

北海道における火山ガラス質資源の特性 Characteristics of volcanic glass materials in Hokkaido

八幡 正弘・垣原 康之
Masahiro Yahata and Yasuyuki Kakihara

Abstract

Cenozoic volcanic glass materials such as volcanic ash, pumice, obsidian and perlite are widely distributed in Hokkaido. Some of these materials are utilized for construction materials in large quantities. A small amount of volcanic glass materials are produced for raw materials of heating bloated particles.

We evaluated the quality of volcanic glass materials as raw material in a laboratory and field. In general, volcanic glass materials don't have the function of absorption and release of moisture depending on a changing of atmosphere. Volcanic glass, however, is unstable and react with water near ground surface to produce hydrated minerals and clay minerals such as allophane, halloysite and smectite. Some of volcanic ash and perlite are partially weathered resulted in containing above minerals and getting the moisture controlling function, and are valuable as a moisture absorbent.

In addition, some of the volcanic glass materials are useful as a good raw material of the bloated particles such as so-called expanded perlite and ash balloon. The values of bulk density and expanding ratio of the bloated particles, produced from volcanic ash samples by quick heat treatment using the electric furnace, are equal to or higher than the expanded perlite.

キーワード: 火山ガラス, 火山灰, 軽石, 真珠岩, 黒曜石, 湿度調整材, 加熱発泡体

Key words: volcanic glass, volcanic ash, pumice, perlite, obsidian, moisture absorbent, heating bloated particle

1. はじめに

天然の火山ガラス質資源(火山灰・軽石・真珠岩・黒曜石)は、北海道の広い範囲に分布している。これらの資源の多くは建設用資材としての利用が主である(第1表)。工業原料としては、真珠岩や黒曜石、そして火山灰の一部が発泡性製品(パーライトやシラスバルーン)として利用されているが、その資源量に比して利用化はまだわずかである。その背景には北海道に分布するこれらの資源の特性評価についての研究例が少ないこと、市場から遠いこと、そして利用化の進んでいる九州地域とは気候も違い、火山ガラスの風化の程度が異なることなどによる原料性状の違いなどがある。

本報告では、道内の火山ガラス質資源を対象に、(1)風化と水分吸着能、(2)母材性状と加熱発泡特性について若干の検討を行ったので、その概要について述べる。

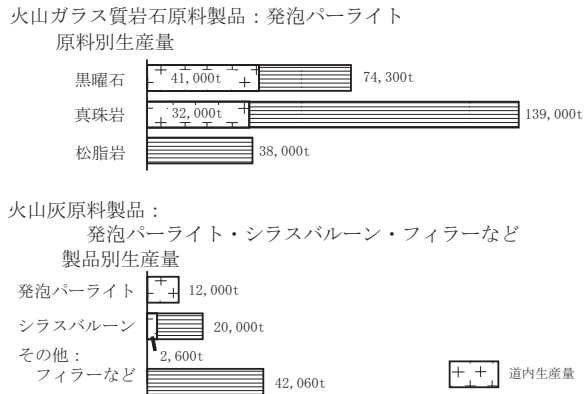
2. 火山ガラス質資源とその種類

火山ガラスはマグマの急冷により形成される。その多くは火山灰・軽石として堆積している。北海道に分布する火山灰・軽石は、その堆積時代が第四紀の場合と第三紀の場合とがある。第四紀の火山灰や軽石のほとんどは火山ガラスが残存しているのに対し、第三紀の火山灰・軽石(その多くは固結し、凝灰岩類と呼ばれる)の多くは、続成作用や熱水作用によって火山ガラスが残存せず、他の鉱物(粘土鉱物・シリカ鉱物など)に変化している。しかし、一部の第三紀の火山灰や軽石には火山ガラスがほとんど残存しているケースも認められる。たとえば、江差地域では中新世後期～鮮新世に海底で堆積した軽石凝灰岩の多くに火山ガラスが残存し、発泡性製品(パーライト)用原料として開発されている。また、美瑛地域では中新世の細粒の凝灰岩が発泡性製品(シラスバルーン)用原料として開発されている。

一方、第三紀から第四紀にかけて噴出・固化した珩長質溶岩の急冷相としての黒曜石や真珠岩は、北海道のいくつかの地域で分布する。第三紀の黒曜石・真珠岩の多くは熱水変質作用によって火山ガラスは残存し

第1表 北海道における火山ガラス質資源の種類と用途
Table 1 Volcanic glass materials in Hokkaido and their utilization

種類		用途
黒曜石		発泡パーライト原料・工芸品用
真珠岩		発泡パーライト原料
火山灰	硬質	ほとんどが建設用資材(火山礫として)
	やや硬質	ほとんどが建設用資材。一部は発泡パーライト原料
	やや軟質	ほとんどが建設用資材。一部はパネル用骨材
	軟質	建設用客土
	粗粒火山灰(約0.5~2 mm)	ほとんどが建設用資材
細粒火山灰(約0.5mm以下)		ほとんどが建設用資材。一部は発泡バルーン原料



第1図 国内における火山ガラス質資源（工業製品向け）の年間生産量（2001年）

Fig. 1 Production volume of volcanic glass materials in Japan

ていないが、白滝地域などでは火山ガラスが完全に残存しているケースもある。現在、発泡性製品（パーライト）用に開発されているのは、奥尻島に分布する第四紀の黒曜石と真珠岩である。

第1図に国内において工業原料用に採掘された火山ガラス質資源の生産量を示した。このデータは日本の窯業原料2002年版（産業技術連携推進会議窯業部会編；産業技術総合研究所のホームページ内の国内窯業原料データベースに掲載；北海道地方については北海道立地質研究所が編集）をもとに作成した。

国内では発泡性製品（パーライト）用としての黒曜石・真珠岩・松脂岩の生産量は約25万tで、このうち道内産は73,000tを占める。工業製品用の火山灰・軽石の生産量は約74,000tあり、パーライト用が12,000t（すべて道内産）、シラスバルーン用が約20,000t（道内産は2,600t）、フィラーなどのその他製品用が約42,000tである。

3. 風化作用と水分吸着能

鉱物や各種材料が鉱物（または粒子）表面、あるいは内部に水分を取り込み、それらの物質の水分吸着量が周囲の温度・湿度にコントロールされることはよく知られている。火山灰では本州の鹿沼土が湿度調整材（調湿材）として利用されている。これは火山ガラスが風化の過程で、ある種の粘土鉱物に変化することにより、その機能が現れたものである。北海道は本州とは気候も異なり、火山灰の風化の進行が遅い、そのため北海道産の火山灰中の火山ガラスの水分吸着能はほとんどないに等しい。しかし、今回、風化作用と水分吸着能との関係について検討を進めた結果、風化に伴う鉱物相の変化によって水分吸着能が現れるケースが認められ、一部の火山灰に鹿沼土とほぼ同等の水分吸着能があることが明らかとなった。

今回測定した水分吸着能は1mm以下の粒度に調整した試料を恒温恒湿器（槽内温度25℃）に入れて24時間後の水分吸着量を測定し、120℃絶乾重量に対する重量%として示した。槽内での相対湿度は90%RH、70%RH、50%RH、40%RHである。

（1）真珠岩の例

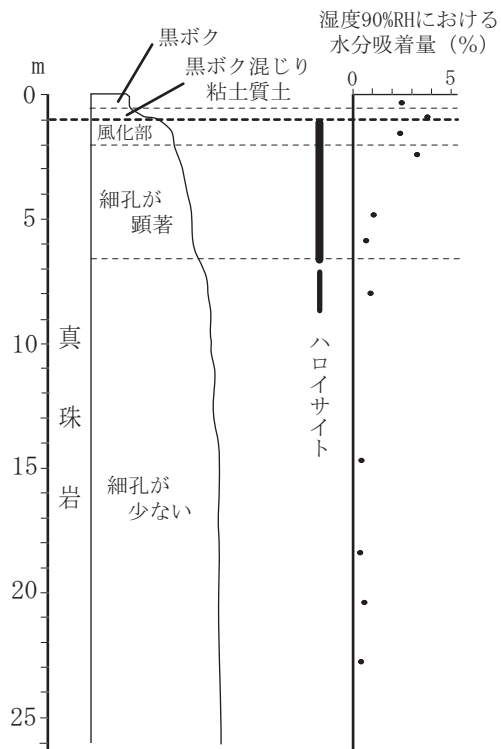
奥尻島に分布する真珠岩（秦ほか, 1982）について露頭で観察した。真珠岩は灰色～淡灰色で、透明感のあるガラスから構成される。地表下約6m以下では細孔が少ないが、以浅では細孔が多く認められる。この細孔はマグマ固結時の発泡孔であった可能性があるが、上部の細孔は溶脱作用などで拡大した可能性がある。真珠岩の最上部は約80cmの風化した真珠岩が認められる。真珠岩の上位には黒ボク混じりの粘土質土や黒ボクが約90cm重なっている（第2図）。

真珠岩の水分吸着能（90%RH）は細孔が少ない部分で1%以下であるが、細孔が多くなると1～3.5%と増加する。なお、黒ボク混じりの粘土質土や黒ボクの水分吸着能（90%RH）は2.5～3.8%である。

真珠岩のうち、水分吸着能が高かった地表下0.9m～6.5mの部分はX線回折分析の結果、ハロイサイトが少量生成していることが明らかとなり、このことが水分吸着量を高めたものと判断される。

（2）第三紀火山灰の例

江差地域に分布する第三紀の火山灰（軽石凝灰岩と凝灰岩）は、黒ボクや第四紀のローム層（層厚は計約



第2図 真珠岩に見られる風化層（奥尻島）

Fig. 2 Weathered zones in the perlite lava in Okushiri Island

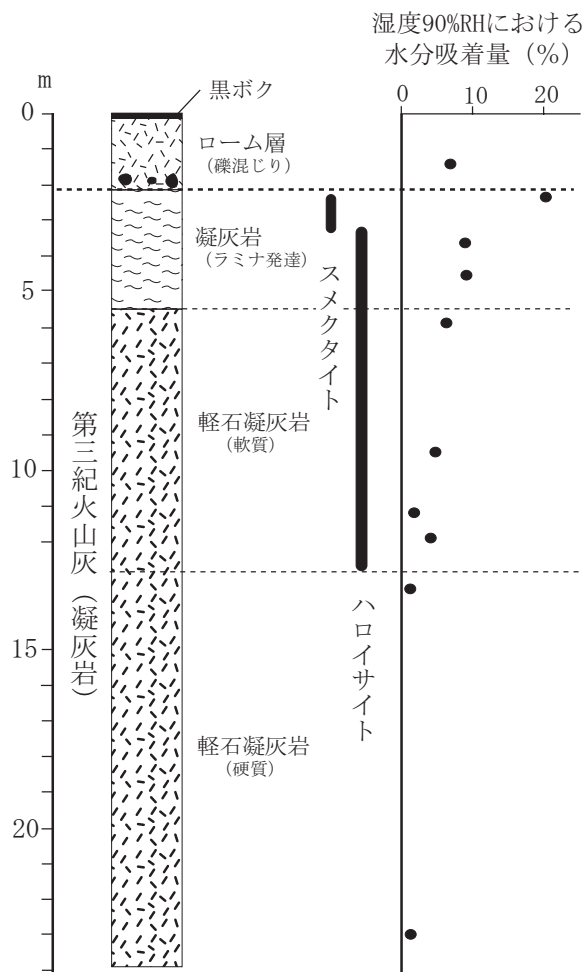
2 m) に覆われて分布する (角ほか, 1970). 観察地点ではローム層の下位にラミナの発達した層厚約3.5 mの凝灰岩が分布し, その下位に軽石凝灰岩が分布する. 観察地点での層厚は約18m+である. 軽石凝灰岩中の軽石は径数cm~10cm程度で, 全般に白色~淡灰色である. 異質岩片はほとんど認められない. 軽石凝灰岩の上半部は下半部に比して軟質である. 軽石凝灰岩の上位の凝灰岩はやや褐色を帯びており, 軟質である (第3図).

水分吸着能 (90%RH) は, 硬質の軽石凝灰岩で1%以下であるが, 軟質部では2~7%である. 上位の凝灰岩では9~20%で, ローム層のそれは6%である.

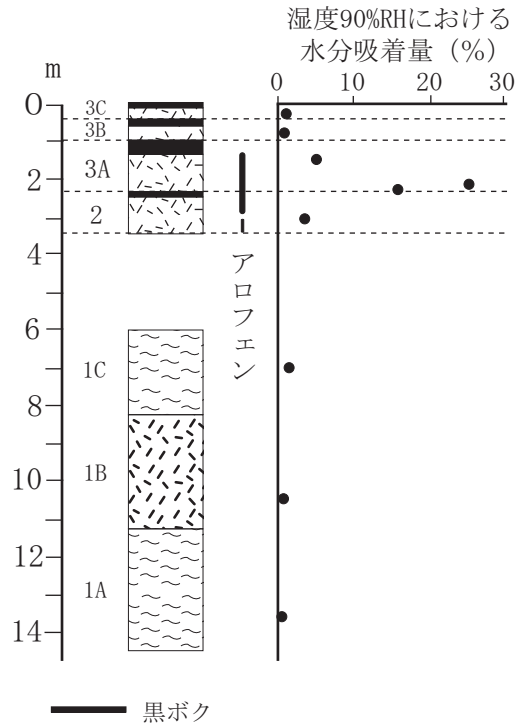
X線回折分析の結果, 軽石凝灰岩のうち硬質部は火山ガラスが主で, 粘土鉱物は認められないが, 軟質部にはハロイサイトが含まれる. また, 凝灰岩のうち中~下部にはハロイサイトが, 上部にはスメクタイトが含まれる. これらの粘土鉱物が水分吸着量を高めたものと判断される.

(3) 第四紀火山灰の例

苫小牧地域の観察地点では, 第四紀の火砕流堆積物



第3図 第三紀火山灰に見られる風化層 (江差)
Fig. 3 Weathered zones in the Neogene volcanic ash in Esashi area



第4図 第四紀火山灰に見られる風化層 (苫小牧)
Fig. 4 Weathered zones in the Quaternary volcanic ash in Tomakomai area

や降下軽石層が分布し, 下位から1A層・1B層・1C層・2層・3A層・3B層・3C層に区分される (第4図).

1A層 (層厚3m+) は発泡した淡灰色の軽石 (径1~5cm) を主とした珪長質の火砕流堆積物である. 1B層 (層厚2.3m) は軽石 (径0.3~7cm) が弱い層理に沿って配列する珪長質な降下軽石層で, 炭化木が含まれる. 1C層 (層厚2.2m+) は1A層に類似した火砕流堆積物であるが, 安山岩やデイサイトなどの岩片 (径2~3cm) が少量含まれる.

2層 (層厚85cm+) は黄褐色の軽石 (径3~30mm) からなる降下軽石層で, わずかに粘土化している. 3A層 (層厚111cm) は赤褐色, 一部黄褐色の粘土化した軽石 (径0.3~30mm) を主とした降下軽石層から, 3B層 (層厚32cm) は褐色の粘土化した軽石 (径1~3mm) を主とした降下軽石層から, 3C層 (層厚18cm) は白色の軽石 (径0.5~5mm) を主とした降下軽石層からなる.

2層から3C層にかけての各層の間には黒ボク (層厚6~27cm) が挟まれている.

本地域の既存の火山灰層序 (曾屋・佐藤, 1980) と比較すると, 1A~1C層は支笏カルデラ起源 (Spfl, Spfa) 起源, 2層は恵庭火山起源 (En-a), 3A~3C層は樽前火山起源 (Ta-a, -b, -d) と判断される.

水分吸着能 (90%RH) は, 1A~1C層と3B, 3C層は1%以下であるが, 2層と3A層は3~27%で, とくに3A層での値は高い. X線回折分析の結果, 2

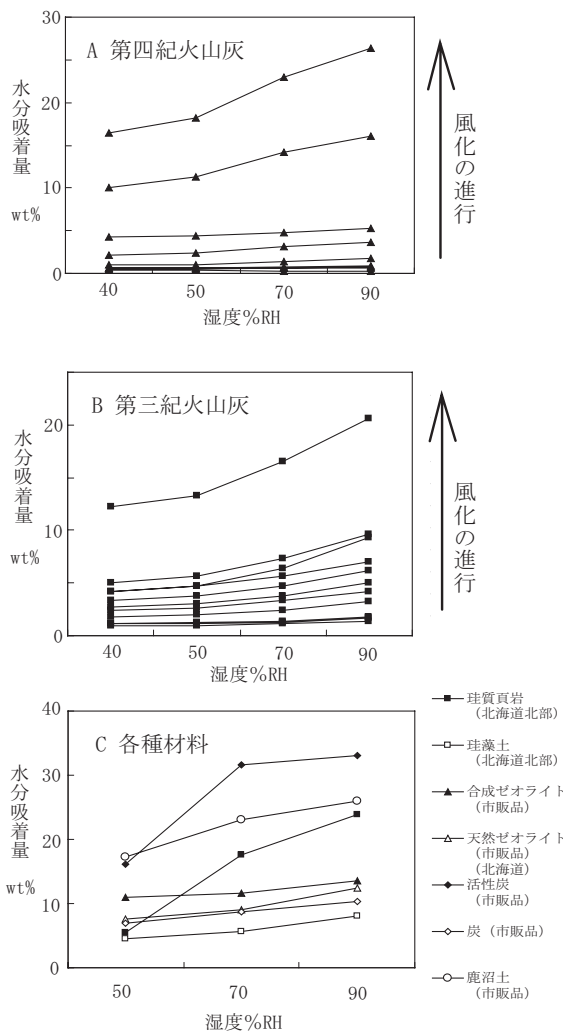
層と3A層はアロフェンが多く含まれており, このことが水分吸着量を高めたものと判断される。

(4) 鉱物種と水分吸着能

各種の鉱物や材料が水分を吸着する能力, あるいは周囲の温度・湿度によって水分を放出する能力は, それぞれが持つ細孔径・細孔容積や比表面積によることが大きい (前田ほか, 2001など)。

第5図に各種鉱物や材料および第三紀火山灰と第四紀火山灰の水分吸着量と相対湿度との関係を示した。第三紀火山灰や第四紀火山灰はすでに述べたように, 風化の進行に伴って水分吸着量が増加し, かつ90%RHと50%RHにおける水分吸着量の差 (以下, 調湿性と呼ぶ) が大きくなる。一方, 他の材料では鹿沼土が上記の風化した火山灰と同程度の値を示し, 活性炭や珪質頁岩 (八幡, 2003) はさらに高い値を示す。

以上のことから, 火山ガラス質資源についても風化の検討を行うことにより, 他の材料と同様の調湿材としての利用が可能と考えられる。



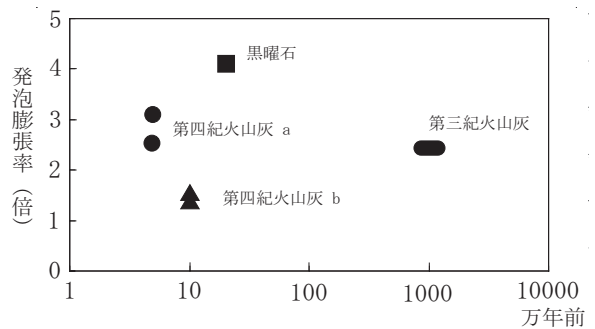
第5図 火山灰および各種材料における水分吸着能
Fig.5 Function of moisture absorption of volcanic ash and other materials

4. 母材の性状と加熱発泡特性

火山ガラスを急速加熱させることによって, 軽量の発泡体 (パーライトやバルーン) を生成することは古くから知られている。今回, 第三紀火山灰と第四紀火山灰について, 電気炉を使用した簡易的な加熱発泡試験を行い, 真珠岩や黒曜石の発泡性能との比較を行った。

発泡試験は, 0.5mm以下に粉碎した試料を, 200°Cに1時間予備加熱し, その後, 950°Cに加熱した電気炉の上部から石英ガラス管を通して投下して行った。

発泡後の試料を徐冷した後, メスシリンダーを用いてゆるみ嵩密度とタップ充填嵩密度 (いずれも火山珪酸塩工業研究会によるシラスバルーンの評価方法に準拠) を測定した。なお, 第6図に示した発泡膨張率は, 発泡前のタップ充填嵩密度を発泡後のタップ充填嵩密度で割った値である。



第6図 火山ガラス質原料の加熱発泡特性
Fig.6 Characteristics of heating bloated particles produced from volcanic glass materials

第2表 北海道産の火山ガラス質原料の加熱発泡性状比較のため, 市販のパーライトを同様の方法で測定した。また, 市販のシラスバルーンのデータ (*産業技術総合研究所のホームページ中のデータベースから引用) を掲載した。

Table 2 Characteristics of heating bloated particles produced from volcanic glass materials in Hokkaido

	ゆるみ嵩密度	タップ充填嵩密度
	g/cm ³	g/cm ³
第四紀火山灰	0.412	0.558
	0.559	0.704
	0.184	0.207
	0.265	0.333
第三紀火山灰	0.290	0.380
真珠岩	0.348	0.407
黒曜石	0.293	0.268
パーライト市販品 a	0.182	0.232
パーライト市販品 b	0.132	0.148
シラスバルーン市販品	-	0.1~0.4 *

市販のパーライト製品やシラスバルーン製品と今回の試験試料は粒度が異なるため単純な比較はできないが、発泡試料のゆるみ嵩密度とタック充填嵩密度は、市販のパーライト製品やシラスバルーン製品と同等か、やや高い値が得られた(第2表)。発泡膨張率は黒曜石が最も高く、次いで第四紀火山灰の一部と第三紀の火山灰がやや高い値を示した。

加熱発泡体(原料は黒曜石、第三紀火山灰、第四紀火山灰)のSEM像を第7図に示した。発泡体の形状はいずれも球状であるが、火山灰を原料にした場合、球体の表面の滑らかでない場合がある他、未発泡粒子や発泡はしているもののその形状が不定形である場合も多い。

ところで、北海道産の火山灰の加熱発泡性については、木村ほか(1982)により行われている。この報告では、道内15地点から採取した、第四紀火山灰と鮮新世火山灰計20試料を対象に、外熱型回転管状電気炉による加熱発泡体製造試験が行われた。その結果、これらの試料のうち、4試料が収率および発泡体物性に優れていると判断された。これらの試料は支笏軽石流堆積物・洞爺軽石流堆積物・池田層中の西中凝灰岩と猿別凝灰岩である。発泡工程は異なるものの道内の火山灰を利用した加熱発泡体の製造については、さらに可能性が大きいことを示している。

一方、これらの加熱発泡体のうち、黒曜石や真珠岩を原料とした場合を除いて、褐色系の色を帯びていることが多い。実体顕微鏡観察の結果、球状発泡体の場合はすべて透明であるが、不定形発泡体や未発泡粒子は褐色を帯びている。これらの点は、加熱発泡体の利

用において検討されるべき問題であり、原料処理の問題や発泡後の分離の問題など解決すべき点が多々ある。

5. 利用可能性と今後の方向性

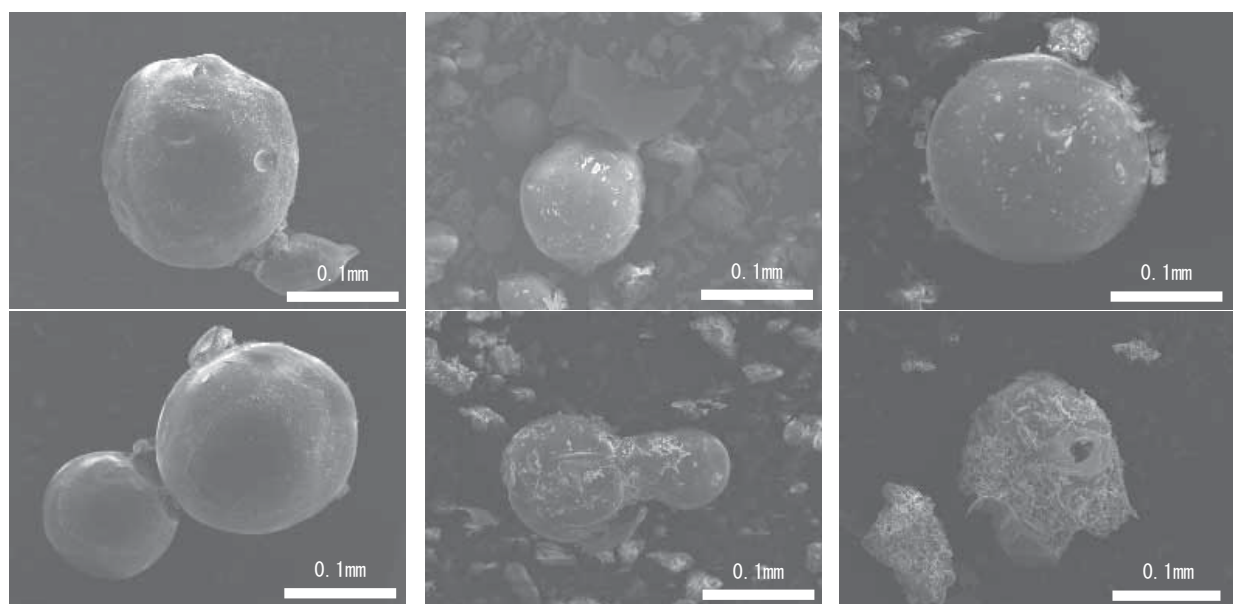
本報告では火山ガラス質資源の調湿性と加熱発泡特性について若干の検討を行った。道内産火山ガラス質資源の調湿材への利用化はまだ行われていない。しかし、今回の試験過程で明らかになった苫小牧地域の調湿性能を有する火山灰については、道立工業試験場に試料を提供し、同場が実施している「北海道重点領域特別研究：道内未利用資源を利用する建材開発と評価システムの構築(平成17年度～19年度)」の調湿性塗り壁材の製品化試験に採用されることになり、現在、試作と施工試験が行われている。

一方、発泡性製品については、現在の市場との関係および製品規格の点から、今後、検討すべき点が多くあるものの、道内産の火山ガラス質資源の利用可能性が拡大するものと期待される。

天然資源は合成された工業製品と異なり、地域毎に、またひとつの採掘場内でも地表付近と深い部分とで性質が異なる。安価な天然資源を有効に利用するためには資源の評価が非常に重要であり、今後も資源の機能性評価や製品化研究が必要と判断される。

文 献

- 秦 光男・瀬川秀良・矢島淳吉(1982) 地域地質研究報告「奥尻島北部及び南部地域の地質(5万分の1図幅)」。地質調査所, 83p.



黒曜石の発泡体

第三紀火山灰の発泡体

第四紀火山灰の発泡体

第7図 火山ガラス質原料の加熱発泡体のSEM像

Fig. 7 SEM images of heating bloated particles produced from volcanic glass materials

- 木村邦夫・陣内和彦・立山 博・恒松絹江(1982) 北海道産火山灰の加熱発泡体原料としての適正について. 日本鉱業会誌, 98, 1117-1122.
- 前田雅喜・鈴木 慎・渡村信治・大橋文彦・鈴木正哉・岡田 清(2001) B値法を用いた調湿セラミック材料の調湿材料評価. セラミック協会誌, 109, 457-460.
- 曾屋龍典・佐藤博之(1980) 地域地質研究報告「千歳地域の地質(5万分の1図幅)」。地質調査所, 92p.
- 角 靖夫・垣見俊弘・水野篤行(1970) 5万分の1地質図幅「江差」及び同説明書. 北海道開発庁, 53p.
- 八幡正弘(2003) 湿度調整材料としての頁岩・珪藻質泥岩の特徴について—いわゆる“稚内層珪藻土”の地質鉱物学的特徴—. 北海道立地質研究所報告, 74, 83-95.