

6 4-4 気候変動による高層湿原の生物群集への影響調査

6.1 概要

6.1.1 背景・目的

高層湿原は、植物遺体等が分解されずに泥炭として堆積が進んだ結果、湿原の水面標高が周囲の地下水位標高よりも高くなった湿原である。氷河期の遺存種や貴重な動植物が生息・生育するなど、生物多様性保全の面から重要である。国内では北海道や東日本の高標高地等の冷涼地に多く、近畿地方以南では極めて稀であり、深泥池(京都市)は特に貴重な環境である。また、温暖な近畿地方においては、気候変動による影響も受けやすいと考えられる。

このような特性を持つ高層湿原は気候、水文環境、地形等の条件が微妙なバランスに保たれて形成・維持されている。気候変動に伴い、そのバランスが変化する可能性があるが、その影響に関する知見は不足している。

そこで、近畿地方にある数少ない高層湿原の一つである深泥池を対象として、気候変動による生物群集への影響を考察するとともに、適応策の検討を行った。

6.1.2 実施体制

本調査の実施者：株式会社プレック研究所、京都大学防災研究所、一般財団法人日本気象協会

アドバイザー：京都大学防災研究所 准教授 竹門康弘

京都大学防災研究所 准教授 田中賢治

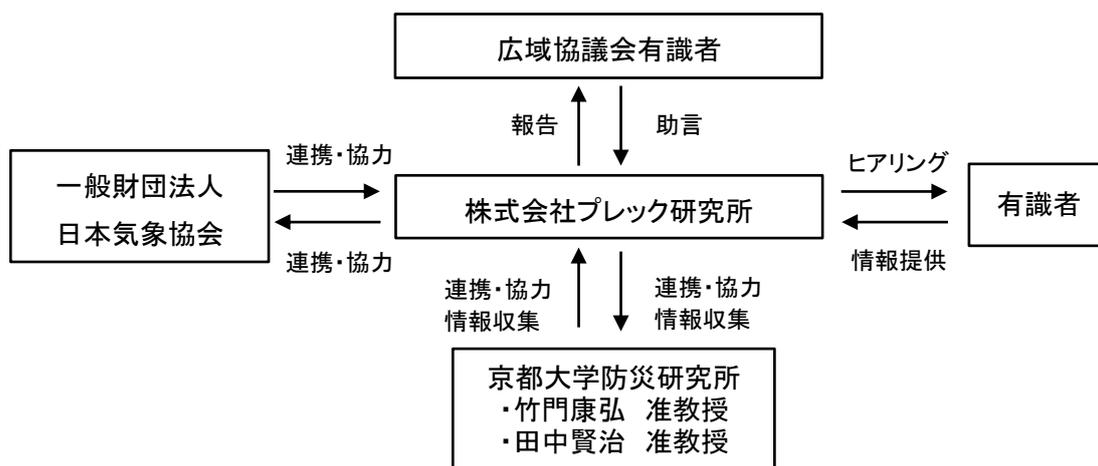


図 6.1-1 実施体制図(調査項目 4-4)

6.1.3 実施スケジュール(実績)

本調査では、平成 29 年度から平成 31 年度の 3 年間で、対象地域における影響を調査し、将来の影響評価及び適応策の検討を行った(図 6.1-1)。

平成 29 年度に既存文献調査及び有識者ヒアリングを行い、高層湿原と気候変動に関する知見や近畿地方における湿地環境の保全の現状等についてとりまとめた。これらを基に、気候変動が高層湿原に及ぼしうる影響要因を整理し、影響評価の方向性を検討した。

平成 30 年度は、深泥池に水位ロガーを設置し、池の水位及び浮島地下水水位の連続観測を開始した。また、異なる複数の環境において生物相調査(現地調査)を行い、深泥池における環境条件と生物相との対応関係を整理した。

平成 31 年度は、新たに雨量の観測を行い、深泥池の正確な雨量データを把握した。このデータを用いて水位計算モデルの改良を行い、将来の深泥池の水位の状況を予測した。水位の予測結果と、平成 29 年度に整理した環境条件と生物相との対応関係を照らし合わせ、気候変動が深泥池の生物群集に及ぼし得る影響を考察した。その結果を踏まえ、適応策を検討した。

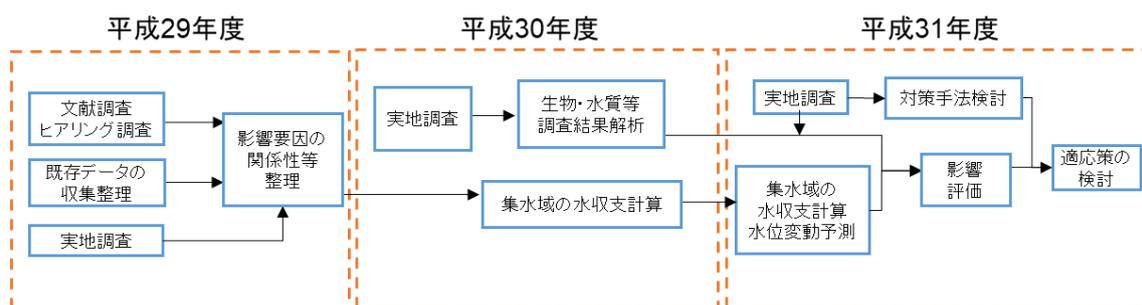


図 6.1-2 本調査の実施フロー(調査項目 4-4)

6.1.4 気候シナリオ基本情報

本調査で利用した気候シナリオの基本情報を表 6.1-1 に示す。

表 6.1-1 気候シナリオ基本情報(調査項目 4-4)

項目	深泥池の水位
気候シナリオ名	気象研究所 2 km 力学的 DS データ by 創生プログラム
気候モデル	MRI-NHRCM02
気候パラメータ	気温、風速、降水量、短波放射、長波放射、水蒸気圧、気圧
排出シナリオ	RCP8.5
予測期間	21 世紀末
バイアス補正の有無	有り(地域)

6.1.5 気候変動影響予測結果の概要

文献調査においては、主に以下のようなことが分かった。

- ・深泥池の浮島上にはビュルテ(凸部)やシュレンケ(凹部)と呼ばれる微地形がモザイク状に散在し、池塘もある。こういった複雑な条件に見合った多様な植物・動物(生物群集)が存在している(深泥池七人委員会編集部会、2008)。
- ・ミズゴケ類が優占する湿地においては地表面に凹凸が見られ、その高低差は 1~2cm であっても土壤環境の違いに大きく反映され、湿地植生を決める要因にもなる(原口、2010)。

ヒアリングにおいては、主に以下のようなことが分かった。

- ・湿原において水位が低下すると、夏季の渇水期に泥炭が乾燥し、ススキが侵入・定着するようになり、湿原の陸化が進む。
- ・湿地の環境は水文と植物と土壤の 3 要素が最も重要であり、最低限、地下水位と植生がモニタリングできると良い。
- ・泥炭が形成され溜まるのは湿性植物がよく生育する温暖期であり、湿原形成の上では水環境や地形変化の影響が大きい。

影響予測を行った結果、主に以下のようなことが分かった。

- ・今世紀末において、深泥池の水位低下が起こる頻度が著しく増加し、水位低下の程度も現在では起こらないような程度にまで達する可能性があることが予測された。
- ・水位の低下に伴い、浮島地下水内の溶存酸素濃度の低下、浮島上に水面を要するシュレンケ(凹部)の減少、ビュルテ(凸部)の乾燥化を起点とした陸地化、ビュルテの冷涼環境の喪失等といった環境の変化が生じ、水生生物にも影響が及ぶと予想された。

ア. 深泥池の水位

今世紀末は現在よりも明らかに渇水の頻度・程度とも増加している。年によっては現在ではほとんど見られないような程度の水位低下が起こるようになる(図 6.1-3 参照)。

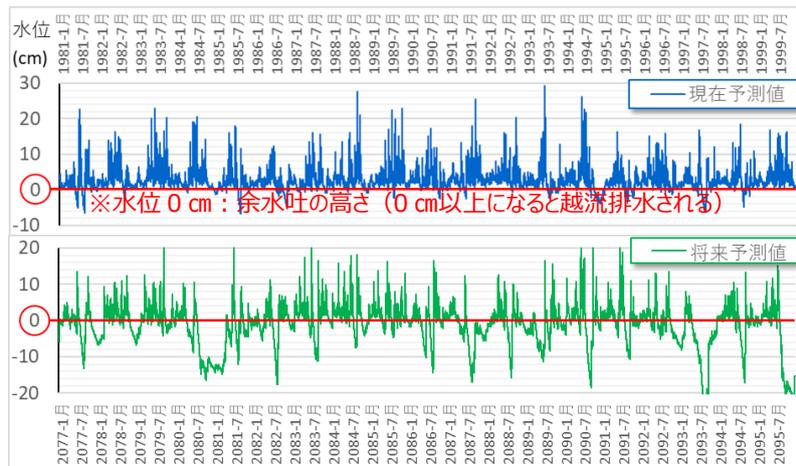


図 6.1-3 20年間の深泥池水位の予測結果

イ. 深泥池の生物群集

将来、上記のような渇水頻度・程度となった場合に、水生生物の生息場に起こりうる影響のイメージ図を図 6.1-4 に示す(イメージ図であり、実際には、深泥池の水位と比較し、浮島の地下水位の低下の方が渇水の程度は弱いと考えられる)。水位の低下により、環境が変わることで、生物群集にも影響が及ぶことが予想された。

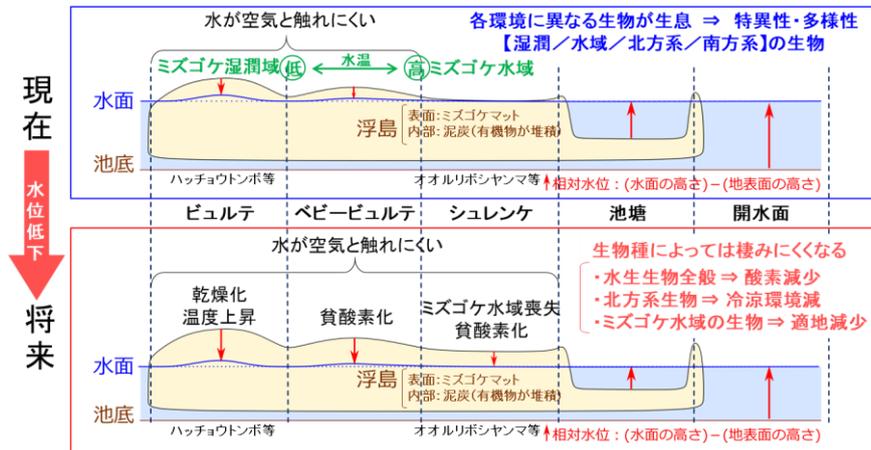


図 6.1-4 深泥池の水生生物生息場に及ぼす影響のイメージ

6.1.6 活用上の留意点

6.1.6.1 本調査の将来予測対象とした事項

本調査では、気候変動による深泥池の水位変化と、水位変化が生物群集に与える影響を対象とした。生物群集については、水生生物(浮島を形成するミズゴケや泥炭の隙間の水分内に生息する生物を含む)を対象とした。

6.1.6.2 本調査の将来予測の対象外とした事項

深泥池の水生生物の生息適否には、下記の要素が影響すると考えられるが、本調査において気候変動予測を実施するにあたり、下記の影響は考慮していないことに留意が必要である。

- ・浮島上の微地形(凹凸構造)そのものの分布の変化
- ・浮島の形状の変化

6.1.6.3 その他、成果を活用する上での制限事項

生物相調査において多種の生物種が確認されているが、種ごとの生態・生理に関する知見は限られており、深泥池における調査結果から生物と環境条件との関係を考察している。

6.1.7 適応オプション

適応オプションを表 6.1-2 に整理する。

表 6.1-2 適応オプション(調査項目 4-4)

適応オプション	想定される実施主体			評価結果							
	行政	事業者	個人	現状		実現可能性				効果	
				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 環境モニタリング	●	●	●	普及が進んでいる	・モニタリングそのものは影響の検知や、データ蓄積が目的であり、根本的な解決策ではない ・ある変化が検知された際に保全策を講じる体制が必要	△	○	△	◎	N/A	中
② 水文環境の改善	●	●		普及が進んでいない	・集水域という比較的広い範囲での水文環境を改善するためには、普及啓発を行い地域の理解を得る必要がある	△	△	△	△	長期	高
③ 生息場の保全	●	●		普及が進んでいる	・ピンポイントで保全すべき生息場の特定には詳細な専門的調査が必要	△	○	△	◎	短期	中
④ 水質の維持・改善	●	●		普及が進んでいる	・周辺の土地利用・水利用との調整が必要	△	○	△	◎	短期	中
⑤ 人為的管理/利用文化の活用	●	●		普及が進んでいない	・人為的管理への理解と合意形成、科学的根拠に基づいた管理の提案が必要 ・法的制約(天然記念物)あり	△	○	△	◎	長期	高
⑥ 複合的な要因の排除	●	●		普及が進んでいない	・様々な要因が複雑に絡んでおり、関係性の把握が難しい ・地域全体としての取組が必要	△	△	△	△	長期	中

表 6.1-3 適応オプションの根拠(調査項目 4-4)

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
① 環境モニタリング	水質調査や生物調査などがすでに行われており、これらの取組みとの連携を含めた実施体制の検討が必要。
② 水文環境の改善	深泥池はため池という側面もあり稀に取水されることもあるため、特に水不足時は水利用の観点にも留意が必要
③ 生息場の保全	生息する生物の整理・生態に関する知見が必ずしも十分ではないためこれらに関する基礎的なデータの収集も重要
④ 水質の維持・改善	現状では降雨時の路面排水による影響が大きく、住宅地側からの深泥池への流入は特に留意が必要
⑤ 人為的管理/利用文化の活用	天然記念物との調整のうえ、一部であるが既に活動が始められつつある
⑥ 複合的な要因の排除	外来生物(魚類・植物等)やニホンジカによる影響など既に起こっている喫緊の課題がありこれらへの対応が必要

6.2 気候シナリオに関する情報

6.2.1 気候シナリオ基本情報

本調査で利用した気候シナリオの基本情報を表 6.2-1 に示す。

表 6.2-1 気候シナリオ基本情報(調査項目 4-4):再掲

項目	深泥池の水位
気候シナリオ名	気象研究所 2 km 力学的 DS データ by 創生プログラム
気候モデル	MRI-NHRCM02
気候パラメータ	気温、風速、降水量、短波放射、長波放射、水蒸気圧、気圧
排出シナリオ	RCP8.5
予測期間	21 世紀末
バイアス補正の有無	有り(地域)

6.2.2 使用した気候パラメータに関する情報

深泥池の水位変化に対し最も影響が大きい降水量について月ごとの値を見ると、今世紀末においては、多雨期である5月～8月の降水量の減少が顕著である。その他の季節では、1月はほとんど変化がなく、2月～3月及び9月はやや増、4月及び10月～12月はやや減となっている。

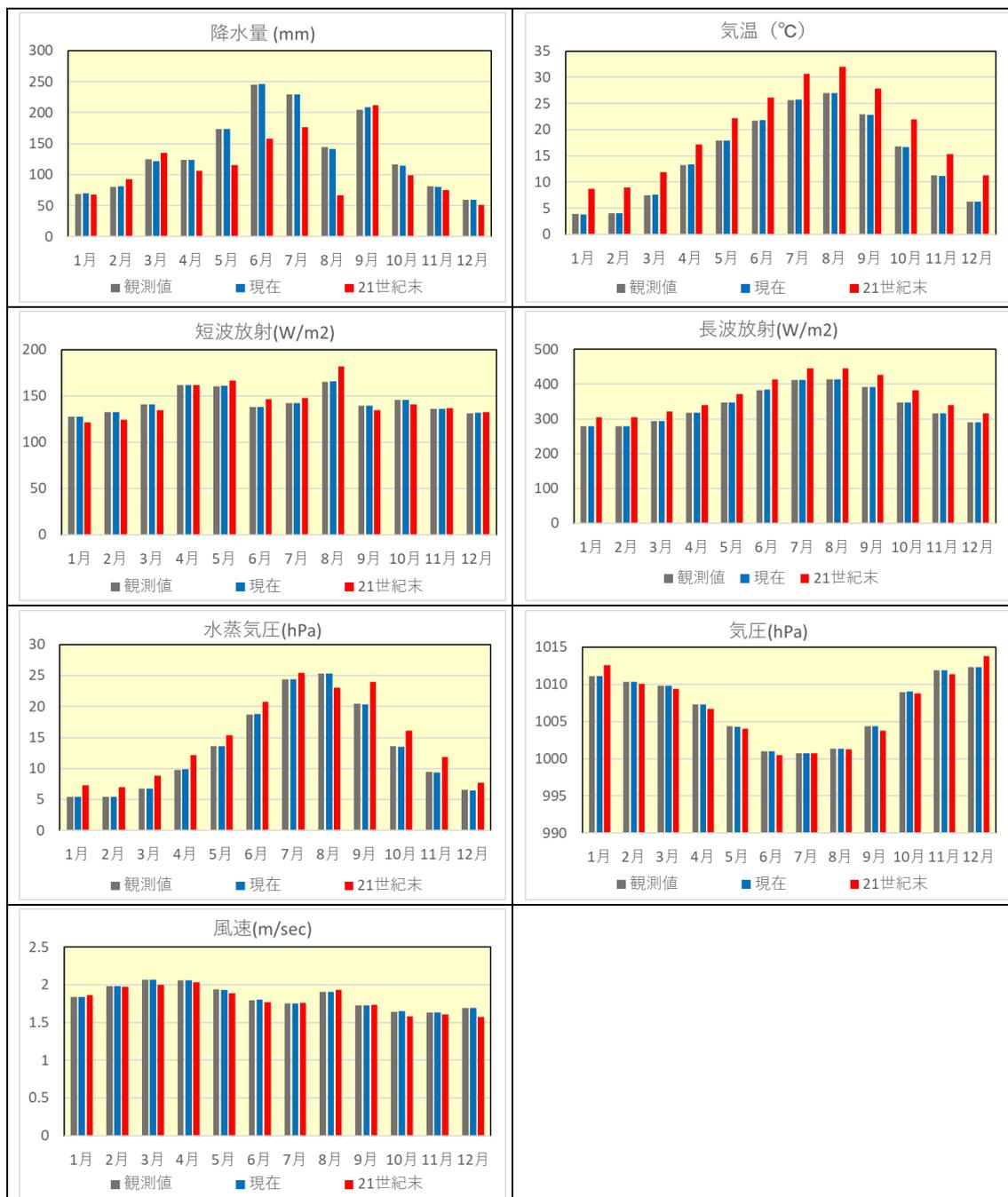


図 6.2-1 観測値(アメダス)と現在・21 世紀末の比較 (MRI-NHRCM02)

6.2.3 気候シナリオに関する留意事項

深泥池の水位再現において特に影響が大きく重要なパラメータは降水量であるが、降雨の階級別の補正率によるバイアス補正を行うことで、観測値と整合がとれており、深泥池の水位予測のためのデータとしての妥当性・適用可能性ともに問題ない精度であると考えられる。

6.2.4 バイアス補正に関する情報

7つの気候指標値(降水量、気温、風速、短波放射、長波放射、水蒸気圧、気圧)の時間値についてバイアス補正を行った。

力学的ダウンスケーリングによるモデル出力値であることから、その利点を活かせる適度な補正が望ましいと考えられる。そこで、まずは月平均値を観測値と合わせる簡易なバイアス補正を行った。さらに、極値も含めた再現性を高めるために、階級別に補正率を適用する補正方法(田中ら、2008)を用いた。バイアス補正を行う範囲は、深泥池を中心とした $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ の範囲とした。

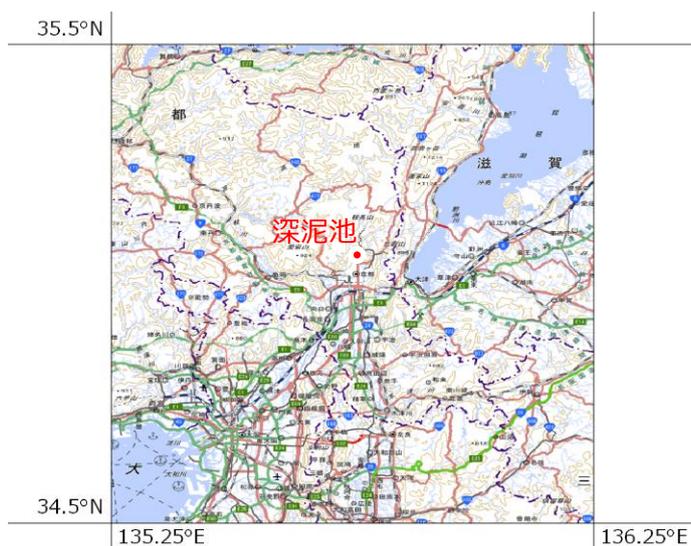


図 6.2-2 バイアス補正を行う範囲

7つのパラメータのうち、深泥池の水位再現にあたり、最も重要なパラメータである降水量について見てみると、観測値では梅雨を含む、6月～7月に降水量が多く、8月に少なくなった後に再び9月に多くなる二峰性となっているが、気候シナリオデータ(現在)においては、概ね、6月～8月をピークとした一峰性となっており、降水分布の季節による変化傾向が実際と大きく異なっていた。深泥池の生物群集への影響を評価する際には、底生生物にとって最も過酷な環境となる温暖期の環境条件が重要と考えられるが、8月・9月は特に観測値との差が大きくなっており、降水分布の季節性の整合が取れるような補正を行う必要があった。

2つの方法でバイアス補正を行った結果、いずれの方法においても月平均値と観測値が整合し、季節による変化傾向を再現できた。深泥池の生物群集への影響を考える際に、特に重

要な 8 月の降水量は、一律の補正率の場合は降水量が多いほど誤差が大きくなるが、階級別の補正率の場合は、観測値に近い頻度分布となっており、極値を含めた再現性が高くなっていた。一律の補正率の場合は、月平均値で整合しても、頻度分布を見ると誤差が大きいことから、階級別の補正率を用いた方法でバイアス補正を行うことが望ましいと考えられた。

その他のパラメータについては、気圧を除くと、階級別の補正率を用いた方が観測値に近い結果となっている。気圧については一律の補正率のみによる補正の方が再現性は高いものの、階級別の補正の場合と大きな差はなかった。また、いずれにしてもごく小さな誤差であり、深泥池の水位再現に影響を及ぼすほどの程度ではない。そのため、気圧も含めすべてのパラメータについて、階級別の補正率を用いてバイアス補正を行い、予測を行うこととした。

6.2.5 気候シナリオ選択の理由

深泥池の水位の予測にあたっては、集水域から深泥池に流入する水量を計算する必要があり、このために陸面過程モデル SiBUC を用いている。陸面過程モデルとは、気象強制力を入力として、放射・熱・水収支を解くモデルである。SiBUC の入力値として 7 つの気候パラメータ(気温、風速、降水量、短波放射、長波放射、比湿、気圧)が必要であり、これを満たす力学的 DS データを選択した。

6.3 気候変動影響に関する調査手法

6.3.1 手順

図 6.3-1 に示すフローに基づいて影響評価を行った。

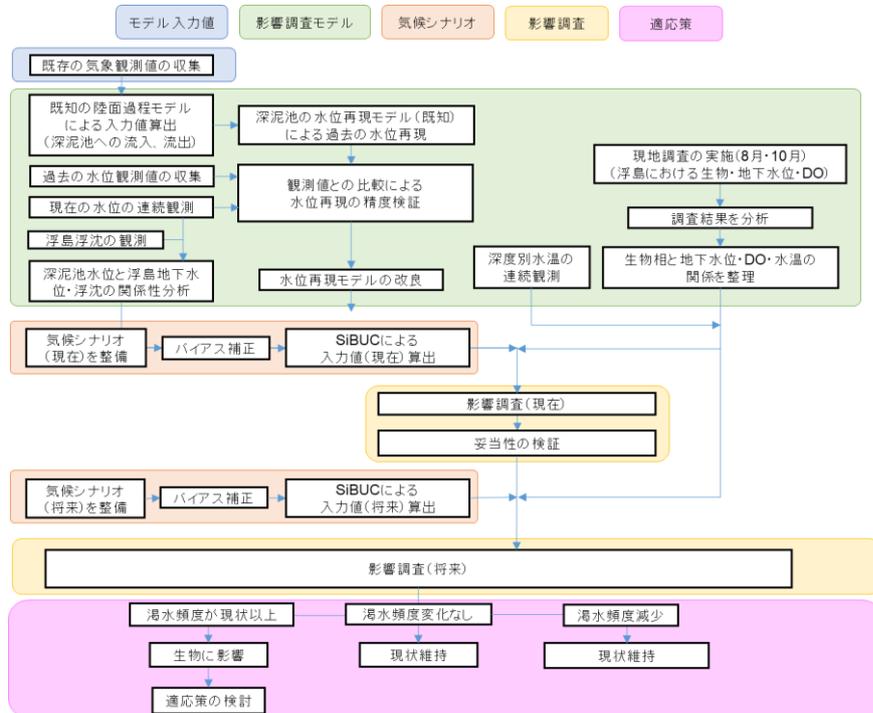


図 6.3-1 調査作業フロー

6.3.2 使用したデータ・文献

本事業において観測したデータの他、深泥池における過去の地下水位観測データ（1993年～1994年）を使用した。

表 6.3-1 使用したデータ一覧

データ名	概要
水位・地下水位観測結果（2018～2019）	本事業において観測したデータ
水位・地下水位観測結果（1993～1994）	過去に深泥池において観測された既存データ
雨量観測結果（2019）	本事業において観測したデータ
水温観測結果	本事業において観測したデータ
水質観測結果（溶存酸素濃度等）	本事業において観測したデータ
生物調査結果	本事業において実施した現地調査結果

6.3.3 有識者ヒアリング

有識者ヒアリングの主要な結果は表 6.3-2 のとおりである。

表 6.3-2(1) ヒアリング結果の概要

NO.	1
ヒアリング対象者	京都府立大学大学院生命科学研究科 教授 高原光
日付	平成 29 年 11 月 28 日 10:00～12:00
場所	京都府立大学大学院生命環境科学研究科森林植生学研究室会議室
概要	<ul style="list-style-type: none">・泥炭形成にとって水の状況は大変重要であるが、水温、水位、溶存酸素量の観測計画は妥当なものである。・泥炭の分解については、気温の上昇よりも水位の影響のほうが大きいのではないかと。水位が低下すると、夏季の渇水期に泥炭が乾燥し、ススキが侵入・定着するようになり、湿原の陸化が進む。

NO.	2
ヒアリング対象者	法政大学人間環境学部 教授 高田雅之
日付	平成 30 年 2 月 6 日 14:00～15:00
場所	法政大学ボアソナードタワー 1320 教室
概要	<ul style="list-style-type: none">・湿地の環境は水文と植物と土壌の 3 要素が最も重要だが、土壌の継続的なモニタリングは難しい面もあるので、最低限、地下水位と植生がモニタリングできると良いのではないかと。

表 6.3-2(2) ヒアリング結果の概要

NO.	3
ヒアリング対象者	森林総合研究所 研究ディレクター 大丸裕武
日付	平成 30 年 2 月 21 日 13:30~14:30
場所	森林総合研究所 研究ディレクター室
概要	・湿原への影響については、気温の上昇よりも水位の変動の影響のほうが大きい。地下水位や水面の変動など、湿原の基盤となる水文条件の変化を抑えておくことが最も重要であり、水温の変化も把握しておきたい。

NO.	4
ヒアリング対象者	和歌山県立自然博物館 館長 高須英樹
日付	平成 30 年 2 月 23 日 14:00~16:00
場所	和歌山大学教育学部棟 441 教室
概要	・既に生育場所が数カ所しかないような植物については、気候変動に関わらず、何らかの環境の変化があれば絶滅してしまう可能性がある。

NO.	5
ヒアリング対象者	東北大学大学院生命科学研究科 教授 彦坂幸毅
日付	平成 30 年 2 月 23 日 14:00~15:00
場所	北大学大学院生命科学研究科進化生態学講座 機能生態学研究室
概要	・適応策の検討にあたっては価値観の問題になってくるものもあり、地域のコンセンサスを得る手法もあるが、それは次の段階として捉え、本事業では複数の適応策のメニュー出しができればよいのではないかと。

NO.	6
ヒアリング対象者	横浜国立大学大学院環境情報研究院自然環境と情報部門 准教授 佐々木雄大
日付	平成 30 年 2 月 27 日 10:00~12:00
場所	横浜国立大学環境情報 4 号棟 315 号室
概要	・気候変動に伴う気温の上昇や降水量の減少に伴う水位低下や土壌水分の低下は、単に湿原の植物の種の交替、種組成の変化に止まらず、湿原の脆弱性の低下に繋がる恐れが大きいと考えられる。

6.3.4 観測および実証実験

表 6.3-3 に示す観測及び調査を行った。実証実験は行っていない。

表 6.3-3 観測の概要

観測項目	内容
水位観測	<ul style="list-style-type: none"> ・ ロガーにより水位を連続観測 ・ 深泥池の開水域、浮島（端）、浮島（中央）の3箇所で観測 ・ 観測期間：2018年7月14日～2019年11月4日（欠測あり）
雨量観測	<ul style="list-style-type: none"> ・ 雨量計により降水量を連続観測 ・ 深泥池集水域内の4か所で観測 ・ 観測期間：2019年4月18日～2019年11月5日
生物相及び環境条件調査	<ul style="list-style-type: none"> ・ 浮島上において水生生物相・環境条件調査を実施 ・ 異なる環境を含む計15箇所で実施 ・ 調査期間：2018年8月12～15日（溶存酸素濃度が最も低下する時期）

6.3.5 気候変動影響予測手法の検討

文献・ヒアリング調査等から、湿地環境の保全のためには水位が重要であると考えられた。深泥池においては、これまでに様々な研究が行われてきており、既知の水収支モデルが存在していたため、これを活用して水収支(水位)を計算することとした。また、本調査において、地下水位及び雨量を新たに観測し、最新のデータを用いて水収支モデルを改良することで予測の精度向上に努めた。

6.3.6 影響予測モデルに関する情報

深泥池の水位計算には、深泥池の一つのタンクと捉えた水収支モデル(図 6.3-2)を用いた。入力値のうち、池全体からの蒸発量(Evap)、集水域からの流入量(Q_{in1})、浮島からの排水量(Q_{in2})は陸面過程モデル(SiBUC)を用いて算定した。

また、モデル再現値と以下の観測値を比較し、モデルの精度検証を行った。その上で、深泥池における雨量観測結果、池からの流出量のデータを用い、モデルの改良を行った。

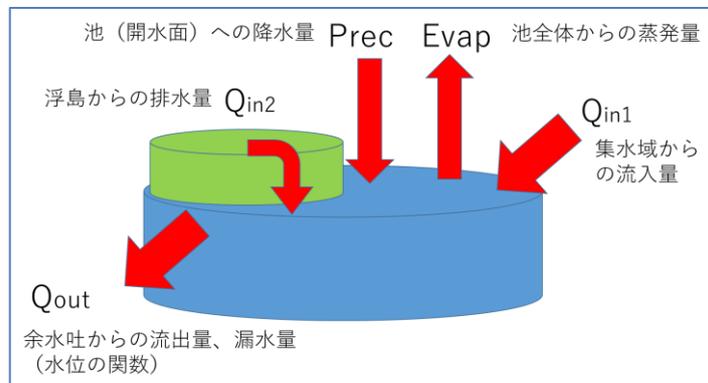


図 6.3-2 深泥池の水収支モデルの概念

6.3.7 影響予測に必要な入力パラメータ

本モデルにおいては、気温、風速、降水量、短波放射、長波放射、比湿、気圧の7つの気候パラメータが必要である。

表 6.3-4 影響予測に必要なパラメータ

項目	内容
気温	<ul style="list-style-type: none"> 陸面過程モデル (SiBUC) を用いた水位計算のモデル入力値として必要
風速	
降水量	
短波放射	
長波放射	
比湿	
気圧	
水位・地下水位	<ul style="list-style-type: none"> 水位計算モデルの構築・改良のために必要
生物相データ	<ul style="list-style-type: none"> 水位の状況が変わった際に影響が及びうる対象
溶存酸素濃度	<ul style="list-style-type: none"> 水生生物が生息する場所の環境条件の指標
水温	

6.3.8 影響予測における留意事項(制限事項)

影響予測においては深泥池の開水面の水位を予測しているが、これに伴う浮島地下水位の変化状況は正確には把握できていない。水位の変化に伴って、浮島の地下水位も増減するが、深泥池の水位変動よりも変動幅は小さく、また時間差もある。詳細を解明するためには長期にわたる水位や、浮島の浮沈状況の観測データを蓄積する必要がある。

6.4 調査結果

6.4.1 文献調査結果

文献調査の主な結果を表 6.4-1 に示す。

表 6.4-1(1) 文献調査結果の概要

文献	概要
Kato Y., Hori M., Okuda N., Tayasu I., Takemon Y., 2009, Spatial heterogeneity of trophic pathways in the invertebrate community of a temperate bog, Freshwater Biology, Volume 55, Issue 2	<ul style="list-style-type: none"> ハンモック-ホローの起伏による小さな生息場の不均質性が、無脊椎動物群集の多様性をもたらす重要な要因となっている。
日本湿地学会, 2017; 図説 日本の湿地 -人と自然と多様な水辺-	<ul style="list-style-type: none"> 湿地の土壌は通年(もしくは一部の時期)に浸水環境であることが特徴であり、これが貧酸素状態を作り出している。湿地ではこのような貧酸素環境が広がっている。

表 6.4-1(2) 文献調査結果の概要

文献	概要
原口昭, 2010; ミズゴケ類の光合成速度の環境応答とその生態的意義, 光合成研究, 20(1), p23-28	<ul style="list-style-type: none"> • 一般に、ミズゴケ類が優占する湿地では、微地形と呼ばれる地表面の凹凸が見られる。 • その高低差は 1~2cm であっても土壌環境の違いに大きく反映され、湿地植生を決める要因となることも知られている。
深泥池七人委員会編集部会, 2008; 深泥池の自然と暮らし ー生態系管理をめざしてー	<ul style="list-style-type: none"> • 深泥池の浮島において、泥炭層中の水に酸素があるのは表層のみで、その下はほとんどの無酸素である。 • 深泥池の浮島上にはビュルテやシュレンケがモザイクのように散在し、小さな池塘もある。こういった複雑な条件に見合った多様な植物・動物(生物群集)が存在している。

6.4.2 有識者ヒアリングの結果

有識者ヒアリングにより、主に以下のことが分かった。

- 泥炭が形成され溜まるのは湿性植物がよく生育する温暖期であり、湿原形成の上では水環境や地形変化の影響が大きい。
- 湿原において水位が低下すると、夏季の渇水期に泥炭が乾燥し、ススキが侵入・定着するようになり、湿原の陸化が進む。
- 湿地の環境は水文と植物と土壌の 3 要素が最も重要であり、最低限、地下水位と植生がモニタリングできると良い。
- 定量的予測を考える前に、まずは湿原が劣化するメカニズムや、インパクトとそれに対する応答を整理した方が良い。
- 湿原への影響については、気温の上昇よりも水位の変動の影響のほうが大きい。地下水位や水面の変動など、湿原の基盤となる水文条件の変化を抑えておくことが最も重要であり、水温の変化も把握しておきたい。
- 影響予測や適応策の検討においては、当初から気温上昇等人為的にコントロールできないものと、水量等ある程度人為的にコントロールできるものをきりわけて考えることが重要である。
- 適応策の検討にあたっては価値観の問題になってくるものもあり、地域のコンセンサスを得る手法もあるが、それは次の段階として捉え、本事業では複数の適応策のメニュー出しができればよいのではないか。

6.4.3 観測や実証実験の結果

ア. 水位・雨量観測結果

水位観測結果を図 6.4-1 に示す。浮島中央部と浮島端の水位の変動パターンは概ね一致しており、ほとんど差異はない。池水位と浮島を比較すると、増減は概ね一致しているが、浮島の方が増減の幅が小さく、また、池水位の変動のタイミングと時間差がある。

雨量観測結果(4か所平均)と京都气象台における観測値の累積雨量を図 6.4-2 に示す。深泥池における雨量と京都气象台における雨量には大きな差は見られなかった。

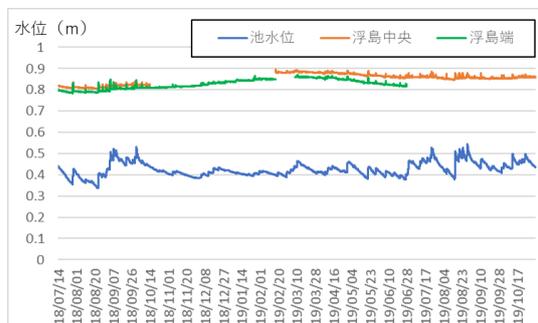


図 6.4-1 水位観測結果(水位計設置位置を基準とした水位)

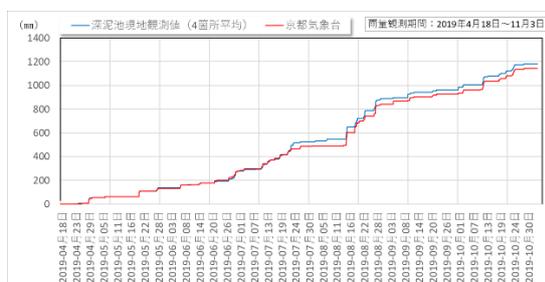


図 6.4-2 累積雨量(2019年4月18日～2019年10月30日)

イ. 生物相・環境条件調査結果

調査結果を表 6.4-2 に示す。生息場ごとに異なる環境・生物相が確認された。

表 6.4-2 生息場ごとの環境条件と生物の種数

生息場	相対水位 ^{※1}	溶存酸素濃度 [mg/L]	水温 [°C]	種数	環境選好性による内訳		南北の地理的分布特性 ^{※2} を持つ種数	
					腐植環境	清水環境	南方系	北方系
					池塘	常に[+]	1.3～7.3	29.0～29.9
シュレンケ	主に[+]	0.3～2.1	29.4～33.7	35	19	16	7	3
ベビービュルテ	主に[-]	0.0～1.5	29.9～30.7	23	18	5	5	2
ビュルテ	常に[-]	0.0～0.3	28.0～30.5	17	12	5	2	1

※1:相対水位は、地表面(浮島堆積物の表面)から水面までの水位で、[+]の場合は開放水面があり、[-]の場合は地下水面となる。シュレンケは主に[+]であるが条件により[-]となり、ベビービュルテはその反対である。

※2:各生物種について国内の分布域を確認し、概ね中部地方を境界として分布の中心が関東・中部以北にある種を「北方系」、中部・近畿以南の西南日本に分布の中心がある種を「南方系」とした。

6.4.4 気候変動影響予測結果

深泥池水位の20年間の予測結果を図 6.4-4 に示す。深泥池においては、余水吐の高さを 0 cm とし、これより水位が下がった状態が渇水状態である。20年間の水位予測結果を見ると、現在よりも将来の方が明らかに渇水の頻度・程度とも増加している。将来予測では年によっては -10 cm ～ -30 cm と、現在ではほとんど見られないような程度の水位低下が起こるようになる。このことから、21世紀末(RCP8.5)においては、深泥池の渇水頻度・程度ともに著しく増加することが予測された。

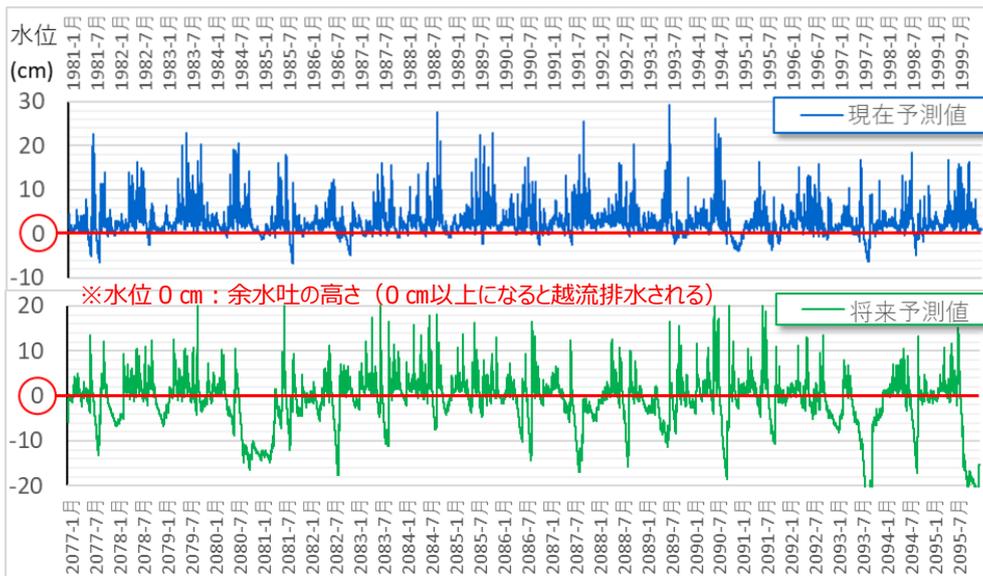


図 6.4-3 20 年間の深泥池水位の予測結果(21 世紀末 RCP8.5 MRI-NHRCM02)

将来、上記のように渇水頻度・程度が増加した場合に、水生生物の生息場に生じると考えられる影響のイメージ図を図 6.4-4 に示す。

深泥池の水位が低下することにより、浮島の地下水位も低下する(以下はイメージ図であり、実際には、浮島の地下水位の低下の方が渇水の程度は弱いと考えられる)。これにより、浮島の間隙水は全体的に空気と触れにくくなることで溶存酸素濃度が低下し、水生生物が全般的に棲みにくくなることが予想される。また地下水位が低下するとシュレンケ(凹部)のような水面を持つ環境が失われ、このような環境を好む生物種が棲みにくくなることが予想される。

ビュルテ(凸部)においては、水が地下水として存在する環境であるが、さらに地下水位が低下すれば表面の乾燥化が進む可能性がある。表面が乾燥化すると、陸上の植物が侵入し、これを起点として湿地の陸地化が進む可能性がある。また、涼しい環境を有するビュルテ(凸部)は北方系の生物の避難場所となっている可能性があるが、乾燥化により温度が上昇しやすくなると、この機能が失われる可能性がある。

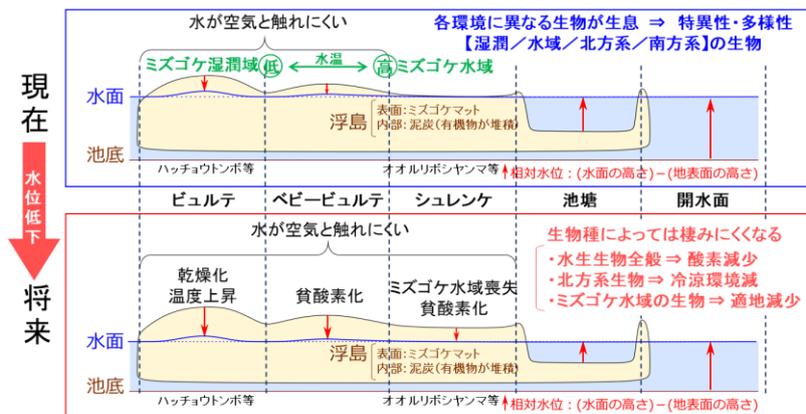


図 6.4-4 深泥池の地下水位と生息場、生物群集との関係

6.4.5 結果を活用する上での留意点・制限事項

6.4.5.1 本調査の将来予測対象とした事項

本調査では、気候変動による深泥池の水位変化と、水位変化が生物群集に与える影響を対象とした。生物群集については、水生生物(浮島の間隙水内に生息する生物を含む)を対象とした。

6.4.5.2 本調査の将来予測の対象外とした事項

深泥池の水生生物の生息適否には、下記の要素が影響すると考えられるが、本調査において気候変動予測を実施するにあたり、下記の影響は考慮していないことに留意が必要である。

- ・浮島上の微地形(凹凸構造)そのものの分布の変化
- ・浮島の形状の変化

6.4.5.3 その他、成果を活用する上での制限事項

生物相調査において、多種の生物種が確認されているが、種ごとの生態・生理に関する知見は限られており、深泥池における調査結果から生物と環境条件との関係を考察している。また、生物相には種間関係等、様々な影響要因があるため、他の地域の同種の生物について、深泥池と全く同じ影響があるとは限らないことに留意する必要がある。

6.5 適応オプション

6.5.1 手順

適応オプション検討フローを図 6.5-1 に示す。

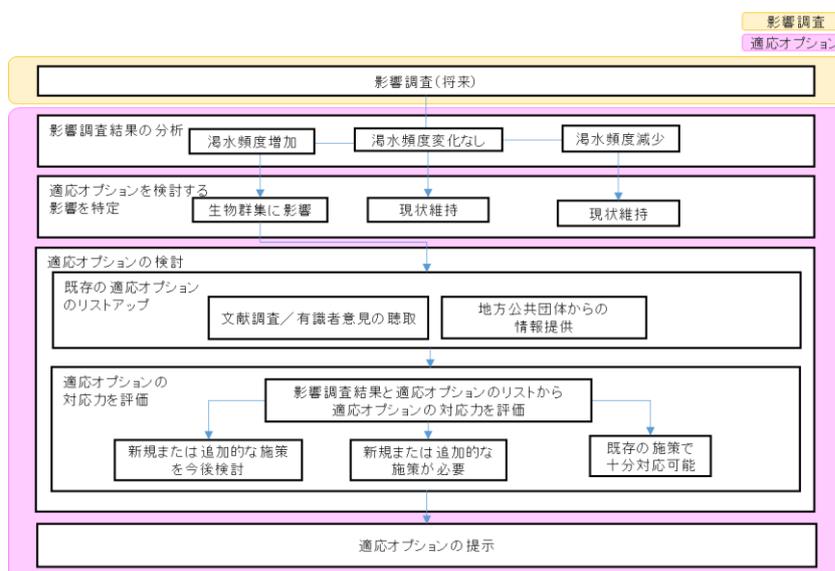


図 6.5-1 適応オプション検討のフロー

6.5.2 概要

適応オプションを表 6.5-1 に整理する。

表 6.5-1 適応オプション(調査項目 4-4)

適応 オプション	想定される 実施主体			評価結果							
	行政	事業者	個人	現状		実現可能性				効果	
				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 環境モニタリング	●	●	●	普及が進んでいる	・モニタリングそのものは影響の検知や、データ蓄積が目的であり、根本的な解決策ではない ・ある変化が検知された際に保全策を講じる体制が必要	△	○	△	◎	N/A	中
② 水文環境の改善	●	●		普及が進んでいない	・集水域という比較的広い範囲での水文環境を改善するためには、普及啓発を行い地域の理解を得る必要がある	△	△	△	△	長期	高
③ 生息場の保全	●	●		普及が進んでいる	・ピンポイントで保全すべき生息場の特定には詳細な専門的調査が必要	△	○	△	◎	短期	中
④ 水質の維持・改善	●	●		普及が進んでいる	・周辺の土地利用・水利用との調整が必要	△	○	△	◎	短期	中
⑤ 人為的管理/利用文化の活用	●	●		普及が進んでいない	・人為的管理への理解と合意形成、科学的根拠に基づいた管理の提案が必要 ・法的制約(天然記念物)あり	△	○	△	◎	長期	高
⑥ 複合的な要因の排除	●	●		普及が進んでいない	・様々な要因が複雑に絡んでおり、関係性の把握が難しい ・地域全体としての取組が必要	△	△	△	△	長期	中

表 6.5-2 適応オプションの根拠(調査項目 4-4)

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
① 環境モニタリング	水質調査や生物調査などがすでに行われており、これらの取組みとの連携を含めた実施体制の検討が必要。
② 水文環境の改善	深泥池はため池という側面もあり稀に取水されることもあるため、特に水不足時は水利用の観点にも留意が必要
③ 生息場の保全	生息する生物の整理・生態に関する知見が必ずしも十分ではないためこれらに関する基礎的なデータの収集も重要
④ 水質の維持・改善	現状では降雨時の路面排水による影響が大きく、住宅地側からの深泥池への流入は特に留意が必要
⑤ 人為的管理/利用文化の活用	天然記念物との調整のうえ、一部であるが既に活動が始められつつある
⑥ 複合的な要因の排除	外来生物(魚類・植物等)やニホンジカによる影響など既に起こっている喫緊の課題がありこれらへの対応が必要

6.5.3 適応オプションの内容

6.5.3.1 環境モニタリング

深泥池の環境条件及び生物群集に関する継続的なモニタリングを行う。これにより、気候変動による影響を検知するとともに、適応策実施のための科学的根拠となるデータの蓄積が期待される。根本的な解決策ではないが、人工的なコントロールが困難である生態系の保全に当たっては、最も基本となり、必要性が高い適応策である。モニタリング項目としては、主に、水位、水温、水質と、動植物調査が挙げられる。

課題としては、実施体制の構築や、継続的な予算の確保等が挙げられる。

6.5.3.2 水文環境の改善

水文環境を改善し、自然状態の集水域から表流水・亜表流水が深泥池へ十分に流れ込む状態とする。流入水を確保することで、将来の渇水の緩和が期待される。深泥池は周辺開発等により、自然状態の集水域全体から十分に水が流れ込まない状態となっているため、これを改善するもので、最も効果が期待できる適応策である。

課題としては、地域や利害関係者との調整が挙げられる。また、流域からの水を深泥池へ導水するための構造や工夫を具体的に検討する必要がある。なお、生物群集保全のためには、現在の水質の保持が必要であり、他水域からの水を導入することは望ましくない。

6.5.3.3 生息場の保全

特に保全重要性の高い生息場、もしくは気候変動の影響に対し脆弱な生息場を特定し、これらの特性に合わせて保全措置を講じる。対症療法的案対策ではあるが、生態系全体への網羅的な対策が講じられなくとも、生物群集の存続に貢献するものと考えられる。

課題としては、より詳細な生物調査や、微視的な環境条件の観測を行い、気候変動による影響に脆弱な生息場や生物種を特定する必要があるということが挙げられる。

6.5.3.4 人為的管理/利用文化の活用

深泥池の生態系を、利用文化を活用し人為的に管理する。例えば過繁茂したジュンサイを収穫することで、池の富栄養化を緩和する。富栄養化の問題は気候変動によりさらに助長される可能性があり、これを緩和することが期待される。市民が収穫物を生態系サービスとして享受し、適応策の必要性や湿地の保全重要性に対する理解を深める機会ともなる。

課題としては、天然記念物であるため、許可申請等が必要であることや、自然に人の手を入れることに対する価値観の共有と合意形成の必要性が挙げられる。

6.5.3.5 複合的な要因の排除

気候変動以外の脅威にも目を向け、気候変動への影響を助長するような要因への対策を行う。これにより、間接的ではあるが、気候変動による影響を軽減することが期待できる。例えば、深泥池においては外来生物の侵入やニホンジカによる食害が生物群集に影響を与えつつある。気候変動以外の影響を受けている状態でさらに気候変動が起こると、気候変動のみの影響よりも大きな影響が生じることとなる(負の相乗効果)。これを避けるため、外来生物対策やニホンジカ対策にも合わせて取り組む必要がある。

課題としては、地域という視点から多岐にわたる課題に取り組める体制作りが挙げられる。

6.6 引用文献一覧

- ・ Kato Y., Hori M., Okuda N., Tayasu I., Takemon Y. Spatial heterogeneity of trophic pathways in the invertebrate community of a temperate bog, *Freshwater Biology*, Volume 55, Issue 2
- ・ 田中賢治, 萩沢佑樹, 佐久間良一, 小尻利治, 2008:気候モデルのバイアス補正と検出, 京都大学防災研究所年報, 第 51 号 B, 723-736
- ・ 日本湿地学会, 2017;図説 日本の湿地 -人と自然と多様な水辺-
- ・ 原口昭, 2010;ミズゴケ類の光合成速度の環境応答とその生態的意義, 光合成研究, 20(1), p23-28
- 深泥池七人委員会編集部会, 2008;深泥池の自然と暮らし -生態系管理をめざして-