

地下水を利用した持続的な農業開発への取り組み ーインドネシア国SSIMP～DISIMP地下水灌漑プロジェクトー

SSIMP-DISIMP GROUNDWATER IRRIGATION PROJECT FOR SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT
IN EASTERN INDONESIA

吉澤拓也*

Takuya YOSHIZAWA

The Small Scale Irrigation Improvement Project (SSIMP), which was initiated with the assistance of Japanese loan aid in 1990, has contributed to poverty reduction in eastern Indonesia for more than thirteen years. The project has constructed many types of irrigation water supply facilities such as dams, weirs and groundwater wells.

The groundwater irrigation sub project of SSIMP has been supporting sustainable agricultural development in the driest regions, such as the Oesao area of Timor Island, which has little surface water for irrigation. There have been 750 wells constructed in six provinces up to 2002 and they are being used to irrigate 5,000 ha of land.

DISIMP (SSIMP phase IV) was initiated in 2003 and it also includes a groundwater irrigation sub project covering eight provinces.

This paper describes the basic strategy/approach of the DISIMP groundwater irrigation sub project which reflects lessons learned from the SSIMP project. It also explains the progress of the groundwater irrigation sub project site in Bali province, which was recently included in the SSIMP targeted area.

Key Words : SSIMP, Poverty reduction, Groundwater development, Small scale irrigation, Sustainable development, Republic of Indonesia

1. はじめに

1990年に開始された本邦円借款によるSSIMP (Small Scale Irrigation System Improvement Project ; 小規模灌漑管理事業) は、インドネシア国東部乾燥地域の貧困削減を目標としてダム・頭首工・地下水など様々なスキームによる開発事業が13年以上に亘って継続的に実施され、同地域の発展に寄与してきている。

同事業に含まれる地下水を利用した灌漑開発事業は、これまでにティモール島オエサオ地区など、相対的に雨が少なく、乾期に表流水を得ることができない貧困地域に対する持続的な農業開発の一端を担ってきた。2002年末までに東方インドネシアの6州で750本の井戸による約5,000 haの地下水灌漑開発が完成している。

地下水を用いた灌漑施設では、小規模ながらも地下から水を得るための様々な施設 (井戸、発電機、ポンプなど) を必要とすることから、表流水灌漑施設に比べて維持管理に係る農民の負担が大きいという問題がある。

これまでもインドネシア各地では、地下水灌漑施設を設置した後のアフターケアが不十分なために、数年後には施

設は故障してその後は全く使用されなくなるというケースが多くみうけられた。そこで、地下水灌漑農業開発を持続させるために工夫され、実証されたのが「SSIMP式開発アプローチ」である。



図一1 DISIMP事業地区位置図

* 海外カンパニー 地図技術部

2. SSIMP式開発アプローチによる地下水開発

SSIMPの地下水灌漑開発の歴史に関しては既報告（ARIC情報No.60¹⁾）にその詳細が述べられている。ここではSSIMP方式と呼ばれる同プロジェクトで適用されている地下水開発方法の特徴を述べる。

SSIMPによる地下水開発の特徴は、「調査から事業完成後の営農指導までの一環実施」と「段階開発アプローチ」という基本アプローチに集約される。さらにこのアプローチは「成果重視」の精神により検証されることになる。

(1) 調査から事業完成後の営農指導までの一環実施

先にも述べたとおり、地下水灌漑施設の持続的な利用を促すためには、施設建設後の維持管理を持続的に行うことが求められる。また、施設利用に伴い農民が負担する費用（主にポンプ稼働に伴う燃料費およびオペレーターへの給料など）も、表流水灌漑施設に比べ高くなるため、施設利用（投資）に見合った見返り（利益）が得られ、かつ施設運営が経済的に成り立つものでなければならない。持続的な地下水灌漑事業を達成するためには、単純に施設を建設すればよいというものではない。

SSIMPでは施設の建設に先立ち、必ずコンサルタントによるフィージビリティ調査を行うこととしている。そのうえで地下水施設の維持管理に必要な農民組織の形成を行い、また施設建設後には、営農指導員を現地に常駐させ、こまめな営農指導を徹底させることで持続的な地下水灌漑事業を実現させることに成功している。

東ヌサトゥンガラ州ティモール島のオエサオ地区においてはこうした方式により2002年までに、第1期600haの地下水灌漑開発が行われた（写真一1）。施設設計においても小型施設（小口径浅井戸と小型ポンプ）を導入したことで農民負担は過大にならず、2004年現在でも持続的に施設の利用がなされ地域農民の所得向上に大きく貢献している。



写真一1 オエサオ地区地下水灌漑施設

(2) 段階開発アプローチ

SSIMPでは開発対象地区に対し、いきなり大規模な開発を行うのではなく、小規模開発から開始し、その初期開発段階で得られた知見を生かして徐々に規模の拡大をはかるという「段階開発アプローチ」を適用している。

この方式は施設の維持管理に係る様々な問題点を「現場」で直接確認でき、以後の開発計画の修正を適切に行うことが出来るという点で非常に有効な方法である。

(3) 「成果重視」主義

SSIMPを語る上で欠くことができない事柄は「成果重視」の精神である。例えば、開発候補地の選定・絞り込みに際しての評価項目には、地下水開発ポテンシャルは当然のことながら、農業開発ポテンシャルならびに社会経済状況も大事なチェック事項である。いくら地下水が豊富に出たとしても、その後の持続的な施設利用がなされなければ事業としては「失敗」となる。逆に地下水ポテンシャルは限定的であっても、農民の自助努力により持続的な施設利用と、農業生産性の向上が図られれば、事業としては「成功」したといえる。

SSIMPでは、成果重視の観点から「事業の成功」が使命となっている。

3. SSIMP4期事業（DISIMP）

(1) DISIMPの概要

2003年に開始されたDISIMP（Decentralized Irrigation System Improvement Project in Eastern Region of Indonesia；SSIMP4期）でも東方8州における地下水開発プロジェクトが提案され、現在その実施に向けたフィージビリティ調査が行われている。

DISIMPの灌漑開発規模は合計約13万6,000 haであるが、その内訳は以下の通りである。

- ① 新規ダム灌漑（2州、2地区、7,878 ha）
- ② 新規頭首工灌漑（4州、6地区、21,163 ha）
- ③ ため池灌漑（2州、5地区、2,491 ha）
- ④ 既存灌漑施設改修（8州、15地区、101,517 ha）
- ⑤ 地下水灌漑開発事業（8州、8地区、3,120 ha）

灌漑開発規模の点では地下水灌漑は他のスキームに比べ小さいが、一方、その開発対象地区はいずれも他の代替水源がない水不足地区であることから、地元の開発への期待と、予想される開発効果には大きなものがある。

(2) 住民参加型アプローチの明確化

DISIMPでも、先に述べたようなSSIMP式開発アプローチにより事業を実施するが、さらに、これまでのSSIMPでも

すでに採用している「住民参加型アプローチ」をより鮮明に掲げた実施方法を採用しているのが特徴といえよう。各州にはInstitutional Expertと呼ばれるスタッフが常駐し、DISIMPにて実施する各種開発プロジェクトの初期段階から同スタッフが関わることで、調査を円滑にすすめる潤滑剤として大きな効果をあげている。具体的には、調査開始に際しての各州、県、市などの政府組織に対するプロジェクトの宣伝活動、これに引き続き関係地区住民も交えたPublic Consultation Meetingの実施、さらには事業実施に際しての住民参加の推進に係る活動などである。

4. DISIMP地下水灌漑プロジェクト

(1) 地下水灌漑プロジェクト調査地点

筆者はDISIMPの調査対象である東部8州のうち、バリ州および東西ヌサトゥンガラ州をあわせた3州における地下水灌漑プロジェクトに参画する機会を得た。東西ヌサトゥンガラ州はインドネシア国でも特に降水量の少ない乾燥地帯として知られる地域であり、これまでも先述のオエサオ地区や、西ヌサトゥンガラ州スンバワ島のウンバン地区における地下水灌漑プロジェクトが成功裡に実施されてきた。

今回の調査対象地区には、これまでSSIMPによる地下水開発が行われていないバリ島およびロンボク島が新たに加わっている。バリ島およびロンボク島はそれぞれ日本人にも名の知れたリゾート地を有する島であるが、島内には一年を通じて表流水を得ることの出来ない乾燥地域が散在しており、地下水灌漑の実施に対する地元の要望には強いものがある。

東西ヌサトゥンガラ州では、十分な地下水開発ポテンシャルを有する主な優良地域では、すでに地下水開発が実施されており、今回候補地点として挙げた地区は、そのほとんどが大規模な地下水開発の困難な地区であった。

開発対象地区の選定に際しては、事前に各州の地下水灌漑局（PAT）から提出された候補リストに従い、現場概査を通じて最終的な候補地を絞り込んでいった。

候補地絞り込みに当たった重要事項は「成果重視」である。筆者はSSIMPコンサルタントのモットーである、“Responsibility + Flexibility + Something New & 現場主義（Genba-shugi）”を念頭に置いて将来のプロジェクトの姿をイメージし、「成功」の可能性の高い地区を選定した。その際に着目したチェックポイントは以下のとおりである。

- ・ 周辺に既存の地下水施設が存在する
- ・ そうした既存施設がある程度良好に運用されている
- ・ 村長など地元リーダーが事業実施に積極的である
- ・ そうした関係者と地元地下水灌漑局とにつながりがある

中でも周辺に既存の地下水灌漑施設があり、それらが良好に運用されている場合は、その成功体験がある種の波及

効果を持ち、新たな開発地区においても事業実施にスムーズに移れる可能性が高い。

(2) 調査対象地区の特徴と開発戦略

今回調査対象に選択した地区を俯瞰すると、その地域的特徴から表-1に示した2ケースに分類できる。

表-1 調査対象地域の特徴

ケース	ケース A	ケース B
地域	バリ島西端部、ロンボク島北東部	バリ島北西部、スンバワ島、東ヌサトゥンガラ州
水資源利用状況	表流水の利用は一時期可能であるが乾期の利用はできない地区	表流水は利用不可能で地下水が唯一の水資源である地区
地下水ポテンシャル	地下水ポテンシャルは高い。 表流水灌漑との併用がうまくなされていない。	地下水ポテンシャルは限定的。 塩水侵入などの地下水問題が顕在。

事業の実施にあたり対応方法はケースごとに異なる。ケースAの場合は地下水開発ポテンシャルに問題はなく、予想される地下水利用可能量も大きい、実際の水利用という側面では表流水灌漑施設との併用をどのように行うかという課題を解決する必要がある。つまり「地下水開発技術」の問題より「水利用（技術）」の問題解決の方がより重要といえる。

一方でケースBの場合は地下水開発ポテンシャルに限界があるため、まず地下水開発可能地域および開発可能量の判定を慎重に行う必要がある。今回調査対象箇所多くは海岸線に位置し、すでに塩水侵入のおそれがある地点も確認されている。こうした箇所に地下水灌漑局により建設された井戸のなかには、不用意に深い井戸を掘削したことで、逆に塩水をくみ上げる構造になった井戸もある。こうした問題に対処するためには、ある程度広域の地下水分布調査を行って地下水の流動系を把握することが重要であるが、そうした調査ぬきでいきなり井戸を掘削するケースも少なくない。ケースBでは「地下水開発技術」と「水利用（技術）」の両方の問題解決が必要である。

「地下水開発技術」の問題はテクニカルな面が主であるため、調査・解析を適切に行えば基本的に解決が可能である。一方で「水利用（技術）」の問題は得られた水を利用する「人間」が関わってくるために、調査・解析を行うだけで即座に解決できるというものではない。

次の5章ではバリ州の地下水灌漑プロジェクト対象箇所での調査結果の概要を紹介してこの「水利用（技術）」の問題解決に向けた具体的取り組みを示す。

5. バリ州地下水灌漑プロジェクト

(1) バリ州地下水灌漑プロジェクトの概要

バリ州は、観光地として日本人の人気の高いバリ島のみの小さな州である。11～4月の雨期に南西のモンスーンが卓越し、アグン山（標高3,142m）を筆頭とした山岳地帯とぶつかるため、島の南側は降水量も3,000mmを超える。そのためアグン火山の広大な斜面を流域に持つ流量豊富な河川や、大きな湧水が多数存在し、至る所でこうした豊富な水を利用した大規模な稲作および複合農業が行われている。ここでは年間を通じて3回収穫が得られ、農村は豊かである。「広大な棚田の広がる緑豊かな田園風景」はバリ島南側に特徴的な風景と言える。

一方、バリ島の東西端および北部は南部に比べ降水量が少ない上に、河川の流域面積が小さいために乾期にはほとんどが枯れ川になる乾燥地帯であり農村は貧しい（写真-2）。

バリ州地下水灌漑プロジェクトの開発対象地区は、バリ島東西端部および北部の乾燥地域の中から選ぶこととした。ここは、地元の強い開発ニーズに応えるため、かねてより地下水灌漑農業開発が政府機関（PAT）により細々と行われてきたところである。

この開発対象地区のうち、特に北部および東端部は年代の古い火山堆積物が分布しており、地下水浸透量が限られ、さらにその地下水は火山岩の亀裂中を流れていると考えられる。このため、揚水量の大きな井戸を建設することは技術的に容易ではないと予想されたが、北部地区で掘削したテスト井戸からは幸いにも、揚水可能量20ℓ/秒という、灌漑に十分供することのできる地下水量を開発することに成功している。



写真-2 バリ島北部の乾燥地帯

(2) バリ島西端部地区の水資源と地下水灌漑

一方、バリ島西端部の対象地区では、すでに簡易な表流水灌漑施設が利用されているが、乾期には表流水が激減し、

計画灌漑面積1,000haのうち、およそ300ha程度しか灌漑できない。このため、同地区内下流の一部地域では補助的に地下水灌漑施設が建設されている。しかし大半の土地では乾期に利用可能な水量が限られ、雨期の稲作の後は灌漑ができないため、水稻の刈り取り直後に水田の土中に蓄えられた水分に頼った乾期畑作（主に大豆）が広範囲に行われている。しかしその収量は低い。

本地区には未固結の火山堆積物が分布しており、地下水浸透量もある程度大きいことが知られている。実際、地区内の既存井戸は20ℓ/秒といった大きな揚水量を示す井戸も多い。また、水収支解析の結果からは、バリ州西端部地区の地下水涵養量は降雨の30%程度に及ぶという結果が得られており、表流水利用可能量は乾期には減少するが、豊富な地下水資源を乾期の灌漑利用に活用できると考えられる。

(3) バリ島西端部地区の地下水開発と水利用管理

バリ島という伝統的な水利管理組合・スバック（Subak）が有名である。スバックは灌漑用として河川水を管理するために結成されている同島独自の水管理組織であり、公平な水分配方法や、伝統的な施設を用いた高度な水管理技術を有する。今回実施の地下水灌漑事業でも、地下水灌漑施設の水管理組合の組織化にあたっては、このスバック組織を活用する予定である。

表流水灌漑と地下水灌漑の併用地区では、井戸施設を所有する単一のスバックを結成し、同スバックは雨期には表流水灌漑施設を利用し、乾期には地下水灌漑施設を利用するという施設利用のすみわけを行っている。

しかしながら、このようにすでに地下水灌漑施設が設置されている地区の中に、乾期に何も耕作していない農地が一部存在する。その農民からの聞き取りによれば、その理由は「畑作はうまく行けば高い利益が得られるが、失敗のリスクも非常に大きい。しかし、稲作は営農方法も熟知しており失敗する可能性が非常に低いから稲作しかやらない。だが、稲作の場合には利益が少ないので地下水灌漑施設の維持管理費用が負担できない」というのが主な理由であった。すなわち、貧しいので経済的リスクを冒せない、ということである。

したがって、こうした地区で地下水灌漑農業を成り立たせるためには、受益者農民の意向確認が大前提であるが、さらにSSIMP式地下水開発アプローチの基本である下記の方策を実行して乾期作の営農リスクを軽減し、農民のやる気を引き出す措置が不可欠となる。

- ・ 開発計画段階からの受益者参加
- ・ （少なくとも乾期作2回を可能とするような）施設完成後の密な営農指導
- ・ モニタリングとアフターケア

今後はInstitutional Expertを中心に、住民への啓蒙活動を行っていくが、SSIMPのモットーである「現場主義(Genba-shugi)」にのっとり、あくまで個々の地区ごとの固有の特性と課題を的確に把握し、その解決方法を探り出す努力の継続が必要であると考えている。

6. 東西ヌサトゥンガラ州地下水灌漑プロジェクト

今まで述べたように、筆者が直接現地調査まで関わった地区としては、バリ州の他、東西ヌサトゥンガラ州がある。ここでの地下水灌漑プロジェクトについて以下簡単に紹介する。

東西ヌサトゥンガラ州では、西ヌサトゥンガラ州のロンボク島およびスンバワ島の2島(合計3地区)、東ヌサトゥンガラ州のティモール島およびフローレス島の2島(合計2地区)が調査対象地区に挙げられている。

東西ヌサトゥンガラ州はインドネシア国のなかで最も乾燥した地域として知られている。年間降水量は1,000mmを下回る地域も多く、乾期(5月から10月)にはほとんどの河川が枯れ川となる。

西ヌサトゥンガラ州スンバワ島ビマ県の調査対象地区は、年間を通じて降雨のある日数が60日間にすぎないという住民にとっては過酷な状況下にある。こうした地区では地下水が唯一の利用可能な水資源であり、住民の地下水灌漑事業への期待には大きなものがある。

東西ヌサトゥンガラ州で今回DISIMPの下で初めて地下水灌漑事業が実施される地域(島)は二つあり、一つはロンボク島、もう一つはフローレス島である。

ロンボク島では、同島北東部のサンベリア村が調査対象地区に選定された。ロンボク島はバリ島と同様に、島北部に存在するリンジャニ火山(標高3,726m)の南麓部は流量豊富な河川や大きな湧水が存在する良好な水文環境にあり、これらを用いた灌漑農業が盛んに行われている。

一方、同島北部および南西部は降水量および地形・地質条件から乾燥地帯となっている。今回調査対象に選ばれたサンベリア村も上流に表流水を用いた灌漑水路が存在するが、その末端に位置する同村には雨期の一時期のみしか灌漑用水は届かず乾期には水が得られないため、雨期以外の灌漑農業は行われていない貧困農村地区である(写真-3)。

フローレス島からは同島の中心都市であるマウメレ市周辺が選定された。同市は年間降水量が1,000mmを下回る乾燥地域である。また同市周辺は河川の流域面積もきわめて小さく、少ない流量の河川水では灌漑利用は困難な箇所であり、乾期には土漠の様相を呈する。

幸いにも東西ヌサトゥンガラ州の試掘調査箇所では灌漑利用に十分な水量を得ることが出来る良好な帯水層を確認しており、事業実施にむけて準備をすすめている。



写真-3 ロンボク島北東部の開発対象地区

7. 事業実施に向けた課題と今後の展望

SSIMP-DISIMPの特徴として、事業が地元の開発ニーズに合致し、かつフィージブルと判定されれば即座に実施に移るという「即効性」が上げられる。こうした迅速に対応する事業の実施方法は受益農民はもとより、顧客であるインドネシア国政府側が最も望むことであり、コンサルタントはこれに向けて最大限の努力をする必要がある。

現在までに、地下水灌漑調査対象地区の全てにおいて地下水開発ポテンシャル、農業開発ポテンシャルの確認が終了しており、実施可能性の高い地区の選定と開発計画の内容決定に向けて比較検討作業を行っているところである。

事業実施のためには受益者からの事前同意を得る必要があるが、そのためには調査結果の正確な伝達を行い、事業の実現にむけて住民の事業実施への協力をもとめていく必要がある。最終的に事業が成功するか否かは、施設を利用し、維持管理の責任をもつ農民の手にかかっているからである。改めて、かつてのSSIMP地下水灌漑開発事業で得たLessons Learnedに立ち帰り、事業の成功に向けた取り組みを進めなければならない。

現在インドネシア国では、このように広範囲かつシステムティックな地下水開発を行っているのはDISIMPの他には存在しない。今回このプロジェクトに参画することで、地下水灌漑開発事業実施にかかわる様々な場面に遭遇し、誰のために開発するのか、いかに成功させるか、を現場で真剣に考える機会を得たことは、「専門技術」から「開発」へと視野を広げる大きな契機となった。今後、自ら企画・立案した開発事業の実施を通して、自分が判断し、提案した開発の方向性の善し悪しを直接目の当たりにすることになる。こうしたダイナミックな面もSSIMP-DISIMPの開発アプローチが持つ魅力である。今後も可能な限り事業の進捗に応じて自分の判断結果を確認する機会を得たいと思う。また、そこから得た反省点なども含め、続報として伝えられればと考える。

謝辞： DISIMP開発事務所の佐藤周一所長には筆者の業務開始時から一貫してSSIMPの精神および開発アプローチというものをご教示頂いた。また同事務所の洪田健一所長代理には現場において様々な形でご指導頂くとともに業務を進める上で良き相談相手になって頂いた。さらに、海外カンパニー藤波正人副技師長には地下水灌漑調査に関わる基本的な事項から実践的な技術に至るまでご指導いただいた。ここに改めて謝意を表したい。

最後に、本業務を進める上で常に強力なサポートを提供してくれたDISIMPのインドネシア人ローカルエンジニアにも心より感謝したい。

参考文献

- 1) 佐藤周一：東方インドネシア灌漑開発10年の経験と教訓 その3：農民参加の地下水灌漑開発、ARIC情報、No.60、pp103-108.- 2000年10月