

アジア太平洋研究所資料

13-04

—関西地域と広義の環境技術— **(2012 年度)**

2013 年 4 月

一般財団法人 アジア太平洋研究所

〈 アブストラクト 〉

「関西地域と広義の環境技術」研究会で注目したのは、都市の低炭素化とゴミの減量化です。前者は、電気自動車の使用促進、スマートグリッドの導入、中小企業の省エネ投資を対象にしました。省エネ投資は需要増加の側面があることの広報、また中小企業に対しては各種補助制度の広報が重要であることが確認されました。後者は、食品工業・外食産業の食品廃棄物および畜産廃棄物からのメタンガス抽出(リサイクル)を対象にしました。このリサイクルを促進するためには、リサイクル施設の集約化および地方公共団体によるゴミ処理費用の「引き上げ」によって、リサイクル費用を相対的に低下させることが重要であると確認されました。

2013年4月

〈 キーワード 〉

グリーングロース、電気自動車、中小企業の省エネ、メタン発酵、廃棄物産業連関表

〈 研究体制 〉

リサーチリーダー 名古屋大学大学院国際開発研究科 教授 藤川清史

リサーチャー 龍谷大学経済学部 教授 松岡憲司

リサーチャー 和歌山大学工学部 教授 吉田登

リサーチャー 大阪経済大学経済学部 教授 藤本高志

リサーチャー 石川県立大学 生物資源工学研究所 講師 楠部孝誠

リサーチャー 日本アプライドリサーチ研究所 主任研究員 下田充

事務局 島章弘(アジア太平洋研究所シニアプロデューサー)

事務局 仲川洋子(アジア太平洋研究所事務局次長)

〈 執筆者 〉

第1章 はじめに 藤川清史

第2章 スマートシティ建設の経済効果 下田充・藤川清史

第3章 中小企業における省エネ・低炭素ポテンシャルと支援策 吉田登

第4章 食品リサイクルによる環境負荷と経済活動の変化 藤本高志

第5章 畜産・食品廃棄物のリサイクルの採算性 楠部孝誠

概要(エグゼクティブ・サマリー)

環境保全のための投資，または再生可能エネルギー利用促進のための投資というところ、かつてはその費用面ばかりが強調されるきらいがあった。しかしこれは同時に需要の創出でもある。経済成長政策の3本の矢という言葉がある。金融緩和，財政出動，新成長戦略の3項目をさす。リーマンショック後の2009年に政権についた民主党は，エコポイントやグリーン税制などの財政出動を行い，新成長戦略として日本の低炭素化をうちだした。一連の戦略はグリーン・グロース戦略と呼ばれた。実はこの戦略は，経済が成熟した先進国ではいわば当然の流れであり，自民党政権下でもこの精神は引き継がれている。

本報告書の第2章では，地域間産業連関表を用いて，スマートグリッド関連投資と電気自動車充電設備整備を例に取り，グリーン・グロース環境政策の効果に関する分析を行う。前者のうち太陽光発電設備への全投資額(3.9兆円)の関西地方への付加価値波及効果は約3.1兆円で雇用創出は15万人と試算され，これらの効果の大きさは全国の約3～4割に達する。これは，近畿の経済規模(全国の約15%)より大きく，関西地域のパネル生産シェアの大きさを反映している。一方，系統安定化対策のための投資(3.4兆円)の関西地域への付加価値波及効果は約0.3兆円，雇用の創出は約3万人であり，これらの効果の大きさは全国の約10%程度である。これは関西地方には系統安定化対策用の蓄電池の産業集積がないことによる。電気自動車の充電設備整備はまだ緒についたばかりであり，スマートグリッド投資に比較して規模は極めて小さい。投資総額の1,377億円の関西地方への付加価値波及効果は180億円で，雇用創出は2,400人と試算された。

本報告書の第3章では，規模別産業連関表を用いて，中小企業，特に業務・サービス部門へ省エネ技術を導入した場合のCO₂削減効果について考察した。中小企業のCO₂排出量は2.36億t-CO₂であり，そのうち業務・サービス部門の排出量はその43%に相当する1.01億t-CO₂に相当する。現状では省エネ・低炭素機器の導入は工場など製造業を中心に組み込まれており，国内クレジットで認証された業務・サービス部門のt-CO₂削減量は約12万t-CO₂程度にとどまっているが，分析の結果，省エネ技術を導入することにより，業務・サービス部門の排出量全体の約1割に相当する1092万t-CO₂の削減ポテンシャルを有するものと推計された。このうち約7割がA重油等の化石燃料消費削減による直接的なCO₂排出削減であり，残りが電力等による間接的なCO₂削減である。また，このような中小企業の省エネ・低炭素投資を支援する方策として平成23年度より，国によるエコリース促進事業が組み込まれているが，中小企

業へアンケート調査を行った結果、制度の名称だけでなく内容も含めてよく認知している割合(狭義の認知率)は、**18.2%**にとどまり、一方で制度名だけは知っているが中身をよく知らないとする企業の割合は**50.0%**、制度名も知らないとする企業の割合は**31.8%**であって、中小企業へ十分に認知されていないことが分かった。今後、中小企業へ更に積極的な周知や啓発を行うとともに、エコリース制度を活用して指定リース事業者がメーカーや工事会社と連携した包括的な省エネ投資の提案を行ったり、相談や申請のワンストップ・サービスを行ったりするなど、中小企業の現場でのニーズをより汲み取りながら普及をはかるしくみが求められる。

本報告書の第4章では、大阪府を対象とした廃棄物産業連関表を用いて、食品リサイクル率向上の影響を分析する。2007年に食品リサイクル法が改正され、再生利用等の実施率目標が業種別に設定された。業種別の目標は、食品製造業**85%**、食品卸売業**70%**、食品小売業**45%**、外食産業**40%**である。現状は、食品製造業では目標を達成しているものの、食品卸売業**60%**、食品小売業**37%**、外食産業**17%**であり、まだ向上の余地がある。大阪府の関連業者がこの目標を達成するためには、再生利用量を**63千トン**増やさなければならないが、これをメタン発酵部門が処理するように想定した場合、経済活動や環境負荷がどのように変化するかを分析した。ここでは**GDP**はほとんど変化しない。電気・ガス部門および焼却部門では**GDP**が減少するが、メタン発酵部門とその中間投入財を供給する部門での増加がそれを補完するためである。**CO₂**の排出量は**17,242**トン減少する。これは、大阪府内総排出量の**0.022%**に相当し、電気・ガス部門および焼却部門からの排出量減少による。また、埋立処分場面積が**21,854**㎡減少する。これは、大阪府内から発生する廃棄物の埋立処分に必要な面積の**0.106%**、甲子園球場**0.57**個分に相当する。4章の想定ではメタン発酵させる食品廃棄物は**63千t**で、大阪府内における食品廃棄物の総排出量の**5%**にすぎないので環境負荷の軽減効果は大きいとは言えない。しかし、**GDP**が変化しないことは注目値する。メタン発酵による食品廃棄物の再生利用は、経済の状態を悪化させることなく環境負荷を減らすことができる。

第5章では、FIT制度導入が、バイオマスの再資源化の経済収支に与える影響について検討した。対象としたのは乳牛糞尿と食品廃棄物のメタン発酵である。まず、乳牛糞尿をメタン発酵し、発酵後の消化液を液肥利用する場合と排水処理し、河川放流する場合を検討した結果、年間**500~7,500**万円のマイナスとなった。主な原因は、売電収入が少ない点、建設費の負担が大きい点である。食品廃棄物等との混合処理によ

るガス増加や建設費補助がない限り、メタン発酵が導入される可能性は極めて低い。一方、食品廃棄物をメタン発酵した場合、検討したほとんどのケースで収益が見込めた。この要因は売電及び処理費収入による。ただし、自治体の焼却処理価格との差があるため、廃棄物の確保に課題が残っている。また、収益性やエネルギー利用から食品廃棄物のメタン発酵が進むと、食品廃棄物の発生抑制や飼料利用を後退させる可能性があるため、食品廃棄物のメタン発酵への FIT 制度適用には注意も必要である。

最後になるが、この研究会を運営するに当たっては、アジア太平洋研究所の稲田義久研究統括、事務局の松居英明リーダーに、大変お世話になった。ここに記して感謝したい、また、アジア太平洋研究所がわれわれに研究の機会を与えてくれたことにも深く感謝したい。

2013年4月

一般財団法人 アジア太平洋研究所
リサーチリーダー藤川清史
(名古屋大学国際開発研究科教授)

目次

第1章 はじめに.....	1
第2章 スマートシティー建設の経済効果.....	4
1. はじめに.....	4
(1)生産量決定モデルの考え方.....	4
(2)スマートグリッド関連投資の経済効果.....	5
(3)電気自動車充電設備整備の経済効果.....	8
第3章 中小企業の省エネ・低炭素投資の可能性.....	11
1. 国内クレジット制度にみる中小企業の省エネ・低炭素投資.....	11
(1)部門別・削減方策別の動向.....	11
(2)省エネ・低炭素技術導入によるCO ₂ 削減率の推定.....	12
2. 中小企業の省エネ・低炭素技術導入によるCO ₂ 削減効果.....	15
(1)規模別産業連関モデルの分析方法.....	15
(2)中小企業の省エネ・低炭素投資による波及効果の推計.....	17
3. 中小企業の省エネ・低炭素投資を支援するエコリース制度.....	19
(1)中小企業及びリース事業者へのアンケート調査の概要.....	19
(2)中小企業におけるエコリースを巡る意識と要因.....	20
(3)リース事業者におけるエコリース事業の評価.....	25
第4章 食品リサイクルによる環境負荷と経済活動の変化 ー大阪府を事例としてー.....	28
1. 大阪府における食品リサイクルの現状と目標.....	28
2. 大阪府WIO表の作成.....	29
3. シナリオの設定と分析結果.....	32
第5章 畜産・食品廃棄物のリサイクルの採算性.....	34
1. 畜産廃棄物のリサイクルの動向.....	34
(1)畜産廃棄物の発生量の推定と今後の動向.....	34
(2)畜産廃棄物を対象にしたメタン発酵.....	38
2. 食品廃棄物のリサイクルの動向.....	41
(1)食品廃棄物の発生抑制とエネルギー利用.....	41
(2)食品廃棄物等を対象にしたメタン発酵.....	43

第1章はじめに

名古屋大学国際開発研究科 藤川清史

環境問題の解決という、工学的な技術のことを思い浮かべる人が多いだろう。日本は化石エネルギー資源に乏しいが、省エネ技術を開発することで、石油ショックを乗り切ったことが全世界でよく知られている。その後、日本の自動車や電気機器がエネルギー効率や耐久性の面で優れた性能を持ち、日本製品は輸出市場を席卷した。日本の産業は環境負荷が小さい製品をつくるアイデアと技術を持っている。それでは、そのアイデアと技術を有効に活用できる社会的な受け皿をつくらうのではないかと、ということが、この研究会の出発点であった。

環境技術の有効活用を促進するためにはいくつか問題点がある。その1つめの問題点は環境技術を導入する際の費用である。いや、むしろ費用がかかることが強調されすぎるとのことというべきかもしれない。環境投資が企業の成長の足かせになるように言われる。民主党政権下の成長戦略は「グリーン・グロース」であった。これは、環境技術の導入を費用とは見ないで、新しい需要の創出とみなそうということである。典型的には、再生可能エネルギーの導入を見据えて、スマートグリッドを整備することである。「グリーン・グロース」の考え方は経済が成熟した先進国としては自然なことであり、自民政権の政策パッケージの中にも軌を同じくするものがある。その一例が電気自動車の充電設備の整備である。本報告書では、第2章で、業界団体の資料などを基にして、スマートグリッド整備と電気自動車の充電設備整備の経済波及効果を試算した。

2つめの問題点は、それを生かす制度や政策やそれを受け入れる人々のマインドの問題である。この報告書では、2つの事例をとりあげる。まず、第3章が取り上げるのは、中小企業の省エネについてである。日本経団連は「環境自主行動計画」¹を策定し、企業活動の環境負荷低減を目指しているが、それを補完するものとして「国内排出量取引」制度がある。経団連の「環境自主行動計画」は、温暖化対策税や排出量取引の制度といった経済的手段と対比させて議論されていたこともあり、比較的社会の認知度は高い。「国内排出量取引」とは、国内CDMとも呼ばれる制度であるが、経団連所属の大企業が「環境自主行動計画」の目標を達成するために、中小企業や農業者

1 温暖化対策と循環型社会形成の2つがあるが、ここで述べているのは温暖化対策。
<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/vape/>

の省エネ投資によって削減された温室効果ガス(GHG)を当該事業者から購入するシステムである²。われわれの調査では、改めてこの制度の認知度が低いことが確認された。中小企業や個人事業主に対して、いかにこうした支援制度を周知するかが今後の省エネを促進していく鍵になるだろう。もう1つは、廃棄物の再利用(言い換えれば有機物の循環)であり、第4章と第5章で取り上げた。本研究会では、関西地域では食品関連の産業が多いことから、食品廃棄物のリサイクルに注目した。2007年に食品リサイクル法が改正され、より高いリサイクル率の目標が設定された。第4章では、大阪府内の食品卸売業、食品小売業・外食産業が、メタン発酵によりリサイクル率目標を達成すると想定して、その環境効果を推計した。その結果、GDPを低下させることなく、環境負荷を低減できることが確認された。第5章では、畜産廃棄物と食品廃棄物のメタン発酵する場合の経済収支を計算し、どちらのケースでも規模の経済性が働くことがわかった。現状では、1戸あたり飼育頭数の増加する傾向にあり、食品リサイクル法が強化され、再生エネルギー法が導入されたので、畜産・食品廃棄物のメタン発酵は有利になりつつある。しかし、畜産・食品廃棄物のメタン利用に課題もある。小規模畜産事業者が存在し、食品廃棄物はそもそも小規模で分散して発生するため、原料を集約することが必要となる。また、自治体の焼却処理価格が安すぎるので、リサイクルせず廃棄してしまう誘引となっていることも問題である。自治体の焼却処理価格の値上げが望まれる。ただ、収益性やエネルギー利用から食品廃棄物のメタン発酵が進むと、食品廃棄物の発生抑制や飼料利用を後退させる可能性があるため、食品廃棄物のメタン発酵へのFIT制度適用には注意も必要である。

最後に、われわれの研究会が考えているスマートでサステナブルな都市のイメージを再確認しておきたい。スマート&サステナブルな都市を作るためには、高度な技術あるいはハードウェアが必要であるのはいうまでもない。しかし、それを生かすための制度政策、および、それを受け入れる地域住民がいることが重要である。スマート&サステナブル都市では何が変わるのであろうか。技術的な可能性からいうと次のような可能性がある。まずエネルギーの利用の仕方が変わる。次第に再生可能エネルギーの利用が増え、電力のデマンドレスポンスと蓄電池が普及するであろう。また、交通システムが変わるであろう。電気自動車が普及する(蓄電池機能と共に)だろうし、一方で自動車のシェアリングも進むだろう。そして、建物も変わるであろう。断熱構造に優れるなど省エネ構造になるだろうし、地震に強いと同時にメンテナンスがしや

2 非経済的な方法と経済的な方法をつなぎ合わせていることで、制度全体が分かりにくくなっているということはある。

すいものになるだろう。しかし、これらの技術(ハードウェア)を導入するのは地域の住民である。住民の意識の変化、言い換えれば需要構造の変化が何より重要である。しかし、技術の広報だけでは、住民の意識や需要構造を変えるのに十分ではない。住民の意識や需要構造を変化させるような触媒あるいはソフトウェアが必要である。それが政策であり制度である。ソフトウェアがあつてこそハードウェアが生きる。社会システムは、結構フラクタルなのである。

第2章 スマートシティー建設の経済効果

日本アプライドリサーチ研究所 下田充

名古屋大学国際開発研究科 藤川清史

1. はじめに

環境保全のための投資，または再生可能エネルギー利用促進のための投資というところ、かつてはその費用面ばかりが強調されるきらいがあった。しかし費用がかかるということは、需要を創出することでもある。経済成長政策の3本の矢という言葉がある。金融緩和，財政出動，新成長戦略の3項目をさす。リーマンショック後の2009年に政権について民主党は、エコポイントやグリーン税制などの財政出動を行い、新成長戦略として日本の低炭素化をうちだした。一連の戦略をグリーン・グロース戦略と呼ばれた。実はこの戦略は、経済が成熟した先進国ではいわば当然の流れであり、自民政権下でもこの精神は引き継がれている。

この章では、経済産業省が発行する「地域間産業連関表」を用いて、環境政策の効果に関する分析を行う。次の(1)節で、産業連関分析による生産量決定モデルの考え方を説明し、(2)節ではスマートグリッド関連投資の経済効果、(3)節では電気自動車充電設備整備の経済効果をそれぞれ推計する。

(1)生産量決定モデルの考え方

産業連関分析の世界では、最終需要が生産量を決定する。すなわち、ある財に対する需要はそれに等しい生産を誘発し、その生産が更に原料、部材(中間財)の生産を誘発する。中間財を通じた生産波及の連鎖は、その大きさを減衰させつつも無限に持続し、波及の累積は、最終的にはある一定の大きさに収束していく。産業連関分析では、供給制約が存在せず、需要は無条件で生産に転嫁されること、波及の中断は発生しないことなど、単純化された大胆な仮定が前提となっている。

生産量決定のモデルを数式で示すと次のようになる。一国表における非競争輸入型の産業連関表では、需給均衡式は(2-1)式であらわされる。

$$\mathbf{A}^d \mathbf{x} + \mathbf{f}^d = \mathbf{x} \quad (2-1)$$

ただし、 \mathbf{x} は国内生産ベクトル、 \mathbf{A}^d は国産品投入係数、 \mathbf{f}^d は国産品への最終需要ベクトル(輸出品を含む)である。(2-1)式を \mathbf{x} について解くと、(2-2)式の均衡生産量を得る。

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1} \mathbf{f}^d \quad (2-2)$$

ここで、 $(\mathbf{I} - \mathbf{A}^d)^{-1}$ は、非競争輸入型のレオンチェフ逆行列である。

以上は、一国表における生産量決定モデルであるが、非競争輸入型の地域間表による分析でも同様の形で均衡生産量が得られる。本章でわれわれが利用したのは、経済産業省の地域間表である。オリジナルの表は全国9地域³、53の産業部門から構成されており、輸入・移入の扱いは、競争輸入・非競争移入型である。すなわち、輸入は自交点ブロック(対角ブロック)に自地域製品の取引額と一緒に計上されている。今回の分析では、沖縄を九州に統合して8地域とし、輸入品については行部門の輸入率が等しいという仮定のものでこれを分離し、疑似的に非競争輸入・非競争移入型の地域間表を作成し、分析に使用した。

地域間産業連関表を用いた分析では、需給均衡式と均衡生産量決定式は、(2-3)式、(2-4)式により表わされる。

$$\begin{bmatrix} a_{11}^d & \cdots & a_{1n}^d \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^d & \cdots & a_{nn}^d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_1^d \\ \vdots \\ f_n^d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (2-3)$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} \cdots & & \\ \vdots & I & \vdots \\ \cdots & & \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} a_{11}^d & \cdots & a_{1n}^d \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^d & \cdots & a_{nn}^d \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} f_1^d \\ \vdots \\ f_n^d \end{bmatrix} \quad (2-4)$$

ただし、 x_i は第*i*地域の域内生産ベクトル、 f_i^d は第*i*地域産品への最終需要ベクトル、 a_{ij}^d は第*j*地域による第*i*地域からの投入係数行列である。実際の計算で使用する行列は、産業部門数が53であり、地域数が8($n=8$)であり、(2-3)式または(2-4)式の生産ベクトル、最終需要ベクトルは、424($= 53 \times 8$)の要素から構成される。

(2)スマートグリッド関連投資の経済効果

以下では、スマートグリッド関連投資として、太陽光発電設備への投資と系統安定対策投資の経済波及効果を計測する。

再エネによる発電では発電量が天候などの自然条件に左右されるため、電力の需要

³ 北海道、東北、関東、中部、近畿、中国、四国、九州、沖縄からなる。

と供給のバランスを調整する系統安定化対策が不可欠である。経済産業省の「次世代送配電ネットワーク研究会報告書」は、太陽光発電を2020年度に2,800万kW導入するとの前提のもとで、太陽光発電設備への投資額を約3.9兆円と想定している⁴。一方、系統安定化対策のための投資額を約3.4兆円と想定するとともに、その経済効果として、生産波及効果を9.2兆円、雇用の創出効果を37.1万人と試算している⁵。ただこれは全国表を用いた試算なので、地域別の経済効果はわからない。

そこで本稿では、経済産業省の地域間産業連関表を用いて、それぞれ地域別の経済効果(一次効果)を試算することにする。

まず、太陽光発電設備への投資(3.9兆円)による経済波及効果を試算する。ここでは、投資額の内訳として、その6割を太陽光パネルへの支出、残りの4割をパネル設置のための架台設置費や土木工事費(建設工事費用)への支出とみなした⁶。それぞれの支出の地域への配分については、現在の生産額に比例するものとした。具体的には、太陽光パネルについては、7割が近畿内で生産されると想定した⁷。設置のための工事費については、発電設備の建設は発電量に比例するものと仮定した上で、建設部門への投資額を電力生産額の構成比で各地域に配分した。このような手順で作成した財別・地域別の初期需要ベクトルを地域間産業連関表にあてはめて、生産波及、付加価値増加、雇用の創出効果を計算した。

表2-1は、その結果を関東、中部、近畿、その他の地域ごとに集計したものである⁸。近畿への生産波及、付加価値増加、雇用の創出は、それぞれ、約3.1兆円、1.1兆円、15万人となっており、これらの効果の大きさは全国の約3割から4割に達している。これは、近畿の経済規模(全国の約15%)に比べれば大きな比率であり、近畿のパネル生産シェアの大きさを反映している。

次に、系統安定化対策のための投資(3.4兆円)による経済波及効果を上と同様の手順で試算する。系統安定化対策投資の費目の内訳は、約8割が蓄電池で占められているが、

4 経済産業省の「次世代送配電ネットワーク研究会報告書」は、太陽光発電設備への投資額に関わる経済波及効果は試算していない。

5 系統安定化対策に関わる経済波及効果は、出力抑制等のパターンに応じた複数のシナリオが想定されている。本節で示した初期投資額は特異日における太陽光発電の全量出力抑制(シナリオ②)の想定。

6 関係者からのヒアリングによる。

7 村上一真(2012)「関西イノベーション国際戦略総合特区により関西の太陽電池産業は再活性化するか」APIR Trend Watch No.1. http://www.apir.or.jp/ja/trendwatch/_pdf/1394_Pdf.pdfの数字に基づく

8 本節では一次波及効果のみを試算しているのに対し、「次世代送配電ネットワーク研究会報告書」では(雇用増加による消費の増加を考慮した)二次波及効果までを算定している。このため本節の波及効果は同報告書による試算よりも小さな値になる。

その地域配分については、ここでは全額を中部に計上した⁹。その他の費目については、地域間産業連関表の生産額の構成比で、投資財ごとに各地域に配分した。

表 2-1 太陽光発電施設への投資による経済波及効果

	初期需要		生産波及		付加価値増加		雇用創出	
		構成比		構成比		構成比		構成比
北海道	65	1.7%	144	1.8%	67	2.1%	10.8	2.3%
東北	312	8.0%	566	7.0%	246	7.5%	37.6	8.2%
関東	766	19.6%	2,125	26.3%	939	28.6%	133.4	29.1%
中部	375	9.6%	983	12.1%	390	11.9%	56.0	12.2%
近畿	1,888	48.4%	3,075	38.0%	1,143	34.9%	149.7	32.6%
中国	178	4.6%	493	6.1%	191	5.8%	27.1	5.9%
四国	70	1.8%	173	2.1%	73	2.2%	10.8	2.4%
九州	246	6.3%	530	6.6%	230	7.0%	33.7	7.3%
全国	3,900	100.0%	8,088	100.0%	3,280	100.0%	459.1	100.0%

注：雇用波及の単位は千人，その他は10億円

資料：筆者作成

表 2-2 系統安定化対策への投資による経済波及効果

	初期需要		生産波及		付加価値増加		雇用創出	
		構成比		構成比		構成比		構成比
北海道	11	0.3%	46	0.6%	24	0.9%	2.5	0.8%
東北	29	0.8%	166	2.4%	72	2.5%	8.0	2.5%
関東	298	8.7%	1,589	21.8%	723	25.5%	82.1	26.2%
中部	2,915	84.7%	4,328	59.5%	1,540	54.3%	166.5	53.2%
近畿	106	3.1%	615	8.5%	268	9.5%	31.6	10.1%
中国	27	0.8%	235	3.2%	85	3.0%	9.3	3.0%
四国	14	0.4%	105	1.4%	37	1.3%	4.0	1.3%
九州	41	1.2%	191	2.6%	84	3.0%	9.2	2.9%
全国	3,442	100.0%	7,275	100.0%	2,834	100.0%	313.1	100.0%

注：雇用波及の単位は千人，その他は10億円

資料：筆者作成

表 2-2 は、このようにして推計した初期需要ベクトルより算出した経済波及効果を示したものである。近畿への生産波及は約 0.6 兆円(全国は約 7.3 兆円)、付加価値増加は約 0.3 兆円(同約 2.8 兆円)、雇用の創出は約 3 万人(同約 31 万人)であり、これらの効果の大きさは全国の約 8%から 10%程度となっている。現状の蓄電池技術で評価すれば、系統安定化対策投資による経済波及効果は、大容量の NAS 電池の生産地である中部で大きく、近畿では相対的に小さい。関西にはリチウムイオン電池産業が集積し、関西イノベーション国際戦略総合特区の重点産業の 1 つになっている。現状では

9 現在までのところ、系統安定化対策に使用されている蓄電池は、日本ガイシ社(名古屋市)の NAS 電池であり、これは全て中部圏で生産されている。

リチウムイオン電池は容量と寿命の問題があり系統安定化のための蓄電池には向かないが、今後の技術革新がその問題を解決すれば、将来はリチウムイオン電池を通じた波及効果もあるだろう。

(3)電気自動車充電設備整備の経済効果

自民党を中心とする新政府は、2012年度補正予算案で、電気自動車普及のインフラ整備費として1,005億円を盛り込み、現在国内に約1,400存在する充電器の大幅な普及拡大を目指している。今後1～2年で集中的に整備し、充電が15～30分で済む急速充電器で3万5,700基、4～7時間かかる普通充電器で7万4,000基の導入を見込んでいとされている¹⁰。

以下では、上述の政府による電気自動車充電設備の整備目標が実現したケースにおける、経済波及効果を地域別に推計する。分析にあたっての与件は次のように想定した。

まず、充電器の導入数は、政府による整備目標を採用し、急速充電器が3万5,700基、普通充電器が7万4,000基とした。次に、充電器の単価については、メーカー各社のwebページを参考に、本体価格を急速充電器が200万円、普通充電器が60万円と想定した。このとき、充電インフラへの投資額は、次のように算出される。

急速充電器：	35,700 基×200 万円＝	71,400 百万円
普通充電器：	74,000 基× 60 万円＝	44,400 百万円
合計：		115,800 百万円

上で計算した1,158億円は、本体のみの価格である。実際に充電インフラを導入する際には、輸送費や手数料等が別途発生するが、これについては、全国産業連関表の情報から運賃と商業マージンを推計した。推計された運賃・マージン額は、運賃が約14.9億円、商業マージンが約204.3億円であり、これらを本体価格に上乗せした約1,377億円が、充電インフラへの投資の総額となる。

地域間産業連関表により地域別の波及効果を算出する場合には、1,377億円の投資が、どの地域の生産により供給されるかを特定する必要がある。本分析では、前項のスマートグリッド関連投資のケースと同様に、現行の生産額に比例して、投資に対する生

10 2013年2月4日 日本経済新聞朝刊3面

産が行われるものとした。具体的には、次の2段階の手順を踏んで、1,377億円の投資を各地域に配分した。

○step1：工業統計表による生産地域の特定

平成22年工業統計調査より、「292211 充電発電機」の県別出荷額を把握する。同品目を出荷している府県は、茨城県、群馬県、埼玉県、神奈川県、長野県、愛知県、兵庫県、広島県の8県であるが、うち、埼玉県、神奈川県、長野県、兵庫県、広島県については、秘匿により出荷額が公表されていない。

これらを地域産業連関表の区分に集計すると、北海道、東北、四国、九州における出荷額はゼロであることが分かる。中部(愛知県が含まれる)はその出荷額は公表されている。一方、関東(埼玉県、神奈川県、長野県が含まれる)、中国(広島県が含まれる)については、生産が行われていることは分かるが、具体的な金額は不明である。

○step2：地域間産業連関表による配分

step1の段階で、中部については、全国に占める出荷額のシェアが推計可能である。その値は約55%であり、残りの45%は、関東、近畿、中国に配分される。これらの3地域への配分比率は、地域間産業連関表による「産業用電気機器」の生産シェア(関東62%、近畿30%、中国8%)を適用した。

以上の操作により、投資総額の1,377億円は、関東に28%、中部に55%、近畿に14%、中国に4%配分することとなった。このようにして推計した供給地域別需要額が、初期需要ベクトルであり、これを地域間産業連関表にあてはめて、生産、付加価値、雇用への波及を計算した¹¹。表2-3はその結果である。なお、ここでの波及効果は一次波及までを計測したものである。

表2-3より、充電器の生産が集中する中部で生産波及は最も大きく、金額にして約1,200億円、対全国シェアでは42.2%に達している。しかし、初期需要の約750億円(対全国シェアで54.5%、以下同じ)と比べると、相対的に波及の効果は他地域に流出する傾向にあると言える。これとは反対に近畿については、初期需要が約190億円(13.6%)であるのに対して生産波及は約430億円(15.1%)であり、中部をはじめとする他地域からの波及が流入していることがうかがえる。この傾向は、近畿以外の中部外

11 初期需要は全て国産品により供給されると仮定した。

の地域にも当てはまる。

付加価値、雇用への影響も生産額と傾向はほぼ同じである。近畿の場合、付加価値は180億円増加し、雇用は2,400人の新規雇用が生じると推計された。

表 2-3 電気自動車充電設備整備の経済効果

	初期需要		生産波及		付加価値増加		雇用創出	
		構成比		構成比		構成比		構成比
北海道	0	0.0%	1	0.5%	1	0.6%	0.1	0.5%
東北	0	0.0%	4	1.5%	2	1.6%	0.2	1.4%
関東	39	28.3%	93	32.7%	41	34.5%	5.3	33.8%
中部	75	54.5%	120	42.2%	48	40.6%	6.7	42.4%
近畿	19	13.6%	43	15.1%	18	15.3%	2.4	15.2%
中国	5	3.6%	15	5.4%	6	4.8%	0.7	4.4%
四国	0	0.0%	2	0.8%	1	0.8%	0.1	0.7%
九州	0	0.0%	5	1.8%	2	1.8%	0.3	1.6%
全国	138	100.0%	286	100.0%	118	100.0%	15.8	100.0%

注：雇用波及の単位は千人，その他は10億円

資料：筆者作成

参考文献

次世代送配電ネットワーク研究会(2010)「低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて～次世代送配電ネットワーク研究会報告書～」

<http://www.meti.go.jp/report/data/g100426aj.html>

藤川清史(2005)『産業連関分析入門』日本評論社

村上一真(2012)「関西イノベーション国際戦略総合特区により関西の太陽電池産業は再活性化するか」APIR Trend Watch No.1.

http://www.apir.or.jp/ja/trendwatch/_pdf/1394_Pdf.pdf

第3章 中小企業の省エネ・低炭素投資の可能性

和歌山大学工学部 吉田登

1. 国内クレジット制度にみる中小企業の省エネ・低炭素投資

中小企業への省エネ・低炭素投資を促す制度として、国内クレジット制度がある。国内クレジット制度は、京都議定書目標達成計画(平成20年28日閣議決定)において規定された制度である。大企業等による技術・資金等の提供を通じて、中小企業等が行った温室効果ガス排出削減量を認証し、自主行動計画や試行排出量取引スキームの目標達成等のために活用できるしくみであり、平成20年10月に政府全体の取組みとして開始されたものである。また、中小企業のみならず、農林(森林バイオマス)、民生部門(業務その他、家庭)等における排出削減も広く対象としている。2013年4月より、これまでの制度に代わり、国内クレジット制度とオフセット・クレジット(J-VÉR)制度が発展的に統合した新クレジット制度が当面2020年を期限とし、引き続き国により運営されることとなっている。

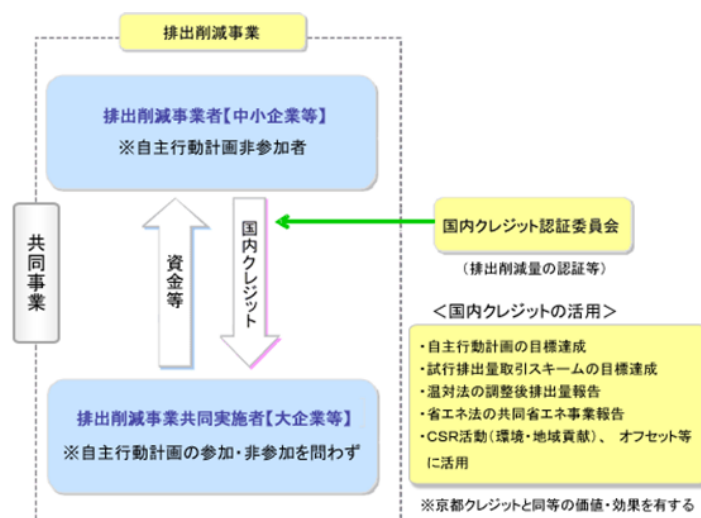


図3-1 国内クレジット制度の概要

資料：経済産業省：国内クレジット制度(国内排出削減量認証制度)「概要と目的」より
 <<http://jcdm.jp/outline/index.html>>

(1)部門別・削減方策別の動向

経済産業省、環境省、農林水産省が定める国内クレジット制度運用規則のもと、国内クレジット認証委員会が公表する国内クレジット制度参加企業を抽出し、「工場」「店舗」「温泉」「農業」「福祉施設」「ホテル・旅館」「学校」「公共施設」「事務所ビル」「ス

「スポーツ・レジャー施設」「病院」のカテゴリーに分類して部門別、削減方策別の認証件数を整理した。総認証件数 1282 件(2012 年 12 月現在)のうち単独の削減手法での認証件数 823 件を対象とした部門別、削減方策別クロス集計の結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 国内クレジット認証件数のクロス集計(部門別, 削減方策別)

	全体	学校	工場	病院	温泉	公共施設	農業	事務所ビル	店舗	ホテル	ホ、レジャ施設	福祉施設	空港	その他
全体	823	44	361	35	61	34	47	29	79	43	23	50	8	9
ボイラ更新	374	9	253	7	36	12	11	2	3	13	9	18	1	0
ヒートポンプ	65	6	9	9	17	1	1	2	0	7	3	8	2	0
工業炉	19	0	18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
空調設備	138	4	23	9	4	7	33	13	14	12	3	14	1	1
インバーター	50	4	17	4	0	5	0	2	4	6	2	5	1	0
照明設備	117	6	18	5	0	7	1	7	54	4	4	3	2	6
太陽光発電	23	10	5	0	0	2	0	1	1	1	1	1	0	1
その他	37	5	18	1	4	0	0	2	3	0	1	1	1	1

資料：筆者作成

部門別の認証件数をみると、工場が半数近くを占めている(図 3-2)。そのほか、店舗、温泉、福祉施設、農業など熱需要の大きい部門が多くを占めていることが分かる。削減方策別別の認証件数をみると、ボイラ更新が半数近くを占めている(図 3-3)。特に工場、温泉、福祉施設等におけるバイオマスボイラへの更新が多い。

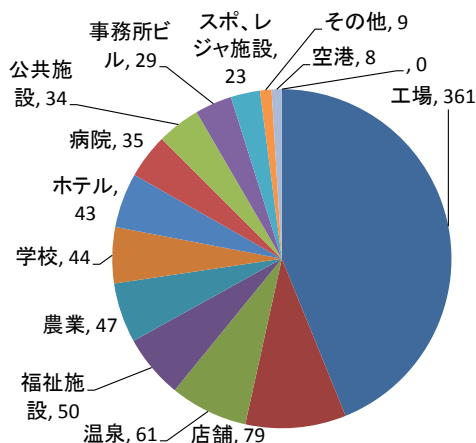


図 3-2 部門別の国内クレジット認証件数(2012.12 月現在)

資料：筆者作成

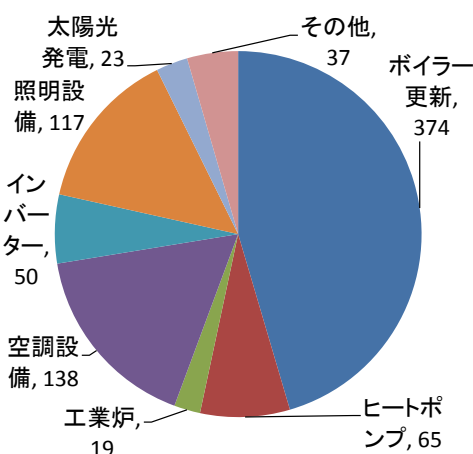


図 3-3 削減方策別別の国内クレジット認証件数(2012.12 月現在)

資料：筆者作成

(2)省エネ・低炭素技術導入による CO₂削減率の推定

国内クレジットに申請されたプロジェクト全体の中で、多く採用された削減手法を対象に各部門のサンプルを集約し、各削減手法における平均的な削減効果を算出した。これは、部門が異なっても設置される機器(ボイラー・ヒートポンプなど)、すなわち削減技術によって削減効果が規定されるものと考えたからである。

削減手法の内訳としては、「バイオマスボイラの更新」「ガスボイラへの更新」「ヒ

ートポンプの導入」「空調設備の更新」「ポンプ・ファンのインバータ導入」「照明設備の更新(LED化)」の6つに分類し、単一の削減手法についての削減量を報告している企業からの排出削減実績報告書を参照した。これにより、単一の削減手法のみの削減効果の算出を行うことができる。x軸にCO₂ベースライン排出量、y軸にCO₂削減量を取り、1次線形回帰により求まる回帰係数を削減手法別の平均削減率とした。その際、標準偏差から2倍以上乖離した値は、はずれ値として除外している。結果としては線形近似における回帰係数は以下のように算出することができた。括弧内は削減方法の選択率である。

- バイオマスボイラへの更新：CO₂削減率 95.34%(選択率 48/212=22.64%)
- ガスボイラへの更新：CO₂削減率 28.02%(選択率 25/212=11.79%)
- ヒートポンプの導入：CO₂削減率 67.95%(選択率 25/212=11.79%)
- 空調設備の更新：CO₂削減率 41.50%(選択率 33/212=15.57%)
- ポンプ・ファンのインバータ導入：CO₂削減率 67.39%(選択率 18/212=8.49%)
- 照明設備の更新：CO₂削減率 30.53%(選択率 60/212=28.30%)

各削減方法別のCO₂ベースライン排出量とCO₂削減率との関係を図3-4～図3-9に示す。カーボンニュートラルのバイオマス燃料を用いるバイオマスボイラへの更新は最も高い削減率を示した。次いで、高効率ヒートポンプの導入やインバータ導入の場合も67～68%という高い削減率を示している。一方、重油ボイラから都市ガスボイラへの更新では、削減率は28%程度に留まった。

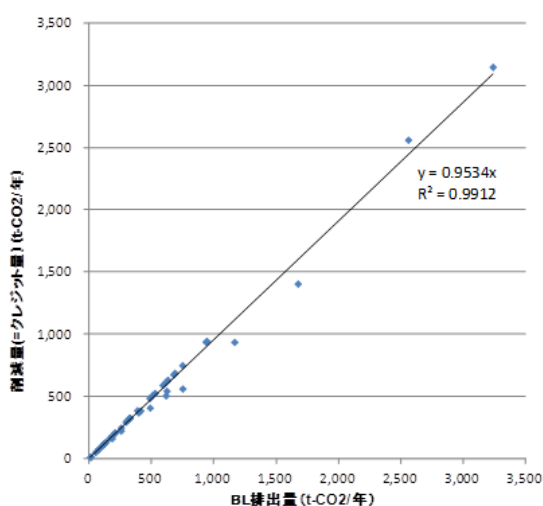


図3-4 バイオマスボイラへの更新
資料：筆者作成

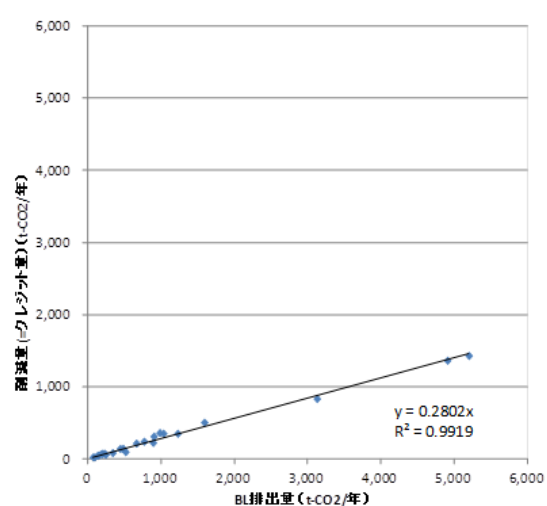


図3-5 ガスボイラへの更新
資料：筆者作成

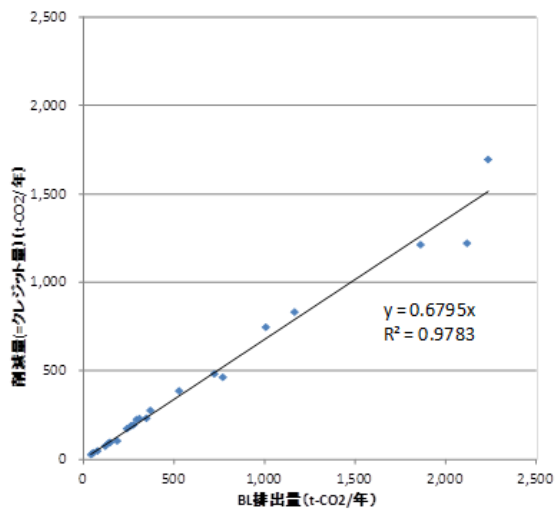


図 3-6 ヒートポンプへの更新

資料：筆者作成

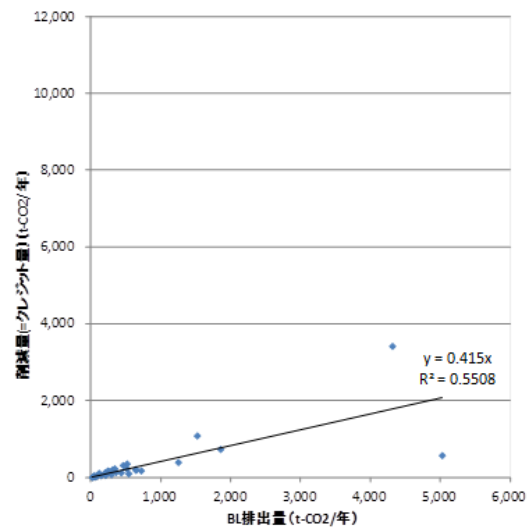


図 3-7 空調設備の更新

資料：筆者作成

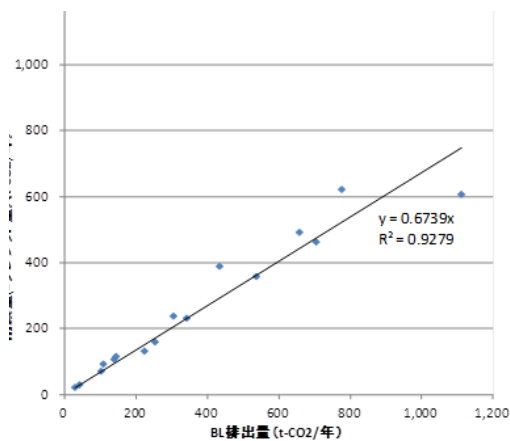


図 3-8 ポンプ・ファンへのインバータ導入

資料：筆者作成

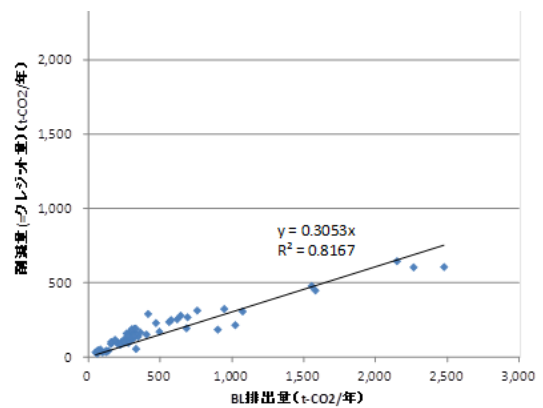


図 3-9 照明機器へのLED導入

資料：筆者作成

また、永田他(2010)は、これらのうち 5 つの CO₂削減手法(バイオマスボイラ、ヒートポンプ、空調、照明)における限界削減費用を分析しており、その結果以下の図 3-10 に示す。太陽光発電と比較して、最も高い業務用給湯器等の更新でも半分以下の限界削減費用になっており、これらの省エネ・低炭素機器が費用効果の高いものであることがわかる。

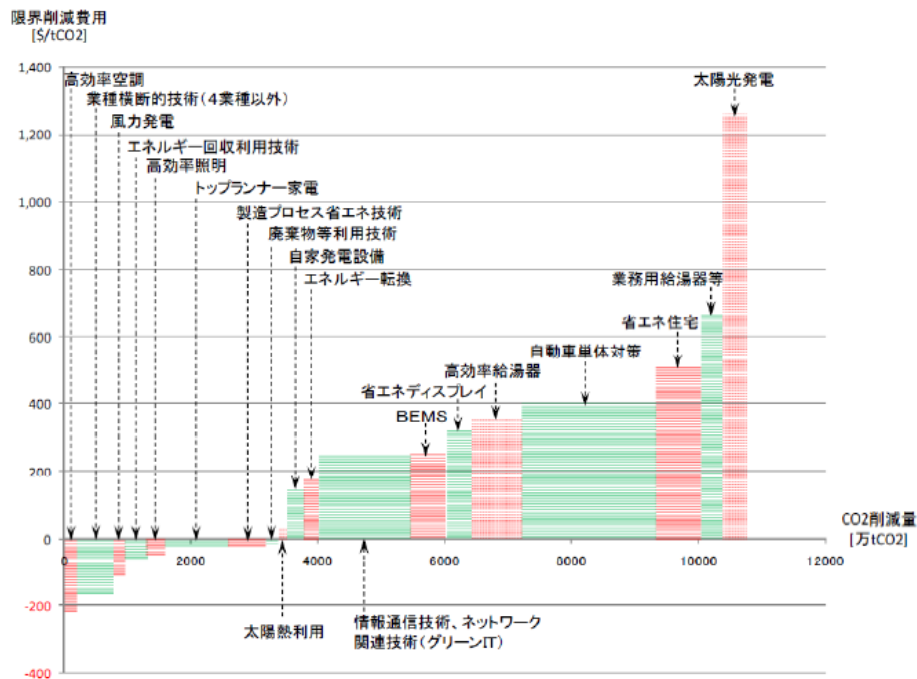


図 3-10 CO₂の限界削減費用試算結果

資料：永田他(2010)より

2. 中小企業の省エネ・低炭素技術導入によるCO₂削減効果

グローバル化するサプライチェーンの中で、中小企業のあり方が問われている。関西には高度な技術を持ち、付加価値の高い製品やサービスを提供する中小企業がたくさん存在するが、中小企業の存在は地域によって強みでもあり弱みでもある。地球環境制約を考えた場合、大企業に比してエネルギー効率が相対的に低いという、中小企業の弱みの1つである、中小企業の財・サービスの提供プロセスを、省エネ、低炭素化していくことは重要な課題である。原発事故を機に、しばらくは電力を中心に1次エネルギー構成が化石燃料依存へシフトせざるを得ない中、低炭素や省エネへの投資を行うことは重要であるとともに、特に太陽光や蓄電池など環境産業の集積度合いが高い関西では、ビジネスチャンスでもある。ここでは、規模別産業連関表を用いて、中小企業への省エネ・低炭素効果について考察する。

(1)規模別産業連関モデルの分析方法

中小企業庁が公表する、規模別産業連関表の概要と、これを用いた中小企業への省エネ・低炭素投資が及ぼすCO₂削減の波及効果の分析方法を述べる。

1) 規模別産業連関表

産業連関表は、ある一定の国や地域の経済において、一定期間(通常1年間)に行われた財・サービスの産業間取引を一つの行列(マトリックス)に示した統計表である。産業連関表に表現される、財・サービスの投入・産出の関係は、産業主体の産業相互の取引の連関を示しており、産業構造や経済波及効果を分析するうえで欠かすことのできない加工統計として活用されている。

中小企業庁では、この産業連関表の各産業について、さらに従業員の規模で大企業と中小企業に分割した規模別産業連関表を作成している。規模別産業連関表における産業間の連関構造を模式的に表したものを図3-11に示す。

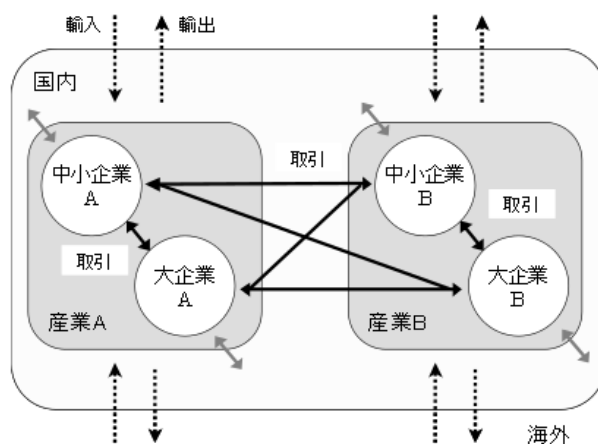


図3-11 規模別産業連関表における産業の連関構造

資料：中小企業総合研究機構(2008)

中小企業は通常、中小企業基本法に従い資本金と従業員数により定義されるが、規模別産業連関表では、事業所の「従業員数」を基準にして規模の区分がなされる。具体的には、製造業の場合は従業員数1～299人、卸売業では1～99人、小売業では1～49人、商業については1～99人までが中小企業、それ以上を大企業として規模区分されている。

規模別産業連関表も用いた研究は多くないが、例えば、井田(2000)は、大阪府・愛知県、神奈川県を規模別産業連関表を作成し、全国と他県と比較することで、大阪府のみ中小製造業が受ける産業波及効果の相対的な大きさが低下傾向にあるのは空洞化の現れであることを見出した。また、下田他(2005)は、中小企業庁が作成している規模別産業連関表を用いて日本経済の産業構造の変化を検討し、1985年から95年にかけての経済のサービス化を反映して、中小企業の機械産業において系列関係が希薄になりつつあるという知見を得ている。

この分析では、中小企業庁が提供する規模別産業連関表の基本表を用いる。規模別

産業連関表の基本表における部門分類は、第1次産業(56部門)、第2次産業(325部門×大企業・中小企業部門)、第3次産業(77部門、37部門×大企業・中小企業部門)、事務用品部門、分類不明部門、から構成される。

2) 産業連関表における生産波及モデル

各部門の生産額を要素とする生産額ベクトル \mathbf{x} 、投入係数を要素とする投入係数行列 \mathbf{A} 、最終需要額を要素とする最終需要ベクトル \mathbf{f} とを定義すると、

$$\mathbf{Ax} + \mathbf{f} = \mathbf{x} \quad (3-1)$$

(3-1)式を \mathbf{x} について解くと、(3-2)式の均衡生産量を得る。

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{f}^d \quad (3-2)$$

この式から、任意の最終需要額(最終需要ベクトル \mathbf{f})を与えると、その需要を満たすため必要な各部門の生産額(生産額ベクトル \mathbf{x})を求めることができる。

3) 内包環境負荷の算出方法

各部門の単位生産額あたりの直接 CO_2 排出量を要素とする行ベクトルを \mathbf{d} とすると、各部門の内包型環境負荷原単位を要素とする内包型環境負荷原単位を表す行ベクトル \mathbf{e} は、(3-3)式により計算できる。

$$\mathbf{e} = \mathbf{d}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (3-3)$$

これに最終需要を掛けることにより、最終需要に内包される直接・間接の CO_2 排出量が計算できる。

単位直接 CO_2 排出係数ベクトル \mathbf{d} は国立環境研究所が公表しているデータベース3EIDから得ることができるが、これは通常の全国産業連関表基本分類に対応しており、規模別産業連関表の大企業、中小企業部門には分かれていない。そこで、3EIDの部門別エネルギー消費データを、規模別産業連関表における、各エネルギー種別に対応する部門から各規模別部門への投入額の比で配分し、それにエネルギー種別の CO_2 排出係数を乗じて、規模別産業連関表部門に対応した単位直接 CO_2 排出係数ベクトル \mathbf{d} を求めた。

(2) 中小企業の省エネ・低炭素投資による波及効果の推計

規模別産業連関表の、業務・サービス部門における内包 CO_2 排出係数を図3-12に示す。中小企業は大企業より直接 CO_2 排出係数が高い部門が多く、また間接的に誘発する CO_2 排出係数も全体的に大きい。つまり、中小企業への省エネ投資を行うことで間接的な CO_2 誘発を大きく削減できる可能性がある。

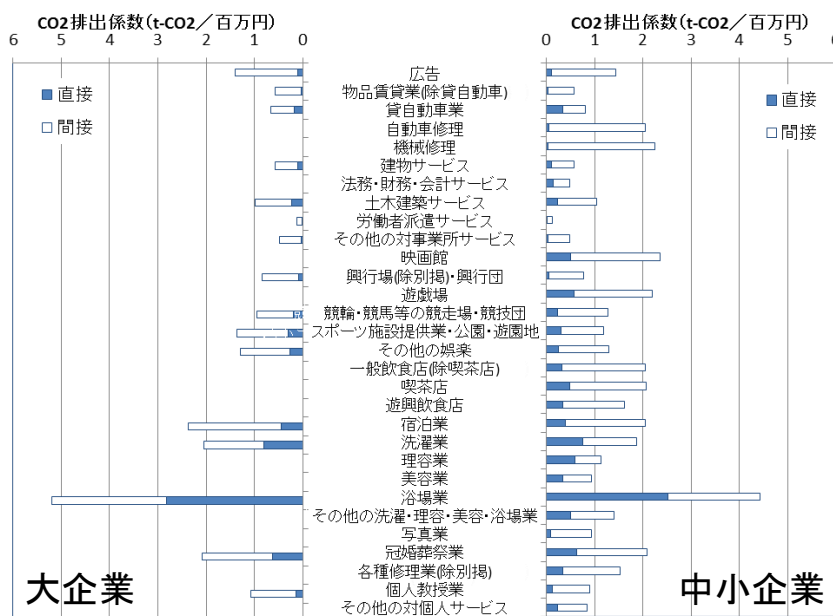


図 3-12 業務・サービス部門の内包 CO₂ 排出係数(大企業と中小企業の比較)

資料：筆者作成

次に、この内包 CO₂ 排出係数の算定モデルを用いて、中小企業の省エネ・低炭素投資による CO₂ 削減効果の推計を行う。対象とする中小企業の業種は、業務・サービス部門、その中でも、エネルギー消費原単位が高く、かつ既往文献からエネルギー消費実態(エネルギー源別、用途別エネルギー消費)データが把握できる部門として、

- ・卸・小売業：6111012 卸売(小)・6112012 小売(小) 2 部門
- ・飲食業：8612012 一般飲食店(除喫茶店)(小)・8612022 喫茶店(小)・8612032 遊興飲食店(小)3 部門
- ・宿泊業：8613012 宿泊業(小) 1 部門
- ・浴場業：8614042 浴場業(小) 1 部門

の計 7 部門を対象とした。なお、他にエネルギー消費原単位が高い部門として病院があるが、規模別産業連関表において、医療部門は中小企業部門への分割がなされていないため、分析対象から除外した。

導入する省エネ技術は、本章の 1. で取り上げた、バイオマスボイラへの更新、ガスボイラへの更新、ヒートポンプの導入、空調設備の更新、ポンプ・ファンのインバータ導入、照明設備更新(LED 導入)の 6 種類とした。

導入効果の算定手続きは、次のとおりである。

各業務・サービス 7 部門での用途別エネルギー消費と 6 種の各省エネ技術が削減する用途別エネルギーとを照らし合わせて、各省エネ技術を適用した場合の、規模別産業連関表取引基本表における各業務・サービス部門のエネルギー(21110131 灯油(大)、

21110151A 重油(大), 51110010 事業用電力, 51110410 自家発電, 51210110 都市ガス)部門からの投入額を削減し, 省エネ技術導入後の取引基本表を推計する. 削減額に応じて, 3EID データベースから各規模別産業連関表部門に対応づけられたエネルギー消費量を削減する.

省エネ技術導入前の CO₂ 排出量と導入後の CO₂ 排出量を比較して CO₂ 削減量を求める.

以上により省エネ技術を導入した場合の CO₂ 削減量の推計結果を, 図 3-13 に示す.

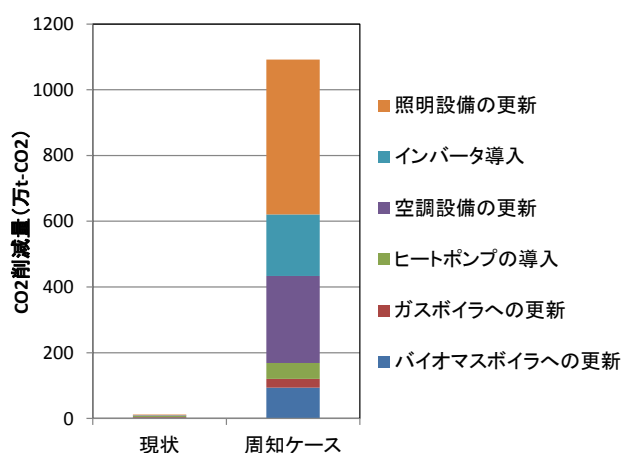


図 3-13 省エネ・低炭素技術導入による直接・間接 CO₂ 排出削減量

資料：筆者作成

中小企業の CO₂ 排出量は約 2.36 億 t-CO₂, そのうち業務・サービス部門の排出量はその 43%に相当する約 1.01 億 t-CO₂に相当する. 現状, 国内クレジットで認証された t-CO₂ 削減量は約 12 万 t-CO₂程度にとどまっているが, 省エネ技術を導入することにより, 約 1 割に相当する 1092 万 t-CO₂の削減ポテンシャルを有する. このうち約 7 割が A 重油等の化石燃料消費削減による直接の CO₂ 排出削減であり, 残りが電力等による間接的な CO₂削減となっている.

3. 中小企業の省エネ・低炭素投資を支援するエコリース制度

(1) 中小企業及びリース事業者へのアンケート調査の概要

中小企業が省エネ・低炭素機器を導入する際の大きな障壁の 1 つに初期投資の問題がある. この問題に対応して, 国は平成 23 年度より, 省エネ・低炭素機器のリースを促進するしくみ(エコリース促進事業)を設け, リース制度を活用しやすくすることにより大きな初期投資を行うことなく機器導入を図りうる取り組みを開始した(予算額: 平成 23 年度 20 億円, 平成 24 年度 18 億円). 具体的には, 家庭、業務、運輸部

門を中心とした地球温暖化対策を目的として、一定の基準を満たす、再生可能エネルギー設備や産業用機械、業務用設備等の幅広い分野の低炭素機器をリースで導入した際に、リース料総額の一部を補助するしくみである(図3-14参照)。さらに国内クレジット制度やJ-VER制度のようなCO₂削減効果を貨幣価値に換算する制度を活用して付加価値を創出し、それを売却することによって投資回収効果をより高めることが有効であると考えられる。

このようなしくみが有効に機能するには、中小企業が省エネ・低炭素への関心を深め、リースの制度になじみ、エコリース促進事業や国内クレジット制度について認知するなど、中小企業における意識や態度の変革がポイントとなる。

そこで、実際に全国の中小企業はどれくらい国内クレジット制度やエコリース制度などの省エネ機器導入にかかる初期投資を和らげる制度について認知しているのか、また認知に影響を及ぼす要因を抽出するため、中小企業を対象としてアンケート調査を行った。特に、エネルギー消費における中小企業の寄与が大きい業務・サービス部門を対象とした。具体的には、企業情報を提供する代表的な企業調査会社である東京商工リサーチの企業データベース(収録データ269万社)から東京及び大阪の中小企業800社ずつを無作為抽出した(郵送調査法、回収率10.6%(回収数170/発送数1600))。

質問項目は、国内クレジットの認知の他、CO₂排出削減意欲、取り組んでいる省エネ・地球温暖化対策、リース経験や認識、業種・開業年数・従業員数を始めとする企業情報とした。

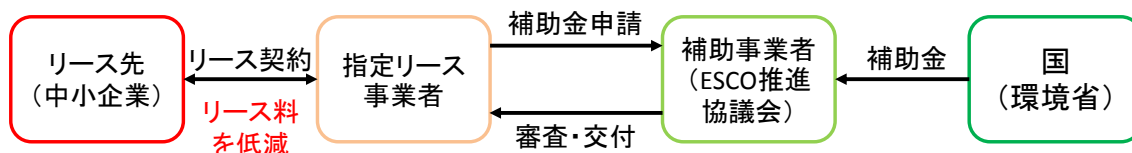


図3-14 エコリース促進事業のしくみ

資料：筆者作成

(2)中小企業におけるエコリースを巡る意識と要因

国内クレジット制度及びエコリース促進事業に対する中小企業の認知の様子を図3-15と図3-16に示す。制度の名称だけでなく内容も含めてよく認知している割合(狭義の認知率)は、国内クレジット制度で9.6%、エコリース促進事業で18.2%であり、エコリースの制度のほうが認知率は高い。一方で、制度名だけは知っているが中身をよく知らないとする企業の割合は、エコリースで50.0%、国内クレジット制度で32.3%であり、両制度とも認知度が高いとはいえない状況にあることが分かる。さらに、制

度名もしらない企業の割合はエコリース促進事業で**31.8%**であるのに対して国内クレジット制度では**58.1%**であり、特に国内クレジット制度への認知率が低いことが示されている。

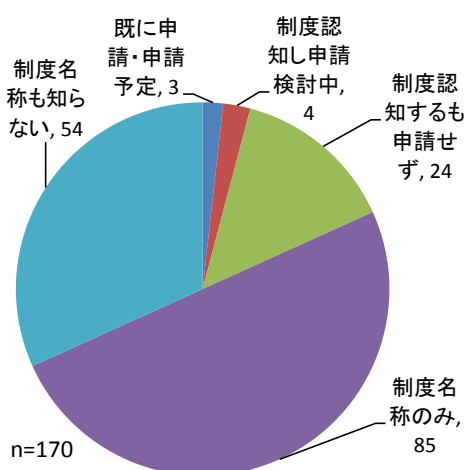


図 3-15 エコリース促進事業に対する中小企業の認知(業務・サービス部門)
資料:筆者作成

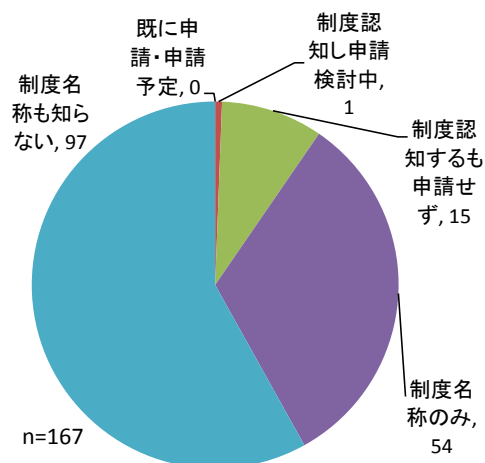


図 3-16 国内クレジット制度に対する中小企業の認知(業務・サービス部門)
資料:筆者作成

次に、クロス集計をもとに、認知に影響を及ぼす要因について考察する。

1)業種による認知度への影響

業種ごとの各制度への認知状況の差を比較して、図 3-17、図 3-18 に示す。エコリース促進事業では、「制度名称も知らない」企業が割合的に最も多い業種は廃棄物処理業の約6割であり、業種よりも際立っている。しかし業種ごとのリース利用の割合が大きく異なっているわけではなく、エコリース促進事業への認知とリース利用の有無との関係は必ずしも明確ではない。「制度名称のみ」知っている企業も含めて考えると飲食業、医療業、廃棄物処理では認知度が低い。これらの業種は例えば「リースではコスト把握が容易になり計画的に設備投資ができる」という評価に対してあまり肯定的な評価をしていないことが分かっており、リース利用の有無というよりもリースへの消極的な選好態度が認知度の差をもたらしているのではないかと思われる。

国内クレジット制度では「制度名称も知らない」企業の割合が一番少ないのは廃棄物処理業であり、多いのは宿泊業、飲食業、教育、医療業である。「制度名称のみ」知っている企業も含めて考えると飲食業における認知度が低い様子が際立っている。

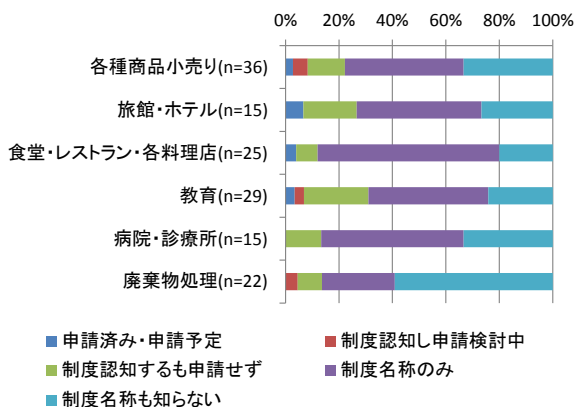


図 3-17 エコリース促進事業に対する中小企業の認知(業種ごと)

資料：筆者作成

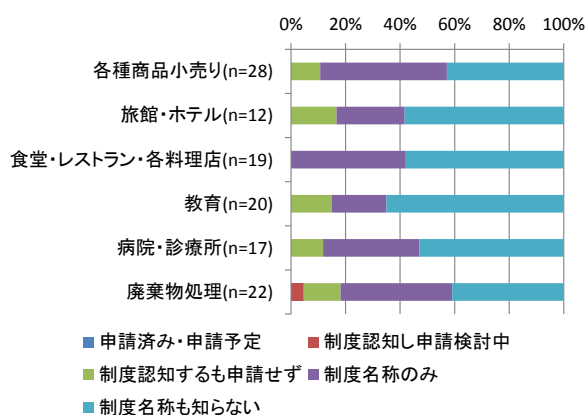


図 3-18 国内クレジット制度に対する中小企業の認知(業種ごと)

資料：筆者作成

2)事業所の所在地による認知度への影響

事業所の所在地が東京か大阪かにより認知度に差があるかどうかをみた結果を図 3-19 と図 3-20 に示す。「制度名称も知らない」企業の割合をみると、エコリース促進制度と国内クレジット制度の両方において東京よりも大阪の方が認知度が高い結果となっている。「制度名称のみ」知っている企業も含めて考えると、認知度の地域差には大きな差はない。

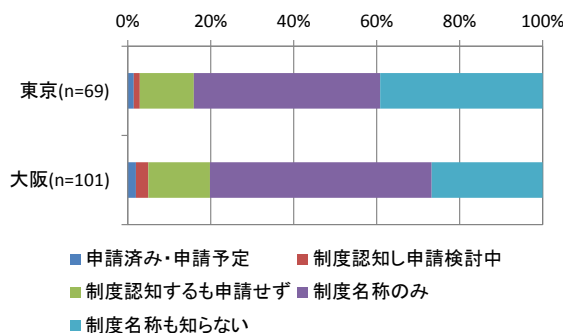


図 3-19 エコリース促進事業に対する中小企業の認知(事業所所在地ごと)

資料：筆者作成

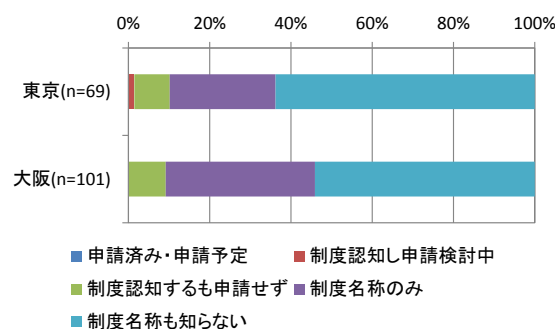


図 3-20 国内クレジット制度に対する中小企業の認知(事業所所在地ごと)

資料：筆者作成

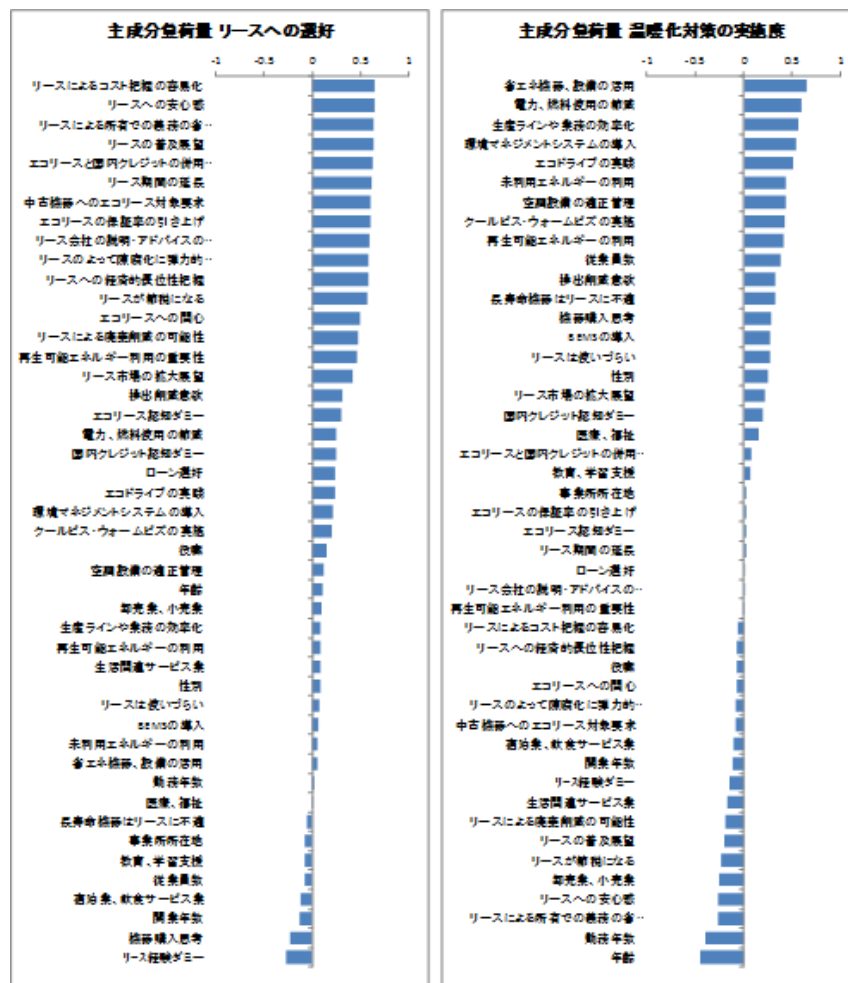
さらに、両制度への認知が低いことを背景に、このような認知状況に影響を及ぼしている要因について、主成分分析及び判別分析をもとに解析を行う。ここでは、国内クレジット制度への認知を目的変数として設定した。具体的には、設問の回答として「制度の名称も聞いたことがない」を 0(認知していない)、それ以外を 1(認知している)のダミー変数として設定した。そして変数増減法を用いて、判別係数及び決定係数を最も高める説明変数の組み合わせを抽出した。

まず、回収された全サンプルを対象に判別分析を行うと、判別係数はいずれも低くなった。そこで、サンプルが分布の異なる複数のサンプルから構成されている可能性を考え、その複数のサンプルに分割する軸を求めるため、アンケートにて得られたデータをもとに、主成分分析を行った結果、寄与率の高い上位 2 つの主成分が抽出された(表 3-2)。

第 1 主成分は、リースによるコスト把握の容易性やリースへの安心感など、リースを肯定的に捉える項目に対する主成分負荷が正の値を示しているため、「リースへの選好」主成分と名付けた。第 2 主成分は、省エネ機器、設備の活用等、多くの温暖化対策に対する項目の実施度に対する主成分負荷量が正の値を示しているため、「温暖化対策の実施度」主成分と名付けた。その上で再度、これらの主成分得点により分割した各サンプル集団に対して目的変数「国内クレジットの認知」をダミー変数で設定し、判別分析を行い、説明力が最も高い説明要因の組み合わせを抽出した。

表 3-2 地球温暖化及びリース選好に対する主成分分析

固有値表			
主成分	固有値	寄与率	累積寄与率
リースへの選好	6.115	13.29%	13.29%
温暖化対策の実施度	3.964	8.62%	21.91%



資料：筆者作成

分析結果をもとに、国内クレジット制度への認知に対し、判別係数が統計的に有意であった説明変数との関係を以下に示す(図 3-21, 図 3-22)。なお、図中の括弧内の数字は判別係数である。

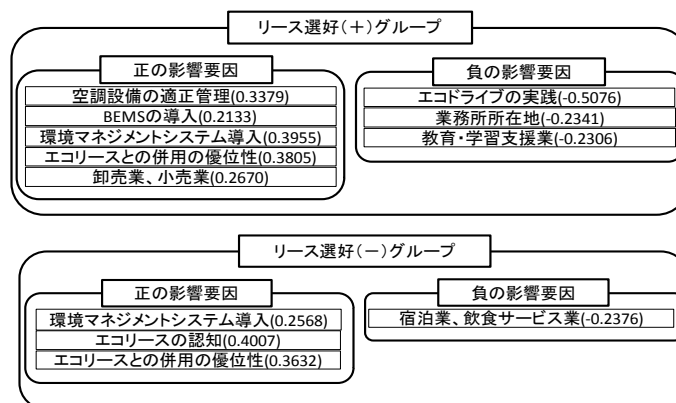


図 3-21 リース選好からみた各グループの国内クレジット認知への影響要因

資料：筆者作成

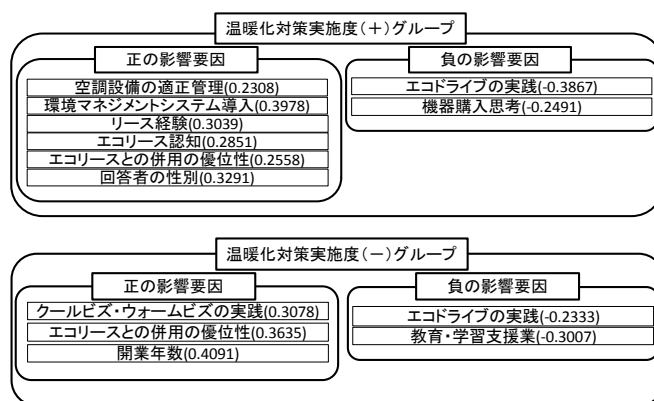


図 3-22 地球温暖化からみた各グループの国内クレジット認知への影響要因

資料：筆者作成

これらの結果により、すべての部門においてエコリース制度と国内クレジット制度との制度を併用することの優位性を好意的に評価する環境と経済の好循環への選好が正の影響要因として作用していることが分かった。そのほかにはリース経験、エコリース制度への認知、空調設備の適正利用等の温暖化対策の実施度が国内クレジット制度への認知に及ぼす影響要因として作用していることが分かった。

またリース選好がある場合は、教育・学習支援業や事業所の位置が東京であるほど国内クレジット制度への認知が低くなることもわかった。

(3)リース事業者におけるエコリース事業の評価

エコリース促進制度に携わっている指定リース事業者 125 社に全数の郵送アンケートを実施し、リース事業者側からみたエコリース事業への評価を調べた。回答数は 52 社、回答率は 41.6%である。

1)エコリース促進事業の阻害要因

指定リース事業者からの回答によると、エコリース促進事業の契約実績はリース事業者らが当初期待したよりも少ないとの回答が多く寄せられた。そこで、何らかの阻害要因が働いたのではないかと考え、想定される複数の要因についての意見を伺った。結果を図 3-23 に示す。指定リース事業者らが考える主な阻害要因として強く考える割合が最も多かったものは、「対象機器がわかりにくい」であり、非常に思うという選択肢の回答割合が全体の 5 割を超えた。他には「補助率が低い」、「景気・経済環境の悪化」、「広報・啓発不足」が多かった。これらより、景気・経済環境など直ちに対応が難しい要因というよりも、改善しうる要因が挙げられており、これらへの適切な対

応を講じることによりエコリースの社会への導入が進むことを期待しているものと受けとめられる。

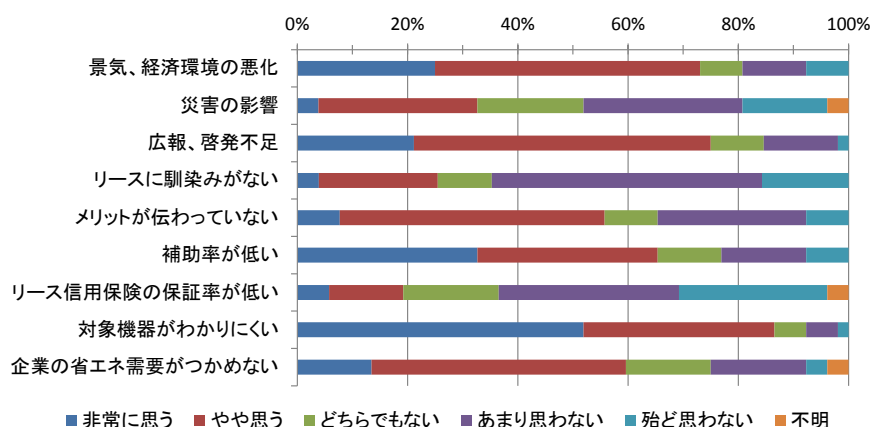


図 3-23 指定リース事業者の思うエコリース促進事業の阻害要因

資料：筆者作成

2) 今後の社会とリース市場について

グリーンイノベーションといわれるように、今後、再生可能エネルギーや省エネルギー、次世代自動車分野等での技術革新が進み、環境機器の投資が社会に拡大する中で、リース市場への展望を伺った。結果を図 3-24 に示す。

次世代自動車分野や再生可能エネルギー分野でのリース将来市場拡大を見込む意向が伺われた。これらの分野以外では、例えば介護分野などの機器リースに付随したエコリース拡大などを見込む声も聞かれた。

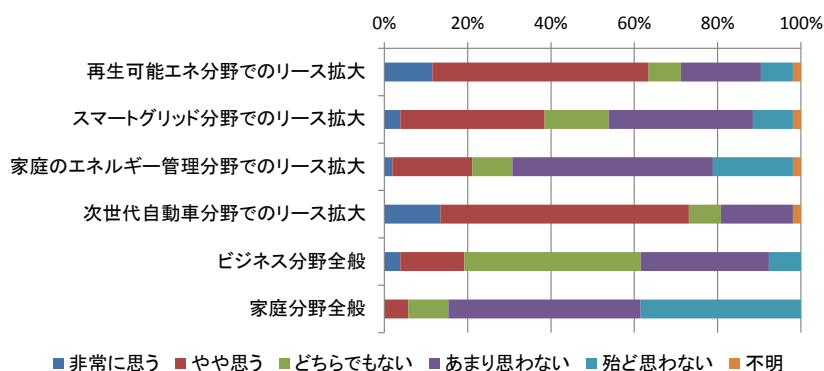


図 3-24 将来的に有望と思われるエコリース市場

資料：筆者作成

3) エコリース促進事業を促進するために有効と思う取り組み

エコリースの更なる促進へ向け、リース会社や機器メーカーや工事会社と連携を深

めることや、より積極的な広報・説明を重視していることが分かる。

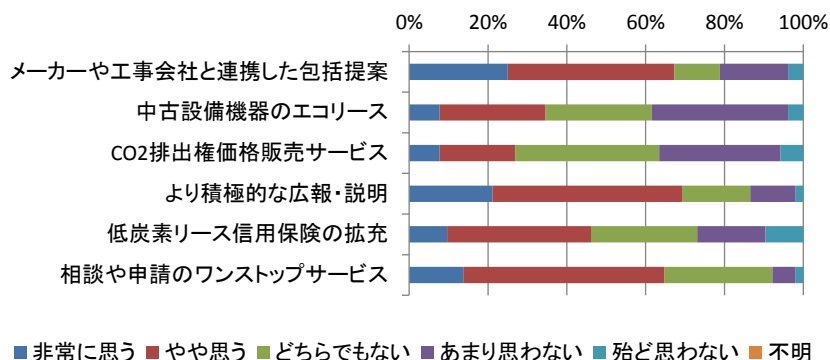


図 3-25 エコリース促進事業を促進するために有効と思う取り組み

資料：筆者作成

参考文献

経済産業省：国内クレジット制度(国内排出削減量認証制度)「概要と目的」

<<http://jcdm.jp/outline/index.html>>

財団法人中小企業総合研究機構(2008)「規模別産業連関表を用いた多部門経済分析に関する調査研究報告書」

井田憲計(2000)「規模別産業連関表からみた大企業・中小企業部門の構造変化—全国・他県と比較した大阪の中小企業部門の特徴」『産開研論集』第12号, pp.1-11.

下田充・藤川清史・渡邊隆俊(2005)「規模別産業連関表から見た日本の産業構造」『産業連関』第13巻3号, pp.52-65.

国立環境研究所(2012)「産業連関表を用いた環境負荷原単位データブック(3EID)：2005年産業連関表に基づく部門別エネルギー消費量および温室効果ガス排出量の推計方法」

永田豊・森裕子(2010)「日本の中期CO2削減費用とモデル分析の課題」『社会経済研究』No.58, pp.3-13

第4章 食品リサイクルによる環境負荷と経済活動の変化

—大阪府を事例として—

大阪経済大学経済学部 藤本高志

1. 大阪府における食品リサイクルの現状と目標

大阪府内の食品産業から発生する食品廃棄物等は、表4-1の「現状」の行に示すように、2009年度、年間1,479千tと推定され、その業種別内訳は、食品製造業1,142千t、食品卸売業18千t、食品小売業96千t、外食産業223千tである。また、再生利用等の実施率¹²は、食品産業全体で81%、業種別では、食品製造業97%、食品卸売業60%、食品小売業37%、外食産業17%と推定できる。再生利用されない食品廃棄物は焼却・埋立処分され、環境負荷の原因となるばかりか資源の浪費となる。

表4-1 大阪府における食品廃棄物等の年間発生量及び発生抑制の実施量

	食品廃棄物等の年間総発生量(千t)					発生抑制量(千t)	再生利用等実施率(%)
	減少量	再生利用量	熱回収量	処分量			
現状 (2009年度)	1,479	116	1,030	29	304	122	81
食品製造業	1,142	110	962	29	41	107	97
食品卸売業	18	0	10	0	8	2	60
食品小売業	96	1	30	0	64	6	37
外食産業	223	5	27	0	191	7	17
食品リサイクル法の目標	1,479	116	1,093	29	241	122	85
食品製造業	1,142	110	962	29	41	107	97
食品卸売業	18	0	12	0	6	2	70
食品小売業	96	1	39	0	56	6	45
外食産業	223	5	80	0	138	7	40
増減	0	0	63	0	-63	0	

資料：筆者作成

注：現状は、農林水産省『平成21年度食品循環資源の再生利用等実態調査報告』による産業別発生量と総務省統計局『平成21年経済センサス』による産業別就業人口を用い、産業別就業人口1人当たり発生量を原単位に推定した。

このようななか、2007年、食品リサイクル法が改正され、再生利用等の実施率目標が業種別に設定された。業種別の目標は、食品製造業85%、食品卸売業70%、食品小売業45%、外食産業40%である。食品卸売業、食品小売業、および外食産業において、目標が達成されていない。食品廃棄物の主な再生利用先は飼料や肥料である。

12 再生利用等実施率 =
$$\frac{\text{発生抑制量} + \text{再生利用量} + \text{熱回収量} \times 0.95 + \text{減少量}}{\text{発生抑制量} + \text{発生量}}$$

しかし、これら業種から発生する食品廃棄物は、賞味期限切れ食品、調理屑、残飯などで、雑多でしかも異物が混入している。そのため、飼料や肥料への再生利用は難しい。また都市では、家畜や農地が少なく、飼料や肥料の需要が少ない。

そこで注目されているのが、メタンへの再生利用である。食品廃棄物をメタン発酵し、バイオガスを生成する技術は実用化段階に入っている。メタン発酵する場合、排出業者に対して、厳しい分別を求める必要がない。プラスチック類など発酵不適物は、機械選別により、容易に除去できる。また都市では、バイオガスの需要の確保に苦労することもない。バイオガスを発電に利用し、売電できるし、バイオガスを精製し、都市ガスとして販売することもできる。大阪ガスは、このようなバイオガスを都市ガスとして購入する制度を開始した。

本章では、大阪府を事例に、メタン発酵の導入により、食品リサイクル法の再生利用等実施率目標を達成すれば、経済活動および環境負荷がどのように変化するかを分析する。経済活動の変化は、生産額と GDP の変化により評価する。環境負荷の変化は、二酸化炭素排出量と埋立処分場面積の変化により評価する。分析には、廃棄物産業連関表(以下 WIO 表)を用いた。

2. 大阪府 WIO 表の作成

2000 年の大阪府産業連関表をベースに、2000 年の全国 WIO 表¹³をベンチマークとし、2000 年の大阪府 WIO 表を作成した。中村(2000)を参考にすれば、大阪府 WIO 表を表 4-2 のように表現できる。通常の産業連関表との違いは、産業部門から廃棄物処理部門が抜き出され、その行と列が物量単位で表記される点である。また、産業部門の電力部門、ガス部門、熱供給部門の行と列も物量単位で表記される。

産業部門は N 種類(=103)である。 X^0 は中間投入行列(N 行× N 列)である。発生する廃棄物(厨芥、新聞紙など)の種類は M 種類(=79; 家庭系=32, 事業系=17, 産廃=30)である。 W^0 は、 N 種類の産業部門から排出される M 種類の廃棄物の純排出行列(M 行× N 列)¹⁴である。 V^0 は、大阪府産業連関表による、産業部門の付加価値ベクトルである。また、環境負荷因子を L 種類(=2; 二酸化炭素排出量, 埋立処分場面積)とした。 E^0 は、産業部門の活動がもたらす L 種類の環境負荷の行列(L 行× N 列)である。

13 WIO2000 version 0.06b, 中村慎一郎研究室: http://www.f.waseda.jp/nakashin/wio_j.htm.

14 純排出とは、廃棄物の排出量から投入量を控除した量。

表 4-2 廃棄物産業連関表

	産業部門 N種類	廃棄物処理部門 K種類	最終需要	行和
産業 N種類	X^O (N行×N列)	X^Z (N行×K列)	X^J	X
廃棄物(純排出)M種類	W^O (M行×N列)	W^Z (M行×K列)	W^J	W
付加価値	V^O	V^Z		V
環境負荷因子 L種類	E^O (L行×N列)	E^Z (L行×K列)	E^J	E

注：中村(2000)を参考に描いた

廃棄物処理部門はK種類(=14; メタン発酵, 焼却, 埋立など)である。 X^Z は, 廃棄物処理部門の中間投入行列(N行×K列)である。 W^Z は, K種類の廃棄物処理部門から排出されるM種類の廃棄物の純排出行列(M行×K列)である。廃棄物は, 廃棄物処理部門からも発生する(例えば, メタン発酵部門からは汚泥が発生する)。 V^Z は, 廃棄物処理部門の付加価値ベクトルである。 E^Z は, 廃棄物処理部門の活動がもたらすL種類の環境負荷の行列(L行×K列)である。

X^J は最終需要ベクトルである。 W^J は, 最終需要部門から排出されるM種類の廃棄物の純排出ベクトルである。 E^J は, 最終需要部門の活動がもたらすL種類の環境負荷のベクトルである。例えば, 廃棄物は家計からも発生し, それは環境負荷の原因となる。

大阪府WIO表を作成するためには, 表4-2における斜線部分を推定しなければならない。 X^Z は, 各廃棄物処理部門の処理量当たり中間投入が, 全国と大阪府において同じと仮定し, 全国WIO表をベンチマークに推定した。 W^O , W^Z , あるいは W^J は, 生産額, 廃棄物処理量, あるいは最終需要額当たり各廃棄物純排出量が, 全国と大阪府において同じと仮定し, 全国WIO表をベンチマークに推定した。 V^Z は, 廃棄物処理量当たり付加価値が, 全国と大阪府において同じと仮定し, 全国WIO表をベンチマークに推定した。 E^O , E^Z , あるいは E^J は, 生産額, 廃棄物処理量, あるいは最終需要額当たり環境負荷が, 全国と大阪府において同じと仮定し, 全国WIO表をベンチマークに推定した。

また, メタン発酵部門を新たに導入し, 食品廃棄物のメタン発酵により, (1)バイオガスを発電に利用し売電し, (2)バイオガスを都市ガスとして販売するとする。売電量あるいは都市ガス販売量は, バイオエナジー(2011)による処理量当たり売電量あるいは都市ガス販売量をベンチマークに推定した。メタン発酵部門では, 電力とガスの中間投入がマイナスとなる。その他の中間投入および付加価値は, 環境省(2006)による処理量当たり処理コスト(処理能力 55t/日の施設)をベンチマークに推定した。また,

廃棄物の純排出は、発酵不適物の廃プラスチック類、および発酵残さの汚泥を純排出するとし、バイオエナジー(2011)による処理量当たり純排出量をベンチマークに推定した。

さて、廃棄物産業連関モデルでは、各産業部門、各廃棄物処理部門、最終需要部門は、廃棄物を純排出するのではなく、廃棄物処理サービスを投入すると考える。そこで、廃棄物を廃棄物処理過程に対応させる配分行列 S を考え、表4-2の W^O, W^Z, W^J のそれぞれに S を乗じ、表4-3に示す SW^O, SW^Z, SW^J に変換する。例えば、商業と外食からの厨芥の発生ベクトルを $W^O = (W_1^O \ W_2^O)$ としよう。また、これら厨芥の内の20%をメタン発酵部門が処理し、70%を焼却部門が処理し、10%を埋立部門が処理するとすれば、配分ベクトルは $S = (0.2 \ 0.7 \ 0.1)'$ となる。(1)式に示すように、配分ベクトル S を用いれば、商業では、 W_1^O の純排出を、 $0.2W_1^O$ のメタン発酵処理サービスの投入、 $0.7W_1^O$ の焼却サービスの投入、 $0.1W_1^O$ の埋立サービスの投入へと変換できる。

$$SW^O = \begin{pmatrix} 0.2 \\ 0.7 \\ 0.1 \end{pmatrix} (W_1^O \ W_2^O) = \begin{pmatrix} 0.2W_1^O & 0.2W_2^O \\ 0.7W_1^O & 0.7W_2^O \\ 0.1W_1^O & 0.1W_2^O \end{pmatrix} \quad (4-1)$$

表4-3の斜線部分は、通常の産業連関表の内生部門に相当し、 $(N+K$ 行) \times $(N+K$ 列)の正方行列になっている。表4-2は、表4-3に変換することで、産業連関分析に用いることができるのである。

表4-3 廃棄物産業連関表: 対象表

	産業部門 N種類	廃棄物処理部門 K種類	最終需要	行和
産業部門 N種類	X^O ($N \times N$ 行列)	X^Z ($N \times K$ 行列)	X^J	X
廃棄物処理部門 K種類	SW^O ($K \times N$ 行列)	SW^Z ($K \times K$ 行列)	SW^J	W
付加価値	V^O	V^Z		V
環境負荷因子 L種類	E^O (L 行 \times N 列)	E^Z (L 行 \times K 列)	E^J	E

資料：中村(2000)を参考に描いた。

本分析では、作成された大阪府WIOを用い、人々のライフスタイルを一定と仮定し、メタン発酵部門を導入するとともに配分行列 S を変化させ、経済活動や環境負荷の変化をシミュレーションする¹⁵。人々のライフスタイルが一定とは、家計など最終需要部門において、消費活動や廃棄物の排出が変化しない、すなわち、 X^J や SW^J が変化しないことを意味する。

15 廃棄物産業連関分析の方法は中村(2000)を参照。

3. シナリオの設定と分析結果

表4-1の食品リサイクル法の目標の行は、食品卸売業、食品小売業、および外食産業が、食品リサイクル法の再生利用等実施率目標を達成するためのシナリオを示している。発生量、減量量、熱回収量、発生抑制量は変化しないと仮定すれば、実施率目標を達成するためには、再生利用量を63千t増やさなければならない。大阪府WIO表によれば、事業系厨芥の処分量は505千tである。全国WIO表の配分行列によれば、その内の90%が焼却処分され¹⁶、10%が埋立処分される。このように処分される厨芥の内の63千tをメタン発酵部門が処理するように、配分行列を変化させ、経済活動や環境負荷がどのように変化するかを分析した。

結果は表4-4のとおりである。まず、経済活動に及ぼす影響を示そう。生産額とGDPはほとんど変化しない。電気・ガス部門および焼却部門では減少するが、メタン発酵部門とその中間投入財を供給する部門の増加がそれを補完するためである。

次に、環境負荷に及ぼす影響を示そう。二酸化炭素の排出量が17,242トンCO₂減少する。これは、大阪府内総排出量の0.022%に相当し、電気・ガス部門および焼却部門からの排出量減少による。また、埋立処分場面積が21,854m²減少する。これは、大阪府内から発生する廃棄物の埋立処分に必要な面積の0.106%、甲子園球場0.57個分に相当する。

本分析のシナリオでは、メタン発酵しようとする食品廃棄物は63千tで、大阪府内における厨芥の総排出量¹⁷の5%にすぎない。そのため、環境負荷の軽減効果は大きいとは言えない。しかし、GDPが変化しないことに注目しなければならない。すなわち、メタン発酵による食品廃棄物の再生利用は、経済の状態を悪化させることなく、環境負荷を減らすのである。

16 発電つき連続式焼却が31%、発電なし連続式焼却が13%、バッチ式焼却が46%。

17 大阪府WIOによる事業系と家庭系を含む厨芥の総排出量。

表 4-4 メタン発酵の導入による経済活動・環境負荷の変化

	生産額	GDP	二酸化炭素	埋立処分場面積
	百万円	百万円	トン CO2	平米
農林水産業	3	1	2	0
製造業	423	142	822	0
電気・ガス・水道	-821	-453	-14,771	0
サービス業	240	107	-23	0
メタン発酵	1,980	1,238	80	0
焼却	-1,279	-1,063	-3,022	0
埋立	-160	-78	-330	-21,854
破碎	0	0	0	0
合計	385	-106	-17,242	-21,854
変化率	0.001%	0.000%	-0.022%	-0.106%

資料：筆者作成

参考文献

環境省(2006)「メタン発酵施設と焼却施設のコスト比較等」, 第6回「生ごみ等の 3R・処理に関する検討会参考資料

(http://www.env.go.jp/recycle/waste/conf_raw_g/)[2013年3月確認]

中村慎一郎(2000)「廃棄物処理と再資源化の産業連関分析」『廃棄物学会論文集』11(2), pp.84-93.

バイオエナジー(2011)「食品廃棄物から電気と都市ガスを生み出すメタン発酵施設」日廃振センター情報,11(3), pp17-19.

第5章 畜産・食品廃棄物のリサイクルの採算性

石川県立大学 生物資源工学研究所 楠部孝誠

1. 畜産廃棄物のリサイクルの動向

(1) 畜産廃棄物の発生量の推定と今後の動向

畜産物の国内生産量は1980年代後半から1990年代前半をピークとして、横ばいあるいは微減傾向にある。この背景には、貿易の自由化による畜産物の輸入量の増加、国内の畜産物消費量の安定化といった畜産経営を取り巻く環境変化によるところが大きい。これに加えて平成11年(1999)に施行された「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律(以下、家畜排せつ物法)」の影響も少なくない。この法律は畜産糞尿による悪臭、閉鎖性水域の富栄養化の防止を目的に施行されたもので、特にそれまで慣習的に行われていた野積みや素掘りといった不適切な処理の改善を目的としたものである。糞尿処理は飼料調達と並び、畜産経営に与える影響が大きい部門であり、糞尿処理のための畜舎改善や堆肥舎整備への投資が難しい小規模農家の撤退が進んでいる。

乳牛を中心として、飼養頭数が減少しているために、畜産糞尿も年々減少しているが、小規模農家の撤退が進行したことにより、畜種に限らず、1戸あたりの飼養頭数が一貫して増加傾向を示し、畜産農家の中・大規模化が進んでいる(図5-1, 図5-2)。これは糞尿処理を効率的に行うという点では利点になるが、処理後の堆肥流通という点ではデメリットとなりかねない。実際、家畜排せつ物法が本格施行された平成16年(2004)以降、管理基準が適用される対象農家のほぼ全てが基準を遵守し、多くが堆肥化処理される一方で、堆肥の流通が滞っている面もある。全国堆肥センター協議会のアンケート調査(H20)によれば、常時堆肥が流通していると回答したセンターは17.5%、需要期に販売できると回答したセンターが66.8%で、15.7%は滞留が多いと回答している。これには「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律(以下、食品リサイクル法)」が多分に影響している側面もあるが、この点については後述する。

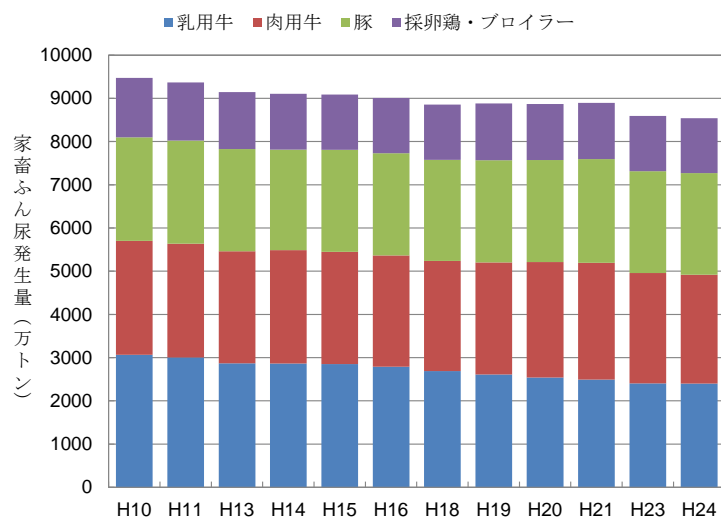


図 5-1 家畜糞尿の推定発生量

資料：畜産統計各年度版から筆者作成

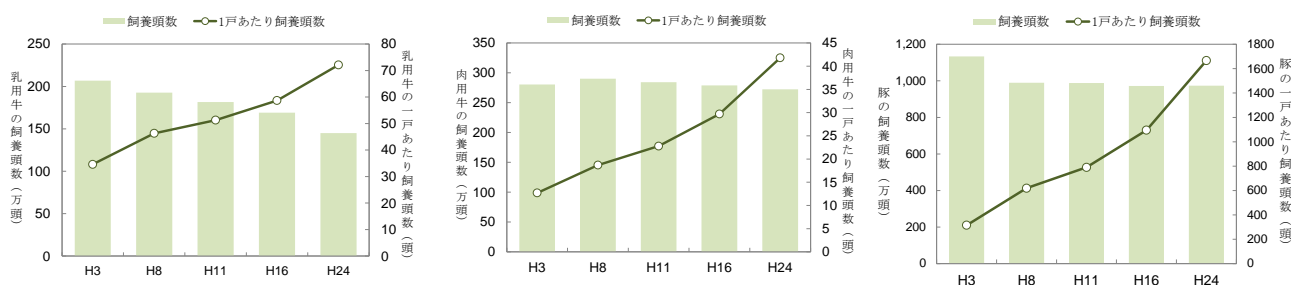


図 5-2 家畜の飼養頭数と1戸あたりの飼養頭数の変化

資料：畜産統計各年度版から筆者作成

他方、耕種農家も家畜糞尿起源の堆肥の利用を望んでいるが、臭気や散布方法に課題を残していることが普及を阻害している。化学肥料と異なり、田畑への散布に労力が必要な堆肥は高齢化する耕種農家にとっては扱いにくいものであり、高齢化が進む地域では田畑への散布サービスを行う例も少なくない。つまり、家畜糞尿による悪臭や水質汚濁の防止といった環境対策への早期対応に重点を置くあまり、化学肥料を代替する戦略がないままに堆肥処理が進められた結果、堆肥の流通・消費に問題が生じている。

このような状況を踏まえ、平成 19 年(2007)に耕畜連携の強化、ニーズに合う堆肥生産、エネルギー利用の推進などを中心とした家畜排せつ物法の新たな基本方針が策定されている。特に、飼料の海外輸入と化学肥料の普及によって途絶えていた農業と畜産の連携の再構築に力点が置かれ、糞尿を介した連携に加えて、飼料米の利用による飼料自給率の向上といった農業側からの連携の狙いもある。ただ、堆肥の利用者で

ある農家自体が高齢化していることを考えるとこれまで以上に使いやすい堆肥づくりが求められると同時に堆肥以外への利用促進も必要となる。

そこでもう1つの視点となるのが、家畜糞尿からのメタン抽出である。メタン発酵は嫌気性(無酸素)条件下で、微生物によって有機物をメタンガスと二酸化炭素を主体とするバイオガスに分解する技術である。メタン発酵が注目されているのは、家畜糞尿をエネルギー利用できるだけでなく、地球温暖化対策に寄与するという点にある。世界的にも多くの取組事例があり、京都議定書の柔軟措置である CDM(Clean Development Mechanism, クリーン開発メカニズム)を利用した導入事例も数多く報告されている。

日本では1950年代から下水汚泥やし尿、家畜糞尿への適用が始まったが、特に1970年代のオイルショック時にエネルギー代替技術として、家畜糞尿を対象にしたメタン発酵の実証研究・開発も進められた。しかし、その後の石油の価格安定化に伴い、大幅な導入は進まず、研究開発も停滞した。農林水産省の調査(H24)によれば、現在、国内で家畜糞尿を対象としたメタン発酵施設は78施設しかない(重複を含めて47施設が発電を行い67施設が熱利用を行っている)。石油価格の安定化が普及を妨げた大きな要因ではあるが、それ以外にも積極的な導入がされなかった理由がいくつかある。

1つは畜産経営の規模が小さいことである。有効なエネルギー量を確保するには一定規模の畜産糞尿が必要になるが、1戸あたりの平均飼養頭数が乳用牛で72.1頭、肉用牛で41.8頭、豚1667.0頭と非常に小さい(表5-1)。例えば、1日あたり処理量が30tのメタン発酵装置を設置すると想定すると、乳牛で約600頭、肉牛で約1,200頭、豚ならば5,000頭の糞尿が必要になる。特に関西地域は全般的に畜産業が盛んではなく、飼育規模も肉用牛を除けば、平均以下である。そのため、この規模のメタン発酵装置を導入するには初期投資の負担が大きく、畜産農家が単独で取り組むということは現実的ではなく、大規模な施設の運営主体は事業組合や自治体に限定される。

表 5-1 地域別の家畜の飼養頭数と飼養戸数

単位：戸，頭

H24	乳用牛			肉用牛			豚		
	飼養戸数	飼養頭数	1戸あたり飼養頭数	飼養戸数	飼養頭数	1戸あたり飼養頭数	飼養戸数	飼養頭数	1戸あたり飼養頭数
全国	20,100	1,449,000	72.1	65,200	2,723,000	41.8	5,840	9,735,000	1,667.0
北海道	7,270	821,900	113.1	2,830	534,300	188.8	266	592,700	2,228.2
東北	3,130	116,500	37.2	17,700	373,400	21.1	780	1,669,000	2,139.7
北陸	431	16,900	39.2	526	24,300	46.2	206	273,300	1,326.7
関東・東山	4,130	202,300	49.0	4,080	309,700	75.9	1,510	2,556,000	1,692.7
東海	919	60,200	65.5	1,450	137,800	95.0	493	685,900	1,391.3
近畿	709	32,600	46.0	2,040	88,000	43.1	95	61,800	650.5
中国	975	51,400	52.7	3,770	130,000	34.5	133	227,500	1,710.5
四国	498	22,800	45.8	963	68,000	70.6	219	336,300	1,535.6
九州	1,970	119,700	60.8	28,800	975,000	33.9	1,840	3,083,000	1,675.5
沖縄	83	4,810	58.0	3,050	82,800	27.1	296	249,600	843.2
滋賀	74	3,730	50.4	106	17,300	163.2	9	7,530	836.7
京都	79	4,860	61.5	96	7,150	74.5	17	15,600	917.6
大阪	37	1,600	43.2	18	850	47.2	8	4,460	557.5
兵庫	445	17,800	40.0	1700	56,000	32.9	36	24,900	691.7
奈良	59	3,840	65.1	59	3,890	65.9	12	5,860	488.3
和歌山	15	720	48.0	64	2,780	43.4	13	3,470	266.9

資料：平成24年畜産統計から筆者作成

もう1つは、メタン発酵後の残渣物である消化液・汚泥の利用方法である。処理方式によって異なるが、メタン発酵前に固液分離(固体部と液体部に分離する)をすれば、発酵前に糞尿量の10%前後(重量ベース)が固体として分離され、堆肥化处理等が必要になる。さらに、液体部はメタン抽出後、消化液として排水処理が必要になる。消化液を液肥として利用できれば、相当な負担軽減になるが、利用技術の確立や臭気の問題をクリアしなければならないし、何より耕種農家との連携が重要になる。

さらに、メタンガスの需要が少ないことも技術導入を阻害してきた要因である。畜産農家および周辺地域にガス需要がほとんどなく、メタンガスを燃焼して得られる熱の利用も限定的である。また、発電して系統電力への売電も考えられるが、当初、売電価格は1kWhあたり5円前後と非常に低く設定されていたために発電を行うインセンティブが働かなかったことも大きな要因である。

今後の畜産糞尿の処理動向として、中心となるのは堆肥化であることは間違いないが、平成24年(2012)7月に施行された「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法に基づく再生可能エネルギー固定価格買取制度」、通称FIT制度がメタン発酵への転換を促す可能性がある。

FIT 制度は再生可能エネルギーで発電された電力を電力会社が一定期間、一定価格での買取が義務付けられており、メタン発酵の場合、直近の設定価格であれば、20年間にわたり、40.95円/kWhで売買される。FIT制度に先立つ「電気事業者によるエネルギー等の利用に関する特別措置法(H15)」,いわゆるRPS法でも売電価格は引き上げられていたが、メタン発酵の導入を促すほどのインセンティブはなかった。そこで、今回のFIT制度による売電価格の引き上げが畜産糞尿処理におけるメタン発酵導入を促す可能性について検証する。

(2)畜産廃棄物を対象にしたメタン発酵

ここでは、袖山ら(2006)のバイオマス再資源化に係るコスト評価で試算された(1)乳牛糞尿をメタン発酵し、発酵後の消化液を液肥利用する、(2)同様にメタン発酵し、発酵後の消化液を排水処理して河川放流する、2つのケースを利用した。それぞれ、1日処理量が25tと50tの場合のメタン発酵施設建設および運転コストのデータを基にFIT制度導入による投資回収の試算を行った。

最初に(1)の物質フローを図5-3に示す。まず、25tの乳牛糞尿を固液分離し、2.1tが固体として除去され、液肥原料となる。残り22.9tをメタン発酵の原料として、350Nm³のバイオガスを得る。さらに、バイオガスに60%含まれるメタンガスを利用して発電し、626kWhの電力と898Mcalの熱が得られる。熱は発酵槽の加温および場内利用ですべて利用し、発電した電力626kWh/日は全て売電し、場内で必要な500kWh/日は系統電力から購入する。

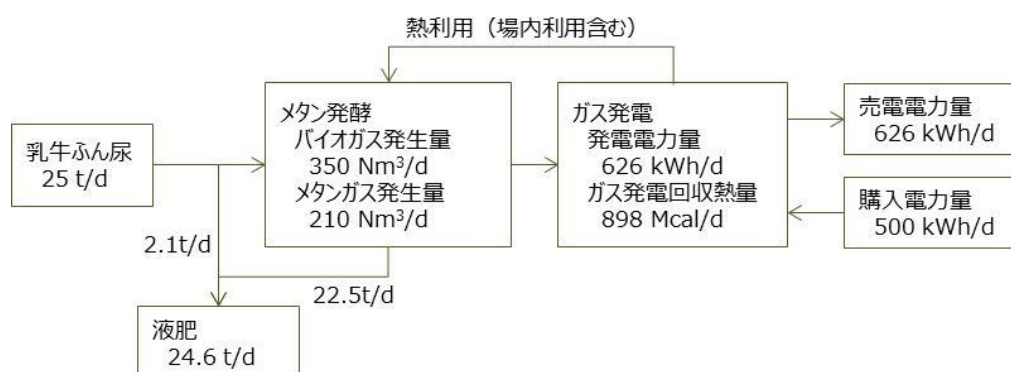


図 5-3 消化液を液肥利用する場合*

資料：袖山他(2006)に加筆修正

次に、(2)の物質フローを図5-4に示す。(1)液肥利用との大きな違いはメタン発酵後の消化液34t(消化液に凝集剤等が添加されているために増加)を排水処理し、脱水汚泥

6.5t が堆肥原料となり、脱水液から 2.5t がメタン発酵へ返送され、処理水として 25t が放流される点である。また、排水処理が加わったために、発電に伴って得られる熱は場内ですべて消費されるだけでなく、外部から不足分の燃料を購入しなければならない。

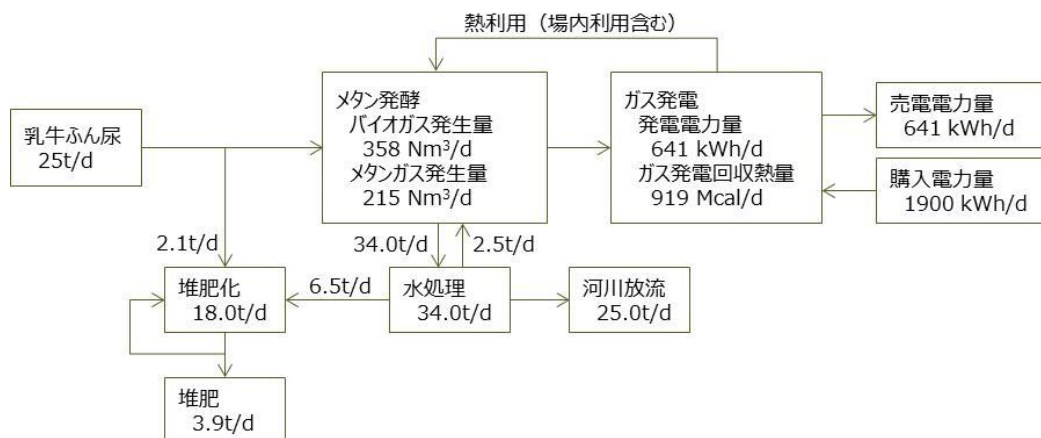


図 5-4 消化液を排水処理して河川放流する場合

資料：袖山他(2006)に加筆修正

次に(1), (2)のコストデータ表 5-2 に示す。収入項目の堆肥販売, 支出項目の人件費, 薬剤・消耗品費, 建設費, 補修費については袖山ら(2006)のデータを参照し, それ以外の項目は FIT 制度および関西の事情に沿うよう修正した。まず, 糞尿の受入価格は京都府八木町でのヒアリングデータから 1 年 1 頭あたり 15,000 円として算出し, 液肥の販売は 500 円/t で散布サービスをすると考えた。また, 売電収入については平成 24 年度の FIT 制度のバイオマスのメタン発酵の価格である 40.95 円/kWh を用いた。支出については, 電力料金および水道料金を関西電力および大阪市の水道料金を参考にした。売電に伴う支出として系統連系への接続費用を計上した。また, 建設費の 75% は国や都道府県等からの補助を受けると想定している。

試算結果を見ると, 消化液を液肥利用する(1)では, 建設費を含めると 25t/日処理で年間約 1,600 万円, 50t/日処理で約 500 万円, 排水処理をする(2)ではそれぞれ約 5,000 万円, 約 7,300 万円のマイナスが生じている。特に, (2)の場合, 排水処理のために伴う電力購入費および薬剤費, 燃料費がマイナスの大きな要因となっているため, 液肥利用が現実的である。さらに, 1t あたりの処理費を考えれば, メタン発酵の処理規模が大きい方がよいことがわかる。

表 5-2 乳牛糞尿のメタン発酵によるコスト評価

Unit:1000円/年

乳牛ふん尿	(1)液肥利用		(2)堆肥化及び河川放流	
	25t(518頭)	50t(1035頭)	25t(518頭)	50t(1035頭)
収入				
受入処理	7,770	15,525	7,770	15,525
液肥販売	4,490	8,979	0	0
堆肥販売	0	0	12,456	24,911
売電	9,357	18,713	9,581	19,371
支出				
人件費	18,000	18,000	18,000	18,000
電力料金 (基本)	1,111	1,905	3,810	6,827
電力料金 (従電)	2,800	5,034	10,638	19,239
上水道	0	0	882	2,018
薬剤・消耗品費	290	582	13,712	27,440
燃料費	0	0	6,832	13,725
点検補修	5,400	5,400	9,000	15,670
系統連系への接続	25	25	25	25
建設費(Unit:1000円)				
建設費	202,500	352,500	337,500	587,625
収支合計				
合計	-6,010	12,272	-33,094	-43,136
合計 (建設費含)	-16,135	-5,353	-49,969	-72,517
処理効率(Unit:1000円/t)				
1tあたり処理費	3.03	1.70	6.89	5.64

資料：筆者作成

試算結果に共通しているのは、処理受入および堆肥・液肥販売収入が大きいこと、後述する食品廃棄物のメタン発酵と比較して売電収入が極端に少ないこと、建設費の負担が大きいことである。

堆肥・液肥の販売益が重要な収入になっているが、特に液肥を利用するには保管・輸送効率を高めるための濃縮技術の開発などの条件がある。その上で多量の液肥・堆肥を受け入れる相当な規模の農地が必要になるため、耕種農家との連携が必須である。つまり、液肥の利用できる耕地面積に応じてメタン発酵の規模が決まるといっても過言ではない。

一方、相対的に売電収入が少ないのは、乳牛からのメタンガスの発生量が少ないことに起因する。実際の事例でも乳牛糞尿単独ではなく、メタンガスの発生量が多い豚糞尿や食品廃棄物との混合処理が多い。特に、食品廃棄物を受け入れれば、メタンガス発生量が増加することに加えて、零細な畜産農家からの糞尿処理費と異なり、食品廃棄物(特に、産業廃棄物としての食品廃棄物)は比較的高い処理受入費用が見込める。FIT 制度によって売電価格が上昇していること、メタンガスの発生量を考慮すれば、

乳牛糞尿単独ではなく、食品廃棄物や豚糞尿と混合処理するなどが必要になる。

最後に、75%の補助率でも建設費の負担が大きく、建設費を含まない(100%補助)1日50t処理の液肥利用のケースを除けば、収益性は見込めない。そのため、いかに建設費を抑制するかが今後の課題になる。例えば、廃棄物の区分や施設建設の補助金の出所によって、混合処理は容易ではないが、自治体が運営する下水処理場やし尿処理場に併設されているメタン発酵装置で混合処理することも1つの方法である。

結論として、FIT制度によって売電価格が引き上げられ、事業の大幅な改善が期待できるが、それでも採算が取れないため、安定的に液肥を利用できる技術開発と利用する耕種農家との連携を強化した上で、食品廃棄物等との混合処理によるメタンガスの発生量の増加による売電収入の増加を検討する。さらに、メタン発酵施設の建設費を抑制するという点が重要になる。

2. 食品廃棄物のリサイクルの動向

(1)食品廃棄物の発生抑制とエネルギー利用

食品リサイクル法が平成13年(2001)に完全施行されて以降、食品廃棄物の再生利用が進み、焼却・埋立される食品廃棄物は減少し続けている。農林水産省の推計によれば、国内に食用として仕向けられた量が8,446万トンに対して、2,028万トンの食品廃棄物が発生している。このうち、1,272万トンが有価で飼料や肥料に利用され、これを除いた部分が食品事業から排出される食品廃棄物756万トンになる。さらに、この中から323万トンが飼料、肥料、エネルギー等へ再生利用され、残りの約432万トンが焼却・埋立されている。特に問題とされているのが、756万トンに含まれる300~400万トンが可食部分(規格外品、返品、売れ残り、食べ残し)の食品ロスという点である。一方、家庭から排出される食品廃棄物は1,032万トンと食品事業から排出される廃棄物よりも多く、さらに再生利用されているのは58万トンしかなく、90%以上が焼却処理されている。家庭から排出される食品廃棄物も事業系から排出される食品廃棄物と同様に可食部分(食べ残し、過剰除去、直接破棄)が200~400万トン含まれると推計されている。そのため、まずはこの可食部分の削減が重要になる。これに対して、平成19年(2007)の食品リサイクル法の改正時に再生利用等の実施率目標設定と併せて、発生抑制の目標が設定され、平成24年(2012)4月から可食部分が多い業種から先行して2年間の暫定目標値が設定されている。

一方、世界に目を向けると、FAOが2011年に発表した世界の食料ロスと食料廃棄に関する調査報告(Global Food Losses and Food Waste)において、世界全体で農業生

産から消費にいたるフードチェーンの中で、人の消費向けに生産された食料の約 1/3 に相当する 13 億トンの食料が毎年失われる、あるいは廃棄されていると推計している。その中で、途上国は主に生産から流通段階において、保存や流通における技術要素による廃棄が多く、消費段階で非常に少ないとの報告があるのとは対称的に、先進国では消費段階での廃棄が非常に多いと指摘している。

わが国でも特に課題とされているのは、フードチェーンにおける川下で発生する小売・外食産業ならびに家庭系の食品廃棄物である。食品製造業から発生する食品廃棄物の 94%が再生利用等されているのに対して、小売業や外食産業から輩出される食品廃棄物は 20%以下で推移している(図 5-5)。大きな原因は、少量分散の発生形態と組成の複雑性・不安定性にある。そのため、飼料化よりも堆肥化、さらにはメタン化が物性的に向いており、堆肥の需要が伸びていないことからメタン化などのエネルギー利用に期待が寄せられている。また、地球温暖化防止への寄与という点から再生利用が困難な場合は、サーマルリサイクル(熱回収)が認められている。しかし、現行の食品リサイクル法では、再生利用可能な施設が 75km 圏内になく、1 トン当たり 160MJ (廃油の場合は 28,000MJ)以上の熱または電気が得られることという条件がある。この条件を満たすことは非常に厳しいため、熱回収の条件の見直しも行われている。

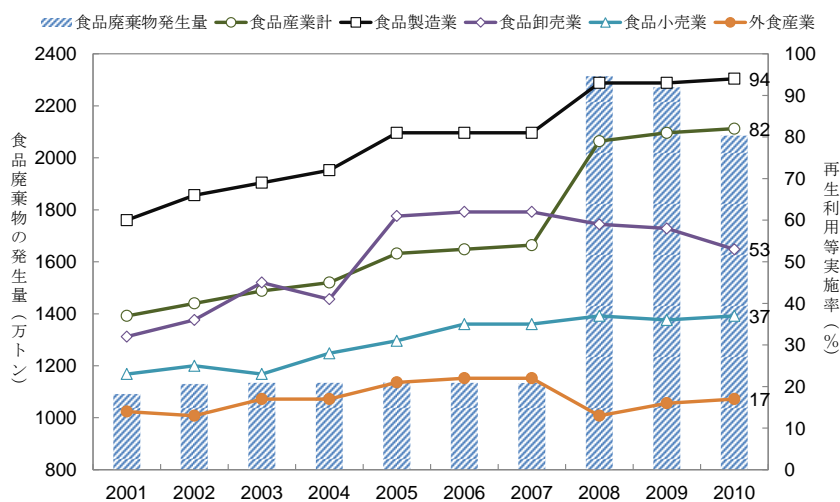


図 5-5 食品廃棄物の発生量と再生利用等実質率の推移*

資料：食品循環資源の再生利用等実態調査報告各年度版より筆者作成

注：2008 年度から調査方法が変更されているため、食品廃棄物の発生量はそれ以前と大きく異なる。また、再生利用等実質率についても厳密には同列で表示すべきではないが、これまでの変化を俯瞰することを重視するために同列で表記している。

食品廃棄物の現状を見ると、直接堆肥として利用することもいいが、地域によっては畜産糞尿起源の堆肥と競合する場合もあり、メタンを抽出した後に堆肥あるいは液肥として利用することも検討する必要がある。

(2)食品廃棄物等を対象にしたメタン発酵

ここでは、乳牛の糞尿と同様に食品廃棄物(生ごみ)を対象に袖山ら(2006)のバイオマス再資源化に係る評価で試算された(1)食品廃棄物をメタン発酵し、発酵後の消化液を堆肥化・液肥利用する場合、(2)同様にメタン発酵後の消化液を排水処理して河川放流する場合を利用し、それぞれ1日処理量が25tと50tの場合でFIT制度導入による投資回収の試算を行った。

まず、(1)の物質フローを図5-6に示す。最初に25tの食品廃棄物を破碎後、メタン発酵を行い、 $1,774\text{Nm}^3$ のメタンガスを回収し、さらにガス発電により5,291kWhの電力と7,584Mcalの熱を得る。発電した電力5,291kWhは全量売電し、場内で必要な2,300kWhは購入する。メタン発酵の過程で発生する消化液21.5tは液肥利用する。

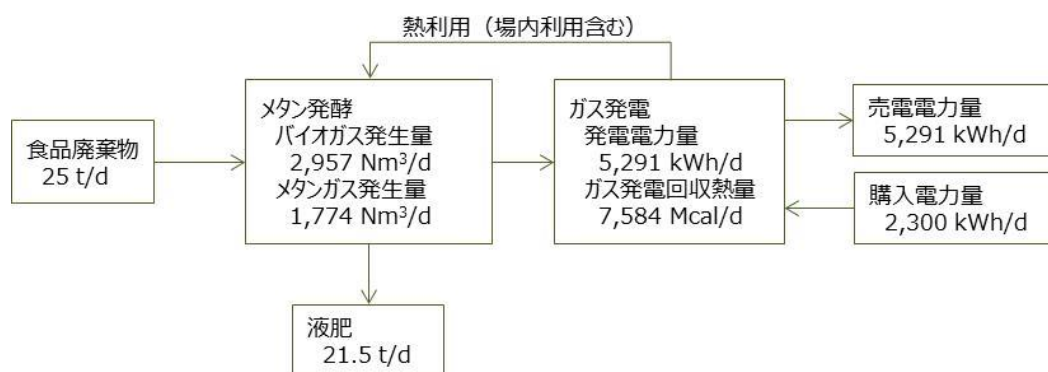


図 5-6 消化液を液肥利用する場合

資料：袖山他(2006)に加筆修正

次に、図5-7に(2)の物質フローを示す。(1)液肥利用との大きな違いは乳牛糞尿の試算と同様にメタン発酵後の消化液34t(消化液に凝集剤が添加)を排水処理し、2.5tがメタン発酵へ返送され、処理水として25tを放流し、2.9tが堆肥となる点である。また、排水処理が加わったために、発電に伴って得られる熱だけでは場内利用がカバーできないので、不足分を外部から燃料購入する。

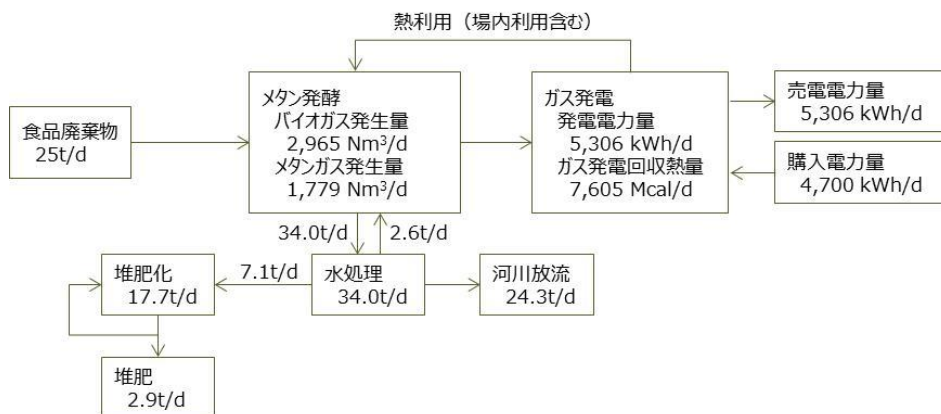


図 5-7 消化液を水処理して河川放流する場合

資料：袖山他(2006)に加筆修正

表 5-3 食品廃棄物(生ごみ)のメタン発酵によるコスト評価

Unit:1000 円/年

食品廃棄物 (生ごみ)	(1)液肥利用		(2)河川放流	
	25t 2,239 店舗 16,009 世帯	50t 4,478 店舗 32,018 世帯	25t 2,239 店舗 16,009 世帯	50t 4,478 店舗 32,018 世帯
収入				
受入処理	228,125	456,250	228,125	456,250
液肥販売	3,924	7,848	0	0
堆肥販売	0	0	9,262	18,524
売電	79,083	158,181	79,307	158,615
支出				
人件費	18,000	18,000	18,000	18,000
電力料金 (基本)	4,763	11,302	13,039	26,082
電力料金 (従電)	12,878	20,380	23,142	45,802
上水道	0	0	982	2,230
薬剤・消耗品費	2,460	4,920	15,650	31,325
燃料費	0	0	2,495	4,990
点検補修	10,900	18,980	13,500	23,500
ごみ回収費	136,875	273,750	136,875	273,750
系統連系への接続	25	25	25	25
建設費(Unit:1000 円)				
建設費	1,635,000	2,847,000	2,025,000	3,525,000
収支合計				
合計	125,231	274,922	92,986	207,685
合計 (建設費含)	43,481	132,572	-8,264	31,435
処理効率(Unit:1000 円/t)				
1t あたり処理費	20.37	19.03	24.52	23.33

資料：筆者作成

これらのコスト試算結果を表 5-3 に示す。乳牛の場合と同様に収入項目の堆肥販売、支出項目の人件費、薬剤・消耗品費、建設費、補修費については袖山ら(2006)のデータを参照し、それ以外の項目を修正した。

試算結果を見ると、乳牛糞尿とは異なり、食品廃棄物を対象にしたメタン発酵では建設費用が高いにもかかわらず、ほとんどのケースで収益が見込める結果となった。大きな要因は処理受入と売電収入が非常に多い点にある。食品廃棄物を対象にした場合、排出者が零細な畜産農家ではなく、食品事業者であるため、処理受入価格を 25,000 円/t と高額になる。また、乳牛糞尿の単位量あたりメタン発生量が約 15m³/t であるのに対して、食品廃棄物は約 110m³/t であり、これが発電量、ひいては売電収入に大きく影響している。なお、ここでは食品廃棄物として生ごみでメタン発生量を試算しているが、食品製造業から発生する食品副産物(おからなど)ではメタン発生量がさらに増加することが見込まれる。

FIT 制度によって、食品廃棄物を原料としてメタン発酵は採算性が大幅に改善されるため、これまで飼料や堆肥へ利用していた事業者がメタン発酵へ移行する可能性もある。仮に食品製造業系の食品廃棄物がメタン発酵へ移行すると、飼料利用の減少が推測される。飼料価格が高騰を続ける中でこのトレードオフは食品廃棄物を飼料利用する畜産業者にとって、大きな影響が生じる可能性もある。

一方、小売・外食系の食品廃棄物は当該自治体の処理料金との比較になるが、現状、自治体の処理コスト(平均約 12 円/kg)とメタン化の処理コスト(民間平均 25 円/kg)では倍近くの価格差があり、メタン化へ誘導されるインセンティブがない。そのため、(1)自治体の処理料金の値上げ、(2)処理事業者の処理料金の引き下げ(FIT 制度による利益還元)、(3)リサイクル法の一層の強化、といった条件が揃わないとメタン発酵のための食品廃棄物が集まらない。特に、自治体の処理料金が低価格に設定されている関西地域ではメタン発酵の導入は容易ではないと推測される。

また、仮にこれらの条件がクリアされた場合、メタン発酵によるエネルギー回収がビジネスとして有望視されると食品廃棄物の発生抑制が働かなくなる可能性がある。再生可能エネルギーの利用拡大が重要な課題ではあるが、FIT 制度において食品廃棄物のメタン発酵は大量リサイクルにならないような工夫も必要である。

参考文献

加藤明徳・野池達也(1999)「各種農畜産廃棄物の嫌気性消化処理におけるメタンガス発生量」
廃棄物学会論文誌, Vol.10, No.1, pp1-8.

- 財団法人畜産環境整備機構(2004)「家畜糞尿処理施設・機械選定ガイドブック(汚水処理編)」
http://www.leio.or.jp/project/rdproject/pdf/index1_file1.pdf
- 袖山義人・生村隆司・小原章彦・小林久・中村真人(2006)「バイオマス再資源化技術の性能・コスト評価」農業工学研究所技報, 第204号, pp61-103.
- 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(2010)「バイオマスエネルギー導入ハンドブック」<http://www.nedo.go.jp/content/100079692.pdf>
- 財団法人畜産環境整備機構(2011)「メタン発酵消化液の水田利用および堆肥の燃焼利用マニュアル」http://www.chikusan-kankyo.jp/osuiss/syouka_taihi/syouka_taihi_all_1.pdf
- 農林水産省(2012)「畜産環境をめぐる情勢」
http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/meguru_zyousei.pdf

「関西地域と広義の環境技術」

2012 年度報告書

発行日 2013(平成 25)年 4 月

発行所 〒530-0011

大阪市北区大深町 3 番 1 号

グランフロント大阪 ナレッジキャピタル

タワーC 7 階

一般財団法人 アジア太平洋研究所

Asia Pacific Institute of Research(APIR)

TEL(06)6485-7690(代表)

FAX(06)6485-7689

発行者 岩城吉信

ISBN978-4-87769-652-8

ISBN978-4-87769-652-8