

日本国土開発未来研究財団 2020 年度（第 3 期）  
学術研究助成中間報告書

2021 年      月      日

一般財団法人 日本国土開発未来研究財団 御中

所属機関・職位 \_\_\_\_\_

氏                      名 \_\_\_\_\_ 印

下記の研究助成課題について、中間報告をいたします。

記

研究課題：歴史地理学と物理数値シミュレーションの融合による、ため池の力学特性データベースの構築

助成金額： \_\_\_\_\_ 1,750,000 \_\_\_\_\_ 円

※当該年度の決定金額のみ記してください。

# 2020 年度（第 3 期）学術研究助成 中間報告書 兼 成果発表会予稿集原稿

## 研究課題

<p>本研究では、史学と計算地盤工学の融合により、国内の老朽ため池の歴史的特性と、物理的特性を網羅的に調査し、一貫した調査手法の確立と、標準化された調査データに基づくため池データ連携基盤の創出を目指す。本研究は、老朽化する老朽ため池という社会問題に対して、領域横断的かつ空間横断的な調査を行う新たな解決アプローチを拓くものである。より具体的には、歴史地理学に基づくため池来歴調査により、国内の代表的な農業用ため池の特性調査を行うとともに、地盤工学に基づくため池材料の調査とデジタルため池データを収集し、これらをデータベースにとりまとめ公開することで、地理的・歴史的に分散したため池データを統合する。</p>
---

## 研究代表者

代表者氏名	友部 遼
所属機関・職名	東京工業大学 環境・社会理工学院 助教

## 共同研究者 ※申請書の共同研究者リストの内容をご記入ください。

氏 名	所属機関・職名
高橋 清吾	豊田工業高等専門学校 一般学科 助教

## 研究期間・報告期

研究期間	2020 年 11 月 ～ 2022 年 3 月
報告期 (○で囲んで下さい)	研究 1 年目終了報告 ・ 研究 2 年目終了報告

## 【研究の目的】

我が国の抱える 21 万個に及ぶため池群は、その多くが江戸期以前に築堤されており、堤体の強度特性に不明な点が多い。我が国は古来より農業用のため池が建設されてきており、重要な社会インフラとしてその機能の維持向上が図られてきた。ところが高度経済成長期を経て、現代的な河川・流域の総合整備事業が進展し、また農用地の転用が進んだ結果として、ため池のメンテナンスが相対的に軽視され、ついには近年多発する地震や豪雨災害によりその機能が低下する社会問題が発生するに至った。管理者が不明で放置されたため池は、単にその機能を果たせないのみならず、地震や豪雨により決壊することで、周辺住民の被災リスクを増加させる危険な老朽化構造物となる。そこで、2020 年に入り、「農業用ため池の管理及び保全に関する法律」が制定された。これは、ため池の管理と保全に対する積極的な関与が社会的に要請されていることを反映している。これらのため池は、多くが江戸期以前の新田開発事業に伴って建設され、その築堤方法について現在の築堤のような詳細な設計施工記録が残されていないため、ため池の機能保全および改修においては、机上および現地において堤体の強度特性を知るために多大な人的負担が求められる。これらの負担を軽減するため、我が国に地理的・歴史的に分散したため池情報を統合し、データ連携基盤を創出する。これにより、21 万個にも及ぶ巨大アセット群を管理するために必要であるのみならず、改修工事や補修工事において事業者の決定が円滑に行われることが期待される。

## 【内容】

本研究は、近代以前に築堤された国内 47 個のため池について、それらを施工した技術者集団に基づき分類を行うとともに、分類ごとに土質試験と物理数値シミュレーションを併用することで、技術者集団ごとの施工特性、およびその担当ため池の強度特性についてデータベースを構築する。大量のため池について調査を行い、適切な改修時期と改修方法を選択することは喫緊の課題であるが、すべてに対して詳細な現地調査を行うことは困難である。そこで本研究では、国内の多地点のため池を対象として、「どの技術者集団（流派）」が設計・施工に携わったかという観点から分類を行っている。江戸期以前に築造させたため池は、各地の技術者集団が施工指導を行っており、技術者集団ごとに施工方法や材料の選択方法に特徴があることが知られている。だが、技術者集団の活動範囲、活動期間、担当事業については網羅的な研究に乏しく、また明治期から昭和初期に実施された改修工事でその特性が大きく変化したものも少なくない。そこで、技術者集団ごとの担当事業群を古文書や各地の記録を用いて分類するとともに、その後の改修工事による特性の変遷を調査することが第一の研究内容となる。加えて、得られた分類をもとに、代表的なため池について土質試験と物理数値シミュレーションを援用することで、ため池堤体の強度特性、特に外力-変位関係や安全率を明らかにする。両者を組み合わせることで、ため池の来歴と強度特性に係るデータベースを構築する。また、併せて史書の調査から数値解析に渡る調査方法について整理と標準化を行う。

## 【手法と成果】

### 〈手法 1：調査ため池の選定〉

調査に先立ち、調査対象となるため池を選定する。選定基準として、①施工した技術者集団が明らかであること、②堤体形状を文献または現地調査で確認可能であること、および③主として江戸期以前に築造されたこと、の 3 点を掲げ、国内 21 万個のため池から適当なため池を 47 個程度選定することを当初計画として掲げた。

### 〈成果 1：調査対象となるため池の選定を完了した〉

当初の計画通り、①から③の要件を満たすため池を選定し、このうち愛知県、岐阜県および紀伊半島を中

心としたため池の現地踏査を行った。近隣住民や行政関係者からのヒアリングを通じて、これまで文献に残されてこなかった情報を得ることに成功した。一方で、当初の計画では日本各地のため池の現地踏査を行うことが予定されたが、新型コロナウイルス感染症の蔓延に伴う異動自粛により、上記範囲外のため池については調査を行えていない。そのため、文献による調査に主軸を移し、当初計画を大幅に上回る 280 基のため池を調査対象として机上調査を行い、このうち 113 基のため池について来歴、土質および 3 次元有限要素メッシュデータを得る成果を挙げた。

#### 〈手法 2：技術者集団の特性調査〉

ため池の築造または改修に携わった技術者集団について、史学的アプローチによりその来歴、流派としての特性、施工機材、施工材料の選定・調整方法について文献と現地調査により明らかにする。また、技術者集団によるため池の分類を行い、技術者集団の施工特性や、その後の構造物の挙動について共通点を見出す。

#### 〈成果 2：施工実態の調査及び分類〉

当初、技術者集団ごとの特性を明らかにすることを目指したが、調査の結果、本調査の対象とする長期供用されたため池については、その多くが現在に至るまでに幾度もの改修を経ており、その特性はむしろ技術者集団の特性よりは改築経緯や改築主体により大きく異なることが明らかとなった。そこで、築堤後 100 年以上を経ている長期供用ため池について、国内 113 基のため池を対象に、その改築経緯や改築主体を複数の文献を参照しながら取りまとめることで、その解析手法とデータベースを得ることに成功した。  
(表 1)

#### 〈手法 3：堤体形状の変遷の調査、土質の文献調査〉

技術者集団によるため池の分類に基づき、技術者集団を代表するため池について、施工前後の堤体形状の変遷について文献および現地において調査を行う。特に、現代では用いられない断面形状、例えば上に凸な曲線を描く断面形状などについてどのような意思決定のもとで施工されたかを調査する。加えて、用いられた土質材料について文献調査を行うとともに、可能であれば関係者の許可のもと堤体への立ち入り調査を行う。技術者集団によるため池の分類に基づき、技術者集団を代表するため池について、関係者の許可が得られたものについて、堤体材料の土質サンプルを採取する。また、土質サンプルの採取が不可である場合、文献調査と併用して、施工に用いられた可能性の高い類似材料を特定し、採取する。採取された土質サンプルを用いて、土粒子密度試験、三相分布、粒度試験、一軸・三軸圧縮試験、および段階載荷による圧密試験を実施し、変形係数、内部摩擦角、粘着力、および圧密係数を求める。

#### 〈成果 3：堤体形状・土質の変遷に係る調査、及び各地のため池の土質材料の収集〉

各地のため池について、当初の計画通り、現代では用いられない断面形状などの特徴のあるため池について、その変遷や経緯を調査し、データベースにとりまとめた(図 1)。加えて、ため池堤体の土質材料が、ため池近傍かつ表層から得られたことに注目し、地質区分に基づく土質材料サンプリングを実施したことで、国内の代表的な土質材料の収集と土質試験を実施した。土質試験については、当初計画よりも高品質な情報が得られる三軸圧縮試験を実施するとともに、粒度試験、締固め試験と三軸圧縮試験を組み合わせた新たな簡易試験法を開発した。

#### 〈手法 4：数値解析による、外力-変位関係および安全率計算〉

以上により得られた土質データと、3 により得られた堤体データを用いて、有限要素法シミュレーショ

ンを行い、堤体の外力応答を予測するとともに、堤体内部の応力分布を推定する。解析には、申請者が開発してきた地盤-構造物接触解析ソフトウェアと、申請者が所有する計算機クラスターを用いる。申請者はこれまでに 2 次元の弾塑性シミュレータ（構成モデルとして、弾完全塑性または修正 Cam-clay モデルを選択可能）を開発・保有しており、以上の計算を達成できる。数値計算により、技術者集団ごとの施工特性を定量的に明らかにする。

〈成果 4：ため池メッシュデータに基づく数値解析を実施するための数値解析基盤を整備した〉

成果 1 から成果 3 に基づき、国内の 100 基以上のため池について、3 次元形状を再現した精緻な 3D 有限要素メッシュを生成した。また、研究代表者が開発してきた 2 次元の変形シミュレータを改良し、3 次元の変形シミュレータを開発した。これらを組み合わせ、築堤・改築経緯の異なる国内の 100 基以上のため池について、その有限要素シミュレーションを実施するための数値解析基盤を整備した。

〈手法 5：データのとりまとめとデータベース構築〉

以上の調査により得られたデータを、SQL または MongoDB によるデータベースとして構成し、ため池データ連携基盤として行政および事業者に公開する。利用者は、調査手法と調査結果をワンストップで確認でき、新規のため池補修案件について事前調査手法の検討や、調査の実施について省力化することができる。と期待される。

〈成果 5：学術研究用および一般向けの 2 種類のデータベースを構築した。〉

以上の成果を公開し、かつ助成期間終了後にも我が国のため池データ連携基盤として持続可能に供用するため、学術研究用および一般向けの 2 種類のデータベースを構築した。学術研究に向けて、ため池のデータを高速に検索・取得し、研究者の数値解析ソフトウェアから直接ため池の情報を呼び出せる API を備えたデータベースを MongoDB と FastAPI により構築した。また、一般向けの閲覧・編集用データベースとして Github Pages を利用した公開ベースレポジトリを整備し、ため池データ登録の申請、査読、および掲載に至る一連のシステムを構築した。（資料 1）

#### 【新たな知見、今後の方向性や予定】

一連の調査研究を通じて、国内の 113 のため池について、その来歴、所在地、材料、施工期間、堤体 3D データを得るとともに、19 の地点から土質材料を採取するに至った。今後は、新たに 200 基余のため池について、文献の収集や現地調査を進めるとともに、得られた堤体 3D データおよび土質材料データから、施工時期、来歴および堤体形状の違いが堤体の動的応答に及ぼす影響について明らかにするとともに、ため池特性の類型化を行う予定である。また、新たに得られた知見として、施工技術者集団が一意に特定できるケースは少数であり、むしろ江戸期から中核的な役割を担い、かつ現存する代表的なため池においては、明治期から昭和期に大規模な改修工事を経験し、その影響が甚だ大きいことが明らかとなった。また、当時の資料は現代の施工基準、単位系や表記法と差異が大きく、かつ多くが散逸しつつあることも明らかとなった。そこで、引き続き地誌や古文書に基づく調査を継続するほか、江戸期に築堤されて明治期から昭和期に改修工事を経験したため池についても、その特性調査や数値解析を重点的に実施する予定である。

図 1：ため池来歴標準データフォーマットおよびその記載例（板木池：兵庫県）

```
{
  "Name": "板木池",
  "Ref": "本邦高土堰堤誌, 農業土木学会, 1934年6月; 兵庫県農林水産部農地整備課, 1984, 兵庫のため池誌, 兵庫県 p. 540",
  "OldLocation": "兵庫県津名郡佐野町",
  "Location": "兵庫県淡路市",
  "Soil": "Rock Sand Soil",
  "Hagane": "Forward",
  "Constructor": "影山五左衛門",
  "Year": "1866",
  "Comment": "開田及び用水補給。時の庄屋影山五左衛門この地を選定して本溜池を築造せり。その工費人夫8,000人銀札6,800匁なり(2) 本浦の庄屋二陰山清臣が中心となり、阿波の蜂須賀氏から補助を受け築造。鋼土は立鋼と前鋼の三角形となり、その先端は堤頂で合致していた。",
  "location": " 34° 29  N,  134° 55  E "
}
```

表 1：本事業によるデータベース登録済みため池の一覧（2021 年 8 月 1 日時点）

都道府県番号_pref.	ため池名称	都道府県番号_pref.	ため池名称
002_aomori	大穴溜池	021_gifu	坂本池
003_iwate	上郷溜池	021_gifu	小泉第一号溜池
003_iwate	北小倉澤溜池	021_gifu	小泉第二号溜池
004_miyagi	一二三関溜池	021_gifu	東野池
005_akita	奥山貯水池	021_gifu	南宮池
005_akita	岩倉溜池	021_gifu	北部聯合第一号池
005_akita	湯ノ澤溜池	021_gifu	北部聯合第二号池
005_akita	馬鞍澤溜池	021_gifu	野井西武第一号溜池
006_yamagata	松澤溜池	023_aichi	若王子池
006_yamagata	鶴子澤溜池	023_aichi	新池
006_yamagata	堂見澤溜池	023_aichi	入鹿池
007_fukushima	大澤溜池	024_mie	笠田池
007_fukushima	木ノ内溜池	025_shiga	金吹池
009_tochigi	逆川調整池	025_shiga	淡海池
010_gunnma	大谷溜池	025_shiga	南谷池
010_gunnma	田代貯水池	025_shiga	宝殿池
011_saitama	山口貯水池	026_kyoto	火ノ口谷池
012_chiba	海老敷溜池	026_kyoto	廻り池
012_chiba	国府村第一池	026_kyoto	大谷池

012_chiba	山入池	026_kyoto	豊昌池
013_tokyo	村山貯水池下池	027_osaka	狭山池
013_tokyo	村山貯水池上池	027_osaka	坂谷池
015_niigata	栗山池	027_osaka	寺方池
015_niigata	小布施池	027_osaka	新池
016_toyama	奥池	028_hyogo	花祭池
017_ishikawa	千野池	028_hyogo	外塔波池
017_ishikawa	竹ノ鼻溜池	028_hyogo	四王子池
017_ishikawa	粳小谷溜池	028_hyogo	新池(多可町)
018_fukui	武周湖貯水池	028_hyogo	新池(丹波市)
019_yamanashi	大野調節池	028_hyogo	西光池
019_yamanashi	龍ヶ池	028_hyogo	大城池
020_nagano	戸隠貯水池	028_hyogo	大正池
020_nagano	班尾溜池	028_hyogo	日ヶ奥池
021_gifu	為真池	028_hyogo	板木池
028_hyogo	美女池	033_okayama	天神池
028_hyogo	氷室池	033_okayama	田広木池
028_hyogo	母子池	033_okayama	土橋池
028_hyogo	本宮池	033_okayama	平谷池
028_hyogo	路谷池	033_okayama	明治池
029_nara	大門池	034_hiroshima	雨木池
029_nara	白川溜池	034_hiroshima	荻ヶ谷池
030_wakayama	尻掛川池	034_hiroshima	大谷池

---

他、29 基（公開用 URL: <https://github.com/kazulagi/earthdamjp>）

資料 1：ため池データベース earthdam.jp の公開用ページ外観  
（添付資料）