

火山灰を混和材として用いた 明治期のコンクリート

友寄 篤¹

¹正会員 工博 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻
(〒113-8657 東京都文京区本郷7-3-1, E-mail:tomoyose@bme.arch.t.u-tokyo.ac.jp)

セメント製造に関わる二酸化炭素排出量の削減に資するコンクリートへの火山灰利用という観点から、国内の明治期・大正期を中心とする事例を整理した。廣井勇による小樽築港北防波堤及び辰野金吾による日本銀行小樽支店に関する史料、さらに辰野の出身地である佐賀県唐津の主力産業の花形的存在であった火山灰製造事業に関する史料について報告する。

キーワード: 廣井勇, 辰野金吾, 火山灰, コンクリート, 小樽築港, 日本銀行小樽支店

1. はじめに

セメント製造においては原料となる石灰石などを1450°C以上という高温で焼成し脱炭するため、膨大な量の二酸化炭素を排出し、2006年度時点では国内総排出量の約4%を占める¹⁾。世界的にも発展途上国での今後のインフラ開発を踏まえた需要予測を基にすると、このまま何も対策をしなかった場合には2050年に世界の総排出量の25%を占めると試算されており²⁾、SDGsの達成のためにもセメント使用量を削減することが求められている。貧配合とせず、所定の性能を満たしながらセメント使用量を削減するために、反応性を持つ混和材をセメントに置換するのが一つの手段であり、フライアッシュや高炉スラグ微粉末などの産業副産物の利用が推奨されている。石炭火力発電やという人口的に高温焼成された後に急冷されたフライアッシュは非晶質シリカを含むためにポゾラン反応性を有する。

日本国内は今ほとんど使用されていないものの、多くの火山噴出物や火山性堆積物には反応性が認められ、それらが堆積している国では天然ポゾランとして利用されている。火山噴出物に含まれる1000°Cを超える地下のマグマが噴出後に急冷された非晶質のアルミノけい酸塩は火山ガラスと呼ばれ、ポゾラン反応性を示す。一般的には反応性が低く流動性を低下させるなどの課題が指摘されるものの³⁾、焼成の必要がなく環境負荷のない自然エネルギーとも言える地球の火山活動による産物である。本稿では、将来の火山噴出物の混和材利用を見据えた基本的知見を得るために、日本国内でかつて使われてきた火山噴出物に関する歴史調査の途中経過を報告する。

2. 小樽築港と明治期の火山灰コンクリート

日本国内のコンクリートにおける火山ガラスを含有する(と思われる)火山灰の利用は100年以上前に遡る。既報⁴⁾でも報告した通り、1908(明治41)年に完成した土木分野での小樽築港北防波堤が特に知られるが、1923(大正12)年の建築工事標準仕様書(建築學會)にも、基礎工事に「せめんと火山灰コンクリート」の調合が示されている。「本邦産ニシテ、左記品質ヲ有スルモノ」として粉末度や水硬性試験の基準値が規定されているので、研究や実用化の実績があったことが推測される。まずは当時利用されていた火山灰に焦点を当てて廣井勇による工事報文⁵⁾の記述を確認する。

横浜港での亀裂問題などがあったために、コンクリートの耐海水性能を向上させる目的で、廣井は築港工事での火山灰採用を検討した。当初は市販されていた五島産の商品を購入していたが、小樽・余市・五島の3箇所の火山灰に対する性能試験を実施した。築港防波堤の竣工から15年ほど経過した1920(大正9)年に⁶⁾、廣井は3種の火山灰の組成とモルタル強度試験を比較した結果から「シリカの可溶性成分が最も反応性の高いことに疑いの余地はないものの、最も不溶シリカの多い小樽火山灰の強度が最も高く、シリカの総量も考慮する必要がある」と指摘している(筆者と要約)。学術的な報告に先立ち、実際の工事においても性能が良かった築港向けのブロック製造工場内で採取された小樽の火山灰に切り換えられた。五島火山灰は「一立坪五拾円以上ニ達シ」、その理由は述べられていないが、最終的な工期全体での火山灰の平均価格は「一立坪ニ付式拾九円四拾五銭」と6割以

下に下がっているのが輸送によるコスト増であったと考えられる。2年間の延長の末に工期は11年となり、その間に総工費の3割を占めたセメントが1樽6円93銭から3円80銭まで物価変動するような時代に、体積でセメントの8割とした配合でこの工場内製造火山灰を利用したことは、当初予算を超えることなく竣工した理由の一つと考えられる。コンクリート工場の隣で採掘した究極の地産地消混和材は、コスト面以外にも高耐久化、低炭素化といった現代のコンクリートに求められる課題に対しても多くの示唆を与える。

小樽築港に続き 1912 (明治 45) 年に竣工した日本銀行小樽支店は辰野金吾の設計で、基礎底盤のコンクリートや煉瓦・石積みのもルタルに廣井により試験が行われた小樽近郊の余市火山灰が用いられた⁷⁾。いくつかの評伝によれば、丸の内駅舎の設計において当時は新しい材料であったコンクリートの採用に対し辰野は慎重であり、図面も完成していた最終段階で鉄骨+コンクリートという構造を鉄骨+煉瓦に変更したとされる。日銀における基礎底盤は主要構造部とも言えるためコンクリート自体の性能や、当時としてはさらに新しい混和材である火山灰に対して、一概に否定的であったとは言えないが、小樽築港において火山灰がコンクリートの耐久性を向上させることを目にしてきた可能性もある。辰野は、自身が1期生として卒業した工部大学校、後の帝国大学工科大学で 1886 (明治 19) 年から教授を務めるが、廣井も北防波堤工事中の 1899 (明治 32) 年に東京帝国大学工学部教授に着任する。つまり辰野が退職する 1902 (明治 35) 年までの3年間、二人は隣り合う学科の同僚であった。廣井による試験結果が辰野に直接伝えられたかどうかは定かではないが、何らかの情報交換があったとしても不自然ではない。ただし、小樽商工案内 (大正 11) や小樽商業会議所統計年報 (大正 6, 15) によれば、小樽近郊に複数の火山灰製造会社があったことが示され、行啓記念の写真帳にも掲載されるほどなので、小樽近辺では既に一般に普及していた可能性も考えられる。

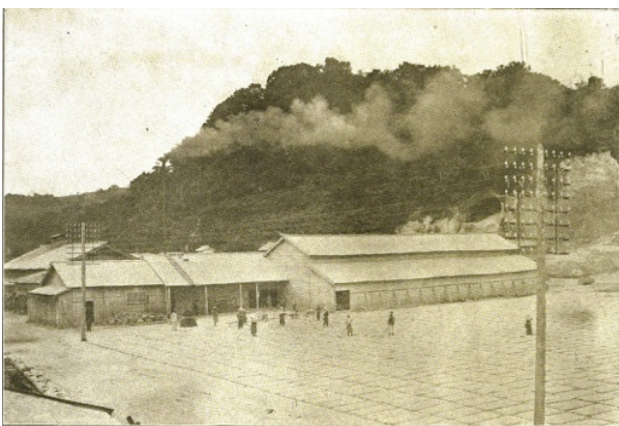


図-1 余市濱中町の中村火山灰製造所 (明治 44 年頃)⁸⁾

辰野は唐津藩の下級武士の次男として現在の佐賀県唐津市に 1854 に生まれる。1872 (明治 5) 年頃に上京するが、その後唐津近辺では混和材としての火山灰事業が盛んになる。町史や産業統計などの史料によれば明治 23 年には唐津の北、呼子の地で火山灰事業が開始され、明治 32 年には九州火山灰会社創立、佐世保軍港に採用され好評を得たために全国的に販路を広げたようである。一時その数は最大 18 社になるまでに至り、30 余年にわたって唐津・呼子の主力産業の花形的存在となったと記述され、大正 4 年の佐賀県官民肖像録には郵便局長や代議士とともに、九州火山灰会社社長も掲載されている。

小樽や唐津といった地域では火山灰製造業が地域に認知されていたことが示された。五島やその他の地域への調査を進めるとともに、各地域での採取地の特定をし、その後の材料分析へと研究を進める予定である。



図-2 呼子の九州火山灰合資会社工場 (明治 44 年頃)⁹⁾

謝辞：本研究の一部は公益財団法人大林財団の研究助成を受けたものである。厚く謝意を表する。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会：コンクリートセクターにおける地球温暖化物質・廃棄物の最小化に関する研究委員会報告書，日本コンクリート工学会，2009
- 2) J.L. Provis, Geopolymers and other alkali activated materials: why, how, and what? *Mater Struct* (2014) 47 (1-2): 11-25.
- 3) R. Snellings, G. Mertens, J. Elsen, *Supplementary Cementitious Materials, Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, Vol. 74 (1), pp.211-278, 2012
- 4) 友寄篤：コンクリートの地産地消とデザイン，土木学会景観・デザイン研究講演集，No.14, pp.308-309, 2018
- 5) 廣井勇：小樽築港工事報文 (前編)，1908
- 6) Hiroi I.: on Long-Time Tests of Portland Cement, Hydraulic Lime, and Volcanic Ashes, 東京帝国大学工学部紀要、第十冊、第七号、1920
- 7) 駒木定正：日本銀行小樽支店 (明治45年) の主要構造と仕様，日本建築学会計画系論文集，No. 471, pp.139-146, 1995
- 8) 小樽区役所：東宮行啓記念小樽区写真帳乙号，p.72, 1911
- 9) 佐賀県：佐賀県写真帖，p.55, 1911