第４章　焼却等処理施設の処理方式の選定

１．検討対象処理方式

広域化実施計画では、７つの処理方式を検討対象としている。そのうちの１つは「ストーカ式等(従来型)」としているが、従来型のもののうち、近年の採用はストーカ式と流動床式の２方式が一般的であるため、従来型はこの２方式を検討対象とし、以下の８つの処理方式に整理し直したうえで、比較検討を行うこととする。

なお、本計画においては３～４方式程度への絞り込み、今後の検討課題をとりまとめることとし、今後、専門家等により構成する委員会において技術的かつ詳細な検討を行うこととする。

①ストーカ式焼却炉＋灰溶融又は灰の外部処理
②流動床式焼却炉＋灰溶融又は灰の外部処理
③ガス化溶融炉・シャフト式
④ガス化溶融炉・流動床式
⑤ガス化溶融炉・キルン式
⑥ガス化溶融炉・ガス化改質式
⑦炭化炉方式
⑧バイオガス化方式＋ストーカ式等(従来型)＋灰溶融又は灰の外部処理

２．各処理方式の処理フロー等

各処理方式の処理フローの例と考え方を以下に示す。

（１）ストーカ式焼却炉

既存施設の犬山市都市美化センターにおいて採用されている処理方式である。

可動する火格子（揺動式、階段式、回転式等）上でごみを移動させながら、火格子下部から空気を送入し、燃焼させる。

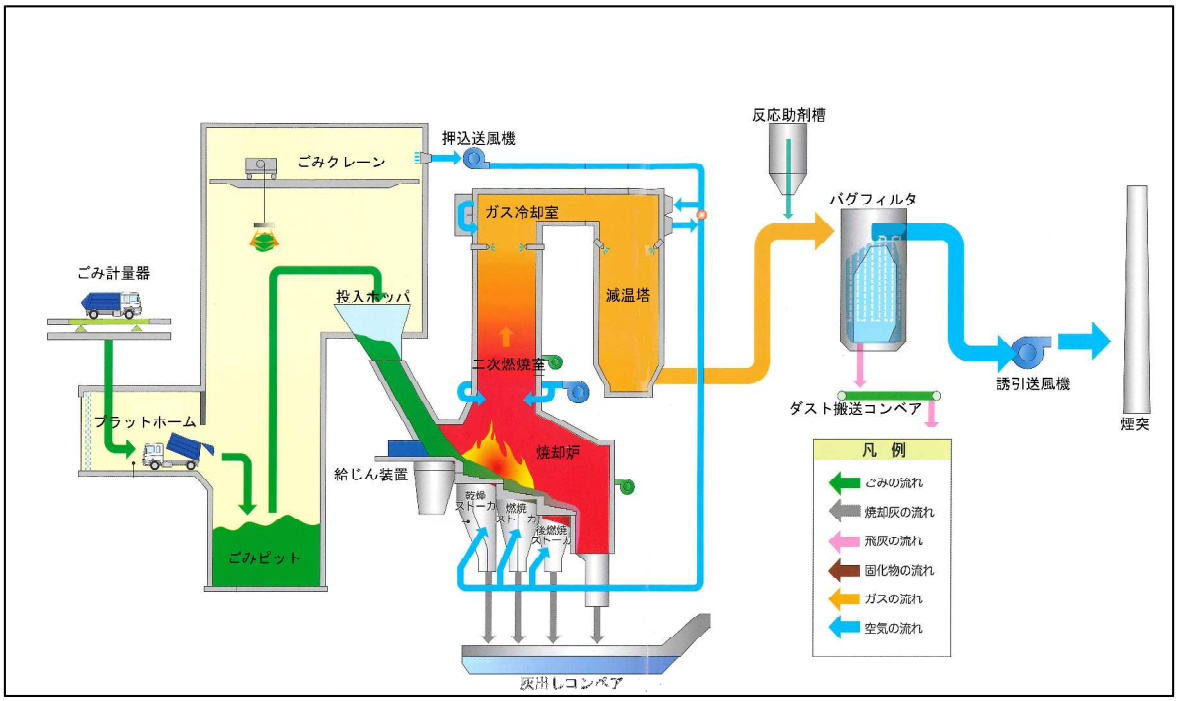

図４－１　ストーカ式焼却炉のフロー例（犬山市都市美化センター）

（２）流動床式焼却炉

既存施設の江南丹羽環境管理組合環境美化センターにおいて採用されている処理方式である。

焼却炉において、けい砂等の粒子層の下部から加圧した空気を分散供給して、蓄熱したけい砂等を流動させごみとの熱伝達によりごみを焼却する。

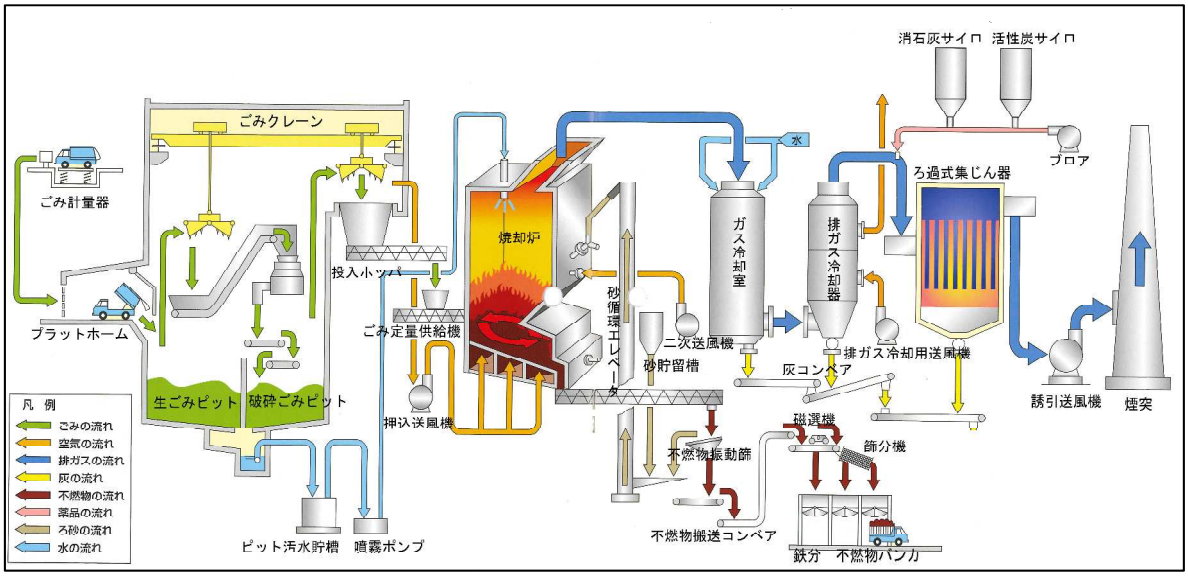

図４－２　流動床式焼却炉のフロー例（江南丹羽環境管理組合環境美化センター）

（３）シャフト式ガス化溶融炉

コークス等の燃料やプラズマの熱量又は酸素供給により熱分解と溶融を一体の炉で行う。

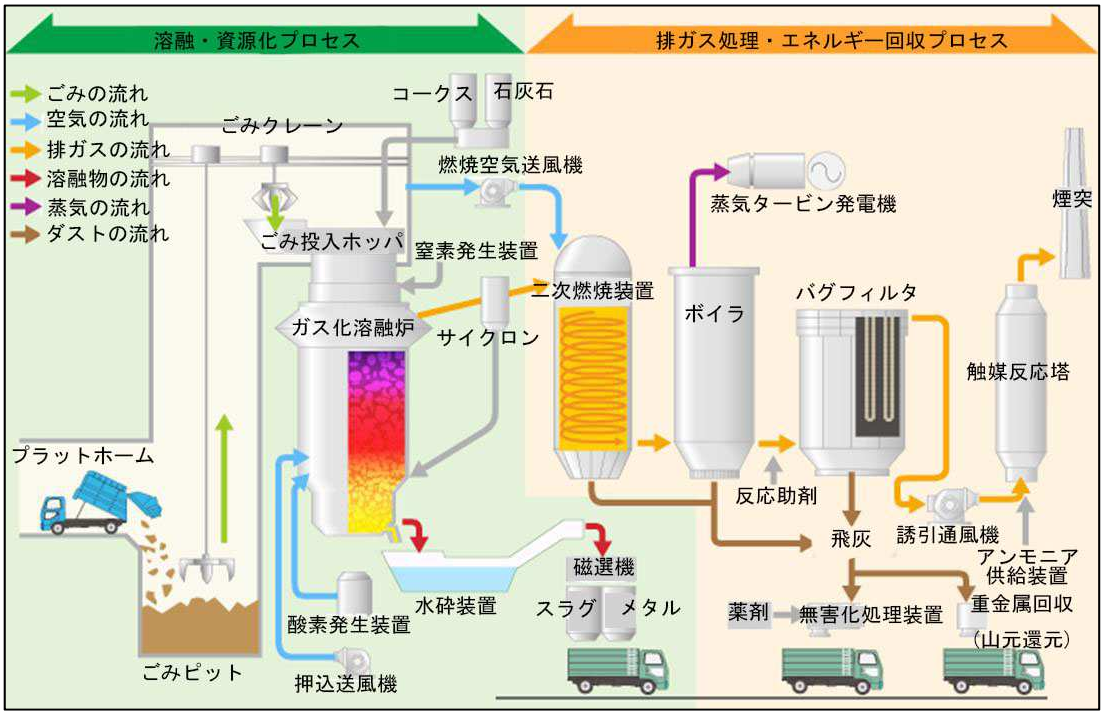

図４－３　シャフト式ガス化溶融炉のフロー例

（４）流動床式ガス化溶融炉

ガス化炉において、けい砂等の粒子層の下部から加圧した空気を分散供給して、蓄熱したけい砂等を流動させごみとの熱伝達によりガス、炭（チャー）と不燃物に熱分解を行い、溶融炉において溶融、スラグ精製する。

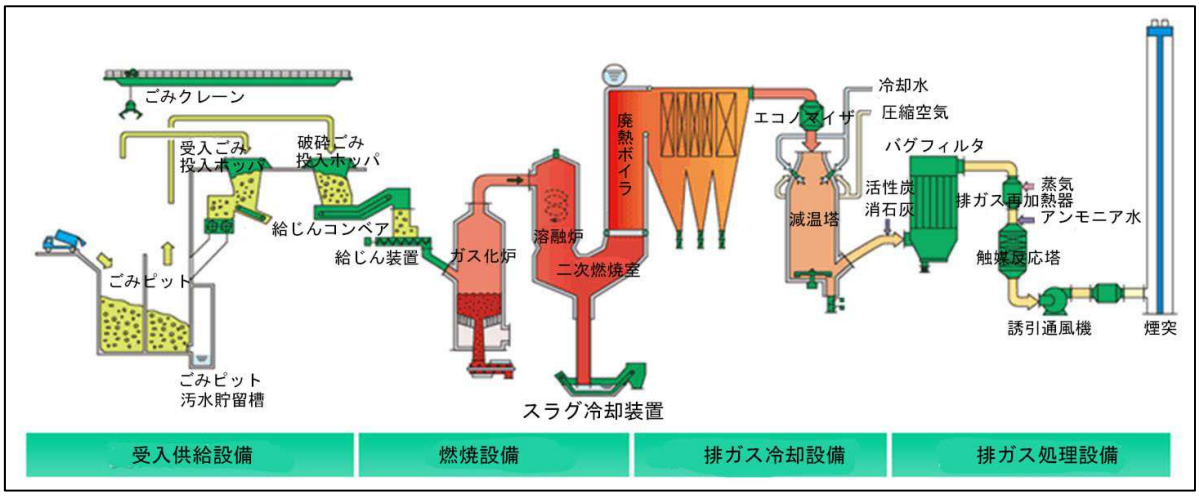

図４－４　流動床式ガス化溶融炉のフロー例

（５）キルン式ガス化溶融炉

投入されたごみは熱分解ドラムで熱分解ガスと炭（チャー）に分解し、チャーからアルミと鉄を回収したのち、熱分解ガスとチャーを燃焼溶融炉にて高温で燃焼しスラグ化する。

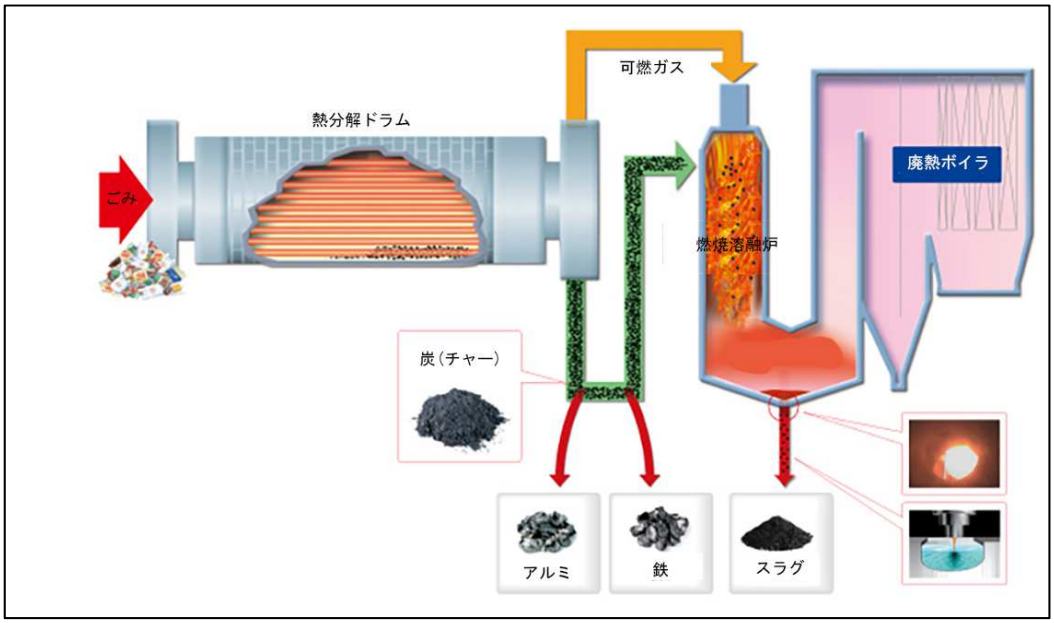

図４－５　キルン式ガス化溶融炉のフロー例

（６）ガス化改質方式ガス化溶融炉

投入されたごみを圧縮し伝熱効率を向上させ、脱ガスチャンネルで無酸素状態でごみを乾燥、脱ガスする。

高濃度酸素を反応炉に吹き込み熱分解カーボンと反応熱により、不燃物を溶融するガスは急冷及び洗浄し回収、脱硫や除湿し再利用する。

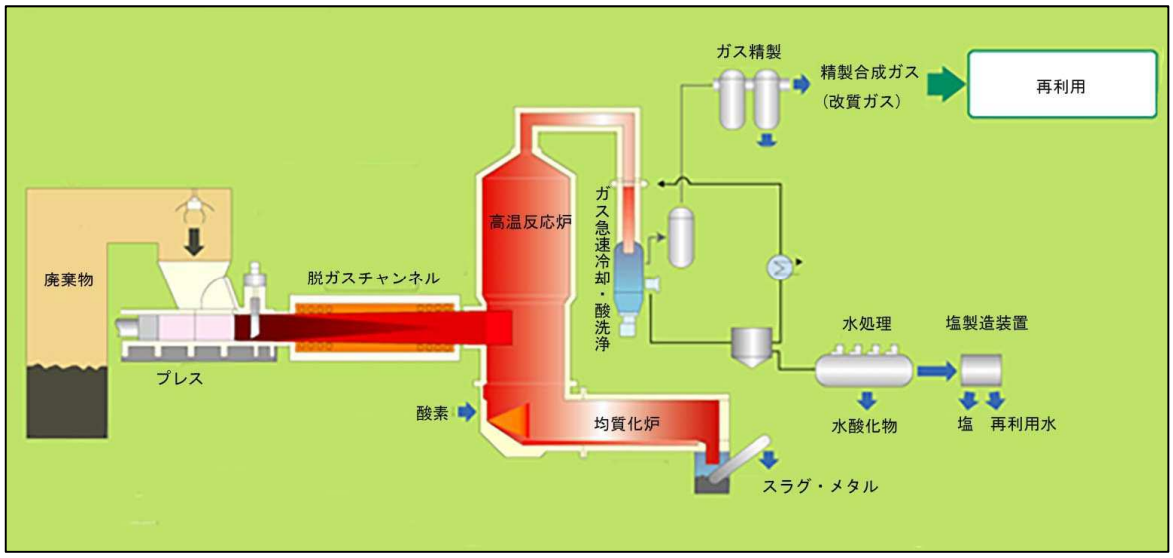

図４－６　ガス化改質方式ガス化溶融炉のフロー例

（７）炭化炉

炭化炉は、流動床式炭化炉とキルン式炭化炉の２方式が実稼働施設としてある。

流動床式は、炭化炉の基本構造は流動床式ガス化炉に同じであり、後段の溶融炉部分で溶融せず炭化物の回収を行う。

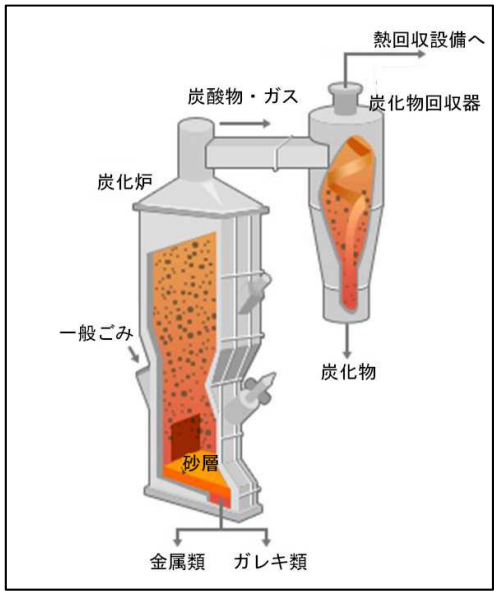

図４－７　流動床式炭化炉のフロー例

キルン式は、炭化炉の基本構造はキルン式ガス化炉に同じであり、後段の溶融炉部分で溶融せず炭化物の回収を行う。

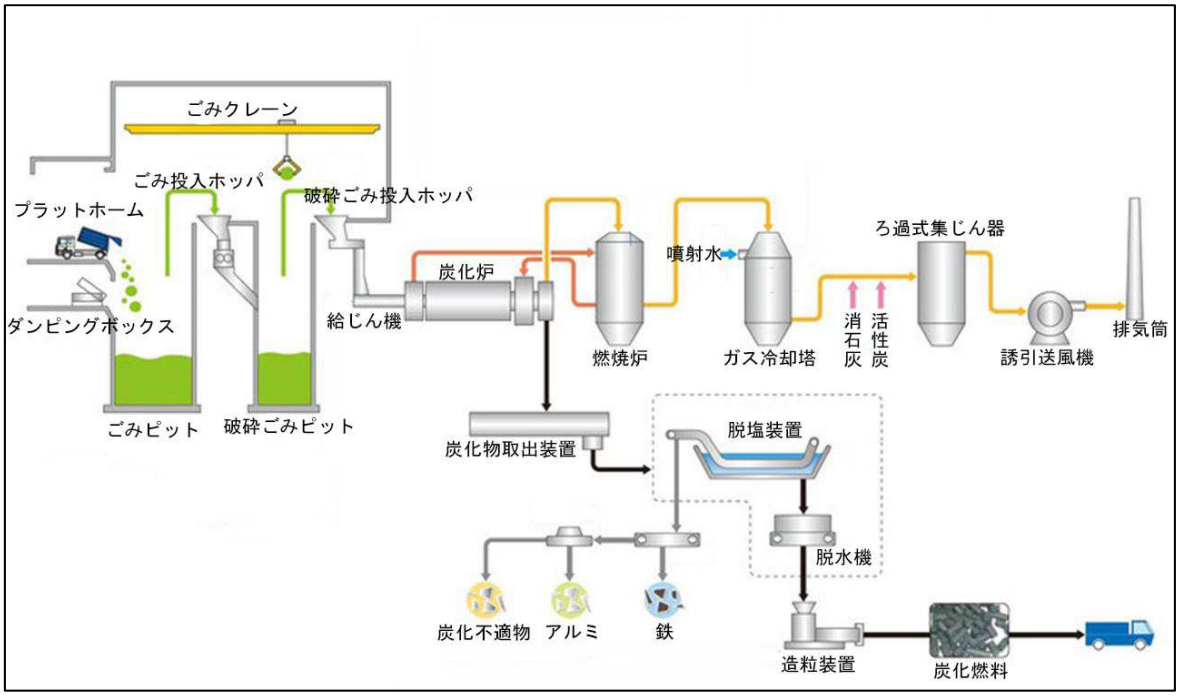

図４－８　キルン式炭化炉のフロー例

（８）バイオガス化

ガス化炉投入廃棄物をバイオマス（有機物）に特化し効率を上げるもので、基本的な考え方と処理フローはガス化溶融炉と同じである。

後段でその他の可燃ごみを焼却する。

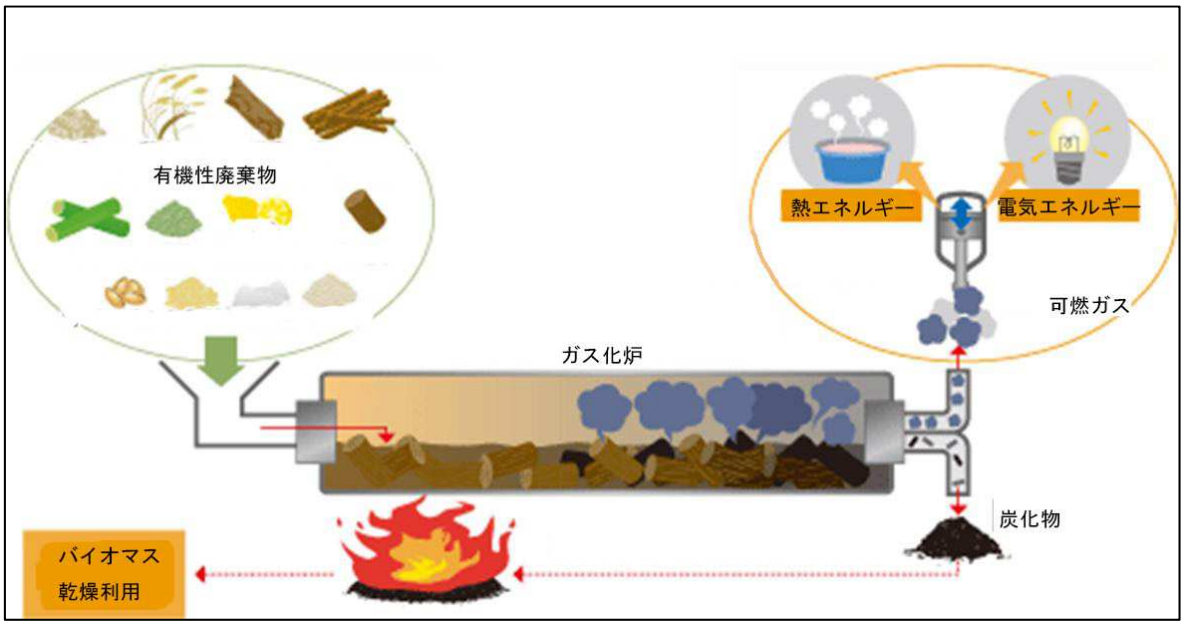

図４－９　キルン式バイオガス化炉のフロー例

３．生成物及び残渣等処理の検討

（１）処理方式による生成物及び残渣等の分類

焼却、溶融、炭化、バイオガス化における処理後の生成物及び残渣等は以下のとおりである。

ただし、バイオガス化については、後段の処理方式により、それぞれの処理方式と同様の生成物及び残渣等が発生する。

また、焼却残渣や焼却飛灰を溶融する場合、溶融スラグや溶融飛灰が生成物及び残渣となる。

表４－１　各処理方式における生成物及び残渣等

処理方式	生成物及び残渣等
焼却	焼却残渣、焼却飛灰
ガス化溶融	溶融スラグ、溶融飛灰
炭化	炭化物、処理残渣、飛灰
バイオガス化	後段の処理方式による

（２）残渣等の種類毎のリサイクル方法と留意事項

①溶融スラグのリサイクル方法と留意事項

溶融スラグは、ガス化溶融炉、または焼却残渣を溶融処理した場合に発生する生成物であり、砕石等の代替品として土木材料として再利用することが可能である。

焼却残渣の溶融処理は、実用化されてから久しいものの、平成 26 年９月の会計検査院報告により、補助事業により溶融施設を設置した検査対象 102 施設のうち 16 施設が稼働を停止しているという実態が明らかとなっている。また、補助対象事業として灰溶融施設を整備したものであっても、当該施設の廃止において特例として補助金の返還等は不要である旨を環境省が通知しており、それを受けて廃止している事例もある。その要因は、多大なランニングコストと溶融スラグの利用先の確保の困難さにあると考えられる。

灰溶融施設のある焼却施設及びガス化溶融炉のうち、平成 26 年度一般廃棄物処理事業実態調査(環境省)によると 22 施設が施設からの再資源化量を計上していない。これは灰溶融施設が稼働停止していたり、溶融スラグを埋立処分していることによりリサイクルができていないことが考えられる。

しかしながら、現在でも溶融スラグを全量リサイクルを実施している事例もあり、その場合においては、有効なリサイクル手法の１つであると考えられる。採用を検討する場合には、スラグの安定的な利用先の確保が必要となる。

図４－10　溶融スラグの例

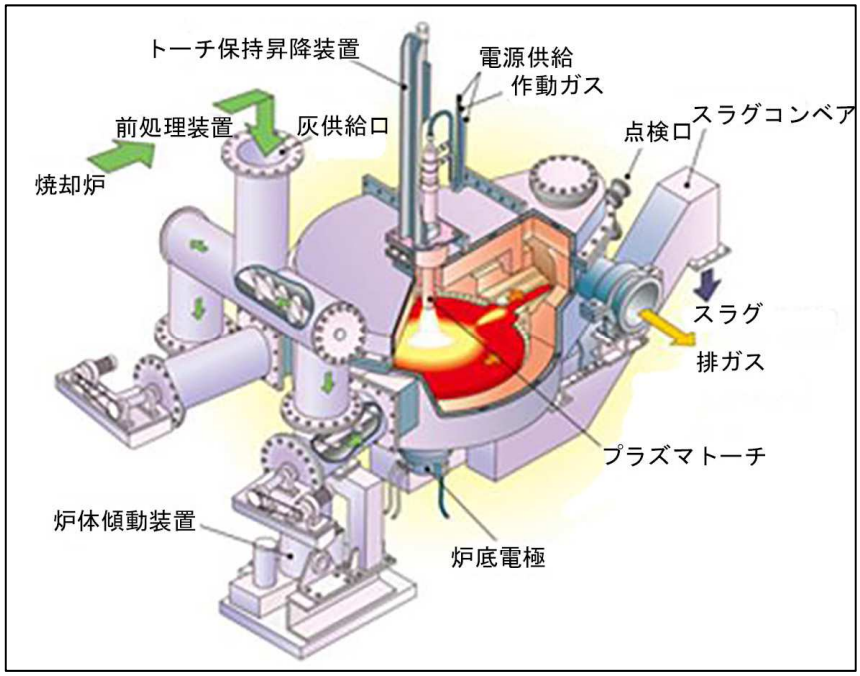

図４－11　灰溶融炉の事例

②焼却残渣のリサイクル方法と留意事項

焼却残渣は焼却処理において排出される残渣で、溶融しスラグ化するほか、エコセメントとしての利用方法がある。スラグ化する場合の留意事項は、前述のとおり、スラグの安定的な利用先の確保が必要となる点である。

エコセメントは、コンクリート製品等の原材料として再利用する技術であり、近年では東京多摩地域等広く採用されてきており、公共事業におけるエコセメント製品の利用も広がりつつある。

しかしながら、採用実績には地域性や一部企業に限定されている状況も見られることから、採用を検討する場合には、スラグと同様に、安定的な利用先の確保が必要となる。

エコセメント化にあたっては、品質等に基準はあるものの、近年の一般廃棄物処理施設から発生する焼却残渣については問題となることは少なく、青森県十和田地域広域事務組合のように飛灰を含めて 100%エコセメント化している事例もある。

エコセメントのイメージ図を図４－12 に示す。

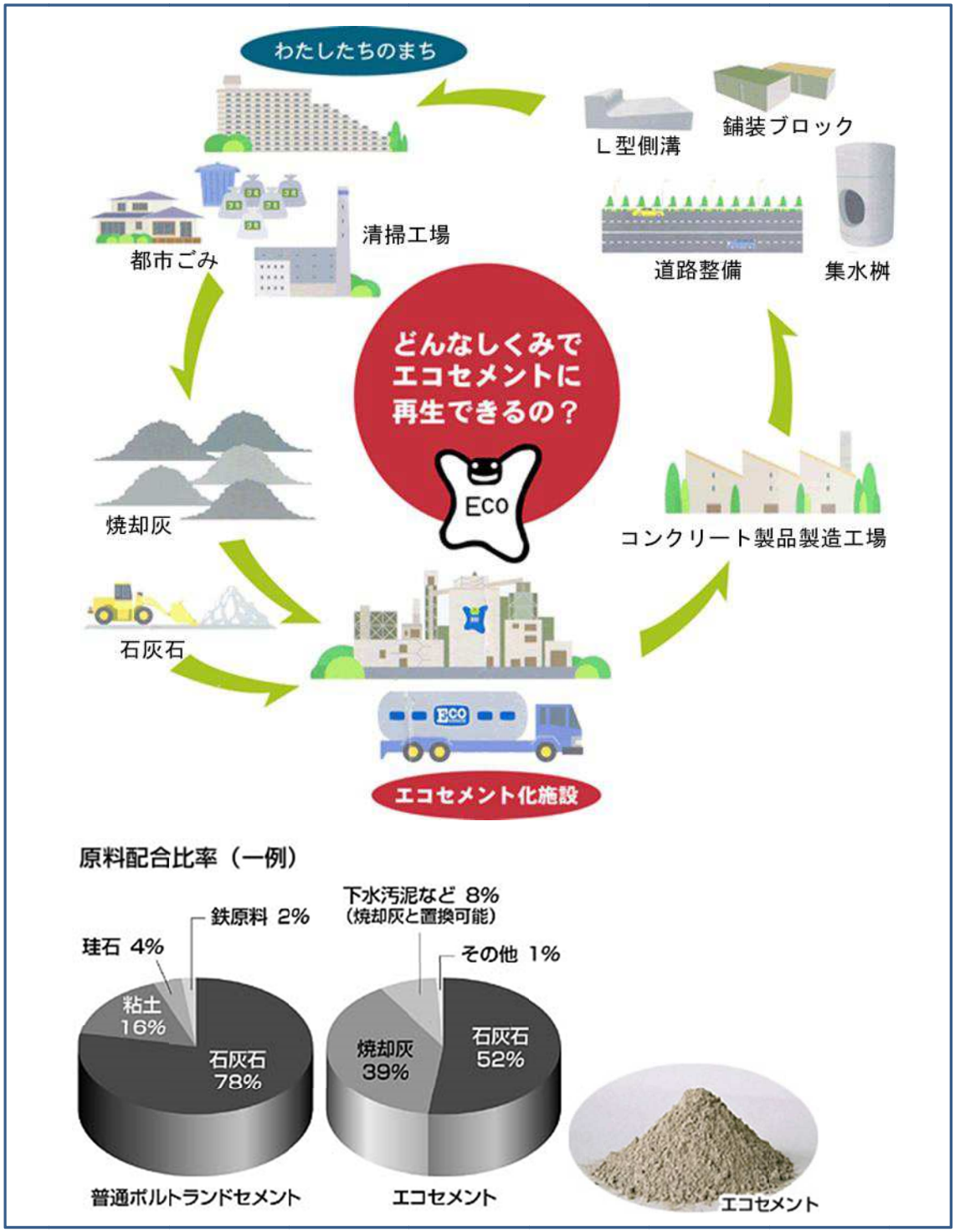

図４－12　エコセメントのイメージ等

※出典：東京都コンクリート製品協同組合

③炭化物のリサイクル方法と留意事項

炭化物は炭化炉において生成させる生成物であり、火力発電所等の熱利用施設にて再利用される。

溶融スラグやエコセメントと同様に流通先の確保が必要であるが、それらと比べ流通先が少ない。さらに、し尿汚泥等を原材料とした炭化物と比較して、ごみを原材料とした炭化物は、発熱量や内容物等質のばらつきが大きいため、流通先の確保を困難にしており、近年に建設されたごみ処理施設においては炭化炉は採用されていない。

図４－13　炭化物の例

（３）溶融スラグや焼却残渣等のリサイクル方法の選択

広域化実施計画は、ごみの中間処理の広域化を図るものであり、最終処分のあり方は最終処分量の削減努力を続けつつ、今後の検討課題としている。

本計画の建設地においては、最終処分場の設置は計画していない。したがって、溶融スラグや焼却残渣等については可能な限りリサイクルし、リサイクル不可能なものについては外部処理することとする。

溶融スラグや焼却残渣等のリサイクル先の確保については、最新の流通状況を調査して検討する必要がある。したがって、処理方式決定の段階で、安定的なリサイクル先の確保について調査して、処理方式決定の際に考慮する必要がある。

４．処理方式の比較

それぞれの処理方式の比較については、次ページの表のとおりである。

採用件数については、環境省が毎年実施している「一般廃棄物処理事業実態調査」（以下「実態調査」という。）の平成 26 年度調査結果によるものである。そのうち稼働開始年による件数は表４－２のとおりである。平成９年１月に国が定めた「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」において、溶融固化による焼却灰・飛灰の適正処理が今後のごみ処理体制の基本的な方向性として盛り込まれ、その後に溶融施設を整備した場合の施設の供用開始は整備期間を考慮すると平成 13 年以降となると考えられることから、平成 13 年を基準として整理している。平成 12 年以前に稼働開始している焼却施設の灰溶融施設については、追加で灰溶融施設を設置したものであると考えられる。

概算工事費については、国内主要プラントメーカーからのヒアリング結果によるもので、詳細な仕様決定前の概算見積であることから、最終的な処理方式選定時には、再度ヒアリングを実施する必要がある。また、造成工事費、道路等の周辺整備費及び各種委託費等を含まない本体工事費であり、総事業費とは異なる。

表４－２　採用件数の詳細

処理方式＼稼働開始年	平成12年以前	平成13～22年	平成23年以降
ストーカ式焼却炉＋灰溶融	22	41	5
ストーカ式焼却炉（灰溶融なし）	690	58	45
流動床式焼却炉＋灰溶融	1	6	1
流動床式焼却炉（灰溶融なし）	151	8	1
ガス化溶融炉・シャフト式	7	38	8
ガス化溶融炉・流動床式	0	34	4
ガス化溶融炉・キルン式	2	10	1
ガス化溶融炉・ガス化改質方式	0	1	0
炭化炉方式	0	5	0
バイオガス化方式	0	3	5

資料：平成 26 年度一般廃棄物処理事業実態調査（環境省）

表４－３　処理方式の比較

処理方式	処理の原理	メリット	デメリット	採用件数	採用事例	概算工事費
ストーカ式焼却炉＋ 灰溶融又は灰の外部処理	可動する火格子(揺動式、階段式、回転式等)上でごみを移動させながら、火格子下部から空気を送入し、燃焼させる。 炉内温度　800～約 950℃	・技術的成熟度が高い ・既存施設(犬山市都市美化センター)で採用されており、維持管理のノウハウを活用可能である ・残渣リサイクルに複数の選択肢がある ・灰溶融を行わなければガス化溶融方式と比較して安価である ・金属等不燃物類は、一般的な都市ごみに混入する程度であれば特に問題ない ・蒸気量の変動が少なく安定的な余熱利用が可能	・多くの場合横型の炉であり、流動床式焼却、シャフト式ガス化溶融、流動床式ガス化溶融と比較して設置面積が大きい ・灰溶融を行う場合、灰溶融を行わない場合と比較して電力や助燃剤等の消費が大きい ・空気とごみとの接触面積が小さいため、燃焼に必要な空気量が多く排ガス量が多くなる ・多くの場合、汚泥の混合処理に制限があり、一般的に混合割合１割程度が限度とされる	861施設	刈谷知立環境組合など	灰溶融なし 8 社 17,500 百万円 灰溶融あり 4 社 19,900 百万円
流動床式焼却炉＋ 灰溶融又は灰の外部処理	焼却炉において、けい砂等の粒子層の下部から加圧した空気を分散供給して、蓄熱したけい砂等を流動させごみとの熱伝達によりごみを焼却する。 炉内温度　800～約 1,000℃	・技術的成熟度が高い ・既存施設(江南丹羽環境管理組合環境美化センター)で採用されており、維持管理のノウハウを活用可能である ・残渣リサイクルに複数の選択肢がある ・灰溶融を行わなければガス化溶融方式と比較して安価である ・起動時間と停止時間が短い ・金属類の分離、再資源化が可能である	・投入するごみの大きさを均一化することが必要なため、前処理(破砕)が必要となる ・灰溶融を行う場合、灰溶融を行わない場合と比較して電力や助燃剤等の消費が大きい ・飛灰が多く、集じん機の負担が大きい ・プラスチック類の比率が高い場合は流動阻害が発生する恐れがある ・ごみ質の変動の影響を受けやすい ・瞬時燃焼のため、発熱量の変動があり、余熱利用の安定性確保が難しい	168 施設	西尾市クリーンセンターなど	灰溶融なし 2 社 19,800 百万円 灰溶融あり 回答なし
ガス化溶融炉 シャフト式	コークス等の燃料やプラズマの熱量又は酸素供給により熱分解と溶融を一体の炉で行う。 炉内温度　約 1,800℃	・ガス化と溶融が同一工程で行われる ・基本的に高温で直接溶融するため、対応可能廃棄物の範囲は広い ・発熱量は他方式に比較して大きく余熱利用可能量は大きい	・助燃剤により高温を維持するため、助燃剤の使用量が大きい ・助燃剤の利用によりCO_2排出量が多くなる	53 施設	小牧岩倉衛生組合 環境センターごみ溶融施設など	3 社 19,400 百万円
ガス化溶融炉 流動床式	流動床式焼却と同様の原理のガス化炉において、ガス、チャーと不燃物に熱分解を行い、溶融炉において溶融、スラグ精製する。 炉内温度　ガス化炉　500～600℃ 溶融炉　約 1,300℃	・流動床式焼却炉の応用であり、ガス化溶融方式の中では比較的技術の成熟度が高い ・金属類の分離、再資源化が可能である ・シャフト式ガス化炉と比較して助燃剤の必要性は低い	・前処理(破砕)が必要となる ・助燃剤の使用量が焼却と比較して大きい ・ガス化炉で一旦ダイオキシン類が生成され、ガス化炉で分解するため、作業環境基準を上回る(施設内ダイオキシン類濃度の上昇)事故の要因となる可能性がある	38 施設	豊田市 渡刈クリーンセンターなど	4 社 20,900 百万円
ガス化溶融炉 キルン式	熱分解ドラムで熱分解ガスとチャーに分解し、チャーからアルミと鉄を回収したのち、熱分解ガスとチャーを燃焼溶融炉にて高温で燃焼しスラグ化する。 炉内温度　ガス化炉　500～600℃ 溶融炉　約 1,300℃	・金属を酸化が少ない状態で分別可能である ・液状、汚泥等物理的性状の対応範囲が広い ・低位発熱量の高い廃棄物の処理が可能	・助燃剤の使用量が焼却と比較して大きい ・設置面積が他のガス化溶融方式や焼却方式と比較して大きい ・一般廃棄物では実稼働施設が少ない	13 施設	豊橋市資源化センターなど	回答なし
ガス化溶融炉 ガス化改質方式	ごみを圧縮し伝熱効率を向上させ、脱ガスチャンネルで無酸素状態でごみを乾燥、脱ガスする。高濃度酸素を反応炉に吹き込み熱分解カーボンと反応熱により、不燃物を溶融する。ガスは急冷、洗浄し回収、脱硫と除湿し再利用する。 炉内温度　ガス化炉　500～600℃ 高温反応炉　約 1,200℃	・焼却方式や他のガス化溶融方式と比較して排ガス量が少ない	・設置面積が他のガス化溶融方式や焼却方式と比較して大きい ・実稼働施設が少ない	1 施設	県央県南クリーンセンター(長崎県)	回答なし
炭化炉方式式	炭化炉の基本構造は流動床式ガス化炉やキルン式ガス化炉に同じであり、後段の溶融炉部分で溶融せず炭化物の回収を行う。 炉内温度　炭化炉　500～600℃	・焼却方式やガス化溶融方式と比較して排ガス量が少ない	・実稼働施設が他の方式と比較して少ない	5 施設	田原リサイクルセンター 炭生館など	回答なし
バイオガス化方式＋ ストーカ式等(従来型)＋ 灰溶融又は灰の外部処理	ガス化炉投入廃棄物をバイオマス(有機物)に特化し効率を上げるもので、基本的な考え方と処理フローはガス化溶融炉と同じで、後段でその他の可燃ごみを焼却する。	・焼却処理量の削減による排ガス量の減少が可能である	・実稼働施設が他の方式と比較して少ない	8 施設	南但ごみ処理施設(兵庫県)など	3 社 19,500 百万円

※概算工事費は概算見積の平均値、上段は回答社数

５．ごみ処理方式の選定

本計画においては、安全で安心なごみ処理の実現のために、以下に留意してごみ処理方式の絞り込みを行う。

・技術の成熟度
・処理の安定性

ごみ質は地域特性、季節変動があるほか、短期的または長期的な変動がある。

短期的なごみ質の変動の要因としては、災害廃棄物受け入れや、事業系可燃物の大量受け入れなどが考えられる。

長期的な変動の要因としては、景気などの社会情勢の変動や社会制度の変化が考えられる。近年の容器包装リサイクル法施行に伴う分別内容の変更もその１つであるが、そのほか、ライフスタイルの変化、単身世帯の増加などの世帯構成の変化、人口構成における高齢化率の増加（高齢化社会）もその要因となる。

ごみ処理においては、こうしたごみ質の変化に対応する必要がある。それには、技術の成熟度が必要であり、成熟度が高いほど対応可能な範囲が広がる。

ごみ処理方式の採用件数が多いほど、ごみ質の変動に対応する経験値やデータの蓄積が多く、採用件数が少ないほどそれが少なくなる。

したがって、ごみ処理方式の採用件数を指標として、下記４方式に絞り込む。

・ストーカ式焼却炉＋灰溶融又は灰の外部処理
・流動床式焼却炉＋灰溶融又は灰の外部処理
・ガス化溶融炉・シャフト式
・ガス化溶融炉・流動床式

６．今後の検討課題

ごみ処理方式の決定にあたっては、以下に留意し検討する必要がある。

（１）焼却残渣のリサイクルの実現性

「第４章　焼却等処理施設の処理方式の検討　３．生成物及び残渣等処理の検討」に示したとおり、スラグについてリサイクルできていない事例があることから、周辺地域での流通性（リサイクルの可能性）について調査を行う必要がある。なお、エコセメントについても同様の調査が必要である。

リサイクルできない場合の最終処分先の確保についても検討が必要である。

（２）コスト

「第４章　焼却等処理施設の処理方式の検討　４．処理方式の比較」に示したとおり、今回の概算工事費については詳細な仕様決定前の概算見積であるために十分な精度は得られないことから、ランニングコストを含めた見積を再度依頼し、考慮する必要がある。

なお、ランニングコストについては、焼却残渣及びスラグ等の処理や処分費用（売却できる場合にはその利益）を含めて検討する必要がある。

最終的には、今後、専門家等により構成する委員会において検討することとする。