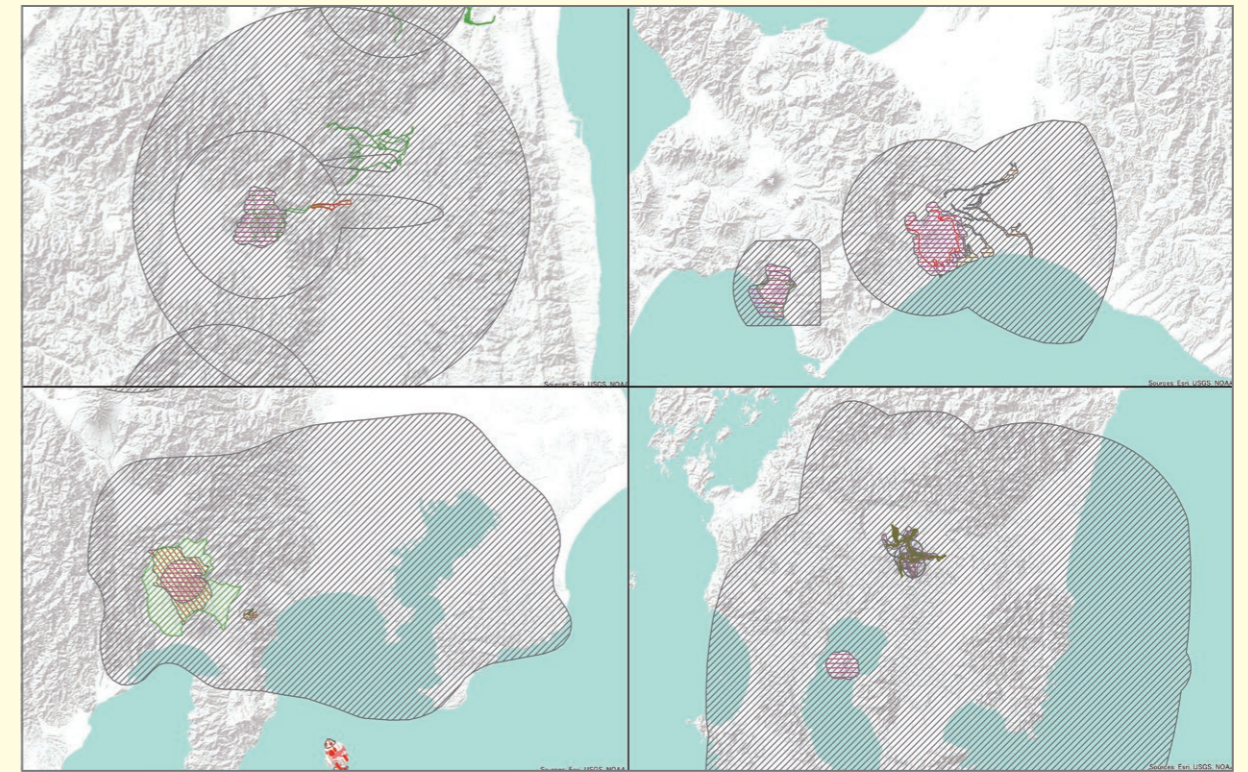


火山ハザードマップを用いた全国35火山における 火山噴火ハザード曝露評価

Exposure Assessment to Volcanic Hazards Related to 35 Volcanoes in Japan Using Volcanic Hazard Maps



防災科学技術研究所研究資料 第四八三号

火山ハザードマップを用いた全国35火山における火山噴火ハザード曝露評価

防災科学技術研究所

防災科学技術研究所研究資料

- 第 432 号 全国を概観するリアルタイム地震被害推定・状況把握システムの開発 311pp. 2019 年 3 月発行
- 第 433 号 新庄における気象と降積雪の観測(2017/18 年冬期) 51pp. 2019 年 3 月発行
- 第 434 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み – 南西レスキュー 30 における活動報告 – 158pp. 2019 年 6 月発行
- 第 435 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み – みちのく ALERT2018 における活動報告 – 140pp. 2019 年 7 月発行
- 第 436 号 平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）の被災自治体における災害情報システムの活用実態に関する調査 60pp. 2019 年 9 月発行
- 第 437 号 SIP4D 利活用システム技術仕様書・同解説 142pp. 2019 年 10 月発行
- 第 438 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み – かもしか RESCUE2019 における活動報告 – 46pp. 2019 年 12 月発行
- 第 439 号(1) 南海トラフ沿いの地震に対する確率論的津波ハザード評価 第一部 本編 575pp. 付録編 514pp. 2020 年 4 月発行
- 第 440 号 蛇籠を用いた構造物の合理的な設計手法のための変形メカニズムに関する実験研究 – 蛇籠の理論体系構築に向けた基礎的研究 – 26pp. 2020 年 1 月発行
- 第 441 号 長岡における積雪観測資料(41) (2018/19 冬期) 25pp. 2020 年 3 月発行
- 第 442 号 新庄における気象と降積雪の観測(2018/19 年冬期) 47pp. 2020 年 2 月発行
- 第 443 号 クラウドファンディングを活用した研究事例 – ネパール組積造住宅の耐震補強実験を例として – 32pp. 2020 年 3 月発行
- 第 444 号 南海トラフで発生する地震・津波を対象とした広域リスク評価手法の検討 163pp. 2020 年 3 月発行
- 第 445 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み – 01TREX/ 南海レスキュー 01 における活動報告 – 23pp. 2020 年 6 月発行
- 第 446 号 災害関連情報の効果的アーカイブ方法の検討 – 都道府県の公式ホームページから発信される情報・資料を対象に – 81pp. 2020 年 7 月発行
- 第 447 号 土のう構造物を用いた道路盛土の新たな耐震補強工法に関する実大震動台実験 – 地震災害後の道路の早期復旧と中長期的な維持に向けての検証 – 68pp. 2020 年 7 月発行
- 第 448 号 E-Defense を用いた実大 RC 橋脚 (C1-2 橋脚) 震動破壊実験研究報告書 – 主鉄筋段落としを有する RC 橋脚の耐震性に関する震動台実験 – 46pp. 2020 年 8 月発行
- 第 449 号 E-Defense を用いた実大 RC 橋脚 (C1-6 橋脚) 震動破壊実験研究報告書 – ポリプロピレンファイバーコンクリートを用いた高耐震性能橋脚の開発 – 36pp. 2020 年 9 月発行
- 第 450 号 令和元年東日本台風(台風第 19 号)による各県の被害概要および受援設備の整理 85pp. 2020 年 9 月発行
- 第 451 号 地震と降雨の作用を受ける蛇籠擁壁の安定性に関する実験的研究 – 蛇籠擁壁の粘り強さの検証 – 40pp. 2020 年 11 月発行
- 第 452 号 令和元年台風 15 号 千葉県における高齢者被災状況調査報告 83pp. 2021 年 2 月発行
- 第 453 号 2018 年度防災科研クライシスレスポンスサイト(NIED-CRS)の構築と運用 43pp. 2021 年 2 月発行
- 第 454 号 新庄における気象と降積雪の観測(2019/20 年冬期) 41pp. 2021 年 2 月発行
- 第 455 号 ISUT による災害情報の統合と共有 – 令和元年台風第 15 号(房総半島台風)および台風第 19 号(東日本台風)の事例 – 92pp. 2021 年 2 月発行
- 第 456 号 有珠山壮瞥火山観測井コア試料の岩相と層序 36pp. 2021 年 2 月発行
- 第 457 号 降雨と地震の作用下におけるため池堤体の変形・破壊に関する実験研究 – ため池の安全性向上に向けて – 29pp. 2021 年 1 月発行
- 第 458 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取組 – 令和 2 年度長野県大規模風水害図上訓練における活動報告 – 19pp. 2021 年 2 月発行
- 第 459 号 米国の連邦および地方政府と地方自治体の災害対応に関する現地調査報告 – FEMA Region 9, カリフォルニア州を対象に – 66pp. 2021 年 2 月発行
- 第 460 号 地震による直接被害額のリアルタイム推計方法の検討 88pp. 2021 年 2 月発行
- 第 461 号 長岡における積雪観測資料(42) (2019/20 冬期) 16pp. 2021 年 2 月発行
- 第 462 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み – 沖縄県 SIP4D 接続実証実験の活動報告 – 48pp. 2021 年 5 月発行

防災科学技術研究所研究資料

- 第 463 号 2019/2020 年度 土砂災害予測に関する研究会 プロシーディング 145pp. 2021 年 7 月発行
- 第 464 号 SIP4D 利活用システム技術仕様書・同解説 – 第 2 版: SIP4D-ZIP への対応等に関する改定 – 137pp. 2021 年 8 月発行
- 第 465 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み –03JXR/ 令和 3 年度第 1 回東京都図上訓練における活動報告 – 65pp. 2021 年 11 月発行
- 第 466 号 SIP4D 利活用システムの社会実装事例 – 宮崎県防災情報共有システムの事例 – 116pp. 2021 年 11 月発行
- 第 467 号 1662 年日向灘地震における慰霊碑及び歴史的資産に関する研究 37pp. 2021 年 12 月発行
- 第 468 号 新庄における気象と降積雪の観測(2020/21 年冬期) 45pp. 2022 年 1 月発行
- 第 469 号 光ファイバーひずみ計測システムおよび加速度センサを用いた 4m 大型二軸摩擦実験のひずみ・変位計測 24pp. 2022 年 2 月発行
- 第 470 号 防災に関する取組みを効果的に集約するサマリーレポート構築の実践 – コロナ状況下での災害時避難を対象に – 46pp. 2022 年 2 月発行
- 第 471 号 マルチチャネル反射法地震探査から推定された S-net 観測点下の堆積層分布および堆積層補正を用いた震源決定例 66pp. 2022 年 2 月発行
- 第 472 号 長岡における積雪観測資料(43) (2020/21 冬期) 29pp. 2022 年 2 月発行
- 第 473 号 大宰府を守る水城による防衛線と筑前怡土城の土塁補強工法に関する研究 28pp. 2022 年 2 月発行
- 第 474 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み – 実動組織との災害情報共有の強化に向けた陸上自衛隊第 5 旅団との活動報告 – 133pp. 2022 年 4 月発行
- 第 475 号 地域防災 Web「あなたの地域を知ろう」における地域特性情報の改訂 64pp. 2022 年 5 月発行
- 第 476 号 2021 年度 オンライン会議「災害情報の広域連携と SIP4D への期待」の概要 50pp. 2022 年 5 月発行
- 第 477 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み – 愛知県 令和 3 年度災害情報センター運用訓練における活動報告 54pp. 2022 年 6 月発行
- 第 478 号 MR デバイスを用いた被災状況把握ツールの基礎研究 45pp. 2022 年 6 月発行
- 第 479 号 災害時重要施設の高機能設備性能評価と機能損失判定 64pp. 2022 年 7 月発行
- 第 480 号 2021 年度土砂災害予測に関する研究会 プロシーディング 115pp. 2022 年 8 月発行
- 第 481 号 全国基礎自治体を対象とした「福祉部署から見た防災対策・災害対応調査」報告書 79pp. 2022 年 8 月発行
- 第 482 号 新庄における気象と降積雪の観測(2021/22 年冬期) 47pp. 2022 年 9 月発行

– 編集委員会 –		防災科学技術研究所研究資料 第 483 号
(委員長)	河合 伸一	
(委員)		令和 4 年 10 月 31 日発行
植平 賢司	黒川 愛香	編集兼 国立研究開発法人
加藤 亮平	三浦 伸也	発行者 防災科学技術研究所
柏木 柚香	平島 寛行	〒 305-0006
藤原 淳	川嶋 一浩	茨城県つくば市天王台 3 – 1
(事務局)		電話 (029)863-7635
内山 庄一郎	前田 佐知子	https://www.bosai.go.jp/
池田 千春		
(編集・校正)	樋山 信子	

© National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience 2022

※防災科学技術研究所の刊行物については、ホームページ (<https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/>) をご覧下さい。

■ 表紙図 … 本稿で使用したハザードマップデータ例。ArcGIS Pro (Esri) で作成した。
(左上)磐梯山, 安達太良山, 吾妻山 (左下)富士山, 箱根山, 伊豆大島 (右上)樽前山, 有珠山 (右下)霧島山, 桜島
背景地形図は Esri, アメリカ地質調査所, アメリカ海洋大気庁による。

火山ハザードマップを用いた全国 35 火山における火山噴火ハザード曝露評価

河野裕希*・宮城洋介*・岩井一朗**

Exposure Assessment to Volcanic Hazards Related to 35 Volcanoes in Japan Using Volcanic Hazard Maps

Yuhki KOHNO*, Yousuke MIYAGI*, and Ichiro IWAI**

*Volcano Disaster Resilience Research Division,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Japan
yuhki-k@bosai.go.jp, m_yousuke@bosai.go.jp

**Esri Japan Corporation

Abstract

We evaluated exposure to volcanic eruption hazards for 35 volcanoes in Japan using volcanic hazard maps. Five volcanic hazards were considered: lava flow, pyroclastic flow, debris flow, snow-related lahar, and ashfall. The exposure targets were population, buildings, highways, national highways, railways, and bullet train railways. Hazard data were converted to polygons, and GIS software used to count exposure targets included in the hazard polygons. Exposure scores were calculated based on the evaluation result and summarized. This revealed that the amount of exposure to eruption of Fuji volcano was the greatest with large effects of ashfall, lava flow, and snow-related lahar. In addition, we confirmed a considerable number of exposures to pyroclastic flows nationwide. The evaluation result also showed impacts on urban areas at the foot of volcanoes due to ashfall, debris flows, and snow-related lahars which extend far away.

Key words: 35 volcanoes in Japan, Hazard map, Exposure assessment

1. はじめに

日本国内には 111 の活火山があるにも関わらず、火山周辺の被害およびリスク評価は十分に行われていない。さらに日本の国土の狭さやインフラストラクチャー（以下、インフラ）開発の技術発展により、社会生活は火山近傍へ進出してきたおり、そのような地域では発生する噴火がたとえ小規模であっても噴火災害による社会的影響は甚大になる（中村他, 2021）。従って、火山地域でのリスクを理解し、費用対効果の判断も含めて火山噴火対策を事前に計画しておくことは、被害軽減には不可欠である。

「曝露評価」とは、火山噴火ハザード（以下、ハザード）

の危険に曝されている対象（以下、曝露対象）の数を調べるものであり、リスク評価の根幹となる重要な情報である。曝露対象の分布を把握することはリスク管理の上では不可欠であり、 $(\text{リスク値}) = (\text{ハザード発生確率}) \times (\text{曝露対象数}) \times (\text{曝露対象の脆弱性})$ で表現される通り（例えば Wilson *et al.* (2014)）、曝露対象数が 0 である場合は、被害を受ける対象がないためリスク値も 0 となる。つまり曝露対象の分布を考慮することにより火山噴火対策に係る適切な資源配分が可能になり、費用対効果の向上につながると考えられる。本稿では日本国内 35 火山に関する複数のハザードに対して統一的手法により火山地

* 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 火山防災研究部門

** ESRI ジャパン株式会社

域ごとに曝露を評価し、その結果を報告する。

2. データ

2.1 火山噴火ハザードデータ

本稿における曝露評価で使用するハザードデータとして、既存の火山ハザードマップ(以下ハザードマップ)に掲載されているハザード情報を用いる。現在国内には 40 を超える火山のハザードマップが存在し、噴火頻度が低い火山においても順次公開されている。これらを用いることで定量的かつ網羅的な曝露評価が可能になる。

ハザードマップは、内閣府等による火山防災マップ作成指針(内閣府他, 2013)に沿って各火山防災協議会(以下協議会)が作成しており、火山周辺自治体は地域防災計画策定のための基礎資料としてハザードマップを利用している。ハザードマップには各火山で想定されている各種ハザードの影響範囲が地図上に描画されているが、作成指針には噴火規模やハザードの指定が示されていないため、それらは個々の火山において再現性が高いとされる噴火活動を示したケース、小規模・中規模・大規模のようにいくつかの噴火規模を想定したケース、過去にあった噴火のうち最大影響範囲を示したケースなど各協議会で定めたシナリオに基づいて作成されている(田島, 2017)。地質学的調査により履歴が認められなかったものについては、他火山における既往研究により推定された噴出量を参考にするケースも見られる。そのため国内のハザードマップは、掲載されているハザードタイプや、想定されている噴火規模が火山によってそれぞれ異なる。

防災科学技術研究所では、現在協議会等が発行しているハザードマップのうち 35 火山についてのシェープファイル化を実施した(表 1)。ハザードマップをシェープファイル化することにより、GIS ソフトにハザード情報を取り込むことができ、他種地理空間情報との空間比較や解析が行えるようになった。ただし、岩木山・秋田焼山・鳥海山については、火山噴火緊急減災対策砂防計画書がハザードマップ公開後に更新されているため、本稿では当計画書内に記載されたハザードを基にしたハザードデータを使用した。

本稿では、上述のシェープファイル化したハザード情報のうち溶岩流・火砕サージ・融雪型泥流・土

石流・降灰の 5 種の到達範囲を示す包絡線をハザードデータとして曝露評価に使用した。なお噴石ハザードは主に火口近傍に影響があるハザードであるが、火口近傍の曝露対象データが存在しないため、除外した(表 2)。

2.1.1 ハザードデータ前提条件

ハザードデータを使用するにあたり、以下に挙げる条件を前提とした。

全国的な火山災害曝露評価を実施するためには各火山につき使用するシナリオを 1 つに絞る必要があることから、本稿では各ハザードマップで想定されている最も規模の大きい噴火シナリオを対象として曝露評価を実施することにする。

活火山総覧第 4 版(気象庁, 2013)では霧島山と鶴見岳・伽藍岳は 1 つの火山と位置付けられている一方で、ハザードマップには火口ごとに想定ハザードが掲載されているため、ハザードマップが作成されている火口ごとのハザードによる曝露評価を実施した。

同一火口から同一ハザードの影響が複数方向へ及ぶことが示されている場合は、それらハザード分布を全て結合し 1 つのハザード包絡線とした。

表 1 防災科学技術研究所がハザードマップ内に記載されたハザード情報のシェープファイル化を 2020 年までに実施した火山リスト。

Table 1 Volcanoes for which hazards on each volcanic hazard map are converted into shapefile by NIED up to 2020.

活火山名(火口名)	活火山名(火口名)
十勝岳	乗鞍岳
樽前山	御嶽山
有珠山	白山
北海道駒ヶ岳	富士山
恵山	箱根山
岩木山	伊豆東部火山群
秋田焼山	伊豆大島
岩手山	三宅島
秋田駒ヶ岳	鶴見岳
鳥海山	伽藍岳
栗駒山	由布岳
蔵王山	九重山
吾妻山	阿蘇山
安達太良山	雲仙岳
磐梯山	霧島山(えびの高原)
那須岳	霧島山(新燃岳)
草津白根山	霧島山(御鉢)
浅間山	霧島山(大幡池)
新潟焼山	桜島
焼岳	口永良部島

表 2 本稿で使用したハザード種とデータ出典
Table 2 A list of hazard types used in this work and their data sources.

溶岩流	火砕流	土石流	融雪型泥流	降灰	出典
○	○	-	○	○	上高良野町十勝岳火山防災マップ (2016)
-	○	○	○	○	樽前山火山防災計画 (2012年版)
-	○	○	○	○	有珠山火山防災マップ-新たな備えのために- (2002年版)
-	○	○	○	○	駒ヶ岳火山防災ハンドブック (2010年版)
-	○	○	○	○	恵山火山防災マップ (2001年版)
○	○	○	○	○	岩木山火山噴火緊急減災対策砂防計画 (2015年)
○	○	○	○	○	秋田焼山火山噴火緊急減災対策砂防計画 (2018年)
○	○	○	○	○	岩手山火山防災マップ (1998年版)
○	○	○	○	○	秋田駒ヶ岳火山防災マップ (2011年版)
○	○	○	○	○	鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画 (2018年)
○	○	○	○	○	栗駒山火山ハザードマップ (2018年版)
-	○	○	○	○	蔵王山火山防災マップ宮城版, 山形版 (2017年)
-	-	○	○	○	吾妻山火山防災マップ2014年改訂版 (2014年)
-	○	○	○	○	安達太良山火山ハザードマップ (2016年版)
-	○	○	○	○	磐梯山火山ハザードマップ (2017年版)
○	○	○	○	○	那須岳火山防災マップ (改訂版 (2010))
-	-	○	○	-	草津白根山火山防災マップ (1995年版)
○	○	○	○	○	浅間山火山防災マップ2003年版
-	○	-	○	-	新潟焼山火山防災マップ (2015年版)
○	○	○	○	-	焼岳火山防災マップ (2015年版)
○	○	-	○	○	乗鞍岳火山ハザードマップ (2017年版)
-	○	-	○	-	御嶽山火山ハザードマップ (2015)
-	○	-	○	-	白山火山ハザードマップ
○	○	○	○	○	富士火山を知る: 富士北麓住民ガイドブック (2004)
-	○	○	-	○	箱根町火山防災マップ (平成21年3月修正) (2009年版)
-	-	-	-	-	伊豆東部火山群火山防災計画
○	-	-	-	○	伊豆大島火山防災マップ (1994)
○	-	○	-	-	三宅島防災マップ (1994年版), 三宅村防災マップ (2012年版)
○	○	○	-	○	鶴見岳・伽藍岳火山防災マップ (2016年版)
○	○	○	-	○	伽藍岳・伽藍岳火山防災マップ (2016年版)
○	○	○	-	○	由布岳・鶴見岳・伽藍岳火山防災マップ (2006年版)
○	○	○	-	-	くじゅう山系火山防災マップ (2013年版)
○	○	○	-	○	阿蘇山火山防災マップ (2008)
○	○	○	-	-	雲仙岳噴火による火山災害予想区域図 (1991)
○	○	○	-	○	霧島山火山防災マップ (2009)
○	○	○	-	○	霧島山火山防災マップ (2009)
○	○	○	-	○	霧島山火山防災マップ (2009)
○	○	○	-	○	霧島山火山防災マップ (2009)
-	○	-	-	○	桜島火山防災マップ (2006年版), 桜島広域火山防災マップ (2007)
○	○	○	-	○	鹿児島県地域防災計画火山災害対策編

ハザードマップに掲載されていないハザードについては、到達範囲を抽出することができないために評価対象外となる。伊豆東部火山群のハザードマップについては、ハザードの到達範囲ではなく噴火の影響する範囲についてのみ掲載されていることから評価対象から除外した。

ハザードデータの使用にあたって前提条件がさらに必要なものを以下に記述した。

(火砕流・火砕サージ)

ハザードマップには火砕流のみを示したのもあれば火砕流と火砕サージが別々に示されているものもある。本稿では、火砕サージの到達範囲が示されているものについては、より広範囲に影響を及ぼすと考えられる火砕サージを火砕流ハザードとして扱うことにした。

(土石流)

土石流に関しては火口から 40 km 圏内のものを土石流ハザードとした。これは火口からの 40 km 圏内で火山噴火災害による犠牲者が出ているという、Brown *et al.* (2017) による統計結果に基づく。

浅間山に関しては広域かつ詳細な土石流危険区域の分布となっており、ハザードマップから抽出することが困難であったため、国土交通省が公開している国土数値情報ダウンロードサイト(国土交通省)による土石流危険箇所種別のうち「土石流危険区域」から該当範囲を抽出したものを使用した。

(降灰)

降灰ハザードは山体の地形に関係なく、噴火口から吹き上げられたのち細粒なものが上空の風に乗って広範囲に広がる。日本の上空では偏西風が吹いているため、噴出した火山灰は遠く東へ流れていくことが多くの火山で想定されており、到達範囲の描写を紙面の都合上途中で切っているものや不明確にしているものが多い。それらについては、ハザードマップで描かれている範囲のみを到達範囲とみなし、便宜上降灰到達範囲を作成した。

2.2 曝露対象データ

本稿では、曝露評価における曝露対象として人口・建物・国道・高速道路・在来線鉄道・新幹線鉄道を設定した。島嶼部(伊豆大島・三宅島)については、国道の代わりに県道を設定した。各データの出典については表 3 に示す。なお口永良部島の人口は 2010 年国勢調査の結果を参照した。

表 3 本稿で使用した曝露対象種と出典
Table 3 A list of exposure targets used in this work and their sources.

曝露対象	出典
人口	国勢調査(2015年)小地域区分 (口永良部島:国勢調査(2010年) 小地域区分)
建物数	GEOSPACE電子地図情報(2020年版)
高速道路	国土数値情報(平成30年度)
国道 県道(島嶼部)	国土数値情報(平成7年度) ArcGIS Geo Suite関東(2018年版)
在来線鉄道	国土数値情報(平成30年度)
新幹線鉄道	国土数値情報(平成30年度)

3. 評価手法

曝露対象がハザードに対して曝露しているかどうかは、ハザードデータと曝露対象データの空間的関係から判定し、ハザード包絡線内に曝露対象が含まれている場合は「曝露している」、含まれていない場合は「曝露していない」とした。そして、曝露の程度を火山間で比較するため、評価結果に基づいたスコアリングを実施した。

3.1 空間解析

ハザードデータと曝露対象データとの空間解析は鈴木・中村(2009)を参考に GIS ソフトを使っておこなった。GIS ソフトは ArcGIS Desktop 10.5 (Esri) を用いた。各ハザード情報はポリゴンデータとなっており、ハザードポリゴン内に曝露対象が含まれるか否かを判定した。この際人口と建物が曝露対象である場合は、そこに含まれている人口と建物数を出力した。人口が含まれる地域の面積に対してハザードポリゴンが重畳している面積割合でその地域の人口を比例配分したものを曝露人口とした。曝露建物数はハザードポリゴン内に含まれる建物数を計上したものをそのまま採用した。一方、国道・高速道路・在来線鉄道・新幹線鉄道が曝露対象である場合については、曝露している個数を計上するのではなく曝露しているか否かのみ評価し、ハザードポリゴンに重畳すれば「曝露している状態」とした。

3.2 スコアリング

空間解析の結果に基づき各火山においてスコアリングを実施した。曝露対象の内、人口および建物数については「曝露量」という定量的な情報を、インフラについては「曝露している」「曝露していない」とい

う状態に関する情報を抽出し、本稿ではこれら曝露情報を数値化し総合的な曝露の程度をスコアとして表現することを試みた。

インフラに関しては、曝露していれば 1、曝露していなければ 0 として定性的な情報を数値化した。ある火山におけるインフラの曝露状況を示す数値 0/1 を全てのインフラについて加算し、これを各火山における「インフラスコア」とした。つまり各火山においてより多くのインフラ種がハザードへ曝露していればインフラスコアは最大で 4 になる。人口と建物数に関しては、各火山で得られた曝露量の常用対数を取った。これらを加算した合計値を各火山における「曝露スコア」とした。

4. 評価結果

表 4.1–4.5 に人口および建物に関する曝露量、インフラスコアとその内訳、そして曝露スコアをハザード別に示す。曝露スコア列の最下部には全火山における曝露スコアの合計値を記載した。この合計値が最も高かったのは降灰であり、続いて火砕流であった。

ハザードに曝露している人口および建物を対象とした曝露量を図 1.1 に示す。このグラフは降灰を除く 4 種のハザードに対する人口および建物に関する曝露量の合計を火山別に示している。人口および建物を対象とした曝露量が最も多いのは富士山であった。富士山では溶岩流、次いで融雪型泥流への曝露量が多く、この 2 種に対する曝露量だけで全国の火山における降灰を除く 4 種のハザードに対する曝露量のおよそ 56% に及ぶ。富士山の次に多いのが浅間山、樽前山であり、土石流や融雪型泥流へ多く曝露していることがわかった。鶴見岳・伽藍岳では火砕流へ多く曝露しており、全国の火砕流への曝露量の 25% に及ぶことがわかった。

図 1.2 では降灰へ曝露している人口および建物を対象とした曝露量を火山別に示している。降灰への曝露量は、その他への曝露量の 10 倍多いことが特徴的である。特に富士山からの降灰への人口および建物に関する曝露量は 4,000 万以上であることがわかった。さらに火山の東側に都市が形成されている地域の曝露量が多いことも明らかになった。曝露している人口および建物が他のハザードの曝露量合計値に比べて 10 倍以上になる火山は北海道駒ヶ岳・

栗駒山・蔵王山・安達太良山・那須岳・浅間山・富士山・桜島であった。

図 2.1 および図 2.2 では人口および建物に関する曝露量の内訳をハザード別に示した。これによると、火砕流への人口および建物の曝露は全国的に相当数見られ、これが火砕流の曝露スコアの合計値が高い要因になったと考えられる。火砕流はハザードマップ上では土石流や融雪型泥流に比べると火口からの到達距離が短い。それにも関わらず火砕流への曝露量が多いのは、火口に比較的近い場所や、地形的に火砕流が到達しやすい麓斜面に社会生活基盤が形成されていることが要因として考えられる。この点については中村他 (2021) も同様のことを指摘しており、本評価結果においてもこれが全国的な傾向として捉えられたと言える。

富士山の降灰へ曝露している人口は 3,000 万人以上であり、日本の総人口のおよそ 1/4 が曝されているという結果になった。また東北地方では安達太良山、関東地方では浅間山、九州地方では桜島において数百万人規模で影響を受けるという結果も得られた。

図 3 では各火山における曝露スコアをハザード別にグラフで示す。富士山の降灰による曝露スコアが最も高く、桜島の降灰による曝露スコアが次に高い。土石流・融雪型泥流・降灰による曝露スコアは平均的に高く、これら 3 種が遠方に広がる都市部に影響を及ぼす現象であるということが評価結果にも反映された。

5. おわりに

全国の火山において、ハザード(溶岩流、火砕流、土石流、融雪型泥流、降灰)に対する、人、建物、インフラの曝露の状況を明らかにするために、各火山のハザードマップと国土数値情報を用いた曝露評価を実施した。人口および建物の曝露量とインフラの曝露の状況をそれぞれスコアリングし、火山ごとおよびハザード別の曝露スコアを算出した。これにより、各火山地域のハザードへの曝露の特徴が示され、地域間の曝露の状況を比較できるようになった。富士山のハザードへの曝露は全国で最も多いことが定量的に明らかになり、その中でも降灰、溶岩流、融雪型泥流へ曝露が多いことが示された。今後曝露の状況をさらに具体的に把握するために、曝露対象

表 4.1 溶岩流への曝露評価結果を示す。各火山における、人口・建物の曝露量と、インフラストラクチャー（左から高速道路，在来線線路，新幹線線路，国道）の曝露状況，および算出されたインフラスコアと曝露スコアを示す。

Table 4.1 Exposure assessment result related to lava flows. Columns: population, number of buildings, exposure status of infrastructure (highways, railways, bullet train railways, national highways from left), infrastructure-score indicating number of infrastructure-types exposed to volcanic hazards, and exposure-score, from left.

溶岩流								
活火山名	人口	建物数	高速道路	線路	新幹線	国道	インフラスコア	曝露スコア
十勝岳	0	0	×	×	×	×	0	0.00
樽前山	-	-	-	-	-	-	-	-
有珠山	-	-	-	-	-	-	-	-
北海道駒ヶ岳	-	-	-	-	-	-	-	-
恵山	-	-	-	-	-	-	-	-
岩木山	225	18	×	×	×	×	0	3.61
秋田焼山	19	14	×	×	×	○	1	3.42
岩手山	1,729	647	×	×	×	×	0	6.05
秋田駒ヶ岳	167	418	×	×	×	○	1	5.84
鳥海山	422	717	×	○	×	○	2	7.48
栗駒山	0	1	×	×	×	×	0	0.00
蔵王山	-	-	-	-	-	-	-	-
吾妻山	-	-	-	-	-	-	-	-
安達太良山	-	-	-	-	-	-	-	-
磐梯山	-	-	-	-	-	-	-	-
那須岳	175	78	×	×	×	○	1	5.14
草津白根山	-	-	-	-	-	-	-	-
浅間山	1,078	1,347	×	×	×	×	0	6.16
新潟焼山	-	-	-	-	-	-	-	-
焼岳	131	205	×	×	×	○	1	5.43
乗鞍岳	36	73	×	×	×	○	1	4.42
御嶽山	-	-	-	-	-	-	-	-
白山	-	-	-	-	-	-	-	-
富士山	443,246	483,849	○	○	○	○	4	15.33
箱根山	-	-	-	-	-	-	-	-
伊豆大島	3,938	5,087	×	×	×	○	1	8.30
三宅島	809	860	×	×	×	○	1	6.84
鶴見岳	6,212	3,080	○	×	×	○	2	9.28
伽藍岳	42	91	○	×	×	○	2	5.58
由布岳	313	13	○	×	×	○	2	5.61
九重山	28	3	×	×	×	×	0	1.92
阿蘇山	993	1,415	×	○	×	○	2	8.15
雲仙岳	0	0	×	×	×	×	0	0.00
霧島山えびの高原	131	56	×	×	×	○	1	4.87
霧島山新燃岳	713	5	×	×	×	×	0	3.55
霧島山御鉢	270	23	×	×	×	○	1	4.79
霧島山大幡池	546	340	×	×	×	○	1	6.27
桜島	-	-	-	-	-	-	-	-
口永良部島	16	14	×	×	×	×	0	2.35
								130.40

表 4.2 火砕流への曝露評価結果を示す。各火山における、人口・建物の曝露量と、インフラストラクチャー（左から高速道路、在来線線路、新幹線線路、国道）の曝露状況、および算出されたインフラスコアと曝露スコアを示す。

Table 4.2 Exposure assessment result related to pyroclastic flows. Columns: population, number of buildings, exposure status of infrastructure (highways, railways, bullet train railways, and national highways from left), infrastructure-score indicating number of infrastructure-types exposed to volcanic hazards, and exposure-score, from left.

火砕流

活火山名	人口	建物数	高速道路	線路	新幹線	国道	インフラスコア	曝露スコア
十勝岳	1	1	×	×	×	×	0	0.00
樽前山	3,726	2,623	○	○	×	○	3	9.99
有珠山	6,718	6,805	○	○	×	○	3	10.66
北海道駒ヶ岳	10,730	15,360	○	○	×	○	3	11.22
恵山	1,891	2,331	×	×	×	○	1	7.64
岩木山	3,493	3,922	×	×	×	○	1	8.14
秋田焼山	420	449	×	×	×	○	1	6.28
岩手山	1,624	94	×	×	×	×	0	5.18
秋田駒ヶ岳	884	1,252	×	×	×	○	1	7.04
鳥海山	2,134	1,656	×	○	×	○	2	8.55
栗駒山	5	17	×	×	×	○	1	2.93
蔵王山	134	14	×	×	×	○	1	4.27
吾妻山	-	-	-	-	-	-	-	-
安達太良山	33	6	×	×	×	×	0	2.30
磐梯山	9,000	10,040	○	○	×	○	3	10.96
那須岳	2,168	6,466	×	×	×	○	1	8.15
草津白根山	-	-	-	-	-	-	-	-
浅間山	12,430	20,319	×	○	○	○	3	11.40
新潟焼山	395	9	×	×	×	×	0	3.55
焼岳	623	1,303	×	×	×	○	1	6.91
乗鞍岳	225	416	×	×	×	○	1	5.97
御嶽山	895	730	×	×	×	×	0	5.82
白山	148	16	×	×	×	○	1	4.37
富士山	9,589	586	×	×	×	○	1	7.75
箱根山	37	22	×	×	×	×	0	2.91
伊豆大島	-	-	-	-	-	-	-	-
三宅島	-	-	-	-	-	-	-	-
鶴見岳	30,434	12,974	○	○	×	○	3	11.60
加藍岳	11,573	4,720	○	×	×	○	2	9.74
由布岳	3,043	6,008	○	○	×	○	3	10.26
九重山	274	4	×	×	×	×	0	3.04
阿蘇山	4,980	257	×	×	×	×	0	6.11
雲仙岳	3,440	2,024	×	×	×	○	1	7.84
霧島山えびの高原	1,283	588	○	×	×	○	2	7.88
霧島山新燃岳	2,237	201	×	×	×	○	1	6.65
霧島山御鉢	606	110	×	×	×	○	1	5.82
霧島山大幡池	3,016	2,235	○	×	×	○	2	8.83
桜島	4,075	6,686	×	×	×	○	1	8.44
口永良部島	100	333	×	×	×	×	0	4.52
								242.71

表 4.3 土石流への曝露評価結果を示す。各火山における、人口・建物の曝露量と、インフラストラクチャー（左から高速道路、在来線線路、新幹線線路、国道）の曝露状況、および算出されたインフラスコアと曝露スコアを示す。

Table 4.3 Exposure assessment result related to debris flows. Columns: population, number of buildings, exposure status of infrastructure (highways, railways, bullet train railways, and national highways from left), infrastructure-score indicating number of infrastructure-types exposed to volcanic hazards, and exposure-score, from left.

土石流								
活火山名	人口	建物数	高速道路	線路	新幹線	国道	インフラスコア	曝露スコア
十勝岳	-	-	-	-	-	-	-	-
樽前山	101,713	43,608	○	○	×	○	3	12.65
有珠山	2,225	3,080	○	○	×	○	3	9.84
北海道駒ヶ岳	7,659	10,344	×	○	×	○	2	9.90
恵山	361	771	×	×	×	○	1	6.44
岩木山	227	399	×	×	×	○	1	5.96
秋田焼山	6	10	×	×	×	○	1	2.78
岩手山	1,111	1,587	○	×	×	○	2	8.25
秋田駒ヶ岳	457	511	×	○	×	○	2	7.37
鳥海山	7	5	×	×	×	○	1	2.54
栗駒山	6	5	×	×	×	○	1	2.48
蔵王山	57	141	×	×	×	○	1	4.91
吾妻山	9,176	4,717	○	○	○	○	4	11.64
安達太良山	6,668	6,097	○	○	○	○	4	11.61
磐梯山	-	-	-	-	-	-	-	-
那須岳	792	2,263	×	×	×	○	1	7.25
草津白根山	1	9	×	×	×	×	0	0.95
浅間山	58,355	104,753	○	○	○	○	4	13.79
新潟焼山	-	-	-	-	-	-	-	-
焼岳	150	587	×	×	×	○	1	5.94
乗鞍岳	-	-	-	-	-	-	-	-
御嶽山	-	-	-	-	-	-	-	-
白山	-	-	-	-	-	-	-	-
富士山	24,084	66,892	○	○	○	○	4	13.21
箱根山	180	350	×	○	×	○	2	6.80
伊豆大島	-	-	-	-	-	-	-	-
三宅島	95	472	×	×	×	○	1	5.65
鶴見岳	6,952	3,208	○	○	×	○	3	10.35
伽藍岳	6,926	3,190	○	○	×	○	3	10.34
由布岳	5,230	5,283	○	○	×	○	3	10.44
九重山	101	190	×	×	×	○	1	5.28
阿蘇山	8,941	9,518	×	○	×	○	2	9.93
雲仙岳	6,373	5,465	×	×	×	○	1	8.54
霧島山えびの高原	122	76	×	×	×	○	1	4.97
霧島山新燃岳	248	59	×	×	×	○	1	5.17
霧島山御鉢	-	-	-	-	-	-	-	-
霧島山大幡池	454	375	○	×	×	○	2	7.23
桜島	-	-	-	-	-	-	-	-
口永良部島	1	130	×	×	×	×	0	2.11
								224.31

表 4.4 融雪型泥流への曝露評価結果を示す。各火山における、人口・建物の曝露量と、インフラストラクチャー（左から高速道路，在来線線路，新幹線線路，国道）の曝露状況，および算出されたインフラスコアと曝露スコアを示す。

Table 4.4 Exposure assessment result related to snow-related lahar. Columns: population, number of buildings, exposure status of infrastructure (highways, railways, bullet train railways, and national highways from left), infrastructure-score indicating number of infrastructure-types exposed to volcanic hazards, and exposure-score, from left.

融雪型泥流

活火山名	人口	建物数	高速道路	線路	新幹線	国道	インフラスコア	曝露スコア
十勝岳	6,528	5,300	×	○	×	○	2	9.54
樽前山	52,992	23,145	○	○	×	○	3	12.09
有珠山	9,877	8,718	○	○	×	○	3	10.94
北海道駒ヶ岳	7,659	10,344	×	○	×	○	2	9.90
恵山	322	583	×	×	×	○	1	6.27
岩木山	9,593	7,089	×	○	×	○	2	9.83
秋田焼山	445	320	×	○	×	○	2	7.15
岩手山	22,832	17,130	○	○	○	○	4	12.59
秋田駒ヶ岳	457	511	×	○	×	○	2	7.37
鳥海山	9,605	10,124	×	○	×	○	2	9.99
栗駒山	2,926	300	○	○	○	○	4	9.94
蔵王山	6,825	4,755	○	○	○	○	4	11.51
吾妻山	94,046	45,442	○	○	○	○	4	13.63
安達太良山	44,019	29,490	○	○	○	○	4	13.11
磐梯山	12,961	12,278	○	○	×	○	3	11.20
那須岳	729	4,019	×	×	×	○	1	7.47
草津白根山	608	94	×	○	×	○	2	6.76
浅間山	54,712	55,560	○	○	○	○	4	13.48
新潟焼山	231	287	○	○	○	○	4	8.82
焼岳	140	648	×	×	×	○	1	5.96
乗鞍岳	22	269	×	×	×	○	1	4.77
御嶽山	623	948	×	○	×	○	2	7.77
白山	22	261	×	×	×	○	1	4.76
富士山	379,429	408,742	○	○	×	○	3	14.19
箱根山	-	-	-	-	-	-	-	-
伊豆大島	-	-	-	-	-	-	-	-
三宅島	-	-	-	-	-	-	-	-
鶴見岳	-	-	-	-	-	-	-	-
伽藍岳	-	-	-	-	-	-	-	-
由布岳	-	-	-	-	-	-	-	-
九重山	-	-	-	-	-	-	-	-
阿蘇山	-	-	-	-	-	-	-	-
雲仙岳	-	-	-	-	-	-	-	-
霧島山えびの高原	-	-	-	-	-	-	-	-
霧島山新燃岳	-	-	-	-	-	-	-	-
霧島山御鉢	-	-	-	-	-	-	-	-
霧島山大幡池	-	-	-	-	-	-	-	-
桜島	-	-	-	-	-	-	-	-
口永良部島	-	-	-	-	-	-	-	-
								229.05

表 4.5 降灰への曝露評価結果を示す。各火山における、人口・建物の曝露量と、インフラストラクチャー（左から高速道路，在来線線路，新幹線線路，国道）の曝露状況，および算出されたインフラスコアと曝露スコアを示す。

Table 4.5 Exposure assessment result related to ashfall. Columns: population, number of buildings, exposure status of infrastructure (highways, railways, bullet train railways, and national highways from left), infrastructure-score indicating number of infrastructure-types exposed to volcanic hazards, and exposure-score, from left.

降灰

活火山名	人口	建物数	高速道路	線路	新幹線	国道	インフラスコア	曝露スコア
十勝岳	1,287	1,605	×	×	×	×	0	6.32
樽前山	368,502	190,492	○	○	×	○	3	13.85
有珠山	45,900	33,411	○	○	×	○	3	12.19
北海道駒ヶ岳	598,644	345,967	○	○	○	○	4	15.32
恵山	1,122	1,265	×	×	×	○	1	7.15
岩木山	31,432	37,559	×	×	×	○	1	10.07
秋田焼山	749	89	×	×	×	○	1	5.82
岩手山	126,972	77,157	○	○	○	○	4	13.99
秋田駒ヶ岳	1,192	78	×	×	×	○	1	5.97
島海山	52,346	56,671	×	○	×	○	2	11.47
栗駒山	110,464	98,270	○	○	×	○	3	13.04
蔵王山	258,388	141,071	○	○	×	○	3	13.56
吾妻山	36,824	21,502	○	○	○	○	4	12.90
安達太良山	1,400,621	925,064	○	○	○	○	4	16.11
磐梯山	216,988	147,418	○	○	○	○	4	14.50
那須岳	208,433	171,706	○	○	○	○	4	14.55
草津白根山	-	-	-	-	-	-	-	-
浅間山	2,360,065	1,590,043	○	○	○	○	4	16.57
新潟焼山	-	-	-	-	-	-	-	-
焼岳	-	-	-	-	-	-	-	-
乗鞍岳	693	467	×	×	×	○	1	6.51
御嶽山	-	-	-	-	-	-	-	-
白山	-	-	-	-	-	-	-	-
富士山	34,361,960	9,780,358	○	○	○	○	4	18.53
箱根山	1,207	643	×	○	×	○	2	7.89
伊豆大島	7,852	10,895	×	×	×	○	1	8.93
三宅島	-	-	-	-	-	-	-	-
鶴見岳	141,431	64,951	○	○	×	○	3	12.96
伽藍岳	141,024	64,591	○	○	×	○	3	12.96
由布岳	132,910	62,037	○	○	×	○	3	12.92
九重山	819	164	×	×	×	×	0	5.13
阿蘇山	43,952	43,682	×	○	×	○	2	11.28
雲仙岳	-	-	-	-	-	-	-	-
霧島山えびの高原	1,969	66	×	×	×	○	1	6.11
霧島山新燃岳	3,372	27	×	×	×	○	1	5.96
霧島山御鉢	1,583	329	×	×	×	○	1	6.72
霧島山大幡池	3,303	36	×	×	×	○	1	6.08
桜島	2,351,377	1,726,415	○	○	○	○	4	16.61
口永良部島	130	346	×	×	×	×	0	4.65
								346.62

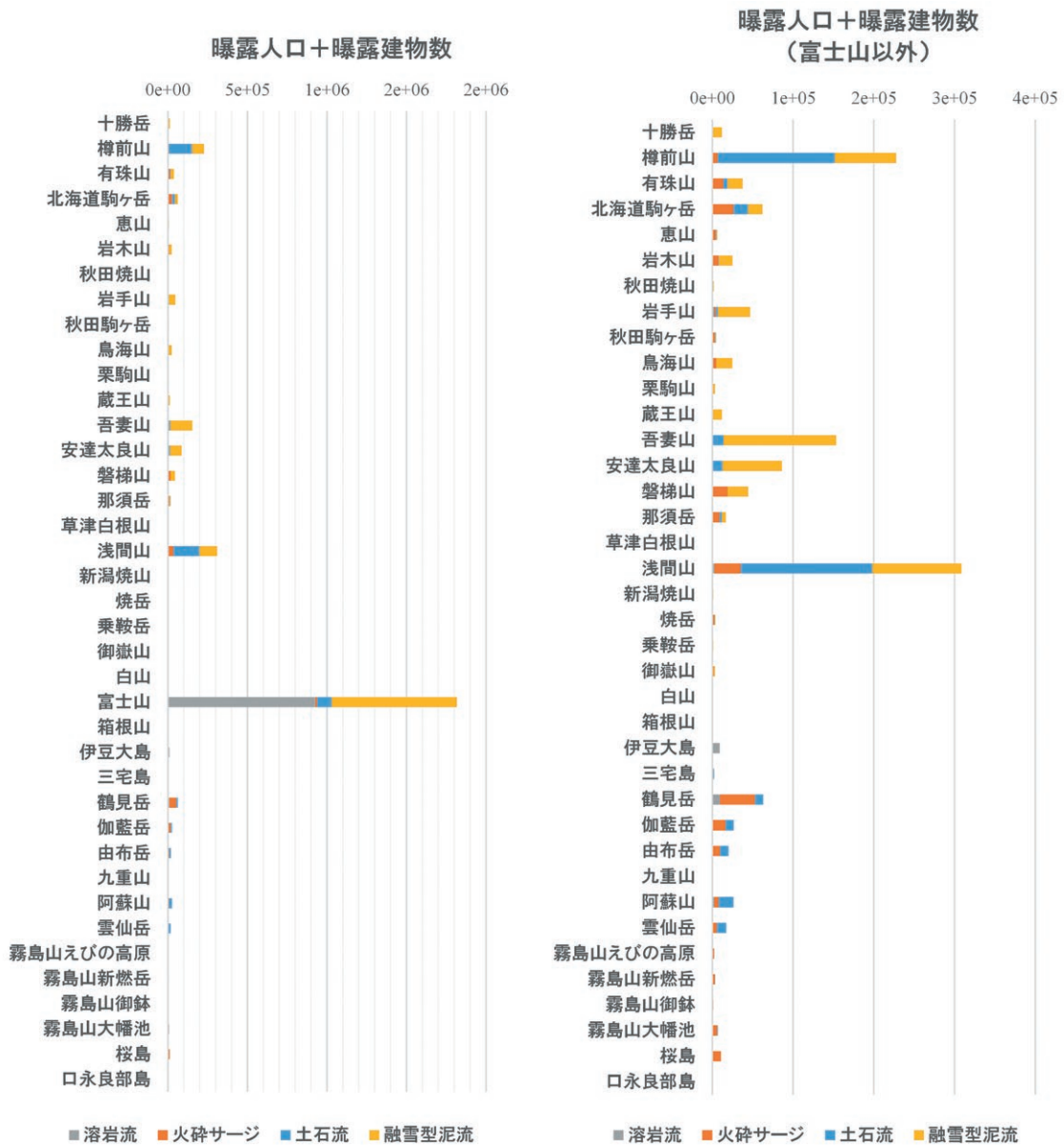


図 1.1 溶岩流，火砕流，土石流，融雪型泥流へ曝露した人口および建物数の合計値を火山別に示したグラフ
 Fig. 1.1 The total population and numbers of buildings exposed to lava flows, pyroclastic flows, debris flows, and snow-related lahars. (Left) For each volcano. (Right) For each volcano, excluding Fuji volcano.

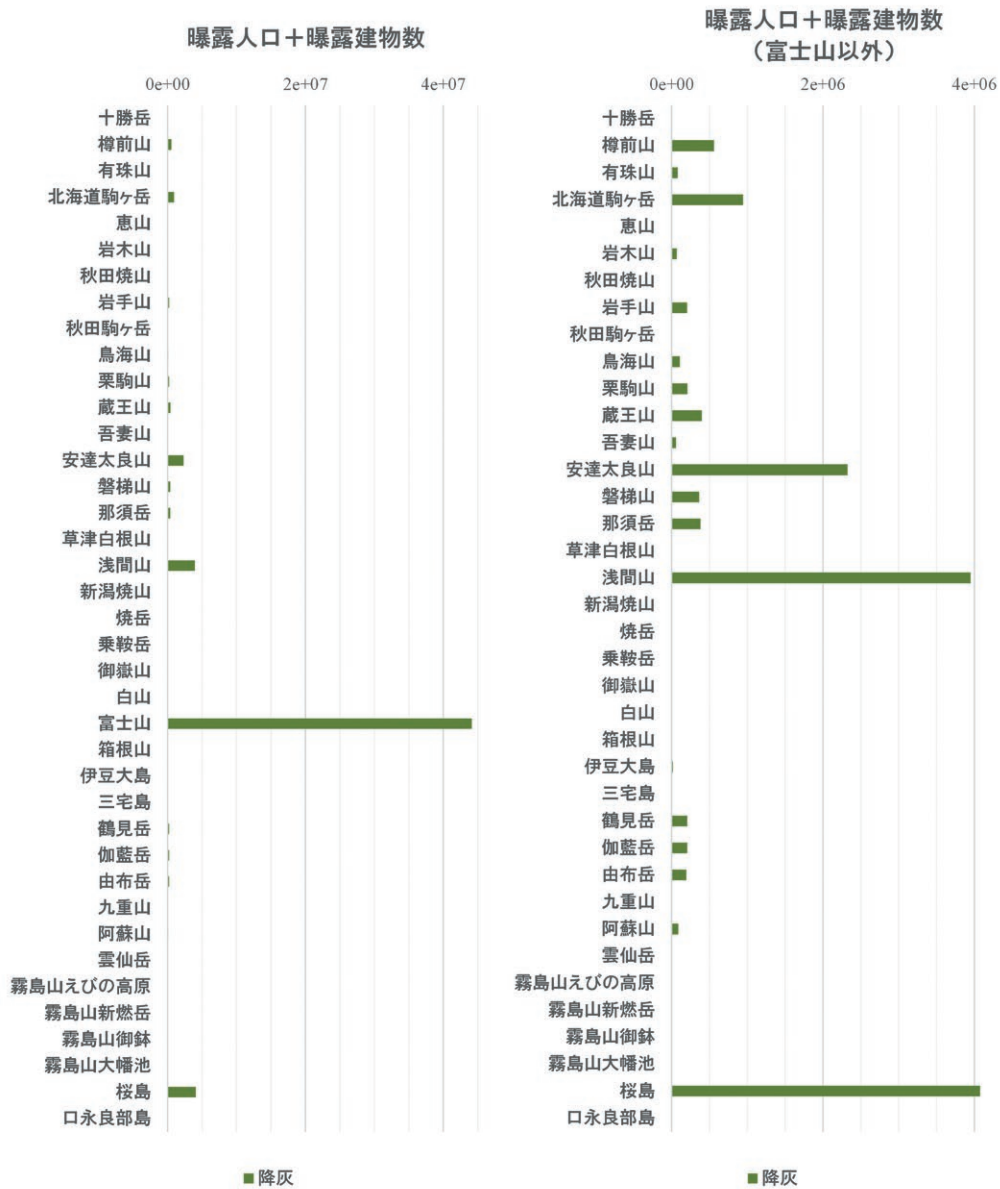


図 1.2 降灰へ曝露した人口および建物数の合計値を火山別に示したグラフ
 Fig. 1.2 The total population and numbers of buildings exposed to ashfall. (Left) For each volcano. (Right) For each volcano, excluding Fuji volcano.

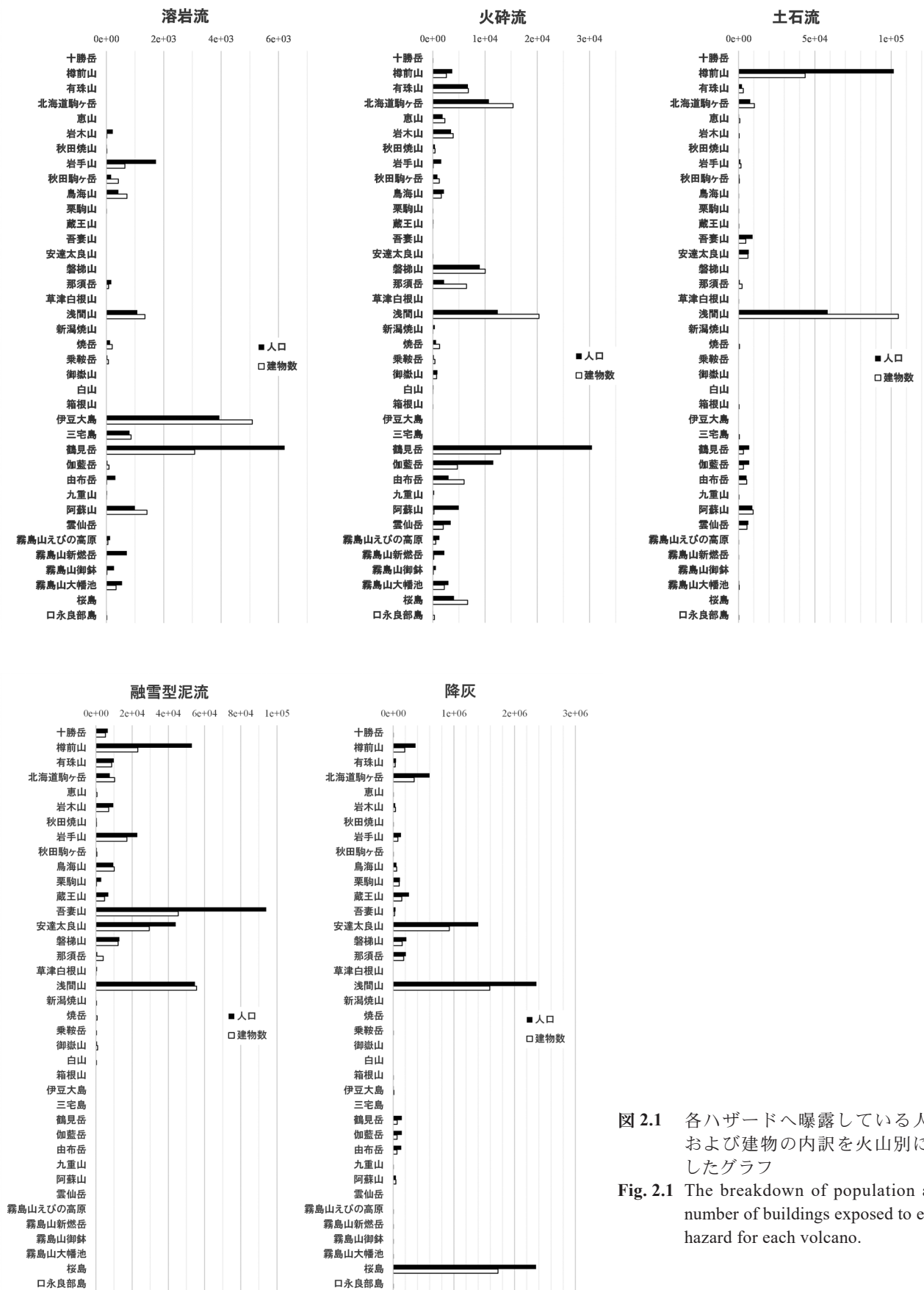


図 2.1 各ハザードへ曝露している人口および建物の内訳を火山別に示したグラフ

Fig. 2.1 The breakdown of population and number of buildings exposed to each hazard for each volcano.

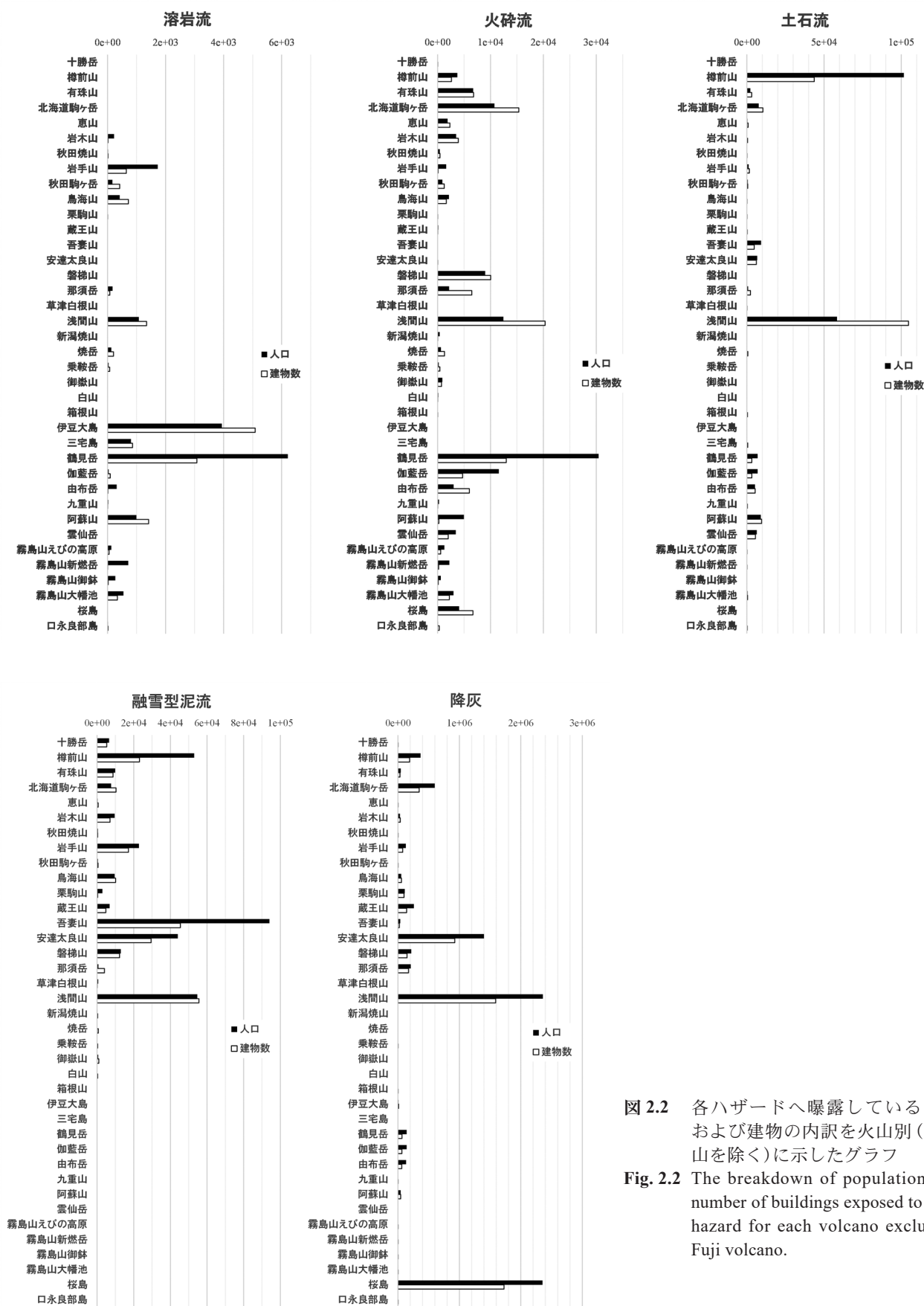


図 2.2 各ハザードへ曝露している人口および建物の内訳を火山別(富士山を除く)に示したグラフ
 Fig. 2.2 The breakdown of population and number of buildings exposed to each hazard for each volcano excluding Fuji volcano.

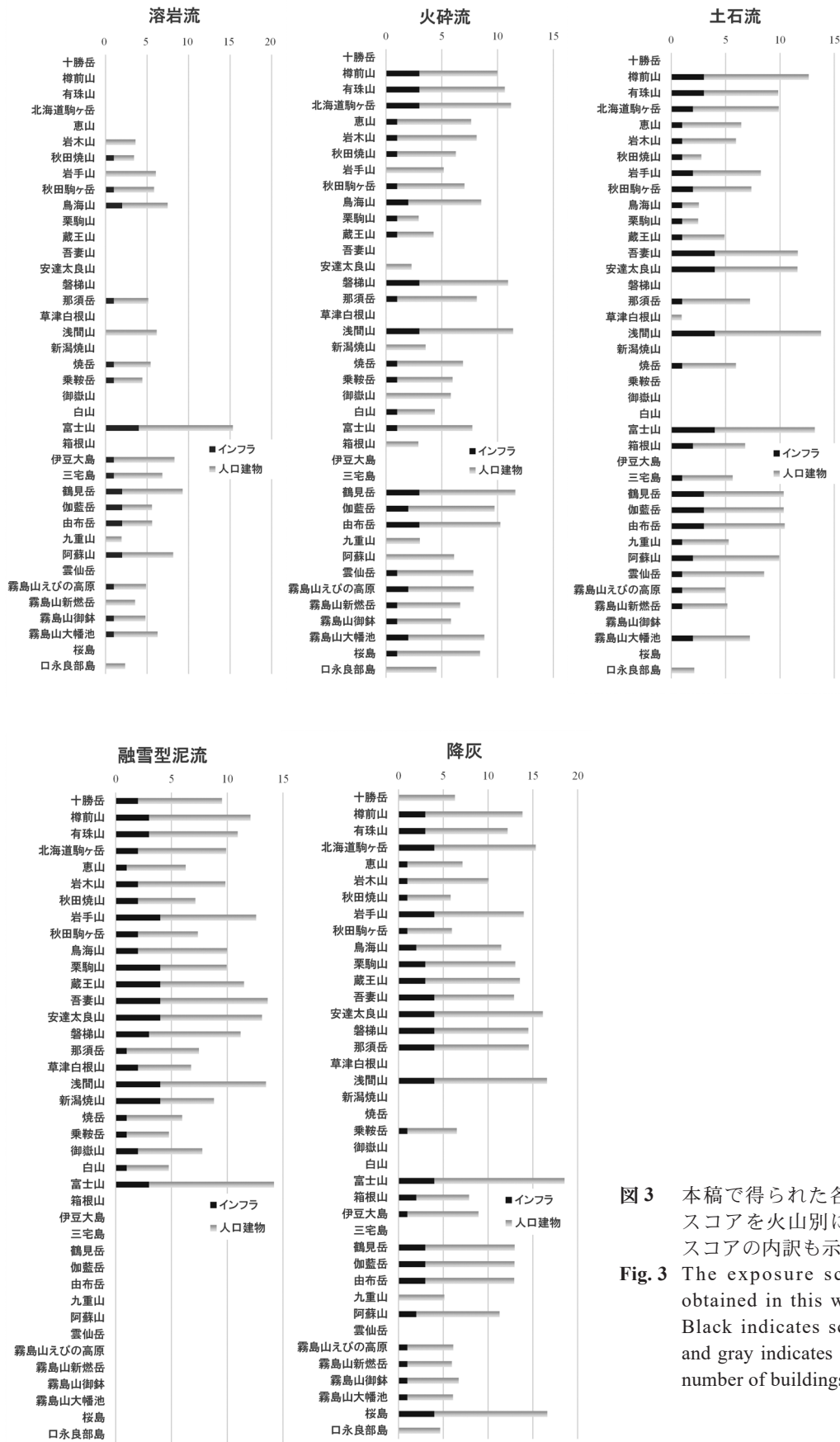


図3 本稿で得られた各ハザードによる曝露スコアを火山別に示したグラフ。曝露スコアの内訳も示す。

Fig. 3 The exposure score for each hazard obtained in this work for each volcano. Black indicates score by infrastructure, and gray indicates score by population and number of buildings.

種の整理・追加を検討するとともに、曝露量の評価が可能なインフラデータの整備等が課題となる。

謝辞

本資料を作成する際は、防災科学技術研究所火山研究推進センターの高橋佳子さんのご協力を頂きました。ハザードマップデータ作成の際には、各自治体ご担当者皆様のご理解とご協力をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Brown, S.K., Jenkins, S.F., Sparks, R.S.J., Odbert, H., and Auker, M.R. (2017): Volcanic fatalities database: analysis of volcanic threat with distance and victim classification, *J. Appl. Volcanol.*, **6**, 15.
- 2) 気象庁(編)(2013): 活火山総覧第4版.
- 3) 国土交通省: 国土数値情報ダウンロードサイト. (<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>, 2022.09.01)
- 4) 宮城洋介・久保智弘・中田節也・吉本充宏(2017): 火山災害対策のための火山周辺自治体へのヒアリング調査. 火山学会秋季大会予稿集, P030.
- 5) 内閣府(防災担当), 消防庁, 国土交通省水管理・国土保全局砂防部, 気象庁(2013): 火山防災マップ作成指針. (https://www.bousai.go.jp/kazan/shiryo/pdf/20130404_mapshishin.pdf, 2022.09.01)
- 6) 中村洋一・河野裕希・棚田俊收(2021): 火山災害のリスク評価を活用した火山防災. 防災科学技術研究所研究報告書, **85**, 39-58.
- 7) 鈴木美香・中村洋一(2009): GISを用いた那須岳の防災についての考察. 日本地球惑星科学連合大会予稿集, X165-P003.
- 8) 田島靖久(2017): 火山ハザードマップと噴火シナリオが火山防災対策に果たす役割. 火山, **62**, 61-82.
- 9) Wilson, G., Wilson, T.M., Deligne, N.I., and Cole, J.W. (2014): Volcanic hazard impacts to critical infrastructure: A review, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **286**, 148-182.

(2022年10月11日原稿受付,
2022年10月11日原稿受理)

要 旨

我々は全国35火山のハザードマップを用いて火山噴火ハザード曝露評価を実施した。ハザード種は溶岩流、火砕流、土石流、融雪型泥流、降灰の5つを扱い、曝露対象は人口、建物、高速道路、国道、在来線線路、新幹線線路とした。ハザードデータはポリゴンであり、GISソフトにてハザードポリゴン内に含まれる曝露対象をカウントした。その評価結果に基づき、曝露スコアを算出した。これら評価結果は表にまとめられた。曝露量は富士山噴火によるものが最多であり、降灰、溶岩流、融雪型泥流の影響を大きく受けることが明らかになった。また火砕流への曝露は全国的に相当数確認することができた。降灰、土石流、融雪型泥流は遠方に到達するハザードであるため、火山麓に広がる都市部へ影響があることが評価結果として得られた。

キーワード: 国内35火山, ハザードマップ, 曝露評価