

富士山噴火時の広域降灰状況下における水道被害のリスク分析

リスク・レジリエンス工学グループPBL演習9班 最終発表

指導教員：庄司学先生・上田啓瑚様

班長：前川凜 神場千穂 高木裕太

- 
1. 序論
 2. 分析対象
 3. 分析方法
 4. 分析結果
 5. まとめ

1. 序論

研究背景

活火山

過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山 [1-1]

富士山も活火山であり、将来大規模噴火の可能性がある



噴火時の被害予測に対する重要性が高まっている

近年内閣府の**富士山ハザードマップの改定**も行われた

富士山火山防災対策協議会により想定されている
富士山噴火時の**降灰リスク**について被害予想を行う

降灰リスク：富士山が噴火した際の水道施設における被害と市民への影響

1. 序論

過去の噴火における各種被害

- Catherin Annenら [1-2]
1990年代の10年間に人的な影響を与えた52の火山から、**65の噴火に関する情報が集約**されている
 - 負傷者や死亡者、避難人数、建物の破壊状況、陸路・空路の被害状況
 - 火山噴火のメカニズム
- 雲仙・普賢岳噴火活動による災害<国土交通省 [1-3]>
平成3年の火砕流で、死者40人、行方不明3人、負傷者9人、建物被害179棟という、極めて悲惨な災害となった
国道57号：817日（H3.6.3～H7.4.28）
島原鉄道：1,698日（H3.6.4～H9.4.1）

噴火自体のメカニズムや**人的被害**、**交通インフラ**に注目が集まり、水道・電気等それ以外のインフラに関する研究が少ない

1. 序論

水道被害が生じた災害事例

- 高西ら [1-4]
洪水による水道事業所の被害事例をまとめる
2011.9 紀伊半島豪雨:**水道事業所被害 3箇所**
➡ 断水戸数 25,200
1947.9 カスリーン台風:**浄水場冠水などの被害**
➡ 断水人口約58万人
- 阪神・淡路大震災における水不足 [1-5]
震災後最大400台の給水車が出動したが、被災住民の**必要水量を供給でき**るものではなかった
発災直後は**通常時の30分の1以下水量**、電気が復旧し給水車の**体制が整ったあとも10分の1以下の水量**しか確保できなかった

噴火で水道被害が生じる可能性についても検証の必要がある

1. 序論

富士山噴火による水道被害の分析

既往研究

人々にとって重要な水道施設が被災した際の**影響人口は多い**が
噴火による水道施設の被害分析が十分に行われていない

本研究の目的

富士山噴火時の降灰リスク（水道への被害とその暴露人口）を
GIS等を用いて**具体的に算出**

1. 序論
2. 分析対象
3. 分析方法
4. 分析結果
5. まとめ

2. 分析対象

富士山の噴火による降灰想定

富士山火山防災対策協議会

「富士山ハザードマップ(改定版)検討委員会報告書」を使用[2-1]

降灰のハザードマップにおける予測条件

(1)ハザードとなる富士山の噴火規模及び想定火口

宝永噴火実績と同規模の **7億立方メートル**

過去45年間の富士山上空約1万mの風向風速の解析データを用いて、
富士山上空の風の風向き・風速の出現頻度の統計値を算出

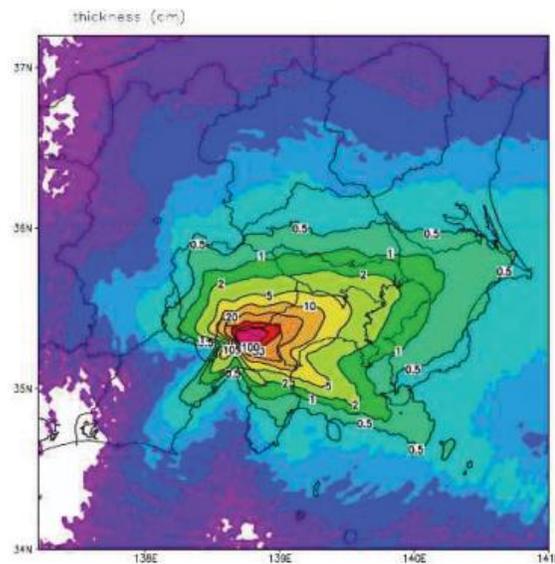
(2)火口の位置

富士山山頂

2. 分析対象

(3)シナリオの定義

降灰規模最大の場合：8月

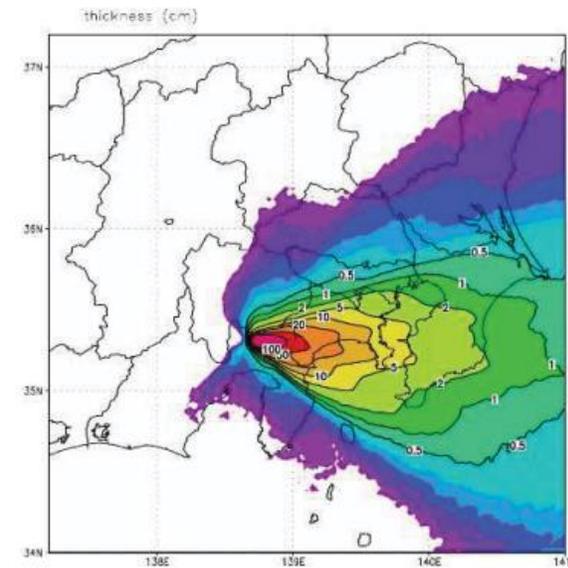


8月



悲観的シナリオ

降灰規模最小の場合：2月

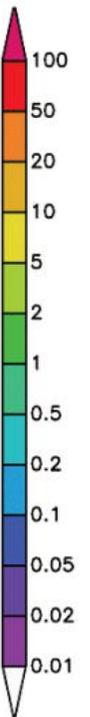


2月



楽観的シナリオ

降灰深(cm)



1. 序論
2. 分析対象
3. 分析方法
4. 分析結果
5. まとめ

3.1 調査・分析手法

富士山火山防災対策協議会が公開している[2-1]

降灰ハザードマップをGISデータ化

ハザードマップはラスター画像のみで、GIS向けベクターデータが存在しない

▶ 画像データをもとにポリゴンのベクターデータを作成する



上水道配水地域や人口のGISデータと組み合わせる

国土交通省の「国土数値情報ダウンロードサイト[3-2]」にて公開されているGISオープンデータを用いる

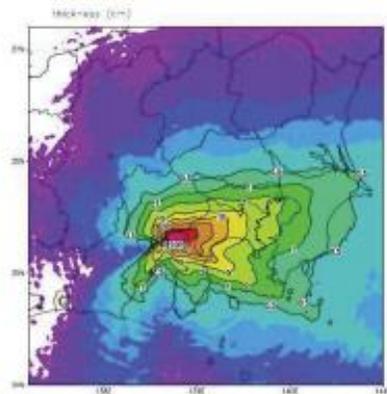


各配水地域における降灰状況によって
予想される**被害や期間を推定、影響人口を算出**

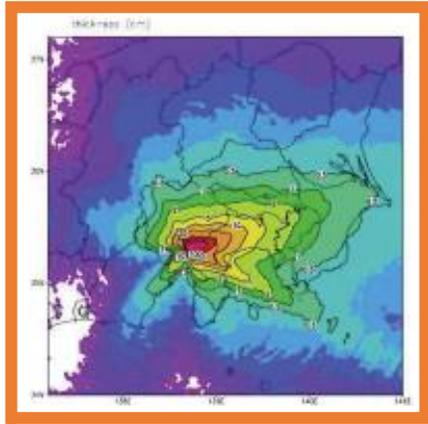
降灰深ポリゴンデータと配水地域や人口メッシュデータを重ね、
各配水地域の故障・汚染状況を予想し、その影響を受ける人口を算出する

3.1 調査・分析手法

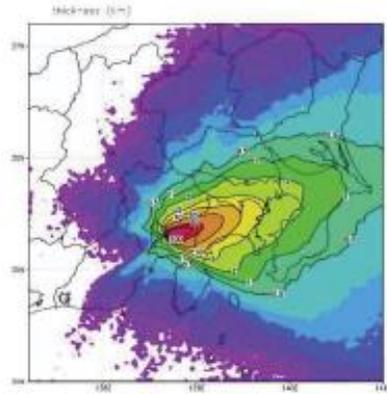
富士山火山防災対策協議会が公開している[2-1]
降灰ハザードマップをGISデータ化



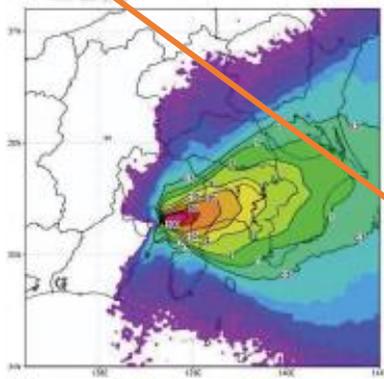
7月



8月

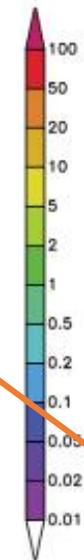


9月



10月

降灰深 (cm)



出典：[2-1]

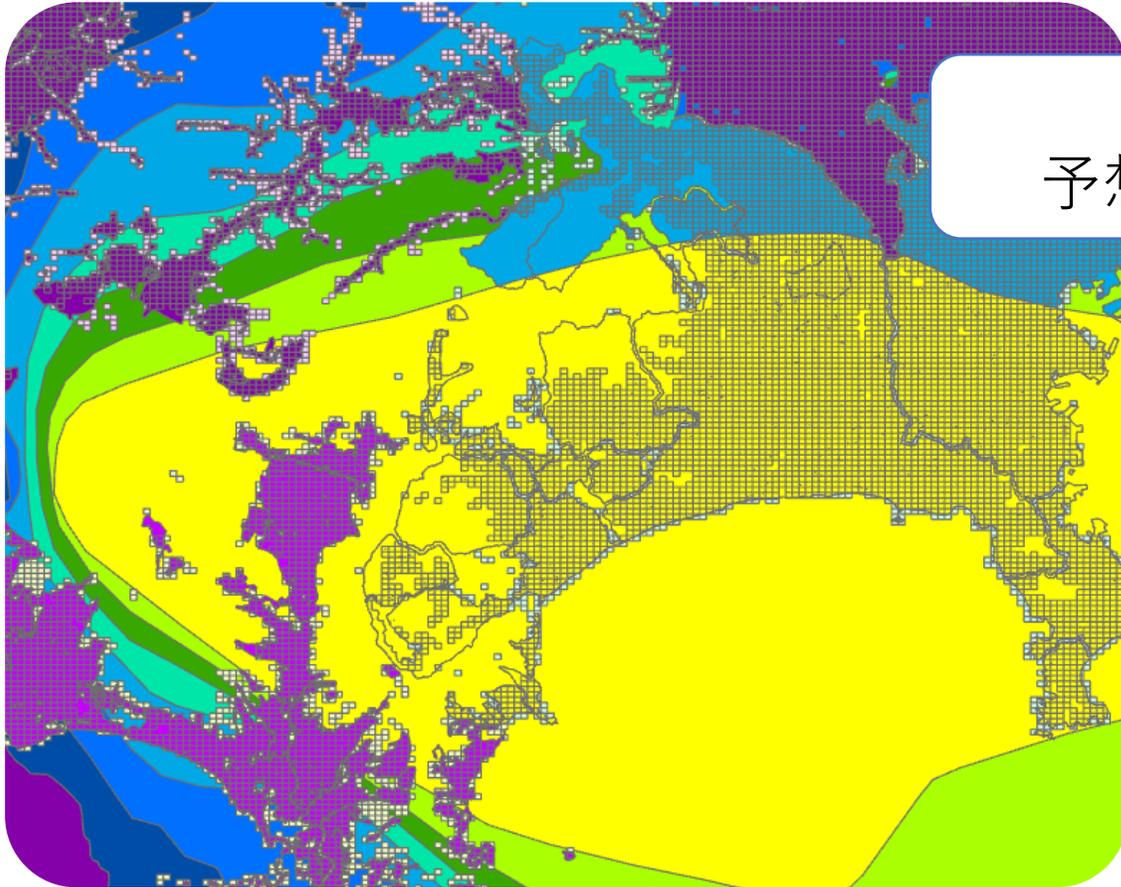


GISデータ化

3.1 調査・分析手法

上水道配水地域や人口のGISデータと組み合わせる

各配水地域における降灰状況によって
予想される**被害や期間を推定**、**影響人口を算出**



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		純粹_50	純粹_20	純粹_10	純粹_5	純粹_2	純粹_1	純粹_0.5	純粹_0.2	純粹_0.1	全体_50
2	茨城県	0	0	0	505703	1940097	2904969	3168681	3170614	3170614	
3	栃木県	0	0	0	0	23074	834885	1770629	2030258	2030258	
4	群馬県	0	0	0	0	512708	1991417	2166279	2166279	2166279	
5	埼玉県	0	0	2785780	6784304	8492851	8507080	8511938	8511938	8511938	
6	千葉県	0	4	4232702	6533654	6783340	6783492	6783492	6783492	6783492	
7	東京都	319174	7670687	13672926	13728684	13728684	13728684	13728684	13728684	13728684	1330139
8	神奈川県	3358108	9032342	9427920	9496295	9496295	9496295	9496295	9496295	9496295	748757
9	山梨県	159104	593660	860477	920338	928891	928805	929198	929198	929198	20353
10	長野県	0	0	0	0	64602	537497	1750023	2209013	2209013	
11	静岡県	519681	963546	1227944	1952200	2460950	2669469	2859799	3104017	3679086	106443
12	goukei	4356068	18260239	32207749	39921178	44431492	48382595	51165018	52129787	52704856	2205693
13		4356.1	18260.2	32207.7	39921.2	44431.5	48382.6	51165.0	52129.8	52704.9	22056.9
14											21737.7
15											

3.2 影響人口の算出方法

被害の**影響を受ける市民の人口**について**2種類の算出方法**を設定

純粹影響人口

- ・ 各降灰深ポリゴンデータと人口メッシュが重なった範囲の人口のみを算出
- ・ **降灰した地域の人口をそのまま算出**

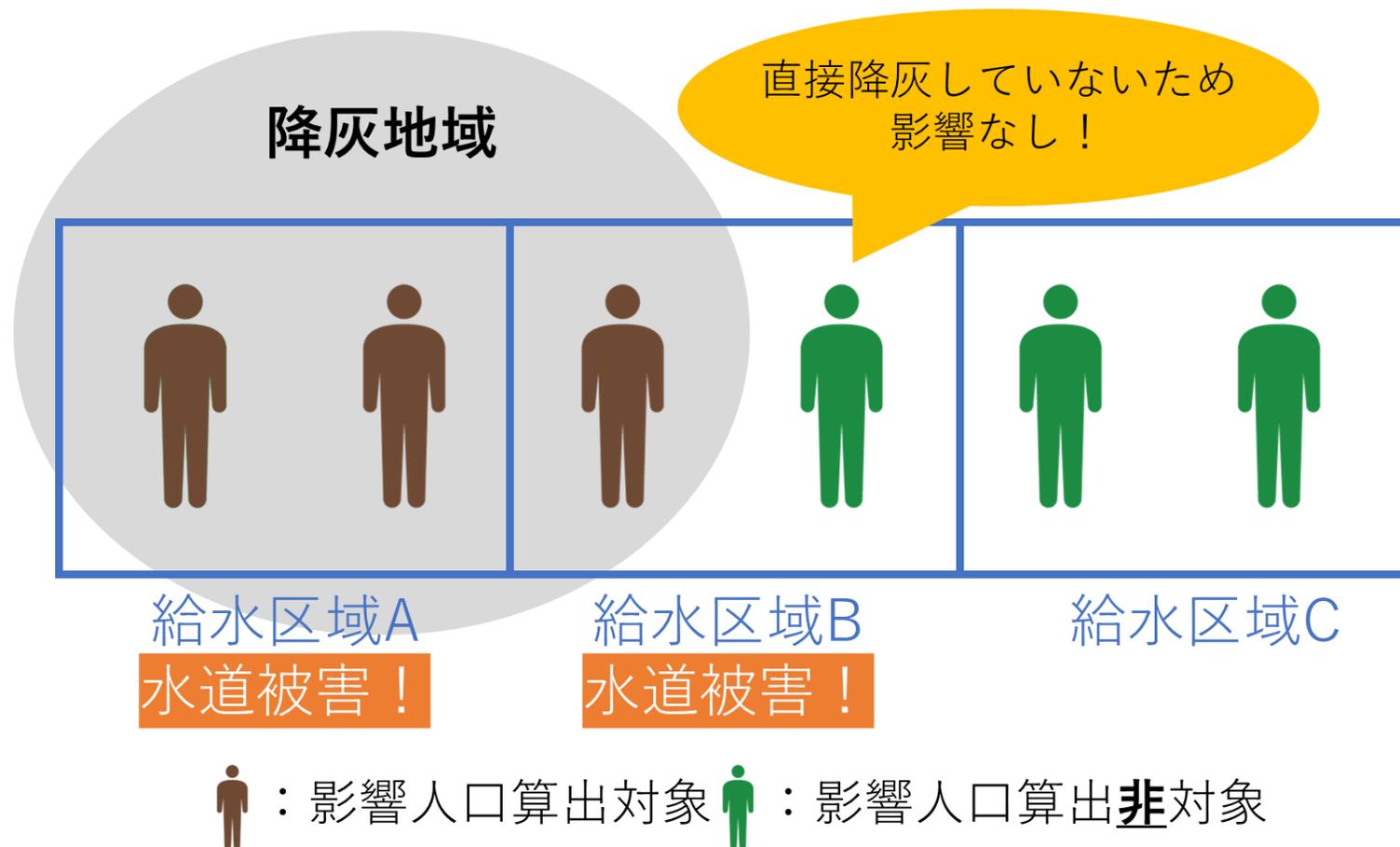
全体影響人口

- ・ 各降灰深ポリゴンデータと給水区域ポリゴンデータの重なりを確認し、重なっている給水区域では全域に影響が出ると想定して給水区域全体の人口メッシュを算出
- ・ **給水区域の一部が降灰地域**に含まれていれば、その**給水区域全体の市民が影響を受けている**として影響人口に含む

3.2 影響人口の算出方法

純粹影響人口

- ・各降灰深ポリゴンデータと人口メッシュが重なった範囲の人口のみを算出
- ・降灰した地域の人口をそのまま算出

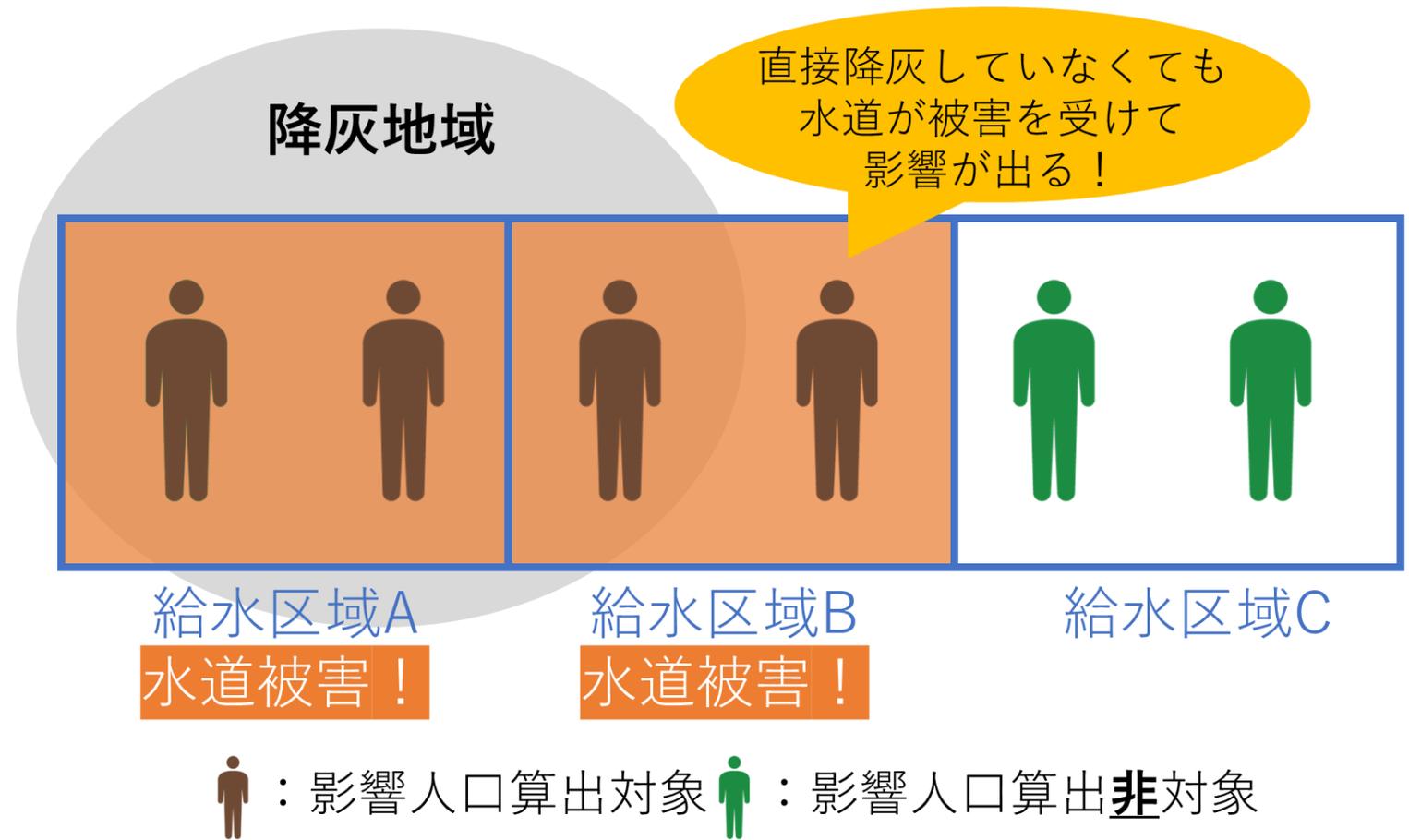


3.2 影響人口の算出方法

全体影響人口

- 各降灰深ポリゴンデータと給水区域ポリゴンデータの**重なりを確認し、重なっている給水区域では全域に影響が出ると想定**して給水区域全体の人口メッシュを算出

- 給水区域の一部が降灰地域に含まれていれば、その給水区域全体の市民が影響を受けている**として影響人口に含む



3.3 水道被害の定義

浄水場の**濾過方式**は主に3種類

緩速濾過方式

急速濾過方式

膜濾過方式

降灰深**2mm**で飲用不可
10mmで給水停止に^[3-1]

今回は**全ての施設が緩速濾過方式**と想定

1. 序論
2. 分析対象
3. 分析方法
4. 分析結果
5. まとめ

4. 分析結果

対象各都県の給水人口と、各都県給水人口の
対象10都県合計給水人口に対する割合

	給水人口	割合
茨城県	約321万人	約6 %
栃木県	約205万人	約4 %
群馬県	約220万人	約4 %
埼玉県	約867万人	約16 %
千葉県	約687万人	約13 %
東京都	約1,373万人	約26 %
神奈川県	約950万人	約18 %
山梨県	約95万人	約2 %
長野県	約223万人	約4 %
静岡県	約394万人	約7 %
対象都県合計	約5,334万人	100 %

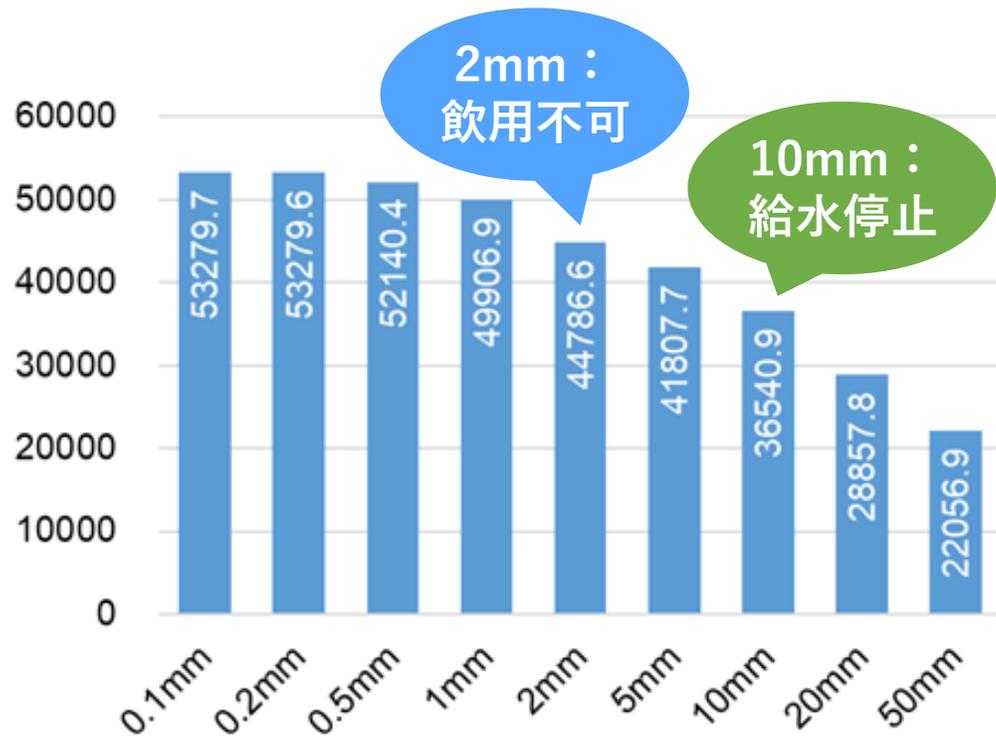
分析にて、
降灰により水道に**影響を受ける人口の割合**を算出

▼

$$\text{影響人口割合} = \frac{\text{影響人口}}{\text{給水人口}} \times 100$$

都県ごとに、給水区域ポリゴンデータ
と500mメッシュ人口データの重なり
から算出

4.1 分析結果 - 想定される最も大きな被害



降灰深**2mm**以上：水道水が**飲用不可**
→約4,479万人（給水人口の**84.0%**）

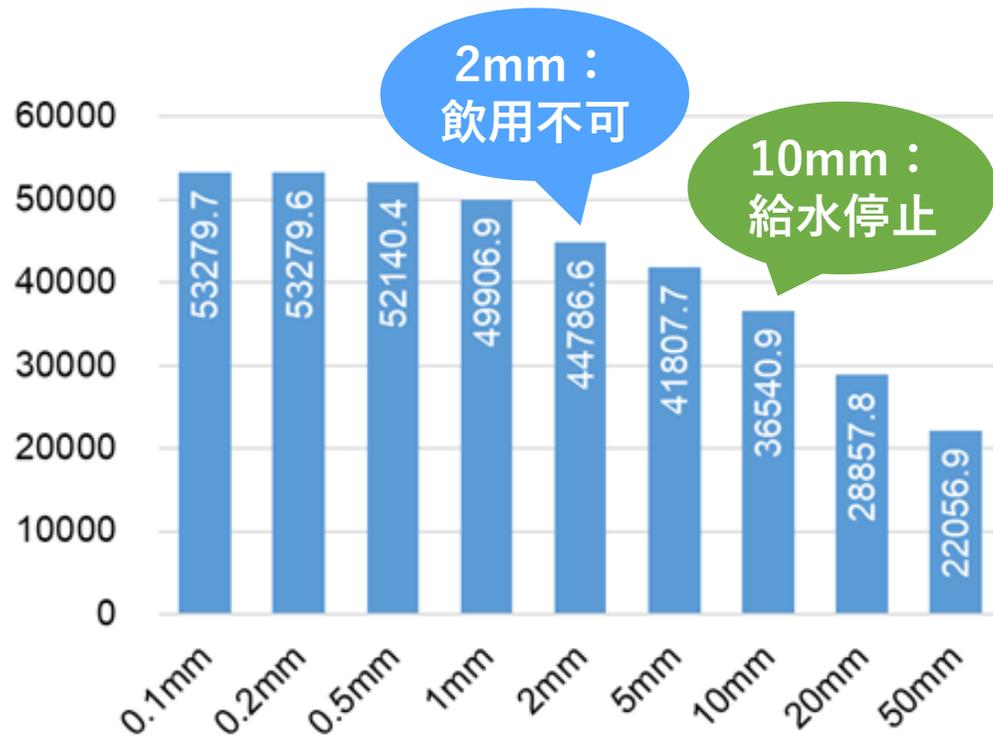
降灰深**10mm**以上：**水の供給が停止**
→約3,654万人（給水人口の**68.5%**）

悲観的シナリオにおける
対象都県合計の全体影響人口^{注1}（単位：千人）

注1：グラフ中に示された各降灰深の影響人口（割合）は、
各降灰深以上の影響人口（割合）を全て包含するものである



4.1 分析結果 - 想定される最も大きな被害



悲観的シナリオにおける
対象都県合計の全体影響人口^{注1} (単位：千人)

注1：グラフ中に示された各降灰深の影響人口（割合）は、各降灰深以上の影響人口（割合）を全て包含するものである

飲料・調理用だけで

1人当たり1日3Lの水が必要 [5-1]

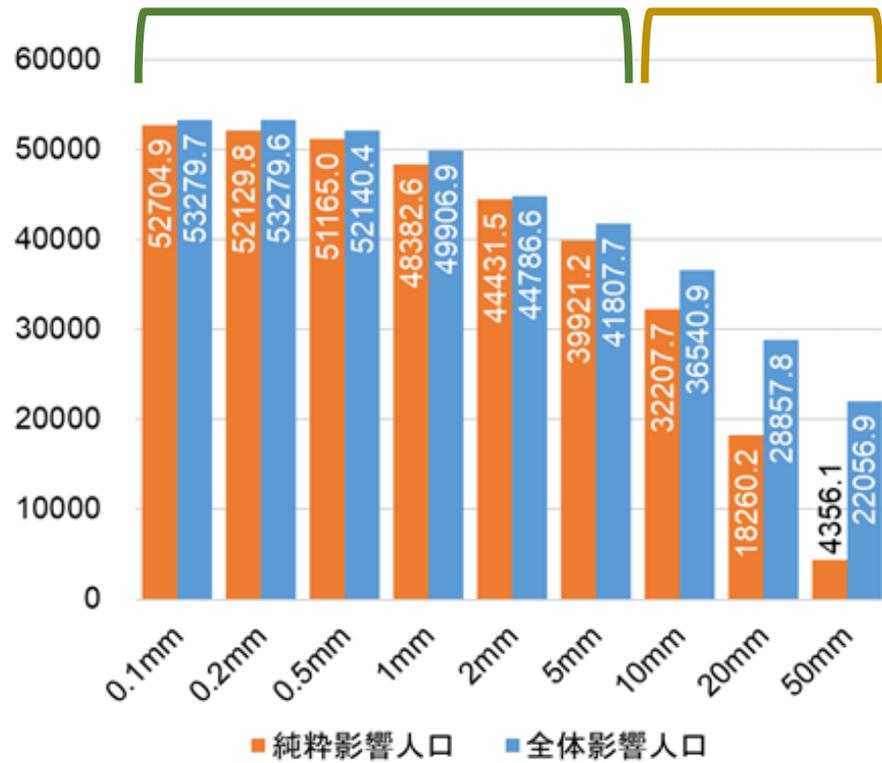
**1日当たり13,437万Lもの
飲料水の供給が必要に！**



**全国の給水車を総動員 [5-2] & 1日6往復しても
給水可能量はたった約3,000万L**

降灰リスクは、非常に大きい

4.2 分析結果 - 純粋および全体影響人口の比較



悲観的シナリオにおける
対象都県合計の純粋及び全体影響人口^{注1}
(単位：千人)

純粋影響人口と全体影響人口の差は、

- 降灰深「0.1mm以上」から「5mm以上」
約190万人、または、それ以下
- 降灰深「10mm以上」から「50mm以上」
約430万人、または、それ以上

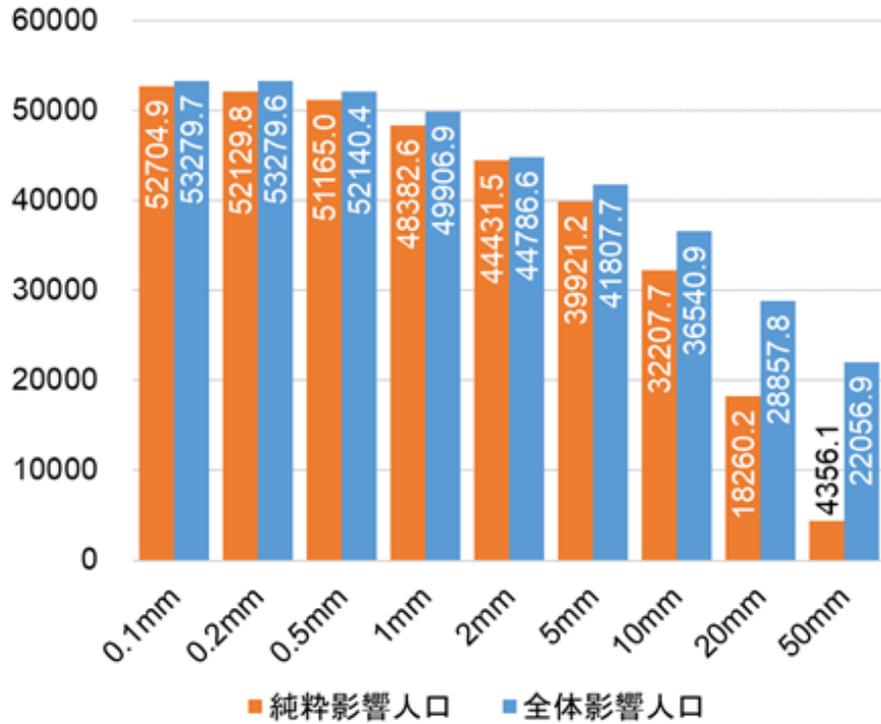
降灰深が**深くなる**につれて、差が**大きくなる**

4.2 分析結果 - 純粋および全体影響人口の比較

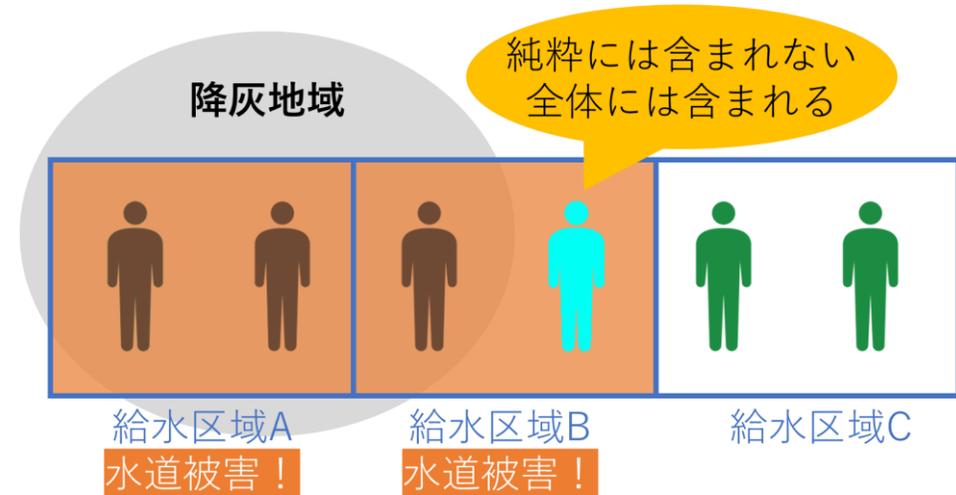
■ 純粋影響人口と全体影響人口の差が大きくなる理由

影響人口は各降灰地域の境界外縁部で差が出やすい

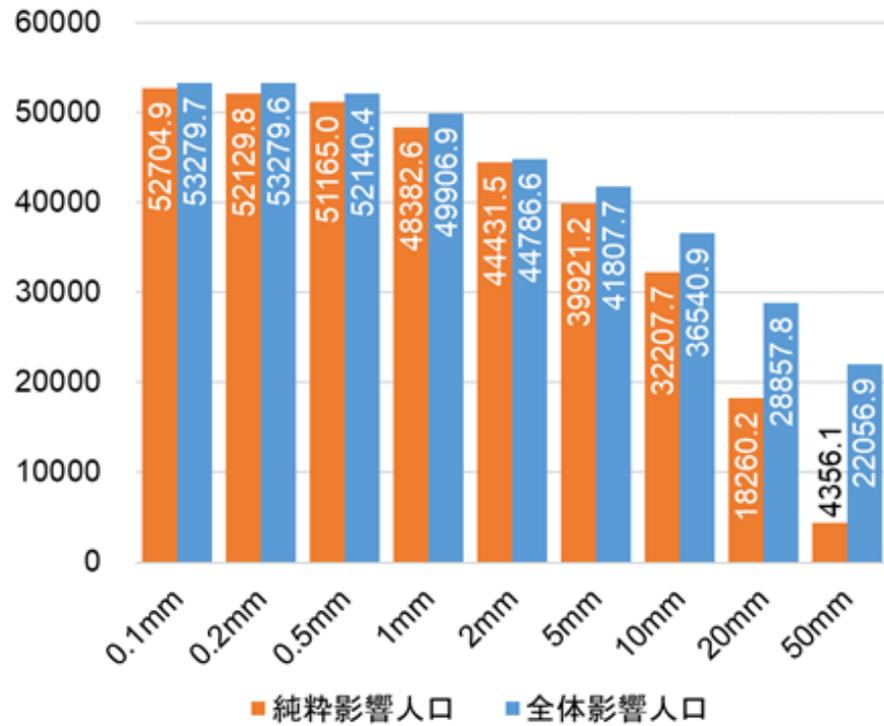
- 降灰地域の内側は、給水区域Aのようにどちらの算出方法でも影響を受けることになる
- 降灰地域の外縁部では、給水区域Bの水色の人のように「純粋影響人口では含まれないが全体影響人口では含まれる」市民が存在する



悲観的シナリオにおける
対象都県合計の純粋及び全体影響人口^{注1}
(単位：千人)



4.2 分析結果 - 純粋および全体影響人口の比較



悲観的シナリオにおける
対象都県合計の純粋及び全体影響人口^{注1}
(単位：千人)



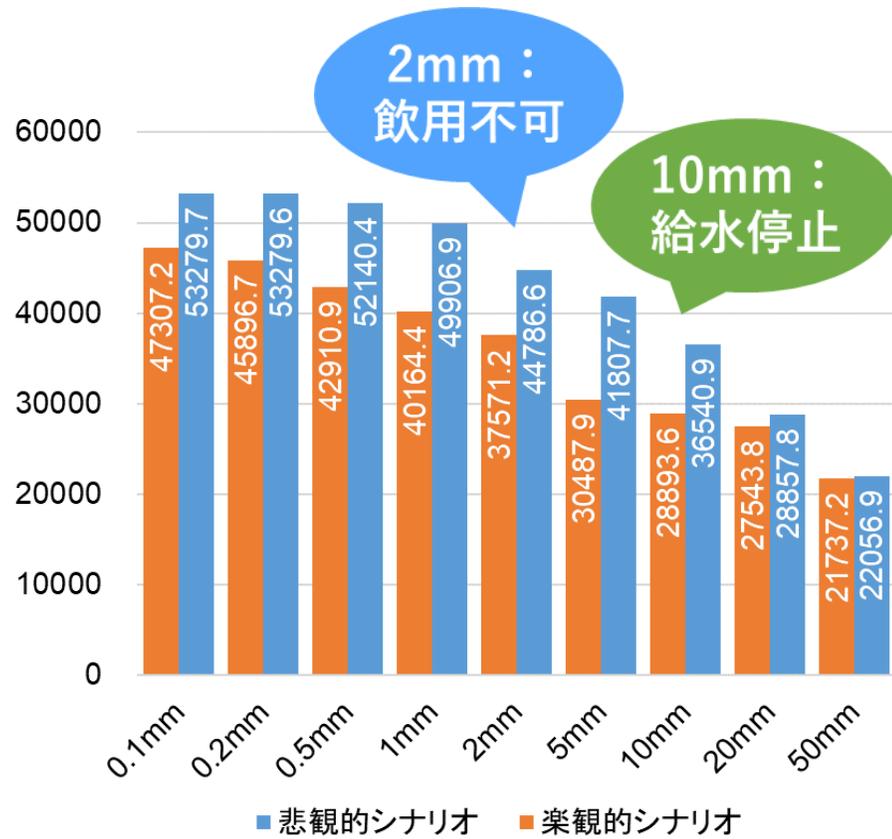
- 本研究では**対象都県を10都県**に限っている
- 降灰深0.2mmや0.1mmは**対象外の県にも存在**している
- 差が出やすい「**外縁部**」が研究**対象地域に入っていない**

対象都県の制限により、降灰深が浅い場合においても生じたであろう影響人口の差が、**抑えられている**

対象都県を広げることで、降灰深が浅い場合も、**純粋影響人口**と**全体影響人口**の**差が大きくなる**と想定される

全体影響人口の方が現実的

4.3 分析結果 – 楽観的・悲観的シナリオの比較



楽観的シナリオ及び悲観的シナリオにおける
対象都県合計の全体影響人口^{注1}
(単位：千人)

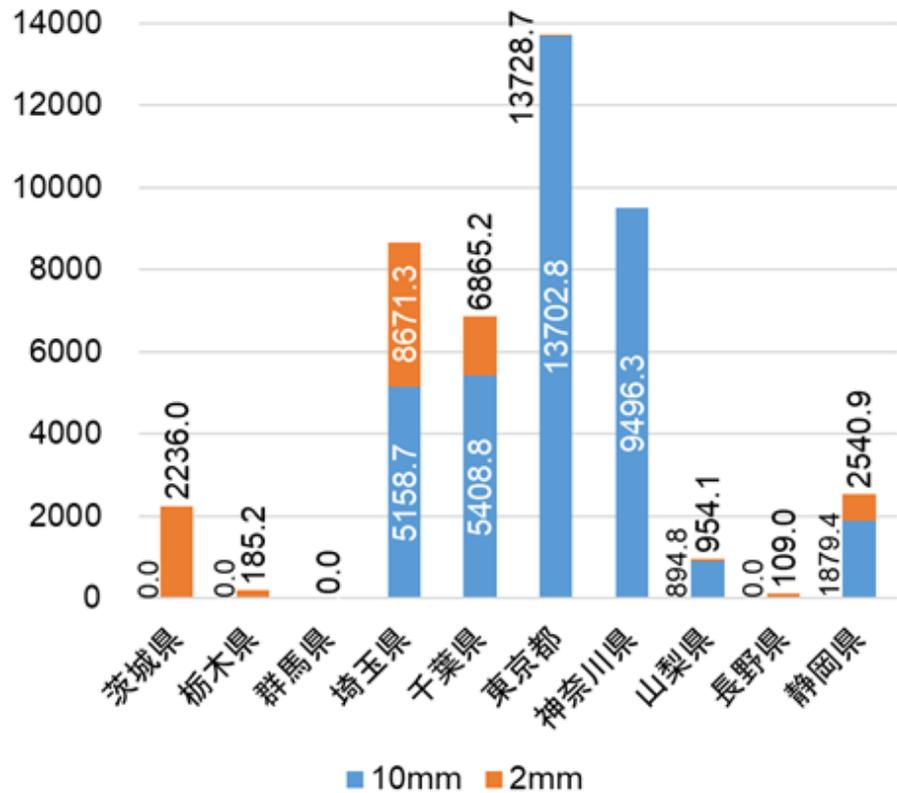
楽観的シナリオと悲観的シナリオは、
ともに降灰リスクが大きい

しかし、楽観的シナリオと悲観的シナリオで
全体影響人口の差は、

- 降灰深「2mm以上」：水道水が飲用不可
約722万人
- 降灰深「10mm以上」：水の供給が停止
約765万人

楽観的シナリオと悲観的シナリオには、
影響人口に大きな差がある

4.4 分析結果 - 対象都県ごとの比較



悲観的シナリオにおける
降灰深10mm以上及び2mm以上のエリアでの
全体影響人口^{注2} (単位：千人)

注2：降灰深10mm以上のエリアでの影響人口（割合）は、青い棒が示しており、降灰深2mm以上のエリアでの影響人口（割合）は、青い棒とオレンジの棒を合わせて積み上げ棒で示している

○東京都

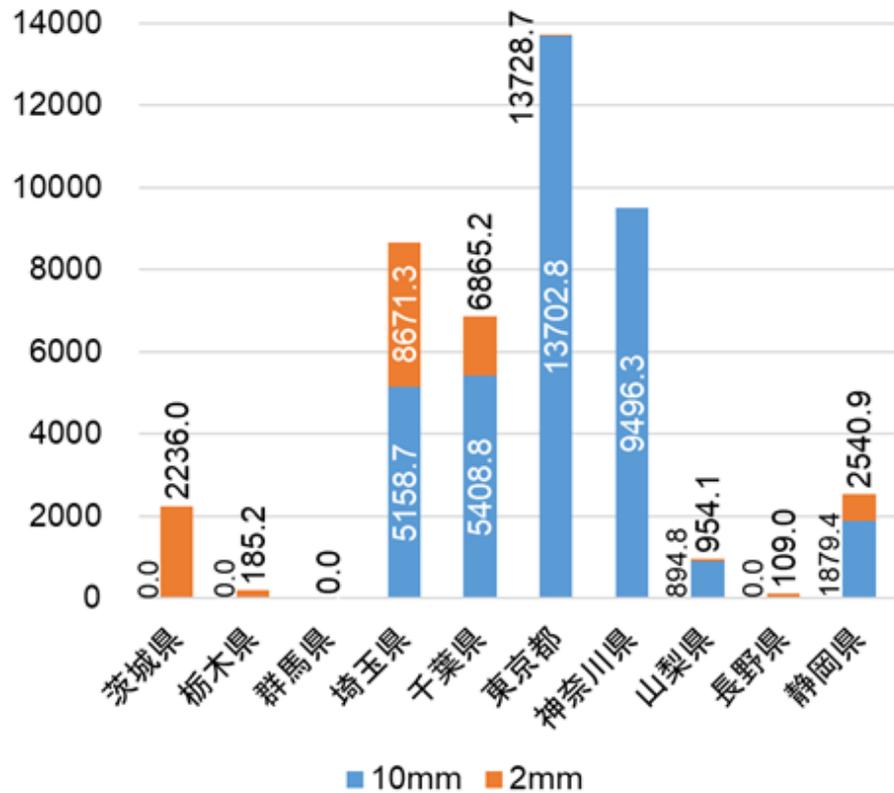
- 降灰深「10mm以上」：水の供給が停止
約1,370万人 (99.8%)

東京都に住む**ほぼ全員**に対して、**水の供給が停止**してしまう

東京都には、首都機能や企業の拠点、人口などが集中

富士山噴火がもたらす**被害は甚大**

4.4 分析結果 - 対象都県ごとの比較



悲観的シナリオにおける

降灰深10mm以上及び2mm以上のエリアでの
全体影響人口^{注2} (単位：千人)

注2：降灰深10mm以上のエリアでの影響人口（割合）は、青い棒が示しており、降灰深2mm以上のエリアでの影響人口（割合）は、青い棒とオレンジの棒を合わせて積み上げ棒で示している

○長野県、群馬県、栃木県

降灰が水道に与える影響は**ほぼなし**



富士山噴火により生じた降灰は、風により
おおよそ**東の方向**へと流されるため

○茨城県

降灰深「**10mm以上**」のエリア：なし

降灰深「**2mm以上**」のエリア：**茨城県南部**が該当

水道水が**飲用不可**となる被害を受ける人口
は、

約224万人 (69.6%)

1. 序論
2. 分析対象
3. 分析方法
4. 分析結果
5. まとめ

5. まとめ

噴火発生時の**水道被害の実態**が十分**調査・研究されていない**……

- **噴火で水道被害が生じる可能性**について検証の必要がある

GISを用いた**富士山噴火時の水道被害予測**を実施

悲観的シナリオで富士山が噴火した場合

対象人口の**84.0%**で水道水の**飲用が不可能**に
68.5%で水道水の**供給が完全に停止**
給水車で対応できる量の**4倍以上もの飲料水の供給**が必要に

極めて大きな被害が出るであろうことが**具体的数値**をもって示された

5. まとめ

噴火発生時の**水道被害の実態**が十分**調査・研究されていない**……

- **噴火で水道被害が生じる可能性**について検証の必要がある

GISを用いた**富士山噴火時の水道被害予測**を実施

- ・公助（浄水場の屋根蓋設置・給水車増備等のハード対策など）：限界あり
- ・**自助**（飲料水の備蓄など）や**共助**（井戸の整備や使用体制の確保など）の**促進が求められる**

給水車で対応できる量の**4倍以上もの飲料水の供給**が必要に

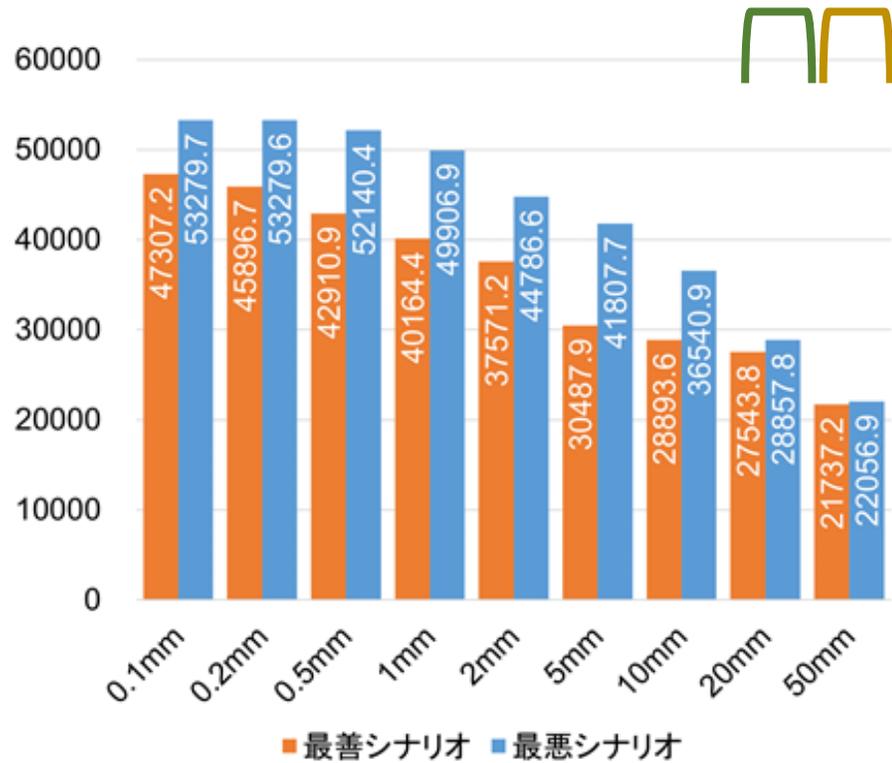
極めて大きな被害が出るであろうことが**具体的数値**をもって示された

引用文献

- [1-1]国土技術研究センター：世界有数の火山国、日本，最終閲覧日2023/10/19, <https://www.jice.or.jp/knowledge/japan/commentary13>.
- [1-2] Catherin Annen, Jean-Jacques Wagner, The Impact of Volcanic Eruptions During the 1990s, Natural Hazard Review 2003, ASCE
- [1-3]国土交通省, 雲仙・普賢岳噴火活動による災害, 2003, http://www.qsr.mlit.go.jp/bousai/index_c11.html.
- [1-4]高西 春二, 中野 晋, 宇野 宏司, 仁志 裕太, 近年の豪雨災害による水道事業者の被災とその対応調査, 土木学会論文集F6 (安全問題), Vol. 68, No.2, I_130-I_137, 2012
- [1-5] 藤井滋穂, 山田淳: 災害による長期断水時の水確保の実体とその影響要因, 水環境学会誌, 第22巻, 第7号, pp.587-594, 1999, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jswe/22/7/22_7_587/pdf/-char/ja.
- [2-1]富士山火山防災対策協議会:富士山ハザードマップ（改定版）検討委員会報告書 5.7 降灰（小さな噴石を含む）のハザードマップ, 2021/03, https://www.pref.shizuoka.jp/res/projects/default_project/page/001/030/190/05-7_syou05-7.pdf.
- [3-1] 内閣府 大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ: 降灰による影響の閾値の考え方, 最終閲覧日2023/10/13, https://www.bousai.go.jp/kazan/kouikikouhaiworking/pdf/syutoshiryu_02.pdf.
- [5-1] 農林水産省: 大事な水、どうやって備えますか?, 最終閲覧日2023/10/13, https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/foodstock/imadoki/imadoki02_10.html
- [5-2] 日本水道協会: 地震等緊急時対応特別調査委員会 応援体制検討小委員会報告書, 2017, http://www.jwwa.or.jp/houkokusyo/houkokusyo_31.html

補足スライド

補足 - 楽観的および悲観的シナリオの比較



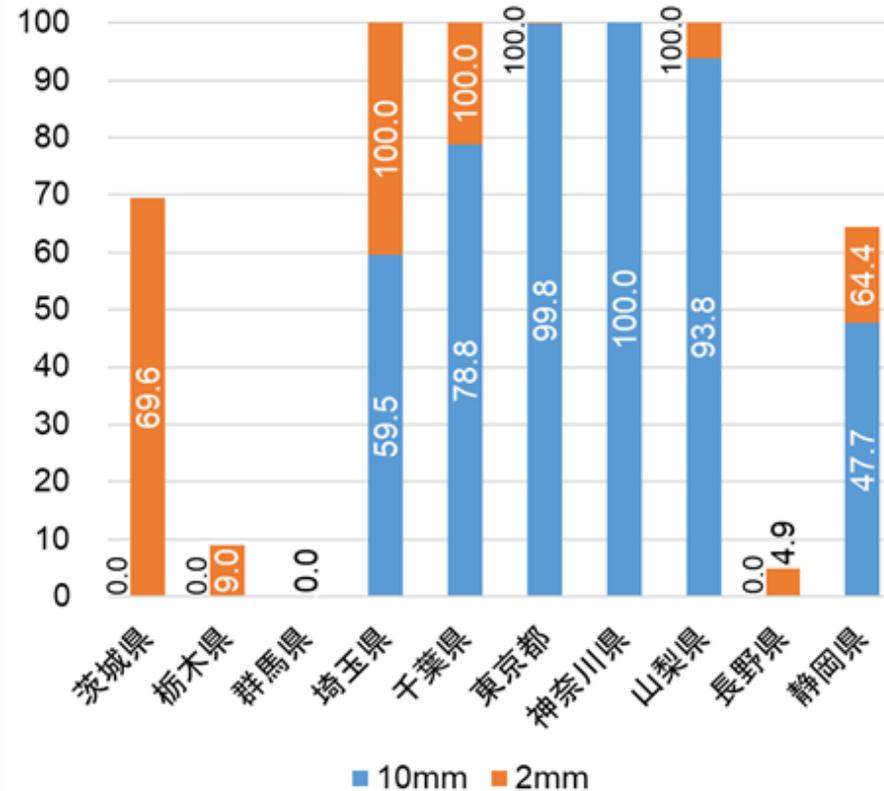
楽観的シナリオ及び悲観的シナリオにおける
対象都県合計の全体影響人口^{注1}
(単位：千人)

楽観的シナリオと悲観的シナリオの全体影響人口の差は、

- ・ 降灰深「20mm以上」
約131万人
- ・ 降灰深「50mm以上」
約32万人

楽観的シナリオと悲観的シナリオで、
降灰深20mm以上、50mm以上のエリアがほぼ同様
であることが関係しているのでは

補足 - 対象都県ごとの比較



悲観的シナリオにおける
降灰深10mm以上及び2mm以上のエリアでの
全体影響人口の割合^{注2} (単位：%)

補足 - 対象都県ごとの比較



■ 降灰10mm ■ 降灰2mm

悲観的シナリオにおける
降灰深10mm以上と2mm以上の範囲