



PMS方式

Peace (Japan) Medical Services



灌漑事業ガイドライン

水と食料の確保を



序 文

アフガニスタンの復興支援において、「アフガニスタンの復興と再建をいかに自立的・強靱に実現していくべきか」という根本問題は極めて重要です。そして、この観点から、国民の8割以上が農村に暮らし、就業人口の6割が農業・牧畜に従事しているアフガニスタンでは、農業の発展の可能性・対策を無視することは出来ません。

アフガニスタンの農村は自給自足が原則であり、イスラム教を中心とした相互扶助精神に基づく一つの社会・経済ユニットとして強固な自治性を有しています。生活と国の安定のためには、このような農村社会の自立性・強靱性を強化していくことは不可欠です。また、アフガニスタンは乾燥地域から半乾燥地域に属し、天水農業は不安定であることから、灌漑も通じた水資源の開発・有効活用とそれによる持続可能な農業の構築が、アフガニスタンの復興と再建の鍵を握っているといっても過言ではありません。

しかし、20余年にわたる国際社会による復興支援を経てもなお、国全体の社会・治安の不安定さもあり、残念ながらアフガニスタンの人々の暮らしは十分に改善されたとはいえません。

一方、こうした状況の中でも中村哲医師が主導してきたPMS (Peace [Japan] Medical Services) による灌漑事業は、その事業地域において地域住民の生計を向上させるなど、瞠目すべき素晴らしい成果を出しており、アフガニスタンの灌漑事業における一つの有効な成功モデルたりうると言えます。PMSは、現地のリソースを最大活用するシンプルかつ実用的な治水・利水効果を産みだし、その事業地域において地域社会による施設の運営・維持管理を可能としています。また、地域社会への深い理解と尊重および相互信頼に基づく事業プロセスを実践し、地域社会のオーナーシップを醸成してきました。困難な社会・政治状況の中で、地域住民からの信頼を得て灌漑事業を継続し成功させてきているのは、中村哲医師のカリスマ性と不屈の闘志に負うところが大きいと思います。しかし、このような地域社会を尊重する技術とプロセスが、PMS灌漑事業の成功を支えているのは間違いありません。本ガイドラインは、このような果実を広くアフガニスタン全土に普及していけないか、との考えから作られたものです。

JICAは、2018年半ば頃から、中村哲医師と本ガイドラインの作成について協議を始め、継続的・集中的に検討を行ってきました。中村哲医師のPMS灌漑事業に係る知見・経験・哲学、治水・利水技術の工夫、および地域社会のオーナーシップの醸成・敬意、これらを本ガイドラインに反映させるべく、中村哲医師とのさらに密接な協議を予定していましたが、大変残念ながら、2019年12月4日、中村哲医師はジャララバードにおいて凶弾に倒れました。しかし、こうした障害があっても、その後も、本ガイドラインの作成をとん挫させることなく、ペシャワール会の皆様、現地で中村哲医師と共に働いてこられたPMSの皆様、そして、アフガニスタン政府職員の皆様との協働の下、この度、「PMS方式灌漑事業ガイドライン」が完成したことを大変嬉しく感じています。本ガイドラインの作成にご協力いただきましたすべての関係者の皆様に、改めて厚く御礼申し上げます。

今後は、このガイドラインも活用して、中央政府と地方政府および地域社会とその住民など全て

の人々が、地域社会の安定と繁栄に向かってひたむきに努力し協力し合って、チームワークの力を発揮して頂ければと思います。中村哲医師はかねてから、アフガニスタン政府職員を前にして、『やり抜く決意と工夫、そして継続』の大切さを訴えられてきました。このご遺志を継いで、アフガニスタン全土で、「人々の暮らしと治安の安定」が実現されることを切に望んでいます。本ガイドラインがその一助となれば幸いです。

2021年2月

独立行政法人国際協力機構

南アジア部 部長 坂本威午

PMS方式灌漑事業ガイドラインの作成を前に

2019年12月4日に中村哲先生が凶弾に倒れて亡くなられた。今でも先生の声に耳を澄ますと「この事業を継続すること」と聴こえてくる。医師だった中村先生が灌漑用水路を作ろうとしたのは、アフガニスタンで人々の命を繋ぐのは医療では限界で、水と食料の確保が不可欠だと思われたからである。先生は「水は善人悪人を区別しない」と対立よりも融和を語り、アフガニスタンの事情に則した灌漑用水路を作り、16年の試行錯誤を経てPMS取水方式の標準設計を確立させた。その実践としてマルワリード用水路、マルワリードII用水路を始めクナール川周辺に10つの堰を完成させた。「自分の後継者は用水路だ」と述べられた意味は、それがアフガニスタンの人々が必要とするならば、おのずと世代から世代へ受け継がれていく筈だと将来を託す気持ちからであろう。

中村先生が「緑の大地計画」の中でたどり着いた標準設計は、300年前から引き継がれた日本の伝統工法とアフガニスタンで使われている工法が基礎である。伝統は変化しながらも現在に引き継がれ、そしてまたアフガニスタンの自然に接する中で人々の手により蘇った。その技術をアフガニスタンの人々が手近にある素材を使って現場で実践し、自らの文化を生かしながら自分たちの手で発展させて創り上げた。PMS取水方式の普及のスタートラインに立ち、日本とアフガニスタンの中村先生の想いを受け継ぐ者たちが中村先生との対話の中で完成させたこのガイドラインこそが、日本とアフガニスタンの融合の賜物である。同じアフガニスタンで干ばつに苦しむ人々の生活を支え、引き継がれていくものになると信じたい。

中村先生は地球温暖化の結果として、大干ばつなどの危機的な気候変動が最も脆弱な地域にあらわれていると指摘している。だからこそ自然を洞察しうまく付き合っていくことを、PMS方式の理念の根底に据えた。自然の摂理に畏敬の念を持って接し、大規模ダムのような自然を制しようとする工事は避ける。川の流れ、地形に最低限の手を加えて斜め堰を作り、堰上げた水をささやかに頂戴し地域を潤した後また川に戻す。そうして緑が回復し、水の恩恵を広く平等に行き渡らせることができるモデルを目指してきた。温暖化は人間の経済活動によって引き起こされた自然の反応であり、収まるまで非常に長い年月がかかるが、その渦中にあっても人倫を重んじて、自然の恩恵を見出し、平和に生きる現実策を模索して行かなければいけない。

このガイドラインは、今後多くの具体的な灌漑用水路事業で実践される時に、新たな知見が加わり将来改訂されるだろう。それでも、変わらぬ精神は自然と和解する技術として引き継がれていくはずである。中村先生は変わらぬ精神を具体的にこう述べている。

- 1) なるべく単純な機器で対処できること
- 2) 多大なコストをかけないこと
- 3) ある程度知識があれば、地域の誰でも施工できること
- 4) 手近な素材を使い、地域にないものをできるだけ持ち込まないこと
- 5) 壊れても地域の人で修復できること
- 6) 水はごまかせない、水のように正直なこと

ガイドラインの完成には中村先生の魂の復活を感じる。再び「立場を超えた無数の協力の貴い結晶が本書である。現地六十万農民に代わり、改めて頓首礼を述べ、ここに記された集大成一事業の結実を以って、尽くせぬ感謝を伝えたい」（『アフガン・緑の大地計画』序文）との声が聴こえてくる。このガイドラインが活用され、人々が願う平安が一刻も早く訪れることを祈る。

2021年2月

Peace [Japan] Medical Services 総院長/ベシヤワール会会長

村上 優

[要 約]

■ 第1章 PMS方式灌漑事業ガイドラインとは? ■

中村哲医師とPMSは、アフガニスタン東部のナンガルハル県のクナール川下流域において多くの灌漑事業を行い、2020年現在、16,500 haの灌漑地域に水を供給し、65万人の人々の生活を支え、帰還難民や元兵士の村社会への定着と生計向上に大きく貢献してきた。本PMS方式灌漑事業ガイドラインは、このような既存のPMS灌漑事業のプロセス、技術、経験・知見および教訓を取りまとめたものである。本ガイドラインは、灌漑事業に携わる技術者や計画立案者および政策決定者を主な対象とし、アフガニスタンの地域社会に適した持続可能な灌漑事業の計画、設計、施工、運営・維持管理および灌漑農業技術における哲学と、住民との対話プロセスおよび技術的指針を示している。その目的は、アフガニスタンの地域社会および灌漑農業の持続可能な発展に寄与することである。本ガイドラインのコンセプトは、図1に示すように、PMS方式灌漑事業を正しく理解して実践し、応用・工夫して発展させ、普及・活用していくことであり、アフガニスタンに適した持続可能な灌漑事業を推進することである。

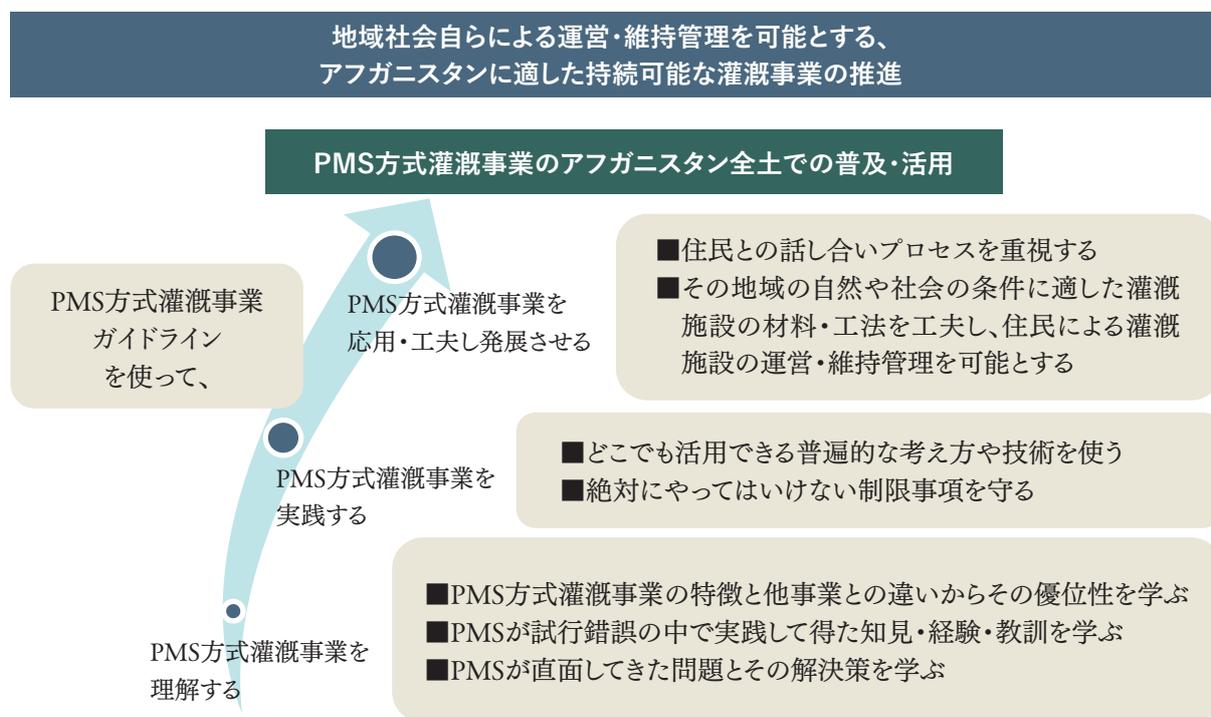


図1 PMS方式灌漑事業ガイドラインのコンセプト

PMS方式灌漑事業は、河川から直接取水して農地に灌漑用水を導水する灌漑事業であり、図2に示すように、取水堰、土砂吐き、取水門、急勾配主幹用水路、沈砂池（調節池）、主幹用水路、主幹排水路、貯水池、サイフォン、洪水通過橋および堤防、石出し水制から構成される。PMS方式灌漑事業は、地域社会による運営・維持管理を念頭に置いた、地域の自然条件に合った「シンプルかつ実用的な（simple and practical）」灌漑事業である。事業実施者は、地域社会とそのガバナンス・システムを尊重し、受益農民の能力開発を行う。受益農民は、事業を通じてPMS方式灌漑事業の基礎土木技術を学び、地域社会自らが施設の運営・維持管理をできるようになる。

図2 PMS方式灌漑施設と役割

PMS灌漑施設の種類

- ①斜め堰 ②土砂吐き(可動堰)・洪水吐き
- ③二重堰板式取水門
- ④急勾配主幹用水路(蛇籠工・柳枝工)
- ⑤沈砂池(送水門・排水門併用) ⑥主幹排水路
- ⑦貯水池、サイフォン、洪水通過橋
- ⑧洪水対策工(堤防および石出し水制)



①斜め堰(カマI堰)



斜め堰の役割; 河川を横断的に堰上げて上流側の水位を上昇させ、渇水期の取水を容易にする。堰を斜めに延ばすことで越流水深が低くなり、掃流力が軽減され、堰が壊れにくくなる。

②土砂吐き



土砂吐きの役割; 取水門に隣接して取水堰の一部として設置され、取水門への土砂の流入を防ぐ。

③取水門



取水門の役割; 斜め堰の河岸袖部に設置され、取水堰で堰上げた水を主幹用水路に取り込むとともに、取水量調整を行う。堰板は、水門の前後に2列設置し、貯水槽をつくる。川側下段堰板にかかる水圧を減殺し、堰板が折れることを防ぐ。



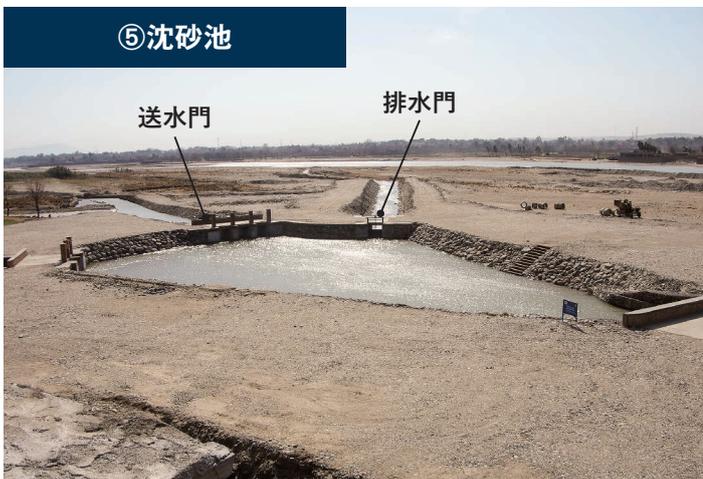
④急勾配主幹用水路および主幹用水路

急勾配主幹用水路および主幹用水路の役割；急勾配主幹用水路は、取水門から取り入れた河川水に含まれる土砂を用水路に堆積させることなく沈砂池に導く。主幹用水路は、沈砂池で土砂が除かれた水を灌漑裨益地まで導水する。



⑥主幹排水路

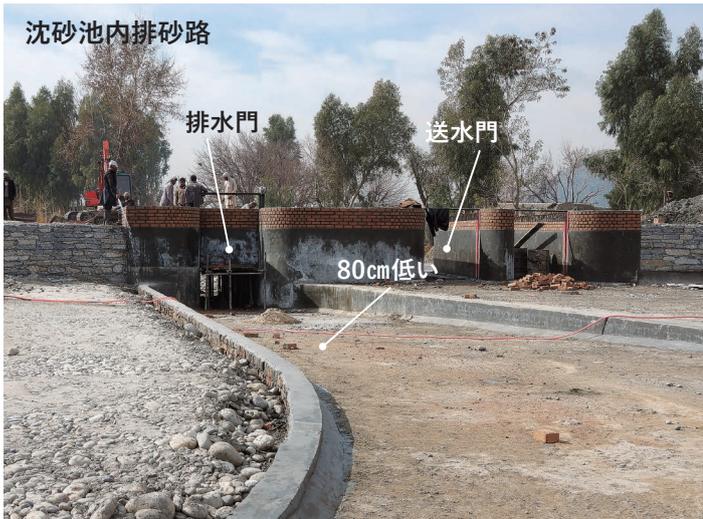
主幹排水路の役割；必要灌漑水量以外の余り水は、すみやかに主幹排水路を通じて河川に戻し、灌漑受益地の湿害を防止するとともに、本川下流の水利用に配慮する。



⑤沈砂池

送水門

排水門



沈砂池内排砂路

排水門

送水門

80cm低い

沈砂池（調整池）の役割；取水した河川水に含まれる土砂を堆積させるとともに、堆積土砂の排砂および送水量調節の機能を有する。



⑦貯水池など

貯水池などの役割；山岳部からの洪水流や土石流から主幹用水路を守るため貯水池を設置する。乾燥地における保水力確保で、植生の生育に寄与する。土石流が既存の水路を横断する場合は、洪水通過橋を設置する。



⑧洪水対策工

洪水対策工の役割；堤防は、灌漑受益地や住宅地および河川沿いの主幹用水路等を洪水から守る役割を果たす。石出し水制は、堤防や河岸の洗掘を防止するとともに、河道の滞筋固定の役割を果たす。

■ 第2章 PMS方式灌漑事業を農民とともにどのように立ち上げるか? ■

2.1 PMS方式灌漑事業に適した地域の選定

PMS方式灌漑事業の対象地域は、地域社会による施設の運営・維持管理に強い意欲を示している地域を優先的な候補地とし、図3のフローに従って選定する。地域社会からの要望に基づいて政府がリスト化している灌漑事業候補地の中から、原則として、地域社会の要望が強く、灌漑施設等が壊れて灌漑農業ができなくなっている地域を一次選定する。次に、灌漑農業としての土地の適正、灌漑用水量の取水可能性および建設資材の入手可能性などの自然環境条件に関して二次選定する。そして最後に、地域の社会経済条件の観点から、地域社会によるPMS方式灌漑事業の受け入れ意思、農民による灌漑農業への意欲および農民組織の体制などを確認して、最終的に対象地域を確定する。

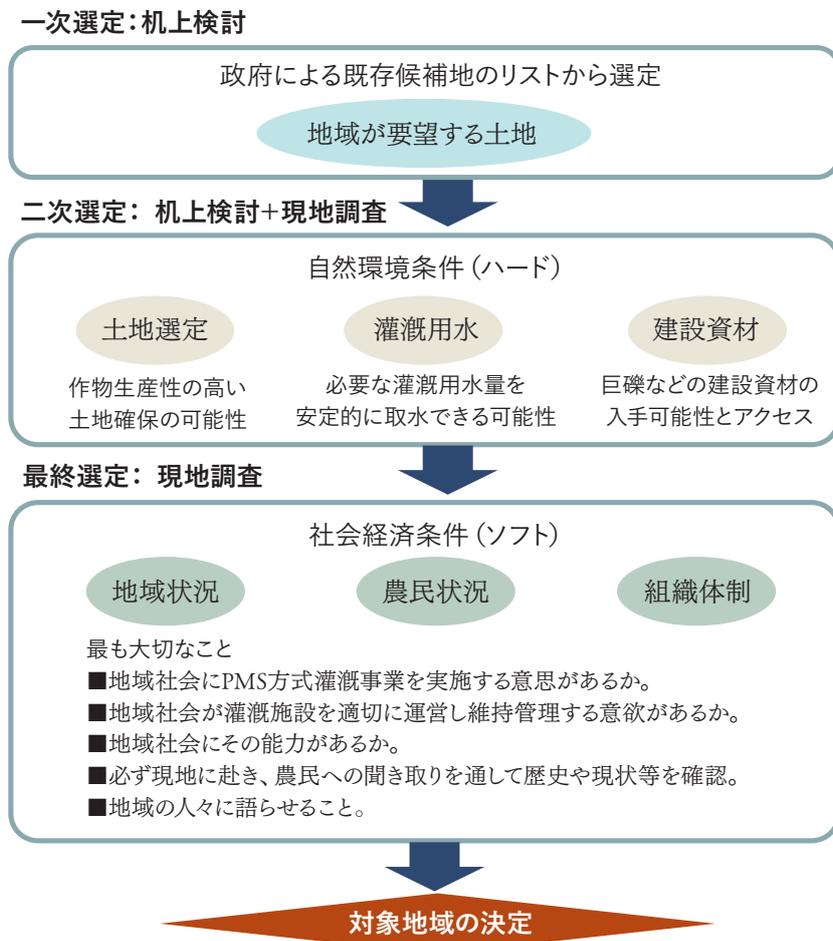


図3 PMS方式灌漑事業の対象地域の選定フロー

なお、PMS方式灌漑事業において、取水堰の適地選定が極めて重要である。取水堰の位置は、旧来または現在の取水口付近を原則とするが、取水に問題がある場合は、川幅が適度に広く流れが固定化している地点で、岩盤を背にし、安定した単砂州があり対岸に洪水時の流路を確保できる地点が望ましい。また、対岸、上下流への影響についても配慮する必要がある。図4参照。

適地のイメージ



PMS方式の取水堰の適地

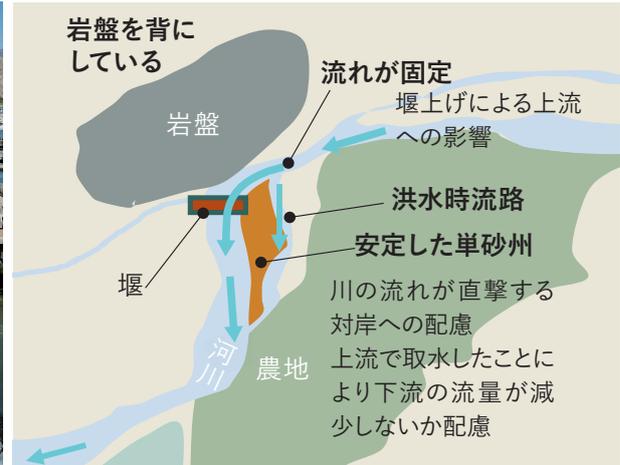


図4 PMS方式灌漑事業における巨礫を活用した湾曲斜め堰の適地

2.2 PMS方式灌漑事業の基本構想の策定：農民および地域社会との協議を通じて

PMS方式灌漑事業においては、地域社会との対話・協議を通じた事業の基本構想の策定を基本とする。事業実施者は、農民との対話と協議に基づいて、農民の真のニーズを理解し、そのニーズを満たすことのできるPMS方式灌漑事業の基本構想を立案する。具体的には、事業実施者は、表1の内容および地域社会の役割について協議して合意形成を図り、基本構想を策定する。

基本構想の内容は、1) 平等な水配分を担保した灌漑受益地、2) 事業効果の想定、3) 概算事業費と年間維持管理費および概略事業期間、4) 用地取得の合意形成と十分な補償、5) 周辺への影響検討と協議・調整、6) 住民による建設事業参加と灌漑施設の運営・維持管理、7) 治安の確保と事業の安全管理、8) 附帯事業としての揚水水車および展示圃場などの建設、である。

表1 事業実施者と地域社会の協議・合意内容および役割分担

協議・合意内容	役割分担	
	事業実施者 中央・地方政府など	地域社会 自治組織(コミュニティ開発協議会・シューラ・ ジルガ)、組合(水利用者組合・灌漑組合)など
灌漑受益地、事業効果、概算事業費、維持管理費、事業期間	- 灌漑受益地の概略提示	- 灌漑受益地の確認・調整
	- 想定する事業効果の提示	- 想定する事業効果の確認
	- 概算事業費と維持管理費の提示	- 概算事業費と維持管理費の確認
	- 事業期間の提示	- 事業期間の確認
用地取得(灌漑施設:主幹用水路ルートなど)	- 必要な用地等についての提示	- 法律や地域の慣習に基づく各農民との調整
周辺地域への影響(リスク)	- 想定リスクの提示	- リスクの受入れ判断および影響を受ける地域社会との調整
住民による建設事業参加と灌漑施設の運営・維持管理	- 賃金支払いによる建設労働への参加要請 - 基礎土木技術の能力開発プログラムの提示 - 運営・維持管理に係る能力開発プログラムの提示 - 住民と事業実施者の灌漑施設の運営・維持管理の役割分担の提示 - 大規模修繕計画の提示と予算確保	- 農民などによる労働力提供の調整 - 基礎土木技術習得の意思確認 - 運営・維持管理能力向上の意思確認 - 灌漑施設建設後の運営・維持管理活動の実施調整・確認 - 住民による運営・維持管理計画の策定と予算の確保
治安と安全の確保	- 地域社会による地域の治安確保の要請 - 建設事業の安全確保策の提示	- 治安確保策の調整と提示 - 建設事業の安全確保策の確認

■ 第3章 水源となる河川の何をどのように理解するか? ■

河川は常に変動しており、洪水や渇水などが生じると共に、河川地形が変動する。したがって、PMS方式灌漑事業を計画し実施していくためには、まず水源となる河川を知る必要がある。洪水時にも渇水時にも河川から安定して取水できる灌漑施設を建設し、施設を適切に運営・維持管理していくためには、洪水時や渇水時の河川状況の把握は必須である。

PMS方式灌漑事業において把握すべき河川状況とその把握方法は表2のようにまとめられる。まず既存情報を収集・整理して分析し、その後、現地での聞き取りおよび観察を行って河川状況を把握する。そして、施設の計画・設計のための河川測量等を実施する。現在のアフガニスタンのように、データが十分でない状況では、現地における聞き取り調査および観察が非常に重要である。また、観察や調査を実施していく際には、得られた情報やデータを灌漑事業の計画・設計・建設・維持管理にどのように活かしていくかという視点が大事である。

表2 把握すべき河川状況とその把握方法

把握すべき河川状況	河川状況の把握方法
<p>・河川流域の状況 流域の地形や植生等を把握して、洪水流出特性、濁水流出特性および地下水涵養状況などを分析する。また、流域内の灌漑地域や都市・村落の存在、土地利用状況など、どのような水資源利用が行われているのかについて把握する。</p> <p>・河道の状況 河道の変動（安定した滯筋、流れの方向、河床変動）および砂州の変動（安定した砂州、土砂の浸食・堆積）を確認し、取水しやすい地点を把握するなど、施設計画・設計に必要な情報を得る。</p> <p>・河川の流況（洪水と濁水状況） 洪水時・濁水時の河川の水位、流速、流量を把握して河川流況を明らかにし、どこが氾濫しやすいか、どこに洪水の力が集中しそうか、濁水時にどの程度の取水が可能かなどを分析し、施設計画・設計に活用する。なお、流砂量・粒径や水質についても把握する。</p> <p>・河川構造物建設による河川の流れ・河道への影響 PMS方式灌漑事業において新たに建設する河川構造物が、その上下流・左右岸に位置する構造物や河道・堤内地に及ぼす影響を検討する。特に、堰建設による上流側水位の堰上げによって新たな洪水氾濫が生じないかどうかについて注意深く検討する。</p> <p>・灌漑用水取水による下流の水利用への影響 国家水資源管理機構(NWARA)水利権局に登録されている水利権を調査し、取水地点近傍における現在の水利用状況を把握し、計画している新規の灌漑用水取水が、取水地点の上下流・左右岸、特に下流側の水利用に影響を及ぼさないかどうかを注意深く検討し、関係者と調整する。</p>	<p>・既存情報の収集と整理 Google Map等の衛星画像、既存の地形図、数値標高モデル、地質図、気象・水文資料、水利権、河川構造物などの既存情報を収集し整理する。</p> <p>・住民への聞き取り調査 必ず現地に行き現地で聞き取りを行う。現地状況や洪水時状況については、位置情報（緯度経度など）および現地写真と共に聞き取り情報を記録する。また、多様な情報を集めて整理し、それらの整合性を確認して、聞き取りの正確性を確認する。</p> <p>・河川状況の観察・観測とその整理 既存情報と聞き取り調査だけでは、情報が不十分であることが多く、現地での観察と観測は、河川状況を把握するためには特に重要である。常に変化する河川状況を把握するには、定期的に現地に足を運び、その時々状況を把握する必要がある。特に、洪水時や低水時の河道や流れの状況は、事業責任者が自ら現地に足を運び観察することを原則とする。写真やスケッチなどを活用して観察・観測結果を整理する。</p> <p>・河川測量・調査検討 河川の横断測量、縦断測量、平面測量を行い、図面を作成する。河床材料調査も河道特性を把握する上で大切である。これら資料をもとに、不等流計算等による河川の水理諸量について検討する。</p>

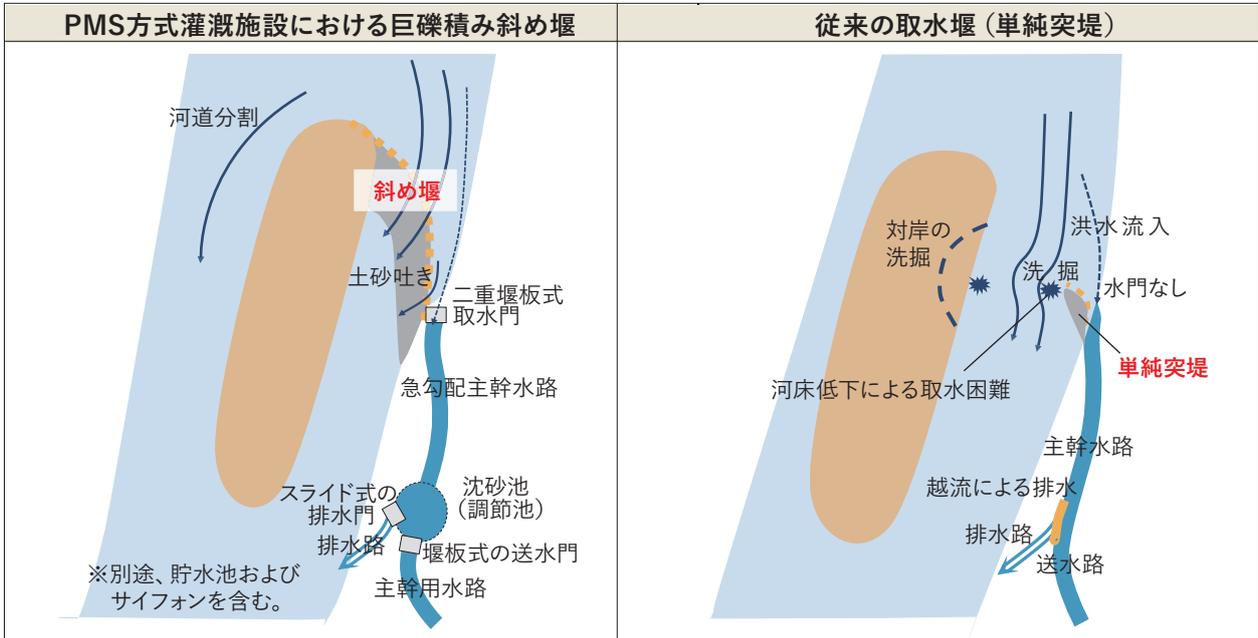
■ 第4章 水利施設の計画と設計はどのように行うのか? ■

灌漑施設は、洪水、渇水、土砂堆積等に対して、安定した灌漑用水の供給が確保できるように計画・設計する必要がある。PMS方式灌漑事業の灌漑施設は、水利施設と洪水対策施設に分けられる。

4.1 水利施設の計画・設計の基本的な考え方

アフガニスタンでは取水方式として、従来、直線的な単純突堤形式が多く採用されてきた。しかし、この形式では洪水による浸食で河床低下が起こって突堤が破壊されたり、取水量を調節する機能を持たないために、渇水期に取水が困難になったり、洪水流や土砂の流入を防げないなど、多くの課題があった。これらの課題を克服するために、PMS方式灌漑事業では、巨礫積み斜め堰と二重堰板式取水門を導入した。巨礫積み斜め堰では、河岸から砂州まで全面堰上げして堰先端の洗掘を防ぎ、湾曲に配置することで越流線が伸び堰上を流れる単位幅流量を低減させ、水流を堰中央下流に集めることで洪水のエネルギーを低減させて、洗掘による堰の破壊を防ぐとともに河岸への影響を軽減させている。さらに堰には土砂吐きを設置して水門前に堆積した土砂を下流に流す。そして、二重堰板式取水門では、堰板方式により洪水流の用水路への流入を防ぐとともに、二重にすることで水圧を軽減でき、人力による堰板操作を可能にした。低水位時には堰板を低くして取水可能としている。また、堰板を越流する上水を取水することで土砂の流入を防いでいる。急勾配主幹用水路と沈砂池を組み合わせて、主幹用水路への土砂流入を軽減している。

表3 従来の取水堰とPMS灌漑方式における巨礫積み斜め堰



4.2 水利施設の配置計画

取水候補地点から灌漑受益地まで、灌漑用水を重力で流すことのできる十分な水頭を確保することを原則とし、以下の手順で水利施設の配置計画を行う。なお、配置計画に当たっては、用地取得や工事中の借地の可否および建設スケジュールなどについて、住民と協議を行い、地域社会との十

分な合意形成を図る。

- 1) 既存の耕地や既存の取水口・用水路を確認し、受益農民と共に、新たな灌漑地を含む受益地を確認する。また、新規取水地点の候補地を確認すると共に、新設主幹用水路と既存用水路との接合地点（受益地の最上流部付近）を確認する。
- 2) いくつかの新規取水候補地点から接合地点まで、急勾配主幹用水路と主幹用水路を最短で配置し、十分な導水勾配が確保できる取水地点を選定する。取水地点は、勾配、河道湾曲、岩盤、砂州などの分布を考慮して適地を判断する。土砂堆積傾向の場所は取水不良の原因となるため避ける。
- 3) 沈砂池および調節池は、既存用水路と新設主幹用水路の接合地点で河川に近い位置に配置し、堆積土砂や余剰水排出のための主幹排水路を設ける。
- 4) 主幹用水路のルートは、沈砂池とそれぞれの既存用水路始点の調節池を結ぶように配置し、地形の凹凸の著しい場所、施工困難な岩掘削を伴う区間および民家や農地のある区間を避けて計画する。
- 5) 貯水池、サイフォンおよび洪水通過橋は、主幹用水路が横切る小さな谷や斜面などに配置し、洪水流や土石流を貯留または通過させる。谷や斜面の流域が大きく洪水や土石流の流量が大きい場合や、主幹用水路の水面が高い場合は、決壊のリスクが高くなるため貯水池の設置は避ける。（図2参照）
- 6) 湿地対策のための主幹排水路のルートは、灌漑受益地のレイアウトおよび地形的な高低を考慮して決定し、周辺に比べて凹地形となっている地盤標高の低い場所に配置する。

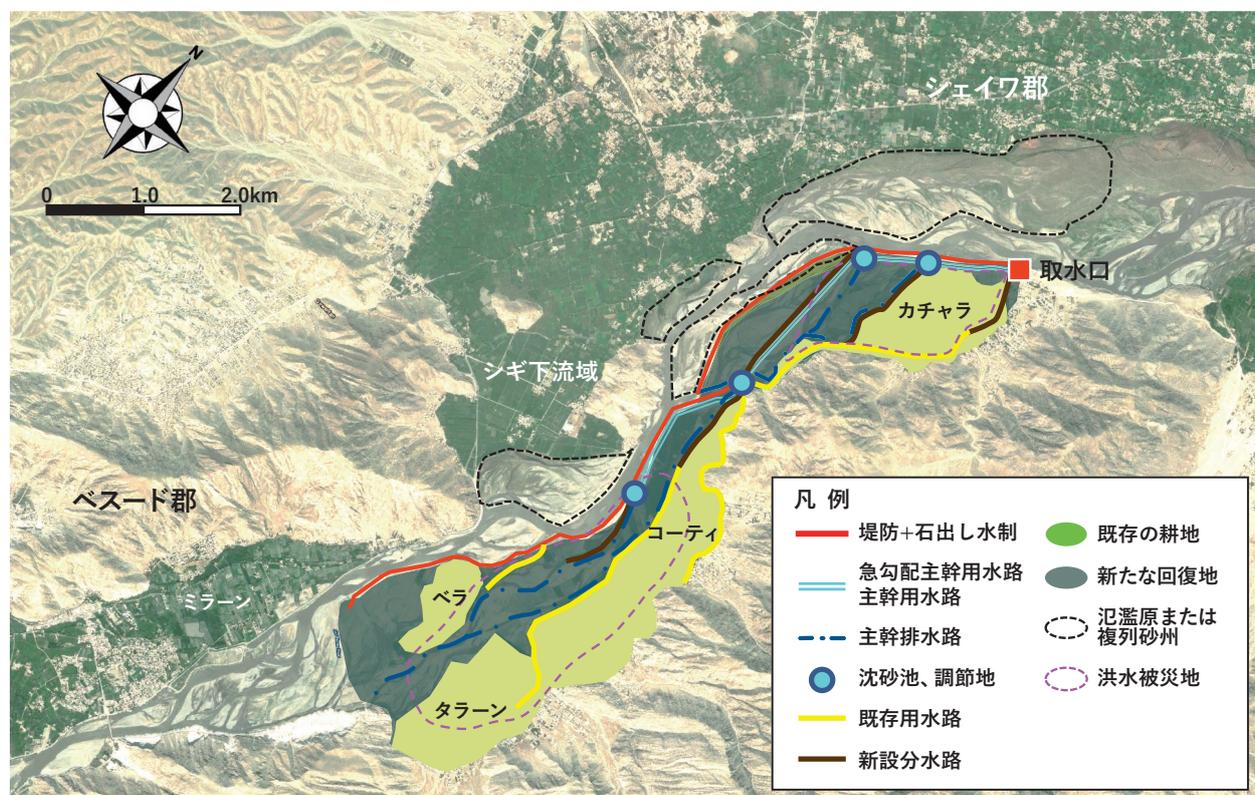


図5 PMS方式灌漑施設（水利施設および洪水対策施設）の配置例

4.3 水利施設の設計における主な留意事項

それぞれの水利施設の設計および諸元検討における主な留意事項は次の通りである。

- 巨礫積み斜め堰の堰高は、洪水時の河川流に対する堰本体の安定確保のため、過度に高くせず、2 m程度以内とする。また、河床には最低1m程度以上の根入れを確保する。
- 巨礫積み斜め堰は、洪水流による浸食を防止するために、できるだけ緩やかな勾配とする。堰本体および水叩きは、湾曲した堰天端から水叩きを通して堰越流水が堰の中央に集まるように堰を設計し、その曲率半径は、湾曲円弧の中心点が巨礫積み斜め堰の平面範囲から外れないように設定する。
- 巨礫積み斜め堰本体袖部が砂州に取り付く部分や基礎部は構造的な弱点となり易いので、袖部は砂州に十分貫入させ、砂州は巨礫と玉石で補強する。
- 急勾配主幹用水路は、必要灌漑水量が流下でき、かつ土砂堆積が生じないように縦横断設計を行う。縦断勾配が緩過ぎれば、流速が遅くなって土砂堆積が進行し、水路断面が大きくなって用地占有範囲が広がる。逆に急過ぎれば、流速が早くなって護岸の安定を損ない、水路床ライニングの剥離を助長することとなるので、そのバランスをとる必要がある。
- 沈砂池は、取水した灌漑用水に含まれる浮遊砂が捕捉できる規模の容量を確保する。堆積した土砂の搬出等の維持管理の観点からは、沈砂池の深さはあまり深くしないことが望ましいが、浅くしすぎると面積が大きくなる。したがって、用地取得の制約と維持管理性の両面に配慮した設計を行う。
- 主幹排水路は計画排水量が流下可能な断面とし、農地を狭めないよう水路幅は過度に広くしない。
- 取水堰の袖部や基礎の地山への根入れ深さ、取水堰の高さ、巨礫径、主幹用排水路の断面等の設定においては、構造物の安定や異常渇水時の取水量確保、洪水時の流下断面確保等の面から、余裕を確保した諸元設定を行う。

■ 第5章 洪水対策施設の計画と設計はどのように行うのか? ■

PMS方式灌漑事業における洪水対策施設は、水利施設や農地を洪水から守ることを目的とし、堤防と石出し水制を組み合わせて構成する。

5.1 洪水対策施設の計画・設計の基本的な考え方

まず、洪水などによって浸食されたり氾濫したりする可能性が高い地域を把握する。氾濫危険区域には堤防を設置して氾濫を防止する。浸食危険区域には上流向き石出し水制を設置して、洪水流を河岸から離して河川中央に向け、水跳ね効果と土砂堆積効果を発揮させて浸食を抑える。

ただし、堤防の設置にあたっては、その堤内地の土地利用に十分配慮する必要がある。想定を超える洪水が発生して破堤することも十分に考えられ、堤防の背後地（堤内地）の土地利用の高度化は厳に慎むべきである。そのような観点から、どうしても必要な時以外は、できるだけ堤防は設置しない。特に、過去に洪水が発生したことがある堤内地域は、計画以上の洪水で浸水することを前提とした土地利用を行い、決して人が居住しないようにする。なお、堤防設置に伴う用地取得や水制設置に伴う流れの変化による対岸等への影響など、社会環境影響には十分配慮した計画とする。

5.2 洪水対策施設の配置計画

洪水対策施設、すなわち、堤防および石出し水制の配置計画は、図5に示すような、水利施設の配置や守るべき堤内地の状況および洪水状況を踏まえて、以下に留意して行う。

- 衛星画像や土地利用図等を参照して現地調査を実施し、洪水氾濫や浸食が発生する可能性の高い区域を把握し、洪水から守るべき水利施設および農地や家屋を確認する。
- 堤防は、河川の計画洪水位よりも地盤高が低い氾濫危険区域の河川沿いに配置する。河川兩岸の堤防構築は厳として避ける。片岸に堤防を計画する場合でも、その反対岸には遊水地域があることを確認する。やむを得ず兩岸に配置する場合は連続堤防とはせず、不連続な堤防である霞堤とし、大洪水時に洪水流を堤内地に逃がす機能を持たせる。
- 河道湾曲部の外側は、洪水流が高速流となって衝突し、水衝部が洗われて浸食が生じやすく堤防決壊の危険性がある。このような区間に石出し水制を配置して洪水流を遠ざける。また、石出し水制は、洪水の流れの方向を制御して滞筋や砂州を固定することを目的として配置する。

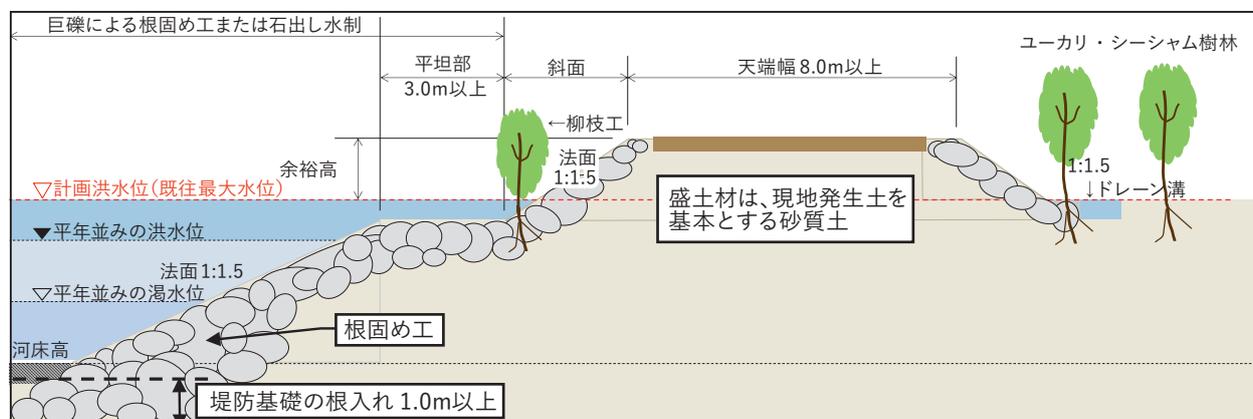


図6 PMS方式灌漑事業における堤防標準断面図

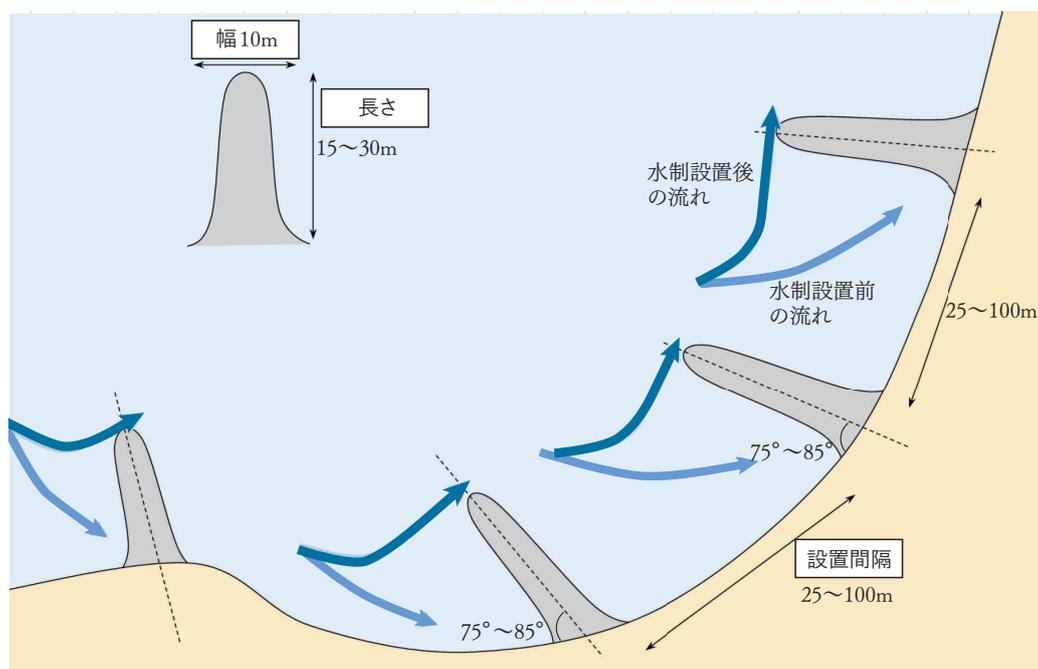


図7 上向き石出し水制の配置例

5.3 洪水対策施設の設計における主な留意事項

洪水対策施設の設計および諸元検討における主な留意事項は次の通りである。

- 堤防法線は、滯筋の形状に沿ってスムーズな曲率半径を持つ線形とし、浸食などを引き起こす水衝部とならないようにする。堤防には、護岸工や根固め工を十分な根入れを確保しつつ設置し、法尻洗掘による破堤を防止する。堤防の高さは、計画洪水位に余裕高を加味して計画する。
- 石出し水制の長さは、堤防設置後の河道幅の10%以下程度を目安として適切に設定する。河岸から滯筋を遠ざけようと必要以上に石出し水制を長くすると、対岸の洗掘を助長する恐れがあり、十分な配慮が必要である。
- 石出し水制は、その損壊や周辺の浸食・堆積を継続的にモニタリングする必要がある、蛇籠設置や巨礫補給等の維持管理がしやすいように設計する。また、定期的な石材の補給が必要であるため、所々に石材を備蓄しておく。

■ 第6章 PMS方式灌漑施設はどのように施工するのか? ■

6.1 PMS方式灌漑事業の実施体制と実施プロセス

ドナーまたは政府独自の資金を用いて、アフガニスタン政府が事業実施者となり、図8に示すような事業実施体制で、PMS方式灌漑事業を実施・普及していくことが想定される。事業実施者は、「PMS方式灌漑事業アドバイザーチーム」と共に、地域社会と協議しながら、基本構想を策定する。そして、コンサルタント契約を請け負ったコンサルタントとともに、受益農民と協働し、施設計画設計、事業実施計画および施工管理を行う。施設計画においては用地取得の可否・計画設計内容の合意等、住民との協議が必要となる。工事契約を請け負った施工会社は、近隣住民等を雇用して建設工事を実施する。工事終了後も事業実施体制を維持し、一定期間、水利用者組合(WUA)または灌漑組合(IA)による灌漑施設の運営・維持管理を支援する。事業費としては、直接工事費にコンサルタントや施工会社の企業活動維持のための間接費および諸経費を見込むと共に、工事中の不測の事態に備えるための予備費を必ず確保しておく。

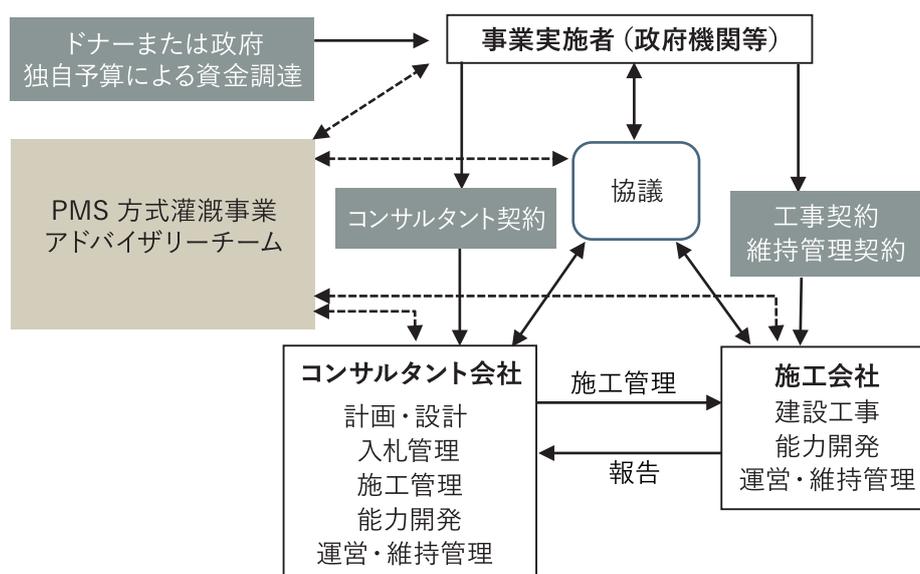


図8 PMS方式灌漑事業の実施体制の例（事業実施者が政府機関の場合）

6.2 PMS方式灌漑施設の施工監理

施工監理には、工事実施体制の構築、建設に必要な資機材の調達、労働力の確保とそれら人員の教育、工事中の治安・安全対策、工程管理、品質管理、原価管理等がある。PMS方式灌漑施設の建設工事は、2年程度での完成を目途とする。小規模な取水堰や取水門の灌漑事業であれば、極力1年間で完了して早期運用を目指す。比較的大規模な工事で工期が複数年に及ぶ場合は、河川から仮取水を行って、工事期間中においても灌漑用水の供給が途絶えないように配慮する。

施工監理および建設工事における留意点は以下の通りである。

- ・ 施工工程：取水堰は、河川内に設置する構造物であるため渇水期に施工する。取水門や土砂吐きの施工は、コンクリート打設を伴うため、仮締め切り堤を構築してドライ施工とする。主幹水路や沈砂池など内陸部での工事は通年施工が可能である。
- ・ 工事実施体制：工事実施における組織構成および班編成や人数構成について計画し、洪水期および渇水期を考慮した労働者の効率的な割り付けを計画する。
- ・ 建設資機材調達：施設の建設に必要な建設資材や重機の調達方法を計画する。特に巨礫の調達においては、各時期の必要輸送量を予測してダンプの「1日輸送台数」を決めておき、現場で積載量を監視する。また、巨礫は必ず現場付近に備蓄し、緊急事態に備える。巨礫がない地域では、玉石を蛇籠積みの中詰め材として用いるなど、創意と工夫によって資材および施工方法を考えていく。
- ・ 品質管理計画：各工種の品質確保および設計通りの施工の確保（出来形監理）の方法を計画する。特に施工後に見えなくなる構造物基礎、取水堰袖部の地山貫入部、護岸の裏込め等は、設計通りの出来形となるよう入念な施工監理を行う。
- ・ 治安対策と安全対策：地元の自治組織や近隣首長等との連携による治安対策を調整・計画し、工事中の安全管理教育を行う。工事で不利益を被る可能性のある人々に対しては、事業目的や内容を丁寧に事前説明し、合意形成を行い十分に補償する。
- ・ 研修・教育計画：工事に参加した地元住民が、工事完了後に灌漑施設の維持管理グループの中核メンバーとなることを見据えて、工事に係る人材のOn-The-Job研修・教育を計画する。
- ・ 工事開始時に着工式、工事完了時に完工式を実施する。これらの式典には州知事や灌漑局の職員の参加もあり、地域の一体感とオーナーシップへの期待が高まるとともに、式典の日程を明らかにすることで工事への士気が高まる。

■ 第7章 PMS方式灌漑施設の運営・維持管理はどのように実施するのか? ■

PMS方式灌漑事業においては、灌漑施設の継続的な運営・維持管理が極めて重要である。通常の施設運営としては取水堰などの堰板操作があり、施設維持管理としては日々の点検、水路清掃や浚渫などがある。また、洪水の後には慎重に施設を点検し改修する必要があり、想定以上の渇水時には水配分を見直す必要があり、場合によっては、施設を改修する必要もある。つまり、灌漑施設は、建設の後も、受益農民自らの手でしなやかに運営・維持管理していかなければならない。したがって、PMS方式灌漑施設を建設した後、公平で適切な水配分を持続的に行い、灌漑施設がその機能を十分に発揮できるように灌漑施設を継続的に点検し、損壊や不具合があれば改善し、現地の状況に合わせて、持続可能で有益な灌漑農業を継続していけるよう努力し協力していくことが大切である。

特に、必要な用水量を確保するため、用水路における定期的な土砂浚渫は重要である。

このような観点から、地域社会の水ガバナンスの現状に基づいて、事業実施者または政府と地域社会が協議を行って、灌漑施設の運営・維持管理におけるそれぞれの役割と責任を明確にし、合意しておく必要がある。表4は、必要な運営・維持管理の項目ごとに各組織の原則的な役割と責任を示したものである。灌漑施設の通常の運営・維持管理は、水利用者による費用負担を原則とし、受益農民が主体的に実施して持続可能な施設の機能維持に努める。事業実施者または政府は、地域社会および受益農民の意思を尊重し、大規模補修・改修のための予算確保などを行って継続的に関与していくことが求められる。

なお、これまでのPMS灌漑施設でみられた典型的な施設の損壊形態と対応方法は次の通りである。

表4 灌漑施設の運営・維持管理における各組織の役割と責任

運営・維持管理の作業	受益農民による WUAまたはIA	ミラープ (水管理人)	事業実施者／政府
灌漑施設の運営－取水門の操作と水配分 (水利用者による費用負担)			
水配分計画	・策定	－	・支援
取水門等の操作と平等な水配分	・ミラープへの支払い ・適正な On-farm Water Management (8章)	・取水門の操作、適切な水配分	・運営状況の把握
取水水位・取水量の観測とモニタリング		・取水水位・取水量の観測 ・適正な水配分のモニタリング	
異常時への対応	・渇水時の水配分ルール等の合意形成 ・適正な On-farm Water Management (8章)	・渇水時の水配分ルール等の実施 ・洪水時への対応	・渇水時の水配分ルール等の合同協議 ・洪水時への対応
灌漑施設の維持管理 (水利用者による費用負担)			
維持管理計画	・策定	－	・支援
(灌漑施設) ・日常的な維持管理と定期的な簡易補修	・補修工事の実施 ・定期清掃 (ハシヤールへの参加)	・点検・観察 ・日常清掃 ・定期清掃 (ハシヤールへの参加)	・維持管理活動の状況把握 ・観察 ・定期測量
(河道) ・河川・砂州の状況把握			
灌漑施設の大規模補修 (事業実施者または政府による費用負担)			
(灌漑施設) ・堰取り付け部蛇籠工の補修 ・堰本体および下流浸食等の補修 ・堤防本体および護岸工の補修	・補修工事への参加		・予算の確保 ・点検・観察 ・現場の状況把握 ・大規模補修・改修・河川工事の実施 ・改修が必要な場合は新たなPMS方式灌漑事業として実施
(河道) ・砂州の保護 ・河岸の保護 ・分流河道確保のための掘削・浚渫			

- 取水堰取り付け部の砂州の流出：巨礫および玉石などによる堰取り付け部の補修および砂州の保護
- 取水堰水叩き下流部や土砂吐き末端での洗掘：巨礫の投入などによる堰本体の補修
- 堰周辺の河岸の浸食：水制工の新設や既存水制工への石材の追加などによる護岸工の補修および河岸の保護、堤防本体の補修
- 河川の主流の変化や土砂堆積などの河道変化による取水不良：河川主流の導流や砂州維持のための河道や砂州の掘削または浚渫および分流河道の確保
- 洪水流や土石流による主幹用水路の破壊および土砂堆積：護岸工の補修、緊急対応による流入土砂の浚渫、主幹用水路の洪水通過橋の拡幅や新設など

■ 第8章 灌漑農業技術はどのように改善するか? ■

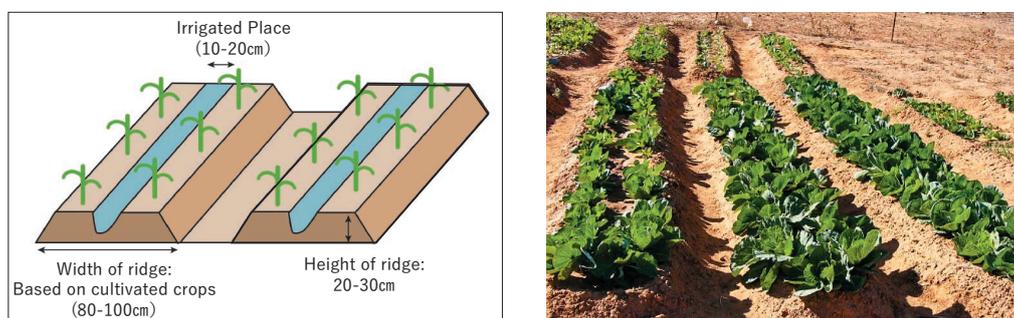
水を必要とする灌漑地域に導水する灌漑施設の建設技術は非常に重要であると同時に、その水を効率的に利用して作物を生産するための灌漑農業技術の重要性も忘れてはならない。既存のPMS灌漑事業地域においては、灌漑農業技術に関して様々な課題が見つかり、それらを一つひとつ改善してきている。これらの中から灌漑農業技術に係る有用技術を紹介する。今後、各地域の灌漑事業においても同様の問題が発生することが考えられ、ここで示した有用技術を活用し、早期に課題を改善して生産性の向上を図る必要がある。

8.1 灌漑農業技術の普及のための展示圃場の設立

作物栽培の経験が乏しい農業従事者を対象として、灌漑農業における栽培技術を効率よく普及することを目的として展示圃場を設立し、PMS方式灌漑事業の成果を確実にする。

8.2 圃場の水管理技術（適正な On-farm Water Management）

湿害を防止し作物生産性を向上させるためには、灌漑圃場における適正な水利用が重要な課題である。適正な水利用が明確になれば、それに基づいた公平で適正な水配分も可能になり、節水にも貢献できる。図9は、灌漑圃場における適切な水管理方法のひとつである畝上灌漑方式を示したものである。



この灌漑方式は、植物の根の近くのみを灌水できるため節水効果が高い。それに加えて、畝に灌水しているため排水条件が良好となり、植物の根の成長が促進される効果が見込まれている。

図9 効果を上げている既存のPMS灌漑事業における新たな畝上灌漑方式（畝幅を広く設定し畝中央に給水する灌漑方式）

8.3 栽培技術

栽培技術の問題点を解決し、持続的な作物栽培を可能にする有効な技術を取りまとめた。特にPMSの展示圃場で実証され、現地資材を使って実施可能で有効な栽培技術としては、輪作、遮光栽培、アレークロッピング、播種技術、苗作り等がある。



写真1 遮光栽培



写真2 アレークロッピング

8.4 土壌改良技術

アフガニスタンの土壌は一般に、石灰質土壌でpHが高いという特徴がある。このような土壌は作物を栽培する上で、リン酸等の養分欠乏の発生および水分・養分保持力が低い等の問題を抱えており、管理が非常に困難である。農地の持続的な生産性を維持する方策としては、表層土性の改善、適切な土壌管理のための土壌分析、マメ科作物の導入による肥沃度の改善等がある。



写真3 メイズと豆の混作による土壌中への窒素付加で土壌肥沃度が改善される

PMS 方式灌漑事業ガイドライン

水と食料の確保を

[目次]

序文

独立行政法人国際協力機構 南アジア部 部長 坂本威午 3

PMS 方式灌漑事業ガイドラインの作成を前に

Peace [Japan] Medical Services 総院長/ベシワール会会長 村上 優 5

要約 7

第1章 PMS 方式灌漑事業ガイドラインとは？ 41

1.1	本ガイドライン作成の背景	41
1.2	本ガイドラインの目的	42
1.3	本ガイドラインのコンセプトと内容	42
1.4	本ガイドラインの構成	44
1.5	本ガイドラインの対象者	47
1.6	PMS 方式灌漑事業の全体像	49
1.6.1	｜ PMS 方式灌漑事業の概要	49
1.6.2	｜ PMS 方式灌漑事業の特徴	52
1.6.3	｜ 既存の PMS 灌漑事業による経済的および社会的成果	54
1.7	PMS 方式で用いられる基礎土木技術	56
1.7.1	｜ 蛇籠工	56
1.7.2	｜ 植生工	56
1.7.3	｜ 石積み工	57
1.7.4	｜ ソイルセメント工	58

第2章 PMS 方式灌漑事業を農民とともにどのように立ち上げるか？ 59

2.1	PMS 方式灌漑事業の立ち上げ	60
2.2	PMS 方式灌漑事業に適した地域の選定	60
2.2.1	｜ 地域選定の基本方針	60
2.2.2	｜ 地域選定の検討方法	61
2.2.3	｜ 一次選定	62
2.2.4	｜ 二次選定～自然環境条件からの選定～	62
2.2.5	｜ 最終選定～地域において重視すべき社会経済条件からの選定～	73
2.3	PMS 方式灌漑事業の基本構想の策定：農民との協議を通じて	76

2.3.1	基本構想策定の基本方針：地域社会との対話・協議を通じて	76
2.3.2	地域社会との合意形成と基本構想の内容	77
2.3.3	灌漑受益地についての協議～平等な水配分の観点から～	78
2.3.4	PMS方式灌漑事業の成果想定	81
2.3.5	施設建設費、年間運営・維持管理費および事業期間の概略想定	83
2.3.6	用地取得の合意形成と十分な補償	86
2.3.7	周辺地域への影響（リスク）の検討	86
2.3.8	灌漑施設の建設と運営・維持管理における役割分担	87
2.3.9	治安と安全の確保	88
2.3.10	附帯事業としての揚水水車および展示圃場などの建設	89

第3章 水源となる河川の何をどのように理解するか？ 91

3.1	なぜ河川状況を理解しなければならないか？	92
3.2	既存情報の収集と整理	95
3.2.1	河川流域の状況	95
3.2.2	河道状況	96
3.2.3	洪水時及び低水時の河川流量と流況	99
3.2.4	新たな取水による下流水利用への影響	104
3.3	住民への聞き取り調査	105
3.3.1	住民への聞き取り調査の方法	105
3.3.2	聞き取り調査結果の整理	108
3.4	河川状況の観察・観測	108
3.4.1	河道状況の観察	108
3.4.2	河川流況の観察・観測	116
3.5	河川調査の方法	127
3.5.1	河床材料調査	127
3.5.2	河川測量	129
3.5.3	新しい河川測量	131
3.6	灌漑施設の計画・設計のための基本量（水位、流量、流砂の粒径と量）の設定	134
3.6.1	計画渇水流量・計画渇水位の設定	134
3.6.2	計画洪水流量・計画洪水水位の設定	135
3.6.3	計画流砂量および計画土砂粒径の設定	136
3.6.4	不等流計算による河川の水力諸量の推定	136

第4章 水利施設の計画と設計はどのように行うのか？ 139

4.1	水利施設の配置計画と設計フロー	140
4.1.1	水利施設の配置計画	140
4.1.2	水利施設の設計フロー	143
4.2	取水堰と取水門の設計	146
4.2.1	取水堰と取水門の設計基本方針	146
4.2.2	取水堰の形式：巨礫積み斜め堰	148
4.2.3	取水堰および取水門等の平面設計	153
4.2.4	取水堰および取水門の基本諸元の設計	161
4.2.5	取水堰の諸元設計	162
4.2.6	取水門の諸元設計	171
4.2.7	土砂吐きの諸元設計	178
4.3	主幹用水路の設計	183
4.3.1	主幹用水路の設計基本方針	183
4.3.2	主幹用水路の形式と設計方針	184
4.3.3	主幹用水路の諸元設計	186
4.3.4	主幹用水路の構造設計	190
4.3.5	主幹用水路における揚水水車の設計	194
4.3.6	主幹用水路沿いにおける植生工の効用	194
4.4	沈砂池（調節池）の設計	196
4.4.1	沈砂池（調節池）の設計基本方針	196
4.4.2	沈砂池（調節池）の形式および設計方針	197
4.4.3	沈砂池（調節池）の諸元設計	200
4.4.4	沈砂池（調節池）の構造設計	205
4.5	貯水池およびサイフォン等の設計	208
4.5.1	貯水池およびサイフォン等の設計基本方針	208
4.5.2	貯水池およびサイフォン等の形式と設計方針	209
4.5.3	貯水池およびサイフォン等の平面設計	212
4.5.4	貯水池の断面および構造設計	214
4.5.5	サイフォンの断面および構造設計	215
4.5.6	洪水通過橋の断面および構造設計	216
4.6	主幹排水路の設計	218
4.6.1	主幹排水路の設計基本方針	218
4.6.2	主幹排水路の形式と設計方針	219
4.6.3	主幹排水路の諸元設計	220

第5章 洪水対策施設の計画と設計はどのように行うのか？ 225

5.1	洪水対策施設の配置計画と設計フロー	226
5.1.1	洪水対策施設の配置計画	226
5.1.2	洪水対策施設の設計フロー	227
5.2	堤防の設計	227
5.2.1	堤防の設計基本方針	227
5.2.2	堤防護岸の形式と設計方針	228
5.2.3	堤防の諸元設計	230
5.2.4	堤防の構造設計	235
5.3	石出し水制の設計	238
5.3.1	石出し水制の設計基本方針	238
5.3.2	石出し水制の形式	239
5.3.3	石出し水制の設計方針と諸元設計	243
5.3.4	石出し水制の構造設計	245

第6章 PMS方式灌漑施設はどのように施工するのか？ 249

6.1	施工監理と建設工事の準備	250
6.1.1	事業実施体制および工事実施体制の構築	250
6.1.2	施工工程計画の立案	253
6.1.3	建設資機材の調達・準備	255
6.1.4	品質管理、設計変更および竣工図	255
6.1.5	原価管理	256
6.1.6	工事の安全対策	257
6.1.7	治安の確保	257
6.1.8	地元農民および工事従事者の能力開発	258
6.1.9	仮設工事の計画と実施	259
6.2	取水堰と取水門の施工監理	261
6.2.1	取水堰と取水門の施工手順	261
6.2.2	取水堰の施工監理	263
6.2.3	取水門の施工監理	266
6.2.4	土砂吐きの施工監理	269
6.3	貯水池の施工監理	272
6.4	主幹用水路および柳枝工の施工監理	274
6.5	サイフォンの施工監理	280

6.6	沈砂池の施工監理	282
6.7	主幹排水路の施工監理	284
6.8	堤防・石出し水制の施工監理	285

第7章 PMS方式灌漑施設の運営・維持管理はどのように実施するのか? 289

7.1	灌漑施設の運営・維持管理に係る組織と制度の確立	290
7.1.1	PMS方式灌漑事業における運営・維持管理の基本的な考え方	290
7.1.2	運営・維持管理を実施する組織の現状把握（コミュニティの水ガバナンス）	290
7.1.3	流域または地域の水ガバナンスの現状把握	292
7.1.4	運営・維持管理を実施する組織の形成と強化	293
7.1.5	運営・維持管理を実施する組織の役割と責任 — 制度の確立	295
7.1.6	運営・維持管理のための資金の確保	297
7.2	灌漑施設の運営・水配分 — 取水門、土砂吐き、排水門、送水門および分水門の操作	298
7.2.1	灌漑受益地における水配分計画の策定	298
7.2.2	取水門の操作規定の策定	298
7.2.3	土砂吐き、排水門、送水門および分水門の操作方法	302
7.2.4	取水門、土砂吐き、排水門、送水門および分水門の操作・運用	302
7.2.5	水利用に係るパトロール	303
7.2.6	渇水や洪水などの異常時への対応	304
7.3	灌漑施設の維持管理	306
7.3.1	維持管理計画の策定	306
7.3.2	日常的な維持管理活動および定期的な簡易補修の事例	307
7.4	灌漑施設の大規模補修・改修 — 典型的な破壊形態とその対応方法	308

第8章 灌漑農業技術はどのように改善するか? 315

8.1	灌漑農業技術の普及のための展示圃場の設立	316
8.2	圃場の水管理技術（適正な On-farm Water Management）	316
8.2.1	灌漑用水の配分方式	317
8.2.2	圃場における灌漑方式の種類	317
8.2.3	湛水灌漑、畝間灌漑およびボーダー灌漑の技術	320
8.2.4	アフガニスタンに適した新たな灌漑方式（畝上灌漑）	323
8.2.5	圃場水管理における留意点	325
8.3	栽培技術	326
8.3.1	有機農業による持続的生産	326

8.3.2	小規模栽培での播種を均等に行う方法	327
8.3.3	遮光栽培による生産性の向上	329
8.3.4	湿害を防ぐための湿地での高畝栽培	331
8.3.5	水稲栽培の増加とその対策（適切な陸稲品種の導入）	332
8.3.6	苗作り技術の改善（練り床）	333
8.4	土壌改良技術	335
8.4.1	土壌断面調査に基づく表土の改良	335
8.4.2	土壌分析による適切な土壌管理	337
8.4.3	マメ科作物導入による土壌肥沃度の維持	339
◎コラム		
2-1	PMS 地域における事例	61
2-2	クナール川の特徴	66
2-3	日本における合口化の事例	69
2-4	マルワリードIIの合口化の事例	69
2-5	既存のPMS 灌漑事業の実績（中村哲医師による文章を基に作成）	82
2-6	既存のPMS 灌漑事業の経済的な成果の想定（中村哲医師による文章を基に作成）	83
3-1	PMSによる砂州の変動の観察	114
3-2	河川水位や水深の確認方法	120
3-3	河床材料の観察に基づく流速の推定	125
4-1	ミラーン取水堰の平面設計の経緯	156
4-2	二重堰板式取水門の堰板構造	176
4-3	沈砂池の浚渫頻度	204
4-4	貯水池の浸透水とその処理について（中村医師の報告）	215
6-1	主幹用水路の工事	256
6-2	働く人々（中村医師の言葉）	259
6-3	施工後の経年変化例	279
7-1	ミラーブ制度やWUAまたはIAがない場合の対応	295
7-2	既存のPMS 灌漑事業における灌漑施設の運営・維持管理の農民による費用負担の事例	297
7-3	実際にPMSで行った緊急対応の事例（中村医師からの報告より）	311
7-4	洪水流や土石流の通過による被害と対応事例	314
◎巻末資料		
巻末資料(1)	用語集	342
巻末資料(2)	参考文献	348

卷末資料(3) 取水施設諸元比較一覽	350
卷末資料(4) 計算事例集	352

[図]

図 1.1	ガイドラインのコンセプト	43
図 1.2	PMS 方式灌漑事業ガイドラインの構成	44
図 1.3	PMS 方式灌漑システムを構成する主な構造物	49
図 1.4	PMS 方式灌漑施設と役割	50
図 1.5	地域の主体性を重視した PMS 方式灌漑事業の流れ	52
図 1.6	既存の PMS 灌漑事業による経済的および社会的成果	55
図 1.7	用水路の蛇籠工	56
図 1.8	石積み工	57
図 2.1	PMS 方式灌漑事業の立ち上げプロセス	60
図 2.2	対象地域の決定のフロー	62
図 2.3	取水地点の位置	68
図 2.4	既存の PMS 灌漑事業における灌漑面積と必要取水量の関係	80
図 2.5	取水地点と灌漑受益地の関係	81
図 2.6	既存の PMS 灌漑事業期間	85
図 2.7	建設時と運営維持管理時の運営主体の役割分担	88
図 3.1	アフガニスタンにおける深刻な気候変動が発生した後の河川流域の水循環	94
図 3.2	滞筋の変遷	98
図 3.3	流量年表の例と河川の1年間の水位・流量変化	100
図 3.4	河川流況曲線	102
図 3.5	確率洪水流量の推定	103
図 3.6	確率渇水流量の推定	104
図 3.7	新たな取水による下流水利用への影響評価	105
図 3.8	全体を俯瞰した事例	110
図 3.9	河道の安定性	115
図 3.10	流量の算出方法	118
図 3.11	簡易測量による距離や高さ、深さの測定事例	121
図 3.12	浮子による流速観測	122
図 3.13	動画撮影による流速観測	123
図 3.14	移動限界粒径と流速の関係	124
図 3.15	玉石の平均粒径の計算方法	124
図 3.16	水位 (H) - 流量 (Q) の関係	126
図 3.17	近隣水文観測所の流量データとの関係	126
図 3.18	河床材料調査	128
図 3.19	河床材料調査結果	129
図 3.20	河川の水深が深い箇所の測量	130
図 3.21	縦断面図の例	131
図 3.22	平面図の例	132
図 3.23	横断面図の例	133
図 3.24	不等流計算による河川水位縦断	137
図 4.1	水利施設配置計画のフロー	140
図 4.2	取水地点、沈砂池、主幹用・排水路の配置例	141
図 4.3	水利施設の設計手順	145
図 4.4	取水堰と取水門の設計フロー	147
図 4.5	取水堰の平面形式選定の考え方	149
図 4.6	巨礫積み斜め堰の平面設計模式図	153

図 4.7	巨礫積み斜め堰の縦断設計模式図	153
図 4.8	巨礫積み斜め堰の位置決定の例	154
図 4.9	ミラーン堰全体平面図	155
図 4.10	巨礫積み斜め堰の平面図	158
図 4.11	堰の水叩き部で跳水が発生する位置	159
図 4.12	取水堰と取水門の高さ設定における設計諸元	161
図 4.13	取水堰および取水門の基本諸元の設定フロー	162
図 4.14	巨礫積み斜め堰の横断面図	163
図 4.15	巨礫積み斜め堰の縦断設計：堰長検討のイメージ	164
図 4.16	巨礫積み斜め堰の河岸・砂州との接合部の洗掘	165
図 4.17	「剣山粗朶工」の例	166
図 4.18	「巨礫砕玉石詰め工」の例	166
図 4.19	河川の流れ：常流、限界流、射流、跳水、そして常流への流れ	168
図 4.20	河川の掃流力が破壊要因となる「一体性が弱い空石積みの安定検討モデル」	170
図 4.21	取水門の設計手順	171
図 4.22	二重堰板式取水門の平面図例	173
図 4.23	二重堰板式取水門の横断図例	173
図 4.24	二重堰板式取水門の縦断図例	174
図 4.25	二重堰板方式による1列目の堰板にかかる水圧の抑制	175
図 4.26	取水門の直上流下部への土砂溜めの設置	175
図 4.27	土砂吐きの設計手順	178
図 4.28	土砂吐きの平面図例	180
図 4.29	土砂吐きの横断図例	180
図 4.30	土砂吐きの縦断図例	180
図 4.31	主幹用水路の設計手順	184
図 4.32	主幹用水路の標準断面図の例	185
図 4.33	等高線に沿った主幹用水路のルート設定	187
図 4.34	急勾配主幹用水路の縦断図の例	189
図 4.35	急勾配主幹用水路の縦断図の例	189
図 4.36	蛇籠における石材の詰め方	191
図 4.37	沈砂池（調節池）の設計手順	196
図 4.38	沈砂池平面図の例	198
図 4.39	沈砂池縦断図の例	198
図 4.40	排水門平面図の例	199
図 4.41	排水門縦断図の例	199
図 4.42	排水門正面図の例	200
図 4.43	排水門断面図の例	200
図 4.44	沈砂池の平面および縦断模式図	203
図 4.45	排水門からの排水のイメージ	207
図 4.46	貯水池およびサイフォン等の設計手順	209
図 4.47	貯水池断面図の例	211
図 4.48	サイフォンの平面図および断面図の例	211
図 4.49	山麓部における貯水池の設置（マルワリードI）	213
図 4.50	洪水流下区間におけるサイフォンの設置	213
図 4.51	貯水池の土堤の基本構造	214
図 4.52	サイフォンの構造と水位	216
図 4.53	洪水流下位置における洪水通過橋の設置	217

図 4.54	洪水通過橋の写真および図面	217
図 4.55	主幹排水路の設計手順	219
図 4.56	プレキャストU型水路構造の主幹排水路の断面	220
図 4.57	新規排水ブロックと既存排水路網との接続例(マルワリード)	221
図 4.58	小水路壁の空石積み	223
図 5.1	水利施設、堤防および石出し水製の配置例	226
図 5.2	洪水対策施設の設計手順	227
図 5.3	堤防の設計手順	228
図 5.4	既存のPMS灌漑事業におけるクナール川の堤防標準断面(ベスード地区堤防の例)	230
図 5.5	堤防の平面線形設計	231
図 5.6	霞堤の働き	232
図 5.7	堤防縦断の設計フロー	232
図 5.8	水理計算による堤防高決定のイメージ	233
図 5.9	堤防縦断図の例	234
図 5.10	植樹による堤防の強化	236
図 5.11	湾曲水路(河川)における流速補正	238
図 5.12	実河川における平均河床高と最深河床高	238
図 5.13	石出し水製の設計フロー	239
図 5.14	水制工の設置方向と洗堀・堆積の特徴	242
図 5.15	かぎ型水制	243
図 5.16	石出し水制平面図の例	245
図 5.17	石出し水制断面図の例	245
図 5.18	石出し水制正面図の例	245
図 5.19	水製の向きと単位幅流量、洗掘深の関係	246
図 5.20	継続観察による巨礫の補給と蛇籠の応用	247
図 6.1	今後の事業実施体制構築の例(事業実施者が政府機関の場合)	251
図 6.2	PMS方式灌漑事業の標準的な工事実施体制	252
図 6.3	PMS方式灌漑事業の施工工程例	254
図 6.4	取水堰と取水門の全体配置イメージ(カマII事業)	261
図 6.5	取水堰と取水門の施工手順	262
図 6.6	巨礫積み斜め堰の施工位置図	263
図 6.7	取水門の施工位置図	267
図 6.8	土砂吐き門の施工位置図	269
図 6.9	貯水池の施工位置図	272
図 6.10	主幹用水路の施工位置図	274
図 6.11	サイフォンの設計例	280
図 6.12	沈砂池の施工位置図	282
図 6.13	主幹排水路(プレキャストU型水路構造)の設計例	284
図 6.14	堤防・石出し水製の施工例	285
図 7.1	流域または地域の水ガバナンス	293
図 7.2	WUAまたはIAの形成	294
図 7.3	二重堰板式取水門における取水時の水面形のイメージ(完全越流)	299
図 7.4	二重堰板式取水門における1列目の堰板の越流水深と取水量の関係	299
図 7.5	二重堰板式取水門における取水時の水面形のイメージ(潜り越流)	300
図 7.6	マルワリードII送水試験の例	301
図 7.7	ミラーン堰の土砂堆積状況	312
図 8.1	灌漑用水の配分方式	317

図 8.2	湛水灌漑の建設手順(概略)	320
図 8.3	圃場の土性と純灌漑深度に対応する畝の勾配、最大流量および最大延長	321
図 8.4	純灌漑深度	322
図 8.5	ボーダー灌漑	323
図 8.6	効果を上げている既存の PMS 灌漑事業における新たな畝上灌漑方式	324
図 8.7	高畝栽培の事例	332
図 8.8	練り床の作り方	334
図 8.9	土壌オーガーによる土壌断面調査	336

[写真]

写真 1.1	現地調達可能な自然資材(主に石材)を用いた灌漑施設	53
写真 1.2	アフガニスタンのカマ堰と日本の山田堰	53
写真 1.3	灌漑事業効果	55
写真 1.4	柳枝工	57
写真 1.5	ソイルセメント工	58
写真 2.1	玉石と巨礫のイメージ	70
写真 2.2	採石場の事例(ガンベリ沙漠イスラムダラ溪谷)	71
写真 2.3	蛇籠の利用	71
写真 2.4	玉石により巨礫利用を減らしたカマ堰での事例	72
写真 2.5	激流が通過した後によく見られる河床材料	72
写真 2.6	玉石を採取した砂州が洪水により流失した事例(マルワリード I 堰)	72
写真 2.7	展示圃場の事例	89
写真 3.1	河川が狭まっているところの衛星写真	111
写真 3.2	河川の湛水部の写真	112
写真 3.3	安易な水の引き込みが洪水の水みちを作ることになる事例写真	112
写真 3.4	既存の洪水対策施設から洪水氾濫の可能性が想定できる事例写真	113
写真 3.5	洪水状況	117
写真 3.6	洪水時の水位と取水門天端高の関係	119
写真 3.7	トータルステーションによる河川測量	130
写真 3.8	新たな水文観測	134
写真 4.1	調節池を高所から望む(1)	142
写真 4.2	調節池を高所から望む(2)	143
写真 4.3	斜め堰上空写真	160
写真 4.4	砂州の根固め工(カマ I 堰)	166
写真 4.5	根固め工の井形連結(カマ II 堰)	166
写真 4.6	建設中の取水門:鉄筋コンクリート基礎工事	177
写真 4.7	二重堰板方式による土砂吐き	182
写真 4.8	主幹用水路における蛇籠と柳枝工の施工例	191
写真 4.9	蛇籠の製作	192
写真 4.10	亜鉛メッキされた番線	192
写真 4.11	区画を作り挿し木する	192
写真 4.12	植樹後3ヵ月の柳枝工	192
写真 4.13	ソイルセメント・ライニングの仕上げ工事	193
写真 4.14	ソイルセメントの隅角部充填	193
写真 4.15	用水路床面の基礎が適切でなかったため、水路床が崩壊した例	193
写真 4.16	多用される植生工の写真	195

写真 4.17	沈砂池底面のコンクリート排砂路と排水門	205
写真 4.18	沈砂池の排水門開口部と流出部の写真	207
写真 4.19	洪水流流下区間を横切るサイフォン（建設中）および洪水通過橋	213
写真 4.20	洪水通過橋のスラブと地面の接合部	218
写真 4.21	プレキャスト・コンクリート U 字溝の設置	223
写真 4.22	主幹排水路上部の土留め	223
写真 4.23	小水路壁の空石積み施工例	223
写真 5.1	連続堤防、小段および小段上部法面の空石張り工	235
写真 5.2	蛇籠の併用による根固め工	236
写真 5.3	工事用道路として堤防天端の利用	237
写真 6.1	仮設道路兼用の堤防の例	260
写真 6.2	仮設橋の例	260
写真 6.3	仮締め切り（遮水壁）	260
写真 6.4	仮設水路	260
写真 6.5	巨礫積み斜め堰の配置	263
写真 6.6	巨礫積み作業における高さ目印の石	264
写真 6.7	間詰め石の敷設状況	264
写真 6.8	取水堰上への仮設道路の敷設	264
写真 6.9	河川中心方向に向かう巨礫積み状況	265
写真 6.10	洪水吐きにおける流下状況	265
写真 6.11	砂州の保護のための蛇籠工と粗朶（柳枝）柵工の状況	265
写真 6.12	柳枝の固定状況	266
写真 6.13	取水堰完成状況	266
写真 6.14	厚さ 0.5m 以上の直接基礎を構築	267
写真 6.15	レンガによる型枠	267
写真 6.16	取水門の門柱の配筋状況と仮締め切りによるドライ施工	268
写真 6.17	取水門の門柱の構造配筋状況と戸溝の設置	268
写真 6.18	コンクリート護岸の配筋状況	268
写真 6.19	取水門と土砂吐き、土砂溜めの施工状況	269
写真 6.20	厚さ 0.5m 以上の直接基礎を構築	270
写真 6.21	底版と門柱の配筋状況	270
写真 6.22	底版と門柱の配筋状況の詳細	270
写真 6.23	堰板の着脱試験状況	271
写真 6.24	土砂吐き下流部の護床工	271
写真 6.25	土砂吐き下流部に水叩きおよび護床工を形成	271
写真 6.26	築堤における重機、ダンプおよび作業員の状況	272
写真 6.27	築堤盛土斜面下に、滲出した水で湿地帯が形成	273
写真 6.28	ブランケット敷設工事状況	273
写真 6.29	ユーカリによる貯水池堤防裏法の強化	273
写真 6.30	用水路床部のソイルセメント・ライニング工事中	275
写真 6.31	用水路床部のソイルセメント・ライニング	275
写真 6.32	蛇籠の製作および敷設状況（下段）	275
写真 6.33	用水路隅角部におけるソイルセメント充填	276
写真 6.34	蛇籠の製作および敷設状況（上段）	276
写真 6.35	蛇籠工による主幹用水路護岸の積み増し状況	276
写真 6.36	主幹用水路床部のパイピング発生状況	277
写真 6.37	柳枝工植樹前の畝造り	277

写真 6.38	用水路沿いの植樹状況	277
写真 6.39	植樹後 3～4 ヶ月を経た柳枝工	278
写真 6.40	盛土上用水路脇および法面の植樹状況	278
写真 6.41	盛土上に構築された用水路と石出し水制	278
写真 6.42	サイフォン施工前の状況	280
写真 6.43	サイフォン施工状況	281
写真 6.44	サイフォン立坑基礎の施工状況	281
写真 6.45	サイフォンの安全対策工	281
写真 6.46	排水門部における落差の状況	282
写真 6.47	沈砂池床面の施工状況	283
写真 6.48	排砂路のコンクリート・ライニングの施工	283
写真 6.49	沈砂池形状の工夫	283
写真 6.50	主幹排水路における U 字溝の設置状況	284
写真 6.51	主幹排水路上部の土留めの施工状況	285
写真 6.52	盛土材巻き出し転圧状況	286
写真 6.53	堤防の川側法面の捨石工の状況	286
写真 6.54	植生工による堤防の保護状況	286
写真 6.55	石出し水制基礎部施工状況	287
写真 6.56	石出し水制構築における石材投入の状況	287
写真 6.57	石出し水制群の構築状況	287
写真 6.58	最も浸食が激しい河道湾曲部の石出し水制の設置部における流れの状況	288
写真 7.1	二重堰板式取水門。越流水は階段状に落ちる	299
写真 7.2	取水門、土砂吐き、排水門、送水門および分水門の操作・運用	303
写真 7.3	日常的な維持管理活動の事例	307
写真 7.4	定期的な簡易補修の事例	308
写真 7.5	石材の備蓄	308
写真 7.6	洪水による中州の洗掘	309
写真 7.7	蛇籠工による砂州の復旧	309
写真 7.8	取水堰天端からの水勢を減じる工夫	309
写真 7.9	水叩き部末端および土砂吐き末端における激流による河床洗掘の補修作業	309
写真 7.10	洪水流による河岸浸食	310
写真 7.11	水制工の設置による河岸補強と滞筋の補正	310
写真 7.12	ミラーン堰における河道掘削および土砂浚渫	312
写真 7.13	洪水流や土石流の通過による主幹用水路の破壊	313
写真 7.14	洪水流や土石流による被害	313
写真 7.15	写真 7.14 の洪水通過橋の拡幅工事と完成後	313
写真 8.1	水口の水圧の被害	325
写真 8.2	水口の水圧の被害を防ぐ対策方法	325
写真 8.3	均一でない栽培事例	327
写真 8.4	播種機・ハンドシーダー	328
写真 8.5	機器によって播種された事例	329
写真 8.6	オレンジの果樹園の事例	330
写真 8.7	アレイクロッピングの事例	330
写真 8.8	遮光栽培の事例	331
写真 8.9	湿地の事例	331
写真 8.10	マメ科作物との間作・混作	340

[表]

表 1.1	PMS 方式灌漑システムと従来方式の灌漑システムの比較	54
表 2.1	粒径範囲	70
表 2.2	事業実施者と地域社会の協議・合意内容および役割分担	78
表 2.3	既存の PMS 灌漑事業の諸元と建設費	83
表 3.1	把握すべき河川状況とその把握方法	93
表 3.2	河道の区分とその特徴	97
表 3.3	住民への聞き取り調査の方法とその活用方法	106
表 3.4	住民への聞き取り調査フォームの一例	107
表 3.5	河道状況を観察・観測する視点	109
表 3.6	河川流況(水位・流速・流量等)を観察・観測する視点とその方法	116
表 3.7	一般的な粗度係数の値	118
表 3.8	計画流砂量と計画流砂径を適用する灌漑施設とそれぞれの設計方法	136
表 4.1	取水堰の形式比較	150
表 4.2	巨礫積み斜め堰を中心とした取水施設と従来の取水施設の比較	151
表 4.3	取水門の形式比較	172
表 4.4	径間幅を 1.5m とした場合の門柱の一般的な高さとの関係	176
表 4.5	土砂吐きの形式比較	179
表 4.6	主幹用水路の形式比較	184
表 4.7	PMS 方式灌漑事業における蛇籠の規格	192
表 4.8	多用される植生工の一覧	195
表 4.9	沈砂池(調節池)の形式比較	197
表 4.10	土砂の沈降速度	202
表 4.11	貯水池の形式比較	210
表 4.12	斜面からの洪水流および土石流対策	212
表 5.1	堤防護岸の形式比較	229
表 5.2	計画洪水流量と余裕高および堤防天端幅	234
表 5.3	水制工の形式比較	240
表 5.4	水制工の構造形式	240
表 5.5	透過型および不透過型の水制工の特徴	241
表 5.6	水制工の設置方向による分類	242
表 5.7	石出し水制の設計方針と諸元設計	244
表 6.1	既往の PMS 灌漑事業における人員数および工事費の実績	253
表 7.1	灌漑施設を運営・維持管理する地域社会の組織とその役割	291
表 7.2	流域または地域の水ガバナンスに係る公的機関	292
表 7.3	灌漑施設の運営・維持管理における各組織の役割と責任	296
表 7.4	越流水深と取水量の結果の整理	301
表 8.1	圃場における灌漑方式の特徴	318
表 8.2	作物のローテーションと各グループの特性	326
表 8.3	コンパニオンクロップの事例	327
表 8.4	土の種類と土性の特徴	335
表 8.5	土性の簡易判定法	336
表 8.6	土壌の pH・EC の発生原因とその対策	338
表 8.7	pH 値・EC 値の測定記録フォーム	338

略 語 表

ADB	: Asian Development Bank
ADCP	: Acoustic Doppler Current Profiler
AGCHO	: Afghan Geodesy and Cartography Head Office
AGS	: Afghanistan Geological Survey
AMD	: Afghanistan Meteorological Department
CAD	: Computer-Aided Design
CDC	: Community Development Council
DAIL	: District Agriculture, Irrigation and Livestock Offices
DDA	: District Development Council
DGEH	: Department of Geo-Engineering and Hydrogeology
EC	: Electric Conductivity
EC	: European Commission
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
GPS	: Global Positioning System
HYMEP	: Project for Capacity Enhancement on Hydro-Meteorological Information Management
IA	: Irrigation Associations
IRDP	: Irrigation Restoration and Development Project
IRRI	: International Rice Research Institute
JICA	: Japan International Cooperation Agency
MAIL	: Ministry of Agriculture, Irrigation and Livestock
MRRD	: Ministry of Rural Rehabilitation and Development
NGO	: Non-Governmental Organizations
NSP	: National Solidarity Program
NWARA	: National Water Affairs Regulation Authority
OJT	: On-the-Job Training
PDCA	: Plan, Do, Check, Action
pH	: Power of Hydrogen
PIM	: Participatory Irrigation Management
PMS	: Peace (Japan) Medical Services
PRRDD	: Provincial Regional Rehabilitation and Development
RBA	: River Basin Agency
RBC	: River Basin Council
SRBC	: Sub River Basin Council
USGS	: United States Geological Survey
WB	: World Bank
WUA	: Water Users' Associations

単 位 表

Length		Time	
mm	millimeter (s)	s, sec	second (s)
cm	centimeter (s)	min	minute (s)
m	meter (s)	h, her	hour (s)
km	kilometer (s)	d, day	day (s)
		y, yr	year (s)
Area		Volume	
mm ²	square millimeter (s)	cm ³	cubic centimeter (s)
cm ²	square centimeter (s)	m ³	cubic meter (s)
m ²	square meter (s)	l, ltr	liter (s)
km ²	square kilometer (s)	MCM	million cubic meter (s)
ha	hectare (s)		
jerib	1jerib =0.2ha		
Weight		Speed/Velocity	
mg	milligram		
g, gr	gram (s)	cm/s	centimeter per second
kg	kilogram (s)	m/s	meter per second
ton	ton (s)	km/h	kilometer per hour

単位換算表

(通貨為替レート)

US\$1.00 = AFN 77.02 (JICA2021 年度 2 月精算レート)

US\$1.00 = JPY 103.90 (JICA2021 年度 2 月精算レート)

AFN 1=JPY 1.35 (JICA2021 年度 2 月精算レート)

(土地の広さ)

1 jerib=0.2ha

1 jerib = 2,000 m²

1 ha=10,000m²

PMS方式灌漑事業ガイドラインとは？

1.1 本ガイドライン作成の背景

40年以上続いている戦乱と天災の繰り返しの影響を受け、アフガニスタン国民や農村社会が水や飢えに苦しみ、疲弊している。農地は乾燥化し、地域社会の人々が普通に暮らし生きていけない状況が生じている。さらに、灌漑農業においては、近年の気候変動等の影響による渇水傾向の常態化や融雪パターンの変化、洪水被害の多発、施設の運営・維持管理の不備等により、従来のアフガニスタンの伝統的な取水技術のみでは対処が困難となってきている。2000年前後には、1979年から2016年までの間の約40年間で最もひどい大干ばつ⁴⁾が発生した。その結果、人口の約2分の1程度に相当する約1200万人が被災し、約500万人が飢えに苦しむなど、アフガニスタン全土に甚大な被害をもたらした。そしてその後も干ばつ傾向が続いている。

このような事態を受け、国際NGOであるPeace (Japan) Medical Services (以下、「PMS」という)は、2002年に「緑の大地計画」を立ち上げ、2003年から灌漑用水路建設に着手し、2020年までにナンガルハル県のベスード郡、シェイワ郡、カマ郡において16,500haの灌漑エリアを確保するとともに、65万人の人々の生活を支える計画を打ち出し、3郡全域の安定灌漑の実現を目指して灌漑施設の整備等を支援してきた。2003年に着手された最初のプロジェクトであるマルワリード灌漑事業は2010年に完成し、ガンベリ沙漠を含む3,000haの農地を灌漑して農民の生計を支えている。また、これによって15万人の難民が帰農したと見積もられている。2010年から2012年には、カブール川に灌漑施設を建設して同県ベスード郡のカブール川に掛かる全耕地の60～70%に灌漑用水が供給できるようになった。カブール川と比べてより急流で大きく洪水が頻発するクナール川の流域では、2008～2012年に同県カマ郡、2012～2014年にシェイワ郡カシコート、2014～2016年にベスード郡ミラーンにおいて灌漑施設を建設し、クナール川下流域とカブール川左岸にかかるベスード郡に十分な灌漑用水を供給することによって安定した農業を実現させた。以上のような約20年にわたる試行錯誤を含む灌漑事業の実施経験から、PMSは、取水堰・取水門から主幹用水路・調節池・排水路までの全体的な灌漑施設および洪水対策施設に係る「PMS方式灌漑事業」の成功モデルを完成させた。

このようなPMSの活動および灌漑事業等は、2003年にマグサイサイ賞（平和・国際理解）などの平和賞を受賞すると共に、2018年には日本の土木学会から技術賞も受賞している。そして、このPMS灌漑事業を主導してきた中村哲医師は、アフガニスタン国家勲章であるガジ・ミール・マスジッド・カーン勲章(Ghazi Mir Masjedi Khan Award)を授与されて名誉市民権を得、アフガニスタンのイスラム社会からも表彰（ナンガルハル県のウラマー（宗教指導者）からの表彰）されている。また、2017年から行われたJICA農業・農村振興情報収集・確認調査⁵⁾や既往論文⁶⁾において、既存のPMS灌漑事業の技術および成果を客観的に評価して次のような結果を得ている。1) 灌漑施設の技術的妥当性の

明確化、2) 灌漑用水の十分な供給による地域社会経済への正のインパクト、3) 地域社会と協働する灌漑事業プロセスによる経済的・社会的な正のインパクトと運営・維持管理への意識と能力の向上。さらに、帰還難民や元兵士の村社会への定着と生計の向上による平和構築への貢献など、既存のPMS灌漑事業は総合的な成果を上げてきている。

また、アフガニスタン政府は国家総合農業開発優先プログラム2016-2020を2016年に作成し食糧の増産を重要な施策として取り上げ食料安全保障を達成することを目標にしている。この計画では、2025年までに灌漑地域のリハビリと新規地域の開発により、戦前の総灌漑面積である310万ヘクタールの灌漑面積に達成することを目標としている。その内訳は、90万ヘクタールの灌漑地のリハビリ、新規灌漑地12万ヘクタールである。

以上のように、主としてクナル川流域で展開されている既存のPMS灌漑事業は、アフガニスタンの復興と再建を支える、アフガニスタンの風土と地域社会に適した灌漑事業として、その全土に普及する価値があると考えられる。そこで、これまでのPMSによる様々な灌漑事業の経験や教訓を基にして、また、中村哲医師の哲学および遺志を反映させて、「PMS方式灌漑事業ガイドライン」(以下、「本ガイドライン」と称する)を作成し、PMS方式灌漑事業のアフガニスタン全土への普及の一助とすることとした。

1.2 本ガイドラインの目的

「PMS方式灌漑事業ガイドライン」は、灌漑事業に携わる技術者や計画立案者および政策決定者を主な対象とし、アフガニスタンの地域社会に適した持続可能な灌漑事業の計画・設計・施工・維持管理・灌漑農業技術における中村哲医師の哲学と住民との対話プロセスおよび技術的指針を示し、もって、アフガニスタンの地域社会および灌漑農業の持続可能な発展に寄与することを目的とする。

この目的を達成するために、本ガイドラインでは、PMS方式灌漑事業における、「地域社会の自立発展性とオーナーシップを尊重し、地域社会による100年間持続可能な灌漑施設の運営・維持管理を行うための基本方針」と「それに必要なアフガニスタンに適した灌漑技術のあるべき姿とその優位性」を示している。本ガイドラインを活用することで、中央および地方の政府職員および地域社会の人々、さらに、政策決定者や援助関係者等が、中村哲医師が身をもって訴えたアフガニスタンの復興と再建に係る「やり抜く決意と工夫およびそれらの継続」を、心新たにすることを期待している。

1.3 本ガイドラインのコンセプトと内容

PMS方式灌漑事業ガイドラインのコンセプトは、図1.1に示すように、PMS方式灌漑事業を正しく理解して実践し、応用・工夫して発展させ、アフガニスタン全土においてもPMS方式灌漑事業を普及・活用していくことで、地域社会を重視する、アフガニスタンに適した持続可能な灌漑事業を推進することである。

地域社会自らによる運営・維持管理を可能とする、
アフガニスタンに適した持続可能な灌漑事業の推進

PMS方式灌漑事業のアフガニスタン全土での普及・活用

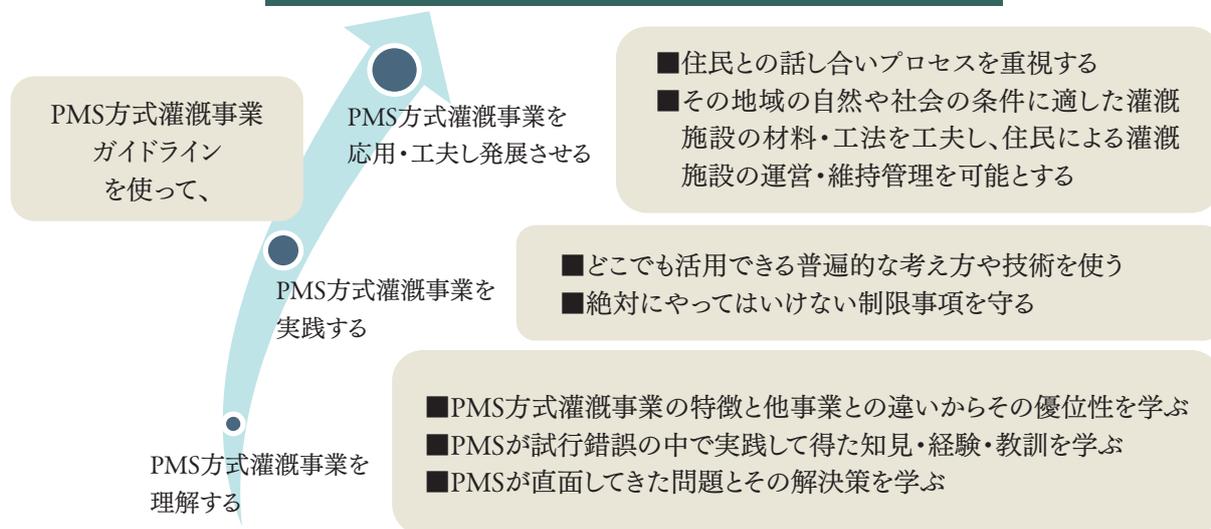


図1.1 ガイドラインのコンセプト²⁾

本ガイドラインは、アフガニスタン東部のナンガルハル県のクナール川下流域における既存のPMS灌漑事業の経験・知見および教訓を取りまとめている。既存のPMS灌漑事業は、クナール川とその流域の特徴に適応したローカルな技術である。しかし、その利害関係者との協働プロセス、灌漑施設の計画・設計および建設・維持管理における考え方や技術は、アフガニスタンにおいて普遍的であり、自然条件や河川条件等が異なる他の地域においても適用可能である。したがって、本ガイドラインには、自然条件や河川条件に左右されないPMS方式灌漑システム構造物の普遍的な仕様、および地域の自然や河川の特徴を勘案すべき仕様を示している。また、絶対してはならない制限事項を含む留意点を記載している。すなわち、様々な地域においてPMS方式灌漑事業を適切に実施するための知識を得、実際に住民と話し合い、灌漑施設や洪水対策施設を計画・設計して建設し、地域住民自らが運営・維持管理していくために必要な内容が、本ガイドラインに取りまとめられている。

なお、本ガイドラインには、主としてPMS方式灌漑事業の特徴的な、地域社会と共に計画し建設し維持管理していく技術が述べられている。そのため、一般的な灌漑事業の計画・設計・建設・維持管理および住民参加等に必要な技術的内容については、既存の政策指針やガイドライン・マニュアル等を参照することとする。本ガイドラインでは、それら参考となる文書のリストを示し、一部については簡単に紹介する。

また、PMS方式灌漑事業を適用する地域における観察やフィードバック、分析により、今後それぞれの地域で得られた知見・経験を活かしてさらに適切なものに更新していくなど継続的な活用が望まれる。

1.4 本ガイドラインの構成

本ガイドラインは、図1.2に示すように、PMS方式灌漑事業における住民との基本構想の協議から始まり、河川状況の把握、水利施設及び洪水対策施設の配置計画および設計、PMS方式灌漑事業の建設と施工管理、そして、住民による事業施設の運営・維持管理、という構成としている。最後には、PMS灌漑事業の灌漑農業技術改善についても記載している。

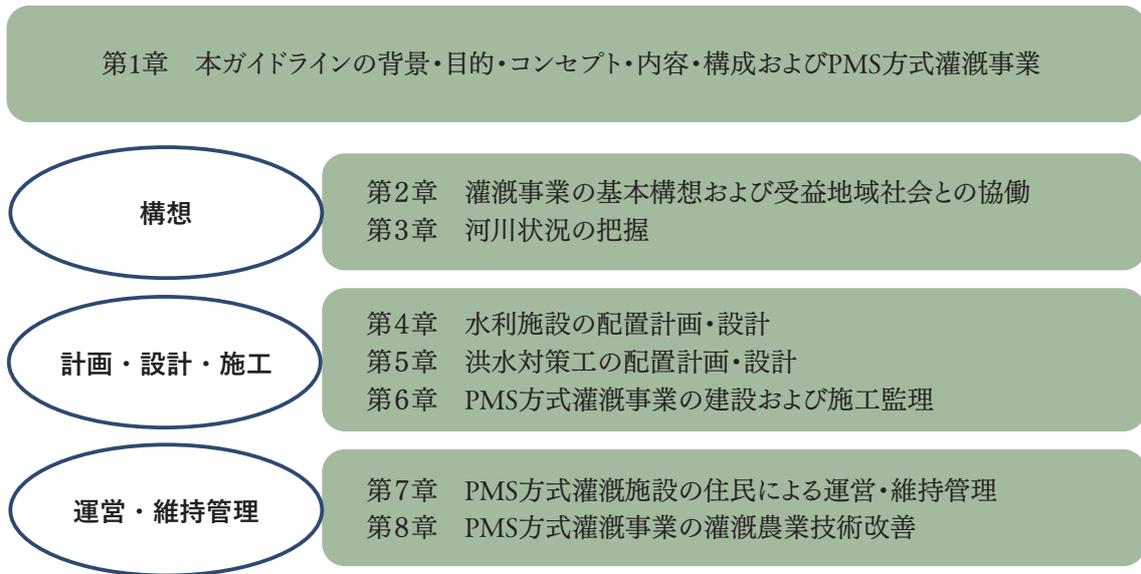


図1.2 PMS方式灌漑事業ガイドラインの構成²⁾

第1章は、「PMS方式灌漑事業ガイドライン」の背景、目的、コンセプト、構成および想定対象者を示して、本ガイドラインの活用に応じた理解の促進を図る。そして、PMS方式灌漑事業の全体像と基礎土木技術を示して、PMS方式灌漑事業の特徴を明確にし、この灌漑事業での期待される成果を示している。また、本ガイドラインの各章の内容を簡単に紹介し、PMS方式灌漑事業の各段階における目標と実施すべき活動および決定すべき内容等を示している。

第2章は、受益地域および周辺地域のコミュニティと協働し、既存のガバナンス・システムを尊重しながら、PMS方式灌漑事業の基本構想を構築し合意形成していくための基本哲学（Basic Philosophy）と基本方針（Basic Policy）を示している。ここでは、事業対象地域と裨益地（灌漑面積）を決めて概略の灌漑用水量を想定し、主幹用水路ルートと取水地点と取水堰地点を概略的に検討して候補地を決め、石材や盛土材料などの建設資材の入手場所を概略検討して、概略の事業費と事業期間を想定していく。これらの概略検討は、地元の住民や政府技術者からの聞き取りや意見交換および既存資料や第3章の河川調査結果に基づいて実施する。

第3章は、PMS方式灌漑事業における水利施設と洪水対策施設の計画・設計に必要な河川とその流域における以下のような調査方法を河川流域、河道状況、河川流況の観点から示している。

- 既存資料を用いた調査の方法
 - ・河川の流況や流出の把握方法
 - ・河川構造物の予定地点における河道の変遷の把握方法
 - ・河川流量の確率評価（洪水流量や濁水流量など）
 - ・河川構造物建設による流況・河道への影響の把握方法
 - ・灌漑用水取水による下流水利用への影響の把握方法
- 地元の住民への聞き取り調査の方法
 - ・河川の状況や、洪水時や濁水時の状況、周辺における既存の構造物、取水状況など現地の状況を聞き取りにより確認する方法
- 河川の観察・観測の方法
 - ・堤防・水制工・護岸工などの洪水対策工の位置を決めるために、洪水が発生しやすく浸食の激しい場所を把握する方法
 - ・洪水対策工の計画・設計に必要な洪水位・洪水流量の把握方法
 - ・取水堰・取水門の位置選定や計画・設計に必要な洪水時の河川流況と流量と洪水位、濁水時の河川流況と流量と濁水位を把握する方法
 - ・取水堰の土砂吐および急勾配主幹水路と沈砂池の計画・設計に必要な河床材料調査および河川流砂量の把握方法
- 河川の測量の方法
 - ・河川の流量・水位・流速等を算定するために必要な河川の縦横断形状を測量する方法
- 灌漑施設の計画・設計のための基本量（水位、流量、流砂の粒径と量）の設定
 - ・灌漑施設の設計に必要な計画濁水流量・計画濁水位、計画洪水流量・計画洪水位、計画流砂量および土砂粒径の設定方法

第4章は、水利施設の配置計画、諸元設計および構造設計の方法を示している。水利施設それぞれの配置計画は次のように行う。

- 取水地点は、第2章で選定された候補地点を目安に設定し、地形状況、施工性、用地取得範囲の大小を考慮して急勾配主幹用水路のルート設定を行う。
- 沈砂池および調節池は、既存用水路と新設主幹用水路の接合点に配置するとともに、堆積土砂や余剰水排出のための排水路を設ける。
- 主幹用水路の平面ルートは、沈砂池と既存用水路始点の調節池を結ぶように配置する
- 湿地対策のための排水路の平面ルートは灌漑受益地のレイアウトおよび地形的な高低を考慮して決定する。
- 貯水池、サイフォンおよび洪水通過橋は、洪水流や土石流が主幹用水路を横断する地点に配置する。

次に、それぞれの水利施設の主な諸元は、次のようにして計画・設計する。

- 取水堰・取水門・土砂吐きの平面設計は河川の滯筋形状、河岸や砂州の取り付け部の安定状況を考慮して決定する。
- 取水堰の天端高および取水門の敷高と天端高は、洪水期でも渇水期でも安定取水が可能な諸元とする。
- 急勾配主幹用水路と主幹用水路の平面設計は、用地取得範囲が極力少なくなるよう設定し、縦横断設計は、必要灌漑水量が流下出来、かつ土砂堆積が生じない設計流速・水位を確保出来る標準断面および縦断勾配を決める。
- 沈砂池は、取水した灌漑用水に含まれる浮遊砂を堆積することのできる規模の沈砂池容量を設定する。計画排水量を検討し、これが排水可能な排水路縦横断面を設計する。
- 貯水池の平面的な規模は、山麓部尾根沿いの主幹用水路線形と谷地形に囲まれる部分として設定する。
- サイフォンは、必要灌漑水量が流下出来る横断函渠の断面設計を行う。
- 洪水通過橋は、洪水流の流下出来る幅を確保する。

更に、それぞれの水利施設の寸法、本体および基礎構造、附帯施設の構造諸元を設計する。

第5章は、洪水対策施設の配置計画、諸元設計および構造設計の方法を示している。このうち、配置計画は以下の通りである。

- 堤防の平面的な設置区間は、裨益地や河川沿いの主幹用水路等を洪水から守るため、地盤高が河川の計画高水位よりも低い区間や氾濫エリアの分布を考慮して決定する。
- 石出し水制は、滯筋固定と河岸洗掘防止を目的として平面配置を計画する。

次に、設計諸元は以下の通りである。

- 堤防の平面設計は、私有地の用地取得範囲が極力少なくなるよう設定し、具体的な線形設計を行う。縦横断は計画洪水位に余裕高等を加味して計画する。
- 石出し水制の長さや設置間隔等の平面設計は、計画洪水位、対象河川の河道幅等を考慮して設定する。

更に、それぞれの洪水対策施設の詳細寸法、本体および基礎構造、附帯施設の構造諸元を設計する。

第6章は、水利施設と洪水対策施設から構成される灌漑施設の施工監理と建設工事の手順について示している。施工監理には、工事实施体制の構築、建設に必要な資機材の調達、労働力の確保とそれら人員の教育、工事中の治安・安全対策、工程管理、品質管理、原価管理等がある。

- 建設資材調達は、施設建設に必要な、巨礫、鉄筋、コンクリート、土砂、レンガ、蛇籠用鉄線

等の資材調達の方法について記載する。

- 建設機材調達は、施設建設に必要となる、ダンプトラック、バックホウ、ブルドーザー、ロードローラー等の建設重機の調達方法について記載する。
- 工事実施体制は、工事の実施における組織構成、班編成や人数構成について記載する。
- 治安対策・安全管理は、地元の自治組織（シューラ・ジルガ）や近隣首長等との連携による治安対策、安全管理教育について記載する。
- 施工計画（施工手順、工程、事業費）は、各灌漑施設の施工手順、洪水期・渇水期を考慮した労働者の割り付け計画および、作業種別毎の作業日数と人数とコストについて記載する。
- 品質管理計画は、土工、コンクリート工、配筋工等の品質確保、および設計に準じた出来形確保のための手順について記載する。
- 研修・教育は、施設建設の品質確保および、建設後の維持管理を見据えた研修教育について記載する。

また、取水堰、用水路等の灌漑施設および堤防、石出し水制等の洪水対策施設それぞれの工事手順について示す。

第7章は、灌漑施設の運営と維持管理について示している。PMS方式灌漑事業は農民が主体となって灌漑施設を持続的に維持することを目指しており、運営・維持管理に係る組織制度の確認と構築、公平かつ適切な水配分・利用のためのルールの策定とその運用、日常的な維持管理や大規模補修・改修などの維持管理について記載している。

第8章は、灌漑用水を用いてより生産性の高い農業をするための灌漑農業技術の改善方法について示している。これまで既存のPMS灌漑事業でみられた改善すべき灌漑農業技術の問題点を整理して、その改善策としての有用技術を紹介している。主な項目は以下の通り。

- 灌漑農業技術の普及のための展示圃場の設立
- 圃場の水管理技術（適正な On-farm Water Management）
- 栽培技術
- 土壌改良技術

1.5 本ガイドラインの対象者

本ガイドラインは、PMS方式灌漑事業について学びたいと考えているすべての利用者を対象としたいと考えているが、利用者によって学びたい内容やその深浅は異なることも事実である。したがって、本ガイドラインは、想定する利用者に対応して次の2つのバージョンを用意している。

- 計画者および技術者のためのPMS方式灌漑事業ガイドライン

本ガイドライン本編のことである。計画者および技術者のために、PMS方式灌漑事業を適切に

進めるための理念や技術的な内容がわかる記載としている。PMS方式灌漑事業の内容を理解したうえで、適用したい場所において自分で考え適切なPMS方式灌漑事業を適用していくことを目指している。

- 政策決定者および利害関係者のためのPMS方式灌漑事業ガイドライン

本ガイドラインのサマリーのことである。利害関係者および政策決定者のために、PMS方式灌漑事業の要点を取りまとめたものとなっている。意思決定者としてPMS方式灌漑事業を進めるために、その理念や事業内容が端的にわかる記載としている。また、利害関係者がPMS方式灌漑事業の影響や効果を把握できる記載としている。

また、本ガイドラインの理解を促進するために以下の冊子とビデオを作成している。

- PMS方式灌漑事業をやさしく理解するためのパンフレット：主な対象者は政策決定者、ドナーおよび地域住民など

PMS方式灌漑事業を実施したい、ガイドラインを手にとって読みたいと思ってもらうことを目的に、PMS方式灌漑事業について紹介している。一般の人々にもわかりやすいように、写真を多用して技術的な要点を説明している。

- PMS方式灌漑事業ガイドラインの内容がわかるビデオ：主な対象者は計画者や設計者

ガイドラインの理解促進のための補助教材であり、本ガイドラインの2章に該当する「どのような考え方に基づいて計画を作ればよいか」という点に主眼を置き、各施設については、細かい技術的な指南ではなく、配置計画を立案するまでの過程を説明した内容となっている。PMS方式灌漑事業とはこれまでの事業とどのような点で異なるのか、住民含め、それぞれがどのような責任、役割を担うのかについて解説している。

- 参考図書：『アフガン・緑の大地計画 [改訂版]』中村哲 著

中村哲医師自身の言葉で、PMS方式灌漑事業の概要が入門者向けにわかりやすく記載されている。PMS方式灌漑事業を導入するにあたり、はじめに目を通すべき図書である。PMS方式灌漑事業ガイドラインは、この図書でPMS方式灌漑事業の概要を把握した後に、さらに深く技術的に理解するため、そして実践的にPMS方式灌漑事業を適用するために参照されることを想定している。

1.6 PMS方式灌漑事業の全体像

1.6.1 | PMS方式灌漑事業の概要

PMS方式灌漑事業は、河川から直接取水して農地に灌漑用水を導水する灌漑事業であり、図1.3に示すように、斜め堰、取水門、急勾配主幹用水路、沈砂池（調節池）、主幹用水路、主幹排水路、貯水池、サイフォン、洪水通過橋および堤防、石出し水制から構成される。PMS方式灌漑事業は、地域社会とそのガバナンス・システムを尊重して、図1.5に示すようなプロセスを経て実施される。ここで、事業実施者は、政府機関、民間などを想定している。基本構想段階から地域住民を巻き込み、計画から設計・建設・運営・維持管理・灌漑農業技術まで、地域住民の主体的な参加を促してオーナーシップを担保し、地域社会の能力を高めて、事業後には住民による灌漑システムの運営・維持管理ができるようになることを目指している。また、できるだけ現地で調達可能な資材を使い、できるだけ地域社会の人々が運営・維持管理し易い施設仕様を採用している。



図1.3 PMS方式灌漑システムを構成する主な構造物²⁾

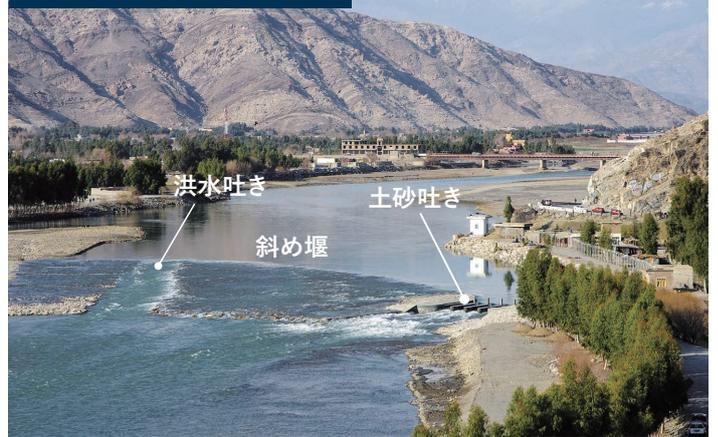
図1.4 PMS方式灌漑施設と役割

PMS灌漑施設の種類

- ①斜め堰 ②土砂吐き(可動堰)・洪水吐き
- ③二重堰板式取水門
- ④急勾配主幹用水路(蛇籠工・柳枝工)
- ⑤沈砂池(送水門・排水門併用) ⑥主幹排水路
- ⑦貯水池、サイフォン、洪水通過橋
- ⑧洪水対策工(堤防および石出し水制)



①斜め堰(カマI堰)



斜め堰の役割; 河川を横断的に堰上げて上流側の水位を上昇させ、渇水期の取水を容易にする。堰を斜めに延ばすことで越流水深が低くなり、掃流力が軽減され、堰が壊れにくくなる。

②土砂吐き



土砂吐きの役割; 取水門に隣接して取水堰の一部として設置され、取水門への土砂の流入を防ぐ。

③取水門



取水門の役割; 斜め堰の河岸袖部に設置され、取水堰で堰上げた水を主幹用水路に取り込むとともに、取水量調整を行う。堰板は、水門の前後に2列設置し、貯水槽をつくる。川側下段堰板にかかる水圧を減殺し、堰板が折れることを防ぐ。

④急勾配主幹用水路および主幹用水路



急勾配主幹用水路および主幹用水路の役割；急勾配主幹用水路は、取水門から取り入れた河川水に含まれる土砂を用水路に堆積させることなく沈砂池に導く。主幹用水路は、沈砂池で土砂が除かれた水を灌漑裨益地まで導水する。

⑥主幹排水路

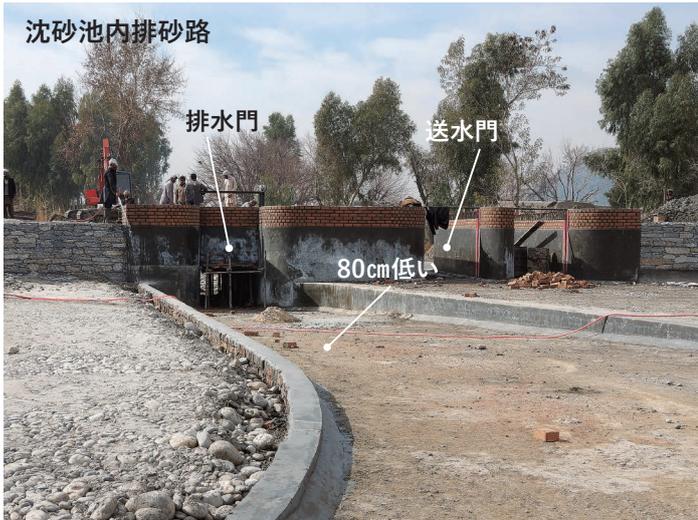


主幹排水路の役割；必要灌漑水量以外の余り水は、すみやかに主幹排水路を通じて河川に戻し、灌漑受益地の湿害を防止するとともに、本川下流の水利用に配慮する。

⑤沈砂池



沈砂池内排砂路



沈砂池（調整池）の役割；取水した河川水に含まれる土砂を堆積させるとともに、堆積土砂の排砂および送水量調節の機能を有する。

⑦貯水池など



貯水池などの役割；山岳部からの洪水流や土石流から主幹用水路を守るため貯水池を設置する。乾燥地における保水力確保で、植生の生育に寄与する。土石流が既存の水路を横断する場合は、洪水通過橋を設置する。

⑧洪水対策工



洪水対策工の役割；堤防は、灌漑受益地や住宅地および河川沿いの主幹用水路等を洪水から守る役割を果たす。石出し水制は、堤防や河岸の洗掘を防止するとともに、河道の滞筋固定の役割を果たす。

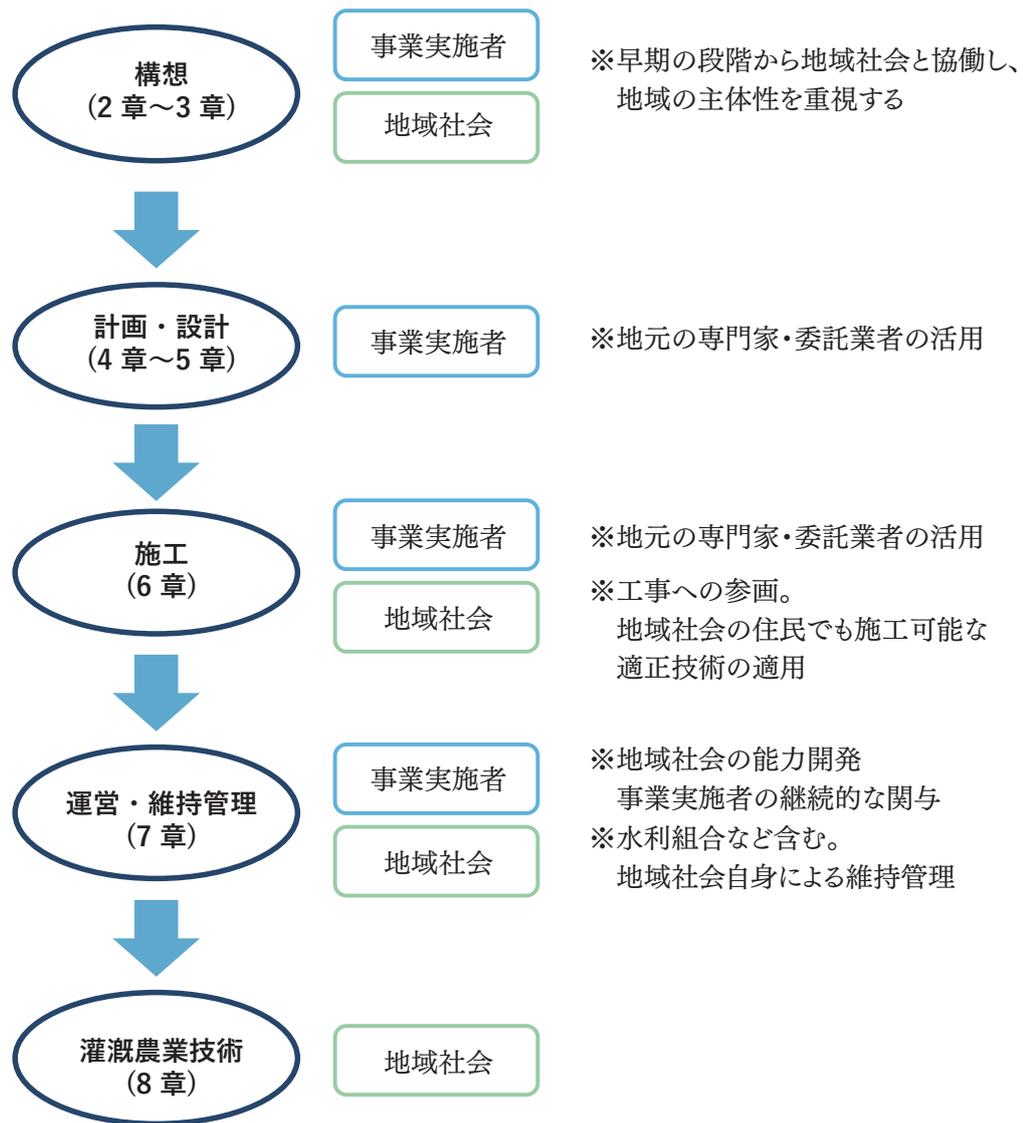


図1.5 地域の主体性を重視したPMS方式灌漑事業の流れ²⁾

1.6.2 | PMS方式灌漑事業の特徴

気象・水文データが限られている状況で、PMSは、現地の河川や構造物の観測と観察を継続して行って状況を把握し、試行錯誤の中から安定的な灌漑の実現に向けての対応策を検討してきた。不確実性が高い中で行われる事業であることから、仮説を立て観察で得た知見を検証し灌漑施設に活かしながら持続的・順応的に事業を進める順応的管理を実践してきている。使える資金も限られている中で、コンクリート構造物をできるだけ使わず現地調達可能な自然資材（主に石材）を多用した。写真1.1参照。そして、洪水期にも渇水期にも強い持続可能な灌漑システムの構築に成功した。現地に多量にある石材を利用するため、PMS方式灌漑事業の建設コストは通常の灌漑事業に比べて一般に安価である。また、自然素材を使うことで洪水や土砂災害等により施設に一定程度のダメージを受けることがあっても、地域の人々で対応可能である。もちろん大規模な損壊の場合には、大規模な修繕が必要となる。一方で、事業実施後の灌漑施設の適切な運用と監視（monitoring）は、PMS方

式灌漑事業にとって極めて重要である。灌漑施設は、出来上がったらそれで終わりではなく、地域で守り、育てていくものなのである。

このように、PMS方式灌漑事業は、地域社会による運営・維持管理を念頭に置いた地域の自然条件に合った「シンプルかつ実用的な (simple and practical)」灌漑事業であり、それが、技術的・経済的・社会的および総合的な様々な成果を導いた大きな成功要因である。



写真1.1 現地調達可能な自然資材（主に石材）を用いた灌漑施設¹⁾

PMS方式灌漑システムは、これまでアフガニスタン国で実施されて来た従来方式の灌漑システムと比べ、以下の表1.1に示すような特徴を有している。中でも最も特徴的な構造物は、巨礫を用いた斜め取水堰である。クナール川に建設されたマルワリード・カシコート連続堰やカマ堰がその代表的なものであるが、日本の福岡県筑後川にある日本古来の巨礫を用いた斜め堰である山田堰をモデルとしている。現地に豊富にある玉石・巨礫を活用し、アフガニスタン農民の石工としての技術と日本古来の叡智を融合して作られた堰である。この堰によって、洪水期に破壊されることなく、渇水期でも安定した取水を可能とする灌漑システムを作ることができたのである。



写真1.2 アフガニスタンのカマ堰（左）と日本の山田堰（右）¹⁾

表1.1 PMS方式灌漑システムと従来方式の灌漑システムの比較²⁾

項目	PMS方式灌漑システム	従来方式の灌漑システム
堰上げ方式	斜め堰	単純突堤
取水口の構造	二重堰板方式	取水門無しまたは手動スライド式
水路底材料	ソイルセメント・ライニング	素掘りまたはコンクリート
用水路壁の構造	蛇籠工と柳枝工	同上
貯留機能	沈砂池（調節池）を設置	無し
過剰水の排出	取水門で水量の調整、沈砂池（調節池）に設置のスライド式排水門で底水を土石流と共に排水	主幹水路壁の一部から溢水させる
土砂対策	取水堰に土砂吐きを併設、沈砂池（調節池）に排水門（排砂ゲート）を設置	無し
土石流からの用水路の保護	貯水池および洪水通過橋、サイフォンの設置	無し
概要図	<p>河道分割 斜め堰 土砂吐き 二重堰板式取水門 急勾配主幹水路 スライド式の排水門 沈砂池（調節池） 排水路 堰板式の送水門 主幹用水路 ※別途、貯水池およびサイフォンを含む。</p>	<p>対岸の洗掘 洪水流入 洗掘 水門なし 単純突堤 河床低下による取水困難 主幹水路 越流による排水 排水路 送水路</p>

1.6.3 | 既存のPMS灌漑事業による経済的および社会的成果

既存のPMS灌漑事業は、土漠化していた灌漑農地を回復・安定化し、また、湿地化していた灌漑農地に排水路を整備し、新たな灌漑農地を拓き、農業生産を増大させて人々の生計を確保すると共に、植生被覆した水路保護工や植林によって沙漠化していた土地を緑に変え、地域気温の緩和や砂嵐被害の軽減などにも寄与している。写真1.3参照。

2018年JICA農業・農村振興情報収集・確認調査において、既存のPMS灌漑事業の前後の農村生活状況をアンケート調査によって比較しており、灌漑用水の安定供給によって経済的成果および社会的成果が達成でき、人々の生活水準が向上したことが明らかになった。既存のPMS灌漑事業におけるこのような経済的成果（直接効果）と社会的成果（波及効果）は、図1.6に示している。特に、灌

溉施設建設時において村人や帰還難民たちに労働者や職人として雇用機会を確保し、灌漑開始後は難民が村に戻って定住し生計を立てるなど、避難民の帰還促進にも大きく貢献している。すなわち、既存のPMS灌漑事業は、持続可能な農業、周辺住民の生計確保、地域環境の改善および平和構築に、大きな正のインパクトをもたらしている。



写真1.3 灌漑事業効果¹⁾

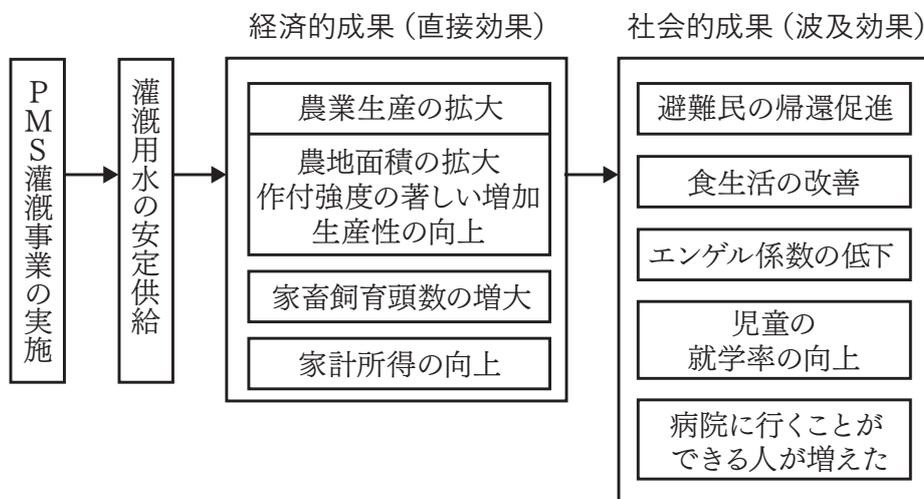


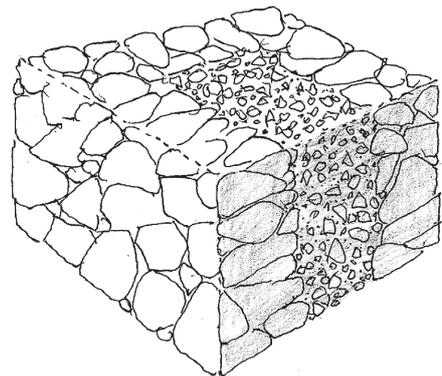
図1.6 既存のPMS灌漑事業による経済的および社会的成果⁵⁾

1.7 PMS方式で用いられる基礎土木技術

PMS方式灌漑事業が完成した後、それら施設の運営・維持管理を担う農民たちが習得すべきPMS方式灌漑事業の主な基礎土木技術は、蛇籠工、植生工、石積み工およびソイルセメント工である。地域の農民と共にPMS方式灌漑事業を実施していく過程で、これらの技術は地域農民への能力開発として伝えられなければならない。これら技術を地域農民が習得することで、地域農民自身がPMS方式灌漑施設の運営・維持管理ができるようになる。ここでは紹介にとどめ、詳細は4章、5章において記載する。

1.7.1 | 蛇籠工

蛇籠工は、太い針金でつくった籠に石材を詰めて正方形または長方形の蛇籠を形成し、用水路内壁や交通路法面の保護に用いる他、護岸や石出し水制の材料として、また、砂州と堰の接合部の補強など、様々な用途に活用できる。コンクリートの多用ではなく、敢えて石を利用する理由は、農民たちが慣れ親しんだ資材を利用することで、地域における持続可能性を高めるためである。



PMSの採用する石の詰め方：外側に大きな角石を空石積みのように重ね、中の空いた部分に砕石や砂利を詰める

図1.7 用水路の蛇籠工¹⁾

1.7.2 | 植生工

植生工は、植樹により水辺を保護する目的で活用する。蛇籠工と併用した柳枝工、砂州表面の保護のための剣山・粗梁柵工などがある。また、防風防砂や谷あいからの土石流の緩流化目的での植林などもある。用途により使用する植物が異なっている。柳の根はやがて蛇籠の石に絡みつき、用水路壁を強化する働きをする。また、植生は日陰を作り、気温を低下させ、より豊かな生態系にも貢献する。



写真1.4 柳枝工¹⁾

1.7.3 | 石積み工

石積み工は割石を積み上げたもので、小水路壁や用水路外壁に用いる。基本的に空石積みとするが、補強が必要なところでは練石積みとする。コンクリートではなく石にすることで、多様な生態系の維持・促進にも貢献する。

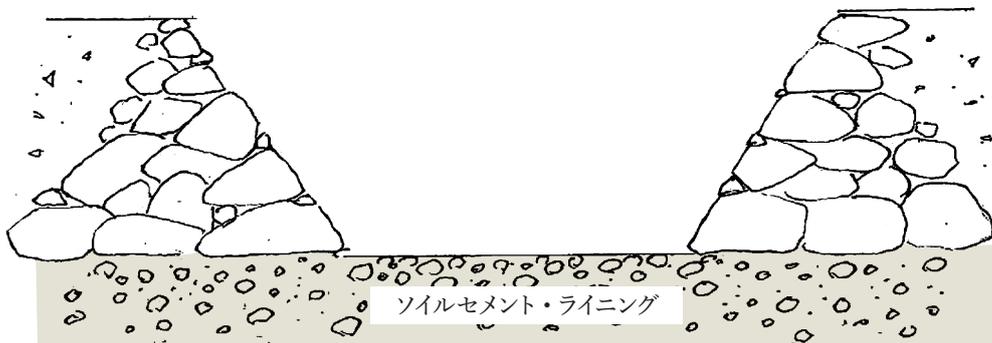


図1.8 石積み工¹⁾

1.7.4 | ソイルセメント工

ソイルセメント工は、現地の土とセメントの混合物であり、主に用水路床のライニングに用いる。



写真1.5 ソイルセメント工¹⁾