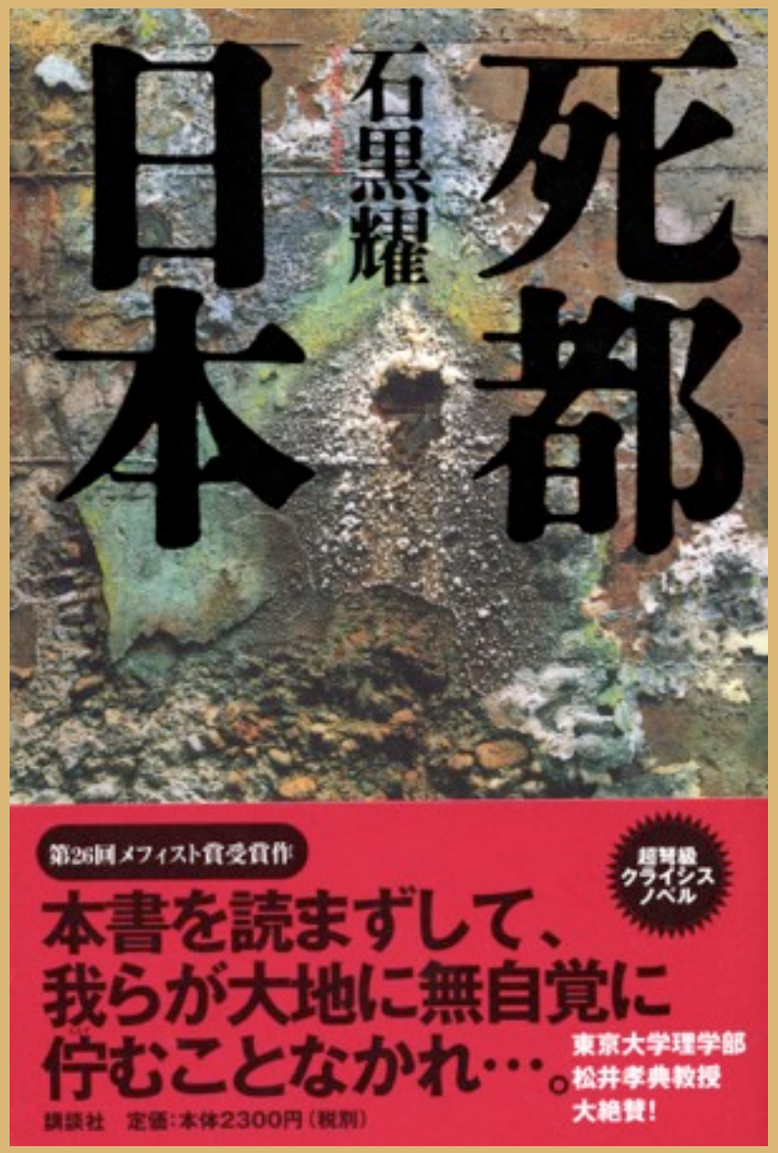
低頻度大規模災害の定量的リスク評価・比較手法の一試案

富士山の山体崩壊（東麓側）予想図
イラスト：萩原佐知子

小山真人（静岡大学防災総合センター）

火山小説「死都日本」シンポジウム「破局噴火のリスクと日本社会」（2003年5月25日）



火山小説「死都日本」シンポジウム
「破局噴火のリスクと日本社会」（2003年5月25日）

第１部：「破局噴火」とは何か
　小山真人（静岡大学）：火山学者からみた「死都日本」の意義と魅力
　荒牧重雄（東京大学名誉教授）：カルデラ噴火の地学的意味
　宇井忠英（北海道大学）：南九州の大規模火砕流の多様性
第２部：「破局噴火」の現場の今
　井村隆介（鹿児島大学）：霧島火山の噴火史とハザードマップ
　鍵山恒臣（東京大学地震研究所）：火山観測からみた霧島火山と加久藤カルデラ
　山岡耕春（名古屋大学）：日向灘の大地震と九州地方の地震・火山活動の関連性
第３部：「破局噴火」がもたらすもの
　井上公夫（日本工営）：大規模火砕流の後に何が起きるか—ピナツボ火山の事例から
　千葉達朗（アジア航測）：スプリンターカリブはモルタル化した火砕流上を走るか
　成尾英仁（鹿児島県立武岡台高校）：縄文の灰神楽－鬼界アカホヤ噴火と大地震
第４部：「破局噴火」のリスク管理
　高橋正樹（日本大学）：大規模カルデラ噴火のリスクと予測可能性
　早川由紀夫（群馬大学）：現代都市への破局噴火リスクの評価
　吉川肇子（慶応大学）：低頻度大規模災害のリスクをどう伝えるか
　渋谷和久（内閣府防災担当）：国はどう対応するか
第５部：パネルディスカッション「破局噴火と現代日本社会」
　コーディネーター：伊藤和明（元ＮＨＫ解説委員）
　パネリスト：渋谷和久（内閣府防災担当），杉浦信男（国土交通省），山里　平（気象庁），中川和之（時事通信），林　信太郎（秋田大学），鎌田浩毅（京都大学）
　会場も含めた総合討論　　世話人あいさつ
　石黒　耀：シンポジウムへのコメント

火山小説

死都日本

シンポジウム

破局噴火のリスクと日本社会

●司会・進行
伊藤和明（元NHK解説委員）
岡田　弘（北海道大学）

第1部
「破局噴火」とは何か

小山真人（静岡大学）
火山学者からみた「死都日本」の意義と魅力

荒牧重雄（東京大学名誉教授）
カルデラ噴火の地学的意味

宇井忠英（北海道大学）
南九州の大規模火砕流の多様性

第2部
「破局噴火」の現場の今

井村隆介（鹿児島大学）
霧島火山の噴火史とハザードマップ

鍵山恒臣（東京大学）
火山観測からみた霧島火山と
加久藤カルデラ

山岡耕春（名古屋大学）
日向灘の大地震と九州地方の地震・
火山活動の関連性

（昼食）

第3部
「破局噴火」がもたらすもの

井上公夫（日本工営）
大規模火砕流の後に何が起きるか―
ピナツボ火山の事例から

千葉達朗（アジア航測）
スプリンターカリブはモルタル化した
火砕流上を走るか

成尾英仁（鹿児島県立武岡台高校）
縄文の巫神楽－鬼界アカホヤ噴火と大地震

第4部
「破局噴火」のリスク管理

高橋正樹（日本大学）
大規模カルデラ噴火のリスクと予測可能性

早川由紀夫（群馬大学）
現代都市への破局噴火リスクの評価

吉川慶子（慶応大学）
低頻度大規模災害のリスクをどう伝えるか

渋谷和久（内閣府防災担当）
国はどう対応するか

第5部
パネルディスカッション
「破局噴火と現代日本社会」

●コーディネーター
伊藤和明（元NHK解説委員）

●パネリスト
渋谷和久（内閣府防災担当）
杉浦信男（国土交通省）
山里　平（気象庁）
中川和之（時事通信）
林　信太郎（秋田大学）
鎌田浩毅（京都大学）
一会場も含めた総合討論

石黒　耀：シンポジウムへのコメント

2003年5月25日(日)10時～17時
講談社ホール（地下鉄有楽町線護国寺駅上）

主催●「K作戦」実行委員会
共催●　日本火山の会
後援（予定）●　内閣府、国土交通省、日本火山学会、日本災害情報学会
問い合わせ先●　k-sakuzen-ticket@maechan.net

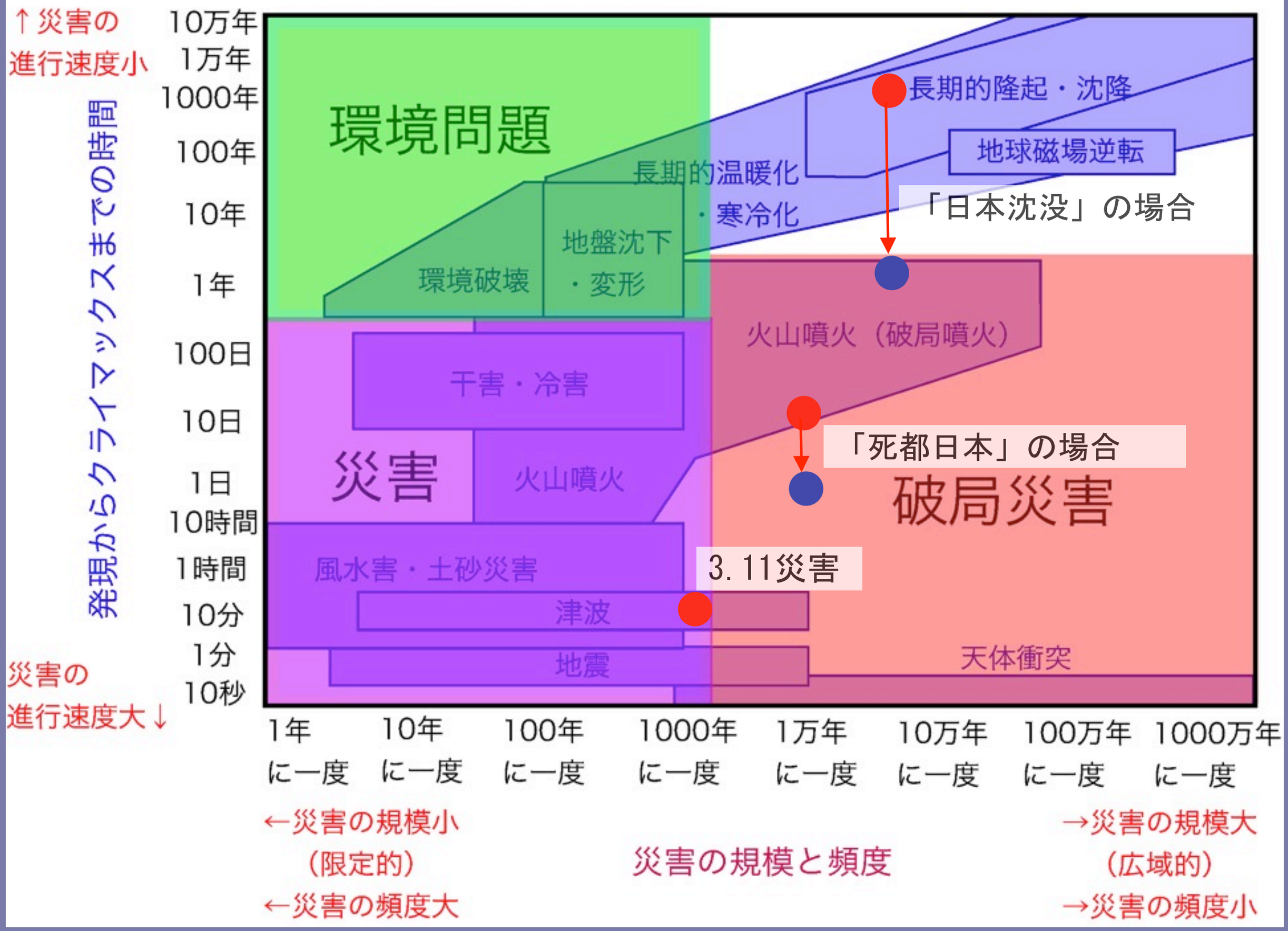
有限会社和田電気空調

我らが大地に無自覚に
佇むことなかれ…。

東京大学理学部
松井孝典教授
大絶賛！

講談社　定価：本体2300円（税別）

自然災害の種類と特徴


↑災害の
進行速度小
発現からクライマックスまでの時間
10万年
1万年
1000年
100年
10年
1年
100日
10日
1日
10時間
1時間
10分
1分
10秒
災害の
進行速度大↓
環境問題
長期的隆起・沈降
地球磁場逆転
長期的温暖化
・寒冷化
「日本沈没」の場合
地盤沈下
・変形
環境破壊
火山噴火（破局噴火）
干害・冷害
「死都日本」の場合
災害
火山噴火
破局災害
風水害・土砂災害
3.11災害
津波
地震
天体衝突
1年
に一度
10年
に一度
100年
に一度
1000年
に一度
1万年
に一度
10万年
に一度
100万年
に一度
1000万年
に一度
←災害の規模小
（限定的）
←災害の頻度大
災害の規模と頻度
→災害の規模大
（広域的）
→災害の頻度小

日本の防災行政の姿勢

低頻度大規模自然災害は対策できない（予算がいくらあっても足りない）から、無かったこと（認知外、想定外）にしていた

→3.11災害の発生によって「想定外」を無くす方向に

→しかし、予算の話はどうなったの？

→防げないけど、避難することくらいできるんじゃないの？

中央防災会議（2012）南海トラフ巨大地震対策について(中間報告)

南海トラフで生じる津波を2つのレベルに分類
レベル 1 「発生頻度は比較的高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波」
レベル 2 「発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波」

内閣府（2012 年 8 月29 日報道発表資料）

レベル2津波「発生頻度は極めて低いものである」としながらも、「東日本大震災の教訓から、命を守ることを最優先として、この最大クラスの津波への対応を目指す必要がある」

発生頻度が極めて低い災害には、小惑星衝突や近距離での超新星爆発なども含まれるから、その頻度を定量的に示さずに闇雲に対策を求めることは合理性・客観性を欠き、かつ防災情報の発信としても無責任

どこまでを想定し、どこからを諦めるか

きちんと定量的なリスクを出し、「ここまでは対策するが、ここから先は諦める」という整理（リスクの定量的評価）が必要

こうしないことによって、逆に問題を複雑化・深刻化させている（放射能除染の問題など）

火山リスクとのつきあい方

- 火山国に住んでいる限り、火山リスクをゼロにすることはできないと知る。
- 火山リスクのエンドポイント（どうしても避けたいこと）として、人の死を設定する。
- 「人の命には無限の価値がある」という建前を捨て、避けたいが避けがたいものとして人の死を受け入れる。
- リスクを死者数で表現する。

- リスク認識
- リスク評価
- リスク管理

早川（2001）

現在の都市をかつて襲った火砕流噴火　早川（2001）

火山	事件	M	発生年代	破壊力	危険度	壊滅的打撃を受けた市・県
樽前山	Ta-a	5.2	261　(1739)	5	192	苫小牧市
樽前山	Ta-b	5.4	333　(1667)	5	150	苫小牧市
十和田湖	毛馬内火砕流	5.7	1085　(915m	5	46	鹿角市
榛名山	渋川熱雲	4.8	1400	30	201	渋川市・前橋市・高崎市
鬼界カルデラ	幸屋火砕流	8.1	7300	20	27	西之表市・指宿市・枕崎市・
姶良カルデラ	薩摩火砕流	5.9	1　2000	60	50	鹿児島市・国分市・垂水市
男体山	白崖火砕流	5.6	1　4900	10	7	日光市・今市市
十和田カルデラ	八戸火砕流	6.7	1　5000	200	133	青森県・秋田県・岩手県
浅間山	平原火砕流	6.0	1　5900	10	6	小諸市・佐久市
姶良カルデラ	入戸火砕流	8.3	2　8000	300	107	鹿児島県・宮崎県・熊本県
十和田カルデラ	大不動火砕流	6.7	3　0000	200	67	青森県・秋田県・岩手県
屈斜路カルデラ	第一火砕流	7	4　0000	10	3	北見市・網走市
支笏カルデラ	第一火砕流	7.2	4　1000	200	49	札幌市・千歳市・苫小牧市
箱根山	東京火砕流	6.1	5　2000	100	19	神奈川県・静岡県
銭亀火口	女那川火砕流	6.6	5　3000	40	8	函館市
阿蘇カルデラ	阿蘇4火砕流	8.4	8　7000	1100	126	鹿児島県を除く九州全県・山

破壊力＝現代に起きた時の死者数
危険度（発生確率を考慮したリスク）＝死者数／それが起きてからの経過年数（発生間隔の代用）

リスクの４つの定義

小山（2005）

１．漠然と「（潜在的）危険（性）」を意味

２．リスク＝ハザード（加害要因）の大きさx生起確率
（National Research Council, 1989；吉川，1999など）
リスク＝死者数／平均発生間隔＝１年あたりの死者数

３．リスク＝ハザードx社会の脆弱性（vulnerability）
（Tilling, 1989）（ハザードに生起確率の概念が内包され，結果的には被害の期待値を意味）

４．定量化した被害そのものの意味であり，被害額とか犠牲者数の具体的予測値（期待値）

富士山における大規模現象

１．山体崩壊と岩屑なだれ：現行ハザードマップで想定外

例：東麓：御殿場岩屑なだれ（2900年前）、馬伏川岩屑なだれ（8000年前）、他に２層

西麓～南西麓：田貫湖岩屑なだれ（2万年前）他４層

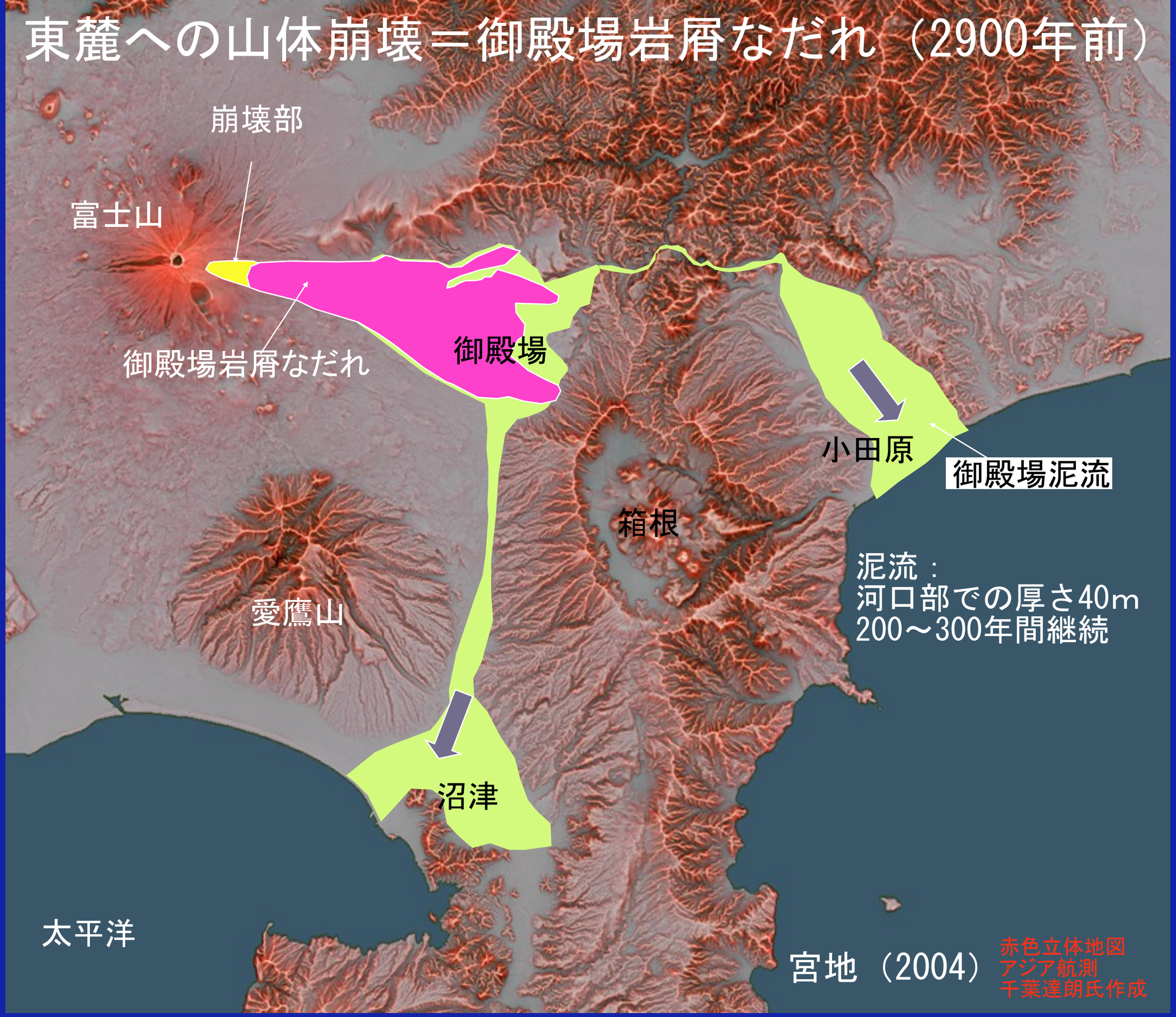
北東麓：富士相模川泥流（1万4000～1万7000年前の３層）

２．大規模噴火（マグマ換算で10億立方ｍクラス）

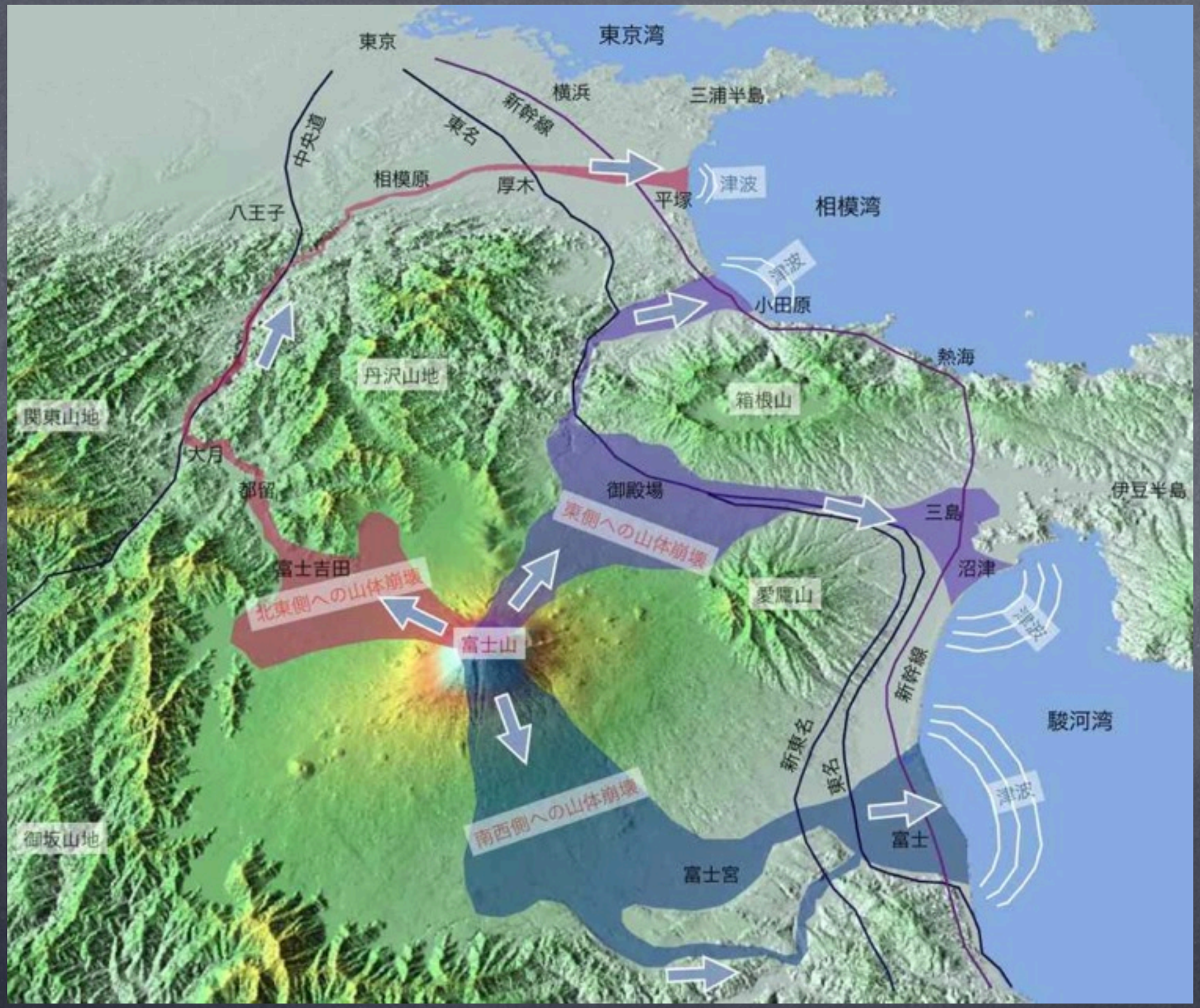
：現行ハザードマップで7億立方ｍまでは想定ずみ

例：1707年宝永噴火（7億立方ｍ）、864年貞観噴火（13億立方ｍ）

東麓への山体崩壊＝御殿場岩屑なだれ（2900年前）



富士山で山体崩壊が起きた場合のおおよその被災範囲（厚い土砂で埋められる範囲）

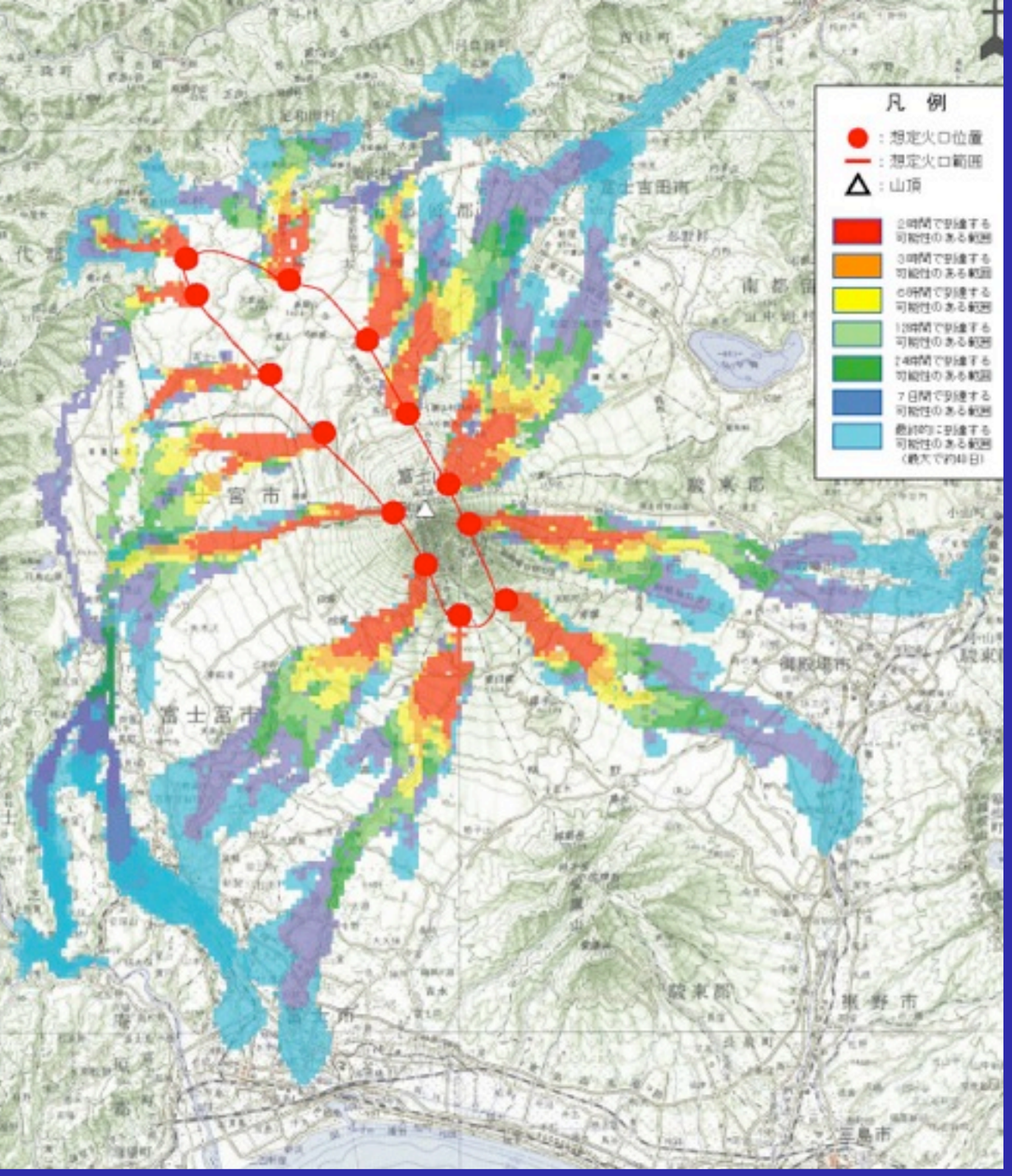


過去に発生例がある北東側・東側・南西側の方向別にそれぞれ描いた。背景の立体地形図は、国土地理院の数値標高データと「カシミール３D」を用いて作成。

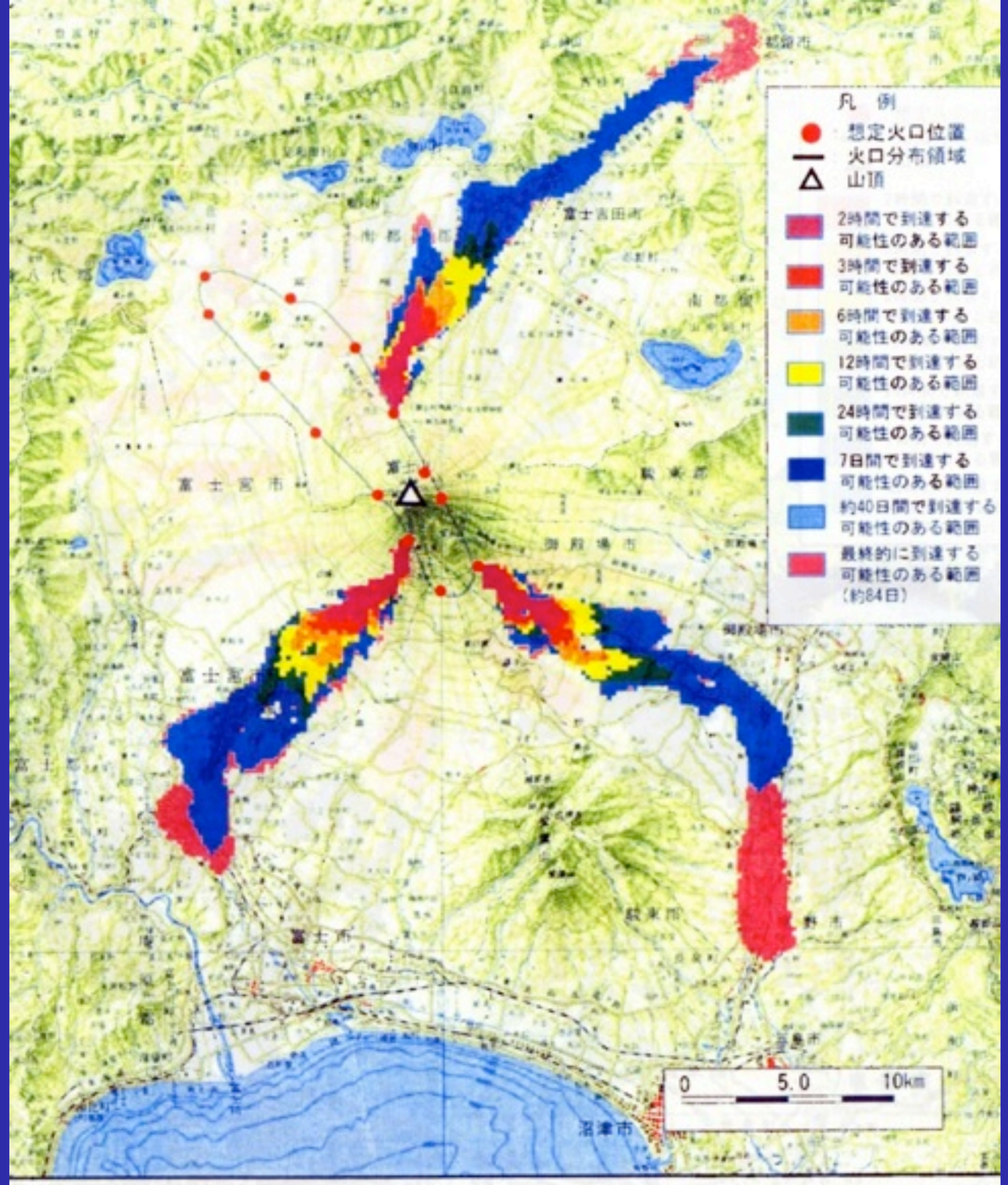
864年富士山貞観噴火

御殿場市「樹空の森」CG

御殿場市「樹空の森」CG



大規模(0.7km³)



溶岩流数値計算結果図
規模：1.45km³、噴出レート：200m³/sの場合

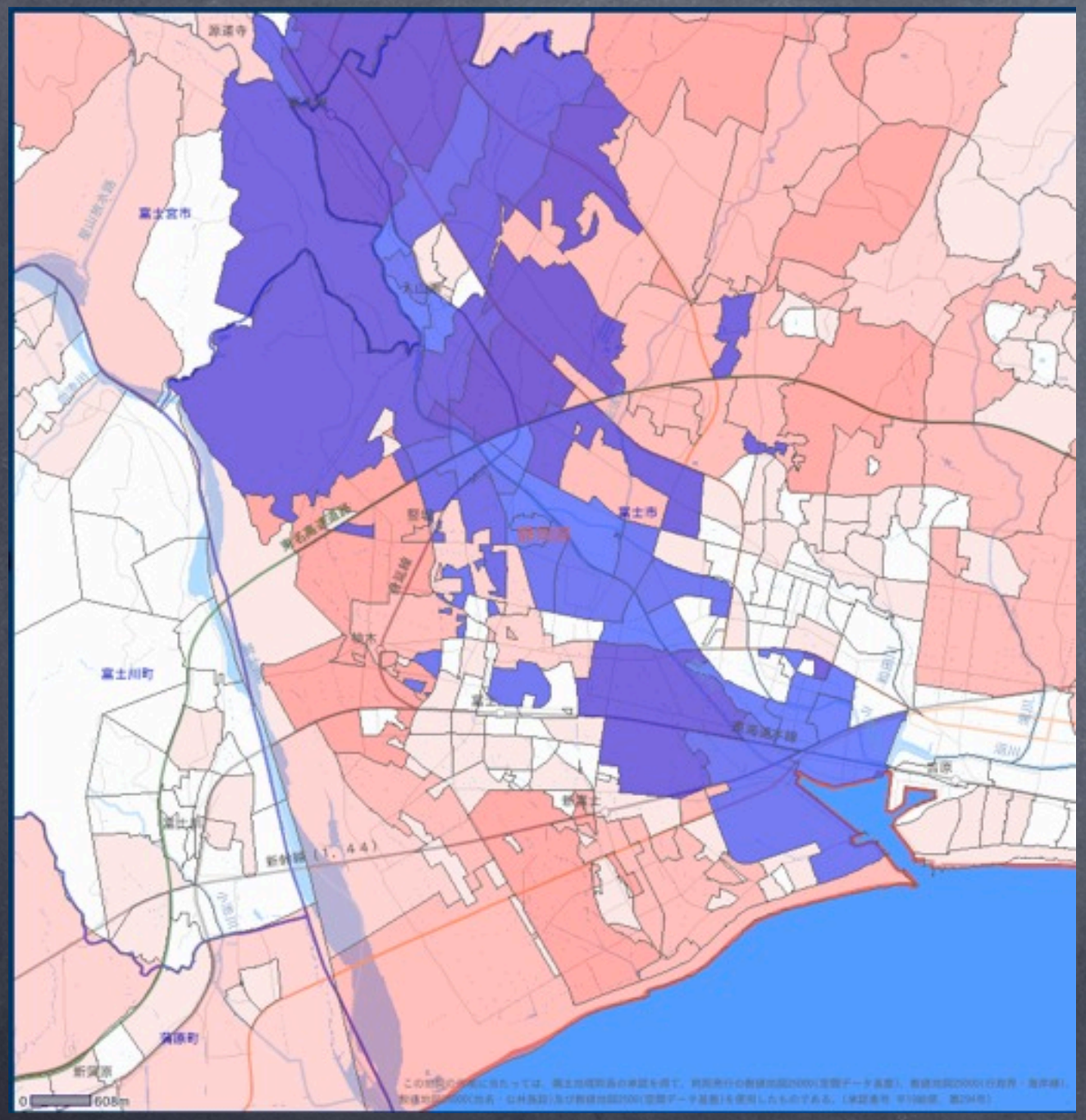
貞観噴火規模(1.45km³)

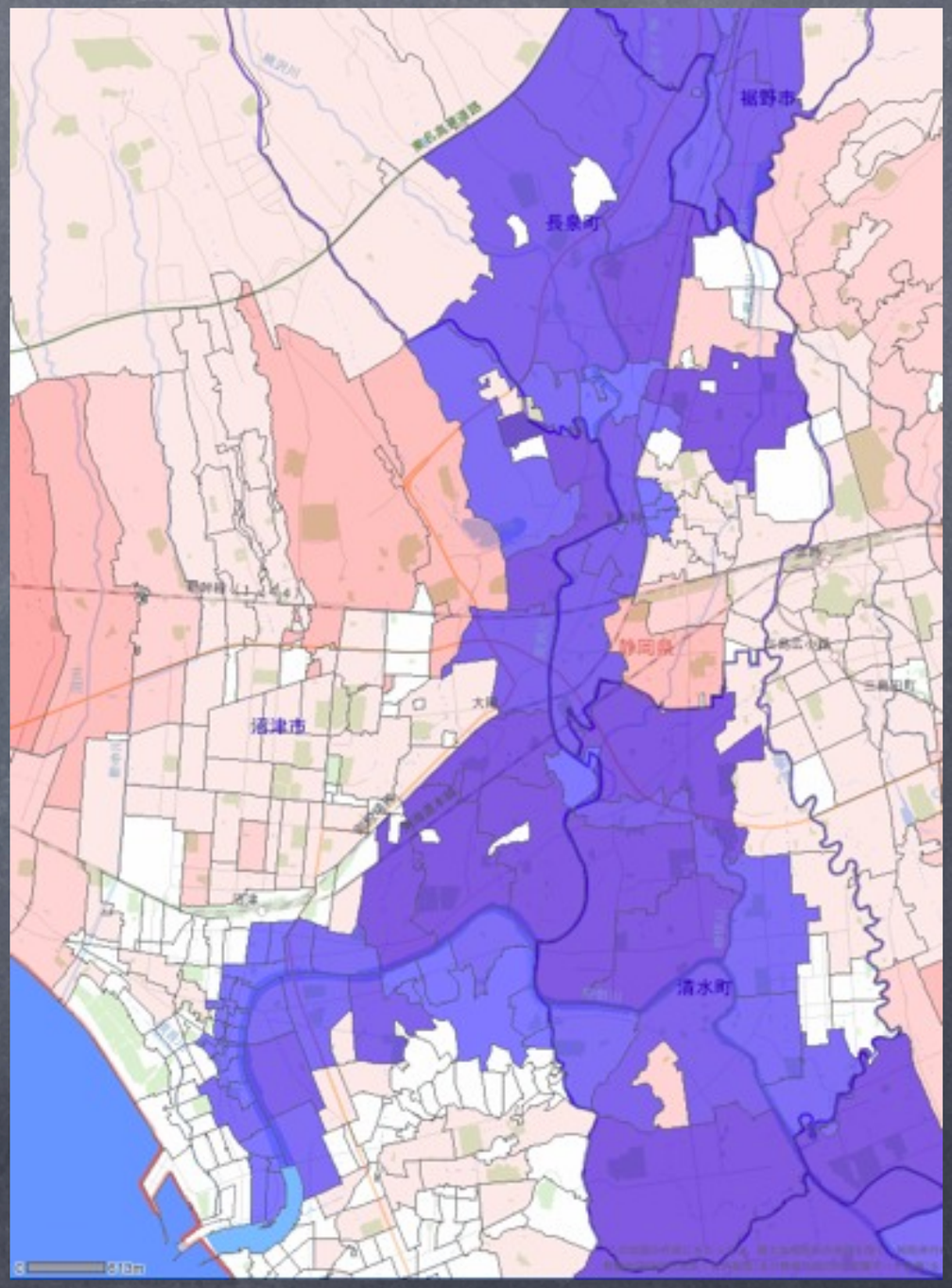
溶岩流出シミュレーション

富士山ハザードマップ検討委員会（2004）

e-stat　総務省統計局作成

「地図で見る統計（統計ＧＩＳ）」で大ざっぱな被災人口計算





潤井川ぞいを大規模溶岩流が流れた場合（青色部分を被災地区として合算）

参考（被災人口の計算例）

（被災人口：避難できなかった場合は死者数に相当）

１．山体崩壊と岩屑なだれ（伴う津波は考慮せず）

東側に崩れた場合：約40万人（御殿場市9万人、小山町2万人、酒匂川水系8万人、黄瀬川水系21万人）

北東側に崩れた場合： 約38万人（富士吉田市5万人、桂川・相模川水系33万人）

南西側に崩れた場合： 約15万人（潤井川＋芝川水系）

２．大規模（10億立方m級）溶岩流出

裾野市方面：約6万人

御殿場市北部・小山町方面：約5.5万人

御殿場市南部方面：約7.5万人、富士宮北部・芝川方面約8万人

富士宮南部方面：約7万人、富士市中心部方面約6万人

富士吉田方面：約7万人

東田子の浦方面：約2.3万人

富士山における大規模現象のリスク試算

１．山体崩壊と岩屑なだれ

東麓：御殿場岩屑なだれ（2900年前）、馬伏川岩屑なだれ（8000年前）→発生頻度を5000年に1度とみる。

被災人口は約40万人（御殿場市9万人、小山町2万人、酒匂川水系8万人、黄瀬川水系21万人）

リスク（1年あたりの被災人口）＝40万人/5000年＝80

２．大規模噴火（10億立方m級）

1707年宝永噴火、864年貞観噴火→発生頻度を1000年に1度

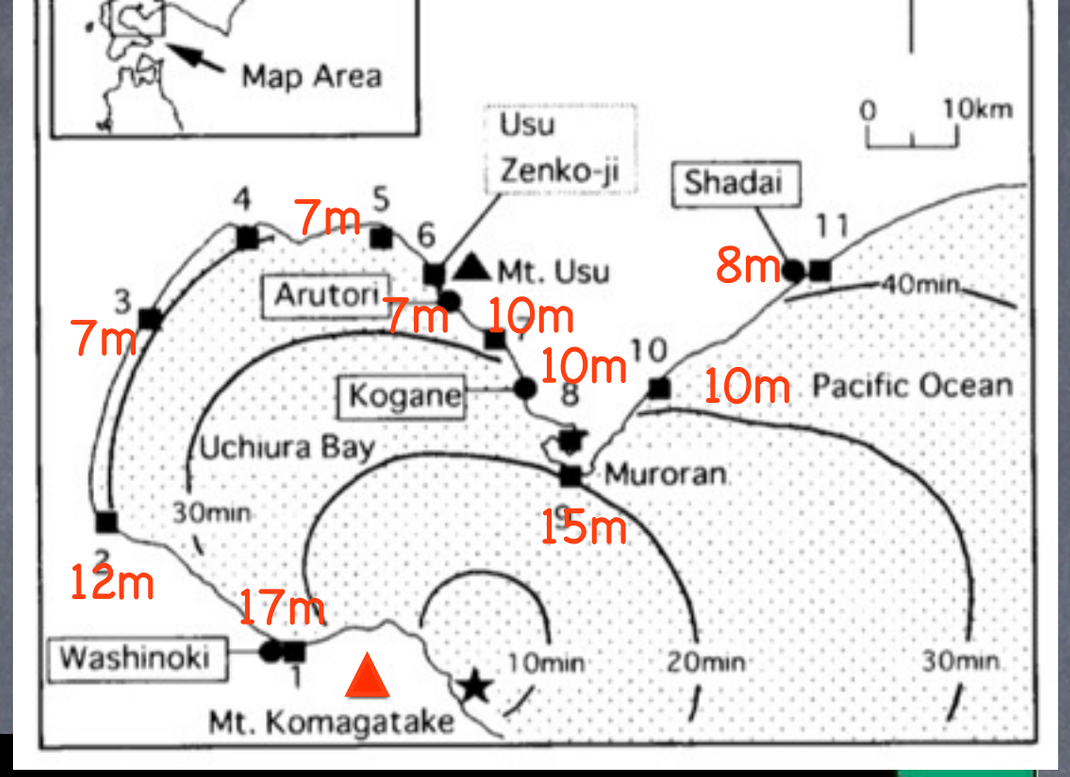
溶岩流出を仮定した被災人口は最大約8万人

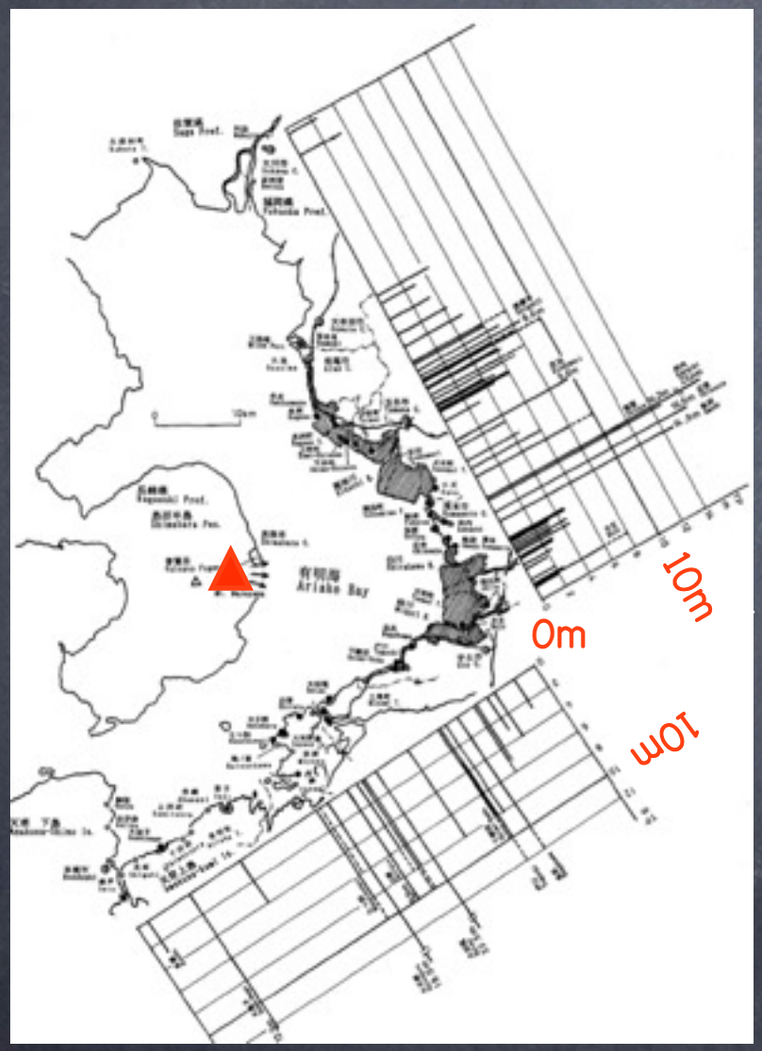
リスク＝8万人/1000年＝80

火山の山体崩壊にともなう津波（参考例）

北海道駒ヶ岳1640年
（流入土砂量：0.1立方km）

西村・宮地（1998）



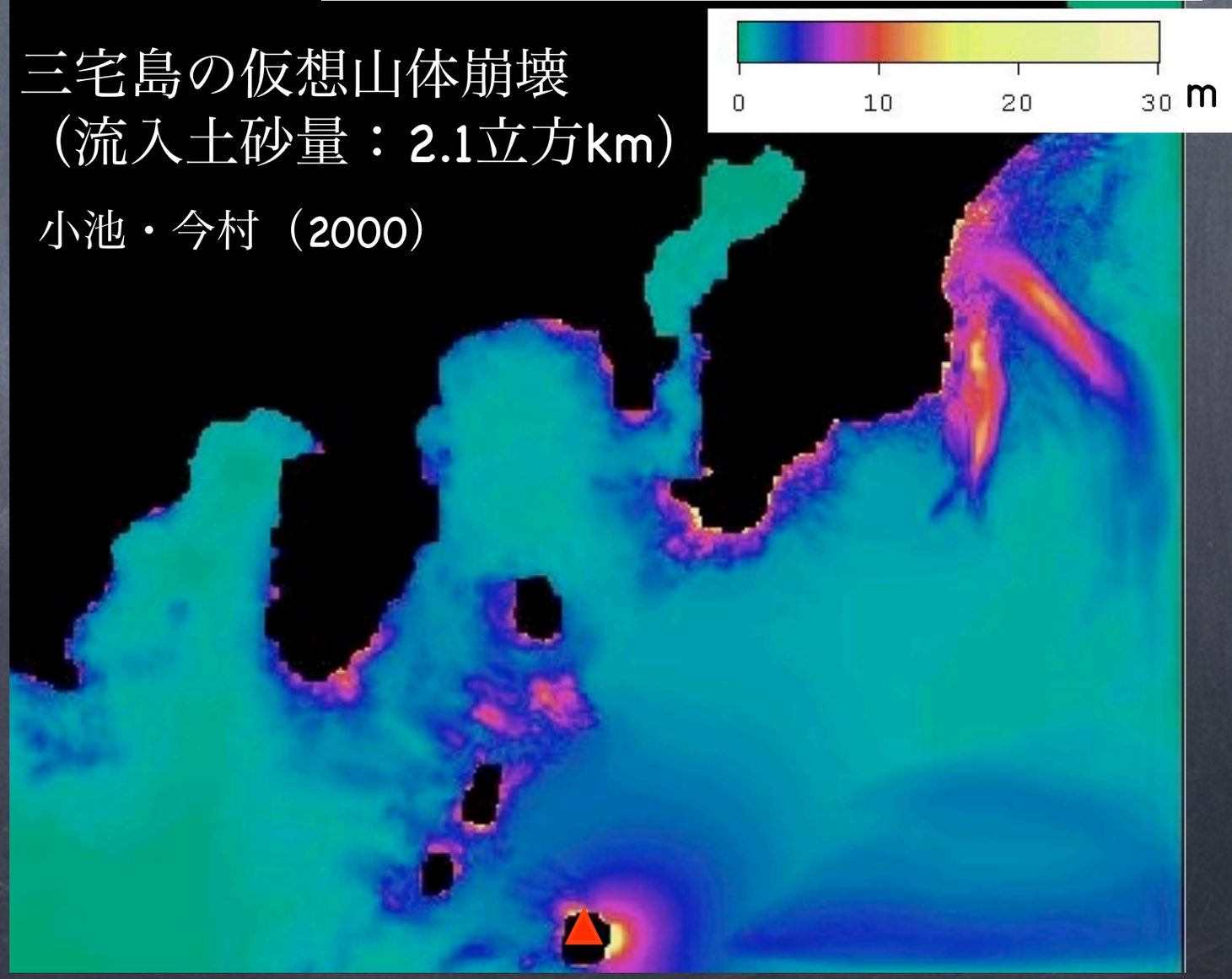


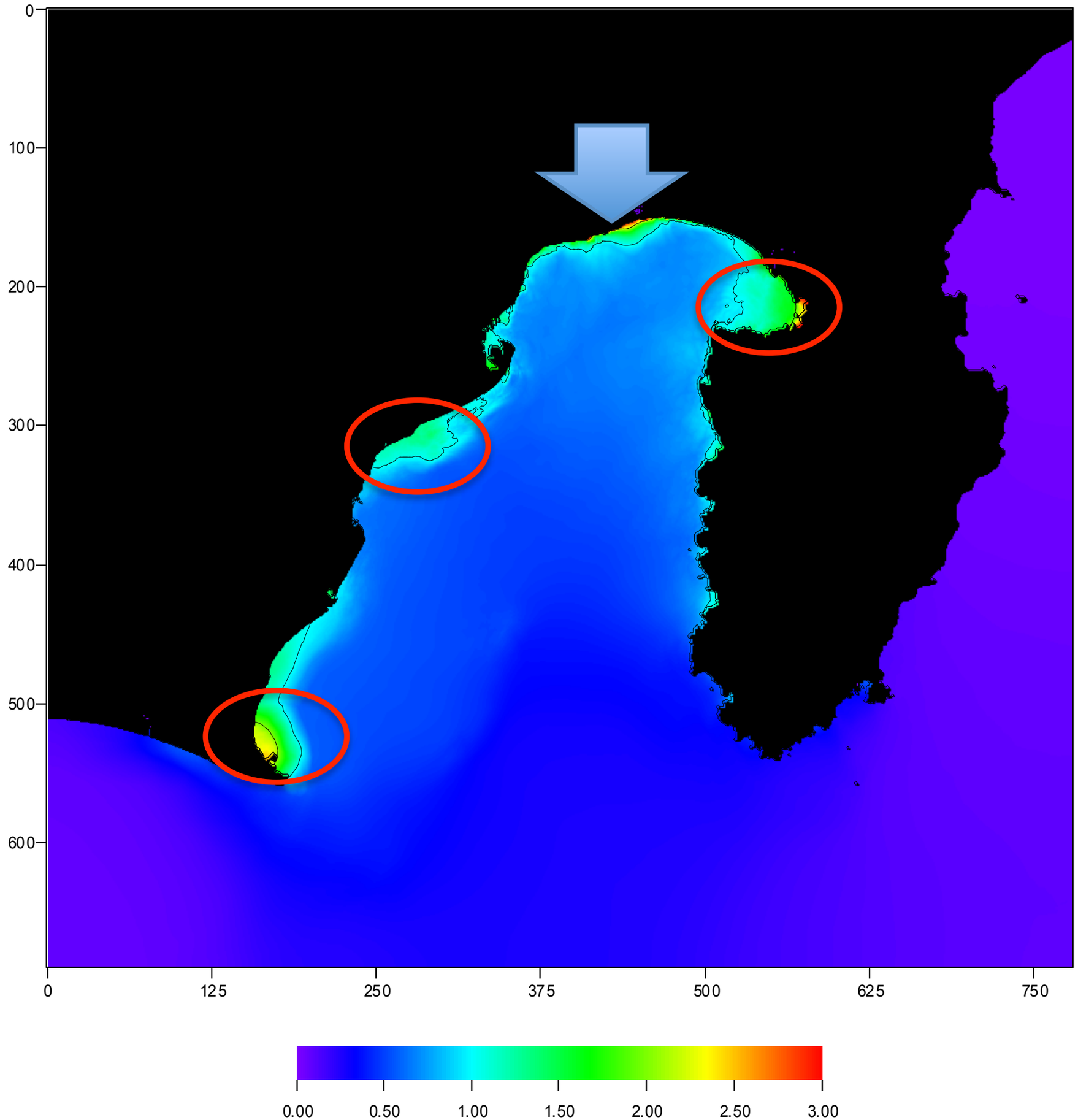
雲仙岳1792年
（流入土砂量：0.34立方km）

都司・日野（1993）

三宅島の仮想山体崩壊
（流入土砂量：2.1立方km）

小池・今村（2000）





原田・小山（2013）による富士山の山体崩壊津波のシミュレーション結果

今回の検討では最大で3m程度

条件の精査が必要

他の大規模現象とのリスク比較

３．日本海溝プレート境界地震（レベル２地震、実績）

869年貞観地震、1611年慶長地震、2011年3.11地震→発生頻度を500年に1度とみる。死者行方不明は約2万人

リスク＝2万人/500年＝40

４．日本海溝プレート境界地震（レベル２地震、避難なし）

3.11津波の浸水域の全人口は約60万人

リスク＝60万人/500年＝1200

５．南海トラフのプレート境界地震（レベル１地震）

通常の２連動or３連動地震→発生頻度を100年に1度とみる

想定死者数は約1.8万人（中央防災会議、2003）

リスク＝1.8万人/100年＝180

６．南海トラフのプレート境界地震（レベル２地震）

発生頻度を1000年に1度とみる

想定死者数は約32万人（中央防災会議、2012）

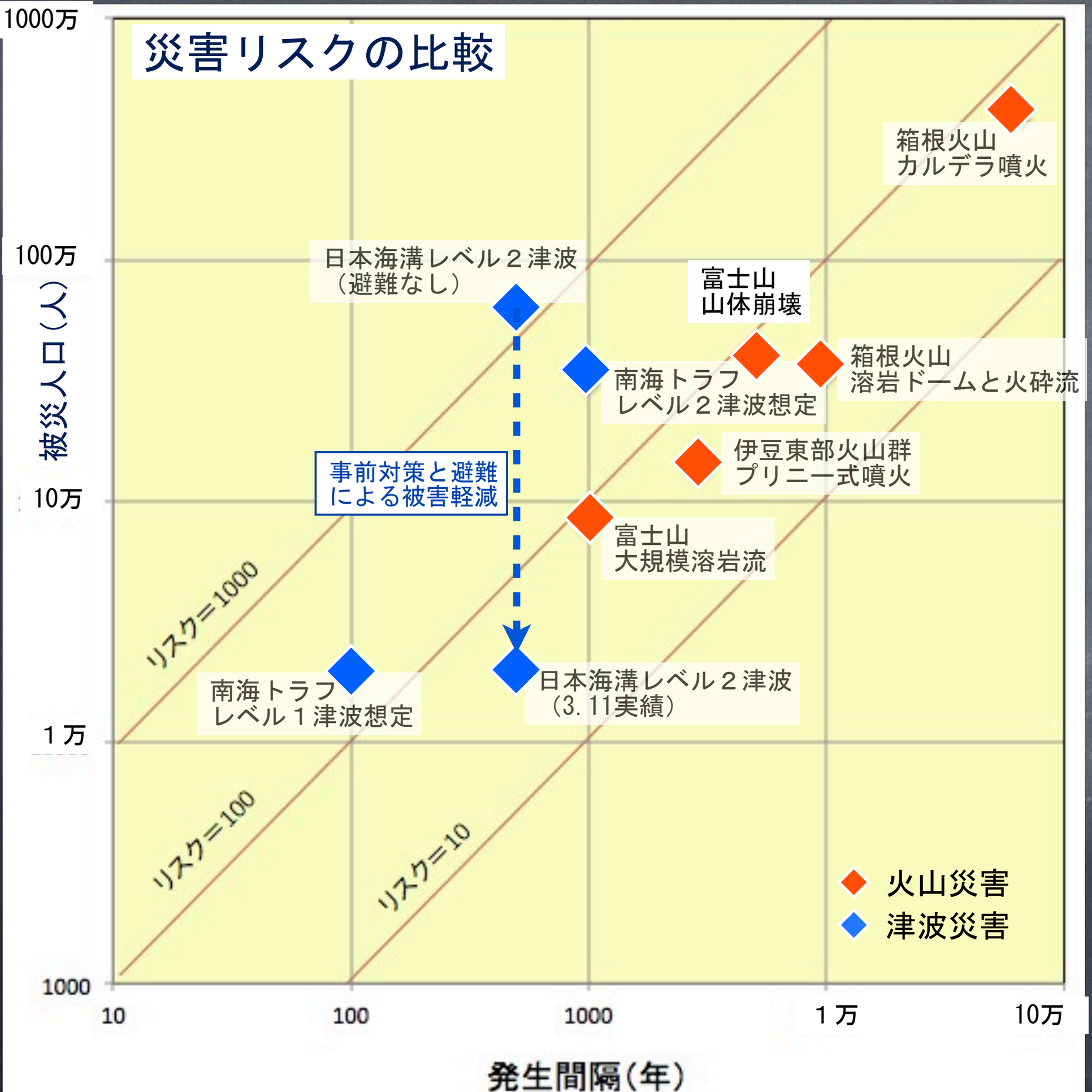
リスク＝32万人/1000年＝320

他の大規模現象とのリスク比較

7．伊豆東部火山群の最悪シナリオ：カワゴ平噴火（避難なし）発生事例が3000年前の１度しかないが、近い将来発生すると仮定して発生頻度を3000年に1度とみる。死者行方不明は約14万人リスク＝14万人/3000年＝45

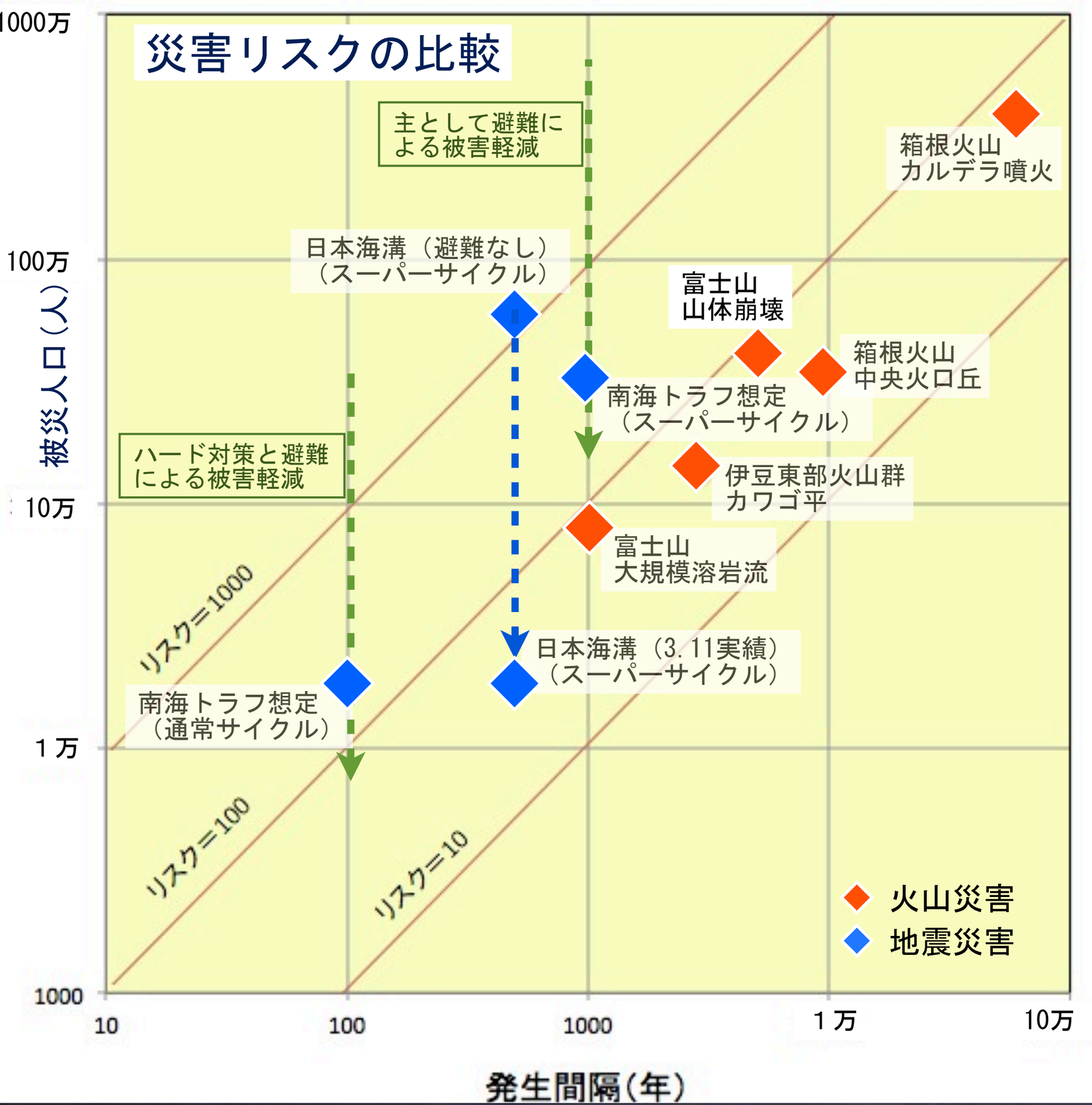
8．箱根火山中央火口丘の溶岩ドーム崩壊と熱雲（避難なし）過去3万年間に3回発生したから頻度を30000年に1度とみる。死者行方不明は約2万人リスク＝35万人/10000年＝35

9．箱根火山の最悪シナリオ：6万5000年前の火砕流（避難なし）この規模のものの事例が65000年前の１度しかないが、近い将来発生すると仮定して発生頻度を65000年に1度とみる。死者行方不明は約14万人リスク＝400万人/65000年＝60



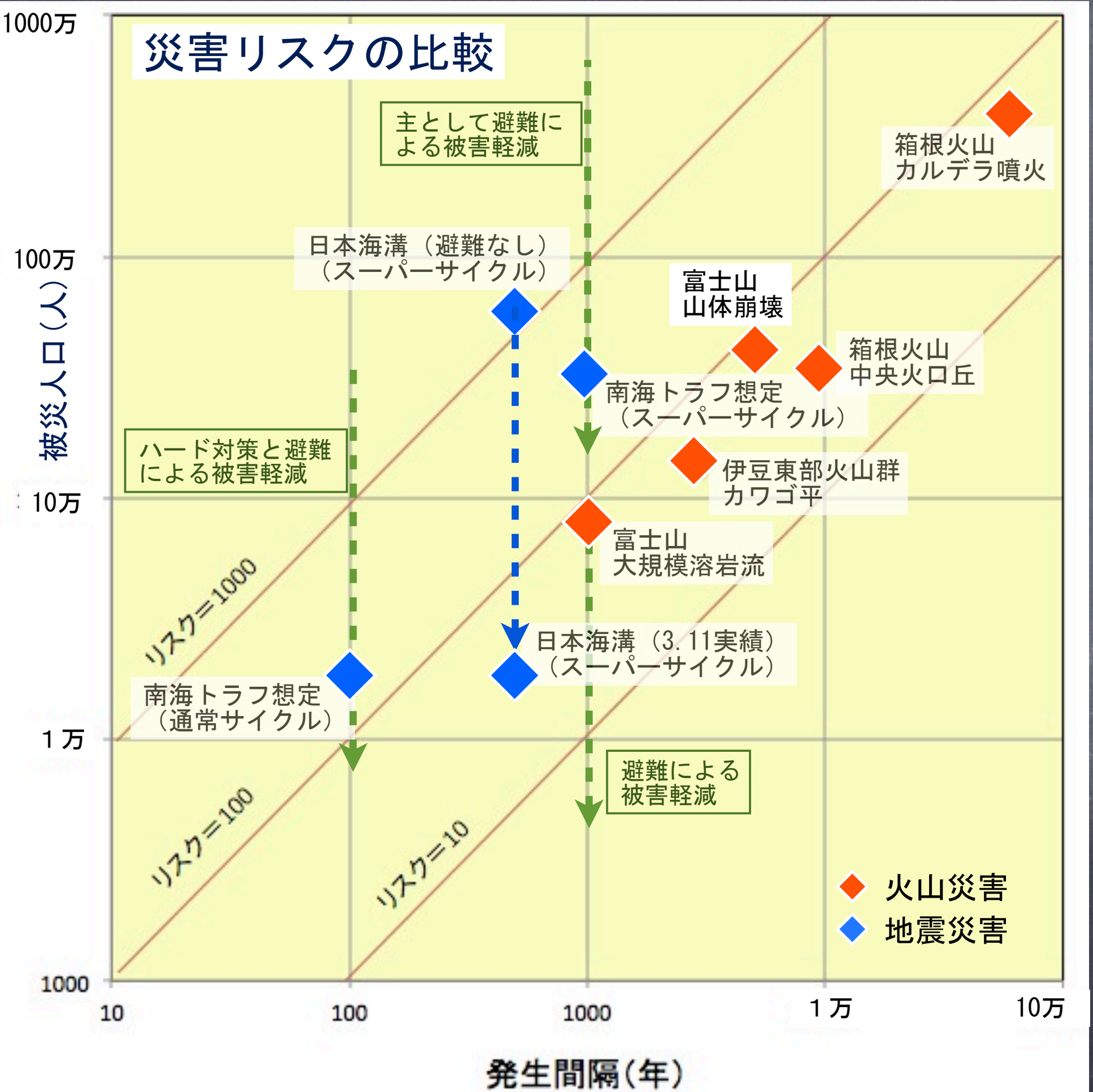
発生間隔と被災人口の対数をとってプロットし、リスク同士を比較した

東日本大震災はリスク1200の「想定外」災害だったが、十分な安全率をとった避難によって被害が大幅に軽減された



南海トラフ地震についてはL1、L2ともに被害想定をおこない、それを軽減する対策をとり始めている

このような形でリスクを定量的に俯瞰すれば、南海トラフの想定地震のリスクは突出しており、その軽減努力は妥当であると言えよう



地震災害はさまざまな被害軽減策によって、おおむねリスク100以下をめざす傾向にある

大規模溶岩流は流下速度が遅いため、避難による軽減が元々見込まれている

山体崩壊や大・中規模火砕流も予知できた場合の避難計画を策定し、さらなるリスク低減をめざすべきだろう

以上のように、リスクの定量・比較によって
被害軽減対象と目標の合理的設定が可能となる。

「発生頻度は極めて低い」と言いながら
「対応を目指す」とする情緒的で矛盾した考え方
は不要となり、より突出したリスクから軽減して
いく優先順位づけが可能となる