

インドネシア共和国
公共事業省 水資源総局

インドネシア国
スメル山緊急火山砂防事業
計画プロジェクト
【有償勘定技術支援】

業務完了報告書
添付資料(10)
砂防技術センター(STC)の機能強化

2025年2月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

八千代エンジニアリング株式会社

インドネシア国スメル山緊急火山砂防事業計画プロジェクト【有償勘定技術支援】
砂防技術センター(STC)の機能強化

目次

目次

略語表

第1章 背景	1-1
1.1 背景	1-1
1.2 目的と作業内容.....	1-1
1.3 関連機関	1-1
第2章 現状分析と目標設定.....	2-1
2.1 砂防技術センター（STC）の定義	2-1
2.2 VSTCプロジェクトから ISDM プロジェクトにかけての STC の活動	2-3
2.2.1 火山砂防技術センター（VSTC）プロジェクト.....	2-3
2.2.2 砂防技術センター（STC）プロジェクト	2-3
2.2.3 火山地域総合防災（ISDM）プロジェクト.....	2-4
2.3 Balai Teknik Sabo の概要	2-5
2.3.1 任務と機能.....	2-5
2.3.2 組織構成.....	2-6
2.3.3 人材	2-7
2.4 現状分析	2-8
2.4.1 Balai Teknik Sabo の活動	2-8
2.4.2 Balai Teknik Sabo が管理する機器・設備	2-15
2.4.3 インドネシア国内の土砂災害分野の災害リスク削減に向けたニーズの分析	2-21
2.5 目標設定	2-28
第3章 目標設定・現状分析を踏まえたインドネシアにおける砂防技術強化向上のロードマップ（案）	3-1
3.1 ロードマップ（案）作成の方針.....	3-1
3.2 ロードマップ（案）作成上のフェーズ設定.....	3-1
3.2.1 第1フェーズ：2025～2026年（2年間） インドネシアの砂防技術基礎の強化	3-1
3.2.2 第2フェーズ：2027～2030年（4年間） 砂防技術の展開.....	3-2
3.3 各フェーズにおける達成具体目標とインドネシア側において必要とされるアクション	3-3
3.4 ロードマップ（案）に関するインドネシア側からのインプット	3-4
3.5 STC 機能強化ロードマップ（案）	3-4

第4章	カリキュラム・シラバスの設定.....	4-1
4.1	人材育成の対象.....	4-1
4.2	カリキュラムの設定.....	4-1
4.3	シラバスの設定.....	4-1
4.4	教育課程（案）.....	4-2
第5章	機器・設備のアップグレード.....	5-1
5.1	対象とする機器・設備.....	5-1
5.2	屋外水理模型実験場の現状.....	5-1
5.2.1	設備のレイアウトと全景.....	5-1
5.2.2	現状と課題.....	5-2
5.3	改善案.....	5-2
5.4	改善工事費と運用・維持管理費用.....	5-4

図表目次

図目次

図 2-1 STC の歴史と組織の変遷2-2

図 2-2 Balai Teknik Sabo の組織構成2-6

図 2-3 Balai Teknik Sabo の全職員の年齢構成2-7

図 2-4 試験・実験設備2-15

図 2-5 X バンド MP レーダー設置状況2-18

図 2-6 屋内水理模型実験棟の位置と規模2-18

図 2-7 屋内水理模型実験棟の内部の状況（2024 年 6 月時点 模型部分を改修中） ...2-19

図 2-8 屋外水理模型実験場の位置と規模2-19

図 2-9 屋外水理模型実験場の 2024 年 6 月時点の状況2-20

図 2-10 水理模型実験の実施状況2-21

図 3-1 流域管理事務所における技術者の構成3-1

図 3-2 日本の砂防技術支援による STC（BTS）機能強化ロードマップ（案）3-5

図 5-1 現在の屋外水理模型実験場周辺の施設レイアウト5-1

図 5-2 屋外水理模型実験場 全景5-2

図 5-3 屋外水理模型実験場の改善案5-3

表目次

表 2-1	VSTC プロジェクトの活動	2-3
表 2-2	STC プロジェクトの活動	2-4
表 2-3	ISDM プロジェクトの活動	2-4
表 2-4	Balai Teknik Sabo による技術開発活動の一例	2-8
表 2-5	Balai Teknik Sabo が作成した技術基準類の一例	2-8
表 2-6	Balai Teknik Sabo の研究者が発表した学術文献の一例	2-9
表 2-7	Balai Teknik Sabo が行った技術的アドバイス業務の一例	2-11
表 2-8	Balai Teknik Sabo の技術開発活動のマッピング	2-12
表 2-9	災害種ごとの災害発生件数（2023 年）	2-12
表 2-10	Balai Teknik Sabo による研修活動の一例	2-13
表 2-11	Balai Teknik Sabo の研修活動のマッピング	2-13
表 2-12	Balai Teknik Sabo による広報・普及啓発活動の一例	2-14
表 2-13	Balai Teknik Sabo の広報・普及啓発活動のマッピング	2-15
表 2-14	Balai Teknik Sabo の施設に配備されている主な機器類（コンクリート試験室）	2-16
表 2-15	Balai Teknik Sabo の施設に配備されている主な機器類（土質試験室）	2-16
表 2-16	Balai Teknik Sabo の施設に配備されている主な機器類（水理実験棟）	2-17
表 2-17	機器・設備の現状評価	2-21
表 2-18	STC 機能強化に関する主な協議等	2-22
表 2-19	STC の機能強化に関するインドネシア側のニーズ	2-23
表 2-20	水資源総局に関する課題の整理	2-25
表 2-21	DGWR における課題と目標設定	2-28
表 3-1	第 1 フェーズ（2025～2026 年） インドネシアの砂防技術の基礎強化	3-3
表 3-2	第 2 フェーズ（2027～2030 年） 砂防技術の展開	3-3
表 3-3	砂防技術セミナー（2025 年 2 月 21 日）でコメントされた課題と提案される対応	3-4
表 4-1	カリキュラム	4-1
表 4-2	シラバス	4-1
表 4-3	砂防一般コース	4-2
表 4-4	砂防調査計画コース	4-3
表 4-5	砂防設計コース	4-4
表 4-6	施工・維持管理・予警報コース	4-4
表 5-1	屋外水理模型実験場の改善点	5-3
表 5-2	屋外水理模型実験場改善にかかる概算工事費	5-4

略語集

略語	日本語	インドネシア語 (英語)
ASEAN	東南アジア諸国連合	Association of South East Asian Nations
BBWS	大規模流域管理事務所	Balai Besar Wilayah Sungai (Large River Basin Agency)
BBWS-SO	スラユオパック流域管理事務所	Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak (Serayu Opak River Basin Agency)
BINTEC	水資源技術開発局	Direktorat Bina Teknik Sumber Daya Air (Directorate of Water Resources Engineering Development)
BPSDMI	人材開発庁	Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Industri (Department of Human Resources Development)
BWS	流域管理事務所	Balai Wilayah Sungai (River Basin Agency)
CoE	水と気候レジリエンスに関する中核的研究拠点	Center of Excellence on Water and Climate Resilience
DGWR	水資源総局	Direktorat General Sumber Daya Air (Directorate General of Water Resources)
ISDM	火山地域総合防災プロジェクト	Integrated Sediment-related Disaster Management
ITB	バンドン工科大学	Institut Teknologi Bandung (Bandon Institute of Technology)
LiDAR	レーザー画像検出と測距	Light Detection And Ranging
MOU	協議議事録	Minutes of Understanding
MP	マルチパラメータ	Multiparameter
MPBA	自然災害マネジメント	Natural Disaster Management
MPW	公共事業省	Kementerian Pekerjaan Umum (Ministry of Public Works)
OJT	オンザジョブ・トレーニング	On the Job Training
PDM	プロジェクト・デザイン・マトリクス	Project Design Matrix
PPLPGB	火山対策研修センタープロジェクト	Proyeck Pusat Latihan Penanggulangan Gunung Be (Training Center Project for Countermeasures on Volcanoes rapi)
PU	公共事業省	Kementerian Pekerjaan Umum (Ministry of Public Works)
SATREPS	地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development
STC	砂防技術センター	Sabo Technical Center
UAV	無人航空機	Unmanned Aerial Vehicle
UGM	ガジャマダ大学	Gadjah Mada Univeresity
VSTC	火山砂防技術センター	Volcanic Sabo Technical Center
WIDE	水・土砂災害防止技術	Water and Sediment Disaster Prevention Technology
WWF	世界水フォーラム	World Water Forum

第1章 背景

1.1 背景

2024年5月22日、バリ島ヌサドゥアで開催された第10回世界水フォーラムの会期中にて、国際協力機構（JICA）と公共事業・国民住宅省（当時）は、砂防技術センター（STC）に関する覚書（MOU）に署名した。日本の支援を受けて設立されて以来、STCは、インドネシアにおける土砂管理と災害リスク軽減のための砂防のデータ解析、技術指導、技術者研修プログラム及び技術開発に携わっている。

公共事業・国民住宅省のバスキ大臣は、土砂災害リスク管理の分野で水と気候のレジリエンスのための中核研究拠点（Center of Excellence for Water and Climate Resilience, CoE4WCR）への貢献という重要な役割を果たすために STC を強化し、その範囲を他の開発途上国に拡大する意向を示した。この MOU は、ロードマップの作成支援、設備の更新支援、ビジョンを実現するための研修プログラムへの支援など、STC に対する今後の協力について合意したものである。

1.2 目的と作業内容

上記 MOU の合意事項を踏まえ、STC の機能強化に向けて以下の作業が実施された。

- 1) インドネシア国内の土砂災害分野の災害リスク削減に向けた砂防分野の人材育成、砂防技術開発のあるべき姿を見据えた目標設定・現状分析
- 2) 上述の目標設定・現状分析を踏まえたインドネシアにおける砂防技術向上 のロードマップ（案）の作成
- 3) 上述を踏まえた技術研修カリキュラム・シラバスの設定
- 4) STC が中長期的に上述のロードマップ（案）に規定される役割を担うための機器、設備のアップグレード調査

1.3 関連機関

インドネシアでは、2024年10月20日のプラボウォ・スビアント大統領の就任による新政権の発足に伴い、同21日には省庁再編に係る大統領令が発令され、公共事業・国民住宅省（Ministry of Public Works and Housing, PUPR）は公共事業省（Ministry of Public Works, PU）へと再編された。公共事業省の水資源総局から水資源技術局及び砂防技術センターまでの組織構成は、省庁再編の影響を受けなかった。以上から、本報告書では関係機関を下記のように呼ぶものとした。公共事業省（Ministry of Public Works (MPW)/ *Kementerian Pekerjaan Umum (PU)*）

／水資源総局（Directorate General of Water Resources (DGWR)/ *Direktorat Jenderal Sumber Daya Air*）

／水資源技術開発局（Directorate of Water Resources Engineering Development/ *Direktorat Bina Teknik Sumber Daya Air (Bintek)*）

／砂防技術センター（Sabo Technical Center (STC)/ *Balai Teknik Sabo*）

第2章 現状分析と目標設定

2.1 砂防技術センター (STC) の定義

本報告では、砂防技術センター (STC) と Balai Teknik Sabo を同義として扱うが、過去の VSTC プロジェクトから ISDM プロジェクトにかけての活動、及び将来あるべき姿を議論する場合は STC という呼称を、また ISDM プロジェクト完了後から現在に至る活動を説明する場合は Balai Teknik Sabo という呼称を用いるものとした。

火山砂防技術センター (VSTC) プロジェクトから砂防技術センター (STC) プロジェクト、火山地域総合防災 (ISDM) プロジェクトを経て現在に至る組織の変遷を整理し、図 2-1 に示した。

VSTC プロジェクトは火山砂防技術を有する技術者の養成を主目的としたものであったが、STC プロジェクトからは対象とする技術分野が非火山地域の土砂移動現象 (地すべり、土石流、崖崩れ、多目的ダムの土砂堆積、等) まで拡大された¹。また、1997 年にタイで発生したアジア通貨危機を発端として社会的・経済的・政治的混乱を経験したインドネシアでは、緊縮財政下での民主化と地方分権を基本とする防災体制の確立が求められたため、続く ISDM プロジェクトでは、土石流対策のための官民連携に関連する活動が行われた²。各プロジェクトの概要は 2.2 節に整理した。

VSTC プロジェクトに始まる広義の STC には、技術開発、研修及び広報を担う河川局系の組織 (図 2-1 中の青ハッチング部、各技術協力プロジェクトに対応するためのサブプロジェクトで、専門家のカウンターパートとして 2.2 節で述べる活動を行うことを目的とする。) と、研究を担う研究開発庁系の組織 (同、黄色ハッチング部、現在の Balai Teknik Sabo と同様の機能を持つ恒久的研究機関) の 2 系統が長らく共存していた。ISDM プロジェクトの終了後、無償援助による STC の資産、すなわち砂防情報センター (講義室、事務室)、実験棟及び寮とそれらに付随する土地は、水資源総局スラユ・オパック流域管理事務所 (BBWS-SO) によって管理されていたが、2024 年 4 月 30 日付で、これらの資産は Balai Teknik Sabo へと移管された³。これにより、Balai Teknik Sabo は STC に関連するプロジェクトで整備された全ての資産を管理できるようになった。

本報告では、STC と Balai Teknik Sabo を同義として扱うものとする。過去の VSTC プロジェクトから ISDM プロジェクトにかけての活動、及び将来あるべき姿を説明する場合は STC という呼称を用い、ISDM プロジェクト完了後から現在に至る活動を説明する場合は Balai Teknik Sabo という呼称を用いるものとした。

¹ (社) 全国治水砂防協会 (2000): 日本・インドネシア砂防技術協力30年のあゆみ, 440p.

² 渡辺文人 (2006): インドネシアにおけるISDMプロジェクト, 砂防学会誌, Vol. 58, No. 5, p. 26-34

³ 2024年4月30日付 引き渡し議事録 (Berita Acara Serah Terima)

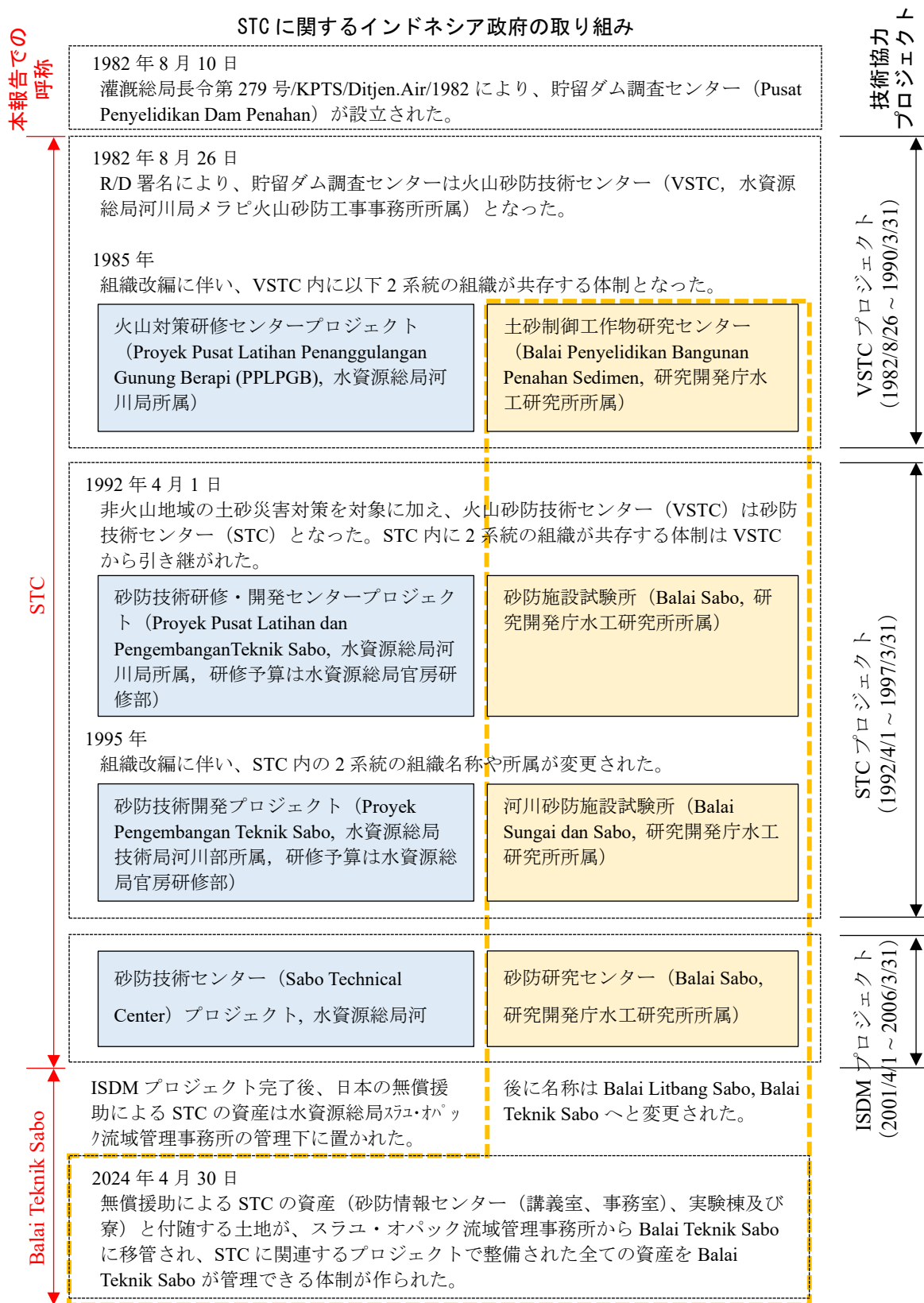


図 2-1 STC の歴史と組織の変遷

出典：(社) 全国治水砂防協会 (2000): 日本・インドネシア砂防技術協力 30年のあゆみ, 440p.
 渡辺文人 (2006): インドネシアにおける ISDM プロジェクト, 砂防学会誌, Vol. 58, No. 5, p. 26-34
 2024年4月30日付 引き渡し議事録 (Berita Acara Serah Terima)

2.2 VSTC プロジェクトから ISDM プロジェクトにかけての STC の活動

VSTC プロジェクトから ISDM プロジェクトにかけて、STC では専門家側による技術指導に基づき、技術開発活動、研修活動及び広報・普及啓発活動が行われてきた。本節では、過去に STC で実施されていた活動の理解を目的として、既存文献^{1,2}をもとに、各プロジェクトで実施された活動を技術開発活動、研修活動及び広報・普及啓発活動の3つにカテゴライズして整理した。

2.2.1 火山砂防技術センター (VSTC) プロジェクト

VSTC プロジェクトは、火山砂防に係る技術者の養成及び技術開発を目的として、1982年8月26日から1990年3月31日にかけて実施された。プロジェクトの実施期間中には様々な広報・普及啓発活動も行われた(表 2-1)。研修活動のうち一般コースは、砂防事業の概要、目的、効果等を公共事業に従事する技術者に広く紹介するものである一方、上級コース及び総合コースは、火山砂防事業での指導的立場の技術者を養成するため、河川局の工事事務所の課長クラス以上の実務経験者を対象に実施されたものである。

表 2-1 VSTC プロジェクトの活動

技術開発	A) 適正工法の開発(砂防堰堤天端摩耗対策、蛇籠を用いた適正工法、植生を利用した構造物補強工法、砂防施設と取水施設を組み合わせた土砂処理対策) B) 水理模型実験(局所洗堀対策、水制工の設計、表面侵食対策、泥流の発生・流下メカニズム) C) 泥流予警報システム(モデル区域設定、機器の導入、警戒避難雨量設定、想定氾濫区域設定、情報伝達マニュアル作成)
研修	A) 一般コース： ● 対象：政府職員、民間会社で公共事業に従事している技術者 ● 目的：砂防事業の概要、目的、効果等の紹介 ● 研修期間等：1回当たり20名で研修期間2週間、年4回実施 B) 上級コース： ● 対象：河川局の工事事務所の課長クラスの実務経験者 ● 目的：砂防調査・計画・設計・維持管理等の技術を身に付けてもらうことによる、砂防事業の指導的立場となる技術者の養成 ● 研修期間等：1回当たり15名で研修期間6ヶ月、年1回実施 C) 総合コース： ● 対象：河川局の工事事務所の課長クラスから副所長クラスの実務経験者 ● 目的：火山砂防のF/S及びD/Dの作業に対応できる技術者の育成 ● 研修期間等：1回当たり5名で研修期間2年間、2年間に1回実施
広報・普及啓発	A) ブックレット作成・出版 B) 「VSTC ニュース」の刊行 C) セミナーの開催

出典：(社)全国治水砂防協会(2000)：日本・インドネシア砂防技術協力30年のあゆみ、440p.

2.2.2 砂防技術センター (STC) プロジェクト

STC プロジェクトは、非火山地域も含めた地すべり、土砂流、崖崩れ、ダム堆砂等の砂防技術全般についての人材育成及び技術開発を目的として、1992年4月1日から1997年3月31日にかけて実施された(表 2-2)。研修活動のうち公開コースは、地域社会や地方政府機関の代表

砂防技術センター (STC) の機能強化

者に土砂災害防止及び復旧工事の概念、目的、効果及びその必要性を理解してもらうものである一方、砂防技術コース及び応用砂防技術コースは、砂防全般に携わる技術者に対し、土砂災害防止及び復旧工事に対する知識と実践技術の習得を目的として実施されたものである。

表 2-2 STC プロジェクトの活動

技術開発	A) 地すべり対策 B) 土石流対策 C) 取水施設保全のための上流砂防対策 D) 多目的砂防施設の計画・設計 E) 貯水池堆砂対策 F) 泥流予警報システムの計画・設計 G) VSTC 技術開発項目のフォローアップ（植生工の計画・設計、蛇籠工の計画・設計、砂防堰堤天端摩耗対策）
研修	A) 公開コース： ● 対象：地域社会及び地方政府機関の代表者 ● 目的：土砂災害防止及び復旧工事の概念、目的、効果及びその必要性の理解 ● 研修期間等：1 回当たり 15～20 名で研修期間 4 日間，年 2 回実施 B) 砂防技術コース： ● 対象：大学関係者、政府職員、民間会社の技術者 ● 目的：土砂災害防止及び復旧工事に対する基礎知識と実践技術の習得 ● 研修期間等：1 回当たり 15～20 名で研修期間 1.5 ヶ月，年 1 回実施 C) 応用砂防技術コース： ● 対象：インドネシア政府の中堅技術者で VSTC の研修修了者 ● 目的：土砂災害防止及び復旧工事の高度な知識と実践技術の習得 ● 研修期間等：1 回当たり 5 名で研修期間 6 ヶ月
広報・普及啓発	A) セミナーの開催 B) 「STC ニュース」の刊行 C) 砂防関連データベースの整備

出典：(社) 全国治水砂防協会 (2000): 日本・インドネシア砂防技術協力 30 年のあゆみ, 440p.

2.2.3 火山地域総合防災 (ISDM) プロジェクト

ISDM プロジェクトは、火山地域において総合的な防災対策が計画・実施できるようになることを目標として、2001 年 4 月 1 日から 2006 年 3 月 31 日にかけて実施された (表 2-3)。その内容は、インドネシアの社会経済情勢 (中央・地方財政の逼迫、民主化、地方分権化) を踏まえ、土石流対策のための官民連携に関連する活動が主軸となった。水・土砂災害防止技術 (WIDE) コースと OJT コースからなる研修活動では、地域総合防災事業の計画策定や技術サポートのできる技術者の育成が行われた。また、ガジャマダ大学に創設された自然災害マネジメント (MPBA) コースでは、中央・地方政府で総合的な防災対策を指導し実施できるハイレベルな技術者の育成が開始された。

表 2-3 ISDM プロジェクトの活動

技術開発	A) 行政と住民が連携して実施する総合防災モデルの確立 B) 地域防災組織・体制の確立 C) 災害復旧対策手法の確立 D) 普及型雨量計等の開発 E) 砂防情報システムの基盤整備
------	---

研修	<p>A) 水・土砂災害防止技術 (WIDE) コース :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 対象 : 州・県の地方政府職員 ● 目的 : 土砂災害や砂防技術に関する基礎知識の理解 <p>B) On the Job Training (OJT) コース :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 対象 : モデル地区に関係する州・県の地方政府職員 ● 目的 : 各モデル地区の総合防災事業の計画づくりを通じたそのプロセスの理解 <p>C) ガジャマダ大学 (UGM) への自然災害マネジメント (MPBA) コースの創設 :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 対象 : 公共事業省、地方政府公共事業部門および他省庁の技術者 ● 目的 : 中央・地方政府で総合的な防災対策を指導し実施できるハイレベルな技術者の育成
広報・普及啓発	<p>A) 砂防情報システムの基盤整備の一環としての、「横田ライブラリー」の整備</p> <p>B) セミナーの開催</p>

出典 : 渡辺文人 (2006): インドネシアにおける ISDM プロジェクト, 砂防学会誌, Vol. 58, No. 5, p. 26-34

2.3 Balai Teknik Sabo の概要

2.3.1 任務と機能

Balai Teknik Sabo の Web サイトを参照し、2024 年 8 月時点の Balai Teknik Sabo の任務と機能を以下のとおり整理した。

【Balai Teknik Sabo の任務】
Balai Teknik Sabo は、砂防分野における試験、評価、検査、認証のための技術サービスの開発、エンジニアリング、実施を行うことを任務とする。
【機能】
a. 計画、プログラム、予算の作成 (<i>Penyusunan rencana, program, dan anggaran</i>)
b. 開発とエンジニアリングの実施 (<i>Pelaksanaan pengembangan dan perekayasaan</i>)
c. 普及の実施 (<i>Pelaksanaan diseminasi</i>)
d. 試験、評価、検査、認証を含む技術サービスの実施 (<i>Pelaksanaan pelayanan teknis meliputi pengujian, pengkajian, inspeksi, dan sertifikasi</i>)
e. 技術移転の促進 (<i>Fasilitasi pelaksanaan alih teknologi</i>)
f. データの作成と管理 (<i>Penyiapan dan pengelolaan data</i>)
g. 研究所の管理 (<i>Pengelolaan laboratorium</i>)
h. モニタリング、評価、報告の実施 (<i>Pelaksanaan pemantauan, evaluasi, dan pelaporan</i>)
i. センターの総務・経理事務の実施 (<i>Pelaksanaan urusan tata usaha dan rumah tangga balai</i>)
出典 : Balai Teknik Sabo の Web サイト (https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/page/tugas-dan-fungsi) を翻訳

上記の機能のうち、灰色のハッチングで示す a 及び f~i の機能は、Balai Teknik Sabo の組織運営のためのアドミ業務に関するものである。一方、b~e の機能は、STC で行われていた技術開発、研修、広報・普及啓発の活動をおおむね受け継いだものとなっている。これについては 2.4.1 節で詳述する。

Balai Teknik Sabo の機能には人材育成 (*Pengembangan Sumber Daya Manusia*) が定義づけられていないが、2024 年 8 月 29 日に Balai Teknik Sabo の上位機関である水資源技術局 (Bintek) 所

長に対して行ったヒアリング調査では、「Balai Teknik Sabo の機能のうち b. 開発とエンジニアリングの実施、c. 普及の実施 には教育も含まれ、その一環として人材育成も行える」という認識が示された。また現在のところ、公共事業省における職員の人材育成は省内の人材育成庁 (BPSDM) が担う建て付けになっているが、砂防に特化した教育プログラムはまだ実施されていない。これについても、「Balai Teknik Sabo が教育プログラムの立案や技術的な指導を、BPSDM が教育プログラムの実施にかかるアレンジやアドミの部分それぞれ担うといった役割分担で人材育成を行える」との認識が示された。実際に BPSDM に属する公共事業大学校 (*Politeknik Pekerjaan Umum*) の実験実習を Balai Teknik Sabo が受け入れ、学生に対して土質試験、コンクリート試験及び水理模型実験の指導を行った実績もあるため (2.4.1 節で詳述)、その実現度は高いと考えられる。

2.3.2 組織構成

Balai Teknik Sabo の Web サイトを参照し、2024 年 8 月時点の Balai Teknik Sabo の組織構成を以下のとおり整理した。Balai Teknik Sabo は技術開発・応用部門、技術サービス部門、管理部門、及び各部門の実務を支える職能グループからなる。技術開発・応用部門と技術サービス部門は、前節で示した Balai Teknik Sabo の機能のうち、それぞれ b. 開発とエンジニアリングの実施、d. 試験、評価、検査、認証を含む技術サービスの実施 に対応する部門である。

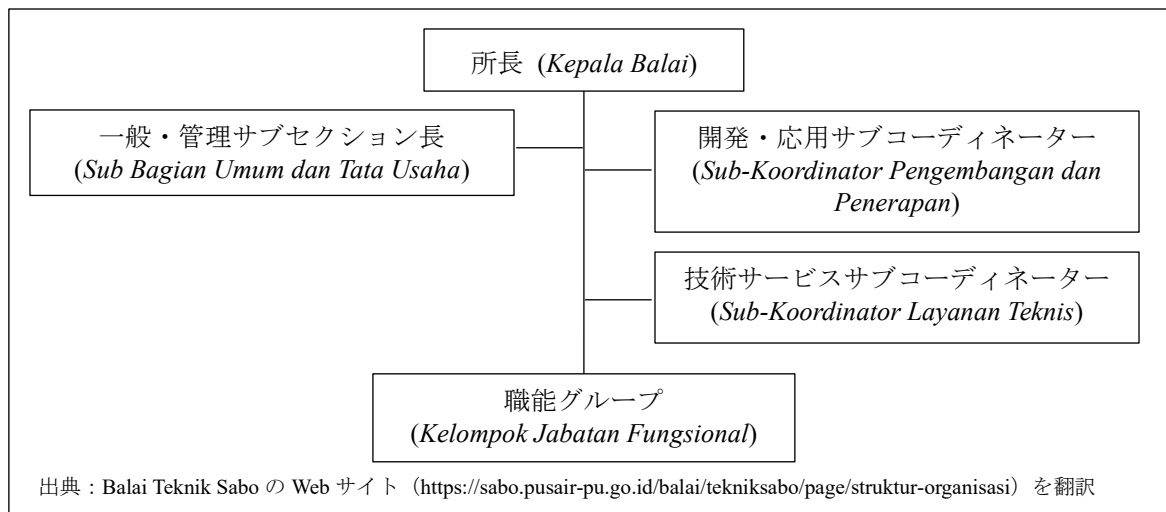


図 2-2 Balai Teknik Sabo の組織構成

2.3.3 人材

Balai Teknik Sabo の Web サイトに基づく 2024 年 8 月時点の情報によると、Balai Teknik Sabo の人材は、専門職公務員 (*PNS Jabatan Fungsional Tertentu*)、一般職公務員 (*PNS Jabatan Fungsional Umum*) 及び非公務員スタッフ (*Non PNS*) の 3 つに大別される。これらの人数構成はそれぞれ順に 12 名、36 名、14 名である。このうち専門職公務員に区分される技術者と研究者の内訳を以下に示す。前述した b. 開発とエンジニアリングの実施、d. 試験、評価、検査、認証を含む技術サービスの実施 の各業務は、このうち管理職である主任技術者 1 名と灌漑及び建築の技術者 2 名を除く、計 9 名で担っていると考えられる。

【専門職公務員の内訳】

- 主任技術者 (*Perekayasa Utama*, 1 名)
- 中級技術者 (*Perekayasa Ahli Muda*, 4 名)
- 初級技術者 (*Perekayasa Ahli Pertama*, 1 名)
- 灌漑中級技術者 (*Teknik Pengairan Ahli Muda*, 1 名)
- 中級研究者 (*Peneliti Muda*, 3 名)
- 初級研究者 (*Peneliti Pertama*, 1 名)
- 建築・住宅工学初級技術者 (*Teknik Tata Bangunan & Perumahan Ahli Pertama*, 1 名)

出典：Balai Teknik Sabo の Web サイト (<https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/page/sumber-daya-manusia>) を翻訳

図 2-3 は、Balai Teknik Sabo の全職員の年齢構成を整理したものである。この図からは、職員は 51 歳から 55 歳のレンジと 36 歳から 40 歳のレンジに偏っており、20 歳代の若手や 40 歳代の中堅が少ないことがわかる。

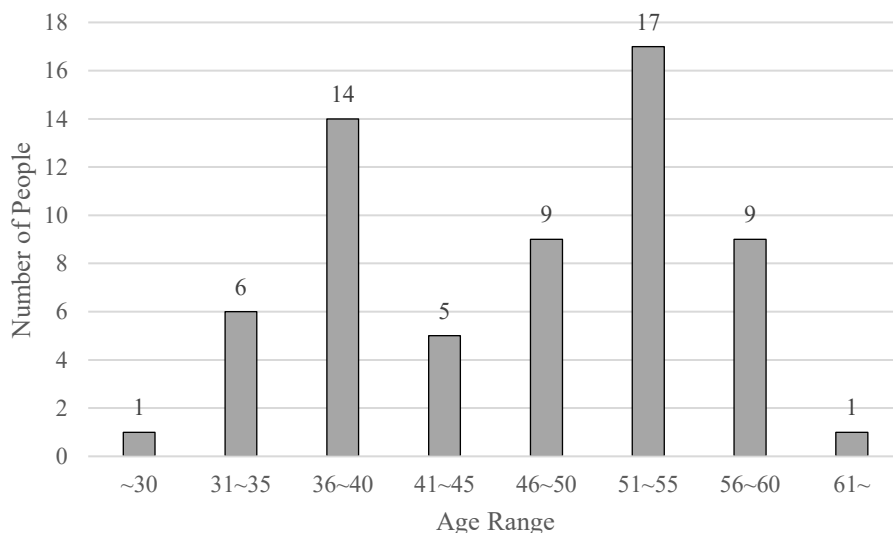


図 2-3 Balai Teknik Sabo の全職員の年齢構成

出典：Balai Teknik Sabo の Web サイト (<https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/page/sumber-daya-manusia>)

2.4 現状分析

Balai Teknik Sabo の 2024 年 8 月時点の任務、機能、組織構成及び人材構成を整理し、機能や活動に関する現状分析を行った。客観的な評価を行うために、極力根拠となる資料を明示した。

2.4.1 Balai Teknik Sabo の活動

(1) 技術開発

過去に STC で行われていた技術開発活動に対応する Balai Teknik Sabo の活動は、2.3.1 節で整理した b. 開発とエンジニアリングの実施、d. 試験、評価、検査、認証を含む技術サービスの実施 であると考え、Balai Teknik Sabo の Web サイトや学術文献検索サービス Google Scholar 等で、2024 年 8 月時点の Balai Teknik Sabo による技術開発活動、技術基準類の作成実績、学術文献の執筆実績および技術アドバイス業務の実施実績を調査し、それぞれ表 2-4 から表 2-7 にかけて整理した。このうち表 2-4 の情報は 2024 年 8 月から過去 5 年間のものであり、表 2-5 から表 2-7 の情報は、2010 年から 2024 年 8 月までのものである。いずれの情報も、ISDM プロジェクトが終わった後に、組織が Balai Sabo から Balai Litbang Sabo となり、現在の Balai Teknik Sabo へと変遷していった時期の活動である。これらの活動は、基本的に水資源総局およびそれに属する水資源技術局からの要請ベースで行われた、すなわちニーズに基づいたものである。

表 2-4 Balai Teknik Sabo による技術開発活動の一例

	取り組み	出典
a)	砂防堰堤水通し部及び水叩き部カバーコンクリートへの鋼繊維コンクリートの適用（2017 年に、Gamalama 火山 Togurara 川にて試験施工）	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/penerapan-teknologi-beton-serat-baja-pada-selimut-sabodam
b)	コンクリートブロックを用いたモジュール式砂防堰堤の試行（Kelud 火山 Konto 川にて試験施工）	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/penerapan-teknologi-sabodam-modular
c)	リングネットバリア技術の土石流対策への応用（2018 年、Semeru 火山 Rejali 川にて試験施工）	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/penerapan-teknologi-ring-net-barriers-untuk-pengendalian-aliran-debris
d)	Powersim Studio 10 ソフトウェアを使用した土砂動態解析の実施（2018 年、Agung 火山の渓流をモデルとした土砂動態解析を行い、実績値との照合による検証を実施）	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/mitigasi-bencana-banjir-lahar-di-gunungapi-agung-dengan-teknosabo

出典：Balai Teknik Sabo の Web サイト（2024 年 8 月から Web サイトで遡れる過去 5 年間の活動報告から抽出した。）

表 2-5 Balai Teknik Sabo が作成した技術基準類の一例

分野	名称
I) 砂防ソイルセメント	<i>Permen PUPR No. 03/PRT/M/2011 Tahun 2011 tentang Pedoman Tata Cara Pelaksanaan Penggunaan Semen Tanah sebagai Komponen Utama Bangunan Sabo (砂防構造物の主要構成要素としてのソイルセメントの使用に関する実施ガイドライン)</i>

出典) 規則類データベース (<https://peraturan.bpk.go.id/Details/144822/permen-pupr-no-03prtm2011-tahun-2011>)

表 2-6 Balai Teknik Sabo の研究者が発表した学術文献の一例

分野	文献名
[1] 貯水池堆砂対策	Soewarno, C. Bambang Sukatja (2010): <i>Kinerja Dam Sabo K. Lumajang untuk Pengendalian Sedimentasi Waduk Mrica</i> (Performance of Sabo Dam in K. Lumajang for Controlling Sedimentation of Mrica Reservoir), <i>Jurnal Sumber Daya Air</i> , Vol. 6, No. 1
[2] 貯水池堆砂対策	Agus Sumaryono, Djudi, Dyah Ayu Puspitosari (2011): <i>Penerapan Teknologi Sabo Pada Sungai di Wilayah Gunung Kelud untuk Mengurangi Sedimentasi Waduk Wlingi</i> (Application of Sabo Technology to Rivers in the Kelud Mountain Region to Reduce Sedimentation of the Wlingi Reservoir), <i>Jurnal Sumber Daya Air</i> , Vol. 7, No. 1
[3] 貯水池堆砂対策	Singgih Haryono, Arif Rahmat Mulyana, Soewarno, Arif Subagyo (2012): <i>Penerapan Teknik Sabo untuk Pengendalian Daya Rusak Air di Dataran Tinggi Dieng</i> (Application of Sabo Technique in Controlling the Water Destructive force in Dataran Tinggi Dieng), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 3, No. 2
[4] 貯水池堆砂対策	Ardian Alfianto, Soewarno (2014): <i>Teknosabo untuk Mengatasi Sedimentasi di Daerah Tangkapan Air Waduk (Kasus Waduk Mrica)</i> (Techno Sabo for Overcoming Reservoir Watershed Sedimentation (Case Reservoir Mrica)), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 5, No. 1
[5] 堤体材料	Jati Iswardoyo (2016): <i>Studi Pemanfaatan Steel Slag sebagai Bahan Bangunan Sabo Dam</i> (The Study of Utilization of Steel Slag to Sabo Dam), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 7, No. 2
[6] 地すべり	Rokhmat Hidayat, Samuel Jonson Sutanto, Moh. Deddy Munir (2016): <i>Kondisi Geologi dan Pola Hujan sebagai Pemicu Longsor di Jawa Tengah Bagian Selatan Pada Juni 2016</i> (Geological and Rainfall Condition as Landslide Causative Factors in Southern Part of Central Java in June 2016), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 7, No. 2
[7] マッピング	Samuel Jonson Sutanto, Banata Wachid Ridwan (2016): <i>Teknologi Drone untuk Pembuatan Peta Kontur: Studi Kasus Pada Kawasan P3SON Hambalang</i> (Drone Technology for Contour Mapping: Case Study at P3SOM Hambalang), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 7, No. 2
[8] 表面侵食	Moh. Dedi Munir (2017): <i>Aplikasi Green Sabo Dalam Pengendalian Erosi di Kawasan Lahar Bagion Atas</i> (Green Sabo Application for Erosion Control in Upper Land Area), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 8, No. 2
[9] 土石流 (火山地域)	Rokhmat Hidayat, Akhyar Musthofa, Perdi Bahri (2017): <i>Pengaruh Intensitas Hujan terhadap Kecepatan dan Tinggi Banjir Lahar berdasar Pemodelan SIMLAR 2.1</i> (Influence of Rainfall Intensity to Lahar Flood Velocity and Height based on SIMLAR 2.1 Modelling), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> Vol. 8, No.1
[10] 土石流 (火山地域)	Cosmas Bambang Sukatja, Ardian Alfianto (2017): <i>Revitalisasi Sabodam Sebagai Pengendali Aliran Lahar (Studi Kasus di Daerah Gunungapi Merapi)</i> (Revitalisation of Sabo Dam as Lahar Flow Controller (Case Study in Merapi Volcano Area)), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 8, No. 1
[11] 貯水池堆砂対策	Santosa Sandy Putra, Soewarno, Dwi Kristianto (2017): <i>Perencanaan Lokasi Mini Sabodam dengan Metode Imbangan Sedimen pada Area Hulu dari Rencana Waduk Ciawi, Ciliwung</i> (Mini Sabodam Placement Planning by Sediment Balance Method in the Upstream Area of the Proposed Ciawi Reservoir, Ciliwung), <i>Jurnal Sumber Daya Air</i> , Vol. 13, No. 2
[12] 地すべり	Rokhmat Hidayat (2018): <i>Analisis Stabilitas Lereng pada Longsor Desa Caok, Purworejo, Jawa Tengah</i> (Slope Stability Analysis in Caok Village Landslide, Purworejo, Central Java), <i>Jurnal Sumber Daya Air</i> , Vol. 14, No. 1
[13] 地すべり	Rokhmat Hidayat, Moh. Dedy Munir (2019): <i>Longsor di Sungai Cipunagara dan Desain Penanganannya</i> (Landslide at Cipunagara River and its Handling Design), <i>Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi</i> , Vol. 10 No. 1

分野	文献名
[14] 砂防施設の 利活用 (ジオツーリズム)	Moh. Dedi Munir (2019): <i>Bangunan Sabo Dam, Fungsi dan Potensinya Sebagai Pendukung Geowisata Gunung Merapi</i> (Sabo Dam Structure, Its Function and Potency as part of Geotourism in the Merapi Volcano), <i>Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi</i> , Vol. 10, No. 2
[15] 土石流 (火山地域)	Ardian Alfianto, Jati Iswardoyo, Cosmas Bambang Sukatja (2019): <i>Efektivitas dan Kelengkapan Bangunan Sabo di Sungai Togurara Daerah Gunungapi Gamalama</i> (Effectivity and Instrumentation of Sabodam in Togurara River Gamalama Volcano Area), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 10, No. 2
[16] 貯水池堆砂対策	Ardian Alfianto, Shandy Cecilia, Banata Wachid Ridwan, Chitra Widyasani Surya Putri (2020): <i>Penerapan Teknologi Sabo sebagai Penahan Laju Sedimentasi Pada Muara Danau Limboto</i> (The Implementation of Sabo Technology in Limboto's Estuary Sedimentation Flow Retainment), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 11, No. 1
[17] 土石流 (火山地域, 模型 実験)	Bayu Seto Waseso Utomo, Jati Iswardoyo, Ruzardi (2020): <i>Uji Laboratorium Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Kejadian Longsoran Aliran Debris Pasir Merapi</i> (Laboratory Test of Slope Effect toward Landslide Event on Merapi Sand Debris Flow), <i>Jurnal Sumber Daya Air</i> , Vol. 16, No. 1
[18] 地すべり対策	Rokhmat Hidayat (2020): <i>Analisis Pengaruh Infiltrasi Hujan terhadap Stabilitas Lereng di Pangkalan, Sumatera Barat</i> (Rainfall Infiltration Effect on Slope Stability in Pangkalan, West Sumatera), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 11, No. 1
[19] 地すべり対策	Rokhmat Hidayat, Avidah Amalia Zahro (2020): <i>Penentuan Ambang Curah Hujan untuk Memprediksi Kejadian Longsor</i> (Rainfall Threshold Determination for Landslide Events Prediction), <i>Jurnal Sumber Daya Air</i> , Vol. 16, No. 1
[20] 貯水池堆砂対策	Ardian Alfianto, Shandy Cecilia, Banata Wachid Ridwan (2020): <i>Pemodelan Potensi Erosi dan Sedimentasi Hulu Danau Limboto dengan WaTEM/SEDEM</i> (Potential Erosion and Sedimentation Modeling of the Upstream Limboto Lake using WaTEM/SEDEM), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 11, No. 2
[21] 貯水池堆砂対策	Ardian Alfianto, Shandy Cecilia, Alidina Nurul Hidayah, Anjelita, Cosmas Bambang Sukatja (2021): <i>Perencanaan Sabo untuk Mengendalikan Laju Sedimentasi di Rawapening</i> (Sabo Plan for Controlling Sediment Rate of Rawapening), <i>Jurnal Sumber Daya Air</i> , Vol. 17, No. 1
[22] 土石流 (非火山地域)	C. Bambang Sukatja, Banata W.R, Perdi Bahri (2021): <i>Mitigasi dan Penanggulangan Bencana Banjir Debris Pasca Gempa Palu 2018</i> (Mitigation and Countermeasures of Debris Flow Disaster Post Palu Earthquake 2018), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 12, No. 1
[23] 地すべり	Rokhmat Hidayat, I Putu Eddy Purna Wijaya, Moh. Dedi Munir (2023): <i>Mekanisme Longsor Akibat Infiltrasi dari Genangan Air (Studi Kasus Longsor di Lahat, Sumatera Selatan)</i> (Landslide Mechanism due to Infiltration from Water Ponding (Case Study of Landslide in Lahat, South Sumatera)), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 14, No. 1
[24] フラッシュフラ ッド	Jati Iswardoyo, Hafizh Satria (2023): <i>Analisis Daerah Terdampak Banjir Bandang Menggunakan HEC-RAS 2 Dimensi di Sungai Sat, Kabupaten Pati, Jawa Tengah</i> (Analysis of Flasi Flood Affected Area using the HEC-RAS 2D at Sat River, in Pati Regency, Central Java), <i>Jurnal Teknik Hidraulik</i> , Vol. 14, No. 1
[25] 土石流 (火山地域)	Yutaka Gonda, Djoko Legono, Bambang Sukatja, Untung Budi Santoso (2014): <i>Debris flows and flash floods in the Putih River after the 2010 eruption of Mt. Merapi, Indonesia</i> , <i>International Journal of Erosion Control Engineering</i> Vol. 7, No. 2
[26] 土石流 (火山地域)	<u>Santosa Sandy Putra</u> , Banata Wachid Ridwan, Kazuki Yamanoi, Makoto Shimomura, Sulistiyani, Dicky Hadiyuwono (2019): <i>Point-Based Rainfall Intensity Information System in Mt. Merapi Area by X-Band Radar</i> , <i>Journal of Disaster Research</i> , Vol. 14, No. 1

注) Google Scholar (<https://scholar.google.co.jp/schhp?hl=ja>) サイトにおいて“balai” “sabo” “site:go.id”のキーワードで検索し、ヒットした文献のうち執筆者の所属機関が Balai Sabo, Balai Litbang Sabo, Balai Teknik Sabo のいずれかになっているものを抽出した。SATREPS 関連の論文は、SATREPS「火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究」終了報告書 (<https://projectdb.jst.go.jp/grant/JST-PROJECT-13803203/>) に基づく末尾の2件である。

表 2-7 Balai Teknik Sabo が行った技術的アドバイス業務の一例

分野	名称
2011~2012	
1) 表面侵食	Erosion control in Ambon (BWS Maluku)
2) 地すべり	Technical audit of landslide at Jatigede multipurpose dam (DGWRD)
3) 地すべり	Countermeasures against landslides and drainage in the area of General Sudirman Museum in Pacitan (Minister of Defence)
4) 斜面崩壊	Slope Failures in Wasior, Papua (Central Government)
5) 土石流 (火山地域)	Debris flow prevention in Tanah Datar (Local Government of Tanah Datar Regency)
6) 土石流 (非火山地域, 砂防施設設計)	Design of sabodam in Cibat, Garut (BBWS Cimanuk)
7) 土石流 (火山地域, 模型実験)	Modeling shortcut of Putih river after Mt. Merapi eruption in 2010
8) 貯水池堆砂対策	Sedimentation control at Limboto Lake in Gorontalo Province (Sulawesi) (BWS Sulawesi II)
9) 天然ダム	Countermeasures against Way Ela natural dam break in Ambon, Maluku
2013~2015	
10) 地すべり	Countermeasure against landslide disaster in Banjarnegara, Central Jawa
11) 斜面崩壊	Countermeasures against slope failures and debris flows in Padang, West Sumatera
12) 土石流 (非火山地域)	Countermeasure against debris flows disaster at Amahusu and Nusaniwe villages, Ambon, Maluku Province
13) フラッシュフラッド	Contribution of Sabo technology to combat flash flood in Manado, North Sulawesi
14) フラッシュフラッド	Countermeasure against flash flood in Aceh
15) 土石流 (火山地域)	Sabo works for emergency response in Mt. Sinabung, North Sumatera
16) 貯水池堆砂対策	Reservoir sedimentation in Mrica Dam, Banjarnegara, Central Jawa
17) 貯水池堆砂対策	Sediment disaster management and water resources problem of Kedungwringin dam in BBWS Serayu-Opak, Central Jawa

注) Balai Teknik Sabo の元所長 Chandra Hassan 氏が 2015 年に作成した資料から引用した。

Balai Teknik Sabo の技術開発活動がどのような範囲で行われているかを把握するため、表 2-4、表 2-6 および表 2-7 に整理した文献の内容をもとに、技術分野と事業実施段階の両面からマッピングを行い、表 2-8 のように整理した。この表と文献の内容から確認できた事項（事実）を以下に列挙する。

- a. Balai Teknik Sabo の任務と機能 (2.3.1 参照) のうち b. 開発とエンジニアリングの実施に相当する活動は、表 2-4 に示した活動に代表される、設計・施工段階に関連するものであった。その他の活動は、d. 試験、評価、検査、認証を含む技術サービスの実施に相当するものであった。維持管理に関する活動はなかった。
- b. 技術分野の観点から出現頻度が高い活動を整理すると、上位から順に貯水池堆砂対策、地すべり、火山地域の土石流、堤体材料、フラッシュフラッドとなった。それに比べ、非火山地域の土石流、表面侵食、天然ダム、斜面崩壊に関する活動は低調であることがわかった。天然ダム（地すべり土塊によって川が堰き止められダムアップする現象）に関する活動は、マルク州アンボン島の事例を対象としたもののみであった。

表 2-8 Balai Teknik Sabo の技術開発活動のマッピング

分野	調査・試験	分析・評価	計画	設計	施工	維持管理
堤体材料	0	1	0	4	3	0
貯水池堆砂対策	4	11	4	1	0	0
地すべり	5	9	1	2	0	0
土石流（火山地域）	4	10	2	0	0	0
土石流（非火山地域）	1	2	0	1	0	0
フラッシュフラッド	1	3	0	0	0	0
表面侵食	2	1	0	0	0	0
天然ダム	1	1	0	0	0	0
斜面崩壊	1	2	0	0	0	0
マッピング	1	1	0	0	0	0
砂防施設の利活用	1	1	0	0	0	0

凡例：□ 1-2 件、■ 3-4 件、■ 5-6 件、■ 7 件以上

表 2-8 で技術開発活動の実績が低かった分野のうち、その事象の形成原因となる大規模地すべりが稀にしか発生しない天然ダムを除き、「土石流（非火山地域）」、「表面侵食」、「斜面崩壊」は、いずれも一般的に発生頻度が高いハザードである。インドネシア国内でもこれらの災害は毎年多数発生していると考えられ、技術開発に対する潜在的なニーズは高いと考えられるにも関わらず、活動実績は少なくなっている。

その理由としては、インドネシアでは、これらのハザードによる災害は統計上地すべりや洪水のなかに混ぜ込まれてしまっていること（表 2-9 参照）や、社会的な影響の大きさ、災害規模および緊急性の観点から、PUPR が貯水池堆砂対策、地すべりおよび火山地域の土石流に関する技術開発を優先させていることが影響している可能性が推察されるが、明確な理由は明らかにならなかった。

表 2-9 災害種ごとの災害発生件数（2023 年）

No.	災害の種類	発生件数
1	洪水（Banjir）	1,255
2	地すべり（Tanah Longsor）	591
3	高潮と侵食（Gelombang Pasang dan Abrasi）	-
4	異常気象（Cuaca Ekstrem）	456
5	干ばつ（Kekeringan）	1,011
6	森林火災（Kebakaran Hutan Dan Lahan）	2,052
7	地震（Gempabumi）	31
8	津波（Tsunami）	-
9	火山噴火（Erupsi Gunung Api）	4
10	地震と津波（Gempa Bumi dan Tsunami）	-

出典：インドネシア国家防災庁の統計データ（https://dibi.bnbp.go.id/statistik_menurut_bencana）

(2) 研修

Balai Teknik Sabo による研修活動の一例を表 2-10 に整理した。この情報は、2024 年 12 月から Web サイトで遡れる過去 5 年間の活動報告に基づくもので、ISDM プロジェクト終了後の、組織が Balai Sabo から Balai Litbang Sabo となり、現在の Balai Teknik Sabo へと変遷していった時期の情報である。研修の多くは、要望ベースで試験・実験方法の指導や砂防技術の普及のための講義や機材デモを政府職員に対して行ったものであり、VSTC プロジェクトで実施された一般コース（表 2-1）、STC プロジェクトで実施された公開コース（表 2-2）に相当する初級レベルの内容であった。しかしながら 2024 年 12 月には、実務者レベルの職員を対象とした透過型砂防堰堤の設計に関する研修が開催された。このことから、インドネシア側でも Balai Teknik Sabo の機能強化に向けた取り組みが進められていることが推察できる（表 2-11）。

現行の組織制度では、公共事業省職員の人材育成（*Pengembangan Sumber Daya Manusia*）は同省人材育成庁（BPSDM）が担うことになっているが、BPSDM が実施する教育訓練プログラムには砂防や土石流に関するものが存在しない状況である。表 2-10 の最上段に記載された公共事業大学校（*Politeknik Pekerjaan Umum*）は BPSDM に属する組織であるため、BPSDM と Balai Teknik Sabo とが連携して教育訓練プログラムを実施することは可能であると考えられる。

表 2-10 Balai Teknik Sabo による研修活動の一例

取り組み	出典
公共事業大学校の学生の実験実習受け入れ（2021 年 12 月の 5 日間、Balai Teknik Sabo にて、50 人の学生に土質試験、コンクリート試験、水理模型実験の指導を実施）	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/kegiatan-praktikum-mahasiswa-politeknik-pekerjaan-umum-di-balai-teknik-sabo
西ジャワ州公共事業・水資源局の職員の砂防研修の受け入れ（2024 年 7 月、Balai Teknik Sabo の実験施設及び Merapi 火山 Gendol 川にて砂防技術と土砂制御に関する講義、実験機材のデモを実施）	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/studi-banding-dinas-pu-sda-provinsi-jawa-barat
スラウェシ 1 流域管理事務所における砂防技術の普及（2024 年 6 月、スラウェシ 1 流域管理事務所の講堂にて砂防技術の普及のための講習を実施）	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/diseminasi-teknologi-sabo-di-bws-sulawesi-1
透過型砂防堰堤の設計に関する研修の開催（2024 年 12 月、Balai Teknik Sabo の講堂にて公共事業省の実務者レベルの職員を対象とした研修を実施）	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/pelatihan-desain-sabodam-terbuka-untuk-bed-load-dan-suspended-load

出典：Balai Teknik Sabo の Web サイト（2024 年 12 月から Web サイトで遡れる過去 5 年間の活動報告から抽出した。）

表 2-11 Balai Teknik Sabo の研修活動のマッピング

レベル	目的	研修対象			
		PU 課長級以上	PU 中堅職員	PU 若手職員	地方政府職員
高度	砂防事業の指導的立場となる人材の育成（砂防調査・計画・設計・維持管理等に関する高度な知識と実践技術の習得）	—	—		

砂防技術センター（STC）の機能強化

中級	砂防事業の実務者レベルの人材の育成		✓*	✓*	
初級	土砂災害、砂防事業の目的、砂防施設の効果およびその必要性を理解する人材の育成			✓	✓
初級	試験・実験方法の指導			✓	—

注) PU: 公共事業省, “✓”: 実施, “—”: 未実施

*: 透過型砂防堰堤の設計に関する研修の実績を指す。

(3) 広報・普及啓発

Balai Teknik Sabo による広報・普及啓発活動の一例を、同期間の公式 Web サイトや公式 SNS の情報に基づいて表 2-12 に整理した。また、活動の内容を VSTC プロジェクト等で実施されていた広報・普及啓発活動と照らし合わせてカテゴリ化したものを表 2-13 に示した。これらの情報から、一般向けのセミナー開催やブックレット作成は行われていないものの、一般向けの広報は公式 Web サイトや各種 SNS および動画共有サイトを通じて行われていること、砂防に関する専門的な情報は公式 Web サイトを通じて登録ユーザーに対して提供されていること、将来の砂防技術者の確保につながる大学生を対象とした見学の受け入れを精力的に行っていることが確認できる。

表 2-12 Balai Teknik Sabo による広報・普及啓発活動の一例

取り組み	出典
ガジャマダ大学専門学校土木工学科河川・生態クラブ学生の現場見学の受け入れ (2024 年 7 月、Merapi 火山 Krasak 川にて砂防施設の機能、設計、施工及び維持管理に関するレクチャーを実施)	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/site-visit-river-and-ecology-club-dts-sv-ugm
アフマド・ヤニ將軍大学土木工学科学生の現場見学の受け入れ (2024 年 7 月、Balai Teknik Sabo の実験施設及び Merapi 火山 Gendol 川にて砂防施設の構造と機能に関するレクチャーを実施)	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/kunjungan-lapangan-mahasiswa-teknik-sipil-universitas-jenderal-achmad-yani
バンドン工科大学 (ITB) 土木環境工学部水資源管理専攻修士課程の学生の実験施設見学受け入れ (2021 年 11 月、Balai Teknik Sabo の実験施設にて砂防技術と推理模型実験に関するレクチャーを実施)	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/kunjungan-lapangan-fieldtrip-karyasiswa-ss-program-studi-magister-psda-itb
Balai Teknik Sabo の公式 Web サイトを通じた広報サービスの実施 (活動ニュースの広報、登録ユーザーに対する Balai Teknik Sabo が保有するメラピ火山地域の水文データ、地図データ、調査活動データの提供、砂防に関連する技術基準類リストの提供)	https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/catalog
SNS (Facebook, X, Instagram) や動画共有サイト (YouTube) を通じた情報発信	Facebook: https://www.facebook.com/pupr.sda.btsabo/?locale=ja_JP X: https://twitter.com/pupr_sda_btsabo Instagram: https://www.instagram.com/pupr_sda_btsabo/ YouTube: https://www.youtube.com/@BalaiSabo/videos

出典: Balai Teknik Sabo の Web サイト (2024 年 12 月から Web サイトで遡れる過去 5 年間の活動報告から抽出した。)

表 2-13 Balai Teknik Sabo の広報・普及啓発活動のマッピング

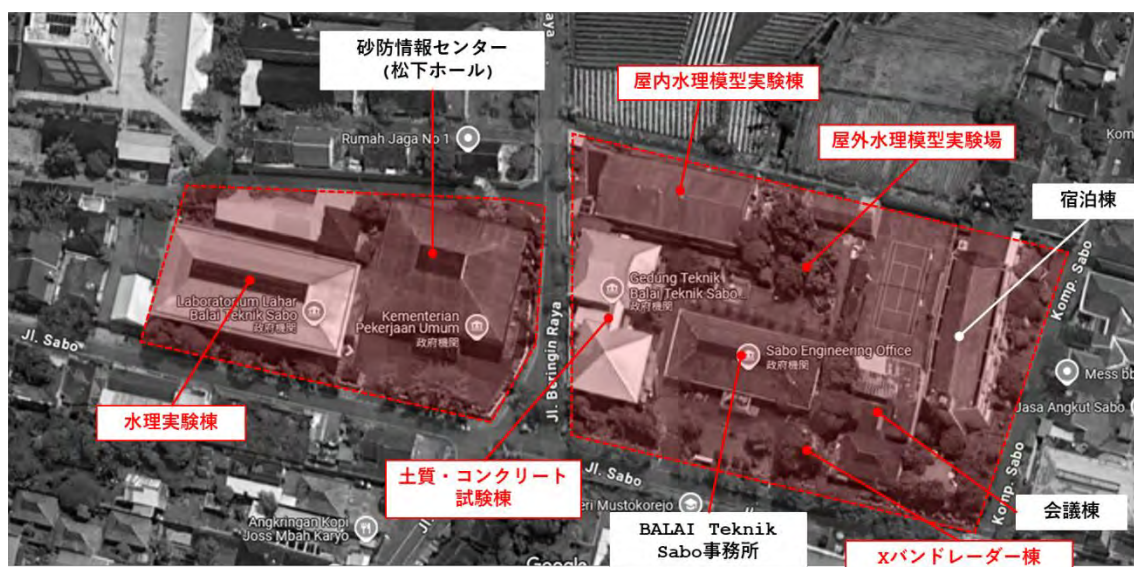
広報・普及啓発対象	手法				
	ニュース	セミナー	データベース	ブックレット	見学受入れ
一般大衆	✓	—	—	—	—
大学生	✓	—	✓	—	✓
砂防関係者	✓	—	✓	—	*

注) “✓”:実施, “—”: 未実施

*: 研修として受け入れ

2.4.2 Balai Teknik Sabo が管理する機器・設備

Balai Teknik Sabo の敷地にある観測・試験・実験設備は、土質・コンクリート試験棟、水理実験棟、Xバンドレーダー棟、屋内水理模型実験棟、屋外水理模型実験場に大別される（図 2-4 中の赤字参照）。土質・コンクリート試験棟には、土質試験室とコンクリート試験室がある。



(赤枠のエリアが Balai Teknik Sabo 敷地、赤字が観測・試験・実験設備)

図 2-4 試験・実験設備

(1) 土質・コンクリート試験棟と水理実験棟の機器・設備

これらのうち、土質・コンクリート試験棟のコンクリート試験室と土質試験室に設置されている機器類と、水理実験棟に設置されている機器類の現状を表 2-14～表 2-16 に示す。機器類は全般的に使用可能な状況にあり、技術開発（表 2-4）、試験・評価に係る技術サービス、水理模型実験のための材料調製、および実験実習（表 2-10）等を使用されている。しかしながら老朽化しているものも多く、インドネシア側による維持管理が継続される必要がある。

表 2-14 Balai Teknik Sabo の施設に配備されている主な機器類 (コンクリート試験室)

No.	機材名	数量	機材の機能	機材スペック	機材状態
1	コンクリート強度試験器	1	圧縮強度試験 引張強度試験	日本製 1985 年製造。容量 200 トン	老朽化しているが使用可能
2	ロサンゼルス試験機	1	骨材のすり減り試験	日本製 1985 年製造	老朽化しているが使用可能
3	コンクリート摩耗試験機	1	コンクリートの摩耗試験	日本製 1987 年製造	老朽化しているが使用可能
4	骨材オープン	2	骨材絶乾状態の作成 骨材の含水調節	日本製 1985 年製造	老朽化しているが使用可能
5	重量計量器	1	重量の計量	精度 0.1g 最大 30,000g	老朽化しているが使用可能
6	粗骨材計量器	1	粗骨材の比重等の計量	デジタル計測	老朽化しているが使用可能
7	骨材ふるい分け機	3	骨材のふるい分け試験	---	使用可能
8	振るい (各種)	>10	骨材のふるい分け試験	ふるい目各種	使用可能
9	保湿機	1	試験サンプル含水比保持	---	使用可能
10	ピクノメーター	>10	骨材体積の測定	500 ml	使用可能
11	締固めコーン	3	細骨材の吸水率測定	---	使用可能
12	モールド	> 3	サンプル成型	各容量	使用可能
13	成型機	1	サンプル成型	---	使用可能
14	衝撃試験機	1	コンクリート衝撃耐力の測定	日本製 1985 年製造	老朽化しているが使用可能
15	コンクリート練り混ぜ機	3	コンクリート材料の練り混ぜ	30 L	老朽化しているが使用可能
16	ノギス	2	試験サンプルの寸法測定	30 c m	使用可能
17	サンプル切断機	1	サンプルの切断	日本製 1986 年製造	老朽化しているが使用可能
18	スランプ測定機	> 2	コンクリートのスランプ量測定	鋼製	使用可能
19	コンクリート強度ハンマーテスト機	4	コンクリート強度の測定	強度測定範囲 10~70 (N/mm ²)	使用可能 2 要修理 2

表 2-15 Balai Teknik Sabo の施設に配備されている主な機器類 (土質試験室)

No.	機材名	数量	機材の機能	機材スペック	機材状態
1	土質せん断試験機	1	土質直接せん断強度取得 (c 値と phi 値を取得)	日本製 1986 年製造。試験リング容量 100kg	老朽化しているが使用可能
2	土質一軸圧縮試験機	1	USC による土壌の一軸圧縮強度の測定	日本製 1984 年製造 プロービング・リング容量 50 kg	老朽化しているが使用可能
3	土質三軸圧縮試験機	1	土壌の三軸圧縮強度の測定	---	老朽化しているが使用可能
4	比重計	23	土壌粒度分析試験	---	老朽化しているが使用可能
5	液性限界測定器	2	土壌の液体限界値の測定	---	老朽化しているが使用可能
6	オープン	2	試験サンプルの乾燥	---	老朽化しているが使用可能
7	質量測定器	1	試験サンプルの質量測定	420 g	使用可能
8	質量測定器	1	試験サンプルの質量測定	2000 g	使用可能
9	質量測定器	1	試験サンプルの質量測定	6000 g	使用可能
10	土壌浸透係数	1	土壌浸透係数 (cm/sec) の	---	老朽化しているが

砂防技術センター (STC) の機能強化

	測定器		測定		使用可能
11	CBR 試験機	1	土壌の CBR 値測定	パネルサン製品; 2013 年製品	使用可能
12	振るい振動機	1	ふるい分析試験	スピードコントローラ ーあり。電動操作	老朽化しているが 使用可能
13	ノギス	3	寸法測定	デジタル;最大 20cm	使用可能 1 要修理 2
14	押出機	1	テストサンプルの取り出し	---	老朽化しているが 使用可能
15	シリンダー	> 10	計量	容量各種	使用可能
16	荷重測定器	2	荷重を測定	---	使用可能
17	ダイヤルゲージ	> 5	サンプル寸法測定	---	使用可能
18	ピクノメーター	> 10	土壌比重試験における密度測定	100 ml	使用可能
19	土壌突き固め金型	> 3	土壌密度検査	---	使用可能
20	サンプル容器	2	サンプルの湿度管理容器	---	使用可能

表 2-16 Balai Teknik Sabo の施設に配備されている主な機器類 (水理実験棟)

No.	機材名	数量	機材の機能	機材スペック	機材状態
1	水路模型	2	水路模型	鋼製水路模型 泥流をモデル化可能。 水路長 15m 水路勾配の可変可能	老朽化しているが 使用可能
2	人工降雨 (降雨モデル試験)	1	人工降雨 雨滴による土砂流出モデル	吐出量 25 リットル/ 秒。オートパネル;人工 斜面の実証実験区あり	老朽化しているが 使用可能
3	ポイントゲージ	2	水位等の計測	---	老朽化しているが 使用可能
4	電流計	3	水位流速等の計測用	---	老朽化しているが 使用可能
5	整流版	> 2	流量測定器	---	老朽化しているが 使用可能
6	吐出量測定器	> 2	流量測定器	---	老朽化しているが 使用可能
7	ポンプ	> 1	試験水のポンプアップ	---	使用可能
8	水位計	1	水位の測定	---	使用可能
9	水位調整弁	3	水位の調整	---	使用可能
10	界磁電流計	1	流速測定	---	老朽化しているが 使用可能
11	吊荷重測定器	1	浮遊土砂のサンプリング	---	使用可能
12	移動土砂のサンプリング器	2	河床土砂輸送のサンプリング	---	老朽化しているが 使用可能

注) Balai Teknik Sabo 作成の所有機器一覧表を要約したもの。

(2) X バンドレーダー棟の機器・設備

国際科学技術共同研究推進事業地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS 研究領域「防災分野」研究課題名「火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究」) を通じて、2014 年に X バンド MP レーダーが設置された。Balai Teknik Sabo に対するヒアリング調査によると、現在この施設は機器の故障が多く十分に稼働していないため、国家予算による

修理を検討中とのことであった。しかしメラピ火山流域だけをカバーしているのので、修理しても他流域の技術サービスには貢献しない。



図 2-5 XバンドMPレーダー設置状況

出典：SATREPS「火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究」最終報告書（2019）

(3) 水理模型実験機器・設備

1) 屋内水理模型実験棟の機器・設備

屋内水理模型実験棟（面積：19m x 40m = 760m²）は、実験を通じて砂防施設の機能検証を行うための施設である（図 2-6）。ヒアリング調査によると、この施設のニーズは多く、常に稼働状態であるとのことであった。2024年6月時点では、新たな模型実験に備えるために、模型部分を改修中であった（図 2-7）。

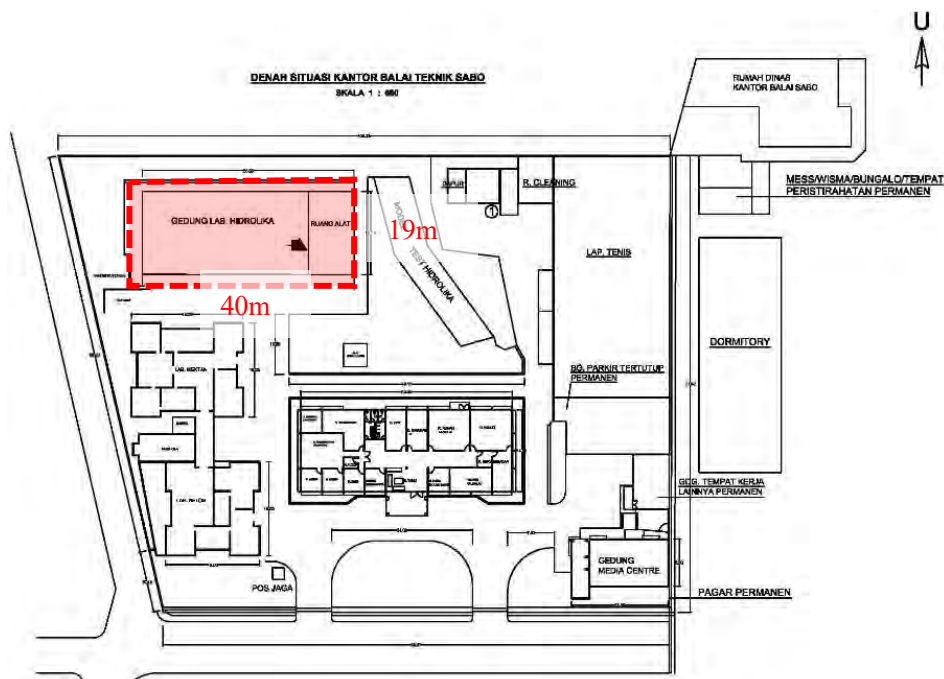


図 2-6 屋内水理模型実験棟の位置と規模



図 2-7 屋内水理模型実験棟の内部の状況（2024年6月時点 模型部分を改修中）

2) 屋外水理模型実験場の機器・設備

屋外水理模型実験場（面積：35m x 30m = 1,050m²）は、屋内水理模型実験棟と並行して複数の水理模型実験を行うための施設である。現存する模型は、敷地のうち 5m x 30m = 150m² 程度（全敷地の約 15%）を使用しているにとどまっている（図 2-8、図 2-9）。

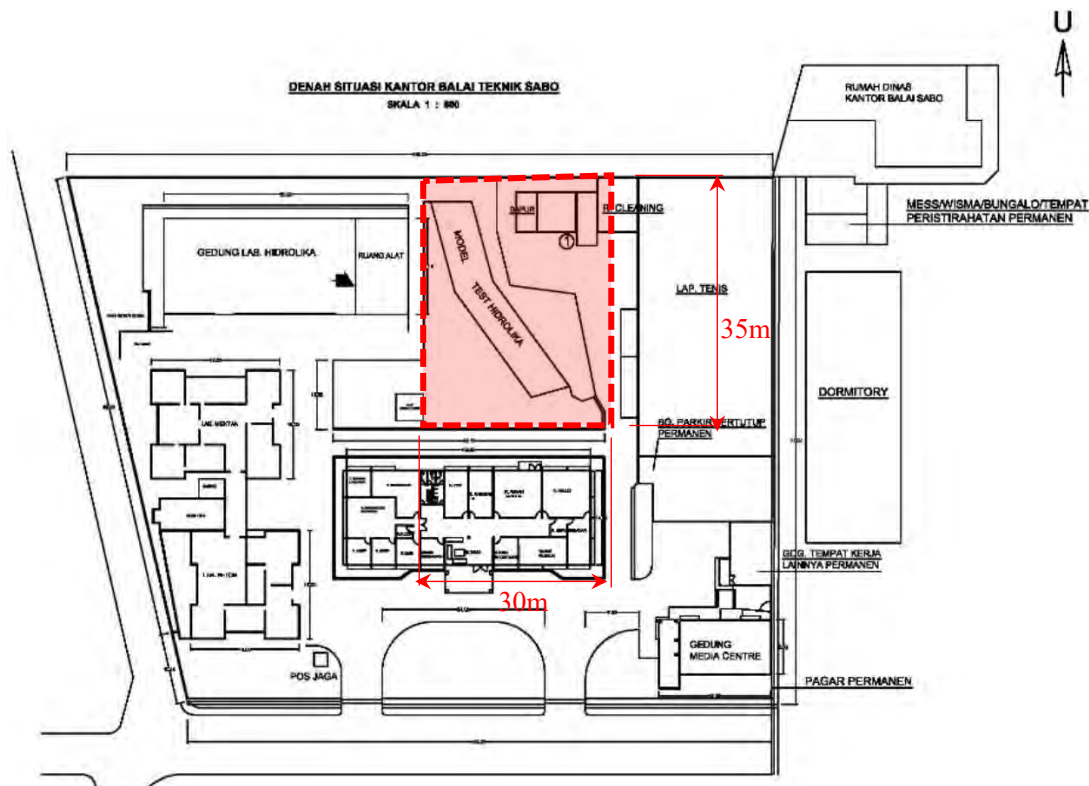


図 2-8 屋外水理模型実験場の位置と規模



図 2-9 屋外水理模型実験場の 2024 年 6 月時点の状況

3) 水理模型実験の実施状況

水理模型実験の必要性

インドネシア国内の河川構造物や砂防構造物の計画・設計は、基本的に同国の技術規格やガイドラインに沿って行われている。しかしながら、技術規格やガイドラインが存在しない構造物の機能、特殊な地形条件の箇所に設置される構造物の機能（図 2-10 左）、複数の連続した構造物の複合的な機能などを検証する必要がある場合には、水理模型実験による機能検証が行われている。

例えば、円借款プロジェクト「プロゴ川流域メラピ火山緊急防災事業」でメラピ火山 2010 年噴火後に Putih 川の土石流対応の放水路の詳細設計が行われた際には、土石流の流下を想定したインドネシア初の河川構造物であったため、Balai Teknik Sabo が機能検証のための水理模型実験を実施し、計画規模の土石流が流下し流路内に土砂が堆積しても氾濫が生じないことが確認された（図 2-10 右）。

水理模型実験機器・設備の使用状況

インドネシア国内で頻発している土砂災害については、国家中期開発計画（RPJMN 2020~2024）における防災主流化政策のもと、水資源総局においては土砂・洪水災害への対応を強化しており、防災分野の国家予算額は増大している（業務完了報告書 p.5-5 参照）。

また、設計された構造物の機能検証のための水理模型実験の要望が多くの流域管理事務所から出されており、Balai Teknik Sabo に対する 2024 年 6 月に実施されたヒアリング調査の結果では、3 件が順番待ちの状態にあることが確認されている。



(曲流部の砂防堰堤の堆砂過程確認, 2021年) (土石流を想定した放水路の機能検証, 2011年)

図 2-10 水理模型実験の実施状況

出典(左写真): <https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/kegiatan-praktikum-mahasiswa-politeknik-pekerjaan-umum-di-balai-teknik-sabo>

(右写真): 八千代エンジニアリング株式会社

(4) 現状の評価

前述の(1)から(4)で整理した Balai Teknik Sabo の機器・設備の現状の評価を、表 2-17 のように整理した。現状で状況の改善が必要な施設は、屋外水理模型実験場と X バンドレーダーである。

表 2-17 機器・設備の現状評価

施設名称	機器・設備の評価まとめ
土質・コンクリート試験棟	機器類は全般的に使用可能な状況にあり、技術開発、試験・評価に係る技術サービス、水理模型実験のための材料調製、および実験実習等に使用されている。しかしながら老朽化しているものも多く、インドネシア側による継続的な維持管理が必要である。
水理実験棟	同上
屋内水理模型実験棟	ニーズは多く、常に稼働している。
屋外水理模型実験場	ニーズは多いものの、ポンプや配管のレイアウトの制約から敷地が有効に活用されていない。
X バンドレーダー棟	機器の故障が多く十分に稼働していない。(国家予算での改修を計画中)

2.4.3 インドネシア国内の土砂災害分野の災害リスク削減に向けたニーズの分析

(1) 分析手法

インドネシア国内の土砂災害分野の災害リスク削減に向けたニーズの分析として、インドネシア側のニーズの把握を行うとともに、砂防分野における課題の整理を行った。

(2) インドネシア側のニーズの把握

インドネシア側のニーズの把握は、2023年12月6日に公共事業省大臣官房から日本側に共有された STC 機能強化に関する意向・要望を出発点として、第10回世界水フォーラム（WWF2024）にてインドネシア国公共事業省水資源総局と JICA との間で締結された MOU をベースに、インドネシア側関係機関と様々な意見交換をする際に STC の機能強化に関するヒアリングを行い、その結果を整理することで行った。STC の機能強化に関する協議やヒアリングが行われたイベントを表 2-18 に示す。

表 2-18 STC 機能強化に関する主な協議等

日付	議題	参加者	主要な会議内容
2023年12月6日 (a)	STC 能力強化	公共事業省大臣官房 Bintek, Balai Teknik Sabo, BBWS-SO, 在イ 日本国大使館, JICA ジャカルタ事務所, JICA 専門家	STC 機能強化に関する公共事業省大臣の意向について、その内容の共有と議論が行われた。
2024年1月15日 (b)	砂防技術と STC 機能強化	Bintek	強化が必要な砂防技術分野と STC 機能強化に関するインドネシア側の計画方針について議論を行った。
2024年2月28日 (c)	現行の砂防事業と砂防技術	BBWS-Brantas, Bintek, Balai Teknik Sabo	現行実施されている砂防事業に適用される砂防技術について議論した。火山砂防以外にも広く対応する必要性も議論された。
2024年3月8日 (d)	現行の STC の機能と能力	Balai Teknik Sabo	STC 建物の改修工事予定や STC 施設の所管統合計画など STC 施設に関するインドネシア側の計画の情報共有がなされた。
2024年5月22日 (e)	STC 機能強化に関する MOU 締結式	公共事業大臣, 水資源総局, JICA	STC の機能強化ロードマップ策定、教育機関としての強化、施設・機器のアップグレードの3点について公共事業省水資源総局と JICA との間で MOU が締結された。
2024年6月25日 (f)	在イ日本国大使の Balai Teknik SABO 表敬	Balai Teknik Sabo, 在イ日本国大使館	STC 機能強化の必要性について意見交換された。
2024年7月17日 (g)	第1回 STC 機能強化に関する合同会議	Bintek, Balai Teknik Sabo	インドネシア内の第1回の STC 機能強化会議が開催され、砂防技術の現状と強化の必要性、CoE に関する情報共有、砂防技術の強化タイムラインなどが議論された。

注) Bintek: 水資源技術局, BBWS-SO: スラユ・オバック川流域管理事務所, BBWS-Brantas: ブランタス川流域管理事務所
上記会議には、八千代エンジニアリング株式会社ジャカルタ事務所または本業務の調査団員が参加した。

表 2-18 に示したイベントにおける協議・ヒアリング結果を、以下及び表 2-19 に整理した。

砂防技術センター (STC) の機能強化

共有された STC 機能強化に関する公共事業省大臣の意向 (2023 年 12 月 6 日) (a)
<ul style="list-style-type: none"> ● 現行の STC 施設の回復とアップグレードが必要である。 ● STC 所蔵の砂防技術資料の有効な活用が必要である。 ● 砂防技術分野は、火山砂防以外の広い分野もカバーしていく必要がある。 ● 気象庁 (BMKG)、地質庁 (BG) などと他省庁との連携強化を図って行く必要がある。 ● インドネシアから第 3 国への砂防技術支援を進めていく。
MOU に記載された STC 機能強化に関する項目 (MOU 署名は 2024 年 5 月 1 日付け) (e)
<ul style="list-style-type: none"> ● STC の機能強化ロードマップ策定 ● STC の砂防技術教育機関としての強化 ● STC 施設・機器のアップグレードによる STC 機能強化

表 2-19 STC の機能強化に関するインドネシア側のニーズ

カテゴリー	内容	協議番号
技術開発	カバーする砂防技術の火山砂防分野以外への拡大	(a) (b) (f)
	「グリーン砂防 (仮称)」 ^{注1)} 技術の合理的な設計・施工・管理・評価手法の開発と普及	(b) (f) (g)
	砂防堰堤のためのプレキャストコンクリート製品の開発	(c)
	UAV を用いた LiDAR 測量技術の砂防事業への活用	(c)
	サンドポケット内の土石流の動態解析のためのシミュレーション技術の開発	(c)
研修	砂防技術に関する人材育成強化	(b)
	STC の教育機関としての機能強化。	(f)
	砂防技術指導者の人材育成と継続的な技術伝承	(f)
広報・普及啓発	STC が所蔵する砂防技術資料の有効活用	(a)
	図書館機能の改善	(b)
機器・設備	多くの流域管理事務所からのニーズに応えるための屋外水理模型実験場の改修	(g)
その他	MOU: 「水と気候レジリエンスに関する中核的研究拠点 (Center of Excellence, CoE)」 に貢献する不可欠な組織としての機能拡大	(e)
	MOU: インドネシアの全地域及び第三国の政府関係者、実務者、機関のための砂防技術の研修センターとしての強化	(e)
	他国との連携強化、第三国への砂防技術支援	(a)
	国際技術協力を行うための組織的強化と予算確保	(d)

注 1) インドネシアではグリーン砂防の意味は正確には定義されていない状況であるが、Balai Teknik Sabo の職員が作成した論文^{注2)}には「自然界にある植生に由来する材料を使用した土壌侵食と堆積を抑制するための技術」とされている。具体的には「表面土壌侵食対策として a) 竹、ベチベル草などの植物を植える。 b) 圃場において、ココナッツ繊維ネットあるいは藁を用いてマルチング (作物の根元を様々な材料で覆うこと) を行う。」と説明されている。同論文では b) による効果が実験・分析された。

注 2) Moh. Dedi Munir (2017): *Aplikasi Green Sabo Dalam Pengendalian Erosi di Kawasan Lahar Bagion Atas* (Green Sabo Application for Erosion Control in Upper Land Area), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 8, No. 2

(3) 水資源総局の砂防分野における課題の整理

DGWR においてインドネシア国内の砂防分野に関する技術的課題の解決のためのサポートを行っている Balai Teknik Sabo の近年の活動を評価することにより、DGWR の砂防分野における課題を整理した。その結果を表 2-20 において整理した。その手順は以下の通りである。

1) 技術開発

前出 2.4.2 節の (1) の情報に基づいて分析した。Balai Teknik Sabo が取り組んだ技術開発 (表 2-4)、技術基準 (表 2-5)、学術文献 (表 2-6) および技術的アドバイス (表 2-7) に関する活動事例を分析し、各ハザードごとに STC において機能強化されるべき課題を抽出した。表 2-20 中の参照文献の番号は表 2-4～表 2-7 中の案件番号を参照している。

2) 人材育成

前出 2.4.1 節の (2) の情報に基づいて分析した。

3) 機器・設備

前出 2.4.2 節の情報に基づいて分析した。

4) 広報・普及啓発

前出 2.4.1 節の (3) の情報に基づいて分析した。

表 2-20 水資源総局に関する課題の整理

	調査	計画	設計	施工	維持管理
1.河川流域における土砂管理					
技術開発	1) 収集した文献・情報から、STCには以下の実績と実施能力があることが確認された。 ・表面侵食量調査、浮遊土砂、掃流土砂および河床堆積土砂のサンプリング調査、砂防堰堤やダム貯水池の堆積土砂量調査等の各種調査 ・降雨解析、侵食量シミュレーション、土砂流出解析等の各種解析 ・観測値を参照した解析値のキャリブレーション 2) ウオノギリ多目的ダムなどで実施されている貯水池からの排砂については、日本の知見を参考に新技術を導入中(ただし、ダム排砂は水資源総局のダム技術センターの所掌であり、STCの所掌外)。 3) 以上から、DGWRの河川流域における土砂管理のための調査・分析能力は高いが、ダムからの排砂などを含む新技術の導入には更なる向上の余地があると判断される。 参考文献：[1][2][3][4][11][16][20][21]8)16)17)	1) STCには以下の実績があることが確認された。 ・流送土砂の調査解析により、東部ジャワ州Kelud火山地域の砂防施設の下流のWingi貯水池に対する効果を解析に基づいてレビューし、砂防施設が貯水池の堆積速度の低下に寄与していると評価した。 ・スラウェシII流域管理事務所管内のLimboto湖の堆砂対策について、同事務所が作成した砂防施設計画をレビューし、計画されている砂防施設の量が適切であると評価した。 ・中部ジャワ州Pening湖の堆砂対策について、既存の砂防施設計画をレビューし、追加すべき砂防施設の規模や位置を提案するとともに、その機能維持のために定期的な浚渫の必要性を指摘した。 2) 一方で、ダムからの排砂などを含む新技術を踏まえた計画策定の経験が未だ少ないため、更なる向上の余地がある(水資源総局のダム技術センターが所掌)と判断される。 3) 以上から、DGWRの河川流域における土砂管理にかかる計画レビュー能力は高いが、ダムからの排砂などを含む新技術を踏まえた計画策定に係る更なる向上の余地があると判断される。 参考文献：[2][16][21]8)16)17)	1) 河川流域における土砂管理のための砂防堰堤や床固工の設計は、既存の技術規格やガイドラインに基づく既存の設計技術で対応できる。 2) STCは、中部ジャワ州ディエン高原の試験圃場にて、耕作方法の改良や耕作地からの流出土砂を一時的に貯留するマイクロ砂防ダムや河床の侵食防止のための床固工の設計・実験を行っている。このような技術は、日本の沖縄で赤土砂対策として行われた土砂堆積施設や砂防施設と同種のものである。 3) 一方で、ダムから排砂バイパストンネルなどの新たな施設の設計の経験が未だ少ないため、更なる向上の余地があると判断される(ただし、ダム排砂は水資源総局のダム技術センターの所掌であり、STCの所掌外)。 4) 以上から、DGWRは河川流域における土砂管理のための砂防施設の設計に関する能力は高いが、ダムからの排砂などを含む新技術を踏まえた設計に係る更なる向上の余地があると判断される。 参考文献：[3]	1) 河川流域における土砂管理のための大部分の砂防施設の施工は、既存の施工技術で対応できる。 2) 一方、排砂バイパストンネルなどの新たな施設の施工経験が未だ少ないため、更なる向上の余地があると判断される(ただし、ダム排砂については水資源総局のダム技術センターの所掌でありSTCの所掌)。	1) 河川流域における土砂管理のための砂防施設の維持管理は、既存の技術で対応できる。 2) 砂防施設が捕捉した土砂の適切な除去を阻害する要因として民間セクターによる不適切な採掘活動が挙げられるが、これについては地域ごとの社会経済特性を考慮して流域管理事務所単位で検討されるべき課題と判断される。
人材育成	1) DGWRは、河川流域における土砂管理のための技術的検討が行える人材を有する。一方で、ダムからの排砂に係る新技術を適切に扱える高度人材に関しては更なる向上の余地がある。 2) 加えて、今後のインドネシアの社会経済の発展に伴い、河川流域における土砂管理対策に関する技術サービスのニーズは増えることが予想される。そのため、主にDGWR等の職員が各流域管理事務所等において、河川流域における土砂管理対策プロジェクトを技術的側面から管理できる実務者としての役割を担うことが今後必要となると判断される。そのために、上記職員等を河川流域における土砂管理対策を網羅的に学習可能な研修などを通して、砂防技術を理解する実務者を多数育成し、また実務書の候補となる初級レベルの流域管理事務所スタッフなどの技術力の底上げを図ることが必要となると判断される。 参考文献：A) B)				
機器・設備*	A)土質・材料試験 全般的に使用可能な状況。	-	-	-	-
2.地すべり					
技術開発	1) 収集した文献から、STCには以下の実績があることが確認された。 ・地すべり地形・形状、地質条件、雨水浸透、降雨強度などの各種調査 ・解析については地滑り斜面安定解析、河岸地すべりの原因分析、雨水浸透が斜面安定に及ぼす影響の解析、地すべりを誘発する限界雨量の予測、雨水浸透による斜面の地すべりメカニズムの解明など、各種解析。 2) 以上からSTCの地すべりに関する調査・分析能力は十分高く、課題は適切に解決されている。よってDGWRのニーズにも十分応えていると判断される。 参考文献：[6][12][13][18][19][23]2)3)10)	1) STCには以下の実績があることが確認された。 ・地すべりに対する警戒避難のための基準雨量の設定 ・東部ジャワ州スパン県で発生した地すべりの原因分析に基づく対策工の検討を行い、灌漑水路の不透過化、アンカー付き蛇籠擁壁工、斜面脚部の侵食抑制対策工などからなる構造物対策を計画し、斜面の安定解析によって対策工の効果を検証した。 2) 以上から、STCの地すべり対策の計画能力は十分高く、課題は適切に解決されている。よってDGWRのニーズにも十分応えていると判断される。 参考文献：[6][13][19]	1) STCには以下の実績があることが確認された。 ・左記の東部ジャワ州スパン県で発生した地すべりの構造物対策として、アンカー付き蛇籠擁壁工、水制尾付き護岸工、排水施設などの設計を行った。 2) 地すべりの抑制工及び抑止工全ての設計能力を確認することはできなかったが、少なくとも公共事業省の業務委託先が行った地すべり対策の設計成果を適切にレビューする能力は十分高く、DGWRのニーズにも十分応えていると判断される。 参考文献：[13]3)10)	地すべり対策施設の施工は、既存の施工技術で対応できる。	地すべり対策施設の維持管理は、既存の技術で対応できる。
人材育成	1) STCは、地すべりに関する技術的検討が行える人材を有する。 2) 一方で、今後のインドネシアの社会経済の発展に伴い、地すべり対策の技術サービスのニーズは増えることが予想される。そのため、主にDGWR等の職員が各流域管理事務所等において、地すべり対策プロジェクトを技術的側面から管理できる実務者としての役割を担うことが今後必要となると判断される。そのために、上記職員等を地すべり対策を網羅的に学習可能な研修などを通して、砂防技術を理解する実務者を多数育成し、また実務書の候補となる初級レベルの流域管理事務所スタッフなどの技術力の底上げを図ることが必要となると判断される。				
機器・設備	A)土質・材料試験 全般的に使用可能な状況。	-	-	-	-
3.土石流(火山地域)					
技術開発	1) 収集した文献から、STCには以下の実績と実施能力があることが確認された。 ・地形条件、降雨、土砂のサンプリング、砂防堰堤やサンドポケットの堆積土砂量等の各種調査 ・土石流の発生降雨の解析、土石流シミュレーション、噴火後の砂防堰堤の損壊原因の解析、などの各種解析 ・Xバンドレーダーの信頼性調査 2) 以上から、STCの土石流(火山地域)に関する調査・分析能力は十分高く、課題は適切に解決されている。よってDGWRのニーズにも十分応えていると判断される。 参考文献：d)[9][10][15][25][27]5)15)16)17)	1) 収集した文献から、STCには以下の実績と実施能力があることが確認された。 土石流早期警戒基準雨量の検討、Sinabung火山の緊急対策としての砂防施設の計画アドバイス、Gamalama火山のTogurara流域の砂防施設の有効性検討、大規模噴火後の砂防堰堤の連鎖的な損傷を防止するための施設配置の提案等 2) 一方、火山噴火に起因する土砂災害軽減のためのマスタープランの多くは、これまで日本の技術協力プロジェクトや円借款プロジェクトで日本の専門家を中心に作成され、そのノウハウはSTCの技術者に移転されてきたが、ノウハウを有する技術者は少ないため、技術の継承の観点から改善の余地を残している。また日本の知見に基づいた砂防計画の更新等も必要と判断される。 参考文献：[10][15][17] 15)	1) 火山地域の土石流対策のための砂防施設の設計は、既存のインドネシアの技術規格、ガイドライン及び既存の火山地域における土石流対策構造物の設計報告書等の既存の文献に基づいて、既存の設計技術で対応できる。 2) STCは設計された土石流導流工の機能を検証するための屋外水理模型実験を行った実績があることが確認された。 3) 従って、STCは少なくとも公共事業省の業務委託先が行った火山地域の土石流対策施設の設計成果を適切にレビューする能力は十分高く、課題は適切に解決されている。よってDGWRのニーズにも十分応えていると判断される。 参考文献：7)	1) 火山地域の土石流対策施設の施工は、既存の施工技術で対応できる。 2) さらにSTCは、火山噴火後の雨季が始まるまでの短期間での砂防施設の急速施工に寄与するコンクリートモジュール砂防施設の開発・試験施工を行ったり、頻発する土石流による摩耗軽減に寄与する鋼繊維コンクリートの開発・試験施工を行ったりしており、施工面の技術開発も行われていると判断される。 参考文献：a) b)	1) 火山地域の土石流対策施設の維持管理は、既存の技術で対応できる。 2) 砂防施設が捕捉した土砂の適切な除去を阻害する要因として民間セクターによる不適切な採掘活動が挙げられるが、これについては地域ごとの社会経済特性を考慮して流域管理事務所単位で検討されるべき課題と判断される。
人材育成	1) STCは、火山地域の土石流対策に関する技術的検討が行える人材を比較的多く有する。 2) 一方で、今後のインドネシアの社会経済の発展に伴い、火山地域における土石流対策に関する技術サービスのニーズは増えることが予想される。そのため、主にDGWR等の職員が各流域管理事務所等において、火山地域における土石流対策プロジェクトを技術的側面から管理できる実務者としての役割を担うことが今後必要となると判断される。そのために、上記職員等を火山地域における土石流対策を網羅的に学習可能な研修などを通して、砂防技術を理解する実務者を多数育成し、また実務書の候補となる初級レベルの流域管理事務所スタッフなどの技術力の底上げを図ることが必要となると判断される。				
機器・設備	A)土質・材料試験 全般的に使用可能な状況。 B)水理模型実験	-	-	-	-
	-	-	ヒアリング調査の結果、水理模型実験のニーズが増え、模型実験を屋内・屋外同時並行で準備できる環境が必要との情報を得ているので、現在十分に活用されていない屋外水理模型実験場の機能強化を検討する必要があると判断される。	-	-
	C) Xバンドレーダー	-	メラビ火山地域を対象とするXバンドレーダーがSTCに設置されている。ヒアリング調査の結果、現在Xバンドレーダーは機器の故障が多く十分に稼働していない状況であること、国家予算での修理を検討中であることが確認された。	-	-

XX

	調査	計画	設計	施工	維持管理
4.土石流（非火山地域）					
技術開発	1) 収集した文献から、STCには以下の実績と実施能力があることが確認された。 ・スラウェシ地震で土石流リスクが高まった流域を対象とした、UAVを用いた災害後の地形図作成、土砂生産源調査、降雨解析および流出解析、土石流シミュレーションに基づく土石流氾濫区域図作成 2) 火山地域の土石流対策に関する調査実績も併せて考えると、STCの調査・分析能力は十分高いと判断される。 3) インドネシアでは、非火山地域の土石流対策は過去に大規模災害が発生した地域や貯水池上流地域を対象として行われている。今後、インドネシアのさらなる経済発展に伴い小流域で発生する土石流から村落を守る「地先砂防」のニーズが高まれば、現在インドネシアで用いられていない谷次数区分と移動可能土砂量の査定とを組み合わせた調査方法の技術移転が必要になると判断される。 参考文献：[7][22][12]	1) STCが非火山地域で行った土石流対策の技術サービス事例はそれほど多くないが、「河川流域における土砂管理」の項目で述べたように貯水池堆砂対策の砂防施設配置計画をレビューし対策を提案する能力があるので、計画レビュー能力はニーズを十分満たしていると判断される。 2) 一方、左記のとおり「地先砂防」のニーズが高まった場合は、小流域での土石流対策計画に関する技術移転が必要になると判断される。	1) 非火山地域の土石流対策施設の設計は、火山地域の土石流対策施設の場合と同様に、既存のインドネシアの技術規格やガイドラインに基づいて、既存の設計技術で対応できる。 2) 従って、STCは少なくとも公共事業省の業務委託先が行った非火山地域の土石流対策施設の設計成果を適切にレビューする能力は十分高く、課題は適切に解決されている。よってDGWRのニーズにも十分応えていると判断される。	非火山地域の土石流対策施設の施工は、既存の施工技術で対応できる。	非火山地域の土石流対策施設の維持管理は、既存の技術で対応できる。
人材育成	1) STCは、非火山地域の土石流対策に関する技術的検討が行える人材を有する。 2) 一方で、今後のインドネシアの社会経済の発展に伴い、小流域で発生する土石流から村落を守る「地先砂防」のニーズは増えることが予想される。そのため、主にDGWR等の職員が各流域管理事務所等において、非火山地域における土石流対策プロジェクトを技術的側面から管理できる実務者としての役割を担うことが今後必要となると判断される。そのために、上記職員等を非火山地域における土石流対策を網羅的に学習可能な研修などを通して、砂防技術を理解する実務者を多数育成し、また実務書の候補となる初級レベルの流域管理事務所スタッフなどの術力の底上げを図ることが必要となると判断される。				
機器・設備	A)土質・材料試験 全般的に使用可能な状況。 B)水理模型実験				
	-	-	ヒアリング調査の結果、水理模型実験のニーズが増えており、模型実験を屋内・屋外同時並行で準備できる環境が必要との情報を得ているので、現在十分に活用されていない屋外水理模型実験場の機能強化を検討する必要があると判断される。	-	-
5.斜面崩壊					
技術開発	1) STCが斜面崩壊箇所の調査を行った事例は少ない。道路の法面対策はニーズがあるが、水資源総局としてのニーズは少ないことと判断される。 2) しかしながら、調査項目が共通する地すべり調査の実績は多いので、STCの斜面崩壊に関する調査・分析能力も十分高く、DGWRのニーズにも十分応えていると判断される。 参考文献：[6][12][13][18][19][23]2)3)4)10)11)	STCでは斜面崩壊とその対策の評価業務が一般的な土木技術に基づいて数例行われている。水資源分野（灌漑、河川、海岸、砂防）に関連する土木工事に伴う法面対策の計画・設計・施工・維持管理も、一般的な土木技術に基づいて行われており、既存の技術で対応できていると判断される。	同左	同左	同左
人材育成	1) STCは、斜面崩壊に関する技術的検討が行える人材を有する。 2) 一方で、今後のインドネシアの社会経済の発展に伴い、斜面崩壊対策に関する技術サービスのニーズは増えることが予想される。そのため、主にDGWR等の職員が各流域管理事務所等において、斜面崩壊対策プロジェクトを技術的側面から管理できる実務者としての役割を担うことが今後必要となると判断される。そのために、上記職員等を斜面崩壊対策を網羅的に学習可能な研修などを通して、砂防技術を理解する実務者実務者を多数育成し、また実務書の候補となる初級レベルの流域管理事務所スタッフなどの術力の底上げを図ることが必要となると判断される。				
機器・設備	A)土質・材料試験 *と同様 全般的に使用可能な状況。				
6.表面侵食					
技術開発	1) 収集した文献から、STCには以下の実績と実施能力があることが確認された。 ・貯水池堆砂対策の一環として、中部ジャワ州ディエン高原の試験圃場において表面土壌侵食速度調査をおこない、また圃場における種生による土壌侵食抑制効果を分析した。 ・西ジャワ州のシタラム川上流域の圃場においてグリーン砂防の適用による土壌侵食抑制効果を分析した。 2) これらの実績から、STCは表面侵食における調査・分析能力（グリーン砂防を含む）は十分に高く、課題は適切に解決されている。よってDGWRのニーズにも十分応えていると判断される。 参考文献：[3][8]1)	表面侵食対策の計画は、貯水池堆砂対策計画の一部として計画されており、これを活用して対応できる。	左記の試験圃場における試行錯誤の結果が施設設計や耕作方法の提案に反映されており、これまでに蓄積した技術で対応できると。	表面侵食対策の施工は、既存の施工技術を組み合わせで対応できる。	表面侵食対策施設の維持管理は、既存の技術で対応できる。
人材育成	1) STCは、表面侵食に関する技術的検討が行える人材を有する。 2) 一方で、今後のインドネシアの社会経済の発展に伴い、表面侵食対策に関する技術サービスのニーズは増えることが予想される。そのため、主にDGWR等の職員が各流域管理事務所等において、表面侵食対策プロジェクトを技術的側面から管理できる実務者としての役割を担うことが今後必要となると判断される。そのために、上記職員等を表面侵食対策を網羅的に学習可能な研修などを通して、砂防技術を理解する実務者を多数育成し、また実務書の候補となる初級レベルの流域管理事務所スタッフなどの術力の底上げを図ることが必要となると判断される。				
機器・設備	A)土質・材料試験 全般的に使用可能な状況。				
7.共通テーマ					
広報/普及活動	1) Webサイト、SNS及び動画投稿サイトで実施されているが、外部からの参加者を対象としたセミナーは実施されていないようである。 2) STCが所蔵する砂防技術資料の有効活用、図書館機能の改善が必要と判断される。				

指標の内容	指標	指標の内容（技術開発）
指標の内容（技術開発）	1	特定の分野について技術開発を実施することで、効果的な機能強化を図ることが可能
	2	十分な実績と知識を有している。
指標の内容	指標	指標の内容（人材育成）
指標の内容（人材育成）	1	技術者育成に関して、改善を行うことでより効果的な人材育成が可能となる
	2	人材育成に関して、質・量ともに十分な環境が整えられている
指標の内容	指標	指標の内容（機器・設備）
指標の内容（機器・設備）	1	所有する機器・設備のうち一部を更新・修理することで、効果的な施設の活用が可能となる
	2	所有する機器・設備は十分な機能を有し、維持管理も良好であり現施設を十分活用可能

参考文献

Balai Teknik Saboによる技術開発活動の一例

- 砂防堰堤水通し部及び水叩き部カバーコンクリートへの鋼繊維コンクリートの適用（2017年に、Gamalama火山Togurara川にて試験施工） <https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/penerapan-teknologi-beton-serat-baja-pada-selimit-sabodam>
- コンクリートブロックを用いたモジュール式砂防堰堤の試行（Kelud火山Konto川にて試験施工） <https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/penerapan-teknologi-sabodam-modular>
- リングネットバリア技術の土石流対策への応用（2018年、Semeru火山Rejali川にて試験施工） <https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/penerapan-teknologi-ring-net-barriers-untuk-pengendalian-aliran-debris>
- Powersim Studio 10ソフトウェアを使用した土砂動態解析の実施（2018年、Agung火山の渓流をモデルとした土砂動態解析を行い、実績値との照合による検証を実施） <https://sabo.pusair-pu.go.id/balai/tekniksabo/berita/detail/mitigasi-bencana-banjir-lahar-di-gunungapi-agung-dengan-teknosabo>

Balai Teknik Saboが作成した技術基準類の一例

- Permen PUPR No. 03/PRT/M/2011 Tahun 2011 tentang Pedoman Tata Cara Pelaksanaan Penggunaan Semen Tanah sebagai Komponen Utama Bangunan Sabo（砂防構造物の主要構成要素としてのソイルセメントの使用にすする実施ガイドライン）

Balai Teknik Saboの研究者が発表した学術文献の一例

- 貯水池堆砂対策 Soewarno, C. Bambang Sukatja (2010): Kinerja Dam Sabo K. Lumajang untuk Pengendalian Sedimentasi Waduk Mrica (Performance of Sabo Dam in K. Lumajang for Controlling Sedimentation of Mrica Reservoir), Jurnal Sumber Daya Air, Vol. 6, No. 1
- 貯水池堆砂対策 Agus Sumaryono, Djudi, Dyah Ayu Puspitosari (2011): Penerapan Teknologi Sabo Pada Sungai Sungai di Wilayah Gunung Kelud untuk Mengurangi Sedimentasi Waduk Wlingi (Application of Sabo Technology to Rivers in the Kelud Mountain Region to Reduce Sedimentation in Waduk Wlingi), Jurnal Sumber Daya Air, Vol. 7, No. 1
- 貯水池堆砂対策 Singgih Haryono, Arif Rahmat Mulyana, Soewarno, Arif Subagyo (2012): Penerapan Teknik Sabo untuk Pengendalian Daya Rusak Air di Dataran Tinggi Dieng (Application of Sabo Technique in Controlling the Water Destructive force in Dataran Tinggi Dieng), Jurnal Sumber Daya Air, Vol. 8, No. 1
- 貯水池堆砂対策 Ardian Alfianto, Soewarno (2014): Teknosabo untuk Mengatasi Sedimentasi di Daerah Tangkapan Air Waduk (Kasus Waduk Mrica) (Techno Sabo for Overcoming Reservoir Watershed Sedimentation (Case Reservoir Mrica)), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 5, No. 1
- 堤体材料 Jati Iswardoyo (2016): Studi Pemanfaatan Steel Slag sebagai Bahan Bangunan Sabo Dam (The Study of Utilization of Steel Slag to Sabo Dam), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 7, No. 2
- 地すべり Rokhmat Hidayat, Samuel Jonson Sutanto, Moh. Dedy Munir (2016): Kondisi Geologi dan Pola Hujan sebagai Pemicu Longsor di Jawa Tengah Bagian Selatan Pada Juni 2016 (Geological and Rainfall Condition as Landslide Causative Factors in Southern Part of Central Java in June 2016), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 7, No. 2
- マッピング Samuel Jonson Sutanto, Banata Wachid Ridwan (2016): Teknologi Drone untuk Pembuatan Peta Kontur: Studi Kasus Pada Kawasan P3SON Hambalang (Drone Technology for Contour Mapping: Case Study at P3SOM Hambalang), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 7, No. 2
- 表面侵食 Moh. Dedi Munir (2017): Aplikasi Green Sabo Dalam Pengendalian Erosi di Kawasan Lahar Bagion Atas (Green Sabo Application for Erosion Control in Upper Land Area), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 8, No. 2
- 土石流（火山地域） Rokhmat Hidayat, Akhyar Musthofa, Perdi Bahri (2017): Pengaruh Intensitas Hujan terhadap Kecepatan dan Tinggi Banjir Lahar berdasar Pemodelan SIMLAR 2.1 (Influence of Rainfall Intensity to Lahar Flood Velocity and Height based on SIMLAR 2.1 Modelling), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 8, No. 2
- 土石流（火山地域） Cosmas Bambang Sukatja, Ardian Alfianto (2017): Revitalisasi Sabodam Sebagai Pengendali Aliran Lahar (Studi Kasus di Daerah Gunungapi Merapi) (Revitalisation of Sabo Dam as Lahar Flow Controller (Case Study in Merapi Volcano Area)), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 8, No. 2
- 貯水池堆砂対策 Santosa Sandy Putra, Soewarno, Dwi Kristianto (2017): Perencanaan Lokasi Mini Sabodam dengan Metode Imbangan Sedimen pada Area Hulu dari Rencana Waduk Ciawi, Ciliwung (Mini Sabodam Placement Planning by Sediment Balance Method in the Upstream Area of Waduk Ciawi, Ciliwung), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 8, No. 2
- 地すべり Rokhmat Hidayat (2018): Analisis Stabilitas Lereng pada Longsor Desa Caok, Purworejo, Jawa Tengah (Slope Stability Analysis in Caok Village Landslide, Purworejo, Central Java), Jurnal Sumber Daya Air, Vol. 14, No. 1
- 地すべり Rokhmat Hidayat, Moh. Dedy Munir (2019): Longsor di Sungai Cipunagara dan Desain Penanganannya (Landslide at Cipunagara River and its Handling Design), Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, Vol. 10 No. 1
- 砂防施設の利活用（ジオツーリズム） Moh. Dedi Munir (2019): Bangunan Sabo Dam, Fungsi dan Potensinya Sebagai Pendukung Geowisata Gunung Merapi (Sabo Dam Structure, Its Function and Potency as part of Geotourism in the Merapi Volcano), Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, Vol. 10 No. 1
- 土石流（火山地域） Ardian Alfianto, Jati Iswardoyo, Cosmas Bambang Sukatja (2019): Efektivitas dan Kelengkapan Bangunan Sabo di Sungai Togurara Daerah Gunungapi Gamalama (Effectivity and Instrumentation of Sabodam in Togurara River Gamalama Volcano Area), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 10, No. 1
- 貯水池堆砂対策 Ardian Alfianto, Shandy Cecilia, Banata Wachid Ridwan, Chitra Widyaningrum, Surya Putri (2020): Penerapan Teknologi Sabo sebagai Penahan Laju Sedimentasi Pada Muara Danau Limboto (The Implementation of Sabo Technology in Limboto's Estuary Sedimentation Flow Control), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 11, No. 1
- 土石流（火山地域、模型実験） Bayu Seto Waseso Utomo, Jati Iswardoyo, Ruzardi (2020): Uji Laboratorium Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Kejadian Longsoran Aliran Debris Pasir Merapi (Laboratory Test of Slope Effect toward Landslide Event on Merapi Sand Debris Flow), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 11, No. 1
- 地すべり対策 Rokhmat Hidayat, Avidah Amalia Zahro (2020): Penentuan Ambang Curah Hujan untuk Memprediksi Kejadian Longsor (Rainfall Treshold Determination for Landslide Events Prediction), Jurnal Sumber Daya Air, Vol. 16, No. 1
- 貯水池堆砂対策 Ardian Alfianto, Shandy Cecilia, Banata Wachid Ridwan (2020): Pemodelan Potensi Erosi dan Sedimentasi Hulu Danau Limboto dengan WaTEM/SEDEM (Potential Erosion and Sedimentation Modeling of the Upstream Limboto Lake using WaTEM/SEDEM), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 11, No. 1
- 貯水池堆砂対策 Ardian Alfianto, Shandy Cecilia, Alidina Nurul Hidayah, Anjelita, Cosmas Bambang Sukatja (2021): Perencanaan Sabo untuk Mengendalikan Laju Sedimentasi di Rawapening (Sabo Plan for Controlling Sediment Rate of Rawapening), Jurnal Sumber Daya Air, Vol. 17, No. 1
- 土石流（非火山地域） C. Bambang Sukatja, Banata W.R, Perdi Bahri (2021): Mitigasi dan Penanggulangan Bencana Banjir Debris Pasca Gempa Palu 2018 (Mitigation and Countermeasures of Debris Flow Disaster Post Palu Earthquake 2018), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 12, No. 1
- 地すべり Rokhmat Hidayat, I Putu Eddy Purna Wijaya, Moh. Dedi Munir (2023): Mekanisme Longsor Akibat Infiltrasi dari Genangan Air (Studi Kasus Longsor di Lahat, Sumatera Selatan) (Landslide Mechanism due to Infiltration from Water Ponding (Case Study of Landslide in Lahat, Sumatera Selatan)), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 14, No. 1
- フラッシュフラッド Jati Iswardoyo, Hafizh Satria (2023): Analisis Daerah Terdampak Banjir Bandang Menggunakan HEC-RAS 2 Dimensi di Sungai Sat, Kabupaten Pati, Jawa Tengah (Analysis of Flasi Flood Affected Area using the HEC-RAS 2D at Sat River, in Pati Regency, Central Java), Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 14, No. 1
- 土石流（火山地域） Yutaka Gonda, Djoko Legono, Bambang Sukatja, Untung Budi Santoso (2014): Debris flows and flash floods in the Putih River after the 2010 eruption of Mt. Merapi, Indonesia, International Journal of Erosion Control Engineering Vol. 7, No. 2
- 土石流（火山地域） Santosa Sandy Putra, Banata Wachid Ridwan, Kazuki Yamanoi, Makoto Shimomura, Sulistiyani, Dicky Hadiyuwono (2019): Point-Based Rainfall Intensity Information System in Mt. Merapi Area by X-Band Radar, Journal of Disaster Research, Vol. 14, No. 1

Balai Teknik Saboが行った技術的アドバイス業務の一例

2011～2012

- 表面侵食 Erosion control in Ambon (BWS Maluku)
- 地すべり Technical audit of landslide at Jatigede multipurpose dam (DGWRD)
- 地すべり Countermeasures against landslides and drainage in the area of General Sudirman Museum in Pacitan (Minister of Defence)
- 斜面崩壊 Slope Failures in Wasior, Papua (Central Government)
- 土石流（火山地域） Debris flow prevention in Tanah Datar (Local Government of Tanah Datar Regency)
- 土石流（非火山地域、砂防施設設計） Design of sabodam in Cibatu, Garut (BBWS Cimanuk)
- 土石流（火山地域、模型実験） Modeling shortcut of Putih river after Mt. Merapi eruption in 2010
- 貯水池堆砂対策 Sedimentation control at Limboto Lake in Gorontalo Province (Sulawesi) (BWS Sulawesi II)
- 天然ダム Countermeasures against Way Ela natural dam break in Ambon, Maluku

2013～2015

- 地すべり Countermeasure against landslide disaster in Banjarnegara, Central Java
- 斜面崩壊 Countermeasures against slope failures and debris flows in Padang, West Sumatera
- 土石流（非火山地域） Countermeasure against debris flows disaster at Amahusu and Nusaniwe villages, Ambon, Maluku Province
- フラッシュフラッド Contribution of Sabo technology to combat flash flood in Manado, North Sulawesi
- フラッシュフラッド Countermeasure against flash flood in Aceh
- 土石流（火山地域） Sabo works for emergency response in Mt. Sinabung, North Sumatera
- 貯水池堆砂対策 Reservoir sedimentation in Mrica Dam, Banjarnegara, Central Java
- 貯水池堆砂対策 Sediment disaster management and water resources problem of Kedungwringin dam in BBWS Serayu-Opak, Central Java

注） Balai Teknik Saboの元所長Chandra Hassan氏が2015年に作成した資料から引用した。

JICA報告書

- Japan International Cooperation Agency , Nippon Koei Co., Ltd. , Yachiyo Engineering Co., Ltd.: The study on countermeasures for sedimentation in the Wonogiri multipurpose dam reservoir in the Republic of Indonesia : final report 2007.7.
- Japan International Cooperation Agency ,Nippon Koei: Basic design study report on the project for urgent coustermeasures for sedimentation in Wonogiri Multipurpose Dam Reservoir in the Republic of Indonesia. -- o., Ltd., 2001.12.

2.5 目標設定

前項までで整理した課題の整理結果に基づき、明らかとなった課題と目標とを以下に整理した。

表 2-21 DGWR における課題と目標設定

カテゴリ	課題と目標					
	調査	計画	設計	施工	維持管理	
(1) 技術開発	河川流域における土砂管理	B	B	B	B	A
	地すべり	A	A	A	A	A
	土石流(火山地域)	A	B	A	A	A
	土石流(非火山地域)	B	B	A	A	A
	斜面崩壊	A	A	A	A	A
	表面侵食	A	A	A	A	A

A:十分な技術力を有する B:技術力強化の余地あり

課題：

河川流域における土砂管理：貯水池の排砂など新技術に関する調査、計画設計、施工について技術力強化の余地あり

- ・DGWR には河川流域における土砂管理の能力を持つことが確認された。
- ・一方貯水池からの排砂などを含む新技術の導入、新技術を踏まえた計画策定、設計、施工に関してはさらなる向上の余地がある。
- ・ただし、貯水池からの排砂技術は、DGWR 下のダム技術センターが所掌しており、STC の所掌外とされているので、ここでは目標設定の対象外とした。

土石流（火山地域）：砂防計画分野について STC の技術力強化の余地あり

- ・STC には、土石流早期警戒基準雨量の検討など計画に関する実績はある。
- ・一方、火山噴火に起因する土砂災害軽減のためのマスタープランの多くは、これまで日本の技術協力プロジェクトや円借款プロジェクトで日本の専門家を中心に作成され、そのノウハウは STC の技術者に移転されてきたが、ノウハウを有する技術数者は少なく、技術の継承の観点から改善の余地を残している。
- ・新しい知見に基づいた砂防計画の更新も望まれる。

土石流（非火山地域）：調査・計画分野で STC の技術力強化の余地あり

- ・インドネシアの今後の経済発展に伴い「地先砂防」のニーズが高まることが考えられる。
- ・これに伴い、現在インドネシアで用いられていない谷次数区分と移動可能土砂量の査定とを組み合わせた調査・計画方法の技術移転が必要になることが考えられる。

目標設定：

火山噴火に起因する土砂災害軽減のためのマスタープランの作成能力がある専門家が養成される。

- ・まず火山地域の土石流対策の砂防計画分野に関するノウハウを持つ専門家を STC 内で養成する。養成された専門家は、インドネシア国内の活火山を有する流域管理事務所の能力向上をはかるための講師として活躍してもらう。
- ・火山噴火後の緊急対策のための施設計画づくりはシニアの公共事業省 OB が担っている状況であり、優先度は高い。

非火山地域の小流域を対象とした土石流対策の調査・計画能力がある専門家が養成される。

- ・まず非火山地域の小流域における土石流対策のための調査・計画に関するノウハウを持つ専門家を STC 内で養成する。養成された専門家は、インドネシア国内の流域管理事務所の能力向上をはかるための講師として活躍してもらう。

カテゴリー	課題と目標																																										
	<ul style="list-style-type: none"> 現在、非火山地域の土石流対策は大規模災害が発生した地域のみに対して実施されている（例：スラウェシ震災復興）。現在のところ、非火山地域の小流域における土石流対策は実施されていないが、市街地の拡大により潜在的なニーズは増大している。優先度は中程度と判断する。 																																										
(2)人材育成	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>調査</th> <th>計画</th> <th>設計</th> <th>施工</th> <th>維持管理</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>河川流域における土砂管理</td> <td></td> <td></td> <td>B</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>地すべり</td> <td></td> <td></td> <td>B</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>土石流(火山地域)</td> <td></td> <td></td> <td>B</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>土石流(非火山地域)</td> <td></td> <td></td> <td>B</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>斜面崩壊</td> <td></td> <td></td> <td>B</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>表面侵食</td> <td></td> <td></td> <td>B</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">B:人材育成の必要あり</p> <p>課題： 流域管理事務所職員の砂防実務者としての育成が望まれる</p> <ul style="list-style-type: none"> STC では、前述した土石流対策に関する課題を除き、様々な土砂移動現象と対策に関する技術サービスの実施能力を持っている。 今後のインドネシアの社会経済の発展に伴い、インドネシア国内の土砂災害分野の災害リスク削減のニーズは増えることが予想される。STC の負荷軽減のためにも、土砂災害分野の災害リスク削減のためのプロジェクトを技術的側面から管理できる実務者が流域管理事務所に配置されることが望ましい。 <p>目標設定： STC の講師が、土砂災害対策関連プロジェクトを技術的側面から管理できる流域管理事務所の実務者を持続的、継続的に育成するしくみが作られる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 現在、土砂災害対策関連プロジェクトの技術検討成果のレビューの作業が Balai Teknik Sabo (STC) に集中している状況である。今後極端な気象による土砂災害増大傾向を考えると、流域管理事務所に土砂災害対策関連プロジェクトを技術的側面から管理できる実務者を配置する必要性は高い。優先度は高いと判断する。必要とされる実務者を新たに育成して国内の各流域事務所に配置する。 実務者の育成と並行して、次世代の実務者の候補となるボリュームゾーンとしての初級レベルの技術者の育成がインドネシア側によって実施されることが望ましい。 目標の実現には、インドネシア政府による予算や人員の適切な配分が必須となる。 		調査	計画	設計	施工	維持管理	河川流域における土砂管理			B			地すべり			B			土石流(火山地域)			B			土石流(非火山地域)			B			斜面崩壊			B			表面侵食			B		
	調査	計画	設計	施工	維持管理																																						
河川流域における土砂管理			B																																								
地すべり			B																																								
土石流(火山地域)			B																																								
土石流(非火山地域)			B																																								
斜面崩壊			B																																								
表面侵食			B																																								
(3)機材・設備	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>設計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>河川流域における土砂管理</td> <td>B (屋外水理模型実験場)</td> </tr> <tr> <td>地すべり</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>土石流(火山地域)</td> <td>B (屋外水理模型実験場・X バンドレーダー)</td> </tr> <tr> <td>土石流(非火山地域)</td> <td>B (屋外水理模型実験場)</td> </tr> <tr> <td>斜面崩壊</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>表面侵食</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">A:機材は全般的に使用可能 B:機材の更新・機能強化等の必要あり</p> <p>1) 屋外水理模型実験場 ニーズ増加に対応した屋外水理模型実験場の機能強化が望まれる</p> <ul style="list-style-type: none"> 水理模型実験のニーズが増えており、現在用地が十分に活用されていない屋外水理模型実験場の機能強化を検討する必要がある。 <p>2) X バンドレーダー X バンドレーダーの修理が望まれる</p> <ul style="list-style-type: none"> 土石流 (火山地域) 対策の機材として、メラピ火山地域を対象とする X バンド 		設計	河川流域における土砂管理	B (屋外水理模型実験場)	地すべり	A	土石流(火山地域)	B (屋外水理模型実験場・X バンドレーダー)	土石流(非火山地域)	B (屋外水理模型実験場)	斜面崩壊	A	表面侵食	A																												
	設計																																										
河川流域における土砂管理	B (屋外水理模型実験場)																																										
地すべり	A																																										
土石流(火山地域)	B (屋外水理模型実験場・X バンドレーダー)																																										
土石流(非火山地域)	B (屋外水理模型実験場)																																										
斜面崩壊	A																																										
表面侵食	A																																										

カテゴリー	課題と目標
	<p>レーダーが STC に設置されている。同レーダーは故障が多く十分に稼働していない状況であるため、修理による機能回復が必要である。</p> <p>目標設定：</p> <p>屋外水理模型実験場で複数の実験の準備が同時並行で行えるようになる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水理模型実験のニーズは増大しているとのこと、優先度は高い。 <p>X バンドレーダーの機能が回復し、定常的に稼働できるようになる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・インドネシア側で修理すべく国家予算の確保に動いているので、優先度は低い。

第3章 目標設定・現状分析を踏まえたインドネシアにおける砂防技術強化向上のロードマップ（案）

3.1 ロードマップ（案）作成の方針

2章における検討結果に基づき、ロードマップ（案）の作成方針を以下に示した。

方針1:インドネシアの砂防分野における技術開発能力強化を図るロードマップ（案）とする。

DGWRの技術開発機能において、「土石流（火山地域）に関する計画」及び「土石流（非火山地域）に関する調査・計画」に関する技術力を強化する。そしてSTC内で、火山噴火に起因する土砂災害軽減のためのマスタープランの作成能力がある専門家や、非火山地域の小流域を対象とした土石流対策の調査・計画能力がある「専門家」を養成する。

（ここでいう「専門家」とは、流域管理事務所の人材育成を行う際に講師として活躍できる能力を持つ人材を指す。）

方針2:インドネシアの砂防分野における人材の能力強化を図るロードマップ（案）とする。

今後のインドネシアの社会経済の発展に伴い、インドネシア国内の土砂災害分野の災害リスク削減のニーズは増えることが予想される。そこで、これらのニーズに迅速に応えるために、土砂災害と災害リスク軽減に関する専門的な知識を持ち、災害リスク削減のためのプロジェクトを技術的側面から管理するうえで必要な「実務者」を流域管理事務所に配置できるように養成すること目標に、人材育成の仕組みづくりを行う。さらに、土砂災害と対策全般の基礎知識を理解しており、実務者をサポートし、将来の実務者の候補となる「実務者候補」も同時並行で育成されるようにする。

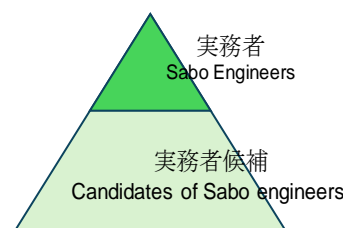


図 3-1 流域管理事務所における技術者の構成

方針3:砂防分野の技術開発に必要とされる機材設備の機能向上を図るロードマップ（案）とする。

河川流域における土砂管理、及び火山地域・非火山地域の土石流対策の検証のために行われる水理模型実験のニーズが増えている（第2章 p.2-20 参照）。これに対応するため、STCの既存屋外水理模型実験場の改善を行う。

3.2 ロードマップ（案）作成上のフェーズ設定

第1フェーズ	: 2025～2026年（2年間）	インドネシアの砂防技術基礎の強化
第2フェーズ	: 2027～2030年（4年間）	砂防技術の展開

3.2.1 第1フェーズ：2025～2026年（2年間） インドネシアの砂防技術基礎の強化

(1) 技術開発

「土石流（火山地域）：砂防計画分野」及び「土石流（非火山地域）：調査・計画分野」に重

砂防技術センター（STC）の機能強化

点を置いた砂防技術の基礎が向上する。

(2) 人材育成

- ・砂防技術を網羅的に学習できるプログラムを履修することで、砂防技術を習得した人材が実務者として育成され、インドネシアにおける砂防技術が強化される。現状の人事異動と技術分野の転属を考慮して、2年間で1フェーズとし、1年間の人材育成プログラム実施を1サイクル期間として、2年間2サイクルで必要な人材育成を行う。現在（2024年10月現在）の砂防事業を実施する関係部局（河川海岸局に4部署、流域管理事務所は37事務所、合計41部署）存在する。当面は年間（1サイクル）で20名を継続的に育成し、2年間（1フェーズ、2サイクル）で合計約40名の実務者を各部署に1名配置することを目指す。
- ・既に土砂災害と災害リスク軽減に関する専門的な知識を有するSTCの研究者に対し、火山噴火に起因する土砂災害軽減のためのマスタープラン作成や、非火山地域の小流域を対象とした土石流対策の調査・計画に関するノウハウを日本の砂防専門家から移転し、実務者や実務者候補の育成に携わる講師として育成する。
- ・1年目には、円借款事業における計画策定、設計などにおいて、OJTとして日本の砂防専門家が講師や指導者として関与し、20名の実務者の育成を目標とする。
- ・2年目には、育成されたSTCの専門家を中心に、インドネシア側が主体となった人材育成活動に移行する。
- ・2サイクルの人材育成活動によって、インドネシア全国の土砂災害対策事業を実施する流域管理事務所に1人の割合の実務者40名が育成される。
- ・2年目以降はインドネシア側が主体となって専門家の育成を行い、実務者や実務者候補の育成は専門家によって実施される。

(3) 機器・設備

本フェーズにおいて、屋外水理模型実験場の改善計画と設計が実施され、整備工事の調達が開始される。

3.2.2 第2フェーズ：2027～2030年（4年間） 砂防技術の展開

(1) 技術開発

土石流対策技術の基礎が確立される。従来のインドネシアで使用されている技術基準等が、日本の技術指針、ガイドライン等を参考とするなどし、アップデートが開始される。

(2) 人材育成

第2フェーズでは、インドネシア主体での人材育成が継続実施される。第1フェーズから継続して育成されてきた人材が、DGWRの各流域管理事務所に着任している状況が実現し、実際の土砂災害対策事業へ、育成された人材がインドネシア全国で活躍していることを目指す。一方で、育成された実務者は、人事異動や技術分野の転属なども考えられることから、人材育成活動を継続し、目安とした実務者数40名が維持されなければならない。引き続き、インドネシア側で1サイクル（1年）の人材育成活動が継続される。

(3) 機材・設備

新たに整備された屋外水理模型実験場を含め、機器・設備の運用と更新・改善を継続する。

3.3 各フェーズにおける達成具体目標とインドネシア側において必要とされるアクション

「技術開発」「人材育成」「機器・設備」の各側面において、フェーズ別に具体的な目標値を設定した。また、目標値を達成するための日本・インドネシアの役割分担を明記したものを表 3-1、表 3-2 に示す。

表 3-1 第1フェーズ (2025～2026年) インドネシアの砂防技術の基礎強化

目標時期	項目	内容	インドネシア側で必要とされるアクション	備考
第1フェーズ 前期 (2025年)	技術開発	「土石流(火山地域):砂防計画分野」及び「土石流(非火山地域):調査・計画分野」に重点を置いた砂防技術の基礎が向上する。	PU-DGWR Bintek, Balai Teknik Sabo 職員。必要に応じ、インドネシアの砂防事業経験者、研究者を加える。	日本人コンサルタント等によるサポート
	人材育成	公共事業省職員を中心に砂防事業の実務者が育成される。育成人数は20名を想定する。	Bintek、Balai Teknik Sabo 職員を中心に教育プログラムの実施。人材育成対象は公共事業省職員、砂防事業担当者	日本人コンサルタント等によるサポート
	機器・設備	屋外水理模型実験場の整備を対象に、設備計画・調達を進め、必要な機器導入、施設の建設が完了する。	機器設備を管理運営する Balai Teknik Sabo 職員。	円借款のコンサルタントサービスによる支援を検討し得る。
第1フェーズ 後期 (2026年)	技術開発 (強化技術分野)	土石流対策技術の基礎が確立される。従来のインドネシアで使用されている技術基準等が、日本の技術指針、ガイドライン等を参考とするなどし、アップデートが開始される。	PU-DGWR Bintek、Balai Teknik Sabo 職員を中心とする編纂チームがアップデートを開始する。	日本人コンサルタント等によるサポート
	人材育成	公共事業省職員の実務者が育成される。前期に育成された実務者に加え育成人数は40名達成を想定する。	Bintek、Balai Teknik Sabo 職員を中心に教育プログラムの実施。人材育成対象は公共事業省職員、砂防事業担当者	円借款のコンサルタントサービスによる支援を検討し得る。
	機器・設備	屋外水理模型実験場の使用が開始される。	機器設備を管理運営する Balai Teknik Sabo 職員。	円借款のコンサルタントサービスによる支援を検討し得る。

表 3-2 第2フェーズ (2027～2030年) 砂防技術の展開

目標時期	項目	内容	インドネシア側で必要とされるアクション	備考
第2フェーズ (2027-2030年)	技術開発 (強化技術分野)	インドネシア技術基準等のアップデートを継続される。	PU-DGWR Bintek、Balai Teknik Sabo 職員を中心とする編纂チームがアップデートを行う。	円借款のコンサルタントサービスによる支援を検討し得る。

	人材育成	公共事業省職員を中心に実務者が育成が継続される。人事異動や分野転属などにより、砂防事業に従事できる技術者数に変動しても、一定の技術者数40名を維持するよう、人材育成が継続される。 国際技術協力として第3国の技術者育成が開始される。	Bintek、Balai Teknik Sabo 職員を中心に教育プログラムの実施。 人材育成対象は公共事業省職員、砂防事業担当者	円借款のコンサルタントサービスによる支援を検討し得る。
	機器・設備	機器・設備の運用と更新・改善を継続される。	PU-DGWR Bintek、Balai Teknik Sabo	

3.4 ロードマップ（案）に関するインドネシア側からのインプット

2025年2月21日にジョグジャカルタの Balai Teknik Sabo において、公共事業省と日本の砂防学会の共催により砂防技術に関するセミナーが開催された（業務完了報告書 添付資料 11 参照）。その中で当該プロジェクトチームにより STC 機能強化に関する活動内容が説明され、インドネシア側出席者から以下のような課題についてのコメントがあった。

- 1) 若い世代の砂防技術者の育成が課題となっている。
- 2) 砂防技術の災害リスク軽減への貢献について、国民への普及啓発が必要ではないか。
- 3) 今後インドネシアが周辺のアジアの国に対して、砂防分野における国際協力を行ってゆくためには、そのネットワークづくりが必要となる。
- 4) 日本の砂防技術をインドネシアに適用するにあたっては、日本とインドネシアの自然・社会経済環境の違いを踏まえて、カスタマイズ・ローカライズすることが必要となる。その分析作業に大学が貢献できると考えられる。

以上の意見により提示された課題については、以下のような対応が提案される。

表 3-3 砂防技術セミナー（2025年2月21日）でコメントされた課題と提案される対応

	2025年2月21日セミナーでインドネシア側から提示された課題	対応
1	若い世代の砂防技術者の育成	人材育成活動において、実務者候補の育成を行い、ボリュームゾーンの拡大を図る。（ロードマップ第2フェーズに追記した。）
2	砂防技術の災害リスク削減への貢献に関する国民への普及啓発	ロードマップに、インドネシア独自予算による広報普及活動に関する記述を追加した。
3	周辺国とのネットワークづくり	海外への技術展開を見据えた活動の欄にネットワーク構築に関する記述を追記した。
4	アカデミアの参加	技術開発における技術基準類の策定・展開の欄に学術機関参加に関する記述を追加した。

3.5 STC 機能強化ロードマップ（案）

STC 機能強化のためのロードマップ（案）を図 3-2 に示した。

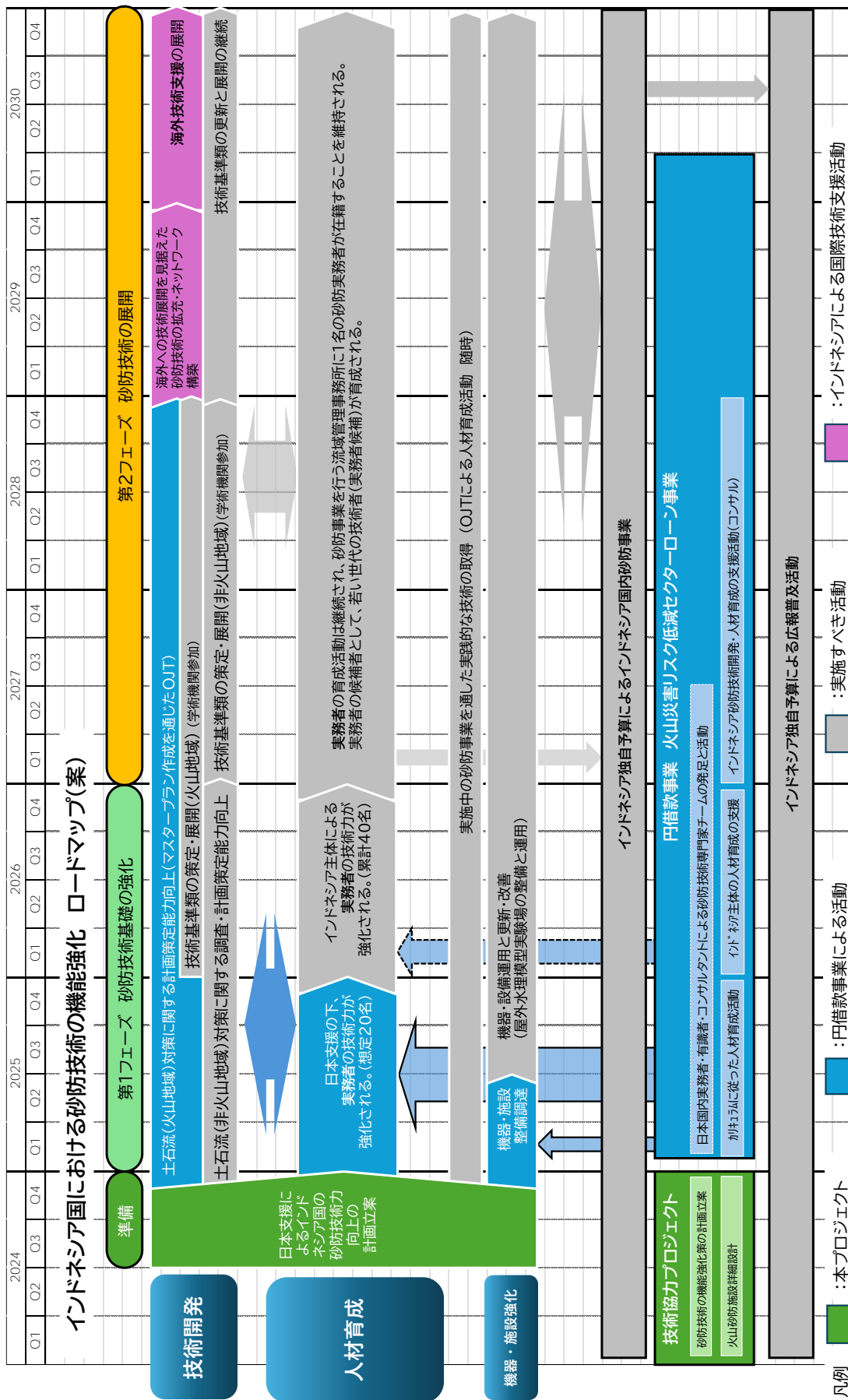


図 3-2 日本の砂防技術支援によるSTC (BTS) 機能強化ロードマップ (案)

第4章 カリキュラム・シラバスの設定

4.1 人材育成の対象

本省で提案するカリキュラム・シラバスの対象は、STCの専門家と、流域管理事務所に配置される実務者、及び実務者候補である。実務者候補は、表4-1に示す「砂防一般」コースのみの受講を提案する。

4.2 カリキュラムの設定

カリキュラムは、非火山地域における土石流に関する調査・計画分野に重点をおき、砂防技術の基礎強化を目標とした4つのコースを設定する。なお、火山地域における土石流の砂防計画分野に関する人材育成は、予定されている火山減災セクターローンプロジェクトにおけるマスタープラン作成・改定作業を通じて、STCの専門家に対してOJTで行うことを提案する。

表 4-1 カリキュラム

コース名	カリキュラム
砂防一般	砂防技術の一般的な概要（総説）や、土石流対策を行う上での基本事項について学習する。流域全体の土砂動態を念頭に、砂防計画を行う上で必要な基本的事項について学習する。
砂防調査計画	対策計画を策定するにあたり必要な砂防調査の実施方法、注意点などについて学習する。また、調査結果を基にした土石流対策計画の策定の考え方、手法について学習する。
砂防設計	土石流対策施設の設計手法について学習する。また、設計条件となる設計外力の考え方、算定方法について学習する。
施工・維持管理・予警報他	砂防施設の施工方法及び維持管理手法について学習する。加えて、土砂災害予測に資する管理・計測施設の運用方法他についても学習する。

4.3 シラバスの設定

人材育成のシラバスの設定を行った。シラバス内容についてそれぞれ日本の参考となる基準、指針類の名称を掲載する。

表 4-2 シラバス

コース名	シラバス	参考資料
砂防一般	<ul style="list-style-type: none"> ● 総説 ● 土砂流出対策計画の基本事項 ● 異常土砂災害（深層崩壊・天然ダム等）対策計画に関する基本的な事項 ● 土砂災害のソフト対策に関する基本的な事項 ● 海岸保全計画 ● 自然環境への配慮等 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 国土交通省 河川砂防技術基準 計画編（基本計画編）
砂防調査計画	<ul style="list-style-type: none"> ● 総合的な土砂管理のための調査 ● 基礎的な調査 ● 土砂流出対策のための調査 ● 土砂災害に対するソフト対策のための調査 ● 土石流対策計画の基本事項 ● 土石流処理計画 ● 土石流対策施設配置計画 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 国土交通省 河川砂防技術基準 計画 調査編 ➢ 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説
砂防設計	<ul style="list-style-type: none"> ● 土石流対策施設の設計 ● 土石流時の設計外力の設定 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 「土石流・流木対策設計技術指針」解説
施工・維持管理・予警報他	<ul style="list-style-type: none"> ● 砂防堰堤の施工 ● 溪流保全工の施工 ● 山腹保全工の施工 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 一般工事、施工管理基準他 ➢ 国土交通省 河川砂防技術基準 維持管理編（砂防編）

	<ul style="list-style-type: none"> ● 付属物の施工 ● 砂防関係施設の点検及び健全度評価 ● 観測機器等の維持管理 ● 砂防設備の維持・修繕等 ● 除石計画 ● 土砂災害が発生するおそれのある区域の把握 ● 砂災害に関する警戒避難体制の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説」 ➢ 国土交通省 河川砂防技術基準 計画編（基本計画編）
--	---	--

4.4 教育課程（案）

教育課程は4コース設定し、年度内4半期ごとに1コースを習得する計画とした。また、1コースは4～6日間で、90分を単位とする講義を行い、さらに講義ごとに別途90分を単位とする課題研究（演習を含む）を実施することにより、受講した内容を確実に理解し応用できることを目指す。

育成対象となる受講者は、尼側で選抜されるが、1クール（年間）を通して同一実務者が受講することを原則とする。

なお、砂防一般コースでの実務者候補の育成は、インドネシア側が、実務者の育成とは別に適宜実施の機会を設けるものとする。実務者候補が実務者として育成されるためには、翌年以降に残りの3コースを受講することとなる。

(1) 砂防一般

表 4-3 砂防一般コース

項目	内容	備考
目的	砂防技術の一般的な概要（総説）や、土石流対策を行う上での基本事項について学習する。流域全体の土砂動態を念頭に、砂防計画を行う上で必要な基本的事項について確認する	
対象者・人数	公共事業省河川総局職員 河川海岸局、地方流域管理事務所職員、STC職員 20名	公共事業省河川総局内で対象者を選抜。
講師	日本人砂防専門家（（第1フェーズ、第1クール2025年において有償資金協力によるプロジェクトで実施）、STC専門家	2026年以降の第1フェーズ後期以降は、日本人専門家はオブザーバーとして必要に応じて講師として参加。
研修期間	32.0時間 5日間	年度内第1四半期
カリキュラム内容と各予定時間	一般-1：総説 3.0時間 一般-2：土砂流出対策計画の基本事項 3.0時間 一般-3：異常土砂災害（深層崩壊・天然ダム等）対策計画に関する基本的な事項 3.0時間 一般-4：土砂災害のソフト対策に関する基本的事項 3.0時間 一般-5：海岸保全計画 1.5時間 一般-6：自然環境への配慮等 1.5時間 課題研究：15.0時間 その他ガイダンス、入校式・修了式 2.0時間 合計 32.0時間	
参考テキスト	国土交通省 河川砂防技術基準 計画編（基本計画編） 日本・インドネシアの土砂災害事例紹介等	
開催形式・場所	<ul style="list-style-type: none"> ● オフライン：STC内講義室 ● 課題研究以外の講義は、公共事業省職員に限りオンラインセミナーとして公開 	
担当部局	BPSDM 及び STC	

時間	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
8:00-9:00	入校式				
9:00-10:30	一般-1A	一般-2A	一般-3A	一般-4A	一般-5
10:30-12:00	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究
12:00-13:00					
13:00-14:30	一般-1B	一般-2B	一般-3B	一般-4B	一般-6
14:30-16:00	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究
16:00-17:00					修了式

(2) 砂防調査計画

表 4-4 砂防調査計画コース

項目	内容	備考
目的	対策計画を策定するにあたり必要な砂防調査の実施方法、注意点などについて学習する。また、調査結果を基にした土石流対策計画の策定の考え方、手法について学習する。	
対象者・人数	公共事業省河川総局職員 河川海岸局、地方流域管理事務所職員、STC職員 20名	公共事業省河川総局内で対象者を選抜。
講師	日本人砂防専門家(第1フェーズ、第1クール2025年のみ) インドネシア砂防専門家、STC職員	2026年以降の第1フェーズ第2クール以降は、日本人専門家はオブザーバーとして必要に応じて講師として参加。
研修期間	36.5時間 6日間	年度内第2四半期
カリキュラム内容と各予定時間	調査計画-1:総合的な土砂管理のための調査 3.0時間 調査計画-2:基礎的な調査 1.5時間 調査計画-3:土砂・流木流出対策のための調査 3.0時間 調査計画-4:土砂災害に対するソフト対策のための調査 1.5時間 調査計画-5:土石流対策計画の基本的事項 3.0時間 調査計画-6:土石流処理計画 3.0時間 調査計画-7:土石流対策施設配置計画 3.0時間 課題研究: 16.5時間 その他ガイダンス、入校式・修了式 2.0時間 合計 36.5時間	
参考テキスト	<ul style="list-style-type: none"> 国土交通省 河川砂防技術基準 計画 調査編 砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編) 解説日尼土砂災害事例資料等 	
開催形式・場所	<ul style="list-style-type: none"> オフライン: STC内 SABO Technical Center 講義室 課題研究以外の講義は、公共事業省職員に限りオンラインセミナーとして公開 	
担当部局	BPSDM 及び STC	

時間	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目
8:00-9:00	入校式					
9:00-10:30	調査計画-1A	調査計画-2	調査計画-3B	調査計画-5B	調査計画-6B	調査計画-7B
10:30-12:00	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究
12:00-13:00						
13:00-14:30	調査計画-1B	調査計画-3A	調査計画-5A	調査計画-6A	調査計画-7A	修了式
14:30-16:00	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究	
16:00-17:00						

(3) 砂防設計

表 4-5 砂防設計コース

項目	内容	備考
目的	土石流対策施設の設計手法について学習する。また、設計条件となる設計外力の考え方、算定方法について学習する。	
対象者・人数	公共事業省河川総局職員 河川海岸局、地方流域管理事務所職員、STC 職員 20名	公共事業省河川総局内で対象者を選抜する。
講師	日本人砂防専門家（第1フェーズ前期 2025年のみ） インドネシア砂防専門家、STC 職員	2026年以降の第1フェーズ後期以降は、日本人専門家はオブザーバーとして、必要に応じて講師として参加。
研修期間	32.0時間 5日間	年度内第3四半期
カリキュラム内容と各予定時間	設計-1：土石流対策施設の設計 6.0時間 設計-2：土石流時の設計外力の設定 6.0時間 課題研究：18.0時間 その他ガイダンス、入校式・修了式 2.0時間 合計 32.0時間	
参考テキスト	<ul style="list-style-type: none"> 「土石流・流木対策設計技術指針」解説 日本・インドネシア土砂災害事例紹介等 	
開催形式・場所	<ul style="list-style-type: none"> オフライン：STC内 SABO Technical Center 講義室 課題研究以外の講義は、公共事業省職員に限りオンラインセミナーとして公開 	
担当部局	BPSDM 及び STC	

時間	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
8:00-9:00	入校式				
9:00-10:30	設計-1A	設計-1C	設計-2A	設計-2C	課題研究
10:30-12:00	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究
12:00-13:00					
13:00-14:30	設計-1B	設計-1D	設計-2B	設計-2D	課題研究
14:30-16:00	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究
16:00-17:00					修了式

(4) 施工・維持管理・予警報他

表 4-6 施工・維持管理・予警報コース

項目	内容	備考
目的	砂防施設の施工方法及び維持管理手法について学習する。加えて、土砂災害予測に資する管理・計測施設の運用方法他についても学習する。	
対象者・人数	公共事業省河川総局職員 河川海岸局、地方流域管理事務所職員、STC 職員 20名	公共事業省河川総局内で対象者を選抜する。
講師	日本人砂防専門家（第1フェーズ、第1クール 2025年のみ） インドネシア砂防専門家、STC 職員	2026年以降の第1フェーズ第2クール以降は、日本人専門家はオブザーバーとして必要に応じて講師として参加。
研修期間	26.0時間 4日間	年度内第4四半期
カリキュラム内容と各予定時間	施設維持管理-1：砂防ダム・溪流保全工の施工 3.0時間 施設維持管理-2：山腹保全工付帯構造物等の施工 3.0時間	

	施設維持管理-3：砂防関係施設点検、健全度評価 3.0 時間 施設維持管理-4：観測機器等の維持管理 3.0 時間 課題研究：12.0 時間 その他ガイダンス、入校式・修了式：2.0 時間 合計 26.0 時間	
参考テキスト	国土交通省 河川砂防技術基準 計画編（基本計画編） 日本・インドネシア土砂災害事例紹介等	
開催形式・場所	<ul style="list-style-type: none"> ● オフライン：STC 内 SABO Technical Center 講義室 ● 課題研究以外の講義は、公共事業省職員に限りオンラインセミナーとして公開 	
担当部局	BPSDM 及び STC	

時間	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目
8:00-9:00	入校式			
9:00-10:30	施設維持管理-1A	施設維持管理-2A	施設維持管理-3A	施設維持管理-4A
10:30-12:00	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究
12:00-13:00				
13:00-14:30	施設維持管理-11B	施設維持管理-2B	施設維持管理-3B	施設維持管理-4B
14:30-16:00	課題研究	課題研究	課題研究	課題研究
16:00-17:00				修了式

第5章 機器・設備のアップグレード

5.1 対象とする機器・設備

第2章 (p.2-20) で説明したように、インドネシア国内で頻発する土砂災害を受け、設計された河川・砂防構造物の機能検証のための水理模型実験のニーズは増加している。構造物の機能検証のための水理模型実験は、それに先立ち、構造物とその前後の河道地形を反映させた模型を作成する必要がある。模型の製作には時間を要するため、水理模型実験の実施サイクルを増やすには、複数箇所でも同時並行的に模型を作成し実験が行える環境を整える必要がある。

Balai Teknik Sabo の屋内水理模型実験棟は給水・電気設備が整備され、天候に左右されることがないため、525m²の床面積が常に活用され、稼働している状況にある。一方、屋外水理模型実験場は、敷地面積が1,050m²あるものの、給水が屋内水理模型実験棟からの1系統しかないため、現在はそのうちわずかに150m²のみが利用されているに過ぎず、敷地が有効活用されていない。砂防施設に関する水理模型実験施設を備えているのは Balai Teknik Sabo のみであるため、屋外水理模型実験場の改善は急を要する課題となっている。

なお、前出 2.5 にて説明したように、コンクリート試験室あるいは土質試験室の機器は使用可能な状態であり、インドネシア側による運用・維持管理を継続する。現在は稼働していない X バンドレーダは自国予算による修理が検討されている。アップグレードの優先性が最も高い機器・設備は屋外水理模型実験場となっている。

5.2 屋外水理模型実験場の現状

5.2.1 設備のレイアウトと全景

2024年8月現在の屋外水理模型実験場の施設レイアウトと全景色は以下の通りである。

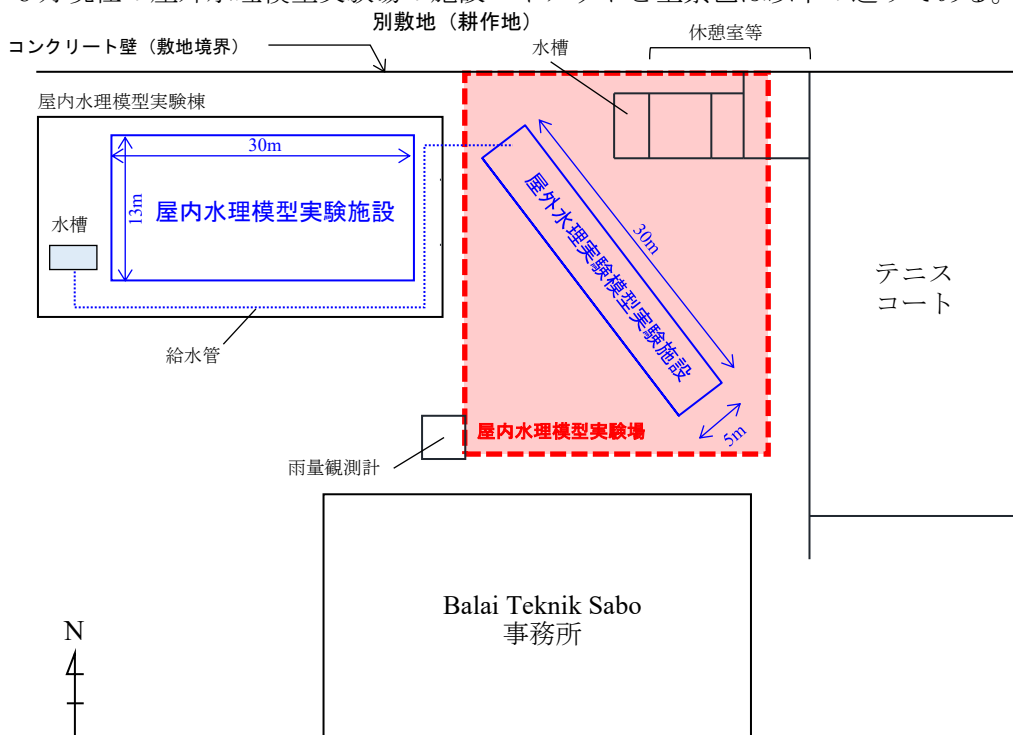


図 5-1 現在の屋外水理模型実験場周辺の施設レイアウト



図 5-2 屋外水理模型実験場 全景

5.2.2 現状と課題

2024年8月時点における屋外水理模型実験場の課題は以下のとおりである。

- 1) 屋外水理模型実験場内の水理模型実験施設は規模が小さく、規模の大きな屋内水理模型実験施設が優先して使用されている。
- 2) 屋外水理模型実験施設で使用する水は、屋内の水理模型実験棟から供給される方式となっているため、屋内水理模型実験棟の使用中は、屋外水理模型施設の利用ができない。
- 3) 屋外水理模型実験施設は敷地に対して斜め方向に設置されており、敷地内の未使用地の有効利用が難しい。

5.3 改善案

上述の課題を踏まえて、既存屋外水理模型実験場の改善案を検討した。改善案を検討するにあたって、以下の状況を Balai Teknik Sabo からヒアリングにより確認した。

- 1) 北側の水槽および職員休憩室の移転は可能
- 2) 東側のテニスコートの移転は困難
- 3) 北側の土地（耕作地）とはコンクリート壁で仕切られており、北側への敷地の拡張は困難
- 4) 南側に設置されている雨量観測施設は移動可能

これらの周辺施設の移転・移動の可否を踏まえ、敷地の有効利用の観点から、屋外水理模型実験場のレイアウトの改善案を図 5-3 に示した。

改善の方針は以下の通りである。

- 1) 屋外水理実験施設は敷地に対して斜めとせず垂直（南北方向）とし、屋内水理模型実験棟の東側のスペースを最大限活用できるようなレイアウトとする。
- 2) 多くの水理模型実験の依頼にも対応することが可能となるよう、屋外水理模型実験施設の基数は2基に増設する。1基の規模は屋内水理実験棟と同等の規模とする。
- 3) 屋内水理模型実験棟と屋外水理模型実験場は、それぞれ独立した給水とし、水理模型実験が屋内・屋外同時に実施できるようにする。

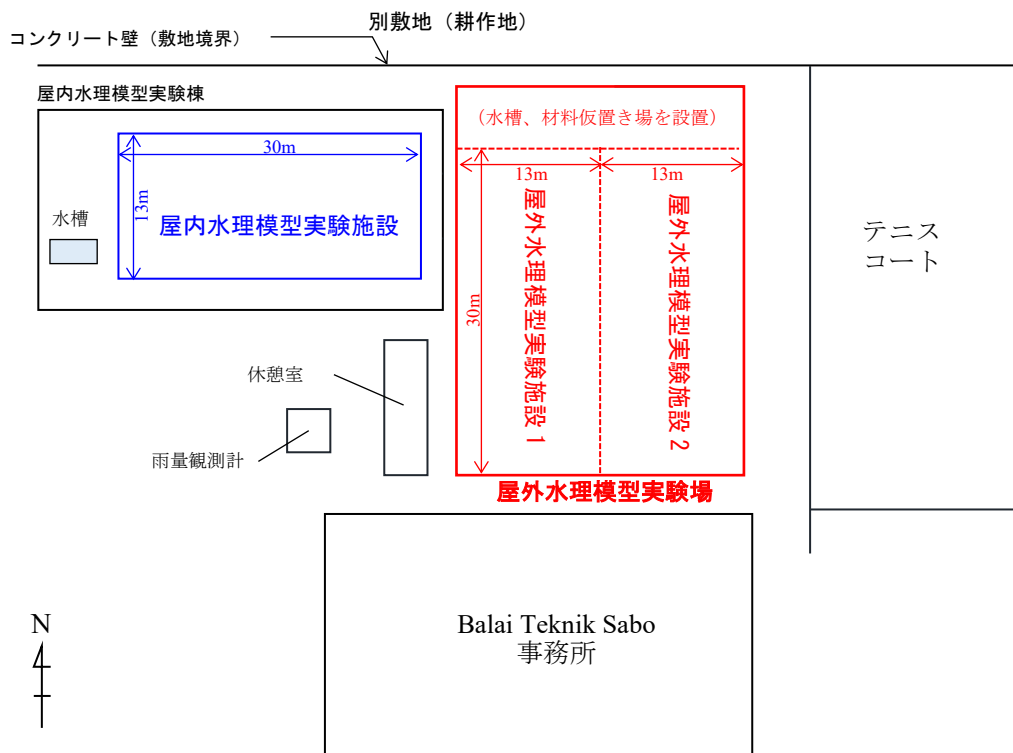


図 5-3 屋外水理模型実験場の改善案

表 5-1 に屋外水理模型実験場の改善点について、改善前後の比較を行い、下表に整理した。

表 5-1 屋外水理模型実験場の改善点

項目	改善前	改善後
場所	屋内水理模型実験棟の東側	変更なし
施設の方向	北西～南東 方向	北～南 方向
施設寸法 基数	5m x 30m の水路 1 基	13m x 30m の水路 2 基
給水管	屋内水理模型実験場の給水施設を共用（給水管を経由して給水）	<ul style="list-style-type: none"> ・屋外水理模型実験場専用の給水槽、給水管を設置 ・給水槽は水路北側に配置
移動可能な周辺施設	<ol style="list-style-type: none"> 1) 水槽（北側） 2) 休憩室（北側） 3) 雨量観測施設（西側） 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 北側に再配置 2) 他の施設の支障とならない位置に移動 3) 位置変更は最低限とする
移動不可能な周辺施設	<ul style="list-style-type: none"> ・北側敷地境界のコンクリート壁 ・テニスコート 	変更なし
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・未利用地が多く敷地が有効活用されていない 	<ul style="list-style-type: none"> ・敷地を最大限活用できるレイアウトとする ・水路北側に給水槽と資材置場スペースを確保する

5.4 改善工事費と運用・維持管理費用

屋外水理模型実験場改善にかかる概算工事費を表 5-2 にまとめた。改善工事終了後に必要となる運営・維持管理の費用は、インドネシア側で財源を確保する必要がある。

表 5-2 屋外水理模型実験場改善にかかる概算工事費

No.	項目	数量	金額 (Rp.)	備考
1	施設取り壊し・処理	1,000 m ²	50,000,000	建物・既往施設の取り壊し、コンクリート他ガラ処理
2	更地整備	1,000 m ²	50,000,000	更地整備（敷砂利・境界ブロック設置・排水溝・配電管設置）
3	水理模型基礎	429m ³	100,000,000	h=0.5m, 15.0m x 33.0m x 2 か所 コンクリート壁 h0.5m x B0.15m x L13.8m 搬入土（良質） V=450m ³
4	コンクリート水槽・給水側	1 基	100,000,000	水槽 H1.5m x B1.5m x L10m 脚高さ 3.0m
5	コンクリート水槽・排水側	1 基	60,000,000	水槽 H1.5m x B1.5m x L15m
6	基幹配管工	2 式	100,000,000	鋼管 Φ20cm L=8m/箇所 屈折部、バルブ他付属品含む
7	揚水ポンプ設備	2 基	300,000,000	ポンプ本体、配電盤、燃料タンク、操作盤含む
8	敷地整備	1,000 m ²	70,000,000	通路・敷地舗装・斜路設置等
9	資材置き場	1 式	20,000,000	ブロック壁、敷地
10	観測・休憩室	60m ²	150,000,000	4m x 15m (4m x 5m x 3 室) 電気・空調設備含む
11	既往観測施設移設費	1 式	50,000,000	雨量計他
合計			1,050,000,000	VAT 含まず