

日本におけるごみ発電の現状と動向

Current Status and Trends of Power Generation from Waste in Japan

絹川 ゲニイ
Gheni KINUGAWA

要旨

ごみ発電では、時代の流れに沿って増え続けてきた大量のごみを衛生観点から無害化・減容化するとともに、ごみ焼却の廃熱を利用して電気を作り、自立した分散型エネルギー供給源を確保することも可能になる。この発電方法の最大のメリットは、ごみをエネルギー源としている点で、再生可能なエネルギーとしても注目されているが、普及のために解決すべき課題も残されている。多くのごみ焼却場では、ごみの焼却処理に重点が置かれていて、ごみエネルギー利用の効率は通常の石炭火力発電に比べて低水準である。今後、さらなる研究開発や技術革新により、ごみエネルギー利用の効率が改善されて行くことが期待できる。ごみ処理における焼却処分で発生する廃熱を利用することは、ごみの環境への負荷を軽減させ、資源の有効利用とエネルギー源としての活用を促進し、経済成長と環境問題の両立を図る循環型社会システムを構築していく上で重要である。

キーワード：ごみ発電，廃棄物発電，ごみエネルギーの利用，再生可能エネルギー

1. はじめに

経済成長と人口増加に伴って、大量生産・大量消費・大量廃棄の社会経済システムが形成され、廃棄物排出の増加と廃棄物内容の多様化が起こって来ている。廃棄物は、廃棄物処理法上において、産業廃棄物と一般廃棄物に分類される。産業廃棄物とは、廃棄物処理法において、産業廃棄物と指定され、事業活動に伴って生じる廃棄物を指す¹⁾。一般廃棄物は、産業廃棄物以外の廃棄物の中で、主に一般家庭の日常生活に伴って生じる廃棄物（ごみ）を指す。一般廃棄物には一部産業廃棄物に属さない事業廃棄物も含まれる。廃棄物に関しては、適正処理が行われない場合、生活環境や公衆衛生を悪化させ、場合によっては、深刻な健康被害を引き起こす可能性もある。そのため、生産、流通、消費、廃棄等の各段階において、資源・エネルギーの採取、不用品の排出等の形で自然環境に与える負荷を軽減させることは不可欠である。日本の廃棄物排出量は、この40年間で約4倍になり、ごみ処理のコストも急増している¹⁾。また、廃棄物を埋め立てる処分場は用地確保

が困難になってきている。廃棄物処理を適正に行い、一般廃棄物処理における焼却処分になるごみの焼却で発生する熱エネルギーを無駄にしない循環型社会の構築が課題となっている。1960年代頃ごみの処理方法は、直接埋め立てと焼却がほぼ同じ割合であったとされるが、現在では全体の約80%程度が焼却処理されるようになってきている¹⁾。ごみの焼却処理に伴った熱エネルギーを有効活用するという観点から、1990年代後半以降、ごみ焼却技術の向上、ダイオキシン問題への対応によるごみ焼却施設の大規模化等とともに、ごみ発電が発展した²⁾。2018年の環境省報告によれば、全国のごみ焼却施設は1,082施設、ごみ焼却処分量は4,272万トンに上る。また、発電設備を有するごみ焼却施設数は全体の35.0%であり、ごみ焼却総発電電力量は、9,553 GWhに達している。この電力量は、約321万世帯分の年間電力使用量を賄う。廃棄物の焼却処理とともに発生する熱エネルギーを無駄にしないという視点から今後もさらなる進化が期待できる。

本稿では、国内のごみ発電（廃棄物発電とも呼

ぶ)の現状と動向を、ごみを燃料にする新エネルギーの導入拡大やごみの減量化、資源化等の観点から検討する。また、記述する廃棄物に関しては、一般廃棄物の中身となるごみに注目する。

2. ごみ発電の仕組み

ごみ発電は、ごみ焼却に伴い発生する熱を利用して、ボイラーで水蒸気を作り、その水蒸気を動力にする蒸気タービンで発電機を回して電気をつくるものである。原理的には、化石燃料を使用する火力発電に似ている。ごみ発電の仕組みの概要を図-1に示す。発電施設は概ね①～④の4つの部分から構成される。①のボイラーに燃料とする可燃ごみを入れて焼却させる。そこで発生する熱を利用して水蒸気をつくる。水蒸気を、蒸気管を通して②のガスタービンに送り、運動エネルギーをつくる。その運動エネルギーで③の発電機を回して発電させる。また、②で蒸気が冷えて水になるので、それを④の復水器に貯めて、そこから再度水管を通してボイラーに送る。ごみ発電の方法は、焼却施設の違いにより焼却炉による従来型のごみ発電、ガス化溶融炉を使用した次世代型ごみ発電、また、通常のごみ発電よりも高い発電効率が見られるスーパーごみ発電に分類される。燃焼燃料とすごみの量やごみの質によって若干異なる場合があるが、基本的な構造は図-1に示した通りに、ごみの焼却時に発生する熱を利用して蒸気を作り出してガスタービンで熱エネルギーを運動エネルギーに変換、動力で発電機を回し、電力を得るという流れである。使用されるガスタービンには、大きく分けて、背圧タービンと復水タービンの2種類がある。背圧タービンは排気圧を正圧

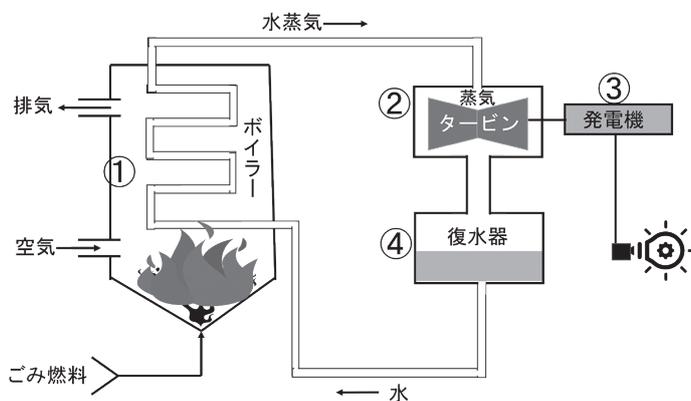


図-1 廃棄物発電の仕組み
①ボイラー②タービン③発電機④復水器

にして使用する方式であり、タービンの構造が比較的簡単で取り扱いも容易であるため、自家発電用設備に導入されることが多い。一方、復水タービンは、排気圧力を真空域まで下げるため熱落差を大きく取ることができ、発電出力の大きな設備に導入される。一般的に、火力発電所でほとんどこの方式が使用される。ごみ発電は、可燃ごみを燃料にするので通常の火力発電のように化石燃料を燃やす必要はない。生活ごみを燃料に替えられるので発電燃料も国内で調達できる。ごみ発電で安定した燃料提供を可能にするためには大量のごみを集める必要がある。このようなことを踏まえて開発されたRDF・RPFによる発電方法もある。これは、ごみ由来の固形燃料であるRDF(Refuse Derived Fuel)および、産業系廃棄物の古紙及びプラスチックを原料とした固形燃料であるRPF(Refuse Paper & Plastic Fuel)を燃料にするものである³⁾。このような発電施設も、ごみ発電の一種であり、ごみ焼却施設におけるごみ発電と同様に大規模で連続的に燃料を供給しつつ運転をすることで、高い発電効率を見込めるため、複数の自治体が共同で発電施設を建設し、発電施設に供給するRDF等を分散して生産する体制が取られる事例が多い^{3, 4)}。

3. ごみ発電の現状と動向

3.1 ごみ排出と処分量の推移

戦後の経済発展及び都市への人口集中に伴ってごみ排出量は急増してきた。ごみの河川・海洋への投棄や野積みが行われていたため、ハエや蚊の大量発生・伝染病の拡大等の問題が生じていた。また、各戸からのごみ収集や焼却場や埋立て処分場に運搬するに当たってごみが飛散するなど公衆衛生上の問題もあったため、増え続けた都市ごみに対し、適正な対応ができる清掃行政の改革が求められた。1954年に「清掃法」を制定し、従前の市町村がごみの収集・処分を行う仕組みに加えて、国と都道府県が財政的・技術的援助を行うこと、住民に対しても市町村が行う収集・処分への協力義務を課すことなどを定めた。その後、1960年代～1970年代には、生活環境施設整備緊急措置法(1963)や廃棄物処理法(1970)等、1990年代には、容器包装リサイクル法

や家電リサイクル法等が整備された。2000年以降、発生抑制 (Reduce)、再使用 (Reuse)、再生利用 (Recycle) の3Rや拡大生産者責任 (EPR: Extended Producer Responsibility) を中心とする循環型社会形成推進基本法が、循環型社会構築をめざす法律として整備された¹⁾。近年、国民のごみの分別回収やごみ減量化等に対する意識が高まり、ごみ排出量は減少傾向にある。特に大都市におけるごみは、減少に向かっており、今後も全国的に同様の傾向に向かう都市が増えてくると予想される。

図-2に2008年～2018年までのごみ(一般廃棄物)総排出量(左縦軸, 万トン)の推移を示す。また、2008年～2018年までの国民一人一日当たりのごみ排出量(右側縦軸, g)も合わせて示す。ごみの排出量に関しては、日本の2000年頃までの排出量は時代とともに増加してきた¹⁾。特に、高度成長期(1960年代～1970年代)とバブル期(1980年代後半～1990年代前半)に急激に増加している。例えば、1960年頃のごみ排出量は891万トンであるが、1970年代には、4200万トン、また、2000年頃は5400万トンとなっている。2000年以降は、分別回収や各種リサイクルの発展などの循環型社会の形成が進むとともに、産業構造の変化や景気変動等の影響もあり、減少傾向に転じている¹⁾。次に、図-2が示すように、2008年は、ごみの排出量が4811万トンであるが、5年後の2013年には、4487万トン、10年

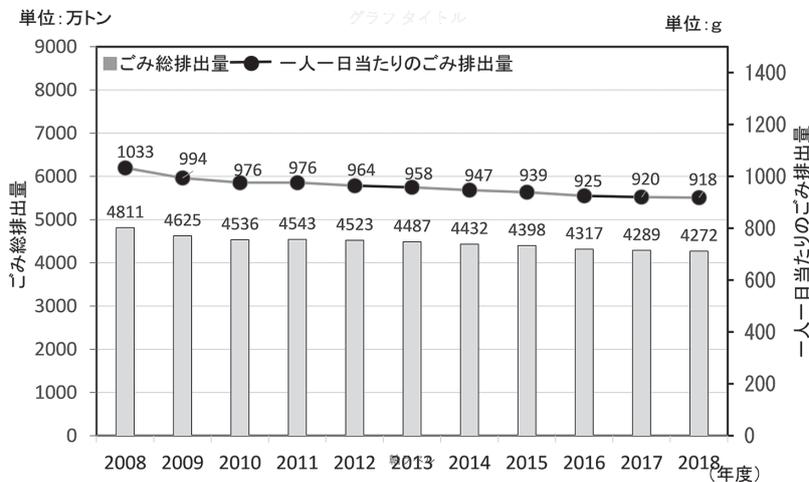


図-2 ごみ総排出量と一人一日当たりごみ排出量の推移
環境省データを基に作成

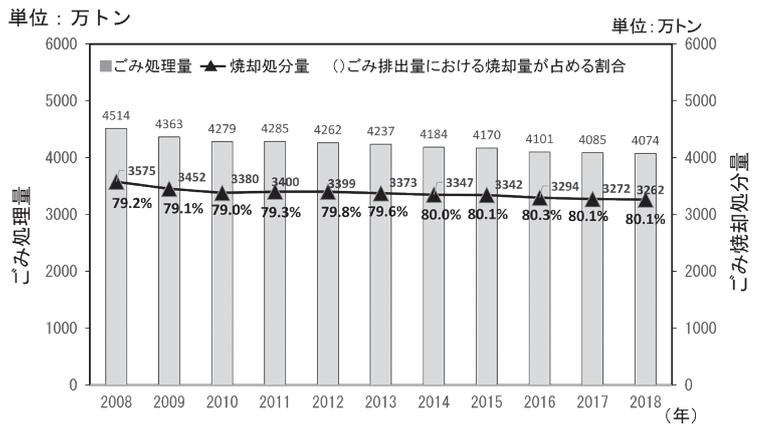


図-3 ごみ処分量における直接焼却処理量の推移
環境省データを基に作成

後の2018年は、4272万トンとなり、いずれも約9%程度減少している。次に、日本の1人1日当たりのごみ排出量に着目すると、2008年に1人1日当たりのごみ発排出量は、1033gであったが、5年後の2013年には、958g、10年後の2018年には918gとなり、こちらも約9%程度減少している。しかし、日本の一人一日当たりのごみ排出量を諸外国と比べると、2000年時点で主要国の年間200～760kgの中で、アメリカ(760kg/年)、カナダ(640kg/年)、イギリス(560kg/年)、ドイツ(540kg/年)、イタリア(500kg/年)に次いで、日本は410kg/年の第6位となり、かなり大きくなっている⁵⁾。今後は、更なるごみ減量化の余地が残されている。プラスチックごみの減量を目的としたレジ袋の有料化が2020年7月1日より、全国でスタートした。これは、普段無料でもらっているレジ袋を有料化することで、消費者のライフスタイルを見直して、ごみの排出削減を図るものであり、今後、その効果も表れてくるだろう。

3.2 ごみ発電の現状

図-3に2008年～2018年までのごみ処分量(左縦軸, 万トン)とごみ焼却処分量(右縦軸, 万トン)の推移を示す。また、ごみ焼却処分量の総処分量に占める割合(%)も合わせて示す。図が示すように、2008年～2018年に渡り、ごみの総排出量は減少傾向にある。これは図-2にも示している。その減少傾向と同じような傾向で減少してきているのは、ごみ

の焼却処分量である。2008年には、焼却処分量は3575万トンであるが、5年後の2013年には、3373万トン、10年後の2018年には3262万トンとなり、約9%程度の減量となっている。図が示すもう一つのもは、ごみの総排出量におけるごみの焼却処分量である。なお、焼却処分量以外の部分は、資源化等の中間処理や直接資源化や直接最終処分した量であり、その詳細は省略する。

1965年頃は、ごみの処理方法は、直接埋め立てと焼却がほぼ同じ割合であったものの、近年のものでは、焼却処分量は79.2%~80.1%となり、ごみ排出量の約8割程度が焼却処理されていることを表している。焼却はごみの容積を減らし、殺菌するなどの利点がある。その他に、ごみ焼却には大量の熱が発生する。この熱をエネルギー源として有効に活用することが、ごみ処理における維持管理費等に繋がるので、ごみ処理のコスト削減においても重要である。

国内では、1965年に大阪市西淀清掃工場において初の本格的な廃棄物発電が開始された。近年では、全国の多数の自治体でごみ焼却機能だけではなく、エネルギー回収型ごみ処理施設として運転されている。このようなごみ焼却場でごみを燃料にして発電を起すためには発電機などを、ごみ焼却施設に追加して設置する必要がある。

図-4に、2010年~2018年までの、全国におけるごみ発電施設の数（左縦軸）と総発電量（右

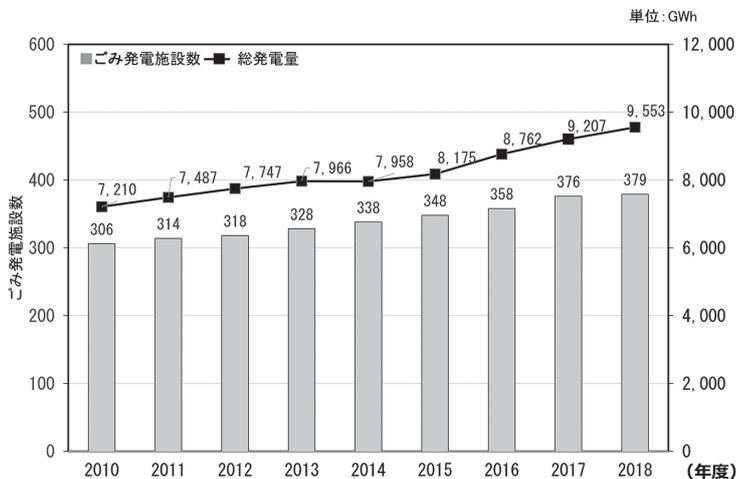


図-4 発電施設数と総発電量の推移
環境省データを基に作成

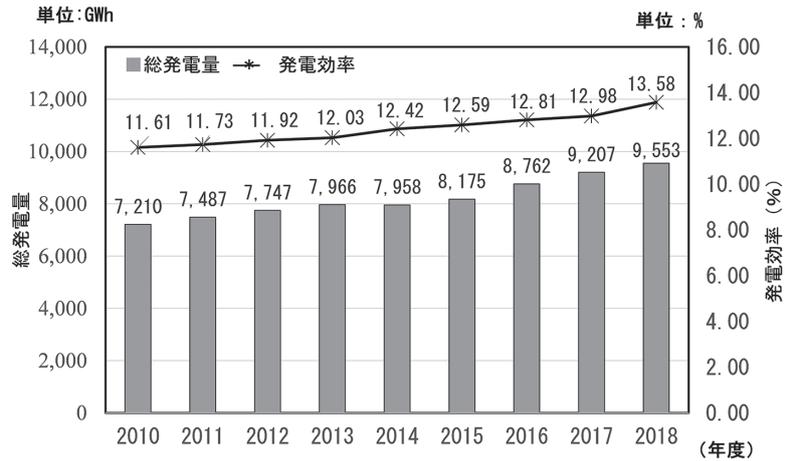


図-5 総発電量と発電効率の推移
環境省データを基に作成

縦軸, GWh) を合わせて示す。図が示すように、2010年のごみ焼却発電施設数は306施設あり、総発電電力量は年間約7210GWh（ギガワット・時）である。その後も増加傾向であり、5年後の2015年には、施設数は348施設に、総発電量は8175GWh（ギガワット・時）に、2018年には、施設数は379施設、総発電量は年間約9553GWh（ギガワット・時）に達している。この電力は、1世帯の年間電力消費量を2974kWh（電力事業連合会推計値・2015年度/1世帯当たりの電力消費量 247.8kWh/月で算出）とする時に、約321万世帯を賄える電力となっている⁶⁾。このようにごみ発電施設数や年間総発電量の増加の背景には、国の2003年から施行が開始された電気事業者に対して新エネルギー等電気の利用を義務付ける「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」の影響がある。この法律に基づ

く「再生可能エネルギー利用割合基準、RPS：Renewable Portfolio Standard」制度においては、再生可能な生物資源性廃棄物とされるバイオマスの焼却による発電量分は、新エネルギーとして認定された。これは、植物が光合成により成長過程においてCO₂を吸収しているため、その吸収量と植物を燃焼させた時に排出されるCO₂の量が等しく、プラスマイナスゼロになるという、カーボンニュートラルの考え方に基づく。

図-5に、2010年~2018年のごみ発電の総発電量（左縦軸）とごみ発電効率（右縦軸, %）の推移を示す。この発

電効率は以下のような定義で算出されたものである。発電効率[%]= $3600[\text{kJ/kWh}] \times \text{総発電量}[\text{kWh/年}] / 1,000[\text{kg/t}] \times \text{ごみ焼却量}[\text{t/年}] \times \text{ごみ発熱量}[\text{kJ/kg}] \times 100^{1)}$ 。なお、ごみ発電の総発電量は、図-4に示したものと同一データを使用している。図が示すように、2010年から発電効率は少しずつ上がってきている。2010年の発電効率は11.6%程度であるが、5年後の2015年には、12.6%、2018年は13.6%程度まで上昇している。しかし、この発電効率は、通常の旧型火力発電の発電効率約40%やガスタービンと蒸気タービンを組み合わせる新型火力発電効率50-60%程度に比べて極端に小さい⁷⁾。ごみ発電にはボイラー-蒸気が必要であり、そのボイラーの蒸気発生量は、燃料として使用のごみの焼却で発生する発熱量や供給量の変動等により大きく変動する。このような変動があまり大きくないと発電効率が低下するということになる。最近では、発電効率を上げるために、ボイラーの高温・高圧化への取り組みやガスタービンと組み合わせ、発電効率が25%を超える「スーパーゴミ発電」が開発されて、その導入が進行している¹⁾。また、発電した後の排熱は、周辺地域の冷暖房や温水として有効に利用されているところもある。

3.3 ごみ発電の課題

ごみ発電は、ごみを燃やした熱で発電するもので、焼却のみでは無駄に捨てられる熱エネルギーを回収し、一般の発電所の電力の一部を賄うという最大のメリットがある。また、ごみには、大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度増加に算定されない植物性ものも多く含まれているので、結果的にCO₂等の温室効果ガスの削減に結び付くことができるので、これも一つの大きなメリットである。しかし、ごみ発電は、全国にある1000以上のごみ焼却施設の全てが利用できるというところまでは至っていない。環境省の2018年の報告によれば、全国のごみ焼却施設数は1082施設、発電設備を有するごみ焼却施設数は379施設に止まり、全体の35.0%程度である。ごみ焼却施設数の全体からみれば、まだ、ごみ発電が普及したことにはなっていない。その最大の理由は、採算性に課題が残されている。現状としては、発電コストが高いことがあげられる。ごみ発電では、焼却のためのエネルギー消費や施設設備などで発電コスト

がわりに高くなる傾向がある。電力会社が、発電出力に対し、安定しないなどを理由に、買い取り値段を抑え、通常は自社以外から電気を買う値段はたいてい5円~15円であるのに対し、ごみ発電による電気は5円程度にしている⁸⁾。これは、ごみ発電の採算性に影響を与えている。ごみ発電の場合は、ごみの質により、発電出力が変動する。発電出力が安定しないもう一つの理由は、焼却施設の大きさにある。ごみ発電において、安定した発電出力を得るためには、燃焼するごみの中身に対して依存度の低い大規模の施設が求められる。現在では、中規模の施設でもごみ発電が進められているが、施設で発生させた電気を、すべて施設内で消費する施設がほとんどであるとされる。ごみ発電の観点から焼却施設の拡大を行うと、施設設備費が高額になる。また、大型施設のために大量のごみを集める必要があるため運搬や輸送コストなどの新たな問題が発生することにもなっている。このようなことは、結果的にごみ発電コストの上昇に繋がるという課題がある。大規模な焼却施設でも安定した燃料の提供や安定した発電出力を実現するために、ごみ由来の固形燃料であるRDF(Refuse Derived Fuel)および、産業系廃棄物の古紙及びプラスチックを原料とした固形燃料であるRPF(Refuse Paper & Plastic Fuel)を燃料とした発電施設も運転している。しかし、2006年、三重県桑名市多度町力尾の三重ごみ固形燃料発電所で起きたRDF貯蔵槽火災の事故をきっかけに、固形燃料を使用する場合、その安全性の確保という重要な問題が出てきている。その他に、現在では燃えるごみの内容も複雑化してきていることがあり、電力を安定して供給するためには、プラスチックなども燃やさなければならず、燃焼に伴い有害なガスが出る可能性も考えられるので注意が必要とされる。特にプラスチックごみなどに、多くの塩化水素が含有されている場合が多いので、そのガスの影響でボイラーや焼却炉がダメージを受けることがある。また、安定した発電を行うために、蒸気を高熱にする必要があるため高熱に耐えられる焼却炉やボイラーを作る必要がある。

3.4 今後の展望

経済成長と環境問題の両立を図る循環型社会システムの構築が重要視されてきている。これまでの「生産→消費→廃棄」の一方通行型の経済一産

業システムに対して、循環の環をつくる国のエコタウン構想が試みられ始めている。札幌市、川崎市、富山市、北九州市など全国で26箇所のエコタウン地域が指定されており、各地域では、それぞれ独自の資源リサイクル工場を誘致・設立している¹⁾。ごみの排出量も多少減少方向に転じているが、そのごみの埋め立てとリサイクル量を合わせても21%程度で、残りの約8割に近い量は焼却処分されている。ごみの焼却処分においては、ダイオキシン対策の観点から1997年から始まった国の補助金の対象となる広い地域からごみを集め、24時間連続で、1日100t以上高温処理できる大型焼却施設の設置が進み、新技術の中で「次世代型」と呼ばれるダイオキシンを出さないようにする施設が各地で導入され稼働を始めている。このような大型焼却施設は、ごみ発電にもっとも適しており、有効活用が期待できる。また、個々の施設においてはごみ発電施設へのエネルギーマネジメントシステム（FEMS: Energy Management System）導入を進めることにより、供給電力の安定化を図るとともに、他の再生可能エネルギーの太陽光発電等を含めた多数施設での連携により、ごみ発電の特性を活かした地産地消型の電源を進化させていくことが予想されている。環境保護のため、ごみ焼却における、ダイオキシン対策や灰処分対策を念頭に、なるべく環境負荷を低減することを前提にしながら、ごみ発電の高効率化を図り、更には発電コスト低減を同時に達成可能なごみ発電技術が求められる。国がごみ発電導入促進のため、「施設整備に係る助成制度」や高効率ごみ発電施設の導入を推進するための「循環型社会形成推進交付金」や発電電力購入に係る助成として「再生可能エネルギー利用割合基準制度；RPS制度」と「廃棄物処理施設における固定価格買取制度；FIT制度」などを施行している。これらの国の制度の後押しで、近い将来、各種の技術が革新したごみ発電施設が広く導入され、効果を上げていくだろう。

4. まとめ

ごみを燃料にするごみ発電では、生活ごみを衛生観点から無害化・減容化ができるだけでなく、エネルギー面においても自立した分散型エネルギー供給源として利用できる。ごみ焼却場の熱エ

ネルギーの回収と有効利用というところが最大のメリットで、地球温暖化防止のための再生可能なエネルギーとしても注目されている。現在では、多くのごみ焼却場において、ごみの焼却処理に重点が置かれていて、ごみ発電エネルギーの利用効率は10%台となっており、通常の石炭火力発電効率の40%台に比べて低い水準にあるが、少しずつ増加してきている。最近、ごみ焼却熱の利用効率を30%近くまで高めることができる高効率のスーパーごみ発電設備を備えたごみ焼却施設を導入する自治体も出始めている。国の各種補助制度の後押しで、今後、さらなる研究開発や技術革新により、ごみ発電エネルギー利用の効率を改善して行く余地は十分に残されている。環境への配慮、資源の有効利用、エネルギーの活用は、経済成長と環境問題の両立を図る循環型社会システムを構築する上で重要な要素といえる。

5. 参考文献

1. 環境省, <https://www.env.go.jp/>, 2021年02月閲覧.
2. 鈴木 良典, 廃棄物発電の現状と課題, 国立国会図書館 調査及び立法考査局 農林環境課, レファレンス, 平成26年5月号.
3. 環境展望台, <https://tenbou.nies.go.jp/>, 2021年, 3月閲覧.
4. 三重県, <https://www.pref.mie.lg.jp/>, 2021年, 3月閲覧.
5. 鈴木孝弘, 新しい環境科学(環境問題の基礎知識をマスターする), 改訂2版, 駿河台出版社, 2014年.
6. 電力事業連合会, <https://www.fepc.or.jp/>, 2021年, 3月閲覧.
7. 国立研究開発法人新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO), <https://www.nedo.go.jp/>, 2021年, 3月閲覧.
8. 国立環境研究所, <https://www.nies.go.jp/>, 2021年, 3月閲覧.