

白頭山火山の噴火史

著者	宮本 毅
号	55
学位授与機関	Tohoku University
学位授与番号	理第1249号
URL	http://hdl.handle.net/10097/56912

氏名・(本籍)	みやもと つよし 宮 本 毅
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	理第1249号
学位授与年月日	平成24年3月7日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
研究科, 専攻	東北大学大学院理学研究科(博士課程) 地学専攻
学位論文題目	白頭山火山の噴火史
論文審査委員	(主査) 教授 石 渡 明 教授 吉 田 武 義 教授 藤 卷 宏 和 教授 大 谷 栄 治 教授 掛 川 武 教授 中 村 美千彦

論 文 目 次

第1章	序論
第2章	白頭山10世紀噴火の噴火推移と噴火の復元
第3章	白頭山10世紀以前の爆発的噴火史と新噴出物の発見
第4章	白頭山10世紀噴火以降の噴火史の再検討
第5章	白頭山噴火と火山伝承
第6章	露頭で見る白頭山
第7章	白頭山周辺地域に産するマントル捕獲岩の岩石学的検討
第8章	結論
	謝辞
	引用文献

論 文 内 容 要 旨

中華人民共和国・朝鮮民主主義人民共和国の国境上に位置する白頭山(中国名:長白山)が10世紀中葉に総噴出量100km³を超える巨大噴火を行ったことは、1000km以上離れた南北海道・北東北における白頭山苦小牧火山灰の存在からこれまで知られてきた。噴火の規模はインドネシア・タンボラ火山1815年噴火と並び過去2000年間で世界最大級のひとつとされている。噴出量が10km³程度の噴火に比べこのような巨大噴火の発生頻度はかなり低いため、これまでに巨大噴火の観測事例は1例しかなく、噴火がどのような時間スケールで進行するかは定かではない。今回対象とした白頭山の10世紀噴火は有史における噴火であることから、詳細な噴出物調査の結果と古文書記録等を対応させることで噴火の時系列を復元することが

可能となると考えられる。本論では白頭山10世紀巨大噴火の詳細な火山層序を野外調査の結果を基に確立し、これに噴火の推移に対する時間要素を組み込むことで噴火の時系列を復元することを目的とした。また、白頭山地域では2003年以来、地震活動が活発化するなど、近い将来での噴火の可能性が懸念されているが、10世紀噴火のような巨大噴火の発生は大変稀であることから、これよりも規模の小さな噴火の発生の可能性が高い。今後の活動を予測する上で過去にどのような周期で火山活動を行ってきたかを知ることが大変重要であるが、白頭山ではこれまで必ずしも明らかにはなっていない。そのため本論では野外調査の結果を基に過去4000年間における白頭山の噴火史を再構築し、噴火の発生頻度について明らかにする。

第2章では、過去2000年間で世界最大級の噴火とされる白頭山10世紀巨大噴火の噴出物層序を明らかにし、噴火の時系列の復元を行った。白頭山の3/4を占める中国領内において噴出物調査を実施した結果、白頭山10世紀巨大噴火の噴出物は7つのユニットに区分され、下位よりユニットB(降下軽石)、ユニットC(火砕流)、ユニットD,E(降下軽石)、ユニットF(火砕流)、ユニットG(ベースサージ)ユニットH(ラハール)からなる。ユニットB,Cはアルカリ流紋岩質、ユニットD,E,F,Gは粗面岩質である。上記の噴火層序から10世紀噴火では降下軽石から破局的な火砕流流出にいたる噴火サイクルが2回繰り返しており、この繰り返しに対応して噴火ステージをフェイズ1とフェイズ2に区分した。フェイズ1とフェイズ2の境界では浸食面が認められ、両フェイズ間では多少の時間間隙が存在した。総噴出量はいずれの噴火フェイズとも50km³を超え、10世紀噴火ではごく短期間に2回の破局的噴火が発生したことが明らかとなった。両噴火フェイズでは主体となるマグマ組成が異なり、それぞれの噴出物分布や噴出物中に含まれる構成物の解析から直径7kmの山頂カルデラ内において噴出火口の位置も異なることも判明した。フェイズ1では最高高度28kmの噴煙柱を形成後、その噴煙柱の崩壊により層厚が薄く広範に拡大した低アスペクト比の火砕流を発生した。一方、フェイズ2では高度10km以下の低い噴煙柱の形成後、火口からのあふれ出しによって地形的低所を厚く埋めた高アスペクト比の谷埋型火砕流の活動に至っており、両フェイズでは異なる噴火の特徴を示す。推定された噴出量と噴出率から、いずれのフェイズも破局的な噴火事象は半日から1日程度のごく短期間で終始したと考えられ、これは観測記録のあるタンボラ1815年噴火と同様な時間推移である。しかし、タンボラ噴火では破局的な噴火は1回で終始しており、10世紀噴火とは異なる。10世紀噴火のようなごく短期間に複数回の巨大噴火を繰り返した例は総噴出量が400km³を超えるBishop Tuff噴火(760ka)で認められており、10世紀巨大噴火はこれまで人類が観測事例を持たない規模の噴火のアナログとして最適であるといえる。このような巨大噴火の発生メカニズムを考える上で両噴火間に実際にどの程度の時間間隙が存在するかを知ることが大変重要であるがその時間スケールを見積もった例はこれまでない。10世紀巨大噴火は有史以降の噴火であることから古文書解析による時間推移の検討がなされることが期待されたが、これまでのところ噴火を示すと思われる文献の発見には至っていない。しかし、本論では日本にもたらされた白頭山苦小牧火山灰と湖底堆積物(年縞堆積物)との関係と白頭山近傍で得られた噴火層序を基に再考することで、両噴火間では約1年程度の時間間隙をもつと判断した。以上のように白頭山では発生頻度のごくまれ(過去2000年間で2例)な巨大噴火が、約1年というごく短期間に2回発生したことが明らかとなった。

第3章では白頭山10世紀噴火以前の噴出物について調査を行い、中規模(0.1-1km³)噴火の発生頻度について検討を行った。白頭山の10世紀噴火以前の爆発的噴火は山頂火口上に分布する4000年前噴火噴出物が知られていたが、今回これに加えて2つの噴出物を白頭山北東麓において発見した。両者とも降下軽石と火砕流堆積物からなるなど噴火推移は10世紀噴火に似ている。これまで10世紀噴火噴出物と誤認されて

いたが、堆積物層序と岩石組成から別の噴火堆積物であると判断した。いずれも分布が限られることからその規模を確定することは困難であるが、噴火の規模は0.1-1km³程度であると考えられる。噴火の時期は各噴出物を狭在する埋没土壌層の厚さからそれぞれ10世紀噴火直前と約2000年前と推定されたが、前者については噴出物中から採取された炭化樹幹について¹⁴Cウィグルマッチングを行いcalAD945-960の噴火年代を得た。以上の噴出物層序から過去4000年間において白頭山では中規模程度の噴火活動を約1300年間に1回の頻度で発生したことが判明した。

第4章では白頭山10世紀以降の噴火史を古文書記録と堆積物との対比を基に検討を行った。これまで10世紀噴火以降については古文書解析から10回程度の噴火（100年間に1回の頻度）が指摘されてきたが、それらに対応する噴出物についての十分な検討は行われていない。特に李朝実録に残された西暦1702年の記述の解釈から中規模程度（1 km³）の噴火の発生が推定されてきたがその解釈の是非については堆積物の方面からは検討されていない。山麓部での火山灰調査からは3層の水蒸気噴火による噴出物を確認することができ、各火山灰層間に狭在する土壌層の厚さから噴出時期を推定すると約200年に一回の頻度で噴火活動を行っていたといえる。また、火口から東に約31km離れた湖において湖底堆積物コアを採取し、堆積物の検討を行った。採取された湖底コア中では噴火の痕跡を認めることができず、湖底コアの解析からは古文書の記述から解釈された中規模な噴火活動の可能性はきわめて低いことが明らかとなった。また、湖底コアと山麓部での火山灰層の分布を制約条件として10世紀以降に発生した噴火の規模について推定を行ったところ、総噴出量として10⁶km³以下のごく小規模な噴火に限られることが明らかとなった。以上から白頭山10世紀噴火以降は100-200年に1回の頻度でごく小規模な活動を繰り返していたと推定される。

第5章では古文書調査からは白頭山10世紀巨大噴火を示すものを見つけることはできていないが、周辺民族に残された伝承中に10世紀噴火をモチーフとしている可能性を噴出物層序との対応から検討した。満族・朝鮮民族のいずれにおいても洪水伝説とされたものの中で白頭山の噴火を示すと考えられる伝承が複数存在する可能性が示された。特に満族の伝承である英雄伝説"天池"についてその記述と白頭山山頂部における10世紀噴出物の産状との対比を行った結果、伝承中には10世紀噴火の情報が保存されていると考えられた。なかでも10世紀噴火層序から得られた複数の噴火ステージに対応した噴火の時系列が保存されている可能性が明らかとなり、このような伝承について噴火記録としての有用性を示すことができたといえる。

第6章では白頭山周辺地域に分布する白頭山噴出物の産状について記載を行い、白頭山露頭集として編集した。

第7章では白頭山の火成活動をもたらした中国東部下マントルの地温勾配について、マントル捕獲岩の岩石学的検討を基に推定した。吉林省汪清、遼寧省寛甸に分布する更新世アルカリ溶岩中に含まれるマントル捕獲岩について岩石学的・鉱物学的検討を行った。地質温度計を用いて捕獲岩の平衡温度を推定した結果、これら捕獲岩の存在した中国東部の最上部マントルは通常の大陸地域よりも地温勾配が大きく、寛甸下では海洋島地域のものにも匹敵する可能性が示された。

以上の結果をまとめると

白頭山10世紀噴火では破局的な巨大噴火を2回発生したことが噴出物層序の検討から明らかとなった。

2回の巨大噴火は連続したのではなく約1年の活動休止期を挟んでいることが判明し、このような巨大噴火の発生メカニズムを検討する上で重要な時間的制約条件が得られたと考えられる。10世紀巨大噴火のような広域に火山灰をもたらすような噴火の発生頻度は、従来の研究によると日本海コア中の3層の白頭山起源火山灰の存在から約25000年間に1回程度とされてきた。一方、本論において中規模噴火の発生頻度は約1300年間に1回、ごく小規模噴火は100-200年に1回の頻度で白頭山においては発生したことが明らかとなった。

論文審査の結果の要旨

中国と朝鮮の国境に位置する白頭山（長白山）は活火山であり、平安時代の10世紀中頃に総噴出量 100 立方kmを超える大噴火を起こし、1,000 km以上離れた日本の東北地方や北海道にも火山灰層を堆積させた。当時中国東北部にあった渤海国がこの噴火による国土の荒廃によって滅亡したとする説もあり、周辺諸民族の歴史を考える上でもこの大噴火の解明が重要であった。本論文は、この大噴火を中心として、数千年前から現在までの白頭山火山の噴火史について、中国側・朝鮮側からの数回の実地調査と詳しい文献調査を基にまとめたものである。

本論文では、白頭山山麓における噴出物と日本における火山灰の層序を比較検討し、半年～1年程度の休止期を挟んで2回の大噴火があり、歴史記録のある世界の他の大噴火と比較検討して、各々の噴火は1日程度の短期間で終了したと結論した。また、噴出物の層序から白頭山火山の長期的な噴火史を検討し、10世紀噴火のような大噴火は従来の説のように約 25,000 年に1回程度しか発生しないが、中規模の噴火は約 1,300 年に1回の頻度で発生していたこと、そして10世紀以後についても小規模な水蒸気爆発の堆積物を3層確認し、古文書の記録も考慮して 100～200 年に1回の間隔で小規模な噴火を繰り返してきたと推論した。最近数年間の白頭山直下における地震活動の活発化により、本論文の噴火史データの重要性は増している。また、年代測定の結果、大噴火は渤海国の滅亡後でそれとは無関係であることがわかり、10世紀噴火そのものを記録した古文書も発見できなかったが、白頭山周辺に伝わる民間伝承を検討した結果、白頭山の10世紀噴火における複数回の噴火イベントを示唆するような民話の存在を明らかにした。

本論文は、周辺諸民族の文化や精神において象徴的な役割を担ってきた白頭山火山について、日本の現在の火山学の知識・技術レベルにおける現地調査を行い、詳細な文献調査を加えて噴火史を総合的にまとめたものであり、東北アジアの火山地質学における大きな貢献である。本論文の内容は、背景となる地質学的・火山学的知識や調査・分析技術、論理構成や表現力などが火山研究者として必要な水準に達していることを示し、著者が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。以上の理由により、宮本 毅提出の学位論文は、博士（理学）の学位論文として合格と認める。

