

ごみ固形燃料化エネルギー利用社会システムの総合評価方法

A Comprehensive Evaluation Method for Energy Utilizing System Using Refuse Derived Fuel

安井英二*・西浜譲二**・見喜一朗**・山本幸司***

By Eiji YASUI*・Joji NISHIHAMA**・

Ichiro MIKI**・Koshi YAMAMOTO***

1. はじめに

地球環境保全を図るためのCO₂排出量の削減や未利用エネルギーの積極的活用といった社会的要請、さらには廃棄物最終処分場容量の逼迫等の問題から、ごみの持つ熱エネルギーを回収して蒸気や温水、さらには発電に利用する「ごみエネルギー利用システム」の検討・導入が国や地方自治体、民間企業等で取り組まれている。

これまでのごみエネルギーの回収・利用形態としては、焼却場で可燃ごみをそのまま焼却して熱回収するシステム（直接焼却システムと記す）が主流であったが、近年、ごみを固形燃料（RDF、Refuse Derived Fuel）化し、これを燃焼させて熱エネルギーを回収・利用するシステム（RDFシステムと記す）が地方自治体等で検討・導入されつつある。

しかし、これらのシステムの導入検討では、その適用性を技術水準、経済性等の限られた視点から、個別的に評価するにとどまっており、共通の視点からの客観的な評価方法が必要と考えられる。

そこで、本稿では地方自治体等がごみエネルギー利用システムの導入を検討する際、RDFシステムと直接焼却システムの適用性を社会システムとして

総合的に評価するための観点と具体的な方法を提案し、モデルケースに適用した結果をとりまとめた。

2. ごみエネルギー利用システムの形態

RDFシステムと直接焼却システムの基本的な処理プロセスを図-1に示す。

直接焼却システムに対し、RDFシステムは、ごみの破碎、選別、成形といった固形燃料製造プロセスが付加されるが、貯蔵、輸送が可能であるため、エネルギーとして利用するまでの時間的・地理的制約が少ないという特長を持っている。

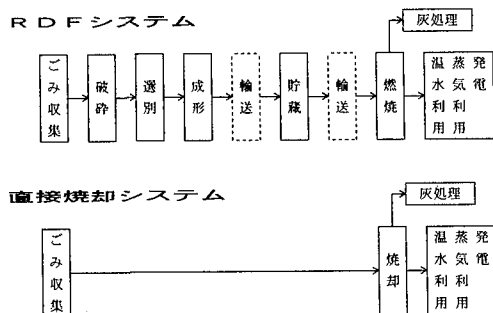


図-1 RDFシステムと直接焼却システムの基本的な処理プロセス

キーワード：計画手法論、公共事業評価法、

エネルギー計画、ごみ固形燃料

* 正員、(株)鴻池組 技術研究所

(大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1、

TEL 06-244-3600、FAX 06-244-3633)

** (株)鴻池組 土木本部

(東京都千代田区神田駿河台 2-3-11、

TEL 03-3296-7648、FAX 03-3296-8460)

*** 正員、工博、名古屋工業大学 社会開発工学科

(名古屋市昭和区御器所町、

TEL 052-735-5484、FAX 052-735-5503)

3. 社会システムとしての総合評価の必要性

(1) 社会システムとしてのとらえ方

ごみエネルギー利用システムを導入し、それぞれの地域で有効に運用するには、ごみの選別、焼却・燃焼、熱交換、灰処理等の技術システムのみを対象として考えるのではなく、そのシステムを運用するごみ処理や環境保全についての地方自治体の方針、運用に関わる投入資源と地域にとっての有形・無形

の効用・便益、地域住民の意識、効果的なエネルギー利用形態、さらには関連する法制度等を含めた資源循環型社会の仕組み、すなわち社会システムという観点からとらえることが重要と考える。

(2) 総合評価の必要性

それぞれの地域で有効となるごみエネルギー利用システムを導入するためには、想定しうる複数のシステム形態の代替案を、社会システムとして多くの側面から総合的に評価することが必要である。

しかしながら、これまでは設備・プラントの導入費用あるいは選別、燃焼・焼却、熱回収、灰処理等の技術を部分的に評価するにとどまり、しかもそれぞれは別個に評価されてきたようである。

これに対し、ごみの収集からエネルギー回収、灰処理までの一連のプロセス全体を対象として、システムの技術的、経済的な特性と、システムを利用する地域の地理的条件、産業構成、風土、住民意識、およびエネルギー利用システムの運用主体である地方自治体の方針・施策や関連する法制度等との対応性をも加えて、代替案間の優劣を総合的に評価することが重要である。

4. 総合評価の項目と構成

ごみエネルギー利用システムを社会システムとして総合評価するのに必要な項目について、既往の資料¹⁾ ^{ほか}を調査するとともに、付加すべき項目を検討・抽出し、それらの構成を整理したものが図-2である。なお、図には後述する各項目の評価の観点、評点付与の方法も合わせて示している。

この図に示すように、総合評価は大きく社会面、環境面、技術面、経済面という4つの側面から行うこととし、これをレベル1の評価項目として位置づける。そして、それぞれについてさらにレベル2、レベル3と具体的な項目にブレイクダウンし、合わせて26項目について各代替案を評価する。

評価項目はできるだけ定量的に算定できるものが望ましいが、「生ごみ、RDFの輸送性」「ごみエネルギーの活用度(エネルギー収率²⁾)」「残渣の量」「環境への貢献度(CO₂削減効果)」「初期投資」「経費(ランニングコスト)」「事業収入」以外の項目は、社会システムとしての評価には必要であるが、合理的、現実的な定量化が困難と考えられたことから定性的な評価とすることにした。

		レベル1	レベル2	レベル3	評価の観点、評価の方法
総合評価	社会面	周辺住民の コンセンサス		立地のしやすさ	地域住民の環境問題への関心、住民同意の得られやすさ
				リサイクル意識向上	ごみ資源化意識向上、啓蒙への貢献度
		広域化への 対応性		地域活性化	産業、雇用、福祉向上への貢献度
				*生ごみ、RDFの輸送性	RDF、残渣輸送車台数
	環境面	*ごみエネルギーの活用度(エネルギー収率)		広域への還元性	エネルギー利用形態の多様性、地域の広さ・自由度
				最終処分場延命化への貢献度	[(外部供給エネルギー) - (投入エネルギー)] / 搬入ごみエネルギー
		*残渣の量		*残渣の量	焼却・燃焼後の残渣量
				残渣の再利用の可能性	残渣の組成、再利用判定基準への適合性
	技術面	システムの信頼性		*環境への貢献度(CO ₂ 削減効果)	CO ₂ 発生量
				環境保全性	有害ガスの基準値に対する達成レベル
		システムの操作性		排水処理	排水の基準値に対する達成レベル
				振動・騒音対策	振動・騒音の基準値に対する達成レベル
	経済面	システムの耐久性		燃焼性	悪臭・粉塵の規制基準値に対する達成レベル
				環境調和性(施設の外観・景観)	熱しゃく減量の基準値に対する達成レベル
		*初期投資		社会的耐用性	外観上の特徴・美観の周辺との調和性

注) *印は定量的に評価する項目、他は定性的に評価する項目

図-2 総合評価の項目と構成

5. 個別評価と総合化の方法

(1) 評価の尺度

図-2のレベル3の評価項目には、定量的評価が可能な項目（定量項目と記す）と定性的な評価にならざるを得ない項目（定性項目と記す）が混在するため、これらの項目ごとの評価結果を総合化するには統一した何らかの尺度に変換する必要がある。

一般には、貨幣価値等の具体的な指標に変換して算定する方法が考えられるが、レベル3の全項目に対応できる適切な指標の設定が困難であったため、ここでは各項目の優劣、適否、望ましさを評価し、その結果をもとに、各項目ごとに設定した指標化のための基準にしたがって評点を付与することにした。

(2) 代替案評価の観点

代替案を比較・評価する考え方としては、各評価項目についての代替案の望ましさにについて相対的な観点から評点を付与する方法と、設定した絶対的スケールに対して評点を付与する方法が考えられる。

前者では、各項目についての相対的評価であるため、その結果を総合化した指標は結果として相対的な望ましさを表すことになる。一方後者では、各項目の評価結果を総合化すれば代替案の絶対的な望ましさが求められることになるが、総合化した指標に対する合理的な採択基準値が必要となる。

しかし、図-2のレベル3での定量項目のほとんどは絶対的スケール、すなわち取り得る最大値と最小値の設定が困難であり、総合化した評価指標に対する合理的な採択基準値の設定も容易でないことから、総合化した指標は相対的な望ましさを表すにすぎないことになる。

したがって、ここでは前者の観点、すなわち相対的な望ましさにについて評点を付与することにした。

ただし、代替案が多くなると相対的な望ましさにについて評価が容易でなくなるため、まず代替案ごとに独立に1次評点を付与し、それをもとに（代替案数×100）を比例配分して評点とすることにした。

(3) 評点付与の方法

上述の考え方にしたがって、各評価項目について評点を付与する方法を述べる。

a) 定性項目の評点付与

各項目について、あらかじめ設定した評価の基準（スケール）にしたがって0～100の間の1次評点を各代替案について独立に付け、その比率で（代替案数×100）を比例配分して評点とする。

b) 定量項目の評点付与

各項目について算出した数値をもとに、大きい方が望ましい項目についてはその比率で、小さい方が望ましい項目についてはその逆数の比率で（代替案数×100）を比例配分して評点とする。

ただし「エネルギー収率」については、それが最小値となった案での「外部への供給エネルギー利用率」を0%とした場合のエネルギー収率との差の比率で（代替案数×100）を比例配分して評点とする。

(4) 重要度の設定と評価の総合化

ごみエネルギー利用システムの代替案の適用性は上述の考え方によって評価するが、評価主体である地方自治体等の地理的・経済的特性や、ごみ処理行政・環境対策等に関する意向を反映できるようにするため、図-2のレベル1、2、3の全ての評価項目について重要度を設定することにした。

重要度は、レベル2の項目ごとに、そこに含まれるレベル3の各項目の重要度を合計が1.0になるように設定する。同様に、レベル1の項目ごとに、レベル2の各項目の合計が1.0になるように、またレベル1の4項目についても合計が1.0になるように重要度を設定する。

さらに、各項目の評価結果を総合化するために、レベル3→レベル2→レベル1の順で各項目の評点と重要度を掛け合わせて加算して、総合評価のための指標（総合評点）を算出する。

6. 総合評価の手順とケーススタディ

(1) 総合評価の手順

上述の方法をもとに、「ごみエネルギー利用システム」の適用性を総合評価する手順の概要を示す。

①代替案の設定：RDFシステムおよび直接焼却システムによる「ごみエネルギー利用システム」の検討・導入事例を参考に、導入主体となる地方自治体等において検討対象とするシステム形態の代

替案を設定する。

②対象ごみの設定：当該地域で処理対象とするごみの量、および低位発熱量、燃料化不適物比率等の物性を調査・設定する。

③施設規模・諸元の設定：それぞれの代替案について施設規模、日平均処理量、稼働率、運転時間、ボイラ能力、発電端効率等の諸元を設定する。

④立地条件の設定：各代替案の施設配置、ごみ・固形燃料の輸送量、車両台数等を調査・設定する。

⑤定量評価項目の数値算出：各代替案について、図-2の7つの定量項目についての数値を算出する。

⑥評点の付与：前章（3）の方法で、26の各評価項目について代替案の評点を算出する。

⑦重要度の設定：前章（4）にしたがって、評価主体の立場からレベル3、2、1の各評価項目の重要度を設定する。

⑧総合評点の算出：前章（4）のように、レベル3→レベル2→レベル1の順に各代替案について総合評点を算出する。

⑨総合評価の実施と考察：1次評点、各レベルでの評点および総合評点をもとに、各代替案の評価項目における評価結果を分析し、総合的な適用性、望ましさを考察する。

（2）総合評価のケーススタディ

下記を基本条件とするモデルケースを設定し、前節の手順を踏んで得られた結果を要約する。

・ごみ処理量：8,000 t/年（人口 30,000 人規模）

・代替案：

A案（RDFシステム）：製造施設1カ所、燃焼施設8カ所（蒸気・温水利用）。

B案（直接焼却システム）：焼却場（場内熱利用）1カ所。

表-1の（a）、（b）、（c）は各レベルでの評点と重要度であり、（d）は総合評点を示す。

表-1の（a）から、①エネルギー収率においてA案の優位性が最も大きい、②次いで立地のしやすさ、リサイクル意識向上、広域への還元性、CO₂削減効果でA案の評価が高い、③その他は大きな差はないが、経費はB案の方が評価が高い、ことがわかる。また（d）から、経済面を除くとA案が優位となり、総合的にもA案が望ましいことがわかる。

表-1 各レベルの評点、重要度と総合評点

(a)

レベル1	評価項目		重要度	代替案の評点	
	レベル2	レベル3		RDF	直接焼却
社会面	周辺住民のコンセンサス	立地のしやすさ	0.49	136.2	63.8
		リサイクル意識向上	0.33	129.2	70.8
		地域活性化	0.18	111.3	88.7
	広域化への対応性	ごみ、RDFの輸送性	0.51	100.0	100.0
		広域への還元性	0.49	133.3	66.7
		ごみエネルギーの活用度（エネルギー収率）	1.00	175.3	24.7
環境面	最終処分場経命化への貢献度	残渣の量	0.51	100.0	100.0
		残渣の再利用の可能性	0.49	109.2	90.8
		環境への負荷度（CO ₂ 削減効果）	1.00	132.0	68.0
	環境保全性	排ガス対策	0.29	107.0	93.0
		排水処理	0.18	103.3	96.7
		振動・騒音対策	0.16	99.4	100.6
技術面	環境調和性（施設の外観・景観）	悪臭対策	0.19	102.3	97.7
		燃焼性	0.18	113.0	87.0
		燃焼効率	1.00	115.0	85.0
	システムの信頼性	ごみの質や量変動への対応性	0.41	105.7	94.3
		制御システムの構成	0.30	101.7	98.3
		高度化への対応性	0.29	101.2	98.8
経済面	システムの操作性	自動化の難易性	0.28	102.4	97.6
		運転の容易性	0.33	99.5	100.5
		メンテナンスの容易性	0.39	108.2	91.8
	システムの耐久性	物理的耐用性	0.55	106.2	93.8
		社会的耐用性	0.45	110.9	89.1
		初期投資	1.00	100.4	99.6
		経費（ランニングコスト）	1.00	82.2	117.8
		事業収入	1.00	—	—

(b)

レベル1	評価項目		重要度	代替案の評点	
	レベル2	レベル3		RDF	直接焼却
社会面	周辺住民のコンセンサス	Wi	0.37	129.43	70.57
		Wi	0.19	116.33	83.67
	広域化への対応性	ごみエネルギーの活用度（エネルギー収率）	0.21	175.35	24.65
		最終処分場経命化への貢献度	0.23	104.50	95.50
環境面	環境への負荷度（CO ₂ 削減効果）	環境保全性	0.33	132.00	68.00
		環境保全性	0.42	105.29	94.71
	環境調和性（施設の外観・景観）	悪臭対策	0.25	115.04	84.96
		燃焼効率	0.38	103.18	96.82
技術面	システムの信頼性	システムの操作性	0.28	103.72	96.28
		システムの操作性	0.34	108.32	91.68
	システムの耐久性	初期投資	0.50	100.40	99.60
		経費（ランニングコスト）	0.50	82.20	117.80
		事業収入	—	—	—

(c)	評価項目	重要度	代替案の評点	
	レベル1		RDF	直接焼却
		Wi	A案	B案
	社会面	0.206	130.85	69.15
	環境面	0.299	116.54	83.46
	技術面	0.234	105.08	94.92
	経済面	0.261	91.30	108.70

→

(d)	評価項目	代替案の評点	
		RDF	直接焼却
		A案	B案
	社会面	26.95	14.25
	環境面	34.85	24.95
	技術面	24.59	22.21
	経済面	23.83	28.37
	計	110.22	89.78

7. おわりに

この総合評価方法は、これまでの部分的、個別的な「ごみエネルギー利用システム」の適用性評価を多面的・共通的な観点から行うものであり、今後の導入検討に際しての一助となれば幸いである。

最後に、本稿は（財）エンジニアリング振興協会での、機械工業振興資金の補助を受けた研究委員会の活動成果の一部をとりまとめたものであり、永田勝也委員長（早稲田大学教授）並びに委員各位に深甚なる謝意を表する次第である。

【参考文献】1）環境計画センター：「ごみ固形燃料化技術に関するセミナー・講演要旨集」、1995

2）北海道大学工学部衛生工学科：「都市ごみ固形燃料生産の研究」、1995