

5.3 防災分野において活用可能な本邦技術

防災分野において活用可能な本邦技術、インドネシアの今後の経済発展に貢献する防災関連の本邦技術(ハード・ソフト)について整理する。情報収集・整理にあたっては、2018年12月にジャカルタにおいて、インドネシア公共事業省及び本邦国土交通省共催にて「Japan Technology Fair on Diaster Rik Reduction (以下、Japan Technology Fairという)」及び防災協働対話が行われ¹⁴²、そこで防災分野において活用可能な本邦技術やインドネシア側のニーズとのマッチング、今後の展望等についての議論・とりまとめがなされているため、その内容を参考に整理を行う。

インドネシア側の防災にかかるニーズは5.2においても前述したとおり、災害リスクの理解に係るものから、災害リスクガバナンスに係るもの、事前防災投資に係るものなど分野は幅広い。かかる中、上述の防災協働対話の中では、特に予警報システムとダム技術に関し、ニーズ(インドネシア側が日本に期待する技術)とシーズ(本邦が適用可能な技術、適用可能性のある技術)にかかる議論がなされた。その概要を表 5-5に示す。

この中で、予警報関連技術では適用可能な本邦技術として、リアルタイムモニタリングや情報提供のツールにかかる技術、ダム関連技術では、本邦のダム設計・建設技術・再生技術の他、ダムのモニタリング技術などが提案されている。インドネシアにおける今後のさらなる経済発展に対応した「災害リスク削減」に貢献する可能性のある技術としては、津波警報システムやダム再生技術などが一例として挙げられている。

表 5-5 防災にかかるニーズとシーズのマッチング

ニーズ	課題	シーズ 本邦技術の適用可能性	日本企業の 参画の可能性	今後の展望
予警報システム	<p>精度向上</p> <ul style="list-style-type: none"> ・雨量や河川水位については目視によるマニュアルの観測施設が多く、夜間の観測や精度に課題がある <p>水文観測施設の維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水文観測施設の維持管理にかかる一定の予算は確保されており、管理も行われている。しかしながら、限られた予算・人員で広い範囲を管理するため、テレメータなど高度、もしくは修繕に費用がかかる機器の場合、補修等の費用が捻出できず、更新されない、もしくはマニュアル式に置き換える等のダウングレードが行われる事がしばしば発生する。 	<p>リアルタイムモニタリング</p> <ul style="list-style-type: none"> ・雨量計、水位センサー及び、テレメトリシステムによるリアルタイム水文観測体制の整備 ・Xバンドレーダーによる詳細の雨量分布情報の提供 	<p>リアルタイムモニタリング</p> <ul style="list-style-type: none"> ・インドネシアにおける円借款での採用など、機器の導入実績を有している。 	<p>リアルタイムモニタリング</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機器の導入や維持管理体制のキャパシティ開発という従来のやり方に加えて、機材の導入と維持管理を業者が行い、そのデータを販売するなどの手法の検討も考えられる。

¹⁴²平成 30 年度 防災協働対話を活用した海外の防災課題解決検討業務 報告書 平成 31 年 3 月 国際建設技術協会・建設技研インターナショナル・八千代エンジニアリング共同提案体

ニーズ	課題	シーズ 本邦技術の適用可能性	日本企業の 参画の可能性	今後の展望
	<p><u>リアルタイムの情報</u> ・テレメータ化された機器も導入されているが、多くの流域管理事務所において大規模な出水時には水位計が水没するなど、洪水発生中のリアルタイム情報が収集できていない。</p> <p><u>情報伝達</u> ・災害時に信頼の高い、日本のNHKのような役割を担う放送局が存在しない。 ・災害時の意思決定者となる首長に対しての情報提供体制も脆弱な場合が多く、特にリアルタイムの防災情報が殆ど伝わらない。</p>	<p><u>災害対応者への情報提供</u> ・大規模な洪水発生時にその対応を行う組織（BPBD）やその意思決定者に対するタイムリーかつ適切な河川情報提供技術（ICT等）</p> <p><u>住民への情報提供</u> ・地デジや、防災無線、SNSを利用した周知等の情報通信手段の整備</p>		<p><u>災害対応者への情報提供</u> ・PUが行う河川水位情報と、各自治体のBPBDが災害対応のために行う情報収集が連携を連携させ、リアルタイム情報が集約、利用される体制の構築を目指す。</p> <p><u>住民への情報提供</u> ・州及び市/県のBPBDにおける情報伝達システムの整備やリハビリにより、正確な情報をコミュニティレベルまで伝達する仕組みの構築を目指す。</p>
ダム建設	<p><u>新規着工ダムへの支援</u> インドネシアでは大統領の指示により2019年までに65ダムの着工を目指しており、そのための技術的・資金的な支援が求められている。一方で、日本はODAによるダム建設には消極的であることから、ODA案件化は難しい状況である。</p> <p>インドネシアではダム設計・施工に係る技術者等の養成を行っている。</p> <p><u>水資源開発の促進</u> インドネシアでは水資源開発の需要が大きい（人口当たりの水資源は他国に比較し非常に少ない）。ダム建設もその一環で計画されている。</p> <p>*新規建設ダム費用について、APBNのほか、中国ローン（Jatigede Dam）、韓国ローン（Karian Dam）</p>	<p><u>日本のダム設計・建設技術</u> ・日本国内の様々な地形、地質条件でダムを建設した実績 ・台形CSGダム、流水型ダムなど日本のダムの新技術</p> <p><u>日本のダム再生技術</u> ・既設ダムの嵩上げや洪水吐き増設などの高度なダム再生技術の実績</p>	<p><u>日本のダム設計・建設技術</u> ・インドネシアの地質は悪く、これまでコンクリートダムはほとんど建設されず、フィルダムがほとんどであった。そのため、フィルダム以外ダム形式のダム技術はインドネシアには皆無。</p>	<p><u>日本のダム設計・建設技術</u> ・ダムに対しては既に韓国や中国の支援が行われていることから、その対象以外のダムにおいて、必要となるアドバイスをを行うこととなる。 ・世界銀行、ADBや民間資金活用によるダム案件などのJICA以外の事業スキームについても視野に入れる必要がある。 ・水資源確保のため、新規ダムだけでなく、既設ダムの再開発による貯留容量の増大が注目されれば、ダム再開発技術に実績のある日本のダム技術は有利となる。その際、日本が建設に関わったダムがターゲットになると考えられる。</p>
ダム堆砂対策	<p><u>堆砂が進行したダムのリハビリ</u> インドネシアでは設計段階で近隣にダムがなく、遠方のダムを参考とした堆砂量の推定や、山体崩壊等の想定外の事象による急激な</p>	<p><u>設計時の適切な堆砂量の推定</u> ・既存のダム等におけるモニタリング結果等から適切な堆砂量の推定を行うなど、データの蓄積に基づく設計が行われている。</p>	<p><u>設計時の適切な堆砂量の推定</u> ・ダム設計時における設計レビューや、施工管理に関してアドバイザーサービスを提供する事が可能である。</p>	<p><u>設計時の適切な堆砂量の推定</u> ・設計レビュー等のコンサルティングサービスによる協力となることから、建設会社やメーカーに対するメリットが少ないことから、支援は限</p>

ニーズ	課題	シーズ 本邦技術の適用可能性	日本企業の 参画の可能性	今後の展望
	<p>堆砂など、堆砂にかかる多くの課題がある。</p> <p>* JICA 円借款事業のラノギリダム堆砂対策フェーズ2が実施中 * ビビリダムの堆砂対策事業はブルーブック掲載 * WB と AIIB の共同融資プロジェクト D0ISP AF (2017~2022) ではダム堆砂の是正措置、予防措置が実施予定</p>	<p><u>ダムのモニタリング技術</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ダム堆砂量の測量 ソナーを活用した三次元測量 モニタリング結果の維持管理への適切な利用 <p><u>ダム再生技術</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 排砂トンネル等のダム再生技術 	<p><u>ダムのモニタリング技術</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 既存のダムの効率的かつ定期的な観測について、ソナー等の技術を活用することでその省力化を図る等の支援が可能である。 <p><u>ダム再生技術</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 日本におけるダム再生事業の実績。 	<p>定期的なものとなる事が想定される。</p> <p><u>ダムのモニタリング技術</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ダムの建設が完了し、維持管理フェーズに移行した後も、継続的に必要な活動であり、ダム堤体のモニタリング、ダム湖の環境モニタリング等も含めて総合的なモニタリングに対する支援を検討できる。 <p><u>ダム再生技術</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ダムの再生は、機能を維持したままの施工など、高い施工技術が求められることから、日本企業がその実施において優位である。また、日本が設計・施工したダムに対するリハビリ支援についてはODAによる支援効果を高めるといった観点からも有意義である。
火山噴火対策	<p><u>噴火中の対応</u></p> <ul style="list-style-type: none"> シナブン火山が活発な活動を続けるなど、インドネシアでは多くの火山があり、噴火時、噴火後の対策が課題となっている。 一方で、人的被害多く生じる火山噴火は希である。 <p>*メラビ火山対策の円借款プロジェクトフェーズ2が事業実施中</p>	<p><u>火山砂防</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 雲仙普賢岳等の市街地に大きな脅威となる地域における火山対策技術 <p><u>無人化施工</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 人の立ち入りが危険である地域における建設作業等の無人化技術 	<p><u>火山砂防</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 噴火の状況に応じた計画の見直し。またそれに応じた迅速な対策工の施工等の経験。 <p><u>無人化施工</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 火山のみならず、地すべりや山体崩壊等の現場で多く利用されており、経験が蓄積されている。 	<p><u>火山砂防</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 需要が多く見込めるものではないことから、緊急復旧プロジェクト等を形成していく事が望ましい。

Source: 平成30年度 防災協働対話を活用した海外の防災課題解決検討業務 報告書 平成31年3月

なお、これらの技術以外にJapan Technology Fairにおいて紹介された技術をAppendix-4に示す。

第6章 JICA 対インドネシア防災分野協力方針（案）の策定

本章では、前章で示された今後インドネシアにおいて必要な取り組みに対して、JICAが協力する上での方針（案）を策定する。

6.1 JICA 対インドネシア防災分野協力方針（案）の検討方針

日本とインドネシアはともに災害大国として、さまざまな自然災害リスクに晒されており、歴史的に数多くの被害を受けてきた。両国ともに環太平洋造山帯に位置する島国であり、地震や火山噴火が頻発することに加え、洪水などの水関連災害も数多く受けてきた。

両国の国民をこのような自然の脅威から守り、持続的な経済成長を実現するために、両国とも防災対策の実施と強化は国の政策として避けて通れないものであり、国家の発展のためには、災害から人命だけでなく、発展の基礎となる経済的な資産を守るためには、事後対応から事前投資へのシフトが重要となっている。

インドネシアにおいては、急速な経済発展により人口の増加と都市への集中、経済成長に伴う無秩序な開発、気候変動の影響といわれる災害の激甚化等のさまざまな要因により、災害による経済被害は増加傾向にあり、防災への事前投資はより必要となっている。かかる中、JICA は、第3章で前述したとおり、砂防分野や治水分野、地震分野、災害発生後の緊急援助・支援、防災体制と災害予防体制の確立など、人材育成も含め長年にわたる防災協力を継続しており、防災分野において多くの成果を達成・蓄積している。

このように日本とインドネシアは、地質学的及び地理学的な類似性があり、また、同じような自然災害の危機に直面していることから、防災分野においては相互協力の関係になりつつあるといえる。具体的にはスマトラ沖地震と東日本大震災の被災地間での復興へのロードマップに関する情報や災害対策に関する知見を交換することで日本の被災者の復興意識を高めたことや、噴火頻度が高いインドネシアの火山噴火の事例研究を通じ、日本の防災指針へのフィードバック等を行った事例があげられる。直近では、スラウェシ島地震における津波被害からの復旧・復興に際し、日本の東日本大震災の知見・経験が活かされている。

このように日本とインドネシアは、防災分野において、強固な互恵関係を構築しつつあり、新たな戦略的パートナーシップ関係にシフトしつつある。このような両国関係の発展を踏まえ、JICA の対インドネシア協力方針（案）を策定するにあたって、以下の2 点に特に留意する。

- 1) 新たな方針（案）がインドネシアの防災分野への取り組み努力を後押しするとともに、インドネシアと JICA のこれまでの防災協力の蓄積及び最新の日本の技術や経験を最大限活用するものとなること。
- 2) 新たな方針（案）が、インドネシアの政策の方向性や開発計画、Vision 2045 等と整合するとともに、国際的・地域的な防災協力に関する枠組みとも整合すること。単なる整合のみならず、日・インドネシアで国際的・地域的なグッドプラクティスをとともに作り蓄積を目指すことを通じて、国際的・地域的な防災の在り方に関する議論をとともにリードし、互恵関係を強固にしながら、国際的にも貢献すること。

6.2 防災分野協力量針（案）

以上の検討方針を踏まえ、目標、成果、優先活動、配慮事項の4つの項目から構成される協力量針（案）を策定した。今後のインドネシアに対する防災協力の具体的な事業を検討するにあたっては、以下の方針に沿った内容とする。

目 標：Establishing a Disaster Resilient Indonesia for Sustainable Development (持続的発展のための強靱なインドネシア社会の構築)

インドネシアは、これまで数多くの自然災害により、コミュニティや社会が被害を受けながらも抵抗し、あるいは時間を掛けながらも元の生活や状況に回復し、持続的発展を遂げつつあるところである。一方で、今後は、急速な経済発展により人口の増加と都市への集中、経済成長に伴う無秩序な開発、気候変動の影響といわれる災害の激甚化等のさまざまな要因により、災害による経済被害は増加傾向にある。そこではコミュニティや社会、国がさまざまなハザードやリスクを適切に把握し、マネージし、被害を受けた場合にその被害からもしっかりと回復する能力、防災先進国として、事後の応急対応はもとより、予防や事前の備えも十分に兼ね備えた強靱な社会の構築が求められている。また、インドネシアは近年、急速な経済発展による社会資本整備も著しいが、一方で、インフラ施設等においても耐震基準が遵守・徹底されていないような状況にあって、事前投資として安全な社会基盤整備が必要とされている。

以上を踏まえ協力量針（案）の目標はインドネシアのIDMMP2015-2045（Final version (May 2019)）のビジョンに合せ、”Establishing a Disaster Resilient Indonesia for Sustainable Development”とし、安全で強靱なインドネシア社会の構築と持続的発展の継続を目指すものとする。

JICAは従来、「災害によって繰り返される貧困サイクルからの脱却」と「災害リスクの軽減による持続的な発展の実現」を目指し、様々なセクターの開発において防災の視点を取り入れる“防災の主流化”を通じ、災害に強い（Resilient）社会づくりを支援する協力量針に力を入れており、同目標と合致する。インドネシアでは、IDMMP2015-2045（Final version (May 2019)）において、ビジョン”Establishing a Disaster Resilient Indonesia for Sustainable Development”の下に以下に示すMission を掲げており、同目標とも合致する。

表 6-1 災害におけるビジョンとミッション(表 5-4 に同じ)

Vision	Establishing a Disaster Resilient Indonesia for Sustainable Development
Mission	<ol style="list-style-type: none"> 1. Strengthen the regulatory and policy frameworks, as well as institutional integrity in disaster preparedness and 防災 that responsive to current development. 2. Increasing the investment for 防災 & Preparedness. 3. Realizing rapid and reliable emergency response. 4. Conducting recovery of disaster affected areas and communities for building a better life. 5. Realizing management support and disaster management governance that professional, transparent and accountable.

Source: Disaster Management Master Plan 2015-2045: Kementerian PPN/Dapenas, BNPB Jakarta, December 2018 より調査団にて作成

2005 年の「兵庫行動枠組み」以降、国際的に早期警報システム等のソフト対策偏重に振れた国際防災協力の潮流への反省から、2015 年の第3 回国連防災世界会議で採択された「仙台防災枠組」においては、経済社会基盤整備を中心とする事前投資であるハード対策も減災には必要であることが認識された。この認識のもと、優先行動3として「強靱性に向けた災害リスク削減のための投資」が位置付けられることとなった。その結果、ソフトとハードの両面からの防災対策の強化を通じて、災害による被害の軽減に努める機運が国際的には醸成されている。同目標は、このような防災協力に関する国際潮流にも合致する。

成 果：災害リスクと人命、生活、健康、経済・社会・文化・環境的財産、経済活動と地域社会への被害が軽減される。

インドネシアは2045年をターゲットとして、Vision2045を目指すべき国のビジョンとして構想し、人材開発と科学技術力の振興、持続可能な経済発展、公平な開発、強靱な国土づくりとガバナンスの強化を大きな柱として位置付けている。

JICAはインドネシアにおいて災害リスク及び損失の削減に資する防災分野での協力を展開することで、協力量針（案）の目標である「安全で強靱なインドネシア」の実現を目指すこととし、それを実現することで、より一層の経済成長及び不確実性からの国民の保護が可能となり、「Vision 2045」の達成に繋がるものと考えられる。また、インドネシアでは、仙台防災枠組の達成に向け、このため、JICA の新たな防災協力量針（案）の成果として、「災害リスクと人命、生活、健康、経済・社会・文化・環境的財産、経済活動と地域社会への被害が軽減される」が掲げられる。

優先活動 (Pillar) :

以下、新たな防災協力量針（案）を構成する6つの優先活動と3つの配慮事項について整理する。5つの優先活動は、以下に示す通り、第5章で整理したインドネシア政府が推進すべき課題解決の方向性（案）を構成する5つの主要活動に対応しており、インドネシア政府による防災活動に協力し、これを後押しするものである。

なお、5章でも述べたとおり、インドネシア防災分野における課題解決のためには、災害リスク・ハザードの理解の強化、防災投資促進、組織間連携促進が基本的な柱となる。これらは、各々、仙台防災枠組の優先行動3：強靱化に向けた防災への投資、優先行動1：災害リスクの理解、優先行動2：災害リスク管理のための災害リスクガバナンス、に沿ったものでもある。したがってこれらの3点が協力量針（案）の中心軸として位置付けられ、それらに沿った活動がJICAによる主活動として位置付けられる。

以下に5つ優先活動と、インドネシアの防災の長期計画であるIDMMP2015-2045(Final version (May 2019))との対応を表6-2に示す。表6-2に示される通り、本優先活動とIDMMP2015-2045(Final version (May 2019))はその殆どのところまで合致している。

表 6-2 本協力量針（案）と IDMMP2015-2045(Final version (May 2019))及び仙台防災枠組との対応

本協力量針（案）における優先活動 (Pillar)	IDMMP2015-2045 (Final version (May 2019)) Policy Direction	仙台防災枠組における優先行動
優先活動1 (Pillar 1) : 防災主流化の促進	1.Strengthening regulatory and policy frameworks, as well as institutional integration in disaster preparedness and disaster risk reduction 5. Realizing professional, transparent and accountable management support and governance of disaster management.	優先行動 2: 災害リスク管理のための災害リスクガバナンスの強化
優先活動2 (Pillar 2) : 災害リスク・ハザードに対する理解の強化	1.Strengthening regulatory and policy frameworks, as well as institutional integration in disaster preparedness and disaster risk reduction 5. Realizing professional, transparent and accountable management support and governance of disaster management.	優先行動 1: 災害リスクの理解

本協力方針（案）における優先活動（Pillar）	IDMMP2015-2045 (Final version (May 2019)) Policy Direction	仙台防災枠組における優先行動
優先活動3（Pillar 3）： 事前防災投資の促進	2.Increase budget allocation in appropriate value for investment in disaster preparedness and risk reduction 5. Realizing professional, transparent and accountable management support and governance of disaster management.	優先行動 3: 強靱化のための災害リスク削減への投資
優先活動4（Pillar 4）： 残余リスクの管理能力の強化	1.Strengthening regulatory and policy frameworks, as well as institutional integration in disaster preparedness and disaster risk reduction 3. Realizing rapid and reliable implementation of disaster response. 5. Realizing professional, transparent and accountable management support and governance of disaster management.	優先行動 4:効果的な応急対応のための災害への備えの強化と、復旧・再建・復興におけるより良い復興(Build Back Better)
優先活動5（Pillar 5）： BBB の促進	4. Organizing recovery of regional and affected communities to build a better life.	優先行動 4:効果的な応急対応のための災害への備えの強化と、復旧・再建・復興におけるより良い復興(Build Back Better)
優先活動6（Pillar 6）： 組織間連携の促進	1.Strengthening regulatory and policy frameworks, as well as institutional integration in disaster preparedness and disaster risk reduction 5. Realizing professional, transparent and accountable management support and governance of disaster management.	優先行動 2: 災害リスク管理のための災害リスクガバナンスの強化

注) 上表は3者の関連をおおまかに説明したもので、各項目の関係性や関連を限定したものではない。

優先活動1（Pillar 1）: 防災主流化の促進

“防災”は途上国等においては「社会全体の従属的な」コスト・施策として捉えられがちで、経済成長が優先されるインドネシアにおいても同様である。しかしながら、“防災”は持続的開発に不可欠な横断的課題であり、かつ「人間の安全保障」の視点からも不可欠なものとして、政府が防災を国家の優先課題として位置付け、防災の視点をあらゆる分野の開発に取り入れ、災害対策への事前投資に繋げていくことが重要である。

そのため、防災の主流化の下、“防災”の視点をあらゆる社会・経済開発セクターの中に組み込み、減災を推進させ、他セクターとの協働・双方向コミュニケーションを行い、“防災”の取り組みの効果を高めることが重要である。そのためには、中央政府・地方政府・コミュニティすべてのレベル、構造物対策と非構造物対策、防災行政機関と固有の技術を要する個々の技術官庁の能力強化、技術協力による人材や組織の強化と資金協力による具体的な開発事業の実施、といったすべてのアプローチと相互関係を意識した取り組みを実践していく必要がある。また災害発生に関連して実施する、応急対応、復旧・復興、予防の間の切れ目をなくし、シームレスな災害マネジメントを実施していくことが不可欠である。

インドネシアにおいては、防災への予算が少ない他、防災にかかる組織間連携が十分でないなど、各セクターの実務レベル及び政策決定者レベルにおいて、災害リスクやハザードに対する配慮や将来のリスクに対する意識が十分とは言えない。防災の主流化は分野横断的に防災施策を進めていく上での根源的な視点でもあり、積極

的・総合的に防災施策を進めていく上でも必要不可欠である。BAPPENASやPUPR、BMKGなどを巻き込んで、経済発展の基盤として防災の役割が政権中枢で理解され、防災について議論がなされる必要がある。

これらを踏まえ、JICAは、インドネシアの防災の主流化をより一層進めるべく、防災の主流化・モニタリングに向けた法体制の整備、防災共通目標等の設定、各開発計画や政策決定等への反映、防災の主流化にかかる各組織の能力向上、人材育成等に向けた協力支援を行う。

優先活動2 (Pillar 2): 災害リスク・ハザードに対する理解の強化

仙台防災枠組の優先行動1にも位置付けられているとおり、効果的な災害対策を行う上で、科学的なデータや根拠に基づくリスク評価やハザードの評価は必須である。科学的根拠に基づかない対策は無駄な投資となるだけでなく、災害による被害を助長しかねない。防災投資、特に事前投資を進めるためには、投資効果を定量的に示すことも必要であり、そのためには、正しい災害データや科学的根拠に基づき、ハザードや災害リスクの蓋然性を客観的・科学的に評価することが必要である。これは、堤防などの構造物対策だけでなく、災害を想定した土地利用規制やContingency Planの策定、EWSの構築、避難計画の策定などの非構造物対策の実施においても同様に言えることである。EWSなどは津波や火山噴火など構造物対策では対処しきれない災害に対して避難を促すものでもある。科学的な根拠のない災害シナリオの想定に基づく非構造物対策の実施は、人命をも犠牲にしかねない。

インドネシアにおいては、各機関の尽力により、さまざまな災害に関するリスク・ハザードの分析がなされてきた。ハザードの評価は所管するLine Ministry、リスクについてはBNPBを中心に実施されている。しかしながら、その作成手法や内容、精度はさまざまであり、正しい災害データや科学的根拠に基づく分析がなされていないものも多い。災害種や地域によっては、災害リスクやハザードの分析が不足している。また、関連する組織間において十分な連携や情報の共有がなされていない。

これらを踏まえ、JICAは、インドネシアの災害リスク・ハザードに対する理解の強化を図るべく、災害リスク・ハザード関連情報及びデータの整理・把握、災害リスク・ハザード評価手法の標準化及び改善・精度向上、評価結果の活用方法の検討、これらの実施促進のための制度・体制の構築、各組織の能力向上・人材育成等に向けた協力支援を行う。

優先活動3 (Pillar 3): 事前防災投資の促進

防災は人道問題だけではなく国家の開発課題でもある。仙台防災枠組では、死者数、被災者数だけでなく、直接経済損失の削減、医療・教育施設を含めた重要インフラへの損害や基本サービスの途絶の削減がグローバルターゲットに含められた。一般に国家防災機関は能力が強化されるにしたがって、レスポンス対応から事前防災へリーダーシップが拡大されていく。災害から人命とともに、発展の基礎となる経済的な資産を守るためには、事後対応から事前防災へのシフトが重要であり、防災投資は災害後の対応と比較して有効かつ効率的でもある。

これまで途上国などの多くの被災国は災害発生後の復旧・復興に多額の資金を費やしており、インドネシアにおいても同様、防災予算の多くが災害後の緊急対応、復旧・復興に費やされ、防災の事前投資は少ない。インドネシアの年間の災害被害額は約30 Trillion IDRと見積もられ、被害額の対GDP比においては、インドネシアは日本の約5倍と被害の比率は大きいものの、防災分野への投資額は、日本よりも低い水準で推移している(例えば、2016年の洪水対策に対する投資額は国家予算の約0.5%で、整備が進んでいる日本における2016年の0.7%よりも

低い)。また、地方においても、地方政府が実施すべき公共サービスを規定するための法制度の整備が不十分であるなど、防災分野への予算配分における根拠が明確になっておらず、結果として十分な予算が防災分野に配分されていない。加えて、防災を所管するBNPBとインフラ整備を所管するPUPRのリスク評価や防災投資に対する政策決定、事業評価等における連携は限定的であり、実務的・技術的な交流等が殆ど行われていない。国家防災計画（現行の国家中期開発計画（RPJMN 2015-2019）に対応する国家防災計画は未策定）はBNPB長官による発行であり、他省庁の当該計画に対するコミットメントは弱い状況である。

防災の事前投資には、必ずしも災害被害を軽減するためのインフラ投資といったハード面の整備（structural measure）のみを指すのではなく、防災計画（planning）や避難訓練（disaster prevention drill）といった事前の計画や非構造物対策（non-structural measure）も含むものと捉えられる。構造物対策・非構造物対策を組み合わせた防災への事前投資が重要であり、事前の備えにどうすれば投資を向けられるかが課題でもある。さらに、防災への事前投資が重要というコンセプトだけでは、事前の計画、継続的な防災投資が促進されるのは難しい。災害はいつ起きるか分からず、災害によるリスクが見えにくいいため、インフラ開発、食糧生産、教育、保健医療等の他の優先分野に劣後した結果、後回しにされ、適切な予算が得られないことも考えられる。また、政策決定者や利害関係者に防災の事前投資効果が見えにくく、将来の投資ではなく、追加の支出（コスト）とみなされがちである。

防災の事前投資に目を向けるためには、さまざまな国家的プライオリティがある中で、また財政制約が厳しい中、防災投資の費用対便益費を示すなど、経済性の視点で証明できるconcrete evidenceを示すことが重要である。防災投資、特に事前の投資を進めるためには、ハザードや災害リスクの蓋然性を客観的・科学的に評価し、投資効果を定量的に示し（scientific and evidence based risk assessment）、防災投資の意思決定へ反映させることが必要となる。

これらを踏まえ、JICAは、仙台防災枠組の優先行動3に位置付けられていることも念頭に、インドネシアにおける防災の投資促進を図るべく、科学的根拠に基づく災害リスク・ハザード評価を踏まえた防災投資効果の評価の実施、改善の提案、防災計画、開発計画等の関連計画への防災事前投資の反映、防災投資効果の評価にかかる各組織の能力向上と人材育成、防災投資案件の実施（無償・有償）等に向けた協力支援を行う。

優先活動4（Pillar 4）：残余リスクの管理能力の強化

インドネシアでは、災害予報・警報、避難、備蓄、緊急対応などの事前から直前までの非構造物対策はPreparednessとして認識され、BNPBが主体となり実施され、Contingency Planの策定やEWSの整備がなされている。その一方で2018年に発生したスラウェシ島地震においては、津波警報の発令が解除された後に津波が襲来するなど、科学的根拠に基づく、精度の高いEWSに対するニーズが高い。科学的根拠に基づかず不正確・曖昧なままにEWSを発令することや地域住民の避難行動に直結しないEWSを発令することは、安全どころか新たな被害者を出しかねない。住民の避難行動に資するEWSを発令する必要がある。

また、Contingency Plan等における災害シナリオの想定や残余リスク管理能力の強化も重要である。現在、インドネシアで策定されているContingency Planなどにおいては、科学的根拠に基づく災害シナリオの想定がなされておらず、BNPB内部においてもその改善の声が挙がっている。このような背景から、BNPBは、今現在、EWS及びMHEWSの構築やContingency Planの策定及び見直し（災害シナリオの想定）に注力している。

これらを踏まえ、JICAは、既存の災害リスク・ハザード関連情報及びデータの整理・把握、災害リスク・ハザード評価手法の標準化・改善と災害シナリオの想定、応急対応計画の策定及び改善、EWSの発令内容・情報伝達

フロー・プロトコル検討、Preparedness の強化にかかる各組織の能力向上、人材育成など、残余リスク管理能力の強化に向けた協力支援を行う。

優先活動 5 (Pillar 5): BBB の促進

インドネシアでは毎年のように多種多様な自然災害が発生しており、復旧・再建・復興のための準備や国内の調整を引き続き改善するとともに、災害発生後の復旧・復興段階において、「より良い復興 (Build Back Better)」を促進していくことが必要である。

2006年5月27日ジャワ島中部地震からの復旧・復興は、JICAの技術協力「建築物耐震性向上のための建築行政執行能力向上プロジェクト (2007-2011, 2011-2014)」などを通じ、特にノンエンジニアードの住宅に対して、Key Requirementと呼ばれる、構造上の仕様を簡潔に示す資料を要求事項に添付するなどして、脆弱性の高い建物の耐震化に配慮している。また、多くの犠牲者を出した中部スラウェシ島地震・津波(2018年)の被災地では、BBBを基本概念とした復旧・復興に向けた取り組みがなされており、BAPPENAS, ATR等が中心となり、被災地の空間計画等が策定されている。

これらを踏まえ、JICAは、BBBの促進に向けた政策・制度の構築、復旧・復興計画策定、災害被害データの収集メカニズムとプロトコルの開発、PDNA、BBB促進にかかる各組織の能力向上と人材育成等に向けた協力支援を行う。

優先活動 6 (Pillar 6): 組織間連携の促進

インドネシアでは各組織の現行の所掌に基づき防災ガバナンスの強化や組織間連携に努めてきた。しかしながら、インドネシアの中央・地方の各組織の取り組みはその母体となる省庁のRegulationに規定され、各組織間の連携不足、中央と地方の連携不足、不明確な役割分担、関係機関の実施能力不足等により、防災施策が効率的に実施されていない。例えば、ハザードの分析や把握はBMKG (地震・津波等)やPUPR (洪水等)等の所掌であるが、そのハザードの分析結果がBNPBのリスクアセスメントやEWSなどに十分に共有、反映されていない。BNPBでは国や地方の防災施策の進捗を把握するための指標としてRIを提唱、運用しているが、その評価において防災の構造物対策 (PUPRが実施する堤防建設や放水路の整備など)が適切に反映されていない。PUPRにおいても災害リスク評価や防災関連事業効果の評価・把握において、科学的根拠に基づく手法が十分に定着しておらず、定性的な評価が行われている事例も多い。

災害リスクガバナンス強化は仙台防災枠組においても優先行動 2 として位置付けられている。あらゆる組織、レベル、活動等において連携も含めた災害リスクガバナンスの強化が必要であると考えられる。インドネシアの各省庁は、所謂、縦割り行政の様相が強く、上述のとおり、現状として十分な組織間連携がなされていない。防災の主流化の視点の下、組織間連携を政府全体で促進していく必要がある。

これらを踏まえ、JICAは、組織間連携に向けた政策・制度の構築、連携にかかる各組織の能力向上と人材育成、公共意識 (Public Awareness) 向上等に向けた協力支援を行う。

配慮事項 1 : 地域・コミュニティの状況に適した対策の実施

災害特性や自然地形条件、地域の土地利用状況、発展段階などの社会経済条件のみならず、地域の災害に対するレジリエンスは、地域によってさまざまである。そのため、必要な防災投資の種類、規模はさまざまであり、防災分野での協力を計画するに当たっては地域の状況に適した計画の立案、対策の実施等に取り組むものとする。

配慮事項2：ジェンダー

インドネシアに限らず、自然災害による被害の内容や度合いは、男女間や年齢、障害の有無などで違いが生じ、特に開発途上国では、自然災害による死者数は、女性が男性よりも多く、また、被災後の失業率も女性のほうが男性よりも高くなりがちであるとされている。災害はすべての人に同様の影響を与えるわけではなく、女性や子ども、高齢者、障害者など、脆弱な立場に置かれている人々がより深刻な影響を受けるといわれている¹⁴³。

人権とジェンダーの平等は、仙台防災枠組の中でもスポットが当てられ、女性とその参画は、効果的な災害リスク管理と、ジェンダーの視点に立った災害リスク削減政策、計画、事業の立案、資金調達、実施において重要である。また、災害への備えについての女性の権利拡大と、被災後の代替生活手段に関する能力構築のためには、十分な能力開発の取組が必要であるなどとされている。そのため、インドネシアに対して行う防災分野の協力においても、助成の参画とリーダーシップを推進し、ジェンダー及び多様性の視点に立った取組みを推進し、また女性や多様な人々の固有のニーズに応え、その安全と権利を守る取組みを積極的に推進する。

配慮事項3：気候変動

経済発展や人口増加、都市化の進行などの他、気候変動などの影響による気象災害の増加などにより、自然災害による被害は拡大する傾向にある。気候変動は世界のどの国も抜本的な解決策を見いだせていない地球規模の課題であり、日本とインドネシアにとっても重要な課題である。両国とも洪水や土砂災害等の水関連災害の多い島国で、常に気候変動の影響による気象災害、水関連災害の脅威にさらされており、互いの経験やデータを共有し、両国が協力することで得られる効果は大きい。その知見は世界全体への貢献にもつながる。

気候変動の影響などによる、新たな災害リスクの創出を防止する取り組みの重要性は、仙台防災枠組でも強調されている。一方で、気候変動による外力の増分と不確実性を考慮することは困難である。そのため、緩和策だけでなく、構造物対策および非構造物対策を含む適応策を中心とした施策メニューの検討が必要である。そのため、防災分野においても、今後増大する恐れのある災害による被害を抑制するため、気候変動にも配慮した取り組みを推進する。

前項までの協力量針（案）を踏まえ、優先活動項目（案）を表6-3に、時系列にフローチャートとして整理したものを図6-1に示す。なお、優先活動項目はPillarとして表現し、各Pillarは、インドネシアの防災にかかる長期計画マスタープランであるIDMMP2015-2045（Final version (May 2019)）に掲げる6つのMissionの枠組みの下に整理した。また、各活動項目の詳細、実施スケジュールは、Appendix-1に示した。

¹⁴³ UNISDR, UNDP. (2009) "Making Disaster Risk Reduction Gender Sensitive : Policy and Practical Guidelines."

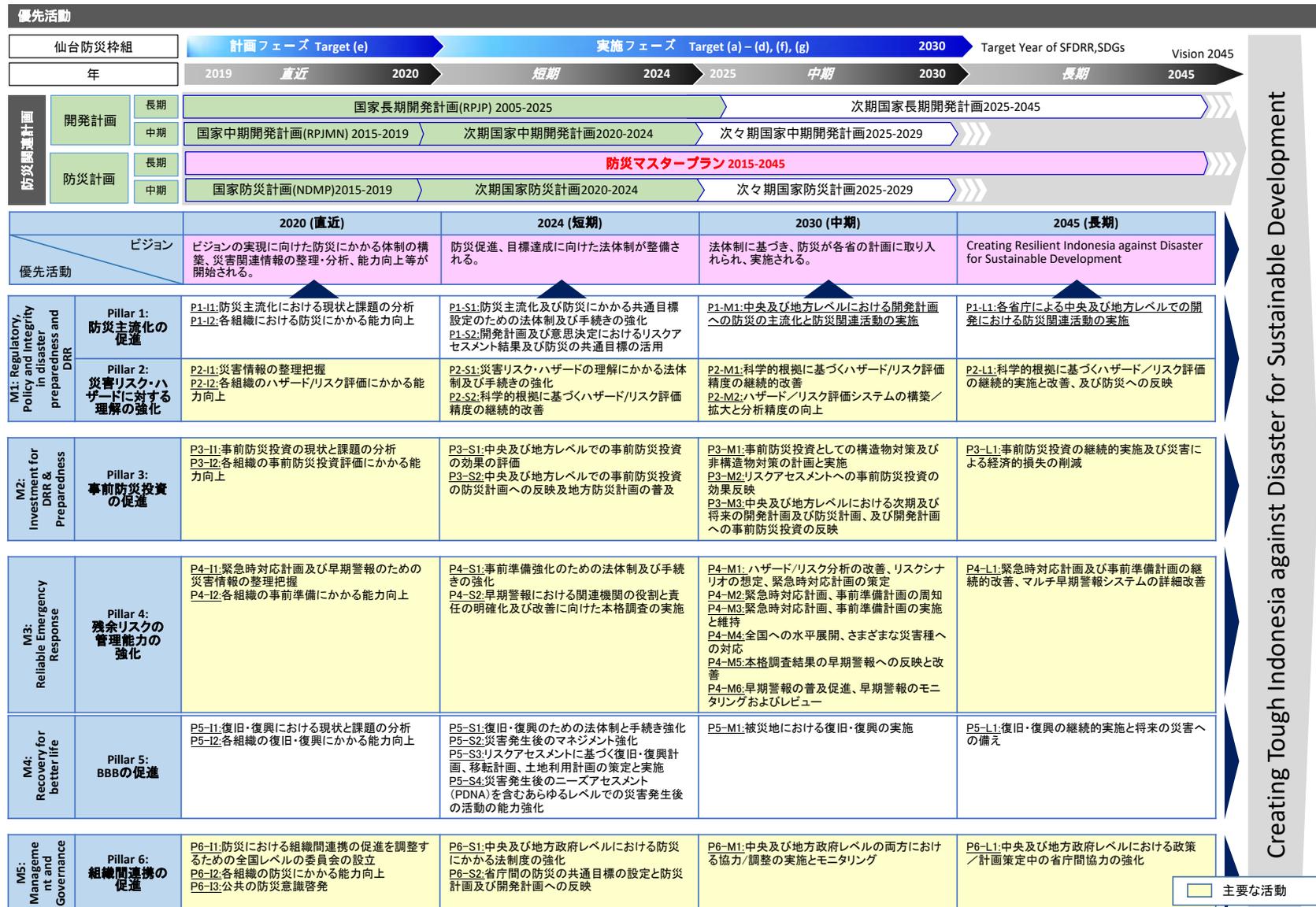
表 6-3 優先活動項目(案)(総合防災)(1/2)

Recommended Actions	Mission1 Regulatory, Policy and Integrity in disaster preparedness and DRR	Pillar 1 防災主流化の促進	
		P 1-I1	防災主流化における現状と課題の分析
		P 1-S1	防災主流化及び防災にかかる共通目標設定のための法体制及び手続きの強化
		P 1-S2	開発計画及び意思決定におけるリスクアセスメント結果及び防災の共通目標の活用
		P 1-M1	中央及び地方レベルにおける開発計画への防災の主流化と防災関連活動の実施
		P 1-L1	各省庁による中央及び地方レベルでの開発における防災関連活動の実施
		P 1-I2	各組織における防災にかかる能力向上
		Pillar 2 災害リスク・ハザードに対する理解の強化	
		P 2-I1	災害情報の整理把握
		P 2-S1	災害リスク・ハザードの理解にかかる法体制及び手続きの強化
		P 2-S2, M1	科学的根拠に基づくハザード/リスク評価精度の継続的改善
		2-3-S2, M1-(1)	JICAが提案した「段階的プロセス」によるハザード分析手法の継続的改善
		2-3-S2, M1-(2)	統計及び経済データの改善/強化等による脆弱性評価の精度及び品質の向上
		2-3-S2, M1-(3)	能力評価基準の明確化、評価手法の改善
	P 2-M2	ハザード/リスク評価システムの構築/拡大と分析精度の向上	
	P 2-L1	科学的根拠に基づくハザード/リスク評価の継続的実施と改善及び防災への反映	
	P 2-I2	各組織のハザード/リスク評価にかかる能力向上	
	Mission2 Investment for DRR & Preparedness	Pillar 3 事前防災投資の促進	
		P 3-I1	事前防災投資の現状と課題の分析
		P 3-S1	中央及び地方レベルでの事前防災投資の効果の評価
		P 3-S2-(1)	中央及び地方レベルでの事前防災投資の防災計画への反映及び地方防災計画の普及
		P 3-S2-(2)	中央開発計画と地方開発計画への事前防災投資の反映
		P 3-M1-(1)	事前防災投資としての構造物対策の計画と実施
		P 3-M1-(2)	事前防災投資としての非構造物対策の計画と実施
		P 3-M1-(3)	プロジェクト実施前後の対策工の評価、効果検証
		P 3-M2	リスクアセスメントへの事前防災投資の効果反映
		P 3-M3	中央及び地方レベルにおける次期及び将来の開発計画及び防災計画及び開発計画への事前防災投資の反映。
	P 3-L1	事前防災投資の継続的実施及び災害による経済的損失の削減	
	P 3-I2	各組織の事前防災投資評価にかかる能力向上	
	Mission3 Reliable Emergency Response	Pillar 4 残余リスクの管理能力の強化	
		P 4-I1	緊急時対応計画及び早期警報のための災害情報の整理把握
		P 4-S1	事前準備強化のための法体制及び手続きの強化
		P 4	緊急時対応計画/事前準備計画の改善
4-M1-(1)		ハザード/リスク分析の改善	
4-M1-(2)		リスクシナリオの想定	
4-M1-(3)		緊急時対応計画の策定(緊急時対応計画、システム、リソース、情報等の検討、SOPやタイムラインなどの対応手順の準備と文書化)	
4-M2		緊急時対応計画、事前準備計画の周知	
4-M3		緊急時対応計画、事前準備計画の実施と維持(教育、訓練、更新など)	
4-M4		全国への水平展開、さまざまな災害種への対応	
4-L1		緊急時対応計画及び事前準備計画の継続的改善	
P 4		早期警報システム、マルチ早期警報システムの改善	
4-S2-(1)		早期警報における関連機関の役割と責任の明確化	
4-S2-(2)		早期警報のためのハザード/リスクプロファイルに基づく本格的な調査の実施	
4-M5		調査結果の早期警報への反映と改善	
4-M6		早期警報の普及促進、早期警報のモニタリングおよびレビュー	
4-L1		マルチ早期警報システムの詳細改善	
P 4-I2		各組織の事前準備にかかる能力向上	
P 4-I3		緊急対応の強化	
4-I3-(1)	BNPBの組織能力の継続的な向上		
4-I3-(2)	地方レベルでの災害対応能力の強化		

表 6-4 優先活動項目(案)(総合防災)(2/2)

Recommended Actions	Mission4 Recovery for better life	Pillar 5 BBBの促進	
		P 5-I1	復旧・復興における現状と課題の分析
		P 5-S1	復旧・復興のための法体制と手続きの強化
		P 5-S2	災害発生後のマネジメント強化
		5-S2-(1)	Build Back Better (BBB) の概念に基づく復旧・復興システムの構築
		P 5-S3	リスクアセスメントに基づく復旧・復興計画、移転計画、土地利用計画の策定と実施
		P 5-S4	災害発生後のニーズアセスメント (PDNA) を含むあらゆるレベルでの災害発生後の活動の能力強化
		5-S4-(1)	災害及び被害データの収集と災害発生後のニーズアセスメント (PDNA) を実施するためのメカニズムの開発
		5-S4-(2)	BBBの概念を用いた不可欠なサービスと生活のタイムリーかつ早急な回復を確実にするためのメカニズムの構築
		PA 5-M1	被災地における復旧・復興の実施
		PA 5-L1	復旧・復興の継続的実施と将来の災害への備え
		PA 5-I2	各組織の復旧・復興にかかる能力向上
	Mission5 Management and Governance	Pillar 6 組織間連携の促進	
		P 6-I1	防災における組織間連携の促進を調整するための全国レベルの委員会の設立
		P 6-S1	中央及び地方政府レベルにおける防災にかかる法制度の強化
		6-S1-(1)	リスクアセスメント結果を考慮した防災にかかる省令の強化
		6-S1-(2)	リスクアセスメント結果を考慮した地方政府における条例の強化
		P 6-S2	省庁間の防災の共通目標の設定と防災計画及び開発計画への反映
		6-S2-(1)	省庁間の防災の共通目標の設定と防災計画と実施
		6-S2-(2)	地方レベルにおける防災の共通目標の設定と特に防災計画と実施
		P 6-M1	中央及び地方政府レベルの両方における協力/調整の実施とモニタリング
		6-M1-(1)	収集したデータ、データ分析の結果、およびリスク評価の結果を組織/機関/省庁間で共有する
		P 6-L1	中央及び地方政府レベルにおける政策 / 計画策定中の省庁間協力の強化
		P 6-I2	各組織の防災にかかる能力向上
		6-I2-(1)	リスクアセスメント結果および防災関連活動の改善のための各組織の能力向上
		P 6-I3	公共の防災意識啓発
		6-I3-(1)	市民を含む防災啓発プログラム/キャンペーンの開発/改善
6-I3-(2)	公衆のための防災意識向上プログラム/キャンペーンの実施		
6-I3-(3)	関係機関の政府職員のための開発 / 改善および特定の意識向上プログラム / キャンペーンの実施		
6-I3-(4)	学校、研修機関、大学のカリキュラムへの防災の組み入れ		

図 6-1 優先活動全体 (案)



Creating Tough Indonesia against Disaster for Sustainable Development

■ 主要な活動

6.3 個別分野の課題解決のための協力方針（案）

防災分野の協力方針（案）を踏まえ、地震・津波防災、気象・予警報防災、治水・水災害（土砂災害を含む）防災、海岸防災、火山防災、森林・泥炭地火災防災の個別分野の課題解決のための協力方針（案）を以下に整理する。なお、個別分野の課題解決のための協力方針（案）は、前述した防災分野の協力方針（案）の中心軸としている、

優先活動2（Pillar 2）：災害リスク・ハザードに対する理解の強化

優先活動3（Pillar 3）：事前防災投資の促進

優先活動6（Pillar 6）：組織連携の促進

の3つの活動フレームに沿って分類し整理する。3つの優先活動フレームと個別分野の優先活動（案）の対応は表6-4に整理する。

表 6-5 インドネシア防災協力方針（案）と個別分野協力方針（案）における優先活動

	主な活動	地震・津波 防災	気象・予警 報防災	治水・水災害 (土砂災害を 含む) 防災	海岸防災	火山防災	森林・泥炭 地火災防災
優先活動1 (Pillar 1) 防災主流化 の促進	1) 防災主流化に向けた法 制度整備 2) リスクアセスメント評 価結果の活用検討と防 災共通目標の設定 3) 防災の各種開発計画へ の反映と実施 4) 防災にかかる組織能力 向上						
優先活動2 (Pillar 2) 災害リス ク・ハザ ードに対 する理 解の強 化	5) 災害情報の整理把握 6) 災害リスク・ハザード評 価にかかる法制度整備 7) 科学的根拠に基づくリ スク及びハザード分析 の継続的改善 8) リスク及びハザード評 価及び活用体制の構築、 災害計画への反映 9) リスク及びハザード評 価にかかる組織能力向 上	国家戦略とし ての基礎研究 の促進による 災害リスクア セスメントの 精度向上	災害特性の 把握と効果 的な予警報 システムの 定着	1)洪水リスク の把握と効 果的な洪水 予警報シス テムの確 立 2) 地すべり リスクの把 握と効果的 な防災シス テムの確立	高潮リス ク・海岸侵 食の現状の 把握と気候 変動を考慮 した高潮予 警報システ ムの設置	火山噴火リ スクの把握 と効果的な 防災システ ムの確立	これまでの 経験と教訓 を生かし、火 災の原因を 抑止するコ ミュニティ 火災予防を 中心とする
優先活動3 (Pillar 3) 事前防災投 資の促進	10) 防災主流化及び啓発に よる防災事前投資の啓 発 11) 防災事前投資の効果の 評価 12) 防災事前投資の災害対 策計画への反映 13) 防災事前投資の開発計 画への反映 14) 構造物対策の計画と実 施 15) 非構造物対策の計画と 実施 16) プロジェクト事前・事後 評価 17) 防災事前投資のリス クアセスメントへの反 映 18) 防災事前投資の各種 関連計画へのインプ ット、反映	1)防災促進に よる被害軽 減に向けた 分野別防災 計画の策定 と実施 2) 防災投資 促進に向け た各種政策 における防 災主流化 3) 世界的に レベルの高 い本邦技術 の活用によ る防災投資 促進による 被害軽減	防災の主流 化による各 種政策への 気象・予警 報防災への 配慮促進	1)洪水災害予 防に重点を 置いた施策、 プロジェクト の実施 2)洪水災害防 止の観点か ら実施優先 度をつけた プロジェクト の実施 3) 地すべり 災害リスク 防止対策へ の投資	1)インドネ シア技術 基準の作 成による 構造物対 策におけ る質の向 上 2)予算確保 と優先度 をつけた プロジェ クトの実 施	1)老朽化施 設の改良 と更新 2)火山活動 監視設備 への効果 的な投資	1)再湿地化 の促進 2)火災頻発 地の回復と モニタリ ングを促進 ・早期警戒 と初期対応 を迅速化 3) 火入れの ないことが 付加価値と なるような 火災予防手 法の活用

	主な活動	地震・津波 防災	気象・予警 報防災	治水・水災害 (土砂災害を 含む)防災	海岸防災	火山防災	森林・泥炭 地火災防災
	19) 防災事前投資にかかる組織能力向上						
優先活動4 (Pillar 4) 残余リスク の管理能力 の強化	20) 災害情報の整理把握 21) 残余リスク管理にかかる法制度整備 22) 緊急時対応計画、事前準備計画の改善 23) EWS 構築、改善 24) 緊急時対応、事前準備にかかる組織能力向上						
優先活動5 (Pillar 5) BBB の促進	25) BBB 促進にかかる法制度整備 26) 復旧・復興体制の構築 27) 復旧・復興計画策定 28) 災害被害データの収集メカニズムの開発とPDNA 強化被災地における復旧・復興の実施 29) BBB にかかる組織能力向上						
優先活動6 (Pillar 6) 組織間連携 の促進	30) 防災連携・協力促進のための国家レベルの委員会等の設立 31) 防災連携・協力にかかる制度強化 32) 防災共通目標設定 33) 中央・地方における防災連携・協力の推進 34) 防災組織能力向上 35) Public Awareness 向上	組織間連携 (研究成果の 政策への反映) を通じた地震・津波 防災強化地域の 指定	予警報防災 関係機関の 協働による 減災能力強化 促進	1)洪水防災関係 機関の協働による 防災能力の強化 促進 2) 土砂災害に 係る防災関係機 関の協働による 防災能力の強化 促進	海岸防災関係 機関の協働による 防災能力の強化 促進	防災関係機 関の協働、 防災インフラ 整備による 防災能力の 強化促進	1)森林・泥炭 地火災対策 組織・体制の 強化 2) 泥炭地回復 に係るステーク ホルダーの総括 的な能力開発

6.3.1 地震・津波

インドネシアにおける地震防災(津波を含む)を考える上で、はじめに日本における取り組みを確認する。日本の防災政策は、「中央防災会議」の設置及び「防災基本計画」の策定を基本とする「災害対策基本法」に基づいている。「災害対策基本法」の理念の下、取り分け地震災害リスクの削減を考える上で、重要な役割を果たしている三つの法律がある。一つ目は「地震防災対策強化地域」を指定する1978年の「大規模地震対策特別措置法」であり、二つ目は1995年阪神・淡路大震災を受けて、「地震調査研究推進本部」の設置を定めた「地震防災対策特別措置法」、三つ目は同じく1995年に制定され、2011年東日本大震災を受けて改正された「建築物の耐震改修の促進に関する法律」、いわゆる耐震改修促進法である。

耐震改修促進法が学校や病院など公共建物の耐震化促進に果たしている役割は大きく、同様の法制がインドネシアでも実施されることを期待したいが、インドネシアでは現時点でまだ基礎インフラの構築を行っている段階であることから、同様の法制は長期的な観点から検討して行くのが現実的である。

ここでは他の二つの法律に着目する。「地震防災対策強化地域」を含む「大規模地震対策特別措置法」は、当時日本地震学会が東海地震の可能性、ひび迫性について研究成果を発表したことが契機となって、東海地域での地震防災対策を強化する目的で制定されたものである。また本法に基づく地震研究予算の拡充により、地震工学などの関連研究の進展に大きく寄与したことは周知のとおりである。

「地震防災対策特別措置法」に基づく「地震調査研究推進本部」は、1995年阪神・淡路大震災の経験から、地震に関する調査研究の成果が国民や防災を担当する機関に十分に伝達され活用される体制になっていなかったという課題意識の下に、行政施策に直結すべき地震に関する調査研究の責任体制を明らかにし、これを政府として一元的に推進することを目的に設置された。地震観測網の拡充や確率論的地震ハザード評価などを通じて、「地震調査研究推進本部」が近年の地震工学の発展や地震防災の充実に果たした役割は計り知れない。

この二つの法律に共通する問題意識は、未だ解明されていないことが多い地震という現象について、最新の研究成果をいかに政策に反映させ、地震災害の影響を最小限に食い止めるかということにある。その実現には基礎研究の促進と、研究成果を政策に反映するメカニズムの構築が鍵となる。

以上を踏まえ、本節では、地震・津波分野に関する課題解決の方向性、今後の支援の方向性について以下の表に整理する。

表 6-6 地震・津波防災分野に関する課題解決の方向性、今後の支援の方向性

優先活動2 (Pillar 2) : 災害リスク・ハザードに対する理解の強化	
【方針】	国家戦略としての基礎研究の促進による災害リスクアセスメントの精度向上
【活動 -1】	地震・津波研究推進の国家組織 PuSGeN の設立
【活動 -2】	PuSGeN による研究プロジェクトの実施 / ハザード・リスク情報の更新
【活動 -3】	地震・津波観測網及び予警報システムの拡充
優先活動3 (Pillar 3) : 事前防災投資の促進	
【方針】	防災促進による被害軽減に向けた分野別防災計画の策定と実施
【活動 -1】	津波防災計画 (5 年) の策定
【活動 -2】	耐津波化政策の実施
【活動 -3】	地震防災計画 (5 年) の策定
【活動 -4】	耐震化政策の実施
【方針】	防災投資促進に向けた各種政策における防災主流化 (地震・津波防災分野)
【活動 -1】	BNPB を中心とする省庁間防災会議の設置
【活動 -2】	BNPB による地震・津波防災政策の調整・統合
【活動 -3】	各省庁・関係機関における地震・津波防災政策プログラムの合意・実施
【方針】	世界的にレベルの高い本邦技術の活用による防災投資促進による被害軽減
◇	高性能な耐震・免震・制振技術の活用
◇	国内外で豊富な実績を持つ津波避難タワー技術の活用
◇	地震・津波観測機器・システム及び予測システム
優先活動6 (Pillar 6) : 組織連携の促進	
【方針】	組織間連携 (研究成果の政策への反映) を通じた地震・津波防災強化地域の指定
【活動 -1】	PuSGeN の政策提言機関としての法的位置付け (地震・津波に関する最先端の知見を防災政策に反映するための常設専門委員会)
【活動 -2】	PuSGeN 提言を検討する常設の防災政府委員会の設置
【活動 -3】	対策強化地域指定のための法制化 (防災政策委員会)
【活動 -4】	PuSGeN の提言に基づく、地震・津波災害切迫地域の対策強化地域指定
【活動 -5】	重点的・優先的な防災施策
【方針】	防災文化の醸成による連携の促進
【活動 -1】	防災ナレッジマネジメント戦略の策定
【活動 -2】	防災ナレッジマネジメントに係るソフト・ハードの整備

(1) 災害リスク・ハザードに対する理解の強化

災害情報を科学的に把握して災害リスクを理解し、共有する。

【方針】 国家戦略としての基礎研究の促進による災害リスクアセスメントの精度向上

まだ解明されていないことが多い地震・津波災害のリスク削減を考える上では、まずその理解を深めるための基礎研究の促進が不可欠となる。インドネシアでは、日本や他ドナー、各国大学・研究機関の協力を得ながら、バンドン工科大学やガジャマダ大学をはじめとした大学において、またBMKGやPUPR、LIPI、地質庁などの所轄省庁や関連機関で研究が行われている。

2017年の地震ハザードマップ更新は、前回2010年以来5年を経過した2015年時点で、関係省庁及び学識者間でハザードマップ更新の必要性が認識されたことにより、PUPR大臣令No. 364.1 / KPTS / M / 2016144に基づき実施された。約一年の作業期間を経て、2017年9月に「インドネシアの震源および地震ハザードマップ2017」が発行された。

関係者間の議論を通じて、関係省庁及び学識者による国家地震研究センターPuSGeNを設立することより、地震研究やハザードマップの更新に関してインドネシア国内の英知を継続的かつ組織的、体系的に結集することが提案された。しかしながら、現在のところPuSGeNが正式に承認されるには至っていない。

地震・津波の基礎研究を促進する上では、各大学間、研究機関間の競争を活性化すると共に、研究全体を統括するような仕組や制度、組織を発足させることは重要であり、組織横断的にPuSGeNを発足させ、国家戦略として計画的に資本を基礎研究に投入することが望まれる。

地震・津波の研究に際しては、観測網を充実させることが重要であり、地震・津波観測網の拡充に引き続き務めて行く必要がある。

(2) 事前防災投資の促進

災害リスク削減にむけて、強靱化のための減災投資を行う。

【方針】 防災促進による被害軽減に向けた分野別防災計画の策定と実施

既述の通り、効率化・迅速化のための標準化が一般的な緊急対応と異なり、災害の事前対策やリスク削減策では、災害種特性によりその政策方針や対策が大きく異なることから、個別の政策や計画を策定することが不可欠となる。災害種別の防災計画が、構造物対策を含めた防災投資を促進したことは、予防防災を特徴とする日本の経験が立証してきた。

インドネシアにおいては、まず国家レベルで5か年計画を策定すること、そして同計画では少なくとも、リスク分析等の災害情報を地方政府が活用可能な形態で提供すること、構造物・非構造物対策の政策プログラムを策定・実施すること、地方自治体の避難計画策定を支援すること、SOP / Contingency Planを策定すること、定期的な防災訓練を実施すること、政策の数値目標やモニタリング指標を設定すること(例えば〇〇年までに学校の耐震化率を〇〇%にするなど)を盛り込むべきものとする。

【方針】 防災投資促進に向けた各種政策における防災主流化(地震・津波防災分野)

¹⁴⁴ インドネシアの震源及び地震ハザード 2016年版チームの結成、及び国家地震研究センター(PuSGeN)の準備に関する省令

減災投資を増やして災害リスク削減を促進するには、方針①～③を活用しながら、中央各省庁や地方政府における防災の主流化を実現する必要がある。中央防災機関であるBNPBが音頭を取って、財務省やOJK（金融庁）、PUPR、森林省、教育文化省、保健省、地方自治体などで、各種政策における防災視点の反映、また防災政策・プログラムの実施を後押しして行く必要がある。

表中にいくつかの施策案を示したが、ここでは保険行政も管轄するOJKとの関係で一例を取り上げる。地震災害を考える上で地震保険は重要な要素であるが、インドネシアでは普及していない。日本やトルコ、台湾など地震リスクの高い国や地域では、地震による経済損失が膨大になる可能性があることから、公的な地震保険制度が整備されており、インドネシアでもこうした制度の導入について検討する必要がある。

また地震保険の世界では、地震リスク分析（地震損失の計算）が一般的に行われる。地震ハザードおよび地震脆弱性（損失関数）からなる地震損失計算モデルを用いて、地震による確率論的な期待損失等を計算する。このように算出される地震の年間期待損失は、理論上の地震保険料率に相当するため、こうした損失分析や分析モデルの開発は、世界的にも損害保険業界が最も進んでいる。

インドネシアの再保険会社MAIPARK¹⁴⁵では、インドネシアの震源・地震ハザード研究および米国ATC-13等の脆弱性関数に基づいて、MCM（MAIPARK Cat Model）という独自の分析ソフトを開発している。MAIPARK社はインドネシア国内で引き受けられる地震保険の25%を再保険として引き受けており、インドネシア国内の地震保険の支払いについても把握している。これらのデータを用いてインドネシアの建築物に適した損失関数の開発にも取り組んでいる。

このMCMモデルは、地震による被害金額を算出できることから、国や地方自治体で災害リスク削減計画を作成し、仙台防災枠組のターゲット「(c)経済損失の減少」の観点から政策決定の判断を行う上でも有用なツールと考えられ、防災分野での活用も期待できる。MAIPARKによれば、リスク分析の分野でBNPBとMoUを締結しており、BNPBがMAIPARKの知見や分析能力を活用できる素地は整っているものと思われる。BNPBがこうした他省庁や他機関の知見を活用し、あるいは後押ししながら防災政策やプログラムを推進して行くことが期待される。

【方針④】 世界的にレベルの高い本邦技術の活用による防災投資促進による被害軽減

日本の支援という観点から留意したいのは、世界的にもレベルの高い防災に関する本邦技術の活用である。例えば、高性能の耐震技術や免震構造、制振構造など、日本の技術レベルは世界最高水準にある。免震建物の数では、他国を圧倒する施工実績を誇り（図 6-2 参照）、豊富な実績は技術面のみな品質面でも信頼性を高めている。

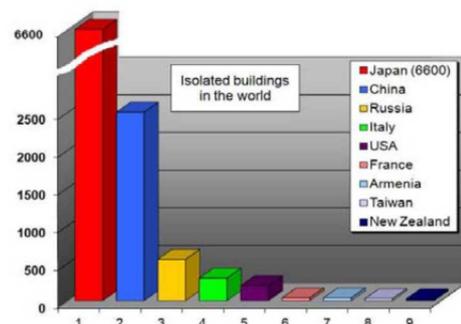


図 6-2 各国の免震建物棟数 (Martelli et al, 2012)

¹⁴⁵ インドネシア政府の主導で、インドネシア保険協会により地震保険プールとして、2003年に設立された。2004年に再保険会社となる。

内閣府の調査によれば、平成25年12月時点で、日本全国に134棟の津波避難タワーが設置されている（津波避難ビルは10384棟）。各国の比較資料はないが、他国では必ずしも津波避難タワーを用いた鉛直避難が一般的でないことから、これは相当な実績数であるものと思われる。また、日鉄住金建材では自社開発技術「セーフガードタワー」に基づいて、鉄骨材料の提供や設計の技術協力を行い、バンダ・アチェ市地方防災局敷地内の津波避難タワー建設を支援した実績がある。津波避難タワーや津波避難ビル（の指定）に関しても、日本は豊富な実績と知見を有しており、本邦技術の活用が期待される分野である。

インドネシアで既に支援実績があるように、地震・津波観測機器・システム及び予測システムに関しても日本は世界でも最先端の技術を有しており、インドネシアでの本邦技術の更なる活用が期待される。

(3) 組織間連携の促進

災害リスクに関するガバナンスを強化する。

【方針⑤】 組織間連携（研究成果の政策への反映）を通じた地震・津波防災強化地域の指定

インドネシアでは、国内外の学識者を結集し、2010年及び2017年に大規模な震源及び地震ハザードの評価研究が実施され、確率論的な地震ハザードマップが作成された。2010年の地震ハザードマップは、建築耐震設計基準 SNI 1726:2012に反映され、2017年のハザードマップ更新を受けて現在基準改正の作業が行われている。インドネシアの最先端に行くこの地震研究に基づけば、スマトラ島パダン沖の海溝部プレート境界の震源域では1797年以降大きな地震が発生しておらず、2000年代以降、近隣の震源域で大地震が発生していることから、この地域で近い将来、最大でM8.7の巨大地震が発生する可能性があるものと考えられている。

インドネシアでも、日本の「地震調査研究推進本部」で実施されている地震の「長期評価」のような、地震の時間的な切迫度を評価することが可能な段階にある。地震調査研究を更に推進し、巨大地震の切迫度に基づいて優先的・重点的に対策を実施する地域を定める日本の「大規模地震対策特別措置法」のような法制・政策は、巨大地震のリスクに晒されるインドネシアにおいても有効な手法と考えられる。

先述のPuSGeN構想は、日本の「地震調査研究推進本部」のように、地震研究を推進し、最新の研究結果を防災政策に反映するための役割を担える可能性がある。現在のPuSGeN構想で想定される責任範囲を拡大し、PuSGeNに「地震調査研究推進本部」と同レベルの機能を持たせるなど、PuSGeNの設立・運営に関して、日本は有益な技術支援を行うことができる。また現段階の構想では、中央政府やバンドン工科大学の人材を中心に、中央集権的な組織設立が想定されているようであるが、インドネシア各地域の大学や研究者の活用を図ることで、地域や地方政府の能力向上にもつながることから、インドネシアの全国的な学識ネットワークとすることが強く望まれる。

また、「地震調査研究推進本部」と同等のPuSGeN（あるいはそれに相当する組織や仕組み）が発足することを前提に、PuSGeNが地震・津波の切迫度を評価することで、災害対策を優先して行うべき地域を提言し、政府が対策を促進するための対策強化地域を指定できるような制度・法制（日本の「大規模地震対策特別措置法」に相当）作りを行うことが期待される。対策強化地域指定では、重点的・優先的な防災施策を実施することを予算の裏付けと共に明確にする必要がある。

【方針】 防災文化の醸成による連携促進

壊滅的な被害をもたらす巨大地震や津波などのいわゆる低頻度災害は、通常数百年・数千年単位の再現期間を持ち、一旦発生すれば、再び同規模の災害が同じ地域で発生するのは幾世代も後のことである。過去の災害の教訓を活かすためには、他地域で発生した巨大災害から学ぶこと、前世代の経験から学ぶことが重要であり、そのためには地域や時代を超えて、巨大災害の記憶を共有し継承して行くことが不可欠となる。

先述の通り、災害記憶の共有や継承は必ずしも容易ではなく、様々な工夫や努力、仕組みや取り組みの積み重ねることではじめて実現可能なものである。日本では、古くから津波の最高到達地点に津波記念碑を設置して後世に津波の脅威を伝えるなどの取り組みが行われてきた。

1923年関東大震災の記憶を伝える「東京都復興記念館(1930年)」、1995年阪神・淡路大震災を受けた「野島断層記保存館(1998年)」、「人と防災未来センター(2002年¹⁴⁶)」、2004年新潟県中越地震による「中越メモリアル回廊(2011年)」、また2011年東日本大震災を受けて現在も様々な記念施設や遺構の整備が行われている。特に1995年阪神・淡路大震災以降、近年の災害では、博物館や記念施設の設置のみならず、刻々と進歩するテクノロジーやICT技術を活用して、デジタルデータを中心とした情報の収集・蓄積(災害アーカイブ)、インターネットや携帯端末のアプリケーションを用いた情報の表示や共有、また有形のコンテンツのデジタル化、現実の地理空間をデジタル画像・映像・音声に変換して処理するバーチャルリアリティ(VR)の応用など、様々な形態の研究や実験的な取り組みが行われている。

今日、日本の学校では繰り返し防災訓練が実施され、日本人が9月1日の「防災の日」の意味を理解している。こうした取り組みが、日本における防災文化の醸成に寄与し、組織間の連携に寄与してきたことは疑いようがない。

インドネシアでは、2004年インド洋大津波の後、アチェにおいて、津波博物館の設立や災害遺構の保存に努めてきた。また、日本の支援や協力を受けて、津波記念ポールの設置、災害アーカイブの構築等に取り組んできた。アチェでのこうした取り組みを、今後も日本が技術協力して行く意義は大きい。またアチェでの取り組みをインドネシア全土に展開して行くために、日本の経験や技術を活かした協力が可能である。

(4) 地域別方向性**バンダ・アチェ**

本節ではバンダ・アチェにおける課題解決、今後の支援の方向性について以下に通りまとめた。

【方針 - アチェ】地震防災計画・津波防災計画の策定

バンダ・アチェ市で地震防災計画及び津波防災計画を策定して、地震・津波対策の基本方針とその実施に向けて必要なアクションを特定し、開発計画においてその予算化を行う必要がある。地震対策については、方針に掲げる建築許可行政の強化を明示する。津波対策については、津波避難タワーを含めた津波避難計画の完成を盛り込む。また、構造物対策として津波への多重防御を考慮し、マングローブ林の整備や堤防道路の建設等を含め

¹⁴⁶ 2010年にリニューアルオープン

る。ここでは、津波避難タワーの建設や、津波避難ビル指定のための法制・技術指針の策定、堤防道路の設計・建設、構造物対策を含めた津波減衰効果の解析など、日本の技術や知見を大いに活用できる。

【方針 - アチェ】建築許可行政の強化による耐震化

バンドア・アチェにおける建築物の耐震化が急務であることから、PERDAの改正や建築許可行政に関わる人材能力強化、市民に対する制度の周知徹底などを実施する必要がある。これは、JICAがこれまでインドネシアで実施してきた「建築物耐震性向上のための建築行政執行能力向上プロジェクト」の継続的な取り組みと位置付けられる。

【方針 - アチェ -1】防災推進に係る地方防災局職員の能力開発・研修

アチェに限らず、一般に地方における防災人材は手薄であるため、国家政策としてBNPBが地方の防災人材開発・研修に関する研修制度や施設を整備することが望まれる。ここではBNPBの指導能力強化と共にアチェなど、地方における人材能力開発をパイロットとして実施するような技術協力プロジェクトが想定される。

【方針 - アチェ -2】TDMRC を災害研究の世界的拠点に

バンドア・アチェには、地元シアクアラ大学を母体として津波災害の研究を中心として行うTDMRC (Tsunami and Disaster Mitigation Research Center) が設立されており、国内外の大学・研究機関と協力して、世界の津波研究の拠点となるべく研究・教育活動を行っている。TDMRCはアチェにおける防災人材育成に寄与し、地方自治体や地方防災局・BPBAを技術的にサポートすることで、アチェにおける防災の促進に重要な役割を果たすことが期待される。日本の大学や研究機関ともすでに協力関係にあるが、TDMRCを更に充実・発展させるために、SATREPS等を通じた更なる技術支援や人材交流、またTDMRCにおける実験施設の拡充などを支援して行くことも考えられる。

【方針 - アチェ】津波ツーリズムの振興を通じた災害記憶の共有と継承

アチェでは2004年の津波以降、災害記憶の共有と継承のための様々な取り組みが行われており、これを更に発展・継続することで、アチェにおける防災文化を醸成して行くことが望まれる。アチェでこれまでに構築されてきた津波記念施設や災害遺構、アーカイブ等を活用して、津波ツーリズムを確立することをはじめとして、豊かな自然や文化など、他の魅力的な観光資源を活用したツーリズム振興を実施すべく、交通手段や宿泊施設等、観光インフラの整備も必要となってくる。世界中からアチェを訪れる人々と津波災害の記憶を共有し、津波災害を通じた地域振興を図ることで、その記憶を長く継承して行くことが可能となる。

6.3.2 気象・予警報防災

インドネシアの気象・予警報防災の課題を把握し、具体対応策を検討した。その課題解決に向けて、優先事項毎の方針を以下に示す。一般にEWSは構造物対策に比べ、導入コストが低廉であることやIT技術及びITインフラ整備の急速な進展をうけて、インドネシア自身での開発・整備も行われるようになってきている。しかしながら、情報処理と情報発信のみが強化され、観測・分析といったEWSにおいて最も重要な災害情報の精度向上及び精度管理が十分でない印象を受ける。例えば、現行のRisk Indexでは、EWSは住民の災害リスク理解や災害に対する準備(心がけ)への寄与を評価している一方で、特に土砂災害や津波のようにEWSが人的被害の減少に効果

的な災害種において、その減災面からの有効性を高めていく必要性は言及されていない。課題解決における優先行動の実施にあたっては、EWSの基本である、災害による人的被害を極力軽減するという事を常に認識しておかなければならない。

以上を踏まえ、本節では、気象・予警報防災分野に関する課題解決の方向性、今後の支援の方向性について下表のように整理した。

表 6-7 気象・予警報防災分野に関する課題解決の方向性、今後の支援の方向性

優先活動2 (Pillar 2) : 災害リスク・ハザードに対する理解の強化	
【方針】	災害特性の把握と効果的な予警報システムの定着
【活動 -1】	観測機器・システムの適切な運用管理
【活動 -2】	予警報の一般への伝達内容及びタイミングの改善
【活動 -3】	発災時の観測・分析・伝達・避難にかかる記録体制の構築
【活動 -4】	災害記録による予警報システム改善能力強化
優先活動3 (Pillar 3) : 事前防災投資の促進	
【方針】	防災の主流化による各種政策への気象・予警報防災への配慮促進
【活動 -1】	警報精度向上のための予備調査
【活動 -2】	観測ネットワーク開発管理計画の策定
【活動 -3】	EWS 整備計画の策定
【活動 -4】	気象解析、予警報を実施するに当たって必要な人材育成および能力強化
優先活動6 (Pillar 6) : 組織連携の促進	
【方針】	予警報防災関係機関の協働による減災能力強化促進
【活動 -1】	災害種別特性を踏まえた効果的な予警報の発
【活動 -2】	関係機関によるデータ共有 / コミュニケーションシステムの構築
【活動 -3】	気象・水文観測の国家防災戦略との関連づけ
【活動 -4】	EWS 構築ガイドラインの策定
配慮事項：気候変動への適応	
【方針】	気候変動適合策の具体化の促進
【活動 -1】	数値気象予測システムの精度向上
【活動 -2】	気候変動モデルによる長期災害リスク評価
【活動 -3】	気候変動モデル及び災害リスクに対する検証・改善能力強化

(1) 災害リスク・ハザードに対する理解の強化

科学的に観測した災害情報にもとづいて災害リスクを理解し、共有する。

【方針】 災害特性の把握と効果的な予警報システムの定着

気象・予警報防災による災害リスク削減をより効果的にするためには、災害種や被災地域の特性を理解した上で、人的被害が及び地域の推定、避難時間を確保するための兆候把握が肝要である。災害発生の兆候を把握するためには、長期間にわたり蓄積された観測データと災害履歴とに基づいた相関分析が必要であるが、現行の観測機器や観測システムでは、多数の欠測地点や、観測データの異常がみられる。BMKGでは、中央から人員を派遣して、順次、不具合の修正や機器校正作業を行っているが、人的リソースが不足しているのが現状である。今後、BMKGの地方局に観測機器管理技術の移転が予定されており、観測状況は一定程度の改善が見込まれるものの、各地方局において、適切な観測網の運用と観測データの管理が継続的に実施されているかを監視する仕組みの構築が必要と考える。

継続的に安定した観測体制が維持される事は、災害リスクの理解を深め、災害発生の兆候分析技術の向上の基礎となる。洪水を例に挙げると、河川規模によって、避難対象となる地域と上流の水位観測地点の間の流下時間

と避難に要する時間との関係によって捉えるべき兆候は、上流河川水位、上流域降雨量、上流域予測雨量がある。これらの兆候のうち、上流河川水位が避難対象地域における災害発生につながる確度は高い。上流域降水量、予測雨量となるに従い、その確度は落ちるが、逆に避難時間を長く取ることが可能となる。避難時間は、継続的な避難訓練や実践的な地域防災計画の策定によってある程度の短縮は可能であるが、一定時間を要することが前提となるため、災害特性を勘案すると捉えるべき兆候は自ずと設定されることとなる。さらに、効果的な災害リスク削減のためには、EWSの運用を通じて観測・分析・伝達・避難にかかる記録体制の構築、記録された情報による分析を実施し、伝達内容及びタイミングを改善していく必要がある。EWSを形骸化させず、効果的な災害リスク削減を行っていくために、上述のプロセスを定着させていく必要があると考える。

(2) 事前防災投資の促進

災害リスク削減・強靱化のための減災投資を行う。

【方針】 防災の主流化による各種政策への気象・予警報防災への配慮促進

予警報防災による災害リスク削減効果をあげるには、観測・分析能力の強化のみならず、地域特性を把握するための予備調査の実施が欠かせない。災害により避難が必要となる区域の設定には、地形・地質や土地利用の情報が必要であり、避難路や避難場所の設定においてもこれらの情報を活用する必要がある。インドネシアでは災害に対するリスクマップが整備されているが、これは行政単位で被災リスクの高低を評価したもので、避難行動には活用できないものがほとんどである。過去に大規模な被災があった地域では、災害による影響範囲を示したものもあるが、それらの科学的裏付けについては疑問が残るものもあり、今後、更なる精度向上が望まれる。

一方、観測・分析能力の向上においては、レーダ・AWS等の観測データを統合的に活用した予報精度の改善や短時間予報(降水ナウキャスト等)の発出、メソスケールの数値予報モデルの導入とガイダンスを用いた気象予報の定量化、警報基準の改善(災害地域特性の警報基準への反映や警報の詳細化等)、長期予報の改善等が予報業務への支援ニーズとして挙げられる。しかしながら効率的な支援のためには、AWSやレーダを予警報業務において有効活用するための技術支援と人材育成を行うことが肝要である。中長期的には、予備調査により得られる情報とレーダ観測による降雨データを活かした、土壌雨量指数や流域雨量指数といった降雨災害に関する指数の導入も災害リスク削減に効果的であると考えられる。

(3) 組織間連携の促進

災害リスク管理の強化のために組織連携にむけたガバナンスを構築する。

【方針】 予警報防災関係機関の協働による減災能力強化促進

予警報防災において、災害時における関係機関の役割を明確にしておくことは、EWSの円滑な運用のために不可欠である。日本における洪水予警報では、観測機関である気象庁、分析機関である河川管理者(国または県)、情報伝達機関である市町村の役割や連絡体制についてガイドラインにより明確に示されている。一方インドネシアでは省庁間連携において、役割分担が曖昧になっている部分がある。省庁間連携については、BNPBが主導して関連省庁を集めた防災会議等を通じて予警報防災における役割の明確化を図っていくことが求められる。

既述の通り災害種や地域特性によってEWSに求められる災害リスク分析機能は異なるため、災害リスク削減には、洪水、土砂災害、地震・津波などの災害種別のEWS構築ガイドラインの策定が有効であると考えられる。

このガイドラインにおいて、EWS構築に必要となる観測体制整備を明確にすることにより、国家防災戦略の一環としての観測体制整備、EWSの精度向上が推進されると思われる。

また、現在、災害時における関係機関の情報連絡は、WhatsAppなどのSNSを使い、一般回線によって行われている。しかしながら、一般回線はアクセス集中などにより通信不能となる可能性があるほか、通信ネットワーク自体の被災による通信途絶も考えられる。災害情報の連絡は概して緊急且つ重要であるため、災害時の関係省庁におけるデータ共有及びコミュニケーションを確保できる占有通信インフラを構築しておくことが重要である。

(4) 気候変更への適応

環境、気候変動による災害激甚化への適応を行う。

【方針】 気候変動適合策の具体化の促進

気候変動による災害の激甚化及びそれらへの適応は、世界共通の課題であるが、島嶼国でありゼロメートル地帯に億の資産が集中するという点で日本とインドネシアは共通しており、海面上昇によりもたらされる影響は甚大なものになると考えられている。日本において海面が1m上昇した場合に構造物対策を取たためにかかる費用は、20兆円を超えると試算されている¹⁴⁷。気候変動予測モデルについては、今後も精度向上を図っていくことはもちろんであり、日本では全球気候モデルから力学的ダウンスケーリングにより解像度2kmの非静力学地域機構モデル(NHRCM)を開発しているが¹⁴⁸、予測結果に基づく適応策の具体化を進めていく必要があると考える。日本の事例に見られるように、構造物対策を取った場合には、莫大な予算と長期の整備期間が必要となるため、ある程度の被害を許容するリスクアセスメントが必要である。「気候変動・災害リスクファイナンス情報収集・確認調査(2018)」においても災害リスクファイナンス分野での協力可能性は高いと結論されている。

一定程度の被災を許容する場合、気象・予警報防災では、EWSにより人的被害を最大限低減させる事に加え、被災地が資産集中地区に当たる場合には、経済的損失も極力低減できるようにBCP、BCRPとの関連も踏まえたEWSの構築に取り組む必要があると考えられる。

(5) 地域別方向性

マナド、アチェ

これまでマナドは洪水、アチェは津波によって大きな被害を受けており、その災害対策について日本の協力が実施されている。そこから得られた知見にもとづけば、これらの地域に関しては今後以下のような方向性が考えられる。

- ・ 防災教育、避難訓練、水防団など自助能力の強化が必要である。
- ・ 予警報防災の有効性を向上させるためには、住民目線の精緻な情報の収集整理が欠かせない。そのため、地域住民への防災教育を推進すると共に、協働の意識のもと、情報提供者が必要な情報を住民に示していくこと、そしてその上で情報提供を求めていくことも必要となっていく。
- ・ 予警報が有効に機能する地域、すなわち洪水、高潮、津波による被害を受けやすい沿岸低平地、あるいは逆に山間地の土石流等土砂災害対策については、施設整備の方が効果的である。これは、スネークカ

¹⁴⁷ 「地球規模での海面上昇の影響と対策」(http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/2006/36.pdf)

¹⁴⁸ 「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018 日本の気候変動とその影響」

ープ等による予測技術もあるがこれには精度に課題があること、予測のための基礎資料(水文・地質資料)が不足していること、加えて災害が予測できたところで避難路や避難施設に限られるため有効な避難行動計画の策定が困難であること、などのためである。

- ・ 洪水に関しては、一般的に浸水被害が発生しやすい下流低平地のほか、各河川毎の状況に応じて予警報を推進する地域を選定する。中山間地等で洪水被害が頻発するような地域は、道路インフラ整備面、降雨流出時間の面などから避難が困難になりやすい。
- ・ 洪水、高潮において構造物の整備を進める場合には、オペレーションの自動化を推進し、操作員の安全確保とともに、施設の確実な運用を確保する。
- ・ 地域・地区によってリードタイムは変わってくる。地形的要因、土地利用や資本集中等の要因により最適な予警報を行う必要がある。これは、運用の試行錯誤中で改善されていくという認識に立たねばならない。このような意味からも、ドナーによる技術支援を受けた組織がプロジェクト終了後も継続して予警報防災の本質を理解しておくことが肝要となる。

6.3.3 治水・水災害防災

6.3.3.1 洪水

洪水は死者数が少ないものの、浸水区域が大きいこと、浸水時間が長いことから、社会的なインパクトが大きい。発生頻度も高く、効果的な対策手法を採用するとともに効率的な投資計画を立案することが必要である。

インドネシアにおける水災害対策のうち構造物対策としては、一般的には堤防を建設する手法(築堤)が取られている。ダムは主に都市用水、灌漑用水、水力発電用水等の水資源の貯水池として利用されており、洪水調節に十分に寄与しているとは言いがたい。堤防建設に関しては計画規模が重要となる。大河川を除いては、おおむね1/25となっている。アチェ州におけるアチェ川の改修事業においては、計画規模1/5、計画高水流量1,351m³/secを旧河道(496 m³/sec)と、放水路(855m³/sec)で分担している。このプロジェクトのEvaluation Report(2002年2月)を見ると、プロジェクト実施前と実施後の洪水時の推定流量が記載されている。

表 6-8 改修前におけるアチェ河川流量

<Before Project >

	Maximum flood discharge (m ³ /sec)	Flooded area (ha)	Flood damage (10 ⁶ Rp.)	Inundation days (days)	Inundation height (m)
Dec. 1970	500	3,000	320	2	1.0
Jan. 1971	1,100	8,500	720	4	3.0
Dec. 1971	160	1,000	32	1	0.5
Jan. 1972	700	6,500	580	3	2.0
Dec. 1972	180	2,000	43	1	0.5
Jan. 1973	1,000	8,000	780	4	3.0
Mar. 1973	150	1,000	57	1	0.5
Nov. 1973	170	1,500	58	1	0.5
Jan. 1974	600	6,000	1,057	3	2.0
Dec. 1974	160	1,000	77	1	0.5
Jan. 1975	900	7,500	1,400	3	2.0
Mar. 1975	600	6,000	1,200	3	2.0
Dec. 1975	150	1,000	139	1	0.5
Jan. 1976	170	1,500	190	1	0.5
Dec. 1976	150	1,000	180	1	0.5
Feb. 1977	150	1,000	210	1	0.5
Nov. 1977	170	1,500	250	1	0.5
Feb. 1978	160	1,000	300	1	0.5
Jul. 1978	1,300	9,700	6,755	4	3.0
Dec. 1978	1,200	9,700	6,500	4	3.0
Jan. 1979	800	7,000	4,500	3	2.0
Nov. 1979	160	1,000	454	1	0.5
Dec. 1980	140	1,000	609	1	0.5
Jan. 1981	150	1,000	820	1	0.5
Feb. 1982	180	1,500	1,100	1	0.6

Source: Evaluation Report (Krueng Aceh Urgent Flood Control Project (I), October2002)

改修前の流量記録では1300m³/secが既往最大流量であり、プロジェクト規模は、この流量を基本として定められたと推定される。プロジェクトの完成後(1991年)の洪水の生起については改修後の流量記録に示すように、しばらくの間は、洪水の生起はなかったものの、2000年12月に2,000m³/secの洪水が生起し、計画高水流量を超えたために大きな被害を周辺にもたらした。日本では1/5の計画規は暫定的な対応となっており、将来的には新たに安全な計画規模を検討する必要がある。

表 6-9 改修後におけるアチェ河川流量

<After Project >

	Maximum flood discharge (m ³ /sec)	Flooded area (ha)	Flood damage (10 ⁶ Rp.)	Inundation days (days)	Inundation height (m)
1991	--	--	--	--	--
Year of Completion	--	--	--	--	--
1992	--	--	--	--	--
1993	--	--	--	--	--
1994	--	--	--	--	--
1995	500	600	3,000	2	1
1996	--	--	--	--	--
1997	--	--	--	--	--
1998	--	--	--	--	--
1999	--	--	--	--	--
2000	2,000	2,400	50,000	3	3

上記のEvaluation Reportによると、2,000m³/secの洪水規模は、1/5と評価され、この河川での計画規模(1/5, Q=1,351m³/sec)を大きく上回っている。さらに、被害が拡大した原因として、このプロジェクトで3箇所に設置された洪水予警報システムが稼働しなかった、とプロジェクトマネージャがコメントしている。このシステムは、プロジェクトの完了後の短期間に故障したとの報告であり、その後、システムは、マニュアル観測が主とのことである。

今回のアチェ(BWS Sumatera I)での調査により、放水路の堆砂による流下能力の不足を改善するための浚渫工事を実施する予定であることが確認できた。しかし計画規模、すなわち「治水の安全度」が上昇したわけでない。また、水文観測(洪水予警報)システムも確認したが、リアルタイムの観測所は増加しているものの、マニュアル観測も依然として多い状況である。

2014年に洪水被害が発生したマナドにおいては、日本の有償資金協力により、調査、設計、プロジェクトの実施が行われている。当面の改修規模は、1/5であり、将来規模の1/25に関しては、今後のプロジェクトの実施で対応せざるを得ない状況である。水文観測システムに関しては、JICAからの機材供与により河川水位計が設置され、一部の河川においてはリアルタイムの河川水位の観測による洪水対応が可能となっている。

インドネシアにおける都市化の進展は、洪水の生起に関しても大きなインパクトを与えている。今後は、土地利用対策(森林植林、流域保全区域の設定、貯留施設の設置)を含めた流域対策を含めた洪水対策を検討すべきである。

以上のような流域対策を含めた構造物の実施には多くの時間とコストがかかることが予想されるが、洪水対策としては別途短期間に効果的な対策をとることが必要となる。この観点から非構造物対策を優先して実施することは、リスク削減の観点から必要と判断される。

非構造物対策としては、FFEWS(フラッシュフラッド予警報システム)の導入、ハザードマップの作成、住民避難計画の策定、地域防災計画の策定等があげられる。この中で、コミュニティ防災の重要性は、ジャカルタ

での2007年の洪水を契機として注目され、Ciliwung川におけるPROMISE(Program for Hydro-Meteorological Disaster Mitigation in Secondary Cities in Asia)–Indonesiaの活動があり、DKI Jakarta、バンドン工科大(ITB)、アジア防災センター(ADPC)、USAID の協力の下で実施されている。中部ジャワ州、Klaten県における洪水災害の防止活動も注目を浴びており、今後の洪水防災において注目すべき活動となっている。これらの住民による防災活動は、気候変動による洪水の生起、超過洪水に対する被害防止活動としても有用と判断される。

2016年に策定された仙台防災枠組に基づく災害管理政策と戦略(Disaster Management Policies and Strategies (DMPS) 2015-2019)では、災害リスクの削減、災害脆弱性の減少、各防災レベルにおける防災能力向上を戦略として謳っている。これらの戦略に基づく政策と戦略の方向性は以下のように整理される。この中には洪水、地すべりの対策の担当官庁としてのPUPRに関連する被害軽減戦略とこれに関連する施策が含まれる。これらの

施策の中には構造物対策のほか、リスクマップの作成、緊急対応計画の策定、環境保全、地域防災の進展、早期警戒システムの導入などの非構造物対策も含まれる。

表 6-10 災害管理政策と戦略(2015-2019) における戦略と関連する施策

Strategy	Policy and Strategy Direction (RPJMN) with Regional Indicators
S1:Disaster risk reduction within the framework of sustainable development at the central and regional levels : リスク軽減	1)Disaster risk identification, assessment and monitoring through the preparation of studies and risk maps with scale of 1:50,000 for regencies and 1:25,000 for municipalities : リスクマップ 2) Preparation of contingency plan for regencies/municipalities : 緊急対応計画
S2.Disaster vulnerability level reduction : 脆弱性の軽減	1) Improving quality of life through rehabilitation of residential homes : 復旧 2) Environmental conservation and engineering in natural disaster prone areas (river restoration for flood, slope strengthening for landslides) : 環境保全 3) Developing and fostering local wisdom in disaster mitigation (Optimization of surface water use, establish periodic monitoring) : 地域防災の進展
S3.Government, Regional government and public disaster management capacity building : 防災能力の向上	1) Provision disaster early warning system in high risk regions : 早期警戒 2) Development and utilization of science and technology for 防災 (Construction of dikes, ponds, reservoirs) : 築堤、貯留施設整備 3) Provision of disaster mitigation and preparedness infrastructures in disaster prone area : 防災インフラ整備

Note) RPJMN:Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (National Medium Term Development Plan)
Source: Disaster Management Policies and Strategies (Kebijakan dan Strategi Penanggulangan Bencana, 2015-2019)

以上のインドネシアにおける洪水管理の現状、課題、防災戦略、施策を踏まえ、仙台防災枠組におけるグローバルターゲットを踏まえ、優先事項と方針を以下のように整理する。

表 6-11 洪水に関する課題解決の方向性、今後の支援の方向性

優先活動2 (Pillar 2) : 災害リスク・ハザードに対する理解の強化	
【方針】	洪水リスクの把握と効果的な洪水予警報システムの確立
【活動 -1】	洪水リスクの把握
【活動 -2】	洪水予警報システムの改善
【活動 -3】	コミュニティ防災能力の向上
優先活動3 (Pillar 3) : 事前防災投資の促進	
【方針】	事前防災投資の促進
【活動 -1】	災害予防に重点を置いた施策、プロジェクトの実施
【活動 -2】	災害防止の観点から実施優先度をつけたプロジェクトの実施

優先活動6(Pillar 6)：組織連携の促進	
【方針】	洪水防災関係機関の協働による防災能力の強化促進
【活動 -1】	洪水関係省庁間の連携の強化、データの共有、コミュニケーションシステムの構築
【活動 -2】	災害予防をメインとした洪水管理計画の策定
【活動 -3】	BNPB のリスク評価が PUPR における洪水防災計画に反映される仕組みづくり
配慮事項：気候変動への適応	
【方針】	超過洪水対策の検討
【活動 -1】	超過洪水対策の検討

(1) 災害リスク・ハザードに対する理解の強化

【方針】 洪水リスクの把握と効果的な洪水予警報システム、コミュニティ防災の確立

洪水リスクの軽減のためには、洪水リスクを把握することが重要である。洪水リスクは、過去の洪水記録を元に把握することが可能である。過去に生じた洪水を超える洪水に関しては、降雨から流量再現～氾濫解析までの一連の解析が必要であり、これらに多くに時間とコストが抱えることも予想される。そのために、第1段階としては、簡易的な方法を取ることとして、河川の計画高水水位と堤内地の標高を比較することによる氾濫区域を設定する方法を提案する。

洪水予警報システムに関しては、完璧なシステムの構築には、時間とコストがかかることから、第1段階としては、主要基準点における水位相関による簡易な予警報システムの構築を提案する。上流の基準点の水位と流水の到達時間を考慮し、下流の主要地点の水位とその生起時刻を推定するものである。流域規模の小さい河川や途中の支川流入が多い河川の場合は予測値に誤差が生じるケースもあるが、多くの河川でこの方法を適用することが可能である。ジャカルタ市内を流下するCiliwun川でもこの方法を採用している。

コミュニティ防災は、今後における防災活動の主流となるものである。地方防災局のContigency PlanやSOPにもとづく講習会の実施、机上でのシミュレーション演習、現地演習は効果的であり、水災害が発生する雨季の前に定期的実施されるべきである。コミュニティ防災が確立されるためには、防災活動に対するモチベーションが必要とされ、洪水Fundなどの資金支援制度も設置されるべきである。

(2) 事前防災投資の促進

【方針】 事前防災投資の促進

洪水災害防止、軽減に関しては、多くの予算が割かれるべきではあるが、インドネシアでは、水資源開発に重点がおかれ、堤防・放水路・ダムなどの治水インフラ（構造物）の建設に割かれる予算は減少している傾向にある。一方都市化の進展、流域の変化等を考慮すると、将来的に洪水流量が増加して構造物だけでは対応することができなくなることが想定され、このような状況を考慮すると、洪水対策は構造物だけでなく土地利用（流域の保水機能の確保、低平地に建設を規制）による規制を含む流域対策を含めて対応すべきである。

インドネシアにおいては、この点に関して関連する官庁の連携と役割分担が不十分である。今後流域対策に関しても関係省庁間での役割分担を明確化して、法制化を含めた対応を図る必要がある。空間計画(Spatial Plan)を含めた総合的な洪水対策が必要である。防災投資にあたっては、このような政策の立案、法制度の確立が不可欠な要件となる。

洪水関連予算に関しては、事業規模が大きいことから、ドナーからの借入に依存するケースもある。この場合経済的な合理性(EIRR)が考慮されるので、社会的・人道的な必要性は大きくても経済評価で妥当性がないとされ

場合もある。マナドでの事例では、治水施設整備のための立退き(Relocation)への合意を住民からが得るのが困難となった。住民意識の向上から事業実施が次第に困難な状況になる傾向にある。洪水防災事業の実施にあたっては、早い時期に住民を巻き込んだ組織(Stakeholders Committee)を立ち上げ、stakeholder間の対話を通じて課題を明らかにし、改善・解決を図ることが事業の推進上必要である。

(3) 組織間連携の促進

【方針】 洪水防災関係機関の協働による防災能力の強化促進

洪水関連の防災実務の実施官庁としてはBNPBとPUPRが主要な機関であるが、BMKGからの気象情報のインプットとPUPRからの河川水位情報がBNPBにとって重要な情報となる。BNPBが主導して、気象、水文情報の収集と伝達、河川水位の傾向分析、分析に基づく河川水位の予測、避難に関する情報の入手、情報伝達における役割分担の明確、などを遂行する必要がある。一つの情報伝達に少なくとも二つの経路を用意しておくべきであり、通常のSNSや電話等のほかに専用回線(Hotline)の設定も必要である。

災害予防に重点を置いた管理計画に関しては、ハザードマップの作成や避難計画の策定に重点が置かれるべきである。そのためには災DMPSの戦略と施策でも述べているとおり、5万分の1や2.5万分の1のスケールを基準としたリスクマップ、ハザードマップの作成を行う必要がある。避難所の建設も重要である。現在の避難所の収容能力、滞在期間の可能日数、食料、水供給能力、衛生環境の評価結果に基づき、改善、改良策を講じ、必要に応じて新たな避難場所を設置する。

PUPRによる堤防建設は水災害対策として大きな効果を発揮している。このような効果を把握して公平に評価し、防災インフラ投資に結びつく仕組みを構築することが必要とされる。

(4) 配慮事項：気候変動への適応

【方針】 超過洪水対策の検討

インドネシアにおける洪水対策のための構造物の計画規模は、前述したように多くは、1/5から1/25であり、この規模では気候変動や超過洪水等の「計画規模を超える洪水」に関しては不十分である。気候変動や超過洪水への対応に関しては、非構造物対策を採る必要がある。そのためには、災害発生前の事前情報の伝達が重要である。河川水位の情報、氾濫情報等がBNPB・地方防災局などの主管機関から住民に早期に伝わるシステムの構築が急がれる。

超過洪水対策や気候変動対応のイメージを表すと以下のとおりとなる。さまざま対策(FFEWS、コミュニティ防災、土地利用規制)を取ることで、死者の発生防止を第1の目的とする。雨季の前には、コミュニティにおいて河川施設(護岸)の崩壊や侵食、損壊を点検し、関連機関に連絡、報告することが重要となる。

アチェにおいては、放水路の浚渫事業の実施が予定されており、この事業を進め、早期に治水安全度を高めておく。計画規模を超える洪水の生起が想定されることから、上記のコミュニティ防災を中心とした防災活動の実施と関係機関からの洪水情報の早期の伝達が行われることが重要である。

マナドにおいては、トンダノ川以外の河川(Sario川)についても事業が実施されることが必要である。住民の移転地の確保、移転交渉等を事前に進めていくことが重要である。また、BWSで調査、計画が既に実施されているMilangodaa川の事業も進める。

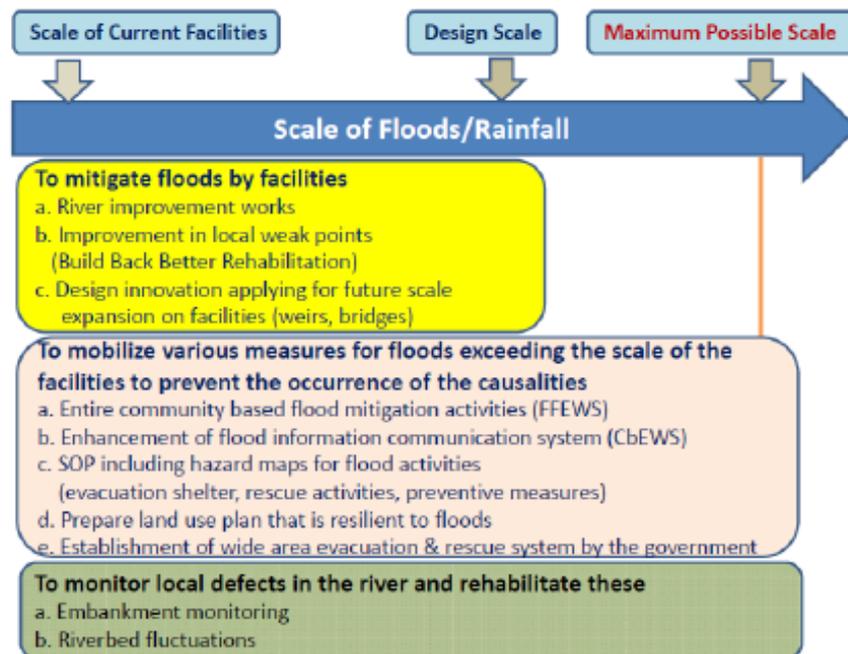


図 6-3 超過洪水や気候変動による洪水への対策案

河川水位情報管理システムは、マナド市を中心とした河川で行われており、河川水位を中心とした観測システムのリアルタイム化を図り、早期の洪水警戒システムを確立することが必要である。2014年の洪水経験が住民間に意識され、防災意識も浸透しており、マナド市の地方防災局とコミュニティでは、コミュニティ主体でトンダノ川での水位観測が実施されている。このような活動は今後も継続されるべきである。

6.3.3.2 地すべり

前述したように、インドネシアにおける地すべり災害は、10ヵ年で3,519件、発生しており、1年当たりにして35件/年の発生頻度である。地すべりの発生要因は、降雨と地震によるものであるが、地震の発生頻度は低いことから、ほとんどが降雨によるものと想定される。

地すべりは、斜面を構成する土砂、土塊の流動現象であるため、その被害は、死者数が多いのが特徴である。近年では、2016年9月の西部ジャワ(Garut)におけるフラッシュフラッド(死者33名)、2016年6月の中部ジャワ(Purworejo)の地すべり(死者47名)、本稿で触れた2014年12月の中部ジャワ(Banjarmegara)の地すべり(死者93名)等が、死者数が多い災害としてあげられる。

Landslide risk in Indonesia (Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, 2011)によると、1981年から2007年までのデータから年間49件の地すべりが発生しているとしている。また、"DesInventar"のデータでは、1998年から2009年までで、890件の地すべりが発生して、1,280人の犠牲者を出したと報告している。特にさらにインドネシア地質調査所は、2003年から2007年の地すべりにおいては、1件あたりの死者が32名に達している、としている。いずれにしても1件あたりの死者数が甚大であることが地すべり災害の特徴である。

地すべり発生危険箇所は、まず、地すべりの危険箇所を特定することから調査が始まる。危険箇所に関しては、計器の設置を行い、これらのモニタリングによって発生の予兆を確認する。雨期において、降雨による地すべりの発生が想定される場合は、避難を行って被害を防ぐことが基本的な対策である。これらを徹底するために、PVMBGは、地質的な現象の理解と防災管理が重要との認識から、住民を対象とした効果的な防災教育プログラム(Socialization)を実践している。しかし、ADRC報告文によると、Susceptibly map(地すべり危険区域図)に示される地すべりの「危険性の高い区域」から「中程度に危険度が高い区域」に多くの村落や耕地があり、この中で、住民の活動が行われていることが、地すべり災害がなかなか減少しない原因としている。また、地すべり早期警報システムも、運営資金への支援が無いこと、地域社会での管理運営システムに組み込まれていないこと、定期点検が無く機能しなくなっていること等の問題があることがPVMBG関係者や地元関係者からの聴取で明らかになった。地すべりによる犠牲者を減少させるためにも、これらの定期的な点検、補修やコミュニティ防災の中での防災システムの運営が必要である。Susceptibly map(地すべり危険区域図)が土地利用計画や地域開発計画に活かされていないという事実にも早急な改善が必要である。

仙台防災枠組(仙台防災枠組)では、Increasing the 防災 Investment including structural measuresとして、構造物対策への投資を求めており、重要区域や移転等が難しい区域に関しては、構造物対策が有効である。

以上のインドネシアにおける地すべりの現状、課題、防災戦略、施策、仙台防災枠組におけるグローバルターゲットを踏まえ、課題解決ならびに今後の支援の方向性を以下のように整理する。

表 6-4 地すべり防災分野に関する題解決の方向性、今後の支援の方向性

優先活動2 (Pillar 2) : 災害リスク・ハザードに対する理解の強化	
【方針】 地すべりリスクの把握と効果的な防災システムの確立	
【活動 -1】	地すべり災害リスクの把握
【活動 -2】	地すべり防災システムの改善
優先活動3 (Pillar 3) : 事前防災投資の促進	
【方針】 事前防災投資の促進	
【活動 -1】	災害リスク防止対策への投資
優先事項2 : 組織連携の促進	
【方針】 防災関係機関の協働による防災能力の強化・連携促進	
【活動 -1】	法令による土地利用、居住規制の強化
【活動 -2】	教育現場における防災能力強化
配慮事項 : 気候変動への適応	
【方針】 頻発する地すべり災害への事前対応策	
【活動 -1】	頻発する地すべり災害への事前対応策

(1) 災害リスク・ハザードに対する理解の強化

【方針】 地すべりリスクの把握と効果的な防災システムの確立

前章の課題把握で触れたように、インドネシアでは、地すべり危険区域内に多くの人家や栽培地がある。危険度が高いと判定された区域に関しては、住居や耕作地での栽培を規制するような措置を空間計画でとっていくべきである。現実的な課題としては、これらの計画をすぐ立案に実施することは困難であるため、人家に関しては、移転地を求めて、漸次、家屋移転を進めていくべきである。

地すべり被害は、その地質、土質、地形的特性から、過去にも多くの災害を発生した箇所が繰返し被災する場合も多い、戦略的、長期的な計画の下に、住居の建設を規制する土地利用計画(Spatial plan)の立案が必要である。予算的な制約があり、構造物対策が採用できない区域では、早期警報システムによる防災システムを確立させる

べきである。地すべり早期警報システムは、運営資金への支援が無いこと、地域社会での管理運営システムに組み込まれていないこと、定期点検が無く機能しなくなっていること等の問題があることがPVMBG関係者や地元関係者からの聴取で明らかになった。地すべり災害は、「防ぐことが可能な災害」であり、早期警報システムに関しては、雨量計、伸縮計(Extensometer)、傾斜計(Inclinometer)、間隙水圧計(Piezometer)等の計器を想定される地すべり地区域に設置することにより、発生を防ぐことが可能である。これらの計器、システムの管理、運営は、対象とするコミュニティにより行われるべきである。コミュニティの防災活動に組み込み、累加雨量による基準や設置計器による警報基準、閾値を設定し改定することにより、効率的な警報と避難を行うことが必要である。

(2) 事前防災投資の促進

【方針】 防災投資の促進

前述したように、インドネシアにおける地すべり災害防止対策としては、地すべり危険箇所マップの作成、地すべりモニタリングによる危険箇所の監視、予警報システムによる避難対策等の非構造物対策が主要な対策となっている。擁壁工や排水工等の構造物対策による防止例は少ない。

地すべり災害は、範囲、規模の大きい区域もあり、その事業費を想定した場合は、区域全体への構造物対策を実施することよりも、住居、住民の移転の方が、経済性の面からも有利なことが多い。地すべり対策における防災投資に関しては、特に経済性の観点からの実施を検討することが必要である。

(3) 組織間連携の促進

【方針】 防災関係機関の協働による防災能力の強化促進

Susceptibly map(地すべり危険区域図)が土地利用計画や地域開発計画に活かされていないという事実があり、早急な改善が必要である。防災に関しては、地方防災局の所掌であるが、土地政策、空間利用、開発計画(RPJPD,RPJMD)に関しては、地方政府のBAPPEDAの所掌である。構造物対策の場合は、Dinas PU(規模の大きい場合はBWS)が行うものであり、これらの防災関係機関による連携した対応が必要である。

PVMBGが指摘しているように、防災能力の強化の一環としては、学校教育の中での防災教育の中に、地すべり災害のカリキュラムが加えられるべきである。コミュニティ防災に関しては、地方防災局による講習会の実施、デスクでのシミュレーション演習、現地演習も効果的である。雨季の前に定期的に行うことにより、地すべりに関する防災能力を強化するべきである。

(4) 配慮事項：気候変動への適応

【方針】 頻発する地すべり災害への事前対応策

第4章で述べたように、山林の荒廃、都市化の進展等により社会的な変化や気候変動による既往の災害規模を大きく上回る地すべりの生起も今後、想定される。土砂災害に関連して想定される大きな災害としては、地すべりや斜面崩壊の発生による河川天然ダム形成、斜面崩壊に起因する泥流災害、フラッシュフラッド災害などである。

これらは、いずれも規模の大きい土塊（山体）が崩壊、または、地表が滑る現象であることから、事前に前兆現象（クラック、泥水の噴出、井戸水の異常上昇、地盤の揺れ等）が現れる。また、地すべり被害は、地形、地質特性が似ている地域に繰り返し発生することも多い。監視システムの設置やコミュニティによる前兆現象の監視に基づき、警報の発令と避難行動が基本となる。

被災後は、州政府の支援によりインフラの復興、住宅建設、公共土木施設の復旧等は実施されるものの、将来同様な土砂災害が発生することに対する対策は、ほとんど進まない事例が多い。従って、過去に大きな被害を受けた地域においては、来たる大規模災害に対する備えが必要である。特に、事前対応として、死者の発生を最小限とするための避難センターの設置や発生予測のための雨量計、伸縮計、間隙水圧計等の地すべり早期警報システム(LEWS)の整備を行うべきである。また、危険と判定された地域、集落に関しては、集団移転等の対策も採られるべきである。

6.3.4 海岸防災

高潮は熱低気圧による海面上昇の結果として発生する。海面が数メートル上昇し、同時に起こる激しい風波と併せて沿岸に甚大な人的・物的被害をもたらす。現在の気象条件下では赤道を挟んで南北10度内に位置するインドネシアで高潮が起こる頻度は少ないが、その被害規模を考慮すると、観測と警戒を怠ることなく、いったんそのリスクを察知した場合には予警報をタイムリーに発出・伝達することが重要である。また現在の発生頻度は低いものの、今後の気候変動が高潮発生機構に影響する可能性についても検討を行い、必要に応じて防波堤など沿岸部における施設建設を行う。以上のためには観測・予警報を担当するBNKG、施設を建設するPUPR、そしてそれらを国家開発計画に組み込み、関連省庁を取りまとめるBNPBなどの各機関による連携が重要となる。

海岸侵食に関しては、その被害状況が全く改善されていない海岸が多く残されている。これらの対策についてはある予算内で優先順位をつけながらのプロジェクト実施となる。構造物対策については、今後多くの海岸を整備するための技術者の育成が緊急の課題であり、またインドネシアの自然条件と建設事情にあった技術開発が肝要である。気候変動に起因する波浪規模の大型化に備えた技術の改善も必要になると思われる。構造物対策だけでなく非構造物対策も実施されている。高潮対策と同様、海岸防災に関するBNPBとPUPR、KLHKなどの関連省庁の連携が重要となっている。

表 6-12 海岸防災分野に関する課題解決の方向性、今後の支援の方向性

優先活動2 (Pillar 2) : 災害リスク・ハザードに対する理解の強化	
【方針】	高潮リスク・海岸侵食の現状の把握と気候変動を考慮した高潮予警報システムの設置
【活動 -1】	高潮リスクの把握
【活動 -2】	海岸侵食現状とリスクの把握
【活動 -3】	気候変動を考慮した検討を行い、高潮予警報システムを設置
優先活動3 (Pillar 3) : 事前防災投資の促進	
【方針】	防災投資の促進
【活動 -1】	インドネシア技術基準の作成による構造物対策における質の向上
【活動 -2】	予算確保と優先度をつけたプロジェクトの実施
優先活動6 (Pillar 6) : 組織連携の促進	
【方針】	海岸防災関係機関の協働による防災能力の強化促進
【活動 -1】	関係省庁間の連携の強化、データの共有、コミュニケーションシステムの構築

配慮事項：気候変動への適応	
【方針】	気候変動検討
【活動 -1】	気候変動に起因する高潮発生リスクの把握
【活動 -2】	気候変動に起因する波浪の大型化と海岸侵食リスクの把握

6.3.5 火山防災

火山噴火災害は複合性のきわめて高い自然災害である。水災害、津波などの自然災害であれば水・土砂などの物質移動が災害の主たる原因となる。一方火山噴火は地下にあったマグマが地表に噴出される現象であるので、地表に新たな物質が急激に加わり、さらにその噴出物が地表を移動することにその複雑さがある。

「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プロジェクト詳細計画策定調査(JICA 地球環境部、2014年)」によると、火山災害の問題点は以下のようにまとめられる。

- a. 火山噴火は開始時点で小規模なものであっても、その後、異なる噴火様式へ移行したり、噴火規模が爆発的に増大したりする。そのため、すみやかに避難区域の拡大などにより防災対応を拡充・高度化させなければならないが、噴火活動の発展過程は解明されていない。
- b. 山体に堆積する噴出物は火山灰、火砕流、溶岩流など多様性があり、それぞれその流動のメカニズムが異なる。さらに噴出物塊の崩壊により生じた堆積物やそれによる河床変動が土砂流動を複雑にする。個々の形態の噴出物の移動について予測できても、複合的な土砂移動形態についての研究が進んでいないのが現状である。
- c. 噴火発生後の土砂移動は降雨によって引き起こされることが多い。2010年のメラピ火山噴火では、噴火直後に雨期に入り、頻繁に泥流が発生した。世界的に気候変動が進んだ結果、異常な降雨によりこれまでの経験を超えた土砂災害の危険性が高まっている。
- d. インドネシアにおいては火山噴火の警報レベルを発表するのはエネルギー・鉱物資源省（ECDM）のPVMBGである。噴出物に起因する土石流（ラハール）への対策は公共事業住宅省(PUPR)が行っている。火山灰の大気中の拡散の問題はBMKGにその判断がゆだねられている。他の自然災害でも同じことであるが、火山災害の規模は、その原因となる噴火の規模に大きく依存するので、噴火規模が大きくなれば、省庁間の連携があったとしても、それだけ縦割りの対策はその迅速性と効率性が落ちる傾向となる。

2010年のMerapi火山噴火(Type A火山)では、1億4千万m³の土砂が生産される大規模なものであった。(2010年インドネシア・メラピ火山噴火災害、京都大、防災研年報、2012年)この噴火による間接的な影響として、噴火堆積物によって土石流の頻発し、また洪水規模が増大して土砂氾濫や橋梁・砂防ダムの流失が発生したが、幸いにもこれらによる死者はほとんど無い結果となった。地方政府や住民の土砂災害に対する防災意識の向上が大きな被害を未然に防いだ事例となった。一方では、伝統的な警告信号を信ずるあまり避難しない住民や避難することを拒否して火砕流に飲み込まれた住民もいた。今後これらに関しては、火山噴火リスクの理解が深まるような対応をとることが必要であり、地方政府が進めている、「火山のヒーロー」を育成することによって、科学的な観測、分析に基づく警報が発出され、非科学的な警告サインを撲滅する努力が必要である。

Sinabung 火山のようなType B火山の場合は、長期の休止期の後の突然の噴火となり、噴火活動の予知は困難を伴うことから、緊急観測のための観測計器の設置と観測が必要となる。BNPBの火山噴火関連のWebsite(Status Gunung Api)によると、2018年10月現在では、レベルIII(噴火の可能性あり)の火山として、Agung(バリ)とSoputan(北スラウェシ)が、レベルII(噴火の危険が増している)としては、Merapi(中部ジャワ)、Ili Lewotolok (NTT)、Banda Api (Makalu)が指定されている。

避難に関する構造物対策としては、災害リスク管理の強化の観点から、避難センターの建設と拡充が最も急がれるべきである。前章で述べたように、ジョグジャカルタの場合では、全体人口の9%の充足率であり、今後、継続的な拡充が必要となっている。これらのほかに、ハザード区域に居住を規制する施策も必要であり、これらを含めた、空間計画の策定が重要である。

堆積、流出土砂に対する構造物対策としては、砂防ダム、サンドポケット、流路工等の超過土砂対策が想定される。これらの設置、建設に関しては、大きなプロジェクト経費(100-200億円)の確保が必要となる。インドネシア国の自前財源だけでは、不足であり、ローンプロジェクトによる実施が前提となる。災害対策は応急対応から復興まで緊急を要することから、実行中のローンプロジェクトがある場合は、その変更により対応するという選択肢も検討すべきである。自国予算の場合は、さらに、緊急性のある工事や施工箇所を絞り込んで優先的に対応することが必要である。

砂防ダムに関しては、メラピ噴火の災害の被害調査によると、土石流あるいは火山噴出物を含んで比重が増えた洪水による浸食のために極端な河床低下が発生し、砂防ダム、床固工が破壊する現象が見られた。この破壊がさらに上流部に遡上し、連鎖的に砂防ダムが破壊、破損する現象が発生した。フローティングタイプの基礎構造や過度なサンドマイニングによる極端な河床低下等もその原因として推定される。施設に対する構造的な対策やサンドマイニングに対する監視、管理が今後必要である。

以上のインドネシアにおける火山噴火対策の現状、課題、さらには、仙台防災枠組におけるグローバルターゲットを踏まえ、優先事項と方針を以下のように整理する。

表 6-13 火山災害分野に関する課題解決の方向性、今後の支援の方向性

優先活動2 (Pillar 2) : 災害リスク・ハザードに対する理解の強化	
【方針】	火山噴火リスクの把握と効果的な防災システムの確立
【活動 -1】	火山噴火リスクの把握
【活動 -2】	効果的な防災システムの確立
優先活動3 (Pillar 3) : 事前防災投資の促進	
【方針】	防災投資の促進
【活動 -1】	老朽化施設の改良と更新
【活動 -2】	火山活動監視設備への効果的な投資
優先活動6 (Pillar 6) : 組織連携の促進	
【方針】	防災関係機関の協働、防災インフラ整備による防災能力の強化促進
【活動 -1】	防災インフラの強化と防災組織間の連携強化
【活動 -2】	継続的な火山観測の実施
配慮事項：過去の噴火規模を超える噴火への対応	
【方針】	過去の噴火規模を超える噴火対策の検討
【活動 -1】	想定を超えた火山災害対策の検討

(1) 災害リスク・ハザードに対する理解の強化

【方針】 火山噴火リスクの把握と効果的な防災システムの確立

火山現象としては、多くの現象が想定されるが、主要なものとしては、土石流・泥流、噴石、降灰、火砕流、溶岩流が主要な現象として考えられる。各火山で作成されたハザードマップは、過去に発生したこれらの火山現象を元に、その火山特有に発生し得る火山現象(災害要因)とその影響範囲が示されている。ハザードマップは、各火山において作成、準備されており、リスク管理は、このハザードマップを基本として行うべきである。

リスク管理の中では、前述したように、伝統的な警告信号を信ずるあまり避難しないで被害を受けた事例もあることから、火山噴火リスクの理解が深まるような対応をとることが重要である。科学的な観測、分析に基づく警報が発出され、非科学的な警告サインを撲滅する努力が必要である。

効果的な防災システムの確立が望まれるが、予警報システムが効果的に機能する火山現象は、降雨に起因する災害である土石流と泥流を対象としたものが一般的である。他の火山現象に関しては、予警報システムが機能しないことから、別途、事前の避難警報の発令や立入禁止区域の設定、住居移転等の対策が必要となる。

コミュニティ防災に関しては、地方防災局による講習会の実施、机上でのシミュレーション演習、現地演習が効果的であり、雨季の前に定期的にも実施されるべきである。火山災害は、噴火の影響範囲が広いこと、避難が長期に亘ること、噴煙、降灰などの場合は、これらに起因する疾病が多く発生することから、BNPB、地方政府、対象コミュニティと支援するNGO間の連携・協力による復旧、復興活動が重要である。

(2) 事前防災投資の促進

【方針】事前防災投資の促進

MerapiならびにKelud火山区域のJICAプロジェクト実施区域では、1980年代に施工された砂防施設に関して、改良、更新の必要性が生じている。通常砂防施設はメンテナンスフリーを前提として設計・設置され、維持管理や補修は考慮されていないが、補修工事を実施することによりその貯砂効果を回復・更新できる。具体的な施設劣化の事象としては、砂防ダムやサンドポケットの貯砂容量が減少していること、構造物(ダム本体、流路工の堤防損傷)が老朽化していることなどである。Merapi火山の現地調査の際には、2010年の災害によって破壊された砂防ダムが見られた。その原因としてダムに使用した骨材や施工方法の問題が想定されるが、30年以上経過したという経年による老朽化も考えられる。

砂防ダム、サンドポケット、流路工等が構造物対策として想定されるが、これらの建設には大きなプロジェクト経費(100-200億円)の確保が必要となる。これに関してはMerapi火山噴火における緊急復旧工事対応で実施したような実行中のローンの変更により対応することも必要である。

メラピ山の災害の被害調査によると、極端な河床低下により砂防ダム・床固工が破壊する現象が見られた。これは砂防ダムの基礎がフローティングタイプの基礎構造となることによるものである。これに関しては技術的な改良を行い、河床低下に対応可能な「基幹砂防ダム(Key SABO Dam)」の建設などの工夫が必要である。

噴火時の財政支援としては、Kelud火山の噴火災害の教訓として、IFRC(国際赤十字)は、食糧や食糧以外の救援物資の現金送金(Cash Transfer Programming, CTP)の実施を提言している。CTPの適切な活動が地域経済を刺激し、早期の地域経済の復興に結びつけることも必要である。

多くの火山砂防区域では、火山噴出物のサンドマイニング(建設骨材掘削)が実施されている。土砂を建設資材として売買することにより、雇用を創出し、地元経済の振興にも貢献している。このサンドマイニングは一部の区域では、適切な掘削基準を守らずに砂防施設の崩壊につながるような掘削をする事例がある。地元政府による適切な管理計画の策定と指導が望まれる。

火山活動のモニタリングは、PVMBGによって優先順位をつけて実施されている。火山活動が活発な火山に関しては継続的なモニタリングのための計器、長期の休止後の火山噴火に関しては緊急的なモニタリング機器の設置と観測が必要である。これらに関する継続的な投資が今後も必要である。

(3) 組織間連携の促進

【方針】 火山防災関係機関の協働、防災インフラ整備による防災能力の強化促進

火山噴火への対応は、地方政府の地方防災局が主導的に災害対応のマネージメントを行い、大規模な場合は、中央政府のBNPBが主導的な立場となって、地方政府の災害対応のマネージメントを行うこととなっている。火山噴火の場合は、避難する以外に被害を軽減する方法は無く、その受け入れ先である避難シェルター・避難センターの収容能力が被害の多寡を左右する。ジョグジャカルタ特別州の地方防災局によって整理された15km圏内の人口、避難所収容可能人数に関する資料によると、収容箇所数 9箇所、5,300人の収容能力に対して、対象人口は、56,400人余であり、充足率は9%にとどまっている。同特別州の居住人口が多いことが問題であるが、これらの収容人数が大幅に不足していることはさらに大きな問題であり、早急な増設が必要である。避難所に関しては、JICA評価レポートで指摘されているように通常時の管理が不十分で、ドアや窓が壊れている避難所が散見されるとのことである。これらに関する対応が必要である。(FY2016 Ex-Post Evaluation: Urgent Disaster Reduction Project for Mt. Merapi/Progo River Basin and Mr. Bawakarareng)

既往の火山災害における死者の発生は、直接噴火によるものがほとんどであり、災害予防に重点を置いたハザードマップの作成に関しては、避難計画の策定に重点が置かれるべきである。ジョグジャカルタ特別州の地方防災局からは、日本の桜島火山ハザードマップのような避難経路や避難所を記載した「総合的なハザードマップ」の作成に関しての支援要請があった。同時にラジオによる警報連絡システムの導入に関しても、技術的支援を含めた導入の要請があり、今後の対応が課題である。

火山観測に関しては、Merpai火山(ジョグジャカルタ)に関しては、十分な予算の確保により観測機器が整備され、24時間体制でのモニタリングが実施されている。バリ島のAgung火山に関しては、PVMBGの関係者によると、モニタリングポストから観測センターのデータがPVMBGに転送され、その動静を判断しているとのことである。火山噴火への十分な避難対応が取れるように、必要な観測予算を確保することにより、火山活動の継続的なモニタリングを実施し、防災能力を強化していく必要がある。

(4) 配慮事項：過去の噴火規模を超える噴火への対応

【方針】 過去の噴火規模を超える噴火に対する防災シナリオの検討

第4章で述べたように、火山噴火の規模は、火山爆発指数(VEI)で示すことができる。GVP(Global Volcanism Program)によると、VEI=4以上が「大噴火(Cataclysmic)」と定義され、2010年のMerapi火山と2014年のKelud(Kelut)火山の噴火が、VEI=4と評価される。インドネシア国内において過去100年程度(1910年)までにさかのぼった場合、VEI=4以上の規模の噴火は8回発生している。このうちVEI=5(超大噴火(Paroxysmal))は、1963年のAgung火山だけである。VEI=4の場合の火山噴出量は、1億 m^3 程度、VEI=5の場合は、さらに1オーダーの増加で10億 m^3 とされている。多量な噴出物による死者数の増大が想定され、噴火時の対応が重要となる。

火山噴火時における防災対応の流れは、火山観測・分析に基づく、噴火予知に始まり、噴火情報を伝達し、避難のための防災行動を取るまでとなる。噴火予知は、将来的にさらに精度が高まると期待されるとは言え、まだ不確定な要素が多い。他方、防災行動は、被災者の行動が完了するまでの経過時間に関わる問題であり、噴火予知とは異なった技術体系となるが、迅速な行動を取ることで災害を逃れることが可能となる。

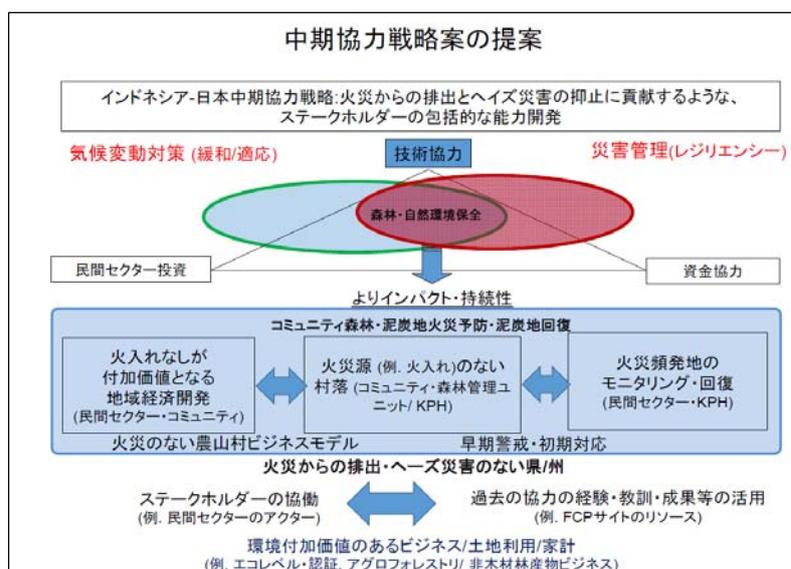
避難対策としては、ハザード区域外への退避やハザード区域内でのシェルターなどの施設への退避などいくつかの方法が考えられる。想定を超える噴火規模の場合は、ハザード区域を超えた広域的な避難計画の策定が必要である。広域的な避難においては、噴火予知、噴火活動監視（PVMBG）から情報伝達（BNPB）、防災行動（地方政府）に至るまでのステークホルダー間の連携、連絡が特に重要である。周辺に都市区域を抱えるMerapi火山（Jogjakarta）、Kelud火山（Kediri）、Agung火山（Denpasar）では、地方政府における“県境を越えた広域防災計画”の策定が必要である。広域防災計画の策定においては、過去の噴火の履歴、事例から想定される火山の事象（土石流・泥流、噴石、降灰、火砕流、溶岩流）を特定する。特定した頻度の高い事象についてのそれぞれの避難シナリオを想定した避難計画を策定する必要がある。

6.3.6 森林・泥炭地火災防災

2017年のJICA調査（インドネシア国森林・泥炭地火災に係る情報収集・確認調査）で、森林・泥炭地火災対策協力にかかる中期戦略（案）が下図のように提案されている。「インドネシアにおける火災からの排出とヘイズ災害の抑止に貢献する、ステークホルダーの総合的な能力開発」を中期協力戦略とする。短期間で効率的に広域に持続的にインパクトを発揮する効果的な協力を行うため、以下のような基本方針（案）による戦略を設定する。

- 1) 気候変動対策面と防災面の両面の視点の融合を図る。
- 2) 技術協力だけでなく、民間セクター投資や資金協力との連携を図る火災予防と泥炭地回復のための協力戦略として、以下を重視する。
 - a. これまでの経験と教訓を生かし、火災の原因を抑止するコミュニティ火災予防を中心とする。
 - b. 火災頻発地に火災発生は集中する傾向にあるため、火災頻発地の回復とモニタリングを促進して、早期警戒と初期対応を迅速化する。
 - c. 火入れのないことが付加価値となるように産業界の注目を得るために、火入れのない農村ビジネスモデルの開発に取り組む。
 - d.

上記戦略の推進にあたっては、これまでの経験と教訓を有効に生かすとともに、民間セクターなどのステークホルダーとの連携を図り、ビジネス、土地管理、家計などにおける付加価値創出による火災予防・泥炭地回復の効果が定量的に見えるように努める。



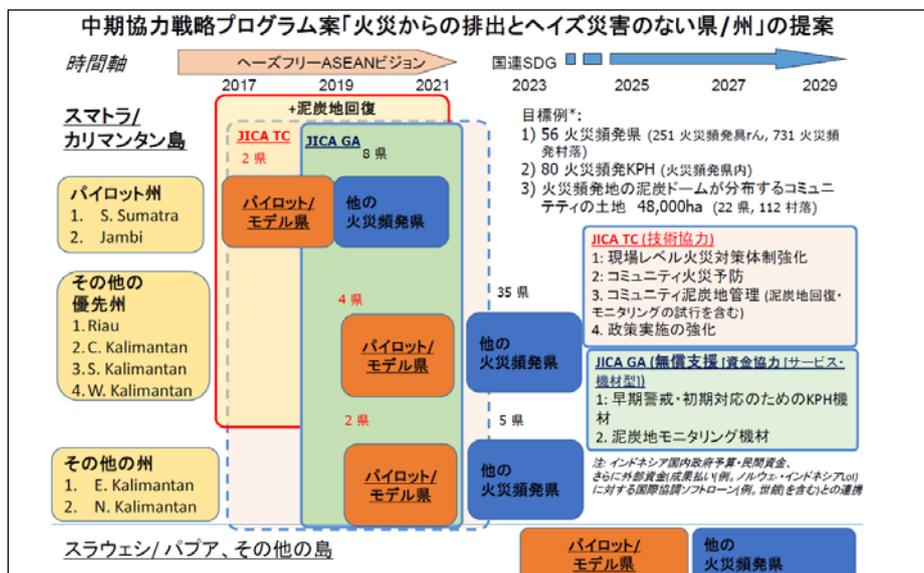
Source ; インドネシア国森林・泥炭地火災に係る情報収集・確認調査 JICA ミッション 2016

図 6-5 森林・泥炭地火災対策協力における中期的な戦略（案）

上記の戦略を具体的に適用した、森林・泥炭地火災対策協力にかかる中期プログラム(案)を下図のように提案する。

「火災からの排出とヘイズ煙霧災害のない州・県」を中期協力プログラムとする。シンガポール・マレーシアなど ASEAN 隣国への影響面から、スマトラ島とカリマンタン島の火災対策優先 10 州の 56 火災頻発県(731 火災頻発村落)と関係する 80 火災頻発 KPH を対象とする。短期間で効率的に広域に持続的にインパクトを發揮できる効果的な協力を行うために、以下のようなアプローチによる戦略を設定する。

- まず各州で火災予防のモデル県を立ち上げるプログラムを開始する。
- その後、各州で、火災予防モデル県と同様のプログラムを他の火災頻発県で行う。
- 以上により、ヘイズ災害のない ASEAN ビジョンの期間が終了するころまでには、各州の主要な火災頻発箇所を減少させる。



Source ; インドネシア国森林・泥炭地火災に係る情報収集・確認調査 JICA ミッション 2016

図 6-6 森林・泥炭地火災対策協力における中期的な戦略プログラム案

インドネシアはASEAN2015ビジョンにおいて、ヘイズ災害対策・火災や荒廃地からのGHG排出の抑制・生態系の回復に取り組んできた。特に、近隣国のシンガポールやマレーシアにヘイズ害等を引き起こしやすい立地の泥炭地について、優先7州（リアウ州、ジャンピ州、南スマトラ州、西カリマンタン州、中央カリマンタン州、南カリマンタン州、パプア州）として区分し、重点的に対策を講じてきた。

ポストASEAN2015ビジョンでは、引き続き再湿地化やコミュニティの防災能力の強化等、防災に焦点をあてた取り組みが期待される。森林・泥炭地火災防災の分野の課題及び上記「火災からの排出とヘイズ災害のない州・県」の中期協力プログラムの内容を整理すると以下ようになる。

表 6-14 森林・泥炭地火災防災における優先事項

優先活動2 (Pillar 2) : 災害リスク・ハザードに対する理解の強化	
【方針】 これまでの経験と教訓を生かし、火災の原因を抑止するコミュニティ火災予防を中心とする	
【活動 -1】	消火機材の有効活用・消火戦術の向上
【活動 -2】	現場の巡回パトロール
優先活動3 (Pillar 3) : 事前防災投資の促進	
【方針】 再湿地化の促進	
【活動 -1】	堰の建設
【活動 -2】	再湿地化実施者の活動のまとめ
【方針】 火災頻発地の回復とモニタリングを促進・早期警戒と初期対応を迅速化	
【活動 -1】	火災発生危険度予報システム
【活動 -2】	火災発生早期検知システム
【方針】 火入れのないことが付加価値となるような火災予防手法の活用	
【活動 -1】	FCP 村落ベース火災予防手法の活用
優先活動6 (Pillar 6) : 組織連携の促進	
【方針】 森林・泥炭地火災対策組織・体制の強化	
【活動 -1】	役割の明確化
【活動 -2】	森林・泥炭地火災対策能力の向上
【方針】 泥炭地回復に係るステークホルダーの総合的な能力開発	
【活動 -1】	泥炭地荒廃対策局 (PKG)、泥炭地回復庁 (BRG)、公共事業・国民縦郭省低地課 (PUPR) における泥炭地回復対策の整理

(1) 災害リスク・ハザードに対する理解の強化

【方針】 これまでの経験と教訓を生かし、火災の原因を抑止するコミュニティ火災予防を中心とする

これまでは消火機材の整備など、災害に備える (Preparedness) 消火など火災発生時対応が中心であったが、近年は火災発生の未然防止のための予防 (Preventive) に重点を置き始めている。その中で、早期警戒には2つの取組があり、一つはステークホルダーの能力向上と現場のパトロール等予防に関する活動であり、もう一つはHSの機械による早期発見、モニタリングが考えられている。HSの機械による早期発見、モニタリングについては後述の方針 で考察する。

ステークホルダーの能力向上と現場のパトロール等予防に関する活動に関しては、現政権の設立後、軍隊、警察が積極的に森林土地火災対策に参加するようになった。しかしながら消火機材や専門的な消火訓練の経験を有していない軍隊や警察が消防署と共同することで消防署の作業効率が低下するという一面がある。そのため、消火機材を有効に活用できる適正な消火戦術の能力向上が課題となる。また、一方で火災の情報が効果的にターゲット (火災予防や初期消火の当事者など) に伝達されていないため、効果的な消火活動ができていないという問題があり、これを解決することが優先課題となっていた。これを受け、FCPの村落火災予防ファシリテーションチーム (TPD) によるアプローチを応用し、現場にいるステークホルダー6名でパトロールする、総合パトロール事業が開始された。パトロールにおいては、Poskoと呼ばれる村落レベルの火災対策指揮オペレーション・ルームを設置し、村落レベルの火災危険情報を伝達するハブとした。さらに、MPAと呼ばれる火災予防住民グループも活動し、その役割も重要となってきている。

(2) 事前防災投資の促進

【方針】 再湿地化の促進

泥炭地が乾燥することによって火災が起きやすいという理由から、過去にも泥炭地を再湿地化してきた動きがある。方法としては泥炭地の地下水位を上昇させ、そこから排水される水を利用して泥炭地を再湿地化する。

特に、優先7州では関係機関により実施されており、それらは水を堰き止める堰の建設をもって行われている。JICAの「インドネシア国 森林・泥炭地火災に係る情報収集・確認調査 ファイナルレポート2017年5月」によると、環境林業省、泥炭荒廃対策局、UNDP、CIMTROP/UNPAR、公共事業・国民住宅省低地課、コンセッション所有者等がそれぞれ堰の建設を行っており、特に箱型堰の被層シートパイル型が多く建設されている。この方式は、コンクリート製の堰や、泥炭アース型の堰と比べ、村落住民の協力があれば、比較的短時間・低コストで作成できる利点がある。この方式は木材・砂等を用い数週間から1か月程で作成でき、費用も一基あたり5,000USD程で済む。しかし長期間持続するものでないため定期的な建て替え等が必要となり、また、建設にあたってはボートの通れる余水路が必要となる等、課題も残る。各機関の活動の詳細については以下のとおりである。

表 6-15 インドネシアにおける泥炭地の再湿地化に係る活動の事例

実施者	場所	概要
MoEF (ASEAN 泥炭林プロジェクト(APFP)を通じて)	リアウ、中央カリマンタン、西カリマンタン	- 2014年に被層シートパイル型ダム(箱型ダム)を4州においてモデルプロジェクトとして建設した。
PKG	リアウ、中央カリマンタン、西カリマンタン	- 5ヶ年計画(RENSTRA)に基づいた荒廃泥炭地復旧モデル事業による建設。 - 2015年に政府予算を用いて被層シートパイル型ダム(箱型ダム)を3州5サイトにおいて建設した。 - 2016年には、5州で80カ所のダムを建設する予定。
UNDP	リアウ、ジャンビ、南スマトラ、西カリマンタン、中央カリマンタン	- コミュニティが参加して被層シートパイル型ダム(箱型ダム)を建設。 - 3州23村に89個の被層シートパイル型ダム(箱型ダム)を建設 - 1州に30セットのポンプを設置するとともに、4州で118個の深井戸を掘削。 - 2016年8月現在、ジャンビでは活動が実施されていない。
CIMTROP/UNPAR	中央カリマンタン	- 被層シートパイル型ダム(箱型ダム)を中央カリマンタン州カラパンガン試験地にモデル事業として建設。
公共事業・国民住宅省(PUPR)	中央カリマンタン	- 中央カリマンタン州のメガライスプロジェクト跡地に、2013年に、コンクリート製ダムならびに被層シートパイル型ダムをパイロット事業として建設。 - 中央カリマンタン州メガライスプロジェクト跡地回復再活性化マスタープランに基づき、2015年に、コンクリート製ダムならびに被層シートパイル型ダムの建設。 - 以前CIMTROPが建設した被層シートパイル型ダムが劣化したため、2016年に、同地点に、被層シートパイル型ダムを建設。 - 2017年には、中央カリマンタン州メガライスプロジェクト跡地回復再活性化マスタープランに基づいて、4カ所にコンクリート製ダムを建設する予定。
コンセッション所有者	リアウなど	- 泥炭アース型ダムを民間コンサル企業(デルタスなど)の協力のもと、建設した。 - Riau Andalan Pulp&Paper(RAPP)およびSinarmasは、自社のコンセッション地内の、主水路に、500m間隔で堰を建設している。

Source : JICA インドネシア国 森林・泥炭地火災に係る情報収集・確認調査 ファイナルレポート2017年5月

【方針】 火災頻発地の回復とモニタリングを促進・早期警戒と初期対応を迅速化

早期警戒システムには、火災発生危険度予報システム(BMKGが所管)と火災発生早期検知システムLAPAN等がある。環境林業省と国家防災庁はこのシステムのユーザーとして位置する。

火災発生危険度予報システムは、FDRS(Fire Danger Rating System)と呼ばれ、地上の気象観測所のデータを基に火災危険度を算出している。気温、相対湿度、風速、24時間雨量(177地点)等を用い、FWI(Fire Weather Index)を算出する。これは国・州レベルの情報共有に使われており、BMKGのウェブサイトやFAX、SNSで各機

関に配信されている。一方で、FDRSとは別にマンガラアグニ（消防隊）が独自に気象データを収集し、県・村レベルの予警報を算出する等、類似のシステムが別々に運用・活用されている側面もある。さらに、FDRS（Fire Danger Rating System）の課題としては、177地点の気象観測施設が全土に均一に配置されていないこと、森林や泥炭地から離れた場所にFDRSが設置されることが多いこと、地上バイオマスについての検討がされていないこと、季節的な火入れ（人的な火入れ）までは考慮できないこと等があげられる。

火災発生早期検知システムは、LAPANがHS情報を取得し、そのデータを環境林業省に提供している。環境林業省は運営するSiPongiを通じてHS情報を発信しているが、実際のHSや火点の検知には、衛星の撮影頻度、解像度が重要となる。HSの検知後、マンガラアグニが出動し、検証アプリケーションであるHS Verifierで火災の確認をする。一方で、LAPANの抱える課題としてはHS検知の精度と衛星MODISの残りの耐用年数が問題と認識されている。さらに、現場の認識している課題としては解像度1kmでは初期の火災を検知できないことがあり、これらの課題の改善方法として、より精度の良い衛星との連携等が考えられる。

【方針】火入れのないことが付加価値となるような火災予防手法の活用

JICAが行ってきた過去の実績として、FCP及びTPD手法がある。対象州のリアウ州と西カリマンタン州においてマンガラアグニや住民グループ等で構成される村落ファシリテーションチーム（TPD）による村落火災予防活動を展開した結果、住民による火入れおよびホットスポット数が減少した。TPDモデルの概要については以下に示す。

環境林業省はFCPで開発されたTPDモデル、さらにマンガラアグニの村落コミュニティとの協働パトロールを創設しており、2016年32号土地森林火災対策に関する環境・林業大臣令では、TPDの定義化がされている。地域全体でTPDモデルのみで火入れ行為を変容させることは難しいが、特定の村落、特定の時期、火入れ頻度など特定の場合に効果を発揮している。TPDモデルがより活性化するためには経済面の向上を目的としてグループ強化に重点を置くことが重要である。インドネシア側からは、県レベルなど広域で火災予防効果が示せる、より効果的な手法開発のニーズもあがってきている。



Source: JICA インドネシア国 森林・泥炭地火災に係る情報収集・確認調査 ファイナルレポート 2017年5月

図 6-7 TPD モデルの概要

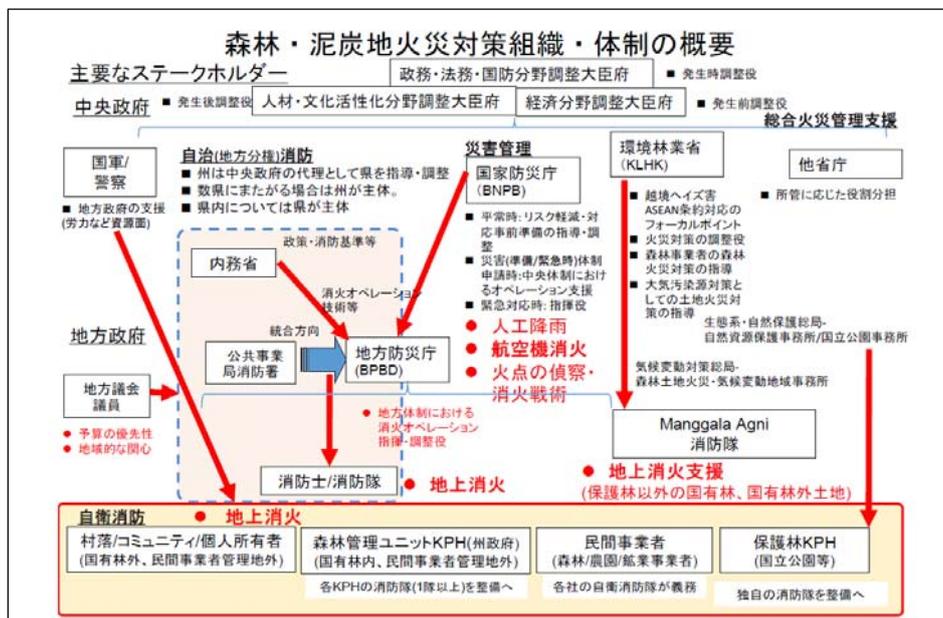
(3) 組織間連携の促進

【方針】 森林・泥炭地火災対策組織・体制の強化

インドネシアでは地方分権が進んでいる。火災は災害と位置付けられ、担当の機関・ステークホルダーが広範囲にわたる。そのため、それぞれの役割の明確化と整理、さらにそれぞれのステークホルダーにおいては森林・泥炭地火災対策について能力を向上させ、体制を強化することが必要である。

インドネシアの災害を管理しているのは国家防災庁（BNPB）であり、平常時は災害リスクの軽減・防災への備えを行い、災害時には中央体制におけるオペレーションを担い、緊急時には現場の指揮を行う。また、国家防災庁は人工降雨、航空機消火、火点の偵察・消火戦術に長けている。地方防災庁と内務省の消火オペレーション、公共事業局消防署のもとに地方防災局が設置され、消防士・消防隊が組織されている。一方で、地方分権によって自衛消防が別途組織されており、各土地の使用管理者が管理を行うこととなっている。加えて、火災は災害と位置付けられることから、地方首長が災害準備申請・災害緊急申請を行うことで地方防災庁や国家防災庁に権限が集中し、指揮系統として機能する。

一方で、総合火災管理アプローチの一環として、大統領指導で各省庁が所管に応じて火災予防を支援する体制がある。特に環境林業省（MoEF）には多様な業務が集中しており、通常時の火災対策の調整役、越境ヘイズ ASEAN条約のフォーカルポイント、環境省、林業省としての火災対策指導等をおこなっている。さらに、保護林の自衛消防隊として発達してきたマンガアラグニ（MA）と呼ばれる環境林業省消防隊は、森林・土地火災対策を全面的に支援する消防隊として変容を遂げ、昨今の地上消火で活躍している。



Source: JICA インドネシア国 森林・泥炭地火災に係る情報収集・確認調査 ファイナルレポート 2017年5月

図 6-8 森林・泥炭地火災対策に関するステークホルダーの概要 (2016年12月時点)

【方針】 泥炭地回復に係るステークホルダーの総括的な能力開発

泥炭地の管理に係る主要な機関が3つあり、それぞれ泥炭荒廃対策局（PKG）、泥炭地回復庁（BRG）、公共事業・国民住宅省低地課（PUPR）である。特にこの3機関の能力を強化し、協力関係を強めることでより効果的な泥炭地回復を図ることが必要である。

PKGは、旧環境省・林業省の合併により組織された。国内での泥炭地の回復活動及びモニタリングが主な活動である。対象は全国の泥炭地で、コンセッション地ならびにコミュニティ所有の土地も対象となる。BRGは、大統領令2016年1号により設立され、5年間泥炭地の管理・回復を担うとされている。関係省庁と連携し、主に優先7州の泥炭地回復を行うことがミッションである。公共事業・国民住宅省低地課（PUPR）は国内の泥炭地の回復に関わる実施者の一つであり、灌漑低地局低地課が泥炭地を含む低地湿地地帯の保護・維持管理のミッションを担う。

さらに、これら3つの機関の他に、地図作成や衛星データの取得を行う土地空間情報局、土壌調査や泥炭の深さの地図への落とし込みなどを行う農地資源研究開発センター、コミュニティの所有地等の異なるスケールの土地状態の地図への落とし込みを行う国土庁等がある。

第7章 防災リスクインデックス（サブ・インデックス）の改訂検討（案）

7.1 リスクインデックスの現状と課題

インドネシア国家のDisaster Management Master Plan（2015-2045）であるIDMMPの目標達成度としてRisk Index（以下、RI）の数値が掲げられている。そのため、この評価、数値の低減が政策的に重要であり課題となっているが、RIを所管しているのはBNPBであることから、現行のRIの評価内容は、BNPBが実施可能なCapacityの向上に重点が置かれている。例えば、防災インフラの整備は防災事前投資として効果は大きいですが、主にPUPRの所掌でもあることから、防災インフラ投資額の割にはRIの低減にあまり効果が反映されていない状態となっている。

RIの現状の課題はライン省庁の能力不足、省庁間技術連携・情報共有、所掌・責任等の要因が複雑に関与し、簡単に解決できるものではないが、防災に向けた重要な指標となるため、防災インフラ投資効果を適切に反映した指標にするなど、中長期的に改善されていくことが望まれる。本章では、その改善方法についての検討案を参考として整理する。

7.1.1 リスクインデックスの現状

7.1.1.1 リスクインデックスの算出方法

インドネシアにおけるRIはRBI¹⁴⁹内で、Hazard, VulnerabilityおよびCapacityの3つのIndexから下式のとおり定義されている。RIはKota/Kab.単位で算出され、以下の10種の災害種を対象にして算出されている；地震・津波・火山・洪水・地すべり・干ばつ・森林火災・異常気象・高波および海岸浸食・鉄砲水。

$$\text{Risk Index} = \frac{\text{Hazard} \times \text{Vulnerability}}{\text{Capacity}}$$

(1) Hazard

HazardはRBIで災害種ごとに算出方法がフローチャートで示されており、例えば洪水であれば図7-1の通りである。データソースとして地形データ（DEM）と河川の流路データを使用している。地形データから各メッシュの傾斜角と傾斜方向を算出し、河川の流路データから河川勾配が15%以下かつ河川から300m以内の地域を抽出している。この2つのデータから洪水危険地域を抽出しFlood Hazard Indexを算出している。

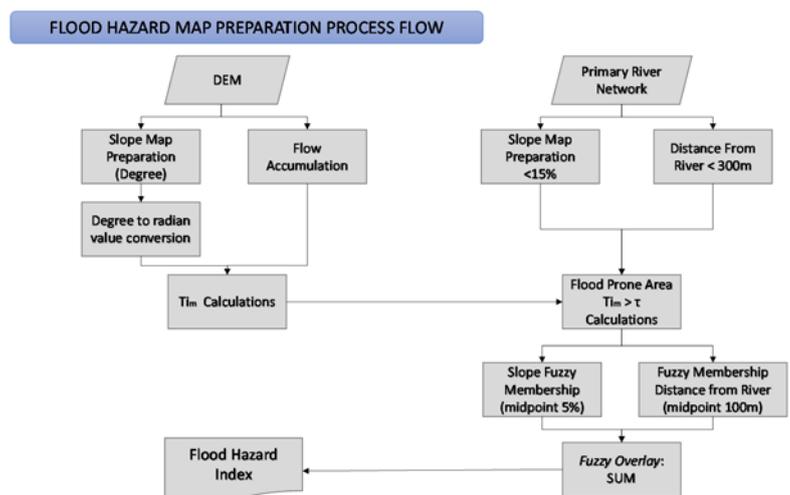


図 7-1 洪水の Hazard 評価方法

¹⁴⁹ BNPB (2016), RISIKO BENCANA INDONESIA

(2) Vulnerability

Vulnerabilityは表 7-1に示す通り社会的、物理的、経済的および環境的脆弱性の4点を評価することにより、Vulnerability Indexが算出されている。社会的脆弱性は人口密度・男女比・社会的弱者人口比および身体障がい者人口比で構成される。物理的脆弱性は想定家屋被害額・想定公共施設被害額および想定重要施設被害額で構成される。経済的脆弱性は想定農地被害額およびGRDP額で構成される。環境的脆弱性は人工林・天然林・マングローブ林・雑木林および湿地の面積で構成される。

表 7-1 Vulnerability を評価する 4 要素

Vulnerability	Parameter	Ratio
Social Vulnerability	Population Density	60%
	Sex Ratio	10%
	Vulnerable Age Group Ratio	10%
	Poor Population Ratio	10%
	Handicapped Population Ratio	10%
Physical Vulnerability	Housing	40%
	Public Facilities	30%
	Critical Facilities	30%
Economic Vulnerability	Productive Land	60%
	GRDP	40%
Environmental Vulnerability	Protected Forests	Depending on disaster type
	Natural Forests	
	Mangrove Forests/mangroves	
	Bushes	
	Swamps	

災害種ごとにVulnerabilityの4つの要素の重みづけは異なっており、洪水であれば社会的脆弱性が40%、物理的脆弱性が25%、経済的脆弱性が25%、環境的脆弱性が10%という重みづけである。一方で地震は社会的脆弱性が40%、物理的脆弱性が30%、経済的脆弱性が30%という重みづけとなっている。

(3) Capacity

Capacityは、BNPBが発行している71Indicatorの質問票¹⁵⁰に回答することで各Kota/Kab.のCapacity Indexが算出される。71Indicatorは表 7-2に示すように7つのPriority項目に分類されている。「防災と緊急時対応の強化」のIndicator数が24個と全体の3割以上を占めており、これまでレスポンスを中心に活動してきたBNPBが主体となって実施可能な項目数が多いことがわかる。

表 7-2 71Indicator の 7 つの Priority 項目

Priority	Number of Indicator
1 Strengthening the Policy & Institution	9
2 Risk Assessment and Integrated Planning	4
3 Development of Information System, Education & Training and Logistic	13
4 Thematic handling for disaster prone area	5
5 Increasing the effectiveness of Prevention and Mitigation	12
6 Strengthening the Disaster Preparedness and Emergency Response	24
7 Development of disaster recovery system	4
Total	71

¹⁵⁰ BNPB (2016), QUESTIONER PENILAIAN KAPASITAS DAERAH 71 INDIKATOR

71個のIndicatorはそれぞれ4つのYes/Noの質問から構成されており、計281個の質問に回答する必要がある。4つの質問は図 7-2のような構成となっており、各Indicatorの最初の質問は一般的な質問であり、質問を進めていくほどに特定のな内容となっている。また、質問はYesを選択した場合のみ次の質問に進み、Noを選択した場合はそのIndicatorのそれ以降の質問には回答しないこととなっている。また各Indicatorの評価は表 7-3の通り1点～5点となっている。

Indicator 1 防災に係る地方条例(PERDA)

Indicator	No	質問内容	回答		回答根拠
			Yes	No	
1	1	防災に係るPERDAが制定されているか (Noの場合は次のIndicatorの質問へ、Yesの場合は次の質問へ)	↓		一般的
	2	PERDAは他の防災関連規則と整合がとれているか (Noの場合は次のIndicatorの質問へ、Yesの場合は次の質問へ)			
	3	PERDAは防災活動の実施について言及しているか (Noの場合は次のIndicatorの質問へ、Yesの場合は次の質問へ)			
	4	PERDAは他の地域計画へ採用されているか			

図 7-2 Indicator No.1 の4つの質問

表 7-3 各 Indicator の評価方法

1点	→	No.1の質問が“No”の場合
2点	→	No.1の質問が“Yes”で、No.2の質問が“No”の場合
3点	→	No.1-2の質問が“Yes”で、No.3の質問が“No”の場合
4点	→	No.1-3の質問が“Yes”で、No.4の質問が“No”の場合
5点	→	No.1-4の質問すべてが“Yes”の場合

71Indicatorの質問票のアウトプットとして、Priority項目ごとにCapacity評価が行われる。Priorityの項目ごとに値が算出される目的は、地方組織が現状どの項目を満たしているか、今後注力すべき課題がどこかを理解するためである。図 7-3は2017年のマナド市のCapacity評価結果であり、Priority4.の災害脆弱地域における具体的な措置及びPriority7.の災害復旧システムの発展は充実しているが、Priority1.の防災規則や法令の強化が課題であることがわかる。

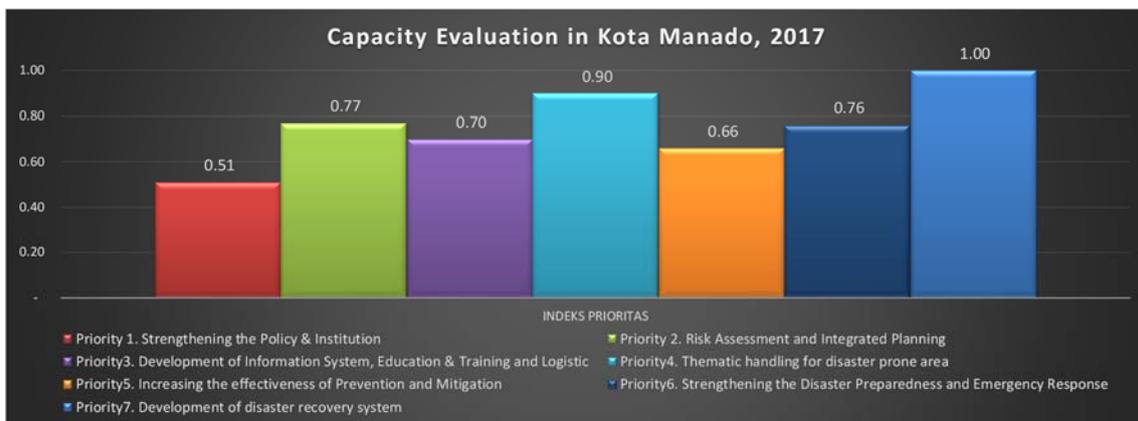


図 7-3 2017年マナド市の Priority ごとの Capacity 評価

7.1.1.2 リスクインデックスによる評価結果

IDMMP内で、経済成長の中心かつ、RIの値がHigh/ Moderateの値である136のKota/Kab.が優先都市として設定されている。2017年11月にはBNPB主催のフォーラムグループディスカッションが3日間開催され、優先都市である136のKota/Kab.の関係者が召集され、各都市のCapacity評価が実施された。フォーラムに参加したBAPPEDA Kota Manadoの職員によると、各Kota/Kab.の関係者はCapacity評価のために71IndicatorのYes/No質問票に回答し、その解答とBNPBが算出したHazardおよびVulnerabilityの値を用いて各Kota/Kab.のRIの値を算出したとのことであった。同イベントは2018年11月にも開催予定である。

RIは10個の災害種を対象とし、災害種ごとに算出されている。一例として、洪水と津波のリスクマップを図7-4に示す。津波のハザードマップはアチェ州と東ヌサテンガラ州の沿岸部で中程度のリスクとなっている。

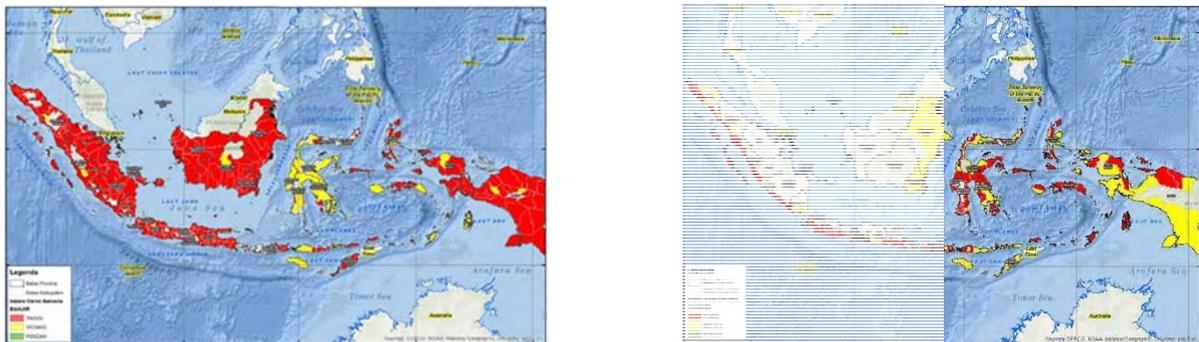


図 7-4 リスクマップ(左:洪水、右:津波) (IRBI 2013, BNPB)

災害種ごとに算出されたリスクをKota/Kab.の行政界ごとに積算し、図7-5のマルチハザードリスクマップを作成している。RIはインドネシアの497 Kota/Kab.を対象として算出されており、全体の78%にあたる388 Kota/Kab.でRIがHighの値となっている。行政界ごとのマルチハザードRIのスコアを比較すると、西ジャワ州のチアンジュル県の250が最も高いスコアであり、一方でパプア州の中央マンベラモ県が45と最も低い値となっている。

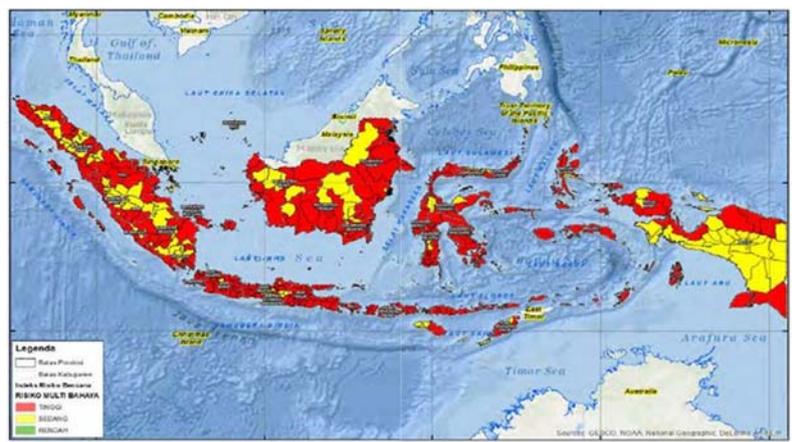


図 7-5 マルチハザードリスクマップ (IRBI 2013, BNPB)

各災害種のRIをマルチハザードに積算する際には、各ハザードの脅威レベルを考慮して、発生頻度とハザードの予警報の可用性により重みづけを図7-6のように行っている。発生頻度が高く予警報の適応が難しい地すべりは重みづけが最も大きくされている。また予警報が比較的適応可能であり、発生頻度が低い火山噴火は重みづけが低くなっている。

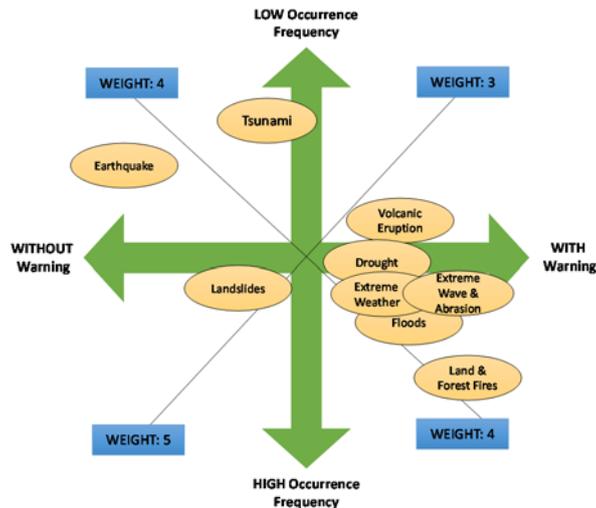


図 7-6 災害種による重みづけ (BNPB の防災方針・戦略¹⁵¹)

7.1.1.3 数値目標としてのリスクインデックス

冒頭で述べた通り、IDMMPの目標達成としてRIを数値目標としている。具体的には表 7-7の通り、2015年から2019年の五カ年でRIの値を30%減少させることとしている。BNPBの防災方針・戦略において、RIを構成する3要素の中でCapacityと、Capacity要素を含んでいるVulnerabilityが最も調整しやすい要素と位置付けられており、RI削減のための戦略はCapacity能力を向上させることとしている。そして、RI削減のための3つのStrategyとそれに関わる関係機関を表 7-4のように定めている。

NO.	LEVEL	NUMBER OF REGENCIES/ MUNICIPALITIES	INDEX AVERAGE (2013 BASELINE)	INDEX REDUCTION TARGET (30%)	YEAR					INDEX TARGET (2019)
					2015	2016	2017	2018	2019	
1	NATIONAL	497	156.3	46.9	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	109.4
2	NATIONAL PRIORITY REGENCIES/ MUNICIPALITIES	136	169.4	50.8	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	118.6

図 7-7 RI 削減の数値目標

また同方針・戦略において、RI削減のためには中央政府、州政府、県/市政府、一般市民および民間の各当事者による地域(居住者および市町村)における災害管理能力構築活動を通じて達成されるとされている。その中で、中央政府は、NSPK(規範、基準、手続き、基準)の確立、中央および地方のファシリテーターの設立、州/地方自治体における活動の実施、モニタリングと評価の実施を任されている。州政府は、中央政府とともに地方のファシリテーターを設置し、州/地方自治体で活動を実施し、その活動を中央政府に報告することを任されている。さらに、地方自治体の政府は、中央政府および州政府と共に地方のファシリテーターを設立し、地方自治体の活動を実施し、その活動を中央政府に報告することを任されている。

表 7-4 RI 削減のための3つの戦略と関係機関

Strategy	Involved ministries/ agencies
1. Disaster risk reduction within the framework of sustainable development at the central government	BNPB, BAPPENAS, KEMENDAGRI, BMKG, KEMEN PUPERA, KEMEN ESDM, BIG, KEMENTAN, BPPT,

¹⁵¹ BNPB (2016), DISASTER MANAGEMENT POLICIES AND STRATEGIES 2015-2019

	and regional levels	LAPAN,KEMENKES, KEMENSOS, KLHK, KEMENDES PDTT,KEMEN ATR, TNI, POLRI, KKP
2.	Disaster vulnerability level reduction	BNPB, BAPPENAS, KEMENDAGRI, BMKG, KEMEN PUPERA, KEMEN ESDM, BIG, KEMENTAN, BPPT, LAPAN, KEMENKES, KEMENSOS, KLHK, KEMENDES PDTT, KEMENDIKDASBUD, KEMENAG, KOMINFO, TNI, POLRI, KEMENKEU
3.	Government, Regional Government and Public disaster management capacity building	BNPB, BAPPENAS, KEMENDAGRI, BMKG, KEMEN PUPERA, KEMEN ESDM, BIG, KEMENTAN, LAPAN,KEMENKES, KEMENSOS, KLHK, KEMENDES PDTT, KEMEN ATR, TNI, POLRI, KKP, KEMENRISTEKDIKTI, BRG

RIを国家の数値目標としている一方で、地域の数値目標として次期計画に盛り込んでいるKota/Kab.もある。例えば、バンダ・アチェ市では次期中期防災方針の中で、2016年に146.9であったRIの値を、2022年までに130まで削減することを目標としている。

7.1.2 リスクインデックスの課題

既にインドネシアで運用され国家の数値目標として位置づけられているRIだが、ここではHazardおよびCapacity評価における課題を整理する。

(Hazard 評価における課題)

- 7.1.1 7.1.1.1(1)で例として取り上げた洪水のHazard算出の際に、地形データと河川の流路データのみで評価されている。BNPBによれば全国一律で評価可能な手法を選択したとのことであるが、本来であれば、洪水特性に影響を与える雨量データ等の水文気象データに基づく科学的な分析を行った上で、洪水ハザード評価を実施することが望ましい。

(Capacity 評価における課題)

- 71Indicatorに構造物対策に関する質問事項が少ない。例えば図 7-8に示す通りバンダ・アチェ市において、構造物対策（放水路の建設）により大規模洪水が発生する頻度が大幅にも減少したにも関わらず、71Indicatorの質問票に1問しか洪水に対する構造物対策の質問が含まれていない。

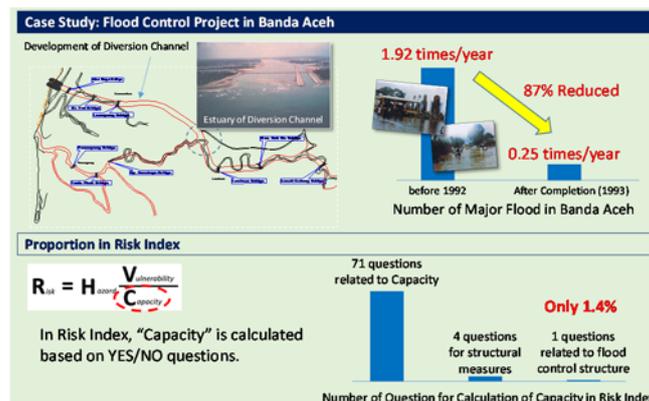


図 7-8 アチェにおける防災インフラの整備例と RI の Capacity 評価

- 71Indicatorの質問が定量的でない。71Indicatorの質問は全てYes/Noで回答するものとなっているが、どの程度でYesと答えることが可能か明示されていない。例えば、図 7-2の2つめの質問で「PERDAは他の防

災関連規則と整合がとれているか」という質問があるが、どのような状況を「整合がとれている」と定義しているのかが不明である。

- 71Indicatorの回答根拠が不十分である。図 7-2に示す通り各設問には回答根拠を示す必要があるが、実際に71Indicatorを回答したBAPPEDA Kota Manadoの職員によると、各機関が制定している方針や規則の書類を一式提出するに留まり、その書類のどこに回答根拠の該当箇所が記載されているのかまで言及していないということであった。
- 71Indicator内に重複するIndicatorが存在する。Indicator2とIndicator7の質問事項が「地方防災局の設立」と同一の内容となっている。
- 災害種が異なる場合でも同一の71IndicatorでCapacityが評価されている。Hazardは災害種ごとに異なるフローで評価され、Vulnerabilityについても災害種ごとに項目の割合を変化させている。一方でCapacityについては災害種が異なっても、同一の質問事項で評価している。

7.2 リスクインデックス改善の方向性

本検討におけるRI改訂は、主にハザード評価における改善に主眼を置き、RIが洪水でいえば、水文気象データに基づく水理解析・洪水解析等の科学的根拠に基づくハザード評価によってなされることを目的として検討を行う。また、RI改訂を軸にインドネシアの防災分野における防災投資促進、組織間連携等の課題解決を図るための全体ストーリーを構築する。具体的には、仙台防災枠組みの7つのグローバルターゲットの4つの定量的指標(死者数、影響者数、経済被害、インフラ・サービス途絶)のうち、図 7-9に示す通り経済被害を説明するインデックスをRIのサブインデックスとして構築することを提案する。サブインデックスは、マナドとアチェをケーススタディとして構築し、将来的には全国への水平展開も念頭に置く。

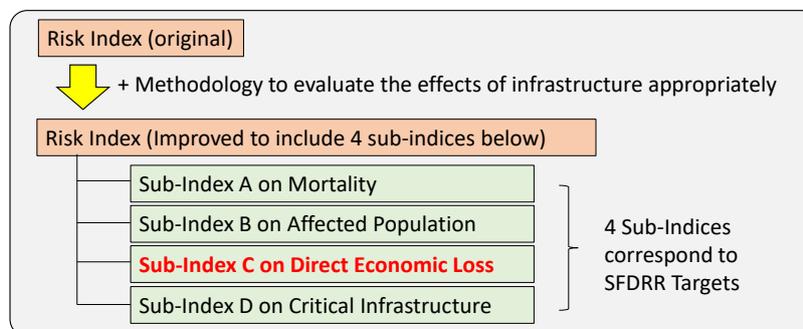


図 7-9 SF 防災の4つの定量的指標に即したサブインデックスの構築

経済被害をモニタリングするためには、正確に洪水現象を再現し、構造物対策の効果を測定し、その効果を適切に計画に織り込む必要がある。そのためには図 7-10に示す通り種々の解析が必要であり、これらの解析を実施するには、正確で十分なデータ量(水文データ・地形データ・社会経済的データ等)が必要となる。またそれぞれの解析は独立して実施されるものではないため、ひとつのデータが欠けるだけで、全ての解析に影響がでてしまう。

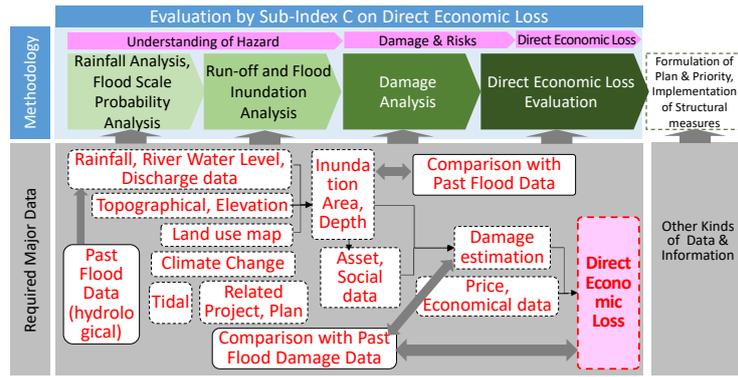


図 7-10 経済被害を評価するために必要となる解析とデータの一例

RI改善を通して、インドネシアの各関係機関にデータの重要性への理解を促し、各データの管理機関を明確にすることにより、RI管理機関であるBNPBを中心とした組織間連携の促進も目指している。

7.2.1 リスクインデックス改善（サブインデックス構築）の基本的な考え方

構築するサブインデックスがインドネシア側の実務とかけ離れた分析手法や精度、高品質を要求する場合、非現実的な提案となりインドネシア側に受け入れられない可能性がある。そのため、短期的には、まずはインドネシア側に受け入れられ、中長期的（将来的）にはインドネシア特有の現状を是正していくというプロセスを考え、短期的には、なるべく、インドネシアが現在すでに算出、実施、評価等している内容を最大限に活用する、簡易的評価手法によるサブインデックスを構築する。その上で、中長期的（将来的）に高度な手法によるサブインデックスを構築する（図 7-11・図 7-12）。なお、簡易的手法による場合は歩留まりを考慮し、高度な手法による場合との評価の差を設けることなども考えられる。

		Temporary Method	Interim Method	Permanent Method
Accuracy of Analysis	Detail	Very Rough	Between both	Detailed
	Error	Large Error	Between both	Small Error
Requirement	Data to use	Pre-existing data such as damage records and past calculation	Complementary data such as satellite data	Accumulated direct observation data
	Difficulty of calculation	No need for simulation	Need to handle simple simulation	Need to handle advanced simulation
Target time for preparation		By 2020 for all BPBDs	By 2025 for half BPBDs By 2030 for all BPBDs	By 20% for BPBDs with heavy-risk

図 7-11 サブインデックスの簡易手法～高度な手法

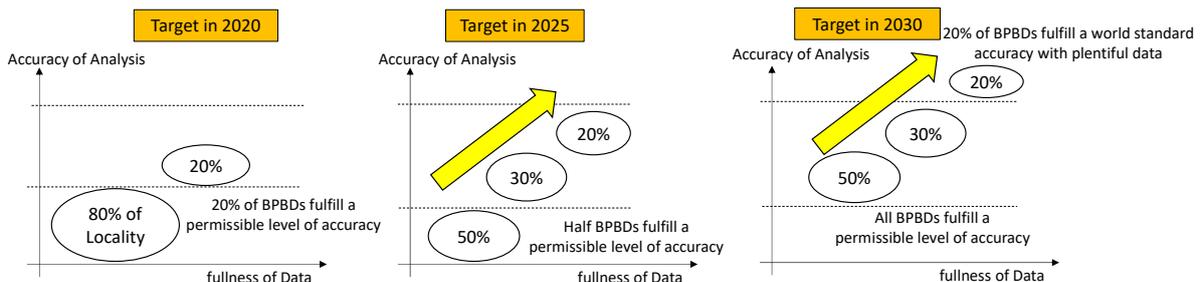


図 7-12 分析手法の高度化、精度向上に向けた年次計画イメージ

7.2.2 サブインデックス構築の全体像

本業務で構築するサブインデックスの位置づけを図 7-13に示す。サブインデックスは既存のRIに置き換わるものではなく、RIを補完し、両立してインドネシアにおけるリスク管理を行っていくものとして提案する。RIのCapacityは71Indicatorの質問票により評価されており、7.1.2で述べた通り71Indicatorの質問内容は非構造物対策に重点が置かれている。一方で、サブインデックスは構造物対策を科学的根拠に基づいた形で評価し、仙台枠組みの定量的評価の達成度を測れるものとする。

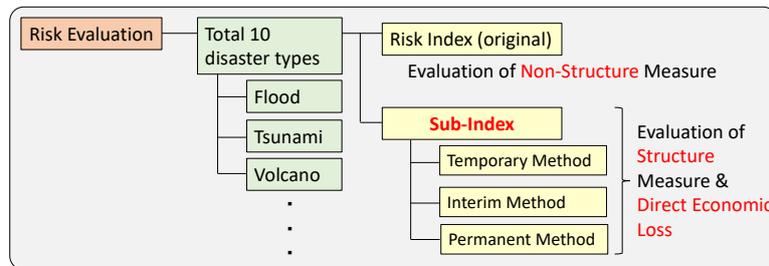


図 7-13 既存の RI とサブインデックスの位置づけ

7.3 サブインデックス構築（ケーススタディ）

インドネシア国全土でサブインデックスを構築するにあたり、マナド市およびバンダ・アチェ市をパイロットエリアとしてケーススタディを行うこととした。パイロットエリア選定に際して以下7項目を考慮した。

- i. PUPR 整備優先都市
- ii. 過去の大規模災害地、エポックメイキングな土地
- iii. 現地機関（BBWS、地方防災局等）の熟度・熱意
- iv. 社会・地域条件（河川・自治体数）
- v. Risk Index スコア
- vi. サブインデックス構築のためのデータ可用性

サブインデックス構築の対象とする災害種は、インドネシアでは自然災害の中でも、洪水の発生回数は1980年～2017年で171回¹⁵²と特筆して多く（2番目に発生回数が多い地震は同期間で87回発生）、同期間の経済損失も67億US\$に上る。発生回数と経済損失の観点から、サブインデックスにより経済被害額を評価するプライオリティが高いと判断し、洪水を対象の災害種とした。加えて、バンダ・アチェ市においては2004年の津波による大規模な被害により、現地機関における津波災害への関心が高いため、津波も対象とした。

7.3.1 マナド市（洪水）

7.3.1.1 Temporary Method

マナド市においてTemporary Methodによりサブインデックスを構築するにあたり、現地調査を行い地方防災局 Kota Manadoから2014年洪水時に作成されたPDNAのデータ（図 7-14）と、現地調査により作成した氾濫範囲図

¹⁵² EM-DAT Disaster List http://www.emdat.be/disaster_list/index.html

を入手した(図 7-15)。そのためマナド市では実績の災害履歴がある場合のケーススタディとして2014年の実績値からTemporary Methodのサブインデックスを構築することとした。

PDNAによると2014年の洪水時にマナド市では1,276 billion IDRの被害額が生じたことがわかる。また氾濫範囲図により、氾濫範囲は647Haに及んだことが判明した。

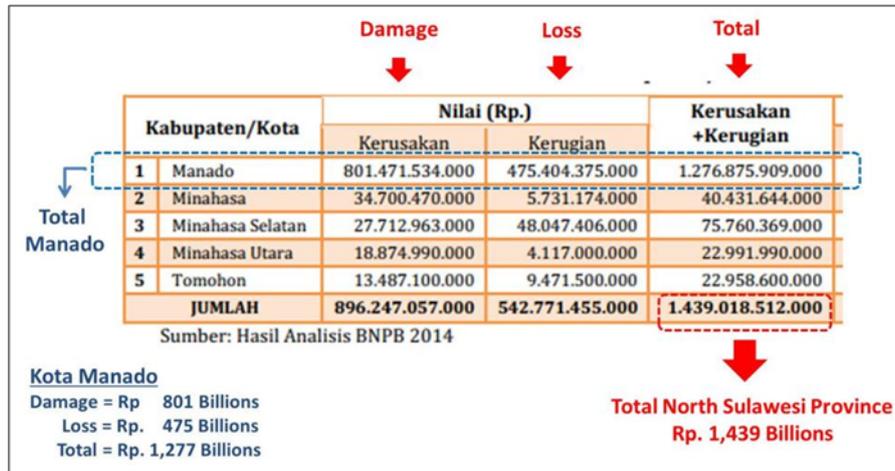


図 7-14 2014年洪水時のマナド市のPDNAの値

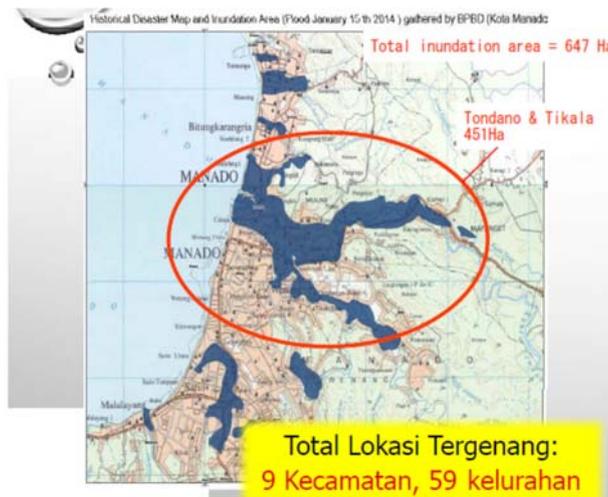


図 7-15 2014年洪水時のマナド市の浸水範囲

マナド市では地方治水フェーズ1153業務においてマスタープラン (MP) が作成されており、構造物対策計画は同MPの内容を参照することとした。MPは25年確率の降雨を対象としているが、2014年の洪水は25年確率を超過した規模であったため、PDNAの被害額および氾濫面積をMP規模に換算する必要がある。換算方法として、図に示す通りトンダノ川の堤外地における2014年の浸水深と、同地点におけるMPの計画堤防高の高さを比較し、両者の比は1:0.71であった。

¹⁵³ Comprehensive Flood Management Study in Manado City and Tondano River Basin under Urban Flood Control System Improvement in Selected Cities (UFCSD)(Package-1), 2016

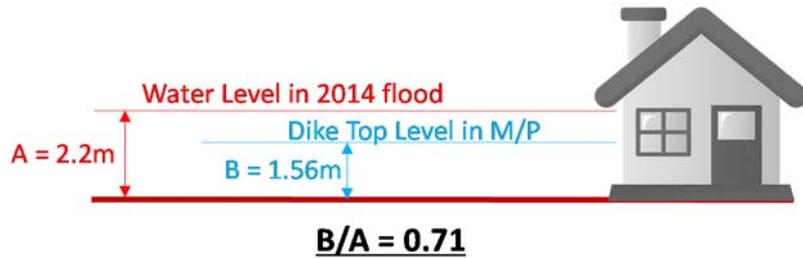


図 7-16 2014 年の実績浸水深と MP の計画堤防高の比較

以上より、マナド市におけるTemporary Methodの計算条件を表 7-5にまとめる。

表 7-5 マナド市における Temporary Method の計算条件

Main Item	Temporary Method	Permanent Method
Target Flood	• Set the flood in 2014 (past largest flood) as the target.	Set the historical maximum floods etc. from analyzing sufficient past rainfall and flood data.
Inundation Area by Target Flood	• Inundation Area is set as 647 (ha) from past PDNA data	Calculated by Inundation analysis
Damage Amount by Target Flood	• Inundation Area is set as 1,277 (IDR Billion) from past PDNA data	Calculated by Inundation analysis and Damage Analysis
Plan of Structural Measures	• Assuming the structures in the Master Plan (M/P)* <small>*Source: Comprehensive Flood Management Study in Manado City and Tondano River Basin under Urban Flood Control System Improvement in Selected Cities (UFCSI) (Package-1) 2016</small>	Through each flood analysis and economic analysis, etc., an integrated flood control plan is formulated throughout the basin.
Outcome (Reduced inundation area and damage amount) by Structural Measures	• At first, Assuming the inundation area and damage amount at the M/P dike Level by using the ratio between the channel flow area at the flood in 2014 and that of M/P dike Level. (Refer to Figure.1) • Then, the damage at the M/P level is conversely regarded as the effect achieved by the M/P. <Assumed Outcome by M/P> Reduced Inundation Area: 459 (ha) Reduced Damage Amount: 907 (IDR Billion)	Outcome is confirmed by comparing the difference of inundation area and damage between by without project and by with project in inundation analysis.

マナド市におけるTemporary Methodによる計算結果を表 7-6に示す。赤枠内に示すとおり、MPが完成した場合、25年確率の降雨が生じた際に459Haの浸水範囲と、907 Billion IDRの経済被害額を削減することが見込まれる。一方で、2014年規模の既往最大降雨が発生する場合には、例えMP整備後においても188Haの浸水範囲と、370Billion IDRの残存リスクが生じる。

表 7-6 Temporary Method の計算結果

Scale	Construction Program	Output (Improved Length) (km)	Outcome by Master Plan		Remarks	Ratio
			Reduced Inundation Area (ha)	Reduced Damage Amount (IDR Billion)		
Target (Flood in 2014)	Current Situation (Base Line)	-	647	1,277	(A) by PDNA	100%
Master Plan Level	Total	27.1	459	907	(B) by Temporary Method	71%
	Remainings		188	370	=(A)-(B)	29%

7.3.1.2 Interim Method

マナド市においてInterim Methodを構築するにあたり、地方防災局・BWS・BMKG・BAPPEDAを対象としてデータの整備状況を確認した。その結果を表 7-7に示す。時間雨量データの観測施設が不十分であること、水位観測所が大規模出水時には稼働していないこと、地形データが整備されていないことなど理想とする状態と比較すると、データ整備状況が十分でない。しかしながら、Interim Methodはこのようなデータが十分でない状況において、データを補完しつつ解析を実施することを目指している。データの補完方法の一例を表 7-8に示す。雨量データや地形データはインターネット上のフリーデータベースである、GSMaP¹⁵⁴とUSGS¹⁵⁵からそれぞれダウンロードすることにより補完可能である。

表 7-7 解析に必要なデータとマナド市の現状のデータ整備状況の比較

Analysis	Data	Item	Ideal Data & Information for precise analysis	In Indonesia	
				Current situation of data Preparation in Manado	Related Organizations
Rainfall Analysis, Rainfall Probability Analysis	Rainfall Data	Recommended Number of Stations and Frequency	<ul style="list-style-type: none"> It is necessary to install observation stations (Hourly Data) so as to cover the whole river basin. For forecasting and EWS, Every 10 minutes is preferable 	<ul style="list-style-type: none"> Hourly: 7 stations (About 4 of them are newly installed in 2017 by BWS) but they do not cover the whole river basin. Therefore, several stations are need to be installed to cover the basin. Daily: 14 stations 	BWS, BMKG
		Data Accumulation	<ul style="list-style-type: none"> Data as long as possible 	<ul style="list-style-type: none"> Hourly: 1 year (4 stations), 13 years (2 stations), 16 years (1 station) Daily: About 7 to 16 years in each 	
Runoff Analysis, Flood Scale Probability Analysis, Inundation Analysis,	River Water Level (WL) Data	Recommended Location of Stations and Frequency	<ul style="list-style-type: none"> Hourly Observation covering the whole river basin at <ol style="list-style-type: none"> Before and after a confluence point Upstream/Downstream of weir, gate etc. The location of discharge observation The require location for WL such as location of reservoir, retention pond, estuary etc. For forecasting and EWS, Every 10 minutes is preferable 	<ul style="list-style-type: none"> Hourly: 4(5) stations (4 stations are newly installed in 2017 by BWS. Before 2013 flood, One station observed hourly data for 1.5 year but it had broken at the 2013 flood and no longer used (New one is installed 1km from previous in 2017)) 3 times per day: 15 stations 	BWS, BMKG
		Data Accumulation	<ul style="list-style-type: none"> Data as long as possible 	<ul style="list-style-type: none"> Hourly: 1 year (4 stations), 1.5 year (1 station but no longer used) 3 times per day: About 4 to 20 years in each 	
	Flow Velocity (Discharge)	Recommended Location of Stations and Frequency	<ul style="list-style-type: none"> Observation at <ol style="list-style-type: none"> Locations where the flow is calm, where changes in river channels and river beds are small, and where observations even in dry season can be also possible, etc. Frequency <ol style="list-style-type: none"> During flooding time, to observe as much as possible including small and medium scale floods. Observe not only peaks but also during ascent and descent. 	<ul style="list-style-type: none"> There is no data that can be used immediately. However, there is a possibility that it is observed temporary when a donor project etc. is implemented. 	BWS
		Data Accumulation	<ul style="list-style-type: none"> Data as long as possible 		
Damage Analysis, Direct Economic Loss Evaluation	Topographical data	River Channel	<ul style="list-style-type: none"> Plan: 100m×100m is better Cross sections, Longitudinal: 200m pitch is better 	<ul style="list-style-type: none"> There are no series of data that can be used immediately. However, there is a possibility that it may be carried out partially by each construction or project basis. 	BWS, BIG
		River Basin	<ul style="list-style-type: none"> If surveyed, 100m×100m is better If satellite image is used, 25m×25m is better 	<ul style="list-style-type: none"> There is no data that can be used immediately. 	
	Land use	<ul style="list-style-type: none"> Detailed Land use Map 	<ul style="list-style-type: none"> Rough Land Use map 	BWS, BAPPEDA Forest & Environment	
	Asset Data	<ul style="list-style-type: none"> House, Industry, Civil, Agriculture, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> There is no data that can be used immediately. However, there is a possibility that it can be used by making full use of related data. 	BWS, BPS, BAPPEDA	
Economical Data	<ul style="list-style-type: none"> Each Unit Price for damage calculation, Deflator, etc. 				
Damage Ratio	<ul style="list-style-type: none"> Damage Ratio by Inundation Depth 	<ul style="list-style-type: none"> There is damage ratio by damage but no ratio by inundation depth. 		BWS, BPBD	

表 7-8 不足データの補完方法

Data	Method of Data Complement
Rainfall Data	Utilize satellite rainfall data after checking correlation with ground observation rainfall
River Water Level (WL) Data	Complement from flood marks etc.
Flow Velocity	If there is a moving image which shoot drifting object like driftwood at fixed direction and perpendicular direction to the river channel, the flow rate is estimated by image analysis.
Topographical Data of River Basin	Utilize satellite data (Global digital elevation data)
Land use	Land use is classified by aerial photograph interpretation.
Asset Data	To count the number of buildings by interpretation of aerial photographs, and to estimate each asset using past damage rate by PDNA, various official socio-economic data, their ratio and so on.
Economical Data	
Damage Ratio	Estimate the damage rate by inundation depth with the relationship between the past damage ratio and past inundation depth

¹⁵⁴ GSMaP (http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm)

¹⁵⁵ USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

Interim Methodは、本項冒頭に述べたとおり、データを補完しつつ水理解析を実施することを目指している。ここで、既存の円借款業務¹⁵⁶で水理解析に基づき策定されたマスタープラン（対象確率は1/25）の概要を表 7-9と図 7-17に示す。1/25確率の氾濫解析の結果を図 7-18に示す。また同マスタープランでは1/5確率の優先プロジェクトも定めており、図 7-18の旗揚げしてある区間がそれにあたる。

表 7-9 マスタープラン概要

River	Section	Length	Current Flow Capacity	Design Scale	River Area Width*1	River Width
Tondano	0.0-7.2k	7.2km	Less than Q5	Q25	33-112m	27-98m
Tikala	0.0-7.2k	6.9km*2	Less than Q2	Q25	61-73m	51m
Sario	0.1-5.3k	5.0km*2	Less than Q2	Q50	26-34m	20-28m
Malalayang	0.0-2.42k	2.4km	Less than Q5	Q50	31 - 34m	25-28m
Bailang	0.56-1.59k	1.0km	Q50(min Q2)	Q50	38 m	32m
Mahawu	0.0-4.6k	4.6km	Less than Q2	Q50	21 -23m	15-17m

Notes ; *1:River Area Width: River course + Inspection passage
*2: River Length : the Tikala River and the Sario River :after river normalization

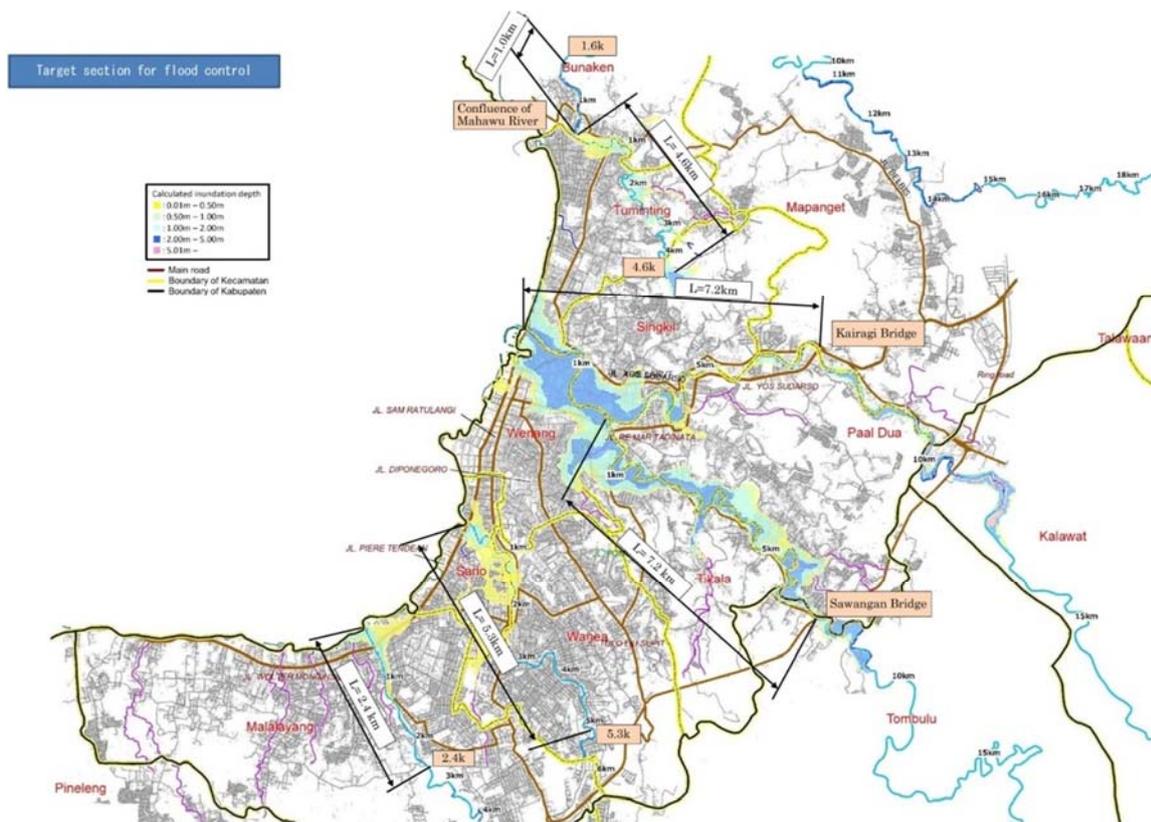


図 7-17 マスタープラン概要

¹⁵⁶ Urban Flood Control System Improvement in Selected Cities (IP-551)

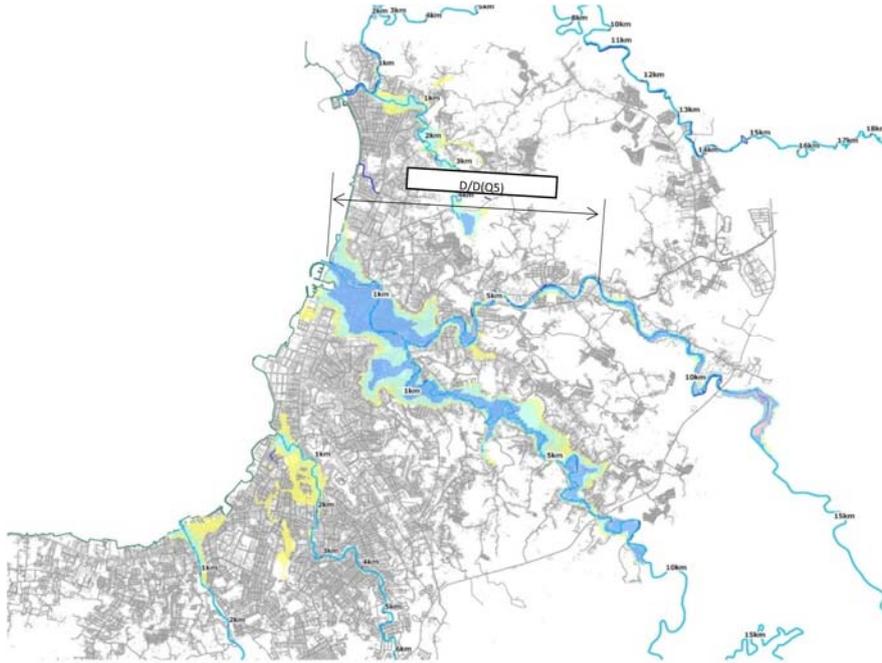


図 7-18 氾濫解析結果 (1/25 確率)

河川改修を行わない場合、1/5確率の優先プロジェクトを実施及び1/25確率のマスタープランを実施した場合の経済被害額を表 7-10に示す。構造物対策を実施しない場合には、1/25確率の降雨により1,145 IDR Billionの経済被害が生じるのに対し、1/5確率の優先プロジェクトを実施した場合には、485 IDR Billionに経済被害が減少し、1/25確率のマスタープラン実施後には経済被害が生じない。

しかしながら、2014年の既往最大の洪水を超える50年確率の降雨が生じた場合には、マスタープラン完了後でも235 IDR Billionの経済被害が生じるため、残存リスクとして17%程度 ($1,351.5/235.6=0.174$) が生じることになる¹⁵⁷。

表 7-10 構造物対策の有無による経済被害額の比較

With /Without	Case	Design Return Period of the Structure	Flood Occurrence probability Scale	Damage Amount	Remarks
				(IDR Billion)	
Without Project	Base Line	—	2 year ¹⁾	345.7	Damage Amount by PDNA in 2014 is 1,277 (IDR Billion)
			5 year	596.6	
			10 year	823.1	
			25 year	1,145.3	
			50 year	1,351.5	
With Project	Priority Project (FS)	5 year	2 year	27.2	Flood might be occurred outside the priority project area. Therefore, damages still remains
			5 year	113.1	
			10 year	269.5	
			25 year	485.0	
			50 year ²⁾	699.7	
	Master Plan	25 year	2 year	0	—
			5 year	0	
			10 year	0	
			25 year	0	
			50 year ²⁾	235.6	

¹⁾ Regarding Flood Occurrence Probability Scale, "2 year" means a flood with the scale, which has the possibility to occur once in 2

²⁾ Supposing that structures aren't broken in case of a flood exceeding the designed scale.

¹⁵⁷ なお、前項目の Temporary Method で算出した残存リスクは370Billion IDR であり、計算手法の違いにより算出結果の違いが発生している。

7.3.1.3 Permanent Method

Permanent Methodは十分な水文気象データの観測や蓄積、高度な解析等に基づく将来的に実施が望まれる手法であり、本調査での検討では割愛する。

7.3.2 バンダ・アチェ市（洪水、津波）

アチェ川は全長 145km、流域面積 1,775km²を有するスマトラ島北部の主要河川で、バンダ・アチェ市を通過してマラッカ海峡に流れ込んでいる。同河川は、毎年のように洪水を引き起こし、バンダ・アチェ市を含むアッチェ特別州（1980 年時点での人口 165 万人）に深刻な被害をもたらしていた。このような洪水による被害は、5 年確率洪水流量1,300 m³/秒に対するアチェ河の流過能力不足（250 m³/秒）に起因していた。1953 年、1971 年、1978 年、1983 年、1986 年に起こった洪水は、周辺地域に多大な被害を与え、死者をも出す結果となっていた。かかる中、円借款事業¹⁵⁸により、アチェ河河口からインドラブリまでの 43km にわたる区間の河川改修及び放水路が新設（9.7km）され、洪水発生頻度が大幅に削減されている。

7.3.2.1 サブインデックス（洪水）

(1) Temporary Method

上述の円借款事業が実施された当時は入手可能なデータを用いてある程度の水理解析等が実施されたものと推察されるが、本検討において調査した時点では2004年に発生したスマトラ沖地震・津波により同時の報告書やデータ類は全て紛失しており、水文気象観測データの蓄積や科学的根拠に基づく水理解析等がなされていない状況にあった¹⁵⁹。このように水文気象観測データの蓄積や科学的根拠に基づく水理解析等がなされていない状況は、広大な国土と7,900以上の河川が存在するインドネシアでは、アチェ河に限らず、大半の流域でも想定されることである。そこで、このような状況の下で、インドネシアにおいて洪水ハザード（流量）を簡易的に想定する手法として、下図に示すCreager's equationによる想定を行った。

e.g.) Krueng Aceh (A=1,775km²)

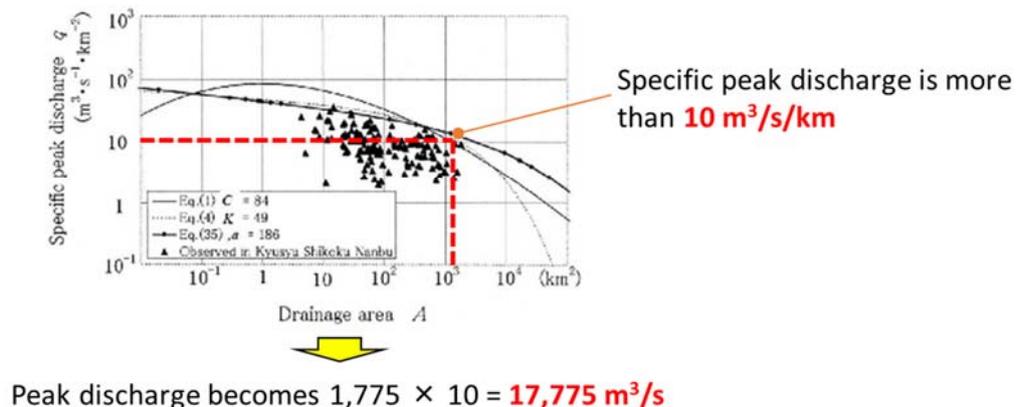


図 7-19 Creager's equation による洪水流量の想定

¹⁵⁸アチェ河緊急河川改修事業

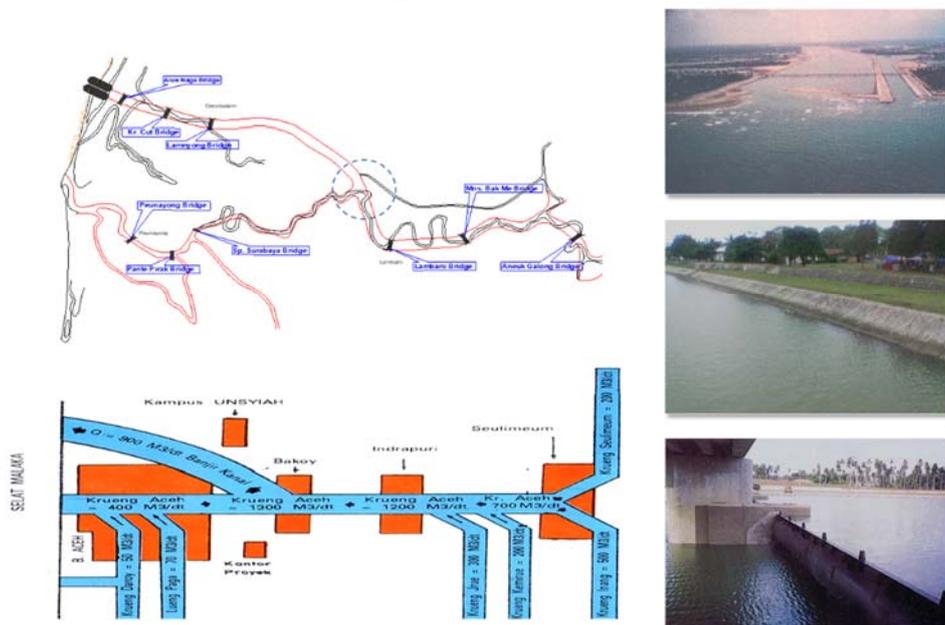
¹⁵⁹BWS sumatera1 ヒアリング結果

その結果、洪水流量は17,775m³/sと算定されたが、BWS sumatera¹⁶⁰へのヒアリング結果では、同流量は1/1000規模洪水である2,582m³/sを大幅に超える値であり、手法の妥当性は確認されなかった。これを改善するためには、インドネシアの洪水特性に応じた標準的な比流量の分析・整理が必要であり、今後、PUPR等において整理されることが望まれる。

(2) Interim Method

Interim MethodはRRI¹⁶¹モデルを用いて評価するものとした。RRIモデルは低平地での大規模な氾濫を迅速に予測するための手法として、降雨流出氾濫モデル(Rainfall-Runoff-Inundation: RRI Model)として流域に降った雨が河川に集まる現象、洪水が河川を流下する現象、河川を流れる水が氾濫原に溢れる現象を流域一体で予測するモデルで、ICHARMホームページ¹⁶²でも公開され、誰でも無料で入手可能なものとなっている。ここで、RRIモデルを用いて放水路の洪水調節効果を再現した結果を下図に示す。放水路はアチェ河の洪水流量1,300m³/sのうち900m³/sを分派させる計画となっており、下図のとおり、RRIモデルを用いて放水路の効果が再現された。

➤ Diversion Channel in Krueng Aceh



➤ Design discharge is 1,300m³/s

Due to diversion channel, terrible inundation hasn't occurred in downstream.

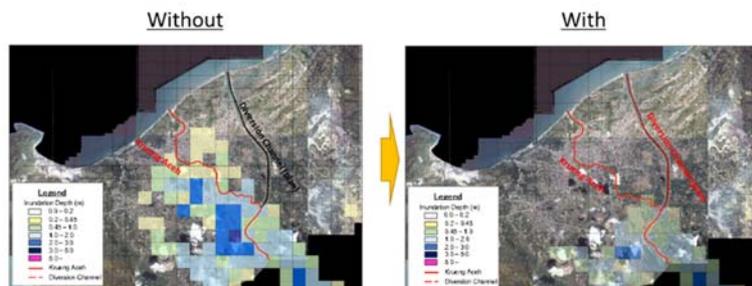


図 7-20 アチェ河放水路効果の再現

¹⁶⁰ PENERUKAN FLOODWAY KRUENG ACEH/ KRUENG CUT DI KOTA BANDA ACEH

¹⁶¹ Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) model; http://www.icharm.pwri.go.jp/research/pdf/research_topics/2_ri.pdf

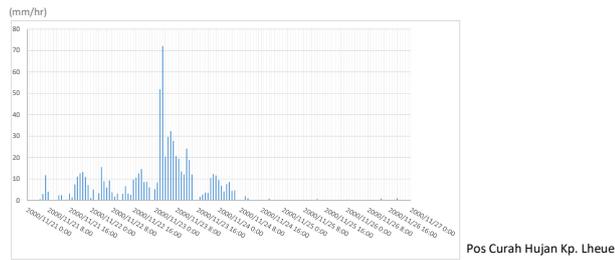
¹⁶² http://www.icharm.pwri.go.jp/index_j.html

次に、近年で発生した最大洪水現象の解析を行った。洪水は2000年11月23日に発生した洪水を対象とした。降雨データはGSMaPより補完を行い、洪水流量はRRIモデルにより、下図のとおり算出された。なお、同洪水は推定最大流量2,000 m³/秒、50年確率洪水規模の洪水で、これはアチェ河の流過能力の設定水準である1,300 m³/秒（5年確率洪水相当）をはるかに上回るものであった。この2000年に発生した洪水により、バンダ・アチェ市及び周辺地域は深刻な浸水に見舞われ、5名の死傷者を出した。この洪水は非常に大規模なもので、本事業施設（堤防）では洪水で増加した水量を河道内に留めておくことができず、堤防や護岸の一部に大きな損傷が生じたものである。

➤ Rainfall data

Hourly rainfall data is complemented from GSMaP.

Rain on November 23, 2000 is the biggest rain record after 2000.



River discharge is calculated by RRI automatically

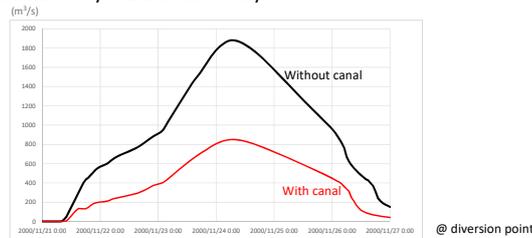
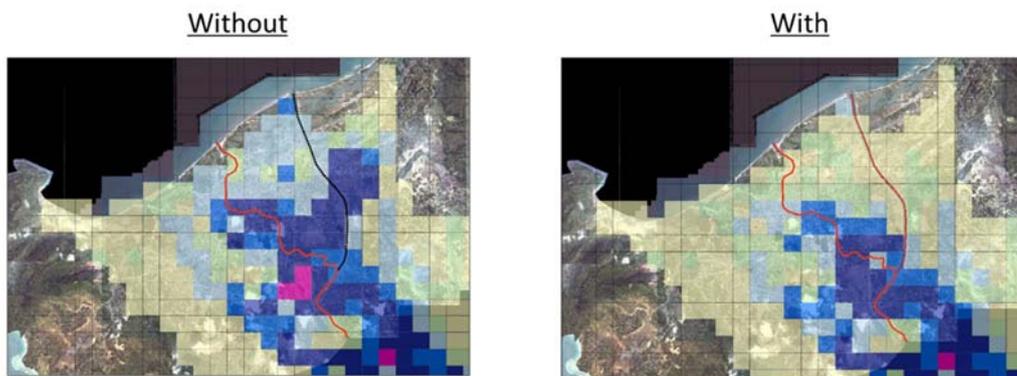


図 7-21 2000年11月洪水における洪水流量の想定

上述の洪水における放水路有り無しを比較した結果を下図に示す。それによれば、放水路により40%の被害額（家屋数）の削減効果が確認された。



Direct Economic Loss

浸水深	浸水深					
	Less Than 0.45m	0.45m~0.49m	0.5m~0.99m	1m~1.99m	2m~2.99m	More than 3m
Damage coefficient	0.032	0.092	0.119	0.268	0.58	0.834
House (without)	22,034	1,382	13,543	28,883	9,193	21,574
House (with)	33,775	4,296	24,627	15,462	11,514	7,633
Economic loss (million IDR)	158,645	28,607	362,614	1,734,632	1,199,420	4,048,361
loss (million IDR)	243,180	88,927	659,388	925,401	1,502,577	1,319,742
						4,739,215

Unit price for housing is 225 million IDR according to field survey

40% reduction

図 7-22 2000年11月洪水における放水路効果と被害額の想定

7.3.2.2 サブインデックス (津波)

(1) Temporary Method

簡易的な手法としては実績に基づく津波の波高をレベルバックで浸水域を求め、その浸水域内の被害額を算出することが想定される。ただし、実際には陸域における津波の減衰等もあり、浸水域が過大に想定される可能性もある。

(2) Interim Method

バンダ・アチェ市における津波災害リスク把握に係る数値解析として、東北学院大学の柳澤英明准教授に再委託を依頼し、津波シミュレーションにより構造物対策の評価及び経済被害額の算出を実施した。

1) 想定津波の検討

図 7-23には計算領域を示す。ここで、国土交通省津波浸水想定の設定手引き (p21) に従って既往津波の整理を行い、津波の想定を行う。既往津波のシミュレーション結果を用いて、バンダ・アチェ市の海岸(メッシュ位置：X=200, Y=230の地点)で取得した津波の高さと各発生年代の関係を図 7-24にプロットした。この図より、2004年の津波が最も大きく最大クラスであることがわかる。そのため2004年の津波をL2クラスとなる。

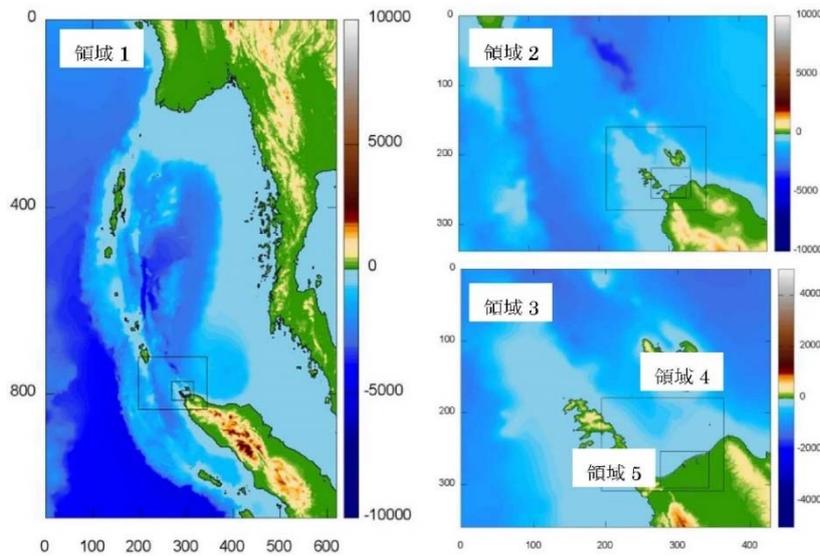


図 7-23 計算領域 (5つのネスティング領域を設定)

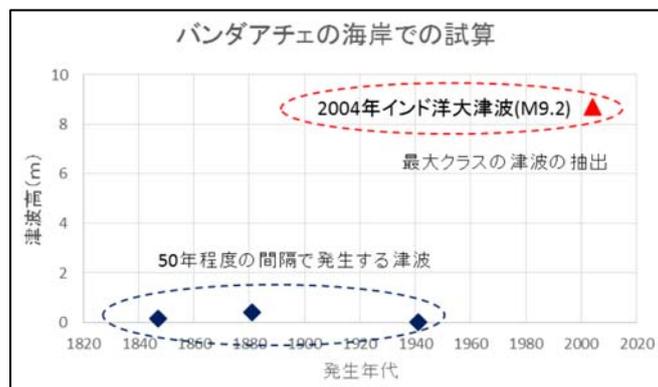


図 7-24 バンダ・アチェ周辺地域で発生する地震による津波高の整理

2) 想定津波に対する構造物対策の効果

本検討で想定する構造物対策は、BAPPEDA kota Banda acehがAceh Spatial Plan¹⁶³で計画しているリングロードとした(図 7-25・図 7-26)。リングロードの検討については、現地のTsunami and Disaster Mitigation Research Center(以下、TDMRC)のDr.Syamsidikも計画に携わっており、現地調査時にヒアリングを行った。リングロードの盛土高について、ヒアリング内で「アチェにおける実現性を考慮して3mと設定している」とのコメントがあったため、本検討では内陸部での盛土高を地盤高+3.0mとしている。但し、沿岸部の湿地帯は急激に地盤高が低くなるため、内陸部との擦り付け部がなだらかなるように配慮し、沿岸部ではリングロードの天端高を海拔5.5mとした(沿岸部と内陸部の境界の地盤高はおよそ2.5m)。

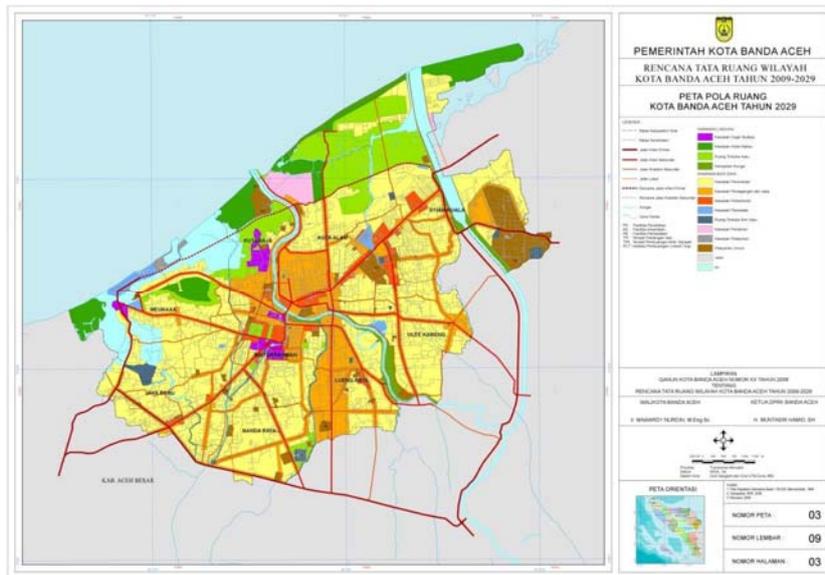


図 7-25 バンダ・アチェ市におけるリングロード計画

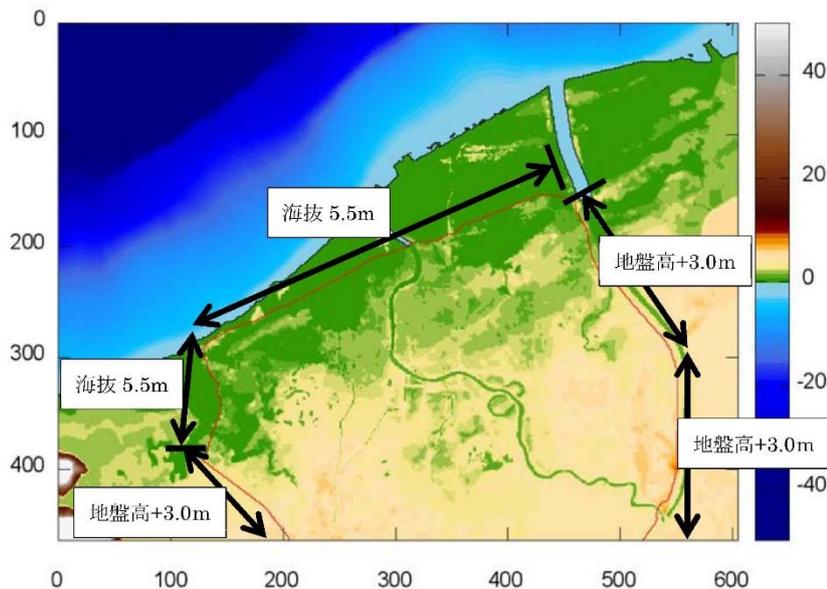


図 7-26 地形とリングロード(赤線)

¹⁶³ Pola Ruang RTRW 2009-2029

3) 計算ケースと計算結果

計算ケースについては、表 7-11に示す通り3ケース実施した。

表 7-11 計算ケース

津波条件	構造物および破堤条件		
	構造物なし	構造物あり (越流と同時に破堤)	構造物あり (越流後も破堤しない)
L2 クラス	Case 1	Case 2	Case 3

計算結果については図 7-27～図 7-29の通りである。構造物なし(Case 1)と構造物あり(越流と同時に破堤: Case 2)は、ほぼ同様の津波高であり、構造物の効果は期待できないといえる。一方、構造物あり(越流後も破堤しない: Case 3)ではリングロード内で津波高を大きく減衰できる結果となった。ただし、リングロード外では反射波によって津波高が大きくなってしまい、リングロード外における地域で被害が拡大する恐れがある。

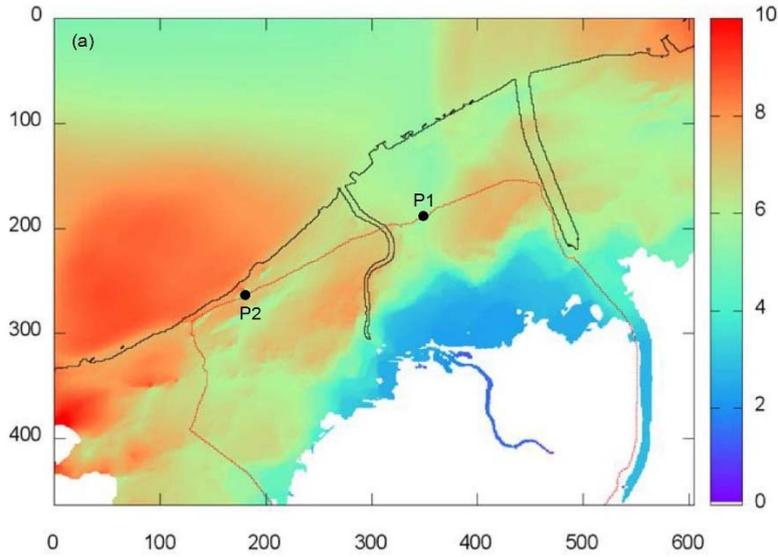


図 7-27 Case 1 (構造物なし)

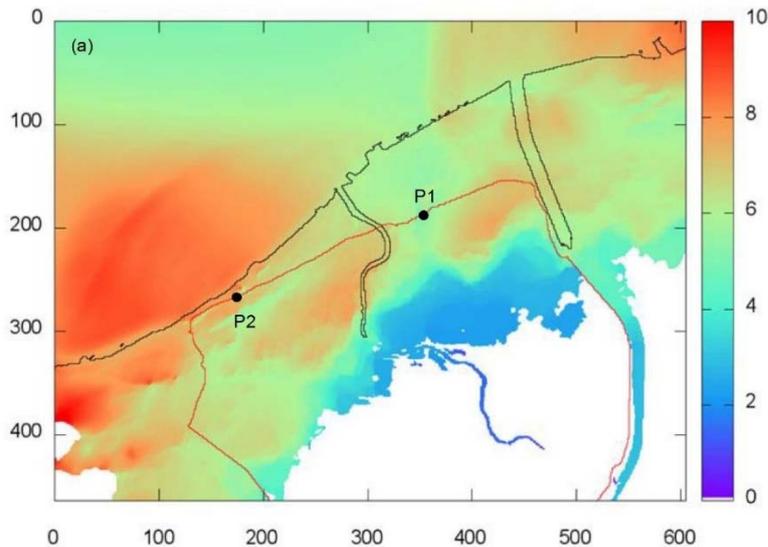


図 7-28 Case 2 (構造物あり - 越流と同時に破堤)

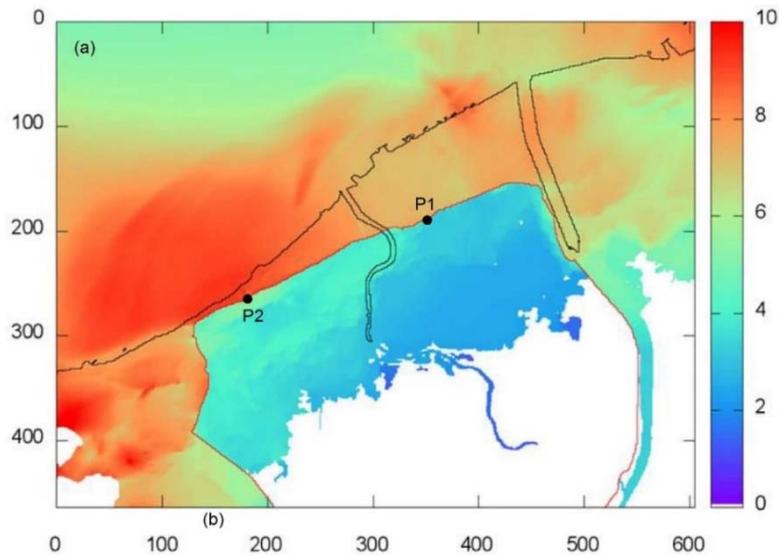


図 7-29 Case 3 (構造物あり - 越流後も破堤しない)

4) 経済被害に関する検討

図 7-30に示すアチェ市内にある現在の建物データを利用して、家屋に関する経済被害を算定する。アチェ市南西の一部が解析領域から外れてしまっているが、ほぼ浸水していない領域であることから、ここでは対象外とする。

Koshimura et al(2009)によると、浸水深 2 ~ 3 m 以上から建物被害が顕著となり、4 m には 80% 以上が流出するという結果を得ている。そこで、本検討では浸水深 2m 以上で浸水した建物に大きな被害が発生するとして、被害額を算定する。一棟当たりにかかる再建費用は 250 万ルピア (仮) とする。

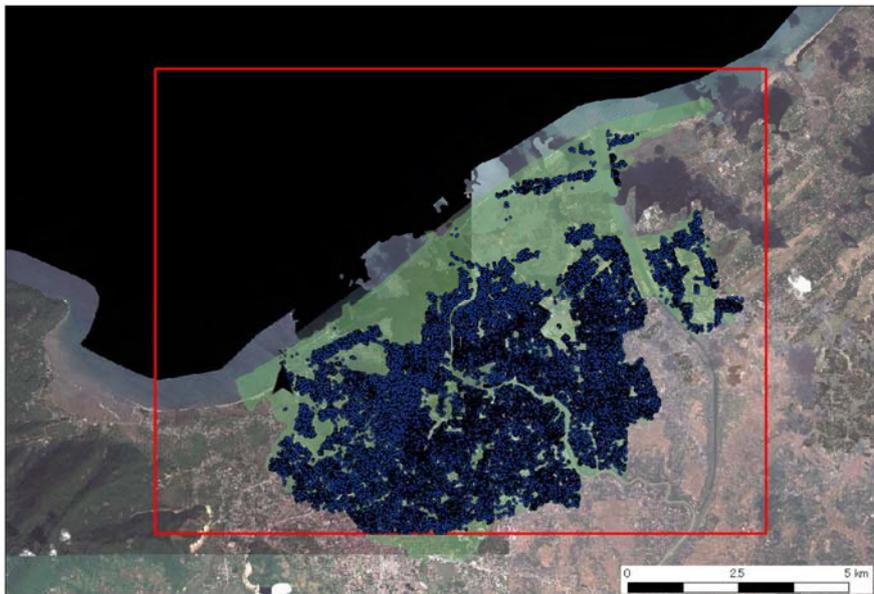


図 7-30 アチェ市 (緑の領域) にある現在の建物のポイントデータ (全 58839 ポイント)

赤枠は計算領域内を示している。

各ケースにおける浸水建物数(浸水深 \geq 0m)および、被害建物数(浸水深 \geq 2m)と、その値から算定した被害額を表 7-12に示した。Case 1とCase 3では、10347棟の被害が軽減されており、破堤しない防潮堤を建設することで35%もの経済被害が軽減されるものと試算された。

表 7-12 各ケースにおける被害建物数と家屋被害額

計算ケース		浸水建物数 (\geq 0m)	被害建物数 (\geq 2m)	家屋被害額 (Billion IDR) (被害建物数 \times 再建価格)
L2	Case 1 構造物なし	40,360	29,308	7,327
	Case 2 構造物あり(破堤あり)	40,135	29,050	7,263
	Case 3 構造物あり(破堤なし)	36,785	18,961	4,740

7.4 指数化検討

本項では、マナド市(洪水)のケーススタディを用いて指数化の初期検討を行う。なお、本検討は指数化に向けた初期的な検討を行ったもので指数化の考え方や手法を規定するものではない。

7.4.1 インデックス(指数)の基本的な考え方

指数化に向けた初期検討の基本的な考え方は以下のとおりと仮定する。

- ・ 仙台防災枠組のターゲット(経済被害)と合わせるため、想定被害額と、その評価の妥当性(いり加減さ)をベースとした指数化(スコア化)を行う。
- ・ 精度が高い場合(Permanent Method, Interim Method)と、いり加減な手法による場合(Temporary Method)を考え、Permanent Method及びInterim Method等により算出される場合の現状の想定被害額をベースラインとし、Score=80 と仮定する。
- ・ Scoreは、構造物対策(Level1)により対応可能なリスク(Score=80)と、超過洪水(Level2)等の残余リスクのスコア(Score=20)に大別する。(整備後にも残余リスクを認識させるため。例)構造物対策対応:80%、残余リスク対応:20%の配分)
- ・ Temporary Methodのいり加減さは、Permanent Method及びInterim Methodに対して割増することを考え、割増の最大値は10と仮定する。
- ・ 便宜上、Permanent Method及びInterim Methodによる評価方法は妥当である、いり加減さはゼロ、と仮定する。
- ・ 本格式の構造物対策(Level1)のスコアの最終目標はマスタープラン規模(1/25(マナドの場合))の整備で被害額ゼロ、ベースラインは現状(の被害額)と仮定する。
- ・ 残余リスク(Level2)の最終目標は、想定最大規模を対象とした非構造物対策及び構造物対策(性能規定)の対応状況と仮定する。
- ・ サブインデックスの構成は下図のとおり。

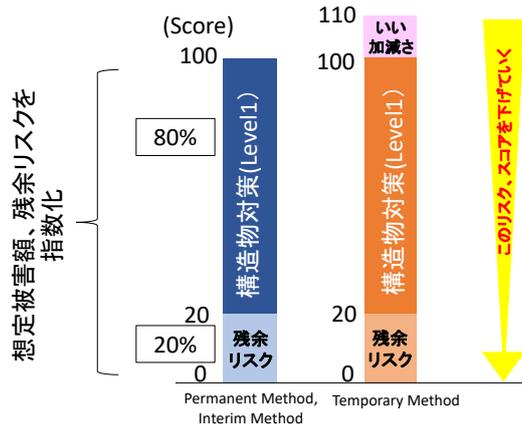


図 7-31 サブインデックスのスコア構成

7.4.2 指数化の方法

7.4.2.1 Permanent Method 及び Interim Method

Permanent Method及びInterim Methodの場合は氾濫解析等を通じて被害額が算定される。したがって、年平均被害額を目標として指数化を行う。被害額は氾濫解析を通じて算出する。以下、Permanent Method及びInterim Methodによる結果の指数化における基本的な考えは次のとおりと仮定する。

- ・ 最終目標はマスタープラン規模(1/25, Level1)の整備で被害額ゼロ、ベースラインは現状の被害額 (Score=80)と仮定とする。
- ・ 整備が進めば、被害額が減る スコアが下がる、と仮定する。
- ・ 年平均被害額とスコア (指数) のイメージは下図のとおり。

平均被害額とスコア (指数) イメージ / Permanent Method

Kota Manado (構造物対策 (Level1))

項目	Permanent Method	
	Score	年平均被害額
現状(ベースライン)	80	600億円
	↓	↓
一部整備 (1/10)	50	300億円
	↓	↓
MP達成(1/25)	0	0

年平均被害額を指数化
& いい加減させろ
投資(整備)が進めば
想定被害額が減る
↓
リスク、スコアが下がる

■ 地域比較 (ベースラインに地域差をつけない場合)

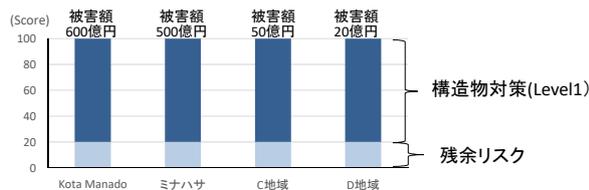


図 7-32 年平均被害額とスコア (指数) イメージ

■ 地域比較(ベースラインに差をつける場合)

- 地域の重要度によって、そもそもベースラインが異なると考え、対イ国GDP比に応じたベースラインスコアを設定する。(想定被害額の対イ国GDP比がイ国内での重要度を示すと考える)

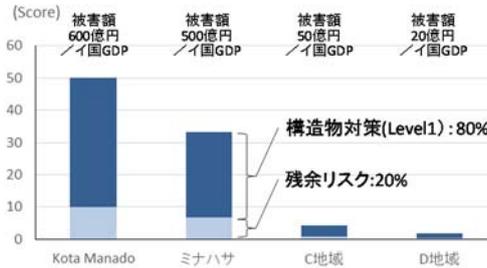


図 7-33 年平均被害額とスコア(指数)イメージ(地域格差)

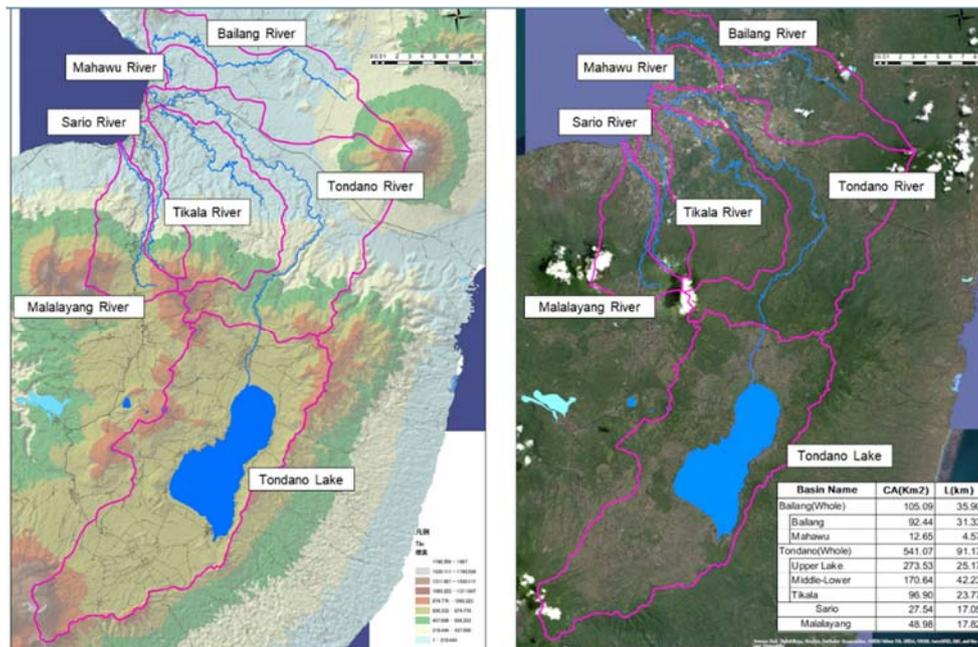


図 7-34 マナド市、トンダノ川流域

7.4.2.2 Temporary Method

Temporary Methodは、インドネシアにおいて、実態として計算できる手法、データや手法等が確立されていない状況でも水平展開が可能な手法をベースとして考え、それらの手法により算出された想定被害額を指数化(スコア化)する。

以下、Temporary Methodによる結果の指数化における基本的な考えは次のとおりと仮定する。

- Permanent Method及びInterim Methodと比較し、Temporary Methodの精度が乏しい点(工学的・科学的)をスコアとして割増し(加算)する。(最大加算スコア=10と仮定)
- Temporary Methodの精度が乏しい点(工学的・科学的)としては以下のような例が想定される。

表 7-13 Temporary Method の精度が乏しい点 (工学的・科学的)

項目	精度が乏しい点 (工学的・科学的)
確率統計解析の未実施	- 本来は確率規模毎に被害額を算出し、年平均被害額を算出する必要があるがなされていない
対策施設規模の妥当性が不明確	- 整備効果を求めるにしても、そもそも施設規模の妥当性、根拠が不明確
対策施設整備効果が単純化されて推定されている (ha/km)	- 本来は氾濫解析等を通じて整備効果を評価する必要がある。また整備効果を単純化して評価するとしても、必ずしも単位堤防延長当たりというわけではなく、氾濫特性 (拡散、貯留、流下型) や整備内容 (築堤、河道拡幅・掘削、遊水地整備、ダム等) によって、評価単位が異なる。
被害額は効果(Vha)の裏返しと仮定されている	- 本来は何らかの被害関数や適正単価等を設定し、浸水面積や浸水深に応じた被害額を算出する必要がある。
水文観測データ、地形データ等の不足	- 本来は水文観測データの蓄積とそれらを用いた科学的分析及び根拠に基づき計画策定等されるが、そもそもデータが無い。

- Temporary Methodの精度が悪い分、Temporary Methodの評価スコアが悪くなると仮定する。そのスコアへの反映方法は次のとおりと仮定する。
 - 現状を Step0(現状)とし、最も大きいスコアを割増し、評価手法が改善される毎 (Temporary, Interim, Parmanent . . .) に割増分が減らされると仮定する。 - Permanent Method 及び Interim Method と同様の手法になった場合に割増分をゼロと仮定する。
 - 割増分は本来の効果 (インフラ整備) による被害軽減分を相殺しないもの仮定とする。
 - 上述した精度が悪くなる要因はいずれも相互依存の関係にあるものではなく、また独立性があるものなので、割増は加算方式と仮定する。割増のイメージは以下のとおり。

表 7-14 精度が悪いことによる割増のイメージ

項目	Temporary Method, Interim Method			Permanent Method
	現状	Step1	Step2	
①確率計算	+ 2.0	+ 1.0	+ 0.5	+ 0
②施設規模	+ 2.0	+ 1.0	+ 0.5	+ 0
③整備効果評価	+ 2.0	+ 1.0	+ 0.5	+ 0
④被害額算出	+ 2.0	+ 1.0	+ 0.5	+ 0
⑤水文地形データ等	+ 2.0	+ 1.0	+ 0.5	+ 0
⑥、⑦、⑧・・・	・・・	・・・	・・・	・・・
Sub-Total	+ 10.0	+ 5.0	+ 2.5	+ 0

項目①～③のStepの加算具合はバラバラでも良いが手法を単純化するために一律に設定

例) ①がStep0, ②がStep1, ③がStep0, ④がStep0, ⑤がStep1の場合
 $+ 2 + 1 + 2 + 2 + 1 = + 8$ スコアを割増(加算)する

- スコアは整備が進む、もしくは、想定被害額の評価手法が改善されることにより削減されると仮定する。
- 整備が終わったとしても、評価手法が簡易式のままであれば、スコア(リスク)がそのまま残るものと仮定する。

7.4.2.3 指数化のイメージ

Permanent Method及びInterim Methodと、Temporary Methodのスコアの比較イメージを以下に示す。想定被害額は便宜上、Permanent Method及びInterim Methodで600億円、Temporary Methodで500億円と仮定した。

項目	Permanent Method		Temporary Method, Interim Method	
	Score	想定被害額 (Level1)	Score	想定被害額 (Level1)
現状	100	600億円	100+max.10=110	500億円
MP完成時(1/25)	20	0	20+6=26	0
残余リスク対応	10	—	16	—

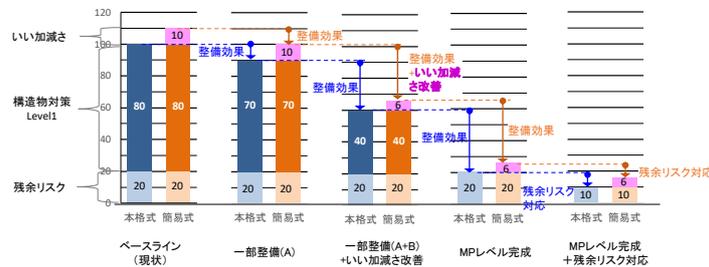


図 7-35 Permanent Method 及び Interim Method と、Temporary Method のスコア比較

7.5 サブインデックス構築にかかる今後の課題

本検討においては、マナド、アチェをケーススタディとし、ハザード評価及び構造物対策効果の評価の Temporary Method、Interim Method の初期的検討、指数化に向けた初期検討を一例として行った。

7.5.2.1 ハザード評価及び構造物対策効果の評価における課題

Temporary Methodは水文観測データや基礎データが無い中で、過去の災害の被害実績等からハザードや構造物対策の効果を想定するもので、構築するサブインデックスがインドネシア側の実務とかけ離れた分析手法や精度、高品質を要求する場合、非現実的な提案となりインドネシア側に受け入れられない可能性がある。また、災害特性は地域によっても異なる。そのため、まずは、過去の災害実績の整理や災害情報の蓄積、分析等が必要となる。Interim Methodは衛星データ等、活用可能な情報を用いて基礎データの補完等を行いながら、ある程度の科学的分析・解析手法を用いてハザード評価及び構造物対策の効果を評価するもので、科学的根拠に基づいた評価を行うものである。データの蓄積状況や分析能力があれば実施可能なものである。ただし、これらの手法は、対象とする災害種・地域に応じてさまざまに検討・工夫する必要があるものであり、インドネシア全土に対して安易に水平展開できるものではない。十分な検討と分析が必要であり、BNPBだけでなく、データ観測や災害を主管するライン省庁とも十分に協議を行いながら、検討を進めていく必要がある。

7.5.2.2 指数化における課題

指数は相対的に比較できる指標であり、ある程度、複数の比較対象があって初めて意味を成すものである。本検討においては、上述の手法により算出される想定被害額から指数化する手法の初期検討をケーススタディとして行ったが、被害額をスコアとすることの妥当性、効果に対するスコア配分、残余リスクの考え方、精度の低さに対する割増の考え方、対策施設や効果発現がさまざまに異なる中での評価の一律化など、解決すべき課題は多く、また、全国への水平展開も容易ではない。被害額は物価上昇等の影響も受けるため、経年で評価する場合は無次元化する必要もある。さらに地域間格差、地域の重要度等によって、そもそもベースライン・スコアが異なる可能性もある。全国一律で評価可能なインデックスとして指数化を図るためには、学識経験者等も交え、十分な検討と分析が必要であり、BNPBだけでなく、政府関係者とも十分に協議を行いながら、検討を進めていく必要がある。

Appendix

Appendix-1: 防災優先活動項目及び実施スケジュール（案）	A1-1
Appendix-2: 防災優先活動項目モニタリングシート（案）	A 2-1
Appendix-3: 次期国家計画への提言プレゼンテーション資料言	A 3-1
Appendix-4: Japan Technology Fair on DRR Presentation Materials	A 4-1

Appendix-1: 防災優先活動項目及び実施スケジュール (案)

Appendix-2: 防災優先活動項目モニタリングシート（案）

Related Mission in IDMMP (Final Version May 2019)	Sendal Framework monitoring & assessment										2030										Remark											
	Disaster Related Plans	Development Plan	Disaster Plan	Year Phase	2019					Implementation Phase Target (e) – (d), (f), (g)					2030																	
					Long Term	Middle Term	Long Term	Middle Term	Long	RP-JP 2015-2045																						
										National IDMMP 2015-2045																						
Direction (Pillars) and Recommended Actions		Disaster Plan		Long Term		Middle Term		Long		Short		Middle		Long																		
				2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030				
				Achievement		Achievement		Achievement		Achievement		Achievement		Achievement		Achievement		Achievement		Achievement		Achievement		Achievement		Achievement		Achievement				
				Related		Related		Related		Related		Related		Related		Related		Related		Related		Related		Related		Related		Related				
				ministries		ministries		ministries		ministries		ministries		ministries		ministries		ministries		ministries		ministries		ministries		ministries		ministries				
Mission3 Reliable Emergency Response	Pillar 4 Strengthening Residual Risk Management		All ministries																													
	P 4-11	Clarification of Disaster Information for Contingency Plan and EWS																														
	P 4-S1	Enhancement of legal provisions and procedures for preparedness																														
	P 4	Improvement of contingency plan/preparedness plan																														
	4-M1-(1)	Improvement of hazards/risks analysis																														
	4-M1-(2)	Risk scenario assumptions																														
	4-M1-(3)	Formulation of contingency plan (examination of response plans, systems, resources, information, etc., preparation and documentation of response procedures such as SOP and Timeline)																														
	4-M2	Dissemination of contingency plan/preparedness plan																														
	4-M3	Implementation and maintenance of contingency plan/preparedness plan (education, training, update, etc.)																														
	4-M4	Application to various disaster types, spread throughout the country																														
	4-L1	Continuous improvement of contingency plan/preparedness plan																														
	P 4	Improvement of Early Warning System incl. MHEWS																														
	4-S2-(1)	Definition of roles and responsibilities of related agencies in EWS																														
	4-S2-(2)	Conducting full scale study based on hazard/risk profiles for EWS																														
4-M5	Reflect the results of the study to EWS, improvement of EWS																															
4-M6	Enhancement of dissemination of EWS, monitoring and review of EWS																															
4-L1	Improvement of details of Multi Early Warning System																															
P 4-12	Capacity Development for preparedness																															
P 4-13	Enhancement of Emergency Response																															
4-13-(1)	Continuous enhancement of capacity of BNPB																															
4-13-(2)	Enhancement of capacity of disaster response in regional level																															
Mission4 Recovery for better life	Pillar 5 Promoting BBB		All ministries																													
	P 5-11	Analysis of the current situation and issues in recovery and reconstruction																														
	P 5-S1	Enhancement of legal provisions and procedures for recovery and reconstruction																														
	P 5-S2	Enhancement of Post Disaster Management																														
	5-S2-(1)	Formulation and establishment of recovery and reconstruction system based on the concept of "Build Back Better (BBB)"																														
	P 5-S3	Formulation and Implementation of recovery and reconstruction plans, relocation plans and land-use plans based on disaster risk assessment																														
	P 5-S4	Enhancement of capacity of post disaster activities in all levels including post disaster needs assessment (PDNA)																														
	5-S4-(1)	Development of mechanism to collect disaster and loss data and formulate post disaster needs assessment (PDNA) based on sectoral needs.																														
	5-S4-(2)	Establishment of a mechanism to ensure timely and immediate recovery of essential services and livelihoods with BBB concept																														
	PA 5-M1	Implementation of recovery and reconstruction in disaster damaged area																														
	PA 5-L1	Continuous implementation of recovery and reconstruction and preparation for future disaster																														
	PA 5-I2	Capacity Development for recovery and reconstruction																														

