

[研究報告]

# ごみ焼却処理施設整備計画 に関する研究<その2>

## —大規模改修と新規更新への AHP 手法の適用—

Study on Planning Method for MSW-Insinerator (2)  
—Applying AHP Method for Planning Alternatives Selection—

小田原伸幸\* 佐藤幸世\* 藤吉秀昭\*

Nobuyuki ODAWARA, Kousei SATO and Hideaki FUJIYOSHI

### 1. はじめに

ごみ焼却施設を更新する場合、いろいろな理由があるが、既存施設の老朽化、処理能力の不足、公害防止性能の不十分さ等が主な理由となっている。従来は既存施設を同一敷地の空地または別途敷地を用意しての新規更新が大半であったが、近年は既存施設を大規模改修して延命する例も大都市圏を中心に増加しつつある。その理由の一つは、ごみ焼却施設の施設整備においても新規施設のための用地確保が年々困難となってきたこと、またごみ焼却施設建設コストの高騰に伴って、既存施設の延命化を図ることが急務になっていることが上げられる。特に中規模以上で発電等比較的高度な余熱利用を図っている施設では、建設コストも膨大であり、可能ならば既存施設を有効に利用した施設整備計画とすることが望ましい。

整備方法の選択は様々な要素の検討を行う必要があり、複数の要素を評価し総合的判断を下すのは意志決定の問題でもある。本検討は、中規模都市で全連続燃焼式焼却炉を一施設しか持たない場合を例とし、大規模改修と新規更新を比較していずれを選択すべきかを評価するのに、意志決定手法の一つである階層分析法（AHP法）を用いて、発注者の要望により適合した整備方法を選択しようと試みたものである。

### 2. 施設整備の方針決定

施設整備の手順は図1の手続きで行われる。施設が老朽化してきた、あるいは処理能力・処理性能が低下してきた場合、施設整備が必要になる。その場合、ごみ量、質の将来予測と残存処理能力、あるいは施設耐用度から必要な整備年度を決定し、いつ、どこへ、どのくらいの規模のものを、どのように整備するか（特に既存施設を改修する場合は整備すべき処理機能を抽出する）を計画する作業が必要となる。

テストケースとして取り上げたA市の条件の概略は以下の通りである。

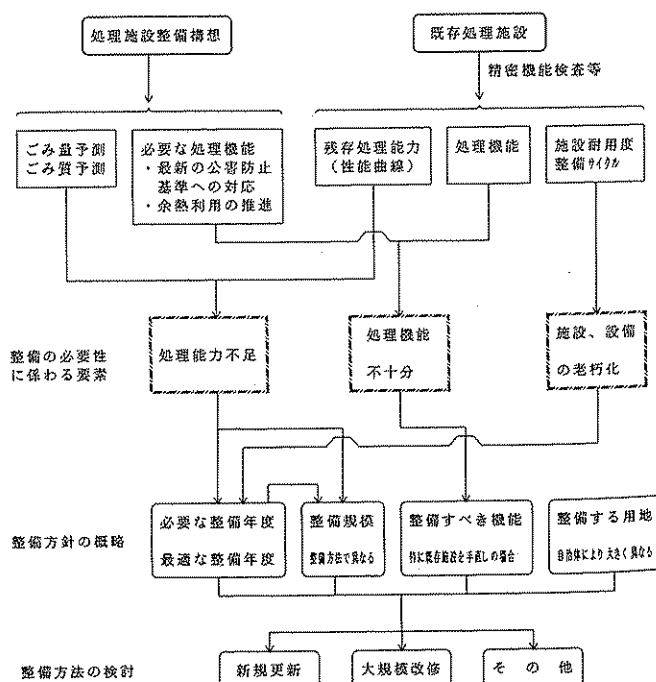


図1 施設整備決定手順

\* (株) 日本環境衛生センター 東日本支局環境工学部  
Department of Environmental Engineering,  
East Branch, Japan Environmental Sanitation  
Center

＜＜A市の条件＞＞	
既存施設	200 t / 24 h 3 炉：ストーカ炉（築13年） A市の焼却施設は1施設のみ
必要な処理能力	既設の可燃ごみの全量処理は数年後（平成15年）に破綻する予測
既設の処理能力	現在ダイオキシン対策はしているが、将来への対応は困難 ばいじん処理はセメント固化であり、薬剤処理または溶融が必要 余熱利用は、熱利用・発電を行っているがより効率化したい
用地の確保	同一敷地に建替えを想定したグラウンドはあるができれば潰したくない。別敷地への新規更新は無理。既設炉管理棟を利用したい。

整備の必要性としては、

大規模改修する

- ① 処理能力
- ② 処理機能

の2点の不足が認められ、整備の必要がある。従って、整備の概要としては以下の通りとなる。

- ① 整備年度：平成15年度竣工（増設＋リフォームでは増設炉の竣工が平成15年度で、続いて既設リフォームとなる）
- ② 整備規模：整備方法によが、既存焼却施設の処理能力より大きいものが必要。（増設＋リフォームでは最終竣工年度が遅くなるため、整備規模は新規更新よりやや大きめになる）
- ③ 整備する機能：将来を見据えたダイオキシン対応  
特別管理一般廃棄物の溶出防止対策  
現在のごみ質（既設の計画条件よりやや高質より）への対応
- ④ 整備用地：同一敷地内に限られるが、建替用空地あり

整備方法としては、以下の二つが考えられる。

- ① 同一敷地内空地を利用しての新規更新
- ② 増設＋既設炉大規模改修：  
既設炉の改修では能力が不足するので、増設して処理能力を確保した後、既設を

### 3. 更新案と増設＋大規模改修案の比較評価

更新案と大規模改修＋増設案を比較し、推奨案を決定する手順は図2のとおりとした。

以下の手順に従って、A市の場合の実状を述べながら検討方法を具体的に述べる。

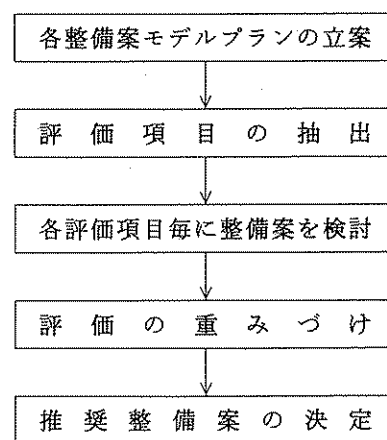


図2 推奨整備案決定手順

#### 3.1 各整備案モデルプラン

各整備案モデルプランでは、条件を統一して各整備プランをなるべく同じ土俵で比較できるように条件設定を行い、概略仕様を仮定した。

- ① 処理条件と公害防止条件の設定 : 共通
- ② 主要フローシート（ごみ、灰、排ガス、ばいじん等）の決定 : 共通
- ③ 概略スペックの決定（建物概略寸法を含む） : 各整備案毎
- ④ 整備工程 : 各整備案毎

<< A市の条件 >>

① 処理条件 公害防止条件	ごみ質 1,200 ~ 3,100 kcal/kg (基準 2,300 kcal/kg) 基本的には法規制値、構造指針どおりだが上乗せは以下のとおり NOx 150 ppm (O <sub>2</sub> 12%換算) : 燃焼管理で可能 HC 1 100 ppm (O <sub>2</sub> 12%換算)		
② 主要フロー	排ガス 全量ボイラ、バグフィルタ+乾式有害ガス除去 蒸気 復水タービン (3炉基準ごみ相当)		
③ 概略スペック	更新案	増設+大規模改修案	
	処理能力	260 t × 3 炉	190 t × (1 炉増設 + 3 炉大規模改修)
	工場棟寸法	80m × 110m	既設工場棟 78m × 83m 増設棟 16m × 68m タービン・コンデンサ棟 : 別棟23m × 48m

### 3.2 評価項目

各整備案を比較するのに、比較項目を階層化して整理する。最終目標である整備方法の選択がレベル1であり、選択に必要な評価項目を階層化して整理し、個々の評価項目の検討を最終目標であるレベル1の判断に集約する。評価すべき項目を図3の様に工事の施工性、経済性、竣工後の維持管理性、環境保全性及び将来性の5つのグループ(レベル2)に分けた。レベル2はやや抽象化した項目とし、市町村が政策的にどこに重きを置いているかで評価を変える。評価レベル2は具体的な技術評価項目(レベル3)に細分し、各評価を行った後にレベル2の評価に換算し、最終的に各整備案の総合評価(レベル1)を比較して整備方針を決定することとした。

レベル2の各評価項目について、評価する上での主な問題点は以下のとおりであると考えられる。

#### 1) 施工性

実際に工事を行う上での問題点を工事工程と施工上の問題に分けた。工事工期が長くなってごみ処理に支障をきたさないかと、工事手順、機材搬入の方法に伴う既設炉の運転への影響を検討する必要がある。特に既設炉改造、増設などでは全停止期間、共通設備切替(コンベヤ)に伴う停止期間の必要性、及び建物の耐震上の補強等の必要性とその影響について検討する必要がある。

#### 2) 経済性

建設費及びランニングコストの推定を行う。建設費の推定はなかなか困難であり、受注金額の実績と施設規模、設備内容、工事内容から推定するか実際に工事内容を提示してのメーカ見積を参考とすることになる。建設費の評価では補助金、起債等を考慮して特に一時金支払い能力が問題となる。リフォームについては建築設備を省略できるので、そのメリットとなる場合が多い。

ランニングコストはその項目が広範囲にわたるため、その中でも整備方法によって特に差を生じると考えられる補修費、人件費(管理人員)、電気収支(発電計画より異なる売・買電力量の推定)に絞って予測、検討する。

#### 3) 維持管理性

実際の配置を予想し、全体配置、メンテナンス性、操作・制御性に分けて評価する。特に配置の制約が大きい場合に問題となる。全体配置は敷地内の他の施設・設備との関係を、メンテナンス性では特に既設改造の場合の行き止まり

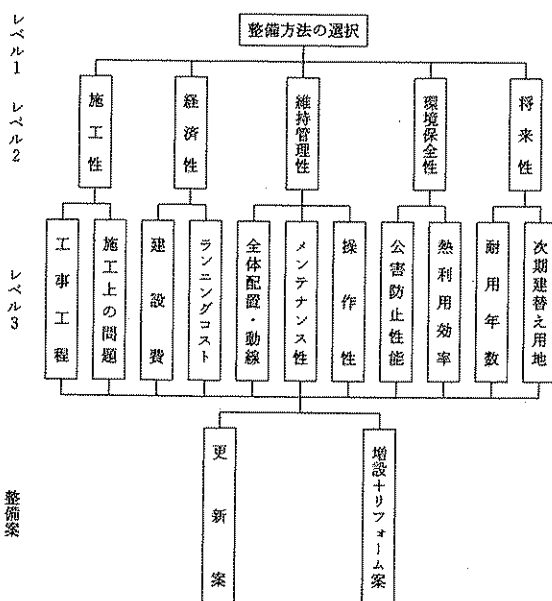


図3 整備方法の選択基準

等作業動線への負担を、制御性では特に中央制御室と現場の配置、自動化等最新技術が問題なく組み込めるかを検討する。

4) 環境保全

公害防止機能と熱利用を環境保全性としたが、本来別にすべきかもしれない。公害防止機能では特に既設改造の場合に、整備の障害（建屋の空間、荷重条件等）となるものはないか、適正な処理状況の達成時期を検討する。熱利用では各案で可能な熱利用率の比較、特に高効率発電に際して障害はないか検討する。

5) 将来性

設計変更の自由度、耐用年数、次期建替え用地を検討する。設計変更の自由度はめまぐるしく変わる情勢に合わせて、整備方針の決定から実際の設計・着工までの間に情勢変化に合わせた設計変更が容易かどうかを、耐用年数は主に焼却施設建屋の耐用について現状、法的耐用年数等から推定する。次期建替用地は敷地の残りスペースであり、現在の配置計画のメリットと

裏返しとなる場合が多い。

3. 3 各整備案の評価

A市の場合の評価例を以下に示す。なお、評価記号は以下の5段階とした。

- ◎：問題なし
- ：やや制約あるが対応可能
- △：ある程度対応可能だが問題点が多い
- ▲：困難、かなり不利（下表にはない）
- ×：対応不可（ " ）

3. 4 評価の集計

整備の方針を決定する上で必要な項目の評価を終えると、各整備案ごとの評価をまとめる必要がある。評価を数値化してまとめる手法としてはAHP法（階層分析法）を用いた。各評価の重みづけの手法は以下のとおりである。

① レベル3の各評価項目の重みづけ

1つの評価項目に対して他の評価項目をどの程度重要視するか、表2に従って整数値（整数

表1 A市の場合の評価具体例

レベル2	整備案 レベル3	更 新 案	増 設 + リ フ ォ ー ム 案
施 工 性	工事工程	工期短い 評価 ◎	工期長い 既設との取合い切替に伴う停止が多い 評価 △
	施工上の問題点	特に問題無し 評価 ◎	新耐震への対応が最大の問題。増設、リフォームとも解決すべき問題が多い 評価 △
経 済 性	建設費	一時支払い金額が大きいのがネック 評価 △	建設費は更新よりかなり安い（A市の場合約8割強） 評価 ◎
	ランニングコスト	最も経済的 評価 ◎	人件費、発電がやや劣る 評価 ◎～○
維持管理性	全体配置計画	既設管理棟を生かせない。グラウンドを潰す必要有り 評価 ○	ほぼ既設通りであり有利 評価 ◎
	メンテナンス性	最もすっきりしている 評価 ◎	耐震補強等でメンテナンス性が犠牲になる 評価 △
	操作・制御性	最新の制御系を導入できる 評価 ◎	やや建屋の制約あり 評価 ◎～○
環境保全性	公害防止性能	問題なし 評価 ◎	性能の問題はないが達成時期がやや遅れる 評価 ◎～○
	余熱利用	高効率発電（高温、高圧化も容易） 評価 ◎	発電効率を求めると荷重増、スペース増→建屋の制約が出てくる 評価 ○
将 来 性	耐用年数	建屋寿命長い 評価 ◎	既設建屋寿命と再改造が困難な点が不利 評価 ○
	次期立替え用地	敷地：既設跡地 評価 ◎	敷地：グラウンドを潰す必要がある 評価 ○

分の1)の尺度で評価する。この重みづけにより評価は大きく異なってくる場合もある。各評価項目ごとに他の項目に対する評価値を幾何平均し、各評価項目の重みをつける。下の例では全体配置に対してメンテナンス性を「かなり重要」、操作性を「やや重要」、メンテナンス性を操作性より「やや〜同じぐらい重要の中間」としている。重みは下表のとおりメンテナンス性が最も重く、操作性、全体配置の順となる。なお、各重要度の評価は整合のとれている必要があるが、それは一般の解説書<sup>1)</sup>に譲る。

② レベル3からレベル2への評価集計  
 レベル2の各整備案ごとの5段階の評価に以下の得点を割り振り、それぞれ①で得た重みを乗じてレベル1での各整備案の評価とする。

- ◎：問題なし → 5
- ：やや制約あるが対応可能 → 4
- △：ある程度対応可能だが問題点が多い → 3
- ▲：困難、かなり不利 → 2
- ×：対応不可 → 1

注：◎〜○は4.5(中間値)とする。

③ 最終的な各整備案の評価は①、②をレベル2に対して行う  
 レベル2はその自治体にとって、選択可能な

整備案がどのような適性があるかを表示して選択の一助とすることができる。

A市の例では各整備案ごとのレベル2の評価は図4のとおりであり、経済性では増設+リフォーム案が勝るが、その他の評価は更新案が全般にやや高いのがわかる。

ここで具体的に、推奨整備案を提出する場合の手続きは以下のとおりとなる。

評価レベル2の重みづけを行う根拠を以下のとおりとする。

- 整備金額は数百億円になり、財政負担が非常に大きいため経済性重視(最重要)
- 実際の運転管理は、竣工後継続して問題となるので維持管理性は重要
- 施工性は整備時期のみ問題であり、受注メーカーの技術的課題(軽い)

これらをもとに各評価項目の重みづけを表5のように行くとすると、総合評価は表6のようになる。

表2 重要度の尺度と定義

尺度	定義
1	同じくらい
3	やや重要
5	かなり重要
7	非常に重要
9	極めて重要

2、4、6、8はそれらの中間の時

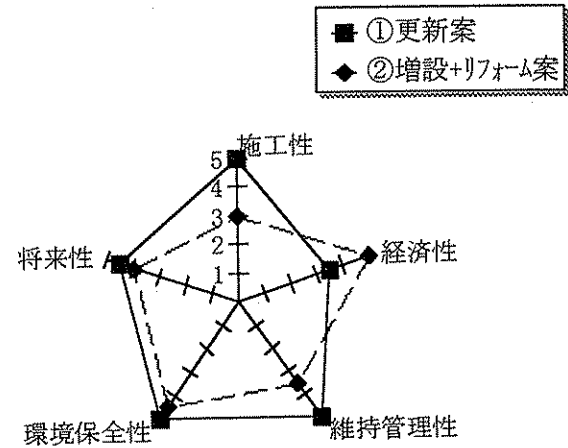


図4 評価項目レーダチャート

表3 レベル2「維持管理性」の下のレベル3の重みづけ

評価レベル2	全体配置	メンテナンス性	操作性	幾何平均	重み
全体配置・動線	1	1/5	1/3	0.4055	0.1095
メンテナンス性	5	1	2	2.1544	0.5815
操作性	3	1/2	1	1.1447	0.3090

表4 レベル2の評価例-「維持管理性」の評価-

レベル3	更新案	増設+リフォーム案
全体配置・動線	○ 4×0.1095=0.4380	◎ 5×0.1095=0.5475
メンテナンス性	◎ 5×0.5815=2.9075	△ 3×0.5815=1.7445
操作性	◎ 5×0.3090=1.5450	◎〜○ 4.5×0.3090=1.3095
合計	◎ 4.8905≒5	○〜△ 3.6825≒3.5

表5 評価レベル2の重みづけ例

レベル2	施工性	経済性	維持管理	環境保全	将来性	幾何平均	重み
施工性	1	1/7	1/5	1/3	1/3	0.3165	0.0476
経済性	7	1	2	4	4	2.9515	0.4440
維持管理	5	1/2	1	3	3	1.8640	0.2804
環境保全	3	1/4	1/3	1	1	0.7579	0.1140
将来性	3	1/4	1/3	1	1	0.7579	0.1140

表6 総合評価例

整備案	更新案	増設+大規模改修案
総合評価	評価点 4.277≒4.5 ◎~○	評価点 4.313≒4.5 ◎~○

この評価においては、総合的には更新案と増設+リフォーム案はいずれも大きな問題はなく選択可能な方法であり、それぞれの評価はほぼ拮抗しており、片方の案を積極的に推す根拠にはならない結果となった。この場合、総合評価を見直すことになるが、表5の重みづけよりも経済性をより重視した場合は「増設+リフォーム案」を、竣工後の維持管理性、環境保全性等を重視すると、更新案を選択することになる。

5. ま と め

大規模改修は、ごみ焼却施設の高機能化、建設費の高騰、用地確保の困難性から大都市部を中心に実施例が増えているが、自治体内に単独の施設しか持たない場合、ごみを処理しながら工事を行う必要があり、工期中のごみ処理の問題、工期の長期化の問題があり、そのメリットが発揮されにくい。新炉を1炉増設することによって処理能力を確保しながら既存施設を大規模改修するというのが、自治体内に単独の施設しか持たない場合に一般的であり、そのメリットは経済性と敷地の制

約に対応が可能であることにある。本検討例では結局、更新施設のための十分な用地が敷地内にあり、既設を大規模改修する必然性にやや欠けたため、整備方針としては更新の方向となったが、今後も中規模以上のボイラータービン施設では、立地条件及び自治体の要望如何では増設+大規模改修による整備も経済的で望ましい方法になると考えられる。そのためにも、整備の検討方法を整理し、各整備案の特徴をわかりやすく提示し、推奨できる手続きを整理しておく必要がある。

これまでの整備方針の検討では、個々の検討項目の評価はできるが、評価が拮抗している場合、最終的な推奨方針の決定は困難で説得力に欠ける場合もある。その場合、最終的には、各自治体の要望にいかに対応するかが問題となる。整備案の特徴を階層的にしかも数値化して提示し、自治体の各評価項目の重みづけを盛り込むことで依頼者の要望を反映できると考えられる。本報告は階層構造の検討、各項目の評価方法も未消化な部分が多いが、今後の整備方法提示のための一つのアプローチとして提案するものである。

参考図書

- 1) : 木下栄蔵「わかりやすい意志決定論入門」等