ボタの利用

Utilization of Waste

堀坂政太郎

Masataro HORISAKA

1. はじめに

産炭地域振興事業団は、産炭地域に事業を計画する会社に対する設備資金の融資と、工業用地の造成——炭鉱離職者に安定の場を与えることを目的とした「ボタ山」を処理して行なう工業用地の造成——を行なっているが、現在までのところボタについては、この土地造成とボタ等を利用する若干の企画への融資が実施されているに過ぎない。すなわちボタ山処理事業として土地造成を行なつて来たのは、現在まで24箇所、約100万坪である。

石炭に関する研究は、生産面においては採炭技術や保安技術、利用面においては燃料工学的研究や有機化学の研究に限られており、石炭の採掘過程において同時に掘り出されるボタおよび粘土については、その利用価値についてはほとんど顧みられることなく、炭鉱の近くの谷や畑を埋め、あるいは海岸に捨てられてきた。

かつては石炭産業の繁栄を象徴したボタ山は、その斜陽化が顕著となつてからは、その燃える火も消えて、産炭地の疲弊を象徴するかのように黒く重苦しく、その特異な姿を淋しくさらしている。時としては降雨によつて崩壊し、人命をそこない、巨大な災害を引きおこし、灌漑用地や田畑に流入、悪水を流して鉱害の好ましくない遺産として巨体をさらしているのが現状のようである。

ボタ山の集積量は、いままでの調査によると約6億3

千500万t、ボタ山の数約1,400に達し(第1表)、約5,000万tの石炭が生産される場合は年間4~5,000万tのボタが同じように掘り出され、マイナスの価値として、石炭生産のコスト引上げの要因となつている。極端ない方をすれば、石炭鉱業の労働と投資の半分以上が空しく捨てられているボタあるいは粘土となつており、これらの有効利用については、なお一層の科学研究が加えられねばならない。

2. 産炭地振興とボタ山

昭和37年に石炭鉱業の合理化対策が本格的に進められることになつて、産炭地域の疲弊が問題となり、産炭地域振興臨時措置法が制定され、また産炭地域振興事業団の設立をみて、石炭鉱業に代わる産業の誘致育成を図ることになつた。おおよそこれらの地域は、石炭鉱業中心の立地条件であつて、既成工業地帯と異なり、一般に工業立地の体制を備えているものは少なく、また道路、通信、工業用水等の産業基盤の整備は立ち遅れている状況であり、当初いかなる種類の企業が誘致できるかについては、関係者が等しく苦慮した点である。

産炭地向けの産業を種々考えた中に、もし石炭鉱業の場合と同様に現地の天然資源で活用されるものがあれば新しい企業を興す上にもつとも有利である、との観点から資源的なものを考えてみた。とくに筑豊地帯には利用できる窯業原料が多量に埋蔵されているという地質調査所や福岡県の報告があり、またフライ・アッシュと亜硫酸パルプ廃液を利用する軽量骨材の製造に関する東京工業試験所河井信雄博士の研究等があつたので、それを参考として産炭地に適切な窯業事業の振興を図れないものかと調査を進めた。その後、新聞にもハンガリーの例で、ボタ山をハイドロ・サイクロンにより選炭し、石炭を回収、残りの材料を窯業原料および軽量骨材原料として利用していることが報ぜられた。

そこで昭和38年度および39年度の両年にわたつて、石炭局より委託調査を受けて、ボタ山未利用資源の開発調査を行なつた。また産炭地域の窯業事業に対しては、できる限り融資による援助をする方針をとつてきた。

3. 産炭地域にできた窯業工場

現在まで産炭地域にできた窯業工場に対し、事業団が

第1表 ボタ山の集積量

地 域 別	ボタ山数	集積t数 千t	集積容積 千m ³
九州	993	424,000	312,000
福岡県	624	300,000	225,000
福岡県	149	62,500	42,000
佐賀県	220	63,000	45,000
大分県	161	65,967	33,563
熊本県	16	282	141
宮崎県	53	36,256	19,082
鹿児島県	54	15,719	7,485
北海道	38	13,710	6,855
北海道	244	145,334	80,743
北海道	27	27,034	15,019
北海道	29	25,505	14,170
北海道	38	18,417	10,232
北海道	15	12,421	6,900
北海道	13	20,000	11,112
北海道	60	7,417	4,121
北海道	21	22,780	12,656
北海道	32	7,980	4,432
北海道	7	2,924	1,625
北海道	2	856	476
計	1,398	635,301	426,310

* 産炭地域振興事業団理事長

資金的援助を行なっているのは次のとおりである。

- (1) 美唄窯業=北海道=セラミックブロック製造
(設備資金: 約1億4,000万円)
- (2) 鈴木産業=茨城県北茨城市=洗炭スライムを利用する植木鉢の製造 (設備資金: 1億76万円)
- (3) 日本ジョーライト=フライアッシュおよび頁岩を利用する軽量骨材の製造 (設備資金: 2億5,000万円)
- (4) 中国陶園=山口県小野田市=ゆう葉瓦製造工場
(設備資金: 6,400万円)
- (5) 飯塚市=福岡県=瓦およびセラミックブロック製造 (設備資金: 9,100万円)
- (6) セラミック化学=福岡県山田市=セラミックブロック製造 (融資申請中)
- (7) 大坪窯業協同組合=佐賀県伊万里市=陶器の協同生産 (設備資金: 約3,500万円)
- (8) 日商興産=福岡県宝珠山村=陶器の製造 (設備資金: 1,100万円)

これらの諸工場は企業創設後、まだ日が浅いため、その経済的効果や見通しを云々するには、時機尚早であるが、産炭地域に窯業事業が可能であることを実証したものであると思われる。

4. 窯業原料としてのボタ利用の可能性

セラミックの原料としてのボタ利用の可能性については、東京工業大学材料研究所近藤連一助教授によつて昭和38年12月の「選炭」誌にきわめて適切に記述されている。すなわち「選炭によつて分けられるボタおよび粘土、石炭の燃焼に伴つて生じるアッシュは莫大な量に上り、これらの利用は石炭産業に限らず、国家的にも十分考慮されるべきである」と述べている。

石炭層の間にはさまつて存在する頁岩、砂岩類の鉱物組成は、各種粘土鉱物として Montmorillonite, Cheorite, Illite, Kaolinite, さらに石英, 長石, Hollysite, 石膏, 黄鉄鉱などを含んでいる。このような組成鉱物を利用するとすれば、主な用途として大量に消費できるものを見いだす必要がある。まず各種セラミックス原料としての適合性について検討することが望ましい。セメントおよび各種建設材料あるいは耐火物、その他の工業用セラミックスのうち、いずれかの原料として大抵のボタおよびフライアッシュは、ある程度の適合性を持っているものと思われる。ただ陶磁器、ガラス、その他各種ニューセラミックスの多くは、着色その他の特性上の要求から、原料に対する制約が多く、この方面への利用はあまり期待できない。またボタは一般に可燃成分を含み、これがセラミックスの原料として、ときには欠点となるが、場合によつては材料の軽量化あるいは焼成燃料の

節約などに役立つ利点もある。

建設材料としてのセラミックスには、着色をきらい、原料としてカオリン, 白土, ろう石などを必要とする内装タイルや衛生陶器の類もあるが、その他あまり着色を問題としない製品も数が多い。

一般にボタ, 粘土およびアッシュ類を原料として有望なセラミックスには次のようなものがある。

粘土質製品 (多孔性) ……普通レンガ, 空洞レンガ, 化粧レンガ, テラカタ, 排水管, 屋根瓦, 耐火レンガ, 断熱レンガ
 珪器質製品 (緻密) ……外装タイル, セラミック・ブロック, 電らん管, 下水管, 耐火レンガ, 軽量骨材セメント ……ポルトランド・セメント用原料, その他

5. ボタ利用としての人工軽量骨材

産炭地域振興事業団の2カ年間の調査研究は、建築および土木工事の軽量化, 高層化, プレハブ化が強く要請されるに伴い、当然多量に必要とされる軽量骨材製造の可能性に焦点が向けられた。人工軽量骨材は諸外国においては、すでに大量に工場生産されており、その成長率は極めてめざましいものがある。米国においては Stephen, J. Hayde が製造を始めて以来、1913年には軽量コンクリートで7,500tの油槽船が100隻以上も建造されたといわれ、現在では年間生産量は軽量骨材全部を合わせれば3,480万t、膨張頁岩および粘土によるものが6,047,000tに達している。

またソ連では200万 m^3 、イギリスでは50万 m^3 に達しているといわれている。

一方わが国における軽量骨材の製造は一部生産段階に入つたものもあるが、目下研究開発の過程であり、これからの産業といえるであろう。

東京工大近藤助教授は、軽量骨材の消費について次のように述べている。

「わが国では天然軽量骨材との競合があるが、その消費量は年間100万 m^3 程度と見積られており、供給の限度もあり、また骨材の性能としてもかなり相違している。人工軽量骨材の製造は、天然骨材の価格などからみて、 m^3 当り2,500円程度で供給できるような生産性の高い計画ではじめられねばならず、このため生産の規模は日産1,000 m^3 の設備に10億円以上の設備投資による大規模な装置工業となろう。

このような理由から、製品に対する要求特性と需要量を実際に踏切れない状態が現状と思われる。人工軽量骨材の潜在需要は、きわめて膨大なものがあり、わが国でも実用化されれば、その後は急速に発展し、アメリカやソ連なみの生産量に達するものも遠い将来ではないであろう」

わが国の骨材需要は、最近非常に逼迫してきており(第2表)、また人工軽量骨材に対する識者の関心は日に日に高まってきているのが現状である。

第2表 全国砂利(骨材)推定可能採取量と採取可能年数

地 区	推定可能採取量 千 m^3	36年度 採取量 千 m^3	37年度 採取量 千 m^3	伸 率	採取可能 年 数
全 国	464,904	63,601	89,853	141	5.2
中 央	138,826	12,823	25,997	203	5.3
近 畿	59,079	11,591	14,264	123	4.1
東 部	72,964	10,141	11,172	110	8.3
畿 州	12,273	5,788	7,128	123	1.7
北 陸	16,100	4,948	6,820	138	2.4
東 北	52,254	4,461	6,727	151	7.8
北 海	35,169	4,861	5,930	122	5.9
道	18,736	3,037	3,778	124	5.0
海 道	59,703	5,931	8,016	135	4.9

(注) 本表は昭和37年度採取実績を単位とした場合の砂利採取可能年数とする。建設省計画局資料

わが国の人工軽量骨材の生産および開発状況は第3表のようである。

第3表 わが国軽量骨材製造企業の現況

(昭和40年2月現在)

会 社 名	工 場	商品名	摘 要
三井金属鉱業	船 橋	メサライト	頁岩焼成一生産量:250 m^3 /日 第二次500 m^3 /日計画中(米国 Basalk Rock 社より技術導入)
住友金属	厚 木	ビルトン	頁岩焼成一生産量:500 m^3 /日 今年度実現の予定(デンマーク Lcbka 社より技術導入)
大阪セメント	高 知	ライオナイト	頁岩焼成一生産量:300 m^3 /日 今年中稼働の予定
日本ジョーラ	勿 米	ジョーラ	スライム、フライアッシュ焼成一生産量:325 m^3 /日 近月中稼働の予定
清水建設	}	千 葉	頁岩焼成一生産量:70 m^3 /日 バイロットプラント稼働の予定
日本ライトグ		ラベル	頁岩焼成一生産量:50 m^3 /日 バイロットプラント稼働
宝 建 材	名古屋	コニカ	頁岩焼成一生産量:50 m^3 /日 バイロットプラント稼働
山陽パルプ	川 崎	サンライ	パルプ廃液、フライアッシュ焼成一生産量:100 m^3 /日 近く本格稼働
電気化学			仏ブローン社と技術提携、珪砂を使用するもの 研究中
大 日 本	磐 城	ライトン	目下研究中
八 幡 興 産	坂 田		スラグ加工
宇 治 興 産	坂 田		研究 中
日本 鋼 管	小野田		頁岩スラグ混合物、研究中
三 菱 鉱 業	川 崎		頁岩の焼成、目下研究中
関西ライトグ	鹿児島		スラグによる製造、目下研究中
ラベル			頁岩、泥土、焼成、テストプラントで試験中
			シラスの利用による軽量骨材、研究中

(注) 以上は新聞雑誌等より得た情報であるから、正誤を期し難い。

軽量骨材は大別して

1. 天然に産出する状態で使用できる物質で、粉碎、洗淨処理を行なうもの(軽石、坑火石)
2. 化学処理工程中の副産物であるクリンカ。
3. 人工的に特別な処理を行なったもの(膨張性粘土、膨張性頁岩、膨張性スレート、多孔性スラグ、ヒル石、真珠岩、黒曜石)。

a. 個々の粒子が独立した粒状で焼成され、表面が緻密な皮膜で包まれているもの(コーテッド)。

b. 融着した塊を適当な大きさに破碎して得られる表面に開放気孔をもつもの(クラッシュド)。

があるが、コーテッドの軽量骨材の製造の面については

幾多の困難はあるが、コンクリート用としては最も適しているといわれている。

粘土および頁岩のすべてが軽量骨材の製造に適するものでなく、また発泡の理論については原料によつて異なることは勿論であり、いろいろの説があるが、この点については河井信雄博士は「どのようなものが発泡されるかについては研究の対象にはなっているが不明の点が多い。論議されている発泡成分を第4表に示す。ここで注意することは、その含有量、加熱温度速度、雰囲気、粒度によつて影響されることから考えれば、有機物、石灰質、硫化物などを混入している石炭ボタなどが、軽量骨材原料になることは容易に気付くところである。これらの原料をよく調べてみると、その中に骨格となるものと、発泡性材料になるものと両者が混入していることに気付く。この場合、骨格となる粒子より発泡性材料の融点が必要低いことが特徴である。そこで、人工的に発泡性材料を加えた骨材も非常に多い」……といっている。

第 4 表

分 類	例
炭 酸 塩 鉄 化合物	CaCO ₃ , MgCO ₃ , フンクリイト Ca(Fe,Mg)(CO ₃) ₂
珪 酸 塩 化合物	硫化鉄, Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ O ₄
珪 酸 塩 化合物	水分を含むもの
有 機 物	C
硫 化 物	S

また、近藤助教は「膨張頁岩類の発泡機構については議論が多いが、粘稠な溶液ができてから発するガスによつて膨張することは確かである。ただしガスの種類、その他は原料により、また処理条件によつても異なり一定しない。原料の焼成と製品の特性面から骨材としての化学組成は大体 SiO₂ 60~70%, Al₂O₃ 15~25%, Fe₂O₃ 5~10%, CaO+MgO+K₂O の含量の高いものは、焼成温度が下がる。しかし、とくに CaO+MgO が10%以下の原料は、焼成範囲が狭くなり好ましくない。焼成中、粒子の表面は輻射を受け、温度が上がればかりでなく、Na₂O+K₂O が表面に濃縮し、表面が溶融しやすくなり、粒子間の融着を起こす場合が多い。これを防ぐために珪砂あるいはロウ石など耐火性をもつ粉末をまぶすことが一般に行なわれている。雰囲気調節も影響し、多少酸化状態に改善されることもある。

原料に含まれる石英、長石の類は微細である方が、焼成温度を低下する傾向をとる。また石炭、木炭、リグニン等の有機物および硫化物の存在は、原料中の鉄粉を還元し、あるいは酸化を防ぎ、生成する FeO は SiO₂ と反応し、溶剤として作用し発泡を助長する。黄鉄鉱を含有する原料で、とくに低い温度で膨張するものであるが、硫化物は空気によつてガスを発生するため、硬い表面層の直下に気泡が集中し、強度を弱める傾向が見られた。このような欠陥も、バーナーのタイプと雰囲気調節によつて解決できる。また化学組成と鉱物組成が類似

していても、原料によつて膨張しないものがあり、その理由もいろいろである。」といつている。

6. 事業団の炭鉍ボタ利用による人工軽量骨材製造調査

事業団のボタ山末利用資源の調査、炭鉍ボタ利用による人工軽量骨材利用に関する調査（以上昭和39年度）、ボタ資源利用企業化（人工軽量骨材製造）調査にあつては、事業団自体に調査研究を実施すべき適切な科学技術者および施設を有していないので、すべて東京大学、東京工業大学、九州大学の諸先生、通産省、東京工業試験所の研究者、建材試験センター、佐賀および長崎窯業試験所、黒崎窯業、永田製作所、その他炭鉍関係者のご協力によつたものであり、とくに建材試験センターは軽量骨材製造試験の運営について中心的な役割を果たして頂いた結果の成果である。

事業団の調査および試験は、すべて外国および国内における諸研究の成果を、炭鉍のボタ山およびボタについて実証的に調査をし、適当と思われるボタによつて実際に低品位石炭を回収し、頁岩および粘土等を原料として軽量骨材を試験的に製造し、またこれを利用するコンクリート試験を行なう、といつた一連の方法をとつたものであつて、短期間に、またきわめて不足がちな予算のもとに、これだけの総合的調査が行なわれたことは誠に喜びにたえない。

（1）昭和38年度

昭和38年度において軽量骨材の調査の対象になつたボタの試験分析結果と欧州における2,3の実用例とを比較すると第5表のとおりである。

a) 小型回転炉による製造試験：この結果について要約すると、原形そのままを焼成したものは膨張の状態はきわめて不均一であつて、気泡の多いものや、まったく気泡の認められないものがあり、原塊の石質によつて膨張度合の異なつたものが混在した軽量骨材となるのに反してこれを20mm以下に微粉砕して造粒したものは、か

なり均一に膨張し、独立した0.5~2mm程度の気泡をもつたものが得られる。造粒したものの形状は円みを帯びている。

b) 軽量コンクリートに関する試験：試験の結果得られた骨材の平均見掛け比重（絶乾状態）は、1前後であり、普通の砂利、川砂に比して $\frac{1}{2}$ 以下の軽量である。給水量は約10%、またはそれを若干上廻り（重量比）、やや大きい天然の軽量骨材たとえば浅間、榛名の軽石35~60%に比較すれば、きわめて小さい。膨張パーライトはもちろんのこと、天然の軽石に比較すれば平均2倍以上の強度を有している。

軽量骨材に含まれている有害物である無水硫酸については、一部やや高いものがあるが、おおむね0.3%以下の基準に合格する可能性がある。塩化物の量は軽量骨材を水洗することにより除去可能の程度と思われる。

スランプ20cm、セメント量300kg/m³と、370kg/m³の2種類による軽量コンクリートの調合結果、造粒軽量骨材を使用したコンクリート強度は、原塊を焼成した軽量骨材に比較してコンクリートの比重が小さいのに一般に高強度を示しており、とくに水洗ボタを使用した軽量コンクリートは、川砂利および川砂を使用したコンクリートの強度に比較して80%以上の値を示し、コンクリートの比重を考慮した強度比（圧縮強度/比重）で比較すれば、いずれも大きい値を示し、すぐれた軽量コンクリートといいうる状態である。

以上の諸点から建材試験センターの研究委員会（委員長：東京大学西忠雄教授）は、北九州地区のボタについて次のように結論づけている。

「北九州地区のボタを利用して人工軽量骨材の製造試験および軽量コンクリートに関する試験を実施した結果一部の点でなお検討を要する問題があるが、適切な原料選定法、処理法によつて人工軽量骨材を製造することができる」。

（2）昭和39年度

石炭鉍業合理化事業団が所有する海老津三坑および五

第5表 ボタ分析表

地域	産炭地名	成分	水分 %	lg Loss %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	SO ₃ %	K ₂ O %	Na ₂ O %	計	熔融点 °C	焼化の有無
九州	杵 島 三 坑	ボ タ 山	-	18.40	49.52	18.38	4.42	1.12	1.80	2.41	3.16	0.80	100.01	1,180~1,300	15%程度の焼化
	日 室 江 迎 一 坑	ボ タ 山	2.58	11.39	57.64	17.75	3.72	1.42	1.11	0.07	2.56	1.70	99.94	1,230~1,300	無
	〃 〃 砂 盤 坑	水洗ボタ	4.70	13.37	51.76	15.20	8.72	3.13	0.62	0.09	0.90	1.36	100.00	1,215~1,460	〃
	〃 〃 七 坑	水洗ボタ	2.47	19.00	48.70	17.03	6.87	0.39	1.41	0.13	3.07	0.77	100.04	1,200~1,310	〃
	麻生芳雄上三緒スキップ	ボ タ 山	3.38	17.74	45.14	24.73	3.38	0.92	0.57	0.99	1.67	1.47	99.99	1,630~1,750	〃
	日 炭 高 松 大 君 高 尾 1	〃	2.13	19.35	48.03	20.56	2.36	1.74	0.48	1.28	1.46	2.61	100.00	—	〃
	〃 〃 〃	〃	4.43	13.85	54.90	16.27	2.70	1.37	0.57	1.10	2.07	2.69	99.92	—	〃
	海老津三坑及び五坑合成 (20~0.5mm)	〃	4.49	11.05	57.70	21.96	3.53	0.95	0.82	0.18	1.38	1.45	99.02	—	〃
常磐	中 磐	郷 崎	-	-	58.9	24.8	6.3	2.0	2.8	-	-	-	-	-	-
			-	-	68.4	16.1	5.0	2.3	6.5	-	-	-	-	-	-
北海道	三 大	菱 夕 美 咀 張	-	-	57.2	15.8	4.2	1.5	1.1	-	-	-	-	-	-
			-	-	58.2	16.2	5.6	1.9	2.3	-	-	-	-	-	-
外国	オ ラ ン ダ	ホ リ ス	-	-	54~	30~	7~	2.6	2.6	1.3	-	-	-	-	-
	ハンガリー	ニ ケ ッ ス	-	-	50~60	20~30	8~10	2~4	1~3	0	-	-	-	-	-

第 6 表

項目 ボタ山名	切崩率 %	集積量 m ³	組成			集積底面 m ²	高さ m	備考
			石炭 %	頁岩 %	砂岩 %			
海老津三坑	50	2,308,500	10.3	69.8	19.9	76,950	66	昭 36年調査 一
海老津五坑	70	468,720	22.6	19.0	19.0	33,480	28	

坑について調査を行なった。前記二坑のボタ集積状況は第6表のとおりであり、両坑のボタをできるだけ均一にするよう混合するのを建前とし、原料合成割合を下記に示した。

三坑4、五坑1の割合とし、本調査に供した焼成用精選ボタの合成割合は、三坑83.33%、五坑16.67%により、軽量骨材の試験を行なうこととなつたが重液選炭機により精選したもの（石炭の回収率は第2表による予想のおおむね15%に比し、11.46%となつたが）を対象として試験の順序は

- (1) 原料の性状分析、実験室における焼成予備試験
- (2) 骨材焼成試験としてロータリキルン方式、ルルギーシンタリング方式により、それぞれ小野田セメント研究所、日立造船技術研究所において行なつた焼成試験
- (3) 両方式による試作軽量骨材についてのコンクリート用軽量骨材としての試験（JIS A 5002 による）
- (4) 両方式により試作した軽量骨材を用いた軽量コンクリートの試験
- (5) 軽量骨材を用いた二次加工品に関する試験（コンクリートパネル、空洞コンクリートブロックの試作およびそれらの試験を行なつた。

その結果を要約すれば原料として用いた塊およびスライムの化学成分は第7表のとおりである。

第 7 表

成分	Ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	total	S	Na ₂ O	K ₂ O
塊	18.4	53.0	19.7	4.1	1.6	0.7	0.9	98.4	0.1	1.25	1.30
スライム	18.0	56.3	17.8	4.2	0.7	0.7	0.1	97.8	0.1	0.88	1.05

焼成試験の結果、原料の熔融温度には差異があるが、粉末の熔融温度は比較的狭い範囲内にあり、発泡性も塊にくらべて良好で、粉末を加えることによつて発泡性の悪い塊も発泡性が高まり、また熔融温度も低下されるものと判断されるにいたり、きわめて重要な意味をもつものと判断された。

骨材の焼成試験については

- (1) ロータリーキルンによる焼成によるものは焼成温度 1,300~1,350°C において優良な軽量骨材を得ることができた。また今回の試験において前年度のそれと同様に原塊を粉碎したものは、原塊そのままを焼成したものよりも、粒子間の膨張の状況は良好であり、スライムを混合して造粒することによつて均質な製品を得ること

が可能となり、スライム添加量は相当程度まで増加するものと判断された。

- (2) ルルギーシンタリング方式による焼成試験としては、原料をジョークラッシャで破碎し、フルイ目 10mm 以下としたものを小型焼結テスト盤で焼成された。焼結にあつてはボタ層の上に木炭粉を薄く敷き、送風機で空気を送風しながら添加し、上から下に移動しながら焼結させた。

焼成熱源としては焼成原料に石炭が添加された。この試験の過程において層圧吸引圧力、添加石炭層の変化によつて生産量におよぼす量が検討されたが、およそ次の数値が適切であると判断された。

層圧：200mm~400mm……200mmが望ましい。

吸引力：全生産量は吸引力の増大に伴い直線的に増加する。諸般の条件を勘案し、1,000mm WG を適当とした。

添加石炭量：添加石炭量を増加するにつれて焼成に時間がかかり、したがつて生産量が低下するようである。

また本坑のボタを原料とするとき、生産量は 11~12 t・m³/日~15t・m³/日が生産されると判断された。

- (3) コンクリート、軽量二次加工品の細部については省略するが、総合的に判断した場合、ロータリキルン方式によつて焼結したものが、今回の各種の試験から、もつとも優れていると結論された。

7. む す び

2年度にわたる調査結果により、関係者はひとしくボタ山の中には軽量骨材製造原料として適切であるものが少なくないことを確信するに至つたが、これが企業化に当つては、原料の調整、焼結過程における条件の決定、造粒等の面において大規模な試験によつて解明されるべき点が多々あるにしても、企業化の可能性は十分であると判断するにいたつた。

今回はボタ利用の各種の方法のうち、主として軽量骨材についての試験の結果の概要を述べたが、ボタ山の利用についてはこのほか、各種の道が考えられ、またこのほかにアメリカにおいて開発されているといわれている頁岩よりの、みょうばん、およびアルミナの製造、九州大学福島教授の研究室が開発しているシャモットの温室、ボタ利用により農地改善や温室栽培、膨張頁岩による耐火断熱材の製造等、今後開発が進められていくべき分野は決して少なくないと判断されるので、炭鉱関係者は勿論、広く科学技術界各方面の積極的な御協力を期待している。