

カンボジア王国
水資源気象省

カンボジア国
灌漑排水国家標準設計基準策定
プロジェクト

業務完了報告書
(第1期)

2023年5月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
日 本 工 営 株 式 会 社

経開
JR
23-061

カンボジア王国
水資源気象省

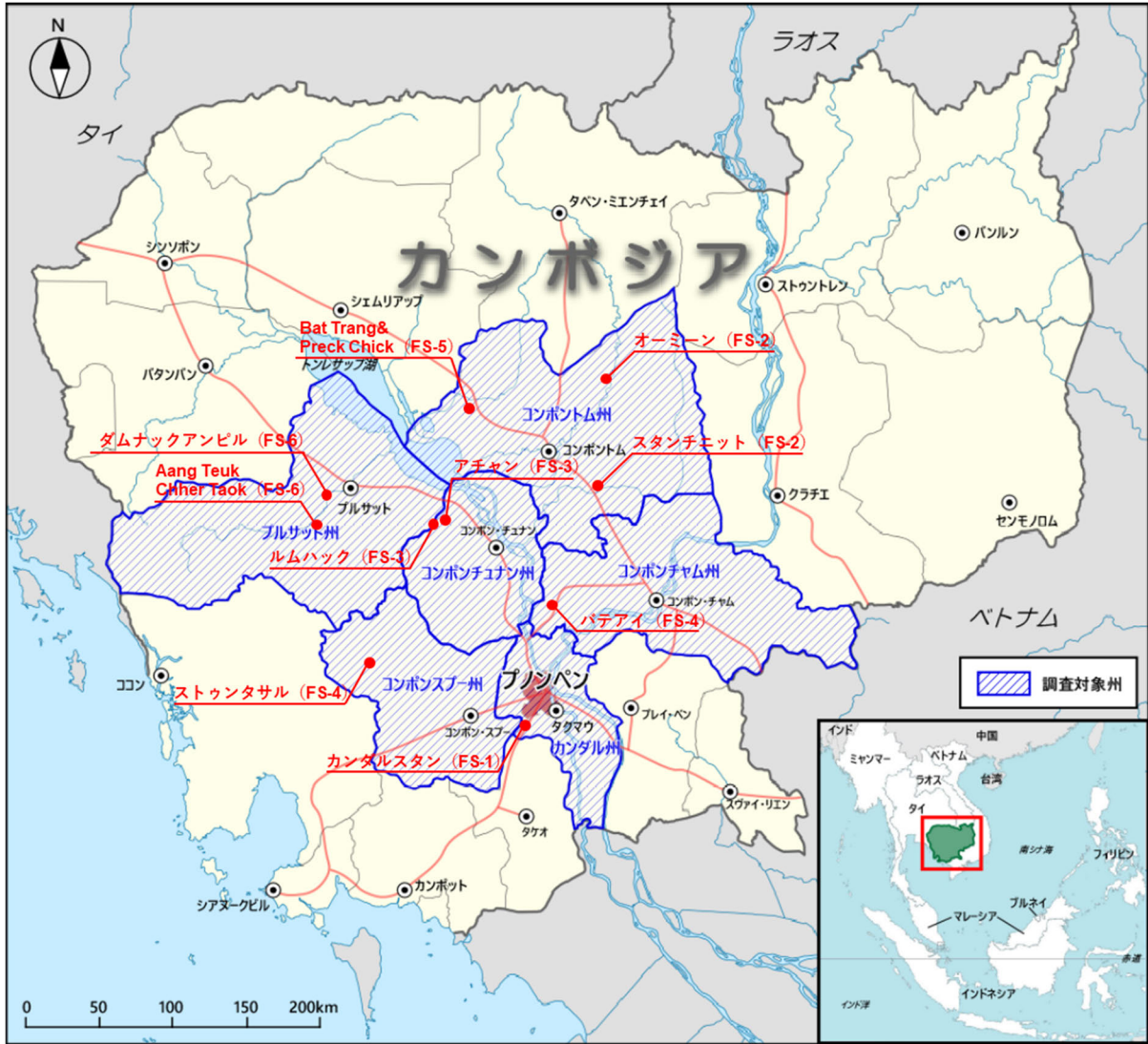
カンボジア国
灌漑排水国家標準設計基準策定
プロジェクト

業務完了報告書
(第1期)

2023年5月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
日 本 工 営 株 式 会 社



調査対象地区位置図

目 次

図目次
表目次
略語集

ページ

第 1 章	プロジェクトの概要	1-1
1.1	プロジェクトの背景	1-1
1.2	業務の概要	1-1
1.3	プロジェクト・デザイン・マトリックス (Version 0)	1-2
第 2 章	活動報告	2-1
2.1	業務の実施運営体制	2-1
2.2	業務実施の方法 (作業フローチャート・作業計画・要員計画)	2-1
第 3 章	プロジェクトの活動内容と結果	3-1
3.1	業務の内容	3-1
3.1.1	業務計画書の作成	3-1
3.1.2	C/P の決定およびワーキング・チームの編成	3-1
3.1.3	ワーク・プランの作成と協議の支援	3-2
3.1.4	モニタリングシートの作成と協議の支援	3-2
3.1.5	合同調整委員会 (JCC) への参加	3-2
3.2	既存灌漑事業の標準設計図書の収集・分析	3-3
3.2.1	既存事業の標準設計図書の収集・分析の企画	3-3
3.2.2	国家標準設計図書 (NSDD) 策定のための事前研修の実施	3-4
3.2.3	既存事業の標準設計図書の分析結果による改善点	3-5
3.3	現地調査の実施	3-7
3.3.1	既存事業の情報の収集・分析の企画	3-7
3.3.2	既存事業の情報の収集・分析の結果	3-10
3.3.3	現地調査による視察結果と所見 (頭首工)	3-11
3.3.4	現地調査による視察結果と所見 (水路工)	3-16
3.4	既存事業の情報収集と現地調査結果からの標準設計図書の策定方針の決定	3-20
3.4.1	NSDD 策定基本方針	3-20
3.4.2	NSDD 策定方針 (頭首工)	3-22
3.4.3	NSDD 策定方針 (水路工)	3-22
3.5	決定した策定方針に従った設計基準図書の策定	3-23
3.5.1	設計基準書の策定 (頭首工)	3-23
3.5.2	設計基準書の策定 (水路工)	3-28
3.6	気象・水文資料の収集と分析	3-30
3.6.1	気象・水文資料データの蓄積状況	3-30
3.6.2	設計洪水量の基礎的設定手法	3-32

3.6.3	灌漑用水量および灌漑効率.....	3-35
3.7	地質及び土質力学に関する情報の収集と必要とされる対策.....	3-37
3.7.1	資料調査.....	3-37
3.7.2	情報収集インタビュー.....	3-38
3.7.3	現地調査.....	3-40
3.7.4	分散性土・膨張性土の分布および性状把握のための土質調査・試験について の検討.....	3-42
3.7.5	分散性土・膨張性土に関する対策工の検討.....	3-43
3.8	MOWRAM 技術系職員向け標準設計基準図書にかかる研修の企画.....	3-44
3.8.1	MOWRAM 技術系職員向け研修カリキュラム作成の基本方針.....	3-44
3.8.2	研修実施計画の提案.....	3-48
3.8.3	事前研修によって得られた研修カリキュラム作成の教訓.....	3-49
3.9	関係省庁及び関連開発パートナーとのワークショップの開催.....	3-49
3.10	JCC の開催.....	3-50
第 4 章	今後のプロジェクト活動への教訓と課題.....	4-1
4.1	C/P のプロジェクト活動への参加期間の調整.....	4-1
4.2	既存事業に関する情報収集における工夫.....	4-1
4.3	成果物のクメール語翻訳の必要性.....	4-1
4.4	将来の研修継続に必要な費用（講師日当を含む）の予算化.....	4-2
4.5	業務実施（2 期目）における課題への対応.....	4-2

図 目 次

	ページ
図 2-1 作業フローチャート図.....	2-2
図 3-1 ワーキング・チーム.....	3-1
図 3-2 C/P 一覧.....	3-2
図 3-3 設計洪水量決定のフローチャート（案）	3-26
図 3-4 設計洪水位決定のフローチャート（案）	3-27
図 3-5 情報収集インタビュー.....	3-39
図 3-6 現地調査（カンダルスタン、2023/1/11）	3-40
図 3-7 現地調査写真（カンダルスタン、2023/1/19）	3-41
図 3-8 現地調査写真（Lum Hach、2023/2/8）	3-42
図 3-9 研修の開催希望時期（n=11）	3-46
図 3-10 研修開催希望時間（n=11）	3-47
図 3-11 PDWRAM への研修開催希望時期（n=11）	3-47
図 3-12 PDWRAM の研修開催希望期間（n=11）	3-47
図 3-13 研修実施の流れ.....	3-48

表 目 次

	ページ
表 1-1 本業務の概要.....	1-2
表 1-2 本業務の PDM.....	1-2
表 3-1 データ収集および現地調査の条件および対象物	3-3
表 3-2 C/P への予備ガイダンス実施記録（コンサルタント契約第 1 期）	3-4
表 3-3 MPWT および MRD の標準設計図書および審査システムに関する情報収集結果 概要.....	3-5
表 3-4 設計洪水量の決定手法の比較（頭首工）	3-6
表 3-5 縦断勾配の比較（水路工）	3-7
表 3-6 現地調査の条件、対象事業・確認事項.....	3-7
表 3-7 現地調査選定地区および実施日程一覧表.....	3-8
表 3-8 選定地区事業概要、設計図書の入手状況一覧表（開発パートナー資金協力事 業）	3-9
表 3-9 選定地区事業概要、設計図書の入手状況一覧表（MOWRAM 国内事業）	3-9
表 3-10 現地調査における視察のポイントおよび課題の原因分析、NSDD 策定に向けた 留意事項.....	3-10
表 3-11 NSDD 策定に向けて反映すべき優良事例と課題、留意事項（頭首工）	3-11
表 3-12 設計洪水量および再現期間の比較.....	3-14
表 3-13 設計洪水量および余裕高の比較.....	3-14
表 3-14 護床工・護岸工の比較（エプロン、洪水敷含む）	3-15

表 3-15	NSDD 策定に向けて反映すべき事例と課題、留意事項（水路工）	3-16
表 3-16	設計流速.....	3-19
表 3-17	水路の側勾配.....	3-19
表 3-18	余裕高.....	3-20
表 3-19	設計基準の構成.....	3-22
表 3-20	NSDD 策定のための検討項目（頭首工）	3-22
表 3-21	NSDD 策定のための検討項目（水路工）	3-22
表 3-22	設計基準目次案および各関連章における留意事項（頭首工、概要）	3-23
表 3-23	設計基準目次案および各関連章における留意事項（頭首工、詳細）	3-23
表 3-24	設計基準目次案および各関連章における留意事項（水路工、概要）	3-28
表 3-25	設計基準目次案及び各関連章における留意事項（水路工、詳細）	3-29
表 3-26	入手済み一般気象データ	3-30
表 3-27	入手済み水文データ	3-31
表 3-28	カ国における設計洪水量の設定手法の採用状況	3-33
表 3-29	候補となる流出解析手法の特性比較（1）	3-34
表 3-30	候補となる流出解析手法の特性比較（2）	3-35
表 3-31	既存水田灌漑プロジェクトにおける灌漑効率の設計値	3-37
表 3-32	情報収集インタビューの実施日、訪問先、主な成果	3-38
表 3-33	分散性土／膨張性土の分布及び性状把握に有効と考えられる調査・試験項目	3-43
表 3-34	分散性土／膨張性土に対して有効と考えられる対策工	3-44
表 3-35	C/P の内 TSC-2 および TSC-3 における講師経験の実績	3-45
表 3-36	MOWRAM および PDWRAM の技術系職員数	3-46
表 3-37	研修の到達目標.....	3-48

略 語 表

ADB	Asia Development Bank	アジア開発銀行
AFD	The Agence Française de Développement	フランス開発庁
ARI	Average Recurrence Interval	平均再現期間
Aus-Aid	Australian Agency For International Development	オーストラリア国際開発庁
C/P	Counterpart	カウンターパート
EDCF	Korea Economic Development Co-operation Fund	韓国対外経済協力基金
FWUC	Farmer Water Users Community	農民水利組織
FWUG	Farmer Water Users Group	農民水利グループ
ITC	Institute of Technology of Cambodia	カンボジア工科大学
JCC	Joint Coordination Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
O&M	Operation and Management	運営・維持管理
MAFF	Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries	農林水産省
MOWRAM	Ministry of Water Resources and Meteorology	水資源気象省
MPWT	Ministry of Public Works and Transport	公共事業運輸省
MRD	Ministry of Rural Development	地方開発省
NaSDeP	Project for Development of National Standard Design Documents for Irrigation and Drainage in Cambodia	カンボジア国灌漑排水国家標準設計基準策定プロジェクト
NSDD	National Standard Design Document	国家標準設計図書
PDWRAM	Provincial Department of Water Resources and Meteorology	州水資源気象局
R/D	Record of Discussion	協議議事録
SD	Standard Document	標準設計
SDD	Standard Design Document	標準設計図書
TS	Technical Standard	技術仕様書
TSC	Technical Service Center	灌漑技術センター

第1章 プロジェクトの概要

1.1 プロジェクトの背景

カンボジア国（以下、カ国）政府は、国家開発計画である「第四次四辺形戦略（2018-2023）」及び「国家戦略的開発計画（2018-2023）」において、カ国の持続的発展に向け、農業セクターの発展と農村開発を重要課題として掲げている。これを受け、農林水産省（以下、MAFF）が策定した「農業セクター戦略開発計画 2019-2023」（2019年）では農業生産性の向上や多様化、商業化とともに、農業生産に直結した灌漑システムおよび維持管理の強化など農業の近代化に重点が置かれている。

また、カ国の灌漑排水施設は、政権交代、内戦、財政不足など多くの課題に直面してきた結果、多くは老朽化しており、ポルポト政権下で不十分な技術により建設されたために機能していない施設が多い。そのため、水資源気象省（以下、MOWRAM）が策定した「水資源・灌漑セクター戦略開発計画 2019-2023」（2019年）では、老朽化もしくは十分に機能しない多数の既存灌漑排水施設の効率的な改修や、新規建設による更なる農業生産性向上と灌漑面積の拡大を進める方針である。

しかし、カ国では、灌漑排水構造物の設計に関する国家としての標準設計基準書が無いことから、MOWRAM や州水資源気象局（以下、PDWRAM）の技術者や民間コンサルタント会社の知識・経験、もしくは灌漑分野の支援を行う開発パートナー独自の基準を活用した設計が行われている。

その結果、同様の施設で異なる品質や構造強度が存在し、投資費用のばらつきや、統一性のない構造形状による運用維持管理の複雑化、各事業の設計基準パラメータが異なることによる品質検査の難しさ、MOWRAM の施設運営・管理コストが増大することにより、効果的な予算配分が阻害されるなどの課題が見られる。以上のことから、MOWRAM は「国家水資源管理・持続的灌漑計画及び投資プログラム 2019-2033」において、灌漑排水施設の設計、施工、監督にかかる国家基準の欠如による貯水・灌漑施設の設計・施工品質の違いを主要な開発課題とし、カ国に適した灌漑排水施設の標準設計基準書の策定を必要としている。

1.2 業務の概要

本業務の概要を以下に示す。

表 1-1 本業務の概要

項目	内容
上位目標	灌漑排水標準設計基準が国家基準として承認され、カ国の灌漑排水事業に適用される。
プロジェクト目標	MOWRAMにおいて、灌漑・排水施設の国家標準設計基準を策定・適用する体制が整備される。
成果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灌漑排水施設の国家標準設計図書（標準設計基準書、標準設計図、標準設計マニュアル）が策定される。 2. MOWRAMとPDWRAMが灌漑排水施設の標準設計図書を活用する能力が強化される。 3. MOWRAMにおいて標準設計図書の審査体制が確立される。
プロジェクトサイト／対象地域	首都プノンペン（MOWRAM）／カ国全域（標準設計図書作成のため）
Project-related Agencies	<ol style="list-style-type: none"> 1. 実施機関： MOWRAM の灌漑気象技術センター（以下、TSC）、工学局、灌漑農業局、農民水利組合局 2. 関連省庁： 農林水産省、公共運輸事業省、農村開発省、経済財務省 3. 開発パートナー： アジア開発銀行（以下、ADB）、フランス開発庁（以下、AFD）、豪国際開発庁（以下、AusAID）、韓国や中国の政府開発機関

1.3 プロジェクト・デザイン・マトリックス（Version 0）


以下に、プロジェクト・デザイン・マトリックス（以下、PDM）を示す。

表 1-2 本業務の PDM

Project Title: Project for Development of National Standard Design Documents for Irrigation and Drainage	Version 0
Implementing Agency: Ministry of Water Resources and Metrology (MOWRAM)	Dated January 5, 2022
Target Group: Engineering staffs of Technical Service Center (TSC), Engineering Dept., Irrigated Agriculture Dept., FWUC Dept. of MOWRAM, Engineering staffs of PDWRAMS	
Period of Project: March 2022 - March 2026 (Tentative)	
Project Site: Phnom Penh, Cambodia	

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption
<p>Overall Goal</p> <p>National standard design documents for irrigation and drainage structures are authorized as national standard, and applied to irrigation and drainage projects in the Kingdom of Cambodia.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Authorized standard design documents are published by MOWRAM. 2. Number of irrigation and drainage projects based on national standard design documents. 3. Examination committee is regularly held to review the national standard design. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Published National Standard Design Documents 2. MOWRAM Annual Report on Water Resource Management and Development 3. MOWRAM Meeting documents 	<ul style="list-style-type: none"> • There is no drastic change in the government policy in agriculture and water sector or irrigation sector.
<p>Project Purpose</p> <p>System of formulation and utilization of national standard design documents for irrigation and drainage structures is established in MOWRAM.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. At least XX standard design documents of irrigation and drainage structures are formulated by MOWRAM. 2. Understanding on National 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Standard design documents 2. Training records 3. Meeting documents 	<ul style="list-style-type: none"> • Other ministries, consultants and development partners, which are related to irrigation sector, accept and

	Standard Design Documents of engineering staff in MOWRAM and PDWRAMs increases XX% based on the capacity assessment. 3. Examination committee is held at least XXX times.		apply the standard to the irrigation and drainages projects.
Outputs			
1. National standard design documentations (design criteria, design drawings, technical specifications, and design manuals) for irrigation and drainage structures are developed.	1.1 Draft National standard design documents are developed.	1.1 Project Documents	• Engineering staff who participated in formulation and training of standard design documents remain in MOWRAM.
2. MOWRAM's and PDWRAM's capacity for applying national standard design documents for irrigation and drainage structures is strengthened.	2.1 XX trainers can conduct a training program on application of standard design documents. 2.2 XX% of engineering staff in MOWRAM and PDWRAM participated to new training course on standard design documents. 2.3 More than XX% of trainees achieved goals set up in the training course.	2.1 Training record 2.2 Training record 2.3 Training record	
3. Examination system for national standard design documents in MOWRAM is established.	3.1 Examination committee is established. 3.2 Draft design standard documents are provisionally approved.	3.1 MOWRAM documents 3.2 MOWRAM documents	
Activities	Activities		Pre-Conditions
1-1 Establish working groups and clarify roles and responsibilities of each group to formulate standard design documents	The Japanese Side	The Cambodian Side	• Other ministries, consultants and development partners, which are related to irrigation sector, accept and apply the standard to the irrigation and drainages projects.
1-2 Analyze problems on designs of existing structures in the irrigation and drainage systems through field surveys	1) Dispatch of experts - Chief Advisor - Coordinator/ Training/ Public Relations - Experts in the field of (1) Design criteria for Headworks (2) Design criteria for Canals & Structures (3) Meteorology/Hydrology (4) Geology (5) Soil Mechanics (6) Criteria for Gate (7) Survey and Training Planning	1) Counterpart - Project Director - Project Manager - Deputy Project Manager - Counterpart Personnel	
1-3 Review standard design documents applied to the existing structures, and analyze the problems		2) Office space and facilities for Japanese experts	
1-4 Determine policies for formulation of standard design documents based on the results of Activity 1-2 and 1-3		3) Operational cost such as administrative expenses, electricity, water, fuel, etc.	
1-5 Formulate the draft standard design criteria based on the formulation policy in Activity 1-4	- Other experts necessary to implement the activities		
1-6 Formulate the draft standard design drawings based on the formulation policy in Activity 1-4	2) Provision of machinery and equipment - Equipment necessary for Project activities		
1-7 Formulate the draft standard design manuals based on the formulation policy in Activity 1-4	3) Training in Japan and third countries		
1-8 Conduct consultative workshops with relevant ministries and development partners regularly to share the formulation of draft standard design documents			
2-1 Develop a training curriculum based on the design manuals for engineering staff of MORAM			
2-2 Develop training materials on the			

<p>standard design documents for engineering staff of MOWRAM</p> <p>2-3 Conduct training programs on the standard design documents for engineering staff of MOWRAM</p> <p>2-4 Revise the training materials depending on a degree of comprehension of trainee and questionnaire results, if necessary</p> <p>2-5 Design the selected irrigation structures to apply the standard design documents by engineering staff of MOWRAM</p> <p>2-6 Support TSC to conduct training programs to PDWRAMs on standard design documents</p> <p>2-7 Conduct a capacity assessment to check the level of understanding of trainees.</p> <p>3-1 Identify procedures to examine the standard design documents.</p> <p>3-2 Prepare the guidelines of examination committee to approve the standard design documents</p> <p>3-3 Establish the examination committee for standard design documents.</p> <p>3-4 Examine the draft standard design documents in the examination committee.</p> <p>3-5 Provide a guidance on provisionally approved standard design documents to relevant ministries and development partners.</p>			<div style="text-align: center;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-size: small;"> <Issues and countermeasures> </div>
---	--	--	---

出典：JICA

第2章 活動報告

2.1 業務の実施運営体制

本業務（以下、NaSDeP）については、本契約受注者（以下、「短期専門家」という。）に加え、日本国農林水産省の推薦に基づく長期専門家（チーフアドバイザー/審査制度構築）及び発注者が別途契約を締結した長期専門家（業務調整/研修/広報）が派遣されている。

チーフアドバイザー/審査制度構築は日本の法制度、行政制度の知見を踏まえ、プロジェクト全般にかかる総括や助言に加え、成果3の審査委員会設立に関連する内容を主に担当する。業務調整/研修/広報は、主に案件全体にかかるロジ面や予算の管理（支払いや経理等）を担当するとともに、チーフアドバイザー/審査体制構築の長期専門家とも協力して第三国研修の企画・運営、本邦研修の企画・運営及び広報全般にかかる活動を担当する。短期専門家は、成果1の標準設計図書の策定及び、成果2のMOWRAMへの研修及びPDWRAMへの研修支援について主に担当するものとする。短期専門家や契約内で備上する現地人材のロジや経費処理は、短期専門家が対応するものとし、加えて、MOWRAMの技術系職員向けの研修の講師と、灌漑技術センター（以下、TSC）が中心になって実施するPDWRAM向けの研修の支援を主に行うものとする。

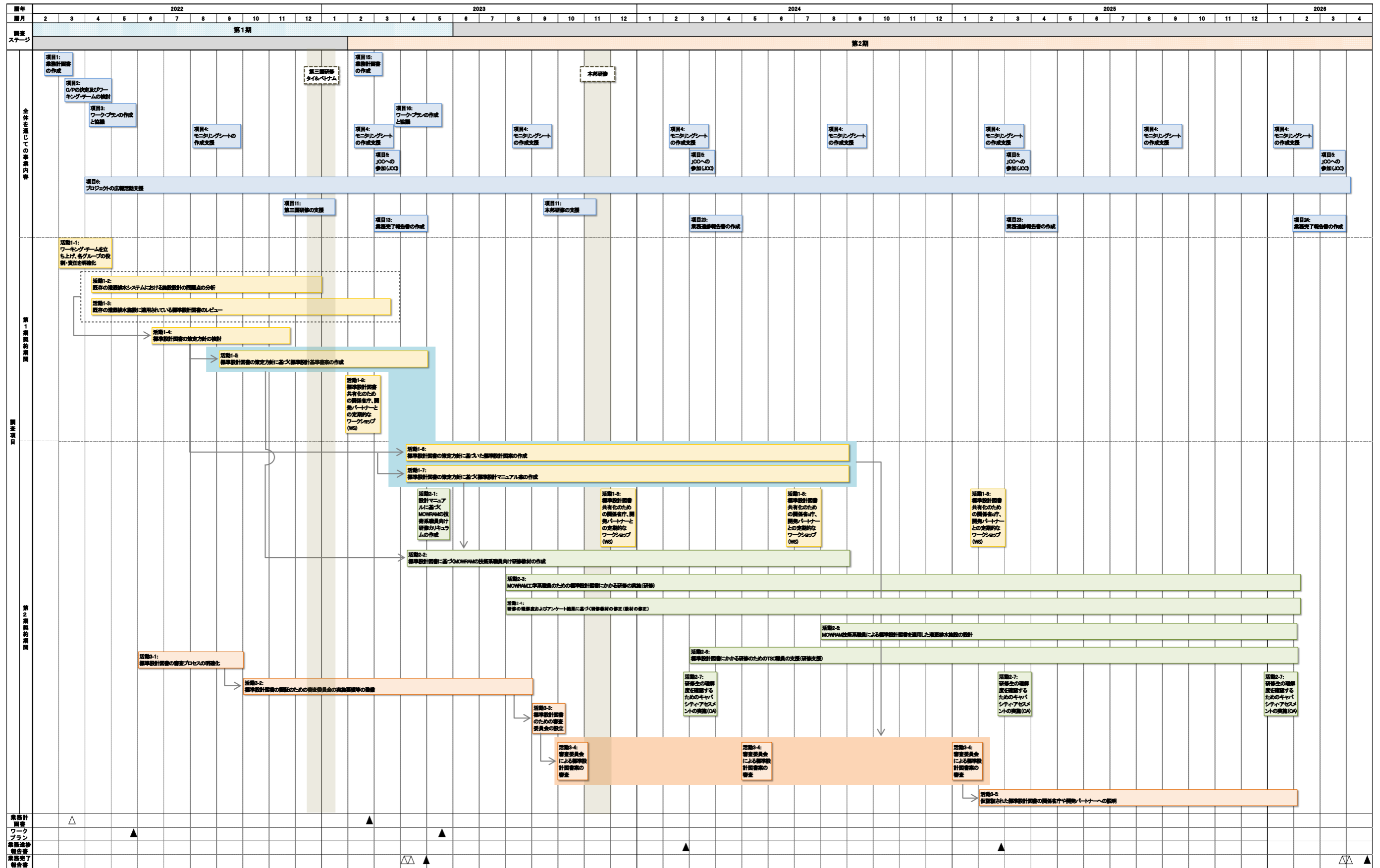
いずれの業務の実施に当たっても、長期専門家、短期専門家（両専門家を総称して「専門家チーム」という。）が十分な情報共有を進めながら共同体制を構築して推進するものとする。

2.2 業務実施の方法（作業フローチャート・作業計画・要員計画）

本業務は、4年間でMOWRAMの灌漑排水施設における標準設計基準書、標準設計マニュアル、標準設計図から成る国家標準設計図書の策定を行い、MOWRAMおよびPDWRAMの標準設計図書を活用する能力の強化を行いつつ、標準設計図書のための審査体制を確立した上で、同図書の仮認証までを行うものである。業務期間は2期に分けられ、第1期：2022年2月～2023年5月までの14か月間で標準設計基準の策定し、第2期：2023年2月～2026年4月¹までの38か月間で標準設計マニュアル、標準設計図を整備しつつ、並行して研修を通じたMOWRAMおよびPDWRAMの能力強化を行い、審査委員会（仮称）による策定された標準設計図書の仮認証を行う。

以上を勘案しつつ、本業務を効果的・効率的に実施するための業務実施方法について、図2-1の作業フローチャートに示した項目ごとに以下に詳述する。

¹ 第1期では既存灌漑事業の設計図書等の資料収集の遅れ、およびC/Pへの技術移転の実施により事業の進捗に遅れが生じたため、標準設計準書案の作成を達成するために2か月間の延長を行った。そのため、2023年2月～5月は契約期間が重複する。



出典：調査団

図 2-1 作業フローチャート図

第3章 プロジェクトの活動内容と結果

3.1 業務の内容

3.1.1 業務計画書の作成

共通仕様書に基づき、業務計画書（第1期）を作成し、発注者に提出し、承諾を得た。

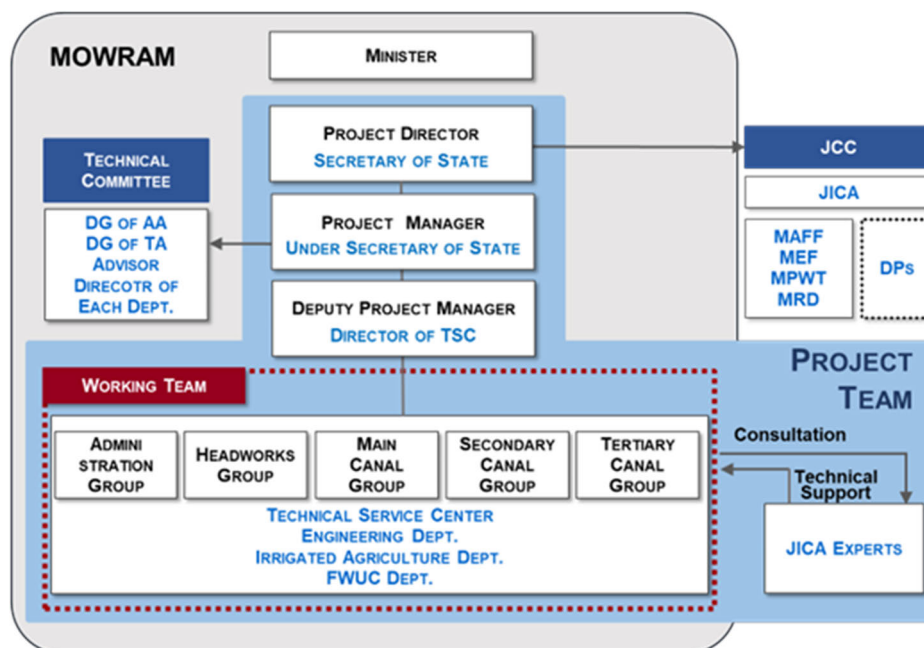
3.1.2 C/Pの決定およびワーキング・チームの編成

(1) C/Pの決定及びワーキング・チームの検討

本業務では、MOWRAM内の横断的な連携体制を構築していくことを前提として、MOWRAM大臣の承認により、TSC、工学局、灌漑農業局、農民水利組合局から23名のカウンターパート（以下、C/P）が選抜された。

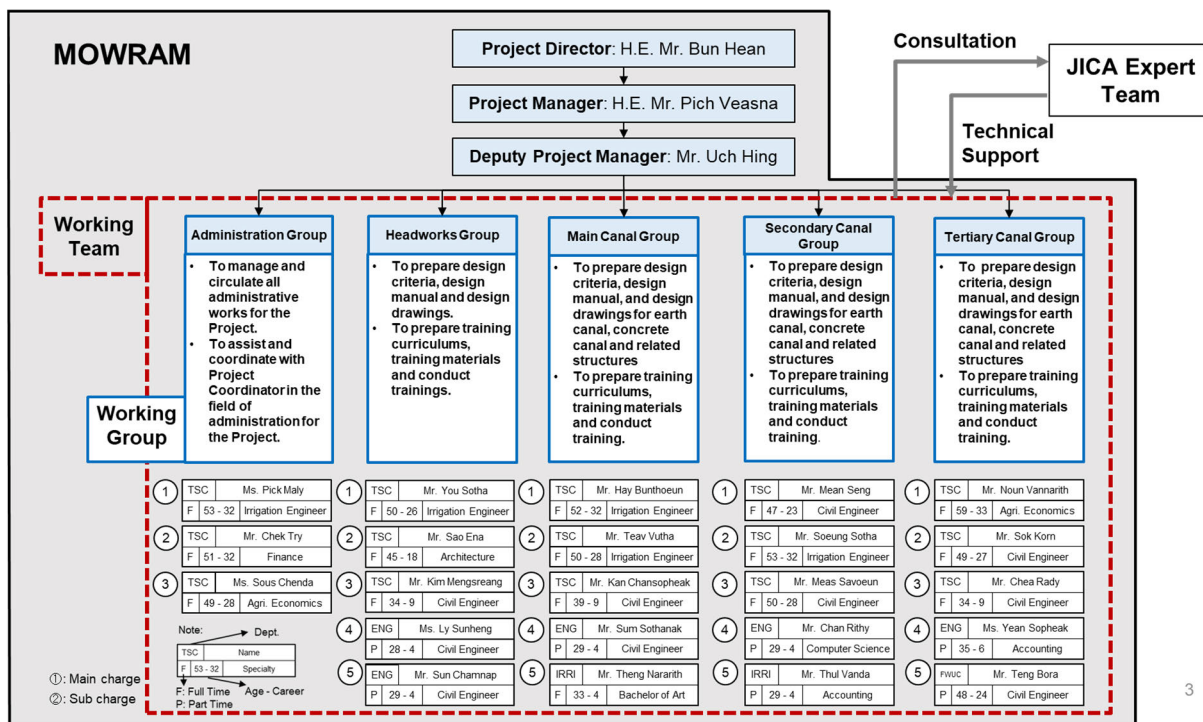
(2) ワーキング・チーム形成

更に、本業務の活動内容と目的に応じ、C/Pを所属部局の専門性や経験値を考慮して①頭首工チーム、②幹線水路チーム、③2次水路チーム、④3次水路チーム、⑤アドミチームとし、この五つのチームで構成されるワーキング・チームを2022年5月17日に形成し、各チームに主担当と副担当が任命された。このように部局単位のワーキング・チーム編成とすることで、本業務のプロジェクト・ダイレクター（MOERAM長官、Secretary of State）、プロジェクト・マネージャー（MOWRAM副長官、Under Secretary of State）、副プロジェクト・マネージャー（TSC局長、Director of TSC）からの指示命令が、各ワーキング・チームの主担当を通じてC/Pに的確に伝達できるようにした。図3-1に形成されたワーキング・チームを、図3-2にC/Pの一覧を示す。



出典：調査団

図3-1 ワーキング・チーム



出典：調査団

図 3-2 C/P 一覧

3.1.3 ワーク・プランの作成と協議の支援

本業務にかかる詳細計画策定調査結果等を踏まえ、プロジェクトの全体像を把握し、第1期の業務実施に関する基本方針（実施体制、活動内容、実施手法、業務工程計画など）や担当する分野第1期の業務計画（業務方針、内容、スケジュール、ワーキング・チームの構成・役割・責任など）を長期専門家、MOWRAMとも協議・検討した。以上の協議・検討結果を2022年4月22日のプロジェクトチーム会議および同年5月5日のキック・オフ会議で、JICA 専門家よりMOWRAMに説明し、承認を得た。

3.1.4 モニタリングシートの作成と協議の支援

モニタリングシートにおける各担当分の実施事項の計画と実施分を記入し、取りまとめを担当するチーフアドバイザーに協力をした。2023年3月段階のモニタリングシートをANNEX-1に添付する。

3.1.5 合同調整委員会（JCC）への参加

2023年3月22日に第1回合同調整委員会（以下、JCC）をチーフアドバイザーが開催し、3名の短期専門家（岩本、矢野、小原）が、会議に出席し、1期目の成果と第2期目の活動計画等の説明を分担するとともに、協議に参加した。なお、会議資料をANNEX-2に添付する。

3.2 既存灌漑事業の標準設計図書の収集・分析

カ国の国家標準設計図書（以下、NSDD）の策定方針の検討および NSDD 作成のため、国内外のデータ・情報収集および現地調査を行った。

3.2.1 既存事業の標準設計図書の収集・分析の企画

NSDD 案の策定方針の検討および NSDD 作成のため、国内外のデータ収集および現地調査を企画した。カ国の NSDD は、同国の自然環境、技術レベル、経済状況、営農形態等に合わせて策定する必要があることに考慮し、表 3-1 に示すデータの収集と現地調査を実施する調査計画案を作成し、C/P と協議し、MOWRAM の承認を得た。さらに手続きとして、MOWRAM 大臣から、調査協力依頼のレターを、対象となるプロジェクトのプロジェクトマネジメントユニット（以下、PMU）に送り、現地調査で収集する情報や調査票の作成等の準備を進めた。

表 3-1 データ収集および現地調査の条件および対象物

データ収集項目	収集対象	条件/確認事項	提案事項
1. 既存灌漑事業の標準設計図書	1) 収集対象事業：国内事業、主要開発パートナー（JICA、ADB、AFD、中国、韓国、インド、Aus-Aid）の事業 2) 収集データ：適用もしくは採用した標準設計基準 3) 対象者：MOWRAM工学局、灌漑農業局、農民水利組合局	<ul style="list-style-type: none"> ・ 入手先の明確化 ・ 入手の不可の明確化 ・ 情報の信頼性および精度 	詳細計画策定調査結果に基づき、開発パートナーの事業を実施しているPMUも対象者に含めた。
2. 東南アジア諸国における標準設計基準書および標準設計図	1) 対象国：タイ、ベトナム 2) 収集すべきデータ：灌漑排水開発事業における標準設計基準・標準設計図 3) 調査対象者：灌漑排水事業の計画・設計・設計監理を実施している部局	<ul style="list-style-type: none"> ・ 資料収集は、JICA現地事務所および長期専門家の協力を得て、メールベースにて対象部局に依頼 ・ 長期専門家の企画・実施による第三国研修を予定 	ミャンマーは政情が不安定であるため、また、ラオスは自然条件が異なるため、調査対象はタイ、ベトナムの二か国とした。
3. カ国内現地調査	1) 現地調査対象施設、計9～10システム 国内事業：小・中・大規模施設各3システム 開発パートナー事業：6～7システム 2) システムに含まれるべき施設：水源および取水施設（頭首工、ため池）、幹線水路、2次水路、およびこれら水路に設置されている全構造物 3) 調査対象者：PDWRAM、対象地区の農民水利組合（FWUC）および農民水利グループ（FWUG）、開発パートナー	<ul style="list-style-type: none"> ・ 宅地化やプランテーション化が進んでいない地域 ・ プノンペンから1日（1地区）又は1泊2日（2地区以上）で往復移動可能な地域 ・ 開発パートナーからの調査の了解が得られる地域 ・ 施設引き渡し後1年以上経過した地域 ・ MOWRAMにより現地調査実施の承認を受けたMOWRAMまたは開発パートナーによって実施した事業 	<p>1. MOWRAMとの協議により、ヒアリング調査と現地調査の両方に必要な時間を考慮して、ほとんどの現地調査旅行を「1泊2日」の「2地区以上/調査」とした。以下の6州が検討された。 （ ）内はプノンペンからの距離。 1) コンボンチャム（124 km); 2) コンボンチュナン（91 km); 3) コンボンスプー（48 km); 4) プレイベン（90 km); 5) Svay Rieng（122km）および 6) Takeo（77km）。</p> <p>2. 水文気象データが揃っているシステムが望ましい。</p>

出典：調査団

3.2.2 国家標準設計図書（NSDD）策定のための事前研修の実施

C/P との協働による NSDD 策定に先立ち、NSDD に関する C/P の理解を深め、また C/P の想定知識レベルと実際の知識レベルとのギャップを埋めることを目的とした専門家による予備ガイダンスを追加スコープとして実施した。C/P が NSDD の内容に精通し、将来の NSDD 策定に向けた能力強化に寄与すべく以下の予備ガイダンスを実施した。

表 3-2 C/P への予備ガイダンス実施記録(コンサルタント契約第 1 期)

No.	年月日	予備ガイダンス／研修内容	講師	C/P 参加人数
1	26-Apr'22	Questionnaire Forms for the Field Survey	Mr. YAMASHITA, Dr. IWAMOTO	18
2	4-May'22	Introduction of Engineering Manual for Irrigation & Drainage (JIID) for Head Works and Canal Works	Dr. Murugaboopathi, Dr. IWAMOTO	19
3	18-May'22	Field Investigation Items & Objectives (Headworks and Canal Works)	Dr. IWAMOTO, Dr. Murugaboopathi, Mr. ITO	16
4	16-Jun'22	- Documentation of Findings of Field Survey - Additional explanation on Canal and Headworks	Mr. ITO, Ms. OBARA	13
5	6, 8-Jul'22	Irrigation Terminology/ Definition of Canal Works	Ms. OBARA, Mr. ITO	10, 6
6	13-Jul'22	Irrigation Terminology/ Definition of Headworks	Mr. ITO	12
7	05-Aug'22	Findings of FS-2 (O-Mean and Stung Chinit Irr. Sch.)	Mr. ITO, Dr. IWAMOTO	12
8	10-Aug & 16-Aug'22	Finalization of Irrigation Terminology/ Definition of Canal works/ Headworks	Dr. IWAMOTO, Mr. ITO, Mr. UCHIMURA	12, 14
9	26-Aug'22	Findings of FS-3 (Lum Hach & A Chang Irr. Sch.)	Mr. TOKUWAKA, Dr. IWAMOTO, Mr. ITO, Mr. UCHIMURA	12
10	30-Aug'22	Pre-Guidance of FS-4 (Bantheay & Stung Tasal Dam)	Mr. ITO, Ms. Obara	15
11	13-Sep'22	Pre-Guidance of FS-5 (Bat Trang & Preck Chick Canal)	Ms. Obara, Mr. ITO	10
12	14,15- Sep'22	Findings of FS-5 (Bat Trang & Preck Chick Canal)	Mr. TOKUWAKA, Dr. IWAMOTO, Mr. ITO, Ms. OBARA	9
13	10 ct.'22	Findings of FS-4 (Bantheay & Stung Tasal Dam)	Canal & HW Team Mr. Tokuwaka, ITO	12
14	17 Oct. '22	Findings and Analysis of Field Survey Results Report on WRM Training In Korea	Mr. Tokuwaka, Mr. ITO, Ms. Obara, Mr. Sophak	15
15	13 Feb. '23	Short Lecture on Hydro-Meteorology Investigation and Flood discharge calculation	Mr. TSUCHIDA	8
16	24 Feb. '23	Short lecture on irrigation water requirement	Mr. TSUCHIDA	14
17	2 Mar. '23	Special Lecture by short term expert (Headworks, Hydrological Analysis, Geological Test)	Mr. ITO, Mr. TSUCHIDA, Mr. HAGI	14
18	Mar.-Apr. '23	Lecture and discussion on Design Criteria for Headworks Canal Works	Mr. ITO (5 sessions) Ms. OBARA (5 sessions)	12 (平均)

出典：調査団

3.2.3 既存事業の標準設計図書の分析結果による改善点

(1) 既存灌漑事業の標準設計図書の分析

MOWRAM および開発パートナーによって実施された灌漑事業の設計図書の比較については、3.3「現地調査の実施」で示す。

(2) 公共事業運輸省（MPWT）および地方開発省（MRD）の標準設計図書レビュー

公共事業運輸省（以下、MPWT）および地方開発省（以下、MRD）が既に策定した標準設計図書（以下、SDD）レビューの目的は以下の通り

- ・ カ国の実情に適した NSDD を策定する。
- ・ MPWT・MRD が既に策定した標準設計図書の構成や施行方法などを整理して、NSDD 策定・施行において適宜反映する。

表 3-3 MPWT および MRD の標準設計図書および審査システムに関する情報収集結果概要

Item	Ministry	MPWT	MRD
標準設計図書・技術仕様書一覧表 (Technical Standards (TS) 含む)		1) Road Design Standard Part 1 Geometry (2003) Part 2 Pavement (2003) Part 3 Drainage (2003) 2) Bridge Design Standard (2003) 3) Standard Drawings Part 1 Road (2011) Part 2 Road Structure (2013) 4) Construction Specification (2003) 5) Construction Cost Analysis (2006)	1) Rural Road Standard (2013) ("RRS") Section 1 Introduction Section 2 Classification of Rural Roads Section 3 Geometric Design Section 4 Earthworks Section 5 Pavement Section 6 Structure Section 7 Road Furniture Section 8 Unexploded Ordnance Section 9 Miscellaneous <Note: Final-Draft RRS was prepared in 2006> 2) Construction Specification for MPWT
支援開発パートナー		AusAID: 道路/橋梁 標準設計図書 JICA: 標準設計図面集	ADB: 上記の図書等全般
改定実施履歴		未	2016: クメール語翻訳版及び微修正
Legal basis		Prakas (省令)	Prakas (省令) - 2013 年英語版発行時の省令発出 - 2016年上記クメール語版発 行時の省令発出
技術仕様書 (TS) 作成および改定 プロセス		Technical team formed for establishment of a draft TS (Members: each department of MPWT).	Process for establishment/ revision of TS

出典：調査団

(3) 東南アジア諸国における標準設計図書（SDD）のレビュー

東南アジア諸国における SDD のレビューの目的は以下のとおりである。

- ・ カ国に適した NSDD を策定する。
- ・ カ国は、気候、地形、土壌特性など、タイやベトナムとの共通点を有する。
- ・ タイとベトナムで策定された各 SDD のパラメータを比較する。

1) 東南アジア諸国の基準見直し（頭首工）

頭首工の設計条件・パラメータに関しては、設計洪水量の決定が、対象河川に建設する取水堰の規模や種類を左右する上で最も重要である。そこで、日本、タイ、ベトナムの設計洪水量の決定手法を比較すると以下ようになる。

表 3-4 設計洪水量の決定手法の比較(頭首工)

日本	タイ	ベトナム
設計洪水量は、該当する河川の治水計画・改修計画に従い決定される。これら計画以外の場合、設計洪水量は、当該河川又は近傍の類似河川における既知の流量データ（信頼性の高い河川水位・流量計測データ）に基づいて決定する。 なお、信頼性の高い河川水位・流量計測が実施されていない場合は、頭首工設置予定地の当該河川上流域の流域の特性に基づき、合理式、タンクモデル法、貯留関数法等の計算方法を選択し設計洪水量を推定する。 (設計基準・頭首工運用-7.4) ²	対象集水エリア 3.2km ² 未満～800km ² (給水・排水設備設計基準 37頁) 合理式 Q = 0.278 CIA Q: 流量 m ³ /s C: 流出係数 I: 降雨強度 (mm/h) A: 集水域 (km ²) (給水・排水設備設計基準 36頁)	集水域CA=Fのケース分け方法 1) CA ≤ 100 km ² 2) CA > 100km ² (22TCN220:1995、3頁) ケース 1) 制限強度式 Q _p =A _p ・φ・H _p ・F・δ ₁ (m ³ /s) (22TCN220:1995 ³ 、3頁) ケース 2) 低減式 (22TCN220:1995、14頁)

出典：調査団

一般にカ国では、灌漑用の水源となる河川の内、治水計画および改修計画（以下、治水・改修計画）が策定された河川はかなり限定的で、SDD の入手・適用が困難である。したがって、頭首工の主要設計条件・パラメータである設計洪水量の決定手順を日本、タイ、ベトナムそれぞれの SDD 間で比較を行った。この結果、設計洪水量は、洪水頻度解析または流出解析のいずれかによって決定することが妥当と考えられる。

2) 東南アジア諸国の基準見直し（水路工）

日本の基準では、縦断勾配は水路内で洗掘が発生しないように設定することが規定されている。一方、傾斜が非常に緩いチャオプラヤデルタやメコンデルタのあるタイやベトナムの水路では 1/10,000 以上の緩勾配が使用されており、洗掘に加え、土砂堆積についても考慮しなければならない。特にベトナムの基準ではゼロ勾配が設定可能であるが、水路がゼロ勾配かつ設計流量が 50m³/s 以上の場合、不等流計算で断面を決定することとなっている。カンボジアのポルポト政権時代に建設された水路は、緩勾配や逆勾配となっているため、改修の際にはタイやベトナムの考え方が有効である。

² <https://public-comment.e-gov.go.jp/servlet/PcmFileDownload?seqNo=0000235512>

³ <http://cucqld.gov.vn/quy-chuan-tieu-chuan/chi-tiet/21>

表 3-5 縦断勾配の比較(水路工)

日本	タイ	ベトナム
<p>7-6 施設及び配置の制限条件 水路組織を構成する各施設及び構造物の配置は、<u>路線の地形等の立地条件に応じて、線形、縦断勾配及び土かぶり等を適切に決定しなければならない。</u> (解説) <u>水路の縦断勾配は、地形又は必要水位から定まるが、検討した流速では、水路内に洗掘が発生する場合があります、推理的、構造的に制限を必要とする場合もある。</u>したがって、水路の流速は水路の材質に応じ、洗掘又は著しい摩耗等の支障が生じない範囲としなければならない。 (設計基準「水路工」)</p>	<p>通常、水路の縦断勾配は1/1,000～1/10,000で設定される。また、以下の条件がある。 1) 水路沿いに敷設すること。 2) 土砂の性質と量の把握。 3) 設計者の裁量による。 また、土砂堆積が予想される場合には対策が必要である。 (Design standard for irrigation and drainage systems)</p>	<p>1) 急傾斜の地形を通過し、運河内の流れに沖積土が多く含まれる場合：1/2,000～1/3,000 2) 貯水池から供給され、地形が急でない場合：1.3,000～1/5,000 3) 平坦な地形を通過する場合：1/5,000～1/15,000 特殊なケースとして勾配をゼロとすることが可能であるが、以下を満たす必要がある。 1) 損失水頭が大きいこと。 2) 土砂堆積や侵食がしょうじないこと。 3) 水路工事の掘削・盛土が最小量であること。 (TCVN4118-2021)</p>

3.3 現地調査の実施

3.3.1 既存事業の情報の収集・分析の企画

カ国 NSDD の策定方針の検討および NSDD 作成のため、現地調査を行った。なお、カ国 NSDD 策定に際しては、同国の自然環境、技術レベル、経済状況、営農形態等に合せて策定する方針として現地調査を事前に企画した。表 3-6 に現地調査実施における対象事業・項目ならびに確認事項等を示した。

表 3-6 現地調査の条件、対象事業・確認事項

データ収集項目	収集対象	条件／確認事項	提案事項 (結果)
3カ国内 現地調査	<p>1) 現地調査対象施設、計9～10システム 国内事業：小・中・大規模施設各3システム 開発パートナー事業：6～7システム</p> <p>2) システムに含まれるべき施設：水源および取水施設（頭首工、ため池）、幹線水路、2次水路、およびこれら水路に設置されている全構造物</p> <p>3) 調査対象者：PDWRAM、対象地区のFWUCおよびFWUG、開発パートナー</p>	<ul style="list-style-type: none"> 宅地化やプランテーション化が進んでいない地域 プノンペンから1日（1地区）又は1泊2日（2地区以上）で往復移動可能な地域 開発パートナーからの調査の理解が得られる地域 施設引き渡し後1年以上経過した地域 MOWRAMにより現地調査実施の承認を受けたMOWRAMまたは開発パートナーによって実施した事業 	<p>1. MOWRAMとの協議により、ヒアリング調査と現地調査の両方に必要な時間を考慮して、ほとんどの現地調査旅行を「1泊2日」の「2地区以上／調査」とした。 以下の6州が検討された。（ ）内はプノンペンからの距離 1) コンボンチャム (124 km); 2) コンボンチュナン (91 km); 3) コンボンズプー (48 km); 4) プレイベン (90 km); 5) Svay Rieng (122km) および 6) Takeo (77km)。 2. 水文気象データが揃っているシステムが望ましい</p>

出典：調査団

なお、標準設計基準等を適用した既存事業の現地調査対象地区選定では、次の選定基準を考慮した。

- 建設が完了している頭首工または貯水池を備えた灌漑地区
- 可能な限り支援活動が活発な各開発パートナーから 1～2 地区程度・1泊2日（1地区）／2泊3日（2地区以上）で適用
- 特に、国内事業は、MOWRAM の推奨を受けた地区を基本に選定し、事業に係る情報やデータについては、MOWRAM が所轄する事業の設計と建設を全般的に担当する工学局より収集した。

現地調査対象地区の選定後、収集した設計報告書、図面、設計計算書などの情報やデータに基づき、調査実施前に設計概要レポートを作成した。現地調査は、表 3-7 に示す 10 事業地区で実施し、このうち開発パートナーの資金協力事業が 8 地区、MOWRAM 国内事業は 2 地区であった。その他、国内事業 3 地区については、設計図書のレビューのみを行った。

表 3-7 現地調査選定地区および実施日程一覧表

No.	年月日	事業地区名/州/（資金源）	工事内容（工事完了年）	C/P 参加人数
A. 開発パートナーの資金協力事業				
FS-1	2022・5・24	1. カンダルスタン灌漑/カンダル州/(JICA)	1. 頭首工 灌漑排水ネットワーク (2007)	19
FS-2	2022・7・27	2. オーミーン灌漑/コンポントム州/(ADB)	2. ダム、灌漑排水路網 (2016)	12
	2022・7・28	3. スタンチニット灌漑/コンポントム州/(ADB-AFD)	3. ダム、灌漑排水路網 (2008)	
FS-3	2022・8・17	4. ルムハック灌漑/コンボンチュナン州/(JICA)	4. 頭首工、灌漑排水路網 (2020)	13
	2022・8・18	5. アチャン灌漑/コンボンチュナン州/(中国)	5. 頭首工、灌漑排水路網 (2019)	
FS-4	2022・8・31	6. バテアイ洪水防除・灌漑/コンボンチャム州/(KOICA)	6. 堤防、灌漑排水路網 (2010)	16
	2022・9・01	7. スタンタサルダム/コンボンズブー州/(インド)	7. ダム (2016)	
FS-6	2023・2・09	8. ダムナックアンピル灌漑/プルサット州/(JICA)	8. 頭首工、灌漑排水路網 (2020)	13
B. MOWRAM 国内事業				
FS-5	2022・9・14	9. バトラン頭首工・プレチック幹線水路/コンポントム州	9. 頭首工 (2019)	9
	2022・9・15		灌漑幹線水路 (2020)	
FS-6	2023・2・09	10. チェタオック頭首工/プルサット州	10. 頭首工 (2021)	13

出典：調査団

選定・現地調査実施 10 地区および SDD レビューのみの 3 地区の各事業概要と地区の状況、設計図書の入手状況を整理し、表 3-8、表 3-9 に示す。

表 3-8 選定地区事業概要、設計図書の入手状況一覧表(開発パートナー資金協力事業)

項目	地区	カンダ ル スタン	ルムハ ック	オーミ ーン	スタン チ ニ ット	アチャ ン	バテ アイ	ストウ ンタ サル
1.資金源		JICA	JICA	ADB	ADB-AFD	China	KOICA	India
2.州		カンダ ル	コンボ ンチュ ン	コンボ ントム	コンボ ントム	コンボ ンチュ ン	コンボ ンチャ ム	コンボ ンスブ ー
3.工事完了年		2007	2020	2016	2008	2019	1. 2008 (洪水防除) 2. 2010 (灌漑)	2016
4.灌漑面積 (ha)		1,950	3,289	764	2,960	10,300	8,000	ポ テンシ ヤル 10,000(乾 季作) 25,000(雨 季作)
5.灌漑規模		中規模	中規模	中規模	大規模	大規模	大規模	大規模
6.水源(河川等)		フレク トノッ ト川	ボ リボ 川	ストウ ン川	スタン チニ ット 川	ボ リボ 川	ト レサ ッ 川	ストウ ンタ サル 川
7.設計図書 (入手状況)								
- 設計報告書		有	有	有	有	-(F/S、部分)	-	-
- 設計基準書		有	有	有(案)	有(案)	-	-	有
- 設計図面		有	有	有	有	-	-	-
8.現地調査		実施、FS-1	実施、FS-3	実施、FS-2	実施、FS-2	実施、FS-3	実施、FS-4	実施、FS-4

出典：調査団

表 3-9 選定地区事業概要、設計図書の入手状況一覧表(MOWRAM 国内事業)

項目	地区	Bat Trang Headworks	Preck Chick Main Canal	Aang Teuk Chher Taok Headworks	Ang Teuk Ronesh Dam	Aang Teuk Koun Satv Dam	Aang Teuk Pack Sla Dam
1. 資金源		MOWRAM	MOWRAM	MOWRAM	MOWRAM	MOWRAM	MOWRAM
2. 州		コンボ ントム		ブルサ ット	ケッ プ	カンボ ット	カンボ ット
3. 工事完了年		2019	2020	2021	2019	2020	2021
4. 灌漑面積 (ha)		499 (雨季稲作) 772 (乾季稲作) 10 (その他)		2,018 (雨季稲作) 182 (乾季稲作) 20 (その他)	820 (雨季稲作) 320 (乾季稲作) 20 (その他)	2,000 (雨季稲作) 680 (乾季稲作) 320 (その他)	758 (雨季稲作) 195 (乾季稲作) 410 (その他)
5. 灌漑規模		中規模		中規模	中規模	中規模	中規模
6. 水源 (河川等)		ストウ ン川		Streams of Cardamom mountain range (Tributary of Pursat River)	Vor Mountain	Vor mountain, Bos Ninh mountain, Knol mountain, Ou Thom mountain	Vor mountain, Ta Cham stream, Chruos Speu stream, Jorg Kor stream
7. 設計図書 (入手状況)							
- 設計報告書		-	-	-	-	-	-
- 設計基準書		-	-	-	-	-	-
- 設計図面		有	有	有	有	有	有
8. 現地調査		実施、FS-5	実施、FS-5	実施、FS-6	N.A	N.A	N.A

出典：調査団

JICA 資金協力事業全般およびアジア開発銀行（以下、ADB）の資金協力事業の内、最近実施された事業（オーミーン地区）に関しては、PMU より設計基準図書が提供され設計手順の追跡

が明確に実施でき、「設計概況報告書」に反映した。一方、他の開発パートナー資金協力事業については PMU からの資料が提供されず、限定的な情報を主に Web サイトを通じて収集した（予備フィージビリティ報告書、事後評価報告書、標準図面、現場写真など）。このため、これらの他開発パートナー事業地区については「設計概況報告書」は、入手した限定的な情報に基づき作成され、水路・関連構造物の種類、数、位置、構造寸法、外観、状態等の確認を現地調査で行い補完した。また、国内事業については、MOWRAM 工学局より簡易概要報告書ならびに設計図面の提供を受けるとともに設計条件・手法に関して口頭説明を受けた（例：水路工は既往 JICA 技プロ（TSC-1～TSC-3⁴、日本の基準書）に準拠、頭首工はロシアの設計手法に準拠など）。

3.3.2 既存事業の情報の収集・分析の結果

(1) 現地調査における比較分析のための視察ポイント

既存事業の現地調査では、各地区において施設の運営・維持管理（以下、O&M）を担う各州の PDWRAM 担当者や FWUC 役員等への聞き取り調査ならびに現地での視察を通じて、問題点・課題と優良事例（グッドプラクティス）の双方を慎重に抽出した。さらに、抽出した課題や優良事例については全般的評価に加え、「設計」、「建設」、「O&M」の各段階に分けて問題分析および原因分析を行った（表 3-10）。この内、特に「設計段階」の留意事項や改善ポイントを適宜抽出し、NSDD における現地状況を踏まえた改善ポイントとして反映を図る方針とした。

表 3-10 現地調査における視察のポイントおよび課題の原因分析、NSDD 策定に向けた留意事項

段現地調査の視察ポイント	確認した課題の原因分析			NSDD策定に向けた留意事項
	設計段階	建設段階	O&M段階	
<頭首工> ・ 施設全体の状態・機能（土木構造物） ・ ゲートの動作状況と機能 ・ 頭首工下流における河床・護岸の状態 ・ 構造物の型式選定／位置の妥当性 ・ その他の確認結果	適切な計算方法や仕様に基づく設計が行われているか	設計（寸法・仕様）に基づいた適切な工法・仕様で施工が行われているか	各施設の運転操作は適切に行われているか、整備・O&Mは適切に行われているか	特定された問題の主な原因が「設計段階」にある場合、改善のために留意すべきこと（計算方法（水圧条件、長さ、安定性）、仕様など）
<水路工> ・ 施設全体の状態・機能（土木構造物） ・ ゲートの動作状況と機能 ・ 施設下流における水路底・護岸の状態 ・ 構造物の型式選定／位置の妥当性 ・ その他の確認結果				

出典：調査団

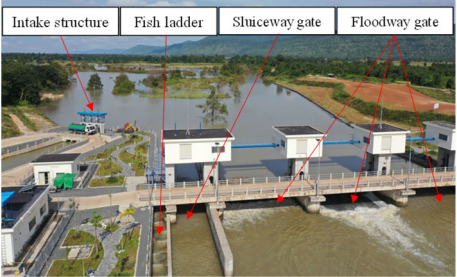
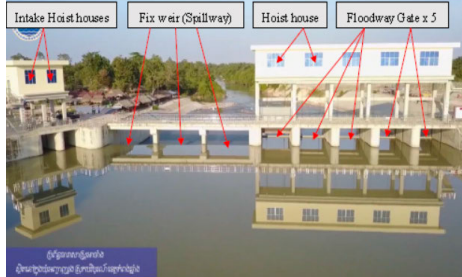
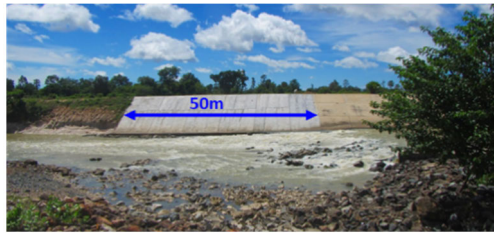


⁴ カンボジア 灌漑技術センター計画プロジェクト（Technical Service Center for Irrigation System Project）

3.3.3 現地調査による視察結果と所見（頭首工）

(1) 現地調査による視察結果と所見

現地調査における視察ポイント、問題の抽出および原因分析に基づき、調査分析結果から得られた設計段階の留意事項・改善事項を抽出し、表 3-11 に整理した。

表 3-11 NSDD 策定に向けて反映すべき優良事例と課題、留意事項(頭首工)

重要な設計フィードバックの事項	設計段階の分析・検討および参考比較用写真など	
頭首工取水堰のゲートおよび魚道等の構成	 <p>魚道と土砂吐ゲートを適切に設置（良好）</p>	 <p>魚道と土砂吐ゲートの設置が無い（課題）</p>
河川流況・地質条件に対する河床・護岸の保護工	 <p>頭首工下流河床の侵食（課題）</p>	 <p>頭首工下流護岸の侵食（課題）</p>
取入口施設構成におけるゴミ等浮遊物の流入防止対策	 <p>取水ゲート前面にスクリーンあり（良好）</p>	 <p>取水ゲート前面にスクリーン無し（課題）</p>
<ul style="list-style-type: none"> - 取入口付近に土砂吐ゲートを設計・設置し、土砂排出を促進し、土砂の灌漑用水路システムへの流入を可能な限り防止する。定期的な堆積土砂のモニタリング実施も必要である。 - 河川生態系を保全するために、魚道を設計・設置する。また、魚道設置の要否基準も明確にする。 		
<ul style="list-style-type: none"> - 頭首工下流の減勢池と河床接続部に局地的な洗掘が見られた。 - 頭首工下流の護岸法面の侵食が激しく、追加護岸工事が行われた状況を確認した。 - 事業完成時における減勢池下流と護岸の保護工長が、河川流況特性や地質条件に対して、十分ではなかった。 - MOWRAM/PDWRAMによる上述の保護工延長工事は、事業完成後わずか2、3年で実施されている。 		
<ul style="list-style-type: none"> - ゴミ等浮遊物の灌漑用水路システムへの流入を可能な限り防止/低減するため、 <ul style="list-style-type: none"> i) 取入口の取水ゲート前面にスクリーン設備を設計・設置する ii) 取入口の敷高は河床標高より高く設計する 		

重要な設計フィードバックの事項	設計段階の分析・検討および参考比較用写真など		
管理施設近代化における電気・電子機器の落雷からの保護対策	 <p>電動巻上げ設備上空を避雷針で保護（良好）</p>	 <p>電動巻上げ設備上空の避雷針保護無し（課題）</p>	
洪水流の安全・円滑な流下操作のための水門扉下部・上部での適正な余裕高の確保（水門扉による洪水流下を阻害せず、水門扉及び堰柱に過剰な静水圧負荷を掛けない）	 <p>水門扉下・上部で適正な余裕高を確保（良好）</p>	 <p>水門扉の下・上部の余裕高の不足（課題）</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - 避雷針は、各種電気・電子機器システムを保護するために、機側巻上げ建屋および管理所近傍上空に設計・設置する必要がある（特に、管理施設の近代化の下で常設電動ゲートシステムを導入する場合）。 - 水門扉の下部（Fb-1）と上部（Fb-2）における余裕高を適正に設定・設計することにより、設計洪水量および超過洪水量を安全に流下させる。これにより水門扉および堰柱に過剰な静水圧荷重を掛けず、頭首工施設の損傷を防止する必要がある。設計洪水位が水門扉に接触すると、水門扉・堰柱に余分な静水圧荷重が掛り、構造上危険。 <ol style="list-style-type: none"> Fb-1: 水門扉の下部＝設計洪水位と水門扉下端標高の間の余裕高。設計洪水量に基づき適切に設定する（次項(3)の表 3-12を参照）。 Fb-2: 水門扉の上部＝水門扉天端標高と操作台スラブの下部標高の間の余裕高。 - 設計洪水位と設計取水位の設定に際しては、頭首工の上流にある橋梁（管理橋含む）における余裕高を十分に考慮する。例：国道橋等 		
ゲート設備及びその他機器に関する点検結果と改善・修繕の課題			
洪水吐ゲートの据付けにおける不具合の是正・対策	 <p>洪水吐ゲート（ローラー型）</p>	 <p>ローラー（軸受け）部の変形</p>	 <p>正常な軸受け部</p>
洪水吐ゲートの巻上げワイヤーロープのたるみ			
	<ul style="list-style-type: none"> - ローラー型洪水吐ゲート：左岸側ローラー軸受け部が変形。水門扉据付時における配置が左右不均等であったと推定。水門扉から受ける水平荷重が軸受けに均等に伝わらず、軸受け部の破損が確認された。将来の水門扉開閉操作に支障が出る恐れがあり。 - 対策：水門扉の再据付け・調整による改修工事が必要、推奨される。 		

重要な設計フィードバックの事項	設計段階の分析・検討および参考比較用写真など
	<p style="text-align: center;">洪水吐ゲート:ワイヤーロープたるみ シーブ部 (右岸側) シーブ部 (左岸側)</p> <ul style="list-style-type: none"> - ワイヤーロープにたるみが確認され、放置すると将来シーブ部からワイヤーが外れゲートの開閉操作ができなくなる恐れがある。 - 対策：ワイヤーロープの張力を早期に元に戻す必要あり。その他、ワイヤーロープたるみ検知センサーの設置等が望ましい。
<p>比較的大きなストローク高によりスピンドルシャフトの変形。同シャフトの支持桁設置、シャフト直径寸法の精査</p>	 <p style="text-align: center;">取水ゲート (ストローク大) スピンドルシャフト変形 参照：シャフト保護支持桁 (良好)</p> <ul style="list-style-type: none"> - ゲートのストローク (操作範囲) が必要以上に高くスピンドルシャフトが変形している。今後、開閉操作を繰り返すと変形が悪化し、開閉できなくなる恐れがあり。 - 対策：スピンドルシャフトを鉛直に修理又は交換する必要あり。また、シャフトの変形防止用に支持桁の追加設置が望ましい (参考：支持桁付水路ゲート)。 - 対策：シャフトにかかる最大操作荷重に対するシャフト径の精査も必要。
<p>ゲートと管理橋兼道路端部の間が広いが安全柵が未設置</p>	 <p style="text-align: center;">洪水吐ゲートの安全柵欠如 ゲートとスラブ端部 Ref: 安全柵設置例 (良好)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 洪水吐ゲートと管理橋兼道路端の間に安全柵がなく、非常に危険 (通行者転落の恐れあり)。 - 対策：緊急な安全柵設置が必要。オペレータ、居住者・子供、交通の川への転落を防止。
<p>ゲート上端水切りスポイラーの欠落 (河川水・洪水のゲート越流時の安定用)</p>	 <p style="text-align: center;">洪水吐ゲート上端部の水切りスポイラーの破損・流失 参考：水切りスポイラー付ゲート</p> <ul style="list-style-type: none"> - 洪水吐ゲート上端部に設置された水切りスポイラーが流失 (錆びて破損・流失と推定。スポイラーは、河川水・洪水越流時に整流し異常振動の発生を軽減防止し、扉体、付属品の保護、スイッチギア等の機器の誤動作を防止するもの)。 - 対策：越流時に発生する異常振動を軽減し、ゲート扉体や付属品の保護、機器誤動作防止のため、スポイラー再取付けが望ましい。

出典：調査団

(2) 主要設計条件・パラメータ比較

設計図書レビューと現場視察に基づき、選定事業間で頭首工設計における主要設計条件・パラメータを比較し、整理した (設計洪水量と再現期間、余裕高)。確認した差異を以下に示す。

1) 設計洪水量および再現期間（平均再現期間（ARI））の比較

設計洪水量の決定に用いる「再現期間」が事業間で異なるため、合理的な根拠が必要である。再現期間は頭首工の上下流に位置する既存の道路橋梁や鉄道橋梁等の重要インフラで規定されることがある点にも留意が必要である。

表 3-12 設計洪水量および再現期間の比較

地区名 項目	カンダルスタン	ルムハック	オーミー	スタンチニット	アチャン
資金源	JICA	JICA	ADB	ADB-AFD	中国
設計洪水量	240 m ³ /s (可動堰部)	430 m ³ /s	216 m ³ /s	1,985 m ³ /s	322 m ³ /s
再現期間: T	100 years	100 years	100 years	50 years	20 years
備考	頭首工直下流に国道3号線橋梁	頭首工下流に国道5号線橋梁	頭首工下流に州道橋梁	-	頭首工下流に国道5号線橋梁

出典：調査団

<ul style="list-style-type: none"> - 再現期間・確率年（日本） <ul style="list-style-type: none"> i) ダムの場合、一般に再現期間T=100年以上程度が適用される。 ii) 頭首工については、設計条件および特に頭首工の上流側資産状況（橋、鉄道、都市など）とその保護を考慮する。 - 再現期間の比較（設計図書レビュー・現地調査）の結果、頭首工設計における再現期間の設定方法は、既存事業地区間で明確でないため、NSDDで合理的な根拠を示す必要がある。 	 <p>カンダルスタン頭首工（2020年10月の洪水） 出典: https://www.facebook.com/mowramcambodia/posts/1455509947974240</p> <p>2020年10月に、設計洪水量を上回る超過洪水（推定T=200~300年）が発生したが、頭首工の越流は起きず損傷も受けなかった</p>
--	---

出典：調査団

2) 設計洪水量および余裕高の比較

設計洪水量に対する「余裕高」が事業間で異なるため、合理的な根拠の設定が必要である。なお、上述のカンダルスタンにおける実績（100年確率設計洪水量とそれに対応する余裕高1.0m内で推定200~300年確率洪水量を安全に流下させた）に鑑み、日本の基準を踏襲する方針とする。

表 3-13 設計洪水量および余裕高の比較

地区名 項目	カンダルスタン	ルムハック	オーミー	スタンチニット	アチャン
資金源	JICA	JICA	ADB	ADB-AFD	中国
設計洪水量	830 m ³ /s (プレトット川全体)	430 m ³ /s	216 m ³ /s	1,985 m ³ /s	322 m ³ /s
余裕高	1.00 m	0.60 m	0.55 m	0.50 - 0.60 m	1.75 m

出典：調査団

余裕高（日本）
・頭首工における余裕高は、国土交通省が規定する河川構造例に基づき、設計洪水量の範囲に基づいて設定されている。

区分	設計洪水量 (Q): (単位: m ³ /s)	設計洪水位に加える余裕高 (単位: m)
1	Q < 200	0.6
2	200 ≤ Q < 500	0.8
3	500 ≤ Q < 2,000	1.0
4	2,000 ≤ Q < 5,000	1.2
5	5,000 ≤ Q < 10,000	1.5
6	10,000 ≤ Q	2.0

出典: 河川構造令、国土交通省（日本）監修

3) 護床工・護岸工の比較

頭首工本体及び洪水吐の施設の安全性確保においては、特に下流側の護床工及び護岸工の長さが重要であるが、事業間での基準が不明確であり差異もみられる。そこで、上下流の最大水压差や、洪水流下時の流況等を加味した合理的な根拠の設定が必要である。なお、下流エプロンの設計では、一般的に、注釈に示す式が適用されており、浸透路長の検討を経て決定される。この際、表 3-14 の備考に記載された特殊条件も加味する必要性が考えられる。

表 3-14 護床工・護岸工の比較(エプロン、洪水敷含む)

項目	地区名	カンダルスタン	ルムハック	オーミーン	スタンチニット	アチャン
資金源		JICA	JICA	ADB	ADB-AFD	中国
設計洪水量		240 m ³ /s (可動堰部)	430 m ³ /s	216 m ³ /s	1,985 m ³ /s	322 m ³ /s
護床工・護岸工		特に問題なし	河床:問題ない 護岸:洗堀あり	護岸:洗堀あり	パイピングが発生の模様	河床・護岸: ともに洗堀あり
備考		-	護岸区間に分散性土壌が分布 河道が左方向に緩くカーブ	護岸工長と形式が不適切な可能性あり	横越流式洪水吐き延長が長い(750m) 同洪水吐き上流側洪水位と下流側水位の水位差が大きい	護岸区間に分散性土壌が分布

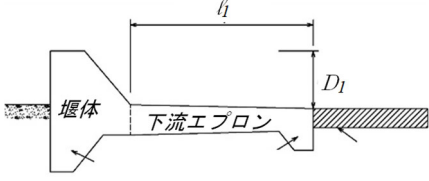
出典：調査団

➤ エプロンの設計事例 (日本)

$$l_1 = 0.6C\sqrt{D_1}$$

ここに

l_1 : 下流エプロンの長さ(m)
 D_1 : エプロン下流端の上面から堰頂までの高低差 (m)
 C : プライの係数 C

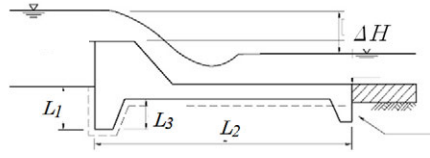


➤ 浸透路長の検討 (例: プライの方法の場合) : パイピング防止のために必要な浸透経路長を確保する。

$$S \geq C \cdot \Delta H, \quad S = L_1 + L_2 + L_3$$

ここに

S : 堰の基礎面に沿って測った浸透路長 (m)
 C : 基礎地盤の種類によって異なる係数
 ΔH : 上下流最大水位差




スタンチニットの横越流式洪水吐

スタンチニット地区では、横越流式洪水吐の延長が非常に長く (L=750m)、洪水吐構造物の下部層に沿って漏水発生 (パイピング) がみられた。エプロン設計に適用した C や D_1 の過小評価も原因と推察される。



出典：調査団

3.3.4 現地調査による視察結果と所見 (水路工)

(1) 現地調査による視察結果と所見

現地調査における視察ポイント、問題の抽出および原因分析に基づき、調査分析結果から得られた設計段階の留意事項・改善事項を抽出し、下表に整理した。

表 3-15 NSDD 策定に向けて反映すべき事例と課題、留意事項 (水路工)

重要な設計フィードバックの事項	設計段階の分析・検討および参考比較用写真など	
分散性土が存在するエリアでの対策の必要性	 <p>分散性土によるランニング工の崩壊 (プロジェクト後)</p>	 <p>現地調査時にはランニング工の崩壊が見られなかった</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - 分散性土の影響によりランニング工が崩壊した。 - 分散性土への適切な対策が必要である。(ここでは、崩壊した箇所だけ修理できるようにコンクリートブロックランニング工を採用している。) 	

重要な設計フィードバックの事項	設計段階の分析・検討および参考比較用写真など	
付帯施設の設置	 <p style="text-align: center;">ステップの設置</p>	
支線水路の分水工のゲートに対するフリーボードや余裕高の配慮	 <p style="text-align: center;">余裕高が考慮されている</p>	 <p style="text-align: center;">余裕高が考慮されていない (水位痕跡がゲート下端よりも高い位置)</p>
適切な設計水位の設定	 <p style="text-align: center;">水位がゲート高さより高い</p>	
適切な継目の設置	 <p style="text-align: center;">構造物からの漏水</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - 水路周辺の人々が水路にアクセスしやすいようにステップが設置されている。 - 設計時には、水路の新設・改修に伴い影響の出る施設（洗い場、橋梁等）を確認する必要がある。 - チェックゲートはゲート巻上げ機や構造物の安全確保のため、設計時に水位に余裕高、巻き上げ余裕高を考慮する必要がある。 - 設計時に想定していたよりゲートへ荷重がかかっていることが予想される。設計の際には、現地の状況を踏まえて適切な設計水位を設定しなければならない。 - 構造物の強度を確保するため、適切な継目を設置する必要がある。漏水を防ぐためには止水板を用いる。 		

重要な設計フィードバックの事項	設計段階の分析・検討および参考比較用写真など	
適切な水位調整施設の設置		
コンクリートのひび割れに対する対策		
構造物の十分な締固めの必要性		

- 台形水路の水位調整工に角落し板が未整備で、農民による水位調整が困難
- 水位調整工にゲートもしくは角落し板が要設置

- コンクリートの強度不足、またはゲートを下げすぎたことによるコンクリートのひび割れが見られた。
- 予想される荷重を用いて適切なコンクリート強度（厚さ、鉄筋量等）となるように設計する。また、ゲート開度を示すゲージ等を設置する。

- 構造物まわりの土は注意を払って適切に締固める必要がある。締固めの際には使用する機材も検討しなければならない。

出典：調査団

(2) 主要設計条件・パラメータ比較

設計図書レビューと現場視察に基づき、選定事業間で水路工設計における主要設計条件・パラメータを比較し、整理した。

1) 許容流速

水路の流速は、維持管理の観点から土砂の堆積が起こらず、植物が繁茂しないように設定する必要があり、一般的に土砂堆積が発生しない流速（0.45～0.9m/s 以上）および植物の生育が防止される流速（0.7m/s 以上）が望ましいと言われている。しかし、今回設計図書を入手したプロジェクトは、ポルポト政権時代に建設された灌漑システムの改修であり、既存水路勾

配は非常に緩やかであったため、各プロジェクトの設計流速は表 3-16 表 3-16 のとおりとなっている。この場合には、水路への土砂流入を防ぐ対策や定期的な維持管理が求められる。

表 3-16 設計流速

項目	地区名	カンダルスタン	ルムハック	オーミーン	スタンチニット
資金源		JICA	JICA	ADB	ADB-AFD
設計流速		0.2m/s程度 (幹線水路)	0.4～1.0m/s程度 (幹線水路) ※許容流速を下記に 設定(設計図書) 土水路0.3～0.9m/s ライニング水路0.5～1.5m/s	0.2m/s程度 (幹線水路)	- ※許容流速を下記に 設定(デザインマニ ュアル) 土水路0.5～0.9m/s

出典：調査団

2) 水路の側勾配

下記プロジェクトでは流量または土質を基に水路側勾配を分類していた。土の安定性は、土質の状況（盛土の場合は盛土材料）、水路高さ等によるため、これらを基に適切な値を設定する必要がある。

表 3-17 水路の側勾配

項目	地区名	カンダルスタン	ルムハック	オーミーン	スタンチニット
資金源		JICA	JICA	ADB	ADB-AFD
水路側勾配 (1:m)		1:1.5 (幹線水路)	1:1.5 (幹線水路) ※水路側勾配を土の 種類と流量によって 分類(設計図書) 1:10～1:2.0	1:1:1.5 (幹線水路)	- ※水路側勾配を下記 に設定(デザインマ ニュアル) Q < 5 m ³ /s: 1:1.0 Q ≥ 5 m ³ /s: 1:1.5

出典：調査団

3) 余裕高

水路の安全性を確保するため、水路には余裕高が設けられるが、各プロジェクトでは流量、ライニングの有無を基に余裕高を設定していた。特にスタンチニットの余裕高は他のプロジェクトと比較して小さい値を採用していた。

表 3-18 余裕高

地区名 項目	カンダスタン	ルムハック	オーミーン	スタンチニット
資金源	JICA	JICA	ADB	ADB-AFD
流量	2.73m ³ /s	2.73m ³ /s	0.665m ³ /s (MC1) 1.218m ³ /s (MC2)	8.54m ³ /s (North MC) 9.41m ³ /s (South MC)
余裕高	0.5m (幹線水路)	0.45～0.75m (幹線水路) ※余裕高を流量・水路のライニングの有無を基に設定 (設計図書)	0.5m (幹線水路)	- ※余裕高を下記によって設定 (デザインマニュアル) Q < 1.5 m ³ /s: 0.15m Q < 10 m ³ /s: 0.25m

出典：調査団

3.4 既存事業の情報収集と現地調査結果からの標準設計図書の策定方針の決定

3.4.1 NSDD 策定基本方針

(1) 国家標準設計図書(NSDD)の定義

国家標準設計図書 (National Standard Design Documents (NSDD)) は、次のように定義される。

NSDDは、設計基準、設計マニュアル、標準設計図の3種類の図書で構成される。

- 1) 設計基準は、構造物の設計および建設作業で遵守すべき共通項目を規定するものである。
なお、カ国におけるすべての灌漑・排水構造物に関する設計および建設作業（カ国政府資金事業と開発パートナー資金協力事業の双方）は、MOWRAM によって策定された設計基準に準拠する必要がある。
- 2) 設計マニュアルは、設計作業全般における各重要段階の詳細かつ具体的な手順と計算例を網羅し説明するものである。また、確率計算、推理計算や構造計算等は表計算ソフト（MS Excel 等）を用いて解説する。
- 3) 標準設計図は、以下の方針に沿って整備されるものである。
 - ・ 一般的な設計者の参考資料となる参考図とし、設計者は実際の現地条件に従い開水路および付帯構造物の設計を行う。
 - ・ 一般的に所定の流量範囲内で適用する。
 - ・ 設計者は上記の設計マニュアルと併せて使用する。

[補足事項]

MOWRAM と JICA 間で合意された本業務の R/D に記載の成果品に関して、下記のとおり修正し、第 1 回 JCC で合意を得た。

<修正前> 成果 1. 灌漑排水構造物の国家標準設計図書（設計基準、設計図、技術仕様書、設計マニュアル）が作成される。

<修正後> 成果 1. 灌漑・排水構造物の国家標準設計図書（設計基準、設計マニュアル、標準設計図）が作成される。

(2) NSDD の策定基本方針

NSDD 策定における基本方針は、以下を想定する。

- 1) NaSDeP では、頭首工および開水路工（関連構造物を含む）の 2 工種の NSDD を作成する。
ただし、頭首工については、設計基準と設計マニュアルのみを策定し、標準設計図作成は含まない。
- 2) 頭首工と開水路工の NSDD は、日本の設計基準を参照して策定する。
- 3) NaSDeP では、2023 年 4 月までに設計基準案を策定し、2024 年 8 月頃までに設計マニュアル案と標準設計図面案を策定する。
- 4) 開水路工の標準設計図面は、最大 16 の構造物から第 1 回 JCC によって選択されたものについて作成する。
- 5) NSDD は、審査委員会による審査と MOWRAM 大臣による承認後、MOWRAM によって発行される。
- 6) NSDD の発行は、Prakas（省令）によって通知される。
- 7) NSDD はクメール語での表記とする。NSDD の公式版は、英語ではなく、クメール語である必要がある。英語版は、技術的な内容と基準の構成に関して、クメール語版と同等な図書とする。
- 8) NSDD の構成と書式・体裁は、ベトナムの国家技術基準と日本の技術基準を参照して決定する。

[補足事項]

1)、2)、3)については、

- ・ 頭首工の設計図面は、設計マニュアルの説明図等を参照とする。
- ・ 設計基準案の策定はワークプラン（第 1 期）に含まれ、設計マニュアル案および標準設計図案の策定はワークプラン（第 2 期）に含まれる。

4)については、

- ・ 開水路（1）土水路、2）コンクリートライニング水路）、関連構造物（3）道路横断構造物（箱型暗渠）、4）道路横断構造物（パイプ暗渠）、5）サイフォン、6）垂直落差工、6）水位調整工、7）調整落差工、8）分土工、9）分水箱、10）放水工、11）横越流余水吐、12）横断排水構造物（カルバートタイプ）、13）横断排水構造物（サイフォンタイプ）の合計 14 工種の標準設計図面を作成することが合意された。

5)および 6)については、

- ・ NSDD を発行する際の省令は、MPWT/MRD 設計基準の事例を参照する。

7)および 8)については、

- ・ NaSDeP では、NSDD の英語版を第 1 段階で作成し、次にクメール語への翻訳を行う。
- ・ NSDD のクメール語版と英語版の双方について、審査委員会により審査を受ける。

(3) 設計基準の構成

日本、タイ国およびカ国の他省庁の SDD の構成比較結果に基づき、設計基準の構成を表 3-19 のように決定、提案する。

表 3-19 設計基準の構成

構成	内容
基準	設計に関して遵守すべき普遍的かつ規範的な事項
基準の運用	設計基準の運用における具体的な遵守事項
基準の説明	設計基準運用の適用に関する詳細説明

出典：調査団

3.4.2 NSDD 策定方針（頭首工）

現地調査による視察結果、課題の抽出、課題の原因分析、NSDD 策定への反映点および留意事項の検討を通じて、表 3-20 に示す項目をカ国の典型的かつ特殊事情として捉え、日本の SDD の調整・修正を行う。

表 3-20 NSDD 策定のための検討項目（頭首工）

項目	検討必要事項
カ国の関連法令、規制、計画を適用する	河川関連法令、環境保護関連法令、公害防止関連法令、防災関連法令（運輸部門の橋梁規制等を含む）等
設計洪水量及び洪水位の決定手順	流域特性（道路・市街地）を考慮した治水・改修計画（洪水量、ARI、余裕高、計算方法）等の基本方針
河床・河岸の保護	背水の影響、計算方法、河床・河岸の地質特性等
制御および管理設備の近代化	O&Mコストの削減、防災、環境保護、電気設備・機器の仕様など
気候変動適応の検討	MOWRAM、MRCの気候変動適応ガイドラインへの対応

出典：調査団

3.4.3 NSDD 策定方針（水路工）

現地調査結果を整理し、課題の抽出、課題の原因分析、NSDD 策定への反映点および留意事項の検討を通じて、表 3-21 に示す項目をカ国の典型的かつ特殊事情として捉え、日本の SDD の調整・修正を行う。

表 3-21 NSDD 策定のための検討項目（水路工）

項目	検討必要事項
カ国の関連法令、規制、計画を適用する	環境保護関連法令、公害防止関連法令、防災関連法令等
分散性土および膨張性土等に対する配慮	必要とされる調査、試験項目、対策等
灌漑用水量、灌漑用水・排水量の算定方法	灌漑効率および単位用水量、灌漑用水量、排水量の計算方法等
ライニング対策	水路のライニング対策の基準
ポルポト水路の改修方法	ポルポト水路の水理計算、ポルポト水路の改修方法等
気候変動適応の検討	単位用水量および排水量の計算、灌漑システム周辺からの雨水流入の検討

出典：調査団

3.5 決定した策定方針に従った設計基準図書の策定

3.5.1 設計基準書の策定（頭首工）

(1) 目次案（頭首工、概要）

上述のNSDD策定方針（頭首工）を踏まえ、表3-22のとおり頭首工の設計基準目次案（概要）を策定した。

表 3-22 設計基準目次案および各関連章における留意事項(頭首工、概要)

目次案（章立て）	検討必要事項
1章 基準の位置付け	
2章 頭首工の定義	
3章 設計の基本	
4章 関係法令の遵守	カ国の関連法令、規制、計画の適用
5章 設計の手順	
6章 調査	
7章 基本設計	<ul style="list-style-type: none"> - 頭首工の上流における特に重要インフラ保護に関するインフラの設計と条件と関連する規制/設計基準を考慮した、設計洪水量と設計洪水位、ARI決定手順 - 気候変動適応への対応検討
8章 細部設計	
9章 取水堰	
10章 取水堰	河床・河岸の保護工
11章 付帯施設	
12章 管理施設	制御および管理設備の近代化

出典：調査団

(2) 目次案（頭首工、詳細）

上述のNSDD策定方針（頭首工）を踏まえ、頭首工の設計基準案（詳細）の目次案を表3-23のとおり策定した。

表 3-23 設計基準目次案および各関連章における留意事項(頭首工、詳細)

目次案（詳細）	検討必要事項
1章 基準の位置付け	
2章 頭首工の定義	
3章 設計の基本	
4章 関係法令の遵守	
4.1 関係法令の遵守	- カ国の頭首工設計および建設工事に関する関連法令、規制リストの導入と適用
4.2 関連する計画との整合	- カ国の頭首工設計および建設工事に関する計画の適用
5章 設計の手順	
6章 調査	
6.1 調査項目	
6.2 河川の状況調査	
6.3 治水、利水に関する調査	

目次案（詳細）	検討必要事項
6.4 気象調査	
6.5 地形測量	
6.6 地質調査	
6.7 環境調査	
6.8 工事施工条件に関する調査	
6.9 管理に関する調査	
7章 基本設計	
7.1 基本設計の項目	
7.2 設計取水量	
7.3 設計取水位	
7.4 設計洪水量	<ul style="list-style-type: none"> - 頭首工の上流における特に重要インフラ保護に関するインフラの設計と条件と関連する規制/設計基準を考慮した、設計洪水量と設計洪水位、再現期間ARI決定手順 - 気候変動適応への対応検討
7.5 設計洪水位	
7.6 頭首工の位置	
7.7 頭首工の取入れ方式	
7.8 頭首工を構成する各施設の配置	
7.9 取水堰の堰頂標高	
7.10 取水堰の敷高等	
7.11 可動部の径間長	
8章 細部設計	
9章 取入口	
9.1 取入口の構造	
9.2 取入口の設計	
10章 取水堰	
10.1 取水堰の形態	
10.2 取水堰の形式	
10.3 固定堰の基本断面形	
10.4 固定堰に作用する荷重	
10.5 固定堰の安定計算	
10.6 固定堰の基本断面形の修正	
10.7 固定堰のエプロン	
10.8 可動堰の種類と機能	
10.9 洪水吐の設計	
10.10土砂吐の設計	
10.11 可動堰の構成	
10.12堰柱の構造	
10.13堰柱の天端標高	
10.14堰柱の厚さ	
10.15堰柱の長さ	
10.16堰柱の断面形状	
10.17堰柱に作用する荷重	
10.18堰柱の安定計算	
10.19ゲートの設計	
10.20可動堰の床版及びエプロン	
10.21止水壁及び阻壁の構造	
10.22止水壁の設計	

目次案（詳細）	検討必要事項
10.23 阻壁の設計	
10.24 護床工の構造	- 可動堰のゲート操作に伴う条件や水理特性、また分散性・膨張性土等の特殊土壌の分布状況や特性および対策工を考慮した河床・河岸の保全工法
10.25 護床工の設計	
11章 附帯施設	
11.1 附帯施設の種類	
11.2 基礎工の構造	
11.3 基礎工の設計	
11.4 魚道の設計	
11.5 沈砂池	
11.6 護岸及び洪水敷保護工	- 分散性・膨張性土等の特殊土壌の分布状況や特性および対策工を考慮した河岸・洪水敷の保全工法
12章 管理施設	- 制御および管理設備の近代化における管理体制、管理レベル、導入する機械設備、電気・電子機器および設備の特性を加味
12.1 操作設備	
12.2 管理橋	
12.3 その他の管理施設	

出典：調査団

(3) 「留意事項」に基づく設計基準の改善

上述の NSDD 策定方針（頭首工）および留意事項（表 3-23）を踏まえ、頭首工の設計基準案を以下のとおり作成した。

1) 頭首工の設計および建設に関するカ国の法令、規則一覧表の導入（運用 4.1）

頭首工の設計および建設に関するカ国の法令、規則を、「河川」、「環境保護」、「公害対策」、「防災」、「危険防止」、「労働」、「その他」の区分ごとにまとめ、各種法令、規制の主要事項を記載した。

2) 計画洪水流量（運用 7.4）

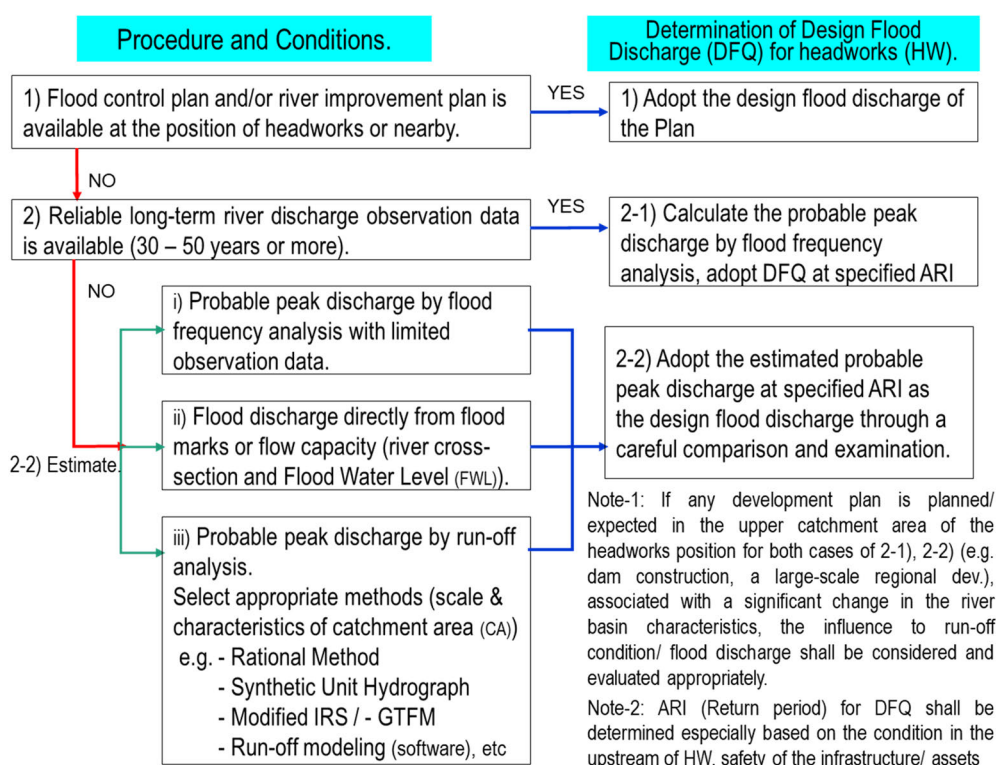
河川における治水・改修計画が大半の河川で策定されておらず、また計画洪水量も規定されていない、というカ国の実情を踏まえるとともに、一方で、頭首工の設計や建設を行う前にカ国政府により任意の対象河川で治水・改修計画が先行して策定された場合に対応するため（治水・改修計画で定められた洪水量を「設計洪水量」として適用できるようにする）、基準「7. 基本設計」（表 3-23）の運用「7.4 設計洪水量」および解説において、設計洪水量を決定するため以下のフローチャート案（図 3-3）を作成・導入した。

なお、フローチャートの適用に当たっては、以下の点に留意する。

- 頭首工の設計や建設に先行して策定された治水・改修計画および規定された洪水量がある場合は、これを「設計洪水量」として適用する。この際、重要既存インフラにも配慮する。
- 国州の道路橋、鉄道などの重要既存インフラが頭首工設置地点の上流側にある場合、設計洪水量規模設定における平均回帰期間（ARIまたは再現期間）および余裕高等は、これ

らの重要インフラを所管する関連省庁の基準に準拠する。

- 先行策定された治水・改修計画がなく洪水量が規定されていない状況を克服するため、信頼できる 30～50 年以上の河川流況データ（水位、流量等）に基づく洪水頻度解析を導入する。
- そのような信頼できる河川流況データが利用できない場合は、以下の手法または i) – iii) の組合せによる推定を実施し、比較・分析の上、妥当性の高い数値を適用する。
 - i) 限定された河川流況データに基づく洪水頻度分析
 - ii) 河川流下断面と既往洪水の到達水位を活用した直接推定
 - iii) 流出計算

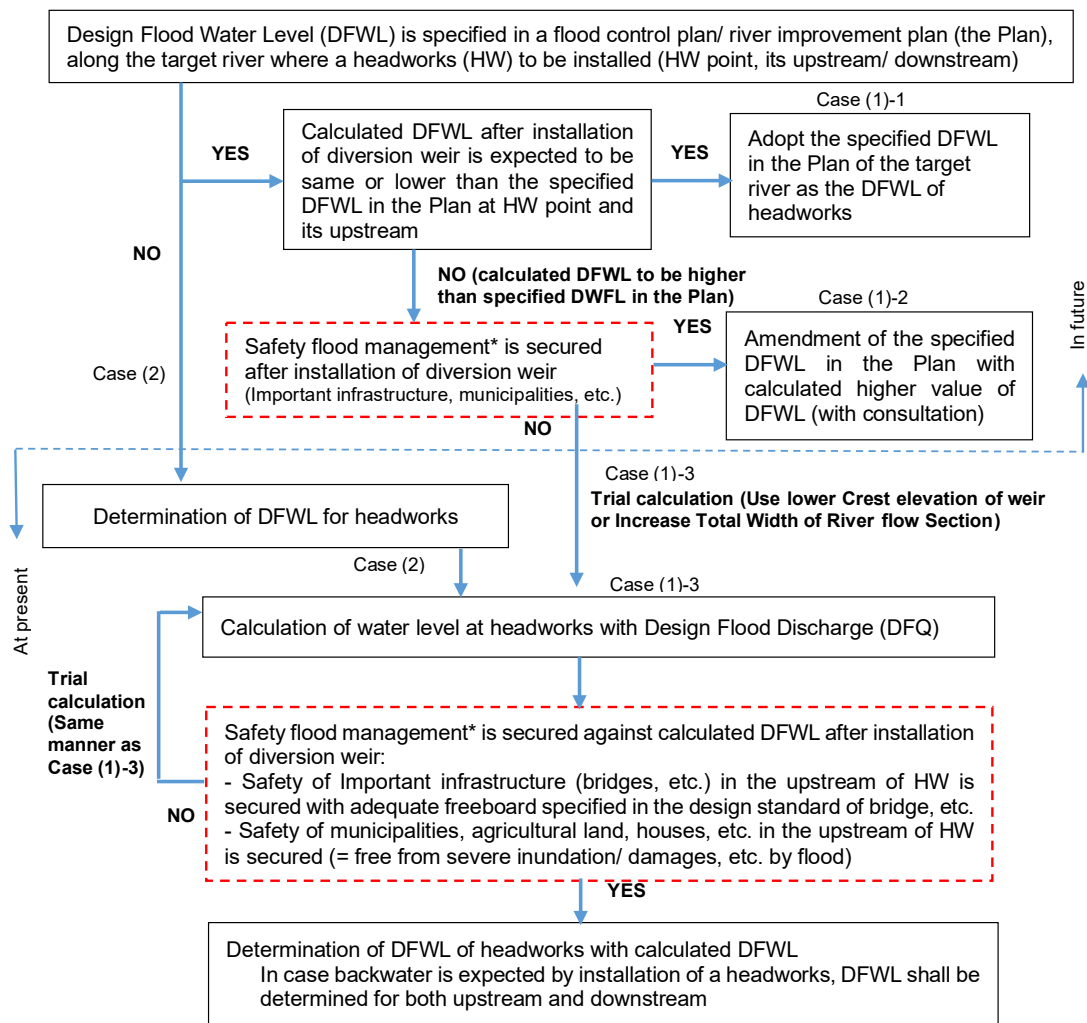


出典：調査団

図 3-3 設計洪水量決定のフローチャート(案)

3) 設計洪水位（運用 7.5）

運用 7.4 と同様に河川における治水・改修計画が大半の河川で策定されておらず、また計画洪水位も規定されていないカ国の実情に基づくとともに、一方で、頭首工の設計や建設を行う前にカ国政府により任意の対象河川で治水・改修計画が先行して策定された場合に対応するため（治水・改修計画で定められた洪水位を設計洪水位として適用できるようにする）、基準「7. 基本設計」と運用「7.5 設計洪水位」の解説において、以下に示す「設計洪水位決定」のフローチャート案（図 3-4）を作成・導入した。



出典：調査団

図 3-4 設計洪水水位決定のフローチャート(案)

なお、本フローチャート案の適用に当たっては、以下に留意する。

- 頭首工の設計や建設に先行して策定された治水・改修計画および規定された洪水水位がある場合は、これを「設計洪水水位」として適用する。この際、重要既存インフラにも配慮する。
- 頭首工設置位置の上流側に国道/州道の橋梁、鉄道などの重要インフラ資産がある場合は、頭首工設置後における設定された設計洪水量に基づき計算された設計洪水水位に加え、これらの重要インフラを所管する関連省庁の基準に準拠した余裕高の確保を条件とする。

4) 気候変動適応の検討（運用 7.4、7.5）

将来の「気候変動」への適応については、第 2 回技術委員会において委員長より「カンボジアにおける構造物洪水および干ばつ緩和対策のための気候耐性設計ガイドライン（MOWRAM、2020、以下「ガイドライン」）を参考にすべきであると説明された。なお、詳細な手順は、2023～2024 年度の NaSDeP（第 2 期）で策定する「設計マニュアル」で説明を行う。また、こ

の際、他開発パートナーやカ国関連省庁において情報を行い適用状況も踏まえ、妥当性が高く MOWRAM が同意した手法を記載し活用する。

5) 水理・地盤条件を考慮した河床・河岸保全 (運用 10.24、25、11.6)

河床・河岸護岸保護工法については、「設計マニュアル」を参照する際に以下のような、水理現象や特性、特殊地盤条件および特性とそれぞれの対策工法を考慮する旨を説明した。

- ゲート操作条件、特に洪水開始直後にゲート1枚を単独で操作した場合に発生する集中した流れと単位幅流量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$) (=洪水量÷ゲート幅) および発生する跳水現象を考慮
- 設計洪水量を安全に流下するため頭首工設置地点で河川流下断面を拡幅した場合における、同地点と下流断面(元の川幅)との擦り付け方法
- 頭首工下流で川の形状が湾曲している場合、水衝側河岸での深刻な浸食を防止するための水制工法による流況制御の事例の紹介・活用
- 河床・河岸に特殊土壌が分布する場合の経済的処理工法の事例の紹介・活用

6) 制御および管理施設の近代化 (運用 12.1、12.3)

電動ゲート、センサー、遠隔制御監視システム、遠方制御監視システムおよび付随設備機器など近代化制御および管理施設の導入に関して、詳細設計段階・施工監理段階での検討事項、システム完成後の必要な運営・保守管理体制 (O&M 組織)、O&M マニュアル、O&M 予算に係る説明を記載する。

3.5.2 設計基準書の策定 (水路工)

(1) 目次案 (水路工、概要)

上述の NSDD 策定方針 (水路工) を踏まえ、表 3-24 のとおり水路工の設計基準目次案 (概要) を策定した。

表 3-24 設計基準目次案および各関連章における留意事項 (水路工、概要)

目次案 (章立て)	検討必要事項
1章 基準の位置付け	
2章 水路の定義	
3章 設計の基本	
4章 関係法令の遵守	カ国の関連法令、規制、計画の適用
5章 設計の手順	
6章 調査	
7章 基本設計	-
8章 細部設計	
9章 水理設計	
10章 構造設計	
11章 付帯施設	
12章 管理	

出典：調査団

(2) 目次案（水路工、詳細）

上述のNSDD策定方針（水路工）を踏まえ、水路工の設計基準案（詳細）の目次案を表3-25のとおり策定した。

表 3-25 設計基準目次案及び各関連章における留意事項（水路工、詳細）

目次案（詳細）	検討必要事項
1章 基準の位置付け	
2章 水路の定義	
3章 設計の基本	
4章 関係法令の遵守	
4.1 関係法令の遵守	- カ国の水路工設計および建設工事に関する関連法令、規制リストの導入と適用
4.2 関連する計画との整合	- カ国水路工設計および建設工事に関する計画の適用
5章 設計の手順	
6章 調査	
6.1 地形調査および測量	
6.2 地質・土質調査	- 通常の土質調査に加え、分散性土・膨張性土に関する記述を追加
6.3 気象・水文調査	
6.4 立地条件調査	
6.5 環境調査	
6.6 管理関係調査	
7章 基本設計	
7.1 設計流量および設計水位	
7.2 路線選定	
7.3 通水施設の工種選定	
7.4 水路施設の配置	- 土地収用を考慮した最小曲線半径の設定
7.5 水頭分配	
8章 細部設計	
8.1 通水施設	
8.2 調整施設	
8.3 保護施設	
8.4 量水施設	
8.5 合流施設	
8.6 安全施設	
8.7 管理施設	
9章 水理設計	
9.1 許容流速	- MPWTの基準に記述されている値との比較
9.2 等流計算および粗度係数	
9.3 不等流計算	
9.4 損失水頭および水位の変化	
9.5 余裕高	
10章 構造設計	
10.1 荷重	
10.2 基礎反力	
10.3 水路の許容加重	
10.4 埋設構造物の許容加重	

目次案（詳細）	検討必要事項
10.5 基礎の検討	
10.6 安定計算	
10.7 部材設計	
10.8 構造物細目	
11章 附帯施設	
12章 管理	

出典：調査団

3.6 気象・水文資料の収集と分析

3.6.1 気象・水文資料データの蓄積状況

2022年10月に実施されたMOWRAM気象局及び河川局へのインタビュー及び情報収集結果に基づき、カ国における気象水文観測状況とデータの入手可能性について確認するとともに、設計マニュアルに記載するサンプル計算を行うターゲット河川流域としてプレクトノット（Prek Thnot）川流域を選定し⁵、この流域における実データの収集・整理を行った。

(1) 気象データ

気象データの入手状況は表3-26に示す通りであり、灌漑水量計算のための降雨及び一般気象データはMOWRAM気象局より自動気象観測器（AWS）のデータが提供された。

AWSの設置個所のリスト、データ有無についての情報を入手するとともに、以下のAWS観測所のデータを入手した。なお、AWS以外の雨量観測所のデータとして、Kampong Speu州の1996年-2021年に取得されたデータが提供された。

表 3-26 入手済み一般気象データ

No.	Station name	Period of data requested
-	Pochentong	2016-2022
7	Kampong Speu	2014-2022
31	Basedth	2016-2022
32	Aoral	2016-2022
39	Phnum Srouch Dsitric	2018-2022
40	Tasal Dam	2018-2022
41	Thpong	2018-2022
42	Bati District	2018-2022

⁵ サンプル計算を行うターゲット流域の選定にあたっては、以下の点を選定の視点として候補の検討を行った。
 ①MOWRAMの提供できる気象・水文データ（種類と期間）、②MOWRAMデータを補完するための過去のプロジェクト等で収集整理された気象・水文データの利用可能性、③過去のプロジェクト等で収集整理された流域に関する情報の利用可能性、④流域の状況確認等のために現地視察が必要となった際のアクセスの容易性。C/Pとの協議の結果、観測データの入手の可能性が高く、過去のプロジェクト等の資料から流域に関する情報の入手が可能なこと、また、プノンペンから比較的近く必要に応じて流域状況の視察も実施しやすいことから、プレクトノット川流域をターゲット流域として選定した。

提供された気象観測データは AWS の設置以降のものであり、4 年～8 年の期間に限られる。このため、長期間のデータとして、今回気象局提供のデータに加えて以下のデータ入手・整理した。

情報ソース： CP-P14 の詳細設計レポート

入手情報： Pochentong 観測所（降雨及び一般気象 1981-2015）、Basedth 観測所（降雨 1987-1994、2000-2007、Tonel Bati 観測所（降雨 1987-1991、2003-2007）

サンプル計算における作物用水量の算定には Pochentong 観測所の長期データを採用するものとする。計画排水量や設計洪水流量の算定のための流域雨量の長期データが不足しているため、サンプル計算では観測点雨量で代用する等の工夫が必要となる。

(2) 水文データ

河川流況に関する水文データの入手状況は表 3-27 に示す通りであり、設計洪水の検討のための河川流況データは、同河川局よりプレクトノット川 Peam Khley 及び Thnous Loung 流量観測所の水位及び流量データが提供された。

表 3-27 入手済み水文データ

Station	Year											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1. Peam Khley												
Daily Water Level	A	A	A	A	A	M	-	A	A	A	A	A
Daily Dsicharge	A	A	A	A	A	M	-	A	A	A	A	A
2. Thous Loung												
Daily Water Level	A	A	A	A	A	M	-	A	A	-	A	M
Daily Dsicharge	A	A	A	A	A	M	-	A	A	-	A	M
Station	Year											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1. Peam Khley												
Daily Water Level	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Daily Dsicharge	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
2. Thous Loung												
Daily Water Level	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	A	
Daily Dsicharge	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	A	

A: 通年データ有、M: 一部欠損、-: データなし

収集した気象・水文データは、技術マニュアルの設計洪水量／洪水位及び灌漑用水量の計算例に使用する予定である。また、データ収集の過程で明らかとなった河川流況に関する長期データの取得の難しさは、記述マニュアルに記載予定の頭首工の設計洪水量／洪水位の検討手順において、採用すべき手法の優先度（長期データに基づく水文確率解析、不十分な機関のデータに基づく確率解析、流出解析の組合せ等）の判断の基礎とした。

3.6.2 設計洪水量の基礎的設定手法

(1) 頭首工の設計洪水量及び設計洪水位の設定手法の検討

日本の土地改良技術基準では、頭首工の設計洪水量及び設計洪水位の設定は、河川整備基本方針や暫定改良工事実施計画、河川工事のための改修計画等の河川管理に関わる関連上位計画で定められた諸元をもとに行われるが、カ国ではそのような上位計画は策定されておらず、プロジェクトごとに個別に流況解析を行って決定されている。また、河川流況を解析する上でもっとも基本となる長期観測データについても、頭首工の設計洪水規模として想定される50年確率や100年確率の統計解析を行うのに必要な長期間の信頼できるデータの蓄積もないケースが多い。そのため、日本の土地改良技術基準を基本としながらも、本プロジェクトで策定するNSDDでは、同国の実情に沿った設定手法を取り込む必要がある。

第1年次の活動では、既存資料の収集分析を通じて、カ国における過去のプロジェクトにおいて採用された設計洪水量の設定手法について事例収集と分析を行い、設定手法の検討とその中で使用する流出解析手法についての検討を行った。なお、これらの設定手法及び流出解析手法の具体は、設計マニュアルに記載されることとなる。

(2) カ国の過去のプロジェクトにおける設計洪水量の設定手法の事例

上述の通り、カ国では河川管理に関する上位計画がなく、また、流況を解析するためのデータも不十分なケースが多い。そのため、これまでの同国での頭首工等の河川構造物の設計洪水量の設定では、利用可能なデータやその信頼度に応じてプロジェクトごとに様々な手法が採用されている。また、データの信頼度の低さから、ほとんどのケースで複数の手法による算定を行い比較検討した上で設計洪水量を設定している。

本プロジェクトでは、以下のプロジェクトに関する設計図書等の資料を整理し、設計洪水量の設定に用いられた手法を整理した。なお、収集できた頭首工の事例数が限られているため、ダム施設の洪水吐等の類似施設の事例も含めて分析対象とした。

1. Southwest Phnom Penh Irrigation and Drainage Rehabilitation and Improvement Project [JICA]
2. West Tonle Sap Irrigation and Drainage Rehabilitation and Improvement Project [JICA]
3. Water and Agriculture Sector Project (WASP) [AFD]
4. Flood Damage Emergency Reconstruction Project [ADB]
5. Uplands Irrigation and Water Resources Management Sector Project [ADB]
6. Irrigation Development and Flood Mitigation Project in Banteay Meanchey Province [EDCF]
7. Feasibility study on the development of Sala Ta Orn Dam [EDCF]

また、類似した流出解析手法が使用される道路排水及び橋梁設計のための設計洪水量設定の事例として、以下のプロジェクトの事例を含めて検討した。

8. National Road No. 2 and No. 22 Improvement Project (EDCF Loan KHM-15) MPWT
9. Assessment of Flood Analysis for the Road KSP1 in Kampong Speu Province MRD

これらのプロジェクトにおいて採用された解析手法は、統計的水文解析、合理式、GTFM (Generalized Tropical Flood Model Tropical Flood Model) 法、IRS 及び修正 IRS 法、単位図法、河道

流下能力や洪水痕跡による直接推定、比流量等による推定と、多種に及ぶ。これらの手法の採用状況は、表 3-28 に整理した通りである。

表 3-28 カ国における設計洪水量の設定手法の採用状況

プロジェクト及びサブプロジェクト	施設タイプ	集水面積 (km ²)	統計的水文解析	合理式	GTFM	IRS及び修正IRS法	単位図法	河道流下能力や洪水痕跡による直接推定	比流量等による推定
1. Southwest Phnom Penh IDRIP 1-1 Roleang Chrey	HW	3,911						X	
1-2 Upper Slakou	SW					x	X		
1-3 Kandal Stung-Bati	SW	240,148		x		x	X		
1-4 Main Canal 35	SW	98,923				x	X		
1-5 Daun Pue	HW	225,344		x		x	X		
2. West Tonle Sap IDRIP 2-1 Ream Kon	HW							X	x
3. WASP 3-1 Tumnub Kask	SW		X 16年						
3-2 Trav Kod	SW		X 20年						
4. Flood Damage Emergency Reconstruction Project [ADB] 4-1 Tumnub Luok	SW	291			x	X		x	x
4-2 Tumnub O Ang Krang	SW	127			X	x		x	x
5. Uplands Irrigation and Water Resources Management Sector Project	HW	932			X				
6. Irrigation Development and Flood Mitigation Project in Banteay Meanchey Province	HW, Canal	150 – 1,379					X		
7. Feasibility study on the development of Sala Ta Orn Dam	SW	3,720					X		
8. National Road No. 2 and No. 22 Improvement Project (MPWT)	Brd, Cvt	68		X <10 km ²	X ≥10 km ²				
9. Assessment of Flood Analysis for the Road KSP1 in Kampong Speu Province (MRD)	Brd, Cvt						X		

出典：調査団

注) 施設タイプ—HW：頭首工、SW：ダム等の洪水吐、Canal：用水路余水吐、Brd, Cvt；橋梁及びカルバート

注) 採用状況—X：設計洪水量の設定に採用された手法、x：比較検討に採用された手法

(3) 流出解析手法の比較

上述のカ国のプロジェクトにおける採用状況をもとに、NSDD で採用すべき流出解析手法について検討を行った。検討に当たっては、各手法の特徴、必要となるデータと実際に利用可能なデータ、カ国の自然条件での適用性や適用限界を考慮した。なお、C/Pの一部は、学生時代の講義や TSC を含めた過去の MOWRAM での研修や本邦研修等を通じて、流出解析手法の基礎について教科書上の知識を有している。ただし、設計業務の中で流出解析や頭首工の設計洪水量/洪

水位の設定の実務経験を有する者は極めて少ない。このため、C/P の技術的な受容性を考慮して、解析手法の選定にあたっては、以下の配慮を行った。

- 流出解析の基本となる、単一の流域を対象とした流出解析手法であること。
- 計算方法がシンプルで（Excel を使った計算表で計算できるレベル）かつ吟味すべきデータの種類が少ないこと。
- 複雑な流域を対象としたコンピュータシミュレーションによる流出解析手法は対象としない。（設計時の採用を否定するものではなく、マニュアル化することをしない。）

この結果、以下の流出解析手法を設計マニュアルに記載する候補として選定した。

- 合理式法
- 単位図法
- 修正 IRS 法
- GTFM 法

選定された各手法の適用特性の比較を表 3-29 および表 3-30 に示す。

表 3-29 候補となる流出解析手法の特性比較(1)

項目	合理式法	GTFM 法	修正 IRS 法
対象流域面積	0 – 25 km ²	10 – 200 km ²	~15,000 km ²
地形	• すべての傾斜で適用可能。	• すべての傾斜で適用可能。	• 標高 100m 以下で適用可能。原則的として広い低平地での適用性が高い。
地覆・土地利用	• 裸地から高密度植生まで対応可能。 • 流出係数により都市部及び非都市部ともに対応可能。	• 裸地から高密度植生まで対応可能。流出係数により都市部及び非都市部ともに対応可能。	
カンボジアでの適用性	以下の点からカンボジアでの適用性が高い： • 適用条件がカンボジアに当てはまっている。 • 少ない種類のデータで計算が可能である。 • 計算手法がシンプルである。 • 完全な経験則に基づくパラメータ設定が不要である。 • 湿潤気候での適用性が高い。 • タイ等気候や土地・土壌条件の似た近隣諸国で広く採用されている。	以下の点からカンボジアでの適用性がかなり高い： • 適用条件がカンボジアに当てはまっている。 • 比較的少ない種類のデータで計算が可能である。 • 計算手法がシンプルである。 • パラメータ設定や計算がブラックボックスでない。 • カンボジアの水文特性は比較的均質である。 • 10km ² を超える流域面積を対象とできることから合理式を補完できる。	以下の点からカンボジアでの適用性が非常に高い： • 適用条件がカンボジアに当てはまっている。 • 極めて少ない種類のデータで計算が可能である。 • 計算手法がシンプルである。 • カンボジアは低標高の広い低平地が多く分布している。

出典：調査団

表 3-30 候補となる流出解析手法の特性比較(2)

項目	単位図法	
	SCS 法	Snyder 法
対象流域面積	・ 規模の制限なし	・ 30 – 30,000 km ²
流域の形状	・ 流域形状の制限なし	・ 扇状の流域での適用性が高い。
地形	・ 低平地での適用性高い。	・ やや山間地での適用性もある。
地覆・土地利用	・ 農業地域での適用性が高い。	
カンボジアでの適用性	以下の点からカンボジアでの適用性が高い： <ul style="list-style-type: none"> ・ 適用条件がカンボジアに当てはまっている。 ・ 計算がシンプルである。 ・ 比較的少ない種類のデータで計算が可能である。（カンボジアのような観測データが少ないところで使い易い。） ・ パラメータ設定や計算がブラックボックスでない。 	以下の点からカンボジアでの適用性が高い： <ul style="list-style-type: none"> ・ 適用条件がカンボジアに当てはまっている。 ・ 計算がシンプルである。 ・ 比較的少ない種類のデータで計算が可能である。（カンボジアのような観測データが少ないところで使い易い。） ・ パラメータ設定や計算がブラックボックスでない。

出典：調査団

3.6.3 灌漑用水量および灌漑効率

(1) 設計基準と設計マニュアルにおける灌漑用水量算定

灌漑用水量は灌漑システムの規模を決定するための基本的なパラメータであり、適切に決定することが重要である。灌漑用水の具体的な算定方法と参照すべきパラメータについては、設計基準ではなく設計マニュアルに記載することとした。これは、設計基準は厳格に従うべきものであり、設計マニュアルはより柔軟な適用が可能であるため、設計業務において、特定の算定方法やパラメータの適用を義務付けることを避けるためである。

カ国ではこれまで、MOWRAM や開発パートナーがそれぞれプロジェクトごとに独自の算定方法で灌漑用水量を設定してきた。例えば、MOWRAM の小中規模灌漑システムの設計マニュアル (Design Manual for Small and Medium Scale Irrigation Hydraulic Design, MOWRAM, 2004) では、「単位用水量 2L/s/ha」を基準に灌漑システムや水路の設計を行っている。このような方法は、限られた情報と人的資源で効率的な運営を行う必要性から存在したものであり、本プロジェクトで策定する NSDD ではこのような経験的な設計プロセスを否定するものではない。ただし、将来的には、すべてのプロジェクトで統一された方法とパラメータを使用することが望ましいが、本プロジェクトの活動期間の範囲では両者が混在するのは避けられないと考える。

設計マニュアルで提案される灌漑用水量算定のための各種パラメータは、FAO のガイドラインなどを参考にした一般的な数値であり、カ国での使用に最適化されているものではない。このようなパラメータは、その国や地域、プロジェクト現場の状況を反映したものでなければならない。そのため、実測や研究活動、プロジェクトモニタリングの結果を蓄積し、カ国の特性を反映したものに継続的に更新していくことが重要である。

これらのことから、本マニュアルに記載された手法やパラメータはガイドラインとして推奨されるものであり、その適用が強制されるものではないことを前提に C/P との議論を進めることとした。

(2) 灌漑用水量の算定手法

灌漑用水量の算定手法は、C/P との協議の結果、カンボジアの灌漑プロジェクトで広く使われている FAO の標準的な手法を基本にすることとした。参照されるガイドラインは以下のとおりである。

- 灌漑用水量のコンセプト： Irrigation Water Management Training Manual No3. Irrigation Water Needs
- 作物蒸発散量 (ETc) の算定： Irrigation and Drainage Technical Paper No.24 及び No.56
- 基準蒸発散量 (ETo) の算定： Irrigation and Drainage Technical Paper No.56

灌漑用水量算定の基本的な考え方は以下のように整理される。

$$\text{NIWR} = \text{CWR} + \text{PERC} + \text{SAT} + \text{WL} - \text{Pe} \quad (\text{水田})$$

$$\text{NIWR} = \text{CWR} - \text{Pe} \quad (\text{畑作})$$

NIWR: ネット灌漑用水量 (Net irrigation water requirement)

CWR: 作物用水量 (Crop water requirement)

PERC: 浸透ロス (Percolation and seepage loss)

SAT: 代掻き用水量 (Water use to saturate the soil for land preparation by puddling)

WL: 初期湛水用水量 (Water use to pond water in paddy fields and establish a water level)

Pe: 有効降雨 (Effective rainfall)

$$\text{CWR} = \text{ETc} = \text{ETo} \times \text{Kc}$$

ETc: 作物蒸発散量 (Crop evapotranspiration)

ETo: 基準蒸発散量 (Reference crop evapotranspiration)

Kc: 作物係数 (Crop coefficient)

$$\text{DIWR} = \text{NIWR} / \text{Ef}$$

DIWR: 設計用水量 (Design irrigation water requirement = Gross unit irrigation water requirement)

NIWR: ネット灌漑用水量 (Net irrigation water requirement)

Ef: 灌漑効率 (Irrigation efficiency)

(3) 各種パラメータの設定

前述のとおり、パラメータはカ国の状況を反映させて最適化する必要があるものであり、策定時だけでなく、設計マニュアルの運用を通して継続的に議論する必要がある。このため、設計マニュアルで示すパラメータは、あくまでも出発点であり、NSDD の運用の中で、実測、研究活動、プロジェクトモニタリングの蓄積によって更新していく必要があるものである。なお、設計マニュアルに参考値として記載する各種パラメータは、第 2 期の作業期間を通じて継続して議論することとしている。

(4) カ国の既存プロジェクトにおける灌漑効率の事例

灌漑用水量の算定において、灌漑効率の設定は施設規模の決定に大きく影響する重要な要素である。このため、カ国の既存の水田灌漑プロジェクトの設計時の灌漑効率について情報収集を行った。収集した 6 プロジェクトの灌漑効率は表 3-31 に示す通りであり、総合灌漑効率 (Overall irrigation efficiency) で 45%~66% と大きな幅がある。

表 3-31 既存水田灌漑プロジェクトにおける灌漑効率の設計値

Project Items	Lum Hach	O mean	Stung Chinit
Irrigation efficiency	a) Field application: 100% b) Tertiary canal: 85% c) Secondary canal: 88% d) Main canal: 88%		a) Field application and tertiary canal: 75% b) Secondary canal: 90 % c) Main canal: 90 %
	Overall efficiency: 66%	Overall efficiency: 65%	Overall efficiency: 60%
Project Items	KSAK Subproject of WASP	Punley subproject of Northwest Irrigation Sector Project	Roleang Chrey (CP-P14) in D/D
Irrigation efficiency	a) Field application: 80% b) Tertiary canal: 85% c) Secondary canal: 90% d) Main canal: 90%	a) Field application: 60% b) Water management: 85%	a) Field application:60% b) Conveyance: 75%
	Overall efficiency: 55%	Overall efficiency: 51%	Overall efficiency: 45%

出典：調査団

3.7 地質及び土質力学に関する情報の収集と必要とされる対策

概要

カ国の地形・地質その他自然条件に合致した基準書およびマニュアルを作成するため、①資料調査、②情報収集インタビュー、③現地調査、④分散性土・膨張性土の分布および性状把握のための土質調査・試験についての検討、⑤分散性土・膨張性土に関する対策工の検討、を実施した。

3.7.1 資料調査

資料調査は既存資料の収集を行い、対象とする地域の土質・地質の概括的な把握、および分散性土・膨張性土に関する研究事例（特性、対処事例などを含む）の把握を行うことを目的とした。

資料調査では、次に示す資料を収集した。以下に、資料毎の調査成果を示す。

(1) 地質図

ウェブサイトにて、カ国の地質図（オープンデータベース⁶）を入手した。また、後述する情報収集インタビューにおいて、カンボジア工科大学（ITC）より Geological Map of Cambodia（縮尺 1:1,000,000、2010年）のデータを入手した。入手した地質図より、膨張性土の母岩とされる玄武岩を基盤とする地域を把握することができた。そして、カ国における膨張性土の分布域を地質学的観点から推測することに役立てた。

(2) 土壌図

ウェブサイトにて、カ国の土壌図（オープンデータベース⁷）を入手した。入手した土壌図より、分散性土・膨張性土と関連性のある土壌名称（例えば分散性土は Sodosol や Alluvial Lithosol、膨張性土は Vertisol や Regurs）を参考に、カ国における分散性土・膨張性土の分布域を土壌学的観点から推測することに役立てた。

⁶ <https://data.opendevlopmentcambodia.net/en/dataset/soils-types-of-cambodia>

⁷ <https://data.opendevlopmentcambodia.net/en/dataset/soils-types-of-cambodia>

(3) 地震

ウェブサイトにて、カ国の地震評価に関する資料（ウェブ公開資料⁸）を入手した。入手した資料より、カ国は地震が非常に少ない国であり、発生した地震の規模も小さいことが分かった（地震発生回数3回、最大マグニチュードは4.6）。

「カ」の地震リスクは、日本と比較して低いものと考えられ、日本の基準をもとにして策定されるカ国の基準書およびマニュアルについては、この点を考慮の上、内容を検討する必要があると考えられる。

(4) 文献調査

ウェブサイトにて、分散性土・膨張性土の特性や、分散性土・膨張性土が分布する国・地域における建設工事での対処方法に関する研究資料（ウェブ公開資料⁹）を入手した。入手した論文の内容について理解・整理し、分散性土・膨張性土に関する対策工の検討の際の参考とした。

3.7.2 情報収集インタビュー

情報収集インタビューは、プノンペン市内にある大学や、行政機関および民間企業の土質試験室を訪問し、プノンペン市内における土質調査、土質試験、土質関連工事（基礎工、地盤改良工）等の現状および対処能力の把握、および過去プロジェクトにおける分散性土・膨張性土の対処事例の収集を行うことを目的とした。

インタビューには、可能な範囲で C/P 職員を同行させ、C/P 職員の問題意識の醸成、能力向上の機会とした（図 3-5）。

なお、インタビュー先の土質調査および土質試験の実施能力は、ウェブサイトを用いて把握した他の民間の地盤調査会社の実施能力と併せて、表形式で別途整理した。

表 3-32 に、インタビュー実施日、訪問先、主な成果を示す。

表 3-32 情報収集インタビューの実施日、訪問先、主な成果

実施日	訪問先	主な成果
1/17(火)	MOWRAM Engineering Department Soil Quality Analysis Office	<ul style="list-style-type: none">分散性土の評価のための MOWRAM 独自のクラム試験法の存在、試験手順を把握した。面会者の経験に基づく分散性土の分布域を把握した。分散性土のための土質試験の対処能力を把握した。ラボで通常用いている土質試験の基準を把握した。
1/17(火)	Royal University of Agriculture (RUA), Soil Science Laboratory	<ul style="list-style-type: none">分散性土のための化学分析の対処能力を把握した。面会者の経験に基づく分散性土の分布域を把握した。RUA 以外の化学分析の実施機関の情報を把握した。
1/18(水)	ITC (Institute of Technology of Cambodia)	<ul style="list-style-type: none">分散性土・膨張性土のための土質試験、化学分析の対処能力を把握した。一般的な土質試験の対処能力を把握した。

⁸ 主な URL

<https://reliefweb.int/map/american-samoa/asia-pacific-regional-hazard-map-earthquake-risk-modified-mercalli-scale>
https://www.irric.co.jp/pdf/risk_info/thailand/2015_02.pdf

⁹ 主な URL

https://nre.tas.gov.au/Documents/DPIW_DSM_Manual_April2009.pdf
http://www.ijirset.com/upload/2015/december/159_42_Characterization1.pdf

実施日	訪問先	主な成果
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 面会者の経験に基づく膨張性土の分布域を把握した。 ・ 過去の道路工事プロジェクトにおける膨張性土の評価のための土質試験、膨張性土の処理事例を収集した。 ・ カ国全体の地質図を入手した。 ・ ラボで通常用いている土質試験の基準を把握した。
1/24(火)	MPWT Lab. (Ministry of Public Works and Transport)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 過去の道路工事プロジェクトにおける分散性土の評価のための土質試験、分散性土の処理事例を収集した。 ・ 分散性土・膨張性土のための土質試験、化学分析の対処能力を把握した。 ・ 一般的な土質試験、原位置試験の対処能力を把握した。 ・ ラボで通常用いている土質試験の基準を把握した。
1/26(木)	Private Lab. (EcoA Co., Ltd.)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現場を視察し、カ国のボーリング調査の実情を把握した。 ・ 一般的な土質試験、原位置試験の対処能力を把握した。 ・ 分散性土のための土質試験、化学分析の対処能力を把握した。 ・ ラボで通常用いている土質試験の基準を把握した。 ・ カ国で広く用いられる N 値による支持力算出式を把握した。
1/31(火)	Private Lab. (Cast Laboratories Co., Ltd.)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一般的な土質試験、原位置試験の対処能力を把握した。 ・ 分散性土のための土質試験、化学分析の対処能力を把握した。 ・ ラボで通常用いている土質試験の基準を把握した。 ・ カ国において施工可能な杭基礎工の種類を把握した。

出典：調査団



Pic-1 MOWRAM Lab.



Pic-2 RUA



Pic-3 ITC



Pic-4 MPWT Lab.

出典：調査団

図 3-5 情報収集インタビュー

3.7.3 現地調査

現地調査は、既存の灌漑排水施設の機能や、分散性土・膨張性土に起因する構造物のダメージの確認を行うことを目的とした。

現地調査には、C/P 職員を同行させ、C/P 職員への実地教育・訓練の機会とした。

以下に、サイト毎の調査成果を示す。

(1) Kandal Stueng irrigation system

1/11（水）の午後の半日、カンダルスタンの灌漑排水施設（頭首工、水路工）を視察した。日本人専門家（土木地質、土質力学）にとって、カ国における頭首工および水路工の施設を見る初めての機会となった。C/P 職員は1名が参加した。

調査の結果、Main Canal の一部法面において、被覆コンクリートブロックの変状（はらみ出し、ズレ）が確認された。また、その近傍において、管理用道路面の小規模な陥没が確認された（図3-6）。

このコンクリートブロックの変状により、コンクリートブロック間に隙間が生じており、この隙間が護岸背面への水の浸入経路となっている。

なお、現地では、分散性土・膨張性土の分布を直接確認することはできなかった。



Pic-5 被覆コンクリートブロックの変状



Pic-6 管理用道路の路面陥没

出典：調査団

図 3-6 現地調査(カンダルスタン、2023/1/11)

(2) Prey Veang Sangkat Area & Kandal Stueng irrigation system

1/19（木）の午前の半日、カンダルスタンの灌漑排水施設（頭首工、水路工）およびその周辺エリアを視察した。今回は、Google マップ写真等を活用し、あらかじめ分散性土・膨張性土の分布エリアを予想し、現地において分散性土・膨張性土を直接確認するよう努めた。C/P 職員は3名が参加した。

調査の結果、地表付近に陥没やガリ侵食、崩壊、乾燥亀裂の発達する箇所が確認された（図3-7）。陥没箇所は、地下で連続して空洞状になっており、ドラゴンホールと呼ばれるものである。

ドラゴンホールやガリ侵食、崩壊は分散性土に発生する被害形態の典型例である。また、地表面の乾燥亀裂は、膨張性土の分布域に見られる特徴の一つである。これらのことから、確認された地表面の変状は、当地における分散性土・膨張性土の分布に起因する可能性が考えられる。

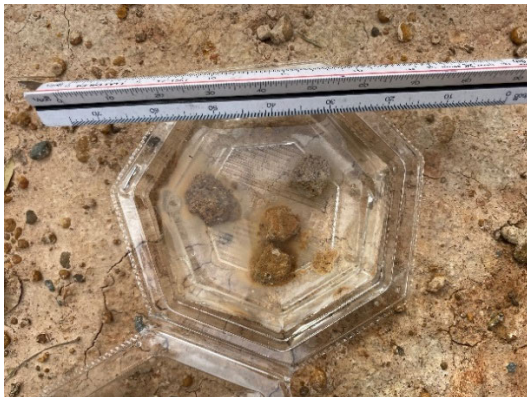
現地では、地表面の変状箇所の付近にて試料の採取を行い、分散性評価のための簡易的なクラム試験のデモンストレーションを C/P 職員に対して実施した。



Pic-7 地表付近の空洞(ドラゴンホール)



Pic-8 現地調査の様子



Pic-9 簡易クラム試験のデモンストレーション



Pic-10 管理用道路の法肩の崩壊

出典：調査団

図 3-7 現地調査写真(カンダルスタン、2023/1/19)

(3) Pursat & Kampong Chhnang Province

2/8 (水)、2/9 (木) の2日間、Lum Hach、Achang、Chher Taok、Damnak Ampil の4つの灌漑排水施設サイトを視察した。MOWRAM、C/P 職員、JICA 日本人専門家チームによる合同の現地調査であり、それぞれ異なる基準で設計・施工された灌漑排水施設における構造物を確認した。

1例として、Lum Hachにおける調査結果を示す(図3-8)。取水堰下流部の左岸において、侵食による河川堤防の崩壊が確認された。河川堤防の崩壊の要因について、誘因は洪水流、および平水時の河川の流路、素因は分散性土の分布、堤防構造(侵食対策無し)、および侵食に弱い地質(凝灰岩)、などが挙げられる。



Pic-11 左岸堤防の全景 (Lum Hach)



Pic-12 崩壊箇所の近景 (Lum Hach)

出典：調査団

図 3-8 現地調査写真 (Lum Hach、2023/2/8)

3.7.4 分散性土・膨張性土の分布および性状把握のための土質調査・試験についての検討

先述した①資料調査、②情報収集インタビュー、③現地調査の結果を参考に、分散性土及び膨張性土の分布及び性状を把握するにあたり、有効と考えられる調査・試験について検討した。

土質調査・試験項目の選定にあたっては、構造物の形式、規模、重要度とともに、調査・試験の費用対効果などを勘案し、表 3-33 に示す項目を参考にしながら選定することが望まれる。

以下に、各項目について概説する。

(1) 資料調査

資料調査は既存資料の収集を行い、対象とする地域における分散性土、膨張性土の分布の概括的な把握を行う。既存資料には、地質図、土壌図などが含まれる。

資料調査における着目点として、膨張性土の母岩とされる玄武岩の分布、分散性土・膨張性土と関連性のある土壌名称（例えば分散性土は Sodosol や Alluvial Lithosol、膨張性土は Vertisol や Regurs）が挙げられる。

(2) 現地調査

現地調査は、資料調査により得た地域の概要を現地において確認するとともに、必要に応じて試料の採取を行う。大規模な水路計画においては、特に地質専門家を加え、広範囲、巨視的な観察を行う。調査には各種の専門技術者と同行するのが望ましい。

現地調査における着目点として、既存構造物の変状、地表付近の変状（空洞・陥没、ガリー侵食）、法面の状況、露頭の地質及び土質などが挙げられる。

(3) 試料採取

試料採取は、土質試験および化学分析に必要な試料を得るために行う。試料はボーリング調査で得られたものを用いることを基本とする。採取深さは、対象構造物の深さを考慮し決定する。

(4) クラム試験

溶液中に土試料を浸し、その分散具合を目視観察し、分散性を分類する。

(5) 物理試験

粒度試験で得られる粘土含有率 C と液性・塑性限界試験で得られる塑性指数 PI より、活性度 A を計算式により算出する。 C と A を用いた計算式より得られる Swelling Potential (Sp)により膨張性を評価する。

(6) ダブルハイドロメーター試験

通常の粒度試験（沈降法）において、①分散剤（ヘキサメタリン酸ナトリウム）を使用した場合と、②蒸留水のみでの試験結果を比較し、0.002mm（粘土分）の通過重量の比（＝分散比）を計算する。

(7) Free Swell Index Test

蒸留水と灯油を入れたそれぞれのシリンダーに同量の試料を入れ、24時間後の体積変化から土の膨張性を評価する。

(8) 化学分析

土中の Na, Ca, Mg, K 交換性イオン量、CEC（陽イオン交換容量）などを測定し、ESP (Exchangeable Sodium Percentage) や SAR (Sodium Adsorption Rate) などの Index を用いて、分散性を分類する。

(9) X線回折

試料を粉末化した後、その粉末に X線を当てて回折パターンを調べる。試料中に含まれる結晶（鉱物）の同定、相対量比の決定、膨潤性鉱物（スメクタイトなど）の有無の把握を行う。

表 3-33 分散性土／膨張性土の分布及び性状把握に有効と考えられる調査・試験項目

フェーズ	分散性土	膨張性土
計画調査	1. 資料調査	1. 資料調査
	2. 現地調査	2. 現地調査
全体設計調査	3. 試料採取	3. 試料採取
	4. クラム試験	4. 物理試験（粒度試験-沈降分析、液性・塑性限界試験）
	5. ダブルハイドロメーター試験	5. Free Swell Index Test
	6. 化学分析	6. X線回折

出典：調査団

3.7.5 分散性土・膨張性土に関する対策工の検討

灌漑排水施設の予定地における分散性土及び膨張性土の分布及び性状について、事前に十分な検討を行い、対策（地盤改良や遮水工等）の必要性を検討する。その結果、灌漑排水施設に悪影響を及ぼすと判断されるときには、適切な対策工法を講じるものとする。

対策工法は、地盤の状態、荷重条件、施工条件等を考慮して適切に選定するものとする。

先述した①資料調査、②情報収集インタビュー、③現地調査の結果を参考に、分散性土及び膨張性土の対処方法について検討した。

表 3-34 に、分散性土、膨張性土に対して有効と考えられる対策工を示す。

対策工法は、地盤の状態、荷重条件、施工条件等を考慮して適切に選定することが望まれる。

表 3-34 分散性土／膨張性土に対して有効と考えられる対策工

対策の方針		土の種類	
		分散性土	膨張性土
除去		<ul style="list-style-type: none"> 置換え（良質土、非分散性土） ※対策範囲（延長）が大きい場合、適さない 	<ul style="list-style-type: none"> 同左
処理	化学的	<ul style="list-style-type: none"> 地盤改良（セメント、石灰、石膏など）（配合試験、改良後土質試験、試験施工含む） ※土の強度増加も期待できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左
	物理的	<ul style="list-style-type: none"> ライニングコンクリート※、遮水シート、あるいは非分散性土で覆う（水との接触を防ぐ）。 ※水路工の場合。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 上載荷重（土圧抵抗）を大きくし、土の膨張圧に抵抗することで膨張を防ぐ。
その他		<ul style="list-style-type: none"> 雨季の施工を回避する 盛土材としては極力使用しない（使用する場合は改良材を加え、性状改善） 	<ul style="list-style-type: none"> 雨季の施工を回避する 盛土材としては極力使用しない（盛土内部への使用は可）

出典：調査団

3.8 MOWRAM 技術系職員向け標準設計基準図書にかかる研修の企画

3.8.1 MOWRAM 技術系職員向け研修カリキュラム作成の基本方針

本業務で実施する研修は、策定する標準設計基準図書の活用に関する能力強化を目的とする。MOWRAM より、標準設計基準図書について、MOWRAM 内で広く周知したいとの要望が出された。そのため、研修対象者は、MOWRAM 内の設計部門だけではなく、設計業務に関連した部門に携わる技術者も対象とすることとした。加えて、標準設計基準書には、現場でのデータ収集の手順等を含んでいることから、現地の実務を担当する PDWRAM の関連する部門も研修対象者とする。

一方で、研修対象者は、英語での受講が困難であるため、日本人専門家のみですべての研修対象者に講義を行うことはできない。そこで、本研修では、英語による講義とクメール語による講義の2種類で行う。英語による講義は日本人専門家が中心となってい、クメール語による講義は、MOWRAM 内の技術者を講師として育成して行うこととした。

研修カリキュラム作成については、C/P に対して研修に関する希望等を聴取するとともに、これまでのプロジェクトにおける研修に関する情報を収集した。これらの情報を基に研修の実施概要について C/P と具体的に協議した上で、研修カリキュラムの基本方針を作成した。研修カリキュラムの基本方針は、2023年3月に開催した第一回 JCC で協議し、関係者間の合意を得た。

(1) 過去に実施した TSC 職員を対象とする JICA 技術協力プロジェクトの成果

C/P に対し、本業務における講師として育成することを目的に、既に実施された JICA の技術協力プロジェクトのうち、「灌漑技術システム計画プロジェクト」のフェーズ 2 およびフェーズ 3（以下 TSC-2、TSC-3 と記述）の報告書等から、PDWRAM 技術者に対する研修講師を務めた経

験の有無、回数等を取りまとめた。この結果、TSC-2 または TSC-3 において、PDWRAM 職員に対し、研修の講師を務めた経験を有する C/P は 9 名であった（表 3-35）。

表 3-35 C/P の内 TSC-2 および TSC-3 における講師経験の実績

部門	Name		所属	Age	Career	Specialty	TSC での講師回数		
							TSC-2	TSC-3	合計
Administration	1	Ms. Pick Maly	TSC	53	32	Irrigation Engineer	-	-	
	2	Mr. Chek Try	TSC	51	32	Finance	-	-	
	3	Ms. Sous Chenda	TSC	49	28	Agri Economics	-	-	
Headworks	4	Mr. You Sontha	TSC	50	26	Irrigation Engineer	-	12	12
	5	Mr. Sao Ena	TSC	45	18	Architecture	10	13	23
	6	Mr. Kim Mengsreang	TSC	34	9	Civil Engineer	-	-	
	7	Ms. Ly Sunheng	ENG	28	4	Civil Engineer	-	-	
	8	Mr. Sun Chamnap	ENG	29	4	Civil Engineer	-	-	
Main Canal	9	Mr. Hay Bunthoeon	TSC	52	32	Irrigation Engineer	7	7	14
	10	Mr. Teav Vutha	TSC	50	28	Irrigation Engineer	7	6	13
	11	Mr. Kan Chansopheak	TSC	39	9	Civil Engineer	-	-	
	12	Mr. Sum Sothanak	ENG	29	4	Civil Engineer	-	-	
	13	Mr. Theng Nararith	IRRI	33	4	Bachelor of Art	-	-	
Secondary Canal	14	Mr. Mean Seng	TSC	47	23	Civil Engineer	13	14	27
	15	Mr. Soeung Sotha	TSC	53	32	Irrigation Engineer	-	11	11
	16	Mr. Meas Savoeun	TSC	50	28	Civil Engineer	14	15	29
	17	Mr. Chan Rithy	ENG	29	4	Computer Science	-	-	
	18	Mr. Thui Vanda	IRRI	29	4	Accounting	-	-	
Tertiary Canal	19	Mr. Noun Vamanth	TSC	59	33	Agri Economics	9	9	18
	20	Mr. Sok Kom	TSC	49	27	Civil Engineer	5	7	12
	21	Mr. Chea Rady	TSC	34	9	Civil Engineer	-	-	
	22	Ms. Yean Sopheak	ENG	35	6	Accounting	-	-	
	23	Mr. Teng Bora	FWUC	48	24	Civil Engineer	-	-	

出典：調査団

なお、TSC-2 における研修参加者延べ人数は合計 503 名で、うち MOWRAM 所属が 12 名、PDWRAM 所属が 491 名であった。TSC-3 における研修参加者延べ人数は合計 1,065 名で、うち MOWRAM 所属が 98 名、PDWRAM 所属が 967 名であった。

(2) MOWRAM の技術系職員の学士保有以上の技術者数等の把握

TSC 職員の内、修士（以下、MBA/MSs）および学士（以下、BA）を保有する技術者数は 33 名であった。また、工学局、灌漑農業局、農民水利組合局における MBA/MSs および BA を保有する技術者数を表 3-36 に示した。

MOWRAM 全職員（873 名）のうち、MBA/MSc および BA を取得している技術者数は、665 名（76%）であった。BA 以上の学位を有する技術者が最も多い部局は、工学局で、次いで灌漑農業局であった。

表 3-36 MOWRAM および PDWRAM の技術系職員数

(単位:人)

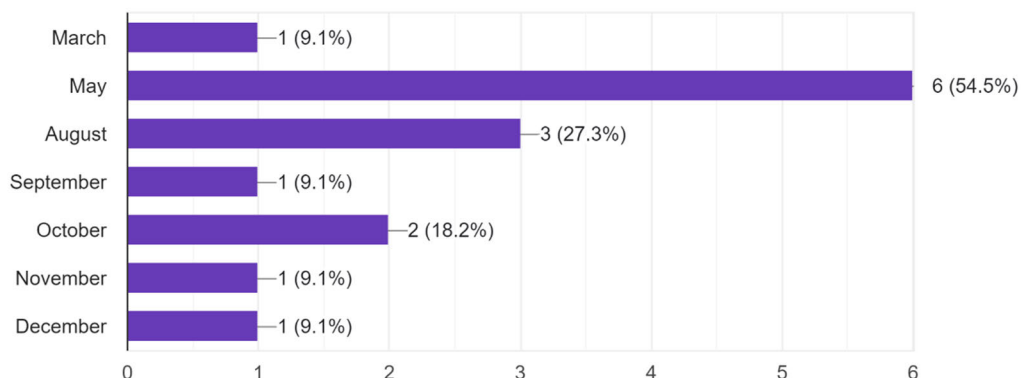
		Engineer			Technician	その他	合計
		MBA/MSc	BA, Engineer	Total			
MOWRAM	TSC	9	24	33	0	4	37
	工学局	11	170	181	44		225
	河川局			60			
	気象局			49			
	水資源管理局	3	17	20			
	灌漑農業局	14	52	66	13	8	87
	水供給・衛生局	6	26	32	1	0	33
	農民水利組合局	1	28	29	13		42
	その他			195	45	80	449
合計	-	-	665	116	92	873	
PDWRAM		-	-	277	70	166	513
合計		-	-	942	186	258	1,386

出典：調査団

(3) 研修内容に対する意向調査

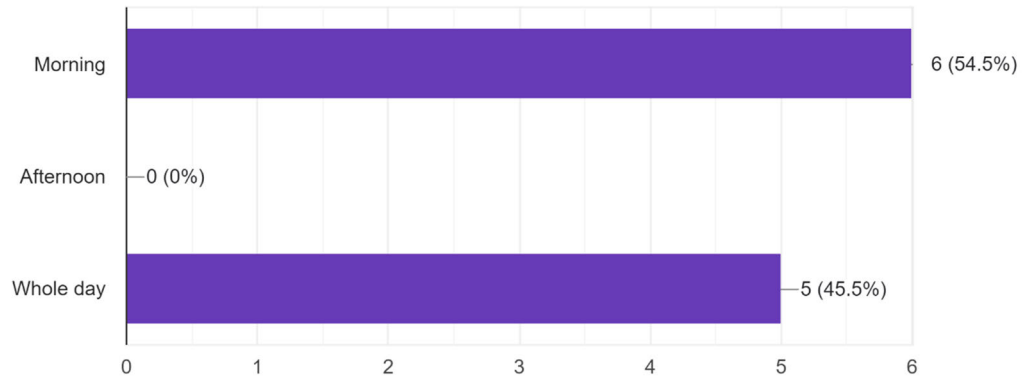
プロジェクト1期目の活動を実施中の2022年7月に行われた地方議員選挙のキャンペーン活動に、C/Pを含む、カンボジアの行政官は参加する必要があるとあり、選挙キャンペーン期間中は夫々の担当州に滞在し、プノンペンに不在となった。2023年も7月23日に地方統一選挙が予定されており、今期も同様となるため、C/Pの参加の不可を確認しておく必要がある。このため、研修の内容、研修実施期間、回数、時間等に対する希望、また、TSC以外の技術系部局、並びにPDWRAM所属の技術系職員に対する研修に対する意向等について、聴き取り調査を行った。

結果として、研修の開催時期は、統一地方選挙前の5月でもっとも高く、次いで選挙後の8月であった(図3-9)。研修時間は、午前中もしくは全日で、午後のみを希望する意見は見られなかった(図3-10)。



出典：調査団

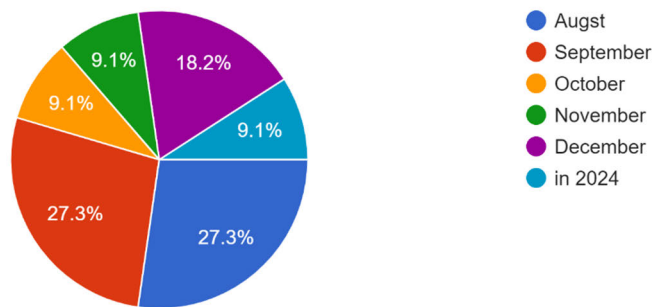
図 3-9 研修の開催希望時期(n=11)



出典：調査団

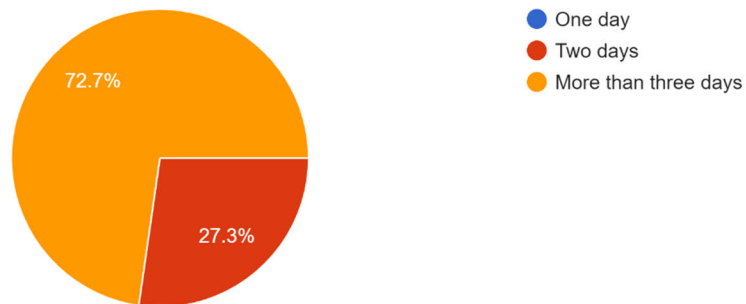
図 3-10 研修開催希望時間(n=11)

PDWRAM の研修は、8 月及び 9 月で全体の 50%以上を占めた（図 3-11）。研修開催期間は、3 日間以上が全体の 73%を占め、残りは 2 日間であった。1 日でいいという意見は見られなかった（図 3-12）。



出典：調査団

図 3-11 PDWRAM への研修開催希望時期(n=11)



出典：調査団

図 3-12 PDWRAM の研修開催希望期間(n=11)

(4) 研修実施基本方針の提案

MOWRAM の技術系部局の内、設計業務に携わることが想定される職員が配属されている部局は工学局であり、その他の灌漑農業局、TSC、農民水利組合局、気象局、河川局、水資源管理保全局は、設計業務に資する情報集積や管理に係る役割を担う組織である。

NSDD 全般を理解するための研修教材は、NSDD の設計基準、設計マニュアル、設計図面を活用する。研修を受講した技術者が、NSDD の内容を自分以外の技術者に適切な指導が可能なレベルまで習得するためには、研修講師と研修受講生との間で、密接なコミュニケーションを図る必要がある。このため、研修実施の基本方針として、初めに JICA 専門家が講師として、C/P に対して英語による研修を実施する。これにより、NSDD の内容を十分に理解した C/P を研修講師（インストラクター）として育成し、育成されたインストラクターが設計業務従事者や設計に関連する情報等を提供する関係者に研修を実施するという一連のシナリオを想定した。

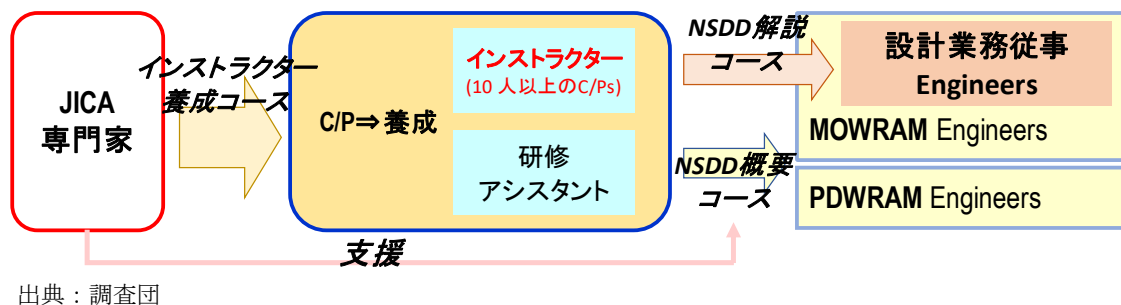
MOWRAM が NSDD を理解し、その後の設計業務に十分に活用することが担保され、さらに社会や自然状況の変化に応じて、NSDD の内容を更新できるような組織体制の構築と技術者の育成を目指す。

3.8.2 研修実施計画の提案

(1) 研修実施の流れ

研修は C/P に対する研修を優先して以下に示す 3 段階のコースから構成される（図 3-13）。

- ① 「インストラクター養成コース」
- ② 「NSDD 概要コース」
- ③ 「NSDD 解説コース」



出典：調査団

図 3-13 研修実施の流れ

また研修の到達目標を表 3-37 に示す

表 3-37 研修の到達目標

目標	インストラクター養成コース (by English)	NSDD 概要コース (by Khmer)	NSDD 解説コース (by Khmer)
C/Ps for NaSDeP	100% (20/20)	— (Included in Instructor Course)	— (Included in Instructor Course)
技術系職員 in MOWRAM	Not applicable	50% (191/382)	Not applicable
設計業務に携わる職員	Not applicable		100% (TBC)
技術系職員 in PDWRAM	Not applicable	26% (72/277)	Not applicable
Total	100% (20/20)	40% (263/659)	100% (TBC)

出典：調査団

(2) インストラクター養成コースの内容

インストラクター養成コースは、C/P をインストラクターもしくは研修アシスタントとして育成することを目的とする。インストラクターとなった C/P は、MOWRAM の他部門の技術者に対して NSDD 解説コースならびに NSDD 概要コースの研修を実施する。

インストラクター養成コースの研修講師は、日本人専門家が担当し、研修は英語にて行う。

(3) NSDD 概要コースの内容

NSDD 概要コースは、MOWRAM および PDWRAM の技術者を対象として、NSDD で示される用語の理解、NSDD の構成などの概要を理解する。

NSDD 概要コースの研修講師は、前述のインストラクター養成コースでインストラクターとなった C/P が主体的に行い、日本人専門家は、側面から支援する。

(4) NSDD 解説コースの内容

NSDD 解説コースは、MOWRAM の設計業務に従事する技術者を対象とし、NSDD で示される設計基準、設計マニュアルの内容、設計図面について理解する。

NSDD 解説コースの研修講師は、前述のインストラクター養成コースでインストラクターとなった C/P が主体的に行い、日本人専門家は、側面から支援する。

3.8.3 事前研修によって得られた研修カリキュラム作成の教訓

プロジェクト開始直後、短期専門家が講師となり、英語で作成した研修材料を用いて、英語による研修を事前実施した際に得た教訓は以下のとおりである。

C/P からの要望に従い、日本の設計基準図書の内容説明に係る研修等は、研修内容の難易度に係らず、ローカルコンサルタントがクメール語に通訳をする、もしくは、クメール語による追加説明を行ってきた。

また、技術総局の局長や技術アドバイザーの方々等を除き、TSC 以外の MOWRAM の技術系部局である工学局、灌漑農業局、農民水利組合局等への聴き取りを行う場合には、英語によるコミュニケーションは困難であり、クメール語の通訳を要した。

このため、C/P 以外を対象とする MOWRAM および PDWRAM の研修については、クメール語で実施し、研修材料もクメール語で作成すること重要であることが明らかとなった。

3.9 関係省庁及び関連開発パートナーとのワークショップの開催

カ国の関連省庁である MAFF、MARD、MEF 等、開発パートナーである ADB、AFD、Aus-Aid、WB 等の組織、ITC 等関連研究機関、MOWRAM の関連部局および PDWRAM の出席の下、2023 年 2 月 21 日に第 1 回ワークショップを開催した。

JICA カンボジア事務所宮原次長の挨拶、プロジェクト・ダイレクターのブン・ヘン長官の開会の言葉に続き、プロジェクトの概要、NSDD の策定方針、およびプロジェクトの今後の活動について説明を行った。

これらの説明に対し、参加者との質疑応答が行われた。

3.10 JCCの開催

2023年3月22日に合同調整会議（JCC）が開催され、2022年度のプロジェクトの活動および成果の概要について説明するとともに、PDMとPOについて協議し、PDMの変更が提案され、変更について合意した。

2023年度の年間活動計画の説明を行い、参加者と質疑応答を実施した。

第4章 今後のプロジェクト活動への教訓と課題

4.1 C/Pのプロジェクト活動への参加期間の調整

2022年の7月に地方議員選挙が実施された際は、投票日前の約1か月間、継続した選挙キャンペーンが実施され、すべてのC/Pは動員によりMOWRAMの事務所に出勤しなかった。また、クメール正月（4月中旬）や水祭り（10月）の時期は、連続した休暇をとることが習慣となっている。この様に、C/Pがプロジェクト活動以外で、政治的に協力せざるを得ないことになっている役務提供や休暇等は事前に把握し、プロジェクト活動や投入が、この期間に当たらない様、配慮する必要がある。

4.2 既存事業に関する情報収集における工夫

既存事業に関する情報やデータ収集を円滑に行うため、関連事業管理ユニット宛に大臣名で要請書を発行した。JICA（全件）、ADB（2010年代半ば以降）の資金協力事業については、関係者から設計図、設計報告書（設計基準を含む）、設計マニュアル等の情報を入手した。一方、韓国、中国、インドによる事業については、要請書発行にもかかわらず、ほとんど情報が得られなかったため、事業概要把握に必要な追加情報の多くを、Web検索により収集した（事後審査報告書、予備フィービリティスタディ報告書、Googleマップによる事業地区の拡大など）。また、現地調査時において主要構造物の数、寸法諸元などを実測し、設計条件を推定した。MOWRAMが実施した国内プロジェクトについては、工学局から簡易事業概要報告書および基本設計レベル図面の提供を受け、設計と竣工状況や設計段階と建設段階のギャップ分析を実施した。最終的に、優良事例、現況の不具合や課題の特定を通じて、日本の設計基準との比較に基づく調査対象既存事業の設計・仕様の妥当性を評価した。第2期作業において必要に応じて実施する追加現地調査では、上記ノウハウの活用による既存事業の妥当性評価実施を想定する。

4.3 成果物のクメール語翻訳の必要性

プロジェクト活動において、C/Pとのコミュニケーションは、日常会話については英語で相互に理解できる状況であるものの、技術的内容を含むプレゼンテーションや配布資料については、逐次クメール語へ通訳、翻訳することが必要である。

既に、設計基準書のドラフトに対する説明については、専門家が英語で作成した資料やスライドを英語で説明した後、直ちにローカルコンサルタントがクメール語で説明して、内容の理解を進めることが求められている。

また、気象・水文に係る基礎的な技術研修をITCで講師をしている研究者をローカルコンサルタントとして臨時雇用し、クメール語で講義を実施したが、C/Pのみならず、プロジェクト・マネージャーのベスナ副長官からも、このような形式での研修実施の期待と要請が大きい。

なお、長期専門家により広報活動の一環として作成されたプロジェクトのパフレットは、英文で作成後に翻訳業者に外注してクメール語への翻訳を実施したが、公共機関が広報等に用いる公文書には、特別な言い回しや表現が必要であり、公文書の作成を長年経験するピッチ・ベスナ

副長官兼プロジェクト・マネージャー自らが校正し最終化した。このため、クメール語への翻訳を民間業者へ外注する場合は、最終化のための十分な校正を追加することを想定する必要がある。

4.4 将来の研修継続に必要な費用（講師日当を含む）の予算化

研修企画の基本的シナリオとして、C/P をクメール語による研修インストラクターとして育成し、MOWRAM の技術系職員に対する研修を実施することとした。インストラクターの育成が困難な場合や育成が完了するまでは、ローカルコンサルタント等、MOWRAM 外部から講師を備上しなくてはならず、経費の捻出やキャリアアセスメントの面から、研修の継続的な実施の障害となり得る。

また、PDWRAM の技術者に対する研修は、プノンペンもしくは、PDWRAM の位置する地方都市ごとに実施するかにかかわらず、受講生もしくは講師派遣の旅費や日当、会議室の借上げ代金などの経費を見積り、経費の計上、予算確保の準備を、講師育成と並行して進めることが必要である。

4.5 業務実施（2期目）における課題への対応

MOWRAM の技術系職員がカ国の河川管理を所掌する行政機関の一員として、設計に係る資料を保管・整理しておくこと、これらのデータを将来の社会資本の管理にどの様に活用すること等を理解できていないことが、最大の課題であると考えられる。この辺りの状況を、数年間で変革することは困難であると推察するが、プロジェクト活動を通じ専門家としてアクセスできる範囲の関係者にマインドを伝達、共有する等、小さなインパクトを積み重ねることが、将来の大きな改革を導くと考え、2期目の業務実施においても、可能な限り C/P と協働で業務を実施するなど、密接なコミュニケーションを図る機会を創出する。

他方、灌漑排水事業に協力する開発パートナーとの連携・巻き込みについては、MOWRAM 幹部がある程度の成果が上がる見通しが無いまま情報を共有することに慎重であったこと等の理由により遅れることとなった。各開発パートナーや関係省庁に対しては、2023年2月に実施した第1回ワークショップ時に将来の円滑な NSDD 準拠に係る合意に向けた雰囲気作りとして事業地区名は匿名のまま、調査や課題、改善策の分析結果に関する説明を実施した。ただし、ワークショップに中国や韓国の関係者が不参加であったことを教訓とし、事前に個々の開発パートナーに根回しをする等の対策を講じることにより、改善を図る。