

「桧原宿跡」の学術調査—湖底に眠る宿場町と近代日本最大の火山災害の痕跡を探る

谷川 亘^{*1,2}
Tanikawa Wataru

山本 裕二^{*2}
Yamamoto Yuhji

中村 璃子^{*2}
Nakamura Riko

多田井 修^{*3}
Tadai Osamu

山本 哲也^{*1}
Yamamoto Tetsuya

井尻 暁^{*4}
Ijiri Akira

廣瀬 丈洋^{*1}
Hirose Takehiro

木村 淳^{*5}
Kimura Jun

山崎新太郎^{*6}
Yamasaki Shintaro

吉田 昌央^{*7}
Yoshida Masao

1. 磐梯山麓に眠る水中災害遺跡

福島県猪苗代湖の北にそびえる磐梯山は1888(明治21)年の噴火に伴う岩屑なだれと土石流により、山麓北側の集落が埋没し、死者477名に及ぶ大災害を引き起こした¹⁾。これは明治以降では国内最大の火山災害である。この岩屑なだれにより磐梯山北部を流れる川が堰き止められ、天然のダム湖である桧原湖の形成により北側の集落(桧原本村)が水没した。国を挙げた復旧活動とその後の経済発展により、現在この裏磐梯地区はその自然美がおりなす日本有数の高原リゾート地として大きく変貌を遂げた²⁾。そのため、災害の爪痕を直接肌で感じることでできる災害遺構は磐梯山周辺の陸地には残されていない。一方、桧原湖に水没した集落は、今なお当時の面影を湖底に残していることが知られている³⁾(図1)。この水没集落は「桧原宿跡」として埋蔵文化財包蔵地台帳にも登録されているが、これまで本格的な学術調査は行われてこなかった⁴⁾。

世界6位の海岸線の長さを持つ日本では、桧原宿跡をはじめとした水中遺跡を包蔵している潜在性が高い⁵⁾。それにもかかわらず、日本は世界と比較すると水中遺跡の発掘調査が進んでいない。その原因として水中調査の物理的な困難さ、調査にかかる予算と時間、費用対効果等が挙げられる。一方、水底は陸上と比較して、人間活動に伴う開発がさほど及ばず、嫌気的な環境下であることから、遺物や遺跡



図1 桧原湖と桧原山神社前の鳥居(奥に磐梯山がそびえる)

の棄損が少なく水没当時の情報を高い鮮度で保存している可能性が高い⁶⁾。また人目に届きにくい場所であることから、歴史文献記録のない未知なる自然災害の発掘につながる可能性がある。特に近世・近代の「水中災害遺跡」である桧原宿跡は、水没・形成過程や水没前の町並みが分かっていることから、調査結果の「答え合わせ」ができる。その利点を生かして、桧原宿跡を対象に様々な研究アプローチによる調査を実施し、調査手法の試行と開発を重ね、水中災害遺跡調査の研究基盤づくりの「模式地」と位置付けたいと考えている。現在、学際的なチームを編成して調査を開始している⁷⁾。

本調査では、柱状湖底堆積物(コア)試料を活用した研究に重きを置いている。水底堆積物のコア試

料の分析方法は、地球掘削科学の分野で発展してきた。地球深部探査船「ちきゅう」船内の船上ラボやコア保管と分析の国際拠点である高知大学海洋コア国際研究所（MaCRI）内にはコアの物理化学的特性を測定するための高機能な分析装置が揃っている⁸⁾。その中でもX線源を用いた連続非破壊分析装置は物理化学的な変化を及ぼさない「非破壊」であることから、考古学的対象物の分析とも相性が良い。本研究で採取したコア試料もMaCRIが所有する3大非破壊コア分析装置〔①X線CTスキャナー②マルチセンサーコアロガー（MSCL）③XRFコアスキャナー〕を利用してコアの詳細な分析を実施した。本解説では非破壊分析装置を使用して測定した結果を中心に松原宿跡の研究結果を解説する。

2. 地球掘削科学によるアプローチ —湖底堆積物を活用した学術調査

松原湖北岸に水没している松原宿跡は、江戸時代には米沢から会津をつなぐ街道沿いで賑わいをみせた宿場町であった。集落の北東部には「松原銀山」と呼ばれた鉱山があり、江戸時代前から金銀等の採掘が行われ、松原本村水没後も昭和中期（1943年）まで断続的に開発が行われていた。水没前の町並みは字切図（古地図）に描かれている。松原宿跡は東西300m南北200mほどの範囲内で街道沿いに宅地が並んでおり、現在、水深8～11m（標高814～811m）に水没している（図2）。集落の中心部には村の守り神である松原山神社へつづく参道が設けられており、社殿は水没を免れている。参道沿いには社殿前（鳥居A、図1）と参道中腹（鳥居B）に鳥居があり、参道並木も確認できる。

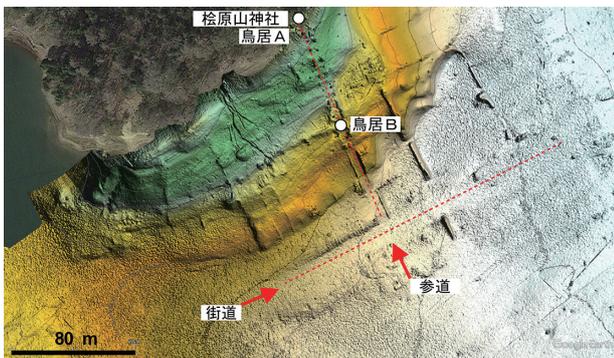


図2 松原宿跡周辺の陰影標高図

本研究では、集落全体の地盤環境の特徴を把握するため、鳥居Bを起点として30m、52m、70m、100m参道沿いを南下した地点、街道、集落中心部の宅地と畑地、及び集落東角の検断屋敷跡地付近においてコア試料を採取した（図2）。コア試料の採取は長さ50cm、内径7cm、肉厚3cm（もしくは内径5.5cm、肉厚2.5cm）のポリカーボネートパイプを用いた。採取地点を選定後、潜水士がパイプを地面に突き刺して、ゴムハンマーでたたいて押し込んだのち、突き刺した部分を掘り起こして採取した（図3）。いずれの地点も最長45cm、平均長34cmの堆積構造をほとんど乱さない表層堆積物を採取することができた。コア中の間隙水が堆積構造を攪乱せず飽和状態を確保して運搬するために、パイプ下部はゴム栓で、コアの上端は寒天で蓋をした。MaCRIでは、医療用X線CTスキャナー（Aquilion PRIME Focus Edition、キヤノンメディカルシステムズ）による3次元画像撮影、非破壊マルチセンサーコアロガー（MSCL-S、GEOTEK）による岩石物性測定、XRFコアスキャナー（Itrax、Cox Analytical Systems）を用いた連続元素分析を実施した。それぞれ深度方向に0.5mm、10mm、0.5mm間隔でデータを取得した。MSCLは、飽和岩石密度、岩石磁化率、岩石比抵抗を測定し、密度測定はγ線透過型装置を採用している。また、コア試料から分取した試料を用いて、ヘリウムガスピクノメーターを用いた空隙率・密度測定、レーザー回折法による粒度分析、粉末X線回折による構成鉱物比の測定を行った。

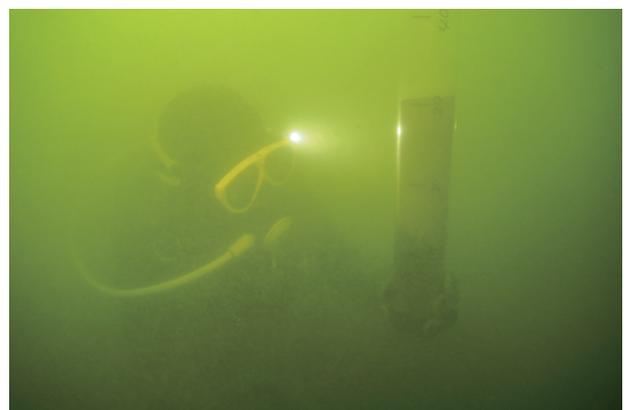


図3 松原湖水中におけるコア試料のサンプリングの様子

3. コア試料から浮かび上がる水没集落の様相

鳥居 B から 100 m 南下地点のコア試料の内部構造を X 線 CT 画像で観察すると、湖底表層から 10 cm まで層状の様相が発達していて、脱ガス痕と思われる斑点模様様の空隙が確認できた(ユニット I)。一方、10 cm よりも下位ではシルト混じりの砂礫が確認できた(ユニット II)。更に最下部には片面がノコギリ刃状の様相が入った細長い岩片が確認できた(図 4)。岩片が破損しないようにコアを慎重に半割して確認しところ、岩片は茶褐色の土器片であった(図 5)。土器片は内側に規則的な条線(卸目)が刻まれていて、その形状から近世以降の播鉢口縁

部片だと考えられる。MSCL による分析では、ユニット I は II と比較して、飽和密度と磁化率が低い傾向が認められた。また、平均粒径と粒径分布の幅はユニット I のほうが小さかった。更に、堆積物中にはハネケイソウやコバンケイソウ等の淡水性の珪藻が含まれていたが、ユニット II にはほとんど珪藻が確認できなかった(図 6)。これらの珪藻は現在の桧原湖水中の浮遊性珪藻でも確認できる⁹⁾。以上の特徴を踏まえると、ユニット I は桧原湖形成後に堆積した堆積物、ユニット II は磐梯山噴火以前の地盤という解釈ができる。

次に XRF コアスキャナーによる分析結果を示す(70 m コア, 図 7)。K と Sr は同じ濃度-深度分布

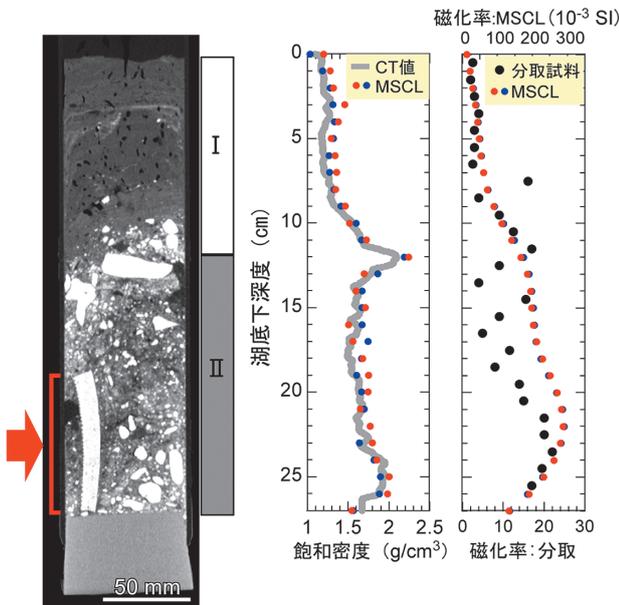


図 4 100 m コアの X 線 CT 画像と非破壊分析 (MSCL) で測定した物性データ

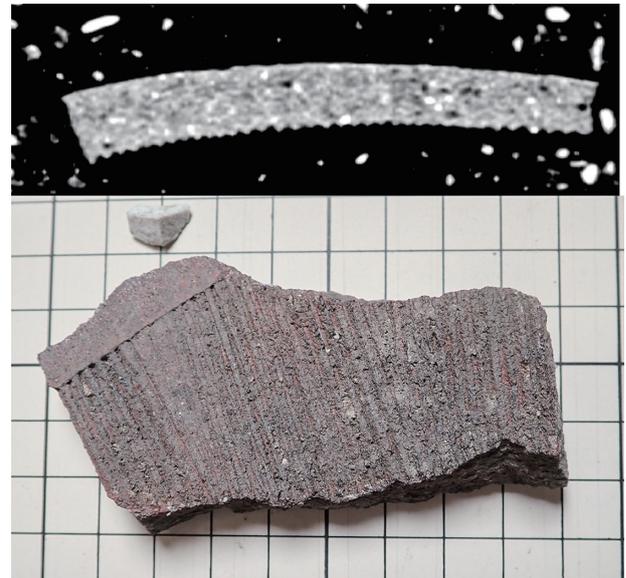


図 5 100 m コアに混入していた土器片 (上) X 線 CT 画像 (下) 写真



図 6 70 m コア中で確認された珪藻 (ハネケイソウ)

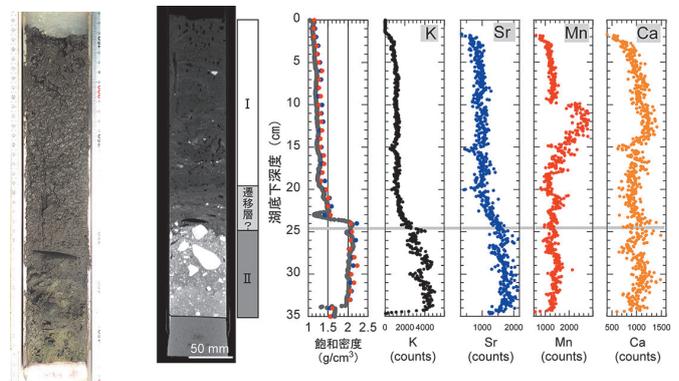


図 7 70 m コアの X 線 CT 画像, 密度, 及び元素濃度分布

を示し、ユニット I の K と Sr はユニット II と比較して濃度が低い。また、ユニット I から II へ遷移する深度では、元素濃度は緩やかに増加しており、遷移境界で急激に変化した飽和密度とは特徴が異なっている。興味深いのは Mn の深度分布において、ユニット I 内の 10~15 cm 深度で高濃度の Mn が確認されたことである。一方、Ca は他のいずれとも深度分布の特徴が異なっていた。以上を踏まえると、K と Sr の深度分布は内部構造と岩石物性から推定されるユニット区分による違いを反映している。ただし、元素から推定した遷移層は、水没後、湖の水位が現在の水位に達するまでの期間を反映している可能性がある。更に、70 m コアのユニット II と 100 m コアのユニット II の飽和密度を比較すると、100 m コアの飽和密度が低いことが読み取れる。字切図をみると、70 m コアと 100 m コアの採取地点はそれぞれ宅地（もしくは街道）と畑の区画内に位置していることから、ユニット II の密度の違いは土地利用の違い（宅地は畑よりも踏み固められた地盤）を反映しているように読み取れる。

本研究では、参道の立木試料を採取して、樹種同定と年代分析を実施している。その結果、樹種は杉であることが分かった。ちなみに集落の名前が「桧原」であることから、地元でも水没している参道並木は「ヒノキ」と思い込んでいる人もいるようである。また、年代分析の結果、参道並木は 1851~1881 年の期間に発芽し、1888~1917 年の期間に枯死したことが分かった。つまり、参道並木は桧原湖に水没したことが原因で枯死したと解釈できる。

4. 「キンケシ」が拓く次世代の人新世研究

桧原宿跡の調査は、水中だけでなく陸上でも実施している。桧原宿の象徴の 1 つである「街道」の位置関係の把握は集落全体復元の主要項目の 1 つである。そこで、街道筋と想定される湖岸陸上部数地点において発掘調査を行っている。残念ながら、現時点では桧原宿跡から米沢方面へ向かう街道筋の発見には至っていない。しかし、その陸上発掘調査により、近現代の遺物（ガラス片、釘等）がザクザクと発掘された。その中でひととききわ目を見張る遺物が見つかった。それは、1980 年代子供たちの心をわしづかみした「キンケシ」である。「キンケシ」とは(株)

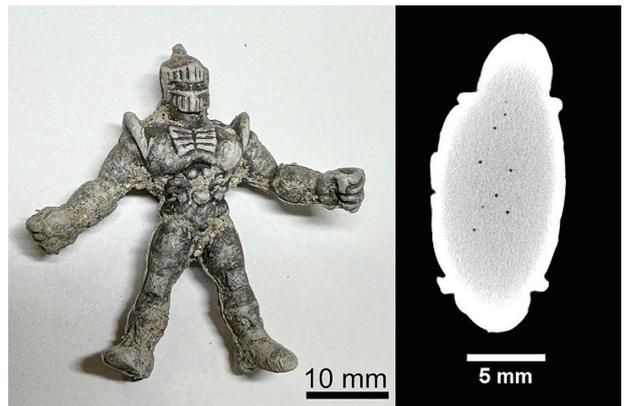


図8 陸上発掘調査で出現したキンケシ
(左) 写真 (右) 3次元 X 線顕微鏡による内部構造

バンダイから発売されたカプセルトイであり、週刊少年ジャンプ（集英社）で連載された『キン肉マン』のミニチュアである。発掘したキンケシは、原物と比較して表面の色が変色し、質量と体積が 2 割ほど減少し、密度が増加していることが分かった（図 8）。製造元の(株)バンダイに確認したところ「原物と非常に似ているが、100%本物だと断定することはできない」という返事だった。そこで、真贋を判断するための物質科学的なデータをあらためてそろえることにした。3次元 X 線顕微鏡（Xradia, Zeiss）を用いた内部構造観察により、遺物のキンケシ内部に直径 0.12 mm 程度の複数の穴が発達していることが確認できた。また、XRF 分析によりキンケシに含まれる塩素と鉛濃度の増加とカルシウムの減少が確認できた。遺物のキンケシは原物と比較して物理化学的な特徴が大きく異なることから、偽造品である可能性を排除できない。一方、これらの違いを埋没後の続成作用に起因すると仮定すると、可塑剤と充填剤の溶脱、及び土壌中の鉛と充填剤中のカルシウムとのイオン交換反応により説明できる。可塑剤の溶脱は土壌・湖水中の微生物や有機物との反応により不可逆的に進行することが分かっている。キンケシの発掘場所は鉾石の捨石集積場（いわゆるズリ山）であったことが知られ、資源鉾石物が含まれることが多い石英脈の岩片が散乱していた。金山鉾石から鉛も採鉾していることから、鉾石が遺物のキンケシの変化をもたらした可能性がある。

考古学者からすればキンケシを含めた近現代の遺物は学術的価値のないものに映るかもしれない。しかし、本研究は水中遺跡を通して、磐梯山噴火前か

ら現在に至るまでの環境変動を評価することを目標に掲げている。つまり、今現在までに堆積している湖底堆積物や堆積物中に含まれる人工物すべてが研究材料と言える。キンケシが発売されたのは1983年であり、1987年までに累計約1億8千万個も販売していることから、日本国内における近代以降の地質年代指標（化石）としてのポテンシャルを持つ。1990年代からプラスチック玩具のフタル酸エステル類の規制が拡大していることから、フタル酸エステル類の可塑剤から作られたキンケシであれば1983年以降、非フタル酸エステル類のキンケシであれば1990年代以降の地質年代指標として利用できる。更に、遺物の化学的特徴の変化をもとに、遺物のキンケシをはじめとしたプラスチック製玩具が埋没していた土壌及び周辺の評価につなげられる可能性を示唆している。

5. 「桧原宿跡」の更なる研究展開

桧原湖に水没した水中災害遺跡「桧原宿跡」の水没前の町並みの復元と水没後から現在に至るまでの周囲の環境変動を評価するために湖底堆積物（コア）を活用した研究手法と研究結果を紹介した。異なる地点から採取したコアの連続データを比較することで、土地利用に即した物質科学的な特徴を得られることが分かった。また、水没後120年間という地質学的には非常に短い時間スケールにもかかわらず、高空間分解能な非破壊物質科学分析を行うことで、水没後の遺跡周囲の自然・人為的な影響による環境変動の記録が読み取れる可能性が分かってきた。本報告は速報的な内容のため、大言壮語な仮説を提唱

しているが、これをたたき台として、今後、音響測深機器を用いた微地形調査や水中発掘調査等を通じて総合的な議論をもとに仮説を検証していきたい。本研究成果は、水中災害遺跡が自然災害を伝えるアイコンとして防災教育教材としても活用されることを期待する。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP22H00028 の助成を受けたものである。本研究は、中川永、島田彰広、佐々木蘭貞、金裕香、(株)バンダイ、北塩原村をはじめとした多くの方の協力のもと実施している。

参考文献

- 1) 中央防災会議, 1888 磐梯山噴火, 災害教訓の継承に関する専門調査会報告書 (2005)
- 2) 佐藤公, 1888 年の磐梯山噴火と災害からの復興, 水利科学, **380**, 45-69 (2021)
- 3) 福島県北塩原村, 北塩原村史 資料編, 819 (2007)
- 4) 北塩原村教育委員会, 北塩原村文化財調査報告書, 60 (2022)
- 5) 文化庁, 水中遺跡ハンドブック (2022)
- 6) Hafner, A, *Waterlogged Sites*, Encyclopedia of Archaeology (Second Edition), 298-319 (2024)
- 7) 中川永, 他, サイドスキャンソーナーを用いた水中遺跡調査の実践的取り組み - 桧原宿跡を事例に -, 貝塚 79 (2023)
- 8) Expedition 315 Scientists, Expedition 315 methods, Proc. IODP (2009)
- 9) 福島県, 令和3年度福島県水質年報 (2023)

(*¹ 海洋研究開発機構, *² 高知大学, *³ マリン・ワーク・ジャパン, *⁴ 神戸大学, *⁵ 東海大学, *⁶ 京都大学, *⁷ 北塩原村)