

能登半島地震による河北潟湖岸植生の消失に関する調査 及び保全再生活動

特定非営利活動法人 河北潟湖沼研究所

石川県

研究成果

河北潟湖沼研究所と日本水環境学会汽水域委員会の協力者により現地調査と解析をおこなった結果については、2024年12月1日のシンポジウムの当日資料にまとめた。主な内容は以下の通りである。

河北潟干拓地堤防の損壊に伴う植生の変化

<方法>

測量器（ムラテック KDS 株式会社製 RX-26）を用いて断面図を作成し、ライン上にみられる植物の種名と高さを記録した。水深約 1m より沖には測深機（HONDEX 製 水深計 PS-7）を用いて測深した。地震後の調査として干拓地正面堤防の 12 地点で調査を行った。

<結果>

測量データに基づいて作成した断面図からは、図 1 では、堤防の沈下は 80cm ほどであったが、高水敷部分の沈下が著しく、高水敷の先端にあるふとん籠の沈下が確認された。図 1 は、2010 年の堤防の嵩上工事において高水敷も盛土されている。図 2 も高水敷が盛土された地点で、堤防は 50cm～1m ほどの沈下に留まった。一方で、正面堤防西側では 2010 年頃に堤防は嵩上げされたものの、高水敷は盛土されなかった（図 3）。2010 年の時点で、高水敷が沈下したところは深いところで水深 50cm あり、浮葉植物のヒシがみられた。この地点では地震により堤防がほぼ消失し、応急処置としてフレコンの仮堤防が設置された。植生は乏しく、ヒメガマがわずかに見られ、堤防から沖へ約 30m のところに株立したヨシが残る状態となっている。この地点では、堤防から陸側の防風林帯にかけても断面図を作成した。防風林帯内の約 20m 範囲で水深約 15cm で浸水しており、ノイバラ、エノキが枯死していた。また、湿生草本のサクラタデが約 7m にわたり群落を形成していたほか、セイタカアワダチソウは道路に面した一部に限られ、ヨシが多く確認された。

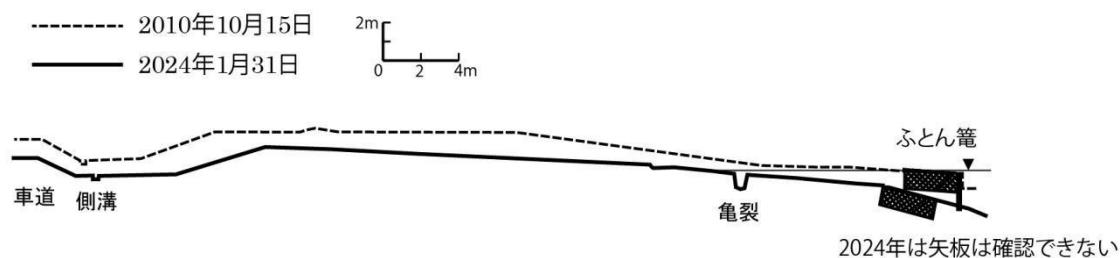
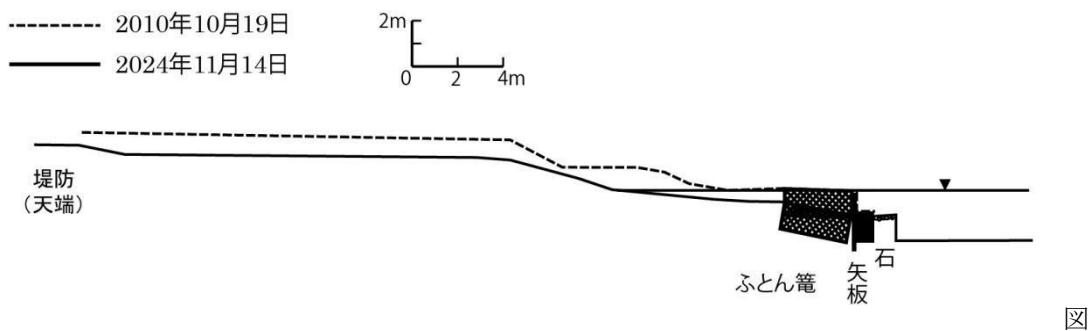


図 1. 断面図（才田大橋近く）



2. 断面図（正面堤防東寄り）

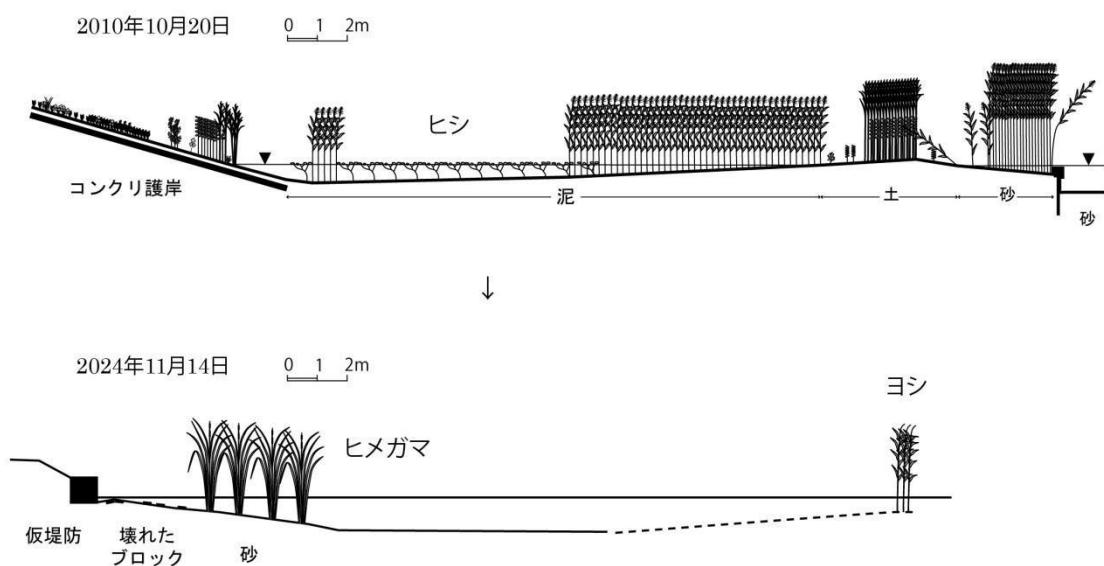


図 3. 植生断面図（正面堤防西寄り）

<考察>

河北潟干拓地堤防の沈下の主要因については、底泥の置き換えを含め砂丘砂を築材として用いたこと、地震前に高水敷が沈下していたことが考えられる。正面堤防の沖側では沈下にともないヨシが減少しており、高水敷に植生があることで堤防消失を防ぐことにつながると考えられるところから、湖岸のヨシ原が再生するかたちでの堤防の修復が求められる。正面堤防沿いの防風林帶では、地震による沈下にともない、浸水エリアが増え、植生に変化がみられる。このエリアにおいては湿性林として維持されることが望まれる。

低空航空写真を用いた湖岸堤防の被災状況解析

<方法>

空撮は被災後 1 月 17 日から 2 月 26 日まで 7 回に分けて行われた（図 1）。撮影高度は、50 ~100m と調査日によって異なる。また、空撮画像から SfM により詳細な地形データを得るためのコントロールポイントの測量は、3 月以降に別途 Drogger RWX.DC(BizStation

Corp.)を用い、PPP-RTK(CLAS)にて行った。オルソ画像、地形モデルの作成には、Metashape Professional (Agisoft)を使用した。

<結果と考察>

SfMにより作成された地形モデルはその性質上、植生の高さを含んだ表面標高を示しているため、具体的な堤防の沈下量を評価することは難しいが、計画堤防高（3.00m）として整備されていた堤防が、1m以下となっている箇所も多く見られた。また、堤防と平行に亀裂がみられ、そのような場所からの噴砂も確認された。河北潟研究所の調査では、堤防の損壊が著しかった個所として本湖に面した直線の堤防（図1のうち 1/17 に撮影が行われた部分）を挙げており、この部分を地形モデルとして表示すると図2のようになる。また、その断面図を作成すると、図3のようになり、土嚢による仮復旧がなければ堤防上面が水面と同程度となり、河北潟干拓堤防のなかでも沈下が著しかったことがわかる。Google Street View や河北潟に関する過去の資料を確認すると、能登半島地震より前から、堤防各所で地盤沈下の傾向がみられ、河北潟干拓地の多くの場所で、もともと沈下傾向にあったことがわかるが、干拓前の旧河北潟湖面の中心部に近い部分で堤防沈下の被害が大きかったようである。河北潟干拓地の大部分が海拔 0m 以下であることからも、堤防の沈下により越水が起こると大きな被害が予想されるため、干拓地の堤防の維持に関する技術開発も併せて慎重な対応が求められる。



図

1 空撮を行った個所と撮影日



図

2 図 1 赤枠部 3D 表示（鉛直方向は 2.5 倍に拡大）



図 3 図 2A-A' における断面図

令和 6 年能登半島地震による河北潟西部湖岸堤防及び大野川右岸堤防への影響

＜調査地域と調査方法＞

河北潟（調整池）は 1970 年 3 月の締め切り堤防完成によって縮小した約 4.3 km² の残存湖である。大野川を流出河川として日本海に注いでおり、金沢港防潮水門によって防潮と水位調節が行われている。調整池周囲及び干拓地・大野川は人工的な堤防によって囲まれている。他に西部の河北潟放水路によっても水位調節がなされている。

調査は西部湖岸の内灘大橋から約 3.2km 下流の清湖大橋までの河北潟西部湖岸堤防、大野川右岸堤防及び管理道路、排水路、隣接する水田とした。

ドローン画像を参考にき裂・破損箇所等の現地確認、漏水等による溜水の塩分濃度（電気伝導度）調査、被害の大きい堤体沈下量の測定。

＜結果と考察＞

堤防付近で見られた被害の主な様相

- 1) 横断き裂（クラック）：蓮湖渚公園側の堤防上及び公園内の道路に集中していた。き裂幅は約 10cm 以下で、幅には 2 つのピ-クが認められた。
- 2) 縦断き裂：ほとんどが堤防沿いの管理道路に長い距離で発生していた。200m を超えるき裂も認められた。一部堤防上にも発生していた。最大き裂幅は 90cm を超える場所も認められたが、多くは 20-50cm 以下であった。縦断き裂の総延長（除重複、含復旧前推定、横断き裂の発生範囲を含む）は約 1.7km に渡り、約 50% にき裂が生じていた。
- 3) 堤体の破損（除管理道路のき裂、含堤体上のき裂、含顕著な沈下）：約 0.8 km（約 25% 強）に渡った。堤体の相対的沈下量は 2 ヶ所の測定では少なくとも地震直後約 1m、約 1.5m と推定される。

- 4) 堤防一般部漏水による溜水（湛水）：管理道路上に主に漏水と思われる、ある程度の規模の湛水部分（溜水）が地震直後約 0.7 km に渡った(図)。6 カ月後でも約 0.5km に溜水が継続した。溜水は堤体脇からの滲みだし水とき裂からの流出水による。
- 5) 水路と水田の液状化：水路及び近隣の水田に顕著な液状化による噴砂・噴水が認められた。
- 6) 蓼湖渚公園北部の噴砂：公園内に少なくとも 15 か所の噴砂部分が認められ、最大は約 3.5m x 1.5m であった。
- 7) 道路上のき裂、堤体側面の破損、道路上の溜水、液状化等がほぼ同じ場所で起こることが多かった。
- 8) 今回の地震では、堤体の水体側になんらかの河川敷様構造(護岸を含む)がある場合に堤防損壊・漏出部への影響等が少なかった。
- 9) 今回の地震以前にも堤体の沈下が起こっているため、堤体の潟側や川側側面には過去の損壊がある程度蓄積されており、今回の地震によってさらに増幅された可能性が高い。



図 管理道路上の溜水、滲み出し、き裂からの噴出による

潟水、漏水による湛水の塩分濃度

- 1) 河北潟湖内の水の EC 値から、防潮堤の沈下・破損による大野川から河北潟への海水の流入は認められなかった。
- 2) 滲みだし水、き裂からの流出水の EC は、高い箇所が多く(35-1800mS/m, 以下単位略), 何らかのルートによる海水の混入が推定される。
- 3) 特に水門上流部のき裂流出水からも高 EC (50-250) が記録されたことにより地下水への海水の混入、き裂に沿った流入、地下埋設物からの高 EC 水の滲出のいずれかが推定される。

- 4) 道路き裂の著しい箇所に隣接する水田内では液状化による噴砂があり、高 EC 水(40-500)が検出された。6ヶ月後においても依然として高 EC であった(160-300)。
- 5) 水門下流部の湛水は大野川の表面水、深層部分の水のパイピングによる漏水の可能性が高い。
- 6) 今回の地震以前にも堤体の沈下が起こっているため、堤体の潟側や川側側面には過去の損壊がある程度蓄積されており、今回の地震によってさらに増幅された可能性が高い。

河北潟における防潮水門による水位操作と電導度の変化

<方法>

2022年8月14日から10月15日にかけて、ロガー(HOBO 製 U24)を放水路中間点 St.2(内灘大橋から西へ約 100 m)の深度 3.0 m に設置し、EC と水温(WT)を 10 分間隔で計測した。また、8月9, 14, 22日、9月11日、10月15日には、St.2 に加え、放水路入口 St.1(内灘橋)と防潮水門から東へ約 50 m 地点 St.3(内灘海浜橋)において、ポータブル EC・pH メータ (TOA-DKK 製 WM-22EP)と溶存酸素計(YSI 製 Pro-Do)で水質の鉛直分布を測定した。一方、放水路防潮水門内外の水位データは、石川県河川総合情報システムの大根布内外におけるデータを毎日ダウンロードして使用した。降水量は気象庁による「かほく」地点のデータを用いた。

<結果>

図 1 に降水量と放水路防潮水門内外の水位変化の一部を示す。図中の大根布(外)のデータが防潮水門外の水位であり、開扉時を除くと潮位と考えてよい。大根布(内)のデータが防潮水門内(河北潟)の水位である。河北潟は前述した 2ヶ所の防潮水門で、潮位と河北潟水位、降雨と流出状況を考慮して水門が操作されている。開扉されると直線的に河北潟水位が低下する。毎日午後の引潮時に開扉されることが多いが、4日間以上開扉されないこともある。図 2 には St.2 深度 3.0 m における EC と WT の連続計測結果の一部を示す。EC は低いときは 10~20 mS/m で推移したが、頻繁に高 EC(最大 117 mS/m)を示した。

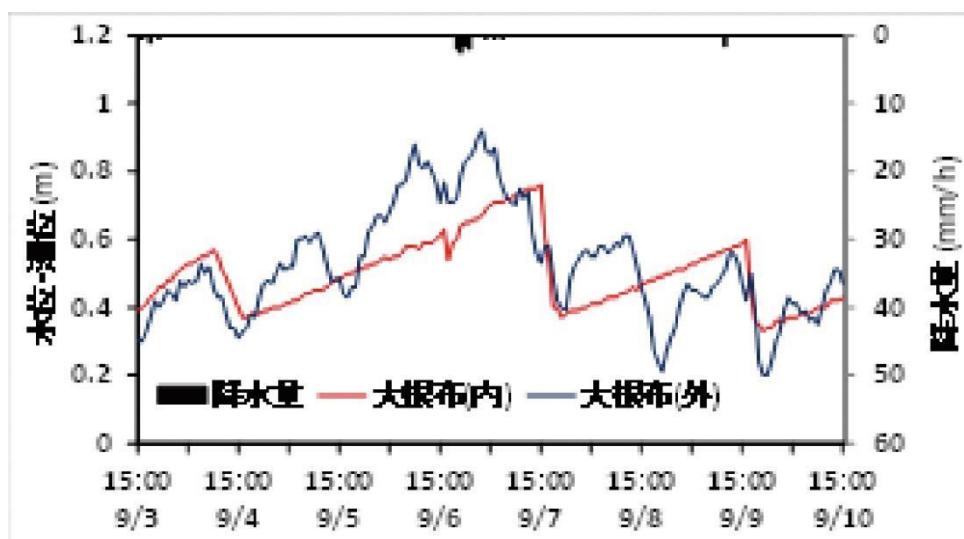


図 1 放水路防潮水門内外の水位(2022.9).

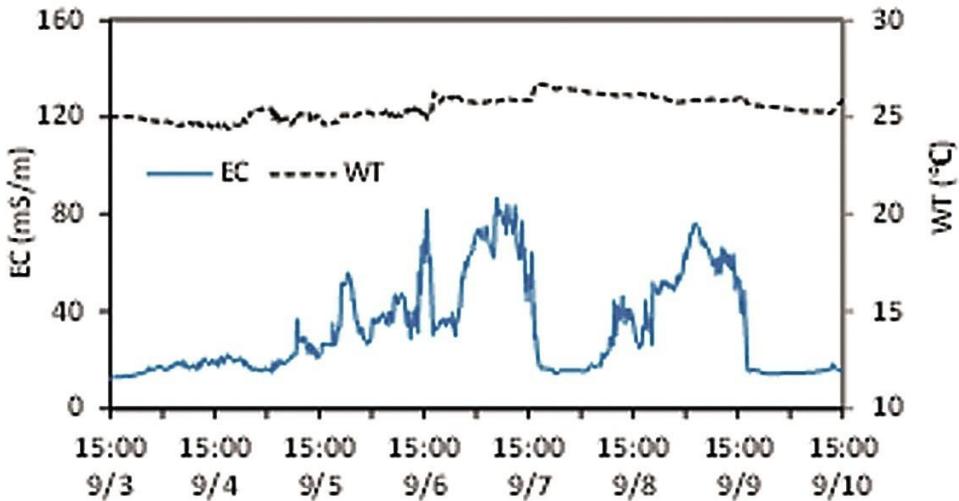


図 2 EC と WT の変化(St.2, 深度 3.0 m, 2022.9).

<考察>

図 1, 2 に示した 9 月 3~10 日において潮位が潟水位よりも高くなると EC が高くなることが分かる。調査した 63 日間のうち潮位が潟水位より 20 cm 以上高くなった日は 8 日間であったが、いずれの日も EC は 20 mS/m 以上上昇した。20 cm 未満の水位差であった 29 日間でも、すべて当日か翌日に EC が上昇した。

河北潟シミュレーションモデルの構築

<方法>

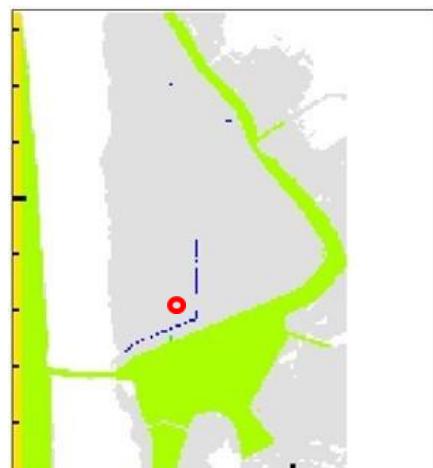
水域の地形については、H29 津波浸水想定の地形データから作成した。気象条件は、全天日射量については富山、露点温度・相対湿度・海面気圧・蒸気圧については金沢、降水量・気温・風速・風向についてはかほくの各気象台のデータから作成した。森下川と金腐川の流量は水位流量年表より、他の河川については森下川を基準に流域面積比（金沢市 1996、石川県 2006）より設定した。

干拓堤防の一部が損壊したと仮定し、干拓地への湖水侵入に関するシナリオ計算を行った。本検討においては、防潮水門は閉め切った状態を仮定しており、流入する河川水の分だけ干拓地に流れ込む状況となっている。なお、本計算では、水平方向のメッシュサイズは 50 m であり、相対的に粗いメッシュでの計算になっている。

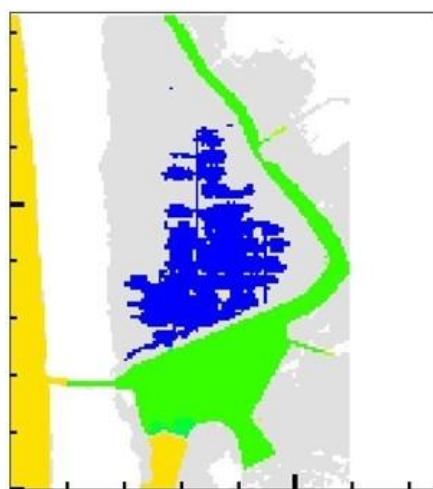
<結果>

干拓地標高より、河北潟水位の方が高いため、損壊を仮定した箇所を経由して徐々に湖水が干拓地内へと流れ込む様子が計算されている。本計算条件では、概ね 5 日程度で干拓地内全域に浸水が広がる結果となっていた（図 1）。また、別途行った防潮水門の損壊を仮定したシナリオ計算では、開口部が大きくなるほど、また流入河川流量が小さくなるほど塩水侵入量が多くなることが認められた。表層 0.5 m 程度のみが開口し、平水時流量程度（10 m³/s）の場合には、ほとんど塩水侵入は見られなかった。一方、表層 2.0 m 程度が開口し、低水時流量程度（5 m³/s）の場合には、時期によって塩水侵入がみられた。

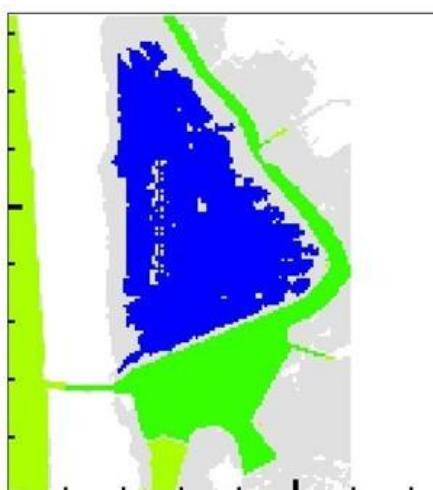
また、塩水侵入が起こりやすい条件として、西風が卓越して吹き寄せが起こり、開口部（貯木場水門）の水位が低下する条件が挙げられた。



(a) 湖水侵入前



(b) 湖水侵入 2 日後



(c) 湖水侵入 5 日後

図 1 干拓堤防の一部が損壊したと仮定した場合の湖水侵入の様子（赤丸が損壊箇所を示す）

活動の報告

合同調査会

全体の調査会は 8 月 5 日～6 日に実施した。

参加メンバーは以下のとおりである。

現地研究チーム

高橋久（特定非営利活動法人河北潟湖沼研究所）

永坂正夫（金沢星稜大学）

福原晴夫（特定非営利活動法人河北潟湖沼研究所）

奥川光治（特定非営利活動法人河北潟湖沼研究所）

川原奈苗（特定非営利活動法人河北潟湖沼研究所）

協力研究者（日本水環境学会汽水域委員会）

山室真澄（東京大学）

伊豫岡宏樹（九州産業大学）

井上徹教（国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所）

以下の日程で実施した。

河北潟合同調査日程

8 月 5 日(月)

13:00	金沢駅西口集合	自動車 1(高橋)、自動車 2(永坂)に分乗し、河北潟へ移動 北陸メンバーの自家用車組は 12:00 河北潟湖沼研究所集合
13:40	内灘道の駅	河北潟全体を眺望できるポイントで河北潟について簡単な説明
14:00	向栗崎～大崎視察	砂丘沿いを北上
16:00	干拓地内	堤防の観察
17:30	視察終了	
18:30	食事とミーティング	吉倉研修館、ppt 等上映

8 月 6 日(火)

9:00	ホテル発	自動車 1(高橋)、自動車 2(永坂)に分乗し、大野川へ移動
9:30	大野川方面視察	主に汽水域を視察
13:00	昼食	
14:00	ミーティング	金沢港クルーズターミナル会議室 2、15:00 まで
15:20	金沢駅着・解散	
15:45	小松空港着	クルーズターミナル 15:00 出発し空港まで自動車で送迎



河北潟干拓地の浸水状況を調査

2024年8月5日



河北潟干拓地の堤防の損壊状況を調査

2024年8月5日



大野川の過去の塩分調整施設跡を観察

2024年8月6日



大野川の水際の植生等
を調査

2024年8月6日



防潮水門付近の水質を
調査

2024年8月6日



ミーティング実施状況

2024年8月6日

東北視察及び水環境学会

9月9日～10日に宮城～福島の海岸地域を視察した。

主に巨大防潮堤の建設が海浜生態系に与えた影響について知ることを目的として、建築物の状況と海浜植生の状態、保全対策などについて視察をおこなった。

視察には、河北潟湖沼研究所より高橋久、川原奈苗、南葉鍊志郎が参加し、東北学院大学の目代邦康氏、福島大学の黒沢高秀氏、蒲生を守る会の熊谷佳二氏に同行いただいた。

また、9月11日に岩手大学で開催された日本水環境学会シンポジウムにおいて高橋久が河北潟での被災状況と植生への影響について発表をおこなった。



防潮堤と海浜植生
2024年9月9日



視察実施状況
2024年9月10日

シンポジウム

12月1日に金沢市近江町交流プラザにおいて、研究成果シンポジウムを開催した。

会場参加者は32名、オンライン参加者は41名であった。



復興にむけて

2024年1月1日に発生した能登半島地震により河北潟湖岸域でも液状化による家屋の倒壊や湖岸堤防の沈下が広域で起こりました。NPO法人河北潟湖沼研究所では震災直後に調査チームを結成し、同時に日本水環境学会汽水域研究委員会の協力を得て調査プロジェクトを立ち上げました。

これまで、震災後の湖岸堤防の断面測量、植生状態のモニタリング調査、堤防が決壊した場合の水質シミュレーション等を実施しており、これらの調査結果について、主に一般向けと、研究者・自治体関係者向けの2部構成としたシンポジウムを開催いたします。第1部では、震災の河北潟の自然環境への影響と復興の中での自然再生に取り組む重要性について、一般の方にもわかりやすく解説します。第2部は、これまでの調査研究から明らかになったことについての研究発表会です。最後に研究成果をふまえて、今後の復興事業の中で自然環境保全や地域再生の観点から留意すべきことを提言します。皆様のご来場を心よりお待ちしております。

開催日 **2024年12月1日**
(日) 9:50~17:30

会場 **近江町交流プラザ集会室**
金沢市青草町88番地
(同時にオンライン配信を予定)

第1部 震災による河北潟の自然環境への影響と今後の自然再生について

- 9:50 開会
- 10:00 【特別講演】内灘砂丘で何が起こったか
目代邦康(東北学院大学)
- 10:30 震災被害を拡大した土地利用
高橋久(河北潟湖沼研究所(以下、湖沼研))
- 11:00 震災の鳥類への影響
中川富男(日本鳥類標識協会)
- 11:30 河北潟で起こったことが他の地域で起こったどうなるか
山室真澄(東京大学)
- 12:00 会場からの質疑応答 進行:高橋久
- 12:30 閉会

第2部 調査研究の中間報告会

- 13:50 開会
- 14:00 【基調講演】河北潟における震災被害が示すこと／山室真澄(東京大学)
- 14:30 内灘砂丘の液状化・側方流動と地下水の関係／目代邦康(東北学院大学)
- 14:50 河北潟干拓堤防の損壊に伴う植生の変化／川原奈苗(湖沼研)
- 15:10 低空航空写真を用いた湖岸堤防の被災状況解析／伊豫岡宏樹(九州産大学)
- 15:30 内灘砂丘湧水に関わるクロズナ層の透水係数について／永坂正夫(金沢星稜大学)
- 15:50 休憩
- 16:00 河北潟シミュレーションモデルの構築／井上徹教(港湾空港技術研究所)
- 16:20 河北潟西部湖岸堤防及び大野川右岸堤防への影響／福原晴夫(湖沼研)
- 16:40 河北潟における防潮水門による水位操作と電導度の変化／奥川光治(湖沼研)
- 17:00 まとめとディスカッション(復興事業への提言)／進行:永坂正夫(金沢星稜大学)
- 17:30 閉会

主催 NPO法人河北潟湖沼研究所 / 共催 日本水環境学会汽水域研究委員会

このシンポジウムは、『タカラ・ハーモニストファンド』及び日本水環境学会からの助成を受けて実施するものです。

能登半島
地震による

河北潟および周辺域の 自然環境への影響調査プロジェクト

中間報告会

参加無料

会場: 定員 82名
OL: 定員 100名



シンポジウムでの研究
発表の要旨

2024年12月1日



シンポジウムでの復興
事業における自然再生
の提案書を発表してい
るところ

2024年12月1日



質疑応答の様子

2024年12月1日

冊子の作成

写真で河北潟の被災状況を紹介し、復興の中での自然再生について提案する冊子を作成した。
(A4 カラー56 頁、1000 部作成)

