特集2・無機系廃棄物の有効利用

ごみ焼却残渣リサイクルの特徴と課題

浦 邊 真 郎*

1. はじめに

一般廃棄物のうちいわゆる可燃性ごみは、そのほとんどを焼却処理によって減容化・安定化したのち、焼却残渣を埋立処分してきた。ところが、昨今の種々の課題、例えば、焼却に伴うダイオキシン類の問題、埋立処分地の逼迫、処理・処分施設建設の困難性が深刻になっており、また循環型社会形成促進法の制定に伴う3R（リデュース、リユース、リサイクル）の推進や容器包装リサイクル法、食品循環資源再生利用促進法や家電リサイクル法の施行や制定、ダイオキシン特別措置法や広域化処理体制の推進といった施策が矢継ぎ早に展開されている。こうしたことから、焼却処理システムも新たな技術的展開が求められており、発生抑制後のごみ量・ごみ質をどのように設定し、それらに対しどのような方法で再利用、再資源化、熱回収（という優先順位）の達成を図るかを明確にした計画・立案が望まれる。

すなわち、次世代のごみの処理・リサイクル技術システムは、①環境負荷のより少ない処理、②分別の推進とそれに基づいた処理、③埋立依存からの脱却、④リサイクルによる資源還元、⑤エネルギーの積極的回収、といった側面からの取り組みが強く期待されている。

本報告では、こうした観点を踏まえ、主にごみの焼却に伴い発生する焼却残渣を溶融処理してダイオキシン類や重金属類の対策を実施すると同時にそのスラグを有効利用する方法を中心に、焼却残渣の再利用やガス化溶融についても

触れることとする。

2. 焼却残渣の範囲とダイオキシン類等の対策

ごみ焼却施設でのダイオキシン類対策は、大きく燃焼制御による発生抑制対策と含有ダイオキシンの分解対策に分けられるが、今後は焼却残渣、特にばいじん（集じん装置で捕集されたもの）のダイオキシン分解対策が重要となる。さらに、ばいじんについては重金属類を比較的高濃度で含有（特別管理一般廃棄物）しているため、その対策も必要となる。

なお、焼却残渣とは、図-1に示すように、いわゆる主灰（炉底から排出される焼却残留物で、焼却灰および落下灰）、飛灰（ばいじん、ボイラー飛灰、ガス冷却室飛灰等）、排水処理汚泥のように日常の焼却操作から発生する残渣物を指すが、以下では、汚泥については発生量も少ないこと、実際にはリサイクルが進んでおらず埋立処分されたり、焼却炉で処理されたりしていることなどの点から除き、主灰および飛灰のリサイクル方法について述べる。また、廃バグフィルターや廃触媒なども焼却残渣として捉えられるが、随時に排出されることもあって本報告

注：その他に廃バグフィルターや廃触媒等の残渣が非定期的に発生する。

図-1 ごみ焼却フローと発生残渣の関連

*（株）アーシン、Shinro URABE

図-2 ごみ焼却残渣のダイオキシン類濃度¹⁾

表1 ばいじんなどのダイオキシン類対策とリサイクル方法の特徴

技術的対応法	ダイオキシン類対策	重金属類対策	リサイクルの視点
溶融	優れている。ばいじん単独では課題有	溶融飛灰の対応が必要	スラグの有効利用が進んでいる
高温焼却	分解可能	排ガスなどの対応が必要	処理物のリサイクルを検討中
焼結・焼成	分解可能	排ガスなどの対応が必要	煉瓦などへのリサイクルが検討中
還元性熱分解	ばいじんの分解法として適用	重金属類対策が別途必要	不向き
化学分解	分解可能、PCBでの実用事例がある	重金属対応法が別途必要	現状では不明
超臨界水酸化分解	分解可能、実用事例はない	不明	不明
光分解	分解可能	不明	不明
金属触媒分解	分解可能	不明	不明
水熱養生	不明	不溶化	資材化可能
セメント固化	飛散防止効果	不溶化	管理型処分場
物理選別・分別	分解できない	鉄など分離可能	直接的資材化可能
酸抽出	不明	濃縮可能	製錬工程で回収

では取り扱わない（今後の対応が望まれている）。

主灰、飛灰をリサイクルしようとする場合、飛灰（特にばいじん）を含めて対応するか、主灰のみを対象とするかによって考え方が異なる。すなわち、図-2に見られるように、現状でのばいじんはダイオキシン類を高濃度に含んでおり¹⁾、また、重金属類や塩類も多く含まれている。そのため、飛灰については、ダイオキシン類を分解、また重金属類を除去・不溶化させたリサイクル方法であることが前提となる。飛灰等のダイオキシン類や重金属対策をリサイクルとの関連で見ると、高温処理を伴わない技術と高温処理技術とに分類されるが、表1に示すよ

うな特徴から言えば、主灰と飛灰の混合の場合は溶融方式、主灰単独の場合は物理選別方式によるリサイクルが現状では実用的である。

3. 溶融方式による灰のリサイクル

主灰や飛灰は、溶融前処理工程（乾燥や破碎、塩基度調整、造粒等が挙げられるが、これらのすべての工程が必要とは限らない）を通過した後、溶融される。溶融は基本的には高温下（1300℃程度以上）でスラグとメタル（主に鉄）と塩類に分離する方法であり、表2に示すように、溶融方法やスラグの徐冷方法、溶融雰囲気、熱源の種類などから様々な方法が開発されており、それによってスラグ性状やその再利用方法なども異なる。現状の具体的な灰

溶融技術は、表3に見られるように、多くのメーカーが開発または実施に取り組んでいる。

溶融スラグの性状などについては、図-3にその一例を掲げたが、溶融方式や対象物の化学組成がスラグの物理的性状に及ぼす影響は小さいとされている²⁾。また、これらスラグの重金属の溶出やダイオキシン類含有量は問題がないとされているものの、飛灰を混合した溶融スラグでは、塩類の含有や溶出問題があり、その対応が求められることもある。

スラグの利用用途としては、表4のように土木資材や建築資材が中心となっているが、例えば、道路舗装としての施工例が現在10数箇所報告されてい

表2 焼却灰等の溶融技術の分類

分類項目	項 目
溶融方法	表面溶融, 内部溶融
溶融雰囲気	酸化溶融, 還元溶融
スラグ冷却方式	徐冷, 空冷, 水砕
溶融熱源	燃料溶融(コークス, 重油・灯油, 天然ガス等) 電気溶融(ジュール熱, プラズマ反応等) テルミット反応熱

表3 灰溶融炉の分類

溶融熱源	溶融炉の分類	開発メーカー
燃料溶融	堅型回転炉	クボタ
	横型回転炉(キルン炉)	住友重機械, 荏原
	旋回流炉	神戸製鋼, 月島, 日揮, 日本碍子, 三井造船 等
	固定炉	タクマ, 川崎重工業, 日立造船, 三菱重工業 等
電気溶融	高炉(シャフト炉)	新明和, 石川島播磨, 日本鋼管, 新日鐵 等
	アーク方式	大同特殊鋼,
	プラズマ方式	荏原, 日立造船, 三菱重工業, タクマ, 月島, 川崎製鉄, 川崎重工業 等
	電気抵抗方式 誘導加熱方式	日本鋼管, 日本碍子, 石川島播磨 住友重工業, 日本碍子 等

る。

一方、溶融工程から発生する溶融飛灰は、さらに塩類や重金属が濃縮されることもあり、それに伴い処理料金や受け皿設備の課題から、リサイクルとして実用化されている段階にはない。重金属濃縮・抽出方法、例えば酸抽出などにより濃縮した汚泥状の濃縮物を精錬工程で回収するといった研究・開発が進められている。

4. ガス化溶融炉におけるリサイクル

熱分解ガス化とは、無酸素や低濃度酸素条件下でごみを加熱し、水素、メタンや一酸化炭素などの可燃性ガスとタール・油・固定炭

図-3 溶融スラグの組成比較図²⁾

表 4 溶融スラグの利用用途³⁾

区分	使用目的	区分	使用目的
建築資材	原料 骨材 セメント原料 レジンコンクリート アスファルトコンクリート コンクリート製品 セラミック製品	土木資材	原材料 骨材 埋め戻し材 遮断層用材料 アスファルト加熱混合物 コンクリート

素（チャー）、および灰分の3種類に分解する操作である。一方、溶融とは熱分解過程で生成した熱分解ガスや固定炭素の燃焼熱を利用して、無機物を高温で溶融・スラグ化（して有効利用）する操作である。

ガス化溶融方式は、①シャフト炉ガス化溶融方式、②キルンガス化溶融炉方式、③流動床ガス化溶融炉方式、④ガス改質型溶融炉方式に分類できるが、多くの方式が開発されており、シャフト炉やキルンガス化方式など実用炉として稼働実績を有している。平成12年度の一般廃棄物（ごみ）処理施設の受注状況を見ると、20数施設でガス化溶融方式の導入が決定されるなど、ガス化溶融方式を採用する施設は増加している。

このように、焼却と灰溶融の結合方式、ガス化溶融方式といった新たな方向性が進展していく背景には、ダイオキシン対策の他に、リサイクルが大きな支点となっているといえよう。

5. 焼却灰直接リサイクル

焼却灰（主灰）をリサイクルするためには、鉄などの金属類や未燃物の低減、ダイオキシン類の除去等が必要になる。流動床炉での焼却灰などでは、磁選、非鉄選別後に破碎、粉碎、研磨

して表面に付着した塩類などを分離することから、ダイオキシン類や重金属がほとんど問題とならない処理物（製品）として、埋め戻し材や敷砂、コンクリート二次製品等に用いられている事例がある。

このような焼却灰の直接リサイクルは、物理的選別技術を中心とした方法により化学的に安定な処理物（製品）としなければならないが、最近では、エイジングを実施することにより、重金属の不溶化を進める対策が施されている事例もある。処理物の物理的性状（比重や吸水率、修正CBR等の数値等）により、利用用途が限られてくるが、スラグと異なり、路盤材や埋め戻し材が多い。

横浜市鶴見工場（ストーカ式焼却炉）での焼却灰の有効利用事業の報告⁴⁾によれば、図-4に見られるように、焼却灰を5mm以下の灰、5～25mm灰、および鉄・アルミに分けてリサイクルを行っており、5～25mm分級灰は土壤環境基準を満足しており、

図-4 横浜市における焼却灰の資源化⁴⁾

コンクリート骨材等へ利用され、鉄・アルミについても売却している。

6. お わ り に

焼却や熱分解などの熱的操作によるごみの処理・リサイクルは、今後は対象量や施設数から見れば減少することが予測されるものの、ごみの衛生管理や減容化の視点、ごみからのエネルギー回収や資源再生面からみても、必要不可欠なベースシステムであると考えられる。現在、焼却と灰溶融とを組み合わせた方式においては、酸素リッチ燃焼、高負荷燃焼といった技術開発が進んでおり、ガス化溶融の特徴とそれほど変わらなくなってくるとも言えよう。

また、ごみ処理の広域的な対応として、ごみを広

域的に収集して一括処理するのではなく、複数の焼却施設から発生する焼却残渣を広域的に収集（収集量がごみに比べて10分の1程度になる）して灰溶融する方式の検討を開始している事例もある。

参 考 文 献

- 1) (財)廃棄物研究財団：廃棄物処理残渣物のダイオキシン類対策に関する研究（平成11年度報告書），p.51，平成12年3月
- 2) 桃井清至：エコスラグ標準化に向けての取り組み，エコスラグ2000コンフェランス（平成12年度），p.33，平成12年11月
- 3) 斎藤俊一：スラグの有効利用について，エコスラグ2000コンフェランス（平成12年度），p.43，平成12年11月
- 4) 百瀬，永澤他：横浜市における焼却灰の有効利用事業，同(2)，都市清掃，48(208)，pp.489-495（1995）および51(227)，pp.568-572（1998）

アセス情報

「万博検討会議」のフォローアップ

島 津 康 男

昨年12月のBIE登録承認で使命を終わったとして解散した「万博検討会議」であるが、その合意に示された万博像、つまり環境万博と市民参加型万博が守られるかをチェックする「検討会議提案に関するフォローアップ会議」が3月22日にスタートした。28人の委員のうち、東京から来ていた委員など5人が辞退している。3月19日に最高顧問に就任した堺屋太一氏が「自然保護に神経質なばかりの今の会場計画では人が来ない。万博は文化興行であり、プロが計画すべきで市民参加など考えられない」と述べたことから、「果して協会はそれをのんで就任を依頼したのか、これまでの検討会議の流れをちゃんと伝えた上なのか」などの質問が集中したが、協会側の答えは歯切れが悪く、少なくとも最高幹部以外の現場職員は戸惑っていることがありありであった。ただ、「大阪万博で腕を奮ったといって21世紀に通用するか」の質問に、協会側は「インパクトを推進した方だ」と期待感を滲ませている。

やりとりの中でもっとも重要なのは、堺屋氏が「会場は2年あればできる。だから今からコンセプ

トを決め具体的なストーリーを作っても十分間に合う。今の計画のご破算、大幅修正は可能」と述べたことである。なぜなら、検討会議は「どんなに遅くとも12年12月のBIE総会までに会場計画をまとめねばならない」との協会側の言葉をやむなく聞き入れて、「もっと時間をかけて中身のあるものを」との検討会議内部の意見を抑えて見切り発車的に結論を出したため、文句が出るのも無理はない。ただ、これからでも遅くはないというのは正論なので、堺屋氏が6月に出すといっている結果を待つのではなく、そのプロセスを透明にすることにフォローアップ会議は合意した。堺屋氏は「1500万人しか入らないこんな狭い会場では魅力もなく、やらない方がましだ。5000万人が来るような計画にする」といっている。当然環境アセスメントもやり直しになり、逆にいえば事業アセスメントの前の戦略的環境アセスメントからはじめる必要がある、私としてはいい方向と考える。ただ、そこまでを堺屋氏が理解しているかは闇の中である。