

日本列島における巨大カルデラ噴火

伊藤順一（地質情報研究部門 長期変動研究グループ）

1. はじめに

火山噴火は、火口の周辺へ岩石片やマグマ物質を放出する極小規模な活動から、半径数10 km 圏内を火砕流で埋めつくし日本列島全体に火山灰を降下させるような大規模な活動まで、種々の規模にわたる。噴火規模の小さな活動の頻度は高く、日常的に噴火している桜島を除いても毎年のように日本列島のどこかの火山が噴火活動を行っている。一方、噴出するマグマの体積が100 km³を越えるような巨大噴火は日本列島に限っても数万年の間隔で発生事例が認められる。このような巨大噴火は、噴出物が堆積した地域の動植物に甚大な影響を及ぼし、人間の社会活動にとっても地域文化の停滞あるいは衰退の一因となった事例も想定されているほか、汎地球的規模での気候変動にまで影響が及ぶとされる（例えば、町田・森脇，1994 など）。一方、巨大噴火は直径10 kmを越える凹地（カルデラ）の形成や、半径100 kmを超える範囲に及ぶ地震活動が伴われる事例もあるなど、地殻の大規模な破壊をもたらしており、カルデラ内やその近傍地域だけでなく広範囲に及ぶ地下地質（地下水）環境に対しての影響を及ぼしていると推定される。

本報告では、地質学的手法によって明らかにされている日本列島の巨大カルデラ噴火の発生履歴を示し、日本列島において巨大カルデラ噴火が決して例外的な活動ではないことを示す。また、代表的な巨大カルデラ噴火の事例を基に、この種の活動が周辺地表環境に対する影響を概観する。その後、これまで産総研が実施してきた巨大カルデラ噴火に対する研究例として、阿蘇カルデラの噴火史・地下構造に関する研究成果を紹介する。最後に、巨大カルデラ噴火による地下地質（地下水）環境への影響に関して産総研が昨年度から実施している研究テーマについて紹介する。

2. 日本列島の巨大カルデラ噴火履歴

日本列島及びその周辺海域においては地表地質調査や海底ボーリングコアを用いて詳細な火山灰層序研究が為されており、数多くの研究成果は町田・新井(2003)により分類・整理されている。このような火山灰の地質調査結果に基づき、日本列島を覆うほどの広い分布範囲を示す火山灰が認定され、“広域テフラ”として地層・地形面の対比・編年に活用されている。

広域テフラの噴出物量は数10 km³に及び100 km³を越えるものも多い。このような規模な噴火活動が発生すると噴出源にはカルデラと呼ばれる巨大な凹地形が形成される。数10 km³規模の噴火は直径数 km のカルデラ地形が形成されることが多く、それらは後の噴火活動によって埋積され、カルデラ地形の痕跡は殆ど残されていないものもある。この規模の噴火事例は、国外の事例であるがフィリピンのピナツボ火山1991年噴火があげられるが、日本列島においては1万年から数千年間隔で発生している。

一方、噴出物量が100 km³を越えるような噴火は、直径20 kmに達するような巨大カルデラを形成する。日本列島における代表的な巨大カルデラ噴火の一つとして、阿蘇カルデラを形成した噴火活動であろう。日本列島における最近250万年程度の超長期スケールでの巨大カルデラ噴火活動史を見ると、その発生頻度は時間・空間的に局在化する傾向が認められている（たとえば、Kimura and Yoshida, 2006；長橋ほか，2000 など）。すなわち、九州地域で巨大カルデラ噴火が認められるのは約100～百数十万年以降であるが、

東北及び本州中部地方では約 250～110 万年前の間に発生頻度が高い。また、最近 10 数万年間の火山活動史を見ると巨大カルデラ噴火は数万年に一度程度の頻度で発生が認められ、空間的には九州と北海道に局在している傾向がある(図1)。

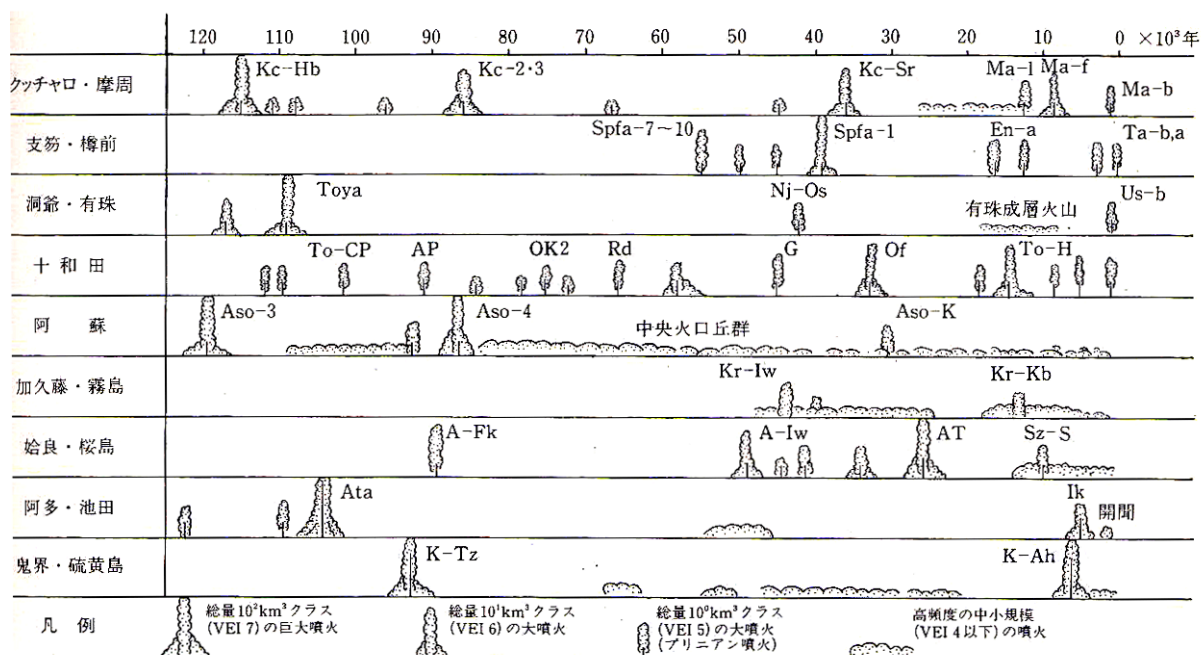


図1. 最近 12.5 万年間に日本列島で発生した巨大噴火
図には噴出量 10-100 km³ の噴火が示されている(町田・新井, 2003)。

3. 巨大カルデラ噴火の影響

巨大カルデラ噴火の発生により、生態系を含め地表環境は甚大な被害をうける。その実例を、まず日本列島における最新の巨大カルデラ噴火である鬼界アカホヤ噴火に関する研究事例をもとに紹介する。鬼界アカホヤ噴火は、約 7.3 千年前に九州薩摩半島の南方約 50 km の鬼界カルデラ(東西約 20 km, 南北約 17 km の海底カルデラ)を形成した噴出物総量約 170 km³ の巨大カルデラ噴火である(町田・新井, 2003)。この噴火はプリニー式噴火による軽石の噴出(幸屋[船倉]降下軽石)に始まり、大規模な火砕流(竹島[幸屋]火砕流)の噴火に至った(小野ほか, 1982)。竹島[幸屋]火砕流は海面上を流走し、種子島、屋久島をはじめとする近隣島嶼のほか薩摩半島及び大隅半島の大部分を覆った。北海道及び東北北部を除く日本列島全域で認められる鬼界アカホヤ火山灰(K-Ah)は竹島火砕流に伴う細粒火山灰(co-ignimbrite ash)である。また、この噴火活動に関連して巨大地震が少なくこと 2 回発生しており、鬼界カルデラから約 120 km 離れた地域にまで噴砂・噴礫の発生が認められている(成尾・小林, 2002)。

竹島火砕流は流走域に甚大な打撃を与えたと考えられている。流走域の植生の災害実態と回復プロセスは風化火山灰土などの堆積物に混入する植物微化石分析により検討されている。それによると、竹島火砕流の分布域ではシイ属やクスノキ科などの照葉樹林が途絶し、ススキ属が繁茂する草原植生に移行した。その後、照葉樹林の回復には 600 年程度(杉山, 2002)あるいは 100～300 年程度(松下, 2002)を要したと見積もられている。また、人間活動に対する影響は考古遺跡の分布や遺物の分析によりなされている。土器編年からは、竹島火砕流を境として土器形式に明瞭な相違が認められ、巨大噴火を境として土器文化が断絶したと考えられている(例えば, 新東, 1994)。ただし、その土器文化の様式交代

が九州全土にまで及ぶか否かについては論争があり、火砕流による直接被害を受けた南九州に限定されるとの研究成果もある(栗畑, 2002)。また、考古遺跡の分布からは、南九州に定着的な遺跡の形成が再開するには噴火後約1千年を要したと推定されている。このほかにも、定着遺跡の再開直後には噴火以前に比べ堅菓類加工具の割合が極端に少なくなり、代わりに石鏃の出土量が増加することから、森林植生の被害により当時の食糧資源の入手方法が噴火以後狩猟活動に大きく依存していたと推測されている(栗畑, 2002)。

巨大カルデラ噴火による地表環境への影響は、火砕流に直接覆われた地域だけでなく、その周辺域にも及ぶ。すなわち、火砕流の堆積域では噴火直後から新たな河川系の再構築が始まるが、河川浸食を受けた火砕流堆積物はその周辺地域にラハールとして流入する。この火砕流噴出後発生するラハールについては、1991年噴火後のピナツポ火山周辺域での発生事例がよく知られている。日本列島における過去の事例では、約170万年前に飛騨山地で発生した噴出量400 km³に達する恵比寿峠福田火山灰について良く研究されており、この噴火に伴う二次堆積物は噴出源から300 km以上遠方のおお阪層群からも確認されている(Kataoka and Nakajo, 2002)。

4. 産総研における巨大カルデラ噴火研究

4.1 阿蘇カルデラー噴火活動史及びカルデラ構造ー

阿蘇カルデラは九州中央部の形成された南北25 km、東西18 kmの巨大カルデラで、カルデラ内の中央火口丘群では現在も活発な火山活動が継続している。産総研では、旧地質調査所時代から阿蘇火山の噴火活動史の解明や、カルデラの内部構造の解明を目指した研究を行ってきた。これらの研究成果は、5万分の1「竹田」図幅(小野ほか, 1977)や「阿蘇火山地質図」(小野・渡辺, 1985)、Komazawa(1995)などにまとめられている。小野と共同研究者である渡辺一徳(熊本大)による一連の研究により、阿蘇火山においては過去30万年以降現在までに、巨大なカルデラを形成する噴火活動が4回繰り返された事が明らかにされた(小野・渡辺, 1983)。また、重力探査による地下構造解析では、地形的カルデラ縁よりも一回り小さいが最大径20 km、深さ500 m程度の底面に若干の起伏が認められる“たらい型”の陥没構造が推定されている(Komazawa, 1995 及び小野ほか, 1993)。近年では、NEDO 試錐コアを用いた詳細な構成物分析・年代測定、重力構造との対比などにより、阿蘇カルデラの内部構造や阿蘇-4火砕流噴火以降の噴火活動史に関する研究成果が蓄積されている(星住ほか, 2007 など)。

4.2 北海道東部巨大カルデラ群ー地下環境に対する巨大カルデラ噴火の影響ー

巨大カルデラ噴火は地殻浅部を破壊し、直径数10 km、深さ数100 m~kmスケールの凹地を形成する。また、火山灰・軽石からなる噴出物は溶結する場合も多く、半径100 kmにもおよぶ広大な地域を覆う、このような地殻の破壊と地表のパッキングは、カルデラ及びその周辺の地下(地下水)環境に強い影響を及ぼしていると考えられるが、研究事例が乏しく、実態把握も十分とは言えない。そこで、産総研では昨年度より北海道大学と共に、北海道東部の阿寒・屈斜路・摩周カルデラ群を対象として、巨大カルデラ火山の周辺環境に対する影響範囲に関する研究を行っている。この研究は、地質・岩石学的手法を用いて巨大カルデラ火山のマグマ活動史を検討すると共に、カルデラ火山周辺に分布する温泉・湧水・地下水に対するマグマの影響(たとえばマグマ起源の揮発性成分の関与)がどの程度まで及んでいるのかについて、北海道東部巨大カルデラ群をモデルケースとして実態を把握するとともに研究手法の開発を目指したものである。

文 献

- 星住英夫・阪口圭一・渡辺一徳・宇都浩三 (2007) 阿蘇カルデラーイントラカルデラ火砕流の存在と意義－. 地質学会第 114 年学術大会講演要旨, p. 19.
- Kataoka, K. and Nakajo, T. (2002) Volcaniclastic resedimentation in distal fluvial basins induced by large-volume explosive volcanism: the Ebisutoge-Fukuda tephra, Plio-Pleistocene boundary, central Japan. *Sedimentology*, vol. 49, p. 319-334.
- Kimura, J. and Yoshida, T. (2006) Contributions of slab fluid, wedge mantle, and crust to the origin of Quaternary lavas in the NE Japan arc. *Jour. Petrol.*, vol. 47, p. 2185-2232.
- Komazawa, M (1995) Gravimetric analysis of Aso volcano and its interpretation. *Jour. Geod. Soc. Japan*, vol. 41, p. 17-46.
- 栗畑光博 (2002) 考古資料からみた鬼界アカホヤ噴火の時期と影響. 第四紀研究, vol. 41, p. 317-330.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編 火山灰アトラスー日本列島とその周辺ー. 東大出版会, 336p.
- 町田 洋・森脇 広(編) (1994) 火山噴火と環境・文明, 梅原・伊東監修, 文明と環境 III. 思文閣出版, 213p.
- 松下まり子 (2002) 大隅半島における鬼界アカホヤ噴火の植生への影響. 第四紀研究, vol. 41, p. 301-310.
- 長橋良隆・里口保文・吉川周作 (2000) 本州中央部における鮮新-更新世の火砕流堆積物と広域火山灰層との対比および層位噴出年代. 地質雑, vol. 106, p. 51-69.
- 成尾英仁・小林哲夫 (2002) 鬼界カルデラ, 6.5 kaBP 噴火に誘発された 2 度の巨大地震. 第四紀研究, vol. 41, p. 287-299.
- 小野晃司・渡辺一徳 (1983) 阿蘇カルデラ. 月刊地球, vol. 5, p. 73-82.
- 小野晃司・渡辺一徳 (1985) 阿蘇火山地質図. 火山地質図 4, 地質調査所.
- 小野晃司・松本徭夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信和 (1977) 竹田地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅). 地質調査所, 145p.
- 小野晃司・曾屋竜典・細野武男 (1982) 薩摩硫黄島地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅). 地質調査所, 80p.
- 小野晃司・渡辺一徳・駒澤正夫 (1993) 重力データからみた阿蘇カルデラの構造. 月刊地球, vol. 15, p. 686-690.
- 新東晃一 (1994) 縄文文化と鬼界アカホヤ火山灰. 町田 洋・森脇 広編集「火山噴火と環境・文明」, 梅原・伊東監修, 文明と環境 III. 思文閣出版, p. 163-180.
- 杉山真二 (1999) 鬼界アカホヤ噴火が南九州の植生に与えた影響ー植物珪酸体分析による検討ー. 第四紀研究, vol. 41, p. 311-316.