

リサイクル重視の政策と環境技術 (デンマーク)

コペンハーゲン事務所

デンマークの廃棄物処理は、「廃棄物21 (Affald 21)」という政策に基づいて行われている。この政策は、将来のより優れた、かつ効果的な廃棄物管理を確立しようというものであり、リサイクル率の向上などを目標としている。本レポートでは、デンマークの廃棄物処理に関する制度、リサイクルの状況、リサイクルに関する技術、リサイクルの今後の課題、環境技術などについて報告する。

1. 廃棄物処理に関する制度

デンマークの廃棄物処理は、現在、99年1月に国会へ提出・承認された「廃棄物21 (Affald 21)」という政策に基づいて行われている。「廃棄物21」は将来のより優れた、かつ効果的な廃棄物管理を確立しようというもので、98年から2004年までの期間における廃棄物管理策を提示している。

デンマーク政府は、廃棄物は環境問題にかかわっているだけでなく、エネルギー消費や廃棄物利用の観点から、資源利用の問題にもかかわっていると考えており、廃棄物焼却において発生する余剰エネルギー利用などを進んで行っている。

そこで効果的な余剰エネルギー利用のために、あらゆる廃棄物を環境に配慮した方法で処理するシステムが、既にデンマーク国内では施行されている。そして、余剰エネルギー利用を含めた廃棄物の資源としての利用と、

環境への負荷の軽減をより効果的に行うことが、今日のデンマーク政府の目指すところである。

(1) 基本方針

デンマーク政府の廃棄物に関する政策は、廃棄物発生防止と廃棄物処理の両者に触れている。そして、廃棄物処理政策では廃棄物の量を減らすこと(減量化)を最重要視しており、このためには廃棄物発生防止が最も優先的に行われるべきだとしている。具体的には、製品のデザインにおいて廃棄物処理をあらかじめ考慮したり、環境破壊につながる危険性の少ない製品を使用したりするなど、環境保護と代替技術によって廃棄物の発生量を減少させることができると考えている。これは、各々の製品の生産から廃棄までの過程における資源消費と環境負荷を制限することに注目した、環境・エネルギー省の環境政策に則したものである。

埋め立て・焼却からリサイクルへ（97年に焼却に適する廃棄物の埋め立てを禁止）できる限り多くの廃棄物をリサイクルすることが、デンマークにおける廃棄物処理の課題となっており、デンマークでは約60%の廃棄物がリサイクルされている（デンマークの廃棄物排出量は年間約1,300万トン）。

廃棄物処理制度の中では、最も好ましいとされている廃棄物処理の方法はリサイクル（再生・再利用）であり、次に焼却、そして、最後に埋め立ての順に考えることが基本になっている。

このように、リサイクルが最も好ましいとされるのは、もちろん、廃棄物を再生・再利用することで資源として有効利用できるからである。しかし、デンマークでは焼却はリサイクルの範疇に入ると考えられていない。

廃棄物の焼却は、リサイクルに適さない廃棄物で、また、焼却後に残る灰や燃えかすが環境問題を引き起こさないものだけが対象になっている。焼却時に得られる余剰エネルギーは発電と地域暖房に利用されている。

埋め立てが廃棄物処理の方法のうちで最後に位置付けられているのは、この方法では廃棄物を資源として利用することができないからである。さらに、埋め立ては大気や土壌、地下水の汚染を引き起こす可能性があるからである。デンマークでは焼却に適する廃棄物の埋め立ては既に97年に禁止されている。

廃棄物処理の質の向上（廃棄物の資源としての利用、処理過程の質向上、環境負荷の軽減）

現行の廃棄物処理政策「廃棄物21」では、従来の廃棄物の減量やリサイクルの増加など廃棄物の量的な対策に加え、廃棄物処理過程の質向上というような、質的な目標も掲げている。具体的には有害物質による環境負荷を最低限に抑え、資源の有効利用を向上させようということである。

ここで言う資源には、原料や製品を加工するために供給されるエネルギー資源と、廃棄物という原料資源、そして、廃棄物を焼却する場合に利用可能な余剰エネルギーが含まれている。

処理過程の質向上には、有害物質による環境負荷の拡大を最小限に抑えることと、資源の有効利用を優先することが必要だと考えられている。

（2）廃棄物処理制度の枠組み

環境・エネルギー省が廃棄物処理制度の枠組みを制定し、その下部組織である環境保護庁がそれを執行している。デンマークの廃棄物処理制度は、法や命令、告示など管理的な方策と同時に、税制や手数料あるいは補助金や協定というかたちの経済的な方策によって執行されている。

環境保護庁は廃棄物の越境移動について事前許可を行っているほか、生産物に使用するのに望ましくないとする物質のリストを作っている。

（3）廃棄物処理の責任

環境保護庁は廃棄物分野の執行官庁ではあるが、廃棄物に関する事務を具体的に遂行するのは地方自治体で、デンマーク全国に14あるアムト（県）と275あるコムーネ（市）である。全ての廃棄物処理の責任は地方自治体にあり、地方自治体は処理責任そのものを他に委任することはできない。

各コムーネはそれぞれに廃棄物の処理を実行する組織を設置している。大規模なコムーネでは廃棄物の処理を個々に行っているが、大多数のコムーネは小規模なため、いくつかのコムーネが共同で廃棄物処理企業を設立している。こうした廃棄物処理企業が家庭ゴミや事業系廃棄物の回収とリサイクルに携わっている。有害廃棄物については、ほとんどのコムーネが共同で設立した回収網を利用して

いるが、いくつかのコムーネは有害廃棄物の回収を独自に行っている。

また、家庭廃棄物、産業廃棄物、事業系廃棄物、包装廃棄物、有害廃棄物を一貫して取り扱う包括的廃棄物処理システムに特色がある。種々の廃棄物は、それぞれの分野において典型的とみられる原料の廃棄物を含んでいるため、分野ごとの廃棄物回収は、分別および処理の過程における作業を軽減することになる。廃棄物の構成は、建設廃棄物27%、家庭廃棄物22%、産業廃棄物21%、事業系廃棄物7%、発電施設から出る廃棄物13%、排水処理プラントから出る廃棄物10%で、年間排出総量は約1,290万トンであった(97年)。

こうした分野ごとの分別回収のほかに、紙、段ボール、ガラス、プラスチック容器、タイヤ、電子・電気機械製品をそれぞれ分別回収するシステムもある。これらは回収されると、それぞれリサイクル業者によって再生されている。

なお、実際には収集とリサイクルは主に民間企業(複数のコムーネが共同で設立した企業を含む)焼却は主に自治体、埋め立ては自治体の専管となっている。

(4) 税制など

デンマークではリサイクルの推進と埋め立ての抑制などを図るため、廃棄物や包装に対する課税(国税)を実施している。

廃棄物税はその処理方法によって税率が各々定められている。埋め立てする廃棄物は1トン当たり375クローネで、焼却する廃棄物の1トン当たり330クローネ、発電量(焼却に投入された廃棄物量が発電される割合)が最低10%以上の焼却施設での焼却に対する1トン当たり280クローネより税率が高く設定されている。そして、リサイクルする廃棄物は課税されていない。

包装税は製造業者に対して、包装にかかる重量の低減を促すことによって、廃棄物の容

量減少を目指すものである。これには製品のための包装のほかに、商店の包装紙やショッピングバッグも含まれている。

包装税と平行して廃棄物容量減少の対策として、包装容器の代金を先払いするデポジット制の回収システムがある。例えば、これはビール、ワイン、炭酸飲料水用のガラスビンやペットボトル回収システムで、消費者は製品を小売店で購入した時にビン代やボトル代を先払いし、空ビン、空ボトルを小売店に返却すると先払いしたビンやボトルの代金が返却されるものである。このビール、ワイン、炭酸飲料水用のガラスビンやペットボトルをデポジット制で回収するシステムによって、デンマーク全国で年間約39万トンの廃棄物の取り扱い作業を節約しているという。

また、使い捨て用品(紙やプラスチックでできた皿・コップなど)やニッケルカドミウム電池も、リサイクルと環境に負荷の少ない製品の使用を促すために、課税対象となっている。

一方で、リサイクル推進のために、廃棄物問題を解決する新しい処理方法の開発などへの国家による補助金がある。また、生態系を考慮していない製品による環境への負荷を軽減する環境技術開発などへも、こうした補助金が交付される。

また、諸協定は廃棄物分野における環境にかかわる目標達成のために利用されている。この中には、建設業者協会との間の建築物の選択的取り壊し協定(建築物の取り壊しにおいて発生する廃棄物を原料別に分別することを取り決めたもの)や、コムーネとの間のフロンガス使用の冷凍庫と冷蔵庫にかかわる協定(コムーネ議会が廃棄されたフロンガス使用の冷凍庫と冷蔵庫を管理あるいは回収する施策を設けることを取り決めたもの)など、種々の協定がある。

(5) 有害廃棄物

有害廃棄物については、各企業に有害廃棄物か否かを判断する責任があり、各企業はその結果を自治体へ通知することになっている。自治体は、全ての有害廃棄物を収集する義務がある。

自治体が回収した有害廃棄物は、専門の処理業者でリサイクルや、焼却、化学的処理、あるいは埋め立てされている。

なお、有害廃棄物には廃棄物税が課せられていなかったが、今後、これは変更される見込みである。環境・エネルギー省では有害廃棄物の有害度についての理解を高めるために、有害廃棄物取り扱い規定を作成している。

2. リサイクルの状況

デンマーク政府は廃棄物管理に関する目標を、2004年までにリサイクル64%、焼却24%、埋め立て12%とし、より多くのリサイクルとより少ない埋め立てを目指している。(2000年までの目標はリサイクル54%、焼却25%、埋め立て21%であった。)

(1) 埋め立て処理の状況

2004年までの目標を定めた97年に比較すると、2004年に埋め立ては50万トン減に相当する25%減ということになっている。97年には約210万トンの廃棄物が埋め立て処理されていた。

このほとんどは石炭を燃料とする火力発電所から排出される塵灰と産業廃棄物である。以前は家庭廃棄物のうち大部分が埋め立てられていたが、このうちの焼却に適する廃棄物の埋め立ては、97年1月から禁止になったため、発電施設からの廃棄物と産業廃棄物が、現在埋め立てられている廃棄物のほとんどを占めるようになったと考えられる。しかし、石炭燃料によるエネルギーの生産は、エネルギー政策である「エネルギー21」によって制限されているため、デンマーク政府は、火力

発電所からの塵灰の量は今後減少するとみている。

環境・エネルギー省は、91年に海岸沿いの廃棄物埋め立て施設についての指針、および、96年に水辺における排出物規制と河川や水路、湖、海への有害物質排出規制を設けており、これは、廃棄物からしみ出る物質が河川や水路、湖、海を汚染するような場所に、埋め立て処理施設が在ってはならないことを意味している。

廃棄物の埋め立ては水質汚染だけでなく、地質の汚染を引き起こしており、デンマーク政府は新たな法律で、全く開発の行われていない土地への埋め立てを禁止している。

埋め立て処理施設は環境への影響が大きいが、埋め立て処理施設は焼却施設から出る廃棄物の一時的な保管場所を確保するために、依然として必要とされている。

(2) 焼却処理の状況

97年に焼却施設で処理された廃棄物は240万トンで、このうち18万トンは污泥焼却施設で焼却された汚水処理(コムーネによる)時の污泥であった。焼却に適する廃棄物の埋め立てが禁止されたことによって、97年以降の焼却量は増加している。

91年から97年の間に旧型の焼却施設が全国の6カ所で閉所となった。97年の時点で31カ所数えられた焼却施設のうち、最も古い施設は68年に始業したものである。

全国にある焼却施設の焼却炉は全部で70あり、このうち25は発電と地域暖房供給(給湯)、残り45は地域暖房供給(給湯)のみを行っている。このようにエネルギーを有効利用するため、できる限り廃棄物を発電所で処理することになっており、92年以降は地域暖房供給(給湯)設備のみの施設は造られていない。全国にある焼却施設の焼却能力は、最小のものは年間1万4,000トンで、最大のものでは年間31万5,000トンである。また、焼

却された廃棄物のうち57%は発電・地域暖房供給（給湯）設備を伴う焼却炉で処理され、残り43%が地域暖房供給（給湯）設備のみのある焼却炉で処理されている。

現在の廃棄物政策によれば、2004年まで焼却される廃棄物の量は増加する方向にある。これは、大量の廃棄物が埋め立て処理から焼却処理へと移行するためである。また、2004年までの見通しでは廃棄物の総量が増加するとみられているからでもある。この増加分を処理するため、全国にある焼却施設の処理能力を5～10%大きくする必要が考えられている。

これについては、もちろん、エネルギー政策と環境条件を踏まえながら、環境・エネルギー省と地方自治体（アムトとコムーネ）が共同で問題解決に当たることになっている。また、エネルギー有効利用とCO₂対策は新しい焼却施設には必ず問われる条件になっている。

焼却施設に関する規定は環境保護法の第5条に記されており、アムトは環境影響評価と電力供給法、暖房供給法に則し、焼却施設を建設・運営することになっている。またコムーネは、焼却施設からの廃棄物でリサイクルできないものを、認定済みの焼却施設で焼却することと、焼却施設からの廃棄物をその施設が焼却できる能力があることを通告する義務がある。

（3）リサイクルの状況

デンマークのリサイクル率は、97年に約55%を達成していたが、政府はリサイクル率の向上がまだ可能であると考えている。そこで、2004年までの目標64%達成を目指して、新しい廃棄物処理技術をはじめ環境に負荷の少ない原料を使用した製品の開発などへの補助金も用意して、国民と企業の廃棄物リサイクルへの積極的な参加を求めている。

「廃棄物21」で掲げた排出事業体系ごとの

リサイクル率目標は以下の通りである。

焼却施設から出る廃棄物	2004年までに70%をリサイクル
建設廃棄物	2004年までに90%をリサイクル
家庭廃棄物	
一般ゴミ	2004年までに30%をリサイクル
粗大ゴミ	2004年までに25%をリサイクル
庭園ゴミ	2004年までに95%をリサイクル
産業廃棄物	2004年までに65%をリサイクル
事業系廃棄物	2004年までに50%をリサイクル
発電施設から出る廃棄物	2004年までに90%をリサイクル
排水処理プラントから出る廃棄物	2004年までに50%をリサイクル

また、廃棄物の種別ごとの処理目標も政府は掲げており、例えばシュレッダー廃棄物と有害廃棄物における目標は以下のようになっている。

シュレッダー廃棄物	2004年までに75%をリサイクル
有害廃棄物	リサイクル率の向上（28%以上）

焼却施設から出る廃棄物

焼却施設から出る廃棄物とは焼却灰と煙道のガス浄化による廃棄物（集塵灰）である。97年に排出された焼却施設から出る廃棄物の総量は約55万トンで、そのうち77%がリサイクルされた。PVC（ポリ塩化ビニル）や防腐加工された木材など、環境破壊につながるような物質を含む廃棄物が特別に分別されるようになった現在、焼却施設から出る廃棄物の質は良くなっている。

焼却灰は建設現場などに利用され、その82%が97年にはリサイクルされたが、将来は焼

却灰がリサイクルされる場合には、環境により大きな配慮がなされるべきだとデンマーク政府は考えている。

煙道ガス浄化後の廃棄物は地下に浸透して、地下水を汚染するような重金属や他の環境破壊につながる物質を多量に含んでいるため、有害な廃棄物に分類されている。

今後、焼却施設から出る廃棄物の量が増え、2004年のリサイクル率70%を達成するためには、廃棄物を安定化するより効果的な技術と煙道ガス浄化における廃棄物を安定化するための中間保管施設を設けることが必要であると、政府はみている。

建設廃棄物

デンマーク全国で排出される廃棄物の約3分の1が建設廃棄物で、97年には約340万トンであった。内訳はセメント、アスファルト、岩石と木材である。現在のところ、これらのうち約8%は埋め立て、1%が焼却処理されている。

過去15年間に、この分野のリサイクル率は上昇し、97年には92%に達した。これはリサイクルされない廃棄物への課税制度の影響と、建築物の廃棄物種別ごとの選定取り壊しに関する建設業者協会との協定の遂行があって達成されたものである。デンマーク政府は、今後も引き続き、この高いリサイクル率を維持したいという意向である。

そして、環境破壊につながるPVCと防腐加工された木材による廃棄物の約3分の1は建設廃棄物であるので、この種の廃棄物については分別して取り扱うなどの規定が、将来設けられることになっている。また、PVCを含む廃棄物の2004年に向けた処理目標も定められており、これによれば、PVCを含む廃棄物は焼却施設で処理せず、特定のPVC専用埋め立て施設で処理することになっている。また、PVCに代わる環境を考慮した材料の開発も進められている。

防腐加工された木材は重金属を含んでおり、特に焼却すると有害になるため、現在のところ、その多くが埋め立てされている。しかし、リサイクル資源として有効利用するために、より良い処理方法が開発されつつある。新しい処理方法が導入されるまでは、防腐加工された木材については分別回収し、特別に取り扱うことになっている。

デンマーク政府は建築物の設計段階で環境評価に基づいて、廃棄物の取り扱いを考慮した、環境に適切な計画を行うことを建設業界に期待している。

家庭廃棄物

年間に約280万トンの廃棄物がデンマーク全国の各家庭から排出され、これは廃棄物総量の約5分の1に相当している。

家庭廃棄物は一般ゴミ、粗大ゴミ、庭園ゴミに分別され、約60%にあたる「一般ゴミ」はいわゆる家庭のゴミである。このほか、家庭廃棄物に含まれるガラス、紙類は分別回収され、リサイクルされている。特に、ガラスビンのデポジット制回収システムは容器の高率なりサイクルを確実にしている。また、庭園ゴミのリサイクルも進んでおり、これら家庭廃棄物全てのリサイクル率は約28%に達している。

2004年に向けた一般ゴミのリサイクル率目標は30%としているが、現在のところこれは15%ほどにとどまっている。目標達成のためにガラス、紙類、段ボール、プラスチック、そして、生ゴミの分別回収を徹底することが望まれている。

分別回収を徹底するために、廃棄物政策の重要項目として広報が挙げられている。そして、電池類や薬品など化学薬品を含んだ有害廃棄物取り扱いについての広報と対策も、分別回収を徹底するためには重要なものと考えられている。

庭園ゴミの全てと一般ゴミの40～45%は有

機物質で占められており、庭園ゴミはほぼ100%がコンポスト（堆肥など）としてリサイクルされている。他方、一般ゴミとしての有機物質分（生ゴミ）はほとんどが焼却施設で処理されているが、バイオガス施設で処理することによって、現在よりも多くの生ゴミをリサイクルできると考えられている。現在のバイオガス施設による生ゴミのリサイクル率は約4%にすぎない。

2004年までの目標では、生ゴミのリサイクル率は7%となっている。これを達成するためには多くのコムーネがバイオガス施設を設けることが必要になっている。デンマーク政府は長期的な目標も掲げており、そこでは生ゴミのリサイクル率を20~25%まで引き上げることにしている。

デンマークでは粗大ゴミは各コムーネが設けている「リサイクル・ステーション」で、各々分別されて収集されている。近年、多くのコムーネがリサイクル・ステーションを設立している。粗大ゴミのリサイクルをより推進するためには、家庭電化製品や防腐加工された木材、PVCなどの分別を向上させなければならないと考えられている。

産業廃棄物

産業廃棄物はデンマーク全国の廃棄物総量の約5分の1を占めている。産業廃棄物については他の分野より廃棄物発生防止に多くの注意を向けることが、最も重視されている。デンマークでは政府の働きかけによって、企業の環境対策の検討や環境家計簿（電気・ガス・水道などエネルギーや資源の消費量と料金、および廃棄物の排出量やリサイクルしたものの量などの収支を記したもの）の実施とともに、廃棄物への課税などが普及してきている。

今日では産業廃棄物の約60%がリサイクルされており、2004年までに65%がリサイクルの目標値となっている。このためには、現在

埋め立て処理されている産業廃棄物の約26%を占める製造業者の廃棄物の量を、減少させなければならない。2004年までの目標では、産業廃棄物の埋め立て量を排出量の15%までに減少させることになっている。

この目標達成のために、環境保護庁は現在埋め立て処理されている産業廃棄物を、新しい技術を用いて処理するために、この技術に適した廃棄物の種類の判定を行っている。この新しい処理方法が実現すると、今まで埋め立て処理をしていた廃棄物のうちの一部については、リサイクルが可能になるという。この中には、自動車や家庭電化製品など、重金属やPVCなど環境破壊につながる物質を多量に含んだものが含まれている。これらは現在シュレッダー処理され、その98%は埋め立てられているが、これを新しい処理技術によって、その75%をリサイクルすることが可能だとみられている。

事業系廃棄物

デンマークの廃棄物のうち約7%は福祉施設などの施設や商店、事務所など事業所からのもので、年間約85万トンに上っている。廃棄物の内訳は有機廃棄物（大きな厨房からの生ゴミ）のほか、電子・電気機器、タイヤ、段ボール、紙、ガラス、プラスチックなどである。

この分野でのリサイクル率はそれ程高くなく、現在のところ約38%であるが、2004年までには50%にまで引き上げることが目標になっている。従って、リサイクルの向上と環境破壊につながる廃棄物の分別を確実にするための分別回収に、より大きな注意を向けることが重要視されている。特に、企業や公共施設における廃棄物の回収率は低いため、廃棄物分別回収への意識を高めることが重要になっている。

また、使われなくなった車や電子・電気機器を環境を配慮した方法で処理することが求

められている。例えば、デンマーク全国における電子・電気機器製品の廃棄量のうち20%は事業所からのものであるが、現在のところ国内でスクラップとして処理されているこうした廃棄物からの、ガラスや金属など各々の材料ごとのリサイクルを、将来、より向上させるために、焼却施設やスクラップ収集場では電子・電気機器や車を取り扱わないことが、廃棄物処理制度の枠組み内に定められることになっている。

さらに、事業所からの紙類や段ボールの回収を向上するための努力が図られている。現在でも既に、各事業所は紙類や段ボールをリサイクルするために分別して廃棄することが義務付けられているが、将来はコムーネが事業所からの紙類と段ボールの回収に対する責任を、事業所と共同で担うことになる。

発電施設から出る廃棄物

97年における発電所からの廃棄物の量は177万5,000トンで、このうち約73%がリサイクルされた。

発電施設から出る廃棄物は、石炭燃料を使う発電による燃えかすや灰、灰塵などを指している。この分野における2004年までの目標は90%のリサイクルである。

エネルギー政策「エネルギー21」によれば、石炭燃料は、長期的に持続可能なエネルギー（風力や太陽熱など）や天然ガスと有機物質燃料などへと代替される計画になっている。従って、石炭燃料による発電から出る廃棄物の量は、今後、減少する見込みである。

しかし、これに代わって増加するとみられている有機物質燃料使用によって作られる有機物質による灰の、環境に配慮したリサイクル方法の開発が現在進められている。これは肥料などとして用いるとリサイクルの割合が非常に高くなるとみられている。

排水処理プラントから出る廃棄物

97年には約124万8,000トンの廃棄物が全国のコムーネの排水処理場から排出され、そのうち汚泥は120万9,000トンであった。この量は今後も変化しないと政府はみている。

排水処理プラントから出る廃棄物は、肥料と燃料として利用できる汚泥を多量に含んでいる。廃棄物に含まれている汚泥はその約72%がリサイクルされ、約20%は焼却処理、残る8%は埋め立てられている。現在、汚泥のほとんどは農地の肥料として利用されている。

しかし、農地に利用される汚泥の質を厳しく管理することが検討されているため、汚泥のリサイクルの割合が今後順調に向上するとはみられてはいない。汚泥については、リサイクルの割合の向上よりも、環境を脅かす物質を除去する方法の開発によって、汚泥の質をより高めることが目標になっている。

シュレッダー廃棄物

現在、多くは事業所から廃棄される使い古された自動車や電子・電気機器製品などがシュレッダー廃棄物として分類され、そのほとんどが埋め立てられている。これらには重金属やPCBなど環境破壊につながる物質が多く含まれているため、シュレッダー施設からの廃棄物の処理方法の向上と、新しい処理技術開発の可能性を検討することが望まれている。

97年にはシュレッダー廃棄物の排出量は年間に約9万5,000トンであった。これらのうち約9万トンは埋め立て処理され、残り約5,000トンは焼却処理された。

2004年までの目標ではシュレッダー廃棄物の75%を、重金属の再生と、エネルギーの有効利用の方法を確立し、資源として利用するというものである。この目標達成のために、シュレッダー廃棄物や重金属を含む廃棄物の、環境に配慮した方法での処理技術の開発が、「リサイクルと公害の少ない技術審議会」が

らの補助金をもとに、関連企業において進められている。

これと平行して、製造業者に対しては製品が廃棄処理される時に資源として有効利用できない物質に代えて、環境に影響の少ない物質を使用することを呼びかけ、シュレッダー廃棄物として埋め立て処理される廃棄物の量の減少を図ろうというのが、政府の方針である。

有害廃棄物

デンマーク全国で97年に廃棄された有害廃棄物の量は、約25万3,500トンで、これは廃棄物総量の約15%を占めていた。このうち約28%がリサイクルされ、21%は焼却処理、45%は石油・化学薬品系廃棄物や一般的な廃棄物焼却施設からの集塵灰への特殊中間処理、6%は埋め立て処理された。

なお、有害廃棄物の特殊中間処理は有害廃棄物処理専門企業である Kommunekeimi A/S社や医療関係の廃棄物を処理する Special Waste System社において行われている。Kommunekeimi A/S社と Special Waste System社では、有害廃棄物中の有害物質を非有害成分へ変化させた後、焼却処理を行っている。

現在、より多くの有害廃棄物をリサイクルするために、有害廃棄物にかかわる新しい処理基準が検討中である。

3. リサイクルに関する技術

(1) プラスチックのリサイクル技術

96年にはデンマーク全国で回収されているプラスチック廃棄物のうち約12%がリサイクルされていた。政府の目標は2001年までにこれを15%（約2万2,500トン）までに引き上げようというものである。現在、環境・エネルギー省はプラスチック製ボトルとタンクのリサイクル状況の調査を行っており、この結果を見てプラスチック製ボトルとタンクのリ

サイクルに関する新しい規定を2001年から施行する見込みである。デンマークでは現在、飲料水用のペットボトルが、デポジット制で回収され、再利用（洗浄後、再度、飲料水用ボトルとして利用）されているが、今後はあらゆるプラスチック製ボトルとタンクを回収し、リサイクル（再生・再利用）することが環境・エネルギー省で検討されている。

Replast A/S社は、デンマークのプラスチック産業がプラスチックのリサイクルについて検討を重ねた末、83年に設立したプラスチックのリサイクル専門業者である。同社ではスクラップとして廃棄されたプラスチックを粉碎、洗浄、乾燥の後、さらにリサイクルプラスチックとして成型前のプラスチックの状態「ペレット」の形態に成型される。

同社は年間約1万2,000トンのプラスチックリサイクルを扱っているが、その規模を1万6,000トンにまで引き上げるように、環境・エネルギー省から要請を受けている。

(2) 家電製品のリサイクル技術

97年にデンマーク全国で回収された家電製品は10万3,000トン（冷蔵庫と冷凍庫を除く）で、このうち48%はコムーネが粗大ゴミとして回収したものであった。20%は事業系廃棄物から、15%は産業廃棄物として、2%は建設廃棄物、そして、残り15%は家庭の一般ゴミとして回収されている。同年に回収された冷蔵庫と冷凍庫は1万2,000トンで、このうち80%はコムーネが粗大ゴミとして回収したもので、15%は事業系廃棄物として、残り5%は産業廃棄物として回収されたものであった。

冷蔵庫と冷凍庫のうち旧型のものはオゾン層破壊につながるフロンガスを使用しているため、廃棄物として回収された後は他の家電製品とは別に取り扱われている。フロンガスを専門の業者が処理し、本体やその他の部品はスクラップとして処理された後、鉄やその

他の金属、あるいは、プラスチックなどとして再生されている。

他の家電製品のリサイクル率はわずか30%であるが、今後はこれを向上させることが2004年までの目標である。

Eldan Recycling A/S社は廃棄物のリサイクル専門業者である。同社はケーブルやアルミニウム、タイヤなどのリサイクルのほか、スクラップとして回収された電気・電子機器製品を原料ごとに分別しリサイクルを行っている。

各家電製品のプラスチック製本体はプラスチック原料として再生するほか、回路に使用されている金属は溶解して銅や銀、パラジウムにそれぞれ再生している。その他部品として使用されている金属も溶解して、アルミニウムや亜鉛、銅などに再生している。

同社の開発したリサイクルシステムEldan SRはデンマークのほか、40カ国の180施設に導入されているという。

(3) 廃棄物減容化技術

Niro Industries A/S社の開発した廃棄物減容機WR6000は1時間に60トンの廃棄物を切削できる。最大24万トンの巨大廃棄物を切削処理できるこの機械は、他の欧州諸国に輸出されているほか、日本では川崎重工がライセンス契約のもとで製造しているという。

水中ミキサーやポンプを製造しているLandia A/S社は、汚水浄化槽内のポンプのプロペラをカッターとして汚水内の固形異物を切削する機械を開発している。このポンプは汚水を別の浄化槽に汲上げながら、汚水内の固形異物を切削し、減容化するものである。

Mil-tek A/S社は圧縮空気のコンプレッサーによって、段ボールや発砲材などの包装容器を圧縮減容化する廃棄物プレッシャーを開発、製造・販売している。

(4) コストダウンのための設備簡略化、効率化のための自動制御システム・IT活用

94年からデンマークの電力協会はエネルギー節約型の発電施設開発に取り組んでおり、ここでは電力供給のコストを最小限に抑えることも目標とされている。この計画を実現するために電力協会は、環境・エネルギー省の下部組織であるエネルギー庁とともに建設に伴う補助金を用意し、モデル企業としてLK as社を指名した。

コペンハーゲン近郊のバレロップ市に建設された廃棄物処理を伴う発電・地域暖房供給プラントは電力消費を約9%節減し、石油の消費量は約20%節減したという。そして、建設経費の減価償却は約4.5年とみられている。

この施設でエネルギー消費節約が可能になった背景には、空気圧縮システムを導入したことと、冷却装置と照明装置がより効率的に設計されたこと、そして、LK as社自身が開発した自動制御システムによる管理がある。

有害廃棄物の処理に関する技術やコンサルタントを提供しているChemcontrol a/s社は、トラックに搭載できるコンテナ型の回転する焼却炉を開発した。このコンテナ型焼却炉は年間に2,500トンの廃棄物を処理することができるという。

また、同社は回収、輸送、保管、分析と処理および請求書発行まで、有害廃棄物の処理を総合的に管理するコンピュータプログラムも開発している。

(5) ダイオキシン対策、エネルギー有効利用の面からのガス化溶融炉

電力会社のSK Power社は、高効率な廃棄物焼却から得られるエネルギーを用いた発電および地域暖房供給施設の設置を実現した。ここでの目的は、全国の発電および地域暖房供給施設において、天然ガスとバイオマスの利用を増加し、同時にデンマークにおける安

全てで経済的な発電システムを開発するものであった。

また、この施設では発電における蒸気量監視システムも導入しているほか、フライアッシュやダイオキシン、窒素酸化物を取り除くガス浄化システムも設備されている。

この施設での発電におけるエネルギー効率 は49%に達しているという。

(6) 排ガス中のダイオキシン除去技術、焼却灰中のダイオキシン除去技術

デンマーク政府は、80年から2005年の間に、発電施設や焼却施設を含めたあらゆる施設からのダイオキシン排出を禁止、排気ガス中の窒素酸化物は50%以上取り除くという規制を設けている。

デンマーク企業のHaldor Topsøe A/S社は、廃棄物の焼却において発生する硫化物や窒素酸化物を除去する煙道ガス浄化装置を開発している。この装置内で煙道ガスに含まれるダイオキシンや窒素酸化物は、非有害物質であるアンモニアと硫酸に変換される。

FLS Miljø a/s社の発電および暖房供給システムを備えた焼却施設システムのFLS - WASでは、排気ガス中のダイオキシンを除去する浄化システムのほか、焼却灰中のダイオキシンを除去するシステムが導入されている。同社の技術では、煙道ガス中および焼却灰に含まれるダイオキシンは、水あるいは酸化水素ナトリウムによって分解され、ナトリウムと硫酸、水に変化されている。

(7) フライアッシュ対策

FLS Miljø a/s社がKruger Waste社とともにフライアッシュの排出を極限まで少量に抑えるシステムを開発した。このシステムでは焼却炉内にある廃棄物を載せたコンベアがゆっくりと断続的に動くため、フライアッシュの排出を抑えることに成功している。

また、Chemcap MilieuTechniek社は、

フライアッシュに含まれる重金属を取り除く技術を開発し、廃棄物焼却施設に同技術を提供している。

4. リサイクルの今後の課題

2004年までに廃棄物の64%をリサイクルするという、「廃棄物21」で政府が掲げている目標を達成するには、現在、リサイクルされていない廃棄物を段階的にリサイクルへと移行することが必要だと考えられている。具体的には、まず環境への負荷が少ない方法で焼却する方法を確立し、さらに次の段階としてリサイクルを可能にする技術を開発することであり、これがデンマークにおけるリサイクルの今後の課題になっている。

特に、中古車両、電子・電気機器、鋳造廃棄物などの製品の多くの部分をリサイクルするために、環境に有害な物質を含む廃棄物、例えば、PVCやプラスチック、防腐加工された木材、シュレッダー廃棄物、電池類を処理する新しい技術の開発が期待されている。

また、政府はデンマーク全国における廃棄物の処理をより向上させるために、技術だけでなく、廃棄物の回収・輸送・処理を総合的に管理するための自治体における運営上の改善が必要だと考えている。

5. その他の環境技術

(1) 水処理分野

生活排水分野

海洋、河川や湖沼だけでなく地下水の水質汚染の原因となる排水の浄化は、73年に政策が定められ、これを基本に進められてきた。そこでは、排水中に含まれる有害物質はできる限る除去することや、水環境に関連して、大規模な浄水施設から出る排水中の有機物質やリンは基準値を満たしていることなどが挙げられている。

87年には政府は新しい水環境を向上するための政策を設けている。現在、生活排水の90

%と産業排水の80%以上はコムーネの下水道を利用しており、全国では86%以上の排水についてリンや窒素を除去する処理が施されている。大規模な企業施設では、コムーネの下水道のものと同様の排水の浄水設備を設けている。

Envi Dan A/S社はデンマークの水質浄化関連企業のなかでも、コムーネの都市再開発の一部としての生活排水計画の作成を行うばかりでなく、企業や一戸建住宅の排水設備などの開発も行っている。同社の微生物の活動を利用した浄化システムは、日本の合併浄化槽のような小規模なものである。

また、AEC社のeco-line miniという浄化システムは、一戸建から10軒程の集落におよぶ生活排水の浄化に対応する製品シリーズを用意している。このシステムは、まず、排水中に含まれている比較的大きなゴミを機械的に取り除いた後、微生物処理を施し、化学的な処理によってリンを除去するものである。

処理場排水分野（コンパクトで高性能な脱窒素・脱リン技術）

Kruger A/S社の浄水システムActifloは、コペンハーゲン市の河川や湖沼の水質基準に定められている窒素含有量よりも、さらに低い値へと脱窒素することを可能にした。

このActifloは毎時375m³の水を浄化する性能をもっている。生化学的な処理によって、水中に含まれている汚泥、藻類、有機物のほか、非常に高い割合でリンを除去することができるという。このシステムによって浄化された水に含まれているリンは1リットル当たり0.02~0.05mgに減少した。同時に、窒素の含有量も非常に低下している。

Kruger A/S社が開発したActifloの処理過程はコンパクトである。欧州をはじめ米国などの諸国で、排水の前処理や洪水や大雨時の水質浄化および浄水場にて導入されている。

小規模事業所分野（小規模の食品工場、 外食産業の排水処理など）

デンマークには乳製品や魚や肉の加工製品など多くの食品加工業者があり、工場からの排水を適切に処理することは各企業の責任になっている。APV Nordic社はこの食品工場排水を膜フィルターによって浄化し、工場内で再利用するシステムを開発した。この技術を導入した魚の加工工場では95%の排水のリサイクルが可能になったという。そして、98年にはEUの環境賞を受賞している。

Cool Sorption A/S社は、蒸発して空気中に浮遊しているガソリンや石油、薬品や重油などの油性成分の浄化を行うための、炭素吸着システムと冷液吸収システムという技術を開発した。この技術は石油産業において幅広く導入されており、同社は蒸発成分回収システムをはじめ発火・爆発防止装置の設置などをガソリンスタンドなどに供給している。

(2) 土壌・地下水汚染浄化分野

デンマークでは近年ますます土壌・地下水汚染に対して注目が集まっており、政府は既に、産業地区および農地における土壌・地下水汚染浄化の検討を始めている。

産業地区において特に汚染が進んでいるのは、石油・ガソリン関連製品を取り扱う工場や設備の付近である。Kruger A/S社は炭化水素を用いた土壌・地下水浄化方法を採用している。

Unicon Aqua社はマイクロドロップシステムという浄化方法を開発している。この方法は、長期間をかけて地下水に含まれるさまざまな化学物質をできる限り減少させるもので、従って、浄化後の飲料水の水質向上がより確実になるという。

また、AEC社はBIOGARDという石油によって汚染された土壌・地下水を浄化するシステムを開発している。

Dansk Rodzone Teknik ApS社は、汚水

や汚泥をワラなどの草の根によって浄化する「ルート・ゾーン・システム」を開発し、家庭排水や工場排水の浄化や汚泥処理などのためにこのシステムを提供している。これはワラの根の酸素含有量が呼吸に伴って高くなると、根の生えている土中の微生物の活動が活発になり、ここに排水が流れると有機混合物や他の不純物を微生物が吸収し、結果的に水が浄化されることを応用したシステムである。デンマーク各地のガソリンスタンドで小規模なルート・ゾーン・システムが、自動車洗浄水のリサイクルに導入されているのを見ることができる。

同社は植物と微生物のこの作用を室内の空気清浄にも応用している。空気洗浄に適する土壌に観葉植物の植えられたプランターが、空気清浄機として機能するもので、外観は一般の鉢植えになっている観葉植物と同じである。この植物による空気清浄装置はデンマークのオーフス大学などで試験された後、デンマークやスウェーデンのオフィスや施設に供給されている。

WavePlane International A/S社の湖沼における水中の酸素富化浄化装置は、湖沼の波をエネルギー源として利用したユニークな装置である。波の高さが最低10cmあればポンプが作動し、水中に新鮮な酸素を送り込みながら水上を進んでいく。水中の酸素が欠乏していることが問題になっている、デンマークのユトランド半島にあるマリエイヤー・フィヨルドでは、同社の酸素富化浄化装置は20cmの波を受けて、毎時100万リットルの水を汲上げ、毎時14kgの新鮮な酸素がポンプによって水底にまで送り届けられているという。そして年間に60トンの酸素が水中に供給できると見込まれている。このデータに基づくと、年間に500万m³の水の生態系を健康なものに戻すことができることになる。

(3) 新エネルギー・省エネルギー分野

90年代を通して、デンマークのエネルギー供給量は2倍に増加し、98年には855PJ（ペタジュール）に達している。これは石油・天然ガス、風力発電、バイオマスや廃棄物の利用によるもので、90年の供給量と比べて2倍、80年の20倍となっている。

風力発電や地熱発電、廃棄物の焼却熱利用など、代替エネルギーの増加がこのエネルギー供給量増加の大きな要因となっている。98年の代替エネルギー供給は77PJで、前年より3.5%増加している。

このうち最も増加したのは風力発電で、93年の3PJから98年には10PJに達している。そして、全国にある風力発電機の発電能力を合計すると98年は1,443MWで、これは前年の27%増、80年に比較すると4倍になっている。

バイオガスによるエネルギー供給量は、98年は前年に比較して20%増の2.7PJであった。このうち伐採された樹木やワラによる供給量は1%減少している。

98年に供給された代替エネルギーのうち、バイオマスは最大の供給量で43%を占めている。第2の供給量であったのは廃棄物焼却によるもので36%であった。風力発電は13%にとどまっている。

(4) 太陽光発電

デンマークでは暖房や給湯への太陽エネルギー利用は87年から97年の間にほぼ20倍にも増加しているが、日照時間の短いことなどを理由に、太陽光発電は屋外の電灯やソーラー・カーなどへの利用に限られてきた。現在、デンマーク技術研究所を中心に太陽光発電の研究が進んでおり、近い将来、具現化されることが期待されている。

(5) 風力発電

デンマークの風力発電施設は世界中に広く

輸出されており、世界的なシェアの約60%はデンマーク製の風力発電機が占めているという。Vestas社やNEG Micon社の風力発電機は日本へも輸出されている。

本国デンマークでは政府は20年後には風力発電による電力供給を50%にまで引き上げることを目標に定めている。現在、大型のウインドファームを海上に造る計画が進められている。99年、環境・エネルギー省は全国に5つの海上ウインドファームを建設する計画を発表している。それぞれの風力発電機は2MWで、2030年までに全国の海上ウインドファームから合計4,000MWの発電が可能であるという。

海上ウインドファームに設置される2MWの風力発電機は、羽の回転直径が70mもある。風力発電機の大きさは2~2.5MWまでが妥当であるという企業もあるが、巨大化が止まる様子はなく、将来的には発電量が5MWで羽の回転直径は110mとなり、全高は165mにもなるとみられている。

こうした大型ウインドファームがデンマークで成功すれば、他の北欧諸国に輸出したいというのが各風力発電会社の希望である。

(6) コージェネレーション

デンマークでは焼却施設からの排熱を利用した地域暖房供給システムが、全国各地に導入されているが、コペンハーゲン市の地域暖房供給会社であるCOWI社は地域暖房供給システムから出る低温水を利用した冷房システムを開発し、コペンハーゲン港を望む場所に新たに建てられたビルにこのシステムが導入された。このシステムはオゾン層破壊につながるフロンガスを使用しない方法での冷房を可能にしたものである。

このシステムでは熱圧縮機内の蒸気が特別な物質に吸収されるため、蒸気は低圧で低温のまま保たれており、熱源は冷媒と吸収部分を分けるために利用されている。こうするこ

とで、メンテナンスが不要になり、電気コンプレッサーを使用した場合のような騒音もないという。

現在のところ、このシステムは隣り合せた2つのビルに冷房を供給しているのみであるが、同様のシステムは少なくとも5,000㎡のビルに冷房を供給することが可能であるとされている。

(7) バイオガス

バイオガスプラントでは、農業や食品加工業において排出される有機廃棄物や家庭からの生ゴミ、そして、污水浄化施設からの污泥から発生するガスを、地域暖房やコージェネレーションに利用するための熱源として供給し、ガスを抜いた後の固形物質から農業用肥料を生産している。デンマーク政府は、95年には2PJであったバイオガスによるエネルギー供給量を、2005年には8PJまで高めることを目標としている。また、これによってデンマーク全国にあるバイオガスプラントから、年間に4,000万トンの肥料が生産できると見込まれている。

バイオガスプラントの設計およびコンサルタントを行っているBioscan A/S社は、Biorekという独自のシステムを開発し、デンマーク国内外に供給している。このBiorekシステムではガス抜き後に生産される肥料に、廃棄物に含まれている窒素の90%、リンとカリウムの95%を吸収することができるという。

(8) 廃棄物発電

デンマーク全国にある焼却施設は発電と地域暖房供給（給湯）両者、あるいは地域暖房供給（給湯）のみを行うことによって、エネルギーの有効利用を試みている。現在では、できる限り廃棄物を発電所で処理しようという方向にあり、92年以降は暖房供給（給湯）設備のみを伴う焼却施設は造られていない。

全国にある焼却施設の焼却能力は最小のものでは年間1万4,000トンで、最大のものでは年間31万5,000トンである。また、焼却された廃棄物のうち57%は発電・給湯設備を伴う焼却炉で処理され、残り43%が給湯設備のある焼却炉で処理されている。

一般的な廃棄物を焼却して発電する施設のほかに、ワラや木屑、樹木の枝など有機物を焼却して発電するバイオマス発電所と呼ばれる施設がある。農場や森林からの有機廃棄物を、石炭あるいは石油またはガスとともに焼却する。そして、この焼却炉で得られた熱をエネルギー源にして発電が行われている。

(9) 断熱材

古紙から繊維を精製する機械を製造しているISODAN社は、この繊維を使用した断熱材の製造方法を開発した。この断熱材は軽量の粒状になっており、建設現場では外壁と内壁の間に吹き付けるといふ。断熱効果のほかに防音効果も高く、また、古紙の繊維からできているため湿度の変化にも柔軟に耐えられ

るため、鉄骨構造建築物の断熱材としても使用できるという。

さらに、この断熱材の製造過程におけるエネルギー消費量は非常に少なく、環境に優しい製品ということもできると同社は語っている。

デンマークには5,000万年前の地変で造られたケイ酸と樹脂、火山灰を含んだ地層があり、この土を焼くと1,000度以上の熱を遮断するという。Skamol A/S社はこの土の性質を生かしてアルミニウムとセメント産業向けの断熱材を供給してきた。

現在では同社は、このカルシウムケイ酸塩を含んだ土を原料にした断熱用材料を、鉄鋼所や鋳造所の溶鉱炉、陶芸やガラス工芸用の窯や食品工場のオープン、ストーブ、ボイラーなど、燃焼や酸化を行う設備に向けても供給している。特に、建設と海洋分野での需要は大きいと同社は語っている。今後は断熱温度が1,430度である鉄鋼業用の断熱材を開発する計画があるという。