東ティモール国における灌漑改善の一つの試み

東海農政局　古殿　晴悟

1．はじめに

平成22年11月22日から2年間、国際協力機構東ティモール国マナツト県灌漑稲作プロジェクトフェーズ2（以下「フェーズ2」という。）にチーフアドバイザー／灌漑水管理の専門家として派遣された。

一番新しい独立国と言われている東ティモールで農業土木技術者から見た国づくり、土地改良事業の意義などを紹介する。

プロジェクト活動の中で技術者として、構造物の適正な整備水準や構造、水利構造物の維持管理方法、水利組織の育成方法など、国内では当たり前のことを素朴な疑問を持って相手国の関係者と取り組んできたと自負している。

本稿ではプロジェクトの中で技術的な試行錯誤の経験を取り上げて報告するものである。また、本稿の他に以下の報文で活動を紹介しているので参考とされたい。協力の全体像について「東ティモール国で悩んできました　水を取るのに七転八倒、組織づくりはてんやわんや（農村振興　765号）」。独立後10年の東ティモールで人々の価値観、倫理観、行動規範が混乱しているなかでの水利組合活動についての報告は「ラクロ灌漑地区水利組合の試行錯誤―東ティモール近代化と伝統的慣習の間で―（国際農林業協力 Vol.35 2012 No.3）」。

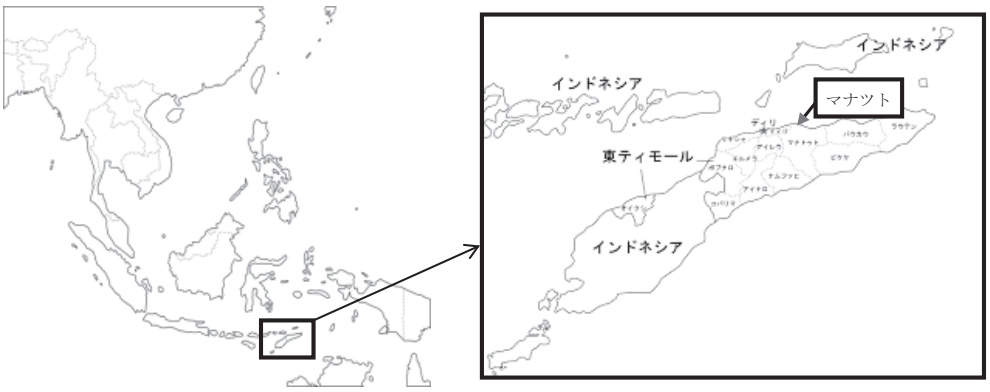
2．東ティモールの概要

東ティモールは、2002年5月にインドネシアから独立した国である。ティモール島の東側半分と周辺の島からなる小さな国（国土面積約1万4900㎢、日本の面積の約25分の1）であり、人口は約107万人である。第2次世界大戦後、インドネシアは1949年にオランダから独立するが、東ティモールはポルトガルの植民地のままであった。その後、1975年に東ティモールが独立宣言を行いポルトガルから独立しようとしたところをインドネシアが侵攻し、1976年インドネシアに併合された。その後17年に及ぶ独立闘争の末に独立を果たしている。

3．プロジェクト概要

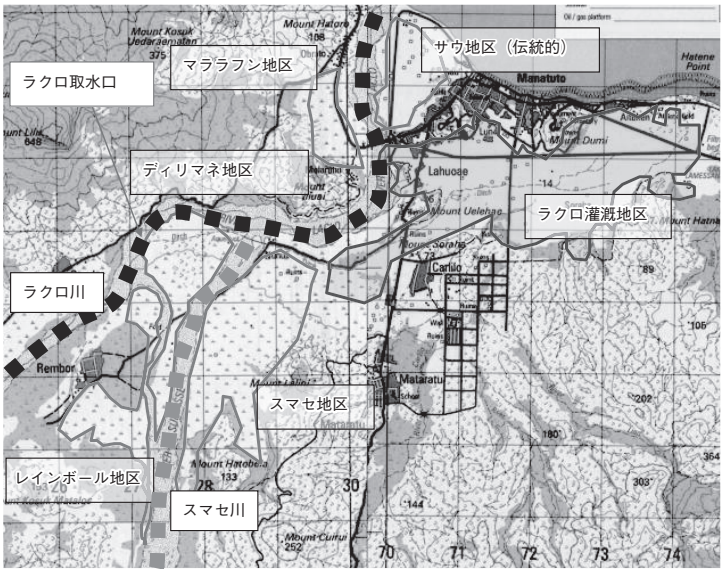
本プロジェクトは、ラクロ灌漑地区及び周辺の6つの伝統的灌漑地区を対象とした灌漑稲作開発案件である。

ラクロ灌漑地区は、東ティモールでも近代的灌漑地区と位置付けられている数少ない灌漑地



図―1　マナツト県灌漑稲作プロジェクト位置図

区である。建設されたのはポルトガル時代であり、災害で幾度も壊れながらも植民地時代やインドネシア占領下時代に復旧が繰り返されてきた。最近では、２００３年に復興支援としてＵＮＤＰを通して日本の資金で緊急無償案件として基幹施設の復興が行われた。その事業のフォローとしてＪＩＣＡ技術協力プロジェクト〝マナツト県灌漑稲作プロジェクト〟（２００５年～２０１０年、以下「フェーズ１」という。）およびフェーズ２（２０１０年～２０１４年）が実施されており、現在、フェーズ２の丁度中間時点となる。フェーズ１は、ラクロ灌漑地区を対象として水利組合の支援を行いつつ低投入型の灌漑稲作農業モデル（改良稲作システム）の構築を行った。フェーズ２では、周辺地区にフェーズ１の成果を広めるとともに灌漑稲作技術にかかわる改善を行うことを目的としている。



図―２　プロジェクト位置図

４．ラクロ灌漑地区の土砂堆積問題

（１）土砂の堆積状況

東ティモールでは取水河川からの土砂の流入が灌漑の共通の問題となっている。そして、これは灌漑地区および水利組合の存続上の大きな障害となっている。地区によっては通水不可能となり耕作不能となる事例もあり、政府は１台のバックホウを全国に巡回させ浚渫をおこなっている。ラクロ灌漑地区も堆積がひどく、取水口、沈砂池及び幹線水路で土砂が堆積している。

堆積の状況を把握すべく、①ラクロ取水口近傍河川、②取水口内部、③幹線水路上流部、④下流土砂吐近傍の４カ所のサンプルを分析したところ、河川と取水口の粒度分布はほぼ同じ、幹線水路上流部は粒径が大きいものが残り、下流では粒径が小さくなっていることが分かった。また、堆積厚は上流ほど厚く、下流ほど薄くなっていた。

取水時流速は１～２ｍ／sec程度であり、粗粒分は川底、水路底を転がって、細粒分は濁水として流入し流速が落ちる地点で堆積する。その結果、沈砂池や幹線水路の上流部に粒径の大きいものが堆積し、細粒分のみが流下していた。

このため、フェーズ２では重機等浚渫作業が必要となる粗粒分の対策を重点に取り組むこととした。

（２）水利施設の構造上の問題

ラクロ取水口の構造は、東ティモールでは典型的なものである。ラクロ取水口は河川を横断する堰が無く、土砂吐きゲートのみを設置している（図―３取水口平面図）。その形状は上流。45に向けたものとなっている。このため、取水時の流速が速くならざるを得ない構造となっており、土砂が流入しやすい。灌漑期に取水流速を測定したところ１～２ｍ／secであった。現地の河川は濁りの無い乾期であっても土砂、石の流下が目視できるほどであり、当然、土砂が流入する。

取水口敷高が前面の護床工と15cm～30cm程度の高低差しかないため容易に土砂が堆積し高さが逆転する。雨期には土砂が堆積して護床工の方が取水口よりも高くなるため、容易に土砂の流入が生じる（写真１）。

写真―１　取水口の前に堆積する土砂

（３）維持管理上の課題

沈砂池が設置されているが、沈砂池には土砂吐が無い。２００３年の復旧事業の時に用地交渉がまとまらず設置できなかったためである。代替措置として、復興支援事業の一環として、重機（バックホウ、ブルドーザー、ダンプトラック）を水利組合に供与し、浚渫を行うこととした。

このため、水利組合が常に重機による浚渫作業を強いられることから維持管理上の負担が大きくなっている。また、土砂吐きゲートによる排砂が行われていなかったことから取水口前面

の土砂の堆積が進み、取水口への土砂流入を助長した。

（4）土砂流入対策と試験施工による課題

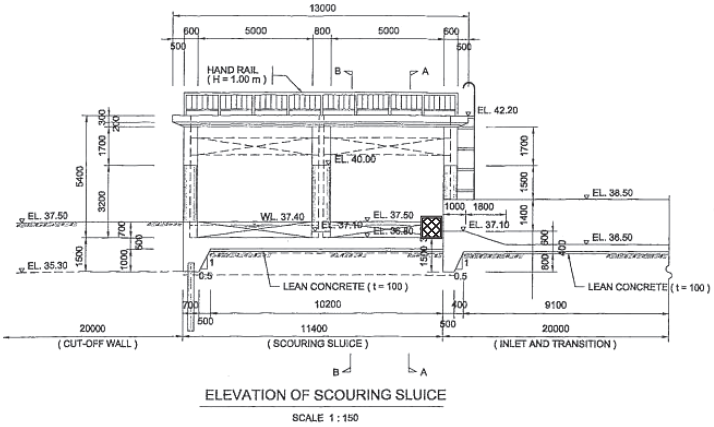
粗粒分（石礫）の流入防止の試験施工として布団篭を設置し護床と取水口敷高との高低差を確保した（写真―2、図―3、4）。また、雨期灌漑期間中に積極的に土砂吐ゲートを開放し、取水口前面の土砂の排除を行った。

試験施工とゲート操作の適正化によって、前年は週に1度浚渫を必要としてものが月に1度程度、雨期（1～4月）を通じて4回の浚渫に留まった。また、流入土砂の粒径が小さくなり、石礫が流入しなくなったことから堆積物が軟らかくなり、掘削が容易になった。

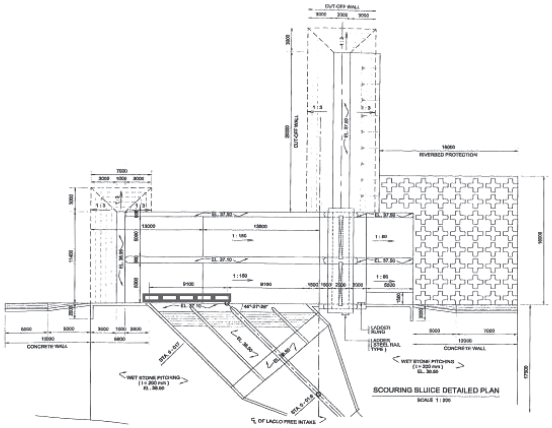
試験施工により布団篭の効果が確認されたが、河川水位の低下に応じてふとん篭の高さを下げられないため、水量が確保されていたにも係らず農民の理解が得られず、乾期が始まる4月に撤去された。その結果、2週間後には土砂の堆積により通水ができなくなった。その後、雨期は何らかの対策が必要であるため、高さが調節可能な角落としを設置し次に雨期に備えることとしている。

写真―2　布団篭設置状況

写真―3　角落し設置状況



図―4　土砂吐・取水口構造図



図―3　取水口平面図

堆積物対策は中途ではあるが、方向性は定まっている。今後2年間の協力期間の中で角落としゲートの設置とゲート操作によって堆積量を4分の1以下にし、それでも流入する土砂は下流の土砂吐きゲートと農民の共同作業により排除することができれば持続性が期待できると考えている。

5．伝統的灌漑地区の灌漑改善の試み

（1）伝統的灌漑地区の現状と課題

取水河川が網状河川であり、激しい河床変動（毎年河床が上下する）、不安定な河道（流れが毎年変わる）という状況の中で農地、取水口等が浸食されて川幅が年々拡大している。そこで、伝統的灌漑地区では河川の状況に応じて伝統的な導水堤（杭、バナナの葉、盛土による伝統的施設）を設置し取水している。代表的な導水堤は、以下の2タイプである。

・導水を目的とする導水堤（写真―4）

河川敷が広く、流れが一定しないので、杭、バナナの葉や簡単な土盛りなどで導水堤を設置している。

・水位確保を目的とする導水堤（写真―5）

水位が20～50㎝程度上昇するように導水堤を上流に伸ばしている。

このような導水堤は、現地の材料を活用し、河川の状況に応じた柔軟な対応ができる優れた手法である。しかし、その一方で河川の流れが集中した場合や増水時には流され、再設置ができない。通常であっても2週間に一度は作り直す必要があるなど耐久性に問題がある。

導水堤が流され、再設置ができない場合は、

川に水があるにもかかわらずその地区はその作期の営農を中途で取りやめることを意味する。

また、伝統的灌漑地区でもラクロ灌漑地区と同様に土砂の流入が深刻な問題となっている。例えば、プロジェクト対象地区の一つでは幹線水路が閉塞したので共同作業で浚渫を行った。しかし、2週間後には土砂の堆積で再び幹線水路が閉塞してしまった。このような事態が続くと農民は力尽きて耕作放棄につながる。土砂の流入が激しい原因の一つは、東ティモールではシルト分が多分に含む土質が広く分布しており、降雨によって河川に多量のシルトを含んだ濁水が流入することにある。雨期の河川はシルト分を含んだ濁水であり、取水に伴い流入し灌漑施設内に沈殿（堆積）する。また、流速を落とさないで取水する慣行が土砂の流入を助長している。

以上のような状況の中で以下の2項目を目的とした試験施工を行うこととした。

・耐久性の向上

・取水方法の改善を目的とする取水口及び制

写真―4　導水を目的とする導水堤

写真―5　堰上げを目的とする導水堤

写真―6　流される大型土嚢

写真―7　布団篭進入路完成

写真―8　布団篭試験施工

水工の構造

（2）耐久性の向上を目的とした試験施工

変化の激しい河川に設置することから、永久構造物の耐久性を求めるのではなく、安価で適切な耐久性を目標とすることとした。具体的には雨期期間中は施工が困難となるため、降雨の最盛期3カ月間は再設置が不要となる耐久性を有し簡易で安価な方法を目安とした。

⑴大型土嚢の試験施工（写真―6）

伝統的導水堤の代替として河川の流れが速くても設置可能と思われた大型土嚢を設置した。

しかし、中古の大型土嚢を使ったため、完全に土嚢を閉じることができずに越流すると隙間から中の土砂が流亡した。また、流速が2m／sec程度あると大型土嚢は立方体であることから転がり流亡することが判明した。活用の可能性があるものの大型土嚢単独での使用は難しいと結論づけられた。

⑵布団篭と土嚢の組み合わせによる試験施工

現地で一般的に活用されているのが布団篭である。しかし、布団篭は石礫を入れて堅固なものにするのが通例である。石礫を購入、運搬をすると施工時間、費用が増嵩することから、プロジェクト後の持続性に疑問であり、採用できなかった。このため、石礫の代わりに通常の土嚢を使い強度が期待できるか県農業事務所の進入路で試験施工を行った。

上をトラック、車両、バイク等が通行しても問題がなく、相当な耐久性が期待できたので河川内の工事で活用することとした。

⑶河川内の布団篭利用の試験施工（写真―8）

河川内に布団篭に大型土嚢と組み合せて試験施工をおこなった。通常の土嚢では人海戦術で労働を強いることになること、土嚢袋の値段が高いことから、機械施工が可能で安価な中古大型土嚢を採用した。大型土嚢は布団篭に丁度二つ入る寸法であり、良好な施工性が得られた。大型土嚢の上部は密閉が困難であることから、大型土嚢1つにつきセメント半袋を土砂の上部に混ぜ込み土砂の流亡防止とした。流木、土砂流を想定し布団篭上部及び側面にモルタルを塗った。

この結果、大型土嚢単独で設置したときに生じた、転がりや土砂の流亡が解消された。しかし、河川の勢いが強い箇所では、布団篭工の地盤の土砂が洗掘されて沈下あるいは流亡につながるという新たな課題が分かった。

(4)地盤強化による布団篭水制工の試験施工

河川内に設置する布団篭の耐久性向上の次の対策として河床を掘削し、布団篭の2段積みを計画した。しかし、掘削後、排水に失敗したうえ水中作業による布団篭設置を試みるも失敗した。代替策として、大型土嚢に土砂を入れた状態で2列に埋設し（写真―9）、上に布団篭を設置した。ズレ防止のためにφ16㎜の鉄筋（2m）を布団篭1つにつき6本アンカーとして用いた。また、石礫、流木からの防護として、コンクリートで表面を固めた（写真―10）。

このような対策により、従来の方法に比べて投入が増えたものの耐久性が格段に向上した。

(5)今後の課題と方向

大型土嚢、土砂を利用した布団篭の活用は一定の耐久性、効果を期待できることが分かった。しかし、設置個所の地盤が堅固でないと、流水により沈下もしくは流亡する可能性が高いことも分かってきた。このことから、地盤の強化対策を含んだ布団篭の沈下対策が必要である。このためには（図―5）に示すような河川内設置構造物の地盤対策の強化（大型土嚢などの埋設）、コンクリートによる保護などが有効と思われる。

写真―9　地盤の改良

写真―11　洗掘される取水口

写真―10　布団篭コンクリート被覆

写真―12　洗掘防止工

写真―13　堆積により保護

(3) 取水方法の改善を目的とした取水口及び制水工の試験施工

東ティモールでは取水流速が速くないと水は取れないと信じられており、シルト混じりの河川水取水により土砂の堆積を助長している。また、取水口や農地が川に浸食されており、年々河川敷幅が広くなり蛇行の範囲が大きくなっている。試験施工では取水流速の低減による土砂流入防止策の検討と浸食防止対策を併せて検討することとした。

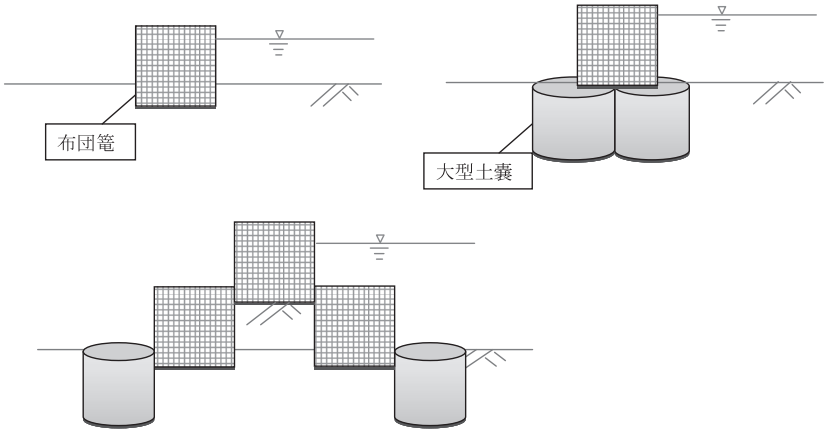
土砂流入防止対策としては、佐賀県の石井樋の象の鼻、天狗の鼻を参考に下流もしくは横から取水することによって河川内で流速を低下させ、粗粒分の流入を阻み、河川内で細粒分の沈下の促進を図った。

また、浸食防止としては取水口に水制工の機能を持たせることにより下流の堆積を促進し浸食防止を図った。

(1)上流側に開いたL型取水の試験施工

L型に布団篭を並べることにより、取水口基礎の洗掘防止と流速の低減した取水を試みた（写真―11～13）。布団篭を並べることにより、堆積を助長し取水口基礎の洗掘防止を図った。

布団篭の設置によって取水口の保護を図ることができた。また、下流に堆積が生じ河床が上



図―5　試験施工イメージ図

がったことによって洗掘が進んでいた直下流護岸の浸食が止まった。

⑵逆L型取水口設置（写真―14、15）

布団篭で河川横断方向に4m、縦断方向に6mのL字型の取水口を設置した。その目的は石井樋と同じく細粒分の流入防止である。また、上下流に横断方向に6mの水制工を設置したところ、流速の低減効果が認められた。しかし、堰上げ効果が十分ではなく、下流側水制工を長くする必要があった。

⑶水制工による取水口の試験施工（写真―16、17）

取水口の上下流に10mの水制工を設置した。水制工の延長を増したため、流速低下効果が著しかった。水制工の間は静水状態となり、堰上げ効果も認められた。この結果、取水流速が0・4m／sec程度まで落とすことができた。

⑷今後の課題

流速を落としても取水できること、そして、土砂流入が抑えられることについて地元の関係者に理解してもらえた。水制工による取水が有効であることも理解を得ることができた。今後は耐久性向上対策と併せて試験施工を行うことによって適切な手法として確立できるものと考えられる。

写真―14　農民参加で施工

写真―15　試験施工

写真―16　水制工による取水

写真―17　水制工により堰上げ効果

（4）試験施工の評価

地元の行政や農民からは試験施工の効果よりも試験施工の対応の速さが印象的だったようである。通常、行政に対応を要請すると、予算獲得から竣工まで数年かかってしまう状況にある。しかし、試験施工は最短2週間、長くても数カ月で完了した。同時に試験施工では材料は安価なものを使っており相手国政府が積極的に活用することを期待している。

東ティモールではコンクリート構造物の損壊が日常となっている。河川護岸や取水口が1年以内に壊れることも珍しくない。施工次第では1／100程度の費用で同程度の耐久性が得られると考えている。また、流れや河床変動が激しい東ティモールの河川では永久構造物よりも安価で比較的強固な仮設構造物の活用が有効であると考えている。

6．最後に

東ティモールの経験は大きく二つの点で技術者として非常に有意義であった。

一つ目は技術的課題について、自ら一連の作業を実施することができたことである。調査、対策案の作成、試験施工の実施、失敗、改善策の検討、実施、これらをすべてC／P職員と共に実施した。

二つ目は水利組織の育成にかかわることができたことである。水利組合、水利組織の設立、育成は国際協力の分野では力点が置かれている。しかし、実際に伝統的な慣習と向き合い、土地改良区にあたる水利組織をどのように育てるのか。なかなか経験ができないことであり幸運であったと思っている。これらの経験を何らかの形で今後の業務に生かしていきたいと思っている。

最後に土砂の堆積問題について途方に暮れていた中で、農村工学研究所高木強治博士、NTCインターナショナル加藤俊之氏にアドバイスをいただいた。おかげで堆積対策を実施することができた。ありがとうございました。

また、水利組織、農民対応では足立久美子専門家に頼るところが大であった。部外者には通常明かされないような伝統的慣習や農民の意識に迫り、農民に受け入れられやすい水管理体制の提案をプロジェクトとして行えたのは足立氏の活動によるところが大であった。ありがとうございました。

ふるどのせいご・
現 東海農政局設計課
元 東ティモール国マナツト県灌漑稲作プロジェクト
フェーズ2　チーフアドバイザー／灌漑水管理