

産業廃棄物の有効活用に関する研究(第2 報)

— 軽量骨材化技術 —

諏訪 幸雄* 仁平 敬治* 児玉 弘人*

1. 緒 言

当所では最終処分場の確保難から処理対策を急がれている産業廃棄物の再活用化に関する一連の研究を行っている。第1 報では無機系産業廃棄物を人工軽量骨材として再活用すべく、基礎試験を実施し、産廃物の性状や軽量化の基準となる発泡性等について報告した。その後筆者らば基礎試験を踏まえて、原料処理、造粒、さらに焼成における工程で実操業に準ずる設備、ロータリーキルンで軽量骨材の試作を行っている。実験では大量に排出されている採砂場廃泥と石材加工スラッジを使い、絶乾比重 $1.10\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率 8.3% の軽量骨材が得られている。また、造粒方法や焼成条件等の操炉技術についても検討したので報告する。

2. 実 験

2.1 産廃物の種類と前処理

実験に使用した産廃物は採砂場の水洗廃泥及び石材加工時の研磨スラッジでどちらも大量に排出され処分に困窮しているものである。石材スラッジと採砂廃泥の化学組成¹⁾はシリカ、アルミナの

含有量では大きな差異はないものの、鉱物組成で解るように石材加工スラッジは、黒雲母、長石、珪石を主要鉱物とするが、採砂廃泥は他にカオリナイト鉱物を含み、加水混練により粘性を発する。粒度分布を図1 に示す。粒度は両試料ともほぼ $0.6\sim 50\mu\text{m}$ 間に分布するが石材研磨スラッジの方が全体的に若干細かい。

軽量骨材化の配合は表1 とした。調合量は全量で 20Kg とし、軽量骨材用にはこの他に発泡剤として木炭 1% 、及び弁柄 2% を添加した。混練は水分 15% 程度の加水状態で、ロールクラッシャーを使い十分混練した。造粒は皿型造粒機を使い $3\sim 20\text{mm}\phi$ の粒度範囲で造粒し、乾燥後融着防止材として 2% の蛙目粘土をまぶし、焼成実験用試料とした。

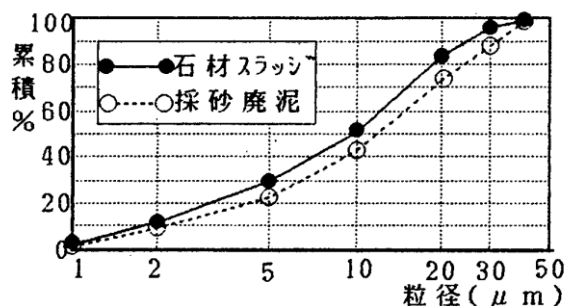


図1 粒度分布

表1 骨材の配分表

試料 No	1	2	3
石材スラッジ	30	50	70
採砂場廃泥	70	50	30
木 炭	1	1	1
弁 柄	2	2	2
まぶし粉(蛙目)	2	2	2

2.2 造 粒

造粒は配合後乾燥した粉末試料を、皿型造粒機に投入し、皿の回転と共に、試料が上から下に落下する際の雪玉効果により、粒を成長させるものである。

噴霧する水の量と、粉体の投入時期の調整でほぼ希望の粒径が得られる。

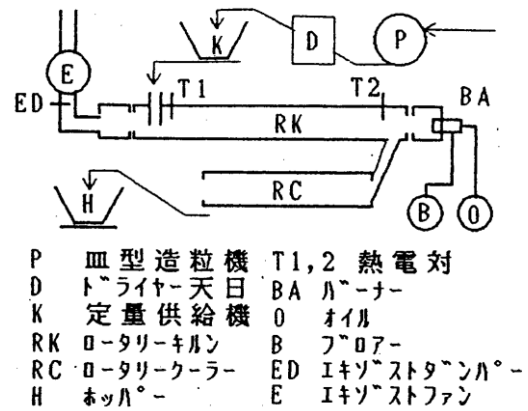


図2 焼成装置の概略

2.3 ロータリーキルン焼成装置

図2 に試作に使用した焼成装置の概略図を示す。キルン本体は図3 に示すように400φ×4000mm の回転炉で2%の傾斜勾配を有し、回転により焼成物が炉内を移動する。キルンの回転数と焼成物の炉内通過時間は図4 の関係にある。また、炉内温度勾配は、焼成温度が1150℃の場合は原料投入口でおよそ700℃となる。従って700+1150℃間の昇温速度も併せて図4 に示す。

焼成は灯油バーナーを用い、燃焼室で熱風を発生させ、炉内に送り込む。炉内温度は試料の入口と出口部分の2箇所熱電対を挿入して測定した。焼成温度及び雰囲気調整はバーナーに送る油量と二次空気量でコントロールした。炉内への試料の投入は、大量試作の場合は一定量を炉内に投入する定量供給装置から、また少量の場合は手作業により投入した。焼成試料はキルンの真下に並設された水冷式ロータリークーラーで冷却され、製品貯蔵ホッパーにベルコンで搬送される。

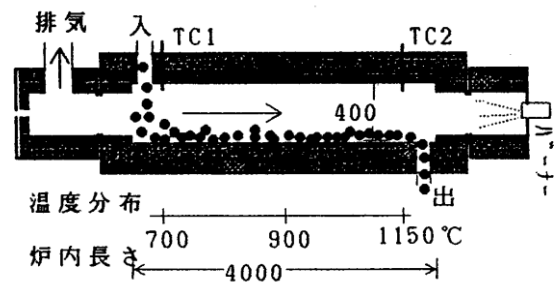


図3 ロータリーキルン概略図

3.実験結果及び考察

3.1 配合率と絶対乾比重および吸水率の関係

キルン回転数2.5 回/分で試作した軽量骨材(粒径5~15mm)の絶対乾比重、吸水率を表2 に示す。

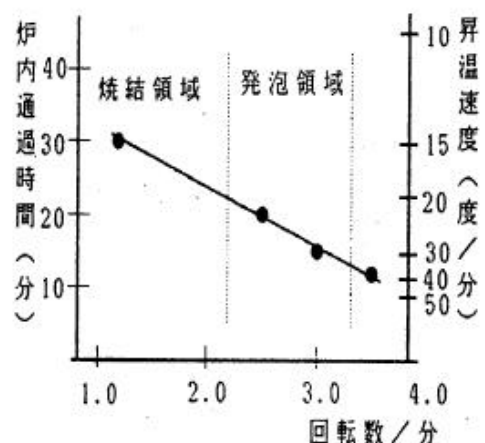


図4 キルン回転数と通過時間及び1150 度焼成における昇温速度
焼結・発泡流域

発泡はおよそ1120℃から認められるが、キルン内部を常時観測し、粒同士の融着がなく骨材の発泡状態が最も良好な温度で焼成した。試験結果では採砂廃泥:石材スラッジが70:30,50:50,30:70%の配合で、絶乾比重がそれぞれ1.07,1.14,1.46g/cm² また吸水率が8.3,6.4,6.5%の軽量骨材が得られた。

ロータリーキルンでこのような焼結骨材を焼成する場合、特に注意を要するのには炉内での骨材同士の融着である。融着は素地組成に関係し、特にアルカリ成分の含有量に左右される。試験焼成した3 配合は、石材スラッジが多くなるほどアルカリ成分が多くなり、素地の耐火度が低く、かつ焼成温度幅が少なく焼成が難しくなる。実験した配合でもNo3 配合は融着しやすく焼成しづらい。このため焼成温度もNo 1 配合に比べると10t 程それぞれ低い。これは調合試料の化学組成からもNo2,3ほど溶融剤のアルカリ成分が多くなるので判断できる。

表2 軽量骨材の材料

試料 No	1	2	3
絶乾比重 g/cm ²	1.07	1.14	1.46
吸水率 %	8.3	6.4	6.5
焼成温度 °C	1140～1150	1130～1140	1130～1140
キルン回転/分	2.5	2.5	2.5

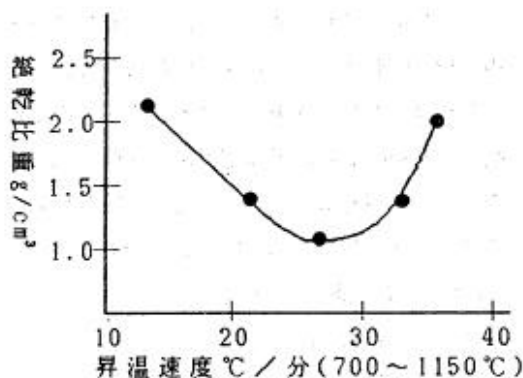


図5 昇温度速度と絶乾比重

3.2 加熱速度と発泡性

配合No2 の試料についてロータリーキルン内の通過時間即ち加熱速度と絶乾比重の関係を示したのが図5 である。図から焼成速度が発泡性に関して大きな要因となることが判る。すなわち700t 以上の焼成温度領域で20～35℃/分の加熱速度で発泡を確認した。毎分20℃以下では試料の組成が発泡領域にあっても発泡は起こらず焼結してしまう。昇温速度は本ロータリーキルンからすれば図4 に示すような回転速度と炉内通過時間となる。

3.3 骨材粒径と発泡性

ロータリーキルンでの焼成では粒径も発泡性に大きく関与する。キルンの回転速度2.5/分の場合、粒径5～10mm の粒径物が発泡が顕著に認められ良好であった。粒径5 mm 以下の小さな粒は表面の焼結と並行して内部で発生したガスの拡散がおこってしまうのと、10mm 以上の大きな粒は内部への熱伝導が遅れるため、ガスの発生以前に焼成が終了し、炉外に排出されてしまうことによる。このため軽量骨材の焼成にあたっては、粒を-5mm,5～10,+10mm 程度に分級し焼成温度と焼成速度を変える必要がある。小さな粒は焼成温度を30℃程低く、また大きな粒は焼成時間を長くとる必要がある。

3.4 市販人工軽量骨材

産廃物を軽量骨材としてリサイクリングする場合、現在の軽量骨材市場の動向と今後の見通しを分析することは重要である。人工軽量骨材は、土木・建築資材としてその軽量性が評価され、昭和47年度には185 万 m^3 が製造された。しかし、昭和48年、53 年のオイルショックを境に大幅に減少した。そのため昭和53 年には6 社あった生産企業も現在は3 社になっている。この需要の減少も昭和61 年を底に回復に向い、高層ビルの需要増に伴い、平成3 年度は107 万 m^3 となっている。

需要は、高層用軽量コンクリート、軽量コンクリートボード等に順調で品不足である。価格はメーカー出し10,500 円/ m^3 を基準としている。

現在製造されている人工軽量骨材は、天然産の膨張頁岩を原料とするメサライト(日本メサライト工業56 万 m^3 /年)、及びアサノライト(日本セメント社46.2 万 m^3 /年)で、97.5%の市場シェアを占める。

表3 で両社の製品と当所での試作品の絶乾比重と吸水率を比較する。市販品は絶乾比重1.20～1.34 g/cm^3 、吸水率7～13%で、いずれもJIS-A-5002 構造用軽量コンクリート骨材で規格化されたM 種に相当する。

本研究で汚泥から試作された軽量骨材の品質は、比重や吸水率の点では、市販品と同等以上で十分にJIS 規格のM 種に相当するものである。

3.5 軽量骨材製造プラント及び製造コスト試算

汚泥から人工軽量骨材の製造は図6 の工程となる。特に原料が汚泥の場合は、調合・混練処理と造粒に十分なる設備投資が必要である。また煙道廃熱を使った乾燥装置や廃ガス洗浄装置も必要であろう。試算によれば、当面の製造量として3,000t/月のプラントを考えると建設費に約5 億円程度と予測され、これはレンガやタイルの窯業製品プラントと比べて1/5 程度である。また製造コストについて、軽量骨材では、ロータリーキルンの採算ベースが500t/日と言われ、10,000 円/t 以上を見込む必要があろう。

表3 市販品との性状比較

	絶乾比重 g/cm^3	吸水率 %
メサライト	1.24～1.34	7.0～13.0
アサノライト	1.20～1.30	9.0～11.0
当所試作品	1.10～1.20	6.4～8.3

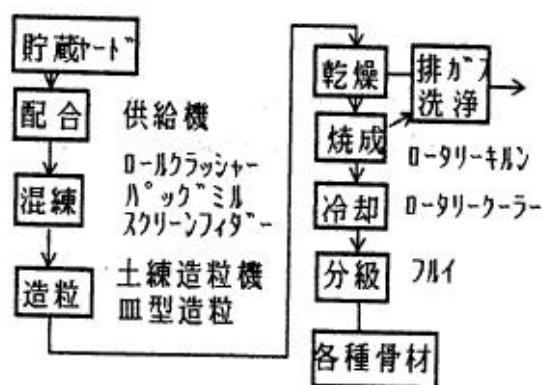


図6 製造工程

4.結 言

研究では採砂廃泥と石材スラッジから人工軽量骨材を製造出来ることが確認できた。品質も良質で処分場の確保に困窮している産廃物のリサイクル方法としては、有望な手段と思われる。今後は実際にコンクリートへの配合試験を行い、軽量コンクリート強度等の実用化試験が必要である。また、発泡材に使用した木炭、弁柄さらにまぶし粉の蛙目粘土類を、産廃物から調達すべく、浄水汚泥やガラススラッジの活用も検討したい。また軽量骨材商品開発の方向は、絶乾比重 1.0g/cm^3 以下の超軽量骨材、製品としては軽量コンクリートの他、大型PC パネルへ需要拡大が考えられることから、5年度以降のテーマとなろう。

参考文献

- 1) 産業廃棄物の有効活用化に関する研究(第1 報) 茨城県工業技術センター報告 第19 号
- 2) 市場調査 トータル資源研究所 219 16 人工軽量骨材