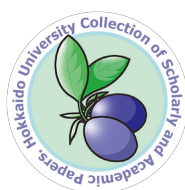




HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	尾瀬ヶ原上田代池塘群の底質に対する洪水の影響
Author(s)	福原, 晴夫; 永坂, 正夫; 高野, 典礼 他
Citation	低温科学, 80, 25-42
Issue Date	2022-03-31
DOI	https://doi.org/10.14943/lowtemsci.80.25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/85016
Type	departmental bulletin paper
File Information	02_p025-042_LT80.pdf



尾瀬ヶ原上田代池漕群の底質に対する洪水の影響

福原 晴夫¹⁾, 永坂 正夫²⁾, 高野 典礼³⁾, 村田 智吉⁴⁾,
千賀 有希子⁵⁾, 藤原 英史⁶⁾, 野原 精一⁷⁾

2021 年 10 月 19 日受付, 2021 年 11 月 15 日受理

尾瀬ヶ原上田代の 39 池漕, 中田代 5 池漕より堆積物コアを採取し, 目視により 4 層に分け, タイプ分けを行った. 最表層の Ss は Fe 含量が比較的高く, Bs は最も灰分量が高く, Fe 含量も高く, Ds はこれらの中間的な灰分量, Fe 含量を示した. Ps は有機物を多量に含み, 灰分量, Fe 含量共に最も低かった. Bs は洪水による河川運搬物を含む層と推定した. コアは 8 タイプに分けられ, タイプ SDP が最も多く (36%), 次いでタイプ SP (20%) であった. 表層 10 cm の全灰分量は 11.54 – 154.43 (mg cm⁻³) を示した. 全灰分量の高い池漕は Fe 含量も高く, 池漕水の pH も高かった. 全灰分量, 63 μm 未満灰分量, Fe 含量, 池漕水の pH は, 洪水影響大と推定した池漕で高かった. 尾瀬ヶ原上田代のいくつかの池漕底質には洪水の影響が及んでいることが示唆された.

Effects of flooding on bottom sediments of pools at the Kamitashiro in the Ozegahara mire

Haruo Fukuhara¹, Masao Nagasaka², Morihiro Takano³, Tomoyoshi Murata⁴,
Yukiko Senga⁵, Eiji Fujiwara⁶, Seiichi Nohara⁷

Sediment cores were sampled at 39 pools in the Kamitashiro and 5 pools in the Nakatashiro at the Ozegahara mire. Four layers were identified in the sediments by visual observation, Ss; at the outermost layer with high Fe contents, Bs; brown sediments with the highest ash content containing sand and silt, Ds; dark reddish-brown sediments with an intermediate range of ash and Fe contents, Ps; peat sediments. Cores were classified to eight types by the order of layers. Total ash contents of 0-10 cm cores ranged from 11.54 to 154.43 (mg cm⁻³), correlating positively with Fe contents and pool water pH. The sediments of FFPools (frequently flooded pool) indicated higher contents of total ash, below 63 μm ash and Fe than those of OFPools (occasionally flooded pool), showing the effect of floods on pool substrates. The higher pH values of pool water were also observed in the FFPool. Some pools at the Kamitashiro in the Ozegahara mire have been influenced by floods.

責任著者

福原晴夫

連絡先

石川県金沢市

e-mail: fusaka.fharuo@gmail.com

1) 河北潟湖沼研究所

2) 金沢星稜大学 人間科学部

3) 石川工業高等専門学校 環境都市工学科

4) 国立環境研究所 地域環境研究センター

5) 東邦大学 理学部

6) 株式会社 ドキュメンタリーチャンネル

7) 国立環境研究所

1 Kahokugata Lake Research Institute, Tsubata-machi, Kahoku-gun, Ishikawa 929-0342, Japan

2 Kanazawa Seiryou University, Gosyo-machi, Kanazawa, Ishikawa 920-8620, Japan

3 National Institute of Technology, Ishikawa College, Kitanakajo, Tsubata, Ishikawa 929-0392, Japan

4 National Institute for Environmental Studies, Onogawa 16-2, Tsukuba, Ibaraki 305-8506, Japan

5 Toho University, Narashino Campus, 2-2-1 Miyama, Funabashi, Chiba 274-8510, Japan

6 Documentary Channel Co. Ltd., 851-1 Tsurugaoka, Tsurugashima, Saitama 350-2204, Japan

7 National Institute for Environmental Studies, Onogawa 16-2, Tsukuba, Ibaraki 305-8506, Japan

キーワード：高層湿原, 池塘堆積物, 灰分, 泥炭, 気候変動
mire, pool sediment, ash, peat, climatic changes

1. はじめに

北半球の第四紀に氷床のあった北ヨーロッパ, 北アメリカには世界の大半の泥炭地帯が分布している (阪口, 1989). 泥炭地は地球の面積のわずか 3% を占めるに過ぎないが, 世界の土壌炭素の 15-30% を占め, 地球の炭素サイクルに大きな影響を与えている (Limpens et al., 2008; Dice, 2009). 近年の気候変動下で泥炭地を含む湿地は, 人為的な改変, 大気からの窒素 (N), 硫黄 (S) の降下, 炭素サイクルの変化, 異常気象, 自然火災などの影響を強く受けてきている (Dice, 2009; Junk et al., 2013; Mitsch and Gosselink, 2015). 気候変動の重要なシナリオの一つとして, 降水量と降水頻度の増加による洪水の多発が指摘されている (IP CC, 2014; 気象庁,

2020).

本邦における泥炭地も, 気候的な条件から稀な自然火災を除いて, 例外なく脅威にさらされていると言える (小林・富士田, 2019). 本研究地域である尾瀬ヶ原は, 尾瀬国立公園特別保護地区に指定されているため, 人為的な改変は極力避けられているが, 近年の気候変動下で類似の変化が起きていることは想像に難くない.

尾瀬ヶ原は, 新潟県, 群馬県, 福島県にまたがる標高約 1,400 m の小盆地をなしており, 長さ 6 km, 幅 2 km, 面積 7.6 km² のブランケット型に近い本州最大の高層湿原 (高位泥炭地) である (阪口, 1982; Sakaguchi, 2005) (図 1). ほぼ平坦な湿原で南西から北東に傾斜し, 中央部分にそった比高は約 10 m である (国土地理院, 2021). 主な湿原部分は挾水林や河川等により 11 の湿地

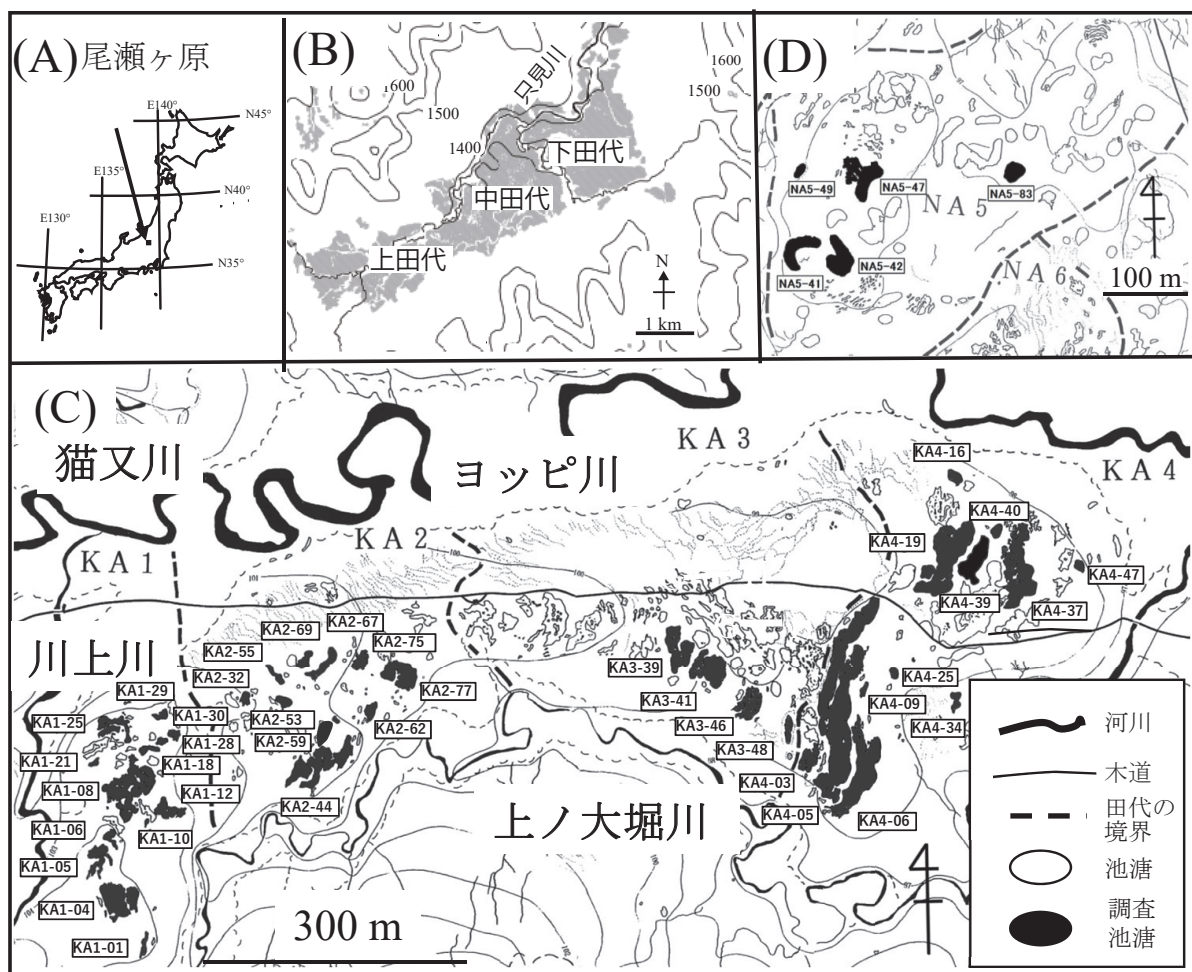


図 1: 尾瀬ヶ原の位置と調査池塘. (A): 尾瀬ヶ原の位置, (B): 上田代, 中田代の位置, (C): 上田代の調査池塘, (D): 中田代の調査池塘. (C) と (D) の調査池塘の番号は金井 (1999) による. (B) 及び C は永坂ほか (2021) を改変. (D) は金井 (1999) を改変.

に区分されており、それぞれ KA（上田代）、NA（中田代）などの略号が与えられ、さらに田代内は KA1、KA2 など地形的に細分された番号が与えられている（金井, 1999）。

尾瀬地域の気候解析は西村・吉弘（2008）が 2006 年までの 30 年間について詳しく行っており、夏期平均気温の上昇、年降水量の増加、1 時間降水量の年最大値の増加、最深積雪深の増加などが挙げられている。新潟・福島豪雨（2011 年 7 月 27 - 30 日）の記録を残した吉井ほか（2014）は、1977 - 2011 年の 6 - 9 月期における降水量等を解析し、猫又川や川上川が氾濫し、尾瀬ヶ原が冠水する頻度は特定の場所では高いと推定している。河川の氾濫により、尾瀬ヶ原の特定部位が冠水し、池塘の生態系にも大きな影響を与えていることが予想される。

尾瀬ヶ原を襲った洪水の詳しい状況については、これまで、上記で述べた吉井ほか（2014）と阪口・相馬（1999）による貴重な報告がある。筆者らの内、福原、野原、藤原は 2019 年の 5 月の調査時に偶然、融雪を伴う大規模な洪水に遭遇し、洪水が湿原に与える影響を、直接的に目視出来た（図 2）。野原ほか（2022）は河川水位の変化から上田代における洪水の浸水状況をシミュレーションで求めている。

尾瀬ヶ原湿原には形も大きさも様々な約 1,800 の池塘が分布し、それぞれに継続調査の可能な番号が付されている（金井, 1999）。これらの池塘について 2 つの起源が考えられてきた。Sakaguchi et al.（1982）は（1）河床の跡の三日月湖を起源とするものと、（2）シュレンケの拡大を起源とする説を提唱し、この説は村上ほか（1999）による柱状試料の珪藻分析により裏づけられている。これらにより、池塘底堆積物（池塘の底に堆積している堆積物の総称とする）には、「池塘堆積物」、「泥炭堆積物」、「河床堆積物」の 3 種類があることになる。池塘堆積物には池塘内での生産物（植物プランクトンなど）と池塘の側壁等の分解による泥炭由来の植物茎などを含む。

尾瀬ヶ原における池塘底堆積物の研究は、西條・阪口（1954）が中田代 4 池塘の表層堆積物の灼熱減量、C, N, Mg, Ca 含量を測定したのが最初と思われる。その後 Kurasawa et al.（1982）により、ベントス調査の一環として中田代 9 池塘、上田代 4 池塘の表層堆積物の灼熱減量が測定されている。また、Sakaguchi et al.（1982）は上田代 1 池塘、中田代 6 池塘の 1 m 未満の柱状試料を採取し、火山灰層の堆積深度を測定して堆積速度の推定を試みている。村上ほか（1999）は上田代、中田代のそれぞれ 1 池塘で約 30 cm の柱状試料を採取し、珪藻分

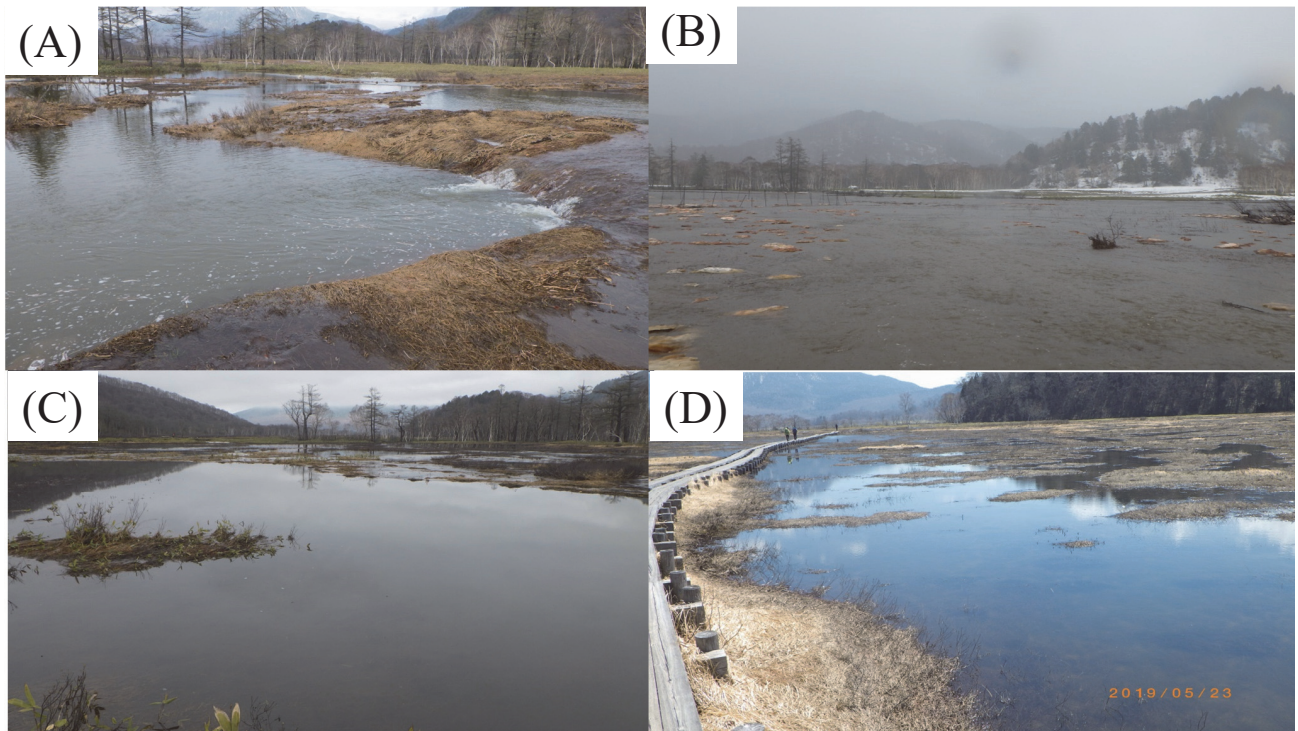


図 2：2019 年 5 月の洪水の様子。(A) 川上川からの氾濫水が KA1-18 に流入している (21 日 16 時 45 分)。(B) ヨッピー川からの氾濫水を受ける山ノ鼻田代研究見本園 (21 日 9 時 21 分)。(C) 上田代 KA1 (21 日 16 時 00 分)。(D) 上田代 KA3 (23 日 9 時 34 分)。

析と粒度分析を行っている。表層堆積物の珪藻分析は、林ほか(1999)により上田代8池澮、中田代9池澮でも行われた。栗田・峰村(2002)は13池澮の間隙水の栄養塩の分析を行っており、継続研究として山ノ鼻田代の1池澮において溶出現場実験を行っている(栗田・峰村, 2003)。以上のように池澮底堆積物については、池澮の起源や火山灰の深度の特定と堆積速度の推定、ベントスや珪藻の現存量と種組成、間隙水についての研究が行われてきているが、洪水による底質への影響についてはこれまで扱われてきていない。

本稿では上田代池澮群を中心に、池澮底堆積物について灰分量や鉄含量(以下Fe含量)を測定することにより堆積物の特徴を明らかにし、特に近年多発する洪水の影響との関係を考察することを目的とする。

2. 方法

2.1 調査池澮

上田代は尾瀬ヶ原の中では西南端に位置し、長さ約1.3 km、幅約550 m、標高1,402–1,408 mで、西端から東端まで比高約6 mである(福原ほか, 2021)(図1)。北側にヨッピー川が流れ(川上川の合流地点前は猫又川)、西側では川上川が猫又川に流入し、南側の上ノ大堀川が東側でヨッピー川に流入している。

中田代は尾瀬ヶ原の中央部に位置し、標高1,400 m前後で沼尻川の扇状地上にある。調査池澮の分布するNA5は北側のヨッピー川、西側の下ノ大堀川、東側の沼尻川に囲まれている(図1)。

上田代には大小約310の池澮が散在しており(金井, 1999)、この中から図1Cに示す39池澮において池澮底堆積物を採取した。上田代池澮と比較するために中田代の5池澮(図1D)も調査に加えた。調査池澮の諸元を附表1に示す。標高はGSI Mapsの基盤地図情報数値標高モデル(DEM5A)により求めた(国土地理院, 2021)。上田代の池澮の開水面積(水域面積)、湖岸線長、池澮の岸から約3.5 mの水深は永坂ほか(2021)による。浮

葉植物被度、中田代池澮の湖岸線長、開水面積については永坂ほか(2021)により求めた。

表1に調査池澮の諸元をまとめて示す。上田代池澮の開水面積は21(KA1-10)–4,842(KA4-05), 平均550(±883, SD) m²で、KA4-05は最も規模が大きかった。池澮岸付近の深さ(岸から約3.5 m)は0.37(KA3-48)–2.13(KA2-44) mで平均約1 mであった。肢節量の最大はKA1-05の3.24であり、平均は1.75であった。池澮の標高は1,401.9–1,408.3 mに分布しておりKA1-04が最も高かった。浮葉植物被度は0(KA1-01, KA1-21)–86(KA1-08), 平均39(±31, SD)%で23池澮が50%以下であった。浮葉植物被度の優占種はスイレン科Nymphaeaceaeのヒツジクサ(*Nymphaea tetragona* Georgi)で、一部池澮に同科のオゼコウホネ(*Nuphar pumilum* var. *ozeensis* H. Hara)が混在する場合があった。調査池澮の水生植物の構成については永坂ほか(2021)に詳しく述べられている。

中田代の調査池澮はNA5-47を除くと深かった。標高の平均は1,402.0 mで各池澮はほぼ同じであった。

2.2 池澮底堆積物の採集方法と処理

自作の押し込み式コア採泥器(採泥部分: 直径4.75 cm, 長さ: 50 cm)を用いて、2017年8月、10月、2018年5月に、岸から約1 mの範囲内で池澮底堆積物の柱状試料(堆積物コアとする)の採取を行った(附表2)。池澮中央部での採取にはゴムボート等の装備が必要なため、湿原保護を行い、また、洪水による土砂流入等の影響を解析するには池澮岸での採集物においても可能と考え、岸辺からの採取を行った。採取した堆積物コアについて目視により土層を記載した。土層は浮遊堆積物(Ss: Suspended sediments), 黒色から茶褐色を帯びた泥状の堆積物(Ds: Dark sediments), 茶褐色を呈した砂泥混じりの堆積物(Bs: brown sediments), 未分解の泥炭(Ps: Peat sediments)に分け、それらの層厚を測定した。それぞれの土層の目視による境界の判定は現地では必ずしも明確ではなかった。そのため堆積物コアの

表1: 上田代及び中田代の調査池澮の諸元と水質、浮葉植物被度。－: 未測定。

		標高	水深	周囲長	開水面	肢節量	水温	pH	EC	DO		Chl.a	浮葉植物
		(m)	(m)	(m)	(m ²)		(℃)		(mS m ⁻¹)	(mg O ₂ L ⁻¹)	(%)	(μg L ⁻¹)	被度(%)
上田代 39 池澮	平均	1405.0	0.97	133	550	1.75	22.7	6.22	1.12	6.53	89.5	2.9	39
	標準偏差	2.1	0.38	132	883	0.52	1.1	0.31	0.70	0.64	9.0	1.9	31
	最小値	1401.9	0.37	21	21	1.06	20.3	5.10	0.44	4.40	58.9	0.8	0
	最大値	1403.3	2.13	676	4842	3.24	24.3	6.95	4.48	7.94	110.4	7.9	86
中田代 5 池澮	平均	1402.0	1.65	130	745	1.36	18.6	5.8	-	-	-	-	16
	標準偏差	0.3	0.47	60	404	0.25	0.6	0.3	-	-	-	-	15
	最小値	1401.8	0.93	50	148	1.06	17.6	5.4	-	-	-	-	2
	最大値	1402.5	2.13	219	1268	1.74	19.5	6.2	-	-	-	-	44

写真撮影を行い、現地での観察の不備を補った。観察後、表層の 10 cm を持ち帰った。保全のため、各池塘での採集は原則 1 コアとし、10 cm に満たない場合も再採取しなかった。10 cm に満たないサンプルの測定値は参考値として扱った。

持ち帰った試料について各種底質を測定した。試料を良く混合した後、30 ml の先端切断注射器を用いて体積 10 ml を採取し、湿重量、乾燥重量（105℃、24 時間以上）の測定後、灼熱減量（600℃、1 時間）を求めた。これを全灼熱減量とした。同試料 10 ml を 63 μm メッシュでふるい、残渣を灼熱（600℃、1 時間）して 63 μm 以上の堆積物についての灼熱減量（63 μm 以上灼熱減量）を求めた。63 μm 未満の堆積物の灼熱減量（63 μm 未満灼熱減量）は全灼熱減量と 63 μm 以上の灼熱減量から計算で求めた。乾燥重量と灼熱減量の差を灰分量とし、全灰分量、63 μm 以上灰分量、63 μm 未満灰分量とした。

灼熱減量測定に用いた灼熱処理後の試料の約 0.1 g について、還元剤としてハイドロサルファイトナトリウムを 0.5 g、0.748 mol L^{-1} クエン酸三ナトリウム溶液を 25 ml 加え、暗所で 16 時間振とう抽出後、遠心分離とろ過（DISMIC-25CS045AN, Advantec）で抽出液を得（伊藤, 1997）、400 倍に希釈し ICP 発光分析器（ICPE-9820, 島津製作所）で Fe 含量を測定した。測定時の検出限界値は 0.002 mg L^{-1} 、定量限界値は 0.020 mg L^{-1} であった。本法では灼熱処理後の試料を還元溶解して抽出しているため、谷ほか（2001）が示している水溶性鉄、鉄-腐植複合体、非晶質水和酸化鉄、結晶性鉄酸化物の含量を示していると考えられる。

これらとは別にそれぞれの土層の特徴を明らかにするため、2020 年 8 月 25 日に KA1-05, KA1-08, KA1-29, KA1-30 の 4 池塘において、同じ採泥器を用いて堆積物コアを採集して観察後、土層別に堆積物を持ち帰り、底質の測定を行った。

本稿では表層約 30 cm 以内の堆積物コアを採取して土層観察を行い、表層の 10 cm について分析を行ったため、池塘堆積物と泥炭堆積物が対象になったと推定されるが、池塘堆積物中には岸からの泥炭分解物を多く含み、また泥炭堆積物の直上には分解途上の泥炭が堆積しているため、池塘堆積物と泥炭堆積物の正確な境界は不明瞭の場合もあった。従って、本稿ではこれらを区別しない場合には「堆積物」として扱った。

2.3 池塘の水質

2017 年 8 月 27 - 28 日に上田代の調査池塘の表層水について水温・DO（溶存酸素濃度）（HQ30d, Hach）、

pH・EC（電気伝導度）（D-54, HORIBA）を測定した。クロロフィル a（Chl. a）濃度は千賀ほか（2021）により分析した。

中田代の池塘の表層水質は 2018 年 5 月 22 日に調査した。水温と pH の測定には HANNA（HI9811-5）を用いた。

2.4 洪水影響の大小による池塘の分類

個々の池塘がどの程度洪水の影響を受けているかの判定は極めて困難である。

浸水する池塘の範囲が、雨量による洪水の規模、河川決壊の位置、池塘の位置関係、標高等により異なるためである。福原ほか（2021）は一定雨量による洪水の規模により、上田代池塘を洪水影響の大小に分け、岸辺水生無脊椎動物個体群が洪水の影響を受けている可能性を示した。本稿においてもこの手法を踏襲し、池塘群を二群に分けて解析することを試みた。福原ほか（2021）は現地で遭遇した 2019 年 5 月 20 - 21 日の洪水による池塘水の濁り状況の目視観察、翌 22 日に撮影されたドローン映像による濁りの確認、魚類の捕獲調査から、本調査池塘を含む 12 池塘を洪水影響小池塘（occasionally flooded Pool : OFPool）、洪水影響大池塘（frequently flooded Pool : FFPool）に分けた。同様の手法を用いて、残りの 27 池塘についても野原ほか（2022）により二群に分けた（附表 2）。ここで洪水影響の大小は浸水を受ける頻度の多寡を意味し、OFPool の場合は設定雨量以下では浸水する可能性が低いと推定されることから洪水の頻度が少ないと判断し、影響小とした。設定雨量は福原ほか（2021）により、2019 年 5 月 20 - 21 日にかけて発生した洪水時の累加雨量（連続雨量、累積雨量とも呼ばれ、ここでは国土交通省（2021a）で用いられている無降雨 6 時間をリセット値とした）84 mm を採用した（国土交通省鳩待峠観測所、国土交通省、2021b）。ただし、洪水当日には、全面ではないが残雪が見られており、融雪の効果も加わり、84 mm 以上の降雨に匹敵した可能性がある。福原ほか（2021）によると、積雪期を除く 5 - 11 月の累加雨量 84 mm 以上の降雨は 2004 - 2018 年の過去 15 年間で、14 回起こっており、年約 1 回程度の頻度で起こっていた。従って OFPool とした池塘のいくつかは、年一度程度の確率で氾濫水の影響を受ける可能性がある。

中田代の調査池塘は、標高 1,401.8 - 1,402.5 m で（附表 1, 表 1）、周囲の河川から約 1 - 2 m 以上高い（国土地理院, 2021）。また上記洪水時のドローン映像からも周囲を含めて濁水の池塘は確認できなかった。阪口・

相馬 (1999) による, 氾濫水運搬微粒子の調査においてもこれらの粒子の堆積は確認されていないことから, 尾瀬ヶ原においても洪水の影響は極めて小さい場所に分布していると推定された。

以上に基づき, 中田代も含め OFPool 19 池 澮, FFPool 25 池澮に分け洪水影響を検討した。

2. 5 データ解析

データの解析には R を用いた (R Core Team, 2016). Shapiro.test, Bartlett. test, T-test, U-test, Brunner-Munzel test, Pearson の積率相関を用いた. $p < 0.05$ を有意と判定し, $0.05 \leq p < 0.1$ を有意傾向とした。

3. 結果

3. 1 池澮の水質

池澮の水質を附表 1 及び表 1 に示す. 上田代池澮群では, pH は 5.10 – 6.95 を示し, 平均 6.22 (± 0.31 , SD) であった. EC は極めて低く, 0.44 – 4.48 (mS m^{-1}) の範囲であった. Chl. a 濃度も平均 2.9 (± 1.9 , SD) ($\mu\text{g L}^{-1}$) と極めて低く, 溶存酸素濃度は 3 池澮を除いて不飽和で

あった. また, 千賀ほか (2022) によると DOC 濃度は平均 6.6 (± 2.7 , SD) (mg C L^{-1}) と高い値を示した. 溶存酸素濃度は Chl. a 濃度 ($r = 0.332$, $p = 0.039$) と有意な相関を示し, 浮葉植物被度とは有意傾向 ($r = -0.312$, $p = 0.053$) を示した (附表 3).

測定年度は異なるが, 中田代の池澮の pH は 5.4 – 6.2 を示し, 上田代に比較して低かった (附表 1, 表 1).

3. 2 堆積物コアのタイプ

目視により 4 層に分けた池澮底堆積物の土層の状態を図 3B に, 底質の分析値を附表 2, 附表 4 に示す. Ss (Suspended sediments) はフロック状の浮遊物をなして, 堆積物の最表層にあり, すべてのコアの 1 – 3 cm を占めていた. 泥炭分解物の植物茎を含み, 含水率が最も高い 95.89 (± 2.01 , SD) % 特徴を示した. Fe 含量も高く, 特に重量割合では最も高かった (0.853%) (図 4A).

Ds (Dark sediments) は, 目視では黒色から茶褐色を帯びた泥状の堆積物で, 泥炭分解物多く含み, 全灰分量は Ss と同程度であった. 重量当たり Fe 含量も Ss に次いで高かった (図 4A, 附表 4). 6 cm 程度の層が多

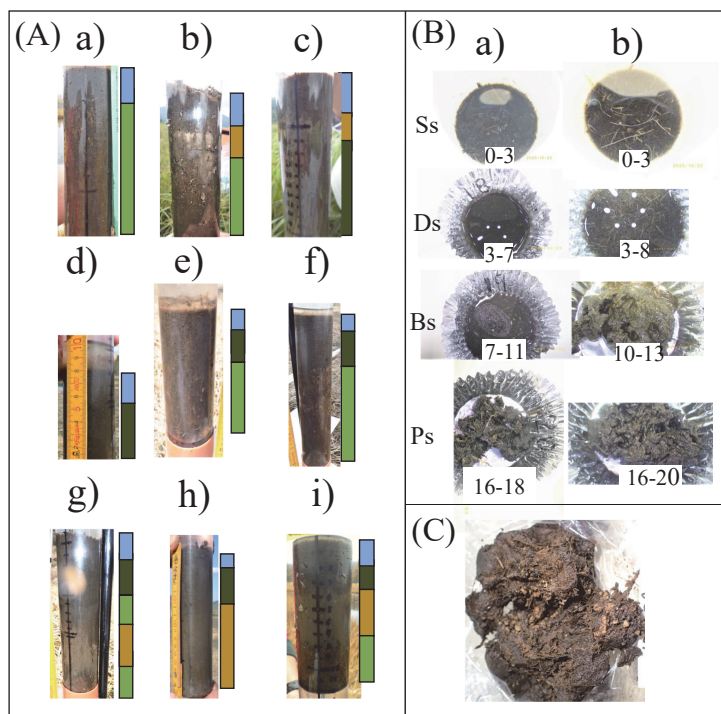


図 3 : 代表的な堆積物コアタイプ (A) と各層の状態 (B) 及び未分解の泥炭堆積物 (Ps) の例 (C).

(A) : a) : KA2-77 (SP), b) : KA3-39 (SBP), c) : KA4-34 (SBD), d) : KA2-55 (SD), e) : KA1-30 (SDP), f) : KA2-75 (SDP), g) : KA1-21 (SDPBP), h) : KA4-37 (SDP), i) KA2-53 (SDBP).

(B) : a) : KA1-29, b) : KA1-05, (C) : KA1-25, 中央 20-25 cm, 数 mm の軽石が混在している. (A) のコア横にタイプの模式図 (附図 1) を示す. (B) の数値は深さ (cm).

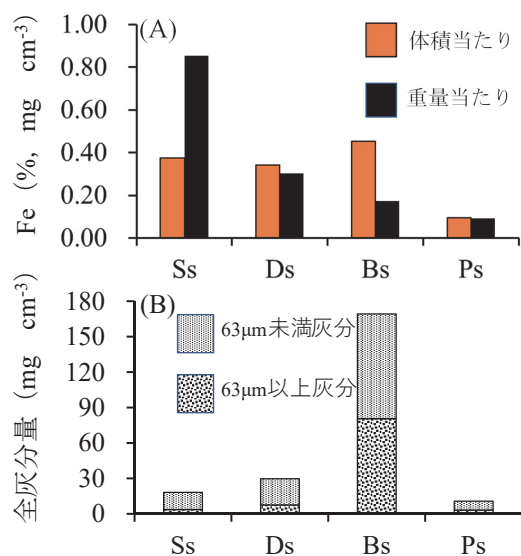


図4：タイプ分けに用いた4層（Ss, Ds, Bs, Ps）のFe含量（A）と灰分量（B）。

いが様々であった。Ssの下部に出現する池塘が最も多かった（全池塘の約75%）。

Bs（Brown sediments）は視覚的に顕著な層であった（図3A）。目視では茶褐色を呈した砂泥混じりの泥炭分解物を含む堆積物で、最も全灰分量が高かった（図4B）。63 μm 以上及び63 μm 未満灰分を35%以上占めていた（附表2）。また、体積当たりのFe含量は最も高かった（図4A）。Ssの下部にBsが出現した池塘は2池塘あったが、多くはDsの下部に出現した。出現した深さも堆積物表面から2 - 12 cmと異なり、その厚さは2.5 - 8 cmであった。

Ps（Peat sediments）は明らかに未分解の泥炭で（図3B, C）、強熱減量が最も高く（88.99%）、全灰分量が最も低かった（11.01%, 10.85 mg cm⁻³）。Fe含量は最も低かった。採集コアが短い場合にはPsは出現していないが、最下層に位置していた。出現する深さも多様で、堆積物表面から2 - 16 cmであった。Ss下部がPsである池塘も9池塘みられたがその内4池塘は中田代に分布する池塘であった。

まとめると最表層のSsは浮遊物状でFe含量が比較

的高く、Bsは最も灰分量、Fe含量が高く、Dsはこれらの中間的な灰分量、Fe含量を示した。Psは有機物を多く含み、灰分量、Fe含量共にもっとも低かった。

堆積物コアの観察から、上記4土層の組み合わせにより、8タイプに分けることができた（附図1）。代表的な堆積物コアを図3Aに示す。附表2には個々の池塘についてのタイプが示されている。タイプは以下のようにまとめられた。

（タイプのS, P, B, Dは4層の頭文字を示し、堆積物表面からの順序を示している。）

- (1) SP：（図3Aa, KA2-77, NA5-41など）Ssの下部にPs, 上田代の5池塘と中田代の4池塘。
- (2) SBP：（図3Ab, KA3-39）Bsの下部にPs。Bsの厚さは約2.5 cm, 1池塘。
- (3) SBD：（図3Ac, KA4-34）Bsの下部にDs。Bsの厚さは約2.5 cm, 1池塘。
- (4) SD：（図3Ad, KA1-06, KA2-55など）Dsの下部は不明, 4池塘。
- (5) SDP：（図3Ae, 図3Af, KA1-05, KA1-30, KA2-75など）Dsの下部にはPs。最も多いタイプで上田代の15池塘と中田代の1池塘、上田代池塘の約40%を占める。
- (6) SDPBP：（図3Ag, KA1-21）Ps中にBsが挟在する。1池塘。
- (7) SDB：（図3Ah, KA4-37, KA1-08など）Dsの下部にBs, 7池塘。
- (8) SDBP：（図3Ai, KA1-10 KA2-53など）Ds, Bsの下部にPs, 5池塘

中田代も含めた44池塘でタイプSDP（以下タイプを略す）が最も多く（36%）、次いでSP（20%）、SDBであった。Ssの下部にDsが堆積している池塘が約75%であった。

採集出来た堆積物 コアは最長でも約30 cm程度である。従って、SD、SDBの場合、その下部の層は不明で

表2：尾瀬ヶ原上田代及び中田代池塘の底質。表層0-10 cmの分析値。

	含水率	容積比重	強熱減量	全灰分量		Fe含量		63μm以上灰分量		63μm未満灰分量		63μm未満灰分量の割合
	(%)	(wet g cm ⁻³)	(w/w %)	(w/w %)	(mg cm ⁻³)	(w/w %)	(mg cm ⁻³)	(w/w %)	(mg cm ⁻³)	(w/w %)	(mg cm ⁻³)	(%)
平均	89.67	1.049	52.78	47.22	56.04	0.580	0.482	9.16	10.51	38.06	45.53	79.78
上田代 標準偏差	3.37	0.042	15.78	15.78	34.57	0.550	0.335	8.52	12.02	16.27	31.74	17.49
37 池塘 最小	80.79	0.927	26.08	18.45	11.54	0.064	0.085	0.80	0.89	8.64	6.16	27.67
最大	94.81	1.144	81.55	73.92	154.43	2.085	1.149	37.11	61.65	72.85	136.98	98.92
平均	91.52	1.062	73.16	26.84	25.22	0.176	0.159	9.72	8.87	17.12	16.35	63.67
中田代 標準偏差	2.53	0.046	10.41	10.41	16.68	0.053	0.076	5.08	6.14	7.50	11.19	13.04
4 池塘 最小	88.46	0.989	58.05	12.57	12.68	0.119	0.089	4.45	3.34	7.74	6.95	45.87
最大	94.89	1.112	87.43	41.95	53.82	0.233	0.288	14.85	19.05	27.10	34.77	82.60

あるため, より長いコアによって タイプは変更される場合や新たなタイプとなる場合も想定される。

3.3 堆積物の灰分量, Fe 含量

附表2に池塘底質を示す。KA2-55, KA3-46, NA5-47のコアは10 cm未満のため参考値として示してある。本稿で分析した0-10 cmのコアには泥炭未分解層(Ps)を含む池塘もあり, すべてが池塘堆積物とは言えない。表2に上田代37池塘, 中田代4池塘の底質をまとめて示す。灰分量とFe含量は重量当たりの値に比して体積当たりの値の幅が広く, 以下, 体積当たりの値を基本的に述べる。含水率は $89.67 (\pm 3.37, SD) \%$ で中田代池塘とほぼ同じであった。Fe含量は有意に上田代池塘で高かった(Burnner-Munzel test, $p < 0.001$)。全灰分量は上田代池塘で $11.54 (KA4-03) - 154.43 (KA4-05) (mg cm^{-3})$ と範囲が広く, 池塘間で約13.5倍の違いがあった。全灰分量の平均は上田代 $56.04 mg cm^{-3}$, 中田代 $25.22 mg cm^{-3}$ であり, 有意に上田代池塘で高かった(U-test, $p = 0.043$)。63 μm 以上灰分量には上田代池塘と中田代池塘で差はなかったが(U-test, $p = 0.949$)。63 μm 未満灰分量では上田代池塘で有意に高かった(U-test, $p = 0.038$)。全試料に占める63 μm 未満の割合は上田代池塘で $79.78 (\pm 17.49, SD) \%$ で, 中田代池塘の $63.67 (\pm 13.04, SD) \%$ より高い傾向(有意傾向)があった(U-test, $p = 0.054$)。従って, 上田代池塘の底質は灰分量が高く, 特に63 μm 未満灰分量が高く, またFe含量も高い特徴を有した。

Fe含量は全灰分量と正の相関を示した(図5)。また, 63 μm 未満灰分量とも正の相関を示した($r = 0.810$, $p < 0.001$, $n = 41$)。

3.4 堆積物コアのタイプと灰分量, Fe 含量, 洪水影響

堆積物コアのタイプが0-10 cm層で測定した全灰分量, 63 μm 未満灰分量, Fe含量と関係を示すかどうか

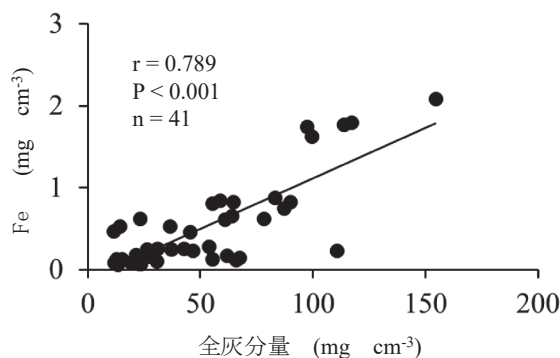


図5: 全灰分量とFe含量の関係。

かの検討を行った(1池塘のみを示したSBP, SBD, DPBPを除いた)(図6)。SDB, SDBPは全灰分量, 63 μm 未満灰分量, Fe含量共に他のタイプよりも明らかに高い値を示した。

附表2に示した洪水影響小(OFPool)と洪水影響大(FFPool)別に堆積物コアタイプの割合を示す(図7)。OFPoolではSDPとSPの割合が高く, 合わせて約65%を占めた。SDBとSDBPを合わせた割合はOFPoolの約15%に対しFFPoolではその割合は約40%と高かった。Bs層を含むタイプはFFPoolに多いと言える。

3.5 堆積物の灰分量, Fe 含量 と水質の関係

堆積物の灰分量, Fe含量と水質の相関を求めた(附表3B)。相関が有意または有意傾向を示したのは, 全灰分量ではpH($r = 0.306$, $p = 0.065$), 63 μm 未満灰分量ではpH($r = 0.334$, $p = 0.043$)及びEC($r = -0.313$, $p = 0.060$)であった。

また, Fe含量はpH($r = 0.365$, $p = 0.026$)及び浮葉植物被度($r = 0.337$, $p = 0.041$)と有意な相関を示した。

全灰分量とpHの関係, Fe含量とpHの関係を図8に示す。全灰分量, Fe含量の増加に伴うpHの上昇が明らかに認められた。全灰分量, Fe含量の高い池塘水のpHは高い傾向にあると言える。

3.6 水質及び底質への洪水影響

附表2に示した洪水影響小(OFPool)と洪水影響大(FFPool)の池塘について水質及び灰分量, Fe含量に差異が認められるかを検討した。

水質への影響は水質を同時期に測定した上田代について検討した(図9)。DOは有意な差を示し(T-test, $p = 0.036$), pHは有意傾向を示した(U-test, $p = 0.063$)。FFPoolでDO, pHが高くなっていた。

全灰分量と洪水影響別及び中田代の池塘の分布を図

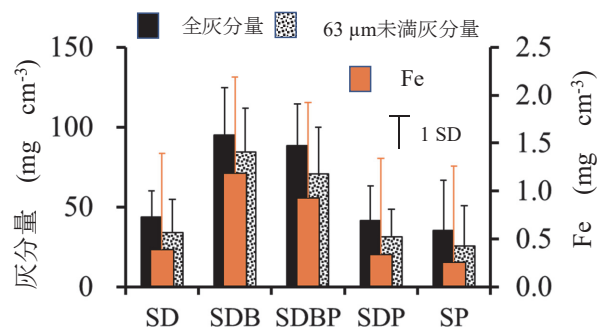


図6: 堆積物コアタイプの全灰分量, 63 μm 未満灰分量とFe含量。

10に示す。全灰分量 $100 \text{ (mg cm}^{-3}\text{)}$ 以上ではすべての池塘がFFPoolであったが、それ以下ではOFPoolとFFPoolが混在していた。特に、全灰分量 $20 \text{ (mg cm}^{-3}\text{)}$ 以下ではFFPoolに属するKA4-03, KA1-29, KA2-75は中田代の3池塘 (NA5-41, NA5-42, NA-49) と同程度であった (附表2)。すなわちFFPoolの中には表層に多量の灰分が堆積していない池塘も含まれることになる。

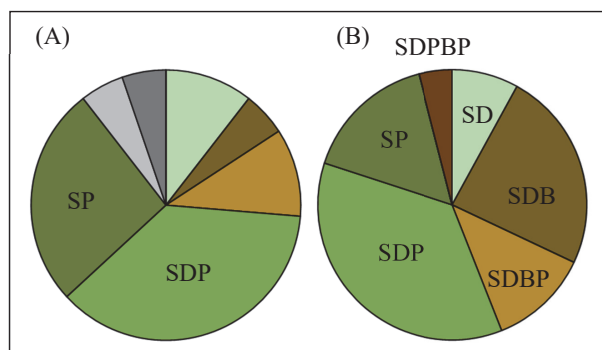


図7: OFPool (洪水影響小池塘, $n = 19$) (A) とFFPool (洪水影響大池塘, $n = 25$) (B) に占める堆積物コアタイプの割合。

図11に上田代におけるOFPoolとFFPoolの灰分量及びFe含量の比較を示す。FFPoolの全灰分量はOFPoolの灰分量よりも高い有意傾向を示した (図11A, T test, $p = 0.069$)。63 μm 未満灰分量もFFPoolでOFPoolよりも高い有意傾向を示した (T.test, $p = 0.062$)。63 μm 以上灰分量にはOFPoolとFFPoolで差がなかった。洪水影響の大きい池塘には灰分が多く、特にシルト以下の成分が多いと言える。

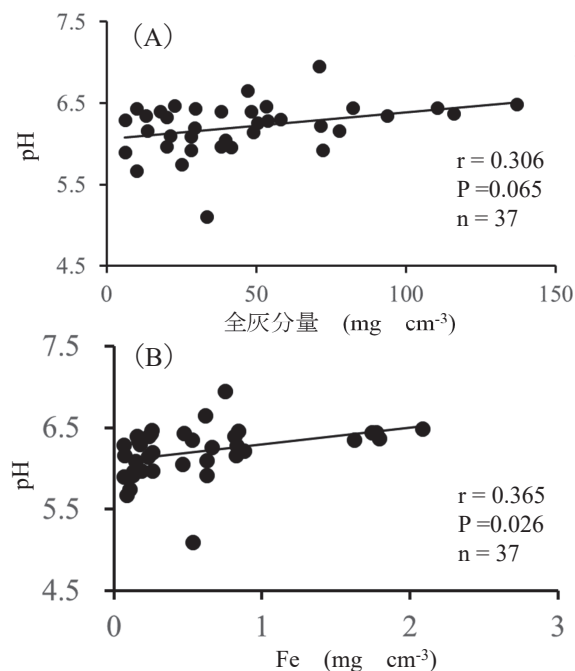


図8: 全灰分量とpH (A), Fe含量とpH (B) の関係。

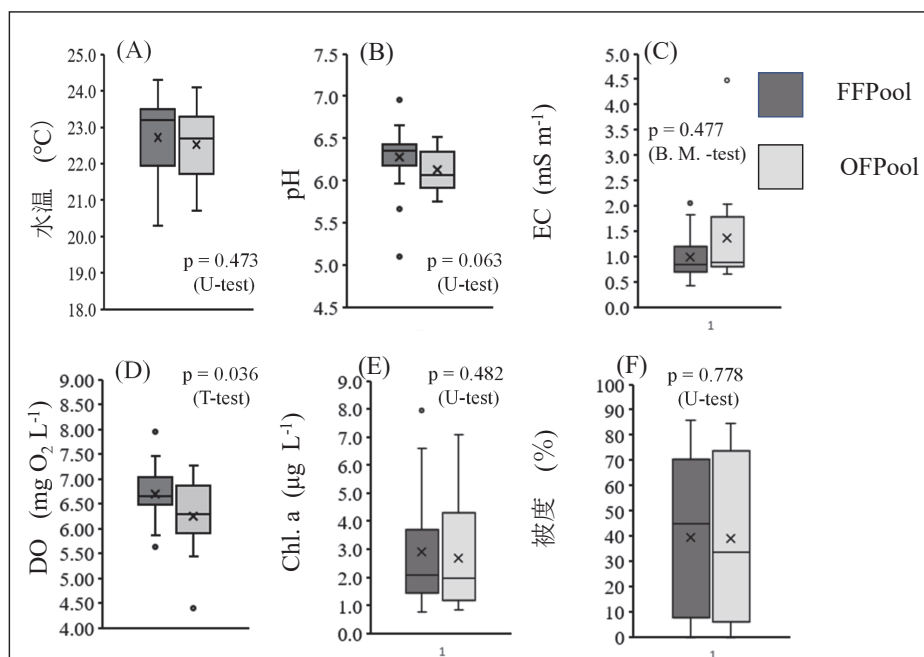


図9: 箱ヒゲ図で示したOFPool (洪水影響小池塘) とFFPool (洪水影響大池塘) の水質の比較 (上田代39池塘)。(A): 水温, (B): pH, (C): EC (電気伝導度), (D): DO (溶存酸素濃度), (E): Chl. a (クロロフィル a 濃度), (F): 浮葉植物被度。

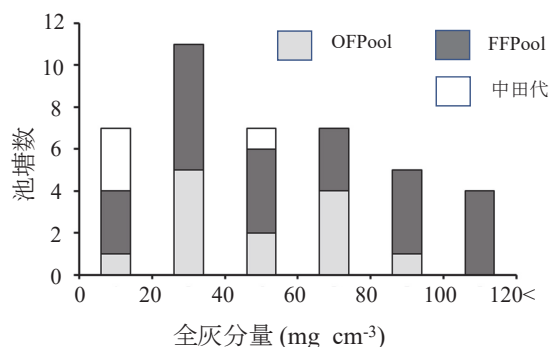


図 10：全灰分量と池塘数の分布。

Fe 含量も灰分量と同様に FFPool で有意に高かった (図 11B, Brunner-Munzel test, $p < 0.001$)。

4. 考察

4.1 池塘底堆積物のタイプ

尾瀬ヶ原の池塘の堆積物の採取は 1978 年に最初に行われ(阪口, 1989), その結果が報告されている(Sakaguchi et al., 1982)。火山灰層の位置からの堆積速度の算定が主な目的であり, 層別の扱いはされていない。村上ほか(1999)においても池塘堆積物の扱いは一層であった。本報告では最大約 30 cm の池塘底堆積物であるが, 層別に扱うことによって, 表層堆積物の特徴を明らかに出来た。

表層部分を視覚的に 4 層に分けることによって, 池塘によっていくつかの堆積のパターンがあることが明らかとなった(附図 1, 附表 2, 図 3)。表層部分には共通して約 3 cm 程度の Ss があり, 流動的な浮遊堆積物で, 含水率が高く, 灰分量は高くはないが, 重量割合では極めて Fe 含量の高い層であった(表 2)。Fe 含量の高い理由として, 堆積物の嫌氣的な下層から溶出してきた

Fe^{2+} が好氣的な底層水(林ほか, 1999)により酸化され酸化鉄の状態で沈殿蓄積していることが考えられる。本報においては酸化還元電位の測定は行わなかったが, 池塘底の有機物含量は泥炭分解物を含むため高く(附表 2), より還元環境となり Fe^{2+} の溶出も促進されている可能性が高い。また, 池塘水が流動的であれば, 溶出してきた Fe^{2+} が流出することも考えられるが, 調査池塘の水位は洪水時を除いて安定した水位を維持したこと(野原ほか, 2022)から, 池塘水の流動性は大きくないものと推定される。しかし洪水時に地下水が流入すると推定される池塘もあり(KA1-08 など)池塘水の流動に関しては, 今後池塘ごとの検証も必要である。

Ps は最下層の層としてほとんどの池塘から得られた。Ps は強熱減量が極めて高く, 灰分に乏しく, Fe 含量も最も低い未分解の泥炭からなる層である。上田代の池塘は Sakaguchi et al. (1982) によるとシュレンケを起源とすると推定することから, Ps の出現しなかった池塘(タイプ SBD, SD, SDB)においてもさらに下部に Ps が分布していると推定され, Ps は上田代池塘の基盤となっている。

これらの 2 層の間に Ds と Bs が分布する。Ss の下層には Ds が分布する池塘が約 75% で多かった。Ds の特徴は強熱減量, 灰分量, Fe 含量において Ss に近い値を示すことから, 池塘壁の泥炭分解物を含んだ池塘堆積物を主成分とする池塘外からの影響の少ない層と推定できる。

最も視覚的に顕著な層は茶褐色を呈した砂泥混じりの Bs であった(図 3A, B)。Bs は最も灰分が多く, Fe 含量の高い層である(図 4A)。63 μm 以上及び 63 μm 未満の灰分を 35% 以上占めることから砂とシルト以下の成分を多く含んだ層と解釈できる。阪口・相馬(1999)は湿原内に風成塵以外の粒子を見出し, 氾濫水運搬微粒

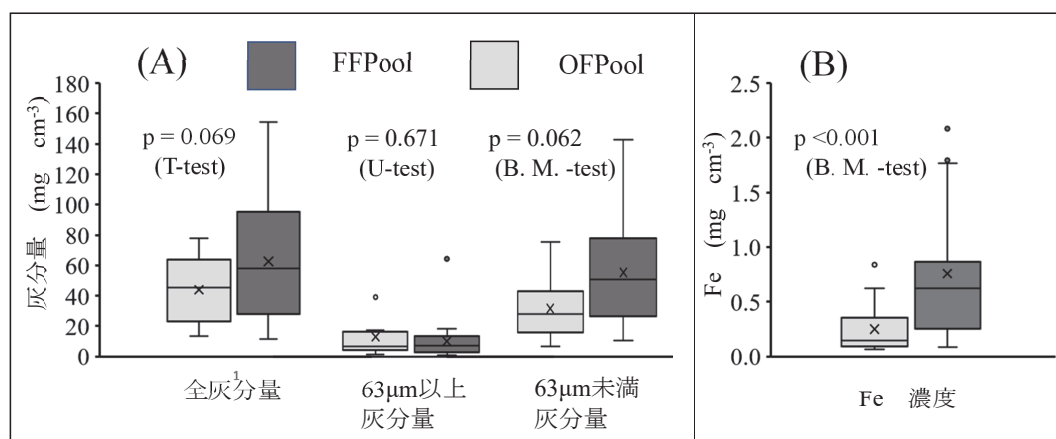


図 11：箱ヒゲ図で示した OFPool (洪水影響小池塘) と FFPool (洪水影響大池塘) の灰分量 (A) と Fe 含量 (B) の比較 (上田代 37 池塘)。B. M.-test は Brunner-Munzel test を示す。

子としている。池塘の周囲に山崩れなどによる土砂の供給源が見当たらず、ほぼ平坦な湿原地帯であることから(図 1C)、Bs の主要な成分は洪水によって運搬されてきた土砂である可能性は非常に高いと推定される。洪水影響が小さいと推定される中田代の池塘では Bs が出現していない(附表 2)。この点も Bs が河川からの運搬物を主成分としていることの証拠となる。

上田代及び中田代池塘の堆積物には 8 タイプが認められた。採取できたコアの長さが異なるため、本調査のみではタイプの確定は困難であり、言及も限定的ではあるが、1) Bs 層を含む SDB、SDBP の灰分量、Fe 含量は高い、2) FFOPool には SDB、SDBP の比率が高いことが明らかとなった(図 6, 図 7)。これら両タイプが洪水の影響を大きく受けていると言える。一方、洪水影響大と推定された池塘に SDP や SP が合わせて約 50% 占めた。洪水影響大、小の池塘においてタイプが大きく分かれることはなく、両池塘群に各タイプは属していた(図 7)。即ち明確な Bs 層は目視されないが、灰分量の多い Ss や Ds が堆積していると考えられる。

また、各層の厚さや出現する位置は池塘によって大きく異なっていた。例えば、Bs 層の出現する深さは 2 – 12 cm で池塘によりさまざまであった(附表 2)。尾瀬ヶ原における池塘堆積物の堆積速度は、中田代 5 池塘の $0.01 - 0.39 \text{ mm 年}^{-1}$ 、上田代 KA1-04 で 0.09 mm 年^{-1} (Sakaguchi et al., 1982)、中田代 NA5-43 で $0.22-0.58 \text{ mm 年}^{-1}$ (Kurasawa et al., 1982) が報告されている。仮に最大堆積速度を採用すると最も浅い 2 cm (KA4-03) で約 35 年前の出来事となる。KA4-03 近くの池塘で同じ Bs の堆積深度を示す池塘は見当たらない(附表 2)。同時期に洪水が発生しても、池塘により堆積過程が異なることを示すものと思われる。タイプ SDPBP (KA1-21) の場合は、泥炭層の中に Bs が挟在している(附表 2)。池塘が干上がり、砂などの土砂が堆積した後に再度泥炭層が堆積したことを示す例である可能性がある。また灰分量は極めて低く中田代池塘と同じレベルであるが(図 10)、洪水影響大に属する池塘(例えば KA1-29, KA2-75, KA4-03)もある。これらの池塘は周囲の池塘に比較して標高が特に高く、または河川からの距離が離れているわけではない。このような例では、急激な氾濫水の流入によって、堆積物が流出する場合があるかも知れない。得られたタイプの多様性、OFFPool, FFOPool におけるタイプの重複、各層の深さや層厚の違い、洪水影響を受けながら灰分量の低い池塘例から、個々の池塘における堆積過程の複雑性が推定される。個々の池塘における堆積過程の検討は将来の課題となる。

タイプが多様な理由として堆積物コアの採取が岸であったことも一因であるかもしれない。福原ほか(2022)は、尾瀬ヶ原の池塘が拡大する過程で、岸の泥炭部分の脱離や壁が挟られる現象を指摘しているが、池塘中央部とは異なる堆積過程を考える必要があるかも知れない。今後中央部で採取したコアとの比較が必要となる。

4.2 池塘底堆積物への洪水影響

本研究で明らかとなった表層堆積物 (0 – 10 cm) の全灰分量は、上田代で 14.45 – 73.92%, 中田代で 12.57 – 41.95% であった。池塘の岸の堆積物を測定した例は少なく、Kurasawa et al. (1982) の表 5 から中田代 1 池塘 34.5%, 上田代 1 池塘 35.1% が算定されるが、いずれも今回の測定の範囲内であった。しかし、前項で述べたように、各層の灰分量は著しく異なるため、どの深さまで堆積物を採取し分析するかによって値は大きく異なると推定され、比較には十分な注意を要する。

泥炭堆積物や池塘堆積物の灰分の成分として、泥炭を構成する植物体の灰分、風成塵、洪水などの外圧要因によって流入した無機物が挙げられる。池塘堆積物や湿原の泥炭堆積物中には複数の火山灰層が挟在している(e.g. 阪口, 1954; 阪口・相馬, 1999)。これらは風成塵として湿地全体に降下したものであり、池塘堆積物の成分としても認められる。黄砂も風成塵として降下し、灰分の一つの成分に含めることができる。風成塵と植物体灰分は基礎的灰分成分と考えられる。この基礎的灰分成分の量的な検討は本稿では行っていないが、洪水影響が極めて小さいと推定される中田代池塘底質との比較はこの基礎的灰分成分との比較としてとらえることができる。

上田代池塘の全灰分量、63 μm 未満灰分量、全試料に占める 63 μm 未満灰分量の割合、Fe 含量は有意に上田代で高かった (3.3)。先に述べたように上田代池塘の周囲は平坦で、崩壊などにより土砂が流入する環境は近傍には見当たらない。従って、今回調査した上田代池塘の多くは外圧要因として洪水の影響を受けていると言える。この点は、上田代池塘をある一定程度の累加雨量で分けた FFPool と OFFPool の底質を比較することにより(図 11)さらに明らかとなった。上田代の特定の池塘には鉄分を含んだ、灰分の高い河川運搬物が、洪水により流入していると推定できる。

野原ほか (2022) は 2019 年 5 月に発生した洪水直後の池塘水懸濁物の粒度分析を行い、濁った池塘水中には約 1 μm をピークとする粒子が多いとし、洪水影響によるとした。これらの粒子は底泥に沈殿蓄積していると思われる。本報では堆積物を 63 μm 未満で分けたが、2

μm 以下の粘土画分を求めると、水酸化鉄がコロイド状の粘土と固結するため（森田，1969），鉄含量との関係が明確になり，より洪水の影響が明確となった可能性がある．泥炭湿地における粘土と鉄の存在状態は将来の課題である．

4.3 水質への洪水影響

池塘の水質を洪水影響大と小の池塘で比較したところ，pH は FFPool が OFPool よりも高い有意傾向を示した（図 9B）．福原ほか（2022）は 2018 年 7 月 17 – 18 日に上田代 23 池塘で pH を測定し，FFPool と OFPool で比較した結果，有意に FFPool が高い値を示したことを報告している（FFPool : pH = 5.76, OFPool : pH = 5.34, T-test, $p = 0.002$ ）．年度が異なっても同じ傾向が示されたことになる．

pH が高くなる原因として 4 点が考えられる．1) 光合成による上昇：栗田・峰村（2011）が指摘したように氾濫水の流入が池塘の植物プランクトンの増殖を促し，光合成により pH が上昇する可能性がある．しかし，測定時点においては FFPool の Chl. a 濃度がより高い傾向は示していない（図 9E）．DO については FFPool でわずかな差であるが，有意に高かったが，植物プランクトンの増殖は季節変化を示すため，この時点の測定値のみでは否定できないが，少なくとも測定時点では pH 上昇の大きな要因とはなっていないと考えられる．

2) DOC 濃度の低下：池塘水の pH は DOC 濃度と負の相関を示すことが千賀ほか（2021）により尾瀬ヶ原の表層池塘水によって認められている．池塘の DOC の主要な成分である水系腐植物質（AHS）（千賀ほか，2021）は酸性感応基を有しているため（e.g. McKnight et al, 1985），DOC 濃度の低い池塘水は pH が高いと予想される．しかし，FFPool は OFPool よりも DOC 濃度が低い傾向を示さず（千賀ほか，2022），この説は否定的である．3) 河川水の流入：栗田・峰村（2016）によると川上川・猫又川・ヨッピー川の平水時の pH は 6.7 – 6.8 である．池塘水よりも pH の高い河川水が洪水によって池塘へ流入することにより，池塘水が全体的にあるいは部分的に置き換わり，pH が上昇した可能性がある．図 2 に見られるようにこの可能性は十分に予想可能である．水質の測定された 2017 年 8 月 27 日より 3 か月以内に累積降水量の多い日を求めると，7 月 1 – 2 日に 89 mm，7 月 12 – 13 日に 76 mm の降水量があり（国土交通省，2021b），本稿で基準とした 83 mm を越えるか又は近い降水があった．この時に氾濫水が FFPool に流入した可能性は考えられる．4) 腐植酸と Fe との錯塩形成：泥

炭中や腐植物質濃度の高い水中では一般に Fe は腐植酸と錯塩を形成し（e.g. Garcia-Mina, 2006 ; Sharp et al, 2006），その結果として pH が上昇する例が知られている（谷ほか，1998）．灰分量の高い池塘では含まれる Fe 含量が高いため（図 8），この反応が生起し，pH が上昇した可能性が推定される．また，同じメカニズムにより 3) で洪水時に流入した Fe を含む土砂が浮遊・沈殿する間に錯塩を形成して，pH の上昇をもたらした可能性もある．現段階では，FFPool の pH 上昇が 3) によるのか 4) によるのか断定できる根拠を有していないが，いずれの場合も洪水の影響によって pH の上昇が起きている可能性が推定される．年度の異なる 2017 年と 2018 年に同様な傾向を示したことは興味深い．今後，FFPool と OFPool の pH の連続観測や現地で洪水に遭遇した場合のセストン中の金属元素量の測定，pH を中心とした各種水質の観測，池塘水の滞留時間の推定が必要である．

5. おわりに

池塘岸の堆積物コアの分析により，近年，上田代池塘底堆積物中に灰分量が高く，Fe 含量の高い洪水の影響と推定される層が示された．また，表層 10 cm の底質分析によっても灰分量が高く，Fe 含量の高い堆積物が池塘底表層に堆積し，洪水の影響が推定された．本稿では岸近くの堆積物コアによる検討であり，また肉眼による視覚的な判定を用いたこともあり，解析の厳密さに欠ける部分が残る．池塘中央部におけるコアの採取や各種の元素分析による精密化が将来必要である．

洪水による水質への影響としては pH の上昇が最も顕著と推定された．pH の上昇するメカニズムの解明とともに池塘水の pH の上昇が池塘の生態系にどのような影響を与えるかが，今後の課題となる．

入山の困難性や特別保護地域での調査のため，本稿で扱った洪水影響などをタイミングよく現地調査で行うことに限界があった．この点では実証性に欠ける面がある．今後の調査が待たれる．

本稿では上田代を中心に洪水の影響を検討した．尾瀬ヶ原における洪水の及ぶ範囲は定かではないが，野原ほか（2022）が行ったように周囲の河川の水位変化から氾濫原を予測するのは有効な手段となる．今後，洪水の規模による浸水の範囲の特定など，水系別に分けた水理面からの検討が必要であろう．また，過去の雨量や積雪量などの詳細な気候学的検討も必要である．

本稿では，洪水の池塘への影響に限定して述べたが，

阪口・相馬（1999）が先験的に述べたように、洪水は湿原全体にも土砂の流入や移動により影響を与えていることが十分考えられる。湿原自体への洪水影響の研究が必要である。

近年の気候変動下で洪水などの異常気象が今後予想される。尾瀬ヶ原などの高層湿原にも、大きな影響が想定される。尾瀬ヶ原が形成された約 8,000 年の間に、何回かの温暖期も推定されている（阪口, 1989）。そのような時期において、洪水の多発が池塘に影響を与えてきたことが予想される。長い湿原の歴史の中では洪水の影響を短絡的にとらえるのではなく、長期の歴史の中のイベントとしてとらえる必要がある。

謝辞

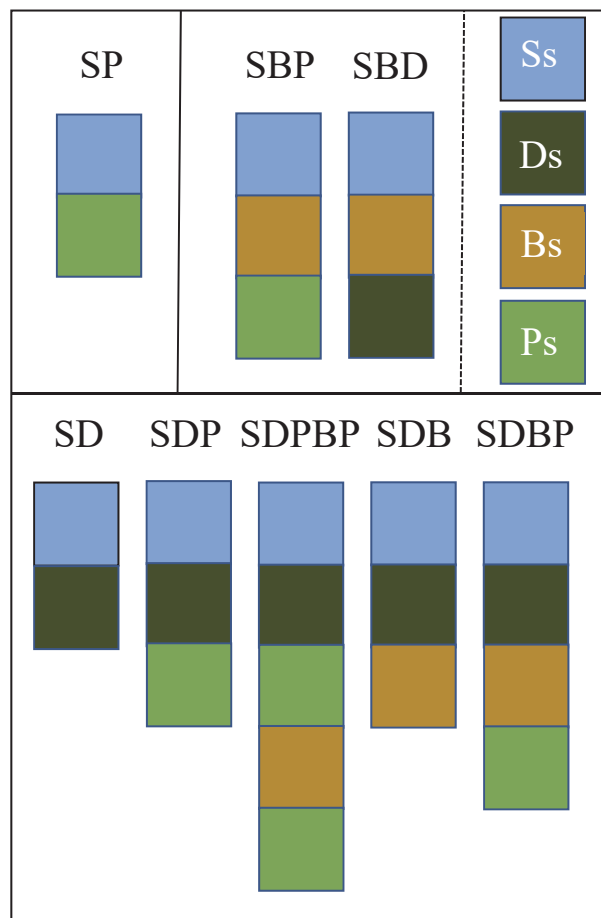
本調査研究は、関係機関の許可のもとに、第 4 次尾瀬総合学術調査の一環として行われた。調査器具の保管等でお世話になった東京パワーテクノロジー株式会社運営の至仏山荘、現地調査でご協力いただいた筑波大学廣田充博士、東邦大学理学部当時 4 年次生佐藤 翼さん、成岡知佳さん、柴木 叶さん、清水崇広さんに感謝致します。

引用文献

- Dice, N. B. (2009) Peatland response to global change. *Science*, **326**, 810-811.
- 伊藤豊彰（1997）選択溶解法による可溶性鉄・アルミニウム・ケイ素。土壤環境分析法, (土壤環境分析法編集委員会編): 288-297. 博友社, 東京.
- 福原晴夫, 木村直哉, 永坂正夫, 野原精一（2021）尾瀬ヶ原上田代池塘群の岸辺水生無脊椎動物に与える洪水の影響。陸水学雑誌, **82**, 169-186.
- 福原晴夫, 木村直哉, 永坂正夫, 野原精一（2022）尾瀬ヶ原の上田代池塘群における岸辺水生無脊椎動物への洪水影響Ⅱ－夏季調査－. 低温科学, **80**, 421-437.
- Garcia-Mina, J. M. (2006) Stability, solubility and maximum metal binding capacity in metal-humic complexes involving humic substances extracted from peat and organic compost. *Organic Geochemistry*, **37**, 1960-1972.
- 林 秀剛, 味沢伸輔, 李 鎬慶, 川村一孝, 村上雅文, 坂井 周, 村上哲生, 平林公男, 野原精一（1999）尾瀬ヶ原池塘の水質と藻類。尾瀬の総合研究, (尾瀬総合学術調査団編): 831-843. 尾瀬総合学術調査団, 前橋市.
- IPCC (2014) Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects.

- Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change. C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.). Cambridge University Press, U. K.
- Junk, W. J., S. An, C. M. Finlayson, B. Gopal, J. Květ, S. A. Mitchell, W. J. Mitsch, and R. D. Robarts (2013) Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: A synthesis. *Aquatic Sciences*, **75**, 151-167.
- 金井弘夫（1999）尾瀬ヶ原の池塘地図と水生植物 5 種の分布消長。尾瀬の総合研究, (尾瀬総合学術調査団編): 377-471. 尾瀬総合学術調査団, 前橋市.
- 気象庁（2020）気候変動監視レポート 2019. 気象庁, 東京.
- 小林春毅, 富士田裕子（2019）北海道湿地目録 2016: 湿地の概要と保護状況。保全生態学研究, **24**, 11-30.
- 国土地理院（2021）: GSI Map. <https://www.gsi.go.jp/> (2021 年 9 月 23 日時点).
- 国土交通省（2021a）雨量 - 国土交通省 川の防災情報 - 市町村向け川の防災情報 <https://city.river.go.jp/kawabou/reference/index08> (2021 年 6 月 22 日時点).
- 国土交通省（2021b）水文水質データベース. <http://www1.river.go.jp/> (2021 年 3 月 22 日時点).
- Kurasawa H., H. Hayashi, T. Okino, Y. Watanabe, M. Ogawa, T. Morita, Y. Isobe, H. Fukuhara, and A. Ohtaka (1982) Ecological studies on zooplankton and zoobenthos in the pools of the Ozegahara moor. In Hara, H. et al. (eds) *Ozegahara: Scientific Researches on the Highmoor in Central Japan*: 277-298. Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo.
- 栗田秀男, 峰村 宏（2002）尾瀬ヶ原池塘における生物生産の研究 水質と一次生産－池塘底泥及び池塘水中の栄養塩類と一次生産－ 第 4 報。尾瀬の自然保護, **25**, 55-68.
- 栗田秀男, 峰村 宏（2003）尾瀬ヶ原池塘における生物生産の研究 水質と一次生産－池塘底泥の栄養塩類及び池塘底泥からの栄養塩類の溶出－ 第 5 報。尾瀬の自然保護, **26**, 77-83.
- 栗田秀男・峰村 宏（2011）: 尾瀬ヶ原池塘における生物生産の研究（第 14 報）尾瀬ヶ原池塘における水質と生体量について (1). 尾瀬の自然保護, **33**: 49-64.
- 栗田秀男, 峰村 宏, 萩原克明（2016）尾瀬山ノ鼻地区における生活排水の流水に及ぼす影響について（第 33 報）－水質と底生動物・魚類・藻類から－. 尾瀬の自然保護, **38**, 5-12.
- Limpens, J., F. Berendse, C. Blodau, J. G. Canadell, C. Freeman, J. Holden, N. Roulet, H. Rydin, and G. Schaepman-Strub (2008) Peatlands and the carbon cycle: from local processes to global implications? a

- synthesis. *Biogeosciences Discussions, European Geosciences Union*, **5**, 1379-1419.
- McKnight, D., E. M. Thurman, and R. L. Wershaw (1985) Biogeochemistry of aquatic humic substances in Thoreau's Bog, Concord, Massachusetts. *Ecology*, **66**, 1339-1352.
- Mitsch, W. J., and J. G. Gosselink (2015) *Wetlands*, 5th edition. Wiley, New York.
- 森田修二 (1969) 改著土壌学汎論. 養賢堂, 東京.
- 村上哲生, 河村一孝, 瀬川朋和, 林 秀剛 (1999) 珪藻分析に基づいた池塘の起源の検討. 尾瀬の総合研究. (尾瀬総合学術調査団編): 473-492, 尾瀬総合学術調査団, 前橋市.
- 永坂正夫, 福原晴夫, 高野典礼 (2021) 尾瀬ヶ原湿原におけるヒツジグサ *Nymphaea tetragona* Georgi の特徴的な池塘内分布の分析. 陸水学雑誌, **82**, 189-201.
- 永坂正夫, 福原晴夫, 高野典礼 (2022) 尾瀬ヶ原湿原における底泥環境に関連した水生植物の池塘内分布. 低温科学, **80**, 329-341.
- 西村 満, 吉弘雅士 (2008) 尾瀬山ノ鼻地区の気象 30 年. 尾瀬の自然保護 30 年間の取り組み. 尾瀬国立公園誕生記念号, (群馬県尾瀬保護専門委員会編): 187-199. 群馬県.
- 野原精一, 村田智吉, 藤原英史, 福原晴夫, 千賀有希子 (2021) 尾瀬ヶ原における河川と池塘の水文地形学に関する研究. 陸水学雑誌, **82**, 151-169.
- R Core Team (2016): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- 西條八束, 阪口 豊 (1954) 尾瀬の陸水 (Ⅲ) 代表的池塘の理化学的性状. 尾瀬ヶ原, (尾瀬ヶ原総合学術調査団編): 118-121. 日本学術振興会, 東京.
- 阪口 豊 (1954) 尾瀬ヶ原地形発達史—モールの形成を中心に—. 尾瀬ヶ原, (尾瀬ヶ原総合学術調査団編): 45-67. 日本学術振興会, 東京.
- 阪口 豊 (1982) 尾瀬ヶ原盆地の成因と湿原の発達. 生物科学, **34**, 36-43.
- 阪口 豊 (1989) 尾瀬ヶ原の自然史. 中央公論社, 東京.
- Sakaguchi, Y. (2005) *The Ozegahara mire - The striking features and genesis of a natural historical heritage of Japan*. Self-publishing, Tokyo.
- 阪口 豊, 相馬秀廣 (1999) 尾瀬ヶ原に分布する孤立林の成立とその年代. 尾瀬の総合研究, (尾瀬総合学術調査団編): 13-28. 尾瀬総合学術調査団, 前橋市.
- Sakaguchi, Y., Y. Saijo, A. Yagi, M. Hibino, and H. Sohma (1982) Characteristics of deposits and genesis of pools. In Hara, H., et al. (eds) *Ozegahara: Scientific Researches on the Highmoor in Central Japan*: 75-90. Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo.
- 千賀有希子, 熊崎悠一, 成岡知佳, 福原晴夫, 野原精一 (2021) 尾瀬ヶ原池塘の表層水における水系腐植植物動態. 陸水学雑誌, **82**, 227-238.
- 千賀有希子, 清水崇広, 成岡知佳, 柴木 叶, 福原晴夫, 永坂正夫, 野原精一 (2022) 尾瀬ヶ原上田代池塘における溶存有機物と水系腐植物質の動態—洪水影響の考察—. 低温科学, **80**, 135-144.
- Sharp, E. L., S. A. Parsons, and B. Jefferson (2006) The impact of seasonal variations in DOC arising from a moorland peat catchment on coagulation with iron and aluminium salts. *Environmental Pollution*, **140**, 436-443.
- 谷 昌幸, 近藤鍊三, 筒木 潔 (1998) 十勝平野沿岸泥炭地における湖沼, 河川の水質特性. 水環境学会誌, **22**, 232-237.
- 谷 昌幸, 近藤鍊三, 筒木 潔 (2001) 泥炭土における鉄の形態および分解度指標との関係. 日本土壌肥科学雑誌, **72**, 180-188.
- 吉井広始, 鈴木伸一, 片野光一, 大森威宏 (2014) 2011 年 7 月豪雨とケルミーシュレンケ複合体について. 尾瀬の自然保護, **36**, 1-14.



附図 1：堆積物コアタイプの模式図.

Ss (Suspended sediments)：浮遊堆積物.

Ds (Dark sediments)：黒色から茶褐色を帯びた泥状の堆積物.

Bs (brown sediments)：茶褐色を呈した砂泥混じりの堆積物.

Ps (Peat sediments)：未分解の泥炭.

附表 1: 調査池塘の諸元, 水質, 浮葉植物被度. - は未測定.

池塘番号	標高 ¹⁾	水深 ²⁾	周囲長 ²⁾	開水面積 ²⁾	枝節量	水温	pH	EC	DO		Chla	浮葉植物被度 ²⁾
	(m)	(cm)	(m)	(m ²)		(℃)		(mS m ⁻¹)	(mg O ₂ L ⁻¹)	(%)	(μg L ⁻¹)	(%)
KA1-01	1407.6	71	85	106	2.33	21.8	6.16	0.88	6.15	82.7	7.1	0
KA1-04	1408.3	170	236	921	2.19	22.2	6.30	0.67	6.43	86.6	1.9	6
KA1-05	1408.2	96	210	335	3.24	21.8	6.29	1.98	6.56	88.0	3.9	6
KA1-06	1408.0	89	68	138	1.63	20.7	5.90	4.48	6.90	91.0	2.0	74
KA1-08	1407.5	115	285	1372	2.17	23.4	6.44	0.95	5.86	81.5	1.2	86
KA1-10	1407.6	78	21	21	1.29	23.7	5.10	1.72	6.63	92.4	1.0	57
KA1-12	1407.6	115	141	338	2.16	21.9	6.14	1.44	6.24	83.9	1.7	5
KA1-18	1406.9	41	28	28	1.49	20.6	6.28	1.83	5.63	74.0	1.7	84
KA1-21	1407.6	76	35	55	1.33	22.9	6.43	0.56	6.43	88.9	2.6	0
KA1-25	1407.3	62	141	302	2.29	21.5	6.40	0.81	7.03	93.8	2.6	45
KA1-28	1406.9	68	39	73	1.29	21.2	6.40	0.68	7.18	95.4	6.6	35
KA1-29	1406.5	48	44	67	1.52	20.3	5.67	2.07	6.98	91.2	1.9	47
KA1-30	1406.5	82	44	102	1.23	21.1	6.33	0.73	5.65	75.0	1.7	73
KA2-32	1406.2	94	52	97	1.49	23.6	6.09	0.89	5.97	82.6	1.5	3
KA2-44	1405.7	213	367	1234	2.95	23.2	5.96	2.04	7.27	101.4	4.9	12
KA2-53	1405.0	55	54	135	1.31	23.8	6.35	0.86	6.58	92.3	4.4	72
KA2-55	1405.4	74	64	104	1.77	23.5	6.30	0.83	7.17	99.2	5.6	65
KA2-59	1405.4	74	23	29	1.20	23.6	5.75	0.92	6.57	91.5	4.4	59
KA2-62	1405.0	77	60	147	1.40	23.2	5.92	0.70	7.04	97.2	2.2	41
KA2-67	1405.1	95	120	281	2.02	23.3	6.44	0.94	6.71	93.7	6.1	71
KA2-69	1405.3	100	104	257	1.83	23.4	6.37	1.11	6.63	91.2	3.1	82
KA2-75	1404.8	83	72	233	1.33	23.2	6.35	1.84	6.67	92.4	2.7	73
KA2-77	1404.7	66	158	687	1.70	23.8	6.40	1.21	7.05	98.2	3.7	60
KA3-39	1403.5	150	177	819	1.74	21.5	6.47	0.80	6.84	91.8	1.2	27
KA3-41	1403.3	142	206	931	1.90	22.0	6.95	0.85	6.90	92.8	1.5	24
KA3-46	1403.0	49	127	472	1.65	22.4	6.52	0.73	6.01	82.1	2.1	2
KA3-48	1401.9	37	70	98	1.99	21.0	6.46	1.02	4.40	58.9	3.1	58
KA4-03	1402.8	74	108	352	1.62	22.3	6.43	1.27	6.53	90.7	2.0	1
KA4-05	1402.9	113	676	4842	2.74	22.6	6.49	0.99	6.74	92.7	2.4	34
KA4-06	1402.9	94	333	1770	2.23	22.3	6.65	0.44	7.45	101.7	6.5	8
KA4-09	1402.8	78	37	46	1.54	24.1	6.05	1.04	6.12	86.5	1.2	74
KA4-16	1402.6	131	51	167	1.11	24.0	6.26	0.71	6.26	88.4	0.8	46
KA4-19	1402.8	109	322	2113	1.98	23.2	6.16	0.56	7.02	97.4	7.9	8
KA4-25	1402.4	83	35	86	1.06	23.0	5.97	1.23	5.43	76.5	0.8	83
KA4-34	1402.3	130	62	139	1.48	23.2	5.92	0.82	5.69	80.4	1.1	85
KA4-37	1402.8	147	311	1569	2.21	23.2	6.22	0.92	6.59	91.1	1.3	1
KA4-39	1402.7	128	142	749	1.46	23.1	6.20	0.84	7.94	110.4	1.5	8
KA4-40	1402.9	154	44	131	1.08	23.5	6.10	0.70	6.60	91.8	2.0	2
KA4-47	1402.4	109	39	99	1.11	24.3	5.97	0.65	6.65	94.9	1.4	17
NA5-41	1401.8	130	158	840	1.54	18.3	6.10	-	-	-	-	26
NA5-42	1402.1	177	146	1032	1.28	18.6	5.40	-	-	-	-	5
NA5-47	1402.5	213	219	1268	1.74	19.5	6.20	-	-	-	-	4
NA5-49	1401.8	93	50	148	1.16	18.8	5.60	-	-	-	-	43
NA5-83	1401.9	213	79	439	1.06	17.6	5.80	-	-	-	-	2

1) 標高は国土地理院 (2021), 標高欄のイタリックの数値は福原ほか (2021) による,

2) 浮葉植物被度欄のイタリックの数値は福原ほか (2021) による, アンダーラインの数値は永坂ほか (2021) による

附表2：調査池塘の底質及び洪水影響、堆積物コアタイプ。

池塘 番号 ¹⁾	採泥の 深さ (cm)	採集日	含水率 (%)	容積比重		全強熱 減量 (w/w %)	全灰分量		Fe含量 ²⁾ (w/w %)		63 µm以上 灰分量 (w/w %)		63 µm未満 灰分量 (w/w %)		洪水 影響 ³⁾	土層 タイプ	SS DS BS PS コア長 (cm)
				(wet g cm ⁻³)	(dry mg cm ⁻³)		(w/w %)	(mg cm ⁻³)	(w/w %)	(mg cm ⁻³)	(w/w %)	(mg cm ⁻³)	(w/w %)	(mg cm ⁻³)			
KA1-01	0-10	2017.10.21	91.73	1.008	83.40	71.91	28.09	23.43	0.085	0.071	11.65	9.71	16.45	13.72		SDP	
KA1-04	0-10	2017.10.21	87.86	1.036	125.76	50.78	49.22	61.9	0.139	0.175	3.01	3.79	46.21	58.11		SDB	
KA1-05	0-10	2018.5.21	93.42	1.085	71.37	81.55	18.45	13.17	0.090	0.064	9.82	7.01	8.64	6.16		SDP	
KA1-06	0-10	2017.10.21	93.38	1.021	67.60	66.38	33.62	22.73	0.101	0.068	24.32	16.44	9.30	6.29		SD	
KA1-08	0-10	2017.10.21	85.53	1.077	155.92	37.66	62.34	97.2	1.117	1.742	9.56	14.91	52.78	82.29		SDB	
KA1-10	0-10	2018.5.21	92.70	1.050	76.66	52.54	47.46	36.38	0.697	0.534	3.82	2.93	43.64	33.45		SD	
KA1-12	0-10	2018.5.21	83.51	1.007	166.14	33.41	66.59	110.63	0.140	0.232	37.11	61.65	29.48	48.98		SDBP	
KA1-18	0-10	2018.5.21	88.56	1.054	120.60	46.39	53.61	64.65	0.689	0.831	8.97	10.81	44.64	53.84		SDB	
KA1-21	0-10	2018.5.21	91.31	1.022	88.87	58.38	41.62	36.99	0.280	0.249	8.20	7.29	33.42	29.70		SDPBP	
KA1-25	0-10	2017.10.21	90.42	1.024	98.03	52.38	47.62	46.68	0.241	0.236	8.52	8.35	39.10	38.33		SDP	
KA1-28	0-10	2018.5.21	89.78	1.040	106.35	48.07	51.93	55.23	0.765	0.814	6.47	6.88	45.47	48.35		SDP	
KA1-29	0-10	2017.10.21	94.35	1.025	57.95	80.03	19.97	11.57	0.152	0.088	2.73	1.58	17.23	9.99		SDP	
KA1-30	0-10	2018.5.21	92.96	1.044	73.50	63.27	36.73	27	0.224	0.165	9.42	6.92	27.31	20.08		SDP	
KA2-32	0-10	2017.10.21	86.95	0.927	120.93	44.31	55.69	67.35	0.121	0.146	32.44	39.23	23.26	28.12		SDP	
KA2-44	0-10	2017.10.21	89.30	1.028	110.00	49.63	50.37	55.41	0.118	0.130	12.66	13.92	37.72	41.49		SDBP	
KA2-53	0-10	2017.10.21	84.46	0.991	154.05	35.49	64.51	99.37	1.055	1.626	3.63	5.59	60.88	93.78		SDBP	
KA2-55	0-9	2018.5.21	91.63	1.077	90.13	46.18	53.82	48.51	0.230	0.207	18.97	17.10	34.85	31.41		SD	
KA2-59	0-10	2017.10.21	92.88	1.024	72.87	58.27	41.73	30.41	0.147	0.107	7.25	5.29	34.48	25.12		SDP	
KA2-62	0-10	2018.5.21	88.82	1.083	121.07	45.70	54.30	65.74	0.103	0.124	30.93	37.44	23.37	28.30		SP	
KA2-67	0-10	2018.5.21	86.11	1.109	154.05	26.08	73.92	113.88	1.149	1.770	2.23	3.43	71.70	110.45		SDB	
KA2-69	0-10	2017.10.21	85.55	1.101	159.11	26.35	73.65	117.18	1.127	1.793	0.80	1.27	72.85	115.91		SDBP	
KA2-75	0-10	2018.5.21	93.41	1.030	67.86	79.33	20.67	14.03	0.776	0.526	1.31	0.89	19.36	13.14		SDP	
KA2-77	0-10	2017.10.21	92.94	1.026	72.38	65.06	34.94	25.29	0.216	0.156	10.17	7.36	24.77	17.93		SP	
KA3-39	0-10	2017.8.29	92.99	1.041	72.98	64.17	35.83	26.15	0.346	0.253	4.88	3.56	30.95	22.59		SBP	
KA3-41	0-10	2017.10.21	87.41	1.070	134.70	35.32	64.68	87.13	0.557	0.750	12.04	16.22	52.64	70.91		SDP	
KA3-46	0-7	2017.10.21	89.85	1.042	105.80	36.59	63.41	67.09	0.720	0.762	2.03	2.15	61.38	64.94		SD	
KA3-48	0-10	2018.5.21	90.39	1.037	99.64	41.07	58.93	58.72	0.844	0.841	5.57	5.55	53.37	53.17		SDBP	
KA4-03	0-10	2017.10.21	94.81	1.052	54.63	78.88	21.12	11.54	0.863	0.471	2.93	1.60	18.19	9.94		SP	
KA4-05	0-10	2017.8.29	80.79	1.102	211.75	27.07	72.93	154.43	0.985	2.085	8.24	17.45	64.69	136.98		SDB	
KA4-06	0-10	2017.10.21	89.36	1.058	112.60	46.07	53.93	60.73	0.547	0.615	12.18	13.71	41.76	47.02		SDP	
KA4-09	0-10	2018.5.21	92.57	1.144	84.99	46.48	53.52	45.49	0.543	0.462	6.75	5.74	46.77	39.75		SDP	
KA4-16	0-10	2017.10.21	88.91	1.138	126.21	49.35	50.65	63.92	0.522	0.659	10.79	13.62	39.86	50.30		SDP	
KA4-19	0-10	2017.8.29	86.28	1.097	150.55	40.19	59.81	90.04	0.548	0.825	8.21	12.35	51.60	77.69		SDB	
KA4-25	0-10	2017.10.21	94.69	1.095	58.13	63.56	36.44	21.18	0.318	0.185	1.78	1.03	34.66	20.15		SDP	
KA4-34	0-10	2017.8.29	87.12	1.055	135.86	42.57	57.43	78.03	0.460	0.624	4.37	5.94	53.06	72.09		SBD	
KA4-37	0-10	2018.5.22	86.96	1.052	137.20	39.37	60.63	83.18	0.641	0.879	8.54	11.72	52.08	71.46		SDB	
KA4-39	0-10	2017.10.21	89.30	1.060	113.51	72.87	27.13	30.79	0.231	0.262	1.27	1.44	25.86	29.35		SP	
KA4-40	0-10	2017.8.29	90.05	0.999	99.44	76.63	23.37	23.24	0.631	0.628	1.94	1.92	21.44	21.32		SP	
KA4-47	0-10	2017.8.29	90.34	1.013	97.85	56.29	43.71	42.77	0.265	0.260	4.55	4.45	39.16	38.32		SDP	
NA5-41	0-10	2018.5.22	89.80	0.989	100.87	87.43	12.57	12.68	0.127	0.128	4.83	4.87	7.74	7.81		SP	
NA5-42	0-10	2018.5.22	94.89	1.088	55.59	72.75	27.25	15.15	0.233	0.130	14.75	8.20	12.50	6.95		SP	
NA5-47	0-8	2018.5.22	83.85	1.126	181.83	37.74	62.26	113.21	0.186	0.339	11.00	20.00	51.26	93.21		SP	
NA-49	0-10	2018.5.22	92.91	1.059	75.02	74.39	25.61	19.21	0.119	0.089	4.45	3.34	21.15	15.87		SP	
NA5-83	0-10	2018.5.22	88.46	1.112	128.31	58.05	41.95	53.82	0.224	0.288	14.85	19.05	27.10	34.77		SDP	
KA1-05	0-3 (SS)	2020.8.25	93.17	1.045	71.34	60.72	39.28	28.02	0.087	0.473	7.01	5.00	32.27	23.02			
KA1-05	3-7 (DS)	2020.8.25	92.53	0.955	71.38	57.20	42.80	30.55	0.072	1.454	2.12	1.52	40.68	29.03			
KA1-05	7-11 (BS)	2020.8.25	83.44	1.040	172.24	26.68	73.32	126.28	0.056	0.044	59.84	103.07	13.48	23.21			
KA1-05	16-19 (PS)	2020.8.25	90.63	1.056	98.9	93.19	6.81	6.74	0.059	0.081	3.40	3.37	3.41	3.37			
KA1-08	0-3 (SS)	2020.8.25	94.90	1.082	55.22	45.13	54.87	30.30	0.660	2.966	10.54	5.82	44.34	24.48			
KA1-08	3-8 (DS)	2020.8.25	90.50	1.072	101.85	50.87	49.13	50.04	0.413	1.051	14.35	14.62	34.78	35.42			
KA1-08	8-14 (BS)	2020.8.25	73.52	1.207	319.6	19.22	80.78	258.17	0.593	0.524	28.41	90.78	52.37	167.39			
KA1-08	16-18 (PS)	2020.8.25	89.82	1.005	102.3	88.65	11.35	11.61	0.150	0.284	3.95	4.04	7.40	7.57			
KA1-29	0-3 (SS)	2020.8.25	98.41	0.949	15.13	78.92	21.08	3.19	0.060	0.535	14.55	2.20	6.53	0.99			
KA1-29	3-8 (DS)	2020.8.25	93.96	1.076	65.02	66.30	33.70	21.91	0.065	0.316	7.09	4.61	26.61	17.30			
KA1-29	10-13 (BS)	2020.8.25	82.74	1.133	195.54	36.91	63.09	123.36	0.315	0.551	24.58	48.07	38.50	75.29			
KA1-29	18-20 (PS)	2020.8.25	90.41	1.066	102.27	81.12	18.88	19.31	0.073	0.148	1.55	1.59	17.33	17.72			
KA1-30	0-3 (SS)	2020.8.25	97.07	1.028	30.13	61.47	38.53	11.61	0.376	6.070	6.18	1.86	32.35	9.75			
KA1-30	3-8 (DS)	2020.8.25	94.44	1.177	65.46	74.40	25.60	16.76	0.199	0.779	14.77	9.67	10.84	7.09			
KA1-30	8-13 (PS)	2020.8.25	89.28	0.764	81.86	93.01	6.99	5.72	0.249	0.333	5.20	4.25	1.79	1.47			

洪水影響小
洪水影響大

1) KA2-55、KA3-46、NA5-47の各値はコア長が10 cm 以下のため参考値

2) KA1-05 (0-3, SS)、KA1-29 (0-3, SS) は定量限界下のため参考値、KA1-30 (8-13, PS) は分析試料が少ないため参考値

3) 洪水影響は野原ほか (2022) による。

附表 3: 水質, 浮葉植物被度, 底質の相関関係. 上段は p 値, 下段は相関係数.

(A): 水質項目間及び被度の相関, 上田代 37 池塘.

	WT	pH	EC	DO	Chl.a
pH	0.253				
	-0.188				
EC	0.020	0.026			
	-0.371	-0.357			
DO1	0.374	0.997	0.775		
	0.147	0.001	0.047		
Chl.a	0.857	0.257	0.389	0.039	
	-0.030	0.186	-0.142	0.332	
浮葉植物被度	0.832	0.344	0.111	0.053	0.365
	0.035	-0.156	0.259	-0.312	-0.149

(B): 水質及び被度と灰分量及び Fe 含量の相関. 上田代 37 池塘.

	全灰分量	63 μm 以上 灰分量	63 μm 未満 灰分量	Fe含量
WT	0.215	0.842	0.152	0.204
	0.209	-0.034	0.240	0.213
pH	0.065	0.994	0.043	0.026
	0.306	-0.001	0.334	0.365
EC	0.104	0.793	0.060	0.216
	-0.271	0.045	-0.312	-0.209
DO1	0.792	0.867	0.823	0.625
	-0.045	-0.028	-0.038	-0.083
Chl.a	0.519	0.646	0.380	0.414
	0.109	-0.078	0.149	0.138
浮葉植物被度	0.540	0.123	0.210	0.041
	0.104	-0.258	0.211	0.337

附表 4: 堆積物コアのタイプ分けに用いた 4 層 (Ss, Ds, Bs, Ps) の底質. 4 池塘 (Bs は 3 池塘) の平均値と括弧内に標準偏差を示す. Fe 含量欄の n は池塘数.

土層	容積比重		含水率	強熱減量	Fe 含量		n	全灰分量		63 μm 以上灰分量		63 μm 未満灰分量	
	(wet g cm ⁻³)	(dry mg cm ⁻³)	(%)	(w/w %)	(w/w %)	(mg cm ⁻³)		(w/w %)	(mg cm ⁻³)	(w/w %)	(mg cm ⁻³)	(w/w %)	(mg cm ⁻³)
Ss	1.026 (0.049)	42.96 (21.76)	95.89 (2.01)	61.56 (11.96)	0.854 (0.519)	0.374 (0.200)	3	38.44 (11.96)	18.28 (11.31)	9.57 (3.31)	3.72 (1.72)	28.87 (13.80)	14.56 (9.71)
Ds	1.070 (0.078)	75.93 (15.18)	92.85 (1.53)	62.19 (8.93)	0.304 (0.216)	0.340 (0.357)	4	37.81 (8.93)	29.82 (12.67)	9.58 (5.28)	7.60 (4.99)	28.22 (11.21)	22.21 (10.88)
Bs	1.127 (0.068)	229.13 (64.68)	79.90 (4.52)	27.61 (7.25)	0.173	0.454	2	72.39 (7.25)	169.27 (62.87)	37.61 (15.80)	80.64 (23.57)	34.79 (16.10)	88.63 (59.61)
Ps	0.973 (0.123)	96.33 (8.47)	90.04 (0.53)	88.99 (4.90)	0.092 (0.038)	0.094 (0.040)	3	11.01 (4.90)	10.85 (5.37)	3.53 (1.31)	3.31 (1.05)	7.48 (6.04)	7.53 (6.28)