

歴史時代の白頭山の火山活動

秋 教昇¹⁾・都司嘉宣^{2)*}・朴 昌業³⁾・姜 泰燮⁴⁾

¹⁾ Seoul 大学海洋研究所・²⁾ 東京大学地震研究所・³⁾ Seoul 大学自然科学大学地球環境科学部・⁴⁾ 釜慶大学校環境地質科学科

Volcanic Eruptions of Mt. Baekdu (Changbai) Occurring in Historical Times

Kyo Sung Chu¹⁾, Yoshinobu Tsuji^{2)*}, Chang Eob Baag³⁾ and Tae Seob Kang⁴⁾

¹⁾ Institute of Ocean Research, Seoul National University, ²⁾ Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ³⁾ Division of Geo-environment, Faculty of Natural Sciences, Seoul National University, ⁴⁾ Geophysics, Faculty of Earth Environment, Pukyong National University

Abstract

Recently, it was reported that Mt. Baekdu experienced at least four or five large volcanic eruptions in geological and historical times, and that the lake Cheonji had been formed by the collapse of a part of the mountain's summit (Wei *et al.*, 1998). The last of four eruptions occurred in historical times. Geologists attempted to estimate the period of the eruptions using radio carbon isotope dating, but the results showed a variety of periods ranging from approximately AD 8th to 14th centuries, which are the dates of the Balae and Goryo dynasties. Unfortunately, there are no distinct records of eruptions during this period. In the present study, we suggest that the last great volcanic eruption occurred in winter when there was a strong northwestern seasonal wind, based on the distribution of pumice on satellite images and the thickness of pumice layers measured at sites in relationship to the climatic environment. On the other hand, some researchers interpreted that five events described in the Joseon Dynasty relate to volcanic eruptions of Mt. Baekdu. Those events occurred in 1413, 1593, 1668, 1702, and 1903. Their interpretations are widely cited in journals and books; however, based on critical reviews of historical literature including Joseon-wangjo-sillo (‘‘Chronology of the Joseon Dynasty’’), we found that three of the events were not related to volcanic eruptions of Mt. Baekdu. Events in 1413 and 1668 were Asian yellow sand storm. The event in 1903 recorded in Chinese literature (Liu, 1909) was found to be a shower of rain and hail accompanied by thunder and lightning. Only the two events in 1597 and 1702 were confirmed to be related to volcanic activities of Mt. Baekdu. According to Joseon-wangjo-sillo, a large earthquake with the maximum intensity of 9.0 on the Modified Mercalli Intensity scale (MMI) and its aftershocks occurred at the boulder region of Samsu county, Hamgyeongdo Province, in 1597. The document reveals that they were detected in Hamgyeondo (MMI 6) and in Chungcheong-do (MMI 5) over three days. The mainshock was accompanied by a volcanic explosion at Wangtian, which is located 35 km southwest from Mt. Baekdu. The site is one of the three eruption centers of the Mt. Baekdu volcanic body. A document from China reveals that a large earthquake with an estimated magnitude of 7.0 and aftershocks occurred in the Gulf of Bohai on the same day as the Samsu earthquakes in Hamgyeongdo province. The shakes and disturbances observed eight times in Hamgyeong-do province might not be directly related to the large earthquake in the Gulf of Bohai. However, two series of earthquakes reported at two locations on the same day imply that there may be close relationships between the genesis of the two events. Based on phenomena observed recently, such as increased frequency of earthquakes, upheaval of ground level, releases of volcanic gases, and increased temperature of hot springs near the summit of Mt. Baekdu, the possibility of

* e-mail: tsuji@eri.u-tokyo.ac.jp (〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1)

eruptions or explosions at the mountain in the near future has been suggested. Recently, scientists from the United States of America, Japan, Canada, and Germany were invited to investigate activity of the mountain. They agreed that the mountain is a dormant volcano and presents a temporal hazard.

Key words: historical literatures, Mt. Baekdu, volcanic activities, radio carbon isotope

1. はじめに

文献史料に記録された白頭山 (Baekdusan) の最初の名称は、中国では秦・漢代の『山海経』(注: 中国最古の地理書) の「不咸山」である。唐代以降からは中国と韓国では「太伯山」(たとえば『三国遺事』: 高麗僧の一然による私撰の史書, 13世紀末成立) あるいは「長白山」と呼ばれた。中国では、現在も13世紀と同じように「長白山」と呼ばれているが、韓国では、いつの頃からか白頭山と呼び改められるようになった。この理由は何であろうか。

白頭山が最初に文献に登場するのは『高麗史』に見られる成宗10年(西暦990年)に「鴨緑江」域に居た女真族を白頭山の外の地に追い払った、「遂鴨緑江外女真於白頭山外居地」という記録である。従って、990年以前に「長白山」を「白頭山」と呼び変えるようになったことが分かる。その名称変更の際に、どのような事件が発生したのか考えると、端的に言って、山の頂上部分が急に白色に変化したという事件である。すなわち、白色浮石(軽石)と白色火山体が噴火した事件によるものと考えられる。特に、高麗人たちによって白頭山と呼ばれたことは、白色浮石の分布と密接に関連している。国家の正史を編纂していた歴史家さえも990年に「白頭山」と記録しており、それほどまでに高麗ではこの名称が定着していた。このように、白頭山という名称には、長白山が10世紀(990年以前)に大噴火を引き起こした事実が内に含まれているのである。

白頭山に対する近代的な地質調査は、20世紀初めに主として外国人によって始められた。その後、長く研究の空白時期が続いた。しかし、1970年代に入ると、主として中国と北朝鮮(朝鮮民主主義人民共和国, 北韓)の地質学者たちによって、白頭山の形成過程と火山岩類に関して、岩石学的な研究が始められた。

最近では、白頭山で発生する深発の火山性地震が起きていることが判明し、地球物理学者たちも関心を持つようになった。火山地質学者たちは、文献史料に記録されていない白頭山の最大規模の火山噴火年代を測定するために、1990年代から白頭山火山灰層で採取した炭化木

の放射性炭素(^{14}C)を利用して年代測定を試みた。その結果、白頭山の最大規模の火山噴火の発生時期が8~14世紀と推定されるようになった。

2000年代に入って、白頭山の巨大噴火を研究した外国の研究者たちが共通して指摘している点は、過去2000年間に世界で発生した火山噴火の中でも、白頭山の10世紀噴火は最大級のものに属するというものである。だが、この時代は文献史料に噴火を示す直接的な記述が欠落しているだけでなく、当時この場所の人間社会と国家に及ぼした影響については全く不明な状態である。これとは別に、『朝鮮王朝実録』には1413年・1597年・1668年・1702年に火山活動と解釈しうる記述があり、また中国の『長白山江崗志略』の1903年の記録によると、白頭山の火山噴火現象であると主張する研究者がいる。

白頭山の火山噴火に関する文献史料は、その記載内容が噴火現象を示しているか否かについて、原文の解釈によって意見の分かれる可能性がある。それにもかかわらず、原文に遡って検討せずに引用・採用してしまい、誤りが連鎖的に広がるという、好ましくない事態が起きている。また、このような引用データに基づいて、白頭山の過去の噴火活動に周期性を見出したとして、これに根拠を置いて、周期性から考えて現在は噴火の時期が近づいているという主張する者もいる。

本研究では、文献史料の記述の正確な解釈と検討によって、歴史時代の白頭山の火山噴火年代および活動史について再評価を行う。その上で、周期説を主張できる正確な根拠を検討していき、本研究の研究成果が、再噴火で予測される災害や、それに備える対策を立てる際に活用されることを目的とする。

2. 歴史時代の白頭山の噴火説の限界

北朝鮮の李敦ら(1992)は、白頭山は6つの段階を経て形成され、段階ごとに火山の噴火口が移動したという、独特な複式成層火山説を提唱した。中国の劉忠傑ら(1990)、金伯祿ら(1994)は、白頭山が少なくとも4段階の大噴火と共に、噴火口が崩れて現在の地形と天池を形成したという、多中心火山複合体説を提唱した。

Wei Haiquan (魏海泉, 1998) は、白頭山天池周辺の連峰の各ピークに重なった2つの浮石層が、5000年前の1次巨大噴火によって形成され、1000年前ごろに最大級の噴火が2次活動として発生し、現在の地形と天池が形成されたとする説を提唱した。この説は、天池の形態、地層状態の分析などを通して提唱された研究結果によって提示されたものである。

李敦らの主張する第6番目の段階火山活動と、劉忠傑らが主張した4番目と Wei Haiquan が主張した2番目で最後の巨大噴火は歴史時代に該当する。しかし、研究者によって主張されるこれらの時代の文献史料には、該当する大規模な噴火に関する記録はない。火山地質学者たちは、中国側の白頭山の火山灰層から採取した炭化木について放射性炭素を利用した年代測定を行った (Chichakof *et al.*, 1989, Machida *et al.*, 1990, Gill *et al.*, 1992, Nakamura *et al.*, 2002, Taniguchi *et al.*, 2002, 左容周・他, 2003)。その結果、白頭山の最後の大規模な噴火時期は、およそ8~14世紀と推定されたが、その正確な年代は判定できなかった。

これらの噴火現象を直接に論ずる一連の研究に関して、日本の研究者たちは白頭山の噴火を渤海の滅亡との関連性に注目した。Machida *et al.* (1990) と Taniguchi *et al.* (2002) は白頭山が大規模な噴火をしたために渤海が滅亡したという仮説を主張した。これに対して、Nakamura *et al.* (2002) は渤海が滅亡する3~19年後に火山噴火があったので、両者の出来事は無関係であると主張し、互いに相反する研究結果を主張した。

近年、北朝鮮側の白頭山に保存状態の良い炭化木が発見され、これを年代測定した結果、ドイツの Schmincke (1999) は969年、日本の Machida *et al.* (2002) は911~946年、Taniguchi *et al.* の研究チーム (2004) は938年、に最後の大規模噴火があったと推定し、その推定範囲を10世紀として推定年代幅を大きく短縮した。

10世紀の白頭山の火山噴火に関して、火山地質学者たちの間では、その規模が世界屈指のものであることは明らかなこととして認識されるようになった。しかしながら、歴史研究者たちは、この事件をほとんど本格的には取り扱っていない。10世紀白頭山の大規模火山噴火が発生した時期に、中国では唐が滅んで、五代十国と呼ばれる地方政権が乱立するなどの混乱期の幕が開いた。東北アジアでは契丹が渤海を滅亡させて、ここに東丹国を建国した時期である。また、朝鮮半島でも高麗を中心として半島内の勢力が大きく再編され、政治的軍事的に激動期であった。中国二十四史に渤海国の歴史書が存在しないのと同様に、渤海に属した白頭山の火山噴火に対する

記録もまた存在していない。当時、朝鮮半島も統一新羅以後、依然として後三国の混乱期であった。その後、高麗が新羅を併合して後百済を制圧し、朝鮮半島の統一を成し遂げた。しかし、この統一以後も高麗の勢力圏は元山 (Weonsan) 以南に限られ、白頭山火山体の存在する地域はその外にあった。

当時、渤海は衰退の一途をたどっていたが、建国したばかりの契丹の一度の軍事行動で滅亡した。この史実に対して、渤海が滅亡した理由として他の原因を挙げ、歴史上の仮説を提唱する研究が存在する。その中で最も注目すべき仮説は、白頭山の火山噴火説 (邵元柱, 2010) である。当時、渤海は五京十五府の都市を立てていた。白頭山は五京のおよそ真ん中に位置していたが、ただ首都の上京だけは遠く離れていた。白頭山の火山噴火は渤海の勢力版図内であった。農作地は火山灰に埋もれて長期間収穫ができなくなり、人々と自然環境に深刻な打撃を与え、民心が政治から離れて、渤海では流民たちの移動が起きたと考えられる。このように国が疲弊した時に攻め込んできた契丹によって、渤海は926年に簡単に滅んだというのである。『高麗史』には渤海が滅亡する前から938年に至るまで渤海人たちの大規模な高麗国への投降・帰順が記録されている。日本の Machida ら (1990) は強大な帝国であった渤海があまりにも簡単に、そして速く滅亡したことを重視して、白頭山火山噴火という自然環境的衝撃のためという理由がなければ不可能と指摘した。邵元柱 (2010) は歴史学会の推定資料に基づいて描かれた渤海五京の配置地図によれば、当時首都であった上京を除外して、中京・東京・南京は白頭山の直接的な降灰範囲内に覆われており、西京は火山泥流によって深刻な被害を受けていたと推定したらしい。

3. 文献史料に記録された白頭山の最大規模の火山噴火年度の推定

我が国 (韓国) の文献史料では、地震は西暦2年、黄砂現象は174年から記録されている。しかし、火山噴火記事は、西暦1002年と1007年に濟州島の漢拏山と耽羅の火山噴火等のような自然災害が、文献史料に詳細に記録されているのが最初である。

地震学的な側面から火山噴火を考察するに際し、各国の研究者たちは白頭山の最大規模の火山噴火を10世紀と推定している。この時期の『三国史記』には、地震の記述として「新羅神徳王五年 (916年) 冬十月、地震聲如雷」とあり、本研究ではこの記述に注目していく。なお、916年当時、朝鮮半島は統一新羅以後、覇権を争う混乱した時期であった。この記述は、冬期に白頭山の最大規

模の火山噴火を伴う地震によって、遠く離れた新羅の首都である金城（慶州）まで地震が感じられ、また雷のような火山噴火の音が伝わったものと理解される。ここで、白頭山の火山噴火の音が、遠く慶州まで聞こえるのかという疑問が生ずる。しかしながら、たとえば後に述べるように、1597年の白頭山の中規模の火山活動の際に連続3日間発生した地震は、遠く離れた忠清道（注：韓国南西部）で記録されたという事例がある。これと対比すれば、白頭山の大规模噴火によって、慶州で地震が感じられても少しも不思議ではなからう。さらに、1815年オランダ領東インド（現インドネシア共和国）のタンボラ火山が噴火したとき、その音は約1,500 km離れたシンガポールでも聞くことができた。また、1883年のオランダ領東インドのクラカタウ火山噴火の時も噴火の音は数千 km 遠くに離れたフィリピン諸島やオーストラリア大陸・イギリス領インドでも聞くことができた。そのため、上述の『三国史記』の記述にある「916年冬10月地震聲如雷」について、白頭山の最大規模の火山噴火を示唆する記述とみることができる。

このことを裏付けるのは、日本の『扶桑略記』という歴史書に、915年（延喜15年）に日本東北地方に火山灰が降り、堆積したとする出来事が記録されていることである。当時、日本の東北地方で活動した火山は十和田カルデラのみであった。この火山灰の堆積層はTo-a（十和田の略称）の噴火年代と受け取られている。青森県八戸市では道路工事中に中野平遺跡が発見され、そこで2層の火山灰が確認された。この遺跡は、9～10世紀の平安時代前期の住居痕跡であり、200戸余りからなる大規模な集落の遺跡であった。この住居の敷地跡の上を2層の火山灰が覆っており、2層の火山灰層のうち下の方のものは、To-aカルデラの915年の噴出物と判明した。このTo-aの火山灰については、東北大学の松山・大池（1986）がすでに報告しており、その特性は、十和田火山のものに一致した。そのすぐ上に堆積している白色の火山灰、すなわち白頭山火山灰は、粒の大きさも色も互いに異なっている。この火山灰は、Machida（1981）が特性を報告したように、日本列島の各地で発見されている白頭山の火山灰の特徴と一致している。915年の直後に、白頭山から日本列島へ向かって非常に大規模の火山灰の噴出があった、という内容を述べた論文が発表された。このようにして、10世紀に白頭山の巨大噴火があったとする見解が広く認められるようになった。

早川（1998）は、過去2000年間の火山噴火に対して、火山噴火規模マグニチュード（M）の数式で調査した。その結果、10世紀の白頭山の噴火規模はM 7.4であっ

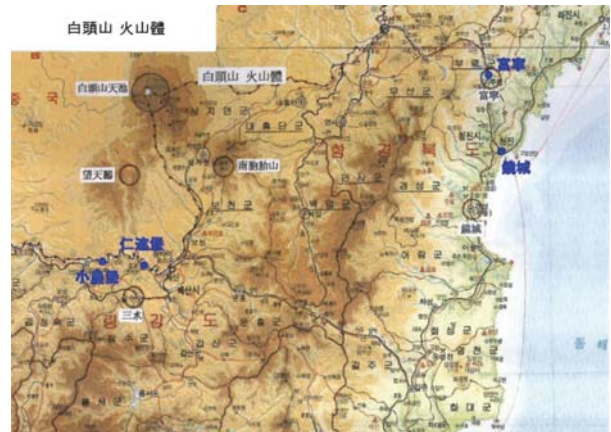


Fig. 1. Map of Mt. Baekdu and its vicinity

て、飛び抜けて世界でも第一級であったことが計算で求められた。なお、十和田カルデラの噴火についてはM 5.7と、日本の歴史上最大規模の火山噴火であったと計算された。偶然の可能性もあるが、10世紀の朝鮮半島と日本列島において、各々過去2000年以内に世界上最大と日本史上最大の火山噴火が、同じような時期に発生していることになる。

中野平遺跡の集落は何かの理由で廃墟となり、その後、何年も経過しない時期に915年のTo-a火山灰が堆積して、その直後の917年には、日本列島の地層中に痕跡を残すほど大規模な火山噴火が白頭山で起きた。この噴火によって夥しい量の火山灰が冬期の強い季節風に乗って、日本の東北地方と北海道地域に堆積したものと解釈することができる。

『扶桑略記』には915年のTo-aカルデラの巨大火山噴火が、『三国史記』には917年の白頭山の大规模噴火が記述されている。このような2つの国の文献史料及び、日本海を隔てて向かい合っている朝鮮半島と日本列島北東部に、白頭山の火山灰とTo-aカルデラの火山灰が堆積している地層を現地探査した資料を根拠として、これらを比較・検討した結果、白頭山の最大規模の噴火年代を917年の冬期に推定することができた。

4. 歴史時代の白頭山の最大噴火年代、及び噴火規模

歴史時代の白頭山の最大級の噴火とみられるものは、文献史料には記録されていない。1990年代から韓国・日本・ロシア・ドイツ・及びアメリカの火山地質研究者たちは、白頭山火山灰層から採取した（北朝鮮領内、及び中国領内）炭化木について、14C年代測定法による測定を試みた。その結果、最大噴火の時期は以下のように推定された。韓国の左容周ら（2003）は760～960年、日本の

Machida ら (1990) は 915~1330 年, Machida ら (2002) は北朝鮮領内の試料を用いて 911~946 年, Taniguchi ら (2002) は 9~10 世紀, Taniguchi ら (2004) は 938 年, Nakamura ら (2002) は 929~945 年, アメリカの Gill ら (1992) は 750~969 年, ロシアの Chitacof (1989) は北朝鮮領内の試料を用いて 1120~1310 年, 中国領内の採取試料によって 580~940 年, ドイツの Horn Schmincke (1999) は北朝鮮領内の試料を採取して 969 年, というものである. 以上の研究結果から指摘できる事実は, 白頭山がいつ噴火したのか正確には明らかにできなかったことである.

しかし, 1990 年に始まった白頭山の最大噴火の時期に関する持続的な研究の結果, 最大噴火の推定時期について, それまでは 8~14 世紀とされていたが, 2000 年以後の研究結果では 10 世紀とされ, 年代範囲が狭められた. さらに, 噴火発生年が限定された場合もあり, Taniguchi ら (2004) の研究チームは, 白頭山の噴火年代が 938 年に非常に近い時期と推定した. この結果は, 『日本紀略』の記述にある「939 年 1 月遠方空震」が, 白頭山の巨大噴火の音として解釈できる場合, 極めて近い年となっている.

表 1 によると, 白頭山の炭化木の 14C 年代の測定結果は, 北朝鮮領内では 2000 年代以後には 911~969 年, 中国領内では 750~1330 年と, 測定結果の年代に幅がある. このように測定された年代に幅がある理由について次のように考えた.

Table 1. Studies of field measurements and estimation for the maximum historical eruption of the Volcano Baekdu

研究者国籍	研究者名	噴火年度
韓国	左容周ら(2003)	AD 760~960
	尹成孝 (2007)	約 1000 年前
北朝鮮	李敦 (Li Don)ら (1992)	12 世紀
日本	Machida ら(1990)	AD 915~1330
	Machida ら(2002)	AD 911~946 (NK)
	Taniguchi ら(2002)	9~10 世紀
	Taniguchi ら(2004)	AD 938 (NK)
Nakamura ら(2002)	AD 929~945	
中国	Liu Jiaqi (劉嘉麒,2005)	AD 1014~1019
	Wei Haiquan	10 世紀
	劉若新ら(1995)	AD 1050~1489
	劉忠傑ら(1990)	約 AD 800
ロシア	Chitacof(1989)	AD 1120~1310 (NK) AD 580~940 (C)
アメリカ	Gill et al.(1992)	AD 750~969
ドイツ	Horn, Schmincke(1999)	AD 969 ± 20 (NK)

注: NK は北朝鮮領内の試料, C は中国領内の試料.

まず, 炭化木をどこで採集したかによって大きな差が見られる. すなわち, 火山砕屑物と火山洪水とが混在している中国側よりも, 浮石が上空から落ちて地面に積もる北朝鮮側の炭化木は, 年代測定の精密さが高くなる.

次に, 14C 法を利用する年代測定の精密さと補正方法, それに測定値の解釈の問題がある. この点について節を改めて論じることとする.

5. 人工衛星の画像を用いた白頭山の最大噴火当時の季節の推定

歴史時代の白頭山の最大噴火の年代を判定するために, 韓国をはじめとして海外諸国の研究者たちが 14C 利用して年代を測定している. だが, その正確な年代を提示することはできず, 1990 年代にはおよそ 8~14 世紀という程度のものであり, 2000 年代に入ると 10 世紀と推定されるに至った.

本節では, 韓国航空宇宙研究院が打ち上げた ARIRANG 2 号衛星が, 2006 年 8 月に撮影した白頭山の衛星画像 (Fig. 2) を分析した結果から, 白頭山が最大噴火した当時の季節を次のように推定した.

白頭山の人工衛星の画像からは, 天池 (Cheonchi) を中心として分布した浮石が広域的で同時性のあることがわかる, このような情報は現地調査から判断するのが難しい 2 次元的情報である.

白頭山は, 天池の火山が噴火した際に, 多孔質で白色の浮石成分の火山灰が多量に噴出したため, 白頭山の頂上部は白い「白頭」となった. この浮石は, 白頭山を中

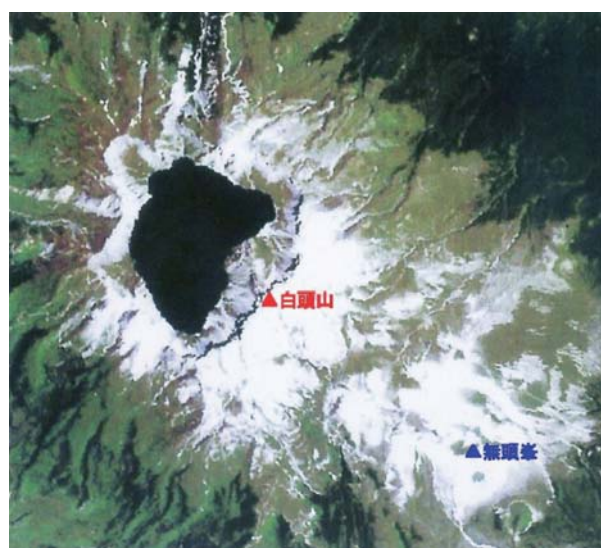


Fig. 2 Satellite photo of the summit area of Mt. Baekdu with the Lake Cheonji taken by the Satellite Arirang-2 in August, 2006. The top directs north.

心に楕円形を成して分布し、南東側で広がっている。また浮石は、周辺の山岳地帯の地形や高さ・距離に従って放出されており、多様な浮石の分布状態を画像から判読することができる。

特に、火山の噴火口である天池を中心とした場合、北側や西側方面の中国側に比べて、東側方向にあたる北朝鮮領两江道方向で幅が広く、他の場所より厚い浮石層の分布範囲について、画像上の色像として区分することが可能である。また、白頭山の DEM (Digital Elevation Model) を利用して表現した 3 次元画像について、朝鮮半島側と中国側からの 2 つ画像を比較した場合、中国側とは対照的に朝鮮半島側で浮石層の幅が広く遠くまで分布しており、巨大な 1 つの砂漠のような姿を画像から判読することができる。

現地調査資料によれば、天池の南東側約 11 km に位置する無頭峰 (Mutubong) は、白頭山一帯の浮石層が最も厚く堆積した場所である。その上を歩いたならば、あたかも地中にビール瓶が埋まっている地面の上を歩いているかのように、「ズシンズシン」と響くような音がするらしい。無頭峰から三池淵 (Samchiyeon) に至る地域は、堆積した浮石層の厚さが 2~5 m であり、天池から離れるほど浮石層は薄くなっていく (恵山郡誌, 1999)。

炭化木を用いた年代の特定に際して、白頭山の西側と北方向の中国領内では、火山洪水と火山砕屑物によって、本来の自然状態の炭化木を発見することは困難である。しかしながら、北朝鮮領内にあたる東側では、火山灰が上空から落下して積もったために、木々がそのままの状態で保存されていた。この炭化木を用いて年代測定を行えば、従来よりも精度の高い結果を得ることができる。

白頭山の南東側にあたる北朝鮮側に降り積もった火山灰は、冬の北西季節風の強い時期に運ばれた物である。白頭山の天池附近は気象状態の変化が極めて激しい。白頭山周辺の 1959~70 年の間の風向きを調べると、夏 (8 月) には南西風 (平均風速 6.8 m/秒)、冬 (12 月) には北西風 (同前 17 m/秒) が主である。強く吹く場合が多くあり、天池や無頭峰の至る所に自生する岳樺の木 (学名 *Betula ermanii*) は、冬の強い北西の季節風の影響で木の枝が全て南東側に傾いており、山麓で樹木限界線を形成している。

白頭山が最後に最大級の噴火を起こした当時の季節を推定するために、衛星画像上の浮石の分布状態と、現地調査した浮石層の厚さや分布状態について、噴火当時の気候環境と関連させて検討した。そうすると、衛星画像と 3 次元衛星画像の浮石分布のパターンから、白頭山の最後の最大級の噴火は、年間を通じて北西の季節風が最

も強く吹く冬の季節であったことが推定できる (Fig. 2)。

6. 文献史料に記録された白頭山の火山活動の再評価

白頭山の地質年代と歴史時代には幾度かの噴火活動があった。白頭山の火山活動に関して多くの研究者たちは、韓国の『朝鮮王朝実録』と中国の『白頭山江崗志略』に基づいて、1413 年 (A とする)、1597 年 (同 B)、1668 年 (同 C)、1702 年 (同 D)、それに 1903 年 (同 E) の 5 件の事例を、白頭山の火山活動として採用している。

韓国の研究者では、李圭泰 (1994) と秋教昇ら (1999) が B と D のみを火山現象記録と採用している。Seo Taeyol (2005) はこれに C を、Jin Jae-un (2008) は C と E を、Kim Kyuhan (2010) は A と E とを、Yu Jeong-a は A・C・E をそれぞれ加えて採用している。尹成孝 (1996, 2007) は、B を採用せず、C・D・E を採用している。

北朝鮮の李敦ら (1992) と米国のスミソニアン研究所は A・B・C・D を採用している。

中国の金伯緑・張希友 (1994) は、A・B・D・E を、許東満 (1993) と劉若新ら (1995) は B・C・D・E を、崔鐘燮 (1996) は C・D・E を、採用している。金東淳・崔鐘燮 (1999) は、C・D・E だけではなく、他の研究者が採用していない 7 件の事例を採用している。

これらの中には、原文の記述からみて白頭山噴火と判断するのが適切でないものも含まれている。

本研究では、以上の事例が、原文の記述から白頭山の火山現象と正しく認定できるか否か、個別に検証してみることとする。

6.1 西暦 1413 年 1 月 2 日の黄砂、および気象現象

『朝鮮王朝実録』の太宗 12 年 11 月壬寅 (1413 年 1 月 2 日) に次のような内容が記述されている。

原文: 「雨土霧塞数歩之内不辨人形気暖如春江氷尽釈」 (訳文: 土まじりの雨が降り、霧が立ちこめて、数歩の距離が離れているだけで、人の様子を見分けることができなくなった。気温が春のように暖かく、川の氷が解けた)

北朝鮮の李敦ら (1992) は『朝鮮王朝実録』を根拠として、1413 年 1 月 2 日に白頭山噴火があったと解釈した。すなわち彼らは上記の原文記述を「白頭山噴火による火山灰が雨と共に降り、その影響で冬の季節に気温が春のように暖かくなり、川の氷が解けた」と解釈した。

本研究では上記の原文を次のように解釈した。冬に濃い霧と雨が降るのを見て、当時気候が温暖になって川の上の水が溶けたものと見られる。韓国の史料には、冬の時期に温暖化に関する記録がある。そこでは、雨土が白頭山の火山噴出物か否か確認はできず、噴火と関連した記

録もない。歴史時代に発生した黄砂現象を表現した用語では、「土雨」または「雨土」が一番多い記述であって、冬にも黄砂現象の発生を示す記録も相当数あった。歴史時代に朝鮮半島で発生した黄砂現象を調査した和田（1917）では、1413年のこの事例は黄砂現象と判定されている。また、全暎信（2000）の『『朝鮮王朝実録』に現れた黄砂現象』という論文においても、この事例は黄砂現象と判定されている。

6.2 西暦 1597 年 10 月の火山性地震活動

『朝鮮王朝実録』の宣祖 30 年 8 月 26・27・28 日（1597 年 10 月 6・7・8 日）に次のような内容の記述がある（Fig. 3）。

原文：「八月甲辰（二十六日）地震観象監官員来言即刻地動，自南向西矣」（『宣祖大王実録』卷之九十一），「咸鏡道自八月二十六日至二十八日 連八度地震墻壁撞尽掀禽獸皆驚或有人因此病臥不起者」（同卷之九十二），「忠清道唐津沔川大興等地自本月十三日以後連三日地震或一日三四度或一日六七度置震屋瓦振動」（同卷之九十二），「咸鏡道觀察使宋言慎書狀去八月二十六日辰時三水郡境地震暫時而止二十七日未時又為地震城子二處頽圯而郡越邊甌巖半片崩頽同巖底三水洞中川水色變為白二十八日更變為黃仁遮外堡東距五里許赤色土水湧出數日乃止八月二十六日辰時小農堡越邊北德者耳遷絶壁人不接足處再度有放砲之聲仰見則烟氣漲天大如數抱之石隨烟析出飛過大山後不知去處二十七日酉時地震同絶壁更為折落同日亥時子時地震事」（同卷之九十三）

訳文：「8 月 26 日 地震があった。観象監官員の報告によれば、すぐ震動があり、南側から西側へ向かったという」（『宣祖大王実録』第 91 卷），「咸鏡道に 8 月 26 日から 28 日まで連続的に 8 回もの地震が起き、壁が揺れ、全ての鳥獣（飛ぶ鳥と地を這う動物）たちも驚き、このために病になって床に臥して起き上がれなくなった者もいた」（同第 92 卷），「忠清道の唐津・沔川・大興等の地ではこの月 13 日以後連続 3 日間地震が起きた。地震はある日には 1 日に 3～4 度、別の日には 1 日に 6～7 度続け様に地震が起き、屋根瓦が震動した」（同第 92 卷），

「咸鏡道の觀察使宋言慎が地震の発生を報告した。去る 8 月 26 日辰時（7～9 時頃）に三水郡の境界付近で地震があり、しばらく揺れ続けて止んだ。27 日未刻（13～15 時頃）にまた地震があった。城の 2 ヶ所が壊れ、郡の境界地帯の向かい側にある甌巖という岩が真っ二つに割れて砕け落ちた。この岩の下の三水洞中川の水の色が白く変化したが、28 日には再び黄色に変化し、仁遮外堡から東に 5 里（朝鮮の 1 里は約 400 m）離れたところで赤色の泥水が湧き出し始め、数日を経てようやく止まっ

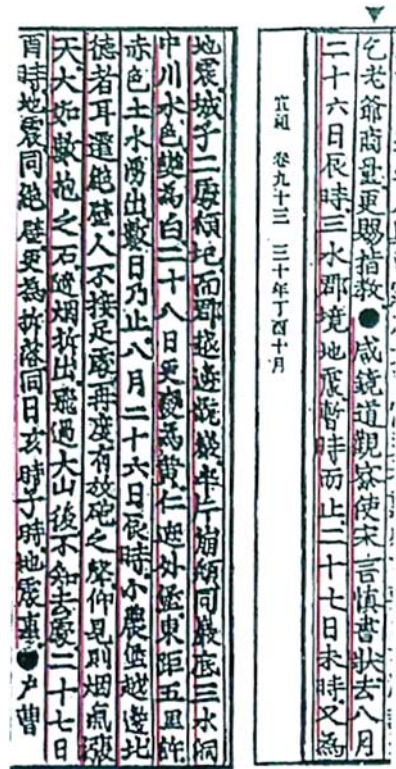


Fig. 3 The original description of the earthquakes of October 6th, 7th, and 8th, 1597 in the “The 30th year of the King Seonjo, Choseon Wangjo Sillok”

た。8 月 26 日辰刻（午前 7～9 時頃）に小農堡の向かいの北側、「德者耳遷」という絶壁の人が立ち寄れない場所で、2 回ほど大砲を撃つような音がした。空の方向を仰いでみると煙が空中に立ち込め、数人が手を伸ばして周囲を取り囲めるほどの大きさの石が煙と共に現れ出て、大きな山を越えてどこかへ飛んで行った。27 日酉刻（17～19 時頃）には地震が起き、この絶壁が相次いで崩れ落ちた。同日亥刻（21～23 時頃）と子刻（23～1 時頃）に地震があった」（同第 93 卷）。

『宣祖大王実録』の記述では、白頭山火山体で発生した火山噴火を伴う地震が明確に表現されている。特に地震については、連続する 3 日間の発生日・時間・地名・付随現象や被害程度が記録されているだけでなく、咸鏡道・ソウル・忠清道において、3 日間同時に感じられた地震による被害までが詳細に記録されている。

本研究では、『宣祖大王実録』と『三水郡邑誌』（光武 3 年<大韓帝国年号>、1899）の記述を検討した結果、史料中の語句について以下のように解釈した。

「三水郡境」については「三水郡の境界に接して」と理解できる。また、「而郡越辺」については「郡の境界の向かい側」として、「城子二処頽圯」については「城の二つ

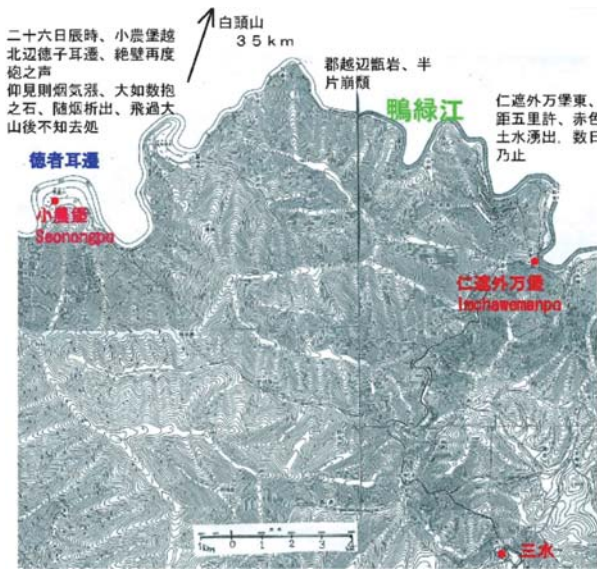


Fig. 4 Detailed map of Samsu province near the country boundary between Korea and China

の壊れた場所」と理解できる。なお、この城は、三水邑北側 24 km と 36 km に至る場所で、鴨緑江の水辺に隣接する万里城の城郭の 2ヶ所と解釈できる。さらに、「仁遮外堡」は三水邑東側 12 km に位置し、「小農堡」はこの邑から北側に 24 km 鴨緑江に隣接する場所に全てが位置し、「小農堡越辺北」を「小農堡向かいの北側」と解釈できる。ここに出てくる「万里城城郭」とこれに属する「鎮堡仁遮外保」と「小農保」は、高麗末（高麗は 1392 年に滅亡）に女真族の侵入を防ぐために築かれた城塞であるとされている（『付録 三水郡誌』と Fig. 4 参照）。一方で、「仁遮外堡東距五里許赤色土水湧出数日乃止」は「仁遮外堡から東側に 5 里ほど離れた場所で赤色の泥水が湧き出し、それが数日続いて止まった」と解釈できる。この記述は、火山噴火の正確な位置と、熔岩噴出が数日間継続した状況を明確に表している。

6.2.1 既存の研究成果

韓国の尹成孝（1996, 2007）と中国の崔鐘燮（1996）は「三水郡境」を三水郡の境内と、「而郡越辺」をその向かい側と解釈し、三水郡と白頭山天池と地域的に遠い距離とみて、火山噴火を白頭山ではない三水郡一帯の火山体からの噴火と判断した。そして、1597 年を除いた 1668 年・1702 年・1903 年の火山噴火だけが、天池カルデラ火山から噴出したものであると確認したとされた。秋教昇（1999）によると、1597 年の火山性地震の記録は、三水郡境の向かい側の白頭山火山体から火山噴火を伴ったものであり、史料中で一番明確なものである。また、この時の地震は、咸鏡道・ソウル・忠清道で有感であった

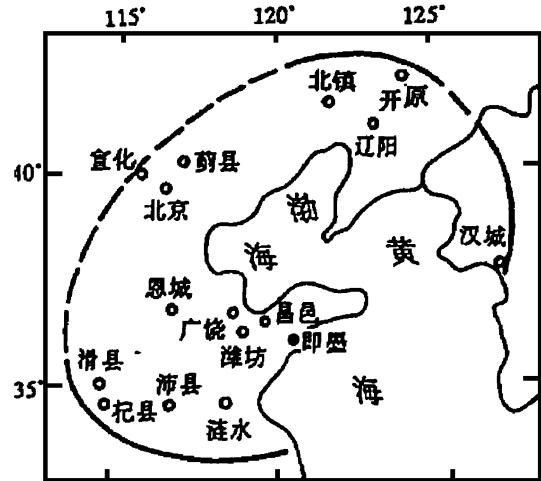


Fig. 5 The felt area of the Korea-China boundary earthquake of October 6th, 1597

とされている。Liu Jia Qi（劉嘉騏, 2005）によると、白頭山は数多くの噴火口がある火山体で、噴火の中心は 3ヶ所あり、中心部が天池噴火口で、他の 2つは中国側の望天鵝（2,051 m）火山体と、天池から南東側の北朝鮮側 45 km に位置する南胞胎山（2,434 m）火山体である。また、これらの火山体は、三角形に分布していると発表されている。中国国家地震局の「中国歴史強震目録」（1995）と、「黄海およびその沿岸での歴史地震編目研究」（2001）によると、中国の渤海で 1597 年 10 月 6～8 日の連続 3 日間、火山性地震と同時にマグニチュード（M）7 クラスと推定される渤海地震が発生し、朝鮮半島北部一帯までを有感地域として影響を及ぼした。また、白頭山では火山噴火があったとされており、1597 年 10 月に白頭山火山体に発生した火山性地震の震源地については渤海湾とされた。

北朝鮮の朝鮮地震研究所（1978）が刊行した「2000 年間の我が国の地震関係資料」の中に、1597 年の白頭山の火山活動について特別な解釈はなく、『朝鮮王朝実録』を解釈しているのみである。

李敦ら（1992）は、白頭山は 6 段階を経て形成されたとし、各段階ごとに噴火口が移動して独特の複式成層火山になったとしている。また、『朝鮮王朝実録』には、西暦 1413 年・1597 年・1668 年・1702 年に火山噴火の記録があると発表している。北朝鮮の地震研究所から 1984 年と 1987 年に刊行された『朝鮮地震目録』では、1597 年の火山性地震の震源地が咸鏡道三水にあったとされた。これに対して、2001 年に北朝鮮の地震局で刊行された『朝鮮歴史地震資料』では、震源地が咸鏡道三水から中国の渤海へと変更されている。

6.2.2 西暦1597年の白頭山火山性地震記録の再評価

1597年の白頭山で火山噴火を伴った地震は我が国で発生した地震の中で、唯一の火山性地震であり、朝鮮半島の5大地震（1518年・1597年・1643年・1681年・1810年）の1つである（秋教昇，1999）。

1597年10月咸鏡道と忠清道で3日間連続で発生した有感地震記録について、日本の和田（1917）や中国国家地震局（1995）、それに北朝鮮地震局（2001）の報告書では咸鏡道の有感地震記録は記録漏れになっている。また、忠清道の有感地震記録は、韓国を始めとして日本・中国・北朝鮮では、全てが10月23～25日に忠清道で発生した別の地震であると解釈している。そして、1597年12月25日にも同じ忠清道で地震が発生したとされている。

『宣祖大王実録』（巻91～93）には、1597年10月に忠清道で3日間連続して発生した有感地震の記述がある。これについて、日本の和田（1917）は、陰暦8月という「本月」を9月と正しく解釈できなかったために、太陽暦10月6～8日を10月23～25日と認識し、3日間連続して忠清道で感じられた地震を、忠清道で発生した別の地震と解釈した。このような解釈は、韓国・北朝鮮・中国の研究者たちによって最近までそのまま引用されており、震源地と有感地震範囲について互いに異なる解釈がなされていた。このように、1597年10月に忠清道で3日間連続して発生した地震について、忠清道で発生した白頭山火山体での火山噴火を伴う有感地震と、忠清道で発生した別の地震、という2つの解釈が存在することは、次のことから重要である。最近、白頭山火山の再噴火の可能性に備えて災害対策が立案されており、忠清道までが有感範囲に含まれるか否かは決定的に重要な事柄になっている。

1597年の白頭山の火山性地震について、中国国家地震局（1995）と北朝鮮地震局（2001）では、震源地を中国の渤海と解釈している。しかし本研究では、『宣祖大王実録』（巻91～93）と『三水郡邑誌』（光武3年）の記述を検討した結果、白頭山火山体に近接した三水郡境の向かい側で、火山噴火を伴った地震が発生した事象であると解釈する。

DEM（スペースシャトルエンデバー号が撮影したSRTM資料）を利用した白頭山陰影起伏図（Kang Sangwan, 2004）上に白頭山火山体の噴火の中心地点3ヶ所が明確に現われていて、望天鵝火山体は別の火山体より規模が大きく、険しい山勢が中国側から遠く北朝鮮の三水郡方面まで伸びている（白頭山火山体陰影起伏図参照）。

中国のLiu Jiaqi（劉嘉騏，2005）は「白頭山はアジアの大陸周縁部に位置して、東アジアプレート構造系との関係で理解すべきものである」と主張した。すなわち、「太平洋プレートが大陸境界の下に沈んでいく際に、白頭山地域が隆起して火山噴火が起きるのである」と発表した。従って、白頭山付近の地球構造的な応力分布によって、大きな地震の発生する可能性があり、1597年の白頭山火山体の地震の震源地は、中国と北朝鮮が主張した中国の渤海ではなく、白頭山火山体それ自身が震源である可能性を確認することができる。

1597年に白頭山火山体で発生した火山性地震は、推定規模（M）6.5、震央付近での改正メルカリ（MM）震度は9であったと推定できる。『宣祖大王実録』には、3日間連続して感じられた有感地震の範囲と被害項目が詳細に記録されており、咸鏡道でMM震度6、ソウルおよび忠清道でMM震度5と推定される（付図，1597年有感地震記録，および等震度線の図，参照）

『宣祖大王実録』にある1597年10月の3日間連続した白頭山火山体での火山噴火を伴う地震の記述は、韓国と中国の史料の中で、最も明白且つ詳細な白頭山火山体の火山性地震の記録と解釈することができる。

6.2.3 1597年の白頭山火山性地震と中国の渤海地震との関連性

1597年10月6日に白頭山火山体と中国の渤海で同時に発生した地震について、『宣祖大王実録』（巻91～93）と『中国歴史強震目録』（国家地震局，1995）を比較検討すると、この2つの地震の震源地と有感地震範囲に関して、韓国を始め中国・北朝鮮・日本では、共に異なる地震であると解釈している。

『中国歴史強震目録』によると、中国の渤海地震（推定マグニチュード（M）7.0）について「3日間連続して遼寧・河北・山東・江蘇・河南省などを始め、朝鮮半島北部地域まで影響を及ぼし、当時白頭山では火山噴火があった」と述べられている。また、この地震の震源地とされた渤海の南から北側の地域で「甚だしい震動と地裂があって、渤海沿岸の川は水が逆流し、あるいは溢れた」と記録されている。これに対して、忠清道とそれに近接する山東半島地域は「地震が発生した」という記録のみである。『宣祖大王実録』にある1597年10月の忠清道で3日間連続して感じられた地震記録については、忠清道で発生した別の地震、または渤海地震の有感地震範囲と解釈されている。しかし、忠清道については、1548年（推定M7.0）・1888年（M7.5）・1969年（M7.4）の渤海地震の有感地震範囲には含まれていない。

本研究では、白頭山火山体で発生した火山性地震は、

咸鏡道・ソウル・忠清道で感じられたと解釈した。白頭山はアジアの大陸縁辺部に位置して東アジアのプレートの構造と関連している。渤海は、郟城-盧江地震帯（単発型）と華北平原地震帯（連発型）が通っている。

白頭山の火山性地震と中国渤海地震は、2ヶ所で同じ3日間に偶然発生した独立の地震ではなく、互いに関連性がある事象と理解することもできる。つまり、渤海の大きな地震によって、白頭山火山体で火山と関連した誘発地震（induced earthquake）が発生したと解釈できる。火山活動の誘発地震とは、一般的にはマグニチュード（M）6.5以上の大地震が発生した際に、この地震によって余震域を遠く外れた場所で誘発がされて発生する地震を意味する。誘発の原因としては、(a) 比較的距離では静的な応力（static stress）の変化によって引き起こされるもの、および、(b) 相対的に遠い距離では地震波による動的な応力（dynamic stress）の変化によって引き起こされるもの、という2つの種類がある。

火山活動を誘発させた地震の例としては、1980年11月8日の米国カリフォルニア州の Eureka で発生した M 7.4 の地震、1983年10月28日に米国アイダホ州の Bora Peak で発生した M 6.9 の地震、1992年6月28日に米国カリフォルニア州の Landers で発生した M 7.3 の地震などがある（Hill et al., 1993）。

表2は1597年白頭山の火山性地震について韓国・北朝鮮・中国の地震研究機関、または研究者たちが分析した結果を比較したものである。

Table 2. Interpretation on the volcanic earthquake of Volcano Beakdu of 1597

国家名	韓国	中国	北朝鮮
地震発生日	1597年10月6~8日（宣祖30年8月26~28日）		
地震規模	M6.5	M7.0	M5.0
最大震度（MMI）	9		7
震央位置	咸鏡道 三水郡境 （白頭山火山体）	中国 渤海 （渤海地震）	咸鏡道 三水(1987) 中国 渤海 (2001)
有感地震範囲	韓国：咸鏡道（MMI6）、京畿道（ソウル、MMI5）、忠清道（唐津、汚川、大興、等 MMI5） 中国：山東省、遼東半島、河北省、遼寧省、江蘇省、河南省、および韓半島北部地域と白頭山火山体		
有感地震発生日	10月6~8日（連続3日間）		

参考文献:

- 韓国:『地震地図作成のための歴史地震評価』(秋教昇, 1999)
 中国:『中国歴史強震目録』(国家地震局, 1995)
 『黄海及其沿海歴史地震編目研究』(呉戈等, 2001)
 北朝鮮:『朝鮮地震目録』(1987)
 『朝鮮歴史地震資料』(2001)

6.3 西暦1668年6月2日の黄砂現象

『朝鮮王朝実録』の顕宗9年4月23日（西暦1668年6月2日）に次のような内容が記述されている。

原文:「咸鏡道鏡城府雨灰富寧同日雨灰」,「咸鏡道雨灰之變甚可愕也」。

訳文:「咸鏡道の鏡城府に灰色の雨が降った。富寧でも同じ日に灰色の雨が降った」,「咸鏡道に灰色の雨が降った異変はたいへん驚くべきことである」。

この文章に基づいて、韓国・北朝鮮を始めとして各国の研究者たちは、「雨灰」は白頭山火山体で小規模の火山噴火が発生し、火山灰が偏西風に乗って東側に約150 km離れた富寧・鏡城一帯に運ばれ、雨と共に降ったものと解釈した。

本研究では、「雨灰」を降らせた噴出物が遠く離れた白頭山火山体から移動したのとは確認できない上、火山噴火現象と関連した如何なる記録も確認することはできなかった。1667年のこの事件について、朝鮮王朝時代の黄砂記録と関連させて検討した結果、王朝時代の黄砂現象に関しては、「土雨」・「黄霧」・「雨灰」などの用語で『朝鮮王朝実録』に170余の記録があり、「雨灰」・「土雨」の色は、黄砂が発生した地域の土壌の色によって変化することが判明した。また、日本の和田（1917）は、『朝鮮古代観測記録調査報告書』において、1668年のこの事件は「霾象（ばいしょう）」、すなわち「土雨が降る現象」と記述している。従って本研究では、『朝鮮王朝実録』に鏡城府と富寧で「雨灰」と記された現象は、白頭山火山の噴火現象とするのは難しいと判断し、黄砂現象と解釈した。

6.4 1702年6月3日の火山活動現象

『朝鮮王朝実録』の肅宗28年5月14日（西暦1702年6月3日）に次のような内容が記述されている。

原文:「咸鏡道富寧府本月十四日午時 天地忽然晦暝時或黃赤有同烟焰腥臭滿室若在洪炉中人不堪薰熱四更後消止而至朝視之則遍野雨灰恰以楚蛤殼者然」,「鏡城府同月同日稍晚後烟霧之氣忍自西北天地昏暗腥膻之臭襲人衣裾重染之氣如在洪炉人皆去衣流汗成漿飛灰散落如雪至於寸許収尼而視之則皆是木皮之余炉江遍諸邑亦皆如是或有特甚處」。

訳文:「咸鏡道富寧府でこの月の14日午時（11~13時頃）に、天地が突然真っ暗になり、時々黄色や赤色の煙か炎のようなものが現れ、臭気が辺りに満ちた。もしこの埧塙のような中に人がいたら、熱さに堪えられなかったであろう。この状態は四更（しこう、午前1~3時頃）後には止まった。朝になって辺りを見ると、野原一面に灰の雨が降り、それは蛤の殻を撒いたようであった」。

「鏡城府では、同月同日の稍晩（午後9～10時頃）以後、煙や霧のような空気が北西側から突然押し出してきた、天地が真っ暗になり始め、臭気が人々の衣服に染みこんで、まるで大きな坩堝の中に居るように感じられた。そこで人々は衣服を脱ぎ捨て、粘り着くような汗を滴らせた。飛んできた灰は雪のように舞い落ち、厚さ1寸ほどになった。この現象が収まって視察に出てみると、全ての樹皮に焼け跡があった。川沿いの村々では全てこのような状況であった。そうして、被災が特に甚だしいところもあった。

鏡城府と富寧府は、白頭山火山体から遠く離れており、2つの地点は同じ緯度上で相互に60 km離れている。1702年の火山噴火説は富寧で昼12時頃（午時）から明け方3時頃（4更）まで、鏡城では遅い晩（稍晩、午後9～10時）から観察された記録を根拠として、白頭山の火山噴火が認められる。韓国をはじめとして中国、北朝鮮、日本、米国の研究者たちは、白頭山の火山噴火年を遺漏なく引用しており、これを白頭山の最後の火山噴火年として認めている。「遍野雨灰」という野原一面に降り積もった「雨灰」によって、富寧では「恰似楚殼者然」（蛤の殻を撒いたような）と表現されている。また、鏡城では「皆是木皮之余灰」（全ての樹皮に焼け跡があった）と表現されている。当時、人々は火山噴火による火山灰が何であるか明確には知らなかった。そこで彼らは、目撃した火山灰について、貝殻のようなものという比喻を用いて表現した。韓国の尹成孝ら（1996）はこの記録から、天池火山の第1の大規模噴火であるとして、この高温の浮石瑣屑物については火山灰が東側へ飛んで来たものと解釈している。

本研究では、白頭山の噴火中心地の地域の中で、富寧と鏡城地域に近接した火山帯である摩天嶺山脈筋の北側の南胞胎山（2,433 m）火山体から、火山噴火によって高温の浮石碎屑物、或いは火山灰が東側へ移動し、それが富寧と鏡城で観察・記録されたと解釈する。そして、火山噴火と関連する記録が全くないため、今後、再検討が要求される。なお、北朝鮮の朝鮮地震研究所の『2000年の我が国の地震関係資料』（1978）中に「特異な地震資料」として、この1702年の火山噴火現象が採用されている。

1702年の白頭山火山の噴火記録について再検討しなければならない事項は次のとおりである。

1. 白頭山火山体と富寧および鏡城地域は距離は遠く離れているものの、この間の至る所に郡所在地が位置している。原文記録にあるように、大きな火の坩堝の中に座ったような場所とは、火山灰が白頭山火山

体と2つの地域の間を通過した場所のはずである。そのため、この区間のどこかの地域が焦土化した可能性があるが、火山噴火と関連した被害記録はない。

2. 一般的に、火山噴火現象の場合は1度起きただけでは終わらず、幾度かの噴火が繰り返す現象として現れる。それにもかかわらず、1702年の火山噴火記録は1度だけの現象（ただし正午から翌日未明まで継続した）であった。このような現象は、1002年の済州島漢拏山の火山噴火記録で溶岩の噴出が5日間継続し（「耽羅山 四孔赤水湧出 五日而止」）、また1597年の白頭山の火山性地震記録で溶岩噴出が数日間「赤色土水湧出数日乃止」という記録とは対照的である。
3. 富寧と鏡城はほぼ同じ経度上に位置しており、富寧は北側に、鏡城はそれより南側に位置する。富寧では昼12時から、鏡城ではやや遅い晩の時刻（稍晩）以後から、上記の現象が観察されており、ここに約8時間の時間差がある。これは、何か火山の「実体」が移動した事実を示している。
4. 富寧と鏡城の隣接の山岳地域で発生した大規模な山火事による被害の場合もあり、そのような記録があるのではないか。
5. 和田（1917）の『朝鮮古代観測記録調査報告書』では、1702年の出来事について白頭山火山噴火に関連した出来事とはみなしておらず、富寧と鏡城府で発生した霾雨現象（土混りの雨が降る現象）として解釈されている。

6.5 西暦1903年の驟雨性降雨現象

中国の『長白山江崗志略』（劉建封,1909）の「天池釣搜」に次のような記録がある。

原文: 中国 清光緒29年5月（1903年）「据引路人徐永順云、光緒二十九年五月 其弟復順 隨玉讓 兪複等人 在沮石坡下杜坡口 忍見兩鹿登坡（中略）六人坐臥池沿 至夜半 寒風透骨 餓不能寢 共餐糲糧而尽 未幾 天微明而霧仍如故（中略）霧時雷雨交加衆皆器不成聲旋又人夜 見池中三五明星忍起忍落 条而澆刺一聲 自空中落一火球大如輪 水面万千灯火直同白昼 砲聲轟隆 宛予霹靂 波浪溶起直衝斗牛 六人戰慄不楸動（中略）半鐘加 雹落如雨 大者寸許 六人各避石下 兪興復順頭出血 用湿衣葬之 又兩鐘余東方曉亮 云淡風情 微霧峰尖 徐永順言之叢叢故之」

訳文:「道案内人徐永順の語るには、光緒帝29年5月にその弟復順は、玉讓・兪複らとともに、2匹の鹿が沮石坡の麓の杜坡口から山へ登っていくのを見た。（中略）

6人が池の水辺に横になり、あるいは座っていたところ、深夜になり寒い風が身に身に浸み、また空腹のため寝ることができなかった。さらに食料が尽きてしまった。夜明けの兆しが見えて少し明るくなり、霧が再びかかってきた。(中略)霧に雷雨を交え、皆声も発することがなかった。また、夜には池の中に3・5回明星が見えたり消えたりした。そうしているうちに突然爆発のような大きな音が聞こえ、空中から輪ほどの大きな火球が1つ落ちてきた。水面は幾千万の明かりが灯ったように、昼のような明るさとなり、大砲のような大きな音がして、落雷の直前のようにであった。水面では、天の斗牛(星座の名)を直撃しそうな高い波となった。6人はあまりの光景に恐れおののいて全く動けなくなった。(中略)約1時間後に雹が雨のように降った。大きなものは1寸ほどもあった。6人は各々石の下に避難した。兪復と復順は頭に出血し(て死亡し)、濡れた衣服のまま葬った。また、2時間余りして東の方が夜明けで明るくなった。雲が淡くなり、風がそよそよと吹き、霧がかすかとなり、尖った峰が見え始めた。徐永順のこの証言は真実であるのでここに記録する」(注記:徐永順は1908年にYu Geonbongが長白山の天池を視察する際に道案内をした人物であり、彼がYu Geonbongを案内する5年前に、白頭山天門峰北西部の絶壁の下の天池で生じた事件を記録した内容である)

中国の研究者と韓国の尹成孝(1999)、Yu Jeong-A(1998)、およびKim Kyuhan(2010)は、最近の1903年白頭山の小規模火山噴火を最後の噴火と解釈している。

原文を検討した結果、「霧に雷雨を交え」の記述と、「突然爆発のような大きな音が聞こえ、空中から輪ほどの大きな火球が1つ落ちてきた」という記述は、突発的な落雷現象を記述したものである。また、「約1時間後に雹が雨のように降った。大きなものは1寸ほどもあった」の記述は、稲妻や落雷と同時に発生する驟雨性の降雨現象(にわか雨のこと)と解釈することができる。さらにこの記録には、火山噴火現場に一番近い、白頭山天門峰北西部の絶壁の下に居た人の目撃証言であるにもかかわらず、火山噴火現象と噴出物に関する記述が全くみられない。加えて、この記録によると、深夜過ぎから4時間経過し、東方に太陽の光が見える頃までという短時間に現象が完全に終了している。これらの点から考えて、これは驟雨性降雨現象であったと解釈される。一般的に火山噴火の場合、わずか1度の短時間の出来事で終了せずに、出来事が幾度も繰り返す反復的な現象となるのが普通である。例えば、1002年の済州島耽羅火山の噴火記録では5日間継続しており、『朝鮮王朝実録』には

「赤色土水湧出数日乃止」とあって、1597年の白頭山火山体の火山性地震が数日間にわたって記録されている。2010年4月のアイスランド共和国のエイヤフィヤトラヨークトル火山は最初の噴火以後、6日間噴火を繰り返している。これは、短時間に事象が終了した1903年の白頭山の事例とは対照的である。従って1903年の記録については、白頭山の小規模な火山現象の記述と解釈するのは困難である。

6.6 文献史料から白頭山火山の噴火と推定された記録についての総括

文献史料に記録された白頭山火山噴火と考えられた記録を評価した結果をまとめた(表3)。これら5個の事象中から火山噴火と関連性があると考えられるものは、1597年10月と1702年6月の事象であると判定した。このうち、後者の事例は世界の全ての研究者が、白頭山火山体の火山噴火、または最後の火山噴火記録と評価しているが、さらに再検討を追加することが必要である。従って、史料に記録された白頭山火山噴火は1597年の火山噴火を伴った地震記録で最も明確で詳しいのみならず、唯一の白頭山噴火記録と評価した。

最近、我が国の研究者の中には、白頭山の再噴火の可能性と、再噴火の切迫を主張する人物が現れ始めた。文献史料に基づく解釈の差から、主張した年が互いに異なる結果を根拠とし、100年と1000年周期説を主張して、噴火の周期性からこの火山の再噴火が切迫していると主張している。しかし、このような主張の多くは、文献史料にまで遡って検討していないものが大部分である。そのため、文献史料にある正確な記述を検討し、各事象が火山現象として認定できるか否かについて、正確な根拠を提示する作業が急務となっている。

6.7 白頭山の大规模噴火年代を示唆する文献史料

白頭山の正確な噴火年代を解明することができれば、渤海の滅亡に関連する論争は自然に解消する。白頭山噴火が、この場所に生活基盤を置いてきた人々に及ぼした衝撃と影響が、想像以上に過酷であったことは明らかな

Table 3. Re-judgment for volcanic activity records of Mt. Baekdu

噴火年月	原文記録	判定結果
1413.1	実録・太宗 12 年	黄砂現象
1597.10	実録・宣宗 30 年	火山噴火・地震
1668.6	実録・顯宗 9 年	黄砂現象
1702.6	実録・肅宗 28 年	火山噴火(再検討)
1903.5	長白山江崗志略	雷雨・雹・驟雨 (清光緒 29 年)

事実であるが、研究者たちは、10世紀に発生した白頭山噴火の正確な年代を未だに提示できないでいる。つまり、白頭山の大規模な火山噴火と渤海衰亡という、2種類の独立したテーマが時間的に関連性があるか否かという問題に関しても、まだ明確に理解できていない。だが、研究者たちが主張している、10世紀に発生した白頭山の大規模な火山噴火年代を明確にできる方法は、文献史料を通じて直接的、あるいは間接的に記述された記録を探して行くことである。これを解決するために、今まで研究者たちが努力を傾けてきたし、今後も努力を傾け続けるであろう。本研究では、白頭山の大規模噴火年代を間接的に記録した文献史料を、総合的に解釈・検討した。結果は次のようである。

(a) 『高麗史』に白頭山の名称が最初に現れる状況

白頭山の名称の初出は『山海経』に「不咸山」とあるもので、唐代以後からは、朝鮮と中国では「太白山」、あるいは「長白山」と呼称された。今日でも中国では、以前と同じように「長白山」と呼称され続けているが、朝鮮ではいつの時点からか「白頭山」と名称が変わっている。この理由は何であろうか。「白頭山」という名称が文献に初出するのは、『高麗史』の成宗10(991)年に「鴨緑江外の女真族を白頭山の外部の地に追い払った」という記録である。従って、991年以前のいずれかの時期に、「長白山」から「白頭山」へ呼称を替えさせた何らかの事件の発生を考えることができる。それは、山の頂上部分が、突然白色に変化してしまった事件である。特に、高麗人たちに白頭山と呼称された要因としては、白色浮石の分布に関係がある。当時、国家の正史を記録する歴史家でさえも「白頭山」と記録しており、それほどまでに高麗ではその名称が定着していた。このように「白頭山」という名称の内には、長白山が10世紀(991年以前)に大噴火を起こしたという意味が含まれているのである。

(b) 『三国史記』の917年白頭山の大規模噴火記録

我が国の文献史料で、10世紀の白頭山噴火を示唆する記述は、『三国史記』の中にあり、「917年(新羅神徳王五年)冬十月、地震聲如雷」というものである。これについて本研究では、文献史料から直接的に記述したものであるとして注目し、917年冬に地震発生と雷が鳴り響くような音がした、という記録について次のように解釈した。917年当時、朝鮮半島は統一新羅以後覇権を争う混乱期にあった。その冬に白頭山の大規模噴火を伴う地震によって、遠く離れた新羅の首都の慶州まで、地震と雷の鳴り響くような火山噴火の音が伝わったと解釈できる。ここで、慶州で感じられた地震について、果たしてそれほど遠方まで有感範囲が及ぶのかという疑問が生じ

る。この点については、1597年に連続3日間、白頭山火山体で中規模以下の火山性地震が発生した時、遠く離れた忠清道地域まで連続3日間地震が感じられた詳細な記述の存在によって理解できる。また、白頭山の火山噴火音が慶州まで果たして聞こえるのか、という疑問が生じるかも知れない。しかし、3.で述べたように、1883年のオランダ領東インドのクラカタウ火山噴火の時に、噴火音が数千km隔たったフィリピン諸島・オーストラリア大陸などで聞くことができた事例もある。

(c) 日本の歴史書における十和田カルデラ火山噴火と白頭山火山噴火の関連性

早川(1998)は、火山噴火指数VEIとは別に独自の火山噴火規模M(magnitude)の数式を提案した。そして、過去2000年間に地球上で発生した火山噴火について、その規模を調査し、順位の等級付けを行った。これによって、10世紀の白頭山の噴火のマグニチュードをM7.4と見積り、他と比べて格段に大きく世界史上最大の事象であると評価した。また、十和田火山体が噴火した915年の十和田カルデラの噴火はM5.7と見積もられ、これは日本史上最大の火山噴火であると算出した。偶然か否か不明であるが、10世紀に朝鮮半島と日本列島で各々過去2000年間で世界史上最大規模と、日本史上最大規模の噴火がほぼ同時期に発生していたことになる。これに関連して、『三国史記』に「917年冬十月地震如雷」とある記録が、白頭山の最大規模の噴火であることを裏付ける決定的な文献史料は、日本の『扶桑略記』という歴史書である。そこには、915年に日本史上最大の十和田カルデラが噴火し、火山灰が堆積した出来事が記述されている。2つの国の最大規模の噴火が記録された文献史料と、朝鮮半島と向き合って位置する日本列島で、十和田カルデラ火山灰の直上に白頭山の火山灰層が堆積した地層を調査した資料とを基にして比較・分析を行った。その結果、915年夏の十和田カルデラの巨大噴火の直後、917年冬に白頭山の最大規模の火山噴火が発生したと推定できた。日本列島の十和田カルデラと朝鮮半島の白頭山は10世紀のほぼ同時期に発生した2つの巨大噴火は、当時の東北アジア地域の気温を低下させ、様々な気象異変を招いたと想定できる。

(d) 渤海滅亡説と白頭山噴火説

渤海滅亡説と白頭山の火山噴火説の関係を解決するための手掛かりは、白頭山の正確な噴火年代の確定である。この問題を解決するために、渤海の滅亡説を考察すると1つの謎が出てくる。それは、新生国家であった契丹軍の1度の軍事行動によって、渤海が滅亡したことである。また他に、理由の存在を示唆する歴史学上の仮説

もある。その中で最も注目すべき仮説は白頭山の火山噴火説(邵元柱, 2010)である。当時、渤海は五京十五府の地方統治機構が設置されていた。白頭山は五京のほぼ中心に位置しており、首都の上京だけは遠く離れていた。白頭山の火山噴火が渤海の勢力版図内で発生したために、農業用地が火山灰に埋もれて長期間作付けができなくなった。これによって、人々の生活と自然環境に深刻な打撃を与え、民心が政治から離れて渤海の人々が流民になったと考えられる。このように、国家が疲弊していた時に契丹が攻め込んで来たために、渤海は926年に簡単に滅んだというのである。『高麗史』の記述によれば、渤海滅亡以後にも渤海からの流民たちが継続的に高麗国へ入っていったとされている。水谷(1989)は契丹の侵入以前に、白頭山の火山噴火によって、すでに渤海の国力は衰退していた可能性が十分にあると指摘した。Machidaら(1990)は、強大な国家であった渤海があまりにも簡単に、そして早期に滅亡したことを重視して、白頭山の火山噴火という自然環境的な衝撃という理由がなければ不可能であると指摘した。邵元柱(2010)が歴史学会の推定資料に基づいて描いた渤海五京の配置地図によれば、当時首都であった上京を除いて、中京・東京・南京は白頭山の直接的な降灰範囲内に覆われており、西京は火山ガス移流によって深刻な被害を受けていたと推定した。

(e) 『遼史』に記録された渤海の廃県

成沢(2004)は、『高麗史』・『遼史』等の文献史料から、渤海の流民の生態分析によって県(あるいは村〈マウル〉)の名前が登場したり、消滅した状況を調査した。その結果、県の消滅は白頭山を中心に放射状に分布しており、これが過去の白頭山の火山被害予想地域と火山噴出物の分布地域、および火砕流の想定地域とおおむね一致していることを指摘した。大部分の村々が史料に登場しない時期が、10世紀に白頭山の巨大噴火があった時期の直後からであると確認されたのである。

(f) 白頭山の巨大噴火が契丹の文献史料に記録されなかった理由

中国の二十四史に渤海の歴史書が存在しないのと同じように、渤海の版図に属していた白頭山の火山噴火に関する記録は存在していない。単に偏西風に乗って日本海を横断し、日本列島に堆積した白頭山の火山噴出物の痕跡が地質学的な痕跡として現れるのみである。邵元柱(2010)によると、渤海を滅亡させてその土地を占領した契丹は、白頭山の巨大噴火について知っていた可能性があるとする。しかし、このような事件は記録には残らなかった。仮に、契丹が渤海を侵略する前に白頭山の巨大

噴火が発生し、これによって渤海の国力が衰退していたとしたならば、契丹は渤海への侵略と滅亡を正当化するために、白頭山噴火の事件を意図的に隠蔽する必要があったはずである。同じように、渤海を滅亡させた後に白頭山の巨大噴火を迎えたとしても、契丹はこの事件を隠蔽する必要があったはずである。渤海を統治する始原には巨大火山噴火は凶兆であって、契丹は自らにとって有利な出来事であるはずがなかったからである。

7. 白頭山火山が将来再び噴火する可能性

中国と北朝鮮が2002年から観測した火山噴火の前兆現象は、白頭山周辺の至る所での岩石落下に伴って生じた火山ガスの発生など、幾つもの事例として確認されたものである。それは、天池の外輪山周辺の樹木が局所的に枯れたこと、天池の火山体内の岩石が破壊されて亀裂性山崩れが発生したこと、天地を中心として同心円状に分布している温泉の水温が上昇して、水素(H)とヘリウム(He)の含有量が異常に増加したこと、などである。

中国のLiu Jiaqi(2005)は、白頭山の火山活動が次第に活発になっていると警告をしており、白頭山火山体は、数多くの火山噴火口を有する世界で最も危険で活動的な火山の中の1つである、と主張している。特に、白頭山はアジア大陸周縁部に位置しており、東アジアのプレートとの関連で、太平洋プレートが大陸境界部分で沈降する際に、白頭山地域が隆起させられて火山の噴火が起きると発表した。

Wu Jianpingら(呉建平, 2007)によると、火山噴火の根源点となるマグマホットスポットが白頭山の天池火山体付近にあり、比較的広い範囲のマグマ溜まりの存在が確認されている。その上で、天池火山地域の噴火の危険性は従来と同様に存在すると主張している。特に、2004年9月8日に発生したりヒターマグニチュード3.8の地震で、マグマが天池水面の地下から湧き上がってくるのが観測された。中国の天池火山観測所によれば、2002年以後群発地震の発生頻度が急増しており、天池火山帯付近で発生した火山性地震の規模がしだいに大きくなっていった。このように、限定された地域で発生する群発地震の発生回数が多くなり、群発地震中の顕著な地震の規模が大きくなることは、マグマの一部がマグマ溜まりから離れて上昇し、マグマが枯渇したことに起因する。この群発地震の発生場所で、マグマ溜まりが地表へ上昇するほど、火山噴火の可能性が高くなると分析できる。これらの現象を総合的にみれば、白頭山は休火山ではなく、火山噴火の兆候を数多く有した活火山であることになる。問題は火山噴火がいつ発生するかである。

これに関して、Wei Haiquan は白頭山が100年以内に噴火する確率を10~20%と予測している。これは100年後に白頭山の火山噴火が引き起こされるということではなく、今すぐにあるいは来年にも噴火が有り得ると言っているのである。このために、中国の吉林省延辺朝鮮族自治州は中央政府の方針に従って、火山噴火に備えて2003年4月に「長白山(白頭山)天池火山災害応急対策」を新しく制定して公布した。中国国家地震局地質研究所(2003)は「吉林東部火山の未来の噴火危険性の研究」という報告書で、天池の山崩れによる洪水災害発生の可能性について公式に提起した。国家地震局は白頭山の再噴火によって発生する可能性のある災害の中で、マグマによる災害の結果を予測した。

北朝鮮の火山研究所のKim Hang Myeong 所長は、在日の朝鮮総連機関紙『朝鮮新報』(2006年9月)と朝鮮中央テレビ(2008年9月3日)を通じて、次のことを明らかにした。白頭山に火山噴火の可能性が生じ、將軍峰と天池、無頭峰をはじめとする7ヶ所に火山観測所を設置して監視活動をしており、2002年6月に中国東北地方で大きな地震が発生して以後、白頭山での地震発生回数は約5倍に増加している。また同所長は、金策工業大学と協力してマグマの長さを調査した結果、1997年以降マグマが地表面へ大きく上昇している事実を確認し、白頭山が休火山ではなく活火山であることを研究によって明らかにしたと発表した。

韓国の文字一(U-il, Mun)ら(2005,7)は人工衛星による観測の資料を分析した結果、1992年から1998年までの6年間、天池を中心として白頭山の高さが約18mm(年間約3mm)上昇したことが確認できたと明らかにした。中国の金伯録(Bolü, Jin)・張希友(1994)は、隆起速度3mm/年、圧縮速度3.13cm/年の隆起現象が白頭山天池地域で現れていると指摘した。中国の天池火山観測所の観測記録は、文字一ら(2005)の観測記録よりもさらに深刻な現象を反映していた。GPSを用いた観測と、温泉の成分分析等によって、マグマの移動を感知した。これは2002~2005年までの山頂上部が10cm程度膨張して、天池カルデラ周辺の地層が7cm以上上昇していることを示した。このような現象からは、白頭山が潜在的に火山性エネルギーで満たされている状況が窺える。中国と北朝鮮の研究者たちが白頭山が再噴火する可能性を予め予測しており、諸外国の研究者たちも「白頭山は潜在的に災害をもたらす危険性のある休火山」とみなしている。そのため、韓国を始めとして外国の地質火山学の研究者たちが、火山活動時期を推定するために放射性炭素を利用した炭火の年代測定をしたり、正確な年

代を提示することはできない。

日本の火山学者は、白頭山を「火山危機(Volcanic Crisis)状態」と診断して、火山災害による自国の被害を最小化するために、1990年から放射性炭素で年代測定をした。その結果、白頭山の火山噴火によって渤海が滅亡したという仮説とは、何ら関係がないという説を主張したが、2004年から10世紀の白頭山の巨大噴火は火山学的事実であると明らかにした。

韓国政府は、2007年12月の第1次南北経済協力共同委員会の合議に従って進められている保健医療・環境保護協力分化委員会の会議において、白頭山の火山活動に関して共同研究を行うことで合意した。これは北朝鮮が地震研究を推進するために、韓国に地震計の設置を要請して成立した「白頭山火山活動共同研究」など、合わせて4条10項目の合意書を採択したためであったが、最近の南北間の緊張状態によって中断してしまった。

秋教昇(1999)では、1597年10月に白頭山火山体と近接した三水郡国境地域で連続3日間発生した火山性地震(改正メルカリ震度9)によって、咸鏡道で震度6、ソウルと忠清道で震度5と推定される有感地震範囲内に、白頭山があったと推定する根拠として、『宣祖大王実録』の記述を用いている。そして、この文献史料を、韓国と中国の文献史料中、最も詳細で明確な白頭山火山体の火山噴火記録と解釈している。今後、我が国において、白頭山の火山災害を予測するための研究と防災対策を論ずるに際して、次のことを提唱したい。1597年の白頭山での火山性地震の時に、その有感範囲内で生じた家屋と瓦壁の大きな震動のように、間接的な火山災害にも注目すべきである。

「白頭山火山活動現況」(KBS TV, 2010年6月8日)放映の後に、韓国気象庁は「白頭山火山危機と対応」セミナー(同6月16日)において、2014年頃に白頭山火山が噴火するか否か、噴火した場合にはどのような対策を執ることになるのかが問われた。続いて、外交通商部(「部」は日本の「省」にあたる)で、外交部(外務省)・気象庁など関連部局の職員と専門家が参加した「白頭山火山現況と噴火対策」が議論された(同6月28日)。次に、韓国学術財団は、白頭山専門家の非公式懇談会で「白頭山火山噴火説と、それに関連した学問的な対応策」が議論された(7月29日)。このように、政府や学会では、火山噴火の可能性に際して、火山噴火の対策だけが議論されている。しかし、それに伴って起こる可能性のある地震によって、ソウルと忠清道までが有感範囲となる可能性があるため、この地震による「火山性地震災害」についても重視すべき事項と捉えることができる。

8. 結 論

1. 歴史時代の白頭山の最大級の火山噴火年代を明らかにする研究は、1990年から放射性炭素を利用して年代測定を行ってきたが、その正確な年代を提示することはできず、およそ8~14世紀と推定されていた。2000年代になって、噴火時期が10世紀と推定され、その範囲が大きく狭められた。
2. 白頭山の最大級の火山噴火の季節について、白頭山の衛星写真の浮石の分布状況や、現地調査した浮石分布を、噴火当時の気候環境を合わせて考慮すると、1年間で北西の季節風が最も強い冬に発生したと推定される。
3. 『三国史記』と日本の『扶桑略記』という、韓日両国の文献史料と、白頭山火山体から日本に飛来し堆積した地層を調査した資料とを関連させて比較・分析した。その結果、917年の冬季を白頭山の最大規模噴火年代と推定する。
4. 文献史料の1413年・1597年・1668年・1702年および1903年に、白頭山の火山噴火が記録されているとする研究文献がある。その中で、1597年と1702年のものだけが、正しく白頭山の火山噴火を記録しているものと解釈することができる。ただし、1702年の事例はなお再検討されるべきであろう。
5. 西暦1597年の白頭山の火山性地震の震源地は、白頭山火山体の噴火点の中の1つである望天鵝(Wang-Tian-E)火山体に近い三水郡の国境地帯であろう。
6. 西暦1597年10月に白頭山火山体で発生した火山性地震は、偶然に渤海湾で同時に発生した独立した地震ではなく、互に関連しあった地震であったと解釈することができる。
7. 西暦1597年に白頭山で発生した火山性地震(改正メルカリ震度9)は、咸鏡道で震度6、ソウルと忠清道で震度5であったと見積もられている。そのため、近い将来に火山活動再開の可能性が指摘された場合、上記のように、広範囲に被害を生じる地震が伴うことについては、防災対策上、最重視すべき項目として考慮すべきである。

謝 辞

本研究で使用した中国と韓国の国境付近にあたる三水郡の5万分の1地図は、旧日本陸軍参謀本部作成のものを使用した。この地図は、岐阜県立図書館で複写したものである。記して謝意を表します。

参考文献

- 注記: 漢字で表記された語で、韓国語固有名詞には文部式ローマ字を、中国語固有名詞には拼音ローマ字を注記した。また、韓国語のみで表記された固有名詞も文部式ローマ字で表記した(訳者)。
- 文字一・元重善, 2005, Multi-temporal Jers-SAR investigation of Mt. Beakdu stratovolcanousing differential interferometry, *Geosciences Journal*, 5, 301-312 Wjuk, 2001.
- Chichakof, V.P., *et al.*, 1989, DOKP, Akademia Nauk, Soviet Union, 306, 169-172.
- 厳相鎬・他, 1983, 韓半島の地震危険度, 韓国動力資源研究所研究報告書, 202-203.
- Gill, J., Dunlap C. and McCurry M., 1992, Volcanism and global change, March 23-27, Hilo, Hawaii.
- 呉戈, 1995, 黄海及其周囲地区歴史地震, 地震出版社, 143-144.
- 呉戈・他, 2001, 黄海及其周囲地区歴史地震編目研究, 地震出版社, 45-47.
- 呉建平, 2007, 長白山天池, 火山地区の群発地震活動研究, 地球物理学報.
- 郡誌編纂委員会, 1999, 『恵山郡誌』・『甲山郡誌』, 奎章閣.
- Han Gyucheol, 1997, 渤海流民の高麗投下 - 後渤海史を中心として, 釜山史学, 33, 1-31.
- 早川由紀夫, 1997, 十和田湖の成り立ちと平安時代に起こった大噴火, 日本の自然 地域編, 2, 岩波書店, 58-60.
- 早川由紀夫・小山真人, 1998, 日本海をはさんで10世紀に相次いで起こった二つの大噴火の年月日一十和田湖と白頭山, 火山, 43, 5, 403-407.
- Hill, D.P., Reasenber, P.A., Michael, A., Arabaz, W.J., Beroza, G., Brumbaugh, D., Brune, J.N., Castro, R., Davis, S., de Polo, D., Ellesworth, W.L., Gomberg, J., Harmsen, S., Housw, L., Jackson, S.M., Johnston, J.S., Jones, L., Keller, R., Malone, S., Munguia, L., Nava, S., Pechmann, J.C., Sanford, A., Simpson, R.B., Stark, M., Stickey, M., Vidal A., Walter, S., Wong, W., Zollweg, J., 1993, Seismicity remotely triggered by the magnitude 7.3 Landers, California, *Earthquake Sci.*, 260, 1617-1623.
- Horn, S., U. Schinke, Volatile emission during the eruption of Baitoushan volcano ca. 969 AD, *Bull. Volcanology*, 61, 2000
- 尹成孝, 2007, 休火山白頭山大爆発, 新東亜(2007, 5), 222-231.
- 尹成孝・崔鐘燮, 1996, 白頭山天池カルデラ火山の歴史噴火記録, 韓国地球科学誌, 17, 376-382.
- Jin Jae-un. 2008. 白頭山に埋もれた渤海を求めて, Sanjini 出版社.
- 韓国原子力研究所, 1998, 韓国の地震災害図分析をするための基礎資料.
- Kiehwa Lee, Woo-sun Yang, 2006 Historical seismicity of Korea, *Bull. Seismo. Soc. Am.*, 96, 3.
- 金伯録・張希友, 1994, 長白山火山地質研究, 東北韓民族教育出版社, 209 pp.
- Kim Hyeonso・Jo Ilweon, 1992, 白頭山火山帯形成の噴火段階に関して, 地質科学(北朝鮮), 6, 31-35.
- Kim Sangwan, 2004, L-バンド映像レーダー衛星干渉器法を利用した白頭山および釜山地域の表面変位観測, 延世大学博士学位論文.
- 金東淳・崔鐘燮, 1999, 長白山天池火山噴火歴史文献記載的考究, 地質論評, 45.
- 高麗史, 第2巻, 穆宗55年(1002年)・10年(1007年), 濟州道漢拏山火山噴火, 63-66.
- 許東満, 1993, 長白山天池区上新世以来火山活動及其特徴, 第

- 四紀地質, 1 期.
- 李圭泰, 1994, 朝鮮日報 (1994 年 11 月 4 日) 李圭泰コーナー 白頭山噴火説, 朝鮮日報社.
- 李起和, 1997, 韓半島歴史地震および日帝時代計器地震分析, 韓国原子力研究所研究報告書, 65pp.
- 李敦・他, 1992, 白頭山天池外輪山の地質と火山作用, 地質科学 (北朝鮮), 1, 14-22.
- 李裕澈, 2001, 朝鮮, 韓国地震目録 (27~1985 年), 地震出版社, 22 pp.
- Machida, H., 2002 Volcanoes and Tephra in the Japan Area, *Global environmental Research*, 6, 2, 19-28.
- 町田洋・新井房夫・森脇 広, 1981, 日本海を渡ってきたテフラ, 科学, 51, 562-569.
- 町田洋・光谷拓美, 1994, 中国・北朝鮮における長白山の噴火年代に関する樹木年代学的研究, 地学雑誌, 103, 424-425.
- Machida H., Moriwaki, H., and Zhao, D., 1990, The recent major eruption of Changbai Volcano and its environmental effects, *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, 25, 1-20.
- 松山力・大池昭二, 1986, 十和田火山噴出物と火山活動, 十和田火山博物館, 4, 1-62.
- 水谷慶一, 1989, 知られざる古代謎の北緯 34 度 32 分をゆく, 日本放送出版協会, pp.237.
- 武者金吉, 1951, 日本および隣接地域地震噴火地変年表, 毎日新聞社, 3-4.
- 成沢勝, 2004, 渤海遺地邑落消長を追う, 中国東北部白頭山の 10 世紀巨大噴火とその歴史効果, 東北アジア研究センター叢書, 16, 117-128.
- 劉若新・他, 1995, 長白山天池火山 (火山作用と人類環境), 地震出版社, 207pp.
- 魏海泉・他, 1998, 長白山天池火山近代噴火物, 長白山天池火山近代噴火 (劉若新・魏海泉・李繼泰・他), 48-49.
- 劉嘉麒, 2005, 東アジア地球組織系と関連した長白山火山活動, 第 3 回 東北アジア火山国際学術シンポジウム要約文, 96-98.
- 劉健封, 1909, 長白山江崗志略 (清光緒 29 年 5 月).
- 劉忠傑・崔鐘燮, 1990, 白頭山天池の形成及其時代, 延辺大学出版 第 1 版.
- 三水郡誌編纂委員会, 1989, 三水府邑志 (光武 5 年), 奎章閣.
- 左容周・I Jong-ig・Zheng Xiangshen, 2003, 白頭山の火山噴火年代に対する研究, 韓国地質学会誌, 39, 3, 347-357.
- Seo TaeYeol, 2005, 衛星で見た韓国アトラス, Hoyoeng, 374-375.
- 秋教昇, 1999, 韓半島の地震災害図を作成するための歴史被害地震の評価および総合整理, 国立防災研究所研究報告書, 24-25, 48-79.
- 邵元柱, 2010, 白頭山大爆発の秘密, サイエンスブックス, 463 pp.
- Taniguchi, H. *et al.*, 2002, 第 2 回共同研究 共同研究 白頭山の 10 世紀巨大噴火と歴史効果, 公開シンポジウム要約文.
- 谷口宏充, 2004, 中国東北部白頭山の 10 世紀巨大噴火とその歴史効果, 東北アジア研究センター叢書, 16, 215pp.
- 鶴園裕, 2004, 高麗・朝鮮から見た渤海 白頭山への関心, 中国東北部白頭山の 10 世紀巨大噴火とその歴史効果, 東北アジア研究センター叢書, 16, 141-151.
- 朝鮮王朝実録, 太宗大王実録 (12 年), 宣祖大王実録 (30 年), 顯宗大王実録 (9 年), 肅宗大王実録 (28 年).
- 朝鮮地震研究所 (北朝鮮), 1978, 2000 年間の我が国の地震関係資料, 126-128.
- 中国国家地震局震災防御司, 1995, 中国歴史強震目録, 地震出版社, 135-137.
- Yu Cheong-a, 1998, 韓半島 30 億年の秘密 (3 部一火の時代), Purunsub 出版.
- 和田博, 1917, 朝鮮古代観記録調査報告, 朝鮮総督府観測所, 125-143.
- Wei Haiquan *et al.*, 2004, Progress in geology and hazards analysis of Tianchi volcano, NE Asia 7, J., *Geosci. Res.*
- Wei Haiquan *et al.*, 2004, Potential hazards of eruptions around the Tianchi caldera lake, China, *ACTA, Geologica*, 78, 790-794.
- Wei Haiquan *et al.*, 2003 Three active volcanoes in China and their hazards, *J. Asian Earth Sci.*, 21, 515-526.
- Wei Haiquan *et al.*, Chinese myths and legends for Tianchi volcano eruptions, *Northeast Asia studies*, 6, 191-200, Tohoku Univ. Press
- 全暎信, 2000, 朝鮮王朝実録に現れた黄砂現象, 韓国気象学会誌, 2000, 36, 285-292.
- 地震局 (北朝鮮), 2001, 朝鮮歴史地震資料, 247-248.
- 増補文献備考, 第 10 卷, 地燃, 200-202.

(Received December 26, 2011)

(Accepted February 28, 2012)