

“アマチャ氏のレポートの背景について”

(原文の英語版(Challenges of Landslide Disaster for Development in Nepal) は、交流会ホームページの“情報ページ”；令和2年8月14日に掲載しております)

ネパール治水砂防交流会 (NFAD) では、平成28年度にネパール政府灌漑省治水砂防局 (当時, Department of Water Induced Disaster Management: DWIDM) の地すべり研究・管理課課長であったシャンムケッシュ C. アマチャ氏 (S. C. Amatya) に、ネパールでの土砂災害対策の将来展望についてレポートの執筆をお願いしました。(詳細レポートは、NFAD ホームページの“情報のページ”平成29年3月28日に掲載)

その後、ネパールの政権が代わり、地方分権を目指す新たな政府体制のスタートに合わせ、平成30年4月にカトマンズ市で、ネパール政府治水砂防局 (当時) と共同で土砂災害セミナーを開催しました。セミナーでは、アマチャ氏を含むネパールの数少ない土砂災害対策の専門家や政府の関係者等が参加者として、今後の土砂災害対策のあり方や課題について熱のこもった討議を行い、提言をまとめました。(概要は、“情報ページ”平成30年4月11日に掲載)

この提言の第1にあるのは「土砂災害管理センター」(Landslide Management Center) の設立の必要性でしたが、刷新された新政府の組織では同センターの設立は認められず、今までネパールの土砂災害対策を担っていた二つの組織、

- ・ DWIDM (治水砂防局)
- ・ DSCWM (土壌保全流域管理局)

のいずれも廃止・縮小され、ネパールの土砂災害 (予防) 対策に責任を持つ組織が無くなってしまおうとともに、土砂災害対策の責務は地方組織に委ねられた形になりました。

しかしながら、土砂災害対策に通じた技術者は不足しており、その育成も含めて今後の大きな課題となっています。このような背景の中でアマチャ氏は、上記レポートにセミナーの討議成果を併せて考察し、令和2年夏、国際雑誌 Journal of Development and Innovation 誌 (オンラインジャーナル) に、「ネパールの発展に向けた土砂災害への取り組み」と題した論文を掲載しました。そこでは、ネパールにおける自然災害及び土砂災害の現状、政府や民間組織のこれまでの取り組み、土砂災害減災へ向けた今後の課題などが紹介されていて、同国での土砂災害の減災を考える上で重要な情報を提供しています。

そこで、和訳版 (Google の翻訳をベースに事務局で編集) を掲載致しました。図表の訳まではしておりませんが、ご高覧いただければ幸甚です。

NFAD (ネパール治水砂防技術交流会)1

ネパールの発展に向けた土砂災害への取り組み

Shanmukhesh Chandra Amatya
(シャンムケッシュ・チャンドラ・アマチャ)

ABSTRACT

ネパールの土砂災害は、集落に直接影響を及ぼしており、住民の生命、財産、農地、インフラに脅威を与えているとともに、国家目標である貧困の軽減に影響を与えるとともに国内総生産（GDP）の4%に影響を与えています。

内務省（MoHA）の2009/10から2018/19までの10年間のデータ分析によると、土砂災害による平均死者数は105人/年（死者数全体の約22%）、土砂災害による平均財産損失は1億4300万ルピー超/年になります

この土砂災害の状況は、ネパールの発展を困難にしています。土砂災害は、ハザードの程度を含む危険箇所(インベントリー)マップ、選択されたホットスポット、土砂災害のゾーニングを含むハザードマップなどの基礎データマップの作製など適切な技術を適用することによって減らすことができます。しかし、適切な制度がないため、ネパールではまだ確立されていません。そこで、災害担当省庁である内務省（MoHA）は、発災即時対応部門である救助と救援の機能だけを担います。

したがって、この論文は、ネパールの土砂災害管理の問題を解決するための適切な方法を見出すことを目的としています。

1. Background

自然災害は、地球の自然のプロセスに起因する主要な有害事象です。これは世界のさまざまな地域にみられる一般的な現象であり、ネパールはこれ等に苦しんでいる国の1つです。土砂災害、地震、火山噴火などの地質災害、洪水、津波などの水文災害、台風、サイクロン、熱波、雷雨、干ばつなどの気象災害、山火事などは、さまざまな国で見られる主要な災害現象です。自然災害は深刻な人命の損失を引き起こします。それは財産やインフラにも損害を与え、国の発展と成長に悪影響を及ぼします（Sarafoglou & Kafatos, 2019）。

ネパールは、ヒマラヤ山脈に沿って約880キロメートル、幅150～250キロメートルで、面積は147,181平方キロメートルです。ネパールの80%以上の地域

は、若いヒマラヤ山脈の脆弱な地質を伴う険しい山の地形で構成されています。丘陵地帯の急な斜面、活発な地殻変動による不安定な地質、およびこの地域の卓越した降雨は、この地域における土砂災害の急な発生を促します。シワリク、マハーバーラト山脈、ミッドランド、ヒマラヤ地域に位置するネパールの丘陵地帯は、急峻な地形とその繊細な生態系のために、土砂災害に対してより脆弱です。

これらの地域は、ゆっくりと移動する地すべり、斜面崩壊、土石流など、3種類の大規模なマスマーブメント災害にさらされており、毎年人命や財産の損失、環境の悪化を引き起こしています。さらに、気候変動に伴い発生する想定外の集中豪雨による災害は、町、橋、国道、水力発電、灌漑用水路、農地などの国家インフラを破壊し、国の発展に脅威を与えています。

ヒマラヤの最南端の丘陵地帯であるシワリク丘陵は、主に未固結の礫岩、砂岩、泥岩で構成されています。したがって、この範囲の地質は非常に脆く壊れやすいものです。さらに、この地域では、村や農地の拡大により森林破壊が増加しています。したがって、シワリク丘陵はより脆弱になり、ネパールでは斜面崩壊や土石流、鉄砲水が発生しやすくなっています (Upreti & Dhital, 1996)。

平均年間降水量は約1600mmで、そのうちのほぼ80%が6月から9月の間に降ります。降雨量は、雨蔭の乾燥地域における300 mm未満から、湿潤地域における年間約4000mm以上の範囲です。ネパールの年間降雨パターンは、比較的高い降雨の発生が国の東部と中央部に集中していることを示しています。そのため、水に起因する土砂災害も同じ地域に分布し、犠牲者もシンクロしています。

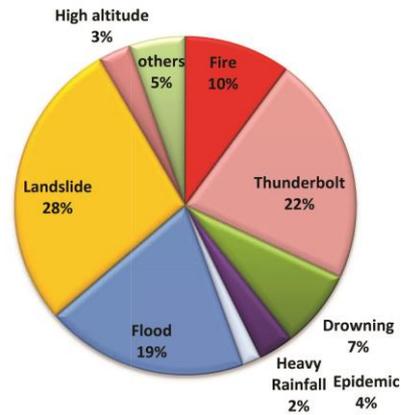
このような状況で、ネパールはさまざまな種類の自然災害を抱える非常に脆弱な国です。内務省 (MoHA) は、地滑り、雪崩、地震などの地質災害、洪水、氷河湖決壊洪水 (GLOF) などの水文災害、暴風、雹の嵐、雷、熱波、干ばつなどの気象災害、火災、疫病 (エピデミック) など、10種類以上の壊滅的な現象を特定しました。その中で、土砂災害、洪水、火災、疫病は毎年発生するネパールの主要な災害です。

ネパールのさまざまな災害による犠牲者は年によって異なります。2016/17 AD年の内務省の災害データ (ネパール政府[GoN]、2019年) によると、ネパールにおける様々な災害による死者の総数は526人であり、土砂災害と洪水 (水に誘発された災害) による死者数は、死者数全体の約50%に達します (図1参

照)。

図1は、2016/17年の9つの異なる災害を示しています。そのうち、土砂災害、洪水、火災、疫病などの主要な災害による死者数は、それぞれ全体の28%、19%、10%、4%を占めています。死者の割合が最も高かったのは土砂災害によるものでした。4つの主要な災害のうち、洪水は水文気象局、元治水砂防局（今は存在しない）、水資源灌漑局によって管理されています。同様に、火災と疫病は、それぞれ地方自治体と保健人口局を通じて管理されていますが、土砂災害を管理するような機関はありません。

Loss of Human Lives from Disaster
2073 (2016/17) Total Death=526



図－1 Casualties due to different disasters in
2016/17(GoN, 2019)

土砂災害は、毎年モンスーンの降雨期に発生するネパールの4大災害のうちの主要な災害です。2016/17年には147人が死亡し、経済的損失は8億1,100万ルピーでした（GoN、2019年）。MoHAとそれに関連する州および地方政府機関は、土砂災害が発生した場合の救助および救援部門を担当する責任機関です。それ以外の、土砂災害の構造的および非構造的減災、調査、設計、マッピング、能力開発、準備および対策事業は、旧治水砂防局（DWIDM）によって実施されていました。土砂災害が毎年、集落、農地、国のインフラに影響を与えていることはよく知られています。さらに、それは貧困緩和とネパールの経済と発展に直接的な役割を果たす国内総生産（GDP）という国家目標に影響を与えています。これらの状況は、政府がネパールの主要な災害として土砂災害を優先していないことを示しています。

1.1 論点と課題

ネパール政府が毎年災害管理の分野でかなりの予算を割り当てているにもかかわらず、（対策事業の）計画と設計において土砂災害管理はそれほど重要視されていません。たとえ対策されたとしても、それは問題をより悪化してしまう、詳細な研究と調査なしで行われます。土砂災害は、モンスーンの季節

ごとに、丘陵地帯の国道、道路、集落、農地、さらには水力発電などの国家インフラに多大な影響を及ぼし国の発展と経済に影響を与えてきています。したがって、さまざまな種類の土砂災害に適した適切で持続可能な技術の開発は、国の土砂災害の削減に不可欠です（Amatya、2016年）。

この観点から、この論文は、ネパールの土砂災害管理の問題を解決するための適切な方法を見つけることを目的としています。

2. 土砂災害管理

地下水と重力の影響を受けて下向きに移動する地塊が移動する現象（土塊、大量の破砕または風化した岩盤）は、Landslide（mass movement）と呼ばれます。Landslideという用語は、ほとんどすべての斜面の動きに広く使用されています。

2.1 Landslideの種類

マスマーブメントには、一般的な分類と対策工法的な分類という2つのタイプがあります。国際的に採用されているVarnes（Varnes、1978）による科学的分類は、世界的に使用されていますが、対策の観点から、日本で防災の分野で使用されている分類は、対策工事に非常に有効であり、ネパールでも採用されています。区分は各現象のメカニズムを明らかにし、対応する対策工事のために分類が確立されています。

工法は、非常に危険な現象の一部である斜面崩壊、低速移動地すべり、土石流の3種類の地すべり（マスマーブメント）に分類されており、土砂関連の災害の減災を狙っており（国土交通省[MLIT]、2007）、表1と図2に示すように、ネパールでも起こりうる現象です。（水災害防災技術センター[DPTC]、1999）

Table-1
Types of Landslide (Mass Movement) (DPTC, 1999)

Mass Movement		
Slope Failure	Slow Moving Landslide	Debris Flow
Movement of weathered surface soil layer/rock of steep slope	Movement of large sediment blocks which has clear slide surface.	Movement of deposited or eroded sediment along the stream
<i>Feature:</i> Small dimension and rapid movement	<i>Feature:</i> Large Dimension, slow and continuous movement mainly affected by ground water.	<i>Feature:</i> Rapid movement including large volume of water through the stream.

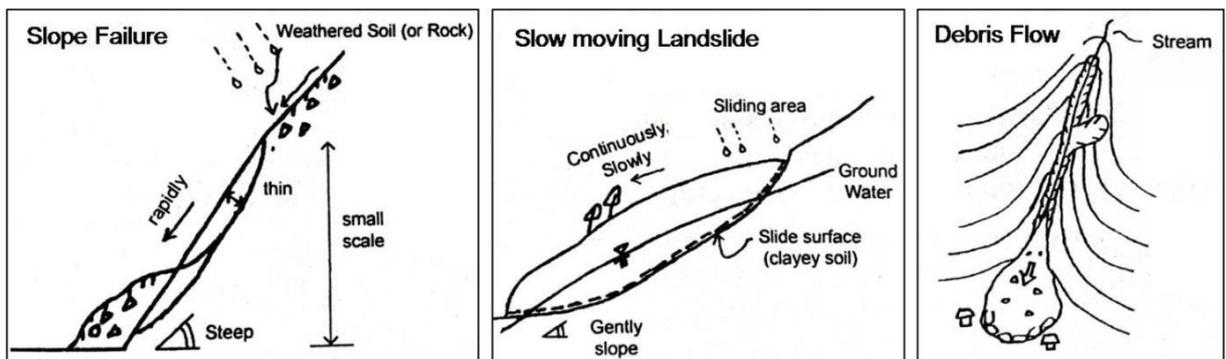


Figure 2. Three types of landslide (DPTC, 1999).

2.2 ネパールにおける土砂災害の状況

ネパールの80%以上の地域は、若いヒマラヤ山脈の起伏の激しい地形と脆弱な地質で構成されています。そのため、山地や丘陵地帯のほとんどの地域では、環境悪化を伴う斜面崩壊、動きの遅い地すべり、土石流など3種類の地すべり災害が発生しやすくなっています。さらに、気候変動は、モンスーンによる想定外の集中豪雨による壊滅的な土砂災害のさらなる脅威を明確化しています。土砂災害は、人々の生命と財産、農地、橋、道路、国道、水力発電、河川の堰、灌漑用水路などのインフラストラクチャを脅かし、集落に直接影響を及ぼしています（図3を参照）。



Figure 3. Landslide disaster affecting to a) Settlement: Tinthanalandslide, Kathmandu, b) Highway: Mugling-Narayanghat highway, c) Bridge: Mugling-Narayanghat, d) River damming: Sunkoshi River, Jure landslide, e) Hydropower: Sanima hydropower, Jure landslide, f) Agricultural land: Sildujure landslide Kaski (source: DWIDM).

ネパールで発生した壊滅的な土砂災害のいくつかを以下に示します。

★2016年のボテコシの洪水と土砂災害：この災害は2016年7月6日に発生しました。タトパニVDCのLarchaからLipingにかえて200軒以上の家屋が洪水と河岸侵食によって流出しました。ボテコシ川の洪水は、中国との国境を越えた大雨（そして雪崩の可能性もある）によって引き起こされました（ヒマラヤンタイムス、2016年）。

★ジュレの崩壊と天然ダム、シンドゥパルチョーク郡：2014年8月2日に発生し、156人が死亡し、スンコシ川が堰き止められ、アラニコ国道とスンコシ水力発電、集落、農地に影響を及ぼしました（Amatya、2014年）。

★セティ川の鉄砲水、カスキ郡：2012年5月5日に発生し、72人が死亡した。この災害は、カラパニ村、サダル村、サルディコラ村開発委員会（VDC）のインフラと農地に影響を及ぼしました（国連人道問題調整事務所[OCHA]、2012年）。

これらの災害に対する対応は、ネパールの土砂災害問題を管理するための専門組織がないため、救助および救援活動のみが行われ、現地の住民に対する意識向上および準備プログラムはありませんでした。 ケースが緊急になるまで、そしてそれがない限り、脆弱性を調べるようなことはありません。 たと

えば、ジュレ崩壊の脆弱性について、関連する政府機関には知らされておらず、適切なタイミングで住民に知らせることはできませんでした。その結果、156人が死亡しました。他の箇所の土砂災害に対する脆弱性も同様でした。

2.3 利用可能なデータの分析により何が分かるか？

土砂災害と洪水は毎年発生するネパールの主要な災害であるため、土砂災害と洪水の10年間のデータをMoHA（GoN、2019）から収集し分析しました。分析した結果、2009/10年から2018/19年までの10年間の土砂災害と洪水による死者数を図4に示します。この図は、10年間の土砂災害による死者数が1047人、平均が105人/年であることを示しています（全体の約22%）。これは洪水のそれよりも多い、すなわち洪水は10年で880人、89人 /年です。

図のグラフは、土砂災害の場合は3年ごと、洪水災害の場合は2年ごとに死者数が減少していることを示しています。同様に、ネパールの土砂災害と洪水災害による人命と財産の損失の比較分析を図5に示します（GoN、2019年）。この図はまた、土砂災害による死者数は洪水よりも多いが、洪水による財産の損失は土砂災害よりもはるかに高いことを示しています。したがって、10年間のデータの分析結果は、土砂災害がネパールの主な災害の中で主要な災害であることを示しています。

2.4 ネパールの発展と経済への影響と課題

ネパールの様々な災害による総損失は、10年間のデータから分析すると416億42百万ルピーであることがわかります。そのうち、土砂災害は約14億26百万ルピー（1億4300万ルピー/年）、洪水は171億49百万ルピー（17億15百万ルピー/年）で、土砂災害と洪水は合わせて約45パーセントを占めています。5年間のデータを分析すると、5年間の損失値はそれぞれ増加傾向を示しています。（表2を参照）したがって、今後5年間も損失の増加傾向が続くと考えられます。

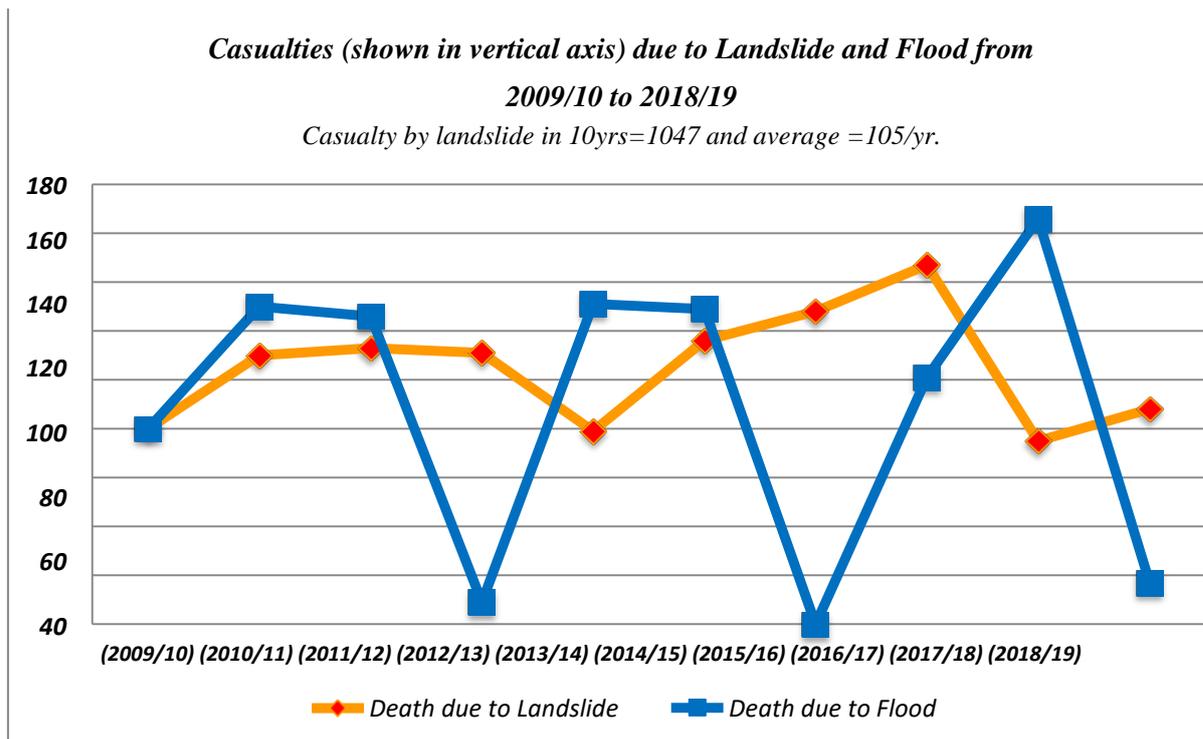


Figure 4. Casualties due to landslides and floods from 2009/10 to 2018/19 (GoN, 2019).

2019 / 20-2023 / 24年度の第15次国家計画では、今後5年間で貧困の割合を18.7%から11%に改善することを目標としています。同様に、国内総生産（GDP）は、今後5年間で6.8%から9.6%に発展します。しかし、災害による損失が減少し、災害が軽減されない限り、災害は国民経済と開発、そして国の貧困緩和とGDPに影響を及ぼし続けるでしょう。さらに、1971年から2017年までのMoHAの災害リスク軽減（DRR）ポータルDesinventarデータベースの災害データから分析すると、ネパールの災害による損失は、GDPの4%パーセントに影響を与えていることがわかりました（Adhikari & Adhikari, 2019）、（National Society for Earthquake, Technology-Nepal[NSET]、2008）。

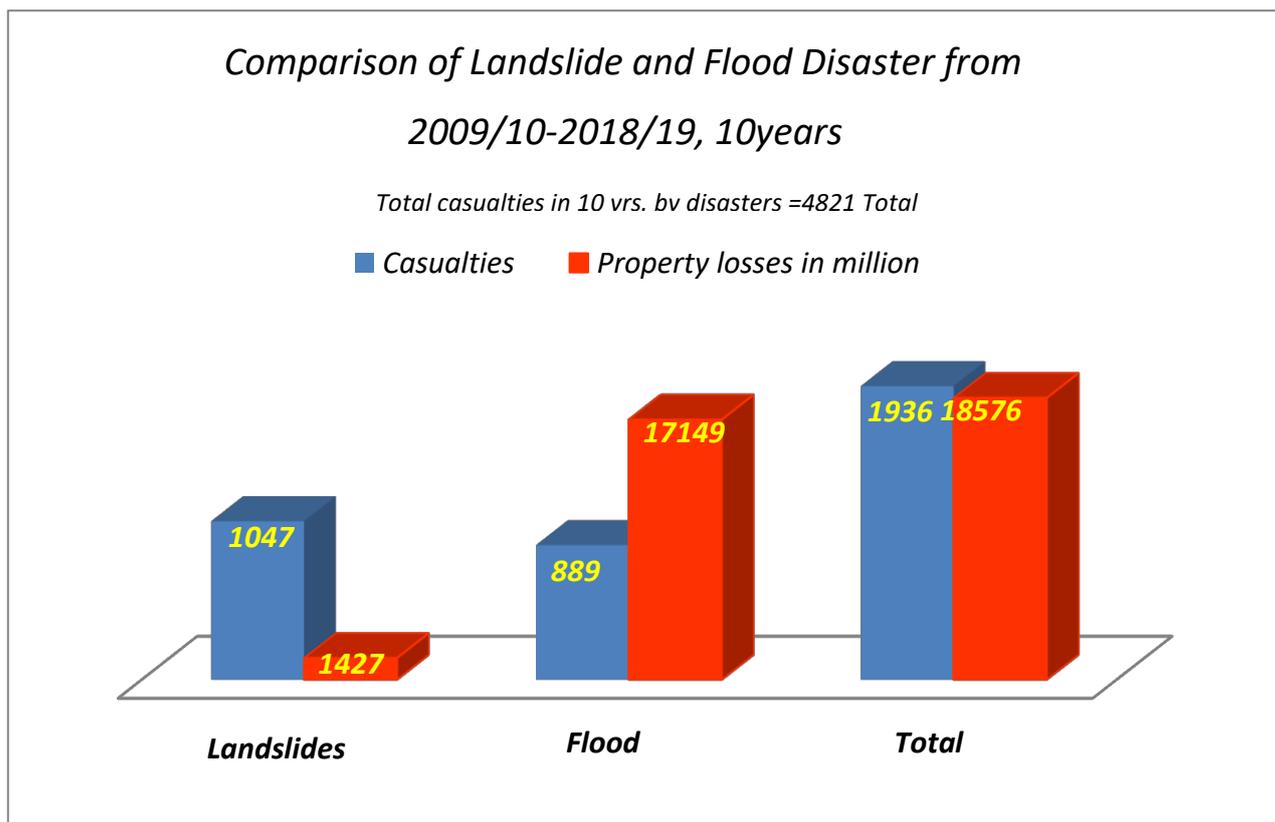


Figure 5. Comparison of landslide and flood disasters from 2009/10 to 2018/19 (GoN, 2019).

Table 2

No. of Year	Total Death due to different Disasters	Total Loss due to different Disasters in (MRs)	Total Loss due to Landslide in (MRs)	Total Loss due to Flood in (MRs)	Total Loss due to Landslide and Flood in (MRs)	%
2009/10-2013/14 5Yrs	2458	14157.80	396.70	2123.40	2520.10	17.8
2014/15-2018/19 5Yrs	2363	27484.90	1030.10	15025.90	16056.00	58.4
Total in 10 years	4821	41642.70	1426.80	17149.30	18576.10	44.6

Casualties and Losses due to Different Disasters in Interval of 5 Years (GoN, 2019)

Note: Exchange rate: 1USD=109.74NPR.(ネパールルピー) (On May 27, 2019) as per Nepal Rastra Bank (NRB), Central Bank.

2.5 国家計画委員会 (NPC) はネパールの土砂災害管理にどのように取り組んでいるのか？

第8次国家計画は、水に起因する危険の管理についていくつか言及した民主主義政府の最初の計画でした（国家計画委員会[NPC]、1992年）。第9次計画では、土砂災害と洪水への対応についていくつか説明しています（NPC、1997年）。同様に、第10次計画は、洪水と土砂災害管理を含む水に起因する防災の見出しの下で、ネパールの災害管理について最初に明確に説明し（NPC、2002）、第11次計画まで継続しました（NPC、2007）。しかし、第12、第13、第14次計画では、土砂災害管理業務の優先順位については言及しませんでした（NPC、2010）、（NPC、2013）、（NPC、2016）。最近の第15次計画では、ネパールの一般的な災害管理について説明していますが、土砂災害管理業務の優先順位については個別に言及していません（NPC、2019）。

上記のセクション2.2、2.3、2.4で説明した事実は、土砂災害がネパールの主な災害の中で主要な災害であることを確認しました。これに関連して、国家計画委員会（NPC）が土砂災害を優先扱いしなかったことを明らかにしました。こうなったことの可能性のある背景は、NPCのチームにおける地質災害の専門家の欠如とその重要性であると考えられます

2.6 土砂災害管理に関連する法律と政策

2015年3月14～18日に日本の仙台で開催された第3回国連世界会議では、仙台防災枠組2015-2030として2030年までの世界的な災害リスク削減のための7つの目標が提案されネパールも署名しました（国連 防災局[UNISDR]、2015年）。同様に、仙台で開催された国際SABOシンポジウム2015では、気候変動への適応戦略、SDRの文書化、ハザードマッピング/予測の開発、避難、訓練、コミュニティ教育を優先して、持続可能な開発のための土砂災害リスク削減（SDR）を促進することをすべての国に推奨しました（MLIT、2015年）。

仙台防災枠組2015-2030に取り組む政府によって制定されたネパールの災害管理に関連する主要な法律と政策は次のとおりです。

○災害リスク管理のための国家戦略（NSDRM）は、ネパールで可能性のあるすべての災害を一般化しました。災害管理は、最高レベルの機関としての国家災害リスク管理委員会（NCDRM）で提案された組織構成（Structure）によって対処されます。National Authority for Disaster Risk Management（NADRM）は、NCDRMの下で緊急対応、復旧、災害復興、および社会的および物理的インフラストラクチャの再構築の実装と監視を行う最高の執行機関になります

(NSET、2008年)。

○2017年災害リスク削減管理法 (DRRM Act 2017) は、1982年の災害 (救援) 法に代わり2017年に政府によって制定されました。国家災害リスク削減管理局 (NDRRMA) は、2017年DRRM法に従って設立され、全国災害リスク削減管理委員会 (NCDRRM) の下に置かれます。すべての災害管理の実行は、関連するライン機関の支援を受けてNDRRMAに責務となっています (National Law Commission [NLC]、2017)。

○災害リスク削減国家政策2018は、ネパールのすべての災害を一般化し、必要な調査研究、開発、対策も含め、政府によって管理されています (GoN、2018年)。

○災害リスク軽減国家戦略行動計画2018-2030は、2030年までの短期、中期、長期計画について説明しています。また、2030年までの個々の災害管理計画についても説明しています。すべての土砂災害の研究、調査、マッピング、モニタリング等はNDRRMAが実施し、減災工事の実施は関連するライン機関の支援を受けて実施されます (内務省[MoHA]、2018年)。

○土砂災害管理は、DRR国家戦略行動計画2018-2030によって特に明確に定義されています。

2.7 責任 (担当) 機関の状況

1991年10月7日にJICA /日本政府の財政的・技術的支援を受けてネパールに水災害防止技術センター (DPTC) を設立して以来、土砂災害管理は調査、モデリング、ゾーニング付きハザードマップの作成、箇所図、監視、準備、土砂災害早期警報システム、構造物的および非構造物的対策の計画、設計、および実施の権威ある機関として動き出しました。それは2016年7月まで治水砂防局 (DWIDM) として継続しました。2002年のネパールの水資源戦略と2005年の国家水計画は、ネパールで水災害管理を実施することをDWIDMに義務付けており、政府はDWIDMを支援するために水災害管理政策2072 (2015年) を策定しました。しかし、このDWIDMは、わずかな予算で水災害課として水資源灌漑局 (DWRI) に編入されました。DPTCの前は、土壌保全流域管理局 (DSCWM) が流域内の小さくて浅い崩壊の修復作業を行っており、2016年7月

まで継続されました。このDSCWMはわずかな予算の土砂災害流域管理課として森林流域管理局（DFWM）に編入されました。

災害管理サイクル（図6参照）を見ると、災害前、災害中、災害後の3つの災害フェーズがあることが分かります。災害時にはほとんど何もできません。災害直後は、救援や救済などの迅速な対応が必要です。その作業はMoHAによって行われています。復旧と復興工事は、2015年のゴルカ地震のみに対応する国家復興局（NRA）によって実施されています。

土砂災害管理の場合、能力開発、予防、緩和、準備、早期警報システムなどの災害段階の前のフェーズについては、DWIDMやDSCWMなどの実施機関によって実行されていました。しかし今、それらの両方の機関は存在しません。

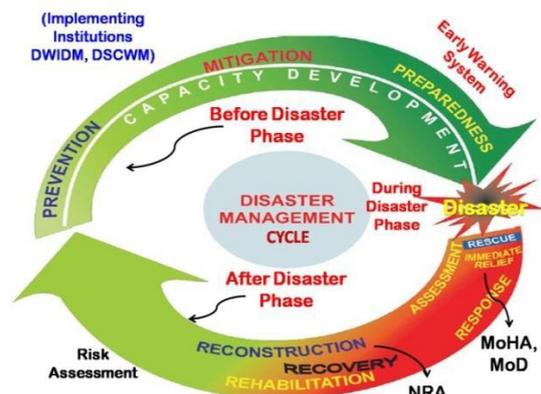


Figure 6. Disaster management cycle [modified after (RV Sir, 2016)].

最近、2017年災害リスク削減管理法に基づいて国家災害リスク削減管理局（NDRRMA）が、MoHAの中に設置されました。NDRRMAは、関連するライン機関の支援を受けて、ネパールのすべての災害管理を実施する完全な権限を持っています。したがって、NDRRMAは以前のDWIDMと同様、研究開発事業と共に、構造的および非構造的対策を実施するために、関連するライン機関の支援を受ける必要があることは明らかです。

3. どうすれば問題を克服できるのでしょうか？

3.1 減災技術（構造的および非構造的）の適用

ネパールと日本は、降雨、急な地形、活発な地殻変動、山岳地帯や丘陵地帯の人口密度などの共通の自然地理的条件を持っているため、ネパールの土砂災害問題は日本と同様です。上記のセクション2.7で説明したように、治水砂防技術センター（DPTC）は、JICA/日本政府の財政的および技術的協力により1991年10月7日にネパールに設立されました。日本の減災技術はネパールに移転さ

れ実施されました。土砂災害軽減技術は、ムグリン-ナラヤンガードハイウェイとシンドゥリ-バルディバスハイウェイに沿ったエリアで実施されました。これらの構造物は依然として優れた機能を発揮しています。

主に3つの異なるタイプのマスマーブメント（Landslide）は、斜面崩壊、ゆっくりと動く地すべり、土石流です。これら3種類のマスマーブメントによる被害は、適切な技術を適用することで軽減できるのです。

斜面崩壊は、以下のような対策を講じることで対処できます（図7参照）（国際SABOネットワーク/斜面崩壊）。

- ・重力擁壁
- ・もたれ擁壁
- ・待ち受け擁壁
- ・コンクリート法枠工
- ・杭打ち工事と
- ・アンカー工等です

これらの対策工法は日本で実践され、ネパールでも実施されました。これらの減災策は、プリズビ・ハイウェイ、ムグリン・ナラヤンガード・ハイウェイ、シンドゥリ・ハイウェイなどに適用されました。

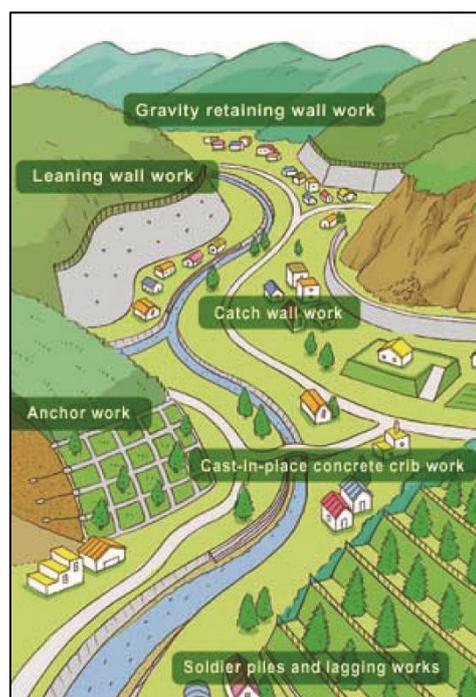


Figure 7. Countermeasure structures for mitigation of slope failure.

動きの遅い地すべりは、以下のような対策工事により対応できます（図8参照）。（国際SABOネットワーク/地すべり）

- ・排土工
- ・水平排水ボーリング工
- ・水路工
- ・砂防ダム（Check dam）
- ・アンカー工
- ・鋼管杭工

- ・排水井
- ・排水トンネル工等。

これらの対策はすべて日本でよく行われています。これらのうち、最初の4つの工法は私たちにとって比較的手頃な価格であり、次の4つの工法はより高価です。そのため、ネパールでは最初の4つの方法が頻繁に採用され、シンドゥリ道路のような一部の国道ではアンカー工が時折使用されました。

土石流災害は、以下のような対策工事により対処できます（図9参照）。
 （国土交通省、2007年）。

- ・砂防ダム の建設と設計（砂防ダム）
- ・山腹工
- ・流路工の建設と設計

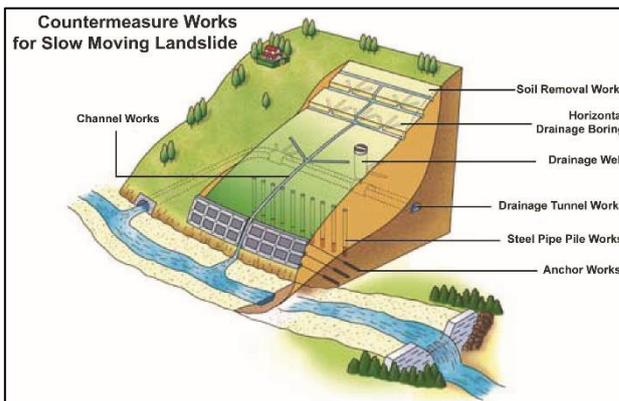


Figure 8. Countermeasure works for slow moving landslide (International SABO Networks/Landslide)

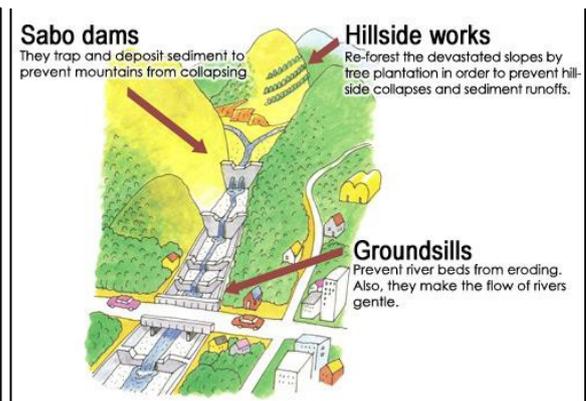


Figure 9. Countermeasure works for debris flow (MLIT, 2007).

これらの対策は日本でもよく行われ、ネパールでも採用され、頻繁に行われました。このタイプの土砂災害はネパールで最も一般的であり、減災工事は、交差する川から保護するためにほとんどの国道と道路に適用されました。プリズビ・ハイウェイ、ムグリン・ナラヤンガート・ハイウェイ、シンズリ・バルバディス・ハイウェイ、アラニコ・ハイウェイなどです。

ネパールの3種類の土砂災害に適用された減災対策の例を図10に示します。



Figure 10. Landslide mitigation measures implemented in Nepal. A) Toe protection works to mitigate slow moving landslide, Sindhuli Road, Section I, 29+300m (Amatya & Mori, 2018), B) Slope protection works by anchoring to mitigate slope failure, Sindhuli Road, Section II, 17+600, (Amatya, 2016), C) Debris flow mitigation works by Sabo dam, Ruwa Khola, Marshyangdi Hydropower, 0+460, Tanahun (Pandit, 2009).

土砂災害早期警報システムの確立：早期警報システムは、土砂災害の非構造的対策技術です。土砂災害の種類ごとに早期警報方法は異なります。

動きの遅い地すべりや斜面崩壊に適用される早期警報装置を以下に示します。これらの機器によりLandslideの動きを監視し、コミュニティに警告することができます。

- ・伸縮計
- ・センサー

- ・ ペグモニタリング（移動杭）
- ・ Landslideの動きを測定するためのGPSの適用
- ・ Landslide 活動の降雨閾値を見つけるのに役立つ土壌水分量の測定。

同様に、土石流に適用される早期警報装置を以下に示します。これらの機器により、監視ポイントへの土石流の到達と水深を測定し、コミュニティに警告することができます。

- ・ ワイヤセンサー
- ・ フリップングセンサー
- ・ 振動センサー
- ・ 光学センサー
- ・ 超音波センサー
- ・ 画像の動き（CCTV）などに基づく検出。

同様に、ロービングセミナーやコミュニティ啓発トレーニングによる住民の理解の向上は、これらの次に最も効果的な土砂災害に対する非構造的減災方法です。

3.2 技術移転プログラム

日本は、さまざまな種類の土砂災害、山腹崩壊による堰き止め、洪水、地震、火山、津波など、さまざまな種類の自然災害についての経験があります。日本では災害を軽減するために多くの単純な技術から洗練された技術を開発してきました。セクション3.1で説明したように、日本はネパールと同様の自然地理的条件を持つ山岳国であり、急な地形、活発な地殻変動、山岳地帯と丘陵地帯の人口、および同様の降雨量であり、日本とネパールの間には多くの類似点があります。

したがって、これらの技術はネパールに適用できます。また、1991年以降、ネパール政府は、JICA /日本政府の財政的・技術的協力を得て、治水砂防技術センター（DPTC）を設立しました。多くの技術が日本からネパールにさまざまなプロジェクトやモデルサイトの建設を通じて移転され、ネパールで実施されました。したがって、さらに、日本からの新しい先端技術をネパールの災害管理に移転することができます。新技術は日本だけでなく、中国、インド、オランダ、スイスなどからも移入できます。良い例として、2014年にジュレの崩

壊がコシ川の主要支流であるスンコシ川をせき止め、下流の集落への脅威を生み出しました。この災害は、下流のインドにとっても心配事でした。日本では一般的なサイフォン技術（ポンプ排水のことか？）を利用すれば、数日でダムを安全にすることができます。しかし、当時、私たちはそれについての知識がなく、必要な材料や設備もありませんでした。その結果、ネパール陸軍の努力と貢献により、爆破と掘削の方法でダムを安全にするのに1か月以上かかりました（Amatya、2014年）。

3.3 インベントリ（災害危険箇所）とハザードマップの作成

セクション3.1で説明した減災方法をサポートするには、3種類すべての土砂災害のゾーニングを含む土砂災害ハザードマップ（図11を参照）、ハザードの程度を示す土砂災害危険箇所マップ（図12を参照）、および全国の選択されたホットスポットなどの基本的なデータマップが必要です。これらのマップは、減災対策の計画、設計、および経費見積りに役立ちます。これらの地図がなければ、地すべり早期警報システムの計画と設置は不可能です。しかし、適切な機関がないため、これらの地図はネパールではまだできていません。

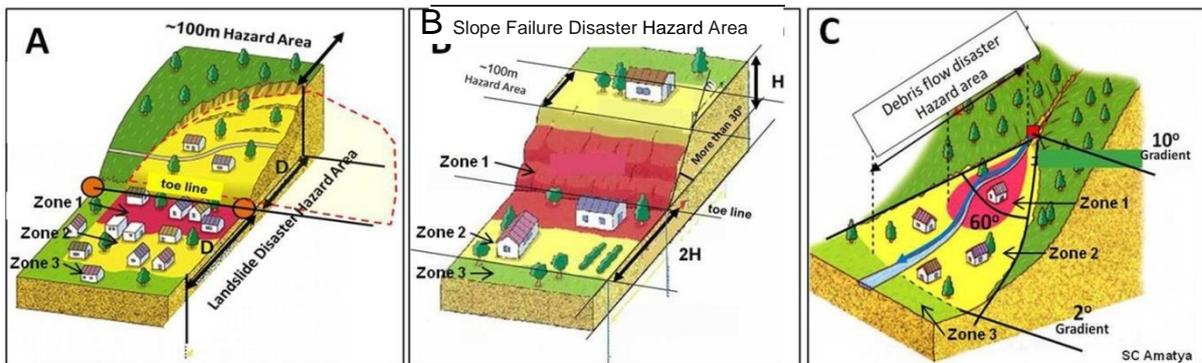


Figure 11. Landslide hazard zoning. A) Hazard zoning of slow moving landslide, B) Hazard zoning of slope failure, and C) Hazard zoning of debris flow. Zone1 (red) shows high hazard, Zone2 (yellow) shows medium hazard and Zone 3 (green) shows low hazard (Department of Water Induced Disaster Prevention [DWIDP], 2015).

3.4 実施機関の設立

責任機関の状況について2.7節で説明したように、上記のセクション3.1、3.2、3.3で述べたような土砂災害減災工事をすべて行う土砂災害管理研究所 (LDMI)のような研究開発を含む適切な実施機関の設立が必要であると感じています。この研究所は、土砂災害関連のラインエージェンシーとして

NDRRMAを支援し、同時に州政府と地方政府を支援します。この観点から、国家計画委員会は我が国発展のために土砂災害管理を優先する必要があります。

3.5 法律と政策

土砂災害管理研究所を成功裏に強化するためには、法律の制定が必要で、土砂災害管理法としての政策と戦略、短期、中期、長期計画の土砂災害管理方針が策定される必要があります。そして、この機関は土砂災害対策技術ガイドラインを作成し、技術移転プログラムのモデルサイトを造る必要があります。

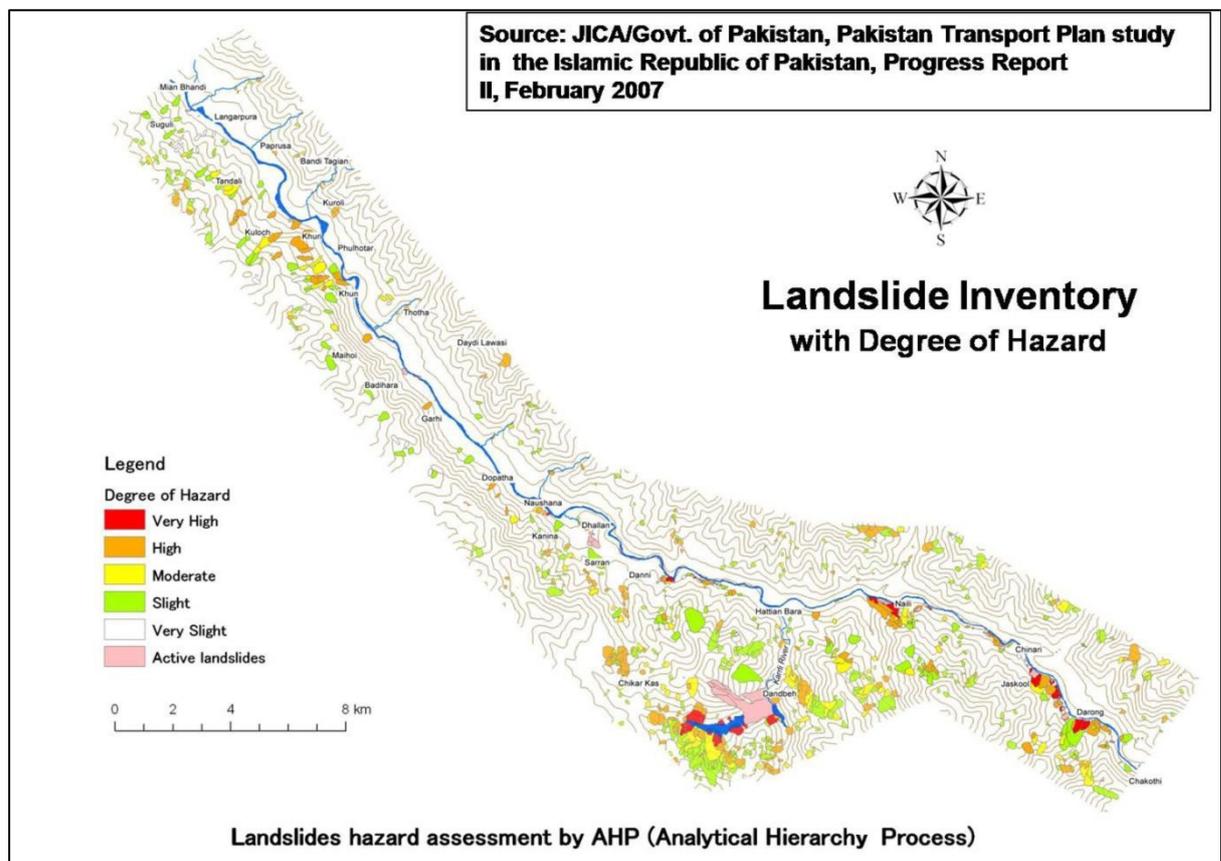


Figure 12. Landslide inventory map with degree of hazard (Japan International Cooperation Agency [JICA], 2007).

4. 結論と推奨事項

自然地理学的には、ネパールの80%以上の土地は、土砂災害に対して脆弱な険しい山岳地形です。これらの地域は、ゆっくりと移動する地すべり、斜面

崩壊、土石流など、3つの異なるタイプの大規模土砂移動災害にさらされています。さらに、年間降水量の80%は6月から9月の期間に集中し、ネパールの不安定な平均降雨イベントは、雨の強度は高くなるものの、降雨の日数と異常な降雨は少なくなり、年間降水量の総量は減少しません。このような現象は、干ばつ、洪水、浸水、土砂災害を引き起こす不規則なモンスーンパターンのような極端な気候の発生可能性を高めます（Malla、2008年）。

この土砂災害の状況は、MoHAの10年間のデータ分析によると、年間平均105人以上の死者、年間1億4,300万ルピー以上の財産損失を生み出し、毎年、国の集落、農地、インフラに損害を与えています。

これらの状況は、国家目標である貧困緩和と国内総生産（GDP）に最大で4%の影響を与えています。土砂災害はネパールの主要な災害です。しかし、第8次国家計画（ネパール民主政府の第1次計画）から第15次国家計画（最近）までの国家計画では、土砂災害管理を優先する必要性が理解されていません。これはNPCのチームにおける地質災害の専門家の欠如とその重要性にあるでしょう。

ネパールの2002年の水資源戦略（GoN、2002年）と国家水計画2005年（GoN、2005年）は、土砂災害と洪水災害管理（水誘発災害）を前治水砂防局（DWIDM）に義務付けていました。水災害管理政策2015（DWIDP、2015）は、DWIDMを支援するためにネパール政府によって制定されましたが、今、DWIDMは存在していません。

さらに、ハザードの程度を含むインベントリマップ、選択されたホットスポット、ゾーニングを含むハザードマップ、技術開発、土砂災害管理のための本格的な機関など、地すべり災害の基本データマップが利用できないことが、ネパールの土砂災害管理に直接影響を与えています。土砂災害はネパールの経済と発展を阻害しています。

土砂災害管理の実行は、DRR国家戦略行動計画2018-2030（MoHA、2018）によって明確に定義されています。災害リスク削減管理法（DRRM Act 2017）は、災害フォーカルインスティテュート、国家災害リスク削減管理局（NDRRMA）、内務省（MoHA）に、関連するライン機関（NLC、2017年）の支援を受けてネパールのすべての災害管理を実施することを包括的に承認しています。したがって、NDRRMAは、土砂災害管理地域でも研究開発作業と共に

構造物的および非構造物的対策の実施について、関連するライン機関の支援を受ける必要があります。

この観点から、仙台防災枠組2015-2030と、仙台で開催された土砂災害軽減に焦点を当てた国際SABOシンポジウム2015からの提言を満たし、災害管理サイクルを実現する次の方法が推奨されます。

1. NDRRMAおよび州および地方レベルの政府の災害関連機関に直接リンクする研究開発施設を備えた、本格的な土砂災害管理研究所（LDMI）を設立する。
LDMIは、EWSによる予防、減災、および準備の技術として、災害管理サイクルの災害前フェーズにおいてその責任を果たす義務を負います。 LDMIは、以下の責任ある作業も行います。

- ・地すべり災害管理技術ガイドラインの作成。
- ・危険度を含む土砂災害危険箇所マップとして、全国の3種類すべての土砂災害の基本データマップを作成します。
- ・斜面崩壊、動きの遅い地すべり、土石流の3種類すべての土砂災害のホットスポットのコミュニティハザードマップを作成し、ホットスポット土砂災害のマスタープランを作成します。
- ・新しい減災技術の適用と人的資源（HR）の能力開発のための、各タイプの土砂災害のモデルサイトを設置する
- ・コミュニティレベルの土砂災害早期警報システムの確立と避難。
- ・災害軽減のための新技術の研究開発と技術移転プログラムの作成。

2.土砂災害管理戦略の策定。

3土砂災害管理法と政策の策定。

<以下、引用文献リストは省略>

（この翻訳版は、Googleの翻訳ソフトで翻訳したものを事務局で編集したものです。不明な部分がありましたら、原文でご確認ください。）