

大分県別府市における居住誘導区域の災害リスク分析

瀬井亮太*・小林祐司**・鶴成悦久***

Disaster Risk Analysis for Residential Promotion Area in Beppu City, Oita Prefecture

Ryota SEI*, Yuji KOBAYASHI**, Yoshihisa TSURUNARI***

The city of Beppu, in Oita Prefecture, is formulating an Urban facility location plan. From now on, the city must decide upon Residential Promotion Area, which consider diverse Disaster risks. In this study, Disaster risk was assessed and compared between the Residential Promotion Area and the entire city by assuming various types of Disasters with consideration of the future population. In the city of Beppu, it is assumed that Volcanic Disasters will cover a vast range. Accordingly, we also grasped the assumed damage of an emergency transport road for people to evacuate outside the city area.

Keywords: 災害リスク (Disaster risk), 都市計画 (Urban Planning),
居住誘導区域 (Residential Promotion Area)

1. はじめに

気象庁が常時観測火山に指定している鶴見岳・伽藍岳は大分県別府市に位置している。鶴見岳は1949年に、多数の噴気孔から高さ約10mの噴気をあげ、伽藍岳は1995年の、泥火山形成噴火を最後にそれ以降は目立った噴火現象を起こしていない。しかし近年、2011年には東日本大震災、2016年には熊本地震等と、全国的に激甚災害の発生率が高まっている。

現在別府市は「立地適正化計画（以下、立適）」により、車に頼ることのない安心して生活できるコンパクトなまちを目指している。しかし、別府市は火山災害以外にも災害リスクを抱え、鶴見岳・伽藍岳の噴火活動が高まった際には、周辺部に影響を与える可能性があることが問題となっている。

立適のなかには、居住誘導区域の設定や、都市機能誘導区域の設定と同時に、災害に対しても強靱な都市の形成を促すための災害リスクを考慮した区域の設定基準が記され、まちづくりを検討する上で重要な項目となっている。

既往研究では、甘粕ら（2018）は、立適は、都市

計画MPの一部であり包括される計画であるが、将来都市構造と整合性のない自治体が多いことを明らかにし、具体的な施策が必要であることを指摘している。西井ら（2019）は、立適による居住誘導区域の設定について6自治体を類型化し、ハザードマップを考慮した分析を行なっている。以上の研究は、全国的に立適を策定している自治体を対象とし、マクロ的な視点から類型化を行ってはいないが、ミクロ的に居住誘導区域の設定の整合性を検討したものではない。また、災害においても津波浸水想定区域などによる広域な災害が予測される都市が抽出されているが、火山災害の影響が懸念される都市の抽出はされていない。

本稿では、別府市を対象とする。今後人口が減少することを前提に、将来人口推計を考慮しながら各種災害の被害規模を定量的に集計し、居住誘導区域内の災害評価を行うことを目的とする。加えて、火山災害は被害が広範囲になることが想定されるため、市外への避難を行う必要がある。そこで、緊急輸送道路の被災想定も把握も行う。

* 学生会員 大分大学大学院工学研究科・建築コース (Oita University)
〒870-1192 大分県大分市旦野原 700 番地 E-mail : v20e5010@oita-u.ac.jp
** 正会員 大分大学理工学部創生工学科 (Oita University)
*** 正会員 大分大学減災・復興デザイン教育研究センター (Oita University)

2. 対象敷地の概要

国勢調査（2015）の人口は、121,779人、市町村別人口推計（2019）の人口は、119,164人と、減少傾向であり、日本の地域別将来推計人口（2018）では2040年に、人口が10万人を下回ると想定されている（表1）。

想定される災害は、地震災害、津波災害、土砂災害、火山災害の4つである。津波災害は、浸水域と浸水深さが最も大きな別府湾の活断層型地震による想定を基にしたもの（図1）。土砂災害は大分県が「土砂災害防止法」（2017）に基づいて土砂災害警戒区域及び土砂災害特別警戒区域の指定を実施したもの（図2）。火山災害は、数十年に一度程度の噴火現象とされる噴火警戒レベル2の水蒸気噴火を想定したものとする（図3、図4）。

表1 別府市の将来人口推計

【単位：人】	2015年	2020年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年
人口	121,779	118,206	113,623	108,862	103,969	99,082	94,385
男	55,482	53,839	51,880	49,846	47,820	45,773	43,827
女	66,656	64,355	61,739	59,013	56,154	53,310	50,555

3. 各種災害の被災想定人口及び市全域と居住誘導区域の災害評価

立適で定められる居住誘導区域は、「災害リスクの現状及び将来の見通しを勘案しつつ、居住誘導区域内外にわたる良好な居住環境を確保し、地域における公共投資や公共公益施設の維持運営などの都市経営が効率的に行われるよう定めるべきである。」

（2020）とある。本稿では、この都市計画運用指針に基づいて、将来人口推計と想定される災害で、別府市が設定した居住誘導区域での災害リスクを把握する。そのために、推計人口メッシュ100mと各種ハザードエリアのデータで面積按分を行い、被災想定人口を集計した。面積による人口の集計であるため、小数第一位は切り捨てた。また、市全域と居住誘導区域内の都市機能誘導施設数の差を把握する。いくつかの施設がハザードエリアから除かれたかで、居住誘導区域の災害に対する評価を行う。

3.1. 津波災害

ハザードマップから浸水想定を0.3m未満、0.3m以上1m未満、1m以上2m未満、2m以上3m未満、3m以上4m未満、4m以上5m未満、5m以上の7つに分けて、

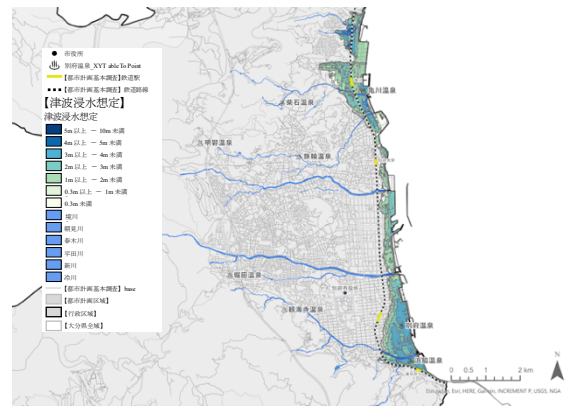


図1 津波浸水想定区域

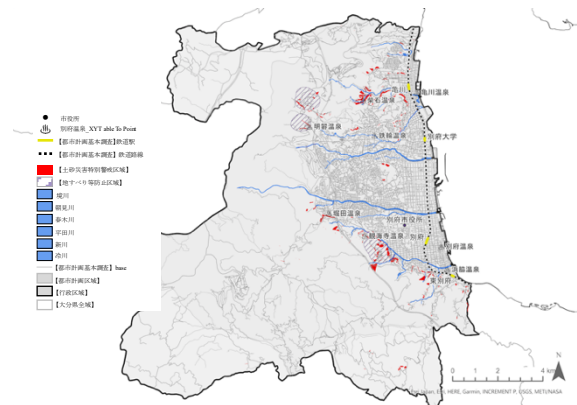


図2 土砂災害特別警戒区域と地すべり等防止区域

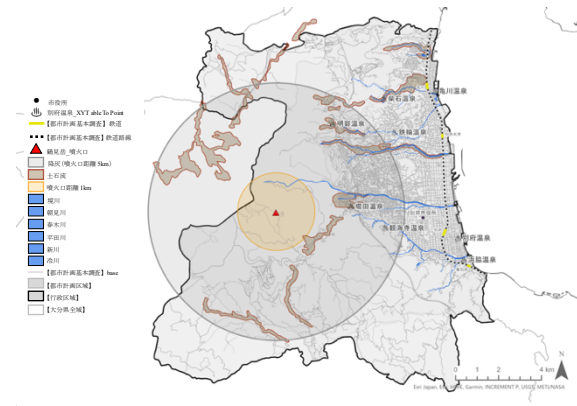


図3 鶴見岳の数十年に一度程度の噴火現象

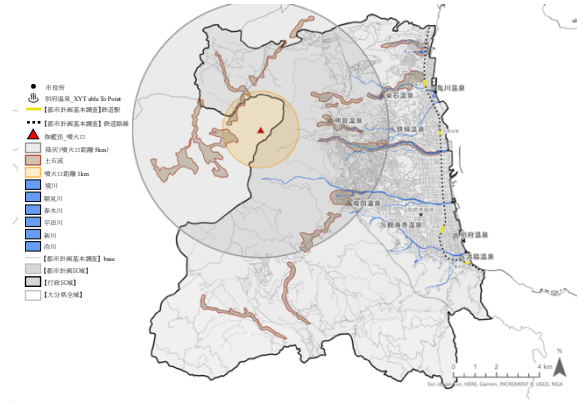


図4 伽藍岳の数十年に一度程度の噴火現象

それぞれの被災想定人口を集計した。被災想定人口が最も多い浸水想定高さは、2m以上3m未満であり、2015年で2,420人である。次に1m以上2m未満の1,676人で、その次が3m以上4m未満の1,089人である(表2)。

ハザードエリアは、居住誘導区域内であるため、市全域と居住誘導区域の被災想定人口は等しくなる。将来は人口減少とともに被災想定人口は減少するが、津波災害を考慮した居住誘導区域の見直しは今後必要となる。

市全域と居住誘導区域内の都市機能誘導施設数は、保養観光施設と集会施設と最寄品店が多く立地している(表3)。浸水想定地域内の、0.3m以上1m未満、1m以上2m未満、2m以上3m未満、3m以上4m未満の浸水域では施設数に差が生じていることから、市全域の方が、保養観光施設が多く分布していることがわかる。

3.2. 土砂災害

ハザードエリアでは、土砂災害特別警戒区域と地すべり等防止区域の2種が示されている。土砂災害特別警戒区域での2015年の被災想定人口は、別府市全域で242人、居住誘導区域では23人であった(表4)。

地すべり等防止区域での被災想定人口は、別府市全域、居住誘導区域ともに100人未満であった。

市全域でみる保養観光施設は、地すべり等防止区域で5施設、土砂災害特別警戒区域で82施設であったが、居住誘導区域内での地すべり等防止区域は1施設、土砂災害特別警戒区域では立地していないことがわかった(表5)。

3.3. 鶴見岳による火山災害

噴火現象は同時発生する可能性が低いため、それぞれの噴火現象のハザードエリアが重なる部分を除いた被災想定人口の集計は行っていない。

鶴見岳の噴石、火砕流、火砕サージによる被災人口は、火口から1km以内を想定としているため、火口から1km以内に居住者がいない別府市では被災想定人口はいなかった。

降灰は、火口から5km程度の同心円上で想定しており、図3では2015年において市全域と居住誘導区域の両方で想定被災人口が12,000人を超える結果となっている(表6)。2035年以降では、居住誘導区域内

での被災想定人口は10,000人を下回る想定であった。また、降灰は風に大きく影響するため、実際の被災想定人口とは異なってくとも考えられる。

土石流は、流下物が増加すると河川から氾濫し、河川流域の居住者に影響が出る。河川は居住誘導区域の東西に流れているため、市全域と居住誘導区域

表2 津波災害の被災想定人口

総人口 【単位：人】	津波災害						
	0.3m以上 1m未満	1m以上 2m未満	2m以上 3m未満	3m以上 4m未満	4m以上 5m未満	5m以上 10m未満	
2015年	市全域	245	1,676	2,420	1,089	23	5
	居住誘導区域	245	1,676	2,420	1,089	23	5
2020年	市全域	221	1,512	2,239	1,076	23	4
	居住誘導区域	221	1,512	2,239	1,076	23	4
2025年	市全域	197	1,364	2,084	1,089	22	3
	居住誘導区域	197	1,364	2,084	1,089	22	3
2030年	市全域	178	1,240	1,943	1,120	23	3
	居住誘導区域	178	1,240	1,943	1,120	23	3
2035年	市全域	159	1,131	1,810	1,150	24	2
	居住誘導区域	159	1,131	1,810	1,150	24	2
2040年	市全域	140	1,007	1,658	1,245	27	2
	居住誘導区域	140	1,007	1,658	1,245	27	2
2045年	市全域	122	894	1,511	1,299	28	1
	居住誘導区域	122	894	1,511	1,299	28	1

※0.3m未満の被災想定人口は0人なため表に反映していない

表3 市全域と居住誘導区域内の都市機能誘導施設数の比較(津波浸水想定区域内)

被災想定施設数(市全域との差) (単位：箇所)	津波災害					
	0.3m未満	0.3m以上 1m未満	1m以上 2m未満	2m以上 3m未満	3m以上 4m未満	
公共	市庁舎	0	0	0	0	0
	市役所出張所	0	0	0	1	1
	消防署	0	0	1	0	1
	警察署	0	0	1 (-1)	1	0
	保養観光施設	1	3	1 (-1)	3 (-2)	9 (-6)
	集会施設(地区公民館)	0	1 (-1)	1 (-1)	3 (-1)	1
	教育・文化	小学校	0	0	2 (-1)	0
中学校	0	0	0	0	0	
高等学校	0	0	0	0	0	
教育施設(大学、特別支援学校)	0	0	0	0	0	
図書館・博物館等(1,000㎡以上)	0	0	0	0	1	
体育館等(2,000㎡以上)	0	0	0	0	0	
体育館等(2,000㎡未満)	0	0	2 (-1)	0	0	
文化ホール	0	0	0	0	0	
福祉	保健センター	0	0	0	0	0
	高齢者福祉施設	0	0	0	6 (-1)	2
	障がい者福祉施設	0	0 (-1)	0 (-3)	0	0
	社会福祉会館	0	0	0	0	0
子育て	幼稚園	0	0	4 (-1)	0	0
	保育所	1	1	0	0	0
	児童館	0	0	1	0	0
	子育て支援センター	0	1	1	0	0
児童福祉関連施設(認定こども園)	0	0	1	0	0	
商業	1ha以上の大規模商業施設	0	0	0	0	1 (-1)
	最寄品店(食品スーパー等)	1	2	6 (-1)	6 (-1)	5 (-1)
	買回品店(ホームセンター等)	0	1	0 (-1)	0	0
	興行場	0	0	1	1	0
医療	病院(200病床以上)	0	0	0	0	0
	病院(200病床未満)	0	0	2	1	1
	診療所	1	1	5	10 (-1)	2 (-1)
歯科診療所	0	0	0	0	0	
金融	銀行	1	1	1 (-1)	3	1
	郵便局	0	0	2	1	3

※4m以上5m未満、5m以上10m未満の被災想定施設数は0箇所なため表に反映していない

※黄色：市全域と居住誘導区域で差のある部分(カッコ内は市全域との差を示す)

橙色：施設がある部分

の被災想定人口に大きな変化はみられなかった。

次にハザードエリアにおける市全域と居住誘導区域内の都市機能誘導施設数の差を求めた(表7)。保養観光施設は、降灰において、市全域では82施設、居住誘導区域では3施設であり、79施設がハザードエリアから除かれた。土石流でも市全域と比較すると80施設が除かれた。高齢者福祉施設も、降灰では53施設から31施設、土石流では13施設から5施設となった。その結果から、半数程度の施設がハザードエリアから除かれることがわかった。一方、居住誘導区域外に都市機能誘導施設が多く立地していることがわかる。

3.4. 伽藍岳による火山災害

伽藍岳も鶴見岳と同様で、火口から1km以内に居住者はいないため、市全域と居住誘導区域ともに被災想定人口はいない。降灰も同様で、市全域と居住

誘導区域の両方で想定被災人口が7,000人を超える結果となっている。土石流に関しても同様に、被災想定人口に大きな変化はみられなかった。

次にハザードエリアにおける市全域と居住誘導区域内の都市機能誘導施設数の差を求めた(表7)。保

表6 鶴見岳と伽藍岳による火山災害の被災想定人口

	"総人口 【単位：人】	火山災害(鶴見岳)			"総人口 【単位：人】	火山災害(伽藍岳)	
		降灰	土石流			降灰	土石流
2015年	市全域	12,665	2,932	2015年	市全域	7,908	2,932
	居住誘導区域	12,169	2,721		居住誘導区域	7,378	2,721
2020年	市全域	12,376	2,712	2020年	市全域	7,725	2,712
	居住誘導区域	11,859	2,500		居住誘導区域	7,172	2,500
2025年	市全域	11,893	2,485	2025年	市全域	7,384	2,485
	居住誘導区域	11,364	2,275		居住誘導区域	6,817	2,275
2030年	市全域	11,192	2,260	2030年	市全域	6,914	2,260
	居住誘導区域	12,658	2,054		居住誘導区域	6,342	2,054
2035年	市全域	12,416	2,030	2035年	市全域	6,379	2,030
	居住誘導区域	9,890	1,834		居住誘導区域	5,813	1,834
2040年	市全域	9,577	1,782	2040年	市全域	5,805	1,782
	居住誘導区域	9,063	1,600		居住誘導区域	5,248	1,600
2045年	市全域	8,725	1,545	2045年	市全域	5,201	1,545
	居住誘導区域	8,231	1,383		居住誘導区域	4,664	1,383

※噴石、火砕流、火砕サージの被災想定人口は0人なため表に反映していない

表4 土砂災害の被災想定人口

	"総人口 【単位：人】	土砂災害	
		地すべり等 防止区域	土砂災害 特別警戒区域
2015年	市全域	99	242
	居住誘導区域	68	23
2020年	市全域	100	229
	居住誘導区域	68	23
2025年	市全域	98	215
	居住誘導区域	66	22
2030年	市全域	95	202
	居住誘導区域	63	21
2035年	市全域	89	188
	居住誘導区域	58	20
2040年	市全域	82	169
	居住誘導区域	52	18
2045年	市全域	77	152
	居住誘導区域	47	17

表5 市全域と居住誘導区域内の都市機能誘導施設数の比較(土砂災害)

被災想定施設数(市全域との差) (単位：箇所)	土砂災害	
	地すべり等 防止区域	土砂災害 特別警戒区域
市庁舎	0	0
市役所出張所	0	0
消防署	0	0
警察署	0	0
保養観光施設	1 (-4)	0 (-82)
集会施設(地区公民館)	1 (-2)	0
小学校	0 (-1)	0
中学校	0	0
高等学校	0	0
教育施設(大学、特別支援学校)	0	0
図書館・博物館等(1,000㎡以上)	0	0
体育館等(2,000㎡以上)	0	0
体育館等(2,000㎡未満)	0	0
文化ホール	0	0

※福祉・子育て・商業・医療・金融の被災想定施設数は0箇所なため表に反映していない

※黄色：市全域と居住誘導区域で差のある部分(カッコ内は市全域との差を示す)

表7 市全域と居住誘導区域内の都市機能誘導施設数の比較(鶴見岳・伽藍岳)

被災想定施設数(市全域との差) (単位：箇所)	火山災害(鶴見岳)		火山災害(伽藍岳)	
	降灰	土石流	降灰	土石流
市庁舎	0	0	0	0
市役所出張所	0	0	1	0
消防署	1	0	1	0
警察署	2	0	0	0
保養観光施設	3 (-79)	2 (-80)	5 (-77)	2 (-80)
集会施設(地区公民館)	14 (-2)	4	7 (-3)	4
小学校	5 (-2)	0 (-1)	3 (-2)	0 (-1)
中学校	3 (-1)	0	1	0
高等学校	0	0 (-1)	0	0 (-1)
教育施設(大学、特別支援学校)	3	0	0 (-1)	0
図書館・博物館等(1,000㎡以上)	0	0	0	0
体育館等(2,000㎡以上)	0	0	0	0
体育館等(2,000㎡未満)	6	0	4 (-1)	0
文化ホール	0	0	0	0
保健センター	0	0	0	0
高齢者福祉施設	31 (-22)	5 (-8)	12 (-27)	5 (-8)
障がい者福祉施設	2 (-2)	4	0 (-2)	4
社会福祉会館	0	0	0	0
幼稚園	4 (-1)	1 (-1)	3	1 (-1)
保育所	6	2	5	2
児童館	1	0	0	0
子育て支援センター	1	0	0	0
児童福祉関連施設(認定こども園)	3	0 (-1)	3	0 (-1)
1ha以上の大規模商業施設	0	0	0	0
最寄食品(食品スーパー等)	13 (-3)	4 (-1)	8 (-2)	4 (-1)
買回品店(ホームセンター等)	1 (-1)	0	1 (-1)	0
興行場	0	0	0	0
病院(200病床以上)	2	1	0	1
病院(200病床未満)	4 (-3)	1 (-1)	0 (-2)	1 (-1)
診療所	15 (-6)	3 (-1)	8 (-7)	3 (-1)
歯科診療所	0	0	0	0
銀行	2	1	2 (-1)	1
郵便局	5 (-1)	1	5	1

※噴石、火砕流、火砕サージの被災想定施設数は0箇所なため表に反映していない

※黄色：市全域と居住誘導区域で差のある部分(カッコ内は市全域との差を示す)

橙色：施設がある部分

養観光施設では、降灰において、市全域では82施設、居住誘導区域では5施設であり、77施設がハザードエリアから除かれた。土石流においても82施設から80施設が除かれた。高齢者福祉施設も、降灰では39施設から12施設、土石流では13施設から5施設となった。この結果から、半数程度の施設が、ハザードエリアから除かれることがわかった。一方、居住誘導区域外に都市機能誘導施設が多く立地していることがわかる。

4. 広域避難における緊急輸送道路の被災想定

火山災害は広域にわたり甚大な被害をもたらすため、広域避難が基本となる。そのため、避難時には緊急輸送道路が使用され、降灰が影響を与えると考えられる。損害保険料率算出機構（2008）によると降灰は、1cm積もると車が走行不可となる。そこで、緊急輸送道路の災害時に通行不可になりうる場所を把握する。また、伽藍岳と比べて被災想定人口等が多い鶴見岳で通行不可になる道路の把握を行なった。結果は「国道10号」を除いたすべての道路が通行不可ということがわかった（図5）。この結果から、国道10号を軸に、応急対応・復旧作業、降灰の対象範囲である人が、避難できる方法などを検討する必要がある。

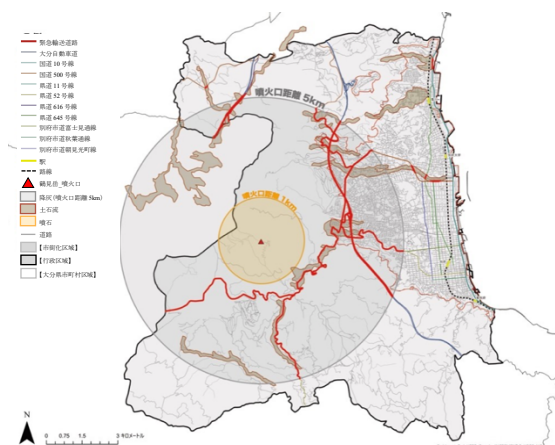


図5 別府市を通過する緊急輸送道路の通行不可箇所
※赤太線が交通不可箇所

5. 総括

本稿では、別府市を対象とし、居住誘導区域内の災害評価を目的とした。まず、将来人口推計から想

定される被害規模を把握し、居住誘導区域と市全域との被害想定と比較・評価を行なった。その結果、半数以上の都市機能誘導施設は、ハザードエリアから除かれ、居住誘導区域の災害危険性が低いことがわかった。加えて、火山災害では広域な避難が必要となるため、避難緊急輸送道路の被害想定を行なった。結果は、降灰の影響により国道10号を除いた、全ての道路が通行不可になる可能性があり、国道10号を軸にした広域避難を検討する必要がある。今後は、立地適正化計画における災害への対応のあり方について考察していきたい。

参考文献

甘粕裕明・姥浦道生・荻谷智大・小地沢将之
 (2018) 立地適正化計画と都市計画マスタープランの計画内容の関係性に関する研究—都市機能誘導区域図と将来都市構造図の整合性に着目して—, 都市計画論文集, 54 (3), 516-523.
 西井成志・真鍋陸太郎・村山顕人 (2019) 立地適正化計画における居住誘導区域設定の考え方とその背景—市街化区域に対する居住誘導区域の面積比率が対照的な自治体の比較を通じて—, 都市計画論文集, 54 (3), 532-538.
 総務省統計局 (2017) 国勢調査.
 <<https://www.e-stat.go.jp>>.
 大分県ホームページ (2019) 市町村別人口推計.
 <<https://www.pref.oita.jp/site/toukei/cpe-2019data.html>>.
 国立社会保障・人口問題研究所 (2018) 日本の地域別将来推計人口.
 <<http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson18/t-page.asp>>.
 国土交通省 (2017) 土砂災害防止法.
 <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/sabo01_tk_000015.html>.
 国土交通省 (2020) 都市計画運用指針.
 <https://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/content/001362301.pdf>.

損害保険料率算出機構 (2018) 全国を対象とした火山噴火災害危険度評価に関する研究, 地震保健研究 17.