

# 調 査

第48号  
(2002年12月)

---

## 内 容

食品リサイクルとバイオマス

# 食品リサイクルとバイオマス

## 【要 旨】

1. 食品廃棄物を、生ごみ（家庭系、事業系一般廃棄物のうち厨芥類）と「動植物残さ」のうち食品関連事業者から排出されるもの（産業廃棄物）の合計として捉えると、総排出量は年間1,800万トン強であり、その6割程度を家庭生ごみが占めると試算される。もっとも、生ごみは紙類と並んで家庭ごみの主要な構成要素（湿重量で35%程度）ではあるが、外食や調理加工済み食品の普及に伴い、近時その構成比を低下させており、排出源が家庭から食品製造業などに移行している様子がうかがわれる。
2. 食品廃棄物の処理状況をみると、排出源が相対的に集中している産業廃棄物（食品加工残さ）は、これまでも肥飼料化を中心に再生利用されてきたが、排出源が小口かつ分散している一般廃棄物は、事業系、家庭系を問わず焼却主体で処理されている。しかし、食品廃棄物は含水率が高く低カロリーなため焼却処理には不向きであり、今後容器包装リサイクルの推進によってプラスチック類の分別が進めば従来型の処理を維持できなくなる懸念がある。
3. こうした問題に対応すべく、「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律（食品リサイクル法）」が制定されている（2000年6月公布、01年5月施行）。同法は食品廃棄物の発生抑制に向けた各主体の責務を規定すると共に、製造・流通過程で発生する事業系の食品廃棄物のうち有用なもの（食品循環資源）の再生利用を促進することを目的としている。規制対象は全排出量の4割程度にあたる事業所起因（産業廃棄物と事業系一般廃棄物）とされ、年間100トン以上排出する事業者を主体に5年間で20%以上の再生利用等（再生＋減量）を求めている。対象となる事業者数は限定されるが、事業系食品廃棄物の6～7割をカバーする。
4. これまで食品廃棄物リサイクルで中心的な役割を果たしてきたコンポスト化、飼料化は、いずれも多くの課題を抱えており、今後の拡大余地は限定的と考えられる。事実、成功事例の多くも 排出工程の高度化（分別の徹底など）、厳格な品質管理の導入、需要先とのネットワーク形成など高度なシステムの構築が前提条件となっている。したがって今後、食品リサイクル法に沿ったリサイクルの推進や、将来的な家庭ごみへの展開を考えれば、有機性廃棄物に係る新しい安定的なリサイクルルートの確立が急務である。
5. その一つとして、有機性廃棄物をメタン発酵によりガス化してエネルギー回収を図る「バイオガス化」が注目を集め、現在新規参入が相次いでいる。食品廃棄物のバイオガス化市場は、これまで焼却・埋立て処理されてきた食品廃棄物のうち当該処理に回ってくる分量により定まる。仮に一般廃棄物の3割、産業廃棄物のうち焼却・埋立てに回っていたものの3割がバイオガス化されると想定すると、処理施設整備の初期投資として6千億円、経常支出として年間1千億円程度（処理手数料、売電、設備メンテ）と試算される。

ただし、個々のプラント（バイオガスをマイクロガスタービン燃料として使用するケースを想定）での採算確保には課題も少なくない。収入の大部分を占める処理手数料を、競合する廃棄物処理費用と同水準に設定した場合、収集運搬費用の吸収は容易ではない。また、排水処理設備を新規に設置した場合の負担も小さくないと試算される。したがってバイオガス化プラントの事業性を確保するには、公的な収集システムとの接続、食品工場など既に排水処理設備を有する拠点への設置など費用軽減につなげる工夫が重要である。このような工夫を積み重ねることで10トン/日程度の廃棄物を確保出来れば採算ラインにのるケースも想定可能である。10トン/日の廃棄物量は、ホテルや大型スーパーを主軸にして小口排出源を組み合わせれば確保可能と考えられることから、バイオガス化プラントの立地面での制約は軽減されるだろう。

6．海外では、EU加盟国の対応が注目される。域内全エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの構成比を2010年までに倍増（12%）させる指令を受け（01年10月発効）、加盟国は政策対応を進めている。このうちドイツでは、電力消費量に占める再生可能エネルギー割合を2010年に12.5%とする目標を掲げており（01年7.3%）、その担い手としてバイオマス利用が有望視されている。ドイツにおけるバイオマス利用は水力や風力に比してまだ僅かであり、今後、家畜ふん尿や食品産業廃棄物、家庭生ゴミなどからのバイオガスを主体に拡張余地が大きい。現在、電力買取制度による再生可能エネルギー利用（温暖化対策）、生活系廃棄物の再資源化と最終処分回避（廃棄物対策）の両面から総合的な政策整備が進められており、バイオガス化プラントの設置数も着実に増加している。

7．食品廃棄物は下水汚泥や家畜ふん尿と並ぶ廃棄物系バイオマスの主要な構成要素である。欧米同様、現在わが国でもバイオマスの総合的な利活用が政策課題として浮上しており、バイオマス発電の促進や関連施設整備などに向けた政策整備が急速に進展している。今後は、十分な賦存量がある反面、広範囲にわたって薄く存在するバイオマスの特徴に応じた収集運搬体制の整備や排出源での分別高度化など、処理体系の入口部分の対策が鍵となってこよう。その点で食品リサイクル法と、これを契機に展開されるリサイクルシステム構築に向けた官民の様々な取組みは、将来のバイオマス有効活用に向けたシステム整備の嚆矢といえる。伝統的なりサイクルルートであるコンポスト化や飼料化はもとより、バイオガス化処理を始めとする多くの新技術の可能性を踏まえて、排出レベルや性状に応じて最適なりサイクルルートに配分していけるだけの処理基盤、システムの整備につなげていくことが期待される。

たけがはら けいすけ  
[ 担当：竹ヶ原 啓介 ]

## [目次]

### 【要旨】

	頁
はじめに .....	6
第1章 食品廃棄物の現状 .....	7
1. 食品廃棄物の排出・処理動向 .....	7
(1)食品廃棄物の発生量 .....	7
(2)一般廃棄物の状況 .....	7
(3)産業廃棄物の状況 .....	11
(4)食品廃棄物処理の現状 .....	12
2. 食品リサイクル法とその意義 .....	13
(1)食品リサイクル法の概要 .....	13
(2)食品リサイクル法の意義 .....	15
3. 食品廃棄物処理に係る様々な取り組み .....	15
第2章 バイオガス処理とその可能性 .....	19
1. 食品廃棄物リサイクルの現状と課題 .....	19
(1)コンポスト化(堆肥化) .....	19
(2)飼料化 .....	21
(3)新たなりサイクルルート確保に向けた動き .....	24
2. バイオガス化事業とその可能性 .....	25
(1)バイオガス化事業とその事例 .....	25
(2)高効率システム .....	26
(3)発酵残さの極小化システム .....	27
(4)マイクロガスタービン・コジェネシステム .....	28
(5)事例を通じて明らかになる課題 .....	30

3 . バイオガス化プラントの検討 .....	31
(1) 試算の前提 .....	31
(2) 収集・運搬費の負担能力 .....	33
(3) 発酵残さ処理プロセスの有無 .....	34
(4) 発酵効率の影響 .....	35
(5) 試算のまとめ .....	37
第3章 ドイツにおけるバイオガス化処理 .....	39
1 . ドイツにおけるバイオガス化処理の位置付け .....	39
2 . 再生可能エネルギーの拡大に向けた取組み .....	39
(1) EEG法 .....	39
(2) 再生可能エネルギーの拡大 .....	40
3 . バイオマス利用拡大に向けた取組み .....	43
(1) バイオマス利用の現状 .....	43
(2) バイオマス利用拡大に向けた政策の展開 .....	45
(3) 廃棄物政策の高度化と有機性廃棄物 .....	46
(4) 分別排出の促進 .....	48
(5) ドイツの取組みからの示唆 .....	50
第4章 食品リサイクルとバイオマス .....	52
1 . バイオマス資源としての食品廃棄物 .....	52
(1) バイオマス関連政策の進展 .....	52
(2) 入口部分の政策整備とバイオガス化処理 .....	55
2 . おわりに .....	57
引用文献・参考文献一覧 .....	58

## はじめに

循環型社会システム形成に向けた政策整備が進展するなかで、かつて資源として有効活用されながらその後廃棄物化してしまった食品廃棄物についてもリサイクルに向けた取組みが始まっている。食品廃棄物のリサイクルには肥飼料化を主体とする長い実績があるが、品質管理などの課題があるため廃棄物由来の再生品に大きな需要が寄せられる地合いにはなく、今後肥飼料化の拡大余地は限られる。このため、わが国では官民双方で現在食品リサイクルを円滑に進めるための仕組み作りや新しい処理技術が続々と提示されている。

食品廃棄物は下水汚泥や家畜ふん尿と並ぶ廃棄物系バイオマスの主要な構成要素である。米国や欧州と同様、わが国でもバイオマス利用の拡大に向けた政策整備が本格化し、処理技術や再生可能エネルギー促進政策での差異は縮小しつつある。今後は、賦存量としては十分にあり、広範囲にわたって薄く存在するという特徴をもつバイオマスの収集運搬体制の整備、その活用の前提として不可欠な排出源での分別高度化など処理体系の入口部分の対策が鍵となつてこよう。その意味で食品リサイクル法を広くバイオマス資源活用につなげる契機に出来るかどうかは大きな論点である。本稿は、この観点から食品廃棄物のリサイクルや関連ビジネスの動向を整理することを目的としている。

まず、第1章では、議論の前提となる食品廃棄物の全体動向を整理する。第2章では、伝統的なリサイクルルートである肥飼料化が抱える問題を概観するとともに、新たな処理技術として現在最も注目を集めているバイオガス化処理に焦点をあて、その可能性について検討を加える。続く第3章では海外に目を転じ、ドイツにおけるバイオガス化処理拡大に向けた動向やその背景を概観し、第4章では、広くバイオマス資源活用の観点から食品リサイクルを考えることで、以上の議論を総括する。

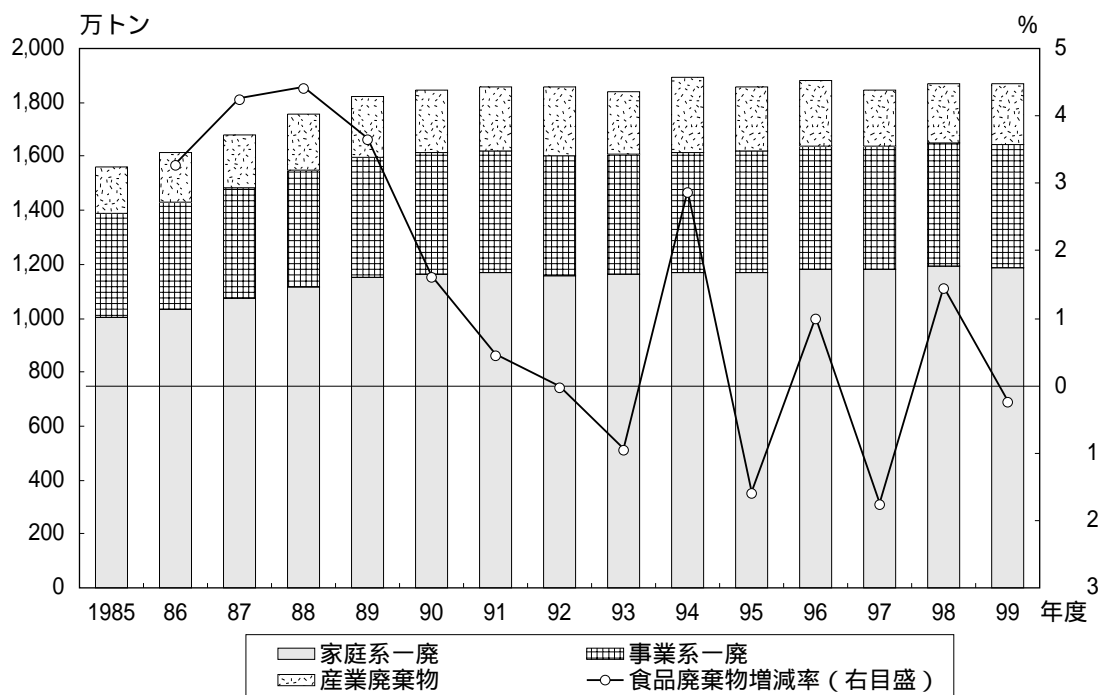
# 第1章 食品廃棄物の現状

## 1. 食品廃棄物の排出・処理動向

### (1) 食品廃棄物の発生量

食品廃棄物は、通常 生ごみ（家庭系、事業系一般廃棄物のうち厨芥類）と 産業廃棄物である「動植物残さ」のうち食品関連事業者から排出されるものの合計として把握される。図表1-1は、既成のデータから入手できる一般廃棄物に占める厨芥類のウエイトと、食品製造業<sup>1</sup>から排出される廃棄物に占める有機性廃棄物のウエイトを、それぞれ一定と仮定した場合の食品廃棄物発生量の試算値である。これによれば、年間排出量は1,800万トン強の水準であり、その6割程度を家庭からの厨芥類が占めることになる<sup>2</sup>。

図表1-1 食品廃棄物発生量の推移



(出所) 環境省、農林水産省資料等から政策銀試算

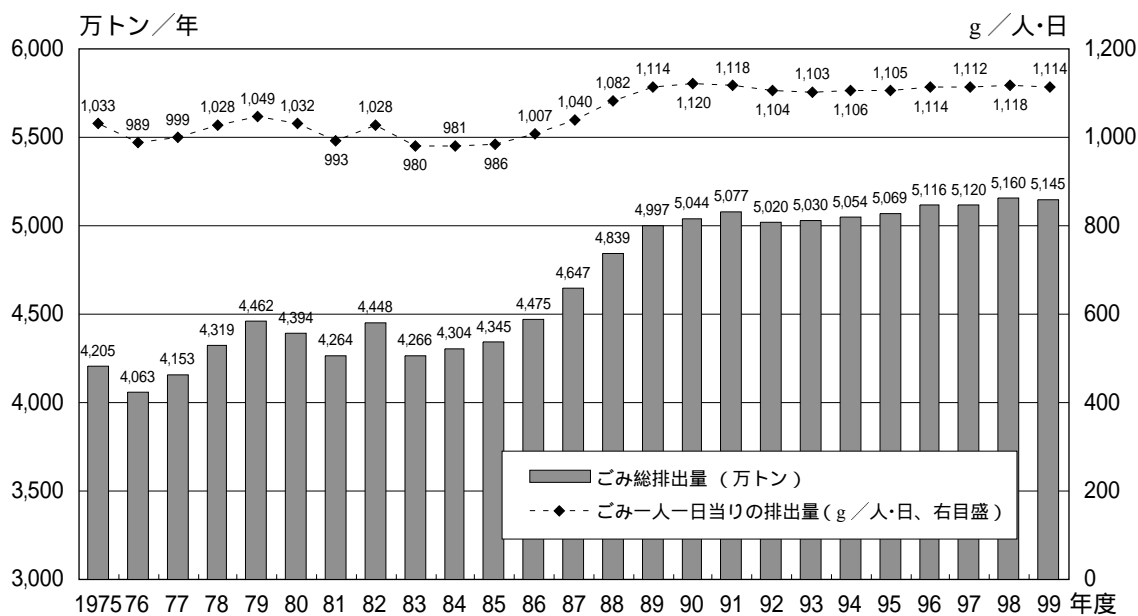
### (2) 一般廃棄物の状況

食品廃棄物の過半を占める家庭からの生ごみの状況を概観してみよう。図表1-2にみる

1. 食料品製造業と飲料・たばこ・飼料製造業の2業種。試算方法としては、各業種の廃棄物発生量に農林水産省「食品製造業に対するアンケート調査(95年)」による食品製造業の有機性廃棄物割合(除く汚泥)を乗じている。
2. 農林水産省が行った96年の発生量推計値は1,940万トンであり、試算値よりも若干多い。

ように、わが国の一般廃棄物（ごみ）総排出量は近年5,000万トン／年程度で安定している。このうち生ごみは湿重量比で3割程度を占めているが（図表1-3）分別収集されるものは僅かであり大部分は可燃ごみに混入した状態で収集されている<sup>3</sup>。悪臭対策や夾雑物の排除などのコストが嵩むうえに飼料など再生品の販路確保が難しいという現状の表れといえる。

図表1-2 ごみの総排出量と1人1日当たり排出量の推移



(注) 1人1日当たり排出量=(計画収集量+直接搬入量+自家処理量)÷計画処理区域人口÷365(366)  
(出所)環境省「一般廃棄物の排出及び処理状況等」

図表1-3 家庭ごみの組成(湿重量ベース)

単位：%

都市	札幌市	仙台市	東京都区部	名古屋市	京都市	神戸市	横浜市	平均
年度	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	
厨芥類	46.3	38.1	26.6	31.3	36.2	40.6	25.6	35.0
紙類	25.8	37.3	52.5	39.6	33.3	36.9	40.7	38.0
プラスチック類	-	14.6	6.9	12.7	15.2	11.1	16.9	12.9
木・竹・草・わら	4.0	1.6	9.0	5.1	1.0	7.6	4.9	4.7
繊維類	4.3	3.3	4.0	2.8	2.8	-	4.6	3.6
金属	1.5	0.8	0.4	1.7	2.8	1.1	2.6	1.6
ガラス	1.7	0.9	0.2	1.7	2.9	0.9	2.8	1.6
陶器・土石	-	0.4	0.2	-	2.4	1.8	-	1.2
ゴム皮革	14.7	0.4	0.2	0.4	1.2	-	-	3.4
その他	1.7	2.6	-	4.7	2.2	-	2.1	2.7
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

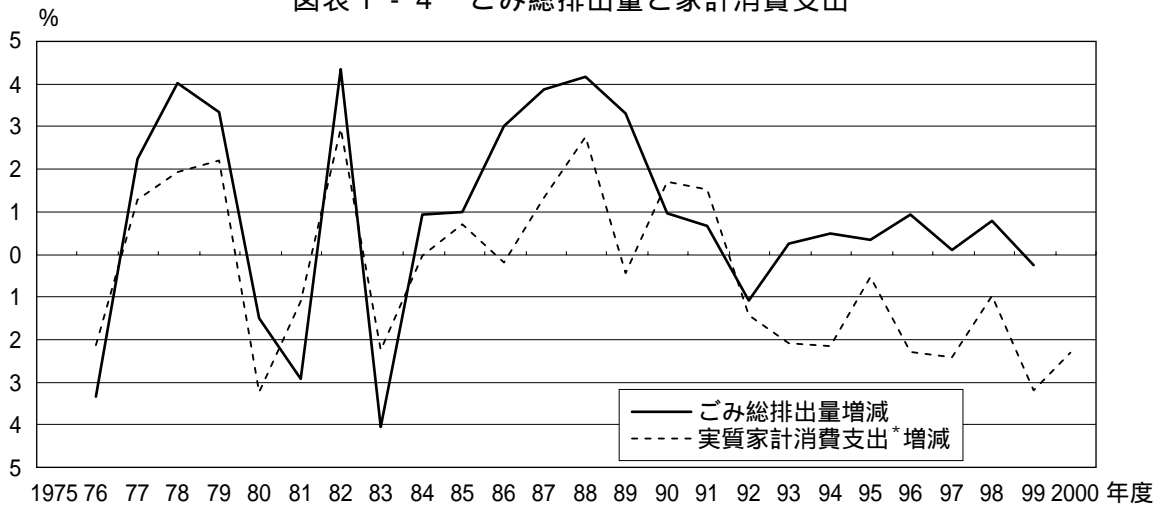
(出所)各市データ

3. 農業総合研究所による「市町村及び食品製造業における有機性廃棄物処理の実態と課題」調査(01年2月)によれば、アンケートに回答した2,286の市町村のうち生ごみを分別収集しているのは僅か49市町村に留まっている(構成比2.2%)。



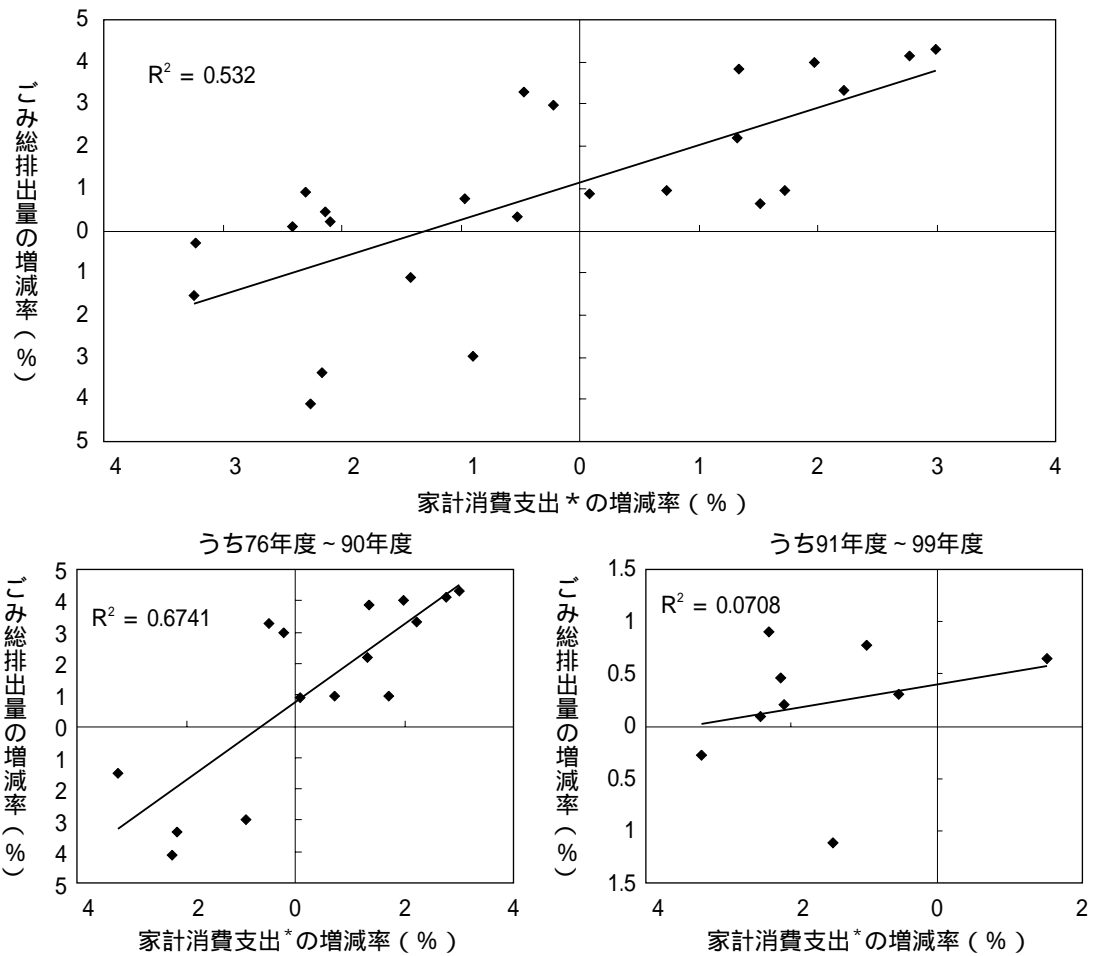
長期で観察すると、ごみ排出量と家計消費支出には相関関係がみられるが、90年代以降両者の関係は希薄になってきている（図表1 - 4、1 - 5）。足下のデフレ傾向なども含め要因

図表1 - 4 ごみ総排出量と家計消費支出



(注) \*家計消費支出は、食料、家具家事用品、被服履物、その他の合計値  
 (出所) 総務省「家計調査」、環境省資料等より政策銀作成

図表1 - 5 ごみ総排出量と実質家計消費支出（76年度～99年度）

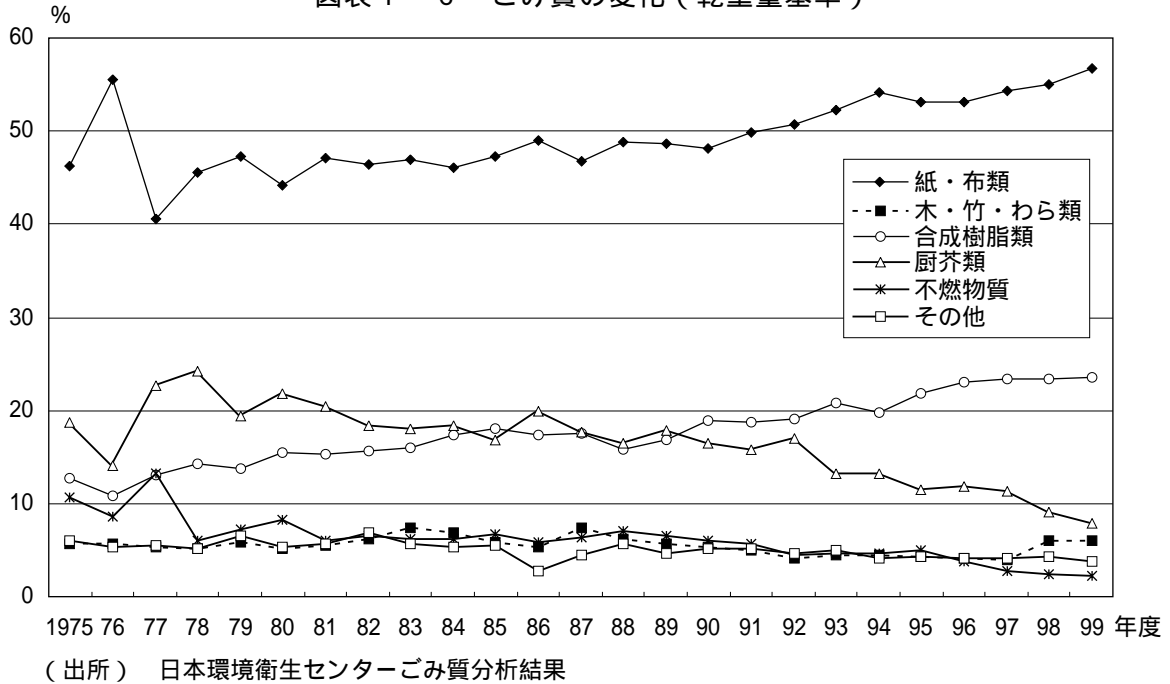


(注) \*家計消費支出は、食料、家具家庭用品、被服履物、その他の合計  
 (出所) 政策銀作成

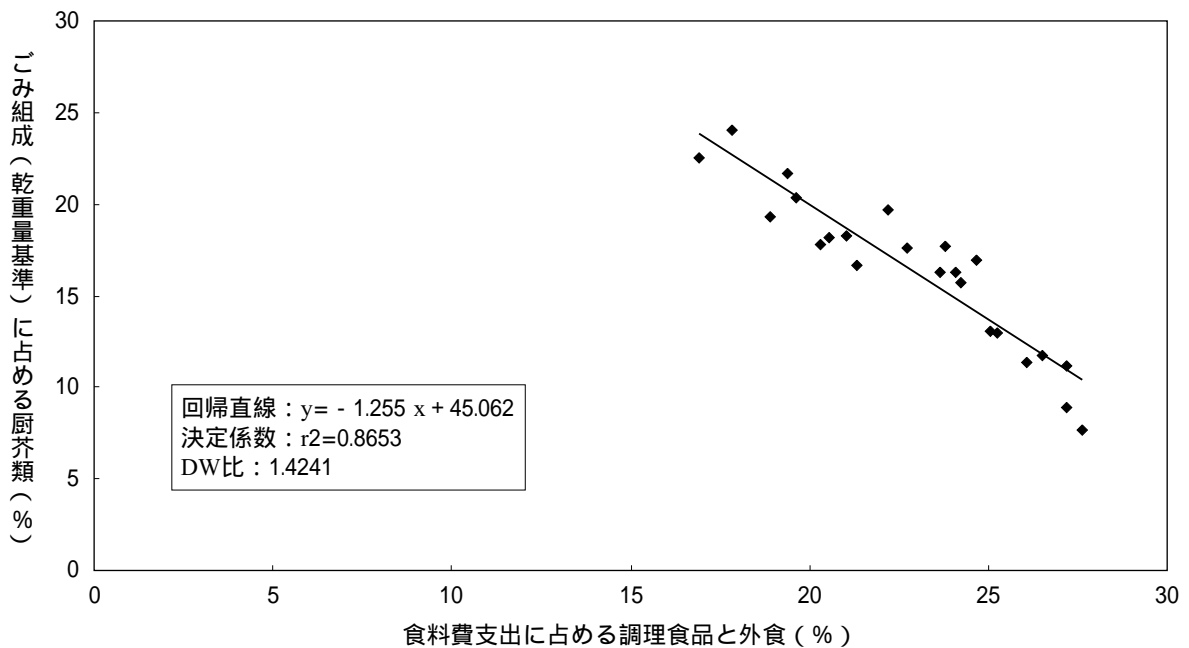
は様々だが、排出されるごみ質の変化も一因と考えられる。図表1 - 6は、家庭ごみの構成の変化をみたものである。紙・布類と合成樹脂類の構成比が拡大を続ける一方、厨芥類の構成比が低下基調にあることが分かる。

厨芥類のウエイト低下をもう少し詳しくみるために、家計消費支出のうち食料費支出に占める調理食品と外食のウエイトと、ごみ組成に占める厨芥類のウエイト（乾重量基準）との関係をみたのが図表1 - 7である。両者には強い負の相関があり、外食や調理済食品の消費

図表1 - 6 ごみ質の変化（乾重量基準）



図表1 - 7 食料支出の変化とごみ組成への影響



(出所)「家計調査」、日本環境衛生センター「ごみ質分析結果」より政策銀作成

増加が生ごみ排出量の減少に影響を与えていることが示唆される。これは実際の生活感に照らしても違和感なからう。この間、生鮮食料品を調理した際に生じる調理屑の割合に大きな変化があったとは考えられないことから、調理食品や外食の増加に伴い食品廃棄物の排出の中心が、家庭からスーパーやレストラン、食品工場などにシフトしている状況がうかがわれる。

### (3) 産業廃棄物の状況

産業廃棄物は年間約4億トン排出されているが、「動植物性残さ」はその1割弱のウエイトを占めている。食品廃棄物に分類されるのは、このうち食品製造業から排出されるものである。前掲脚注（注3参照）の農業総合研究所による調査によれば、動植物残さは食品製造業を構成する多くの業種で発生しているが、発生度合いはかなり異なる。図表1-8にみるように、野菜缶詰等製造業、清涼飲料製造業、水産食料品製造業などが70%以上と高いのに対し、精穀・製粉業や茶・コーヒー製造業では40%程度である。野菜缶詰等であれば野菜くずや切れ端、清涼飲料製造業ではコーヒーや茶の粕に果物の外皮・内皮、水産食料品であれば魚の頭、内臓、骨といった不可食分の発生が避けられないといった、取り扱う素材の違いを反映したものである。同調査によれば、これら廃棄物の多くは自社内で利用されることなく外部委託によって処理されている。食品製造業から排出される加工残さは、ロットの大きさと性状が安定していることから、家庭ごみに比べてリサイクル性に優れている点が特徴である。

図表1-8 食品製造業における動植物性残さ

業種区分	事業所数	発生あり	発生なし	発生率 ( ／事業所数)
畜産食料品製造業	289	194	95	67
水産食料品製造業	401	282	119	70
野菜缶詰等製造業	120	100	20	83
調味料製造業	218	143	75	66
糖類製造業	36	18	18	50
精穀・製粉業	70	25	45	36
パン・菓子製造業	377	189	188	50
動植物油脂製造業	33	21	12	64
その他の食料品製造業	508	347	161	68
清涼飲料製造業	84	66	18	79
酒類製造業	444	216	228	49
茶・コーヒー製造業	34	14	20	41
回答事業所計	2,614	1,615	999	62

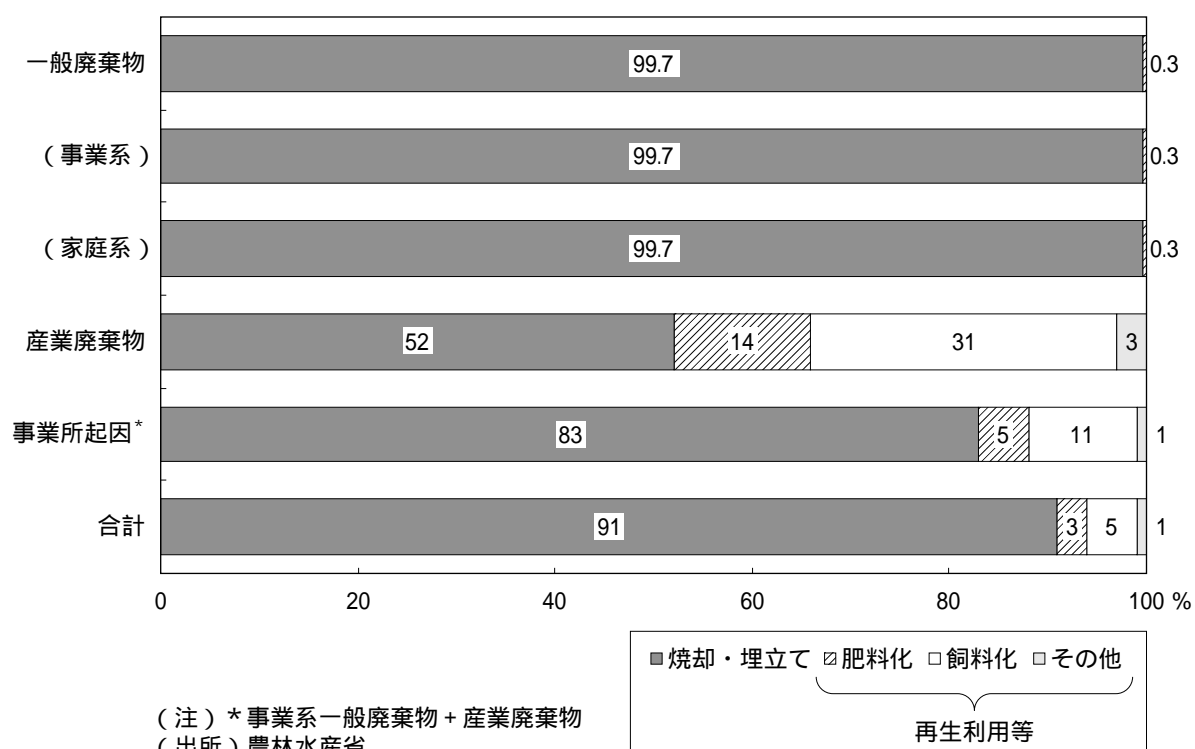
(出所) 農業総合研究所(2001)

「市町村及び食品製造業における有機性廃棄物処理の実態と課題」p31より引用

(4)食品廃棄物処理の現状

図表1-9は、食品廃棄物の処理状況をみたものである。産業廃棄物については半分程度が肥飼料化を中心に再生利用されているが、一般廃棄物については家庭系、事業系を問わずそのほとんどが焼却・埋立て処分されている。これは前述のように、食品製造業からの廃棄物が1ヵ所の排出量が多く品質も相対的に均質であるのに対し、一般廃棄物の場合、排出源が小口で分散しているうえに排出源での分別が徹底されていないことを反映したものと見える。

図表1-9 食品廃棄物の処理状況

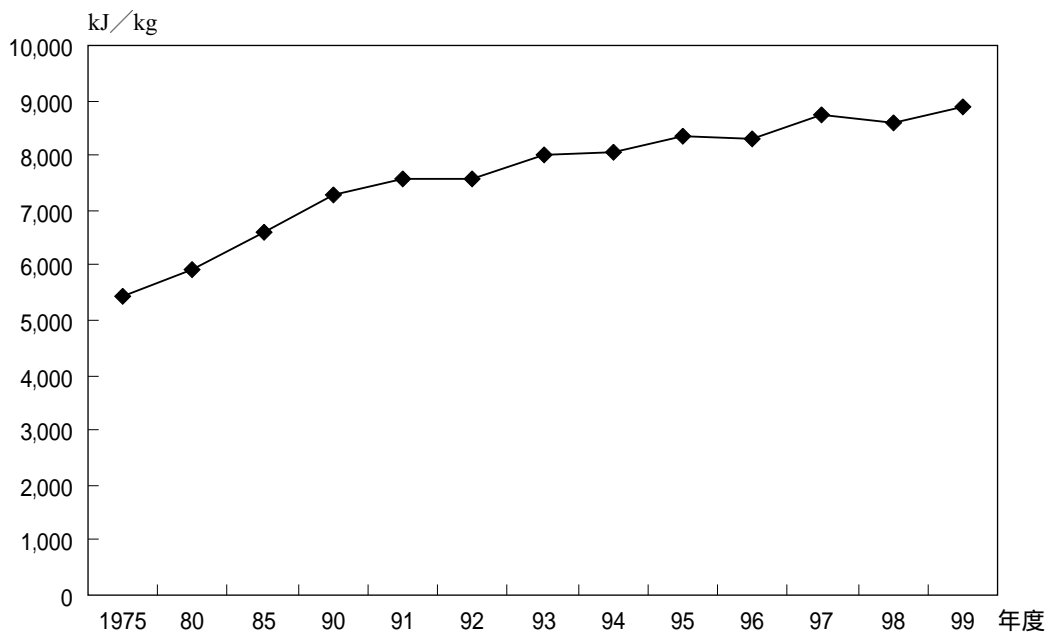


都市と農村の分離、穀作農家の機械化など時代の変化により、本来再生利用可能な資源である食品残さは廃棄物化してしまっている。いったん廃棄物化すると、含水率が高く腐敗しやすい食品残さの取扱いは一挙に難しくなる。これは現在主流の焼却処理についてもあてはまる。食品廃棄物に付着した塩分が一般廃棄物焼却炉からのダイオキシン発生の一因となっていることに象徴されるように、含水率が高く低位発熱量の低い生ごみは元来焼却処理には不向きである。これまではより熱量の大きなプラスチック類などとの混焼が可能だったが<sup>4</sup>、2000年4月から容器包装リサイクル法が完全施行になったのを機に「その他紙」、「その他プラスチック」が分別回収されるようになったのを始め、各種リサイクル制度の整備によって

4. 市町村により収集されるごみは通常、可燃ごみと不燃ごみに分けられるが、化学的性状に基づく区分基準がないため、プラスチック類を可燃ごみに区分しているケースも少なくない。

これまで増加基調で推移してきた家庭ごみの熱量（図表 1 - 10）は今後低下するものと思われる<sup>5</sup>。そのために家庭ごみの焼却には助燃剤の投入量増加が必要であり、それによる環境負荷などを考えれば、現在の焼却主体の処理体系は長期的に維持するのが困難になっていくであろう。

図表 1 - 10 ごみの低位発熱量の推移



（出所）（財）日本環境衛生センター「廃棄物基本データ集2000」p33

## 2 . 食品リサイクル法とその意義

### （1）食品リサイクル法の概要

「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律（食品リサイクル法）」が制定・施行された背景には、以上のような事情がある（2001年5月施行）。この法律は他の個別リサイクル法と同様に、循環型社会形成促進法を基本法とする、廃棄物処理法の特別法という性格を有する。

図表 1 - 11は、その概要を整理したものである。同法は食品廃棄物の発生抑制に向けた各主体の責務を規定すると共に、製造・流通過程で発生する事業系<sup>6</sup>の食品廃棄物のうち有用なもの（「食品循環資源」）の再生利用を促進しようとするものである。事業系だけを対象に

5 . 厨芥や紙類を低位発熱量で見ると、厨芥類（水分80%、可燃分20%程度）が約500kcal / kgなのに対し、紙類（水分10%、可燃物85%）で約3,000kcal / kg、プラスチックで約8,000kcal / kg。

6 . 産業廃棄物と事業系一般廃棄物。

しているのは、リサイクルが進展している産業廃棄物（加工残さ）はもとより、一般廃棄物でも、食品流通や外食などからある程度まとまった量の排出があるため、家庭系に比べてリサイクルシステムの構築が（相対的に）容易であるからだろう。リサイクルの水準については、基本方針により2006年度（平成18年度）までに再生利用等の実施率を20%に向上させること、2001年度時点で既にこの水準を達成している場合にはこれを維持向上することと設定されている。年間100トン以上排出する事業者については、この取組みが不十分な場合に勧告、社名の公表、改善命令の対象となる（第9条）。対象が年間100トン以上という制限があるため、罰則対象となる事業者数は限定されるが、廃棄物量で見れば事業系全体の6～7割程度がカバーできるという。

図表 1 - 11 食品リサイクル法の仕組み

1. 趣旨 食品廃棄物等の発生抑制、減量に関する基本的事項 食品関連事業者による食品循環資源の再生利用の促進						
2. 各主体の責務						
食品関連事業者*	消費者	国・地方公共団体				
発生抑制・減量	発生抑制	情報収集、研究と成果還元				
再生利用	再生利用製品の利用	再生利用の促進策等				
* 食品関連事業者： 食品の製造加工、卸売・小売業、飲食店等食事の提供を行う事業者 (旅館、結婚式場等)。勧告や命令は食品廃棄物等の発生量が100トン/年以上						
3. 再生利用の内容 自ら又は他人に委託して肥料、飼料、油脂・油脂製品、メタンとして利用 同上製品の原材料として利用するために譲渡						
4. 再生利用等の目標 再生利用等（＝減量を含む）実施率を2006年度（18年度）までに20% 2001年度時点で目標に既達の場合、実施率の維持向上						
5. 促進のためのスキーム						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 10px; vertical-align: top;"> <p style="text-align: center;">再生利用事業者の登録制度</p> <div style="text-align: center;"> <p>再生利用事業者</p> <p>↑</p> <p>食品循環資源</p> <p>食品関連事業者</p> <p>委託による再生利用の推進</p> </div> </td> <td style="width: 50%; padding: 10px; vertical-align: top;"> <p style="text-align: center;">再生利用事業計画の認定制度</p> <div style="text-align: center;"> <p>食品関連事業者</p> <p>↓</p> <p>食品循環資源      有機農産物</p> <p>再生利用事業者 → 農林漁業者等</p> <p>特定肥飼料</p> <p>3者による安定的な取引関係の確立</p> </div> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃棄物処理法の特例（荷卸しに係る一般廃棄物の収集運搬業の許可不要）</li> <li>・ 肥料取締法、飼料安全法の特例（農林水産大臣への届出不要）</li> </ul> </td> </tr> </table>			<p style="text-align: center;">再生利用事業者の登録制度</p> <div style="text-align: center;"> <p>再生利用事業者</p> <p>↑</p> <p>食品循環資源</p> <p>食品関連事業者</p> <p>委託による再生利用の推進</p> </div>	<p style="text-align: center;">再生利用事業計画の認定制度</p> <div style="text-align: center;"> <p>食品関連事業者</p> <p>↓</p> <p>食品循環資源      有機農産物</p> <p>再生利用事業者 → 農林漁業者等</p> <p>特定肥飼料</p> <p>3者による安定的な取引関係の確立</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃棄物処理法の特例（荷卸しに係る一般廃棄物の収集運搬業の許可不要）</li> <li>・ 肥料取締法、飼料安全法の特例（農林水産大臣への届出不要）</li> </ul>	
<p style="text-align: center;">再生利用事業者の登録制度</p> <div style="text-align: center;"> <p>再生利用事業者</p> <p>↑</p> <p>食品循環資源</p> <p>食品関連事業者</p> <p>委託による再生利用の推進</p> </div>	<p style="text-align: center;">再生利用事業計画の認定制度</p> <div style="text-align: center;"> <p>食品関連事業者</p> <p>↓</p> <p>食品循環資源      有機農産物</p> <p>再生利用事業者 → 農林漁業者等</p> <p>特定肥飼料</p> <p>3者による安定的な取引関係の確立</p> </div>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃棄物処理法の特例（荷卸しに係る一般廃棄物の収集運搬業の許可不要）</li> <li>・ 肥料取締法、飼料安全法の特例（農林水産大臣への届出不要）</li> </ul>						

（出所）「循環型社会白書」、「食品循環資源の再生利用等の促進に関する基本計画」等より政策銀作成

## (2)食品リサイクル法の意義

食品リサイクル法が定める再生利用とは、再資源化の他、発生抑制や減量も含む概念である。食品廃棄物の含水率の高さを考えると、この要求は厳しいものとはいえず、次節でみるような大手の事業者の多くは既に達成している水準である。従って、2006年度までに20%という要求はこれまで食品廃棄物の再資源化を行っていなかった事業者の対応を促すことにより全体レベルの底上げを図ることにあるといえる。ここで注目すべきは、事業者の取組みを効果的なものにするために「再生利用事業者の登録制度」を導入して適正な再生委託ルートを確認したり、「再生利用事業計画の認定制度」により肥飼料化する場合の安定的な取引関係の確立につなげるなど、食品廃棄物リサイクルの基盤整備に向けた仕組み作りが盛り込まれている点である。大量の食品廃棄物を排出する事業者を起点にこうした処理基盤を整備することは、最終的に最大の排出源である家庭生ごみも含めた食品廃棄物全体のリサイクルに向けた受け皿につながる。食品リサイクル法の主眼は、むしろこうした将来に向けた布石にあるとも考えられる。

## 3．食品廃棄物処理に係る様々な取組み

食品リサイクル法の施行もあり、現在食品関連業界では食品廃棄物の適切な処理に向けて様々な取組みが展開されている。図表1-12は、食品製造業、ホテル・外食産業、流通・小売に分類して代表的な事例を幾つか整理したものである。このうち食品製造業では、もともと他に比べてリサイクルが進んでいることもあり、現在の取組みは加工残さを徹底的に有効利用することで排出量を極小化する、いわゆるゼロエミッション化のレベルにまで進展している。この分野ではいち早く対応を進めたビール会社を始め、図表に掲げる企業など枚挙に暇がない。

これに対してホテル・外食や流通・小売ではリサイクルがより大きな課題として認識されている。これは、業態上食べ残しや売れ残りなどの圧縮に限界があるためである。もちろん発生抑制に向けた取組みも進められている。例えば、ファミリーマートは発注精度を高度化することで売れ残りの減少につなげようとしているし、日本マクドナルドのように商品の製造プロセスを転換することで発生抑制につなげるユニークな取組みも注目される。具体的には、従前の見込み生産（staging方式）から注文を受けてから製造するMade for you（MFYシステム）と呼ばれる新システムへの転換である。このシステムを従前と同様に顧客を待たせ

図表 1 - 12 食品リサイクルに向けた代表的な取組み事例

	主な取組み	企業名	具体的取組み	関連データ等
食品メ・カ	副産物の再資源化	味の素	<ul style="list-style-type: none"> <li>02年度中に、調味料「味の素」や飼料用アミノ酸の製造工程で発生する有機廃液のほぼ全量を再資源化（液肥化中心）</li> <li>九州工場と川崎工場で、嫌気性汚泥発酵処理法を利用した燃料化（メタンガス）を開始</li> <li>02年度からの環境3か年計画で、海外も含めたグループ全体で04年度までに現在推定15%程度の埋立て・焼却処分を半減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業廃棄物発生量 162千t</li> <li>食品リサイクル対象 23,567t</li> <li>（食品廃棄物 19,172t）</li> <li>（販売不能商品 4,395t）</li> <li>再生利用量 18,533t</li> <li>再生利用率 78.6%（食リ対象ベース）</li> </ul>
	副産物の再資源化	キュービー	<ul style="list-style-type: none"> <li>単体で卵殻および卵殻膜を100%再資源化。グループでも卵殻再資源化率を03年までに100%に（鶏卵使用量：単体6万t 10億個／年、発生卵殻：6,000t程度）</li> <li>内側にある膜を完全除去したうえで、卵殻を0.01ミリ以下の微粉末にし、食品添加材「カルボ・ブ」として商品化（81年）</li> <li>卵殻から分離した膜に含まれるコラーゲンを利用して、化粧品原料「EMプロテイン」（91年）、調味料「卵醬」に加工（97年）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業廃棄物発生量 16,901t</li> <li>（うち動植物残さ 4,380t）</li> <li>（うち卵殻・卵殻膜 4,459t）</li> <li>（うち汚泥 2,949t）</li> <li>再資源化率 75.0%（全発生量ベース）</li> <li>生産数量1t当りの廃棄物発生量を、03年までに99年比20%減とする目標</li> </ul>
	副産物の再資源化	キリンビール	<ul style="list-style-type: none"> <li>全ビール工場での副産物・廃棄物の再資源化率100%を達成（98年1月）</li> <li>副産物・廃棄物で多くを占める仕込み粕は、繊維質に富む部分をバルブ代替品として名刺や封筒に使用、タンパク質の多い部分を潰瘍性大腸炎に効果のある特定病者用食品「発芽大麦（GBF）」として発売</li> <li>社員食堂で発生する生ごみを堆肥化、有機栽培農家に提供。工場併設レストランの生ごみを堆肥化、場内緑化に使用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>副産物・廃棄物発生量 434千t</li> <li>（うち仕込み粕 290千t）</li> <li>（うち排水系汚泥 33千t）</li> <li>（うちガラス 63千t）</li> <li>再資源化率 100%（全発生量ベース）</li> </ul>
ホテル・外食産業	コンポスト化と、収穫物の自社利用などを踏まえた販路の整備などが中心	ホテルニューオータニ	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンポストプラントを導入（99年）、食品残さと中水製造時の汚泥を一括処理してコンポスト化。指定肥料工場で堆肥化し、近郊農園で使用、栽培された野菜をホテルで使用する循環システムを構築</li> <li>リサイクル率の向上に向けて「資源循環型ゴミ分別」（排出時点で9種に分別）を導入</li> <li>厨房排水を利用した中水プラントを整備、トイレ、洗車、花壇用水などに再利用（91年～）。微生物による排水リサイクルプラントの導入により再生率100%化（01年）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物発生量 3,860t</li> <li>うち食品残さ 1,600t（41.5%）</li> <li>うち再生不適用 602t（15.6%）</li> <li>再利用量 2,820t</li> <li>再利用率 73%</li> </ul>
	発生量の抑制と、飼料化、バイオガス利用	日本マクドナルド	<ul style="list-style-type: none"> <li>売れ残りロスの抑制を図るため、注文を受けてから作る新システム（Made for You）を導入し、発生量を20%削減</li> <li>分別可能で性状が一定のものは飼料に、分別が困難で性状不安定なものはバイオマス（メタン発酵）として利用する方向</li> <li>飼料原料として利用する場合に懸念される安全性を確保するため、冷凍やMGTの排熱による乾燥などの対策を検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>店舗数3,887店（02年11月末）</li> <li>・Made for Youは1,600店舗強に導入</li> <li>店舗当りの廃棄物排出量は50～60kg／日。構成は、包装紙等35%、販売商品15%、プラスチック類8%、その他42%程度</li> <li>02年度末までに100店舗規模での飼料化テストを計画</li> </ul>
	コンポスト化	日本レストランエンタプライズ（NRE）	<ul style="list-style-type: none"> <li>東京都港区内の高架橋の下に都内の店舗から出る生ごみをコンポスト化施設「NRE食材リサイクルセンター」を設置（01年4月稼働、高速コンポスト化装置2基、処理能力3t／日）</li> <li>自社の専用回収車で巡回回収、センターに搬送のうえコンポスト化、製品はセンター内に保管し、現状は契約農家の無料配布</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・JR東日本子会社。駅構内のレストランなど約250店舗を展開</li> <li>・都内での食品リサイクル率は50%超</li> </ul>
流通・小売	オンサイト処理の導入と事業化	西武百貨店	<ul style="list-style-type: none"> <li>01年秋から、食品売り場や店内のレストランから出る生ごみのリサイクルを開始（東戸塚店、岡崎店等の郊外型店舗で処理装置を導入）</li> <li>都心店での生ごみリサイクルをオンサイトで展開。モデルケースである池袋店では、01年度にコンポスト型生ごみ処理装置7台を導入し、排出量の1／4のリサイクルを開始、03年度中に全量リサイクル化を予定。コンポストは契約農家に配布し、野菜栽培に利用したうえ、生産された野菜を店頭販売することで循環サイクルを形成</li> <li>ノウハウを活用し、企業や自治体の環境ニーズに応えるビジネスを展開。生ごみのリサイクルシステムは、ノウハウを外販する計画。02年夏、コジェネ方式の生ゴミ減圧乾燥機を発売、処理後の残さは提携先の肥飼料工場などで受け入れ。レストラン、ホテル、食品工場、コンビニなどを対象に年間100台の販売目標</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2000年度の全国25店舗からの廃棄物（リサイクル後）は、14,034t</li> <li>03年度までに半減を計画</li> <li>・リサイクル率（リサイクル／廃棄物発生量）の推移</li> <li>98年度 28.6%</li> <li>99年度 34.1%</li> <li>00年度 39.3%</li> <li>・日量50kgから10tまでラインナップ、日量50kgタイプで本体価格550万円、リ・ス対応も可能</li> </ul>
	テナント店も含めた分別排出の徹底	イト・ヨ・カ堂	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物の減量化、リサイクルの推進に向けて「ごみの3分割減、3分別、ごみ袋の3回使用」を図る「リサイクル333キャンペーン」を展開（97年～）</li> <li>全店舗の6割弱が1都3県に集中する特徴を活かし、グループのセブン・イレブン・ジャパン（約3,000店舗）をはじめ、同業他社、ファミリーレストランなどと共同で日量50tの処理能力があるコンポスト施設を建設、堆肥化を中心とする集中処理システムの構築を計画</li> <li>メーカーと共同で、日量1t程度の処理能力を持つバイオマス発電システムを2、3店舗に設置、開発技術の実証テストとランニングコストの調査を計画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・度廃棄物量 食品廃棄物量</li> <li>97年度58,200t 2000年度49,609t</li> <li>（店舗数163 185）</li> <li>・1店舗当り廃棄物・リサイクル物量</li> <li>97年度 847t（廃451、リ396）</li> <li>2000年度 807t（廃374、リ433）</li> </ul>
	立地条件に合わせて、オンサイトリサイクルと処理委託を組み合わせ	ファミリー・マート	<ul style="list-style-type: none"> <li>97年8月より生ごみの堆肥化実験を開始。99年4月より三重県内60店舗で再生利用をスタート、現在は三重県、東京23区、京都市、広島市で稼働。05年度には全店舗の20%に当たる1,300店まで拡大する計画</li> <li>廃食用油については、回収・再資源化を99年より開始。全91エリアに拡大。02年2月末時点で全体の72%にあたる3,814店が参加。廃食用油リサイクルで店舗側が負担する経費は1ヵ月千円程度。専門業者が回収のうえ各地の提携工場で精製し、肥料、飼料、塗料、化粧品、脂肪酸、ボイラ・燃料などとして活用</li> <li>販売期限切れ商品を減少させるため発注精度を向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・店舗数約5,300。店舗当りの生ごみ排出量は平均12kg／日・店</li> </ul>

（出所）各種新聞、各社環境報告書より政策銀行作成



ずに稼動するには高速トースターの導入<sup>7</sup>など厨房設備の更新負担に加えて、新しい仕事の流れを従業員に習熟させるなどの工数が生じる。それでも、これまで調理後10分で商品を廃棄していたため売上高の1%にのぼる廃棄物処理コストが発生していたものが、新システム導入によって相応の経費節減効果が期待できるという<sup>8</sup>。ちなみにこのシステムは、マクドナルドの世界標準として開発され、既に米国とカナダの店舗では導入が完了、日本がこれに続いている。2002年11月現在3,887店舗中、1,621店舗で導入されており、今後数年のうちに全店に拡大する計画になっている。いずれも本業の営業効率改善や廃棄物処理コストの圧縮という形で収益改善と両立しうる取組みといえるだろう。

課題であるリサイクルの対象は、こうした発生抑制対策を通じても発生が避けられないものであるが、現在のところその中心はコンポスト化である。しかし、食品廃棄物を原料とするコンポストは、後述するように性状の変化が大きく、塩分や油分の多さといった問題を抱えるなど品質面で課題も多く、最終ユーザーである農家の信頼を得るのは容易でない。

食品廃棄物をコンポスト化して有効利用することの難しさは、成功事例をみることでより明確になる。例えば、よく知られているのがホテルニューオータニの取組みである。調理段階で生じる不可食分を主体とする食品残さは、ホテルから出る廃棄物（3,860トン/年、2000年）の4割強を占めている。同社では99年からリサイクルの取組みを本格化させ、現在は提携先の農家との間で効率的な循環システムの構築に漕ぎ着けている。食品残さは、発生段階で9種類に分別後、ホテル内のコンポストプラントで1次発酵される。この間乾燥ドラム内に3日滞留させ、3日分の残さを混合することで性状の均質化を図るなど細かな品質管理上の配慮がなされている。1次発酵後は、提携する肥料メーカーに出荷、3～6ヵ月かけて2次発酵後コンポスト化される。こうして完成したコンポストは、広く外販されるほか<sup>9</sup>、提携農家で野菜の委託栽培に用いられる。そして栽培された野菜は再び同社ホテルのレストランに納入されている。これが同社により構築された循環システムの概要である。同社では、システムの構築にあたり自主的な植害実験、公的機関による溶出試験、肥料審査など徹底した安全性の確認を行うことはもとより、野菜の栽培委託農家とホテルのスタッフが肥料の効能について議論を重ねるなど、需要家である農家の信頼を確立すべく地道な説得を続けてきた。こうした地道な取組みを通して安定した循環体系を構築し、かつそれをブランド力にま

---

7. 今回投入したrapidトースターの所要時間は平均11秒。従前のヒートプレートでの処理55秒に比べて圧倒的な短縮が可能となったという。

8. 日本マクドナルドへのインタビュー。

9. 肥料メーカーでもこのコンポストは外販されており、一般に1袋（15～20kg）の末端価格400～600円程度といわれるコンポスト価格を大幅に上回る高値で取引されているという。

で高めたことが同社の取組みの成功理由である。これは裏返せば、食品廃棄物を利用したコンポスト化処理を軌道に乗せることがいかに難しいかを表わしているといえるだろう。実際、日本マクドナルドでは既にコンポスト化の可能性は放棄し、むしろ飼料化やバイオガス化利用などに活路を見出そうとしている。堆肥を利用する農家などでも知名度があり、ブランドの確立が相対的に有利なはずの事業者をしてこの状況である。食品廃棄物のリサイクルルートとしてのコンポスト化には手詰まり感が強い。新しい処理方法の模索が続いている所以である。

## 第2章 バイオガス処理とその可能性

リサイクルの事業性は、処理する廃棄物などをいかに効率よく安定的に確保するかという入口部分と、再資源化された商品の安定的な供給ルートの確立やその価格といった出口部分の双方が整うことで成立する。入口部分は処理手数料を得るための前提条件、いわばサービス業としての需要量の確保の問題であり、後者は原材料を（再）加工して出荷できるだけの市場があるかどうか、あるいは市場に受容されるだけの品質・価格を提示できるかという製造業的な問題といえる。

食品廃棄物リサイクルもその例外ではなく、むしろ入口、出口双方に大きなハードルを抱えている分、問題はより顕著である。入口では、食品工場や一部の事業系一般廃棄物（大手の外食、ホテルなど）以外は未だ排出源での分別が十分になされていない状況を改善し、きちんと分別された形で食品廃棄物を安定的に確保する方策や、腐敗しやすい食品廃棄物を効率的に収集・運搬する静脈物流システムの構築が大きな課題である。また、出口についても、現在主流の肥飼料化は今後の拡大余地が限られているという課題を抱えている。本章では、この観点から現状の処理ルートが行き詰まりをみせている背景や打開に向けた新しい動きを考えてみたい。

### 1．食品廃棄物リサイクルの現状と課題

#### (1) コンポスト化（堆肥化）

コンポスト（compost）は、わらや家畜ふん尿を発酵させた有機肥料が原義であるが、現在では主に生ゴミや下水汚泥から作られる有機肥料や土壌改良材の意で用いられることが多い。ここでいうコンポスト化も、有機性廃棄物を（一般に）好気性環境下において微生物の働きで酸化分解して安定化させることである。発酵を通じて減容、易分解性有機物の分解、細菌や害虫の悪影響の排除、臭気の軽減が進み取扱いやすくなるなどの利点があり、古くから有機性廃棄物の再資源化法として広く用いられてきた。処理技術面でも、自治体の高速堆肥化施設から近時普及が進んでいる家庭用の生ごみ処理機に至るまで様々な装置が開発・導入されている。

有機性廃棄物の重要なリサイクル手段と目されつつも、食品廃棄物のコンポスト化を巡る問題点は需要、供給の両面から数多く指摘されている<sup>1</sup>。需要面では、そもそもわが国の土

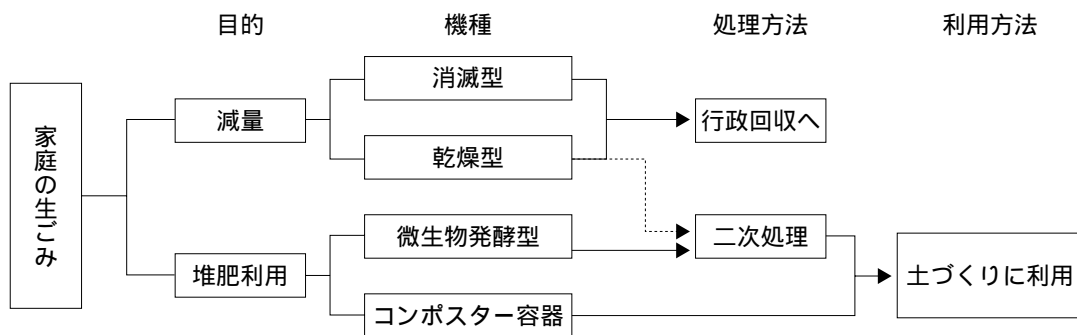
---

1．伝統的な品目である稲わらや家畜ふん尿は、穀作農家と畜産農家の機能分離に伴う（コンポスト生産地と消費地の）遠隔化や、畜産農家の大規模化など農業経営形態の変化により、コンポスト化が困難になっている。

壤が既に窒素過多になっておりこれ以上の堆肥受入に限界があることなど、堆肥自体が供給過剰という構造的な問題を抱えている<sup>2</sup>。しかし、こうした問題以上に（いかに良質な有機物とはいえ）コンポストが廃棄物を原料としていることに対するユーザー（農家）の不安が大きい。すなわち品質管理の問題である。良質なコンポストにするためには水分、粒度、易分解性物質と難分解性物質のバランスなどの様々な調整が必要となる。食品廃棄物を原料とする場合、これに加えて夾雑物の事前除去や有害物質の有無の確認、更には無視できない問題として塩分や油分の調整といった問題が生じる。コンポストのユーザーである農家にとっては、大切な農地に投入する堆肥の品質に神経質になるのは当然であり、その信頼を勝ち得るのは容易でない<sup>3</sup>。この問題は、食品廃棄物リサイクルの範囲を特定の工場の加工残さやホテルの調理くずから、売れ残り商品や家庭生ごみなどへ拡張しようとする程顕著になるといえる。他にも、コンポストの需要は春と秋に集中する一方、その生産は通年で行われるため保管場所の確保が困難であることや、臭気対策に要するコスト負担の大きさなどが指摘されている。

この問題は、普及の拡大が伝えられる家庭用生ごみ処理機についてもあてはまる。現在生ごみ処理機市場には新規参入が相次いでおり、200社以上、家庭用に限っても50社程度が様々な処理機を投入している。図表2 - 1はその分類をみたものである。個々の機器は生成品の

図表2 - 1 家庭用生ごみ処理機の位置付け



(出所) 機械振興協会経済研究所「食品廃棄物リサイクルシステム構築における環境機器の課題と将来」p29

2. もっとも、この指摘については異論も多い。窒素バランスについて過多を指摘する声がある一方で、大気中への拡散分を考えれば土壤中の余剰はそれほど深刻ではないという指摘もある。また堆肥の余剰についても有機野菜へのニーズが拡大する中で十分に吸収可能であるとの見解も根強い。実際、2000年10月より施行されている、「持続性の高い農業生産方式の導入促進に関する法律」いわゆる持続農業法では化学肥料や化学農薬の使用量を削減し、有機質肥料の施用を促進する政策が打ち出されている。
3. 古市（2001）に収録されている農家を対象とするアンケート調査によれば、堆肥を使用しない理由の筆頭が品質への不安となっている。また、使用農家でも収穫増という堆肥使用のメリットは理解しつつも、使用に伴う手間（重労働）がネックという指摘があり、営農者の高齢化が進む状況下での堆肥使用促進の難しさが指摘されている（p154）。

取り出し頻度や副資材の種類などで細かく分かれるが、大きな括りでいえば家庭用処理機の主力は生ごみからコンポストを製造する微生物発酵型である。ここで製造された1次処理品がスムーズに2次加工段階に流れ堆肥化されれば、食品廃棄物リサイクルの一部工程が排出源で行われることで効率のよいシステム形成につながる。しかしながら現状は異物の混入や機種の違いなどから1次処理品の品質にばらつきが大きく、堆肥利用につなげるには克服すべき課題が多いことが指摘されている<sup>4</sup>。排出源が分散すればするほど品質管理が難しくなることの表れといえるだろう。

こうした問題に対して、個別事業所レベルでは最終ユーザーである農家との連携による循環モデル形成の取組みが行われているのは前述した通りであるが、これに加えて、廃棄物由来であることによる品質不安を解消すべく、横断的に品質保証を確立しようという動きも始まっている。例えば、2002年5月には全国食品リサイクル協会が、生ごみを原料に利用した堆肥の品質について暫定的な自主基準を策定・発表している。自主基準では、生ごみなどの有機性廃棄物を主要な原料として腐熟発酵させた肥料のうち原料に生ごみを現物当り容量比で5%以上含有するものを「生ごみ堆肥」として、水分、pH、塩分、油分、重金属に関する数値等を定め、これを最低限の品質基準と位置付けている。品質管理の高度化に向けた第一歩といえるだろう<sup>5</sup>。また、生ごみ肥料に公定の規格を設定して肥料取締法にいう普通肥料として登録するための研究も進められており<sup>6</sup>、品質面での出口問題解決に向けた努力が続けられているのが現状である。もっとも、こうした出口での基準制定によって、生ごみをコンポストとして製造・出荷するための間口は逆に狭くならざるを得ないという問題が生じる。

## (2)飼料化

食品廃棄物の利用として、これまでコンポスト以上に盛んだったのが飼料化である。かつては家庭や事業系生ごみの多くが家畜飼料として広範に利用されていた。食品廃棄物を直接堆肥化するよりも、いったん飼料として家畜に給餌し、家畜ふん尿をコンポスト化した方が総合的な効率は高く、合理的な資源利用方法であったといえるだろう。しかし、現在では都市化の進展により食品廃棄物の発生源である都市部と飼料の消費地である農村地域とが空間

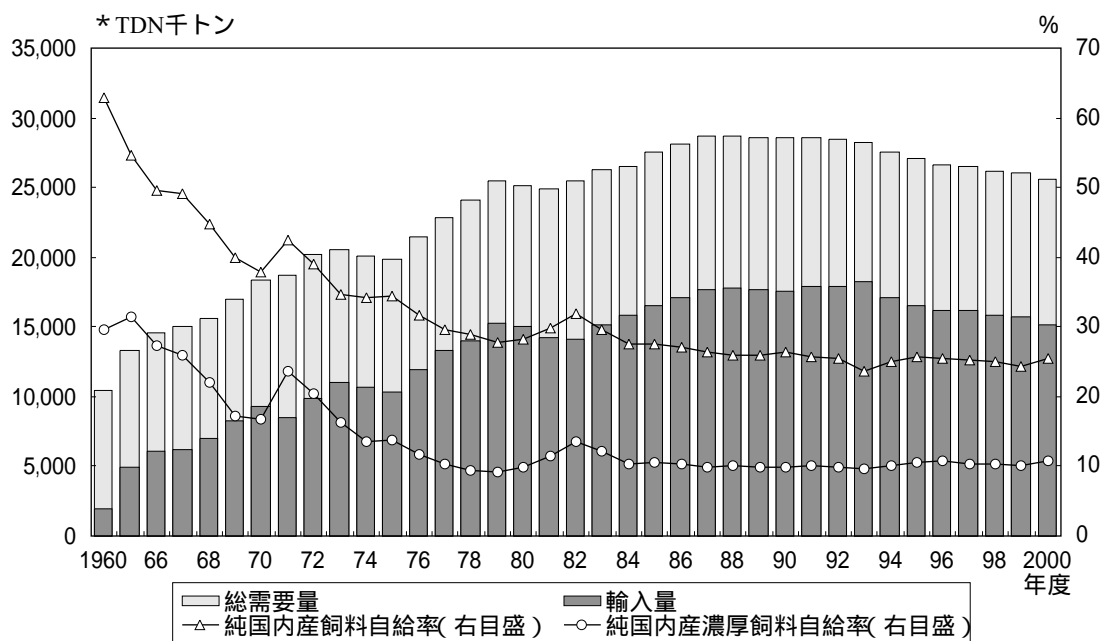
- 
4. 家庭系食品廃棄物リサイクル研究会の報告。なお、同報告による生ごみ処理機に規格化の提言を受けて、農林水産省では機器メーカーによる業界団体を設立し性能基準の統一に向けた調整を開始している。
  5. 週間循環経済新聞2002年6月3日付4面。
  6. 2000年10月に施行された改正肥料取締法では、汚泥肥料など有害物質を含む恐れのある一部の特殊肥料を普通肥料に移行させて登録制度の対象としている。

的に離れてしまったことや、低価格な輸入飼料の流入などから循環が断ち切られてしまっている。

都市部と農村地域の遠距離化は、輸送コストの問題を介してリサイクルを難しくしている。高炉メーカーが鋼材を輸送したトラックの復路を利用したり、また家電リサイクルプラントが大手物流企業の集配機能を活用したり、といういわゆる静脈物流上の工夫は、腐敗しやすく、臭気の問題を抱える食品廃棄物の場合には一般に適用が難しいが、原料の変質を嫌う飼料の場合、この制約が特に顕著である。飼料化は、発生場所近辺での処理が原則とされ、かつ臭気や汚水など製造過程で生じる環境負荷への対策など、コンポスト化以上に高度な品質管理が必要となる。

こうした事情に加え、飼料化には輸入飼料との競合問題がある。図表2-2にみるようにわが国の飼料自給率は低水準であり大部分を輸入に依存している。輸入飼料が増加した要因としては、多頭飼育化の進展や労働力不足による自給飼料の確保が困難になったことや、乳脂率引き上げに対応できる高品質繊維の安定調達が国内で難しかったことなど、畜産農家の経営環境の変化に加え、円高の進展による価格低下（図表2-3）が大きく影響しているといわれる<sup>7</sup>。

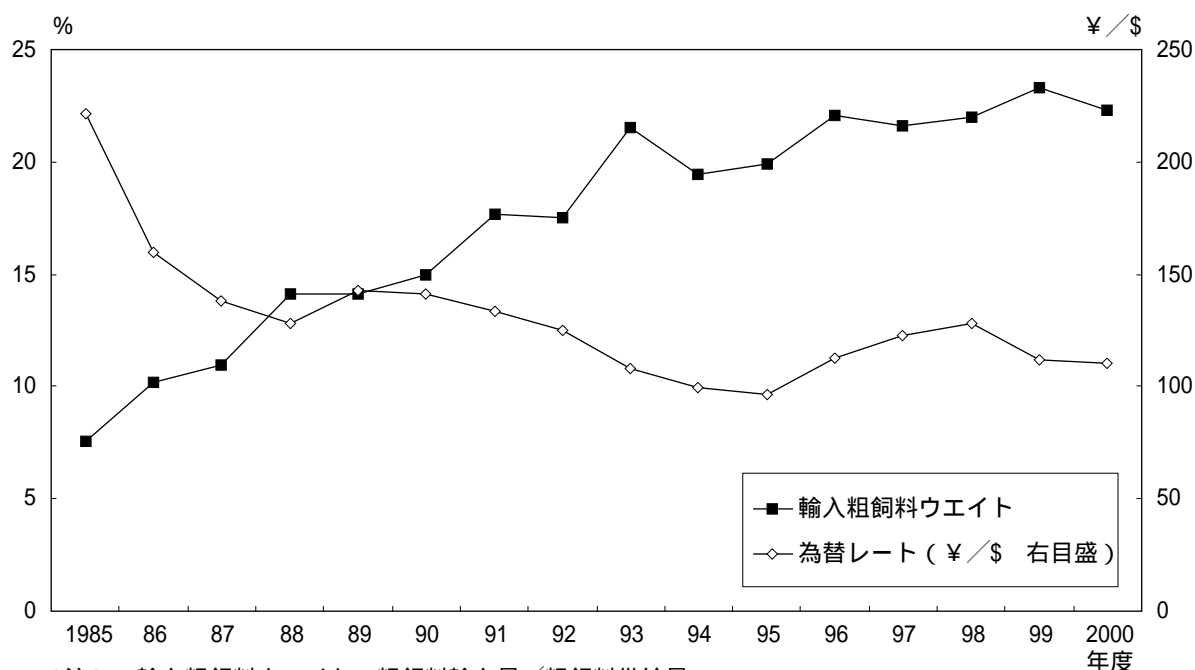
図表2-2 飼料の需給動向



\* TDN (Total Digestible Nutrients) = 可消化養分総量  
 (出所) 農林水産省「流通飼料便覧」より作成

7. 高野、大森 (1992) を参照。

図表 2 - 3 円高の進展と粗飼料輸入の拡大



(注) ・ 輸入粗飼料ウエイト = 粗飼料輸入量 / 粗飼料供給量  
 ・ 為替レートは東京銀行間取引レート終値平均  
 (出所) 政策銀作成

現在、飼料化の手法としては熱風乾燥、ボイル乾燥、油温脱水、発酵乾燥などにより乾燥させ、配合飼料の原料として利用するのが一般的である<sup>8</sup>。食品廃棄物については、食品工場から排出されるビール粕や焼酎粕などを中心に利用されており、従来から使用されてきた配合飼料への代替が期待されている。これに向けた動きとして、前述したホテルニューオータニや日本マクドナルドなど排出企業による個別循環システムの形成が進められているが、これと並んで企業横断的な、あるいは自治体が主導するシステム作りが活発になっているのは、コンポスト化と同様である。例えば、処理装置メーカーであるライフライン社を母体に現在設立準備が進められている食品資源再生協同組合では、主に食品工場から出る加工残さを組合が推奨する装置で乾燥・飼料化し、組合員である畜産農家に通常の配合飼料より2～3割低い価格で販売するシステムの構築を計画している。乾燥物は直接農家に運び、配合飼料に3割程度混合して使用され、最終的には国内で現在使用されている配合飼料の10%程度を同組合で生産する飼料で代替するのが目標であるという<sup>9</sup>。

8．伝統的な処理法である煮沸処理（粥状にして豚に給与）は、現在では非常に少ない。また、この他に水と混合してヨーグルト状に加工したうえパイプで給餌するリキッドフィーディング方式が、乾燥させないため効率よく処理できる新技術として近時注目されている。

9．週間循環経済新聞2002年7月15日付18面。

また、横浜市が「食品循環資源（生ごみ）飼料化研究会」を組織し2001年度に飼料化モデル事業として、食品工場や飲食店、学校から回収された食品廃棄物を飼料化する実証を行うなど自治体による取組みも始まっている。

これら現在行われている飼料化のほとんどは食品工場などからの加工残さを対象としている。今後は、売れ残りや食べ残しなど事業系一般廃棄物からの利用拡大が見込まれるところではあるが、品質管理のハードルが高くなるのが確実なのは、コンポスト化をめぐる状況と同様である。

### (3) 新たなリサイクルルートの確保に向けた動き

図表2-4は、これまでの食品廃棄物処理の方法を整理したものである。いずれも有機性資源の処理方法として今後も大きな役割を果たしていくことは間違いないが、これまでみてきたように、焼却によるエネルギー回収は効率性の面で、コンポスト化や飼料化は品質管理に伴う市場性（出口の確保）の面で、それぞれ問題を抱えている。特にコンポスト化や飼料化については、食品廃棄物に限らず有機性廃棄物全体の有効利用が課題として浮上するなかで出口確保の競争が激しくなることから、拡大余地は制約されるだろう。

図表2-4 これまでの食品廃棄物処理方法の比較

	焼却	コンポスト	飼料化
対象廃棄物	生ごみ全般	食品加工残さ、卸小売食品残さ、家庭系厨芥、剪定枝葉	食品加工残さ、卸小売食品残さ
生成物	電力（蒸気、温水）	有機肥料、土壌改良材	畜産等飼料
関連法令	電気事業法	肥料取締法	飼料安全法
実績	一般的	比較的多い	少ない
分別の必要性	なし	大きい	非常に大きい
搬入物管理	生ごみについては必要ない	有害物混入の防止、夾雑物除去が必要	有害物、夾雑物の厳格な管理が必要
生成物の市場性	有り	地域条件、品質により異なる	価格にもよるが、比較的有り
環境対策	排ガス対策、悪臭対策	悪臭対策	悪臭対策、方式によって汚水対策
問題点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・イニシャルコスト 500万円/t（解体費含まず）</li> <li>・助燃剤の投入</li> <li>・ダイオキシン対策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・需要先の確保</li> <li>- 窒素バランス</li> <li>- 塩分の影響</li> <li>・分別の高度化</li> <li>・成分バランス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・需要先の確保</li> <li>- 配合飼料に対する価格優位</li> <li>- 成分バランスと安定供給確保</li> <li>・分別の徹底</li> </ul>

（出所）七都県市廃棄物検討委員会資料等より政策銀作成



こうした認識の下、現在食品廃棄物のリサイクルルート拡張に向けた様々な方向が模索されている。例えば、炭化処理を施し、乾留ガスをエネルギー転換すると共に炭化物を有効利用する試みが進められており<sup>10</sup>、また新たな方向として食品廃棄物を生分解性プラスチックにする研究も進んでいる。これは、食品廃棄物を乳酸発酵させ蒸留、加水分解などを経て乳酸を重合化してポリ乳酸（PLA）を製造するものであり、将来価格低下が実現すればコンポスト化のプロセスとの組み合わせによって効率的な処理につながることを期待されている<sup>11</sup>。

こうした一連の取組みの中で、現在最も注目されているのが、食品廃棄物を嫌気性環境において発酵させバイオガスを生成し、これをエネルギーとして活用しようとするバイオガス化処理である。

## 2．バイオガス化事業とその可能性

### (1) バイオガス化事業とその事例

バイオガス化処理とは、食品廃棄物など有機性廃棄物を嫌気性細菌によって発酵させることでメタンガスを6割程度含有する発酵ガス（バイオガス）を発生させ、これを熱供給や発電用の燃料として利用する技術である。欧州を中心に下水汚泥や家畜ふん尿処理など含水率の高い有機性廃棄物の処理に利用されている。石油ショック時に代替エネルギーとして畜産事業への導入が図られた経緯もあり<sup>12</sup>、メタン発酵処理はわが国にとっても格別目新しい技術とはいえないが、この技術が再び脚光を浴びてきたのは、それまで一般的であった中温発酵（36～38℃）に加えて、近時、より含水率の低い有機性廃棄物を処理でき発酵効率に優れた高温発酵（53～55℃）技術の普及が進展したことで適用範囲が広がったためと考えられる。現在わが国ではバイオガス化技術が食品廃棄物の新たなリサイクルルートとして注目を集め、多くの企業が参入している。図表2-5は、その代表的な取組みを整理したものである。このうち特徴的な事例をいくつかみてみよう。

---

10．新潟県糸魚川地域広域行政組合が、可燃ごみを炭化したうえでセメント原燃料として利用するシステムを導入している。

11．北九州市産業学術推進機構が、荏原、オルガノ、帝人などと組んで実証工場の建設を進めている。コストの問題を抱えているものの、コンポスト化と異なり都市内で完結する食品廃棄物リサイクルの新しい方向性として注目を集めている。

12．メタトピア事業。その後の石油価格の下落等により下火になった。

図表 2 - 5 食品廃棄物のバイオガス化処理参入事例（順不同）

企業名	概 要
鹿島	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生ごみバイオガス化発電プラントの実証システムを稼動（神戸市ポートアイランド01年9月～）。ホテル等から集めた生ごみからを発酵処理装置「メタクレス」でバイオガス化（6トン/d）し、これを富士電機製の燃料電池（出力100kw）に接続</li> <li>・炭素繊維と樹脂からなる円筒を蜂の巣状に配置した独自の発酵槽構造により、高効率のガス化を実現</li> <li>・付帯設備として、余剰電力を利用した電気自動車への充電設備と、余剰バイオガスを濃縮してCNG自動車に供給するガススタンドを設置予定</li> </ul>
神鋼パンテック	<ul style="list-style-type: none"> <li>・食品工場向け有機性廃棄物処理装置に参入。ドイツから技術導入したメタン発酵式廃棄物処理設備と、自社開発の汚泥の容量減少技術（エステプロセス）を組み合わせることで固形発酵残さを大幅に減少させたプラント「PAMEDIS」を投入</li> <li>・01年9月～02年5月の実証実験（コープ神戸の食品工場敷地内）では、ガス化率90%以上、固形残さ発生量の極小化を達成</li> </ul>
明電舎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・下水汚泥の消化ガスを利用したメタン発酵システムの実績をベースに対象を食品廃棄物に拡大</li> <li>・廃食用油をバイオディーゼル化し、これを燃料とするマイクロガスタービン（MGT）のコージェネレーションシステムを実用化</li> </ul>
大林組	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生ごみや畜産廃棄物を消化槽で無動力攪拌し、この過程で発生する消化ガスで発電（ガスエンジン）し、消化液は脱水のうえ堆肥化するシステムを開発。京都府八木町の八木バイオエコロジーセンターに採用（98年7月より稼動、処理物は家畜ふん尿とおから）。食品系廃棄物への本格的な展開を検討</li> </ul>
エキシー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生ごみの液状化ユニットとバイオガス発電を組み合わせたシステムを開発。発生源で液状化した生ごみをタンクローリーにて回収し発電センターにて発電する。デモプラントである東京エコ発電センターを開設（02年8月 江戸川区）</li> </ul>
クボタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生ごみのメタン発酵装置分野に参入。発酵阻害物質であるアンモニアを除去する技術を組みこむことで発酵効率を大幅に改善。食品工場などに加えて、都心ビルの地下設置に適した屋内型も開発導入</li> </ul>

（注）家畜ふん尿や下水汚泥を主体とする事業を除き、食品廃棄物に主眼を置いたものののみ  
（出所）各種報道、インタビューより政策銀作成

## （2）高効率システム

鹿島は、現在環境省の地球温暖化対策実地検証事業として、神戸市において生ごみのバイオガス化プラント（メタクレス）の実証を行っている。市内で発生する事業系の生ごみを回収・バイオガス化させ、燃料電池を介してエネルギー回収を図るというものである。本プラント用に開発されたメタン発酵槽（有効容量138m<sup>3</sup>）は固定床・高温式に分類され、その内部には高温メタン発酵菌の棲家として炭素繊維担体が蜂の巣状に充填され、極めて高密度に菌を保持できる構造となっている。生ごみ1トン当りのバイオガス（メタンガス65%、炭酸ガス他35%）の生成量は200m<sup>3</sup>で、投入後10日程度で80～90%がガス化されるという高い発酵効率を実現している<sup>13</sup>（処理能力は6トン/日でバイオガス発生量は1,200m<sup>3</sup>/日）。

13．本事業の発酵槽は、十数年前に鹿島が仏PROSERPOL社から炭素繊維担体使用などのライセンス承諾を得て開発したものであるが、実用化したのは本件が最初であり、実質的には純国産技術であるという（鹿島建設へのインタビューによる）。

施設は、前処理（生ごみの粉碎分別とスラリー化）、メタン発酵槽、燃料電池、発酵残さを処理する排水処理設備から構成されている。回収された生ごみは受入ホッパに投入され、粉碎分別機によりペースト化（スラリー）されると同時に、割り箸や包装材などの異物が分離される。その後1段階の分別工程を経て異物を完全に除去されたスラリーは、混合槽で水と混合されてメタン発酵槽に送られる。発生したバイオガスは脱硫装置（酸化鉄）、精製装置（活性炭）を経て燃料電池（100kwのリン酸型）に供給され、電気と熱（90度）に変換される。処理能力6トンの実証プラントでは、得られる電力の約半分がプラント運転に回り、残る半分が供給可能電力となる<sup>14</sup>。温水は発酵槽の加温に利用されている。なお、残さである発酵液は、浸透膜活性汚泥処理を施したのち下水道に放流され、汚泥は脱水・乾燥し汚泥ケーキとしたうえで、前工程で分別した異物と合わせて市のクリーンセンターで処理される。

本事業が対象としているのは、家庭系、事業系の一般廃棄物（いわゆる生ごみ）である。これは、大量に収集することで組成が均質化されるためであるという<sup>15</sup>。一般廃棄物を対象とする以上、分別収集が課題となる。当初は市内のシティホテルに限定して1日当り6トンの生ごみ（厨房での調理くずや宴会場等での食べ残し）を確保する計画だったが、実際に開始してみるとホテルからの生ごみだけでは必要量を確保できず、収集範囲や対象の拡大を余儀なくされた。ホテルからの生ごみ排出量は大量であるが、宴会場での食べ残しに異物混入が多く使用するのが難しかったためである。

こうした収集段階での問題に直面したものの、高効率発酵のメリットが実証実験で明らかになったことで、この技術には各地のバイオガス化計画の実施主体からの関心が集まっているという。

### （3）発酵残さの極小化システム

バイオガス化処理を行う際に問題となるのが、残さである発酵液の処理である。欧州のように農村地域における家畜ふん尿処理が中心であれば、発酵液を肥料として利用する方策もあるが、食品廃棄物処理として考えた場合、大排出源である都市部にプラントが設置される可能性が高いため発酵液の処理工程が必要となる。この場合、排水処理コストや汚泥処理コ

---

14. このプロセスエネルギーは、規模のメリットが働く部分であり、処理量が増加すれば売電可能な割合も大きくなる。

15. 反対に食品工場からの廃棄物（産業廃棄物）は、排出源や日によって性状に偏りが生じるためメタン発酵菌への影響を避けるためには、事前にテストをしてからでないとい入できないという。

ストは無視出来ないコストファクターとなる。この点に着目したのが神鋼パンテックである。2001年6月に「バイオマス資源化室」を設置して有機性廃棄物処理事業に対する組織的な対応を進めている同社では、現在、食品廃棄物向け（PAMEDIS）と家畜ふん尿向け（PANBIC-BIGADAN）の2つのバイオガス化システムを開発している。同社ではバイオガス化処理が抱える残さの問題を解決すべく、下水処理事業で開発した汚泥消滅・減容化技術（エステプロセス）を組み合わせることで、発酵後の固形残さを大幅に減らす新しいシステムを構築している。発酵（55℃の高温発酵で滞留期間は平均10日程度）後の残さは濃縮槽で濃縮された後、可溶化槽において微生物の働きにより可溶化される。可溶化液が再び発酵槽に送られてガス化されることから、対策前はガス化率が70%、プロセス全体での固形残さ発生率が25%あったものが、ガス化率90%、固形残さの発生率をほぼゼロに抑えることに成功している。水処理で培った技術を巧みに応用した事例といえるだろう。もっとも、残さ処理に伴う問題を生じない反面、このシステムは通常のバイオガス化プラントにはない可溶化プロセスを噛ませているため、プロセスエネルギーの割合が高くなり全体効率が落ちてしまうという。この問題は、発酵残さ処理コストの低減分と売電に回せる電力量の減少による機会損失との比較により評価が分かれるところであろう。このシステムはマーケティングの対象を生ごみではなく食品工場からの廃棄物としている。通常こうした工場には排水処理装置が備わっているため、同社では単独設置に加えて、食品工場の製造プロセスに組み込む形での提案を行っているという。既存工程のなかに組み込むことで、汚泥の発生量を抑制でき、かつ発電電力も自家発電の余剰電力の売却でなく自家消費となるため経済性は大幅に改善するだろう。

#### （4）マイクロガスタービン・コジェネシステム

バイオガス化処理を考える上でエネルギー回収をどのように行うかも大きな論点である。前述した鹿島のプラントでは燃料電池によるコジェネレーションを行っていたが、燃料電池は発電効率が極めて高いもののコスト面で課題を抱えているため、商業プラントとして一般的に利用されるにはなお時間を要すると思われる。したがって、当面はガスエンジンやガスタービンによるコジェネレーションが中心になる。食品廃棄物のバイオガス化処理にこの点からアプローチしているのが明電舎である。同社は下水汚泥処理の一環としてメタン発酵処理に20年以上の蓄積があり、バイオガス発電事業についても、家畜ふん尿バイオガス化プラントを83年から88年にかけて全国に13カ所納入するなどの実績を有している。現在は、こうした蓄積と米社との提携で注力してきたマイクロガスタービン（MGT）とを組み合わせるこ

とで、様々な有機性廃棄物処理に向けた提案を行っている。

MGTは、自動車の過吸機技術などを応用することで小型化を実現したガスタービンである。小型・軽量であること、非接触の空気軸受けの採用などメンテナンスが容易であること、排熱回収率に優れ高い総合効率をもつことなどの特徴を有し、次世代の分散型電源の担い手として注目されている<sup>16</sup>。また、様々な燃料を使用できるマルチフュエル性があり、バイオガスを含むダーティガスに適応性が高い点も大きな特徴である<sup>17</sup>。米国キャプストーン社製のMGT販売を手がける同社ではMGTのもつ特性に着目し、これをバイオガス化など有機性廃棄物リサイクルシステムに組み込む取組みを進めている。現在の重点分野は、畜産廃棄物、農業廃棄物（もみがら）、生活系廃棄物の3種である。このうち生活系廃棄物については、廃食用油での実績が目目を引く。廃食用油は、学校、ホテル、デパート、レストラン、病院などから年間約40～50万トン、家庭からも約20万トンが排出されているとみられている。このうち家庭からの排出は、分別収集システムが存在しないため大部分が下水へ流されたり廃棄されているが、事業所からの排出は廃棄物となり処理費用が発生していることから、効果的な再資源化策を講じて有償での引き取りが出来れば回収は比較的容易である。

現在廃食用油のリサイクルルートとして注目されているのが、バイオディーゼル燃料（Bio Diesel Fuel：BDF）化である。これは回収した廃食用油を改質（メチルエステル反応、グリセリン分離）精製したもので、欧米ではディーゼル燃料に添加して広く車両用の燃料として利用されており、わが国でも京都市や松山市など一部の自治体のごみ収集車や市営バス燃料に利用を始め徐々に認知度が高まっている。しかし、車両燃料としての使用については、現状軽油取引税の課税問題など普及に向けて解消すべき制度的な問題が指摘されている。明電舎では、廃食用油をBDF化してMGTに投入するシステムを提案し、病院の給食センターなどが採用している。1日当たり100リットル程度の廃食用油を確保できれば、30kwサイズのMGTが10時間稼働可能である。ユーザーサイドは廃油処理手数料とエネルギーコストが節約できるというメリットがあることから、今後も病院を始め、レストラン、ホテルといった廃食用油の排出量が多く、かつ熱需要の面からコジェネレーションに馴染みやすい事業者を対象にシステム受注を強化していく計画である。MGTのマルチフュエル性を活かした車両燃料化とは一線を画したBDF利用方法といえ注目される。

---

16．渡辺（2001）。なお、MGTベンダーとしては米国キャプストーン社が先行していたが、現在、トヨタタービン&システム、荏原製作所、三菱重工業など日本企業による新機種投入が相次いでいる。

17．発電効率は現状30%弱。コジェネレーション使用した場合の総合効率は70%程度と高いが、今後はこの発電効率をいかに上げていくかが課題とされる。

また、生ごみなどその他の食品廃棄物については、現在のところバイオガス化プラントは他社が手がけ、発電部分を同社が担当する形で展開しているが、今後は家畜ふん尿処理で培った技術を活かして、前処理からコジェネレーションシステムまでの一貫システムの構築と受注を図ることを重要事業分野と位置付けている。

(5) 事例を通じて明らかになる課題

このように、各社がそれぞれの強みを活かしてバイオガス化処理事業への参入を強めている背景にコンポスト化や飼料化といった食品廃棄物リサイクルの既存ルートの行き詰まりがあるのは前述した通りである。バイオガス化は既存の処理方法に比べて再生品の市場確保という出口の問題が、(売電価格の水準を別にすれば)少ない点で優位にあるといえるだろう。

では、こうした参入が相次ぐバイオガス化処理ビジネスの市場規模はどの程度であろうか。後述するようにバイオガス化は家畜ふん尿や汚泥など適用範囲が広いが、ここでは食品廃棄物だけに対象を絞って考えてみる。市場規模は、これまで焼却・埋立て処分されていた食品廃棄物のうちどの程度がバイオガス処理に切り替えられるかによって決まる。図表2-6は、現在焼却・埋立てに回っている一般廃棄物、産業廃棄物のそれぞれ3割ないし5割がバイオガス化処理に回る場合で試算したものである。市場規模の試算にあたっては、受入量に見合うだけのプラント整備(イニシャル分)と、整備されたプラントを巡って毎年発生する経常部分とに分け、後者は食品廃棄物の処理手数料、バイオガス発電の余剰電力を売電して得られる収入というリサイクル事業者の収入に加えて、プラントのメンテナンス収入を建てている。

図表2-6 食品廃棄物のバイオガス化市場規模の試算例

項目		単位	ケース1	ケース2		
前提	食品廃棄物発生量	家庭系一廃	万t/年	1,188	同左	図表2-1による試算データ
		事業系一廃	万t/年	457		
		産業廃棄物	万t/年	223		
		計	万t/年	1,867		
	うちバイオガス利用割合	万t/年	527	878		
	同上日量	万t/日	1.4	2.4		
バイオガス発生量	百万m <sup>3</sup> /年	790	1,317	150m <sup>3</sup> /tにて換算		
	同上(日量)	百万m <sup>3</sup> /日	2		4	
発電量(Kw)	Kw	173,208	288,680	同上×熱量(6.4kwh/m <sup>3</sup> )×発電効率(30%)		
イニシャル	バイオガスプラント導入	百万円	577,360	962,266	40百万円/単位処理能力(t)	
	発電設備導入	百万円	51,962	86,604	MGTで換算 300千円/Kw	
	計	百万円	629,322	1,048,870		
経常分	食品廃棄物の処理手数料	百万円/年	105,368	175,614	20千円/t	
	売電収入	百万円/年	4,173	6,954	全発電量中50%が売電可能(5.5円/Kwh)	
	設備メンテナンス	百万円/年	17,333	28,889	バイオガスプラント 設備費3%/年、MGT 3円/Kwh	
	計	百万円/年	126,874	211,457		

(注)・食品廃棄物の収集に係る部分を見込まず(公的収集との連携を前提)

・売電収入関連には、グリーン証書料金を含まず

(出所)政策銀行作成

この試算によれば、仮に現在焼却処理に回っている食品廃棄物の3割がバイオガス化処理された場合、初期投資として6千億円程度、その後の経常的な売上として年間1千億円程度の規模になる。この種の試算には関連ビジネスのインパクトを探る以上の意味はないが、食品廃棄物というバイオマス<sup>18</sup>資源全体で見ればごく一部だけを取り出してもある程度の市場規模が想定可能ということが分かる。

一方、以上の各事例からバイオガス化事業を考えるうえでの課題も浮び上がってくる。鹿島の事例からは、何よりもバイオガス化処理可能な分別された生ごみを安定的に確保することの難しさが浮び上がる。これは排出源での分別の精度に大きく依存するが、ホテルなど比較的工程管理しやすいところでも分別の徹底が難しい現状を考えれば、生ごみリサイクルを広く展開し、これをバイオガス化処理につなげていくためのハードルは低くないことが分かる。また、神鋼パンテックの取組みからは、発酵残さ処理に伴う負担をいかに軽減するかという課題が指摘出来る。これは発酵効率の高低の問題ともいえる。発酵効率が低ければ、バイオガス発生量が低位に留まるうえに残さ発生量が多くなり、排水処理段階でのコスト増につながるからである。さらに、上記の試算から分かるように、バイオガス化処理といたいがら、その収入の大部分は廃棄物処理の受取手数料が占めており、その水準如何で事業性が大きく変わることも強調されるべき点である。リサイクル事業に限った話ではないが、処理すべき廃棄物量から算出される大まかな市場規模と、個々のプラントの採算性とは別個に議論する必要がある。そこで以下では食品廃棄物を対象にバイオガス化事業を行う場合の事業性について検討してみよう。

### 3．バイオガス化プラントの検討

#### (1) 試算の前提

図表2-7にここでの試算の諸元を示す。想定するプラントは、高温型発酵槽を持つバイオガス化プラントにMGT（発電効率30%、総合効率70%）を接続したものである。諸元にした前提の下で、プラントの収入と費用をいずれも1日当りの処理量を変数として算出し、採算（収入 - 費用）と処理量との関係を観察してみる。なお収入項目のうち、電力と熱の販売については次のように想定している。電力は、発電量からプラントの稼動に用いられる部

---

18．エネルギー資源として利用できる生物体の量を意味する用語。大気中に存在する二酸化炭素を光合成によって有機物化したものとして、森林を始め地球上に膨大なストックが存在し、未利用の循環資源として活用が期待されている。食品廃棄物も一種のバイオマス資源である。

分（プロセスエネルギー）を控除したものを余剰電力とし、これに業務用電力料金を乗じている。売電ではなく自家発電により電力購入量を削減した利益を計算することになるが、これは現状非常に低水準である自家発余剰電力の売電価格が、新エネ政策の強化（後述）によって今後上昇すると考えられるためである。このため現状では電力の売上が過大になるが、反対に熱量を全量プロセスエネルギー（発酵槽の加温など）に使用すると仮定して売上には立てていない（過小に評価）。また支出には地代を見込んでいない。

図表 2 - 7 試算の諸元

想定プラント	発電効率	総合効率
バイオマスプラント+MGT	30%	70%

変数： 処理能力  $X_t$  / 日

試算：プラント収入  $f(X)$ 、プラント費用  $g(X)$  を想定し、処理量と採算性の関係を見る

（収入項目）

発電による電気料金の減少	業務用電力料金
排熱利用に伴うガス料金の減少	全量プロセスに回る（発酵槽の加温等）ため計上せず
生ゴミ処理手数料	25千円/tを想定

（費用項目）

バイオマスプラント償却費	40百万円/t、耐用年数15年で定額償却
発電プラント償却費	300千円/Kw、耐用年数10年で定額償却
排水処理施設償却費（オプション）	4百万円/m <sup>3</sup> ・d、耐用年数15年で定額償却
金利	イニシャル投資額の半分を借入、金利2%
人件費	従業員数3名で固定
メンテナンス費用	バイオガスプラント 設備費3%/年 MGT 2円/kwh
廃棄物収集運搬費（外注費）	10千円/tと5千円/tの2ケースを想定
その他費用	排水処理費（500千円/t・年）、残さ処理費用 （投入量×10%×20千円/t）

諸元 異物混入率：10%（湿重量ベース）、滞留期間 10日間（高温型発酵槽）  
 バイオガス発生量：高効率200m<sup>3</sup>/tと低効率100m<sup>3</sup>/tの2ケースを想定  
 同上組成：メタン65%、CO<sub>2</sub>他35%（熱量6.4kwh/Nm<sup>3</sup>）  
 プロセスエネルギー量（電力）：スケール拡大により低減を想定。処理能力10t/dまで70%。  
 その後段階的に低下し、50t/dで50%、100t/dで20%まで  
 低下させて以下横這い

計算 ガス発生量 (A) =  $0.9X \times 200\text{m}^3/\text{t}$   
 1日当り発電量 (B) =  $A \times 6.4\text{kwh}/\text{Nm}^3 \times \text{発電効率 (MGTで30\%)}$   
 同上正味発電量 (C) = B - プロセス損失

収入  $f(X) = C \times \text{電力料金} + \text{食品廃棄物処理手数料}$   
 余剰電力の売電ではなく、電力料金引下げ分で計算。なおガスについても同様の考え方が可能だが、ここでは回収された熱が全てプロセスに再投入される場合を想定  
 同様に、費用  $g(X)$  についても算出し、両者を突合させる

（出所）政策銀作成



(2) 収集・運搬費の負担能力

プラントの採算性を考えるうえで、食品廃棄物の収集運搬費の水準、排水処理設備新設の要否、発酵効率の高低は特に影響の大きい項目である。そのため、ここではこれら3項目をケース分けして試算を行うことにする。図表2-8はこれを整理したものである。

図表2-8 試算のケース分け

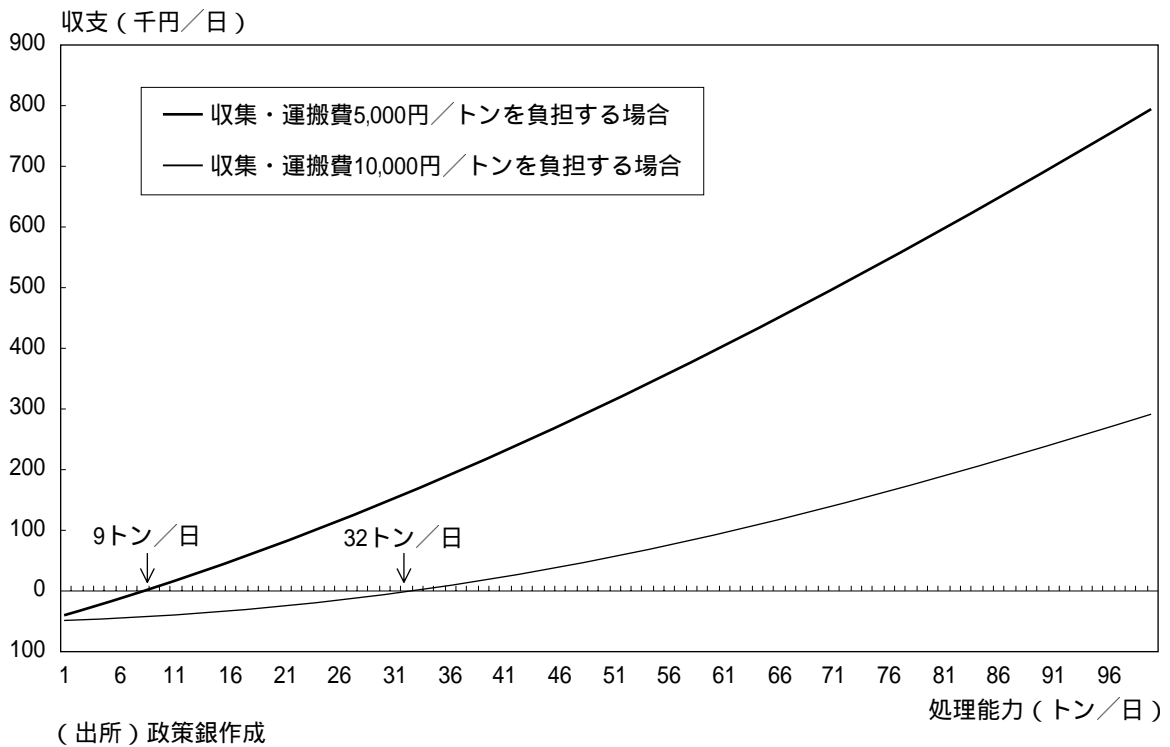
ケース	受取処理手数料 (収集運搬費負担)	排水処理設備	発酵効率
A	低 (事業者の収集負担大)	新設	高 低
		なし	高 低
B	高 (事業者の収集負担小)	新設	高 低
		なし	高 低

(出所) 政策銀作成

第1のケース分けは食品廃棄物の収集に係る負担の有無である。既に何度かみてきたように、食品廃棄物は排出源が分散しているうえに、含水率が高く腐敗しやすいため臭気対策が必要であり、収集・運搬段階が大きな問題となる。バイオガス化プラントの運営事業者が収集・運搬を自ら行うケースは稀と考えられることから、これに係る費用はプラント運営事業者が受け取る処理手数料から同社が別途収集・運搬会社へ支払う外注費として考える必要がある。現在、生ごみ処理を廃棄物処理事業者に委託した場合の費用は25,000円/トン程度といわれている。バイオガス化プラントの運営は、こうした既存の処理体系と並存する形となることから、競争上バイオガス化のための処理手数料もこれと同水準かそれ以下に設定する必要がある。仮に同水準の25,000円/トンで処理するとしよう。問題はこの事業者がこのうちどれだけを収集・運搬に係る外注費として支出できるかである。図表2-9は、その他の条件を固定<sup>19</sup>したうえで収集・運搬費として10,000円を支払う場合(すなわち手元に残るのは15,000円)と5,000円で済む場合(同20,000円)とをみたものである。図表から分かるように、前者のケースでは採算日量30トン程度の食品廃棄物を確保しなければ採算確保が困難である。これに対して後者では、その1/3程度を確保すれば良いという結果になる。東京都が公表している一般廃棄物の収集・運搬原価(99年)が、38,924円/トンであることや、既存の廃棄物処理手数料25,000円の半分が収集・運搬費見合いと仮定しても12,500円になるこ

19. 発酵効率は高効率(200m<sup>3</sup>/トン)。

図表 2 - 9 収集運搬費の負担能力



となどからみて、収集運搬費が5,000円/トンで済むと考えるのは現実的とはいえない。諸元的前提の下では、バイオガス化事業の収集・運搬費用の負担能力は極めて限定されるといえるだろう。

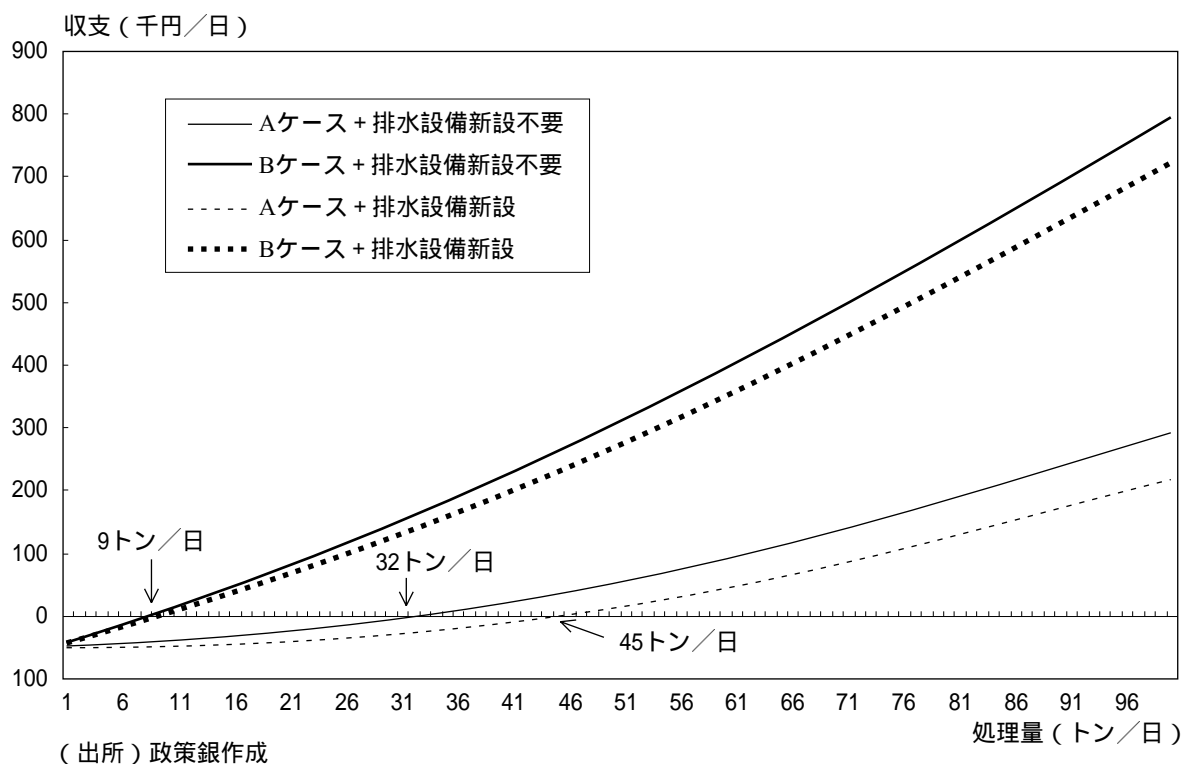
以下では、この2つのケースをベースとして、これに発酵残さ処理設備の必要性の有無および、発酵効率の2点の影響を考え合わせてみる。なお、事業者の収集運搬費負担が10,000円のケース(以下、Aケース)は、例えば1カ所から相当量が排出される大口排出先をグループ化してこれを対象とする極めて効率的な収集システムを構築している場合であり、同5,000円のケース(以下、Bケース)は、何らかの形で公的な収集システムに依拠している場合が想定される。

### (3) 発酵残さ処理プロセスの有無

バイオガス化処理の場合、発酵残さの処理のために排水処理設備が必要となる。これをプラント運営事業者が新設するか、既存の排水処理設備に接続できるかは初期投資額の差異として金利償却負担に影響を与える<sup>20</sup>。図表 2 - 10はこの影響をみたものである。図表から分かるように、採算性は収入の大部分を占める処理手数料の水準に左右され、排水処理設備に

20. 排水処理設備を新設せず既存設備に接続する場合でも、排水処理費用は発生するものとして計算している。

図表 2 - 10 排水処理設備の有無による影響



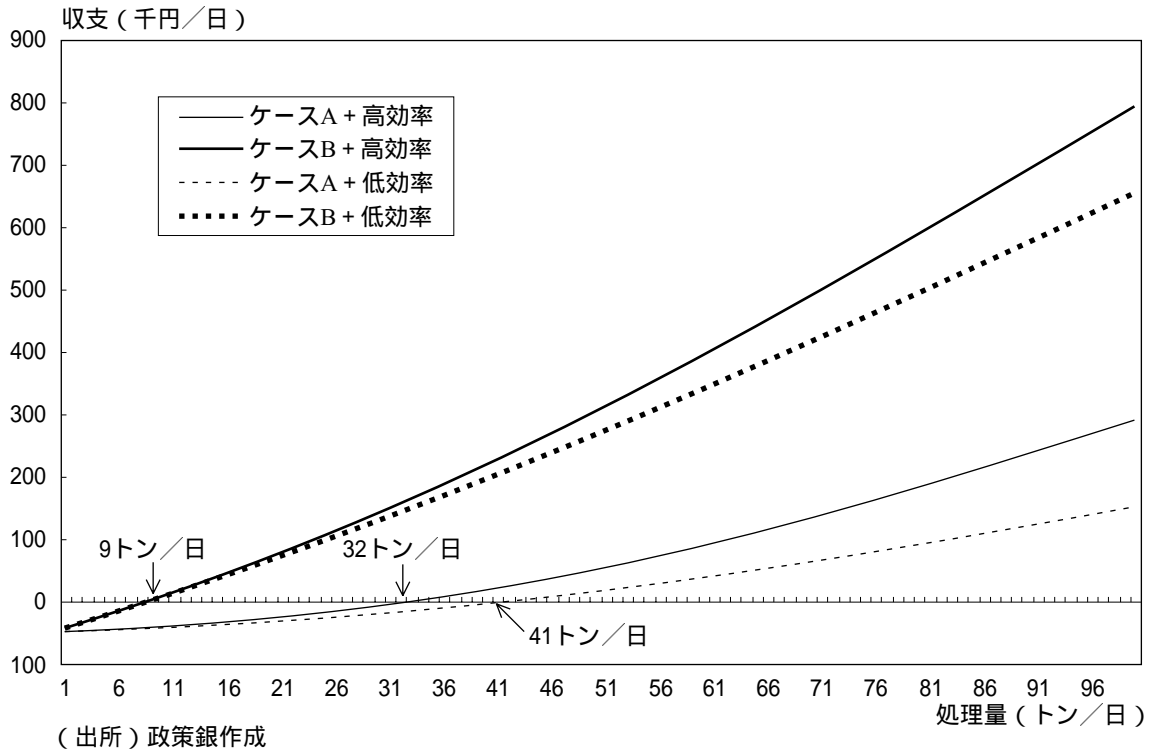
よる寄与は相対的に小さい。それでも、Bケース同士を比較しても排水処理設備新設の有無は採算性を3割程度低下させ、Aケースで排水処理設備も設置した場合には45トン/日を越える規模がないと採算確保が難しいという結果になる。

#### (4) 発酵効率の影響

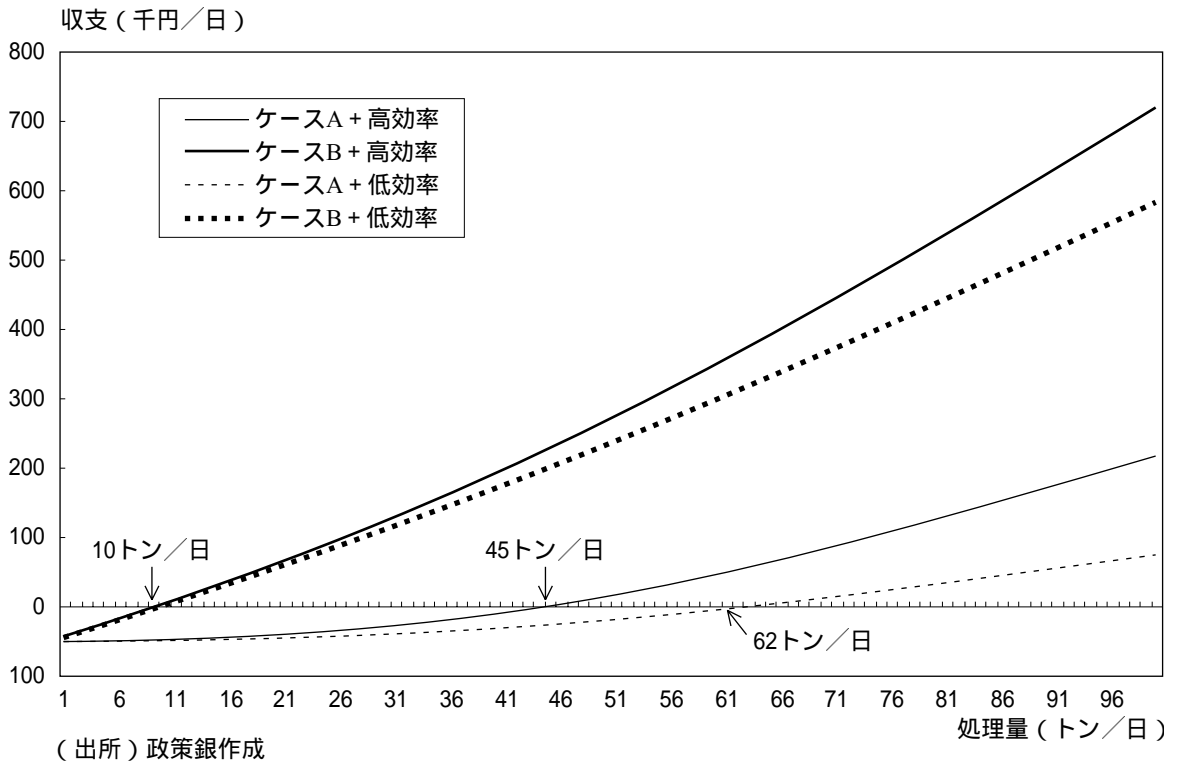
次に発酵効率が $200\text{m}^3$  (高効率) と $100\text{m}^3$  (低効率) の相違を、それぞれ排水処理装置を新設しない場合とする場合についてみたのが図表 2 - 11と図表 2 - 12である。全項と同様にやはり処理手数料の大小の影響の方が大きいものの、Aケース同士、Bケース同士で比較した場合、発酵効率の高低によって採算には2割程度の差異が生じる。特に図表 2 - 12のケースAで、排水処理設備を新設し、かつ発酵効率が低い場合には<sup>21</sup>、採算確保には日量60トンを超える処理量を確保せねばならず、相当な規模が必要ということになる。システムの選択についてはなるべく高効率の発酵システムを選択することが重要である。

21. 発酵効率が低い程残さの発生量も増えるが、この試算では両者の相関には配慮していない。

図表 2 - 11 発酵効率の影響（排水処理設備なし）



図表 2 - 12 発酵効率の影響（排水処理設備新設）



## (5)試算のまとめ

以上から、システムの設定条件次第でプロジェクトの採算確保のため必要となる食品廃棄物処理の規模が大きく変化することが分かる。その中で最も恵まれた条件であるケースBで排水処理設備が不要かつ高効率の場合では日量10トン程度の収集・処理で済むのに対して、最も不利なケースAで排水処理設備の新設が必要で低効率の場合には日量60トン以上の処理が必要となる。前者は自治体が主体となってバイオガス化プラントを建設・運営し、例えば下水道処理施設と接続する形で運営するような場合があたるであろうし、後者は大都市の食品廃棄物を対象とする民間の大規模プロジェクトのイメージに近い。ちなみに1日当りの処理量を判断する目安となる材料を図表2-13に掲げる。ここから分かるように、家庭生ごみやファミリーレストラン、コンビニエンスストアといった小口排出源だけを収集対象にする場合、10トンの確保でも相当な努力が必要となる。反対にホテルや大型スーパーなど大量の排出源を確保できればハードルは一挙に下がる。バイオガス化プラントの設置運営にあたっては、処理すべき食品廃棄物の量的な確保について慎重な計画が必要である<sup>22</sup>。反対に、処理すべき廃棄物量の目処が立てば、立地条件に応じて様々なシステム構築が可能となり柔軟性があるという評価も成り立つ。

図表2-13 生ごみ発生量の例

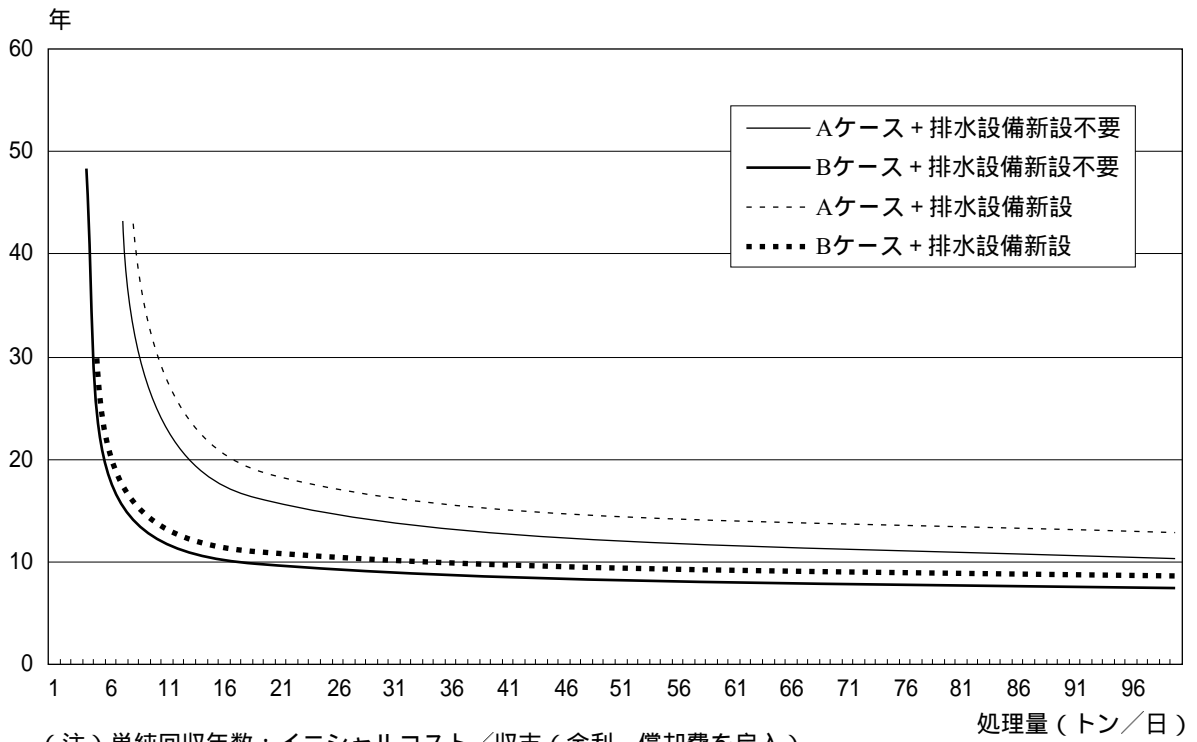
発生源	発生量(原単位)
家庭ごみ	400 g / 人・日
ファミリーレストラン	150 g / 食・人
コンビニエンスストア	12 kg / 日・店
事業所食堂	250 g / 食・人
百貨店	500 kg ~ 800kg / 日
大型スーパー	2,000kg / 日・店
大型ホテル	1.5 ~ 5 t / 日

(注) 家庭ごみは、1日当り発生生ごみの35%程度として算出  
(出所) 各種資料(環境報告書、報道)、インタビューより政策銀作成

ちなみに図表2-14は、以上みてきた諸ケースの中で最も恵まれたケースについて単純回収年数による投資回収年数(simple payback)の水準をみたものである。横軸には1日当りの処理量を縦軸には投資回収年数をとっている。恵まれた条件とはいえ、コジェネレーション事業に際して一般に民間事業者が投資に踏み切る水準とされる5年以下には到達していない。バイオガス処理の基盤を政策的に誘導しようとする場合には、何らかの投資促進策の導入が検討されてよいものと考えられる。

22. 同時に確保可能な廃棄物が適切に分別されているという前提条件が必要であることはいうまでもない。

図表 2 - 14 単純回収年数でみた投資回収年数



(注) 単純回収年数：イニシャルコスト／収支（金利、償却費を戻入）  
 (出所) 政策銀作成

## 第3章 ドイツにおけるバイオガス化処理

### 1. ドイツにおけるバイオガス化処理の位置付け

2001年9月に決定され、同10月に発効したEU委員会による再生可能エネルギーに対する指令は、EUの全エネルギー消費に占める再生可能エネルギーのウエイトを2010年までに現状の2倍にあたる12%まで引き上げるという目標を掲げている。これを受けて加盟国は電力使用量に対する再生可能エネルギーの構成比について具体的な目標を設定しているが、ドイツの目標値は2010年までに12.5%（2000年の6.25%の2倍）である。またEU指令とは別に、現政権では2050年までにこのウエイトを50%にまで上昇させるというビジョンを掲げている。こうした基調にあるドイツでは、食品廃棄物のバイオガス化処理は、バイオマス資源<sup>1</sup>を活用して再生可能エネルギーの拡大を図るといふより大きな論点のなかで議論され、その有力なツールに位置付けられている。本章では、わが国における今後の展開を考える比較材料として、ドイツにおける取組み状況を概観してみよう。

### 2. 再生可能エネルギーの拡大に向けた取組み

#### (1) EEG法

まずバイオマス利用拡大の背景である再生可能エネルギーに関する取組みを概観してみよう。ドイツにおける再生可能エネルギー振興政策が本格化したのは90年代初頭であり、91年に再生可能電力の買取・補償制度を定めた電力供給法（Stromeinspeisungsgesetz）が制定された。現在、再生可能エネルギー振興策のベースとなっているのは、この法律を発展・拡充する形で2000年に発効した「再生可能エネルギー優先のための法律（Gesetz für den Vorrang Erneubarer Energien：EEG）」、通称再生可能エネルギー法（以下、EEG法）である。

EEG法は、電力供給の持続可能性を確保し、再生可能エネルギーのウエイトを飛躍的に高めること<sup>2</sup>を目的に、電気供給事業者によるバイオマスを含む再生可能エネの買取りの仕組みを定めている。一定の要件を満たす発電事業者の近辺に所在する電力網管理事業者（Netzbetreiber）は、再生可能電力の引取り（Abnahme、第3条）と補償（Vergütung、第4

---

1. エネルギー資源として利用できる生物体の量の意。

2. 具体的には、EUや連邦政府の目標である2010年までに全エネルギー消費量に占める再生可能エネルギーのウエイトを2倍にすることが掲げられている（法第1条）。

条～第8条)を義務付けられる。発電事業者に支払われる最低補償額はエネルギーの種類や設備能力によって異なるが、安定したキャッシュフローを確保するため原則20年間保証される(第9条)<sup>3</sup>。有機性廃棄物についてみれば、図表3-1に示すように20MWまでのバイオガス発電設備、5MWまでの処分場ガス・汚泥ガス発電設備が対象となっている。

図表3-1 EEG法による最低補助率

	ユーロ/MWh	
	稼働開始*	
	2000/2001	2002
バイオエネルギー設備で最大出力500 kW まで	102.3	101.3
バイオエネルギー設備で最大出力5 MW まで	92.0	91.1
バイオエネルギー設備で最大出力5 MW 超	86.9	86.1
処分場ガス、汚泥ガス設備で最大出力500 kW まで	76.7	76.7
処分場ガス、汚泥ガス設備で最大出力500 kW 超	66.5	66.5

(注) \*02年以降に稼働を開始するバイオガス設備については、毎年1%の割合で補助率が低減される  
(出所) FICHTNER Markt- und Kostenentwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse

なお、電力網管理事業者ごとに引取り量が異なるため負担格差が生じるが、これは全国規模で調整され立地による不平等が発生しないよう配慮がなされている(第11条)。具体的には、送電事業者(Übertragungsnetzbetreiber)は、各年3月末までに前年に買い取った再生可能電力量と最終消費者に供給した総量に占める割合を調査し、これが平均を上回った場合には、平均を下回る事業者に対して引取りと補償を求めることが可能である。また、電力を最終消費者に供給する電力供給企業(Elektrizitätsversorgungsunternehmen)にも割合に応じた買取義務が課せられる。

## (2)再生可能エネルギーの拡大

図表3-2にみるように、電力供給法とEEGの導入効果として、この10年余りの間に再生可能エネルギーが電力消費量に占めるウエイトは大きく拡大している。最近の数値を挙げれば、98年の5.2%から2001年には7.3%程度にまで上昇し、02年8月には8%を越えたと見られている<sup>4</sup>。これを種別にみると、ウエイトでは水力が大きいものの、風力の伸長が顕著である(図表3-3)。事実、90年代に入ってからドイツにおける風力発電基盤の整備進展は著しく、90年の548基68MWが、現在では12,266基9,842MWと、発電能力で145倍となり(図表3-4)、世界最大の風力発電国の地位を獲得するに至っている(図表3-5)。連邦政府

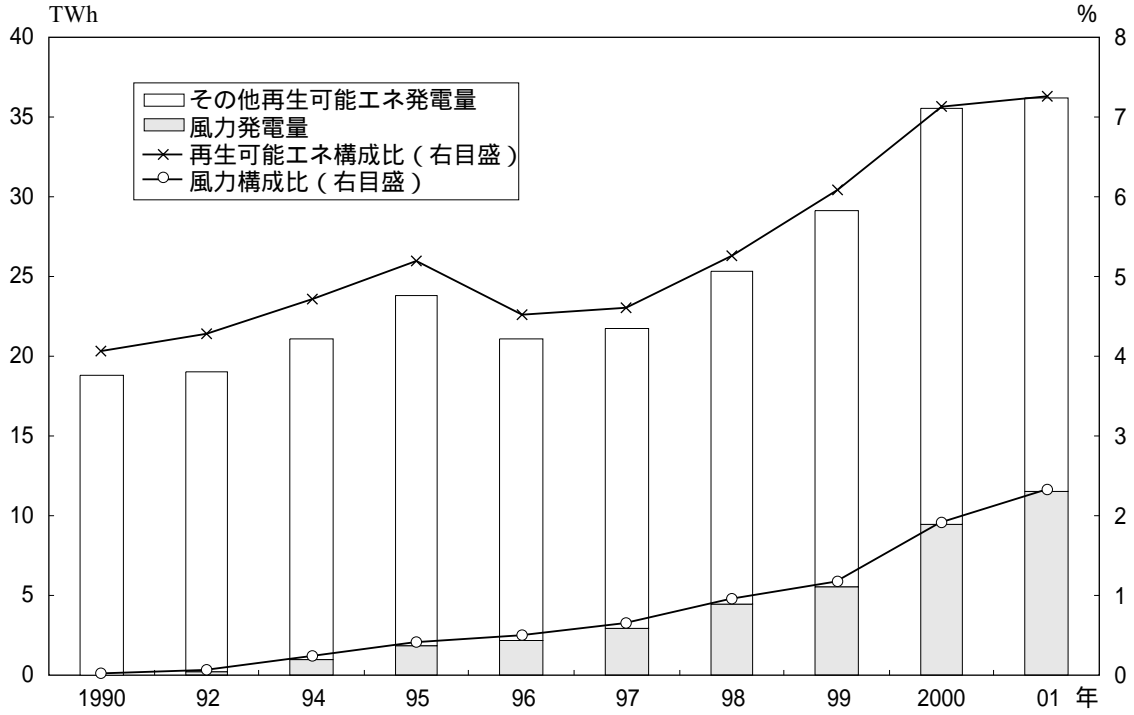
3. 水力発電を除く。また法律施行前に稼働を開始していた施設については、稼働開始年を2000年とみなして計算される。

4. 2002年7月に決定された連邦政府によるEEGに関する評価報告(Erfahrungsbericht)。



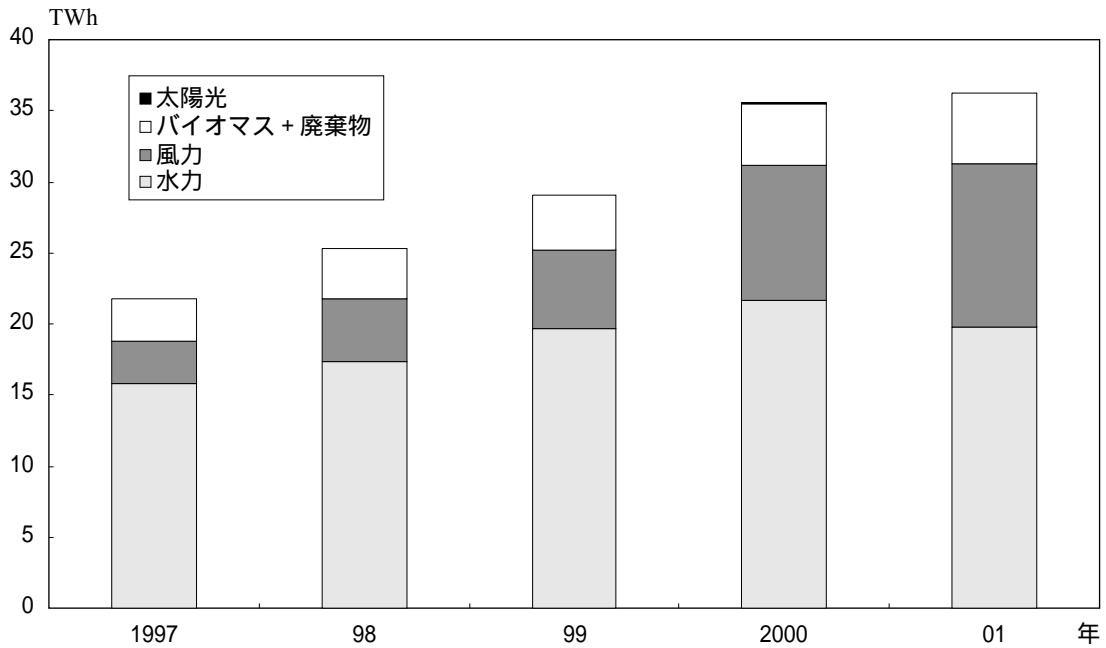
によるEEG法の政策評価レポートでも触れられているが、この間の再生可能エネルギー振興政策は、風力発電基盤の整備に大きな効果を発揮したといえるだろう。

図表 3 - 2 ドイツにおける再生可能エネルギー発電量の推移



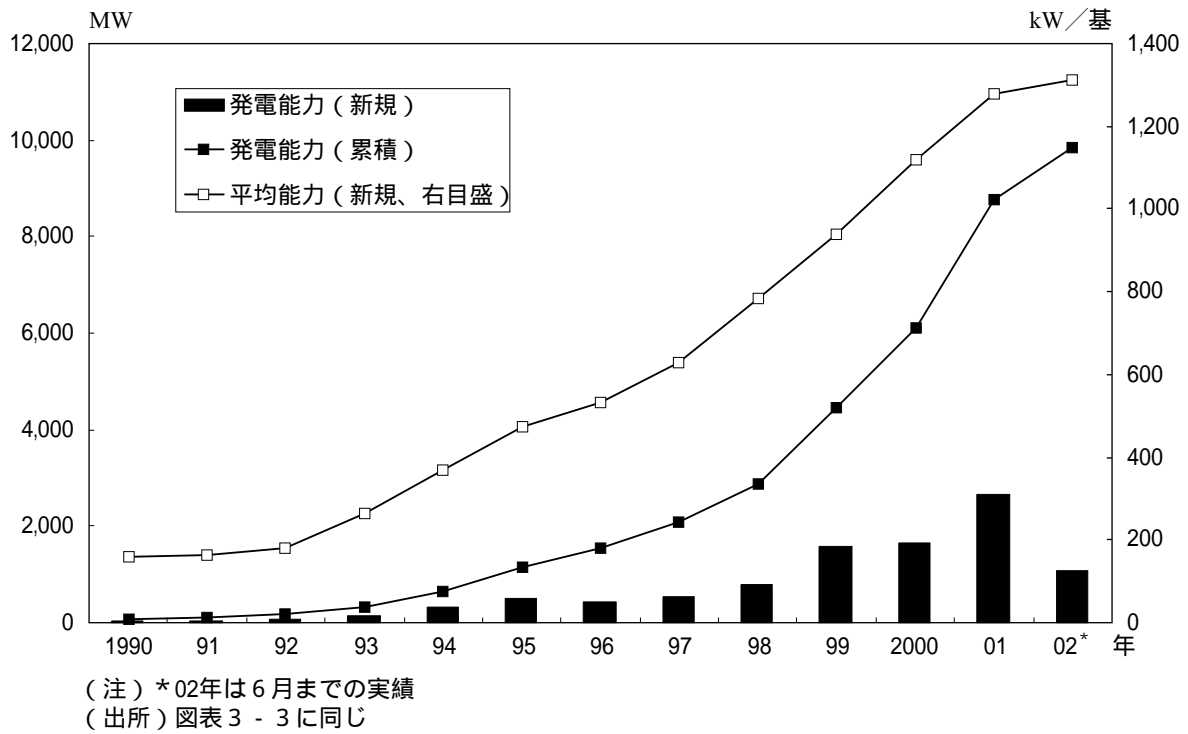
(出所) ドイツ連邦環境庁、VDEW資料より政策銀作成

図表 3 - 3 再生可能エネルギーの構成

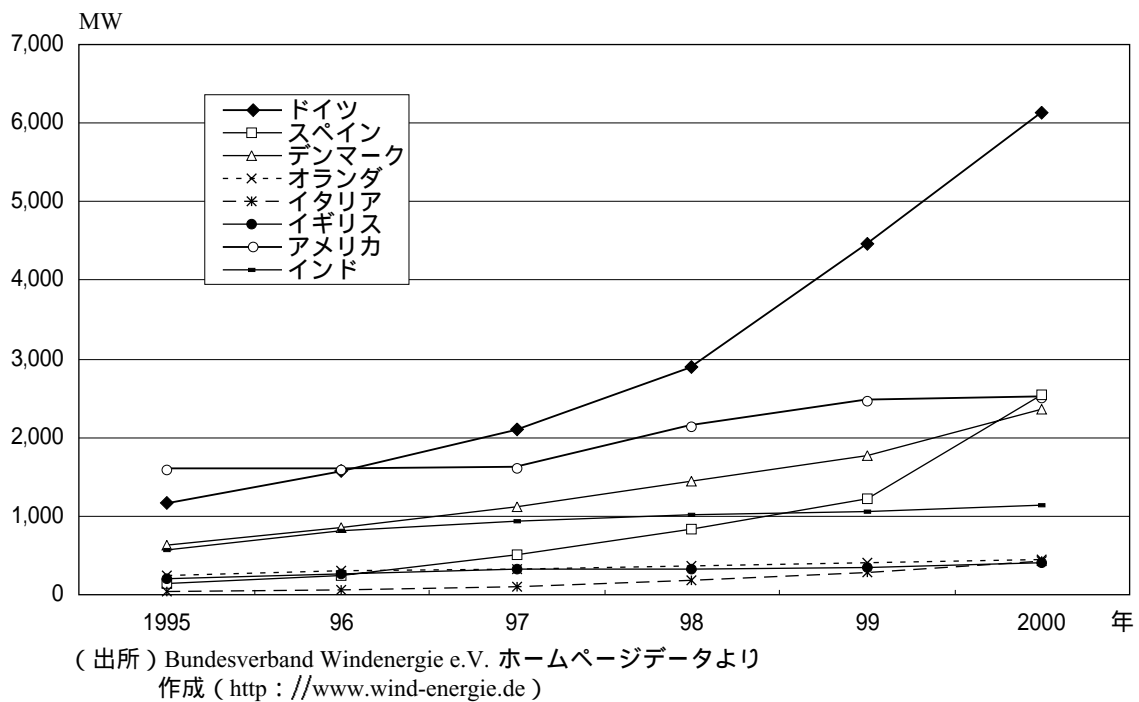


(出所) VDEW資料より政策銀作成

図表 3 - 4 ドイツの風力発電能力の推移



図表 3 - 5 主要国の風力発電設備能力の推移



もっとも、今後も順調に再生可能エネルギーが拡大するかという問題については、電力事業の経営環境が大きく変化していることから不透明である。ドイツでは98年の改正エネルギー法の施行によって地域独占体制が撤廃されたのを機に、電力自由化が一挙に進展した。電力料金は産業用で3割、家庭用でも1割低下しており、1,000社を超えるといわれる電力会社の再編も急速に進展している<sup>5</sup>。事業環境が厳しさを増すなかで、再生可能エネルギーを計画通り拡大していくためには政策的な支援が不可欠との指摘もあり<sup>6</sup>、今後の政策対応が注目される。

### 3．バイオマス利用拡大に向けた取組み

#### (1) バイオマス利用の現状

再生可能エネルギーの構成比を、2010年までに2000年の2倍まで拡大するという課題に直面するドイツ政府が、風力に次ぐ有力なエネルギー源として注目しているのがバイオマスである。

まずバイオマス利用の現状をみてみよう。99年のデータによれば、熱生産(44,000GWh)こそ3.3%を占める再生可能エネルギーの大部分が固形バイオマス(木材)によるものだが、電力や動力燃料におけるバイオマスのウエイトは極めて小さい<sup>7</sup>。前述のように電力消費量に占める再生可能エネルギーのウエイトは拡大を続けているが、その構成をみると、水力と風力がほとんどでありバイオマス発電のウエイトはごく僅かである。更に図表3-6でバイオマスの内訳をみると、処分場ガスと汚泥ガス利用が過半を占め、これに木材など固形バイオマスが続く形となっており、バイオガスや木材以外のバイオマス利用はまだ少ないことが分かる<sup>8</sup>。例えば、家畜ふん尿だけを取り出しても年間21,000トンの有機物(乾量)が排出されており、これは潜在的にバイオガス22.5TWhに該当する。発電効率を32%と仮定すると、年間7,200GWhの電力量(1.2GWの発電能力)に相当する。これは、ドイツの年間電力使用量

---

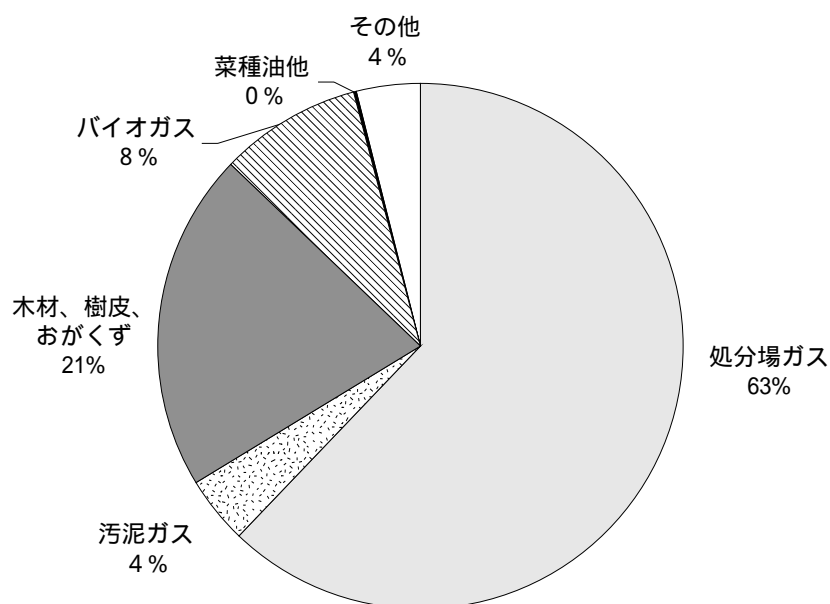
5．その大部分は地方自治体が経営する公営企業であり、地域への配電・小売事業を行っている。発電と送電を握る8大電力も既に4グループ(RWE、E.ON、EnBW、HEW)に集約されつつあり、かつそのうち2グループは外資系(フランス、スウェーデン)である。

6．例えばドイツ電事連会長Klinger氏のコメント(99年9月)では、2010年に再生可能電力のウエイトを2倍に出来るかは、市場システムに適合した効率的な支援政策(Förderpolitik)次第であるとしている。

7．Bundesinitiative Bioenergie(2002) *Gutachten Markt-und Kostenentwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse* p49

8．熱利用では固形バイオマス(木材)の燃焼が9割を占めており、太陽光や地熱などを大きく引き離しているのと対照的である。なお、電力、熱と並んで注目される自動車燃料では、バイオディーゼルのウエイトは0.55%(99年)と限界的である。

図表 3 - 6 発電利用されたバイオマス資源の構成 (1999年)



(出所) Bunsedinitiative Bioenergie, *Gutachten Markt- und Kostenentwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse* p 50

の1.4%、再生可能電力総発電量の20%にあたる。加えて、農業や食品産業及び分別収集される家庭ゴミから年間17百万トンの副産物や廃棄物が発生しており、これは50億m<sup>3</sup>/年のバイオガスに該当することになる<sup>9</sup>。こうした総量を考えれば、ドイツにおいてもバイオマス資源はその巨大なポテンシャルのごく一部しか利用されていないのが現状といえる。裏返せば、それだけ今後の拡大期待が大きいといえる。

ちなみに前述したEEG法のバイオマスに対する最低補償額の規定は、対象バイオマスの範囲や利用技術、適用基準など細目を定める政令を待って発効することになっている。この政令にあたる「バイオマスからの発電に関する法規命令 (die Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasse-Verordnung))」が発効したのは2001年6月であることから、バイオマスについてEEG法の影響が本格的に表れてくるのは今後になる。図表3-7に同法が対象とするバイオマスを示す。

9. 前掲注7より引用。これを電力量に換算すると、発電効率を32%として10,240GWhで電力使用量の2%になる。但し、このデータは家庭ごみからのバイオガス発生量をやや過大にみているので、発生原単位を200m<sup>3</sup>/トンで計算し直すと、約7,000GWhとなり電力使用量に占めるウエイトは1.4%となる。

図表 3 - 7 バイオマス令に定めるバイオマス

<p>法規命令上の認定バイオマス ( anerkannte Biomasse )</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・植物・植物要素</li> <li>・植物又は植物要素から生産されるエネルギー担体で、その構成要素や中間生成物がバイオマスからなるもの</li> <li>・農林漁業から発生する動植物性の廃棄物と副産物</li> <li>・バイオ廃棄物令上のバイオ廃棄物</li> <li>・バイオマスのガス化又は熱分解により得られるガスとその精製物・副産物</li> <li>・バイオマスから生成されるアルコールで、その構成要素、中間、川下、副産物がバイオマスからなるもの</li> </ul>
<p>EEG法上バイオマスとみなされるもの</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・廃木材*、使用済み木材（木材、木材加工品、木材割合の高い混合物からなる使用済み製品）、産業廃棄物としての使用木材（木材加工業から発生する加工屑など）。但し制限あり</li> <li>・廃木材から製造されるガス</li> <li>・植物油メチルエーテル（制限あり）</li> <li>・排水処理、護岸、浚渫等から回収される漂流物</li> <li>・嫌気性発酵から得られたバイオガスのうち、発酵プロセスが適切なもの</li> </ul>
<p>バイオマス令上バイオマスとみなされないもの</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・化石燃料とその副産物や生成物</li> <li>・家庭からの混合生活廃棄物、他の排出源からの類似廃棄物</li> <li>・紙・厚紙・段ボール</li> <li>・汚泥</li> <li>・港湾浚渫土、その他排水汚泥や沈殿物</li> <li>・繊維</li> <li>・動物の死体処理に関する法律第1条に定める、動物の死体、その一部や生産物</li> <li>・処分場ガス、汚泥ガス（発酵可能だが、EEG上はバイオマスとは区別されている）</li> </ul>

(注) \* 廃木材の場合、循環経済廃棄物法の基準を満たし、「処理すべき廃棄物」に該当しない場合に限って、バイオマス令上の認定バイオマスになる。現在のEU指令の下では、PCBや水銀などで汚染された木材は「処理すべき廃棄物」扱いになる。建材や建築現場、園芸などに使用されたような廃木材であっても、EEG法上はバイオマスとみなされる。

(出所) バイオマス令

## (2) バイオマス利用拡大に向けた政策の展開

バイオマスを発電利用する場合の電力買取制度をリサイクルの出口の問題として捉えると、これと並んで入口部分、すなわちバイオマス資源の供給（収集）も大きな課題である。賦存量こそ多いものの、広く薄く存在するバイオマス資源の特徴を考えれば、むしろこの部分での対策がより重要であるといえるだろう。

バイオマスは、エネルギー作物などの生産系と家畜ふん尿、間伐材、食品廃棄物など廃棄物系（残さ系）に大別されるが、生産系のバイオマスでは、例えば休耕地を活用して油種子などエネルギー作物を栽培するなど供給量の増加を図る取組みが進められている。EU域内では、2000年から2006年を対象期間とする共同農業政策（99年合意）により、栽培植物の作付面積のうち10%が休耕地化されることになった<sup>10</sup>。こうした休耕地では食料として利用しな

10. 閉鎖面積は任意で33%まで拡大可能であり、面積に応じて保証金が支給される。その水準は、当該地域の平均的な穀物収穫量1トン当り63ユーロとされている。

い限り成長原料（nachwachsende Rohstoffe）としてエネルギー作物の栽培が可能であるため、実際に多くの国で菜種などが栽培され、バイオディーゼル原料などに利用されている<sup>11</sup>。

これに対して廃棄物系バイオマスでは、有機性廃棄物を効率的に分別収集するための仕組み作りに依存する部分が大きく、安定的な供給を確保するのは容易でない。ドイツではこのための回収ルートが80年代後半に始まる廃棄物政策の高度化の一環として整備してきた。

### （3）廃棄物政策の高度化と有機性廃棄物

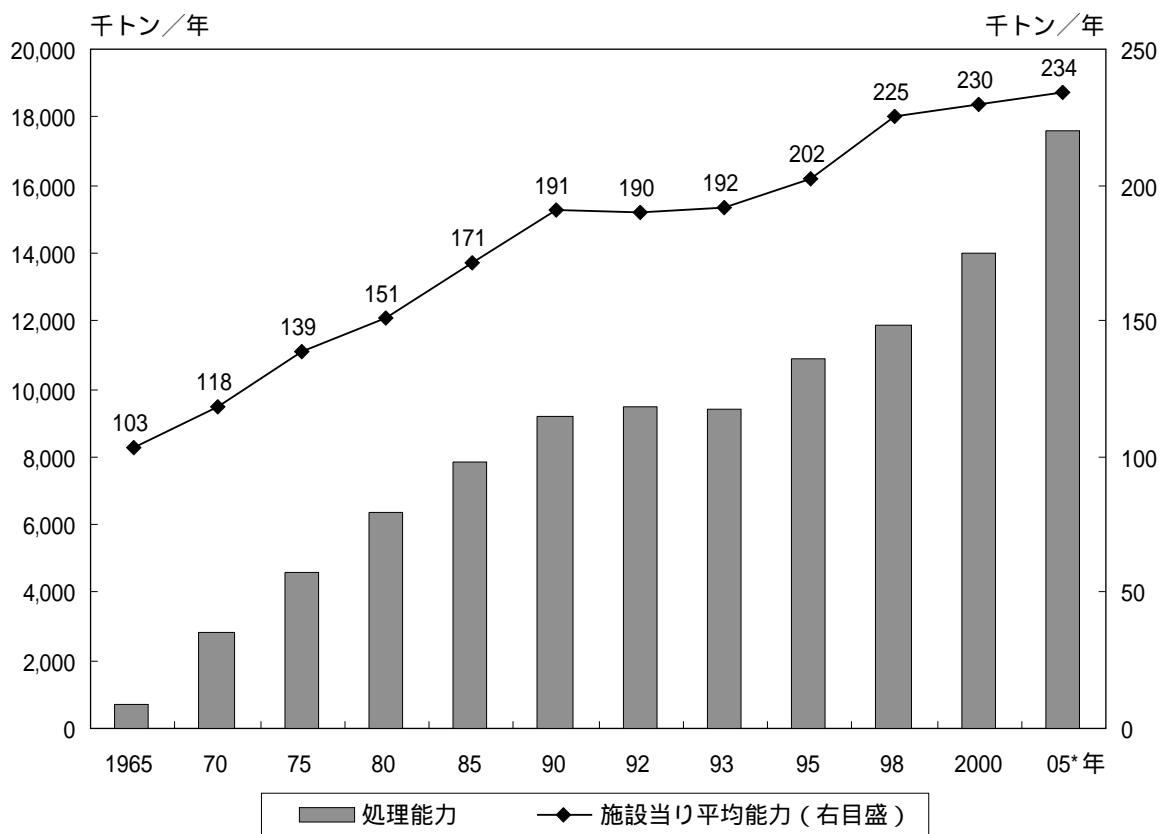
現在ドイツでは年間44百万トン程度の生活廃棄物が発生しており、このうち再資源化される分が19百万トン、焼却など中間処理に回るものが10百万トンで、残る15百万トン、発生量の34%余りが直接埋立てられている。こうした生活廃棄物の直接埋立てに起因する土壤汚染や処分場ガスの問題はドイツの環境政策や都市政策上の大きな課題となっている。93年にはこの問題に対処すべく「生活廃棄物に関する技術指針（TA-Siedlungsabfall：TASi）」が制定され、埋立てられる生活廃棄物の性状や埋立地の要件が厳格化された。この指針によって、廃棄物の残留有機成分は厳しく制限され、原則として熱処理や生物的・機械的処理を施さない限り埋立ては認められないことになった。同時に処分場の構造基準が大幅に強化され、いわゆるマルチバリアシステムの整備が必要となるため、既存施設は大規模な改修が必要となり、その分受け入れコストも大幅に上昇するものと予想されている。また、現在ドイツで稼働している400カ所弱といわれる生活廃棄物の最終処分場の多くがTASiの全面適用に伴い基準を充足できずに廃止されとも予想されている<sup>12</sup>。こうした影響の大きさから、一部の規制内容に適用猶予期間が設けられており、全面適用は2005年からである。これは自治体に十分な対応期間を提供する趣旨であり、実際に焼却設備の整備などの動きにつながっている（図表3-8）。

---

11. ドイツでは、これまで自動車燃料等に利用されるバイオディーゼルは鉱油課税を免除され、ガソリンやディーゼル燃料に比べて相対的に高い生産コストをカバーしてきた。しかし、EU委員会が検討中の指令では、こうしたバイオ燃料に対して通常の消費税率の最低50%を課税する方向にあるといい、今後状況変化が予想される。これに対して総合効率が70%以上のコジェネ施設は鉱油税が引き続き非課税であるため、ステイショナリーな発電設備についてはこの問題は当てはまらない。

12. 最終処分場については、TASiに加えて、既に特別廃棄物技術指針（TA-Sonderabfall（1991））、廃棄物堆積令（Abfallablagerungsverordnung（2001））により埋立てに関する厳しい要求水準が設定されている。2002年には、これにEU最終処分指令（1999/31/EG）を国内法化する最終処分場令（Deponieverordnung）が加わり、今後の最終処分場の政策は、この4規制（厳密には2つの法規制と2つの行政指針）によって進展することになる。これら全てに共通するのは、最終処分場が多額の浄化費用という形で将来世代の負荷になるのを防ぐ点である。すなわち、将来の土壤汚染の種地を増やさないことが最終処分場に関する政策目標である。

図表 3 - 8 ドイツにおける生活廃棄物焼却能力の推移



(注) \*05年値は施設計画等に基づく見込み  
 (出所) 連邦統計庁資料より作成

こうした規制強化の結果、生活廃棄物を最終処分するコストは大幅に増加し、このルート以外の処理、すなわちマテリアルリサイクルやエネルギー利用など再資源化の方向に向うことが予想されている。加えて連邦環境省は、遅くとも2020年までに生活廃棄物の新規埋立てをゼロにすることを中期的な目標に掲げており<sup>13</sup>、将来これに向けた法的規制の導入も検討視野に入れているといわれる。

都市から発生する生活廃棄物は、生ごみや剪定材などの有機物と紙くず、包装材が主要な構成要素である。ドイツでは、このうち包装材をDSDシステムによる民間リサイクルに移行させているため、残るのは有機性廃棄物と紙くずが大部分ということになる<sup>14</sup>。こうした最終処分場政策の流れから、有機性廃棄物のリサイクルが大きな政策課題として浮上するのは当然のことといえるだろう。

13 . Dr. Helmut Schnurer (2001) *Neues zum Deponierecht "EG-Deponie-Richtlinie und die Umsetzung in eine deutsche Deponieverordnung*

14 . これ以外に家電製品など電気・電子機器があるが、EUの「使用済み電気電子機器指令 (Directive Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE指令)」の制定を受けて、近い将来には指令の国内法化を通じてこうした製品を対象とするDSD類似のリサイクルシステムの構築が予想される。

#### (4) 分別排出の促進

では、実際に分別回収はどのように担保されるのだろうか。事業所から排出される生活廃棄物や廃木材については既に個別規制が導入され、排出源での対応が強化されている。このうち木質系バイオマスである廃木材については、2002年2月に可決・成立した廃木材令（die Verordnung über die Entsorgung von Altholz）がマテリアル・サーマルリサイクルなど処理のあり方を定めている。具体的には、廃木材は図表3-9の4種類に区分され、それぞれの区分に再資源化手段が対応する。マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルは同列とされ、廃木材を燃焼させてエネルギーを回収している現状に則した内容になっている。

図表3-9 廃木材令による分類

分類	内 容
A	天然木材又は機械処理だけが施された木材であり、再資源化に際して木材以外の物質による汚染がほとんどないもの
A	膠づけ、塗装、積層、ラッカー塗り、その他により処理された木材であり、積層にあたってハロゲン化合物を使用せず、防腐剤も使用していないもの
A	防腐剤は使用していないが、積層にあたってハロゲン化合物を使用しているもの
A	枕木、電柱、ホップ支柱、ぶどう棚、など防腐剤を使用したもの、あるいは有害物質を含有しているため、上記A ~ に分類できないもの。PCB木材を除く

(出所) 廃木材令

最も分別が困難と思われる家庭系生ごみについては、ごみ処理手数料を利用したインセンティブシステムが導入されている。ドイツの地方自治体は、提供する役務に係る財源を出来るだけ使用料や手数料、負担金で調達するように求められている。この仕組みの根拠は各州ごとに定められる自治体の公租公課法であり統一ルールはないが、概ねどの州でも生活廃棄物の処理に要する費用の大部分は手数料によってカバーされている。逆にいえば、市民は自治体に対して従量制のごみ処理手数料を支払うことの見返りとして廃棄物処理サービスの提供を受けているわけである。容器包装リサイクルの成功例として知られるDSDシステムも、このシステムを前提にして効率的な分別排出を実現している。消費者はDSD扱いとなる包装材を分別排出することで自治体に処理を委ねるゴミの量、ひいては支払うべきごみ処理手数料を減少させることが出来るためである。同種の試みが生ごみ類についても多くの自治体で導入されている。図表3-10はヘルネ市（ノルトライン・ヴェストファーレン州）の廃棄物処理手数料の料金体系を示している。手数料は回収容器の容量によって異なる。家庭からの



図表 3 - 10 ごみ収集手数料の例

回収容器容量	一般ごみ	有機性ごみ	年間金額	円換算
	ユーロ / 2 週間	ユーロ / 2 週間	ユーロ( + )	( 115 ¥ / ユーロ )
80	94.40	64.00	158.4	18,216
120	141.60	96.00	237.6	27,324
240	283.20	192.00	475.2	54,648
660	778.80	528.00	1,306.8	150,282

最低排出量 = 20 / 人・週が前提とされている  
 ( 出所 ) Marktplatz herne HP www.markt-herne.de

10人家族なら400 ( 10 × 20 / 週・人 × 2 週間 )  
 240 × 1 個、80 × 2 個で契約

ケース 240 を一般ごみ、80 × 2 をバイオゴミで契約し分別排出  
 = 283.20 × 1 + 64.00 × 2 = 411.20ユーロ / 年

ケース 240 、80 × 2 とともに一般ごみとして分別排出しない  
 = 283.20 × 1 + 94.40 × 2 = 472.00ユーロ / 年

分別排出すると、60.80ユーロ ( = 472.00 - 411.20 ) 手数料削減効果

排出量の計算は各自治体のごみ約款によって異なるが、この市のケースでは1人1週間当たり20リットルが最低排出量とされる。また収集は2週間に1度とされている。例えば10人家族を想定すると、2週間での排出量は400リットル ( = 10人 × 20リットル / 人・週 × 2 週間 ) となる。この家庭では、400リットル分の容器を確保しなければならない ( 240リットル容器 × 1 と80リットル容器 × 2 など )。ここで図表にみるように、一般ごみと有機性ごみとでは料金体系が異なるため、分別排出することに経済的なメリットが生まれる。例えば400リットル分全てを一般ごみとして排出すると年間の処理手数料は472ユーロになるが、80リットル2個分を有機性ごみとして分別すると手数料は411.2ユーロとなり、60.8ユーロ ( 7,000円 ) の節約となる。現在、ドイツの各家庭にはこうした有機性廃棄物専用の緑色又は茶色の回収容器 ( Biotonne ) がグレーの一般ごみ用と並んで置かれているのが一般的である。

こうして分別回収された有機性廃棄物の再資源化方法として一般的なのはコンポスト化である。しかし、コンポスト化に限界があること、その他の処理方策が模索されていることはわが国と同様である<sup>15</sup>。こうした廃棄物政策からの要請と、本章の冒頭で見た主に地球温暖化対策として進められてきた再生可能エネルギーの拡大からの要請とが相俟ってバイオガス化利用を促しているというのがドイツの状況である。

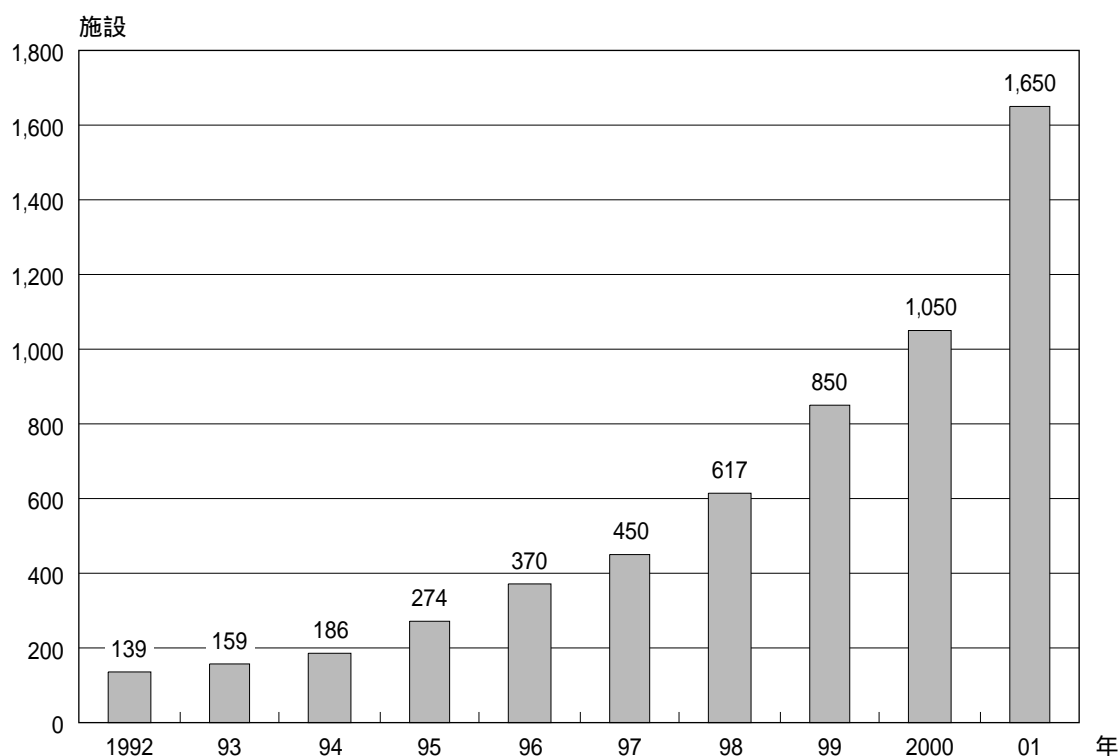
15. ドイツでは施肥により毎年どれだけの養分が農地に入り、どれだけが流出しているかを計測する養分決算書を導入する取組みが進められており全体として養分収支は改善傾向を示しているが、それでも家畜飼養密度の高い地域などを中心に養分過剰の問題は深刻であるといわれる。

### (5) ドイツの取組みからの示唆

バイオガス化処理は、温室効果ガス排出の削減や化石燃料の保全といった再生可能エネルギー政策面での効果に留まらず、エネルギー輸入依存度の低下、メタンのように放っておけば拡散してしまう温室効果ガスのエネルギー利用、さらには地域の農業、林業にとって新規事業の機会を創出することなど、多くの付随効果をもたらす技術としても期待されている。このため、これまでにみてきたように排出源での分別を促進する入口整備、プラントの事業性を確保すべく余剰電力の買取を制度的に保証する出口整備と並んで、プラント設置を対象とする補助金や政策金融が手厚く用意されている点<sup>16</sup>もバイオガス化処理を促進するための政策対応として指摘出来るだろう。

図表3 - 11にみるように、近時ドイツ国内ではバイオガス化プラントの設置が増加している。2001年段階で1,650施設が設置されているとみられるが、これは96年に比べて4倍の水準である。これらの多くは農村地域における家畜ふん尿の処理を中心とするバイオガス化プラントである。こうした施設では、食品廃棄物はガス回収量を上昇させるための添加材として利用されることが多いといわれる。発酵残さである消化汚泥を農地に受け入れることが可能

図表3 - 11 ドイツのバイオガスプラント数の推移

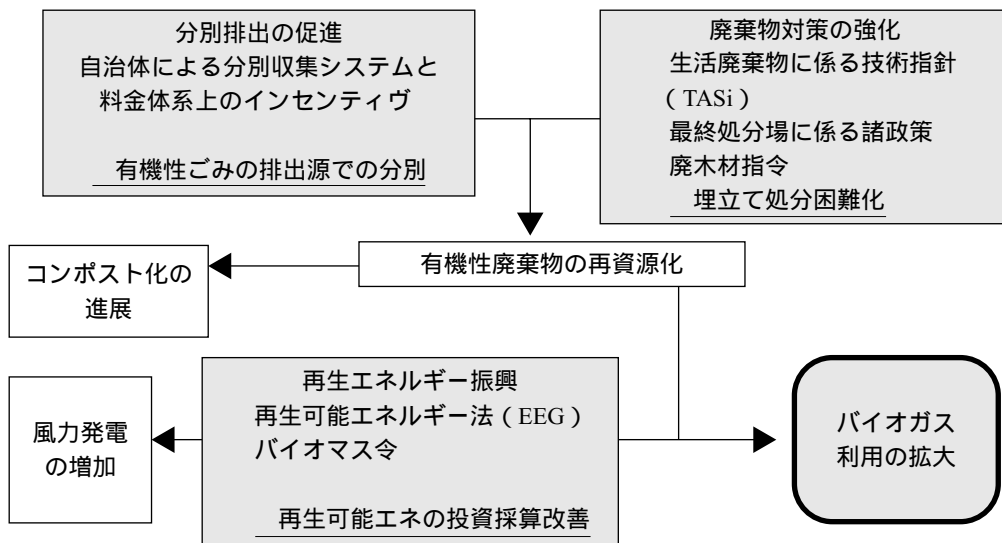


(出所) BBE, *Markt- und Kostenentwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse*

16. 連邦政府による補助金、復興金融公庫 (KfW) による政策融資など。

な農村地域主体の展開と、主に都市域で発生する食品廃棄物の処理を中心に考えてきた前章までの議論とでは前提条件に大きな違いがある。しかしながら、収集システムのあり方、施設整備のための助成制度のあり方、事業性を確保するための電力買取制度など出口面での対応、といった総合的な政策を通じてバイオガス事業を拡大させつつあるドイツの取組みは、わが国の今後を考えるうえで示唆に富むといえるだろう（図表 3 - 12）。

図表 3 - 12 ドイツにおけるバイオマス利用拡大に向けた流れ



(出所) 政策銀作成

## 第4章 食品リサイクルとバイオマス

### 1. バイオマス資源としての食品廃棄物

#### (1) バイオマス関連政策の進展

ここまで食品リサイクル法を契機として今後進展が見込まれる食品廃棄物のリサイクル動向を概観してきた。焼却処理が行き詰まりをみせ、伝統的なリサイクルルートであるコンポスト化や飼料化の拡大余地に限られるなかで、バイオガス化処理を始めとする新たなリサイクル技術への期待が高まっている。一方、適切に分別収集された食品廃棄物の確保など、入口部分のシステム整備が大きな課題となることが分かった。第2章のバイオガス化プラントのフィージビリティ・スタディーから、この点は食品廃棄物リサイクルを（公的サービスとしてではなく）ビジネスとして捉えた場合にはいっそう重要な問題である。バイオガス化事業といっても通常のリサイクル事業と異なるところはなく、装置産業の性格が強いうえ収入のコアは廃棄物処理手数料であるため、事業性は食品廃棄物の処理量に大きく左右される。含水率が高く腐敗しやすいなど輸送面での効率の悪さを考えれば、他のリサイクル事業よりも制約条件は大きいといえるだろう。もっとも、前章でみたドイツの例から分かるように、食品廃棄物リサイクルがそれだけで独立した論点となることは稀である。食品廃棄物は下水汚泥や家畜ふん尿と並ぶ廃棄物系バイオマス資源の主要な構成要素であることから、むしろバイオマス資源活用上の課題として取り扱われるのが一般的である。

バイオマスとは前述したようにエネルギー資源として利用できる生物体の量であり<sup>1</sup>、森林を筆頭に膨大なストックが存在している。バイオマス資源の活用とは、このストックを維持しつつ毎年フローとして発生するバイオマスを循環資源として利用することを意味している。前述のとおり、バイオマスはエネルギー作物などの生産系と廃棄物系（残さ系）に大別されるが、食品廃棄物は後者の主要な構成要素である。図表4-1は、わが国における廃棄物系の年間発生量をみたものである。この生物系廃棄物リサイクル研究会による推計によれば、毎年発生する廃棄物系バイオマス量は2億8千万トンで、廃棄物の年間発生量の6割を占めている<sup>2</sup>。また、90年のバイオマスバランス表に基づく山地・藤野の研究（2000）によれば、これら廃棄物系バイオマスの熱量は間伐材を除いた合計で1,547PJ（ペタジュール＝

1. わが国では生物資源や有機性資源の訳語が当てられることが多い。新エネ法で「動植物に由来する有機物であってエネルギー源として利用できるもの」として定義されている。

2. 生物系廃棄物リサイクル研究会（1999）「生物系廃棄物のリサイクルの現状と課題」。

図表 4 - 1 わが国の廃棄物系バイオマス発生量

バイオマス資源		生産系バイオマス	糖質系（サトウキビ等） デンプン系（粗粒穀物等） リグノセルロース系等				
			種 類	発生量	構成比		
バイオマス資源		生産系バイオマス	農業系	稲わら	1,094	3.9	
			麦わら	78	0.3		
			もみがら	232	0.8		
			小計	1,404	5.0		
			畜産系	家畜ふん尿	9,430	33.5	
			畜産物残さ	167	0.6		
			小計	9,597	34.1		
			林業系（パーク、おがくず、木くず）	547	1.9		
			廃棄物系バイオマス	食品製造業	動植物残さ	248	0.9
				汚泥	1,504	5.3	
		小計		1,752	6.2		
		建設業（建設発生木材）	632	2.2			
		生ごみ（家庭系 + 事業系）	2,028	7.2			
		草木類（木竹類）	247	0.9			
		汚泥類	下水汚泥	8,550	30.4		
			し尿	1,995	7.1		
			浄化槽汚泥	1,359	4.8		
			農業集落排水汚泥	32	0.1		
			小計	11,936	42.4		
				合 計		28,143	100.0

単位：万トン、%

（出所）「有機性廃棄物のリサイクル戦略」（原典は生物系廃棄物リサイクル研究会資料）等より政策銀作成

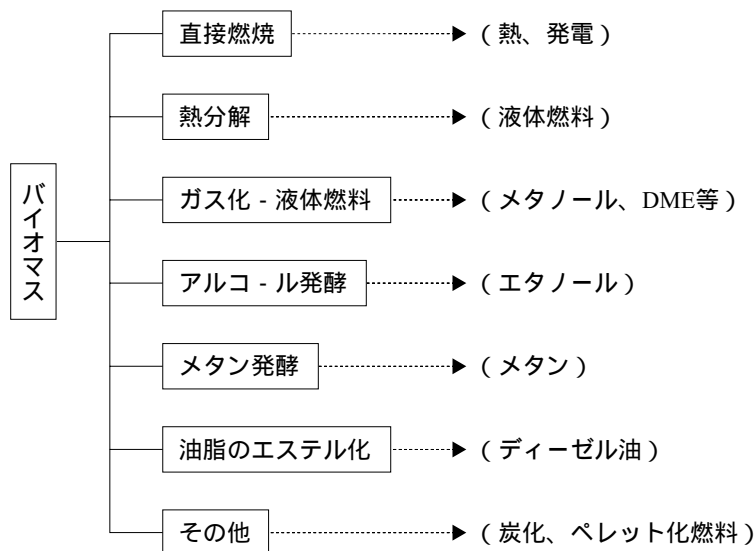
10<sup>15</sup>ジュール）石油換算で約3,700万トン分に相当する。これは廃棄物系バイオマスの全てが利用可能とした場合の値であり、耕地へのわらのすき込みやバイオガス化の効率など技術的な制約を考慮すれば、実際的な利用可能量は873PJ、石油換算約2,100万トンになるという<sup>3</sup>。わが国のエネルギー供給量全体の中でみれば量的には小さいが、バイオマスは、もともと大気中に存在するCO<sub>2</sub>を光合成によって有機物化したものであり、これを利用する過程でCO<sub>2</sub>が排出されてもトータルの収支はゼロ（カーボンニュートラル）であることから、化石燃料に代替することによる効果（エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量削減による地球温暖化対策など）は大きい。これをCO<sub>2</sub>換算すると利用可能量で60百万トンとなり、わが国のCO<sub>2</sub>排出量の5%程度に相当することになる。しかも、こうした廃棄物系バイオマスのうち実際に有効利用されているものはごく一部に留まり<sup>4</sup>、なかには生ごみのように重油を助燃剤として追加投入しながら焼却されているものもあることを考えれば、その有効活用に期待がかかるのは当然であろう。

3．山地博巳・藤野純一（2000）「バイオエネルギー」p11。

4．ごみ発電や紙パルプ産業における黒液利用など。

処理技術はバイオマスの種類や性状の多様さを反映して様々である。燃焼して発電を行うほか、アルコール発酵、メタン発酵などによる燃料化、炭化などそれぞれに適した変換技術や利用方法が開発されている。図表4-2は、こうした処理技術を見たものだが、このうち本稿が取り扱ってきたバイオガス化処理（メタン発酵）は、家畜ふん尿や食品廃棄物、汚泥類といったウェット系のバイオマス処理に向けた処理に位置付けられる。

図表4-2 バイオマスのエネルギー利用技術



(出所) 化学工業日報社「バイオマス」

現在、米国や欧州と並んでわが国でもバイオマス利用の拡大に向けた政策が整備されつつある。京都議定書に基づく温室効果ガス削減（90年比 6%）の履行に向けた具体策を取りまとめた地球温暖化対策推進大綱（2002年3月）では、バイオマスエネルギーを含む新エネルギー対策の強化を省エネと並ぶ柱の一つに据え、導入段階や技術開発などを政策的に支援する方針を明らかにしている。具体的には、供給サイドの新エネルギー対策として2010年度までに原油換算で1,910万キロリットルの導入を図るとされ、このうちバイオマスは発電利用で34万キロリットル（33万kW、99年度実績の約6倍の水準<sup>5</sup>）、熱利用で67万キロリットルに設定されている。その一環として、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法（新エネ法）」の政令改正によりバイオマスが指定対象に追加され、また2003年4月に施行予定である「電気事業者による新エネルギー等電気の利用の促進に関する特別措置法<sup>6</sup>」にもバ

5. 99年度の実績は木くず、下水汚泥、バガスの3廃棄物処理に伴う発電をカウントしているのに対し、2010年度目標は生ごみや家畜ふん尿、間伐材、剪定材など処理対象を拡大している。

6. 通称RPS法（Renewable Portfolio Standard）。固定価格による買取制度と異なり、新エネルギー電力の利用目標を定め、これを勘案して電力会社に一定割合の新エネ利用を義務付けるもの。

バイオマスが対象となることが決まるなど、施設整備への助成やリサイクルの出口確保に向けた枠組は着実に整いつつある。さらに、バイオマスの多様性を反映して管掌が複数の省庁にまたがることから、省庁横断的なプロジェクトチームが設置され「バイオマス・ニッポン総合戦略大綱」の策定作業を続けており、これまでにない総合的な支援スキームの構築が期待されている<sup>7</sup>。

## (2) 入口部分の政策整備とバイオガス化処理

施設整備や出口の問題と並んで今後ますます重要になってくるのが、処理すべきバイオマスの安定的な確保に向けた入口部分の対策である。この観点からみれば、食品リサイクル法は廃棄物系バイオマスの1割弱を占める食品廃棄物について分別回収を進めるための制度的な対応と位置付けることが出来る。同様に99年に施行された「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（家畜排せつ物法）」や、2002年5月に完全施行された「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法）」についても、家畜ふん尿、建設工事に係る廃木材というバイオマス資源のリサイクルに向けた入口整備と捉えることが出来る。

家畜排せつ物法は、畜産業における家畜排せつ物の管理を適正化し、堆肥等として有効に利用するための支援措置を定めるものであり、2004年から罰則が適用され強制力を備えることになる。家畜ふん尿は、廃棄物系バイオマスの中で下水汚泥と並ぶ最大の品目であり、年間8,000万トン以上発生している<sup>8</sup>。発生量の大部分は農地や草地に還元されており、これまでのところ問題なく処理されているように見えるが、堆肥化されずに直接散布されているものも少なくないといわれる。大規模化、集中的な多頭飼育が一般化したことによるストックヤードの確保難、消費者である穀作農家との遠隔化、高齢化の進展など、畜産農家の経営環境が大きく変化するなかで堆肥としての有効利用が難しくなったためである。家畜排せつ物法では、メタン発生による大気汚染や硝酸による水質汚染など家畜ふん尿の不適切な管理に伴う生活環境への悪影響を防止するために、その管理方法を定めている。固形状のものはコンクリートなど不浸透性材料の床があり、覆いや側壁を備えた施設で管理すること、液状のものは不浸透性材料で築造した貯留槽で管理することが義務付けられ、野積みや素掘り溜め池が禁止されている。

---

7. 経済財政諮問会議の「経済財政運営と構造改革の基本方針」(2002年6月)においてバイオマス利用推進に向けて農水省、環境省、関連省庁の協力が盛りこまれたことに対応したもの。

8. 農林水産省「家畜飼養者による堆肥化利用への取組み状況調査報告書」によると、99年12月から2000年11月までに発生した家畜ふん尿は8,116万トンとされている。

また、建設リサイクル法は、一定規模以上の建設工事を対象に、特定の建設資材について分別解体や再資源化を義務付けるものであり、コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊と並んで建設発生木材が対象となっている。国土交通省の建設副産物実態調査（センサス調査）によれば、2000年度の建設発生木材排出量は500万トンで、このうち縮減または再資源化された割合は全国平均で38%と全体平均（85%）に比して低い。同法は、分別解体の徹底と再資源化割合を2010年度までに95%に高めることを求めており<sup>9</sup>、今後は、解体現場からの建設発生木材の分別回収が進むと同時に、再資源化に向けた取組みが強化されることになる<sup>10</sup>。

いずれも廃棄物系バイオマスを排出段階で分別し、次の工程である再資源化につなげるための前提条件を整備する効果がある。こうした入口段階での対策が講じられると、リサイクル事業のフィージビリティが高まり処理技術の開発が進展する。実際、食品廃棄物と同様に、現在家畜ふん尿のバイオガス化処理、木質系バイオマスの炭化処理などを中心に今後の需要増を見込んで様々な処理技術のシーズが相次いでいる<sup>11</sup>。このうちバイオガス化処理については、とりわけ家畜ふん尿への関心が高い。これは家畜ふん尿が、スラリー状の物質であり、もともとメタン発酵に馴染みやすい性状の物質であること、オンサイト処理が可能であり非効率な輸送を回避できること、発酵残さを堆肥化して利用出来る可能性があることなど、都市型のプラントにはないメリットがあり、畜産農家に新たな事業機会が期待出来るためである<sup>12</sup>。第2章で例示した神鋼パンテックや明電舎のほか、三井造船、栗田工業など数多くの企業が参入している。今後、家畜ふん尿処理を中心とする農村型のバイオガス化インフラの整備が進めば、先にみた都市型モデルでは展開が難しい地域でも、これと連携することで事業性を確保できるようなケースも出てくるだろう。

---

9．木材の場合はリサイクルする際の経済性の制約が大きいため焼却による縮減が認められている。

10．建設発生木材の再資源化率の向上には相当な困難が予想される。パーティクルボードなどマテリアルリサイクルは受け皿に限られるうえに、防腐剤、防蟻剤を含む解体系木材は使用できず、サーマルリサイクルについてもチップ専焼ボイラーが減少しているためである。それゆえバイオマス発電や炭化といった新しい処理技術の活用が目が集まっている。竹ヶ原（2002）などを参照。

11．例えば、前述の明電舎では、家畜ふん尿処理に加えて木質系バイオマスについてもMGTと組み合わせたリサイクルシステムを提示している。これは、間伐材や建設発生木材、剪定屑を400～600℃で蒸し焼きにして木炭にし、その過程で発生する排気ガスをMGTに利用するものである。同時に発生する木煙をコンデンサーで冷却して蒸留液化物を回収し、これを分留して有価物である木酢液（土壤改良剤や石鹼材料）と、タール（低沸点タールと高沸点タール）とに分け、後者をMGT燃料に投入するというシステムであり、MGTのマルチ燃料性を活かした技術といえるだろう。

12．もっとも、家畜ふん尿の場合はメタン濃度が低く、中温で20～30日程度発酵させる必要があり、ガス発生量も20～30m<sup>3</sup>前後と低位であるなどの課題がある。そのため食品廃棄物を対象とする都市型プラントとは別に事業性の慎重な評価が必要不可欠である。



## 2 . おわりに

以上でみてきたように、バイオマス資源には、十分な賦存量、非枯渇性、カーボンニュートラルといった多くの利点がある反面、広く薄く存在していること、含水率が高く目的成分比率が低いこと（エネルギーレベルの低さ）、地域性や季節変動が大きいこと、悪臭対策が必要となることなど有効活用する上での問題点も少なくない。したがって、その有効活用のためには、政策整備を通じて適切にリサイクルされるよう誘導するとともに、効率的な収集運搬体制を整備することが重要である。その点で食品リサイクル法と、これを契機に展開されるリサイクルシステム構築に向けた官民の様々な取組みは、今後のバイオマス有効活用に向けたシステム整備の嚆矢といえる。伝統的なリサイクルルートであるコンポスト化や飼料化はもとより、バイオガス化処理を始めとする多くの新技術の可能性を踏まえて、排出レベルや性状に応じて最適なりサイクルルートに配分していけるだけの処理基盤、システムの整備が進展することを期待したい。

【竹ヶ原 啓介（E-Mail：ketakeg@dbj.go.jp）】

## 引用文献・参考文献

- 石川禎昭編著 [ 2002 ] 『図解 循環型社会づくりの関係法令早わかり』 オーム社
- 井上宇市、水野宏道 [ 2000 ] 『ガスコージェネレーション』 日本ガス協会
- 京都市環境局 [ 2001 ] 『地域における物質循環フロー解析調査報告書』 京都市環境局
- コージェネレーションシステム設計法に関する研究委員会 [ 1994 ] 『都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価』 空気調和・衛生工学会
- 生物系廃棄物リサイクル研究会 [ 1999 ] 『生物系廃棄物のリサイクルの現状と課題』 生物系廃棄物リサイクル研究会
- 日本環境衛生センター [ 2001 ] 『廃棄物基本データ集2000』 日本環境衛生センター
- 農村地域工業導入促進センター [ 2002 ] 『食品廃棄物リサイクルシステム構築における環境機器の課題と将来』 機械振興協会 経済研究所
- 高野信雄、大森昭一郎 [ 1992 ] 『輸入粗飼料のすべて』 酪農総合研究所
- 竹ヶ原啓介 [ 2002 ] 『都市再生と資源リサイクル』 日本政策投資銀行「調査」33号
- 但野利秋 [ 2001 ] 『有機性廃棄物の循環利用の現状と今後取り組むべき課題』 環境機器2001 / 10
- 七都県市廃棄物問題検討委員会 [ 2000 ] 『生ごみ等の処理及び有効利用に関する調査報告書』
- 日欧産業協力センター [ 2001 ] 『新エネルギー等導入促進基礎調査』 平成12年度経済産業省委託業務成果報告書
- 農業総合研究所 [ 2001 ] 『市町村及び食品製造業における有機性廃棄物処理の実態と課題』 有機性資源プロジェクト研究資料 第2号
- Heinz Schultz, Barbara Eder ( 浮田良則監訳 ) [ 2002 ] 『バイオガス実用技術』 オーム社
- 古市徹、ORS研究会 [ 2001 ] 『有機系廃棄物のリサイクル戦略』 環境産業新聞社
- 美濃輪智郎、横山信也 [ 2002 ] 『多分野の知識、技術を結集して新産業創出・多様なバイオマス種とエネルギー変換技術』 ENERGY 2002・6 p71 - 77
- 山地憲治、山本博巳、藤野純一 [ 2000 ] 『バイオエネルギー』 ミシオン出版
- 湯川英明 [ 2001 ] 『バイオマス』 化学工業日報社
- 渡辺真一郎 [ 2001 ] 『分散型電源におけるマイクロガスタービン』 日本政策投資銀行「調査」24号
- Bundesinitiative Bioenergie [ 2002 ] *Markt-und Kostenentwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Gutachten*, Fichtner
- Fachverband Biogas e.V. [ 2000 ] *Biogasanlagen und die BioabfV*, Fachverband Biogas e.V.

Helmut Schnurer [ 2001 ] *Neues zum Deponierecht “ EG-Deponie-Richtlinie und die Umsetzung in eine deutsche Deponieverordnung.*

Von Henning Friege [ 1997 ] *Von Waffengleichheit keine Spur*, der städtetag 1997 / 7 Verlag  
W.Kohlhammer

その他 関係各機関、企業のホームページ、環境報告書など

# 『調査』既刊目録 最近刊・分野別

最近刊：2002年12月現在（分野別の中から最近30刊分を再掲したもの）

分野別：2002年12月現在（97年度以降発行分）

数字は号数（ ）は発行年月で分野ごとに降順配置。

99年9月以前は日本開発銀行発行、同年10月以降は日本政策投資銀行発行。

## 最近刊の索引

- ・ 48(2002. 12) 食品リサイクルとバイオマス
- ・ 47(2002. 11) 中国の経済発展と外資系企業の役割
- ・ 46(2002. 10) 将来不安と世代別消費行動
- ・ 45(2002. 10) 設備投資計画調査報告(2002年8月)
- ・ 44(2002. 8) 日本企業の生産性と技術進歩
- ・ 43(2002. 8) 設備投資・雇用変動のミクロ的構造
- ・ 42(2002. 8) わが国電気機械産業の課題と展望
- ・ 41(2002. 8) 邦銀の投融资動向と経済への影響
- ・ 40(2002. 7) 社会的責任投資(SRI)の動向
- ・ 39(2002. 7) 少子高齢化時代の若年層の人材育成
- ・ 38(2002. 7) 最近の経済動向
- ・ 37(2002. 3) 設備投資計画調査報告(2002年2月)
- ・ 36(2002. 3) 使用済み自動車リサイクルを巡る展望と課題
- ・ 35(2002. 3) 近年の企業金融の動向について
- ・ 34(2002. 3) 労働分配率と賃金・雇用調整
- ・ 33(2002. 2) 都市再生と資源リサイクル
- ・ 32(2002. 1) 環境情報行政とITの活用
- ・ 31(2001. 12) 最近の経済動向
- ・ 30(2001. 12) ROAの長期低下傾向とそのミクロ的構造
- ・ 29(2001. 11) 変貌するわが国貿易構造とその影響について
- ・ 28(2001. 10) 設備投資計画調査報告(2001年8月)
- ・ 27(2001. 7) 最近の産業動向
- ・ 26(2001. 7) 最近の経済動向
- ・ 25(2001. 3) 物流の新しい動きと今後の課題
- ・ 24(2001. 3) 分散型電源におけるマイクロガスタービン
- ・ 23(2001. 3) わが国半導体製造装置産業のさらなる発展に向けた課題
- ・ 22(2001. 3) ケーブルテレビの現状と課題
- ・ 21(2001. 3) 設備投資計画調査報告(2001年2月)
- ・ 20(2001. 3) 家電リサイクルシステム導入の影響と今後
- ・ 19(2001. 3) 最近の経済動向

## 分野別の索引

### 〔設備投資アンケート〕

#### 設備投資計画調査

- |                           |               |
|---------------------------|---------------|
| ・ 2001・02・03年度（2002年8月）   | 45(2002. 10)  |
| ・ 2001・02年度（2002年2月）      | 37(2002. 3)   |
| ・ 2000・01・02年度（2001年8月）   | 28(2001. 10)  |
| ・ 2000・01年度（2001年2月）      | 21(2001. 3)   |
| ・ 1999・2000・01年度（2000年8月） | 15(2000. 10)  |
| ・ 1999・2000年度（2000年2月）    | 7(2000. 3)    |
| ・ 1998・99・2000年度（1999年8月） | 2(1999. 10)   |
| ・ 1998・99年度（1999年2月）      | 254(1999. 3)  |
| ・ 1997・98・99年度（1998年8月）   | 251(1998. 10) |
| ・ 1997・98年度（1998年2月）      | 239(1998. 3)  |
| ・ 1996・97・98年度（1997年8月）   | 234(1997. 10) |

### 〔経済・経営〕

#### 最近の経済動向

- |                       |               |
|-----------------------|---------------|
| ・ グローバル化と日本経済         | 38(2002. 7)   |
| ・ デフレ下の日本経済と変化への兆し    | 31(2001. 12)  |
| ・ デフレ下の日本経済           | 26(2001. 7)   |
| ・ 今次景気回復の弱さとその背景      | 19(2001. 3)   |
| ・ ITから見た日本経済          | 12(2000. 8)   |
| ・ 90年代を振り返って          | 4(2000. 1)    |
| ・ 設備投資と資本ストックを中心に     | 258(1999. 7)  |
| ・ 長引くバランスシート調整        | 252(1999. 1)  |
| ・ 今回の景気調整局面の特徴        | 245(1998. 8)  |
| ・ 日本経済の成長基盤           | 237(1997. 12) |
| ・ 民需を牽引するストック更新と新たな需要 | 227(1997. 6)  |

## 日本経済一般

- ・日本企業の生産性と技術進歩 44 (2002. 8)
- ・為替変動と産出・投入構造の変化 242 (1998. 6)

## 金融・財政

- ・邦銀の投融资動向と経済への影響 41 (2002. 8)
- ・社会的責任投資(SRI)の動向 40 (2002. 7)
  - 新たな局面を迎える企業の社会的責任 -
- ・近年の企業金融の動向について 35 (2002. 3)
  - 資金過不足と返済負担 -
- ・国際金融取引に見るグローバル化の動向 233 (1997. 10)

## 設備投資・企業経営

- ・設備投資・雇用変動のミクロ的構造 43 (2002. 8)
- ・ROAの長期低下傾向とそのミクロ的構造 30 (2001. 12)
  - 企業間格差と経営戦略 -
- ・日本企業の設備投資行動を振り返る 17 (2000. 11)
  - 個別企業データにみる1980年代以降の特徴と変化 -
- ・90年代の設備投資低迷の要因について 262 (1999. 9)
  - 期待の低下や債務負担など中長期的構造要因を中心に -

## 消費・貯蓄・雇用

- ・将来不安と世代別消費行動 46 (2002. 10)
- ・労働分配率と賃金・雇用調整 34 (2002. 3)
- ・家計の資産運用の安全志向について 16 (2000. 10)
- ・企業の雇用創出と雇用喪失 6 (2000. 3)
  - 企業データに基づく実証分析 -
- ・消費の不安定化とバブル崩壊後の消費環境 1 (1999. 10)
- ・人口・世帯構造変化が消費・貯蓄に与える影響 248 (1998. 8)
- ・資産価格の変動が家計・企業行動に与える影響の日米比較 244 (1998. 7)
- ・近年における失業構造の特徴とその背景 240 (1998. 4)
  - 労働力フローの分析を中心に -

## 貿易・直接投資

- ・変貌するわが国貿易構造とその影響について 29 (2001. 11)
  - 情報技術関連(IT)財貿易を中心に -
- ・日本企業の対外直接投資と貿易に与える影響 229 (1997. 8)
- ・貿易構造の変化が日本経済に与える影響 226 (1997. 5)
  - 生産性及び雇用への効果を中心に -

## 海外経済

- ・中国の経済発展と外資系企業の役割 47 (2002. 11)
- ・米国の景気拡大と貯蓄投資バランス 8 (2000. 4)
- ・米国経済の変貌 255 (1999. 5)
  - 設備投資を中心に -
- ・アジアの経済危機と日本経済 253 (1999. 3)
  - 貿易への影響を中心に -
- ・米国経済の再生と日本への示唆 238 (1998. 3)
  - 労働市場の動向を中心に -

## [ 産業・技術・環境 ]

### 最近の産業動向

- ・主要産業の生産は、素材、資本財産業を中心に減少へ 27 (2001. 7)
- ・内需の回復続き、多くの業種で生産増加 13 (2000. 8)
- ・輸出はアジア向けで堅調、内需は回復に力強さがみられず 5 (2000. 1)
- ・全般的に緩やかな回復の兆し 260 (1999. 8)

### 技術開発・新規事業

- ・製造業における技能伝承問題に関する現状と課題 261 (1999. 9)
- ・最近のわが国企業の研究開発動向 247 (1998. 8)
  - 技術融合 -
- ・わが国企業の新事業展開の課題 243 (1998. 7)
  - 技術資産の活用による経済活性化への提言 -
- ・日本の技術開発と貿易構造 241 (1998. 6)

## 環境

- ・食品リサイクルとバイオマス 48 (2002. 12)
- ・使用済み自動車リサイクルを巡る  
展望と課題 36 (2002. 3)
- ・都市再生と資源リサイクル 33 (2002. 2)  
- 資源循環型社会の形成に向けて -
- ・環境情報行政とITの活用 32 (2002. 1)  
- 環境行政のパラダイムシフトに向けて -
- ・家電リサイクルシステム導入の影響  
と今後 20 (2001. 3)  
- リサイクルインフラの活用に向けて -
- ・わが国環境修復産業の現状と課題 3 (1999. 10)  
- 地下環境修復に係る技術と市場 -
- ・欧米における自然環境保全の取り組み 256 (1999. 5)  
- ミティゲーションとピオトープ保全 -
- ・環境パ - トナーシップの実現に向けて 250 (1998. 10)  
- 日独比較の観点からみたわが国環境  
NPOセクタ - の展望 -
- ・わが国機械産業の課題と展望 232 (1997. 9)  
- ISO14000シリーズの影響と環境コスト -

## 化学・バイオ

- ・わが国化学産業の現状と将来への課題 14 (2000. 9)  
- 企業戦略と研究開発の連繋 -
- ・DNA解析研究の意義・可能性および課題 231 (1997. 9)  
- 社会的受容の確立が前提条件 -

## 自動車・電機・電子・機械

- ・わが国電気機械産業の課題と展望 42 (2002. 8)  
- 総合電気機械メーカーの事業再編と  
将来展望 -
- ・わが国半導体製造装置産業のさらなる  
発展に向けた課題 23 (2001. 3)  
- 内外装置メーカーの競争力比較から -
- ・労働安全対策を巡る環境変化と機械産業 10 (2000. 6)
- ・わが国自動車・部品産業をめぐる国際  
的再編の動向 9 (2000. 4)
- ・わが国半導体産業における企業戦略 259 (1999. 8)  
- アジア諸国の動向からの考案 -
- ・わが国機械産業の更なる発展に向けて 257 (1999. 5)  
- 工作機械産業の技術シーズからみた  
将来展望 -

## エネルギー・新エネルギー

- ・分散型電源におけるマイクロガスタービン 24 (2001. 3)  
- その現状と課題 -

## 運輸・流通

- ・物流の新しい動きと今後の課題 25 (2001. 3)  
- 3PL(サードパーティ・ロジスティクス)からの示唆 -
- ・消費の需要動向と供給構造 18 (2000. 12)  
- 小売業の供給行動を中心に -
- ・道路交通問題における新しい対応 236 (1997. 12)  
- ITS(インテリジェント・トランスポート・システムズ)  
の展望 -

## 情報・通信・ソフトウェア

- ・ケーブルテレビの現状と課題 22 (2001. 3)  
- ブロードバンド時代の位置づけについて -
- ・エレクトロニック・コマース( EC )の  
産業へのインパクトと課題 246 (1998. 8)
- ・情報家電 235 (1997. 11)  
- 日本企業の強みと将来への課題 -
- ・企業における情報技術活用のための課題 230 (1997. 9)  
- グループウェア導入事例にみる人的  
能力の重要性 -

## 医療・福祉・教育・労働

- ・少子高齢化時代の若年層の人材育成 39 (2002. 7)  
- 企業外における職業教育機能の充実  
に向けて -
- ・労働市場における中高年活性化に向けて 11 (2000. 6)  
- 求められる再教育機能の充実 -
- ・高齢社会の介護サービス 249 (1998. 8)
- ・ヘルスケア分野における情報化の現状  
と課題 228 (1997. 8)  
- ヘルスケア情報ネットワークをめざして -