廃棄物からのエネルギー回収の高度化に関する研究

Study on high-efficiency energy recovery from wastes

○藤井実*[1)]、藤田壮[1)]、大西悟[1)]、戸川卓哉[1)]、Dong, Liang[2)]、Dong, Huijuan[1)]
Minoru Fujii, Tsuyoshi Fujita, Satoshi Ohnishi, Takuya Togawa, Liang Dong, Huijuan Dong
1) 国立環境研究所, 2) 名古屋大学
* m-fujii@nies.go.jp

1. はじめに

温暖化防止や資源の節約の観点から、効率的なリサイクルの推進が求められている。素材としてのマテリアルリサイクルが容易な廃棄物については、これを推進することが効率的であるが、少量多種類の素材の混合や、異種素材の複合化などにより、難しいケースもある。エネルギーとしてのリサイクルを含めた、リサイクル全体の高度化が重要な課題である。

また、国内においては少子高齢化による労働人口減少などで、廃棄物処理費用削減の重要性が高まると考えられるが、人口密度の減少は、廃棄物の収集や処理の効率低下にもつながるため、これらの課題に対応できるリサイクル・廃棄物処理システムが必要となる。このため筆者らは、主として有機系の一般廃棄物を対象として、空間的・時間的に効率的なリサイクル・廃棄物処理システム[1)]について、検討を行ってきた。想定するシステムは、マテリアルリサイクルに加えて、廃棄物を品質別に分別収集して、プラスチック、雑紙類を産業用原燃料として積極的に利用することと、それにより焼却炉の設置数を削減するとともに、残りの低品位の廃棄物から高効率発電を行う方策として、焼却とメタン発酵の複合発電施設の導入を想定するものである。発表では、特に複合発電施設のプロセス設計による評価について、その詳細を報告する予定である。

2. 想定するシステム

2.1 システムの全体像

発熱量や塩素含有率の観点から比較的品質の高いプラスチック、雑紙類を分別して地域の拠点に収集し、上述のように産業用原燃料として、産業の大規模・高効率な既存炉の活用を想定するシステムである（図1）。できるだけ既存施設を活用して、発生量は変動するが低炭素化に繋がる資源を最大限受け入れる仕組みは、送電の仕組みであるスマートグリッドと共通するため、スマートリサイクルと呼んでいる[2)]。分別収集後の残りの廃棄物は、必然的に発熱量が低く、塩素分も高くなると考えられるが、このような廃棄物からも高効率に発電を行えるよう、厨芥の分別収集の実施を想定した上で、厨芥のメタン発酵とその他の廃棄物の焼却を組み合わせた複合発電施設の導入を想定する。このシステムには、人口減少などによる廃棄物発生量の変化や、経済・社会情勢の変化による再生品需要の変化に対して、より頑強なシステム（具体的には、単位処理量当たりの、リサイクルによる環境負荷削減、資源節約効果が高く、処理コストが高騰しないシステム）であるための、以下の４要素が内包されている。

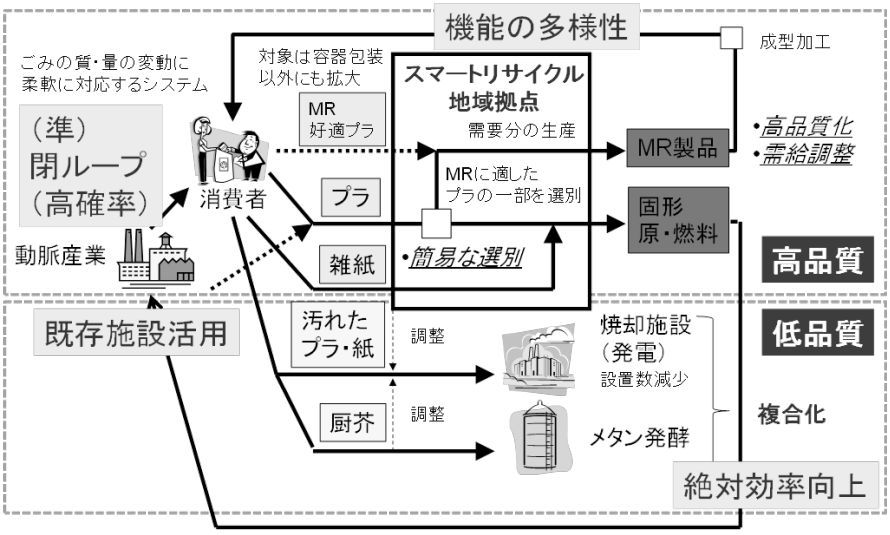

図１ 想定する廃棄物からのエネルギー高度回収システム

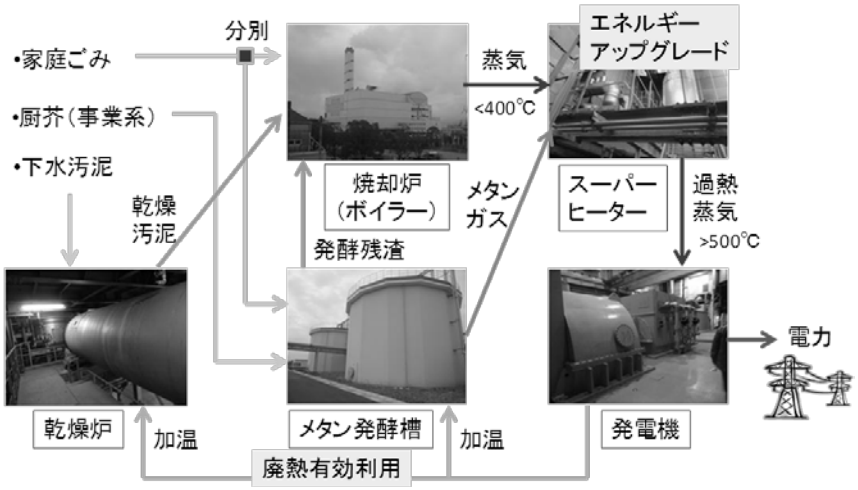

図２ メタン発酵・焼却の複合発電システムの概略

- エネルギー・資源の質の考慮と絶対効率の向上
- 既存高効率施設の活用
- 施設（機能）の多様性とバランス
- 環境負荷削減確率の高いリサイクル

2.2 メタン発酵と焼却の複合発電システム

水分の多い厨芥は､焼却時の低位発熱量を低下させ、エネルギー回収の効率を低下させる原因となる。そこで、厨芥を分別してメタン発酵させ、残りの廃棄物を焼却処理することが、1 つの解決策となり得るが、メタン発酵には加温が必要であることや、発酵残差や排水の処理が必要であるため、エネルギー回収効率の向上に繋がるかには、慎重な検討を要する。効率向上の方策としては、メタン発酵施設と焼却施設とを連携させることが挙げられ、一部の施設で実施されている。

メタン発酵施設と焼却施設の連携方法には幾つかのパターンが想定し得る。発酵残差の焼却施設での焼却処理、焼却熱の発酵槽での活用、メタンガスの焼却補助燃料としての活用、メタンガスを利用した発電の排熱による、焼却炉ボイラー蒸気の過熱（スーパーヒート）などが挙げられるが､ここでは発電効率の向上と、設備のある程度のシンプルさの両立の観点から、図 2 に示すような、メタンガスを直接燃焼して、焼却炉ボイラーの蒸気を過熱するケースを詳細に検討する。図には、下水汚泥を焼却処理するオプションも含めた。

焼却炉のように、塩素分等の腐食性成分を含む燃焼ガスの場合、ボイラー配管の腐食を抑制する必要性から蒸気温度の高温化が難しく、発電効率を低下させる一因となっている。厨芥のメタン発酵により生成されるメタンガスを用いた蒸気の過熱によって、発電効率の向上が期待される。

3. 方法と結果の概要

プラスチックや雑紙類、厨芥の分別による廃棄物組成の変化から、焼却する廃棄物の発熱量やメタンガス生成量等を推計し、排熱利用を含むエネルギー収支の計算から、設定する焼却炉ボイラーの温度、圧力条件に対し、蒸気の生成量、過熱後の蒸気の温度、圧力条件等を推計し、蒸気タービンによる発電効率を推計するとともに、売電に伴う環境負荷や資源消費の削減効果を推計する。

結果の詳細については発表会当日に報告する予定であるが、筆者らの一部も参加した、環境省、川崎市・瀋陽市環境にやさしい都市構築モデル事業支援・技術評価検討会（2013）において実施された、同様のシステムの評価においては、焼却発電単体の場合（発電効率約 20%）に対し、複合発電システムの発電効率は、最大で約 29%程度になると試算された。ただし、発電効率は焼却炉の蒸気と、過熱に利用できるメタンガスとの量的なバランスにも大きく依存するため、適切な分別収集に基づくシステム設計が重要である。

謝辞

本研究の一部は、環境省環境研究総合推進費（K113002、1E-1105）により実施されました。

4. 引用文献

1) 藤井実, 藤田壮, 大西悟, 董会娟, 董亮, 第 41 回環境システム研究論文発表会講演集, (2013), pp453-458
2) Fujii M., Fujita T., Chen X., Ohnishi S., Yamaguchi N., Resources, Conservation and Recycling, 63, (2012), pp1-8