

循環型社会の構築のための再資源化技術の評価に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 城戸由能
鳥取大学工学部 正会員 細井由彦
鳥取大学大学院 学生会員 ○桐山裕嗣

1. 研究の背景および目的

これまでの経済社会システムが大量生産・大量輸送・大量消費・大量廃棄型で推移し、その高度化に伴い地球温暖化問題・資源の枯渇・環境ホルモンといったさまざまな環境問題が顕在化してきており、このままでは我々人類を含めた生き物やひいては地球そのものの存在すら危うくなる可能性がある。その解決のためには早急に我々の将来を見据え、我々の経済社会システムや生活様式を問い直し、環境への負荷を考慮した持続的発展が可能な社会を構築する必要がある。そこで、本研究では、廃棄よりも再使用、再利用に重点を置いた循環型社会を目指した社会システムを形成するために、現在使用または研究開発中の再資源化技術の特徴を整理し、産業主体や生活主体が最終的に排出する廃棄物からの資源回収や、サーマルリサイクルやケミカルリサイクル等をする場合について、いくつかの評価指標に基づいて定性的な評価をおこない、その適用条件について検討した。

2. 循環型社会の形成とゼロエミッション

循環型社会とは、廃棄よりも再使用・再利用に重点を置き、新たな資源の投入をできる限り抑制し、廃棄物・排出負荷の総量を最小化し、環境影響を回避することを目的とした社会システムである。このため従来の負荷処理技術(End of Pipe Technology)では対応が不十分であり、転換技術(Conversion Technology)の適用が必須となる。また、ゼロエミッションアプローチ(Zero Emission Approach)は産業クラスターを形成し、ある産業主体の廃棄物を他の産業主体の原材料として活用することで、固形廃棄物や環境負荷の発生の最小化をはかり、環境への放出をゼロに近づけようとする手法である。このような概念を適用することで産業構造全体を変革しようとする産業転換(Industrial Transformation)の国際的な取り組みが進行しつつある。

3. 再資源化技術の概要と特徴比較

循環型社会を形成する転換技術のうち、特に廃棄物処理に関わる要素技術の概要をまとめる。

- ①ごみ発電: ごみの焼却熱を利用して蒸気を作り、蒸気タービンをまわして電気を起こすシステム。
- ②スーパーごみ発電: 従来のごみ焼却蒸気発電にガスタービン発電を組合せた高効率の発電システム。
- ③廃棄物固形燃料化システム: 一般廃棄物を対象に、長期保存可能で低公害な RDF (Refuse Derived Fuel) を製造するシステム。
- ④流動床ガス化溶融システム: ごみを熱分解によりガス化し、ごみの熱エネルギーを利用して高温で灰溶融までを一貫して行うシステム。
- ⑤消化ガス発電: 下水汚泥中の有機物を電力や熱エネルギーに変換し、有効利用するシステム。
- ⑥バイオリサイクルシステム: 生ゴミと可燃ごみを一括処理してコンポストするシステム。
- ⑦分別ごみ資源化システム: 瓶類や缶類、プラスチックボトルの混在するごみを全自動で選別するシステム。
- ⑧廃家電製品一貫処理リサイクルシステム: 家電リサイクル法に基づき、マテリアルリサイクルを中心とした廃家電製品のリサイクルを一括して現実化しようというシステム。
- ⑨ NGK ハイブリッド型資源化システム: 焼却灰を 100 % 骨材利用し、生成された骨材を軽量骨材等に使用したり、加工して透水性ブロックにしたりするシステム。

4. 再資源化技術の比較

住宅および工場が近接する地域において発生する一般および産業廃棄物の再資源化をはかる場合の効率性や適用性の半定量的な比較評価をおこなった。WBCSD (World Business Council for Sustainable Development, 持続可能発展のための世界経済人会議)が提案する EcoEfficiency¹⁾は、日本語では「エコ効率」あるいは「環境効率」と表記され、循環型社会を評価する総合的指標であるとともに、環境影響や資源消費を継続的に減らしつつ経済的な価値を創出する活動を促進するための道具でもある。

$$\text{EcoEfficiency} = (\text{製品またはサービスの総効用}) / (\text{ライフサイクル環境負荷影響})$$

しかし、効用の帰属配分の問題やシステム全体を評価する上での境界設定の問題などが指摘されており、現状でこの評価指標を直接的に用いることは困難である²⁾。そこで、全体のエコ効率を総括的に計りとるのではなく、部分的なエコ効率に基づいて、要素技術の適用性の比較評価を行った。まず、再資源化技術を紹介した資料³⁾の内容に基づきそれぞれの特徴的なマテリアルやエネルギー回収技術の特徴についてを比較するために、14 項目の指標について定性的な評価方式に基づき、ランキングをおこなった(表1)。

表1 再資源化技術の定性的評価・得点集計および部分的エコ効率の向上性評価

カテゴリー	評価項目	ごみ 発電	スーパー ごみ 発電	廃棄物 固形化	流動床 ガス化 熔融	消化 ガス 発電	バイオ リサイクル	分別 ごみ 資源化	廃家電 一貫 リサイクル	NGK ハイブリッド 資源化
マテリアル エネルギー	化学再生资源を生成する	—	—	—	◎	—	—	—	◎	—
	熱回収効率が低い	—	—	—	△	◎	×	—	◎	—
	補助燃料を要する	△	×	—	◎	◎	◎	—	△	—
環境負荷	ダイオキシン対策有り	—	—	—	◎	—	◎	—	—	×
	CO2削減効果大	—	—	◎	—	◎	◎	—	—	×
再資源化 技術要素	前処理を要しない	—	—	×	◎	—	△	—	◎	—
	焼却処理を要しない	×	×	—	×	—	△	×	△	×
	再資源化多種多様	×	×	△	◎	×	△	—	◎	△
	多種多様なゴミ処理可	—	—	◎	△	△	◎	△	◎	×
再資源化 技術適用 の多面性	処理施設規模が小さい	—	×	—	◎	—	—	—	×	◎
	費用効率が低い	—	×	—	◎	—	△	—	—	—
	自由度が高い	△	△	◎	△	×	◎	—	×	◎
	電力供給可能	△	△	×	△	△	—	—	—	—
	即、住宅適用可能	◎	◎	×	△	×	△	—	×	△
再資源化 技術得点	合計	18	21	24	52	27	42	5	37	24
	平均	1.29	1.50	1.71	3.71	1.93	3.00	0.36	2.64	1.71
	標準偏差	1.62	1.50	1.98	1.48	1.94	1.85	0.89	2.02	1.75
	変動係数(偏差/平均)	1.26	1.00	1.15	0.40	1.01	0.62	2.51	0.76	1.02
部分的 環境効率 の向上	ダイオキシン対策	—	—	—	△	—	◎	—	—	×
	CO2排出削減対策	—	—	◎	—	◎	◎	—	—	×
	熱エネルギー回収性	—	—	—	△	◎	×	—	◎	—

註:◎(5 点):再資源化技術が定められた条件下で十分に能力を発揮する。△(3 点):再資源化技術が定められた条件下で能力を発揮するが、十分ではない。×(2 点):再資源化技術が定められた条件下では能力を発揮できない。—(0 点):データ不足、再資源化技術が異なっている等により、比較不可能。

さらに、部分的なエコ効率の評価を①焼却処理時におけるダイオキシンの放出による環境負荷②焼却処理時における CO₂ の排出による環境負荷③熱エネルギーの放出による環境負荷の以上三つの場合で検討し、◎:部分的なエコ効率は高まると評価、△:部分的なエコ効率はある程度高まると評価、×:部分的なエコ効率は高まるとはいえない、—:部分的なエコ効率は評価不能、のようにランク付けを行った。

5. 再資源化技術の評価と適用性

再資源化技術の比較を行った結果、今回の評価では、流動床ガス化熔融システムが広範囲にわたって優れた結果を出しており、次いで、バイオリサイクルシステム、廃家電製品一貫処理リサイクルシステムとなった。さらに、再資源化技術の比較をもとにして再資源化技術の適用条件について検討した。

- ①ごみ発電:住宅地等の電力供給を必要としている小規模地域に適している。
- ②スーパーごみ発電:住宅地などの電力供給を必要としている大規模地域に適している。
- ③廃棄物固形燃料化システム:ごみの排出種類の多い都市等の近郊に設置し、廃棄物固形燃料化システムから生成された固形燃料を発電プラント等に輸送することが望ましい。
- ④流動床ガス化熔融システム:ごみ排出量が多く大規模に土地が利用できない地域に適している。
- ⑤消化ガス発電:下水処理場内での利用に適している。
- ⑥バイオリサイクルシステム:住宅地周辺に還元用の農地が多くある地域に適している。
- ⑦分別ごみ資源化システム:缶類等のリサイクルまたは処理プラント内に分別ごみ資源化システムを設置し、前処理を行うのに適している。
- ⑧廃家電製品一貫処理リサイクルシステム:家電品が大量に廃棄される都市近郊に設置される場合に適している。
- ⑨ NGK ハイブリッド型資源化システム:焼却灰を骨材利用するためのシステムであるので、焼却工場等の近郊に設置する必要がある。

【参考文献】1)山本良一監訳:エコ・エフィシエンシーへの挑戦,日科技連,1998. 2)International Workshop on "Construction of ReCyclic-Oriented Industrial Complex Systems with Environmentally Sound Technology at Societal Experimental Sites" Project, pp.67-76, 1999. 3)鍋島淑郎他:廃棄物の熱分解・ガス化灰熔融システムの開発動向,1998. 京都市清掃局:再資源化技術動向調査報告書,1998 他。