



Tokyo Tech

令和6年度 技術講演会
中国地質調査業協会 岡山県支部

日本列島の下で起きていること

(地震・火山テクトニクスの視点から)

東京工業大学理学院地球惑星科学系

中島淳一

2024年9月5日

日本列島の下で起きていること

- プレートの沈み込み
- 水の放出
- マグマの生成 & 地震の発生

過去の南海トラフ地震

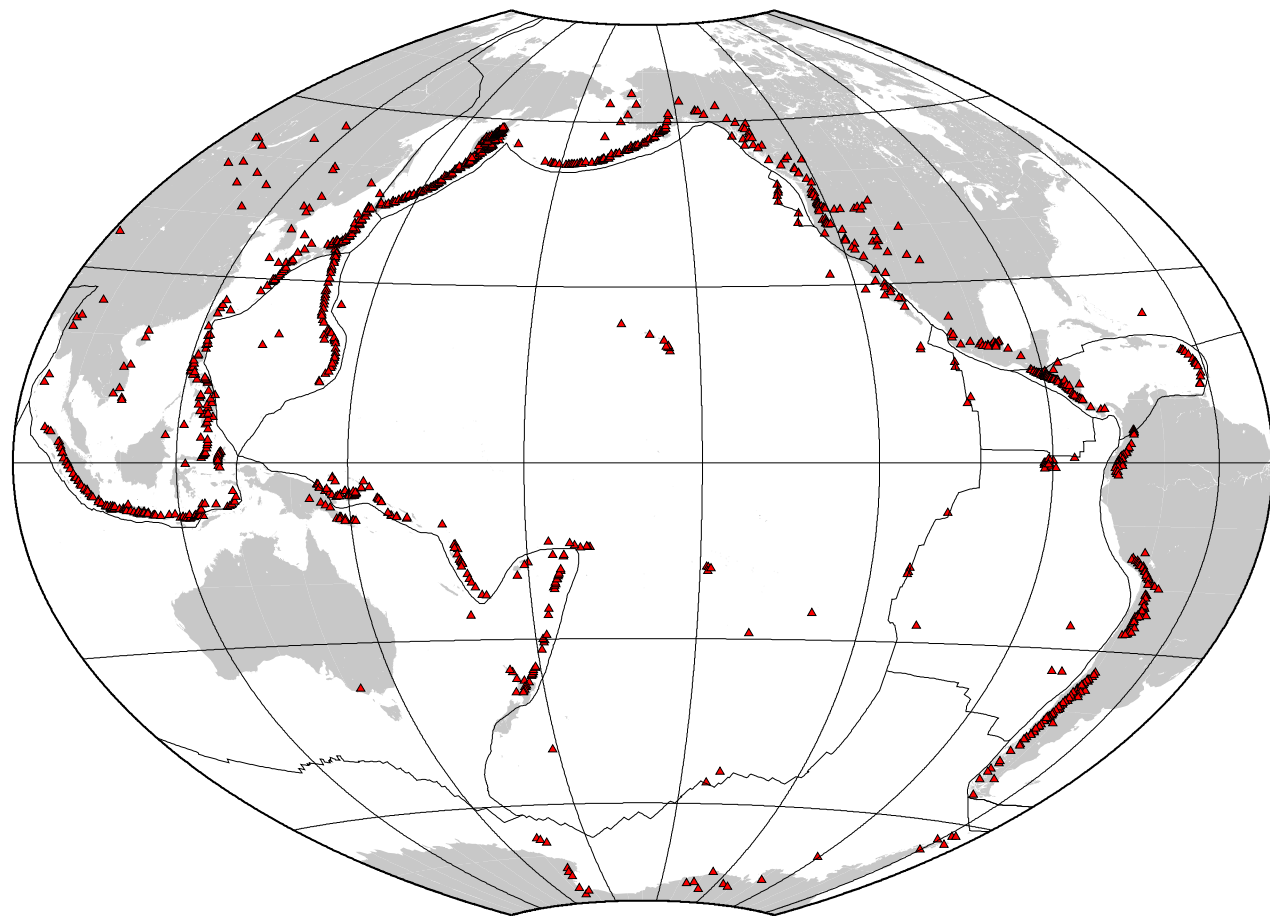
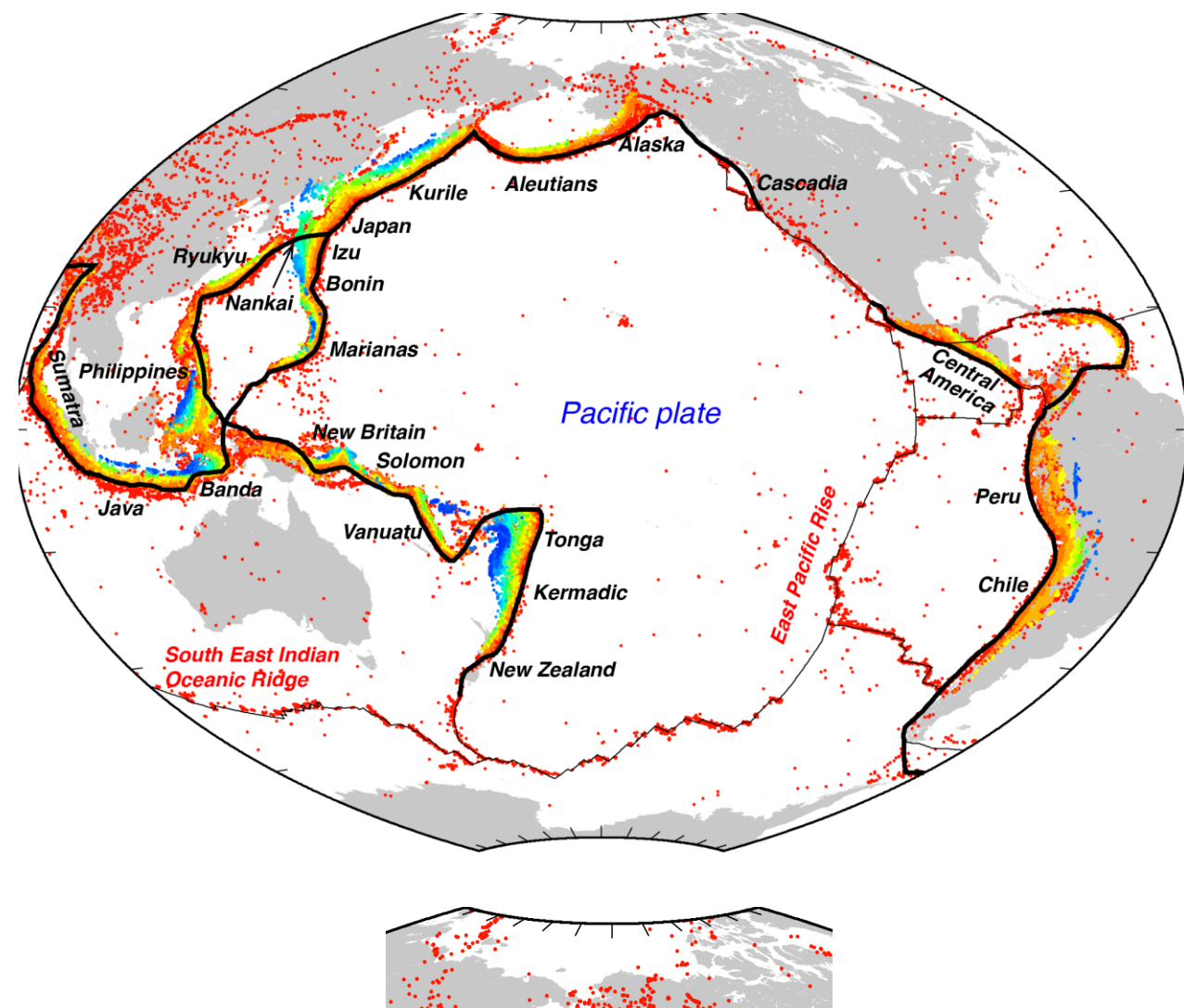
南海トラフ臨時地震情報注意

地震（火山噴火）に備える



講演資料で引用のない図は上記の書籍から、
または中島の自作

世界の地震分布と火山分布



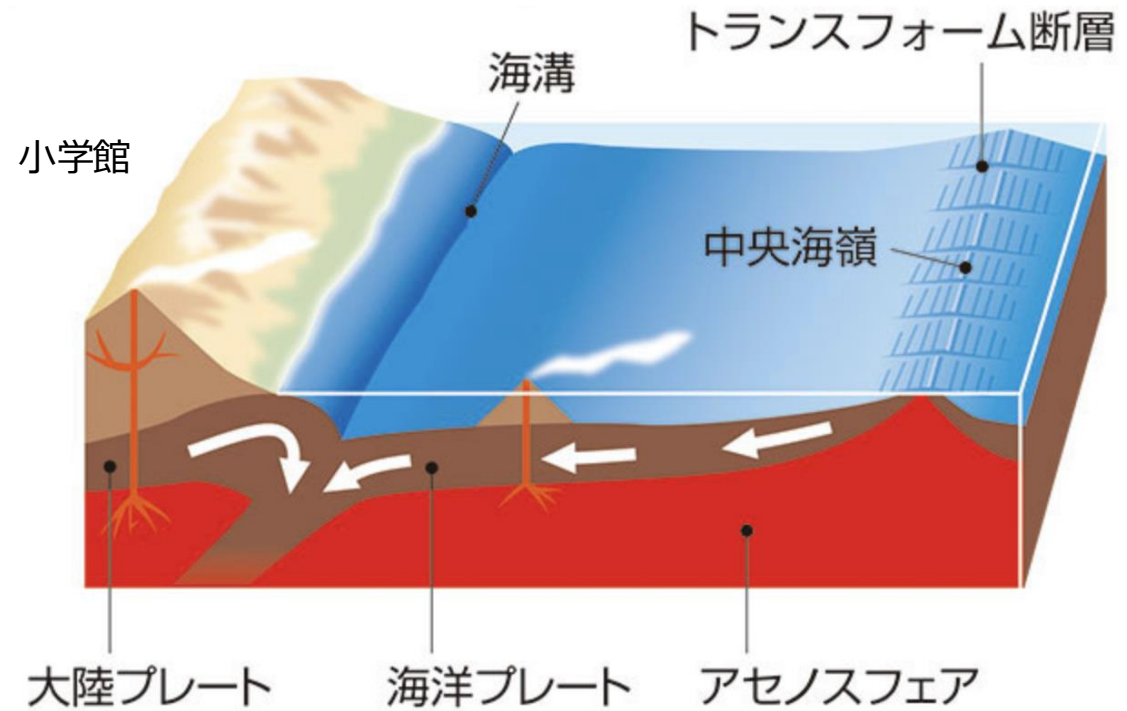
世界の主なプレート



太平洋プレート：世界最大のプレート（年齢は1億3000万歳！）

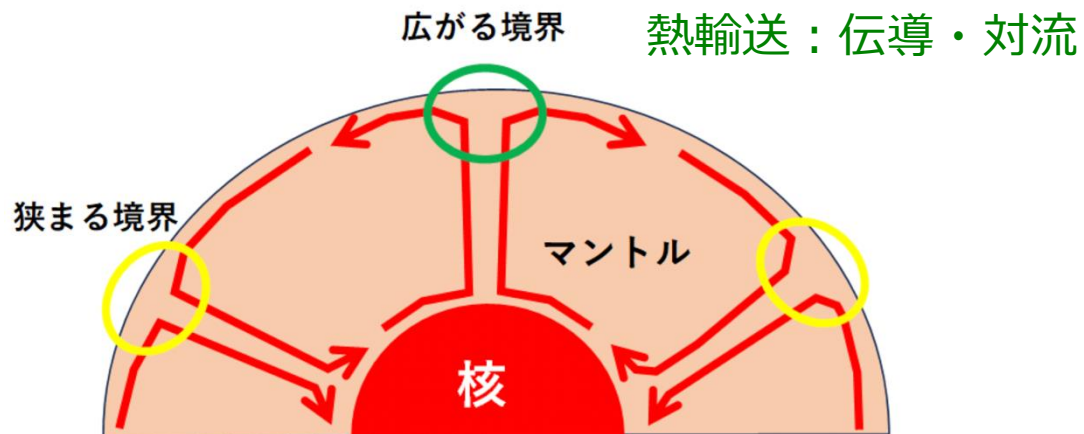
プレートテクトニクス

プレート：地殻とマントルの硬い部分
(厚さ 20-100 km)



プレートはなぜ動く？

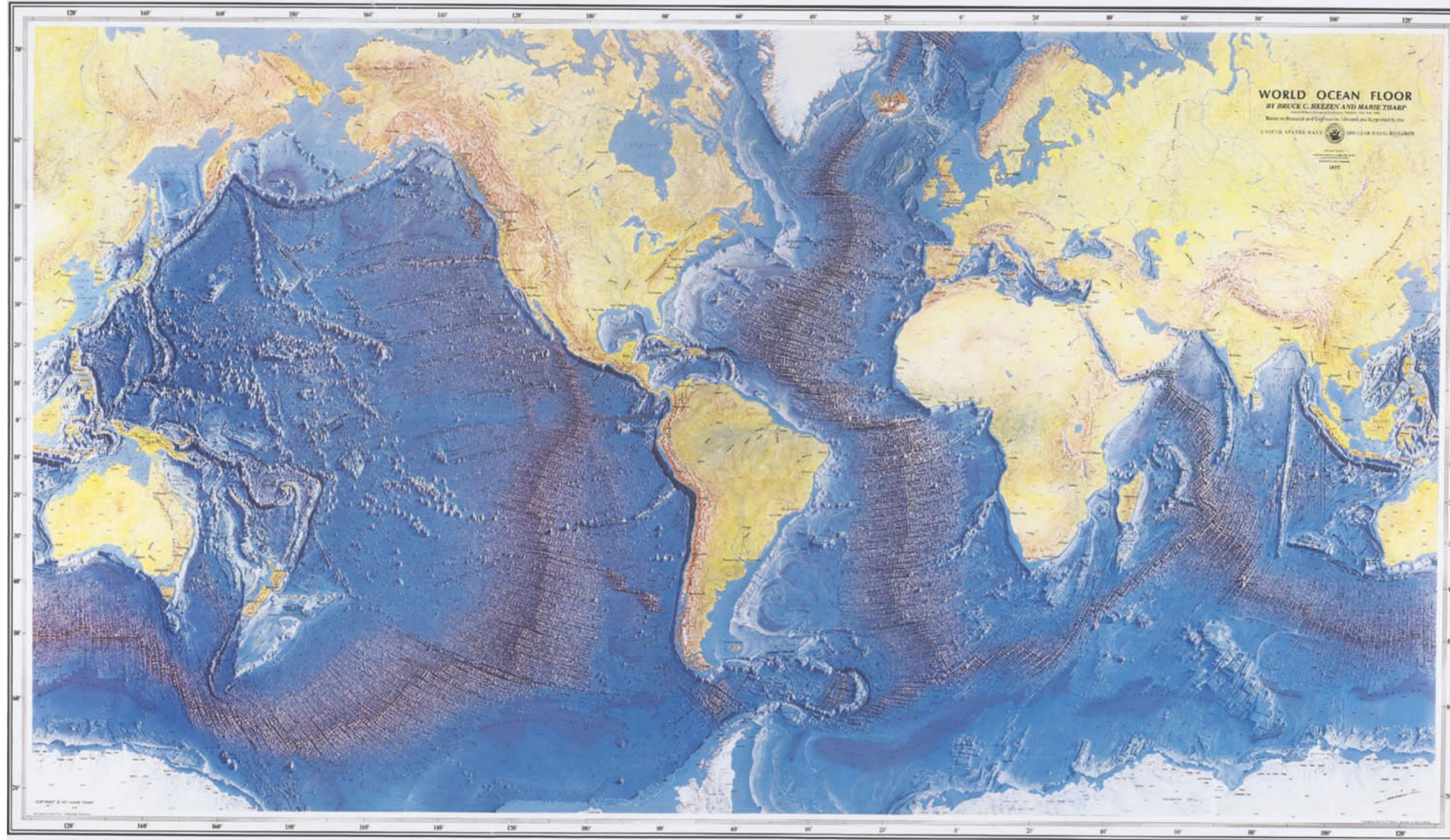
身近な対流～お味噌汁～



<https://geo-hs.com/divergentboundary/>



プレートができる場所と沈み込む場所



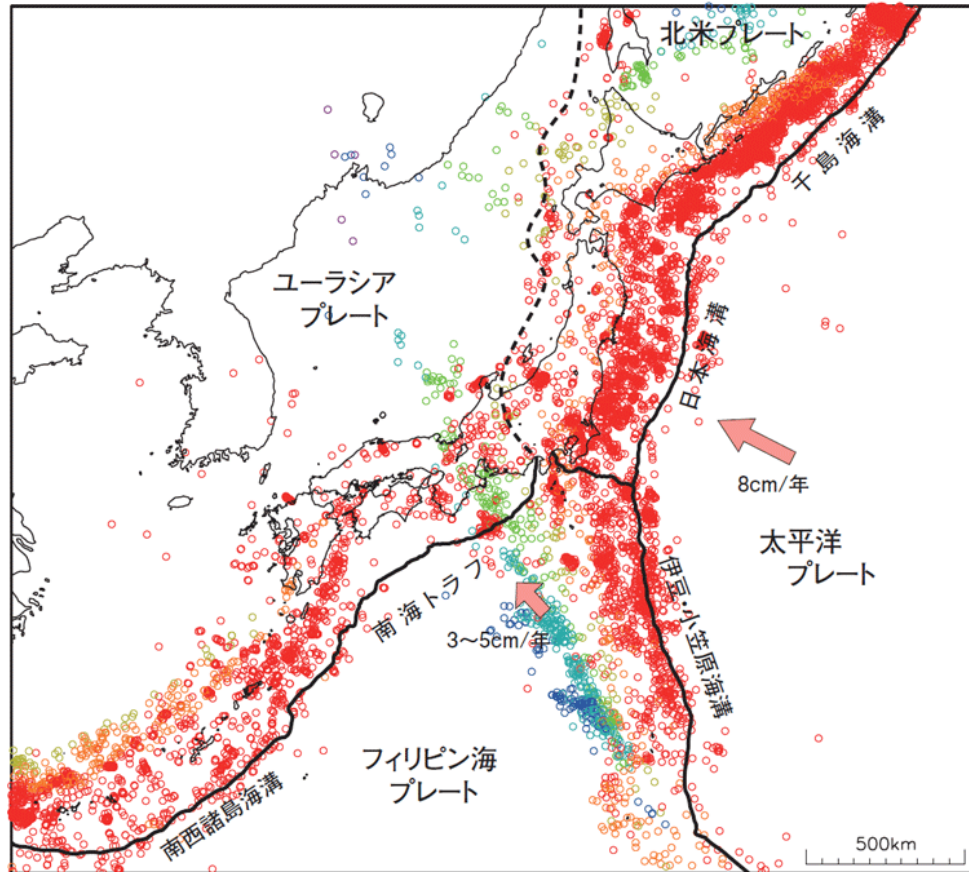
世界の海底地形図：WORLD OCEAN FLOOR by Bruce C. Heezen and Marie Tharp

プレートの沈み込み

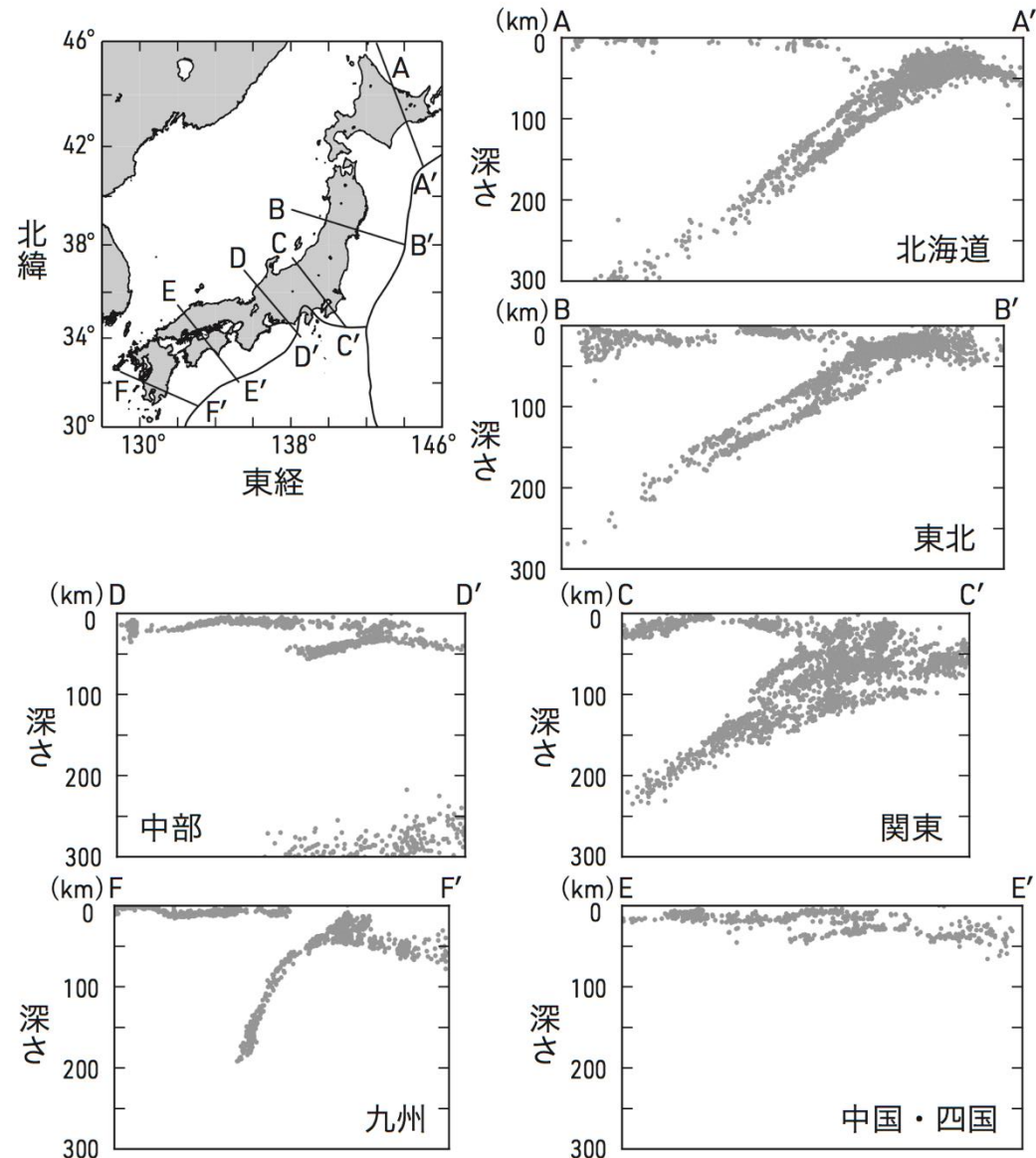
1年間に発生する地震：

15万～25万个（400-600個/日）

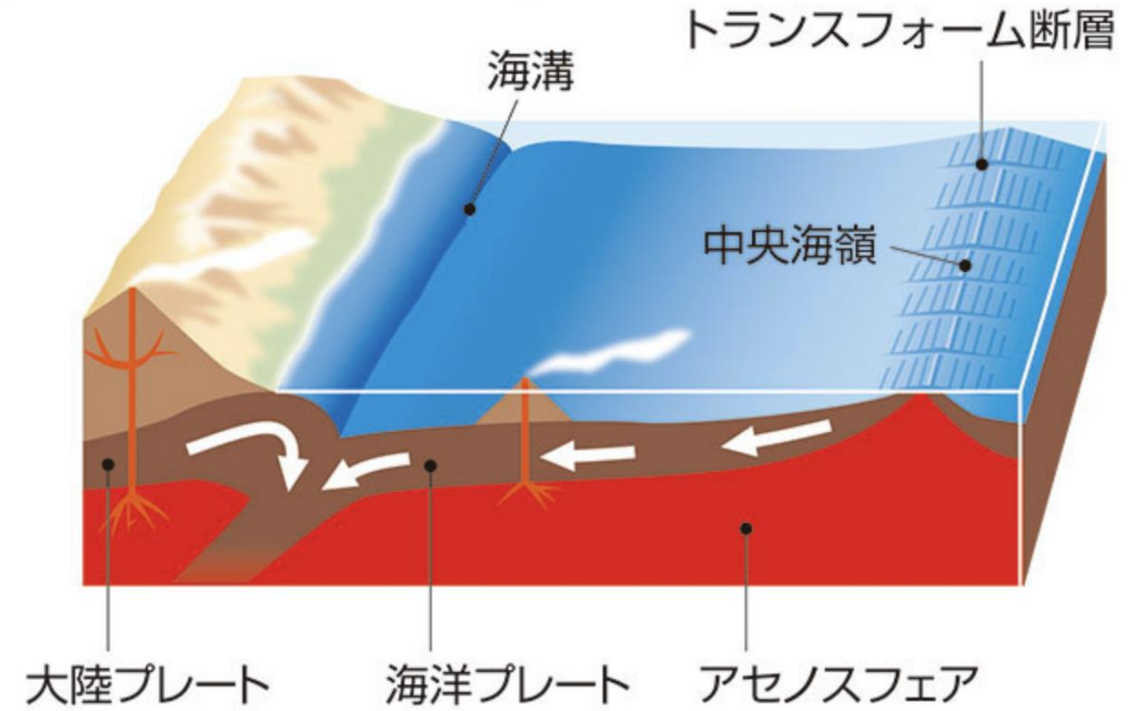
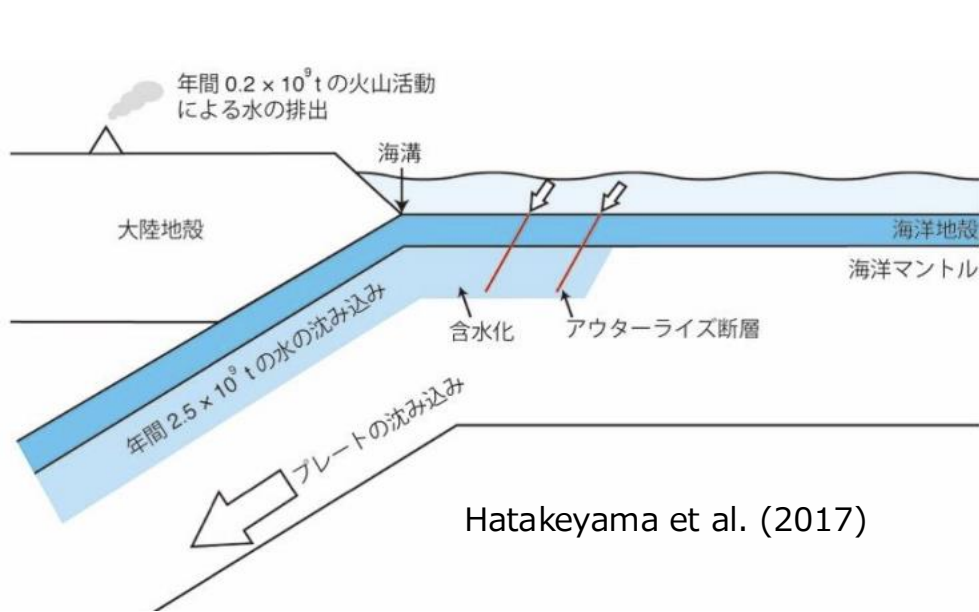
気象庁



震央（1998年～2007年、M4以上）は、気象庁による。
矢印は、ユーラシアプレートに対する太平洋プレートとフィリピン海プレートの相対的な進行方向と速さを示す。
太い実線はプレート境界、破線は不明瞭なプレート境界を示す。

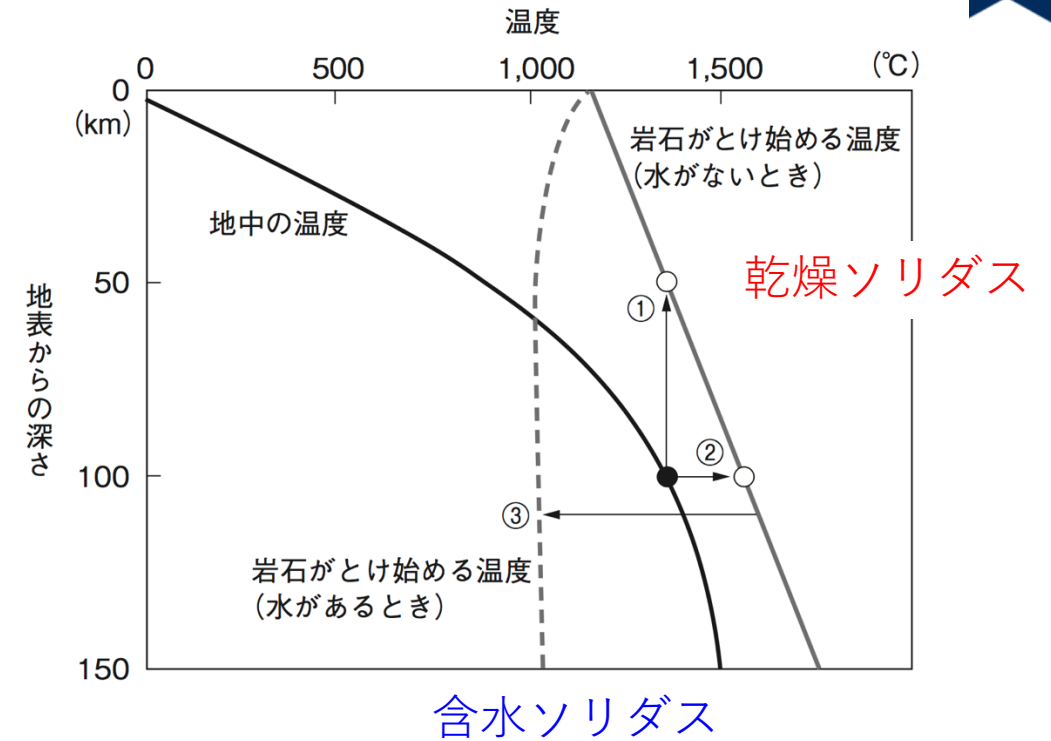
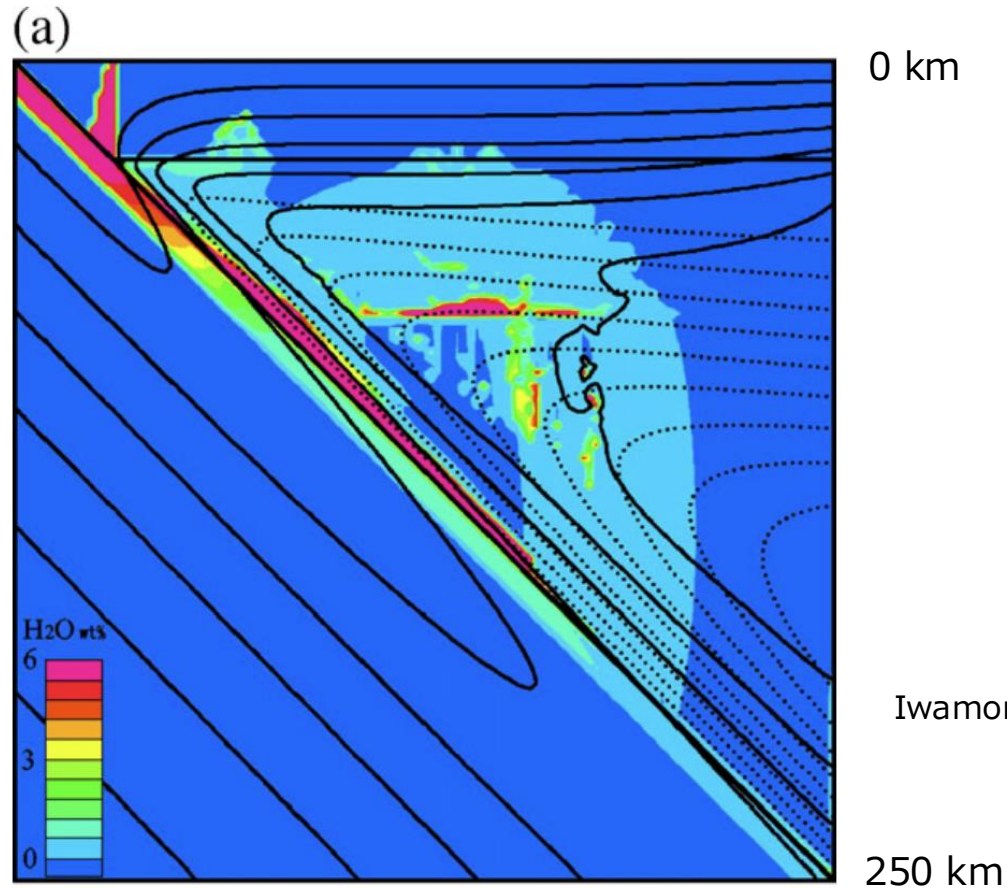


プレートが沈み込むと何が起こるか？



プレートには大量の水が含まれており、プレートの沈み込みに伴い日本列島下まで運び込まれる

水の方と溶融剤



かんらん岩が水を含むと融点が500度程度
低下する (深さ約100 km)



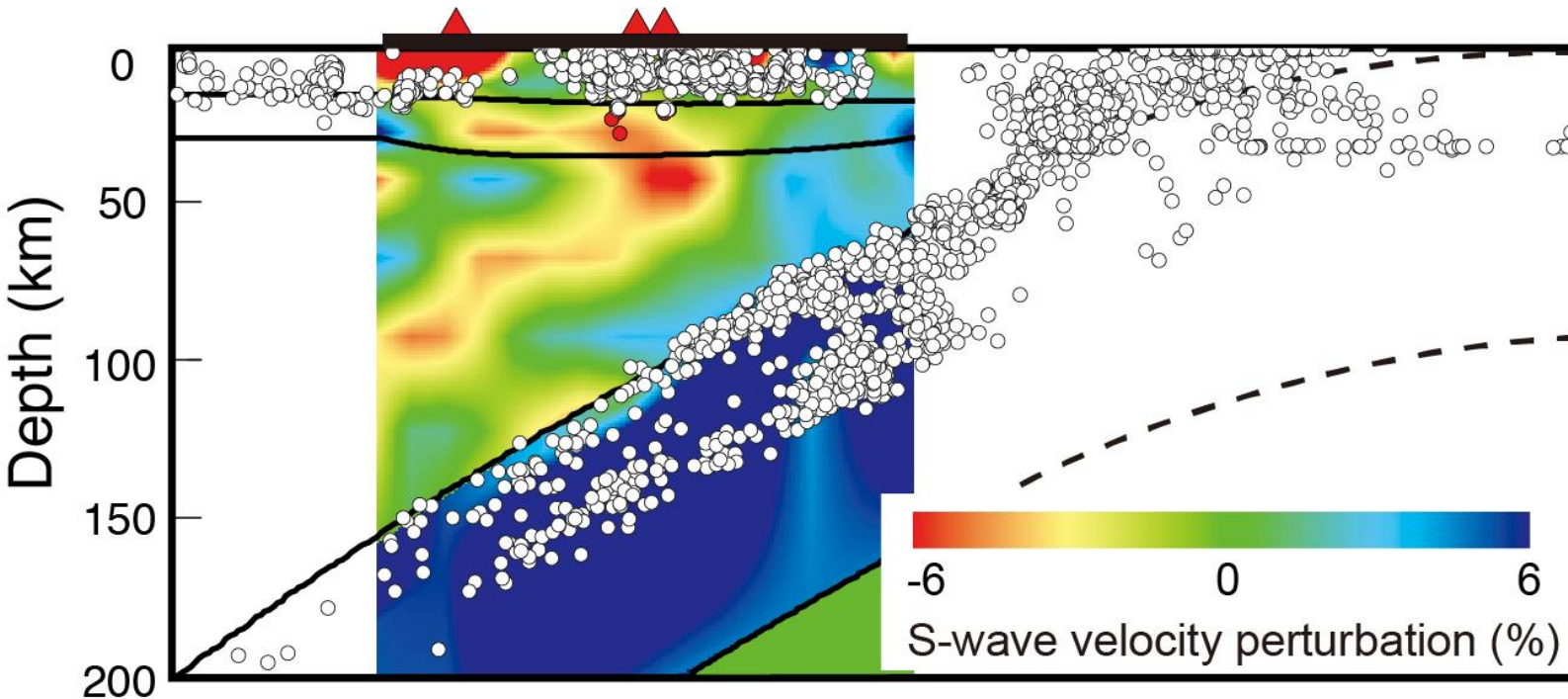
水は溶融剤の働きをする

プレートによって深部に運ばれた水の多くは、深さ100-200 km
(日本列島の直下) で上盤プレートに放出される

日本列島下のイメージング

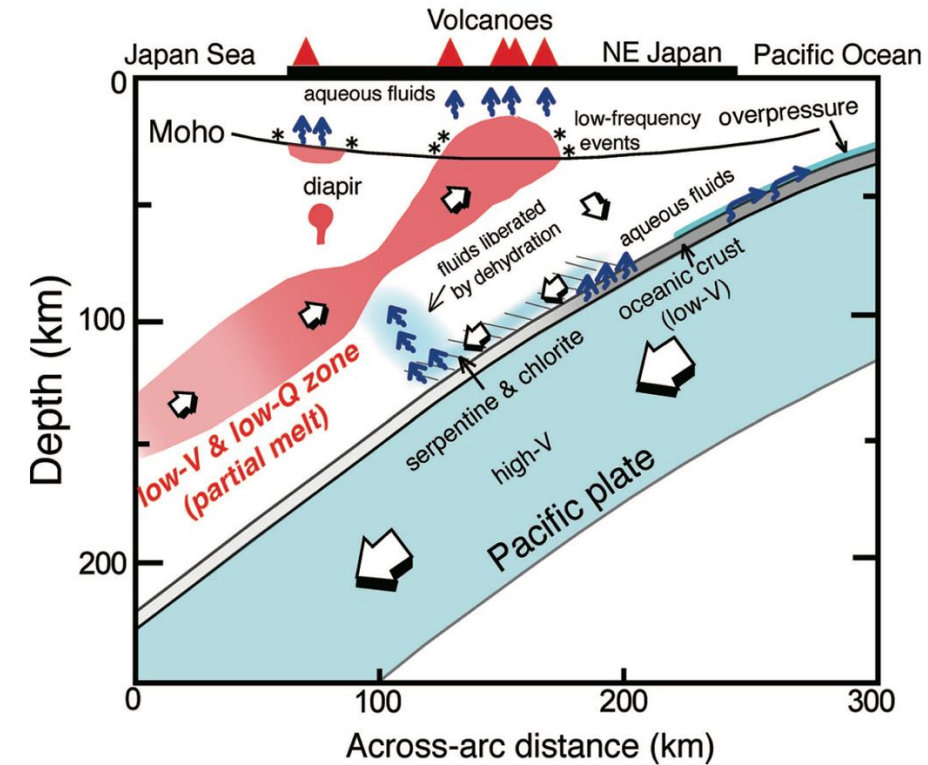
地震波解析の結果

Nakajima et al. (2001)



解釈図

Nakajima et al. (2013)



マグマ（メルト）は深さ100 kmほどで作られ，マンツルの流れに沿ってゆっくりと上昇．地殻内に貫入後，マグマだまりを形成．

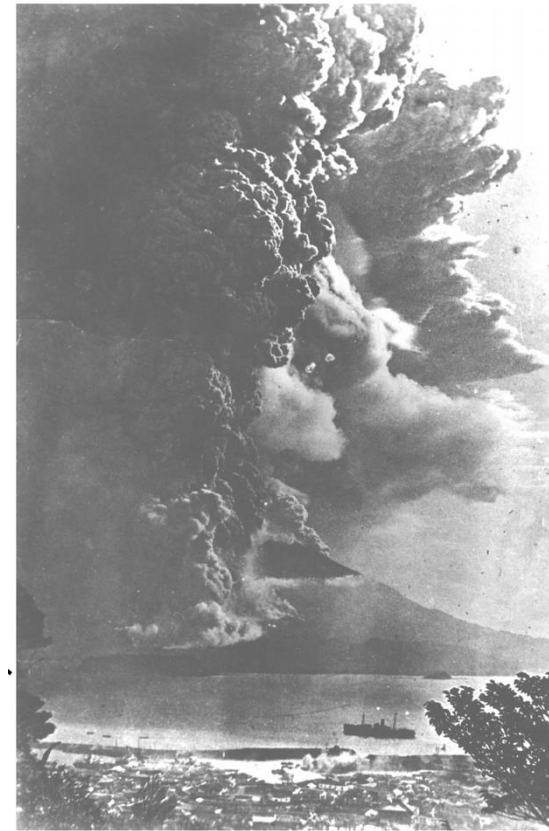
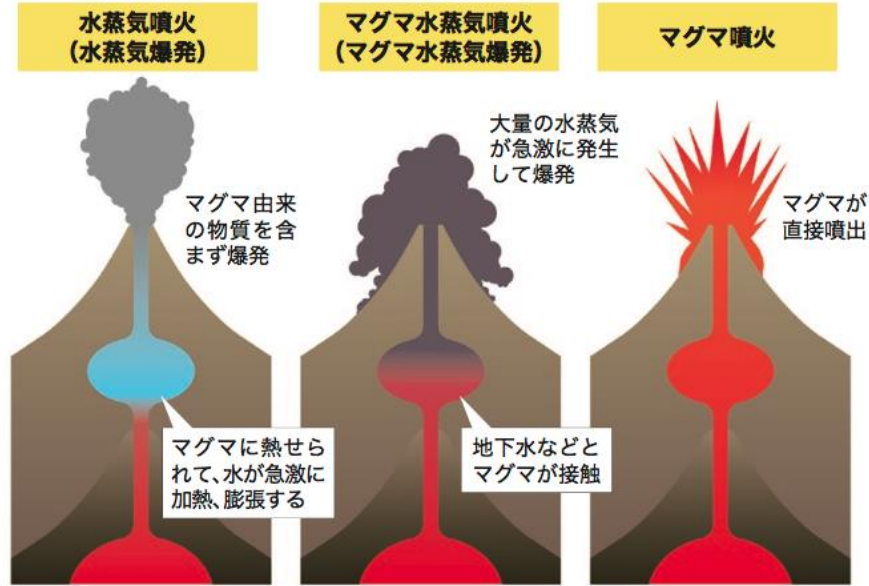
活火山分布

概ね過去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（火山予知連絡会）



そのうち50の火山は「火山防災のために 監視・観測体制の充実等が必要な火山」（常時観測火山）として、火山活動が24時間体制で監視されている

噴火の種類



噴火開始30分後

中道先生@京大資料より

1914年大正噴火

- 日本での20世紀最大の噴火
- 桜島と大隅半島が陸続きに

マグマ噴火：マグマそのもののの中に溶け込んでいた水成分が気体状態の水蒸気になる噴火（爆発）

水蒸気爆発（噴火）：地下水や湖海水など，マグマの外にあった水がマグマに熱せられた噴火

マグマ水蒸気爆発（噴火）：マグマの外にあった水がマグマと直接接触することにより，マグマ本体も同時に細かく砕かれて，水蒸気といっしょに出てくる噴火

噴火の規模

VEI0: 毎日どこかで
VEI3: 世界で年に一度
VEI5: 50年に一度

噴火の規模（火山爆発指数：Volcanic Explosivity Index）

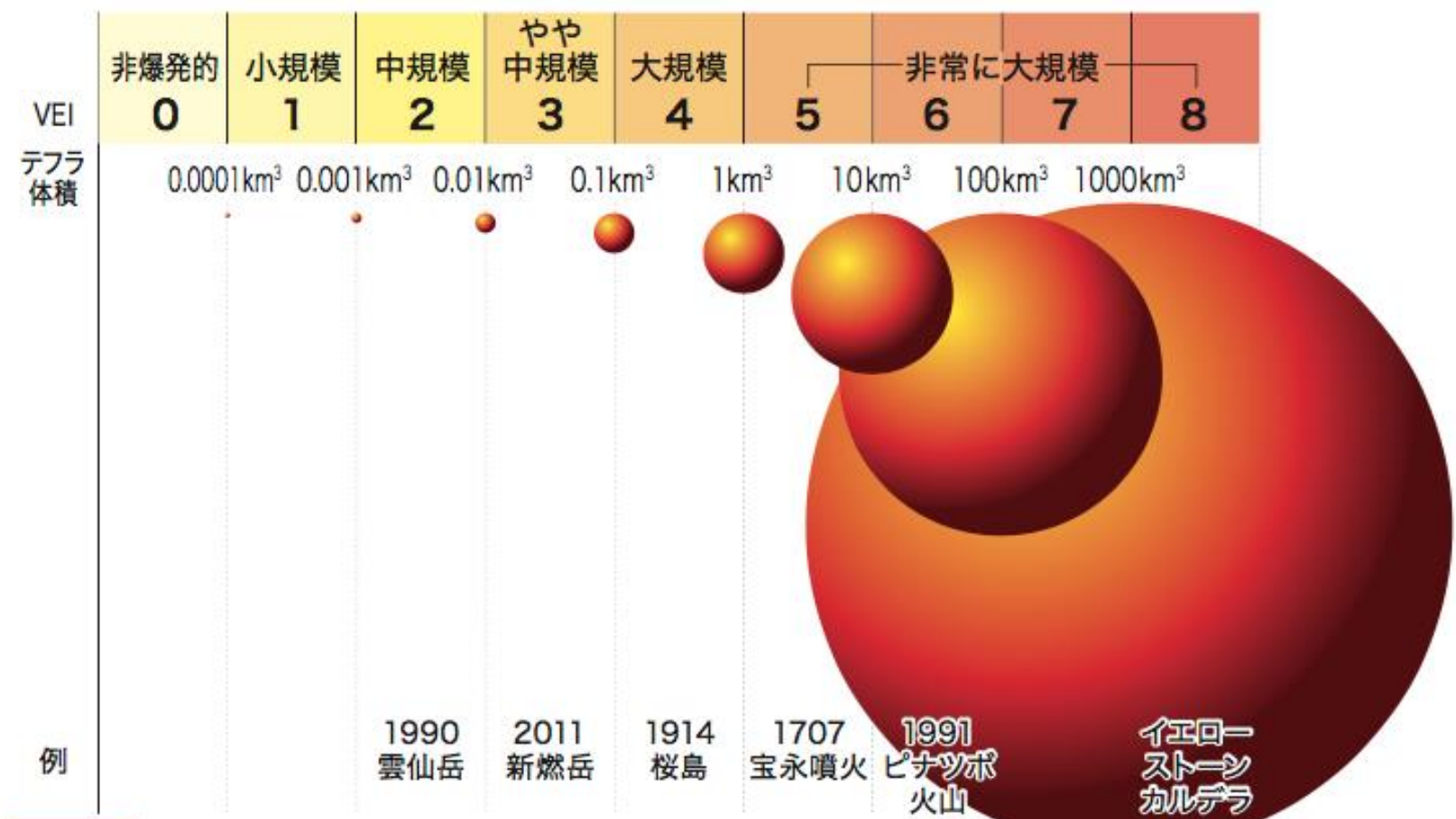
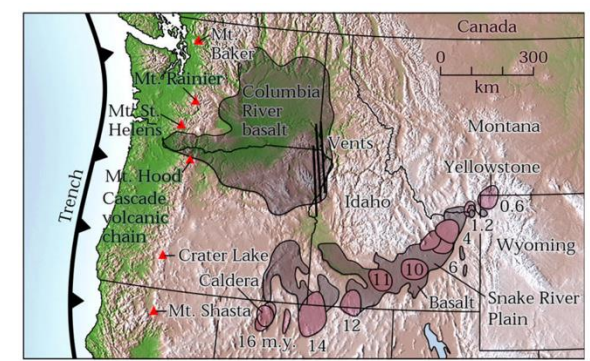


図5-5 火山噴火の規模と噴出量

<https://www.trendswatcher.net/may-2015/science>



地震発生

- T 社： 地しんが起きると，大地に地割れやずれ（断層）が生じたり，
- D 社： 地震のときにできる大きな地面のずれを断層というんだよ．
- G 社： 地震などによってできた土地のずれを断層といいます．
- Ky 社： 地震などによってできた土地のずれを断層といいます．
- S 社： はげしい地しんが起きると，地面が割れたり，上下にずれたり（断層），
- Ke 社： 大地にずれ（断層という）が生じるとき，地しんが起きる．

実際に動いた断層跡

根尾谷断層（1891年濃尾地震）

Wikipedia



地震の規模 (M)	すべり量	断層の長さ	断層の面積
9	10m	300km	100,000km ² ≒ 東北地方+関東地方
8	3m	100km	10,000km ² ≒ 岐阜県
7	1m	30km	1,000km ² ≒ 東京23区の1.6倍
6	30cm	10km	100km ² ≒ 猪苗代湖
5	10cm	3km	10km ² ≒ 東京都千代田区
4	3cm	1km	1km ² ≒ 大阪城公園
3	1cm	300m	0.1km ² ≒ 東京ドーム二つ
2	3mm	100m	10,000m ² ≒ 学校のグラウンド
1	1mm	30m	1,000m ² ≒ 学校の体育館

断層露頭
(中島撮影)



日本列島の過去の地震

海域の地震

図4-2 日本列島周辺の過去の被害地震

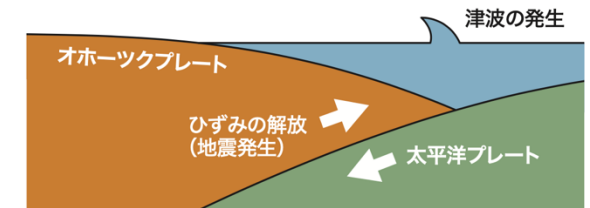
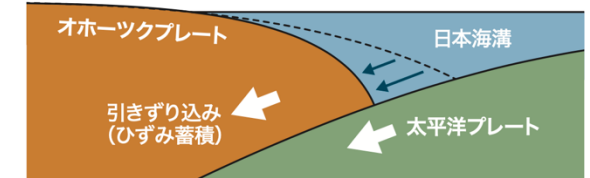
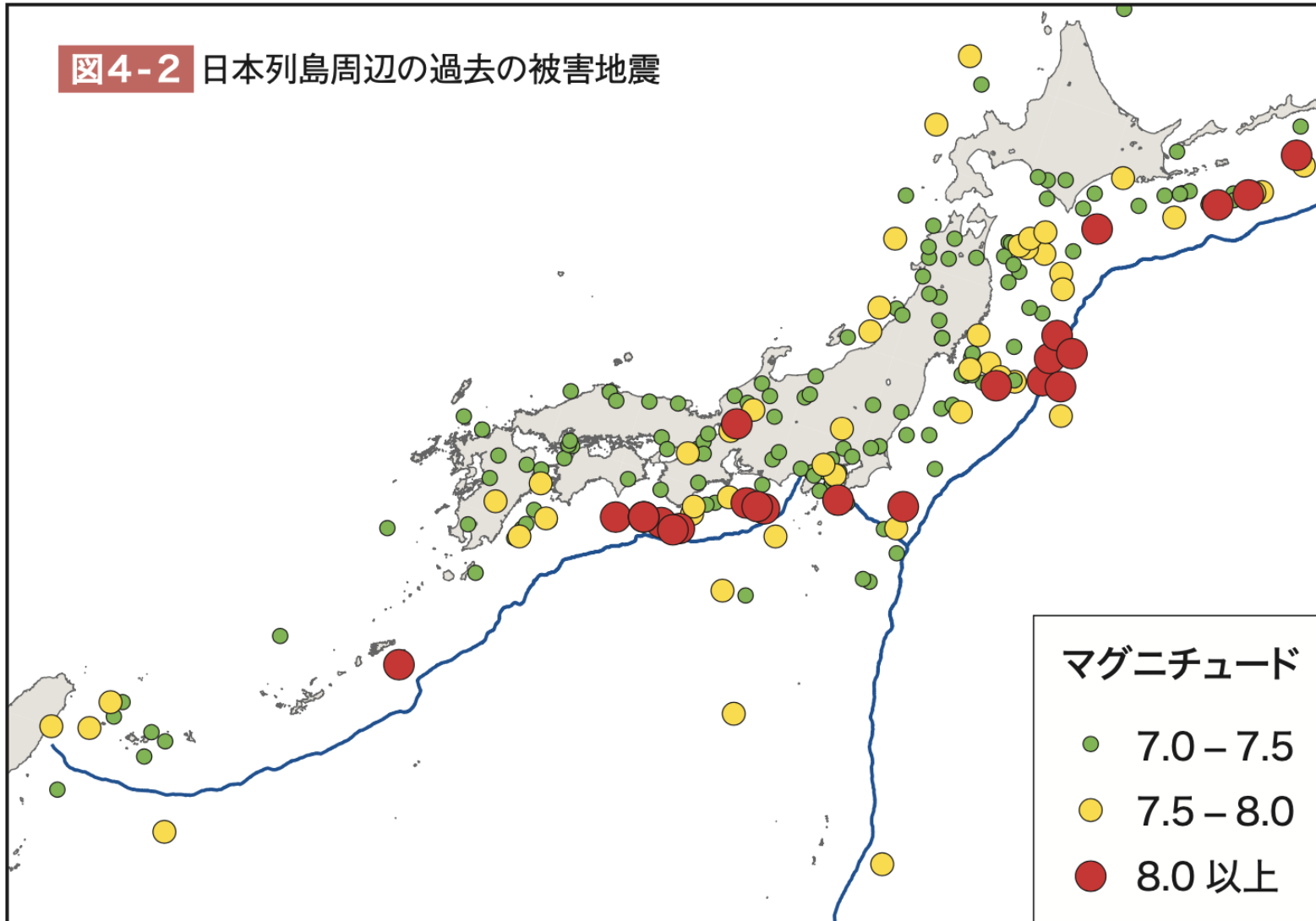
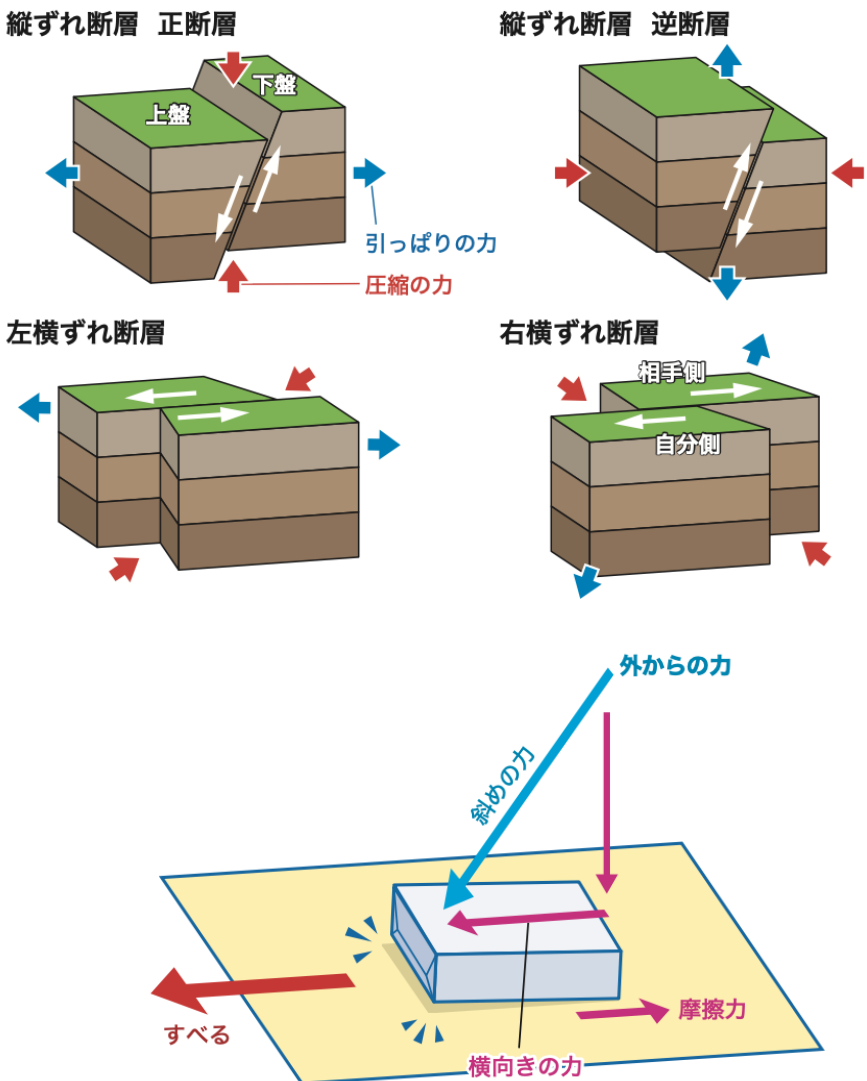


図4-3 プレートの引っかかりと跳ね返り～海溝型地震

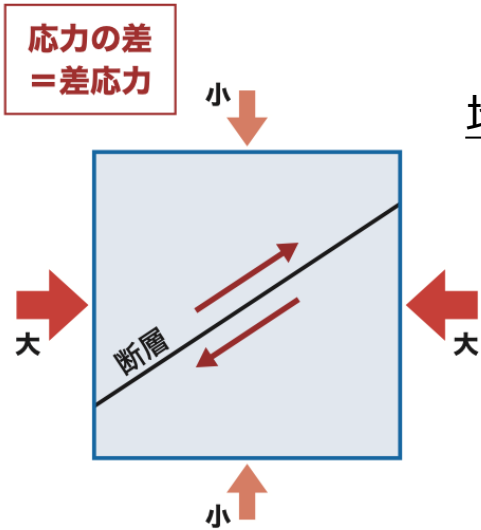
内陸の地震



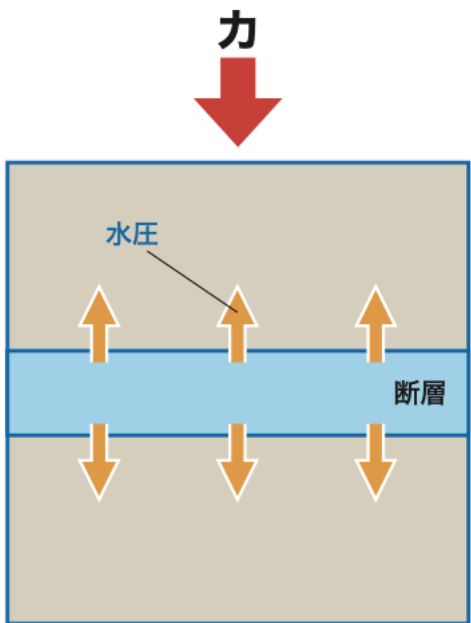
断層を動かすには？



断層の強度より大きなせん断応力（断層をずらす力）が働くと断層がずれる



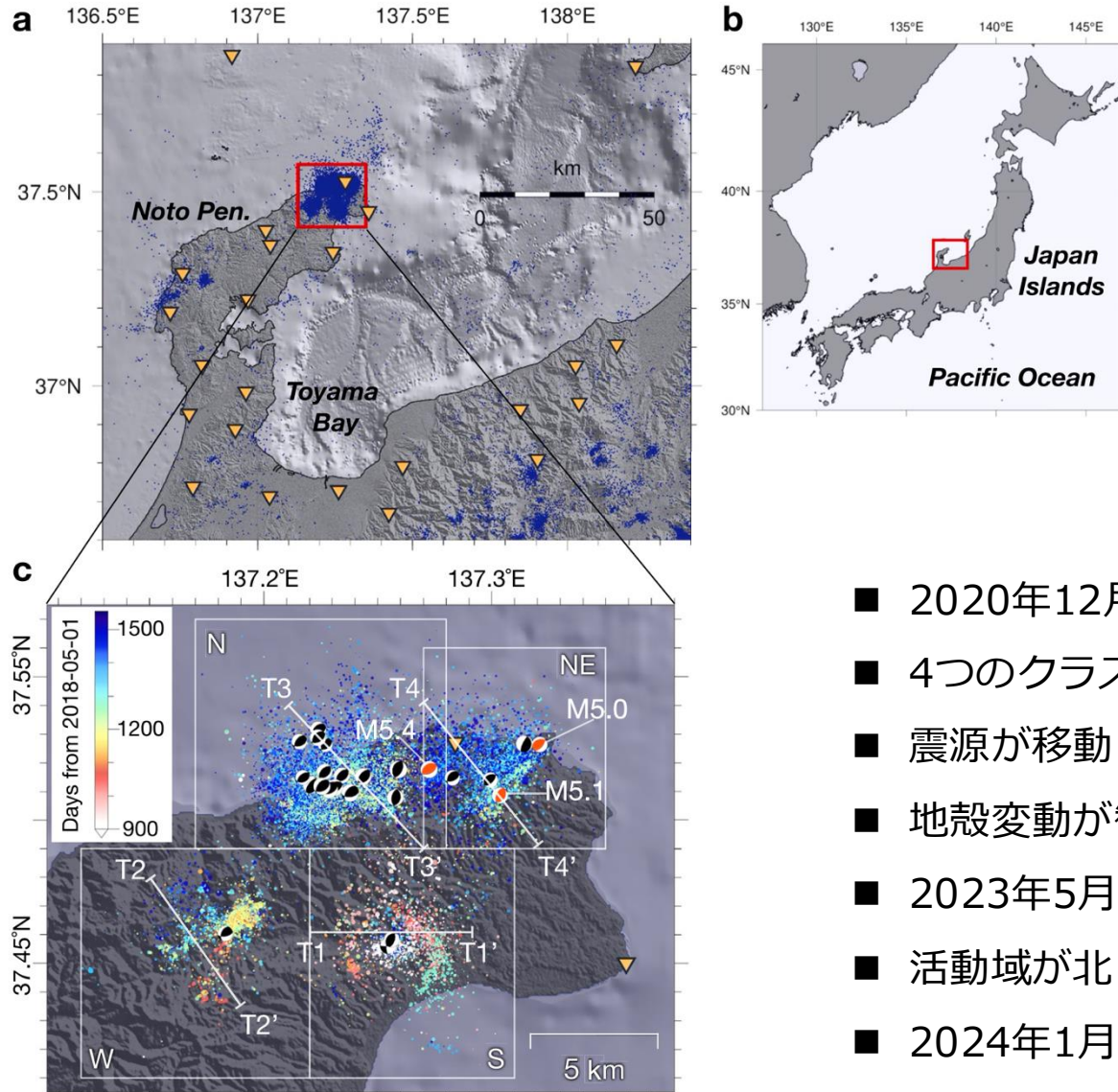
地球内部は圧力が高い（10万気圧以上！）



水が入り込むと断層を広げ，動きやすくする（潤滑油の働き）

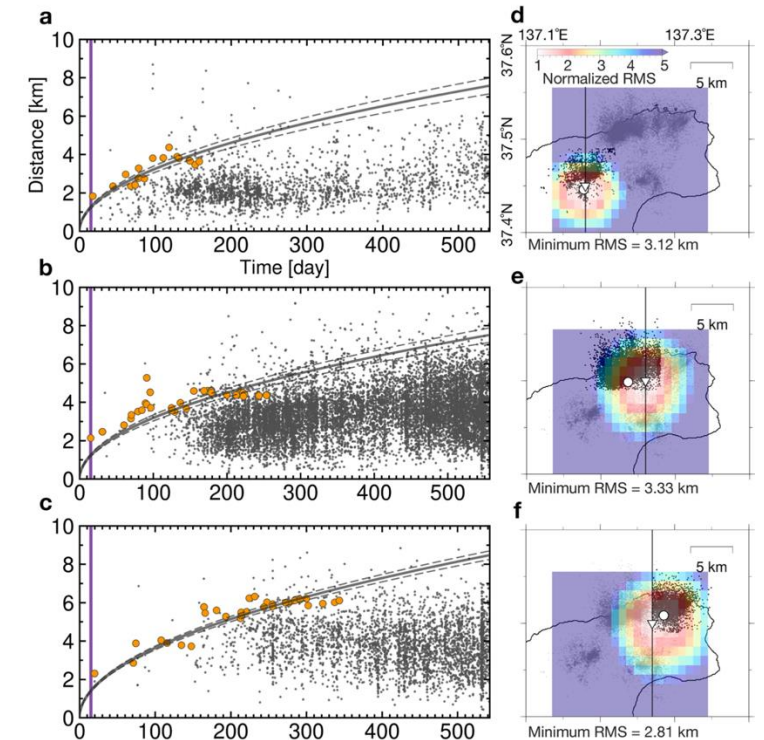
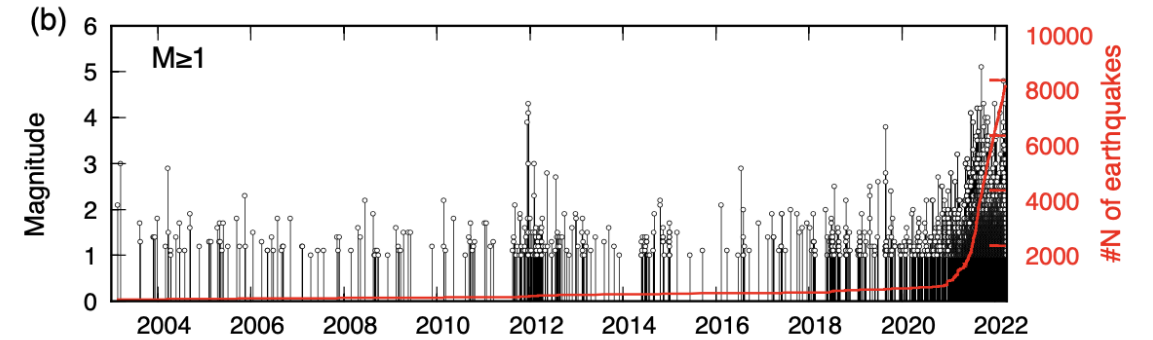
能登半島群発地震 (1)

Amezawa et al. (2023)



- 2020年12月から活発化
- 4つのクラスターで活動
- 震源が移動
- 地殻変動が観測
- 2023年5月5日にM6.5
- 活動域が北に広がる
- 2024年1月1日にM7.7

Nakajima (2022)

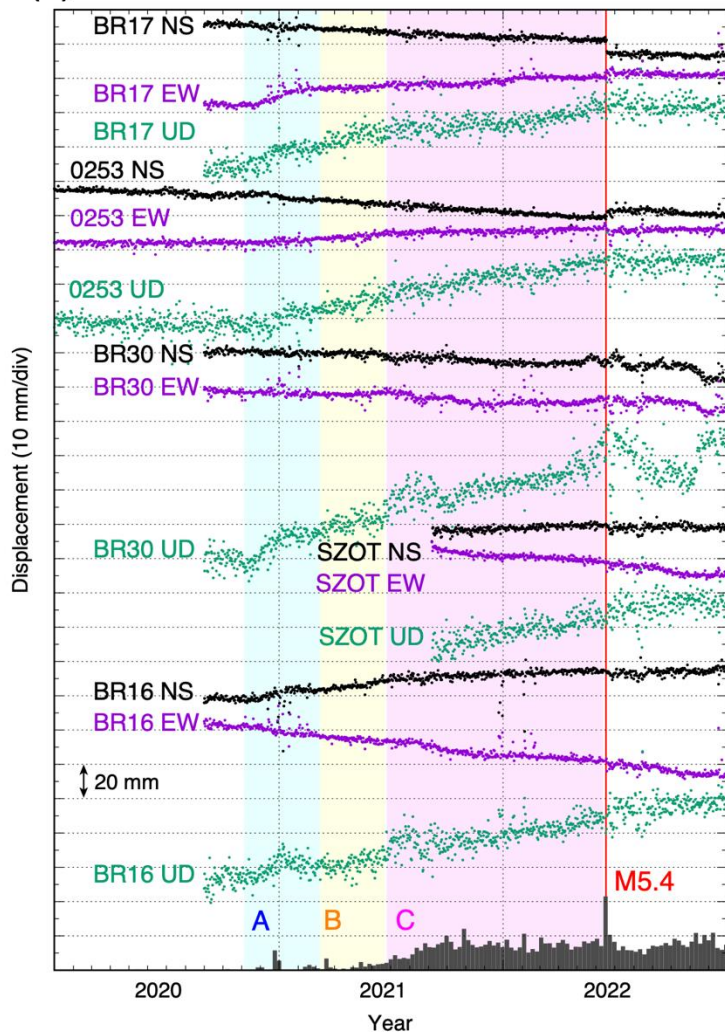


能登半島群発地震 (2)

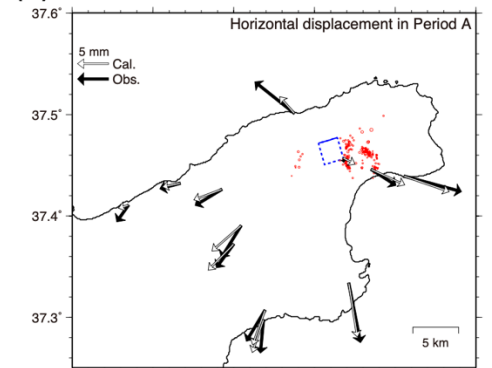
Nishimura et al. (2023)

地面の動き

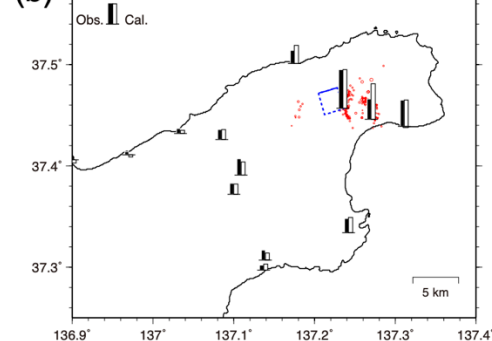
(a)



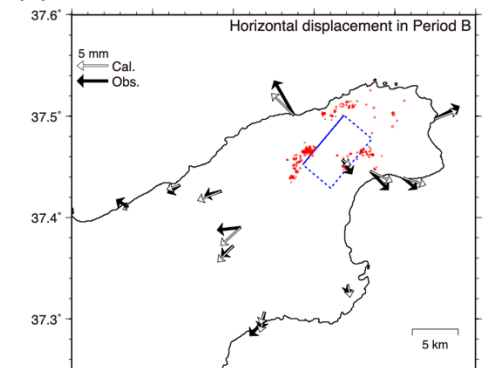
(a)



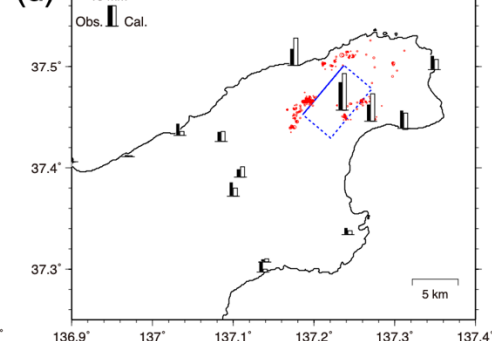
(b)



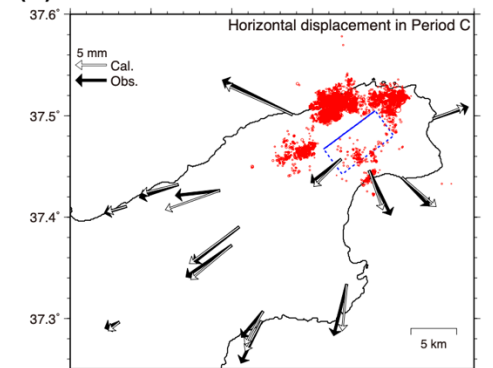
(c)



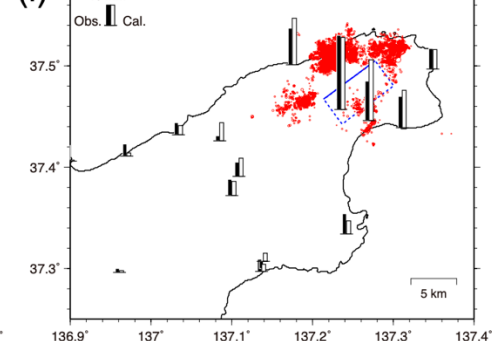
(d)



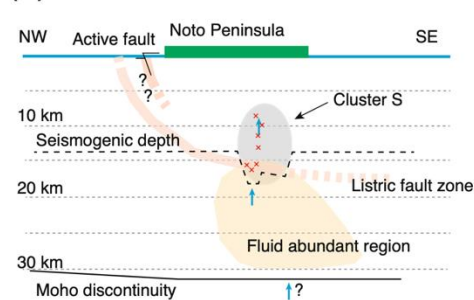
(e)



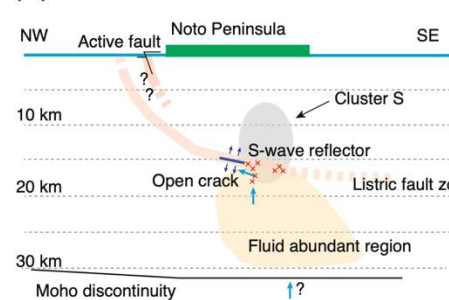
(f)



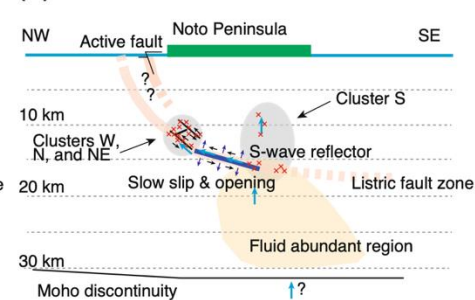
(a)



(b)

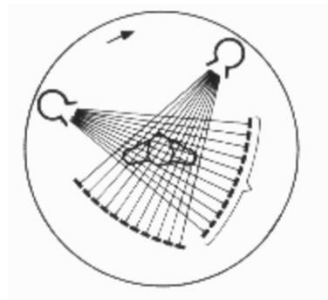


(c)



能登半島群発地震 (3)

CTスキャン



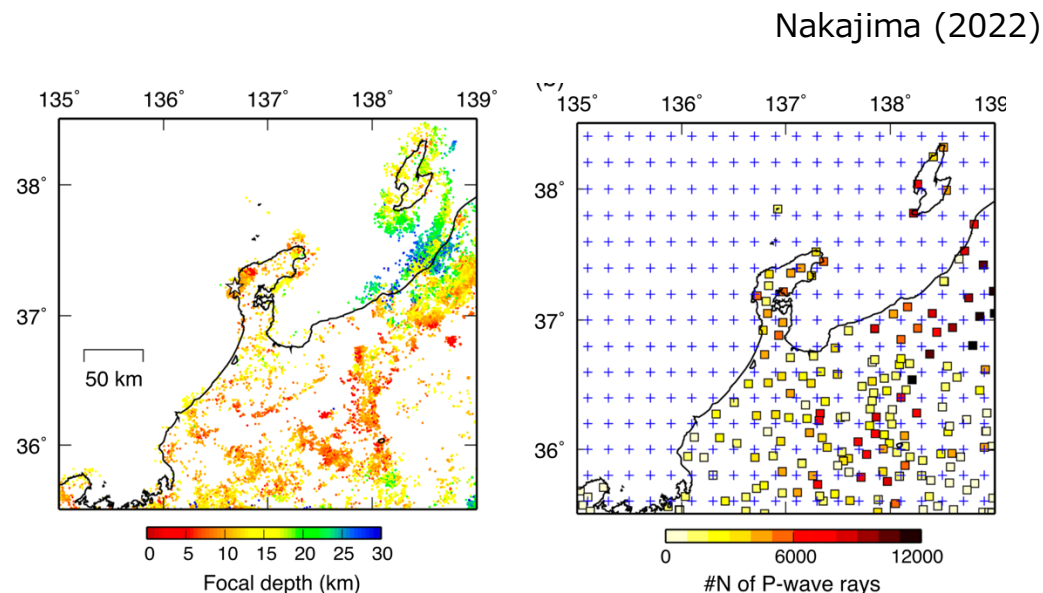
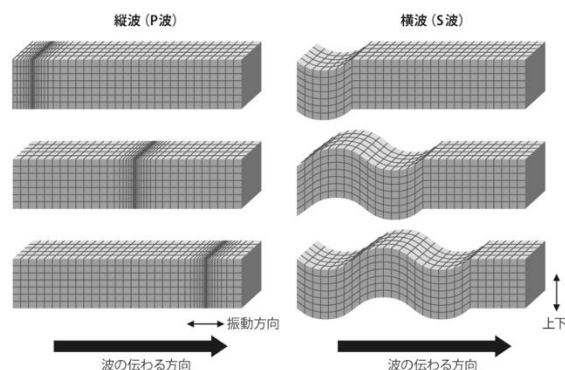
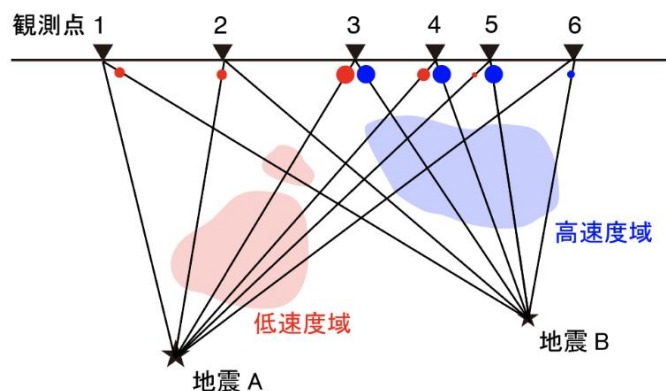
いろいろな方向から体にX線をあてて、水分、骨、脂肪、空気など体の中にある成分によるX線の吸収率の違いから、体の断面画像を作成

<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/hitosi/Lectures/komaba2001/Ch11/tomography.html>

地震波トモグラフィ法

中島 (2020)

地震波の到着時間差を利用



地震 : 37000

観測点 : 226

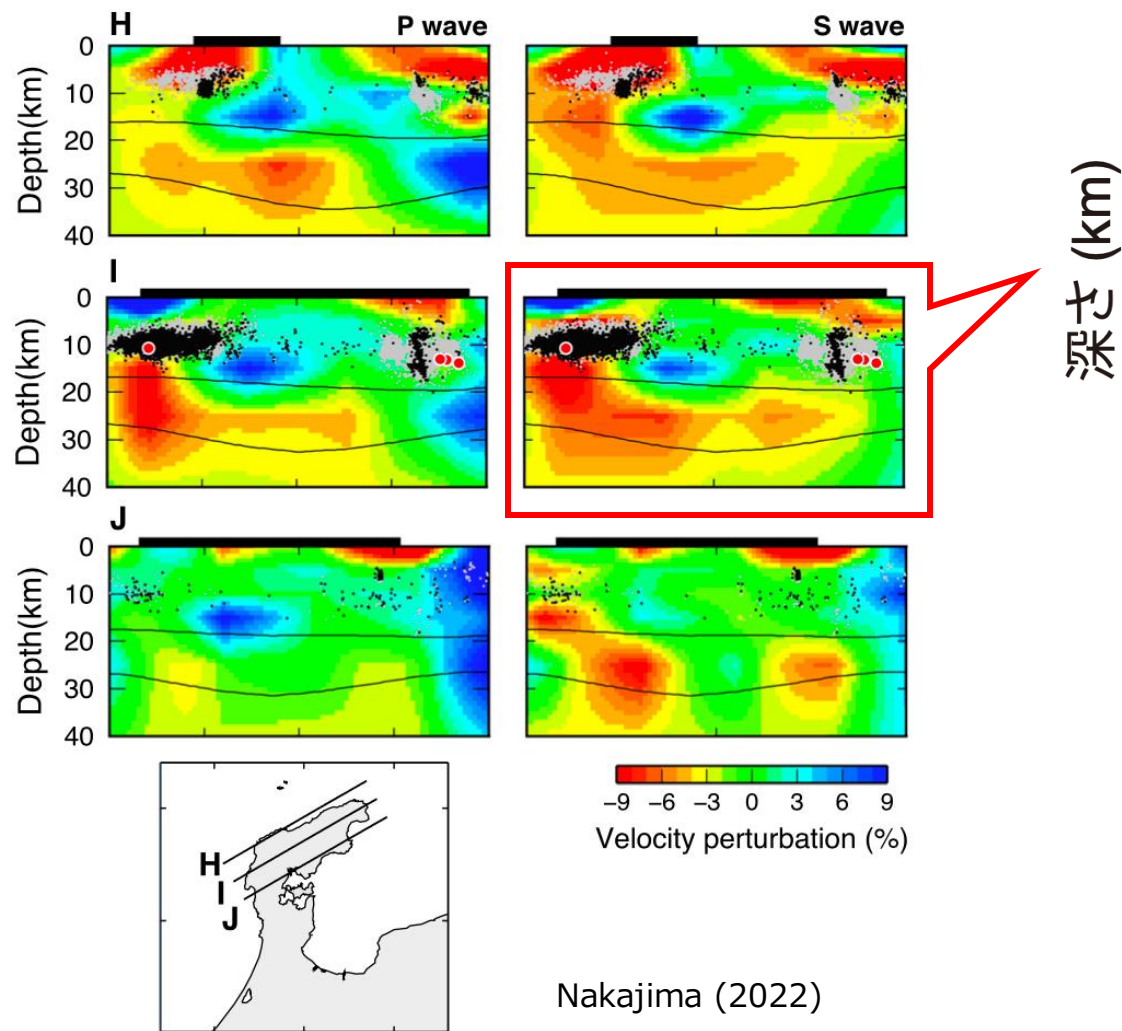
P波 : 651,321

S波 : 651,293

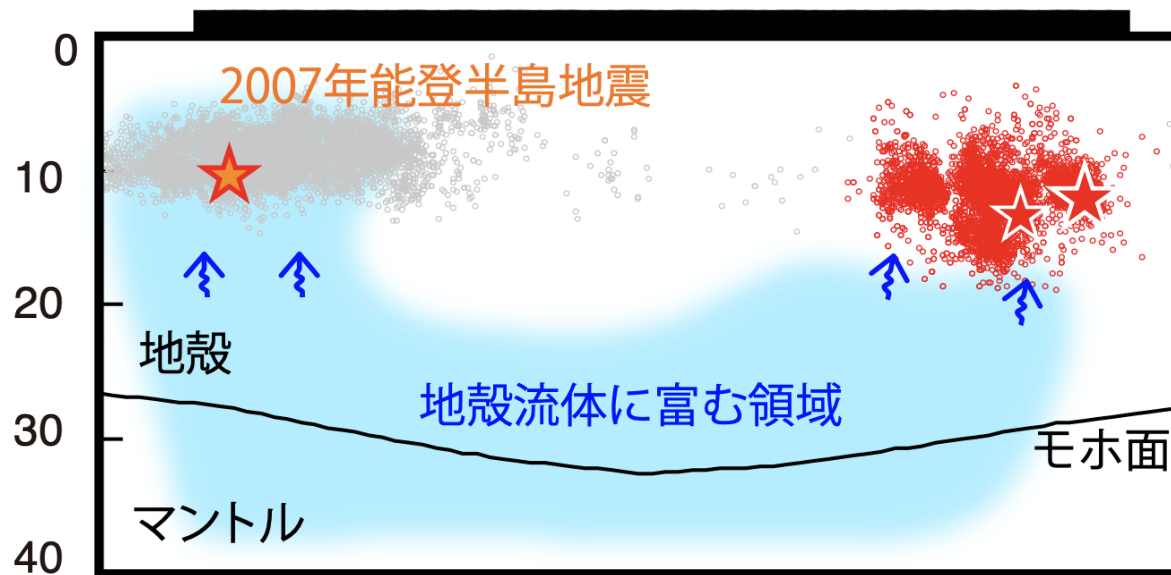
計算時間は約1日

能登半島群発地震 (4)

Nakajima (2022)



深度 (km)



- 能登半島の群発地震の下には流体に富む領域が存在する
- 深部起源の流体が上部地殻まで上昇し、断層面に入り込むことで断層がすべりやすくなった可能性大
- それが群発地震の主な発生原因と考えられる

南海トラフ地震について

そもそも南海トラフってなに??

国土地理院

地震に揺らがない国にする

地震本部

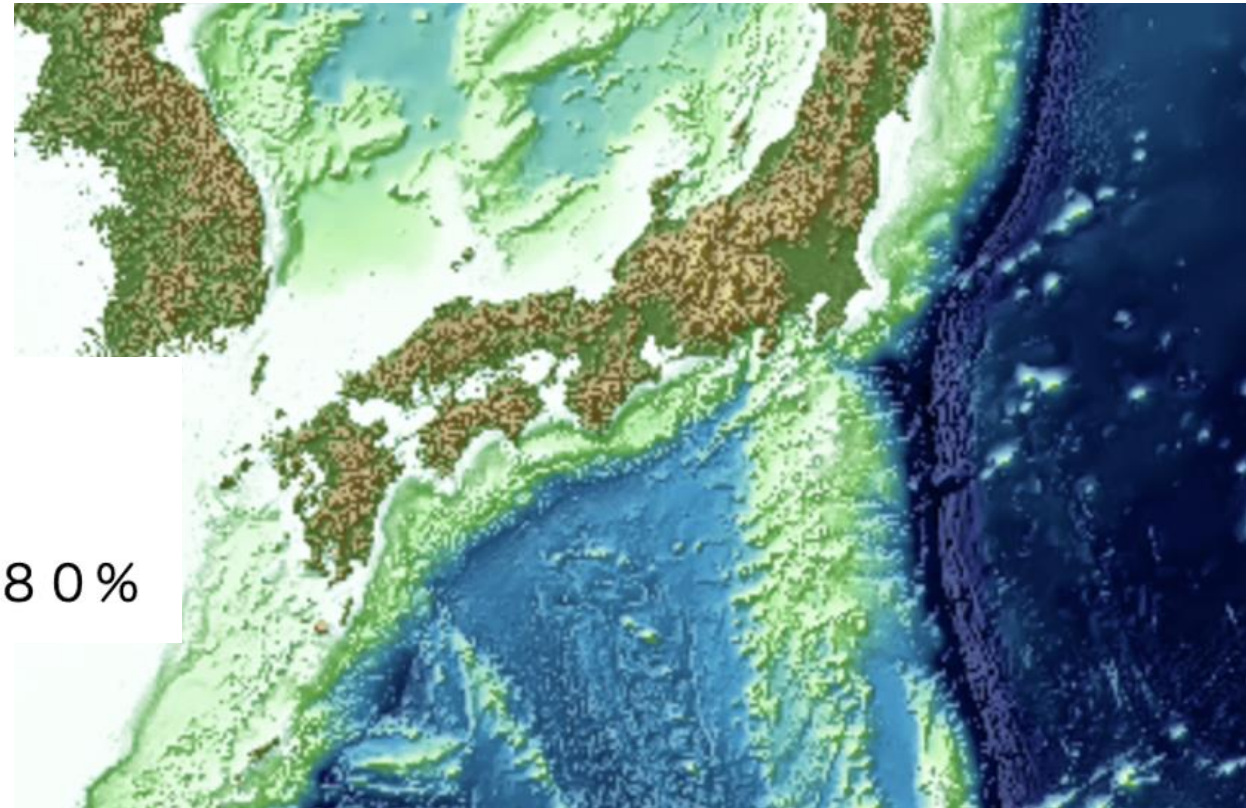
政府 地震調査研究推進本部
The Headquarters for Earthquake Research Promotion

文字のサイズ

地震本部の紹介

地震に関する評価

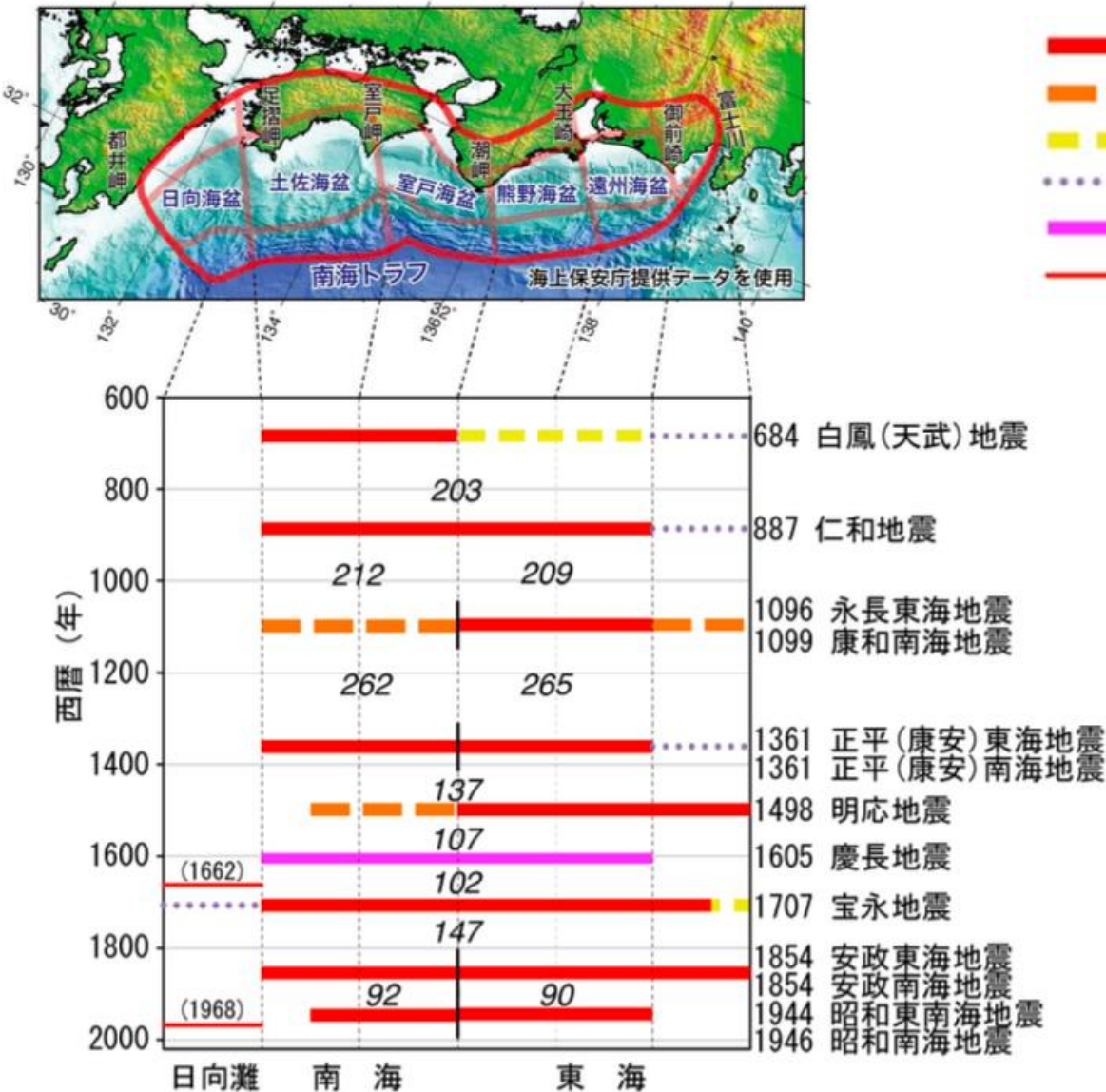
🏠 > 都道府県ごとの地震活動 > 海溝で起こる地震 > 南海トラフで発生する地震



- 将来の地震発生の可能性 [\[上に戻る\]](#)
- 地震の規模 : M8～M9クラス
- 地震発生確率 : 30年以内に、70%～80%

過去に発生した南海トラフ地震

中央防災会議

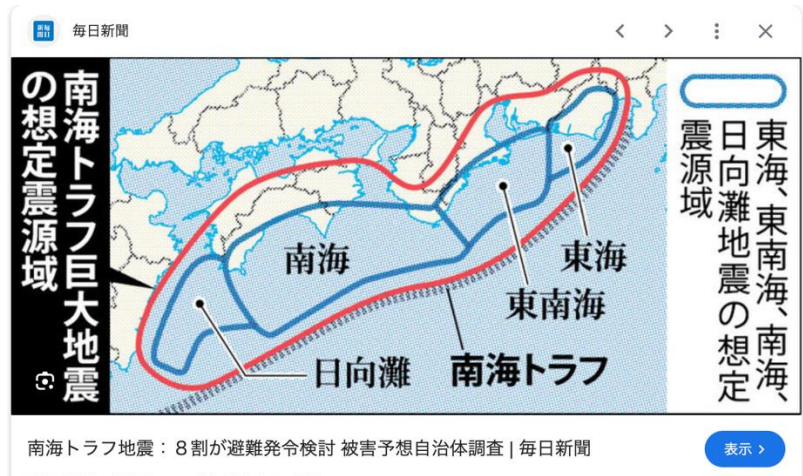


- 確実な震源域
- 確実視されている震源域
- 可能性のある震源域
- 説がある震源域
- 津波地震の可能性が高い地震
- 日向灘のプレート間地震(M7クラス)

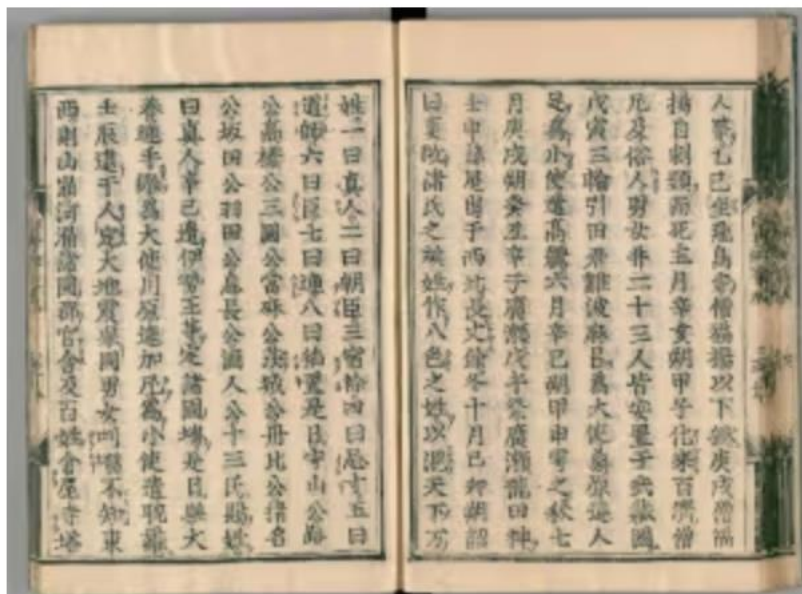
100～250年間隔で巨大地震が発生

- ・ 東南海・南海地震の同時発生（1707年）
- ・ 東南海地震が先行（1854年，1944年）

<https://mainichi.jp/articles/20180612/k00/00m/040/135000c>



飛鳥時代後期（684年）に発生．南海トラフ巨大地震の確実な記録としては
最古の地震（日本書紀に記載）



白鳳地震（684年）について記述した「日本書紀」の一部
（国立国会図書館提供）

https://www.nikkei.com/news/print-article/?R_FLG=0&bf=0&ng=DGXMZO98087760V00C16A3000000&uah=DF060320151841

現代訳にすると「684年10月14日、夜10時ごろ大地震があった。国中のみんな叫び合い逃げ惑った。山は崩れ、川は溢れた。諸国の郡の官舎や住宅、倉庫、社寺の破壊されたものは数知れず、人も多数死亡し家畜の被害も多かった。伊予（いよ・愛媛県）の道後（どうご）温泉の湯が出なくなり、土佐の国では田畑五十余万頃（約千町歩・約12平方キロメートル）が埋まって（沈下して）海となった。古老は『このような地震はかつて無かったことだ』と云った。

<https://gendai.media/articles/-/111876?page=2>

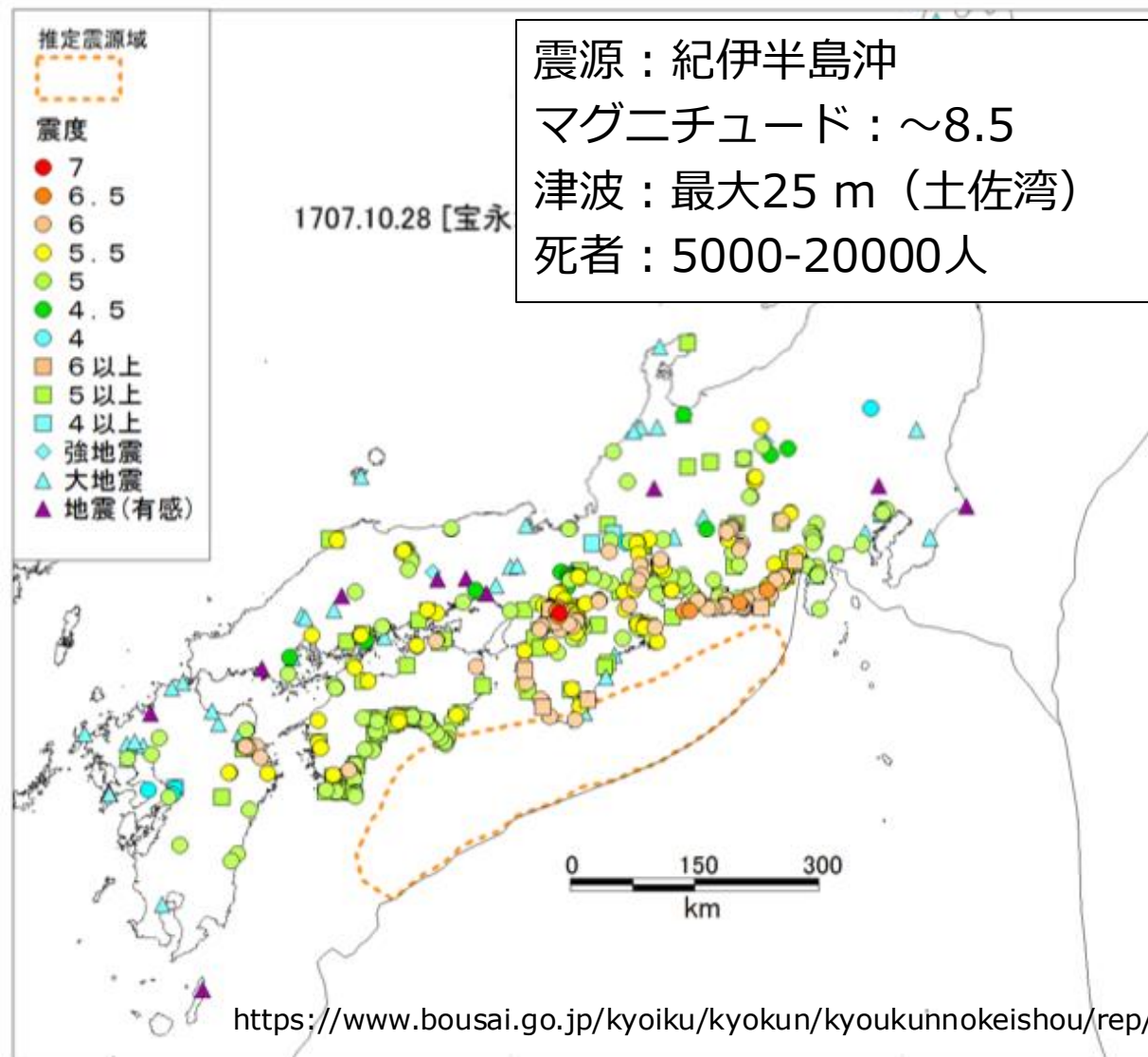
※日本書紀の最古の地震は416年のもの。

ただし、「地震（ないふる）」との記載だけ

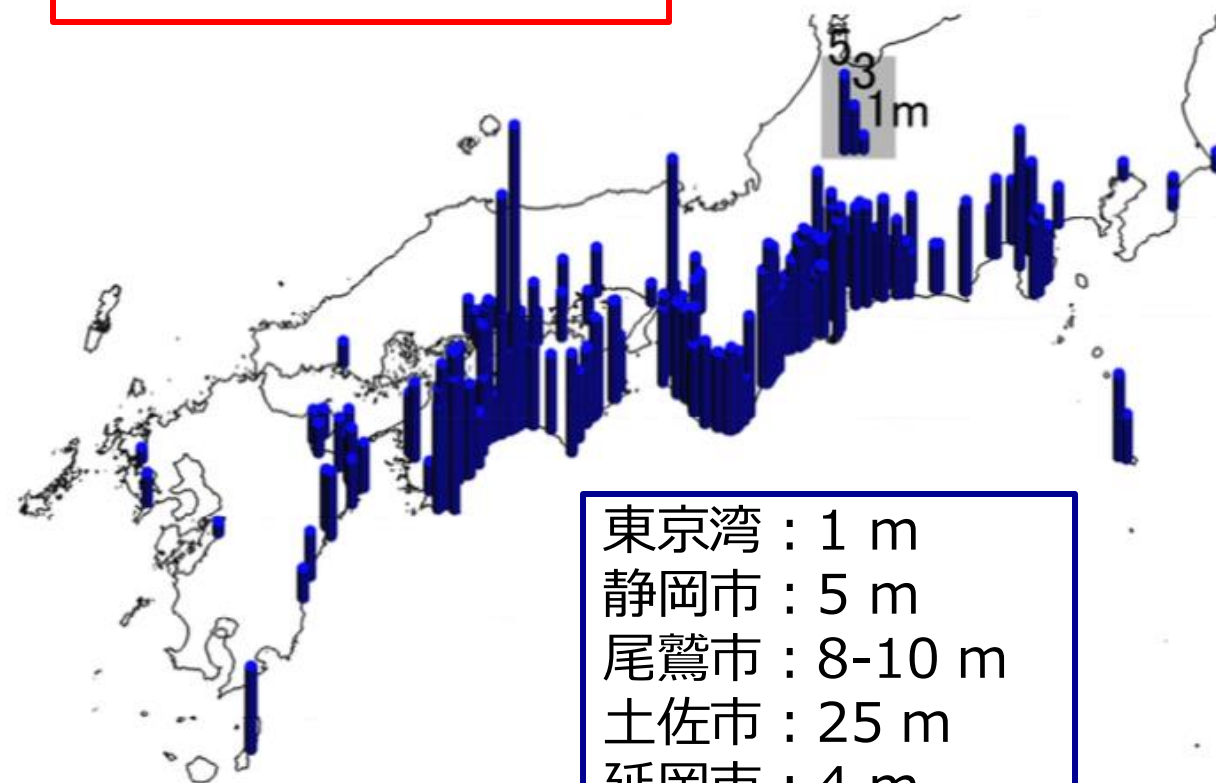
1707年宝永地震（震度）



Tokyo Tech



大阪市：3 m（二時間後）
赤穂市：3 m
岡山市：3 m
福山市：1.5 m
西条市：1-2 m
丸亀市：2-3 m
高松市：2-3 m



東京湾：1 m
静岡市：5 m
尾鷲市：8-10 m
土佐市：25 m
延岡市：4 m
種子島：5-6 m

https://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/kyoukunnokeishou/rep/1707_houeijishin/pdf/05_chap01.pdf

元禄～宝永年間の活動

1703年 元禄関東地震

元禄地震のため元号を「宝永」に

1707年 宝永地震（10月28日）

（東海・東南海・南海地震の同時発生）

1707年 富士山の噴火（12月26日）（16日間）
東京でも2cmの降灰.

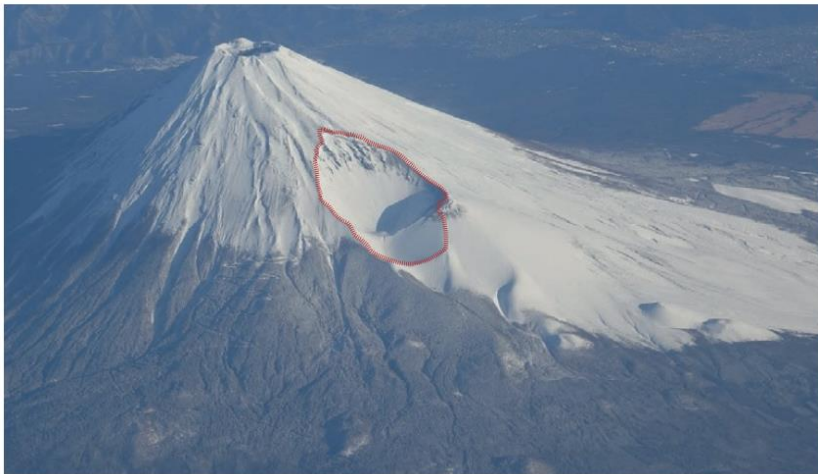
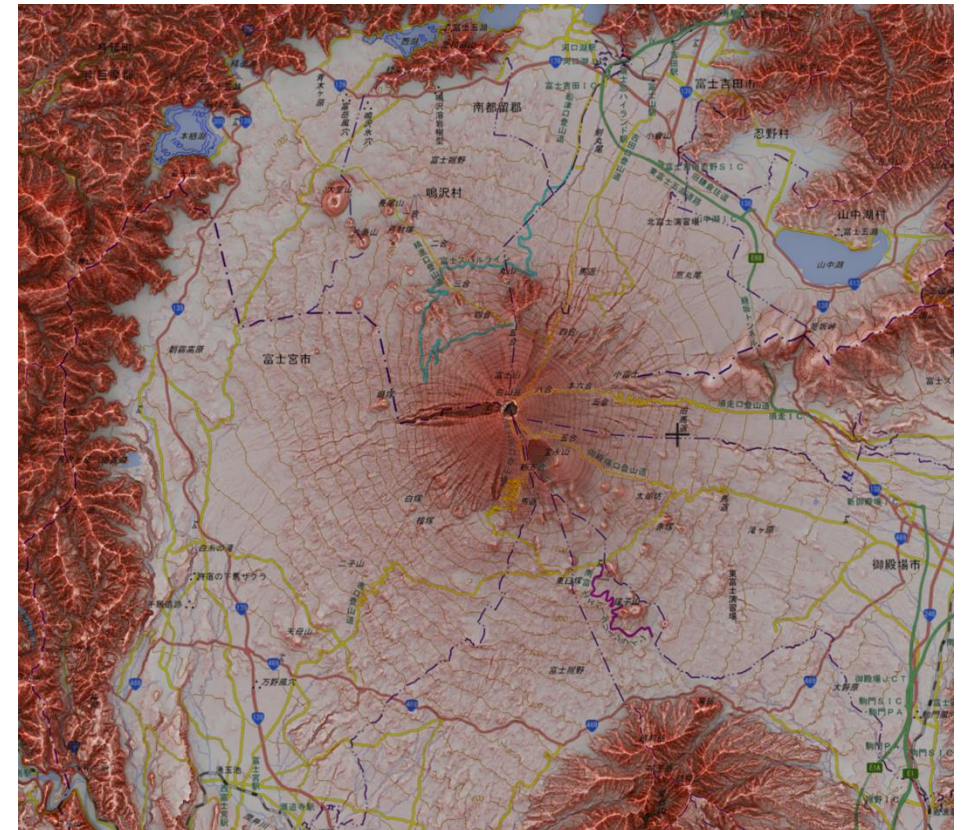


図5-14 宝永火口

国土地理院 赤色立体地図



1854年安政東海地震

1854年安政南海地震



Tokyo Tech

黒船を襲った大津波！



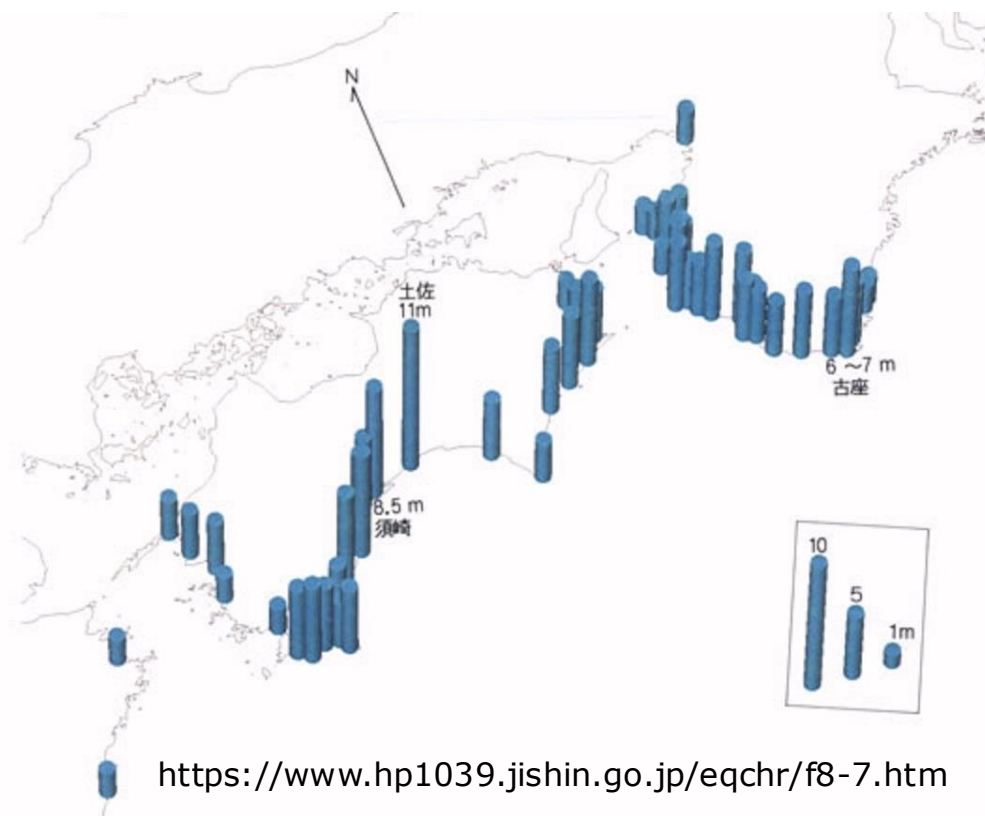
www.nirako-dosokai.org

- 1853年 7月 ペリーが浦賀に来航
- 1854年 3月 「日米和親条約」締結
- 11月 プチャーチンが「ディアナ号」に乗り来日
- 12月 22日 伊豆下田沖に停泊
- 23日 地震発生

震源：静岡県沖合
深さ：20 km
マグニチュード：8.4
津波：22m
死者：2-3千人

東南海地震の
32時間後！！

震源：紀伊水道沖合
深さ：20 km
マグニチュード：8.4
津波：10-20m
死者：数千人

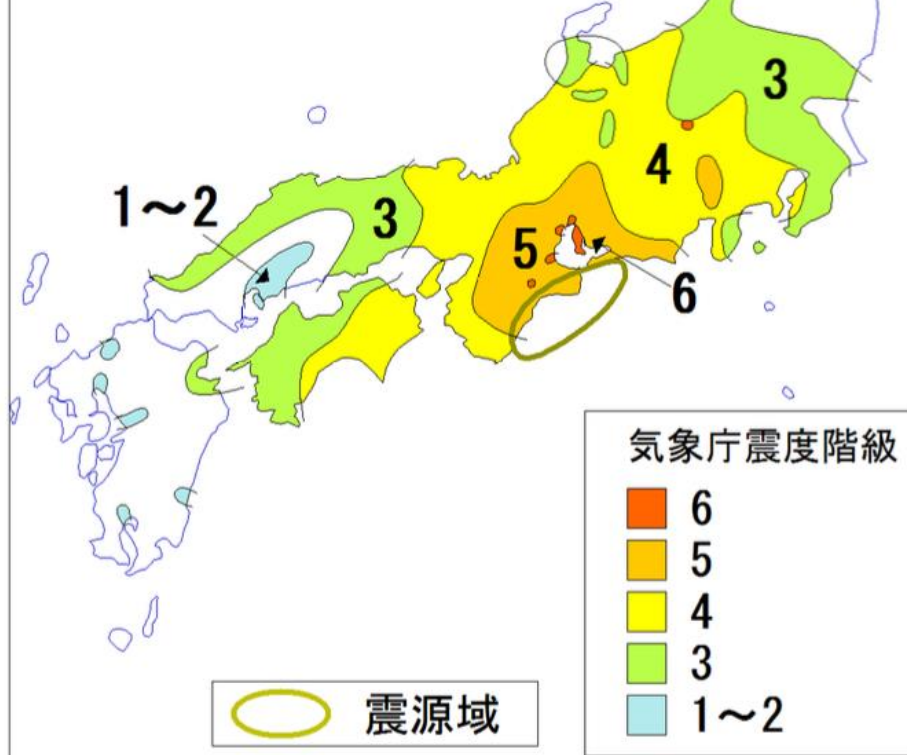


<https://www.hp1039.jishin.go.jp/eqchr/f8-7.htm>

1944年昭和東南海地震

1946年昭和南海地震

https://www.jma-net.go.jp/tsu/knowledge/tonankai/sub/01_tonankai_tsu_gaiyo/index.html

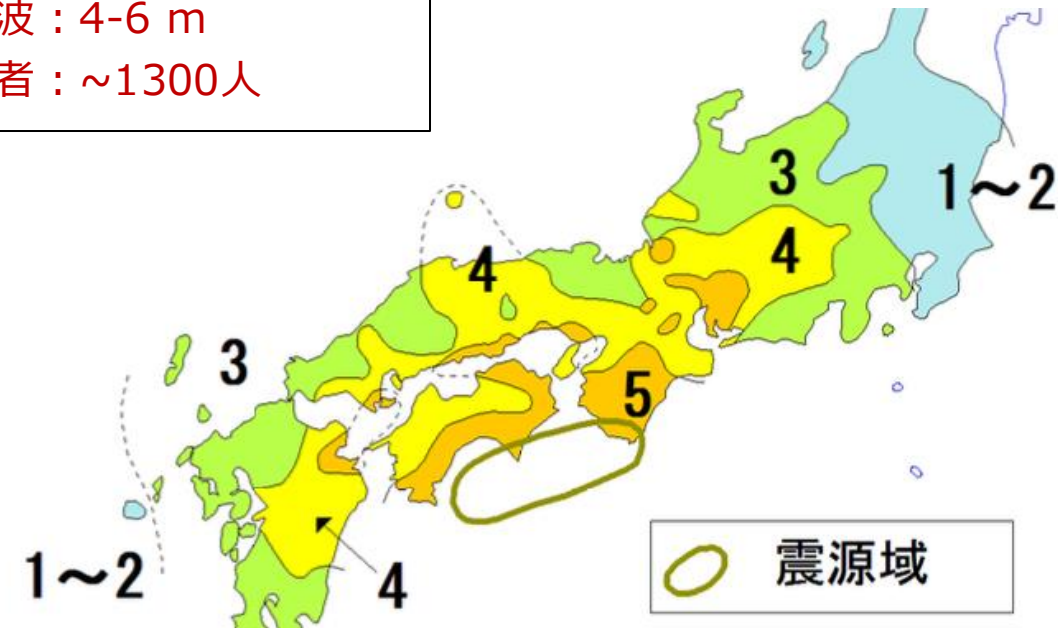


1944年12月7日
震源：紀伊半島沖合
深さ：20 km
マグニチュード：7.9
津波：10m
死者：~1200人

2年後

震源：紀伊水道沖合
深さ：20 km
マグニチュード：8.0
津波：4-6 m
死者：~1300人

瀬戸内で震度4-5
津波~1m



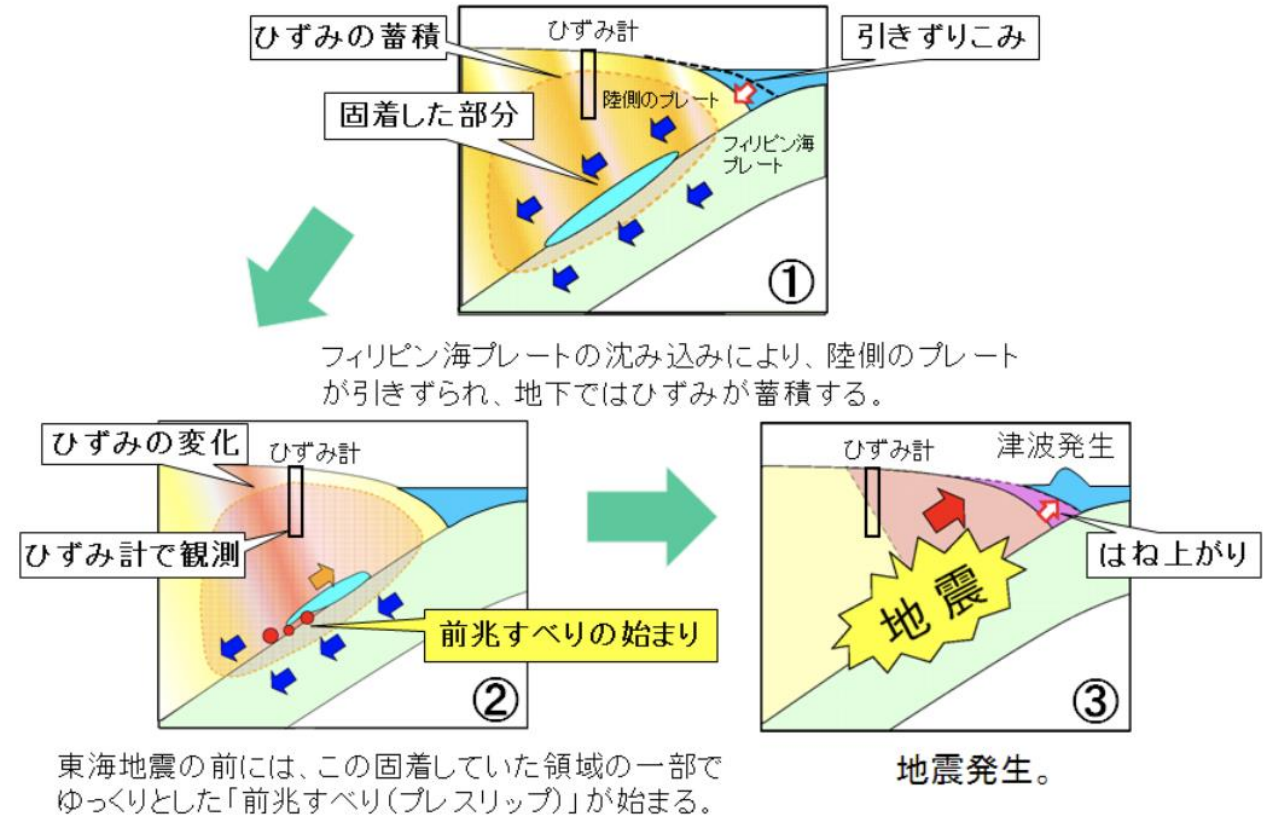
戦時中だったため、軍部が情報統制。
翌日の新聞1面は昭和天皇の肖像写真と戦意高揚の文章
しかし、世界の観測網で地震を捉えたため、アメリカは日本での
大地震発生を把握。新聞でも「日本が壊滅的被害」と報道

東海地震の予知

東海地震の予知

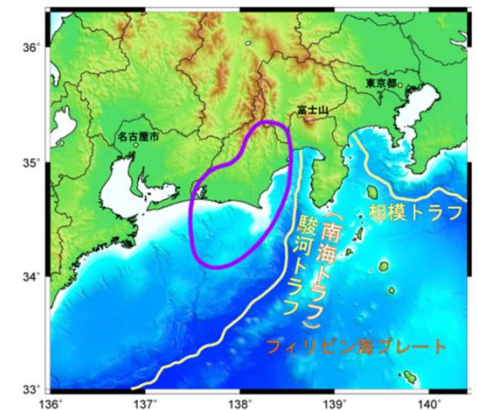
地震の予知とは、地震の発生時期、場所、規模（マグニチュード）を地震の発生前に精度よく予測することです。従来の科学的知見では、地震の予知は実用段階ではなく未だ研究段階にあると考えられてきた一方、。**東海地震については日本で唯一直前予知の可能性のある地震と考えられてきました**

その理由として、東海地震については、その発生場所と規模が特定され、**時期的にいつ起きてもおかしくない状況にある**と考えられてきたことに加え、前兆現象を伴う可能性があること、精度の高い観測・監視体制が震源域直上に整備できたこと、観測された変化が前兆現象かどうかを科学的に判断するための考え方として、「**前兆すべり（プレスリップ）モデル**」があらかじめ明確化されていたことが挙げられます。



気象庁

<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/nteq/tokaieq.html>



地震の前兆現象はある？

鷺谷（2016，地震ジャーナル）



1944年東南海地震直前の変化

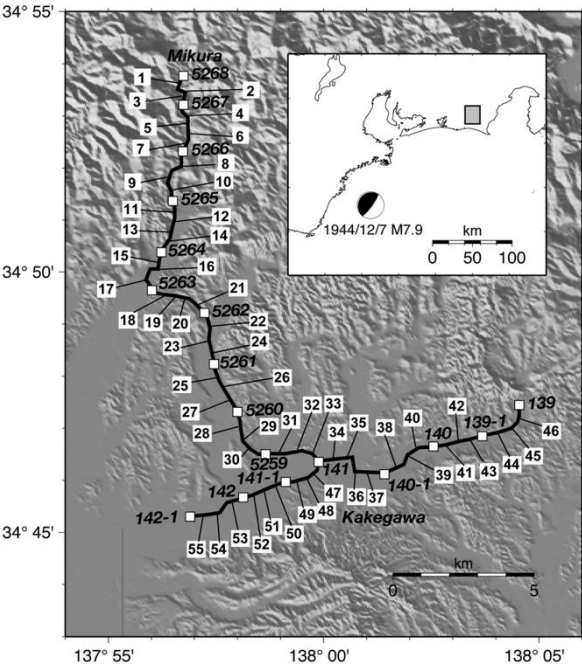


図 2 掛川付近の水準路線の位置図（鷺谷，2004）。1～55 は小区間の番号

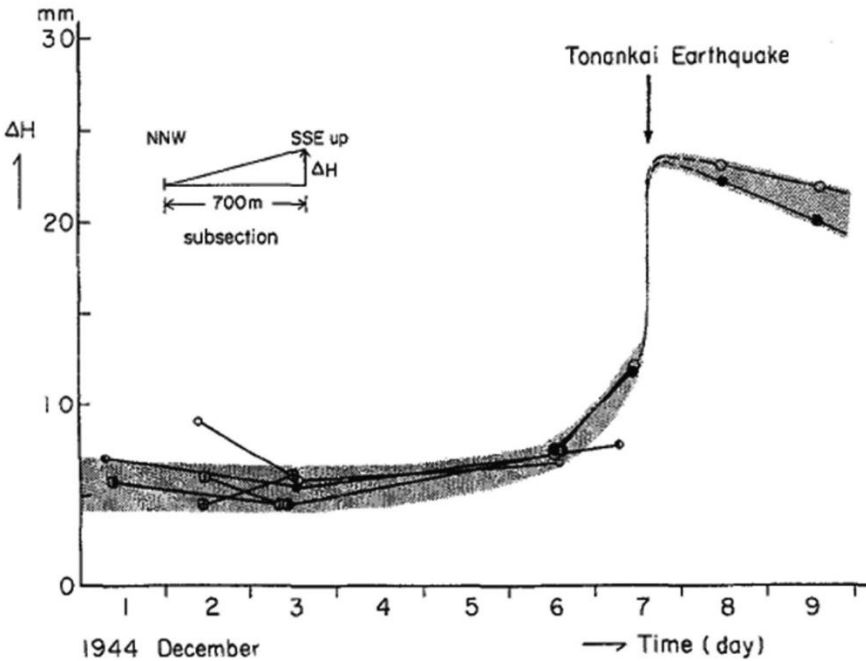


図 1 水準測量結果から求めた 1944 年 12 月 7 日に発生した東南海地震前後における南上がり傾斜の時間変化（Mogi, 1984）

表 1 東南海地震前後の水準測量の測定時期と比高変化（鷺谷，2004）

section	Survey Date						Relative Height Changes (mm)				
	A	B	C	D	E	F	A-B	B-C	Coseismic	D-E	E-F
1	11/24	11/26		12/24	12/24		+1.72			-1.62	
2	11/24	11/26		12/24	12/25		+2.24		-1.69	-0.38	
3	11/24	11/26		12/24	12/25		-1.80			+2.20	
4	11/24	11/26	11/26	12/24	12/25		-1.05	+1.20		+1.23	
5	11/24	11/26		12/24	12/25		-0.39		+2.28	-0.75	
6	11/24	11/25		12/23	12/23		-1.42			+1.97	
7	11/24	11/25		12/23	12/23		+0.38			+0.68	
8	11/24	11/25		12/23	12/23		-0.86		-3.09	+0.49	
9	11/25	11/25	11/28	12/23	12/24		+4.07	-1.42		-2.13	
10	11/28	11/28		12/23	12/23		-1.47		+0.79	+0.94	
11	11/28	11/28		12/23	12/23	12/25	-1.29	+0.70	+6.76	-1.25	+0.76
12	11/28	11/29		12/21	12/23	12/25	+0.58		+3.12	-1.78	-1.76
13	11/28	11/29		12/21	12/23		+0.25		-2.07	-2.21	
14	11/28	11/29		12/21	12/21		-1.20		-3.71	+1.23	
15	11/28	11/29		12/21	12/21		-0.26			-0.60	
16	11/28	11/29		12/21	12/21		+0.92		+2.76	-2.70	
17	11/28	11/29		12/19	12/19		+0.07		+3.28	-0.96	
18	11/29	12/4		12/19	12/19		+2.05			+1.33	
19	11/29	12/4		12/19	12/19		-1.87		+17.21	+1.25	
20	11/29	12/3		12/19	12/19		-0.50			+1.30	
21	12/1	12/3	12/7	12/18	12/20		-1.26	-0.21	+10.12	-0.61	
22	12/1	12/3	12/7	12/18	12/20		-1.56	+2.44	+5.19	-0.96	
23	12/2	12/3	12/6	12/18	12/20		-1.29	+2.87	-5.69	+0.23	
24	12/2	12/3	12/6	12/18	12/18		-3.21	+1.09	+17.82	+1.19	
25	12/2	12/3		12/18	12/18		+1.54		-5.77	+1.35	
26	12/2	12/3		12/18	12/18		-1.37		+17.40	-2.05	
27	12/6	12/7		12/8	12/9		+4.77		+12.84	-1.23	
28	12/6	12/7		12/8	12/9	12/9	+4.29		+11.56	-2.21	+1.27
29	12/6	12/7		12/8	12/9	12/9	-0.15		+7.84	-1.90	+2.87
30	12/6			12/8	12/9				+2.33	-2.65	
31	12/6			12/8	12/9				+4.18	+0.98	
32	12/6			12/8	12/9				+3.51	+0.60	
33	12/6			12/8	12/9						

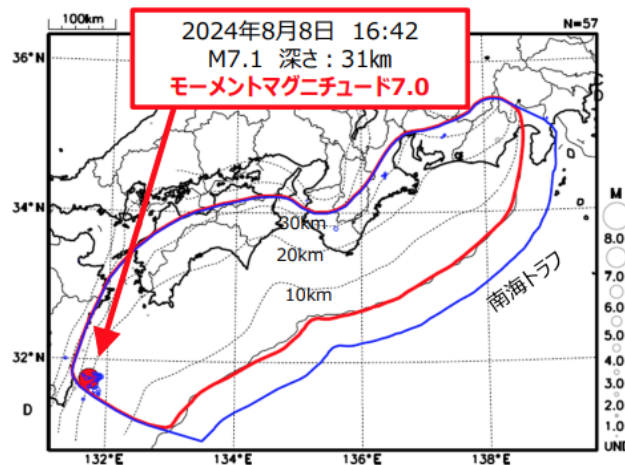
3日程度の時定数で連続的に加速したとは必ずしもいえない

南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）

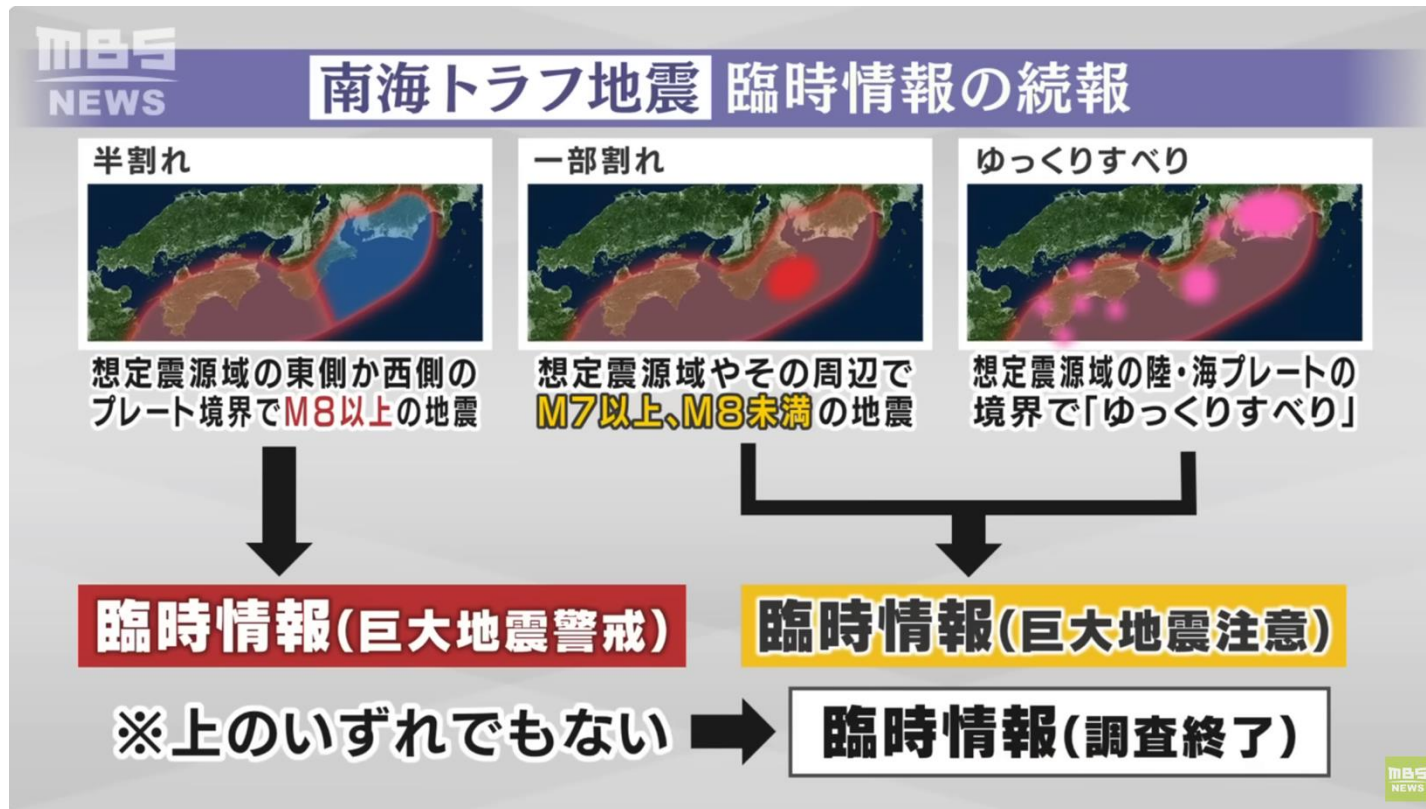
南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）について

本日（8日）19時15分に南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）を発表しました。その内容について別添のとおりお知らせいたします。

今回の地震の発生場所



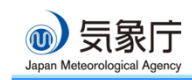
- ・赤線は想定震源域、青線は南海トラフ地震臨時情報発表に係る地震活動の監視領域
- ・黒点線は、フィリピン海プレート上面の深さ



【解説】南海トラフ地震臨時情報「巨大地震注意」とは？【宮崎で最大震度6弱】

南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）

平時に比べて地震発生確率が数倍高くなっています



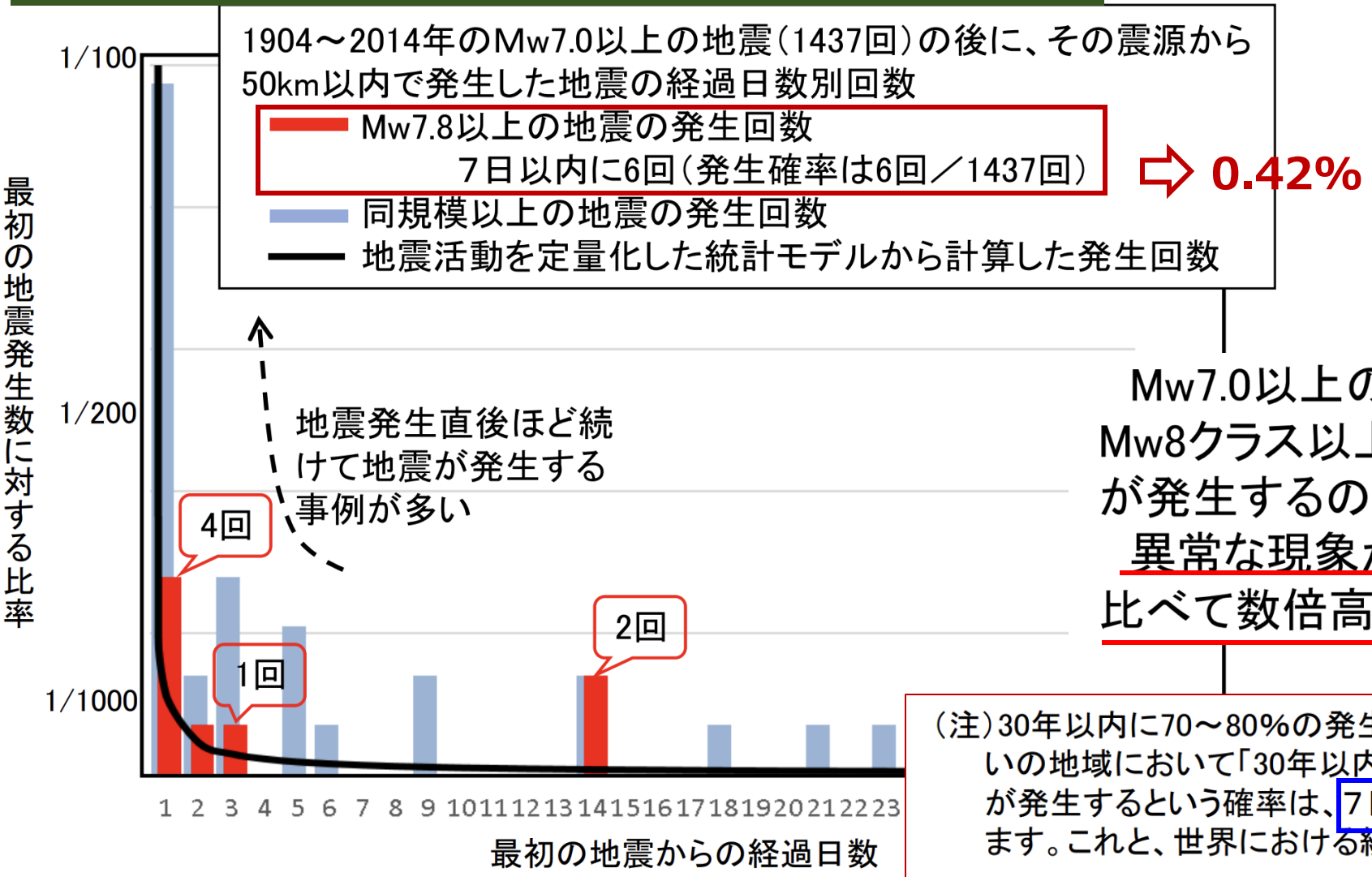
報道発表

いのちと暮らしをまもる
防災減災

令和6年8月8日19時45分
地震火山部

南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）について

本日（8日）19時15分に南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）を発表しました。その内容について別添のとおりお知らせいたします。



Mw7.0以上の地震発生後、7日以内にMw8クラス以上（Mw7.8以上）の大規模地震が発生するのは、数百回に1回程度です。
異常な現象が観測される前の状況（注）に比べて数倍高くなっています。

~0.1%

（注）30年以内に70～80%の発生可能性があると言われる状況です。南海トラフ沿いの地域において「30年以内に70～80%」の可能性でM8～9クラスの地震が発生するという確率は、7日以内に換算すると概ね千回に1回程度となります。これと、世界における続けて発生した地震の頻度を比較しています。

南海トラフ地震に備えて

WEB
特集

「半割れ」南海トラフ巨大地震 もう1つの最悪想定



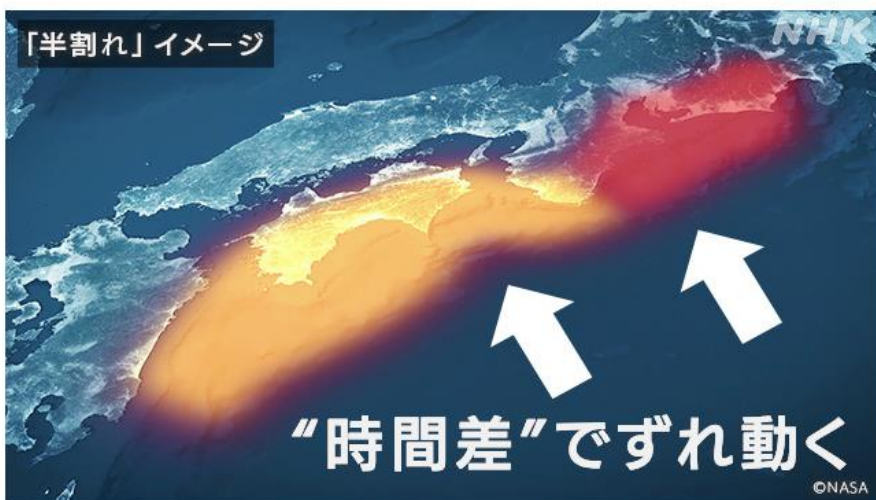
Tokyo Tech

2023年3月3日 17時37分

「巨大地震注意」の発表なしで地震が発生する可能性の方が高い

半割れ（過去に一番多い事例）

◆ 東海側で先に破壊



1096 永長東海地震
1099 康和南海地震

1361 正平(康安)東海地震
1361 正平(康安)南海地震

1498 明応地震

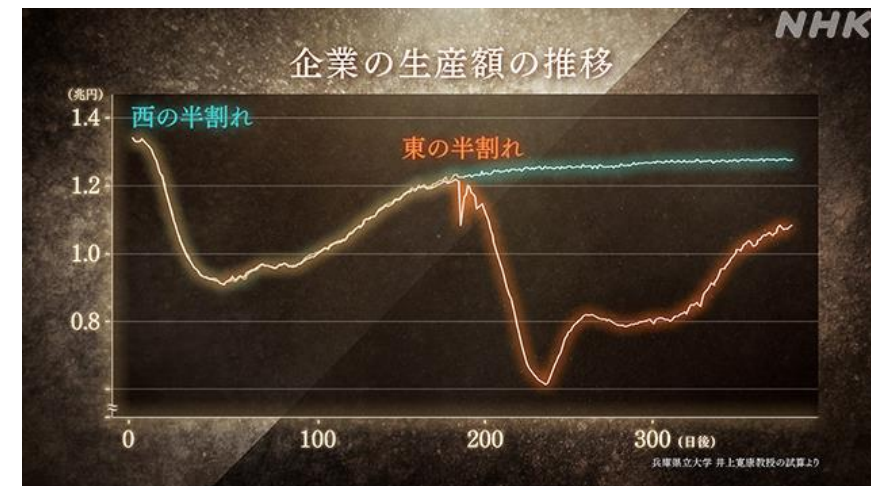
1605 慶長地震

1707 宝永地震

1854 安政東海地震
1854 安政南海地震
1944 昭和東南海地震
1946 昭和南海地震

全割れ（1707年宝永地震）

◆ M8以上（全域で激しい揺れと大きな津波）



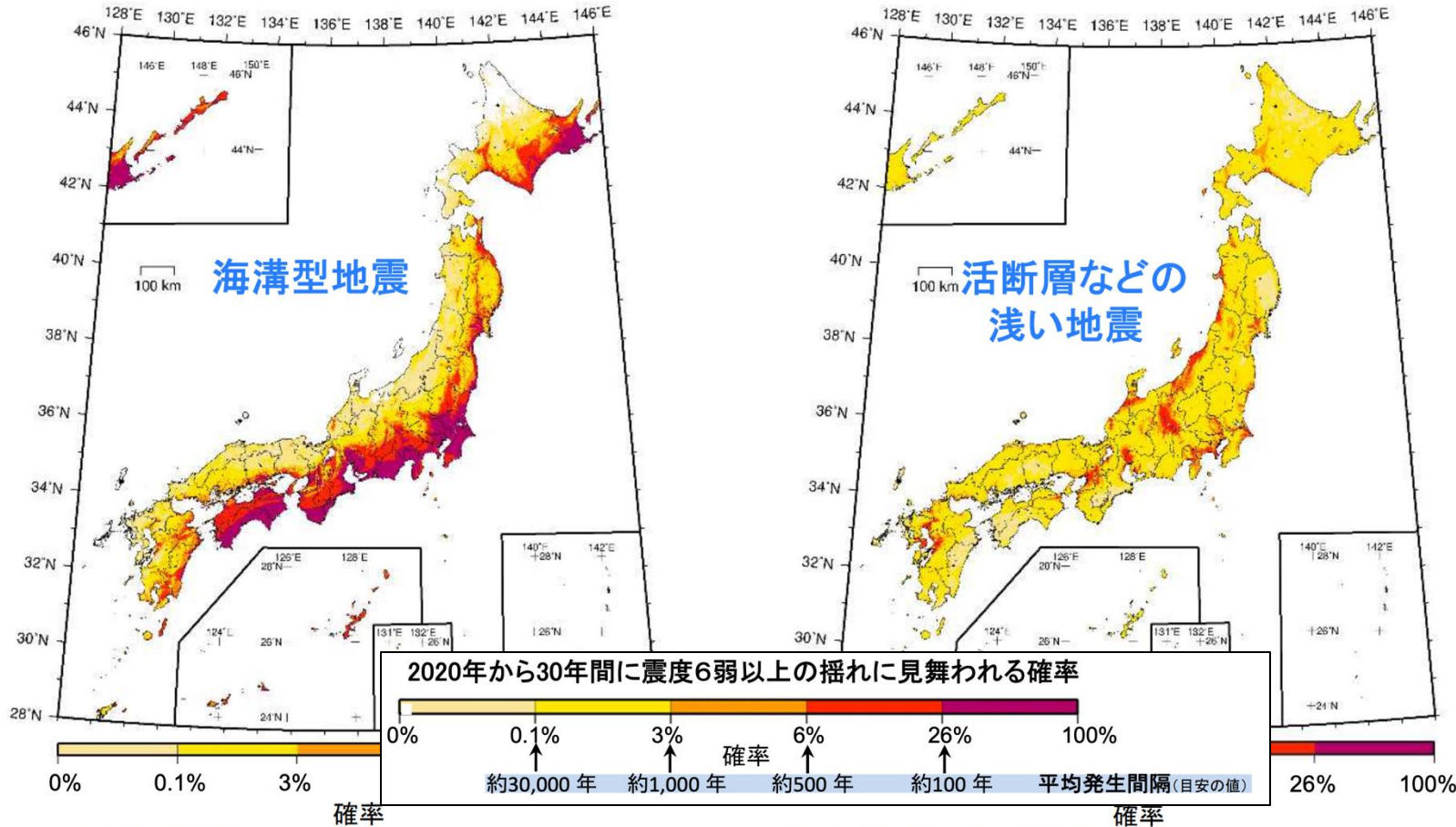
影響(1) 2回の激震で建物とは？
影響(2) 被災地に救助が来ない？
影響(3) 日本経済のダメージは…

他県の被災地に向かわない計画になっているのは、太平洋沿岸の10県（静岡・愛知・三重・和歌山・徳島・香川・愛媛・高知・大分・宮崎）の部隊。その理由は、2回目の「半割れ」に備えること

強震動予測地図

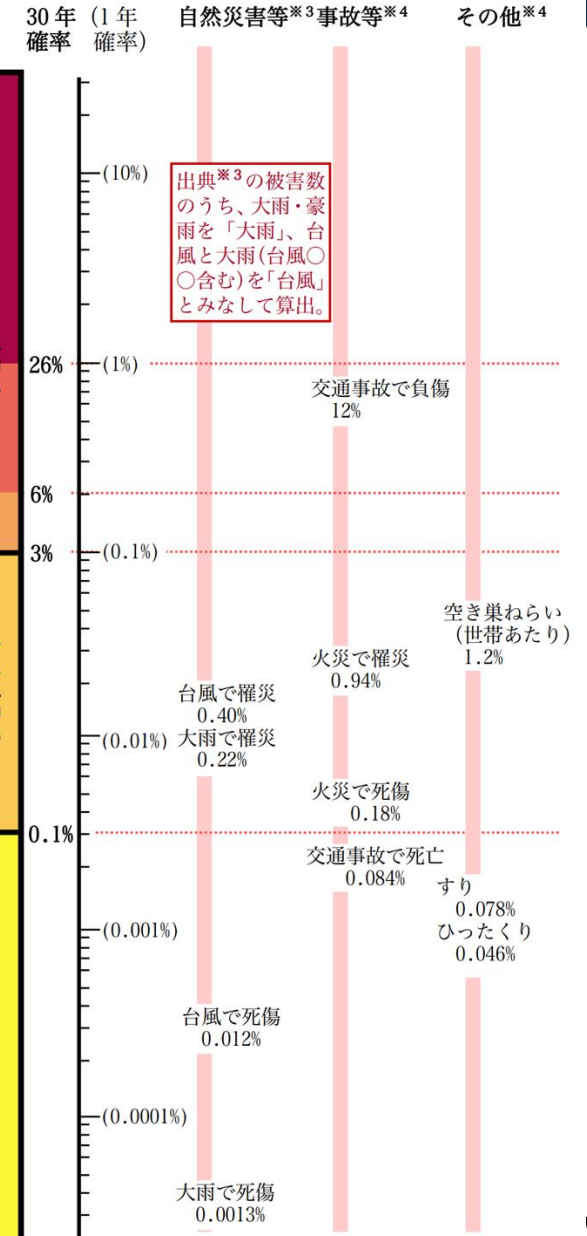
地震調査研究推進本部

2020年から30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率



海溝型地震による揺れに見舞われる確率

活断層などの浅い地震による揺れに見舞われる確率



地震災害から身を守る



1995年1月17日の兵庫県南部地震：

- 犠牲者（1月～6月）5488人を調査
- 家屋の倒壊や家具などの転倒による**窒息・圧迫死が4224人（77%）**
- 20代の犠牲者が多いのは被災地に大学が集中していたため
（兵庫県医師会）

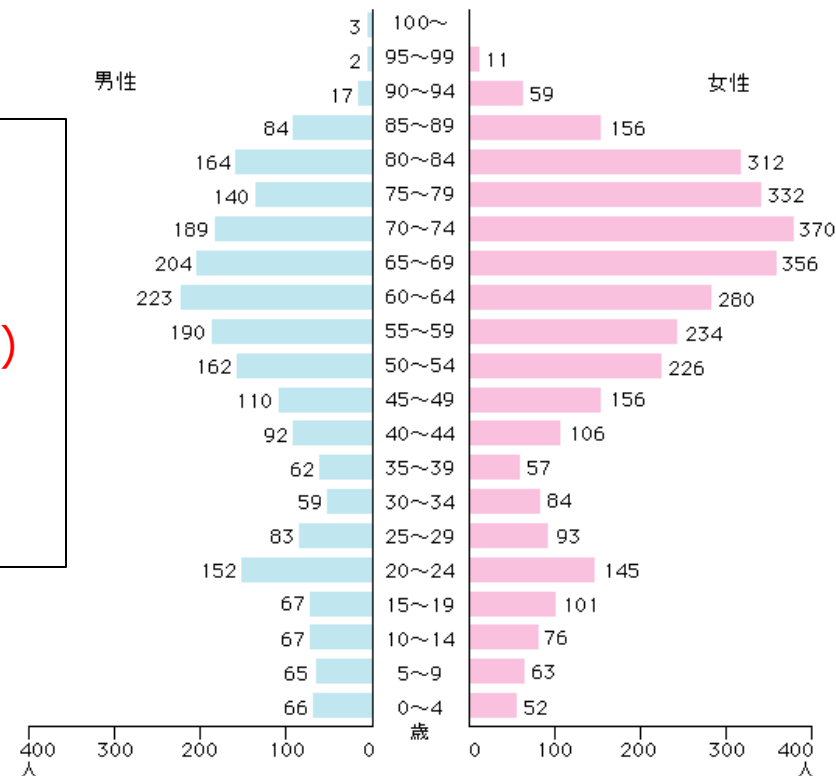
1日の時間を分けてみる

- 職場（9時間）
- 通学・外出など（3時間）
- リビングなど（4時間）
- 寝室（8時間）



自宅の家具転倒防止を徹底するだけで負傷
（死亡）リスクを1/2に減らせます！

図1 性、年齢別（5歳階級）別死亡数



<https://hyogo.med.or.jp/jmat-hyogo/day-after/siryo/>

南海地震（南海トラフ地震）は近い将来、必ず発生します！

残念ながら、現在の知見では「時期」「規模」を予測できません

日本：世界の国土面積の0.25% → 地震：20%，火山：10%

地震を知ることが大切

- 地震の研究はまだ始まったばかり
地震の周期（100–1000年） >> 近代観測（50–100年）
- 地震予知はできない
- 長期予測の意味を理解する
- 日頃の備え（非常食，棚の固定，連絡手段など）