

76. 火山災害の定量的評価 —富士山・宝永噴火(1707年)規模を想定した場合—

A Damage Estimation of Volcanic Hazards — In Case Mt.Fuji Erupt on Same Scale of Houei Eruption in 1707 —

○吉村昌宏, 坪川博彰 (損害保険料率算定会)
塚本哲, 榎田祐子, 武田浩志 (国際航業株式会社)

Masahiro YOSHIMURA and Hiroaki TSUBOKAWA, Property and Casualty Insurance Rating Organization of Japan, 7 Kanda Mitoshiro-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101
Satoru TSUKAMOTO and Hiroko MAKITA, Hino Technical Center, KOKUSAI KOGYO CO.,LTD., 3-6-1 Asahigaoka, Hino City, Tokyo 191
Hiroshi TAKEDA, Remote Sensing Section, KOKUSAI KOGYO CO.,LTD., 5 Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102

In this paper, we estimate where and what is the damage of volcanic hazards if Mt.Fuji erupt on same scale of Houei Eruption in 1707. As the factor of volcanic hazards, we take up Volcanic ash(the results of volcanic ash fall at Houei Eruption) and mud flow. We use GIS and Social data(land use,building distribution ,population and etc) to estimate damage.

Key words : Volcanic Hazards, Damage Estimation, GIS

1. はじめに

我が国は世界でも有数の火山国であり、86の活火山が分布している。毎年いくつかの火山で、噴火や異常現象が発生し、ときには大きな災害を引き起こしている。その一方で、人間の生活圏は火山山麓まで広がっており、火山噴火が発生した場合の災害の規模は、過去に起こった災害とは比較にならないほど大きくなることが予想される。平成2年に約200年ぶりに噴火した雲仙普賢岳の活動は、たび重なる火砕流や土石流により大きな被害をもたらし、我々に自然の力の大きさをまざまざと示した。

そこで本研究では、首都圏に大きな影響を及ぼす火山噴火として、富士山の宝永噴火(1707年)規模の噴火を取り上げ、GIS技術を用いて火山災害の被害の定量化を試みた。

ごとに分類するとわかりやすい(表3-2)。本研究では降下火砕物(火山灰)と泥流・土石流の二つの災害要因について取り上げた。

表3-1 火山災害の特徴

- ①発生頻度が低い
 - ②被災地域が限定されている
 - ③災害要因の中には制御困難なものがある
 - ④災害が長期間に及ぶ場合がある
 - ⑤復旧・復興が困難なものがある

2. 研究の概要

富士山が宝永噴火(1707年)規模の噴火をした場合に、どの地域で、どの程度の被害量が予想されるかを算定した。火山災害要因としては降下火砕物(宝永噴火の降灰実績)と泥流・土石流を取り上げた。火山災害要因による被災範囲をGIS上で特定し、同様にGISを用いて展開した被災地域の社会条件データ(人口分布、住宅分布等)と重ね合わせることで被害量の算定を行った。なお、被害量算定の対象範囲は、噴火の影響が及ぶことが予想される「埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県、静岡県」の1都5県とした。

3. 火山災害の特徴と火山災害要因

火山災害には地震などの他の自然災害と大きく異なる特徴がある(表3-1)。その被害は多岐にわたるが、災害要因

表3-2 火山災害要因 2)

災 害 要 因	災 害 の 種 類
噴 出 岩 塊	落下衝撃による破壊、火災、埋没
降 下 火 砕 物	降下、付着、破壊、埋没
溶 岩	破壊、火災、埋没
火 砕 流・火 砕 サージ	破壊、火災、埋没
岩 屑 なだれ・山 体 崩 壊	破壊、埋没、津波
泥 流・土 石 流	流失、埋没
洪 水	流失
地 す べ り・斜 面 崩 壊	流失、埋没
津 波	流失
火 山 ガ ス・噴 煙	ガス中毒、大気・水域汚染
空 振	窓ガラス等の破壊
地 震 動	山体崩壊、山くずれ、施設破壊
地 殻 変 動	断層、隆起、沈降、施設破壊
地 熱 変 動	地下水温変化
地 下 水・温 泉 変 動	地下水温変化、水量変化

4. 降下火砕物と泥流・土石流の概要

(1) 降下火砕物（火山灰・軽石など）

①概要

火口から高く吹上げられた火山灰や軽石が上層の風に流されて火山の周辺や風下側の広い範囲に降ってきたものが降下火砕物である。その分布は噴火時の気象条件に大きく左右され、日本のような中緯度地方では偏西風に流されて火口から東へのびる細長い楕円状の分布を示す例が多い。

②人的被害

降灰による直接的な人的被害の事例は少なく、死者の多くは火山灰の重みで家屋が倒壊し、その下敷きになったものである。また、空気中に滞留する細粒の火山灰により目や喉に異常が発生した事例が報告されているほか、二酸化硫黄などの有害物質の放出による人体への影響も懸念される。大規模噴火によって成層圏まで放出された火山灰が太陽光を遮ることによって冷害が発生し、その後の飢饉のために非常に多くの人命が失われた例もある。

③建物被害

建物被害の形態は火山灰の重みによる圧壊や埋没である。有珠山の火山防災マップでは降下火砕物の厚さと被害の関係を図4-1のように解説している。建物の被害程度は火山灰の厚さだけでなく火山灰の比重や降灰後の降雨の有無、建物の構造や屋根の形によって大きく左右されるため、一概に降灰の厚さだけで被害を推定することはできないが、降灰の厚さは被害量を推定する上で重要な要素となる。

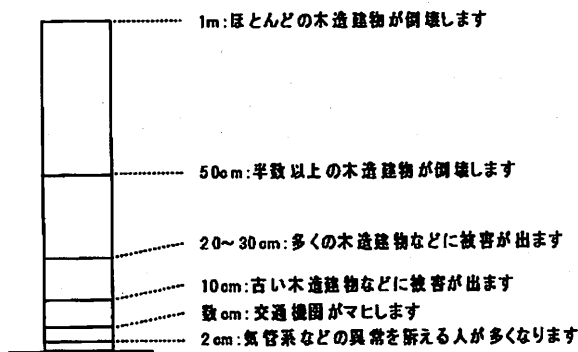


図4-1 降下火砕物の厚さと被害の関係の例³⁾

④事業所への被害

空気中に漂う細粒の火山灰は、精密機械やOA機器などの故障の原因になり得る。そのような被害は工場の稼働率の低下などの間接的被害へ連鎖していく。事業所への影響は業種により大きく異なると予想される。

⑤農地への被害

降灰による被害は、耕作している作物の種類、被災時期等によって大きく変化する。しかし、数cmの降灰で作物の収穫量に影響がはじめ、30cm以上の火山灰が堆積した地域では、壊滅的な被害を受けるものと予想される。さらに、作付けされていない農地でも、土壌の酸性化等の影響が予想される。

表4-1 宝永噴火時の降灰量と農作物への被害⁴⁾

15cm以上	翌年の収穫が皆無
～30cm	復興の目処がたつのに10年を要す
50～100cm	噴火前の生産レベルに回復するのに15～45年
2m(柴怒田村)	復旧した農地が98年後で23%

⑤その他の予想される被害

火山灰の堆積により一定期間、道路は通行不能、鉄道は運行不能の事態となり、市民生活や経済活動に重大な影響を与える。道路は、少量の降灰でもスリップ事故の発生や信号機の故障などの被害が考えられる。鉄道では、空気中に滞留する細粒の火山灰により、モーターなど機器類、信号機やポイントなどの電気機器に故障の発生が予想される。

大気中に浮遊する火山灰などは航空機の飛行に大きな障害となる。空港近辺の空域に火山灰が到達すると、空港の離着陸は非常に困難となり、物流などに大きな影響を及ぼすことになる。

また、降灰による水源地域への被害も考えられ、ダム湖に多量の火山灰が降下すると、水質の悪化や給水機能の障害が発生し、水資源の安定的確保に大きな影響を及ぼすことが予想される。

(2) 泥流・土石流

①概要

泥流・土石流は、火山灰が大量に降下した地域や火砕流堆積物が多量に堆積した地域で発生する。泥流・土石流は流速が速く、きわめて破壊的で、流下域は壊滅的な被害となる。その流速は平均で30～60km/h、速いときには100km/hを超し、海外では到達距離が100kmを超えた事例もある。泥流・土石流は谷地形に沿って流下するため、谷筋にある集落が被害を受けやすい。さらに、大量の降灰があった地域では、噴火活動が終息した後も数年から数十年にわたり泥流・土石流の危険性が存在する。

②人的被害

泥流・土石流は流速が速く発生してからでは避難が困難であるため、大きな人的被害を引き起こす。泥流・土石流による犠牲者は下流まで流されてしまう場合が多いため、行方不明者が多数発生する傾向がある。

③建物被害

泥流・土石流による建物被害は、埋没、流失、破壊、浸水等があるが、流下速度や混濁している物質によって異なる。高速で流下する泥流・土石流の流れの直撃を受けた建物は、破壊され流れに飲み込まれてしまう。一方、傾斜の緩い低地部では泥流の速度もおそく、建物の浸水程度の被害となる。

④事業所への被害

泥流・土石流流下域の事業所は、埋没、流出等の壊滅的な被害を受け、事業所の放棄を検討せざるを得ない場合もある。

⑤農地への被害

泥流・土石流流下域の農地は壊滅的な被害を受け、農地の復旧をあきらめ土地を放棄しなくてはならない場合もある。

⑥その他の予想される被害

泥流・土石流流域に道路や鉄道が存在した場合、それらは埋没や破壊の被害を受け、復旧まで長期間かかると予想される。

5. 社会条件データの整備

(1) 取り扱うデータ

本研究では、被害量算定の対象データとして動的要素の少ない人口、住宅、事業所、土地利用を取り上げた。なお、被害量の集計を行うために、人口・住宅・事業所・土地利用の各データ(表5-1)はすべて100mメッシュに変換し、整理した(図5-1)。

表5-1 取り扱うデータの諸元

項目	出典	情報精度	資料年次
行政界	数値地図 1/25,000 (財)日本地図センター	ベクター	平成7年 10月1日
人口の分布	地域メッシュ統計 平成2年国勢調査 (財)日本統計協会	500mメッシュ	平成2年 10月1日
事業所の分布	地域メッシュ統計 平成3年事業所統計調査 (財)日本統計協会	500mメッシュ (*1)	平成3年
住宅の分布	平成5年住宅統計調査 都道府県・市区編 (財)統計情報研究開発センター	都道府県, 市区別	平成5年
土地利用現況	数値地図 1/10細分面土地利用データ (財)日本地図センター	100mメッシュ	平成元年

(*1) ただし、市街地外では1kmメッシュ

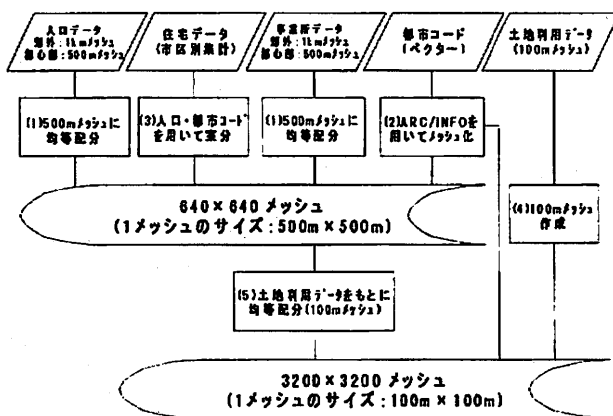


図5-1 社会条件データの処理フローチャート

(2) 人口データの整備

人口の基礎データとしては「地域メッシュ統計 平成2年国勢調査」を用いた。このデータは都心部で500mメッシュ、郊外で1kmメッシュのデータを持つ。画像データの性質上、均一のメッシュサイズを用いる必要があるため500mメッシュに統一した。1kmメッシュの部分に対しては、2×2の4メッシュに分割し、元の1kmメッシュの数値を均等に分配した。さらに、500mメッシュに統一された人口データを5×5の25メッシュに分割し、その数値を土地利用データ上で市街地で

あるメッシュに均等に按分し、100mメッシュの人口データを作成した。

(3) 事業所データの整備

産業の基礎データとしては「地域メッシュ統計 平成3年事業所統計調査」を用い、第2次産業、第3次産業に区分して集計した。このデータは都心部で500mメッシュ、郊外で1kmメッシュのデータを持つ。全ての地域について均一のメッシュサイズに揃えるため、1kmメッシュ部では1メッシュを2×2の4メッシュに分割し、元の1kmメッシュの数値を均等に分配して全ての地域を500mメッシュに統一した。さらに、500mメッシュに統一された事業所データについて、土地利用データを用いて100mメッシュに按分した。

(4) 住宅データの整備

①都市コードデータの整備

住宅データの整備に先立ち、都市コードデータの整備を行った。都市コードの基礎データとしては「数値地図 行政界 1/25,000」を用いた。このデータはベクターデータであり、地理情報システム (ARC/INFO) を用いてメッシュ化した。この際、100mメッシュと500mメッシュの2通りのメッシュ画像を作成した。

②住宅データの整備

住宅の基礎データとしては「平成5年住宅統計調査 都道府県・市区編」を用いた。なお、住宅データは市および区のデータのみであるため、町村に相当する部分については県全体の合計から市区の住宅数を差し引いた住宅数を人口比に従って分配した。次に、各市区町村における住宅分布が人口分布に近いことに着目して、市区町村別の住宅数を500mメッシュデータに変換した。具体的には、(2)人口データの整備で作成した人口データ(500mメッシュ)と①で作成した都市コードデータ(500mメッシュ)を用いて各市区町村の住宅数を按分した(図5-2)。さらに、500mメッシュに統一された住宅データについて、土地利用データを用いて100mメッシュに按分した。

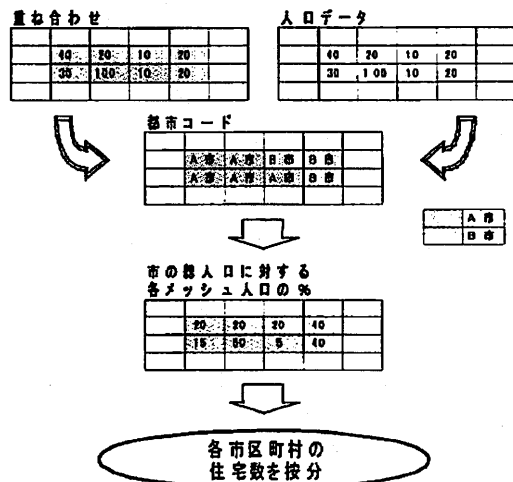


図5-2 住宅データの按分の手順

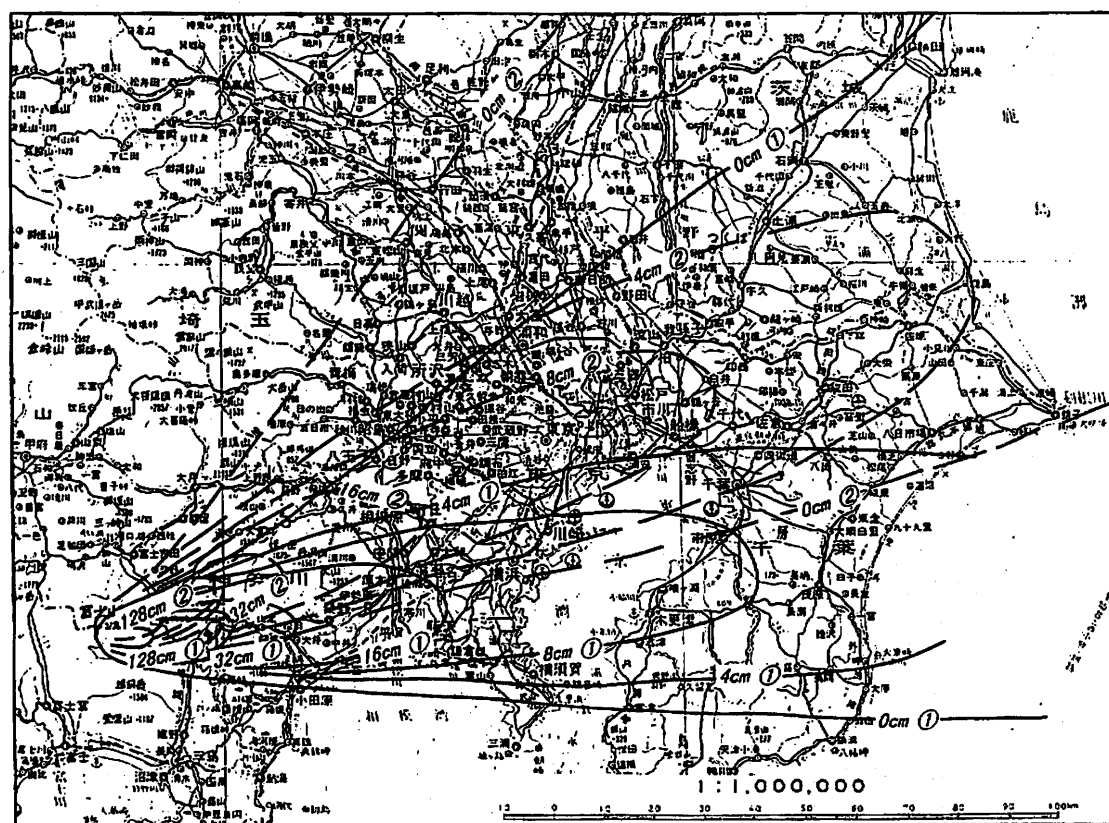


図6-1 西風の場合の降灰分布(ケース①:宮地による²⁾)と西南西の風の場合の降灰分布(ケース②)
(建設省国土地理院発行1:1,000,000 日本IIを使用)

(5) 土地利用データの整備

土地利用の基礎データとしては「数値地図 1/10細分区画土地利用データ」を用いた。このデータは、全地域100mメッシュで整備されている。

なお、前述の500mメッシュで整備した各データは、この土地利用データをもとに100mメッシュに細分している。その細分方法は、500mメッシュで統一されたデータを5×5の25メッシュに分割し、それぞれの数値を土地利用データによって市街地となったエリアに均等に分配するもので、農地や林地に人口・住宅・事業所が分配されないようにした。

6. 災害データの整備

(1) 火山灰に関する災害データの整備

降灰による災害データは次の二つのケースを用意する(図6-1)。

ケース①: 西風の場合(宝永噴火の降灰分布(実績値))

ケース②: 西南西風の場合(宝永噴火の降灰分布を火口を中心に反時計回り約20度回転した分布)

降灰分布データは、すべて紙地図上に表現されているためデジタイザを用いて被害量を示す領域の境界をベクターデータとしてコンピュータに入力し、これをErdas 7.5(画像処理

システム)によって社会条件データの地図座標にあわせ、メッシュ画像に変換した。

(2) 泥流・土石流に関する災害データの整備

泥流・土石流の災害データは、酒匂川(神奈川県)および黄瀬川(静岡県)の両岸100m幅の範囲を泥流・土石流危険区域と仮定し整備した。具体的には、土地利用データから河川および河川敷の領域を抜き出し、その近傍を含めた領域を泥流・土石流危険区域とする。処理手順は次のようになる。

- ① 土地利用の100mメッシュ画像から河川および河川敷の領域を抜き出す。
- ② 酒匂川と黄瀬川以外の領域は削除する。
- ③ 処理後の画像を見ると、下流部では川幅が広く連続的な領域として抽出されているが、上流部では川幅が狭く河川領域が途切れる部分があり、河川領域が途切れる部分について直線で補完する。

このような処理で得られた領域に対して膨張処理(抜き出した領域を外側に1メッシュづつ膨張させる処理; 図6-2)を施し、泥流・土石流危険区域として災害データを整備した。

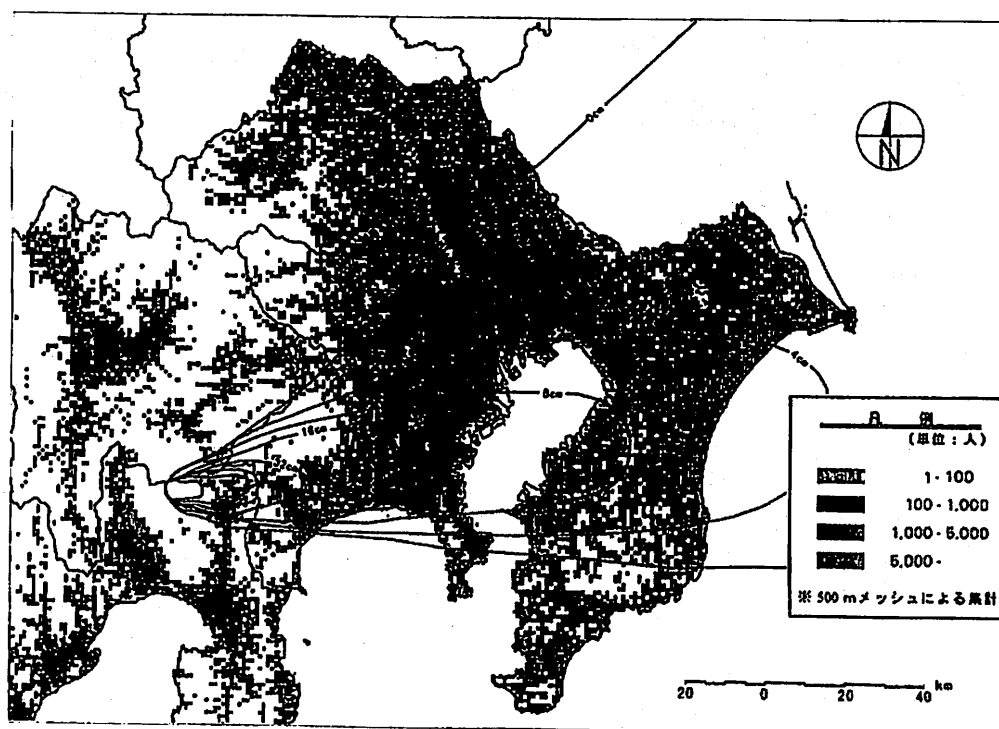
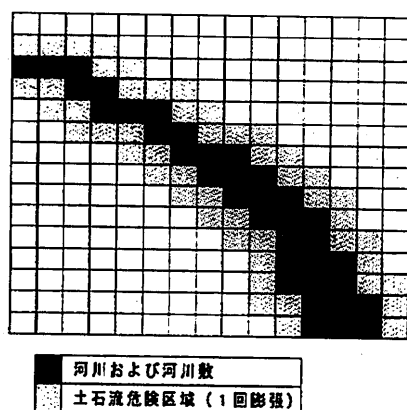


図8-1 人口分布と降灰分布（西風の場合：ケース①）



(注)1メッシュが100m×100mであるため、河川沿いの100mを危険区域とする場合は、1回の膨張処理を行う。

図6-2 泥流・土石流危険区域の作成

7. 被害量の算定方法

100mメッシュで整備した社会条件データに、100mメッシュで作成した災害データを重ねあわせ、噴火の影響範囲内に分布する数量（人口等）を算定する。なお、本研究では噴火の影響範囲内に分布する数量を被害量とした。

具体的には、災害データ・社会条件データ・都市コードを同じ地図座標系で重ね合わせ、同じ位置に相当するメッシュの災害データ・社会条件データ・都市コードの値を読み取る（図7-1）。各メッシュが属する市区町村とそのメッシュの社会条件・被害量がわかり、それを市区町村毎に集計する。

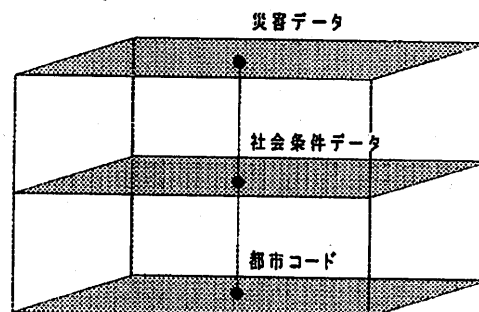


図7-1 データの重ね合わせ集計

8. 被害量の算定結果の例

（1）火山灰による被害

①降灰状況

西風の場合（ケース①：宝永噴火の降灰分布）は、富士山（宝永火口）から横浜市街地を通り、房総半島中部にかけての軸を中心に広がっている。このため、降灰による被害は、神奈川県を中心に静岡県、千葉県、東京都で発生する。特に、御殿場市（静岡県）、山北町（神奈川県）などの富士山の東側の自治体では、火山灰が64cm以上堆積する地域が存在する。

西南西風の場合の降灰分布（ケース②）は、富士山から相模川中流域、東京都区部を通り、つくば市、成田市上空を経て鹿島灘にぬける軸を中心に広がっている。東京都区部でも8cm以上降灰する地域があり、また埼玉県にも4cm以上降灰する地域が出てくる。

②人的被害（罹災人口）

西風の場合は、4 cm以上の降灰地域に神奈川県では人口の90%（約715万人）が分布し、1都5県全体では1,100万人以上がこの地域に入る。

西南西風の場合は、降灰地域が北東側に傾くため、4 cm以上の降灰地域に東京都区部、多摩地域が含まれてくる。そのため東京都では人口の98%（約1156万人）がこの地域に分布し、1都5県全体では2,200万人以上の人口が分布する。西風の場合と比較すると東京都、埼玉県、山梨県で罹災人口が増加し、神奈川県、千葉県、静岡県で減少する。

表8-1 人的被害（罹災人口）の状況（単位：人）

【ケース①：西風の場合】						
都道府県	降灰なし	0~4cm	4~32cm	32~64cm	64~128cm	128cm~
埼玉県	3,975,976	2,551,149	0	0	0	0
千葉県	217,390	3,328,343	1,969,355	0	0	0
東京都	611,981	9,328,945	1,847,555	0	0	0
神奈川県	268,898	520,465	7,122,868	26,394	99	0
山梨県	950,228	183	2,635	45	4	0
静岡県	3,540,790	12,049	16,821	17,897	24,518	19,235
合計	9,378,163	15,741,134	10,959,293	44,335	24,622	19,235

【ケース②：西南西風の場合】						
都道府県	降灰なし	0~4cm	4~32cm	32~64cm	64~128cm	128cm~
埼玉県	564,868	3,050,845	2,817,511	0	0	0
千葉県	1,127,574	588,483	3,799,032	0	0	0
東京都	21,170	210,891	11,861,870	0	0	0
神奈川県	3,405,219	434,842	4,897,644	1,015	4	0
山梨県	502,547	15,138	30,112	1,101	1,855	1,341
静岡県	3,606,394	11,028	10,774	3,708	1,054	5,394
合計	9,528,373	4,312,027	22,316,892	5,822	2,912	8,135

③住宅への被害

西風の場合、4 cm以上の降灰地域に神奈川県では木造住宅の90%（約150万戸）、非木造住宅の92%（約98万戸）が分布し、静岡県では32cm以上の降灰地域に木造住宅の1.7%（約13,600戸）、非木造住宅の1.2%（約3,600戸）が分布している。

西南西風の場合、4 cm以上の降灰地域に東京都では木造住宅の98%（約230万戸）、非木造住宅の99%（約228万戸）が分布し、静岡県では32cm以上の降灰域に、木造住宅の0.3%（約2,500戸）、非木造住宅の0.2%（約500戸）が入っている。

表8-2 住宅被害の状況

【ケース①：西風の場合】						
【木造（戸）】						
都道府県	降灰なし	0~4cm	4~32cm	32~64cm	64~128cm	128cm~
埼玉県	904,493	950,197	0	0	0	0
千葉県	82,567	723,560	441,440	0	0	0
東京都	135,515	1,848,695	375,088	0	0	0
神奈川県	56,028	119,271	1,494,588	2,627	18	0
山梨県	213,285	35	670	13	1	0
静岡県	798,420	2,470	3,642	3,976	5,124	4,529
合計	2,176,308	3,244,229	2,315,436	5,616	5,143	4,529

【非木造（戸）】						
都道府県	降灰なし	0~4cm	4~32cm	32~64cm	64~128cm	128cm~
埼玉県	315,679	329,913	0	0	0	0
千葉県	3,676	374,537	207,561	0	0	0
東京都	81,816	1,883,566	383,483	0	0	0
神奈川県	29,662	53,317	983,784	380	2	0
山梨県	52,690	5	90	2	0	0
静岡県	276,894	771	1,136	1,236	1,419	912
合計	751,417	2,632,109	1,555,034	1,618	1,422	912

【ケース②：西南西風の場合】						
【木造（戸）】						
都道府県	降灰なし	0~4cm	4~32cm	32~64cm	64~128cm	128cm~
埼玉県	142,666	710,362	681,663	0	0	0
千葉県	286,878	151,118	779,771	0	0	0
東京都	9,018	48,125	2,382,565	0	0	0
神奈川県	716,805	88,670	885,921	64	0	0
山梨県	201,224	4,985	7,608	255	490	252
静岡県	910,767	2,489	2,437	938	756	1,274
合計	2,177,159	1,005,450	4,560,035	1,258	736	1,626

【非木造（戸）】						
都道府県	降灰なし	0~4cm	4~32cm	32~64cm	64~128cm	128cm~
埼玉県	22,939	251,921	383,732	0	0	0
千葉県	62,088	29,391	584,235	0	0	0
東京都	2,794	21,838	2,284,413	0	0	0
神奈川県	393,407	61,817	612,908	13	0	0
山梨県	50,686	775	1,179	34	65	47
静岡県	280,736	599	465	180	51	237
合計	803,570	372,241	3,767,073	227	115	264

(2) 泥流・土石流による被害

本研究で仮定した泥流・土石流危険区域には、神奈川県と静岡県で人口約42,000人、住宅約15,000戸が分布している。

表8-3 泥流・土石流危険区域の人口及び住宅

	罹災人口 (人)	住宅被害(戸)		
		木造	非木造	計
神奈川県				
小田原市	1,434	3,291	718	4,005
南足柄市	506	121	13	134
大井町	303	104	22	126
松田町	992	137	27	164
山北町	1,554	136	23	159
岡田町	956	93	18	111
合計	11,744	3,882	821	4,703
静岡県				
沼津市	12,454	3,350	1,656	5,006
御殿場市	2,041	297	94	391
裾野市	7,278	1,281	578	1,859
清水町	1,412	284	108	392
長良町	5,962	1,450	372	1,822
小山町	2,000	692	129	821
合計	31,147	7,354	2,937	10,291

なお、本研究では泥流・土石流の危険区域として富士山の東側斜面を源流とする酒匂川、黄瀬川について検討したが、丹沢山系等その他の山地の河川でも泥流・土石流の発生する可能性は十分考えられる。

9. 結論および今後の課題

降下火砕物と泥流・土石流の二つの火山災害要因を取り上げ、GIS技術を用いて、富士山で宝永噴火（1707年）規模の噴火が発生した場合に、人口・住宅・事業所・土地利用の各社会条件データについて、どの地域でどの程度の被害量が予想されるかを算定できた。今後はこれを基礎データとして直接的被害の損害額の算出、さらには間接的被害の損害額の算出に取り組んでいく必要がある。

参考文献

- 1) 損害保険料率算定会：地震保険調査研究42 火山災害の研究，1997.9
- 2) 国土庁防災局：火山噴火災害危険区域予測図作成指針，1992
- 3) 伊達市ほか：有珠山火山防災マップ
- 4) 宮地直道：新富士火山の噴火史，文部省科学研究費重点領域研究「火山災害の規模と特性」（研究代表者 荒牧重雄），1993