

産業廃棄物の有効活用に関する研究（第 1 報）

一軽量骨材化技術一

諏訪 幸雄* 仁平 敬治*

児玉 弘人*

1. 緒 言

産業廃棄物は、産業発展のバロメーターと言われ、産業界は高度成長するにつれて膨大な量を何ら処理することなく排出し続けてきた。しかし今日に至って、これが日本ばかりでなく、世界的にも大きな環境問題となり、処理対策を急がれていることは周知の通りである。我が県は、従来からこれらの産業廃棄物処理には、処理業者が埋立地を確保し投棄してきたが、今後の処分地確保は、地域住民の同意取得が義務付けられ、一層困難になっていることから、再利用、再資源化研究が早急に望まれているところである。

当所は以前から採石場廃泥などの珪酸質産廃物を瓦、タイルおよび陶管等の窯業製品へ活用を図ってきた。しかし使える廃泥および使用量が限定され、かつ排出量に比べ極く少量しか使用できないことから、新たな活用の方策を検討していた。そこで今研究では、窯業土石業界から大量に排出される廃泥類である右材加工研磨スラッジ、採石場廃泥またセメント二次製品工場ノロ等の廃棄物、さらに浄水場および下水処理場脱水汚泥等の環境廃棄物など無機質産廃物を焼結技法により、無害な骨材へと変換し、土木用や園芸用土等への大量活用を図るものである。

第 1 報では発泡軽量骨材化への基礎研究について報告する。その結果右材スラッジや採石廃泥の一部には単体で発泡組成を有し、大量に主原料として活用できるものや、反面下水処理場焼却灰やセメントノロのように CaO 成分を多く含むものは、数%しか調合できないことも判った。また電気炉での焼成試験によると、有機物の含有量や焼成条件によっては比重 1.3g/cm^3 以下の発泡軽量骨材が得られ、今後口 - タリザルンを使った大量試作への良いデーターとなった。

2. 産業廃棄物の種類と産状

活用化研究で対象としている産廃物の排出状況は次のようである。

2.1 石材加エスラッジ

県西地区の石材加工業者が特産の花岡岩や輸入外国石材を建築材や墓石に研磨加工する際排出されるもので、平均粒子径が 0.02mm 程度の微粒子の石材粉である。試料は真壁町塙世石材加工団地のスラッジを使用。

2.2 採石場廃泥

河川や山の堆積砂利層から玉砂利や砂を採取する採石業から排出される。骨材を水洗しながら各粒

* 窯業指導所技術指導部

度を選別する回転フルイの、最も細かいサイズを通過した泥水をサイクロンで沈降濃縮させた後、ケーキ状に脱水したもの。脱水設備を持たない企業は廃泥ダムに投棄。また岩石から骨材を製造する砕石業からは砕石廃粉と呼ばれる微粉が出る。いずれも用途があまり無く、砂利の採掘後に投棄されるが、水を含むと泥状になる。

2.3 コンクリート二次製品工場からのノロ

特にヒューム管製造業から排出される。遠心力による締め固め工程で、余分な水分と共に排出される軽質の微粉骨材やセメントのノロ。

2.4 浄水場汚泥

公共用上水道用原水の浄水過程で除去された汚泥物質。河川と湖水系によって汚泥の質が異なる。

2.5 下水処理場焼却灰

公共下水道の浄化過程で発生する沈澱汚物を焼却炉で灰化したもの。研究に使った産業廃棄物の種類と排出量を表 1 に示す。

この中で上水道汚泥は、茨城県企業局の鹿島、利根、那珂、及び霞ヶ浦の各浄水場から採取した。また下水道の焼却灰も利根および鹿島浄化センターから採取した。

表 1 廃棄物の種類と排出量

産廃物名	種 類	場 所	排出量(年)
石材加工スラッジ	石材廃泥	真壁郡	50,000 t
久の浜廃泥	採石廃泥	いわき市	96,000 t
大久廃泥	"	"	50,000 t
塚田砕石粉	砕石廃粉	新治郡	39,000 t
コンクリートノロ	工場廃泥	土浦市他	30,000 t
上水場汚泥	浄水汚泥	県内 4 地区	11,540 m³
下水場焼却灰	"	県内 2 地区	3,500 t

3. 実験方法

3.1 発泡軽量化機構

原料が焼成加熱されて、適当な粘性を持った融液が生成されたとき、ガス発生物質が存在し、ガスが発生、融液がガスを取り込んで膨張し、多泡体を形成することによる。発泡骨材に関しては数多くの研究が報告されており、発泡機構に係わる要因は次のようである。¹⁾²⁾

1) 化学組成：発泡に適した融液を生成する原料の化学組成は SiO_2 - Al_2O_3 - Flux の三成分系座標中に示す Riley の組成範囲が一般的である。³⁾すなわち SiO_2 60～70%， Al_2O_3 15～25%， Fe_2O_3 5～10%， $\text{CaO} + \text{MgO}$ 0～6%， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 3～4% (図 1)

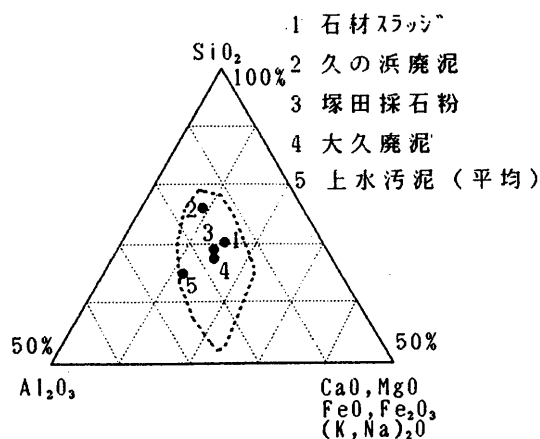


図 1 発泡範囲 (Riley) と廃棄物組成

- 2) ガス発生成分：発泡に関わるガス発生物質とガスの種類は表 1 のようである。
- 3) フラックス成分：融液の表面張力や粘性に影響を及ぼし、気泡の発生やその生成速度を調節する鉄やアルカリを有する鉱物。
- 4) 焼成条件：焼成時の温度、時間、炉内雰囲気。

3.2 産業廃棄物の化学成分および鉱物組成

化学分析は 100 で乾燥後、蛍光 X 線分析装置を使い、ガラスビート法により測定した。また強熱減量は磁性ルツボに測り取り、電気炉で 1000 に加熱後、1 時間保持による減量とした。産業廃棄物化学組成をの表 2 に示す。また Riley の組成範囲図上にプロットすると図 1 となる。

表 2 産業廃棄物化学分析値

組 成 試料名	成 分 %											
	lg. los	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TOTAL
石材スラッジ	1.23	67.95	14.36	3.36	0.21	0.10	3.18	1.39	3.26	3.38	0.09	98.51
久の浜廃泥	4.51	70.54	14.55	2.83	0.26	0.08	0.61	0.54	2.61	1.28	0.02	97.83
塚田砕石廃粉	1.74	68.19	16.36	4.53	0.37	0.10	1.55	1.79	3.27	2.88	0.17	100.95
大久廃泥	6.01	62.79	16.87	6.02	0.39	0.16	1.52	1.64	2.43	1.64	0.10	99.57
コンクリートノロ	11.62	19.78	5.33	2.26	0.12	0.12	49.61	2.57	0.41	0.56	0.09	92.47
鹿島上水汚泥	27.54	71.66	16.59	4.00	0.15	0.86	1.10	0.60	0.53	0.84	0.86	97.19
利根上水汚泥	29.68	55.14	27.73	7.34	0.36	0.55	1.91	1.33	1.38	1.34	0.93	98.01
那珂川上水汚泥	10.40	65.19	17.32	6.50	0.38	0.20	1.67	1.78	1.91	1.66	0.22	96.83
霞ヶ浦上水汚泥	27.50	57.79	27.10	7.00	0.40	0.58	1.31	1.23	0.88	0.79	0.88	97.96
鹿島下水焼却灰	10.69	0.00	14.01	5.90	0.67	0.06	44.72	1.42	0.00	0.49	6.81	84.77
利根下水焼却灰	2.93	4.98	7.46	8.01	0.18	0.21	44.84	1.91	0.13	0.47	9.22	80.34

この結果、石材スラッジや大久廃泥および塚田砕石粉は組成範囲中のほぼ中央に位置し、発泡には有利な組成となっているが、一方久の浜廃泥や下水処理場焼却灰はアルミナやアルカリが多く、範囲から外れうまく発泡出来ない組成となっている。

3.3 発泡試験

産廃物の単体と配合試料について、電気炉焼成による発泡軽量化試験を実施した。試料は手練りにより粒状に成形、乾燥後予めおよそ 1000° C の温度に加熱済みのシリコニット電気炉に投入、さらに所定の温度に急速に昇温後さらに 30 分の温度保持を行い、発泡状態の観察と比重を測定し軽量度の比較をした。その結果石材スラッジ及び大久廃泥は単体でも発泡性を示すが久の浜廃泥は焼結が促進する（図 2）。このため発泡骨材の主原料を石材スラッジと粘土質の大久廃泥とし、両者を 5 : 5 で調合試験に供した。下水焼却灰以下の廃棄物は組成が Riley の範囲内で添加剤的に使用し、軽量化にどのように関わるかを試験した。配合を表 3 に示す。また焼成性状を図 3 以下に示す。

CaO 成分の含有量が多い下水処理場焼却灰およびセメントノロの添加は、共に 3%の添加量に再軽量点が生ずる。(図3, 5)。上水汚泥は1200℃焼成で4%以上の添加が見込める(図4)。木炭の添加は発泡軽量化に大きく貢献する(図6, 7)。

表3 発泡組成の配合

	1	2	3	4	5
石材スラッジ	50	50	50	50	100
大久廃泥	50	50	50	50	
下水焼却灰	0~9	2		2	
上水汚泥		0~8		4	
コンクリートノロ			0~9		
ベントナイト					2
木炭				0~2	0~3

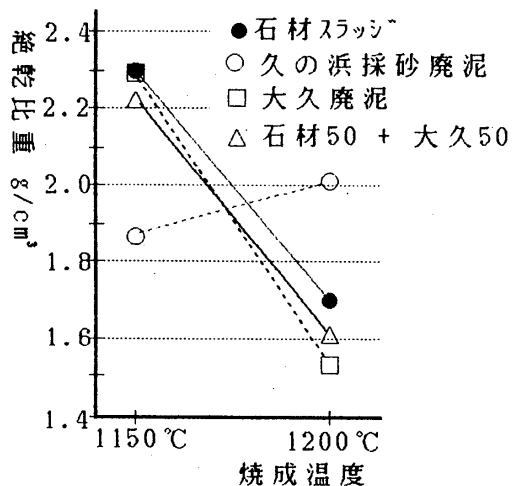


図2 産廃棄物の焼成性状

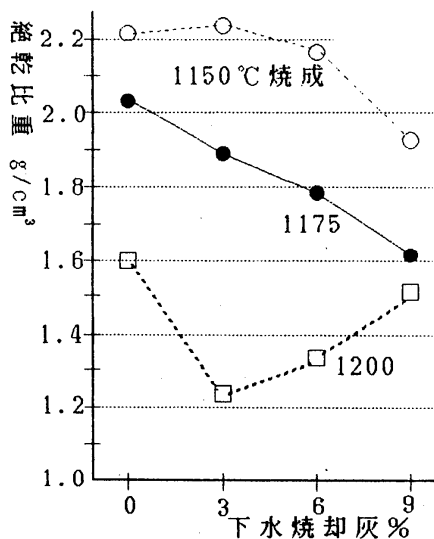


図3 調査1の焼成性状

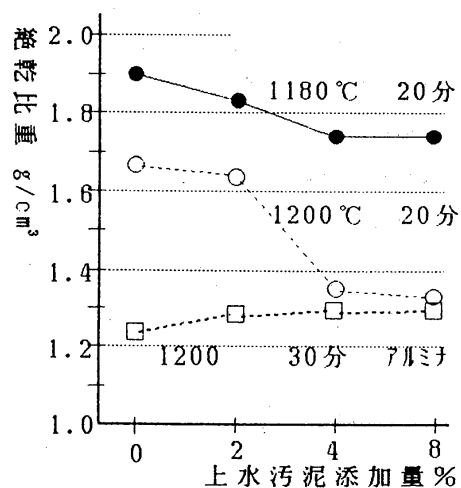


図4 調査2の焼成性状

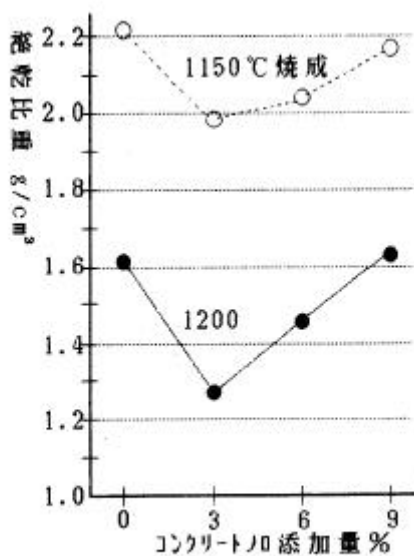


図5 調合3の焼成性状

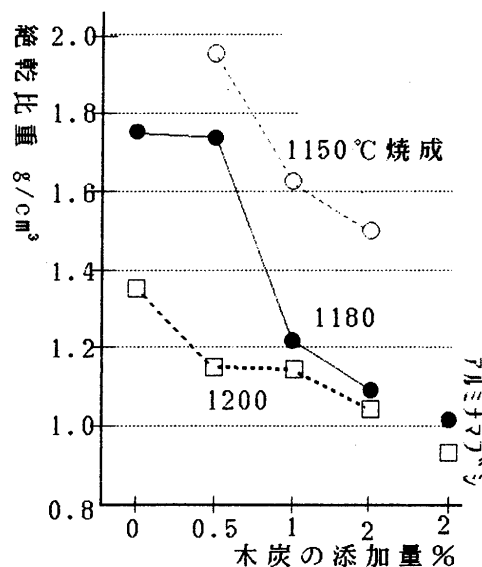


図6 調合4の焼成性状

5. まとめ

- 1) 石材スラッジ、大久及び塚田砕石廃泥は発泡組成にあり軽量骨材の原料として適する。
- 2) 下水焼却灰やセメントノロ等の CaO 成分を多く含むものは、数%程度しか配合できない。
- 3) 木炭などの有機物を 1~2%添加することによって発泡を促進することが出来る。
- 4) 加熱温度は 1000 以上で 10~20 / 分の急速加熱が必要である。
- 5) 骨材表面の融着防止には、シリカやアルミナまたは蛙目粘土をまぶし粉として使用すると効果がある。

- 6) 今後の進め方としては、実操業に近い装

置(ロータリーキルン)によって軽量骨材の大量試作試験を実施し、焼成技術の蓄積と土木用骨材、園芸用土としての評価試験を行う。

参考文献

- 1) 河村光隆：「軽量骨材の発砲」表面 VOL. 9, NO6. P39
- 2) 近藤：「人工軽量骨材に関する基礎研究」セメント技術年報 NO8, P457~467 (1964)
- 3) Riley, J. Am. Cer. Soc., 34, 121 (1951)

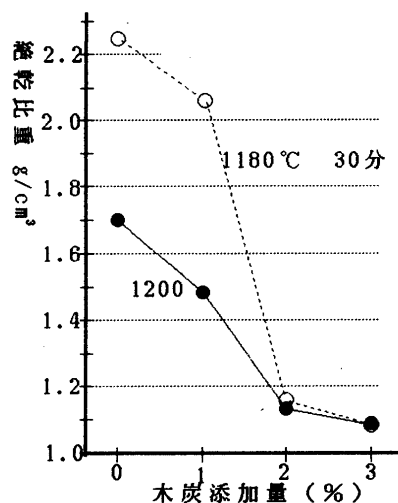


図7 調合5の焼成性状