

福岡核問題研究会 2018年1月例会

日時:2018年1月20日(土)

会場:九州大学筑紫キャンパス

**Rougier論文「火山の超巨大噴火、
従來說より高い頻度で発生」および
巨大噴火の影響の範囲および巨大
噴火の予知について**

元・純真短期大学 森永 徹

伊方原発の運転差し止め 広島高裁が仮処分

四国電力伊方原子力発電所3号機の運転差し止めを広島市の住民らが求めた仮処分申請の即時抗告審で、広島高裁(野々上友之裁判長)は13日、2018年9月30日まで運転を差し止める決定をした。**熊本県の阿蘇山が過去最大規模の噴火をした場合は安全が確保されない**として「新規制基準に適合するとした原子力規制委員会の判断は不合理だと結論付けた。

野々上裁判長は、火山の安全性審査の内規で「過去最大の噴火規模を想定する」としている

と指摘。伊方原発から約130キロ離れた阿蘇山の危険について「約9万年前の過去最大の噴火規模を想定した場合、火砕流が伊方原発敷地に到達する可能性が小さいとはいえず、立地は認められない」と判断した。

(日本経済新聞. 2017/12/13)



**Rougier論文「火山の超巨大噴火、従
来説より高い頻度で発生」(“The
global magnitude-frequency
relationship for large explosive
volcanic eruptions”、「大規模な爆
発的火山噴火の地球規模での頻度」)
が、広島高裁の決定に合わせるかの
ように、昨年11月末に公表された。**

火山の「超巨大噴火」、従来説より 高い頻度で発生か

AFP：2017年11月30日 発信地：パリ/フランス

文明を消滅させるほど大規模な火山の「超巨大噴火」が最後に起きたのは今から約2万5000年前とされているが、この種の噴火は平均で1万7000年ごとに発生するとの最新の推算結果が29日、発表された。

地球惑星科学の専門誌「Earth and Planetary Science Letters」に掲載された研究論文によると、超巨大噴火は5万年～70万年ごとに発生するとこれまで考えられていたという。

論文主執筆者のジョナサン・ルジェ氏はAFPの取材に、超巨大噴火の発生頻度に関する最新の推算で定められた推定値の範囲は5000年～4万8000年で、**最良推定値として平均1万7000年に1回**という結果が得られたと語った。「噴出物が1兆トン以上の超巨大噴火は、これまで考えられていたよりはるかに頻繁に発生することが今回の研究で分かった」。

(出典：AFP日本語版)

Rougier論文のポイント

- 2004年に推定されてから現在まで定説となっていた発生周期
→ 超巨大噴火の発生間隔は 4万5000年から71万4000年
- 今回の研究結果による発生周期
→ 超巨大噴火の発生間隔は 5,200年から 4万8000年

出典: J. Rougier (英国・ブリストル大学), *et al.* “The global magnitude-frequency relationship for large explosive volcanic eruptions”. [*Earth and Planetary Science Letters*](#). 2017.

これまでの 巨大噴火 の発生頻 度の推定

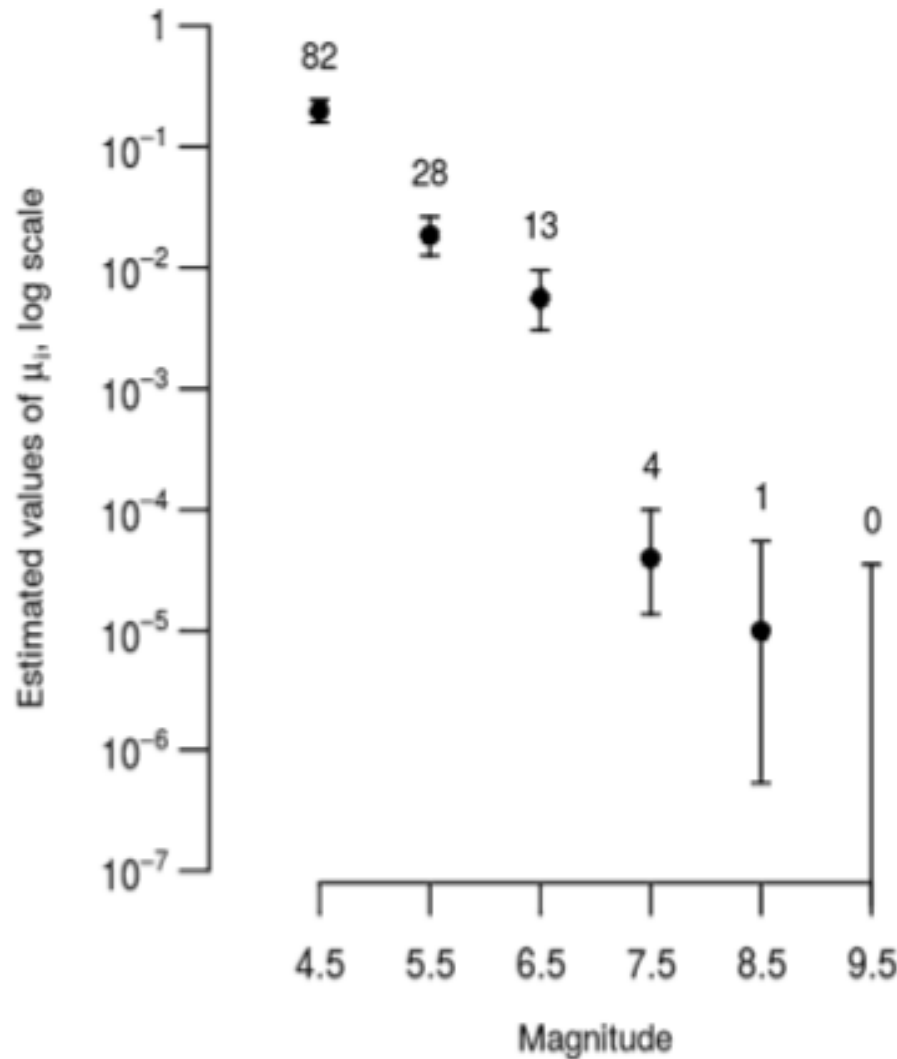
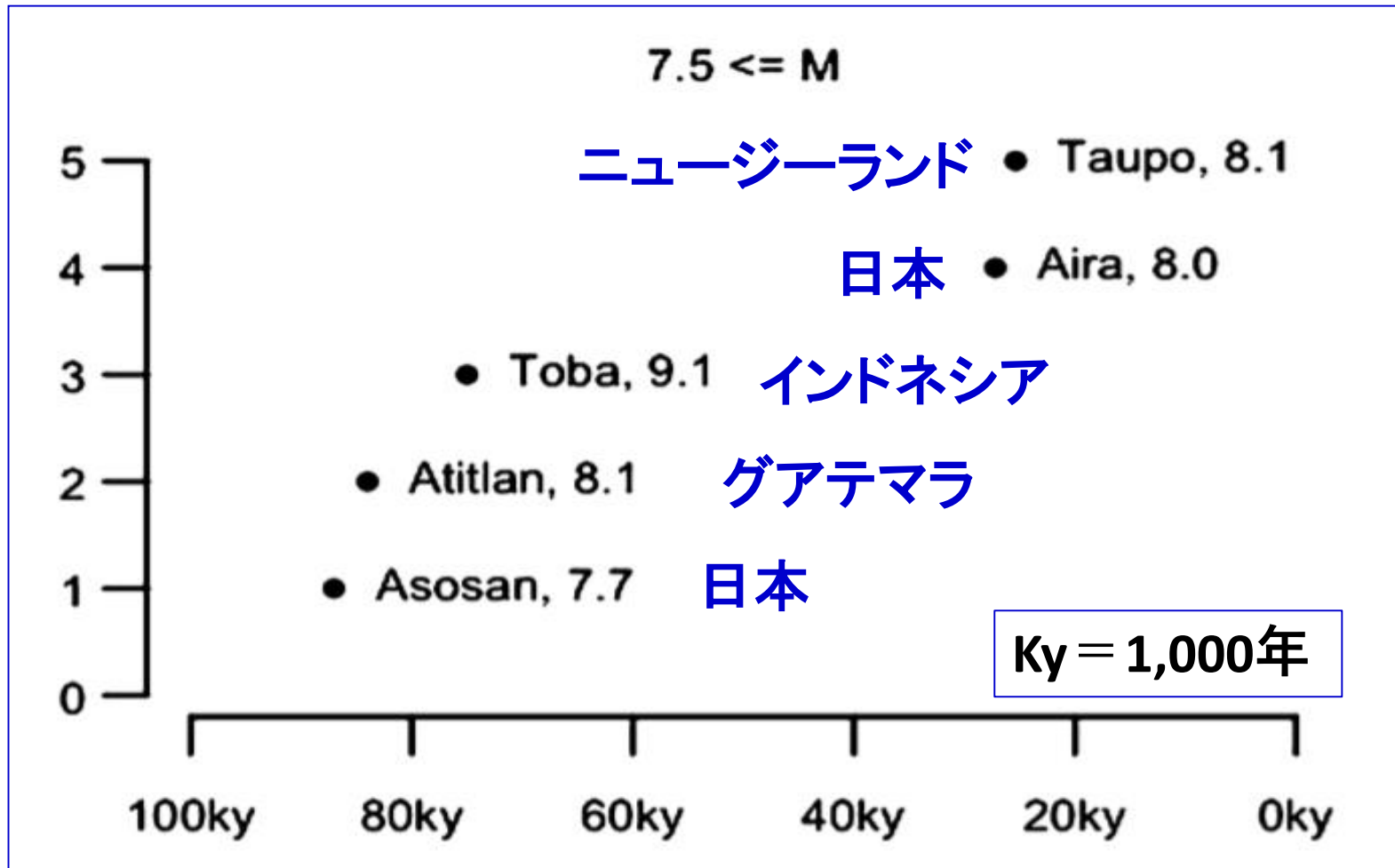


Fig. 4. Maximum likelihood (ML) estimates of μ_i computed using (5) (dots), and 95% confidence intervals (error bars). The estimates are plotted against the lower end of their bins (i.e., $\hat{\mu}_i$ is plotted at m_i , see Table 1). The dot at (9.5, $\log_{10}(0)$) cannot be shown. The value above each bar shows the number of records in the bin.

出典: J. Rougier (英国・ブリストル大学), *et al.* “The global magnitude-frequency relationship for large explosive volcanic eruptions”. [*Earth and Planetary Science Letters*](#). 2017.

過去10万年のM7.5以上の噴火の年代



出典: J. Rougier (英国・ブリストル大学), *et al.* “The global magnitude-frequency relationship for large explosive volcanic eruptions”. *Earth and Planetary Science Letters*. 2017

これまでの巨大噴火の発生頻度の推定と 今回の研究による推定

Table 2

Estimates of the global return period in years for large explosive eruptions.

Ka = kilo annum (1,000年前)

Magnitude (or VEI)	Pyle (1995) ^a	Mason et al. (2004) ^b	Siebert et al. (2010) ^c	Deligne et al. (2010) ^d	Sheldrake and Caricchi (2017) ^e	Us	95% CI
5	8		10	8	6	14	11, 17
6	59		200	35	51	110	80, 170
7	420		1-2 ka	370	420	1200	680, 2100
8		45-714 ka				17 ka	5.2 ka, 48 ka

^a Pyle (1995): eq. (6), p. 563, based on VEI and using a density of 2500 kg/m³.

^b Mason et al. (2004): p. 745, λ for $M \geq 8$ is $1.4-22 \times 10^{-6} \text{ yr}^{-1}$.

^c Siebert et al. (2010): p. 38, based on VEI.

^d Deligne et al. (2010): Table 6, p. 14, Holocene, $u = 4.0$; see their Fig. 10 for confidence intervals.

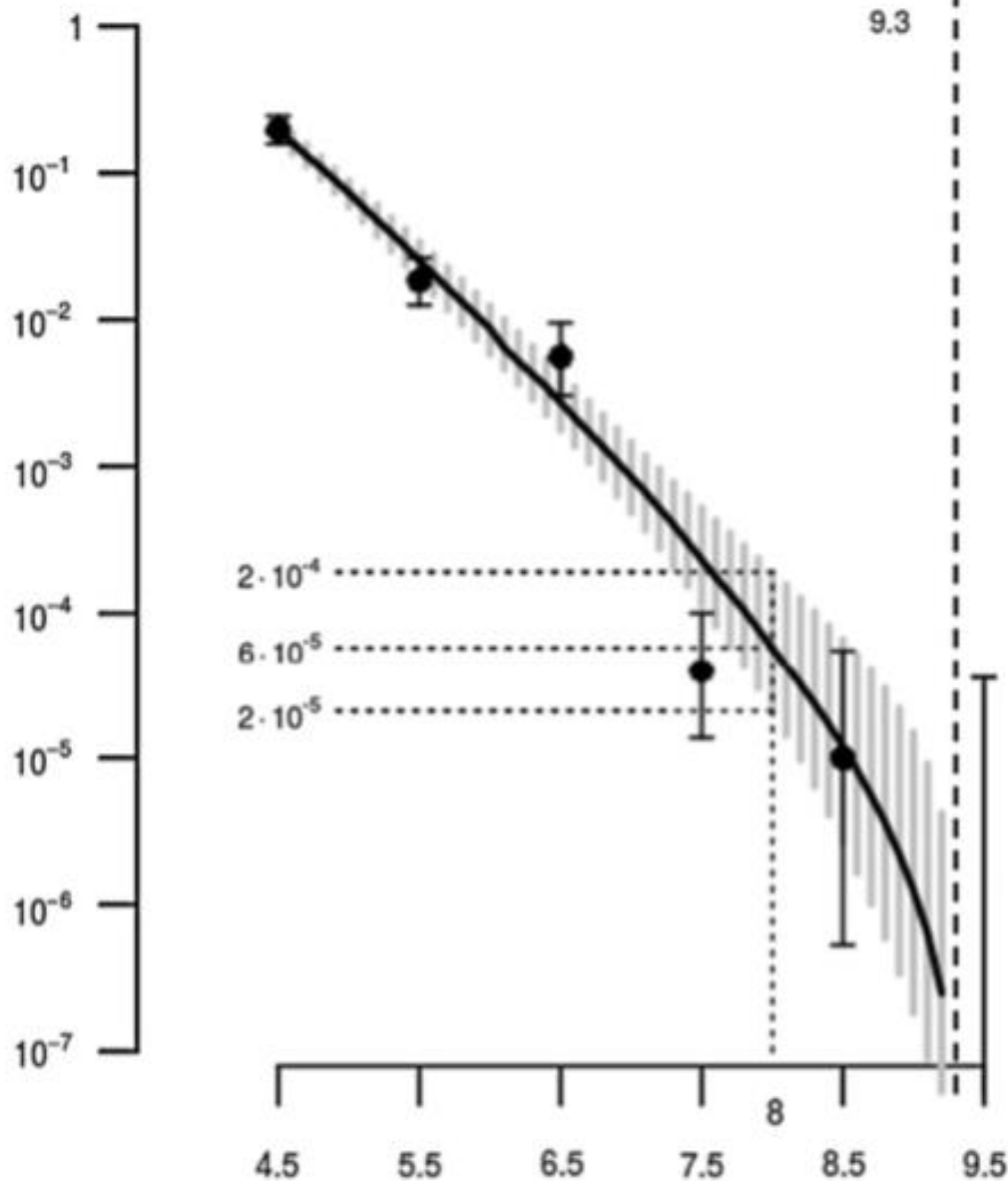
^e Sheldrake and Caricchi (2017): Based on the text above their Fig. 4, applying the percentage differences to the values from Pyle (1995).

今回の推定

出典: J. Rougier (英国・ブリストル大学), et al. “The global magnitude-frequency relationship for large explosive volcanic eruptions”. *Earth and Planetary Science Letters*. 2017.

超過確率

Probability of exceedance



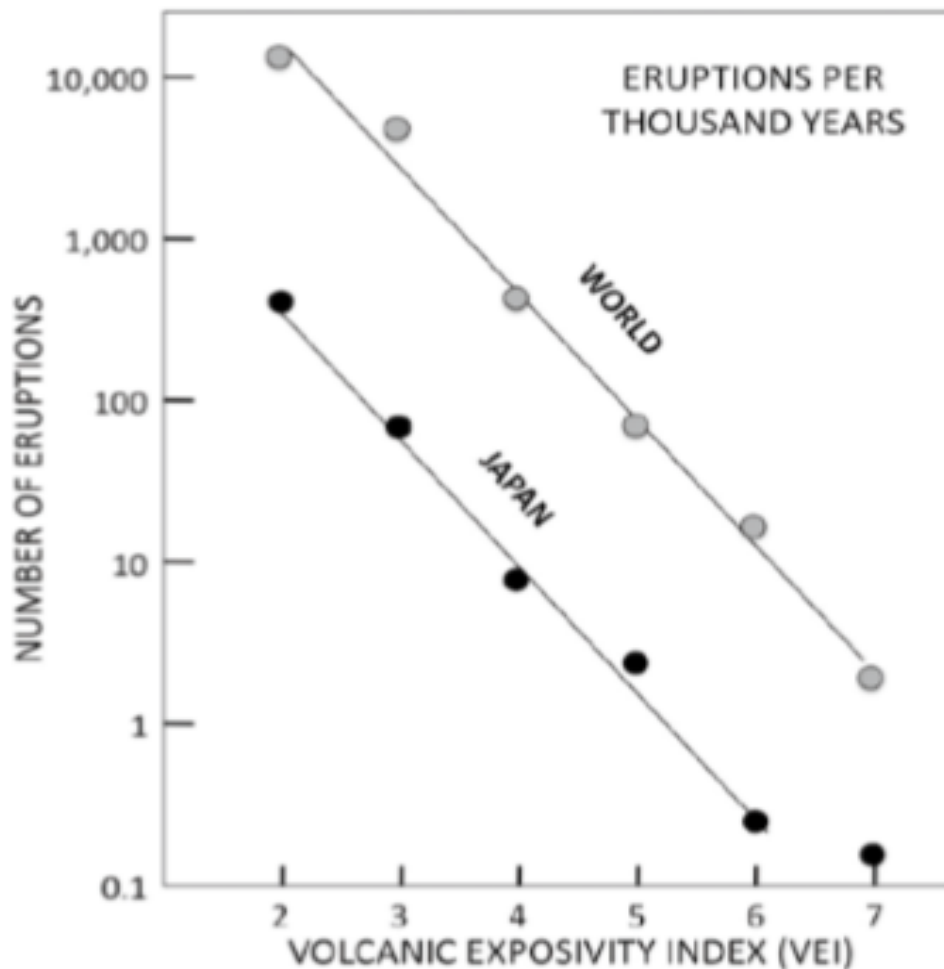
噴火マグニチュード Magnitude

噴火マグニチュードと噴火の発生頻度

超過確率とは、発生確率を表し、何年に1度かの確率であることを表す。

出典: J. Rougier (英国・ブリストル大学), *et al.* "The global magnitude-frequency relationship for large explosive volcanic eruptions". *Earth and Planetary Science Letters*. 2017.

1,000年あたりの規模別火山噴火の確率



VEI (Volcanic Explosivity Index, 火山爆発指数)

図2 世界と日本列島における噴火規模と頻度の関係。噴火規模は火山爆発指数 (VEI)。噴火頻度は1000年当たりの回数に規格化してある。スミソニアン研究所のデータベース⁵⁾をもとに著者が作成。この関係は、地震学のGutenberg-Richter則 (地震規模と頻度の規則性) と類似している。

出典: 中田節也 (東京大学地震研究所). 「日本の火山噴火の現状と低頻度大規模噴火に備えた研究のあり方」. 学術の動向. 2014.

火山の噴火規模を比較する指標

- 火山爆発指数 (VEI: Volcanic Explosivity Index)
- 火山噴火マグニチュード (M)

火山の噴火規模を比較する指標

火山爆発指数 (VEI: Volcanic Explosivity Index)

「火山の噴火規模を比較する指標としては、火山爆発(度)指数 (VEI: Volcanic Explosivity Index) が使われることが多い。VEI は、過去の史料に見られる「cataclysmic (激変の)」とか「colossal (途方もない)」などの定性的な言葉からもその値が推定できるようにされており、噴出物の見つからないような過去の噴火の規模についても、歴史史料などから一定の評価ができる点で優れている。しかしVEI は、噴出した軽石や火山灰などの火山碎屑物(火砕物)の量や分布の仕方を指標としているため、この方法ではハワイ島の火山のように爆発を伴わずに溶岩を流し続けるような噴火の規模を評価することができない」(VEIはNewhall & Selfが1982年に提唱)

出典: 井村隆介 (鹿児島大学). 「火山噴火とそれが周辺環境に与える影響」.
地球環境. 2016.

Table 2 火山爆発指数 (VEI) と指数別の発生頻度

VEI	噴出物の量	状況	発生頻度	ここ 10,000年の 発生数
0	<10,000 m ³	非爆発的 (non-explosive)	ほぼ毎日	無数
1	>10,000 m ³	小規模 (gentle)	ほぼ毎日	無数
2	>1,000,000 m ³	中規模 (explosive)	ほぼ毎週	3,477
3	>10,000,000 m ³	やや大規模 (severe)	ほぼ毎年	868
4	>0.1 km ³	大規模 (cataclysmic)	? 10年	278
5	>1 km ³	非常に大規模 (paroxysmal)	? 50年	84
6	>10 km ³	colossal	? 100年	39
7	>100 km ³	super-colossal	? 1,000年	5(+推定2)
8	>1,000 km ³	mega-colossal	? 10,000年	0

出典) 内閣府 (2011) 検討会資料

火山爆発指数 と発生頻度

VEIはNewhall, C. G. & Self, S (ダートマス大学)が 1982年 *Jour. Geophys. Res.*誌で提唱。

Colossal: 巨大な
とてつもない

Super- colossal:
超巨大な

Mega- colossal:
極超巨大な
破局的な

(邦訳は森永私案)

岸本充生 (東京大学). 「分野横断的なリスク評価に関する講義の試みーリスク人材養成セミナー開催報告ー」. *日本リスク研究学会誌*, 2014.

火山噴火の大きさの尺度は、噴出物の体積と質量で示す2つがある

「火山噴火の大きさはさまざまな方法で表現することができる。Walker (1980) は、＜中略＞規模の尺度としては、Tsuya (1955) が使った噴出物の体積の常用対数が優れていると指摘している。ごく小規模なものを除くと、噴火で放出されるエネルギーのほとんどは噴出物がもつ熱エネルギーであるから、噴出物の量に注目することは重要である。ただ、量を体積で表現するとその密度を付言しなければならないので、質量で表現したほうが妥当である」

火山噴火マグニチュード(M)の提唱

$$M = \log m - 7$$

ただし m は噴出マグマ質量 (kg) として M を定義する。
1 km³ = 2 × 10¹² kg のマグマを噴出した噴火の M は 5.3 となる。 M は、VEI を溶岩流出にも拡張し、より厳密に定義したものと考えてもよい。7 を引いたのは、 M の指標 (整数部分) を VEI に近づけるよう配慮したからである。

火山爆発指数(VEI)と噴火マグニチュード(M)は相関する

Table 1 The minimum and maximum magnitude values for each VEI classification in the LaMEVE database as well as the mean magnitude with associated variance

VEI	Count	Min. mag.	Max. mag.	Mean mag.	Variance
4	595	4	6	4.4	0.14
5	533	4.4	6.9	5.3	0.13
6	258	5	7.5	6.3	0.13
7	107	5.9	8.4	7.2	0.14
8	21	7.8	8.8	8.2	0.06

The mean magnitude value is entered as an estimate of magnitude when only VEI is reported.

出典: [Croweller, H S \(ブリストル大学\), et al. Global database on large magnitude explosive volcanic eruptions \(LaMEVE\). *Journal of Applied Volcanology*, 2012.](#)

火山爆発指数(VEI)と噴火マグニチュード(M)は相関する

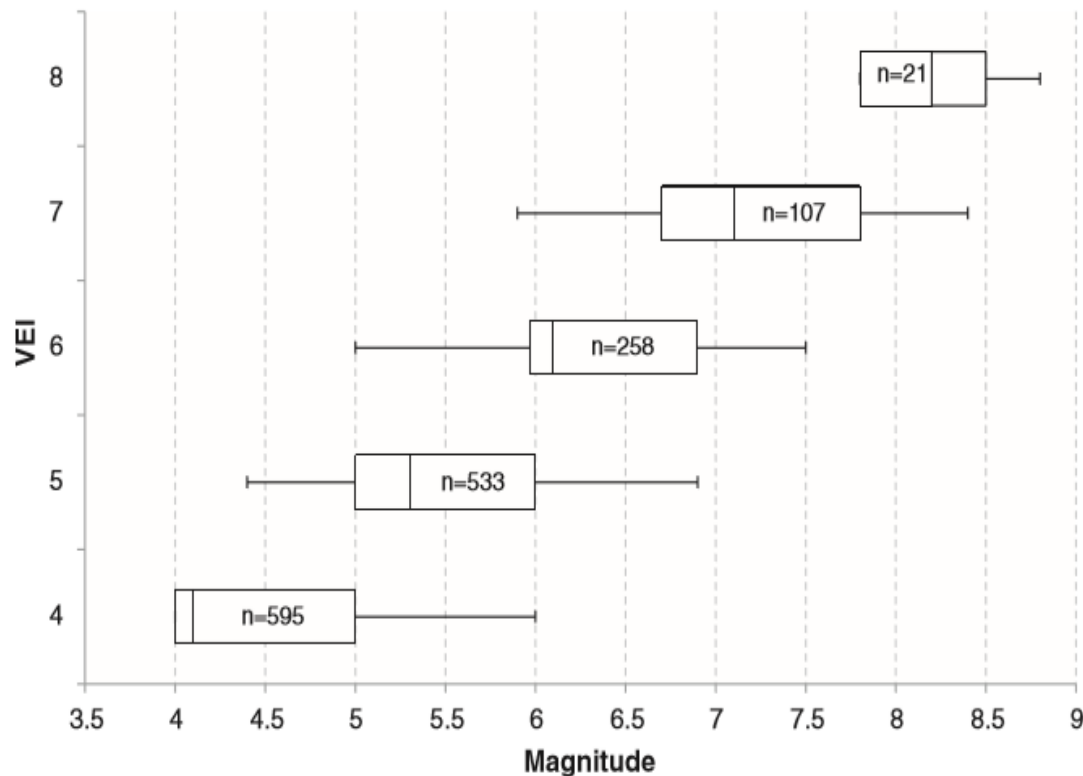


Figure 2 Box and whisker plot of VEI versus Magnitude. Boxes represent the range of the 5th and 95th percentiles with the dividing line being the median. Whiskers represent the minimum and maximum values. N values inside the boxes are the number of eruption records at that VEI.

出典: [Croweller, H S \(ブリストル大学\), et al. Global database on large magnitude explosive volcanic eruptions \(LaMEVE\). *Journal of Applied Volcanology*, 2012.](#)

火山爆発指数(VEI)と噴火マグニチュード(M)は相関するが、噴出物の密度が高いと噴火Mの方が大きくなる

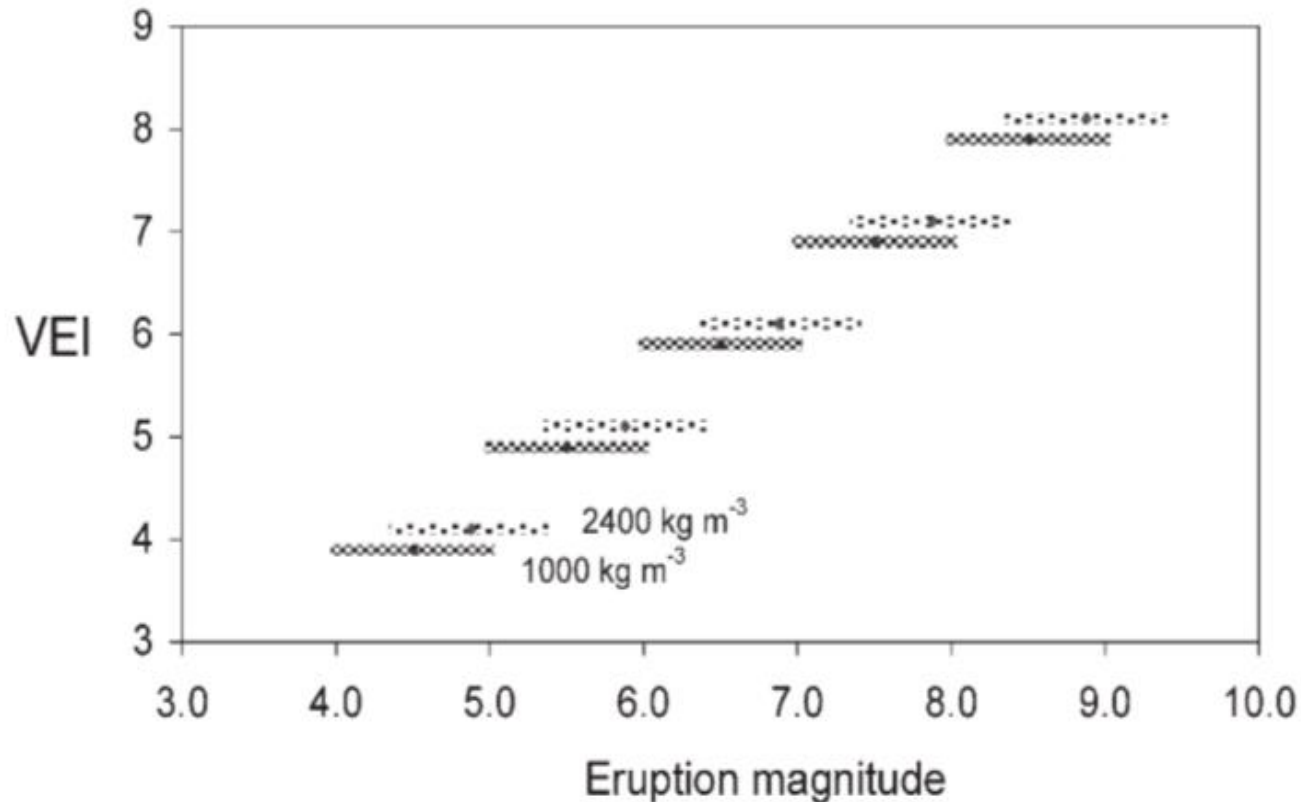


Fig. 1 The relationship between eruption magnitude, M , and Volcanic Explosivity Index, VEI, for deposits of bulk density 1,000 and 2,400 kg m^{-3}

出典: Mason, Ben G. (ケンブリッジ大学), *et al.* "The size and frequency of the largest explosive eruptions on Earth." *Bulletin of Volcanology*. 2004.

10世紀以前および先史時代のマグニチュード5以上の噴火

915.8	十和田カルデラ	5.7	毛馬内火砕流
7.3ka	鬼界カルデラ	8.1	幸屋火砕流 (K-Ah)
15ka	十和田カルデラ	6.7	八戸火砕流 (To-H)
30ka	始良カルデラ	8.3	入戸火砕流 (AT)
31ka	十和田カルデラ	6.7	大不動火砕流 (To-Of)
40ka	屈斜路カルデラ	7	屈斜路1火砕流 (Kc-Sr)
41ka	支笏カルデラ	7.2	支笏火砕流 (Spfa-1)
65ka	大山	6.9	大山倉吉軽石 (DKP)
90ka	阿蘇カルデラ	8.4	阿蘇4火砕流 (Aso-4)
95ka	鬼界カルデラ	7.5	長瀬火砕流 (K-Tz)
100ka	阿多カルデラ	7	阿多火砕流 (Ata)

出典: 井村隆介 (鹿児島大学). 「火山噴火とそれが周辺環境に与える影響」.
地球環境. 2016.

表2. 日本における17世紀以降の噴火マグニチュード4以上の噴火。

	噴火マグニチュード	
	5以上	4以上
17世紀	北海道駒ヶ岳 1640 ($M=5.4$)	伊豆大島 1684 ($M=4.4$)
	有珠山 1663 ($M=5.4$)	
	樽前山 1667 ($M=5.4$)	
	北海道駒ヶ岳 1694 ($M=5?$)	
18世紀	富士山 1707 ($M=5.2$)	新燃岳 1716-17 ($M=4.2$)
	樽前山 1739 ($M=5.2$)	渡島大島 1741 ($M=4.1$)
	桜島 1779-82 ($M=5$)	伊豆大島 1777-79 ($M=4.6$)
		青ヶ島 1780 ($M=4$)
		浅間山 1783 ($M=4.8$)
19世紀		諏訪瀬島 1813 ($M=4.1$)
		北海道駒ヶ岳 1856 ($M=4.2$)
20世紀	桜島 1914 ($M=5.6$)	北海道駒ヶ岳 1929 ($M=4.5$)
		伊豆鳥島 1939 ($M=4.3$)
		有珠昭和山 1944 ($M=4.2$)
		桜島 1946 ($M=4.3$)
		雲仙岳 1990 ($M=4.6$)

噴火 M は、「HAYAKAWA's 2000-YEAR ERUPTION DATABASE」(Hayakawa Y) による

表 1. 平成以降の主な火山噴火と噴火マグニチュード。

1989 (平成元) 年	阿蘇山 ($M=2.6$)
	東伊豆 ($M=1.0$)
1990 (平成 2) 年	雲仙岳 ($M=4.6$)
1996 (平成 8) 年	北海道駒ヶ岳 ($M=1.1$)
2000 (平成 12) 年	有珠山 ($M=2$)
	三宅島 ($M=3.2$)
2004 (平成 16) 年	浅間山 ($M=1.6$)
2008 (平成 20) 年	霧島新燃岳 ($M=1.3$)
2009 (平成 21) 年	桜島 ($M=1$)
2011 (平成 23) 年	霧島新燃岳 ($M=3.7$)
2013 (平成 25) 年	西之島 ($M=4.3$)
2014 (平成 26) 年	御嶽山 ($M=1.7$)
	阿蘇山 ($M=1$)
2015 (平成 27) 年	口永良部島 ($M=1.4$)
	浅間山 ($M=-1.4$)
	箱根山 ($M=-2$)

噴火 M は、「HAYAKAWA's 2000-YEAR ERUPTION DATABASE」
(Hayakawa Y) による

平成以降 の火山噴 火と噴火 マグニチ ュード

出典: 井村隆介 (鹿児島大学). 「南九州の巨大噴火と環境変化」. 日本生態学会誌. 2016.

噴火記録には数え落としがある

(数え落としがあれば、噴火再発生率の推定は低くなる)

「噴火記録から噴火の発生率を見積もる際には、噴火記録の数え落としを考慮する必要がある。世界の大規模爆発的噴火(LaMEVE)データベース(Crosweller *et al.*, 2012, Brown *et al.*, 2014)の内、日本の噴火は39%を占める(Kiyosugi *et al.*, 2015)。

一方、これまでの分析の結果、噴火の規模が大きくなると数え落としの程度は減少するものの、第四紀以降の大規模噴火にも数え落としがあることがわかっている。例えば、89 %のVEI 4 噴火が10万年以内に、65–66 %のVEI 5 噴火が20万年以内に、46–49 %のVEI 6 噴火が30万年以内に、36–39 %のVEI 7 噴火が50万年以内に失われていることがわかった(Kiyosugi *et al.*, 2015)。

また、日本と世界の噴火頻度の比較から、世界の噴火記録の数え落としは日本の7.9倍から8.7倍であると示唆される(Kiyosugi *et al.*, 2015)。」

火山の超巨大噴火の危険性

超巨大噴火の危険性も想定すべきである

「日本でVEI 7以上の超巨大噴火が起こる確率は1万年に1回程度と極めて低いが、鬼界カルデラの噴火からすでに7,300年以上経過していることを考えれば、想定外と言って退けることはもはやできない。富士山噴火より大きい規模のVEI 6クラスの噴火であればさらに発生確率が高くなる」

日本には超巨大噴火をする火山が集中している

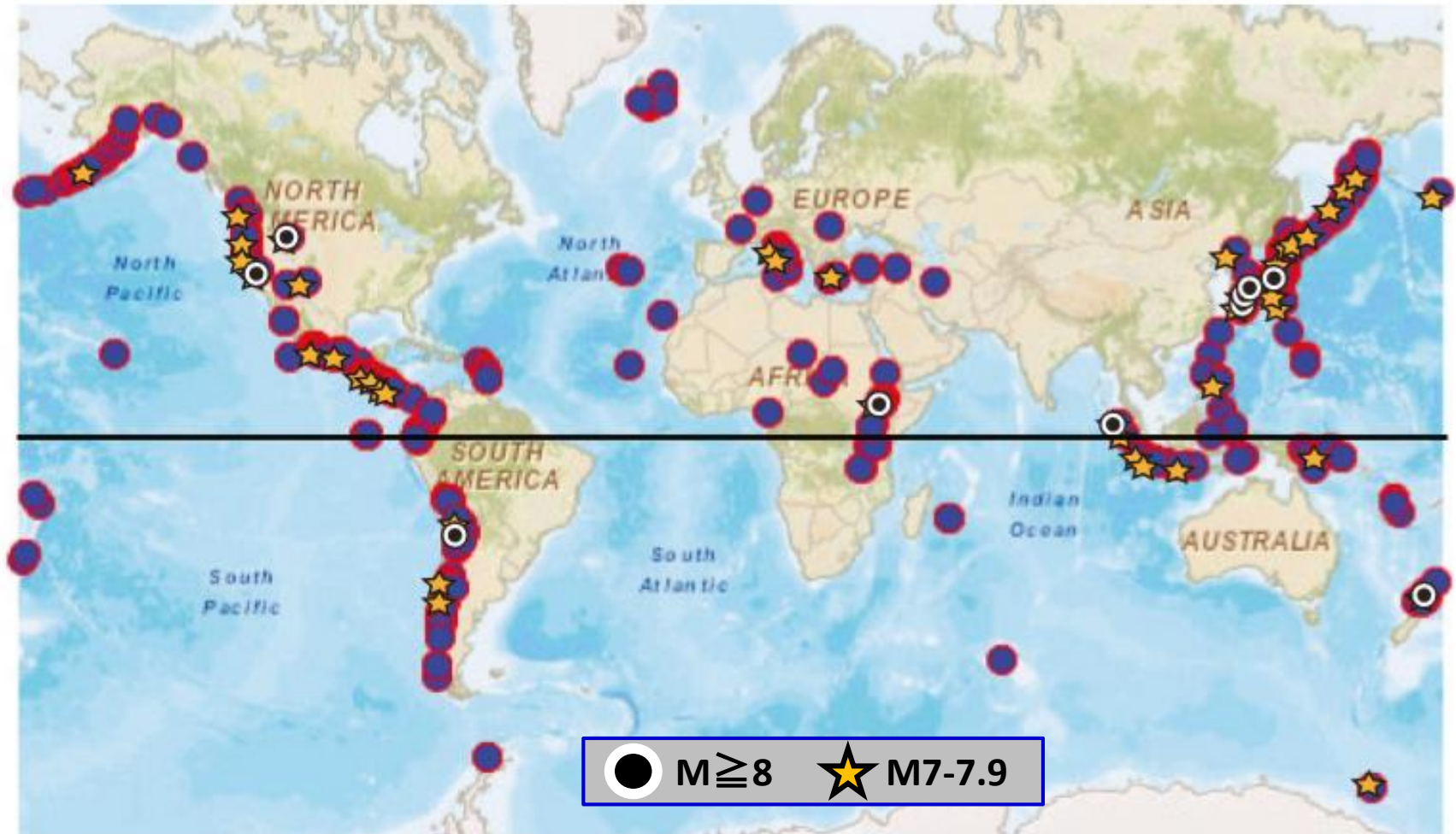


Figure 1 Location map of Quaternary eruptions in LaMEVE. The yellow stars and black circles indicate the location of $M7-7.9$ and $M \geq 8$ eruptions respectively, and the black line marks the equator.

出典: Brown SK (ブリストル大学), *et al.* "Characterisation of the Quaternary eruption record: analysis of the Large Magnitude Explosive Volcanic Eruptions (LaMEVE) database." *Journal of Applied Volcanology*. 2014.

過去の巨大噴火の影響

日本周辺の最近12万年間の大規模噴火の火山灰分布

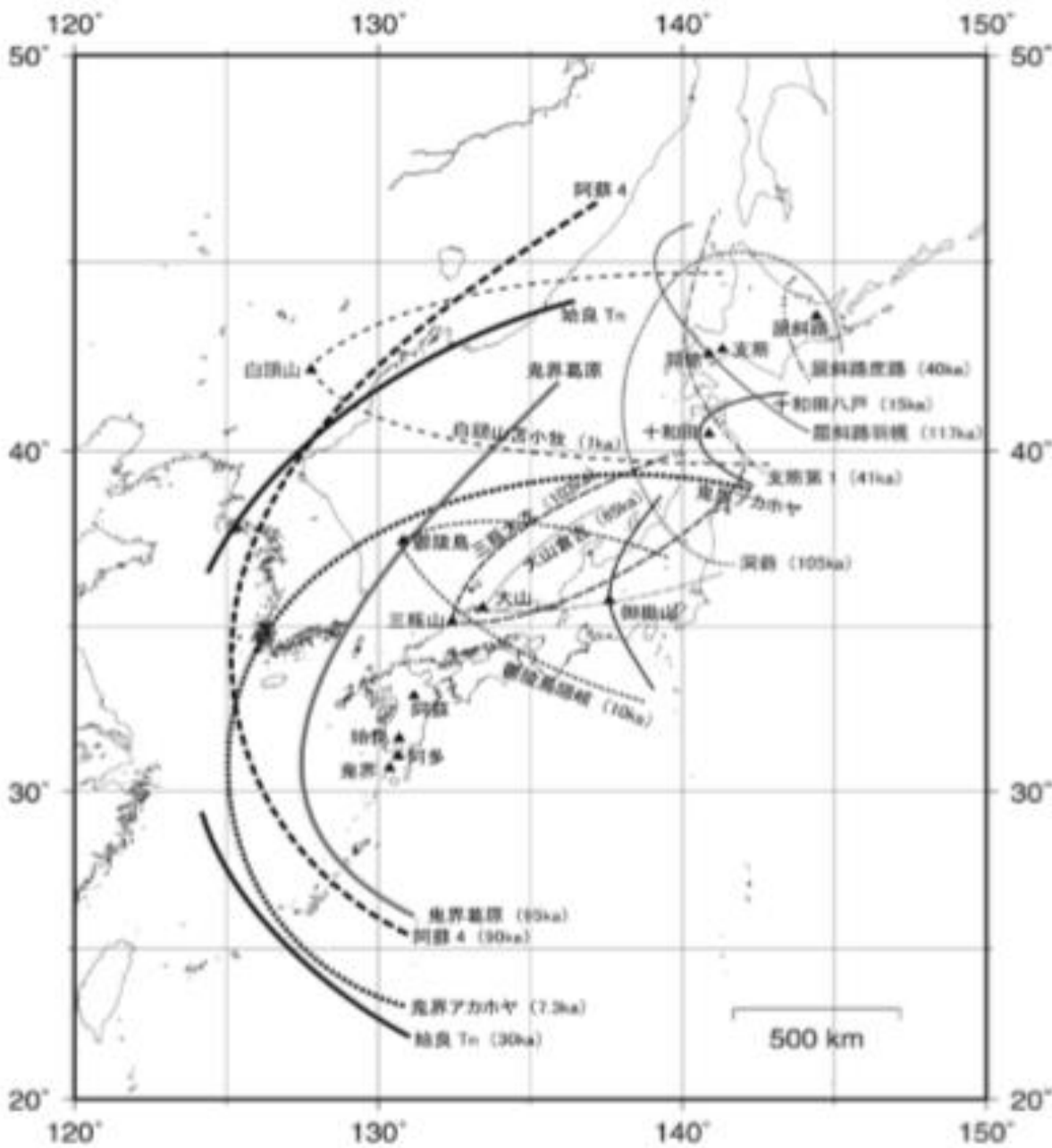
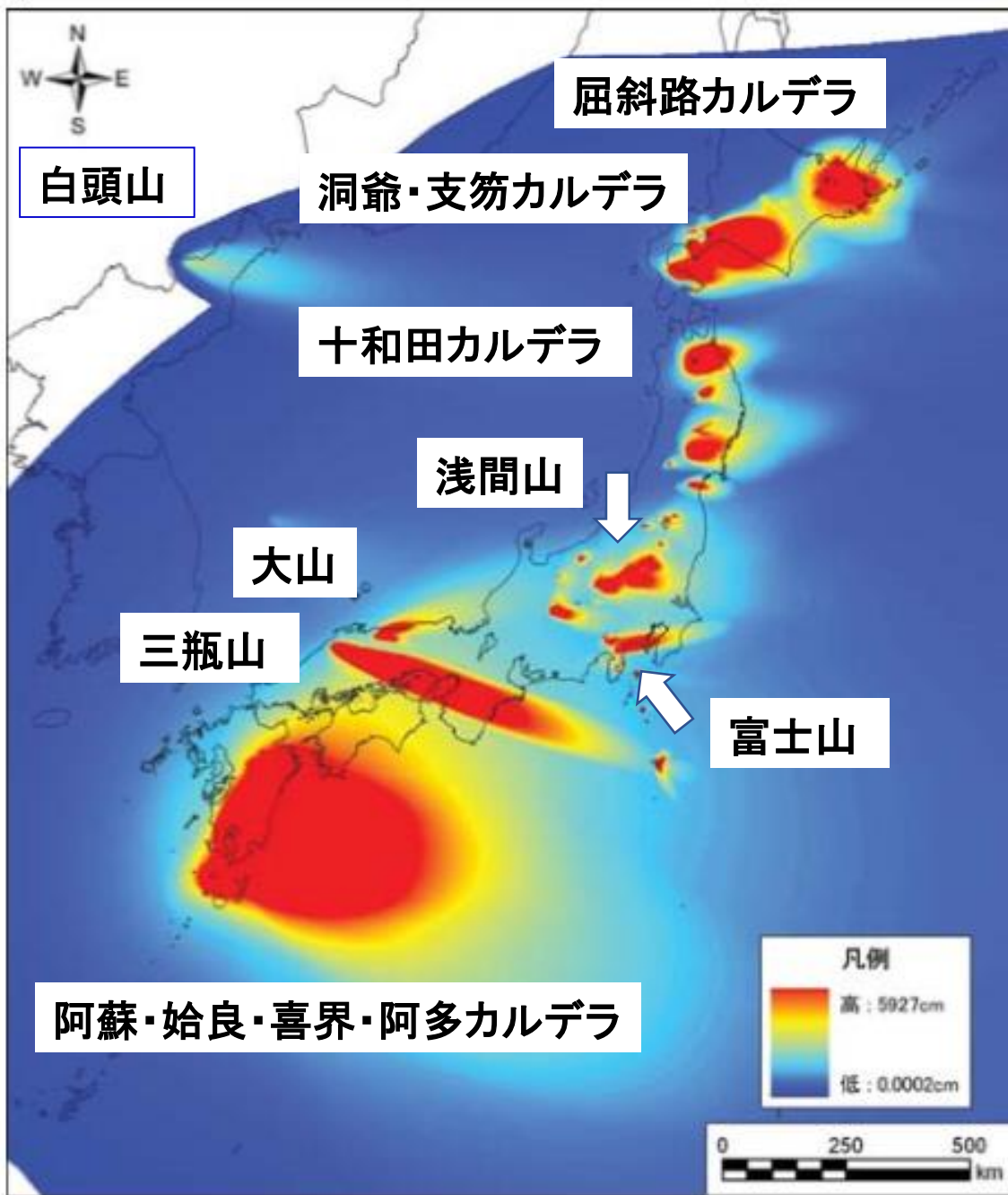


図4 最近12万年間における主な大規模噴火の火山灰分布。町田・新井¹⁴⁾を基に作成。▲は給源となった火山。1kaは1,000年前。

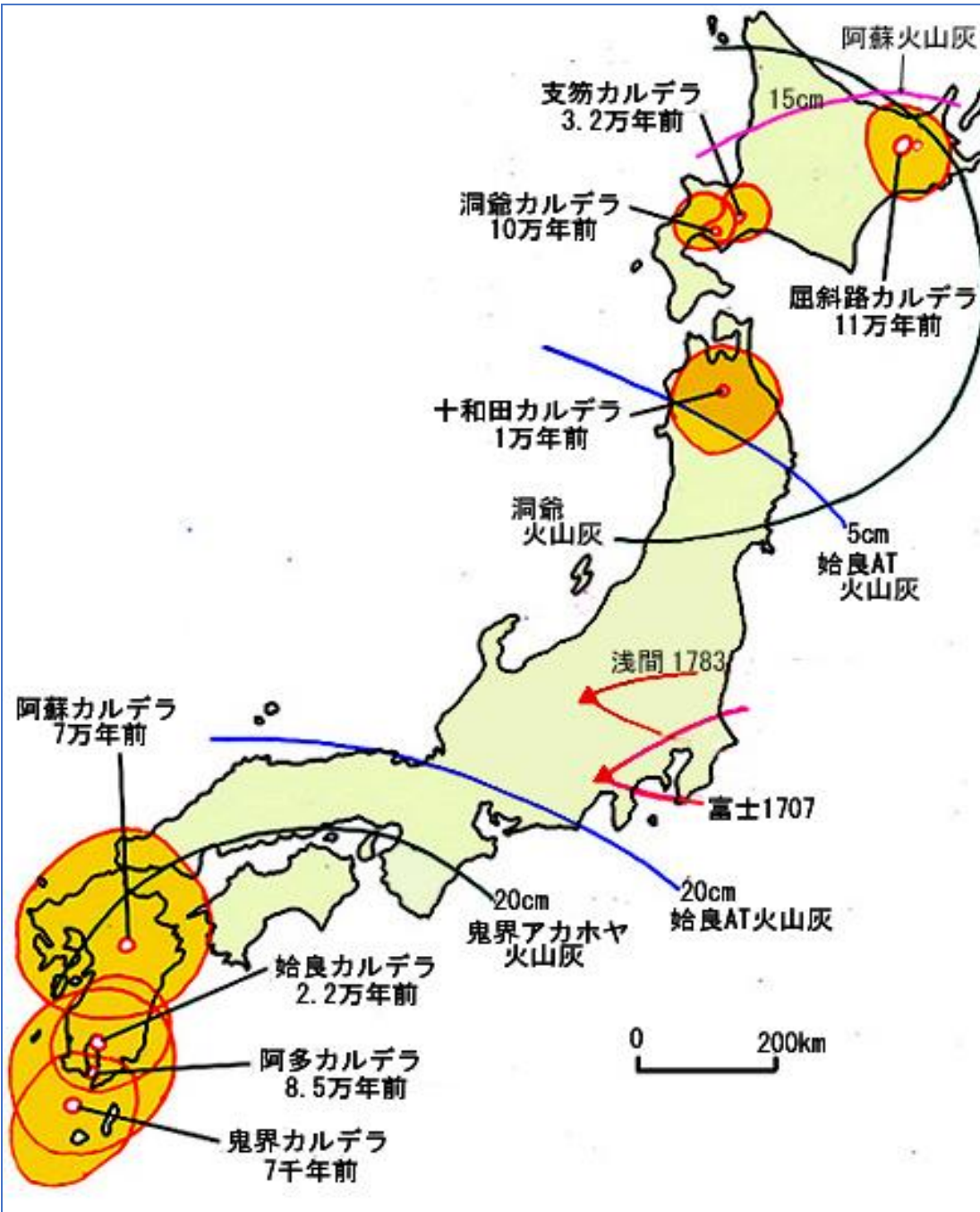
出典：井村隆介(鹿児島大学)。「火山噴火とそれが周辺環境に与える影響」。地球環境。2016。



最近の10万年間の各点の降下火山灰総層厚

出典: 須藤茂 (産総研地質調査総合センター), 他. 「わが国の降下火山灰データベース作成」. 地質調査研究報告. 2007. (一部改変)

日本における巨大火砕流噴火と火砕流到達範囲



出典:防災科学技術研究所.
防災基礎講座・「日本における巨大火砕流噴火および阿蘇カルデラ」

九州における巨大火砕流噴火と火砕流到達範囲

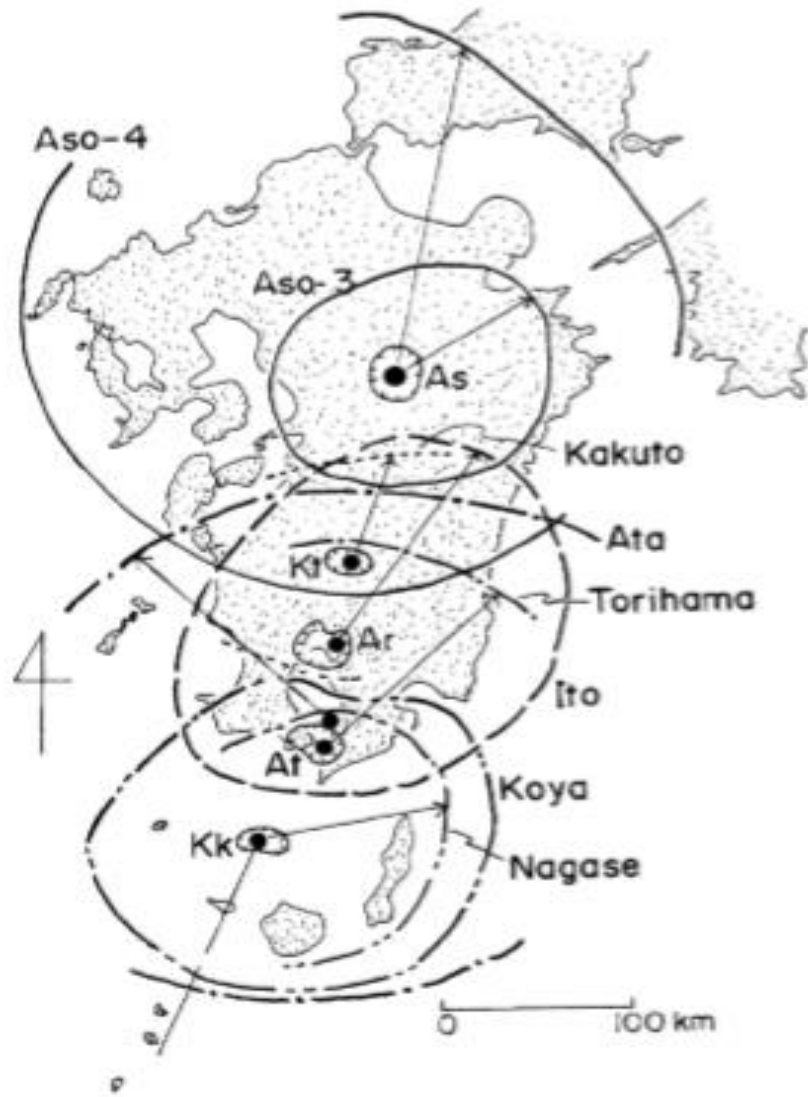


図2 第四紀後期の巨大火砕流堆積物の分布範囲
黒丸：給源，As：阿蘇カルデラ，Kt：加久藤カルデラ，Ar：始良カルデラ，At：阿多カルデラ，Kk：鬼界カルデラ
(日本第四紀学会編(1987)を一部変更)

森脇広(鹿児島大学), 他.「九州地方の第四紀テフラ研究 巨大火砕流堆積物の第四紀学的諸問題」. 第四紀研究, 1991.

南九州のカルデラ火山

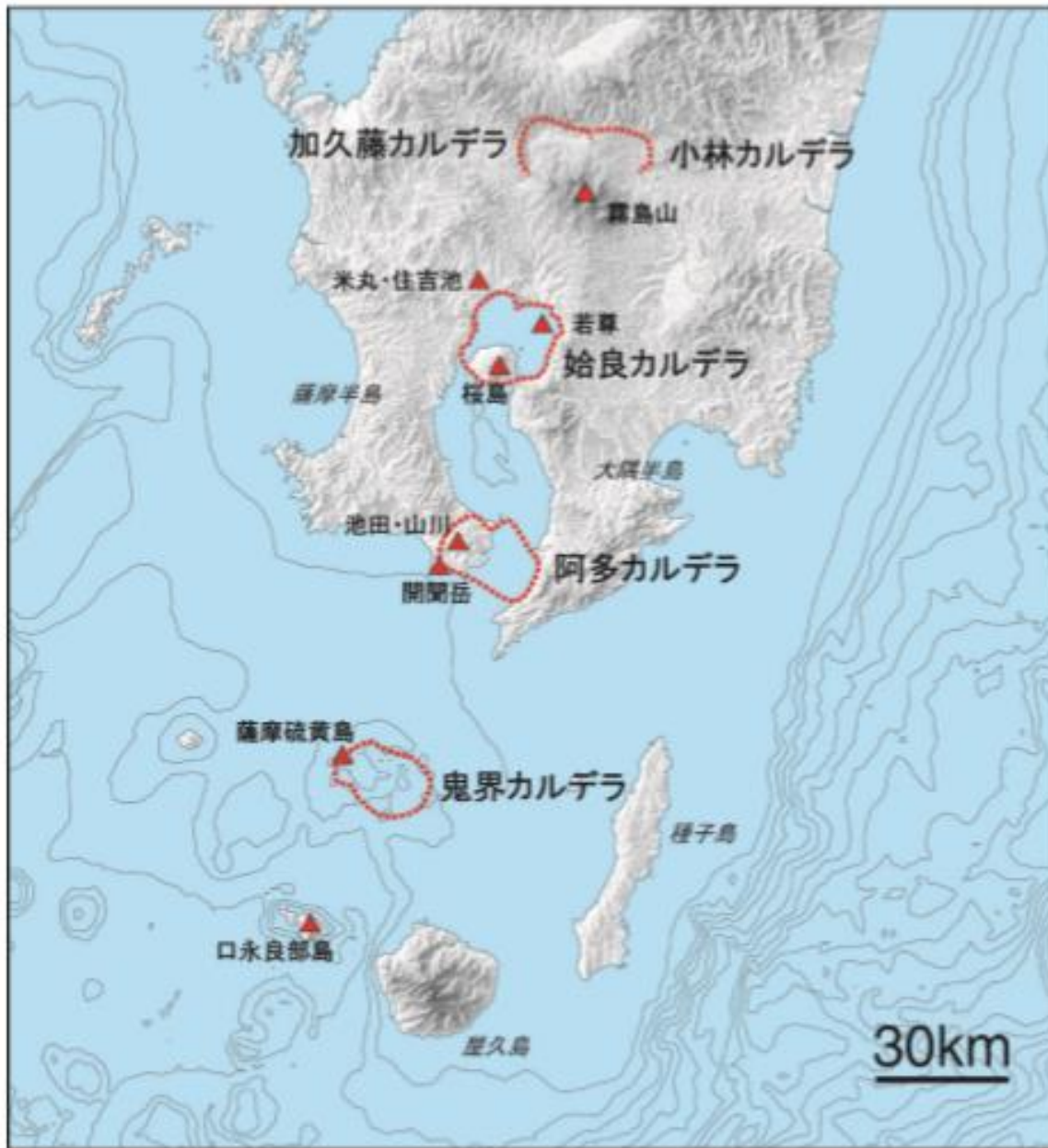
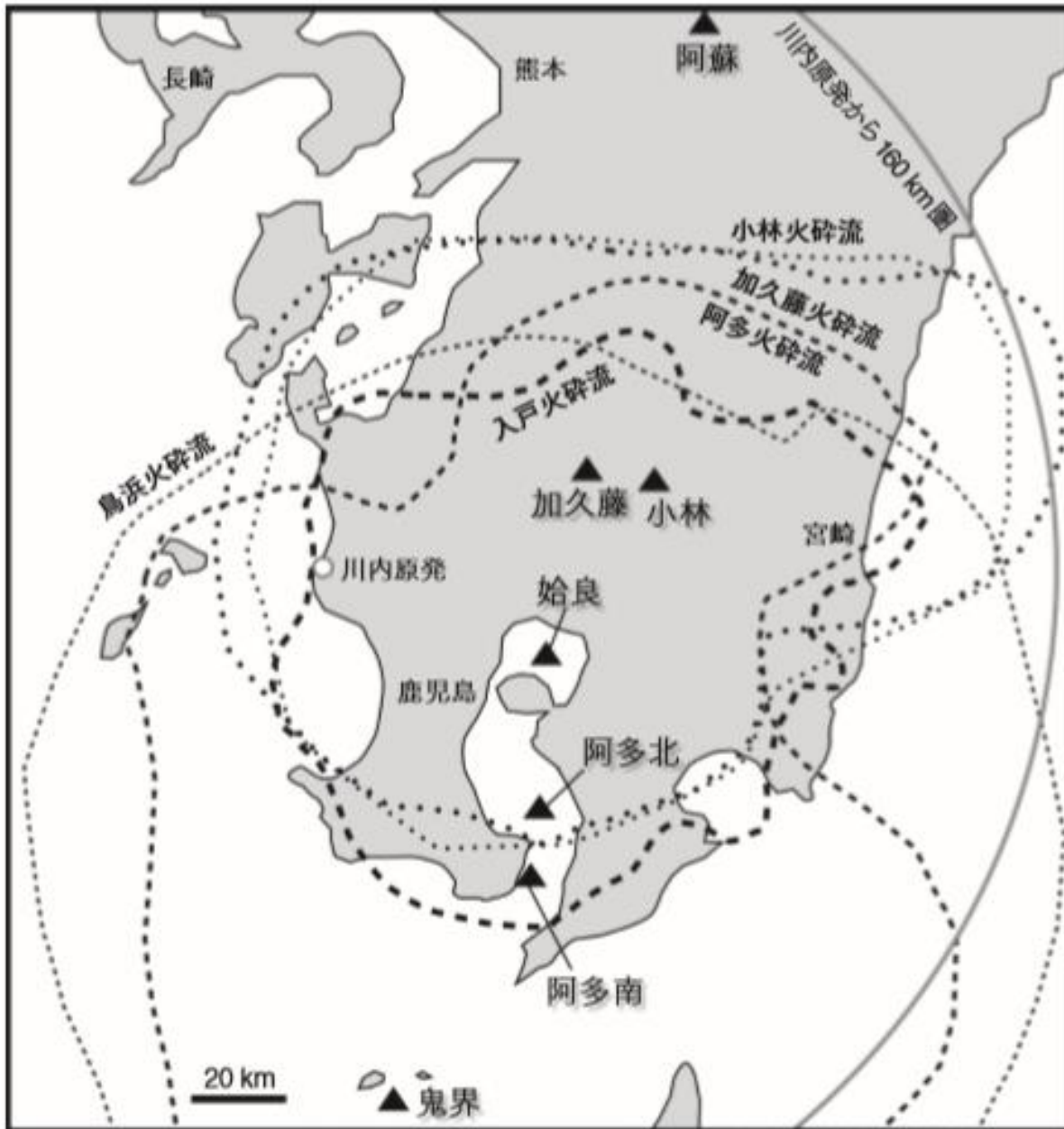


図1. 南九州の火山とカルデラ。

出典: 井村隆介 (鹿児島大学). 「南九州の巨大噴火と環境変化」. 日本生態学会誌. 2016. 31



川内原発 周辺のカ ルデラと火 砕流到達 範囲

出典: 小山真人(静岡大学
防災総合センター).「原子
力発電所の『新規制基準』
とその適合性審査における
火山影響評価の問題点」.
KAGAKU. 2015.

図2—川内原発とその近傍のカルデラ

10世紀の白頭山噴火は、過去2,000年間における世界最大級の噴火とされる

カルデラ形成に関与したと考えられる白頭山10世紀噴火は、過去2000年間において世界最大級の噴火とされ（噴出量は約50km³以上；Machida *et al.*,1990：1-20），その噴出物は白頭山周辺数十kmの範囲を覆い尽くしている。

出典：宮本毅（東北大学），他．「白頭山（長白山）の爆発的噴火史の再検討」．東北アジア研究．2003．

原典：Machida H（東京都立大学）．*et al.* “The recent major eruption of Changbai Volcano and its environmental effects.”．Geophysical Reports of Tokyo Metropolitan University．1990．

中朝国境の白頭山



画像出典: Google earth (一部改変)

循状火山の白頭山



出典:wondertrip 〈カラフルマーケティング(株)〉.「『北朝鮮、政治はさておき、美しかったよ』と語る旅行者の記録」

1702年の噴火の記録が「李朝実録」に残されている

出典：東北大学総合学術博物館「巨大噴火伝説の山・白頭山の謎」

星出軒轅星下入西方○上受常參于資政殿都承旨尹世紀曰故判書吳斗寅故牧使朴泰輔甲戌年因儒生上疏旌表賜祭而其後士人李淑又以李世華與兩臣一體旌表事陳疏下該曹而世華生時終始力辭故該曹不得請施今則世華已沒似當一體旌表上曰一體旌表執義崔重泰言故持平洪億妻金氏家婢夫慢侮寡家之殘弊突入作挈自洞内略施笞罰其後偶以病致死婢夫本主五衛將李翊周以隔簾監杖等醜辱之言構誣寡家瞞訴法曹至請償命之律士夫風習誠極駭惡請翊周罷職不叙從之司諫尹弘禹申吳道一事改其措語曰道一昔年之疏營護盡獄而止雖與兩臣南九萬同律未為不可而向日激成疏議之說與知陰謀之迹已有彰著之端則其罪之比前尤重的然可知道一和應怨國之徒乃於國家悲違之初至有符同激勸之舉此豈臣子之所忍為者哉負犯既殊輕重亦異而况林一擅等既以同罪皆被竄配則獨於道一不宜異同請吳道一遠竄不從重泰弘禹各以所懷備陳科獄罪人不可酌處之意上曰不可徑處之言雖有所執今之酌處亦有意存也○御書講○辛丑以李坦為副修撰宋宅相為正言金裁為司書○成鏡道

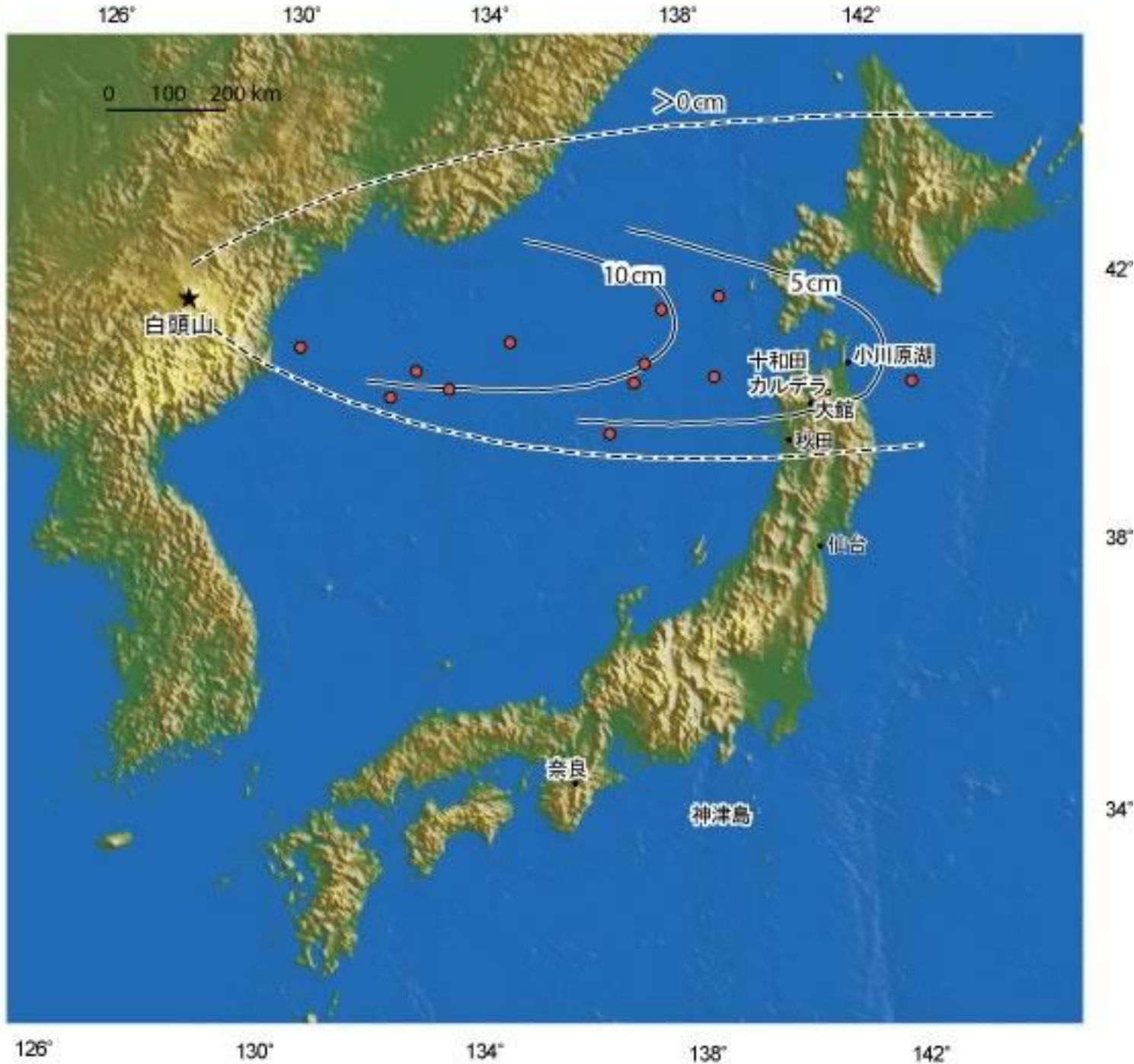
壬午

李朝實錄卷之三十六

三十一

洪爐中人不堪熏熱四更後消止而至朝視之則遍野雨灰恰似焚哈設者然鏡城府同月同日稍晚後烟霧之氣忽自西北天地昏暗腥膻之臭襲人衣裾熏染之氣如在洪爐人皆去衣流汗成漿飛灰散落如雪至於寸許收而視之則皆是木皮之餘爐江邊諸邑亦皆如是或有特甚處○壬寅御書講參贊官金鎮圭因文義痛陳春秋大義懇舉孝廟與宋時烈同德經營之事仰勉繼述之道上嘉納○領府事尹趾善上疏曰臣於頃年業同獄復起之日獨當按治凶賊雖得戮誅餘孽猶有失出及今南九萬柳尚運等並被譴謫則臣安得獨為晏然乞罷臣職得以安意就盡臣於兩臣之譴去實有憂慨者殿下每以兩臣心事予豈不知為教而然猶既罷又黜終至屏逐臣恐殿下諒其心事而不能盡得其平生而然耶南九萬之憂國苦心愛君忠節求之古人亦未易得殿下獨不記戊辰筵對之語乎事涉危疑重觸天怒北竄荒裔九死靡悔殿下今若追加深究則必有憾然興感於先見之言矣噫一心為國不以利害禍福為意而今之所被罪名一反於是白首孤臣流離辛苦道路艱難尚且咨嗟殿下何不思終始保全之道乎抑尚運首罪之疏蓋於國家之初聞時議紛闌並咎九萬退而自列不欲獨免心迹皎然而前後言者疑之

白頭山の10世紀噴火の 降灰範囲



出典:東北大学総合学術博物館「巨大噴火伝説の山・白頭山の謎」

青森県で観察された 白頭山の10世紀 噴火の火山灰



青森県田代湿原で観察
された白頭山苦小牧火
山灰層と十和田a火山
灰層

出典:東北大学総合学術博物館.「巨大
噴火 伝説の山・白頭山の謎」

始良カルデラについて

約3万年前 の始良カル デラの噴火 による火砕 流、入戸火 砕流の分布

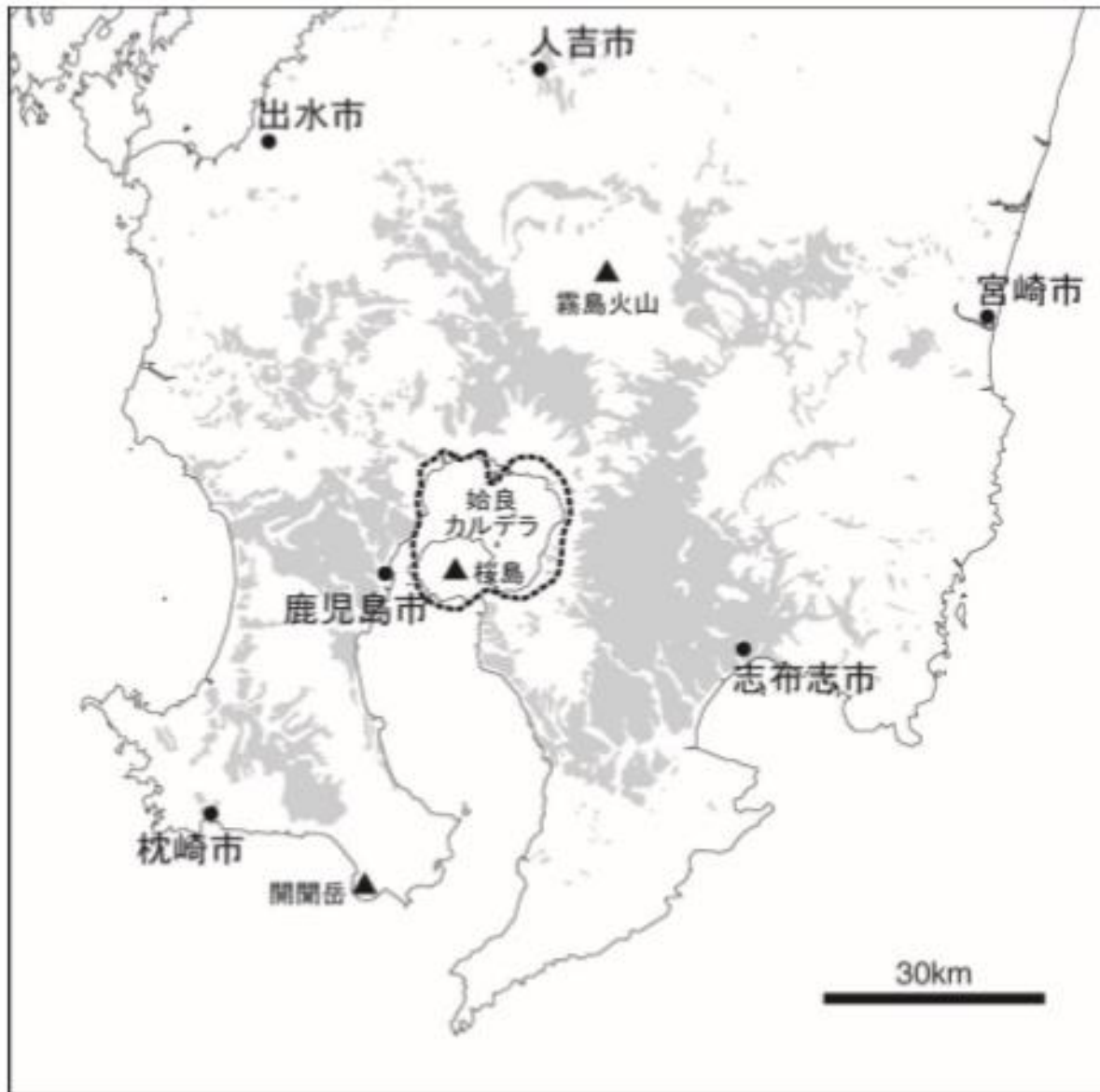
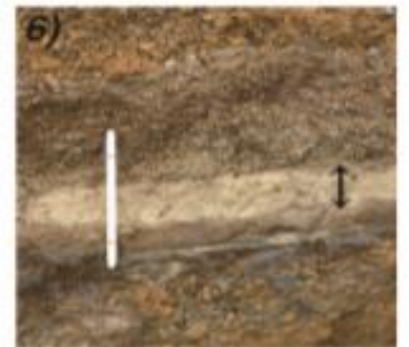
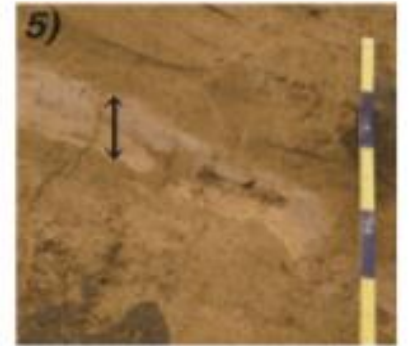
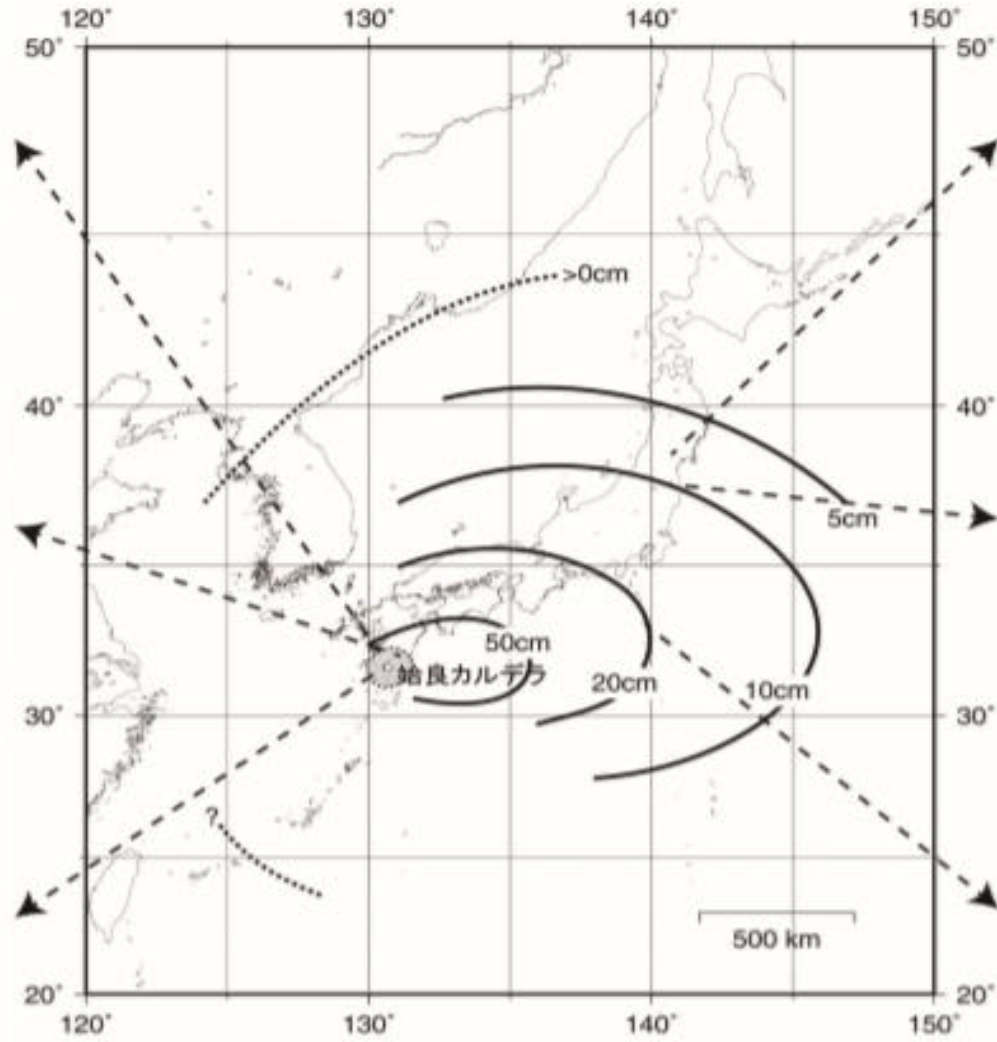


図3. 入戸火砕流の分布（灰色部分）と始良カルデラ（点線で囲まれたエリア）の位置（井村2009より転載）。

出典：井村隆介（鹿児島大学）、「南九州の巨大噴火と環境変化」、日本生態学会誌、2016。

始良カルデラの噴火による火砕流、火山灰の分布



始良カルデラ、「福山軽石」の堆積 (単位:cm)

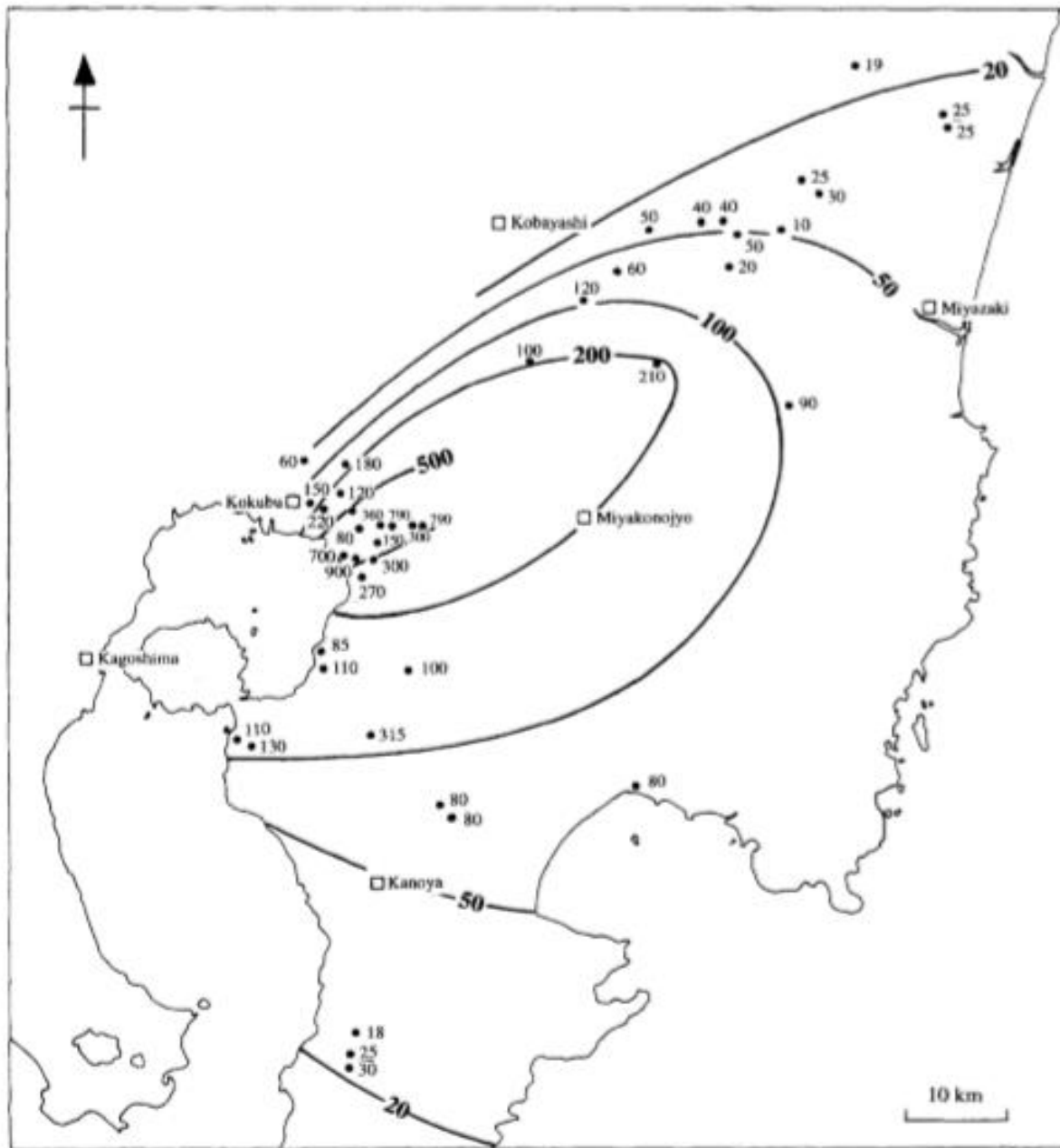


Fig. 6. Isopach map of Fukuyama pumice fall deposits. Values are in centimeters.

出典:長岡信治(長崎大学). 他.「10万~3万年前の始良カルデラ火山のテフラ層序と噴火史」. 地質学雑誌, 2001.

始良カルデラ からのマグマ 噴出量は ここ3万年で 急増している

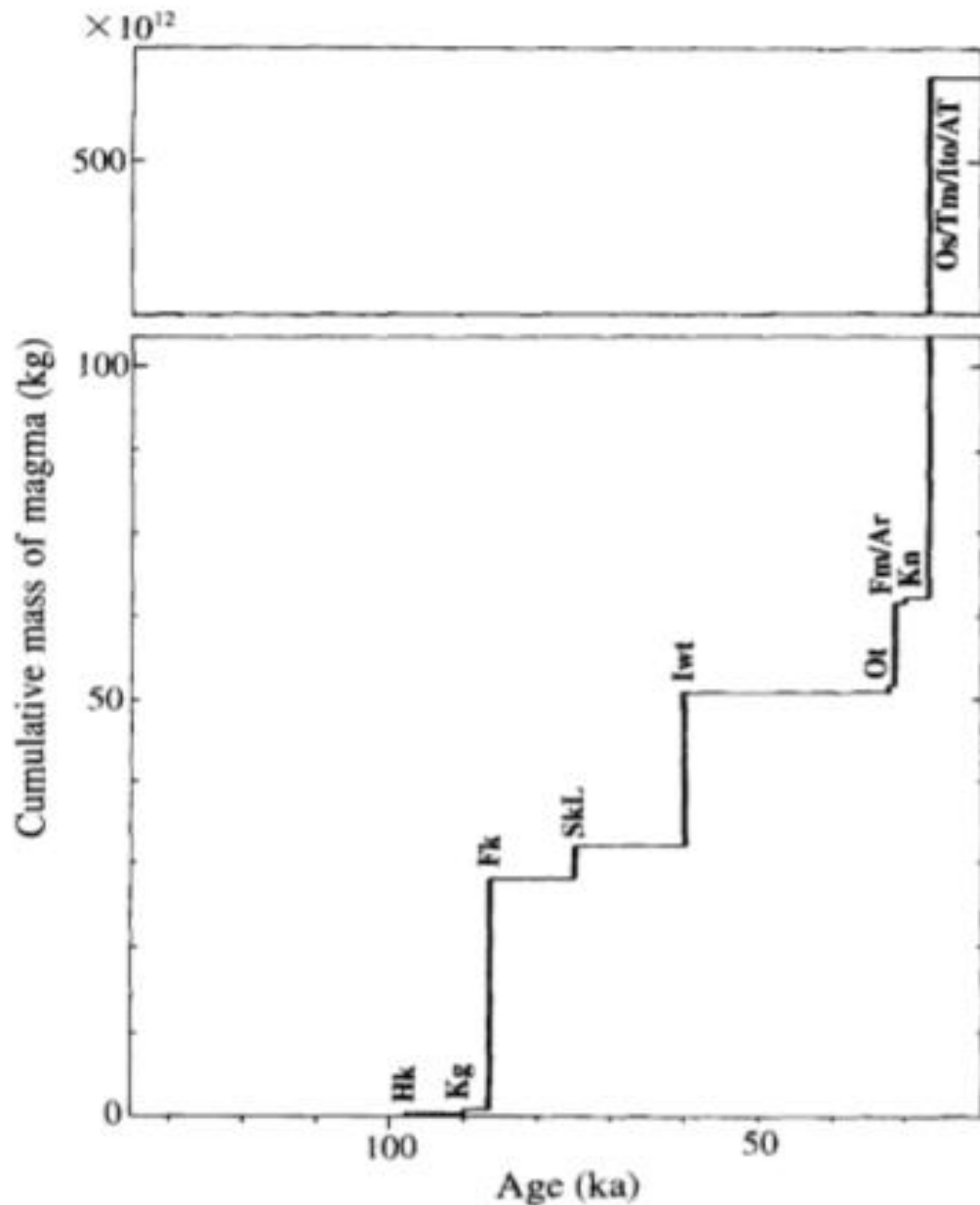


Fig. 19. Cumulative discharge mass of magma from Aira caldera volcano during 100-27 ka.

出典:長岡信治(長崎大学).
他.「10万~3万年前の始良
カルデラ火山のテフラ層序と
噴火史」. 地質学雑誌, 2001.

マグマ噴出頻度の増加は 注目すべき現象

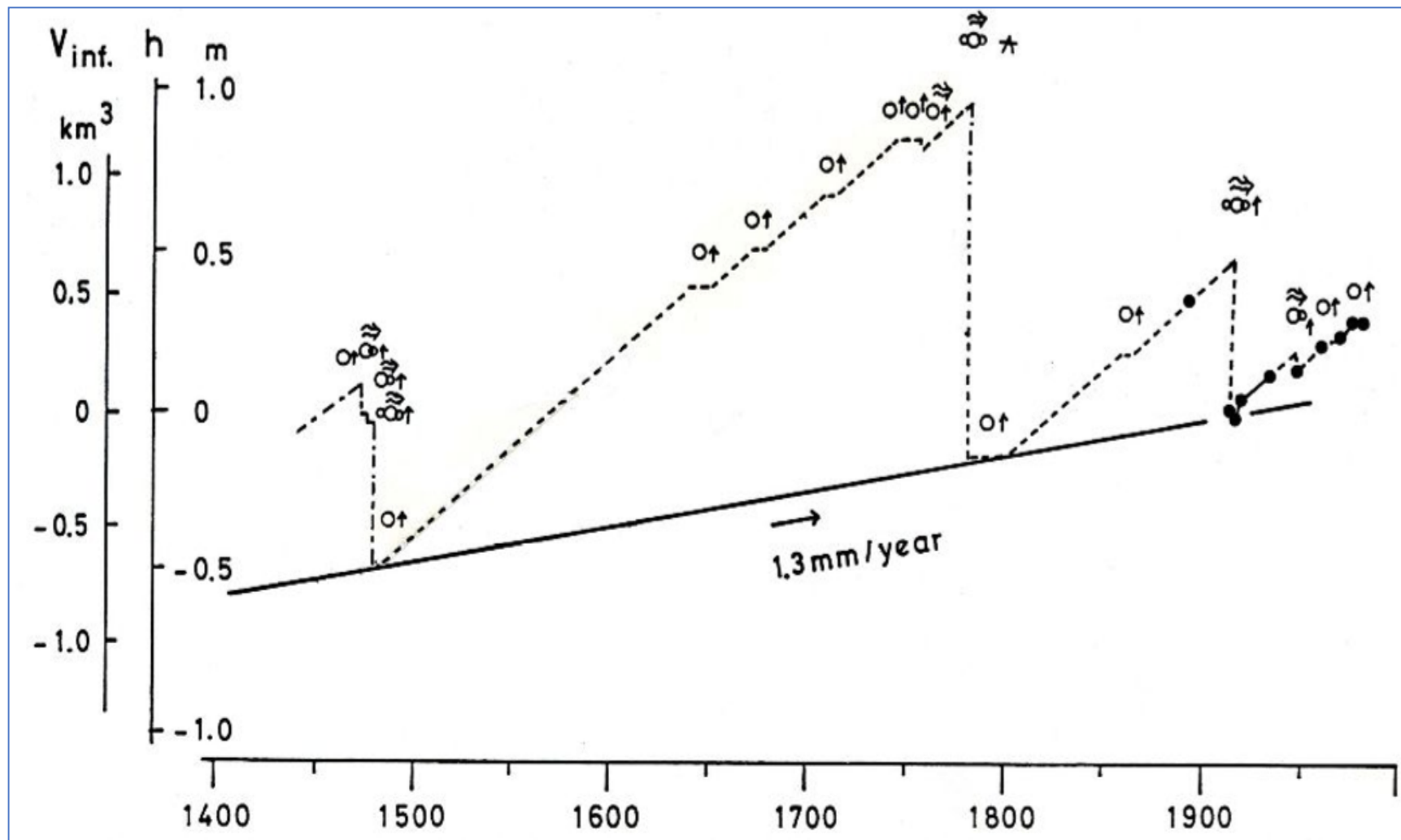
4 は最近 10 万年間のマグマの噴出量を示す階段ダイアグラムである。直近の前兆現象ではないが、大規模なカルデラ噴火にむかって徐々にマグマの噴出頻度が増しているのは、注目すべき現象である。

始良カルデラ周辺地盤は上昇している

加茂・石原(1980)は桜島火山の噴火に伴う始良カルデラ周辺の地盤の変動を調べ、15世紀まで遡った歴史時代の地盤変動量を推定した (Fig. 6). その結果、噴火で放出したマグマ量に比例して地盤が急激に沈降するが、その後マグマが一定の割合で供給 (1000万 m^3/year) されるために、徐々に隆起回復するという規則性が見出された。しかし噴火後に地盤が元の高さまで沈降することはなく、全体の地盤は 1.3 mm/year の割合で隆起を続けている (泉ら, 1991)。

出典:小林哲夫 (鹿児島大学), 他.「大規模カルデラ噴火の前兆現象— 鬼界カルデラと始良カルデラ—」. 京都大学防災研究所所報. 2010.

始良カルデラ周辺地盤(鹿児島市)は年1.3mm上昇



出典: 小林哲夫 (鹿児島大学), 他. 「大規模カルデラ噴火の前兆現象—鬼界カルデラと始良カルデラ—. 京都大学防災研究所所報. 2010.

原典: 加茂幸介・石原和弘 (京都大学防災研究所・火山活動研究センター). 「地盤変動からみた桜島の火山活動」. 桜島地域学術調査協議会研究報告 (鹿児島県). 1980.

始良カルデラと桜島のマグマ供給の推定

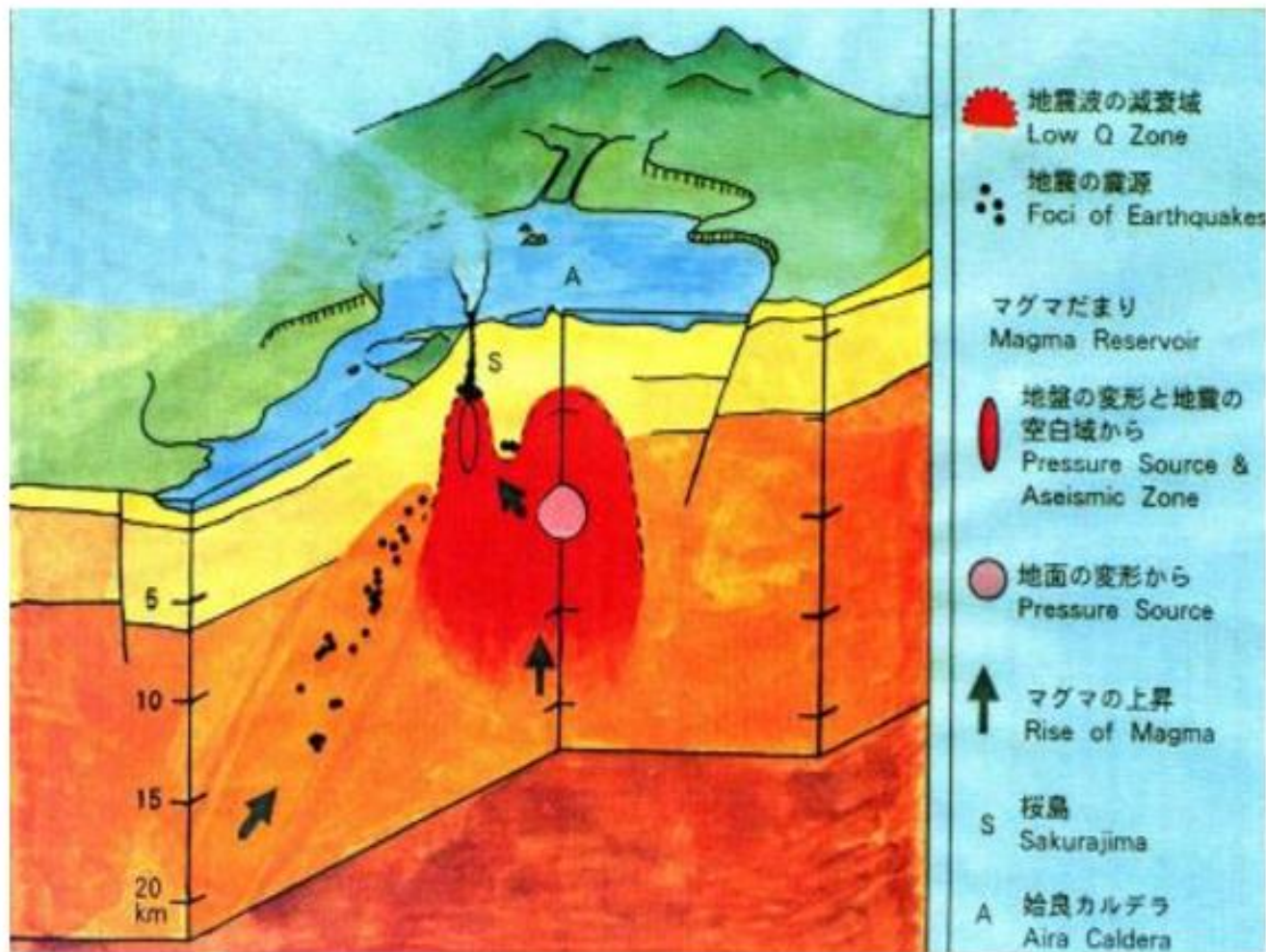


Fig. 5 Illustration of magma plumbing system of Sakurajima volcano (see Kamo, 1989)

「始良カルデラと桜島火山のマグマの組成が異なることはマグマ溜りは分離して存在することを意味している」

出典: 小林哲夫 (鹿児島大学), 他. 「大規模カルデラ噴火の前兆現象— 鬼界カルデラと始良カルデラ—」. 京都大学防災研究所所報. 2010.

喜界カルデラについて

火砕流は海上をも走る

「(7,300年前に起こった)屋久島の北西約50 kmに位置する鬼界カルデラの大規模噴火、鬼界アカホヤ噴火である。海底で発生した噴火であったが、その火砕流は海上を走り、種子島、屋久島から薩摩・大隅両半島の南部に達し、**幸屋火砕流**と名付けられている。この噴火に伴う火山灰は**アカホヤ火山灰**と呼ばれ、朝鮮半島の南部や東北地方南部でもその堆積物がみつまっている(町田・新井 1992)。」

喜界アカホヤ火山灰は福岡にも到達した

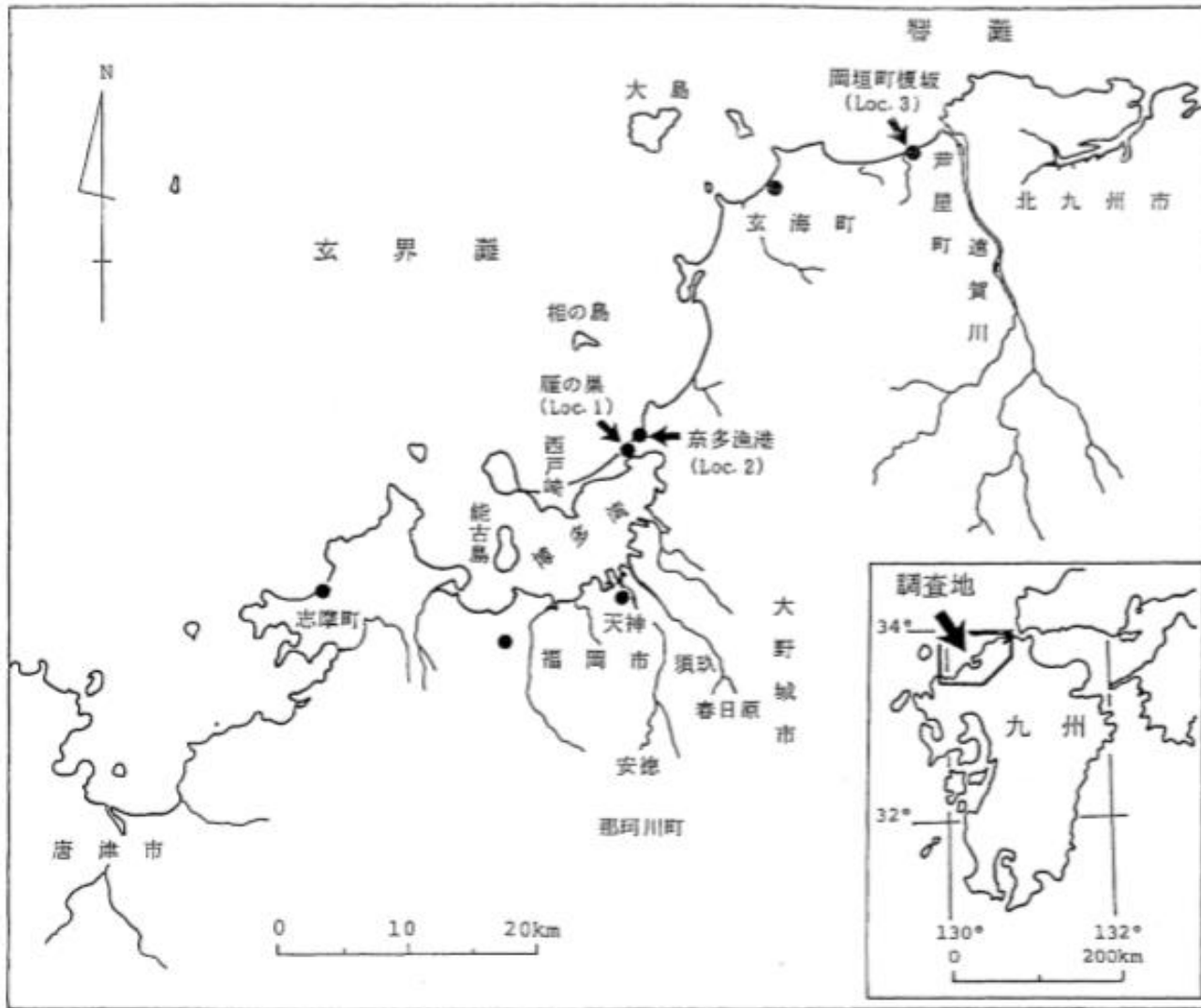


図1 調査地域である福岡平野周辺の略図

黒丸は鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah) が埋没性黒ボク土として確認された地点。

出典: 下山正一 (九州大学), 他. 「福岡平野周辺で確認された広域テフラについて」. 第四紀研究. 1989.

鬼界カルデラ中央には再生ドームが形成されている

いずれにせよアカホヤ噴火からまだ1万年も経っていないが、カルデラ中央には再生ドームが形成されており、次のカルデラ噴火が差し迫りつつあるものかどうか、多面的な研究が望まれる。

阿蘇カルデラについて

阿蘇火山の成り立ち



約27万年前(Aso-1火砕流 発生)
「阿蘇火山」の活動の始まり。

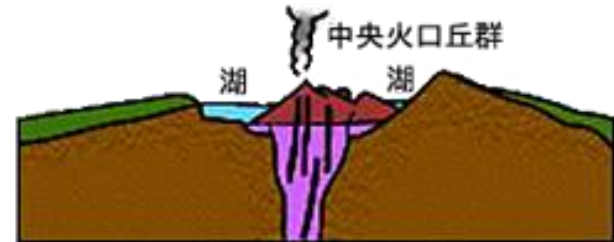
約14万年前(Aso-2火砕流 発生)
約12万年前(Aso-3火砕流 発生)



約9万年前(Aso-4火砕流 発生)
周辺には広大な火砕流台地が
つくられる。



地盤が陥没してカルデラが形成される。



カルデラ内には雨水がたまり湖が
形成される。



数千年前までに現在の姿ができる。

出典: 阿蘇火山博物館. 阿蘇について・
「阿蘇火山の生いたちと概要」

Aso-4火 砕流堆積物 の分布

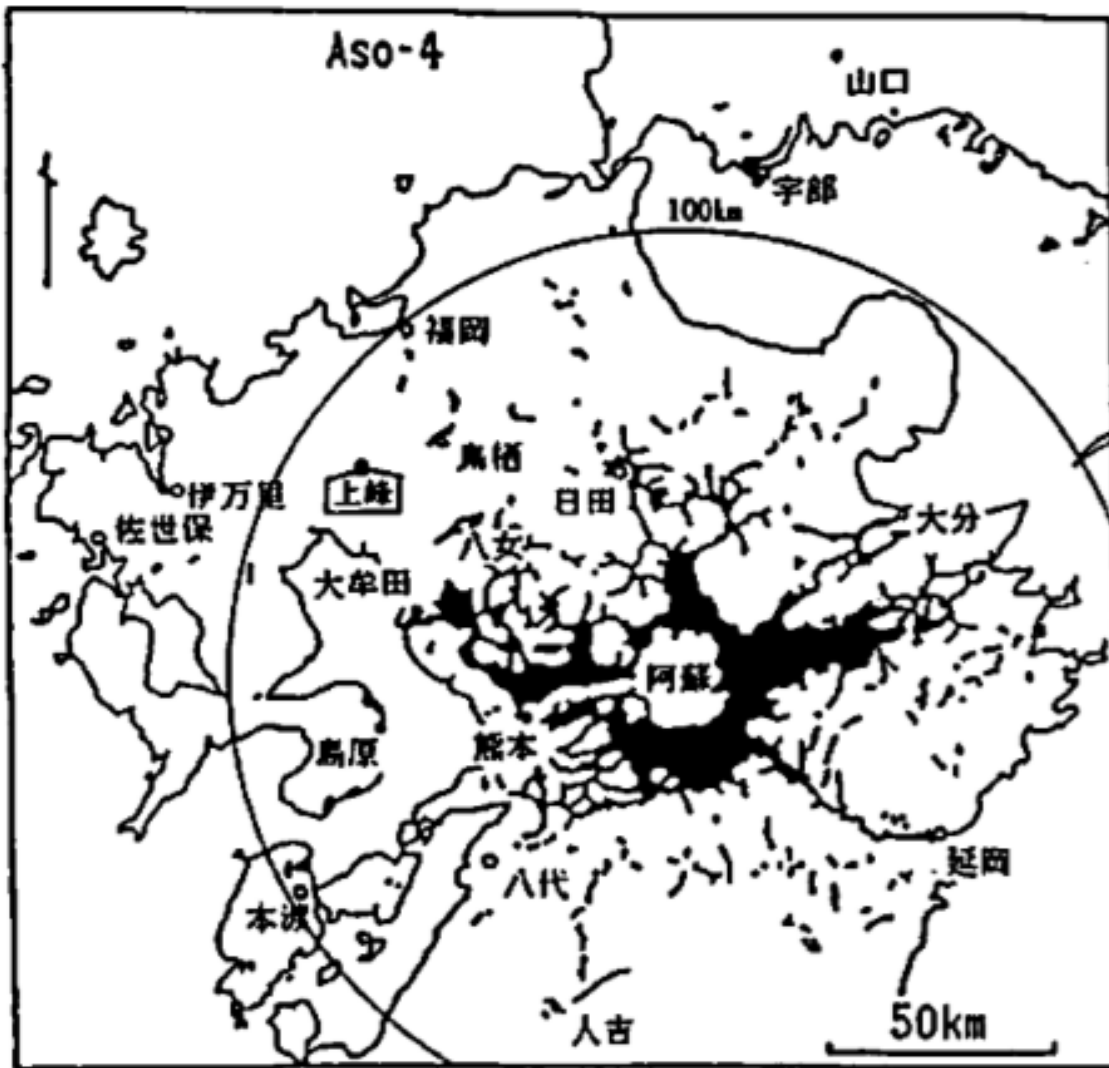


図-1 Aso-4火砕流堆積物の分布と巨木の産地（上峰）の位置（小野・渡辺，1993の部分に加筆：渡辺，1994）

出典：渡辺一徳（熊本大学）。「佐賀県上峰町で巨木をなぎ倒したAso-4火砕流」。熊本地学会誌. 1995.

佐賀県上峰町で出土した Aso-4火砕流で焼かれた巨木



樹木の倒れた方向から、火砕流の流向がわかる。

図 2 佐賀県上峰町で出土した巨木
直径 1.2～1.5 m で、現存部分の長さは 22 m である。表面や細かい枝の部分が炭化したり、焼け落ちている。

出典：下山正一（九州大学），他。「Aso-4 火砕流に焼かれた巨木 佐賀県上峰町で出土した後期更新世樹木群」。第四紀研究，1994。

Aso-4火砕流の流向

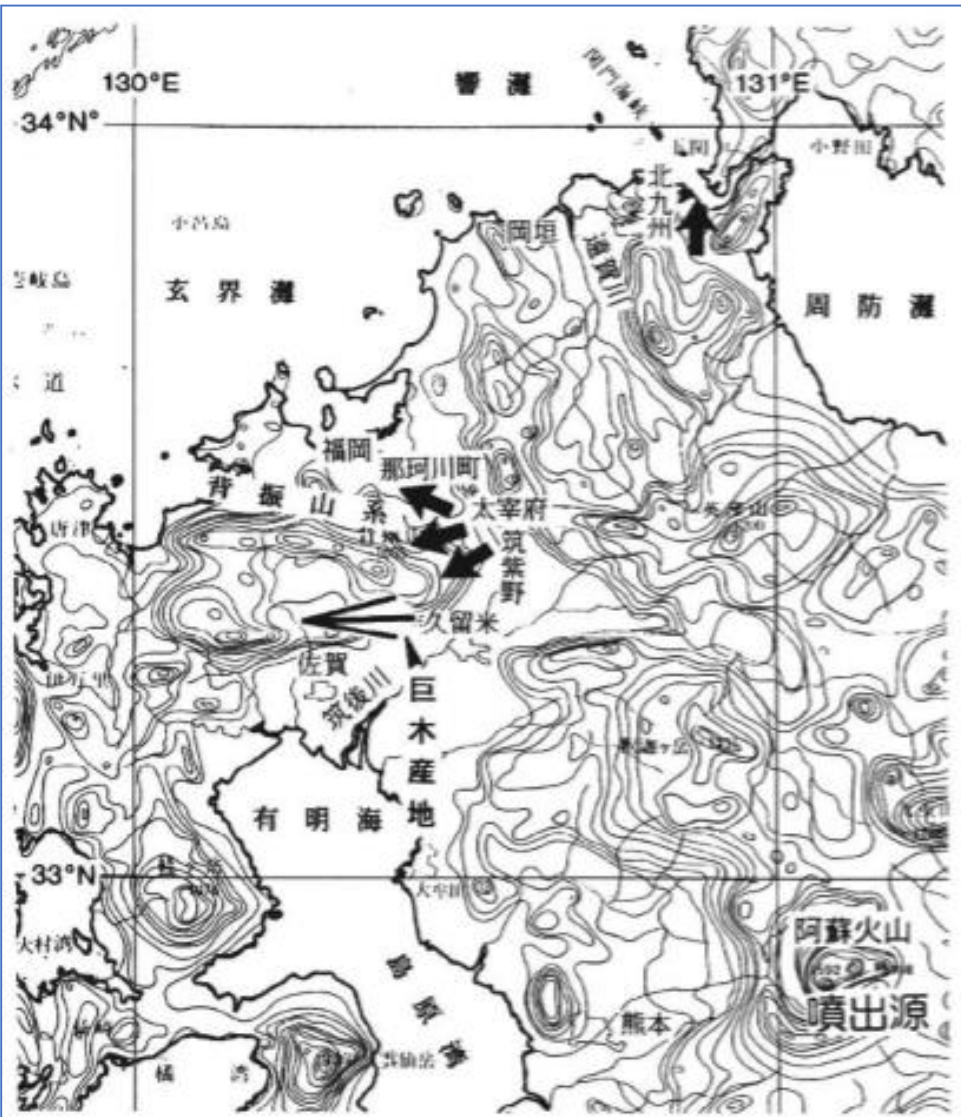
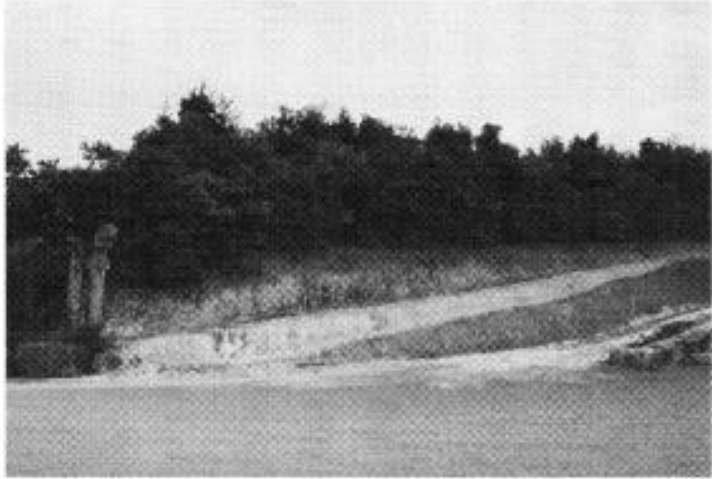


図 1 巨木の出土位置と倒木の方位図

矢印は倒木の方位からみた Aso-4 火砕流の流向
←: 今回のデータ ←: 他の地域データ
接峰面図は九州活構造研究会(1989)による.

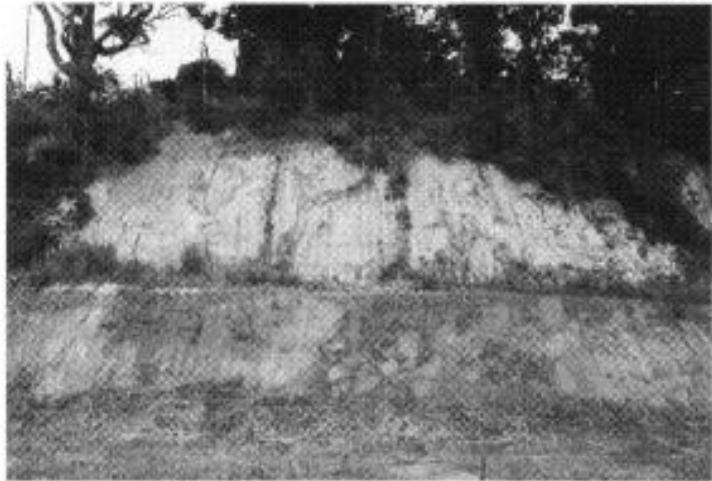
出典: 下山正一(九州大学),
他,「Aso-4 火砕流に焼かれた巨木 佐賀県上峰町で出土した後期更新世樹木群」. 第四紀研究, 1994.



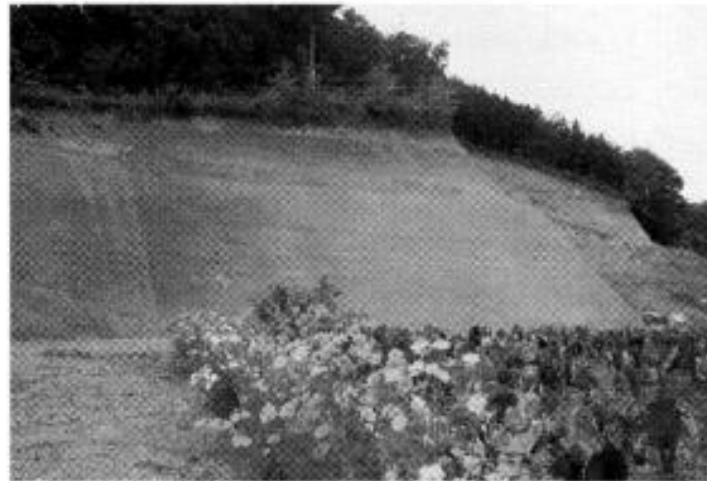
1. 佐賀県太良町牟田 カニ御殿駐車場
玄武岩溶岩（風化）をおおう ASO-4
（白い層とその上の層）



2. 小長井町長戸海岸
玄武岩溶岩（風化）をおおう ASO-4
ASO-4 の下部がやや層状を示す。



3. 小長井小学校横
玄武岩溶岩（風化）をおおう ASO-4
一部に炭化木を含む無層理の火山灰層



4. 田原溜池南西
よく淘汰されたスコリアの厚層
（正面の崖で高さ 5 m）

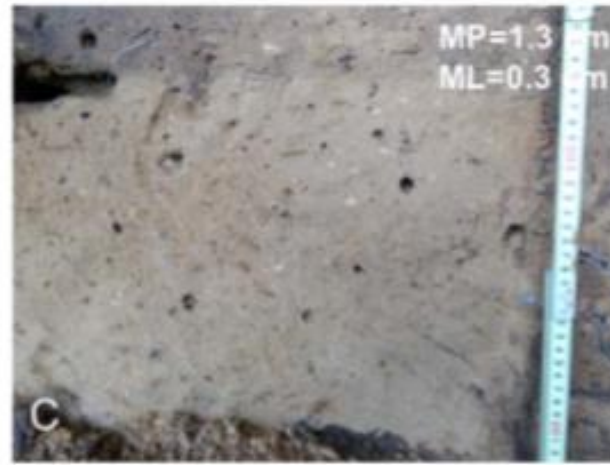
阿蘇火 砕流は 佐賀県、 長崎県 にも到達 した

出典：阪口和
則（大村高校）
・高嶺忠彦（大
村市）。「小長
井町のASO-4
と山茶花高原
のスコリア」。
長崎県地学会
誌. 1995.

阿蘇火砕流の到達範囲



給源から 26km地点(小国町)



給源から 117km地点(北九州 折尾)



給源から 52km地点(日田市)



給源から 162km地点(山口 小野山)

MP : 最大軽石
ML : 最大岩石

出典: 宝田晋治, 星住英夫 (産総研地質調査総合センター). 「阿蘇4大規模火砕流の分布・体積と火砕流の流動堆積機構」. [Proceedings of the International Meeting on Eruption History and Informatics, 2016.](#)

阿蘇火砕流軽石の粒径と到達範囲

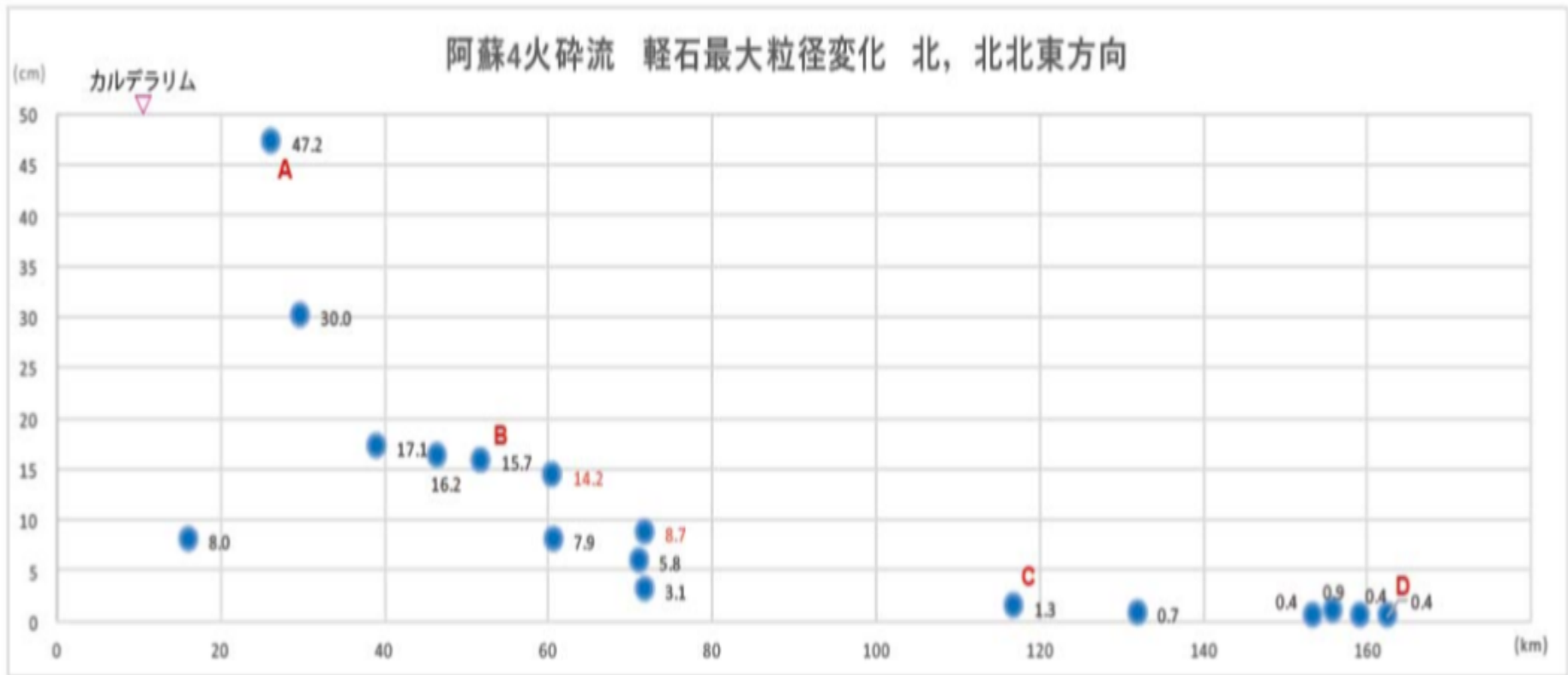
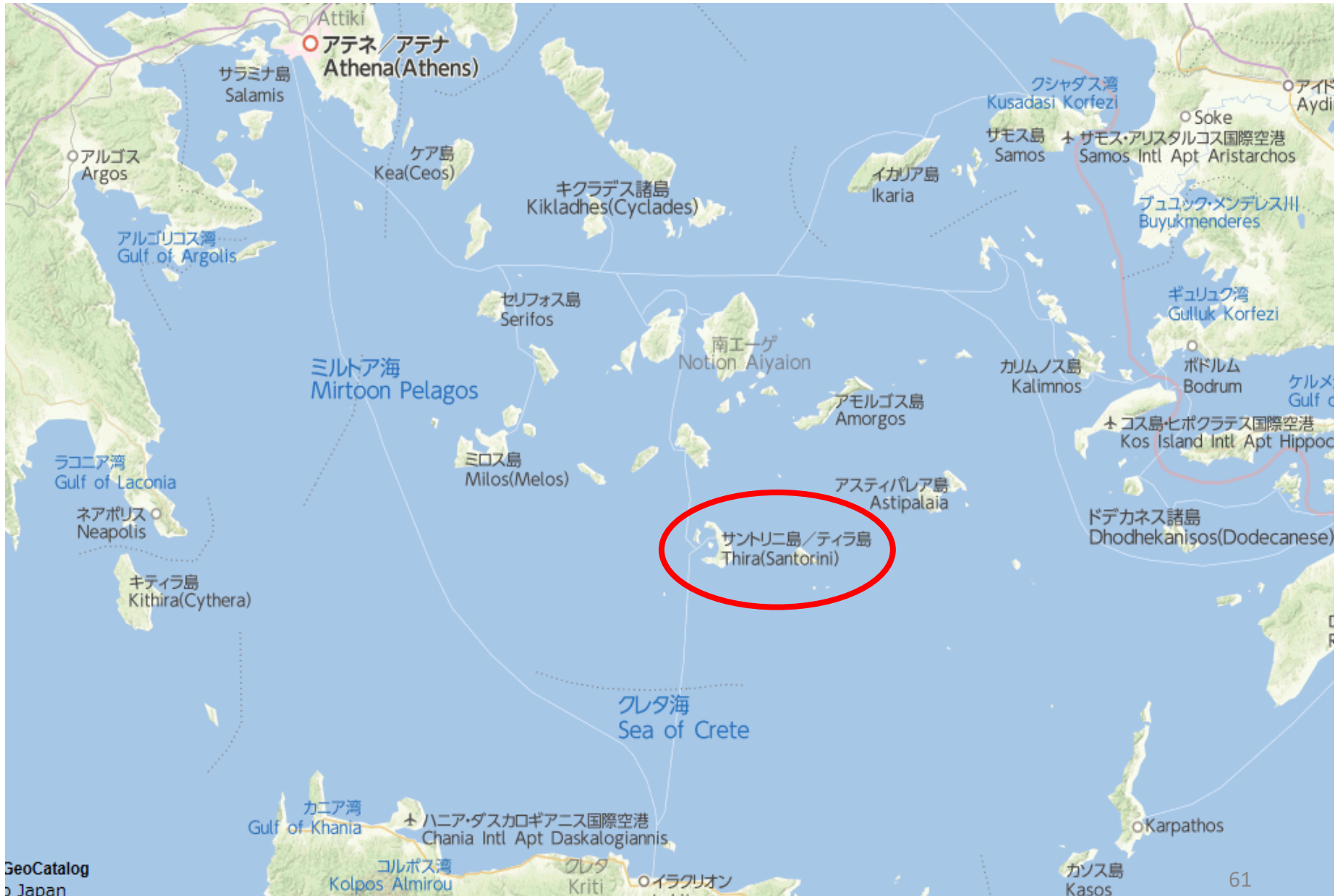


Fig. 2 Variations of maximum pumice size (average of 8 largest pumice diameters) according to the travel distance of Aso-4 ignimbrite. A-D indicate outcrops shown in Fig. 1. Red-colored numbers indicate maximum pumice size in pumice-concentration zone.

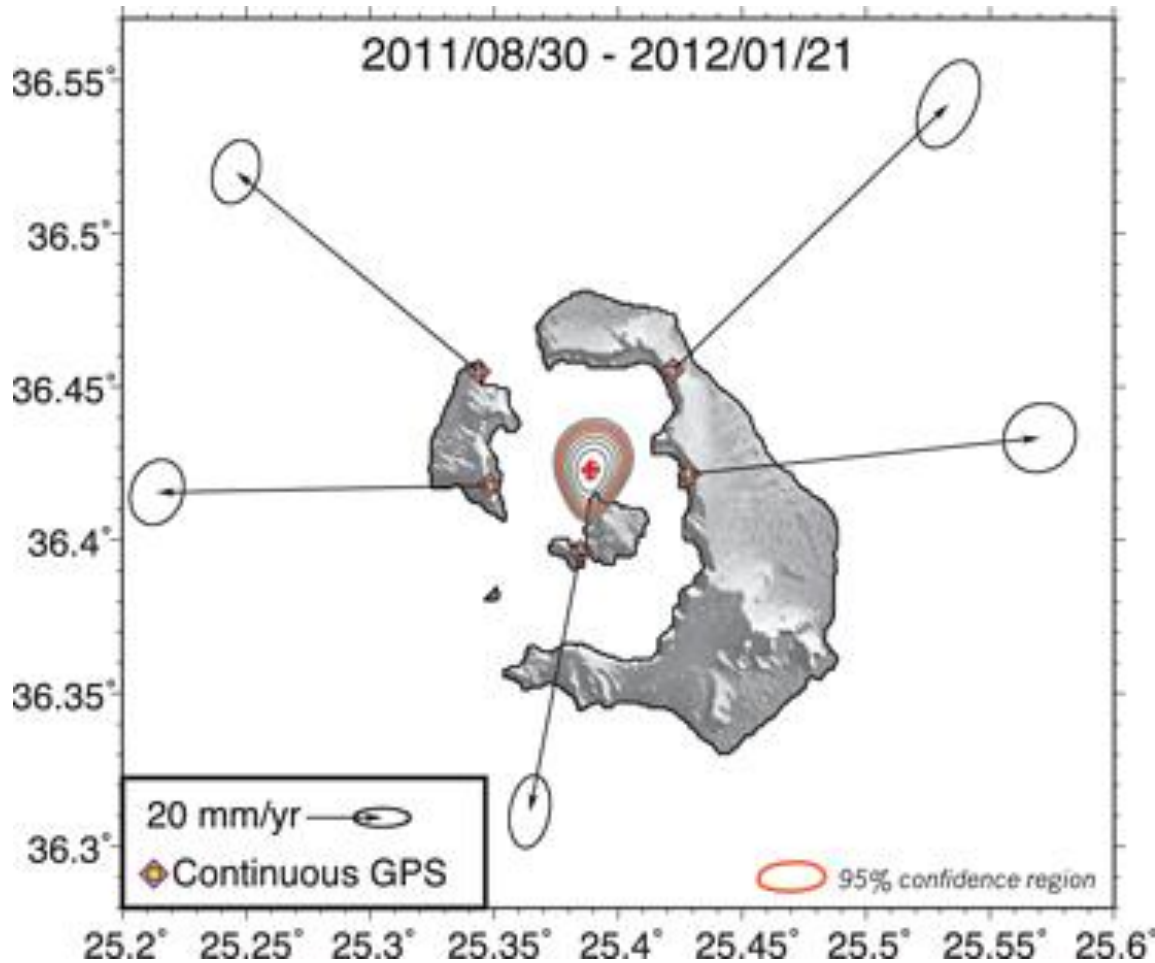
出典: 宝田晋治, 星住英夫 (産総研地質調査総合センター). 「阿蘇4大規模火砕流の分布・体積と火砕流の流動堆積機構」. [Proceedings of the International Meeting on Eruption History and Informatics, 2016.](#)

**カルデラ噴火の
予知は可能か？**

エーゲ海のサントリーニ・カルデラ (地図出典: Yahoo 地図)



「年180mmの膨張があっても、噴火の前兆かどうかは明確ではない」



“While observations of the current deformation sequence are unprecedented at Santorini, it is not certain that an eruption is imminent as other similar calderas have experienced comparable activity without eruption.”

「この間の地殻変動の観測はサントリーニでは前例のないものの、他の類似のカルデラが噴火することなく同等の活動を経験しているため、噴火が差し迫っているかどうかは明確ではない」

出典：Newman, Andrew V. (ジョージア工科大学), et al. "Recent geodetic unrest at Santorini caldera, Greece." *Geophysical Research Letters*. 2012.

2014年9月27日の御岳山噴火



 国際航業株式会社
KOKUSAI KOGYO CO., LTD.

出典：国際航業（株）. 事業紹介＞災害調査活動への取り組み＞平成26年9月 御嶽山噴火

御岳山噴火も異常は観測されながら予知はできなかった

表1 御嶽山 2014年9月及び10月（7日まで）の火山活動状況

9月	噴火回数	火山性地震回数 ⁴⁾				微動回数	噴煙の状況 ⁵⁾				備考
		高周波地震	やや低周波地震	低周波地震	日地震回数合計		山頂火口		地獄谷下部		
							日最高(m)	噴煙量	日最高(m)	噴煙量	
1日	0	4	0	0	4	0	×	×	×	×	
2日	0	0	0	0	0	0	-	-	100	1	
3日	0	0	0	0	0	0	×	×	×	×	
4日	0	0	0	0	0	0	×	×	×	×	
5日	0	0	0	0	0	0	×	×	×	×	
6日	0	1	0	0	1	0	-	-	10	1	
7日	0	2	0	0	2	0	×	×	20	1	
8日	0	5	0	0	5	0	-	-	10	1	
9日	0	10	0	0	10	0	-	-	50	1	
10日	0	52	0	0	52	0	-	-	30	1	
11日	0	85	0	0	85	0	×	×	×	×	
12日	0	10	0	0	10	0	-	-	30	1	
13日	0	7	0	0	7	0	-	-	50	1	
14日	0	6	1	1	8	0	-	-	100	1	
15日	0	27	0	0	27	0	-	-	30	1	
16日	0	16	0	2	18	0	×	×	50	1	
17日	0	9	1	0	10	0	-	-	50	1	
18日	0	24	0	0	24	0	-	-	30	1	
19日	0	2	1	0	3	0	-	-	20	1	
20日	0	10	0	0	10	0	-	-	50	1	
21日	0	17	0	0	17	0	-	-	30	1	
22日	0	3	0	0	3	0	×	×	80	1	
23日	0	10	0	0	10	0	-	-	30	1	
24日	0	5	2	2	9	0	-	-	10	1	
25日	0	5	3	0	8	0	×	×	10	1	
26日	0	6	0	0	6	0	×	×	×	×	
27日	1	390	72	21	483	1	×	×	10	1	11時52分頃噴火発生。南西側に火砕流流下、北東山麓を中心に降灰。

噴火



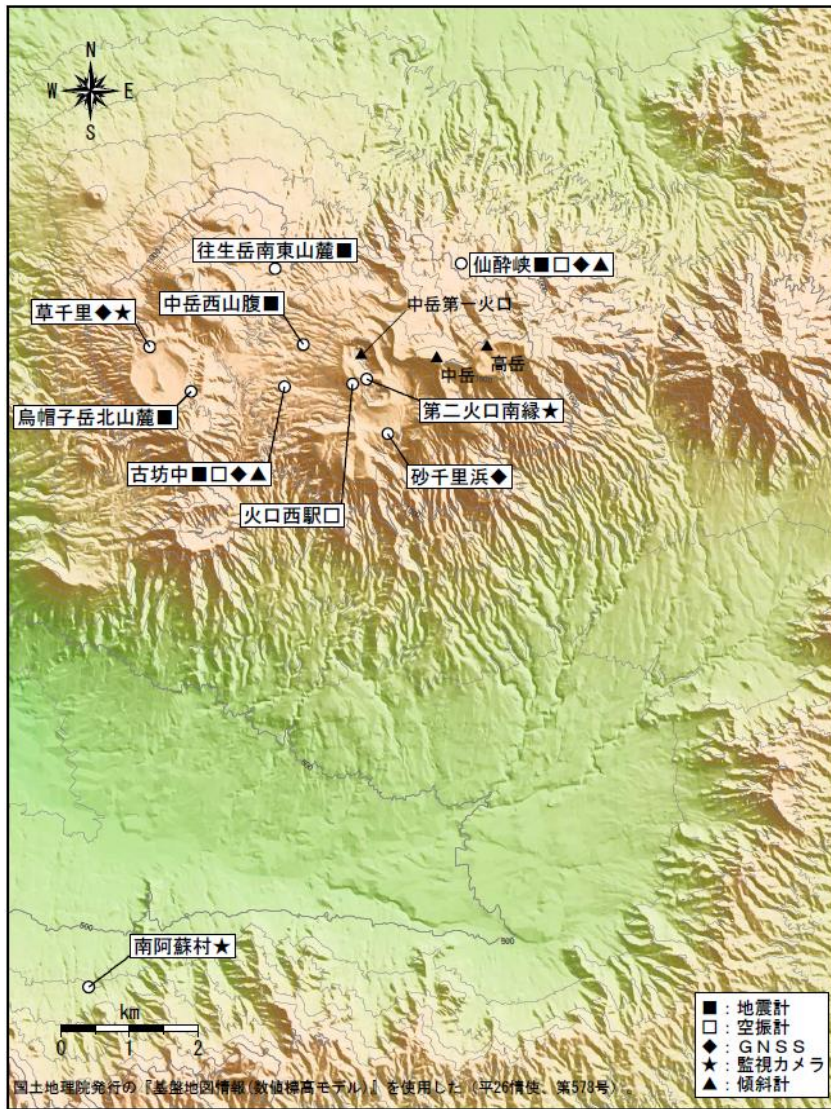
出典：気象庁、「火山活動解説資料(御嶽山)：2014年9月」。

桜島の小噴火はかなりの確率で予測できるが、大噴火は別問題である

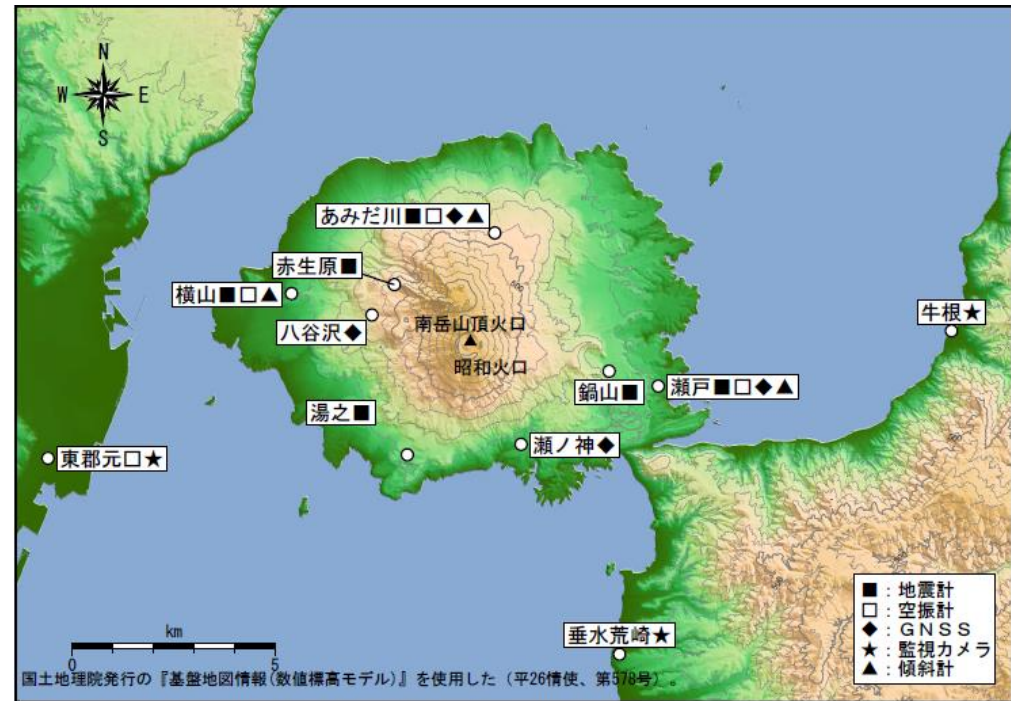
もっと確実な成功例もある。それは、同じような様式の噴火が、同じ火山でくり返される場合である。いいえかえれば、過去の経験に照らして、どのような観測項目にどのような前兆がでるかが、よく分かっている場合である。例えば、ハワイのキラウエア⁸⁾や桜島⁹⁾の様に、噴火の頻度が高い火山では、地震活動や地殻変動の前兆的な変化を捉えて、かなりの確実さで次の噴火を予知することができる。しかし、これらの火山でも、噴火予知が完全にできるようになったわけではない。例えば、桜島では、現在の様式で頻繁に起こる小噴火は、その発生の1時間ぐらい前に、かなりの確率で予測できるようになった。しかし、大正の噴火（1914年）のような大噴火が発生するとき、それを予知できるかどうかは別の問題である。

気象庁の観測点は カルデラ全体を対象 にはしていない

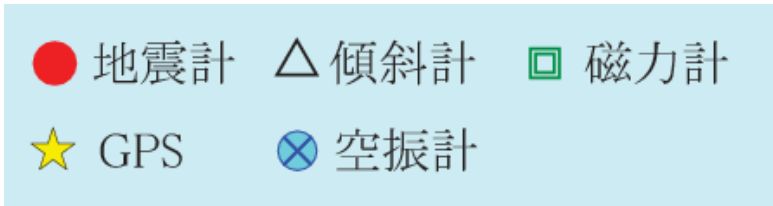
桜島



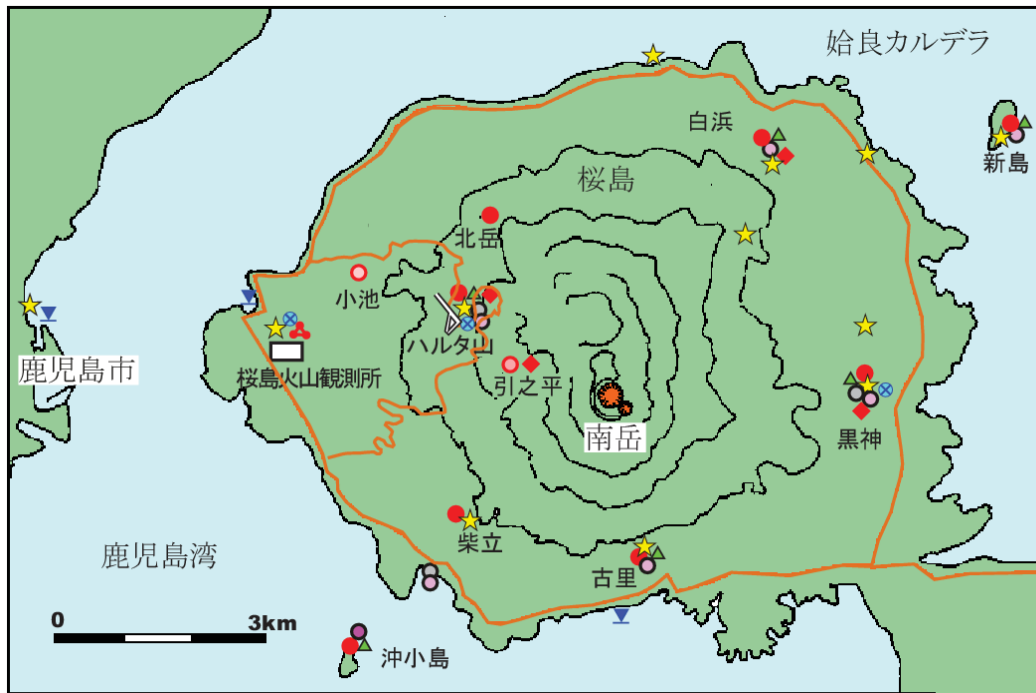
阿蘇山



京都大学の始良カルデラ、桜島火山観測点



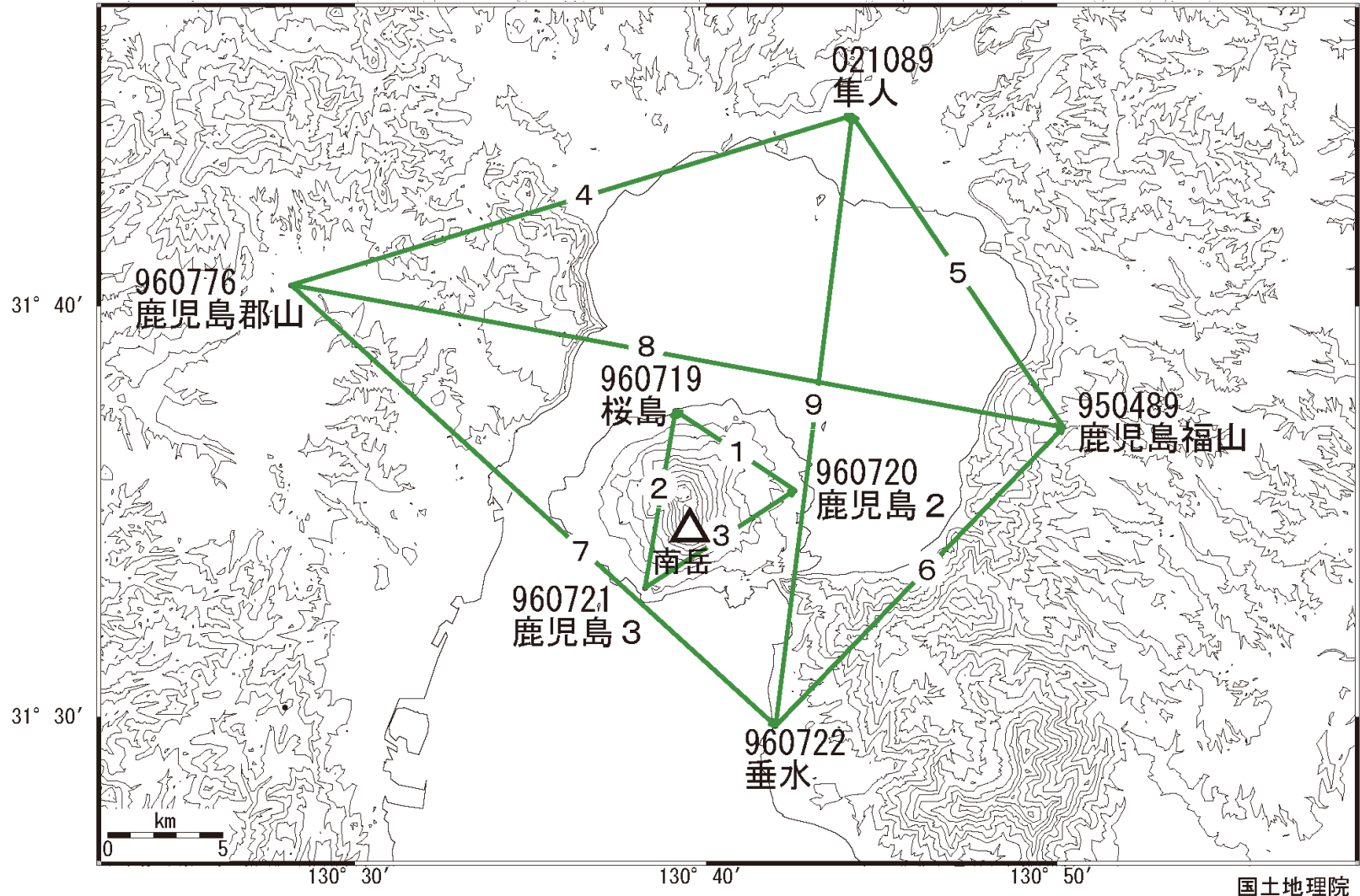
桜島島内の観測網

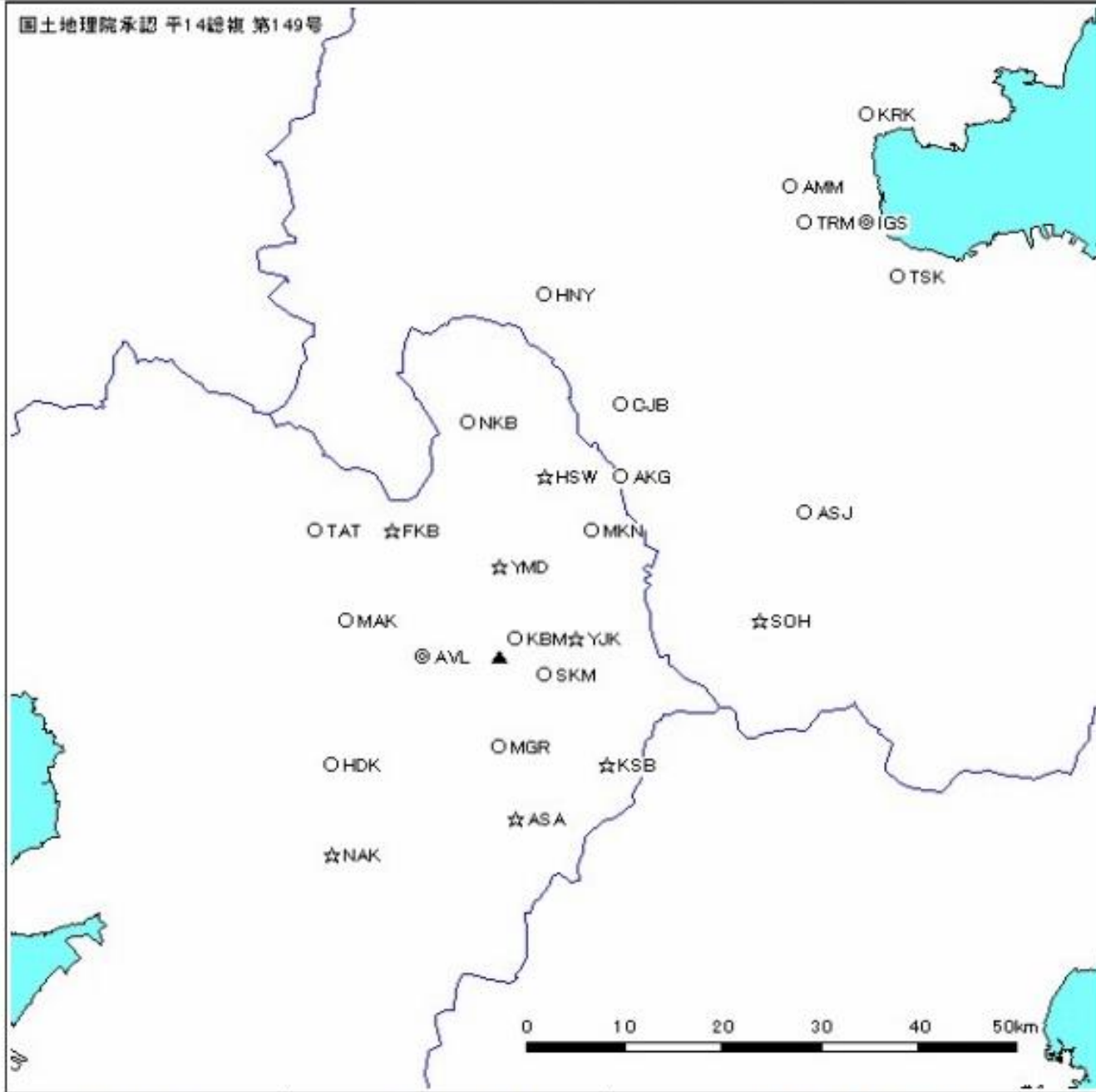


出典: 京都大学防災研究所・火山活動研究センター・桜島火山観測所 観測施設

国土地理院の始良カルデラのGNSS、4観測点

桜島周辺 GNSS連続観測基線図





京都大学の阿蘇カルデラ、阿蘇山観測点

阿蘇カルデラ
外輪山には
GNSS観測点は
ないようである。

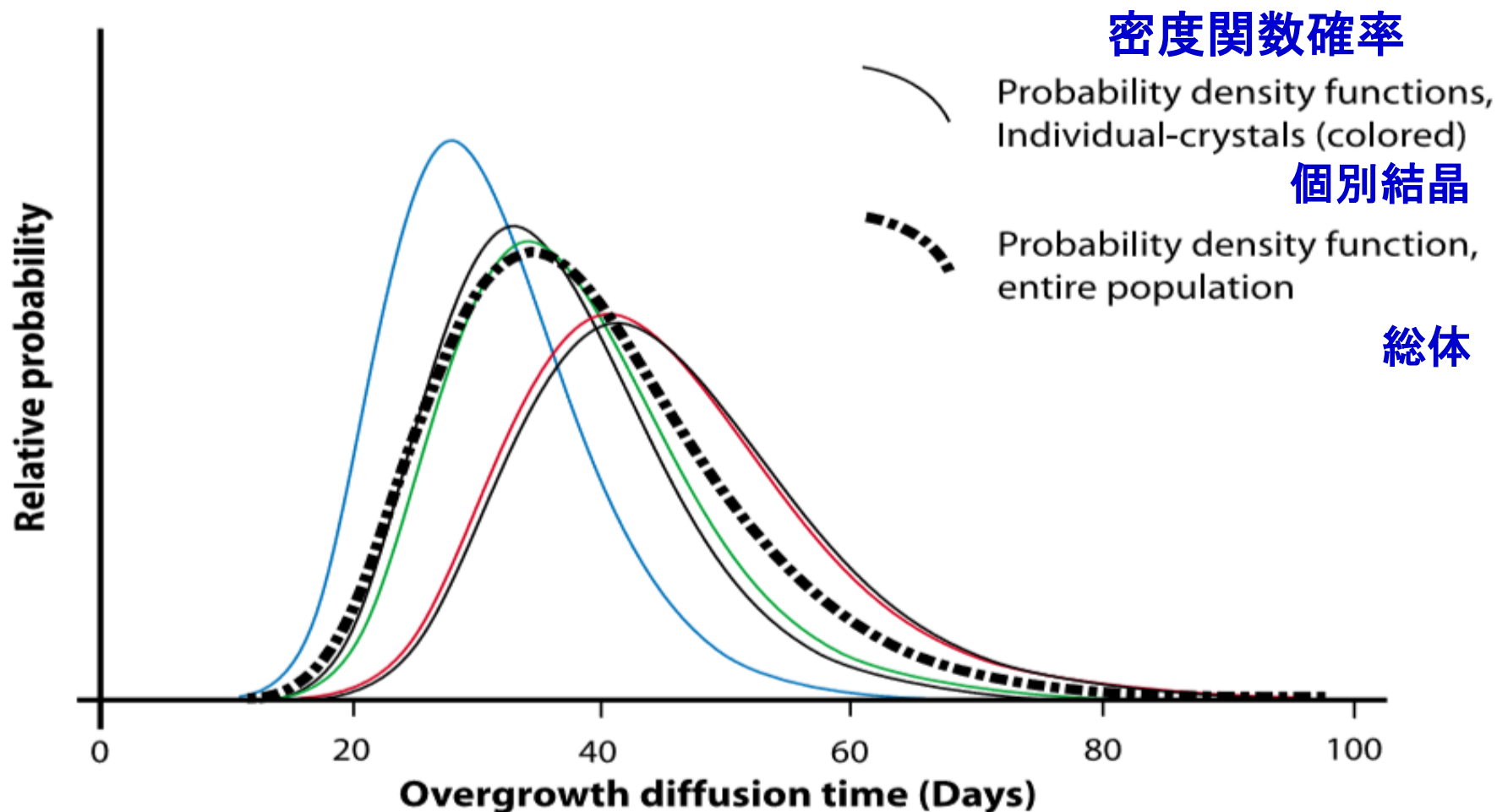
出典: 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設・火山研究センター「観測施設一覧」

火山噴火にはトリガーが必要である

噴火準備過程は、マグマを溜めるプロセスと、溜まったマグマを噴火させる何らかのプロセス（ここではトリガーと呼ぶ）に大きく分けられるだろう。また、同じトリガーが働いても、噴火する場合としない場合があり、噴火が起こるためには何らかの条件（噴火開始条件）が必要であるらしい。

出典: 東宮昭彦 (産業技術総合研究所活断層・火山研究部門). 「マグマ溜まり: 噴火準備過程と噴火開始条件」. [火山](#). .2016.

サントリーニ火山 1925-28年噴火ではトリガーとなる高温マグマが噴火の約20～60日前に注入され噴火に至った



出典：Victoria M Martin (英国・Durham大学), *et al.* “Bang! Month-scale eruption triggering at Santorini volcano”. *Science*, 2008.

巨大噴火の予測と監視に関する提言

巨大噴火の予測や火山の監視は、内閣府の大規模火山災害対策への提言（平成25年5月16日）や、原子力発電所の火山影響評価ガイド（平成25年6月19日）等により、重要な社会的課題となっている。

- ▶ 噴火警報を有効に機能させるためには、噴火予測の可能性、限界、曖昧さの理解が不可欠である。火山影響評価ガイド等の規格・基準類においては、このような噴火予測の特性を十分に考慮し、慎重に検討すべきである。

日本火山学会原子力問題対応委員会 平成26年11月2日（日）

年間千回近く噴火することもある桜島火山の場合は、豊富な観測記録があるために、かなりの確率で大規模でない噴火の予測が可能である。しかし、大正噴火のような大規模噴火は観測していないために予測は困難である。

また、1979年の噴火以降に観測を始めた御岳山では異常を観測しながらも、2014年9月の噴火の予知はできなかった。

サントリーニ・カルデラではカルデラの膨張が観測されても、それにより噴火が差し迫っているかどうかは判断できないとされている。

人類は未だ、カルデラ噴火を科学的に観測したことはない。九電は既存の観測網で始良カルデラ噴火のモニタリングが可能としている（九州電力：川内原子力発電所・火山影響評価について〈コメント回答〉、平成26年3月19日、p.38）。

現在の火山学の常識からは、九電のこの主張が「**幻想**」であることは明瞭であろう。