

第3章 繊維製品リサイクルに関する政策について

第1節 繊維製品リサイクルに関する政策の現状

3. 1. 1 繊維製品リサイクルにおける関係者の役割・責務について

循環型社会形成推進基本法において、「(第三条)循環型社会の形成は、これに関する行動がその技術的及び経済的な可能性を踏まえつつ自主的かつ積極的に行われるようになることによって、環境への負荷の少ない健全な経済の発展を図りながら持続的に発展することができる社会の実現が推進されることを旨として、行われなければならない。」とある。また、そのために「(第四条)循環型社会の形成は、このために必要な措置が国、地方公共団体、事業者及び国民の適切な役割分担の下に講じられ、かつ、当該措置に要する費用がこれらの者により適正かつ公平に負担されることにより、行われなければならない」とされており、それぞれ国、地方公共団体、事業者、国民の責務について説明している。

繊維製品のリサイクルにおいては、繊維に特化したリサイクルの推進にむけた明確な役割分担やその裏付けとなる法令整備がなされていないのが現状である。

繊維製品においては、①繊維メーカー・小売などによる取り組み、②自治体や個別地区ごとの集団回収と故繊維業者による取り組みが個々ばらばらに進められている。さらに、国や自治体による繊維製品リサイクル推進への動きは一部に限られているほか、再生品化事業者や再商品化製品利用事業者の繊維製品リサイクルへの役割・責務も明確でない。誰がどのような役割で繊維製品リサイクルをするかが明確になっていないことや、個々の自主的な取り組みにまかせているなど、全体としての繊維製品リサイクルシステムへとつながらないのが現状の課題としてあげられる。

3. 1. 2 繊維製品リサイクル促進のための政策課題

繊維製品リサイクルを促進するためには、回収と、回収し廃棄繊維製品をリサイクルする技術開発を促進し、リサイクルプラントを安定的に運営させることが求められる¹。循環型社会形成基本法においても、「循環資源の適正な循環的な利用及び処分のための措置」として、分別して回収されることにより当該循環資源について適正に循環的な利用及び処分が行われることを促進することを目指し、また、そのために必要な調査の実施や、科学技術の振興を明記している。

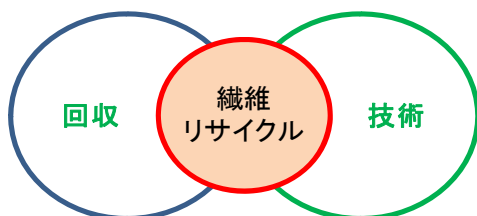


図 1 繊維製品リサイクルにおける回収と技術の関係

¹ リサイクル促進およびシステム化検討のためには、「再生製品の利用促進」も重要なテーマとなるが、まずは最初の仕組み検討にむけて本項では回収と技術について焦点を絞った

(1) 回収に関する政策課題

現在、繊維製品リサイクルシステムの回収を実施している主体として、「繊維製品関連事業者(繊維メーカー・小売など)」「自治体」の二者があげられる。

繊維製品関連事業者が回収している事例としては、「廃棄物処理及び清掃に関する法律に定められる一般廃棄物、産業廃棄物もしくは専ら物として回収する事例」と、「廃棄繊維製品をリユースやリサイクル製品の原料として購入する事例」がある。

自治体では、自治体が間接的にかかわる「自治体の指導あるいは奨励による集団回収」と、直接的にかかわる「自治体が古着回収の日(「古布の日」など)を定め、定期的に廃棄繊維を回収する行政回収」がある。行政回収は、集団回収を補完するものとして位置づけられている場合がある。

事業者が廃棄繊維製品を回収する場合は、繊維製品リサイクルに関する法律が存在しない現在においては、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に基づくことがもとめられているが、それが、一般廃棄物、産業廃棄物であるのか、専ら物であるのかの基準が曖昧であること、さらに、その判断が自治体にゆだねられていることが、課題である。また、一般廃棄物、産業廃棄物の自治体を超えての移動は手続きが煩雑であることから、効率的なリサイクルが実施できないことも課題である。

また、費用負担においても回収を実施する事業者が負う場合が多く、これら企業の自主的な取り組みが、今後も継続した取り組みとなるか否かは個々企業の方針に委ねる形となる。回収率および再生率を高めることを目的とする場合には、企業の自主的な取り組みを継続させるための何らかの措置を講ずることが課題としてあげられる。

自治体によっては、「古布」による行政回収を実施し、回収衣料は故繊維業者へ処理を委託しリユースやリサイクルによる再資源化をする方法がとられている事例がある。例えば、神奈川県横浜市の事例では、ファイバーリサイクルネットワークが中心となり資源の集団回収を実施し、故繊維業者を中心とした回収実施が進められている。

全国都市清掃会議ヒアリング結果によると、各自治体の裁量により実施するかしないかの判断は委ねられており、回収日とその仕組みをつくっていない自治体が大半とのことであった。また、古布は一般廃棄物の可燃ゴミとして回収、焼却処分されることが多いとのことであった。

繊維製品リサイクル率向上を目的として全国的な仕組みとするためには、自治体の役割明確化と、全国的に統一した仕組みにすることが求められている。

(2) 技術開発の促進とリサイクルプラントの安定運営にむけた政策課題

繊維製品リサイクルに関する技術は、マテリアルリサイクルに関するもの、合成繊維に限定したケミカルリサイクルに関するものが先行して開発されてきた。しかしながら、それらは、繊維製品全部を統合的にリサイクルする技術体系には至っていないことが課題である。これは、繊維製品は様々な組成の素材からなっているため、単独の要素技術ではリサイクルを実施することは難しく、様々な要素技術を組み合わせて技術体系を構築することが重要である。

第2節 繊維製品リサイクルの促進に関する議論

(1) 産業構造審議会地球環境部会(平成11年度)

1999年の、産業構造審議会地球環境部会が開催され、廃棄物・リサイクル部会合同基本問題小委員会において報告書がまとめられた。報告書では、「循環経済ビジョン」において、①排出量の多いもの、②資源の有用性の高いもの、③処理困難性の高いもの、の3つの優先度の高い品目から、優先的にリサイクルに取り組むべきであるとの指摘がなされた。繊維製品は、②含有資源の有用性や、③処理困難性、について一般的に優先度は低いと思われるものの、排出量の面では衣料品のみで年間約100万トンもの排出量を有していると見られており、一般廃棄物全体の約2%を占めているとの指摘があった。

(2) 繊維産業審議会総合部会基本政策小委員会(平成12年度)

2000年12月、衣料品を始めとする繊維製品の3R(リデュース、リユース、リサイクル)システムについて政府及び関係者が総合的に検討する場を設置し、具体的な対策を検討すべきであるとの見解のもと、繊維産業審議会総合部会基本政策小委員会が開催された。

(3) 繊維リサイクル懇談会(平成12年度)

2001年9月より、循環型経済社会の構築に向けた繊維産業の取り組みの方向性の検討が始まった。当時、大量生産・大量消費・大量廃棄型の経済システムを転換し、「循環型経済システム」を構築することが急務であった。また、「エネルギーや資源有効利用のための新技術の開発や環境関連サービスの出現等が環境関連産業の発展を促し新たな市場及び雇用を創出する牽引力となる」ことの認識が高まった。さらに、繊維産業においては、消費者の一層の低価格化嗜好、情報技術の進歩・定着による産業構造の急激な変化、海外生産活動の急速な強化等の影響による、衣料品の低価格化、輸入を中心とした供給量の急増化がおこり、よって、製品のライフサイクル短期化や、廃棄繊維製品物量の増加による環境負荷増大の恐れがあり、環境・リサイクルに関する消費者のニーズも高まったことが、開催の背景となった。

以上の問題意識を受けて、2000年12月にまとめられた繊維産業審議会総合部会基本政策小委員会の報告を踏まえ、これを具体化すべく、2001年2月に繊維リサイクル懇談会が設置され、7回にわたり実施され、報告書が取りまとめられた。

(4) アパレル製品のリサイクル推進に向けた調査・研究事業報告(平成12年度)

全国中小企業団体中央会より平成12年度社会要請対応円滑化支援事業の補助をうけて、社団法人日本アパレル産業協会によりアパレル製品のリサイクルにむけた調査が実施された。報告ではアパレル・リサイクルの現状、理想像、業界(アパレル、合織、紡績、ユニフォーム、その他)の取り組み状況、リサイクルシステム確立にむけた検討項目整理とスケジュールが示されている。

(5) 環境問題対策調査等事業衣料品回収実験報告(平成14年度)

経済産業省委託事業として、衣料品の回収実験実施および報告がされている。繊維製品(衣料品)のリサイクルに当たって、再生用途と並び課題となっている回収方法について、百貨

店等の流通業者が衣料品の回収を行う場合の問題点の整理とその対策を検討することを目的として、百貨店の協力をえて回収実験をおこなっている。

(6) 繊維製品LCA調査報告および委員会(平成15年度)

繊維製品(衣料品)について、ライフサイクル全体を通じて、環境負荷を考慮するための統一した考え方を構築し、環境負荷の全容を把握することを目的として、2004年2月に繊維製品(衣料品)のLCA調査が実施されている。また、調査委員会を設置、繊維製品の3Rに関する議論を進め、2004年2月に「繊維製品(衣料品)のLCA調査報告書」をまとめている。

(7) 繊維製品3R推進会議(平成13年度～平成17年度)

繊維製品リサイクル推進会議で始まり、後に繊維製品3R推進会議へと改称。廃棄繊維の循環利用について、1) リデュース(製造工程で発生する繊維くずの減量化など)、2) リユース(中古衣料など)、3) リサイクル(再生繊維の使用、再生利用が容易な商品設計など)の3Rを事業者が中心となって推進することを目的に、経済産業省が、繊維製品3R推進会議(旧「繊維製品リサイクル推進会議」)を設置。平成13年から平成17年の間に11回にわたり繊維製品リサイクルに関する検討を行い、報告をまとめている。

【繊維製品3R推進会議で話われた内容(一部抜粋)】

- 繊維製品リサイクル懇談会報告書について
- 産業構造審議会廃棄物処理リサイクルガイドラインについて
- 各業界のリサイクルへの取り組み紹介
 - ・ 化学繊維業界、紡績業界、アパレル業界、寝具寝装品業界、故繊維業界、染色業界、ニット業界、カーペット業界、日本貿易会、日本繊維輸入組合、百貨店業界、自治体、羊毛紡績業界、綿スフ織物業界、絹人織織物業界、日本被服工業組合連合会、中古衣料品事業者、チェーンストア業界、日本古着小売業協同組合
 - ・ その他、個別企業等の取り組みとして、ファーストリテイリング、帝人における繊維to繊維リサイクルへの取り組みなど紹介している
- 各種調査結果について報告
 - ・ 繊維製品のライフサイクルフロー調査、中古衣料リユースモデル調査・検討結果、回収古繊維に関するアンケートの集計報告、百貨店における衣料品の回収実験報告、繊維製品(衣料品)のLCA調査、使用済ふとんの回収実験報告
- 各団体の3Rアクションプランについて説明
 - ・ 日本アパレル産業協会、日本羊毛紡績会、日本カーペット工業組合、全日本寝具寝装品協会、日本紡績協会、日本被服工業組合連合会、日本化学繊維協会、日本繊維輸入組合・(社)日本貿易会など、各団体からのアクションプランの報告をしている

(8) 繊維製品リサイクルの現状調査(平成19年度)

独立行政法人中小企業基盤整備機構により平成19年度、繊維製品リサイクルの現状調査および報告が出されている。調査では、各種統計資料、消費者・業者アンケート及びヒアリング等の情報を元に、2004年度における繊維製品のライフサイクルフローを作成した。ライフサイクルフローは、繊維製品全体(衣料品、家庭・インテリア用品、産業用品の合計)について作成している。

(9)使用済衣料品・繊維等のリサイクルに係る店頭回収・運搬・処分の閣議決定

内閣府規制改革会議(2009年3月31日)の閣議決定の中で、平成20年度措置として繊維製品リサイクルについて使用済衣料品・繊維等のリサイクルに係る店頭回収・運搬・処分について、「すでに繊維製品リサイクルについては、もっぱら物にあたるため、収集運搬及び処分業の許可は不要」との見解がだされた。

(議決定資料より一部抜粋)

8 環境

(2)廃棄物の資源循環促進について(廃棄物・リサイクル分野)

① 使用済衣料品・繊維等のリサイクルに係る店頭回収・運搬・処分について【平成20年度措置】

複数の企業が環境への取り組みとして、衣料製品を始めとする古繊維のリサイクルのために店頭回収を試みている。しかし、回収した古繊維の取扱に関して地方公共団体の見解にばらつきがあるため、全国展開できないという問題が発生しており、古繊維の回収が進まないという指摘がある。

したがって、古繊維は、廃棄物処理法に定めのある「専ら再生利用の目的となる廃棄物(いわゆる専ら物)」に当たる場合、収集運搬及び処分業の許可は不要であり、例えば衣類の販売等、ほかの業を主として行っても、同様に業の許可は不要であることを周知する。(Ⅲ環境ア21)

第3節 海外の廃棄物政策における回収事例ベストプラクティス

本章では、繊維製品リサイクルシステムを検討する上で参考となる海外の繊維製品リサイクル事例および既存の関連法制度の概況を整理した。調査対象とした地域と調査項目の例を以下に示す。

<対象と調査項目の例>

調査対象	調査項目※
・EU ・個別事例 スウェーデン	EUの廃棄物行政と関連法令 個別事例(スウェーデン) ・スウェーデンの廃棄物の概要 対象物・製品の範囲(除外品の範囲) 関係主体とその役割・責任(義務規定/努力規定) もの・お金・情報の流れ 法が目標とするリサイクル率等の定義 輸出やリユースの位置づけ サーマルリサイクルの位置づけ 有害物質管理 リサイクル製品の販売 関連法制度との関連 スケジュール(施行年月日/改正予定年)

※ 調査項目は地域により異なる。

3.3.1 EUの廃棄物関連指令と廃棄物

(1)EUの廃棄物関連指令の目的

EUにおいては経済活動の活発化やそれにとまなう生活様式により大量の廃棄物や有害物質を発生させ、1970年代には広域での酸性雨、都市部を中心とした大気汚染、水質汚染等の深刻な問題をもたらしていた。そのため、国境を越えた環境政策の必要性が広く認識されるようになった。代表事例としてよくあげられる事例の一つに、1976年にイタリアの農薬工場で発生した爆発事故にからむ「セベソ事件²」がある。これは、様々なEU全体における廃棄物関連の整備をするきっかけとなった。

EUの廃棄物関連指令は、廃棄物の発生抑制と、廃棄物処理にあたって域内市場を阻害することなく高い環境保全水準を達成することを目的としている。その基本となる原則は以下の4項目である。

1. 発生抑制—廃棄物の発生を可能な限り最少にすること
2. 製造者責任と汚染者負担の原則—廃棄物の排出者あるいは環境の汚染者が十分な費用を負担すること
3. 予防原則—環境負荷についての潜在的問題を予測しなければならないこと
4. 近接主義—可能な限り発生場所に近接して処理しなければならない

² イタリアのセベソの農薬工場で起きた爆発事故により生じた汚染(ダイオキシンを含む有害化学物質)土壌はドラム缶に封入され保管されていたが、82年に行方不明になり、8ヶ月後にフランス北部の村で発見された。工場の親会社があるスイス政府がこれを回収した。

(2)EUの廃棄物指令関連指令等

廃棄物枠組み指令と有害廃棄物指令は、廃棄物の定義や基本原則、廃棄物政策の実施にとって重要である優先順位等、包括的かつ基本的な事項を定めている。

表 1 EUの廃棄物指令関連指令等

廃棄物の枠組みを定める法規制	
Council Directive 75/442/EEC of 15 July 1975 on waste ³	「廃棄物枠組み指令」(1991年改正)
Council Directive 91/689/EEC of 12 Dec.1991 on hazardous waste ⁴	「有害廃棄物指令」
廃棄物管理・処理事業等に関する指令	
Council Directive 1999/31/EC of 26 Apr. 1999 on the landfill of waste ⁵	<p>「埋立指令」(1999年4月26日発効)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1990-1995では最終処分の67%が埋立に頼っていた現状をうけ、埋立総量と有害物質の削減を目的 ・各種の廃棄物の埋立に対する環境基準、技術的管理手順、許認可等の条件を規定 ・有害廃棄物のうち、液体・医療廃棄物、タイヤ等について2006年を目途に埋立禁止とした ・廃棄物処理施設の開設、運営、閉鎖、その後の管理等に係わる全費用を事業者の負担としている ・この規制により、廃棄物の処理コストを上昇させ、廃棄物を回収、リサイクルに向かわせるための経済的措置の成果がある ・加盟国に対して2003年7月16日までに計画書作成を求めた
Directive 2000/76/EC of the European Parliament and the Council of 4 Dec.2000 on the incineration of waste (14).	<p>「焼却指令」(2000年12月4日に発効)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・焼却設備の許認可条件、焼却で排出される重金属、ダイオキシン類、チッソ酸化物等の有害物質の大気及び水中での基準、焼却残留物の管理及びそのリサイクル、最終的な管理、モニタリング、測定等を規定 ・新規施設には、2002年12月28日から、既存施設には、2005年12月28日から適用された

³ OJ L194 25.7.1975. pp.39-41.

⁴ OJ L377 31.12.1991. pp.20-27.

⁵ OJ L182 16.7.1999 pp.1-19.

特定の廃棄物の流れについて管理・統制するための指令	
Directive 75/439/EEC of 16 June 1975 on the disposal of waste oils ⁶	「廃油処分指令」
Directive 86/278/EEC on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture ⁷	「下水汚泥指令」
European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 Dec. 1994 on packaging and packaging waste ⁸	<p>「包装廃棄物指令」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・販売包装、集合包装、輸送包装の3種類（道路、鉄道、船舶、航空機のコンテナは含まれない） ・優先課題としては、①包装廃棄物の発生を抑制するための措置を講ずること、②包装廃棄物の再使用、リサイクルその他の再生利用方策を講じること、③廃棄物の最終処分量の削減を目指す措置を定めること ・第4条と第5条で加盟国の国内措置の実施を定めているがその促進策については加盟国の裁量に委ねられている⁹ ・加盟国に、この指令の目的達成のために、経済的手法やその他手法の採用¹⁰によって措置を講じるよう求めている ・加盟国が2001年6月30日までに達成すべき包装廃棄物の再生とリサイクルの目標は、以下の通り <ul style="list-style-type: none"> ○重量で、再生率を最低50%～最高65% ○重量で、リサイクル率を最低25%～最高45% ・素材別のリサイクル目標は以下の通り ・返却、回収システムは、加盟国が一定の基準に従って設定する(第7条)。 ・包装品を域内で自由に流通させるための最低必要事項及びEU委員会による規格化の推進(第9、10、18条)。 ・包装材に含まれる重金属の制限(第11条)。 ・包装廃棄物に関するデータベースの確立(第12条)。 ・利用者への情報提供(第13条)。 ・報告の義務(第17条)。

⁶ op.cit. (11) p.25.

⁷ OJ L191 15.7.1986 p.25.

⁸ OJ L365 31.12.1994 pp.10-23.

⁹ European Commission DGXI.E.3, "European Packaging Waste Management Systems. Final Report." 2001.2 p.1.

http://europa.eu.int/comm/environment/waste/studies/packaging/epwms_xsum.pdf

¹⁰ この指令の定める目的の実施を促進するために経済的手法（課税や補助金などによって市場価格を変化させ、企業や消費者の経済的行為を廃棄物の発生抑制やリサイクルの促進に向けて誘導しようとする政策手法。直接規制に対比する間接規制の一つ。）を採用する。このような措置が存在しない場合には、EUの環境政策を規律する諸原則とりわけ汚染者負担の原則、及び欧州共同体設立条約から生じる義務に従い、それらの目的を実施するための措置を採用することができる」としている。（「包装廃棄物指令」第15条）

特定の廃棄物の流れについて管理・統制するための指令（つづき）	
Directive 2000/53 of the European Parliament and of the Council of 18 Sep. 2000 on end-of-life vehicles ¹¹	「廃自動車指令」(2000年9月18日発効) <ul style="list-style-type: none"> ・再生目標85%、リサイクル目標80%を2006年1月1日までに達成するよう定め、2015年には更に高い数値目標を掲げた ・EUの法制の中で初の拡大生産者責任¹²を義務付けた ・リサイクル費用の製品価格への内部化を図ったもの
Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 Jan. 2003 on waste electrical and electronic equipment ¹³	「電気・電子機器廃棄物指令」(2003年2月13日発効) <ul style="list-style-type: none"> ・埋立処分量削減のために再利用とリサイクル促進を図る目的 ・広範な機器の種類に応じて50%から80%のリサイクル目標値が規定 ・加盟国に2006年12月31日までの実施を求めた
調査と報告に関する指令等	
Directive 91/692/EEC standardizing and rationalizing reports on the implementation of certain Directives relating to the environment ¹⁴	「標準報告指令」
Commission Decision 97/622/EC concerning questionnaires for Member States reports on the implementation of certain Directives in the waste sector ¹⁵	「加盟国への質問に関する委員会決定」
環境関連法令に対して有効な影響を与える指令	
Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control ¹⁶	「統合的汚染防止管理指令(IPPC指令)」 <ul style="list-style-type: none"> ・環境への影響が大きい各産業分野の事業活動について、大気、水、土壌、廃棄物といった媒体別の対策ではなく、環境を一体として捉え、資源の有効利用、エネルギー使用の効率化、事故防止、操業の終了・解体に至るまでの汚染の防止または軽減を目的 ・新規施設については1999年10月14日から、既存施設には2007年10月14日から適用 ・加盟国に2007年10月までの実施を求めた ・約6万の既存施設は、猶予期間の終了する同年月までにこの指令に従わなければ、操業が許可されないことになった ・各事業分野のうち、特に既存・新規の埋立、焼却等の廃棄物処理施設の改善に大きな威力を発揮した

¹¹ OJ L269 21.10.2000 pp.34-42.

¹² 製造業者や輸入業者といった生産者が、自ら生産する製品について、生産・使用段階だけでなく、使用後廃棄物となった後まで一定の責任を負うとする考え方。EPR と略称される。循環型社会形成推進基本法にも明記されている。

¹³ OJ L037 13.2.2003 pp.24-39.

¹⁴ op.cit. (12) pp.48-54.

¹⁵ OJ L256 19.9.1997 pp.13-19.

¹⁶ OJ L257 10.10.1996 pp.26-40.

EUにおける廃棄物関連項目の定義を以下に示す(廃棄物枠組み指令第1条より)。

1. 「廃棄物」
保有者が廃棄する、あるいは廃棄しようとする、又は廃棄する必要がある、付属書 I に記載されたカテゴリーにある物質又は物体。
2. 「処分」
付属書 II A に規定するあらゆる作業、埋立、深層注入、海洋投棄、生物学的処理、物理化学的処理、焼却、永久保管、それらの作業に入るまでの保管等。
3. 廃棄物の「再生」
付属書 II B に規定するあらゆる作業、リサイクル、再使用、再生利用による廃棄物の再生、又は二次原料獲得を目的としたその他の過程とエネルギー獲得のための廃棄物利用のこと。

廃棄物は、廃棄物枠組み指令の原則に従って、再利用、リサイクル等を行い、最終的に焼却埋立等処分される。優先順位が以下のように規定されている(廃棄物枠組み指令の第3条等より)。

1. リデュース、環境配慮設計および技術開発の促進
廃棄物の排出とその有害性の防止又は削減(資源の使用を節減する技術の開発、廃棄物の量や危険性及び環境負荷を最小限にとどめるように設計された製品の技術開発及び販売、廃棄物に含まれる危険物質の処分に適した技術の開発)
2. リユース、リサイクルの促進
リサイクル、再利用、再生利用による廃棄物の再生、又は2次原料獲得のための再生過程、又はエネルギー獲得のための廃棄物利用、最後に、廃棄物の適正な最終処分及び監視、である。

(3) EUにおける廃棄物の発生量

EU域内で発生する廃棄物は、各加盟国の経済成長と共に増え続けている。OECD の予測では、建築解体廃棄物、産業廃棄物、都市廃棄物を含む多くの廃棄物が将来も大幅に増加し、2020年におけるEUの廃棄物量は、1995年比45%増以上になるとしている¹⁷。

¹⁷ <<http://europa.eu.int/comm/environment/waste/index.html>> (last access 03.10.23)

表 2 EU各国における総廃棄物量・都市廃棄物量

(単位:1000トン)

国名	総廃棄物量	統計年	都市廃棄物量	統計年
オーストリア	47,243	1996	5,270	1996
ベルギー	34,852	1995	5,462	1999
デンマーク	12,233	1998	3,141	1998
フィンランド	-	-	2,510	1997
フランス	135,700	1995	37,800	1998
ドイツ	390,906	1996	44,390	1996
ギリシャ	33,129	1996	3,900	1997
アイルランド	58,412	1998	1,933	1998
イタリア	87,482	1997	26,846	1998
ルクセンブルク	-	-	184	1998
オランダ	39,214	1998	9,359	1999
ポルトガル	22,359	1998	4,364	1999
スペイン	77,005	1999	24,470	1999
スウェーデン	87,598	1998	4,000	1998
英国	378,000	1999	30,000	1999
合計	1,404,133		203,629	

(出典) "Amount of waste generated in Europe" "Generation of municipal waste"

<<http://europa.eu.int/comm/eurost>>

<http://www.ndl.go.jp/jp/data/publication/refer/200402_637/063702.pdf>

表 2は、EUにおける最近の総廃棄物量・都市廃棄物量を示した。総廃棄物量は14億トン、都市廃棄物量は2億トン(総廃棄物量の約14%)となっている。ただし、各国のデータは、直近年が1995年から1999年までばらつきがあり、総廃棄物量に関しては、ルクセンブルグとフィンランドのデータがない。このように、EU・国レベルの既存の統計は、廃棄物発生全般の推定に使われる程度のものである。しかし、その廃棄物発生量が過去10数年で増大している。環境省のデータによると¹⁸、1995年、EU全体の廃棄物排出量は20億トンとのデータも報告されている。

欧州委員会は、各加盟国において指令実施状況を調査し、その結果を報告するよう求めている。

(4) EUにおける繊維廃棄物の位置づけ

廃棄物のなかで、繊維関係廃棄物については、EU指令のなかで特に規定されておらず各国の裁量に委ねている。

(5) EUにおけるコスト負担の考え方

事業者の拡大生産者責任に基づいて対象とされている廃棄物(容器包装や家電など)のコストは、各業界(例えば、容器包装リサイクル製造業者による業界団体や、家電製造業者による業界団体など)が負担する(地方自治体が業界に代わって分別収集を実施する場合もある)。…オーストリア、ドイツ、スウェーデン

(6) スケジュール(EU廃棄物に関する指令等整備の経緯)

EUの廃棄物抑制、廃棄物削減へ向けての取り組み経緯を

表 3にまとめた。1972年のパリ首脳会談において環境行動計画の策定が宣言され、1973年からの第1次環境行動計画以降、回次を重ねるごとに環境政策の強化と深化が図られてきた。特に、1997年10月に調印されたアムステルダム条約(1)において「持続可能な発展」の原則が正式に取り入れられ、すべての政策において環境への配慮が求められるようになった。「第5次環境行動計画」(1991-2000年)では「都市廃棄物の年間発生量を、1985年当時の人口1人あたり300キログラムに安定させること」が目標として盛り込まれた。

このように、EUにおいて廃棄物抑制、廃棄物削減へ向けての取り組みは、環境行動計画を中心とした環境政策の最重要目標であったが、長年、大きな成果は得られなかった。その原因として、廃棄物の発生抑制を推進する包括的な戦略が存在しなかったことや、各加盟国がEU廃棄物関連指令等を正しく適用して来なかったこと等、があげられている。

一方、我が国においては、循環型社会形成推進基本法が制定された2000年を循環型社会元年と位置づけ、資源の有効利用、リサイクルの推進、廃棄物の適正処理等の法的体系が整備されてきた。これらの法律等の制定・改正過程で、EU、ドイツ、フランス等の法規制が参考とされた経緯があげられる。

¹⁸ <http://www.env.go.jp/recycle//waste_tech/kaigai/03.html> (last access 2010.2.20)

表 3 EU廃棄物関連スケジュール

1972年	パリ首脳会談において環境行動計画の策定宣言
1973年	第1次環境行動計画
1977年	第2次環境行動計画
1982年	第3次環境行動計画
1987年	第4次環境行動計画 単一欧州議定書
1992-1993年	マーストリヒト条約
1993年	第5次環境行動計画 「持続可能な発展」について議論
1997年10月-1999年	アムステルダム条約において「持続可能な発展」の原則が正式に取り入れられ、EU内の全ての政策において環境への配慮が求められるようになった
1991-2000年	第5次環境行動計画 「都市廃棄物の年間発生量を、1985年当時の人口1人あたり300キログラムに安定させること」が目標として盛り込まれ
2001年	第6次環境行動計画 優先目標テーマとして「持続可能な資源の利用とリサイクル等を通じた廃棄物の有効処理」が、トップ4項目中の1項目としてあげられた。 全体最終処分量を以下の通り段階的に削減目標を掲げた。 ・2010年までに2000年比20%減 ・2050年までに同比50%減、有害廃棄物も50%減
2002年	EC 条約175 条3 項の欧州議会と理事会の決議
2003年	第7次環境行動計画 「廃棄物の発生抑制及びリサイクルに関するテーマ別戦略に向けて」と題する諮問文書を採択…EUの将来の廃棄物・リサイクル政策づくりに向けた関係者との協議の土台となったもので、廃棄物の発生抑制及びリサイクルに関してこれまでの廃棄物法制の成果を検証し、今後に向けての多くの選択的政策、リサイクル目標及び主要な課題等を提示した。

(7) 成果

高レベルの環境保護と人の健康を確保することを目標に規定されたEUの廃棄物指令等は、「現時点で、指令等による顕著な効果を指摘することは出来ないが、今後10年位のタイムスパンで見るとある程度の成果を期待出来る¹⁹⁾」との欧州委員会の評価がある。その他、「各種指令の整備(特に、包括的な戦略に近い内容を持つIPPC 指令は、廃棄物抑制を事業者の基本的義務とみなし、製品を生産する各段階で有害性の少ない物質の利用や利用可能な最善の技術を使用することを求めている点から、大きな前進となった)」がある。

(8) 課題

① 廃棄物抑制に向けた戦略上の課題

EUの廃棄物発生抑制の目標を設定するにあたっては、その正当性、達成方法等の検討や発生する廃棄物の重量・容量、その有害性と関連リスク、環境への影響等についての科学的分析に基づいたアセスメントが必要であるが、それらが十分行われていないことが課題となっている。また、設定された目標を実行するために必要な措置や期限を定めていないこ

¹⁹⁾ op.cit. (60) pp.13-15.

と等が、実効性の乏しいものとしているとの指摘もある。

②繊維製品リサイクルの目標設定

廃棄物リサイクルの目標は、電気・電子器、自動車等の使用済み製品別に設定されており、その発生量は廃棄物全体から見れば約1%を占めるに過ぎない。繊維製品はリサイクルの目標設定がないのが現状である。

③製造者責任の原則の考え方

使用済み製品のリサイクル費用を製造事業者負担させることは、リサイクル費用の調達と廃棄物管理に必要なコストを製品価格に組み込ませることを意図したものである、拡大生産者責任および消費者への広く薄いリサイクルコストへの負担を含めることができる

④ リサイクル促進の阻害要因

バイオマス使用の目標など、一部においてEUレベルの目標や方針が決められているが、実際に、廃棄物処理の基準がないことから、廃棄物が高コストのリサイクルへ向かわず、埋立、焼却コストの低い処理国へ流出する傾向が指摘されている。このようなこともリサイクルの促進や高度なリサイクル技術導入等の阻害要因として解決へむけた対策が求められる。

(9) 今後の動き

①廃棄物発生抑制

EUの廃棄物枠組み指令では、基本原則として廃棄物削減の優先順位は、① 廃棄物の発生抑制(リデュース)、② リサイクル等、③ エネルギー回収、④ 安全処理、が規定されているように、廃棄物の発生抑制を第一の戦略ポイントに掲げている。廃棄物の発生抑制は、商品設計や廃棄物政策が影響し事業者や政府など多くのステークホルダーに影響される。EUでは、廃棄物発生抑制策として、現時点で利用可能なあらゆる方策の結合を図っている。例えば、①製品のライフサイクル全時期を通し環境に及ぼす影響を配慮する「統合的製品政策」と廃棄物抑制策との結合または関係強化、②リサイクル及び処理事業における規制と市場の活用、③特定産業部門に対して可能な抑制目標を設定させる等、製造者や消費者等とのパートナーシップ、の方向性を探っている。

②リサイクル推進

リサイクル推進のためには、廃棄物処理にかかるコストの低減が第一の課題であり、解決方策の中心となる。EUでは、埋立税等を導入するなど、リサイクルのコストを政府が負担することによる改善を進めている。

3.3.2 スウェーデンの繊維製品回収の現状

(1) スウェーデンにおける廃棄物回収の現状

スウェーデンの廃棄物およびリサイクルに関しては自然保護庁（Naturvardsverket、Swedish Environmental Protection Agency）が管轄している。

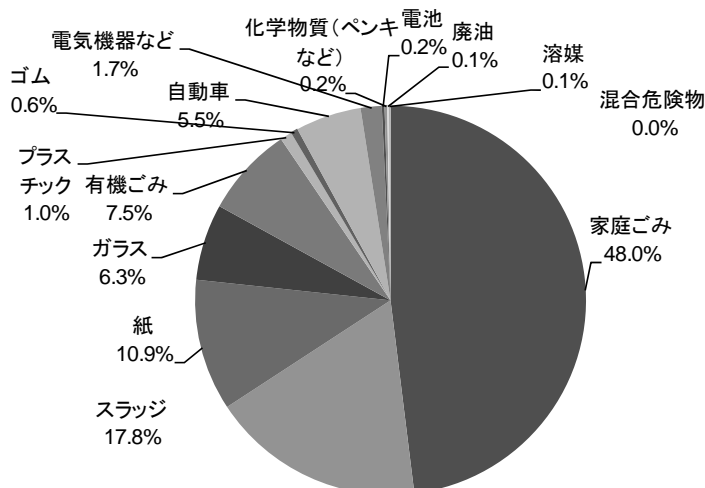
廃棄物回収業界団体としては、AVFALL SVERIGEなどがある。繊維製品回収においては、ヨーロッパで広く展開する救世軍（MYRORNA）などがある。廃棄物回収やリサイクル業界において、積極的に回収方法や処理技術の改善に努めている。

スウェーデンの廃棄物・リサイクルの現状は、以下の報告がある。

スウェーデンの家庭からの廃棄物の内訳（2004年）

単位：1000トン

家庭ごみ	2,260
スラッジ	835
紙	512
ガラス	297
有機ごみ	353
プラスチック	46
ゴム	28
自動車	257
電気機器など	82
電池	11
化学物質（ペンキなど）	10
廃油	7
溶媒	5
混合危険物	1
総量	4,703



NEDO海外レポート No.1016(2008.2.6)より引用

表 4 家庭からの廃棄物の量と処理方法（2004年～2008年） 出所：AVFALL SVERIGE

	2004	2005	2006	2007	2008
危険物	25,700	26,400	38,960	40,880	43,320
素材リサイクル	1,384,760	1,474,280	1,657,520	1,737,720	1,657,840
生物学的処置 ²⁰	433,830	454,450	469,880	561,300	597,280
エネルギー取得のための燃焼	1,944,290	2,181,890	2,107,860	2,190,980	2,292,970
埋立	380,000	210,110	226,000	186,490	140,250
合計	4,168,580	4,347,130	4,500,220	4,717,370	4,731,660

²⁰生物学的処置には日本のケミカルリサイクル技術も含まれる。

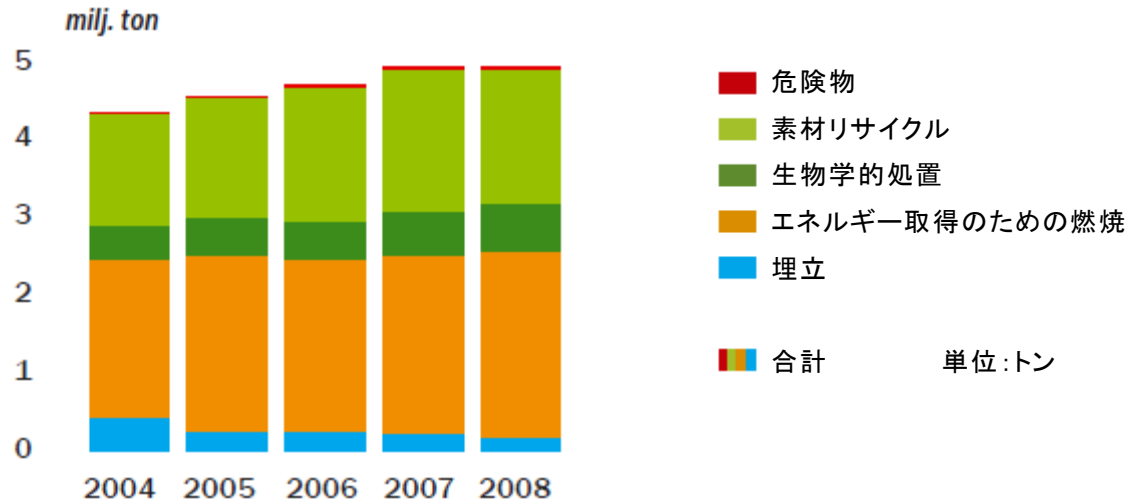


図 2 スウェーデンの家庭からの廃棄物の処理量 (出所:AVFALL SVERIGE)

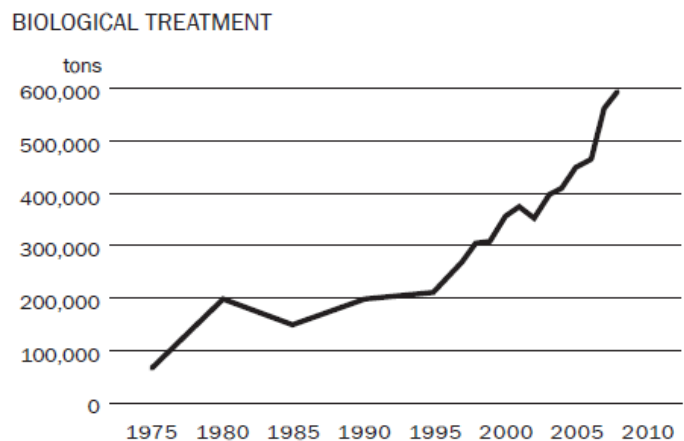
ストックホルム市の自治体廃棄物担当者および、ヨーテボリ市の廃棄物処理施設担当者にヒアリングしたところ、スウェーデンの家庭ゴミ量は増加傾向を示しているという。スウェーデンでは「ゴミを焼却した熱を地域暖房に使用するインフラが整っており、それによって市民の意識の中で「ゴミとしてだしてもきちんと再資源化されるだろうとの安心感からゴミ減量への意識が弱まっているのではないか」とのコメントがあった。

家庭ゴミの処理方法としては、「エネルギー取得のための燃焼」および「素材リサイクル」が大きく占める。一方で、生物学的手法も年々増えている。

図 3 スウェーデンの家庭ゴミの生物学的処置による取扱量



(写真)家庭ゴミの回収ボックス



(2)スウェーデンの廃棄物政策の動向

スウェーデンの最近20年間の廃棄物関連政策としては表 5に示す通りであり、EU諸国のなかでは、EU指令の国内法への反映が早い。

繊維製品リサイクルの関係法令としては、「環境基本法(2000年)」「堆積法(2001年)」などあげられるが、直接規定した法令はみられない。スウェーデンは地方分権が進んでいることから、地方自治体の条例などで繊維製品リサイクルに関する法令整備がされていないか、ストックホルム市、ヨーテボリ市の廃棄物担当者にヒアリングしたところ、該当する条例はみあたらないとのコメントがあった。同市も、繊維は「可燃ゴミにに入れて燃やされる」例と、「救世軍(海外支援衣料や中古衣料としてリユース)による回収」の事例がみられるが、ほとんどが前者の可燃ゴミによる焼却にまわっており、特別な条例整備はされていないとの回答があった。

表 5 最近のスウェーデンの廃棄物政策関連年表

1994～ 1999	<ul style="list-style-type: none"> 古紙 (SFS 1994:1205*) と包装物 (SFS 1994:1234) に関する製造者責任制度導入 その後関連法規改正 (廃紙=SFS 1997:185、包装物=SFS 1998:917) 製造者 (輸入業者、販売業者) に回収、輸送、リサイクル、リユース、適正に廃棄する義務を課す 製品種別ごとにその目標を定める ゴムタイヤに関する製造者責任制度導入→その後改正 (SFS 1994:1236→SFS 1998:935) 堆積量制限 自動車に関する製造者責任制度導入 (SFS 1997:788) 環境基本法 (SFS 1998:808) 制定 清掃法 (SFS 1998:02) 制定→その後、廃棄物法 (SFS 2001:1063) に統合
2000	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物課税法 (SFS 1999:673) 施行。堆積に課税=トン当たり 250 クローナ。 電気製品に関する製造者責任制度導入 (SFS 200:28)。回収とリサイクルのシステム構築を義務付け
2001	<ul style="list-style-type: none"> 堆積法制定 (SFS 2001:512)。EU 指令に従って制定された法律。堆積について細かく規定
2002	<ul style="list-style-type: none"> 新廃棄物法 (SFS 2001:1063) 施行 (従来の清掃法と危険廃棄物法 (SFS 1996:971) を統合) 前年制定の堆積法で規定された可燃廃棄物堆積禁止が適用開始 廃棄物燃焼法 (SFS 2002:1060) 制定 EU 指令に従って制定された法律。燃焼の環境汚染基準などについて細かく規定
2003	<ul style="list-style-type: none"> 堆積税増税=トン当たり 370 クローナ 政府法案「毒の無い、資源を大事にする生態系の社会」(2002/03:117) 発表
2004	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物所有者の定義がより明確になる (環境基本法第 15 章第 5 条 a) 包装物製造者責任法および古紙製造者責任法改正
2005	<ul style="list-style-type: none"> 有機ごみの堆積禁止事項適用開始 (2001 年の堆積法による) 新電気製品製造者責任法 (2005:209) 制定。 回収システムの改善、回収目標を 70～80% (重量) に設定 包装物製造者責任法および古紙製造者責任法に新規項目付加、回収システムの改善など スウェーデンの国家廃棄物プラン策定
2006	<ul style="list-style-type: none"> プラスチックボトルおよび金属缶回収システム法 (2005:220) 改正。回収率向上を狙う。 堆積税増税=トン当たり 435 クローナ 廃棄物燃焼税導入 (エネルギー課税法=SFS 1994:1776 および 2007 年エネルギー税・二酸化炭素税計算法=2006:1204) 廃棄物に含まれる化石燃料の部分を燃焼させる場合にエネルギーがかかるようになった
2008	<ul style="list-style-type: none"> 堆積法のすべての部分が全国に適用されるようになる。
2010	<ul style="list-style-type: none"> スウェーデン国家廃棄物プランに掲げられたいくつかの部分目標の達成期限 生ごみの 35%を生物学的処理によりリサイクルする。家庭ごみの最低 50%をリサイクルする。

*法律番号

(出所: AVFALL SVERIGE Rapport2007:10)

NEDO海外レポート No.1016(2008.2.6)より引用

(3) スウェーデンにおける廃棄物分析システム

スウェーデンの廃棄物行政の一つの特徴として、ゴミの分析がある。各スウェーデンの地方自治体は、リサイクル施設において、年に数回、家庭ゴミを必要量ピックアップし、20種類程度に分類し、どのような種類のものがどのくらい発生しているのかを調査している。結果は、スウェーデン政府調査機関の「WASTE REFINARY(www.wasterefinaty.se)」へ報告される。

スウェーデンでは、各廃棄物がどのような再資源化方法がスウェーデンにおいて最も適しているのか、再資源化が難しい場合はどのような方法によって適切に処理されるべきかを、品目毎に分析を進めている。WASTE REFINARYの担当者にヒアリングしたところ、「繊維製品については未分析。」とのコメントがあった。



(写真:ヨーテボリ市の家庭ゴミ分析調査実施の様子)

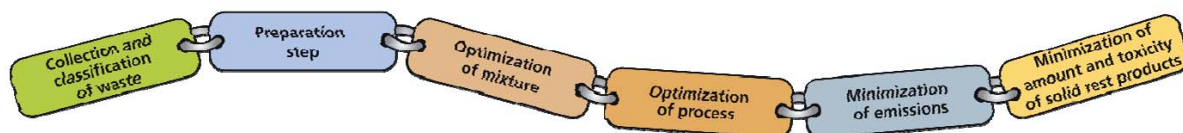


図 4 スウェーデンにおける廃棄物処理の最適化を導き出すための考え方

図 4では、左から「収集および分類」「準備段階」「分別の最適化」「プロセスの最適化」「排出量の最小化」「有害残渣物の最小化」の項目とステップで、各廃棄物処理の最適方法の導きだしをしている。また、スウェーデンの目標とする廃棄物処理最適化を決定するため、現在、引き続き調査分析が続けられている。

【目標】(WASTE REFINARY 資料より)

- ・ 持続可能な社会実現のため、最適かつ高品質の再資源化
- ・ システム分析、生物学的および熱処理の間で緊密に連携をはかった形での理論的および実践的研究
- ・ 燃料利用への検討
- ・ 廃棄物削減目標と、最適化されたプロセスの研究
- ・ 有害物質や残渣発生量の最小化
- ・ 社会におけるエネルギー循環の必要性と廃棄物処理への適切な知識

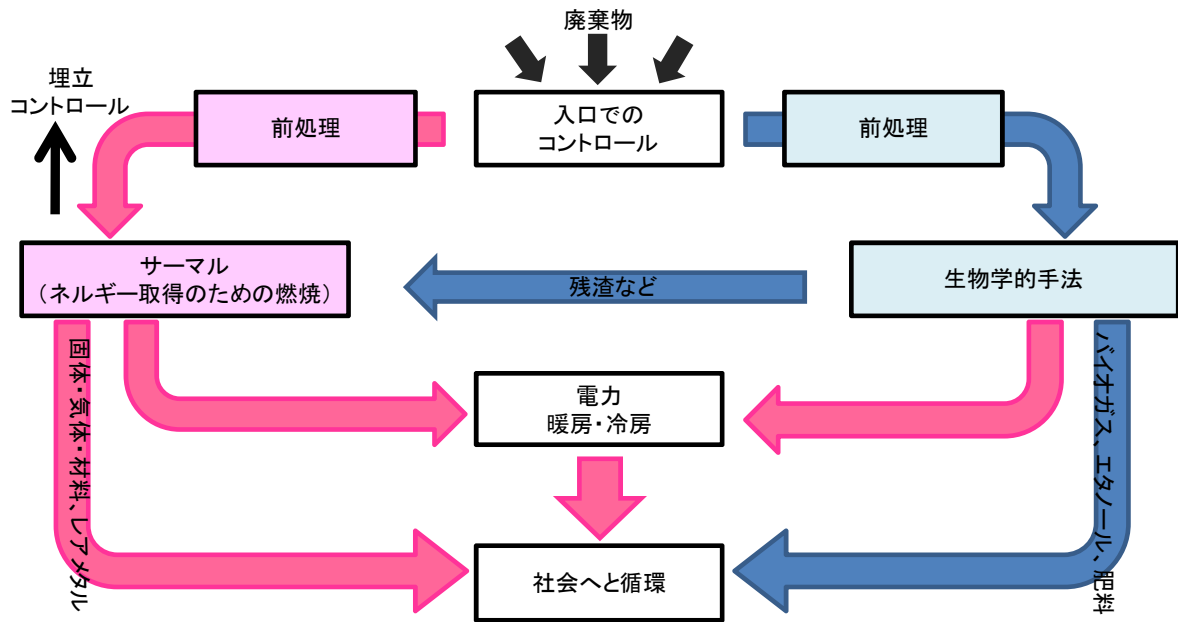


図 5 廃棄物処理最適化検討のためのプロセスイメージ

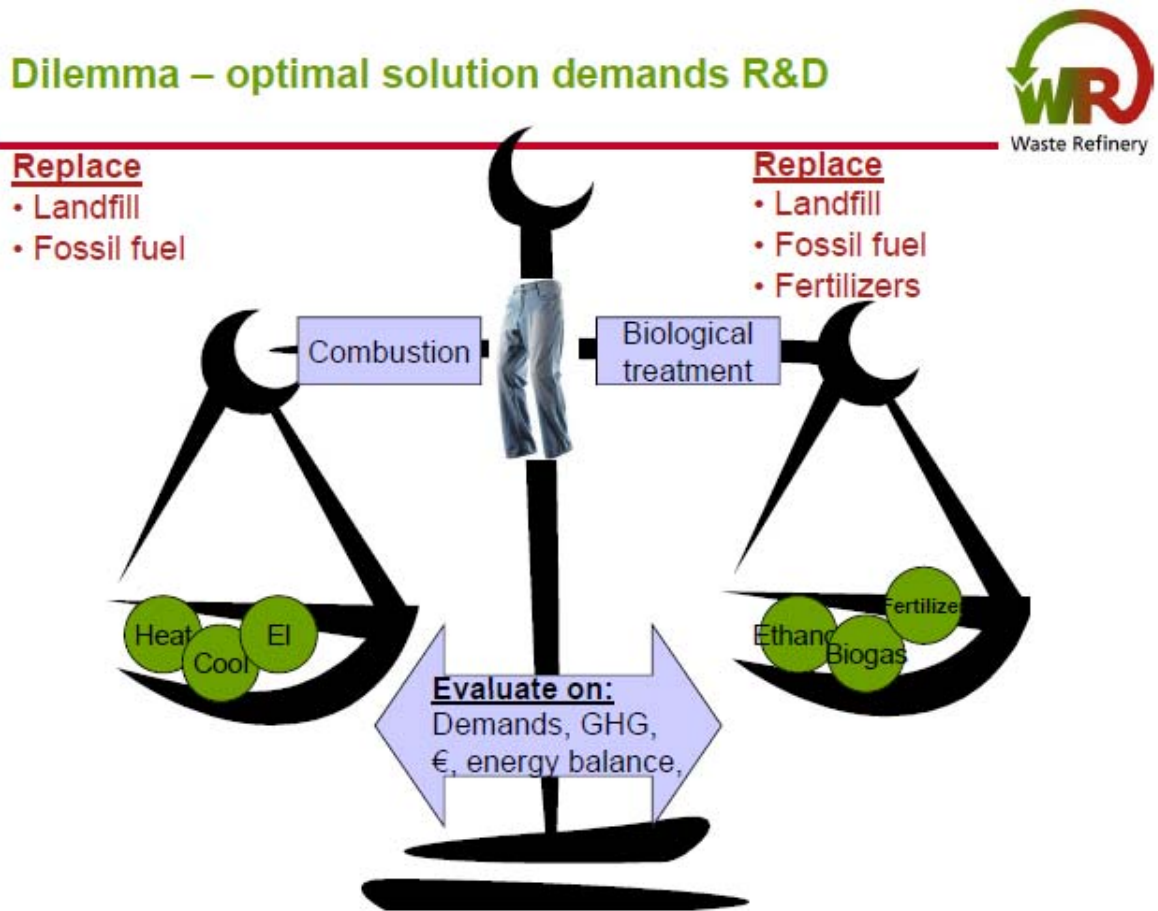
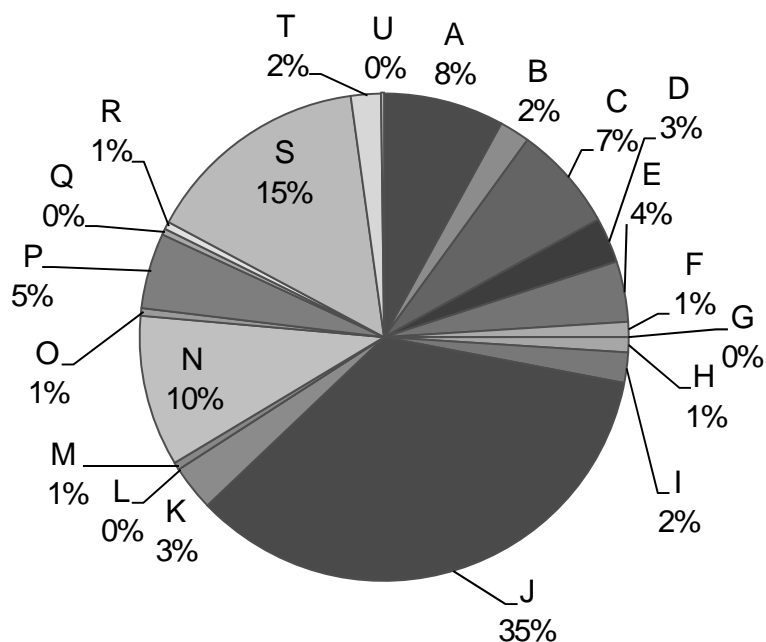


図 6 廃棄物処理の最適化を選択するうえでのイメージ図

下図表は、ヨーテポリ市が実施した家庭ゴミ内容分析結果の内訳である。廃棄繊維製品は全体の5%を占める。

	内容	%
A	新聞	8.0
B	ダンボール	2.0
C	紙製包装	7.0
D	容器包装(ハードプラスチック系)	3.0
E	容器包装(ソフトプラスチック系)	4.0
F	家電製品	1.0
G	ポリスチレン	0.0
H	容器包装(ガラス)	1.0
I	金属	2.0
J	飲料容器	34.9
K	おむつ	3.0
L	その他ガラス製品	0.0
M	庭からでるごみ	0.5
N	その他プラスチック	10.0
O	その他金属	0.5
P	繊維製品	5.0
Q	木材	0.4
R	可燃性ごみ	0.5
S	その他紙製製品	15.0
T	非可燃性ごみ	2.0
U	有害廃棄物	0.2
	合計	100.0



全体量総量:122,000トン (50万人・1年間排出量)

図 7 ヨーテポリ市の家庭ゴミ内訳(2009年10月28日調査)

(4) 回収システムとコスト負担の考え方

自治体が処理すべき対象の家庭ゴミを処理するためにかかる費用は、税金からの一律負担ではなく、手数料として消費者に広く薄くコスト負担をおこなっている。

例えば、可燃ゴミを住んでいるマンションの1Fにおいてあるゴミステーションへ捨てる場合、かかった費用が回収業者からマンションオーナーに請求がくる。オーナーは、マンション内の住民からかかった費用と同額分を請求している。



図 8 マンション等設置のゴミBOX



図 9 ゴミ手数料請求の用紙

一方、日本のように、廃棄処理料金は税金でまかなう場合において、新たに廃棄処理費用を予算化することには、消極的に考える自治体が多いことが推測される。これは、廃棄するゴミの項目を単純に増加させることは、市の廃棄予算を圧迫しかねないからである。他方で、スウェーデンのような数料方法であれば、新たな廃棄項目を追加し、その分の手数料を市民に求めていくことで、比較的成本負担の考え方も徴収方法も容易であると考えられる。ヨーテボリ市の担当者のヒアリングからも「廃棄繊維をリサイクルしたい場合、回収の点においては、単純に回収項目を追加するだけで、既存の回収インフラは整っているため導入しやすいのではないか」とのコメントがあった。

(5) 回収インフラ

スウェーデンの回収システムは、以下のように市内外に拠点をもうけている。



家庭ゴミ	リサイクルステーション	有害廃棄物回収ポイント	リサイクルセンター
<ul style="list-style-type: none"> ・アパートなどに設置するゴミ回収BOX ・可燃及び生ゴミBOX設置は義務付け ・その他リサイクル回収製品（容器包装や家電など）は、大家の裁量によって設置を決める 	<ul style="list-style-type: none"> ・リサイクル回収製品の回収ステーション ・一定距離ごとに設置されている ・回収製品は業界リサイクル団体の責任のもと回収する ・ヨーテボリ市は334拠点（50万人） 	<ul style="list-style-type: none"> ・有害廃棄物の回収は市役所管理のもと、有害廃棄物の回収拠点を設置している ・ヨーテボリ市は19拠点（50万人） ・ストックホルム市は20拠点（81万人） 	<ul style="list-style-type: none"> ・リサイクルセンターを設置、市民や事業者が廃棄物を直接センターへ持ち込む ・ヨーテボリ市は5拠点（50万人） ・ストックホルム市は5拠点（81万人）
<ul style="list-style-type: none"> ・可燃ゴミ ・生ゴミ ・リサイクル回収製品 容器包装 家電製品 有害廃棄物 	<ul style="list-style-type: none"> ・リサイクル回収製品 容器製品 二次電池 	<ul style="list-style-type: none"> ・有害廃棄物 ・小形家電製品 	<ul style="list-style-type: none"> ・その他家庭廃棄物 庭からの廃棄物 有害廃棄物 再利用可能製品



図 10 スウェーデンのバキューム車による回収システム

スウェーデンでは、バキュームシステムによって、直接、家庭ゴミを回収している。

ヨーテボリ市は7万人が活用している。ストックホルム市においても、このシステムの普及を進めている

3.3.3 スウェーデンにおけるベストプラクティス

(1) 循環型社会・3Rの浸透

スウェーデンでは、10年以上の環境教育による市民への意識向上とともに、インフラが整備され、循環型社会および廃棄物に関する3Rの基本的考え方が浸透している。

(2) 回収システムとコスト負担の考え方

自治体が処理すべき対象の家庭ゴミを処理するためにかかる費用は、税金からの一律負担ではなく、手数料として消費者に広く薄くコスト負担をおこなっていることを先述した。各自、かかった分の家庭ゴミを手数料として支払うことで、ゴミを減らす意識が高まりやすいことが期待される。

(3) 分析プロセス

スウェーデンにおいて、今後、繊維破棄物処理をどのように最適化手法を検討していくかは、分析が進められている。単に思いつきや風潮などによる選択はなく、将来的な循環型社会をみすえた「再資源化」の視点による分析手法は、日本の仕組みづくりを検討する上でも参考になる。

(4) 循環型社会形成への理解とそれにむけた社会システムへの導入

分析が終了した廃棄物については、分析結果によるプロセスのもと、すぐに社会システムへと導入される。その実践のスピードはEU諸国でも早い結果となっている。テストマーケティングをする目的であれば、スウェーデンにおいてモデルを実践することで様々な課題の洗い出しと解決を進めていくことも考えられる。

(5) 繊維製品リサイクルの標準化

スウェーデンは日本と同様、繊維製品リサイクルの具体的な仕組みや法令整備体制は整っていないため、日本において開発した繊維製品リサイクルの仕組みを、世界の仕組みへと進めることも検討の余地がある。

一方で、スウェーデンやその他EU諸国は、標準化に対するスピードとノウハウを持ち合わせた地域であり、日本が世界の繊維製品リサイクル標準化をすすめていくことをねらいとするのであれば、早急に何らかの具体的な対策と、世界への積極的なアプローチをしかけていく必要がある。

第4節 再生利用用途の拡大のための海外要素技術の体系化の可能性

3. 4. 1 アメリカのバイオ燃料調査の概要

(1) 背景

産業革命以来、工業生産・日常生活に伴う人類の生産活動によって排出される温暖化ガスは増加の一途をたどり、それに伴う地球温暖化によって将来的に人類の日常活動だけでなく生存にまで危機が及ぶ可能性が示唆されている。このような背景のもと、京都議定書が1997年12月11日に議決された。この中にはクリーン開発メカニズム、排出権取引、共同実施といった温暖化ガス削減のための取り組み盛り込まれている。これらは削減目標達成に向けた世界各国の思惑と相まって、様々なビジネスを生み出した。

その1つにバイオ燃料の生産がある。これは近年自動車や航空燃料として注目度が上がってきている。エタノールやディーゼル燃料が主なターゲットである。原油価格の高騰に伴い京都議定書が議決された1997年当時は原油価格が1バレルあたり20米ドル前後で、生産コストが高いバイオ燃料は収益を上げることを考えるとビジネスモデルとして成立しなかったが、2007年10月には90米ドルを超え、バイオ燃料が十分に原油に対抗しうる状況になっている²¹。こうした背景の下に、アメリカではエネルギー系の大企業だけでなく、ベンチャー企業が多く興ってきた。

今回の調査では、アメリカのバイオ燃料系のベンチャー企業の動向を探ることで、繊維製品リサイクルの一つの手段としてのバイオエタノールへの再資源化影響や提携の可能性について検討した。

(2) 調査概要

2-1. 調査方法

調査は、文献調査とヒアリングによって実施した。

2-2. ヒアリング対象

ヒアリングはJ. Craig Venter氏が創設し、エネルギー関連の問題解決につながる微生物研究を行い、エクソンモービル社から600億円の投資を取り付けているJ. Craig Venter Instituteの研究員石井志乃氏と工業用のタンパク質大量生産系構築を手がけているPromosome LLC社の科学技術顧問Vince Maruo氏に対して行った。Promosome社に関しては、綿繊維分解酵素を大量生産する場合の連携先としての可能性を探ることが主な目的である。

(3) アメリカにおけるバイオ燃料事業の現状

3-1. 政治・世論的背景

オバマ政権は環境政策の充実による経済活性化を謳っており、その柱の1つにバイオ燃料をあげている。政策の中では、バイオ燃料の生産を2009年の90億ガロンから2022年には360億ガロンに引き上げる目標が定められており、そのうち210億ガロンが環境配慮型ガソリ

²¹ アメリカのトウモロコシからのエタノール製造は、原油価格が44 米ドルよりも高ければ、また、他の国のいろいろな原料を使用したエタノールやバイオディーゼルは65～145 米ドルよりも高ければ太刀打ちできると推定した。

ン、革新的バイオ燃料等を対象とする先進的バイオ燃料とすると定めている。バイオマス精製に関する研究開発予算は2009年度比で18%増の235Mドルを要求、生産プラットフォーム関連の研究開発予算も6.3Mドル増の59.7Mドルと増えている。2009年7月にはエネルギー省と農務省は共同で6.3Mドルを基礎研究に回すことを表明している²²。また、バイオ燃料の生産・使用に伴うリスクの理解などを深めるためのバイオ燃料イニシアティブ研究の予算は、2009年度の0.6Mドルから5.6Mドルの大幅増となっている²³。このように、政府・国家機関関連の予算配分は増加傾向にある。一方、ベンチャーキャピタルなどの投資機関からの資金に関しては、リーマンショックなどによる景気低迷と重なって停滞気味になっており、研究ベースのエネルギー系ベンチャー企業は政府・国家機関関連の予算を頼みにしているところが多いという(Venter研究所石井氏談)。

3-2. 原料

生産の上で重要になる原料に関しては、食料との競合による穀物市場の高騰や廃棄物・排水処理問題、耕作地開拓のための森林伐採などで批判が多かった第一世代バイオ燃料の小麦、大豆、トウモロコシから、第二世代バイオ燃料へとシフトしている。サトウキビの茎、木材のチップといった生産活動の中から出てくるものの利用から、油糧成分を多く蓄積する植物種子、藻類など、多岐にわたる。植物種子に関しては、アブラナ科のカメリナやトウダイグサ科のジャトロファ(ナンヨウアブラギリ)が主な原料となっているが、研究の進捗によっては他の植物が現れてくる可能性もある。また、藻類に関してはラン藻類の一種であるHalophyteや海洋性藻類が利用されている²⁴。

3-3. 産業への応用

第一世代バイオ燃料の大將格であるトウモロコシからエタノールを生産するプラントはすでに稼働しているが、2008年時のガソリン価格のピーク以降の価格下落などによって対ガソリンのインセンティブが薄れ、生産過多に陥った企業の中には破産法申請をする企業も出ている。第二世代バイオ燃料の工業生産プラントの稼働はまだ始まっていないが、試験プラントはすでに各所で稼働している。Range Fuels社はサトウキビの茎や木材チップからバイオエタノールをする大型の試験プラントを建造し、1万時間以上の連続稼働に成功している。また、カリフォルニア州のSapphire Energy社は海洋性の藻類からバイオディーゼルを生産する大型プラントを建て、それを使った自動車の走行に成功している。さらに、近年航空業界がバイオ燃料に注目しており、ボーイング社のコーディネートの下に2009年1月に行われたJALのバイオ燃料によるテストフライトでは、米国のUOP社、米国のSustainable Oils社、日揮ユニバーサルが生産した植物種子由来のバイオ燃料が、全燃料50%利用されている。オバマ政権の政策目標では2012年までに試験プラントも含めて19の工場を建てることになっており、商業ベースでの工場稼働が期待される²⁵。

²² 2009年7月22日付米国エネルギー省発表より(<http://www.energy.gov/news2009/7683.htm>)

²³ NEDO海外レポート NO.1048より

²⁴環境ビジネス.jp 2009年4月3日記事「米ボーイング社、世界で初めてカメリナ主原料の第二世代バイオ燃料テストフライトを実施」より

²⁵ 2009年12月15日付Memorandum For The President From The Vice Presidentより

(4) 注目されるベンチャー企業とその技術

メディアへの露出があるものや、大きな投資がついているベンチャー企業について以下にまとめる。

4-1. Range Fuels社

基本情報:

所在: 11101 W. 120th Avenue, Suite 200 Broomfield, CO 80021

電話: +1-303-410-2100

Fax: +1-303-410-2101

e-mail: info@rangefuels.com

原料: 木材チップ、雑草、トウモロコシの茎などの植物由来のバイオマス

キーテクノロジー: 2段階熱化学プロセス

文字通り2段階の処理を行うことでバイオ燃料生産を行う。1段階目では「非」食糧バイオマスである木材チップ、雑草、トウモロコシの茎などの植物由来原料を転換炉に入れ、熱・圧力・蒸気によってこれらをガス化する。第2段階において、ガスはエタノールおよびメタノールに分離され、燃料として利用される。

4-2. Coskata社

基本情報:

所在: 4575 Weaver Parkway, Suite 100 Warrenville, Illinois 60555

電話: +1-630-657-5800

Fax: +1-630-657-5801

e-mail: info@coskata.com

原料: バイオマス、産業廃棄物、農業廃棄物、木材

キーテクノロジー: ガス化法

強力なガス化法を持っており、バイオマスや農業廃棄物、木材などの有機物以外にプラスチックなどの産業廃棄物もガス化することが可能なため、混合物の状態ですべてをガス化することが可能。また、独自のバイオリクターを開発しており、ガス化産物である一酸化炭素と水素からエタノールと水を生産することが出来る。この時の水分はバイオリクターで再利用されるため、排水問題が少ないという特徴もある。

4-3. Myriant Technologies社

基本情報:

所在: 1 Pine Hill Drive Batterymarch Park II, Suite 301 Quincy, MA 02169

電話: +1-617-657-5200

原料: 木材、サトウキビの廃棄物

キーテクノロジー: 微生物工学技術

大腸菌、枯草菌、放線菌、酵母などの代謝経路を遺伝子工学によって改変し、望んでいる産物を作り出す技術を保有している。この技術を使って、バイオ燃料以外にもバイオポリマーや医薬品の原料になるコハク酸の生産法も確立している。

4-4. Inventure Chemical社

基本情報:

所在:P.O. Box 530 Gig Harbor, WA 98335-0530

電話:+1-888-861-3335

e-mail:info@inventurechem.com

原料:藻類、バイオエタノール生産時に生じる蒸留残渣

キーテクノロジー:藻類を利用したバイオ燃料生産法

同社は淡水、海水に生息する様々な藻類を保有しており、これらを利用してバイオ燃料を生産する技術を持つ。生産できるバイオ燃料は、ディーゼルとエタノール。この他に生分解性プラスチックの原料になる乳酸、ウレタン中間体、有機酸、1,3-プロパンジオールなどバイオ燃料以外のものも作り出せる点がユニークである。

さらに、火力発電所との併設によりそこから排出される二酸化炭素を固定する技術を持っている点も環境負荷を減らせる意味で注目される。

4-5. Algenol Biofuels社

基本情報:

所在:28100 Bonita Grande Drive Suite 200 Bonita Springs, FL 34135

電話:+1-239-498-2000

e-mail:info@algenolbiofuels.com

原料:藻類

キーテクノロジー:藻類を利用した直接エタノール生産法

水道水などの簡単に手に入る水と二酸化炭素からエタノールを生産する藻類を保有しており、試験段階ではあるもののすでに6000ガロン/エーカー/年の生産を実現している。

4-6. Sapphire Energy社

基本情報:

所在:San Diego, California

電話:+1-858-768-4700

e-mail:info@sapphirefuel.com

原料:藻類

キーテクノロジー:藻類によるバイオガソリン生産

藻類からGreen Crudeと自社でよぶ油糧成分を生産する技術を確立している。このGreen Crudeから、ガソリン、ディーゼル、ジェット燃料を生産が可能である。すでに91オクタン価のガソリン精製に成功している。

4-7. Solazeme社

基本情報:

所在:561 Eccles Avenue South San Francisco, California 94080

電話:+1-650-780-4777

Fax: +1-650-989-6700

e-mail: partnering@solazyme.com

原料: 藻類

キーテクノロジー: 藻類による複合オイル生産

藻類を使った発酵法によって農業・工業バイオマスおよびセルロース系成分を自社で藻類オイルおよび油成分に変換することができる。この成分を分離することで、バイオディーゼル、ジェット燃料の他、食用油、バイオポリマーなど様々な成分がとれることが確認されている。

4-8. Aurora Biofuels社

基本情報:

所在: 1301 Harbor Bay Parkway Alameda, CA 94502

電話: +1-510-748-4999

e-mail: info@aurorabiofuels.com

原料: 藻類

キーテクノロジー: 藻類を利用した藻類オイルの生産

自社で探索した藻類を使い、工場などから排出される二酸化炭素を固定する技術を持つ。排出される二酸化炭素の90%をバイオ燃料やバイオマスに変換できるとしている。2012年に商業生産を開始する予定。

4-9. J. Craig Venter Institute

基本情報:

所在:

東海岸オフィス 9704 Medical Center Drive Rockville, MD 20850

西海岸オフィス 10355 Science Center Drive San Diego, CA 92121

電話:

東海岸オフィス +1-301-795-7000

西海岸オフィス +1- 858-200-1800

原料: 研究がメインのため生産は行っていない

キーテクノロジー: 遺伝子工学、スクリーニング技術

有用微生物をゲノムレベル、代謝産物レベル、発現タンパク質レベルで調べるための技術を持っており、これらを駆使して世界中のサンプルから有用微生物の探索を行っている。特に藻類の研究に注力している。また、合成生物学という生物自体を再構成する技術の開発を進めており、これが成功すれば、オイル生産を行う微生物が作れるのではないかと期待されている。エクソンモービル社からは600億円の投資を受けている。

(5) 繊維製品リサイクルへのバイオ燃料ビジネス展開の課題

古着を回収し、それを原料としてバイオエタノールを生産するビジネスの展開について、現在、バイオエタノール生産の原料として一般的にあがっているものは、木材チップや農業廃棄物などで、古着を利用するというモデルはない。この点において、新しいバイオ燃料生産のビジネスモデルになる可能性を持っており、競合するよりも技術提携などでメリットを享受することの方が望ましいと

考えられる。

綿で作られた古着からバイオエタノールを生産することを目標としているが、現在の服に用いられている繊維は100%綿とは限らず、ポリエステルなどが混ざっているケースも多い。そのため、バイオエタノール生産の過程でポリエステルなどが残渣として残ることが考えられる。

また、繊維工場などにセルロース分解酵素を利用したバイオエタノール生産プラントを併設することを考えられる。しかし、バイオエタノール生産のノウハウ自体は現時点で確立されているものを導入することで実現可能だが、生産コストがガソリンやディーゼルを利用した時の価格を上回ってしまうと、収益を圧迫することになる。そのため、製造コストを以下に下げるかがポイントとなってくる。現在、セルロース分解微生物の探索を進めており、すでにいくつかの候補微生物を発見していることを考えると、それらの微生物がもつ酵素のうち、特に分解活性の高い酵素を大量生産して利用すれば、生産コストを抑えられる可能性がある。この点に関して、カリフォルニア州Promosome社は生産量を効率的に上げる技術を保有している。同社の技術顧問であるVince氏との議論から、候補微生物が持つセルロース分解酵素の遺伝子さえ同定すれば、大量生産の系を構築することは可能であるとの見解を得ることができた。そこで、今後はセルロース分解酵素の遺伝子を同定するとともに、その情報に基づいて大量生産の系を同社と共同で開発していくことが必要になってくる。同社は系の構築までは行うが、その後の大量生産に関しては他の会社で行うことになる。Vince氏が言っていたため、可能であれば日本企業で大量生産を行い、輸送コストを削減することでより一層の生産コスト減を目指すことが望ましい。