

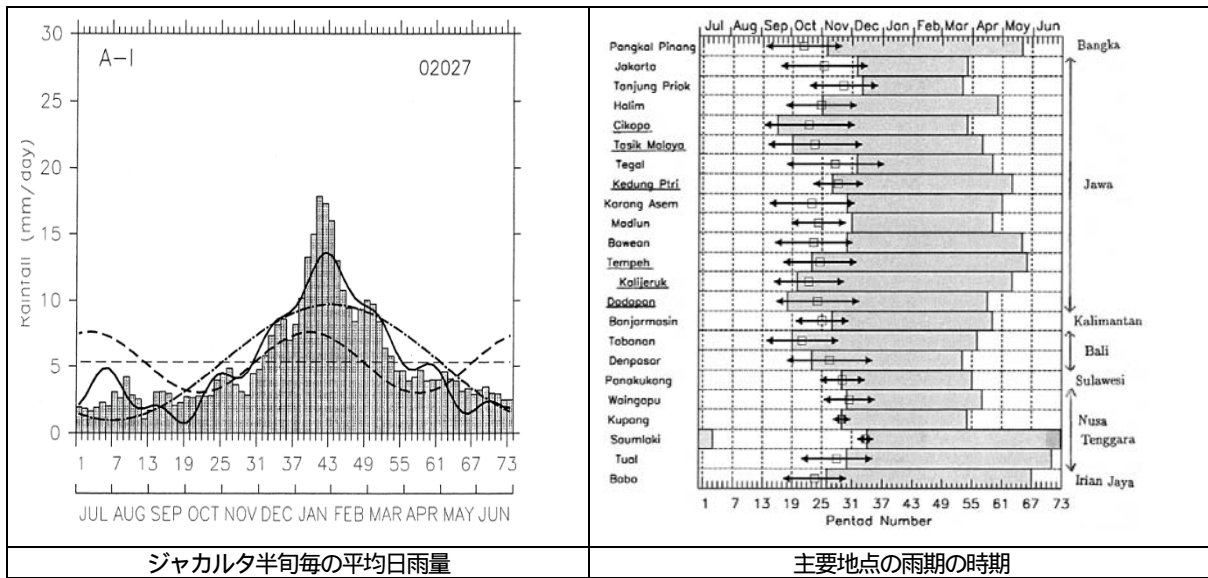
4.3 治水・水災害防災

水災害には、洪水、フラッシュフラッド(土石流などのような土砂災害を含む突発的洪水)及び地すべりが含まれる。

4.3.1 近年の水災害の特徴

4.3.1.1 インドネシアにおける降雨、河川の特徴

インドネシアは、降雨は、下記の図に示すように明確な雨期と乾期が見られる。下記の図からも明らかなように、12月から3月までが雨期である。発生する大きな洪水は、この時期に集中しているが、近年では、気候変動等の影響によりこの時期以外の洪水も発生している。



Source: Spatial and Temporal Variations of the Rainy Season over Indonesia and their Link to ENSO (2002)

図 4-40 インドネシアにおける雨期、乾期の傾向

表 4-21にインドネシアの河川長が1~10位までの河川を整理した。これらの河川はすべて面積が大きなカリマタン、スマトラ、パプアの3島のいずれかに存在する。しかし実際に洪水が問題となるのは、人口・資産が集中するジャワ島などの都市部を流れる河川である。これらは河川としての規模は比較的小さいが、それらもたらず洪水は首都あるいは地方都市の社会経済に深刻な影響を与えている。洪水が問題となっている都市としては、ジャワ島のジャカルタ、スマラン、スラバヤ、スラウェシ島のマナド、ゴロンタロ、マカッサル、スマトラ島のメダンなどである。火山の流域では、噴火による噴出物が雨期に流出して土石流などの土砂災害をもたらしている。典型的事例として、メラピ火山噴火がジョグジャカルタに土砂・水災害をもたらしている。ダムに関しては治水よりむしろ農業・都市・発電の水資源のための貯水が主目的とされている。

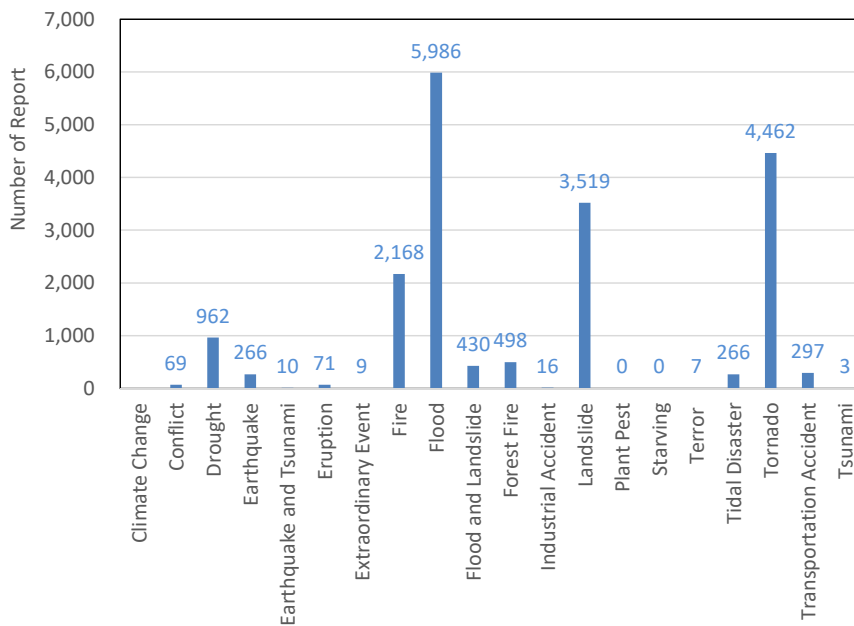
表 4-21 インドネシアにおける長さが1~10位の河川

	River Name	Length(km)	Island		River Name	Length(km)	Island
1	Kapus	441	Kalimantan	6	Batang Hari	308	Sumatra
2	Sepik	434	Papua	7	Musi	289	Sumatra
3	Fly	405	Papua	8	Pulau	260	Papua
4	Mahakam	378	Kalimantan	9	Mamberamo	258	Papua
5	Brito	351	Kalimantan	10	Kahayan	231	Kalimantan

Source: World Atlas Note: The longest river in Japan is River Shinano with length of 367 km

4.3.1.2 近年の水災害の特徴

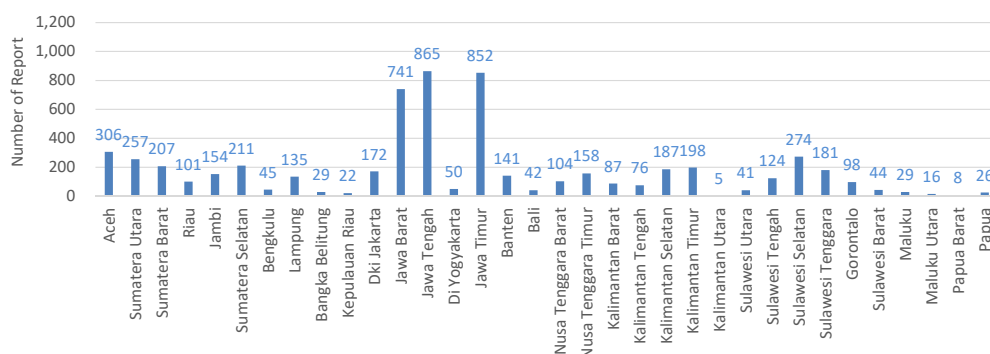
BNPB による災害データベース(DIBI)の 2007 年から 2016 年までの 10 ヶ年のデータを基に、災害種毎の発生件数を整理したものが、下記の図である。発生件数が 5,986 件と最も多く発生しているのが、洪水(Flood)である。第 2 位の竜巻(Tornado)について、3 番目に多い災害種は、地滑り(Landslide)である。洪水 (Flood) 洪水ならびに地すべり (Flood and Landslide) 地すべり (Landslide) の災害種の合計件数は、9,935 件となり、全発生件数 (19,039 件)の半分を占めている。



Source: BNPB, DIBI

図 4-41 近年 10 ヶ年における災害種別の発生件数

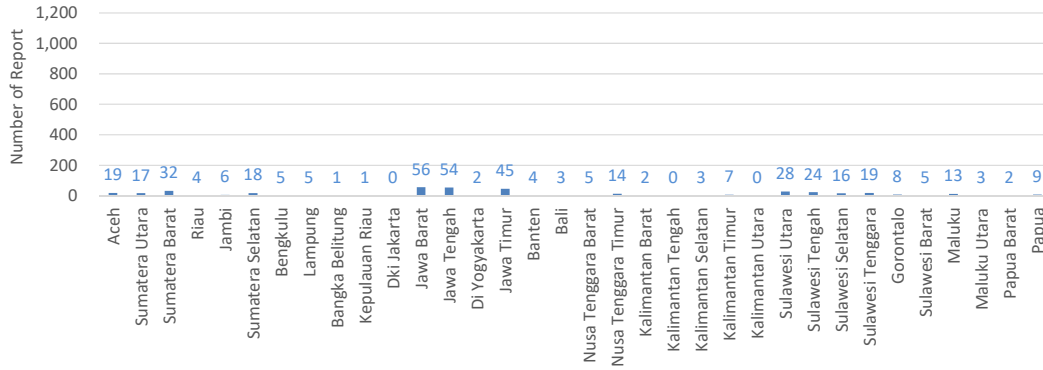
次に、上記のうち、洪水と「洪水ならびに地すべり」(Flood and Landslides)の発生を州別に見たものが下記の図である。洪水は、中部ジャワ、西部ジャワ、東部ジャワのジャワ島が多く、ついで、アチェ州、北スマトラ州、南部スマトラ州があるスマトラ島が多い傾向である。



Source: BNPB, DIBI

図 4-42 近年 10 ヶ年における Province 別の洪水発生件数

「洪水ならびに地すべり」に関しては、洪水と同様の傾向を示し、ジャワ島、スマトラ島に集中している。

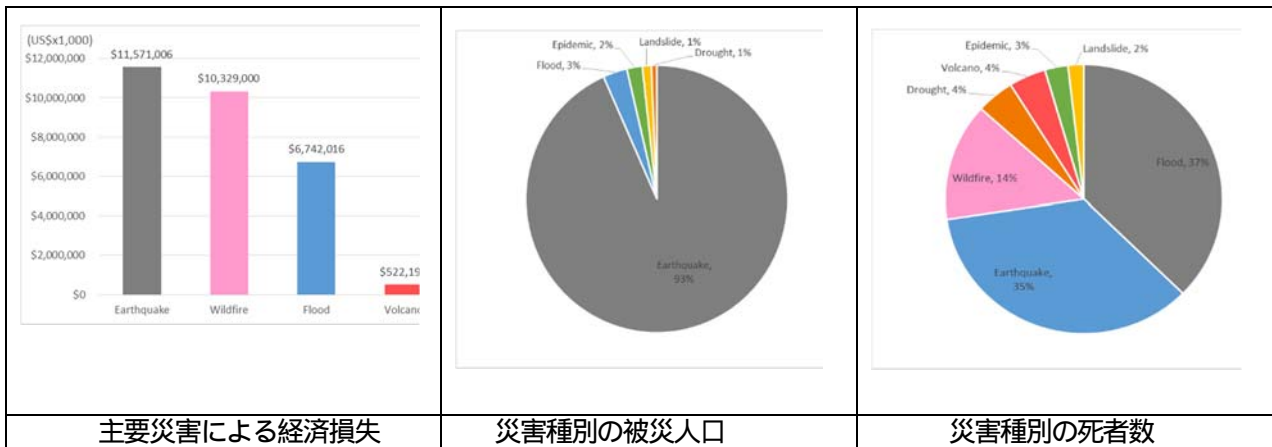


Source: BNPB, DIBI

図 4-43 近年 10 カ年における Province 別の洪水ならびに地すべり発生件数

EM-DATの災害リストの1980年から2017年までの統計によると、災害全種の総死者約19万人、被災者約2,445万人、経済被害額約294億米ドルとなっている。

災害による経済損失は以下の図とおりであり、地震、森林火災に次ぎ、洪水が67億USドルとなっている。災害種別の被災人口では地震93%(2273万人)に次いで水災害が多くなっていて4%(98万人)、死者数に関しては、水災害が最も多く39%(7.4万人)となっている。



Source: EM-DAT (1980-2017)

図 4-44 主要被害指標による洪水の特徴(1980-2017)

死者数の多さ、被災人口の大きさ等を基に、2013年以降の主要な洪水及び地すべりについて、EM-DATにより整理したものを以下に示す。

死者10名以上の規模の洪水、地すべりは、2016年9月(西部ジャワ、Garut)、同年6月(中部ジャワ、Purworejo)、2015年3月(西部ジャワ、Sukabumi)、2014年12月(中部ジャワ、Banjanegara)、同年1月(中部ジャワ、Kudus、中部ジャワ、Manado)で発生している。

表 4-22 死者数、被災人口の多い水災害（洪水・地すべり）一覧(2013-2017)

SN	Year	Date of Event Occurred	Province	Disaster Events	Dead	Missing	Injured	Affected people	People evacuated	Affected Houses
1	2017	2 June 2017	Gorontalo	Flood				2,747	2,000	484
2		11 May 2017	South Sulawesi	Landslide	7		Several			14
3		15 May 2017	East Kalimantan	Flood					35,000	
4		11 April 2017	Aceh	Flash Flood	2	1				298
5		12 April 2017	Aceh	Flash Flood				1,784		
6		1 April 2017	East Java	Landslide	3	25	20	130		30
7		20-21 February 2017	West Java	Floods	2			1,314	400	
8		February 2017	Bali	Landslide	7		4			
9		6-11 February 2017	WNT	Floods				40,291		
10		26-29 January 2017	North Sulawesi	Floods & Landslide				5,000	1,000	
11	2016	21-24 December 2016	SE Tenggara	Floods					104,378	
12		12 November 2016	West Java	Flood				19,669	6,373	5,776
13		25-27 October 2016	Gorontalo	Floods					4,000	
14		21 September 2016	West Java	Flash flood Landslide	33	20	35		6,361	283 destroyed /685 damaged
15		30 June 2016	East Java	Flood				50,000		14,000
16		17-22 June 2016	North Sulawesi	Floods & Landslide	4	1				
17		17-22 June 2016	Central Java	Landslide	47	15				
18		8-13 March 2016	West Java	Floods	2	3		24,000	10,000	
19		26 February 2016	East Java	Flood	1			34,225		
20		5 February 2016	Central Java	Landslide	5	2				
21		5 February 2016	West Sumatra	Flood & Landslide	4	2				
22		19-23 January 2016	Jambi	Floods & Landslide	3					
23		17 January 2016	Aceh	Flood					1,505	
24	2015	11 December 2015	Aceh	Flood	1			51,000		
25		2 December 2015	Bengkulu	Flood & Landslide	4	15				
26		1 December 2015	North Sumatra	Flood & Landslide	2		9			235
27		14 July 2015	Aceh	Floods	0			25,765	2,000	7,904
28		30 March 2015	West Java	Landslide	12			30	300	
29		17 March 2015	West Java	Flood				15,000	4,000	100
30		8-9 February 2015	West Java	Floods				15,517	5,986	
31		31 January 2015	Bali	Landslide	2	2				
32	2014	12-16 December 2014	Central Java	Landslides	93	23			400	100
33		10-11 August 2014	Central Sulawesi	Floods		1		15,000		
34		25 February 2014	West Java	Flood		1			2,300	240
35		5 February 2014	West Java	Flood					18,500	
36		31 January 2014	East Java	Flood		1		1,100		
37		28-29 January 2014	West Java	Flood				43,452	9,985	
38		Jan-14	Banten	Flood				1,270		
39		17 January 2014	Central Java	Flood & Flash flood	12				10,000	7
40		23-24 January 2014	Bali	Flood	5		Several		60	
41		8-18 January 2014	West Java	Flood	5				63,958	
42		14 January 2014	North Sulawesi	Flood & Landslide	13	2			40,000	
43	2013	14 December 2013	West Java	Landslide	2					
44		18 December 2013	East Java	Flood	4				20,000	
45		30 November 2013	North Sumatra	Landslide	9					
46		29 July 2013	Maluku	Landslide	8	10				30
47		24-26 July 2013	ulawesi, Gorontalo	Floods	4	3			28,000	
48		15-23 January 2013	West Java, Banten	Floods	47				20,000	

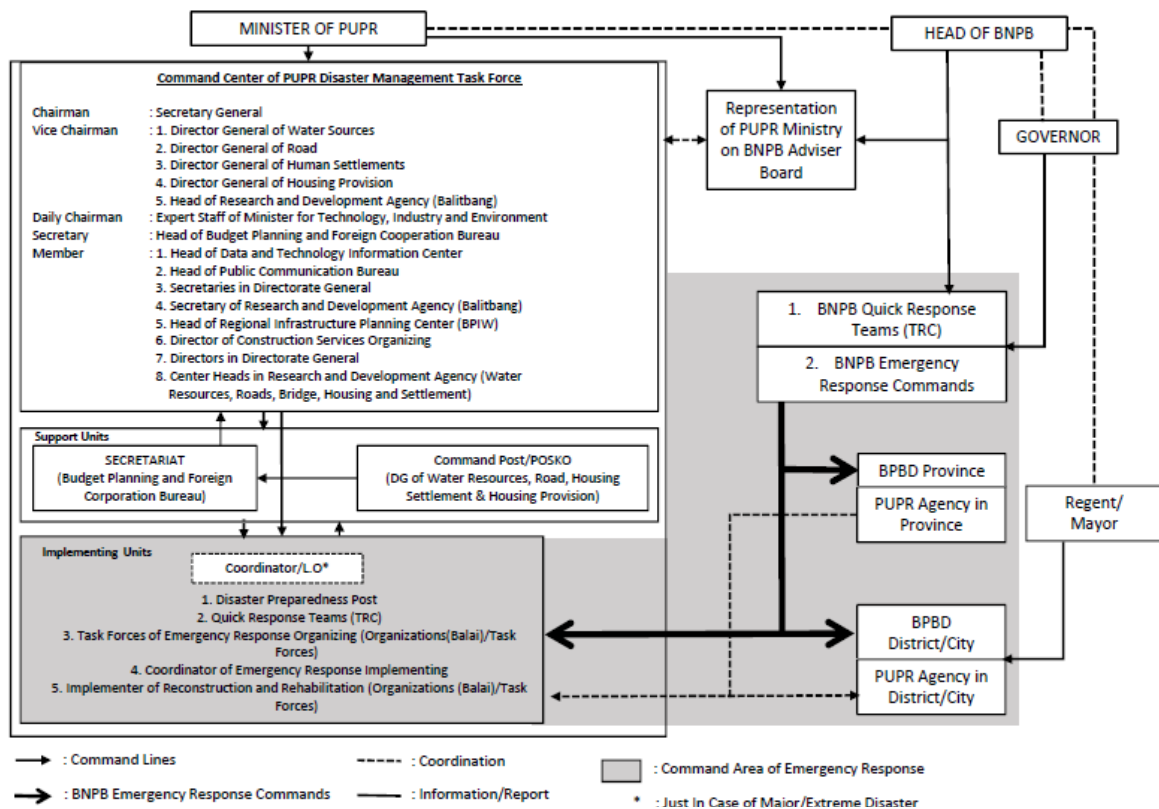
Source: "FloodList" Web-site

4.3.2 インドネシア政府による取り組み

防災に関しては、国家レベルのBNPB、州レベルの地方防災局 Province、さらに県/市レベルでの地方防災局 District/Municipalityがあり、災害対応活動を実施している。どのレベルが対応するかは災害規模によって決まる。災害規模あるいは社会・経済的影響が大きな災害の場合は、BNPBが対応している。前述した、マナドの2014年1月の洪水の場合は、中央レベルのBNPBが対応し、災害データの収集、救難活動、災害復旧活動等を実施している。

洪水、フラッシュフラッド、地すべりに関する構造物対策（災害予防、災害復旧対応）は、公共事業国民住宅省(PUPR)と州政府の所掌である。予警報システム、ハザードマップ作成、流域保全等の非構造物対策に関しては、災害種により、公共事業・住宅省（PUPR）、環境林業省（KLHK）、農業省（KMENTAN）、気象・気候・地球物理庁（BMKG）、鉱物資源省地質庁（KEMEN/ESDEM）などが所掌している。

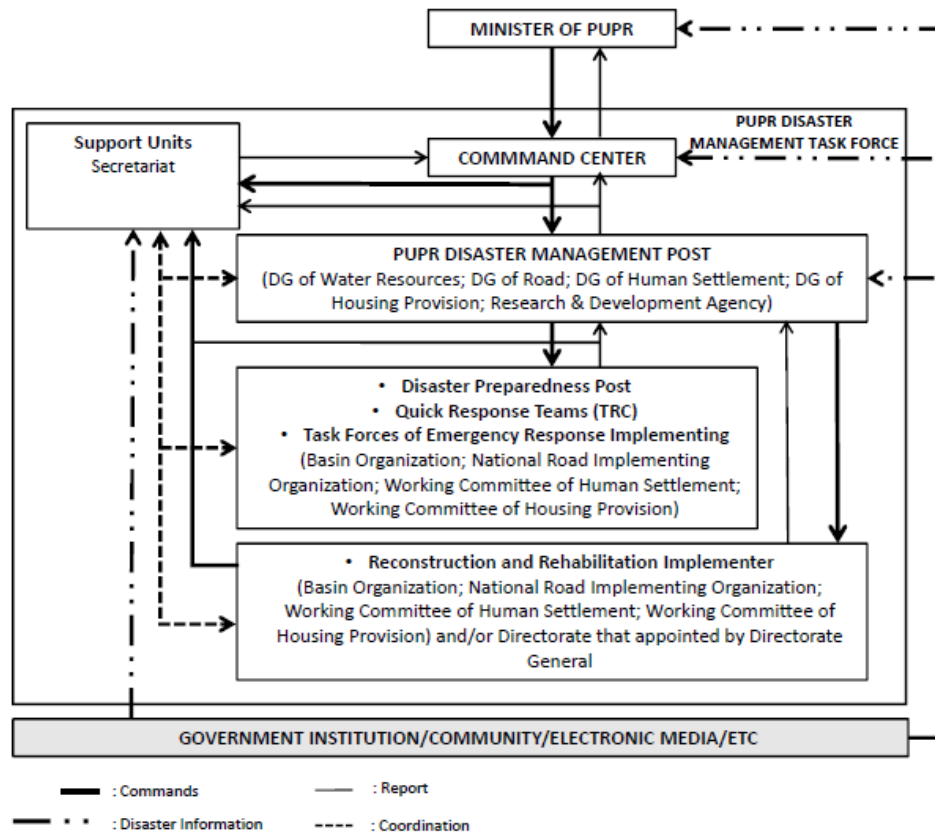
緊急対応(Emergency Response)においては、BNPBとPUPRは連携して活動する。その流れを以下の図に示した。



Source: PUPR

図 4-45 BNPB と PUPR の連携による災害時の情報連絡ルート

PUPRにおける災害管理の命令系統と報告系統のシステムは、以下のとおりとなっている。災害時には、タスクフォースが結成されて、地方防災局（BNPB）のクイックレスポンスチームとともに災害対応に当たる。PUPRは災害後の復旧、復興活動においては、地方防災局ならびに州政府等とともに主体的な活動を行う。



Source: PUPR

図 4-46 PUPR の災害管理における行動命令と報告ルート

水関連法案については、2004年に制定された水資源法 (The Law No.7 Water Resources, 2007)が水管理に関するすべての基本的な法令となっている。各流域内の利害関係者の参加による統合的な水資源管理を促進するため、中央と地方の政府の役割分担(Clarity of water resources management responsibilities)、水資源管理の組織改革 (Institutional arrangement)、水資源管理の計画、実行における強化、統合(Strengthening and integration of planning and implementation)、情報ネットワークの開発、持続的 management のための財政強化システム等の水資源管理のあり方等が規定されている。

この法律を受けて水資源管理に関する政令(No.42,2008)、河川に関する政令(No.38.2011)等の関連法令が制定されている。これらの基本的な骨格は、以下のとおりである。

- a. 国が管理する河川流域は、国境をまたぐ河川流域、複数の州にまたがる河川流域、国家戦略的に重要な河川流域のいずれかである。
- b. 水資源管理は、河川流域単位(river basin unit)で行う。
- c. 国は、河川流域管理事務所を設置して水資源管理を行う。
- d. 水資源管理は、「水資源の保全」、「水資源の利用」、「水の破壊力(water induced damage)の管理」の3つを基本にして行う
- e. 流域の基本計画策定にあたっては、TKPSDA(流域調整委員会)を通じて利害関係者(Stakeholders)の意見を聞き、調整を行う。

水災害に関する法体系は、水資源も含めて以下の表に示すような法律(Laws)、大統領令(Presidential Decrees)、政府通達(Governmental Decrees)、および省令(Ministry Regulations)から構成されている。

2012年のPresidential Decree12号により、洪水管理、土砂管理を含む、水資源の管理は、流域(SDA, Sumber Daya Air, River Basin)単位で行われることとなった。流域(SDA)ごとに管理する流域管理機構がPUPRによって設立されている。大きな流域面積(Citarum, Brantas, Ciliwung-Cisadane川等)の13流域においては、大規模流域管理機構 (Large River Basin Organization : Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS)) が設立され河川管理、洪水管理、土砂管理等の流域管理を実施している。その他の流域においては、BBWSよりも流域規模の小さい22の流域管理機構(River Basin Organization : Balai Wilayah Sungai (BWS)) が設立されている。

表 4-23 水災害に関する主要な法・政令

Classification	Laws/Decrees/Regulations (Year)	Name/Title
Law	Law No. 7 in 2004	Water Resources 水資源
	Law No. 10/2004	Formulation of Laws and Regulations 法政令の制定
	Law No. 24/2007	Disaster Management 災害管理
	Law No. 26/2007	Spatial Planning 空間計画
Presidential Decree	Presidential Decree No.123/2001	Water Resources Management Coordination Team 水資源管理調整
	Presidential Decree No. 83/2002	Amendment of Presidential Decree No. 123 in 2001
	Presidential Decree No. 12/2008	Water Resources Council 水資源委員会
	Presidential Decree No. 8/2008	National Disaster Management Agency (BNPB) 国家防災庁
	Presidential Decree No.12/2012	Determination of River Region 河川流域単位の水資源管理
Government Regulation	Government Regulation No. 42/2008	Water Resources Management 水資源管理
	Government Regulation No. 21/2008	Implementation of Disaster Management 災害管理の実行
	Government Regulation No. 22/2008	Finance and Management of Aid for Disaster 財政と災害管理
	Government Regulation No. 23/2008	Participation of International Institutions and Foreign Non-Governmental Institutions in the Mitigation of Disaster 防災参画
	Government Regulation No. 38/2011	River 河川
	Government Regulation No. 23/2017	National Spatial Plan 国家空間計画
Ministry Regulation	Ministry of PW Regulation No.63/PRT/1993	Right of River Boundary, Effective River Width, Right of River Area and Old River 河川区域他
	Ministry of PW Regulation No.4/PRT/M/2008	Guideline for Establishment of Water Resources Council in Province, Regency/City and River Basin Levels 水資源委員会
	Ministry of PW Regulation No. 11A/PRT/M/2006	Criteria and Determination of Clustered River Basin 流域管理
	Ministry of PW Regulation No. 12/PRT/M/2006	Organization and Work Arrangement of River Basin Main Office (BBWS) 流域管理組織
	Ministry of PW Regulation No. 13/PRT/M/2006	Organization and Work Arrangement of River Basin Office (BWS)
	Ministry of Pw Regulation No. 26/PRT/M/2006	Amendment of No. 12/PRT/M/2006 and No. 13/PRT/M/2006
	Ministry of PW Regulations No.27/2007	Guidelines of Landslides Prone Areas on Spatial Planning 地すべり
	Ministry of PW Regulation No.22/PRT/M/2009	Technical Guidelines and Procedures for Preparation of POLA of Water Resources Management 水資源開発計画
	Ministry of Internal Affairs Decree No. 46/2008	Disaster Countermeasures 災害対策、災害対応
	Ministry of PWH No.13/2015	Disaster Emergency Management due to Water Induced Damage 水災害緊急管理
	Ministry of PWH No.27/2015	Dam Requirement the Safe Dam Developing and Management od such Dams ダムの安全管理
	Ministry of PWH No.28/2015	Establishment of River Boarder to Protect River and Lake's Function and Control Water Damage of River and Lake 河川、湖沼区域

Source: Web-sites (PUPR, BNPB, BAPPENAS 他)

4.3.3 JICA による協力

国際協力機構(JICA)では、インドネシアへの援助に対する方針として 更なる経済成長への支援、 不均衡の是正と安全な社会造りへの支援、 アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上のための支援、 を3つの柱として挙げ、支援を行ってきた。

JICA資料による水災害に関するJICA協力プロジェクト一覧を以下に示す(一部は水資源開発とも重複)。洪水のプロジェクトとしては、その発生頻度と対応するように、スマトラとジャワにおけるプロジェクトが多く、スマトラでは、クルンアチェ、メダン等で、ジャワでは、チリウンーチサダネ、チタルム、プランタス、ソロ等で実施されている。

表 4-24 JICA による水災害の協力プロジェクト

SN	Province	No.	Major Projects Implemented by JICA	Implementation Period	Floods	Sabo (Sediment)	WRD	DRR
1	Aceh	1	Krueng Aceh Urgent Flood Control Project	1972-1993	✓			
2	North Sumatra	1	Ular River Flood Control and Improvement of Irrigation Project	1969-1995	✓			
3		2	Lower Asahan River Flood Control Project	1984-1990	✓			
4		3	Medan Flood Control Project	1990-2009	✓			
5	West Sumatra	1	Padan Area Flood Control Project	1982-2011	✓			
6	DKI Jakarta & West Java	1	Jakarta/Jabodetabek Flood Control Project	1985-2008	✓			
7		2	Ciujung Cidurian Integrated Water Resources Development Study	1994-2008			✓	
8		3	Ciliwun-Cisadane Master Plan, Feasibility Study and Detailed Design	1994-2008	✓			
9		4	JABODETABEK Institutional Revitalization Project for Flood Management	2007-2010	✓			
10		5	Capacity Development of Jakarta Comprehensive Flood Management	2010-2013	✓			
11		6	Capacity Development Project for River Basin Organization in Practical Water Resources Management and Technology	2008-2011			✓	
12		7	East Pump Station of Pluit Urgent Reconstruction Project	2011-2014	✓			
13		8	Upper Citarum River Basin Flood Control and Farm/Forest Land Conservation Project	1987-2018	✓			
14		9	Mt. Galunggung Disaster Prevention Project	1987-1988		✓		
15	Central Java (including YGY)	1	Wonogiri Multipurpose Dam Project	2014-2018	✓		✓	
16		2	Capacity Development Project for SABO, VSTC, STV,ISDM	1982-2006		✓		
17		3	Semarang Integrated Water Resources and Flood Management Project	1992-2014	✓		✓	
18		4	Mt. Merapi and Mt. Semeru Volcanic Disaster Countermeasures Project	1987-2001		✓		
19		5	Mt. Merapi, Progo River Basin Urgent Disaster Reduction Project	2005-2014		✓		
20		6	Mt. Merapi Urgent Disaster Reduction Project	2014-2018		✓		
21		7	Wonogiri Multipurpose Dam Project	1972-2004	✓		✓	
22		8	Mt. Merapi and Mt. Semeru Volcanic Disaster Countermeasures Project	1995-2001				
23	East Java	1	Wlingi Multipurpose Dam Project	1971-1978	✓		✓	
24		2	Brantas Middle Reaches River Improvement	1971-1990	✓			
25		3	Surabaya River Improvement & Surabaya Urban Development Project	1971-2002	✓			
26		4	Madiun (Solo) River Urgent Flood Control Project	1972-1995	✓			
27		5	Mt. Kelud Urgent Volcanic Disaster Mitigation Project(1992)	1992-1996		✓		
28		6	Mt. Merapi and Mt. Semeru Volcanic Disaster Countermeasures Project(1995)	1986-2001		✓		
29		7	Water Resources Existing Facilities Rehabilitation and Capacity Development Improvement Project	2003-2011			✓	
30		9	Natural Disasters Reduction Project	2007-2009		✓		✓
31		8	"Banjir Bandang" Integrated Disaster Mitigation Management Project	2008-2011		✓		✓
32		9	Lower Solo River Improvement Project (Phase I, Phase II)	1970-2013	✓			
33	Bali	1	Bali Beach Conservation Project	1988-2008				✓
34	South Kalimantan	1	Barito River Basin Development and River Mouth Dredging Project	1969-1979	✓			
35	South Sulawesi	1	Bili Bili Dam Multipurpose Dam	1990-1999	✓		✓	
36	South Sulawesi	2	Jeneberang River Basin Development Project	1979-2006	✓		✓	
37		3	Mt. Bawakaraeng Urgent Disaster Reduction Project	2005-2014		✓		

Notes: WRD:Water Resources Development, DRR:Disaster Risk Reduction

Source: JICA

4.3.4 その他ドナーによる協力

4.3.4.1 世界銀行(WB)による協力

世界銀行グループは2005年以降にインドネシアにおいて合計188件のプロジェクトを実施しており、このうち水災害に係る案件は合計4件であり、Dam Operational Improvement and Safety Project (DOISP) Jakarta Urgent Flood Protection, Dam Operation Improvement and Safety等が実施されている。これらは公共事業省のダム施設運用管理あるいは都市の洪水対策に関わりの深い内容を含んでいる。灌漑・排水、上水道などを含めた水資源・水災害分野の合計は52件である。

表 4-25 世銀(WB)水災害関連の協力プロジェクト

No.	Project Title	Sector	Commitment Amount (US\$ in Million)	Status As of Jun.2018	Approval Date
1	Dam Operational Improvement and Safety Project Phase 2	Public Administration - Water, Sanitation and Waste Management Other Water Supply, Sanitation and Waste Management	125.00	Active	2017/02/27
2	National Community Empowerment Program In Urban Areas For 2012-2014	Sanitation	23.50	Active	2012/11/20
3	Dam Operational Improvement and Safety	Public Administration - Water, Sanitation and Waste Management Other Water Supply, Sanitation and Waste Management	50.00	Active	2009/03/19
4	TA for Jakarta Flood Mitigation	Waste Management Other Water Supply, Sanitation and Waste Management	5.02	Closed	2008/10/20

Source: WB Web-sites

4.3.4.2 アジア開発銀行(ADB)による協力

ADBは、インドネシア国の国家中期開発計画 (RPJMN) の優先順位に沿った協力として、インフラ開発及び人材開発、経済政策等に焦点を当てて支援を行ってきた。アジア開発銀行のHPで公開されているデータによると、水災害分野に係る案件はFlood Management in Selected River Basins Sector Projectの1件のみである。水災害以外の水資源分野に関しては、水及びその他都市インフラサービス (Water and other urban infrastructure and services) として合計24件実施されている。このうち都市政策 (Urban policy) が10件、都市上水道 (Urban water supply) が8件となっている。

表 4-26 ADB による水災害関連の協力プロジェクト

No.	Project Name	Subsector	Type	Status (Jun.2018)	Approval Date
1	Flood Management in Selected River Basins Sector Project	Agriculture Natural resources and rural development	Loan	Approved	2016/09/30

Source: Web-site ADB

4.3.4.3 そのほかの国際機関あるいは2国間による協力

インドネシア国におけるその他の国際機関あるいは2国間による協力案件を以下に示す。BNPB 関連のほとんどの案件は災害種を横断的に対象としている。PUPR 関連に関しては、対象とする分野が水災害セクター単独だけでなく、水資源開発セクター含めた多目的案件もリストアップした。

表 4-27 BNPB への水災害関連の協力プロジェクト(全案件)

SN	Donors	Activities, Programs, Plans	Budget	Objectives & Activities	Status	Remarks
1	MFAT - New Zealand Aid	STIRRRD (Strengthened Indonesia Resilience: Reducing Risk from Disaster)	NZ\$ 7.6 million	GNS Science (NZ) partnering with Gadjah Mada University (UGM, Jogjakarta), supports the increasing the DRR capability of local government and local universities.	Ongoing	
2		Implementing a better warehousing and logistic management	-	No further Information	-	Same with WFP activity (No. 5)
3		National Disaster Response Framework	NZ\$ 1.5 million	Formulation of Indonesia Disaster Response Framework (NDRF - who do what during emergency response)	Finished	Final product submitted to BNPB during National Coordination
4	USAID	InaWARE	FY 2014: US\$ 837,000	Development of Disaster Monitoring System for Decision Support System. Project was conducted by PDC (Pacific Disaster Center). InAWARE is based on the PDC's DisasterAWARE platform and will enhance BNPB's disaster management capabilities.	Ongoing	Phase 1 (2013-2016) Phase 2 (2016-2019)
5	WFP (World Food Program)	Formulation of Humanitarian Logistics Master Plan (HLMP)	-	Kick Off meeting was conducted on March 15, 2018	Ongoing	
6		Activities registered in BNPB, 32 was funded by USAID	Based on activity, no total budget	1) For Mt. Sinabung, USAID provide US\$200,000 for emergency response 2) In 2014, USAID provide US\$494,000 to strengthen capacity of BNPB to manage humanitarian logistics operation.	Finished	
7	IOM	Activities funded by USAID was registered in BNPB	Based on activity, no total budget	Sample of activities: 1) For Mt. Sinabung (2013-2014), USAID provide US\$100,000 for procurement & distribution of emergency relief commodities. 2) In FY 2014, USAID provide US\$1.3 million to strengthen the DM capacity in 8 Districts in Aceh Province 3) USAID provide US\$700,000 for IOM to build the capacity of BNPB to develop appropriate training on humanitarian camp coordination and camp management.	Finished	
8	Mercy Corps	Activities funded by USAID was registered in BNPB	Based on activity, no total budget	1) During Jakarta Flood 2013, USAID provide US\$150,000 to distribute cleaning supplies, hygiene items and other commodities 2) During Ambon Flood 2012, USAID provide US\$100,000 to distribute relief commodities; 3). Institutionalizing Disaster Management Capacity: Embed teams of trainers to province BPBD to provide technical support. 4) READI (Resilient Environment through Active DRR Initiatives) (FY 2014 - US\$215,000)	Finished	
9	China - University of TsingHua	MHEWS (Multi Hazard Early Warning System)	No information	Design stage - under preparation	Ongoing	Information from social media
10	DFAT - Australia AUSAID	AIFDR (Australia-Indonesia Facility for Disaster Reduction) (MOU signed 2011) http://dfat.gov.au/geo/indonesia/development-assistance/Pages/indonesia-development-cooperation-completed-programs.aspx	Total AIFDR 2008-2015 (AUS\$ 67 millions)	Three program areas: 1) training & outreach; 2) partnerships; and 3) risk & vulnerability. Total 67 activities of AIFDR are officially handed over to BNPB. Sample of activities: 1). Development of EOC (Pusdalops) in Makassar (South Sulawesi), Kupang (east Nusa Tenggara) and Padang (West Sumatera). 2) For No 3). Risk & Vulnerability: one of the result is InaSAFE.	Finished	Originally, AIFDR was Finished on Dec 2015, but extended until Oct 2016 for completing the administration works
11		Australia-Indonesia Partnership on Disaster Risk Management (MOU signed April 2016) http://dfat.gov.au/geo/indonesia/development-assistance/Pages/human-development-in-indonesia.aspx	2015-2018 (AUS\$ 19 millions)	1) Keep supporting the InaSAFE program through DMInnovation 2) Conduct Technical Cooperation Project with BNPB in South Sulawesi and East Nusa Tenggara, with following activities: a) facilitation & advocacy on disaster related regulations (DM Plan, Contingency Plan.etc), b) Strengthening the role of Pusdalops (EOC) and c) Institutional Capacity enhancement of BPBD South Sulawesi and East Nusa Tenggara (NTT)	Ongoing	
12	UNDP	Strengthening School Preparedness for Tsunami in Asia Pacific Region (UNDP Regional Project - 18 countries)	No information	Tsunami awareness education and safety drills for schools in Aceh (9 schools) and Bali.	Ongoing	
13		SCDRR Phase 1 (2007 – 2013) Safer Communities through Disaster Risk Reduction	US\$ 18 million	Four key outputs: 1) Policy, Legal and Regulatory Frameworks 2) Institutional Strengthening 3) Public Awareness and Education 4) Community Level DRR Initiatives	Finished	
14		SCDRR Phase 2 (2013 – 2016)	No information	Scaling up the phase 1 activities. Two main outputs: 1) Policy guidance developed to support the integration of DRR in development planning and specific sectors 2) Strengthen the technical capacities of DM actors to plan, implement and monitor DRR.	Finished	
15	World Bank	IMDFF-DR Merapi Mountain, Mentawai islands, Sinabung Mountains, etc.	Various, depend on disaster's location	1) Indonesian Multi Donor Fund for Disaster Recovery managed by UNDP 2) Other UN based organization to support the funding of recovery activities in various disasters. 3) Supporting the recovery activity of Tsunami in Mentawai Island (2010) 4) Eruption of Mt. Sinabung (2014); Eruption of Mt. Kelud (2015), etc.	Finished	
16		Replication and Mainstreaming of Rekompak (Community Based Settlement Rehabilitation and Reconstruction) (May 2016 – March 2018)	US\$ 1.62 million	1) To support in meeting the needs for disaster-resilient settlements 2) To mainstream community-based processes into the national framework for DRR. "Rekompak" was introduced during Tsunami Aceh (2004), then Jogja Earthquake (2006), Padang Earthquake (2009) and Merapi eruption (2010).	Ongoing	Most activities are to support the Mount Sinabung (North Sumatera Province) resettlements. Implementer is PUPR, & BNPB
17	World Bank	Scaling Up Safe School Facilities in Indonesia (Des 2015 – Sept 2017)	US\$ 300,000	1) Building capacity to support the implementation of a safer schools program. 2) Collaboration with the Ministry of Education and BNPB on the development of a safe school risk map. 3) A school vulnerability assessment	Finished	
18		Disaster Risk Management for the Third National Program for Community Empowerment in Urban Areas (Des 2012 – Sept 2017)	US\$ 514,690		Finished	

Sources: Web-sites, BNPB, BAPPENAS

表 4-28 各国ドナーによる水災害、水資源開発の協力プロジェクト

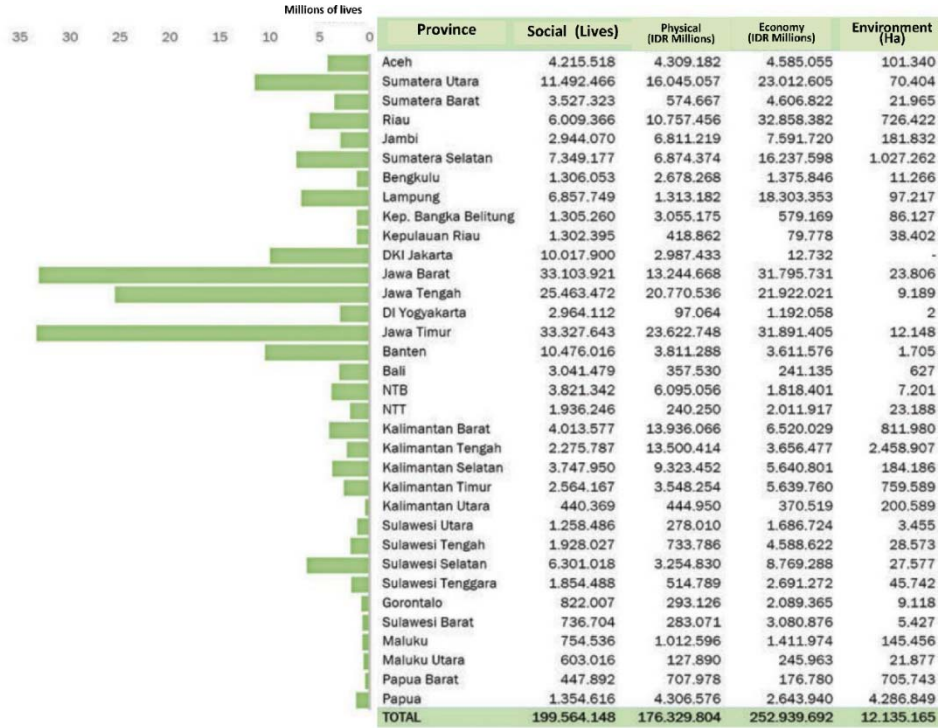
Donors	Projects, Loans	Budget	Objectives & Activities	Status	Remarks
World Bank	Jakarta Urgent Flood Mitigation Project	USD Million 139.64	To contribute to the improvement of the operation and maintenance of priority sections of Jakarta's flood management system. 1) Dredging and rehabilitation of selected key floodways, canals and retention basins. 2) Technical assistance for project management, social safeguards and capacity building.	Ongoing	Project Location: Jakarta
	Dam Operational Improvement and Safety Project (DOISP)	USD Million 50.0	1) To increase the safety and the functionality with respect to bulk water supply; 2) To strengthen the safety and operational management policies, regulations and administrative capacity of PW The project was composed of five components: 1) Dam Operational Improvement and Safety Works and Studies 2) Operations & Maintenance Improvement and Capacity Building 3) Reservoir Sedimentation Mitigation 4) Dam Safety Institutional Improvement 5) Project Management	Finished	Project Location: 1) East Java Province 2) East Kalimantan Province 3) South Sulawesi Province 4) Lampung Province 5) West Java Province 6) Special Region of Yogyakarta Province 7) West Nusa Tenggara Province 8) East Nusa Tenggara Province
	Dam Operational Improvement and Safety Project (DOISP) Phase 2	USD Million 300.0	1) To increase the safety and the functionality of dams in selected locations 2) To strengthen the safety and operational management capacities for dam safety. The project includes: 1) Simplification of the project development objective (PDO) and streamlining of indicators; 2) Rehabilitation of an additional 20 dams; 3) Introduction of a framework approach for screening and prioritization of dams; 4) Updating of the environmental and social management framework; 5) Provisions for innovative measures to improve sediment management and land-care practices	Ongoing	No information for locations on website
ADB	Flood Management in Selected River Basin	USD Million 108.7	1) Planning for flood risk management enhanced. 2) Improved Land Management and Upgraded Flood Infrastructure 3) Capacity for community-based flood risk management enhanced 4) Policy, coordination, and capacity at national level improved	Ongoing	Project Location: 1) Cidanau – Cijung – Cidurian River Basin 2) Ambon – Seram River Basin
	Integrated Citarum Water Resources Management and Investment Program (ICWRMIP)	Amount of the Loan: - ADB (Ordinary Capital Resources): USD 20,000,000 - ADB (Special Fund Resources) : SDR 20,162,000 (USD 30,900,000) Amount of the Grant: ADB- USD	The desired impact of the Investment Program: By the year 2023, poverty, health and living standards in the Citarum River Basin will be significantly improved. The outcomes : 1) Improved integrated water resources management; 2) Achieved through improved infrastructure facilities, 3) Putting in place effective institutional arrangements for IWRM in the basin, 4) Creating the conditions for improved and IWRDM, with government and the community working in partnership to achieve a shared vision formulated as part of the Roadmap development process.	Finished	Project Location: Citarum River, West Java Province
Korea	Construction of Karian Multipurpose Dam Project	USD Million 97.2	The activities of this project consist of 3 (three) packages, namely: • Construction Supervision Package of Karian Dam, Lebak Regency • Civil Works Package – Karian Dam Constuction, Lebak Regency • Hydromechanical Works Package – Karian Dam Construction, Lebak Regency The project will have two output : 1) Infrastructure Development For Off-Site Wastewater Systems Completed 2) Project Implementation Support Institutionalized	ongoing	Project Location: Lebak Regency, Banten Province
	Engineering Service for Coastal and River Development Project	USD 10,094,000	To ensure the high priority projects are implemented efficiency by advancing preparatory activities in a systematic manner through engineering services. Scope of Project: 1. Compose the documents regarding project preparations, consist of; (i) master plan (ii) feasibility study (iii) detail design (iv) environmental and social impact assessment (AMDAL) (v) land acquisition and resettlement action plan (LARAP) 2. Strengthen the capabilities of human resources of river and coastal's stakeholder.	Planned (Based on List of Planned Priority External Loans 2017 – Bappenas)	Project Location: Nationwide
	Engineering Service for Multipurpose Dam Development Project	USD Million 21.61	To ensure that high priority projects are implemented efficiently by advancing preparatory activities in a systematic manner through engineering services.Scope of Project: 1. Compose the documents regarding project preparations, consist of; (i) master plan, (ii) feasibility study, (iii) detail design, (iv) environmental and social impact assessment (AMDAL), and (v) land acquisition and resettlement action plan (LARAP). 2. Strengthen the capabilities of human resources of river and dam's stakeholder.	Planned (Based on List of Planned Priority External Loans 2017 – Bappenas)	Project Location: Nationwide
China	Additional Loan for Jatigede DAM	USD Million 117.0	1) Civil works : preparatory general works, grouting gallery, main dam, road works 2) Hydro-mechanical : power gates, primary electrical works, secondary electrical work	Finished	Project Location: Sumedang Regency, West Java Province

Sources: Web-sites, PUPR, BAPPENAS

4.3.5 災害リスク評価

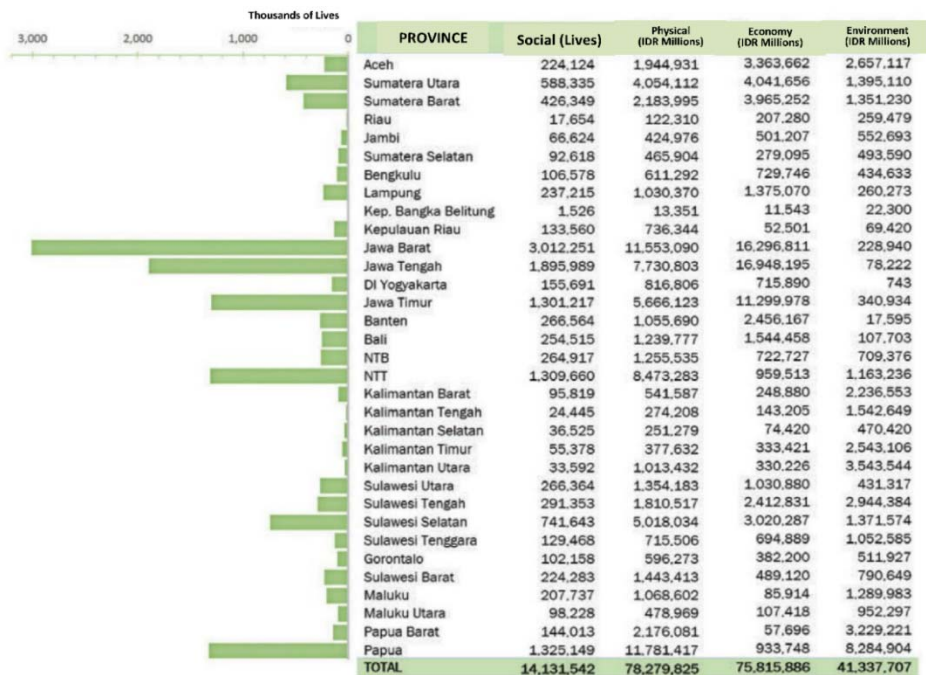
4.3.5.1 インドネシアにおける水災害リスク

水災害には洪水、フラッシュフラッド（土石流のような土砂災害を伴う突発的洪水）、地すべりが含まれる。BNPBによる洪水に関する州(Province)別の災害リスクの評価結果(Risiko Bencana Indonesia)を以下に示す。洪水



Source: Risiko Bencana Indonesia (BNPB)

図 4-47 州別の洪水リスク（想定被災人口、想定被害額）



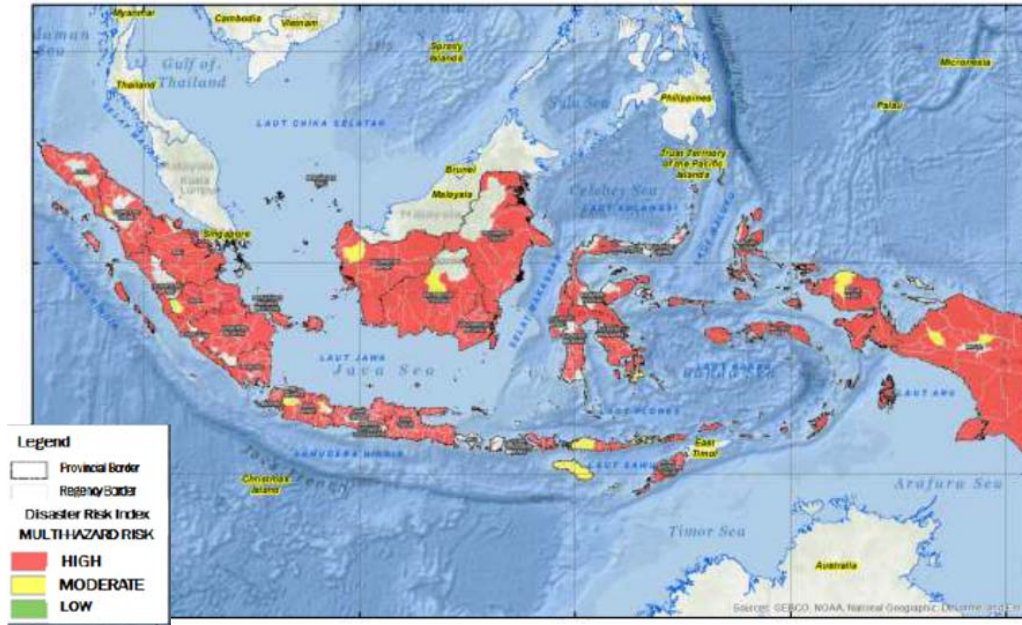
Source: Risiko Bencana Indonesia (BNPB)

図 4-48 州別の地すべりリスク（想定被災人口、想定被害額）

(Floods)に関しては、西部ジャワ(Jawa Barat)、東部ジャワ(Jawa Timur)、中部ジャワ(Jawa Tengah)、北スマトラ(Sumatera Utara)で、想定される被災が大きい結果となっている。

地すべり(Landslides)に関しては、表に示すように、洪水と同様の傾向を示しており、西部ジャワ(Jawa Barat)、中部ジャワ(Jawa Tengah)、東部ジャワ(Jawa Timur)、東部スサテンガラ(NTT)での社会的損失が大きい結果となっている。

Rencana Nasional Penanggulangan Bencana(National Disaster Management Plan, 国家防災管理計画、2015-2019)によると、洪水による州別の被害リスクは、以下のように示される。



Source: Rencana Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB)

図 4-49 州別の洪水リスク

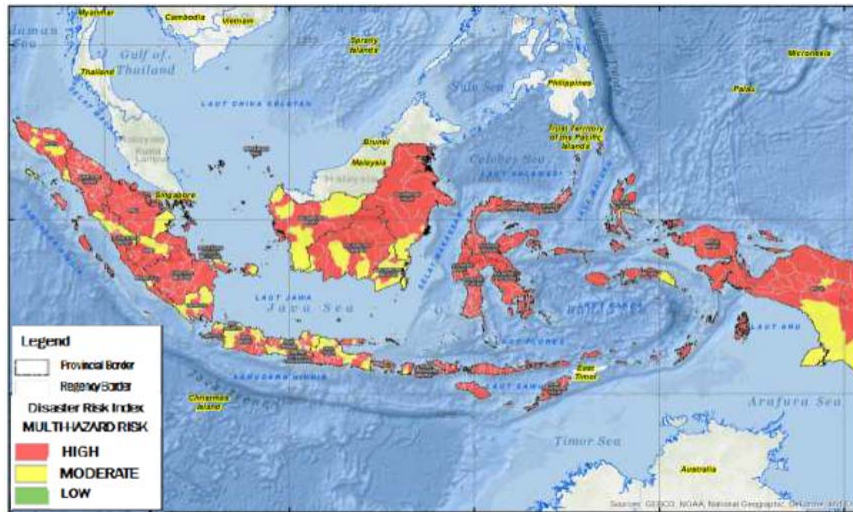
上記の結果、2015-2019年の期間に、以下の10州の河川流域がBNPBにより洪水災害軽減対策を優先的に実施する州として選定されている。

表 4-29 洪水軽減対策を優先的に実施する 10 州とその河川流域

SN	Province	River Basin (DAS:Daerah Aliran Sungai)
1	East Java	DAS Bungawan Solo
2	Banteng	DAS Ciujung, DAS Cisdane, DAS Ciliman
3	Central Java	DAS Bengawan Solo
4	DKI Jakarta	DAS Ciliwung
5	West Java	DAS Citarum, DAS Cimanuk
6	East Nusa Tenggara	DAS Benain
7	South Kalimantan	DAS Sepapah
8	North Sumatra	DAS Wampu
9	South Sumatra	DAS Batanghari
10	Acch	DAS Krueng Aceh Tamiang

Source: Rencana Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB)

地すべりに関しても、同様な検討が実施された。検討結果を以下の図に示す。選定された10州は、西部ジャワ 中部ジャワ 東部ジャワ 東ヌサテンガラ 西部スマトラ 北スマトラ 南スラウェシ パプア 中部スラウェシ バリ、である。



Source: Rencana Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB)

図 4-50 州別の地すべり(Tanah Longsor) リスク

4.3.5.2 地域別評価

洪水は山岳背嶺部を除く全国土、地すべりは平地部を除くほぼ全国土が赤または黄色表示であり、危険度が高くなっている。これらのうち社会経済的に重要な地域について実施されている対策を以下に説明した。

(1) アチェ州(洪水、フラッシュフラッド)

アチェ州における近年の水災害(2013-2017年)は、以下に示すとおりであり、洪水とフラッシュフラッド(土石流のように土砂災害をとまなう突発的洪水)によるものである。洪水に関しては、浸水面積が大きいのが特徴である。フラッシュフラッドについては、2017年4月の災害時には、影響を受けた住民の数は洪水に比べて少ないにもかかわらず死者が出ている。洪水は被害規模が大きい、生命に対するインパクトはフラッシュフラッドに比較して小さい。

表 4-30 アチェ州による被害の概要(洪水)

Date of Event Occurred	Regency	District/Village	Disaster Events	Dead	Missing	Injured	Affected people	People evacuated	Affected Houses
11 April 2017	Southeast	Semadam,Lawa Sigale-Gala	Flash Flood	2	1				298
12 April 2017	West Aceh	Woylav Barat, Arongan Lambalek	Flash Flood				1,784		
17 January 2016	Aceh	Mantangkuli,Tanah Luas, Samudera, 12 Districts	Floods					1,505	
11 December 2015	West Aceh, Aceh Jaya, Nagan Raya, Aceh Selatan	Labuhan Haji	Floods	1			51,000		
14 July 2015	Aceh Jaya & Aceh Barat		Floods	0			25,765	2,000	7,904

Source: "Flood List" Web-site

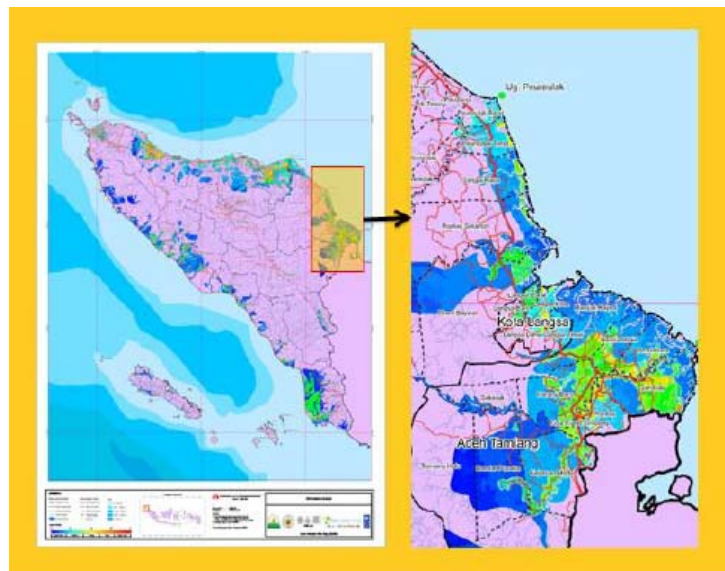
国家防災計画に基づき、アチェ州の防災計画は、以下の5つの基本戦略とそれらに基づく重点施策(Focus)、プログラム(Program)、行動(Activity)が示されている。基本戦略は組織の強化、総合防災計画、調査研究と訓練、ステークホルダーの参加、およびコミュニティ防災であり、非構造物対策が中心となっている。基本戦略と重点施策を以下に示す。

表 4-31 アチェ州の災害管理計画の5つの戦略と重点施策

SN	Strategies (戦略)	Focus (重点施策)
1	Enhancement of Regulatory Framework and Institutional Capacity(組織の強化)	1)Strengthening the Cooperation Framework for the Implementation of DM.(協力強化)
		2) Enhancement of institutional capacity and support system for DM (組織の能力強化)
2	Integrated Disaster Management Planning (統合防災計画)	1) Establishment of Aceh DM priority zone (DM優先ゾーンの設定)
		2) Formulation of Contingency Plans in the DM Priority Zone (災害緊急対策の策定)
		3) Establishment of a Logistics Distribution System (災害時の調達配達システムの確立)
3	Research, Education and Training (調査研究、演習)	1)Disaster Education in Formal Education Institutions to enhance the resilience of the communities and governments (災害強靱性醸成のための教育)
		2)Partnership between Government, Aceh 防災 Forum and Academician (関係者間のパートナーシップ)
4	Enhancing The Capacity and The Participation of The Community and Other Stakeholders in Disaster Risk Reduction (コミュニティ、ステークホルダーの参画)	1)Utilization of research results and technology for the implementation of disaster management (災害管理実行成果、技術の利用)
		2)Synchronization and Enhancement of Government Sectoral Poverty Reduction Program in Aceh DM Priority Zone (貧困削減プログラムとの連携)
5	Community Protection from Disaster (コミュニティ防災)	Disaster Prevention and Mitigation (災害防止と軽減)
		1. Disaster Preparedness (事前準備)
		1.Disaster Response (災害対応)

Source: Disaster Management Plan (Aceh)

上記のうちで、特筆すべきは、防災優先ゾーン(DM Priority Zone)の設定であり、洪水に関しては、洪水被害対応を優先して実施する3県(Regency)(Aceh Timur、Langsa、Aceh Tamiang)が選定されている。



Source: Rencana Kontinjensi Bencana Banjir (Zona Prioritas Penanggulangan Bencana Aceh)

図 4-51 アチェ州の優先洪水対応県(Aceh Timur、Langsa、Aceh Tamiang)

アチェ災害管理優先ゾーン(ZPPBA : Zona Prioritas Penanggulangan Bencana Aceh, (Aceh Disaster Management Priority Zone))における洪水災害への想定シナリオは、以下のとおりである。

- 1) Flooding occurs at night and is started from upstream areas. This means that flood events occur suddenly without preceded by rain in basin. (流域全体に降雨がない場合でも上流からの洪水が突然発生する)
- 2) At the time flood occurred, the rising tides from the sea also occurred in ZPPBA. (洪水生起とともに潮位も上昇する)
- 3) New water puddles receded after 2 weeks, and only completely dried after 1 month, due to existing some areas in the form of basins in ZPPBA. (浸水域が2週間ほど継続し、1ヵ月後にドライの状態となる。)
- 4) Puddles are predicted as high as 1.5-3 meters from the country road. (浸水域の水溜りの水深は、道路から1.5-3m高い)
- 5) ZPPBA for flood disaster is crossed by a kerosene transmission line that causes people to not cook and use fire during a flood disaster to avoid a possible fire disaster as a follow-up disaster. (火災を防止するために洪水時は、燃料の送油を中止する。)
- 6) In addition to fire, the potential for flash flood (FF) disasters is also likely to occur in ZPPBA. This FF disaster can occur when the Kemuning Hulu Dam located in Langsa City leaked until broken. (Kemuning Hulu ダムが決壊して土砂災害が発生する可能性がある。)
- 7) In the event of a flood, all power supplies are cut off. Power supplies were cut off across districts /cities in ZPPBA floods during the peak of submergence. After the peak phase of the immersion, electricity supply in some areas that are not immersed in water. Within 1 week after the peak of the flood event, electricity is operating normally again. (洪水時には送電が停止するが1週間以内で復旧する)
- 8) Due to high water velocity and high water immersion during flooding, all alternative land transportation infrastructure facilities to ZPPBA cannot be used. (洪水時には陸上交通、運送が途絶する)

Source: Rencana Kontinjensi Bencana Banjir (Zona Prioritas Penanggulangan Bencana Aceh)

当該地区を担当する流域管理機構であるBWS Sumatoralにおける水災害に関する事業計画は、以下のとおりである。同機構はアチェ市およびその周辺流域を担当地域としている。

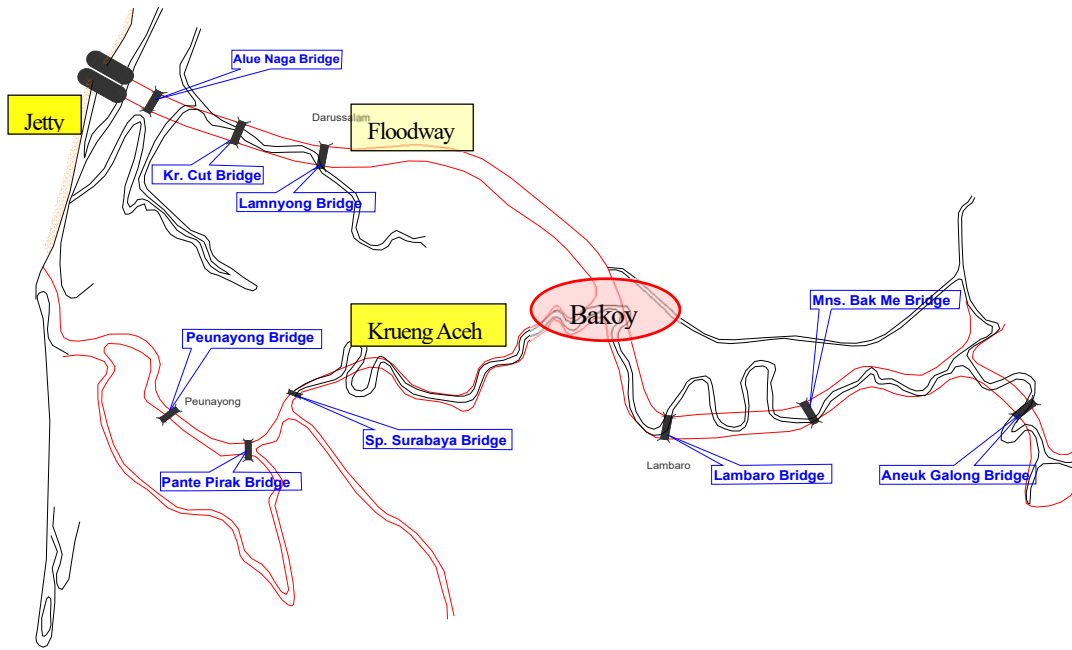
表 4-32 BWS Sumatoral における河川海岸防災事業計画

SN	事業名(英文)	計画地点(行政区画)
1	Normalization of floodway in Krueang Aceh	Kota Banda Aceh
2	Construction for Water Damage Control infrastructures in Krueang Singkil (River)	Kab. Aceh Singkil & Kota Subulussalam
3	Flood Control for Lawe Bulan River	Kab. Aceh Singkil
4	Coastal Protection in Meulaboh Town Beach	Kab. Aceh Barat
5	Coastal Protection near Rivermouth of Krueang Peudada (River)	Kab. Bireum
6	Coastal protection in Krueang Raya Beach	Kec. Masjid Raya & Aceh Besar
7	River restoration in Krueang Lawe Alas and Lawe Bulan (Rivers)	Kab. Aceh Tenggara & Aceh Singkil
8	River restoration in Krueang Baro, Tiro and Aceh (Rivers)	Kab. Aceh Besar, Pidie & Pidie Jaya

Sources) RPJMN (Book III) (2015-2019), BWS Sumatera I Banda Aceh

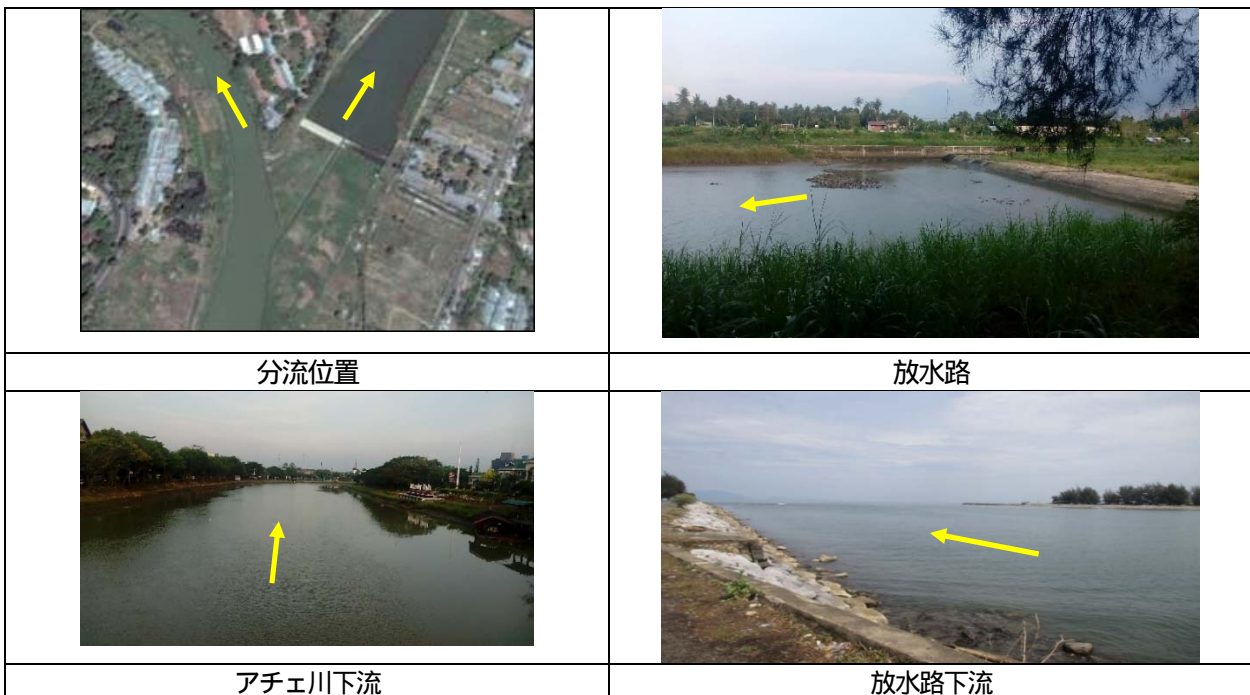
上記のうち、現在検討されている、1のアチェ放水路の改修計画概要を以下に述べる。アチェ放水路は、アチェの市街地を守るために、市街地上流部のBakoy付近でアチェ川を分流して、マラッカ海に放水するまでの延長13kmの放水路である。JICA資金により工事は実施され、1992年に完了している。ローン総額は、47億円である。放水路の設計流量は、5年確率で900m³/secであるが、放水路の運用から20数年が経過し、河床の堆砂が進みつつあり、流下能力が770m³/sec程度まで低下している。放水路の流下能力を向上させるための浚渫工事を計画している。BWS Sumatoralによる検討成果レポートでは、工事による浚渫量は、188万m³であり、これによる工事費は、2,815億ルピアである。これらは自国予算による実施が計画されている。

放水路の概要と現地調査時の現況を以下に示す。



Source: Pengerukan Floodway (BWS Sumatera I)

図 4-52 アチェ市の放水路位置と分流地点(Bakoy)



Source: Pengerukan Floodway (BWS Sumatera I) & The Survey Team

図 4-53 Krueng Acch の分流地点、放水路、本川の概要(2018年2月)

表 4-32の1～8の進捗はすべて企画段階であり、予算を確保して実現することが課題である。

BWS Sumatra I 管内の雨量、河川水位の観測状況は、以下のとおりである。観測所は自記水位計(AWLR)、自記雨量計(ARR)、気象観測所(水位、雨量およびその他気象観測)に区分され、以下のような状況である。自記水位計では、28箇所中、13箇所で、雨量計では、22箇所中、12箇所で、気象観測所では、7箇所中、3箇所で観測が継続されている。

表 4-33 BWS Sumatoral 管内における雨量、水位、気象観測所の状況

River Basin Classifications	Kind on Instruments	Number (Available / Total)
Aceh-Meureudu	Automatic Water Level Recorder (AWLR)	5 of 9 Stations
	Automatic Rainfall Recorder (ARR)	5 8
	Climatological Station	1 3
Woyla-Bateue	AWLR	5 of 10 Stations
	ARR	2 5
	Climatological Station	1 2
Jambo-Aye	AWLR	1 of 3 Stations
	ARR	1 3
	Climatological Station	1 1
Alas-Snigkil	AWLR	0 of 3 Stations
	ARR	2 4
	Climatological Station	0 1
Tamian-Langsa	AWLR	1 of 1 Stations
	ARR	1 1
	Climatological Station	0 0
Pasee-Peusangan	AWLR	1 of 2 Stations
	ARR	1 1
	Climatological Station	0 0
RBO Total	AWLR	13 of 28 Stations
	ARR	12 22
	Climatological Station	3 7

Source: Hydrology Section (BWS Sumatera I)

POLA (Development plan)とRENCANA(Program & Action Plan)の策定状況は以下のとおりである。

表 4-34 BWS Sumatera I の Banda Aceh における POLA、RENCANA の策定状況

No	河川流域区分	POLA PSDA の策定		RENCANA PSDA の策定	
		Draft 準備	Final 策定	Draft 準備	Final 策定
1	Aceh - Meureudu	Finished 2016	(Not yet)	2015 (Stage I)	(Not yet)
2	Woyla - Bateue	2009-2010	Dec. 2015	2014 (Stage I) & 2015 (Stage II)	(Not yet)
3	Jambo - Aye	2008	May 2014	2014 (Stage I) & 2015 (Stage II)	(Not yet)
4	Alas - Singkil	2010	July 2014	2013 (Stage I) & 2014 (Stage II)	(not yet)

Source: Web-site PUPR HP

(2) 北スラウェシ州、マナド (洪水、地すべり)

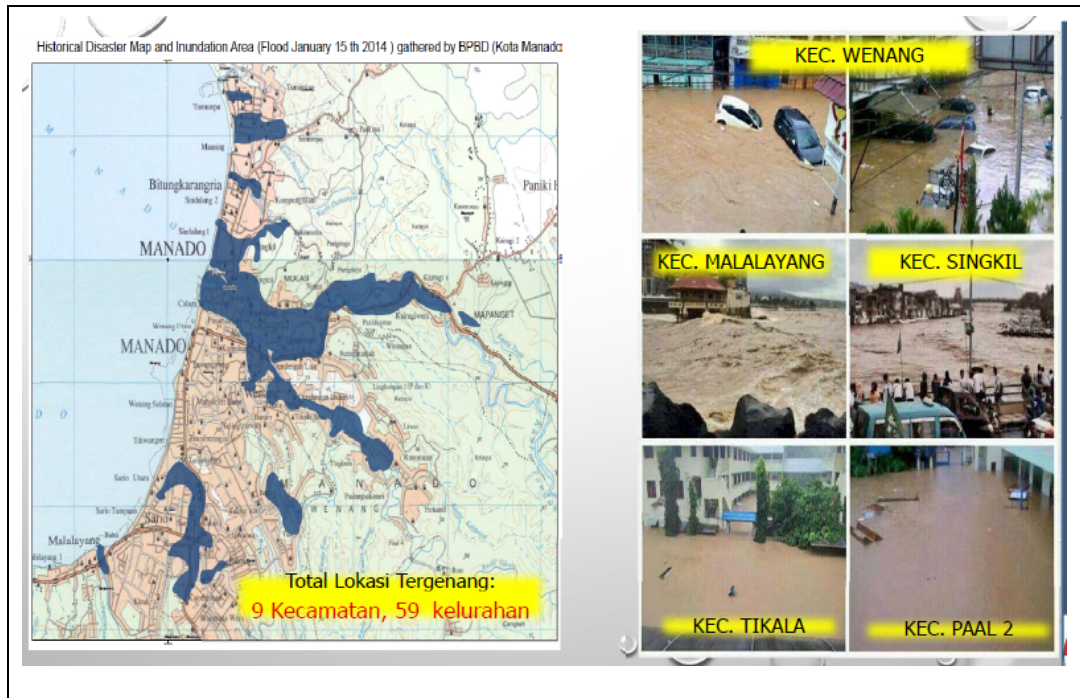
北スラウェシ州における近年の洪水・地すべり(2013-2017年)は、以下に示すとおりである。この中では、マナド市を中心として発生した2014年1月洪水による被害が最も大きい。この洪水では、13名の死者が出て、被害額は、Rp 1,440 Billionであった。

表 4-35 北スラウェシ州による被害の概要(洪水、地すべり)

Date of Event Occurred	Regency	District/Village	Disaster Type	Dead	Missing	Injured	Affected People	People Evacuated	Affected Houses
26-29 January 2017	Billitung		Flood & Landslide				5,000	1,000	
17-22 June 2016	Tomohon, Minamasa Selatan, Kepulauan Sitaaro, etc.		Flood & Landslide	4	1				
14 January 2014	Manado & Minahasa	Kota Manado	Flood & Landslide	13	2			40,000	
24-26 July 2013	Konawe Selatan		Flood	4	3			28,000	

Source: "FloodList" Web-site

2014年の洪水では、浸水区域は、9つの県 (Regency)、59の郡 (District) にわたった。



Source: 地方防災局 North-Sulawesi

図 4-54 2014 年 1 月洪水におけるマナド周辺の氾濫範囲と浸水写真

上記の災害復旧は、日本の有償資金協力によって実施され、現在、第1期の工事を実施中である。対象河川はトンダノ川であり、その計画規模は、1/5である。その後新たに2016年には、JICAの協力によってトンダノ川とその4支川についてマスタープラン調査、FS調査が行われ、計画規模は1/25となっている。当該調査による河川改修計画の概要を以下に示す。現在有償資金協力の準備中である。

表 4-36 マナド周辺河川の改修(1/25)の概要

Name of the River	Distance for Improvement (m)	Design Discharge (m ³ /sec)	Current Flow Capacity (Probability)
Tondano River	7,200	1,220 - 650	1/3-1/5
Tikala River	7,200	600	1/2
Sario River	5,300	155 - 125	1/2
Malalayan River	2,400	270 -240	1/5
Bailang River	1,000	270 -190	1/2
Mahawu River	4,600	80 60	1/2

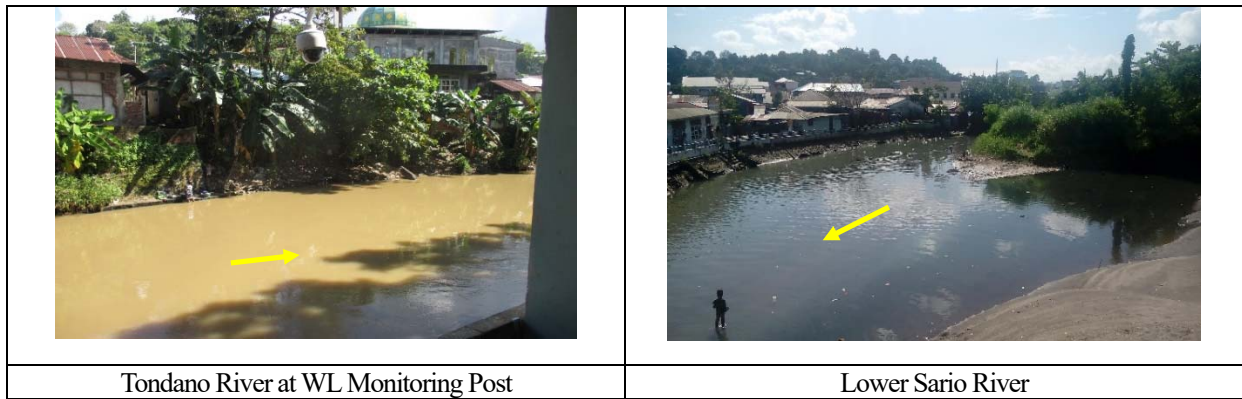
Source: Urban Flood Control System Improvement in the Selected Cities (Manado, JICA)



Tondano River at Megawati Br.



JICA Loan Works ,Downstream of Mahakam Br.



Source: The Survey Team

図 4-55 Tondano 川 (JICA 工事ヶ所、モニタリングポスト付近および Sario 川の概要(2018 年 2 月))

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に有償資金協力によって設置された。自記水位計がトンダノ川上流に設置され、またコミュニティによる水位観測も市街地のモニタリングポストで行われている。2014年の洪水経験が住民間に意識され、防災意識が浸透している。

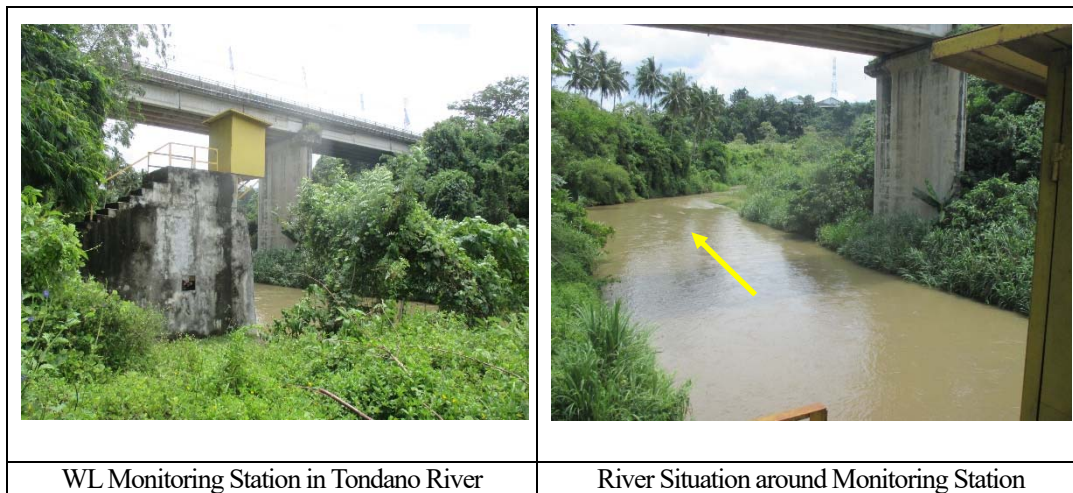
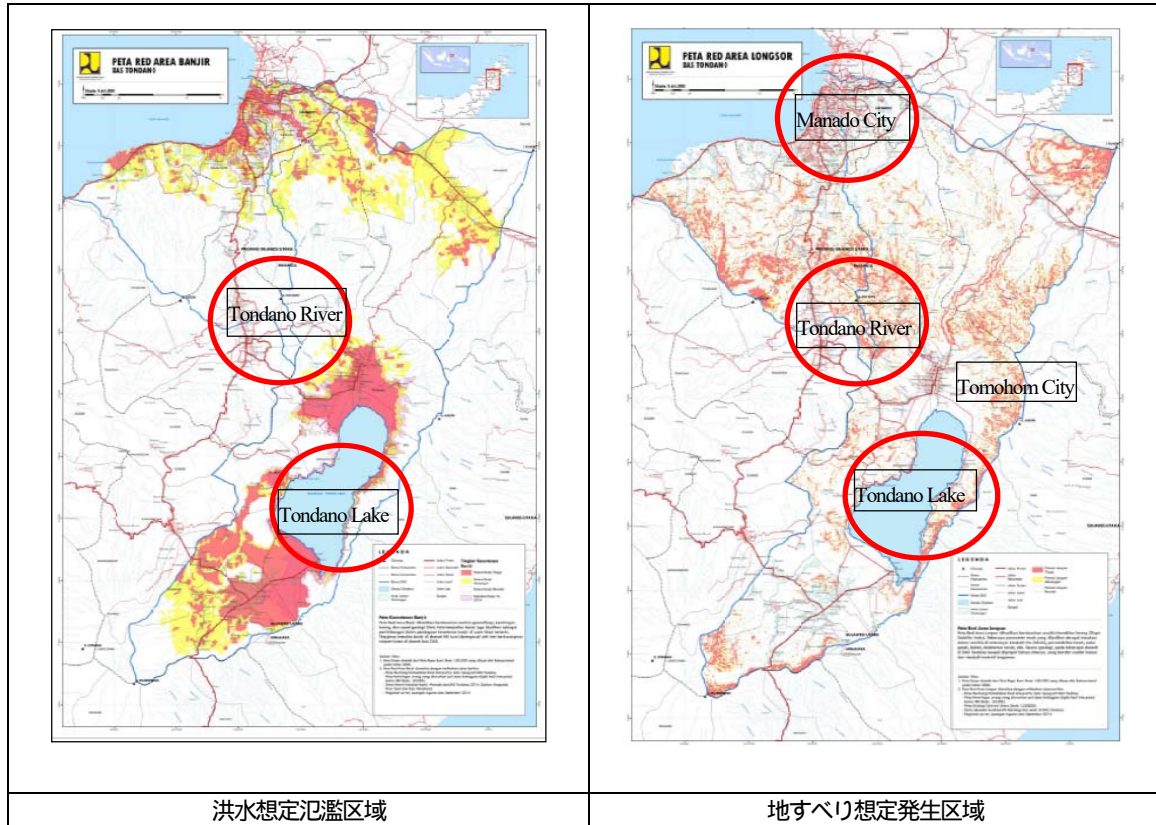


図 4-56 Tondano 川上流部における自記水位計(JICA による協力)



図 4-57 Tondano 川におけるコミュニティによる河川水位の観測所

2016年実施のFS調査で得られたマナド市近傍における洪水と地すべりの想定被害区域図を以下に示す。洪水の氾濫区域は、トンダノ湖付近と下流部の(低平地に位置する)マナド市中心地付近に集中している。地すべりについては、流域の下流部、中流部、上流部と満遍なく分布している。



Source: PUPR BWS Sulawesi I

図 4-58 マナドとその近隣の洪水、地すべりリスク

BWS Sulawesi I, Manadoにおける洪水対策に関する事業計画は、トンダノ川の堤防強化、ダム建設、ミランゴダ川における砂防ダム建設などである。トンダノ川の堤防強化は前出JICA調査によって計画された。そのほかは自国予算によって調査されている。

表 4-37 BWS Sulawesi I, Manado における水災害事業計画

SN	事業名 (英文)	計画地点(行政区域)
1	Reinforcing Tondano River Flooding Embankment (Package 1)	Tondano River, Kota Manado
2	Reinforcing Tondano River Flooding Embankment (Package 2)	Tondano River, Kota Manado
3	Construction of the Sabo Dam in the Milangodaa River	Milangodaa River, Kab. Bolsel
4	Construction of Dam Lolak	Kab. Bolaang Mongondow
5	Construction of Dam Kuwil	Kab. North Minahasa
6	Revitalization of Lake Tondano	Kab. Minahasa

Sources) RPJMD North Sulawesi Province (2016-2021), BWS Sulawesi I Manado

POLAとRENCANAの策定状況は以下のとおりである。

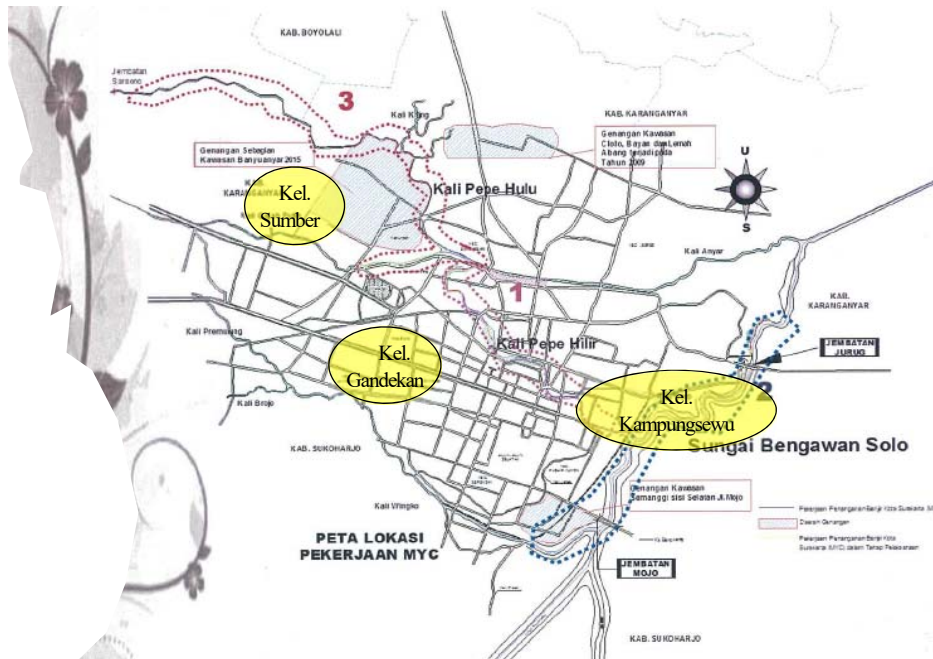
表 4-38 BWS Sulawesi I, Manado における POLA、RENCANA の策定状況

No	河川流域区分	POLA PSDA の策定		RENCANA PSDA の策定	
		Draft 準備状況	Final 策定	Draft 準備状況	Final 策定
1	Tondano-Sangihe-Talau-Miangas	Finished 2012	Feb 2017	2014 (Stage I) & 2015 (Stage II)	(not yet)
2	Dumoga Sangkup	Reviewed 2012	Mar 2017	2014 (Stage I) & 2015 (Stage II)	(not yet)

Source:PUPR HP

(3) 中部ジャワ州、スラカルタ（洪水）

中部ジャワ州から東部ジャワ州にかけて流れるソロ川の上流部における主要都市であるスラカルタ(Surakarta)は、2013年から2015年にかけて毎年のように洪水被害を受けた。スラカルタにおける洪水氾濫区域は、図に示す3区域である。Pepe川の下流部(Hilir地区管内延長L=5km, 図中No.1)と上流部(Hulu地区管内延長L=8km, 図中No.3)ならびにソロ川本川(図中 Sungai)の左岸区域(スラカルタ管内延長、L=18km, No.2)である。



Source: Penaganan Banjir Kota Surakarta (Solo 2016-2018, BBWS Bengawan Solo)

図 4-59 スラカルタにおける洪水浸水区域

上記の区域の浸水概要を示すと、以下のとおりとなる。浸水原因としては、河川の氾濫のみならず、ソロ川の外水が高いために堤内からの排水が困難となることに起因する内水によるものも多い。従って対策工事としては、河川の流下能力の増大のための拡幅や堤防の嵩上げ工事、内水排除のための流路の改善とポンプ設置が採択された。嵩上げに関しては、ソロ川については、土地収用や現況の土地利用状況を考慮して、パラペット構造物が採用されている。

<p>Kel. Kampungsewu, Kec. Jebres, 2013</p>	<p>Kel. Sumber, Kec. Banjarsari, 2015</p>	<p>Kel. Gandekan, Kec. Jebres, 2016</p>
<p>Kel. Kampungsewu, Kec. Jebres 区域の氾濫 (2013)</p>	<p>Kel. Sumber, Kec. Banjarsari 区域の氾濫(2015)</p>	<p>Kel. Gandekan, Kec. Jebres 区域の氾濫(2016)</p>

Source: Penaganan Banjir Kota Surakarta (Solo 2016-2018, BBWS Bengawan Solo)

図 4-60 スラカルタにおける洪水浸水区域の状況(2013-2016)

既述のように、これらの水害を防止するための計画、設計がJICAによるFS調査によって策定され、2018年現在、有償資金協力により対策工事が実施されている。これらの工事の概要を以下に示す。工事総額で5,270億ルピア(邦貨換算41.3億円)となる。

表 4-39 BWS B. Solo によるスラカルタの工事概要

Package	Name	Major Works	Project Cost (Rp. Billion)
1	ペペ川下流	Normalization of river with bank improvement. Length=5.0 km (Karet Tirtanadi Weir to Demangan Water Gate)	134.16
2	ソロ川	a. Parapet wall construction with 5.6km b. Revetment with 2.3km c. Pumping house with pumping unit at 7 sites	212.20
3	ペペ川上流	a. Rehabilitation of rubber dam b. Normalization works of 4.6km with revetment works with 3.0 km c. Pumping unit at one (1) site	180.20
Total Cost (Currency: Rp.13=1 JPY)			526.56 (41.3億円)

Source: Penanganan Banjir Kota Surakarta (Solo 2016-2018, BBWS Bengawan Solo)

上記の工事のうちパッケージ2と3に関しては現地での写真(2018年9月時点)を以下に示す。河川改修工事のほかに、堰の改修や内水対策のためのポンプの設置を行い、土地収用が不可能な区域に関しては、パラペット構造物による嵩上げが実施されている。



Source: The Survey Team (13 September, 2018)

図 4-61 スラカルタにおける洪水対策工事状況の写真

スラカルタにおける防災活動を実施するスラカルタ市地方防災局は2013年に設置されており、実際の活動は2014年から開始された。現時点では、人員、対応能力とも不足している状況である。そのため事前準備

(Preparedness)は困難であり、洪水時の緊急対応(Flood Response)が主なる活動となっている。このような状況から、SOPは策定されておらず、ハザードマップも作成されていない。ただ、このような状況下でも、地方防災局は過去の氾濫実績から氾濫する箇所を把握しており、これに基づく洪水時の警戒を行っている。コミュニティ防災に関しては、地方防災局による活動はないが、インドネシア赤十字が15箇所において、SIBAT(Siaga Bencana Berbasis Masyarakat, Community based Action Team) という、地域防災活動を実施している。河川の清掃活動に関しては、スラカルタ市の主導により定期的実施されている。洪水早期警戒システムに関しては、3箇所にシステムを設置する予定である。



Source: Flood Management in the Brantas and Bengawan Solo river Basins (PJT 1, Malang)

図 4-62 コミュニティ防災における洪水早期警戒システムの事例

(4) 中部ジャワ州(地すべり)

Volcanological Survey of Indonesia (VSI)がインドネシアの地すべりに関して、以下のような6分類を行っている。これらのうち、インドネシアの地すべりとしては、1のすべり面が平行な土塊の移動(平行移動) Translationと2の円弧すべり面を持つすべりの「円弧すべり(Rotation)」の2つが多い、としている。

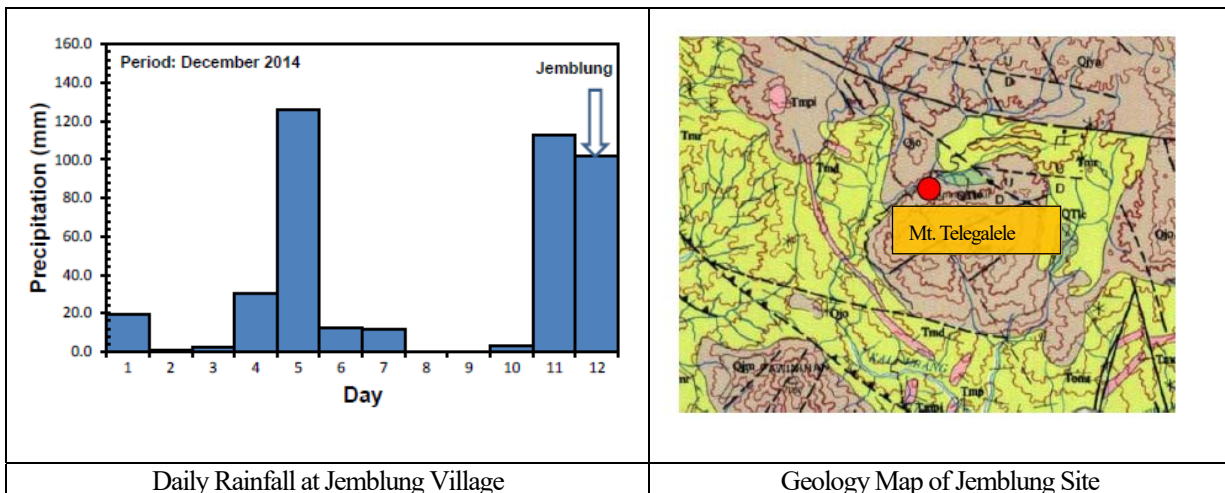
表 4-40 地すべりの分類

Type of Landslide(Indonesian)	Explanation with Schematic Figure
1. Translation (ア) (Longsor Translasi)	
2. 2.Rotation (Longsor Rotasi)	
3. Movement of Blocks (Pergerakan Blok)	

Type of Landslide(Indonesian)	Explanation with Schematic Figure
4. Debris Stones (Runtuhan Batu)	
5. Soil Floating (Rayapan Tanah)	
6. Flow of Material (Aliran Bahan Rambakan)	

Source: Pengenalan Gerakan Tanah (Introduction of Land Movement) (VSI)

地すべり被害は、前述したように、西部ジャワ州や中部ジャワ州などジャワ島での発生事例が多い。地すべり被害は、大きな降雨強度によって発生するものと地震の振動によって発生するものがある。雨期に発生する地すべりは、降雨によって引き起こされることが多い。降雨による地すべりとして、2014年12月に中部ジャワ州のBanjarnegara県Jemblungで起きた事例(死者93名、行方不明23名)を以下に示す。このときは以下に示すように、日雨量で100mm以上の降雨が継続し、大きな降雨強度が地すべり発生原因となった。

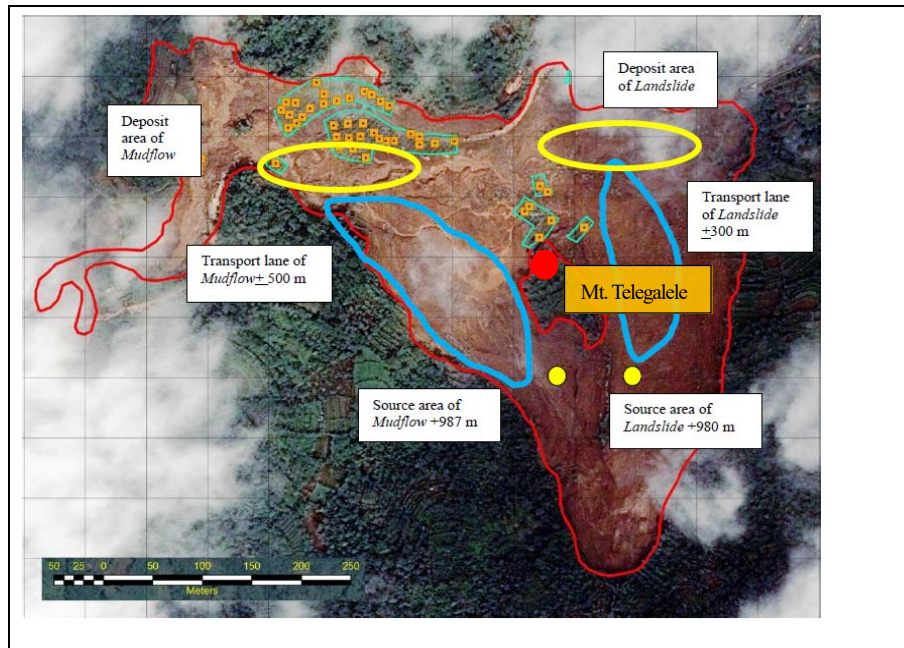


Source: Managing and Assessing Landslide Risk including the Consequences (Proceeding of Slope 2015)

図 4-63 2014 年 Banjarnegara 県 Jemblung における地すべり発生時の日雨量と周辺地質図

この地すべりは、連続した降雨が生じた後に発生しており、二つの異なる土砂移動が見られる。最初の移動は、泥流(Mudflow)の発生であり、Telegalele山の西側で発生している。もうひとつの移動は、山の東側で発生した地すべりである。移動した土砂量は、土砂流によって、56,100m³(5m thickness)、地すべりによって49,800 m³(7m

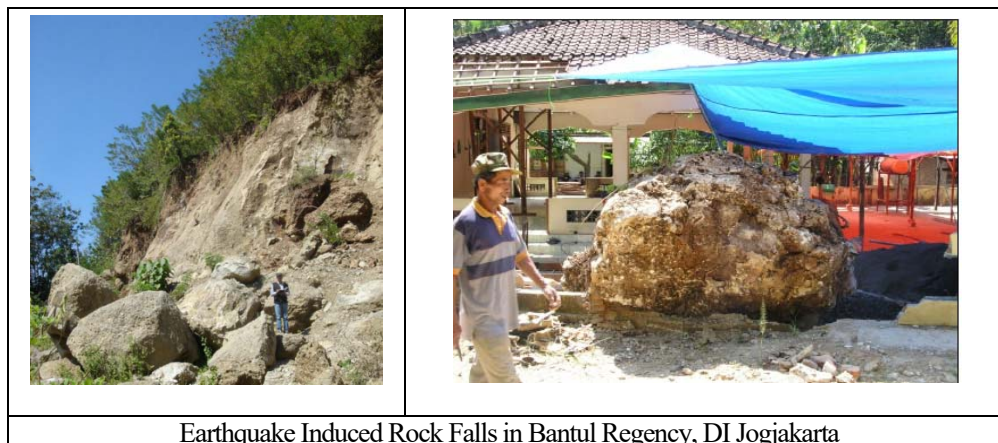
thickness) 合計105,900m³と推定された。(Source: Managing and Assessing Landslide Risk including the Consequences (Proceeding of Slope 2015))



Source: Managing and Assessing Landslide Risk including the Consequences (Proceeding of Slope 2015)

図 4-64 Banjarnegara 県 Jembrung での降雨による地すべりと泥流の発生状況(2014 年 12 月)

次に、地震による地すべりの発生に関しては、2006年5月に発生したジョグジャカルタ特別州、Bantul県の事例があり、その概要を以下に示す。ジョグジャカルタ近傍では、マグニチュード6.3の地震が5月27日に発生して、Bantul県やGunung Kidul 県に被害を発生させた。斜面の岩塊が地震の振動により、落下したものである。



Earthquake Induced Rock Falls in Bantul Regency, DI Jogjakarta

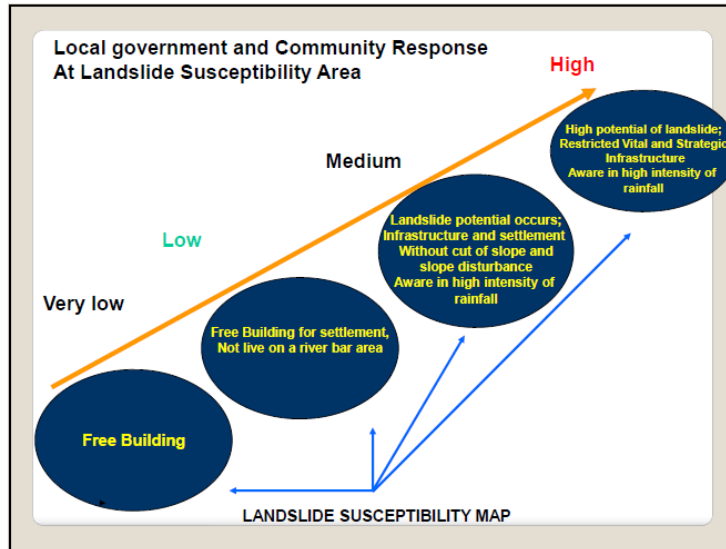
Source: Strategic Program for Landslide Disaster Risk Reduction: A Lesson Learned from Central Java (UGM & UEA)

図 4-65 ジョグジャカルタ特別州, Bantul 県における地震による地すべり発生状況(2006 年 5 月)

火山地質災害センター(PVMBG)によるインドネシアにおける地すべりに関する対策、軽減戦略は、以下のとおりとなる。

- a. Preparing landslide susceptibility mapping 地すべり危険箇所マップの作成
- b. Evacuation by early warning system 予警報システムによる避難
- c. Mitigation by landslide monitoring 地すべりモニタリングによる被害軽減
- d. Holding socialization 住民説明会の開催
- e. Dispatch of quick respond team 住民説明救急対応チームの派遣

上記のうち、Landslide susceptibility mapは、地すべり生起の可能性につき、「高い、中程度、低い、非常に低い」の区分が行われて作成される。PVMBGによる定義は、以下のとおりである。



Source: Risk and Situation Update of Recent Landslide in Majalengka District (PVMBG, 2013)

Note: Landslide hazard map に関しては、アメリカ科学アカデミーによると、地すべりの発生場所を示した Landslide inventory map、GIS を基に作成される斜面の安定度を示した Land susceptibility map、地すべりの年間確率(Annual Probability)を表した Land hazard map、災害リスクを示した Landslide risk map の4種類があるとされている。(Committee on the Review of the National Landslide Mitigation Strategy, CRNLHMS, USA 2004)

図 4-66 Landslide Susceptibility Map の4区分

中部ジャワ州を対象とした、Landslide Susceptibility Mapの作成事例を以下に示す。この図は、衛星イメージから、地形的ならびに地質的な状況に重点を置いて解析、作成されたものである。

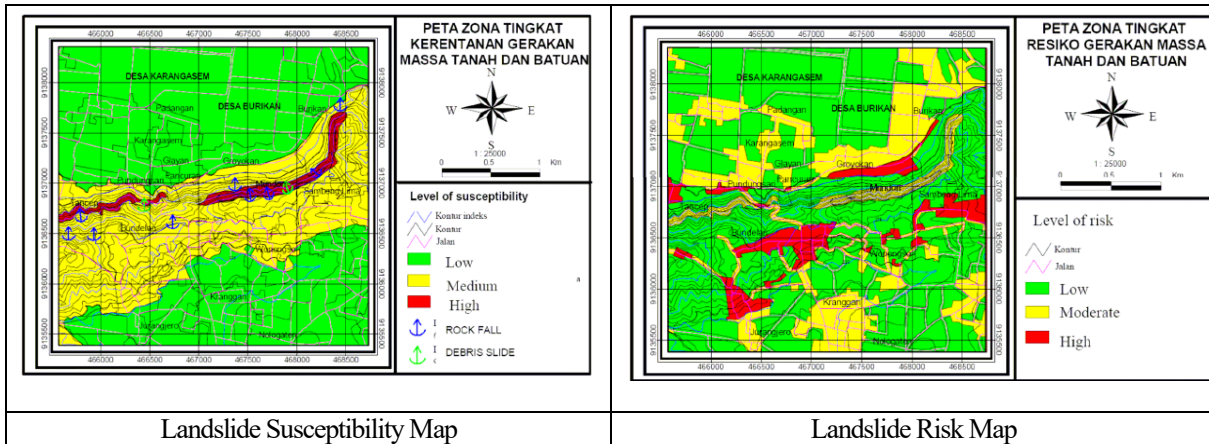


Source: Strategic program for landslide disaster risk reduction: a lesson learned from Central Java (UGM & UEA)

図 4-67 Landslide Susceptibility Map (中部ジャワ州)

ジョグジャカルタ特別州のGunung Kudul県Mundonを対象として作成されたLandslide Susceptibility MapとRisk Mapの事例を以下に示す。作成されたSusceptibility Mapは、落石や地すべりの発生可能性を示しており、主として、土地利用計画の適切な開発を進めるための開発規制の目的で作成される。この図により、地すべりの可能性が高い区域における、インフラ施設、住宅の建設が避けられる。一方Risk Mapは、地すべりが発生した場合に想

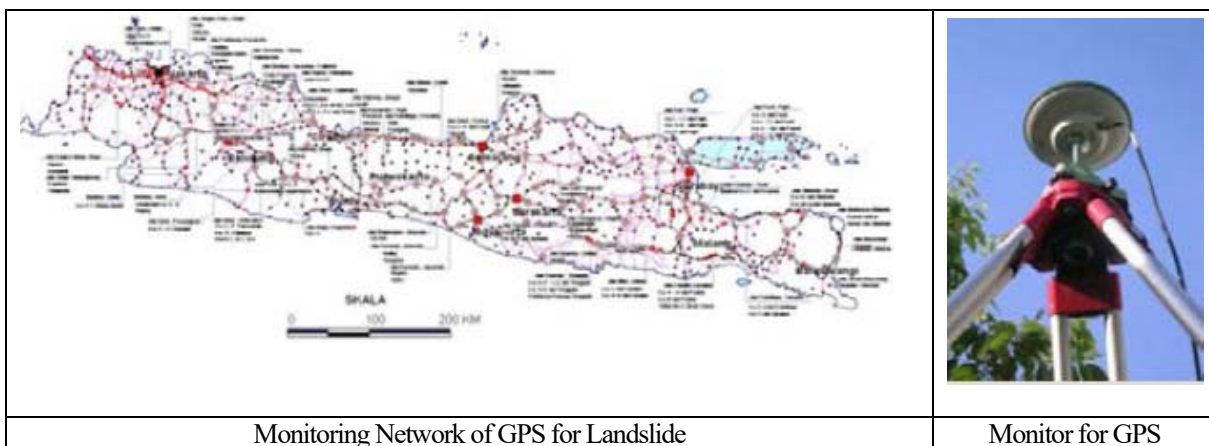
定される社会的なインパクトを予測する目的で作成される。これらの図の作成は、避難経路・避難所の指定、弱者世帯の確認など住民を主体とした参加型の合意形成によりなされる。Risk Mapで地すべりの発生が特定された地域(Landslide susceptible zone)に関しては、軽減、防止策が策定される。具体的な対策としては、適切な排水システムと斜面安定対策工を組み合わせた工法、あるいはその地域で採用されてきた伝統的工法が採用される。



Source: Strategic Program for Landslide Disaster Risk Reduction: A Lesson Learned from Central Java (UGM & UEA)

図 4-68 Landslide Susceptibility Map と Risk Map (Gunung Kidul, Jogjakarta) の作成例

早期警報システムに関しては、PVMBGがGPSを利用したモニタリングを行っている。ジャワ島におけるモニタリング・ネットワークは、以下に示すとおりである。地すべりに関する設置計器として、GPSのほかに伸縮計(Extensometer)あるいは間隙水圧計(Piezometer)が用いられている。

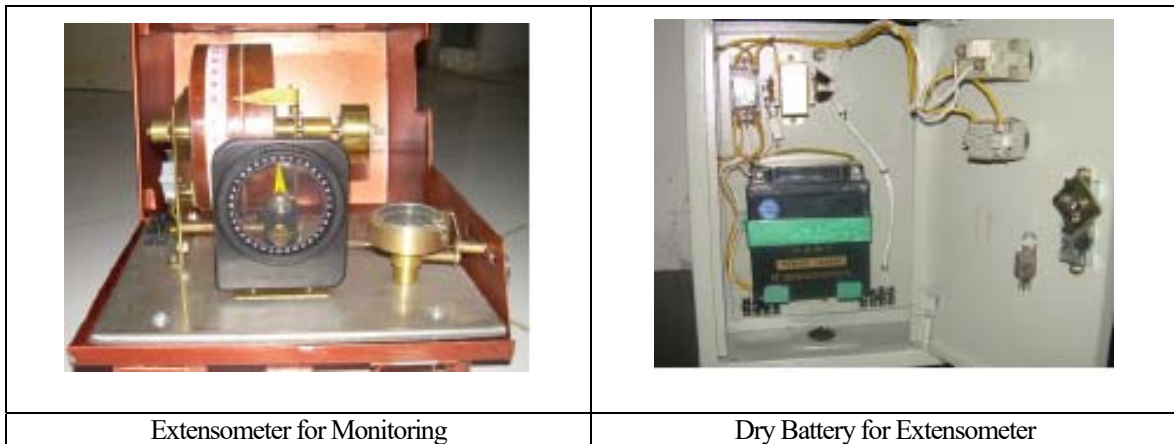


Source: Risk and Situation Update of Recent Landslide in Majalengka District (PVMBG, 2013)

図 4-69 GPS を利用した地すべり観測ネットワーク(PVMBG)

村落レベルの地すべり警戒システムは、以下に示すように、地表の動きを0.1mm単位で把握できる伸縮計(Extensometer)と雨量計(Raingauge)によってモニタリングが行われている。

中部ジャワ州での事例では、上記のシステムは、二つのサイト(50-70ha)を対象として、伸縮計が5箇所、雨量計が1箇所に設置されている。これらの装置の維持、モニタリングは、地元のコミュニタスクフォースのスタッフによって行われている。このコミュニティタスクフォースは、村長レベル、若者グループからの代表者などが長(Head)となり構成される。これらのタスクフォースは、基本的に無報酬、財政的な支援を得ないで実施されるため、防災活動を実施するうえで、モチベーションの維持が課題となる。



Source: Strategic Program for Landslide Disaster Risk Reduction: A Lesson Learned from Central Java (UGM & UEA)

図 4-70 Extensimeter と雨量計を併用した地すべり観測

火山地質災害センター(PVMBG)によると、地すべりに関しては、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を実践しており、Socializationと呼ばれる住民説明会を開催している。Socializationの開催目的は、以下のとおりである。

- To understand landside hazard early warning system 地すべり早期警報システムの理解
- Information of susceptibility to landslide zone 地すべりの危険区域の周知
- To calm down community in the landslide area 地すべり危険区域のコミュニティに対する説明
- To improve understanding and awareness on geohazard phenomena as well as on the importance of local community, local governments, decision makers and public education. コミュニティ、地方政府、防災関係者間の地すべり現象に関する理解と防災意識の高揚
- To develop appropriate strategy and program for public education. 防災細戦略とプログラムの開発

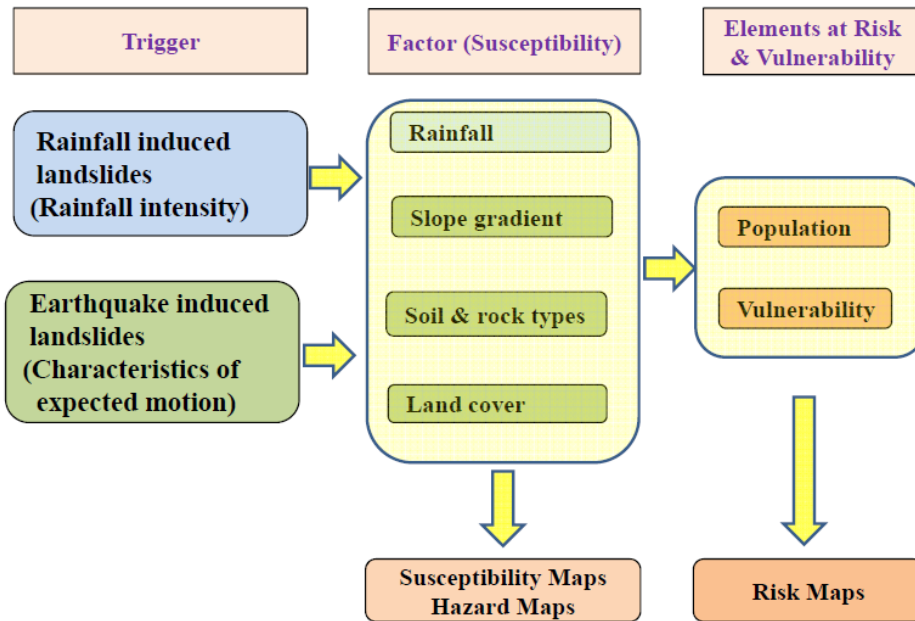
災害時あるいは災害が予想される時には、緊急対応チーム(QRT)を派遣して、技術的な対応を行っている。コミュニティレベルの防災対応として、地すべり早期警戒システムが設置された区域においては、このシステムを効果的に利活用するための住民を対象とした避難演習と防災教育が実施されている。



Source: Strategic Program for Landslide Disaster Risk Reduction: A Lesson Learned from Central Java (UGM & UEA)

図 4-71 地すべり避難演習の実施状況

上記の演習、早期警報システムが効果を収めた事例として、2007年11月7日に発生した中部ジャワ州 Banjarnegara Regency、Kalitlaga Villageで35家族の地すべり被害を防止した事例を挙げることができる。地すべりハザードとリスクの評価として、PVMBGにより以下のアプローチ方法が示されている。



Source: Landslide risk in Indonesia (Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, 2011)

図 4-72 地すべり体系とリスク評価体系

上記の図では、地すべりの引き金(Trigger)となるものとして、降雨と地震が示されており、さらに、地すべりの原因となる要素として、降雨(強度)、地形(斜面勾配)、地質(土壌と岩石タイプ)、土地の被覆状況が示されている。インドネシアにおける地すべりのリスク評価は、基本的には、この4つのパラメータと人口、脆弱性の社会条件を組み合わせることにより行われている。これらを前提として、PVMBGによる防止対策は、以下のよう整理される。

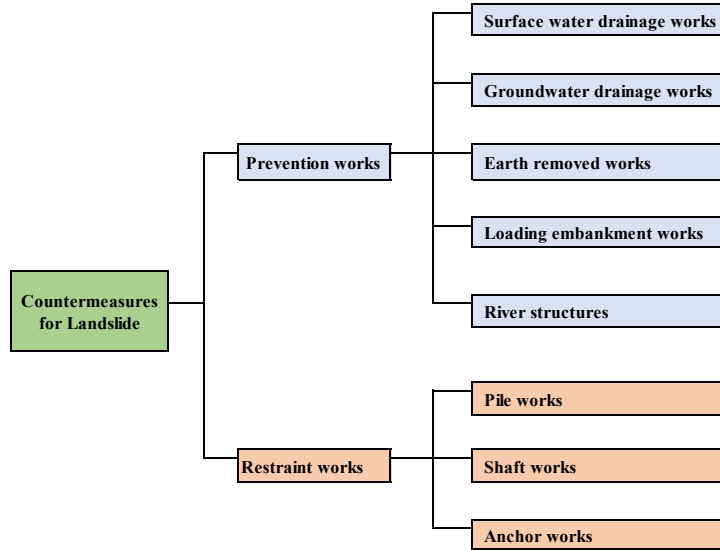
- a. 地すべり危険箇所マップの作成
- b. 地すべりモニタリングによる危険箇所の監視
- c. 予警報システムによる避難

インドネシアにおける地すべり災害における構造物対策は、以下のような対策がとられている。

- a. 排水改良(Improving soil drainage)
- b. 斜面勾配の縮小(Reduction of slope angles)
- c. 植生(Vegetation)
- d. コンクリート擁壁工(Concrete retaining wall)

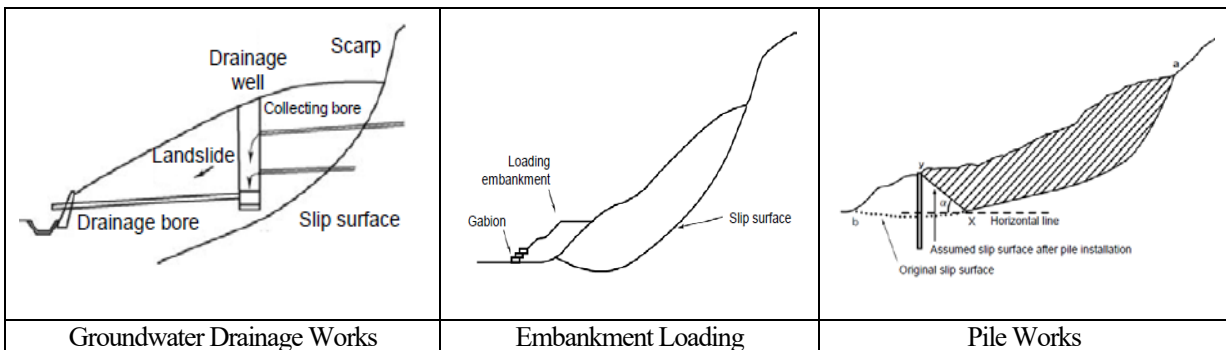
これらは、地すべりの原因となる土塊中の地下水を低下させる工法、土塊そのものを勾配変化させる方法、地表面をカバーする方法、土塊の動きを押さえ込む(固定する)方法(抑止工)等である。

日本で広く採用されている対策工法としては、以下のような工法がある。このうち特にな抑止工に関しては、インドネシアにおいても採用することが可能と判断される。



Source: Guidelines for Landslide Prevention Technologies (Draft) September 2007(Public Works Research Institute (Japan))

図 4-73 地すべり対策工法の分類



Source: Guidelines for Landslide Prevention Technologies (Draft) September 2007(Public Works Research Institute (Japan))

図 4-74 地すべり対策工法事例 (地下水工、押え盛土法、杭工)

4.3.6 課題把握 (洪水)

4.3.6.1 災害種・分野評価

前項までで確認したインドネシアにおける洪水、水災害防災の現状から、「災害情報」、「ガバナンス」、「減災投資」、「災害準備強化とBBB」の4分野について、以下の8課題を抽出した。

分類	治水、水災害分野の課題
災害情報 (災害リスクの理解・共有)	a. 流域における災害リスクの増大 b. 洪水予警報システムにおける不十分な維持管理と目視観測を主体とした洪水観測
ガバナンス (災害リスク管理の強化)	c. 洪水管理を所掌している省庁間の連携、対応が不十分 d. 災害軽減施策がプロジェクト志向となっており、災害予防という視点が欠ける。 e. 地方行政組織、コミュニティの防災活動が十分ではない。
災害リスク削減 (強靱化のための減災投資)	f. 水資源開発に重点がおかれ、洪水対応施設建設の進捗が不十分 g. 洪水災害リスクへの投資が不足
災害準備とより良い復興	h. 想定を超えた災害 (超過災害) に対する対応、BBB、備えが不十分である。

上記の項目に関して、以下に説明を加える。

(1) 災害情報（災害リスクの理解・共有）

【課題】流域における災害リスクの増大

都市部の近傍では、土地利用の変化により、森林が減少して、保水能力が減少しているため、洪水の到達時間が小さくなり、流量も増大傾向にある。さらに都市部では、アスファルト舗装の区域が増大して、短時間に雨水が排水路に流入することから排水路容量が不足して十分な排水ができない状況にある。森林区域の減少により、土砂の生産が多くなり、流域からの土砂流出による河床上昇を招き、流下能力不足の原因となっている。流域全体での災害リスクが増大している。

【課題】予警報システムにおける不十分な維持管理と目視主体の観測

洪水予警報システムFEWS : Flood Early Warning System は、ソロ川とCitarum川の2水系で導入され、情報がスマートフォンアプリとしても無償提供されている。

現地では基礎となる水文観測施設が適切に維持管理されていない状況が散見され、観測が停止していても問題認識が薄い。PUPRのFEWSであるTech4 Waterシステムでも稼働しているセンサーはわずかである。JICAローン等で導入された洪水予警報システムに関しては、アチェ州のBWS Sumatera Iで確認した結果では、現時点では稼働していない。その原因の多くは、雨量計や河川水位計の維持管理が困難なためである。導入された2-3年間は、維持が可能なものの機器の更新の予算が確保できなくなり、システムそのものも稼働できなくなる。

洪水観測に関しては、水位情報は洪水対応において最も基本的かつ重要情報であるが、BWSにおける水位観測は、目視による観測、自記式の水位計による観測も依然として多く、リアルタイムの水位観測は限定的である。そのため、洪水発生時に必要な地点の水位情報が得られない事も多い。また、テレメータ観測所においても、大規模洪水時に浸水して機能を喪失する例も報告されている。これらの要因として、事務所が所管する範囲が非常に広く、車での移動にも多くの時間と経費が必要となるため、限られた予算で維持管理する事が難しいこと、電子機器の場合、故障した際の対応が難しく、事務所職員でも容易にメンテナンス可能なアナログ機器で管理をせざるを得ないこと、等があげられる。

(2) ガバナンス（災害リスク管理の強化）

【課題】洪水管理を所掌している省庁間の連携、対応が不十分

洪水管理を所掌している官庁間(BNPB、PUPR、地方防災局、BBWS、BWS、BMKG)の洪水時の連携、対応が十分ではない。洪水に関してはPUPRが河川水位を観測して、BNPB、地方防災局にその情報を伝達することとなっているが、役割分担が明確ではない点が見られ、防災関係者とコミュニティでの混乱を生じる場合がある。

構造物、非構造物対策を含めた事前準備(Preparedness)においても連携の不足が見られた。たとえば、BNPBにおけるリスク管理、リスク評価の結果がPUPRにおける長期的な河川改修計画には反映されていない現状がある。

【課題】災害軽減活動が洪水後の対応主体となっており、災害予防という視点が欠ける。

インドネシアにおける洪水災害リスクの軽減活動は、緊急対応(response)、復旧活動(rehabilitation)等の洪水後の対策に重点が置かれ、災害を予防するという視点に向いていない。災害予防の観点から、築堤、流域的な貯留施

設の設置、遊水地やダム建設、ハザードマップの作成、洪水演習、予警報システムの構築等に重点を置くべきである。

【課題】 地方行政組織、コミュニティ防災活動が十分ではない

インドネシアにおけるコミュニティ防災活動は、ソロ川上流部ジョグジャカルタ特別州のKlaten県での成功例はあるものの全般的には、災害対策のための行政組織やコミュニティが十分な訓練を受けていないため災害対応管理が不十分である。予警報システムが導入された河川においても洪水情報伝達に係わる地域の活動は、十分ではない。

(3) 災害リスク削減（強靱化のための減災投資）

【課題】 水資源開発に重点がおかれ、洪水対応施設建設は、優先度が低い

現大統領の方針により、PUPRの水資源総局における優先プロジェクトは、水資源開発に集約されており、これらに関連するダムプロジェクトに多くの予算が割かれている。2015年までに竣工したダム数は、15ダム(PUPR資料)であり、2015年に着工したダム数は、13ダム、2016年に着工したダム数は、8ダム、2017年に着工したダム数は、9ダムとなっている。さらに2018年には、11ダムの着工が予定されている。(PUPR資料) このように、水資源開発に重点がおかれ、洪水リスクの低減のための堤防建設等の構造物対策に係わる予算が十分に確保できる環境にない。

【課題】 洪水災害リスクへの投資が不足

洪水は、インドネシアにおいては、死者数も多く、被災者数、被災区域も最も大きい自然災害であるが、全体の予算配分は小さく、災害リスクへの備えとしては、不足している。世銀(WB)はダムの維持管理(Dam Operational Improvement)、ジャカルタ等の洪水防御(Jakarta Urgent Flood Protection)に関して支援しており、アジア開発銀行(ADB)は、洪水軽減に関して、Banten州のBBWS 3Ci's(Cidanau-Ciujung-Cidurian River Basin Territory, WS)に支援を行っているが案件数は多くはない。洪水災害リスクの増大の懸念を踏まえての更なる投資が必要である。

(4) 災害への準備と「より良い復興」

【課題】 想定を超えた災害（超過災害）に対する対応、備えが十分ではない。

災害後の復旧対策は、同様の災害規模の再現を防ぐことに重点が置かれる。したがって、災害規模を超える、あるいは、PUPRのガイドラインで定められた「流域人口による計画規模」を超えた計画規模を採用したプロジェクトは今のところはない。

しかし、気候変動や都市化の進展等により、既往の災害規模を大きく超過する洪水の生起も今後、想定される。これらを想定した、構造物（河川計画）、非構造物（警戒避難計画、避難施設の設置、災害情報伝達システムの構築、コミュニティ避難訓練の実施、ハザードマップの作成）対策は十分になされていない。

4.3.6.2 地域別評価

【課題】 アチェ州 アチェ市

JICA ローンを実施したアチェ川の放水路に関しては、堆砂が進んでおり、調査解析が実施された。(A Study on Sediment Distribution Pattern of Krueng Aceh River Floodway, 参照)解析によると、5年確率流量(854m³/sec)では、河口付近の河川形状と Jetty (河口導流堤) 設置の影響により、河口部の右岸側の堆砂は、海にフラッシュできないとの結論となっている。放水路の堆砂に関しては、浚渫事業が予定されている。浚渫量は、160万 m³であり、事業費は、約2,500億ルピアである。

洪水リスク低減における現状と課題をアチェ州について整理すると、以下のとおりとなる。

- a JICA ローンによって建設したクルンアチェ川の放水路の堆砂が進んでおり、流下能力が不足している。この対策のための浚渫事業を予定している。
- b 上記のローンで導入された洪水予警報システムは、現在は稼動していない。水文情報(雨量、河川水位)の観測は、BWS Sumatera I が実施しており、洪水時には、河川水位の観測により関連機関に洪水情報を提供している。リアルタイムの観測所が少なく、今後、改良が必要である。観測を中断している観測所が多く、改善が必要である。
- c 2000年にアチェ川で計画規模(1,350 m³/s)を上回る洪水(2,000m³/s, 規模1/20)が発生し、大きな被害が発生した。現在の計画規模(1/5)の再検討が必要である。
- d アチェ州での洪水被害対応(ZPPBA)を優先して実施する Regency として、Aceh Timur、Langsa、Aceh Tamiang の3つの Regency を選定した。これらの選定した河川での対策を優先的に進めるべきである。

【課題】北スラウェシ州、マナド市

洪水リスク低減における現状と課題に関し、マナド市を中心とした区域について整理すると、以下のとおりとなる。

- a 2014年1月に国家規模の洪水被害が発生し、地域経済に大きな被害(被害額Rp 1,440 Billion)を与えた。BNPBIは、本部職員を派遣して、陣頭指揮に当たり、被害額の算出や、復興、復旧計画を立案した。
- b 主要河川である、トンダノ川の河川改修計画は、JICAローンによって下流部の区間を対象として実施されている。計画規模は、1/5(Q=650m³/sec)である。2018年5月現在、その工事を実施中である。さらに、マナド区域の洪水被害低減のためのマスタープラン、フィージビリティ調査(計画規模1/25、トンダノ川Q=1,220m³/sec)が5河川を対象に2016年にJICAローンで実施された。
- c 洪水の被害想定区域図は、作成済みであり、河川の下流部とトンダノ湖付近周辺の危険度が高い。地すべりの発生地域は、流域内に満遍なく存在している。
- d 河川事業で立退きをした住民のための住宅団地(Pandu地区、10ha、2,054戸)を造成して、そこへ移転させた。都市部の河川事業の場合、移転準備にかかる期間とコストが大きい。
- e 洪水リスクに関しては、現在の事業(1/5規模)でリスクは低減するものの計画規模としては、小さいことから更なる事業(1/25規模)が必要である。
- f スラウェシ地方防災局に関しては2014年洪水での対応実績がある。十分な機材とシステムを有している。
- g BWS Sulawesi I に関しては、水文情報の観測体制が十分でなく、JICA等の機材供与により雨量、河川水位の観測を実施している。
- h 河川事業に関する計画は、既往の災害を契機に実施しているが、予算的な制限も大きく、事業としては、小規模なものしか実施できない。

【課題】中部ジャワ州、スラカルタ市

洪水リスク低減における現状と課題について、スラカルタ市について整理すると、以下のとおりとなる。

- a 2013年から2016年にかけてペペ川を中心とした区域が浸水したため、これらの対策を工事を実施することとなった。河川改修、堰の改修とともに、内水排除を目的にポンプが8箇所に設置された。(現職の大統領の出身地ということもあり、手厚い予算措置があった模様である。)
- b ペペの改修に当たっては、堰の上流部に集落があり、移転交渉の難航が予想されたものの地域のリーダーが率先して住民との直接対話を行うことにより、また、市当局も移転先に関しては、スラカルタ市内だけ

ではなく、市外への移転地でも受け入れるとの条件や取得価格にシーリングを設けない条件で住民交渉で臨んだ。さらに、これらの条件を受け入れない場合でも、アパートの建設による受け入れも提案したとのことである。河川事業の場合は、土地の取得が住民の反対によってなかなか進まないという条件下で上記のような成功例となった。地方防災局の担当者によると、担当者や地域のリーダーのリーダーシップが重要との認識である。

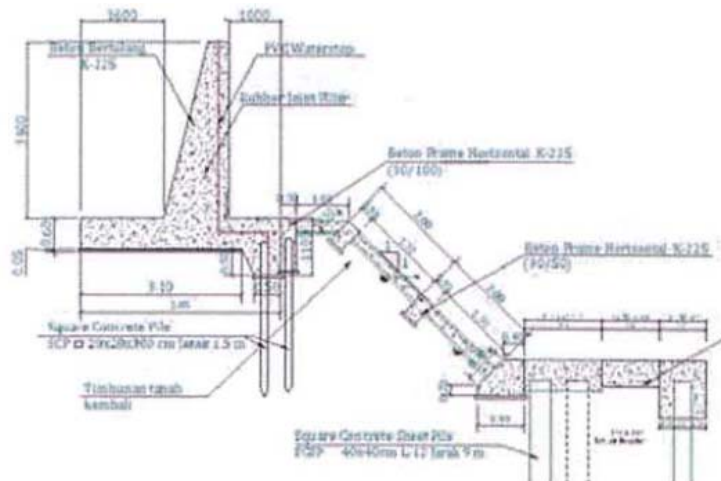
c



Source: Penanganan Banjir Kota Surakarta (Solo 2016-2018, BBWS Bengawan Solo)

図 4-75 スラカルタ市、ペペ川 上流部の住居移転対象区域

- d ソロ川の改修に当たっては、既設構造物との関係で、多くのパラペット構造による河川工事が実施されている。日本の河川構造令では、高さの制限やその適用条件が都市部の河川に限る等の制限条件があるが、インドネシアにおいては、その適用条件が日本に比べてかなり緩い条件となっている。先に写真で示した事例や下記のソロ川的设计事例では、3-4mの高さのものがある。地震時や越流時の転倒防止対策としては、日本の事例では、アンカー等による固定対策等が取られているが、インドネシアに関しては、設計事例を見る限り固定対策については検討がなされていない。今後、さらに調査、検討が必要な事項である。
- e 今回調査を実施したマナド市、アチェ市では、防災法の施行に基づき BNPB の設立に伴い地方防災局設立されているが、スラカルタ市 の場合は、2013年の設立であり、実際の活動は、2014年からの活動である。設立が新しいこともあり、人員、予算とも不足している。現在、新しい事務所を建設しており、それに伴い人員の増加や予算増を計画している。早期の SOP の策定、緊急災害復旧プラン(DM plan)、ハザードマップの作成が必要である。



Source: Penanganan Banjir Kota Surakarta (Solo 2016-2018, BBWS Bengawan Solo)

図 4-76 スラカルタ市、ソロ川 改修区間のパラペット構造



Source: The Survey Team (13 September, 2018)

図 4-77 スラカルタにおけるパレペット構造物

4.3.7 課題把握（地すべり）

前項までで確認したインドネシアにおける地すべり災害の現状から、「災害情報」、「ガバナンス」、「災害リスク削減（減災投資）」、「災害準備強化とより良い復興」の4分野について、以下の6課題を抽出した。なお、地すべりに関しては、現地調査を実施していないため、地域別の評価は実施していない。

表 4-41 地すべり災害分野の課題

分類	地すべり分野の課題
災害情報 (災害リスクの理解・共有)	地すべり危険区域に多くの村落が残る。 地すべり早期警報システムが機能しない、不十分な管理
ガバナンス (災害リスク管理の強化)	Susceptibility map が土地利用計画、開発計画に活かされていない。 土砂災害ハザードに関する防災教育が学校では実施されていない。
災害リスク削減 (強靱化のための減災投資)	地すべり災害リスクへの投資が不足
災害準備とより良い復興	頻発する地すべりに対する事前対応が十分ではない。

(1) 災害情報

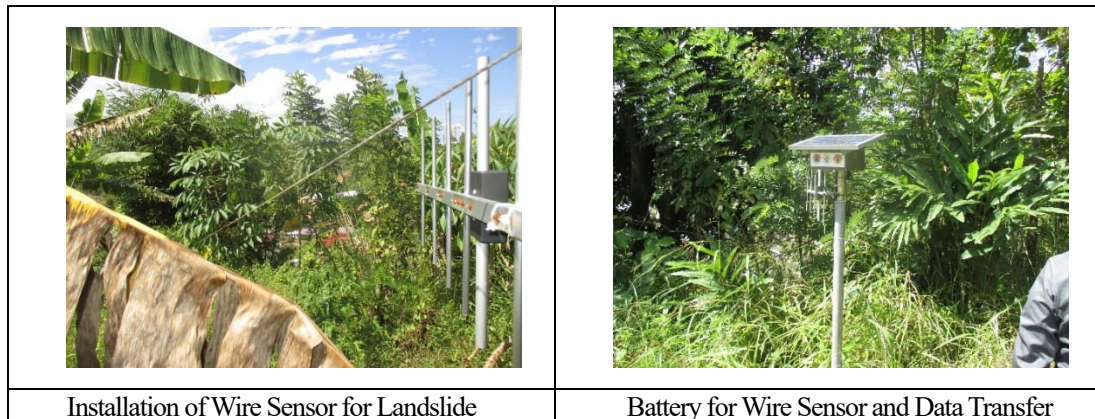
【課題】地すべり危険区域内に多くの村落があり、耕地が残る。

インドネシアにおいては、野菜やタバコ栽培のために山林を開拓するケースが多い。耕作地の拡大に伴い、森林が減少している。耕作地では、降雨が容易に地下に浸透することから、土壌水分が飽和状態となり、地すべりの発生を招いている。これらの区域は、地すべり危険区域に指定されている。アジア災害軽減センター(ADRC)の資料によると、Susceptibility mapに示される地すべりの「危険性の高い(High)区域」から「中程度(Medium)に危険度が高い区域」にまだ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。

【課題】地すべり早期警報システム(LEWS) が機能しない、不十分な維持管理となっている。

BNPB の報告文(Emergency Management at Banjarnegara Landslide, APEC Emergency Preparedness Working Group Meetings, Philippine 2015)によると、地すべり早期警報システム(Landslide Early Warning System, LEWS)に関しては、Banjarnegara、Bogor、Karanganyar 等に設置されたが、資金的な支援が無いこと、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、定期点検がなされていないこと、等によりシステムが機能していない例が多いとされている。マナドにおける現地調査でも、ガジャマダ大学（UGM）によって設置された計器は、維持管理もなされず設置したまま放置されている。



Source: The JICA Survey Team

図 4-78 地すべりセンサーの設置(Manado)

万全なモニタリング管理状況の下に、本稿で述べた中部ジャワ州における予測成功例もあるが、多くは、設置されただけでその後の維持管理が不十分な例が多い。早期警報システムは、地すべりによる犠牲者の発生を防ぐ唯一の手段であることから、住民への維持運営管理委託や住民独自のモニタリングを行うことにより、同システムを機能させていくことが必要である

(2) ガバナンス（災害リスク管理の強化）

【課題】 Susceptibility Mapが危険度判定、土地利用計画、地域開発計画に活かされていない

PVBGMによると、土砂害に関するハザードマップや地すべりに関する Susceptibility map は多くの地方政府に配布されており、これに基づき土砂災害の軽減対策が実施されてこととなっている。しかし、前述したように、Susceptibility map での危険区域でも、村落があり、耕地などで住民の活動が行われている。また、このマップが土地利用計画や地域開発計画に活かされていない実態もある。これらのことが、災害をさらに多くしている原因となっている。

【課題】 地すべり防災教育が学校では実施されていない

インドネシアにおける地すべり災害の軽減活動の一環として、コミュニティにおける防災教育が実施されている。一方、これらの防災教育は、学校では実施されていないことが問題であるとPVBGMが指摘している。今後においては、学校教育のカリキュラムの中に土砂災害管理を組み込んでいく必要がある。

(3) 災害リスク削減（減災投資）

【課題】 地すべり災害リスクへの投資が不足している

地すべり被害は、被災区域は小さいものの、起きたときの被害が甚大となる。死者数が多いのが地すべり被害の特徴である。インドネシアにおける地すべり災害リスクへの防止対策としては、構造物対策（杭工、アンカー工、擁壁工、地下水低下工）を行わず、前述したように、マップの作成、早期警報システムの構築、モニタリン

グ、住民説明等が主体となっている。今後においては、人口稠密区域などにおいては、災害危険度の判定結果に基づき、構造物対策への投資も必要である。

(4) 災害準備とより良い復興

【課題】 頻発する地すべり災害に対する事前対応が不十分である

山林の荒廃、都市化の進展等により、土地利用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(2013年Way Ela川)、斜面崩壊に起因する泥石流災害の発生(本稿ならびにLangkat県、北スマトラ州での2003年災害)、バンジールバンドン(Flash Flood)災害(Jembel県、東部ジャワ州2006年災害)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、前兆現象としてはクラック、泥水の噴出、井戸水の異常上昇、地盤の揺れ等があげられる。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く、中部ジャワ州のBanjaneraga県では、2006年(Sijeruk死者240名)と2014年(Jemblung死者93名)に同様の土砂災害が発生している。これらは、隣接した流域であり、地形、地質特性、土地利用等が類似している。

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、事前対応(Preparedness)に関しては、実施しない事例が多い。従って、過去に大きな被害を受けた地域においては、来るべき災害に対するPreparedness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発生予測に必要な雨量計、伸縮計、間隙水圧計等の地すべり早期警戒システム(LEWS)の整備を行うべきである。避難センターの設置も重要である。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。

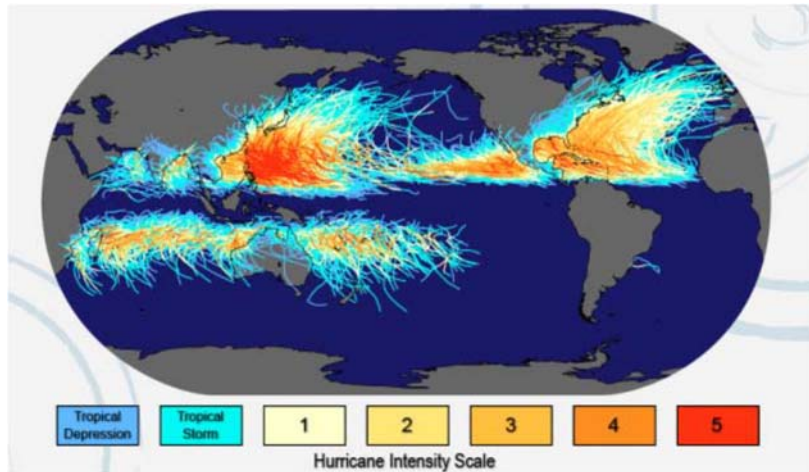
4.4 海岸防災

4.4.1 近年の高潮・海岸侵食の特徴

4.4.1.1 高潮の発生

高潮は熱帯性の低気圧が発達してできる台風・サイクロンによりもたらされる。北半球の台風の場合、北緯10度から20度くらいの海上で発生する。発生後、北西へ移動しながら発達し、進行方向を北東に変える。南半球のサイクロンは北半球の台風ほどには発達しないが、南緯10度から20度くらいまでの海上で発生、その後南西へ移動しながら発達し、進行方向を南東に変える。一方インドネシア国土は北緯10度～南緯10に位置する。そのため同国では熱帯性の低気圧に起因する台風・サイクロンは通過しない。下図は全地球における台風・サイクロンの発生場所と通過経路を占めたものであり、インドネシアはその発生・通過域外にあることがわかる。例外的には、1973年、2009年に南緯5度付近で発生したサイクロンはインドネシアに大きな被害をもたらしているが、熱帯性低気圧に起因する高潮の発生頻度は低くなっているといえる。直撃されることはめったにはないものの、この地域近傍では発生した熱帯性低気圧はインドネシアの気象変動に遠隔からの影響を与え、沿岸部には豪雨・風波をもたらしている。(BMKG HP)¹²⁵

¹²⁵ BMKG HP (<http://web.meteo.bmkg.go.id/en/component/content/category/36-tropical-cyclone>)



Source アメリカ環境保護機構¹²⁶

図 4-79 台風・サイクロンの発生と通過経路 (1945-2006)

4.4.1.2 海岸侵食の現状

インドネシアは主要5島であるジャワ、スマトラ、カリマンタン、スラウエシ、パプアをはじめとする17,508の島で構成され、その海岸線の総延長は約81,000kmで世界第3位である(日本は約33,000km同6位)。インドネシアでは、マングローブ林のエビ養殖活動への転換により、1970年代にジャワ島北部の海岸で侵食が始まった。この地域では沿岸開発が政府により管理されていままま進み、侵食が進行した。現在はランバン、北東スマトラ、カリマンタン、西スマトラ(パダン)、ヌサテンガラ、パプア、南スラウエシおよびバリでも発生している。公共事業省のデータによれば全海岸線長の40%に相当する30,000kmで海岸侵食が発生している(Ministry of Public Works, Sep. 2007)。これらの海岸侵食の原因は、沿岸に作用する波浪・風のほか、上流域でのダム建設あるいは河道付替えによる河川から海岸への土砂供給量の減少、港湾建設による沿岸の土砂移動の阻害、海砂採取、サンゴ採取、あるいは沿岸植生伐採による波力減衰機能の低下、などである(Gegar Prasetya)^{127,128}

4.4.2 インドネシア政府による取り組み

4.4.2.1 高潮対策

熱帯性低気圧に起因する高潮被害については、上述のようにインドネシアでは発生頻度が低く、その対策はおこなわれていない。

4.4.2.2 海岸侵食対策

海岸侵食対策についてはPUPRのDirectorate General of Water Resources(水資源総局)に属するDirectorate of River and Coastal(河川・海岸局)の下にあるCoastal Division(海岸部)が海岸保全事業を担当している。構造物対策の内容は、海岸堤、防波堤、護岸、突堤・T型突堤、離岸堤などである。材料としては玉石、コンクリート、コンクリートブロックなどが使用されている。構造物の種類として護岸が最も多いのは、経済的に負担が小さくかつ現場に応じて設計施工が行いやすいためと考えられる。インドネシアでは直接外洋に面せず島々に囲まれた立地条

¹²⁶ United States Environmental Protection Agency | US EPA (アメリカ環境保護機構), Climate Change - A Student's Guide to Global Climate Change | US EPA, All tropical storms 1945-2006

¹²⁷ Gegar Prasetya, The role of coastal forests and trees in protecting against coastal erosion, Regional Technical Workshop, 28-31 August 2006, Khaolak, Thailand Coastal Protection in the aftermath of the Indian Ocean tsunami: What role of coastal forest and trees-

¹²⁸ Gegar Prasetya, CHAPTER 4 PROTECTION FROM COASTAL EROSION, Thematic paper: The role of coastal forests and trees in protecting against coastal erosion, FAO, 2007

件のため、設計波は日本より小さく、構造物は日本より小型で単価が安くなっている (J.Manu et al., 2011)。129対象地域の検討にあたっては工事費、環境、社会文化 (伝統的村落、有名モスク) などが考慮されるが、予算上の制限から実際には経済的に重要な地域が優先されている (BNKG HP)。1301996年から2004年において、観光資源保護の観点からバリ島で日本の有償資金協力により突堤建設と養浜工が実施された。インドネシアでは2004年にスマトラ島を襲った津波がきっかけとなって海岸保全の重要性が認識されたことにより、これ以降は海岸保全施設の建設のための予算が増加している。



図 4-80 ¹³¹コンクリート階段護岸工
Desa TukadMungga, Bali North



図 4-81 ¹³²コンクリートブロック積護岸工
Desa Tukad Mungga, Bali North



図 4-82 ¹³³玉石積海岸堤護岸工
Morotai Is., North Maluku



図 4-83 石積緩傾斜護岸工
Pengaman Pantai Pulau Rupert Kab.Bengalis BWS SUMATERA
III RIAU, 2011

¹²⁹ Julianti Manu・西 隆一郎・細谷和範：インドネシアにおける海岸保全事業，海洋開発論文集，第27巻，2011年

¹³⁰ BMKG HP (<http://web.meteo.bmkg.go.id/en/component/content/category/36-tropical-cyclone>)

¹³¹ Huda Bachtiar, Coastal protection and beach nourishment in Indonesia, International symposium on beach erosion management in East Asia, 1st Nov. 2018

¹³² Huda Bachtiar, Coastal protection and beach nourishment in Indonesia, International symposium on beach erosion management in East Asia, 1st Nov. 2018

¹³³ Huda Bachtiar, Coastal protection and beach nourishment in Indonesia, International symposium on beach erosion management in East Asia, 1st Nov. 2018



図 4-84 コンクリート海岸堤
Pantai Wameo, Kabupaten Bau-Bau, PUPR



図 4-85 コンクリートブロック積護岸工
Pantai Banding BBWS Mesuji Sekampung



Source;Pantai Tanjung Bunga, Kabupaten Konawe Utara (source: PUPR)



図 4-86 Breakwater with cobble stones 防波堤



Source;Pantai Bahari, Kanupaten Buton Selatan (source: PUPR)



図 4-87 Offshore Breakwater 離岸堤

構造物対策としては森林・環境省が沿岸部において植林を実施している。(Indonesia Disaster risk, 2016)¹³⁴

- ・ マングローブの植林
- ・ 既存マングローブあるいは他種類の樹木林の維持管理
- ・ 沿岸林の造成

NGOはマングローブと木製構造物とを組み合わせた海岸保全工を建設している(下図)。ただしいったん侵食が発生した海岸における植林では、苗木の定着が難しいとされている。現在はマングローブなどの沿岸林の伐採は法律により禁じられている。

¹³⁴ BNPB, RBI (Risk Bencana Indonesia), Dec. 2016



Source:Hybrid engineering permeable structurek at Demak, Semarang) "Building with Nature" by NGO Wetland International¹³⁵

Note: 本プロジェクトは "Wetland International" により PUPR と Ministry of Marine Affairs and Fisheries の協賛で実施された。

図 4-88 NGO によるマングローブ植栽と木製構造物を組み合わせた海岸保全工

4.4.3 JICA による協力

インドネシアでは海岸侵食が国内各地で起こり、観光地バリ島でも珊瑚の乱獲と波浪の影響により海岸侵食が深刻化した。観光業や漁民を含む住民の生活環境への影響が懸念されていた。そのため、日本の有償資金協力によりバリ島南部地区(サヌール、クタ、ヌサドゥア海岸およびタナロット寺院)において養浜、突堤、潜堤、離岸堤などの建設に協力し、各海岸の侵食の軽減に寄与した。援助の内容は、L/A調印1996年、有償資金協力、借款契約額95.06億円、であった。(JICA 外部評価 2010¹³⁶、ODA見えるサイトJICA¹³⁷)



図 4-89 海岸侵食対策のための施設・養浜施工前後の比較 バリ島サヌール海岸

4.4.4 民間レベルでの対応¹³⁸

個人・民間レベルにおいても、自分たちの財産・生命を保全する対策が、その資金・人的資源によって実現可能な範囲内で実施されている。高さ2m未満の直立式木製防波堤、ナイロン製サンドバックによる護岸工などがある。

4.4.5 災害リスク評価と課題把握

現在は熱帯低気圧に起因する高潮(storm surge)対策は実施されていない。しかし将来的には気候変動によりインドネシア周辺で発生する熱帯低気圧の規模が強大して高潮被害が増大する可能性がある。このような場合

¹³⁵ Gegar Prasetya, The role of coastal forests and trees in protecting against coastal erosion, Regional Technical Workshop, 28-31 August 2006, Khaolak, Thailand Coastal Protection in the aftermath of the Indian Ocean tsunami: What role of coastal forest and trees-

¹³⁶ JICA, バリ海岸保全事業外部評価, 2010

¹³⁷ JICA, ODA 見えるサイト, バリ海岸保全事業 (<https://www.jica.go.jp/oda/project/IP-475/index.html>)

¹³⁸ Julianti Manu・西 隆一郎・細谷和範: インドネシアにおける海岸保全事業, 海洋開発論文集, 第27巻, 2011年

Julianti Manu, Ryuichiro Nishi, Kazunori Hosoya Kazunri: Typical Shore Protection Structures in Indonesia, Journal of Ocean Development, Vol. 27, 2011

に備えてインドネシアでは熱帯性低気圧によってもたらされる高潮に関する観測と予報・警報体制の強化・改善について検討を行う必要があると考えられる。BMKGの傘下にあるTCWC (Tropical Cyclone Warning Center)が実際の観測と警報発出をおこなっている。高潮に関する構造物対策はPUPRである。BNPBを含めてこれらの関連省庁が連携することが重要である。

海岸保全施設の建設に関しては、地方分権化がすすむ中、行政手続きとしてはまず地方自治体が企画・計画書を作成して中央政府に提出 政府で内容を検討したうえで 国家予算と技術的支援が当該事業に付与される、という流れとなる。

現在海外保全構造物に関する技術は公共事業省に蓄積・開発されているが、それをさらに体系化して発展させることが急務である。また自然の外力を直接常時受ける海岸保全施設は常時その状況を確認し、必要に応じて維持管理を実施することが災害対策上重要であり、そのための組織・予算体制を強化することが必要とされている。気候変動は海洋の風波規模にも影響を及ぼして海岸侵食の規模を増大させる可能性があり、このリスクについても検討しなければならない。

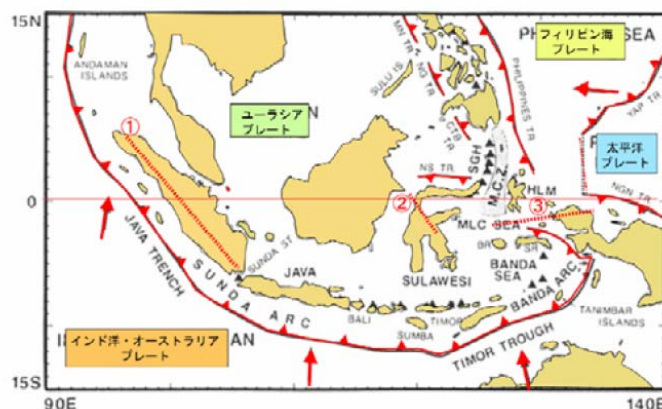
上述のように現地技術でも設計・施工しやすい工法の工夫・選択が行われているが、一方同国の海岸保全対策分野における技術には改善の余地があることが指摘されている(ジャカルタ新聞 2013/10/05)¹³⁹、外務省HP¹⁴⁰)、今後の同国の経済発展と災害リスク対策の重要性が増大するに従い、海岸保全事業の必要性の認識が高まることが推定される。ここに、技術・資金(=質・量)の両面からインドネシアへの我が国による支援の可能性が潜在すると考えられる。

4.5 火山防災

4.5.1 近年の火山災害の特徴

4.5.1.1 インドネシアにおける火山活動

インドネシアでは、2つの地殻プレートが島々の間を通過しており、プレートの動きに起因する地殻変動のため(下図、参照) 国土の80%の地域で火山災害が発生しやすくなっている。



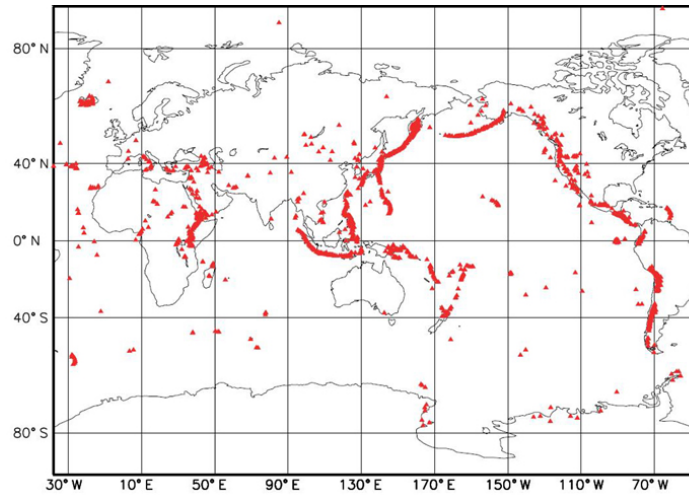
Source: インドネシアの砂防 (2002.yec)

図 490 インドネシア周辺におけるプレートと主要火山の位置

¹³⁹ ジャカルタ新聞 2013/10/05 (<https://www.jakartashimbun.com/free/detail/13821.html>)

¹⁴⁰ 外務省 HP ODA 民間モニター報告書 平成 19 年度(https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shimin/monitor/19m_hokoku/indonesia/opinion/opinion_9.html)

インドネシアにおける活火山の数は、127ある。このうち、噴火履歴のある火山は、77となっている。大きな火山災害が生じた火山としては、メラピ山(ジャワ中部)、クルー山(ジャワ東部)、スメル山(同)、アグン山(バリ)、シナブン山(スマトラ)等がある。これらの内、メラピ山は、噴火が2年から5年に1回に頻度で噴火しており、日本の有償資金協力による火山砂防事業が実施されている。



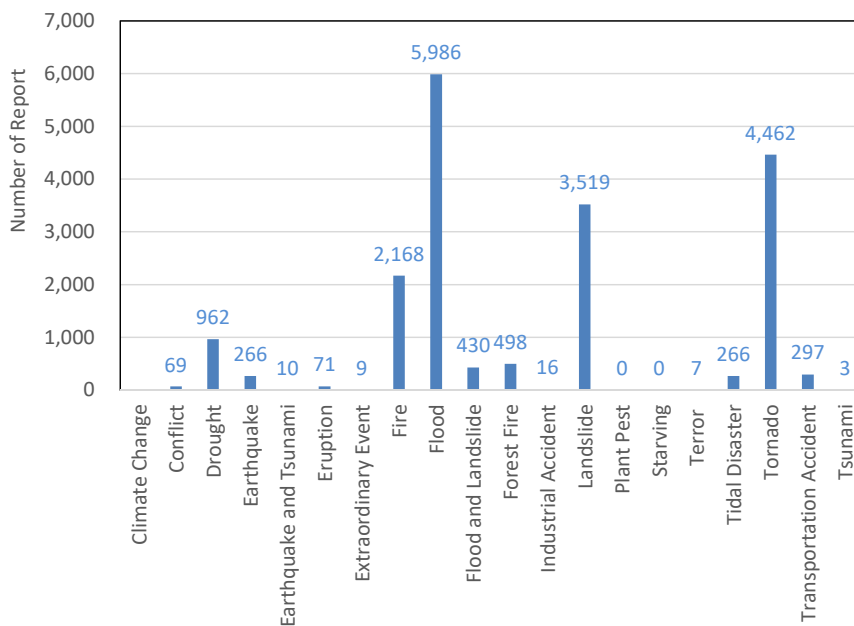
内閣府 HP (<http://www.bousai.go.jp/kazan/taisaku/k101.htm>)

図 4-90 世界の火山の分布図

世界には約1500の活火山¹⁴¹があるといわれており、インドネシアにはそのうちの1割に近い数の活火山が存在している。日本には110の活火山がある。

4.5.1.2 火山災害の特徴

BNPBによる災害データベース(DIBI)の2007年から2016年までの10カ年のデータによれば、火山噴火による災害件数は71件であり、件数としては他の災害に比べて大幅に少ない

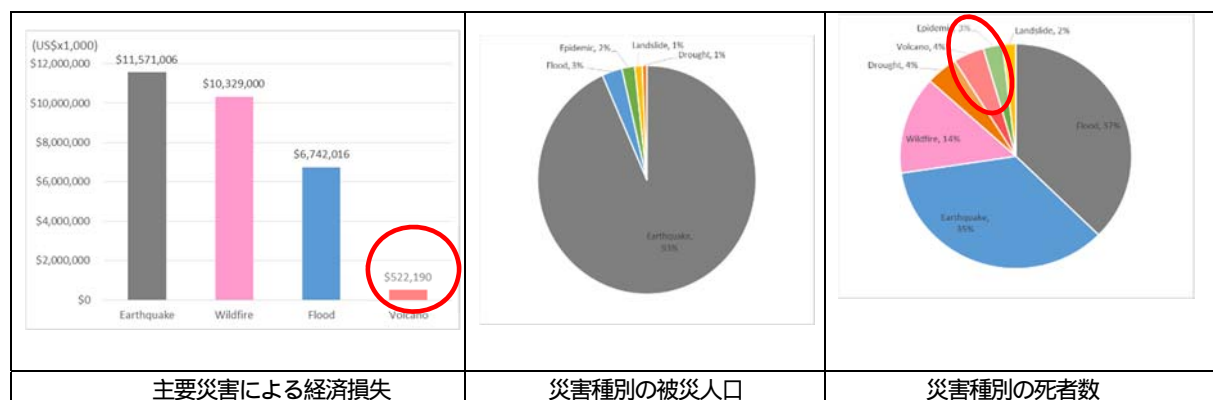


Source: BNPB, DIBI

図 4-91 近年 10 カ年における災害種別の発生件数(DIBI, BNPB)

EM-DAT の災害リストの 1980 年から 2017 年までの統計によると、火山災害による経済損失は 5.2 億 US ドルとなっている。災害種別の被災人口では、少ないためにグラフには現われていないが、死者数に関しては、洪水、地震、火災、湯水の次に火山災害が位置する。

141 活火山とは、「概ね 1 万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動がある火山」と火山噴火予知連絡会により定義されている。そのほとんどが環太平洋地帯に分布している。(内閣府 HP)



Source: EM-DAT (1980-2017)

図 4-92 主要被害指標による火山災害の特徴(1980-2017, EM-DAT)

火山地質災害センター(Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, PVMBG, Center for Volcanology & Geological Hazard Mitigation)による歴史的な火山噴火の記録を基に、火山噴火の発生日、終結日、特徴(Characteristics)、火山爆発係数(VEI)、死者数(Fatality)等をまとめたものを以下に示す。火山爆発係数は、火山噴出物の量による区分であり、VEI=0からVEI=8までの区分があり、VEI=8が最大となる。2010年のMerapi火山噴火は、VEI=4となる。

表 4-42 インドネシアにおける火山噴火の概要

Eruption date	Volcano	Cessation date	VEI	Characteristics	Fatalities
13 February 2014	Kelut	25 February 2014	4	cv,cl,pf,lm	7
3 November 2010	Merapi	8 November 2010	4	cv,pf,ld,lm	353
10 February 1990	Kelut	March 1990	4	cv,cl,pf,ph,ld,lm	35
18 July 1983	Colo	December 1983	4	cv,pf,ph	0
5 April 1982	Galunggung	8 January 1983	4	cv,pf,lf,lm	68
6 October 1972	Merapi	March 1985	2	cv,pf,lf,ld,lm	29
26 April 1966	Kelut	27 April 1966	4	cv,cl,pf,lm	212
17 March 1963	Agung	27 January 1964	5	cv,pf,lf,lm	1,148
31 August 1951	Kelut	31 August 1951	4	cv,cl,pf,lm	7
25 November 1930	Merapi	September 1931	3	cv,rf,pf,lf,ld,lm	1,369
19 May 1919	Kelut	20 May 1919	4	cv,cl,pf,lm	5,110
7 June 1892	Awu	12 June 1892	3	cv,pf,lm	1,532
26 August 1883	Krakatoa	February 1884	6	cv,se,pf,fa,lm,cc	36,600
15 April 1872	Merapi	21 April 1872	4	cv,pf	200
2 March 1856	Awu	17 March 1856	3	cv,pf,lm	2,806
8 October 1822	Galunggung	December 1822	5	cv,pf,ld,lm	4,011
10 April 1815	Mount Tambora	15 July 1815	7	cv,pf,cc	71,000+
6 August 1812	Awu	8 August 1812	4	cv,pf,lm	963
12 August 1772	Papandayan	12 August 1772	3	cv,ph	2,957
4 August 1672	Merapi	unknown	3	cv,pf,lm	3,000
1586	Kelut	unknown	5	cf,cl,lm	10,000
September 1257	Samalas	unknown	7		

Notes: VEI: Volcanic Explosively Index(火山爆発係数)

Characteristics: cv=central vent eruption, pf=pyroclastic flows, lf=lava flows, lm=lahar mudflows, cl=crater lake eruption, ph=phreatic eruption, ld=lava dome extrusion, cc=caldera collapse, se=submarine eruption, fa=fumarole activity, rf=radial fissure eruption.

Source:PVMBG

4.5.2 インドネシア政府による取り組み

火山活動のモニタリングと防災管理については、鉱物資源エネルギー省(ESDM,Energi dan Sumber Daya Mineral)

傘下のPVMBG(または英文名Center for Volcanology and Geologic Hazard Mitigation, CVGHM)が実施しており、以下のような役割(mandate)を持つ。

- Research and monitoring of volcanic activity (火山活動の調査研究)
- Volcanic eruption disaster early warning (噴火災害の早期警戒)
- Determination of volcanic disaster prone area (火山災害の想定区域の設定)
- Formation of emergency response teams (緊急対応チームの設営)
- Socialization to local governments and communities, evacuation training and spatial planning arrangement (住民、地方行政への災害指導、災害演習、空間計画上の規制区域設定への助言)

上記のように、火山の調査研究、ハザードマップの作成、火山の監視、観測、警報の発令等を一元的に行っているのが特徴である。火山活動が活発化した場合には、本部から職員を派遣して監視体制を強化するとともに、地方防災局に火山活動の解説、地域住民などへの説明を行っている。

PVMBGの地震セクションからの聴取結果によると、通常は、目視と機器による観測とのことである。機器による観測に関しては、地震、応力と地球物理学的項目(噴火ガスや噴煙)を実施している。最も噴火の恐れがある火山に関しては、地震計を4箇所に、応力計を2箇所に設置している。活動的な火山には、モニタリングポストが置かれ、監視員を置いて観測を実施している。

PVMBGは、過去(西暦1600年以降)の火山の活動履歴に基づき、火山を3つに分類(Type)して、防災管理、監視を行っている。

表 443 インドネシアにおける火山の分類

SN	Volcanoes Area	Type A	Type B	Type C	Total
1	Sumatera	13	11	6	30
2	Jawa	19	10	5	34
3	Lombok	1			1
4	Bali	2			2
5	Sumbawa	2			2
6	Flores	17	3	5	25
7	Laut Banda	7	2		9
8	Sulawesi	6	2	5	13
9	Kepulauan Sangir	5			5
10	Halmahera	5	1		6
Total (Type)		77	29	21	127

Source: RNPB 2015-2019, Prioritas Nasional Penanggulangan Bencana

Notes: Type A: Experienced an eruption at least one time after 1600 AD(噴火履歴あり)

TypeB:Not experienced a magmatic eruption after 1600AD, but still exhibit signs of activity (履歴はないが噴気等の噴火サインがあり)

TypeC: Eruption is not known in human history. (歴史上、噴火履歴なし)

上述したType A火山(西暦1600年以降に噴火があった火山)の分布は、図のように示される。19世紀以降大きな災害が生じた、Merapi(2010年、VEI=4、死者353名、1931年、VEI=3、死者数1,369名)、Kelut(1966年、VEI=4、死者212名、1919年、VEI=4、死者数5,110名)、Agung(1964年、VEI=5、死者1,148名)、Krakatau(Krakatoa)(1884年、VEI=6、死者36,600名)、Awu(1892年、VEI=3、死者数1,532名、1856年、VEI=3、死者数2,806名)、さらに歴史上、大きな災害とされるTambora(1815年、VEI=7、死者数71,000名余)等の位置が上記の図に示されている。

2015年にPVMBGによって作成された火山噴火の州別のリスク評価結果は、以下のとおりである。上述した大きな災害のあった火山は、ジャワ(西、中部)、バリ、北スマトラ付近に集中している。

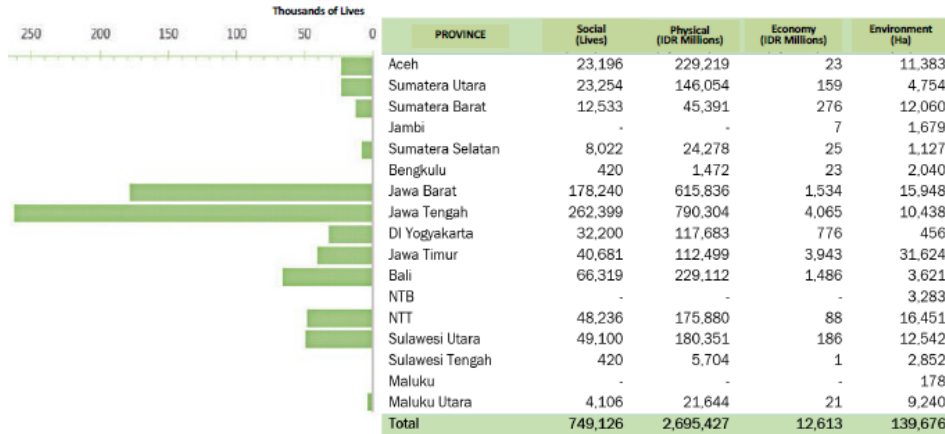
Note: VEI(火山爆発指数: Volcanic Explosivity Index)とは火山の爆発規模の大きさを示す区分である。火山そのものの大きさではなく、その時々爆発の大きさの指標である。区分は、噴出物の量でなされる。0から8に区

分され、8が最大規模である。VEI=0は噴出物の量が 10^4 立方メートル未満の状況を指す。VEI=8は噴出物の量が 10^{12} 立方メートル以上の爆発を指す。VEIの値が1上がるごとに、噴出物の量は10倍になる。



Source: Risiko Bencana Indonesia (Translated by JAC, Dec.2016)

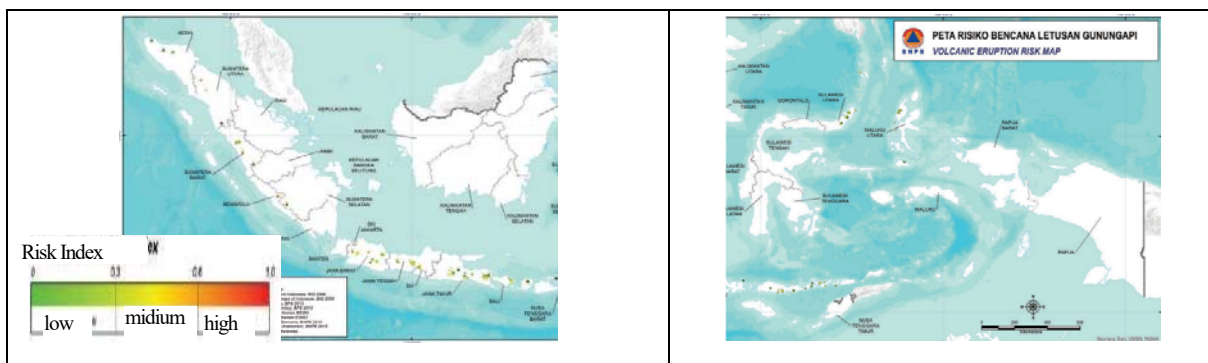
図 4-93 Type A (噴火履歴あり) 火山の分布



Source: Risiko Bencana Indonesia (Translated by JAC, Dec.2016)

図 4-94 州ごとの火山噴火リスクアセスメント結果

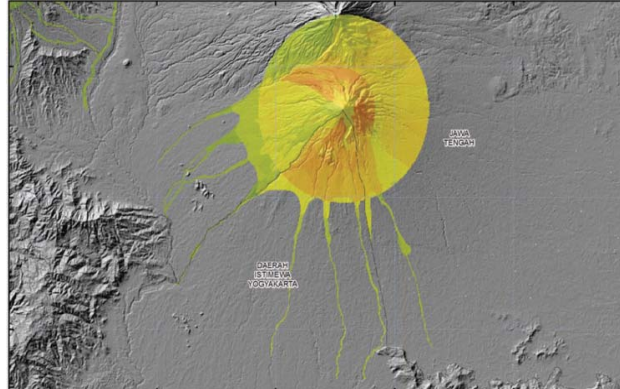
アップデートされた火山噴火のリスクマップは、以下のとおりとなる。



Source: RNPB 2015-2019

図 4-95 火山噴火災害のリスクマップ

この中で火山活動が近年活発となっているMerapi火山のリスクマップを拡大すると以下のとおりとなる。この図によるとリスクインデックス(RI)は、おおむね3段階に分けられ、RI=0.0-0.3がLow(リスクが低い)、RI=0.3-0.6(Medium、リスクが中程度)、RI=0.6-1.0(High、リスクが高い)となっている。噴火口からほぼ6.5Kmの半径の円内が中程度(Medium)の危険区域となっている。



Source: Risiko Bencana Indonesia (Translated by JAC, Dec.2016)

図 4-96 Merapi(メラビ)火山噴火災害のリスクマップ

PVMBGにおける火山警報(Alert)の段階は、4段階となっており、その概要は以下のとおりである。

表 4-44 インドネシアにおける火山警報(Alert)基準と分類

Alert	Color of Code/Activity	Explanation
Level I	Green/ Active Normal (緑)	No activity based on monitoring visual seismicity and other events. No eruptions in the foreseeable future. 活動、噴火の可能性なし。
Level II	Yellow/ Danger/Waspada (黄)	Increased seismicity and other volcanic events such as gases; visual changes around the crater and magmatic, tectonic or hydrothermal disturbances. Eruption is not imminent. however due to the increased danger, local officials should prepare for a disaster 噴気、地形等の変化あり危険が増している。地方政府は準備をすること。
Level III	Orange/ Ready to erupt/Siaga (オレンジ)	Rapid rise in seismicity accompanied by obvious visual changes in the crater. Large eruption possible within one-to-two weeks, depending on data analysis クレータが変化、1-2週間以内に噴火の可能性はある。
Level IV	Red/ Active danger/Awas (赤)	Begin evacuation due to small eruptions and/or potential for a large eruption spewing ash, lava and gases. A major eruption is imminent, possibly within 24 hours ・24時間以内の噴火の可能性あり、避難開始。

Source: Disaster Management Reference Handbook (Indonesia, 2015)

PVMBGにおけるWebsiteの”Badan Geologi, Berita Gunungapi(火山ニュース)”における記事から、2017年に噴火したBali、Agung火山における警報発令時期とその区分を整理した結果は、以下のとおりとなる。

表 4-45 Bali Agung 火山噴火に伴う火山警報(Alert)発令状況

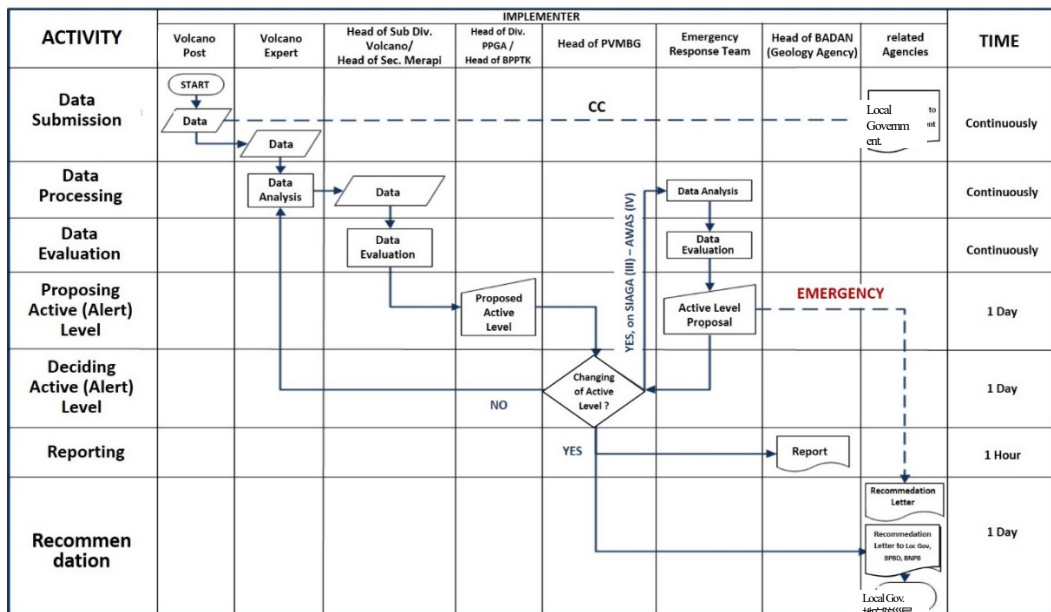
Announcement Day for Alert	Mt. Agung Activities	Alert Level
10 August 2017	Observation of volcanic seismic movement	No Alert (I:NORMAL)
14 September 2017		I II (WASPADA)
18		II III (SIAGA)
22		II IV (AWAS)
29 October		IV III
21 November	First Eruption was observed, Smoke height: 700m	
25	Second Eruption:	

Announcement Day for Alert	Mt. Agung Activities	Alert Level
	Smoke height:2,000m	
26 November		III
27	Eruption of Mt. Agung Smoke height:3400m	III IV
10 February 2018		IV III
July 2018		III

Source: PVMBG Badang Geologi (Website)

火山災害の際には、地方防災局が主導的に災害対応のマネジメントを行い、BNPbは活動の経費、資機材、物資の調達などを支援している。大規模な災害時には、BNPbが主導的な立場となって、災害対応のマネジメントを行うことになっている。技術的・専門的な助言を行うのはPVMBGとなる。なお、火山警報のレベル上げに伴い避難したものの噴火しなかった場合でも、その避難に関する経費はBNPbが負担し、また生活に必要な最低限の補償は行うこととなっている。

Merapi火山に関しては、火山活動、災害対応の関連機関の情報、命令の流れは、図に示すとおりである。



Source: PVMBG, Badang Geologi

図 4-97 災害時の情報連絡ルート

表 4-46 火山噴火 (地質災害 Geological Hazard) に関する主要な法律、政令

Classification	Laws/Decrees/Regulations (Year)	Name/Title
Law	Law No. 24/2007	Disaster Management 災害管理
	Law No. 26/2007	Spatial Planning 空間計画
Presidential Decree	Presidential Decree No. 8/2008	National Disaster Management Agency (BNPb) 国家防災庁
Government Regulation	Government Regulation No. 21/2008	Implementation of Disaster Management 災害管理の施行
	Government Regulation No. 22/2008	Finance and Management of Aid for Disaster 財政と災害管理
	Government Regulation No. 23/2008	Participation of International Institutions and Foreign Non-Governmental Institutions in the Mitigation of Disaster 防災参画
Ministry Regulation	Ministry of ESDM Regulation No.18/2010	Organization and Administration of the Ministry of Energy and Mineral Resources エネルギー・鉱物資源省の組織と役割
	Ministry of ESDM Regulation No.15/2011	Guidelines for Geological Hazard Mitigation including Volcanic Eruption, Landslides, Earthquakes and Tsunamis 火山噴火、地すべり、地震、津波災害軽減のガイドライン

Source: Geological Agency

火山噴火を含む、地質災害(火山噴火、地すべり、地震、津波)に関する主要な法体系(Laws, Decrees, Regulations)は、表のとおりである。

火山噴火後の構造物対策に関してはPUPRの所掌であり、土砂対策、長期的な土砂の管理等、直轄火山砂防事業として、各BBWSによって実施されている。

4.5.3 JICA による協力

JICA、国交省資料による火山噴火関連の協力プロジェクトの協力経緯を以下に述べる。火山噴火関連は、国交省では、「砂防プロジェクト」として、取り扱われており、1969年のJICA専門家による派遣によりその協力が始まった。

インドネシアでは、1963年のAgung火山、1966年のKelut火山、1969年のMerapi火山等の噴火による火山噴出物、泥流堆積物の処理に苦慮していた。インドネシア政府は、1969年のMerapi火山の噴火を契機として、この火山を国家災害管理プログラムの最重点地域に指定し、JICAの協力により策定したメラピ火山防災基本計画（マスタープラン）を基に、その土砂処理対策や堆積物の土砂管理を実施することとなった。

1980年から1990年代にかけては、大規模な火山災害・地すべりが発生する危険が高く、社会的影響も大きい5つの火山地域について、中小河川流域の砂防工事を目的とする国直轄の火山砂防事業（Volcanic Lahar Control Project: VLC-P）が実施された。そのうちメラピ、クルー、スメル及びガルングン火山では、日本の技術協力（JICA）及び有償資金協力（旧海外経済協力基金：OECF）を活用した火山砂防事業が実施された。アグン火山砂防事業はインドネシア政府の単独予算で実施された。1982年から1992年まで火山砂防事業という位置づけで予算が確保されたのは、次の5つの事業である。

表 447 JICA によるインドネシアの主要な火山砂防事業 (1969-1992)

Volcano	Location	Plan and Countermeasures
Merapi	Yogyakarta, Central Java	山腹に堆積した大量の土砂と強雨による土石流から、南西から南東にいたる山腹集落を守るために、1969/70年から砂防事業が実施され、多くの砂防施設が建設された。OECF ローンによる6つのダブルウォールダム、2つの床固め工、12kmの導流堤などである（1989年から1993年）
Kelut (Kelud)	East Java	火山の東北から南部の集落の土石流からの防御、プランタス河の河床上昇による洪水防止、多目的ダムの貯水池堆積防止などの目的で、1969/70年からサンドポケット、砂防ダムなど多くの砂防工事が実施された。
Agung	Bali	アグン火山の北部及び南部の集落を土石流や土砂災害から守るために、1969/70年からの砂防事業が実施され、泥流対策として、砂防ダム、サンドポケット、河道工事が行われた。同時に、灌漑取水工、橋梁、道路の復旧など地域インフラ整備も実施された。
Semeru	East Java	火山南西部ではしばしば火砕流が発生している。これらの地域の集落を土石流から守り、河川の河床上昇による洪水を防止するために、1977/78年以来、多数の砂防工事が行われ、導流堤や砂防ダムが建設された。1988/89年から340億円のOECDローンが活用された。
Galunggung	West Java	ガルングン火山南東部から南部の集落を、土石流・土砂災害及びCikunir川・Cirose川などの河床上昇による水害から守るために、1982/83年以来、砂防事業が実施された。主な砂防施設は、サンドポケットや砂防ダムである。1982年、無償資金協力によって泥流早期警報システムが導入された。

Source: インドネシア共和国 火山地域総合防災プロジェクト, プロジェクトドキュメント (JICA,2001)

プロジェクトの実施のほかに、1982年に日本の無償資金協力によって火山砂防技術センター(Volcanic SABO Technical Center, VSTC)が設立されてJICAによる技術協力が実施された。火山活動による土砂災害だけでなく、

火山のない地域の土砂災害も想定して、1992年には、砂防技術センター(STC)に名称が変更された。これらの機関においては、砂防技術は、人々の生命や財産を守るだけでなく、地元としての裨益や福祉の拡大も目的とされ、橋や取水堰、横断道路としての機能を持つ多目的堰堤やサンドポケット内の土砂掘削(Sand Mining)による建設資材としての購買による地元住民の収入増対策等が実行された。その後、2000年代には、統合土砂災害管理(Integrated Sediment Disaster Management, ISDM)プロジェクトが始動した。JICAによるマスタープラン策定の実施プロジェクトは、以下のとおりである。

表 4-48 JICA によるマスタープラン策定プロジェクト (1977-1991)

Volcano/Coast	Location	Implementation Period	Purpose of Master Plan
Merapi	Yogyakarta, Central Java	1977-1980	Prevention for land erosion and sediment control for debris flow
Semeru	East Java	1975-1980	Prevention of land erosion and sediment control for debris flow/pyroclastic flow
Galunggung	West Java	1986-1990	Sediment control for debris and pyroclastic flow/ Sediment management in sand pocket
Bali Coast	Bali	1987-1991	Prevention for coastal erosion

Source: インドネシア共和国 火山地域総合防災プロジェクト, プロジェクトドキュメント (JICA,2001)

過去にJICAにより実施された火山災害分野のプロジェクトは、以下のとおりである。

表 4-49 火山災害分野の JICA プロジェクト

SN	Province	Major Projects Implemented by JICA	Implementation Period
1	West Java	Mt. Galunggung Disaster Prevention Project	1987-1988
2	Yogyakarta & Central Java	Capacity Development Project for SABO, VSTC, STV, ISDM	1982-2006
3		Mt. Merapi and Mt. Semeru Volcanic Disaster Countermeasures Project	1987-2001
4		Mt. Merapi, Progo River Basin Urgent Disaster Reduction Project	2005-2014
5		Mt. Merapi Urgent Disaster Reduction Project	2014-2018
6	Central Java & East Java	Mt. Merapi and Mt. Semeru Volcanic Disaster Countermeasures Project	1986-2001
7	East Java	Mt. Kelut Urgent Volcanic Disaster Mitigation Project	1992-1996
8		Water Resources Existing Facilities Rehabilitation and Capacity Development Improvement Project (Tributaries of K. Brantas)	2003-2011
9		Natural Disasters Reduction Project (Banjir Bandang)	2007-2009
10		"Banjir Bandang" Integrated Disaster Mitigation Management Project	2008-2011
11	Bali	Bali beach conservation project	1988-2008
12	South Sulawesi	Mt. Bawakaraeng Urgent Disaster Reduction Project	2005-2014

Source: JICA

PVMBGによると、SATREPS(地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム)による日本からの協力は、以下のとおり、2件が実施されている。調査時点では、火山噴出物によるマルチ災害に関する統合的な研究が実施されている。SATREPSはJICA事業として実施されている。

表 4-50 SATREPS による JICA-JST プロジェクト

Period	Type of the Project	Implementing Agencies	Project Name
2009-2012	SATREPS	LIPI, PVMBG	Multi-disciplinary Hazard Reduction from Earthquakes and Volcanos in Indonesia
2014-2019	SATREPS	PVMBG	Project for Integrated Study on Mitigation of Multimodal Disasters caused by Ejection of Volcanic Products

Note) LIPI: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (Indonesian Institute of Science インドネシア科学院)

PVMBG: Pesat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, PVMBG, Center for Volcanology & Geological Hazard Mitigation, CVGHM, 火山地質ハザード研究センター) Source: PVMBG

4.5.4 他国ドナーによる協力

各国(シンガポール、アメリカ、オーストラリア、フランス)ドナーからの協力を以下に示す。

表 4-51 各国ドナーによる協力プロジェクト

Period	Donors	Implementing Agencies	Project Name
2011-2018	Earth Observatory of Singapore (EOS)	PVMBG	Assessment and Mitigation of Geological Hazards
2008-2018	USAID	PVMBG	Volcano Monitoring and Hazard Assessment
2009-2018	Geological Agency of Australia	PVMBG, BNPB	Volcanic Ash Simulation and InaSAFE Real-time for Volcanic Ash
2013-2018	IRD France	PVMBG	Risk Assessment and Mitigation of Volcanic Hazards in Indonesia
2015-2017	World Food Program	地方防災局 DI Jogjakarta	Formulation of Humanitarian Logistics Master Plan
2012-	USAID	地方防災局 DI Jogjakarta	Incident Command System

Note) IRD: Institute of Research and Development, France,
Source: PVMBG, 地方防災局 DI Jogjakarta

4.5.5 災害リスク評価と課題把握

4.5.5.1 災害種・分野評価

前項までで確認した火山災害防災の現状から、「災害リスク」、「ガバナンス」、「災害リスク削減」、「災害準備強化とより良い復興」の4分野について、以下の課題を抽出した。

表 4-52 火山噴火、火山砂防の分野の課題

分類	火山噴火災害分野の課題
災害情報 (災害リスクの理解・共有)	ハザード区域における災害リスクへの理解が不足
ガバナンス (災害リスク管理の強化)	避難センターの収容能力の不足 継続的な火山観測の必要性
災害リスク削減 (強靱化のための減災投資)	施設の老朽化に伴う改善費用や建設費用が不足 火山活動観測設備への投資
災害準備強化とより良い復興	大規模な避難民等を想定した被害対応や災害準備の必要性

(1) 災害情報(災害リスクの理解・共有)

【課題】ハザード区域における災害リスクの理解が不足

Merapi火山においてはハザードマップが既に作成、策定されており、これを元に住民への説明もなされている。災害時には、ハザードマップや防災マップを基に、避難活動を実施している、Catholic Aid for Overseas Development (CAFOD)の機関であるCatholic Aid Agency for UK and Walesの災害リスク軽減アドバイザーによると、災害時には、防災機関からの情報を得ながら避難をする人がいる一方で、伝統的な慣習的な方法を信じている人がいるとのことである。後者の事例では、火山噴火のような超自然的現象を儀式によって鎮静可能とする人もいることから、個々のコミュニティには、科学的な観測に基づく予測を信じることができずに避難しないでハザード区域内に残る人も多いようである。「コミュニティには伝統と自然徴候に基づく早期警戒システムがあり、科学的監視を信じるのは難しいことだ」とそのNGOアドバイザーは述べている。(人道NGO Caritas) 2014年2月のKelud火山噴火の事例(死者7名、行方不明15名、最終避難者99,000名、噴火当初避難者201,200名)では、避難をしないでハザ

ード区域内にとどまった居住者がいた事例がある。2010年10月のMerapi火山の噴火でも同様な事例が報告されている。

火山噴出物は、非常に肥沃であり、農民がハザード区域に残る誘引(Pull factor)となっている。農民は、噴火のハザード区域と認識しつつも、その肥沃な土壌が耕作に適していることから、噴火が収まった後に耕作地を開拓するが、ハザード区域内に多くの耕作地や牧場が点在する要因となっている。リスクを認識しつつも多くの農民、家畜がハザード区域に残っている事実が噴火災害時に被害を繰り返す原因となっている。これらの事例では、家畜を飼っている農家も多く、これが彼らの唯一の資産であることから、いったん避難を行った後、火山噴火が続いている間でも農場に行き、えさを与え、命を危険にさらしている実態も報告されている。このジレンマに対応するため政府は、いくつかの地区の緊急時計画にトラックによる家畜の避難を組み込んだ。2010年10月のメラピ火山噴火では最終的には、家畜のために食料と水がある避難所を建設した。

Merapi山麓に住む先住民には、従来、火山噴火に関する独自の噴火兆候があるとのことでこれを基準に避難を行っている。これらの兆候としては、Merapi火山の山頂噴火口からのガス雲、小さな地震動、山麓に居住しているサルの移動、雷雨等である。2010年噴火時には、政府当局が避難を勧告したにもかかわらずこのような警告避難サインが出ていないとのことで、避難を拒否した事例も報告されている。(Website: Reducing the volcano risk in Indonesia, Jakarta, 1 May 2014)

早期警戒が政府機関から行われたにもかかわらず、山にとどまることがスルタンから任ぜられたメラピ火山の守護者(ゲートキーパー)としての役割に対する忠誠であると信じて、最後まで避難を拒否した地域の伝統的指導者ムバ・マリジャンの事例がある。Merapiでは、いくつかのコミュニティは、この有力な地方の宗教的政治家を敬っていた。マリジャンは、噴火後に避難することを拒否し、「火山で死ぬ」と言い、彼の避難を説得していた住民とこの様子取材していた報道関係者とともに火砕流に巻き込まれて死亡した。これらの対策として、政府は、社会的地位がコミュニティの行動に影響を与えることができるリーダーである「火山のヒーロー」を育成することによって、これらの古くからの「非科学的な噴火兆候」あるいは「非科学的な伝統」と戦うよう努めている。科学的な観測、分析、解析に基づく警告、警報が住民の避難行動に結びつく対策が必要である。

(2) ガバナンス(災害リスク管理の強化)

【課題】 避難センターの収容能力の不足

前述したように、地方防災局ジョグジャカルタによって整理された15km圏内の人口、避難所収容可能人数、不足人数は以下の表に示される。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、9%の充足率しかない。常に噴火リスクのある地区における居住人口が多いことは問題であるが、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る。

火山災害に関しては、すべての溪流(河川)で同時発生する可能性は小さいことから指定避難所以外への避難も可能ではあるが、全体的な収容能力が不足していることが問題である。災害防止のために、州政府は、危険とされる区域(Highest Hazard Area, KRB3)に住む、700世帯の移転を計画して、2018年には、30世帯の移転を完了させている。2019年には、40世帯の移転を計画している。また、PUPRは、避難シェルターの建設も行っており、今後もこれらを継続する計画であるが、十分な対応とはなっていない。

表 4-53 メラピ火山の避難所別の避難対象人口と過不足人口(15km 圏内)

SN	Name of Evacuation Centre	Target Population to be Evacuated	Capacity	Balance
1	Barak Lumbungrejo	4,837	300	-4,537
2	Barak Pondokerejo	5,063	500	-4,563
3	Barak Sleman	4,837	300	-4,537
4	Barak Ull	12,796	2,000	-10,796
5	Barak Umbulmartani	12,796	500	-12,296
6	Barak Kuwang	5,757	500	-5,257
7	Barak Bimomertani	3,056	400	-2,656
8	Balai Desa Sindumartani	4,684	300	-4,384
9	Barak Koripan	2,552	500	-2,052
Total		56,378	5,300	-51,078

Source: Evacuation Map within Radius of 15km (地方防災局 DI Jogjakarta)

【課題3】継続的な火山観測の必要性

Merapi山の火山観測に関しては、PVMBGがインドネシア国全体のモニタリングを統括している。PVMBGの担当者によると、火山活動のモニタリングは、通常は、目視と機器によるモニタリングとのことである。モニタリング項目は、地震、応力と地球物理学的項目（噴火ガスや噴煙）を実施している。最も噴火の恐れがある火山（PVMBGでは、PP1火山として区分）に関しては、地震計を4箇所、応力計を2箇所に設置している。さらに、PP2に関しては、地震計を2箇所、PP3に関しては、地震計は1箇所である。Merapi火山のような活動的な火山には、モニタリングポスト（Merapiに関しては、BBPTKG(地質災害研究ユニット)が置かれ、計器に関する監視員を置いてモニタリングを実施している。観測データに関しては、現地から最も近い観測センター(Observatory)に送られ、さらに、ここからPVMBGに送られている。

火山噴火に関しては、京都大学防災研究所の火山学者より、Sinabun火山とMerapi火山の調査成果に基づき、以下のような指摘がある。(Learn from 2010 Eruptions at Merapi and Sinabun Volcanoes in Indonesia: Annuals of Disasters Prevention Research Institute, Kyoto Univ. 2011)

- a. Sinabun火山のような長期の休止後(Long-term dormancy)の噴火活動の評価は難しく、長期の休止期の空白を埋めるための緊急観測が必要である。
- b. Merapi火山のような火道最上部が開放した火山での噴火活動の予測は困難を伴う。このような状況では、地盤変動観測の高精度化(High sensitive ground deformation)と物質(Pyroclastic material and volcanic gas)の化学分析(Quick geochemical analysis)が必要となる。

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、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。

(3) 災害リスク削減（強靱化のための減災投資）

【課題】施設の老朽化に伴う改善費用や建設費用が不足

Merapi火山におけるJICAプロジェクト実施区域では、1980年代に実施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。具体的な事象としては、砂防ダムやサンドポケットの堆砂容量が減少していること、構造物(ダム本体、堤防の護岸)が老朽化していることなどである。現地調査の際には、2010年の噴火による災害によって破壊された砂防ダムが見られた。ダム堤体に玉石を使用しているという工法にも問題があるが、30年以上経過した老朽化が主因である。

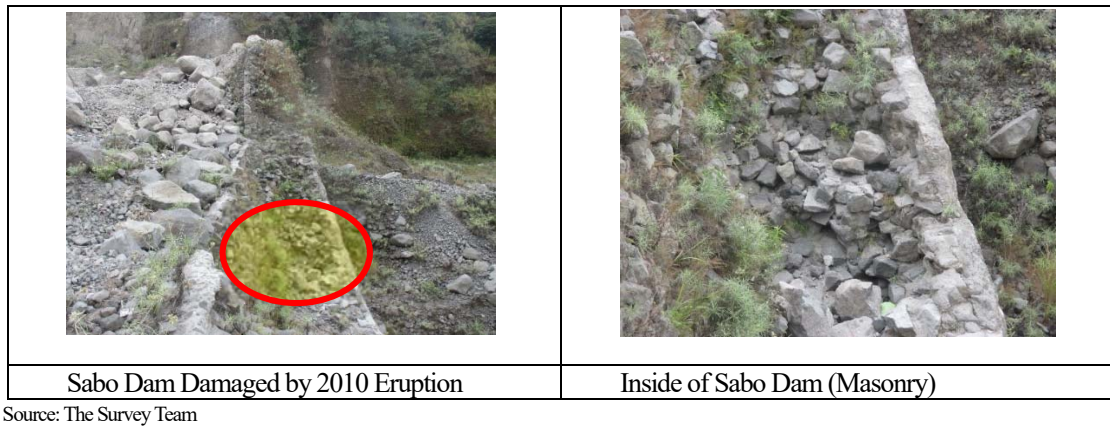


図 4-98 砂防施設の破壊状況（土石流）

上記のような状況に関して、施設の改善や更新のための予算確保を政府に求めているが、施設の数も多く、なかなか進展しない状況にある。

【課題】 火山活動観測設備への継続的な投資

c.で述べたように、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の設置が必要であり、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。火山活動への監視計器の設置、拡充のための継続的な投資が必要である。

(4) 災害への準備とより良い復興

【課題】 大規模な避難民等を想定した被害対応や備えの必要性

火山噴火に関しては、「想定を超えた災害の生起」を常に想定しておく必要がある。火山分類に関しては、Type A(噴火履歴あり)、Type B(履歴はないが、噴火のサインあり)等に分類して監視している。本調査の実施期間中においても、バリ島のアグン火山、ジャワ島のMerapi火山、スラウェシ島のソプタン(Soputan)火山が噴火(または噴火の予兆を示す)している。BNPBの火山監視情報(Status Gunung Api)によると、2018年10月時点では、アグン火山とソプタン火山がLevel III(Siaga)、メラピ火山がLevel II(Waspada)となっている。噴火したソプタン火山、アグン火山とも現時点では、大きな災害が生じていないが、噴火が大規模な場合でも周辺に居住する住民は少ないため、死者数は少ないものと想定される。

一方、2010年に噴火したメラピ火山では、死者数が353名に達したことが報告されている。また、避難人口32万人を避難させるのに、5-7日間を要したことも報告されている。(Earthquake report, January 2012)。2014年に噴火したジャワ島東部のKelud(クルー)火山では、死者7名、行方不明15名となり、避難者も噴火当初は、201,200人に達したことが報告されている。(WHO Emergency Situation Report (ESR-2), Mt. Kelud Volcano Eruption, 13 February, 19 February 2014) Kelud火山の場合の避難者は、噴火当初は、Blitar, Kediri, Malangの3県(kabupaten)の35村、201,200名にも上ったが、噴火活動の低下に伴い最終的には避難勧告対象は99,000名となった。

大規模な火山噴火の場合は、避難民への対応のみならず、災害復旧活動やインフラ施設の改良、コミュニティの安全性の確保等を同時に短期に遂行する必要が生じる。Kelud火山の2014年噴火時の災害対応としては、前述したように、クラスター分けによって対応機関を定めており、すべての命令は、毎日、各関係部局から報告され

るレポートに基づき、災害発生地の近傍に設置された知事部局の「州コマンドポスト(Provincial command post)」における調整会議の判断に基づきなされた。

大規模な避難民への対応に関しては、様々な被害対応を同時に短期間実施する必要があることから、BNBD、地方防災局 や州コマンドポストの役割、指示が重要である。各関係機関が災害対応を円滑にできるようなメカニズムの構築が重要である。

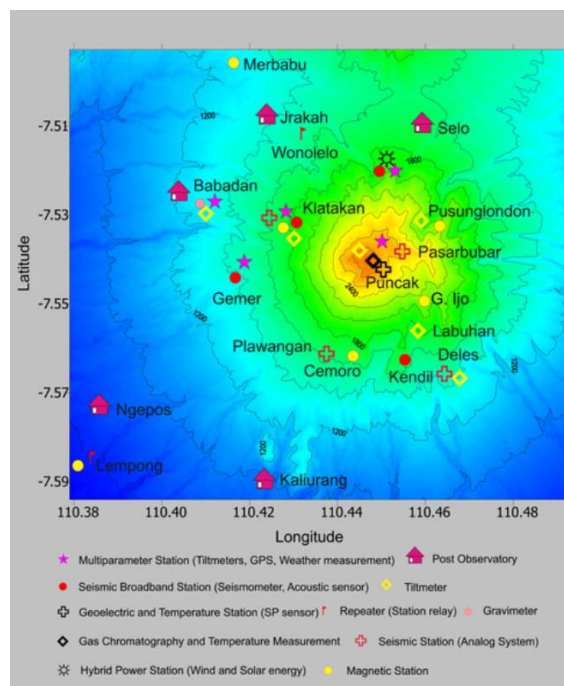
4.5.5.2 地域別評価

(1) Merapi 火山噴火に対する防災活動

前述した日本による協力プロジェクトのうち、火山災害(火山噴火対策・火山砂防)に関して、日本の支援が開始された契機となった、Merapi火山についてその活動、監視状況、災害対策、実施プロジェクト等について、詳述する

1) Merapi 火山の活動

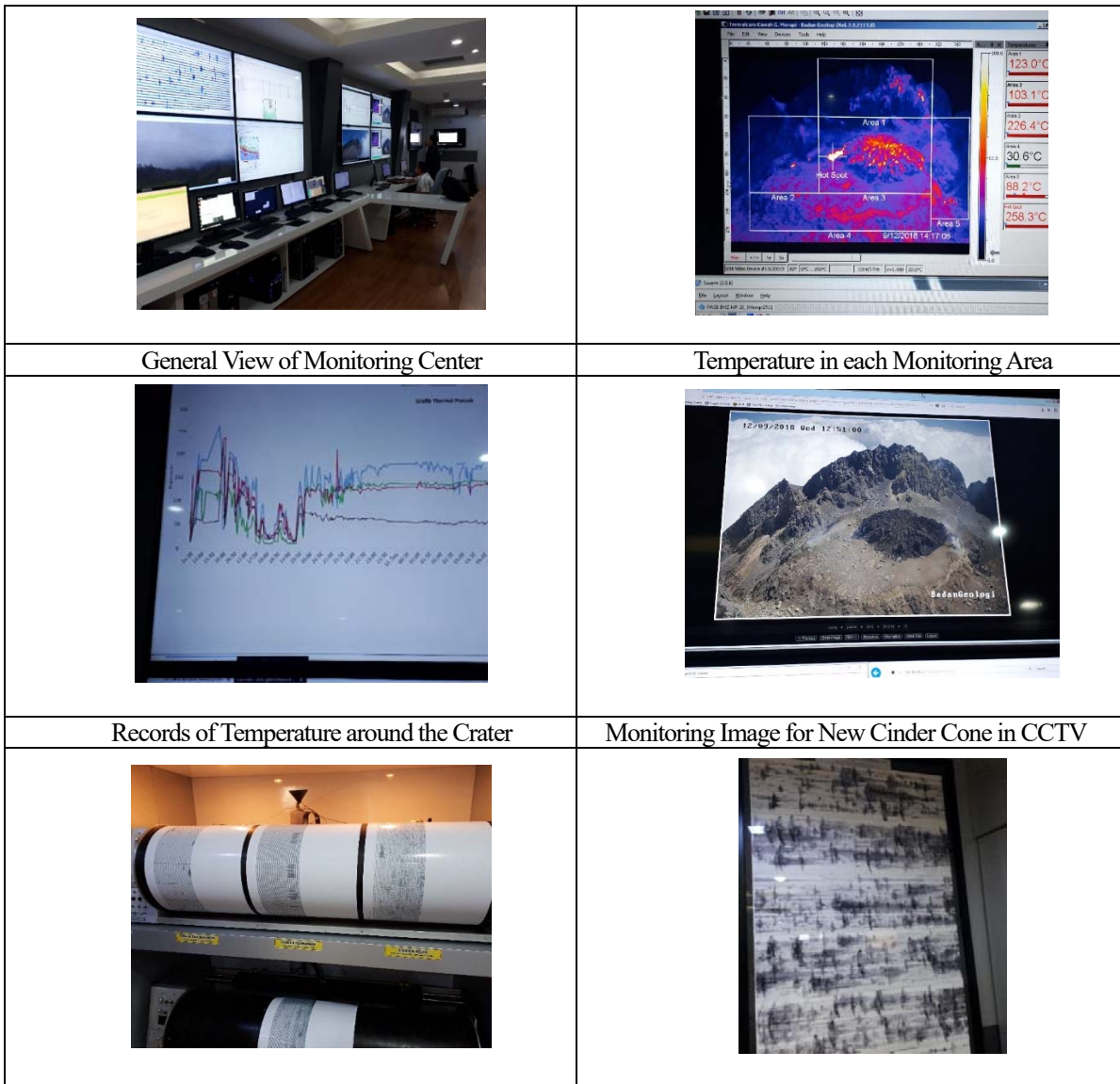
PVMBGの下部機関となるジョグジャカルタにあるBBPTKGは、1945年に設立されたMerapi Monitoring Post (Merapi火山監視ポスト)が2013年に組織改革されたものである。ここでは、Merapi 火山の噴火活動の監視の他に、火山地質の調査や解析のほか、全国的な地滑りの調査と解析を行っている。Merapi火山の活動は、5箇所に建設されたモニタリングポストのほか、地震計(seismometer)、傾斜計(tiltmeter)、CCTV等により観測が行われている。観測所の位置と観測計器設置状況を以下に示す。



Source: BBPTKB(Unit for Research and Development of Technology for Geological Disasters)

図 4-99 観測所(モニタリングポスト)の位置と観測計器の設置状況

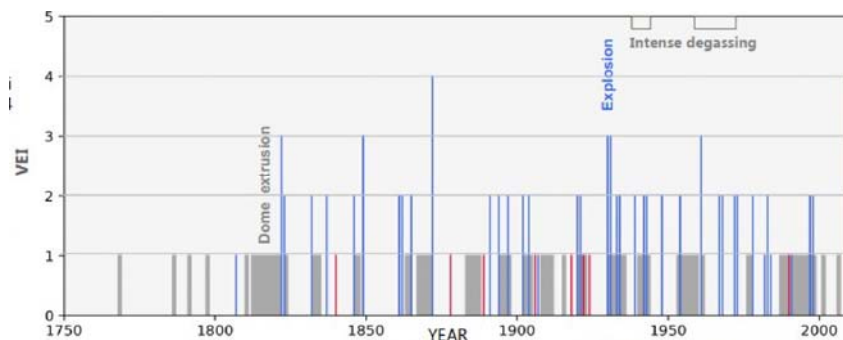
観測に基づくデータは、BBPTKGに置かれた監視センターに送られ、24時間、担当者による監視が続けられる。(下記、写真参照)火山噴火口の成長状況、噴火口付近の温度、地震計の記録が常時監視されている。噴火時には、噴火ガスの分析なども本ユニットで実施されている。



Source: The Survey Team (September 2018)

図 4-100 BBPTKG の Merapi 火山監視センターにおける観測状況

BBPTKGとUGMによって整理されたMerapi火山の活動状況は、以下のとおりである。この1768年から2014年までの分析結果から、20世紀から21世紀にかけての噴火頻度は、2年から5年に1回と評価されている。



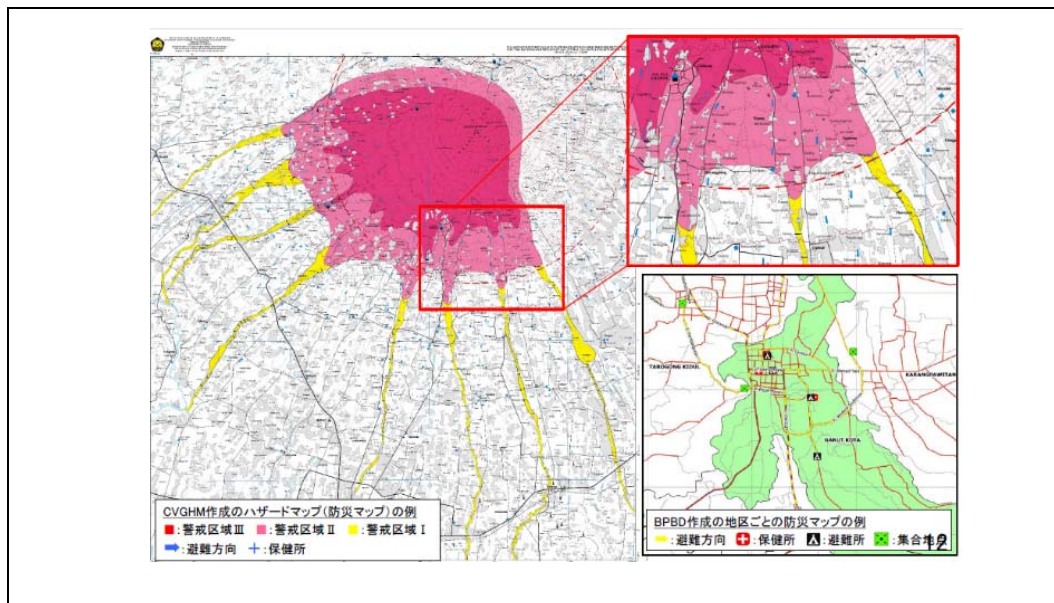
Source: Application of Long-Term event Tree analysis for volcanic hazard assessment at Merapi Volcano, Indonesia (BPPTKG, UGM & Earth Observatory of Singapore).

図 4-101 BBPTKG、UGM による Merapi 火山の噴火記録(1768-2014)

2) Merapi 火山噴火対策

火山噴火対策はジョグジャカルタ特別州地方防災局（地方防災局 DI Jogjakarta）の所掌である。噴火状況に関しては、上述したBBPTKGからの情報がリアルタイムで入っている。さらに、“WhatsApp”による火山情報の連絡もBBPTKGからステークホルダーや地域のコミュニティに対して行っている。地方防災局とBBTKGとの情報交換は非常に良好とのことであった。2010年の火山噴火に関しては、地方防災局 DI Jogjakartaのほか、噴火区域に位置する4つのKabupaten（県）（Sleman, Magelang, Boyolali, Klatenの4県）が連携を取っている。

Merapi火山に関して作成された避難経路、病院の位置などを示した防災マップは、以下に示すとおりである。人口の増加、道路建設などを考慮して、5年毎のアップデートが行われる。



Source: 海外における防災体制について(インドネシア調査、内閣府.2017.3)

図 4-102 Merapi 火山のハザードマップ、防災マップ

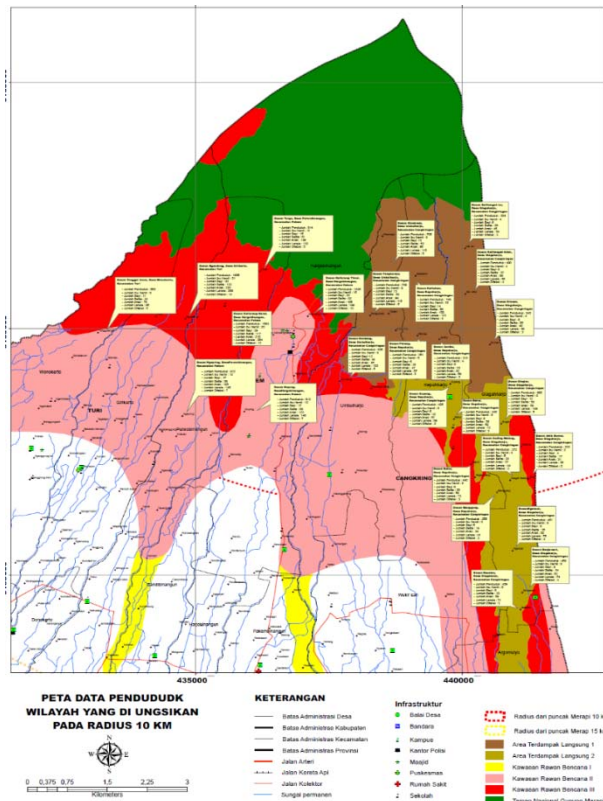
地方防災局 DI Jogjakartaによる火口から半径10 km圏内の避難時に想定される部落(dusan)ごとの対象人口調査結果が指定区域毎に整理された図を以下に示す。対象人口については、部落人口総数や妊婦、幼児、老人等の人口が示されている。

<p>Dusun Turgo, Desa Purwobinangun, Kecamatan Pakem</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jumlah Penduduk : 814 - Jumlah Ibu Hamil : 11 - Jumlah Bayi : 15 - Jumlah Balita : 61 - Jumlah Anak : 109 - Jumlah Lansia : 132 - Jumlah Difabel : 5 	<p>Dusun Turgo, Desa Purwobinangun, Kecamatan Pakem</p> <ul style="list-style-type: none"> -Total population: 814 -Population of pregnant: 11 -Population of babies: 15 -Population of toddlers: 61 -Population of children: 109 -Population of aged people: 132 -Population of disable people: 5
---	--

Source: Evacuation Map within Radius of 10km (地方防災局 DI Jogjakarta)

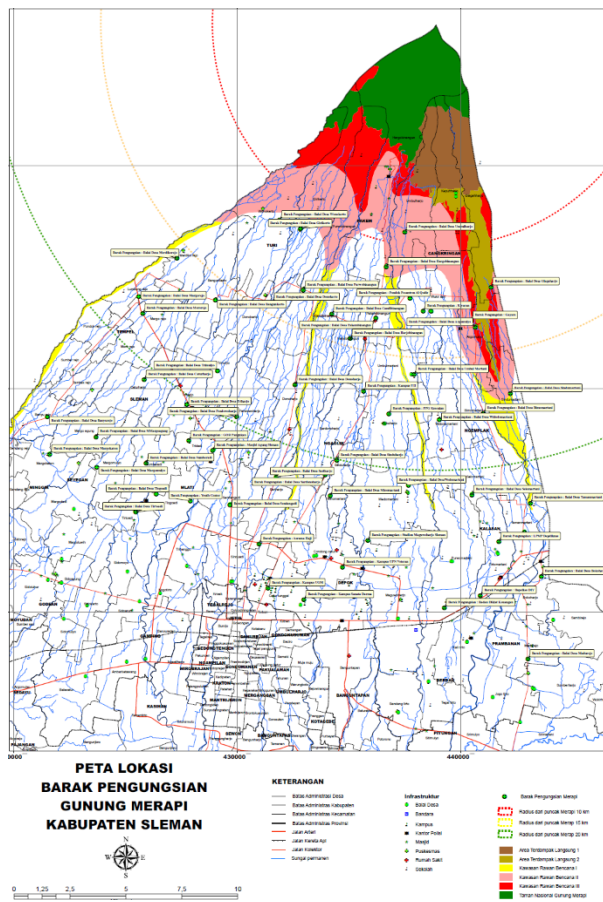
図 4-103 部落ごとの避難対象人口とその内訳

このほか、避難指定区域ごとのシェルター（避難建物）の位置を示した図を示す。



Source: Evacuation Map within Radius of 10km (地方防災局 DI Jogjakarta)

図 4-104 避難区域(火口 10km 圏内)の部落人口マップ (Kab. Sleman)



Source: Evacuation Map within Radius of 10km (地方防災局 DI Jogjakarta)

図 4-105 避難指定区域区分とシェルターの位置図(Kab. Sleman)

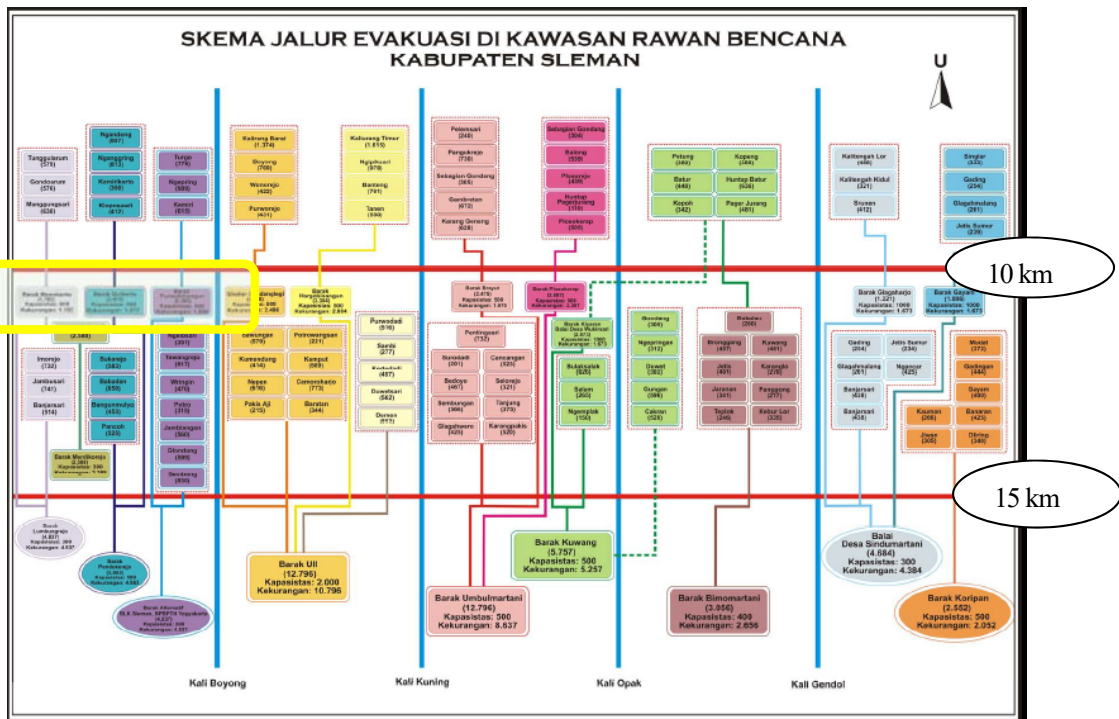
避難センターの概要を以下に示す。このセンターは、常時は、運動施設として、火山噴火時は避難センター（シェルター）として機能している。



Source: The Survey Team (September 2018)

図 4-106 Merapi 火山避難センターの状況ケプハルジョ村

スレーマン県（Kabupaten Sleman）における火口からの10km、15km圏内毎の避難対象人口と指定の避難所における収容人口と対象人口、収容能力の過不足を整理した図を示す。



Source: Evacuation Map within Radius of 15km (地方防災局 DI Jogjakarta)

図 4-107 避難指定区域区分とシェルター収容可能人数、収容可能人数の過不足の整理表

上図から、主要なシェルターごとに抽出したもの（上図黄色枠箇所）を以下に示す。



Source: Evacuation Map within Radius of 15km (地方防災局 DI Jogjakarta)

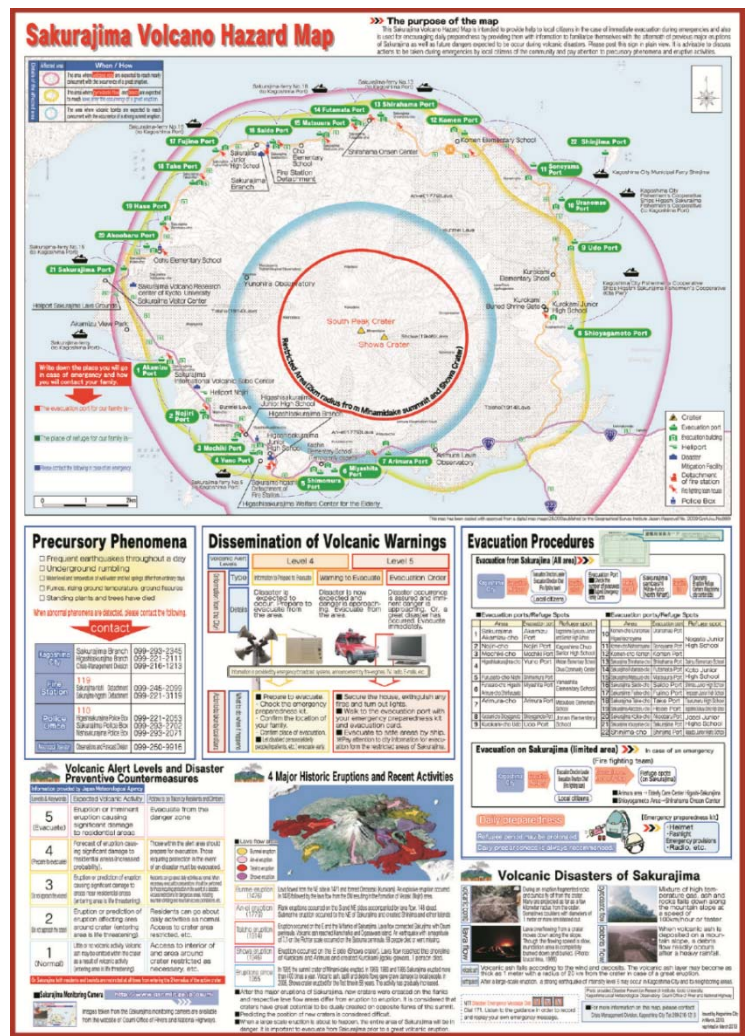
図 4-108 避難指定区域区分とシェルター収容可能人数、収容過不足の整理表 (部分拡大)

図によると、避難センターBarak Wanokertoの対象人口は、1,763人に対して、収容可能人数は、600人であり、1,193人が不足することとなっている。多くの避難センターは、収容不足となっているが、災害時には、家に残ったり、他の区域に移動したりする人もいるとのことである。不足に関しては、ある程度の融通が可能とのことであるが、全体的には収容可能人数が不足している。

火山災害防止のために、州政府は、危険とされる区域(Highest Hazard Area, KRB3)に住む約700世帯の移転を計画し、2018年には、30世帯の移転を完了させている。移転においては、住宅の供給も行っている。2019年には、さらに、40世帯の移転を計画している。また、PUPRHは、上記の避難シェルターの不足に鑑み、シェルターの増設を行っている。

コミュニティ防災に関しては、70の学校(全体数1,906校)におけるプログラム(Disaster Resilient School Program)を終了しており、村レベルにおいても176村(全体数301村)で、同様のプログラムを実施済みである。

JICAへの支援要請としては、今後、桜島で作成しているような、総合的なハザードマップを作成したいとのことである。また、ラジオによる警報連絡システムに関しても導入したいとのことであった。



Source: Kagoshima City, Japan

図 4-109 総合的な火山噴火ハザードマップ (桜島の例)

3) 構造物対策による火山砂防プロジェクトと2010年噴火の復旧工事

まず、JICAによるMerapi火山関連プロジェクトの実施経緯を整理すると以下のとおりとなる。

表 4-54 Merapi 火山(流域)における JICA プロジェクトの実施経緯

Implementation Period	Type of the Project	Project Name
1977-1980	Technical Cooperation	Master Plan for Land Erosion and Volcanic Debris Control in the Area of Mt. Merapi
1985-1993	JICA Loan LA:October,1983	Urgent Disaster Reduction Project for Mount Merapi
1995-2001	LA:December 1995	Mt. Merapi and Mt. Semeru Volcanic Disaster Countermeasures (2)
2000-2006	Technical Cooperation	Integrated Sediment-related Disaster Management
2006-2014	JICA Loan LA:March 2005	Urgent Disaster Reduction Project for Mt. Merapi, Progo Basin
2009-2012	Technical Cooperation	Multi-disciplinary Hazard Reduction from Earthquakes and Volcanoes in Indonesia
2014-2019	Technical Cooperation	Project for Integrated study on mitigation of multimodal disasters caused by ejection of volcanic products
2014-2019	JICA Loan LA: February 2014	Urgent Disaster Reduction Project for Mt. Merapi 2

Note) LA:Loan Agreement,
Source: JICA

上記のうち、2006年に開始されたJICAローン(メラピ火山プロゴ流域緊急防災工事,Urgent Disaster Reduction Project for Mt. Merapi, Progo Basin)による工事の概要は、以下のとおりである。このローンには、2010年の噴火復旧工事も含まれている。このプロジェクト経費の内訳は、6,174百万円(実績)であり、当初予算(6,050百万円)とほぼ同額となっている。プロジェクト途中に発生した地震、火山噴火への被害対策による追加工事があったにもかかわらず、コストがそれほど上昇しなかった理由は、a.土砂掘削管理機関(Sand Mining Management Institution, SMMI)が関係機関の調整が取れずに設立されなかったことに伴う建物や関連道路が建設されなかったことその他、b.ルピア貨の価値下落に伴う交換レートの上昇(JPY1=Rp.83がJPY1=Rp.116、約40%の上昇)によるコスト減による影響が大きい。

表 4-55 メラピ火山プロゴ流域緊急防災工事の概要

Items		Main Outputs
(a) Countermeasure against debris flow	Structural Countermeasures	<ul style="list-style-type: none"> ● Construction of sabo facilities (30 units)
	Non-structural Countermeasures	<ul style="list-style-type: none"> ● Installation of debris flow monitoring, forecasting and early warning systems (Rainfall observation station: 6 locations, Master station: 1 location, Control station: 1 location, Monitoring station: 3 locations) ● Evacuation shelter (3 units), Evacuation roads (5.82 km) ● Development of GIS system for volcanic disaster ● Procurement of heavy equipment for disaster recovery works, maintenance structure ● Assistance for capacity strengthening of regional disaster prevention ● Dissemination and education of disaster prevention knowledge in cooperation with educational institutions ● Evacuation drills
(b) Progo riverbed stabilization		<ul style="list-style-type: none"> ● Construction of consolidation dam (2 units)
(c) Sand mining management		<ul style="list-style-type: none"> ● Preparation of sand mining management plan ● Implementation of community-driven monitoring activities
(d) Regional development at the mountain foot		<ul style="list-style-type: none"> ● Rehabilitation of irrigation facilities (14 units) ● Construction of consolidation dam (1 unit)
(e) Urgent disaster countermeasures for 2006 earthquake and eruption		<ul style="list-style-type: none"> ● Construction of sabo facilities (6 units) ● Rehabilitation of irrigation facilities (35 locations) ● Rehabilitation of water source facilities (20 locations)
(f) Urgent disaster countermeasures for 2010 eruption		<ul style="list-style-type: none"> ● Rehabilitation of sabo dam (5 units) ● Embankment, construction of training dykes (2 units)

Note: For enlightening and training people's disaster prevention awareness, participatory community activities, evacuation drills and preparation of disaster prevention manual were conducted.
Source: FY 2016 Ex-post evaluation of Japanese ODA Loan Project

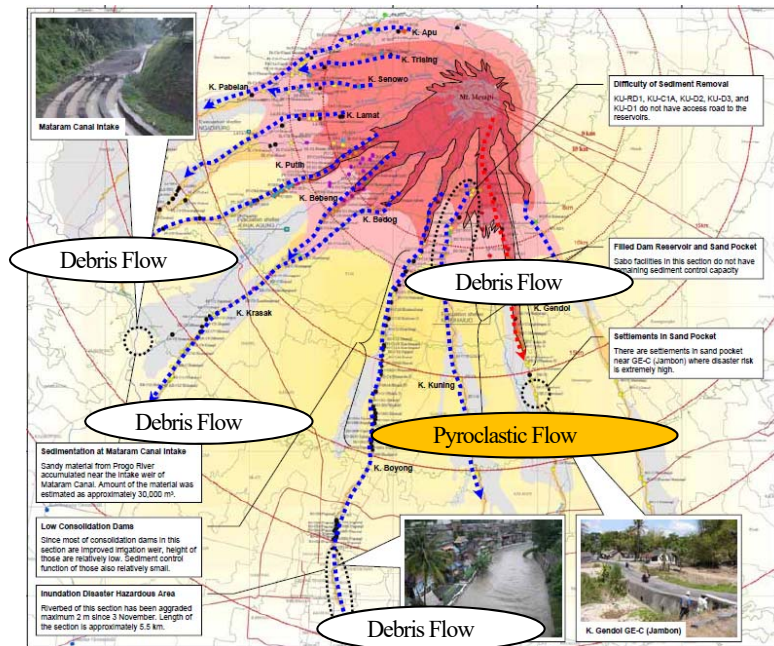
2010年のMerapi火山の噴火時の土石流の発生状況(2010年11月5 - 9日)を以下の写真に示す。なお、火砕流(Pyroclastic Flow)は、K. Gendolにおいて、2010年11月5日に発生している。

	
Putih川 PU-C2	Bebeng川 BE-C7
	
Kuning川 KU-C5	Gendor川 GE-C
	
Code川	Boyong川 BO-C10
	
火砕流に満砂してサンドポケット	放棄された家屋と車輛

Source: Project Team on Mt. Merapi

図 4-110 2010 年噴火時の土石流の状況 (9 November 2010)の状況

2010年の火山噴火による被害の概要は、以下に示すとおりである。生産土砂量は、1億4千万 m^3 (京都大学防災研年報, No.55, 2012)と推算され、火山灰が流出した南西斜面流域(Paberan川、Putih川、Bebeng川)と火砕流が発生した南側斜面流域(Gendor川)では、土砂災害の概要が異なる。Gendor川では、火砕流(図中、赤線)が発生して、その先端部は、火口から15Km付近まで達している。他の河川では、土石流(図中、青破線)が発生しており、特にBoyong川では、火口から30Km圏内まで達している。さらに、南西斜面の水路では取水施設への土砂流出、河床の上昇が見られた。火砕流の発生した南斜面では、橋梁の流出、砂防ダムやサンドポケットの貯砂容量の大幅な減少となった。

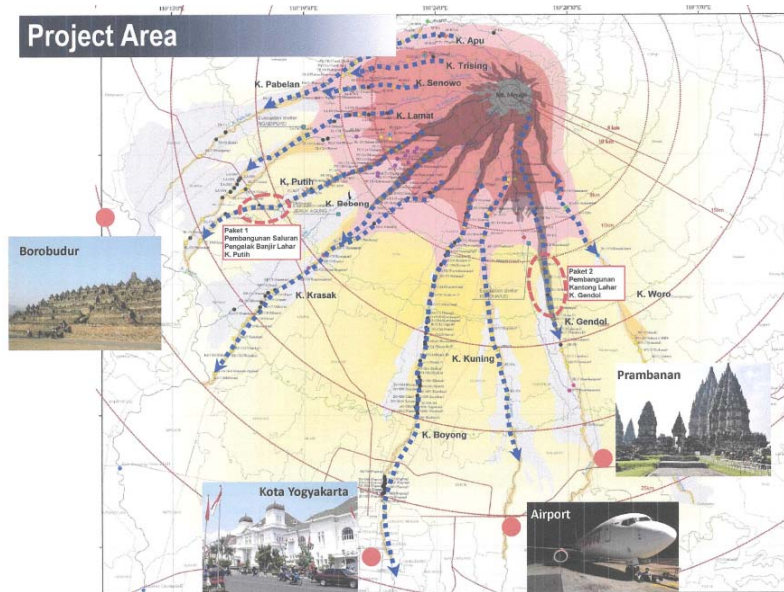


Source: Project Team on Mt. Merapi

図 4-111 2010 年噴火時の火砕流、土石流の発生河川 (November 2010)

4) メラピ火山およびプロゴ川下流域緊急防災プロジェクトの概要

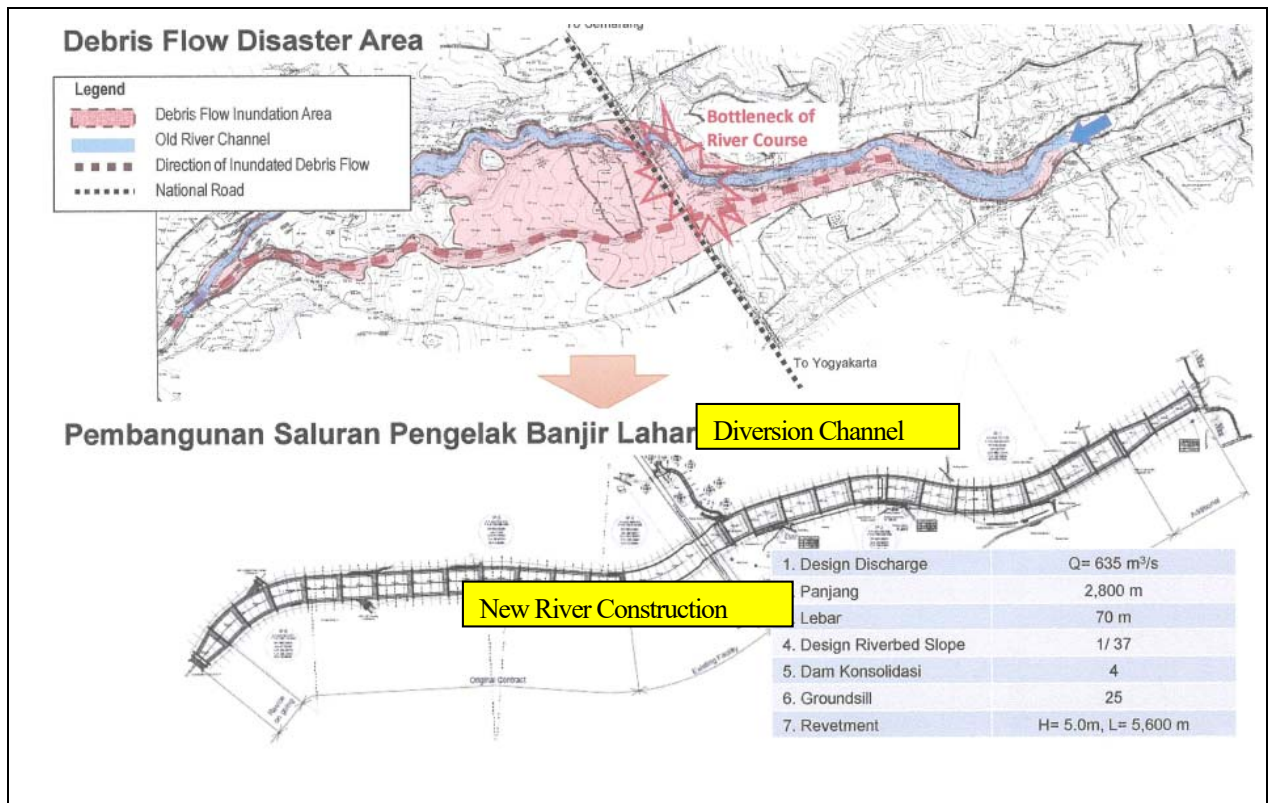
本プロジェクトは、2010年の火山噴火を受けて開始されたものであり、2014年6月から2021年6月までの5年の工期で実施されている。ローン総額は、邦貨換算で51.1億円(工事費43.6億円、コンサルティングサービス5.3億円、予備費2.2億円)である。工事対象区域は、西側斜面、Putih川放水路の建設とGendol川のサンドポケットの建設である。



Source: The Project Team on Urgent Disaster Reduction Project for Mount Merapi and Lower Progo River Area II (IP-566)

図 4-112 Urgent Disaster Reduction Project for Mount Merapi の工事概要

Putih川に関しては、土石流により被災、堆砂した河道の流下能力を高めることを目的として、拡幅と直線化を図っている。また、既設河川による灌漑地への水供給を目的とした接続水路（放水路）を建設している。



Source: The Project Team on Urgent Disaster Reduction Project for Mount Merapi and Lower Progo River Area II (IP-566)

図 4-113 Putih 川の工事概要(新設河道と旧河道の放水路化)

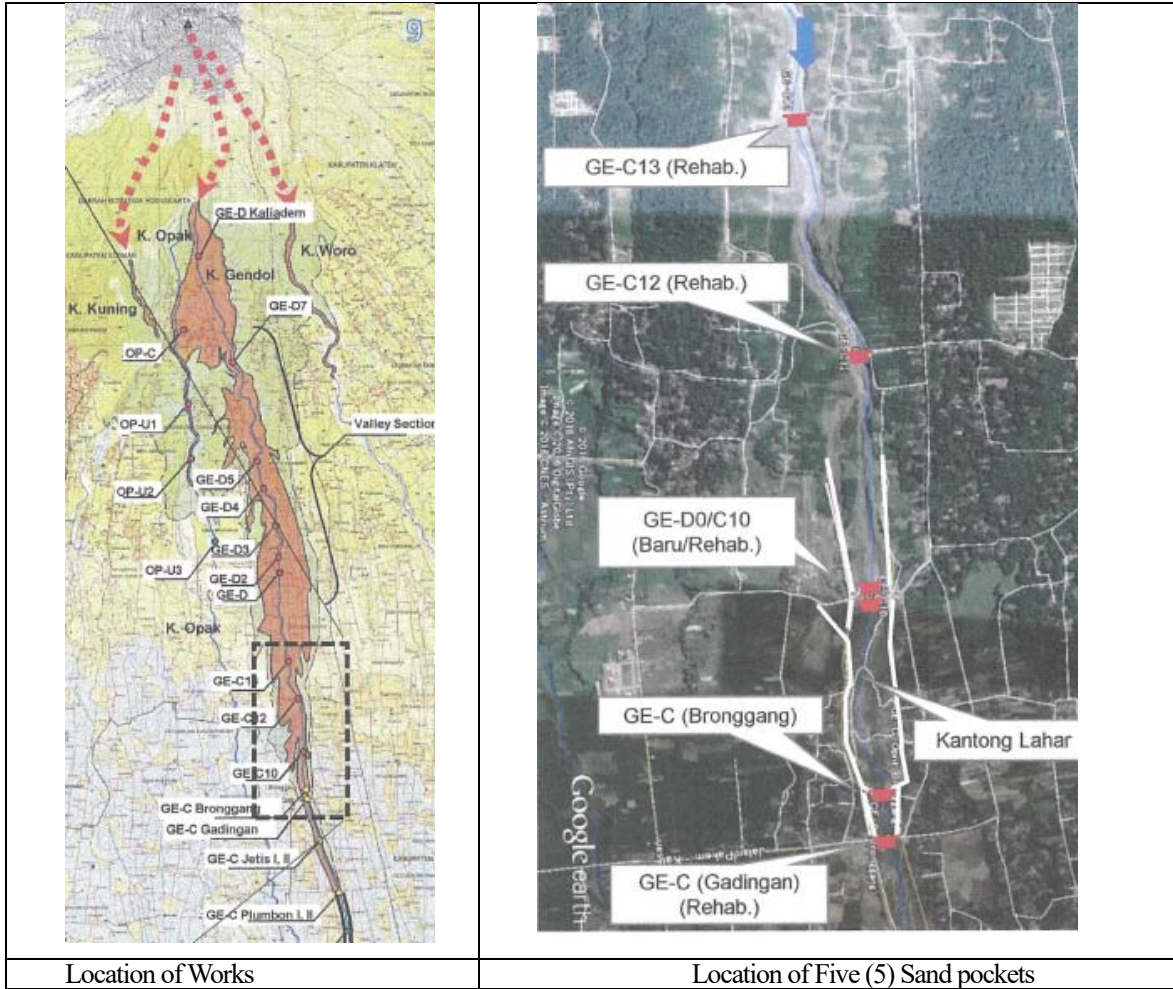
放水路の完成写真を以下に示す。



Source: The Project Team on Urgent Disaster Reduction Project for Mount Merapi and Lower Progo River Area II (IP-566)

図 4-114 Putih 川の完成写真(旧河道と放水路)

ゲンドール川に関しては、火砕流による堆積物が多いため、堆積容量増大のために既設のサンドポケットの改修と新規の建設を行った。対象となったサンドポケットは、5基であり、上流部のGE-C13から最下流のGE-Cまでとなる。



Source: The Project Team on Urgent Disaster Reduction Project for Mount Merapi and Lower Progo River Area II (IP-566)

図 4-115 Gendol 川のサンドポケットの施工箇所

最下流に位置するサンドポケットの施工状況は以下のとおりである。



Source: The Survey Team

図 4-116 サンドポケットの改修状況

5) Merapi 火山マスタープラン案 (2017 年)

2017年に2010年の噴火やその後の施設施工実績を踏まえて2001年策定の既往のマスタープランのレビューが行われ、施設計画(案)が策定された。その概要は、以下のとおりである。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> a. 土砂調節量に関しては、既往のマスタープランの方針を踏襲する。 b. 土砂調節率が60%を越えている溪流に関しては、砂防施設の改良工事と河床の安定化を図る工事を行う。 c. 土砂流出が小さい溪流に関しては、土石流対策工を行う。 |
|---|

上記で、土砂調節率が60%を越えている溪流では、オープンタイプのダムタイプを採用することとなった。

Source: Review Master Plan (2017)



図 4-117 オープンタイプのダムの実例

(2) Kelud 火山の噴火時における防災活動

前述した協力プロジェクトのうち、Merapi火山とともに日本からの支援が入ったKelud(クルー)火山は、2014年2月13日に噴火した。噴火に伴う、防災活動、復旧活動を以下に整理する。

1) Kelud 火山の噴火活動と被害概要

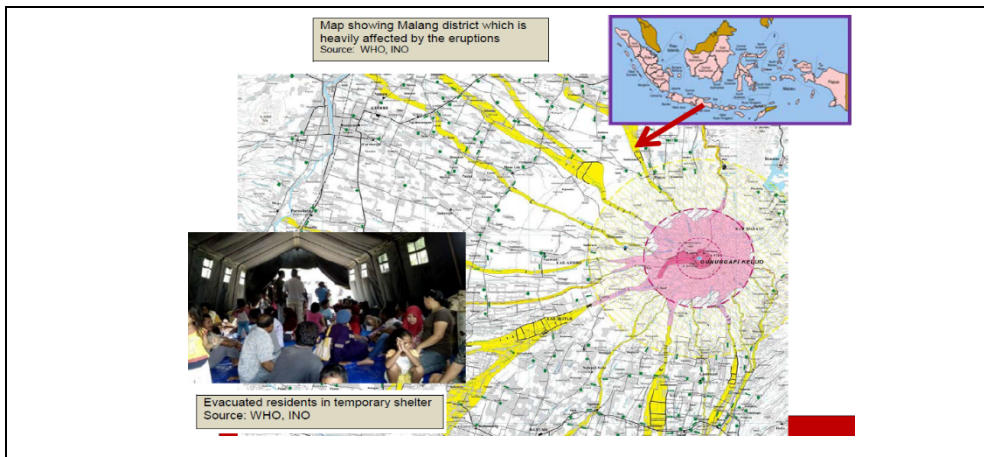
VMBG は2014年2月2日に、Kelud 火山に対する警報(Level II, Danger)を発した。この警報は、2月10日には、Level III(Ready to erupt)に切り替えられ、2月13日には、Level IV(Active danger)の警報が発せられた。警報発令後の2時間後に、火山は噴火し、以後1週間ほど活発な噴火活動が継続した。2月20日に警報レベルが Level III に下げられたが、復旧活動は、4月末まで実施された。主要な被災は、Kediri、Blitar、Malang の3県(District)にまたがるが、火山灰の降下による影響が250km の範囲で広がり、Surabaya、Solo、Jogjakarta などの7つの空港が閉鎖となっている。



Source: Final report, Indonesia: Volcanic Eruption –Mt. Kelud (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, IFRC)

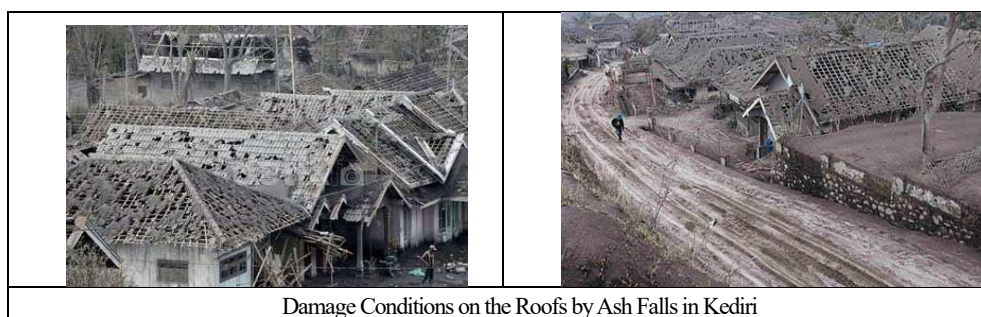
図 4-118 2014 年 Kelud 火山噴火時の火山灰の影響範囲

Kelud 火山のハザードエリアと被害概要を以下に示す。



Source: Mt. Kelud Volcano Eruption, Kediri-Blitar-Malang District, East Java Province (WHO ESR-2, 2014)

図 4-119 Kelud 火山の位置とハザードエリア



Damage Conditions on the Roofs by Ash Falls in Kediri

Source: Final report, Indonesia: Volcanic Eruption –Mt. Kelud (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, IFRC)

図 4-120 Kelud 火山噴火の火山灰による人家被害

被害概要の詳細を以下に示すが、死者数は、7名、行方不明者は、15名となっている。

表 4-56 Kelud 火山噴火による被害概要

Item	Kediri	Malang	Blitar	Total
Death Toll				7
Missing				15
No. of Displaced Person	66,319	28,970	3,610	98,899
No. Camps	25	63	14	102
Heavily Damage for Houses and Public Facilities	8,622	1,514	957	11,093
Moderately Damage for Houses and Public Facilities	5,426	1,066	878	7,370
Minor Damage for Houses and Public Facilities	5,088	1,378	1,578	8,044

Source: Final report, Indonesia: Volcanic Eruption –Mt. Kelud (IFRC, July 2014)

2) 噴火時の各機関の対応

噴火時の災害対応としては、以下のようなクラスター分けによって対応機関を定めている。

- a. 避難民対応: 東部ジャワ州副知事(Vice Governor of East Java)
- b. 地域の安全確保: 東部ジャワ警察(East Java Chief of Police)
- c. 住居、インフラ、公共施設の復旧、改良: 東部ジャワ地域軍(East Java Commander of Military Region)

Kelud火山災害の災害対応のメカニズムとしては、BNPBのサポートの下に、地方防災局とBASARNAS(National Research and Rescue Agency)が中心となり、軍、警察が加わり、地域組織、政治団体、NGO、赤十字(PMI)を含めたコーディネーションメカニズムをとって対応している。すべての命令は、毎日、各関係部局から報告されるレポートに基づき、災害発生地の近傍に設置された知事部局の「州コマンドポスト(Provincial command post)」における調整会議から発せられた。避難民に関する情報は、電話や無線により緊急管理センター(Emergency Operation Center)によって収集された。Kabupaten(県)のコマンドポストは、州のコマンドポストの下に、Kediri市とMalang市で設立されている。

国際赤十字(International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, IFRC)によるクルー火山の噴火時の対応では、約2ヶ月にわたり3つの県(Districts)の3,400家族、16,500人に対して飲料水の供給、水供給パイプの敷設(water piping system)、医療サービス、水関連疾病(Water Related Diseases)対策のための資機材の供給、救難活動を実施している。主なる活動としては、以下のとおりである。

表 4-57 国際赤十字による緊急支援活動(2014年、クルー火山噴火時)

SN	Activities, Operations	Outputs
1	Shelter and household items	3,400 tarpaulins and shovels were distributed,
2	Food security	Cooked meals were provided through mobile kitchen services
3	Water sanitation and hygiene promotion	Water supply with 1.6 million m ³ by truck, Distribute jerry cans with 3,400 and clean up equipment and tools, Conduct cleanup for wells and water sources
4	Health and care	Provide health service bu mobile clinic to displaced population, Provide affected people with personal protective equipment,

Source: Final report, Indonesia: Volcanic Eruption—Mt. Kelud (IFRC)

上記の活動のうち、噴火後の支援活動として代表的なものとして、移動クリニックによる医療活動がある。Kelud 火山の噴火時には、インドネシア赤十字(PMI)の救急車を通じて、医療活動を毎日、実施している。移動クリニックは、災害によって精神的なダメージを受けた幼児などへの心理的なサポートも実施している。これらの活動は、健康省の管理責任の下に実施された。また、水の供給に関しては、Malang 県における、14kmの上水道パイプの復旧活動がある。火山噴火により被災した埋設パイプの復旧において、PMIは、パイプの購入資金を提供し、住民は、これを元に復旧を行い、地方政府は、各戸へのパイプの接続を実施した。さらに、水の供給により、家畜への水供給や被災した井戸、道路、排水路の清掃も可能とした。

これらの活動は、IFRCの災害救難緊急資金(Disaster Relief Emergency Fund, DREF)からの資金(2ヶ月間で CHF 240,127 (邦貨:27,400千円))により実施されている。このときの災害の教訓として、IFRCは、食糧や救援物資を購入するために現金送金(Cash Transfer Programming, CTP)の実施を提言している。CTPの適切な実施により、受益者がニーズに基づいて援助を選択し、資源をより有効に活用することができ、これらの活動が、地域経済を刺激し、流通および倉庫保管にかかる時間と労力を節約できるようになる、としている。

4.6 森林・泥炭地火災防災

4.6.1 近年の森林・泥炭地火災の特徴

インドネシアの低湿地帯で問題となっているのは、森林・泥炭地火災である。インドネシアの森林・泥炭地火災とは、マングローブなどの熱帯・湿地で発育する森林の根本の泥炭から水分が失われ、乾燥したところが燃焼することによって発生する。火災の原因として、住民による火入れ等があるが、その理由は、新規にオイルパームなど農園作物を植栽するために行ったり、湿地に生える草の再生のために行ったり様々である。

熱帯泥炭には多量の炭素が蓄積されているため一度燃え出すと消化が困難な大規模火災に発展する。さらにその泥炭地が燃えると延焼に伴い大量の二酸化炭素が発生するほか、煙霧(ヘイズ)が発生し、近隣国にまでその煙霧は波及する。実際に、2015年にはエルニーニョの影響により、大規模な森林・泥炭地火災が発生し、ドイツの約一年分(試算)に匹敵するほどの莫大な量の温室効果ガスの排出や、ヘイズによる呼吸器疾患の発生、航空機の欠航などが隣国で発生する被害がでている。このように、インドネシアにおける森林・泥炭地火災の防災は自国のみならず近隣国の利益を保護するためにも重要である。

4.6.2 JICAによる協力

上述の通り一度火災が発生するとその消化は困難なため、特に森林・泥炭地火災においては、泥炭地の再湿地化や、住民による火入れの防止、HS(総硫酸)の早期検知等、防災が重要となる。このような背景から、JICA

は1996年から森林火災対策に係る技術協力プログラムを3次にわたり実施している。支援内容として、大臣令・総局長令の策定などを通じた体制整備、衛星を活用してHSをいち早く検知する早期発見システムの構築、国立公園を対象とした延焼防止対策や火災予防システムの開発等を支援してきた。その後、JICAは2010年-2015年にかけて技術プロジェクト「泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化プロジェクト（以下、FCP）」を実施した。対象地域（リアウ州・西カリマンタン州）において消防隊（MA）や住民グループ等で組織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実施した。成果として、住民による泥炭地への火入れや、HSを減少させる一定の効果があった。

技術協力インドネシア環境林業省-JICA森林・泥炭地火災対策協力の概要

Title	FFPMP Phase 1	FFPMP Phase 2	FFPP (Phase 3)	FCP (Phase 4)
期間	1996-2001	2001-2006	2006-2009	2010-2015
対象地	国有林 (生産林, 1国立公園) ● ジャンビ州 ● 西カリマンタン州	国有林 (4国立公園) ● ジャンビ州 ● リアウ州 ● ランブ州 ● 西カリマンタン州	国有林(泥炭地保護林 <国立公園以外の>) ● ジャンビ州 ● リアウ州 ● 西カリマンタン州	国有林と周辺 <泥炭地> ● リアウ州 ● 西カリマンタン州
アプローチ	早期探知(HS)システム開発		政策・組織強化	
	初期消火能力向上			
	普及・啓蒙能力向上			
	火災予防手法開発(防火樹帯型)	火災予防手法開発(参加型)	火災予防手法開発(村落ベース)	
資金協力 (無償)	Title	国立公園森林火災跡地回復計画	森林火災対策機材整備計画	
	期間	2000-2004	2001-2002	
	対象地	国有林 (1国立公園) ● ランブ州	国有林 (4国立公園) ● ジャンビ州 ● リアウ州 ● ランブ州 ● 西カリマンタン州	
	アプローチ	火災跡地回復モデル 初期投資 ● 植林 ● 火災対策施設建設/機材供与	国立公園火災対策初期投資 ● 火災対策施設建設/機材供与	

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 4-122 インドネシア環境林業省 - JICA 森林・泥炭地火災対策協力の概要

加えて、泥炭地に対する課題解決として、JICAは2009年-2015年にかけて、北海道大学と科学技術協力 SATREPS を実施し、「インドネシア国泥炭・森林における火災と炭素管理プロジェクト」により泥炭森林管理手法の構築に取り組んだ。火災検知システムと炭素評価モデルを作成している。

第5章 防災分野における課題解決の方向性

5.1 防災分野における課題

5.1.1 防災分野における課題

防災分野における現状と課題を以下の項目別に整理する。

- ・ 法制度 / 基準・ガイドライン
- ・ 組織・組織間連携 / 人材・能力強化
- ・ 計画及び防災施策
- ・ 防災関連予算
- ・ 地方

表 5-1 インドネシアの防災分野における課題

<p>(1)法制度 / 基準・ガイドライン</p>	<p>BNPBではPreparednessは災害予報・警報、避難、備蓄など事前から直前までの非構造的備えとして認識されている。一方ダム・河川構造物による構造物対策はPreparednessひいてはMitigation、Prevention、の概念にも入っていない。これは構造物対策に関してはBNPBがその建設に直接にはかかわっていないこともあり、その効果が十分には認識されていないためと考えられる。政令No.21にはBNPBはPreparednessに責任を持つとされているが、同政令にはPreparedness が定義されていない。これらの背景もあり、現状として、BNPBの防災インフラ投資に対する認識・責任意識が低く、防災インフラ投資が災害対策として十分に認識されていない。防災インフラ投資の位置付け、防災計画等への反映が必要である。</p> <p>日本の災害対策基本法や防災計画のように防災にかかる組織の責任や所掌が体系的に、詳細に規定されていない。津波対策などは法により所掌が明確にされていない。そのため、防災にかかる取組みが各省庁間で縦割りに実施されている。防災にかかる取組みや災害対策を体系的に捉えると同時に各組織間の連携・協力の促進が必要である。</p> <p>地方の防災組織である地方防災局を所管するKEMENDAGRIは地方防災局が防災活動を行うためのシステムづくりを所掌し（実際には地方自治体の監理の元に地方防災局が防災活動を実施）、Minimum Standard Serviceが規定され、Disaster Managementの義務化に向け、防災活動項目（more detail technical guideline in form of Minister of Home Affairs Regulation）を規定しているところである。これはKEMENDAGRIの省内規則で100項目以上の具体的なものとする予定とのこと。防災活動を中央レベルで所管するのはBNPBであり、省庁の垣根を超えた連携・協力が必要である。また、中央と地方の連携・協力が必要である。</p>
<p>(2)組織・組織間連携 / 人材・能力強化</p>	<p>現状として、BNPBとPUPRなどの防災にかかる組織との連携・コミュニケーションは十分ではない。各組織はそれぞれ法的に定められたことのみを実施している。両者のやっていることにお互い干渉せず、口出しをせず、調整もない。防災の主管庁であるBNPBが実施する取組みはBNPBの規則に既定された内容が中心で、PUPRが実施する防災インフラ（堤防など）についてはBNPB側に認識されておらず、BNPBが実施するリスク評価などにおいても適切に反映されていない。</p> <p>BNPBとBMKGやPUPR等との連携は中央政府においても不十分であり、BMKGやPUPRが持つ知見、技術を共有できていないことが再確認された。かかる中、第二次現地調査では、BMKGやPUPRに対し、実務としてどの程度のものを実施しているかを中心にヒアリングを行った。BMKGが発出しているEWSは気象予報に近いものであり、3日後までの時刻毎予測降雨を配信しているとのことであるが、所謂、河川の氾濫及び浸水区域を予測するものではない。Flood Prone Mapなどは降雨情報と地形情報をOverlayしたものであり、氾濫解析等を実施したものではない。PUPRでは比較的規模の大きなBBWS Bengawan Soloであっても計画策定のための氾濫計算等はほぼ行われていない。河川改修事業の便益を示すOut comeについても堤防延長1kmあたり10ha程度を標準に当該河川で過去に実施したプロジェクトでどの程度のOut comeがあったかを基に経験で決められているとのことであり、実務上の課題がみられた。これらについては、Disaster Managementを充実させるべく、BNPB他との関係機関の連携強化を図っていくこととは別に（並行して）、改めて所管省庁としての能力・技術向上が引き続き必要であることが確認された。一方で、構造物対策・非構造物対策を含め、各省庁が実施している防災プロジェクト・活動</p>

	<p>に関しては、災害被害軽減には有効である・必要であるということについては、BMKG及びPUPRについても意識が高いものであった。</p> <p>PUPRなどのLine Ministryにおいて、中央と地方の職員の間で、ハザード分析等の能力にギャップが見受けられる。また、地方同士でもギャップが見受けられ、関連する組織、職員の防災にかかる能力、技術の底上げが必要である。</p>
<p>(3)計画及び防災施策</p>	<p>2018年現在、インドネシアは次期国家防災マスタープラン(IDMMP2015-2045)を策定中であるが、計画というより政策的色合いを含んでいる。インドネシアの行政、組織の所掌・責任・能力、地域特性、災害種・分野等の複雑な事情を加味の上、将来の環境の変化にも通用できる普遍性を持たせる必要がある。そのため具体的記述は見られず、一般的な記述に留まっている。IDMMPの実務の主管はBNPBである。インドネシアの行政組織の所掌・責務は法及び各組織に係る政令 (government regulation) により規定され、それ以外の職務を実施することは無く、組織の独立性や縦割り感も強い。そのため、IDMMPの内容がBNPBの所掌に係るもの、BNPBが実施しようのものに偏る傾向にある。防災インフラ投資など、BNPBの所掌以外の内容についての記載が薄く、防災インフラ整備を所掌とする各組織の実施計画において、防災インフラ投資の意義を明確にしてその重要性を具体的に位置付ける必要がある。</p> <p>ただし、直近で策定されたドラフト版IDMMP2015-2045 (Final version (May 2019)) では防災インフラ投資に対する認識、位置付け、必要性などについて言及されており、一部改善が試みられている。</p> <p>BNPBはリスクアセスメントを実施し、Risk Index ($R=H*V/C$) として、そのリスクを減少させること目標としている。しかしながら、このRisk Index (RI) はBNPBが実施可能なCapacityの向上に重点が置かれ、PUPRの所掌でもある防災インフラの整備は、投資額の割にはRisk Index (RI) の低減にあまり効果がない計算内容となっている。また、H,V,Cの各々の評価方法について科学的根拠やデータの基づかない評価もあり、改善の余地が見られる。Risk Index (RI) の改訂はすぐに解決できないが、防災インフラへの投資は抜本的対策として重要かつ効果的であり、Risk Index (RI) の高度化と合わせ、その重要性・必要性は引き続き提唱していく必要がある。またBNPBのDeputy I : Prevention and PreparednessのDeputy (Sub) Director for Disaster Mitigation からはRIについて構造物対策が上手く反映されていない点や科学的根拠に基づく評価等が必要である等の問題点があり、将来の課題として認識しているとの意見もあった。</p> <p>PUPRなどの各省においても洪水などのハザード分析、構造物対策の効果の評価が科学的根拠・データに基づかないで行われているケースもあり、改善の余地がある。ハザードの理解は災害対策を検討する上での大前提となる条件であり、早急な改善が必要である。</p> <p>BNPBは防災の所管・調整機関として“防災インフラ投資”の意義・重要性を理解している。また実態としては、PUPRが防災関連国家予算の半分を使用して防災インフラの建設を遂行している。防災に関する両者が向かっている方向性に大きな食い違いはない。</p> <p>地震や津波、火山噴火などは被害が甚大で、過去の大災害もあり社会的インパクトも大きい。その対策は人命を守る、逃げるための対策が主で非構造物対策が中心となる。一方で、洪水被対策は構造物対策が主となるが、洪水や浸水は全国各地で、規模の大小に係らず頻繁に発生していることから、中央政府の問題というより、ローカルな問題として捉えられる傾向にある。BAPPENASは国家全体を俯瞰してバランスを見ながら政策を策定する立場にあるが、“防災インフラ”や“構造物対策”という場合、狭義な意味・認識で地方のローカルな問題(ローカルにおける一構造物対策)として捉えられかねない。また、構造物対策がBNPBの所掌ではないことから、現ドラフト版IDMMPでは、構造物対策が具体的に位置付けられていない。</p> <p>ただし、直近で策定されたIDMMP2015-2045 (Final version (May 2019)) では防災インフラ投資に対する認識、位置付け、必要性などが言及されており、一部改善が試みられている。</p>
<p>(4)防災関連予算</p>	<p>インドネシアにおける防災投資が年々漸増してきたことは紛れもない事実であり、近年において政府予算のほぼ1%に達している。防災インフラへの投資はそのほぼ半分である一方、近年は特に非構造物対策における対策の伸びが大きく、その点ではBAPPENASやBNPBの貢献は大きい。一般に国家防災機関は能力が強化されるに従って、緊急対応から事前防災ヘリリーダーシップが拡大されていく。防災は分野横断的な社会開発課題でもあり、インドネシアにおいてもより一層、事前防災、防災投資に予算を割り当てる必要がある。</p>

(5)地方	<p>地方政府（マナド、アチェ）での調査では、地方の防災の現状を確認し、現地ではさまざまな課題（組織、予算、能力）があること、また地域によって防災の現状や関係者間の認識において温度差・違いがあること、そして中央政府(BNPB, PUPR)と地方の認識・実務等のギャップが確認された。</p> <p>マナド市の地方防災局からは災害時に住民と密に接しており、災害時の住民対応のための活動の主体であることを確認し、災害時には地方防災局独自でスタッフをモニタリングサイトに派遣し、現地の状況を得ている。一方で、気象情報はBMKGから入手しているものの、避難活動に資する予警報などの受信はなく、BWS Sulawesi Iなどはプロジェクトベースやイベントベースでの連携に留まっていることを確認した。BWS Sulawesi Iではマナドにおける洪水行政の実態を聞くことができたが、中央政府（PUSAIR）で聞いたような成果を期待できる状況にはなく、BWS独自による氾濫解析や経済便益（B/C）解析は実施されていない。事務所としての規模が小さく、日頃扱っている業務も工事レベルのものが大半で、経済性や氾濫解析等を必要とするようなマスタープラン策定や大規模プロジェクトを扱っていない、というような状況も影響しているかと認識された。同時に、実態として、治水効果や経済評価、科学的根拠等に基づくインフラ整備計画が策定されていないことが確認された。</p> <p>アチェではこれまで多くのドナーの支援があったこともあってか、防災に対し先進的な印象を受けた。地方防災局(Kota)との打合せでは防災投資の必要性やレギュレーションの必要性が聞かれた。BPBA（州レベルの地方防災局）との打合せにおいても、防災投資の重要性・必要性、構造物対策の効果・必要性、具体的・実質的な防災 Action Planの必要性、ローカルなハザード情報の必要性、などが議論され、我々の主張と非常に近い（ほぼ同じ）認識を持っていることが確認された。BPBA打合せ参加者の中にDisaster Management Advisory Board（学識者からなる審議会）のChief（DR.IR.Muhammad Dirhamsyah）が出席しており、RIがSocialなものに偏っており、投資と防災を関連付けることが重要だとの発言もあった。特にBPBAから日本への期待は非常に大きく、防災にかかるさまざまな面でサポートして欲しいようであった。近いうちに貴機構インドネシア事務所様宛にレターを出したい、といった発言もあった。アチェのTDMRC(Tsunami & Disaster Mitigation Research Center)では津波シミュレーション（最大波）及び氾濫シミュレーションを実施しており、構造物対策として、道路盛土（バンダアチェを囲むリングロード）の効果を検証していた。BWS Sumatera Iではアチェにおける洪水行政の実態を聞くことができた。しかし、水理解析や氾濫解析などの内容は知っているようであるが、ガイドラインや基準も含めた具体となるとコンサルタント任せとなり、コンサルタントがStudyの中で確認している、との回答ばかりであった。一方で、構造物対策の重要性や必要性、現状の問題箇所（土砂堆積、壊れたままの防潮堰など）等は認識しているようであった。防災に対する先進的な姿勢はあるが、具体的実務・対策としてはこれについていけない実態がある。</p>
-------	---

5.1.2 防災分野における課題のまとめ

前項のとおり、インドネシアの防災分野においてはこれまでさまざまな取り組みがなされてきたが、必ずしも適切なハザード評価・リスク評価に基づき、防災全体として体系的に実施されているというわけではなく、行政的には縦割りに実施されているものも多い。また、中央省庁間や中央と地方などの組織間の連携・協力の不足により、効率的・効果的に実施されていないものも多い。依然、防災投資が不足している。インドネシアの防災分野においては、特に以下の三点が大きな課題として確認された。

災害リスク・ハザードの理解の強化
 事前防災投資の促進
 組織間連携の促進

また、インドネシア防災分野の主管庁であるBNPBIは近年において立て続けに発生したバリ・ロンボク島地震（2018.8）、中部スラウェシ島地震・津波（2018.9）などの災害の経験を踏まえ、Preparednessの改善に注力している。PreparednessはEWSやContingency Planを含む概念であるが、地震・津波や火山噴火などは予測が困難な甚大な災害であり、一旦、大規模なレベルで災害が発生すると構造物対策などでは防ぎきれない。人命を守るためには、正確なEWSの発出や適切なリスクシナリオの想定に基づくContingency PlanなどのPreparednessの強化、残余リスクの管理能力の強化等が必要であり、その改善に注力しているところである。

なお、今現在、多くの犠牲者を出した中部スラウェシ島地震・津波の被災地では、「より良い復興」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いる。BAPPENAS, ATR等が中心となり、被災地の空間計画の段階であるが、一方で、復旧・復興のステージにおいては、国際ドナーも含め各省庁が個別の主張を繰り返したり、復旧・復興の方針が認識共有されず調整が難航したり、BNPBが主体的に関与できていないなどの課題もみられている。一般的に、インドネシアはこれまでのレスポンス中心から事前防災中心へと移る過渡期にあり、いわゆる次の災害に向けての復旧・復興の体制強化や連携の改善も必要である。

また、上記の課題解決を図っていくためには、防災の取り組みを進めていく上での根源的な視点である防災の主流化の促進も必要である。

5.2 防災分野の課題解決に向けた方向性

5.2.1 国際的なターゲット及びインドネシアの目標

防災セクターをとりまく国際社会の潮流としては、2014年には、2030年を目標年とする17の目標と169のターゲットからなる持続可能な開発目標(SDGs)が発表され、「災害に対する強靱化を図る」といった防災に関する目標も提示されている。SDGsにおいて、防災に関係しているターゲットを以下に示す。

表 5-2 SDGs における防災に関するターゲット

番号	内容	目標年
1.5	Build the resilience and reduce exposure and vulnerability to disasters	2030
2.4	Ensure sustainable food production systems that strengthen capacity for adaptation to disasters	2030
11.5	Significantly reduce the number of deaths and the number of people affected and substantially decrease the direct economic losses caused by disasters with a focus on protecting the poor and people in vulnerable situations	2030
11.b	Substantially increase the no. of cities and human settlements adopting and implementing integrated policies and plans towards inclusion, resilience to disasters, and develop and implement, in line with the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030, holistic disaster risk management at all levels	2020
11.c	Support least developed countries, including through financial and technical assistance, in building sustainable and resilient buildings utilizing local materials	-
13.1	Take urgent action, strengthen resilience and adaptive capacity to climate-related hazards and natural disasters in all countries	-

また、SDGs 発表の翌年2015年に開催された第3回国連防災世界会議では、以下に示す4つの優先行動と7つのグローバルターゲットが2030年を目標とする仙台防災枠組として合意された。

表 5-3 仙台防災枠組における優先行動とグローバルターゲット

番号	内容	目標年
Priority for Action 1	Understanding disaster risk	-
Priority for Action 2	Strengthening disaster risk governance to manage disaster risk	-
Priority for Action 3	Investing in disaster risk reduction for resilience	-
Priority for Action 4	Enhancing disaster preparedness for effective response, and to “Build Back Better” in recovery, rehabilitation and reconstruction	-

Global Target (a)	Substantially reduce global disaster mortality by 2030.	-
Global Target (b)	Substantially reduce the number of affected people globally by 2030.	2030
Global Target (c)	Reduce direct disaster economic loss in relation to global gross domestic product (GDP) by 2030.	2030
Global Target (d)	Substantially reduce disaster damage to critical infrastructure and disruption of basic services, among them health and educational facilities, including through developing their resilience by 2030.	2030
Global Target (e)	Substantially increase the number of countries with national and local disaster risk reduction strategies by 2020.	2020
Global Target (f)	Substantially enhance international cooperation with developing countries through adequate and sustainable support to complement their national actions for implementation of this Framework by 2030.	2030
Global Target (g)	Substantially increase the availability of and access to multi-hazard early warning systems and disaster risk information and assessments for the people by 2030.	2030

インドネシアでは、直近で策定されたIDMMMP2015-2045（Final version (May 2019)）において、ビジョン”Establishing a Disaster Resilient Indonesia for Sustainable Development”の下、下表に示す5つのMissionを掲げ、防災に取り組むものとされた。同計画はこれまでのインドネシアにおける防災分野の課題を踏まえ、防災の事前投資や災害の理解、ガバナンス強化などに注力されており、仙台防災枠組とも整合が図られている。

表 5-4 災害におけるビジョンとミッション（2015~2045）

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

5.2.2 防災分野の課題解決に向けた基本的な考え方

以上を踏まえ、防災分野の課題解決に向けた基本的な考え方を以下に整理する。まず、前述したとおり、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
- ・事前防災投資の促進
- ・組織間連携の促進

の三点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点が協力方針の基本的な軸として位置付けられる。それに沿った形で、SDG'sや仙台防災枠組などの国際潮流も踏まえつつ、今後インドネシアの防災分野において必要とされる項目、活動を実施していくことによって課題解決に繋がるものと考えられる。

同時にこれらの実現のためには根源的な視点である防災の主流化が重要であり、防災の主流化を促進するための取組みも必要である。また、防災の主管庁であるBNPBの直近のPreparednessの改善に対する注力や残余災害リスク管理能力の強化についても考慮が必要であろう。さらに、パル地震で浮き彫りにされた復旧・復興ステ

ージでの改善、BBBについても考慮が必要である。以上より、防災分野の課題解決に向けては、以下の観点が基本的な柱として位置付けられる。

- 1) 防災主流化の促進（上述の1）～3）の実現に必要な根源的な視点、仙台防災枠組の優先行動2）
- 2) 災害リスク・ハザードの理解の強化（仙台防災枠組の優先行動1）
- 3) 事前防災投資の促進（仙台防災枠組の優先行動3）
- 4) Preparedness 強化、残余リスクの管理能力の強化（BNPB の最新動向、仙台防災枠組の優先行動4）
- 5) BBB の促進（仙台防災枠組の優先行動4）
- 6) 組織間連携の促進（仙台防災枠組の優先行動2）

5.2.3 国家中期開発計画及び国家防災計画への提言（防災分野において今後必要な取り組み（案））

本節では、インドネシアの防災分野において今後必要な取り組み（案）を、国家中期開発計画及び国家防災計画への提言として、上述した総合防災に関わる5つの観点ごとに整理する。

なお、調査期間中において実際に提言を行った際のインドネシア側へのプレゼンテーション資料をAppendix-3に添付する。

5.2.3.1 防災主流化の促進

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い難い。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あり、積極的・総合的に防災施策を進めていく上で必要不可欠である。

これらを踏まえ、以下の取り組みを行う。

- ・ 防災主流化の促進及び実施状況のモニタリング体制構築に向けた法体制の整備
- ・ 災害リスク軽減のための各組織間の共通目標等の設定
- ・ 災害リスク軽減のための各組織間の共通目標及び災害リスク・ハザード評価結果の各開発計画や政策決定等への反映（国レベル、地方レベル）
- ・ 防災の主流化にかかる各組織の能力向上、人材育成

5.2.3.2 災害リスク・ハザードの理解の強化

インドネシアにおいては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が、その作成手法や内容、精度がさまざまであり、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、防災投資、特に事前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すことが重要である。

これらを踏まえ、以下の取り組みを行う。

- ・ 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、内容、精度等の分析
- ・ 災害リスク・ハザード評価手法の標準化、改善手法・内容の検討、災害リスク・ハザード評価結果の活用方法の検討

- ・ 災害リスク・ハザード評価の実施促進のための制度・体制の構築、改善に向けたロードマップ作成
- ・ 災害リスク・ハザード評価及び結果の活用にかかる各組織の能力向上、人材育成

5.2.3.3 事前防災投資の促進

途上国を含め、多くの被災国は災害発生後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・復興に費やされている。また、構造物対策を中心とした防災が十分になされないままに、早期警報等で死者数の削減のみを追求するなど、持続的開発につながらないケースも見受けられる。

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。災害から人命とともに発展の基礎となる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る。これらを踏まえ、以下の取り組みを行う。

- ・ 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、既存評価内容の分析と改善
- ・ 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
- ・ 防災事前投資プロジェクトの実施
- ・ プロジェクト実施効果の評価（事前・事後）
- ・ プロジェクト実施効果の災害リスクアセスメントへの反映、防災計画、開発計画等の関連計画へのフィードバック
- ・ 防災投資効果の評価にかかる各組織の能力向上、人材育成

5.2.3.4 Preparedness 強化、残余リスクの管理能力の強化（BNPB の最新動向）

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がPreparednessとして認識され、BNPBが主体となり、Contingency Planの策定やEWSの整備がなされている。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に対するニーズも高い。また、Contingency Plan等における災害シナリオの想定も重要である。現在、インドネシアで策定されているContingency Planにおいては、科学的根拠に基づく災害シナリオの想定が十分になされていない。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、以下の取り組みを行う。

- ・ 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、内容、精度等の分析
- ・ 災害リスク・ハザード評価手法の標準化、改善、災害シナリオの想定
- ・ 残余リスクの管理能力の強化、応急対応計画の策定、改善
- ・ 各種EWSの構築、改善、MHEWSへの発展
- ・ Preparedness、残余リスクの管理能力の強化にかかる各組織の能力向上、人材育成

5.2.3.5 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。これらを踏まえ、以下の取り組みを行う。

- ・ Build Back Better 推進のための法体制の構築
- ・ 復旧・復興段階におけるマネジメント強化
- ・ 復旧・復興計画の策定
- ・ 災害被害データの収集メカニズムの開発と災害種毎のPDNA の策定
- ・ BBB促進にかかる各組織の能力向上、人材育成

5.2.3.6 組織間連携の促進

上述の(1)～(4)の課題を解決していくためには、関係する組織間連携の促進が必須である。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PU（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。これらを踏まえ、以下の取り組みを行う。

- ・ 組織間連携促進のための国レベルの委員会、作業部会等の設立
- ・ 組織間連携促進のための制度の構築、防災共通目標の設定
- ・ 各組織計画への防災共通目標の反映、連携促進とモニタリング
- ・ 防災にかかる各組織の能力向上、人材育成
- ・ 公共意識（Public Awareness）向上

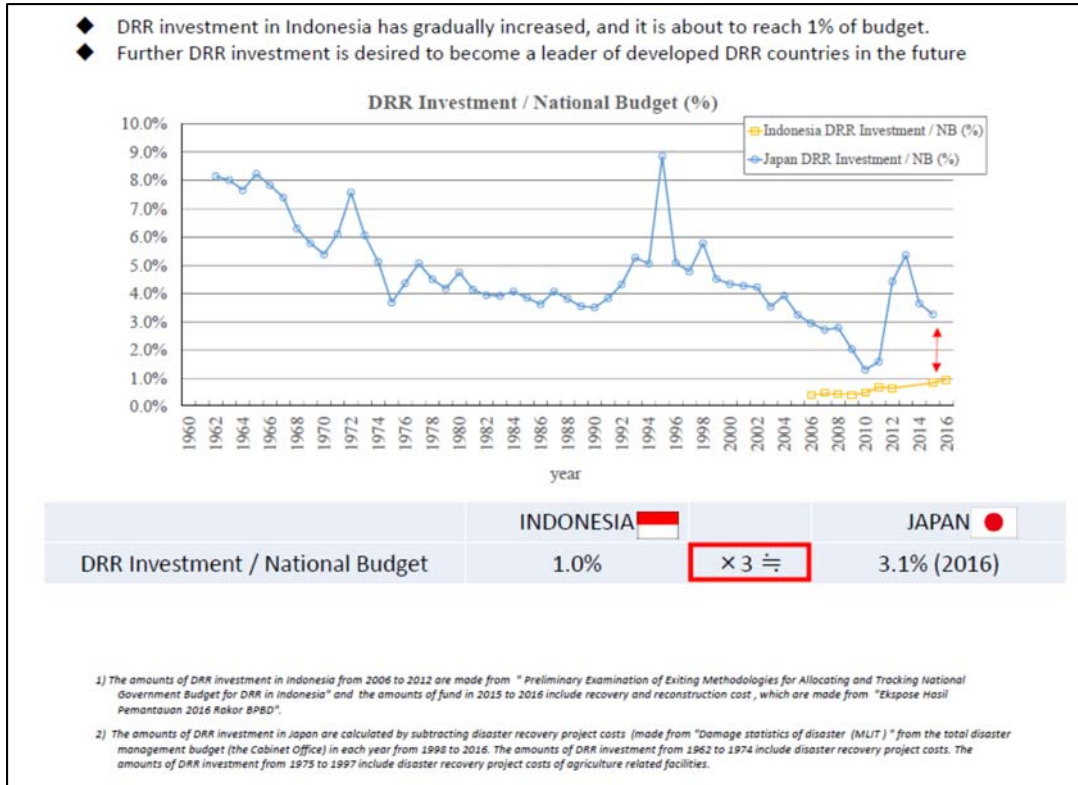
5.2.4 インドネシアにおいて望ましい防災関連予算

3.4.4にて前述したとおり、インドネシアの防災関連予算は年々漸増しており、国家予算の1%に達しようとしている。ただし、インドネシアにおいて費目として防災関連予算が整理された資料はなく、また、防災計画等においても防災関連予算が具体的に明記されたものはない。したがって、ここでは、上述したインドネシアの防災関連予算が国家予算に占める割合と、日本やアジア近隣諸国の割合を比較することにより、2030年までの短中期的にインドネシアが確保すべき防災関連予算の提言を行うものとする。

ここで、日本とインドネシアの防災関連予算（国家予算に占める割合）を比較すると図 5-1のとおりとなる。日本では、1960年代に8%を占め、2016年時点においては3%程度となっている。これは2011年に発生した東日本大震災の影響もある。一方でインドネシアは3.4.4に前述したとおり1%に達しつつあるところである。

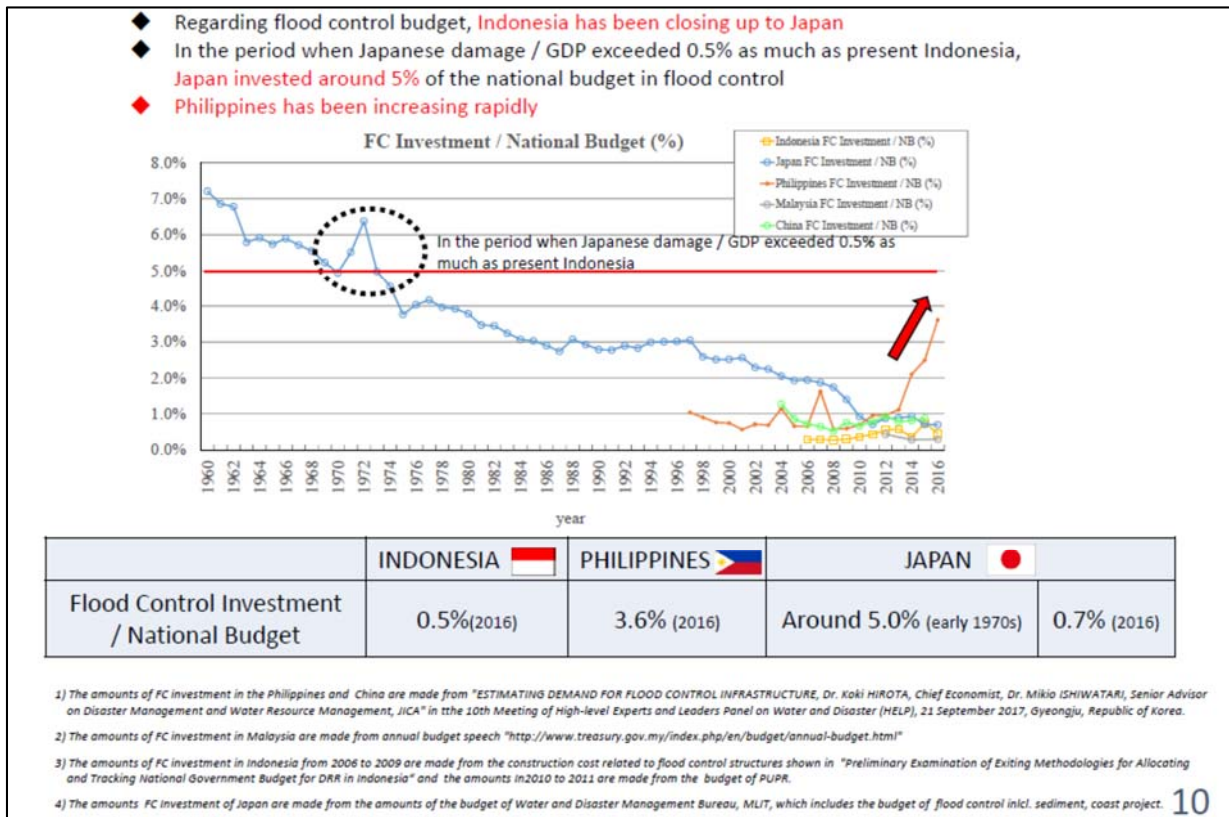
また、近隣のアジア諸国も含めて治水関連予算（国家予算に占める割合）を比較したものを図 5-2に示す。日本では、近年において1%を下回っているが、フィリピンにおいては急速に伸び、4%に達しようとしている。インドネシアでは0.5%である。なお、インドネシアの2016年の災害被害額が国家予算に対する割合は0.5%で、これは日本の1970年代の被害状況に匹敵する。この当時、日本は5%近くの治水関連投資を行っている。

以上を踏まえると、インドネシアにおいては防災関連予算として、短中期において、国家予算のうち1%～5%を投資することが望ましいと提言される。



Source: JICA 調査団

図 5-1 国家予算に占める防災関連予算の割合



Source: JICA 調査団

図 5-2 国家予算に占める治水関連予算の割合