

我が国における火山の発生メカニズム等について (事務局が収集した情報とその理解)

令和4年3月3日

原子力規制庁 研究炉等審査部門

1. 本会合の進め方

原子力規制委員会は、今後の概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項(考慮事項)の検討を行い、提示する*1。これに先立ち、我が国における火山の発生メカニズムの特徴、その地域性、新たな火山の発生に関して、文献から得た知見に基づく事務局の整理に対し、専門的なご意見を頂きたい。

我が国における火山の発生メカニズム及びその地域性

- 現在の科学的知見に照らして、妥当な内容であるか
- 明確に否定する学説や科学的知見があるか
- 例外的な事象として報告されているものはないか
- 整理結果に付け加えておくべき留意点等はないか

将来的な火山の発生に関する既往知見及び研究の動向

- どのような研究が行われているのか
- 留意すべき点として、どのようなことが考えられるか

2. 事務局が収集した情報 我が国における火山の発生メカニズム(2/2)



日本列島における火山フロントの位置
(巽, 2011^{*4}に加筆)

沈み込み帯に形成された火山は、海溝から一定の距離離れた場所に火山が最も集中し、さらに陸側に向かって火山は徐々に少なくなっていく^{*5}。
⇒火山の分布の海溝側の端を結んだラインが「火山フロント」^{*6}。

火山フロントより
海溝側を「前弧域」^{*5}
上記の反対側を「背弧域」^{*5}

*4 巽(2011); 地球の中心で何が起きているのか 地殻変動のダイナミズムと謎

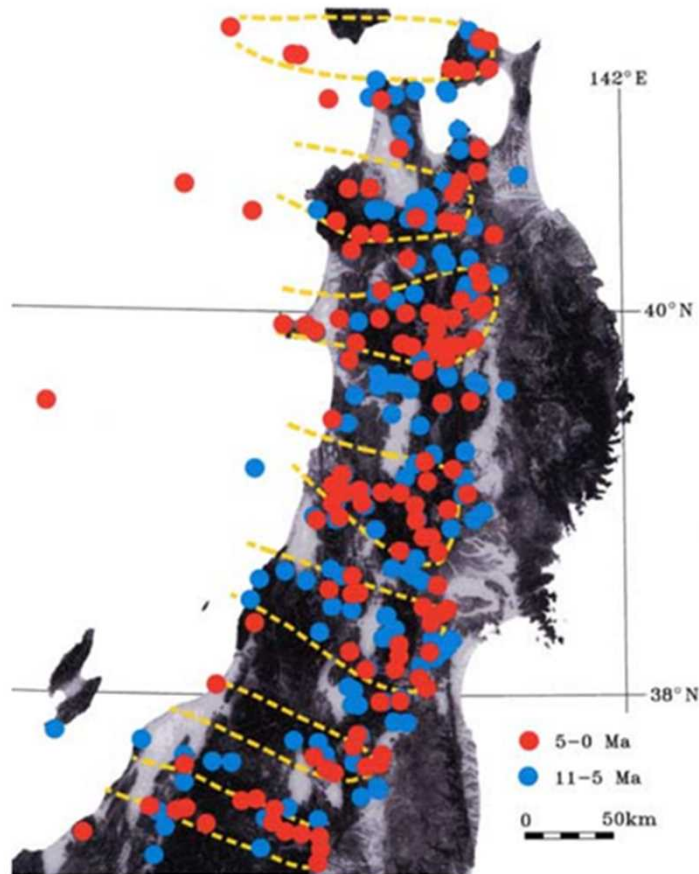
*5 高橋(2017); GSJ地質ニュース Vol. 6 No. 5

*6 杉村(1959), 火山, 4(2), 77-103.

2. 事務局が収集した情報

我が国における火山の地域性－東北地方(1/2)－

5



東北日本における過去から現在における火山の位置*7

- 最近5 Ma*の火山活動はホットフィンガー*8の分布(左図の破線)とよく一致するが、それより以前は、ホットフィンガーから外れた地域でも火山活動がみられる。また、見方によっては、フィンガーが入れ替わっているようにも見える*7。
- 火山位置の変遷をシミュレーションした結果も報告*7されているが、その範囲はある程度大きな範囲であり、特定の位置での火山噴火を再現できるものではないと考えられる。

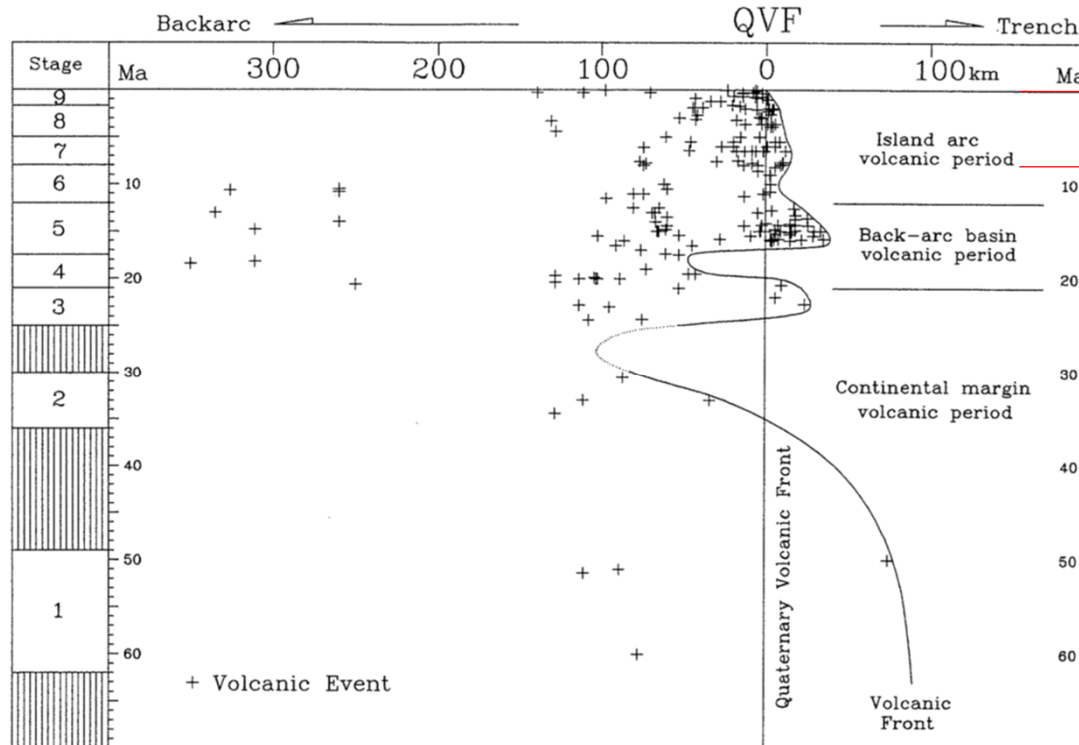
※Ma: Mega annumの略で、100万年前を表す。

*7 Honda and Yoshida (2005), *Geochemistry Geophysics Geosystems*, **6** (1), 1-22.

*8 Tamura et al. (2002), *Earth and Planetary Science Letters*, **197** (1-2), 105-116.

2. 事務局が収集した情報 我が国における火山の地域性－東北地方(2/2)－

6



火山フロントは西方
(背弧域)へ移動

日本列島の移動
やスラブの傾斜
角度の変化等による火山フロント
の移動*9, 10

火山フロントの位置の変遷*9

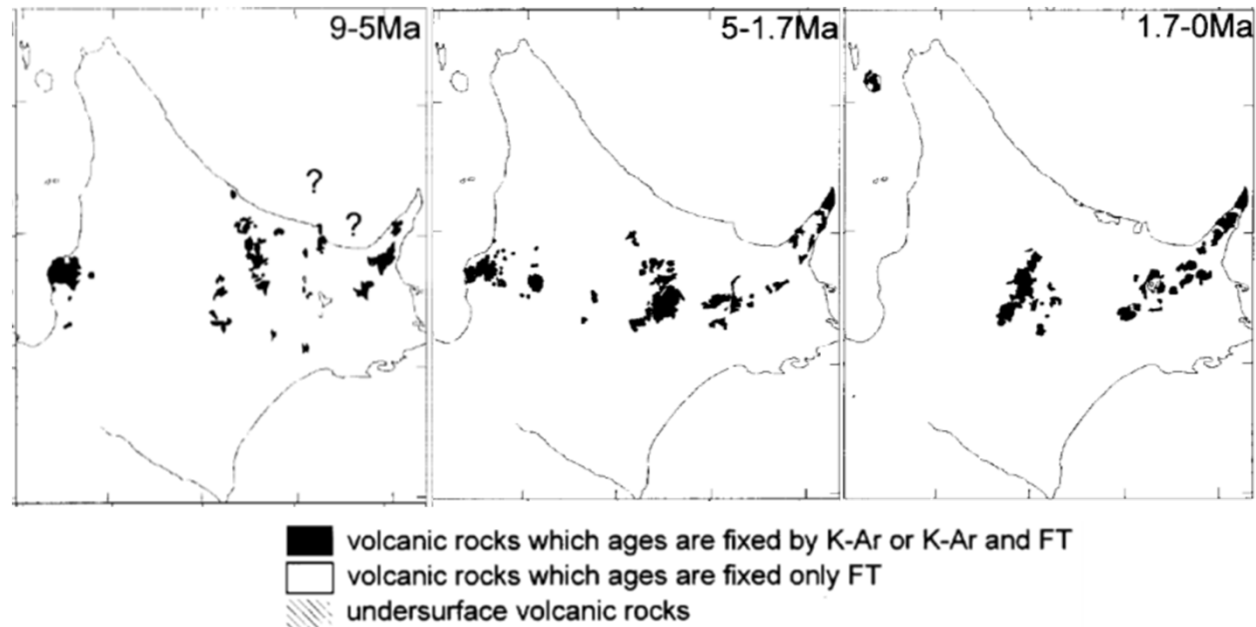
- 火山フロントは1.0-0.6 Ma頃を境に10-20 km程度海溝側へ移動したことが報告されているが、これは地殻応力の変化及び断層活動の活発化により、噴出中心が変化した*10。

*9 吉田ら (1995), 地質学論集, **44**, 263-308.

*10 梅田ら (1999), 火山, **44** (5), 233-249.

2. 事務局が収集した情報 我が国における火山の地域性－北海道－

7



北海道中央部～東部における火山位置の変化*11

- 9-1.7 Ma: 太平洋プレートの千島弧に対する斜め沈み込みによる島弧火山活動*11
- 1.7-0 Ma: 太平洋プレートの千島弧に対する直交に近い沈み込みによる火山活動*11



数100万年以上の長期にわたり火山活動が連続して起こった地域はなく、火山活動の移動が頻繁に認められる*11。

*11 広瀬・中川 (1999), 地質学雑誌, 105 (4), 247-265.

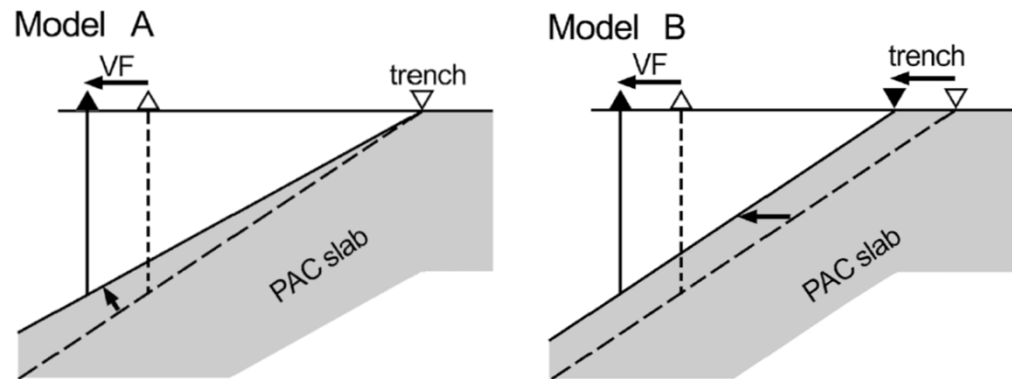
2. 事務局が収集した情報

我が国における火山の地域性－伊豆・小笠原－

- 太平洋プレートの沈み込みにより形成された伊豆-小笠原弧の火山フロントは、4 Ma頃まで、現在の火山フロントの東方40 kmに位置し、それ以降、西方へ移動して現在の火山フロントの位置に至る*12。
- フィリピン海プレートの進行方向の変遷*12
 - ✓ 4 Ma以前が北北西方向
 - ✓ 4-2 Maが移行期
 - ✓ 2 Ma以降が北西方向



火山フロントの西方への移動はフィリピン海プレートの運動方向の転換を反映したものと考えられる*12。



本地域における火山フロントの移動原因の可能性*12

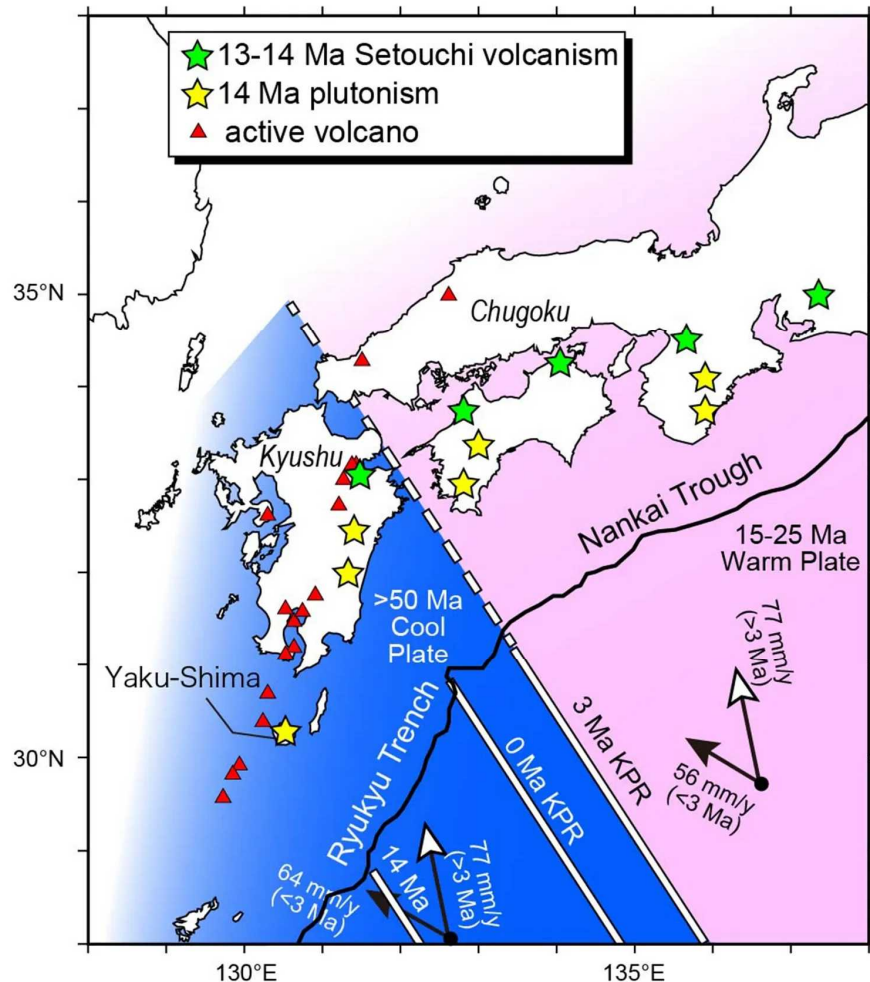
(左図:スラブの沈み込みの角度が変化、右図:海溝位置が変化)

*12 森ら (2012), 岩石鉱物科学, 41(3), 67-86.

2. 事務局が収集した情報

我が国における火山の地域性－中国・九州(1/2)－

9



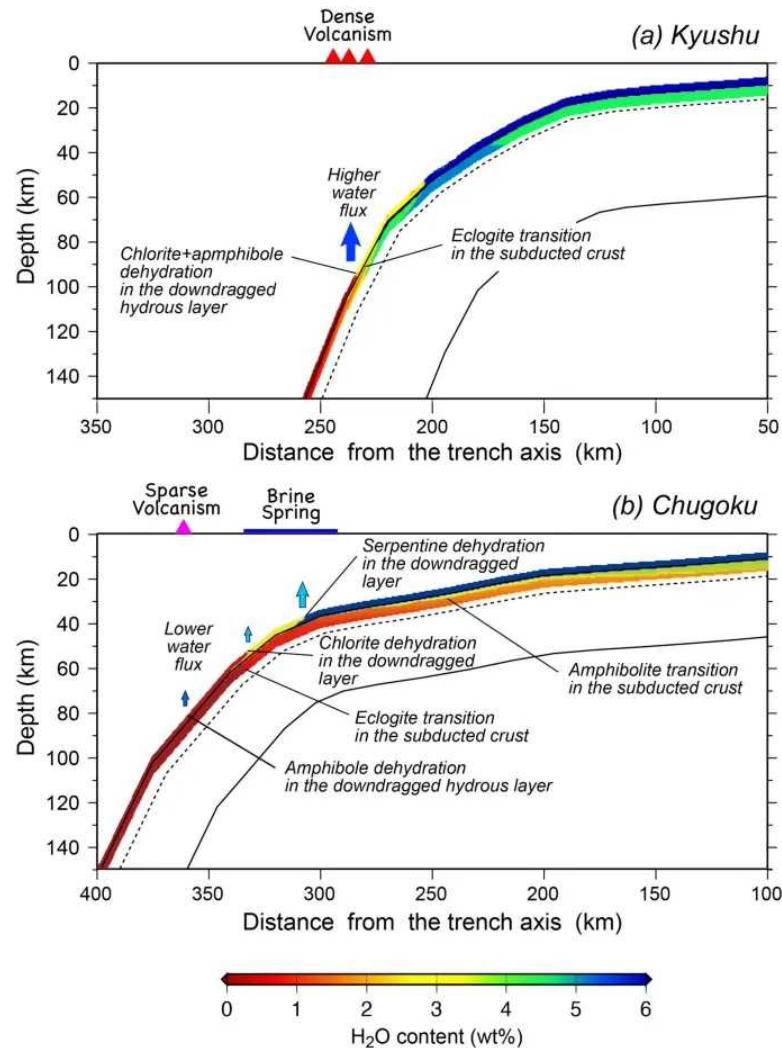
九州地方及び中国地方の火山分布とプレートの沈み込み*13

- 九州地方と中国地方はフィリピン海プレートが沈み込む地域である*13。
- 火山の分布は九州地方では密であり、中国地方では粗である。
- 九州地方に沈み込んでいるプレートは 50 Maより古く、冷えたプレートであることに対して、中国地方に沈み込んでいるプレートは 15-25 Maとより若く、温かいプレートである*13。

2. 事務局が収集した情報

我が国における火山の地域性ー中国・九州(2/2)ー

10



- 九州地方では、深度100 km程度で水の放出（緑泥石と角閃石の脱水）が起こっており、それを起因としてマグマが生成されていると考えられる*13,14。
- 中国地方では、深度40 km程度（蛇紋石の脱水）、深度50 km程度（緑泥石の脱水）で水の放出が起こっており、これらは深部流体の存在に起因しているものと考えられる*13, 14。
- 中国地方では、マグマが生成するための深度に至る前にプレートの水分が失われることで、マグマの生成量が少なくなり、火山の数も少ないものと考えられる*13。一方、日本海側には単成火山が存在し*15、マグマの生成はマンタルの部分溶融によるものと考えられる*15, 16。

プレートの沈み込みと脱水と水の放出に関するシミュレーション*13

*13 Tatsumi et al. (2020), Scientific Reports, 10:15005.

*14 Peacock and Wang (1999), Science, 286 (5441), 937-939.

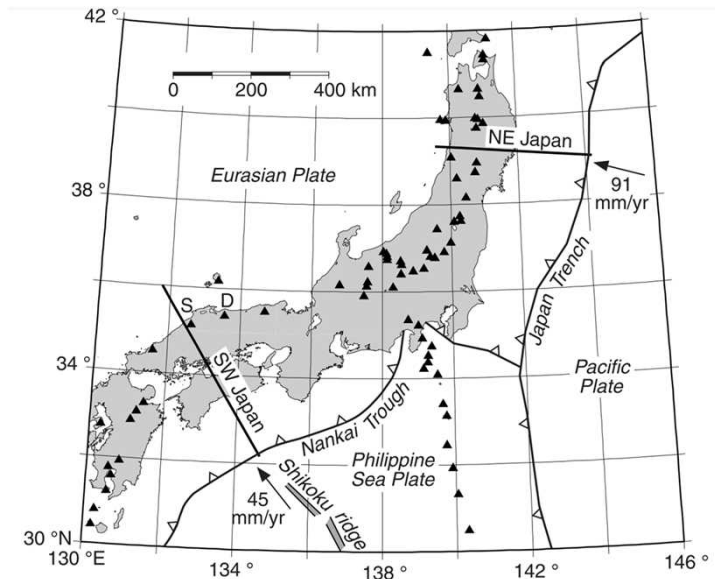
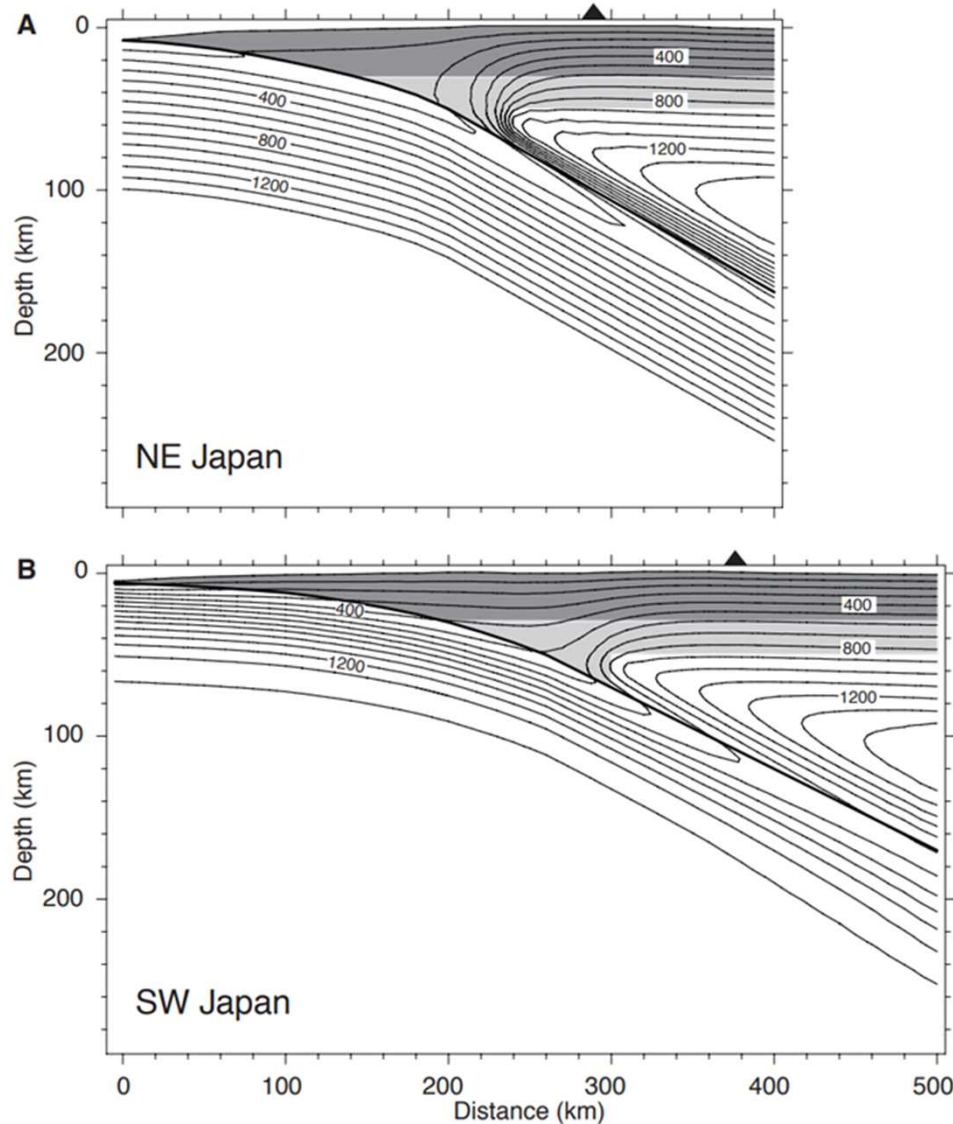
*15 西村 (2016), 温泉科学, 66 (2), 124-136.

*16 片山ら (2010), 地学雑誌, 119 (2), 205-223.

2. 事務局が収集した情報

プレートの沈み込み温度に関する東北日本と西南日本の比較

11



- 15-50 Maのフィリピン海プレートと比べ、130 Maの太平洋プレートは古く、冷えたプレート*13, 14。
- 左図の例では、深度50 kmにおけるスラブ／マントル境界の温度は、東北日本では200°C、西南日本では500°C*14。

*13 Tatsumi et al. (2020), Scientific Reports, 10:15005

*14 Peacock and Wang (1999), Science, 286 (5441), 937-939.

2. 事務局が収集した情報 プレート運動の継続性

- 太平洋プレートの運動はおよそ43 Maの天皇海山列の屈曲以降は一定している^{*17}。
- フィリピン海プレートの過去の運動は、プレート上にホットスポットが存在しないため、解明されていない^{*18}。
- 3 Ma程度から開始されたと考えられる東北日本の東西収縮^{*19}については、フィリピン海プレートの運動の方向が変化したことが原因とする報告^{*20}がある。
- 日本列島のネオテクトニクスの枠組みにおいて多くの地域で地殻変動の方向や速度が一定になったのは数十万年前以降^{*21}との報告もあるが、これは地域的なものであり、大局的なプレート運動はより長期的に安定的と考えられる。



日本列島周辺のプレート運動は3 Ma程度から現在までほぼ一定と考えられる。

*17 Harada and Hamano (2000), AGU Geophysical Monograph Series.

*18 高橋 (2006), 地学雑誌, **115** (1), 116-123.

*19 Sato (1994), Journal of Geophysical Research: Solid Earth, **99** (B11), 22261-22274.

*20 Takahashi (2017), Bulletin of the Geological Survey of Japan, **58** (4), 155-161.

*21 梅田ら (2013), 地学雑誌, **122** (3), 385-397.

3. 事務局の整理

(火山の発生メカニズムとその地域性について)

- 火山の発生には、以下の2つが関係する。
 - ① マグマの発生プロセス
 - ② 発生したマグマの地表への供給プロセス(マグマの生成量やマグマが上昇する過程)
- 我が国の第四紀(約258万年前以降)火山の「① マグマの発生プロセス」の主たるものは、プレートの沈み込みによるものである。
- 東北日本(ここでは関東以北から北海道までを含む範囲を指す)を含む太平洋プレートの沈み込み域においては、「水の供給によるマンタルの融点低下」が要因として挙げられる。この理由として、太平洋プレートは、古いプレートであり、プレート自体が冷えて厚く重いため、沈み込みが比較的急角度であるためである。
- フィリピン海プレートの沈み込み域におけるマグマの発生プロセスも基本的には太平洋プレートの沈み込みと同様であるが、プレート自体の温度が高く、マグマが生成する前に熱水の深部流体が生成する場合もある。
- 「② 発生したマグマの地表への供給プロセス」は、地殻応力の状態や断層等の岩盤特性といった比較的狭域における状況に依存すると考えられる。

3. 事務局の整理

(新たな火山発生の傾向を考慮する上での前提について)

- 「①マグマの発生プロセス」がプレートの沈み込みによるものであるならば、プレートシステムの転換に伴って、新たな火山発生の傾向も大きく変化することが考えられる。
- プレートシステムの転換には100万年～1000万年以上の期間を要すると考えられることから*22,23,24、仮に現時点で転換が開始されたとしても、今後数万年～10万年程度のうちに火山発生の傾向が大きく変化することは想定しがたい。
- 日本列島が形成されたとされている時期(約1400万年前)以降において、「東北日本の火山フロント」は大局的には背弧側へと移動している。1.0-0.6 Maで当該火山フロントが前弧側(海溝側)に10～20 km程度移動しているが、これは地殻応力の変化及び断層活動の活発化によるものである。これ以降については、火山フロントの移動は小さく、前弧側に火山が移動する傾向は見られない。

*22 Jolivet et al. (1994), Journal of Geophysical Research, **99** (B11), 22,237-22,259.

*23 Kimura and Tamaki (1986), Tectonics, **5** (3), 289-401.

*24 Seno and Maruyama (1984), Tectonophysics, **102**, 53-84.

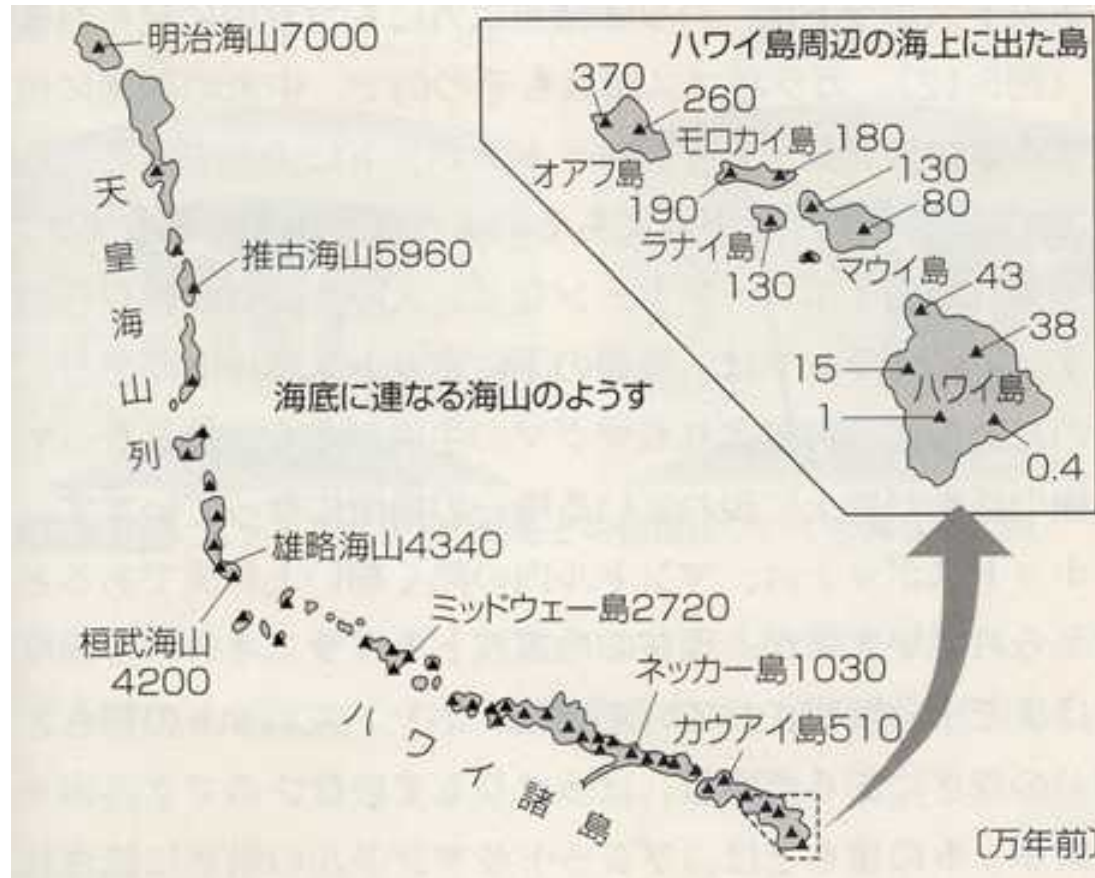
3. 事務局の整理 (新たな火山発生の蓋然性について)

- 「①マグマの発生プロセス」を踏まえ、当該プロセスにおいてマグマが発生しないと考えられる地域については、新たな火山発生の蓋然性は極めて低いと考えられる。
- 現在のプレート運動の方向や沈み込み角度が変わらないという前提であれば、現在の火山フロントの前弧域で火山が発生する蓋然性は極めて低いと考えられる。該当地域の例としては、東北日本の前弧域が挙げられる。
- 『「科学的特性マップ」の説明資料』*25で指摘されている以下の評価モデルに関する情報があれば伺いたい。
「現在、上部マントル内にマグマが発生・上昇する温度・圧力条件が存在しない地域においても、将来、その条件が発生する可能性があるか否かについて、マントル物質の対流モデル等を加えて新たな評価モデルを構築することが望ましい。」*25 *23

*25 経済産業省資源エネルギー庁 (2017), 「科学的特性マップ」の説明資料.

參考資料

天皇海山列の屈曲



ハワイ諸島と天皇海山列の
火山活動時期
(木村・大木 (2013)^{*26}、
鎌田 (2004)^{*27} 及び Clague and
Dalrymple (1987)^{*28} を改変)

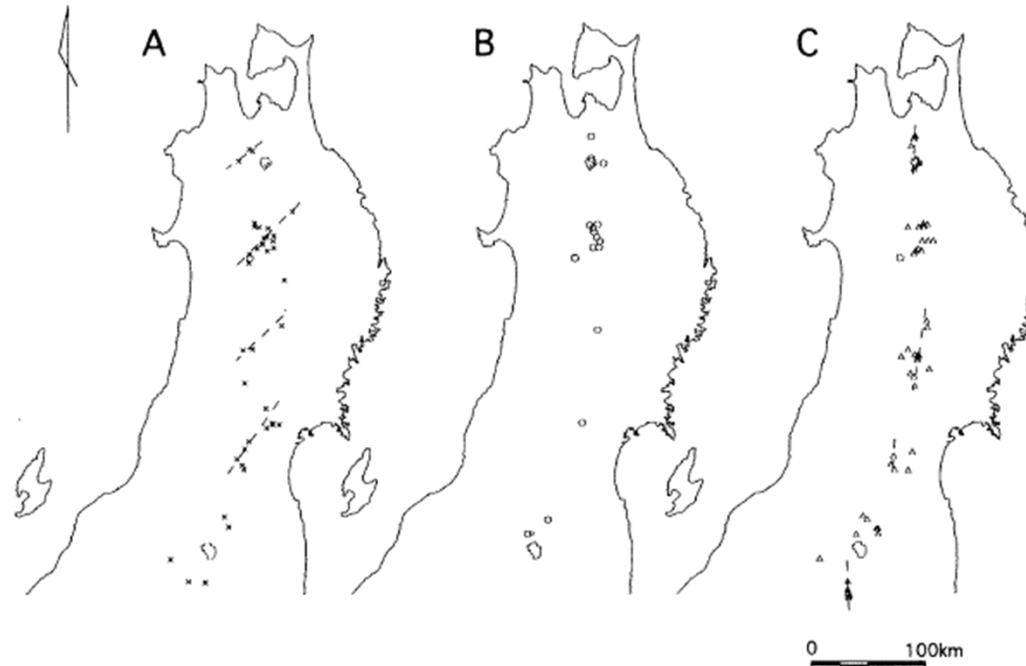
※およそ43 Ma頃に太平洋プ
レーートの移動方向が北北西か
ら西北西に変わったと推察

*26 木村・大木 (2013), 図解・プレートテクトニクス入門.

*27 鎌田 (2004), 地球は火山がつくった 地球科学入門.

*28 Clague and Dalrymple (1987), United States Geological Survey, Professional Paper, **1350**, 5-54.

東北日本の中央部における第四紀火山の分布の推移



各時代 (A : 2.0Ma-1.0Ma、B : 1.0Ma-0.6Ma、
C : 0.6Ma以降) における火山の噴出中心の分布*10

※2.0Ma以降の噴出中心は1.0Ma-0.6Ma頃を境に、北東-南西ないしは東北東-西南西から南北方向に配列が変化したと考えられる。

※火山フロントに相当する東縁(海溝側)の噴出中心の分布をみると、東北日本の火山フロントは1.0Ma-0.6Ma頃を境に10~20km程度、海溝側に移動したことがわかる。

*10 梅田ら (1999), 火山, 44 (5), 233-249.