

軽量骨材資源

(その1)

パーライト

岡野 武雄

I ま え が き

骨材というのは「モルタルまたはコンクリートを造るためにセメントおよび水と練り混ぜる砂、砂利、碎石、その他これに類似の材料」と定義されている。

そして粒の大きさによって細骨材と粗骨材に分けられ、細骨材は10mmの篩を全部通り、5mmの篩を重量で85%以上通る骨材をいい、粗骨材は5mmの篩を重量で85%以上通らないものをいっている。

一般の土木・建築に用いられている骨材は、川砂、川砂利、玉石、碎石、碎石などで、岩石名でいうと、花崗岩、安山岩、石英粗面岩、チャート、珪岩、片麻岩などの岩石が多い。これらに対して軽量骨材という言葉があるが、構造用軽量骨材では

細骨材の平均比重が	2.5 以下
粗骨材の平均比重が	2.0 以下

のものをいっており、重いものでは川砂利、砂とあまり変らないものも含まれているが、現在わが国で一般に使用されているものでは平均見掛け比重が

細骨材で	1.2~2.0
粗骨材で	0.8~1.7

程度のものが多くみられる。

建物の重量を減少させたり、また防火、遮音性を発揮させる目的の被覆材、間仕切材、表面仕上げ材、さらに屋上の防水押えの目的に用いる軽量コンクリートの骨材としては、より見掛け比重の軽いもの(0.1~0.2)が使用

されている。軽量骨材として使用されているものうち、主要なものをあげると次のようなものがある。

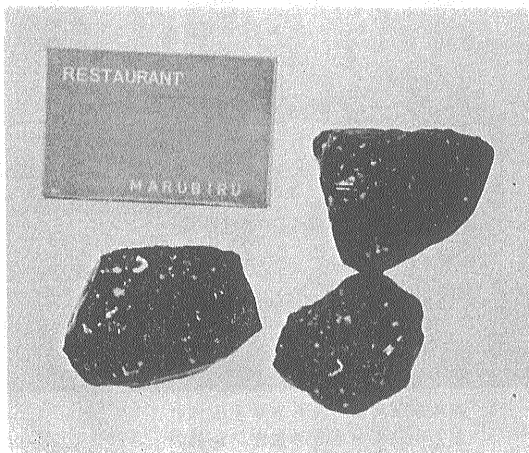
- 1) 天然に産出するものをほぼそのまま利用するもの
 - a) 火山礫類(軽石などの礫)
 - b) 軽石流類(坑火石など)
- 2) 天然に産するものを加工(焼成)利用するもの
 - c) 黒曜石・真珠岩・松脂岩を焼成したもの(いわゆるパーライトの商品名で市販されているもの)
 - d) 蛭石を焼成したもの
 - e) 膨脹頁岩、膨脹粘土を焼成したもの(expanded shale または clay といわれているもの)
- 3) 工業副産物
 - f) 石炭がら
 - g) 膨脹スラグ(製鉄所の溶鉱炉の鉍滓を空气中または水中で急冷したもの)
- 4) 以上のものに加工したもの

これらの軽量骨材のうち、地下資源として採掘され利用されるものは a)~e) に属するものである。

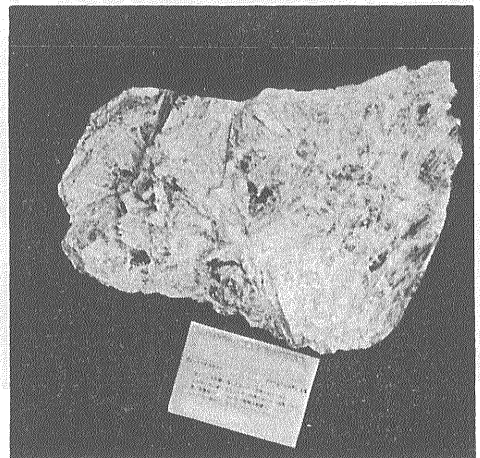
以下、地下資源という立場からこれら骨材について述べてみることにする。なお本文中の重量単位はすべてメートル・トンである。

II 焼成パーライト工業の概史・現況

ある種の火山ガラスは急熱すると膨脹して多孔質な見掛け比重の軽いものとなることは、30年以上前に知ら



黒 曜 石 (神津島産) 白点は長石と打傷



marekanite 型 perlite

れていた。アメリカでは 1940年に Arizona 州の Superior 付近のパーライトを利用することになったがこれが本格的に採算のとれる工業として出発したのは1947年のことで この年には 5つの会社で 4,170トンの生産が行なわれた。以後アメリカにおいては このパーライト工業が急速にのび 10年後の1957年には 383,000トンに達したが 最近では やや減少し 1960年には 221,000トン の焼成パーライトが生産された。

わが国では 焼成パーライトの生産は 昭和 14~15 (1939-1940) 年頃に黒曜石を焼成して「ポロセル」の名で出たのが最初であるが 工業には発達せず まもなくやめている。戦後 昭和32 (1957) 年頃より 三井金属鉱業のほか 2~3社で焼成パーライトが製造され 試験的に出荷され 昭和33 (1958) 年から一般に市販されている。以来順調に生産が延び 1961年には 8,000トン以上の焼成パーライトの生産が行なわれているようである。

もちろん 世界の他の主要国でも焼成パーライトの生産が行なわれているが ある国では自国に原料となるような良質の鉱石がないために 破碎 篩分された鉱石を買って 焼成パーライトを生産している国もある。カナダはこの良い例で 西ドイツもまた 原料を輸入に仰いでいるものと推定される。

わが国は 第三紀・第四紀の火山岩に富んでいる国で原料にはめぐまれた国といえることができ また 製品を消費するに十分な需要 (主として建築界の需要) もあるので 現在は一応安定した工業として 地下資源の新らしい利用という面で戦後もっとも著しい発達をとげたものの一つといえることができる。

Ⅲ パーライトの原石について

ここで焼成パーライトの原料となる火山ガラスの種類

と 1~2の用語について説明する。

火山ガラス (火山玻璃) というのは 高温 (1000°C前後) の火山の岩漿が地表 または地表下比較的浅いところで急冷されてできた岩石で 鉱物の結晶粒をほとんど含まないガラス状の岩石を呼んでいる。しかし火山岩漿が高温高压のところから急激に地表に流れ出し あるいは空气中に抛出されたために 岩漿の内部に含まれていた揮発性分 (主として水分) が一度に気体化して 多孔質なカサカサな岩石となることがある。これらの多孔質な岩石は軽石 (pumice) あるいは火山岩滓 (scoria) と呼ばれている。軽石や岩滓は焼成パーライトの原石としては利用されていない。

火山ガラスはガラス光沢のある致密質な岩石で 外観は黒色・灰色から緑・赤とさまざまな色をしたものがあるが 大部分は珪酸 (SiO₂) 分で 60~75%あり 分類上酸性火山岩に属している。火山ガラスは含有水分によって 次の3つに大別されている。

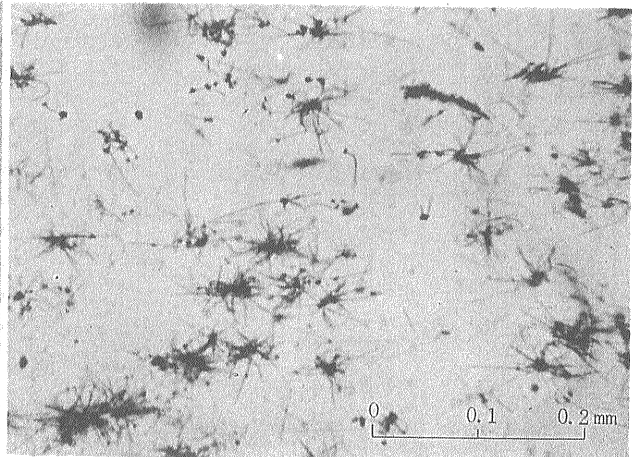
黒曜石 (obsidian) H₂O 2%以下
 一般に黒色 (まれに緑・赤のものあり) で 介殻状の断面があり ガラス光沢をもっている

真珠岩 (perlite) H₂O 2~5%
 一般に灰色で真珠光沢を示し 顕微鏡で見ると真珠構造 (写真参照) を示していることが多い 真珠岩の一種にマレカナイト (marekanite) 型と呼ばれるものがある これは真珠岩の中に小豆大からクルミ大の黒曜石のボールを含んだものである シベリヤのオホーツク町付近の Marekanka 河からとった名である

松脂岩 (pitchstone) H₂O 5%以上 (時に10数%)
 ガラス光沢よりも樹脂光沢が特長で 緑・赤など種々の色を呈する



パーライト構造



晶子のうち毛状晶子 (trichite) といわれるもの

これらの火山ガラスには 時に斜長石 石英 黒雲母などの斑晶を含むことがあり また ガラス質部には微細

(0.003~0.05mm) な晶子 (crystallite) と呼ばれるものが含まれている。なお水分 (H₂O) については 黒曜石より真珠岩 さらに松脂岩の方が含有量が多く 百分率 (%) で示した数字は経験的にその範囲のものが多いということを示しているに過ぎない。

筆者が採取した黒曜石・真珠岩・松脂岩の化学成分の1例を示すと 左の表のようになる。(分析者・地質調査所 前田技官) なお 含有水分 (+H₂O) については下表のような結果を得ている。(分析者: 同前)

岩石種	I (黒曜石)	II (真珠岩)	III (松脂岩)
化学成分			
SiO ₂	76.86	74.96	70.02
TiO ₂	0.04	0.09	0.04
Al ₂ O ₃	12.98	12.55	12.15
Fe ₂ O ₃	0.60	0.76	0.40
FeO	0.47	0.11	0.36
MnO	0.06	0.06	0.04
MgO	0.22	0.11	0.07
CaO	0.42	0.69	0.36
Na ₂ O	4.26	3.55	3.38
K ₂ O	2.52	3.85	4.11
P ₂ O ₅	0.02	0.22	0.01
+H ₂ O	0.98	2.94	7.74
-H ₂ O	0.14	0.06	1.04
total	99.57	99.75	99.72

岩石名	分析個数	平均水分 (%)
黒曜石	1	0.98
真珠岩	10	3.04
松脂岩	2	7.64

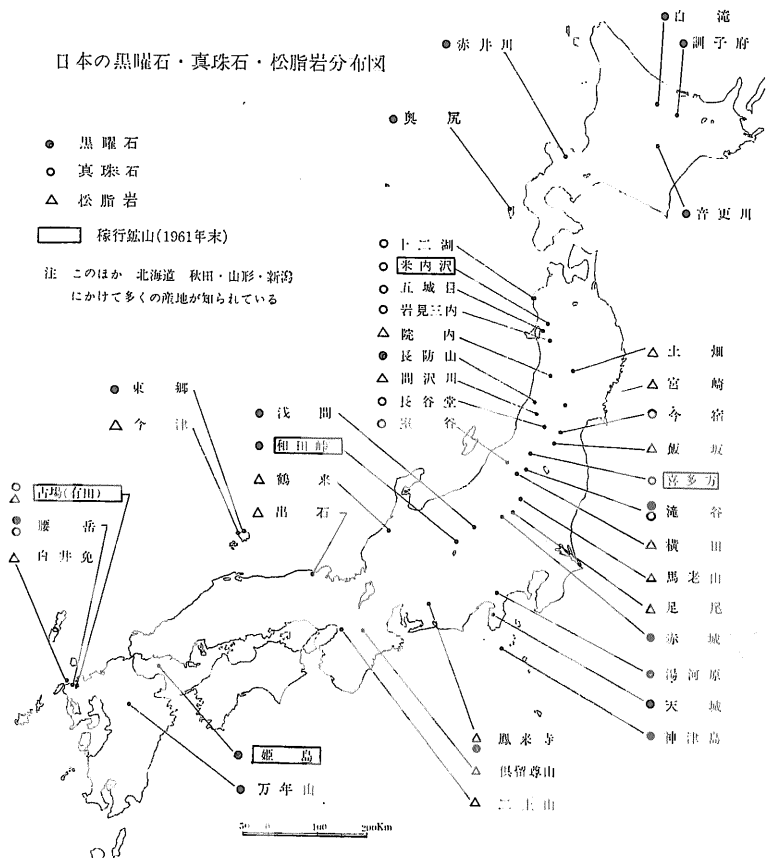
最近アメリカのパーライト工業界でとくに好まれる原石は pumiceous perlite と呼ばれるもので 日本では喜多方や米内沢の一部に産出するものである。緻密質な堅い岩石で 焼成パーライトへの処理の過程で粉化することが少なく 損失の少ない利点がある。

現在 焼成パーライトの原石として利用されているものは 黒曜石 真珠岩 pumiceous perlite で 松脂岩は利用されていない。

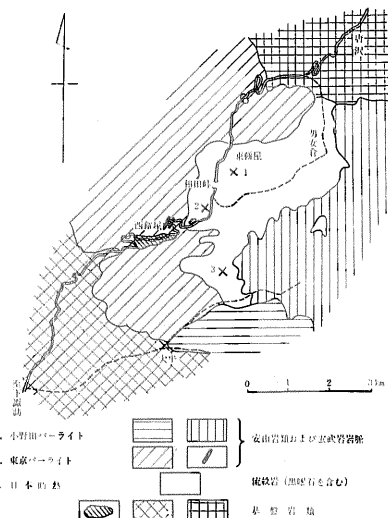
今日パーライト工業および関連方面では 商業的に利用し得る火山ガラスを総称してパーライトと呼んでおり 焼成品は製造会社により個々に商品名をつけて販売している。

- I 福島県河沼郡西山村滝ノ湯湯ノ岳
- II 福島県喜多方市二軒在家
- III 佐賀県有田市古場

日本の黒曜石・真珠石・松脂岩分布図



(1962 岡野)



和田峠付近地質図

本文では混乱をさけるため 用語を次のように用いることにする

黒曜石・真珠岩・松脂岩…岩石そのものを示す

パーライト…商業的に利用され得る火山ガラスで 鉱床をなす状態から 採掘・破碎・水洗・ふるい分の段階の生産物で 焼成炉に入れるまで (crude perlite) の状態のもの

焼成パーライト…パーライトが焼成されたもの ふるい分されて商品となったもの (expanded perlite) の状態のもの

Ⅳ 分布および産状

黒曜石・真珠岩・松脂岩などの火山ガラスは当然火山岩に伴って産出するが 古い時代の火山岩に伴って産出したこれら火山ガラスは その後の長い地質時代の中にガラスが結晶化したり あるいは粘土などに分解変質してしまっているので 焼成パーライトとして利用できるような火山ガラスはほとんど第三紀以後の酸性火山岩に伴うものが多く とくにわが国では第三紀中新世以後のものに限られている。 図表にわが国の黒曜石・真珠岩・松脂岩の産地を示した。

各産地におけるパーライトの産状 2~3 とアメリカのパーライト鉱床 1~2 について説明する。

① 和田峠

和田峠 (長野県下諏訪町から上田市方面へぬける旧中山道の峠) 付近は 基盤をなす石英閃緑岩 文象斑岩 玢岩上に広く分布する黒曜石を含む流紋岩 (東北-南西に 5 km 幅 3 km) が あり この流紋岩は角閃安山岩 輝石安山岩におおわれている。 この流紋岩は繰返し噴出した溶岩流と凝灰角礫岩の互層をなしており これらの中に黒曜石は 3 種の産出状態をなして存在する。

① 黒曜石は溶岩の一部として溶岩流にはさまれて数 m の

幅で存在するもの

② 溶岩中に黒曜石がカスリ状模様に散在しているもの

③ 凝灰角礫岩中に散在して存在するもの

以上のうち ①に属するものが鉱床としてまとまっており 稼行の対象となっている。

② 姫島

姫島は大分県国東半島の沖合にある東西 7 km 南北 2.5 km の小島で 大部分第三紀中新世後の地層からなり この上に数種の火山岩とその凝灰角礫岩が噴出している。

このうちややまとまって黒曜石を産出するのは島の西北部にある観音崎溶岩で 黒曜石は観音崎半島の大部分および西側の 2 つの小島を占めている。 黒曜石には灰白色と灰黒色の 2 種類があり 次第に気泡質の溶岩に移化している。

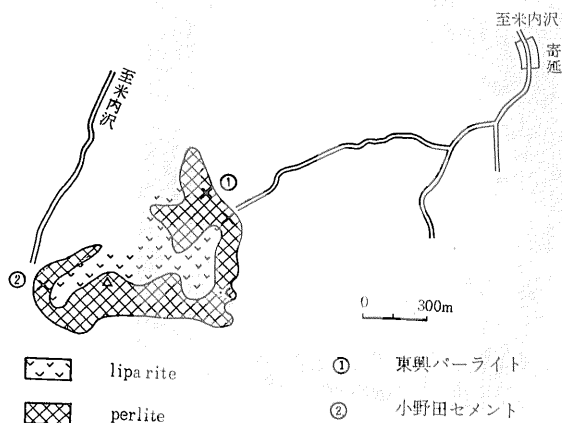
③ 米内沢

米内沢 (秋田県秋田郡森吉町寄延沢地内 米内沢町の南方) の鉱床は倉の山を中心とした 第三紀中新世女川層中に侵入した流紋岩岩体の周囲を取巻くような形に発達した真珠岩で 東西に 900 m 南北に 500 m の範囲に分布している。 パーライト鉱床の鉱石はおもにマレカナイト質で 真珠岩構造が発達し 膨脹率のよいものである。 このほか軽石質パーライト 硬質パーライトと呼ばれるものが存在する。

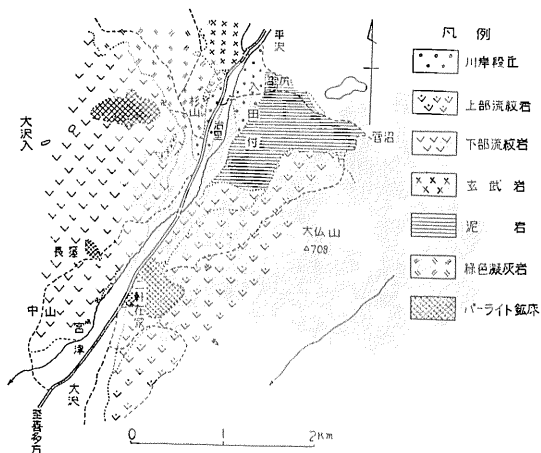
④ 喜多方

福島県喜多方市の北部 二軒在家および杉山部落の付近に発達するパーライト鉱床が開発されている。

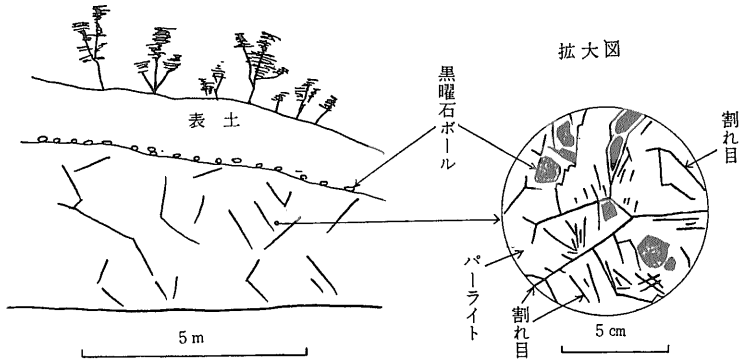
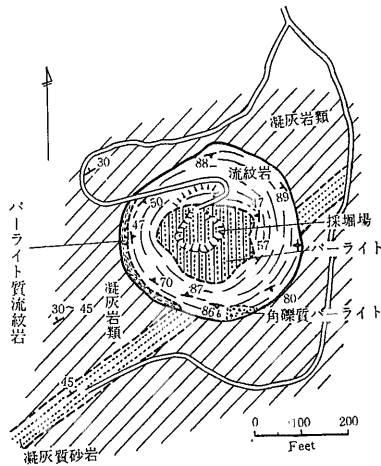
この付近の地質は 第三紀中新世の緑色凝灰岩・泥岩・玄武岩をおおって流紋岩が噴出している。 流紋岩は大別して上部流紋岩と下部流紋岩とに分けられ 主要なパーライト鉱床は下部流紋岩中に溶岩流状をなして産出する。 二軒在家のパーライトは 500 m 平方の範囲に広



米内沢地区パーライト鉱床図



喜多方市北部地区地質・鉱床図



↑ marekanite 型 パーライトの採掘物
 ← セダートップのパーライト鉱床図(カリフォルニア)

がり 外観上種類の鉱石が層状に重なっている。

小鉱山に属している。

アメリカのパーライト鉱山で産状の面白いもの1例をあげる。

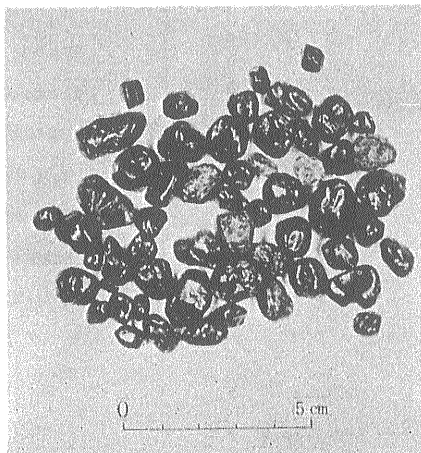
Ceder Top (カリフォルニア)

セダートップの鉱床はカリフォルニア州サン・ベルナルディノのコースル・マウンテンズにあり 流紋岩質凝灰岩 同角礫凝灰岩 凝灰質砂岩の中に貫入した径400ftの流紋岩ドームの中心部を占めているパーライト鉱床である。パーライトは径2~100cmの多孔質の流紋岩塊を含みまたオパール・霰石を伴っている。さらに径5~25cm大の円い黒曜石を含み 淡灰色のパーライトの同心円で囲まれている。この黒曜石は未だパーライトに変化していない残存物と考えられ パーライトは明らかに黒曜石から二次的に変ったものと考えられている。この変質は水蒸気的作用によるもので 水蒸気的作用はさらにオパールや ピンク色のモンモリロナイトを生成している。この Ceder Top の鉱山は アメリカでは

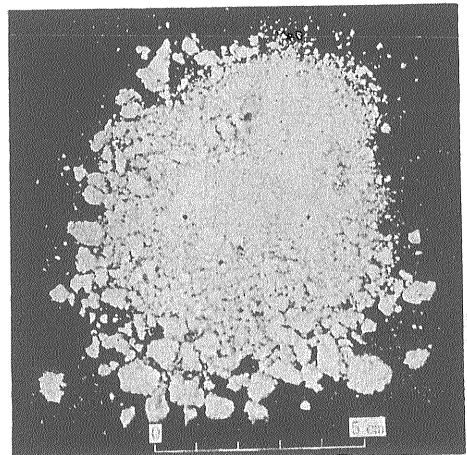
V 採掘・破 碎・篩 分・焼 成

わが国でのパーライトの採掘方法は一般に小規模なものである。最大の採掘場である喜多方のパーライトはブルドーザーを使用して 剝土 採掘を行ないトラックで搬出している。そのほか 有田 米内沢にしても小規模ながら露天掘りを行なっているが 和田峠の場合は 露天掘から坑内掘りに移っているところがある。和田峠の場合は産状の項でも述べたように良質のパーライト部が幅狭い脈状であるためである。採掘にたづさわる鉱員は小規模のところでは2~3人 大規模のところでは20~30人である。山元で採掘されたパーライトはそのままトラック——貨車積で焼成工場へ送られるが 現地で簡単な水洗を行なっているところもある。

アメリカでは 多くの場合 採掘場付近に破碎工場があり ここで 破碎・水洗・篩分工程まで行なったのちに出荷されている。



marekanite ball



白色に膨張したもの 比較的堅い(良質)

わが国の場合は 採掘場では採掘したまま 時に水洗して出荷されており 篩分工程は焼成工場で行なわれている。 焼成工場および使用原石は 次のとおりである (1961年秋現在)

会社名	焼成工場	原 石
三井金属鉱業	福岡県大牟田市	有田町古場
〃	埼玉県浦和市	喜多方
東興パーライト	神奈川県鶴見	米内沢
日本断熱	〃 秦野市	和田峠
〃	栃木県鹿沼市	〃
〃	岡山県岡山市	〃
東京パーライト	千葉県市川市	米内沢 和田峠
小野田ブロック	兵庫県神戸市	和田峠
宇部興産	山口県宇部市	姫 島

このほか休業中のものとして 北海道パーライト (函館 原石は奥尻) 日本珪石パーライト (函館 奥尻) H. P. パーライト (北海道岩見沢 白滝) がある。

焼成工場では パーライトを破砕して適当な粒度に篩分けを行ない 用途に応じて適した粒度のパーライトを焼成炉に送る。 粒度は焼成炉 焼成方法 原石 (パーライト) の性質によって異なることはもちろんである。 焼成炉に送られる原石の粒度の一例を示すと 次のようである。

コンクリート骨材用	8~32 mesh
プラスター用	14~38 〃
モルタル用	14~42 〃
保温保冷用	30 mesh 以下

焼成炉には 縦型 横型それぞれ数種あり 焼成方法 (一般に200~500°Cで予熱し900~1,200°Cで急熱する) とも

ども 焼成パーライト・メーカーは苦心して各社で使用するパーライトの特性に適したものを採用している。 焼成炉の能力は 1時間1~1.5t といわれている。

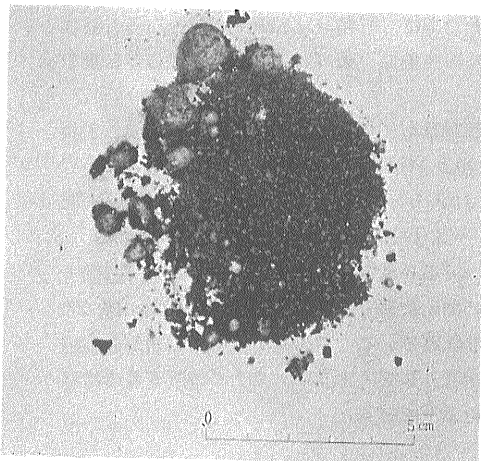
Ⅵ 外国のパーライト工業の概況

・ア メ リ カ

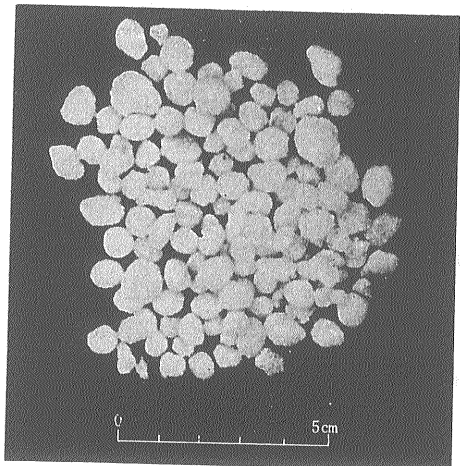
アメリカは世界最大のパーライト生産国であり消費国である。 1960年 パーライトの原鉱石は 12会社 14鉱山 (1鉱山は生産がなかった) で生産されている。 New Mexico 州からの生産は 270,000トンで 全生産量の77%を占めている。 同州の Johns-Manville 社の Seven Hills 鉱山は最大の鉱山で今後 100年の採掘鉱量が確保されている。 New Mexico 州に次いで Nevada Arizona California Colorado Utah の各州でも産出されている。 焼成工場は 29州に60会社 87工場があり California 州が最も多く (12工場) 次いで Pennsylvania (7), Texas (6), New York (5), Illinois (4), New Jersey (4) の順となっている。

1960年に生産者によって販売された焼成パーライトは 211,000 トン 13,046,000ドルで 1トン当りの平均の価格は 58.94 ドル となっている。

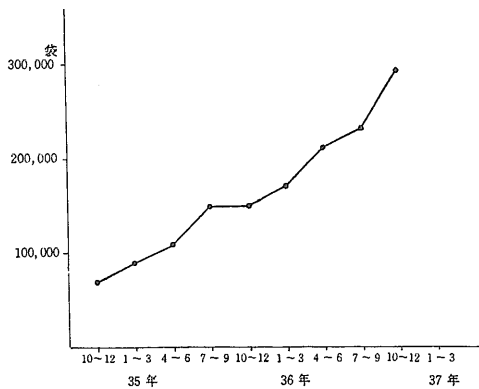
アメリカにおけるパーライトの主要鉱山は ① Seven Hills 鉱山 (Johns-Manville社) ② El Grande 鉱山 (Great Lake Carbon社) ③ Grants 鉱山 (United State Gypsum社) の3鉱山で いづれも New Mexico 州にある。 前2者は Taos にある同一流紋岩体 (平坦地に突出した南北約6km 東西約4km の小丘をなし 後期中新世以後の噴出物) の溶岩部を採掘している。 以上3鉱山は それぞれ月産10,000t の能力を有している。 これに次ぐ鉱山としては California 州の Big Pine 鉱山 Nevada 州の Pioche 鉱山などで 月産3,000t の能力である。



不均質に膨張したもの また鉄分が多く赤褐色をしている (不良)



円形にふくらんだもの 2~5mm大の原石の粒が0.5~1.5cm大 体積にして10~20倍に膨張している 良質である非常にもろい



パーライト販売量の推移

・カナダ

カナダでは British Columbia 州のパーライト鉱床から 1935年に 1,112 t の鉱石の産出があつて以来 原鉱石の生産はない。しかし原鉱石をアメリカから輸入して焼成パーライトの生産を行なっている。

8つの焼成工場 (Ontario 州 Caledonia, Hagersville ; Quebec 州 Montreal, Ville St. Pierre, Beauport ; Manitoba 州 Winnipeg ; Alberta 州 Calgary ; British Columbia 州 New Westminster) で 1959年に 127,000立方ヤード 1,000,000 カナダ・ドルの生産をあげている。カナダのパーライト鉱床としては British Columbia 州の Francois Lake (Burns Lake から 18マイル) Empire Valley (Clinton 北西) ; 同州の Queen Charlotte 諸島 Cariboo 島に知られている その他第三紀火山岩帯で有望視されているところもある。

・キューバ

キューバもまた 1959年にはアメリカの New Mexico 州のパーライトを原鉱として Havana の Casablanca 地区に焼成工場を建てた。

・イギリス

Allen 島 (Scotland, Glasgow の西南 60km) にパーライトの産出することが知られている。イギリスでは焼成パーライト利用の面で進んでいるようである。

・アイルランド

北アイルランド Antrim の Dough-Ballyclare 地区にパーライト鉱床が知られている。

・イタリア

Sardinia と Ponza にパーライト鉱床が発見されている。

・ハンガリー

北ハンガリーの Mátra Mountains の Kishegy Hill

を構成する流紋岩中に 軽石やパーライト鉱床があり利用されているらしい。

Palhaza に政府の援助による 年 4,000 t の粉碎・焼成工場が 1960年に建てられ 計画によると 1961年に 24,000 t 1963年に 60,000 t に増加する予定である。粉碎・篩分されたパーライト (0.3~0.5mm) は 西ドイツ ポーランド スイスに輸出されている。

・ブルガリア

ブルガリアでは 5つの焼成工場 (57,000m³ の能力) が建設されている。

・ギリシャ

ギリシャ諸島には均質なパーライトが知られている。

・アイスランド

Langjokull 氷河の端 Priest Mountain にはパーライトの大鉱床が発見され 1958年採掘された。

・ソ連邦

1959~1960年 およびそれ以前に発見された数個の鉱床の開発および採掘が続けられている。パーライト鉱床は次の地区に存在する。Primorge の Bogopol, Kazakhstan の Semeitans, Armenia の Borotan および Fontan Ukraina の Berchovo 付近である。

・ニュージーランド

パーライト鉱床が Atiamuri, Ongoroto, Maroa にあり 焼成工場は Atiamuri にある。

・その他

メキシコ 中央フランス トルコ カナリア諸島 オーストラリアにパーライト鉱床の存在が知られている

Ⅶ 生産量および用途

わが国のパーライト工業は ごく近年に発生したもので その初期の段階では 製造会社が商品を試験用に出荷したため この時期の生産量は明らかでない。まとまった資料としては 昭和34 (1959) 年10月以降の焼成パーライトの販売量で 36 (1961) 年末までの分を表で示した。

この表は販売量を「袋」単位で表わしたもので 1袋の容量は 製造会社によっては33lのところもあるが大部分は 0.1m³ の紙袋詰めである。従って昭和 36 (1961) 年1~12月の販売量は 約90,000m³ となる。

36年4月~37年3月の販売量は 重量にして 8,100 t 位で これに要した鉱石は 山元採掘量として 13,000 t 位 工場着鉱石として 10,000 t 位ではないかと推定される。参考としてアメリカ カナダの販売量の推移を示せば次のようである。

年 別	ア メ リ カ 採 掘 量	焼成パーライト 生産量	カ ナ ダ
			焼成パーライト 生産量
1956	318 ^t	239 ^t	86,000 ^{mt}
1957	383	226	103,000
1958	338	219	132,000
1959	402	250	127,000
1960	349	225	104,000

* 単位はメートル・トン **立方ヤード

わが国の焼成パーライトの用途としては

- 販売量の 1/3 モルタル用
- 〃 1/3 断熱保温保冷用
- 〃 1/3 農園芸用

モルタル用…建築用のプラスター セメント用細骨材 夏期には需要が増す

断熱保温保冷用…L. P. G. (液化ガス) タンクの保冷充てん材 L. P. G. タンカー用アルミナセメントの骨材として軽量断熱煉瓦用

農園芸用…高級野菜 園芸用 土壌に混じて使用する

これらの用途は アメリカ カナダにおける用途(下表)に比べて 骨材としての使用面が著しく劣っている。したがって今後は この方面の需要の増加が期待されると同時に 「パーライト・石膏ボード」など 他

アメリカ カナダにおける用途

ア メ リ カ	1960年	カ ナ ダ	1959年
	ビルのプラスター用骨材		60%
コンクリート骨材	13	コンクリート骨材	13
フィルター補助剤	12	その他	6
油井セメント用	4		
断熱材	4		
土壌混入用	2		
その他	5		

の材料と配合して 耐火防音建材とし内装材に進出することが予想される。

Ⅷ む す び

以上パーライトの歴史 原石 産状 処理 外国の事情 用途などについて記したが 最後に鉱石の探査について 1~2の注意を述べてみよう。

パーライト鉱石の探査は 第三紀以後の酸性火山岩地帯を探さなければならないことは当然であるが 鉱石が発見された場合 鉱石の量とともに水平方向および深さの方向への鉱石の質の変化に注意する必要がある。

質の変化のある鉱石からは均質な商品を得ることはできない。これは 1カ所から1握りの鉱石を持帰って焼成試験をした場合におかすあやまりである。

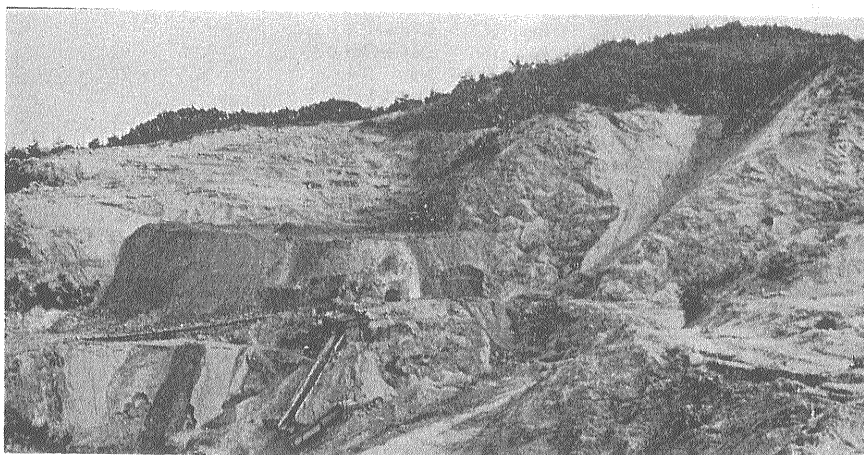
鉱石の焼成試験には パーナー 電気炉などを使用するが 膨脹する温度は低い方がよいことはもちろんである。このとき未膨脹の粒が残っても数%程度ならば問題はないが これも少ない方が望ましい。焼成品の色は白色か僅かにピンク色程度であること 原石の分析値でCaO が 1% 以下であることなども必要である。

終りに本文の作成について 通産省軽工業局窯業建材課小松技官 三井金属鉱業KK 小野田セメントKKから種々とお教えを賜ったこと および図表の一部を借用させていただいたことに対してお礼申上げる。

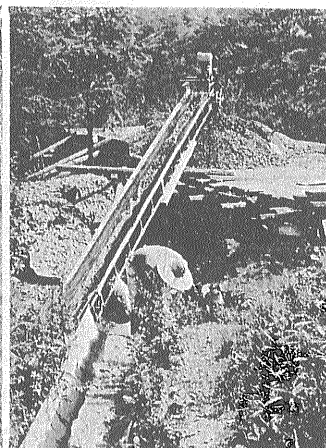
なお文献としては 次のものを参考とさせていただいた

伊藤(コンクリート用骨材 1957)平賀・篠沢(軽量コンクリートの施行 1960)桑原(パーライト資源探査上の二三の問題 1961)奥海・丹野、奥海・島崎、本多(東北の工業用鉱物資源 第1輯 1961)河野(地調報 126号134号) Bates (Geology of the Industrial Rocks and Min-erals, 1960); U. S. Bureau of Mines (Minerals Year-book, 1957-1960); Mining Journal, Annual Review, (1959-1960); The Canadian Mineral Industry (1960)

(筆者は 鉱床部)



パーライトの露天掘 剥土にはブルドーザーが活躍する



山元の水洗作業 採掘された鉱石は水と共に桶を流れて洗われ ベルトコンベアで積込台へ送られる