

7. 2-7 湿地環境に関する影響調査【新潟市】

7.1 概要

7.1.1 背景・目的

佐潟は、ラムサール条約湿地に登録されており、オニバス等の水生植物をはじめ、希少種が多数生育・生息するなど、生物多様性を保全する上で重要な湖沼である。近年ではアオコが発生するなど水質の悪化が問題となっている。今後、気候変動の影響による水収支の変化により、更なる水質の悪化や水生植物へ与える影響が懸念されている。

本調査では、佐潟の水収支を明らかにし、気候変動による佐潟の水質、水生植物等、湿地環境への影響を予測し、適応策を検討した。



佐潟の様子

出典：新潟市資料

7.1.2 実施体制

本調査の実施者： パシフィックコンサルタンツ株式会社

アドバイザー： 新潟大学 准教授 志賀 隆

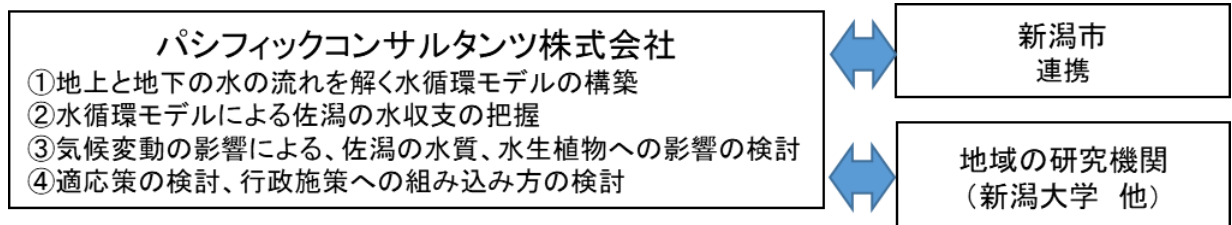


図 7-1 実施体制

7.1.3 実施スケジュール（実績）

本調査の実実施スケジュールを下図に示す。調査は2ヶ年で実施した。

平成30年度に、資料・データの収集を行い、三次元水循環解析モデルを構築した。過年度での地下水位や放流量、湖面水温の実測データを用いて、モデルの再現性を確認した。また、既往調査から物理的条件の水生物への影響を整理し、影響予測手法について検討した。平成31年度は、三次元水循環解析モデルの予測結果から、水質や生物への影響を検討・評価した。また、適応策の検討にあたっては、既往の取組や、地元関係者へのヒアリングなどを踏まえて検討した。

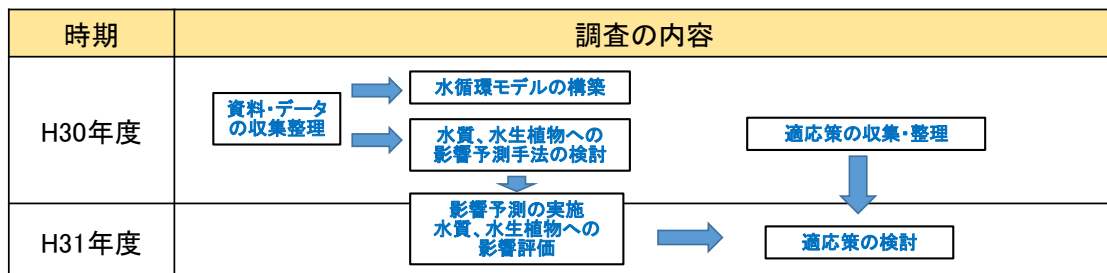


図 7-2 実施スケジュール

7.1.4 気候シナリオ基本情報

本調査において使用した気候シナリオは下表に示すとおりである。

気候モデル（1つ）×RCP（2つ）×予測期間（現在1つ、将来気候2つ）について予測を行った。

表 7-1 気候シナリオ基本情報

項目	内容
気候シナリオ名	NIES 統計 DS データ
気候モデル	MRI-CGCM3
気候パラメータ	気温、降水量、日射量、湿度、風速
排出シナリオ	RCP2.6、RCP8.5
予測期間	21世紀中頃、21世紀末
バイアス補正の有無	有り（全国）

7.1.5 気候変動影響予測結果の概要

本調査において、資料や現地データの収集整理とともに、地元関係者へのヒアリングを行い、予測結果および適応策の検討にあたっての基礎資料とした。

各検討において得られた結果を以下に示す。

【文献調査】

- ・沈水植物は、水質の悪化とともに 1990 年代以降は激減してしまった。
- ・オニバスの消長は、成長初期段階での光条件により影響を受けるが、それが水質や水位条件に左右される。夏場の水位が低く保たれていることが重要である。
- ・ハスも近年は衰退傾向にあり、ここ数年は佐潟下潟ではほとんどみられていない。他地域の事例より、底泥の悪化が顕著であることが原因となっている可能性がある。
- ・既往の水質調査結果より、水温が 30℃を超えるとクロロフィル a の値が高くなる。

【地元関係者ヒアリング】

- ・かつては佐潟の周辺の一面に水田が広がり、1年に一度はその耕作のために佐潟の水を入れ替えていたため、底泥がさらわれ、水質も改善されていた。潟普請も行われていた。

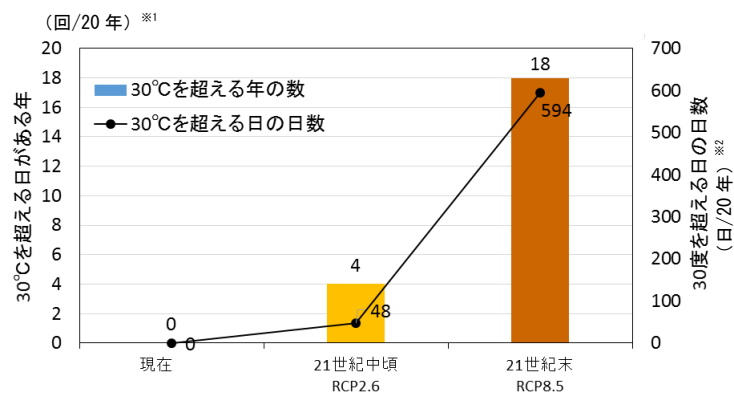
【影響予測結果】

- ・三次元水循環解析モデルによる解析によって、将来、佐潟の湖面水温が、アオコ発生が見られるようになる 30℃を超える頻度が現在よりも高くなることが予測された。
- ・三次元水循環解析モデルによる解析によって、将来、佐潟に流入する湧水量等、佐潟の水収支については、現在と比べても大きく変化しないと予測され、将来の環境変化については、湖面水温上昇による水質変化の影響が大きいことが考えられる。

7.1.5.1 水温上昇の影響

水温上昇によって、アオコ（植物プランクトン）の発生頻度が現在よりも多くなり、水中光量減少を招くと考えられる。水中光量が減少すると、沈水植物が衰退する（現在も沈水植物は限られた種しか生育していない）。

水中光量の減少と、水質悪化による底質悪化が進行すると、ハス、オニバスの発芽後の初期成長に悪影響を及ぼし、これらの植物も衰退すると推察される（現在も、ハス、オニバスは衰退が著しい）。



※1：20年間のうち水温が30度を超える日がある年の回数

※2：20年間のうち水温が30度を超える日数

図 7-3 佐潟（下潟）における水温 30 度を超える頻度予測

7.1.5.2 水収支の予測と影響

水収支として佐潟への重要な流入水である湧水量を予測した。5～7月の湧水量は、21世紀中頃（RCP2.6）、21世紀末（RCP8.5）ともに20ヶ年50%値で約50万m³と予測され、現在の約47万m³に対して変化量は小さく、最大値・最小値の変化も小さい。

将来の環境変化については、水収支の変化による影響よりも、水温上昇の影響が大きいと考えられる。

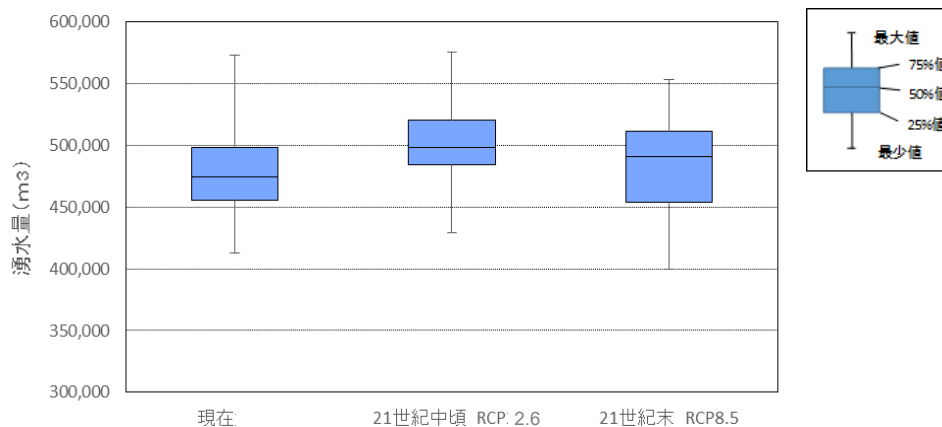


図 7-4 佐潟の湧水量予測(5～7月)

7.1.6 活用上の留意点

7.1.6.1 本調査の将来予測対象とした事項

本調査では、地下水を含めた佐潟の水収支と湖面水温について将来予測を行った。

7.1.6.2 本調査の将来予測の対象外とした事項

本調査では、湖水質（アオコの原因である植物プランクトンや、植物プランクトンの栄養である窒素、りん）については予測を行っていない。植物プランクトンの異常増殖により発生するアオコについては、水収支や水温の変化だけでなく、降雨に伴う流域からの窒素やりんの流入や湖底に堆積した底泥からの窒素やりんの溶出によっても影響を受けることに留意が必要である。

7.1.6.3 その他、成果を活用する上での制限事項

成果の活用上留意すべき点としては、現状における佐潟での水生植物と環境要素の応答関係は十分に解明されておらず、引き続き情報収集や知見蓄積を継続し検討を重ねる必要がある。

7.1.7 適応オプション

本調査において、地元関係者ヒアリングを踏まえ、将来の水質、植生への影響予測結果から考えられる適応オプションは、次の通りである。

表 7-2(1) 適応オプション一覧表

適応オプション		想定される実施主体			評価結果							
					現状		実現可能性			効果		
		行政	事業者	個人	普及状況	課題	人的側面	物的側面	コスト面	情報面	効果発現までの時間	期待される効果の程度
1. 流入負荷削減施策	減肥料対策		●	● 農家含む	普及が進んでいない	・周辺の農家は減肥料の意識は低い。	△	◎	△	◎	長期	中
	佐潟へ直接流入防止のため、側溝設置	●	●	●	普及が進んでいない	・側溝の設置が可能かどうか詳細な検討が必要。	△	○	△	△	短期	中
2. 水質改善のための底泥対策	浚渫	●			普及が進んでいない	・浚渫は効果に対して費用がかかり、大規模な浚渫は財政面において困難。	△	○	△	◎	短期	高
	下流への排泥	●	●		普及が進んでいない	・水門の湖底に対して出口が高いため、構造を変える必要があり、改築が必要。	△	○	△	△	短期	中
	潟普請		●	● NPO含む	普及が進んでいる	・潟普請は潟の一部で毎年実施されているが、規模は小さいので、むしろ普及啓発の意味合いが強い。	△	○	◎	◎	長期	低
	かいぼり	●	●		普及が進んでいない	・かいぼりは実施されていない。	△	○	△	◎	長期	高
3. 地下水涵養 (浸透柵設置も含む)		●	●	●	普及が進んでいない	・かつてはクロマツ林が広がっていたが、農地や住宅地の開発および松枯れ病のため、森林面積が減少している。 ・森林のための用地確保 ・森林整備の体制、しくみづくり	△	○	△	◎	長期	低
4. 水位管理の見直し			●	●	普及が進んでいない	・現在、標準水位での運用になっていない。	◎	◎	◎	◎	短期	高
5. 希少植物の移植 (系統維持)	域外保全	●			普及が進んでいない	・維持管理の仕組み・体制作り	◎	○	△	◎	短期	中
	域内保全	●			一部普及が進んでいる	・一部、生態園に移植して維持管理を行っている。	◎	○	△	◎	長期	中
6. モニタリング調査		●	●	●	一部普及が進んでいる	・新潟市により、定期的に水質調査等が行われている。 ・水収支に関する調査が必要。 ・報告書作成されているが、それが活用されていない。	△	○	△	◎	長期	低
7. 潟の歴史、文化、自然を啓発する活動		●		●	普及が進んでいる	・生活スタイルの変化により、潟との接点が変われつつある。 ・市民団体、個人による普及活動が行われているが、担い手の高齢化が進んでいる。	△	◎	◎	◎	長期	低

表 7-2(2) 適応オプションの考え方と出典

適応オプション		適応オプションの考え方と出典
1. 流入 負荷削減 施策	減肥料対策	既往の取組み。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画(2019年4月)」にある「環境保全型農業の推進」のなかで、「適正な施肥及び環境保全型農業を推進する」としている。
	佐潟へ直接 流入防止の ため、側溝 設置	周辺の畑地から直接流入を防ぐために、佐潟の潟端に側溝を掘って別の場所に逃がすという考え方。 地元環境団体からの提案事項。
2. 水質 改善のた めの底泥 対策	浚渫	既往の取組み。佐潟の水質改善の一手段として、2014, 2015 年度(平成 26, 27 年度)の2 ヶ年で、浚渫延長 340m (幅 6m、深さ約 1m)、2,050m ³ のドロを浚渫した。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画(2019年4月)」
	下流への排 泥	既往の取組み。2016 年度(平成 28 年度)から水門に付随する「ドロばき」を開門し、ドロの排出状況調査を行った。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画(2019年4月)」 その後もドロの排出の試行を継続している。
	潟普請	既往の取組み。「佐潟クリーンアップ実行委員会」が実施主体となり、春の佐潟周辺のクリーンアップ活動と秋の観察舎脇の「ヨシ刈り」、佐潟橋付近の「ドロ揚げ」の計2 回を毎年実施。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画(2019年4月)」
	かいぼり	かつて、各地のため池などで冬の間、維持管理のために水を抜いて干し上げる管理がされていた。 近年、その水質改善効果、外来種駆除効果などが見直され、各地の池や湖で実施されるようになってきている。
3. 地下水涵養 (浸透枿設置も含む)		将来的に湧水量の変動幅が大きくなることに備えるためには、地下水の涵養が重要と考えられる。
4. 水位管理の見直し		水位管理見直しの必要性は地元でも認識されており、「第4期佐潟周辺自然環境保全計画(2019年4月)」で今後の取組みとして挙げられている。
5. 希少植 物の移植 (系統維 持)	域外保全	本来の生育環境での生育が難しくなった場合、遺伝子保存の観点から講じる手段である。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画(2019年4月)」
	域内保全	既往の取組み。佐潟公園内にある自然生態観察園において一部の希少種を保全している。 今後、自然生態観察園のさらなる活用や、域内の他の場所での保全も考えられる。
6. モニタリング調査		水質調査などは既往の取組みである。さらに、環境を把握するために必要な調査項目を検討する必要がある。 「第4期佐潟周辺自然環境保全計画(2019年4月)」
7. 潟の歴史、文化、自 然を啓発する活動		既往の取組み。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画(2019年4月)」 ワイズユースの考え方のさらなる普及、大学との連携、学校の総合学習での広がりなど、より充実させることが期待される。

7.2 気候シナリオに関する情報

7.2.1 気候シナリオ基本情報

本調査において使用した気候シナリオは、下表に示すとおりである。気候モデル(1つ)×RCP(2つ)×予測期間(気候1つ、将来気候2つ)について予測を行った。

表 7-3 気候シナリオ基本情報

項目	内容
気候シナリオ名	NIES 統計 DS データ
気候モデル	MRI-CGCM3
気候パラメータ	気温、降水量、日射量、湿度、風速
排出シナリオ	RCP2.6、RCP8.5
予測期間	21 世紀中頃、21 世紀末
バイアス補正の有無	有り (全国)

7.2.2 使用した気候パラメータに関する情報

7.2.2.1 気温

21 世紀中頃では、シナリオ (RCP2.6 と RCP8.5) による違いは比較的小さい。

年平均気温は、21 世紀中頃には現在と比べて 0.5~1℃程度、21 世紀末には 1~4℃程度の上昇である。アオコが発生する夏季 7~9 月の平均気温は、21 世紀中頃には約 1℃、21 世紀末には 1~4℃程度の上昇である。

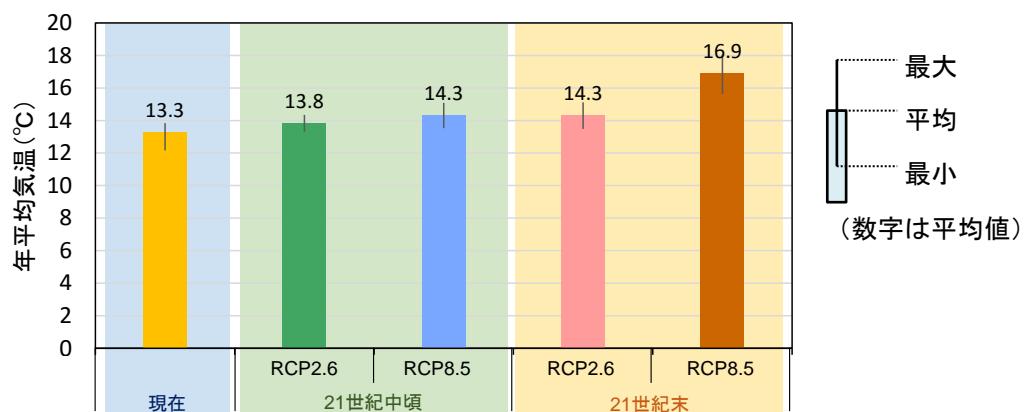


図 7-5 年平均気温 (佐潟の集水域)

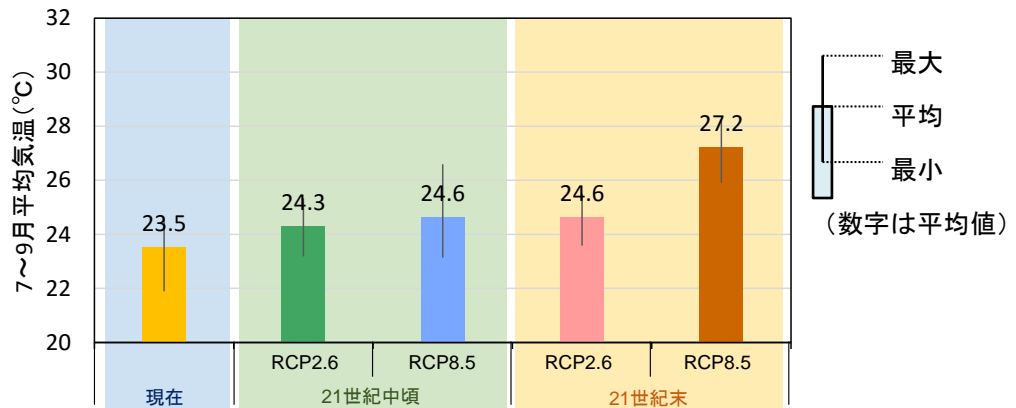


図 7-6 7～9月の月平均気温（佐潟の集水域）

7.2.2.2 降水量

年降水量は、現在に比べて、21世紀中頃には約1.02～1.04倍の増加、21世紀末には約1.04～1.06倍の増加が予測されている。

夏季の7～9月の降水量は、現在に比べて、21世紀中頃には約1.00～1.05倍の増加、21世紀末には約1.1倍の増加が予測されている。

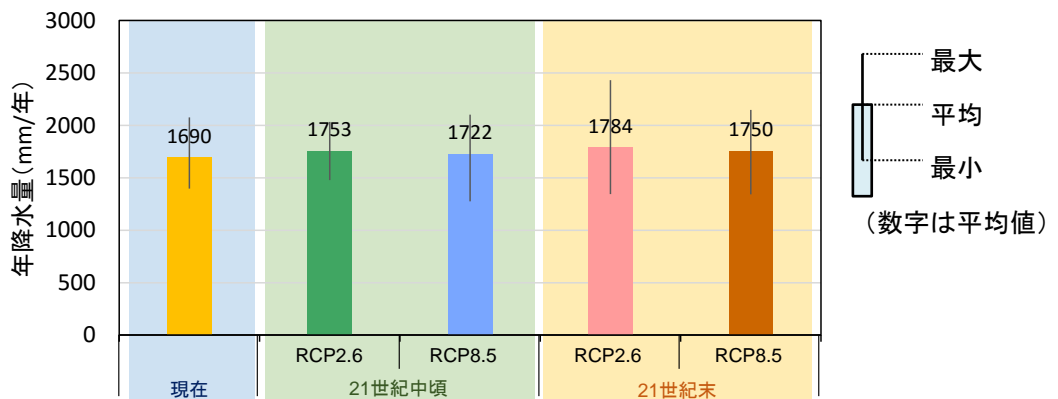


図 7-7 年降水量（佐潟の集水域）

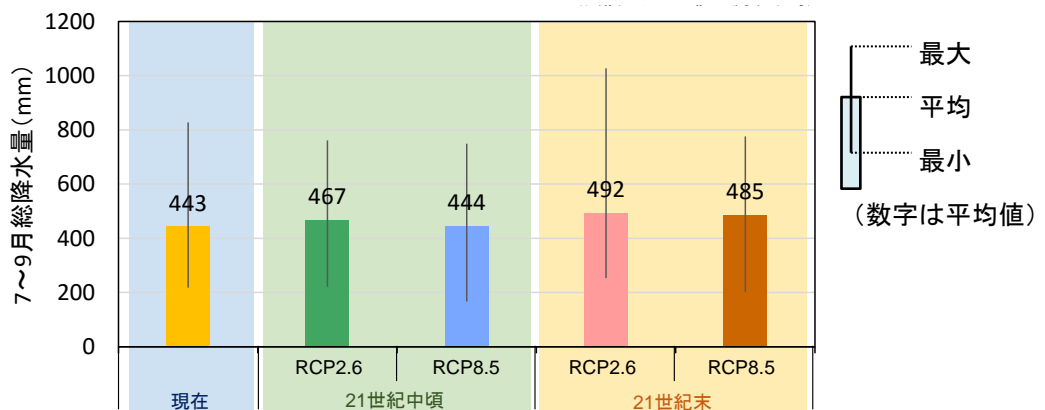


図 7-8 7～9月の降水量（佐潟の集水域）

7.2.2.3 日射量

将来の年累計日射量は、現在と比べて増加すると予測されている。7～9月の累計日射量も、現在と比べて増加すると予測されている。

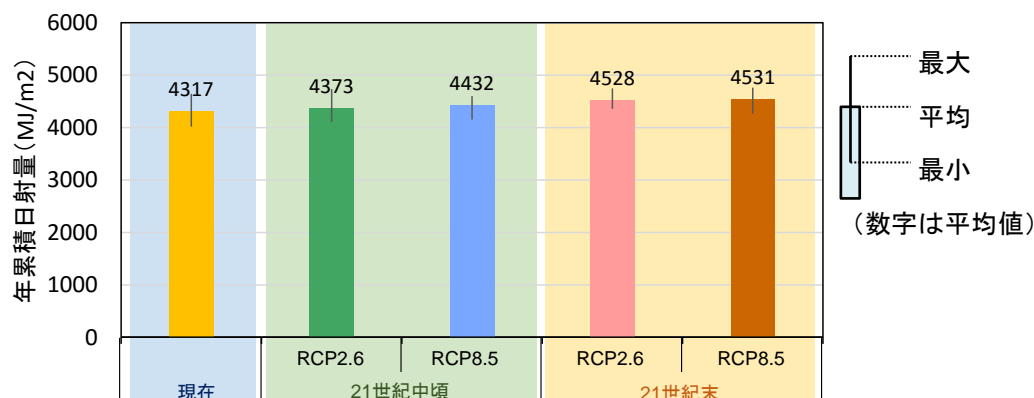


図 7-9 年累積日射量（佐潟の集水域）

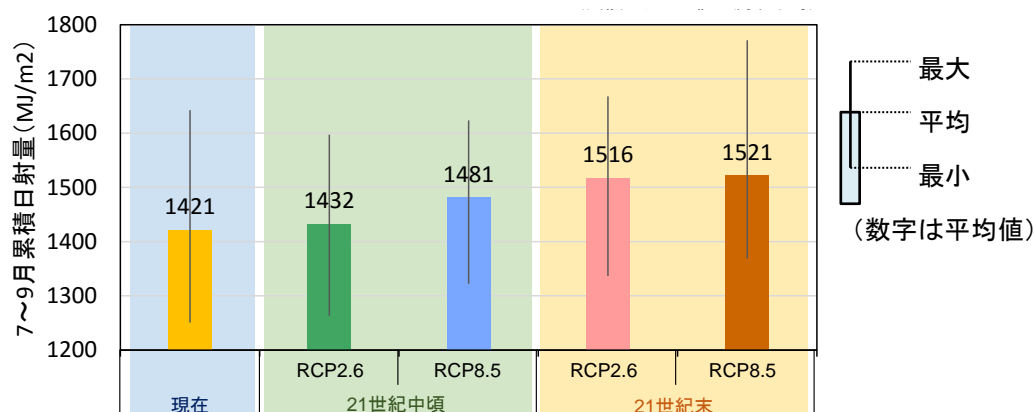


図 7-10 7～9月の累積日射量（佐潟の集水域）

7.2.3 気候シナリオに関する留意事項

使用した気候パラメータの再現性については、現在と現況値（アメダス）の比較を行い、概ね再現されていることを確認の上、データを使用した。

7.2.4 バイアス補正に関する情報

本調査でバイアス補正は行っておらず、全国事業によりバイアス補正を実施した気候パラメータを使用した。

7.2.5 気候シナリオ選択の理由

三次元水循環解析モデルにより解析を行う範囲は、集水域の大きさ等から 6 km×6 km としている。そのため、空間解像度が高い（メッシュサイズが小さい）ものが望ましい。また、本モデルの解析では降水量の他、気温や風等の複数の気象データが必要であり、解析の時間ピッチも日データを必要としている。

以上より、それらの条件を満たす「NIES 統計 DS データ」を採用した。

7.3 気候変動影響に関する調査手法

7.3.1 手順

本調査における気候変動影響に関する調査手順を以下に示す。

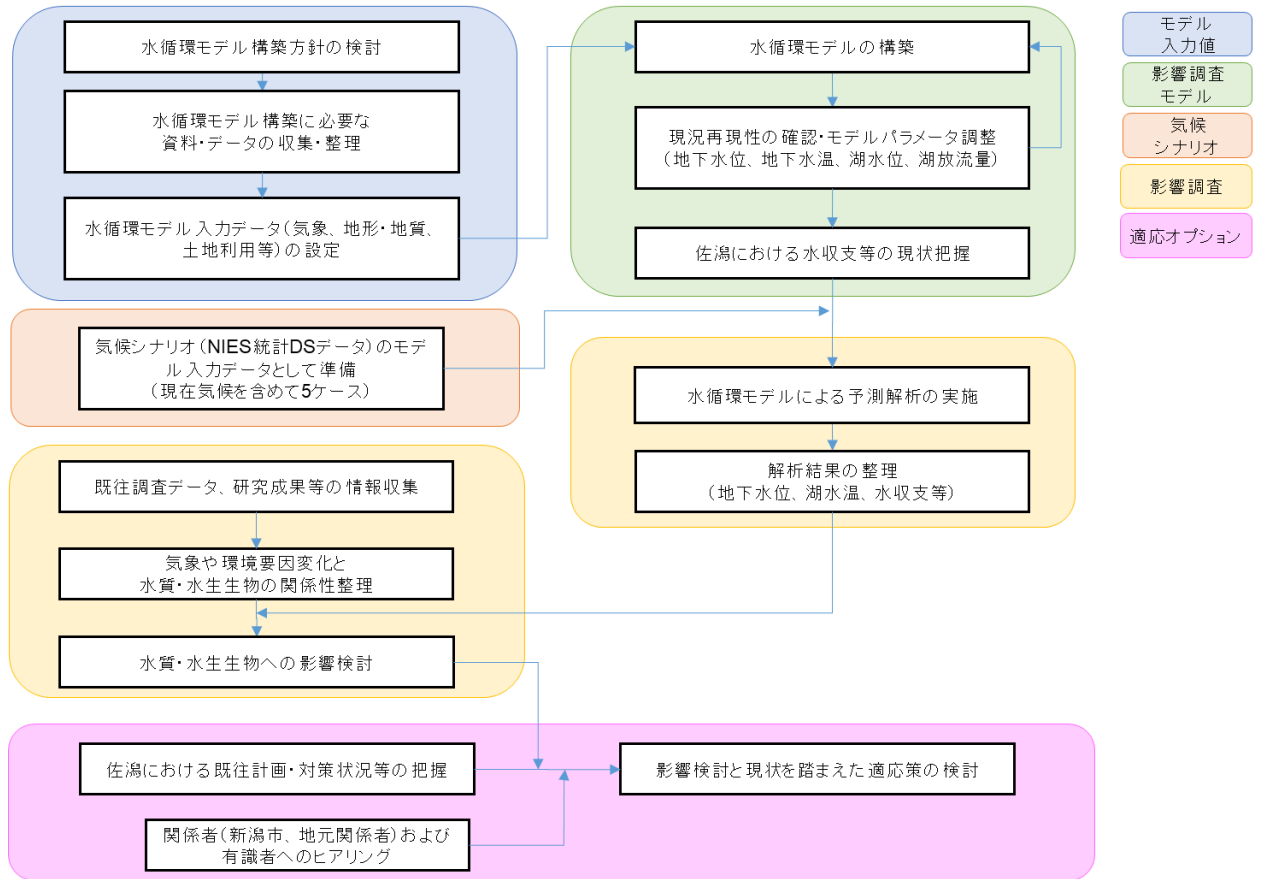


図 7-11 気候変動影響に関する調査手順

7.3.2 使用したデータ・文献

本調査で使用したデータおよび文献のリストは、表 7-4 および表 7-5 に示すとおりである。そのほか、収集したデータや文献については収集データリスト及び参考文献リストを参照。

表 7-4 使用したデータのリスト

No.	資料名等	使用用途	データ概要
1	新潟市市民局環境部環境対策課及び株式会社興和,平成10年3月「平成9年度 佐潟周辺地下水調査業務報告書」	三次元水循環解析モデル構築に使用	水深測量結果、帯水層の水理学的特性、粗度係数、地下水位、地下水質、周辺湧水、佐潟からの放流量データ
2	新潟市市民局環境部環境対策課及び株式会社興和,平成11年3月「平成10年度 佐潟周辺地下水調査業務報告書」,P44	(同上)	佐潟放流量観測結果
3	日本河川協会,建設省河川砂防技術基準(案)同解説 調査編	(同上)	粗度係数、等価粗度
4	地盤工学会,土壌・地下水汚染の調査・予測・対策	(同上)	砂丘砂のパラメータ
5	気象庁,過去の気象データ検索	(同上)	巻観測所の気象データ
6	国土交通省国土政策局国土情報課,国土数値情報「土地利用細分メッシュ 平成9年度」	(同上)	地球観測衛星(Landsat、SPOT)の衛星画像と2万5千分1地形図を使用し、土地利用現況について、衛星画像判読、NVI(正規化植生指標)算出等を用い、土地利用データを更新し、2次メッシュ単位の正規化座標で整備したもの。
7	産業技術総合研究所地質調査総合センター,20万分の1日本シームレス地質図	(同上)	20万分の1地質図をベースとした、全国統一凡例による20万分の1日本シームレス地質図(20万分の1日本数値地質図)
8	国土交通省国土政策局国土情報課,主要水系調査(一級河川)利水現況図「信濃川・関川・姫川」	水系の周辺の水文、利水、治水に関する情報収集	一級水系及びその周辺地域を対象に、流域内の水文、利水、治水に関する既存資料の収集整理、現地調査等を行い、その結果を主要水系調査書及び利水現況図にとりまとめたもの。
9	国土交通省国土地理院,基盤地図情報(数値標高モデル)「5mメッシュDEM」	三次元水循環解析モデル構築に使用	航空レーザ測量で地表に到達した計測点の標高値(グラウンドデータ)から0.2秒(約5m)メッシュの中心点の標高値を内挿処理により作成した標高データ
10	佐潟の水質データ	湖水質の現状把握に使用	1995～2018年までの佐潟の水質データ
11	佐潟の水位データ	湖水位の現状把握に使用	2001～2017年までの佐潟の水位データ(日データ)

表 7-5 使用した文献のリスト

No.	文献名等	概要
1	信越測量設計 昭和 63 年 12 月 「佐潟植生モニタリング調査」 昭和 63 年 12 月	昭和 62 年度の「赤塚坂藤地区砂丘畑整備計画環境評価調査報告書」の結果を踏まえ、さらに工事の進行に伴う影響の有無を確認するために、水生植物を中心に現況を把握し、固定調査区の設定など、継続調査のための基礎資料を作成する目的で実施された。
2	財団法人国立公園協会,平成 5 年 12 月 「佐潟公園整備に関する自然環境影響評価」	佐潟周辺を都市計画公園として整備するにあたり、環境影響評価調査を行い、自然環境等の現況を把握し、事業の実施に伴う自然環境への影響を予測・評価し、必要に応じて保全のための対策を検討することを目的とした報告書。
3	新潟市環境部、株式会社グリーンシグマ,平成 8 年 8 月「佐潟周辺自然環境基礎調査業務」	佐潟及び周辺区域の保全整備に資することを目的に、環境の現況把握と今後の検討課題について取りまとめたもの。
4	新潟市、株式会社グリーンシグマ, 平成 10 年 3 月「佐潟周辺植生モニタリング調査業務」	佐潟及び周辺区域の保全整備に資することを目的に、モニタリング調査を実施。
5	新潟市、株式会社グリーンシグマ, 平成 12 年 3 月「佐潟周辺植生モニタリング調査業務」	佐潟及び周辺区域の保全整備に資することを目的に、モニタリング調査を実施。
6	新潟市、株式会社グリーンシグマ, 平成 14 年 3 月「佐潟周辺植生モニタリング調査業務」	継続モニタリング調査。オニバスと水位の関係を指摘。
7	新潟市、株式会社グリーンシグマ, 平成 16 年 3 月「佐潟周辺植生モニタリング調査業務」	継続モニタリング調査。ハスは上佐潟で拡大傾向、下佐潟で縮小傾向であるが、分布域の移動のメカニズムは不明。
8	株式会社グリーンシグマ,平成 18 年 3 月「佐潟周辺植生モニタリング調査業務」	継続モニタリング調査。水質は悪化し、アオコが発生。そのため沈水植物はほぼ絶滅。
9	株式会社グリーンシグマ,平成 20 年 3 月「佐潟周辺植生モニタリング調査業務（佐潟・御手洗潟）」	継続モニタリング調査。水質は悪化し、アオコが発生。そのため沈水植物はほぼ絶滅。
10	株式会社サンワコン,平成 24 年 3 月「環政第 2 号 佐潟植生モニタリング調査（佐潟・御手洗潟）業務委託」	継続モニタリング調査。外来種の駆除、人為的に手を加えることの必要性、沈水植物相の再生のための水質改善の必要性等について指摘されている。
11	株式会社グリーンシグマ,平成 29 年 3 月「環政第 4 号 佐潟周辺植生モニタリング調査業務（佐潟・御手洗潟）」	継続モニタリング調査。外来種の駆除、人為的に手を加えることの必要性、沈水植物相の再生のための水質改善の必要性等について指摘されている。
12	新潟市、「第 4 期 佐潟周辺自然環境保全計画」 2019 年 4 月	ラムサール条約に登録された佐潟の自然環境の現状把握、目標の設定、具体的な取り組みなどの保全計画の記載。「基本的な方針について」、「佐潟のハスの現状について」、「佐潟の具体的な取り組み」などを参照。
13	新潟市潟環境研究所 編,2018 年 11 月,『みんなの潟学—越後平野における新たな地域学』	平成 26 年度の発足から平成 28 年度までの 3 年間の活動内容をとりまとめた報告。潟の概要、変遷、歴史、暮らしと文化について記述。

7.3.3 有識者ヒアリング

本調査では、気候変動による佐潟への水質変化、植生への影響について、技術的助言を得るために、有識者ヒアリングを実施した。特に、佐潟における植生の現状と、気象変化、環境要因の変化による植生への影響の検討に関して、助言を得た。有識者から得られた技術的助言や指摘について、下表に示す。

表 7-6(1) 有識者ヒアリング結果

回数	1回目
有識者	新潟大学 教授 志賀隆氏
日付	2018(H30)年4月26日(木) 15:30~17:20
場所	新潟大学 教育学部 志賀准教授研究室
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・現在、沈水植物は現在ほとんど確認されていない。オニバスの消長のキーはいまだ不明である。 ・現在予定している予測結果情報の場合、希少種では評価が難しい。浮葉植物(ヒシやハス)、抽水植物(ヨシ)等が、将来より拡大(または減少)する可能性があるなどのレベルでの評価となる。 ・佐潟のシンボリックな植物はオニバスとハスであろう。

表 7-6(2) 有識者ヒアリング結果

回数	2回目
有識者	新潟大学 教授 志賀隆氏
日付	2019(H31)年1月28日(月) 15:00~17:00
場所	新潟大学 教育学部 志賀准教授研究室
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ハスの生育の変動について、毎年少しずつ生育範囲が変わる変動と、全体的に消滅するような変動では、そのメカニズム(原因)は違っている。 ・沈水植物には時期によって低水位であることは重要である。水深が浅くなることで、光を受けることができるし、成長のための水温上昇にもプラスである。水質が悪化すると成長に支障がある。

表 7-6(3) 有識者ヒアリング結果

回数	3回目
有識者	新潟大学 教授 志賀隆氏
日付	2019(R1)年7月18日(木) 10:10~12:00
場所	新潟大学 教育学部 志賀准教授研究室
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・冷涼な気候を好む種については、南限を押さえておく必要がある。冷涼な気候を好む種も、生育環境によっては南の地域に生育しているものもある。 ・提案の適応策の方向性について総論は賛成できる。提案をするにあたってのデータや根拠を示すことができるので、地元のみなさんに対しても説明できると考える。

表 7-6(4) 有識者ヒアリング結果

回数	4回目
有識者	新潟大学 教授 志賀隆氏
日付	2019(R1)年 11月 7日 (木) 13:00~14:30
場所	新潟大学 教育学部 志賀准教授研究室
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ハスは生育場所が動く植物である。底泥が悪くなるとそこを避けて外へと地下茎を広げていく。佐潟のハスは、底泥が全体的に悪くなり、逃げて生育する場所がなくなったため消えてしまったのかもしれない。 ・佐潟では、観光や人々の利用の視点からハスは重要な位置付けにあると考えれば、人々の利活用を重視するゾーン（ハス等の繁茂域）、希少な植物を保全するゾーンといったゾーニングデザインを議論し、計画に反映することも重要ではないか。

表 7-6(5) 有識者ヒアリング結果

回数	5回目
ヒアリング対象者	アジア大気汚染研究センター 佐瀬裕之氏
日付	2019(R1)年 7月 18日 (木) 13:00~14:00
場所	アジア大気汚染研究センター 2F 会議室
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・周辺の農業や産業に対して、その事業活動をやめることはできない。ステークホルダーが多い。こういう対策をすればこうなるということを示すことが重要になる。目指す姿がどのくらいの範囲なのか、ターゲットは何なのかということを設定し、共有することが重要。現在の環境を維持するのか、過去の姿を求めるのか。このくらいの範囲にあればよいという目標像を設定することが重要であろう。

7.3.4 観測および実証実験

本調査において、現地での観測および実証実験は行っていない。

7.3.5 気候変動影響予測手法の検討

本調査では、佐潟における将来の水収支、水質の変化を予測するため、次の解析を行った。

- ・佐潟の特徴として、流入河川はなく、地下水の流入が主であることから、解析では、地表面の水の流れと地下水の流れを考慮した解析
- ・佐潟の湖内および集水域を含めた水収支の算出
- ・将来の気象条件の変化を考慮するため、気象条件をモデル入力データとして設定すること

以上より、三次元水循環解析モデルを採用し、将来予測を行うこととした。

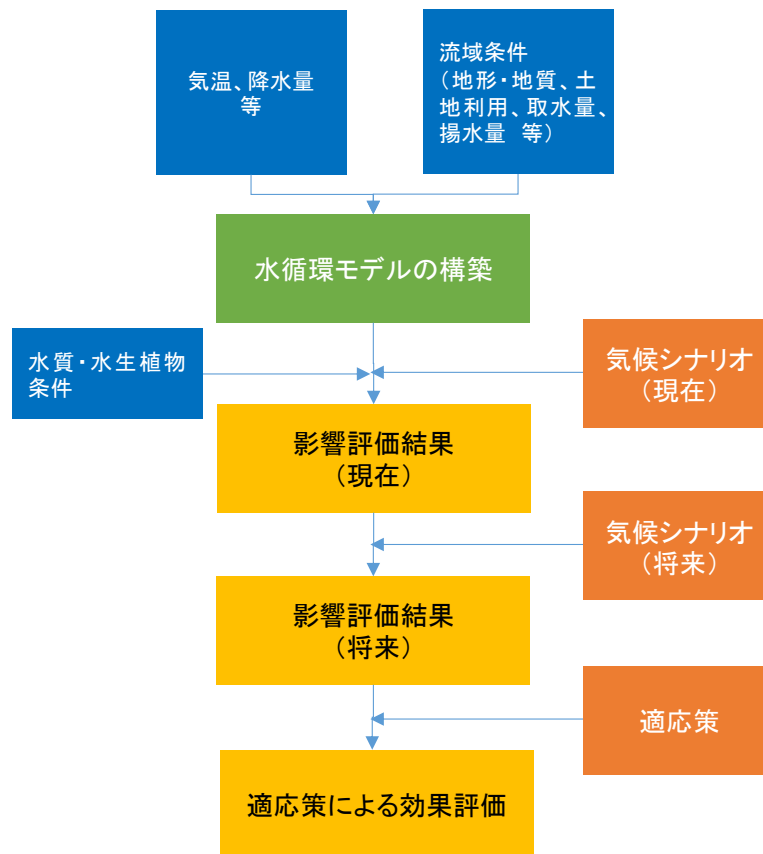


図 7-12 気候変動影響予測手法の手順

7.3.6 影響予測モデルに関する情報

7.3.6.1 三次元水循環解析モデル

本調査で使用した三次元水循環解析モデルは、地表水と地下水の流れを一体的に解析するものである。本解析モデルでの解析では、日々の気象条件（気温や降水量等）を入力することによって、日々の地下水位と水収支（佐潟への湧水量、佐潟からの放流量）、湖水位、湖面水温を解析結果として出力することができる。

(1) 使用したデータ

モデル構築にあたっては、収集した気象、地形、土地利用、地質データを使用した。また、検証データとしては、佐潟における放流量、湖水位、地下水位、水温を使用した。三次元水循環解析モデルの構築に使用したデータは下表に示すとおりである。

表 7-7 三次元水循環解析モデルの構築に使用したデータ

	分類	項目	内容	出典
1	気象	降水量	日降水量（巻観測所 1977～2018 年）	気象庁アメダス
		気温	日平均気温（巻観測所 1978～2018 年）	
2	地形	標高	数値標高モデル（5m メッシュ DEM）	国土地理院基盤地図情報
		湖底	水深測量結果（湖底地形図、水深図）	新潟市, 1993 年 6～8 月
3	土地利用		国土数値情報土地利用細分メッシュ	国土交通省国土政策課
4	地質		基底面、層厚等高線ほか	平成 9 年度佐潟周辺地下水調査業務（新潟市）
			20 万分の 1 日本シームレス地質図	産総研地質調査総合センター
5	検証データ	放流量	佐潟	平成 9 年度佐潟周辺地下水調査業務（新潟市）
		湖水位	下潟、上潟、御手洗	
		地下水位	AC-1（自記Ⅰ、自記Ⅱ、自記Ⅲ）	
		水温	湧水 25 地点、地下水 52 地点	

(2) 基本緒元

三次元水循環解析モデルの基本諸元は下表に示すとおりである。

表 7-8 三次元水循環解析モデルの基本緒元

	項目	内容	備考
1	流体系	非等温状態の水・空気 2 相流体	流体相・固相間の熱交換現象は平衡を仮定
2	地表水	マニング則を適用した開水路流れ	
3	地下水	一般化ダルシー則	
4	対象領域	水平：23.8km ² 、鉛直：EL-500m まで	
5	格子数	73,008（104×54×13）	
6	未知数	圧力、水相飽和度、温度	計算格子あたり
7	解析期間	①自然状態：定常（スピニアップ計算）	
		②検証計算：1997 年 2 月～1998 年 2 月	地下水観測井 AC-1 のデータ取得期間
		③予測計算：2080～2100 年	
8	地質区分	最上部粘度層、新砂丘Ⅰ、新砂丘Ⅱ、新砂丘Ⅲ、砂質土層、砂質土粘性土互層	平成 9 年度佐潟周辺地下水調査業務
9	初期条件	スピニアップ計算の終状態	
10	境界条件	大気層格子：圧力固定境界（標準大気圧）	
		河川下流端格子：水位固定境界（流出境界）	広通川、用水路
11	外力条件	地表層格子：降水量、蒸発散量	

(3) 解析領域の設定

解析対象の領域は佐潟周辺とし、解析領域は 23.8 km² となった。また、解析格子（メッシュ）数は平面 104×54=5,616、深度方向 13 層、全体 73,008 となった。三次元水循環解析モデルの解析格子は下図に示すとおりである。

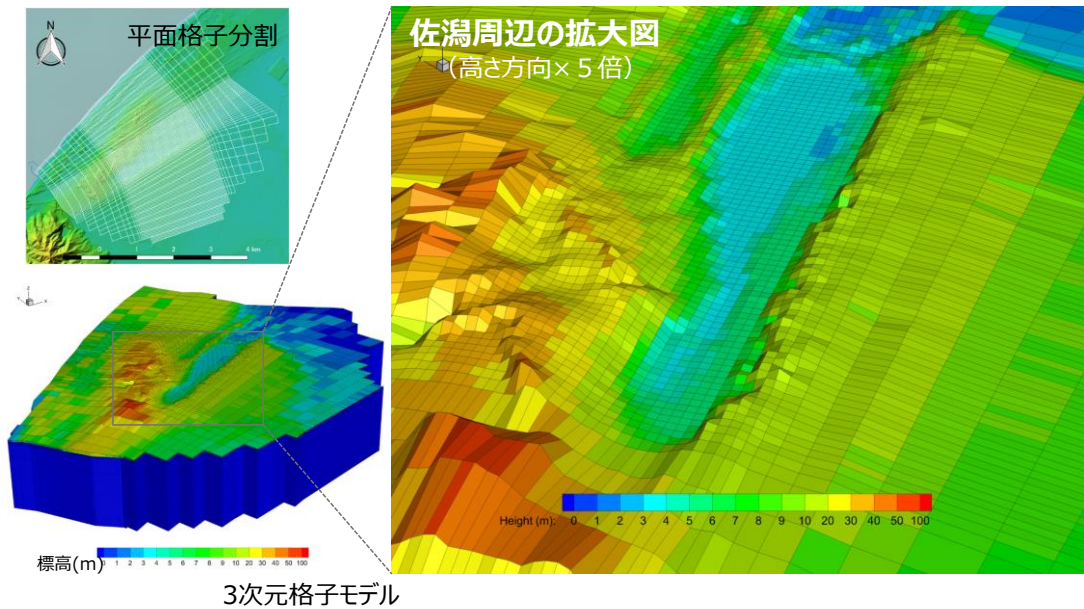


図 7-13 三次元水循環解析モデルの解析格子

(4) 地質の設定

地質は平成 9 年度佐潟周辺地下水調査業務を参考に、最上部粘度層、新砂丘 I、新砂丘 II、新砂丘 III、砂質土層、砂質土粘性土互層、後期更新世に分類し設定した。地質モデルは下図に示すとおりである。

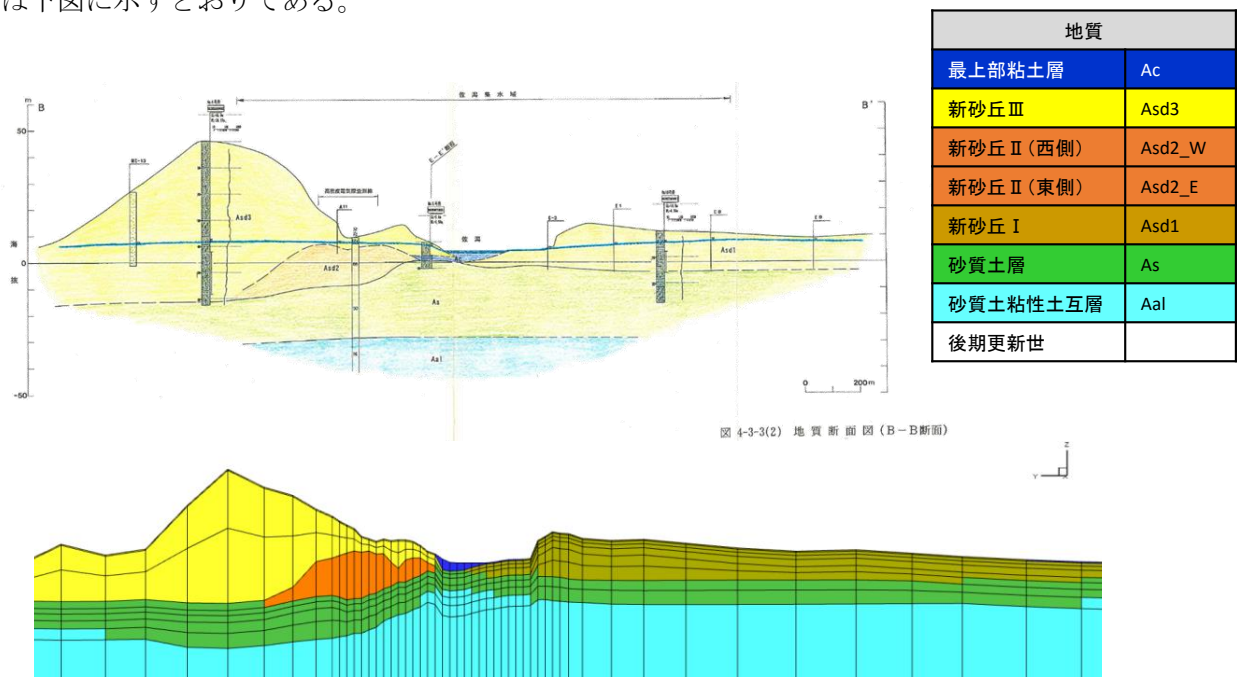


図 7-14 地質(上:平成 9 年度報告書、下:設定した地質)

過去の気象条件を用いて現況再現計算を行い、実測データと解析値が整合するように調整したモデルのパラメータ（透水係数や有効間隙率等）の値は下表に示すとおりである。

表 7-9 三次元水循環解析モデルのパラメータ

地質		透水係数(m/s)			有効間隙率 (-)	熱伝導率 ⁴⁾ (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	比熱容量 ⁴⁾ (Jm ⁻³ K ⁻¹)
		初期値 ³⁾	同定値 (水平)	同定値 (鉛直)			
最上部粘土層 ¹⁾	Ac	1×10 ⁻⁵	1×10 ⁻⁸	同左	0.4	1.8	4.9×10 ⁶
新砂丘Ⅲ ²⁾	Asd3	2.41×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	同左	0.45		
新砂丘Ⅱ (西側) ²⁾	Asd2_W	9.29×10 ⁻⁴	同左	同左	0.45		
新砂丘Ⅱ (東側) ²⁾	Asd2_E	9.29×10 ⁻⁴	1.50×10 ⁻³	同左	0.45		
新砂丘Ⅰ ²⁾	Asd1	2.05×10 ⁻⁴	2.00×10 ⁻⁴	同左	0.45		
砂質土層 ¹⁾	As	1×10 ⁻⁵	同左	同左	0.4		
砂質土粘性土互層 ¹⁾	Aal	1×10 ⁻⁵	1×10 ⁻⁸	5.0×10 ⁻⁶	0.4		
後期更新世 ¹⁾	Ac	1×10 ⁻¹⁰	同左	同左	0.4		

1)文献値に基づく一般値を仮定

2)透水係数は既往調査結果（平成9年度佐潟周辺地下水調査業務）に基づく平均値を採用し、有効間隙率は文献値に基づく一般値を仮定

3)初期設定値の透水係数は全て等方性（水平＝鉛直）を仮定

4)内田洋平，奥田佑季，藤井光，宮本重信，吉岡真弓. (2010). 地中熱利用適地の選定方法 その1 地下水流動・熱輸送解析とGISを用いた地中熱利用適地マップの作成. 日本地熱学会誌, 32(4), 229-239.

(5) 解析条件の設定

設定した解析条件は下表に示すとおりである。

表 7-10 三次元水循環解析モデルの解析条件

項目	初期設定値
1 降水量	長期観測データに基づく日平均降水量から蒸発散量を差し引いた可能かん養量を外力条件として与えた。
2 蒸発散量	長期観測データに基づく平均気温を用いて、ハーモン法により蒸発散量を算定した。 ※ただし、検証計算用では、熱移動現象を含めることを踏まえ、詳細な陸面過程を反映可能なペンマン・モンティース法を採用する予定
3 マニングの粗度係数	文献値を参考に土地利用区分ごとの一般値を用いた。
4 透水係数	最上部粘性土層、新砂丘Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、砂質土層、砂質土粘性土互層の地質区分のうち、新砂丘に対しては既往調査結果に基づく平均値を与え、他のものは一般値を仮定
5 有効間隙率	文献値に基づく一般値を仮定
6 2相流パラメータ	文献値に基づく一般値を仮定

(6) 水生植物への影響予測手法

水生植物への影響予測手法として、水生植物の種によって影響要因が異なる。そこで、佐潟で確認している水生植物のうち、気象の変化、水温の変化に影響を受けると考えられる種を対象として、影響予測を行った。

影響の視点としては、本調査において将来の環境要因が予測される、気温や水温、水質（富栄養化）とした。

- ・ 冷涼な気候を好む植物に対しては、暖かさの指数を指標として将来の気温を用いて影響を予測した。
- ・ 富栄養化によって影響を受ける植物に対しては、植物プランクトンが増える（アオコが発生する）と水中光量が減少し、枯死体の沈澱により底泥悪化が想定されることから、水収支の変化（湧水量の変化）や水温の変化とアオコの発生頻度の関係性を用いて影響を予測した。

7.3.7 影響予測に必要な入力パラメータ

三次元水循環モデルでの予測解析に必要なパラメータは、下表に示す通り、気候シナリオでの気温、降水量、日射量、湿度、風速（いずれも日データ）である。

各シナリオでの各パラメータを、モデル入力用データとして準備し、解析を実施した。

表 7-11 三次元水循環解析モデルの予測解析に必要なデータ

予測対象	必要なパラメータ
地下水位、水収支、湖面水温	気温、降水量、日射量、湿度、風速の日データ

7.3.8 影響予測における留意事項（制限事項）

三次元水循環解析モデルによる影響予測では、現在の条件に対して、気象条件のみが変わった場合を想定して予測したものである。実際には将来は佐潟の周辺の社会情勢（人口や土地利用等：住居、農業）や生態系（植生分布等）の変化も想定されるが、それらの条件が変わることを想定していない。

7.4 調査結果

7.4.1 文献調査結果

7.4.1.1 地形・土地利用

佐潟周辺の地形と土地利用を下図に示した。

佐潟は標高 5 m 程度に位置し、佐潟の北西に標高 15～60 m 程度の砂丘が分布する。

佐潟の周辺には農地が広がり、南や南西側には住宅地が分布している。

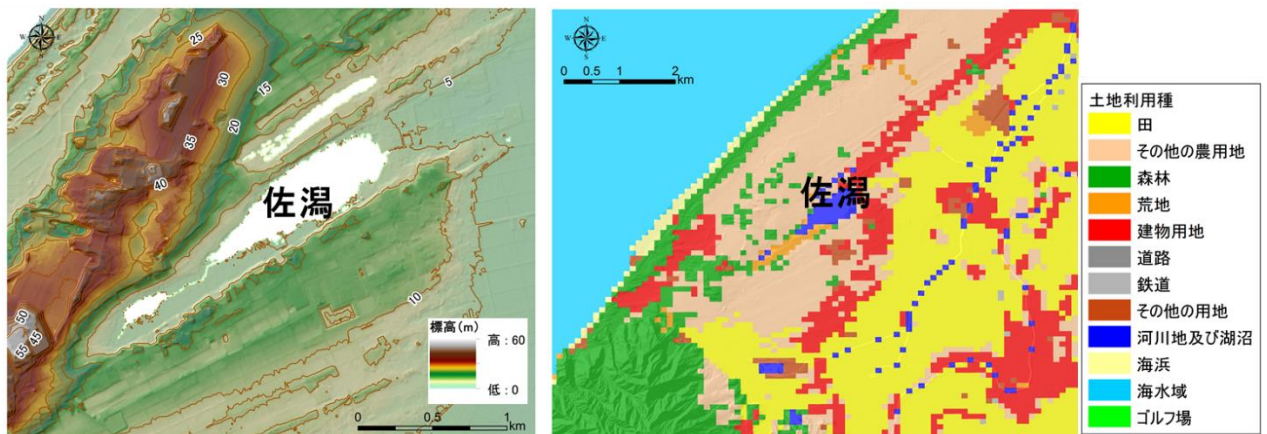


図 7-15 佐潟周辺の地形（左）、土地利用（右）

7.4.1.2 地質構造

佐潟周辺の地質について、砂丘は形成年代で大きく 3 つに分けられる。縄文時代前期に新砂丘Ⅰが、その後弥生時代にかけて新砂丘Ⅱが、最後に古墳時代に新砂丘Ⅲが形成された。

新砂丘Ⅲが形成された 1,300 年ほど前には、新砂丘ⅠとⅡまたは、ⅠとⅢの間のくぼ地に湧水などが涵養し、現在の佐潟に近い形ができていたと考えられている。

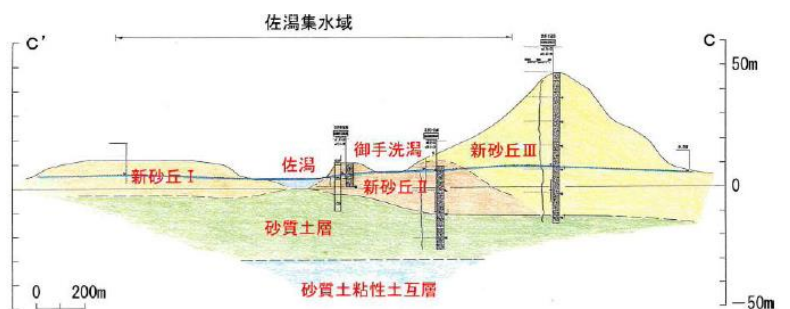


図 7-16 佐潟周辺の様子（上）地質構造（下）

7.4.1.3 湖水位の状況

佐潟の湖水位は時期によって管理水位が設定されており、夏に低く、冬に高くなる水位管理が行われている。ただし、近年では、水位を低くする夏に水位が高い状態となっているなど、必ずしも管理水位通りの運用にはなっていない年も見られている。

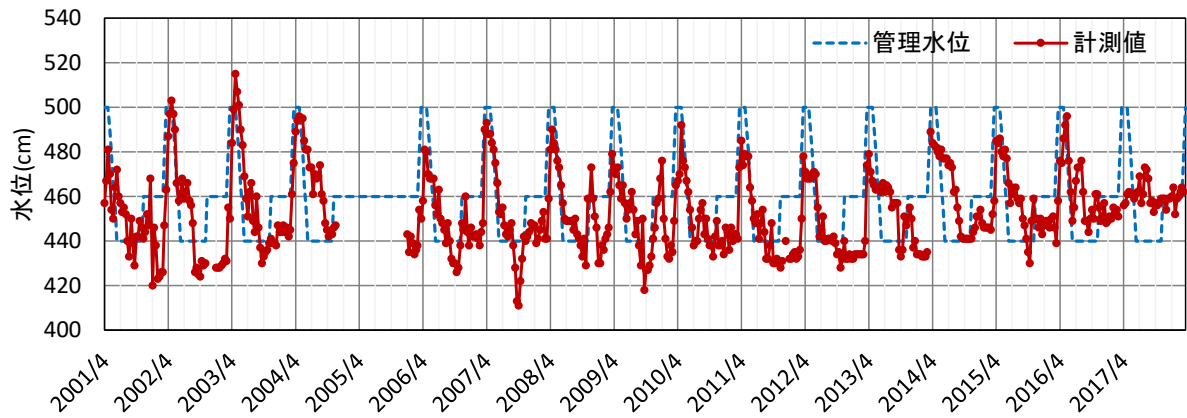


図 7-17 佐潟の湖水位の状況

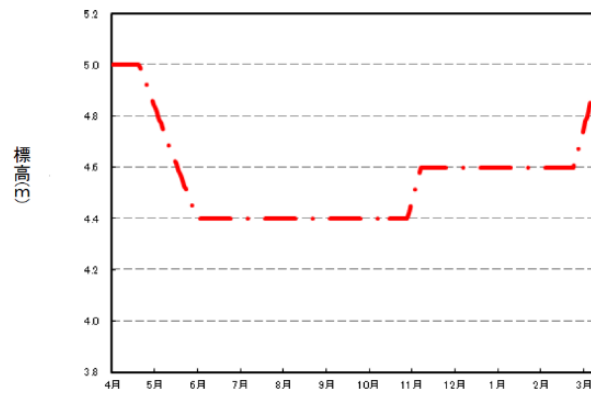


図 7-18 佐潟の管理水位 (1年間：4～翌3月)

7.4.1.4 佐潟における水生植物の変化と現状

(1) オニバス

オニバスの一般的な生態的特性を表 7-12 に示す。

表 7-12 オニバスの生態的特性

種名・学名・科名	オニバス <i>Euryale ferox</i> Salisb スイレン科
RD カテゴリ	環境省・絶滅危惧Ⅱ類、新潟県・絶滅危惧Ⅱ類、新潟市・絶滅危惧Ⅱ類
減少の原因	水湿地の減少、農地の改変、農薬使用、水質汚濁
生活型	1 年性水生植物（浮葉植物）
生態	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低地の富栄養型の池に生育する一年草。 ・ 根茎は短く、多数の根を束生する。芽生えの初期の葉は水上には出ず、刺はない。水上葉はしわがあり、葉裏は紫色で網目状に葉脈が隆起し、両面脈状に刺がある。 ・ 花は径約 4cm で長い花柄に頂生する。花弁は多数で紫色。花期は 8～10 月。 ・ 国内に自生する 1 年草としてはもっとも巨大。円形の葉は直径が 1m から、さらに大きくなると 2m をこえる。 ・ 春ごろに水底の種が発芽し、矢じり型の葉が水中に現れる。茎は塊状で短く、葉は水底近くから水面へと次々に伸びていき、成長するにつれて形も細長いハート型から円形へ変わっていく。 ・ 家庭排水や肥料の流れ込みによって、やや富栄養化した堀や農業用のため池などの人工的な環境によく生育する。しかし、ため池は都市化によって、水田とともに減少した。 ・ オニバスは水面に現れる開放花のほかに、水中の閉鎖花をもち、自家受粉して確実に結実し、種子を残す。この種子は何年もの間水底の泥の中で生き延びることができる。 ・ 何年もオニバスが見られなかった池で、突然オニバスが出現するのは、何かをきっかけにして土中の種子が芽をだすため。東京都では葛飾区の水元公園が唯一の自生地で、都の天然記念物に指定されている。
生育環境	池や沼
全国の分布	本州（新潟県が北限）、四国・九州。かつて宮城県が日本での北限だったが絶滅してしまい、現在では新潟県新潟市が北限となっている。
佐潟周辺における分布	2016 年は下潟の中央部から下流側の主に水際寄りに生育していた。2001 年頃までは上潟に広く生育していたが、現在はオニバスの生育はほとんどみられなくなった。
その他	アジア東部とインドにも分布することから、元来暖温帯～亜熱帯の気象条件が生育適地であると考えられる。

既往の佐潟における植生モニタリング調査報告書から、オニバスの生育に影響を及ぼす要因について書かれた記述は次の通りである。

オニバスの発生に影響を与える要因としては、温度、日照、水質の悪化や汚濁、水位の変化他の植物の繁茂などが考えられる。温度の影響に関して、新潟地方気象台観測の日平均気温から 10 度引いた値を合計して有効積算温度を求め、(略)……気温の低い年にはオニバスの生育が悪い傾向があることがわかる。

また、水位変化の影響については、「赤塚地区土地改良事業地下水等調査業務報告書」の 1992 年から 1995 年までの水位観測値でみると、1993 年のオニバスが発生しなかった年は、水位が高い。しかし、1993 年は低温の影響も強いと考えられ、4 年間の記録では水位変化の与える影響は明らかではない。

(1996 年(平成 8 年)報告書(表 7-5 の NO.3)より)

夏季の水位を低くしていることがオニバスの生育にどの程度寄与しているかは必ずしも明瞭ではないが、夏季の平均水位が 4.6m 程度以下に維持された年のほうが生育によいといえそうである。なお図からは、夏季の平均水温が高い年ほど生育がよいたった傾向もみてとれる……

(2001 年(平成 13 年)報告書(表 7-5 の NO.6)より)

6~7 月の水位が低いほど生育株数が多くなるといえそうである。上佐潟のオニバスは近年安定的に生育しているようであるが、夏季の水位が 4.7~4.8m と高い場合には、生育量が減少することが考えられる。

気温の変動傾向からみて、今夏の低温がオニバス等の水生植物の生育に影響を及ぼしたことが考えられる。

(2003 年(平成 15 年)報告書(表 7-5 の NO.7)より)

分布面積と夏季の水位の関係について、水位が最も高かった 1998 年度には上潟、下潟とも生育がみられず、下潟では水位が最も低かった 2000 年度に株数が増加した事例や、……

(2011 年(平成 23 年)報告書(表 7-5 の NO.10)より)



オニバス生育状況(1988 年(昭和 63 年)報告書(表 7-5 の NO.1)より)

既存の報告書の記述から、オニバスの生育には、夏場の水位が低く保たれていることと、夏場に低水温にさらされないことが重要であることが示唆される。

オニバスは1年生草本であることから元来攪乱地に適し、水位変動など変化のある環境に適応した生態を持つと考えられる。それゆえシードバンクを形成し（1年草の種子は、その一部は簡単には発芽せず、土中で埋土種子の集団（シードバンク）を形成することが多い）、適した環境条件が与えられるタイミングで発芽・生育し、繁殖する性質をもつと推定される。

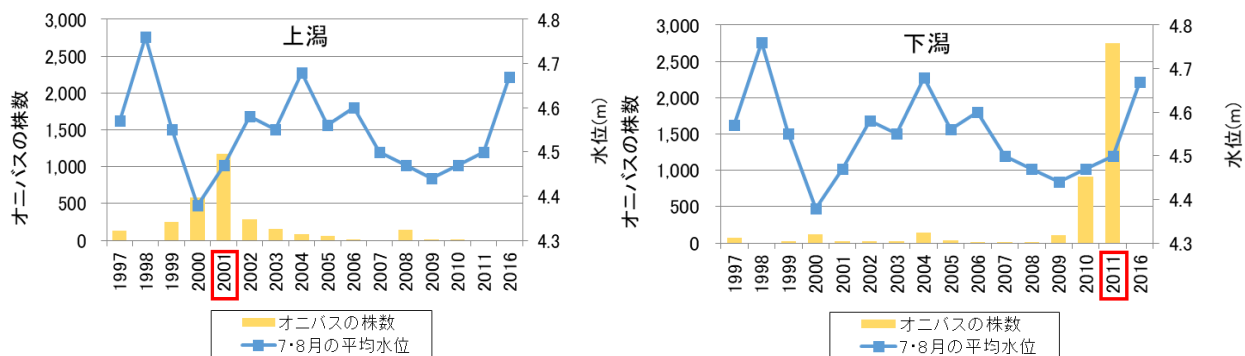
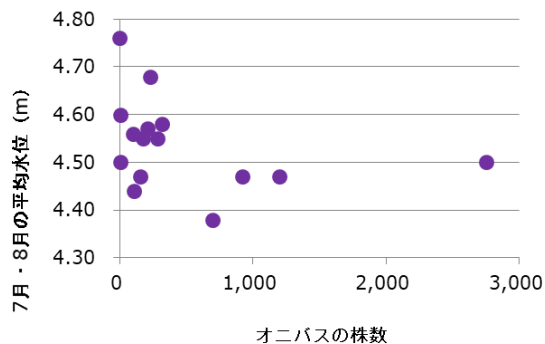


図 7-19 オニバスの株数と平均水位



出典：「佐潟周辺植生モニタリング調査業務（佐潟・御手洗潟）報告書 平成 29 年 3 月」

図 7-20 オニバスの株数と平均水位の相関関係

(2) 沈水植物

既往の報告書より、希少な水生植物の消長をみると、かつて文献で記載のあった沈水植物は、1997年のモニタリング調査が開始されて以降はほとんどが確認されていない。

これらの沈水植物の消失は、富栄養化の進行時期と一致している。

表 7-13 佐潟の希少な植物の経年的な確認状況

	科和名	種和名	文献1 74-81	文献2 85	文献3 87-88	文献4 87-88	文献5 92-93	文献記録 74-93	モニタリング調査							カテゴリー			水生・ 湿生植物	生活型	その他			
									97	99	01	03	05	07	11	16	環境省	県				市		
1	デンジソウ科	デンジソウ	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	VU	EW	EW	浮葉	多年草 夏緑性	注目	
2	スイレン科	オニバス	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	VU	VU	VU	浮葉	1年草	注目	
5	ミズアオイ科	ミズアオイ	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	NT	VU	VU	抽水	1年草		
8	カヤツリグサ科	スジヌマハリイ		●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	VU	VU	EN	抽水	多年草		
11	カヤツリグサ科	ヒメホタルイ	●	●	●			●										VU	EN		抽水		注目	
12	マツモ科	マツモ	●	●	●	●	●	●	●	●								VU	VU		浮漂			
16	アオハナ科	ミズユキノシタ						●												NT		沈水		
22	タヌキモ科	イヌタヌキモ									●		●					NT	VU	VU	浮漂			
		種数						6	5	4	5	4	3	4	4	4	5	7	8		8		3	
(モニタリング調査で生育が確認されていない重要種)																								
26	サンショウモ科	サンショウモ	□					□										VU	VU	VU	浮漂			
30	トチカガミ科	クロモ	●	●	●	●		●										VU	VU	VU	沈水			
31	トチカガミ科	トチカガミ	●	●	●	●		●										NT	VU	VU	浮葉		注目	
32	トチカガミ科	イバラモ	●	●	●	●		●											VU		沈水			
33	トチカガミ科	トリゲモ	●	●	●	●		●										VU	EN	EW	沈水			
34	ヒルムシロ科	イトモ	●		●			●										NT	VU	EW	沈水			
35	ヒルムシロ科	コバノヒルムシロ	●					●										VU	EN	EW	浮葉			
36	ヒルムシロ科	ヒロハノエビモ	●					●											VU	EW	沈水			
39	アリハトウグサ科	タチモ		●	●	●		●										NT	VU	EN	沈水			
40	オオハコ科	キクモ		●				●												NT		沈水		
44	ミツガシワ科	アサザ		□				□										NT	VU	EN	浮葉			
		種数						11	0									7	10	10	11			
																					野生絶滅	EW	0 1 5	
																					絶滅危惧I類	EN	0 2 4	
																					絶滅危惧II類	VU	6 14 7	
																					準絶滅危惧	NT	6 0 2	
																					地域個体群	LP	0 0 0	
																					種数		12 17 18 19	

文献NO	文献名	調査年
1	佐潟の自然－オニバス保護を中心として－. 新潟市文化財調査報告書(新潟市教育委員会、1982)	1974-1981
2	佐潟植生調査報告書(佐潟植生調査会、1986)	1985
3	佐潟植生モニタリング調査(新潟市農林課、1988)	1987-1988
4	湖沼自然環境実態調査報告書(新潟県環境保健部、1989)	1987-1988
5	新潟市佐潟公園整備に関する自然環境影響調査報告書(新潟市公園緑地課、1993)	1992-1993

出典：「佐潟周辺植生モニタリング調査業務（佐潟・御手洗潟）報告書 平成 29 年 3 月」 より一部加工

一般に、富栄養化が進行すると、水生植物群落は（桜井善雄、1981）

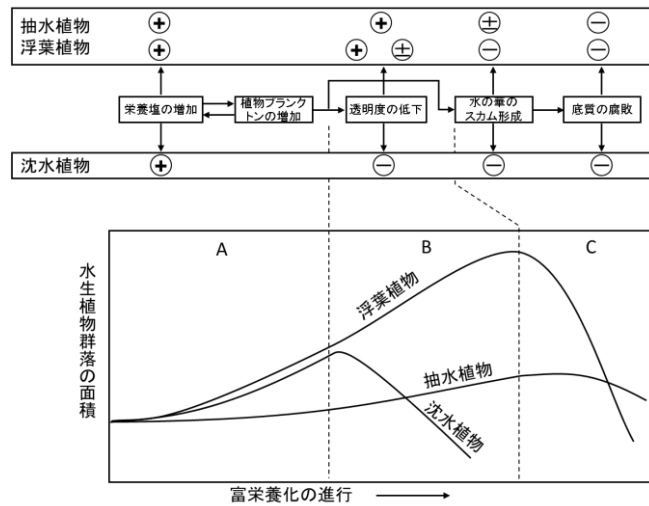
図 7-21 のような変遷を示す。

佐潟においても、1980 年頃にはまだ沈水植物が豊かに生育していたが、1985 年以降は水質汚濁が進み、モニタリング調査が始まった頃には、沈水植物は多くの種類がみられなくなった。現在は、浮葉、抽水、湿生植物が残っている。

・・・本佐潟・上佐潟は富栄養湖の中でも特に富栄養化の進行した湖沼として位置づけられている。水底に着床した種子、もしくは根株から水温上昇とともに茎葉を伸長させる植物は、少なくとも生育初期には水底に届く光を必要とし、沈水植物では生育期間中を通して必要である。しかし、現況の汚濁した水では、水底に届く光量は僅かで、固着性の浮葉・沈水植物には大きな生育阻害要因となる。

一般に、ため池等の暖温帯の湖沼の富栄養化・汚濁化は、まず沈水植物在来種の消失をもたらし、多様な構成種の植生から水域のヒシ、湿地域のヨシという単純な構成種の植生へと進行することが知られており、佐潟の場合、現象的によく一致している。

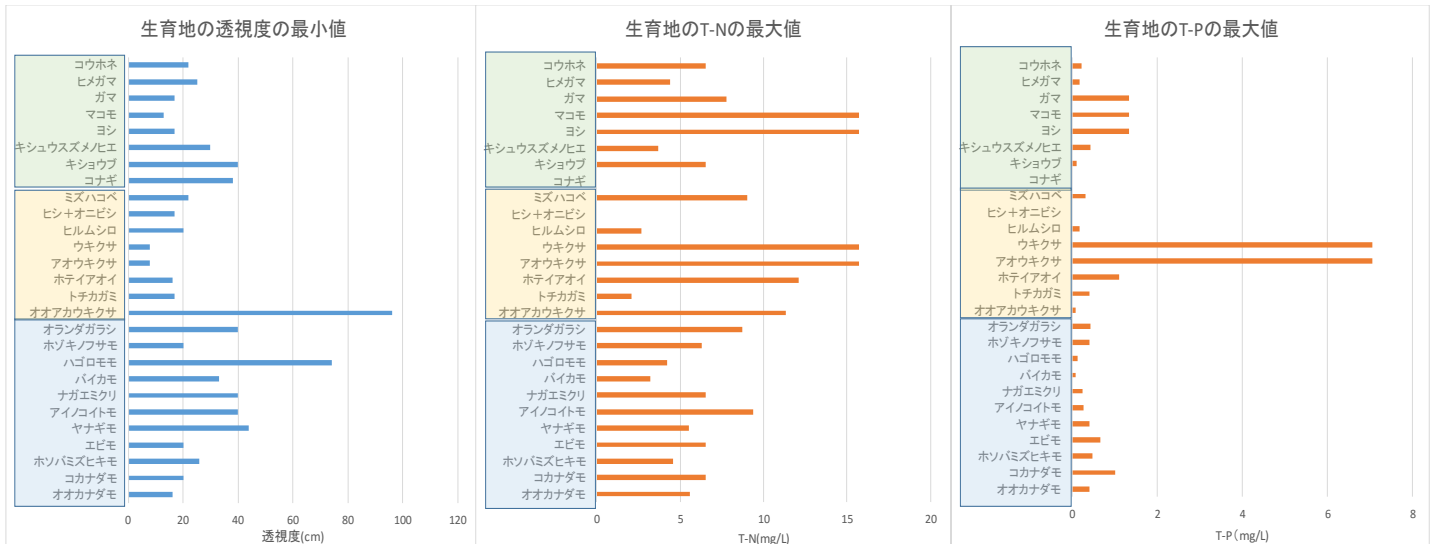
（1993 年（平成 5 年）報告書(表 7-5 の NO.2)より）



(桜井善雄、1981)

図 7-21 富栄養化と水生植物の変遷

参考資料として、生育地の水質と水生植物の分布の特性を整理した研究結果を図 7-22 に示す。バイカモ、コカナダモ、エビモなどの沈水植物の多くは透視度の高い水域に依存する傾向が強いことが分かった。これらの水質項目が高い生育地では、有機物による汚濁を示す COD などや SS は低く、沈水植物は一般的に水質が良好と考えられる場所に分布することを示している。



出典：小林浩幸・山本眞・國弘実「農村地域における水生植物の生育地の水質」雑草研究 VbL51 (2006) より作図

図 7-22 生育地の水質と水生植物の分布状況

(3)ハス

ハスの生態的特性を表 7-14 に示す。また、既往の調査報告書より、ハス群落とヒシ群落の分布の変遷を図 7-23、図 7-24 に示す。

- ・ 2017 年はハスが衰退、2018 年もハスが下潟にほとんど見られなかった。ヒシはわずかに下潟でみられた。
- ・ ハスの衰退は琵琶湖（2016 年）を初め、各所で起こっているという（表 7-15）。
- ・ 原因については、植生遷移における群落の衰退という正常な現象の一つである可能性もあるが、生育に適した粘土層の消失やミシシippアカミミガメ等による食害、水質悪化による影響なども可能性として挙げられている。
- ・ 一方、浚渫土からは多くの埋土種子やそれらの種子からの発芽も確認しているため、長期的には再び見られることも考えられる。
- ・ ハスの消長の原因については、佐潟における既往調査結果や、全国でのハスの衰退事例からも明快な答えは見つかっていない。

表 7-14 ハスの生態的特性

種名・学名・科名	ハス <i>Nelumbo nucifera</i> ハス科
RD カテゴリ	—
生活型	多年性水生植物（抽水植物）
生態	地中の地下茎から茎を伸ばし、水面に葉を出す。草丈は約 1 m、茎に通気のための穴が通っている。水面よりも高く出る葉もある。葉は円形で、葉柄が中央につき、撥水性があつて水玉ができる。 長い地下茎（越冬用の太った地下茎はレンコン）が分岐して株数を増やす。 日当たりを好み、耐暑性、耐寒性も強いが、冬場に水切れが起こると土壌生息菌などの影響により根腐れをおこす。また、冬場に水深が浅いなどで根が凍結すると枯れる。
生育環境	池や沼
全国の分布	オーストラリアやアジアからヨーロッパ東南部にかけて分布。中国から日本に渡来したといわれるが、京都府の洪積層から果実の化石が発見されていることからかつては自生していたという説もある。
佐潟周辺における分布	下潟、上潟全域に分布。御手洗潟全域に分布。
その他	東南アジアにも分布することから、元来暖温帯～亜熱帯の気象条件が生育適地であると考えられる。

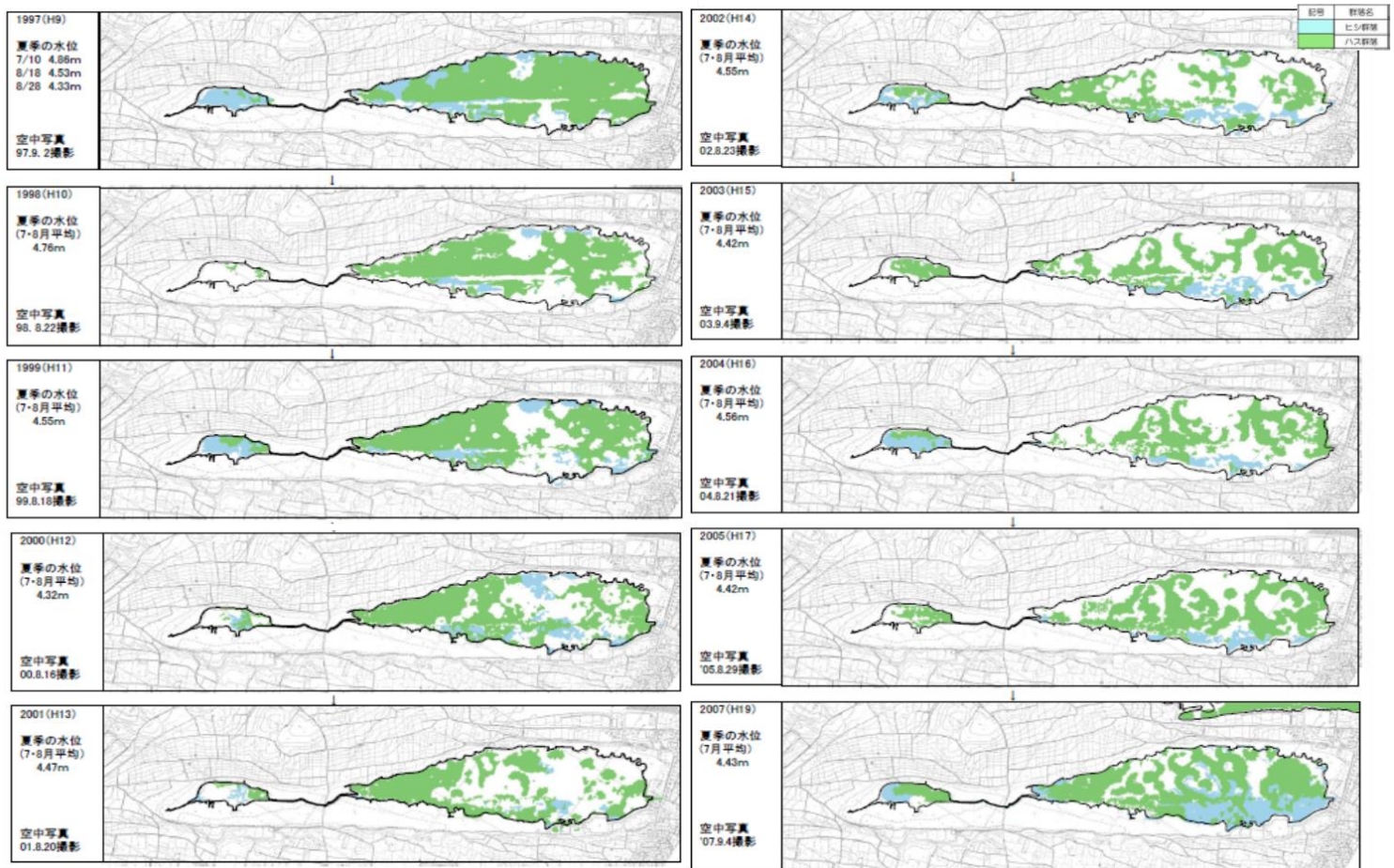


図 7-23 ハス、ヒシの分布状況の変遷(1)

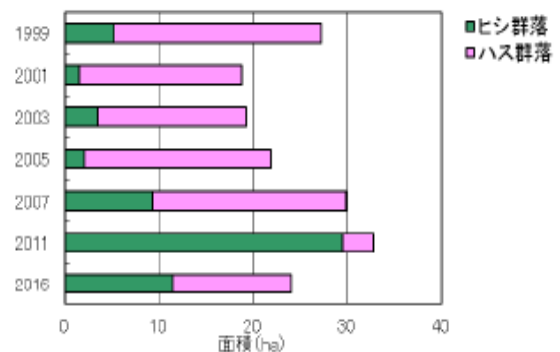
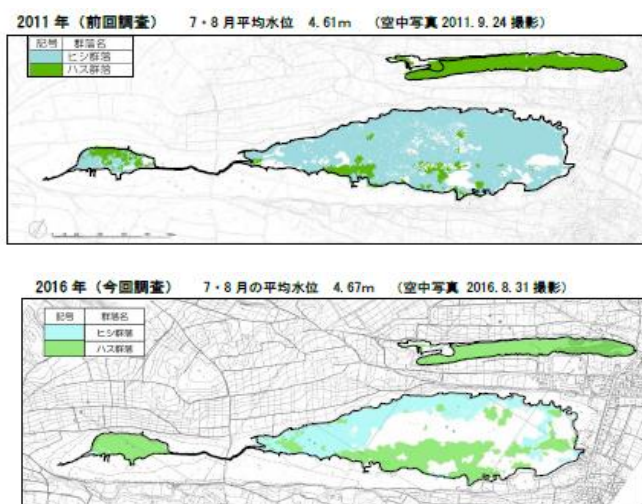


図5-5 ヒシ群落とハス群落の分布面積の推移

出典：「佐潟周辺植生モニタリング調査業務（佐潟・御手洗潟）報告書（平成 29 年 3 月）」

図 7-24 ハス、ヒシの分布状況の変遷(2)

表 7-15 ハスの消失例

場所	発生時期	状況	原因といわれていること
琵琶湖烏丸半島周辺 (滋賀県草津市)	2016年夏	13ha のハス群落 が2016年夏、 突然枯死した。	土壌環境の悪化(嫌気化、酸素不足) 有機物が湖底に堆積した結果
埼玉県蓮田市の黒浜沼	2015年から兆 候、2016年一 気に消滅		原因不明
茨城県つくば市 牛久沼に入る谷田川	2017年夏		①出水の時にハスの生育に適した泥が 流されて川底が砂地に変化した②アメ リカザリガニやミシシッピーアカミミ ガメまたはジャンボタニシが新芽や若 葉を食べてしまった③ハス特有のウイル スや線虫、菌などの病原体に感染した ④泥中の有機物が多くなり、分解する ときにメタンガスが発生して酸素が欠乏 し、呼吸困難で枯死した など、いくつ か考えられている。
岐阜県海津市の木曾三川 公園アクアワールド水郷 パークセンターの義呂池	2016年夏	5.2ha の池のハ スが開花なし	原因不明

(4) 水生植物の変遷

佐潟における水生植物に関する既往調査結果から、経時的な変化をとりまとめ、特に環境条件との応答関係に着目して表 7-16 に概略をとりまとめた。

表 7-16 佐潟の環境条件と水生植物の変遷

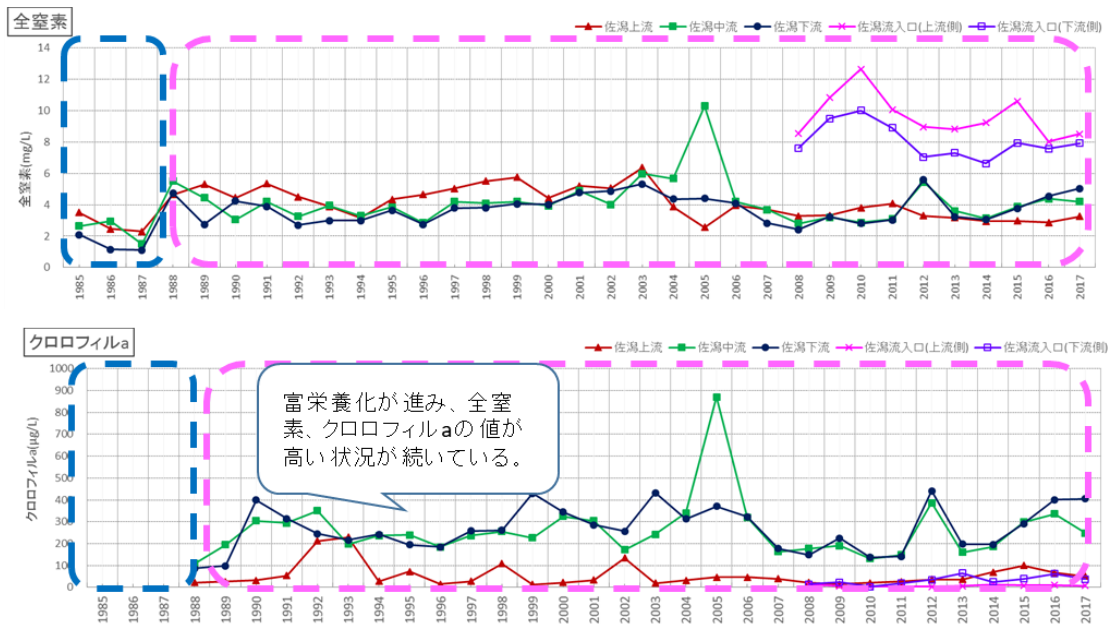
		1980年代	1990年代	2000年代	2010年代
水位管理			夏季 高水位	2000年より夏季 低水位(標準水位4.4m)	2011年より再び夏の水位徐々に増加 2016年には夏の水位が4.7m近く
水質			富栄養化進行	アオコ発生が顕著	アオコが毎年発生
水生植物	沈水植物	沈水植物がまだ見られた(タチモ、トリゲモ類) クロモ、イバラモ、タチモなどの沈水植物群落記録	沈水植物(マツモ、クロモ等)はほとんど消失	沈水植物はほぼ消失	近年はエビモ、マツモ、オトリゲモ等比較的水質汚濁に強い種が記録
	浮葉植物	ヒツジガサ、ガガブタ、アサザなどが分布			
	オニバス	オニバスが潟面1/2を占める。	オニバス減少 出ない年もある。	・下潟では10~40株の年度が多かったが、2000年度には120株、2004年度には143株と増加 ・上潟では2001年の1,170株をピークに年々減少	・下潟で2010年度は900株以上を確認、2011年度は最も多く2,753株を確認 ・上潟で2001年をピークに年々減少し、2011年度は生育個体をわずかに確認
	ハス		ヒシ、ハス群落が大方を占める。	ハスは上潟で拡大傾向、下潟で縮小傾向	・ハスは2011年に激減 ・近年で、ハス、ヒシとも下潟で減少
	ヒシ		ヒシ、ハス群落が大方を占める。	ヒシは上潟で増減、下潟で増加傾向	
	周辺の抽水植物	ヨシが周辺に徐々に拡大	抽水植物(ヒメガマ、マコモ、シヨブ群落)の拡大	ヨシ群落の安定化、ヤナギ群落の安定化	
変化コメント		・植生の変化の兆候が指摘される。 ・大型高茎草本(ヨシなど)の繁茂、富栄養化などが指摘され始める。	水生植物の消失は水質の富栄養化、水位管理の変化、人為的干渉の消失が原因	2003年、7月の平均気温が22.2℃で例年に比べ4℃低い。低温がオニバス等の水生植物の生育に影響。ハスへの影響は明確でない。 沈水植物は、富栄養化に伴い、十分な光量を受けることができなくなったためほぼ消失	

7.4.1.5 環境変化に伴う水生植物の変化

(1) 富栄養化によって変わる植物相

1) 沈水植物の衰退

既往調査より、1980年代までは沈水植物が見られていたが、富栄養化とともに、クロロフィルaが高い状況が続き、沈水植物が衰退した。将来、気温が上昇すると、富栄養化が進行しているなかで、植物プランクトンの繁殖が促進され、クロロフィルaがさらに高くなると予想される。水中の光量はさらに悪化し、現在わずかに残る沈水植物は消失することが懸念される。現在確認されている希少種のマツモ、ミズユキノシタ、イヌタヌキモや、トリゲモ、ヤナギモといった沈水植物も、将来消失の恐れがある。



出典：新潟市提供資料

図 7-25 佐潟の全窒素（上）とクロロフィルa(下)の変遷

表 7-17 佐潟の希少種の変遷（佐潟周辺植生モニタリング調査業務(平成 29 年 3 月)より）

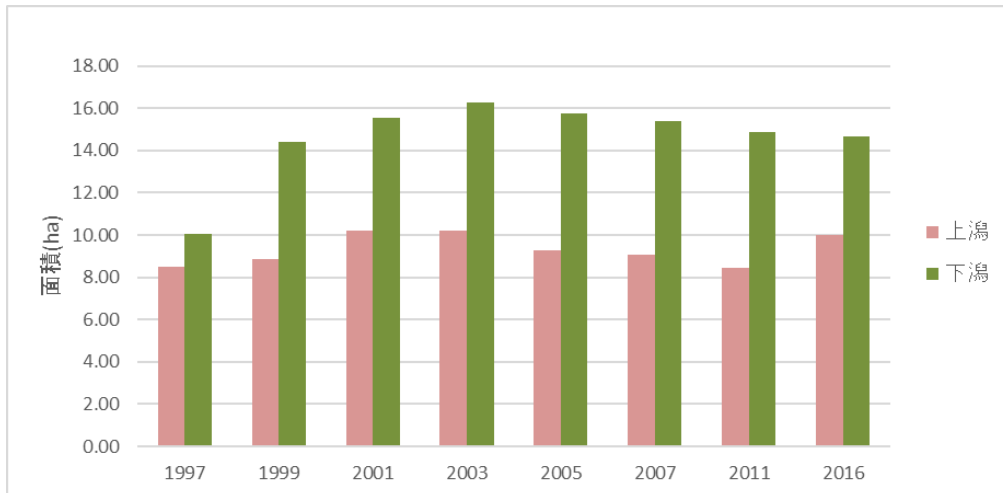
科和名	種和名	文献1 74-93	文献2 74-81	文献3 85	文献4 87-88	文献5 87-88	文献6 92-93	モニタリング調査								カテゴリー			水生・ 湿生植物	生活型	その他	
								97	99	01	03	05	07	11	16	環境省	県	市				
1	デンジソウ科 デンジソウ	●	●	●	●	●											VU	EW	EW	浮葉	多年草 夏緑性	注目
2	スイレン科 オニバス	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	VU	VU	VU	浮葉	1年草	注目
5	ミズアオイ科 ミズアオイ	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	NT	VU	VU	抽水	1年草	
8	カヤツリグサ科 スジスマハライ	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	VU	VU	EN	抽水	多年草	
11	カヤツリグサ科 ヒメホタルイ	●	●	●	●	●				●								VU	EN	抽水		注目
12	マツモ科 マツモ	●	●	●	●	●	●	●	●	●						●	VU	VU	浮葉			
16	アカバナ科 ミズユキノシタ							●										NT	NT	沈水		
22	タヌキモ科 イヌタヌキモ										●				●		NT	VU	VU	浮葉		
	種数	6						5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	7	8	8		3
(モニタリング調査で生育が確認されていない重要種)																						
26	サンショウモ科 サンショウモ	□	□														VU	VU	VU	浮葉		
30	トチカガミ科 クロモ	●	●	●	●	●											VU	VU	VU	沈水		
31	トチカガミ科 トチカガミ	●	●	●	●	●											NT	VU	VU	浮葉		注目
32	トチカガミ科 イバラモ	●	●	●	●	●												VU	VU	沈水		
33	トチカガミ科 トリゲモ	●	●	●	●	●											VU	EN	EW	沈水		
34	ヒルムシロ科 イトモ	●	●	●	●	●											NT	VU	EW	沈水		
35	ヒルムシロ科 コバナヒルムシロ	●	●	●	●	●											VU	EN	EW	浮葉		
36	ヒルムシロ科 ヒロハノエビモ	●	●	●	●	●											VU	EN	EW	沈水		
39	アリトウグサ科 タチモ	●	●	●	●	●											NT	VU	EN	沈水		
40	オオバコ科 キクモ	●	●	●	●	●												NT	NT	沈水		
44	ミツガシワ科 ミツガシワ	●	●	●	●	●														浮葉		

1980年代までは希少な沈水植物も見られていたが、1990年代以降、確認されなくなつた。水質悪化の時期と沈水植物の消失時期はよく一致している。

2) 抽水植物（ヨシ、ガマ等）の過剰繁茂

周辺の抽水植物は、富栄養化に加えて、人の手が入らなくなったため、植生遷移が進み、抽水植物群落は拡大傾向に向かう。やがて長期的には樹林が成立することも考えられる。1997年以降のヨシ群落面積は、2003年まで増加傾向にあった。樹林の面積も増加している。

貧栄養状態の湿地を好む植物は、富栄養化や植生の遷移の進行とともに、復元が困難になると考えられる。



佐潟周辺植生モニタリング調査業務（佐潟・御手洗潟）（平成29年3月）のデータより作図

図 7-26 ヨシ群落面積の推移(単位:ha)

(2) 底質悪化（富栄養化の進行）によるオニバスやハスへの影響

既往調査より、オニバスは富栄養化の進行とともに衰退したことがわかる。ハスも近年になって衰退が認められている。

この原因として、底質の極端な悪化が影響している可能性が考えられる（他地域でも同様の事例がある）。今後、富栄養化の進行により、底質悪化がさらに進み、オニバス、ハス、ヒシも更に衰退してしまう可能性が示唆される。

オニバスについては、沈水葉期の水中光量が十分であること、浮葉期の水深が浅いこと、成長期・果実期の底泥の好気条件が重要であるが、富栄養化の進行による水中光量の低下、底質の悪化、水深の増加により、衰退することが示唆されている。

また、オニバスの生育と水質条件については、次のような知見がある。

- ・ オニバスの生育地について、岡田（1935）は、「いづれも極めて低平の地であって決して高地に見られぬことは明瞭に認められている。特に稀有の植物と云うわけでは無いが、如何なる沼にも生じる普遍性は欠けてゐる。」とのべている。
- ・ 数ヶ月で巨大な植物体に成長するためには十分な栄養が必要であり、そのため水の澄んだ貧栄養の池には育たず、やや富栄養化の進んだ中～富栄養の池に生育するといわれている（角野，1983）。
- ・ 低地の富栄養の池に生育するが、水質汚染によって富栄養化が極端に進みアオコの発生が見られるような段階になると、著しく生育を阻害されるようになる。アオコの発

生によって生育が阻害された個体は、まず地下部が被害を受ける。発芽しても根の発育が悪く、幼植物の段階で枯死する（角野，1981，1984）。

- ・ 久米(1992)は香川県のオニバスの生育状況とともにアオコの発生状況の調査も行い、オニバス発生率の減少傾向とは逆にオニバス調査池においてアオコの発生率が年々増加していることを示している。

表 7-18 ハスの消失例

場所	発生時期	状況	原因といわれていること
琵琶湖烏丸半島周辺 (滋賀県草津市)	2016年夏	13ha のハス群落が2016年夏、突然枯死した。	土壌環境の悪化(嫌気化、酸素不足)有機物が湖底に堆積した結果
埼玉県蓮田市の黒浜沼	2015年から兆候、2016年一気に消滅		原因不明
茨城県つくば市 牛久沼に入る谷田川	2017年夏		①出水の時にハスの生育に適した泥が流されて川底が砂地に変化した②アメリカザリガニやミシシッピーアカミミガメまたはジャンボタニシが新芽や若葉を食べてしまった③ハス特有のウイルスや線虫、菌などの病原体に感染した④泥中の有機物が多くなり、分解するときメタンガスが発生して酸素が欠乏し、呼吸困難で枯死した など、いくつか考えられている。
岐阜県海津市の木曾三川公園アクアワールド水郷パークセンターの義呂池	2016年夏	5.2ha の池のハスが開花なし	原因不明

表 7-19 オニバスの生活史（香川県の場合）

時期	成長段階	生育条件など
3月末～5月初旬	種子発芽	
	沈水葉期	この期間は光が必要 食害にあいやすい
5月中旬	4枚目の葉がスイレン葉(浮葉)	水深が深いと根が抜けて流れることがある。
	浮葉期	
6月下旬	10枚目くらいから楕状の葉	
	浮葉期 旺盛な成長	底泥が好氣的であるほうがより分解が進む。
6月下旬～9月中旬	閉鎖花	
8月中旬～10月初旬	開放花	
9月下旬～10月下旬	果実が成熟	富栄養化が進みすぎると果実が成熟する前に根が腐って抜け、水面に浮く。毎年それが続くと衰退する。

出典：「香川の環境 オニバス保護管理マニュアル」（香川県 HP）

7.4.1.6 佐潟における水質悪化要因

佐潟における水質調査結果を図 7-27 に示す。佐潟では、夏期（7～9月）に、クロロフィル a が上昇してアオコが発生し、水質が悪化する傾向がみられている。近年、夏期のクロロフィル a のピーク値が増加傾向にあり、特に夏季の7～9月に水温が 30℃を上回ると、クロロフィル a 濃度が上昇傾向することが把握できる。また、過去（1990 年代）には、夏の水温は 30 度を超えることはほとんど生じていなかった。

アオコが増殖して水質が悪化する現象は、水温上昇が契機になるが、水質の富栄養化が前提となっている。富栄養化は、周辺の耕作地からの栄養塩流入が原因となっている。

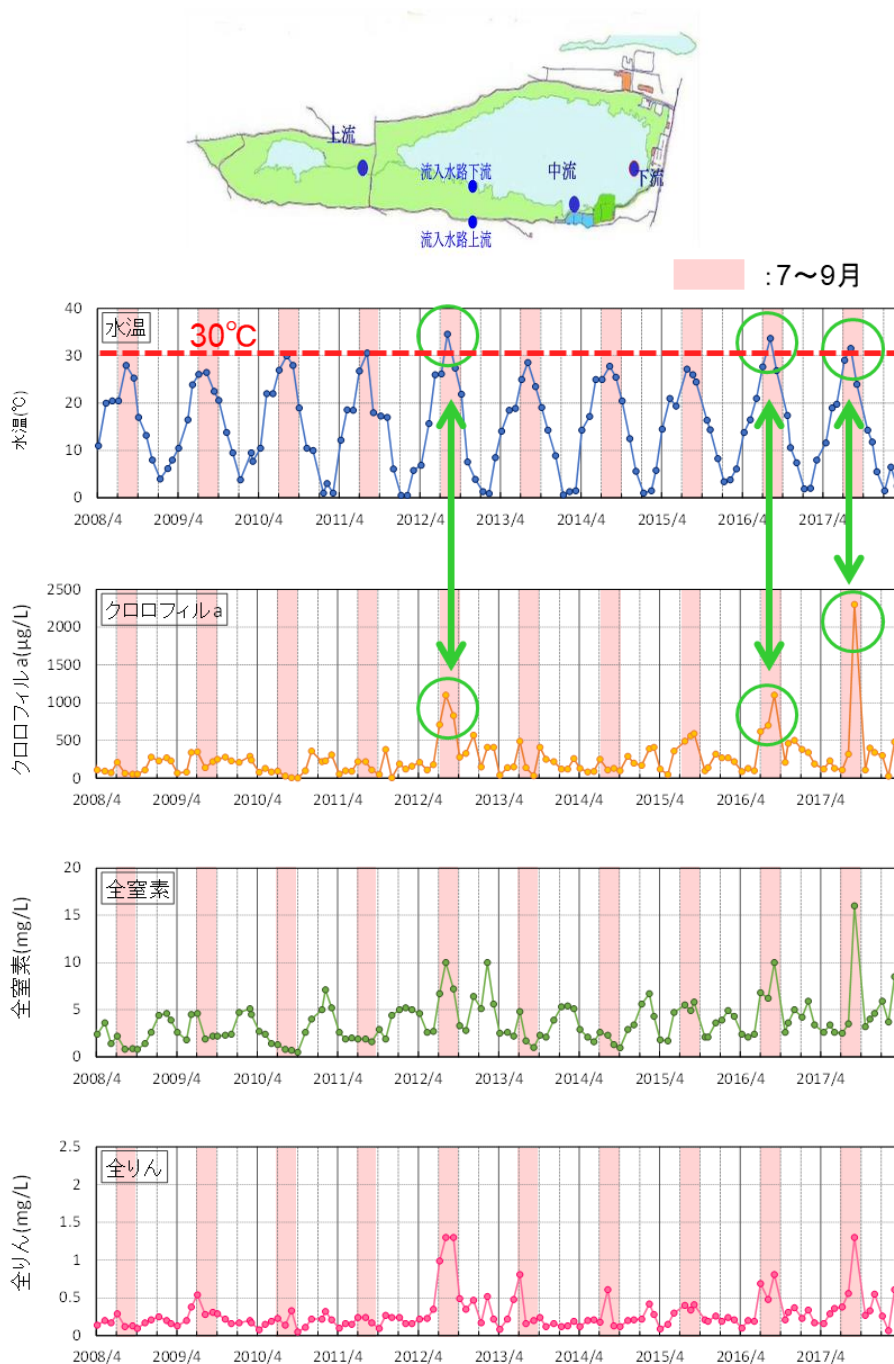


図 7-27 佐潟における水温・水質の変化

7.4.1.7 佐潟における地域の既存の取組

佐潟では、新潟市が事務局として、2006年に「佐潟周辺自然環境保全連絡協議会」を組織し、佐潟周辺自然環境保全計画を策定して、様々な取り組みを行っている。

表 7-20 佐潟における既存の取り組み

目標	取り組み項目		具体的取り組み
多種多様な動植物が生息・生育しやすい環境づくり	ア. 潟固有の水生植物が生育しやすい環境をつくる	1	水位管理による水生植物の保全
		2	ヨシ原の適正な管理
		3	自然生態観察園の活用
	イ. 希少動植物をはじめとして、生物多様性の豊かな環境をつくる	4	適切な維持管理
	ウ. 外来動植物が生息・生育しないための効果的な駆除対策を行う	5	外来種の生息・生育状況の把握及び駆除
	エ. 鳥類が成育しやすい環境をつくる	6	生息状況の把握
		7	人為圧対策
		8	ルアー釣りへの対応
		9	佐潟周辺を含めた生息環境の保全
	オ. 魚介類が生息しやすい環境をつくる	10	生息環境の維持管理
	カ. ブラックバスなどを入れさせない防止活動を進める	11	密放流防止の啓発や定期的な調査の実施
	キ. ゾーニングの手法を用いて守り育てる環境保全方法を検討する	12	ゾーニングによる環境保全方法を引き続き検討
佐潟及びその周辺を含めた地域環境の保全	ア. 緑地帯を保全する	13	多様な樹種構成による緑地帯の維持管理
		14	水質調査の継続実施
	イ. 佐潟の水質を現在より少しでも改善する	15	ヨシ原の適正な管理を初めとした地域住民の取組み
		16	環境保全型農業の推進
		17	効果的な水質改善手法の検討・実践
		18	下潟の水位管理
	ウ. 適正な水位管理を実施する	19	上潟の水位管理の検討
		エ. 佐潟及び御手洗潟を一体的にとらえ、その周辺を含めた広域的な保全を行う。	20
	21		農業廃棄物・産業廃棄物の適正な処理
	22		水文・水源管理
	23		御手洗潟の保全
	24		佐潟周辺自然環境保全連絡協議会の運営
25	動植物モニタリング調査の実施		
調査・研究結果の有効活用による自然環境保全の推進	ア. モニタリング調査を継続して実施する	26	自然環境モニタリング調査の実施
		27	文献の収集、資料リスト整備の継続
		28	市民団体と連携した動植物調査を実施
	イ. 市民団体などと連携し、動植物の生息・生育状況を調査する	29	ハクチョウを中心とした冬鳥の飛来数を把握
		ウ. 潟の研究を多面的にすすめる	30
	31		研究結果の活用

出典：佐潟周辺自然環境保全計画（H12.5策定、H31.4改定（現、第4期））

7.4.2 有識者ヒアリングの結果

7.4.2.1 アドバイザーヒアリング

有識者ヒアリングより得られた主な知見及び助言を以下に示す。

(1) 佐潟の水生植物の現状

- ・ 現在、沈水植物は現在ほとんど確認されていない。オニバスの消長のキーはいまだ不明である。現在予定している予測結果情報の場合、希少種では評価が難しい。浮葉植物（ヒシやハス）、抽水植物（ヨシ）等が、将来より拡大（または減少）する可能性があるなどのレベルでの評価となる。

(2) 気候変動と植生変化の予測の可能性

- ・ 水温の上昇は植生に影響を与える可能性がある。特に、沈水植物には影響があると考えられる。湿性の植物や水面に葉を展開しているようなハスなどは水温の影響はほとんどないと考えられる。

(3) 植生の変化の要因

- ・ 沈水植物には時期によって低水位であることは重要である。水深が浅くなることで、光を受けることができるし、成長のための水温上昇にもプラスである。水質が悪化すると成長に支障がある。
- ・ 沈水植物の生育には、気温上昇・水温上昇は、光合成に必要な水中の遊離炭酸濃度（CO₂）が減少するため、生理活性が衰えると考えられる。バイカモの場合、水温が20度以上になると、生理活性が落ちる。つまり、沈水植物にとっては、気温上昇はマイナスの影響をもたらす可能性がある。

(4) 植生への影響予測

- ・ 湧水量が増えることは、滞留時間が短くなるので、沈水植物の生息場に対しては良い影響であろう。根上がり等、水生植物の初期生長への影響については、その時期の水位変動を見た上で評価する必要がある（水位が高くなる頻度が増える等）。生長した後水位が高くなっても影響はない。
- ・ 湧水量の変化により、潟の水位変動が大きくなる可能性がある。水位変化が大きくなると影響が強くなるのは抽水植物かもしれない。定期的にシードバンクを作る一年草などは瞬間的な変化に対してはすぐに再生できるため、むしろ強い。しかし、コウホネなどはシードバンクを作らない種は水位変動には比較的弱い。攪乱依存の種は水位変動には強く、ヒツジグサやタヌキモなどの安定した池に生息する種は湧水が続くと消える。

(5) 適応策について



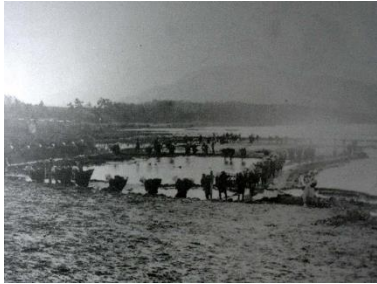
- ・ 系統維持について。ハス、ヒシについては域外で生育させることはノウハウが蓄積されているため難しくないだろう。オニバスについても同様である。県内の福島潟では水生生態園に避難させて分散させながらオニバスを維持している。そもそも、温暖化による影響としてはこれらの植物にはプラスに働く。
- ・ 周辺の農業や産業に対して、その事業活動をやめることはできない。ステークホルダーが多い。こういう対策をすればこうなるということを示すことが重要になる。目指す姿がどのくらいの範囲なのか、ターゲットは何なのかということを設定し、共有することが重要。現在の環境を維持するのか、過去の姿を求めるのか。このくらいの範囲にあればよいという目標像を設定することが重要であろう。
- ・ 佐潟では、観光や人々の利用の視点からハスは重要な位置付けにあると考えれば、人々の利活用を重視するゾーン（ハス等の繁茂域）、希少な植物を保全するゾーンといったゾーニングデザインを議論し、計画に反映することも重要ではないか。

7.4.2.2 地元関係者ヒアリング

地元で活動する関係者（3名）に、現在行っている取組みのほか、今後取り組むべきことについて、聞き取り調査を実施した。

◆ヒアリング実施日：2019年9月17日

表 7-21 ヒアリング結果

聞き取り先	コメント概要
<p>地元関係者</p>	<ul style="list-style-type: none"> 水門の底面が高いため、佐潟の泥が排出されない。 かつては水田があり、そこに水を引くために佐潟の水が1年に1度は入れ替わっていた。また、潟普請でとった泥を水田にまいていた。採れた魚を食べていた。昔の暮らし方によって水がきれいに保たれていた。 <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="display: flex; justify-content: space-around;"> かつての潟の水田の様子（新潟市提供） 昭和前期 潟の水田の様子（新潟市提供） </p>
<p>地元環境団体のメンバー</p>	<ul style="list-style-type: none"> 負荷低減対策として、畑から流出した栄養分の直接流入を防ぐために潟の周囲に側溝を掘ることも考えられる。 連絡協議会で、各機関団体が、もっと連携して一緒になって取り組む必要がある。大学との連携も考えられる。
<p>地元環境団体のメンバー</p>	<ul style="list-style-type: none"> 佐潟周辺では、昔の暮らしから生活様式が変化してしまったために、佐潟と人々との関係も変わってしまった。 子どもたちに、かつての佐潟と人との関わりを知ってもらい、佐潟を身近に五感を使って知ってもらうために、潟普請のイベントを続けている。 佐潟水鳥・湿地環境センターに、啓発や情報発信の役割を果たしてもらいたい。 <div style="text-align: center;">  <p>潟普請（新潟市提供）</p> </div>

7.4.3 観測や実証実験の結果

本調査では、観測や実証実験は実施していない。

7.4.4 気候変動影響予測結果

7.4.4.1 物理的条件の予測結果

(1) 地下水位

将来の地下水位は、佐潟周辺の2地点ともに、いずれのケースでも平均的には現在と同じ程度で、明確な変化傾向は見られないが、変動の幅は大きくなり、現在での最小値を下回る（地下水位が低下する）年が生じると予測された。

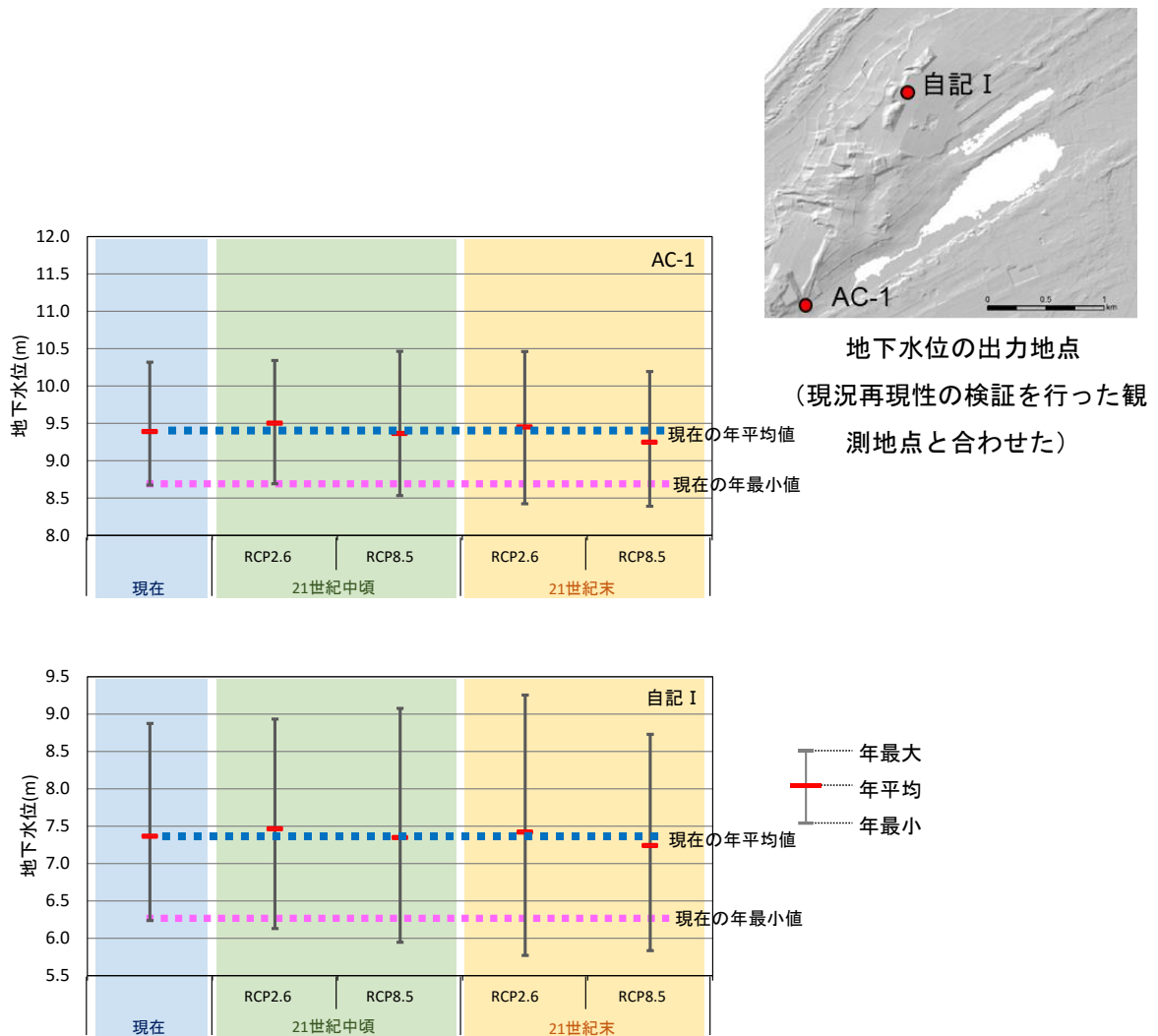


図 7-28 年平均地下水位 (佐潟周辺)

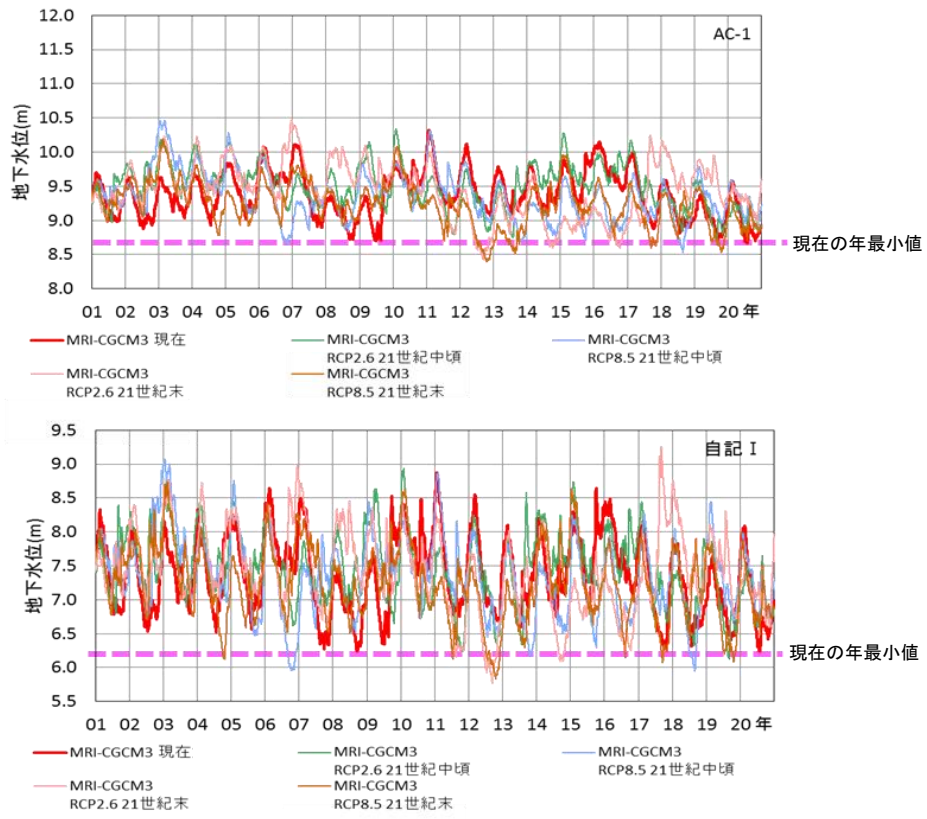


図 7-29 地下水位の経日変化（佐潟周辺）

(2) 水収支

佐潟への流入量について、20ヶ年の年平均ではほぼ同程度であったが、21世紀末（RCP8.5）のケースでは、現在の年最小値よりも少なくなる年が生じると予測された。

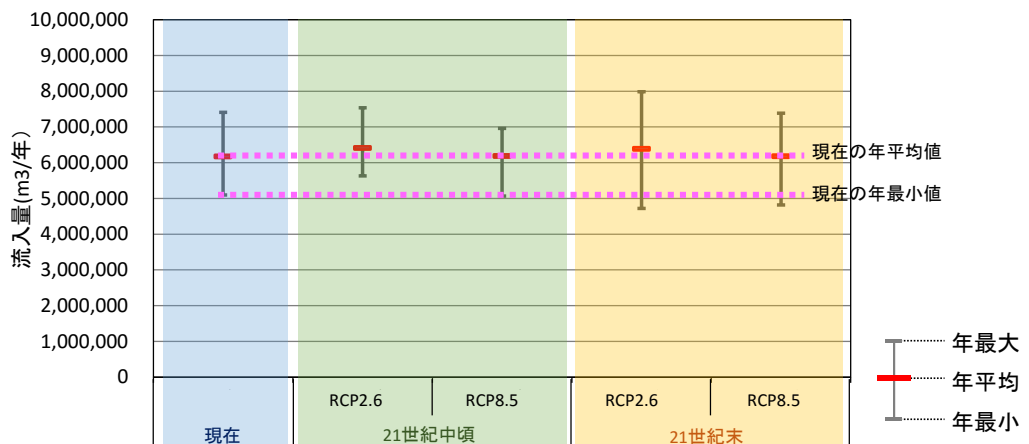


図 7-30 年間流入量（降水量＋湧水量＋表面流入量）（佐潟）

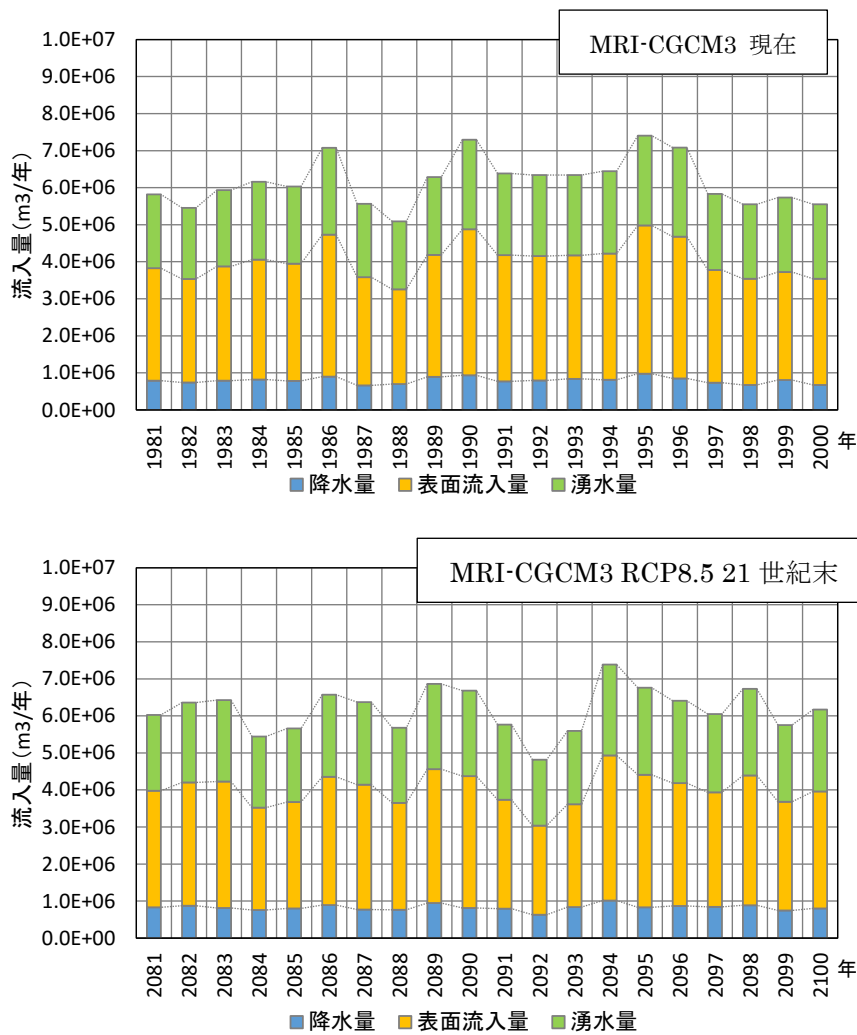


図 7-31 年流入量（降水量+湧水量+表面流入量）（年）（佐潟）

(3) 湖面水温

湖面水温について、年平均値では 21 世紀中頃では上昇量は小さいが、21 世紀末 (RCP8.5) のケースでは、年最大で約 33℃まで上昇（現在より約+3℃）する年がある。

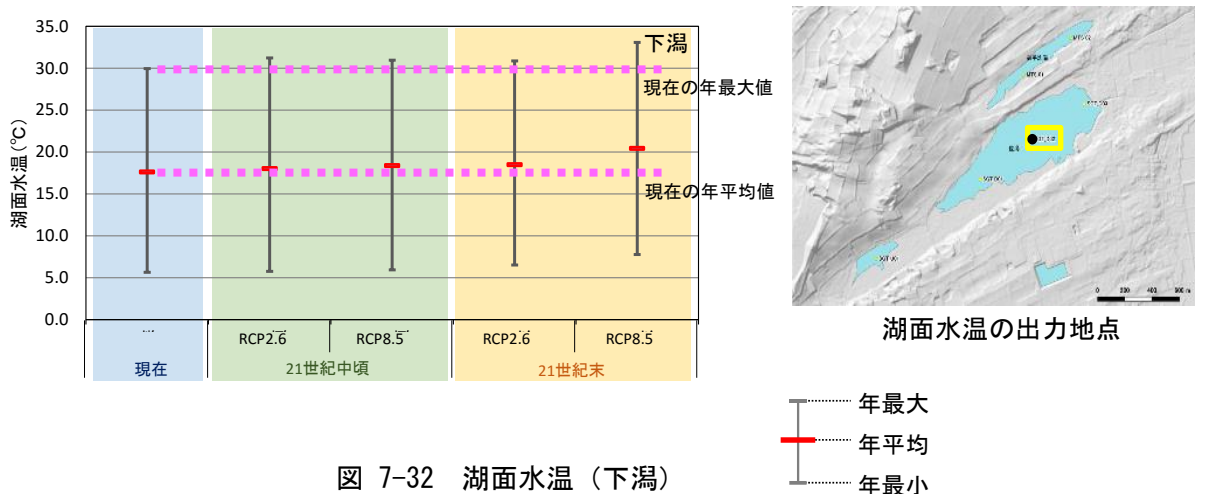


図 7-32 湖面水温（下潟）

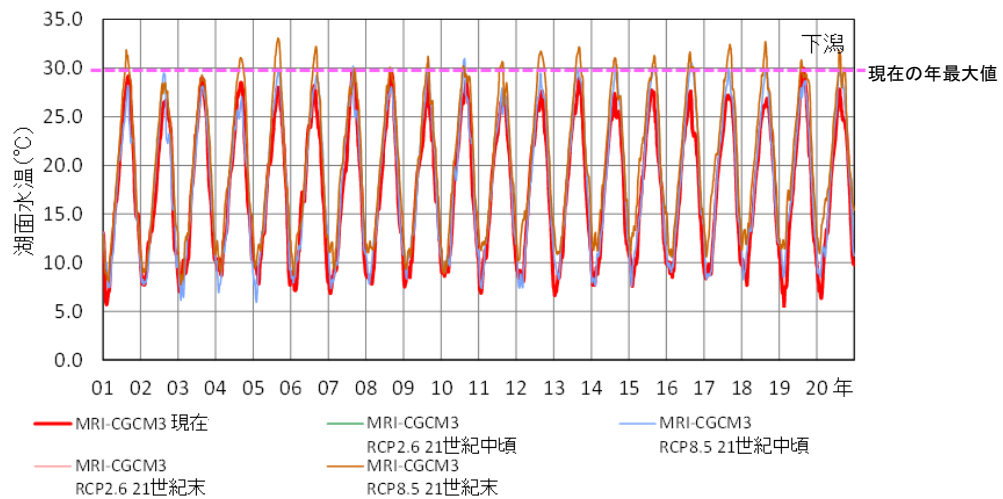
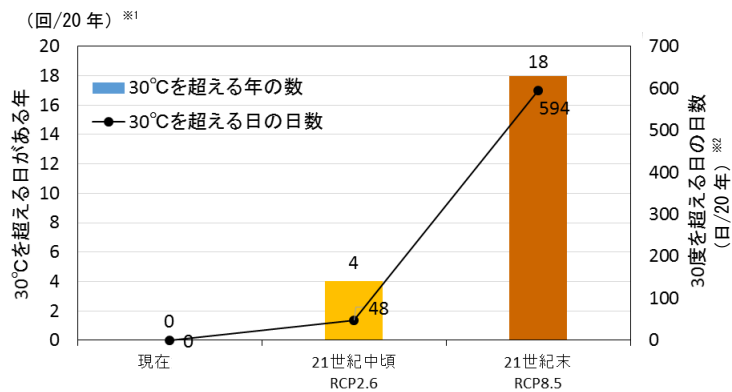


図 7-33 湖面水温の経日変化 (20 ヲ年) (下潟)

三次元水循環解析モデルによる解析によって、将来、佐潟の湖面水温について、アオコ発生が見られるようになる湖面水温が 30°C を超える頻度が現在よりも高くなることが予測された。

現在でも佐潟では、夏期 (7~9 月) に湖面水温が 30°C を上回ると、クロロフィル a 濃度が上昇 (アオコが発生) して、水質が悪化する傾向がみられている。

将来、湖面水温が 30°C を超える頻度が高くなると、アオコが発生する頻度が現在よりも高くなると考えられる。



※1: 20年間のうち水温が 30 度を越える日がある年の回数

※2: 20年間のうち水温が 30 度を越える日数

図 7-34 湖面水温が 30 度を越える年数及び日数 (再掲)

7.4.4.2 水生植物への影響予測結果

(1) 冷涼な気候を好む植物への影響

スジヌマハリイ、ヤナギトラノオなどは冷涼な気候を好む種であり、現在も遺存的に残っていると考えられる。これは、湧水や水辺の環境が、これらの遺存的な種の存続を可能にしていたと考えられる。暖温帯気候は存続するものの、温量指数が増加すると、将来はこうした冷涼な気候を好む種の生育が困難になる可能性が示唆される。



図 7-35 スジヌマハリイ(カヤツリグサ科) (分布の南限は九州地方) (左)とヤナギトラノオ(サクラソウ科) (分布の南限は琵琶湖周辺) (右)

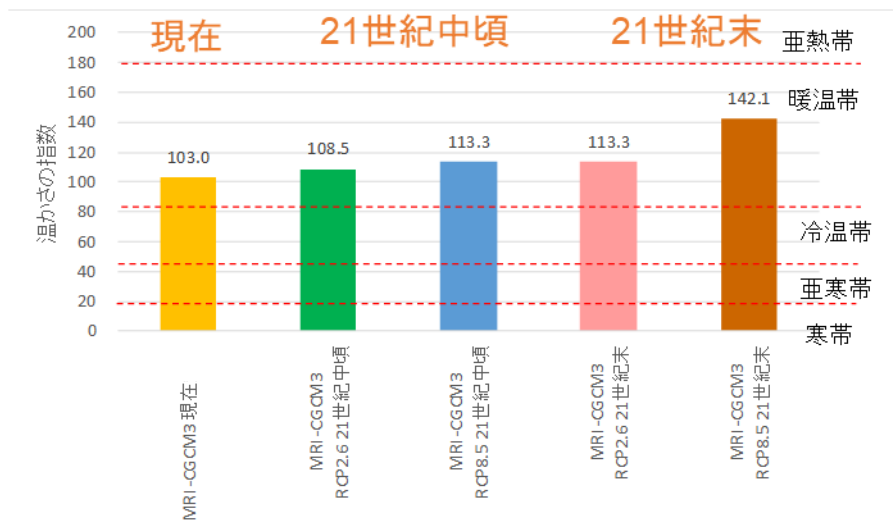


図 7-36 温かさの指数 (将来の気温データを用いて整理)

(2) 富栄養化によって変わる植物相

三次元水循環解析モデルによる将来予測結果から、将来、水温が 30℃を超える頻度が高くなることが予測された。それによって、アオコ（植物プランクトン）の発生頻度が現在よりも多くなると考えられる。

一般に、水域の富栄養化が進むと、植物プランクトンの繁茂により水中光量が不足し、まず沈水植物が衰退する（現在も沈水植物は限られた種しか生育していない）。その後、一時ヒシなどの浮葉植物が繁茂するが、底泥が堆積して嫌気化し、浮葉植物も衰退する。すなわち、ヒシ、ハス、オニバスが衰退する。

水中光量の減少と、水質悪化による底質悪化が進行すると、ハス、オニバスの発芽後の初期成長に悪影響を及ぼし、これらの植物は衰退すると推察される。（現在も、ハス、オニバスは衰退が著しい）。浮葉植物が衰退すると、ウキクサなどの浮遊（浮漂）植物が繁茂してくる。底泥が堆積していくと、肥沃な土壌も存在するため、抽水植物（ヨシ、ガマ等）が繁茂する。

(3) 湧水量の変化と水生植物

三次元水循環解析モデルによる湧水量の予測結果より、各月湧水量の傾向は現在とほぼ同じであるが、基本的には若干増加する傾向がある。

特に夏の 7 月は増加し、冬場の 11～3 月頃は大きく変化しない。

年間湧水量についても、平均値は大きくは変わらないが、21 世紀末は変動幅が大きくなる傾向が見られる。

水生植物の成長期である 7 月頃に湧水量が増加するが、水位が高くなるないように管理することで、湖水の回転率を増加させ、底質の還元の進行や水中光度の低下を抑えることが可能と考えられる。

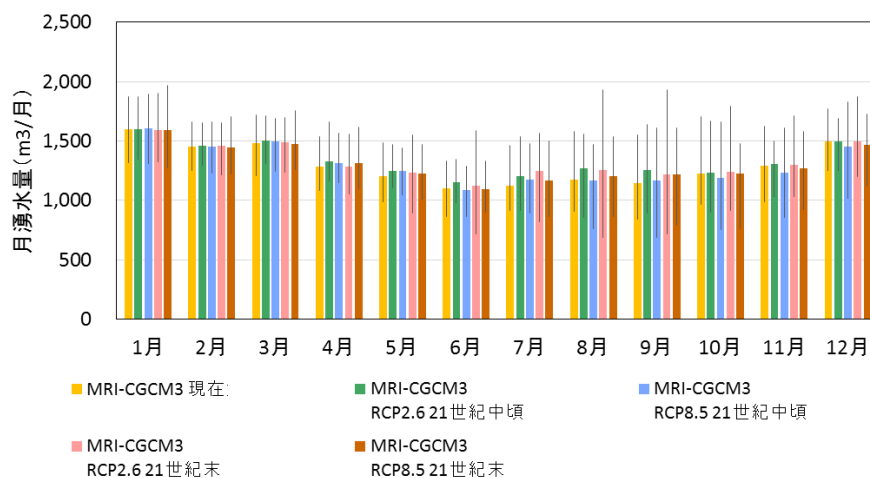


図 7-37 佐潟（下潟）の各月湧水量

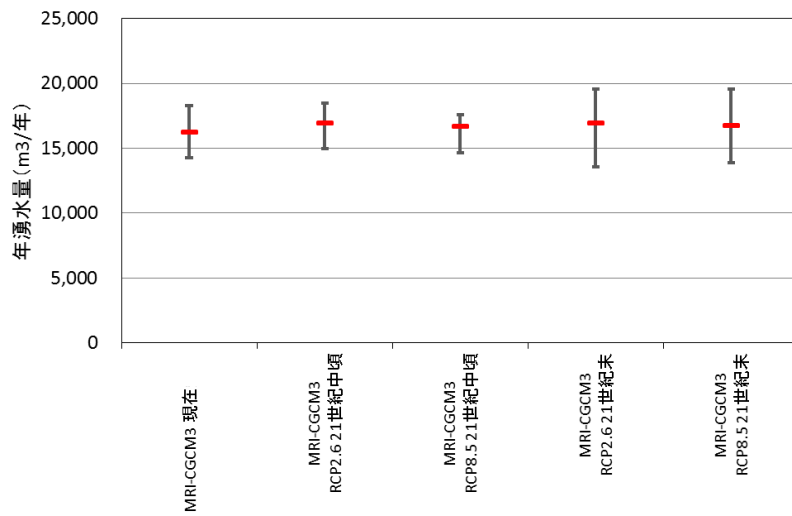


図 7-38 佐潟（下潟）の年湧水量

(4) 水位の変化と水生植物

水収支について、佐潟へ流入する湧水量は、21 世紀中頃 (RCP2.6)、21 世紀末 (RCP8.5) の予測結果から、現在と比べて変化は小さい。

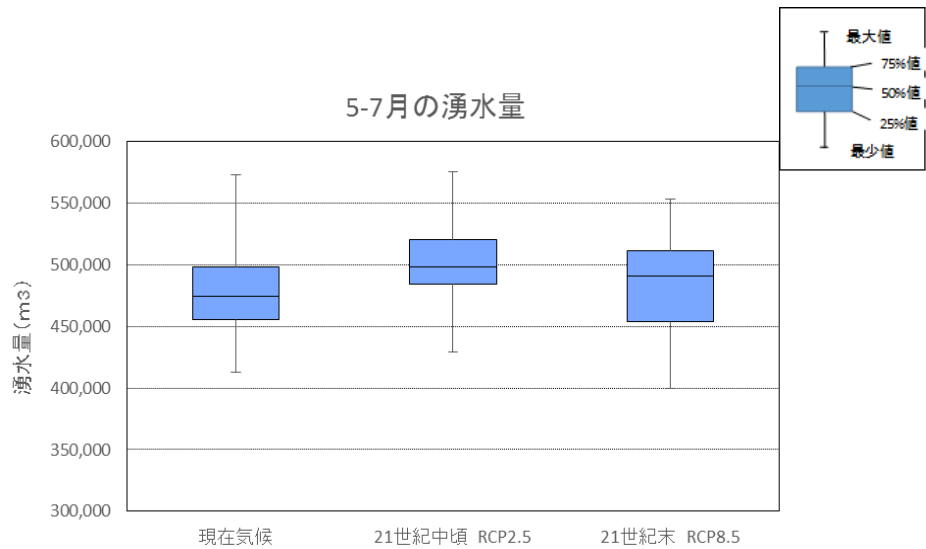


図 7-39 佐潟の湧水量予測（5～7 月）（再掲）

オニバスの生育には、夏場の水位が低く保たれていることが重要である。5～7月と、12～3月の佐潟の平均湖面水位は、現在とほとんど変化しないが、夏場（5～7月）は変動が大きくなる傾向であると予測された。

ただし、佐潟の水位は人為的な管理下にあり、最適水位（夏場に4.5 m前後）になるように管理することが可能である。

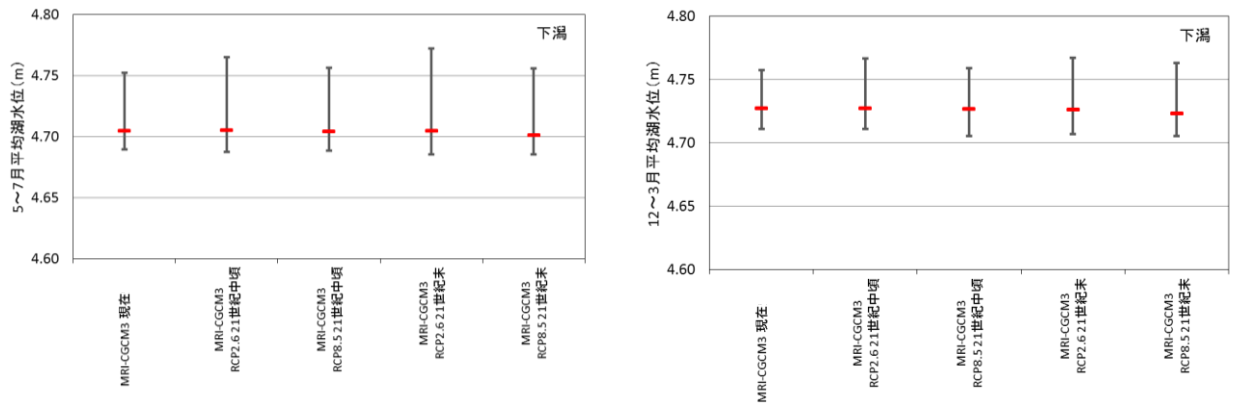
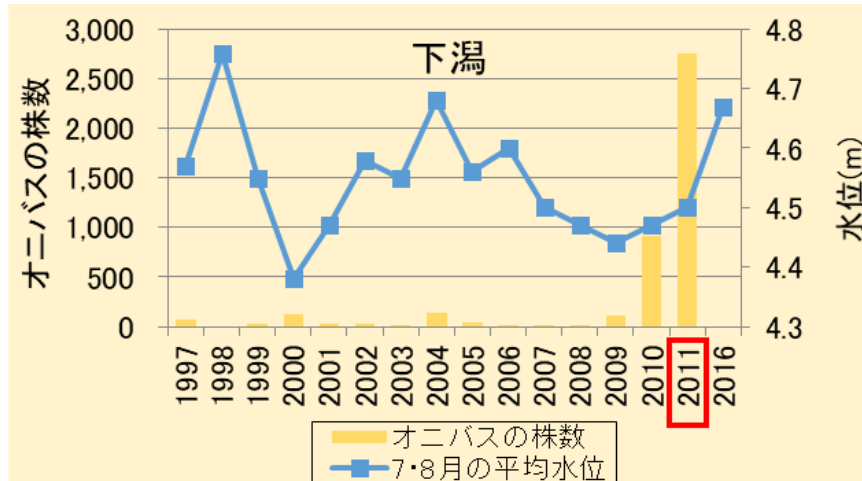


図 7-40 佐潟（下潟）での5～7月（左）と12～3月（右）の平均湖面水位



出典：佐潟周辺植生モニタリング調査業務（佐潟・御手洗潟）より

図 7-41 オニバスの株数と水位との関係（再掲）

(5) 環境変化と水生植物の応答関係

三次元水循環解析モデルによる環境要素の将来予測結果を受けて、気候変動による気象変化が佐潟をめぐる環境要素に変化をもたらし、佐潟の水生植物にどのような影響が及ぶかという関連を下図に示した。

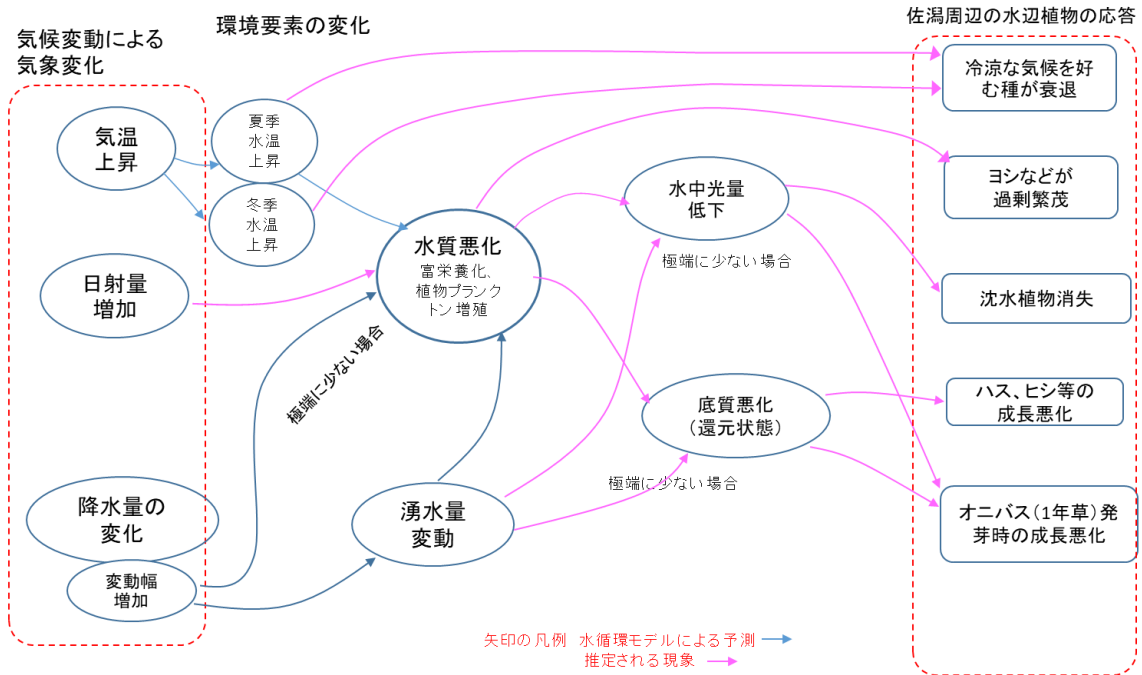


図 7-42 気候変動と水生植物への影響関連図

7.4.5 結果を活用する上での留意点・制限事項

7.4.5.1 本調査の将来予測対象とした事項

本調査では、気候変動による気温上昇や降水量の変化により、佐潟周辺の環境条件（湖面水温、地下水位、水収支）がどのように変化し、水生植物の生育状況にどう影響するかを予測した。

予測にあたっては、三次元水循環解析モデルを構築した。将来予測の対象とした事項は、モデルの出力項目である、地下水を含めた水収支（地下水位、湧水量、地表面流量）と、湖面水温である。

7.4.5.2 本調査の将来予測の対象外とした事項

(1) 水質

水生植物に影響を及ぼす物理的環境条件の予測対象として、湖面水温、地下水位、水収支を扱ったが、湖水質（植物プランクトンや窒素、りん）についてはモデルによる定量的な予測を行っていない。水温の上昇や滞留時間の増加から植物プランクトンの異常増殖をひき起こし、アオコの発生頻度が高くなるという佐潟での現象ならびに一般的な知見に基づいて定性的な予測を行っている。また、アオコの発生には、水温や水収支だけでなく、流域や底泥からの窒素やりんの流入によっても影響を受けることに留意が必要である。

(2) 社会情勢や生態系の相互作用

将来は、佐潟周辺の社会状況の変化（人口、土地利用等）や生態系（植生分布や生物間相互作用等）の変化も予想される。

生態系では、物理的環境作用のみならず、生物間相互作用が存在しており、これらが複雑に作用し、生物の生存に影響を及ぼしている。本調査では、これらの生物的環境条件（例えば捕食者や競合する外来種等）が気候変動によりどのように変化し、その変化の結果が、水生植物にどのように影響を及ぼすかについては考慮していないことに留意が必要である。

7.5 適応オプション

7.5.1 手順

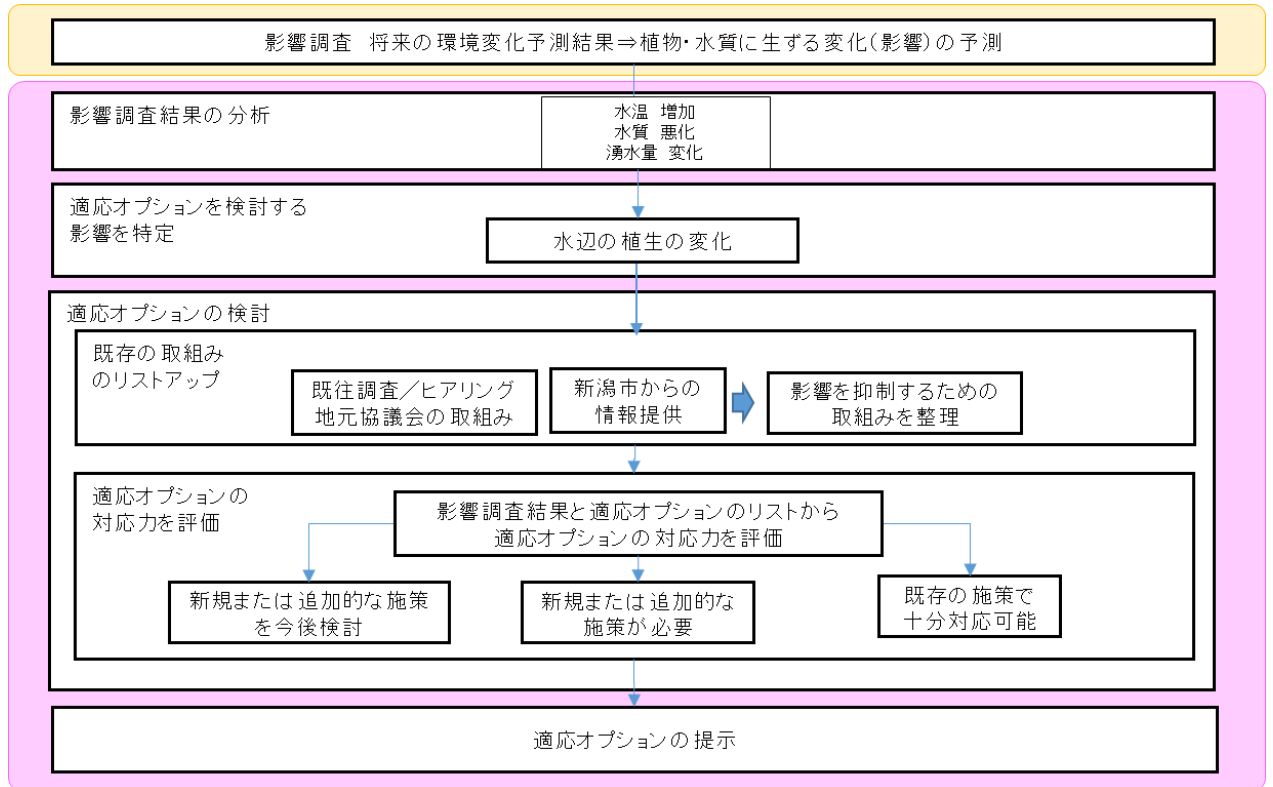


図 7-43 適応オプションの検討の流れ

7.5.2 概要

気候変動と水生植物への影響関連図(図 7-42)の中に、対応する適応策を書き込んだものを図 7-44 に示す。

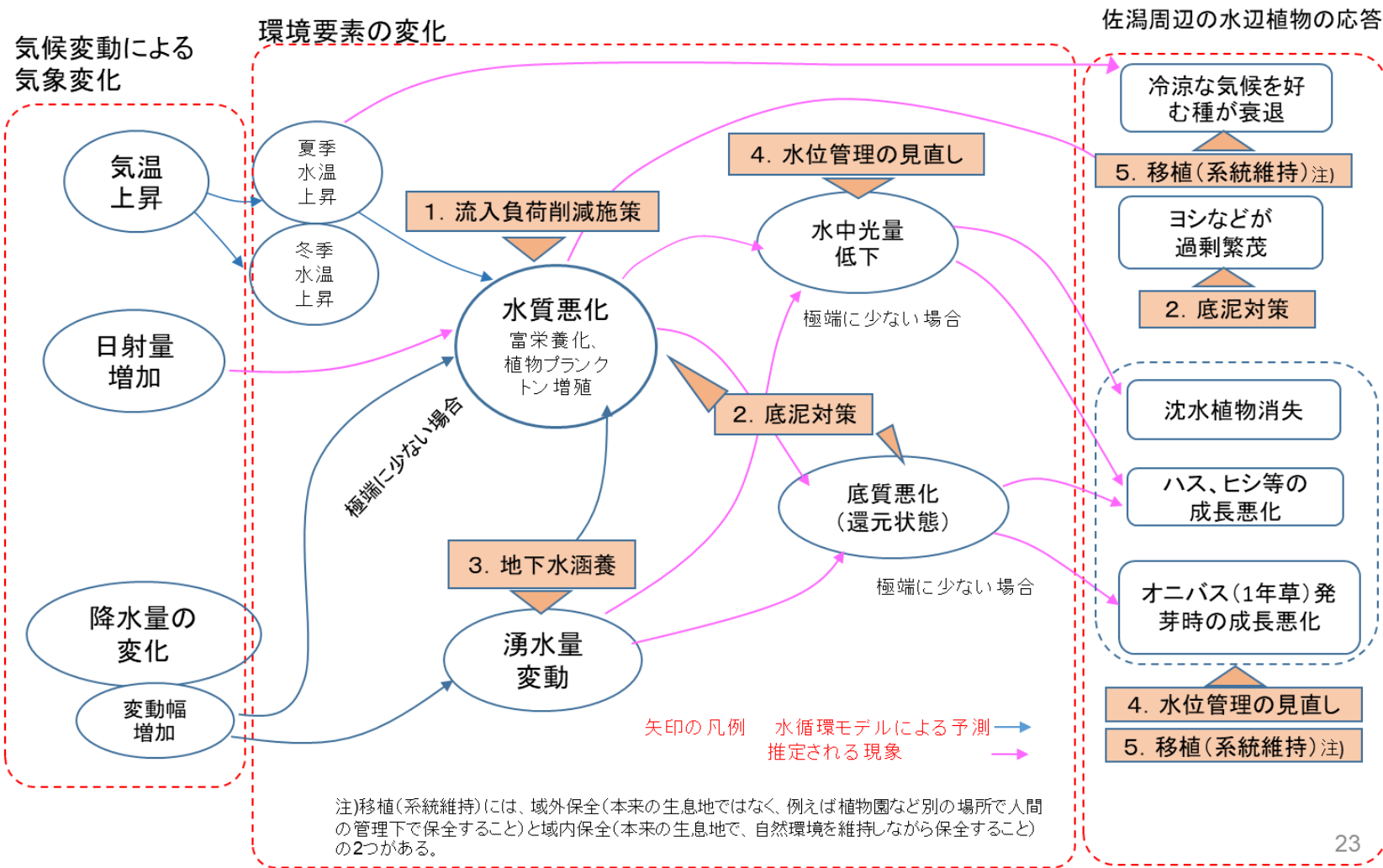


図 7-44 予測結果に対する適応策

表 7-22(1) 適応オプション一覧表

適応オプション		想定される実施主体			評価結果							
					現状		実現可能性			効果		
		行政	事業者	個人	普及状況	課題	人的側面	物的側面	コスト面	情報面	効果発現までの時間	期待される効果の程度
1. 流入負荷削減施策	減肥料対策		●	● 農家含む	普及が進んでいない	・周辺の農家は減肥料の意識は低い。	△	◎	△	◎	長期	中
	佐潟へ直接流入防止のため、側溝設置	●	●	●	普及が進んでいない	・側溝の設置が可能かどうか詳細な検討が必要。	△	○	△	△	短期	中
2. 水質改善のための底泥対策	浚渫	●			普及が進んでいない	・浚渫は効果に対して費用がかかり、大規模な浚渫は財政面において困難。	△	○	△	◎	短期	高
	下流への排泥	●	●		普及が進んでいない	・水門の湖底に対して出口が高いため、構造を変える必要があり、改築が必要。	△	○	△	△	短期	中
	潟普請		●	● NPO含む	普及が進んでいる	・潟普請は潟の一部で毎年実施されているが、規模は小さいので、むしろ普及啓発の意味合いが強い。	△	○	◎	◎	長期	低
	かいぼり	●	●		普及が進んでいない	・かいぼりは実施されていない。	△	○	△	◎	長期	高
3. 地下水涵養 (浸透柵設置も含む)		●	●	●	普及が進んでいない	・かつてはクロマツ林が広がっていたが、農地や住宅地の開発および松枯れ病のため、森林面積が減少している。 ・森林のための用地確保 ・森林整備の体制、しくみづくり	△	○	△	◎	長期	低
4. 水位管理の見直し			●	●	普及が進んでいない	・現在、標準水位での運用になっていない。	◎	◎	◎	◎	短期	高
5. 希少植物の移植 (系統維持)	域外保全	●			普及が進んでいない	・維持管理の仕組み・体制作り	◎	○	△	◎	短期	中
	域内保全	●			一部普及が進んでいる	・一部、生態園に移植して維持管理を行っている。	◎	○	△	◎	長期	中
6. モニタリング調査		●	●	●	一部普及が進んでいる	・新潟市により、定期的に水質調査等が行われている。 ・水収支に関する調査が必要。 ・報告書作成されているが、それが活用されていない。	△	○	△	◎	長期	低
7. 潟の歴史、文化、自然を啓発する活動		●		●	普及が進んでいる	・生活スタイルの変化により、潟との接点が変われつつある。 ・市民団体、個人による普及活動が行われているが、担い手の高齢化が進んでいる。	△	◎	◎	◎	長期	低

表 7-22(2) 適応オプションの考え方と出典

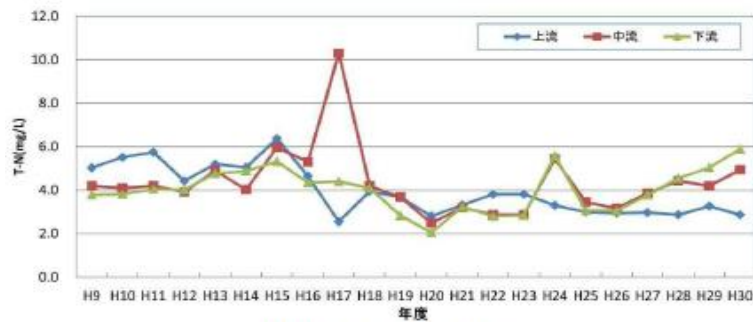
適応オプション		適応オプションの考え方と出典
1. 流入 負荷削減 施策	減肥料対策	既往の取組み。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年4月）」にある「環境保全型農業の推進」のなかで、「適正な施肥及び環境保全型農業を推進する」としている。
	佐潟へ直接流入防止のため、側溝設置	周辺の畑地から直接流入を防ぐために、佐潟の潟端に側溝を掘って別の場所に逃がすという考え方。 地元環境団体からの提案事項。
2. 水質 改善のた めの底泥 対策	浚渫	既往の取組み。佐潟の水質改善の一手段として、2014、2015年度(平成26、27年度)の2ヵ年で、浚渫延長340m(幅6m、深さ約1m)、2,050m ³ のドロを浚渫した。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年4月）」
	下流への排泥	既往の取組み。2016年度(平成28年度)から水門に付随する「ドロばき」を開門し、ドロの排出状況調査を行った。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年4月）」 その後もドロの排出の試行を継続している。
	潟普請	既往の取組み。「佐潟クリーンアップ実行委員会」が実施主体となり、春の佐潟周辺のクリーンアップ活動と秋の観察舎脇の「ヨシ刈り」、佐潟橋付近の「ドロ揚げ」の計2回を毎年実施。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年4月）」
	かいぼり	かつて、各地のため池などで冬の間、維持管理のために水を抜いて干し上げる管理がされていた。 近年、その水質改善効果、外来種駆除効果などが見直され、各地の池や湖で実施されるようになってきている。
3. 地下水涵養 (浸透柵設置も含む)		将来的に湧水量の変動幅が大きくなることに備えるためには、地下水の涵養が重要と考えられる。
4. 水位管理の見直し		水位管理見直しの必要性は地元でも認識されており、「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年4月）」で今後の取組みとして挙げられている。
5. 希少植物 の移植 (系統維持)	域外保全	本来の生育環境での生育が難しくなった場合、遺伝子保存の観点から講じる手段である。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年4月）」
	域内保全	既往の取組み。佐潟公園内にある自然生態観察園において一部の希少種を保全している。 今後、自然生態観察園のさらなる活用や、域内の他の場所での保全も考えられる。
6. モニタリング調査		水質調査などは既往の取組みである。さらに、環境を把握するために必要な調査項目を検討する必要がある。 「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年4月）」
7. 潟の歴史、文化、自然 を啓発する活動		既往の取組み。「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年4月）」 ワイズユースの考え方のさらなる普及、大学との連携、学校の総合学習での広がりなど、より充実させることが期待される。

7.5.3 適応オプションの詳細

7.5.3.1 流入負荷量削減施策

富栄養化の進行による植物プランクトン発生、水中光量低下による水生植物への影響が考えられることから、流入負荷量の削減を行う。

集水域 350 ha のうちの約 8 割が農地として利用されており、佐潟の水質は周辺の農業活動の影響を受けやすい状況にある。毎月、水質調査を実施しており、窒素とリンが非常に高いことが把握されている。



出典：新潟市提供資料

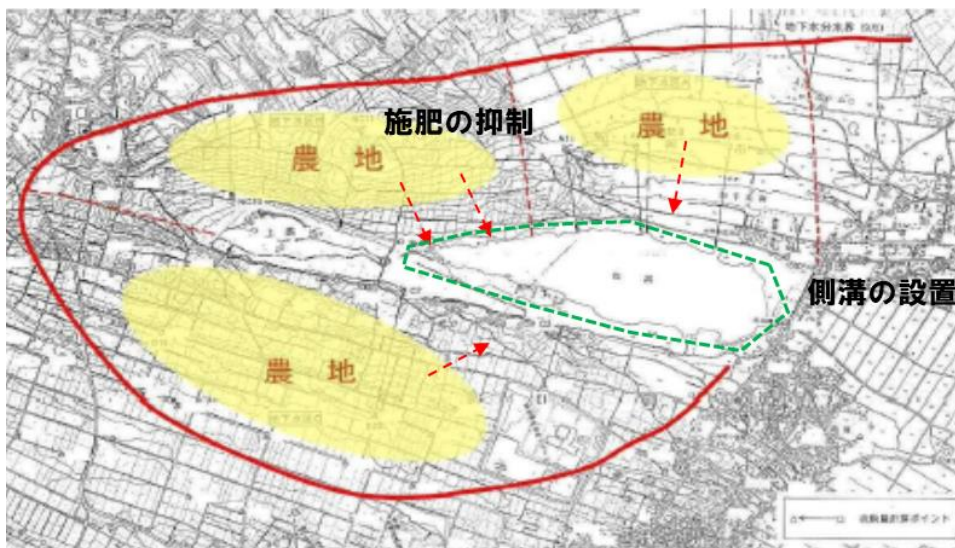
図 7-45 T-N の年間平均値

(1) 減肥料対策

過剰施肥の解消・使用量抑制、適正な施肥使用量の推進、局所施肥の推進等。

(2) 佐潟の周辺への側溝設置

佐潟周辺に側溝を設置し、農地から富栄養の水が直接潟に流入するのを防ぐ。



出典：「第 4 期佐潟周辺自然環境保全計画（2019 年 3 月）」

図 7-46 佐潟の集水域

7.5.3.2 水質改善のための底泥対策

底泥からのリン、窒素溶出による植物プランクトン発生、水中光量低下による水生植物への影響が考えられることから、底泥対策を行う。

(1) 浚渫

底泥を大規模に除去する。2014年、2015年度の2ヵ年で浚渫延長340m（幅6m、深さ約1m）、2,050m³の泥を浚渫した実績がある。2018年度には、佐潟の湖底に堆積している底泥量の調査が行われた。

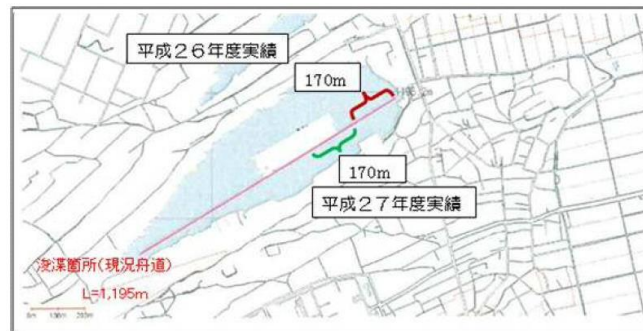
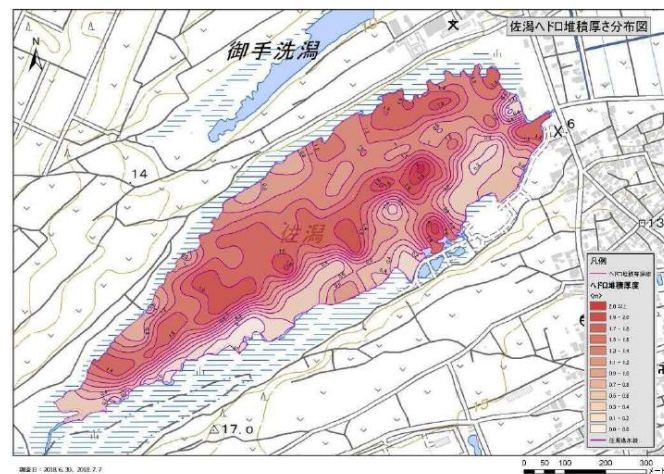


図 7-47 過去における浚渫の実績



出典：「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年3月）」

図 7-48 佐潟の湖底の底泥調査結果

(2) 下流への排泥

水門の泥ばきを利用して、水門手前まで堆積している底泥を下流に排出する。
2016年度から水門のドロばきを開門し、ドロの排出状況が調べられている。



出典：「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年3月）」

図 7-49 水門のドロばきの様子

7.5.3.3 水質改善のための底泥対策～潟普請、かいぼり

底泥からのリン、窒素溶出による植物プランクトン発生、水中光量低下による水生植物への影響に対して以下の底泥対策を行う。

- ・潟普請：堆積した泥を除去することで、底泥からの溶出を抑制する。
- ・かいぼり：水を抜いて底泥を干し上げることにより、底泥に酸素を供給し、溶出を抑制する。

これらの溶出抑制により、植物プランクトン（アオコ）の発生を抑える。

現在も地元の実行委員会により、年1回、潟普請が行われている。

かいぼりは、近年、首都圏を中心に、各地の公園の池などで実施されている。



かつての佐潟での潟普請の様子



現在の佐潟での潟普請の様子

出典：新潟市提供資料

図 7-50 佐潟での潟普請の様子

7.5.3.4 地下水涵養

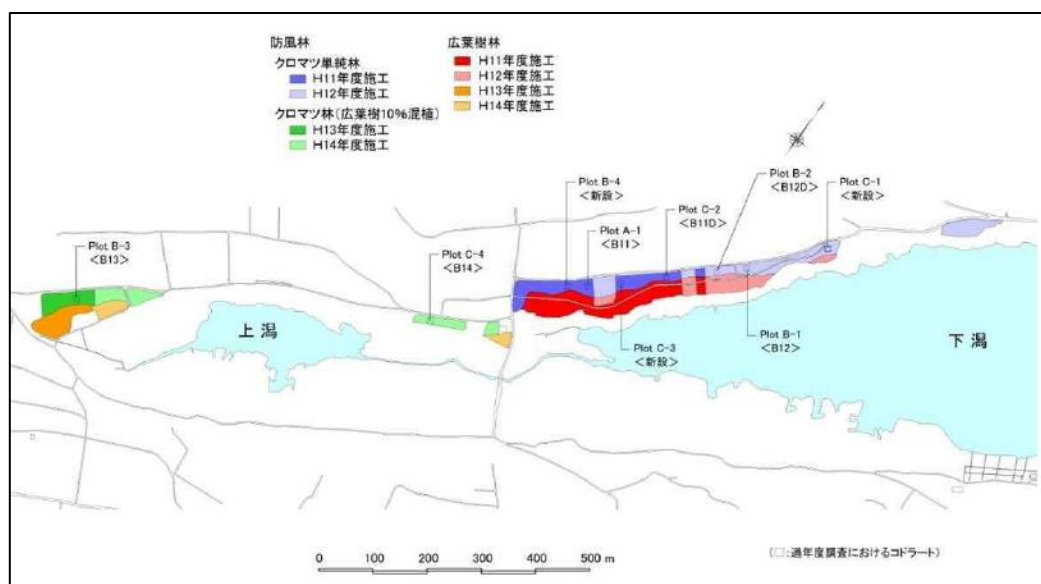
降水量の変化による湧水量の変動（減少）。湧水量が減少することによる底質の悪化、水質の悪化に対して、以下の地下水涵養を行う。

- ・浸透枡の普及、浸透による地下水涵養
- ・森林のための用地確保（長期的施策）
- ・森林整備の体制、仕組みづくり（長期的施策）

かつてはクロマツ林が広がっていたが、農地や住宅地の開発および松枯れ病のため、森林面積が減少している。最近では、クロマツの代わりに常緑樹を植栽している。

佐潟公園内では、マツノザイセンチュウによる松枯れの被害によって、植林したクロマツの集団枯損が問題とされてきたが、近年は松枯れによりクロマツの残存本数が減少したことで、松枯れの被害も減少している。タブノキなどの常緑樹を中心とした植栽も行われ、広葉樹林帯が成立している。

今後はこれらの樹林地の拡大と適切な維持管理体制の構築が課題である。



出典：「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年3月）」

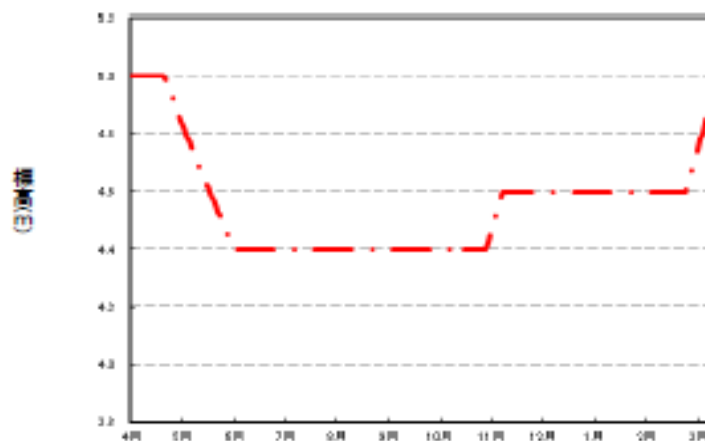
図 7-51 佐潟周辺の緑地帯

7.5.3.5 水位管理の見直し

水質悪化に伴う水中光量低下がもたらす水生植物への影響（成長悪化）が懸念されるため、水生植物の成長時期（春～初夏）に水位を低く管理し、成長時期に十分な光が当たるように工夫する。

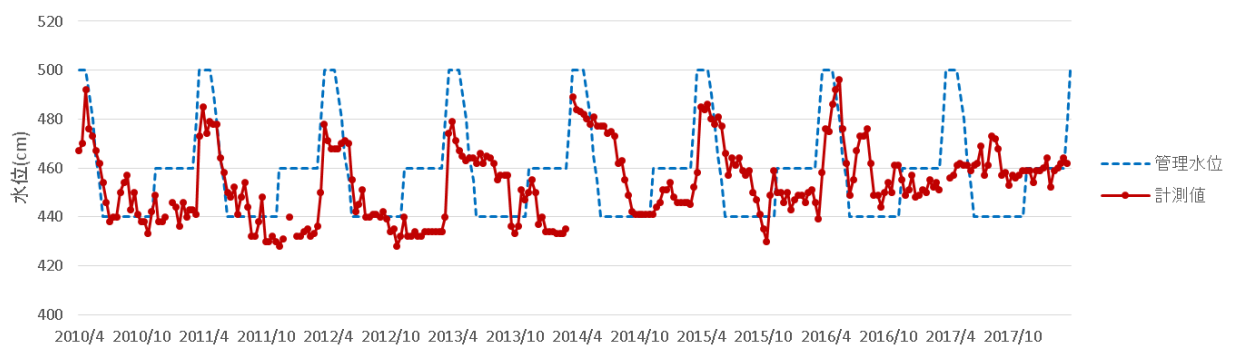
標準水位(管理水位)は、夏場の渇水対策、水質汚濁対策、植生管理、魚類の生息環境、地域住民の利水環境を考慮して設定されているが、現在は漁業や環境教育のために、必ずしも標準水位で運用されていない。

- ・ 現状では夏場に水位が高いため、芽だし時期に水中光量低下により、水生植物の生育に影響を与えている。
- ・ 上潟、下潟それぞれに水位条件上の課題があり、連動を含めて今後、地元関係者とともに水位管理に関してよく議論していく必要がある。



出典：「第4期佐潟周辺自然環境保全計画（2019年3月）」

図 7-52 標準水位(管理水位)



出典：新潟市提供資料

図 7-53 現状の水位の推移（2010-2017年）

7.5.3.6 希少植物の移植（系統維持）

気温の上昇および水質悪化に伴う水中光量低下による水生植物への影響が懸念されるため、以下のような保全対策を行う。

(1) 域外保全

希少植物の遺伝子保存の観点から、植物園など本来の生育地でない場所で継続的に系統維持（栽培）する。

(2) 域内保全

本来の生育地で、自然繁殖できるように自然環境を維持しながら保全する。

自然生態観察園において、現在も希少種のモニタリング調査が行われ、2017年度からは一部においてエコトーンの復元事業を行っている。

可能な範囲で、佐潟に分布している希少植物や、シードバンクとして保存されていると思われる沈水植物も含めて土ごと保存地区に持ち込み、集約的に維持管理しながら保存できる仕組みを検討する。



図 7-54 佐潟における自然生態観察園（左）とミズアオイ（右）

7.5.3.7 モニタリング調査

現在も新潟市により、定期的に水質調査、植物調査が行われている。しかしながら、佐潟の水収支に関する現地データが不足しており、今後の実態把握（流入量、流出量、水位等）が求められる。また、既往調査のデータについてもその蓄積結果を活用することが期待される。

表 7-23 モニタリング計画案

項目	実施の現状	課題点	
水質調査	月 1 回 新潟市が実施	既往調査結果の解析、結果の活用が必要。	
水位連続観測	水位観測場所はある	センサー等による自動連続観測が必要。	
流入量・流出量の把握	実施されていない	下流の水門や、上潟と下潟の間での観測方法を検討する必要あり。	
植物調査	5 年に 1 回 新潟市が実施	毎年調査をすることが望ましい。 また、その比較検討が必要。	新しい手法として毎年 UAV による航空写真撮影も可能。

7.5.3.8 潟の歴史、文化、自然を啓発する活動

現代においては、生活スタイルの変化により、生活の上で潟と人々の接点が失われつつある。気候変動の影響はもとより、この接点の欠如による潟環境の変化が顕在化している。

現代社会に合った潟との関わりの持ち方を模索するために、潟に関心を持ち、一緒に考えていく人材の育成や発掘、意識の醸成が必要である。それは、気候変動の影響による潟環境変化に対しても効果が期待される。

若年層を取り込む意味からも、周辺の小中学校はもとより、高校や大学との連携も期待される。また、ラムサール条約湿地であることから、“ワイズユース”の考え方の普及が求められる。



出典：「第 4 期佐潟周辺自然環境保全計画（2019 年 3 月）」

佐潟周辺砂丘歩きの様子

佐潟 20 ラムサールフェス「地元編」開催の様子

図 7-55 佐潟における啓発活動の様子