

ごみ処理技術の動向調査（調査計画）について

1. 調査の目的

現在のごみ処理施設は、ごみ処理の安定性や周辺環境保全の他、温室効果ガスの削減、省エネルギー、防災拠点としての活用、地域のエネルギー拠点など多くの機能を求められつつある。

そこで、あぶくまクリーンセンターの再整備にあたり、処理方式の検討と適用可能な将来技術等の調査・検討を行うものである。

2. ごみ処理方式の調査対象の検討

本調査では、あぶくまクリーンセンターの再整備に伴い、現在の可燃ごみの処理機能を継続することを前提に検討を行うこととする¹。

この場合、代表的な可燃ごみの処理方式は、表 1 に示すとおりである。

¹ あぶくまクリーンセンター再資源化工場で行っている容器包装プラスチックの処理施設の再整備、あらかわクリーンセンターで行っている不燃・粗大ごみ処理や資源の選別処理の再整備は考慮しない。

表 1 可燃ごみの処理方式一覧

プロセス	方式		概要	適用					特徴と課題
				紙類	プラスチック類	厨芥類	木・竹類	焼却灰	
1. 焼却	①ストーカ式		・ ごみを火格子上で焼却する方式。	○	○	○	○	—	・ 最も普及しているごみ焼却方式で、安定稼働に優れる。 ・ 灰は埋立処分、灰溶融、資源化（セメント原料等）の後処理が必要。
	②流動床式		・ 加熱した砂にごみを投入し焼却する方式。	○	○	○	○	—	・ 加熱した砂の保熱で焼却するため、汚泥等の焼却に優れる。 ・ ばいじんの発生が多くストーカ式と同様に後処理が必要。
	③回転式（ロータリーキルン）		・ 回転する筒状の炉にごみを投入し筒内の傾斜により移動しながら焼却する方式。	○	○	○	○	—	・ 炉が筒状であるため、様々なものの焼却が可能であるが、運転管理が難しく主として産廃向けである。
2. ガス化溶融	シャフト式ガス化溶融	①コークスベッド式	・ 加熱したコークスを充填した縦型炉にごみを投入し・焼却・溶融する方式。	○	○	○	○	—	・ コークスで保熱されるためごみ質を選ばない。スラグは資源化可能。 ・ 構造上、コークスの使用が必須で燃料費がかさむ。
		②酸素式	・ 縦型炉にごみを充填し下部から純酸素を吹き込み高温燃焼・溶融する方式。	○	○	○	○	—	・ ごみのみで溶融を行うため、コークスベッド式にくらべ燃料費は少ない。スラグは資源化可能。 ・ 安定燃焼が容易でなく運転管理が難しい。
	③流動床式ガス化溶融		・ 低酸素濃度下の流動床炉でごみを炭化させ、発生した炭化物とガスを後段の溶融炉において高温で燃焼・溶融する方式。	○	○	○	○	—	・ 流動床式焼却から発展した技術であり、安定したガス化が可能。スラグは資源化可能。 ・ ガス化の過程で熱量を消費するため発熱量の少ないごみには不向き。
	④キルン式ガス化溶融		・ キルン式の炭化炉でごみを炭化し、炭化物とガスを後段の溶融炉で燃焼・溶融する方式。	○	○	○	○	—	・ 炭化炉の構造が複雑で、トラブルが多い。スラグは資源化可能。 ・ ここ数年でメーカーが撤退しており新規の納入は難しい。
3. ガス化改質	シャフト式ガス化改質方式（サーモセレクト）		・ シャフト炉を用いごみを熱分解し、熱分解ガスを回収・改質し利用する方式。	○	○	○	○	—	・ 低酸素化でガス化し、ガスを回収・改質しエネルギー利用（ガスタービン等）する方式。スラグは資源化可能。 ・ ここ数年でメーカーが撤退しており新規の納入は難しい。
4. 灰溶融（焼却と併せて使用）	①電気溶融式	抵抗式	・ 焼却灰を電気抵抗の加熱で溶融する方式。	—	—	—	—	○	・ 電気抵抗により加熱しスラグを生成する。スラグは資源化可能。 ・ 灰溶融に係る電気料金が高額となる。
		プラズマ式	・ 焼却灰をプラズマ放電により加熱、溶融する方式。	—	—	—	—	○	・ プラズマ放電により加熱しスラグを生成する。スラグは資源化可能。 ・ 灰溶融に係る電気料金が高額となる。
	②バーナー式		・ 焼却灰をバーナーで加熱し溶融する方式。	—	—	—	—	○	・ 電気溶融のようにスラグ溜まりを持たないため、スラグの品質が落ちる。資源化は可能。
	③テルミット式		・ 焼却灰にアルミ粉を混合し、アルミの酸化加熱を用いて溶融する方式。	—	—	—	—	○	・ 反応助剤（酸化鉄、アルミ粉）を使用する必要がある。また、酸化反応維持のためバーナーを使用する必要がある。
5. 炭化	①間接加熱式		・ バーナー等で加熱した低酸素濃度の空気を送ることにより炭化する方式。	○	○	○	○	—	・ 設備構造が複雑かつ、炭素分の粉塵爆発に留意する必要がある。 ・ 炭の再利用先確保が容易ではない。
	②直接加熱式		・ ごみを低酸素濃度で燃焼させることにより炭化する方式。	○	○	○	○	—	・ 設備構造が複雑かつ、炭素分の粉塵爆発に留意する必要がある。残渣の処理は別途必要。 ・ 炭の再利用先確保が容易ではない。
6. 固形燃料化	①J-カトレル式		・ ごみに生石灰を添加して加熱脱水し圧縮することで成形・固形燃料化する方式。	○	○	○	○	—	・ 過去に爆発事故を起こしており、保管サイロの発火や可燃性ガスの発生に特に留意する必要がある。
	②RMJ 式		・ ごみを乾燥させた後に消石灰を添加し成形・固形燃料化する方式。	○	○	○	○	—	・ 事業を推進していた都道府県が相次いで撤退している（三重県、石川県、福岡県など）。RDF 製造の高コストと利用先に課題あり。
7. 堆肥化	①ヤード式		・ ヤードにごみを堆積させ、送気ならびに重機攪拌により堆肥化する方式。	△	×	○	△	—	・ コンクリート製のヤードを設置すればよく、整備コストは安価。 ・ 臭気対策の徹底が必要で酸性ガスの腐食対策が必須。
	②機械式		・ 攪拌装置を備えた容器やプール等にごみを投入し、堆肥化する方式。	△	×	○	△	—	・ 攪拌等を機械で管理することで、安定かつ効率的な運転が可能。 ・ 臭気対策の徹底が必要で酸性ガスの腐食対策が必須。
8. 飼料化	飼料化		・ 生ごみ等を乾燥若しくは発酵させ、飼料化するもの。		×	○	×	—	・ 飼料となり得る生ごみの品質確保が難しい。 ・ 主に事業系のごみが主体であり、市全体のごみ処理には対応困難。
9. メタン発酵	①湿式		・ ごみを破碎後に加水しメタン発酵させメタンを生成する方式。	△	×	○	×	—	・ 下水処理場との連携等により効率的な運営が可能。 ・ 処理対象物は、厨芥類に限られ市全体のごみ処理には対応困難。
	②乾式		・ ごみを選別後、キルン式の発酵装置に投入しメタン発酵させメタンを生成する方式	○	×	○	△	—	・ ごみの選別装置により、分別区分をを大きく変えずに導入可能。 ・ 市全体のごみ処理には対応困難で、焼却施設を別途整備する必要あり。
10. 直接埋立	（好気式、嫌気式、準好気式）		・ ごみを最終処分場に直接埋め立てる。	○	○	○	○	○	・ 減容せずに埋め立てるため、膨大な敷地が必要。 ・ 国の補助対象は、沖縄、奄美、離島のみ。

○：処理に適する、△：処理に条件が必要（又は一部処理可能）、×：処理不適

このうち、処理方式の適用範囲、資源化物の流通、プラントメーカーの動向、市の政策との合致などの条件を考慮し、以下のとおり調査対象の一次選定案を提示する。なお、「9.メタン発酵」は、次項の「環境負荷低減技術」の調査として実施する予定である。

＜検討事項＞			
ごみ処理方式の検討の調査対象（あぶくまクリーンセンターの再整備に際し、調査が必要な処理方式）について			

表 2 処理方式の一次選定（案）

プロセス	方式		検討の対象 (案)	理由
1. 焼却	①ストーカ式		○	－
	②流動床式		○	－
	③回転式（ロータリーキルン）		×	・ 国内で現在稼働しているごみ処理施設がなく、技術的な検証が困難。 ²
2. ガス化 溶融	シャフト式 ガス化溶融	①コークス ベッド式	○	－
		②酸素式	○	－
	③流動床式ガス化溶融		○	－
	④キルン式ガス化溶融		×	・ 新設の導入が見込めないため。
3. ガス化 改質	シャフト式ガス化改質方式 （サーモセレクト）		×	・ 新設の導入が見込めないため。
4. 灰 溶 融 （ 焼 却 と 併 せ て 使 用 ）	①電気溶融式	抵抗式	△	・ 焼却とした場合でかつ、焼却灰、スラグの有効利用調査を踏まえ採用可否を検討する。
		プラズマ式	△	
	②バーナー式		△	
	③テルミット式		△	
5. 炭化	①間接加熱式		×	・ 炭化物の利用先確保が困難。
	②直接加熱式		×	
6. 固形 燃料化	①J-カトレル式		×	・ RDF の利用先確保が困難。
	②RMJ 式		×	
7. 堆肥化	①ヤード式		×	・ 市の行政規模を考慮すると大規模な施設となり導入困難（小規模なものであれば、あぶくまクリーンセンターの再整備とは別に検討可）
	②機械式		×	
8. 飼料化	飼料化		×	・ 市の事業として飼料化になり得るごみの収集が困難。
9. メタン 発酵	①湿式		△	・ 焼却施設の併設及び生ごみの分別回収が政策的に可能と判断した場合に検討。
	②乾式		△	・ 焼却施設の併設を前提に検討。
10. 直接 埋立	（好気式、嫌気式、準好気式）		×	・ 減容化をしないため、埋立容量が著しく大きくなる上、国の交付金が支給されない。

○：検討対象、△：条件付き（又は施策の変更を考慮）で検討の対象とする、×：検討の対象としない。

² 一般廃棄物実態調査結果（平成 27 年度実績・環境省）によると、青森県平内町と兵庫県明石市（旧大久保清掃工場）が該当するが、いずれも休止中である。

3. 環境負荷低減技術の調査対象の検討について

ごみ処理施設に利用可能性のある環境負荷低減技術を表 3 に提示する。

(検討指標 (案))

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">● ごみ処理の安定性、継続性を確保できる技術か● 施設整備までに実用化が果たされる技術か● 費用対効果を踏まえ、整備コストや維持管理コストの低減に資する技術か● 省エネルギーや地球温暖化対策に資する技術か● 地域の雇用や産業振興に貢献する技術か● その他、上記条件に合致する環境負荷低減技術があるか |
|--|

表 3 環境負荷低減技術の一次選定（案）

技術名称	概要	特徴・適用性	技術の段階	検討の対象 (案)	事例等
A.地中熱利用、下水熱利用	地中の温度は、年中約 14℃程度と一定しており温度差を用いた融雪、冷暖房、プール加温などに用いられる。	<ul style="list-style-type: none">通常の公共施設（公民館、庁舎等）で使用するには問題はなく、ごみ処理施設においても使用可能である。ただし、焼却施設で蒸気タービン（又はガスタービンもしくはガスエンジン）発電を行う場合、復水器蒸散熱として未利用の低温排熱が発生、用途が重複する。	実用化段階	×	一般商業施設等
B.CO ₂ 分離回収プラント	清掃工場等から発生した二酸化炭素を回収プラントで回収し再利用（藻類の培養や CO ₂ 固定化等）	<ul style="list-style-type: none">溶媒を用いた排ガスからの CO₂ 回収技術であり、焼却、ガス化溶融問わず採用可能性がある。CO₂ 利用先を併せて検討する必要がある。	実証段階	○	佐賀市清掃工場
C.スーパーごみ発電（複合型発電）	ガスタービンを併設し、ガスタービン排熱を使用して蒸気を過熱、蒸気タービン発電との併用（コンバインドサイクル）により高効率なごみ発電を行う技術。	<ul style="list-style-type: none">既存技術であり、総合的なエネルギー効率に優れる。費用対効果やメンテナンスの煩雑さに課題があり、現在のところ解決に至っていない。	実用化段階	○	千葉市新港清掃工場他、国内 4 箇所
D.水冷式復水器	通常空冷する復水器を水冷にすることでさらなる発電効率の向上を目指す。	<ul style="list-style-type: none">既存技術であり、冷却水が安定的に供給、放流できる立地であれば整備可能（放流できない場合は、低温余熱利用(プール保温等)やクーリングタワーを整備）。	実用化段階	○	北九州市新門司工場他
E.熱電発電モジュール（ペルチェ素子）	温度差により発電するペルチェ素子を使用し、従来エネルギー利用困難であった低温域でのエネルギー回収を行うもの。	<ul style="list-style-type: none">ごみ処理施設での導入事例なし。小型で付帯施設が不要なため省スペース性に優れる。	実証段階	×	昭和電工(株)や(株)KELK（コマツ小会社）、パナソニック等が実用化に向け試験中
F.バイナリー発電	アンモニア等の低沸点の物質を用いたタービンを回して発電する技術。	<ul style="list-style-type: none">温泉発電等で実用化されており、小規模のごみ焼却施設で導入し始めている。設備がパッケージ化されており導入が容易。	実用化（初期）段階	○	丹波市 クリーンパーク丹波 萩・長門清掃一部事務組合：萩・長門清掃工場
G.スターリングエンジン	温度差でピストンを上下動させて駆動する外燃機関。	<ul style="list-style-type: none">小型で軽量で空きスペースに設置できる（大型化には向かない）	実用化（初期）段階	○	萩・長門清掃一部事務組合：萩・長門清掃工場
H.バイオガス化	生ごみ等の有機系廃棄物をメタン発酵し、ガスエンジンやガスタービン、燃料電池などに使用することでさらなる発電効率向上を目指すもの。	<ul style="list-style-type: none">生ごみを分別収集または選別装置を導入し、生ごみをメタン発酵しメタンガスを回収、その他のごみを焼却施設で焼却するシステム。副生成物である消化液の取扱や設備点数の増加によるインシヤル・ランニングコスト増に留意が必要。	実用化段階	○	南丹広域行政事務組合、防府市（グリーンパーク防府）、長岡市他 契約事例（建設中）では、町田市、鹿児島市
I.高温高压ボイラ	現在の高効率発電の主流である 400℃、4MPa より高い蒸気条件を設定可能なボイラとすることでさらなる発電能力工場を目指す。	<ul style="list-style-type: none">発電の高効率化を目標にする場合、最も一般的な手法。400℃、4MPa を超えると水管に排ガス由来の高温腐食が顕著となり、耐久面や費用対効果に課題が発生する。	実証段階	○	津久井クリーンセンター（NEDO の実証実験） 契約事例（建設中）では、廿日市市の 450℃、6MPa の事例あり。 海外では事例が多いものの、水管の交換を前提としたものである ³ 。
J.地域電力供給 ⁴	電力事業に自治体が（合弁で）参入することで、ごみ発電で得られた電力を市内の公共施設で利用し、電力ベースでの CO ₂ 削減とコストダウンを図る。	<ul style="list-style-type: none">市内に所在する新エネルギー（太陽光発電、地熱発電、バイオマス発電等）と連携して地域電力供給事業を行うもの。各発電事業者をまとめる地域電力会社の設立が必要。市の施設への供給の場合、「自己託送制度」の方が有利。	実用化（初期）段階	△	松阪市、北九州市、米子市、成田市他 （福島市においても平成 27 年 4 月からあらかわクリーンセンターの余剰電力を DBO 事業者を通じ市内小中学校へ供給している。）
K.エタノール製造	ごみをガス化後、微生物触媒を用いてエタノールに変換、産業利用する。	<ul style="list-style-type: none">ガス化は既存技術を使用。実用化に向けたパートナー候補を募っている段階	実証段階	×	積水化学(株)が平成 29 年 12 月に発表

○：検討対象、△：条件付き（又は施策の変更を考慮）で検討の対象とする、×：検討の対象としない。

³ 「平成 27 年度廃棄物発電の高度化支援事業委託業務報告書」による。

⁴ 平成 28 年度環境省委託業務 「平成 28 年度福島市における廃棄物発電のネットワーク化に関する実現可能性調査委託業務報告書」によると、福島市において地域電力供給事業を成立させるには地域における事業規模（消費地の需要量）を拡大することが必要と報告されている。これは、ごみ発電がベース電源として機能するのに相当の需要（消費先）が必要なためである。

4. 先進地視察先（案）

今後、各施設の技術的特徴や施設規模を考慮し視察先を選定する。防災拠点整備は、視察先でのヒアリング調査を予定する。

表 4 近年の竣工事例（例示）

施設名	竣工	施設規模	方式	特徴	視察先 (案)
1. 武蔵野市クリーンセンター	平成 29 年 3 月	120t/日	ストーカ式	多種の再生エネルギー（太陽光、小水力、雨水利用等）を活用している。市民が自由に出入りできるコミュニティスペース（公開空地）があり、開放的な空間となっている。	
2. 寝屋川市新ごみ処理施設	平成 30 年 3 月 竣工予定	200t/日	ストーカ式	既設に隣接して建設しており、省スペースな施設となっている。	
3. 飯能市クリーンセンター	平成 29 年 12 月	80t/日	ストーカ式	小規模ながら、高効率ごみ発電施設（発電規模 12%以上）となっている。	
4. 館林衛生施設組合たてばやしクリーンセンター	平成 29 年 3 月	100t/日	ストーカ式	廃熱で温水を作り、施設内の給湯や暖房に利用するとともに館林市総合福祉センターの温水プールに供給（発電なし）。	
5. 甲府・峡東地域ごみ処理施設事務組合 甲府・峡東クリーンセンター	平成 29 年 4 月	369t/日	流動床ガス化溶融	可燃性災害廃棄物、可燃性掘り起こしごみまで安全かつ安定的に処理可能	
6. 東京 23 区清掃一部事務組合 杉並清掃工場	平成 29 年 4 月	600t/日	ストーカ式	熱エネルギーを国内トップクラスの高効率発電や隣接施設の温水プールへの供給などに有効利用するほか、都市の景観に配慮した施設となっている。また、日立造船が、杉並清掃工場ビッグデータ解析による最適運転管理システムの開発を本施設で行っている。	
7. 上越市クリーンセンター	平成 29 年 10 月	170t/日	ストーカ式	蒸気復水タービンによる発電の他、場外余熱利用施設へ熱供給を行っている。	○
8. 東埼玉資源環境組合第二工場	平成 28 年 3 月	297t/日	シャフト式ガス化溶融 (コークスベッド式)	抽気復水タービンによる発電の他、市民温水プール・老人福祉センターへの熱供給を行っている。	○
9. 神戸市港島クリーンセンター	平成 29 年 3 月	600t/日	ストーカ式	発電効率は高効率（20%以上）を実現。災害時におけるインフラ途絶時に焼却継続（1 週間以上）可能。	
10. 東大阪都市清掃施設組合第 5 工場	平成 29 年 3 月	200t/日	ストーカ式	防災用品や非常用浄水装置を備え、洪水・地震などの大規模災害発生時に、周辺住民の一時避難場所として機能できる施設となっている。	
11. 仙南地域広域行政事務組合 仙南クリーンセンター	平成 29 年 3 月	200t/日	流動床ガス化溶融	最終処分場に埋め立てているごみをの掘り起こしを行い、当施設で焼却・溶融し、最終処分場の延命化を行っている。	○
12. 豊中市伊丹市クリーンランド	平成 28 年 3 月	525t/日	ストーカ式	壁面緑化等緑が多い。大阪国際空港（伊丹空港）が近くにあり、煙突高さ 45m となっている。	
13. 南信州広域連合 稲葉クリーンセンター	平成 29 年 12 月	93t/日	ストーカ式	93t と小規模ながら蒸気タービンによる発電と無触媒脱硝を採用。	

5. 防災拠点の整備メニュー検討（素案）

平成 26 年度の循環型社会形成推進交付金制度から、防災拠点施設としての整備に国の交付金が 1/2 交付されることとなった。しかし、ごみ処理施設の整備は、順調に推移したとしても地域計画策定後 5～7 年程度を要することから、現時点で本制度による防災拠点の竣工事例はないと考えられることから、他市町村の施設基本構想等に示された内容を以下に示す。

- ① 非常用発電機を使用した焼却炉立ち上げ（1 炉立ち上げに必要な発電出力を確保し、1 炉の発電と非常用発電機の併用で 2 炉稼働を可能にする）。1 炉稼働時のデマンド対策にも使用。
- ② 会議室、浴室等の地域住民への開放（ただし、本施設はヘルシーランド福島が隣接していることから必然性は少ない）。
- ③ 耐震の用途係数の嵩上げ（1.25→1.5 相当）
- ④ 浸水区域内の立地における地盤の嵩上げ。
- ⑤ 災害廃棄物置場の整備（①駐車場をコンクリート舗装にし、災害発生時には選別用土間として転用、③平時に公園として使用し、災害時に廃棄物置場に転用）。
- ⑥ 水供給用井戸の整備（焼却施設の発電で揚水し非常時に生活用水（非飲用）として供給、プラント冷却水にも転用）。
- ⑦ 都市ガス中圧管の整備（中圧管は耐震性を有することから地震時のエネルギーインフラとして使用）。
- ⑧ 電気自動車充電スタンドの整備又は、燃料タンク（軽油）の大型化（パッカー車燃料に転用）。
- ⑨ 太陽光発電パネルの整備（主として弱電～100V 用途）。
- ⑩ ガスコージェネレーションシステムを導入し負荷変動や災害時に対応した地域エネルギー供給体制を構築する（武蔵野市）。

今後、先進地視察のヒアリングや処理システムの検討に併せて必要機能の整理を予定する。