

学位論文題名

都市ごみ固形燃料生産に関する研究

学位論文内容の要旨

都市ごみを利用するごみ固形燃料(RDF)生産は、ごみを資源として見直し、積極的にごみの持つエネルギーを回収しようとするものである。特に中小規模の都市においては、RDF生産施設がごみ焼却施設の代替システムとして、また、地域における燃料供給施設となることが期待されている。本研究では、都市ごみから生産されるRDFの性状を調査検討すると共に、物質収支、エネルギー、コスト、環境影響の面から調査解析し、RDF生産システムの評価を行った。以下に本研究の内容をまとめる。

1章では、本研究の目的、内容およびRDF生産技術の概要について述べている。

2章では、日本におけるRDF生産施設の現状を明らかにするとともに、本研究の調査対象施設および自治体の概要について述べている。

3章では、事業系ごみからRDFを生産するS施設を対象とし、1年半にわたって行った調査のまとめである。調査では搬入ごみが破碎・選別・貯留・混合・成形といったプロセスを経てRDFが生産されるまでの各プロセスの流入・流出部においてサンプリング・分析を継続的に行い、次の結果を得た。

破碎ごみの組成およびRDF性状は短時間における変動は大きい。しかし、かさ密度を除けば年間を通して安定したRDFが生産されている。RDF性状を変動させる要因は主として水分、不燃物、プラスチック割合などであり、水分、不燃物(灰分)は木ラインに投入される木に付着しており、その管理が必要である。さらにプラスチック割合を現状の10%から高めること、木と紙の混合割合を一定に保つよう管理することが良質なRDFを作る上で重要である。また、システム内の物質収支を最小二乗法により求め、施設内の物質の流れを明らかにする方法を示した。

4章では、原料ごみ質が異なる家庭系ごみからRDFを生産している4つの施設を対象として、1年にわたって調査を行い、次の結果が得られた。

施設間の原料ごみ質は、分別方法の違いにより厨芥とプラスチック割合に差がある。厨芥割合が高いと不燃物の付着が多くなるため灰分が高くなり、含水率を10%以下に抑えないと貯蔵の際に腐敗の可能性がある。厨芥混入量の指標として腐敗性炭素を提案した。プラスチックは発熱量を高くするが、揮発性塩素量も高くする。家庭系ごみの組成に近い原料を用いているH、N施設では塩化水素ガス発生は問題になる水準ではないが、RDF原料ごみ中のプラスチック割合が高いF、G施設では塩ビ混入率も高いと推定され、塩ビ搬入をコントロールするか、高温燃焼を避けるなどの対策が必要である。なお、各施設ともに年間を通し

て安定した燃料特性を持つRDFが生産されている。

5章では、S施設におけるRDF生産・利用システムを対象として、エネルギー分析の方法によってエネルギー評価を行った。

計算では単にRDF生産施設に出入りするエネルギーのみならず、ごみの収集・運搬から埋立処分までを含めてトータル的にとらえ、他のシステムにも適用できる計算手法を整理した。RDF生産・利用システムはエネルギーをより多く消費するが、外部へ供給できる生産エネルギーは間接及び直接投入エネルギーを上回っている。なお、比較のため、札幌市の4つの清掃工場についても解析した。RDF生産・利用の正味のエネルギー収率は、日本で最もごみのエネルギー利用効率が高い厚別清掃工場とほぼ同じであり、エネルギー面からみて有効なシステムであることが分かった。

6章では、RDF生産・利用システムについて、物質収支、エネルギー、コスト、環境影響の面から現存施設の評価を行った。

各施設の物質収支は、搬入・搬出量などの実績をもとにまとめ、限られた測定データから各プロセスにおけるごみ組成を計算する手順を示し、H、N施設において有効に適用できることを示した。

さらに、5章で整理したエネルギー評価の計算手順によりS施設以外の調査対象施設も評価し、同一の尺度で比較した。RDFの持つエネルギーより、投入されるエネルギーの方が多くなるとエネルギー論的にRDF生産の意味がなくなるので、正味のエネルギー収率が正か負かはひとつの目安となる。正味のエネルギー収率はN、F、S施設で正となり、エネルギー的に有効であったが、H、G施設では負となった。Gは正常な運転状態でないためこのような結果になった。また、H施設においては原料ごみの乾燥効率の改善が必要である。

また、調査対象施設についてコスト面から評価を行った。10 t/d程度の小規模施設H、N、F施設で家庭系ごみからRDFを生産すると、搬入ごみトンあたり3.3万円～5.0万円（イニシャル＋ランニングコスト）であり、大規模施設で事業系ごみを用いるS施設ではスケールメリットにより2万円/tであった。

RDF生産による環境影響はRDF燃焼利用時、および燃焼灰の埋立処分時に生じるため、燃焼排ガスのばい煙と燃焼灰中の重金属について考察した。RDF原料ごみの家庭における分別、および施設における不適物の除去によりRDF中、燃焼灰中の重金属含有量はそれぞれ可燃ごみ、焼却灰より少なく、埋立処分基準を満たしている。燃焼排ガスはサイクロン設置で排ガス規制基準をクリアできる。また、ごみをRDFにすることにより均質な固形燃料が生産され、安定した燃焼が可能となり、ダイオキシン類の発生が押さえられると思われる。

7章では、本論文の最終章として6章までの知見を総合化することを目的とし、原料ごみの分別方法の一般的なモデルに基づいてRDF生産コストおよびRDF生産・利用のエネルギー収率について述べた。なお、熱利用施設の形態と必要熱量を整理してRDF利用可能性を検討し、原料ごみからプラスチック排除による揮発性塩素発生量削減の効果について述べた。

以上のように、都市ごみから分別された、各種のごみ原料を用いたRDF生産施設について生産されたRDFの特性、施設の物質収支、エネルギー収支、コスト収支、環境影響面から評価を行い、都市ごみからRDFを生産する施設の特徴、課題などを明らかにした。また、

得られた結果は、ごみの資源化有効利用施設としてのRDF生産施設の計画および運転管理において有益な知見であり、ごみ処理施設面からみて都市ごみRDF生産はごみ焼却と肩を並べうる有効な中間処理方法となり得ることを示した。

学位論文審査の要旨

主査 教授 田中 信壽
副査 教授 落藤 澄
副査 教授 工藤 一彦
副査 助教授 松藤 敏彦

学位論文題名

都市ごみ固形燃料生産に関する研究

ごみ量の急激な増大、環境保護や資源保護に対する人々の要求の高まりから、ごみ処理の基本的な転換が求められている。本論文はこのような背景からごみのサーマルリサイクル技術として注目されつつある、都市ごみからの固形燃料（RDF）生産に関して、数少ないが実際に稼働中のRDF施設の測定分析調査、コスト・エネルギー・環境影響調査を行い、さらにこれらの調査結果を一般化して都市ごみ固形燃料生産の有効性や計画時の留意点などを明らかにしたものである。

まず、①プラスチックを除く可燃ごみ、②厨芥を除く可燃ごみ、③紙・プラスチックの一部、④プラスチックのみ、⑤事業系ごみを各々原料とする5つのRDF施設において、RDF性状などの変動特性を約1年にわたって測定を行い、安定した良好な性状のRDFが生産されていることを確かめ、各実施施設の物質収支も明らかにしている。また、RDF貯蔵時の腐敗を防ぐためには厨芥を含むごみから生産したRDFでは含水率を10%以下にするべきこと、原料ごみに含まれるプラスチック量が多いほど塩ビ含有率が高いことなどを明らかにしている。

さらに、各実施施設のエネルギー評価を行い、都市ごみRDF生産はエネルギー的に有効な熱回収技術であることを示し、つづいて各施設のコストを調査して搬入ごみ量当たりのコストでは同規模のごみ焼却施設とほぼ同じコストであることを示している。しかし、RDF熱量当たりのコストからみてRDFを商業的に生産する工場としての実現可能性は乏しいことを示している。

また、RDF燃焼時のばいじん及び燃焼灰中重金属について文献調査や分析を行い、ばいじんに関してはサイクロンやバグフィルターによる集塵が必要であること、プラスチックに含まれる塩ビ量によっては塩酸ガス対策が必要であること、またRDF中の重金属量は可燃ごみより少ないことなどを明らかにしている。

最後に、RDF施設のごみ原料を、①厨芥、紙、プラスチックなどの全可燃ごみ、②厨芥を排除した分別可燃ごみ、③プラスチックを排除した分別可燃ごみに設定するシナリオを考え、物資収支、コスト、エネルギー収率、揮発性塩素量を、種々の人口規模や分別協力度度について計算を行い、人口規模が小さくなるとコスト増やエネルギー収率の悪化が起こること、厨芥排除を進めるとごみ処理コストは増加すること、プラスチックを50%以上排除すると塩酸ガス対策を行わなくてもよいが多く排除するとエネルギー効率が悪化すること、高い含水率の厨芥を原料ごみにしたり、ごみの乾燥効率が悪いとエネルギー効率が負となる可能性があることなどを明らかにしている。

これを要するに、著者は、都市ごみ固形燃料生産の有効性を明らかにし、今後大きな需要が考えられるごみの熱回収技術としてのRDF生産施設の計画・運転に関する多くの有用な知見を与えたものであり、廃棄物工学、環境工学に貢献するところ大なるものがある。よって、著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。