

環境問題とガラス固化

長岡技術科学大学 環境建設系
松下 和正

Preparation of Glasses from Wastes for Environmental Management.

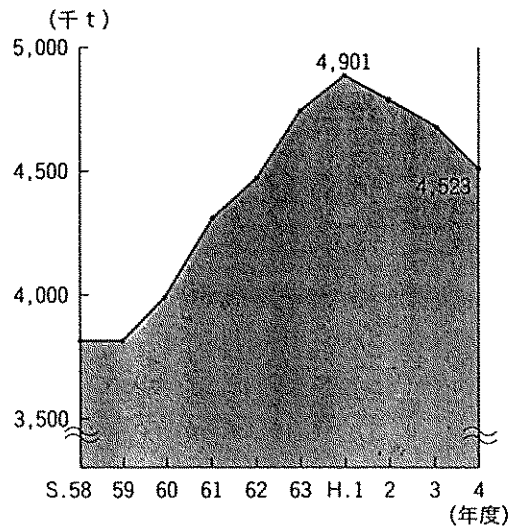
Kazumasa Matusita

Department of Environmental Engineering,
Nagaoka University of Technology.

1. 廃棄物発生量と処分場

社会活動、市民生活を営むうえで、ごみなどの廃棄物は必ず発生するが、人口密集度が大きくなるにつれ、さらに経済規模が拡大し生産、消費量が著しく増大するにつれて、廃棄物処理が深刻な社会問題となってきた。環境問題に関する多くの解説書ですでに指摘されているように、その量が少なくまた自然界に存在する物質であれば、廃棄物は自然界のサイクルの中で処理される。しかし最近の科学技術の発展と大量生産、大量消費、大量廃棄社会の実現、さらには激しい人口増大などにより、発生する廃棄物の量は自然界サイクルの許容量をはるかに越え、またプラスチック、フロンガスなど自然界に存在しない化学物質が合成され、自然の力では決して分解処理のできない物が多くなった。これらはより安定で、より化学的耐久性が高く、より安価で、より価値の高い化学物質の合成を追求した近代化学の輝かしい成果であるが、それが環境問題として深刻な問題となったのは皮肉でもある。

図1は東京都における最近のごみ発生量を示したものである [1]。この図を見ると、ごく最近ごみの量が減っているように見えるが、これ



近年減少に転じているのは、「東京スリム」作戦の成果と景気後退の影響が。

Fig.1 東京都におけるごみ（一般廃棄物）量の推移（文献[1]より引用）

はいわゆるバブル経済の崩壊により消費が少なくなったためとも考えられる。ここに示したのは、家庭から出る一般廃棄物であり、事業所から出るいわゆる産業廃棄物の量はこれより一桁多く、日本全体ではさらにその10倍程度のごみが発生する [1-3]。その他にも建設現場から発生する大量の建材廃棄物や下水汚泥などがある。これらの廃棄物は焼却などの中間処分をした

後あるいは種類によっては直接投棄により埋め立て処分されている。埋め立てするための最終処分場は有害物質、危険物質が周囲に浸出しないように管理する必要がある。そのための費用も莫大である。しかし残された処分地は年々減少し、新たな埋立地の確保は多くの社会的事情でますます困難になっている [1-3]。このままの状態が続けば、廃棄物を捨てられない日が近いうちに来るであろう。あるいは日本中が廃棄物で溢れることになるかもしれない。

埋立地が確保されているとしてもごみ処理には費用がかかる。図2は、京都市の例で、ごみ1トン进行处理するに要した費用を示したものである [3]。ごみの種類にもよるが1トン当たり5万円近くかかっており、そのうちの多くが収集運搬の費用である。原油1トンあたりの値段は1万円程度であり石炭1トンは6千円程度であろう。同じ1トンで比較すると貴重で有限な地下資源の方がごみよりはるかに安い。製品を製造する企業は厳しいコスト競争にさらされていると聞かすが、製造コストよりはるかに高くつく製品使用後の処理費用を無視し、自治体の税金で肩代わりさせている。したがって現在まで常識とされている製造コスト算出法はバランスを欠いた実情に合わないものであり、コスト概念の見直しをすべきであろう。

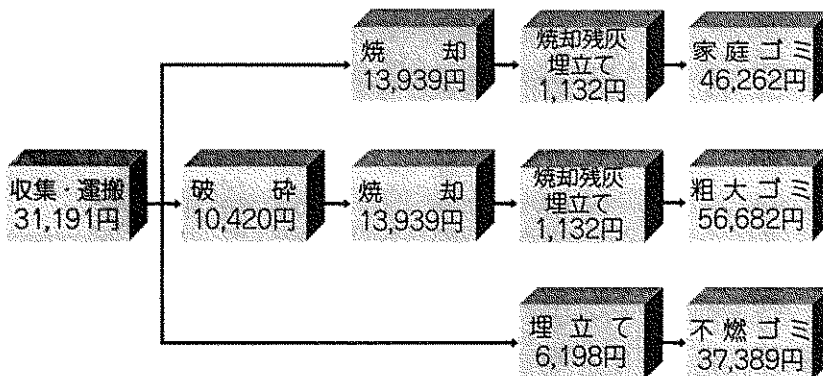
このように廃棄物処理には高いコストがかか

るため、廃棄物の発生量を大幅に減らすことが大切である。また同時に資源として再利用する工夫が望まれる。例えばごみの焼却熱を利用して発電する試みがいくつかの自治体で行われている [3, 9, 10]。最近のごみは紙やプラスチックの割合が多く、比較的高い燃焼熱を発生するため発電効率は比較的高く、焼却施設内で使用する量より多くの発電ができ、電力会社に売却している例もある [3, 9, 10]。焼却により地球温暖化の原因とされている CO₂ ガスを発生するが、電力とする分だけ火力発電所で消費する石油を節約できるはずである。

ごみを燃やした後に残る焼却灰の主な化学組成は SiO₂ を主成分とした酸化物である。また下水汚泥も有機物質と水分を除くと土壤の組成とよく似ている。これらの物質は比較的容易に熔融することができ、融液を冷却することによりガラスが得られる [4, 5]。したがって捨て場所に困るこれらの廃棄物をガラスあるいはセラミックスの原料として再利用することが可能であろう。

2. ガラス固化の利点と問題点

ガラスは融点以上の高温で熔融し、融液を冷却固化して得られる緻密で安定な物質である。そのため廃棄物の嵩を著しく減少させることができる。また融液およびガラス状態は本質的に



備考) 京都市清掃局【平成6年度 清掃事業概要】、22頁より。

Fig. 2 ごみ1トン当たりの処理原価(京都市・1992年実績)文献 [3]より引用

は液体状態である。したがって結晶固体に比べて溶解度が非常に高く、多くの種類の物質を多量溶解することができる。廃棄物は一般に種々雑多な物質が混合しており、この点でガラス化は大きな利点がある。セラミックスのような多結晶体では粒界に不溶成分が集まり、そこから有害成分が溶出する可能性があるが、ガラスは組成にもよるが一樣均質な物質であり、溶出性が低い場合が多いと考えられる。また融液を徐冷するかあるいはガラスを再加熱して、より強度の高い結晶化物材料を作ることにも可能である。この場合、有害成分の析出と溶出には注意する必要がある。

ガラス固化の問題点としては、エネルギー大量投入プロセスであることが挙げられる。すでに述べたように廃棄物には収集運搬などに費用がかかっており、さらに熔融のために多大のエネルギーを消費することが全体のシステムとして合理的かどうかの評価が今後必要であろう。したがってこのような安定無害ではあるがコストのかかった固化体は最終処分体として投棄するのみでなく、多くの用途に再利用すべきである。

3. ガラス固化体および結晶化物固化体の応用と問題点

表1にガラス固化体として処理されている廃棄物の例を示した。廃棄物のガラス固化体としての処理方法についての個々のケースはこの特集で詳しく紹介されている。

Table 1 Examples of Wastes processed into glasses.

Cullet and glass debris
High-level nuclear Waste
Sewage sludge
Incinerator ash
Waste rock (granite etc)

この中で高レベル放射性廃棄物のガラス固化体は再利用することではなく、放射性物質が減衰するまでの非常に長い期間、放射性危険物質が溶出しないよう安全に貯蔵することを目的としている。

ガラスカレット、屑ガラスなどのリサイクルは使用されたガラスの再熔融であり、ガラスの再生資源として重要である。しかし実際には非常に面倒な問題があり、多くのガラス製造現場で技術開発の努力が続けられている[4, 7, 8]。

表2にこれら固化体の応用例を示す[4]。道路整備舗装用の路盤材として使われる例が多いが、さらに他の物質と混合してタイルなど内外装用建材も製造されている。またガラスウールとして保温材あるいは複合材料として断熱材、プラスチックボード、スラグペーパーなどへの応用も試みられている。今後さらに応用開発が進展することが望まれる。

一般に廃棄物は種々雑多の成分を含むため、

Table 2 Examples of Application of Waste Glasses.

骨材	路盤材 アスファルト舗装用骨材 コンクリート骨材 埋め戻し材、裏込め材
ブロック類	コンクリートカラー平板 道路用ブロック 透水性歩道用ブロック インターロッキングブロック
高付加価値製品	舗装用焼成タイル 人造石、カラー石 テラソータイル ロックウール 断熱材 スラグペーパー 地盤改良材

見かけがくすんだ色調をしており、得られるガラスは黒色不透明で光吸収係数が異常に大きい場合がある。化学試薬を原料として同じ組成のガラスを作ると着色の程度が非常に小さい。廃棄物ガラスの着色原因の解明は非常に興味がある [6]。

5. コストの社会的、政治的問題

これらの応用に対する最大のネックはコストであろう。コスト低下への努力は非常に熱心に行われているが、現在のコスト概念のもとでは、新しい資源を原料とする製品に比べ、廃棄物を原料とする製品の価格は高く品質が劣るのは当然である。また製品に対する溶出性、安全性に関する規制も厳しく、消費者が購入、使用を嫌がることも多い。

地球上の天然資源は有限であり、また原料を採取することによりその場所の自然環境は損なわれる。原料採取により受ける環境損傷を修復するのに必要な費用は一般に製造コストに算入されていない。また使用済み製品を廃棄処分するのに必要な費用も製造コストに算入されていない。現在廃棄物処理は市町村などの自治体の責任で行われており、その費用は自治体の予算、すなわち税金で賄われている。

現在、われわれの社会においては、ものを購入する時に代価を払い、それにより生じる個人の所有権を保護している。他人の所有権を侵せば犯罪とされる。しかし所有権を放棄する時、すなわちものを捨てる時にはその代価を払う必要がなく、そのために生じる社会的迷惑に対しても犯罪と見做す意識はないかあっても非常に低い。一般的な社会通念では、捨てるものに金をつぎ込むことは馬鹿馬鹿しい。しかし大量消費、大量廃棄社会ではこの通念は余りに不合理

である。

したがって社会全体のトータルシステムから考えると、リサイクル製品は必ずしも高いとは言えない。今後は廃棄物処理に要する費用を、リサイクル製品の価格に考慮すべきであり、リサイクル製品に対する社会的認識の新たな確立が望まれる [1, 2]。

参考文献

- 1) 田中勝：「廃棄物学入門」、中央法規出版（東京 1993）。
- 2) 寄本勝美：「ごみとリサイクル」、岩波新書（1990）。
- 3) 室田武：「地球環境の経済学」、実務教育出版（東京、1995）。
- 4) 「ガラス化技術を応用した廃棄物処理方法の調査研究報告書」、日本機械工業連合会およびニューガラスフォーラム（1995）。
- 5) 松下和正、白垣信樹、佐藤隆士、小松高行、桃井清至：廃棄物学会論文誌、Vol.6, 66（1995）。
- 6) 杵淵順弥、小出学、松下和正：日本セラミックス協会 1996 年会講演予稿集、p509（横浜、1996 年 4 月）。
- 7) 斎藤寿：「ガラス製造の現場技術、第 2 巻、熔融技術と環境問題」、pp.323-348, 日本硝子製品工業会（東京、1993）。
- 8) 青山裕：「ガラス製造の現場技術、第 2 巻、熔融技術と環境問題」、pp.349-373, 日本硝子製品工業会（東京、1993）。
- 9) 西口信幸：廃棄物学会誌、Vol.6, 205（1995）
- 10) 折田寛彦：廃棄物学会誌、Vol.6, 229（1995）