

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 15 日現在

機関番号	: 14701
研究種目	: 基盤研究 (C)
研究期間	: 2009~2011
課題番号	: 21560570
研究課題名 (和文)	環境価値誘発サービスを内在した清掃工場の進化による低炭素産業社会 転換の評価
研究課題名 (英文)	Evaluation of industrial transformation by evolution of waste incineration factories towards low carbon society with services embodied by environmental values
研究代表者	
	吉田 登 (YOSHIDA NOBORU)
	和歌山大学・システム工学部・教授
	研究者番号 : 60263224

研究成果の概要 (和文) : 本研究では、長寿命化や省エネルギーなどの環境価値サービスを清掃工場に提供することによる低炭素効果について分析した。2009 年度には全国の清掃工場へのアンケート調査をもとに、清掃工場における省エネルギー、再生可能エネルギー、市民ファンドへの意識について明らかにした。2010 年度には、ごみ焼却施設の経年的な電力消費の調査データをもとに、エネルギーからみたごみ処理の性能水準を指標とする効率変化状況を分析した。2011 年度にはこの指標を、効率に影響を及ぼす技術的・社会的変数を組み込んだ関数としてモデル化し、さらにこれらの変数の将来変化を組み込んだシナリオを構築して、現状更新から省エネ化による CO2 削減と長寿命化によるコスト削減を両りながら施設維持しうる最適なシナリオについて分析を行った。これらの結果より、現状更新から省エネ改修によりトータルのエネルギー消費を削減しうる施設改修が可能であることが示唆された。

研究成果の概要 (英文) : In this research, we analyzed about the low carbon effect by providing environmental value service of extension of life-span, energy saving, etc. for waste incineration plants. In the 2009 fiscal year, waste incineration sectors' consciousness to energy saving, renewable energy, and a citizen fund is analyzed based on the questionnaire to the plants all over the country. In the 2020 fiscal year, the efficiency change situation which makes an index the performance level of the waste incineration was analyzed based on the survey data of the power consumption of waste incineration facilities. In the fiscal year, a model was made as a function incorporating technical and social variables which has this index on efficiency. Then, the scenarios incorporating future change of these variables were built to analyze the optimal scenario that can carry out institution maintenance while planning the CO2 reduction by energy saving, and the cost reduction by extension of life-span from renewal of the present condition. From these results, it was suggested that the institution repair which can reduce total energy consumption by energy-saving repair from renewal of the present condition is possible.

交付決定額

(金額単位 : 円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：環境計画・管理，廃棄物，バイオマス，サービサイジング

1. 研究開始当初の背景

2025年をめざして政府が示す「イノベーション25」は、新しいアイデア・ビジネスなどによるイノベーションで持続的成長と豊かな社会を拓く未来ビジョンであり、そこでは技術の革新とともに、サービスを含めた社会システムの改革を一体的に進めていく必要性が強調されている。これに呼応するように、環境省では2025年を「環境と経済の好循環」の一つの到達点と位置づけ、「第3次産業で生きる環境のわざ」がこのような好循環を促す先導的な取組みの1つとなることを期待している。このような環境のわざの本流は、環境価値誘発ビジネスと呼ばれ、白書では2025年には約103兆円、雇用規模は約222万人になると予測されている。

このような環境価値誘発サービスの学問的体系化をめざす代表的な研究領域として「モノを売るのではなくサービスを提供する発想への転換」であるサービサイジング(servicizing)が知られている。1990年に創始された地球環境変化の人間社会的側面研究(IHDP)のもと2000年に設立した国際産業エコロジー学会(ISIE)における持続可能な産業社会転換のための重要分野である「持続可能な生産と消費」の先導的領域として位置づけられている。経済産業省では、2005年からグリーン・サービサイジング研究会が設置され、新しい環境ビジネスへのイノベーション創出へ向けた研究活動を続けている。これらを背景に、RSCOの省エネサービサイジングなどの環境価値誘発サービスに、グリーン電力・熱証書といった環境価値の「見える化」を内在させた空間・時間・サービス価値の広がりをもつサービス・システムを、代表的な都市環境インフラである清掃工場に提供することにより、低炭素社会への駆動力となり地域再生を促す、サービスによるエコ産業社会転換(エコ・イノベーション)への進化モデルを仮説し、この展開可能性を定量的に評価、検証する研究を着想した。

2. 研究の目的

本研究は、

(1) 清掃工場における省エネルギー、再生可能エネルギー、市民ファンドへの意識調査

(2) ごみ焼却施設における運転及び施設改修状況ごみ焼却性能水準のモデル化

(3) 将来の技術・社会変化を考慮した施設改修のシナリオ評価

を行い、長寿命化や省エネルギーなどの環境価値サービスを清掃工場に提供することに

よる低炭素効果を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 清掃工場における省エネルギー、再生可能エネルギー、市民ファンドへの意識調査

(1)については、全国の清掃工場に郵送・記入式のアンケートを送付し、分析を行った。

(2) ごみ焼却施設における運転及び施設改修状況ごみ焼却性能水準のモデル化

(2)については、清掃工場における、年間焼却量、買電量、売電量、発電量、低位発熱量等のデータから稼働年数・ごみ質(低位発熱量)・処理規模に対するごみ処理量(以下、負荷率)と消費電力あたりごみ焼却量との関係性の分析を行った。あわせて施設の改修や意識の状況について分析した。さらに、消費電力あたりごみ焼却量をごみ焼却の性能水準として設定し、この性能水準がごみ質や負荷率等の変数が、どの程度影響を与えるかについて単回帰、重回帰分析の統計解析により分析を行った。

(3) 将来の技術・社会変化を考慮した施設改修のシナリオ評価

(3)については、単回帰分析および重回帰分析の結果をもとに、施設改修のシナリオに対するライフサイクルエネルギーの評価を行った。

4. 研究成果

(1) 清掃工場における省エネルギー、再生可能エネルギー、市民ファンドへの意識調査

清掃工場に対して設備のエネルギー効率を定期的に診断しているかという問いについて清掃工場全体では、自ら診断している工場は、定期的、不定期を含めても全体の16%であり、専門主体に委託する場合を含めて何らかの診断を実施している割合は全体の20%にとどまっている。他方、エネルギー診断は行っておらず、現段階では診断の検討もしていない工場は全体の72%を占める結果となっている。省エネルギー法改正による熱・電気の一体的管理の方向は年々、規制が強くなる傾向にあるため、将来的にこのような省エネ実施の動機づけは高まると予想される。

「ESCOについて聞いたことがない」という回答を除く全体の約3分の2の工場に対して、ESCO事業の導入検討の有無や意向について聞いた結果、導入を検討したことがある工場はあわせて15%(62工場)、そのうち今後も検討を続けたいと答えた工場は15%のうちすでに3%(14工場)あることが分かる。ま

た今後検討したいと答えた工場は 25% (103 工場) あり、潜在的な ESCO 市場の大きさが伺われる (図 1)。

現在、ごみ中のバイオマス発電以外に再生可能エネルギーを導入している清掃工場は、太陽光発電が全体の 4% (22 工場)、風力発電で全体の 1% (8 工場)、バイオマス利用で全体の 2% (11 工場) などごく少数にとどまる。今後、清掃工場でも再生可能エネルギーの導入を図ることは重要と答えた 451 工場に設備導入のために何が重要かを聞いた結果、選択の多かった項目は設備費用そのもののコストが下がること 28% (128 工場) や初期投資財源の確保 27% (123 工場) など、設備コストに関するものであった。さらには、市民啓発、首長のリーダーシップ、RPS 法の買い取り価格の上昇 (償還期間の短縮) があげられた。

市民ファンドに関しては、名前も聞いたことがないとの回答が過半を占めるが、他方、よく知っていると答えた工場が 4% (25 工場)、名前は聞いたことがある工場が 43% (240 工場) あり、認識の幅が伺われる。市民ファンドの活用意向については、全体の 3% (18 工場) が導入が可能か検討したいという前向きな意向を示し、続いて 18% (107 工場) が、もう少し内容を知りたいと関心を示した。

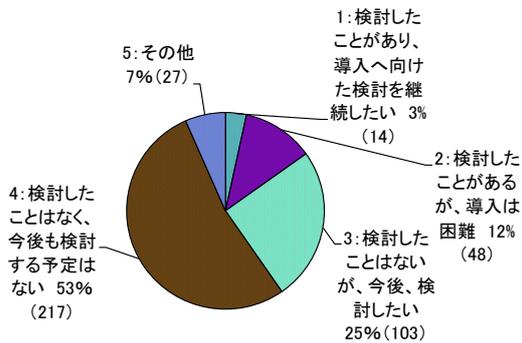


図 1 ESCO 導入検討の有無や意向

(2) ごみ焼却施設における運転及び施設改修状況ごみ焼却性能水準のモデル化

ごみ焼却性能水準は、厳密には個々の焼却施設においてその変化の様子が異なる。そこで、ヒアリングデータの得られた清掃工場の経年データをもとに、消費電力あたり焼却量および熱量換算を行ったごみ焼却性能水準 (消費電力あたり焼却量) のモデル化を行った。

清掃工場では、機器の劣化やごみ質・焼却量の変化により消費電力あたり焼却量が変化している事が考えられる。稼働年数、焼却負荷率、低位発熱量が影響を与えている要因であるとして考え、消費電力あたり焼却量を非説明変数とした重回帰式によるモデル化を行った。式 1 に重回帰式を示す。

$$y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + d \quad (1)$$

ここで、 y :消費電力あたり焼却量(t/kWh), x_1 :稼働年数(年), x_2 :焼却負荷率(%), x_3 :低位発熱量(KJ/kg)である。この重回帰モデルにおいて、発電あり施設について標準偏回帰係数をみると低位発熱量が増加すると消費電力あたりごみ焼却量は減少するという傾向の清掃工場が多く存在している。これは、プラスチック類の混入により低位発熱量が増加し、燃焼するために送風量を増加させなければならない事が影響したと考えられる。標準偏回帰係数を分析すると、負荷率は正に、稼働年数は負へと消費電力あたりごみ焼却量に対して影響を与えていると考えられる。発電なし施設について標準偏回帰係数をみると、発電ありストーカ炉と同様に消費電力あたりごみ焼却量は負荷率および稼働年数が影響を与えていると考えられる (図 2)。

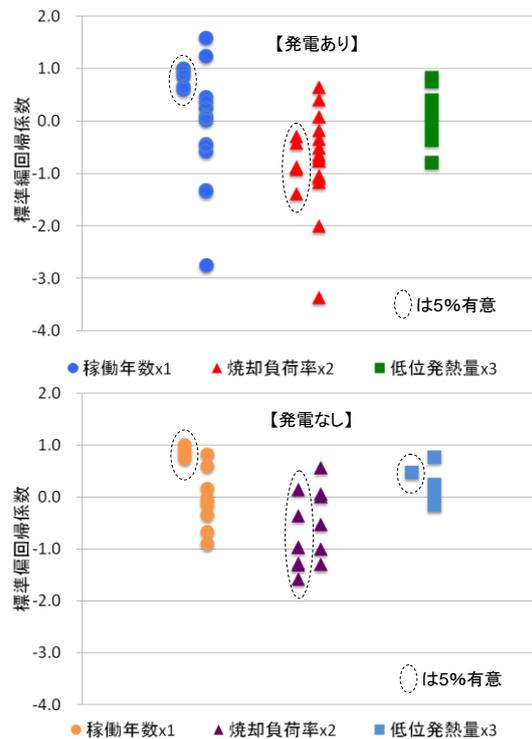


図 2 各要因における標準偏回帰係数

(3) 将来の技術・社会変化を考慮した施設改修のシナリオ評価

次に、発電なしのストーカ炉 (処理規模 98t/日、稼働開始年 1995 年) を対象にライフサイクルエネルギーの推計を行った。重回帰モデルを用いて、ライフサイクルエネルギーを計算し、過去 5 年間 (2005~2009 年) の低位発熱量・負荷率の平均値を用いて推計した場合における年間エネルギー消費量および累積エネルギー消費量を解析した結果、ロジスティック曲線や放物線曲線に比べて運用エネルギーの変動が少ない事が分かる。25 年運用した場合、累積エネルギー消費量は 383,484(GJ) となり、1 サイクル・1 年当たり累積エネルギー消費量は 15,339 (GJ/年) で

あった。25年運用・延命化を行った場合、累積エネルギー消費量は503,008(GJ)となり、1サイクル1年当たり累積エネルギー消費量は14,372(GJ/年)であった。1サイクルあたりエネルギー消費量と比較すると、延命化を行った場合、延命化を行わない場合よりも7%少ない結果となった。また、いくつかの分別シナリオのもとでの運用エネルギー(25年+10年延命化)を図3に示す。運用エネルギー別にみると、25年運用時(2019年)までは、シナリオNo.6が最も運用エネルギーが増加したが10年延命化を行った際に最も運用エネルギーが少ない結果となった。要因として、消費電力あたりごみ焼却量は低い値であっても、焼却量自体が非常に少なくなった事が原因としてあげられる。

これらの結果より、現状更新から省エネ改修によりトータルのエネルギー消費を削減しうる施設改修が可能であることが示唆された。本研究の課題としては、ごみ質からの直接推定、元素推定を介した推定、等のいくつかの方法を用いて低位発熱量を推計するモデル開発、近年の容器包装プラスチックリサイクルの完全施行に伴いプラスチックの分別収集が行われていることから既存自治体の分別データをもとに、本モデルを適用して資源循環(分別)と低炭素(エネルギー消費)との相互関係についてモデルの検証が挙げられる。さらに、低炭素と資源循環とのバランスのとれた望ましい改修シナリオを如何に普及させるかについては、ごみの適正処理と資源循環を本務とする清掃工場の運営主体における省エネルギーや低炭素への認識が重要である。よって、清掃工場の運営主体における省エネルギー・低炭素への意識構造とその影響要因について回帰分析等を用いて解析を行うことがさらなる研究課題と

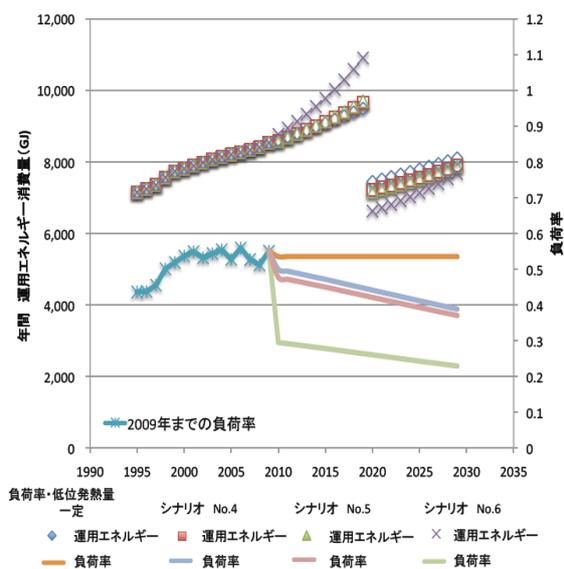


図3 シナリオ別運用エネルギー推計結果

して挙げられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

① 吉田登・佐藤雅俊・金子泰純：産業廃棄物の広域移動における地域間での排出誘発・移動構造変化に関する分析, 地域学研究 41(4), 査読有, pp.969-984, 2012

② 山下真一郎・山本秀一・中島敦司・高島太郎・吉田登：低炭素型観光に対する仮想評価法を用いた環境価値推計と要因分析, 環境情報科学論文集 25, 査読有, pp.377-382, 2011

③ 吉田登, 長岡耕平, 金子泰純, 山本秀一, 瀬古成哉：ごみ量やごみ質の変化が清掃工場における電力消費に及ぼす影響の分析, 第39回土木学会環境システム研究論文発表会講演集, 査読無, pp.349-356, 2011

[学会発表] (計3件)

① 長岡耕平, 吉田登, 金子泰純：消費電力あたりゴミ焼却量を指標とした清掃工場の性能水準変化に関する分析, 第21回廃棄物資源循環学会研究発表会, 2010.11.4, 金沢

② 長岡耕平, 吉田登, 金子泰純：清掃工場の更新シナリオとエネルギー消費に関する研究, 環境科学会 2010 年会講演集, 2010.9.16, 東京

③ 吉田登, 長岡耕平, 檀智之, 石橋啓史：清掃工場における省エネ, 再生可能エネルギー, 市民ファンドへの意識調査, 第20回廃棄物資源循環学会研究発表会, 2009.9.18, 名古屋

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 登 (YOSHIDA NOBORU)
和歌山大学・システム工学部・教授
研究者番号：60263224

(2) 研究分担者

日下 正基 (KUSAKA MASAKI)
和歌山大学・システム工学部・教授
研究者番号：70029221
金子 泰純 (KANeko YASUZUMI)
和歌山大学・システム工学部・准教授
研究者番号：60243367
山本 祐吾 (YAMAMOTO YUGO)
和歌山大学・システム工学部・講師
研究者番号：30379127