



Title	都市ごみ処理システムの選択肢と評価・選択のための指標
Author(s)	井上, 陽仁; 羽原, 浩史
Description	第4回衛生工学シンポジウム (平成8年11月7日 (木) -8日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 2 評価 . 2-3
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 4, 51-56
Issue Date	1996-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7823
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-2-3_p51-56.pdf



2-3

都市ごみ処理システムの選択肢と評価・選択のための指標

井上陽仁, 羽原浩史 (復建調査設計(株))

1. はじめに

従来のように、可燃ごみは焼却して残渣は埋立処分し、不燃ごみは破碎等を経て資源回収するという単純システムは、もはや総合的な都市施設であるごみ処理システムとはいえない。エネルギーや資源のリサイクル、埋立量の減量化等を考慮した都市ごみ処理システムを検討することが要請されている。しかし、小規模な都市では処理規模が小さいためにエネルギー回収等がままならず、全国各所でごみ発電などのエネルギー回収も考えた広域ごみ処理計画が検討されつつある。また、大都市でも積極的なエネルギーや資源のリサイクルを念頭においた施設整備が進められている。

著者らは都市ごみ処理システムについて、排出～収集輸送～中間処理～最終処分に至る総合システムの代替案を整理し、システムを評価するための各種指標の検討を行い、客観的にシステムを総合評価することを目指している。本報においては、都市ごみ処理システムの骨格となる中間処理に焦点を当てて、その選択肢とシステム評価・選択のための指標について報告する。

2. 中間処理を中心とした選択肢

近年、都市ごみ処理が抱える問題としては、①最終処分場の不足、②資源のリサイクル、③エネルギーの有効利用、④処理に伴うリスクの軽減等があげられる。それらに対応していくため、都市ごみの中間処理は高度化、複雑化しており、処理主体は新たな中間処理施設の導入も含めた検討が必要となる。しかしながら、現状では過去の経験と特性が似ていると思われる市町村を参考事例としてごみ処理システムを選定することが多い。

代表的な都市ごみの処理システムの選択肢を表記したフローを図1に示す。収集するごみ種

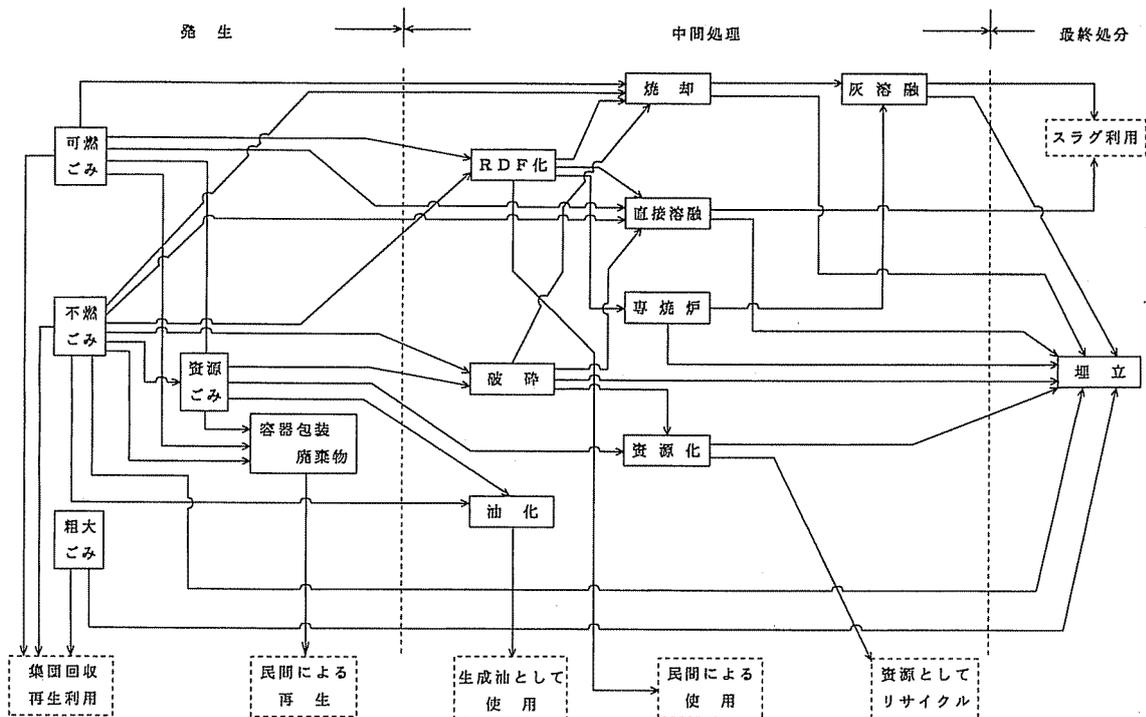


図1 都市ごみ処理システムの選択肢フロー

の呼称等は各市町村で異なっているため、ここでは最も一般的と思われる名称を付けた。ごみ処理システムを構築する選択肢は数多く存在しており、特に可燃ごみに対する選択肢が多い。これらの選択肢の中で、中間処理施設の概要およびその特徴を表1に示す。

不燃ごみについては、プラスチック類を埋立ごみとしたとき、その容積が大きいことが問題となってきた。しかし、容器包装リサイクル法の施行により、容積比で家庭系ごみの約40%程度を占めるといわれる¹⁾プラスチック類（大部分は容器包装廃器物）については、リサイクル制度ができたため今後徐々にこの問題は解決されていくと考えられる。

一方、可燃ごみについても紙類のリサイクル等により減量化されてはいるものの、その他のごみと比較して排出量が多く、また厨芥等の衛生処理を要するごみも多く含んでいるため、古くから焼却によって衛生処理するとともに減容化が行われてきた。しかし、焼却灰中に含まれる重金属の溶出の問題等により、さらに安定化する処理、減容化する処理として、灰溶融が脚光を浴び始めている。また、従来は消極的な利用であった焼却廃熱を積極的に利用したスーパーごみ発電や高効率ごみ発電等を行う大規模な中間処理施設や複数の中小規模の中間処理施設で固形ごみ燃料（RDF）を製造し、そのRDFを専焼炉を持つ発電施設へ輸送して発電を行う広域処理など新しい試みも行われ始めている（表2参照）。

表2 ごみ発電の種類

	効 果	問 題 点
従来型ごみ発電	<ul style="list-style-type: none"> ・発電効率は10～15% ・自己消費電力以上の発電は可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・腐食等の問題で、蒸気温度300℃以下、蒸気圧30ata以下となっている ・自己消費電力分の発電のみで、売電まで考慮していない施設が多い
高効率ごみ発電 ボイラの高温・高圧化によって発電効率の向上を図るシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・蒸気温度を上げることで発電効率が数%上昇する ・蒸気圧力を上げることで発電効率が数%上昇する 	<ul style="list-style-type: none"> ・蒸気温度を上げる場合、耐腐食性材料の開発が必要 ・蒸気圧力を上げる場合、系が複雑になるため、低コスト化が必要
スーパーごみ発電 他の熱機関を利用しごみ焼却施設から発生する蒸気を高温化し、効率の高い蒸気タービン発電を行い、未利用エネルギーの活用を図るシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・ごみ発電の発電効率を20～25%に向上させることができる ・現在、ごみ発電を実施していないごみ焼却施設にも外付けの形で事業展開が可能 ・熱源が2系統になるため、一方が定期点検等によりシステムダウンした場合でも、もう一方で最低限度の発電と熱の供給が可能である 	
独立過熱器方式	<ul style="list-style-type: none"> ・別燃料で過熱するため、加熱温度に制限がない ・低空気比燃焼により燃焼効率を向上させ使用燃料が最小にできる ・低空気比燃焼により排ガス量が少ない ・過熱器の減温器等により蒸気タービン入口蒸気条件が安定化しシステム全体での効率が向上する 	
ガスタービン複合発電方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスタービンの規模の選択により発電量を自由に決定できる ・電源が2系統となるため、信頼性があがり、炉停止時の契約電力が削減できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスタービンの排ガス温度は500℃前後のため過熱温度に限界がある ・ガスタービンのトリップ時に蒸気タービンへの影響を防ぐ等の対策が必要となる ・排ガス量が多くNO_xの総量規制対策が必要になる

表1 中間処理施設の概要と特徴

	概 要	長 所	短 所
焼 却	<ul style="list-style-type: none"> 主に可燃ごみを焼却し、衛生的に処理をする技術 処理方式は、①ストーカ式、②流動床式、③バッチ式等がある 現在、最もポピュラーな中間処理である 	<ul style="list-style-type: none"> 搬入ごみの15%程度まで減容化が可能である プラスチック類の処理も可能なものがある 熱供給が可能である 全連式では、発電も可能であり、売電も可能である 	<ul style="list-style-type: none"> 焼却残渣や飛灰に重金属等が含まれており、別途、安定化処理が必要になる 排ガスが多量に発生するため、高度な排ガス処理が必要になる
高温熔融処理	<ul style="list-style-type: none"> 約1,300~1,500℃位の高温で生ごみや焼却残渣、飛灰を熔融し、スラグ化する技術 処理方式として①電気熔融方式、②バーナーによる表面熔融方式、③コークスを利用するコークスベッド方式、④焼却残渣中の未燃カーボンを利用する自己燃焼内部熔融方式等がある コークスベッド方式については、都市ごみの直接熔融処理施設の実績がある 	<ul style="list-style-type: none"> 焼却残渣及び不燃物を熔融した場合に得られる生成スラグの容積はそれぞれ1/2, 1/3になる 重金属は、スラグ内部に固定され重金属類の溶出を防止するため、生成スラグは無害・安定化する 特別管理廃棄物である飛灰の安定化処理にも有効である 高温で熔融処理するため被熔融物中のダイオキシン類を高率で分解できる 生成したスラグは、建築資材として有効利用が図れる 生成したスラグを最終処分した場合覆土が不要となり、処分場の延命化が図れ、浸出水の水質負荷も小さい 	<ul style="list-style-type: none"> かなりのユーティリティ（電気、燃料、消耗品）を消費するため、ランニングコスト軽減の研究が必要である 飛灰を熔融した場合、低沸点の重金属がガス系に移行するので、ガス系にて冷却回収、無害化処理が必要となる
油化処理 (液体燃料化処理)	<ul style="list-style-type: none"> 油化の対象となるプラスチックは現在のところポリオレフィン系の廃プラスチック（ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン）に限定されている。これらのプラスチックを約400℃で熱分解し、ガス化（ガス状炭化水素）させ、さらにこのガスを触媒で改質させて油化する 	<ul style="list-style-type: none"> 対象廃プラスチック100kgから高オクタン価の油85kgが生成され、バージン燃料と同様に幅広く使用可能 生成工程の中に燃焼過程がないため、有害ガスの発生がない 	<ul style="list-style-type: none"> プラスチック類の80%以上が容器包装であり容器包装リサイクル法による分別収集を徹底すれば各市町村で油化を行うほど油化適性プラスチックは発生しないと考えられる
RDF化 (固形燃料化処理)	<ul style="list-style-type: none"> 紙、木くず、廃プラスチック類を乾燥、破砕、篩い分け等の処理を行い減容装置等により、ペレット状に固形化する 	<ul style="list-style-type: none"> 生成物は、第3のエネルギーとして、火力発電所の燃料や地域冷暖房等の燃料等に使用できる 比較的輸送・保管が容易である RDFは、比較的安定した発熱量を持っている 	<ul style="list-style-type: none"> 固形燃料を焼却させる場合は、ごみ焼却施設と同程度以上の排ガス処理設備が必要になる 固形燃料の品質向上のためには、原料の精選が必要となるため、対象物の分別収集ルートを新たに設ける必要がある 安定的なRDFの受入先を確保する必要がある
資源選別施設	<ul style="list-style-type: none"> 主に不燃ごみ、粗大ごみから有価物を回収する施設 処理方式として①機械選別方式、②手作業による手選別方式がある 	<ul style="list-style-type: none"> 有価物の回収により、最終処分場への有価物の搬入を減らし、最終処分場の延命化を図る 	<ul style="list-style-type: none"> 市況の影響を受けやすく、場合によっては、逆有償となることがある

このように、技術革新や環境問題等により様々な処理方法が確立されてきているが、これらの処理方法に万能なものではなく、各市町村の事情や住民からの要請等によって、各市町村にとって最適なごみ処理システムを選択することが必要となっている。可燃ごみの処理方法のみを検討した場合でも複数のごみ処理システムが考えられ、これらを客観的に比較評価する方法はまだ確立されていない。また、新規に施設を建設する場合や追加する場合には、既存システムを考慮した上で適正なごみ処理施設を選択する必要がある。

このような多様な処理プロセスを持つ都市ごみ処理システムを評価・選択するためには、住民や処理主体等の様々な立場に共通する指標を設定し、それに基づいて客観的な評価・選択を行っていくことが重要と考えられる。

3. システムの評価・選択のための指標

従来多くの市町村で行われてきた都市ごみ処理システムの評価・選択は、現存するシステムを基本として、廃棄物処理法で定められている「ごみ処理基本計画」策定時点で検討され、随時見直され、必要に応じてシステムチェンジが行われてきた。

ごみを排出している住民・事業者、処理を行っている行政などの立場の違いを考慮に入れながら、合理的にシステムの評価・選択をしていくためには、関係者がともに理解できる指標を見いだしていくことが重要である。その指標は、大別すると行政的側面、技術的側面、住民及び事業者の側面、環境保全の側面があるが、これらは原因や結果が相互に絡み合っており、部分的な問題に細分化することができないため、局部的かつ一面的な評価・選択が困難である。そのためAHP法などの階層化モデルによる評価・選択は適当でない。そこで、問題の関連性を示した構造モデルにより問題構造の同定を行い、構造モデルを分析することでシステムの評価・選択のための指標の抽出を行うことを試みた。今回は、構造モデルを解析する方法として複合問題を分析する手法として開発されたDEMATEL法²⁾を採用することとした。この方法は、当事者以外の第三者が分析の主体となるため、得られた結果は客観的なものとなるといわれている。

都市ごみ処理システムを評価・選択する指標の例を表3に示す。本来、この方法は解決が困難になっている多くの問題

表3 適正処理システムの評価指標の抽出

は様々な立場の人々の利害や考え方の対立が原因であると考え、それらの人々に対してアンケートを行い得られた結果を客観的に分析し、問題を解決するものである。今回は都市ごみ処理システムの評価・選択のための指標抽出へのこの手法の適用性を検討するため、筆者らの回答を一つの事例として取り上げた。

	評 価 指 標
行政的側面	(1) イニシャルコスト …… 建設費等の初期投資 (2) ランニングコスト …… 維持管理費、補修費 (3) 人員配置、雇用の問題
技術的側面	(11) 処理の安定性、システムの信頼性 …… 処理機能の持続性 (12) システムの操作性 …… 使いやすさ (13) メンテナンス …… 容易さ、頻度 (14) システムのレベル …… 処理施設規模、性能のレベル (15) 技術進歩への追随性 (16) 処理物の減量化 (17) 処理物の安定化
住民及び事業者の側面	(21) 処理の安全性 …… 住民が負うリスク (22) ごみの排出方法の容易性 (23) ごみの排出方法の継続性 (24) 負担額 …… 持ち込み費用、委託料、住民負担額
環境保全の側面	(31) サーマルリサイクル …… エネルギーリサイクル、エネルギー回収 (32) マテリアルリサイクル …… 資源回収、有価物回収 (33) 有害物質 …… ダイオキシシン、NOx 排出量、重金属等 (34) その他の環境負荷 …… CO ₂ 、メタン等

この結果得られた構造モデルを横軸に関連の度合（他の指標との関連が強い方を+，他の指標との関連が弱い方を-），縦軸に影響の度合（他の指標に影響を与える方を+，他の指標か

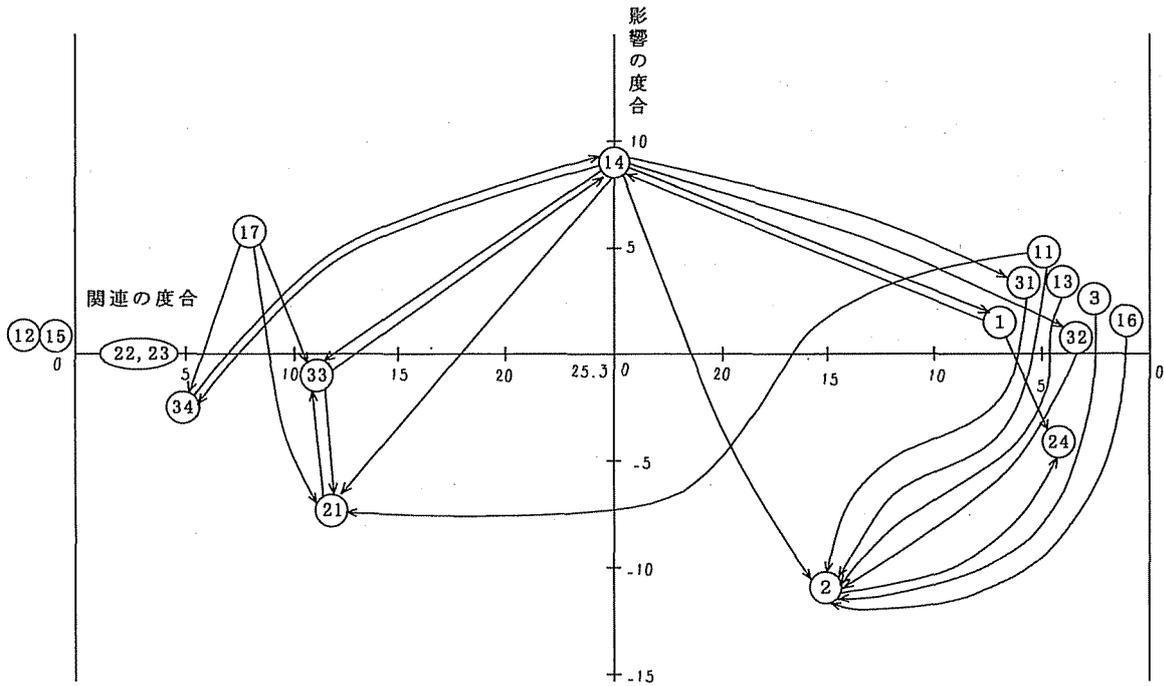


図2 中間処理を中心とした都市ごみ適正処理システムの評価項目

ら影響を受ける方を-)をとって示しものが図2である。この図では、中央上部に他の指標に強くかつ多く影響を与える項目が位置し、左右側下部では他の指標と関係がなくかつ受身の指標が位置することになる。結局、中央上方がごみ処理システムを方向付ける指標(他の指標との関連が強く、他の指標に対して影響力がある指標)となる。

図2を解釈すると、「システムのレベル」が都市ごみの適正処理システムを選定する上での方向付けの指標となっており、それが「イニシャルコスト」、「サーマルリサイクル」、「マテリアルリサイクル」、「有害物質」及び「その他の環境負荷」の多くの指標に対して影響を与えている。これらの影響を受ける指標は、「システムのレベル」を決定する要因となる指標であるといえる。その内、「イニシャルコスト」や「有害物質」、「その他の環境負荷」は指標の独立性が高く、「システムのレベル」との結びつきも強いことから「システムのレベル」を決定する主要な要因であるといえる。一方、「ランニングコスト」と「処理の安全性」は「システムのレベル」以外の指標の影響も多く受け、他の指標とも関連性の強い指標となっており、「システムのレベル」決定の要因としては他の指標よりも相対的に劣る。

「ごみの排出方法の容易性」、「ごみの排出方法の継続性」は、両者の間に関連性はあるものの他の指標との関連がない。また、「システムの操作性」、「技術進歩への追随性」は他の指標と関連性がなく影響もなく、これらの4指標は、ごみ処理システムを評価・選定する際、その決定に関与しない指標となっている。その他の「処理の安定性」や「メンテナンス」、「人員配置」、「処理物の減容化」は、ごみ処理システムの方向付けに直接影響は与えないが間接的に影響を与える指標であるといえる。

これらのことから、DEMATEL法によりごみ処理システムの評価・選択の指標を構造化することが可能であり、その構造モデルは回答者の考えを比較的良好に反映したものになっているといえる。すなわち、複数の指標の関連について、ごみの排出者である住民や事業者、処理を行う行政等、様々な回答者にアンケートを実施し、DEMATEL法を用いて解析することでそれぞれの地域の実状に適したシステムの評価・選択のための指標が得られると考えられる。

4. おわりに

今回の検討によって、都市ごみ処理システムを評価・選択し、施設建設等の合意形成を図っていくためには、関係者自身により地域の実状にあった指標を抽出していくことが必要であることが明らかとなった。また、その上で選定したシステムの前提となる分別排出への協力を要請していくことが重要であると考えられる。

今後、今回の検討によりシステムの評価・選択の重要な指標として抽出された項目について、定量化の検討を行うとともに、それらの指標を用いた都市ごみ処理システムの適正評価について検討を行っていく計画である。

参考文献

- 1) 高月 紘：容器包装廃棄物，廃棄物学会誌，Vol.6， No.5， pp.402-408， 1995
- 2) 寺野寿朗：システム工学入門－あいまい問題への挑戦－，共立出版， pp.101-138， 1985