

環境とガラス

長岡技術科学大学 環境・建設系

松下 和正

Glass Material for Environmental Management

Kazumasa Matusita

Nagaoka University of Technology

近代工業，大量生産の発達により，私達の生活は質，量ともに著しく向上した。大量生産方式の発達はそれ自身非常に意味があり，素晴らしいことではあるが，それは私達の日常生活で非常に多くの物を所有し，また短い期間で買い換えることを前提にした社会の構築でもある。生産プロセスおよび買い替え期間の短縮が非常に多くの廃棄物を生じ，自然界にない物質を自然界に大量に放出することにより，厳しい環境問題が生じた。自然界にない物質でもそれが少量であれば，周囲に影響を与えることなく分解されることが多い。しかし大量に排出し，また分解速度の著しく遅い廃棄物の蓄積は人間を中心とする生物環境に多大な影響を与える。

少し前まで，環境問題に配慮することはコストがかかり，製造生産にはお荷物であるとの認識が強かった。しかし，最近の環境問題への社会の関心の深まりにより環境への配慮は企業などの社会的義務になってきた。

ガラスと環境のかかわりには二つの側面がある。一つはガラス製造における問題。もう一つはガラス材料の特徴を生かした環境問題処理法の開発である。それらを表1および表2に列

挙してみた。

表1 ガラス産業における環境配慮技術

1. ガラス製造プロセスにおける CO₂ 発生量の削減
 - (1) 酸素燃焼
 - (2) 減圧脱泡
2. ガラス製造プロセスにおける有害物の除去
 - (1) 清澄剤 As₂O₃ など
3. ガラス製品の原材料からの有害物除去
 - (1) 酸化鉛を含まない低融点ガラスの開発
4. ガラス製品のリサイクル
 - (1) ガラス瓶のリサイクル
 - ・カレットの回収と分別
 - ・LCA
 - (2) ガラス繊維製造
 - (3) 廃ガラスの他用途利用
5. 環境適合ガラス製品の製造と技術の開発
 - (1) 複層ガラス，熱線反射ガラス
 - (2) 軽量ガラス瓶
 - (3) リサイクルしやすい着色法の開発

表2 ガラスとしての特性を利用した廃棄物処理

1. ごみ焼却灰の熔融固化
2. 下水汚泥の熔融固化
3. 高レベル放射性廃棄物のガラス固化

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1

長岡技術科学大学

TEL & FAX 0258-47-9636

E-mail: matusita@nagaokaut.ac.jp

1. ガラス製造における問題

ガラス製造はエネルギー大量消費産業とみることができるだろう。その面からは炭酸ガスの発生量を抑制することが大きな課題である。このためには燃料の選定と効率的な熔融条件の設定が重要である。ガラス熔融に限らず、一般にオイル、天然ガスなどを熱原料とする高温炉では酸素燃焼が広まっている。酸素燃焼普及には酸素ガスを簡単に安価に得る技術が不可欠である。ゼオライトに窒素を吸着させオンサイトで酸素ガス（93-95%）を得る PSA 法の発達により酸素燃焼が可能になった。従来の燃焼方法と比較すると、酸素燃焼のほうが運転コスト、炉の建設コスト、炉の解体修理において廃棄物の減少など価格的にもはるかに有利である。すなわち環境に配慮した技術が価格も安くなる例である。またガラス製造プロセスで清澄（気泡の除去）段階に時間がかかり、この段階で多量の燃料を消費する。この清澄プロセスを効率的に短時間で行うために減圧脱泡が開発された。融液上部の気圧が低くなるほど気泡が除去されやすい。約 0.1 気圧程度に減圧する融液は 5 m ほど上昇するが非常に短時間に気泡が除去され、その分燃料消費が少なくなり、炭酸ガス発生量も著しく少なくなる。

次に製造プロセスに有害物質を発生あるいは環境に排出しないことである。以前はガラス清澄剤として亜ヒ酸が使用されていた。現在では酸化アンチモンあるいは硫酸塩に置き換わっているが、まだ事業所によってはさらに検討する必要があるだろう。

ガラス製品中に含まれる有害物質の代表例が酸化鉛である。特に低融点ガラスのほとんどは多量の酸化鉛を含有している。低融点ガラスは主に封着に使用されており、回収は困難である。したがって酸化鉛を含まない新しい低融点ガラスの開発が急務である。このような新しい低融点ガラスとしてすでに市販されている物もあるが、従来の酸化鉛含有低融点ガラスに比べ

ると使用しづらいことが多く、さらに開発する必要がある。鉛と鉛化合物の問題はガラスのみでなく、電気製品のはんだや電子セラミックスでも同じ問題あるいはもっと厳しい問題を抱えており、技術情報の連携も必要になるかもしれない。

製品として使われた後の処理も環境問題では非常に重要な問題である。ガラスの化学組成、成分はほとんどすべてが酸化物で、地殻を構成している化学成分とよく似ている。化学的耐久性に優れており、リサイクルも容易である。ガラス瓶製造では原料のうち 70% 程度が市中から回収したカレットであり、投入原料のうち新しい原料は 30% 程度である。ガラス繊維では投入原料のうち 90% 以上が回収カレットで、新しい原料投入量は 10% 以下である。しかし窓ガラスや自動車用ガラスでは回収カレットはほとんど使用されておらず、近い将来の大きな問題であろう。今のところ法律では建築物、自動車からリサイクルすべき品目としてガラスは指定されていない。現在の建築物、自動車の解体方法ではガラスを分別することが困難であるが、近い将来、工法が改良されるに従い板ガラスのリサイクルが大きな課題になる可能性がある。

容器として使われている材料はガラス、プラスチック、アルミニウム、鉄、紙などである。容器のリサイクルのついては特に LCA 解析などが行われている。これらの材料の中でそのまま再使用できるのはガラスのみである。何度か再使用した後に容器工場で原料としてリサイクルされる。どの材質の容器が環境に適合しているか、特にリユース、リターナブルの特徴を強調した LCA 解析がさらに発展させることが大事であろう。

市中から回収されたガラスカレットは、ガラス以外の金属、陶磁器などの異物質を除去し、色を分別する。これらの分別技術は進歩した。残された問題のうち大きなものはパイレックスガラスのようなホウ珪酸塩ガラスの分別であ

る。このガラスは熔融温度が高く、ソーダ石灰ガラスに混入すると再熔融プロセスに問題を発生させることが多い。しかしソーダ石灰ガラスとホウ珪酸塩ガラスは外観はまったく同じであり、分別が困難である。この両者の分別技術が大きなテーマである。

2. ガラス材料の特徴を生かした環境問題処理法

ごみ問題など廃棄物処理は埋立地の不足などで社会的に大問題である。できるだけ廃棄物を少なくすることはもちろん必要で重要なことである。さらに環境化学の立場からはこれら廃棄物をいかに安定で体積の小さいものに変えるかが重要である。

ガラスは原子配列がランダムであり、熱力学には液体とみなしてよいであろう。液体の特徴は溶解度が高いことである。またガラスの化学的耐久性は他の物質に比べて高い。この特徴を生かして廃棄物処理に使われる。

我々の日常生活や産業活動により生じるごみは著しく多量で、焼却後に残るごみ焼却灰も著しく多量である。また下水施設の整備が進み、下水処理場で生じる下水汚泥の量も多量である。これらの化学組成は主に SiO_2 , Al_2O_3 , CaO である。さらに Fe_2O_3 など種々の少量成分が含まれている。これをそのまま 1400–1500℃ で熔融冷却するとガラスになる。熔融固化により廃棄物の嵩容積は著しく小さくなり、さらに化学的に安定な物になる。熔融プロセスは外部から新たなエネルギーの投入を少なくするよう、焼却熱の利用など焼却システムの設計が行われている。生成したガラス固化体をそのまま外に放置してもよいかもしれないができれば再利用したい。今のところ、これら廃棄物固化処理ガラスの用途は主に路盤材や建設資材として

使われているが、今後さらに広い範囲で使用できるよう開発中である。

原子力発電はウランの分裂により放出されるエネルギーを用いて発電する。ウランの分裂生成物はほとんどが放射性物質で、いわゆる高レベル放射性廃棄物と呼ばれるものである。この廃棄物もガラス固化体として処理されることはすでによく知られている。現在では廃棄物を 10–20% 含むホウ珪酸塩ガラスとして固化処理されている。この処理法が原子力発電の成否に関する重要な問題であり、国家的エネルギー問題に直結している。

3. 結 び

ガラス製品は脆性材料であり、一般には機械的性質に問題があるが、化学的、光学的諸特性は非常に優れたものがある。また熱力学的、原子構造的には液体であり、これが他の物質にはない大きな特徴を有している。いろいろな意味でガラスは環境問題のキーマテリアルである。

一般にガラス研究者はニューガラス開発、製造プロセスに従事しているが、廃棄物処理などにはかかわっていない。

廃棄物処理は雑多に混在している多成分を扱う技術である。ナノ材料に代表されるファイン技術は国の将来を決める重要なテーマである。しかし同時に我々の市民生活は環境問題によって脅かされてもいる。人類にとってもう一つの重要なエンジニアリングは雑多な多成分を扱う技術であろう。廃棄物処理の固化技術は主に土木工学者、機械工学者によって進められてきた。環境問題に関わる化学者は数少ない。ガラス技術者、ガラス研究者そのものは数多くいる。環境問題に取り組む技術者、研究者が数多くなることも重要である。