

【特集：固体回収物燃料 (Solid Recovered Fuel) の国際標準化の動向とその意義】

欧州における SRF/RDF の製造および利用状況と 循環経済パッケージによる影響

河井 紘 輔*

【要旨】 本稿では、欧州における SRF/RDF の製造および利用状況と、EU の循環経済パッケージが欧州諸国の廃棄物管理政策に与える影響について整理した。欧州では埋立指令に従い、残渣ごみの前処理として Mechanical biological treatment の導入が進み、SRF/RDF が製造されてきた。規格に準拠した SRF もある一方で、規格に準拠していない RDF が多く流通し、SRF/RDF は焼却施設で処理されるだけでなく、セメント産業等で代替燃料として利用されている。近年、イギリスからオランダ等北欧諸国へ多くの SRF/RDF が輸出されてきたのは、イギリスにおける埋立税と、北欧諸国における廃棄物焼却施設の余力が主な要因である。循環経済パッケージに基づき、EU 加盟国では、有機ごみの分別収集を強化して残渣ごみからの徹底的な資源回収が求められている。

キーワード：埋め立て、越境輸送、焼却、MBT、残渣ごみ

1. はじめに

欧州では 1990 年代ごろからセメント産業、石灰産業、エネルギー産業等で廃棄物の燃料としての需要が高まり、廃棄物由来の燃料の品質や適用時の環境への影響を明示的かつ統一的に説明できる方法を求める声が高まった。そこで、2002 年に欧州各国の規格化機関、関連産業、研究機関等が参画して CEN/TC 343 が設置され、Solid Recovered Fuel (SRF) に関する欧州規格が開発されてきた。さらに 2015 年には SRF に関する国際規格を開発する ISO/TC 300 が設置されて、日本も投票権を持つ Participating member (P メンバー) として参画している。SRF とは、「規格に準拠して製造された、非有害廃棄物 (Non-hazardous waste) 由来の燃料」と定義され、規格に準拠せずに製造された廃棄物由来燃料は厳密には SRF とみなされない。ただし、実際には規格に準拠しないものも SRF と呼ばれて流通している場合もあり、欧州域内の廃棄物由来燃料は、Refuse Derived Fuel

(RDF) レベルの品質のものがいまだ一般的であるという認識もある。本稿では、規格に準拠するか否かを問わず、燃料利用を目的に廃棄物から製造されたものを SRF/RDF を呼ぶこととする。2020 年に ISO/TC 300 の名称は「Solid recovered fuels」から「Solid recovered materials (SRMs), including solid recovered fuels」へと変更され、スコープが拡大した。燃料としてだけでなく、リサイクル原料としての供給も視野に入れて国際規格を開発することとなったが、これは EU の循環経済パッケージを強く意識したものと思われる。

本稿では、欧州における SRF/RDF の製造および利用状況や、流通している SRF/RDF の品質、さらに欧州域内で輸出入されている SRF/RDF の推移とその背景となる各国の廃棄物管理事情、そして EU の循環経済パッケージが欧州諸国の廃棄物管理政策に与える影響について述べる。本稿を執筆するにあたり、ISO/TC 300 に参画する専門家との議論、欧州における SRF/RDF 製造者・利用者、焼却業界団体、セメント業界団体、

原稿受付 2023. 2. 24

* 国研 国立環境研究所 資源循環領域

連絡先：〒 305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2 E-mail: kawai.kosuke@nies.go.jp



© 2023 一般社団法人 廃棄物資源循環学会。この記事はクリエイティブ・コモンズ表示-非営利 4.0 国際ライセンス (CC BY-NC 4.0) の下に提供されています (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)。

SRF 業界団体等への過去のヒアリング記録を再整理するとともに、欧州における廃棄物管理に関する最新動向をレビューした。なお、SRF/RDF の製造量および利用量に関する体系的な統計データは整備されておらず、さまざまな出典の情報を断片的に引用しているため、整合しない部分もある。また、本稿は筆者の個人的見解を含んでいることに留意されたい。

2. SRF/RDF 製造の歴史的背景

欧州では1990年代まで埋立処分に依存した廃棄物管理を行っており、2000年においてもMunicipal waste (一般廃棄物)の埋立率はEU全体で50%を超えていた¹⁾。廃棄物の埋立処分に起因する表層水、地下水、土壌、大気、そして温暖化等の地球環境を含めた環境への悪影響、さらには人の健康に対するあらゆるリスクを回避あるいは可能な限り低減するための方策、手順、ガイドランスを提供するために、1999年に埋立指令(Directive 1999/31/EC)が制定された。埋立指令 Article 5では、1995年を基準年として2006年、2009年、2016年における生分解性一般廃棄物の埋め立ての目標値が設定され、EU加盟国は埋立率を目標年までに段階的に低減しなければならないとされた(表1)。

EU加盟国は埋立率の目標達成に向けて、生分解性一般廃棄物を分別収集してリサイクルする方法、さらにリサイクルできない廃棄物を中間処理する方法を採用することになり、SRF/RDFの普及には、この埋立指令が大

表1 埋立指令(Directive 1999/31/EC)による生分解性一般廃棄物の埋立率の目標値

目標年	2006	2009	2016
埋立率	75%	50%	35%

注) 1995年時点で一般廃棄物の埋立率が80%を超えるEU加盟国には最長4年間の猶予期間が与えられた

きく影響を及ぼしている²⁾。欧州では、リサイクルできない廃棄物、あるいは、これ以上分別できない廃棄物はResidual waste(残渣ごみ)と呼ばれている。残渣ごみの処理方法として、焼却処理(Mass burn incineration)、Mechanical biological treatment(MBT)、埋立処分の3つの選択肢があげられ、埋立指令を受けて、当初は埋立処分量の削減を目指して残渣ごみの焼却処理が志向された。ところが、地域のNGO、住民、議員等の反対運動により、焼却施設の建設・稼働が停滞した地域もあり、焼却施設を整備できない地域では焼却処理に代わってMBTが導入されてきた。当初、MBTは埋立処分前に生分解性一般廃棄物を安定化されるための前処理技術という位置づけで導入されたが、次第に残渣ごみ中の資源を抽出し、有効利用する側面が強くなってきた³⁾。MBTによって抽出された可燃性廃棄物がSRF/RDFである。

3. SRF/RDFの原料および製造工程

欧州廃棄物リストには廃棄物の種類ごとにコード(番号)が記されており、コードの左側から2桁は01から20までの大分類項目、さらに真ん中の2桁は中分類項目、右側の2桁は小分類項目で、廃棄物の種類は合計6桁のコードで識別される。SRF/RDFの原料に該当する欧州廃棄物リストのコードの一例を表2に示す。200301の混合一般廃棄物がSRF/RDFの主要な原料で、前述の残渣ごみに該当する。その他に建設廃棄物、粗大ごみ、処理施設での残渣もSRF/RDFの原料となる。

MBTシステムは画一的ではなく施設によって処理技術や手順はさまざまで、物質の特性に従って融通性のある処理が可能である⁵⁾。MBTシステムで用いられる主な処理技術としては、機械選別工程において破碎・ふるい選別・風力選別・磁力選別・渦電流選別等があり、生

表2 SRF/RDFの原料に該当する欧州廃棄物リストのコードの一例⁴⁾

04 02 09	複合材料(含浸繊維、エラストマー、プラストマー)由来の廃棄物
07 02 13	廃プラスチック
15 01 01	紙および段ボール包装
15 01 02	プラスチック包装
15 01 06	混合包装
17 09 04	水銀およびPCB等の有害物質を含まない混合建設解体廃棄物
19 12 12	非有害廃棄物の機械的処理から発生するその他廃棄物(混合物を含む)
20 01 01	紙および段ボール
20 01 39	プラスチック
20 03 01	混合一般廃棄物
20 03 07	粗大ごみ

注) 筆者による仮訳

物処理工程において嫌気性発酵（バイオガス化）・好気性発酵（堆肥化）・生物乾燥等がある。MBTの中には、生物処理工程を有しない Mechanical treatment (MT) もあるが、本稿ではMTもMBTに包含されることとする。残渣ごみには少なからず分別されない Bio waste (有機ごみ) が含まれるために、残渣ごみの含水率は高いが、乾燥工程を加えることによって、より発熱量の高いSRF/RDFを製造することができる。乾燥工程が備わったMBT施設の数に限られるが、日本のRDF化施設のように灯油や都市ガスを用いて熱乾燥するよりは、生物乾燥を採用するほうが欧州では一般的である。また、SRF/RDFの品質を高めるためには、発熱量だけでなく塩素濃度にも留意する必要がある。たとえば、近赤外線センサーを用いてポリ塩化ビニル(PVC)の除去工程を加え、塩素濃度の低いSRF/RDFを製造することが可能となる。欧州で製造されるSRF/RDFの形状は、日本で製造されるRDFやRefuse derived Paper and plastics densified Fuel (RPF)のように成型機でペレット化されたものではなく、可燃物が破碎されたままのフラフ状が一般的である。

かつて埋立処分に依存していたイタリアでは、2021年時点で124のMBT施設(うち20施設がMT)が設置されていて、9,292千t/年の廃棄物が処理されている⁶⁾。イタリアにおけるMBT施設の多くが焼却施設、あるいは埋立処分場と同敷地に設置されていることが多く、前処理の意味合いが強い。

4. SRF/RDFの品質および利用先

地域によってSRF/RDFの用途はさまざま、フランスではセメント産業、オランダでは廃棄物焼却施設、スウェーデンではSRF/RDF専焼施設が主要な利用先であり⁷⁾、用途はSRF/RDFの品質と関係がある。SRF/RDFの品質を評価する指標としては発熱量、塩素濃度、水銀濃度、灰分、水分、重金属類、バイオマス比率等があげられるが、SRF/RDFの代表的指標として、品質の良し悪しを発熱量で評価するのが一般的である。品質が悪いSRF/RDFは廃棄物焼却施設で処理される。5. および6. で後述するとおり、イギリスから大量のSRF/RDFが周辺国へ輸出されているが、その多くは簡単な前処理を行うだけで、品質としては高くない。イギリスから輸出されるRDFの発熱量は平均で9.3 MJ/kgとの報告⁸⁾から判断しても、未処理の残渣ごみに近い品質であることがわかる。

MBT施設で製造されるSRF/RDFは残渣ごみよりも品質が良く、SRF/RDF専焼施設で利用することが可能

である。ドイツでは、エネルギー価格が上昇するのに伴い、2000年代からSRF/RDF専焼施設の整備が進み、2016年時点で32の施設(処理能力6,311千t/年)が稼働している⁹⁾。SRF/RDF専焼施設におけるエネルギー効率は廃棄物焼却施設に比べて高く、これはエネルギー需要を考慮した立地や、高温高圧の蒸気条件でエネルギーを回収していることが理由としてあげられる⁷⁾。

SRF/RDFはセメント産業、石灰産業、火力発電所でも利用することが可能であるが、運用上および技術上の制約を引きおこすことなく、化石燃料の代替を可能にする高品質のSRF/RDFが求められる¹⁰⁾。欧州のセメント産業で利用されている代替燃料のうち43%がSRF/RDFである¹¹⁾。ドイツのセメント産業におけるSRF/RDF利用量は2010年に1,745千t¹²⁾だったのが、2021年には2,500千t¹³⁾に増加している。セメント工場で利用されるSRF/RDFのうち、高品質のSRF/RDF(たとえば粒径が30mm以下、低位発熱量が20 MJ/kg以上)は、ロータリーキルン後方のメインバーナーで利用されている^{4,14)}。それよりも品質の劣るSRF/RDF(10~15 MJ/kg程度)はプレヒータや仮焼炉で利用されるが、この品質のSRF/RDFの確保に関してはSRF/RDF専焼施設と競合する。また、セメント産業で利用されるSRF/RDFは、灰分もクリンカの代替原料として有効利用されることが特徴としてあげられる。しかし、ゼロウェイストの普及に取り組むNGOのZero Waste Europeは、産業排出指令(Directive 2010/75/EU)におけるセメント工場でのばいじんおよびNO_xの排ガス規制値が焼却施設よりも緩いことを懸念している¹⁵⁾。また、イタリアのセメント工場では石油コークスの代替燃料としてRDFの利用量を増やしたところ、ばいじん等の排ガス濃度が大幅に増加したと指摘している¹⁶⁾。SRF/RDFは石炭火力発電所でも利用されていて、ドイツ国内にある11の石炭火力発電所で672千tのSRF/RDFが石炭あるいは亜炭と混焼されている⁹⁾。

CEN/TC 343が開発したSRFに関する欧州規格を適用することによって、SRF製造者(廃棄物処理業者)は燃料に関する信用度の高い情報をSRF利用者に提示することが可能となる。EN 15359:2011では、経済的観点として「真発熱量」、技術的観点として「塩素」、環境的観点として「水銀」といった3つのパラメータを用いてSRFの品質を等級分け(Class 1からClass 5まで)する枠組みが規定され、SRF製造者はこの枠組みを用いてSRFの品質を宣言することができる。ただし、EN 15359:2011の等級をもってSRFの安全性が担保されているわけではなく、環境調和型の技術基準、政策、法律を提唱する国際NGOのECOS(Environmental Coali-

tion on Standards) は、EN 15359:2011 において品質の悪い SRF にも等級を設定することやカドミウムやタリウムといった重金属類を考慮していないことを批判している¹⁷⁾。なお、SRF を製造および利用する現場では、発熱量、塩素、水銀の3つのパラメータだけではなく、より詳細な仕様をもとに取り引きされているのが実態である。一般的な SRF は逆有償で取り引きされることが多いが、発熱量の高い SRF は有償で取り引きされ、セメント産業等で利用されている^{18,19)}。

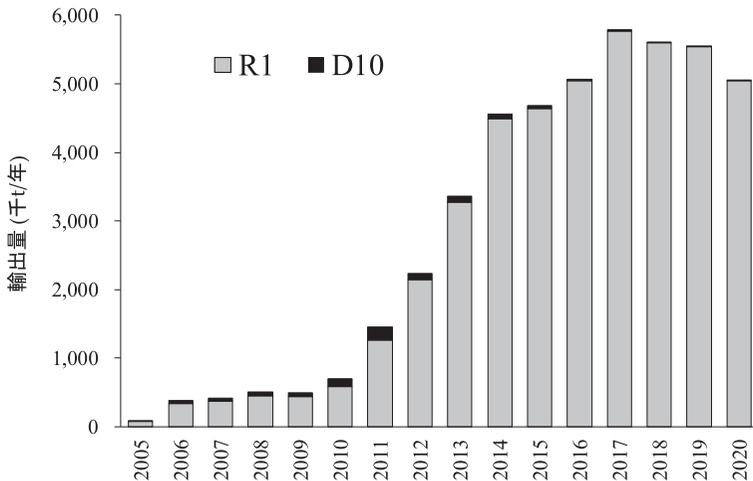
ドイツやイギリスでは自社商標を用いた SRF を製造している例もある。ドイツでは代替燃料の品質保証に関する技術指針 (RAL-GZ 724)²⁰⁾ があり、これに従って製造された SRF が自社商標を用いて流通している。廃棄物処理業者の REMONDIS では、BPG (Commercial and industrial waste の代替燃料) や SBS (一般廃棄物由来の代替燃料) といった商標を用いている¹⁰⁾。また、イギリスでは Cemex 社の全3カ所のセメント工場で ClimaFuel という商標の RDF が利用されている²¹⁾。

RDF はあくまで廃棄物であり、規格に準拠していることがさまざまな環境基準から逃れる理由となることが懸念されるなど、RDF の規格化に関しては懸念や否定的意見もある。さらにイタリアやオーストリアでは基準を満たせば RDF の廃棄物の終了 (End of Waste) が認められ、RDF が規制対象から外れることが可能となる²²⁾。RDF が廃棄物を終了することにより、不適切な取り扱いや処分が行われる可能性があるといった強い懸念もある²³⁾。

5. 欧州における SRF/RDF の越境輸送量

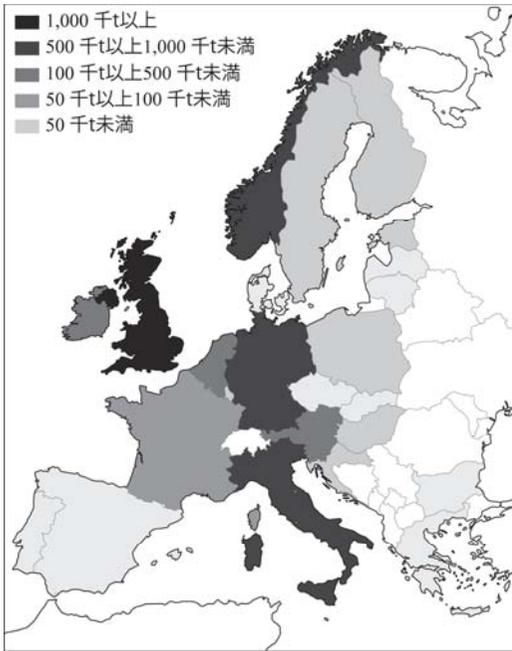
欧州では SRF/RDF は国をまたいで利用されている。SRF/RDF の越境輸送量を把握することで各国の残渣ごみの処理状況、焼却施設の稼働状況、SRF/RDF の需給バランスを推察することができる。欧州連合統計局 (Eurostat) は、EU 加盟国における国境を越えた廃棄物の輸送に関するデータを欧州廃棄物リストに応じて公開している²⁴⁾。欧州廃棄物リストにおいて、19 12 10 “combustible waste (refuse derived fuel)” ならびに 19 12 12 “other wastes (including mixtures of materials) from mechanical treatment of wastes other than those mentioned in 19 12 11” が SRF/RDF と認識されている。本稿では Eurostat のデータを用いて、欧州廃棄物リストのコードが 19 12 10 あるいは 19 12 12 に該当し、かつ R1 (Use principally as a fuel or other means to generate energy) あるいは D10 (Incineration on land) の施設へ仕向けられた廃棄物を SRF/RDF と定義した。EU 加盟 27 カ国にノルウェーおよびイギリスを加えた 29 カ国における SRF/RDF の越境輸送量 (輸出入量) を以下に整理する。

2005 年以降、SRF/RDF の輸出入量は増加傾向で、2017 年には輸出量が 5,788 千 t に達した (図 1)。2018 年以降は減少傾向に転じ、2020 年における輸出量は 5,047 千 t である。そのうち、95% が域内 (欧州 29 カ国) への輸出で、域外への輸出はボスニア・ヘルツェゴビナへ 39 千 t、北マケドニアへ 1 千 t、スイスへ 181 千 t、アメリカへ 10 千 t であった。また、輸出される SRF/RDF のほとんどは R1 施設へ搬入されていること



(Eurostat のデータ²⁴⁾をもとに筆者作成)

図 1 欧州 29 カ国からの SRF/RDF 輸出入量の推移



注1) キルギスは表示せず
 注2) 輸出量なしでも、50千t未満として表示
 (Eurostatのデータ²⁴⁾をもとに筆者作成)

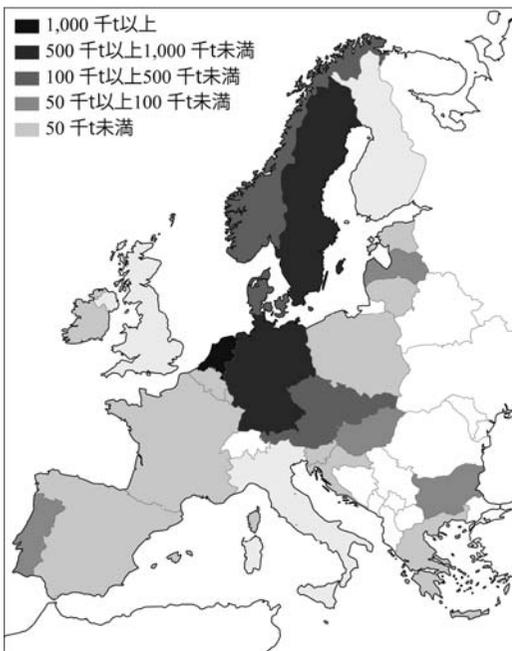
図2 2020年の欧州における SRF/RDF の輸出量

がわかり、越境輸送される SRF/RDF は比較的規模が大きく、熱電併給を行う焼却施設に搬入されていたと推察される。なお、SRF/RDF の輸出量は一般廃棄物の輸出量 715 千 t の 7 倍に相当する。

図2および図3に2020年の欧州29カ国における SRF/RDF の輸出量および輸入量を示す。輸出量上位3カ国はイギリス (1,733 千 t)、ノルウェー (650 千 t)、イタリア (519 千 t) で、輸入量上位3カ国はオランダ (1,053 千 t)、スウェーデン (939 千 t)、ドイツ (520 千 t) であった。ドイツは最も多くの国と SRF/RDF を輸出入している国であり、10カ国へ771千tを輸出し、9カ国から520千tを輸入していた。対オランダに関しては、223千tを輸出する一方で、193千tを輸入していた。オランダでは焼却税の値上げが続き、オランダ国内で排出される SRF/RDF が処理単価の安いドイツ北西部の焼却施設へ流れている。スウェーデンは輸出量に比べて輸入量が圧倒的に多く、10カ国から939千tを輸入していた。イギリスは最大の SRF/RDF 輸出国で、2016年には3,559千tの SRF/RDF を輸出していた。2020年における輸出量1,733千tのうち33%に当たる579千tがオランダへ輸出されている。イタリアでは SRF/RDF は輸入されていないが、輸出先は幅広く19カ国に及び、スロバキアへ62千t、ドイツへ56千t、デンマークへ49千tを輸出していた。イタリア南部では焼却施設が不足しているため、イタリアから輸出される SRF/RDF は主に南部で製造されたものである⁶⁾。

6. イギリスにおける廃棄物管理と SRF/RDF の輸出

前述のとおり、イギリスは欧州で最も多く SRF/RDF を輸出している国である。イギリスで排出される残渣ごみは主に、(1) 国内での埋立処分、(2) SRF/RDF として輸出、(3) 国内での焼却処理、のいずれかが選択され、それぞれの処理単価に影響される。イギリスでは廃棄物を埋立処分する際に、国が定める埋立税が課せられる。埋立税には Standard rate と Lower rate の2種類の Rate があり、一般廃棄物等には Standard rate が、土石系廃棄物等には Lower rate が適用される。イギリスで最初に埋立税が導入されたのが1996年で、当時の Standard rate は7ポンド/tであった。埋立税は年々上昇し、2008年からは毎年8ポンドずつ増税され、2014年には80ポンド/tまで上昇した。その後も増税は続き、2022年には98.6ポンド/tとなっている²⁵⁾。埋立税の導入によって埋立処分量が劇的に低減し、埋立税は効果的だったとイギリス政府は評価している²⁶⁾。イギリスでの



注1) キルギスは表示せず
 注2) 輸入量なしでも、50千t未満として表示
 (Eurostatのデータ²⁴⁾をもとに筆者作成)

図3 2020年の欧州における SRF/RDF の輸入量

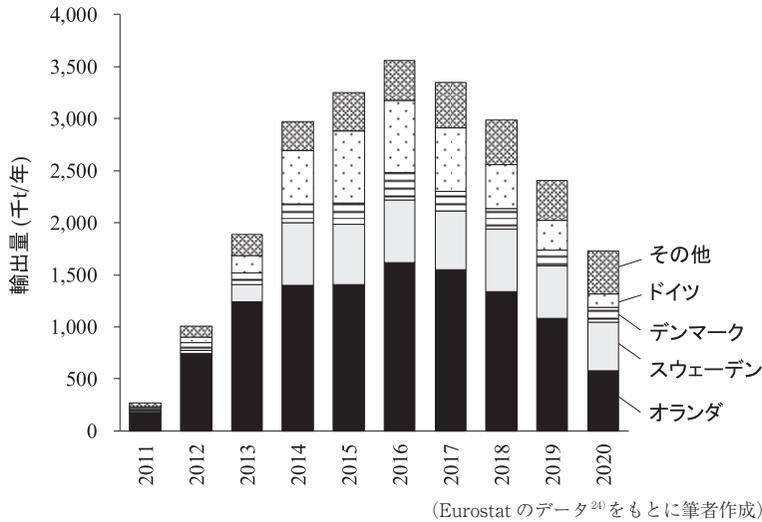


図4 イギリスからのSRF/RDFの輸出量の推移

埋立税増税の影響により、残渣ごみはイギリス国内で埋立処分されずにSRF/RDFとして周辺国へ輸入されることになった。周辺諸国ではイギリス国内での埋立処分単価（埋立税を含む）を下回る金額で焼却処理単価を設定した。イギリスからのSRF/RDFを多く受け入れてきたのがオランダ、スウェーデン、デンマーク、ドイツである（図4）。これらの国々では、廃棄物の埋め立てが禁止・制限され、廃棄物の適正処理の担保として焼却能力を過度に高めた結果、廃棄物を輸入して焼却施設の稼働率を高める必要があった。ドイツは欧州で最も焼却処理量の多い国であるが、近年は、処理能力の限界に近い稼働状況で、ドイツ国内で排出される廃棄物の適正処理が危惧されていることもあり²⁷⁾、イギリスからドイツへのSRF/RDF輸出量は減少傾向となっている。

ドイツと比較すると、オランダ、スウェーデン、デンマークにおける焼却処理量ははるかに少ないものの、人口1人あたりの焼却処理量に換算すると、それぞれ434 kg/(人・年)、665 kg/(人・年)、628 kg/(人・年)で²⁸⁾、他の欧州諸国に比べて焼却処理能力が高い（平均は209 kg/(人・年)）。また、イギリスに比べてこれらの国々では熱を外部供給しているためにエネルギー効率が高く、SRF/RDFの利用価値が高い^{29,30)}。イギリスから輸出されるSRF/RDFは未処理の残渣ごみに近い品質ではあるが、輸出先の廃棄物焼却施設では技術的にも問題なく処理され³¹⁾、余剰能力を埋める貴重な資源となっている。

さて、イギリスでは慢性的な焼却施設の不足が高い埋立率の一因であったが、2010年代に焼却施設の整備を進め、焼却処理能力を強化してきた。2010年に4,200千t/年³²⁾だったのが、2020年には13,960千t/年²⁸⁾まで焼

却処理能力が高まり、さらにSRF/RDFの輸出単価とほぼ同価格帯での処理単価を設定することにより、イギリスで排出される残渣ごみは徐々に国内の廃棄物焼却施設で処理されるようになった。そのため、2017年以降は特にイギリスからオランダへのSRF/RDFの輸出量が減少傾向である。オランダで2014年に導入された廃棄物処理税は、オランダ国内で排出され、埋立処分あるいは焼却処理される廃棄物にのみ課税するものであったが、2020年以降はオランダに輸入されるすべての廃棄物に32.63 €/tが課税されることとなった³³⁾。オランダにおける廃棄物処理税の導入が、2020年のイギリスからオランダへのSRF/RDF輸出量の急激な減少を招いたと考えられている。

7. 残渣ごみに関連する循環経済パッケージとその影響

繰り返しになるが、残渣ごみの処理方法としては、焼却処理、MBT、埋立処分の3つの選択肢があげられ、SRF/RDFはMBT施設において残渣ごみを原料として製造される。ここでは、残渣ごみに関連するEUの循環経済パッケージについて情報を整理した上で、循環経済パッケージが与える欧州各国の廃棄物政策への影響について検討する。

循環経済パッケージとして提案された、廃棄物処理に係る6つの指令を改正する4つの指令が2018年に制定された。残渣ごみに直接的に関連する改正指令としては、埋立指令の改正(Directive (EU) 2018/850)および廃棄物枠組み指令の改正(Directive (EU) 2018/851)の2

表3 廃棄物枠組み指令の改正における一般廃棄物のリサイクル率の目標値と目標年

目標年	2025年	2030年	2035年
リサイクル率	55%	60%	65%

注) 2013年時点でリサイクル率が20%未満、あるいは埋立処分率が60%を超えるEU加盟国は最長5年間の猶予が与えられる

つがあげられる。

埋立指令の改正により、EU加盟国は、2035年までに埋立処分量を一般廃棄物総排出量の10%以下に削減するために必要な措置を講じることとされた。ただし、2013年時点で埋立割合が60%を超えるEU加盟10カ国(ブルガリア、クロアチア、キプロス、ギリシャ、ハンガリー、ラトビア、リトアニア、マルタ、ルーマニア、スロバキア)は最長5年間の猶予が与えられる。

廃棄物枠組み指令の改正 Article 11 によって、一般廃棄物のリサイクル率(再使用を含む)の目標値と目標年が定められた(表3)。依然として残渣ごみ中には生分解性廃棄物が多く含まれ、2035年までにリサイクル率の目標を達成するためには有機ごみの対策が必須である³⁴⁾。廃棄物枠組み指令の改正 Article 22 によると、EU加盟国は2023年末までに有機ごみの排出源でのリサイクル(たとえば、家庭での堆肥化等)あるいは分別収集を保証しなければならない。

2020年に公表された、欧州グリーンディールの一翼を担う新たな循環経済行動計画によると、EUは2030年までに一般廃棄物中の残渣ごみを半減することを目指すとしている。さらに、環境や健康を害する廃棄物や、EU域内で処理、リサイクル可能な廃棄物の第三国への輸出を制限するための措置を欧州委員会が講じるとしている³⁵⁾。

以上の循環経済パッケージを筆者なりにまとめると、EUでは分別収集を強化して残渣ごみの排出量を半減させることによって、大幅に埋立処分量を削減すると同時に、EU域内でのリサイクルを加速させ、循環経済への移行を目指している。イギリスのコンサルティング会社 Eunomia は、一般廃棄物管理を改善することによって世界中で27.6億tのCO₂排出量削減が可能であると報告している³⁶⁾。削減量の内訳は、廃棄物の効果的な分別収集とリサイクルの効果が14億t-CO₂、残渣ごみの埋立回避の効果が6.3億t-CO₂、MBT施設における残渣ごみの機械選別の効果が7.3億t-CO₂であり、EUの循環経済パッケージはカーボンニュートラル達成にも寄与することになる。

今後は循環経済パッケージに従い、EU加盟国は分別収集の強化、リサイクルの促進、そして残渣ごみの削減

を目指す。廃棄物枠組み指令の改正では2030年におけるリサイクル率の目標値を60%と掲げているが、欧州環境庁によると、もし残渣ごみ半減を達成するのであれば、リサイクル率を73%に高めるか、残渣ごみの排出量を3分の2に削減する必要がある³⁷⁾。欧州では、残渣ごみの排出量を削減するために、すでに多くの地域で有機ごみの分別収集が実施されている。イタリアのミラノ(人口1,350千人)では、90kg/(人・年)の有機ごみが分別収集され、残渣ごみ中の有機ごみが10%程度まで減少した³⁸⁾。一方、2015年から廃棄物管理法(KrWG)により有機ごみの分別収集が義務化されているドイツでは³⁹⁾、ミュンヘンのように有機ごみの分別収集が機能している地域もあるが³⁴⁾、分別収集される有機ごみの全国平均は59kg/(人・年)で、10kg/(人・年)以下の地域もあり、有機ごみの分別収集は必ずしも順調ではない²⁷⁾。

2021年11月、欧州委員会は埋立指令および廃棄物枠組み指令を順守していないとして、ルーマニア、ブルガリア、クロアチア、ギリシャ、スロバキアの5カ国に対して、埋立処分前に残渣ごみを適切に処理するよう求めた⁴⁰⁾。EU加盟27カ国のうち、2020年時点で一般廃棄物の埋立率が10%を下回っていたのは、ドイツを含め9カ国で⁴¹⁾、残渣ごみの排出量および埋立処分量の削減に向けて有機ごみの分別収集を積極的に導入すべきなのは、むしろ埋立率50%以上の11カ国だといえる。さらに、いまだ埋立処分に依存している地域では、残渣ごみの埋立処分の前処理が必須となる。ブルガリアのソフィアでは、2023年末の完成を目指してSRF/RDF専焼施設を整備中で、一般廃棄物から製造されたRDFを燃料として利用し、地域暖房のエネルギー源とする予定である⁴²⁾。

一方、埋立率がすでに低いEU加盟国では焼却率を下げることにより、リサイクル率を高めようとしている。イギリスから輸出され、周辺国で焼却処理されているRDFには多くのリサイクル可能な廃棄物が含まれていることをイギリス政府も認識している³¹⁾。20年代に入り、リサイクル促進および温室効果ガス排出削減を目的とした課税がSRF/RDF輸入国の北欧で導入されはじめた。オランダでは2020年から焼却目的で輸入される廃棄物に32.63€/tが課税された。スウェーデンでも2020年から約7€/tの焼却税が導入された(2021年は約9.5€/t、2022年は約11€/t)。ノルウェーでは2022年に約20€/t-化石由来CO₂(約10€/t-廃棄物)の焼却税が導入された。しかし、これら北欧における焼却税導入によって廃棄物の排出側および処理側双方が困惑することにより、イギリスでの埋立処分費に割安感が生まれ、

それまでイギリスからオランダへ輸出されていた RDF が、2020 年にはイギリス国内で埋立処分されたという報道もある⁴³⁾。イギリスの RDF 業界団体は、「逆効果をもたらす」として、焼却税の撤廃をオランダ政府に求めた⁴⁴⁾。また、スウェーデンでは、想定していた焼却税による効果が確認できず、かつ欧州の電力市場の状況が変化したため、焼却税を 2023 年から廃止する予定である⁴⁵⁾。2022 年のロシアのウクライナ侵攻が発端となり、ロシアから欧州へのパイプライン経由での天然ガス供給が遮断されたことでエネルギー価格が高騰したことも焼却税廃止の要因と考えられ、エネルギーを産み出す焼却施設への評価は難しい局面に立っている。そのような情勢の中、欧州委員会は、2028 年から焼却施設を EU Emissions Trading System (ETS) に含める可能性について、2026 年 7 月 31 日までに評価、報告することとしている⁴⁶⁾。焼却施設が EU ETS の対象になれば、残渣ごみ中の合成樹脂や合成繊維を焼却処理せずにリサイクルする動機が働き、分別収集や MBT の役割は一層重要になりそうである。

Zero Waste Europe は MBT の改良版として MRBT (Material Recovery and Biological Treatment) を提案し、残渣ごみ中の資源を徹底的に回収し、残存する有機物を確実に生物処理して安定化させる必要性を訴えている³⁸⁾。スロベニアはこの 20 年間で、埋立依存国からリサイクル先進国へと変貌を遂げた国であるが、首都リュブリャナでは有機ごみの戸別収集を実施することにより、1 人あたりの残渣ごみ排出量が 115 kg/(人・年) まで減少した⁴⁷⁾。また、リュブリャナでは、廃棄物焼却施設の整備計画を白紙撤回し、MRBT を新たに整備することで、残渣ごみからの資源回収を徹底することとした。さらに、これまでスロベニアの MBT 施設 (MRBT 施設) で製造される SRF/RDF は近隣国へ輸出されていたが、エネルギー供給源として SRF/RDF を国内で有効利用すべく、SRF/RDF 専焼施設の整備が計画されている⁴⁸⁾。市民の協力によって残渣ごみの排出量を削減し、MRBT によって残渣ごみから SRF だけでなく SRM を製造し、域内で循環させるというスロベニアでの取り組みは、欧州において目指すべきモデルの一つといえる。

8. おわりに

欧州ではまだ廃棄物の埋立処分量を減らす必要があり、その点では日本よりも遅れているといえるが、有機ごみの分別収集や、残渣ごみからの徹底的な資源回収により、日本よりも高いリサイクル率を実現している。欧州に比べて分別数は多いものの、日本では厨芥類等の有機ごみ

の分別は進んでいない。欧州における残渣ごみとは、大雑把に言えば日本における「燃やすごみ」に該当するが、欧州の動向を踏まえつつ、日本における燃やすごみの処理・資源化方法を再考する時期かもしれない。

参考文献

- 1) Eurostat: Municipal Waste Statistics
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_treatment (accessed 2023-February-15)
- 2) European Commission: Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives, Final Report (2003)
- 3) 石井一英, 古市 徹: 日本の廃棄物管理システムにおける MBT 適用可能性, 廃棄物資源循環学会誌, 第 27 巻, 第 5 号, pp. 355-361 (2016)
- 4) R. Sarc, E. Lorber and R. Pomberger: Manufacturing of Solid Recovered Fuels (SRF) for Energy Recovery Processes, Environmental Science, CorpusID: 137815707 (2016)
https://www.vivis.de/wp-content/uploads/WM6/2016_WM_401-416_Lorber_Sarc.pdf (accessed 2023-February-15)
- 5) 李 東勲, 朴 在嵐: 地域適正および持続可能な廃棄物管理とバイオドライング MBT, 廃棄物資源循環学会誌, 第 27 巻, 第 5 号, pp. 333-341 (2016)
- 6) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale: Rapporto Rifiuti Urbani Edizione 2022 (2022)
- 7) M. Le Bihan, B. De Caemel and F. Michel: RDF/SRF utilization plants (2018)
https://task32.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/2/2018/06/05_Mathilde-Le-Bihan_CSR_SRF-utilisation-plants.pdf (accessed 2023-February-15)
- 8) RDF Industry Group: Waste export: Brexit Briefing Note (2018)
<https://www.rdfindustrygroup.org.uk/wp-content/uploads/2018/06/Waste-Export-Brexit-Briefing-Note.pdf> (accessed 2023-February-15)
- 9) K. Weber, P. Quicker, J. Hanewinkel and S. Flamme: Status of Waste-to-Energy in Germany, Part I — Waste Treatment Facilities. Waste Management & Research, Vol. 38, No. 1, Supplement, pp. 23-44 (2020)
- 10) T. Glorius: Production and Use of Solid Recovered Fuels, Developments and Prospects, ZKG International, Vol. 67, pp. 72-80 (2014)
- 11) CEMBUREAU: 2050 Ambitions & the Role of Biomass Waste (2021)
<https://cembureau.eu/media/nqpnbskh/biomass-waste-leaflet.pdf> (accessed 2023-February-15)
- 12) Verein Deutscher Zementwerke: Environmental Data of the German Cement Industry 2010 (2011)
- 13) Verein Deutscher Zementwerke: Environmental Data

- of the German Cement Industry 2021 (2022)
- 14) International Finance Corporation: Increasing the Use of Alternative Fuels at Cement Plants: International best practice (2017)
https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/33180042-b8c1-4797-ac82-cd5167689d39/Alternative_Fuels_08+04.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IT3Bm3Z (accessed 2023-February-15)
 - 15) M. Vilella: Why Co-Incineration of Waste is not Taxonomy-compliant and should be Excluded, Zero Waste Europe (2020)
https://zerowasteurope.eu/wp-content/uploads/2020/11/zero_waste_europe_advisory-statement_why-co-incineration-of-waste-is-not-Taxonomy-compliant-and-should-be-excluded.pdf (accessed 2023-February-15)
 - 16) M. Giacomazzi: Burning Waste in Cement Kilns: The Story of Calusco d'Adda, Zero Waste Europe (2018)
https://zerowasteurope.eu/wp-content/uploads/2019/11/zero_waste_europe_cs_calusco_dadda.pdf (accessed 2023-February-15)
 - 17) ECOS: ECOS Joins International Standardisation on Solid Recovered Fuels (2016)
https://ecostandard.org/news_events/ecos-joins-international-standardisation-on-solid-recovered-fuels/ (accessed 2023-February-15)
 - 18) R. Sarc and K. E. Lorber: Production, Quality and Quality Assurance of Refuse Derived Fuels (RDFs), Waste Management, Vol. 33, No. 9, pp. 1825-1834 (2013)
 - 19) A. C. Kahawalage, M. C. Melaaen and L. Tokheim: Opportunities and Challenges of Using SRF as an Alternative Fuel in the Cement Industry, Cleaner Waste Systems, Vol. 4, Article ID:100072 (2023)
 - 20) S. Flamme: Quality Certification Mark for Secondary Fuels RAL-GZ 724, ZKG International, Vol. 5, No. 8, pp. 51-59 (2005)
 - 21) Cemex: Alternative fuels
<https://www.cemex.co.uk/alternativefuels.aspx> (accessed 2023-February-15)
 - 22) A. A. Zorpas: Sustainable Waste Management through End-of-waste Criteria Development, Environmental Science and Pollution Research, Vol. 23, No. 8, pp. 7376-7389 (2016)
 - 23) 久保田利恵子, 石垣智基, 田崎智宏, 大迫政浩: 欧州連合による廃棄物の終了基準 (End of waste criteria) の廃棄物由来固形燃料 (SRF) への適用とアジア諸国への示唆, 第 29 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, pp. 67-68 (2018)
 - 24) Eurostat: Waste Shipment Statistics Based on the European List of Waste Codes (2015)
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_shipment_statistics_based_on_the_European_list_of_waste_codes&oldid=231039 (accessed 2023-February-15)
 - 25) HM Revenue & Customs: Landfill Tax Rates (2022)
<https://www.gov.uk/government/publications/rates-and-allowances-landfill-tax/landfill-tax-rates-from-1-april-2013> (accessed 2023-February-15)
 - 26) HM Treasury: Landfill Tax: Call for Evidence (2021)
 - 27) Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung: Entsorgungsnotstand Abwenden, BVSE (2019)
<https://www.bvse.de/recycling/pressemitteilungen/4770-entsorgungsnotstand-abwenden.html> (accessed 2023-February-15)
 - 28) CEWEP: Waste-to-Energy in Europe in 2020
<https://www.cewep.eu/waste-to-energy-plants-in-europe-in-2020/> (accessed 2023-February-15)
 - 29) Tolvik Consulting Ltd.: UK Energy from Waste Statistics — 2021 (2022)
 - 30) M. de Leeuw and R. Koelemeijer: Decarbonisation Options for the Dutch Waste Incineration Industry (2022)
 - 31) Department for Environment Food & Rural Affairs: Refuse Derived Fuel Market in England (2014)
 - 32) CEWEP: Waste-to-Energy in Europe in 2010
https://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/09/960_2012-08-23_map_and_capacity_2010.pdf (accessed 2023-February-15)
 - 33) Government of the Netherlands: Environmental Taxes
<https://www.government.nl/topics/taxation-and-businesses/environmental-taxes> (accessed 2023-February-15)
 - 34) European Environment Agency: Bio-waste in Europe—Turning Challenges into Opportunities (2020)
 - 35) World Business Council for Sustainable Development: Circular Economy Action Plan (CEAP) 2020 Summary for Business: Implications and Next Steps (2020)
 - 36) Eunomia: Waste in the Net-Zero Century: How Better Waste Management Practices can Contribute to Reducing Global Carbon Emissions (2021)
 - 37) European Environment Agency: Reaching 2030's Residual Municipal Waste Target — Why Recycling Is not Enough
<https://www.eea.europa.eu/publications/reaching-2030s-residual-municipal-waste> (accessed 2023-February-15)
 - 38) Zero Waste Europe: Building a Bridge Strategy for Residual Waste (2020)
<https://zerowasteurope.eu/library/building-a-bridge-e-strategy-for-residual-waste/> (accessed 2023-February-15)
 - 39) Umwelt Bundesamt: Waste Disposal
<https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/waste-resources/waste-management/waste-regulations> (accessed 2023-February-15)
 - 40) European Commission: Commission Takes Action against Five Member States to Improve Waste Management (2021)
<https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/>

- en/ip_21_5649 (accessed 2023-February-15)
- 41) European Environment Agency: Diversion of Waste from Landfill in Europe (2022)
 - 42) Balkan Green Energy News: Bulgarian-Turkish-Chinese Consortium Wins Bid for Sofia's RDF-fired CHP Plant (2021)
<https://balkangreenenergynews.com/bulgarian-turkish-chinese-consortium-wins-bid-for-sofias-rdf-fired-chp-plant/> (accessed 2023-February-15)
 - 43) letsrecycle.com: Essex to Landfill RDF in Wake of Dutch Tax (2019)
<https://www.letsrecycle.com/news/essex-to-landfill-rdf-in-wake-of-dutch-tax/> (accessed 2023-February-15)
 - 44) RDF Industry Group: Impacts of the Proposed Dutch Waste Import Tax (2019)
<https://www.rdfindustrygroup.org.uk/wp-content/uploads/2019/09/RDF-Industry-Group-Impacts-of-the-Proposed-Dutch-Waste-Import-Tax.pdf> (accessed 2023-February-15)
 - 45) KPMG: Sweden: Proposal to Repeal Energy Tax Relief for Computer Server Facilities, Tax on Waste Incineration (2022)
<https://kpmg.com/us/en/home/insights/2022/09/tnf-sweden-proposal-repeal-energy-tax-relief-computer-server-facilities-tax-waste-incineration.html> (accessed 2023-February-15)
 - 46) Council of the EU: 'Fit for 55': Council and Parliament Reach Provisional Deal on EU Emissions Trading System and the Social Climate Fund (2022)
<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/12/18/fit-for-55-council-and-parliament-reach-provisional-deal-on-eu-emissions-trading-system-and-the-social-climate-fund/> (accessed 2023-February-15)
 - 47) E. Oblak: The Story of Ljubljana, Zero Waste Europe (2019)
https://zerowastecities.eu/wp-content/uploads/2019/09/zero_waste_europe_CS5_the_story_of_Ljubljana_en.pdf (accessed 2023-February-15)
 - 48) Balkan Green Energy News: Slovenia to install three waste incinerators (2022)
<https://balkangreenenergynews.com/slovenia-to-install-all-three-waste-incinerators/> (accessed 2023-February-15)

Production and Utilization of SRFs/RDFs in Europe and the Impact of the Circular Economy Package

Kosuke Kawai

Material Cycle Division, National Institute for Environmental Studies, Japan
 (16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506 Japan)

Abstract

This study summarizes the production and utilization of solid recovered fuels (SRFs) and refuse derived fuels (RDFs) in Europe. It also presents the impact of the EU Circular Economy Package on waste management policies in European countries. According to Europe's Landfill Directive, mechanical biological treatment has been introduced as a pretreatment for residual waste and, as a result of this process, SRFs and RDFs are being manufactured. While some SRFs are produced in compliance with the standards, many of the RDFs are not. SRFs/RDFs are not only processed in incineration facilities but are also used as an alternative fuel in the cement and other industries. Large amounts of SRFs/RDFs are being exported from the UK to Nordic countries, such as the Netherlands, mainly due to the UK's landfill taxes and the surplus capacity of waste incineration facilities in Nordic countries. Based on the Circular Economy Package, EU member states are now required to improve upon their separate collection of bio wastes and thoroughly recover resources from residual waste.

Keywords: landfill, transboundary shipment, incineration, MBT, residual waste