

開発途上国で持続可能な小規模水源施設を実現するために

Implementation of Sustainability on Small-scale Water Resource Facilities
for Developing Countries

石井 将 幸*

(ISHII Masayuki)

長 東 勇**

(NATSUKA Isamu)

佐 藤 周 之***

(SATO Shushi)

佐 藤 嘉 展****

(SATO Yoshinobu)

長 谷 川 雄 基*****

(HASEGAWA Yuki)

上 野 和 広*

(UENO Kazuhiro)

I. はじめに

「持続可能な開発のための2030アジェンダ」は、17の目標と169のターゲットから成っている¹⁾。その中で、目標2「飢餓」として持続的な農業の促進が掲げられ、さらにターゲット2.aとして農村インフラへの投資拡大とそのための国際協力強化が挙げられている。

農村インフラの中で、水源施設は最も重要なものの一つである。政府レベルの支援によって、開発途上国でも大規模な水源施設は珍しくなくなった。そのような施設が有用であることは間違いないが、現地に根付く技術を提供できている例は少ないと推察される。途上国の技術水準を引き上げ、さらには持続可能性を実現するためには、技術の速やかな移転と確実な定着を目指した技術協力が必要である。

本報では、開発途上国に他国の技術支援によって建設された小規模水源施設の状況について現地調査を行った結果を報告する。技術援助で建設した施設が有効に機能しない事例への考察をとおして、現地に根付く技術を提供するために必要な事項について提案する。

II. A国に建設されたため池の状況

1. A国の概要

南アジアに位置するA国は、その国土の多くが山間部に位置している。国民ひとり当たりのGDPは日本の1割程度にとどまり、順調な経済成長を続けているものの、一般的には開発途上国と認識されている。農業を主要産業としているにもかかわらず、この国のあまりにも急峻な地形は農業用水資源の開発を困難にしている。海外の技術による大規模な発電用ダムの建

設が進められている一方で、農業用の水源となり得るような大規模貯水施設はほとんどみられない。

現地に根付かせることが可能な技術援助のあり方を検討するうえで、過去の援助で建設された施設の状況を把握することが重要である。この国における小規模貯水施設の現状を調査するために、2017年9月に5日間の日程でA国に入り、現地調査を実施した。

2. 版築工法で建設されたため池

A国では、棚田の斜面を保護するために石垣を設ける技術や、版築工法で粘性土を突き固めて家屋を建築する技術が継承されている。2015年、日本のNGOが技術支援の一環として、版築工法による突き固め技術を応用したため池を建設するプロジェクトを実行した。日本からの技術者と大学教員による指導のもと、A国の技術者の立会いを受けながら、現地の人々によって既存のため池を改良する形で施工が開始された。技術指導が行われたのは秋の収穫期であったことから、指導後に施工が一時中断され、収穫後に再開、竣工を迎えた。建設再開後の施工は、現地の人々のみによって実施されている。

技術指導のもとで行われた作業は、貯水池基盤部分の改良である。基盤部を25cmから50cmほど掘削し、掘削土から有機質などを除去したうえでまき出し、再転圧した。しかしこれだけでは強度が不足することが判明したため、セメント安定処理が施された。

堤体のコア材として、現地近傍で採取された土が利用可能であった。採取した土の含水比を調節した後、現地の版築工法で用いられている突き棒を使って人力転圧を行った。25cmを3層に分けて仕上げ、25cmごとに現場透水試験を実施、許容減水深以下であることを確認してから次の層の施工に移る、という工程で

*島根大学学術研究院環境システム科学系

**島根大学名誉教授

***高知大学教育研究部自然科学系農学部

****愛媛大学農学部

*****香川高等専門学校建設環境工学科



小規模水源施設、持続可能性、技術援助、開発途上国、維持管理

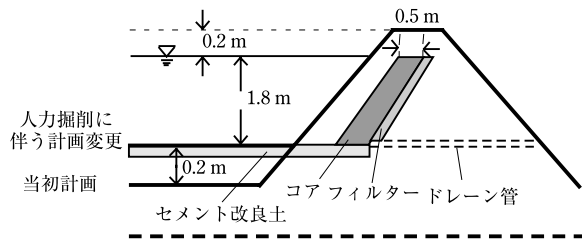


図-1 日本人の技術指導で計画・設計したため池堤体

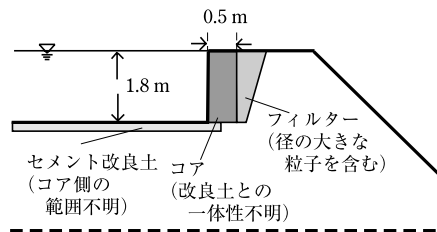


図-2 現地の人によって完成したため池堤体



写真-1 崩壊が始まったむき出しの鉛直コア

施工するように指導が行われた。コア部の目標透水係数は $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ とされた。

前述したように、建設工事と技術指導は竣工を待たずに中断され、現地の人々のみの手によって完成した。しかし完成した堤体は図-1 に示した設計から大きく変更され、図-2 に示すようなものとなっていた。設計された堤体は傾斜コア型であり、コアの貯水池側にランダムゾーン、下流側にフィルターを備え、コアの保護と堤体斜面の安定が図られたものであった。一方完成した堤体は鉛直コア型であり、また貯水池側のランダムゾーンが省略され、コアが貯留水に直接洗われる形態となっていた。下流側のドレーンパイプは埋設されておらず、セメント改良された基盤部がコアと一体化されたかについては不明であった。余裕高が確保されていないため、越流から崩壊に至る危険性も考えられた。

建設の約2年後に実施された本調査の時点では、写真-1 に示すようにコアの部分的な崩壊が始まっており、また貯留水の深さは計画の約半分である 90 cm に

とどまっていた。貯留された水は農業に利用されておらず、ため池としての機能をまったく果たしていない状況であった。

当初設計とまったく異なる堤体が施工された要因の一つに、機械が手配できず掘削手段が人力に変更となったことが挙げられる。図-1 に示すように、人力掘削を余儀なくされた時点で掘削深が減らされ、堤高 2.0 m、水深 1.8 m の設計へと変更されていた。これにより、貯水容量は初期計画より減少することになった。

現地の人々は、セメント改良された基盤とコアさえあれば貯水が可能であり、また貯水池側のランダムゾーンは無駄に貯水容量を損なうものであると考えた。さらに、版築工法で締め固めた土の強度を過信していたと思われる。そのため日本人技術者の帰国後に、掘削量を増やすことなく貯水容量を増加させる目的で、図-2 に示すような堤体への設計変更を行った。その結果、堤体の耐久性は大きく損なわれ、貯水池としての機能は失われてしまった。

III. B 国の研究機関におけるため池

1. B 国の概要

B 国は東南アジアに位置しており、日本を上回る国土面積を有しているが、人口は日本の半分程度である。政治形態は立憲君主制であり、国民の王室に対する敬愛は深い。王室主導のさまざまな開発プロジェクトが進められている。

気候は乾季と雨季のある熱帯性気候であり、また国土には平野部と山間部がある。平野部には大規模な河川もあり、水田稲作が広く行われている一方、隣国との国境に近い山間部には、^{きょうあい} 狭隘かつ傾斜の急な農地が多い。山間部における農業収益性の向上が国家における重要な課題の一つとして認識されるようになり、換金性の高い作物への転換などが精力的に取り組みされている。

2. 調査を行った施設

B 国での調査は 2018 年 3 月、王立の農業研究機関を訪問して実施された。この機関は B 国北部の山間部、山の中腹に位置しており、急傾斜地に適した収益性の高い作物の選定や、その栽培手法に関する研究などを行っている。

研究機関の敷地内には、後述するような小規模の貯水池が複数設けられている。今回の調査ではそのいくつかを見せてもらい、研究スタッフから説明を受けた。しかし施設の性質上、灌漑排水に関する専門家に話を聞くことはできず、また過去に建設された施設の詳細についても十分には把握されていなかった。

3. コンクリート製と鋼製の円形貯水池

写真-2に、この研究機関で用いられている円形の貯水池を示す。ともに直径は約5m、深さは約2mであり、詳細は不明ながら、(a)と(b)では建設時期が異なるとのことであった。それぞれの貯水池を確認したところ、型枠の立て方と精度に差異があり、古いものを建設する際の反省を踏まえて新しく建設されている



(a) 古い時期に建設されたと思われるもの



(b) その後に建設されたと思われるもの

写真-2 B国で用いられているコンクリート製のため池



写真-3 使用できなくなった鋼製ため池

ることと推察された。たとえ部分的であっても、知識やノウハウの蓄積や継承が行われていたと言える。

写真に示されているように、これらの貯水池には打ち継目と思われる箇所に白い析出物が認められる。これは打ち継目の一体性に問題があり、ある時期において漏水が生じていたことを示している。しかし研究所の職員によれば、現在問題になるような漏水は生じていないとのことであり、また調査時においても漏水は確認できなかった。析出物が打ち継目に生じた隙間を埋め、漏水を止めたものと推察される。

写真-3は、同研究機関に建設された鋼製の貯水池の写真である。先進国であるC国の技術によって建設されたこの貯水池は、円弧状に曲げた鋼板を組み合わせられており、鋼板間のゴムによって止水性を確保する設計となっていた。直径と深さの両方で、コンクリート製貯水池とほぼ同じ大きさである。

写真に示すように、外見上の問題箇所は見られないが、すでに水密性は失われており、貯水池としてはまったく使用されていなかった。完成時には水密性が確保されていたと推測されるが、その後どれくらいで漏水が発生したかは不明とのことであった。

IV. 途上国で機能し得る技術支援のありかた

A国とB国で調査した貯水施設には、十分に機能していたものとそうでなかったものがあつた。ここではその相違を分析し、途上国での持続性を実現できる技術支援のあり方について検討したい。

A国のため池は、地元で伝わる技術を応用し、現地で得られる土を用いて堤体を造る、つまり現地の技術と材料で完結できる貯水施設を造ることを目指して計画された。これが成功すれば、高い持続性を実現できるものになったはずである。しかし設計とは異なる形で建設され、耐久性が損なわれた結果、当初の目的は果たされなかった。現地の人たちには技術的な知識がなかったため、コアを保護することの重要性や、堤体を直立させることの危険性は理解されなかった。

その一方で、不十分ではあるものの、コアとランダムゾーン間にフィルターが施工されている。つまり設計は完全に無視されたのではなく、現地の人なりの理解のもと、意図を持って設計が変更された、と捉えることが重要ではないだろうか。できるだけ少ない作業量で、できるだけ多くの水を貯めることだけを考え、耐久性を度外視すれば、図-2のような設計変更に至るのは自然であるとも言える。

このように考えると、技術援助において周辺技術の内容とその重要性を理解してもらうことの重要性が明白になる。水を貯めるという目的が共有されている以

上、中核となる技術（本例では基礎処理とコアの透水性管理）の重要性は理解されやすい。しかし周辺技術（コアの保護）を理解してもらうためには、相当な労力を要する説明が必要であろう。途上国の厳しい状況は速やかな問題解決への渴望を生むため、冗長に見える仕様や設計はなかなか受け入れられないかもしれない。しかし持続性を得るためにはこれを理解し、受け入れてもらうことの重要性を、本事例は示していると考えられる。

B国のため池は、維持管理技術の相違が耐久性の相違に至った事例である。鋼製のため池が水密性を失った理由は、適切な維持管理が行われなかったためであると考えられる。ため池を建設したC国が維持管理に関する技術支援も実施し、そのとおりの維持管理がB国の技術者によって行われていれば、耐用期間はもっと長いものになったと思われる。維持管理に関する指導が行われていたかは不明であるが、たとえ指導されていたとしても、それが実践されていたかについては懐疑的にならざるを得ない。

一方B国のコンクリートのため池は、材料や施設が持つ自己修復性によって、特段の維持管理を行わなくても性能が維持されている。先進国で維持管理の重要性が認識されるに至った経緯を考えれば、途上国における現状での維持管理軽視に不可解な点はない。途上国においては、維持管理はまだ中核的な技術ではなく、周辺技術としての扱いであることを認めるべきであろう。維持管理の手間がかからない技術の提供を第一に考えると同時に、時間をかけて維持管理の重要性を伝えていくことが必要であると考えられる。

先進国の高度な技術は、精緻な理論に裏打ちされたものであると同時に、幾多の失敗への対処の積重ねでもある。後者の側面をどう伝えるかが、伝えた技術を定着させ、持続性を確保するうえで重要であると考えられる。

謝辞 本報で報告した調査は、平成29年度科学研究費補助金 基盤研究 (B) 学術調査「ブータン王国の農業用水需給バランス評価と棚田地形を活かした小規模貯水施設の開発」の補助のもとで行われました。また調査に当たっては、JICA シニア海外ボランティアの園城典雄氏、ブータン王国農業林業省農業局の Karma Tshethar 氏、Tenzin 氏に多大なご協力を頂きました。

た。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 1) たとえば、外務省：持続可能な開発のための2030アジェンダ, <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/000270935.pdf> (2018)

[2018.8.30.受理]

石井 将幸 (正会員)



略 歴
1968年 神奈川県に生まれる
1991年 京都大学農学部卒業
1997年 京都大学防災研究所
1999年 島根大学生物資源科学部
2018年 同大学学術研究院環境システム科学系
現在に至る

長束 勇 (正会員)



滋賀県に生まれる
1974年 京都大学農学部卒業
2004年 島根大学生物資源科学部
2017年 島根大学名誉教授
現在に至る

佐藤 周之 (正会員)



熊本県に生まれる
1972年 鳥取大学農学部卒業
1997年 高知大学農学部
2005年 同大学教育研究部自然科学系農学部
2008年 同大学教育研究部自然科学系農学部
現在に至る

佐藤 嘉展



大分県に生まれる
1973年 九州大学農学部卒業
1998年 総合地球環境学研究所
2004年 京都大学防災研究所
2008年 愛媛大学農学部
2014年 愛媛大学農学部
現在に至る

長谷川雄基 (正会員)



静岡県に生まれる
1987年 静岡県に生まれる
2016年 愛媛大学大学院連合農学研究科修士
香川高等専門学校建設環境工学科
現在に至る

上野 和広 (正会員・CPD 個人登録者)



1982年 島根県に生まれる
2005年 島根大学生物資源科学部卒業
2009年 農研機構農村工学研究所
2017年 島根大学生物資源科学
2018年 同大学学術研究院環境システム科学系
現在に至る