

## 2. 特集: 可燃性廃棄物を熱利用する廃棄物焼却処理技術の動向と課題

環境・エネルギーユニット 根本 正博、客員研究官 吉川 邦夫

### 2.1 はじめに

環境分野において国民的合意がなされている最も大きな目標は、「循環型社会の実現」である。

循環の対象となるのは第一義的には一般に目に見える資源や廃棄物といった物質であり、この捉え方において、循環は「マテリアル・リサイクル」とも呼ばれる。

こうしたマテリアル・リサイクルを推進するための法整備は着々と進み、確実に成果を上げつつある。しかし、マテリアルのすべてを再利用化することは現状では技術的に難しい。そこで、マテリアルとしての再利用、再資源化が不可能なものを活用するための考え方として、廃棄物等に含まれる熱エネルギーを活用する「サーマル・リサイクル」が必要となってくる。

サーマル・リサイクルには、未利用のまま廃棄されているエネルギーの有効活用という側面もある。一般家庭及び産業活動により排出される廃棄物のうち再利用されることなく焼却処分される量は膨大であり、これをサーマル・リサイクルできれば、極めて大きな省資源効果が生ずることになる。

しかし、ここで問題となるのは、サーマル・リサイクルの基盤となる、効率的で安全な焼却処理技術の開発が十分でないことにある。

本稿では、廃棄物処理におけるエネルギー活用に軸足を置いて、サーマル・リサイクルの担い手として期待される廃棄物焼却処理技術の動向と課題を取り上げる。

### 2.2 サーマル・リサイクルに関わる現状

#### 2.2.1 廃棄物からの熱回収の現状

旧厚生省の報道発表や旧環境庁の環境白書などから、廃棄物の排出源の規模が把握できる。平成12年6月に旧厚生省が発表した統計によると、家庭等から排出される一般廃棄物は、平成9年現在で、年間5120万トンあり、国民一人が一日当たり約1.1キログラム排出した計算になる。このうち70%は直接焼却され、残りが粗大ゴミ処理処分や再資源化されている(図表1)。

この排出量を遙かに上回るのが、産業廃棄物である。同じく平成9年において総排出量は約4

億1500万トンにのぼり、そのうち直接焼却される廃棄物重量は、総排出量の43%を占め、実に約1億8000万トンにもなる(図表2)。

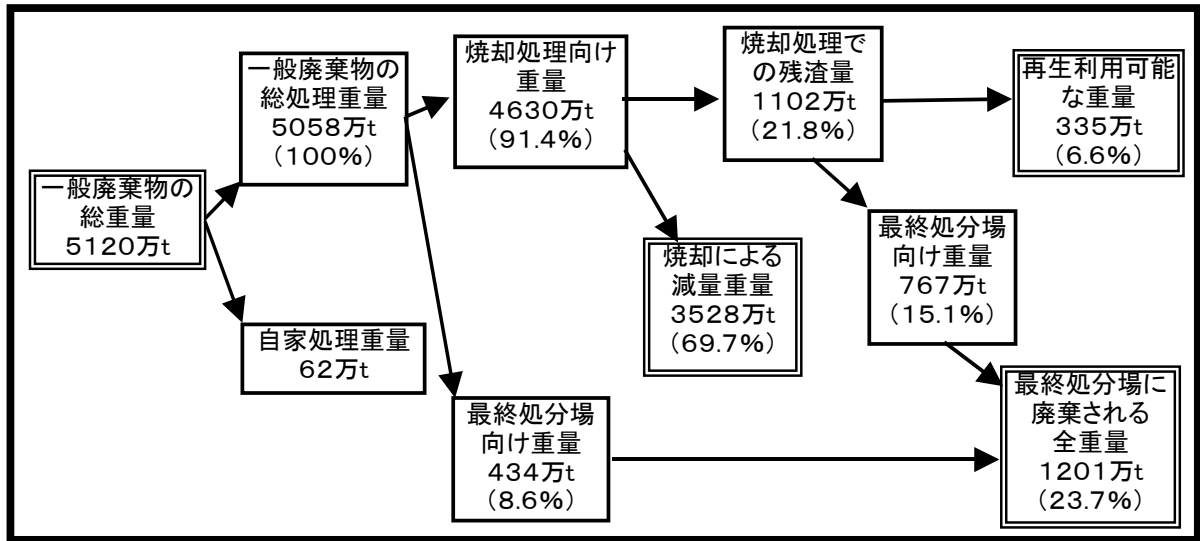
また、回収された廃棄物のうち例えば、プラスチック類についてみると、37ギガ・ジュール/トンものエネルギー含有密度を持つ。しかし、このような潜在的なエネルギーは、中小規模の簡便な焼却炉で焼却処理されており膨大な廃熱は全くと言うほど利用されていないのが実態である。

#### 2.2.2 制度面におけるサーマル・リサイクル

現在、循環型社会の推進のために法体系は整備されてきている。この体系の中で、個別商品の特性に応じた規制として、「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律(容器包装リサイクル法)」、「特定家庭用機器再商品化法(家電リサイクル法)」、「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律(建設リサイクル法)」、「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律(食品リサイクル法)」の4つの法律が制定されている。

このうち、家電リサイクル法及び建設リサイクル法においては、マテリアル・リサイクルを中心としつつ、これに加えてサーマル・リサイクルも一定の位置付けを与える考え方が盛り込まれている。但し、現状の家電リサイクル法では、プラスチック部品などを燃料として利用する熱回収(サーマル・リサイクル)の量的基準は定められておらず、廃棄物の部品や材料の再商品化(マテリアル・リサイクル)がリサイクル率で規定されている。また、平成14年4月に完全実施が予定されている建設リサイクル法では、再使用できずに、さらにマテリアル・リサイクルも技術的に困難な可燃物については、サーマル・リサイクルを行う考えがとられている。

図表1 全国の一般廃棄物処理の流れ

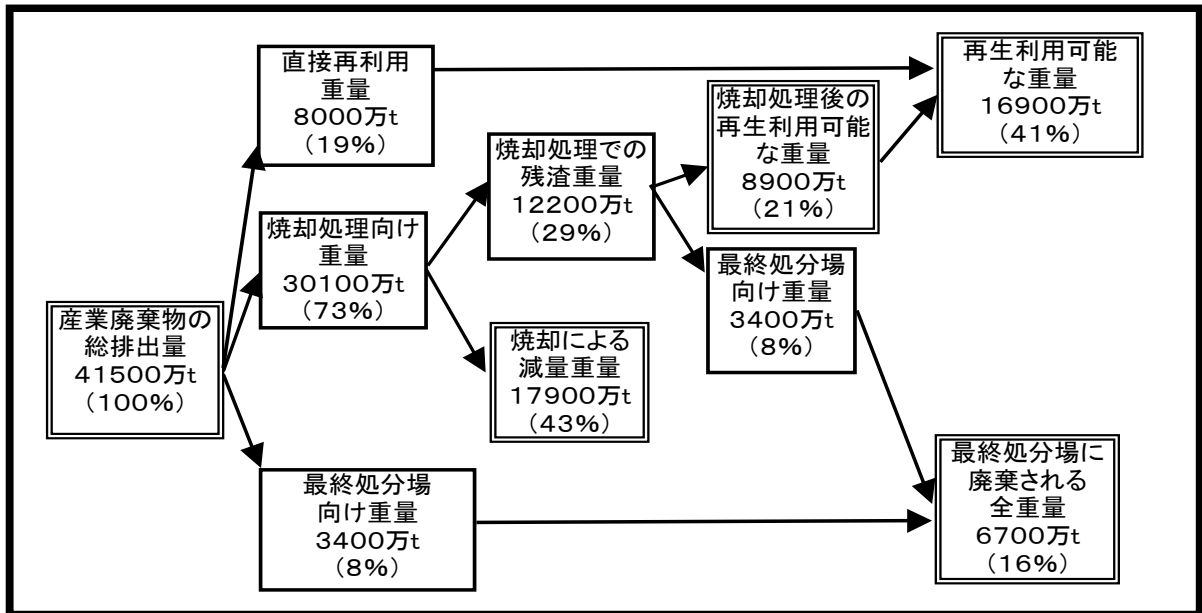


(「平成9年度の産業廃棄物の排出及び処理状況等について」 [http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1206/h0623-2\\_14.html](http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1206/h0623-2_14.html)

:旧厚生省資料を科学技術動向研究センターで簡略化して作成)

注: 計量誤差等により、一部表記の割合は一致しない。

図表2 全国の産業廃棄物処理の流れ



(「平成9年度の産業廃棄物の排出及び処理状況等について」 [http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1206/h0623-2\\_14.html](http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1206/h0623-2_14.html)

:旧厚生省資料を科学技術動向研究センターで簡略化して作成)

注: 計量誤差等により、一部表記の割合は一致しない。

## 2.3 サーマル・リサイクルを推進する焼却処理技術についての現状

### 2.3.1 固形燃料化による焼却処理方式

家庭から排出される可燃ゴミについては、図表1で示したように7割近くが焼却処分されており、「廃棄物減容化」の際にこれを熱資源として利用することが既に実用化されている。

これは、可燃ゴミからRDF(Refuse Derived Fuel)と呼ばれる固体燃料を作り、流動床炉などで焼却するゴミ発電技術である。RDFは、生ゴミを粉碎、脱水した後、直径1.5センチメートル程度、長さ数センチメートル程度のペレット状に圧縮成形されており、軽量で悪臭がない。RDF方式は、水分を多く含む生ゴミを軽量化して運搬費用を削減できるとともに、広域処理運営によって経済性を高められること、大型炉において24時間の高温燃焼運転をすることでダイオキシン類の発生が抑えられる点が特徴である。

しかし、課題として、技術面ではRDFを製造する際に粉碎機器保護のため、石などの不純物や金属類の選別除去を行う必要があること、経済面では1トンの生ゴミを処理するために灯油65リットルを必要とする(三重県企業庁の試算)など製造時のコストが高いこと、環境面では、生石灰の投入により増大した焼却灰の減容化や有効利用を図る必要があること、などが指摘されている。このように、RDF発電において、効率的なサーマル・リサイクルが行えるようになるためには、解決すべき問題が多い。

### 2.3.2 従来型焼却方式

従来数多くの焼却施設で利用されてきた方式にストーカー方式がある。これは、ストーカーと呼ばれる格子の上にゴミを載せ、下側から空気を送りつつ、順次搬送しながら燃焼させる方式である。ストーカー方式によるゴミ発電の発電効率は10~15%程度と低い。これは、①廃棄物燃焼ガスが300°Cを越える高温になると、廃棄物燃焼ガス中に含まれる塩化水素ガスや低融点のアルカリ金属塩がボイラー過熱器チューブの鋼管を腐食させ易くしてしまうことと、②ゴミを燃焼させる際に載せる炉床は燃焼温度が高くなるにつれ酸化反応で劣化しやすく、低温燃焼のほうが長時間運転できることの2点から、結果としてボイラーへ導入する蒸気温度を低く抑えざるを得ないためである。

過熱器チューブの腐食問題は、ステンレス系の新材料を開発すると共に、燃焼を低い空気比で行うなどの工夫を施すことで解決の目処がついている。また、炉床劣化問題は、炉床の構造物自体の改良に加え、

内部に水冷する構造を施して炉床の過熱を避ける工夫も複数の大手メーカーで行われている。このような改善によって、ボイラーで400°C、40気圧の高温高压蒸気を発生させて20%を越える発電効率を得るシステムも実用化されている。また、さらに500°C、50気圧の高温高压化により発電効率30%以上を狙おうとする実験も大手メーカーで行われている。

### 2.3.3 ガス化溶融炉の実用化

従来型のゴミ発電では、発電効率の低さに加えて、低温での燃焼のためにダイオキシン類が発生することなどが問題となっている。これらの問題を克服するために、「ガス化溶融炉」が約20社の大手企業で開発され、実用化され始めた。

ガス化溶融炉の基本的な仕組みは、300~600°C程度のガス化炉でゴミを加熱分解によりガス化し、次いで1200°C以上の溶融炉で溶融灰(スラグ)と鉄などの金属類を取り出す。さらにボイラーでは単純に熱を利用するだけでなく発電にも活用し、排気ガスはガス浄化装置で塩素類を、集塵機で灰をそれぞれ取り除いた後に煙突で大気へ放出するというものである。

ガス化溶融炉は、ガス化炉と溶融炉の構造によって3種類の方式に分類できる。ガス化炉と溶融炉が一体化した直接溶融炉(シャフト炉)方式、約450°Cに加熱された回転するドラム(ガス化キルン炉)中でゴミをガス化させた後に溶融炉へ導いて燃焼させるキルン炉方式、600°C程度に熱したガス化炉の下部から空気を吹き上げ炉内の高温の砂を流動させてゴミをガス化させる流動床炉方式である。図表3はこれらに共通する処理方法の流れの概念をガスに含まれる成分と合わせて示したものである。

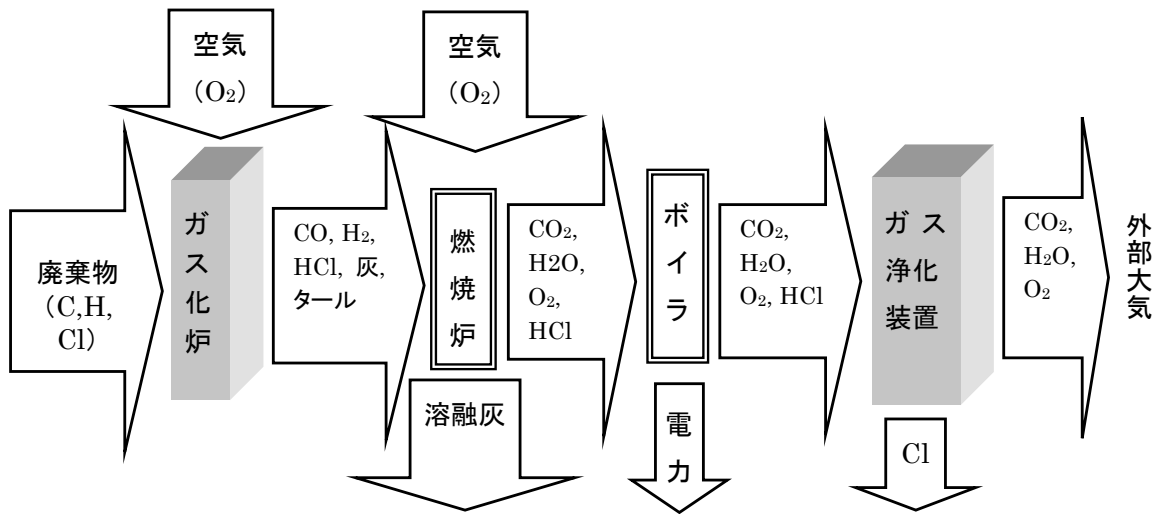
このガス化溶融炉は、旧厚生省のダイオキシン類の排出濃度低減を狙った大型炉への集約化の基本方針に従ったものとして、一日数百トン以上のゴミ処理能力を有する規模で開発されたものであり、サーマル・リサイクルの担い手としての期待が高い。

### 2.3.4 新たなガス化溶融炉技術

一方、大型のガス化溶融炉は一日数トン~数十トンしか排出しない企業や自治体での利用は困難である。これに対する技術開発の事例として、科学技術振興事業団(JST)の進める戦略的基礎研究推進事業により、東京工業大学において、小型のガス化溶融方式を基本概念とする新しい焼却技術が開発されている。

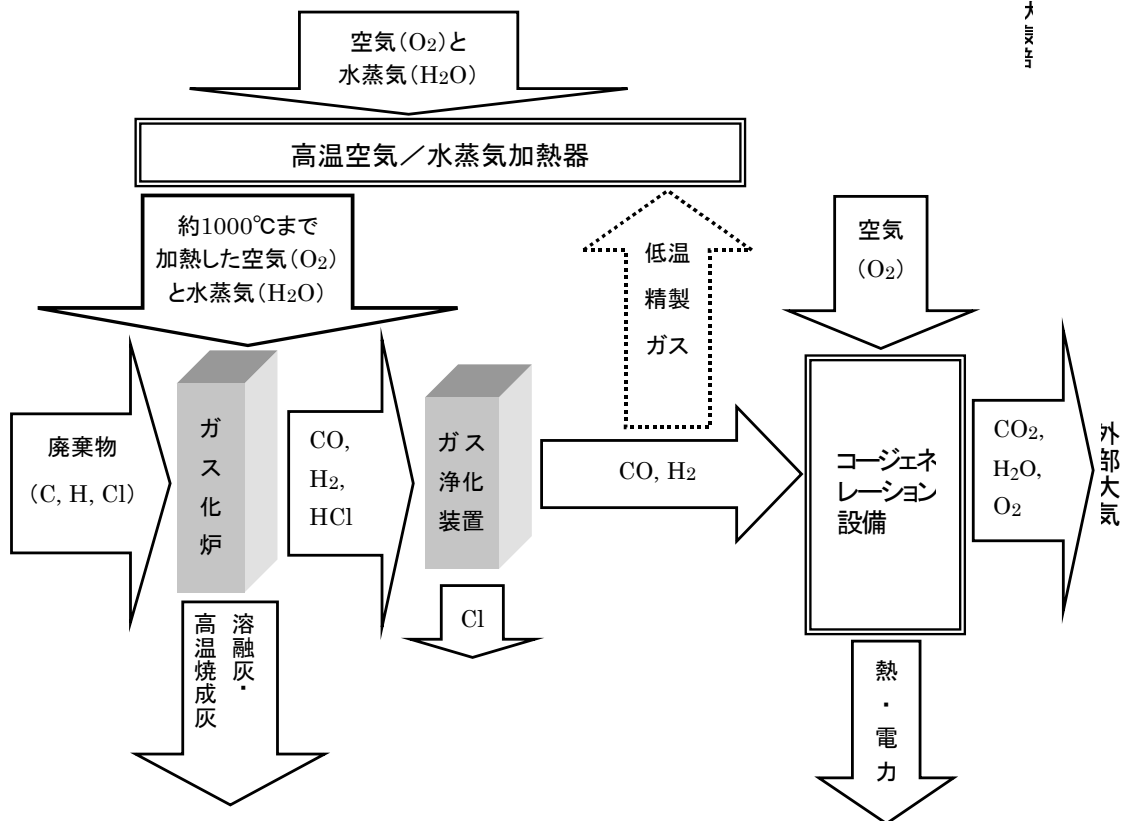
この新方式における処理方法は、図表4に示すような流れになっているが、大型ガス化溶融炉との大きな違いは、ガス化炉から取り出した高温の燃料ガスを冷

図表3 ガス化溶融炉の概念とガス種などの流れ



(科学技術動向研究センターで作成)

図表4 新しいガス化溶融発電の概念とガス種などの流れ



(科学技術動向研究センターで作成)

却・精製した後にコジェネレーション設備(エンジンや発電機)に導き、積極的に電力や蒸気等の熱源に変換するところにある。

また、約 1000°C の高温空気/水蒸気をガス化炉に導入した高温還元雰囲気であることと、図表4に示すように塩素を除去したガスをコジェネレーション設備で燃焼させる方式のため、ダイオキシン類の発生は極めて小さい。

この炉の特長は、小型であるため廃棄物の発生源に近い場所に設置でき、燃焼時の廃熱をその発生源で利用することが容易な点である。これらの特長を生かすことで、廃熱利用、そして発電にも積極的な展開が望める。工場やビル単位で設置することにより、循環型社会の静脈としての廃棄物処理体制の確立ばかりでなく、サーマル・リサイクルの役割を担った分散型エネルギー源としての活用も期待されている。

## 2.4 今後の技術開発への課題

### 2.4.1 高効率発電技術

高効率発電を目指した大型ガス化溶融炉技術の開発に対して、受け入れ側の自治体では期待が高い。さらに、中小規模の廃棄物発生者らにおいて、新しいガス化溶融技術が廃棄物処理と熱源の同時確保になるとして、期待は高まりつつある。

これらの高い期待に対して、発電効率を含むシステムとしての事業評価はこれからであり、サーマル・リサイクルの役割を担える技術なのかが問われることになる。また、新しいガス化溶融技術については、廃棄物からのガス生成、低発熱量ガスでの発電機の運転などで、解決すべき多くの技術的課題がある。中小工場や小規模の地方自治体などにおける廃棄物の場合、数トン～数十トン/日の処理が期待されることになるが、一日単位でシステムの起動・停止という運転形態も想定され、繰り返し運転への信頼性も求められよう。

### 2.4.2 周辺技術

ガス化溶融炉を代表とする廃棄物焼却炉には、サーマル・リサイクルの担い手であると同時に、環境負荷の小さいシステムであることが求められる。すなわち、窒素酸化物やダイオキシン類をはじめとする生成物質に対する監視は必要不可欠である。

環境問題への取り組みにおいて、計測技術の確立は第一に行うべきことである。特に、廃棄物焼却により生成するダイオキシン類については、未だに直接かつリアルタイムでの計測技術が開発されていない。ダ

イオキシン類濃度の直接計測にはレーザー法が有力視されており、一部民間企業の取り組みもみられる。しかしながら測定結果からの濃度評価には膨大な量の光学的分子データを整備する必要がある。

この他にも、焼却設備内に残留するダイオキシン類の除去技術など、解決が求められる課題は多い。

## 2.5 おわりに

循環型社会の推進には、マテリアル・リサイクルを進めることは当然として、これができないものを活用するサーマル・リサイクルの確立も図っていく必要がある。サーマル・リサイクルをさらに進めるためには、制度的な取り組みを進めるとともに、基盤としての技術要素を確立させることが焦眉の急である。

ガス化溶融炉をはじめとするサーマル・リサイクルのキー・テクノロジーについては、廃熱利用で省エネルギーを行う大きな役割が課せられており、環境影響を抑えつつ廃熱の有効利用を図る研究開発を着実に進める必要がある。