

# 大規模噴火プロセス等の知見の蓄積に係る研究

(平成31年度(令和元年度)の巨大噴火研究に係る進捗状況)

## － 修正前後比較表 －

令和2年10月20日

長官官房技術基盤グループ  
地震・津波研究部門

(余白)

(1) 地質学的手法による火山噴火準備及び進展過程に関する調査・研究 (2/4)

<成果概要>

- ▶ 阿蘇カルデラでは、噴出物のSiO<sub>2</sub>濃度が時間とともに苦鉄質 (SiO<sub>2</sub>=50%) から珪長質 (SiO<sub>2</sub>=70%) に変化する傾向がある。
- ▶ 始良カルデラでは、珪長質マグマの噴出が継続していることが明らかになった。
- ▶ 少なくとも巨大噴火の発生前には、珪長質マグマが噴出しているとみることが可能である。

表1 阿蘇4噴火に至るマグマの変遷

噴火サイクル	年代	サブユニット	本質物	全岩化学組成(SiO <sub>2</sub> )
阿蘇中央火口丘 <90 ka		溶岩 降下火砕物	溶岩、スコリア>軽石	49-72%
阿蘇カルデラの事例	阿蘇4	阿蘇4B火砕流堆積物	軽石>>スコリア	64-70.54%
		阿蘇4KS火砕流堆積物(丸ノ峰スコリア流)	スコリア	50-52%
		阿蘇4T火砕流堆積物	軽石	67-69%
		阿蘇4BS火砕流堆積物(弁利スコリア流)	スコリア>軽石	51-67%
		阿蘇4M火砕流堆積物(用木軽石流)	軽石	67-70%
		阿蘇4Y火砕流堆積物(八女軽石流)	軽石	67-70%
		阿蘇4H火砕流堆積物(鳩平軽石流)	軽石	67-70%
		阿蘇4K火砕流堆積物(肥猪火山灰流)	軽石	67-70%
		阿蘇4O火砕流堆積物(小谷軽石流)	軽石>>スコリア	64-69.52%
		阿蘇4A火砕流堆積物	軽石>>>スコリア	67-70.52%
阿蘇4Tk火砕流堆積物(高尾野火砕流)*	軽石>>スコリア	50.60%		
阿蘇4S火砕流堆積物(鎌丸火砕流)*	軽石	67-71%		
阿蘇4L降下火山灰*	火山灰			
阿蘇4X火砕流堆積物*/降下軽石層	軽石	68-69%		
大峰火山	90 ka	大峰火砕丘、高遊原溶岩	溶岩、軽石、スコリア	63-65%
阿蘇4/3		Y降下軽石層	軽石	68%
		ABC降下軽石層	軽石	62-65%
		EF降下軽石層	軽石	67-71%
		G降下軽石層	軽石	66%
		H降下軽石層	軽石	65-66%
		JKL降下軽石層	軽石	64-66%
		MN降下軽石層	軽石	66%
		Z2降下軽石層	軽石	69%
		Z6降下軽石層	軽石	65%
		Z15降下スコリア層	スコリア	51%
		Z20降下スコリア層	スコリア	56%
		Z27降下スコリア層	スコリア	56%
		Z28降下スコリア層	スコリア	51%
		Z29降下スコリア層	スコリア	53%

前研究フェーズ (H27~30) では、層序関係のみを明らかにした。  
 現研究フェーズでは、噴出年代を検討中

↑ SiO<sub>2</sub>濃度が上昇  
 苦鉄質→珪長質  
 に変化している

(1) 地質学的手法による火山噴火準備及び進展過程に関する調査・研究 (2/4)

<成果概要>

- ▶ 阿蘇カルデラでは、本研究によって詳細化された層序を基に化学分析を行った結果、噴出物のSiO<sub>2</sub>濃度が時間とともに苦鉄質 (SiO<sub>2</sub>=50%) から珪長質 (SiO<sub>2</sub>=70%) に変化する傾向があることが明確になった(表1)。
- ▶ 一方、始良カルデラでは、珪長質マグマの噴出が継続していることが指摘されており(例えば、長岡ほか(2001)、小林ほか(2010))、本研究においてもそれを具体的に確認した。
- ▶ 上記の2事例における巨大噴火の発生前までのプロセスは異なるが、少なくとも巨大噴火の発生前には、準備された珪長質マグマが噴出している。さらに複数の巨大噴火で確認されれば、このような事象が前駆現象として発生するとみることが可能である。

表1 阿蘇4噴火に至るマグマの変遷

噴火サイクル	年代	サブユニット	本質物	全岩化学組成(SiO <sub>2</sub> )
阿蘇中央火口丘 <90 ka		溶岩 降下火砕物	溶岩、スコリア>軽石	49-72%
阿蘇カルデラの事例	阿蘇4	阿蘇4B火砕流堆積物	軽石>>スコリア	64-70.54%
		阿蘇4KS火砕流堆積物(丸ノ峰スコリア流)	スコリア	50-52%
		阿蘇4T火砕流堆積物	軽石	67-69%
		阿蘇4BS火砕流堆積物(弁利スコリア流)	スコリア>軽石	51-67%
		阿蘇4M火砕流堆積物(用木軽石流)	軽石	67-70%
		阿蘇4Y火砕流堆積物(八女軽石流)	軽石	67-70%
		阿蘇4H火砕流堆積物(鳩平軽石流)	軽石	67-70%
		阿蘇4K火砕流堆積物(肥猪火山灰流)	軽石	67-70%
		阿蘇4O火砕流堆積物(小谷軽石流)	軽石>>スコリア	64-69.52%
		阿蘇4A火砕流堆積物	軽石>>>スコリア	67-70.52%
阿蘇4Tk火砕流堆積物(高尾野火砕流)*	軽石>>スコリア	50.60%		
阿蘇4S火砕流堆積物(鎌丸火砕流)*	軽石	67-71%		
阿蘇4L降下火山灰*	火山灰			
阿蘇4X火砕流堆積物*/降下軽石層	軽石	68-69%		
大峰火山	90 ka	大峰火砕丘、高遊原溶岩	溶岩、軽石、スコリア	63-65%
阿蘇4/3		Y降下軽石層	軽石	68%
		ABC降下軽石層	軽石	62-65%
		EF降下軽石層	軽石	67-71%
		G降下軽石層	軽石	66%
		H降下軽石層	軽石	65-66%
		JKL降下軽石層	軽石	64-66%
		MN降下軽石層	軽石	66%
		Z2降下軽石層	軽石	69%
		Z6降下軽石層	軽石	65%
		Z15降下スコリア層	スコリア	51%
		Z20降下スコリア層	スコリア	56%
		Z27降下スコリア層	スコリア	56%
		Z28降下スコリア層	スコリア	51%
		Z29降下スコリア層	スコリア	53%

前研究フェーズ (H27~30) では、層序関係の詳細化及びその化学組成のみを明らかにした。  
 現研究フェーズでは、具体的な噴火間隔を推定するため、各々の噴出年代を検討中

↑ SiO<sub>2</sub>濃度が上昇  
 苦鉄質→珪長質  
 に変化している

参考文献  
 〇長岡信治・奥野 充・新井房夫(2001) 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, 第107巻, 第7号, 432-450.  
 〇小林哲夫・奥野 充・長岡信治・宮縁育夫・井口正人・味喜大介(2010) 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年報, 第53号B, 269-275.

(1) 地質学的手法による火山噴火準備及び進展過程に関する調査・研究 (3/4)

<成果概要>

- ▶ 始良カルデラ周辺では、福山軽石以降約10万年間、珪長質のマグマを噴出  
先カルデラ期(福山P, 敷根L, 岩戸火砕流, 清水L, 牛根L, 大塚P, 深港P, 毛梨野P)  
、カルデラ形成期(大隅P, 妻屋火砕流, 入戸火砕流)、後カルデラ期(桜島薩摩P, 新島P, 米丸・住吉池)

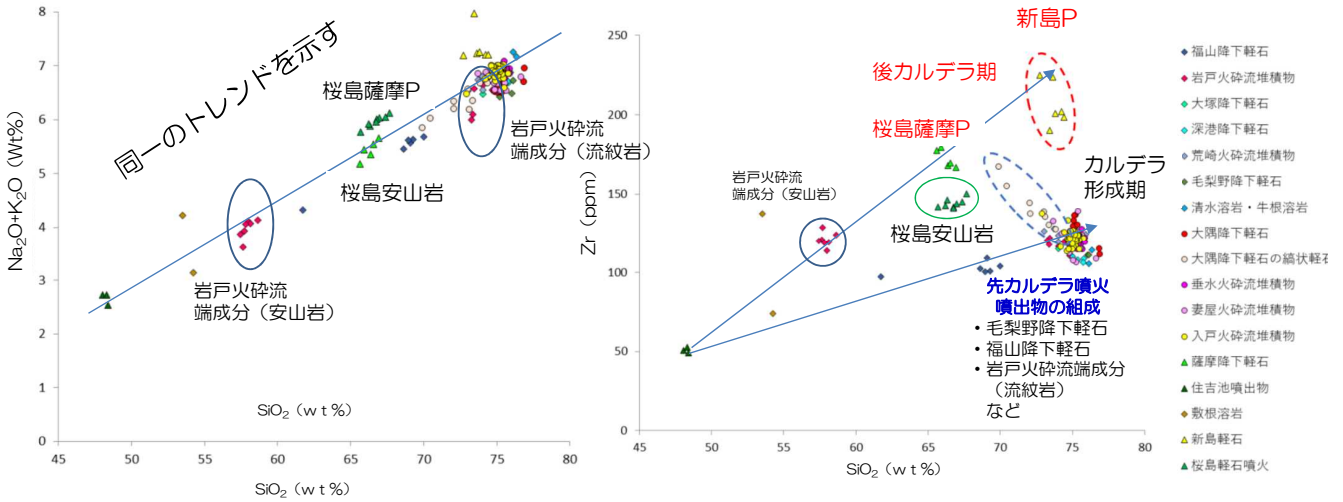


図1 始良カルデラ地域の過去約10万年間の代表的な噴出物の全岩化学組成

(1) 地質学的手法による火山噴火準備及び進展過程に関する調査・研究 (3/4)

<成果概要>

- ▶ 始良カルデラ周辺では、福山軽石以降約10万年間、珪長質のマグマを噴出(長岡ほか(2001)など)
- ▶ 小林(1986)は、古期桜島と新时期桜島の間長期の休止期間中に珪長質の噴出物である高野ベースサージ、新島軽石等を記載し、それらを噴出物の分布状況から、桜島火山の成長の途中に始良カルデラが再度噴出したものと考えた。本研究では、既往研究の地質学的成果を踏襲したうえで、過去約10万年間の始良カルデラ地域の噴出物の岩石学的検討を進めた。その結果、微量元素組成から後カルデラ期に噴出した珪長質マグマ(新島軽石)は、カルデラ形成までの珪長質マグマと異なる可能性を示した。

○長岡信治・奥野 充・新井原夫(2001) 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, 第107巻, 第7号, 432-450.  
○小林哲夫(1986) 桜島火山の形成史と火砕流. 文部省科学研究費自然災害特別研究. 計画研究「火山噴火に伴う乾燥粉体流(火砕流等)の特質と災害」(代表者 荒牧重雄)報告書, 137-163.

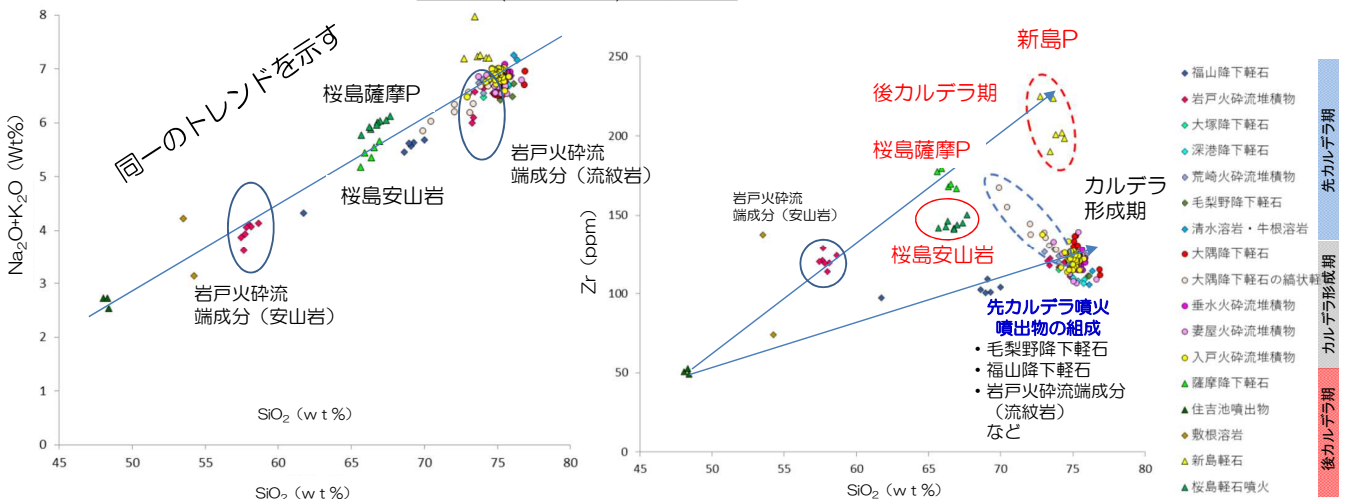
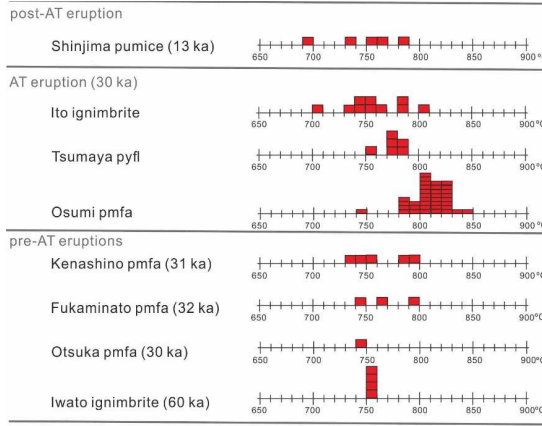
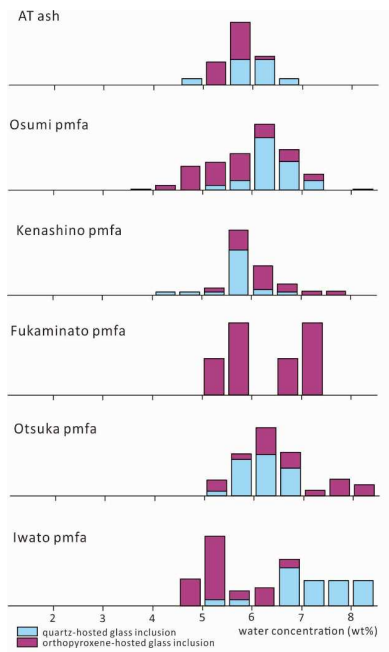


図1 始良カルデラ地域の過去約10万年間の代表的な噴出物の全岩化学組成

(2) 岩石学的手法によるマグマプロセスに関する調査・研究 (2/4)

<成果概要>



ガラス包有物の含水量・及び鉄チタン鉱物の平衡関係から温度圧力条件を算出

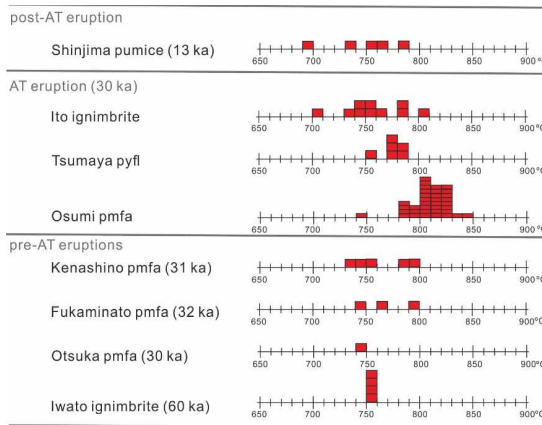
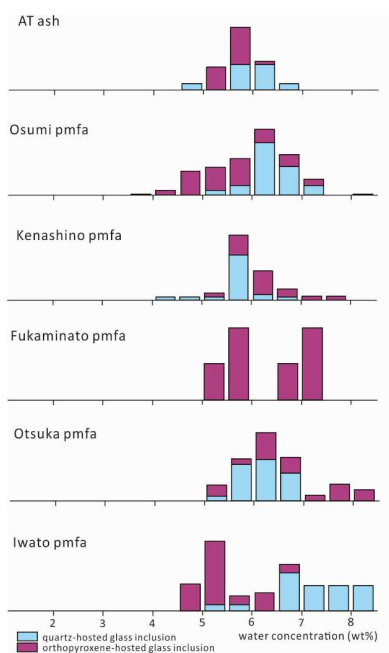
流紋岩蓄積条件 深さ4~5kmより深い  
温度 750°C前後

図3 始良カルデラの珪長質マグマ溜まり深さ条件の推定

津久井・荒牧(1990)では、マグマ溜まりの深さは8~10km、安田ら(2015)では4~5kmと推定

(2) 岩石学的手法によるマグマプロセスに関する調査・研究 (2/4)

<成果概要>



ガラス包有物の含水量・及び鉄チタン鉱物の平衡関係から温度圧力条件を算出

流紋岩蓄積条件 深さ4~5kmより深い  
温度 750°C前後

図3 始良カルデラの珪長質マグマ溜まり深さ条件の推定

津久井・荒牧(1990)では、マグマ溜まりの深さは8~10km、安田ほか(2015)では4~5kmと推定

参考文献

○津久井雅志・荒牧重雄(1990)始良火砕噴火のマグマ溜り. 火山, 第35巻, 231-248.  
○安田敦・吉本充宏・藤井敏嗣(2015)始良火砕噴火のマグマ溜り深度. 火山, 第60巻, 381-397.

(2) 岩石学的手法によるマグマプロセスに関する調査・研究 (3/4)

<成果概要>

始良カルデラ入戸火砕流噴出物の鉱物生成年代値を求め、マグマ滞留時間の推定を実施している。鉱物生成年代を求める方法としては、元素拡散法（石英中のTi拡散プロファイル）を用いた。

○石英中Ti元素

Gualda et al. (2012) では、約760 kaのロングバレーカルデラの噴出物（Bishop Tuff）に含まれる石英中のTiの拡散速度から結晶生成の時間スケールを検討し、最内核のTiプロファイルから1次元拡散モデルにより拡散時間を見積もった結果、マグマ対流時間を500～3000年と推定した。この手法を十和田八戸噴火（約15Ka）の噴出物に適用した。

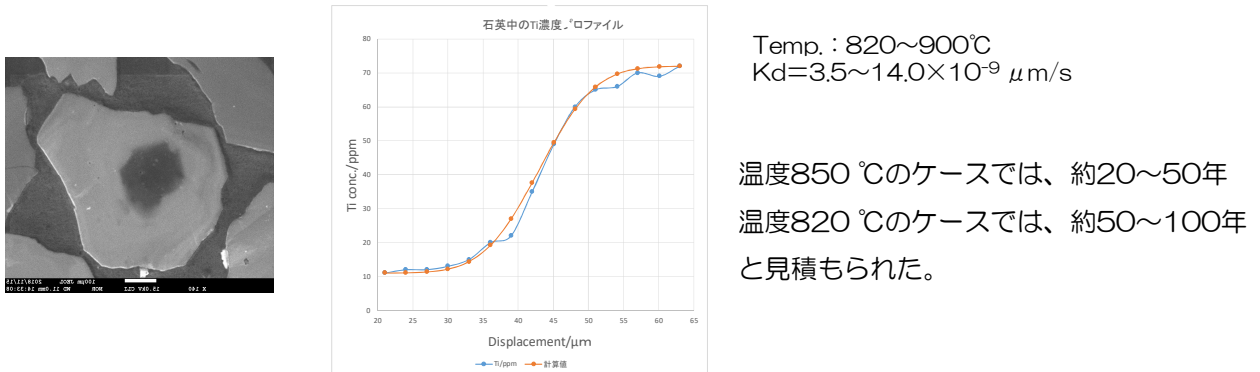


図4 十和田八戸噴火に含まれる石英のSEM画像とTi拡散プロファイル  
放射非平衡法（U/Th同位体比測定）については、次年度以降に検討予定。

(2) 岩石学的手法によるマグマプロセスに関する調査・研究 (3/4)

<成果概要>

始良カルデラ入戸火砕流噴出物の鉱物生成年代値を求め、マグマ滞留時間の推定を実施している。鉱物生成年代を求める方法としては、元素拡散法（石英中のTi拡散プロファイル）を用いた。

○石英中Ti元素

Gualda et al. (2012) では、約760 kaのロングバレーカルデラの噴出物（Bishop Tuff）に含まれる石英中のTiの拡散速度から結晶生成の時間スケールを検討し、最内核のTiプロファイルから1次元拡散モデルにより拡散時間を見積もった結果、マグマ対流時間を500～3000年と推定した。この手法を十和田八戸噴火（約15Ka）の噴出物に適用した。

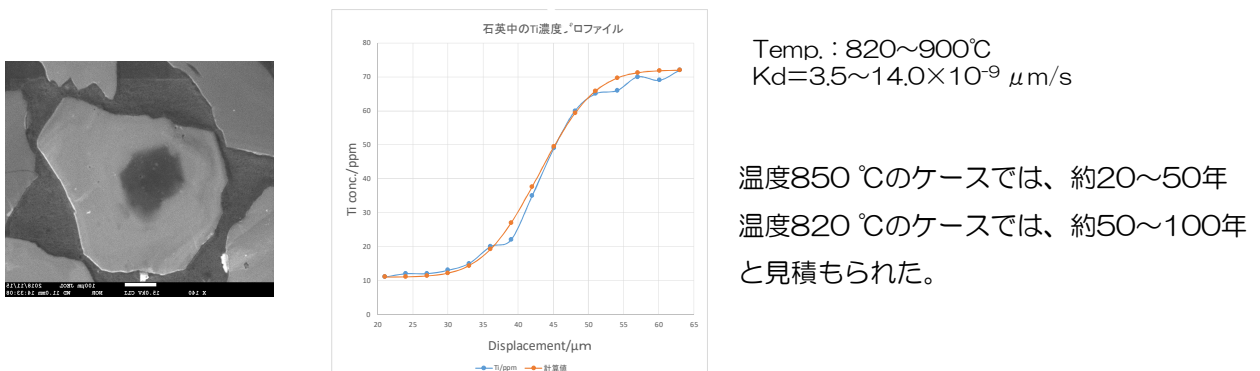


図4 十和田八戸噴火に含まれる石英のSEM画像とTi拡散プロファイル  
放射非平衡法（U/Th同位体比測定）については、次年度以降に検討予定。

参考文献

○Gualda GAR, et al. (2012) Timescales of quartz crystallization and the longevity of the Bishop giant magma body. PLoS One 7(5):e37492.

(2) 岩石学的手法によるマグマプロセスに関する調査・研究 (4/4)

○輝石中のFe-Mgの相互拡散

Allan et al. (2013)は、直方輝石中のMg-Fe相互拡散から、深さ6~12 kmにあったマッシュ状のマグマからメルトリッチなマグマが分離し上昇、マグマの圧力変動により直方輝石にリムが生じる。このリムの生成過程を直方輝石中のMg-Fe相互拡散から推定し、最大でも噴火の1600年前であることを示した。

この手法を**支笏カルデラ形成噴火**の噴出物に適用した。

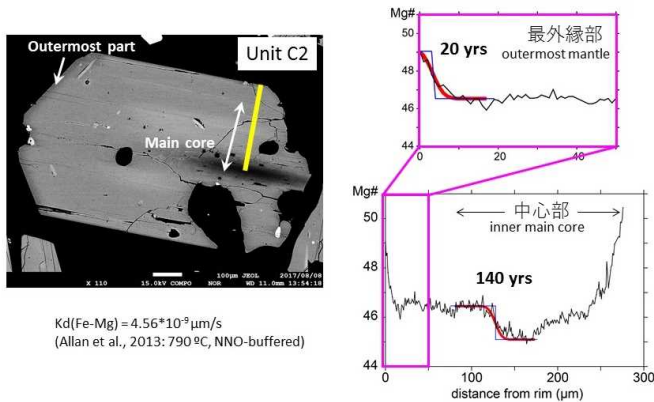


図5 マグマの時空間変化の調査事例

斑晶中の元素拡散速度から、斑晶が生成してから噴出(冷却)するまでの時間スケールを推定

左図は、直方輝石中のFe-Mgの相互拡散速度からリムとコアにおける経過時間を推定

直方輝石が生成してから噴火まで20~140年の時間が経過したと推定できる。

(2) 岩石学的手法によるマグマプロセスに関する調査・研究 (4/4)

○輝石中のFe-Mgの相互拡散

Allan et al. (2013)は、直方輝石中のMg-Fe相互拡散から、深さ6~12 kmにあったマッシュ状のマグマからメルトリッチなマグマが分離し上昇、マグマの圧力変動により直方輝石にリムが生じる。このリムの生成過程を直方輝石中のMg-Fe相互拡散から推定し、最大でも噴火の1600年前であることを示した。

この手法を**支笏カルデラ形成噴火**の噴出物に適用した。

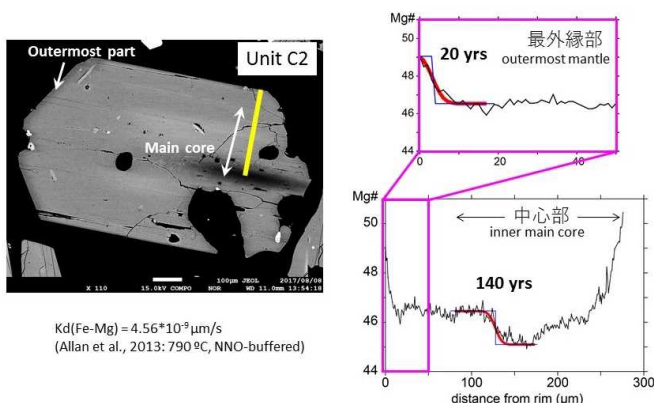


図5 マグマの時空間変化の調査事例

斑晶中の元素拡散速度から、斑晶が生成してから噴出(冷却)するまでの時間スケールを推定

左図は、直方輝石中のFe-Mgの相互拡散速度からリムとコアにおける経過時間を推定

直方輝石が生成してから噴火まで20~140年の時間が経過したと推定できる。

参考文献

○Allan, A.S.R, et al. (2013). From mush to eruption in centuries: assembly of the super-sized Oruanui magma body. Contributions to Mineralogy and Petrology 166, 143-164.

(3) 地球物理及び地球化学的手法による観測手法に関する調査・研究 (4/4)

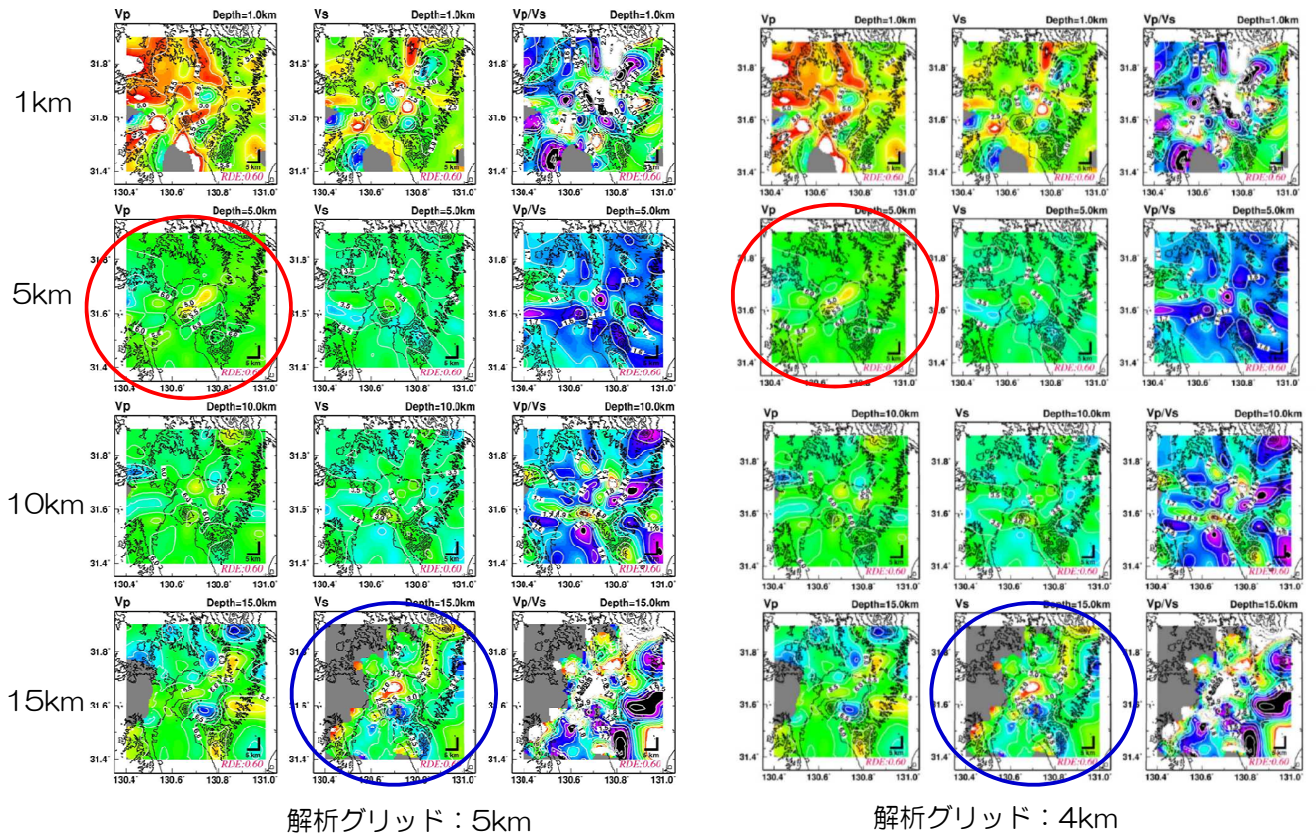


図7 深さ1、5、10、15kmにおけるP波及びS波の速度分布 (RDE>0.6)

(3) 地球物理及び地球化学的手法による観測手法に関する調査・研究 (4/4)

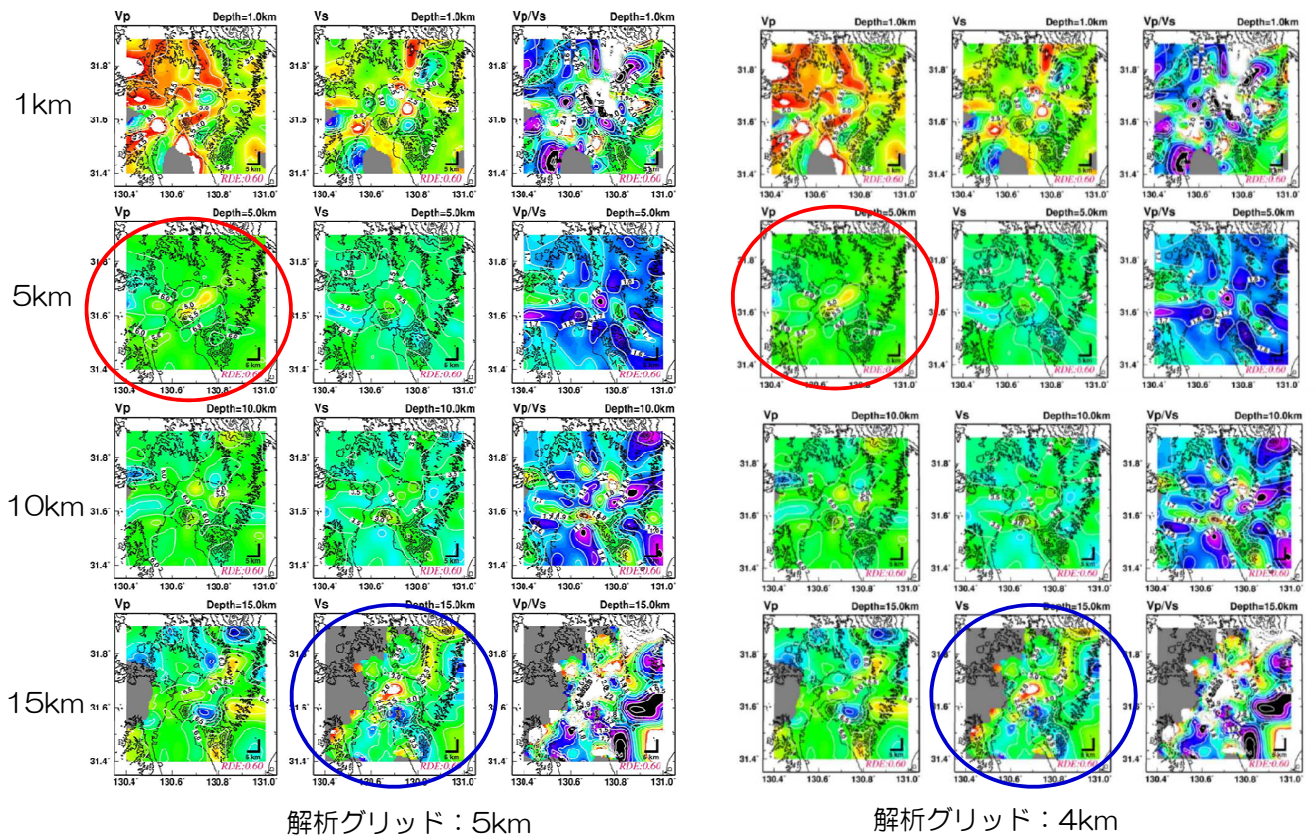


図7 深さ1、5、10、15kmにおけるP波及びS波の速度分布 (RDE>0.6)