

フィリピンにおけるピナツボ火山噴出物のセラミックスへの利用研究動向

九州工業技術研究所 木村 邦夫

1. はじめに

フィリピンの首都マニラの北西約90kmに位置する標高1745mのピナツボ火山は、1991年に大噴火、大量の火山砕屑物を放出し、噴煙は成層圏にまで達し北半球の天候異変の原因にもなった。しかしながら、的確な噴火予知と機敏な措置によって、ほとんどの住民の避難が大きな混乱もなく行われた結果、犠牲者もほとんどなかったと言われている。図1に示す噴出物分布面積は80,000ha、同総容積は7~11km³と言われており、毎年雨期には、火砕流堆積物（Pyroclastic flow deposit）が泥流（Mudflow、現地ではLaharと呼称）となり、随所に被害が広がっている。噴出物の利用は早くも1991年から始まり、建設資材として各地でLaharを採掘している。

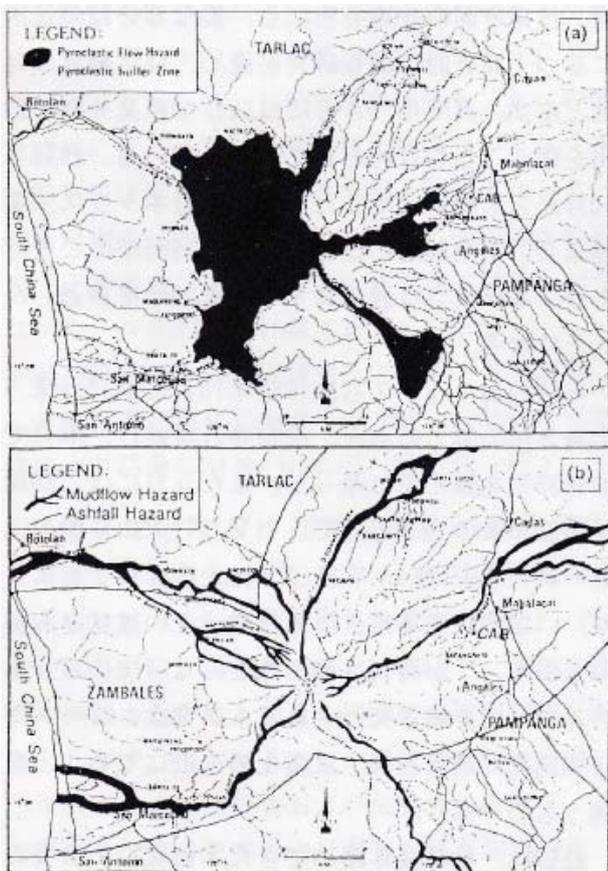


図1 ピナツボ火山噴出物の分布¹⁾
(a)火砕流堆積物、(b)泥流と火山灰

昨年3月、当所と新エネルギー・産業総合開発機構(NEDO)が企画実行して、協賛の鹿児島県工業技術センターにおいて、「火山噴出物の利用技術」の国際シンポジウムを開催した。

フィリピンからは、ピナツボ火山噴出物に関する講演が、フィリピン大学建築学部、フィリピンの科学技術庁傘下の火山地震研究所および産業技術開発研究所の各研究者によって行われた²⁾。

当所と上記フィリピン大学建築学部および産業技術開発研究所との国際研究協力は、平成6年度から3ヶ年計画で開始された。研究協力を始めるに当たり、昨年9月1日から15日間、フィリピンに滞在し、3ヶ年間の研究計画の打ち合わせ、並びに、ピナツボ火山噴出物の堆積状況の視察・試料採取等を行った。また、現在、利用研究に携わっている数多くの研究所を訪問し、研究開発の現状を見学してきた。

2. 火山地震研究所

科学技術庁傘下の火山地震研究所は、噴火予知、防災を主業務としている。火砕流堆積物やLahar堆積物の分布については随時調査している。他研究所で行っている利用研究に必要なLaharの分布・採掘場所の選定等については、密接に情報交換を行っているようであった。

前述のシンポジウムでは、P. J. Delos Reyes 研究員から、ピナツボ火山の1991年6月15日~16日の大噴火にいたる経過と現状が紹介された²⁾。大噴火による放出物は、火砕流が5~7km³(雲仙普賢岳の約30倍)、また、火山灰として噴出された量は2~4km³に達する²⁾。現在も火口内での小噴火は続いており、火口内に溶岩ドームが成長している²⁾。

パーライトやシラスバルーンの原料になる火山ガラスは、ピナツボ火山噴出物には僅か数wt%含まれている程度である。

火山国であることから、火山ガラス岩あるいは火山ガラス堆積物は、各地に堆積していると思われる。火山地震研究所で入手した資料では、真珠岩についての記載があり、1970年から1982年までの13年間で約4万5千トン採掘されている。しかし、黒曜岩や火山ガラス堆積物（シラスや白土）に関しての調査はなされていない。

今回の訪問では、P. J. Delos Reyes 研究員の案内で、ピナツボ火山の西に流れた Pampanga 地区の Lahar を4ヶ所調査し、試料採取を行った。この Lahar の中位径（積算粒度分布曲線における50wt%粒径）は、0.3~0.6mmであった。

3. フィリピン大学建築学部

フィリピン大学建築学部は、フィリピン大学の Diliman キャンパスにあり、C. P. Espina 教授が中心となって、ピナツボ火山噴出物の建築材料への利用研究を推進している。

現在までに、種々の試験条件のもとでセメントに配合したコンクリートの強度試験が行われ、約170kgf/cm²の圧縮強度のものが得られることが明らかにされている。これは、建築構造物としての利用は無理であるが、舗道板としては十分に使用可能である。

また、キャンパス内の自然科学研究所、建築研究所、前述の国立地質科学研究所等と協力しながら、今後もピナツボ火山噴出物の建築材料への利用研究を進めて行くとのことであった。

前述の国際シンポジウムでは、C. P. Espina 教授から、セメント中央研究所、建設省研究標準局、産業技術開発研究所並びにフィリピン大学における研究開発状況が紹介された²⁾。ピナツボ火山灰はASTMに規格される細骨材相当とみなされ、かさ密度は川砂に比較すると25%軽量、火山灰はポゾランとしてセメント混合材になり得る、コンクリート用骨材としては火山灰よりは Lahar が優れている、非荷重のコンクリートブロック、歩道用舗装板としては十分に実用化可能など、これまでに明らかにされている²⁾。

また、11月10日から22日間、M. L. V. Santos

助教授を招聘し、噴出物をセメント混合材およびコンクリート骨材としての利用を図るため、噴出物のポゾラン反応性、アルカリ骨材反応性試験を行った。

4. 産業技術開発研究所

4. 1 組織

セラミック、火山噴出物の利用技術の研究を行っている材料科学部を含めて合計7部からなる研究開発部門、標準部など3部からなるサービス部門から構成され、食品加工からエネルギー、化学・鉱物など多くの分野の研究開発を手がけている。科学技術庁の職員約700名の内、160名がこの研究所に所属している。

材料科学部には41名が所属し、セラミックス課17名、特殊材料課11名、プラスチック課6名、プロセス開発課6名の4つの課から構成されている。

セラミックス課では、伝統的陶磁器、煉瓦、屋根瓦、タイル、衛生陶器などに関する研究開発と企業に設備解放して商品生産技術の指導を行っていた。

特殊材料課では、無機鉱物、ガラス等の研究を行っていた。プラスチック課では、従来のプラスチックに加え、エンジニアリングプラスチックおよび生分解性プラスチックの研究を計画している。また、プロセス開発課では、機械の設計・試作を行っている。

前述の国際シンポジウムでは、S. T. Bernardo 部長から、ピナツボ火山が放出した灰、Lahar、軽石の性状と、フリット、釉、タイル、コンクリート空洞ブロック、ケイ酸カルシウム材料、軽石ブロック、塩ビタイル用フィラー等への利用について報告された²⁾。火山灰は磁選にかけると白色度は大幅に向上する。長石原料として釉およびガラスへの利用が期待される²⁾。

4. 2 磁選処理

ピナツボ火山噴出物の工業利用に関しては、日本磁力選別(株)製、NJ-G-30+30型対極磁選機を用いて磁気選別を行い、得られた非磁性物（長石質鉱物）を各種セラミックスの原料として用い

る研究を行っている。

Laharを乾燥後、20メッシュ(840 μm)および60メッシュ(250 μm)でふるい分け、得られる250~840 μm を、対極磁選機を用いて2回磁選している。なお、Lahar中の840 μm 以上、250~840 μm 、250 μm 以下の各々の含有割合は、22.5、53.5、24.8wt%であり、回収された非磁性物は、Lahar中の27.6wt%とのことであった。表1に示す原料と非磁性物の化学組成は、当所で磁選した結果であるが、ほぼ同様の結果が得られていた。

4.3 陶磁器素地

陶磁器(せつ器)素地の研究では、ノベルティー(置物、人形等)製作を目的にしている。

上記非磁性物：36.36wt%，珪砂：9.10wt%，フィリピン産粘土2種：計39.37wt%，中国産ボールクレイ：8.17wt%，グロッグ(シャモット)：7.00wt%の配合を基本としている。粉碎は、ボールミルを使用し、乾式でグロッグと非磁性物を24時間、珪砂(88~210 μm)を添加し更に12時間後、水および粘土を添加し4時間の工程で行っている。

加圧濾過、土練機を通した後、常法に従い鑄込み成形している。焼成温度は1200~1250 $^{\circ}\text{C}$ である。また、比較のため、磁選前のLaharも実験に用いている。

4.4 陶磁器釉薬

上記せつ器用釉薬として、非磁性物：52wt%，珪砂：25wt%，中国産ボールクレイ：2wt%，炭酸カルシウム：7wt%，炭酸バリウム：7wt%，酸化亜鉛：7wt%の配合を基本とし、湿式24時間している。

4.5 人工ポーレンチャイナ

炭酸カルシウムとCaHPO₄(約88円/kg)の1：1混合物を24時間粉碎、1000 $^{\circ}\text{C}$ 2時間焼成、24時間粉碎して水酸アパタイトを得る。非磁性物：17wt%，中国産ボールクレイ(約22円/kg)：3wt%，フィリピン産カオリン(表1、約8円/kg)：25wt%，上記水酸アパタイト：25wt%，人工ネフェリン(日本製、約400円/kg)：15wt%の配合を基本とし、6時間粉碎後、Aging、鑄込み成形、1200~1250 $^{\circ}\text{C}$ で焼成している。鑄込み成形時に間

題(割れ)があるとのことであった。その原因としては、スラリーの粒度分布あるいは石膏の品質等が考えられる。

4.6 板ガラス原料

非磁性物を板ガラス原料として利用する研究を、旭硝子(株)の現地法人と共同で行っている。現在、板ガラス工場では、珪砂、ソーダ灰、長石等を原料として用い、400トン/日溶解している。長石の使用量は約30トン/日で、この長石の代わりに非磁性物(水洗したもの、約2wt%の付着微粉を除去)が使用できないか検討している。小型の坩堝で配合・溶解し、得られたカレットの色、気泡等の観察を行い、使用可能であるとの結論を得ている。

表1 原料、非磁性物、カオリンの化学組成

	原料	非磁性物	フィリピンカオリン
SiO ₂	66.11	62.42	49.38
Al ₂ O ₃	16.14	23.32	29.83
Fe ₂ O ₃	4.21	0.46	0.90
TiO ₂	0.45	0.04	
CaO	3.91	5.99	2.98
MgO	1.86	0.47	0.56
Na ₂ O	4.97	6.52	2.56
K ₂ O	1.23	0.46	0.17
Ig. loss	0.66	0.15	11.01

4.7 その他

上記利用は、全て磁選の非磁性物の利用研究であるが、産業技術開発研究所では、Laharのセメント・コンクリートへの利用も行っている。また、磁選で得られる磁性物の利用はこれからの課題である。造粒型人工軽量骨材への利用等を考えている。

また、11月10日から22日間、フィリピン大学建築学部のM.L.V.Santos 助教授と同日程で、S.T.Bernardo 部長を招聘し、噴出物の選鉱的分離方法について試験・検討し、分離精製物の窯業原料としての利用の可能性を検討した。

参考文献

- 1) R.S.Punongbayan, C.G.Newhall and E.L.Listanco, Bull Volcanol. Soc. Japan, 37[1]55-59(1992)
- 2) 原尚道, VSI研究会ニュース, 9[3]1-3(1994)