

## ■本資料のご利用にあたって(詳細は「利用条件」をご覧ください)

本資料には、著作権の制限に応じて次のようなマークを付しています。  
本資料をご利用する際には、その定めるところに従ってください。

**\*** : 著作権が第三者に帰属する著作物であり、利用にあたっては、この第三者より直接承諾を得る必要があります。

**CC** : 著作権が第三者に帰属する第三者の著作物であるが、クリエイティブ・コモンズのライセンスのもとで利用できます。

 : パブリックドメインであり、著作権の制限なく利用できます。

なし : 上記のマークが付されていない場合は、著作権が東京大学及び東京大学の教員等に帰属します。  
無償で、非営利的かつ教育的な目的に限って、次の形で利用することを許諾します。

- I 複製及び複製物の頒布、譲渡、貸与
- II 上映
- III インターネット配信等の公衆送信
- IV 翻訳、編集、その他の変更
- V 本資料をもとに作成された二次的著作物についての I からIV

ご利用にあたっては、次のどちらかのクレジットを明記してください。

東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義  
Copyright 2015, 藤井敏嗣

The University of Tokyo / UTokyo OCW The Global Focus on Knowledge Lecture Series  
Copyright 2015, Toshitsugu Fujii

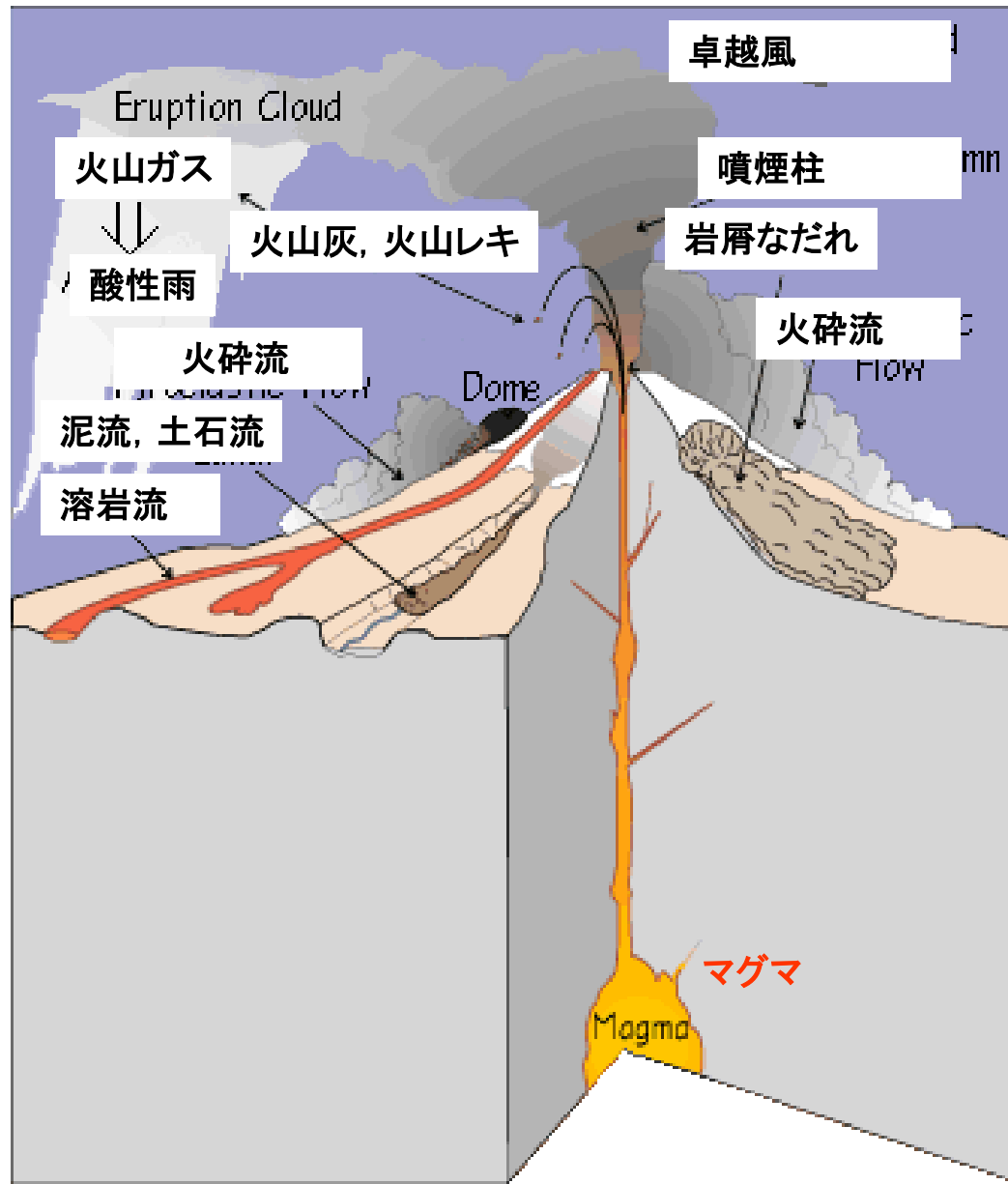
# —地域から世界を見ると？— 火山

火山噴火予知連絡会会長  
山梨県富士山科学研究所所長  
藤井 敏嗣

# 講義の流れ

- 最近の日本の火山活動
- 活火山とは？
- これから火山活動と火山災害
  - 富士山噴火を例に
- 火山噴火のもと、マグマの発生
- テクトニクスとマグマ活動
- 地球規模気候への火山噴火の影響
- 現代人が経験したことのない巨大噴火

# 災害を引き起こす火山噴火現象



津波

\*

出典:  
U.S. Geological Survey

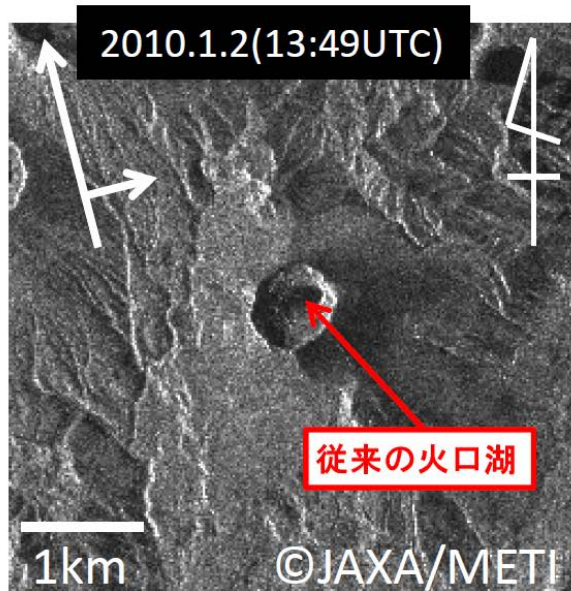
# 最近の主な火山活動 (除く桜島, 諏訪之瀬島)

- 2000.3 有珠山 (マグマ水蒸気噴火) 100万トン
- 2000.6 三宅島 (マグマ水蒸気噴火) 3300万トン
- 2004.9 浅間山 (マグマ噴火) 40万トン
- 2008.8 新燃岳 (水蒸気噴火)
- 2009.2 浅間山 (マグマ噴火) 4万トン
- 2010.3-6 新燃岳 (水蒸気噴火)
- 2011.1 新燃岳 (マグマ噴火) ~5000万トン
- 2013.11~西ノ島 (マグマ噴火) >2億5千万トン 継続中
- 2014.8 口永良部 (水蒸気噴火) 10万トン
- 2014.8 阿蘇山 (マグマ噴火) ? 継続中
- 2014.9 御嶽山 (水蒸気噴火) 50万トン
- 2015.5 口永良部 (マグマ水蒸気噴火) ?
- 2015.6 浅間山 (マグマ水蒸気噴火?) ?

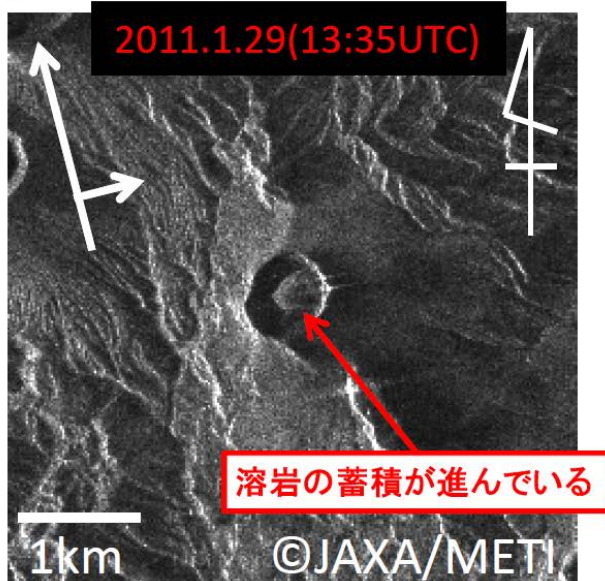
西之島を除けば, やや大規模ないし中規模以下で,  
100万トン以下の小規模噴火が大多数



\* 環境省九州地方環境事務所  
<https://kyushu.env.go.jp/blog/2016/01/post-149.html>



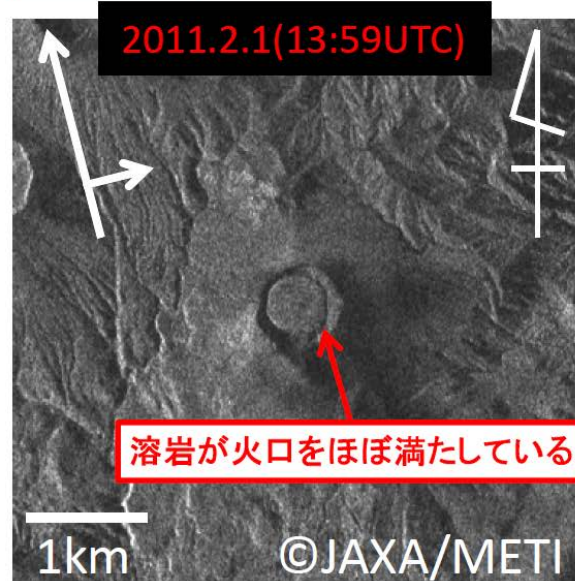
2010.1.2撮像, off-nadir: 34.3°



2011.1.29撮像, off-nadir: 21.5°



2011.1.27 撮像, off-nadir: 43.4°



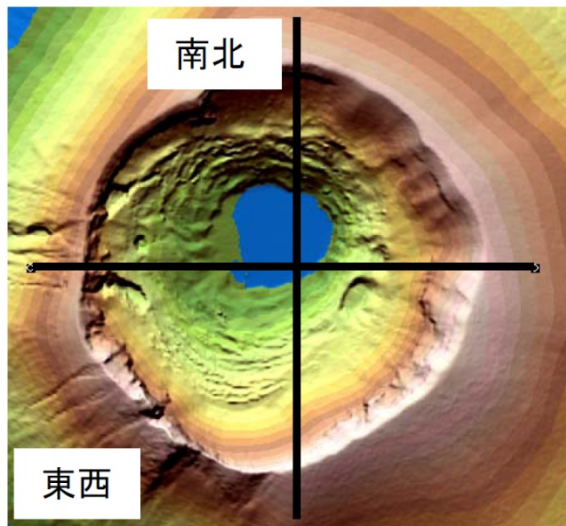
2011.2.1撮像, off-nadir: 47.8°

\*

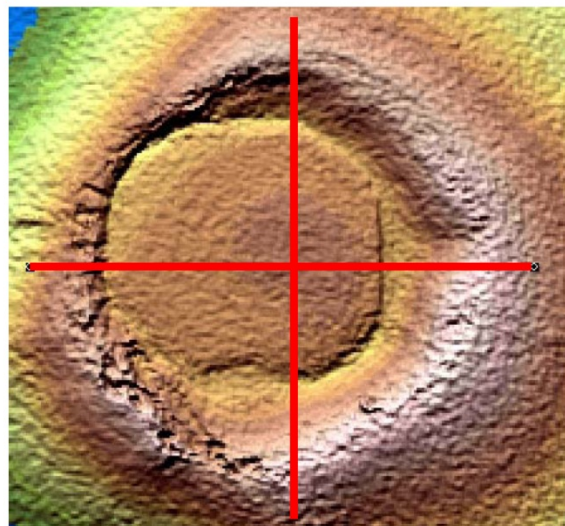
出典: 気象庁気象研究所ホームページ

([http://www.mri-jma.go.jp/Dep/sv/3ken/shinmoe2011/20110203\\_kakudai/20110203\\_SAR.pdf](http://www.mri-jma.go.jp/Dep/sv/3ken/shinmoe2011/20110203_kakudai/20110203_SAR.pdf))

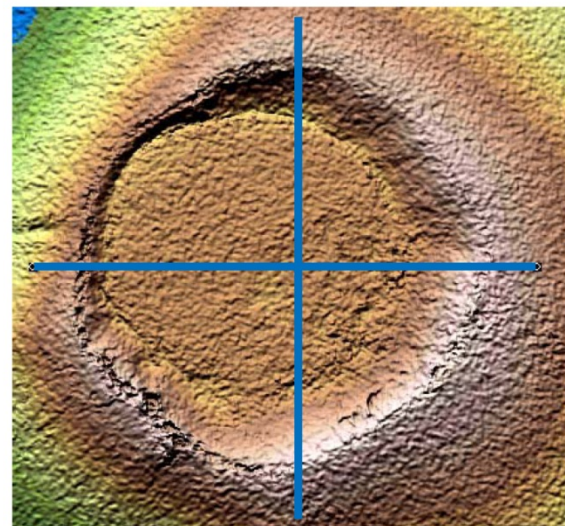
原初データ: 宇宙航空研究開発機構(JAXAおよび)経済産業省(METI)



噴火前(2009年3月)

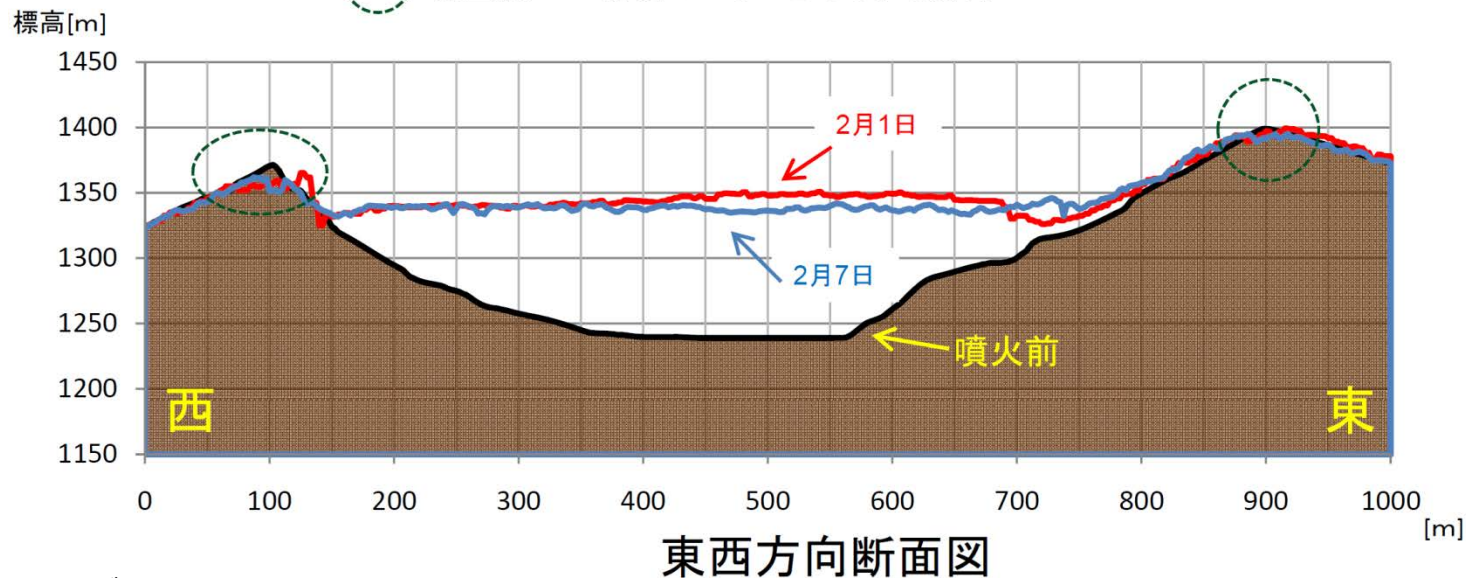


噴火後(2011年2月1日)



噴火後(2011年2月7日)

 航空機SAR解析のエラーとみられる部分



\*

出典: 国土地理院ウェブサイト  
「新燃岳の火口内の堆積物の量は約1,800万立方メートル」(PDF)より  
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h23kirishima-index.html>

# 火口内に広がる溶岩



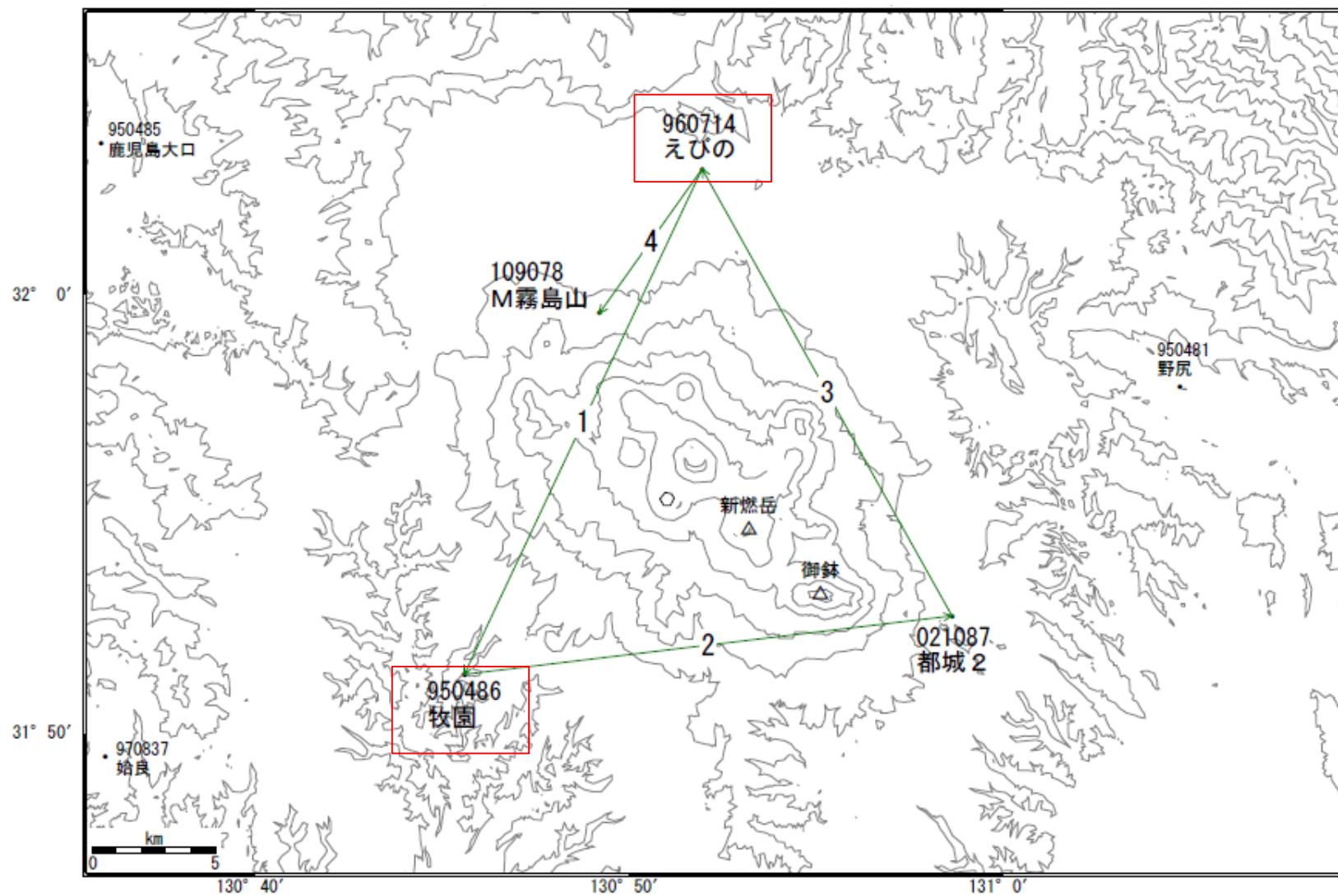
2011.2.4

東京大学地震研究所(撮影:金子隆之)

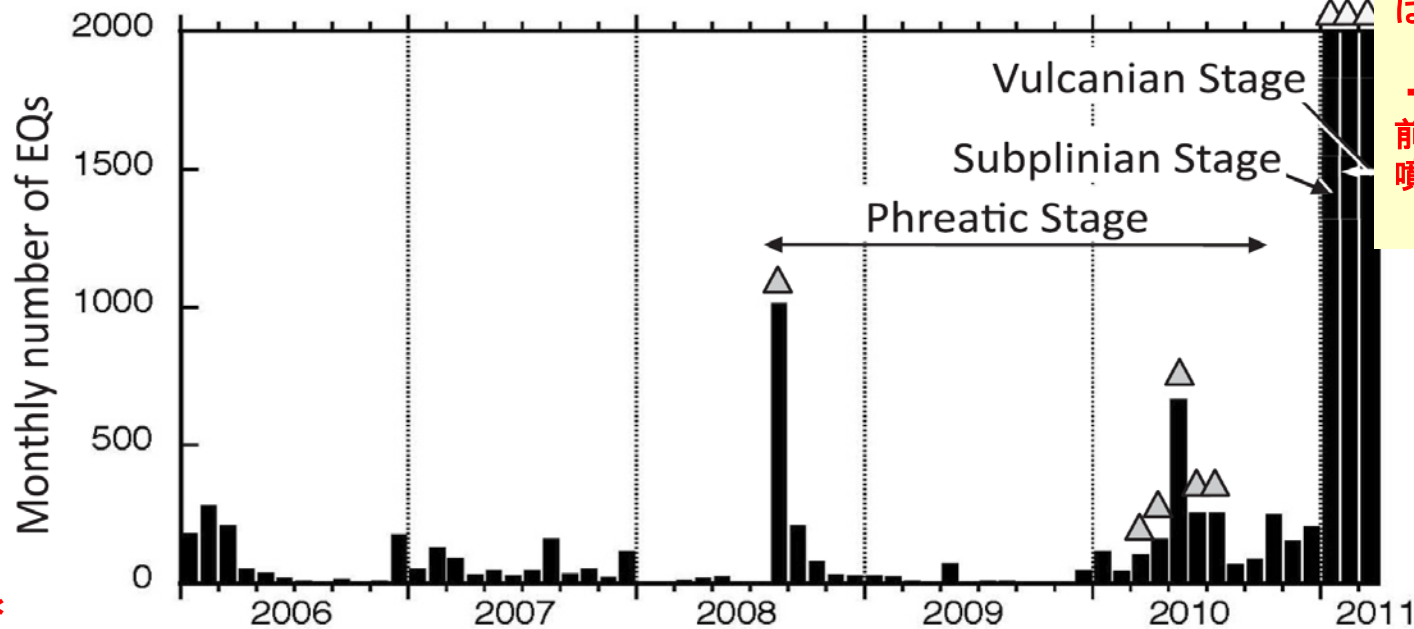
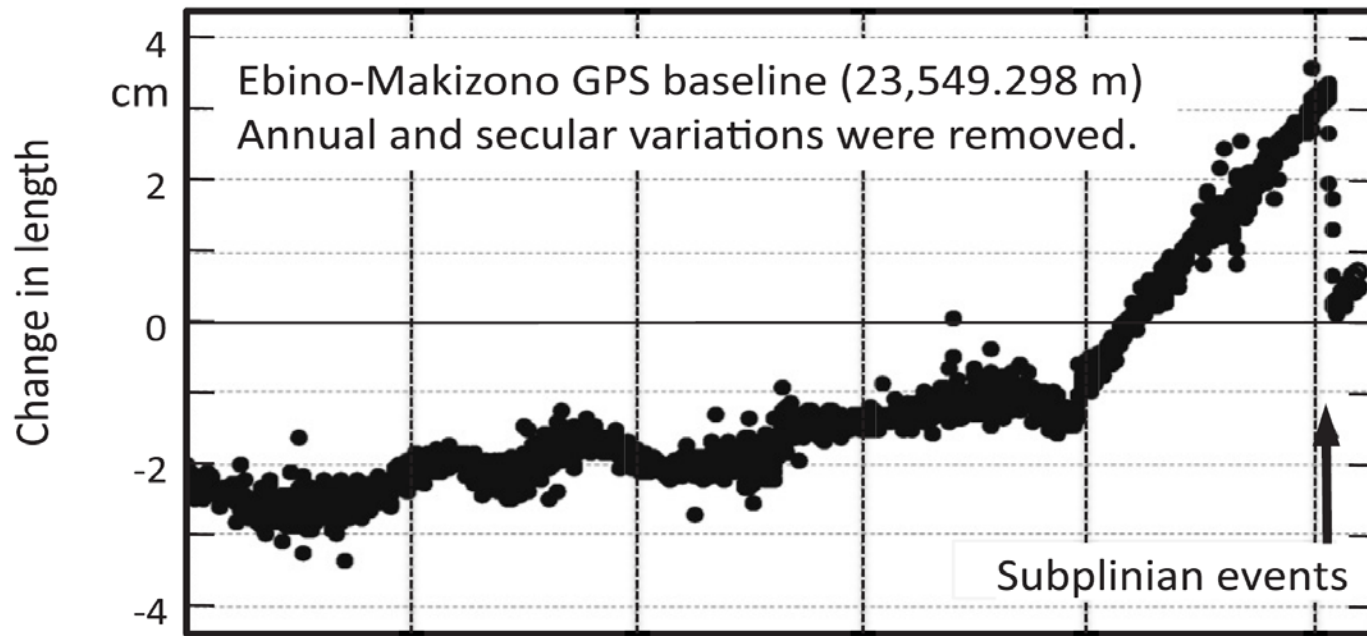
\*

東京大学地震研究所(撮影:金子隆之)

# 霧島山周辺 GPS連続観測基線図



\*

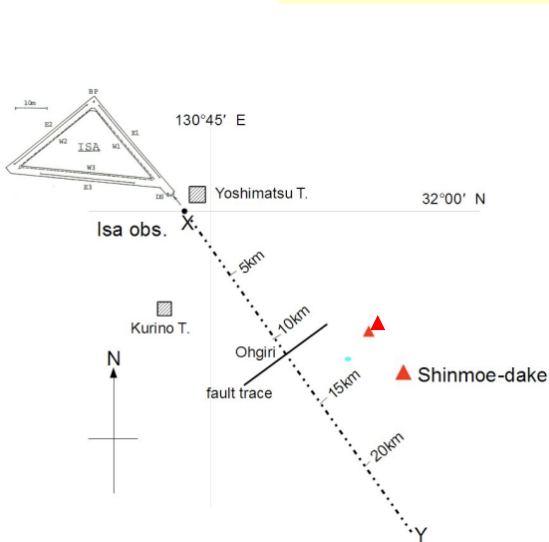


・噴火後になって、噴火の前兆現象を確認し、本格的噴火に向けての準備段階を認定できるが、噴火前に物理観測情報の意義を正確に把握することは一般に困難。

・経験を積み、同様の前兆に直面すると、次の噴火の予知が可能

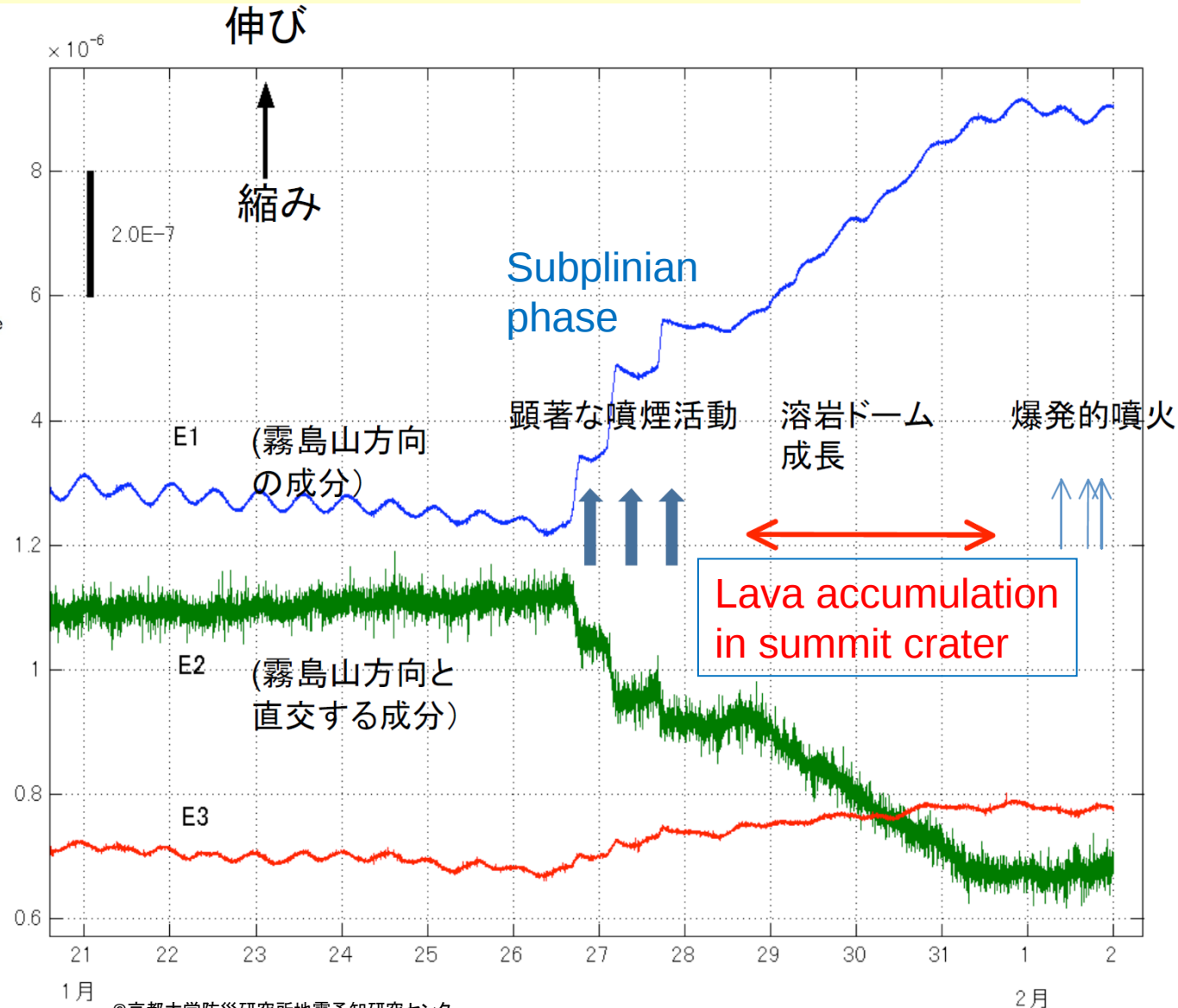
\*

# 噴火時に何が起きたか



伸縮計:新燃岳の  
北西約15km

©京都大学防災研究所地震予知研究センター  
<http://www1.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/events/110126kirishima/shinmoedake.html>  
 ページ下部「1991年の微噴火活動の際の歪・傾斜変化」



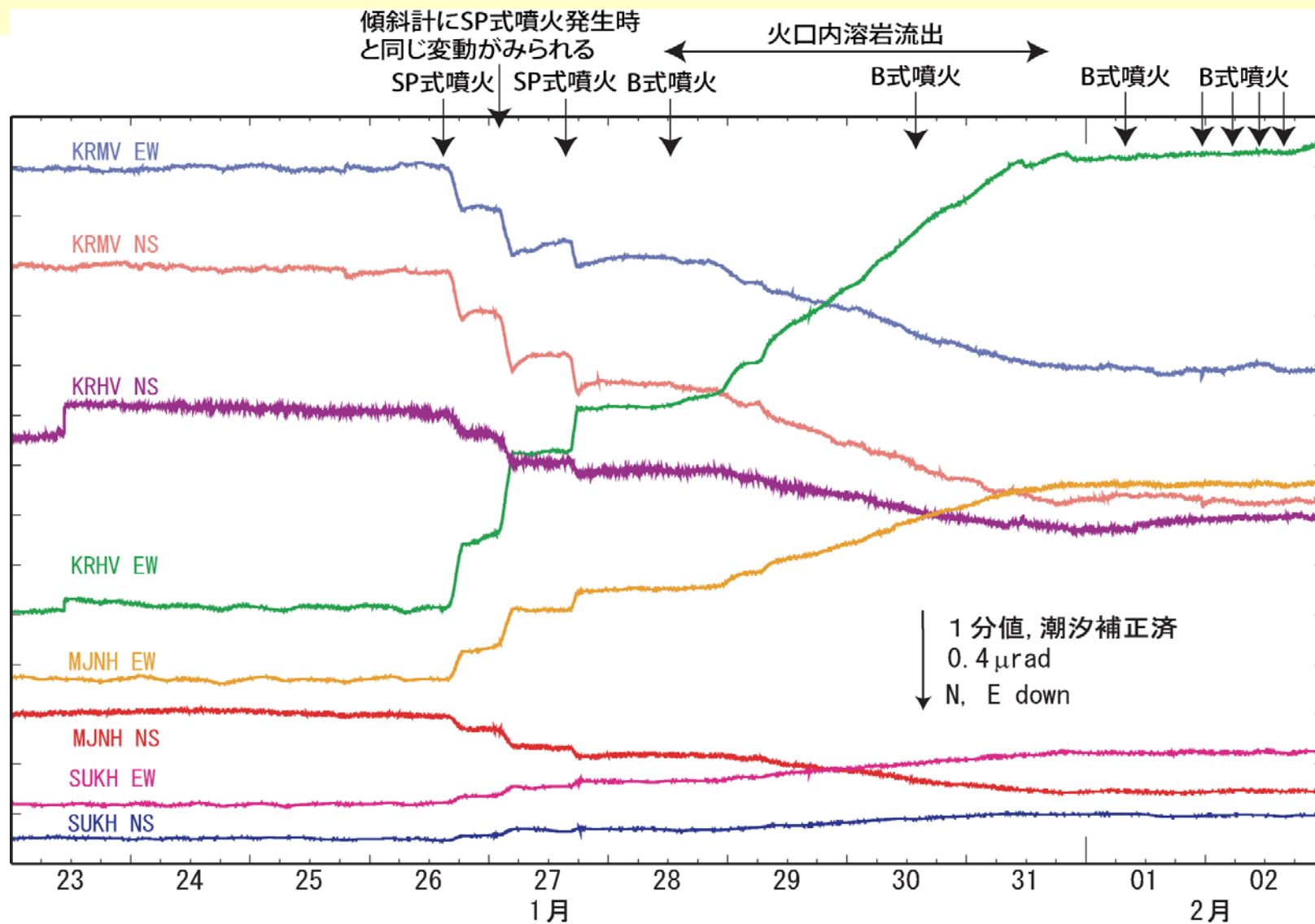
1月

\*

©京都大学防災研究所地震予知研究センター  
[http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web\\_j/dprinews/news60/pdf/news60.pdf](http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web_j/dprinews/news60/pdf/news60.pdf)  
 p.7「伊佐観測坑道の伸縮計の記録(2011年1月)」

2月

# 傾斜計変化とマグマ収縮

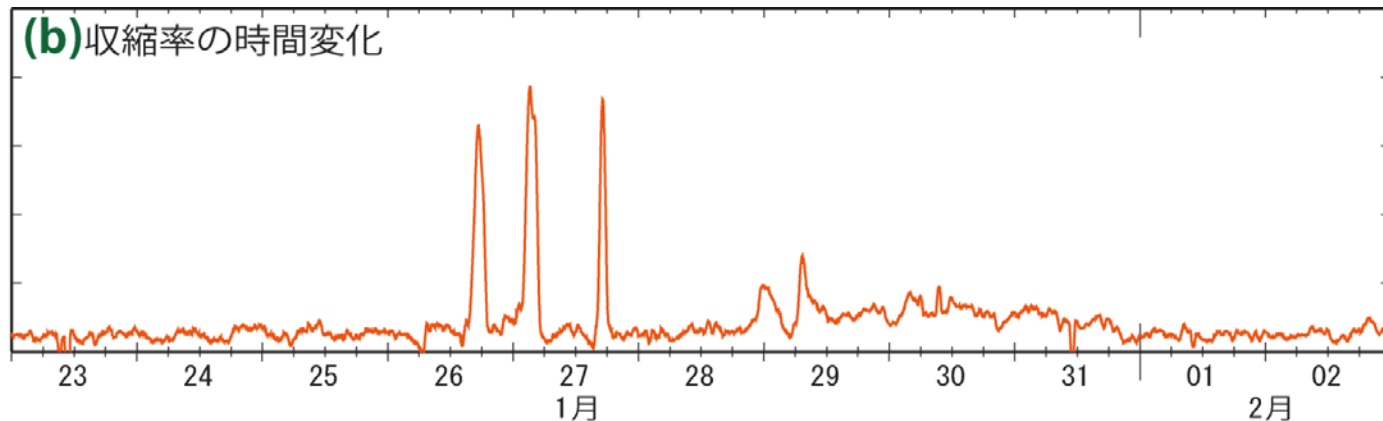


\*

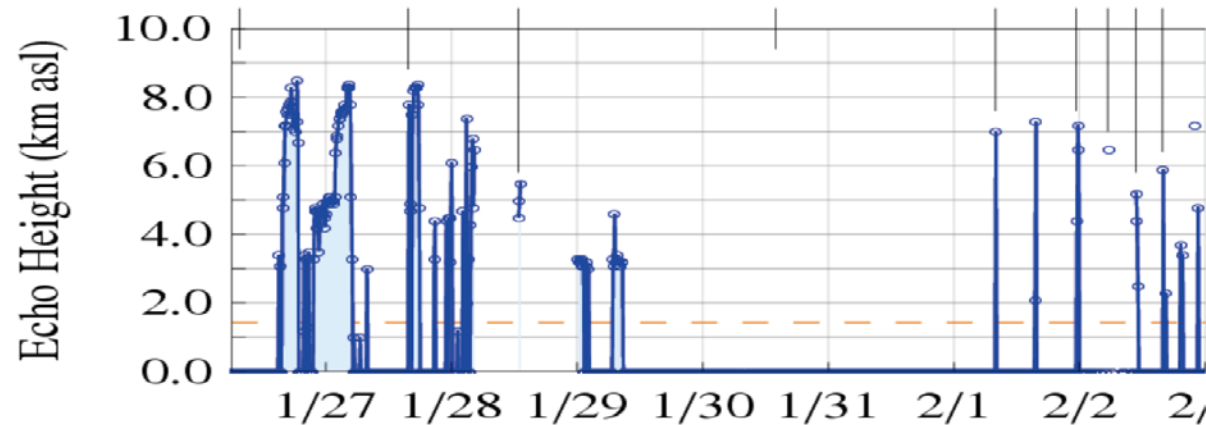
Tomofumi Kozono, Hideki Ueda, Taku Ozawa, Takehiro Koyaguchi, Eisuke Fujita, Akihiko Tomiya, Yujiro J Suzuki(2013)Magma discharge variations during the 2011 eruptions of Shinmoe-dake volcano, Japan, revealed by geodetic and satellite observations, Bulletin of Volcanology 75:695

Fig.2

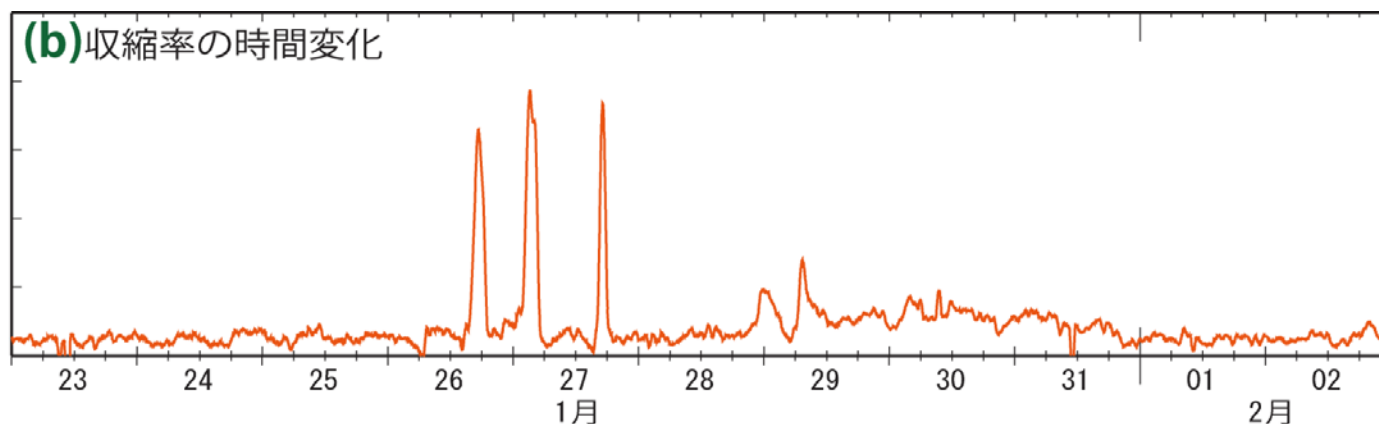
# 準プリニー式噴火の前兆は本当にない？



(d) 噴煙エコー高度（気象研究所第118回噴火予知連資料; 新堀・福井, 2011）



# 準プリニー式噴火の前兆は本当にない？



(d) 噴煙エコー高度 (気象研究所第118回噴火予知連絡資料: 新堀・福井, 2011)

噴火地点から数km離れたマグマ溜りの収縮と表面現象のタイミングが一致: マグマの移動時間は? マグマはずっと前に山頂まで到達? では、その前兆は?

8.0  
6.0  
4.0  
2.0  
0.0

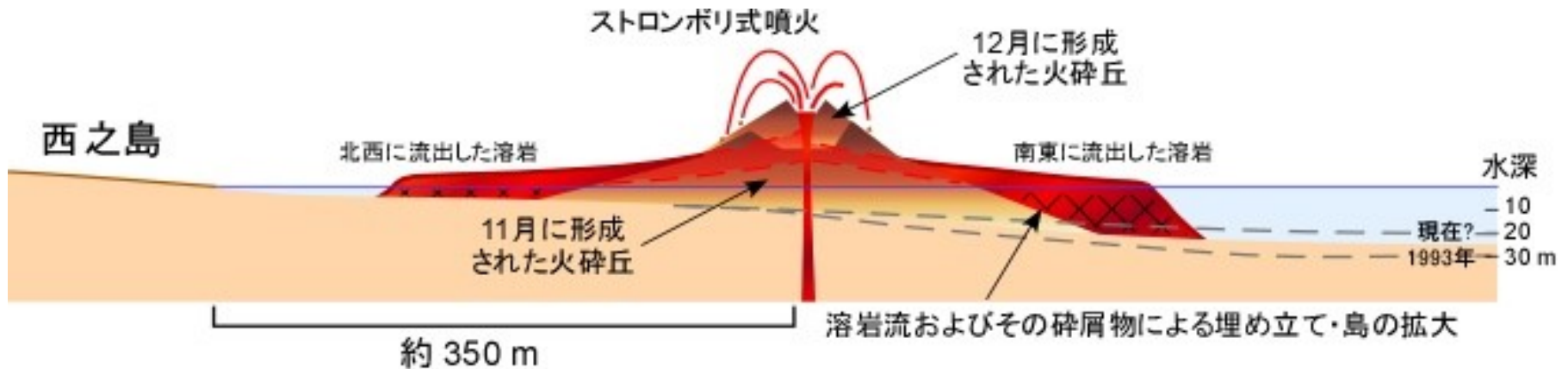
1/27 1/28 1/29 1/30 1/31 2/1 2/2 2/3

# 新西之島の誕生



2013.11.20 海上保安庁 \*

# 西之島の成長模式図



\* 東大地震研 前野による

2013年

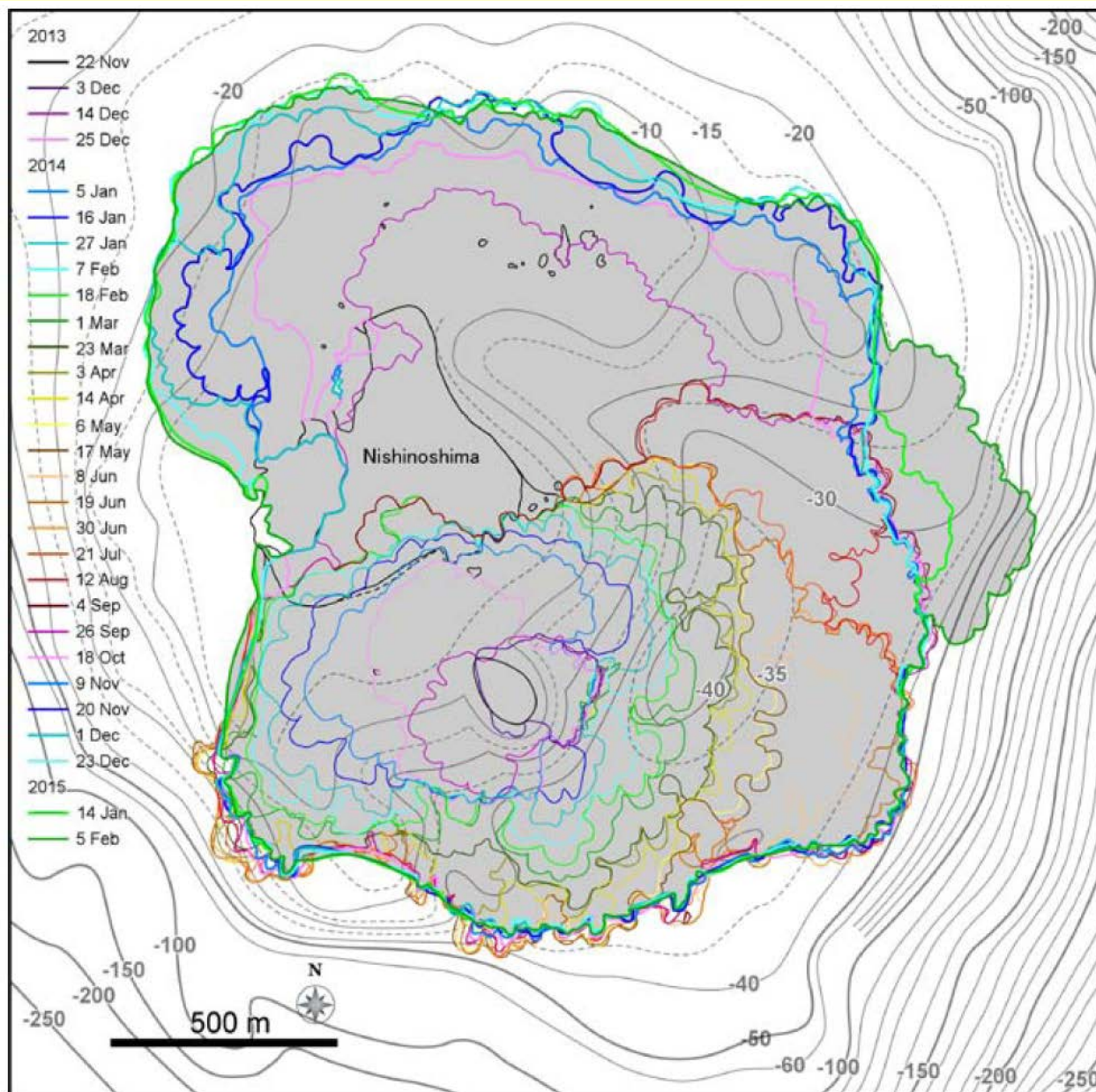
- 11月20日 北西-南東方向に伸びた楕円形の新島および変色域. 噴火開始地点は1973年噴火時の火口群の位置とほぼ同じ.
- 11月21日 マグマ水蒸気爆発が断続的に発生. 新島の中央部には火砕丘.
- 11月22日 新たな火口が東側に形成され, わずかに溶岩が流出
- 11月24日 山頂火口からは断続的にストロンボリ式噴火を繰り返す, 溶岩流は東側の50 mほど沖合まで流出.
- これ以降, 溶岩流出によって拡大, 旧島と合体, その後も成長を継続



2015.2.23 海上保安庁



# 西之島の成長過程 2015年2月段階

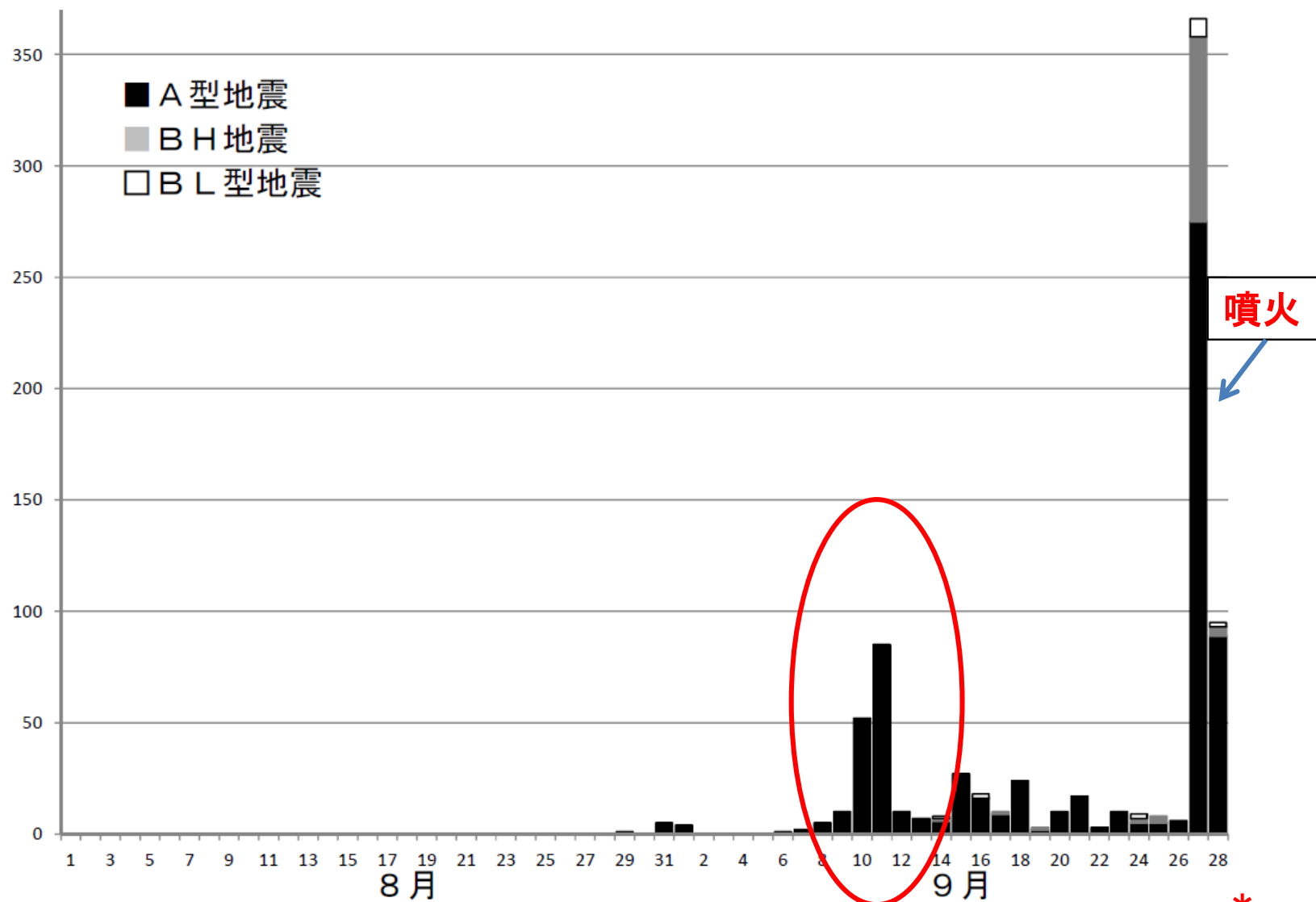


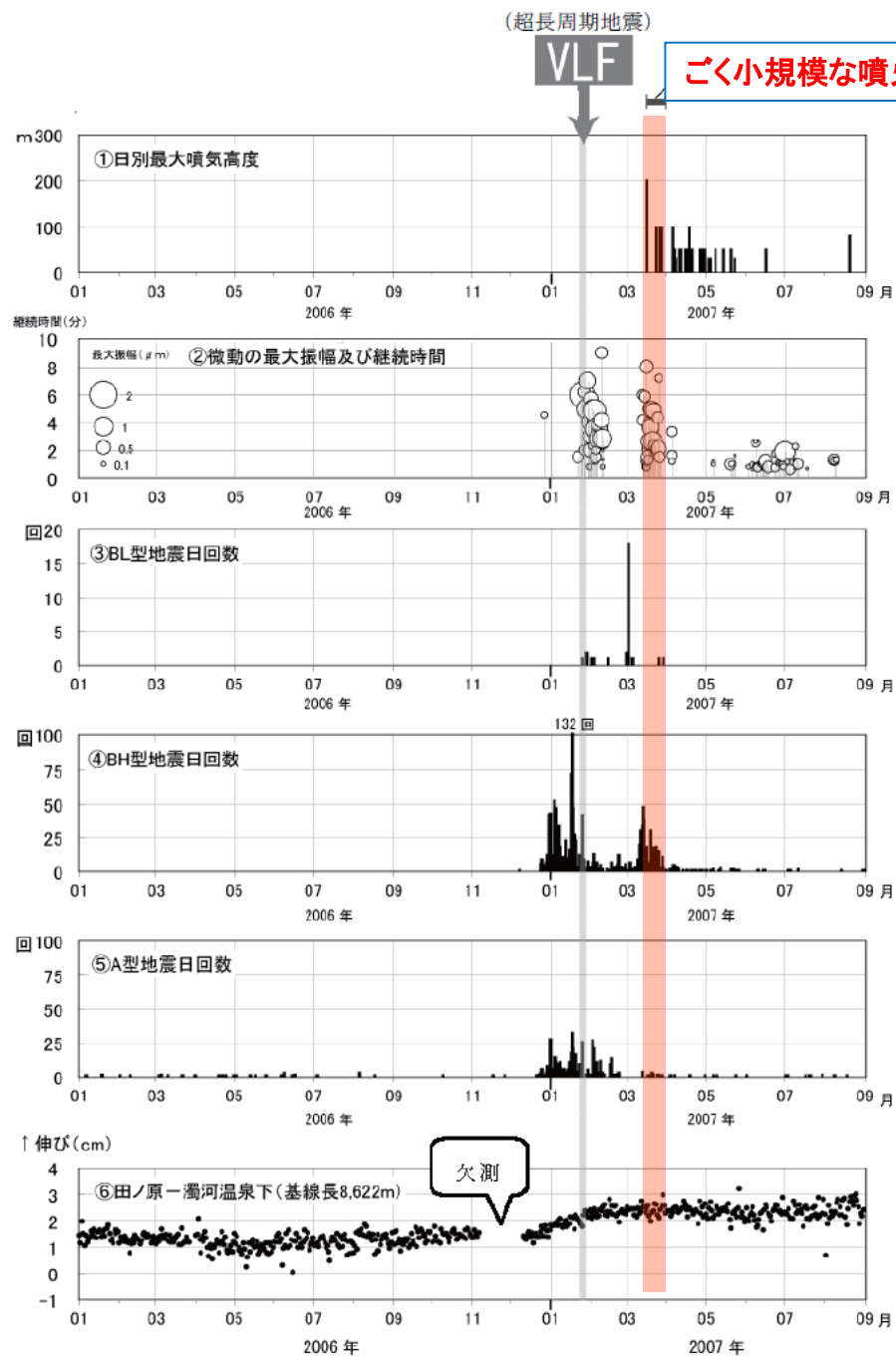
# 御嶽山2014年噴火



東大地震研 金子隆之撮影

# 御嶽山2014, 地震活動





# 御嶽山2007年 噴火

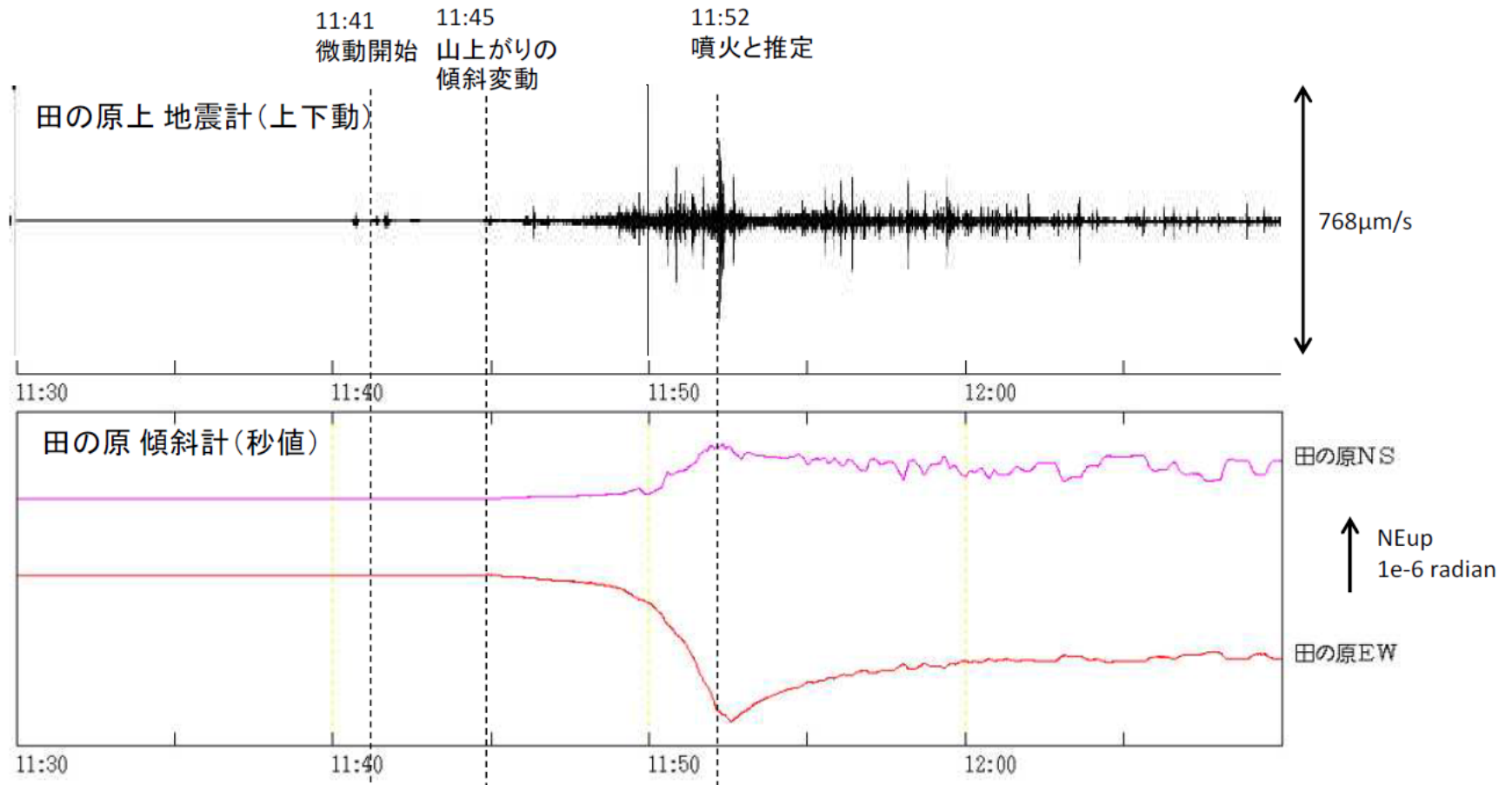
- ・噴火数か月前から山体が膨らむ地殻変動継続
- ・約3か月前から地震回数増加、1時期は1日132回も！

\*

大塚仁大・藤松 淳 (2009)「御嶽山山頂付近で発生する火山性地震の判定作業」『験震時報』第72巻、pp.85-90  
p.86 図3「御嶽山火山活動の推移」より

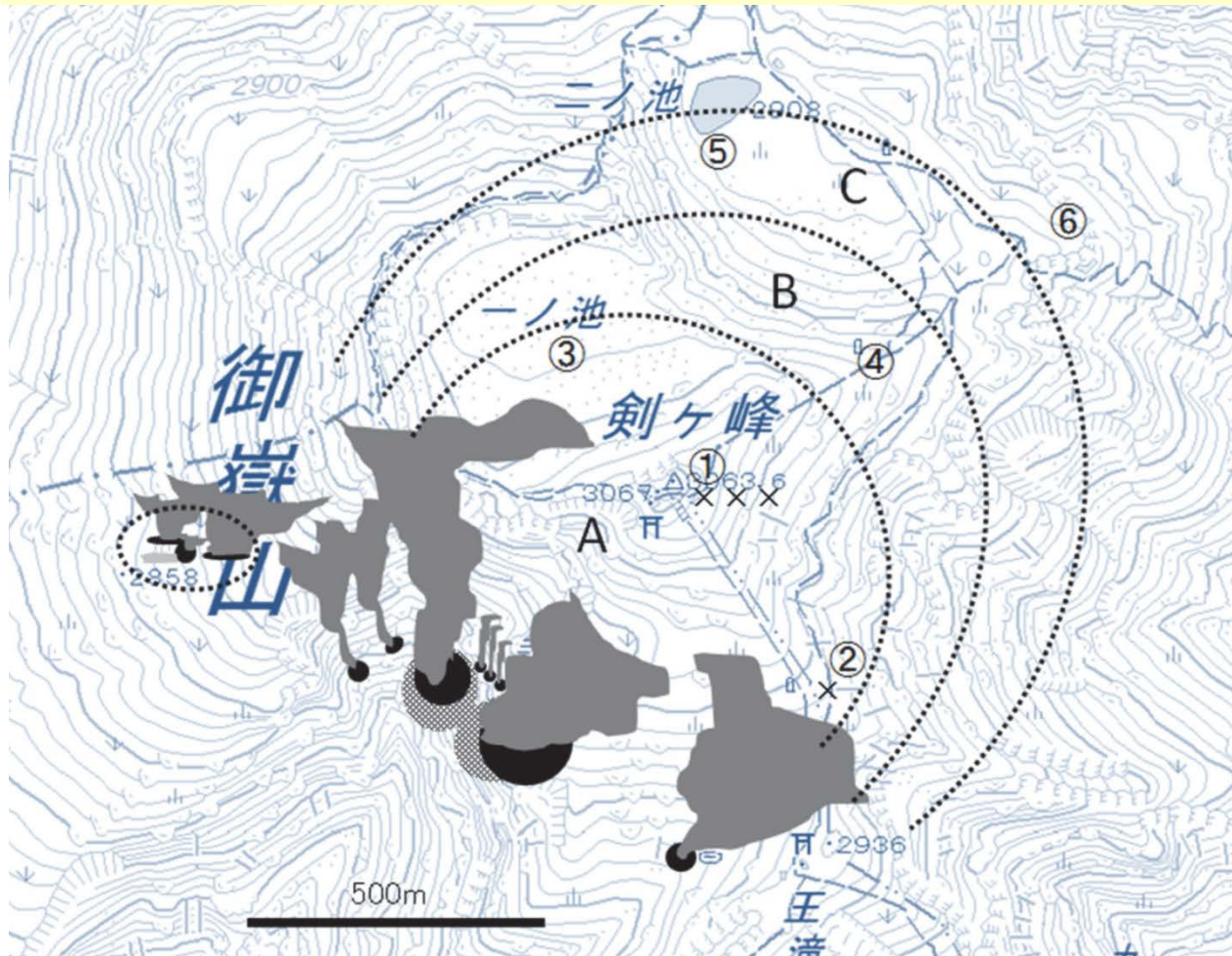
# 御嶽山2014年噴火

明確な前兆は噴火11分前！



\* ©気象庁, 火山噴火予知連絡会資料

# 御嶽山2014年噴火



直径数cm以上のインパクトクレーターの分布状況

Aゾーン: 非常に多い (~10個以上 / 4mx4m)

Bゾーン: 多い (~5個以上 / 4mx4m)

Cゾーン: 存在する (5個以下 / 4mx4m)

\*

# 火口に面した山頂の祈祷所の壁

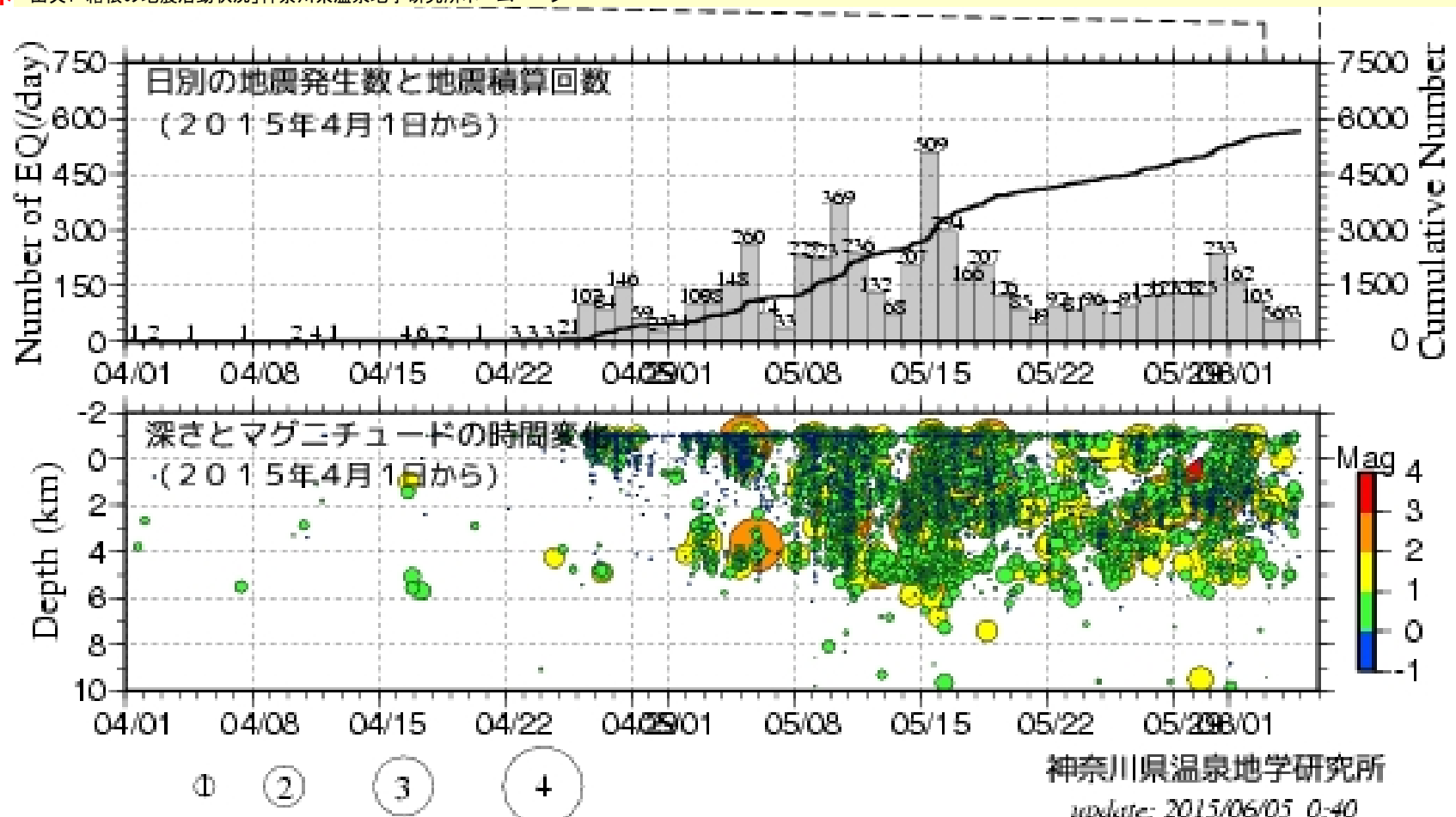


# 犠牲者多数の原因

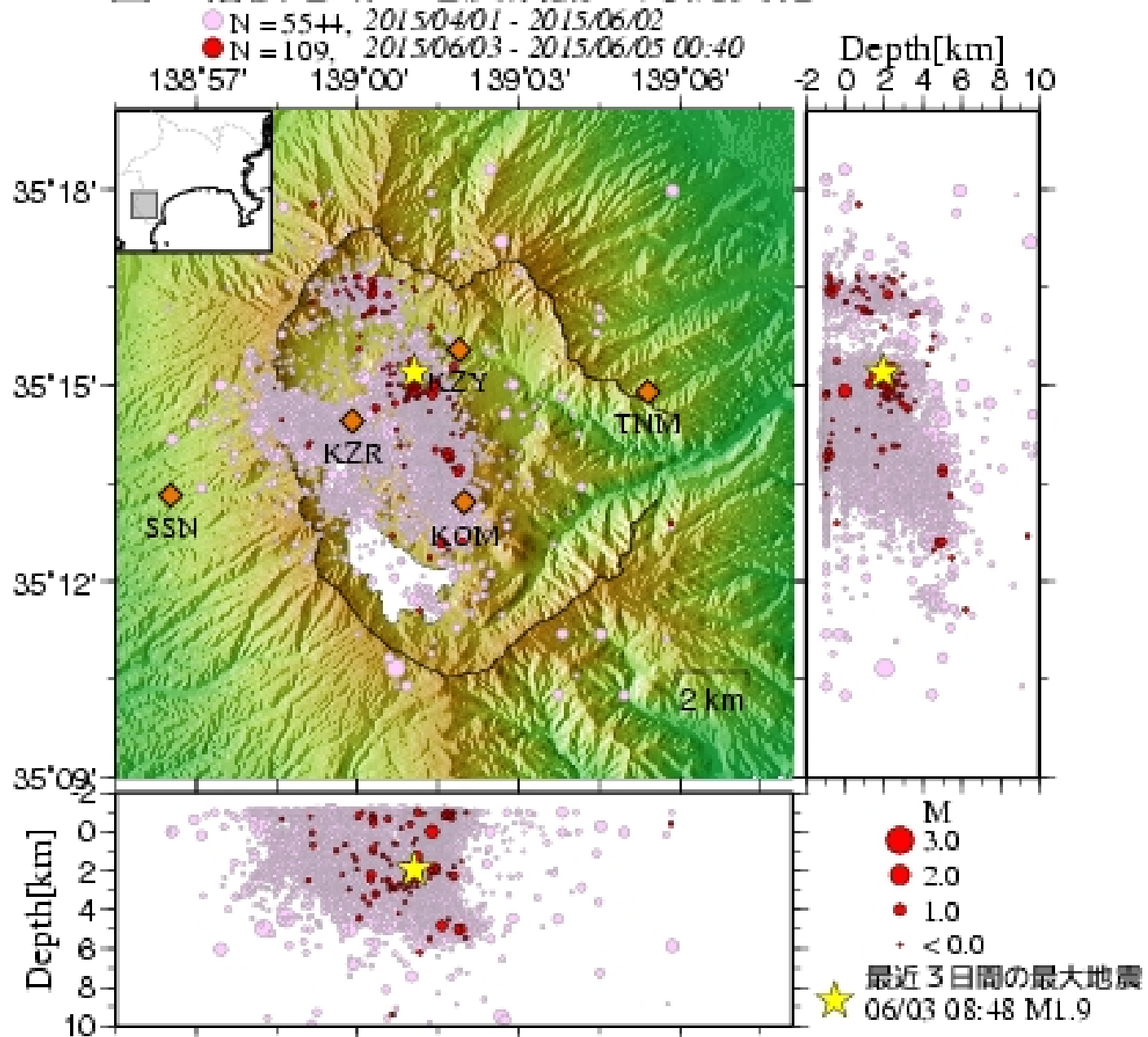
- 好天の週末、紅葉の季節、昼食時
  - 多数の登山客が見晴らしのよい山頂付近に滞在
  - 噴火警戒レベルが1(平常)のまま
    - 各役場は山小屋などに異常を問い合わせ
    - 地震急増の解説情報は登山客の注意を惹かず
- 噴火の最初にクライマックス
  - 1979年噴火は早朝に発生、昼過ぎにクライマックス
- 山小屋に駆け込んだ登山客は無事
  - 噴火地点の近くでは降灰のため視界喪失
  - 逃げ遅れると、動くことすら不可能

# 箱根火山2015年群発地震活動

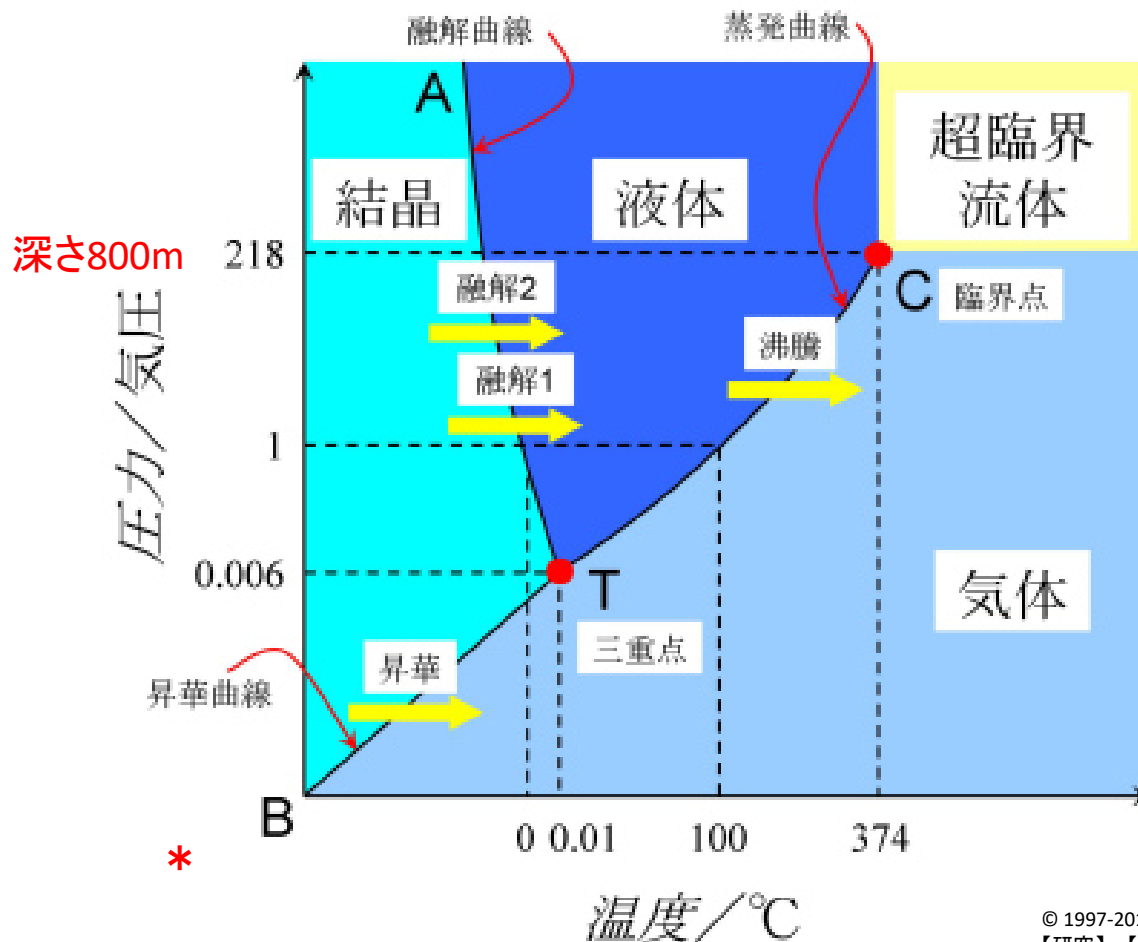
\* 出典:「箱根の地震活動状況」神奈川県温泉地学研究所ホームページ



## 図 箱根地域の地震活動の時間変化



# 地下でマグマと共存しているH<sub>2</sub>Oは超臨界流体



超臨界流体は気体でもなく  
液体でもない: 密度は液体  
に近く、粘性は気体に近い

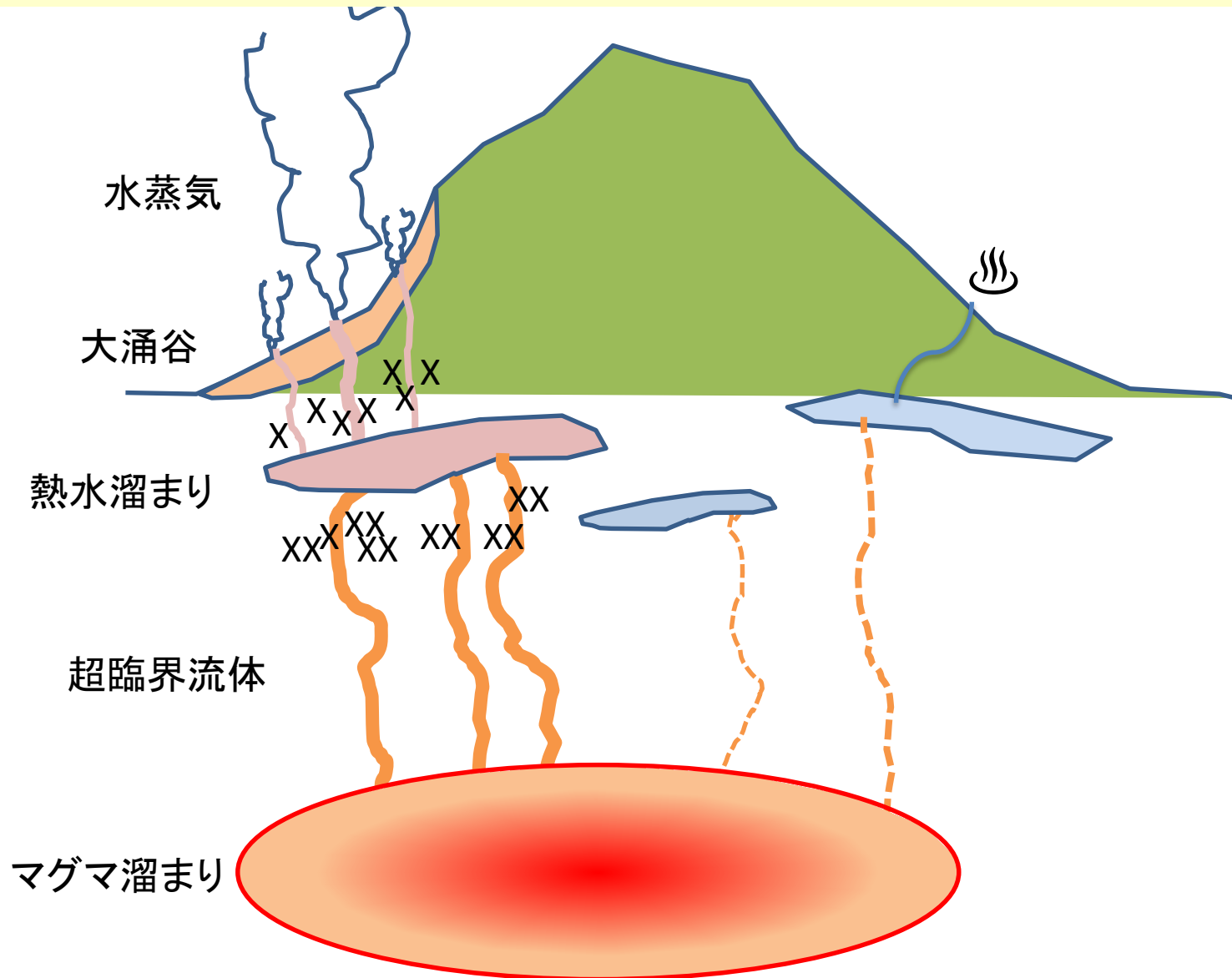
© 1997-2015 Harukazu YOSHINO

【研究】—【相転移】

<http://e.sci.osaka-cu.ac.jp/yoshino/study/transition.shtml>

水の温度—圧力相図 (water\_phase\_diagram.jpg)

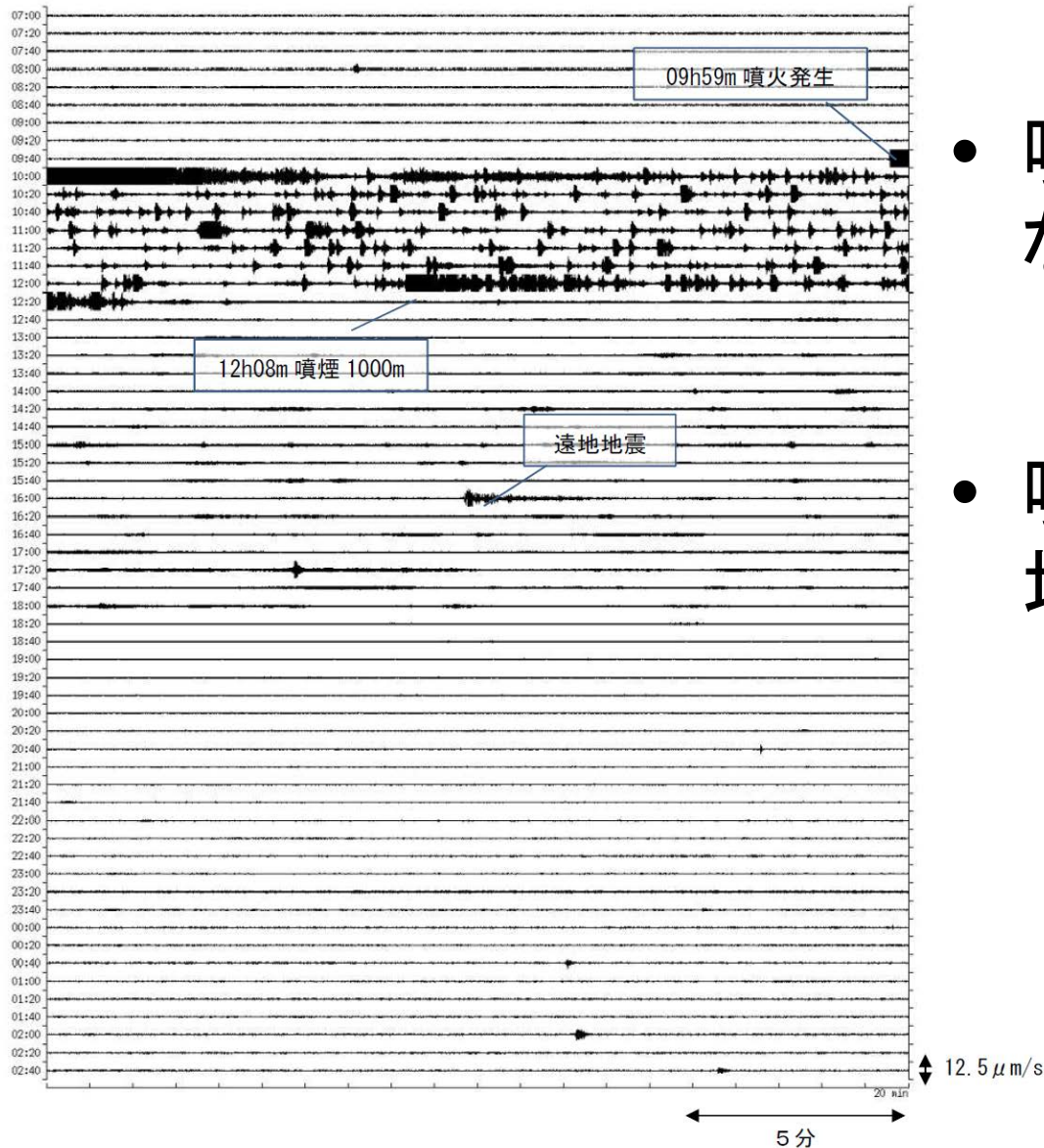
# 地震群発と噴気暴噴の概念図



口永良部島 (本村西) 05/29 09:59:20



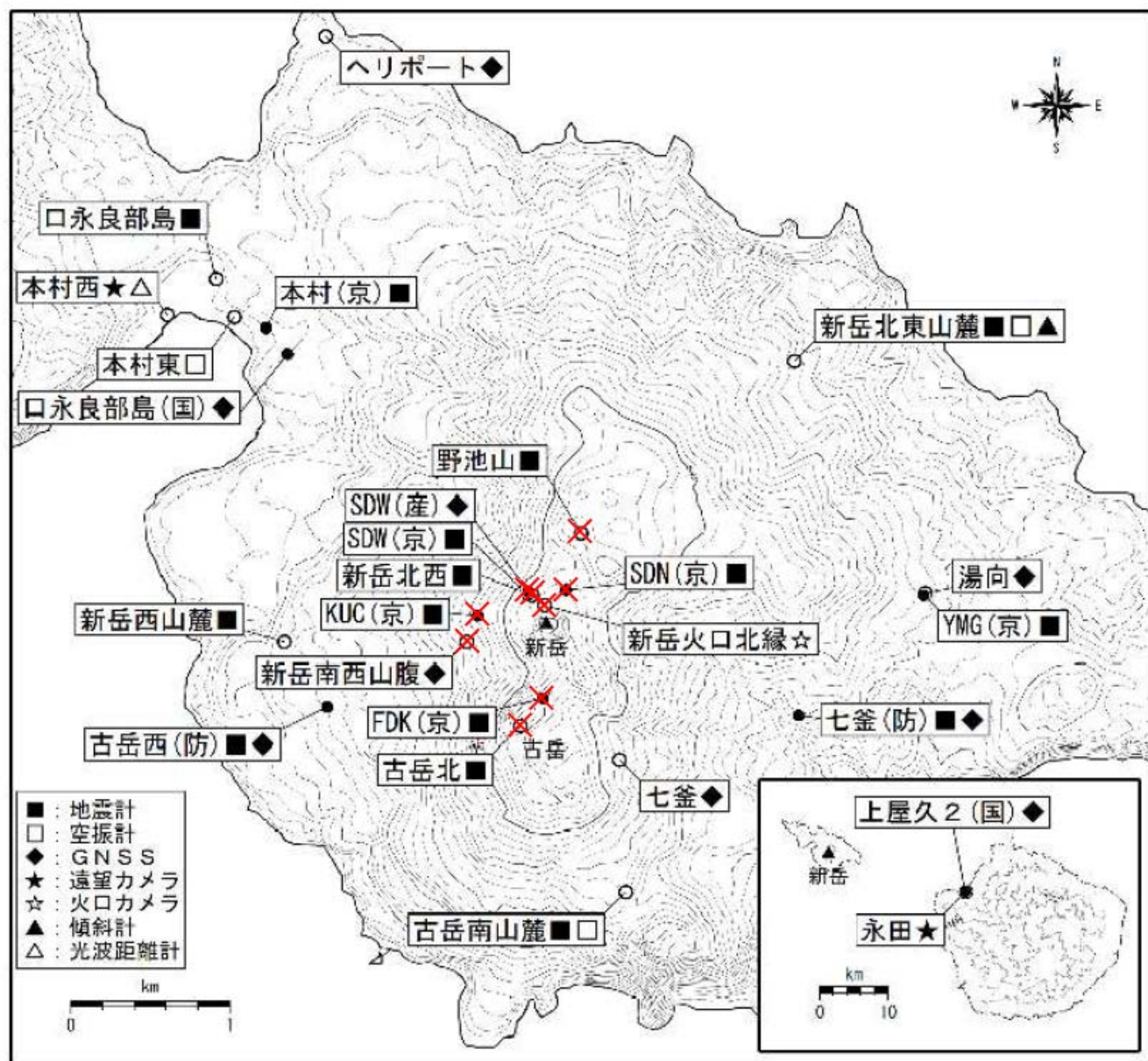
# 噴火発生時の地震活動



- 噴火発生まで顕著な地震活動なし  
(山麓の観測点)
- 噴火数時間後には地震活動不活発

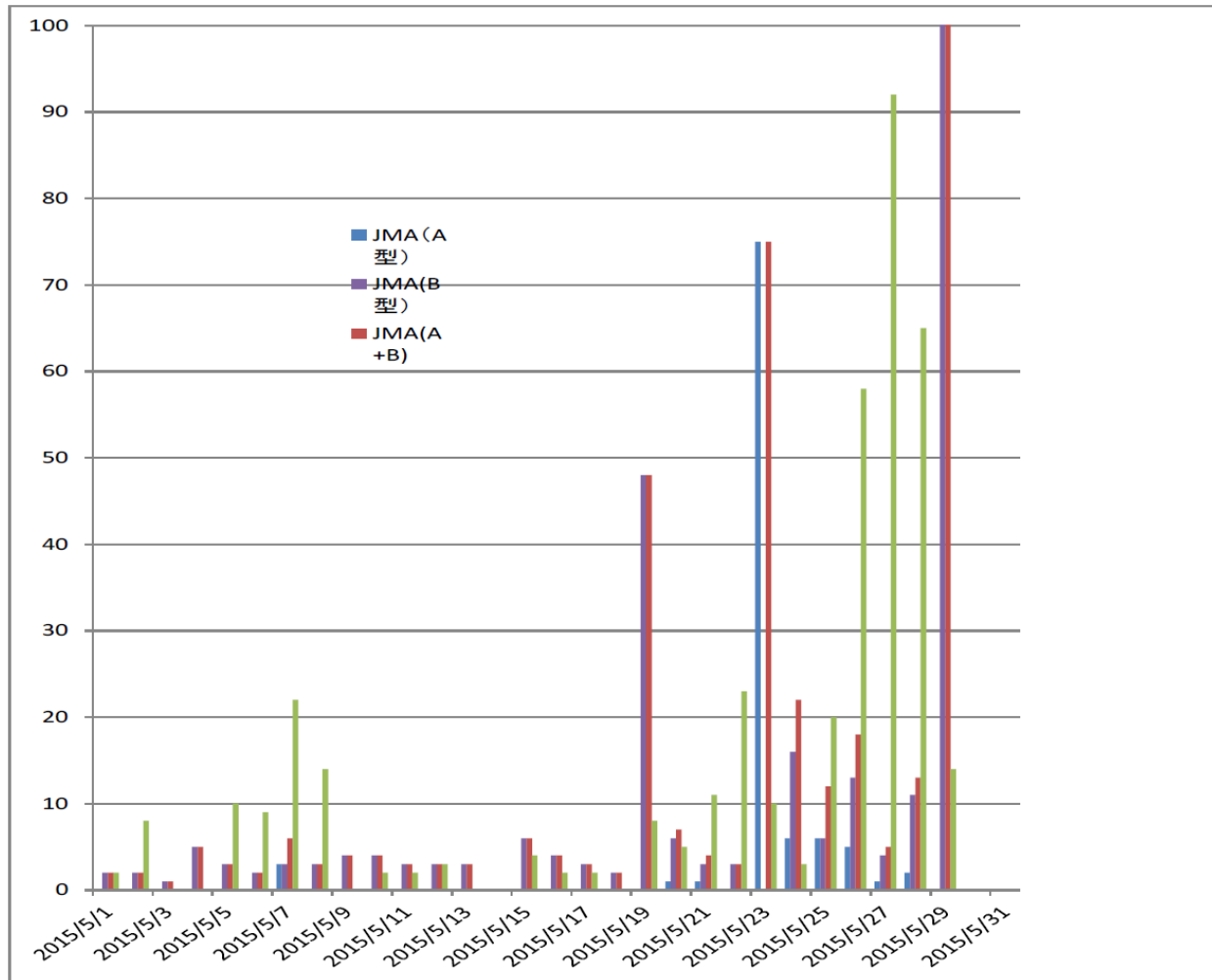
2015年5月29日口永良部噴火

# 山頂付近の観測点は2014年噴火で壊滅



\*

# 山頂部の地震計vs気象庁観測点



火口付近の観測点  
での地震回数は気  
象庁の観測点での  
回数より大

噴火数日前に山頂  
部では地震増加！

**火口付近の観  
測点が監視に  
も不可欠**

口永良部島の 5 月以降の地震回数。気象庁の検測と新岳火口周辺に設置した地震計による地震回数との比較。

# 火山噴火予知の課題

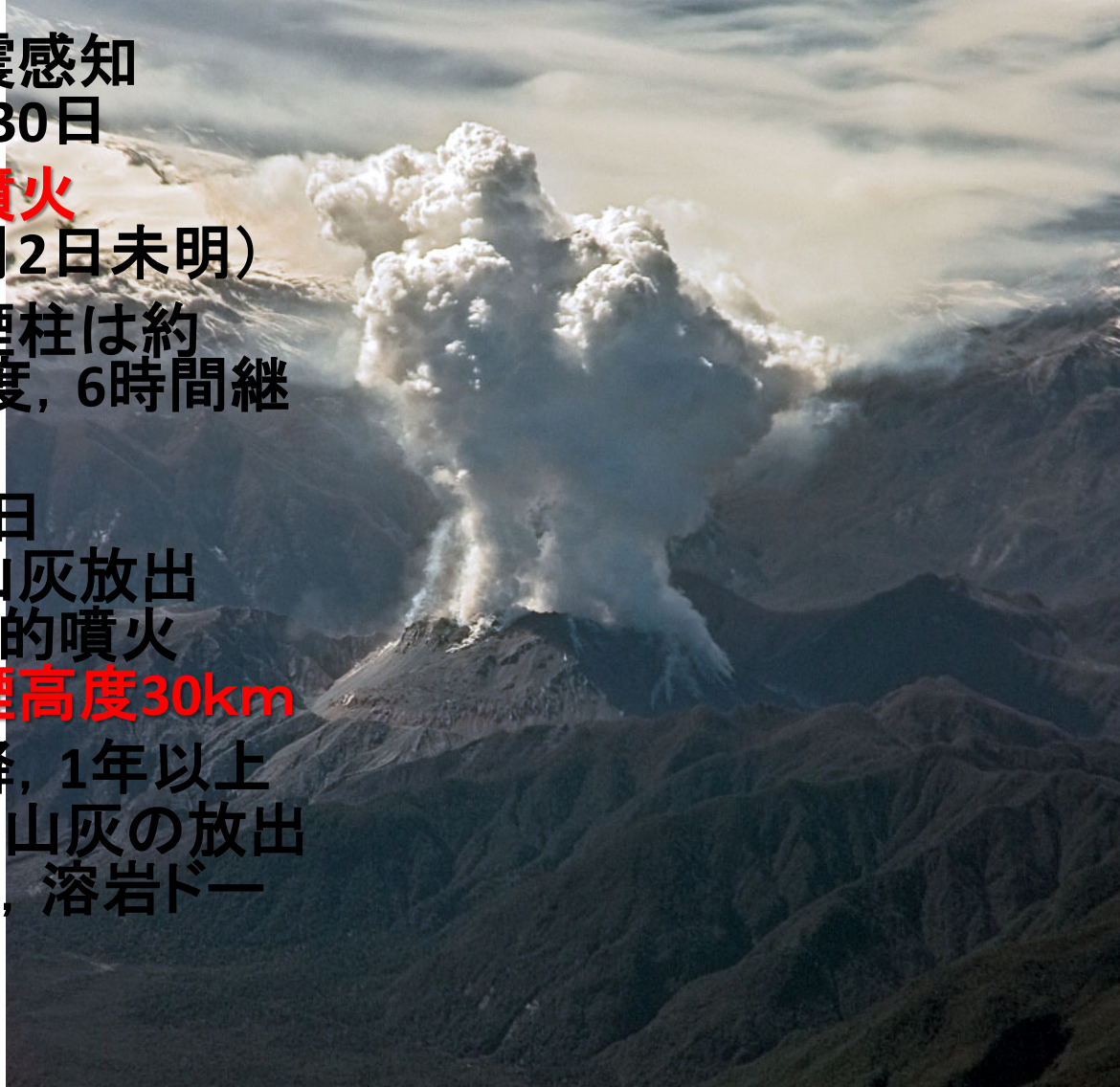
- 水蒸気噴火の場合，火口周辺の観測点以外では前兆を把握できない場合多し
- マグマ噴火の場合，地震観測，地殻変動観測により噴火直前の活動の高まりは把握
- マグマ噴火であっても，マグマの火口への接近を検知できない可能性あり（霧島新燃岳の例，観測点整備が噴火半年前だったことが原因？）
- 火山噴火予知研究は未だ発展途上
  - － 火山の活動年代は数十万年～百万年
  - － 地震計など観測装置の発明から百数十年
  - － 経験則だけでは不可能

# 活火山とは？

最近1万年間に噴火活動  
現在も活発な噴気活動

# 9400年ぶりの噴火 チャイテン火山, チリ

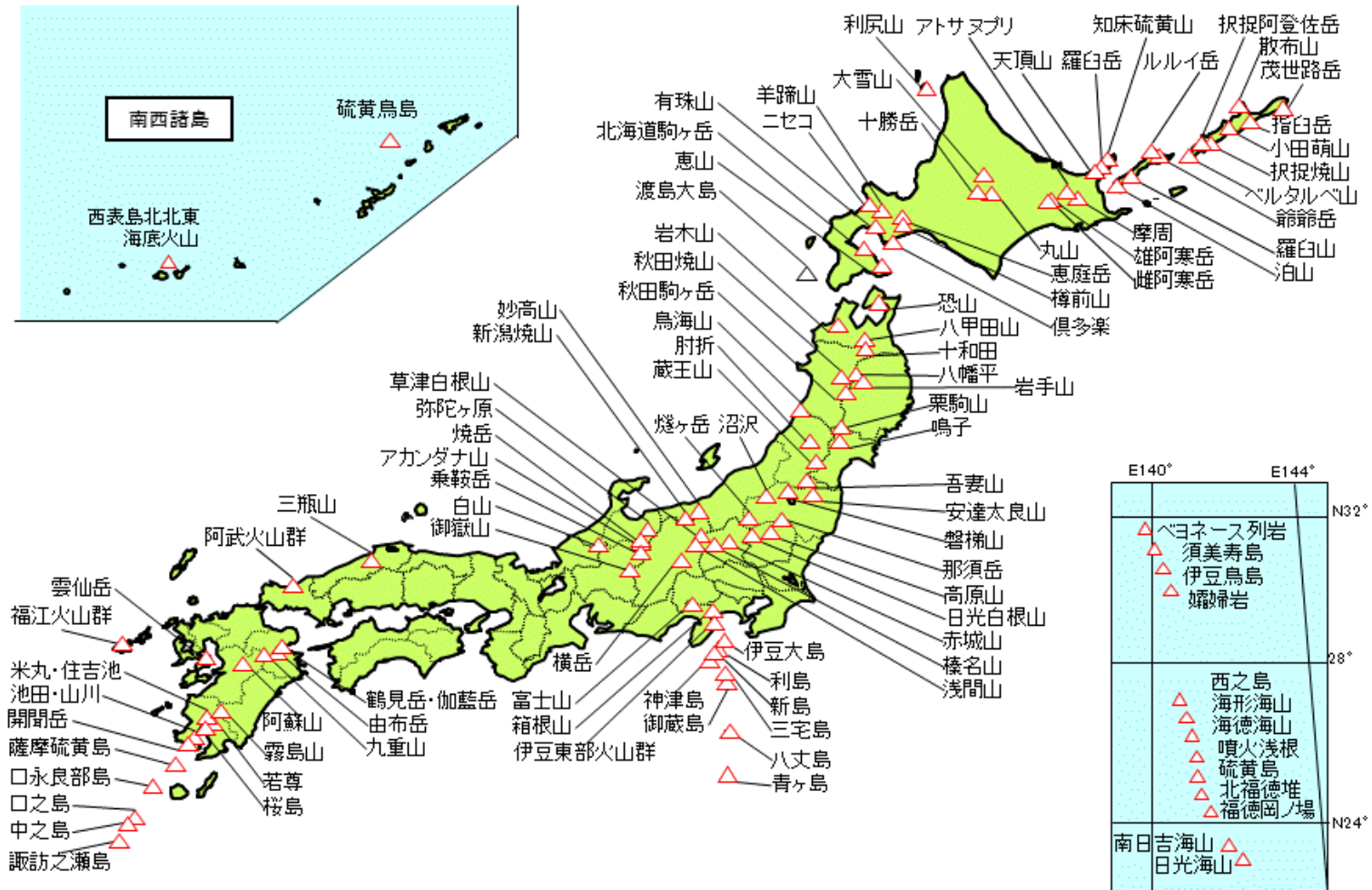
- 最初の地震感知  
2008年4月30日
- **27時間後噴火**  
(2008年5月2日未明)
- 最初の噴煙柱は約  
18kmの高度, 6時間継続
- 5月2日ー8日  
連続的火山灰放出  
時折, 爆発的噴火  
**5月6日噴煙高度30km**
- 5月9日以降, 1年以上  
水蒸気と火山灰の放出  
を伴いつつ, 溶岩ドームが成長



The chaitén volcano in  
eruption october 2008 chile xi  
region.jpg  
By Gerard Prins From  
Wikimedia Commons  
[https://commons.wikimedia.  
org/wiki/File:The\\_chait%C3%  
A9n\\_volcano\\_in\\_eruption\\_oc  
tober\\_2008\\_chile\\_xi\\_region.j  
pg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_chait%C3%A9n_volcano_in_eruption_october_2008_chile_xi_region.jpg)  
CC BY-SA 3.0 37

# 我が国には、全世界の活火山数の7%にあたる110の活火山が分布

## 我が国の活火山の分布



# 監視観測火山選定の理由付け by 火山噴火予知連

表 1 監視・観測体制の充実等のある火山とその選定理由

| 選定理由                                                                                                                                                                | 火山名                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①近年、噴火活動を繰り返している火山<br>・過去数十年程度の間、頻繁に噴火している<br>・100 年以内の間隔でマグマ噴火を繰り返している                                                                                             | 雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳、秋田焼山、秋田駒ヶ岳、吾妻山、那須岳、草津白根山、浅間山、新潟焼山、焼岳、御嶽山、伊豆大島、三宅島、硫黄島、阿蘇山、霧島山、桜島、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島（23 火山） |
| ②過去 100 年程度以内に火山活動の高まりが認められている火山<br>・地震活動<br>過去 100 年程度の山体浅部の地震活動<br>（マグマの動きに関連したものなど）<br>・地殻変動<br>過去 10 年程度のマグマ貫入等に伴う地殻変動<br>・噴気活動・地熱活動<br>過去 100 年程度の活発な噴気活動、地熱活動 | アトサヌプリ、大雪山、恵山、岩手山、栗駒山、蔵王山、安達太良山、磐梯山、日光白根山、乗鞍岳、白山、箱根山、伊豆東部火山群、新島、神津島、八丈島、鶴見岳・伽藍岳、九重山<br>（18 火山）                    |
| ③現在異常はみられないが過去の噴火履歴等からみて噴火の可能性が考えられる                                                                                                                                | 鳥海山、富士山、雲仙岳<br>（3 火山）                                                                                             |
| ④予測困難な突発的な小噴火の発生時に火口付近で被害が生じる可能性が考えられる                                                                                                                              | 倶多楽、岩木山、青ヶ島<br>（3 火山）                                                                                             |

\*

# 監視観測火山選定の理由付け by 火山噴火予知連

表 1 監視・観測体制の充実等のある火山とその選定理由

| 選定理由                                                                                                                                                                | 火山名                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①近年、噴火活動を繰り返している火山<br>・過去数十年程度の間、頻繁に噴火している<br>・100 年以内の間隔でマグマ噴火を繰り返している                                                                                             | 雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳、秋田焼山、秋田駒ヶ岳、吾妻山、那須岳、草津白根山、浅間山、新潟焼山、焼岳、御嶽山、伊豆大島、三宅島、硫黄島、阿蘇山、霧島山、桜島、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島（23 火山） |
| ②過去 100 年程度以内に火山活動の高まりが認められている火山<br>・地震活動<br>過去 100 年程度の山体浅部の地震活動<br>(マグマの動きに関連したものなど)<br>・地殻変動<br>過去 10 年程度のマグマ貫入等に伴う地殻変動<br>・噴気活動・地熱活動<br>過去 100 年程度の活発な噴気活動、地熱活動 | アトサヌプリ、大雪山、恵山、岩手山、栗駒山、蔵王山、安達太良山、磐梯山、日光白根山、乗鞍岳、白山、箱根山、伊豆東部火山群、新島、神津島、八丈島、鶴見岳・伽藍岳、九島山（18 火山）                        |
| ③現在異常はみられないが過去の噴火履歴等からみて噴火の可能性が考えられる                                                                                                                                | 鳥海山、富士山、雲仙岳（3 火山）                                                                                                 |
| ④予測困難な突発的な小噴火の発生時に火口付近で被害が生じる可能性が考えられる                                                                                                                              | 倶多楽、岩木山、青ヶ島（3 火山）                                                                                                 |

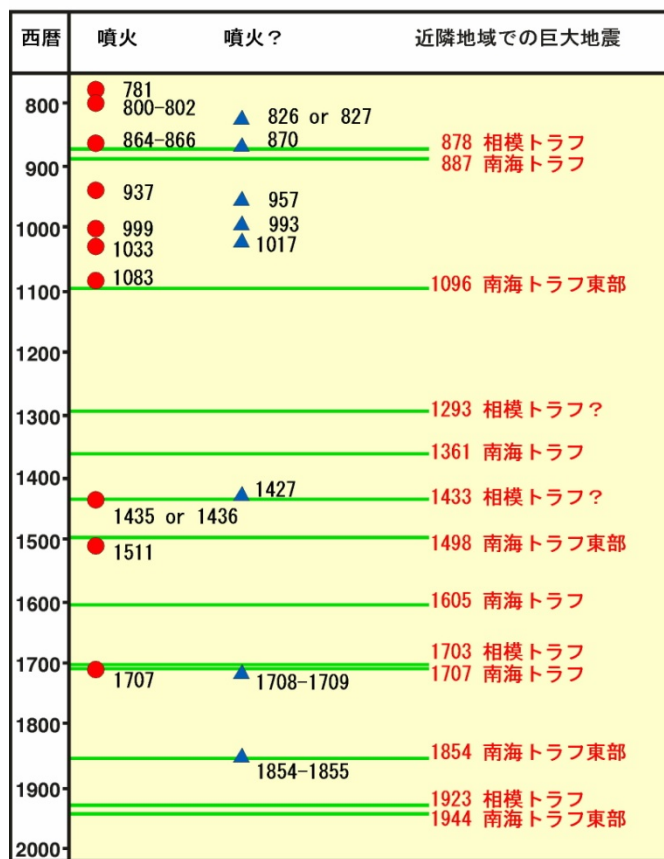
噴火切迫度に基づいているわけではない！  
長中期予測の手法は確立していない。

\*

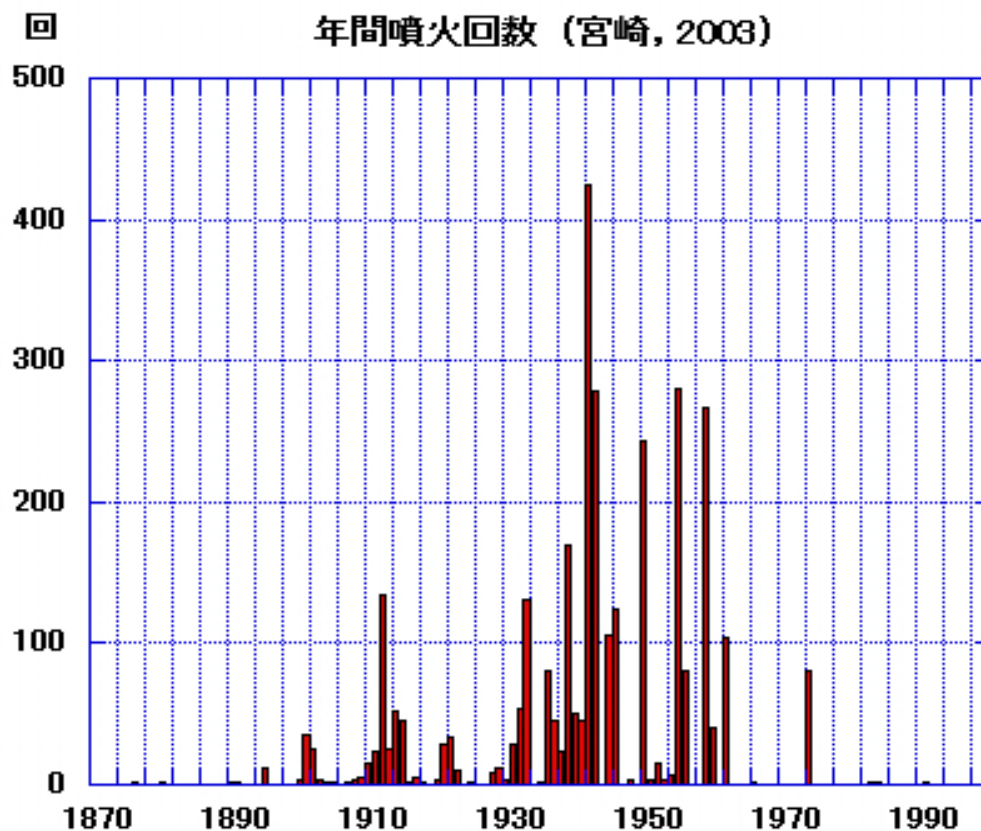
# 火山噴火の長期予測はどこまで可能か

- 噴火履歴の解明: 噴火は必ずしも規則的でない

富士火山の歴史噴火



浅間火山の最近の噴火



元のデータは宮崎務(2003) 東大地震研究所彙報

# 有珠山の噴火史

休止  
期間

|             |                      |                          |                                                                                                                                          |
|-------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 106年<br>52年 | 1663年8月              | 火砕サージ・降灰                 | 8月16日：火砕サージ・降灰により家屋が焼失または埋没し、死者5名。                                                                                                       |
|             | 1769年1月              | 火砕流                      | 1月23日：明和火砕流によって、南東山麓にあった民家焼失。                                                                                                            |
|             | 1822年3月              | 火砕流                      | 3月23日：火砕流(文政熱雲)によって、旧アブタ集落(現在の入江付近)全滅、死傷者103名・馬1437頭被害。                                                                                  |
| 88年<br>33年  |                      |                          | 1910年7月24日：地震により虻田村で半壊破損15棟。                                                                                                             |
|             | 1910年7月～8月           | 地震・降灰・泥流                 | 1910年7月25日：降灰により家屋・山林・耕地に被害。                                                                                                             |
|             |                      |                          | 1910年7月26日：泥流により死者1名。                                                                                                                    |
| 32年         |                      |                          | 1944年4～5月：著しい地殻変動により壮瞥町フカバ集落放棄。                                                                                                          |
|             | 1943年12月～<br>1945年9月 | 地殻変動・火砕<br>サージ・噴石・降<br>灰 | 1944年7月2・3日：噴石により農作物に被害。<br>1944年7月11日：火砕サージにより負傷者1名、保安林・家屋損壊。農作物に被害。                                                                    |
|             | 1977年8月～1982<br>年3月  | 降灰・地殻変動・<br>泥流           | 1944年8月26日、降灰による窒息で死者1名、家屋焼失。<br>降灰による家屋や農林被害。地殻変動により道路や建物、上下水道等に被害。<br>1978年10月：泥流により死者2名、行方不明1名、軽傷2名、家屋被害196棟、非家屋被害9棟、農林業、土木、水道施設等に被害。 |

\*

気象庁

主な火山災害年表

[https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/souran/main/disaster\\_table.pdf](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/souran/main/disaster_table.pdf)

# 有珠山の噴火史

休止  
期間

106年

52年

88年

33年

32年

22年

1663年8月 火砕サージ・隆灰 8月16日：火砕サージ・隆灰により家屋が焼失または埋没し、死者5名。

1769年1月 火砕流

1822年3月 火砕流

1910年7月～8月 地震・降

1943年12月～  
1945年9月

1977年8月～1982  
年3月 降灰・地殻変動・

2000年3月～2001  
年9月

31－60年間隔だったので  
2008年ころの噴火を想定

観測体制の整備が遅れた

噴火履歴に基づく中・長期予測に  
は誤差を十分見込む必要あり

\*  
気象庁  
主な火山災害年表  
[https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/souran/main/disaster\\_table.pdf](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/souran/main/disaster_table.pdf)

# 現在噴火中あるいは噴火の恐れのある火山



| 噴火警戒レベル対象火山                                                                                                                                                                                | 噴火警戒レベル対象外火山                                                                                                                            | 海底火山                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>レベル5(避難)<sup>※1</sup></li> <li>レベル4(避難準備)<sup>※1</sup></li> <li>レベル3(入山規制)</li> <li>レベル2(火口周辺規制)</li> <li>レベル1(活火山であることに留意)<sup>※2</sup></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>居住地域嚴重警戒<sup>※1</sup></li> <li>入山危険</li> <li>火口周辺危険</li> <li>活火山であることに留意<sup>※2</sup></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>周辺海域警戒</li> <li>活火山であることに留意<sup>※2</sup></li> </ul> |

\*

出典: 気象庁ホームページ  
([http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/activity\\_info/map\\_0.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/activity_info/map_0.html))

2015年6月19日現在の情報

# 火山活動の活発化？

- 「活発化」を定義しないと評価不能
- 規模の小さい噴火では数え落とす可能性がある
- 現在の状況は、「御嶽山効果」により火山活動に社会が敏感になっている可能性大
- 20世紀には毎年噴火している火山は桜島＋諏訪之瀬島＋1～2の火山（ほぼ単発）であったが、常時噴火火山に西之島が加わったという意味で最近やや活発化？しかし、バラツキの範囲内？

# 噴火火山の数は年とともに増える？

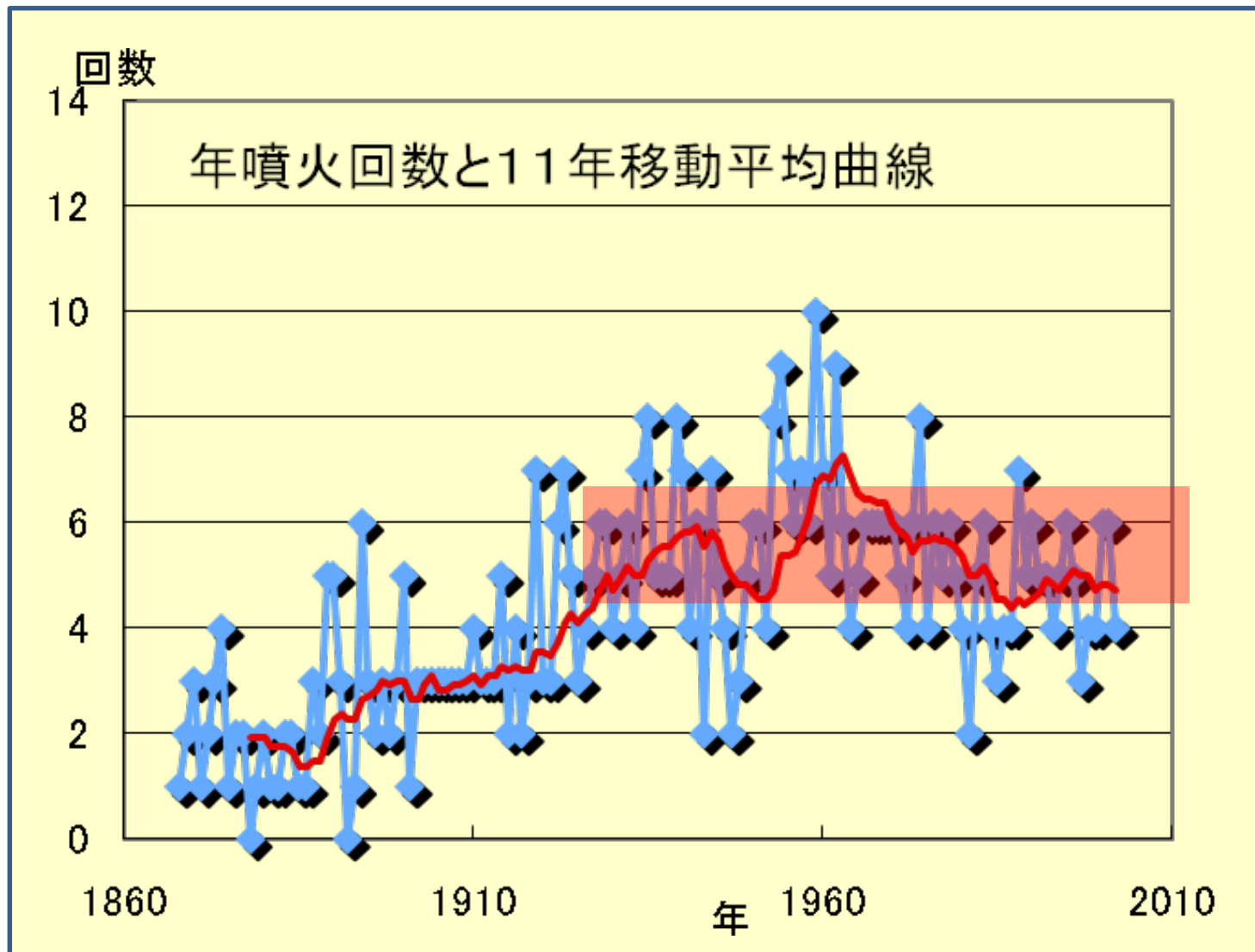
著作権等の都合により、  
ここに挿入されていた画像を削除しました

1400年から1990年における年間噴火火山数の推移

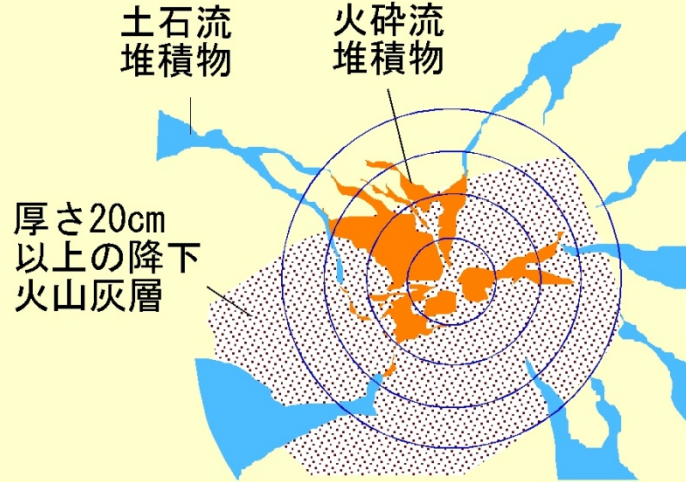
Siebert, L. & Simkin, T. (1993) Volcanoes of the world  
2nd edition, Smithsonian Inst./Geoscience Press

Fig.8

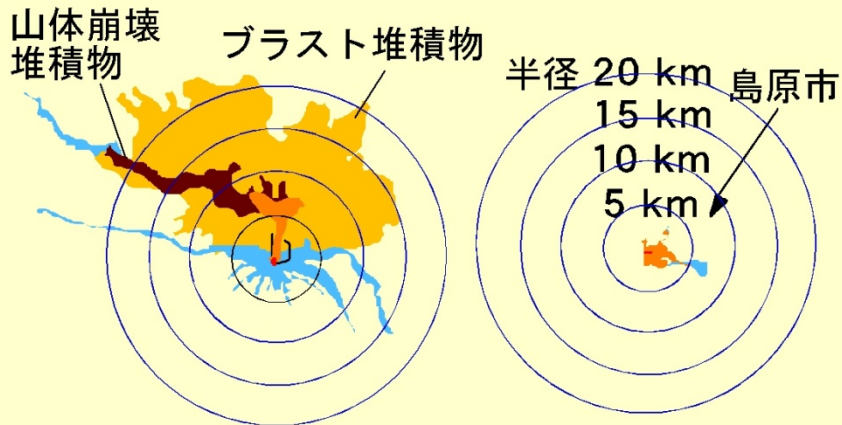
# 1930年以前は噴火頻度を過小評価



# 日本が最近経験した噴火はごく小規模



ピナツボ1991年噴火

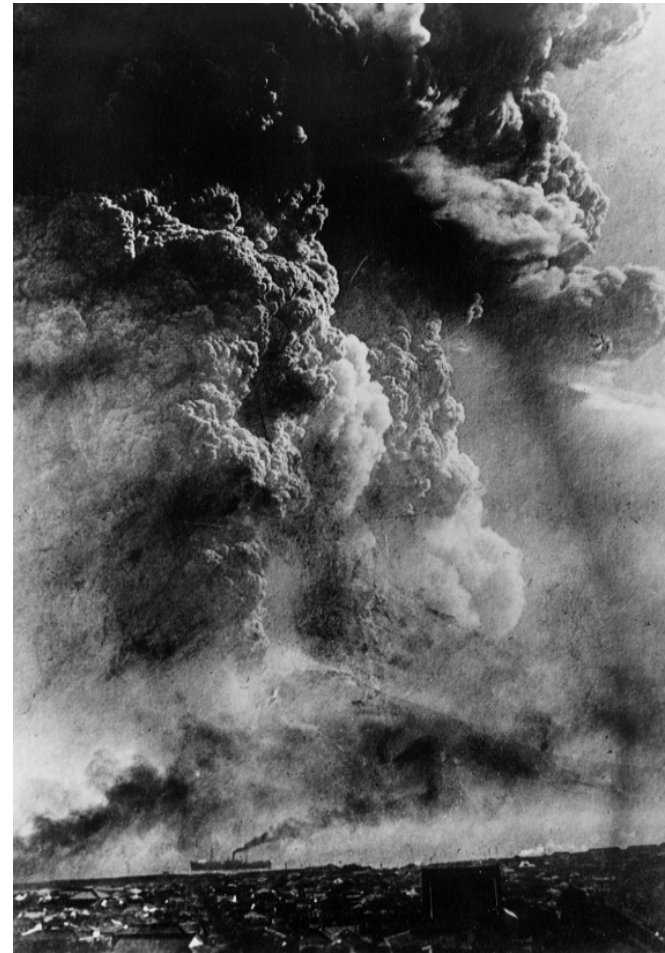
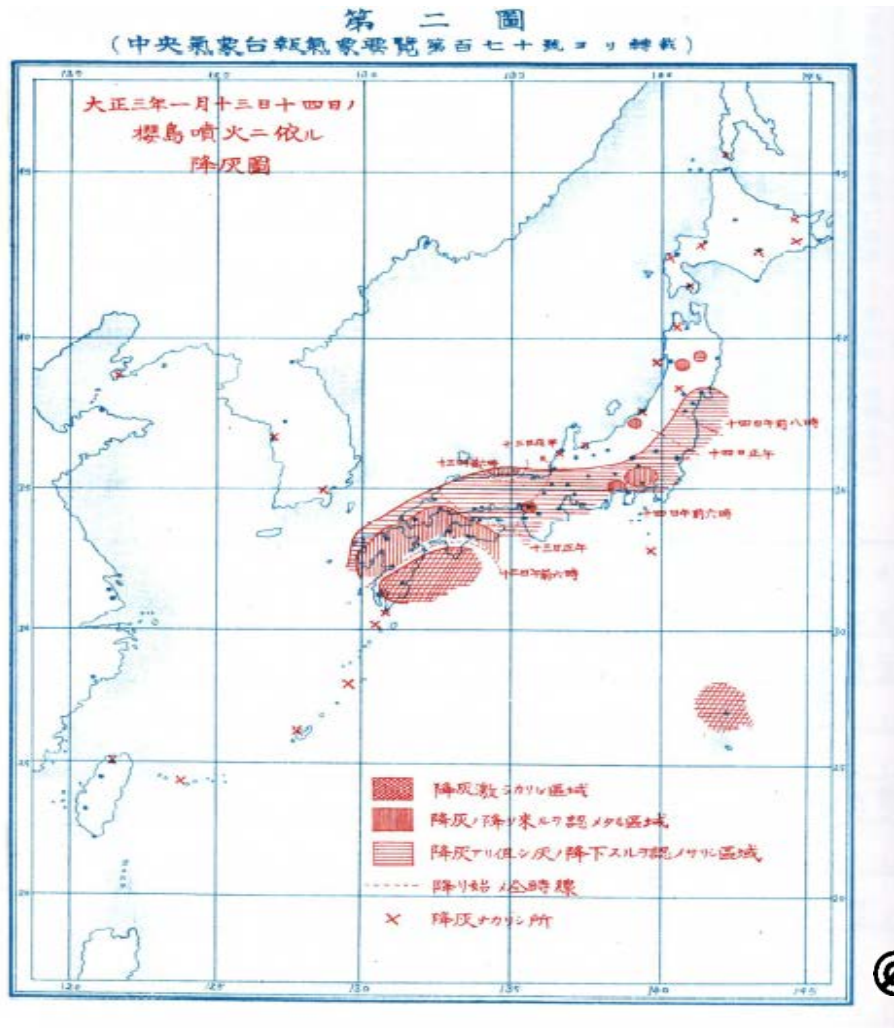


セントヘレンズ  
1980年噴火

雲仙普賢岳  
1990-95年噴火

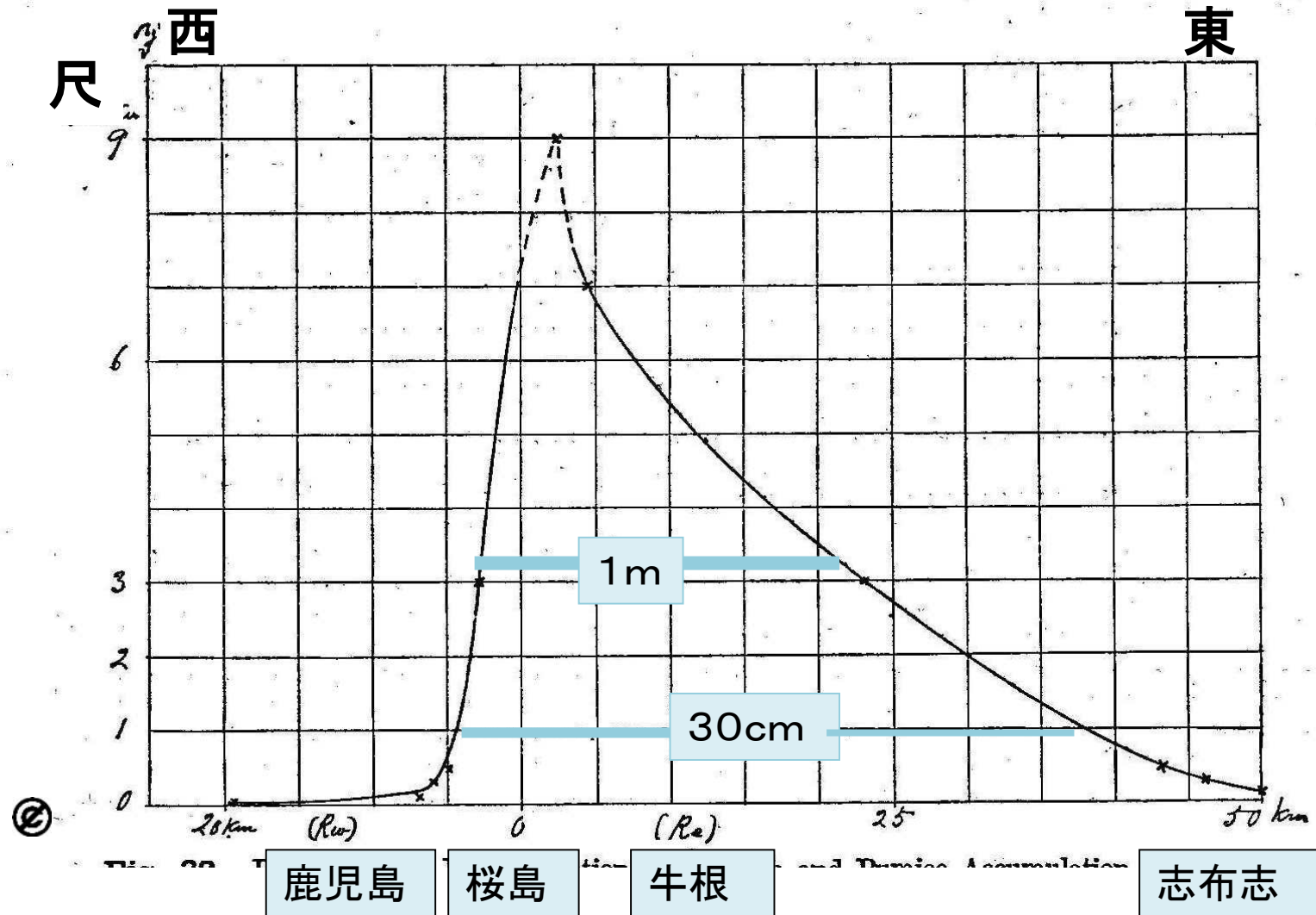
雲仙普賢岳噴火は5年間で  
0.2立方キロ  
セントヘレンズピナツボとも  
にほぼ数日で数立方キロ.

# 桜島大正噴火の火山灰



# 大正噴火の火山灰の堆積

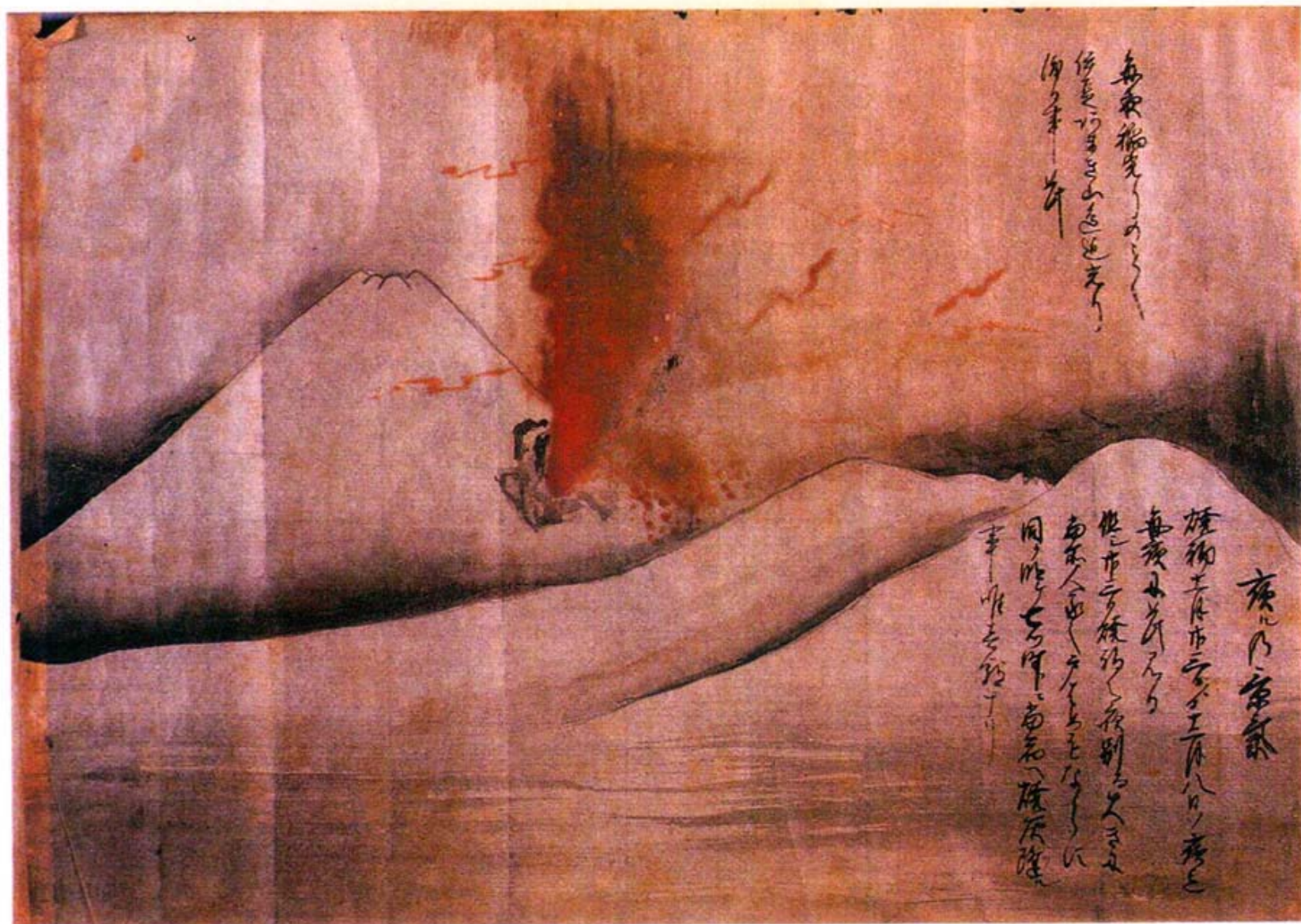
—風下側約40kmまで30cm以上—



# 17世紀以降の火山噴火

|       | 噴出物の量                 |                        |
|-------|-----------------------|------------------------|
|       | 10 億m <sup>3</sup> 以上 | 3 ~ 10 億m <sup>3</sup> |
| 17 世紀 | 北海道駒ヶ岳 (1640)         | 北海道駒ヶ岳 (1694)          |
|       | 有珠山 (1663)            |                        |
|       | 樽前山 (1667)            |                        |
| 18 世紀 | 樽前山 (1739)            | 富士山 (1707)             |
|       | 桜島 (1779-82)          | 伊豆大島 (1777-79)         |
|       |                       | 浅間山 (1783)             |
|       |                       | 雲仙岳 (1792)             |
| 19 世紀 | 磐梯山* (1888)           | 有珠山 (1822)             |
|       |                       | 有珠山 (1853)             |
|       |                       | 北海道駒ヶ岳 (1856)          |
| 20 世紀 | 桜島 (1914)             | 北海道駒ヶ岳 (1929)          |
| 21 世紀 | ?                     | ?                      |

・最近の火山噴火はごく小規模だが、**21世紀中には中～大規模の噴火が5～6回発生すると想定すべき**

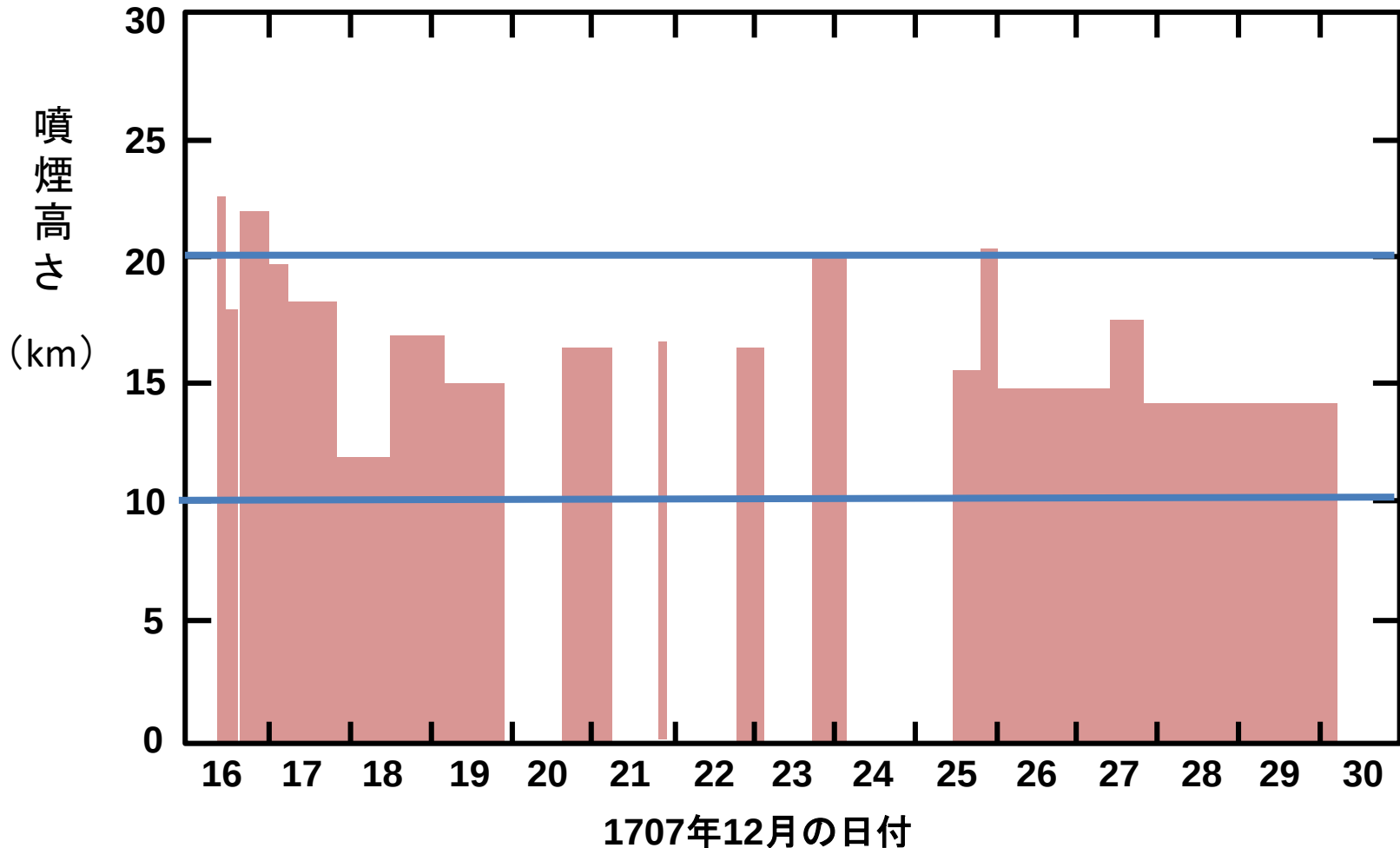


22 同 上 (2)夜乃景気

『静岡県史 別編2 自然災害誌』1996年発行  
 口絵22「宝永4年富士山噴火絵図(2)夜乃景気」(沼津市土屋博家所蔵)

# 富士山宝永噴火の噴煙高さ

高さ10kmの噴煙がほぼ2週間！

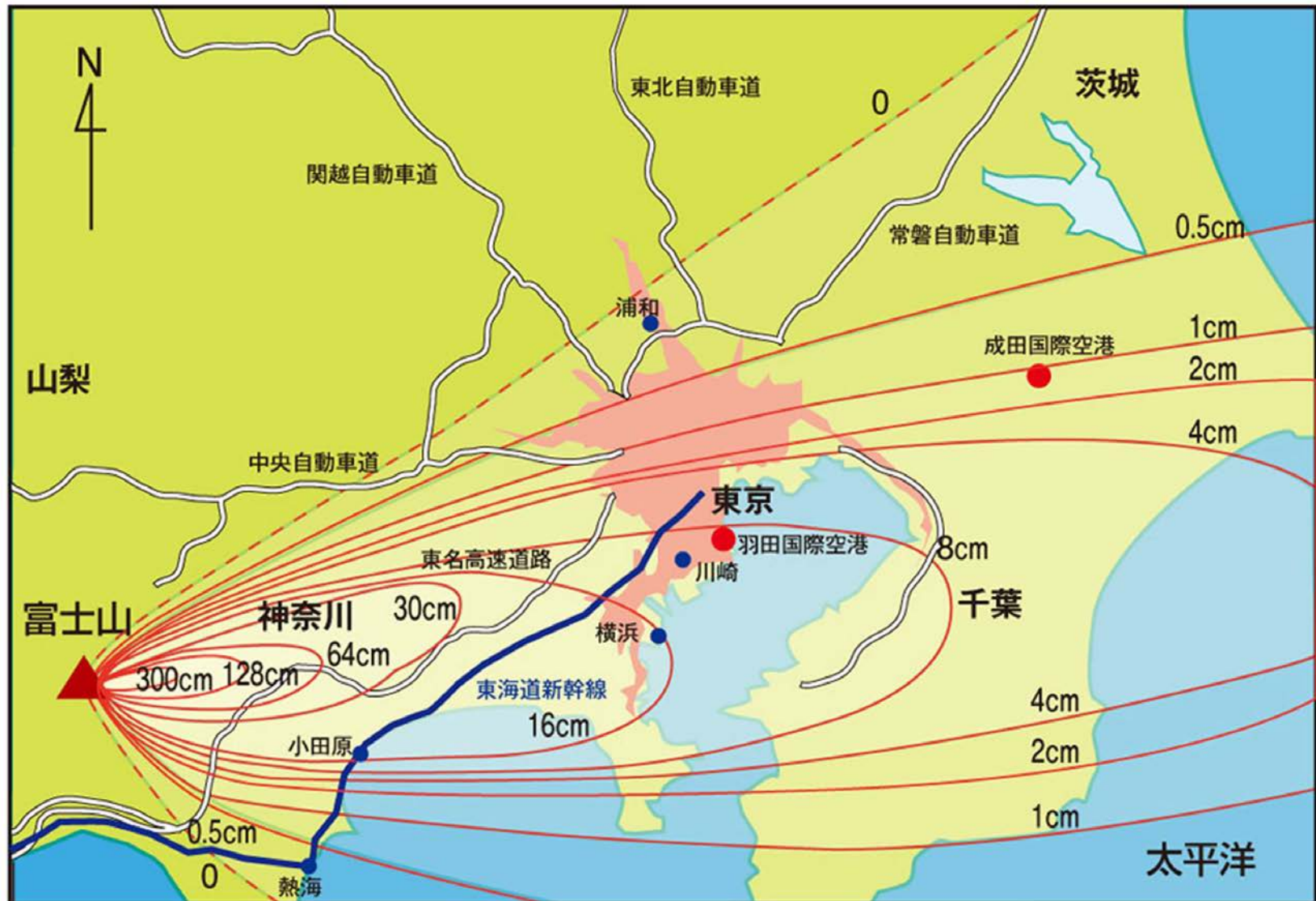


噴煙高さのデータはMiyaji et al. (2011)による

# 大噴火では噴煙は西風に流される

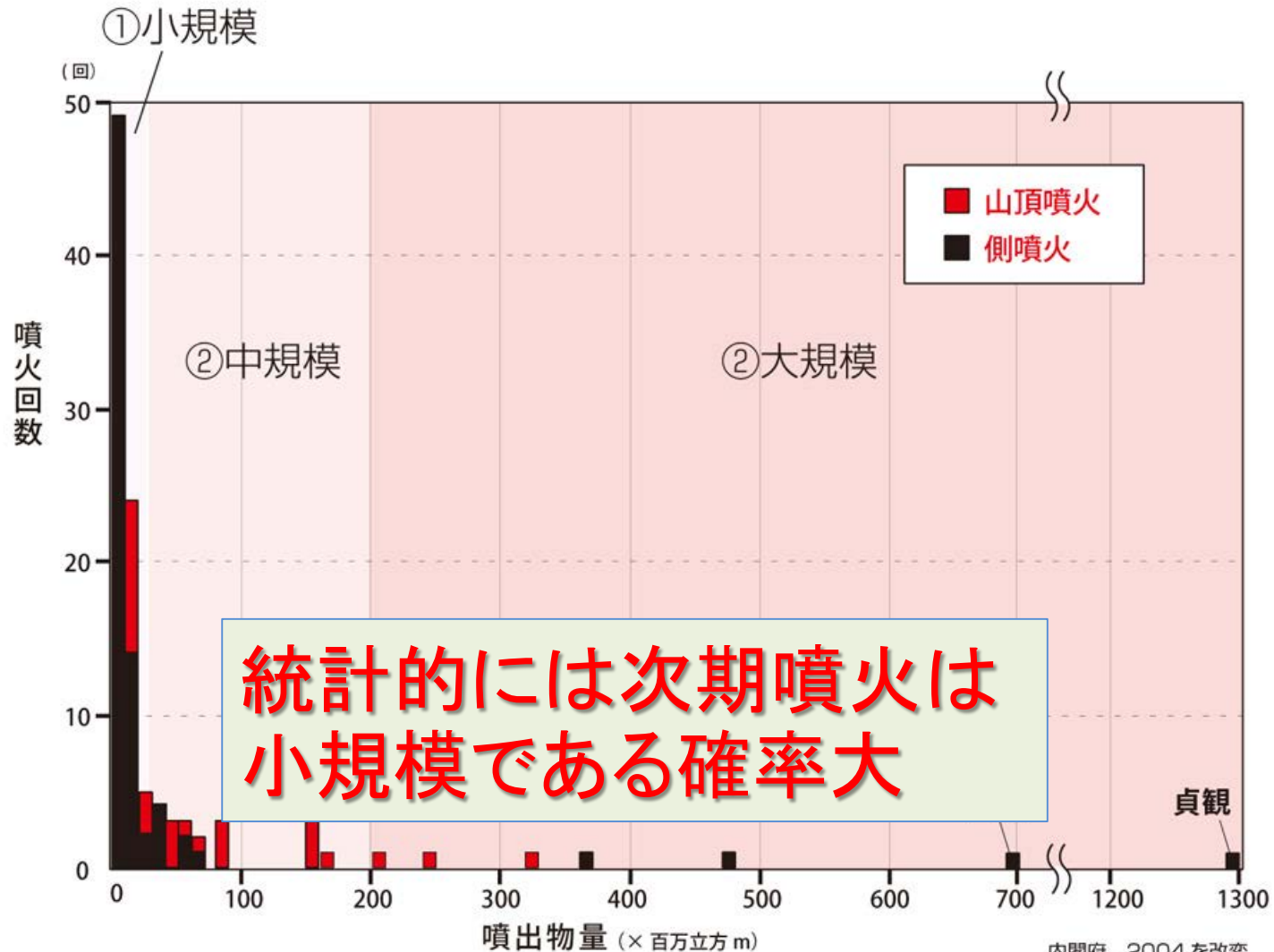
## 宝永噴火の降下火山灰・レキの厚さ分布

\* ©内閣府



# 富士山噴火の約8割は小規模噴火

最近3200年間の噴火の規模(噴出物量)と回数



\*

富士山ハザードマップ検討委員会報告書・富士山火山防災協議会

<http://www.bousai.go.jp/kazan/fujisan-kyougikai/report/>

3. 火山防災マップの対象現象

図-3.2.1 過去 3200 年間の各噴火のマグマ噴出(DRE)体積

を加筆・改変

内閣府、2004 を改変

# 富士山噴火の約8割は小規模噴火

最近3200年間の噴火の規模(噴出物量)と回数



\*

富士山ハザードマップ検討委員会報告書- 富士山火山防災協議会

<http://www.bousai.go.jp/kazan/fujisan-kyougikai/report/>

3. 火山防災マップの対象現象

図-3.2.1 過去 3200 年間の各噴火のマグマ噴出(DRE)体積

を加筆・改変

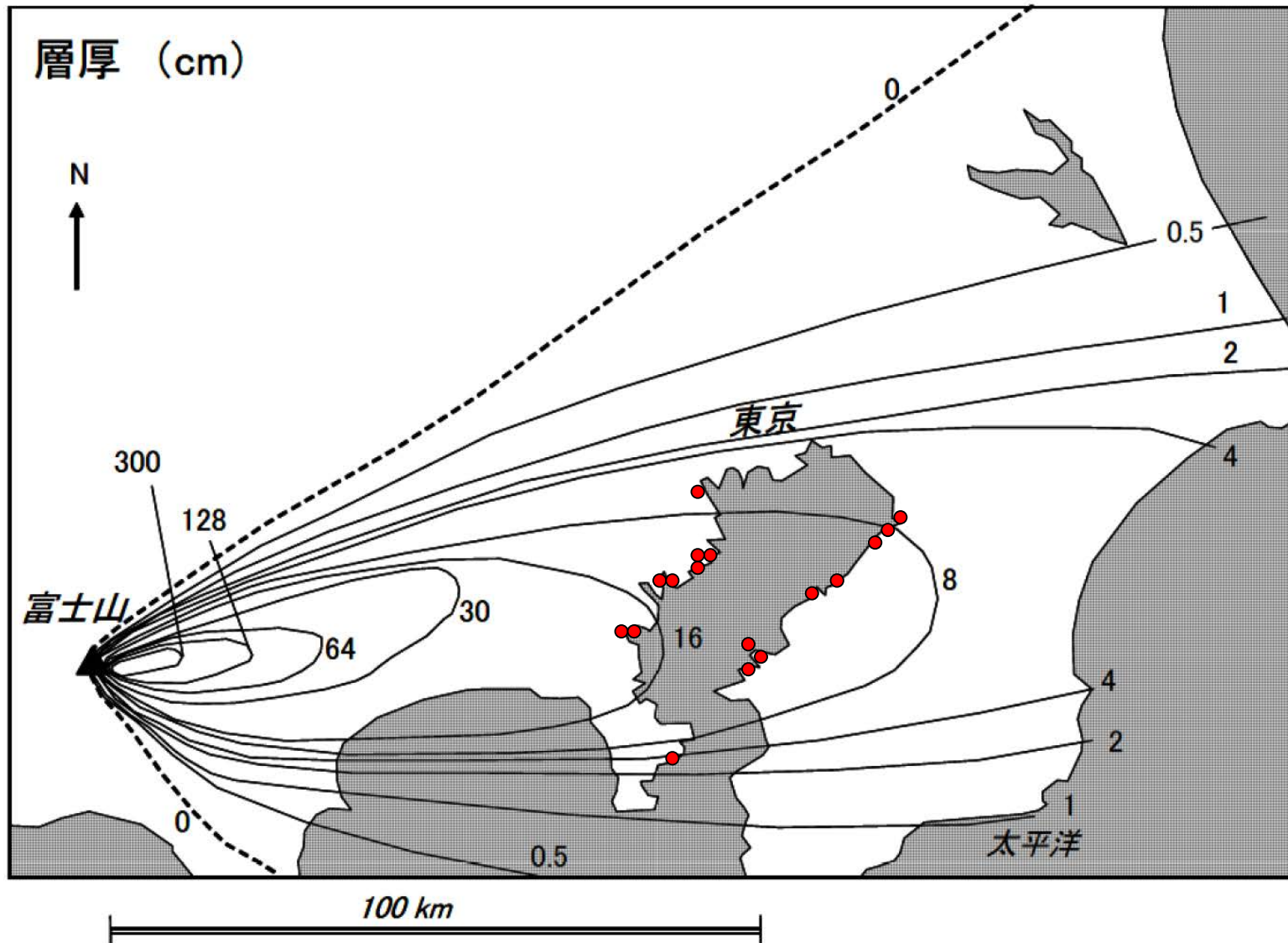
# 富士山噴火が首都圏に及ぼす影響

- 火山灰(ガラスの破片)の降下
  - 規模にもよるが都内23区で数千万立米
  - 交通困難(道路, 鉄道)
  - 粒子サイズによっては電波障害, ショートによる停電, 電子機器の被害
  - 火山灰の電線付着・断線による広域停電
- 東海道(新幹線, 東名)の不通
  - 噴出全量は十数億立米(マグマ換算で7億立米)
- 羽田, 成田の閉鎖(航空路の遮断)
  - 宝永噴火の場合は16日間連続噴煙

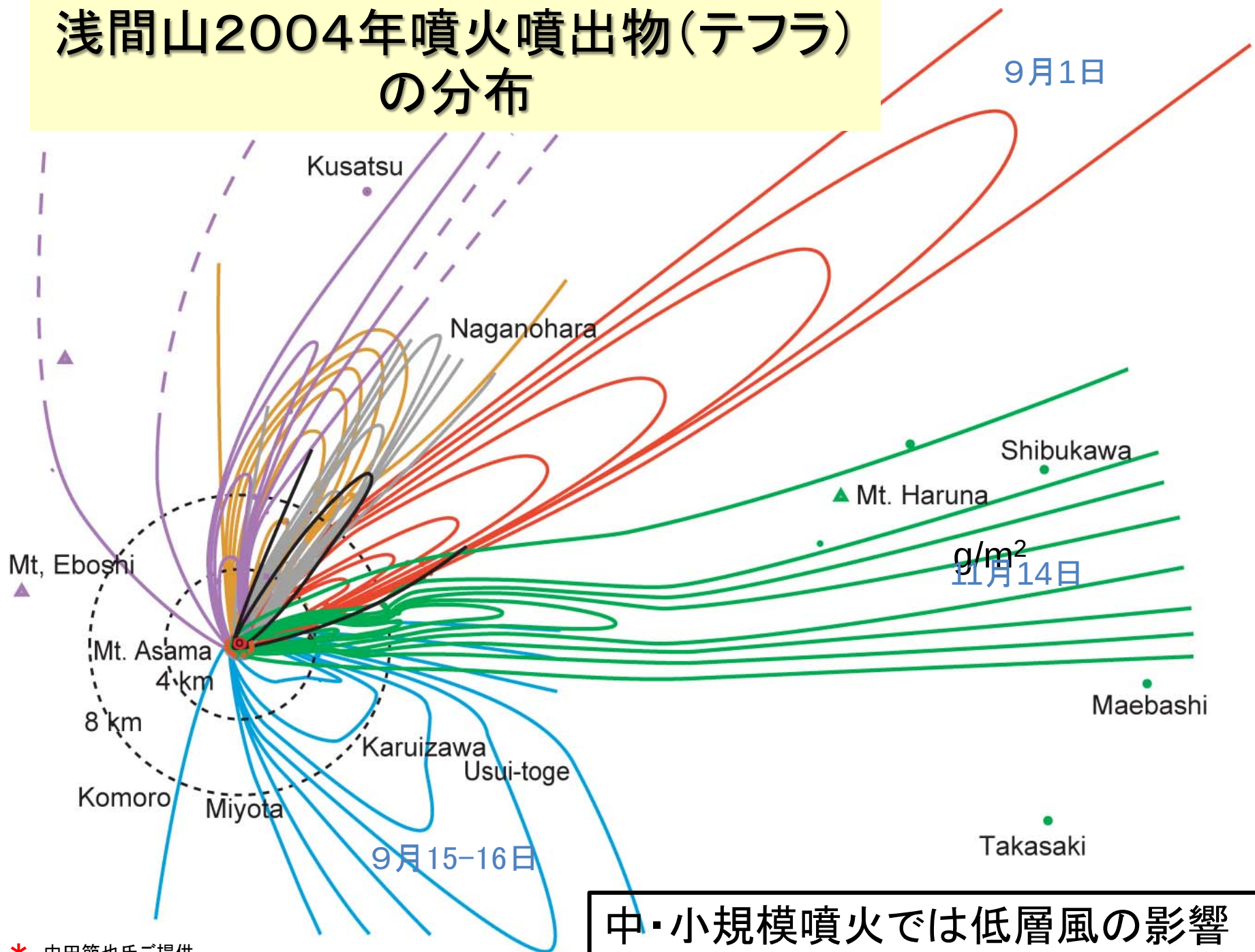
流通経済の破たん, 食糧不足

梅雨時の宝永級噴火の被害は2兆5千億円

# 京浜・京葉地区の火力発電所 と 宝永火山灰



# 浅間山2004年噴火噴出物(テフラ)の分布



# 火山噴火

- ▶ 地下にある高温のマグマが地表に接近, あるいは噴出することにより生じる
  - マグマはケイ酸塩融体＋結晶＋気泡からなる流体
  - 温度は $1000^{\circ}\text{C}$ 前後(玄武岩マグマ: $1200^{\circ}\text{C}$ , 安山岩マグマ: $1000^{\circ}\text{C}$ , デイサイト: $900^{\circ}\text{C}$ )
  - 噴火前には地下数～10数kmの深さにマグマ溜り
  - マグマの粘性は組成によって9桁以上異なる  
(マグマの上昇速度は10億倍変化し得る)

**マグマの移動にともなう噴火前兆現象は必ず生じるが、  
その時間スケールはさまざま  
現在の技術把握できる前兆は数時間～数日程度**

# マグマの粘性と温度の関係

著作権等の都合により、  
ここに挿入されていた画像を削除し  
ました

マグマの年度と温度の関係グラフ

M. G. Best(1983), Igneous and  
Metamorphic Petrology 2nd ed.,  
Blackwell Publishing, pp.729  
P124, Fig.6.2

シリカの少ないマグマほど粘性が低い

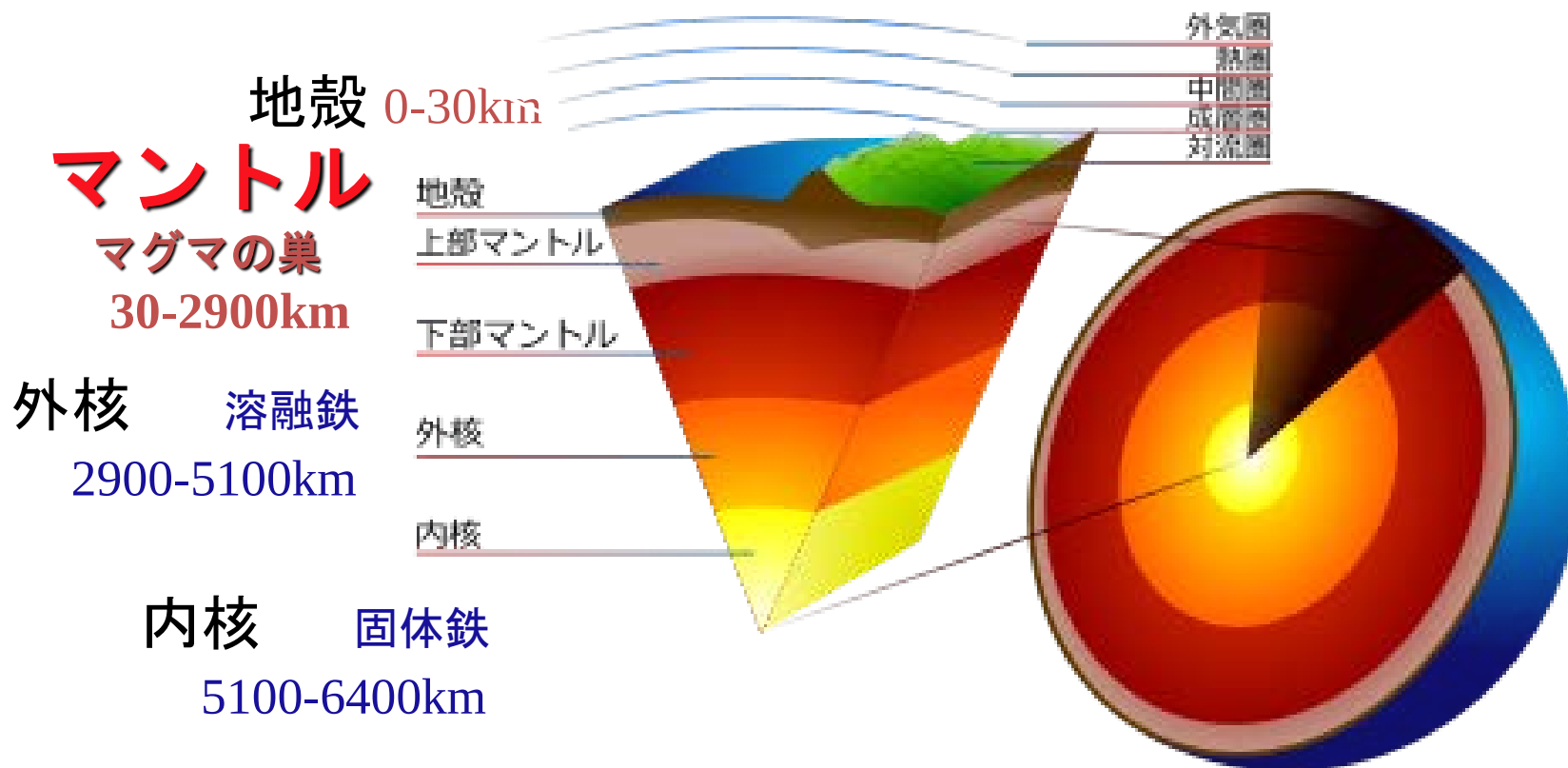
マグマの粘性は温度  
が上がるほど低くなる

マグマに水が含まれ  
ると粘性は下がる

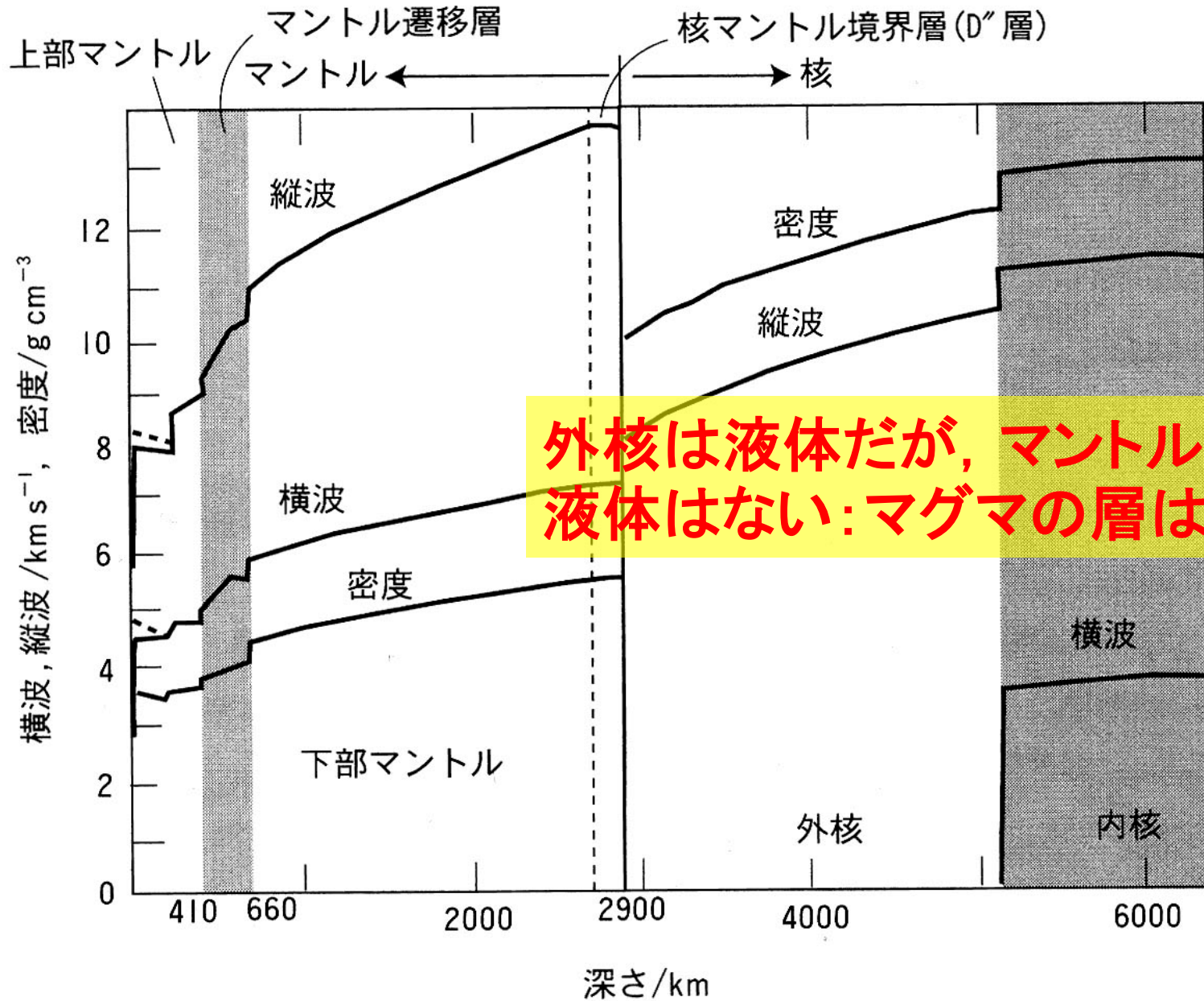
(地表付近ではマグマに水は  
溶け込まない)

# マグマの発生

# 地球の内部

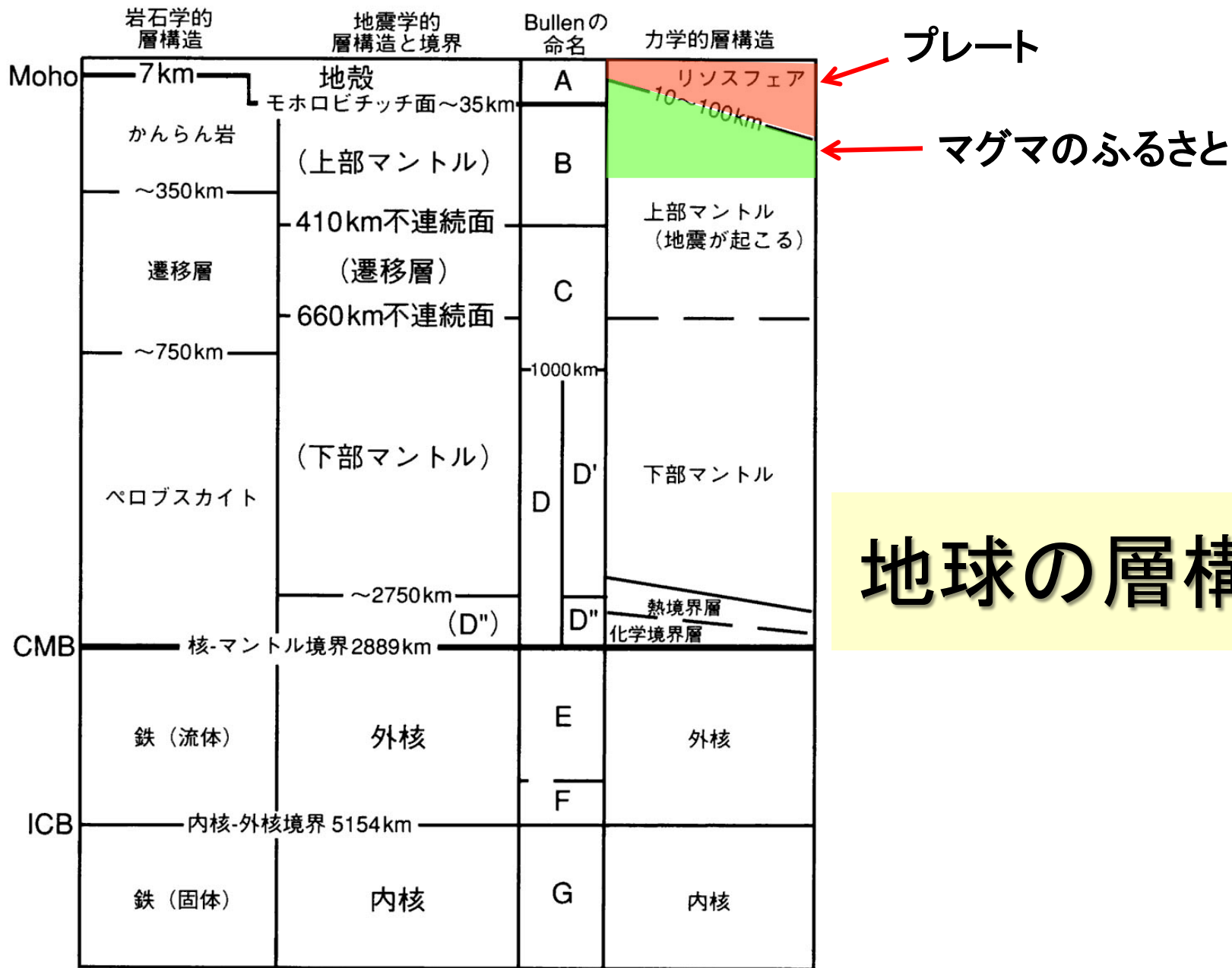


# 地球内部の地震波速度



\*

原図: 川勝均編『地球ダイナミクスとトモグラフィー』(朝倉書店、2002年)



# 地球の層構造

図0.4 地球の層構造

# マントルの岩石：ペリドタイト

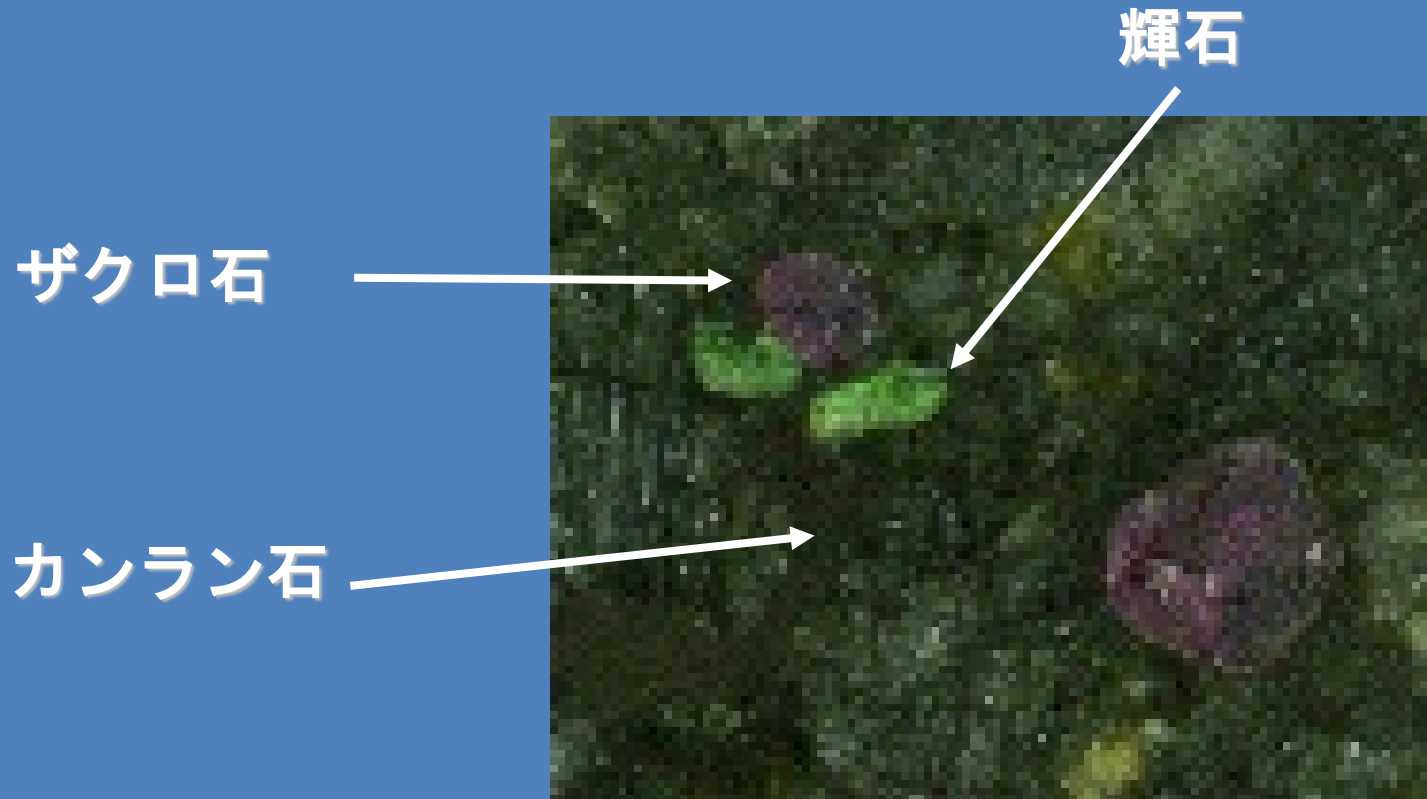
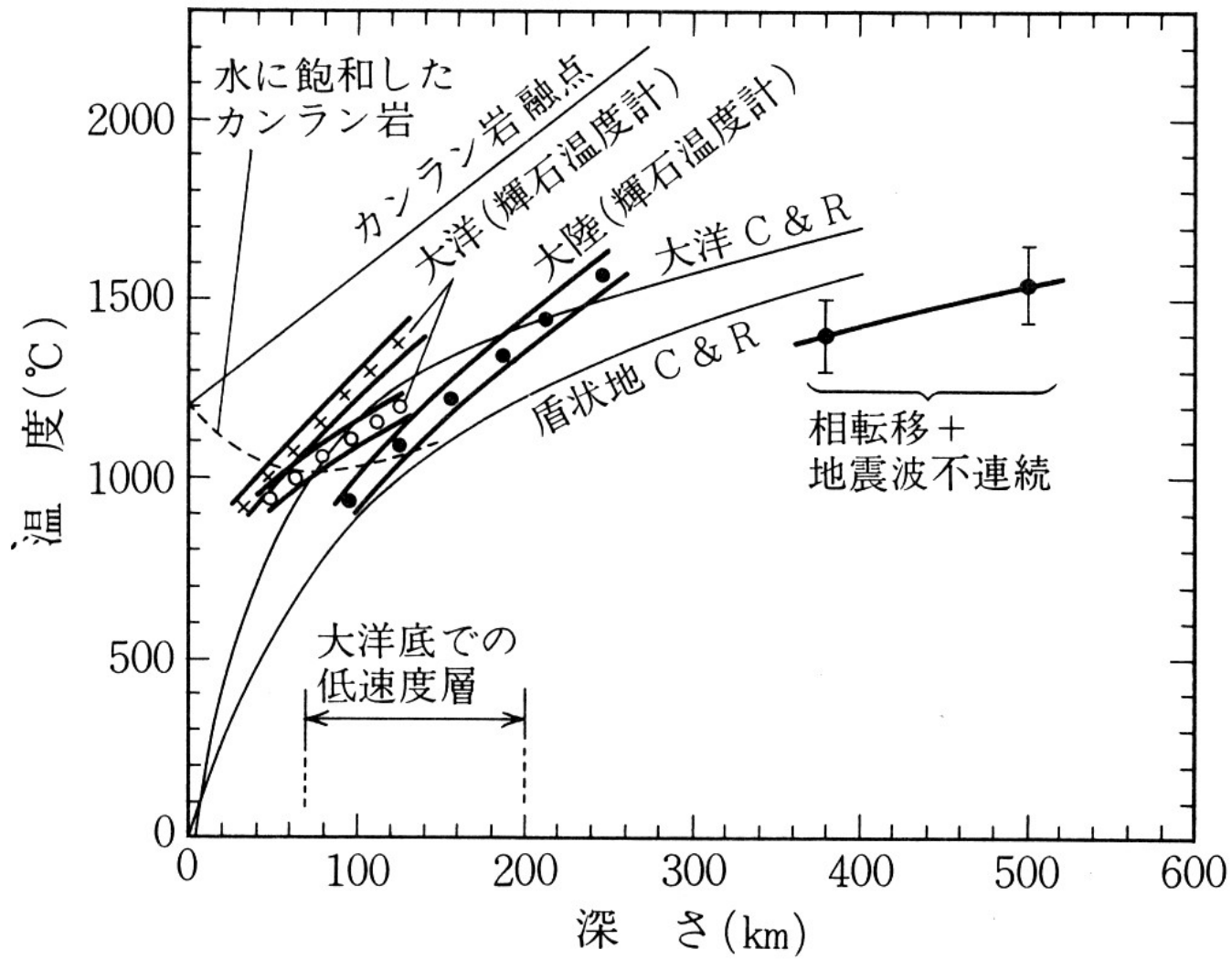


Photo by James St. John, from Wikipedia Commons  
[https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AC%E3%83%AB%E3%82%BE%E3%83%A9%E3%82%A4%E3%83%88#/media/File:Garnet\\_lherzolite\\_-\\_xenolith\\_from\\_a\\_kimberlite\\_pipe,\\_Kimberley\\_SA.jpg](https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AC%E3%83%AB%E3%82%BE%E3%83%A9%E3%82%A4%E3%83%88#/media/File:Garnet_lherzolite_-_xenolith_from_a_kimberlite_pipe,_Kimberley_SA.jpg)  
CC BY 2.0

# マントルの地温勾配



\*

『岩波講座地球科学』第1巻(1978)p212 図4.27

Clark & Ringwoodの地温勾配

# マグマの発生＝岩石の融解

→ 岩石の融点以上の温度条件

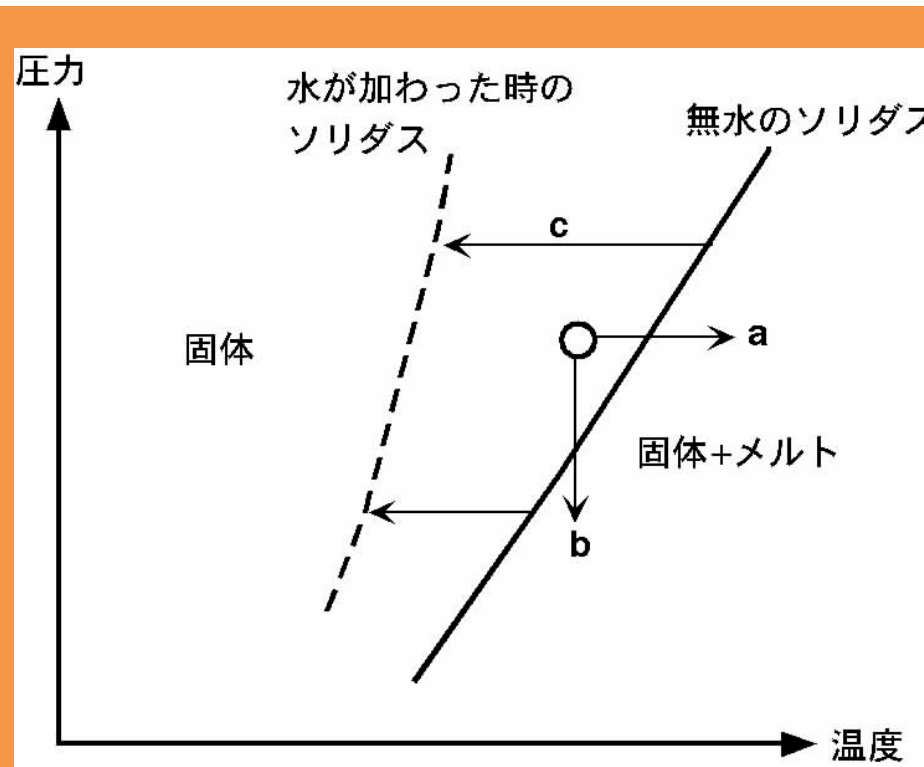
\* 温度上昇

\* 圧力低下

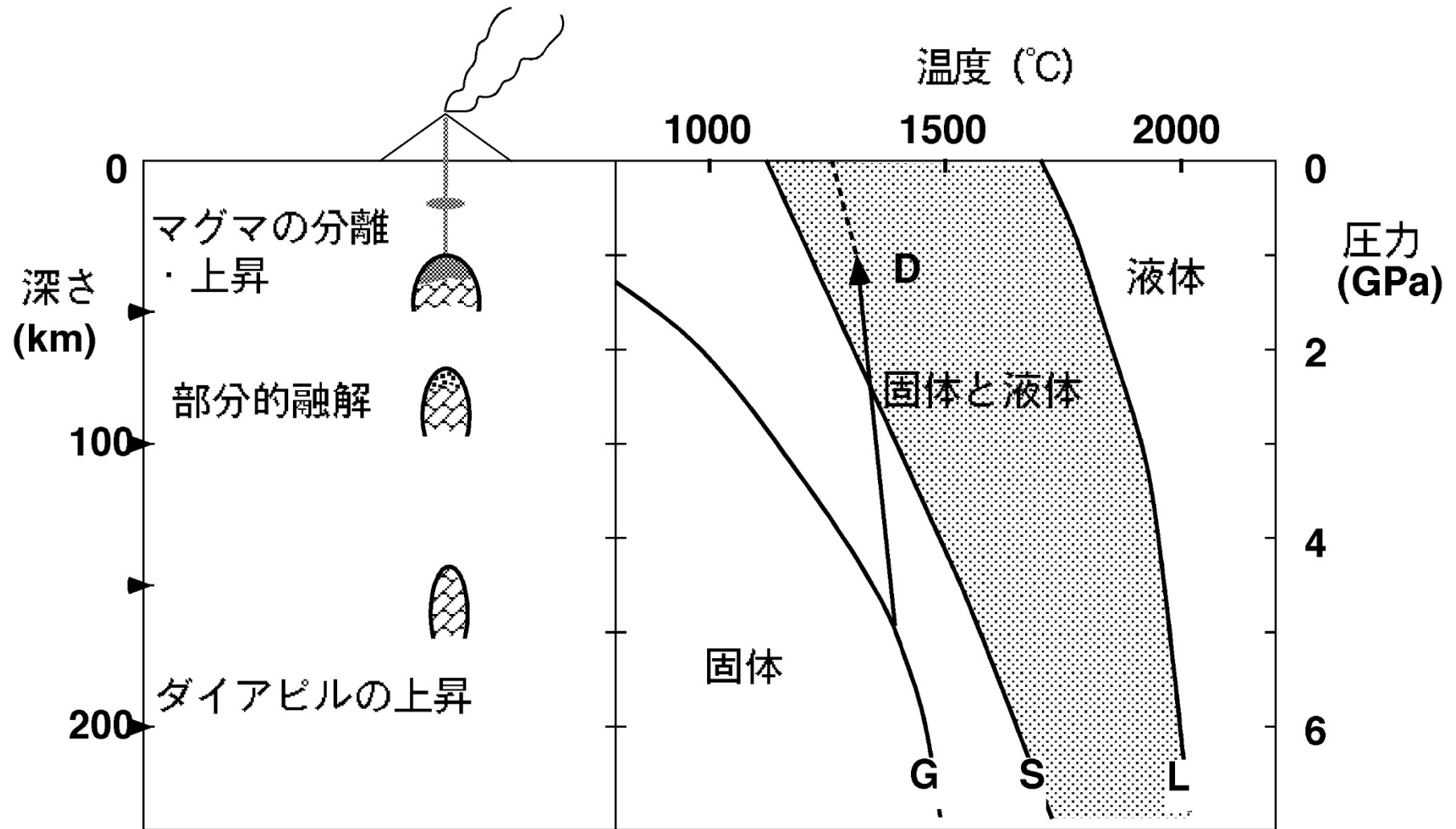
岩石の融点は一様に正の圧力依存性をもつ

\* 揮発性成分の添加

揮発性成分（特に H<sub>2</sub>O）は融点降下をもたらす



# マントルダイアピルとマグマ発生



G : 地球内部の温度, S : 融け始めの温度

# マグマの発生＝岩石の融解

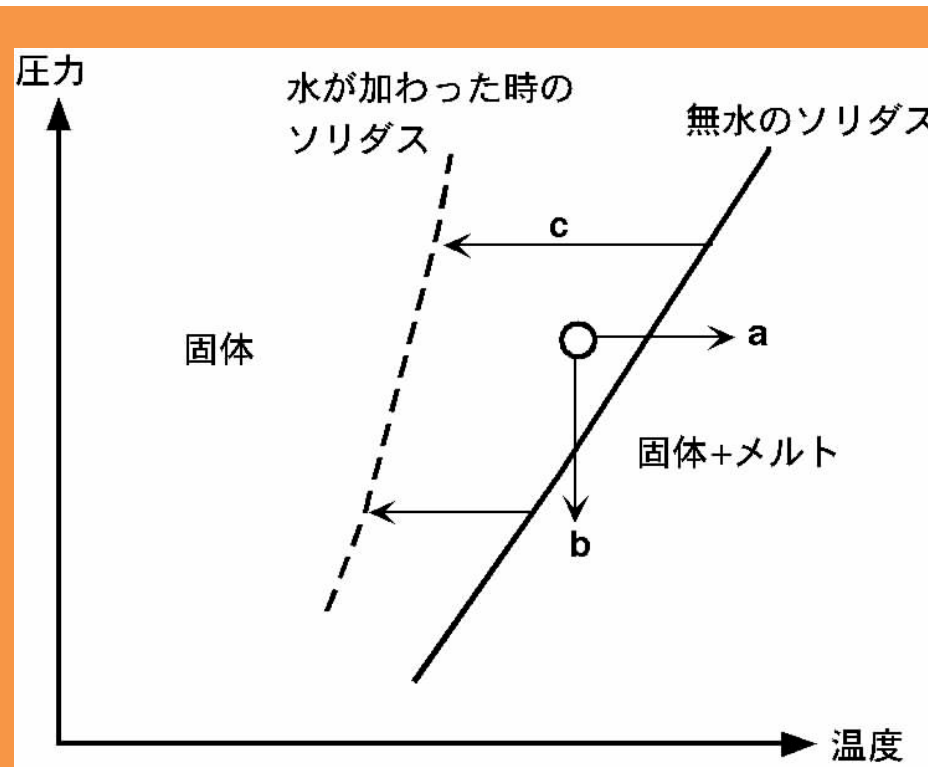
→ 岩石の融点以上の温度条件

- \* 温度上昇
- \* 圧力低下

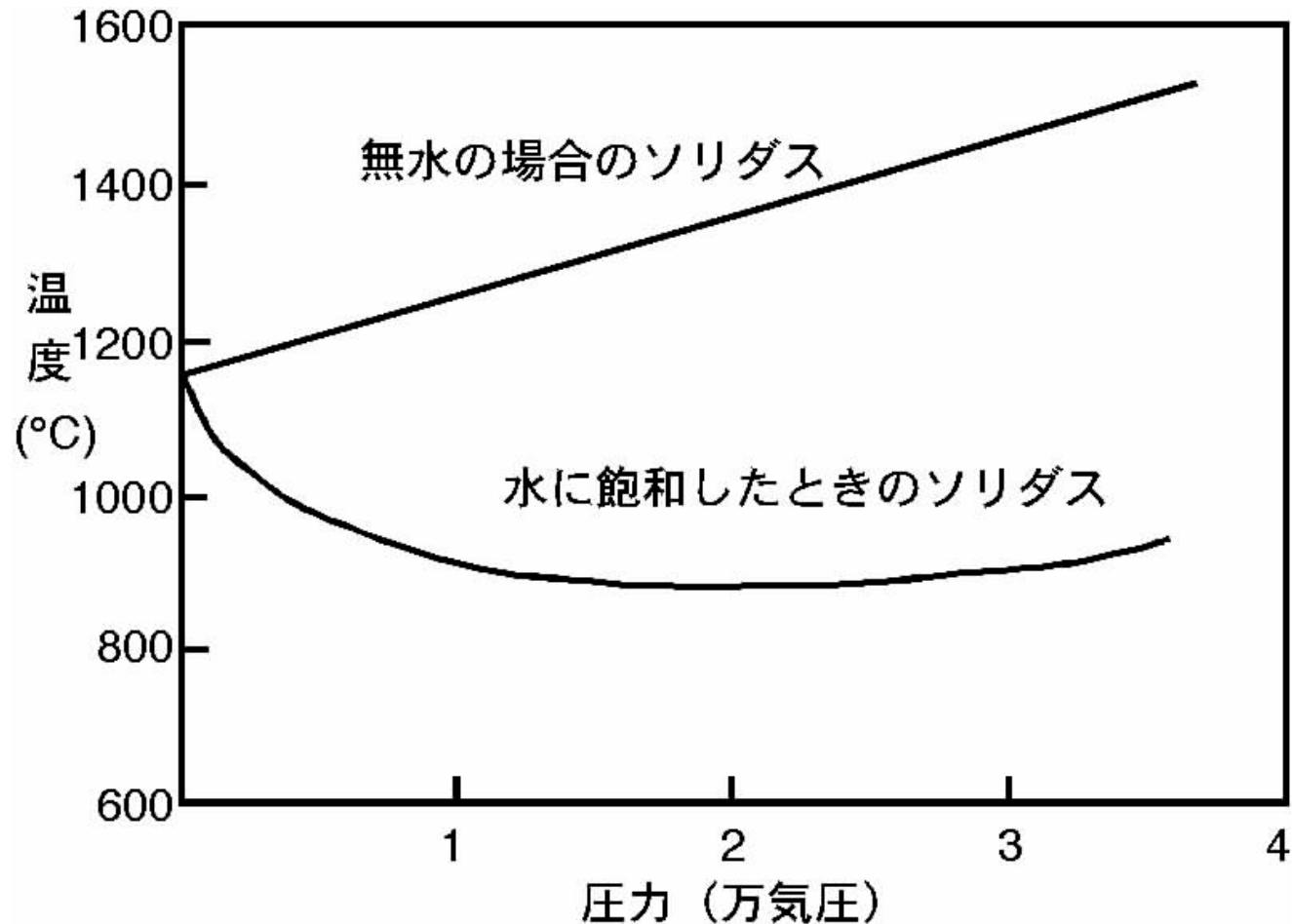
岩石の融点是一般に正の圧力依存性をもつ

- \* 揮発性成分の添加

揮発性成分（特に H<sub>2</sub>O）は融点降下をもたらす



# 水があると融点が下がる

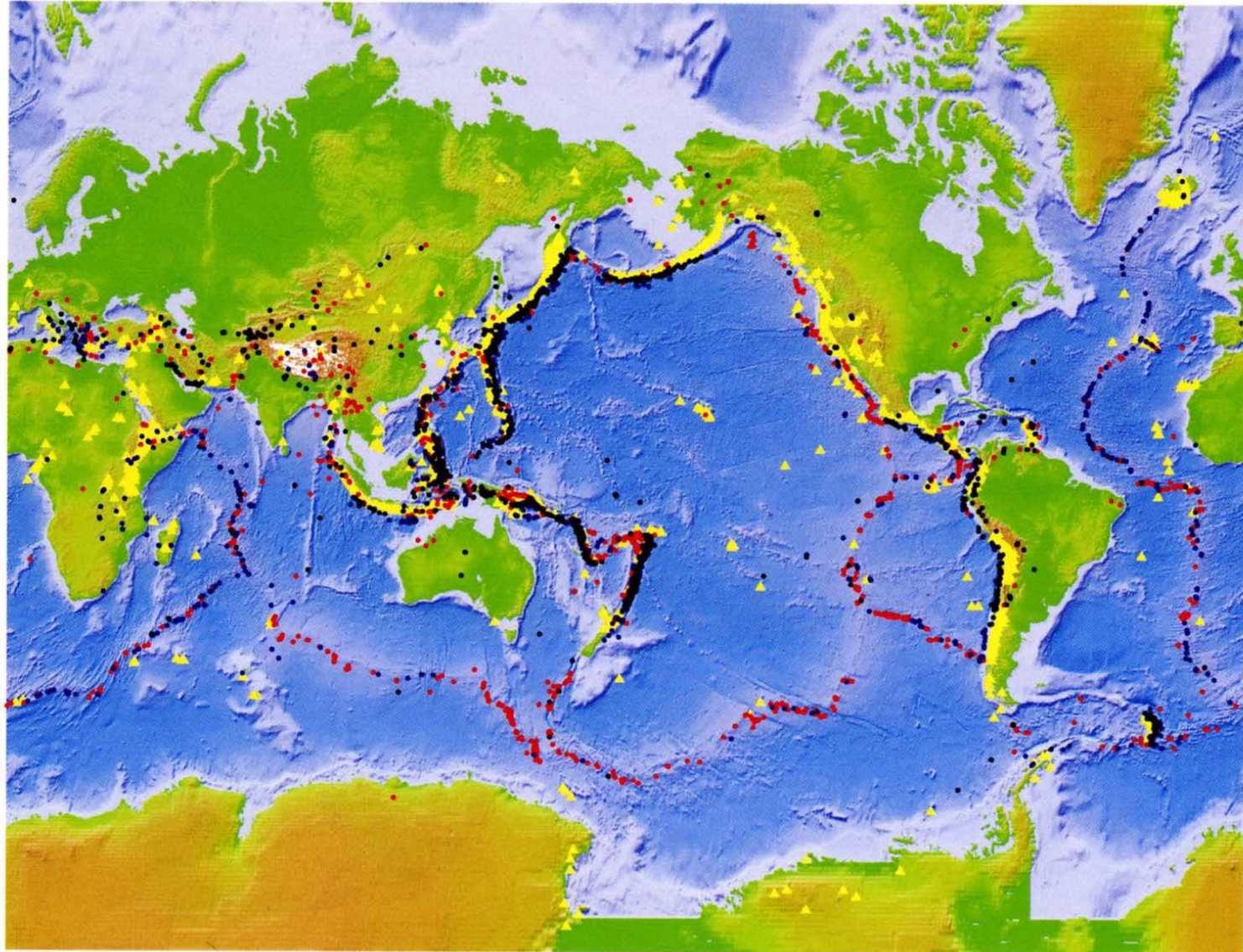


1 万気圧 = 10kbar = 1GPa → 30km 深さ

# 現在、マグマが活動する場（火山活動の場）

- \* プレート生産の場：大洋（海洋）中央海嶺  
( Mid-oceanic Ridge)  
ex. 大西洋中央海嶺，アイスランド  
東太平洋海膨
- \* プレート沈み込みの場（消費の場）：弧状列島  
日本列島，伊豆マリアナ諸島，  
アメリカ西海岸
- \* プレート内の点：ホットスポット  
ex. ハワイ諸島

# 地震とマグマの活動する場所



\*

東京大学地震研究所編『地球ダイナミクスとトモグラフィー〈地球科学の新展開1〉』朝倉書店、2002年、口絵1「地形と地震・火山の分布」

# 現在、マグマが活動する場（火山活動の場）

- \* プレート生産の場：大洋（海洋）中央海嶺  
( Mid-oceanic Ridge)

ex. 大西洋中央海嶺，アイスランド  
東太平洋海膨

熱いマントル物質のわきあがり

- \* プレート沈み込みの場（消費の場）：弧状列島

日本列島，伊豆マリアナ諸島，  
アメリカ西海岸

マントルへの水の付加

- \* プレート内の点：ホットスポット

ex. ハワイ諸島

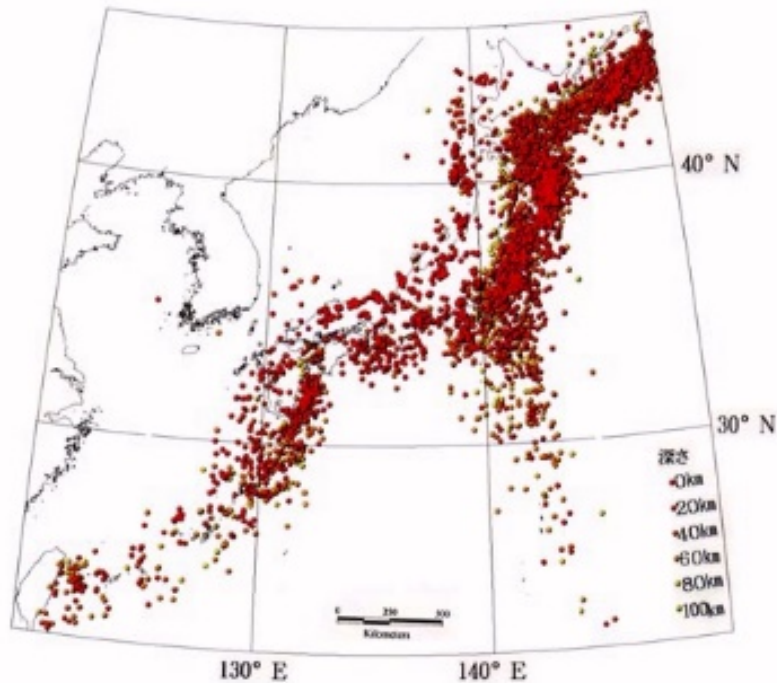
地球深部からの熱源：マントル・コア境界？

# プレートテクトニクスとマグマ

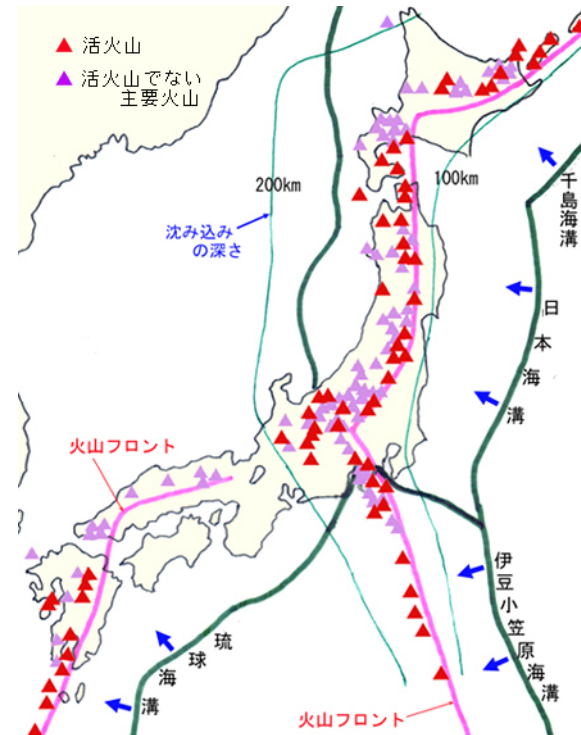
著作権等の都合により、  
ここに挿入されていた画像を削除しました

プレートテクトニクスの図  
Hans-Ulrich Schmincke, Volcanism, Springer, 2005  
p14, Fig2.2

# 日本の地震と火山



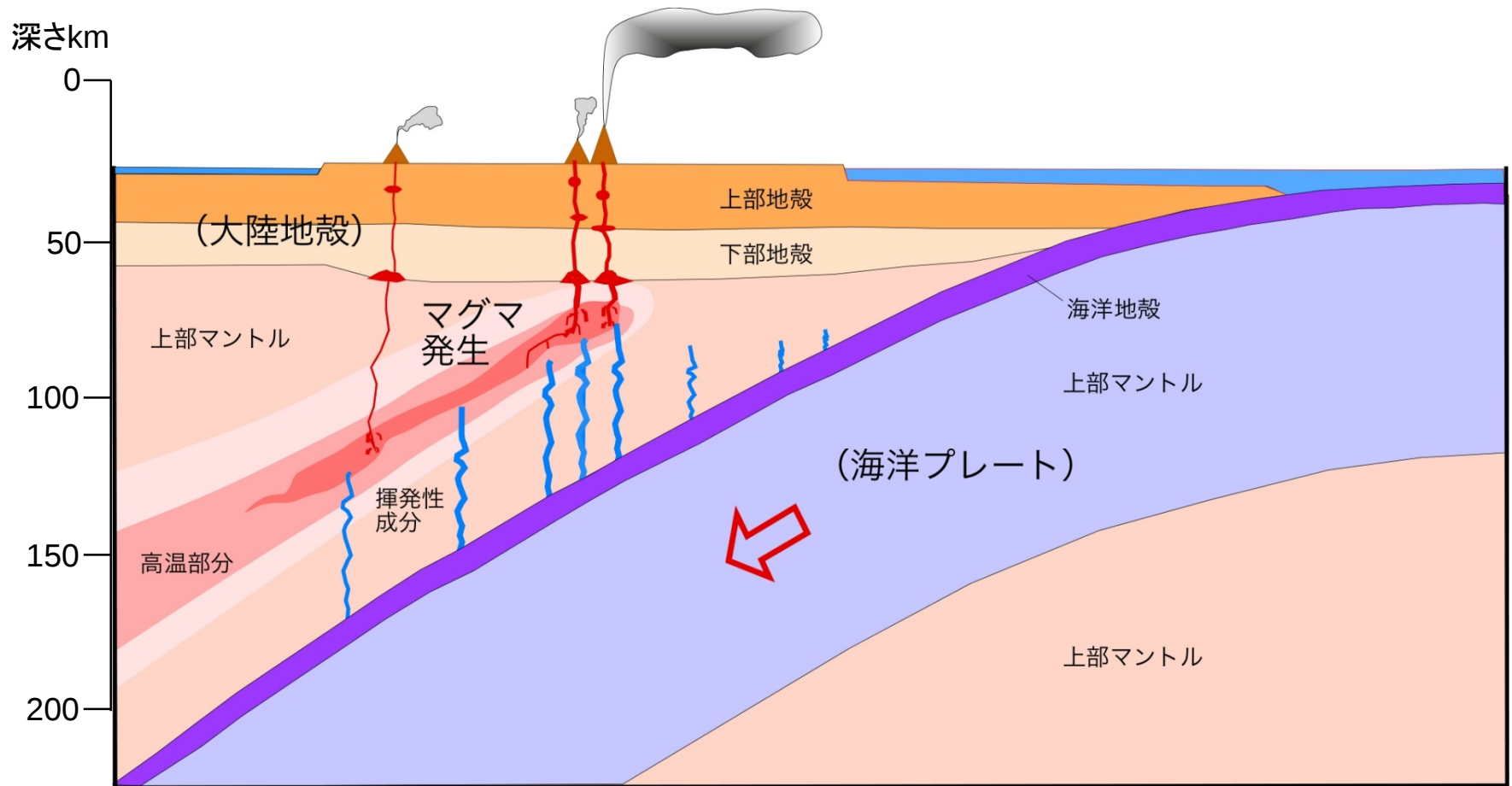
\* 文部科学省  
地震防災研究推進本部  
日本の地震活動  
[https://www.jishin.go.jp/resource/seismicity\\_japan/](https://www.jishin.go.jp/resource/seismicity_japan/)  
図2-2 日本列島とその周辺のM5以上の地震(1926年～1995年、深さ100km以浅)



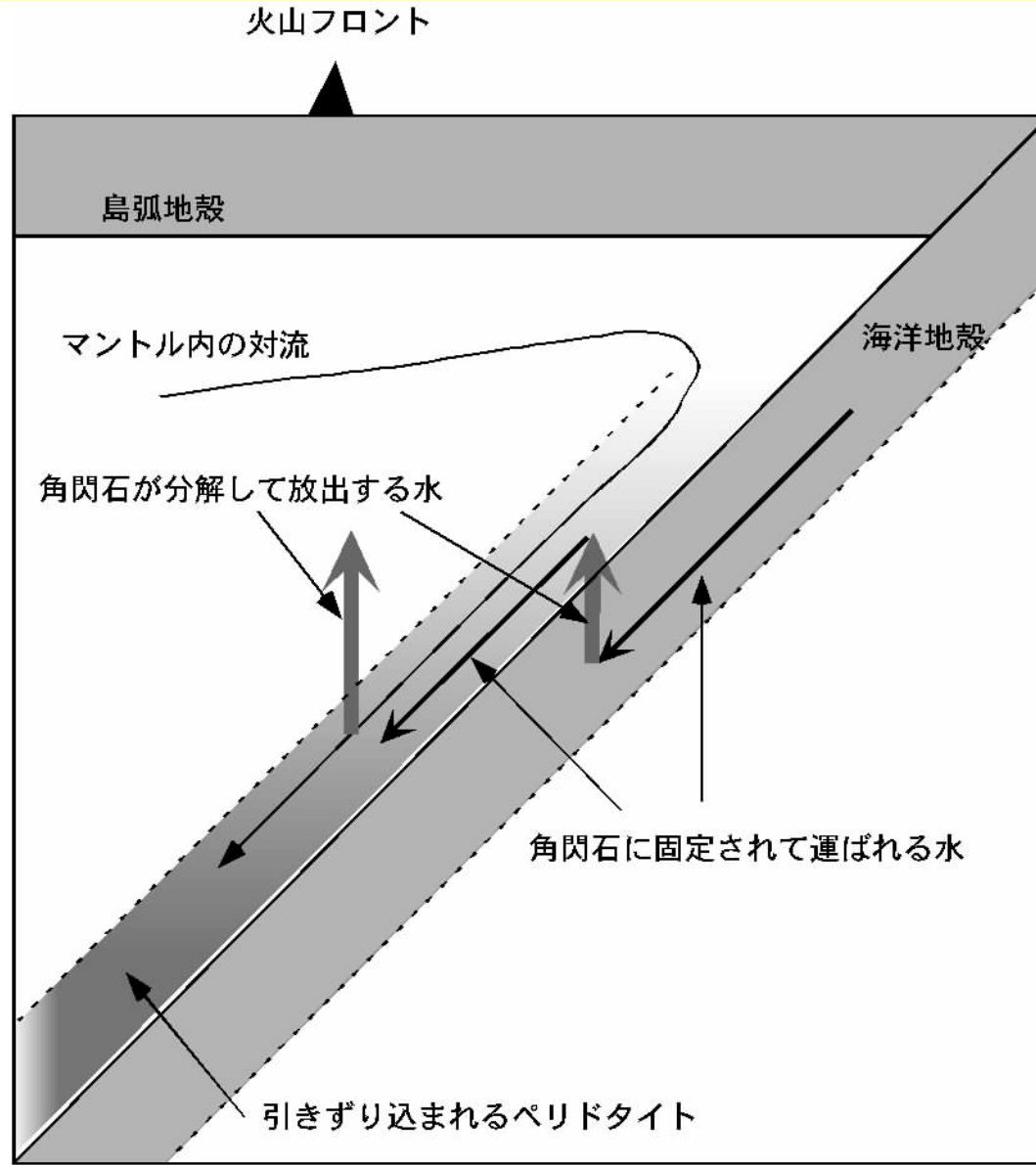
\* 防災基礎講座  
図2.12 火山の分布とプレート境界  
[https://dil.bosai.go.jp/workshop/03kouza\\_yosoku/s02yuuin/f12kazan.htm](https://dil.bosai.go.jp/workshop/03kouza_yosoku/s02yuuin/f12kazan.htm)

**震源の濃集域と火山の分布は平行だけど一致しない**

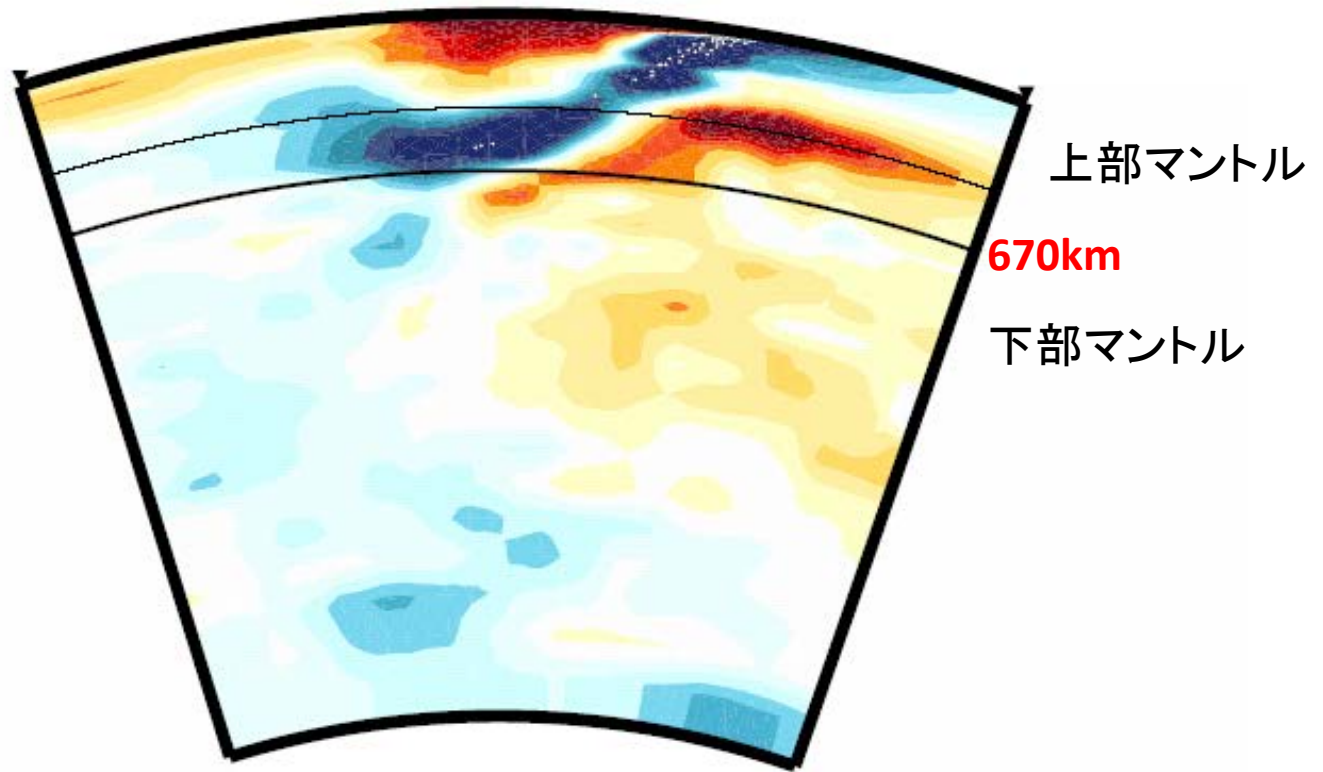
# 沈み込み帯のマグマ生成



# 沈み込んだプレートから水が十分に放出されるのはプレートの深さが100kmを超えたあたり

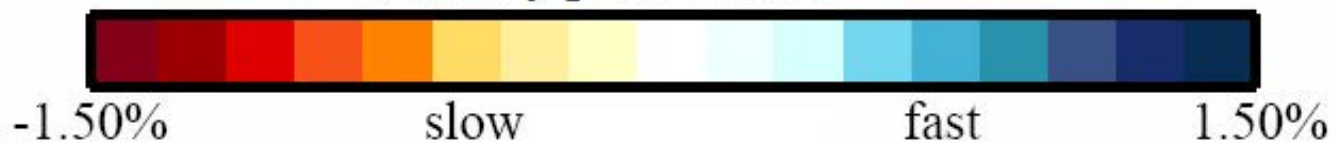


# 地震波でみた日本の下のマントル

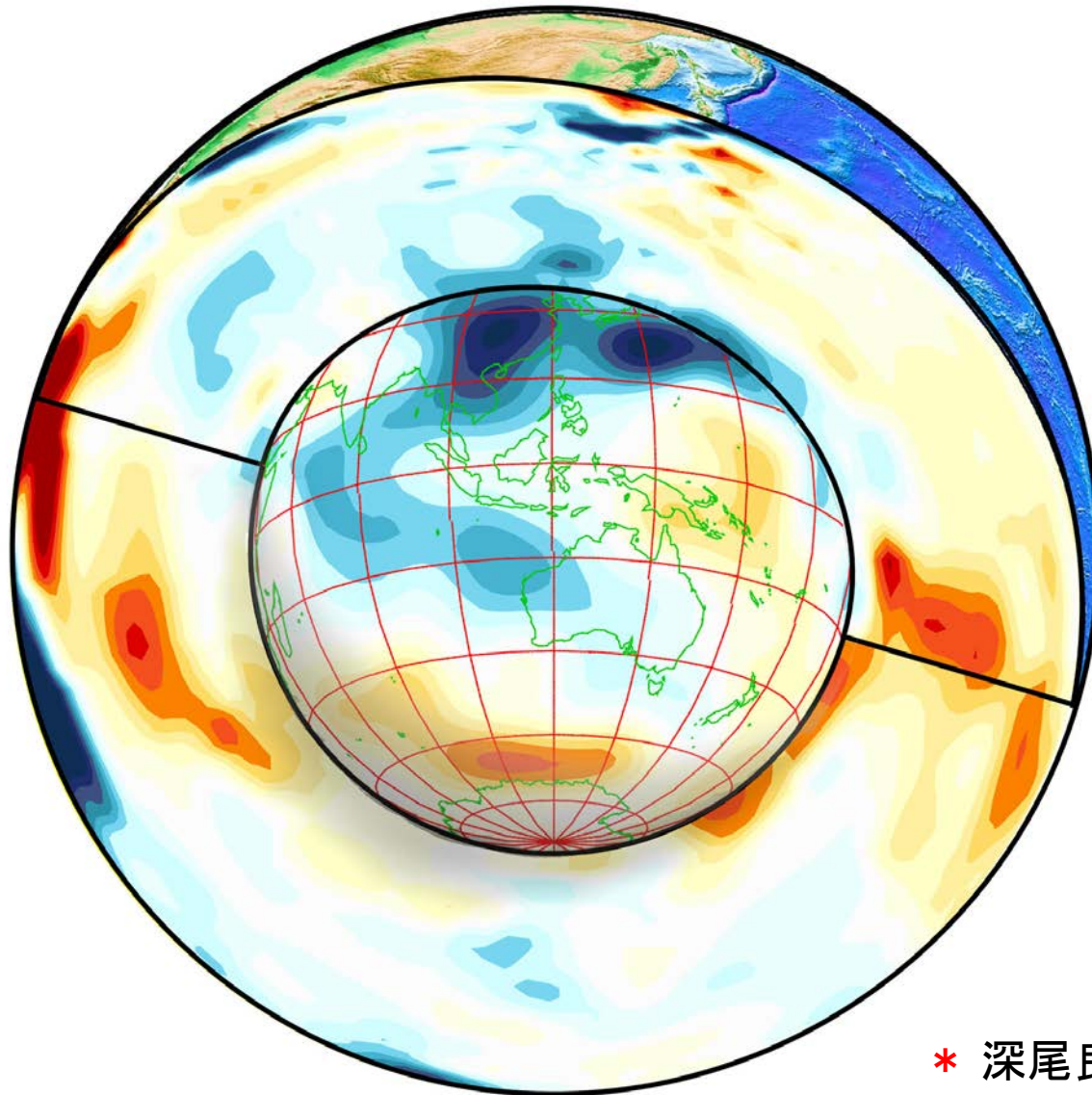


\*  
深尾良夫氏ご提供

Velocity perturbation

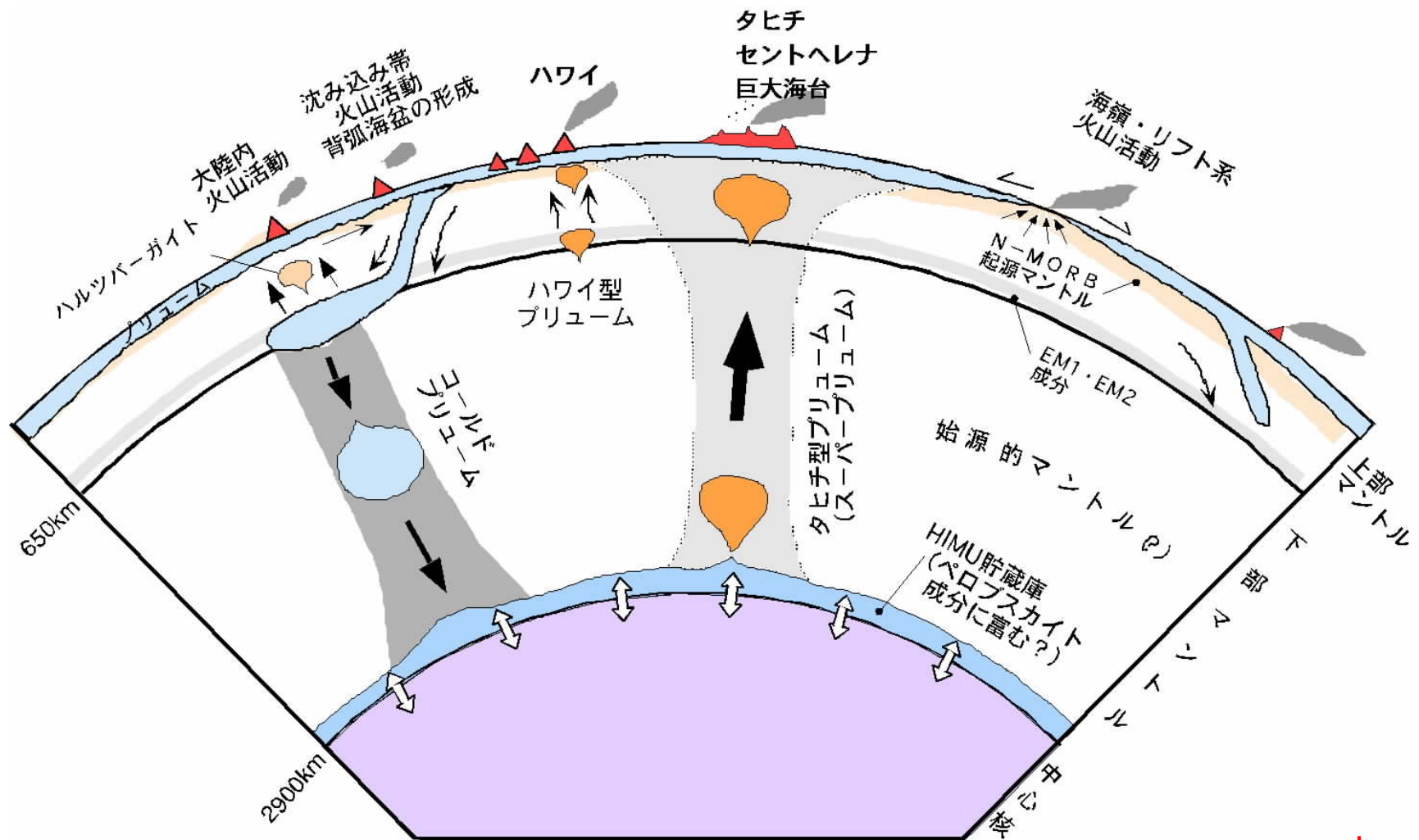


# 地震波でみた地球内部



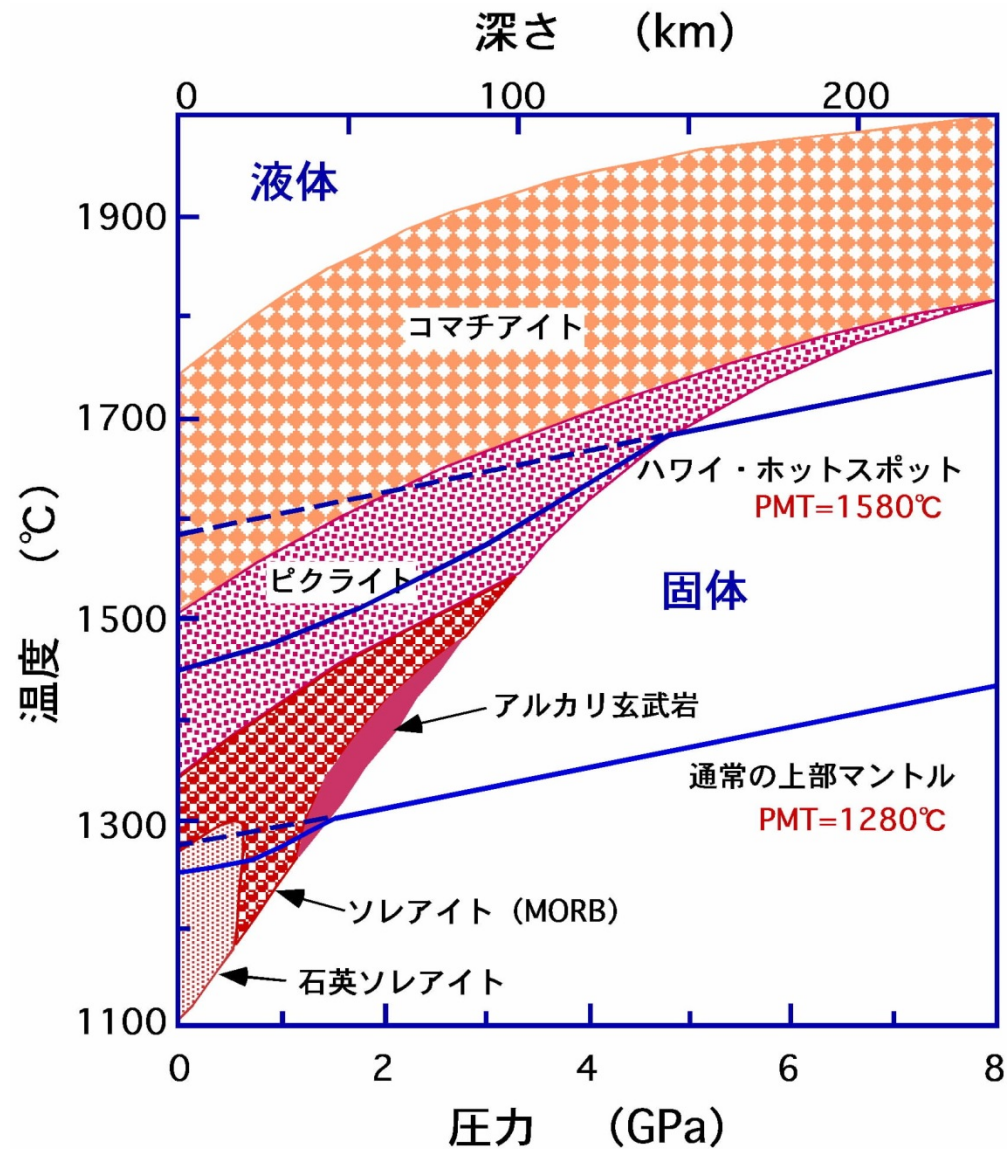
\* 深尾良夫氏ご提供

# 地球規模でのマグマ生産の概念



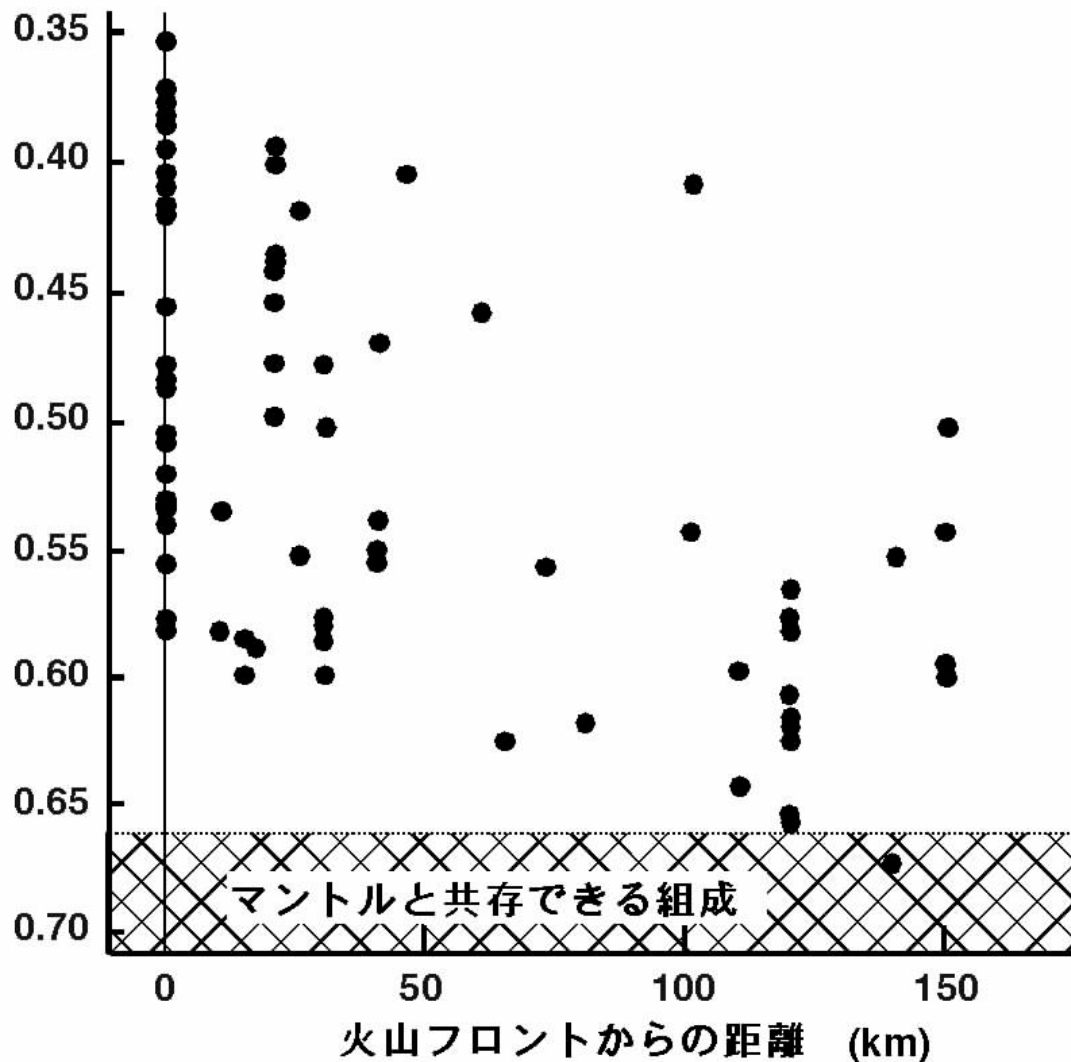
\*

# マントルの温度とマグマの種類



# 日本のマグマもマントルでできたマグマ？

玄武岩の $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ 比

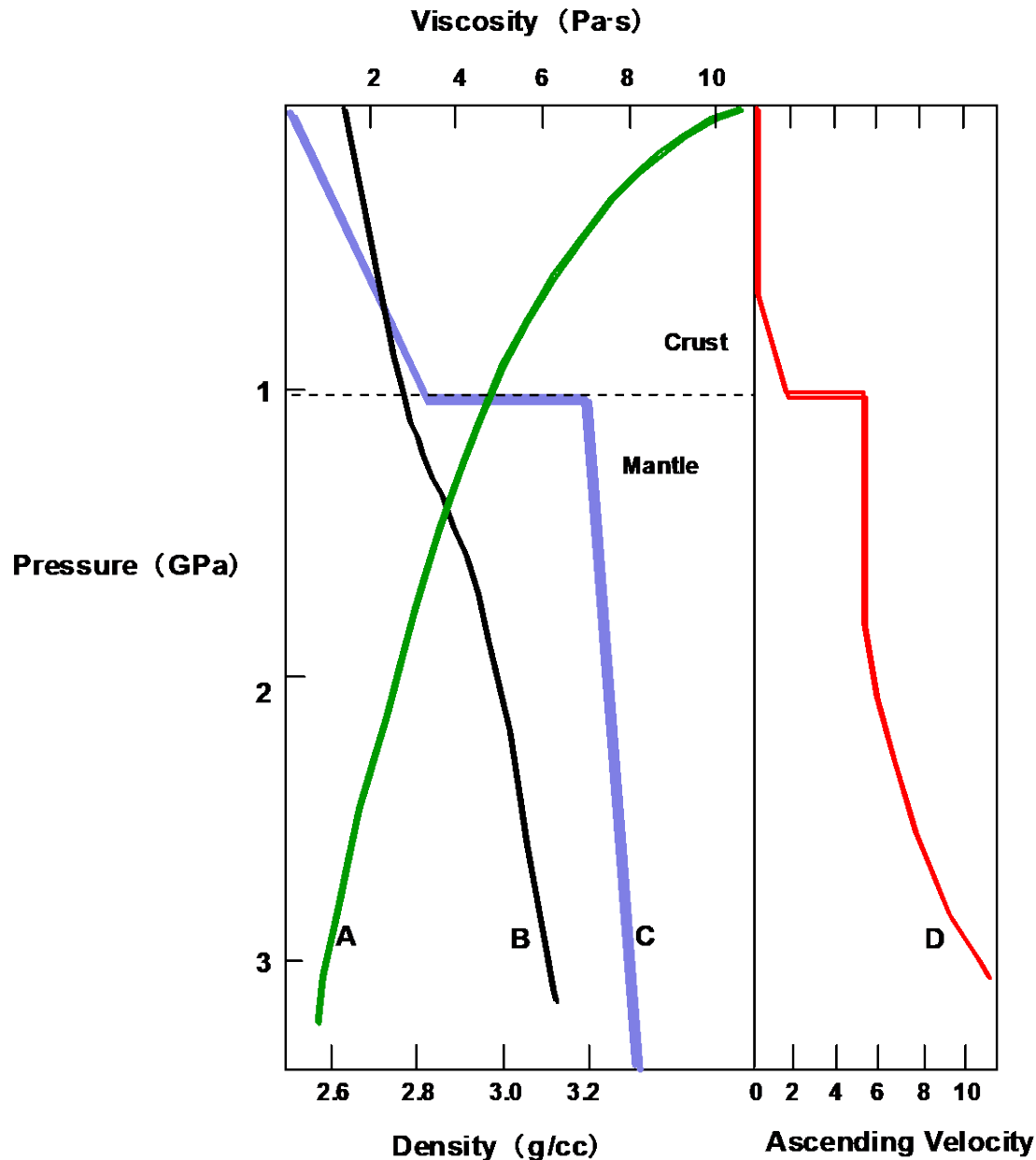


日本で見られるマグマは  
マントルでできたマグマが  
分化したり, 地殻物質を再  
溶融したり, それらが混ざ  
り合っている

多種類のマグマ

安山岩, デイサイトが多く,  
玄武岩は少ない

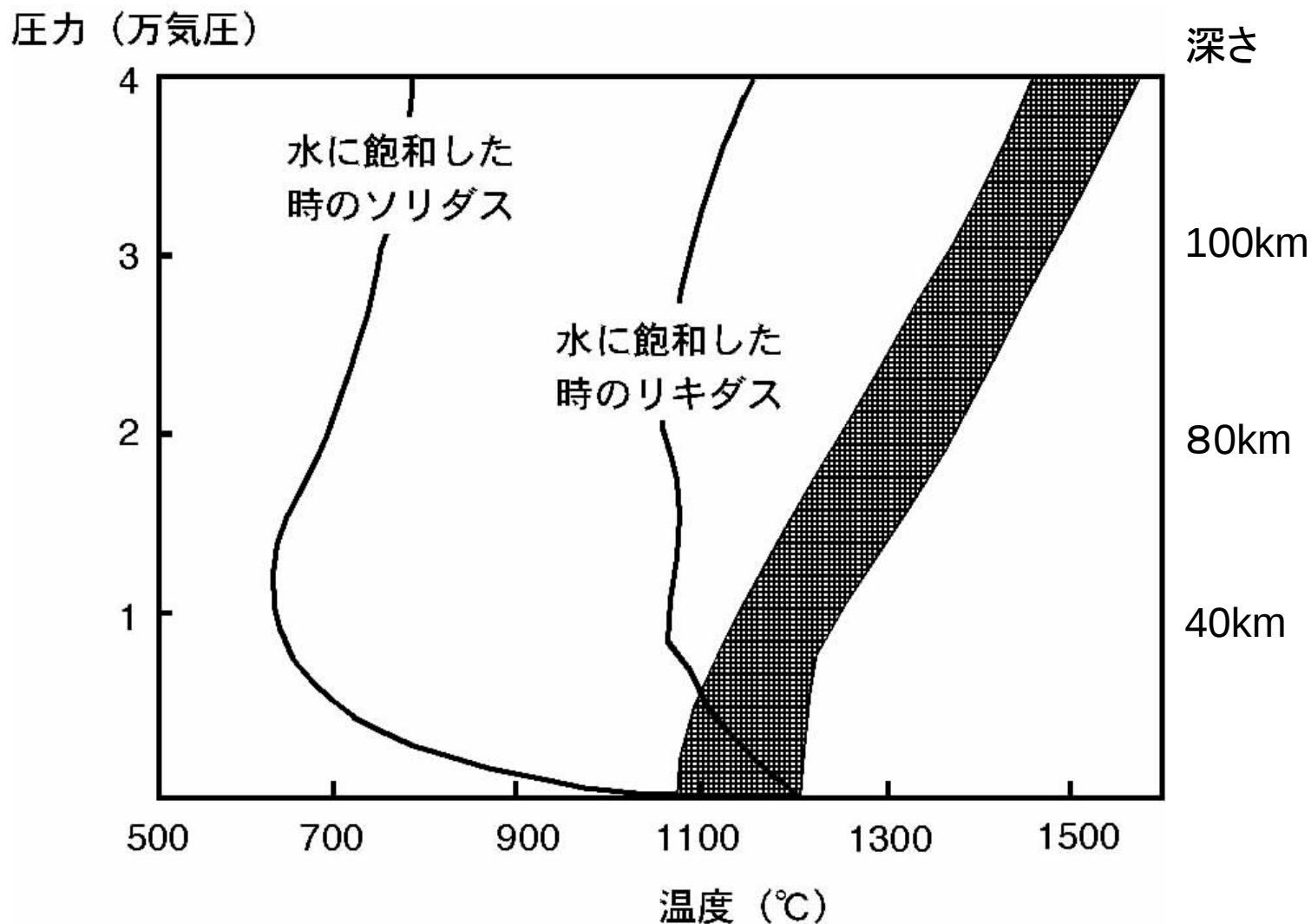
# マグマの物性と移動速度



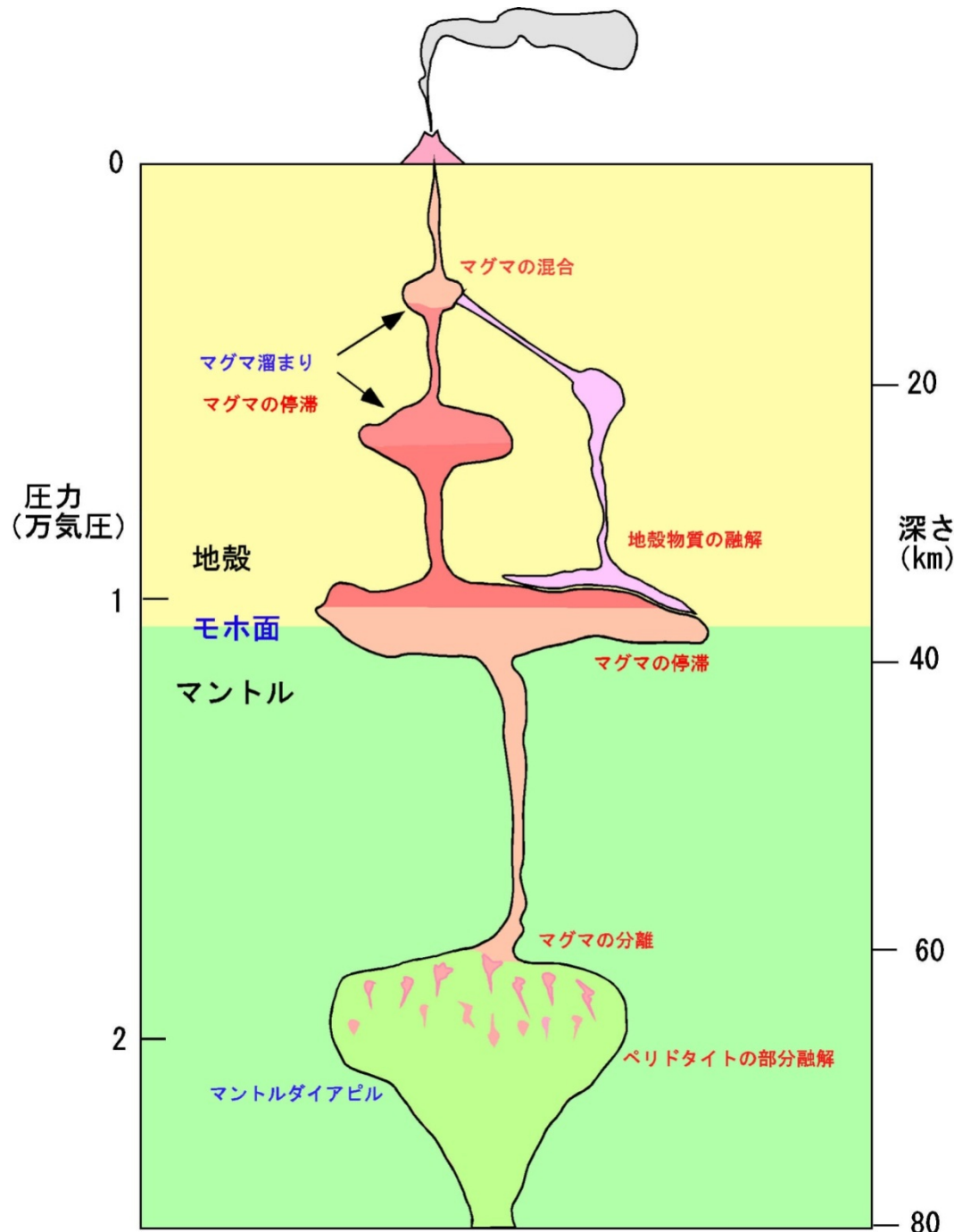
- A: マグマの粘性
- B: マグマの密度
- C: 周囲の岩石の密度
- D: マグマの移動速度

マグマは地殻下部  
にたまりやすい

# 地殻物質はマントルよりも低温で溶ける



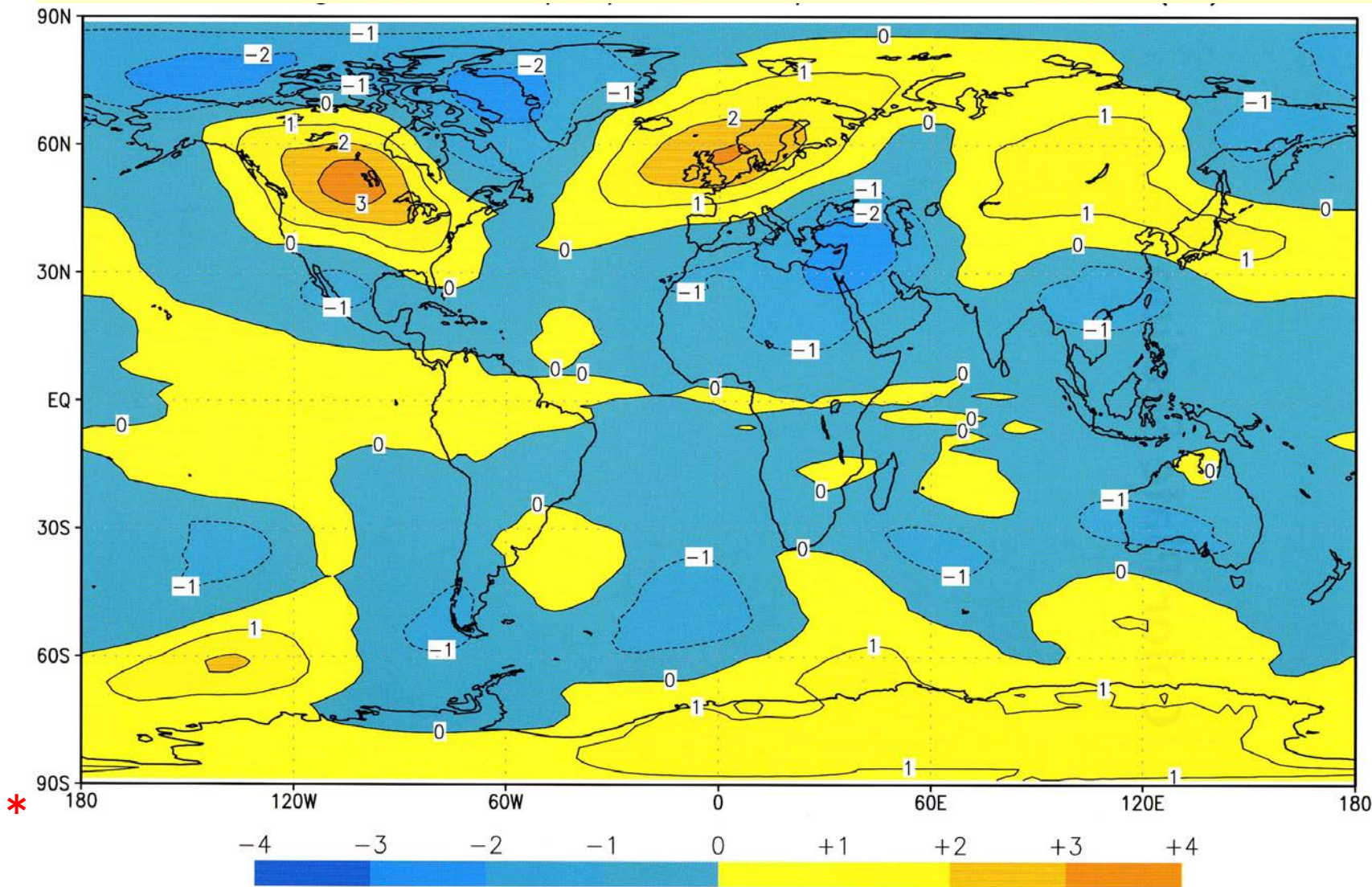
# マグマの生成から噴火まで



マグマのもととはマントル  
でつくられる  
いったん地殻下部で停  
滞し、分化のあと、地殻  
上部のマグマ溜まりへ

# 地球規模気候への 火山噴火の影響

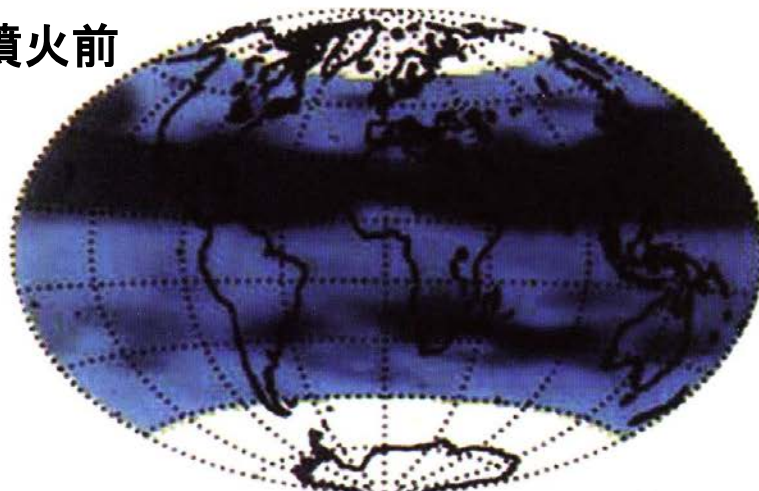
# ピナツボ噴火後の対流圏の温度異常



# ピナツボ噴火と太陽光透過率

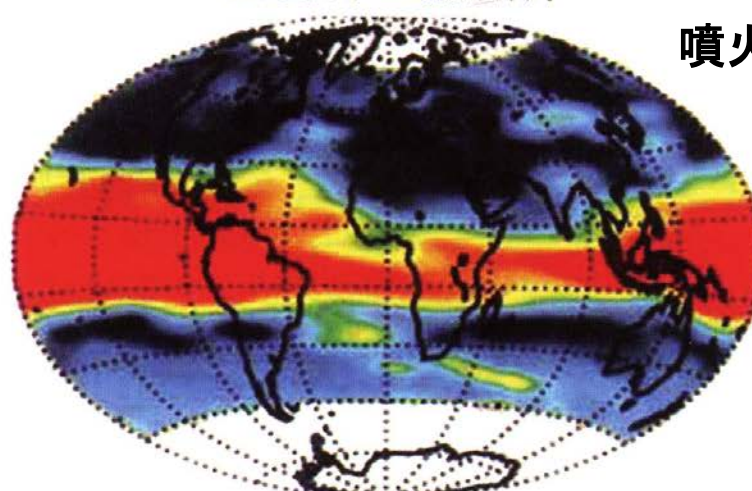
噴火前

10/04/91 — 13/05/91

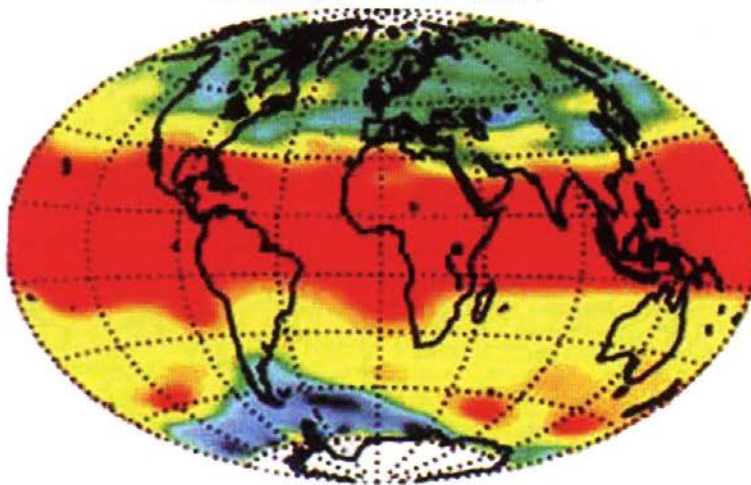


15/06/91 — 25/07/91

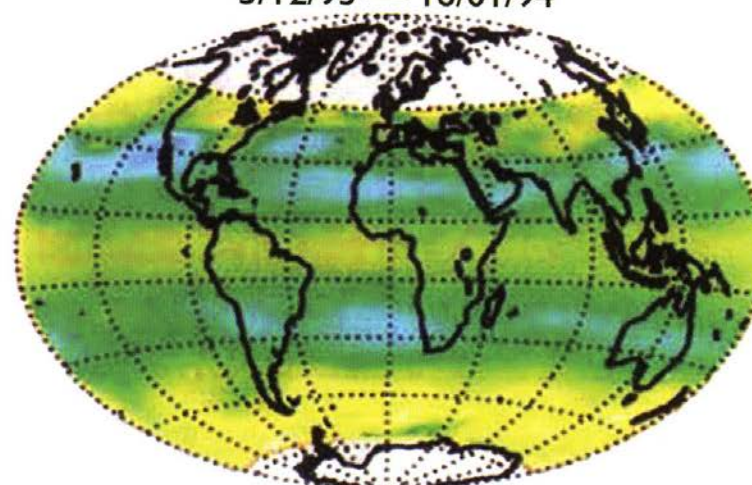
噴火直後



23/08/91 — 30/10/91



5/12/93 — 16/01/94



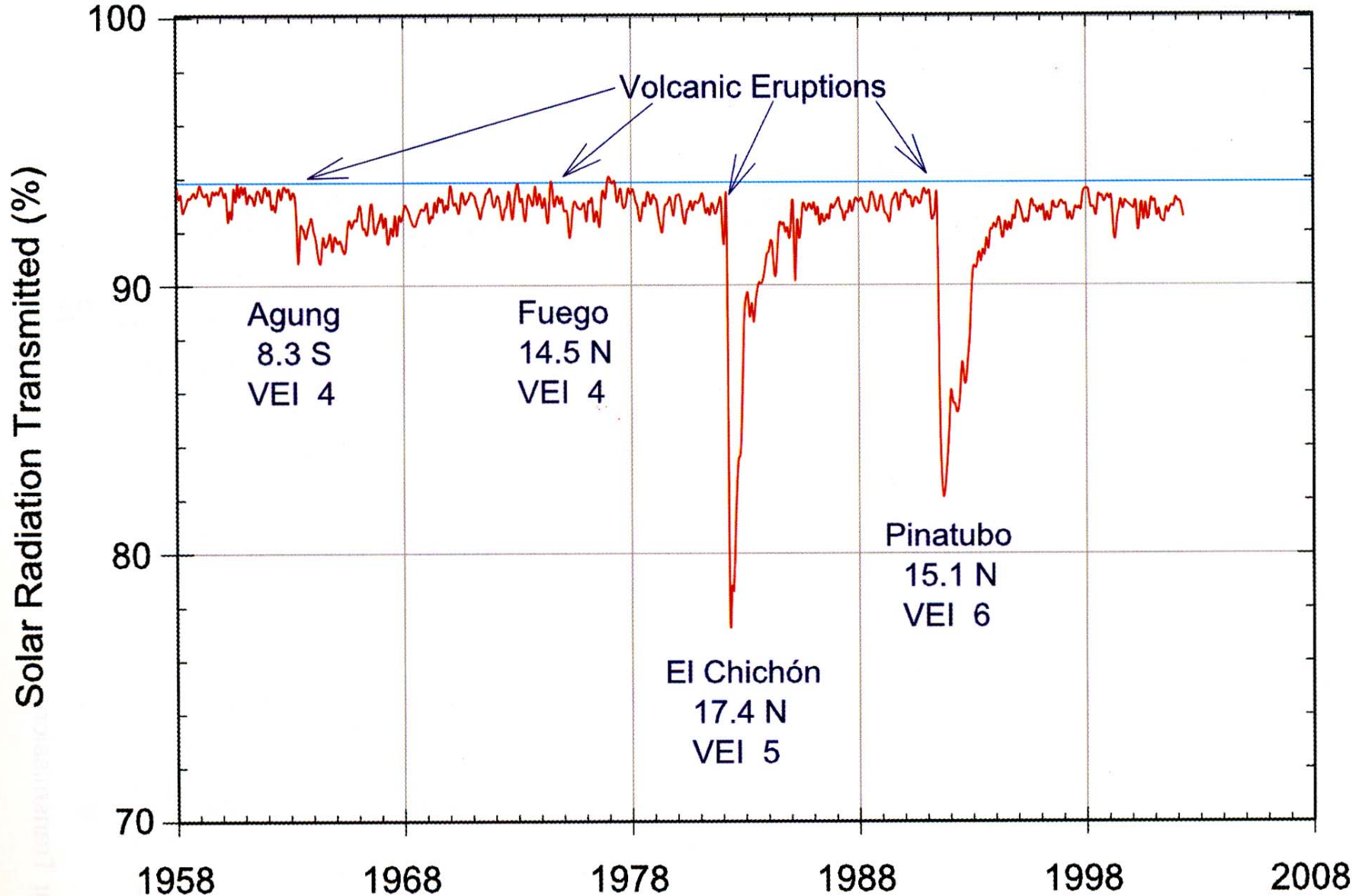
SAGE II 1020 nm Optical Depth



\*

# エアロゾルによる太陽光の透過率の低下 火山噴火の影響

U.S. Department of Commerce  
National Oceanic & Atmospheric Administration  
NOAA Research,  
Earth System Research Laboratory,  
Global Monitoring Division  
<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/programs/esrl/solar/solar.html>

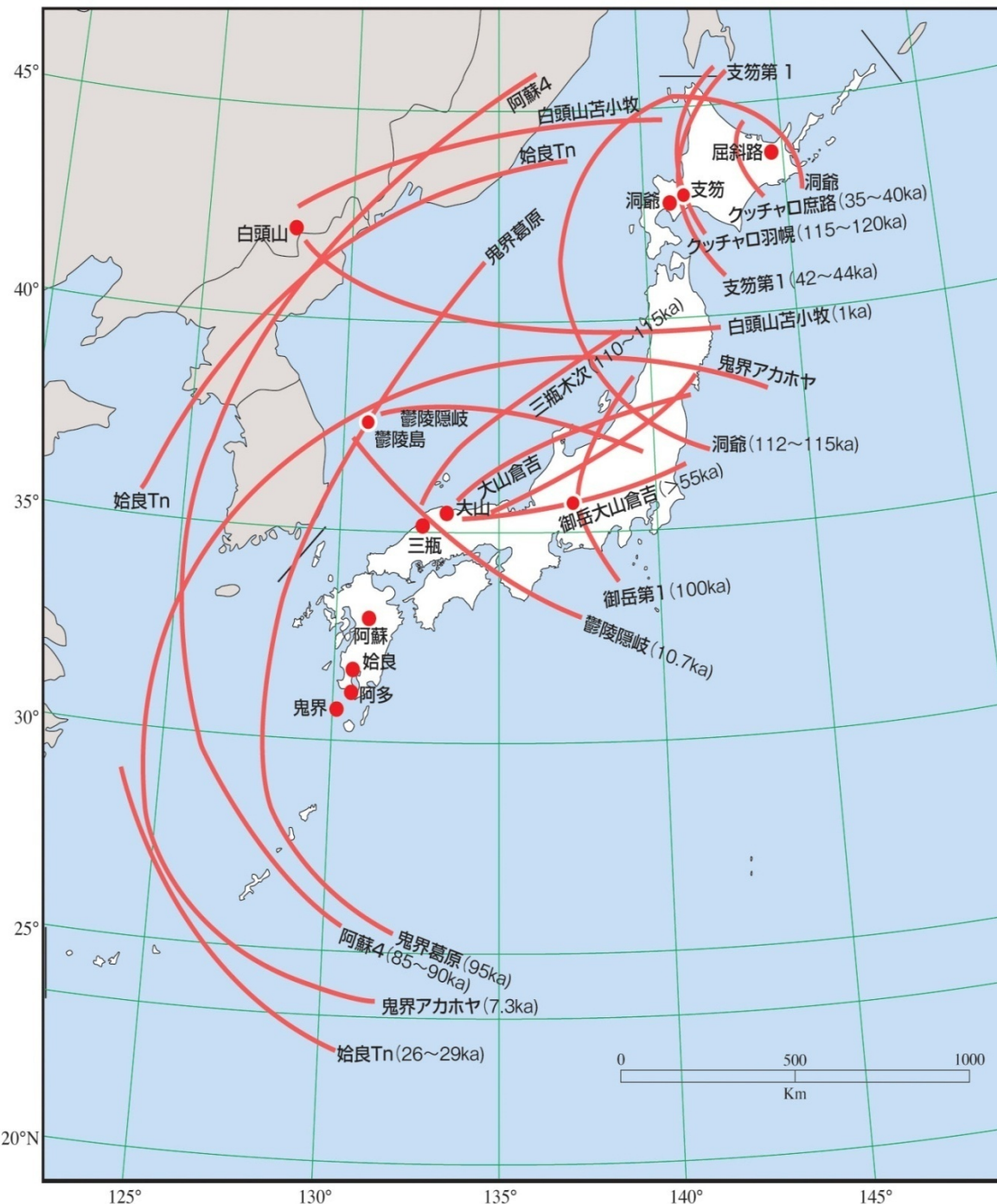


現代人が経験したことのない  
巨大噴火

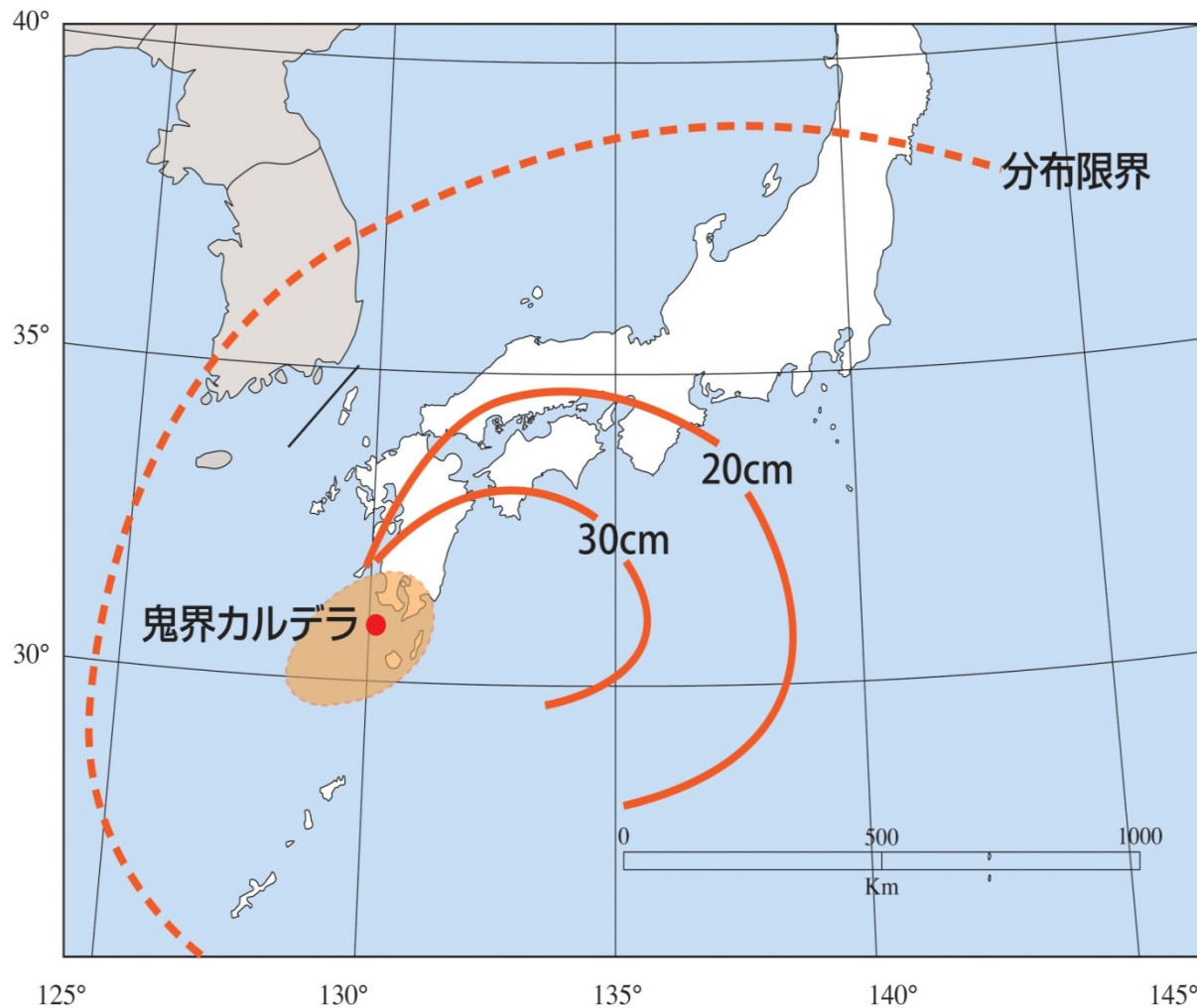
# 最近12万年間の 広域火山灰

9万年前の阿蘇4噴火  
の火山灰は日本全土  
を覆い、北海道東部  
でも10cm以上の厚さ

国立天文台編『理科年表 平成20年版』丸善、2007年  
p.688を元に作成



# 日本を火山灰で埋めた巨大噴火



## 鬼界カルデラ噴火(7300年前)

噴火地点から200kmほどの範囲には火砕流が到達、図中の数字は堆積した火山灰の厚さ、関東でも約10cm

町田洋・新井房夫『新編 火山灰アトラス: 日本列島とその周辺』東京大学出版会、2003年  
p.60 図2.1-2を元に作成

著作権等の都合により、  
ここに挿入されていた画像を削除しました

鬼界カルデラ噴火と縄文文化の関係図

小田 静夫「旧石器時代と縄文時代の火山災害」新井房夫編『火山灰考古学』

古今書院、1993年、pp.207-224

p.217 図4 K-Ah降灰以前と以降の縄文文化圏

**7300年前の鬼界カルデラ噴火の前後で土器様式が一変：噴火で  
西日本の縄文文化が壊滅（約1000年間）**

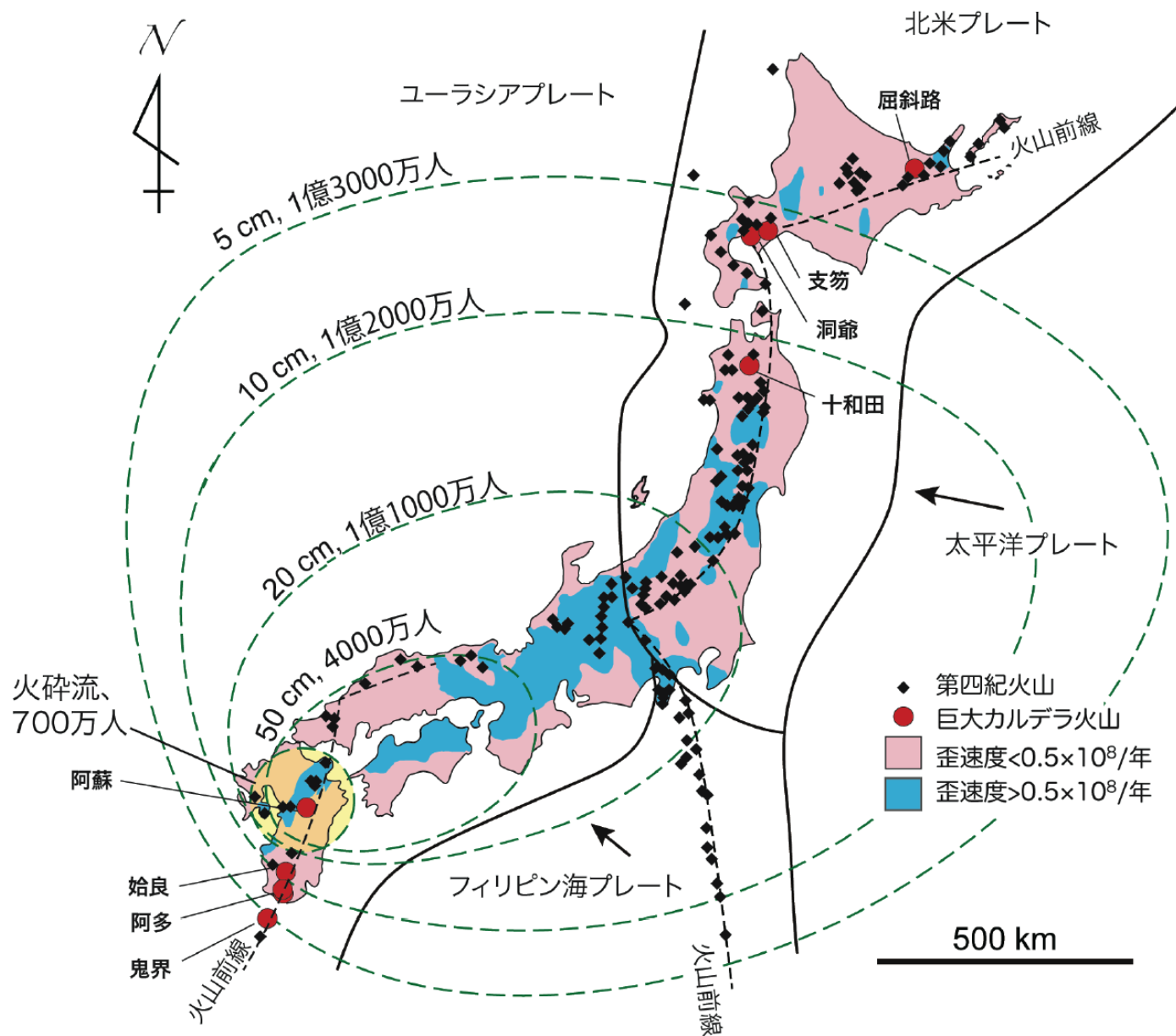
（注：図4のキャプションに6300年前とあるが、暦年補正をすると実際の年代は7300年前となる）

# 日本の巨大噴火

- 繰り返し周期は2千年から1万数千年
  - 阿蘇, 始良, 洞爺, 支笏etc
  - 12万年間に18回: 平均6千年に1回
- 最後の噴火は鬼界カルデラ
  - 今から7300年前

**今起こっても不思議はない巨大噴火**

発生地点周辺50－100kmは火砕流のため壊滅, しかし1000～2000km圏内に10cm以上の降灰, 首都圏を含めほぼ全国が火山灰まみれになるが1億人以上は生存



\*

巽好幸氏ご提供

オリジナル:  
Yoshiyuki Tatsumi, Keiko  
Suzuki-Kamata (2014)  
Cause and risk of  
catastrophic eruptions in  
the Japanese Archipelago,  
Proceedings of the Japan  
Academy, Series B 90(9):  
347-352, Fig.2.

神戸大学プレスリリース  
「巨大カルデラ噴火のメカ  
ニズムとリスクを発表」  
(2014年10月22日)  
[http://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/info/2014\\_10\\_22\\_01.html](http://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/info/2014_10_22_01.html)

図2 日本列島の巨大カルデラ火山の分布と巨大カルデラ火山噴火の最悪のシナリオ

***The End***

