

# 廃棄物分野における温室効果ガス排出削減の動向と課題

浜本 光紹

## 1. はじめに

気候変動に対する危機感の高まりを背景に、国や地域によるカーボンニュートラルの表明が広がりをみせている。日本政府も2050年までに温室効果ガス排出を実質ゼロとすることを目指す旨を2020年10月に表明しており、その実現に向けて各分野での取り組みが急務となっている。廃棄物分野では、埋立処分や焼却処理、生活排水・産業排水の処理などに伴って温室効果ガスが排出されており、こうした発生源での排出抑制が求められている。

日本では、深刻化する廃棄物問題に対処するため、1990年代以降に循環型社会の構築に向けた法整備が進展した（環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部企画課循環型社会推進室，2014）。循環型社会の形成を推進する際の基本原則として発生抑制・再使用・リサイクル（3R）が掲げられ、廃棄物処理やリサイクルに関連する各種法律の下で企業や消費者などの各主体が果たすべき役割が明確化された。こうした廃棄物の発生抑制やリサイクル推進を目的とした施策によってもたらされる廃棄物の減量化は、温室効果ガスの排出削減に貢献すると期待される。

また、近年世界的な関心を集めている循環経済（circular economy）をめぐることは、資源循環の促進が温室効果ガスの削減に寄与しうることから、気候変動対策としての有効性という面でも注目されている。ただし、循環経済に関しては、地球規模でみた持続可能性の実現に貢献するようなかたちで取り組みを進めることの難しさが指摘されている（Korhonen et al., 2018）。CO<sub>2</sub>削減との関連では、化石燃料への依存度の低減を目的としたバイオ燃料への転換が森林伐採の加速化につながるなど、経済システムのある部分で実施される温室効果ガス排出削減策が別の部分での排出増加をもたらすことが懸念される（Velenturf and

Purnell, 2021）。

本稿は、日本における廃棄物分野の温室効果ガス排出状況について、既存研究や公表データを用いながら概観する。そのうえで、日本における廃棄物の減量化が温室効果ガス排出削減にどの程度寄与したかを定量的に把握することを試みる。加えて、気候変動の緩和という面で循環経済構築に向けた取り組みに期待される役割と課題について考える。

## 2. 廃棄物分野における温室効果ガス排出をめぐる

### 2.1 廃棄物処理に伴う温室効果ガス排出の把握状況

1980年代、地球温暖化に関する研究が進展する中、1985年のフィラッハ会議（地球温暖化に関する初めての世界的な学術会議）や1988年のトロント会議（地球温暖化対策を議論するために科学者や政策決定者、産業界、環境NGOが一堂に会した国際会議）の開催などを経て、CO<sub>2</sub>をはじめとする温室効果ガスの排出抑制に対する関心が世界的に高まっていった。当時、廃棄物の焼却および微生物分解に伴って排出されるCO<sub>2</sub>について、日本では総合的な排出量の把握がなされていなかった。こうした問題意識から、安田（1992）は、廃棄物の焼却処理および埋立処分、家畜ふん尿の堆肥化、汚泥およびし尿の消化処理に伴うCO<sub>2</sub>排出量の推計を行っている。この研究の推計方法は、各発生源のCO<sub>2</sub>濃度とガス発生速度の積からCO<sub>2</sub>排出係数を求め、この排出係数と年間の廃棄物処理量からCO<sub>2</sub>排出量を計測するというものである。この推計では、1988年度における廃棄物処理からのCO<sub>2</sub>排出量（炭素換算値）に関して、1,106万～1,186万トンという結果が得られており、その9割を廃棄物焼却炉からのCO<sub>2</sub>排出量が占めるとされている。また、1988年度の日本における人為的発生源からのCO<sub>2</sub>総排出量のうち、約3.6%が廃棄物処理によるものと見積も

られている。

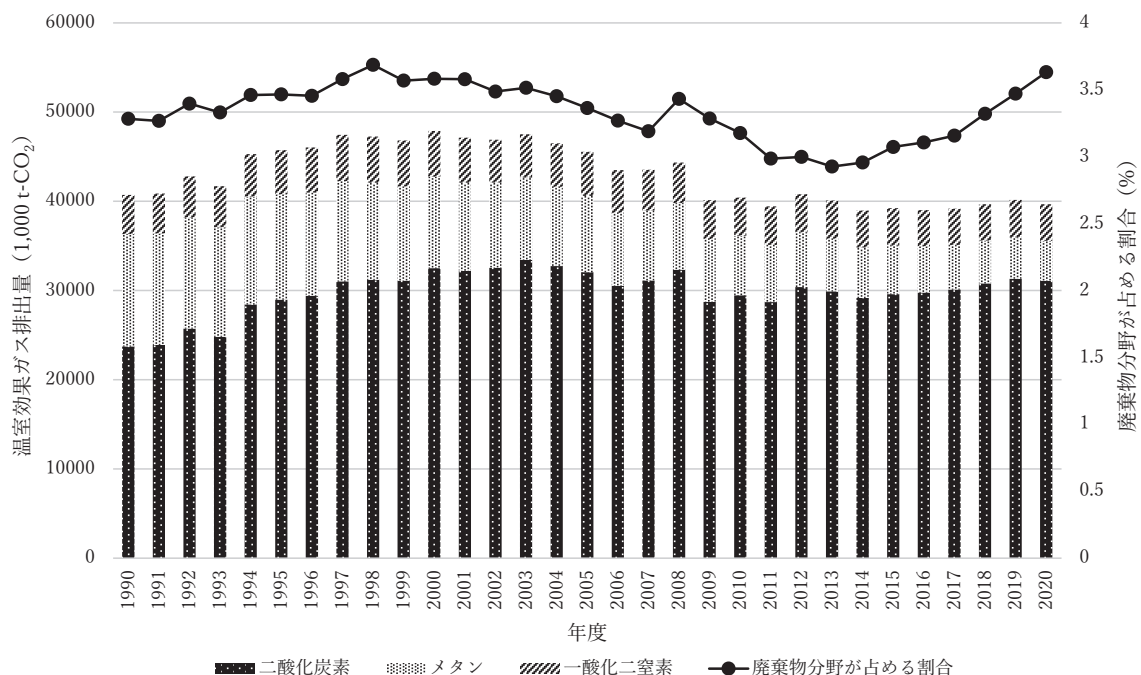
安田(1992)は、廃棄物処理に伴うメタン( $\text{CH}_4$ )と一酸化二窒素( $\text{N}_2\text{O}$ )の排出状況の把握も試みている。 $\text{CH}_4$ (発生源は廃棄物の焼却処理および埋立処分、家畜ふん尿の堆肥化、汚泥およびし尿の消化処理)については、1988年度における日本国内の人為的発生源からの総排出量のうち、廃棄物処理からの排出量が約37%を占めるとしている。 $\text{N}_2\text{O}$ (発生源は廃棄物の焼却処理、家畜ふん尿の堆肥化、し尿の消化処理)については、1988年度における日本国内の人為的発生源からの総排出量のうち、最大で約21%が廃棄物処理からの排出によるものであるとの結果が得られている。

上の研究からわかるように、廃棄物の焼却は、廃棄物処理からの $\text{CO}_2$ 排出量の大きな割合を占める発生源である。安田(1997)は、一般廃棄物と産業廃棄物の焼却処理に伴う $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ の排出に着目した研究を行っている。このうち、一般廃棄物の焼却からの $\text{CO}_2$ 排出量に関しては、ごみの平均的な組成における炭素分の割合、焼却量および完全燃焼率を用いて推計が行われている(炭素分の割合と完全燃焼率は当時の厚生省による調査結果に基づく)。この研究では、

1993年度における一般廃棄物の焼却による $\text{CO}_2$ 排出量に関して、炭素換算値で877万トン、 $\text{CO}_2$ 換算値で3,215.7万トンという推計結果が示されている。これに同年度における産業廃棄物の焼却による $\text{CO}_2$ 排出量を合わせると、炭素換算値で1,265.3万トン、 $\text{CO}_2$ 換算値で4,639.5万トンとなり、これは1993年度の日本における人為的発生源からの $\text{CO}_2$ 総排出量の約3.6%に相当することが明らかにされている。

環境省は日本国内において1年間に排出・吸収される温室効果ガスの量を示した目録(温室効果ガスインベントリ)を公表している。図1は、このデータに基づいて1990年度以降の廃棄物分野における温室効果ガスの排出状況を示したものである。この図より、1990年代に増加傾向にあった廃棄物分野の温室効果ガス排出量は、2000年度をピークに減少に転じたことがみとれる。特に2000年代後半における排出量の減少が顕著であるが、2010年代には廃棄物分野での温室効果ガス排出削減が停滞していたことがうかがわれる。温室効果ガス総排出量に占める廃棄物分野の排出量の割合をみると、2010年代前半には3%前後まで低下したが、最近はその割合が上昇する傾向にあることがわかる。

図1 日本における廃棄物分野の温室効果ガス排出量の推移



注：メタンと一酸化二窒素の排出量は $\text{CO}_2$ 換算値で示されている。

出典：国立環境研究所ウェブサイト (<https://www.nies.go.jp/gio/archive/ghgdata/index.html>) で公開されているデータに基づき作成。

温室効果ガスインベントリにおいて廃棄物分野の排出として計上されているのは、一般廃棄物および産業廃棄物の焼却処理に伴って発生する $\text{CO}_2$ ・ $\text{CH}_4$ ・ $\text{N}_2\text{O}$ 、廃棄物の原燃料利用に伴って発生する $\text{CO}_2$ ・ $\text{CH}_4$ ・ $\text{N}_2\text{O}$ 、有機性廃棄物のコンポスト化（紙くず・食物くず・繊維くず・その他可燃ごみ、し尿処理・浄化槽汚泥、下水汚泥および副資材、下水汚泥以外の産業廃棄物および有価発生物）に伴って発生する $\text{CH}_4$ ・ $\text{N}_2\text{O}$ 、最終処分に伴って発生する $\text{CH}_4$ 、および石油由来の界面活性剤の分解に伴って発生する $\text{CO}_2$ である。廃棄物分野の温室効果ガス排出に関しては、温室効果ガスインベントリで計上されているもののほかに、焼却施設の運転・管理に使用する電力や、焼却処理に用いられる助燃剤の燃焼、一般廃棄物の収集運搬に使用されるパッカー車の燃料消費などに伴って発生する温室効果ガスがある。これらを含め、廃棄物処理プロセス全体でみた温室効果ガス排出量あるいはエネルギー消費量の把握を試みた研究がある。井村他（1995）は、福岡市を対象として、焼却施設の建設・運転、廃棄物の収集、焼却灰の最終処分場までの輸送を含めたシステム全体のライフサイクルアセスメント（life cycle assessment: LCA）を行っている。これは、可燃性一般廃棄物処理のシステムを収集、焼却処理、焼却灰輸送、埋立の各工程に分類し、それぞれの関連施設の建設エネルギー、運用エネルギー、投入労働力エネルギーを算出することで、一般廃棄物処理に要するライフサイクルエネルギーを捉えようとした研究である。この分析では、廃棄物の焼却に伴う発電によるエネルギー回収が考慮されており、回収エネルギーの増加は運用エネルギーの減少につながることから、焼却処理工程での発電効率向上の重要性が指摘されている。

倉田（2013）は、埼玉県的一般廃棄物焼却施設を対象として、焼却に伴って生成される温室効果ガスに加えて、焼却施設を稼働する際に使用される電力および燃料を起源とする温室効果ガス排出に関して定量化を試みている。この研究では、一般廃棄物焼却施設から排出される温室効果ガスのうち、焼却に伴う排出が81%を占めていること、施設稼働電力を起源とする排出が17%、燃料使用を起源とする排出が2%であるこ

とが明らかにされている。

## 2. 2 発生抑制・再使用がもたらす温室効果ガス削減効果

日本では、2000年に制定された循環型社会形成推進基本法（以下、循環基本法）において、資源の循環利用と廃棄物処理に関して①発生抑制、②再使用、③再生利用、④熱回収、⑤適正処分、という順に優先すべきであることが定められた。環境省は、優先度の高い発生抑制と再使用（以下、2R）の取り組みを行った場合の環境負荷削減効果に関して検討を行っている（大森、2011）。具体的には、一般廃棄物のうち発生量の多い厨芥ごみ、紙ごみ、プラスチックごみを対象に、発生抑制量、温室効果ガス排出削減量、埋立削減量について、ライフサイクルでみた2Rの効果を試算している。これについて、大森（2011）は、厨芥ごみと紙ごみに関する2Rの取り組みによる環境負荷削減効果を報告している。2Rの取り組みによる廃棄物発生量の削減分については、可能と考えられる発生抑制の割合（削減可能率）と取り組みの実施割合（取り組み率：75%を高位ケース、50%を中位ケース、25%を低位ケースと設定）を廃棄物発生量の実績値（2007年度）に掛け合わせることで算出している。この分析では、厨芥ごみに関して、高位ケースを想定した場合、発生抑制量が1,156万トン（湿重量）、温室効果ガス排出削減量が781万トン（ $\text{CO}_2$ 換算値）、埋立削減量が16万トンという結果が得られている。また、紙ごみに関しては、高位ケースを想定すると、発生抑制量が938万トン（湿重量）、温室効果ガス排出削減量が415万トン（ $\text{CO}_2$ 換算値）、埋立削減量が6万トンと試算されている<sup>1)</sup>。

日本の廃棄物処理に関しては、焼却への依存度が高く、これを低減させるためには焼却される一般廃棄物の30～40%を占める生ごみを焼却処理せずにリサイクルすることが不可欠であると指摘されている（河井、2021）。生ごみの焼却処理を回避し、これを廃棄物系バイオマスとして利用することは、温室効果ガス排出削減に寄与すると期待される。Matsuda et al.（2012）は、食品廃棄物対策がもたらす温室効果ガス削減効果



についてLCAによる分析を行っている。この研究は、京都市の家庭ごみを対象として、その中に含まれる食品廃棄物に関して、分別後に嫌気性消化（anaerobic digestion）による処理を行うことで削減される温室効果ガス排出量の計測を試みている（分別回収に関しては、事前に各家庭で分別したうえで回収する場合と、事前分別を行わず回収後に機械選別する場合が想定されている<sup>2)</sup>）。この分析では、焼却処理と比較した場合の温室効果ガスの年間削減量（CO<sub>2</sub>換算値）について、家庭での事前分別後に回収する場合は4,700トン、機械選別の場合は3,810トンという結果が得られている<sup>3)</sup>。

また、Matsuda et al. (2012) は、食品ロスの発生抑制、生ごみ中の水分除去、堆肥化という家庭で実施される3つの食品廃棄物削減行動がもたらす温室効果ガス削減効果についても考察している。この分析では、家庭での事前分別後の回収を前提として、食品ロス発生抑制（これによって家庭から出る可燃ごみが5%削減されると想定）を行った場合、年間で21,800トン（CO<sub>2</sub>換算値）の温室効果ガスが削減されるという試算が得られており、これは他の2つの食品廃棄物削減行動がもたらす効果をはるかに上回る結果となっている<sup>4)</sup>。

### 3. 日本における一般廃棄物処理の動向とCO<sub>2</sub>排出

日本では、最終処分場の残余容量が逼迫してきたことを背景として、1990年代に廃棄物のリサイクルを推進するための法整備が進展した。1995年に容器包装リサイクル法が制定されたことにより、1997年から缶やびん、ペットボトルなどの再商品化が事業者には義務付けられ、完全施行となった2000年には紙製容器包装とプラスチック製容器包装も再商品化義務の対象とされた。また、1998年には家電リサイクル法が制定され（2001年施行）、エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・衣類乾燥機の4品目に関してリサイクルの仕組みが構築されることになった。そして2000年、循環基本法が制定され（2001年施行）、発生抑制、再使用、再生利用、熱回収、適正処分の順に優先すべきであるとする廃棄物管理の原則が示されたのである。

一般廃棄物をめぐっては、減量化を図る目的でその

処理に関して手数料を徴収する、いわゆるごみ処理有料化の効果について議論がなされてきた（碓井、2015）。ごみ処理有料化を実施する市町村は1990年代に増加し、2005年には約40%に達した（山川・矢野、2008）。その後もごみ処理有料化を実施する自治体は増加する傾向にあり、家庭から出る可燃ごみの有料化を実施している市区町村（一部地域で有料化している市区町村を含む）は、2019年3月時点で全市区町村の6割を超えている（環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課、2022）。

1998～2019年度における一般廃棄物処理に関しては、2000年代から焼却処理量や埋立処分量が減少し、リサイクルも一定程度進展したものの、焼却処理が全体の約8割を占める状況が続いている（浜本、2023）。この期間に焼却や埋立による処理量が削減されたことは、先に述べた国によるリサイクル関連法の整備や自治体によるごみ処理有料化の導入といった政策がもたらした効果がある程度反映したものとして捉えることができるであろう。

上記のような一般廃棄物処理における変化は、廃棄物分野の温室効果ガス排出削減に一定程度寄与したと考えられる。以下では、焼却処理される一般廃棄物が減少したことによってもたらされたCO<sub>2</sub>削減効果について検討してみたい。

一般廃棄物の焼却に伴って発生する温室効果ガスについては、温室効果ガスインベントリにおける温室効果ガス排出・吸収量の算定方法に関する詳細情報（以下、算定方法の詳細情報）が環境省によって公表されており、これを用いて定量化することが可能である<sup>5)</sup>。この方法では、算定対象となる組成として化石燃料由来のプラスチック、化石燃料由来のペットボトル、合成繊維くず、紙くず、紙おむつが挙げられており、それぞれの組成ごとに焼却量と排出係数を掛け合わせ、それによって得られた各組成の数値を合計することによりCO<sub>2</sub>排出量を推計している。各組成の排出係数（いずれも乾燥ベース）については、化石燃料由来のプラスチックが2,816kg-CO<sub>2</sub>/t、化石燃料由来のペットボトルが2,277kg-CO<sub>2</sub>/t、合成繊維くずが2,310kg-CO<sub>2</sub>/t、紙くずが144kg-CO<sub>2</sub>/t、紙おむつが1,220kg-

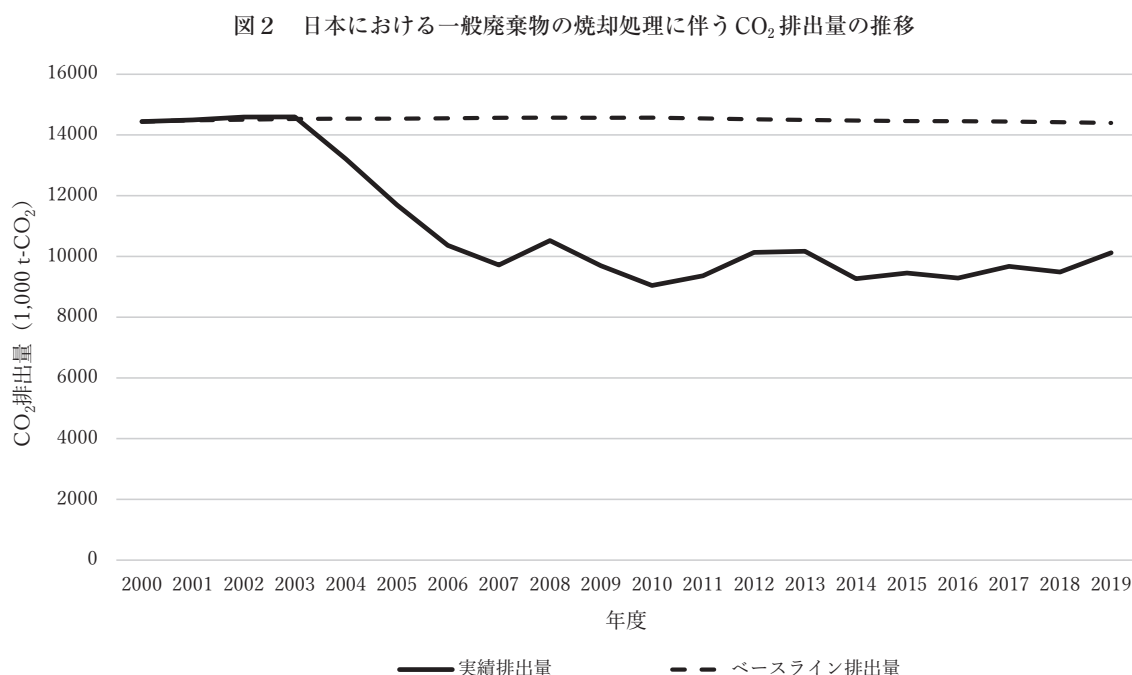
CO<sub>2</sub>/tにそれぞれ設定されている。組成ごとの乾燥ベースの焼却量に関しては、環境省環境再生・資源循環局による「廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環利用量実態調査報告書（廃棄物等循環利用量実態調査編）」などに基づいて算定されている<sup>6)</sup>。

焼却処理される一般廃棄物の減少がもたらしたCO<sub>2</sub>削減効果を定量化するためには、実際の排出量と比較するための基準排出量（ベースライン排出量）を設定する必要がある。これに関して、ここでは循環基本法が制定された2000年度の1人当たり一般廃棄物焼却処理量（各組成の焼却量）が持続するというシナリオを想定し、同年度における焼却処理に伴う1人当たりCO<sub>2</sub>排出量に各年度の人口を掛け合わせることで算出される2001～2019年度のCO<sub>2</sub>排出量をベースラインとして設定する。なお、人口に関しては、総務省統計局が公表している人口推計のデータを用いる。

図2は、以上の方法で算定された2000～2019年度における一般廃棄物の焼却処理に伴うCO<sub>2</sub>排出量の実績値とベースライン排出量を示したものである<sup>7)</sup>。この図より、一般廃棄物の焼却を起源とするCO<sub>2</sub>排出量は2001～2003年度の間にベースライン排出量をわずかに上回ったものの、2004年度から2007年度にかけて大きく減少したことがみてとれる。その後のCO<sub>2</sub>排出量については、増減を繰り返しながらも約1,000万

トン水準で推移している。2006～2019年度の期間で見ると、年間のCO<sub>2</sub>削減量（ベースライン排出量と実績排出量との差）は400万～500万トン程度の規模になっている。

以上のCO<sub>2</sub>削減効果は、1990年代における廃棄物減量化とリサイクル推進に向けた法整備や、自治体によるごみ処理有料化導入の拡大、およびその他の社会的・経済的要因がもたらした一般廃棄物の焼却処理量の減少に付随して実現したものとして捉えることができる<sup>8)</sup>。この付随的効果に関しては、日本が京都議定書の下で温室効果ガス排出量について法的拘束力のある数値目標を設定された際に一定の便益をもたらすことになったと考えられる。2008～2012年に温室効果ガスを1990年比で6%削減するという数値目標を設定された日本は、その達成を目的として京都メカニズムクレジット取得事業を実施した。日本政府は2006～2013年度の間にこの事業の予算措置を講じ、合計で9,749.3万トン（CO<sub>2</sub>換算値）のクレジットを獲得した（環境省地球環境局市場メカニズム室、2016）。2006～2013年度の各年度の予算額に関して、政府最終消費支出デフレーター（2011年基準）を用いて実質化して合計すると約1,649億円になる。これを獲得したクレジット量で割ると、日本はCO<sub>2</sub>1トン分のクレジットを取得するために1,691円を投じたことになる。この金額を



CO<sub>2</sub> 1 トンの削減の価値とみなすならば、2008～2012年度における一般廃棄物の焼却処理量の減少がもたらした付随的効果の便益は約406億円と推計される。

#### 4. 循環経済は温室効果ガス削減に貢献するか

近年、循環経済をめぐる動きが欧州を中心に活発になっている。欧州連合（EU）は2015年に「循環経済パッケージ（Circular Economy Package）」を公表し、循環経済への移行に向けた行動計画や廃棄物法令の改正案などを提示した。その後、EUは循環経済に関する新たな行動計画（Circular economy action plan – For a cleaner and more competitive Europe）を2020年に公表した。これは低炭素で資源効率性の高い持続可能な経済への転換を目的とするものであり、2019年に欧州委員会がカーボンニュートラルの実現を目指して掲げた「欧州グリーン・ディール（European Green Deal）」を具体的に推進するための政策として位置付けられている。このことからわかるように、循環経済への移行に向けた政策措置は、気候変動対策としても有効であると捉えられている。

循環経済は、発生抑制・再使用・リサイクルという従来の廃棄物管理の方策にとどまらず、使用済み製品を修繕したり改修・再製したりすることなども含めて循環利用を徹底し、これを通じて資源価値の最大化を図ろうとするシステムである。また、循環経済に移行することで、消費行動は財の「所有」からレンタルやリース、シェアリングといったかたちでの「利用」を中心とするものに変化し、これに対応して企業のビジネスモデルにも変革が生じることになる。このようにして循環経済を構築することは、資源の大量採取と大量生産・大量消費・大量廃棄を前提とする現行の経済システムからの転換を通じて、温室効果ガスや汚染物質、廃棄物の排出削減をもたらし、環境負荷を低減させることにつながると期待されている（浜本、2022）。

循環経済への移行によって温室効果ガスがどの程度削減されるのかを明らかにすることは、循環経済研究における重要な課題の1つである。Koide et al. (2022)は、循環経済の実現に向けた具体的な方策（循環経済戦略）がもたらす温室効果ガス削減効果を評価した既

存文献に関して定量分析（メタ分析）と定性分析を行っている。ここで取り上げられている文献は、その多くがLCAによる評価を行った研究であり、大型家電、中型・小型家電、ICT機器、工具類、衣類、書籍類、容器包装、自動車、自転車といった財を分析対象としている。また、循環経済戦略に関しては、サービス化（servitization）、同時利用（pooling）、レンタル、リース、シェアリング、再使用、修繕（repair）、改修・再製（refurbish/remanufacture）、アップグレード・モジュール化（upgrade/modularity）、耐久性向上（durability）が検討対象とされている。この研究では、循環経済戦略によって温室効果ガス削減効果が大きく異なることが示されている。具体的には、サービス化や同時利用、シェアリング、再使用、アップグレード・モジュール化は比較的高い削減効果が見込まれ、修繕や改修・再製に関しても一定程度の削減効果が期待されるが、リースや耐久性向上がもたらす削減効果は小さいとされている。

またKoide et al. (2022)は、それぞれの循環経済戦略に関して、バックファイア効果（排出削減分を上回る排出増が生じるために結果として温室効果ガス排出量が増大すること）が発生するリスクを評価している。それによれば、同時利用、アップグレード・モジュール化、修繕、改修・再製はバックファイア効果が生じるリスクが低く、レンタルやシェアリング、サービス化についてはそのリスクが相対的に高いとされている。なお、バックファイア効果が発生する要因に関しては、運輸に関連するもの（輸送モードや輸送距離など）と使用回数にかかわるもの（使用頻度や使用人数など）が最も多いと指摘されている。

以上の分析結果を踏まえ、Koide et al. (2022)は、温室効果ガス削減効果が大きくバックファイア効果のリスクが低い循環経済戦略を優先的に実施することを提言している。加えて、バックファイア効果のリスクが高いものの大きな削減効果が期待できる循環経済戦略については、バックファイア効果を回避する方策を考案する必要性を指摘している。



## 5. おわりに

日本政府によるカーボンニュートラル宣言を受け、環境省はその達成に向けた廃棄物・資源循環分野での排出削減策に関する検討を行っている。そこでは、廃棄物の発生抑制、マテリアル・ケミカルリサイクル等による資源循環、化石資源のバイオマス転換といった対策や、廃棄物を焼却する際のエネルギー回収およびCCUS (carbon dioxide capture, utilization and storage) による炭素回収・利用の徹底が挙げられている(筒井, 2022)。食品廃棄物をはじめとする有機性廃棄物のバイオガス化やCCUSについては、廃棄物・資源循環分野における温室効果ガス削減を進めるうえで重要な役割を果たしうると期待されている(矢野他, 2022)。ただし、CCUSをめぐるっては、高コストであることに加え、技術面での課題や環境影響の懸念などが指摘されている。日本の温室効果ガス排出量全体に占める廃棄物分野の排出量の割合が3%程度であるという状況もあわせて考えるならば、廃棄物焼却施設へのCCUS導入の合理性には疑問を抱かざるを得ないだろう。

循環経済への移行に向けた取り組みに関しては、それがもたらす温室効果ガス排出削減効果に強い関心が寄せられている。オランダの循環経済推進団体であるサークルエコノミーの試算では、パリ協定の下で各国が設定する削減目標(nationally determined contribution)は2030年までに世界の温室効果ガス排出をCO<sub>2</sub>換算で560億トンに抑制すると見込まれるが、同団体が提唱する循環経済構築に向けた諸施策を実施することでさらに削減が進展し、2030年の時点で332億トンの排出量を実現することが可能であるとされている(Circle Economy, 2021)。循環経済への移行に向けた取り組みは日本でも始められつつあるが、現行の一方通行型経済から循環経済への転換を図るには、静脈産業と動脈産業の連携や企業間・業種間の協調行動が不可欠である。また、循環経済の実現に向けた方策によっては温室効果ガス排出を増加させてしまう可能性があることに関しては、既存研究の示すところである。循環経済研究には、こうした課題を克服しつつ循環経済の構築を進めていくための政策措置にかかわる知見を提供

する役割が期待されている。

### <注>

- 1) Gentil et al. (2011) は、食品廃棄物(肉類と野菜類)、一方的に送り付けられる郵便物(unsolicited mail)、および飲料用容器(プラスチックとガラス)の発生抑制が温室効果ガスや二酸化硫黄などの環境汚染物質をどの程度削減しうるかをLCAによって定量的に分析している。
- 2) Matsuda et al. (2012) は、嫌気性消化によって得られるバイオガスを発電に利用するという想定で分析を行っている。
- 3) 家庭での事前分別後に回収する場合と比較して、機械選別の場合の温室効果ガス削減効果が小さくなっているのは、廃棄物の選別や非生分解性廃棄物の処理の過程でエネルギーを多く消費するためである(Matsuda et al., 2012)。
- 4) Matsuda et al. (2012) では、家庭での事前分別後の回収を前提として、生ごみ中の水分除去および堆肥化を行った場合(いずれの行動も家庭から出る可燃ごみを5%削減すると想定)の温室効果ガス削減効果(CO<sub>2</sub>換算値)に関して、前者については5,200トンの削減、後者については2,600トンの削減という結果が得られている。堆肥化のケースで、家庭での事前分別後の回収のみの場合(食品廃棄物削減行動を伴わない場合)と比較して削減効果が小さくなるのは、嫌気性処理がなされる生ごみの削減によるバイオガス発電の減少とコンポスターの稼働に伴うエネルギー消費の増加が要因であるとされる。
- 5) 廃棄物分野の温室効果ガス排出量の算定方法に関する詳細情報は、環境省ウェブサイト「温室効果ガス排出・吸収量等の算定と報告」の廃棄物分野のページ(<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/methodology/waste.html>)で入手することができる。
- 6) 焼却量推計の細部については環境省が公表している算定方法の詳細情報を参照されたい。
- 7) 温室効果ガスインベントリでは、一般廃棄物の焼却を起源とする温室効果ガスについて、エネルギー

回収を伴う場合とこれを伴わない場合に分けて排出量が報告されているが、図2で示されているCO<sub>2</sub>排出量に関してはこのような分割は行っていない。

8) ここでの計測で得られたCO<sub>2</sub>削減量は、あくまでも本稿で採用したベースライン排出量を前提としたものであり、このベースライン排出量の妥当性については別途検討が必要であろう。

#### <参考文献>

- Circle Economy, 2021, *The Circularity Gap Report 2021*, Amsterdam: Circle Economy.
- Gentil, E. C., D. Gallo, and T. H. Christensen, 2011, "Environmental evaluation of municipal waste prevention," *Waste Management* 31(12), 2371-2379.
- 浜本光紹, 2022, 「循環経済をめぐる研究動向と政策課題」『環境共生研究』第15号, 1~12ページ。
- 浜本光紹, 2023, 「日本における一般廃棄物処理の循環性」『環境共生研究』第16号, 1~12ページ。
- 井村秀文・中嶋芳紀・森下兼年・前田利家, 1995, 「一般廃棄物処理システムのライフサイクルアセスメントに関する研究 ―エネルギーを指標として―」『環境システム研究』Vol.23, 261~267ページ。
- 環境省地球環境局市場メカニズム室, 2016, 『京都メカニズムクレジット取得事業の概要について』。
- 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部企画課循環型社会推進室, 2014, 『日本の廃棄物処理の歴史と現状』一般財団法人日本環境衛生センター。
- 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課, 2022, 『一般廃棄物処理有料化の手引き』。
- 河井紘輔, 2021, 「一般廃棄物のリサイクル率に関する課題と展望」『情報の科学と技術』第71巻第2号, 60~64ページ。
- Koide, R., S. Murakami, K. Nansai, 2022, "Prioritising low-risk and high-potential circular economy strategies for decarbonisation: A meta-analysis on consumer-oriented product-service systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 155, 111858.
- Korhonen, J., A. Honkasalo, and J. Seppälä, 2018, "Circular economy: The concept and its limitations," *Ecological Economics* 143, 37-46.
- 倉田泰人, 2013, 「一般廃棄物の焼却における温室効果ガス排出に関する研究」『全国環境研会誌』第38巻第3号, 127~133ページ。
- Matsuda, T., J. Yano, Y. Hirai, and S. Sakai, 2012, "Life-cycle greenhouse gas inventory analysis of household waste management and food waste reduction activities in Kyoto, Japan," *The International Journal of Life Cycle Assessment* 17(6), 743-752.
- 大森恵子, 2011, 「リデュース・リユース (2R) の推進に向けた政策の動向について」『廃棄物資源循環学会誌』第22巻第4号, 263~271ページ。
- 筒井誠二, 2022, 「廃棄物処理システムの脱CO<sub>2</sub>対策を進めていくための方向性と課題」JEFMA (日本環境衛生施設工業会機関誌) No.70, 11~14ページ。
- 碓井健寛, 2015, 「廃棄物排出抑制の経済政策」鷺田豊明・笹尾俊明編『循環型社会をつくる』岩波書店, 33~53ページ。
- Velenturf, A. P. M., and P. Purnell, 2021, "Principles for a sustainable circular economy," *Sustainable Production and Consumption* 27, 1437-1457.
- 矢野順也・平井康宏・酒井伸一, 2022, 「資源循環廃棄物分野における温室効果ガスの排出と削減」『廃棄物資源循環学会誌』第33巻第1号, 35~45ページ。
- 安田憲二, 1992, 「廃棄物処理に伴う温室効果ガスの排出」『大気汚染学会誌』第27巻第6号, A95~A100ページ。
- 安田憲二, 1997, 「廃棄物の焼却にともなう温室効果ガスの排出状況」『廃棄物学会誌』第8巻第6号, 432~437ページ。
- 山川肇・矢野潤也, 2008, 「ごみ有料化の歴史的変遷」『廃棄物学会論文誌』第19巻第3号, 212~224ページ。



## Reducing Greenhouse Gas Emissions from Waste: Trends and Issues in Japan

HAMAMOTO, Mitsutsugu

The amount of greenhouse gas (GHG) emissions from waste is correlated with the quantity of waste and depends on how the waste is treated. This means that the choice of waste management strategies affects GHG emissions from waste. This paper considers the impacts of waste management on GHG emissions in Japan. The trend of CO<sub>2</sub> emissions from the incineration of municipal solid waste in the 2000s and 2010s is examined. The transition to a circular economy (CE) has been attracting increasing attention not only because of improving resource efficiency but because of reducing GHG emissions. The paper discusses the extent to which CE strategies can contribute to GHG reductions.

