

1.3. 都市ごみの焼却・溶融固化処理とリサイクル

(1) ごみの収集・処理の流れ

全国におけるごみの収集・処理の状況を図13-1に示す。

ごみは家庭などから排出される一般廃棄物と事業活動に伴い排出される産業廃棄物などの総称でもあるが、これは一般廃棄物のみについて環境省が全国の市町村等に対して行った実態調査の結果である。

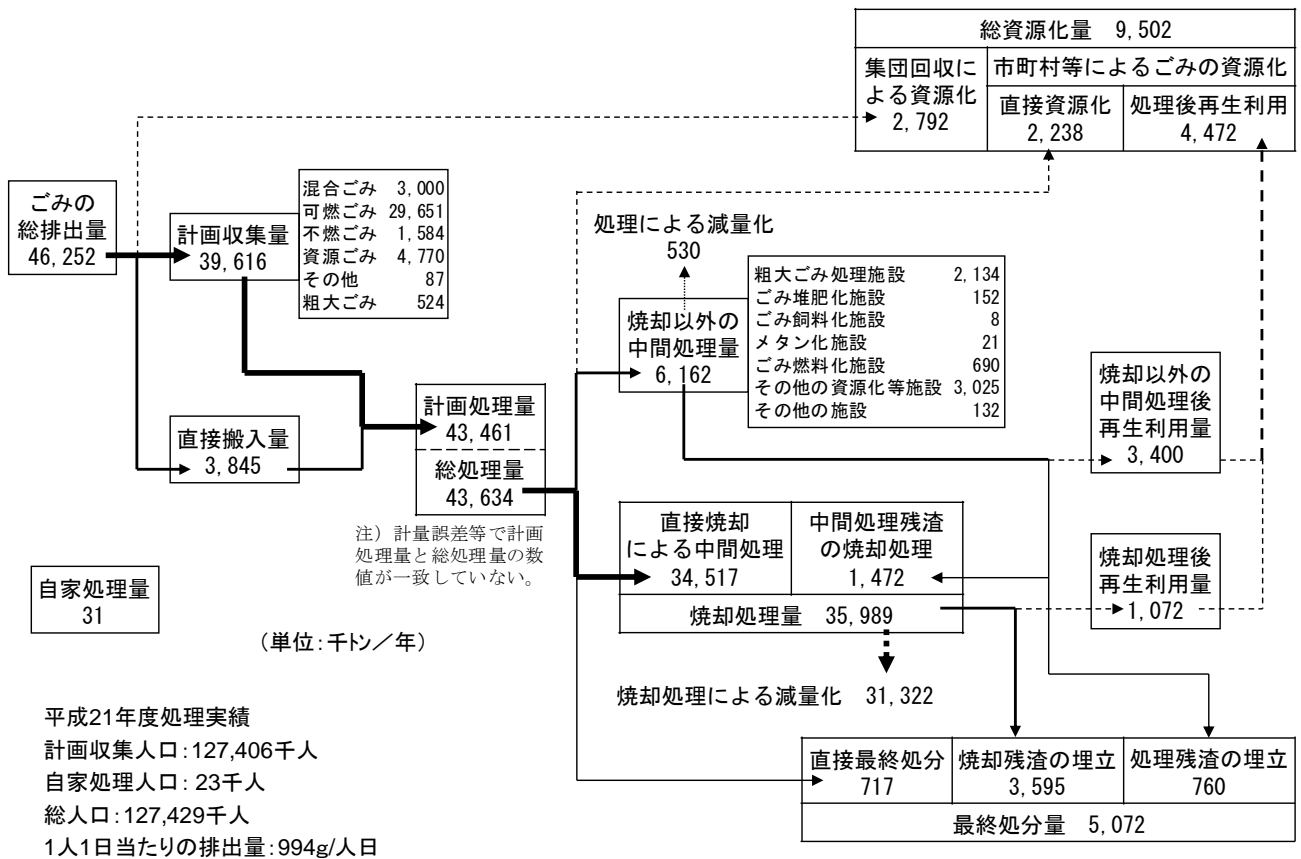


図13-1 全国のごみの収集・処理のフロー (2009年度分、環境省：一般廃棄物処理事業実態調査結果より)

2009年度におけるごみの総排出量は約4600万トであった。比重を0.3t/m³とすると、体積は約1億5000万m³で、東京ドーム(124万m³)の約120杯分に相当する。また、この年間総排出量を総人口×365日で除した1人1日当たりごみ排出量は、現状、約1kgとなる。総排出量、1人当たり排出量とも、図13-2に示すとおり、2000年度にピークを記録した後、次第に減少してきている。

図13-1中に太い矢印で示したとおり、ごみの大部分は市町村等が計画収集して焼却施設に運び、直接搬入されたごみや焼却以外の中間処理後の残渣とともに焼却処理している。焼却処理ですべてがなくなるわけではなく、焼却残渣が生じ、その大部分を埋め立てることにより最終処分している。すなわち、我が国のごみ処理は、市町村が収集して焼却し、焼却残渣を埋立処分するのが基本である。

一方、図13-3に示すとおり、集団回収による資源化だけでなく、焼却処理およびそれ以外の中間処理によって再資源化して再生利用する量も次第に増加している。そして、それに伴い、最終処分量も減少している。

2009年度の総再資源化量は950万トで、ごみ総処理量と集団回収量の合計との比(リサイクル率)は、20.5%になっている。このリサイクル率をさらに上昇させるために、焼却処理以外の中間処理量を増やす必要がある。しかし、処理施設数や処理能力は経済性などから限界がある。

最終処分量をさらに抑制するには、2009年度現在、その71%を占める焼却残渣の再資源化が必要となる。

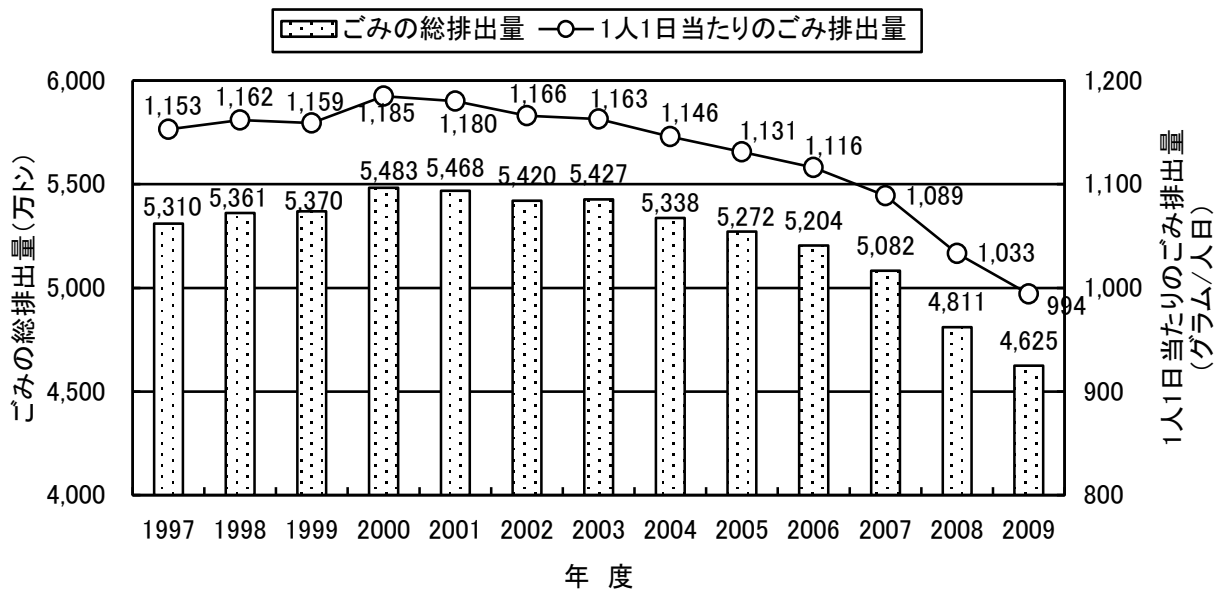


図13-2 ごみの総排出量の推移（環境省：一般廃棄物処理事業実態調査結果より）

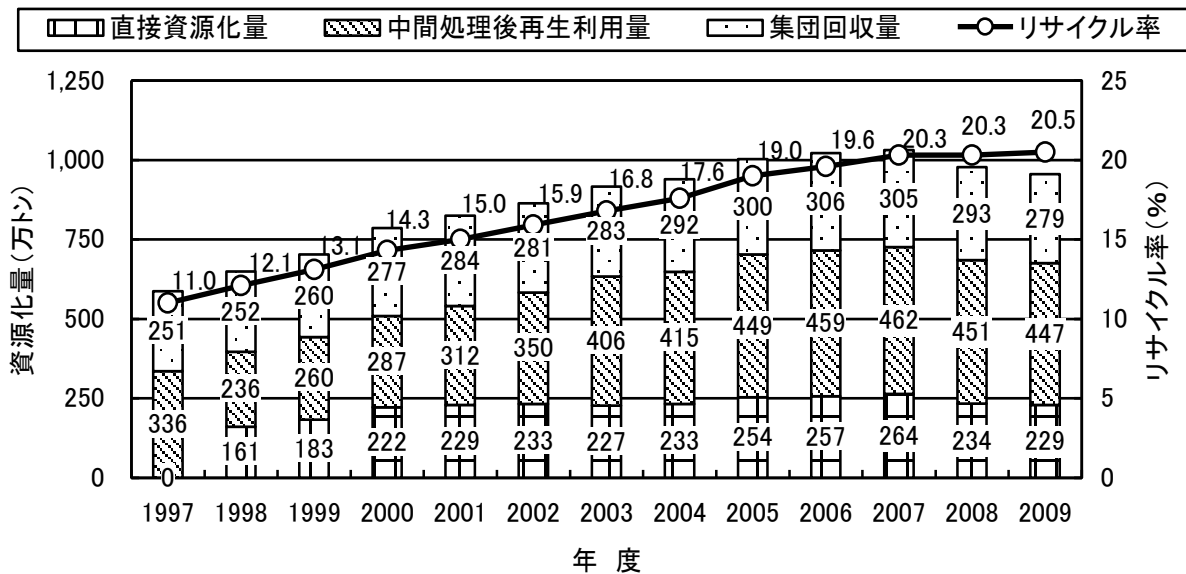


図13-3 ごみの資源化量とリサイクル率の推移（環境省：一般廃棄物処理事業実態調査結果より）

(2) ごみ資源化の現状

前節で述べたとおり、2009年度の総資源化量は950万トンであった。それらは、図13-1に示したとおり、市町村等による計画処理（直接資源化と中間処理後再生利用）または住民団体等による集団回収の結果、資源化されたものである。品目別資源化量とその内訳を図13-4に示す。

資源化品目のうち、紙類が最も多く、その内訳を見ると、集団回収による資源化、市町村等による直接資源化、そして焼却以外の処理後の再生利用という形での資源化の順に資源化量が多い。また、集団回収による資源化は、もっぱら紙類であることが分かる。

次いで多いのは金属類、ガラス類、そしてプラスチック類である。これらとペットボトル、固形燃料（PDF、RPF）の大部分は、市町村等による焼却以外の処理後再生利用という形で資源化されている。

焼却処理後の再生利用は、焼却残渣（焼却灰、飛灰）のままよりも、熔融スラグでの量のほうが多い。焼却と熔融の意味および方法については次節で詳しく述べる。

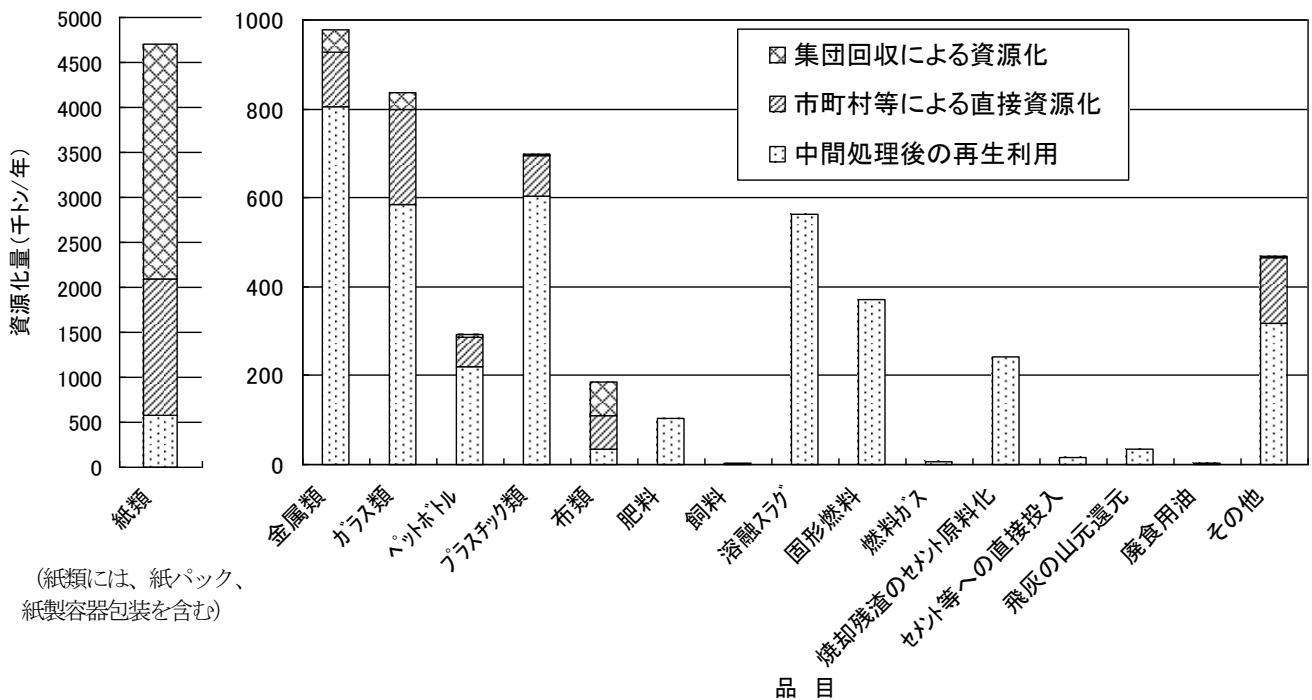


図13-4 品目別資源化量とその内訳 (2009年度分、環境省：一般廃棄物処理事業実態調査結果より)

(3) ごみの焼却・溶融固化とは¹⁾

焼却は、燃焼により短時間で可燃分を減量化するごみの中間処理方法である。焼却処理するための装置を**焼却炉**、焼却後に残る固体物を**焼却残渣**という。焼却残渣のうち、焼却炉の炉底から排出されるものを**焼却灰**、炉底に落ちず炉から排ガスとともに出て集じん装置で捕集されたものを**焼却飛灰**または単に**飛灰**という (図13-5参照)。

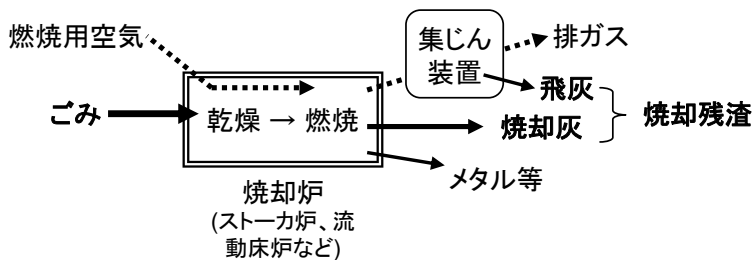


図13-5 ごみの焼却処理

溶融は、焼却温度よりさらに高い温度 (1200℃程度以上) に加熱して残渣分を液状にまですること。それを冷却すると固化する。その固化物を**溶融スラグ**と呼ぶ。また、溶融の場合も飛灰が発生し、**溶融飛灰**と呼ばれる。

溶融固化処理には、ごみをいったん焼却処理し、その焼却残渣を再び加熱、高温にして溶融させる**灰溶融**と呼ばれる方式 (図13-6参照) と、ごみ中の有機質分を低酸素状態で加熱して熱分解させて燃焼エネルギーとして利用することにより、ごみ中の灰分を高温にして溶融する**ガス化溶融**と呼ばれる方式がある。

後者のガス化溶融方式は、さらに、**直接溶融炉**と呼ばれる炉で熱分解と溶融を一体で行う方式 (図13-7参照) と**熱分解ガス化溶融炉**と呼ばれる炉で熱分解と溶融を分離して行う方式 (図13-8参照) に分類される。

熱分解ガス化溶融炉による分離方式では、いったんガス化炉でごみを熱分解させ、炭化水素、一酸化炭素、水素などの可燃性ガス (**熱分解ガス**という) を得るとともに熱分解残渣からメタルを分別し、次に熱分解ガスを利用して溶融炉で分別後の**チャー** (炭化物) を溶融する。

なお、熱分解ガスを燃焼させずに、改質、精製して燃料や化学製品の原料にすることもできる (**ガス化改質**)。ごみの溶融施設は増加し、2010年度末時点、218施設になっている。その方式別内訳を図13-9に示す。

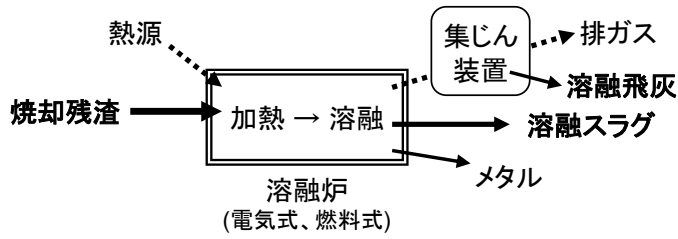


図13-6 灰溶融炉によるごみ焼却残渣の溶融固化処理

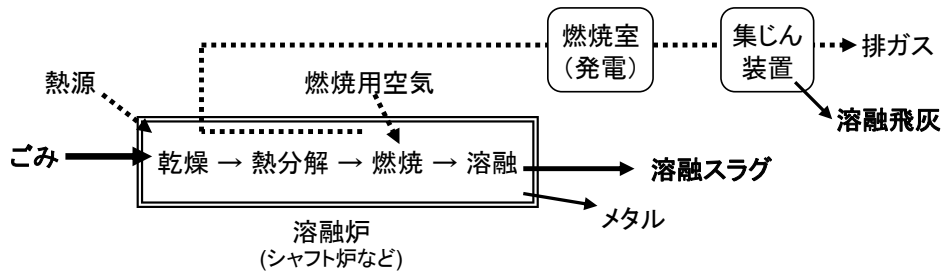


図13-7 直接溶融炉によるごみの溶融固化処理

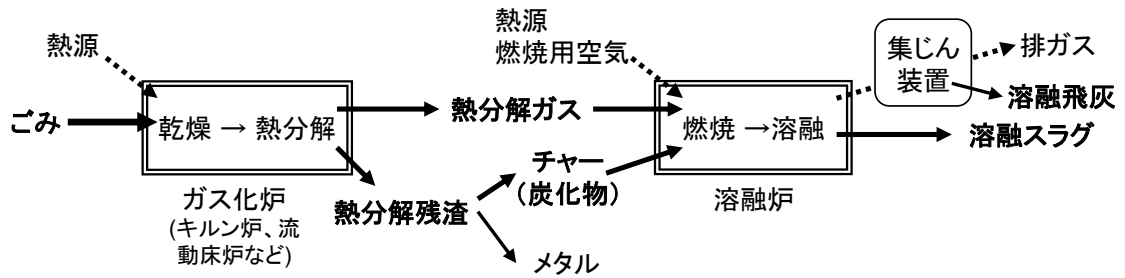


図13-8 熱分解ガス化溶融炉によるごみの溶融固化処理

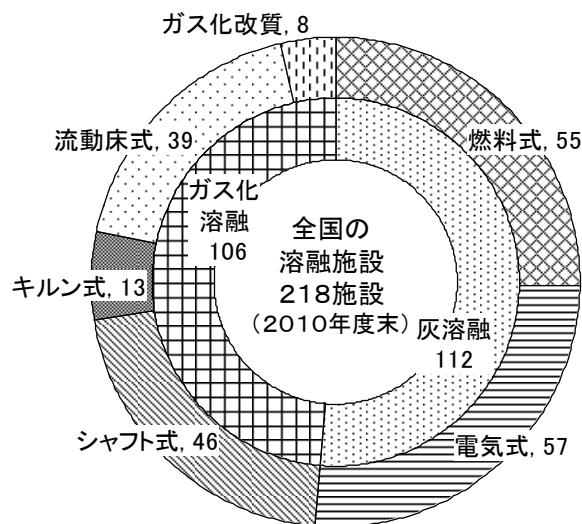


図13-9 ごみ溶融施設数の溶融方式別内訳
((社)日本産業機械工業会 エコスラグ利用普及委員会資料より)

(4) ごみ焼却残渣の有効利用技術

ごみを焼却処理する目的は、最終処分場に埋立処分するための減量化、無害化、無臭化であったが、焼却処理のみによる無害化については限界がある。焼却炉内の高温状態で有機物は無機化し、腐敗物や病原菌などの感染性物質は消滅する。その他の有害物も、分解されて無害化するものが多い。しかし、重金属類などはなくならない。むしろ、溶出しやすくなることも多い。また、焼却過程でダイオキシンなどの新たな有害物質が生成することもある。特に焼却飛灰については、そのおそれが高い。

それゆえ、通常、ごみの焼却残渣を建設工事などにそのまま資材として利用することはできない。利用するためには、さらに処理を加えねばならない。

ごみ焼却残渣を有効利用するための処理技術としては、現状、セメント原料化、溶融固化、焼成、山元還元がある²⁾。

1) セメント原料化

建設工事などで使用するセメントは、CaO、SiO₂、Al₂O₃を含有する原料（石灰石、粘土など）を混合・粉砕し、これを原料の一部が溶融する温度（1400～1500℃）で焼成して製造される。

ごみ焼却残渣は、SiO₂を多く含むので、セメントの原料として利用可能である。

セメント原料としての利用方法としては、次の2通りが考えられる。

- ① セメント工場で通常製造しているポルトランドセメントの原料の一部として利用する。ただし、ポルトランドセメントにはJIS規格があり、塩素含有量が制限されているので、塩濃度を低下させるための水洗浄などの前処理を必要とする。
- ② **エコセメント**と呼ばれる特殊セメントの主原料として利用する。ただし、現状、エコセメント工場は限られている。また、エコセメントの用途も少ない。コンクリートブロックなど、コンクリート2次製品へのエコセメントの積極的な利用が望まれる。

2) 溶融固化

前節で述べた方法で溶融固化し、建設資材として利用する。溶融固化したものを**溶融スラグ**と呼ぶこと、また溶融固化するための施設がすでに全国的に存在することはすでに述べた。

溶融後、徐冷（ゆっくりと冷却）すれば、固化して塊状になるが、通常は水を使って急冷するので、固化の際に体積変化により細かく割れて砂状になる（**水砕**という）。

水砕により得た溶融スラグは、簡単な摩砕処理により、コンクリートやアスファルト混合物の細骨材として利用できる。その品質規格はJIS化されている。

品質規格で最も重要な項目は、重金属類の溶出量と含有量である。

溶融固化は多くのエネルギーを消費して行われるのであるから、それで生成する溶融スラグは、重金属の溶出などについての安全性が確認されれば、建設工事などで積極的に利用されねばならない。

3) 焼成

焼却残渣を溶融より低い温度、すなわち融点より低い温度（1000～1100℃）で加熱して固める。**焼結**ともいう。

焼成処理により、塩素・重金属類が揮散するので、それらの安全性を確認し、建設工事で路盤材、盛土材などとして利用する。

焼却残渣を粘土などと混合し、粒状またはレンガ状に成形して焼成すると、利用しやすい建設資材となる。

4) 山元還元

焼却残渣の溶融処理によって焼却残渣に含まれている低沸点の金属は揮散する。溶融処理で発生する溶融飛灰から、非鉄金属を回収して再利用することを**山元還元**と呼んでいる。

溶融飛灰中には、鉛、カドミウム、亜鉛、銅などの非鉄金属が2～12%の濃度で含まれており、これを非鉄金属の原料として、製錬所の非鉄製錬技術で鉛、亜鉛などの単一物質に還元、回収する。鉱山や製錬所すなわち山元に戻し、有価金属として再生利用する（還元する）ことから、山元還元という。飛灰中の濃度が高いと山元還元が経済的に可能となる。

参考文献

- 1) タクマ環境技術研究会：ごみ焼却技術絵とき基本用語，オーム社，2003.
- 2) クリーン・ジャパン・センター：民間施設を活用したごみ焼却灰のリサイクルに関する調査研究報告書，2008.