

# ごみ焼却発電の市場性とビジネスシナリオ

(その4) ごみ焼却発電拡大のビジネスシナリオ

環境企画 松村 眞

筆者は本稿の概要を、2014年3月に岐阜大学で開催された化学工学会第79年会化学産業技術フォーラムで発表した。ここに掲載するのはその詳細だが、工業通信社が発行する「化学装置」の2014年3月号と4月号に掲載されたので、許可を得て転載する。

## 8. ごみ焼却発電のビジネスシナリオ

前節までに清掃工場におけるごみ焼却発電の導入と、発電効率の向上には技術的な阻害要因がないことと、再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度によって市場性が高まっていることを述べた。そこで本節では、この新しいともいえる創エネルギープロジェクトの推進に、どのような業務が必要で、設備導入にどのような資金調達スキームが適用可能か述べる。

### 8.1 フィージビリティスタディ (FS)

現状で発電設備のない清掃工場に新たに発電設備を導入する場合も、既設の発電設備を改造して発電効率を高める場合も、経済性を確認するためには表14に示すフィージビリティスタディ (FS) が必要である。FSの結果、発電設備の導入や改造がスペースなど物理的な制約と、費用対効果の要件を満たしていることが確認できれば、詳細設計と工事発注に移行するであろう。

表14. フィージビリティスタディの内容

FSの項目	FSの内容
Step.1 清掃工場の選定	下記の要件を参考に、発電設備の導入または改造の対象工場を選ぶ。 (1) 新たに発電設備を導入する場合の優先配慮事項 ・ 現在のごみ焼却量、および将来の焼却量が多い。 ・ 保有焼却炉の炉数が多い。 ・ 焼却炉を含む設備の残存耐用年数が高い (建設時点が新しい)。 ・ 敷地が広くて工事用のスペースを確保しやすい。 ・ 近い将来の統配合の可能性が低い。

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海に近い（海水を冷却水に使える可能性が大きい）。</li> <li>・清掃工場の排熱利用を前提とする近隣施設が少ない。</li> </ul> <p><b>(2) 既に発電設備を保有している場合の優先事項</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現在の発電効率が低い。</li> <li>・新たに発電設備を導入する場合と同じ事項。</li> </ul>
<p>Step.2 現状の確認</p> <p>清掃工場の協力と 情報提供が必要</p>	<p><b>(1) 新たに発電設備を導入する場合の確認事項</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ごみ焼却量（年間）、ごみ熱量（季節変動を含む）。</li> <li>・工場内および工場外の排熱利用状況（用途と使用量）。</li> </ul> <p><b>(2) 既に発電設備を保有している場合の確認事項</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発電量および発電効率（年間）。</li> <li>・発電電力の工場内利用状況（用途・使用量）。</li> <li>・発電電力の外部売電状況（売電価格、売電量）</li> <li>・新たに発電設備を導入する場合と同じ事項。</li> </ul> <p><b>(3) 設備の状況</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発電設備の導入、または発電効率向上の工事費の積算に要する現状調査（焼却炉、ボイラー、排ガス処理設備、蒸気関連設備、電気関連設備など）</li> </ul>
<p>Step.3 発電量の予測と 工事費の積算</p> <p>エンジニアリング 企業か装置メーカ ーの協力が必要。</p>	<p><b>(1) 発電量の予測</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新たに発電設備を導入する場合も、既に発電設備を保有している場合も、設備の現状から目標発電効率を設定する。</li> <li>・25%を含む複数の目標設定が望ましい。</li> </ul> <p><b>(2) 工事費の見積もり</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設定した発電効率の達成に必要な設備改善設計を行い、工事費を見積もる。</li> </ul>
<p>Step.4 費用対効果の算定</p>	<p>新たに発電設備を導入する場合は得られる発電量、既に発電設備を保有している場合は発電効率の向上で得られる増加発電量から増収益を推計する。この増収益と必要な工事費から、費用対効果やキャッシュフローを算定し、採用する発電効率の目標と工事内容を確定させる。</p>

## 8.2 ファイナンススキーム

FSの結果、選定した清掃工場への発電設備の導入、または発電効率の向上が有益となっても、実施するには少なくとも数億円以上の工事費が必要であろう。そこで本工事に適用が可能で有望と思われるファイナンススキームを紹介する。

### 8.2.1 ESCO スキーム

設備の省エネルギー対策を請け負う事業に、ESCO (Energy Service Company) 事業という形態がある。かなり広く展開されており、知っている人も多いと思われるので、本節では最小限度の解説にとどめる。ESCO 事業というのは、顧客に省エネルギーに関する包括的なサービスを提供し、省エネルギー効果を保証し、省エネルギー対策で顧客が得られる利益から報酬を受けとる事業である。1970 年代にアメリカで発足し、1990 年代から日本にも普及し始めた。現在、日本の ESCO 推進協議会に参加している企業は、2013 年 6 月の時点で 94 社である。ESCO 事業者の提供するサービスは、以下のサービスの組み合わせである。

- ① エネルギー診断にもとづく省エネルギー対策の提案。
- ② 提案実現のための省エネルギー対策工事に必要な設計と施工。
- ③ 導入設備の保守、運転管理。
- ④ 設備と工事の資金提供調整。
- ⑥ 省エネルギー効果の保証。
- ⑦ 省エネルギー効果の計測と検証。
- ⑧ 計測と検証にもとづく改善提案。

ESCO 事業の特徴は、省エネルギー対策工事に必要なすべての費用（設備工事費、金利、経費など）を、省エネルギー改修で得られる契約期間中の光熱水費の節減分で賄うことにあり、契約期間終了後の節減分は顧客の利益になる。顧客への利益保証は、計画、設計、施工、運転、維持管理まで、すべての工程を ESCO 事業者が責任をもって請負うことで実現される。省エネルギー効果を確認するための計測と検証には、短期と長期の計測、統計解析、シミュレーション手法が適用される。保証した省エネルギー効果を発揮できず、顧客が損失を被る場合は、ESCO 事業者が補償する（パフォーマンス契約）。

改修資金は図 2 に示すように、顧客が担うギャランティード・セイビングス契約と、ESCO 事業者が担うシェアード・セイビングス契約がある。ギャランティード・セイビングス契約の場合、改修した設備の所有者は顧客になるが、資金をリース会社から調達すれば金融機関の所有になる。一方、シェアード・セイビングス契約の場合は、契約期間の終了まで ESCO 事業者が改修設備を所有するが、資金をリース会社から調達すれば金融機関の所有になる。清掃工場への発電設備の導入や、発電効率の向上に ESCO 事業を採用すれば、地方自治体には設備資金需要も事業リスクも発生しない。

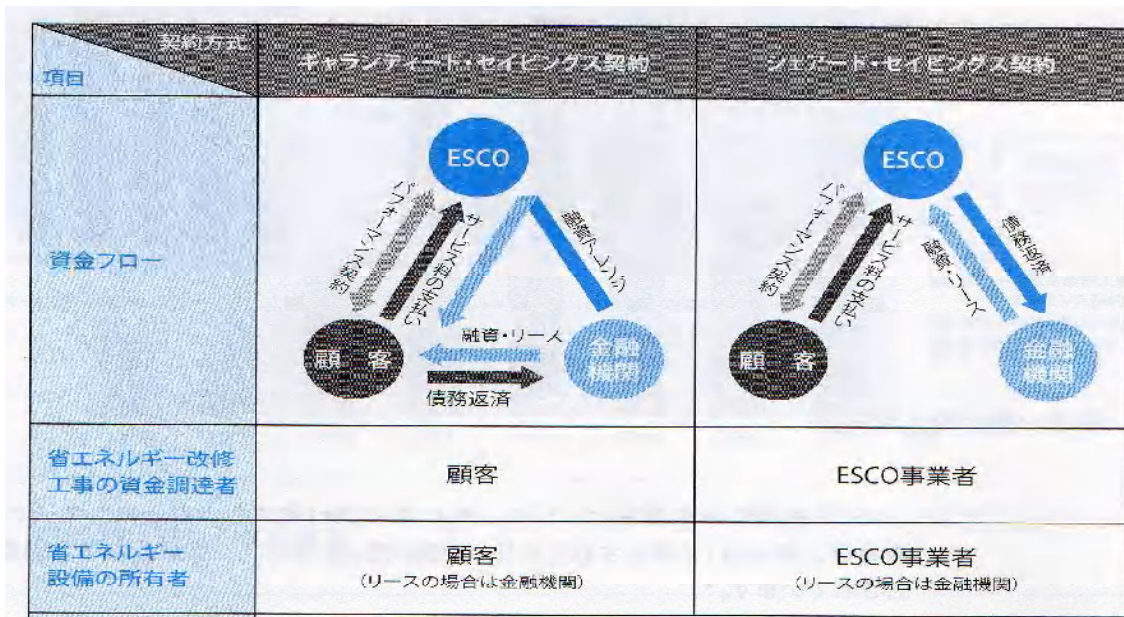


図 2. ESCO 事業の改修工事資金調達方式 (出典: ESCO 事業推進協議会資料)

過去に採用されてきた ESCO 事業の省エネルギー改修事例を表 15 に示す。行政庁舎・医療施設・文化施設などの公共施設と、ホテル・店舗・病院・オフィスなどの業務用施設が件数の三分の二を占めている。設備の更新と制御の改善が多いが、この事例は ESCO 事業推進協議会に加入している団体だけの実績である。工場の大規模な省エネルギー改修は、エンジニアリング企業や産業機械メーカーが担うことが多いが、必ずしもその多くが ESCO 事業推進協議会に加入しているわけではない。清掃工場への発電設備の導入や発電効率の向上は、表 15 の事例より省エネルギー効果も工事費の規模も大きいであろう。過去における ESCO スキームの適用事例を把握していないが、同じ仕組みが適用できるはずである。

表 15. ESCO 事業として採用された省エネルギー改修事例 (ESCO 事業推進協議会資料より)

空調 関連	ポンプ・ファンの回転数制御	電力 関連	高効率変圧器の採用
	ポンプ・ファンの運転台数制御		高効率モーター・圧縮機の採用
	間歇運転の採用		NAS 電池 (蓄電池) の利用
	排気と外気の熱交換	照明 関連	蛍光灯 (電球型) の採用
	温度と湿度の制御改善		人感センサーによる自動オン・オフ
	ヒートポンプ冷房		昼光センサーによる照度制御
熱源 関連	コージェネレーション		インバーター照明の採用
	ボイラーの更新		高輝度誘導灯の採用
	冷凍機の更新		H I D ランプの採用

	稼働台数制御	他	節水装置の採用
	氷蓄熱		BEMSの採用

### 8.2.2 レベニュー債

レベニュー債は国や地方自治体などの資金調達方法の一つで、事業の目的別に発行される。たとえば、浄水場を整備する資金なら浄水場債が発行され、市立病院なら市立病院債が発行される。このようにレベニュー債は資金の用途が特定化され、償還原資も同時に特定化される。レベニュー債の特徴は公営事業でも自治体に債務保証がない点で、それだけに事業の成否見通しには投資家の厳しいチェックがある。現在、アメリカでは普及しているが、日本の地方債制度では認められていない。しかし今後の動向として、政府は地方自治体の公営事業への適用を解禁する方針なので、近い将来に利用可能なファイナンススキームであろう。

### 8.3 既設清掃工場への焼却発電導入と、発電効率向上のビジネス形態

清掃工場は一度建設されると、耐用期間に達して立て替えるまで、劣化部品の交換以外にはほとんど設備を改造しない。生産プラントのように製品を生産するわけではないから、需要の変化に対応する必要がないからである。それに焼却炉を始め重要な設備が、ほとんど建屋内に設置されているから、簡単には設備の増強ができない。このため既設の清掃工場に新たに発電設備を導入する改造も、発電効率を向上させる改造も、過去にはほとんど見られない。したがって、本稿で述べた改造工事を推進するには、新たなビジネス形態と適切なプレイヤーの登場が必要であろう。そこで本節では、考えられるビジネス形態と、貢献を期待したいプレイヤーを3通り考えてみた。一つは従来の清掃工場建設と同じように、設備事業者が顧客から直接受注する方式である。二つ目は設備事業者がESCO事業者になり、ESCOスキームで改造工事を受注する方式である。三つ目はESCO事業者が顧客から受注し、必要な工事を別の設備事業者に発注する方式である。この三つの方式について、以降に長所と短所、および登場を期待するプレイヤーについて述べる。

#### (1) 設備事業者が顧客から直接受注する形態

設備事業者が顧客である地方自治体から改造工事を直接受注する形態は、焼却炉メーカーと言われている産業機械メーカーやエンジニアリング企業が清掃工場の建設を請け負うのと全く変わらない。工事資金は顧客が一般会計や債券市場から調達する。採用が可能ならレベニュー債も資金調達の選択肢の一つになるであろう。請負側はF

Sに続いて改修工事を設計し、必要な機材を調達して施工し納入する。もちろん、発電効率など、必要な設備要件については性能保証する。

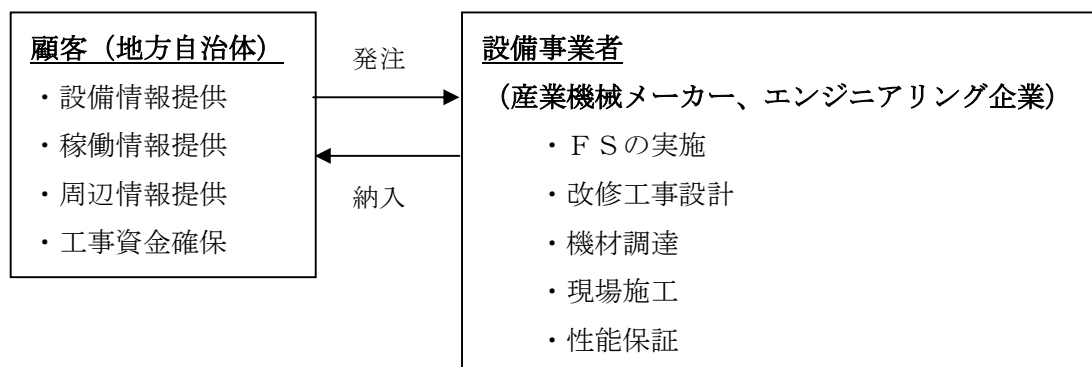


図 3. 設備事業者への直接発注方式（一般的な設備発注形態）

## (2) 設備事業者が ESCO 事業者になり、シェアード・セイビングス契約の ESCO スキームで改造工事を受注する形態

設備事業者が ESCO スキームで改造工事を受注する形態では、顧客と設備事業者が ESCO 契約を締結する。シェアード・セイビングス契約の場合は、通常は図 4 に示すように設備事業者がリース会社と契約し、リース会社が設備工事費を負担して設備を提供する。納入設備は契約期間が終了するまでリース会社が所有し、契約期間終了をもって顧客に引き渡される。リース費用は、契約期間中に得られる電力の増収益で賄われる。この形態の場合、顧客である地方自治体には設備工事費を調達する必要がないから資金需要が発生しない。達成できる発電効率と発電量は設備事業者が保証し、もし保証値が得られなければ設備事業者が負担する。したがって、この形態なら顧客には資金需要も投資リスクも回避できる。設備事業者は保証値が達成できないリスクを回避するために、慎重に過去数年間の電力消費量を確認して契約のベースにする。焼却ごみの量と発熱量で発電量が変わるから、契約は変動要因を加味した内容になるであろう。

## (3) ESCO 事業者が顧客から受注し、必要な工事を別の設備事業者に発注する方式。

ESCO 事業には、エネルギー消費量の事前調査、ESCO 事業独特の契約締結、契約期間中の設備の保有とメンテナンス、エネルギー消費量の検証など独特の仕組みがある。このため、設備事業者が ESCO 事業の体制を整えていない場合もあるであろう。そのような場合は図 5 に示すように、経験のある ESCO 事業者が設備事業者に代わって顧

客と契約を締結し、必要な改修工事設計や施工を設備事業者に発注する方式もある。改修工事設計の前段階で必要な F S は ESCO 事業者が担当してもよいが、改修工事の設計に基づく見積もりが必要なので、設備事業者との密接な協力が必要になる。

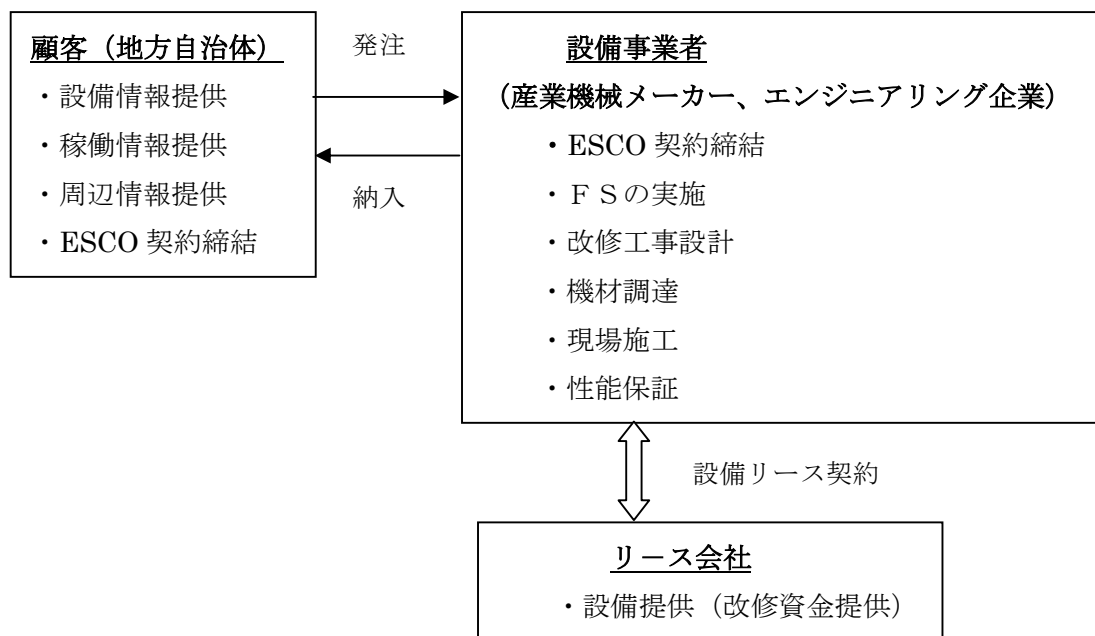


図 4. 設備事業者が ESCO 事業者になり、シェアード・セイビングス契約の ESCO スキームで改造工事を受注する形態

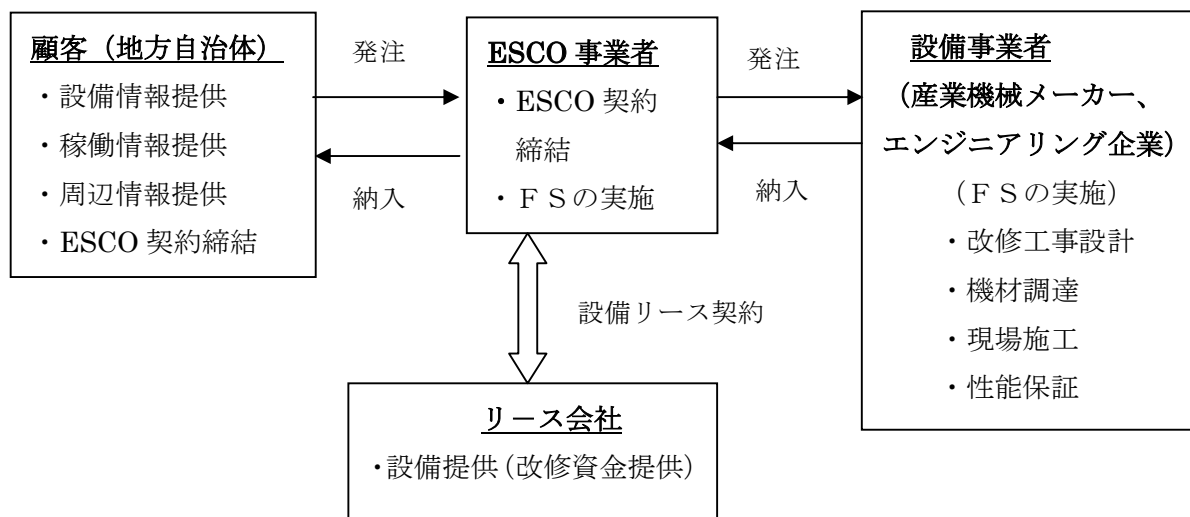


図 5. ESCO 事業者が顧客から受注し、必要な工事を別の設備事業者に発注する形態。

(おわりに)

本調査で判明したことの一つに、清掃工場の稼働率がかなり低いことがある。具体的には50%台かそれ以下が多い。民間企業の素材生産工場は、24時間連続稼働なら、80%以上が一般的であろう。ごみの発生量は変動が避けられないし、焼却炉の定期点検と補修にも時間がかかるが、装置としては70%以上の稼働が可能であろう。それでも稼働率が低いのは、二つの要因があるものと推察している。一つは清掃工場の設計・建設段階で、処理能力を大きく想定してきた点にある。1990年代まで廃棄物の発生量は必ず増大し、装置の処理能力増強が追いつかない状況が続いていた。このため、将来を見越して余裕のある能力を設定する傾向があったであろう。もう一つの要因はごみの発生量の減少である。現在は企業も個人も廃棄物を減らそうとしているし、資源化の推進も廃棄物を減らす方向に働く。したがって、今後も全国的に清掃工場の統廃合が進むだろうが、清掃工場は地域密着型の施設なので統廃合には限界がある。このため、複数の焼却炉を保有する清掃工場は、一部の炉を廃棄する可能性が高い。現在、発電していない清掃工場は、そのスペースを発電設備の設置に利用できるのではないだろうか。

本調査報告では、多くの清掃工場に欧米で採用されている効率の発電設備を導入すれば、かなり大きい発電量を新たに得られることを示した、そして、現在のエネルギー環境なら、発生電力を売電することで大きな収入源になることも示した。本報告の増加外販期待収入が実現できれば、清掃工場全体の設備費から考えて、5年から長くても8年程度で必要な追加設備投資を回収できるのではないだろうか。事業形態にはPFIやESCOも考えられるので、次の段階では個々の案件を具体化するビジネスプレイヤーの登場と活躍を期待したい。

(おわりに)