

第2節 焼却残さの資源化に関する技術動向

ごみを焼却処理することに伴い発生する主灰（焼却灰）、飛灰（ばいじん）等の焼却残さの資源化方法には、セメント原料化、溶融、焼成及び山元還元があります。

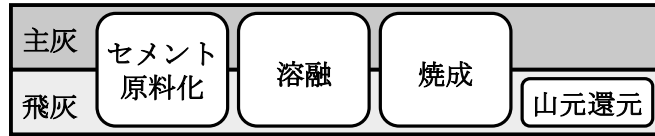


図46 焼却残さの資源化方法と処理対象物

(1) セメント原料化

① 概要

セメント原料化は、一般の土木・建築工事等のあらゆる用途のコンクリートに使用される普通ポルトランドセメントの原料として、焼却施設からの主灰及び飛灰を使用する技術です。セメント原料として利用可能な理由として、セメントと焼却残さの化学組成（ SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 等）が類似していることから、代替原料として利用可能である点が挙げられます。

セメント原料化の前処理として、主灰については異物除去、飛灰には塩素除去が必要です。セメントに含まれる焼却残さの割合は、製造工程への影響を考慮して製造されるクリンカ（セメント中間生成物）の約1～3%です。

また、セメント原料化と似た技術としてエコセメント化があります。エコセメントは日本工業規格(JIS)により、製品1tにつき焼却残さ等の廃棄物を乾燥ベースで50%以上用いて製造しなければならないことが規定されています。現在、国内で稼働中のエコセメント化施設は、東京たま広域資源循環組合が有するエコセメント化施設のみです。

② 原理

セメント原料化の原理を以下に示します。

表24 セメント原料化の原理

項目	原理
主灰処理	<ul style="list-style-type: none"> 主灰に含まれる金属や異物を、大塊除去装置、磁力選別機、篩装置などを用いて除去する。
飛灰処理	<ul style="list-style-type: none"> 飛灰に含まれる塩素を水洗により脱塩する。なお、飛灰中のダイオキシン類は、セメント製造プロセスの高温焼成工程（1,450℃）で安全に分解処理される。
塩素バイパス技術	<ul style="list-style-type: none"> セメント製造プロセスから塩素を取り除く技術。セメント（最終製品）中の塩素が過剰とならないように、原燃料中の塩素量を管理し、セメント製造プロセスから塩素を抽気しバイパスするシステムである。

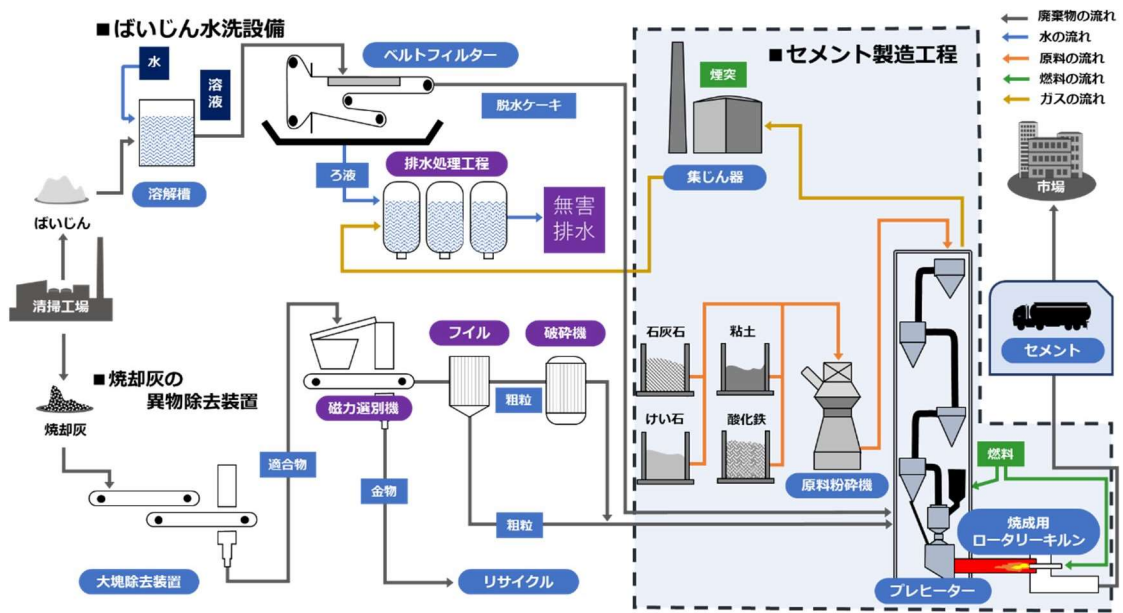


図 47 セメント原料化のフロー図

③ メリットとデメリット

セメント原料化のメリットとデメリットは以下のとおりです。

表 25 セメント原料化のメリットとデメリット

メリット	<ul style="list-style-type: none"> セメント製品は一般土木資材であり、既存の流通ルートでの販路が確保できる。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 焼却残さの受入れを行っているセメント工場があることが前提になる。 焼却残さの受入量は、セメント原料中の3%程度が上限となる。

④ 事例

セメント原料化の事例は以下のとおりです。

- ・ 太平洋セメント(株) (熊谷工場、藤原工場、大分工場)
- ・ 山口エコテック(株) (宇部興産宇部工場、トクヤマ徳山製造所)
- ・ 住友大阪セメント(株) (赤穂工場) 等

出典：「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 (その2) (平成 22 年 4 月)」

(財団法人クリーンジャパンセンター)

(2) 熔融

① 概要

熔融は1,200℃以上の高温条件下で焼却残さ中の有機物を燃焼及びガス化させ、無機物を熔融してスラグ及びメタルを回収する技術です。熔融スラグは、JISに規定されたコンクリート用スラグ骨材（コンクリート二次製品等の骨材：JIS A 5031）と道路用スラグ骨材（アスファルト混合物用骨材、路盤材等：JIS A 5032）の他に、盛土材や埋戻材等に利用されます。

スラグの製造工程における冷却方法は大きく分けて(i)水冷、(ii)徐冷、(iii)空冷の3方式に分けられます。民間の灰熔融施設においては(ii)徐冷または(iii)空冷が採用されることが多く、時間をかけて冷却することで結晶化を促進し、強度が高く用途の幅が広い特徴がありますが、冷却場所の確保や冷却管理が必要です。一方、一般廃棄物処理施設における熔融スラグの冷却方法は主に(i)水冷方式が採用され、熔融スラグを水中に直接投入することにより急冷固化させます。粒度が小さく、ひび割れが多い特徴がありますが、(ii)徐冷または(iii)空冷と比べて必要面積が小さく、製造工程の管理が容易です。

② 原理

熔融の原理を以下に示します。

表 26 熔融の原理（コークスベッド式熔融炉、徐冷方式の場合）

工程	原理
① 受入	・ 搬入された焼却残さを攪拌混合し、熔融原料成分を均一化させる。
② 選別乾燥	・ 搬入された焼却残さから磁力選別及び篩により熔融不適物を除去し、その後乾燥させる。
③ 成型	・ 効率よく熔融するため粘結材を使用し、熔融原料形状の均一化を図る目的で、卵型に固形化（ブリケット）する。
④ 混合調整	・ 熔融原料のブリケット、燃料のコークス、副資材の石灰石等を必要な割合で混合し、熔融炉に定量供給する。
⑤ 熔融	・ 供給されたブリケットをコークスベッド上部で乾燥・予熱し、高温帯で熔融させる。液化した熔融物は滴下し、炉外に連続出滓する。
⑥ 徐冷	・ 出滓された熔融物は、鉄製の型枠（モールド）に連続的に投入され、モールド内で熔融スラグと熔融メタルに分離させる。空冷で時間をかけて冷却することで、熔融メタルは底に、上部に結晶化された熔融スラグが生成される。
⑦ 破碎	・ 生成した熔融スラグ及びメタルを破碎し、それぞれの製品として回収する。

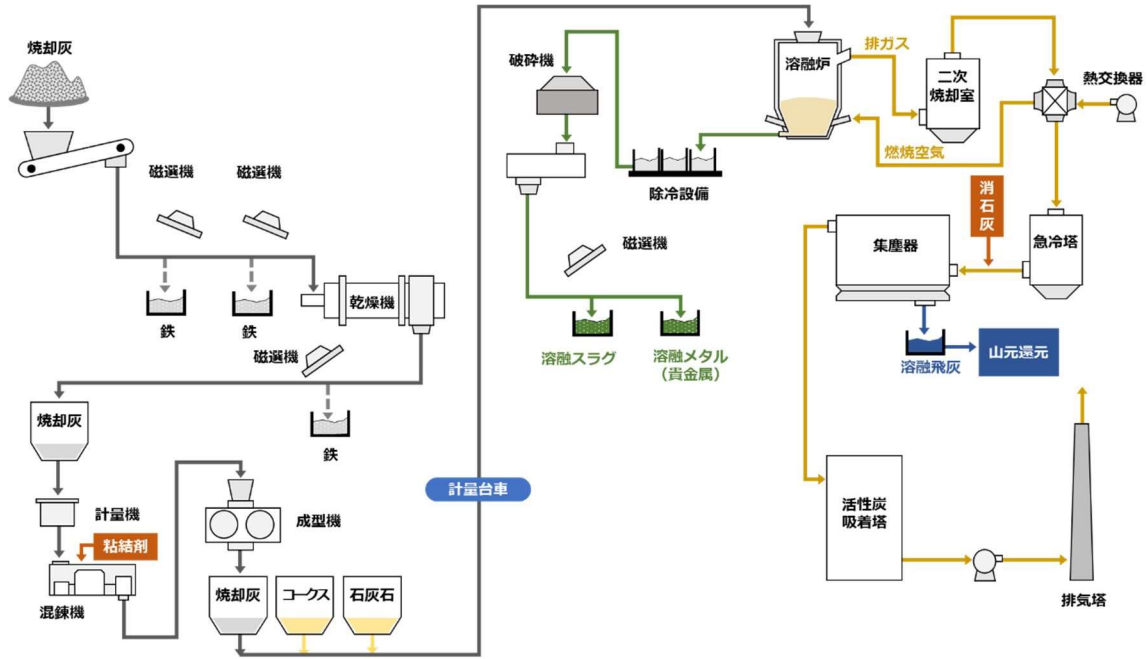


図 48 溶融のフロー図

③ メリットとデメリット

溶融のメリットとデメリットは以下のとおりです。

表 27 溶融のメリットとデメリット

メリット	<ul style="list-style-type: none"> 一般廃棄物処理施設から発生するスラグと比べて、冷却方式の違いから汎用性の高いスラグを生成可能である。 高温で処理するため、無害化処理についての安心感がある。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 設備投資及び高温処理のため燃料コストがかかり、処理料金が割高となる。 飛灰の搬入が制限される場合がある。

④ 事例

溶融の事例は以下のとおりです。

- ・メルテック株 (茨城県)
- ・メルテックいわき株 (福島県)
- ・中部リサイクル株 (愛知県)
- ・大太平洋金属株 (青森県)
- ・中央電気工業株 (茨城県)

(3) 焼成

① 概要

焼成は、焼却残さを溶融よりも低い温度（1,000℃～1,100℃）で焼成（固体粉末の集合体を融点よりも低い温度で加熱すると、粉末が固まって緻密な物体になる現象）することで、重金属類を揮散させ、ダイオキシン類を分解し、土木資材（人工砂等）を製造します。人工砂は、国土交通省の NETIS(新技術情報提供システム)への登録や公的機関での認証を受けています。

② 原理

焼成の原理を以下に示します。

- (i) 焼却残さに不溶化剤を約 10%混合し、ロータリーキルン内で 1,000℃～1,100℃で焼成します。
- (ii) 焼成工程において重金属類を選択的にガス側（二次燃焼室）に揮散させ、中和、吸着、集じんを行います。また、ダイオキシン類を分解します。
- (iii) 焼成後の焼成物を冷却後粉砕し、水、セメント、安定剤を加えて造粒し、人工砂を製造します。

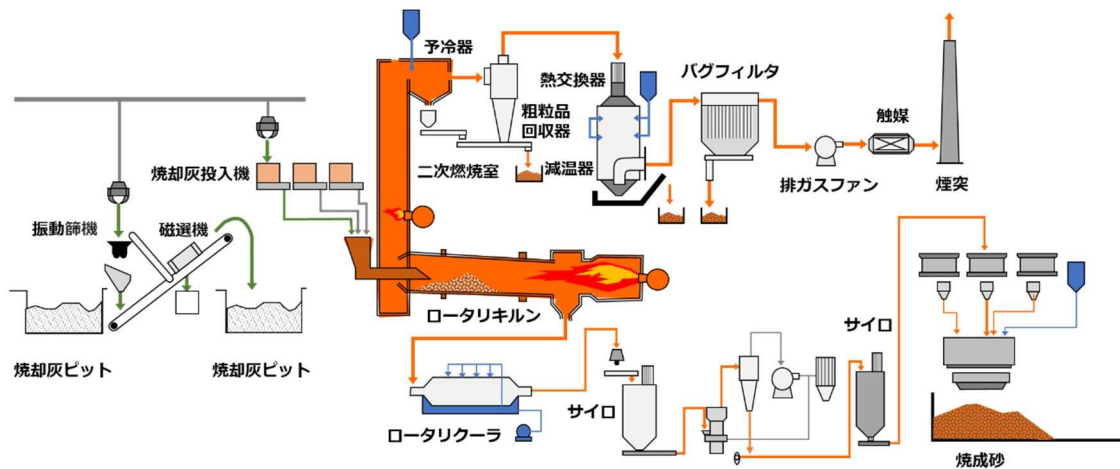


図 49 焼成のフロー図

③ メリットとデメリット

焼成のメリットとデメリットは以下のとおりです。

表 28 焼成のメリットとデメリット

メリット	<ul style="list-style-type: none">・ 溶融に比べて必要エネルギーが安く安価である。・ CO₂排出量も溶融に比べて低減できる。・ 製造する資材（人工砂）は、用途範囲が広く、市場性があるとされている。
デメリット	<ul style="list-style-type: none">・ 処理業者が少ない。・ 焼成技術の認知度が低く、処理・リサイクルの安全性についても認知度が低い。

④ 事例

焼成の事例は以下のとおりです。

- ・ ツネイシカムテック埼玉㈱（埼玉県）
- ・ 三重中央開発㈱（三重県）

(4) 山元還元

① 概要

山元還元は、焼却残さの熔融処理によって発生する熔融飛灰から、非鉄金属を回収し再利用する技術です。回収した重金属成分は、精錬所へリサイクル原料として販売されます。

② 原理

山元還元の原理は以下のとおりです。

表 29 山元還元の原理

工程	原理
① 塩類の除去	<ul style="list-style-type: none"> 熔融飛灰を水の入った抽出槽に投入し、水に溶けやすいアルカリ塩類を洗浄し、フィルタープレスにて脱水ろ過する。
② 金属の回収1 (酸抽出)	<ul style="list-style-type: none"> 脱水した残さを、塩酸を用いて一定の pH で酸抽出処理を行い、残さ中に含まれている亜鉛・鉛・銅などの金属成分を抽出する。 このろ液を pH 調整し、遠心分離機・フィルタープレス等の分離・回収工程を経て金属成分を回収する。(精錬所へ販売)
③ 炭素分の除去 (流動床炉における焙焼)	<ul style="list-style-type: none"> 酸抽出後の残さは、シリカ・アルミナ・炭素等を主成分としているが、0.数%程度の金属成分が残留している。 この残さを流動床炉にて高温で炭素分を燃焼させ、製鉄ダスト類と混焼(焙焼)する。
④ 金属の回収2 (塩化揮発ペレット法)	<ul style="list-style-type: none"> 焙焼後、塩化剤・鉄鉱石等を加え、製鉄用高炉ペレット原料として成分調整を行い造粒する。これを、ロータリーキルンにて塩化揮発焼成(1,250℃)して高炉用ペレットを製造する。併せて、亜鉛・鉛・銅を揮発させガス回収する。

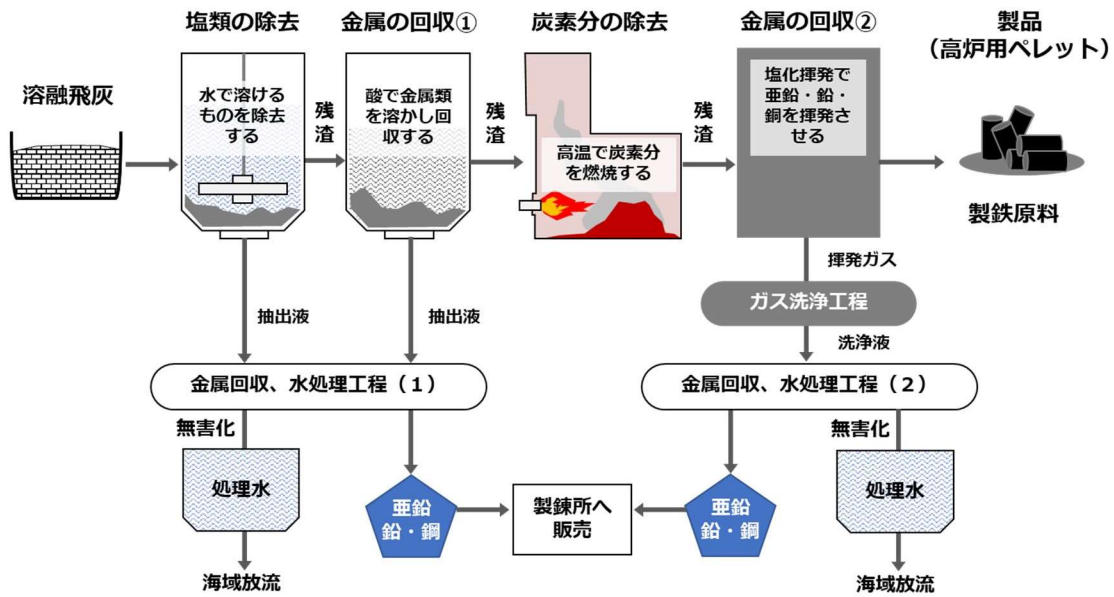


図 50 山元還元のフロー図

③ メリットとデメリット

山元還元のメリットとデメリットは以下のとおりです。

表 30 山元還元のメリットとデメリット

メリット	<ul style="list-style-type: none"> 金属類含有量の多いものほど受入れられやすい。 塩濃度の高い熔融飛灰であっても、確実に処理できる。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 金属類含有量の少ない主灰・飛灰については、精錬の効率が悪いため、不適である。 受入先が遠方である場合もあり、出来るだけ濃縮して搬送することが望ましい。

④ 事例

山元還元の事例は以下のとおりです。

- ・三池精練株式会社（福岡県）
- ・三菱マテリアル（香川県）