) 気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響に対する適応策

水温が 30℃を超えることに対して、図 1.6-22 のような適応策が考えられる。

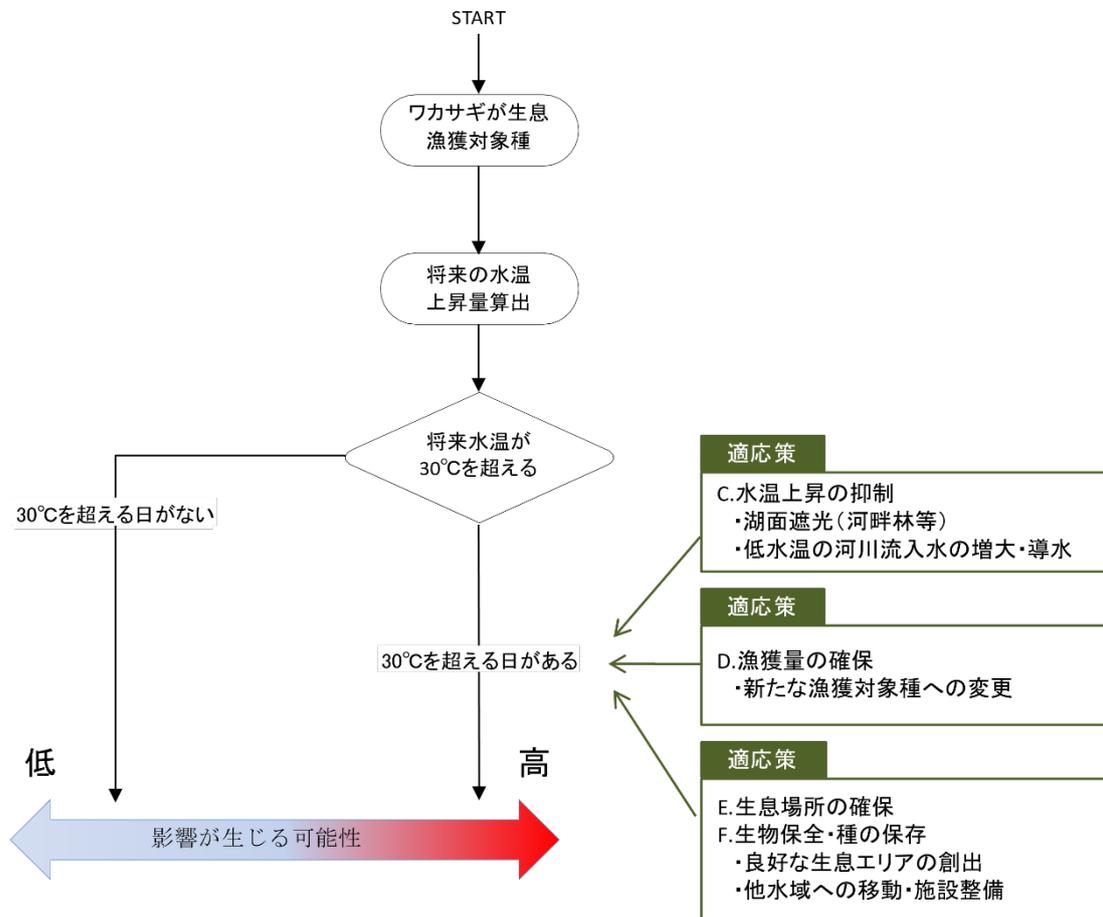


図 1.6-22 気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響に対する適応策の検討フロー

表 1.6-4 気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響に対する適応策の例

適応策の視点	適応策メニュー		既存対策の有無	既存対策の対応力	適応策の方向性
C.水温上昇の抑制	4	湖面遮光		モニタリング、対策の検討が必要	対策検討、モニタリング
		・浮島等			
	・河畔林				
	・水生植生帯整備				
	5	河川水等の導水(低温である湧水や渓流水)			
D.漁獲量の確保	6	稚魚放流量の増加			
	7	漁獲量の管理			
	8	新たな漁獲対象種への変更			
E.生息場所の確保	9	生息環境に適した新たな生息エリアの創出			
	10	種の保存のための他水域への移動、施設整備			
F.生物保全、種の保存	11	産卵、繁殖場の創出			
	12	種の保存のための他水域への移動、施設整備			
	13	産卵等生息環境に配慮した湖水位管理(変動)			

2) 植物プランクトンの増殖(富栄養化)による利水への影響に対する適応策

植物プランクトン増殖につながる要因は、図 1.6-23 のような経路、要素がある。河口湖の特徴から、抑制すべき要因として、「水温上昇」「流入負荷量の増加」「水の滞留」が該当し、これらへの対応が適応策として考えられる。

なお、利水について河口湖では取水はあるが、現状で浄水処理はされていないため、浄水処理の能力不足に対する適応策は選定しないこととする。

以上を踏まえて、河口湖において適用性が考えられる適応策オプションは次ページの表 1.6-5 の通りである。

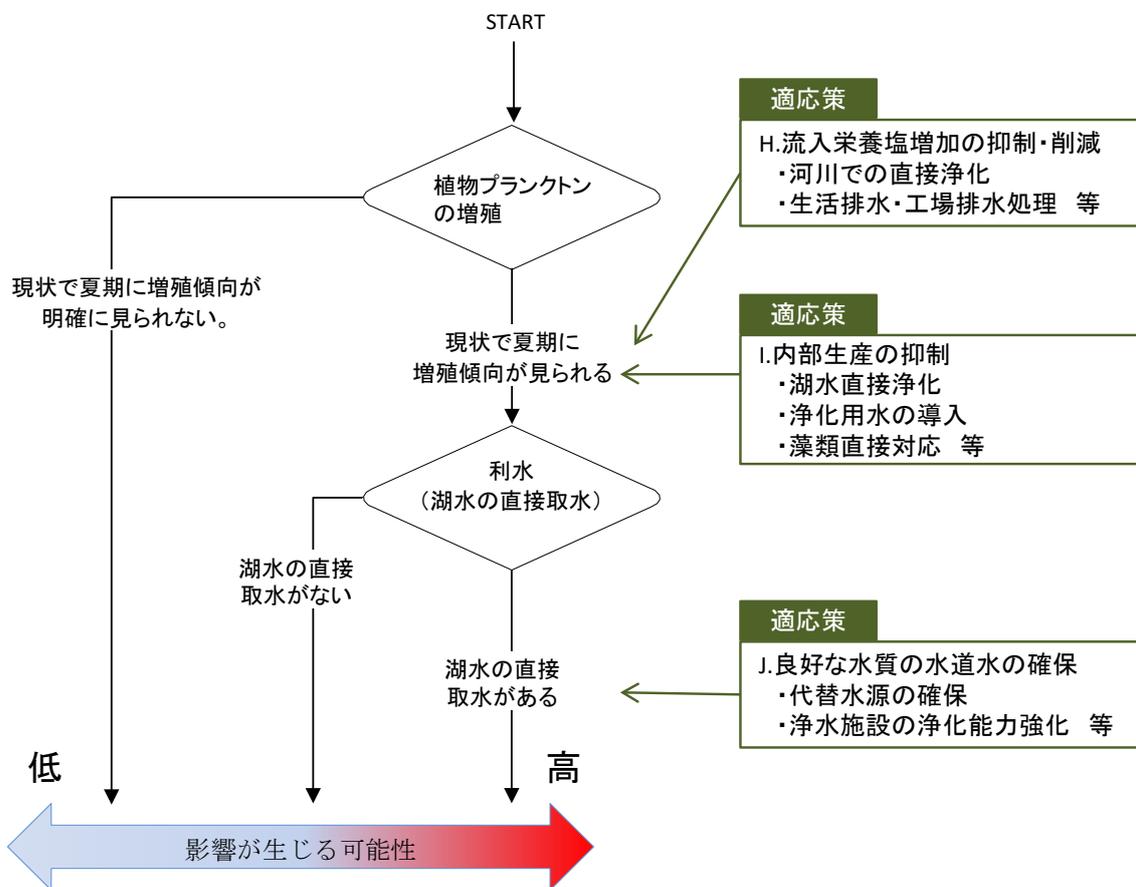


表 1.6-5 河口湖における植物プランクトン増殖と、利水影響に対する適応策の例

適応策の視点	適応策メニュー	既存対策の有無	既存対策の対応力	適応策の方向性
H. 流入栄養塩増加の抑制・削減	15 河川での直接浄化		既往対策を継続するとともに、モニタリングを継続し、状況に応じて対応方策を見直す	既存対策の強化
	沈澱			
	ろ過、接触酸化			
	植生による浄化			
	底泥浚渫(継続的)			
	16 生活排水処理			
	下水道整備、下水処理場の高度化(窒素りん除去)	○		
合流式下水道の改善				
窒素りん除去型の高度処理型合併処理浄化槽設置				
17 環境保全型農業の実施(負荷低減)				
18 工場・事業場等、排水基準の強化				
19 市街地、道路等からの面源負荷削減(雨水流出抑制、路面・側溝清掃等)				
I. 内部生産の抑制	20 曝気等による水の流動促進			
	浅層曝気			
	全層曝気			
	流動促進装置による流動化			
	浄化用水の導入(流動化、希釈)			
	21 プランクトン増殖抑制を考慮した湖水の放流、水位管理			
	22 湖内での直接浄化			
	接触酸化			
	土壌浄化			
	植生浄化			
凝集処理				
23 水生植生帯の整備				
24 藻類の除去				
	衝撃殺藻、紫外線殺藻等 吸引等による直接除去			
25 漁獲による栄養塩の系外除去				
J. 良好な水質の水道水の確保	26 代替水源の確保			
	27 脱臭処理の強化(活性炭の準備)			
	28 浄水施設の浄化能力強化			
	29 局所的な清澄水域の確保(フェンス等)			
	30 水面利用方法の変更検討			

1.7 宍道湖(島根県)

1.7.1 情報・データ等の収集

(1) 湖沼・流域の特徴等の収集

宍道湖は、全国有数の広さを持つ湖で、宍道湖北山県立自然公園の中心として優れた景観を創り出すとともに、豊かな水産資源を育み、また、レクリエーション等の憩いの場や観光資源などとして、県民に様々な恩恵をもたらすかけがいのない財産となっている。平成 17 年にはラムサール条約湿地に登録された。(島根県 令和 2 年 3 月 宍道湖にかかる湖沼水質保全計画(第 7 期))

次ページに、湖沼・流域の地形、諸元等を示す。

また、関連資料収集および自治体ヒアリング結果から、主な特徴を以下に整理した。

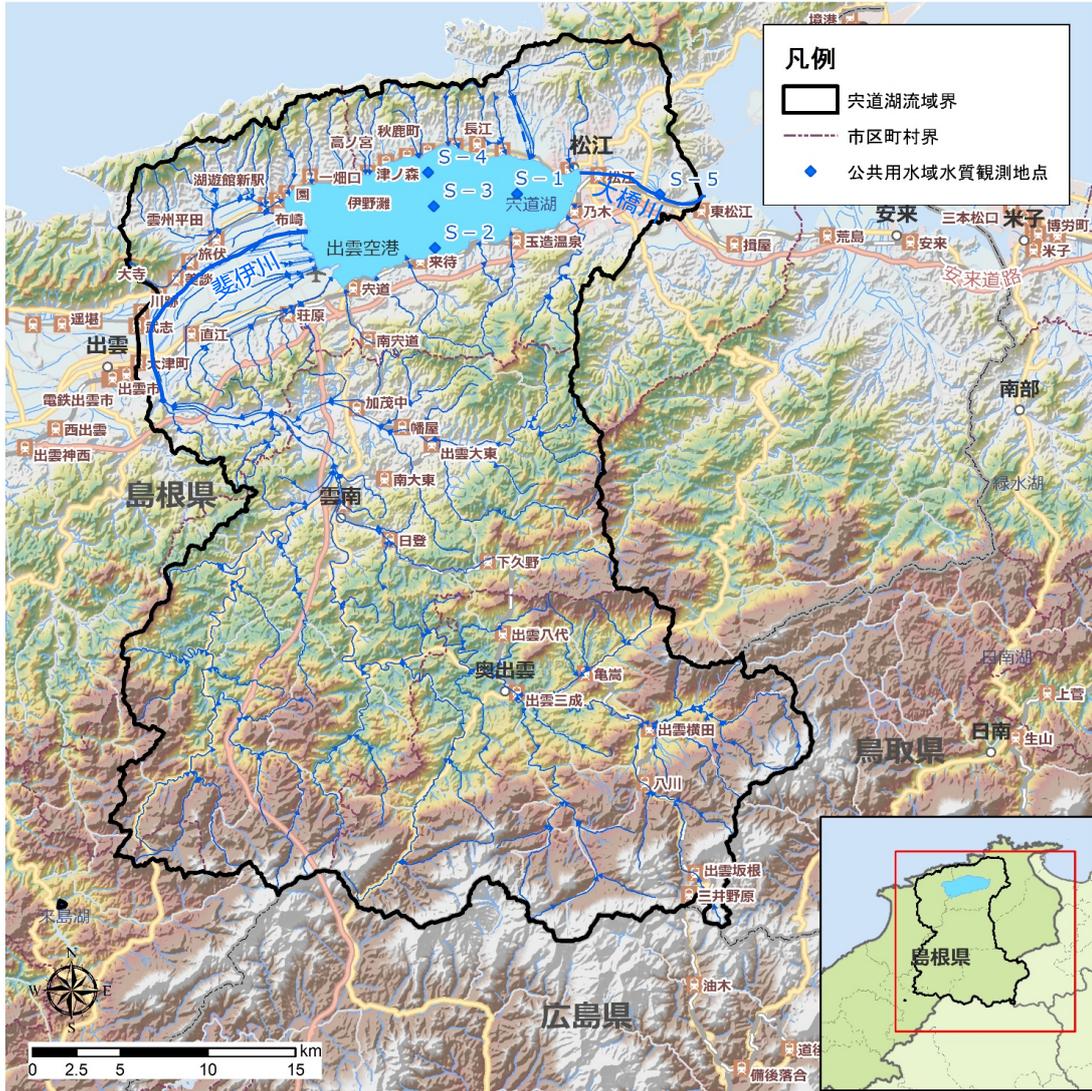
1) 地形的特徴

次ページに、湖沼・流域の地形、諸元等を示す。

また、データ収集、ヒアリング結果から、主な特徴を以下に整理した。

- ・ 島根県東部に位置する。面積は日本国内で 7 番目、島根県内では鳥取県境に位置する中海に次ぎ、2 番目に大きな湖である。
- ・ 形状は東西に長い長方形であり、東西約 17km、南北約 6km、周囲長約 47km である。
- ・ 流域面積は 1288.4 km² であり、湖の面積の約 5 割が水深 5m 以上、最大水深は 6m である。湖底はほぼ平らである。
- ・ 流入河川は、最大流量を誇る斐伊川本川など宍道湖の北、西、南から 20 数河川に及ぶが、主な流出河川は東端に位置し、中海へ流れる大橋川である。
- ・ 宍道湖は中海、大橋川を介し、日本海と繋がっており、日本海から海水が流入する。宍道湖と中海は日本では数少ない連結汽水湖となっている。
- ・ 宍道湖の佐陀川は天明時代に掘削された排水用の人工運河であり、直接日本海(恵曇港)と接続している。

島根県 宍道湖



【諸元】

標高	0m
湖面積	79.1km ²
最大水深	6.0m
湖容積	3.6億m ³
流域面積	1288.42km ²
流域人口 (H30)	258,300人
下水道普及率 (H30)	71%

(図面出典)

- ・背景地図: @Esriジャパン
- ・流域界: 国土数値情報(流域界・非集水域)より作成
- ・流入河川: 国土数値情報(河川)より作成

【環境基準】

項目	類型	基準値	令和元年度水質状況 (単位: mg/L)				
			S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
COD	湖沼・A	3mg/L以下	4.9	5.4	5.0	5.1	5.1
T-N	湖沼Ⅲ	0.4mg/L以下	0.48	0.41	0.49	0.44	0.50
T-P	湖沼Ⅲ	0.03mg/L以下	0.039	0.040	0.040	0.046	0.044

備考: 基準値の評価方法

COD: 各基準点における全層平均の年間75%値。

T-N、T-P: 各基準点における表層の年間平均値。

(データ出典)

- ・令和元年度 公共用水域及び地下水の水質測定結果(島根県)
- ・島根県ホームページ (島根県公共事業再評価 対応方針) 宍道湖に係る湖沼水質保全計画に係る湖沼水質保全(第7期)

2) 自然的特徴

- ・平成 17 年にはラムサール条約湿地に登録された。
- ・宍道湖の水質環境基準は、湖沼 A 類型（COD3mg/L 以下）であるが、現状の COD は 4～5mg/L であり、達成はしていない。湖沼水質保全計画を策定して、段階的に水質改善に取り組んでいる。
- ・海水の流入があった際に、塩分躍層が形成され、湖底の貧酸素化や栄養塩の溶出が起こることがある。
- ・宍道湖では、アオコの発生は平成 22～24 年度頃に大規模に見られたが、それ以降大規模な発生は見られていない。所々で見られる程度である。
- ・宍道湖での形成される塩淡境界は、中海ほど明瞭・強固ではない。ある程度の風が吹くと容易に混合する。
- ・宍道湖内には外来の魚は生息しているが、汽水であるため、数としては多くない。
- ・平成 24 年度以降、宍道湖で水草が繁茂するようになった。水質の改善や農薬使用量の減少など様々な説が言われているが明確な原因は分かっていない。
- ・漁協との協力で、繁茂している水草の除去を行っている。除去した水草について、いまは廃棄物扱いで処理している。また、水草の活用の研究が行われている。

3) 利用状況

A) 利水

- ・宍道湖は汽水であるため、直接、湖水の取水・利用はない。

B) 漁業

- ・宍道湖と言えば、やはりヤマトシジミ（以降、シジミ）が最重要である。漁業としても、全国的に見てシジミ生産量で宍道湖産が占める割合は高く、日本一のシジミの産地である。
- ・シジミ漁は、宍道湖漁協が資源量を確認しながら、漁獲量の管理を厳しく行っている。漁師の 1 日の操業時間、休漁日、採捕量を定めた操業規則を作成して運用している。
- ・搔カゴの目合い幅を 11mm としてそれ以下のサイズのシジミは採取しないことや、保護区域を設定するなどにより、シジミを適正に保全している。
- ・シジミの資源量については、島根県がモニタリングを定期的実施して把握しており、それを漁協に提供している。漁協はそのデータを見ながら漁獲量を設定している。漁協と県が連携してシジミ漁業に取り組んでいる。
- ・宍道湖内では 32 地点で水質観測しており、水温、DO、塩分を把握している。どのよう

な水温分布、DO 分布になっているのか現状分析を行っている。

- 宍道湖漁協では釣り人から遊漁料を徴収せず、一般的なルールを守って釣り等を楽しんでもらっている。
- シジミの他に、シラウオやヨシエビ、ウナギ、フナなどの漁獲がある。
- ワカサギについて、1990 年頃に漁獲量が激減。漁協によるワカサギのふ化放流が行われているが、近年の漁獲はない状況。ワカサギは水温が 30 度を超えると生存が難しく、自然分布の南限が宍道湖付近であったこともあり、水温が高い時期が出てきたことで宍道湖での生息数が減少したと言われている。

•

C) 観光・湖面利用

- 観光資源としても、宍道湖、シジミは重要と考えている。

(2) 水理・水質、気象データの収集

1) 経年変化

気象について、長期的な変化を図 1.7-1 に整理した。2010 年代は、1980 年代と比較すると、年平均気温に上昇傾向が見られる。

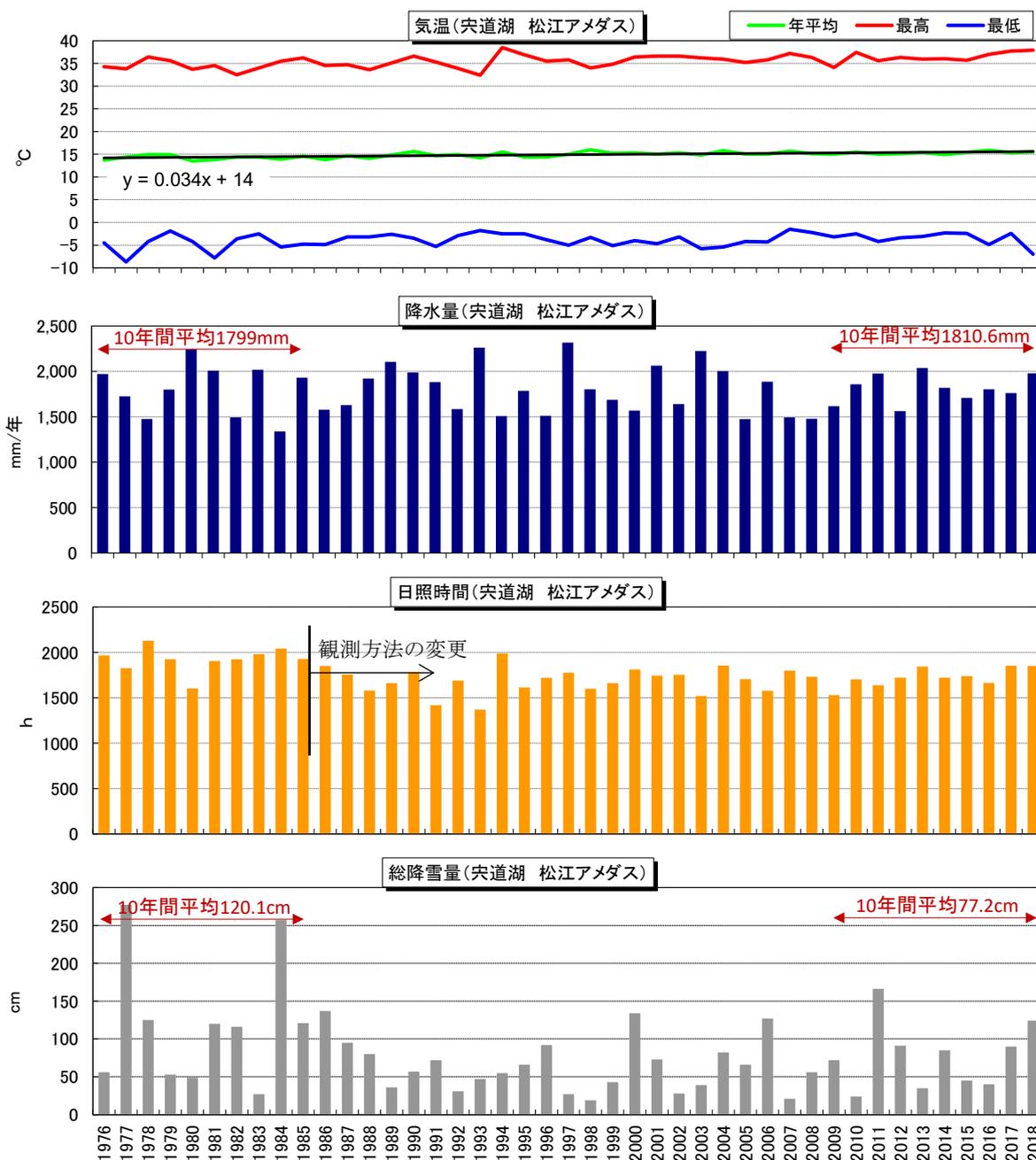


図 1.7-1 気象の経年変化 (気象庁アメダス: 松江)

2) 気温(真夏日・真冬日)

夏季の植物プランクトン増殖や、冬季の湖面結氷に影響すると考えられる、真夏日・真冬日の発生日数について図 1.7-2 に整理した。2010年代は、1980年代と比較すると、真夏日の日数が1.5倍近くなり、真冬日の日数は半分以下となっている。

※真夏日：最高気温が30℃以上の日 真冬日：最高気温が0℃未満の日

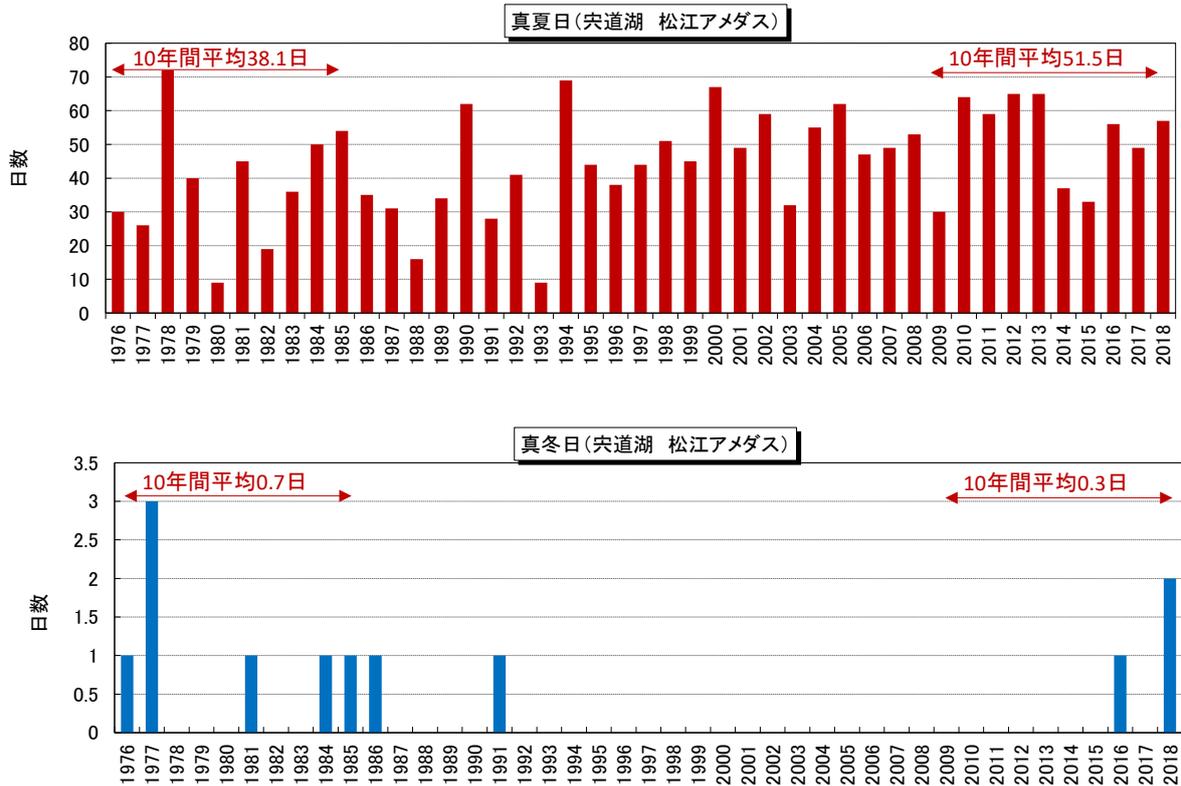


図 1.7-2 真夏日、真冬日の経年変化(気象庁アメダス:松江)

3) 降水量(100mm/日超える日数)

日降水量が100mmを超える日数について図 1.7-3 に整理した。この地域での発生は少なく、最近での明らかな変化傾向は見られない。

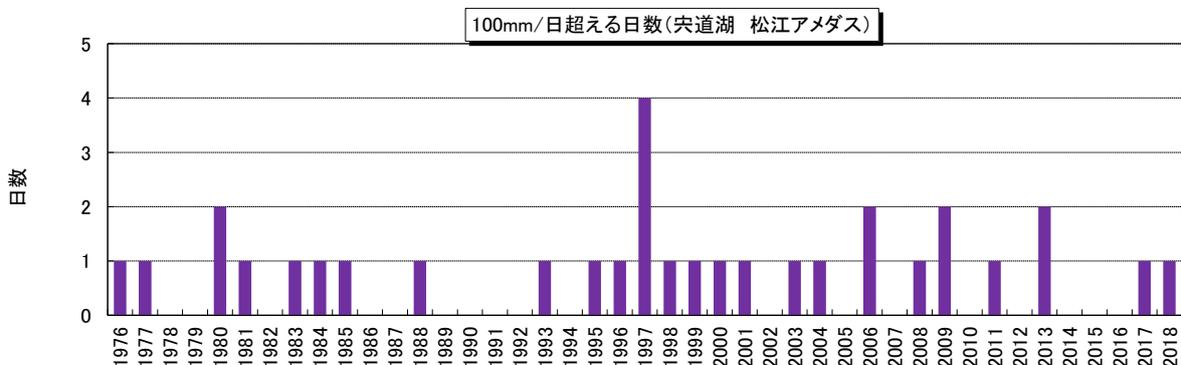


図 1.7-3 降水量が100mm/日超える日数の経年変化(気象庁アメダス:松江)

(3) 将来の気象予測データの収集

宍道湖における将来の気象がどのように変化するかについて具体的に把握するために、公表資料である、気象庁広島地方気象台が作成した、「中国地方の気候変動 2017」（島根県）を参考に整理した。

この資料では、「地球温暖化予測情報 第9巻：RCP8.5」の計算結果に基づき整理されている。この資料から、宍道湖の気候変動影響に関連するとして、宍道湖が位置する島根県における気温、降水量の情報を抽出した。

1) 気温

将来気候（21世紀末）では夏（6-8月）に平均気温が4.2度の上昇、真夏日も平均的に55日増加する。また、冬（12-2月）に平均気温が4.8度上昇する。冬日も現在より減少しほとんどみられなくなる。

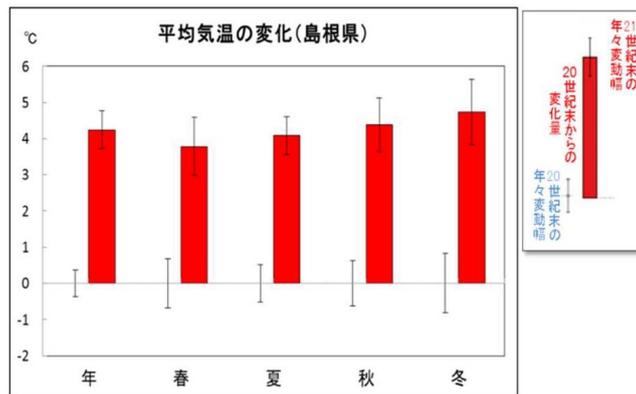


図 1.7-4 平均気温の変化（島根県）

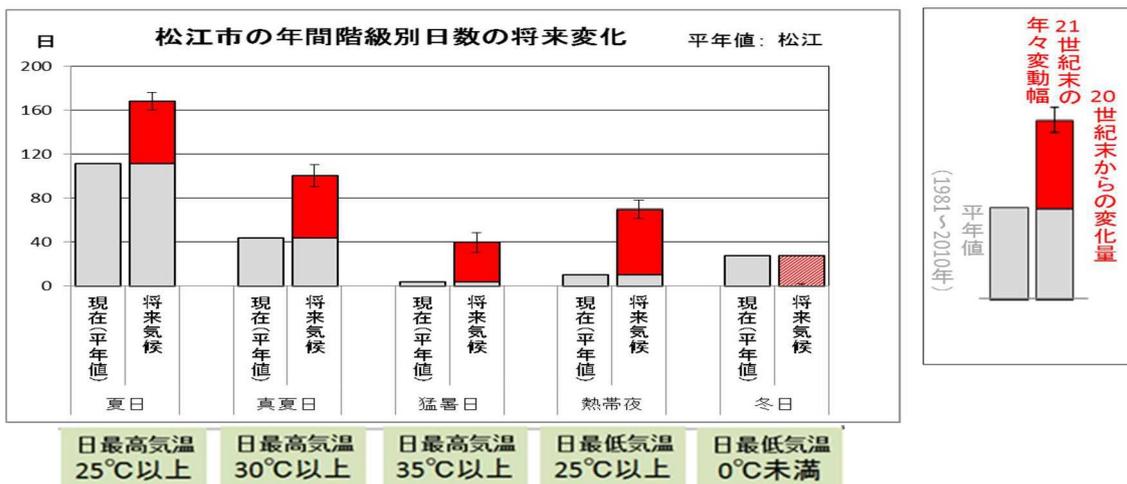


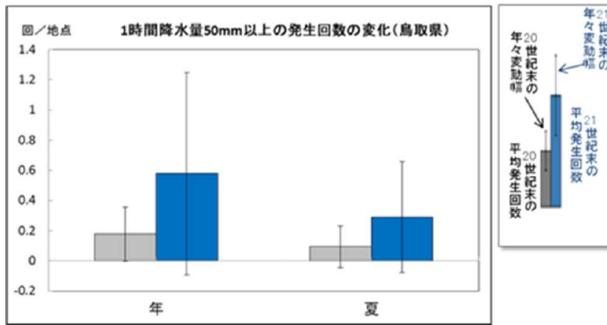
図 1.7-5 年間日数（夏日・真夏日・猛暑日・熱帯夜・冬日）の変化（松江市）

2) 降水量

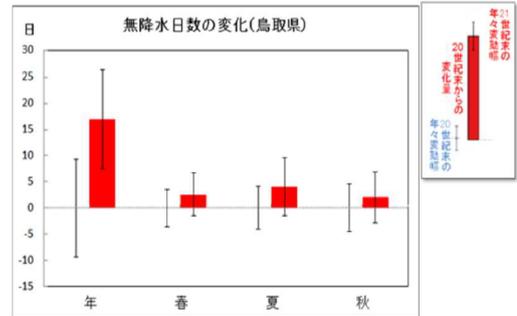
1 時間降水量 50mm 以上の発生確率が現在の約 3 倍に増加すると整理されている。

島根県の 1 地点あたりの 1 時間降水量 50 mm 以上の年間発生回数は、3 倍以上になる。

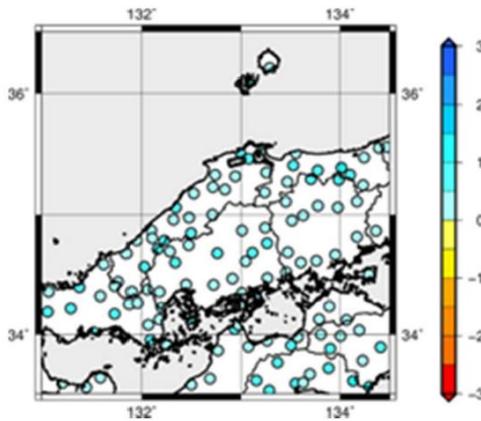
島根県の 1 地点あたりの年間無降水日数は約 15 日増加する。



※春は20世紀末の再現実験で発生が無く、また、21世紀末においてほとんど発生が予測されていないため、秋は予測に一致した傾向がみられないため、冬は発生回数が少ないため表示していません。

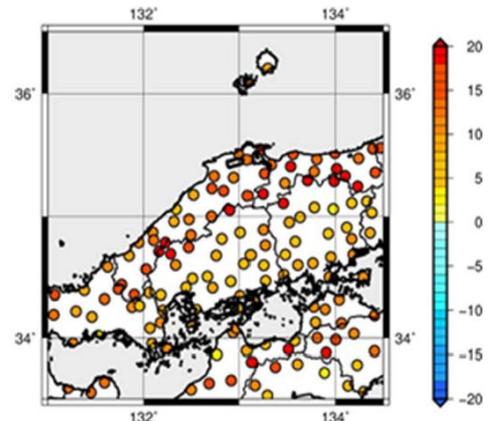


※冬は信頼性が低いため表示していません。



(単位：回)

図 1.7-6 1 時間降水量 50 mm 以上の発生回数の変化 (上：鳥取県の年及び季節ごとの変化
下：中国地方の年間の変化についての分布図)



(単位：日)

図 1.7-7 無降水日数の変化 (上：鳥取県の年及び季節ごとの変化
下：中国地方の年間の変化についての分布図)

<注意>分布図については、地点別の変化傾向に着目せず、各県の平均的な変化傾向を捉えるようにしてください。

1.7.2 気候変動影響の整理

1) 長期的な宍道湖の水質変化

代表的な水質地点（湖心）における 1981 年からの水質について、富栄養化・植物プランクトンの増殖に関連する、COD および T-N、T-P を図 1.7-8 に整理した。

COD、T-N、T-P について見ると、1980 年代より、2010 年代からは変動幅が小さくなった傾向が見られる。なお、宍道湖は汽水湖であることから、下記の水質データに加えて塩分についても整理し、塩分の変化も合わせて考察して水質変化を把握する必要がある。

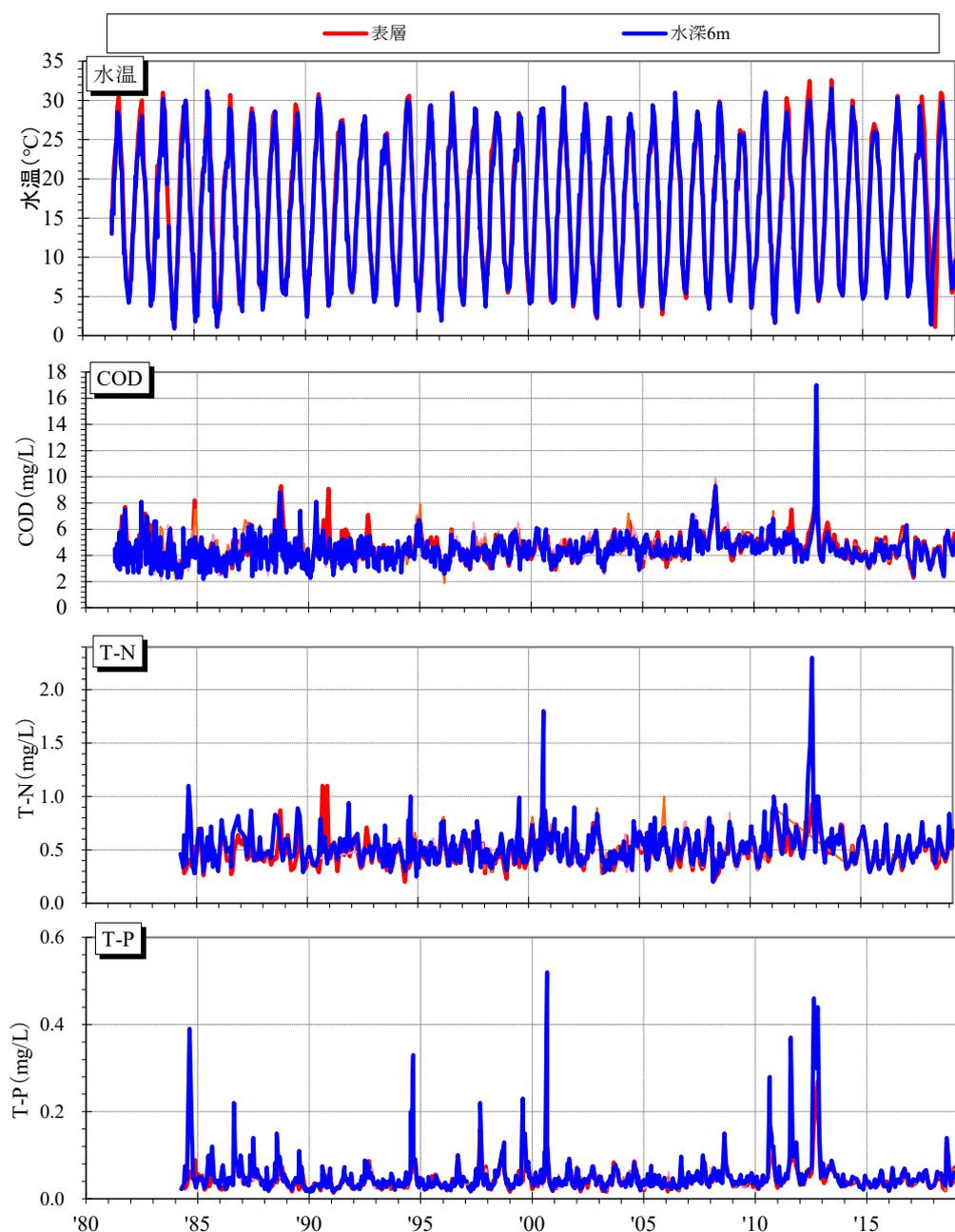


図 1.7-8 宍道湖における水質の経年変化(S-3)
※データ出典:環境省 公共用水域水質測定結果

1.7.3 影響評価の実施、適応策の検討

以上の宍道湖における特性の整理結果を踏まえて、宍道湖における気候変動による影響を想定すると、表 1.7-1 の項目が挙げられる。これらの影響のうち、手引きで示している植物プランクトンの増殖による利水への影響について、簡易的な手法により、検討を行った。

表 1.7-1 検討対象とする気候変動影響の選定(宍道湖)

水環境の変化	水環境の変化 (影響を評価するための指標)		生活や地域社会への影響	情報・データ整理の結果を記入	
				湖沼の特徴	検討必要有無
冬季全循環の不全	①	底層水の貧酸素化、底層利用種の酸欠	底層利用種の漁獲量	冬季に全循環が発生	-
	②	底泥からの窒素、リンの溶出	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド	(同上)	-
水温の上昇	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	ヤマトシジミ等を漁獲	○
	④	植物プランクトンの変化	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド、水生植物	ヤマトシジミ等を漁獲 観光地である	○
	⑤	魚類等の生息水深の変化	漁法、漁獲量	ヤマトシジミ等を漁獲	-
	⑥	底泥からの窒素、リンの溶出	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド	ヤマトシジミ等を漁獲 観光地である	○
湖面結氷の変化	⑦	湖面結氷の短期化	景観、湖面結氷や氷を利用したイベント等（地域資源）	冬季に結氷していない	-
融雪時期の流入量・栄養塩供給時期の変化	⑧	植物プランクトン発生時期、量の変化	漁獲量	融雪出水がある ヤマトシジミ等を漁獲	○
	⑨	春先の栄養塩供給量の減少	漁獲量、漁業適期、利水（浄水処理）、景観、臭気	融雪出水がある ヤマトシジミ等を漁獲 観光地である	○
	⑩	春先の融雪水量の減少	(⑩と同じ)、利水（かんがい等）	(同上)	○
降雨強度の変化による出水時流入栄養塩量の増加	⑪	浮遊物質量の増加、透明度の変化	利水（浄水処理）、景観	ヤマトシジミ等を漁獲 観光地である	○
	⑫	植物プランクトンの変化	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁獲量	ヤマトシジミ等を漁獲 観光地である	○
降水量の減少による平常時流量の減少		(⑫と同じ)	(⑫と同じ)	(同上)	○

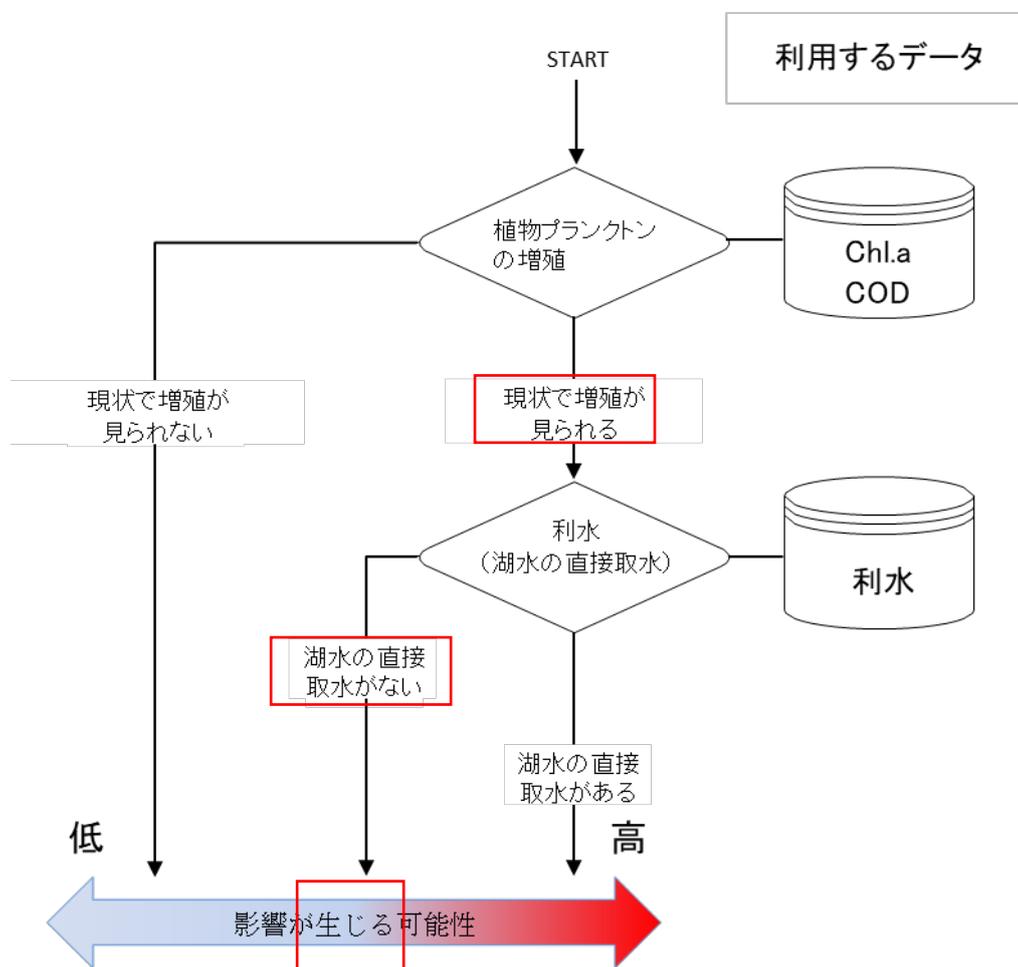
(1) 気候変動による影響の検討と評価

1) 植物プランクトンの増殖(富栄養化)による利水への影響

図 1.7-9 のフローに従い、収集・整理したデータ・資料を踏まえて、宍道湖における気候変動影響の可能性について整理する。

ここで、「植物プランクトンの増殖」が現状で生じているかを判断するために、COD の観測値を用いる (Chl.a データがあれば、直接的な植物プランクトン量の指標であるため、それを用いることでもよい)。特に、夏季の水温が上昇する時、植物プランクトンが増えることと COD 濃度が上昇することから、そのような変化が生じているかどうかを確認する。

COD のデータは、公共用水域水質測定として各自治体が行っている調査結果から得ることができ、宍道湖においては、島根県による調査結果データを使用した。



※赤枠：宍道湖の検討結果

図 1.7-9 植物プランクトンの増殖の影響の検討フロー

A) 宍道湖における COD(植物プランクトン増殖の有無)

宍道湖における長期的な COD 濃度の変化を図 1.7-10 に示す。宍道湖では、水温が上昇する夏季(6~9月)に COD 濃度の上昇が見られる年がある。現地においても夏季にアオコ発生が見られる時期があることが言われていることから、この COD 濃度の上昇は植物プランクトンの増殖による影響を受けているものであると考えられる。

⇒【影響評価】植物プランクトンの増殖があると判断される。

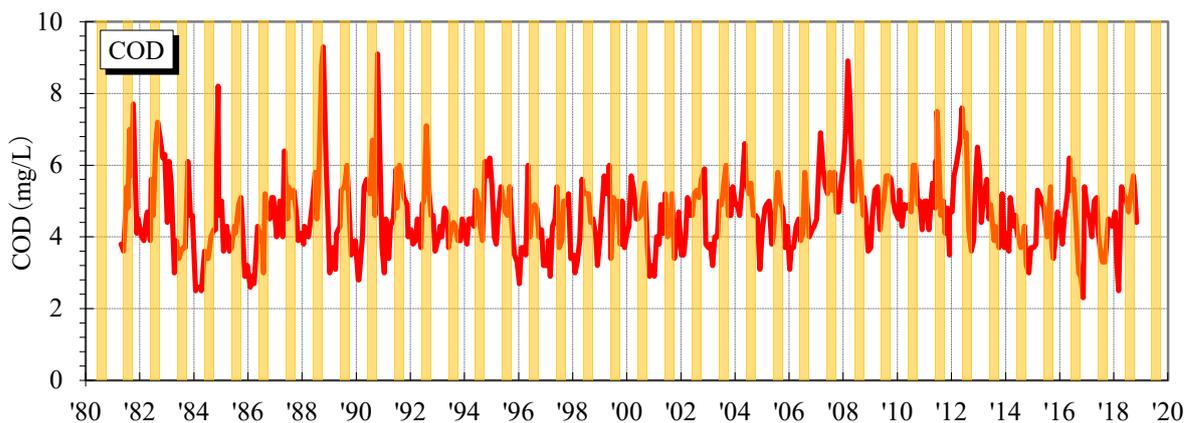


図 1.7-10 宍道湖(S-3)における COD(表層)の変化(網掛けの期間は夏季)

B) 宍道湖における利水の状況

自治体ヒアリング結果から、宍道湖では、湖水の直接的な取水・水利用はなく、水利権も設定されていない。

⇒【影響評価】利水取水利用がないことより、気候変動より生じる影響の可能性が低いと考えられる。

C) その他想定される影響

その他に、ヒアリング結果等を踏まえて、植物プランクトンが増殖することで、考えられる宍道湖への影響としては、次のことが挙げられる。

- ・ 内水面漁業があり、漁獲への影響、風評被害
- ・ 観光客が多数訪れる観光地であり、景観の悪化

(2) 影響評価を踏まえた適応策の検討

1) 既存計画および対策

島根県を代表する湖の宍道湖・中海は、豊かな自然に恵まれ、すばらしい景観を望み、漁業、観光、レクリエーション等に利用され、県民に様々な恩恵をもたらすかけがえのない財産であり、島根県では、この二つの湖の水質改善を図るため、平成元年度以降6期30年にわたり、湖沼水質保全計画を策定し、下水道の整備などの各種水質保全対策を総合的に推進してきた。

こうした取り組みにより、湖に流れ込む汚濁負荷（汚れの量）は着実に減ってきたが、未だ環境基準の達成には至っていない。

このような状況から、国をはじめ、関係市町、県民、企業及びNPOなどの皆様にも御理解と御協力を頂きながら、一層の水質保全対策を推進していくために、令和元年度を初年度とする第7期湖沼水質保全計画（令和元年～6年度）を策定した。（宍道湖に係る湖沼水質保全計画（第7期） 令和2年3月 島根県）

第7期湖沼水質保全計画
対象期間: 令和1～5年度(2019～2023年度)

湖沼水質保全計画に基づく各種対策の着実な実施と同計画の定期的な見直しにより、段階的に水質環境基準の達成を目指しており、概ね令和15年度を目途に長期ビジョンを実現することとしています。

1. 長期ビジョン（望ましい湖沼の将来像）*

宍道湖: みんなで守り、はぐくむ^{いのち}生命、豊かできれいな宍道湖

中海: みんなで守り、はぐくむ、豊かな中海

※宍道湖・中海の特性を踏まえ、望ましい湖沼の水質等に係る将来像を明らかにした長期的なビジョン

2. 水質目標値、望ましい湖沼の将来像に向けての評価指標

- ①水質目標値の設定（宍道湖・中海）
全りん、全窒素及びCODについて、計画期間内に達成すべき水質目標値を設定しました。
- ②五感による湖沼環境の評価（宍道湖・中海）
地域住民等がモニターとして湖沼水環境の感じ方を把握してきた「五感による湖沼環境調査」を評価指標とし、「おおむね良好で、親しみやすい環境にあると感じられる（80点以上）」を目指します。
- ③生物生息環境による評価（宍道湖）
宍道湖の象徴的存在であるヤマトシジミを始めとする汽水域の生物が安定的・持続的に生息するような生物生息環境を目指します。
- ④透明度による評価（中海）
レクリエーション等で多くの人が集まる機会があり、水質改善の必要性の高い米子湾において、透明度がおおむね2m以上となることを目指します。





3. 主な対策

①水質の保全に資する事業

- ・下水道や浄化槽などの整備・維持管理

②水質の保全のための規制その他の措置

- ・工場、事業場排水対策
- ・生活排水対策
- ・畜産に係る汚濁負荷対策
- ・流出水対策（農業地域、市街地、山林など）
- ・流出水対策地区の指定
- ・緑地の保全その他湖辺の自然環境の保護

③その他の水質の保全のために必要な措置

- ・公共用水域の水質の監視
- ・調査研究の推進と対策の検討
- ・総合的な流域管理の取組
- ・ラムサール条約湿地の保全とワイズユース（賢明な利用）の促進
- ・住民の理解と協力及び参加による保全活動の推進 等

図 1.7-11 宍道湖における水質保全対策

出典: 宍道湖に係る湖沼水質保全計画(第7期) 令和2年3月 島根県

2) 植物プランクトンの増殖(富栄養化)による利水への影響に対する適応策

宍道湖の特徴から、抑制すべき要因として、「水温上昇」「流入負荷量の増加」「水の滞留」が該当し、これらへの対応が適応策として考えられる。

以上を踏まえて、宍道湖において適用性が考えられる適応策オプションは次ページの表 1.7-2 の通りである。

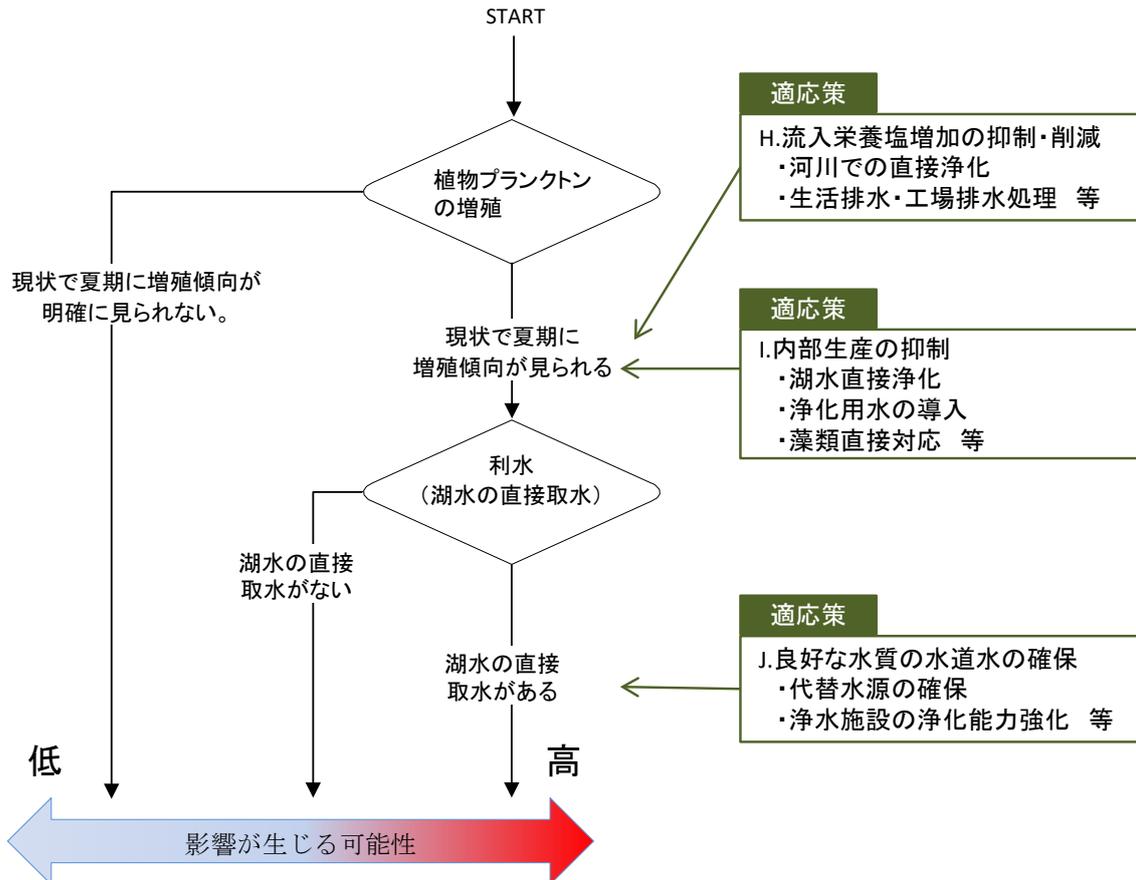


図 1.7-12 植物プランクトンの増殖による利水への影響に対する適応策の検討フロー

表 1.7-2 宍道湖における植物プランクトン増殖と、利水影響に対する適応策の例

適応策の視点	適応策メニュー	既存対策の有無	既存対策の対応力	適応策の方向性
H. 流入栄養塩増加の抑制・削減	15 河川での直接浄化		既往対策を継続するとともに、モニタリングを継続し、状況に応じて対応方策を見直す	既存対策の強化
	沈澱			
	ろ過、接触酸化			
	植生による浄化			
	底泥浚渫(継続的)			
	16 生活排水処理			
下水道整備、下水処理場の高度化(窒素りん除去)	○			
合流式下水道の改善				
窒素りん除去型の高度処理型合併処理浄化槽設置				
17 環境保全型農業の実施(負荷低減)	○			
18 工場・事業場等、排水基準の強化				
19 市街地、道路等からの面源負荷削減(雨水流出抑制、路面・側溝清掃等)	○			
I. 内部生産の抑制	20 曝気等による水の流動促進			
	浅層曝気			
	全層曝気			
	流動促進装置による流動化			
	浄化用水の導入(流動化、希釈)			
	21 プランクトン増殖抑制を考慮した湖水の放流、水位管理			
	22 湖内での直接浄化			
	接触酸化			
	土壌浄化			
	植生浄化	○		
凝集処理				
23 水生植生帯の整備	○			
24 藻類の除去				
衝撃殺藻、紫外線殺藻等				
吸引等による直接除去				
25 漁獲による栄養塩の系外除去				
J. 良好な水質の水道水の確保	26 代替水源の確保			
	27 脱臭処理の強化(活性炭の準備)			
	28 浄水施設の浄化能力強化			
	29 局所的な清澄水域の確保(フェンス等)			
	30 水面利用方法の変更検討			

1.8 八郎湖(秋田県)

1.8.1 情報・データ等の収集

(1) 湖沼・流域の特徴等の収集

八郎湖は、秋田市の北方約 20 km に位置し、八郎潟の干拓によって残存した淡水湖である。湖は「調整池」「東部承水路」「西部承水路」から構成されている。かつて、干拓前の「八郎潟」は琵琶湖に次ぐ我が国第 2 位の面積を有する広大な海跡汽水湖であった。一方で、水深は最深部でも 4~5m と浅かったため、農地開発を目的に多くの干拓計画が構想されてきており、戦後の食料不足解消を目的に国が昭和 32 年に国営八郎潟干拓事業に着手し、昭和 52 年 3 月の完了を以て現在の八郎湖が誕生したところである。

八郎湖は、主に東部流域から流入する中小 20 あまりの河川を水源とし、その湖水は、干拓事業により船越水道に設置された防潮水門で日本海と遮断して淡水化され、大潟村をはじめとする隣接市町の農業用水として利用されている。また、湖内では、ワカサギやシラウオを主な魚種とする漁業が営まれているなど、人々に多くの恵みをもたらしている。しかし、干拓事業完了後、徐々に湖の富栄養化が進行してきた結果、アオコが異常発生するなどの水質汚濁の問題が顕在化し、その解決が求められている。(八郎湖に係る湖沼水質保全計画(第 3 期))

次ページに、湖沼・流域の地形、諸元等を示す。

また、関連資料収集および自治体ヒアリング結果から、主な特徴を以下に整理した。

1) 地形的特徴

- ・ 八郎湖は、秋田県の中央西部、男鹿半島の付け根に位置し、昭和 32 年から始まった八郎潟干拓事業によって残された 3 つの水域(八郎潟調整池、東部承水路及び西部承水路)を合わせた総称である。
- ・ 干拓前の八郎潟は、東西 12km、南北 27km、面積 220.24km²の汽水海跡湖で、琵琶湖に次ぐ我が国第 2 位の面積だったが、干拓後は、面積 47.32km²、総容量 132.6 百万 m³、集水域面積 894.3km²で、東部流域から流入する中小河川や水路を水源としている。
- ・ 中央干拓地(大潟村)で使用される農業用水は、湖岸 19 箇所の取水口から干拓地内へ導水され、排水は南部機場など排水路末端 3 箇所の調整池と東部承水路に排出される。
- ・ 八郎湖の水質は、干拓事業が完了してから徐々に富栄養化が進行し、近年はアオコが大量に発生するなど、水質汚濁の問題が顕在化している。
- ・ 八郎潟干拓の際に湖底の浚渫土などを用いて堤防を築堤しており、今もその浚渫跡が窪地として残っている。
- ・ 水深は調整池一帯がほぼ 3m 未満だが、中央干拓地正面堤防付近には 3m~8m の区域があり、最深部は 10m である。



諸元

	単位	調整池	東部承水路	西部承水路	全体
湖面積	km ²	31.5	10.7	5.1	47.3
貯水量	百万m ³	103.8	20.0	8.8	132.6
平均水深	m	3.3	1.9	1.7	
管理水位	T.P.m	かんがい期 :1.0 非かんがい期 :0.5	0.35	0.25	
流域面積	km ²	894.3			
流域人口	人	69,700 (平成30年度)			
下水道等普及率*	%	94.8 (平成30年度)			

※指定地域内の集計値

環境基準

項目	類型	基準値 ※1	平成30年度 年平均値
COD	湖沼・A	3mg/L	7.3mg/L ^{※2}
T-N	湖沼・IV	0.6mg/L	0.95mg/L
T-P	湖沼・IV	0.05mg/L	0.068mg/L

※1：水質汚濁に係る環境基準値

※2：全層平均75%値

2) 自然的特徴

- ・ 八郎湖内では最近、底生生物の調査で確認できる種が変わってきていると感じている。イトミミズやユスリカといった限られた種しか見られず、また量としても少なくなっている。以前はエビや二枚貝も見られていた。この変化の原因は分かっていないが、考えられることとして、例えば、かつての八郎湖での漁業では引き網で湖底を掻いていたが最近はやられていない。このため、湖底の泥が固化してしまったという底質の変化があるのではないかと。

3) 利用状況

A) 利水

- ・ 八郎湖での利水として、湖水の直接取水は農業用水のみである。上水としての直接取水はないが、流入河川の馬場目川では上水の取水がある。平成 18 年頃、八郎湖で発生したアオコが馬場目川を遡上し、この取水に影響が出た。このため、平成 22 年にフェンスを設置して遡上を防ぐ対応を取り、現状では問題は聞いていない。

B) 漁業

- ・ 秋田県内の内水面漁業は十和田湖と八郎湖のみであるため、両湖は漁業資源の面からも重要な湖である。
- ・ 八郎湖での主な漁業種はワカサギとシラウオである。漁獲高ではワカサギの方が 10 倍くらい多いが、単価としてはシラウオが高価であり、合わせた価値としては同程度である。
- ・ 八郎湖では、ワカサギの漁獲がやや減少傾向にあるが、毎年 300t 程度はある。アオコの発生や水温が現状程度で高くなることによって、漁獲に大きな影響は出ていない。八郎湖内には干拓事業の際の浚渫で局所的に深掘れしているところがあり、その場所では水温成層ができる夏に局所的に貧酸素状態となって、時々ワカサギが死んでしまうことがあるが、影響としては小さい。
- ・ アオコが発生するとワカサギに臭いがつくので、夏～秋のワカサギ漁の時期をずらす対応を行った。ワカサギ漁の時期はもともと 9/9～10/31 であったが、アオコが終息するまで時期をずらすこととして、現在では 9/21～11/15 としている。

C) 観光・湖面利用

- ・ 特になし

(2) 水理・水質、気象データの収集

1) 経年変化

気象について、長期的な変化を図 1.8-1 に整理した。2010 年代は、1980 年代と比較すると、年平均気温と年降水量に増加傾向が見られる。降雪量は、近年少ない傾向が見られる。

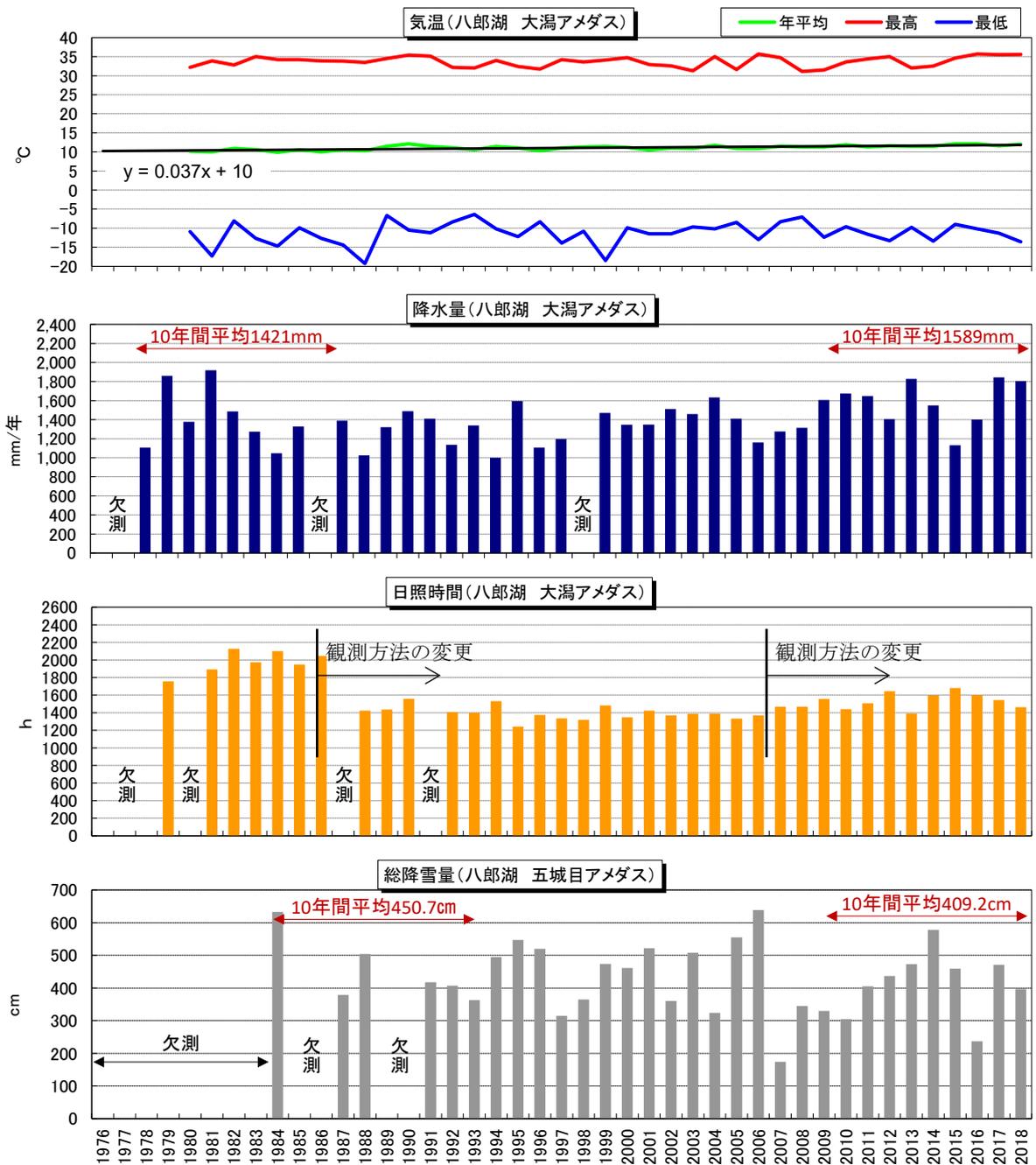


図 1.8-1 気象の経年変化(気象庁アメダス:大潟・五城目)

2) 気温(真夏日・真冬日)

夏季の植物プランクトン増殖や、冬季の湖面結氷に影響すると考えられる、真夏日・真冬日の発生日数について図 1.8-2 に整理した。2010年代は、1980年代と比較すると、真夏日の日数が2倍近くになり、真冬日の日数は半分以下となっている。

※真夏日：最高気温が30℃以上の日 真冬日：最高気温が0℃未満の日

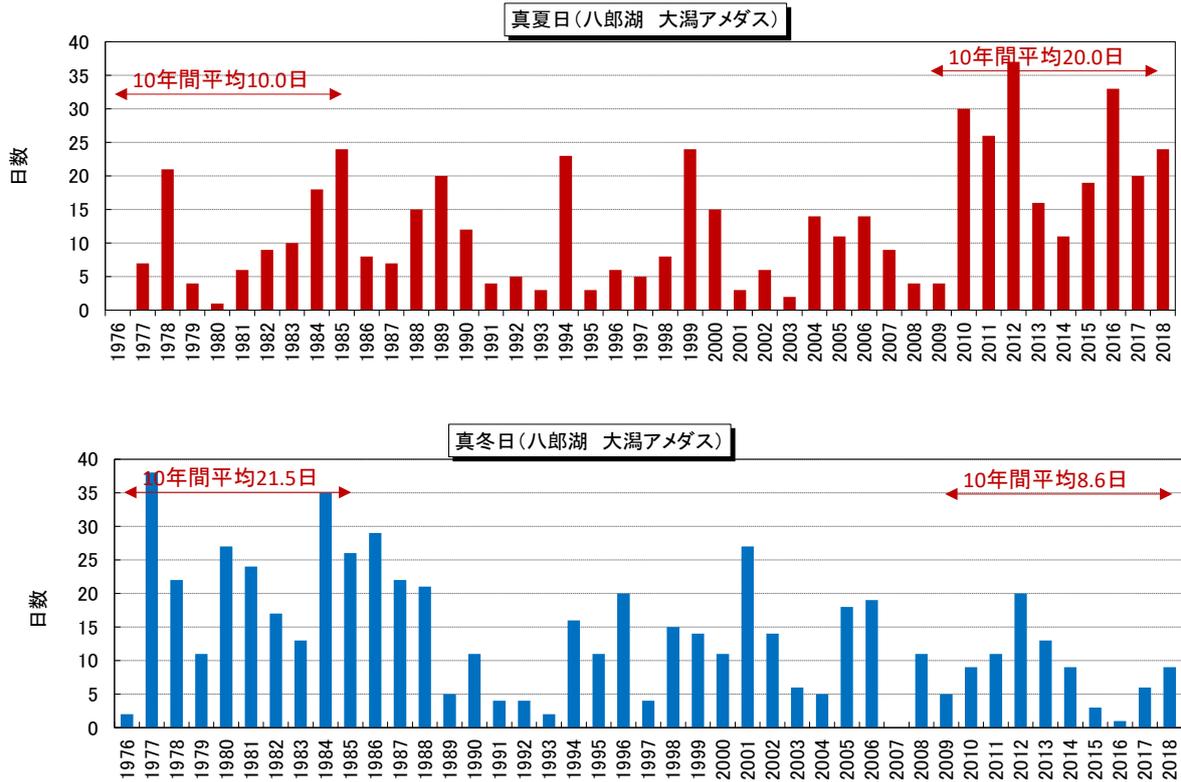


図 1.8-2 真夏日、真冬日の経年変化(気象庁アメダス:大湊)

3) 気温(夏季平均気温)

八朗湖に生息する冷水性魚類への影響が考えられる夏季気温の経年変化を図 1.8-3 に整理した。7、8 月平均気温について単純に直線回帰式をあてはめると、両月ともにやや上昇している傾向が見られた。

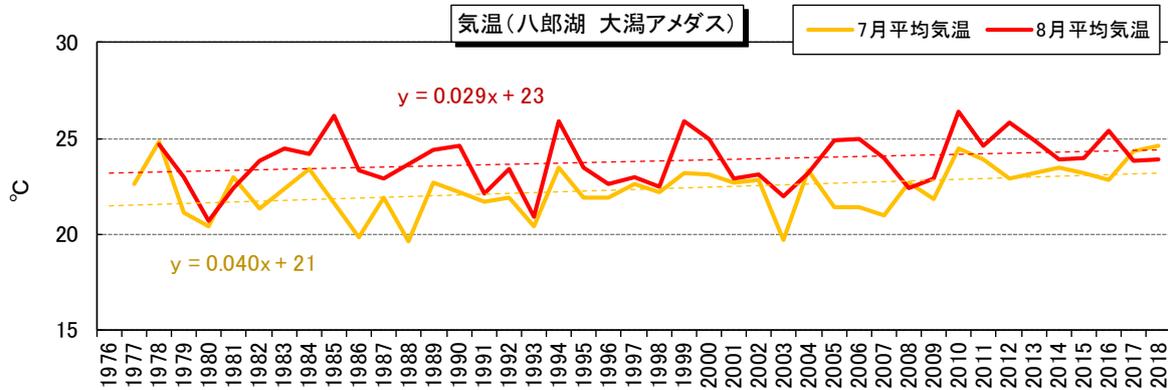


図 1.8-3 夏季平均気温の経年変化(気象庁アメダス:大湊)

4) 降水量(100mm/日超える日数)

日降水量が 100mm を超える日数について図 1.8-4 に整理した。この地域での発生は少なく、最近での明らかな変化傾向は見られない。

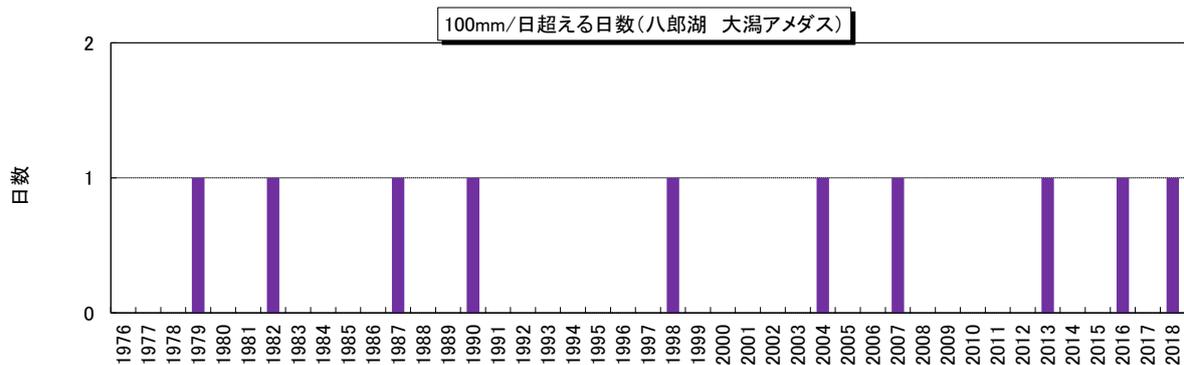


図 1.8-4 降水量が 100mm/日超える日数の経年変化(気象庁アメダス:大湊)

(3) 将来の気象予測データの収集

八朗湖における将来の気象がどのように変化するかについて具体的に把握するために、公表資料である、気象庁仙台管区气象台が作成した、「東北地方の地球温暖化予測情報 IPCC の RCP8.5 シナリオを用いた地域気候モデルによる今世紀末のシミュレーション結果」（秋田県）を参考に整理した。

この資料では、「地球温暖化予測情報 第9巻：RCP8.5」の計算結果に基づき整理されている。この資料から、八朗湖の気候変動影響に関連するとして、八朗湖が位置する秋田県における気温、降水量の情報を抽出した。

1) 気温

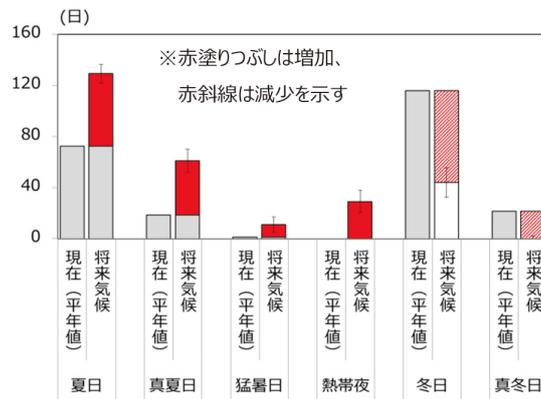
将来気候（21世紀末）では夏（6-8月）に平均気温が4.6度の上昇、真夏日も平均的に43日増加する。また、冬（12-2月）に平均気温が5.0度の上昇、真冬日も現在より22日減少しほとんどみられなくなる。

	年	春	夏	秋	冬
平均気温	4.6±0.7	4.3±0.9	4.3±0.7	4.8±0.8	5.0±1.1
日最高気温	4.5±0.7	4.0±1.0	4.2±0.7	4.8±0.8	4.9±1.1
日最低気温	4.8±0.7	4.5±0.9	4.5±0.7	5.0±0.8	5.2±1.1

夏日	真夏日	猛暑日	熱帯夜	冬日	真冬日
56.7±7.1	42.6±8.9	9.9±6.1	28.7±8.9	-72.0±11.6	-22.2±2.1

図 1.8-5 及び付表 秋田県平均の気温に関する変化量（単位：℃または日）

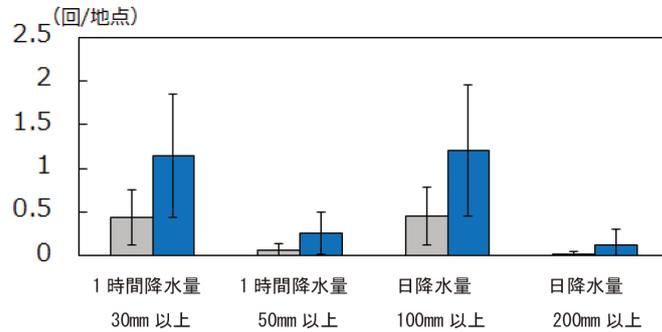
図の赤棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。ただし、「冬日」と「真冬日」についてはプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによる NHRCM05を用いた予測結果に基づく。



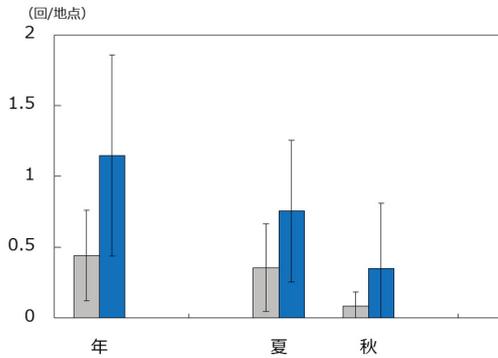
(d) 日最高気温25℃以上（夏日）、日最高気温30℃以上（真夏日）、日最高気温35℃以上（猛暑日）、日最低気温25℃以上（熱帯夜）、日最低気温0℃未満（冬日）、日最高気温0℃未満（真冬日）年間日数の将来変化。赤色の棒グラフは20世紀末平均と比べた21世紀末平均の変化量、灰色の棒グラフは年平均値（1981～2010年平均）。

2) 降水量

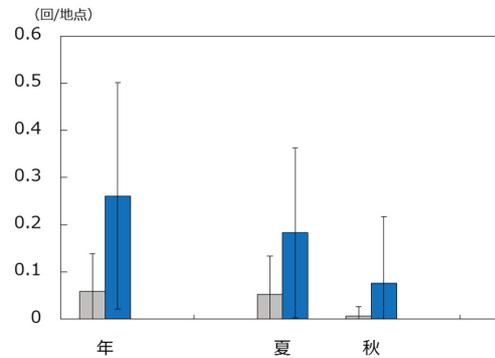
日降水量 100mm 以上の発生確率が現在の約 2 倍に増加すると整理されている。



(c) 短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）と大雨（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）の年間発生回数の変化



(d) 1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数の変化



(e) 1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数の変化

	年	春	夏	秋	冬
降水量	54.7 ± 261.9				
日降水量 1mm未満回数	8.8 ± 10.0	1.7 ± 5.0		2.4 ± 5.8	3.9 ± 5.0
1時間降水量 30mm以上回数	0.7 ± 0.7		0.4 ± 0.5	0.3 ± 0.5	
1時間降水量 50mm以上回数	0.2 ± 0.2		0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.1	
日降水量 100mm以上回数	0.8 ± 0.8				
日降水量 200mm以上回数	0.1 ± 0.2				

図 1.8-6 及び付表 秋田県平均の降水量に関する変化（単位：mmまたは回）

(a)、(b) における棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。(c) ~ (e) における棒グラフは現在気候（灰）と将来気候（青）における1地点あたりの発生回数。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。ただし、「日降水量1mm未満」についてはプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。季節別の降水量及び大雨発生回数（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）は、はっきりとした傾向が見られない等により、値を表示しない。日降水量1mm未満回数の夏及び短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）の春と冬の発生回数の変化は、はっきりした傾向が見られない、または事例数が少ない等により、値を表示しない。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

3) 年降水量

年降水量

- ・有意な変化は見られない。

日降水量1mm未満の発生回数（無降水日数）

- ・秋、冬に有意な増加をしているが、春の増加は有意ではない。年には現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、雨の降る日が減少することを示している。なお、夏は異なる4メンバーによるそれぞれの結果が示す傾向が一致しない等により信頼度が低いと考えられるため、ここでは値を示さないこととする。

（東北日本海側では春も有意に増加）

1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数

- ・年と夏、秋で現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の2倍程度の頻度となり、激しい雨がほぼ毎年発生することを示している。

1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数

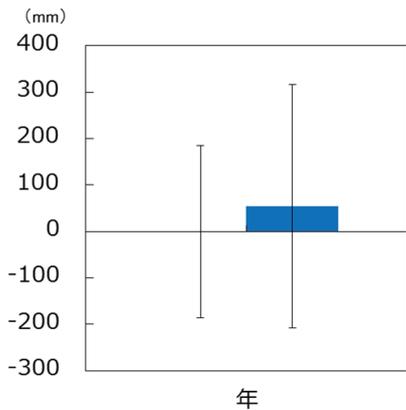
- ・年と夏、秋で現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で現在気候では稀にしか発生しない非常に激しい雨が、将来気候では数年おきに発生することを示している。

日降水量100mm以上の年間発生回数

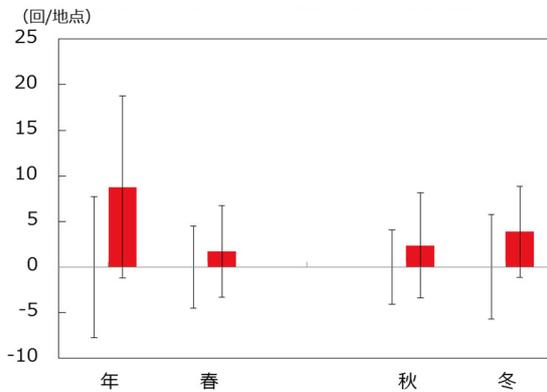
- ・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の2倍程度の頻度となり、日降水量100mm以上の大雨がほぼ毎年発生することを示している。

日降水量200mm以上の年間発生回数

- ・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、現在気候においてほとんど発生しないような大雨が、将来気候では1地点あたりの平均で10年に1回程度発生することを示している。



(a) 年降水量の変化量



(b) 日降水量1mm未満の回数（無降水日数）の年・季節別の変化量

4) 年最深積雪深

年降雪量はいずれの地域においても、将来変化量が現在気候の年々変動の幅を超える大きな減少となっている。

東北地方全体では、将来気候の年降雪量は現在気候より 73%程度の減少となっており、地域別に見てみると、東北太平洋側で減少率が最も大きく、80%程度の減少となっている。一方、東北日本海側で減少率が最も小さく、69%程度の減少となっている。降雪量の減少は、気温の上昇に伴って雪が雨として降るだけでなく、日本付近の大気の流れが変わることもその原因の一つと考えられる。ただし、地球温暖化が進行した状態でも、本州の内陸部ではたまに発生する極端な降雪の頻度が増大するという研究報告もある。

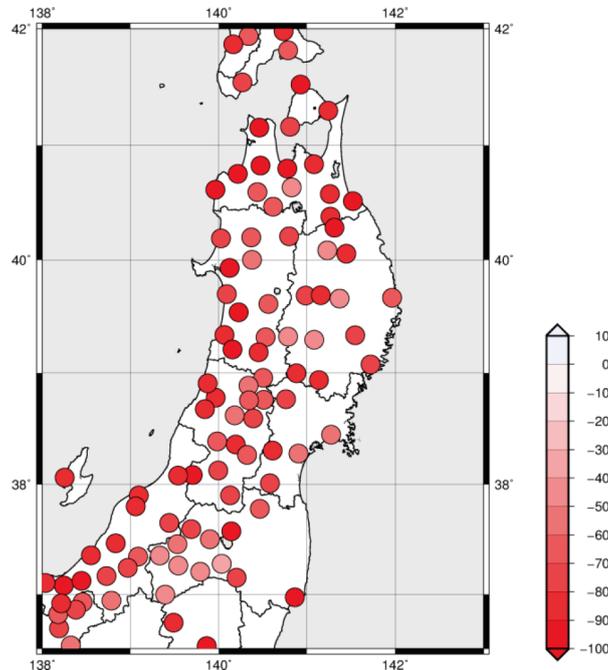


図 1.8-7 東北地方の年最深積雪の将来変化率(単位: %)

年最深積雪の現在気候に対する将来気候と現在気候の差の比(バイアス補正済み)。変化傾向(増減)が4メンバーとも一致した地点のみそれらの平均値を表示(現在気候及び将来気候ともに数値がゼロの場合は表示対象外)。気象庁によるIPCCのRCP8.5シナリオに基づくシミュレーション結果(気象庁, 2017a)をもとに作成。

1.8.2 気候変動影響の整理

(1) 長期的な八朗湖の水質変化

八朗湖における代表的な水質地点（湖心）における 1985 年からの水質について、富栄養化・植物プランクトンの増殖に関連する、COD および T-N、T-P を図 1.8-8 に整理した。

八朗湖において、1990 年代頃には冬の水温が 5℃程度であったが、直近では 0℃近くまで下がっている。また、COD について過去よりも夏の変動が大きくなっている。全窒素や全りんについては顕著な経年変化はない。

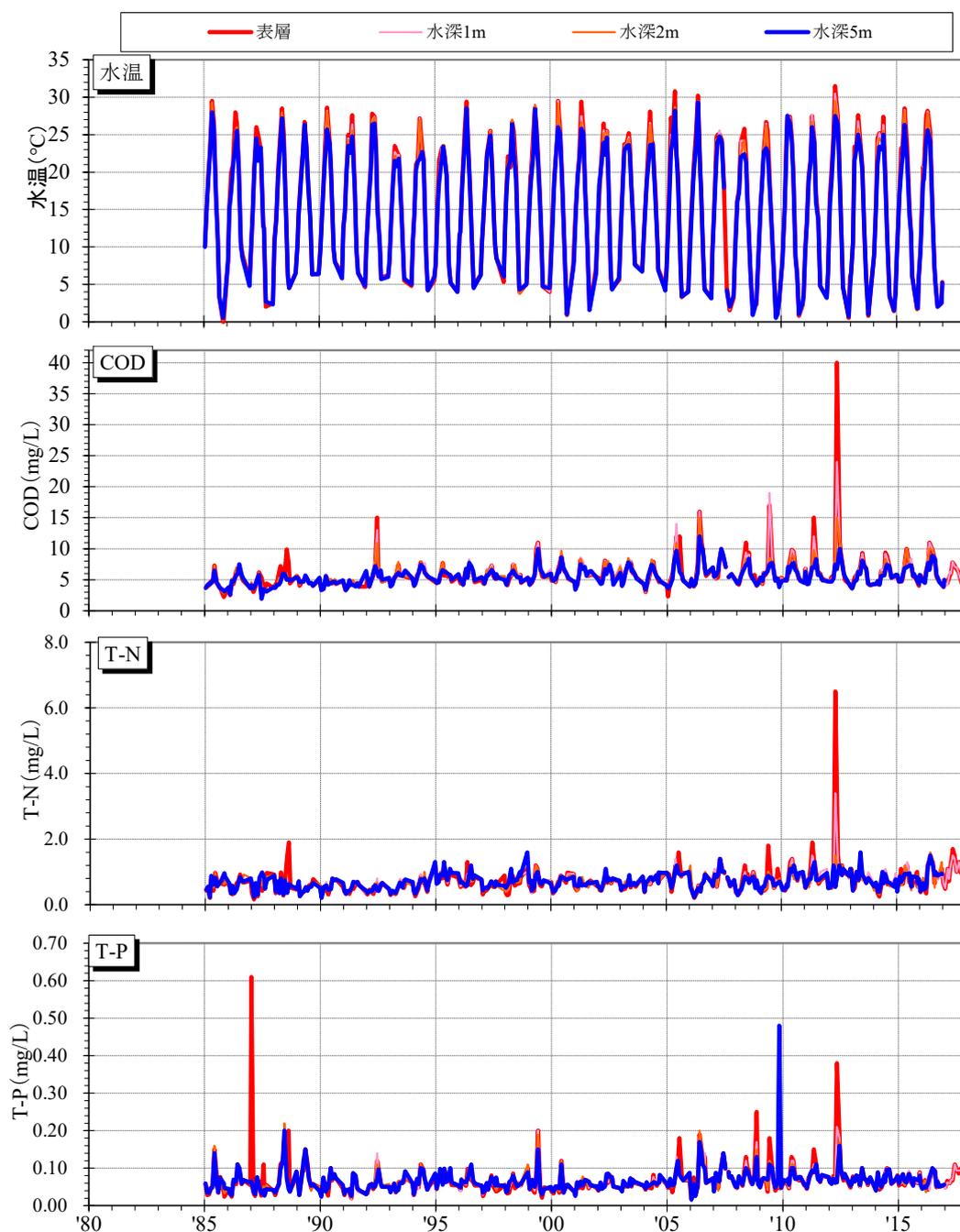


図 1.8-8 八朗湖における水質の経年変化(湖心)

※データ出典:環境省 公共用水域水質測定結果

1.8.3 影響評価の実施、適応策の検討

以上の八郎湖における特性の整理結果を踏まえて、八郎湖における気候変動による影響を想定すると、表 1.8-1 の項目が挙げられる。これらの影響のうち、手引きで示している全循環不全による影響、植物プランクトンの増殖による利水への影響と湖面結氷短期化による影響について、簡易的な手法により、検討を行った。

表 1.8-1 検討対象とする気候変動影響の選定(八郎湖)

水環境の変化	水環境の変化 (影響を評価するための指標)		生活や地域社会への影響	情報・データ整理の結果を記入	
				湖沼の特徴	検討必要有無
冬季全循環の不全	①	底層水の貧酸素化、底層利用種の酸欠	底層利用種の漁獲量	水温成層は形成されない	-
	②	底泥からの窒素、リンの溶出	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド	(同上)	-
水温の上昇	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	ワカサギを漁獲	○
	④	植物プランクトンの変化	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド、水生植物	かんがい用水の取水 観光地である ワカサギを漁獲	○
	⑤	魚類等の生息水深の変化	漁法、漁獲量	水温成層は形成されない	-
	⑥	底泥からの窒素、リンの溶出	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド	かんがい用水の取水 観光地である	○
湖面結氷の変化	⑦	湖面結氷の短期化	景観、湖面結氷や氷を利用したイベント等（地域資源）	結氷で湖面釣り	○
融雪時期の流入量・栄養塩供給時期の変化	⑧	植物プランクトン発生時期、量の変化	漁獲量	融雪出水がある ワカサギを漁獲	○
	⑨	春先の栄養塩供給量の減少	漁獲量、漁業適期、利水（浄水処理）、景観、臭気	かんがい用水の取水 ワカサギを漁獲 観光地である	○
	⑩	春先の融雪水量の減少	(⑩と同じ)、利水（かんがい等）	(同上)	○
降雨強度の変化による出水時流入栄養塩量の増加	⑪	浮遊物質量の増加、透明度の変化	利水（浄水処理）、景観	かんがい用水の取水 観光地である ワカサギを漁獲	○
	⑫	植物プランクトンの変化	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁獲量	かんがい用水の取水 観光地である ワカサギを漁獲	○
降水量の減少による平常時流量の減少		(⑫と同じ)	(⑫と同じ)	(同上)	○

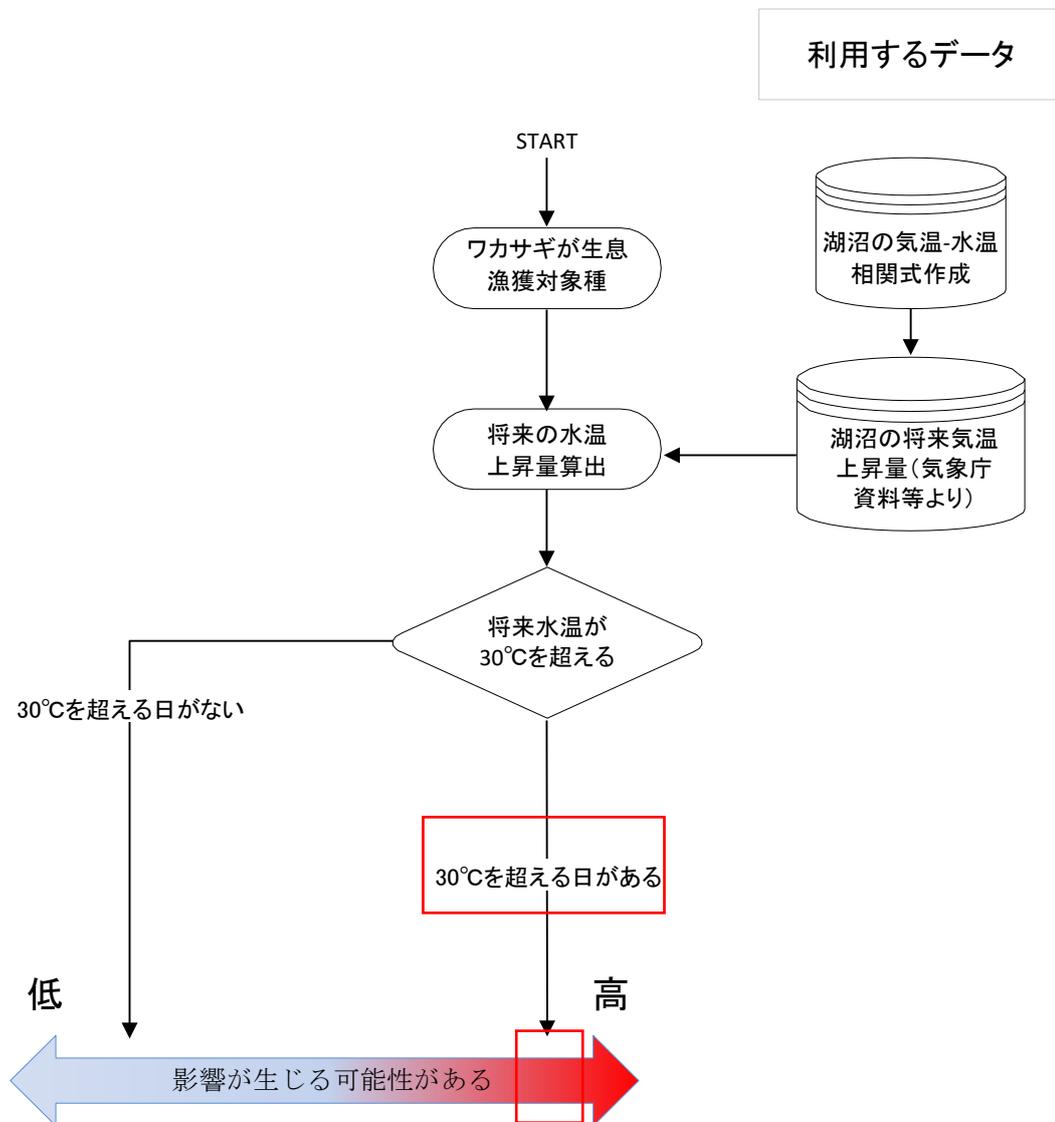
(1) 気候変動による影響の検討と評価

1) 気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響

水温上昇による冷水性魚類への影響については、図 1.8-9 のフローに従い、八郎湖における気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響を検討する。

ワカサギを例にして影響評価を行い、影響が生じる可能性の有無を検討する。ワカサギでは、成魚の生息適水温の範囲が 0~30℃であることが既往文献から分かっているため、将来の水温が 30℃を超えるかどうかで、ワカサギの生息への影響を評価する。

なお、ワカサギ以外の種については、魚種によって水温変化の適性や高水温への耐性が異なるため、検討対象とする魚種の生態的知見を収集し、その種の生息適水温を把握できれば、同様な検討を行うことが可能である。



※赤枠：八郎湖の検討結果

図 1.8-9 気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響の検討フロー
(影響評価の対象魚種をワカサギとした場合)

A) 将来の水温上昇量算出

八郎湖における将来の水温上昇量の算出結果を図 1.8-10 に示す。将来の気温上昇量 4.5℃ に対して、既往と水溫の相関式より、将来の水溫は最高に 34.7℃ になる可能性がある。そのため、ワカサギの生活が可能である最高水溫としての 30℃ を将来超える可能性はあると考えられる。

⇒【影響評価】 気温上昇に伴う水溫上昇による冷水性魚類（ワカサギ）への影響が生じる可能性があると考えられる。

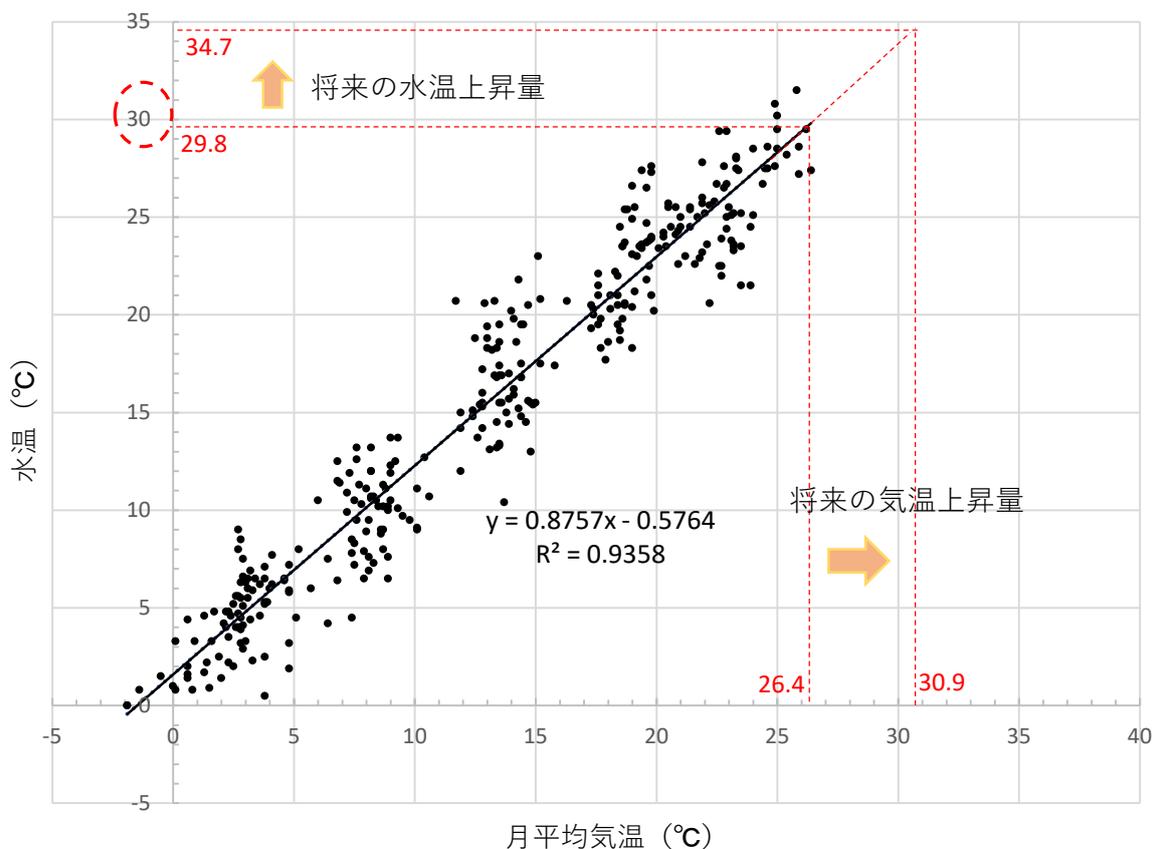


図 1.8-10 将来の水溫上昇量の算出

表 1.8-2 全国及び地域別の平均気温の変化

地域	年	春	夏	地域	秋	冬
全国	4.5 ± 0.6	4.0 ± 0.8	4.2 ± 0.5	全国	4.6 ± 0.7	5.0 ± 0.9
北日本日本海側	4.8 ± 0.7	4.3 ± 0.9	4.5 ± 0.7	北日本日本海側	5.0 ± 0.8	5.2 ± 1.1
北日本太平洋側	4.9 ± 0.7	4.4 ± 0.9	4.5 ± 0.7	北日本太平洋側	5.0 ± 0.8	5.5 ± 1.1
東日本日本海側	4.5 ± 0.6	4.1 ± 0.9	4.3 ± 0.6	東日本日本海側	4.7 ± 0.8	4.9 ± 1.0
東日本太平洋側	4.3 ± 0.6	3.8 ± 0.9	4.1 ± 0.6	東日本太平洋側	4.5 ± 0.8	4.8 ± 1.0
西日本日本海側	4.1 ± 0.5	3.7 ± 0.8	3.9 ± 0.5	西日本日本海側	4.3 ± 0.8	4.7 ± 0.9
西日本太平洋側	4.1 ± 0.5	3.6 ± 0.8	3.9 ± 0.5	西日本太平洋側	4.3 ± 0.8	4.6 ± 1.0
沖縄・奄美	3.3 ± 0.4	3.1 ± 0.7	3.2 ± 0.4	沖縄・奄美	3.5 ± 0.6	3.6 ± 0.8

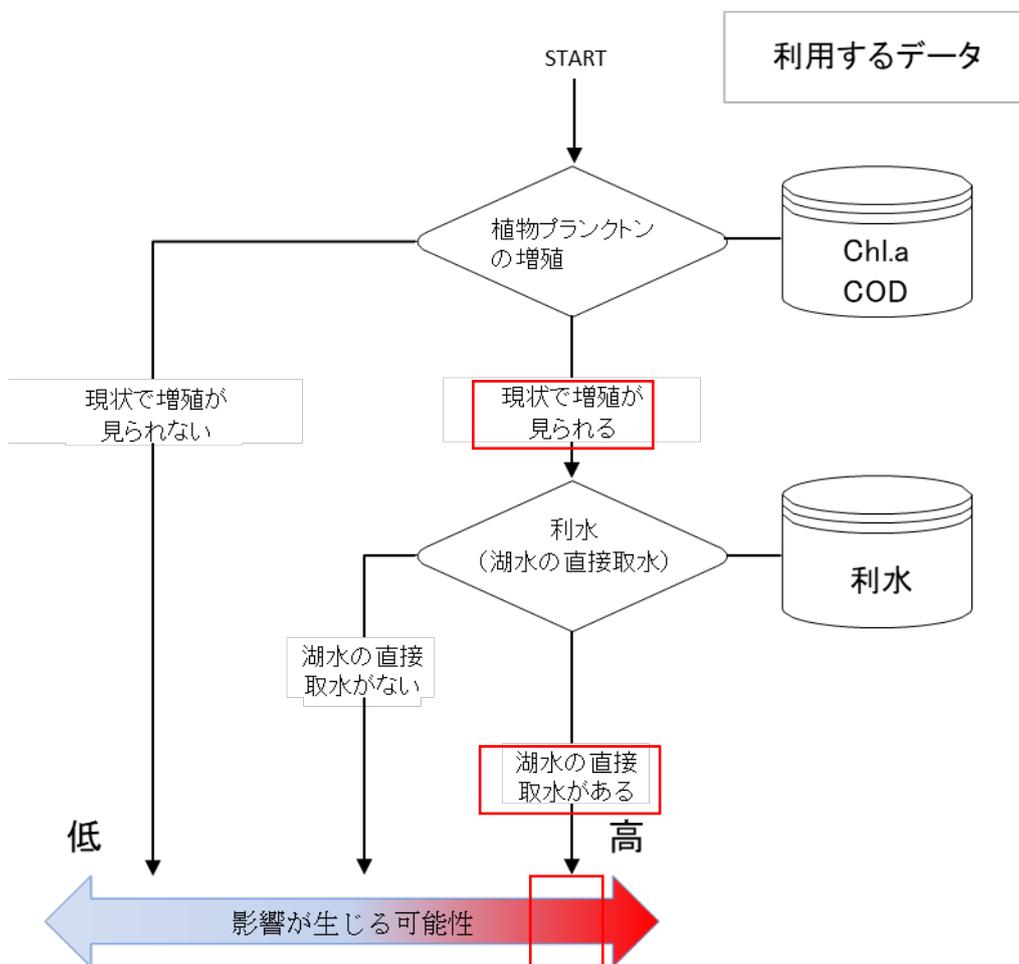
出典：気象庁 地球温暖化予測情報 第9巻 (2017年)

2) 植物プランクトンの増殖(富栄養化)による利水への影響

図 1.8-11 のフローに従い、収集・整理したデータ・資料を踏まえて、八郎湖における気候変動影響の可能性について整理する。

ここで、「植物プランクトンの増殖」が現状で生じているかを判断するために、COD の観測値を用いる (Chl.a データがあれば、直接的な植物プランクトン量の指標であるため、それを用いることでもよい)。特に、夏季の水温が上昇する時、アオコの原因藻類である藍藻類が増えると COD 濃度が上昇することから、そのような変化が生じているかどうかを確認する。

COD のデータは、公共用水域水質測定として各自治体を実施している調査結果から得ることができ、八郎湖においては、秋田県による調査結果データを使用した。



※赤枠：八郎湖の検討結果

図 1.8-11 植物プランクトンの増殖の影響の検討フロー

A) 八朗湖における COD(植物プランクトン増殖の有無)

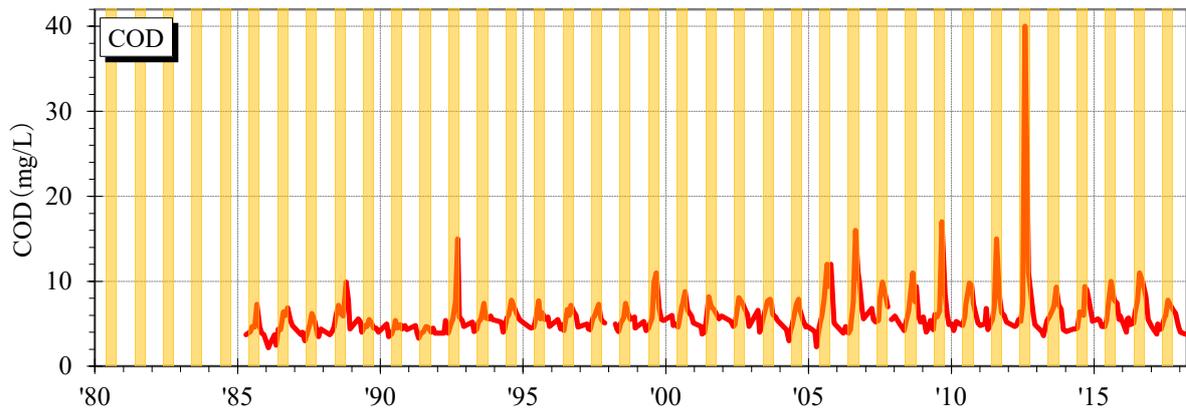


図 1.8-12 八朗湖(湖心)における COD(表層)の変化(網掛けの期間は夏季)

B) 八朗湖における利水の状況

自治体ヒアリング結果から、八朗湖において、湖水の直接的な取水・水利用としては、かんがい取水がある。

⇒【影響評価】かんがい用水での使用時に、湖水を浄化しての利用はないが、植物プランクトンが増殖することによって、取水の水質が悪化し、水利用への影響が生じる可能性が考えられる。なお、アオコが流入河川(馬場目川など)を遡上することにより、悪臭被害や上水の取水への影響が生じる可能性が考えられる。

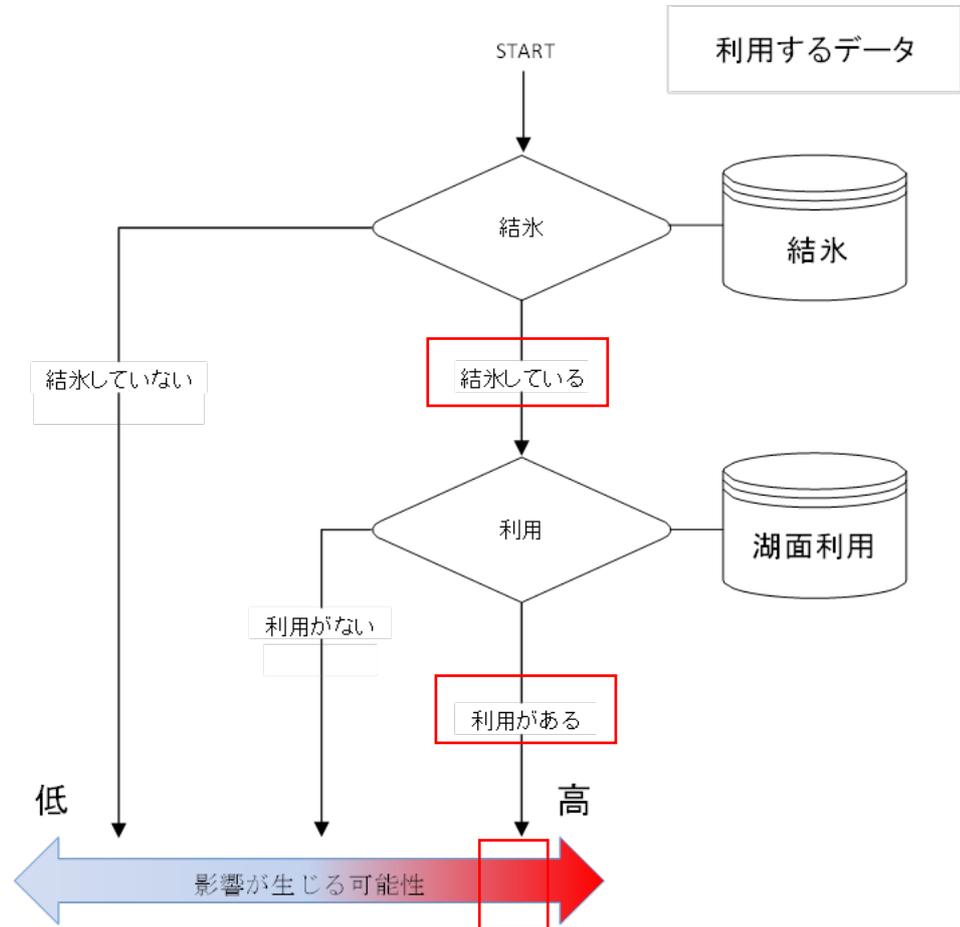
C) その他想定される影響

その他に、ヒアリング結果等を踏まえて、植物プランクトンが増殖することで、考えられる八朗湖への影響としては、次のことが挙げられる。

- ・ 内水面漁業があり、漁獲への影響、風評被害
- ・ 観光客が多数訪れる観光地であり、景観の悪化

3) 湖面結氷短期化による影響

湖面結氷短期化による影響については、図 1.8-13 のフローに従い、八郎湖における「湖面結氷の有無」、「湖面の利用の有無」から検討する。



※赤枠：八郎湖の検討結果

図 1.8-13 湖面結氷の短期化の影響の検討フロー

A) 八郎湖における結氷

八郎湖では、冬季の結氷の状況（結氷する期間、氷の厚さ等）の情報・データは無いが、冬季は結氷しているが、近年結氷が薄くなっているようである。

⇒【影響評価】冬季に湖面結氷する。

B) 湖面結氷の利用

八郎湖の冬の風物詩である氷上ワカサギ釣りであるが、近年では氷が薄くワカサギ釣りを楽しめない状況が続いている。

⇒【影響評価】結氷に関する利用があり、気候変動によってこの利用に影響が生じる可能性が考えられる。

(2) 影響評価を踏まえた適応策の検討

1) 既存計画および対策

湖沼水質保全特別措置法第4条第1項の規定によれば、都道府県知事が国の基本方針に基づき、指定湖沼の水質保全に関し実施すべき施策について定めるものとされており、県では平成19年12月に同法に基づく指定湖沼の指定を受け、平成20年3月に「八郎湖に係る湖沼水質保全計画（第1期）」、平成26年3月に「八郎湖に係る湖沼水質保全計画（第2期）」を策定し、引き続き「八郎湖に係る湖沼水質保全計画（第3期）」を策定するものである。（八郎湖に係る湖沼水質保全計画（第3期）令和2年3月 秋田県）

<p>点発生源対策</p> <ul style="list-style-type: none">○下水道等の整備と接続率の向上 生活排水の処理を進めるため、下水道への接続や合併処理浄化槽の設置などを促進する。○工場・事業場等の排水対策 八郎湖流域の工場・事業場等から排出される汚濁負荷量を削減するため、立入検査等を実施し、排水基準の遵守を徹底する。
<p>面発生源対策</p> <ul style="list-style-type: none">●水質保全型農業の普及促進 無代かき栽培やGNSSを活用した田植え機による無落水移植栽培などにより濁水の流出防止を進めるとともに、施肥の効率化の促進により水質保全型農業の普及促進を図る。●国営かんがい排水事業と連携した農地排水負荷の削減 中央干拓地における国営かんがい排水事業と連携して、水質保全対策に取り組む。○大潟村における流出水対策の推進 湖沼法の規定により「流出水対策地区」に指定されている大潟村について、流出水対策推進計画に基づく対策を実施する。○流域の森林整備 植栽、下刈り、間伐等の森林整備を着実に推進することにより、森林の持つ水源かん養機能を高め、良好な河川水の安定的な供給を図る。
<p>湖内浄化対策</p> <ul style="list-style-type: none">●底質の改善 湖水が停滞しやすい西部承水路の窪地において、高濃度酸素水の供給により底質等の改善を促進する。●漁業及び未利用魚等の捕獲による窒素、リンの回収 漁獲量の減少に歯止めをかけるとともに、ブラックバスなどの外来魚や、コイなどの未利用魚を捕獲することにより、窒素、リンの回収を図る。○方上地区における自然浄化施設等の活用 ヨシ等による自然浄化施設を活用し、中央干拓地からの排水の浄化を進める。○西部承水路の流動化促進 東部承水路の比較的良好な水を西部承水路に導水し、流動化を促進することにより水質改善を図る。○湖岸の生態系保全機能の回復 湖岸の植生を回復させ、生態系の保全等を図るとともに、親水拠点としての活用を目指す。
<p>その他対策</p> <ul style="list-style-type: none">●新しい技術を活用した対策等の調査研究 ドローンや人工衛星等による新たな湖沼観測手法など、新たな技術を活用した対策や、その他の改善手法の調査研究を行う。●河川における生態系の保全及び親水性の確保 流入河川の改修の際、地域の生態系の保全や親水性の確保に努める。○アオコ対策 住民への悪臭等の被害が生じないよう、八郎湖及び流入河川におけるアオコの監視体制を強化するとともに、河川への遡上防用フェンスの設置やアオコ抑制装置の稼働等の対策を実施する。○地域住民等に対する普及啓発と協働の取組の推進 出前授業による環境学習を通じて住民等への意識啓発を図るとともに、八郎湖をフィールドに活動する団体や地域住民が自由な意見交換を行う場を設けるなど、多様な主体の連携・協働の取組を促進する。○公共用水域の水質測定 指定地域内の公共用水域の水質を的確に把握するため、水質の監視や測定を定期的実施する。

【○:継続 ●:新規又は拡充】

図 1.8-14 第3期計画期間中の主な対策

出典:八郎湖に係る湖沼水質保全計画(第3期)令和2年3月 秋田県

2) 気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響に対する適応策

水温が 30℃を超えることに対して、表 1.8-3 のような適応策が考えられる。

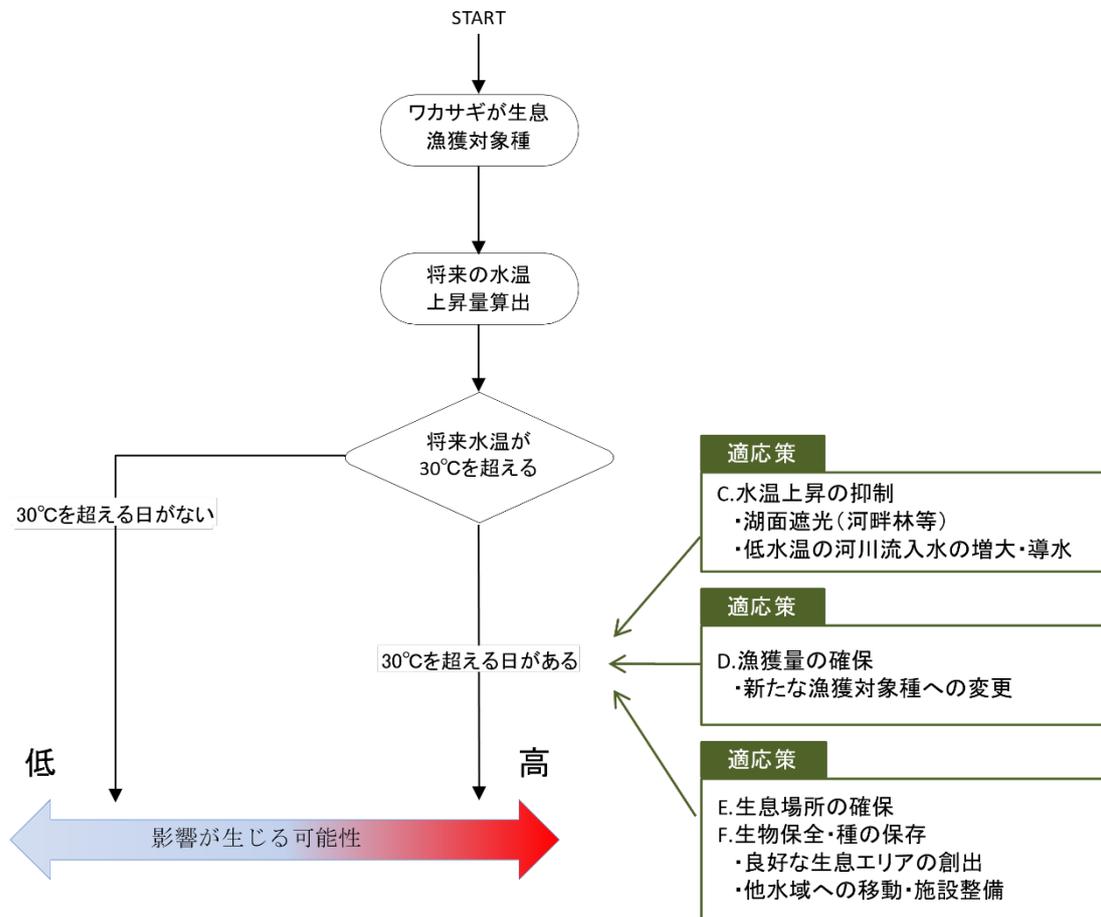


図 1.8-15 気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響に対する適応策の検討フロー

表 1.8-3 気温上昇に伴う水温上昇による冷水性魚類への影響に対する適応策の例

適応策の視点	適応策メニュー		既存対策の有無	既存対策の対応力	適応策の方向性
C.水温上昇の抑制	4	湖面遮光		モニタリング、対策の検討が必要	対策検討、モニタリング
		・浮島等			
	・河畔林				
	・水生植生帯整備				
	5	河川水等の導水(低温である湧水や渓流水)			
D.漁獲量の確保	6	稚魚放流量の増加			
	7	漁獲量の管理			
	8	新たな漁獲対象種への変更			
E.生息場所の確保	9	生息環境に適した新たな生息エリアの創出			
	10	種の保存のための他水域への移動、施設整備			
F.生物保全、種の保存	11	産卵、繁殖場の創出			
	12	種の保存のための他水域への移動、施設整備			
	13	産卵等生息環境に配慮した湖水位管理(変動)			

3) 植物プランクトンの増殖(富栄養化)による利水への影響に対する適応策

八郎湖の特徴から、抑制すべき要因として、「水温上昇」「流入負荷量の増加」「水の滞留」が該当し、これらへの対応が適応策として考えられる。

なお、利水について八郎湖では取水はあるが、現状で浄水処理はされていないため、浄水処理の能力不足に対する適応策は選定しないこととする。

以上を踏まえて、八郎湖において適用性が考えられる適応策オプションは次ページの表 1.8-4 の通りである。

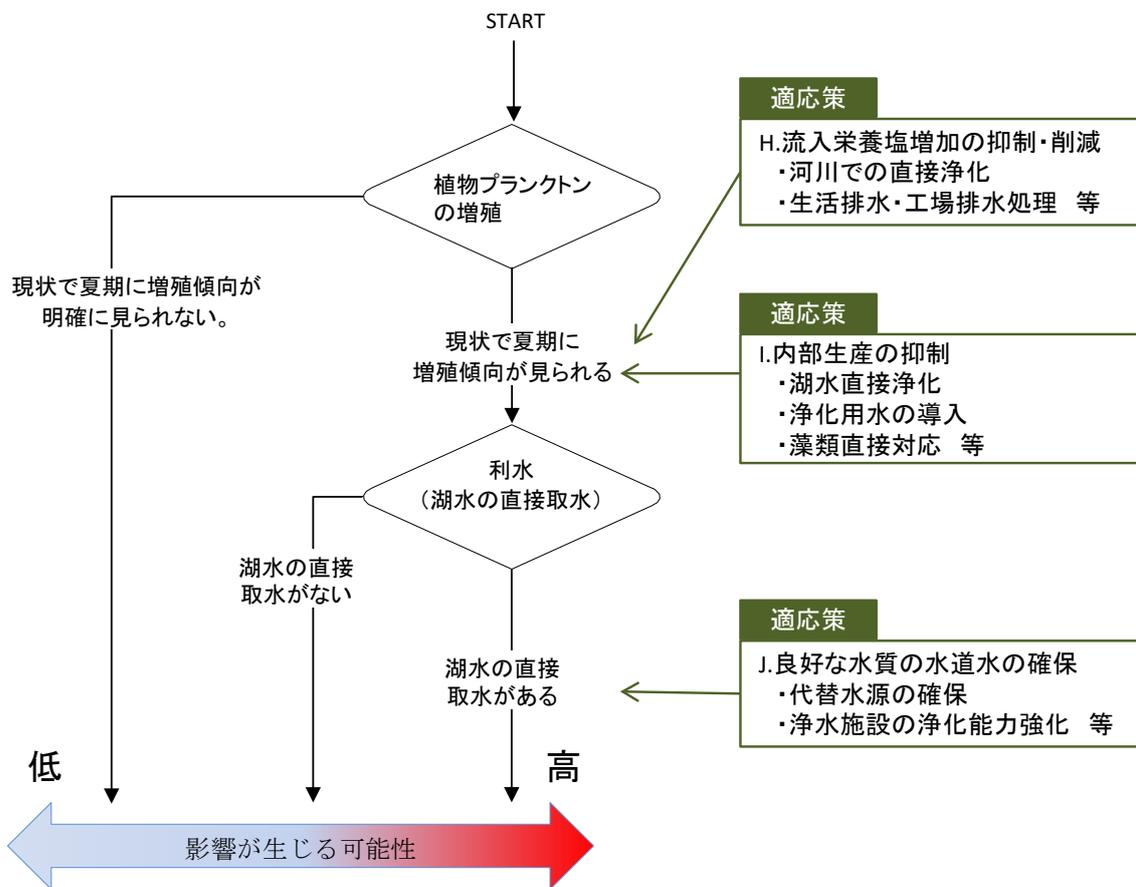


図 1.8-16 植物プランクトンの増殖による利水への影響に対する適応策の検討フロー

表 1.8-4 八郎湖における植物プランクトン増殖と、利水影響に対する適応策の例

適応策の視点	適応策メニュー	既存対策の有無	既存対策の対応力	適応策の方向性
H. 流入栄養塩増加の抑制・削減	15 河川での直接浄化		流域での負荷削減、水質保全対策がメインであり、湖内での対応の必要性も検討	既存対策の強化
	沈澱			
	ろ過、接触酸化			
	植生による浄化			
	底泥浚渫(継続的)			
	16 生活排水処理			
	下水道整備、下水処理場の高度化(窒素りん除去)	○		
合流式下水道の改善				
窒素りん除去型の高度処理型合併処理浄化槽設置				
17 環境保全型農業の実施(負荷低減)	○			
18 工場・事業場等、排水基準の強化	○			
19 市街地、道路等からの面源負荷削減(雨水流出抑制、路面・側溝清掃等)	○			
I. 内部生産の抑制	20 曝気等による水の流動促進			
	浅層曝気			
	全層曝気			
	流動促進装置による流動化	○		
	浄化用水の導入(流動化、希釈)	○		
	21 プランクトン増殖抑制を考慮した湖水の放流、水位管理			
	22 湖内での直接浄化			
	接触酸化			
	土壌浄化			
	植生浄化	○		
凝集処理				
23 水生植生帯の整備	○			
24 藻類の除去				
	衝撃殺藻、紫外線殺藻等			
	吸引等による直接除去			
25 漁獲による栄養塩の系外除去	○			
J. 良好な水質の水道水の確保	26 代替水源の確保			
	27 脱臭処理の強化(活性炭の準備)			
	28 浄水施設の浄化能力強化			
	29 局所的な清澄水域の確保(フェンス等)			
	30 水面利用方法の変更検討			
				湖内対策の検討

4) 湖面結氷短期化による影響に対する適応策

八郎湖では冬季の湖面結氷より氷上ワカサギ釣りがあることから、気候変動により結氷が短期化し、現状の利用ができなくなることに對して、表 1.8-5 のような適応策が考えられる。

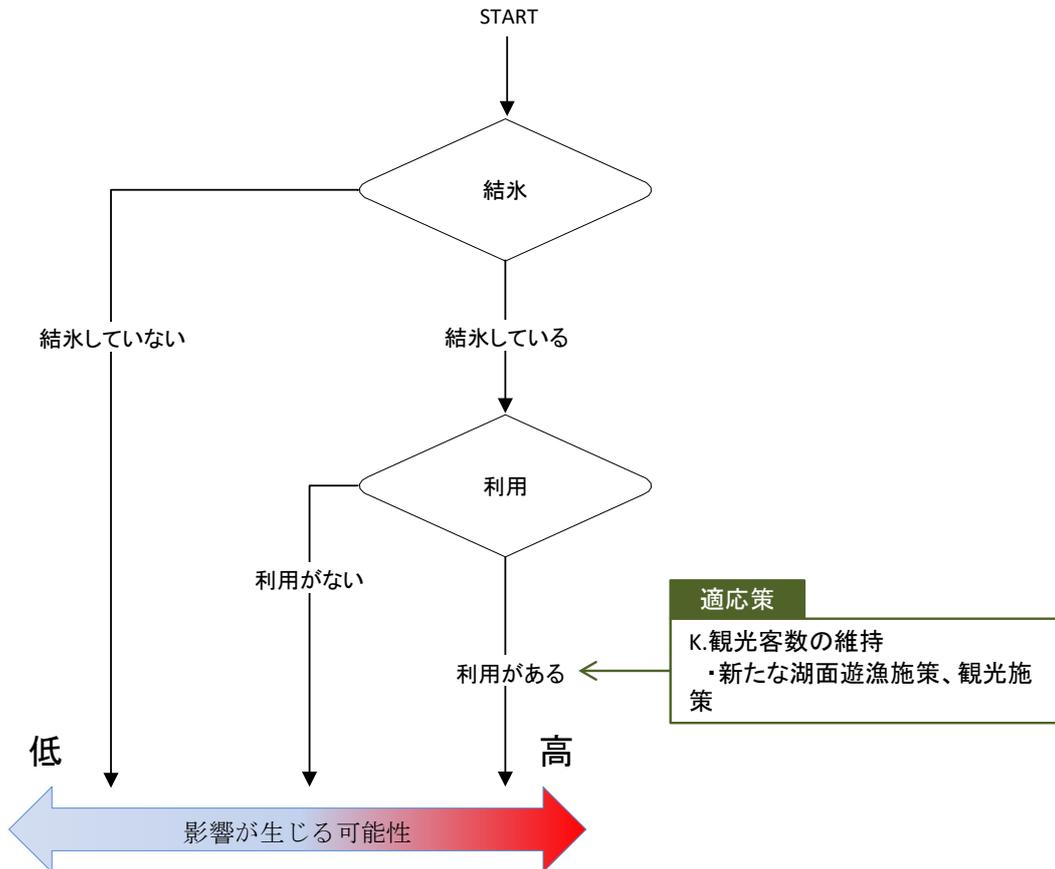


図 1.8-17 湖面結氷の短期化影響に対する適応策の検討フロー

表 1.8-5 八郎湖における湖面結氷短期化の影響に対する適応策の例

影響要素	抑制すべき要因	適応策オプション	適用性
結氷した湖面の利用（氷の利用）ができなくなる	利用（観光）人数の減少	・他の地域観光資源（イベント）への移行	○
		・他の湖沼等からの氷の輸送	
		・湖面の利用方法の転換	○
湖面結氷しなくなる	冬期水温上昇の抑制	—	

1.9 琵琶湖(滋賀県)

1.9.1 情報・データ等の収集

(1) 湖沼・流域の特徴等の収集

琵琶湖は、400 万年の歴史をもつ世界有数の古代湖であり、わが国最大の湖である。また、多様な生物相に恵まれ、多くの水鳥や 60 種類以上の固有種が確認されており、ラムサール条約に基づく国際的に重要な湿地として登録されている。集水域は 3,174km² におよび、約 460 の大小の河川から流入した水は、瀬田川と琵琶湖疏水から下流へと流れ出て、滋賀県そして流域府県の 1,450 万人の生活と産業活動を支える水源として、大きな役割を果たしている。(第 7 期琵琶湖に係る湖沼水質保全計画)

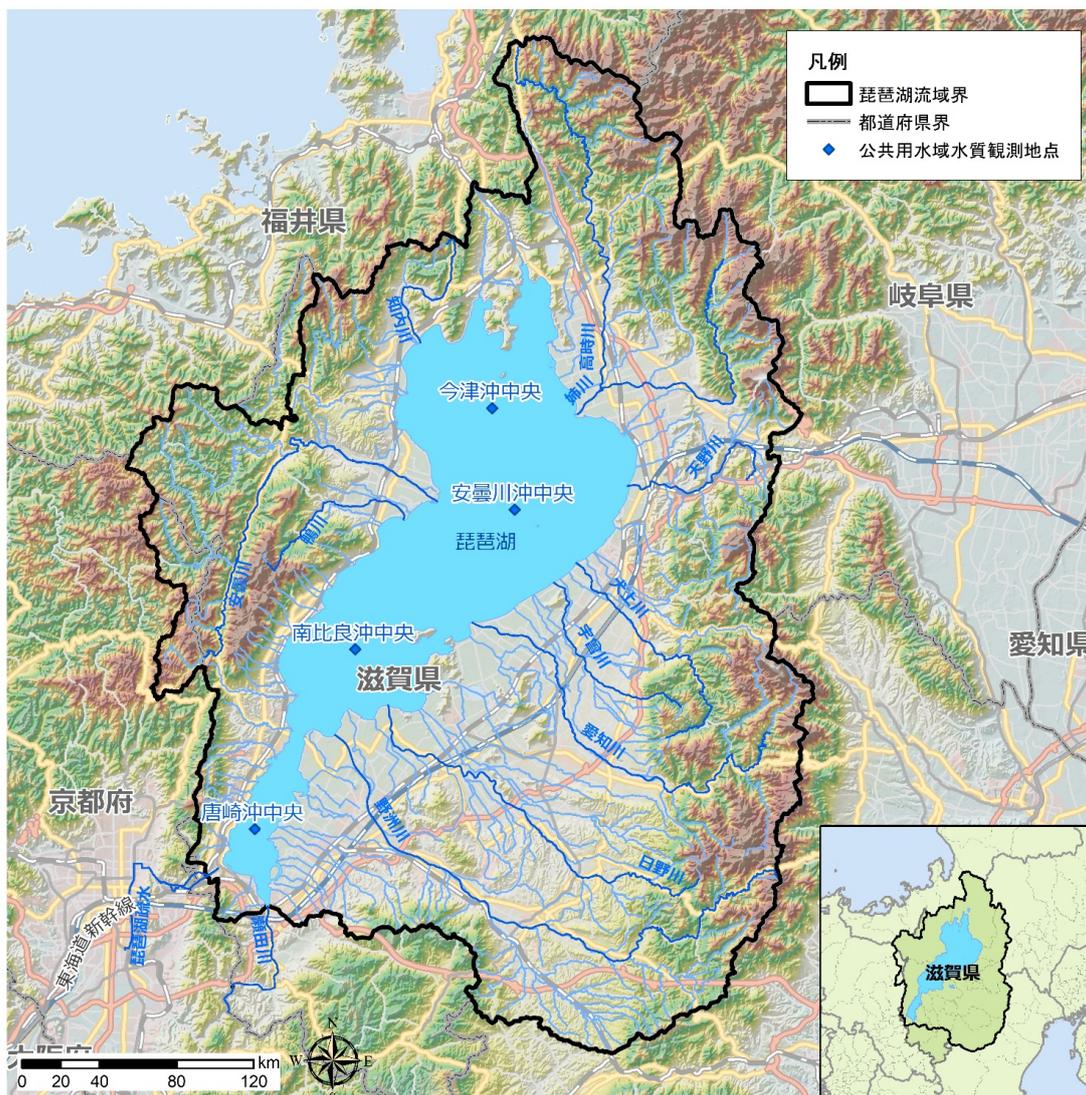
次ページに、湖沼・流域の地形、諸元等を示す。

また、関連資料収集および自治体ヒアリング結果から、主な特徴を以下に整理した。

1) 地形的特徴

- ・ 滋賀県にある湖で、日本で最大の面積と貯水量を持つ。
- ・ 陸上から見た地形により最狭部に架かる琵琶湖大橋を挟んだ北側部分を北湖、南側部分を南湖と呼んでいる。
- ・ 滋賀県の面積の 6 分の 1 を占め、流れ出る水は瀬田川、宇治川、淀川と名前を変えて、大阪湾(瀬戸内海)へ至る。
- ・ 湖水は淀川流域の上水道として利用され、京都市は琵琶湖疏水から取水している。
- ・ 琵琶湖には 119 本の一級河川が流入している。琵琶湖から流出する河川は瀬田川の 1 本のみである。
- ・ 河川以外では琵琶湖疏水があり、琵琶湖からの流出水路は 2 つしかない。流域面積は 3,174 km²、最大水深は 103.58m である。
- ・ 湖を囲む山地からの流れが源流で、琵琶湖疏水や淀川水系を通じて京阪神に水道水を供給している。

滋賀県 琵琶湖



【諸元】

標高	O.P.B. 85.614m
湖面積	670km ²
最大水深	103.58m
湖容積	275億m ³
流域面積	3,174kkm ²
流域人口 (H27)	132.5万人※1
下水道普及率 (H27)	88.8%※1

【図面出典】

- ・背景地図: © Esriジャパン
- ・流域界: 国土数値情報(流域界・非集水域)より作成
- ・流入河川: 国土数値情報(河川)より作成

【環境基準】

項目	類型	基準値(mg/L)※2		令和元年度水質状況 (単位: mg/L) ※3	
		北湖	南湖	北湖	南湖
COD	湖沼・AA	1	1	2.9	4.1
T-N	湖沼・II	0.2	0.2	0.20	0.22
T-P	湖沼・II	0.01	0.01	0.006	0.011

※2 水質汚濁に関する環境基準値

備考: 基準値の評価方法

COD: 各基準点における表層の年間75%値の最大値。

T-N、T-P: 各基準点における表層の年間平均値の平均値。

【データ出典】

- ※1 滋賀県、第7期琵琶湖に係る湖沼水質保全計画(R1.3)より
- ※3 滋賀県 滋賀の環境2019(令和元年版環境白書)

2) 自然的特徴

- ・ 例年冬に琵琶湖北湖で見られる全層循環が、平成 30 年度および令和元年度の冬期には、第一湖盆（水深約 90m）において確認できなかった。
- ・ 平成 31 年 4 月時点で、表層から水深 80m 前後まで溶存酸素量（DO）が回復していることを確認した。このことから、湖水量の 9 割程度に、表層と同程度の DO が供給されていると推計する。
- ・ なお、全層循環していない水域における 4 月末の底層 DO は 7~8mg/L 程度となっており、底生生物への影響が懸念される 2 mg/L を下回る貧酸素の状態ではない。
- ・ 侵略的外来水生植物、オオバナミズキンバイ・ナガエツルノゲイトウは、根・茎・葉の断片からも再生し、群落を形成するなど増殖力が非常に強い侵略的外来水生植物である。オオバナミズキンバイ・ナガエツルノゲイトウの侵入、急増について、大規模駆除や駆除済み区域の巡回・監視による群落の再生抑制効果もあり、生育面積は 3 年連続で減少したものの、琵琶湖北湖では生育面積が増加している箇所もあり、依然として予断を許さない状況である。
- ・ 南湖の中央～北部にかけては水草繁茂が多く、漁業や船舶の航行に影響を与える。また、台風が接近すると、その影響により、南湖湖岸への漂着水草が多く発生し、悪臭など生活環境への影響を与える。
- ・ 気候条件等により、今後も水草が大量に繁茂する恐れがある。
- ・ 南湖は、「魚のゆりかご」とも言うべき、水生生物の産卵や生育に欠かせない豊かな生態系を形成。しかし、水草が大量繁茂する夏季には湖底付近は貧酸素状態となる。

3) 利用状況

A) 利水

- ・ 琵琶湖の水は、古くから近畿圏で生活する人々の暮らしを支えてきた。現在では、滋賀県をはじめ、京阪神全域に生活用水や農業用水、工業用水を供給している。
- ・ 流出河川は瀬田川と人工の琵琶湖疏水のみで、蹴上発電所は琵琶湖から京都へ水を導く「琵琶湖疏水」を利用した水路式水力発電所である。

B) 漁業

- 琵琶湖漁業の最重要種であるアユの漁獲量は、平成 29 年に記録的な不漁となった。平成 30 年度は、活アユで平均の 80%であった。
- ホンモロコは、漁獲が激減した平成 7 年以降では、近年の漁獲は好調だが、本格的な回復には至っていない。ニゴロブナの漁獲は、低調である。

C) 観光・湖面利用

- 琵琶湖の湖岸堤等におけるサイクリングツーリズム「ピワイチ」において景観が活用されている。
- 学習船「うみのこ」により、県内小学生の環境学習が湖上で行われている。

(2) 水理・水質、気象データの収集

1) 経年変化

気象について、長期的な変化を図 1.9-1 に整理した。2010 年代は、1980 年代と比較すると、年平均気温と年降水量に増加傾向が見られる。なお、降雪量については過去に比べて近年減少傾向が見られる。

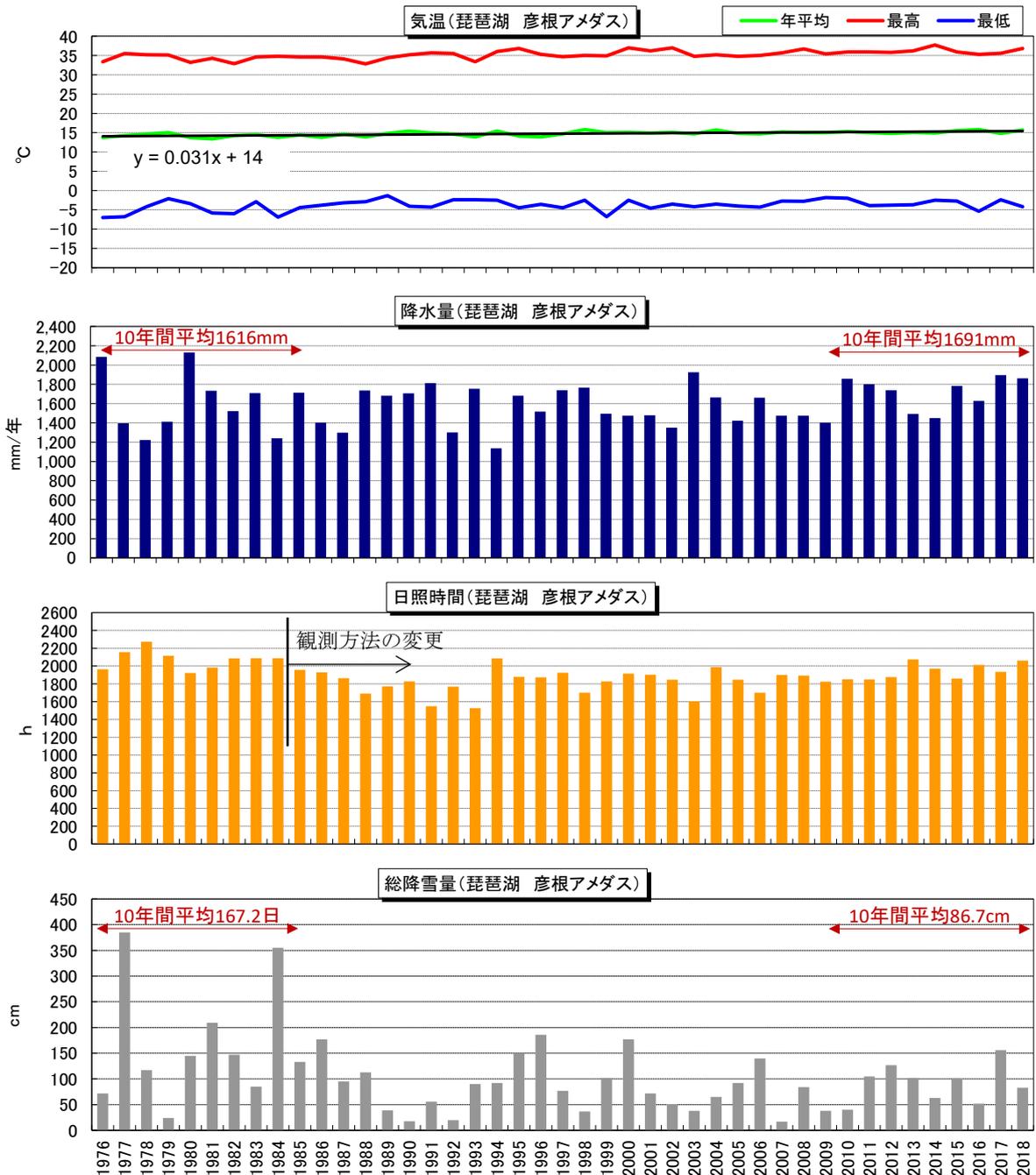


図 1.9-1 気象の経年変化(気象庁アメダス:彦根)

2) 気温(真夏日・真冬日)

夏季の植物プランクトン増殖要因となる酷暑や、冬季の全層循環の未完了の要因となる暖冬と、それぞれ連動すると考えられる、真夏日・真冬日の発生日数について図 1.9-2 に整理した。2010年代は、1980年代と比較すると、真夏日の日数に変化が見られず、真冬日の日数はゼロとなっている。

※真夏日や真冬日が、植プラ増殖や全層循環の要因ではなく、真夏日が多い=日照強・気温高、真冬日が少ない=暖冬・季節風弱、と要因と連動している関係である。

※真夏日：最高気温が30℃以上の日 真冬日：最高気温が0℃未満の日

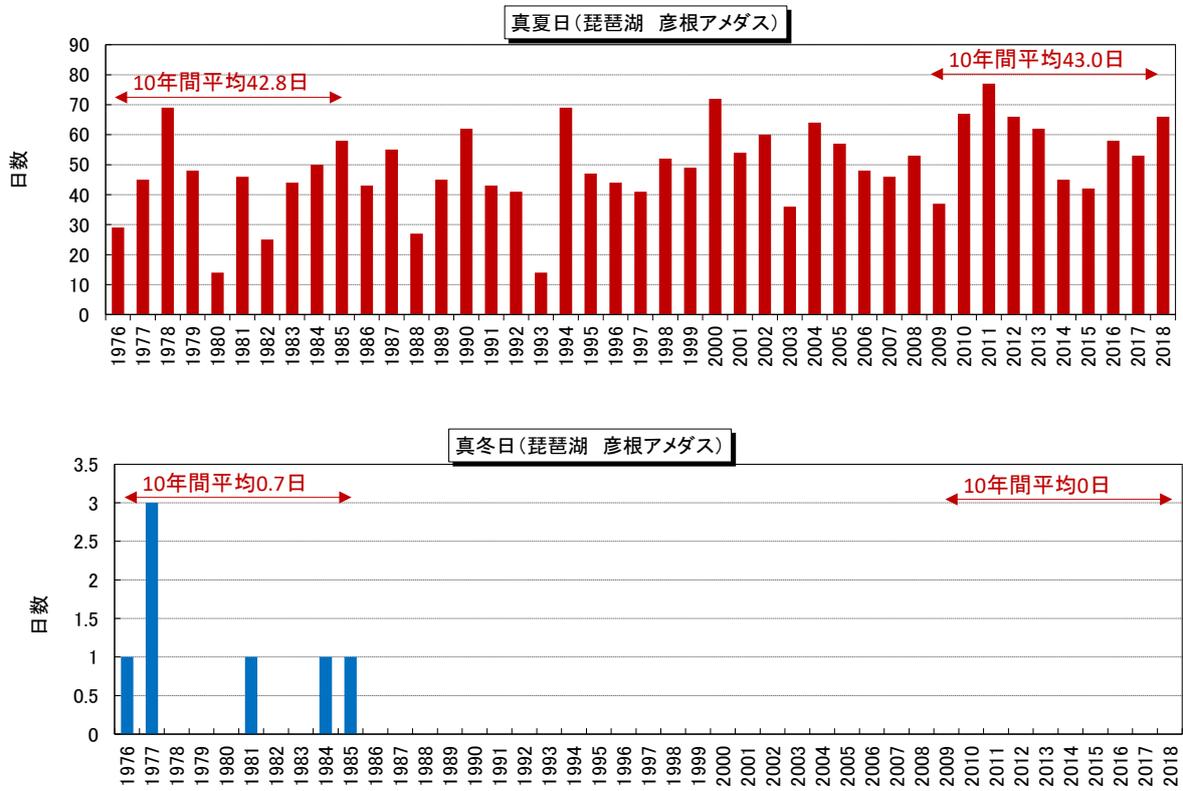


図 1.9-2 真夏日、真冬日の経年変化(気象庁アメダス:彦根)

3) 気温(冬季平均気温)

琵琶湖における冬季の全循環不全に影響があると考えられる一つの気象条件として、冬季気温の経年変化を図 1.9-3 に整理した。1、2 月平均気温について単純に直線回帰式をあてはめると、やや上昇している傾向が見られた。

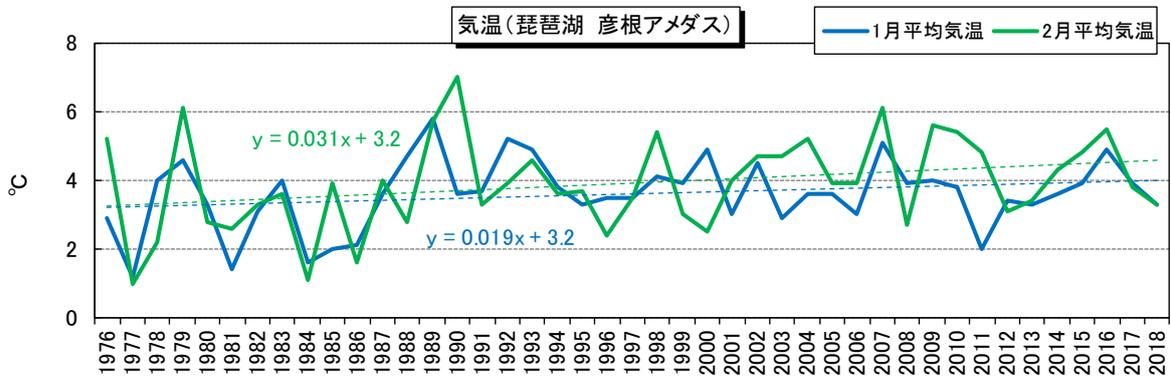


図 1.9-3 冬季平均気温の経年変化(気象庁アメダス:彦根)

4) 降水量(100mm/日超える日数)

日降水量が 100mm を超える日数について図 1.9-4 に整理した。この地域での発生は少ないが、近年では発生頻度の増大が見られる。

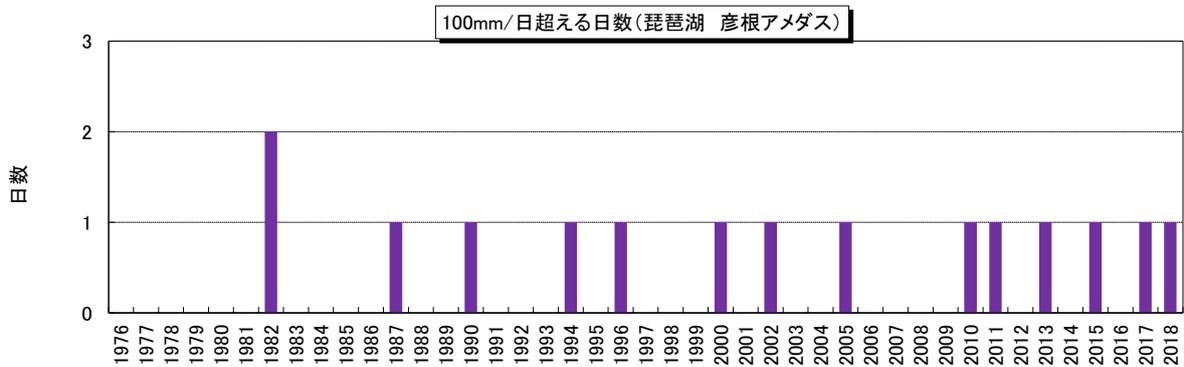


図 1.9-4 降水量が 100mm/日超える日数の経年変化(気象庁アメダス:彦根)

(3) 将来の気象予測データの収集

琵琶湖における将来の気象がどのように変化するかについて具体的に把握するために、公表資料である、気象庁大阪管区気象台が作成した、「近畿地方の気候変動 2017」（滋賀県）を参考に整理した。

この資料では、「地球温暖化予測情報 第9巻：RCP8.5」の計算結果に基づき整理されている。この資料から、琵琶湖の気候変動影響に関連するとして、琵琶湖が位置する滋賀県における気温、降水量の情報を抽出した。

1) 気温

将来気候（21世紀末）では夏（6-8月）に平均気温が4.3度の上昇、真夏日も平均的に50日増加する。また、冬（12-2月）に平均気温が5.0度上昇する。冬日も現在より30日減少する。

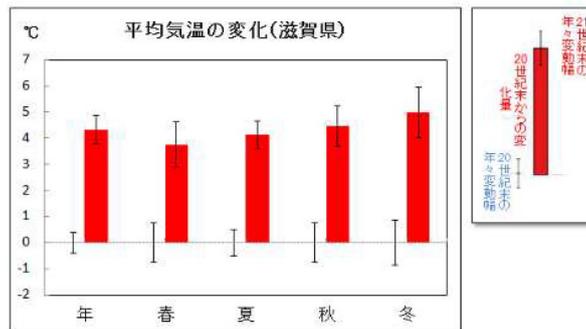


図 1.9-5 平均気温の変化（滋賀県）

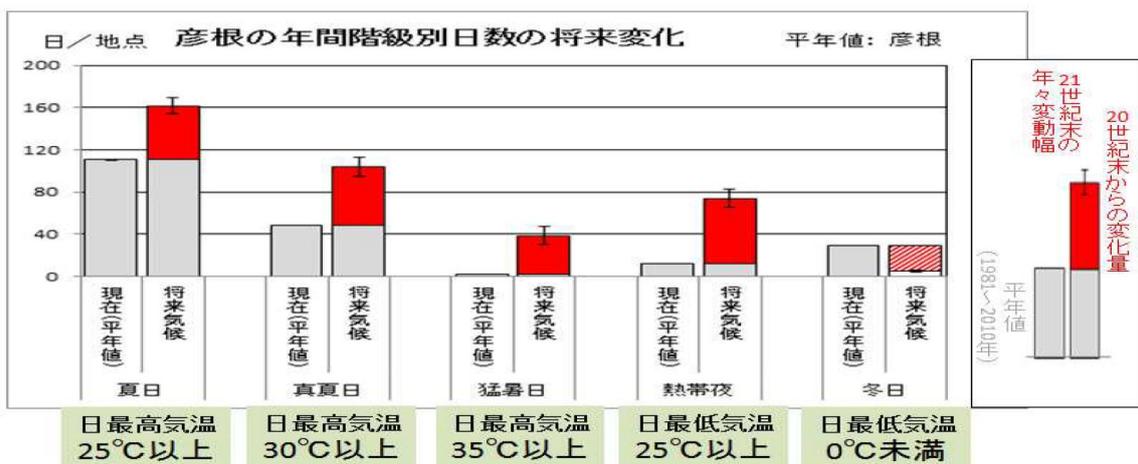
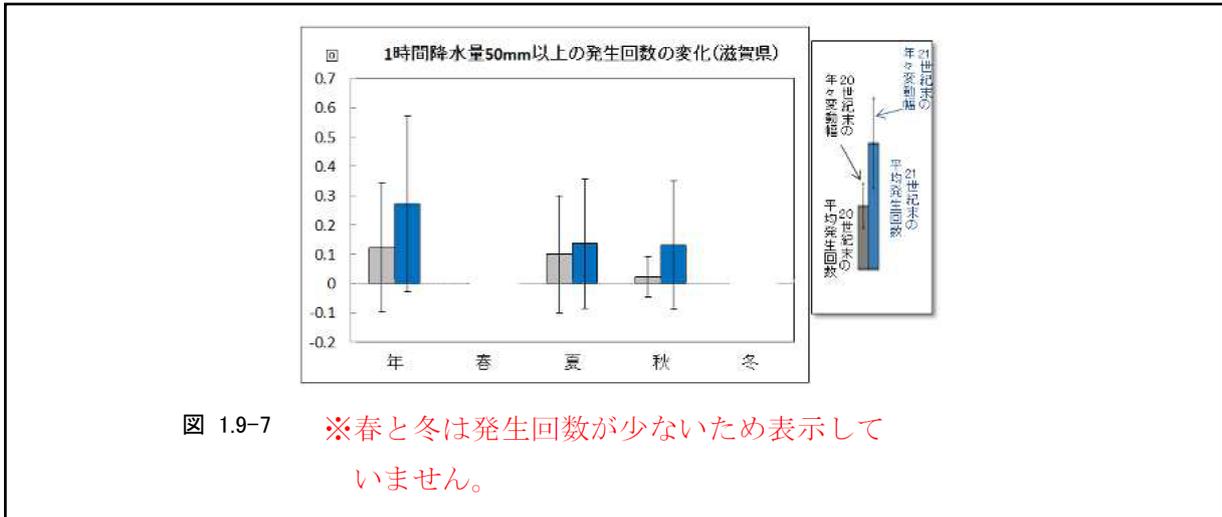


図 1.9-6 年間日数（夏日・真夏日・猛暑日・熱帯夜・冬日）の変化（彦根市）

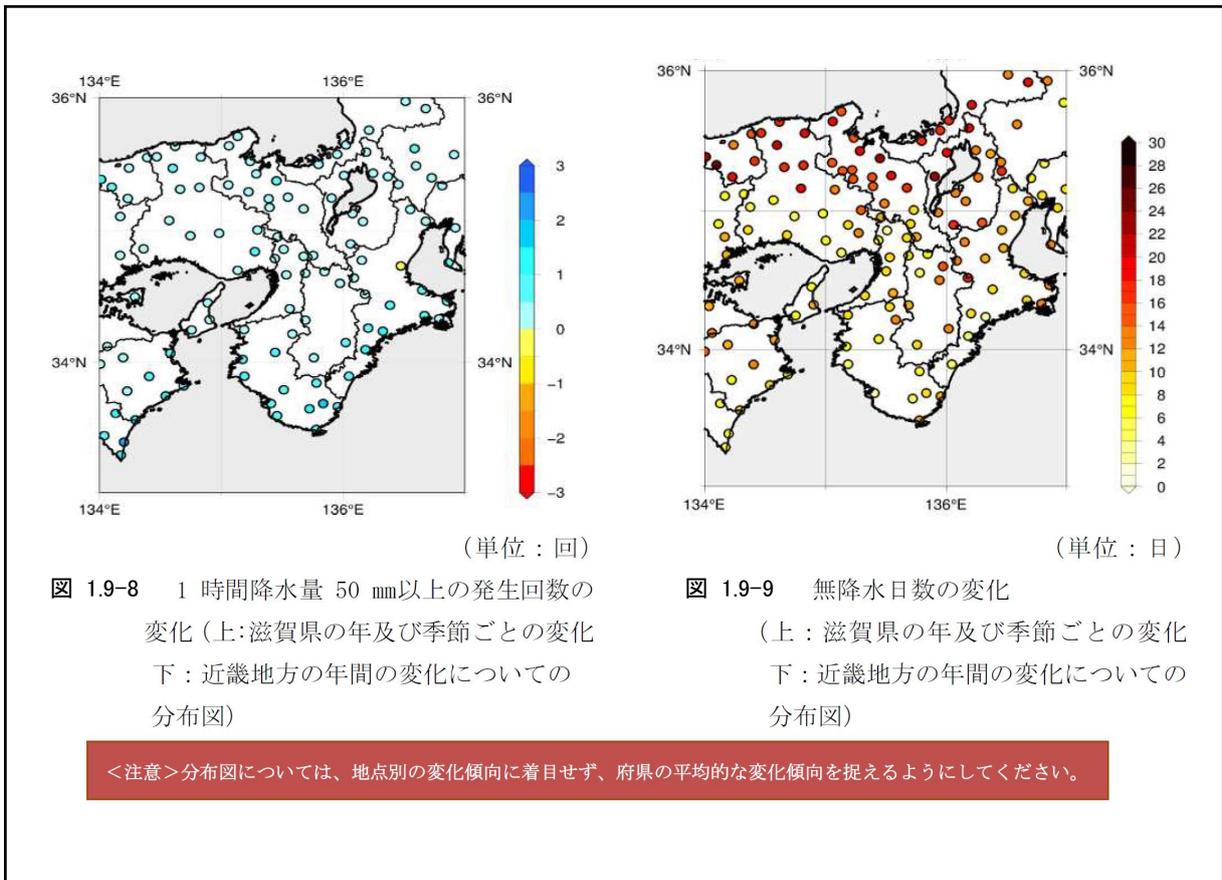
2) 日降水量が 100mm を超える日数の変化

日降水量 50mm 以上の発生確率が現在の約 2 倍に増加すると整理されている。



滋賀県の1地点あたりの1時間降水量 50 mm以上の年間発生回数は、2 倍以上になる。

滋賀県の1地点あたりの年間無降水日数は約 15 日増加することが予測されている。



1.9.2 気候変動影響の整理

1) 長期的な琵琶湖の水質変化

琵琶湖における代表的な水質地点（南比良沖中央、唐崎沖中央）における 1981 年からの水質について、富栄養化・植物プランクトンの増殖に関連する、COD および T-N、T-P を図 1.9-10、図 1.9-11 に整理した。

琵琶湖において、表層水温では、最高水温が 30℃を超える年が近年出てきている。COD については、1980 年代と比較すると、平均的に濃度が高くなっている傾向が見られる。T-N、T-P は経年的な変化傾向が見られなかった。

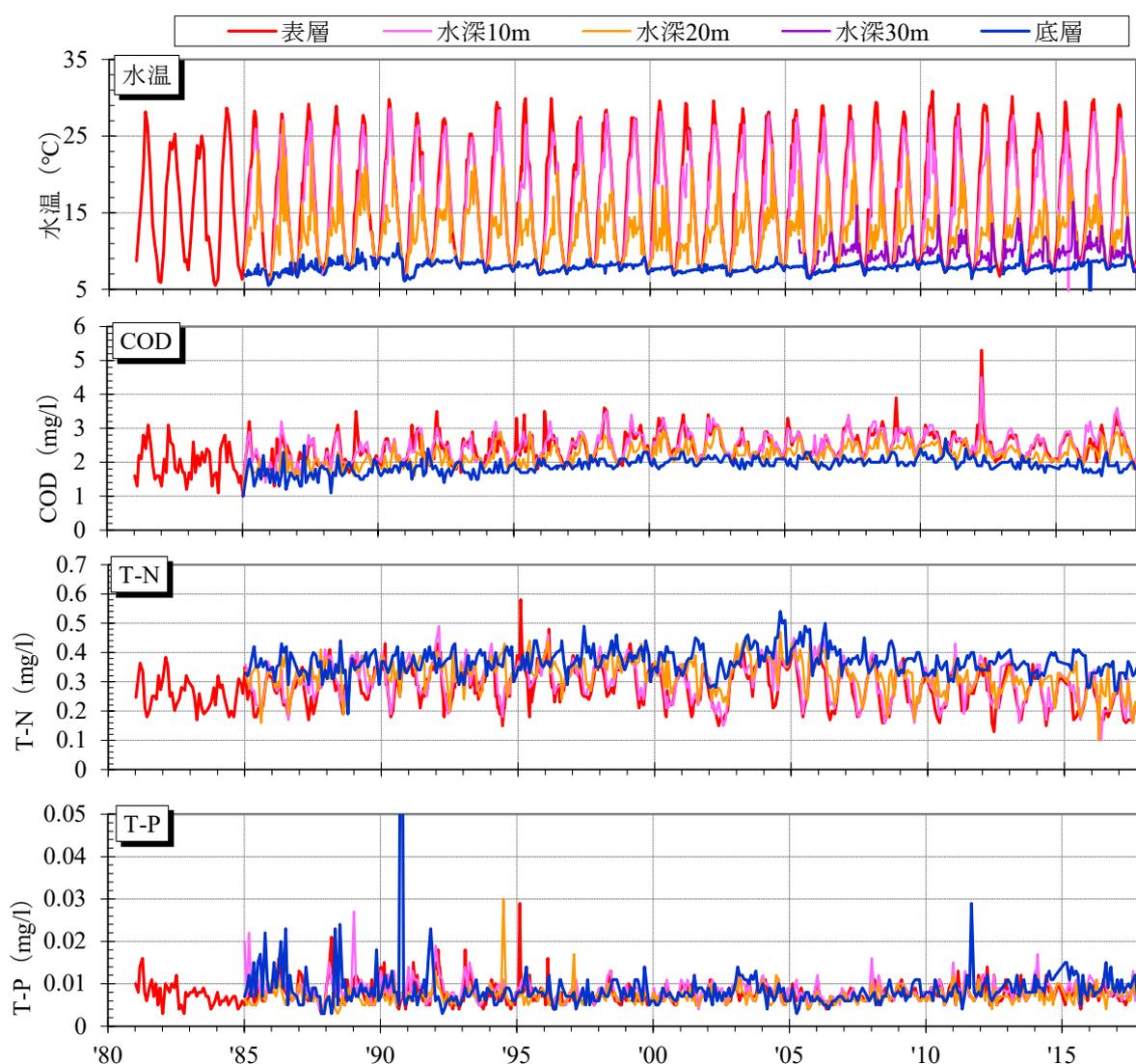


図 1.9-10 琵琶湖における水質の経年変化(南比良沖中央)

※データ出典:環境省 公共用水域水質測定結果

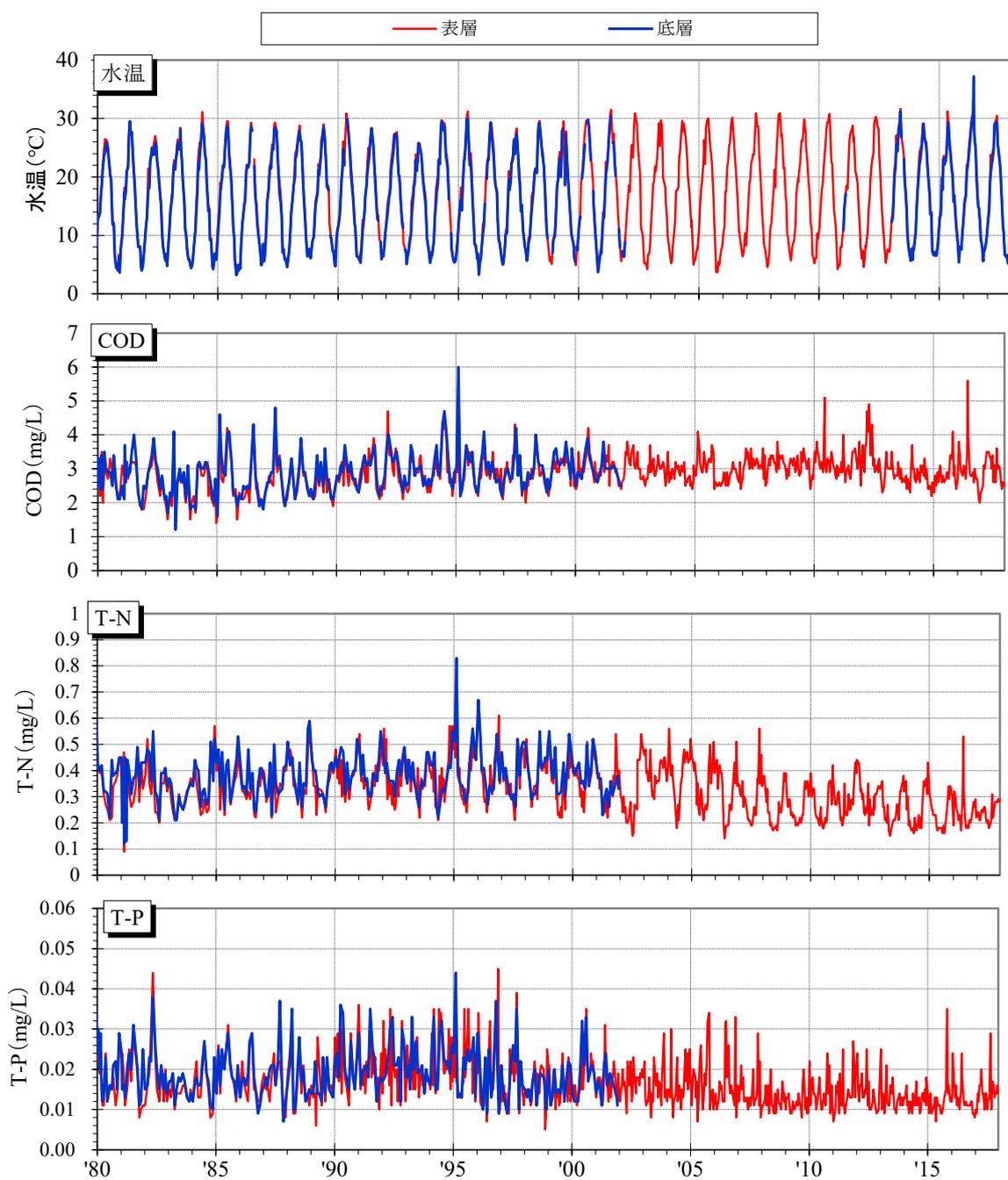


図 1.9-11 琵琶湖における水質の経年変化(唐崎沖中央)

※出典：環境省 公共用水域水質測定結果

琵琶湖における代表的な水質地点（今津沖中央）において、2008 と 2017 年の水温と DO の鉛直分布を図 1.9-12 に示す。2008 と 2017 年は同様に、2 月に全循環が発生しており、夏季に水温成層ができているとともに底層に貧酸素化が生じていることが分かった。

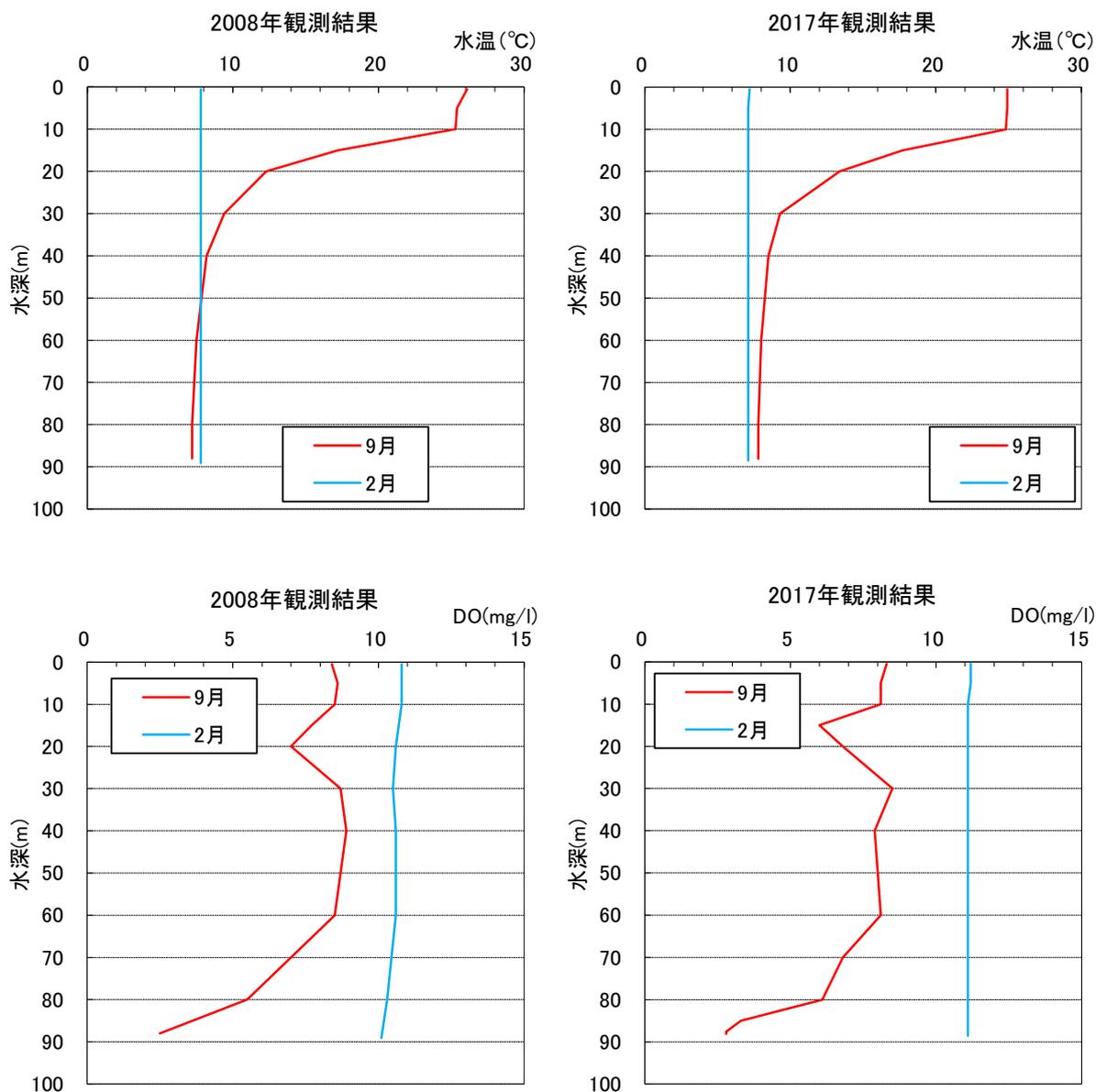


図 1.9-12 琵琶湖における水質の鉛直分布(今津沖中央)

データ出典：滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 水深別水質調査結果

1.9.3 影響評価の実施、適応策の検討

以上の琵琶湖における特性の整理結果を踏まえて、琵琶湖における気候変動による影響を想定すると、表 1.9-1 の項目が挙げられる。これらの影響のうち、手引きで示している全循環不全による影響と植物プランクトンの増殖による利水への影響について、簡易的な手法により、検討を行った。

表 1.9-1 検討対象とする気候変動影響の選定(琵琶湖)

水環境の変化	水環境の変化 (影響を評価するための指標)		生活や地域社会への影響	情報・データ整理の結果を記入	
				湖沼の特徴	検討必要有無
冬季全循環の不全	①	底層水の貧酸素化、底層利用種の酸欠	底層利用種の漁獲量	底層の貧酸素化	○
	②	底泥からの窒素、リンの溶出	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド	(同上)	-
水温の上昇	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	アユ等を漁獲	○
	④	植物プランクトンの変化	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド、水生植物	水道・工・農水等の取水 アユ等を漁獲 観光地である	○
	⑤	魚類等の生息水深の変化	漁法、漁獲量	シジミ等を漁獲	-
	⑥	底泥からの窒素、リンの溶出	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド	水道・工・農水等の取水 アユ等を漁獲 観光地である	○
湖面結氷の変化	⑦	湖面結氷の短期化	景観、湖面結氷や氷を利用したイベント等（地域資源）	冬季に結氷していない	-
融雪時期の流入量・栄養塩供給時期の変化	⑧	植物プランクトン発生時期、量の変化	漁獲量	融雪出水がある アユ等を漁獲	○
	⑨	春先の栄養塩供給量の減少	漁獲量、漁業適期、利水（浄水処理）、景観、臭気	融雪出水がある 水道・工・農水等の取水 アユ等を漁獲 観光地である	○
	⑩	春先の融雪水量の減少	(⑩と同じ)、利水（かんがい等）	(同上)	○
降雨強度の変化による出水時流入栄養塩量の増加	⑪	浮遊物質量の増加、透明度の変化	利水（浄水処理）、景観	水道・工・農水等の取水 アユ等を漁獲 観光地である	○
	⑫	植物プランクトンの変化	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁獲量	水道・工・農水等の取水 アユ等を漁獲 観光地である	○
降水量の減少による平常時流量の減少		(⑫と同じ)	(⑫と同じ)	(同上)	○

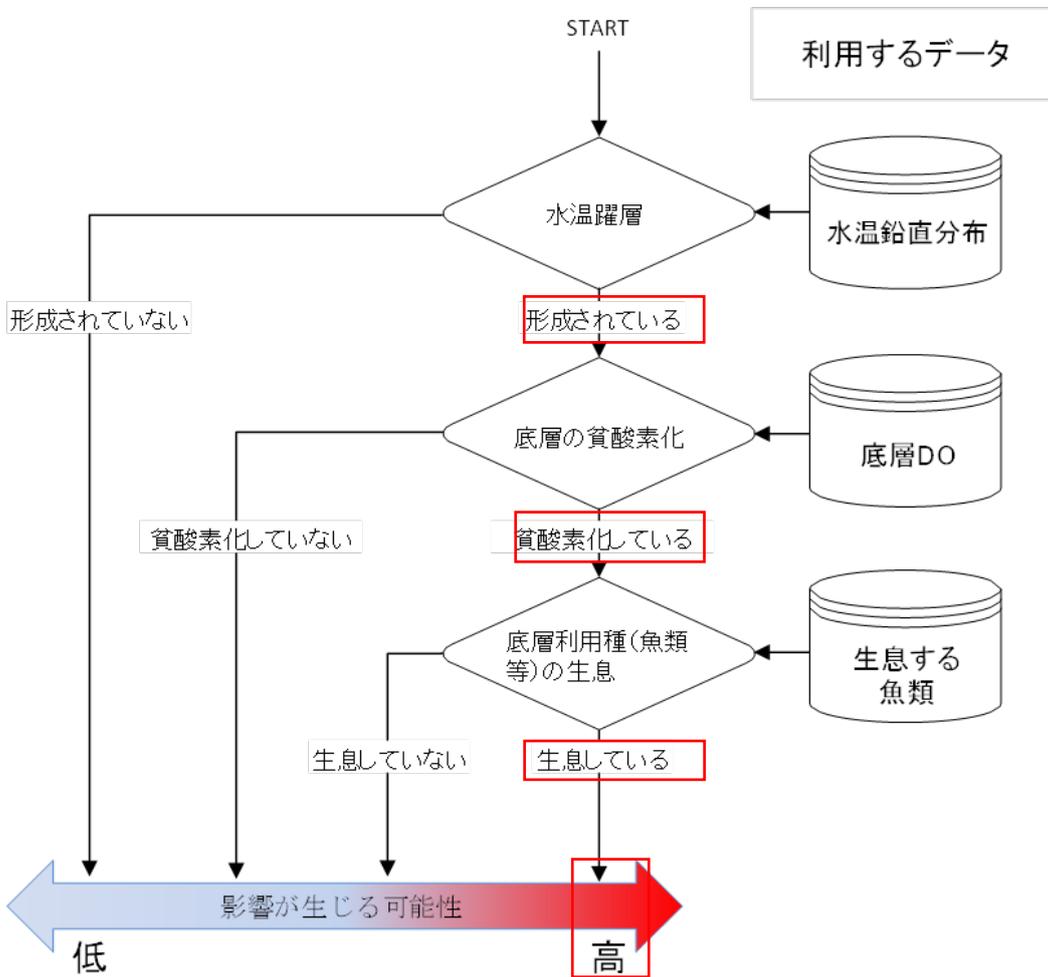
(1) 気候変動による影響の検討と評価

1) 冬季全循環不全による底層水の貧酸素化による魚類等の底層利用種への影響

図 1.9-13 のフローに従い、収集・整理したデータ・資料を踏まえて、琵琶湖における気候変動影響の可能性について整理する。

ここで、「冬季全循環不全による底層水の貧酸素化」が現状で生じているかを判断するために、水温と DO の観測値を用いる。特に、夏季の水温が上昇する時、水温成層が生じると底層が貧酸素化になりやすいことから、そのような変化が生じているかどうかを確認する。

水温と DO のデータは、各自治体を実施している調査結果から得ることができ、琵琶湖においては、滋賀県による調査結果データを使用した。



※赤枠：琵琶湖の検討結果

図 1.9-13 冬期全循環不全による底層水の貧酸素化、底生魚類の生息への影響の検討フロー

A) 水温成層の形成状況

琵琶湖における代表的な水質地点（今津沖中央）において、2008年と2017年の水温鉛直分布を図 1.9-14 に示す。2008年と2017年は同様に、2月に全循環が発生しており、9月に水温成層ができていることが分かった。

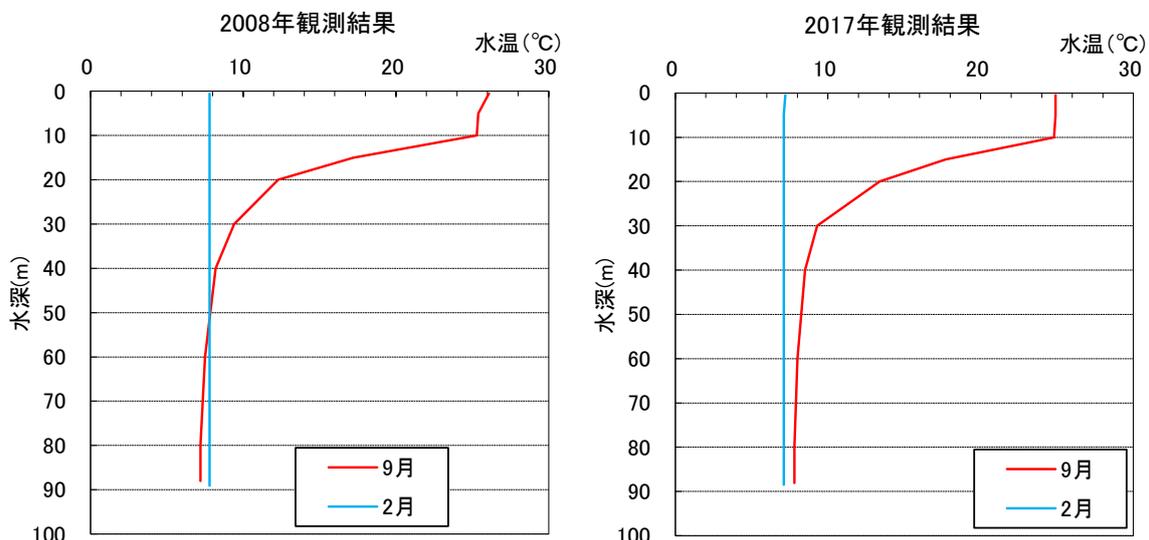


図 1.9-14 琵琶湖における水温の鉛直分布(今津沖中央)

B) 底層 DO(溶存酸素)の状況

琵琶湖における代表的な水質地点（今津沖中央）において、2008年と2017年の DO 鉛直分布を図 1.9-15 に示す。2008年と2017年は9月に底層に貧酸素化が生じていることが分かった。

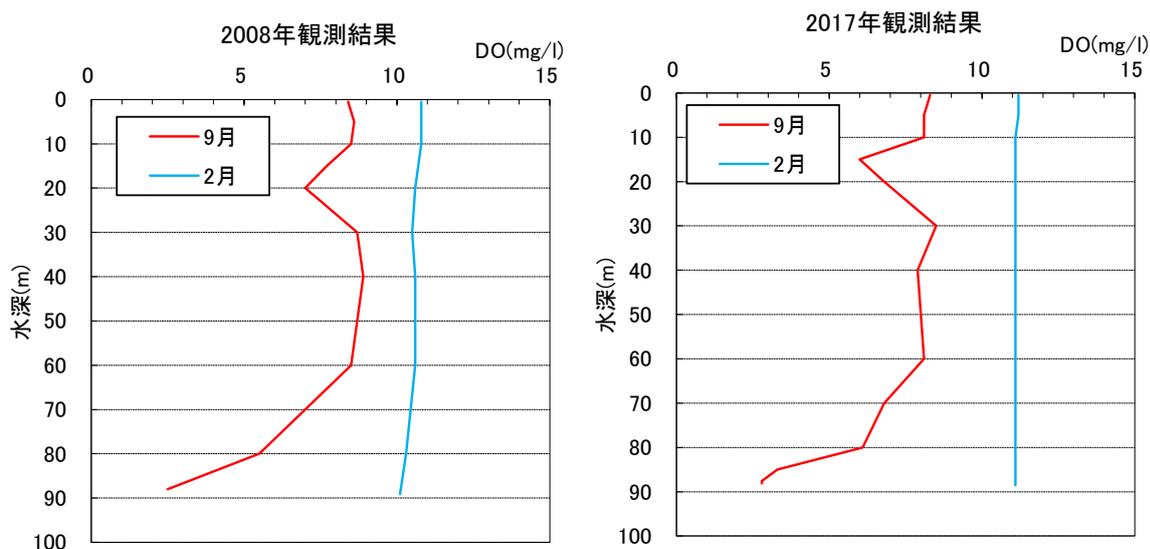


図 1.9-15 琵琶湖における DO の鉛直分布(今津沖中央)

⇒【影響評価】夏季に水温成層が生じるとともに、底層の貧酸素化が生じているにより、気候変動により冬季全循環不全から底生魚類の生息への影響が生じる可能性がある。

C) 底生魚類の生息

琵琶湖においては底層を利用する魚類がある。その他、琵琶湖の底生動物は、湖の生物種の3分の1以上（約700種）、固有種の3分の2近く（38種）を占める。固有種数が最も多いのは軟体動物（貝類）の29種。

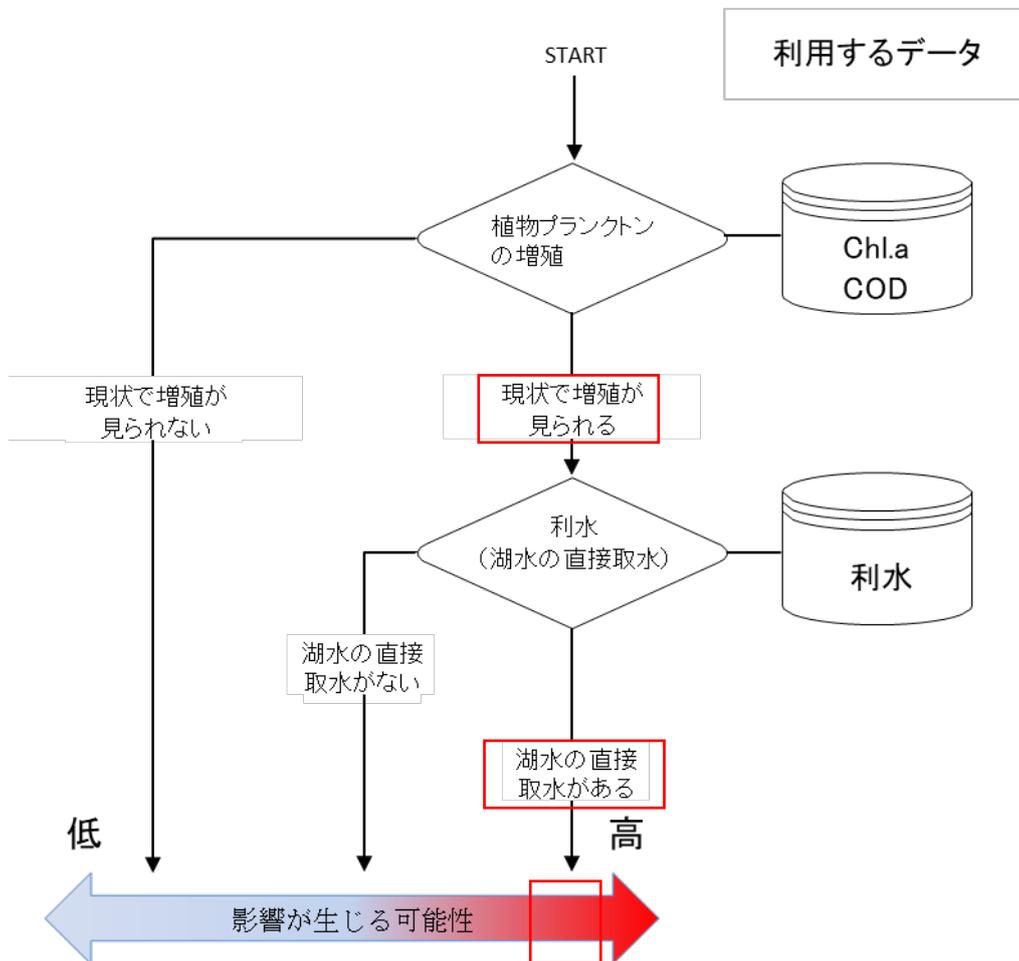
⇒【影響評価】底層を利用する魚介類が生息しているため、気候変動により冬季全循環不全から魚介類の生息への影響が生じる可能性があると考えられる。

2) 植物プランクトンの増殖(富栄養化)による利水への影響

図 1.9-16 のフローに従い、収集・整理したデータ・資料を踏まえて、琵琶湖における気候変動影響の可能性について整理する。

ここで、「植物プランクトンの増殖」が現状で生じているかを判断するために、COD の観測値を用いる (Chl.a データがあれば、直接的な植物プランクトン量の指標であるため、それを用いることでもよい)。特に、夏季の水温が上昇する時、アオコの原因藻類である藍藻類が増えると COD 濃度が上昇することから、そのような変化が生じているかどうかを確認する。

COD のデータは、公共用水域水質測定として各自治体を実施している調査結果から得ることができ、琵琶湖においては、滋賀県による調査結果データを使用した。



※赤枠：琵琶湖の検討結果

図 1.9-16 植物プランクトンの増殖の影響の検討フロー

A) 琵琶湖における COD(植物プランクトン増殖の有無)

琵琶湖における長期的な COD 濃度の変化を図 1.9-17 に示す。調査頻度の変更はあったが、琵琶湖では、ほぼ毎年、夏季に COD 濃度が上昇する傾向が見られている。これは植物プランクトンの増殖による影響であると考えられる。現地においても夏季アオコの発生があるとされている。

⇒【影響評価】植物プランクトンの増殖があると判断される。

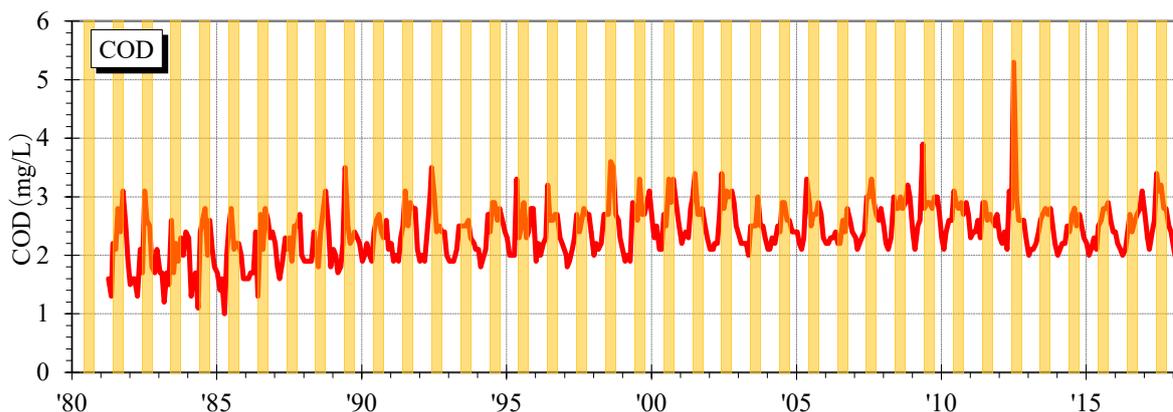


図 1.9-17 琵琶湖(琵琶湖大橋北)における COD(表層)の変化(網掛けの期間は夏季)

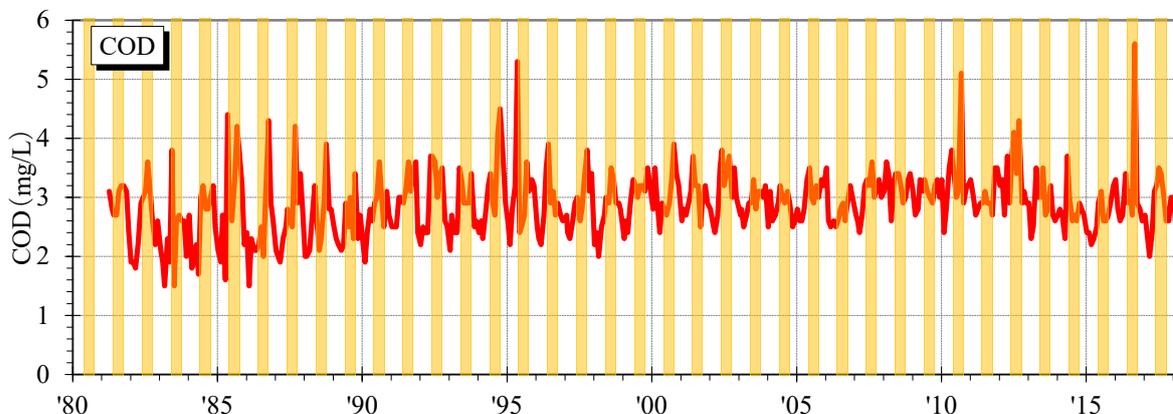


図 1.9-18 琵琶湖(琵琶湖大橋南)における COD(表層)の変化(網掛けの期間は夏季)

B) 琵琶湖における利水の状況

自治体ヒアリング結果から、琵琶湖において、湖水の直接的な取水・水利用としては、水道、工業、農業、発電取水がある。

⇒【影響評価】水道、工業、農業、発電用水に取水があり、植物プランクトンが増殖することによって、取水原水の水質が悪化し、水利用時の上水処理等への影響が生じる可能性が考えられる。

③ その他想定される影響

その他に、ヒアリング結果等を踏まえて、植物プランクトンが増殖することで、考えられる琵琶湖への影響としては、次のことが挙げられる。

- ・ 内水面漁業があり、漁獲への影響、風評被害
- ・ 観光客が多数訪れる観光地であり、景観の悪化
- ・ 水位管理がなされており、流入状況、水位状況によって滞留等が変化することによる水質への影響。

(2) 影響評価を踏まえた適応策の検討

1) 既存計画および対策

湖沼水質保全特別措置法第4条の規定に基づき、平成29年3月に滋賀県と京都府は「第7期琵琶湖に係る湖沼水質保全計画」を策定した。

琵琶湖の水質保全を図るため計画期間内に達成すべき水質目標値を定め、計画に基づき水質保全対策を推進していく。主な取組を下記に示す。

A) 水質保全対策の推進

これまで取り組んできた汚濁負荷の削減対策は有効であり、引き続き推進するとともに、水質モニタリング結果を注視する。

a) 水質の保全に資する事業

持続的な污水处理システムの構築、廃棄物処理施設の整備、湖沼の浄化対策、流入河川等の浄化対策

b) 水質の保全のための規制その他の措置

工場・事業場排水対策、生活排水対策、流出水対策、湖辺の自然環境の保護等水質監視、調査研究の推進、自然生態系の保全、地域住民等の協力の確保等

B) 生態系保全も視野に入れた TOC 等による水質管理手法の検討

湖内における有機物収支の把握に関する研究を実施するとともに、生態系に関わる物質循環の知見を充実させ、TOC 等を用いた新たな水質管理手法を検討する。

C) 南湖における水草大量繁茂対策の実施

引き続き水草刈取り等により湖流の回復等を図るとともに、効率的な水草管理手法を検討するための調査・研究を行う。

D) 赤野井湾における水質改善

さらなる汚濁負荷削減対策等の対策に取り組むとともに、湾内の水質や植物プランクトン等のモニタリングを実施する。また、これまで以上に関係市・県の連携した取組を強化する。

2) 冬季全循環不全による底層水の貧酸素化に対する適応策

底層水の貧酸素化につながる要因は、図 1.9-19 のような経路、要素がある。琵琶湖の特徴から、「水温成層を形成させない」「底層を貧酸素化させない」「流入濁質・負荷量を低減」「生息環境・産卵環境の保全」の視点から適用性が考えられる適応策オプションは次ページの表 1.9-2 の通りである。

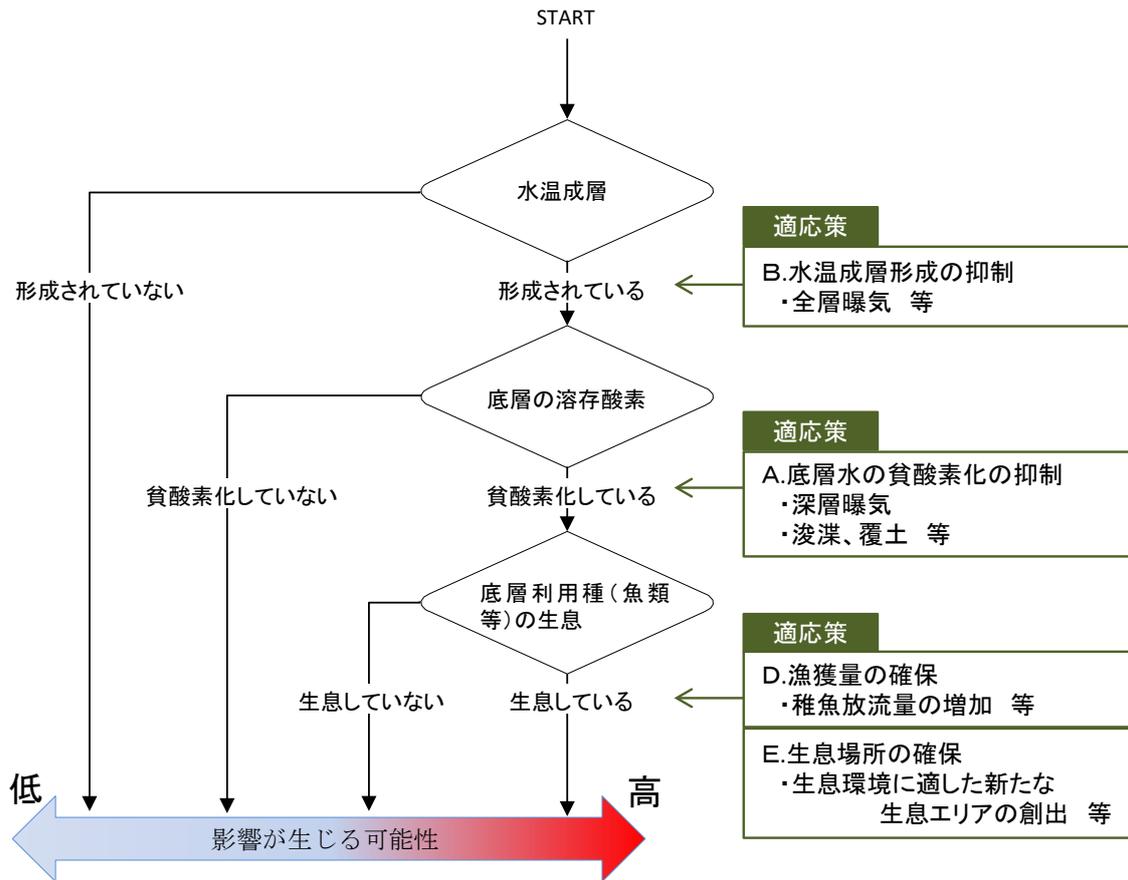


図 1.9-19 影響に対する適応策検討のフロー

表 1.9-2 底層利用種の生息に対する気候変動影響を抑制するための適応策の例

適応策の視点		適応策メニュー	既存対策の有無	既存対策の対応力	適応策の方向性
A.底層水の貧酸素化の抑制	1	底層への酸素供給		冬季全循環不全への対策検討が必要	近年生じた冬期全循環不全の原因解明と対策検討、モニタリング
		深層曝気			
		表層水の深層への注入			
		高濃度酸素の注入			
	2	底質改善による酸素消費抑制			
		浚渫(継続的)			
覆土 底土の置き換え 干し上げ					
B.水温成層形成の抑制	3	水温成層の破壊			
		全層曝気			
		鉛直流動促進			
D.漁獲量の確保	6	稚魚放流量の増加			
	7	漁獲量の管理			
	8	新たな漁獲対象種への変更			
E.生息場所の確保	9	生息環境に適した新たな生息エリアの創出			
	10	種の保存のための他水域への移動、施設整備			

3) 植物プランクトンの増殖(富栄養化)による利水への影響に対する適応策

琵琶湖の特徴から、抑制すべき要因として、「水温上昇」「流入負荷量の増加」「水の滞留」が該当し、これらへの対応が適応策として考えられる。

琵琶湖において適用性が考えられる適応策オプションは次ページの表 1.9-3 の通りである。

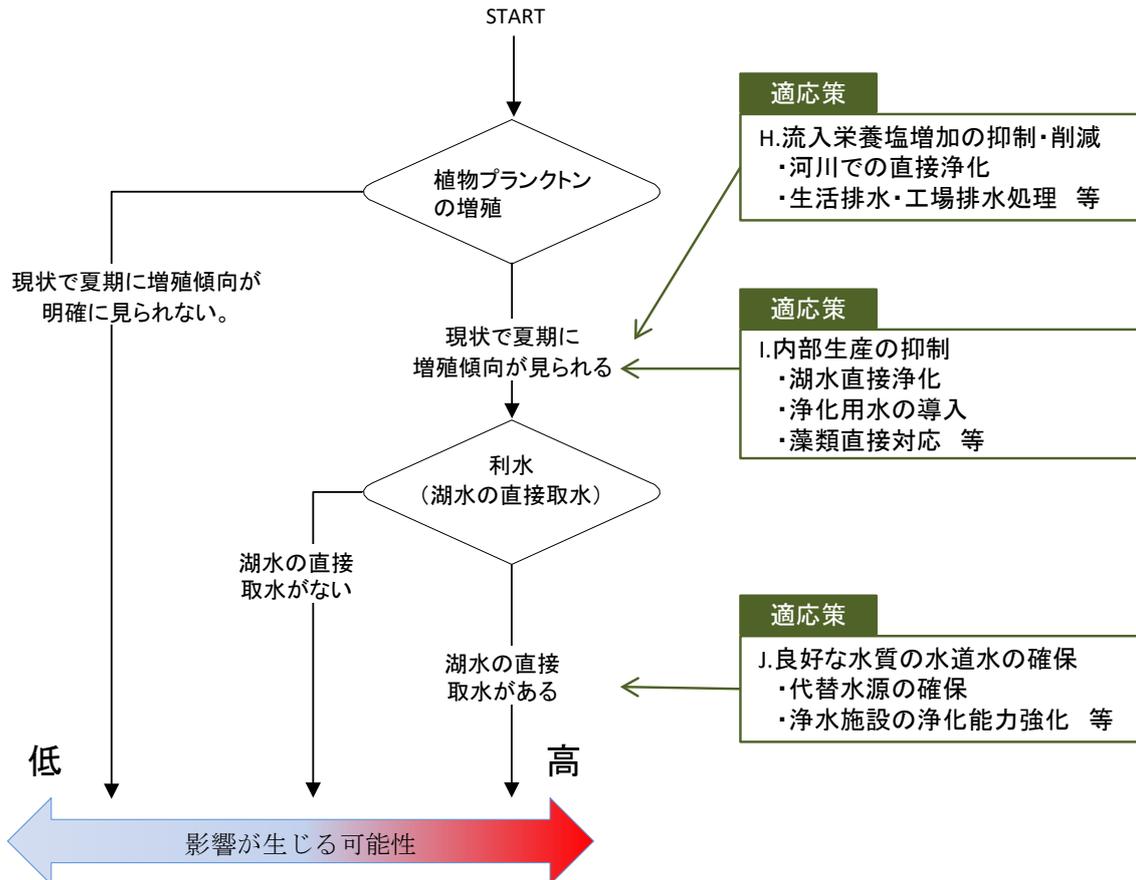


図 1.9-20 植物プランクトンの増殖による利水への影響に対する適応策の検討フロー

表 1.9-3 琵琶湖における植物プランクトン増殖と、利水影響に対する適応策の例

適応策の視点	適応策メニュー	既存対策の有無	既存対策の対応力	適応策の方向性
H.流入栄養塩増加の抑制・削減	15 河川での直接浄化		流域での負荷削減、水質保全対策がメインであり、湖内での対応の必要性も検討	既存対策の強化※
	沈澱			
	ろ過、接触酸化			
	植生による浄化	○		
	底泥浚渫(継続的)			
	16 生活排水処理			
下水道整備、下水処理場の高度化(窒素りん除去)	○			
合流式下水道の改善				
窒素りん除去型の高度処理型合併処理浄化槽設置				
17 環境保全型農業の実施(負荷低減)	○			
18 工場・事業場等、排水基準の強化	○			
19 市街地、道路等からの面源負荷削減(雨水流出抑制、路面・側溝清掃等)	○			
I.内部生産の抑制	20 曝気等による水の流動促進		流域での負荷削減、水質保全対策がメインであり、湖内での対応の必要性も検討	湖内での対応の強化※
	浅層曝気			
	全層曝気			
	流動促進装置による流動化			
	浄化用水の導入(流動化、希釈)			
	21 プランクトン増殖抑制を考慮した湖水の放流、水位管理			
	22 湖内での直接浄化			
	接触酸化			
土壌浄化				
植生浄化	○			
凝集処理				
23 水生植生帯の整備	○			
24 藻類の除去				
衝撃殺藻、紫外線殺藻等				
吸引等による直接除去				
25 漁獲による栄養塩の系外除去				
J.良好な水質の水道水の確保	26 代替水源の確保			
	27 脱臭処理の強化(活性炭の準備)			
	28 浄水施設の浄化能力強化			
	29 局所的な清澄水域の確保(フェンス等)			
	30 水面利用方法の変更検討			

※窒素やリンの水質改善状況によっては、植物プランクトンが生態系において餌となることを考慮した新たな方策に向けた研究・調査が必要である。

1.10 池田湖(鹿児島県)

1.10.1 情報・データ等の収集

(1) 湖沼・流域の特徴等の収集

池田湖は、約 5,000 年前の大噴火によってできた陥没火口湖で、鹿児島市の南方約 40km 薩摩半島の南端に位置する九州最大の湖であり、薩摩半島南部一帯において、薩摩富士の別称を持つ開聞岳とともに、霧島屋久国立公園を形成する代表的な景勝地の一つである。(鹿児島県 第4期池田湖水質環境管理計画)

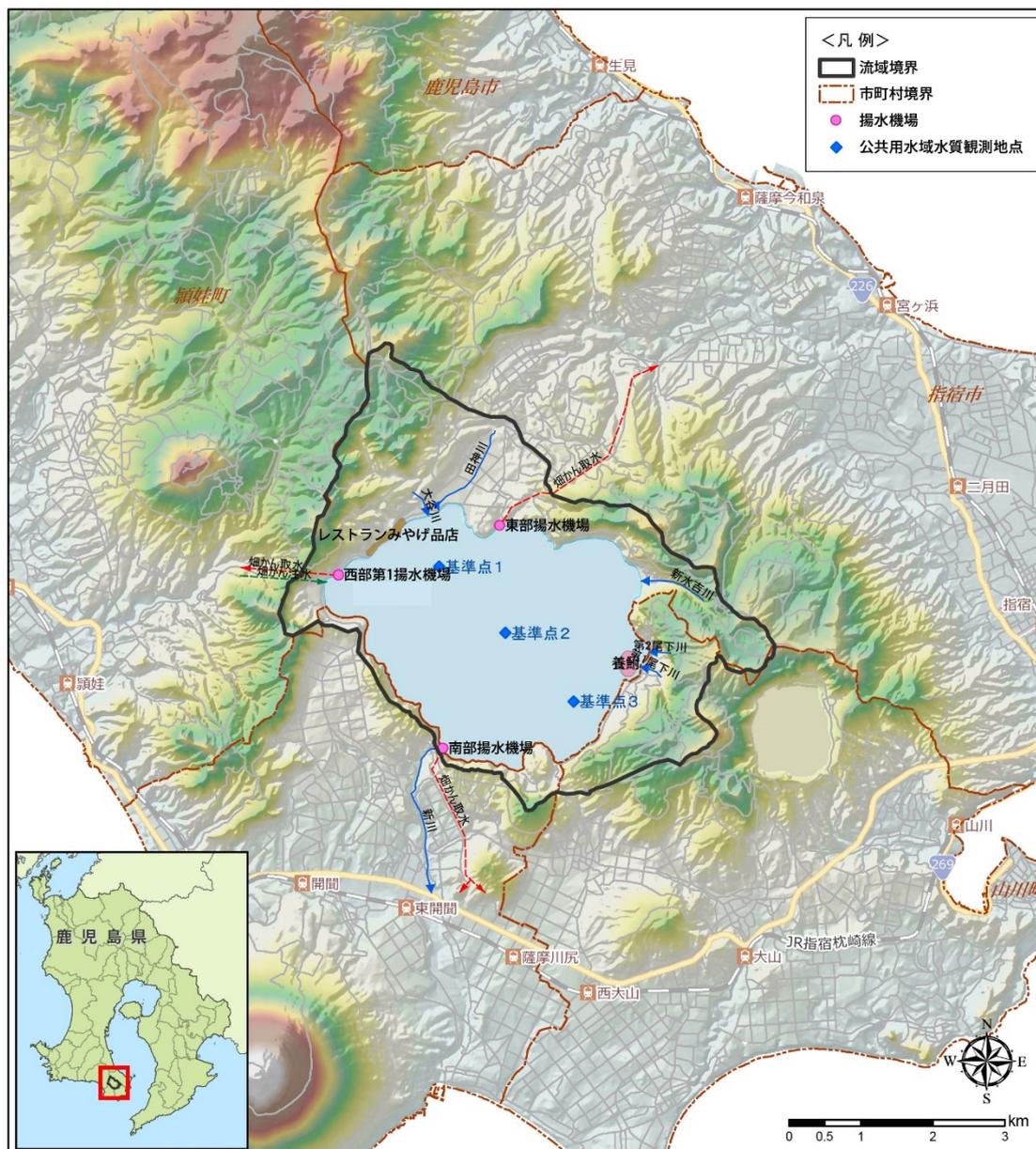
1) 地形的特徴

次ページに、湖沼・流域の地形、諸元等を示す。

また、データ収集、ヒアリング結果から、主な特徴を以下に整理した。

- ・ 池田湖は、鹿児島県の薩摩半島南東部にある直径約 3.5km、周囲約 15km、湖面積 10.95km² のほぼ円形のカルデラ湖である。九州最大の湖である。
- ・ 湖面の標高は 66m、最大水深は 233m で、最深部は海拔-167m となる。湖底には直径約 800m、湖底からの高さ約 191m の湖底火山がある。
- ・ 池田湖を含む窪地地形は池田カルデラと呼ばれている。霧島錦江湾国立公園に指定されている。
- ・ 流入河川は 5 河川あるが、いずれも延長 2km 未満の小河川である。流出河川は新川のみであり、池田湖の水位が海拔 64.4m 以上になった場合に流出する。
- ・ 池田湖は、指宿市・南九州市・枕崎市の関係受益農地約 6,000ha の畑地かんがいの調整池としても利用されている。

鹿児島県 池田湖



【諸元】

湖面積	10.95 km ²
周囲	15 km
海拔高度	66 m
最大水深	233 m
平均水深	125.5 m
容積	14.7 億m ³
直接集水域面積	12.34 km ²

※流域面積を除き国土院昭和47年測定の地図に基づく。

(出典)

<図面>

- ・背景地図: @ESRIジャパン
- ・流域境界: 基盤地図情報「数値標高モデル10m」より作成
- ・揚水機場、畑かん取水など: 第4期池田湖水質環境管理計画 平成23年3月 鹿児島県

【環境基準】

項目	類型	水質環境 保全目標	平成30年度水質状況 (単位: mg/L)		
			基準点1	基準点2	基準点3
COD	湖沼・A	3 mg/L 以下	1.6	1.7	1.5
T-N	-	0.2 mg/L 以下	0.15	0.15	0.15
T-P	湖沼・II	0.01 mg/L 以下	0.003	0.004	0.003

備考: 水質環境保全目標の評価方法

COD: 各基準点における全層平均の年間75%値。(注)

T-N、T-P: 各基準点における表層の年間平均値。

注) 75%値: 年間の調査結果のうち、濃度が低い方から並べて75%番目の値をいう。年間6回の調査の場合は、濃度が低い方から5番目の値となる。

<データ出典>

- 第4期池田湖水質環境管理計画 平成23年3月 鹿児島県
- (類型は、平成24年版 環境白書 鹿児島県)
- 鹿児島県HP 平成30年度公共用水域の水質測定結果

2) 自然的特徴

- ・ オオウナギが生息しており、指宿市の天然記念物にも指定されている。

3) 利用状況

A) 利水

- ・ 池田湖の利水は、畑地かんがいの取水がある。
- ・ 穎娃地域の3河川から導水しており、湖水位管理を行っている。導水河川の流域はお茶の産地であり、河川水質の窒素濃度が高い傾向にある。
- ・ 1997（平成9）年の渇水では、湖水位が低下し、農業取水に影響が出たことがある。また、かなりの量を穎娃地域3河川から導水したため、窒素負荷も多くなって、池田湖の水質が悪化した。
- ・ 池田湖からの流出河川は、元来はなかったが、江戸時代にかんがい用水のために、人工的に作られたという経緯がある。
- ・ 2005（平成17）年に、池田湖で水虫が大量に発生したことがあったが、池田湖のすぐ隣にある指宿市の水道水源井戸でも見られた。指宿市では、浄水処理対応に苦慮していた。

B) 漁業

- ・ 小規模であるがコイの養殖が行われている。
- ・ かつて池田湖では漁業としてアユの稚魚を放流していたこともあり、現在でもアユは生息している（陸封）。小規模だが流入河川への遡上も見られている。

C) 観光・湖面利用

- ・ 湖面利用としては、貸しボートが少しある程度である。また、遊漁として湖岸から釣りをする人も見られる。
- ・ 池田湖は鹿児島県内最大の湖沼であり、景勝地である。薩摩富士との景観は県の財産である。湖周辺ではイベントも多く、湖周辺道路では菜の花マラソン等のイベントが開催されている。
- ・ 県では池田湖水質環境管理計画を策定しており、水質保全を図っている。また、県環境基本計画やかごしま未来創造ビジョンでも池田湖の水質保全について明記している。

(2) 水理・水質、気象データの収集

1) 経年変化

気象について、長期的な変化を図 1.10-1 に整理した。最近 10 年間は、40 年前と比較すると、年平均気温と年降水量に増加傾向が見られる。

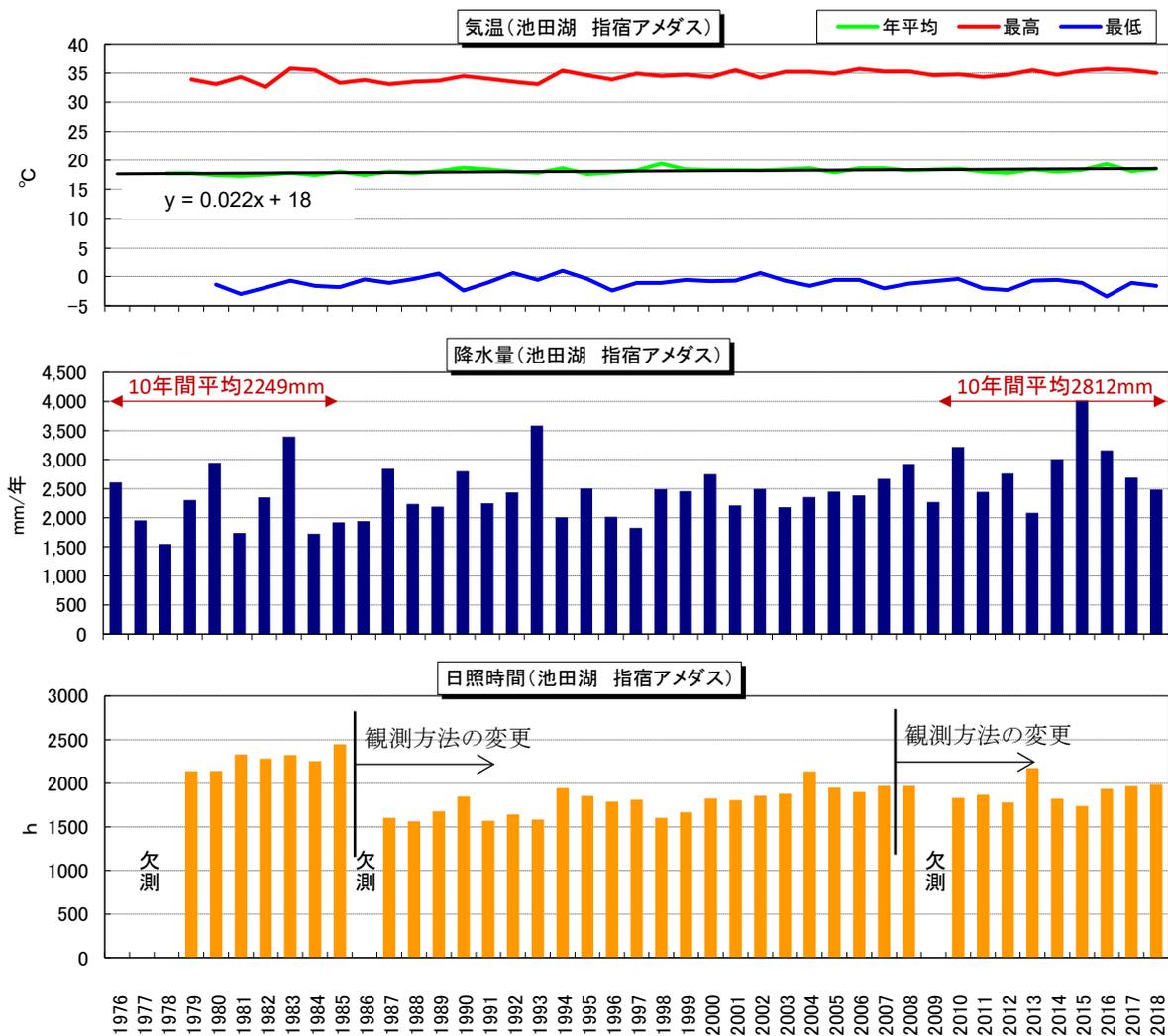


図 1.10-1 気象の経年変化(気象庁アメダス:指宿)

2) 気温(真夏日・真冬日)

夏季の植物プランクトン増殖に影響すると考えられる真夏日の発生日数について図 1.10-2 に整理した。最近 10 年間は、40 年前と比較すると、真夏日の日数が 1.5 倍近くになっている。

※真夏日：最高気温が 30℃以上の日

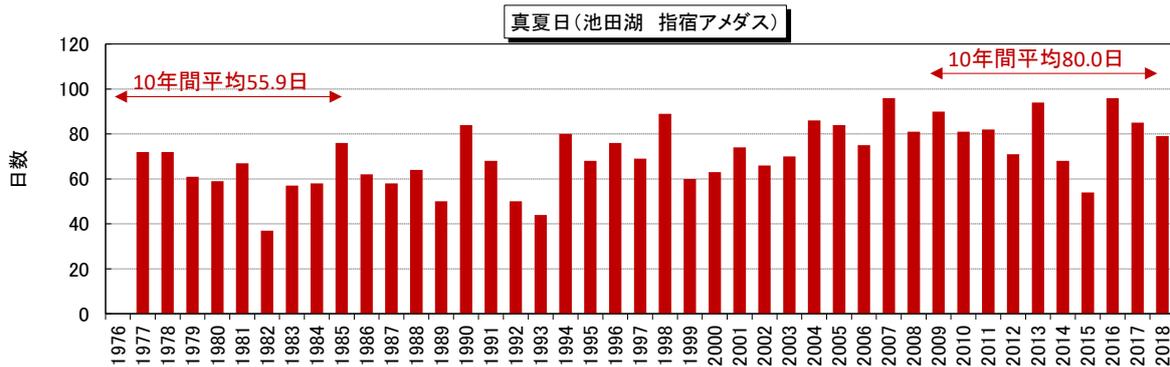


図 1.10-2 真夏日の経年変化(気象庁アメダス:指宿)

3) 気温(冬季平均気温)

池田湖における冬季の全循環不全に影響があると考えられる一つの気象条件として、冬季気温の経年変化を図 1.10-3 に整理した。1、2 月平均気温について単純に直線回帰式をあてはめると、1 月においてはやや下降している傾向であり、2 月においてはやや上昇している傾向が見られた。

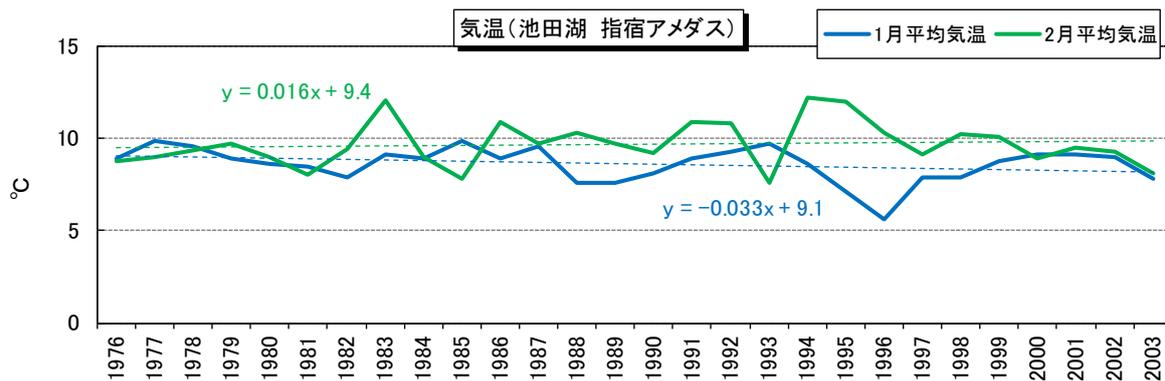


図 1.10-3 冬季平均気温の経年変化(気象庁アメダス:指宿)

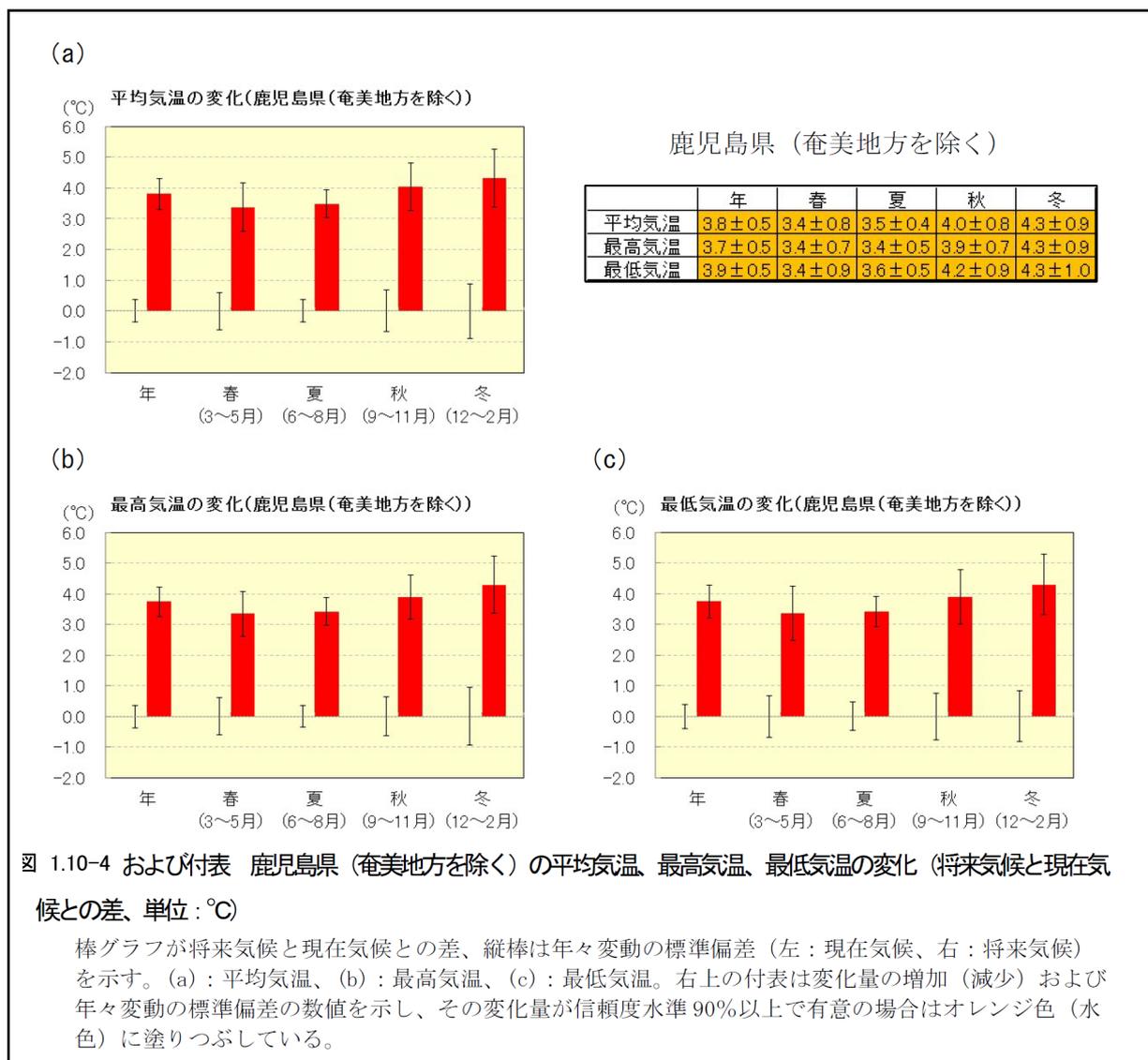
(3) 将来の気象予測データの収集

池田湖における将来の気象がどのように変化するかについて具体的に把握するために、公表資料である、気象庁福岡管区気象台が作成した、「九州・山口県の地球温暖化予測情報 第2巻 IPCC の RCP8.5 シナリオ（高程度の温室効果ガス排出シナリオ）を用いた非静力学地域気候モデルによる気候変化予測」（鹿児島県）を参考に整理した。

この資料では、「地球温暖化予測情報 第9巻：RCP8.5」の計算結果に基づき整理されている。この資料から、池田湖の気候変動影響に関連するとして、池田湖が位置する鹿児島県における気温、降水量の情報を抽出した。

1) 気温

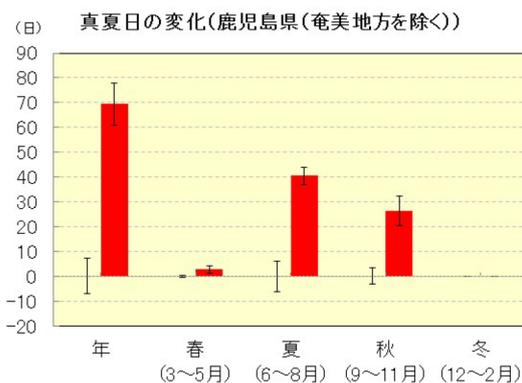
将来気候（21世紀末）では夏（6-8月）に平均気温が3.5度の上昇、真夏日も平均的に69日増加する。また、冬（12-2月）に平均気温が4.3度の上昇、冬日も現在より14日減少する。



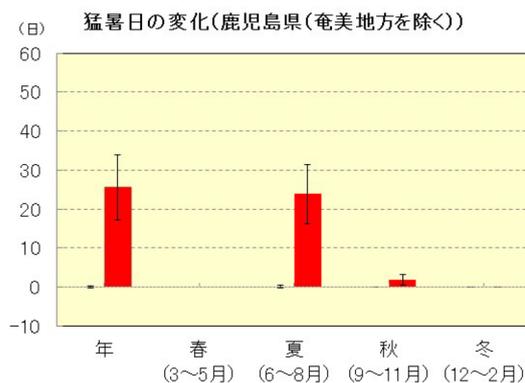
鹿児島県（奄美地方を除く）

	年	春	夏	秋	冬
真夏日	69.4±8.6	2.7±1.4	40.5±3.6	26.3±6.0	
猛暑日	25.6±8.3		23.8±7.7	1.8±1.3	
熱帯夜	69.5±9.8	0.3±0.7	50.4±6.0	18.8±6.2	
冬日	-13.6±1.6	-1.5±0.3		-0.7±0.2	-11.5±1.4

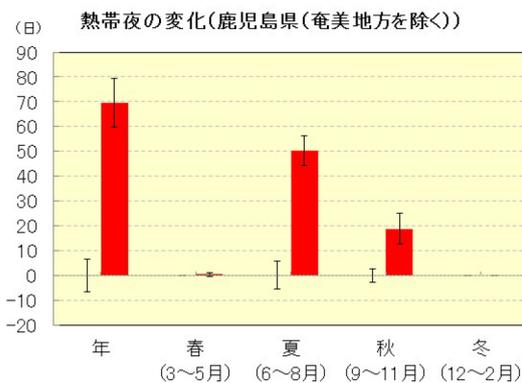
(a)



(b)



(c)



(d)

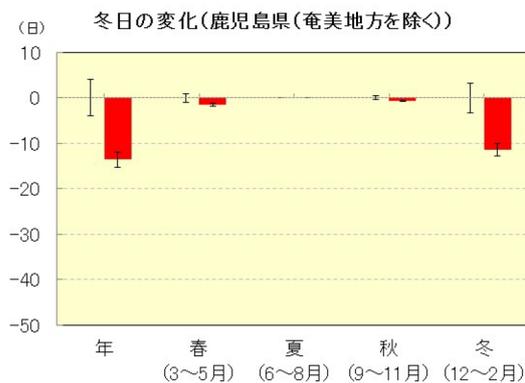
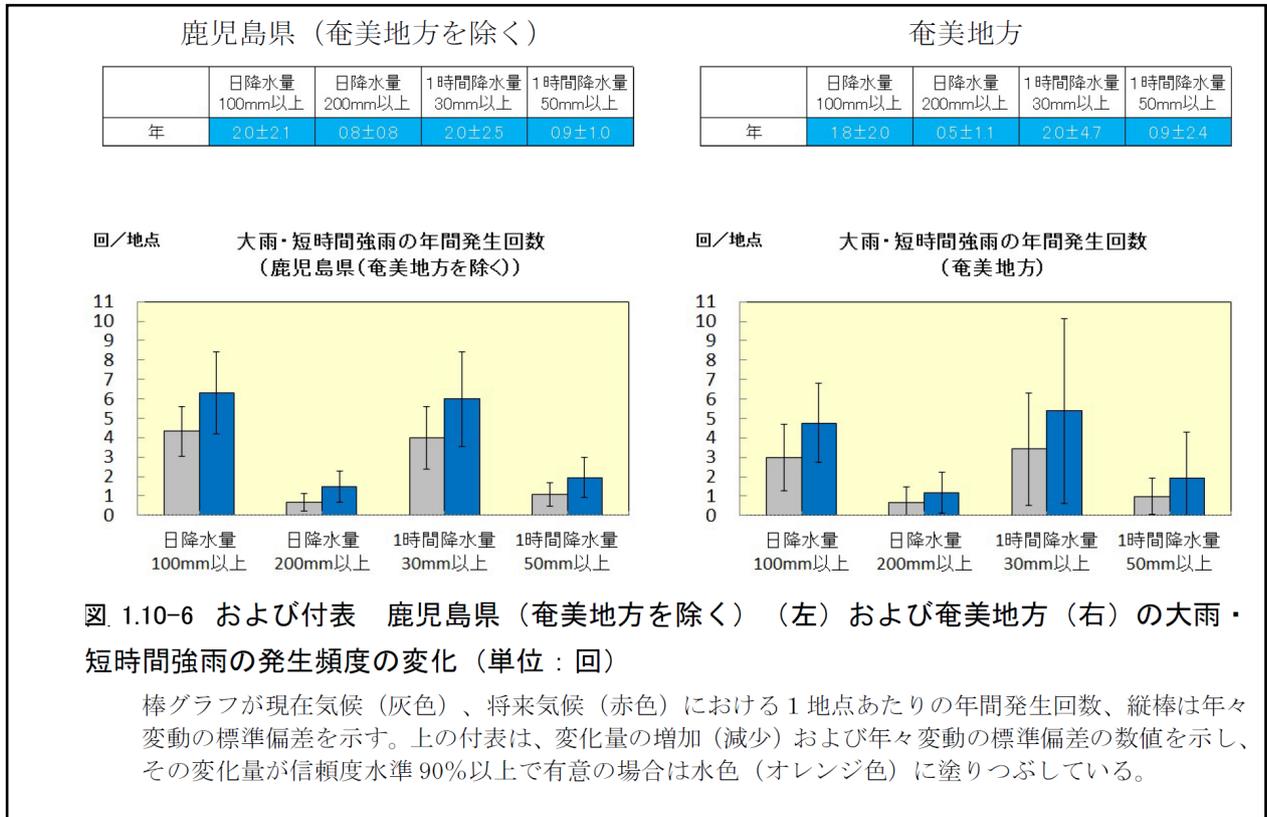


図 1.10-5 および付表 鹿児島県（奄美地方を除く）の真夏日、猛暑日、熱帯夜、冬日の日数の変化（将来気候と現在気候との差、単位：日）

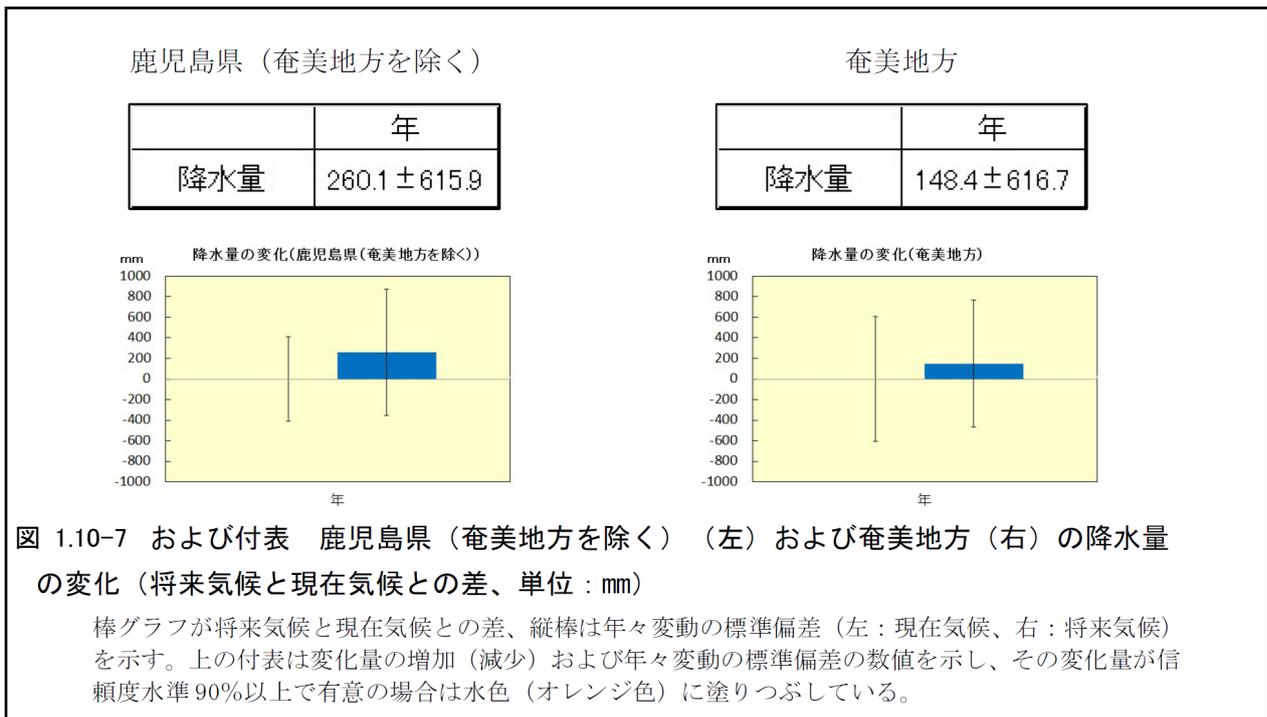
棒グラフが将来気候と現在気候との差、縦棒は年々変動の標準偏差（左：現在気候、右：将来気候）を示す。(a)：真夏日、(b)：猛暑日、(c)：熱帯夜、(d)：冬日。上の付表は変化量の増加（減少）および年々変動の標準偏差の数値を示し、その変化量が信頼度水準90%以上で有意の場合はオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。また、現在気候と将来気候で現象が発生していない場合、または発生頻度が少なく信頼性が低い場合には、データを表示していない。

2) 降水量

日降水量 50mm 以上の発生確率が現在の約 2 倍に増加すると整理されている。

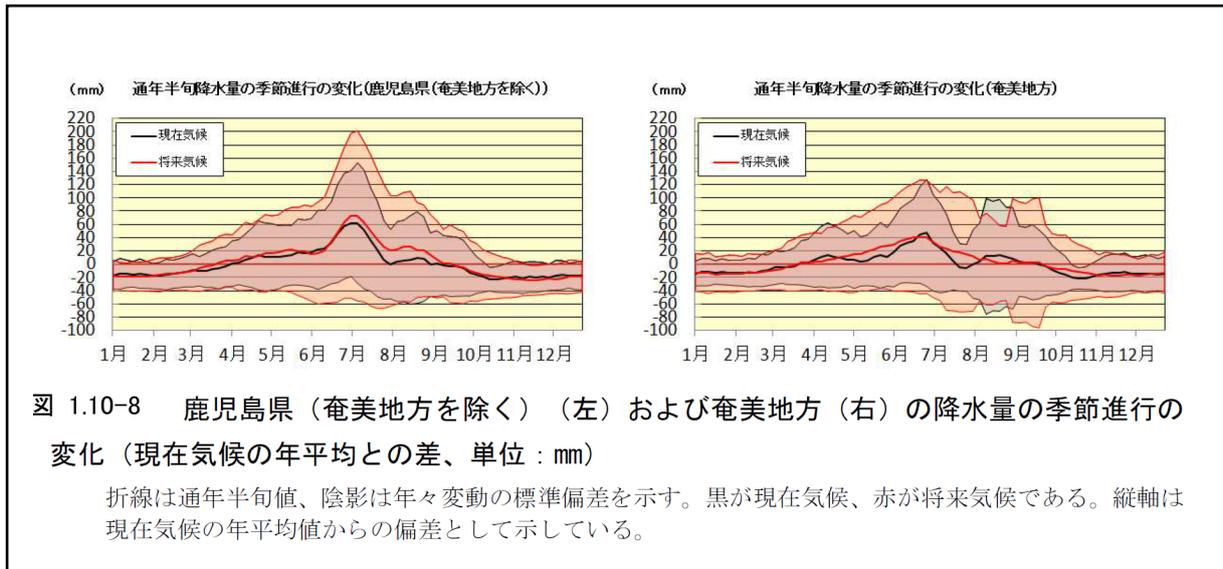


3) 年降水量



4) 半旬降水量

図 1.10-8 のグラフは現在気候、将来気候の半旬降水量の季節進行の変化を示したものである。グラフの縦軸は、現在気候の年平均降水量からの偏差を示している。いずれの季節についても、将来気候の降水量の変化は、現在気候の年々変動の範囲に収まっているものの、鹿児島県（奄美地方を除く）は8月の降水量の減少が、奄美地方は7月の降水量の減少がやや不明瞭となっている。



1.10.2 気候変動影響の整理

(1) 長期的な池田湖の水質変化

池田湖における代表的な水質地点（基準点2）における1981年からの水質について、富栄養化・植物プランクトンの増殖に関連するCODおよびT-N、T-Pを図1.10-9に整理した。

池田湖において、表層水温は2000年以降、30℃を超える年が増えている。水温については、1990～2010年まで全循環不全であったが、2011年に全循環が確認できた。全循環不全の継続により底層の全窒素、全りん濃度の上昇が見られたが、全循環に伴う表層水質への影響（COD等の急激な上昇など）はごく軽微であった。

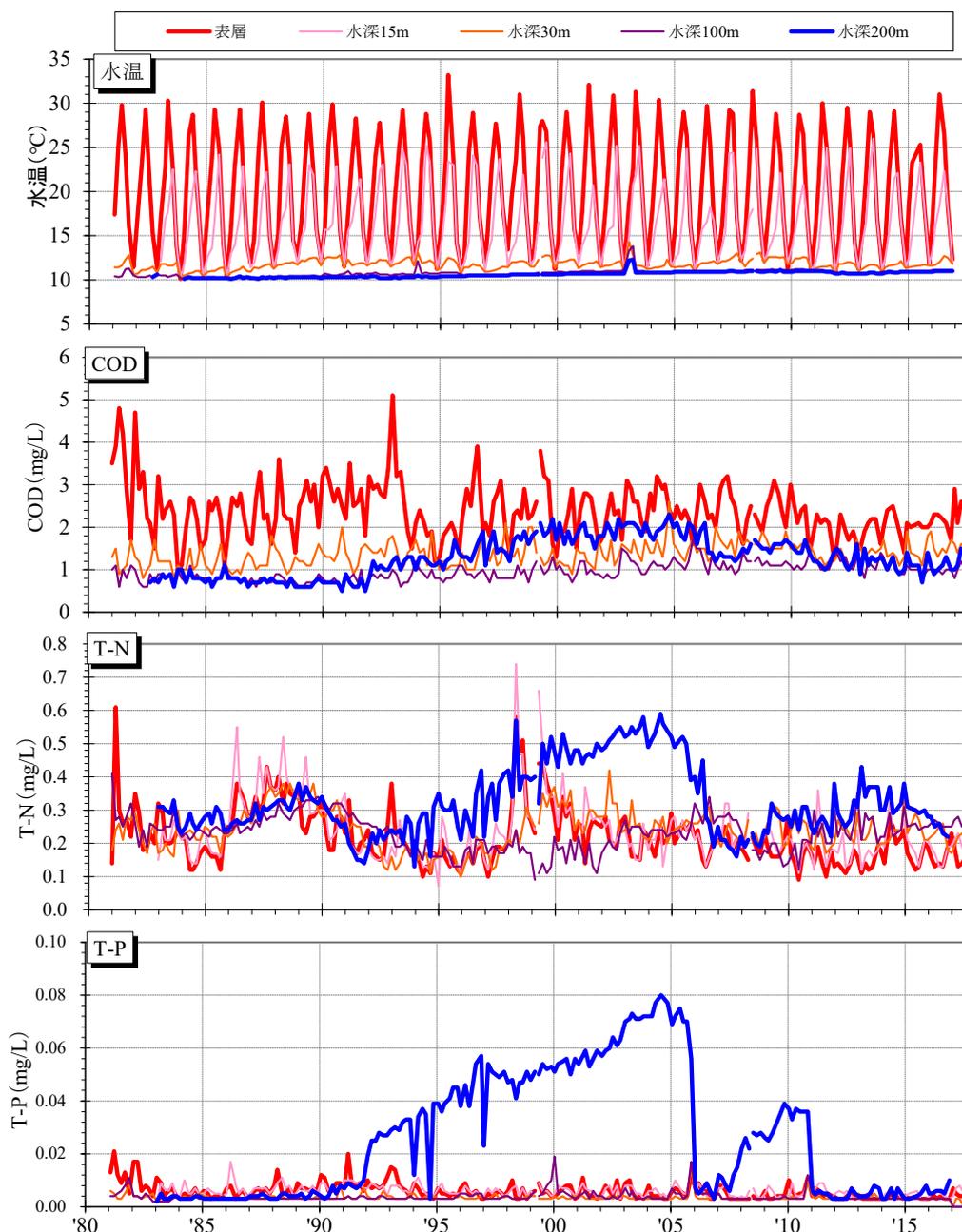


図 1.10-9 池田湖における水質の経年変化(基準点2)

※データ出典:環境省 公共用水域水質測定結果

池田湖における代表的な水質地点(基準点 2)において、1998(H10)と 2009(H21)年の水温、1999(H11)と 2009(H21)年の DO の鉛直分布を図 1.10-10 に示す。夏季に水温成層ができているとともに底層に貧酸素化が生じていることが分かった。

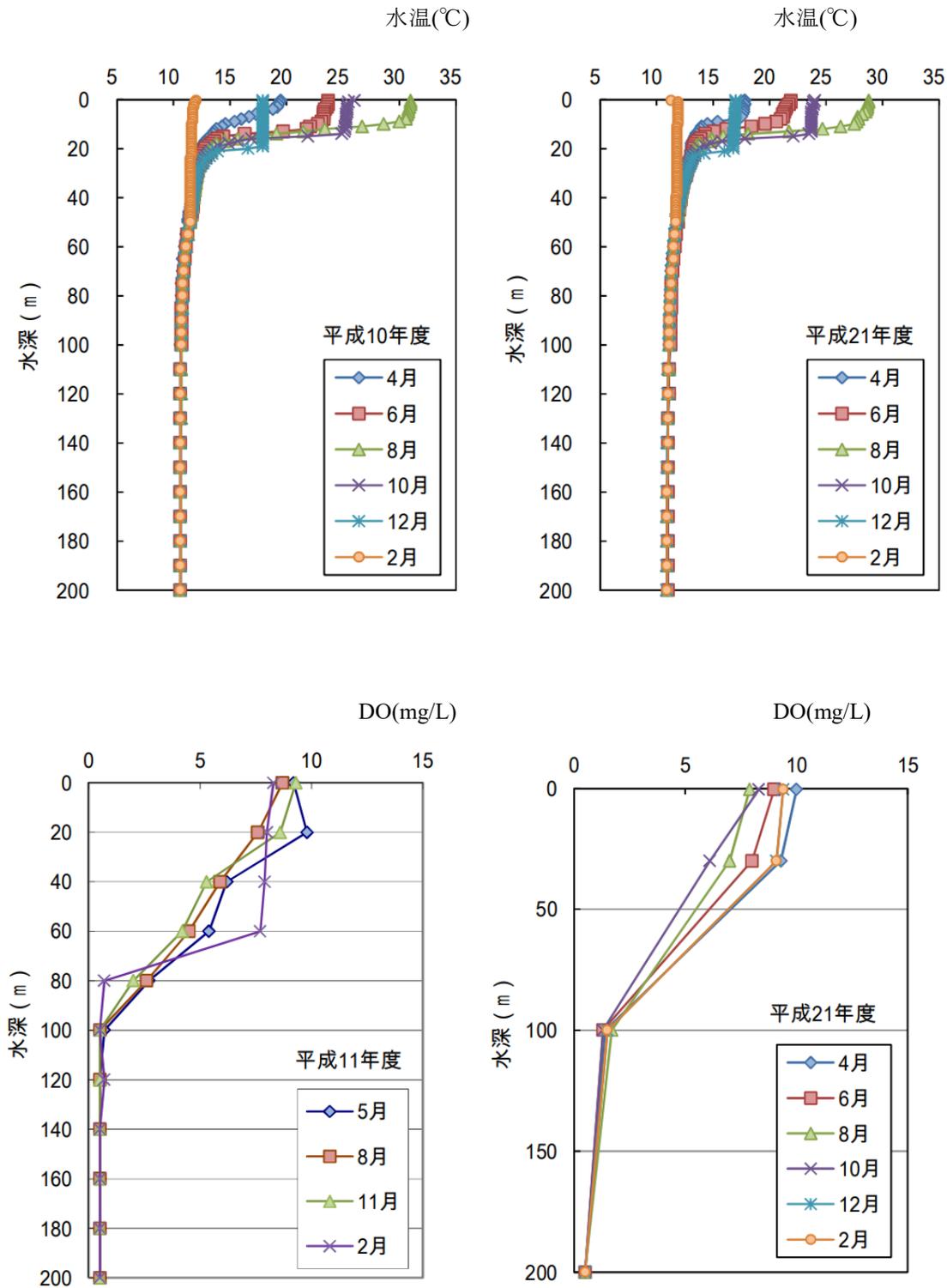


図 1.10-10 池田湖における水質の鉛直分布(基準点 2)
出典：第4期池田湖水質環境管理計画 鹿児島県 平成23年3月

1.10.3 影響評価の実施、適応策の検討

以上の池田湖における特性の整理結果を踏まえて、池田湖における気候変動による影響を想定すると、次の項目が挙げられる。これらの影響のうち、手引きで示している全循環不全による影響と植物プランクトンの増殖による利水への影響について、簡易的な手法により、検討を行った。

表 1.10-1 検討対象とする気候変動影響の選定(池田湖)

水環境の変化	水環境の変化 (影響を評価するための指標)	生活や地域社会への影響	情報・データ整理の結果を記入	
			湖沼の特徴	検討必要有無
冬季全循環の不全	① 底層水の貧酸素化、底層利用種の酸欠	底層利用種の漁獲量	底層の貧酸素化	○
	② 底泥からの窒素、りん の溶出	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド	(同上)	-
水温の上昇	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	漁獲はなし	○
	④ 植物プランクトンの変化	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド、水生植物	かんがい用水の取水 漁獲はなし 観光地である	○
	⑤ 魚類等の生息水深の変化	漁法、漁獲量	ヤマトシジミ等を漁獲	-
	⑥ 底泥からの窒素、りん の溶出	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁業ブランド	かんがい用水の取水 漁獲はなし 観光地である	○
湖面結氷の変化	⑦ 湖面結氷の短期化	景観、湖面結氷や氷を利用したイベント等（地域資源）	冬季に結氷していない	-
融雪時期の流入量・栄養塩供給時期の変化	⑧ 植物プランクトン発生時期、量の変化	漁獲量	融雪出水がない	○
	⑨ 春先の栄養塩供給量の減少	漁獲量、漁業適期、利水（浄水処理）、景観、臭気	融雪出水がない	○
	⑩ 春先の融雪水量の減少	(⑩と同じ)、利水（かんがい等）	(同上)	○
降雨強度の変化による出水時流入栄養塩量の増加	⑪ 浮遊物質の増加、透明度の変化	利水（浄水処理）、景観	かんがい用水の取水 漁獲はなし 観光地である	○
	⑫ 植物プランクトンの変化	利水（浄水処理）、景観、臭気、漁獲量	かんがい用水の取水 漁獲はなし 観光地である	○
降水量の減少による平常時流量の減少	(⑫と同じ)	(⑫と同じ)	(同上)	○

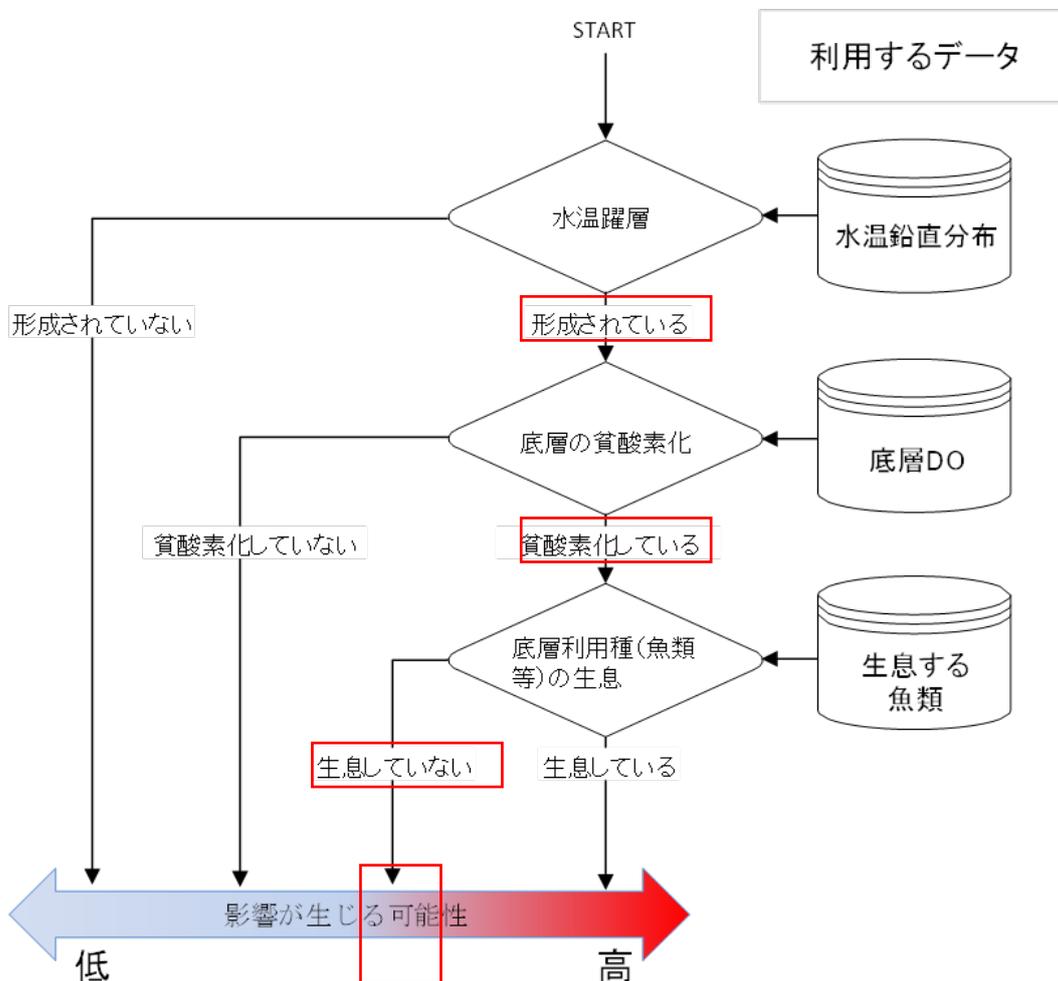
(1) 気候変動による影響の検討と評価

1) 冬季全循環不全による底層水の貧酸素化による魚類等の底層利用種への影響

図 1.10-11 のフローに従い、収集・整理したデータ・資料を踏まえて、池田湖における気候変動影響の可能性について整理する。

ここで、「冬季全循環不全による底層水の貧酸素化」が現状で生じているかを判断するために、水温と DO の観測値を用いる。特に、夏季の水温が上昇する時、水温成層が生じると底層が貧酸素化になりやすいことから、そのような変化が生じているかどうかを確認する。

水温と DO のデータは、各自治体を実施している調査結果から得ることができ、池田湖においては、鹿児島県による調査結果データを使用した。



※赤枠：池田湖の検討結果

図 1.10-11 冬期全循環不全による底層水の貧酸素化、底生魚類の生息への影響の検討フロー

A) 水温成層の形成状況

池田湖における代表的な水質地点（基準点 2）において、1998(H10)と 2009(H21)年の水温鉛直分布を図 1.10-12 に示す。夏季に水温成層ができていることが分かった。

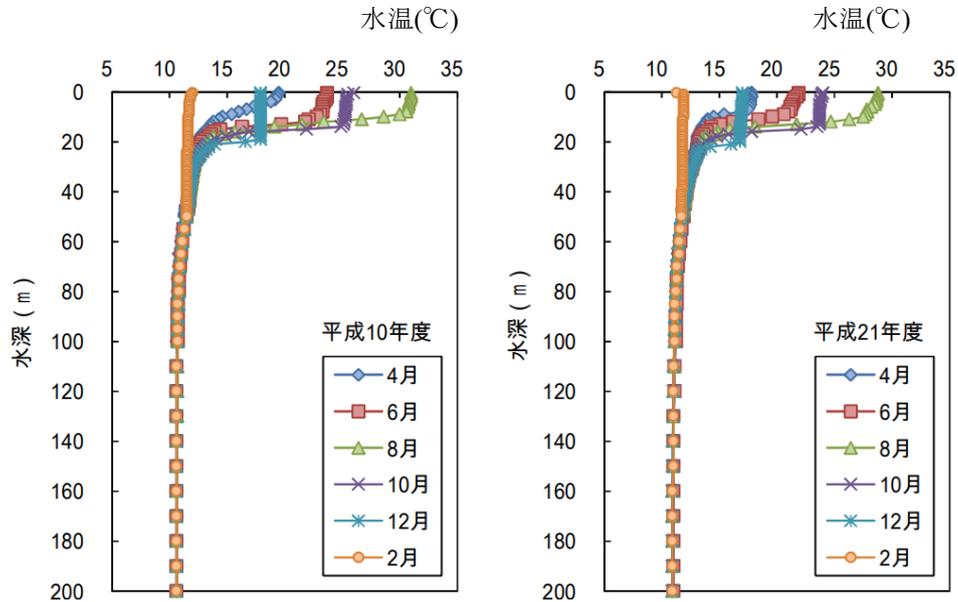


図 1.10-12 池田湖における水温の鉛直分布 (St.2)

B) 底層 DO(溶存酸素)の状況

池田湖における代表的な水質地点（基準点 2）において、1999(H11)と 2009(H21)年の DO 鉛直分布を図 1.10-13 に示す。1998 と 2009 年は通年で底層に貧酸素化が生じていることが分かった。

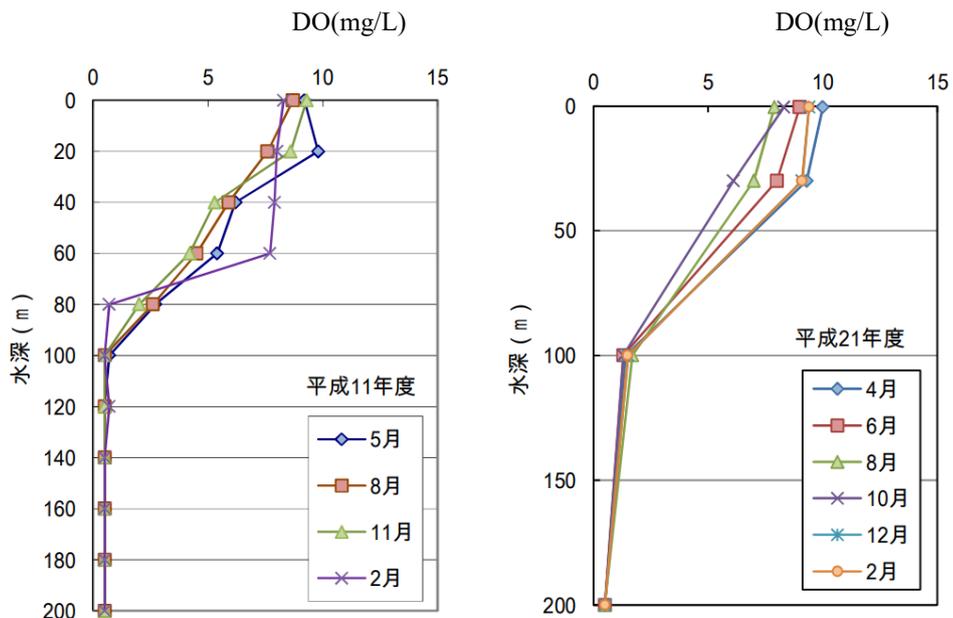


図 1.10-13 池田湖における DO の鉛直分布 (St.2)

⇒【影響評価】夏季に水温成層が形成されるとともに、底層の貧酸素化が生じており、気候変動により冬季全循環不全から底生魚類の生息への影響が生じる可能性がある。

C) 底生魚類の生息

池田湖においては、近年、底層を利用する魚類の生息が確認できなかった。

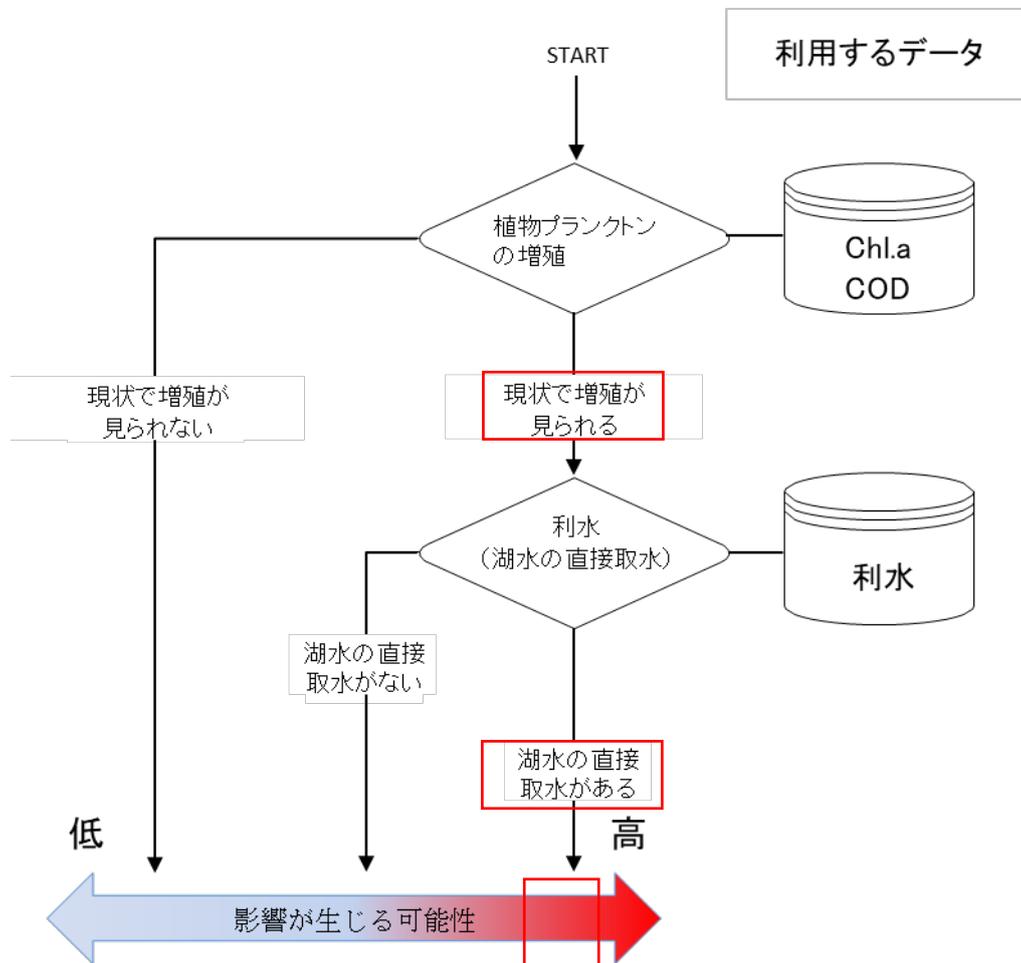
⇒【影響評価】底層を利用する魚類の生息が確認できなかったので、気候変動により冬季全循環不全から魚介類の生息への影響が生じる可能性が小さいと考えられる。

2) 植物プランクトンの増殖(富栄養化)による利水への影響

図 1.10-14 のフローに従い、収集・整理したデータ・資料を踏まえて、池田湖における気候変動影響の可能性について整理する。

ここで、「植物プランクトンの増殖」が現状で生じているかを判断するために、COD の観測値を用いる（Chl.a データがあれば、直接的な植物プランクトン量の指標であるため、それを用いることでもよい）。特に、夏季の水温が上昇する時、アオコの原因藻類である藍藻類が増えると COD 濃度が上昇することから、そのような変化が生じているかどうかを確認する。

COD のデータは、公共用水域水質測定として各自治体が行っている調査結果から得ることができ、池田湖においては、鹿児島県による調査結果データを使用した。



※赤枠：池田湖の検討結果

図 1.10-14 植物プランクトンの増殖の影響の検討フロー

A) 池田湖における COD(植物プランクトン増殖の有無)

池田湖における長期的な COD 濃度の変化を図 1.10-15 に示す。池田湖では、ほぼ毎年、夏季に COD 濃度が上昇する傾向が見られている。これは植物プランクトンの増殖による影響であると考えられる。

⇒【影響評価】植物プランクトンの増殖があると判断される。

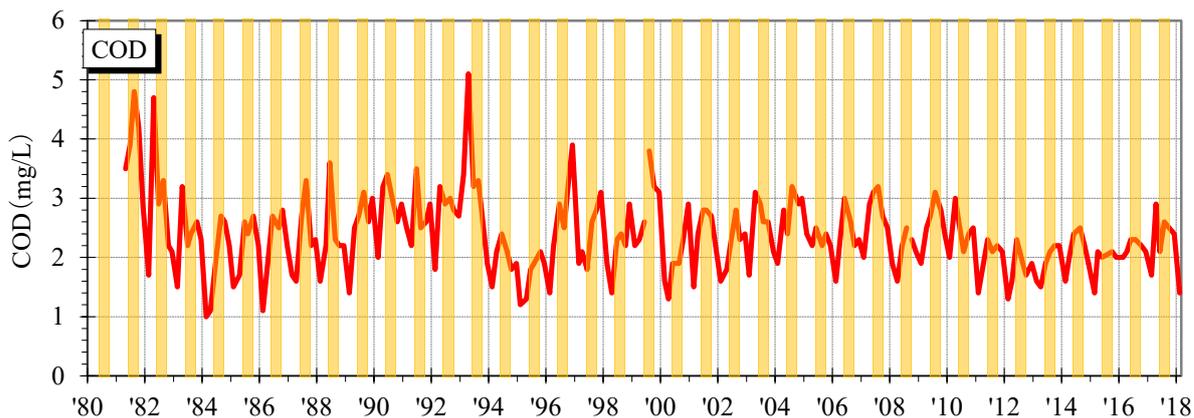


図 1.10-15 池田湖(基準点 2)における COD(表層)の変化(網掛けの期間は夏季)

B) 池田湖における利水の状況

自治体ヒアリング結果から、池田湖において、湖水の直接的な取水・水利用としては、かんがい取水がある。

⇒【影響評価】かんがい用水での使用時に、湖水を浄化しての利用はないが、植物プランクトンが増殖することによって、取水の水質が悪化し、水利用への影響が生じる可能性が考えられる。

C) その他想定される影響

その他に、ヒアリング結果等を踏まえて、植物プランクトンが増殖することで、考えられる池田湖への影響としては、次のことが挙げられる。

- ・ 内水面漁業があり、漁獲への影響、風評被害
- ・ 観光客が訪れる観光地であり、景観の悪化

(2) 影響評価を踏まえた適応策の検討

1) 既存計画および対策

鹿児島県では、「第4期池田湖水質環境管理計画」を策定し、下記取組を進めている。

A) 発生源対策

- ・ 畑かん注水に係る汚濁負荷量（全窒素）の削減対策
- ・ 水産養殖業対策（適正規模による養殖，養殖方法の改善，給餌法の改善）
- ・ 工場・事業場排水対策（排水基準の遵守を徹底する）
- ・ 農畜産業対策（適正な施肥の促進、適正な家畜ふん尿の処理促進）

B) 普及啓発

- ・ 湖水情報の整備と普及啓発の拡充
- ・ 水環境先進地づくり

C) 土地・水面利用対策

- ・ 適正な土地・水面利用
- ・ 環境影響評価等の推進

D) 新たな底層水質の改善対策

- ・ 底層水の水質の状況把握
- ・ 湖水循環のメカニズム解析
- ・ 湖水循環と水質予測
- ・ 底層水質の改善対策

2) 冬季全循環不全による底層水の貧酸素化に対する適応策

底層水の貧酸素化につながる要因は、図 1.10-16 のような経路、要素がある。池田湖の特徴から、「水温成層を形成させない」「底層を貧酸素化させない」の視点から適用性が考えられる適応策オプションは次ページの表 1.10-2 の通りである。

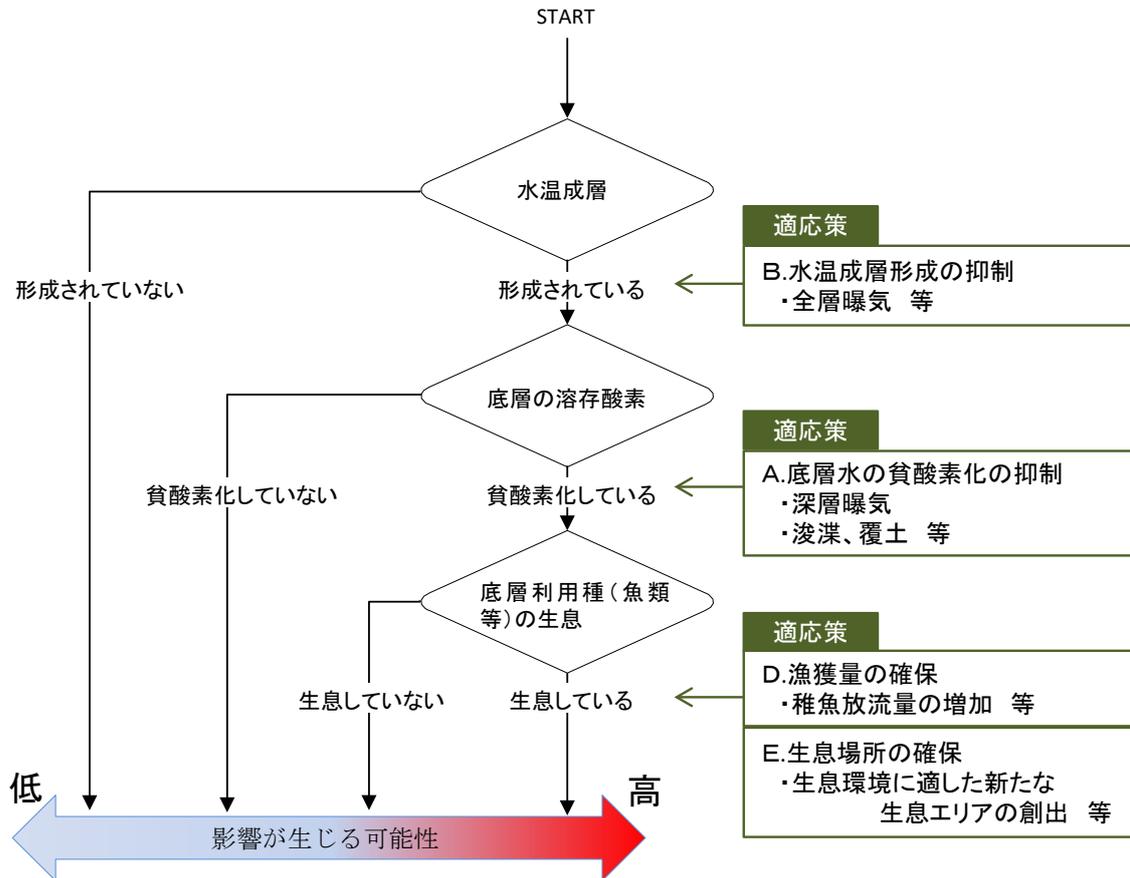


図 1.10-16 影響に対する適応策検討のフロー

表 1.10-2 底層利用種の生息に対する気候変動影響を抑制するための適応策の例

適応策の視点	適応策メニュー		既存対策の有無	既存対策の対応力	適応策の方向性
A.底層水の貧酸素化の抑制	1	底層への酸素供給		冬季全循環不全への対策検討が必要	冬期全循環不全の原因解明と対策検討、モニタリング
		深層曝気			
		表層水の深層への注入			
		高濃度酸素の注入			
	2	底質改善による酸素消費抑制			
		浚渫(継続的)			
覆土 底土の置き換え 干し上げ					
B.水温成層形成の抑制	3	水温成層の破壊			
		全層曝気			
		鉛直流動促進			
D.漁獲量の確保	6	稚魚放流量の増加			
	7	漁獲量の管理			
	8	新たな漁獲対象種への変更			
E.生息場所の確保	9	生息環境に適した新たな生息エリアの創出			
	10	種の保存のための他水域への移動、施設整備			

3) 植物プランクトンの増殖(富栄養化)による利水への影響に対する適応策

池田湖の特徴から、抑制すべき要因として、「水温上昇」「流入負荷量の増加」「水の滞留」が該当し、これらへの対応が適応策として考えられる。

なお、利水について池田湖では取水はあるが、現状で浄水処理はされていないため、浄水処理の能力不足に対する適応策は選定しないこととする。

以上を踏まえて、池田湖において適用性が考えられる適応策オプションは次ページの表 1.10-3 の通りである。

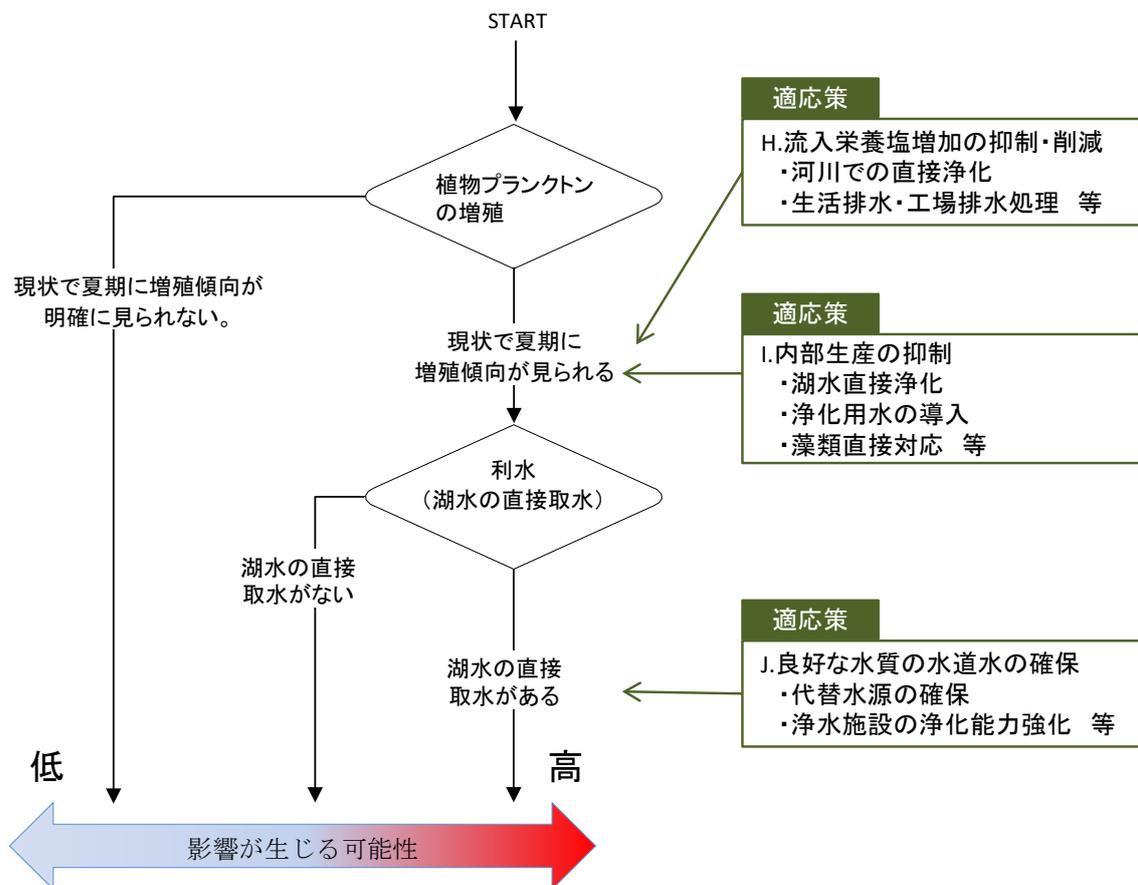


図 1.10-17 植物プランクトンの増殖による利水への影響に対する適応策の検討フロー

表 1.10-3 池田湖における植物プランクトン増殖と、利水影響に対する適応策の例

適応策の視点	適応策メニュー	既存対策の有無	既存対策の対応力	適応策の方向性
H. 流入栄養塩増加の抑制・削減	15 河川での直接浄化		底層水質の改善対策に関する検討が必要	既存対策の強化
	沈澱			
	ろ過、接触酸化			
	植生による浄化			
	底泥浚渫(継続的)			
	16 生活排水処理			
	下水道整備、下水処理場の高度化(窒素りん除去)	○		
合流式下水道の改善				
窒素りん除去型の高度処理型合併処理浄化槽設置				
17 環境保全型農業の実施(負荷低減)	○			
18 工場・事業場等、排水基準の強化				
19 市街地、道路等からの面源負荷削減(雨水流出抑制、路面・側溝清掃等)	○			
I. 内部生産の抑制	20 曝気等による水の流動促進			
	浅層曝気			
	全層曝気			
	流動促進装置による流動化			
	浄化用水の導入(流動化、希釈)			
	21 プランクトン増殖抑制を考慮した湖水の放流、水位管理			
	22 湖内での直接浄化			
	接触酸化			
	土壌浄化			
	植生浄化	○		
凝集処理				
23 水生植生帯の整備	○			
24 藻類の除去	衝撃殺藻、紫外線殺藻等			
	吸引等による直接除去			
	25 漁獲による栄養塩の系外除去			
J. 良好な水質の水道水の確保	26 代替水源の確保			
	27 脱臭処理の強化(活性炭の準備)			
	28 浄水施設の浄化能力強化			
	29 局所的な清澄水域の確保(フェンス等)			
	30 水面利用方法の変更検討			