

土木学会平成27年度全国大会
研究討論会 研-24 資料

頻発する土砂災害の減災に向けて —発生メカニズムと社会的対応—

座 長 安養寺信夫 (一財)砂防・地すべり技術センター
話題提供者 稲垣 秀輝 環境地質(株)
 地頭菌 隆 鹿児島大学農学部
 鈴木 素之 山口大学工学部
 伊藤 和也 東京都市大学工学部
 畑山 満則 京都大学防災研究所

日 時 平成27年9月18日(金) 16:20~18:20
場 所 岡山大学津島キャンパス
教 室 第Ⅲ部門会場(工学部1号館)

地盤工学委員会
(火山工学研究小委員会・斜面工学研究小委員会)

「頻発する土砂災害の減災に向けて～発生メカニズムと社会的対応」

近年頻繁に発生する大規模土砂災害の原因として極端な集中豪雨に加え、火山地域での未固結表層土や大規模な盛土地形などの軟弱地盤、水分保有率の少ない表層などが考えられる。このような特徴を持つ地域は活火山周辺に留まらず全国に広く分布しており、中国山地でも同様の状況にある。このような地域では今後も豪雨による大規模土砂災害の多発が懸念される。本研究討論会では主として火山地域の災害事例を踏まえ、地形・地質と土砂災害の特性を比較検討し、土砂災害の発生条件を含めたメカニズムを議論する。さらに防災構造物のみでは対応が困難な突発的土砂災害の軽減に対処するための社会環境と対応のあり方の方向性を議論する。

なお、本テーマは（公社）土木学会 平成26年度重点研究課題に採択された「脆弱な火山国日本での土砂災害の発生メカニズムの究明と法制度も考慮した総合的防災・減災対策に関する研究」成果の一部である。

座 長

安養寺信夫、火山工学研究小委員会委員長、

(一財)砂防・地すべり技術センター技術研究所長

話題提供

①全国の火山地域の分布特性とそこでの土砂災害の特徴

稻垣秀輝(環境地質)

②火山地域における土砂移動現象の特徴

地頭薗隆(鹿児島大学農学部)

③伊豆大島および阿蘇山における土石流発生地の原位置強度・地下水流音特性および土石流発生履歴

鈴木素之(山口大学工学部)

④自然災害に関する国土の安全性指標「GNS」の策定

伊藤和也(東京都市大学工学部)

⑤土砂災害後の復旧期に求められる災害リスク情報

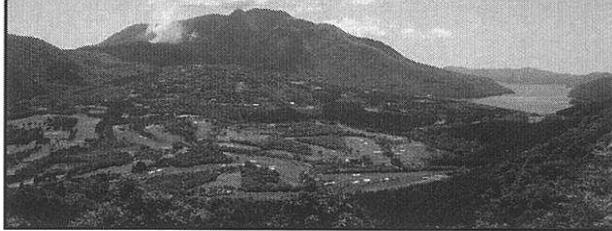
畠山満則(京都大学防災研究所)

質 疑

総合討論

1. 全国の火山地域の分布特性 とそこでの土砂災害の特徴

株式会社環境地質 稲垣秀輝
平成27年度全国大会 研究討論会
頻発する土砂災害の減災に向けて～発生メカニズムと社会的対応



火山地域の
自然災害

火山性の地盤	面積km ²	割合
新第三紀以降の火山岩類	65,205	17.3%
新第三紀以降の火碎流堆積物	21,253	5.6%
新第三紀以降の貫入岩類	1,766	0.5%
第四紀を中心とした火山岩屑・テフラ	8,333	2.2%
合計	96,557	25.5%

火山地域の地震災害

- ・火山地域では、地震時に特殊な土砂災害が発生することも注目され始めている。たとえば、岩手・宮城内陸地震時の荒砥沢地すべりである。千木良は1949年今市地震、1968年十勝沖地震、1978年伊豆大島近海地震、1984年長野県西部地震、2011年東北地方太平洋沖地震等で火山テフラがすべり面となる土砂災害があることを報告している。
 - ・著者も2004年新潟県中越地震での横滑地すべりや2008年岩手・宮城内陸地震時の荒砥沢地すべり、2011年東北地方太平洋沖地震での葉ノ木平地すべりなどの調査を行なっており、いずれも軟石層等の火山碎屑物がすべり面となる火山地域独特な土砂災害を起こしている。
 - ・この火山地域での地震による土砂災害について、詳細は「家族を守る斜面の知識」を参照していただきたい。特に、地震前の先行雨量が多い斜面では、地震時の土砂災害が大きくなることを知っておいて欲しい。以下に、地震時に土砂災害が発生した火山地域の3つの事例を述べる。

火山地域の自然災害

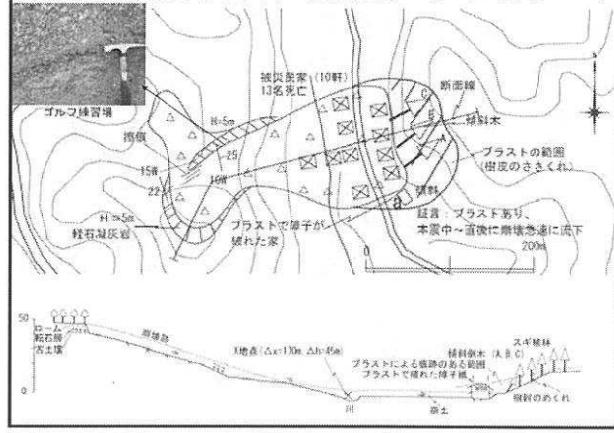
- 火山地域の自然災害では、
①火山噴火災害、②地震に伴う土砂災害、③豪雨による土砂災害をあげることができる。この他に火山噴火に伴う2次災害も危険性が高い。これは火山噴火に伴い地表の不安定土砂が増えるとともに、降雨等による地表の浸透能が低下することに起因している。
 - これらの土砂災害は火山噴火災害として扱われることが多いので、詳細は「火山工学入門」「火山工学入門・応用編」を参考していただきたい。特に、最近の御嶽山噴火でもあるように火山噴火後の豪雨や融雪には十分気を付けたいものである。

種別	年代	災害名	論文登録有無
	1998.8	白河土砂災害	○
	1999.8	太田山噴火災害	○
	2000.1	中越山地土砂災害	○
	2000.2	山口山地土砂災害	○
	2010.2	中越山地土砂災害	○
	2016.7	越後山地土砂災害	○
	2010.7	鳥羽山地土砂災害	○
	2010.9	星城・小山山地土砂災害	○
	2011.9	紺伊平野土砂災害	○
	2012.6	北陸山地土砂災害	○
	2013.8	吉田山地土砂災害	○
	2013.9	越後・道立・越後土砂災害	○
	2013.11	伊豆大島土砂災害	○
	2014.7	南本宮土砂災害	○
	2014.8	高岡土砂災害	○
	2014.10	桃浜川土砂災害	○
	2016.7	七五三ヶ岳めすり土砂災害	○
	2012.3	秋田山地・ベリ災害	○
	1995.5	秋田川・蓬莱大渓谷	○
	2002.10	蓬萊渓谷崩壊	○
	2005.10	蓬萊渓谷崩壊	○
	2004.10	鶴崎渓谷崩壊地帯	○
	2004.5.3	鶴崎渓谷崩壊地帯	○
	2007.3	鶴見山地・小幡地帯	○
	2007.7	中越山地崩壊	○
	2009.6	喜平、宮城内陸地震	○
	2011.3	東日本大震災	○
	2011.3	震度7強震震源域	○
	2011.3	L'Etang de la Souffrière	○
	2014.11	岩手県北東部(白神村)地滑	○
火山噴火	1993.9	常磐温泉滑落	○
	2009.3	有珠山噴發	○
	2009.8	三宅島	○
	2011.1	新燃岳	○
	2014.9	御嶽山	○

火山噴火災害を軽減するための課題

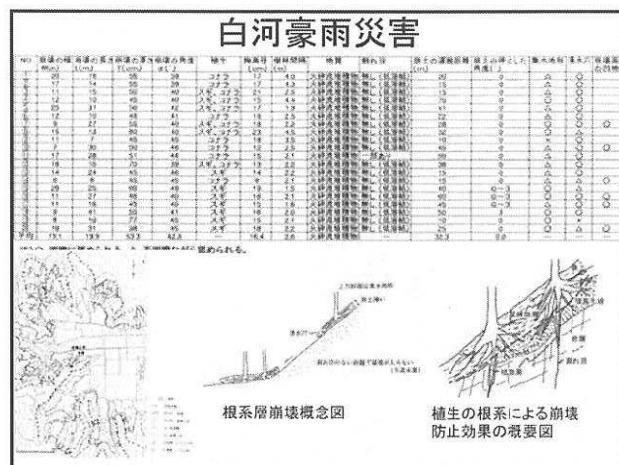
项目	年份	指标名称		指标值		评价	备注
		2018-2019	2019-2020	2018-2019	2019-2020		
1. 基本情况	2018-2019	一、人口情况	二、经济情况	三、教育情况	四、医疗情况	五、社会治安情况	六、生态环境情况
1.1 人口情况	2018-2019	常住人口数：120人，其中：流动人口数：0人；户籍人口数：120人，其中：非农业人口数：0人；少数民族人口数：0人；	生产总值：120万元，其中：第一产业：100万元，第二产业：0万元，第三产业：20万元；人均GDP：10000元；	九年义务教育率：100%；高中阶段毛入学率：100%；高等教育毛入学率：100%；	医疗卫生机构数：1家，其中：综合医院数：1家；医疗卫生机构床位数：10张，其中：综合医院床位数：10张；医疗卫生机构从业人员数：10人，其中：执业医师数：5人；孕产妇死亡率：0‰；婴儿死亡率：0‰；5岁以下儿童死亡率：0‰；	社会治安状况良好，无重大刑事案件发生；	生态环境质量较好，无环境污染事件发生。
1.2 经济情况	2018-2019	主要经济指标完成情况：生产总值：120万元，其中：第一产业：100万元，第二产业：0万元，第三产业：20万元；人均GDP：10000元；	主要经济指标完成情况：生产总值：120万元，其中：第一产业：100万元，第二产业：0万元，第三产业：20万元；人均GDP：10000元；	九年义务教育率：100%；高中阶段毛入学率：100%；高等教育毛入学率：100%；	医疗卫生机构数：1家，其中：综合医院数：1家；医疗卫生机构床位数：10张，其中：综合医院床位数：10张；医疗卫生机构从业人员数：10人，其中：执业医师数：5人；孕产妇死亡率：0‰；婴儿死亡率：0‰；5岁以下儿童死亡率：0‰；	社会治安状况良好，无重大刑事案件发生；	生态环境质量较好，无环境污染事件发生。
1.3 教育情况	2018-2019	九年义务教育率：100%；高中阶段毛入学率：100%；高等教育毛入学率：100%；	九年义务教育率：100%；高中阶段毛入学率：100%；高等教育毛入学率：100%；	医疗卫生机构数：1家，其中：综合医院数：1家；医疗卫生机构床位数：10张，其中：综合医院床位数：10张；医疗卫生机构从业人员数：10人，其中：执业医师数：5人；孕产妇死亡率：0‰；婴儿死亡率：0‰；5岁以下儿童死亡率：0‰；	医疗卫生机构数：1家，其中：综合医院数：1家；医疗卫生机构床位数：10张，其中：综合医院床位数：10张；医疗卫生机构从业人员数：10人，其中：执业医师数：5人；孕产妇死亡率：0‰；婴儿死亡率：0‰；5岁以下儿童死亡率：0‰；	社会治安状况良好，无重大刑事案件发生；	生态环境质量较好，无环境污染事件发生。
1.4 医疗情况	2018-2019	医疗卫生机构数：1家，其中：综合医院数：1家；医疗卫生机构床位数：10张，其中：综合医院床位数：10张；医疗卫生机构从业人员数：10人，其中：执业医师数：5人；孕产妇死亡率：0‰；婴儿死亡率：0‰；5岁以下儿童死亡率：0‰；	医疗卫生机构数：1家，其中：综合医院数：1家；医疗卫生机构床位数：10张，其中：综合医院床位数：10张；医疗卫生机构从业人员数：10人，其中：执业医师数：5人；孕产妇死亡率：0‰；婴儿死亡率：0‰；5岁以下儿童死亡率：0‰；	九年义务教育率：100%；高中阶段毛入学率：100%；高等教育毛入学率：100%；	医疗卫生机构数：1家，其中：综合医院数：1家；医疗卫生机构床位数：10张，其中：综合医院床位数：10张；医疗卫生机构从业人员数：10人，其中：执业医师数：5人；孕产妇死亡率：0‰；婴儿死亡率：0‰；5岁以下儿童死亡率：0‰；	社会治安状况良好，无重大刑事案件发生；	生态环境质量较好，无环境污染事件发生。
1.5 社会治安	2018-2019	社会治安状况良好，无重大刑事案件发生；	社会治安状况良好，无重大刑事案件发生；	医疗卫生机构数：1家，其中：综合医院数：1家；医疗卫生机构床位数：10张，其中：综合医院床位数：10张；医疗卫生机构从业人员数：10人，其中：执业医师数：5人；孕产妇死亡率：0‰；婴儿死亡率：0‰；5岁以下儿童死亡率：0‰；	医疗卫生机构数：1家，其中：综合医院数：1家；医疗卫生机构床位数：10张，其中：综合医院床位数：10张；医疗卫生机构从业人员数：10人，其中：执业医师数：5人；孕产妇死亡率：0‰；婴儿死亡率：0‰；5岁以下儿童死亡率：0‰；	社会治安状况良好，无重大刑事案件发生；	生态环境质量较好，无环境污染事件发生。
1.6 生态环境	2018-2019	生态环境质量较好，无环境污染事件发生。	生态环境质量较好，无环境污染事件发生。	医疗卫生机构数：1家，其中：综合医院数：1家；医疗卫生机构床位数：10张，其中：综合医院床位数：10张；医疗卫生机构从业人员数：10人，其中：执业医师数：5人；孕产妇死亡率：0‰；婴儿死亡率：0‰；5岁以下儿童死亡率：0‰；	医疗卫生机构数：1家，其中：综合医院数：1家；医疗卫生机构床位数：10张，其中：综合医院床位数：10张；医疗卫生机构从业人员数：10人，其中：执业医师数：5人；孕产妇死亡率：0‰；婴儿死亡率：0‰；5岁以下儿童死亡率：0‰；	社会治安状况良好，无重大刑事案件发生；	生态环境质量较好，无环境污染事件发生。
2. 安全生产	2018-2019	无	无	无	无	无	无
3. 重点工程	2018-2019	无	无	无	无	无	无
4. 其他	2018-2019	无	无	无	无	无	无
5. 附录	2018-2019	无	无	无	无	无	无

東北地方太平洋沖地震葉ノ木平地すべり



火山地域の豪雨土砂災害								
番号	発生年	災害	気象	連続雨量 (mm)	最大時間雨量 (mm)	死者・行方不明者	地質	地域
1	1958年3月	狩野川台風豪雨(大島)	台風	455.8	87.5	2	第四紀火山砂	伊豆諸島
2	1962年1月	長崎豪雨	梅雨	572	167	299	新第三紀火山岩類	九州
3	1960年7月	阿蘇豪雨	梅雨	448	118.5	8	第四紀火山灰	九州
4	1968年3月	白河豪雨	台風	1260	90	8	第四紀溶結火砕流堆積物	東北
5	1988年5月	鹿児・那須豪雨	台風	300(24h)	73	-	新第三紀火山岩類	北海道
6	2003年5月	水美豪雨	梅雨	459	91	15	新第三紀火山岩類	九州
7	2010年5月	庄原豪雨	梅雨	174	91	1	三瓶山火山灰	山陰
8	2010年5月	神奈川県北部豪雨	台風	495	70.5	0	富士山宝永スコリア	関東
9	2012年7月	九州北部豪雨	梅雨	508	108	32	第四紀火山灰	九州
10	2013年10月	伊豆大島豪雨	台風	824	121.5	39	第四紀火山砂	伊豆諸島

ここで焦点を当てたいのは豪雨による火山地域での土砂災害である。この土砂災害は、近年の激甚化している局地的な豪雨が誘因といえる。著者が調査した事例とそれに関連した過去の豪雨災害の参考事例などを示した。



火山地域における土砂移動現象の特徴

鹿児島大学農学部 地頭菌 隆
宮崎大学農学部 清水 収

1. はじめに

火山地域は、火山活動に伴う様々な堆積物が幾層も重なっており、多様な土砂移動現象が発生し、生産される土砂量も多いという特徴をもつ。たとえば、火山噴火直後は斜面に堆積した火山灰が浸透能を低下させ、表面流・侵食・土石流という一連の現象を起こして多量の土砂が生産され流出する。火山活動が停止すると地表面の火山灰流出、植生回復によって浸透能が上昇し、火山性地質特有の空隙の高い地層は豊かな帶水層となる。透水性の不連続な層の重なりが特徴的な地下構造となり、深い地下水が関係する大規模な崩壊が起こる場合もある。ここでは、九州の事例を挙げて火山地域の土砂移動現象の特徴と土砂災害対策の研究を紹介する。

2. 桜島火山における土砂移動現象

図1は、桜島でみられる土砂移動現象の形態を示したものである。火山噴火に伴って放出される火山灰が地表面を覆うと、流域の水文環境は急激に変化する。すなわち浸透能の低下により少ない雨で表面流が発生し、斜面では表面・リル・ガリ侵食によって土砂が生産され、さらに土石流の発生につながる。

浸透能低下→表面流発生→表面・リル・ガリ侵食発生に起因する土石流の警戒避難対応には、火山灰、軽石それぞれの分布・堆積厚・堆積構造の情報が必要である。同時に、火山灰が堆積して水文環境がどの程度変化したかを把握する指標として浸透能の変化は重要な因子であり、短時間で把握する必要がある。そのため、噴火直後に広域かつ迅速に浸透能を測定する方法として、簡易な散水型浸透能試験が提案されている(図2)。

3. 2012年九州北部豪雨による阿蘇地域の土砂移動現象

2012年7月に阿蘇地域を襲った大雨は様々な土砂移動現象を引き起こした(図3)。

カルデラ壁の急斜面の崩壊と土石流(a): カルデラ壁の草地や林地の急斜面において火山灰を主体とする表層土が滑り落ちる表層崩壊が多数発生した。雨量が多かったために崩壊土砂は流動化し、溪岸・溪床を侵食して溶結凝灰岩の転石や立木を取り込んで土石流となり、下流の集落を襲った。また、土石流や出水によりカルデラ壁脚部の崖錐が侵食されて土砂と立木が流出し、下流域に氾濫して被害を大きくしたところもあった。

崖錐斜面の崩壊(b): カルデラ壁の中腹から脚部にかけては崖錐が発達し、そこにスギ等が植林されている。この崖錐斜面が崩壊して土砂とスギが流下し、被害をもたらした箇所が多数みられた。また崩壊した土砂や樹木の到達距離が相対的に長いことも特徴であった。

丘陵地の降下火碎物斜面の崩壊(c): カルデラ壁の裾野に分布する丘陵地には火山灰などの降下火碎物が厚く堆積している。崩壊箇所は少なかったが、あまり急でない斜面において、厚さ4~5mの降下火碎物が崩壊して被害をもたらした。

中央火口丘の急斜面の崩壊(d): 中央火口丘の草地や林地の急斜面において火山灰を主体とする表層土が滑り落ちる表層崩壊が発生した。崩壊は小規模であるが、多数発生したため、流出した土砂が河道に堆積した。

古恵川流域の急斜面の崩壊と土石流: 古恵川流域の風化斜面あるいは崖錐斜面では複数の崩壊が発生した。一部は、崩壊土砂が急勾配の溪流を流下しながら溪床の岩塊を巻き込んで土石流となった。土石流は、溪流側壁の侵食や脚部侵食に伴う溪岸崩壊を引き起こし、その土砂も取り込んで下流に多量の土砂を堆積させた。

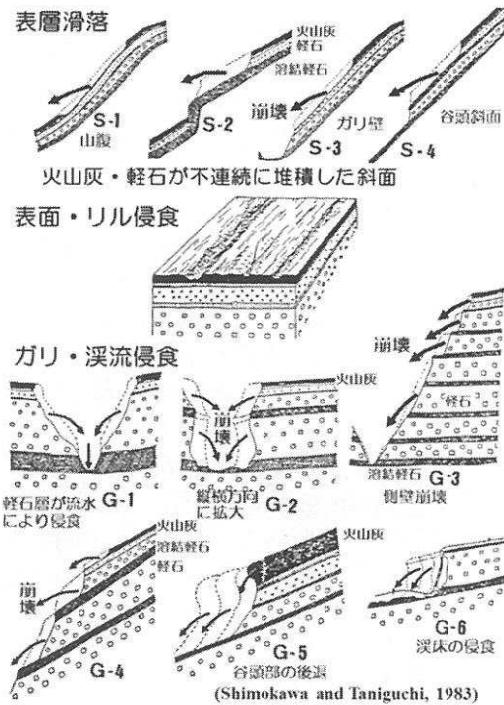
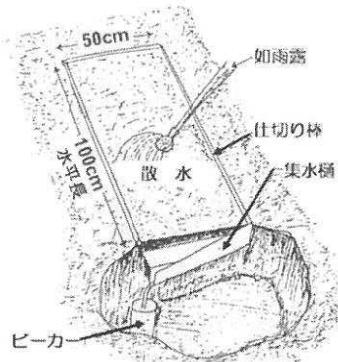


図1 桜島の土砂移動現象の形態



(下川ら, 1987, 地頭菌ら, 1996)

図2 散水型浸透能試験

以上の土砂移動現象発生と雨量との関係を解析すると、中央火口丘の急斜面では累加雨量 200mm 程度、カルデラ壁の急斜面では 200~300mm 程度、崖錐斜面では 400mm 程度、丘陵地の降下火碎物斜面では 500mm を超えてから発生していた。このような関係は、火山地域における警戒避難対応を考える上で重要な情報になると考えている。

4. 火山地域における大規模な土砂移動現象（深層崩壊）

九州では多様な地質条件のもとで大規模な土砂移動現象（深層崩壊）が発生している。そのひとつに火山性地質の地域で発生するタイプがある。たとえば鹿児島・熊本・宮崎の 3 県の境界付近には鮮新世から更新世にかけて活動した火山に関連する地層が分布しており、1972 年宮崎県えびの市、1997 年鹿児島県出水市、2003 年熊本県水俣市などで深層崩壊が発生している。そのタイプの特徴を 1997 年出水市針原川流域で発生した深層崩壊（図 4）を例にして挙げると、崩壊は総雨量 400mm 程度で発生し、崩壊土砂量は 10 数万 m³ であり、崩壊土砂が土石流となって集落を襲った。崩壊した斜面の地質は、深層風化した安山岩溶岩であり、その下位は同質の凝灰角礫岩である。崩壊直後、それらの境界からは多量の湧水が見られ、安山岩溶岩は透水層、凝灰角礫岩は難透水層の役割を果たしていた。また崩壊した斜面は地下水が集まる地下構造となっていた。

2010 年には鹿児島県南大隅町船石川の火碎流台地周縁の急斜面で深層崩壊が発生した。崩壊はほとんど雨が降っていないときに発生したが、崩壊前の約 1 ヶ月間の総雨量は 1,000mm を超えていた。崩壊土砂量は約 10 万 m³ であったが、砂防堰堤でほとんどが捕捉され、下流での大きな被害は阻止された。崩壊した斜面の地質は亀裂の多い溶結凝灰岩とその下位の非溶結凝灰岩からなる。その境界からは多量の湧水が見られ、溶結凝灰岩は透水層、非溶結凝灰岩は難透水層の役割を果たしていた。

火山性堆積物が分布する地域に見られる深層崩壊は、堆積構造や風化度の差異による透水層と難透水層の境界部で発生する場合が多く、深層崩壊発生の危険斜面抽出にはそういう地質の特徴と地下水集中の構造を意味する湧水の分布を把握することが重要なポイントとなる。深層崩壊は表層崩壊より多量の雨量で発生するが、深い地下水が関係しているために降雨がやんでもから発生することもある。これまでのような雨量からの警戒対応には限界があると考え、基岩内の地下水の状態を反映している湧水に着目している。湧水は深層崩壊発生の時間を判断する重要な因子であり、現在警戒対応への試行中である（図 5）。

5. おわりに

火山地域は、様々な土砂移動現象が発生する場であり、その形態は火山噴火の直後と長期間が経過した後でも異なる。火山地域の防災対策はその特徴に合わせた時間的・空間的視点を考慮した計画が重要である。

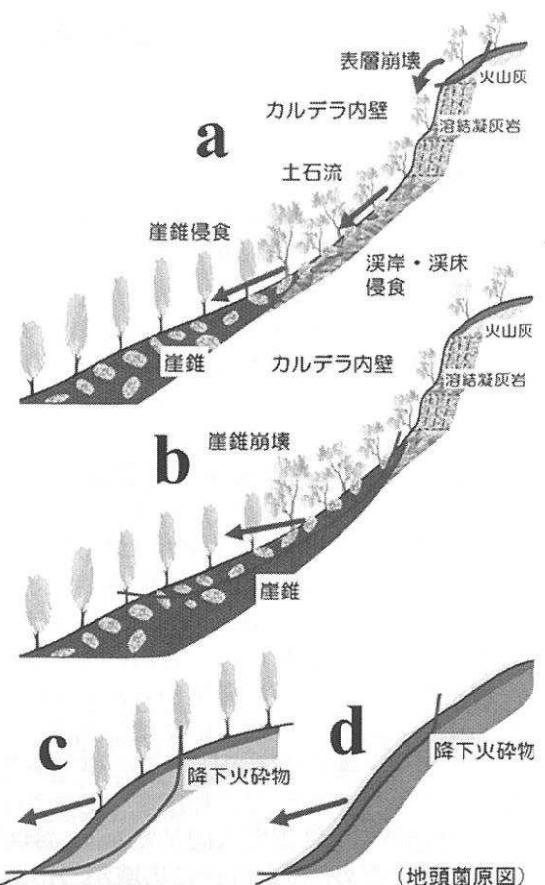


図3 阿蘇地域の崩壊模式図



図4 1997年針原深層崩壊

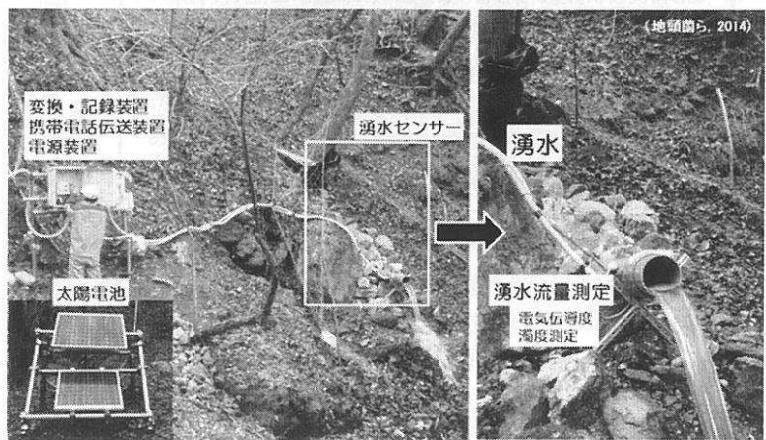


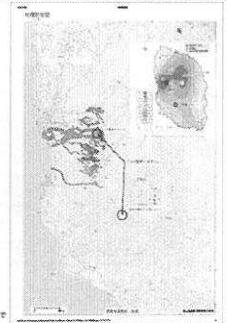
図5 湧水を活用した深層崩壊発生の警戒対応

伊豆大島および阿蘇山における土石流発生地の原位置強度・地下水水流音特性および土石流発生履歴

鈴木素之(山口大学) 大野博之(環境地質)
 植原京子(山口大学) 北園芳人(熊本大学)
 阪口和之(アジア航測) 櫻井正明(山地防災研究所)
 関口秀幸(アスルマエヤ) 竹内裕希子(熊本大学)
 中濃耕司(東亜コンサルタント) 西川直志(シンコンサルタント)
 野田 龍(九州大学) 松木宏彰(復建調査設計)
 美馬健二(太田ジオリサーチ) 吉川修一(八千代エンジニアリング)

平成26年災害地の調査概要

- 平成26年11月1日～2日の2日間、大島町元町地区を中心に実施
- 土石流の崩壊部およびその周辺部の変化(1年経過時の復旧状況)の把握
- 崩壊・土石流の発生状況およびメカニズムの推定
- 土石流(火山泥流)の発生履歴
- 災害廃棄物処理状況とその影響



1年経過時の復旧状況

崩壊地の復旧状況



(崩壊部)

崩壊斜面は、当時のままの状態にあり、復旧は進んでいない。また、新たな崩壊も生じていない。一方、堆積部の土砂は取り除かれ、整地まで行われている。

流木の状況



H26.10.18(1)



(生産部:大金沢上流)

源頭部付近の樹木はそのまま残っており、表層崩壊であったことが確認できる。河道閉塞が生じた元町橋付近の流木は取り除かれ、橋梁は通行可である。

H26.10.18(2)
(下流より)H27.11.1
(上流より) (堆積部:元町橋周辺)

道路の復旧状況



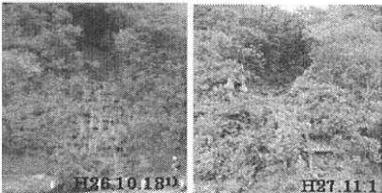
H26.10.18(3)

(御神火スカイラインで唯一通行できない箇所)

1) 土木学会・地盤工学会・日本立場地質学会・日本地すべり学会 平成25年10月18日による伊豆大島豪雨災害緊急調査報告書 H26.1.23

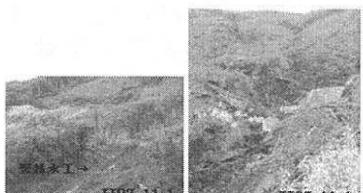
御神火スカイライン上に堆積した土砂、流木はほぼ取り除かれているが、大金沢中流部の1箇所で道路が寸断したままであり、通行ができない状況にある。

切土のり面工の復旧状況



1) 土木学会・地盤工学会・日本応用地質学会・日本地すべり学会 平成25年10月台風19号による伊豆大島適用災害緊急調査報告会 H26.10.23
現地では切土法面に法枠工が多く用いられているが、ほとんど損傷は見られず、現在は補生が繁茂している。

道路排水施設の復旧状況



道路排水工が完全に復旧していないため、雨水排水は主に堅排水工や沢を経由して流れると見られる。

砂防施設の復旧状況



1) 土木学会・地盤工学会・日本応用地質学会・日本地すべり学会 平成25年10月台風19号による伊豆大島適用災害緊急調査報告会 H26.10.23
(大金沢本川堆積工)

崩壊地調査による崩壊機構の推定

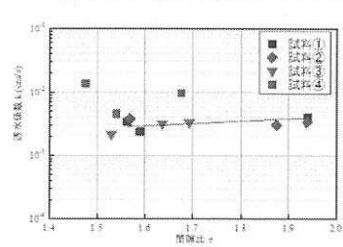
表層崩壊地の状況



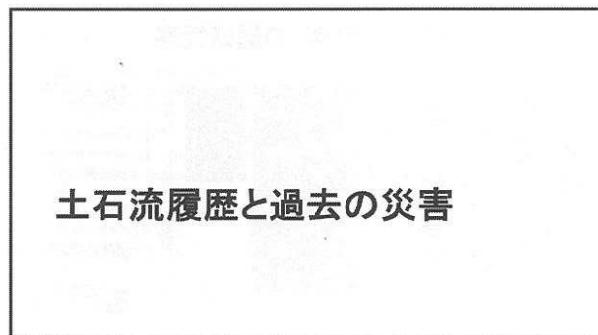
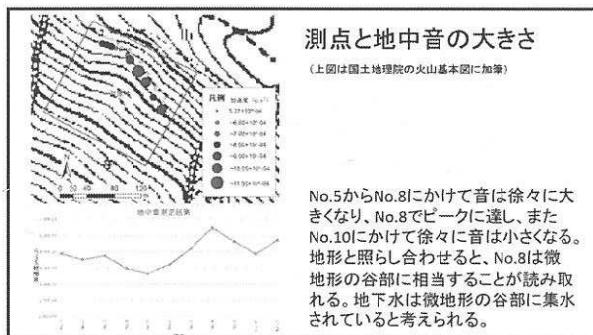
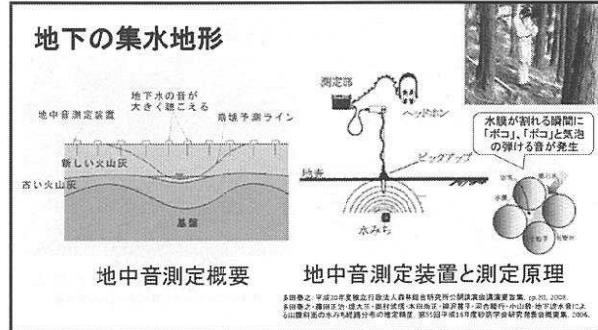
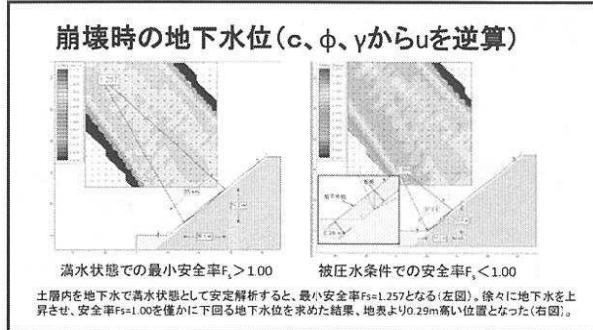
谷頭部の表層崩壊地の状況　遷急線付近から崩落した表層崩壊地　崩落土砂が流下した斜面の状況

表層崩壊地の多くは、谷頭部の遷急線付近から崩落しており、崩壊深は0.5~0.8m程度である。崩落した土層は黒色火山灰(上層と呼ぶ)であり、下部に灰褐色火山灰(下層と呼ぶ)があり、その境付近をすべり面として崩落している。

間隙比eと透水係数kの関係



表土層に近く試料内に細根が観察された試料(④)を除いて、間隙比の変化に対する透水係数がほぼ一定である。



元町地区における主な台風災害 (下記文献の表を修正)

1856/9/23 (安政3年8月25日)	暴風雨により、伊豆大島に災害が発生しており、同日、江戸においても被害が出ている。新崎村(現元町地区)においては、家屋流出5軒、倒壊破損は村内の8~9分、漁船流出2隻、破損19隻、作物も7分程度の被害を受けた。
1932/11/14 (昭和7年11月14日)	強い台風により、東海地方から東北地方にかけて、暴風雨に見舞われ、全国で死者・行方不明者257人の被害を出した。元村(現元町地区)においては、全壊4戸、半壊20戸、破損350戸の被害を出した。
1958/9/28 (昭和33年9月26日)	台風による豪雨により、狩野川が氾濫した伊豆半島を中心に全国で死者・行方不明者1269名の被害が発生した(狩野川台風)。
2013/10/16 (平成25年10月16日)	平成25年台風26号による豪雨により、伊豆大島を中心全国で死者・行方不明者13名の人の被害を出した。元町地区においては、土石流により、死者3名、行方不明者3名の被害を出した。大島の住宅被害は、全壊1戸、半壊2戸である。

注)新崎村(明治4年改称)及び元村(昭和30年合併)は元町地区の旧称
出典 土木学会・地盤工学会・日本応用地質学会・日本地すべり学会平成25年10月台風26号による伊豆大島豪雨災害緊急調査団, 9-10, 2014

降水量の比較(大島アメダス)

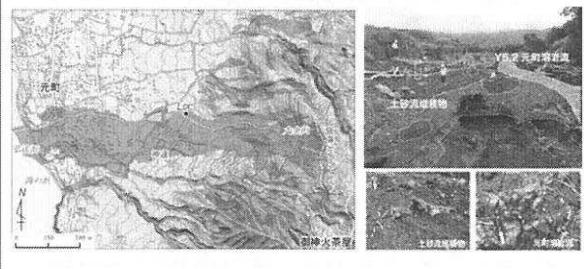
区分	降水量(mm)	
	2日間	1時間最大
狩野川台風	1958年9月25-26日	455.8 87.5
平成25年台風26号	2013年10月15-16日	824.0 118.5

出典: 土木学会・地盤工学会・日本応用地質学会・日本地すべり学会平成25年10月台風26号による伊豆大島豪雨災害緊急調査団, 9-10, 2014

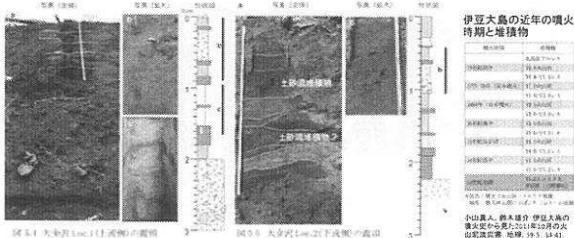
元町地区の移転に関する伝承(下記文献から作成)			
文献	発行年	時期	原因
風俗圖報臨時増刊 253号伊豆七島圖会(風俗圖報編集部)	1902	貞享(1684~1687)海嘯(津波)の難より年)	
伊豆大島圖誌(山口貞夫)	1936	未記載	噴火のため
伊豆大島志考(立木猛治)	1961	文禄(1592~1596)	ひやく(山津波)に押されて埋没年)の頃 * 伝承を掲載しているが、「ひやくの押した事実を証するものは見当たらない。」としている

出典:土木学会・地盤工学会・日本応用地質学会・日本地すべり学会平成25年10月台風26号による伊豆大島豪雨災害緊急調査団, p.10, 2014

調査地点の位置図と大金沢の様子



大金沢(上流側と下流側)の露頭観察



まとめ

今回の調査結果をまとめると、以下のようである。

- 災害から1年が経過し、崩壊地を除けば着実に復旧が進んでいる印象を受ける。ただし、崩壊地の復旧は規模が大きいだけに相当の時間を要すると思われる。
- 崩壊地調査での土層強度の測定から、崩壊発生時の水位を逆算した結果、地表面より0.29m高くなかった。これより、地盤内の被圧水圧が崩壊に関与したと推定される。
- 谷地形と推定される箇所で地下水水流音が大きくなっていたことから、その箇所の地層が集水構造を有していることが推定された。地下水水流音の測定によって地下水の流れを把握できる可能性があることが示唆された。
- 地域の資料調査ならびに下流部での堆積物の露頭観察から、この箇所では土石流が繰り返し発生していることがうかがえた。

平成24年7月九州北部豪雨被災地の調査

- 平成24(2012)年7月11日から14日の豪雨により、熊本県阿蘇市周辺の火山地域では多くの土石流が発生し、至る所で表層崩壊が発生
- 土木学会地盤工学委員会では、平成24年9月8日~9日、地盤工学会との緊急合同調査団を結成し、熊本県阿蘇市周辺の斜面災害調査を実施。
- その後の復旧状況の把握、火山地域での崩壊・土石流の発生条件および発生メカニズムの推定、過去の土石流の発生履歴を推定すること等を目的として、平成26年11月29日から30日にかけて現地調査を実施。

調査箇所

- 調査は阿蘇市一の宮町坂梨地区と国道265号線沿いの箱石峠の2箇所について行った。
- 坂梨地区では平成24年7月豪雨の際に崩壊土砂が土石流化し、下流域の集落を襲い、多くの被害が発生した地区である(図2-1)。
- 箱石峠は平成2年の阿蘇一の宮豪雨災害の際に多数の表層崩壊が発生した箇所で、その後植生の回復が進んでいたところに、平成24年7月豪雨で再び多数の表層崩壊が発生した箇所である(写真2-1)。



まとめ

- ・土質試験による実測値を用いて地下水位を再現した安定解析を行った結果、坂梨上流崩壊地は地下水位が地表面付近まで上昇して崩壊するパターンと、箱石峠は地下水位が地表面を越え、被圧水圧となるまで上昇し崩壊するパターンの2種類が再現された。
- ・被圧水化する条件は、下記2点が関連していると考えられる。
 - ・地形の横断形状：坂梨上流崩壊地は一様な斜面であるのに対し、箱石峠は崩壊斜面に遷緩線を持つ斜面であった。遷緩線を持つ斜面は、被圧水化しやすい可能性がある。
 - ・細粒分の含有率：坂梨上流崩壊地は28%（シルト26.4+粘土2.0）であるのに対し、被圧水化した箱石峠は59%（シルト35.4+粘土24）であり、2倍程度含有率が高い。細粒分含有率の高い土質は、透水性が低いことが推定され、被圧水化しやすい可能性がある。
- ・土石流堆積物中の木片を掘り出して放射性炭素年代測定を行った。その結果、坂梨地区では1974年と2006年、箱石峠では1986年となり、頻繁に土砂移動が生じていることが明らかとなった。

まとめ(続き)

- ・坂梨地区では土石流中に巨石が含まれる理由として、①節理面に沿った岩盤（溶結凝灰岩）が開口・分離して崩壊し、崩落した岩塊がそのまま土石流として下流域に流出する形態のものと、②塵錐堆積物の流出、谷底堆積物の流出および谷底堆積物（狭窄部閉塞土砂）の流出する形態のもの、に大別できる。
- ・箱石峠では植生に着目すると、急峻にもかかわらず未崩壊な斜面は道路の反対側のヤマヤナギ・ツクシヤブウツギ群団、スギ・ヒノキ・サワラ植林に占めていることがわかった。
- ・箱石峠の崩壊は表層の黒ぼく層で、赤ぼく層との境界がすべり面として発生し、ススキ等の根系の侵入がみられない深度から発生していることから、崩壊の要因は土壌や斜面勾配等によると考えられる。

最後になりますが、本災害でお亡くなりになった方々に哀悼の意を表しますとともに、被害に遭われた方々に改めてお見舞いを申し上げます。

2015.09.18 領発する土砂災害の減災に向けて～発生メカニズムと社会的対応

自然災害に関する 国土の安全性指標「GNS」の策定

伊藤 和也
(東京都市大学 工学部都市工学科)

公益社団法人地盤工学会関東支部
地盤リスクと法・訴訟等の社会システムに関する研究委員会 副委員長

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

1

脆弱国土 “日本”

中央公論 1998年6月号
「脆弱国土を誰が守る」

中央公論

脆弱國上を誰が守る

大石久和
建設省大臣官房技術審議官(当時)
元 國土交通省技監

川島一彦
東京工業大学教授
(当時)

「日本の自然条件は特殊だという久しく忘れていた認識が、兵庫県南部地震によって改めて思い起こされた。その特殊性を諸外国との比較の中できちんと認識することこそ国土の有効利用と適正管理を実現していくためにいま必要とされている」

災害脆弱性の観点から
日本の自然条件は極めて特殊であると指摘

脆弱国土 “日本”

日本と欧米の地質の違い

日本と欧米の地質図(同縮尺)

- ✓ 日本の地質
→花崗岩(赤色系統), 火山岩類, 新期の堆積岩類がモザイク模様のように複雑に分布
- ✓ 欧米の地質
→古期の片麻岩類や古生代以降の堆積岩類を主体とし, 地層構造が単調であり安定した大陸地殻を形成

出典: 全地連、「豊かで安全な国土のマネジメントのために」, p.15, 1998

脆弱地盤に対応した統一指標の必要性

自然災害に対する防災・減災投資の配分方法

- ・一般政府固定資本形成対GDP比 (Ig/GDP)
- ・費用対便益 (B/C)

【実際】→単純比較では説明できない

日本の厳しい国土条件

項目	日本	ヨーロッパ
総面積	37.8%	32.7%
海岸線	3.2%	2.7%
地震活動	1.5%	0.8%
火山活動	0.8%	0.5%
地盤沈下	0.5%	0.3%
地盤変動	0.3%	0.2%
地盤災害	0.2%	0.1%

国交省等は国土条件の比較からIg/GDPが欧米より高いことを説明

↓

社会意思の決定のためには(世界的な)統一指標が必要

<http://www.mlit.go.jp/singika/koutousin/koutou/planning/4/images/shiryoub.pdf>

地盤リスクに対応した統一的評価方法の必要性

自然災害に関する国土の安全性指標: GNS
Gross National Safety for Natural Disasters

- ✓ 経済指標(GDP)のみの国際比較からの脱皮
- ✓ 防災・減災投資規模の意思決定への科学的判断基準の提供
- ✓ 国の目標設定と着実・継続的な安全性向上への投資と行動計画の数値化

↓

どのように数値化するか? 構成要素は?

↓

様々な指標について調査を実施

自然災害に対するリスク指標GNS [2015年版]

自然災害に対するリスク指標GNS[2015年版]の冊子作成

科学研究費補助金(挑戦的萌芽研究)「自然災害安全性指標(GNS)の開発」(研究代表者: 日下部治)の成果として作成

地盤工学会関東支部「地盤リスクと法訴訟等の社会システムに関する研究委員会」ホームページに掲載

<http://www.jiban.or.jp/kantou/group/jibanrisk.html>

<http://www.jiban.or.jp/kantou/group/pdf/GNG2015.pdf>

The diagram illustrates the GNS Risk Calculation Method (2015 version) as follows:

Risk = $\sum (Hazard \times Exposure) \times \sum Vulnerability$

The diagram shows three main components contributing to the risk calculation:

- 災害発生頻度 (Frequency of Disaster Occurrence)**: Represented by a box containing the formula $(1) 地震 (2) 津波 (3) 高潮 (4) 土砂災害 (5) 火山噴火$.
- 災害の影響下にある人口密度 (Population Density at Disaster Impact Area)**: Represented by a box containing the formula $C_1^{sub}W_1^{sub}, C_2^{sub}W_2^{sub}, C_3^{sub}W_3^{sub}, C_4^{sub}W_4^{sub}, C_5^{sub}W_5^{sub}$.
- 社会・経済の災害に対する頑さ (Social and Economic Resilience Against Disasters)**: Represented by a box containing the formula $C_1^{res}W_1^{res}, C_2^{res}W_2^{res}, C_3^{res}W_3^{res}, C_4^{res}W_4^{res}, C_5^{res}W_5^{res}$.

Below these components is a section titled "階層化重み付け線形和とまとめ上げて指標化" (Hierarchical Weighted Linear Sum and Summary into Indicators), which includes a diagram showing the summation of weighted values from the first floor to the second floor.

自然災害に対するリスク指標GNS【2015年版】	
各指標のソースデータについて 脆弱性指数に関するソースデータ	
分類指標	調査機関(データ)
住宅・公共施設	耐震化率(戸建て・公共)／木造割合／構造・破損
ハイウェイ	上水道耐震化率(幹線・浄水施設・配水池)／40年超過率
ドライブイン	道路沿線・橋梁修復率
情報	防災無線放送登録率／ニアラート登録率
物資	食料備蓄(5項目)／飲料水備蓄／毛布備蓄／スーパー台数／コンビニ台数
医療サービス	10万人当たり医師数／10万人当たり病床数
経済と人口構造	財政力指銘／ゾーン別・高齢者人口指數／被保護実民数割合
保険	健康保険加入率
条例・自治	土砂災害警戒区域指定率／ハザードマップ公開率／自主防災組織カバー率
曝露量指標に関するソースデータ	
危険度	指標
罹害率	地震(海溝型地震・島下型地震)、津波、高潮、土砂災害、火山

The figure shows a screenshot of the GNS [2015版] software interface. On the left, there is a zoomed-in view of a specific area with a plus sign icon. On the right, there is a larger map of Japan with a minus sign icon. A legend on the right side indicates risk levels from 0.1% to 10.0%.

Risk Level (%)
0.1~0.5
0.6~1.0
1.1~1.5
1.6~2.0
2.1~2.5
2.6~3.0
3.1~3.5
3.6~4.0
4.1~4.5
4.6~5.0
5.1~5.5
5.6~6.0
6.1~6.5
6.6~7.0
7.1~7.5
7.6~8.0
8.1~8.5
8.6~9.0
9.1~9.5
9.6~10.0

G N S [2015版]

自然災害に対するリスク指標GNS [2015年版]

GNS[2015年版] 活用方法(神奈川県を例として)

例) 神奈川県の脆弱性の項目

Top 10 Items of Disaster Vulnerability (脆弱性の項目):

- 備蓄(5泊用)
- 豪雨
- 病院
- 経済振興
- 情報
- 防災訓練実施率
- 土砂崩れ発生地域
- ハザードマップ
- 木造率
- 集中化率
- 洪水行成地帯
- アラート
- 全国平均
- 機関連携率
- 道路浸水
- 水道老朽化率
- 水道漏損率化率

GNS Risk Indicator System (GNSリスク指標システム):

- Hard Countermeasures (ハード対策): 备蓄 (5泊用), 豪雨, 病院, 経済振興, 情報, 情報, 信息, 防災訓練実施率, 土砂崩れ発生地域, ハザードマップ, 木造率, 集中化率, 水道老朽化率化率, 水道漏損率, 道路浸水, 機関連携率, 洪水行成地帯, 木造率, 集中化率, 水道老朽化率, 水道漏損率, 道路浸水.
- Soft Countermeasures (ソフト対策): 信息, 防災訓練実施率, 土砂崩れ発生地域, ハザードマップ, 木造率, 集中化率, 水道老朽化率化率, 水道漏損率, 道路浸水.

【謝辞】

自然災害に対するリスク指標GNS[2015年版]は、科学研究費補助金(挑戦的萌芽研究)「自然災害安全性指標(GNS)の開発」(課題番号25560184、代表研究者:日下部治)の補助を受けて実施し、冊子を作成した。

都道府県版GNSの策定は、横浜国立大学理工学部
菊本統先生、当時学部4年生下野勘智氏（現、修士1年）
のPPT資料を使用しました。末筆ながら謝意を表します。

土木学会平成27年度全国大会 研究討議会
2015年9月18日(金)

土砂災害後の復旧期に求められる 災害リスク情報

畠山満則(京都大学防災研究所)
神谷大介(琉球大学)

災害対策基本法(平成25年6月改正)

(市町村地域防災計画)
第四十二条

3 市町村地域防災計画は、前項各号に掲げるもののほか、市町村内の一一定の地区内の居住者及び当該地区に事業所を有する事業者(以下この項及び次条において「地区居住者等」という。)が共同して行う防災訓練、地区居住者等による防災活動に必要な物資及び資材の備蓄、災害が発生した場合における地区居住者等の相互の支援その他の当該地区における防災活動に関する計画(同条において「地区防災計画」という。)について定めることができる。

防災計画一 計画的防災対策の整備・推進

- ・中央防災会議 : 防災基本計画
- ・指定行政機関・指定公共機関 : 防災業務計画
- ・都道府県・市町村防災会議 : 地域防災計画
- ・市町村の居住者・事業者 : 地区防災計画

http://chikubousai.go.jp/basic.php?eid=00006

地区防災計画

第3章 計画の内容②

地域コミュニティを維持するためのプロセス

地域防災計画(案)

地区防災計画ガイドライン(概要)より抜粋
http://chikubousai.go.jp/basic.php?eid=00006

地区防災計画

地区防災計画(案)

活動を発展させよう
 ○町内の連携をしよう
 ○地域の連携をしよう
 ○他の組織と連携をしよう
 ○市民を連携をしよう

災害時の力を高めよう
 ○事前に準備をしよう
 ○教育・訓練をしよう
 ○準備を充実させよう

誰が	誰が	誰が	誰が
何を	何を	何を	何を
どれだけ	どれだけ	どれだけ	どれだけ
どのように	どのように	どのように	どのように

TEAM 行政機関

みんなで何ができるかな

自分では何をやるべきかな 行政では何をやってもらえるかな

どんな災害があるんだろう この辺で災害に強いのかな 判断材料となる情報を提供する

判断の基準は自分で決める

平成25年台風26号による伊豆大島豪雨災害の概況

東京都大島町
2013年10月16日午前2時ごろから1時間100mmを超える猛烈な雨が数時間降り続き、24時間の降水量が800mmを超える豪雨となった。
この豪雨により大規模な土砂災害が発生し、死者36名、行方不明3名(2014年2月3日時点)となった。

台風26号の軌跡

	全旗	東京	西日本	全旗	東京	西日本	
日付	午後	午前	午後	午後	午前	午前	
15日	50	11	18	17	46	14	133
16日	80	15	33	103	29	29	239
17日	114	23	26	90	97	29	319
18日	61	12	18	48	94	14	177

時間雨量と累積雨量の時系列変化
(東京都大島町大島、2013/10/15~16)

平成25年10月台風26号による伊豆大島豪雨災害調査報告書(2014年3月)
土木学会・地盤工学会・日本応用地質学会・日本地すべり学会
平成25年10月台風26号による伊豆大島豪雨災害緊急調査団
http://committees.jscr.or.jp/report/system/files/20140526.pdf

伊豆大島土砂災害対策検討委員会報告書(平成26年3月)

伊豆大島土砂災害対策検討委員会報告について

トントク対策
ハート対策には一定の知識を扱うことから、以下のようなソフト対策を分類してしていく。

C警戒避難体制の整備
 ・毎の警戒段階に沿る想定、平成22年算に警戒区域等の指定を行ったが、土砂灾害防止法に基づく基礎防災に早期に着手・前にによるゾーディマップ作成・配付

D潜伏体制の強化
 ・土石流警報センサーの快適性や検知情報の伝達手段・伝達時間を考えし、設置について検討・雨量計の設置の必要性を検討

D潜伏体制の向上
 ・地域で導入した防災教育など、防災意識の向上に向けた継続的取組みの要なる推進

伊豆大島土砂災害対策検討委員会報告書(平成26年3月)

4.3 ソフト対策

以下にソフト対策（案）の実施項目を示す。

整備計画体制の整備	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂災害危険箇所マップを基にした暫定ハザードマップの配布 ・費用削減基準の適用 ・土砂災害防止法に基づく基礎調査・既成指定期間 ・土砂災害警戒指標の基準指針の検討 ・面町村地盤防護計画の見直し ・土砂災害ハザードマップの作成・配布および避難行動につなげ取り組み
監視体制の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・ダイヤモニタリングの堅急的な設置 ・土石流堆積地センサーによる雨量計の追加設置検討
防災意識の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・防災教育の充実

今後実施項目は、一ページ対象の選択、災害からの時間超過に合わせて、短時間的、または長期的に実施するものとする。

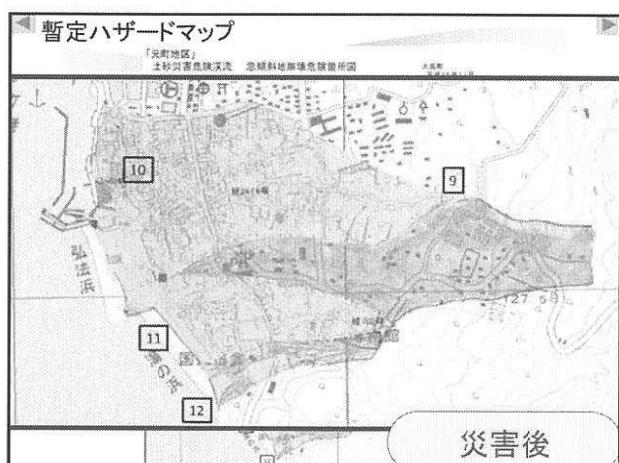
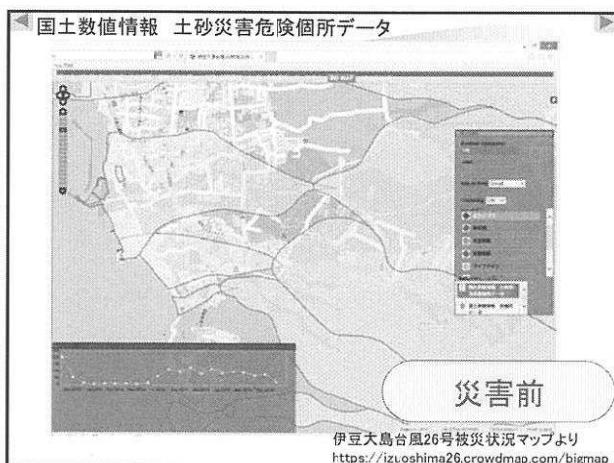
4.3.1 警戒避難体制の整備

(1) 土砂災害危険箇所マップを基にした暫定ハザードマップの配布
(平成25年度実施済み)

土砂災害発生後、その後想定される土砂移動に関する情報が既存の土砂災害危険箇所マップを基に作成し、住民へ周知した。土砂災害防止法に基づく警戒避難体制の整備を行うまでの間は、これをもとに警戒避難体制をとるものとする。

(2) 暫定避難基準の運用 (平成25年度実施済み)

大規模な土砂移動後は、流域内に不安定土砂が残存していることから、降雨に土砂不安定土砂が移動しやすくなっていることを考慮した暫定措置を取った。



消防団員・災害ボランティアへのインタビューから

災害復旧時に、雲行きが怪しくなった場合、
搜索活動や泥搔きなどの作業を中断して、
土嚢積みの作業や指導をしていました。

被災によるハード対策の損傷や地形の変化を
考慮して水の流れをよみ、被災していない家屋が
ダメージを受けないように水の道を作った。
状態の悪い家屋は、水の道として利用した。

**災害リスクの取り方を考慮した
情報提供の必要性**

今後の災害対策へ向けて

もう少し被災地域で生活する住民が求めている
情報を公開する必要がある

暫定版ハザードマップとして、再度、土砂災害を引き起こす可能性の
高い部分を明確にし、その部分がもし滑るとしたらどこにどのような
影響が出るのか、それに対して、復旧対策が行われればどの程度
対応できるようになるのか、について示されたマップにすることは
できないのか？

議論したいこと

実現に向けて、まだ解決できていない技術的な課題はあるのか？
公開する行政側に解決できない課題があるのか？

12