

年縞堆積物を用いた白頭山ー苫小牧火山灰 (B-Tm) の降灰 年代の推定

福澤仁之¹・塚本すみ子¹・塚本 齊²・池田まゆみ³・
岡村 真⁴・松岡裕美⁴

**Falling age of Baegdusan-Tomakomai tephra (B-Tm)
estimated by using non-glacial varves**

**Hitoshi Fukusawa¹, Sumiko Tsukamoto¹, Hitoshi Tsukamoto², Mayumi Ikeda³,
Makoto Okamura⁴ and Hiromi Matsuoka⁴**

Abstract: We have been collecting and analyzing sediment cores of non-glacial varved sediments around the Japanese Islands. In 1995, we were able to be collected 8 meters-long sediment core by using piston core sampler and recognized varved sediments of the last 3,000 years in the bottom sediments of Lake Ogawara, northern Japan. And also, two tephra layers which are named Towada-a tephra (To-a) and Baegdusan-Tomakomai (B-Tm) by Machida and Arai (1992) were recognized in the varved sequence. Machida (1992) ,and Koyama and Hayakawa (1995) have suggested that the chaotic eruption of Towada Volcano caused falling of To-a tephra over northern Japan occurred in AD 915. Based on varve counting of this sediment core, we can indicate that the sediments between To-a and B-Tm tephra layers were continuously deposited for 22 years. If the falling age of To-a tephra can be confirmed as AD915 from historical documents, then we can show that B-Tm tephra was deposited from spring of AD937 to summer of AD938.

Key words: non-glacial varve, varved chronology, B-Tm, To-a

はじめに

7 世紀から 10 世紀初頭にかけて、朝鮮半島北部から中国東北区やシホテ・アリンにかけて、東アジアの大国として繁栄した渤海国は、当時の日本と親密な関係を維持していたにもかかわらず、その成立と滅亡については謎の部分が多く、謎の王国と呼ば

れる。しかも、渤海国はまわりの諸国とくに新羅や契丹などとの関係上、日本に対して渤海使を 35 回も派遣している (日下, 1992)。この渤海国は西暦 698 年に建国され、西暦 926 年に契丹の侵入によって滅亡するまで約 200 年間繁栄したと考えられている。渤海国の繁栄に比べて、その滅亡はより謎が多い。これは、契丹に滅ぼされた時に、徹底的な破壊

¹ 東京都立大学大学院理学研究科地理学専攻

Division of Geography, Graduate School of Science, Tokyo Metropolitan University, Hachioji 192-0397, JAPAN

² 通産省工業技術院地質調査所環境地質部

Geological Survey of Japan, Tsukuba 305-0046, JAPAN

³ ビーエス株式会社経営開発部

Section of Management and Development, PS Company, Shibuya, Tokyo 150-0000, JAPAN

⁴ 高知大学理学部地質学教室

Department of Geology, Faculty of Science, Kochi University, Kochi 780-8072, JAPAN

を受けたためにその痕跡をほとんど残していないことに理由がある。

この渤海国の滅亡については、1988年にNHKが特別番組として制作した「まぼろしの王国・渤海」で、渤海国の突然の消滅・滅亡が渤海国南部にそびえる白頭山（標高 2,744m）の大噴火によって、その首都上京龍泉府がかのベスビオス火山の山麓の街ポンペイのように一日にして火山灰に埋もれたためことが原因であるとするドラマチックな仮説が示されたことがある。これに対して、渤海国の歴史に詳しい上田 雄などの歴史学者から厳しい反論がある（上田, 1992）。それによれば、上京龍泉府は白頭山の北北西方 250km にあり、白頭山が大噴火を起こしたとしても、偏西風の風下にもない上京龍泉府に多量の火山灰が降下したとは科学的にまったく考えられないという（上田, 1992）。そして、渤海国の滅亡は極めて突然であり、そして忽然と消え去ったことは事実であるが、その滅亡の直接の原因は、契丹の耶律阿保機に襲撃されたためであり、そのことは「遼史」ほかに詳細に記録されていると述べ、白頭山の噴火の時期も地層（堆積物）からだけで歴史学の求めるオーダーの世紀、年代を決めつけることは不可能であると述べている（上田, 1992）。

白頭山の大噴火と渤海国の滅亡との関係を明らかにする目的で、町田 洋は中世における白頭山の噴火規模およびその年代の推定に精力的に取り組んでいる。それによれば、この白頭山の噴火規模はフィリピン島のピナツボ火山における 1991 年の噴火規模のおよそ 10 倍の規模であり、過去 2,000 年間で最大の噴火であるスンダ諸島のタンボラ火山における 1815 年の噴火に匹敵するものと考えられている（町田, 1992）。そして、この大規模噴火の火山灰は東北日本北部から北海道南部・道央南部に分布しており、白頭山-苦小牧火山灰（B-Tm）と呼ばれている（町田・新井, 1992）。また、東北日本北部で白頭山-苦小牧火山灰層の直下 1cm~2cm 下位に発達する十和田 a 火山灰（To-a）の「扶桑略記」に記載された降灰年代やそのラハール堆積物に埋没した秋田杉の年輪年代学的検討によって、十和田 a 火山灰降灰が西暦 915 年であることが明らかになり、白頭山-苦小牧火山灰の降灰年代は西暦 915 年以降である可能性を示した（町田, 1992; 1994）。この見解は、渤海国の滅亡に対して、自然環境変動の面から白頭山の大噴火が大きな影響を与えた可能性を指摘したものである。

一方、町田（1992; 1994）の見解に対して、小山真人と早川由紀夫は歴史資料として「高麗史」や「興福寺年代記」の記載を引用して、中世における白頭山の噴火は 946 年以前のあまり遡らない時期に開始して、西暦 947 年前半ぐらいに終了したことを示し

た（早川・小山, 1998）。そして、渤海国がその噴火で滅亡した仮説（町田, 1992）があるが、渤海国の滅亡は西暦 926 年であり、白頭山の噴火開始がその滅亡を決定づけたことはあったとしても、直接の誘因ではなさそうであるとの見解を示した（早川・小山, 1998）。

本論文では、白頭山-苦小牧火山灰の降灰ひいては白頭山の中世における大噴火に関して、青森県太平洋側に位置する小川原湖の湖底堆積物に認められた「年縞」を用いて、以下の 2 つの問題に対して答えを与えることを目的とする。1) 渤海国の滅亡に白頭山の中世における大噴火が本当に影響を与えたか？、2) 白頭山-苦小牧火山灰と十和田 a 火山灰の降灰した季節はいつ頃で、どれくらい継続したのか？

湖底堆積物試料の採取地点と周辺環境

堆積物柱状試料（コア）が採取された小川原湖は下北半島の基部に位置する汽水湖で、面積 63.2[・]、最大水深 25.0m であり、小川原湖の南西部には七戸川・砂土路川が流入して北東部の湖尻から高瀬川となって太平洋へ注いでいる（平井, 1983）。小川原湖の西側には、標高 25~30m の最終間氷期の段丘面があり、その上に比高約 20m の古砂丘が断続的に発達している。湖口付近を中心とした南北 40 km の海岸には、幅 1.5~2.5 km の完新世の砂丘地形がみられる（平井, 1994）。

サンプル採取は著者の岡村 真と松岡裕美によって高知大学理学部地質学教室の 8m ピストンコアラーを用いて 3 本のコアが採取された。今回の検討に用いたコアは、北緯 40° 46' 40", 東経 141° 20' 30" の地点で採取された OGA95-2（全長 8m）である。この OGA95-2 のコアと他の 2 本のコアすべてにおいて白頭山-苦小牧火山灰とその下位に十和田 a 火山灰の 2 層が発達することが観察された。

小川原湖堆積物コアの堆積構造

1) 堆積物中にみられる年縞と火山灰層

小川原湖で採取された堆積物コア（OGA95-2）について肉眼で観察を行ったところ、明灰色と暗灰色のラミナ（葉理, laminae）の律動的な互層からなる縞状構造が、コア基底（深度 8m）から深度約 330cm の部分で連続的に認められた（第 1 図）。この明灰色と暗灰色のラミナのそれぞれについてスミア・スライドをつくり、その鉱物組成などを光学顕微鏡で観察した（第 2 図）。明灰色ラミナは、単一種の珪

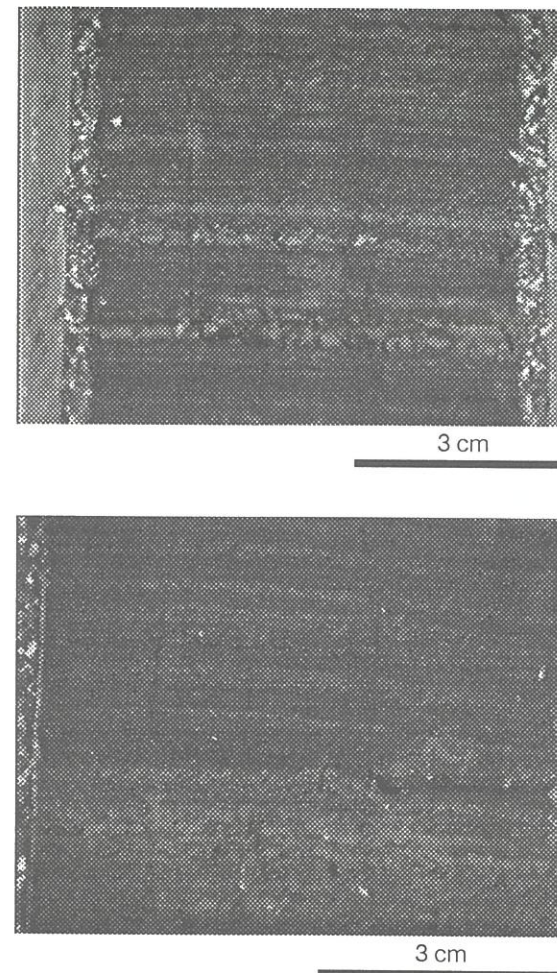


図 1 小川原湖の年縞堆積物コアの写真
Fig.1 Photographs of non-glacial varves in sediment cores (OGA95-2) of Lake Ogawara

藻遺骸からのみ構成されるのに対して、暗灰色ラミナは粘土鉱物を多く含み、複数種の珪藻遺骸を含んで大きさもさまざまなものから構成される（第 2 図）。不透明鉱物の黄鉄鉱（pyrite, FeS₂）は主に暗灰色ラミナに認められ、珪藻遺骸の殻内にイチゴ状の小粒黄鉄鉱（framboidal pyrite）として存在している。

明灰色ラミナに認められる珪藻遺骸群集の特徴は、春先の栄養塩に富む湖水塊の湧昇によって生じた珪藻のブルーム（大繁殖）を示している。この特徴は、明灰色ラミナは春に堆積・形成された薄層である可能性が大きいことを示す。暗灰色ラミナでは明灰色ラミナのような堆積学的特徴が認められないため春以外の季節に堆積した薄層であり、小粒の黄鉄鉱が認められるので水温躍層が形成されて垂直循環が停止する夏における堆積を示している可能性が大きい。また、小川原湖の堆積物コア OGA95-2 の基底から深度 330cm にかけて連続的に認められる縞状構造の中で、有機物破片が多量に認められた深

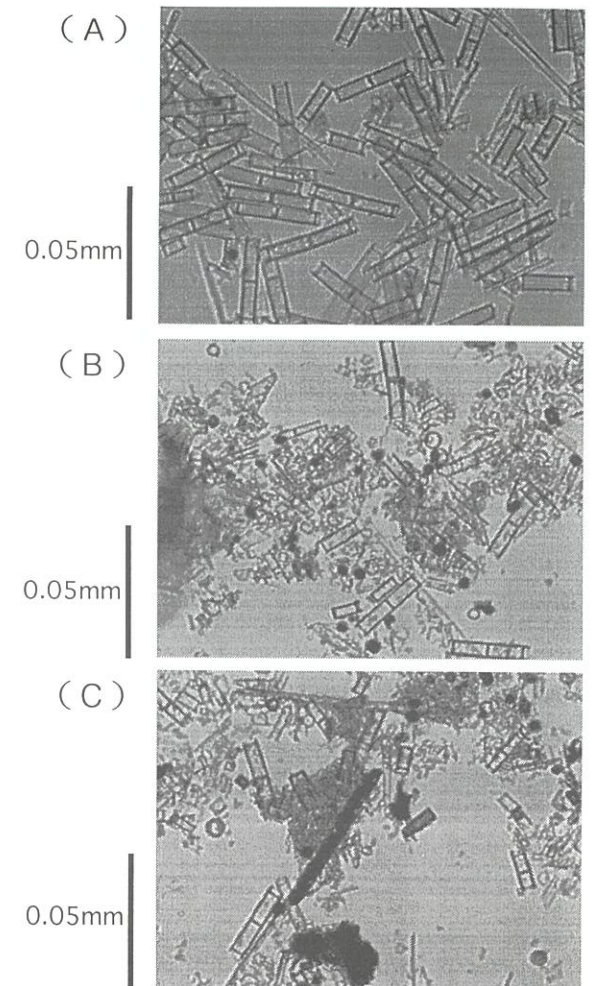
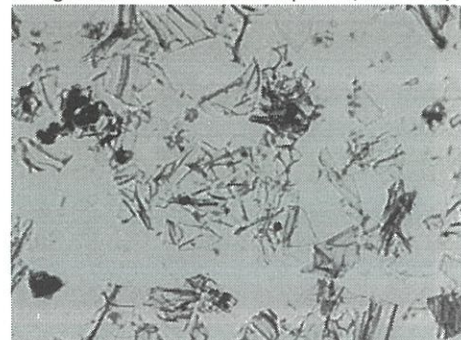


図 2 小川原湖の年縞堆積物コアの明灰色ラミナ (A)、暗灰色ラミナ (B) およびフランボイダル黄鉄鉱が濃集した暗灰色ラミナ中の珪藻弁殻 (C) のスミアスライドの光学顕微鏡写真
Fig.2 Photographs showing light gray lamina (A), dark gray lamina (B) and diatom frustules including framboidal pyrite grains within dark gray lamina in smear slides under optical microscope.

度 8m~5m にかけての層準について、明暗ラミナセット 200 枚ごとに ¹⁴C 年代測定を行った結果、ラミナセットの計測結果と ¹⁴C 年代との間には 1 対 1 の良い相関が認められている。この ¹⁴C 年代の測定結果については別報する予定である。すなわち、明灰色ラミナ 1 層と暗灰色ラミナ 1 層の 1 セットは 1 年間を表すものであり、「年縞 (non-glacial varve)」(福沢, 1995) と断定して良いものと考えられる。

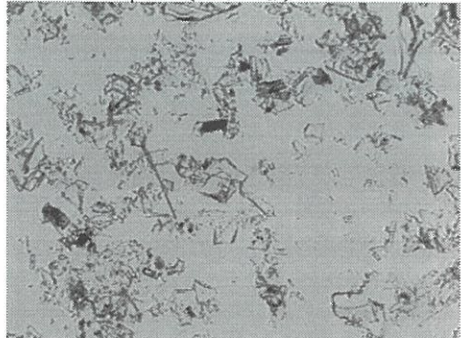
この堆積物コア（OGA95-2）には、細粒火山ガラスから構成される火山灰層が挟在する。OGA95-2 コアには、深度 345cm と 358cm 付近に、それぞれ層厚 2cm 程度の火山灰層が認められた。これらの火山灰についてスミア・スライドを作成し、光学顕微鏡下で観察した（第 3 図）。さらに、地質調査所において波長分散型 X 線分析装置 (JEOL JXA-8800R)

Baegdusan-Tomakomai tephra (B-Tm)



0.1mm

Towada-a tephra (To-a)



0.1mm

図3 白頭山-苦小牧火山灰 (B-Tm) と十和田 a 火山灰 (To-a) のガラスのスミアスライド写真

Fig.3 Photographs showing glass grains of Baegdusan-Tomakomai tephra (B-Tm) and Towada-a tephra (To-a) in smear slides under optical microscope

を使用して EPMA (Electron Probe Microanalysis) 法によりガラスの化学組成を検討した (第 1 表). こうして得られた化学組成の特徴と火山ガラスの形態から, 深度 345cm の火山灰は白頭山-苦小牧火山灰 (B-Tm) (町田・新井, 1992), 深度 358cm の火山灰は十和田 a 火山灰 (To-a) (町田・新井, 1992) であることが明らかになった. そして, OGA95-2 の堆積物コアに挟まれる 2 枚の火山灰層の間にも年縞が存在し, 肉眼・顕微鏡観察の結果 22 枚の明暗ラミナセットを確認することができた (第 4 図). その写真とスケッチを第 4 図に示す. これらの写真とスケッチに基づいて, 年縞を構成する明暗ラミナと 2 つの火山灰層との層位関係についてみると, 以下のような 4 つの特徴が認められた. ①十和田 a 火山灰層は年縞の明灰色ラミナと暗灰色ラミナとの間に挟まれており, 降灰が初夏以降にはじまって, 暗灰色ラミナ形成以前に終了している. ②十和田 a 火山灰の降灰以降 18 年後の春から夏? の間に, 有機物破片を多量に含む洪水イベント層が堆積している. ③洪水イベント層堆積した 4 年後の春に白頭山-苦小牧火山灰が降灰しはじめている. ④白頭山-苦小

表 1 白頭山-苦小牧火山灰 (B-Tm) と十和田 a 火山灰 (To-a) の火山ガラスの平均化学組成.

Table 1 Averaged chemical composition of glass materials in Baegdusan-Tomakomai tephra (B-Tm) and Towada-a tephra (To-a).

B-Tm					
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO
Number	71	71	71	71	71
Minimum	64.75	0.143	10.08	0	0
Maximum	75.15	0.627	15.96	0.044	0.304
Average	70.63	0.306	12.61	0.008	0.067
Sigma	3.779	0.092	2.107	0.01	0.058

To-a						
	CaO	FeO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
Number	71	71	71	71	71	71
Minimum	0.175	2.65	0.015	5.033	4.579	100
Maximum	1.574	5.448	0.197	6.295	6.25	100
Average	0.694	4.413	0.111	5.807	5.36	100
Sigma	0.441	0.425	0.039	0.309	0.53	0

To-a						
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	
Number	31	31	31	31	31	
Minimum	76.16	0.329	12.43	0	0.314	
Maximum	76.86	0.449	12.74	0.043	0.464	
Average	76.52	0.38	12.57	0.007	0.424	
Sigma	0.148	0.029	0.084	0.01	0.028	

To-a						
	CaO	FeO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
Number	31	31	31	31	31	31
Minimum	1.979	1.709	0.048	4.47	1.399	100
Maximum	2.219	1.939	0.161	4.747	1.697	100
Average	2.087	1.827	0.105	4.589	1.496	100
Sigma	0.053	0.06	0.026	0.064	0.058	0

牧火山灰層の中に 1 枚の暗灰色ラミナ層が挟在しており, 白頭山-苦小牧火山灰の降灰春先にはじまり冬を越して次の年の春~夏? まで継続している. 白頭山の火口付近の噴出堆積物は, 下位より二道白河 (Erdaobaiho) 岩屑流堆積物 (A-dfl), 白頭 (Baegudu) 降下軽石堆積物 (B-pfa), 長白 (Changbai) 火砕流堆積物 (C-pfl), 両江 (Liangjiang) ラハール堆積物 (D-ml), 円地 (Yuanchi) 降下軽石堆積物 (E-pfa), 白山 (Baishan) 火砕流堆積物 (F-pfl) の 6 層に分けられる (Machida *et al.*, 1990). このうち E-pfa は, E-1, 2, 5, 6 の 4 回のプリニー式噴火による降下軽石と E-3, 4, 7 の 3 回のマグマ水蒸気噴火による降下軽石に細分される. Machida *et al.* (1990) は B-pfa, C-pfl, E-pfa の各ユニット, F-pfl から抽出した火山ガラスの屈折率の測定および化学組成の分析をおこなった. この結果, B-pfa は珪長質の均一な組成であるのに対して, C-pfl 以降のユニットは SiO₂ の含有量が 65-75% に変化する幅広い組成であった. 日本海や日本列島周辺で採取された B-Tm にも同様の成分の不均一性が認められることから, B-Tm は B-pfa ではなく, 大規模火砕流である

Lake Ogawara OGA95-2-1-4 (depth 370cm-391cm)

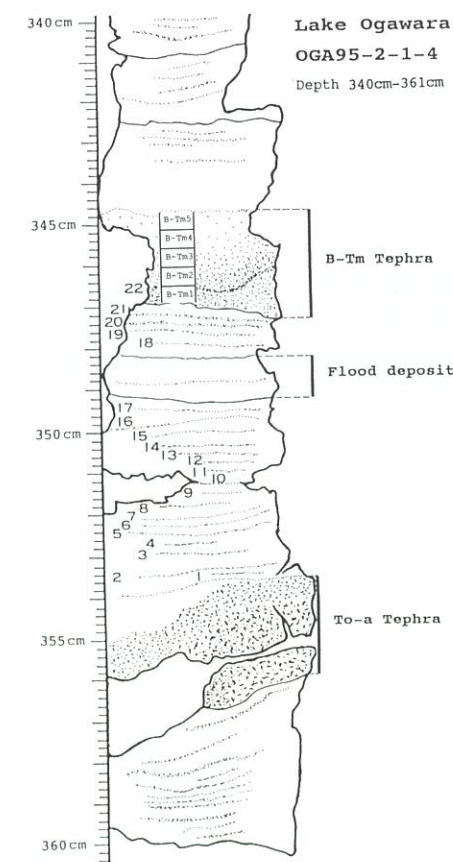
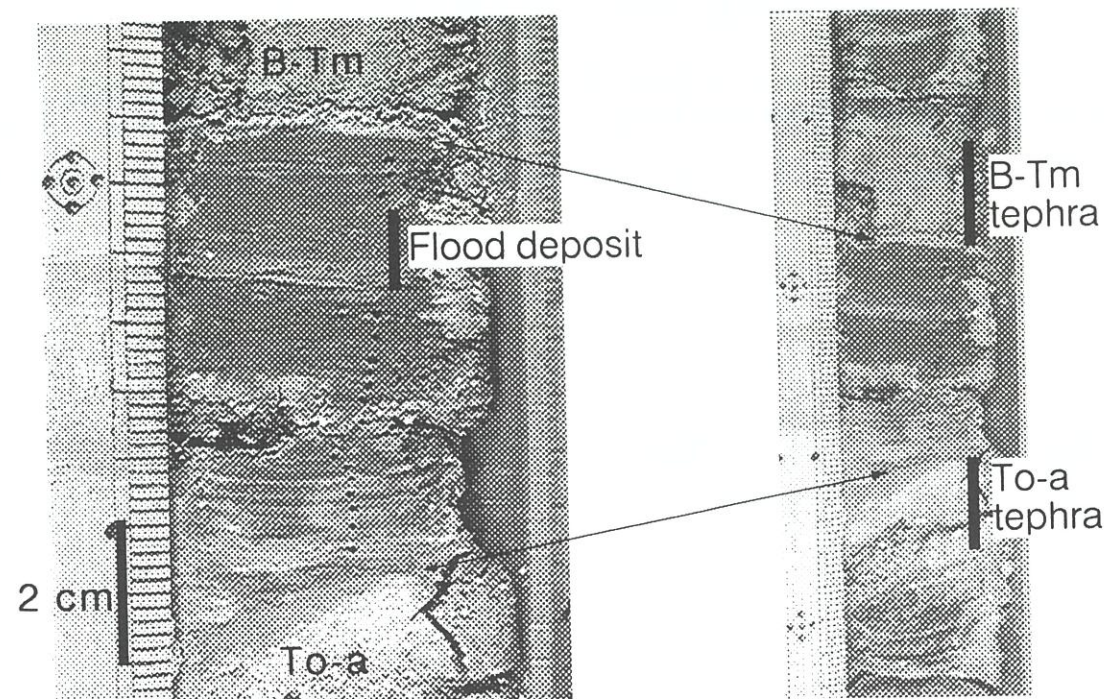


図4 白頭山-苦小牧火山灰 (B-Tm) と十和田 a 火山灰 (To-a) との間に挟まれた年縞堆積物の写真とスケッチ

Fig.4 Photographs and sketch of non-glacial varved sediments intercalated between Baegdusan-Tomakomai tephra (B-Tm) and Towada-a tephra (To-a). The sketch shows sampling horizons of glass whose composition were measured by EPMA such as B-Tm1-5.

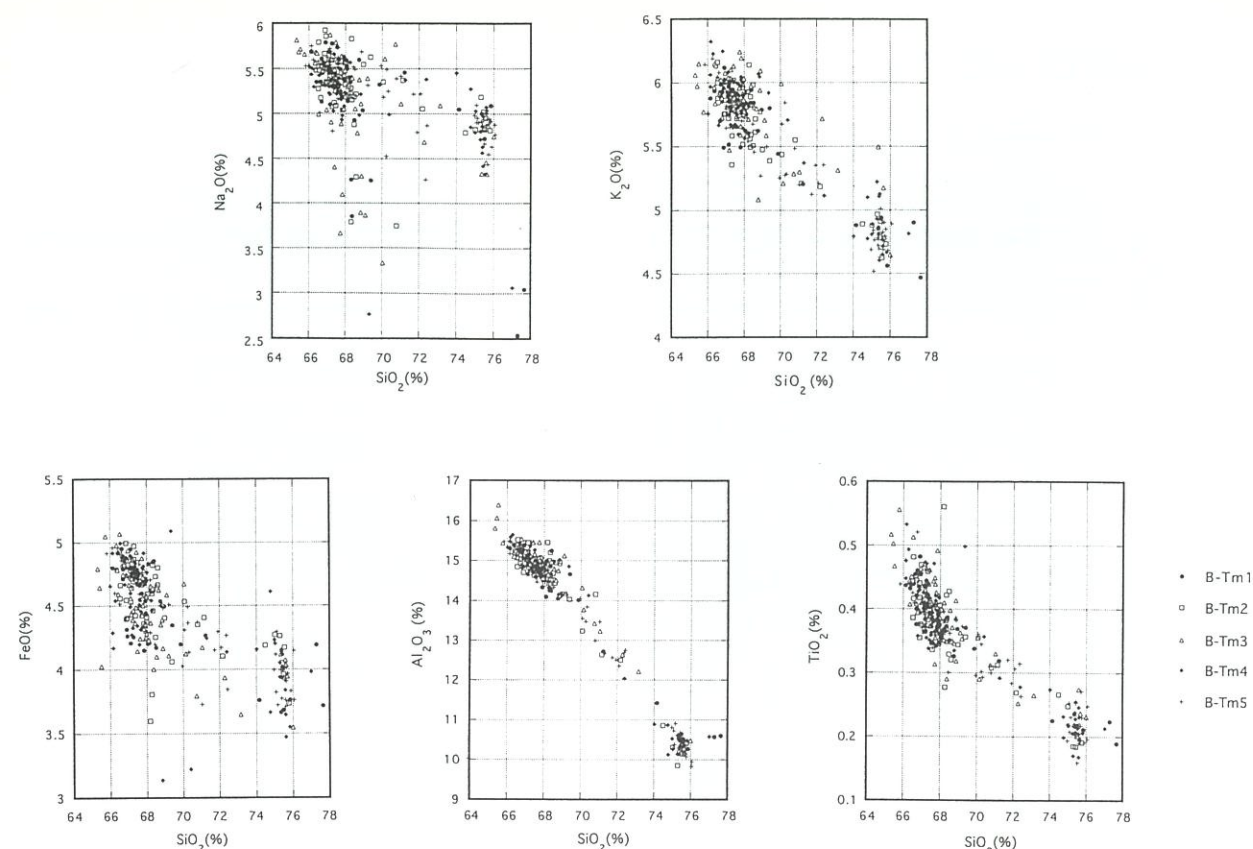


図5 白頭山一苦小牧火山灰 (B-Tm) の火山ガラス分析試料 (B-Tm1, b-Tm2, b-Tm3, B-Tm4, B-Tm5) の SiO_2 - Na_2O , SiO_2 - K_2O , SiO_2 - FeO , SiO_2 - Al_2O_3 , SiO_2 - TiO_2 の関係図

Fig.5 Diagrams showing SiO_2 - Na_2O , SiO_2 - K_2O , SiO_2 - FeO , SiO_2 - Al_2O_3 , and SiO_2 - TiO_2 inter-relationships in glass materials of baegdusan-Tomakomai tephra (B-Tm) such as B-Tm1-5.

C-pfl と同時かそれ以降の降下火山灰によってもたらされたものであるとしている (Machida *et al.*, 1990). そして, 小川原湖において認められた白色細粒の白頭山一苦小牧火山灰が白頭山火口付近のいずれの噴出堆積物に相当するかを推定することとした。その際には, 小川原湖の湖底堆積物に認められた白頭山一苦小牧火山灰層を層位的に5層に分けてガラス組成を検討した (第5図)。なお, 火山ガラスの分析試料は下位より B-Tm1, B-Tm2, B-Tm3, B-Tm4, B-Tm5 と名付けて, SiO_2 量に対する Na_2O , K_2O , FeO , Al_2O_3 , TiO_2 量の関係のグラフで比較検討した (第4図, 第5図)。この結果, 以下の特徴がみとめられた。①B-Tm1~5 のいずれも SiO_2 の含有量が 65-75% の幅をもち, 幅広い組成をしめす。②一つ一つのガラスの分析値はランダムにばらつくのではなく, SiO_2 含有量が 67%, 71%, 75% 前後に集中する。③B-Tm1~3 は SiO_2 が 67% 前後のガラスがほとんどであるが, B-Tm4-5 では, 71% 前後, 75% 前後のガラスのしめる割合が増加する。Machida *et al.* (1990) の分析結果をより細かく見ると B-pfa は珪長質, C-pfl は珪長質とやや苦鉄質のガラスの混合, E-pfa は E-1 および 2 がやや苦鉄質, E-5, 6, 7

はより珪長質となっている。全体としてみるとマグマは珪長質→やや苦鉄質→珪長質に変化しているようである。小川原湖の堆積物中の白頭山一苦小牧火山灰は下位から上位に苦鉄質→珪長質の変化が認められる。したがって, 白頭山一苦小牧火山灰にみられる変化は, E-pfa 以降のやや苦鉄質→珪長質の変化に対応している可能性がある。

2) 十和田 a 火山灰と白頭山一苦小牧火山灰の降灰様式・時期

次に, これらの年縞堆積物コア試料から得られた特徴に基づいて, 十和田 a 火山灰と白頭山一苦小牧火山灰の降灰様式・時期について検討する。

京都延暦寺の僧侶によって記録された「扶桑略記」には, 西暦 915 年 8 月 26 日に灰が 2 寸堆積して, 桑の葉が枯れたとの報告が出羽の国からあったと記されている。この噴火は鳥海山の噴火と考えられたが, 噴火があれば位階が上がるはずの鳥海山神社の位階が上がっていないことと鳥海山周辺の堆積物にも認められないことから, この降灰は十和田湖の大噴火によるものと考えられている (町田ほか, 1981)。この噴火の後に, 十和田湖の火山体斜面に

何らかの理由で発生した大量の水に火砕物が懸濁した流れであるラハールが米代川流域の集落を埋没させている (早川・小山, 1998)。この洪水は, シラス洪水と呼んで, 秋田県に伝わる八郎太郎伝説に結び付ける見解がある (平山・市川, 1966)。町田 (1992) によれば, 十和田 a 噴火にともなって生じた能代川を西に走った火砕流とその末端部に発生した土石流によって被われた秋田県鷹巣町の胡桃館遺跡の秋田杉の年輪年代学が十和田 a 火山灰の降灰年代の推定に役立つという。それによると, この秋田杉は西暦 905 年に伐採されて, 家屋の建築に使用されたものという (町田, 1992)。小川原湖で観察された十和田 a 火山灰の上下の年縞の堆積構造は初夏以降の降灰を示しており, 歴史記録と一致する。

朝鮮の高麗王朝の事柄を記した「高麗史」によれば, 西暦 946 年に都の開京 (ソウルの北西) で天にかなりの鳴動があったため, 罪人の大赦をおこなったという (早川・小山, 1998)。また, 早川・小山 (1998) は「興福寺年代記」に記録された西暦 946 年 11 月 3 日に奈良での白い火山灰の降灰を, アルカリ流紋岩質の白頭山一苦小牧火山灰と推定して, 上述の「高麗史」の記載を支持すると考えている。これら以外の白頭山一苦小牧火山灰の降灰年代に関する資料はないかあるいは公表されていない。今回採取した小川原湖の年縞堆積物に挟まれる白頭山一苦小牧火山灰の上下の堆積構造は, 十和田 a 火山灰の降灰終了したのち 22 年目の春から次の年の春～夏? までの降灰を示している。もし, 十和田 a 火山灰の降灰が西暦 915 年であるとすれば, 白頭山一苦小牧火山灰の降灰は西暦 937 年の春から西暦 938 年の春～夏? に起こったと考えられる。ただし, 十和田 a 火山灰の降灰時期の 18 年後に洪水イベント層が認められ, それによって年縞が剝離されている可能性がある。すなわち, 白頭山一苦小牧火山灰の降灰年代が西暦 937 年～938 年より新しい年代を示す可能性も残されるわけである。

おわりに —白頭山一苦小牧火山灰の降灰年代—

十和田 a 火山灰の降灰が西暦 915 年とすれば, 年縞の計測から白頭山一苦小牧火山灰の降灰は西暦 937 年春から 938 年春～夏? と推定される。こうしてみると, 白頭山噴火は, かつて推定されたように, 西暦 926 年の渤海国の衰亡とは何ら関係なかった可能性が大きくなった。しかし, 白頭山一苦小牧火山灰の降灰が西暦 937 年～938 年であったとの検討結果の前提は, 1) 十和田 a 火山灰の降下が西暦 915 年であったということと, 2) 十和田 a 火山灰と白

頭山一苦小牧火山灰との間に発達する縞状堆積物が「年縞」であったということである。もし, この前提がくずれると, 白頭山一苦小牧火山灰の降灰年代も変動する。十和田 a 火山灰を降灰させた十和田湖の大噴火によりラハールによって被われた秋田県鷹巣町の胡桃館遺跡における埋没家屋の年輪年代値 (西暦 905 年以降) についても, この家屋の材木が伐採された直後に新築され, しかも不幸にも新築直後にラハールによって埋没したとすれば, 西暦 926 年の直前に白頭山の大噴火が生じた可能性も大きくなる。十和田 a 火山灰の降灰年代の決定が必要不可欠であり, 今後の研究の進展が待たれる。また, この2つの火山灰層に挟まれる縞状堆積物が本当に年縞であるかどうかの判断も今後の課題である。明暗ラミナ1セットが1年間で堆積することは一般的であるが, 欧米の湖沼では明暗ラミナ2セットで1年間で堆積する事例がわずかながらあることが知られている (福沢, 1995)。もし, 中世の小川原湖の縞状堆積物において明暗ラミナ2セットが1年間で堆積したとすると, 十和田 a 火山灰が降灰した 11 年後に白頭山一苦小牧火山灰が降灰したことになる。すなわち, 十和田 a 火山灰の降灰が西暦 915 年であるとすれば, 白頭山一苦小牧火山灰の降灰は 22 年÷2 セット=11 年で西暦 926 年となり渤海国の滅亡年代と一致する。

また, 前述の前提条件が成立するとしても, 白頭山一苦小牧火山灰は白頭山周辺の火山噴出物層序のなかで円地降下軽石堆積物 (E-pfa) 以降の噴火活動によって降灰したものである。しかしながら, 白頭山周辺には円地降下軽石堆積物 (E-pfa) の下位に長白火砕流堆積物 (C-pfl), 白頭降下軽石堆積物 (B-pfa) および二道白河岩屑流堆積物 (A-dfl) が存在しており, これらの噴火活動の時期は西暦 937 年よりは古い。すなわち, これらの2つの火山噴出物を堆積させた噴火活動が渤海国の衰亡に影響与えた可能性も否定できない。

年縞堆積物を用いた火山灰降下年代の推定は, 渤海国の盛衰という歴史学の問題に大きなインパクトを与えることとなろう。また, 上田 (1992) の指摘にあったような, 歴史学に直結するような地層の年代解析が年縞堆積物を使って行われるようになり, 逆に堆積物の解析が歴史学へ働きかけを強めることにもなる。

謝辞: 本研究を進めるにあたり, ご指導・ご助言をいただいた東京都立大学の町田 洋名誉教授・岩田修二教授, 群馬大学教育学部の早川由紀夫助教授, 静岡大学教育学部の小山真人助教授に心からお礼を申し上げます。なお, 本研究の経費の一部として, 文部省科学研究費補助金の基盤研究 A (課題番号:

07309009, 代表者: 高安克己), 一般研究 C (課題番号: 07804031, 代表者: 福沢仁之) と日産科学振興財団による第 21 回研究助成金 (一般研究) (代表者: 福沢仁之) を使用した。記して感謝申し上げます。

引用文献

- 福沢仁之 (1995) 天然の「時計」・「環境変動検出計」としての湖沼の年縞堆積物。第四紀研究, **34**: 135-149.
- 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—十和田と白頭山—。火山, **43**, 投稿中。(すでにこの内容は日本火山学会・史料火山学 WG ニュースレター 7 号 (1995 年) で公表されている)。
- 平井幸弘 (1983) 小川原湖の湖岸・浅湖底の微地形と完新世最大海進期以降の湖水準変動。東北地理, **35**: 81-90.
- 平井幸弘 (1994) 日本における海跡湖の地形発達。愛媛大学教育学部紀要, III, **14**: 1-71.

- 平山次郎・市川賢一 (1966) 1,000 年前のシラス洪水—発掘された十和田湖伝説—。地質ニュース, **140**: 10-28.
- 日下雅義 (1992) ラグーンと渤海外交。中西 進・安田喜憲 (編) 謎の王国・渤海, 80-103, 角川書店。
- 町田 洋 (1992) 火山噴火と渤海の衰亡。中西 進・安田喜憲 (編) 謎の王国・渤海, 104-129, 角川書店。
- 町田 洋 (1994) 北東アジアを襲った白頭山大噴火を探る。科学朝日, 1994 年 11 月号: 20-23.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス。276p., 東京大学出版会。
- 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.
- Machida, H., Moriwaki, H. and Zhao, D.-C. (1990) The recent major eruption of Changbai Volcano and its environmental effects. *Geogr. Rep. Tokyo Metropolitan Univ.*, **25**: 1-20.
- 上田 雄 (1992) 渤海国の謎—知られざる東アジアの古代王国, 272p. 講談社

LAGUNA (汽水域研究) 5, 63~73 頁 (1998 年 2 月)
LAGUNA 5, p.63-73 (1998)

汽水湖底堆積物の採取・分析方法とその最近の進歩

山田和芳¹・斎藤耕志¹・福澤仁之¹

Recent progress on collecting and analyzing methods of brackish lake sediments

Kazuyoshi Yamada¹, Koji Saito¹ and Hitoshi Fukusawa¹

Abstract: Recent studies on ice cores and deep sea sediments have revealed that abrupt and rapid climate and sea-level changes occurred frequently during the Late Quaternary. The brackish lake sediments which represent non-glacial varve layers record the detailed environmental changes, however, it has been difficult to detect such rapid changes from lake sediment cores. One of the reason of the difficulty is the lack of the method for collecting intact sediments for systematic analysis. Here we present our systematic research procedure with improved efficiency, which includes an improved coring device for obtaining intact brackish lake sediments, initial description, sampling, and several analytical methods. This enables us to detect environmental variations on annual to decadal time scale.

Key words: lake sediments, collecting methods, analyzing methods, paleo-environments

はじめに

人類が急速に進化した時代である第四紀には、数～十万年スケールの氷期—間氷期サイクルにとともなう、自然環境の変動が生じていたと考えられてきた(成瀬, 1982)。しかし、近年グリーンランドの氷床堆積物や北大西洋や日本海の海底堆積物および中国内部の陸上堆積物の研究から、約 1000~3000 年周期で気候や海水準が突然かつ急激に変動することが知られるようになってきた(Dansgaard *et al.*, 1993; Bond *et al.*, 1997; Chen *et al.*, 1997; 多田, 1997)。このような急激な環境変動は、過去の人類活動に大きな影響を与えてきたと思われる。

海陸境界に位置する汽水湖沼は、さまざまな環境変動を堆積物に記録している。たとえば、福澤 (1995) は、水月湖湖底堆積物の明暗ラミナの互層が 1 年ごとに形成された「年縞」であり、さらに湖底堆積物は天然の寒暖計、検潮儀、雨量計、地震計

などの環境変動検出計でもあることを明らかにしている。また、湖沼堆積物の堆積速度は海洋堆積物と比較すると大きいことから、汽水湖底堆積物を分析することによって、さまざまな環境変動を高時間分解能で復元できると考えられる。しかしながら、湖沼堆積物コアの従来の研究からは、短い時間スケールの急激な環境変動を捉えることができなかった。その原因として、堆積物の記載を含む採取・分析方法に問題があったと考えられる。

堆積物の採取や試料の分割・分析には多くの時間と労力が費やされる。琵琶湖深層掘削研究の例が典型的である。世界に先駆けて行われた琵琶湖の湖底掘削では、有機・無機地球化学、微化石、火山灰などの総合的な研究がなされ、気候変動や古地磁気変化などに関する多くの情報が明らかにされた(Horie, 1984)。しかし、堆積物の欠層や分析試料の時間分解能の低さ、分析機器の測定誤差などのために、この研究成果がまとめられるまでには多くの時間と労

¹ 東京都立大学大学院理学研究科地理科学専攻

Division of Geography, Graduate School of Science, Tokyo Metropolitan University, Hachioji 192-0397, JAPAN