

多時点最適配置モデルに基づく 廃棄物焼却施設の更新・廃止戦略の安定性

吾妻 樹¹・大窪 和明²・奥村 誠³

¹学生会員 KDDI株式会社 (〒102-0072 東京都千代田区飯田橋3-10-10)

E-mail:tatsuki@gmail.com

²正会員 埼玉大学助教 理工学研究科 (〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255)

E-mail:okubo@dp.civil.saitama-u.ac.jp

³正会員 東北大学教授 災害科学国際研究所 (〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1 通研2号館)

E-mail:mokmr@m.tohoku.ac.jp

廃棄物焼却施設の老朽化が進行する中、人口や処理費用などの将来予測を考慮した上での適切な更新・廃止計画の策定が求められている。しかし、将来予測には推計誤差が伴うため、推計誤差の大きさによっては、更新・廃止計画が適切ではなくなってしまう、多大なコストを支払って計画の見直しや実施方針の転換を余儀なくされてしまう可能性がある。そのため、推計誤差に対する計画の安定性を吟味した上での更新・廃止計画の策定が必要である。本研究では、施設の更新・廃止タイミングを内生化した多時点施設配置モデルを用いて、宮城県南部地域に位置する廃棄物焼却施設の最適な更新・廃止計画を算出し、その安定性を分析した。その結果、更新または廃止する施設の順番は、将来の推計誤差に対して頑健であり、10年程度の計画期間であれば、計画方針を十分に決定できることが明らかになった。

Key Words : *asset management, renewal and closure strategy ,waste management, life cycle cost, multi-period facility location problem*

1. はじめに

我が国の廃棄物焼却施設は、平成 22 年度現在、全国で 1258 施設（未稼働施設も含む）存在している。それらは、ダイオキシン類対策など環境保全対策が強化された 1991 年から 2000 年にかけて大量に供用が開始された施設が大半である。廃棄物焼却施設は、施設や機器が厳しい環境に曝されるため、他の公共構造物と比較し、老朽化の進行が早い。廃棄物焼却施設の供用年数は、施設の処理環境によって大きくバラツキがあるが、その多くが 20～30 年で使用後に廃止されている¹⁾。今後、多くの廃棄物焼却施設がほぼ同じ時期に寿命を迎え、廃止するか更新するかを決断を迫られることになる。特に今後は、人口減少に伴い廃棄物発生量が減少することから、廃棄物焼却施設の数減らして、より少数の施設に集約することが必要になる。このような集約計画はすでにいくつかの自治体で実施されている。例えば、愛知県では、ダイオキシン類削減対策やサーマルリサイクル（熱回収）の推進、公共事業のコスト縮減という集約化のメリットを踏まえ、広域ブロックごとに、供用年数が長い施設や処理能力が小さい施設を廃止し、原則として焼却能力 300t/日以上以上の施設に集約化することとしている²⁾。長野

市では、周囲の市町村と長野広域連合をつくり、広域ブロック内の 5 つの焼却施設を約 450t/日の焼却施設と約 100t/日の焼却施設に集約する計画を作成している³⁾。

廃棄物焼却施設の更新・廃止計画においては、計画収集人口、廃棄物処理費用、施設の維持管理費用など様々な数値の将来値を設定した上で策定する必要がある。しかし、計画の実施段階には、計画時の設定値が実現する保証はない。この実現値の差異（設定誤差）が大きい場合、計画の見直し、実施方針の転換が必要となり多大なコストを支払う必要が生じる可能性がある。そのため、設定誤差に対する更新・廃止計画の安定性を吟味した上で計画を策定する必要がある。本研究では、宮城県南部に位置する廃棄物焼却施設をケーススタディとして取り上げ、最適な更新・廃止計画の安定性を分析するとともに、計画の適切な策定方法について議論する。

廃棄物の処理費用にかかるコストの内、約 4 割程度が収集運搬に関する費用であることから⁴⁾、施設の存廃を決めるためには、複数の施設の老朽度合いや施設の処理能力に加えて、廃棄物の輸送費用も考慮する必要がある。つまり、特定の施設の廃止を決断に、現在、その施設が受け持っている廃棄物を引き受けることができる代替的な施設を、近隣に確保するなどの対策を考えていく必要

がある。奥村ら⁵⁾は、輸送費用を明示的に考慮できる多時点施設配置モデルを基に、施設の更新・廃止タイミングを内生化し、LCC(Life Cycle Cost)最小化の観点から最適な更新・廃止計画を算出可能なモデルを提案している。本研究はこのモデルを用いて宮城県南部地域の廃棄物焼却施設を対象に分析を行う。

2. 複数施設を考慮した更新・廃止計画モデル

ここで、奥村ら⁵⁾のモデルの概要を示す。このモデルでは、離散的な多時点(多期間)において、複数の地点から廃棄物が発生する。それらを廃棄物焼却施設まで輸送して、各施設の能力内で焼却処理する中で、どの時期に各施設を更新または廃止するかを決定する。施設を更新する際には、更新後の施設の規模(処理能力の大きさ)を選択でき、それに応じた更新費用が生じる。また、維持管理費用は施設の供用年数に比例して増加すると仮定している。

$$\min_{x_{kj,t}, y_{j,t}^i, z_{j,t}^i, q_{j,t}^i, v_{j,t}^i} \sum_{t \in T} \frac{1}{(1+r)^{t-1}} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} (c_{kj} + w) x_{kj,t} \\ + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} r_j^i q_{j,t}^i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} f_j^i z_{j,t}^i \end{array} \right\} \quad (1)$$

$$s.t. \sum_{j \in J} x_{kj,t} = G_{k,t} \quad \forall k \in K, \forall t \in T \quad (2)$$

$$\sum_{k \in K} x_{kj,t} \leq \sum_{i \in I} M_j^i y_{j,t}^i \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} z_{j,t}^i \leq \sum_{i \in I} v_{j,t}^i \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (4)$$

$$z_{j,t}^i - v_{j,t}^i = y_{j,t}^i - y_{j,t-1}^i \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (5)$$

$$v_{j,t}^i \leq y_{j,t-1}^i \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (6)$$

$$q_{j,t}^i \geq q_{j,t-1}^i + y_{j,t}^i - M v_{j,t}^i \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (7)$$

$$q_{j,t}^i \geq z_{j,t}^i \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (8)$$

$$\sum_{i \in I} z_{j,t}^i \leq 1 \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (9)$$

$$x_{kj,t} \geq 0 \quad \forall k \in K, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (10)$$

$$x_{kj,t} \in \mathbb{R} \quad \forall k \in K, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (11)$$

$$y_{j,t}^i, z_{j,t}^i, v_{j,t}^i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (12)$$

$$q_{j,t}^i \in \mathbb{Z} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (13)$$

$$q_{j,t}^i \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (14)$$

$$q_{j,0}^i = Q_j^i \quad \forall j \in J \quad (15)$$

$$y_{j,0}^i = Y_j^i \quad \forall j \in J \quad (16)$$

ただし、変数とパラメータを次のように定義する。

$x_{kj,t}$: t 期の k - j 間廃棄物フロー

$y_{j,t}^i$: t 期の規模 i の施設 j の有無を表す{0,1}変数
 $z_{j,t}^i$: t 期に施設 j を規模 i に更新するかどうかを表す{0,1}変数

$q_{j,t}^i$: t 期の規模 i の施設 j の供用年数

$v_{j,t}^i$: t 期の規模 i の施設 j を廃止するかどうかを表す{0,1}変数

r : 割引率

c_{kj} : フローあたりの輸送費用

w : フローあたりの処理費用

r_j^i : 規模 i の施設 j の維持管理費用

f_j^i : 規模 i の施設 j の更新費用

M : 十分に大きな正の数

Q_j^i : 規模 i の施設 j の初期供用年数

Y_j^i : 規模 i の施設 j の初期時点の存在

目的関数(1)の第一項は廃棄物輸送費用と廃棄物処理費用の合計、第二項は施設の維持管理費用、第三項は施設の更新費用を表し、それぞれ現在価値に割引いて足し合わせた総費用を考える。制約(2)は、各 t 期において、廃棄物発生地点 k から輸送される全ての廃棄物の合計が発生廃棄物量 $G_{k,t}$ に等しいというフロー保存条件である。制約(3)は、地点 j の施設に輸送される総廃棄物量が施設の処理可能量 M_j^i を超えないことを表す。制約(4)は、施設を更新するには同じ期に施設を廃止することが必要であることを表現している。

制約(5)、(6)は、施設の更新 $z_{j,t}^i$ ・廃止 $v_{j,t}^i$ と施設の存在 $y_{j,t}^i$ の関係を表している。制約(7)、(8)は施設の更新 $z_{j,t}^i$ ・廃止 $v_{j,t}^i$ と施設の存在 $y_{j,t}^i$ の関係を踏まえた上での供用年数 $q_{j,t}^i$ の設定を表現している。

式(9)は、 t 期に施設を更新する際にひとつの規模を選ぶことを表す。式(10)~(14)は、各操作変数の定義域を表している。式(15)、(16)は、外生的に与えられる施設配置と初期の供用年数の初期条件である。

最適解の導出はIBM社のCPLEX Optimizerを用いる。

3. 宮城県南部地域への適用

(1)分析対象地域

宮城県南部に位置する、仙台市、仙南地区(白石市、角田市、柴田郡(川崎町・村田町・柴田町・大河原町)、刈田郡(蔵王町・七ヶ宿町)、伊具郡(丸森町)、亶理郡(亶理町、山元町)、名取市・岩沼市を対象地域とする。すべての廃棄物は各市町村の人口重心の地点から発生すると仮定し、14地点から発生する一般廃棄物をこれらの地域に存在する7つの廃棄物焼却施設で処理する状況を考える。

(2)パラメータの設定

a) 計画期間 t

焼却施設の寿命が、約 20~30 年であることを踏まえ、30 年と設定する。

$$t \in \{1, 2, \dots, 30\}$$

b) 割引率 r

割引率の設定は、公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編）⁶⁾を参考に 4%を用いた。

$$r = 0.04$$

c) 施設の初期供用年数 $a_{j,0}^i$

施設の初期供用年数については、一般廃棄物処理実態調査結果⁷⁾に公表されている 2010 年現在の施設の供用年数を用いた。

d) 施設の規模 i

環境省による「廃棄物処理の広域化計画について⁸⁾」は、サーマルリサイクルの推進の観点から、処理能力 300 トン/日以上（最低でも 100 トン/日以上）の施設への集約を推奨している。愛知県や長野市では実際に処理能力 300 トン/日以上以上の施設に集約する計画を発表している。一般廃棄物処理実態調査⁷⁾によると、分析対象地域の 7 個の施設のうち、仙台近傍の施設 ($j=1,2,3$) は処理能力が 600 トン/日であり、その他の地域の施設 ($j=4\sim7$) は約 100 トン/日前後となっている。施設 $j=1\sim3$ は既存施設の規模が 600 トン/日であるため、縮小という選択肢が考えうる。よって、更新時に規模が更新前と同等の 600 トン/日の施設に更新する場合を $i=l$ 、既存施設の半分の規模 (300 トン/日) の施設に更新する場合を $i=s$ と表し、更新後の規模をこの 2 つを選択できるように設定する。対して、 $j=4\sim7$ は、現在の処理能力の大きさを踏まえると、これらの施設をさらに縮小することは望ましくなく、規模の拡大と集約が望まれる。そこで、施設 $j=4\sim7$ は、更新時に既存施設と同じ規模の施設に更新する場合を $i=s$ 、もしくは更新時に処理能力 300 トン/日の施設に拡大する場合を $i=l$ と表し、更新後の規模をこの 2 つから選択できるように設定する。図-1 に初期時点の廃棄物焼却施設と廃棄物発生点の配置を示す。表-1 に対象とする各廃棄物焼却施設の名称と更新後に選択可能な処理可能量、計画初期時点における供用年数を示す。なお、廃棄物焼却施設は年間稼働日数が 280 日であると仮定している。

e) 将来の廃棄物発生量 $G_{k,t}$

将来時点の各期の一般廃棄物の発生量は、国立社会保

表-1 各施設の初期供用年数と処理能力

番号	初期供用年数	日処理能力($i=s$)	日処理能力($i=l$)
j=1	15	300	600
j=2	25	300	600
j=3	6	300	600
j=4	17	75	300
j=5	27	120	300
j=6	18	120	300
j=7	14	100	300

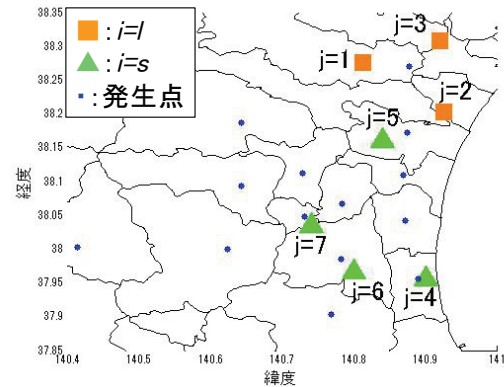


図-1 初期時点の廃棄物焼却施設と発生点の配置

証・人口問題研究所による日本の地域別将来推計人口⁹⁾を用いて設定する。この推計人口は死亡率、出生率それぞれについて中位仮定・上位仮定・下位仮定を設定して算出したものである。本設定では死亡率、出生率が中位仮定の場合によって算出された市町村別の将来推計人口（将来推計人口の中位仮定）を用いる。この推計人口に平成 22 年度の一般廃棄物処理実態調査⁷⁾から各市町村の 1 人当たりの一般廃棄物排出量を掛け合わせ、将来の廃棄物排出量を設定する。ただし、資料から 5 年ごとの将来推計人口しか得られなかったため、このデータを一次関数で近似し、その近似式を用いて他の不足する時点のデータを補填した（なお、名取市・仙台市については今後の予想将来人口が二次関数的な分布になっていたため、決定係数の高い二次関数で近似した。）。

f) 単位輸送費用 c_{kj} と処理費用 w

既往研究¹⁰⁾を参考に、単位輸送距離・単位廃棄物量あたり 1000 円/km・トンの輸送費用が生じると設定した。廃棄物発生地点と廃棄物焼却施設までの輸送距離は 2 点間の直線距離を用いた。また、各施設の処理費用は、一般廃棄物処理実態調査結果⁷⁾から平成 22 年度における宮城県全体の直接焼却量を廃棄物処理費用で割ることによって算出し、 $w = 27843.2$ (円/トン)を用いる。

g) 更新費用 f_j^i

更新費用は施設の建設費用と等しいと考え、環境省に

よる廃棄物焼却施設設置費用調査結果¹⁾より設定する。建設費用は各施設の一日あたりの処理能力に比例すると考え、一日あたりの処理能力 M_j^i に係数 $\alpha = 5.0$ (10^7 円/処理能力)をかけて更新費用を表現する。

$$f_j^i = [f_j^s, f_j^l] = [\alpha \times 10^7 \times M_j^s, \alpha \times 10^7 \times M_j^l] \text{ (円)}$$

h) 単位供用年数あたりの維持管理費用 r_j^i

ごみ焼却施設長寿命化計画作成の手引き(ごみ焼却施設編)¹⁾では、廃棄物焼却施設の供用年数の増加に伴い建設費用の何%が維持管理費用として生じるのかを示した過去の実績データが掲載されている。このデータを線形近似することにより、供用年数に対する点検補修費用を算出した。g)より建設費用は一日あたりの処理能力 M_j^i と係数 α を掛けあわせて表現されるため、単位供用年数あたりの維持管理費用 r_j^i は一日あたりの処理能力 M_j^i と係数 $\beta = 1.527$ (10^5 円/処理能力・供用年数)を掛け合わせることで表現する。

$$r_j^i = \frac{0.3054}{100} \times f_j^i = \frac{0.3054}{100} \times \alpha \times M_j^i = 1.527 \times M_j^i = \beta \times 10^5 \times M_j^i$$

(3) 分析結果 (中位仮定)

まず、人口予測を中位仮定に設定した場合の、最適な更新・廃止計画を算出した。計画期間の最終期($t=30$)における施設の存在状況と処理フローを図-2に示す。図-2を見ると、計画期間の最終期には、計画初期に存在していた7施設の内、3施設が廃止され、4つの施設が更新されるという結果になった。図-2から、更新された4つの施設がすべての廃棄物発生量を処理しており、廃止した施設を代替して処理していることがわかる。

施設の更新・廃止タイミングを図-3に、全施設の処理能力の合計と総廃棄物発生量を図-4に示す。図-3から、更新施設は全て既存施設と同じ規模に更新されている。すなわち、施設の日処理能力は、 $j=1\sim 3$ の施設は高く($i=l$)、 $j=4\sim 7$ の施設は低いままである。更新または廃止のタイミングは図-2中の菱形または×印で表されており、表-1に示した初期供用年数が大きい施設から順に更新または廃止がなされることがわかる。また廃止のタイミングは、 $t=1$ に施設 $j=2$ 、 $t=14$ に施設 $j=4$ 、そして $t=29$ に施設 $j=7$ が廃止されている。

総廃棄物発生量と全施設の処理能力との関係(図-4)を見ると、施設を廃止しても総廃棄物発生量と等しいだけの全施設の処理能力が確保できるという条件が整った時点で廃止がなされている。すなわち廃止のタイミングは総廃棄物発生量からの影響を強く受けるといえる。

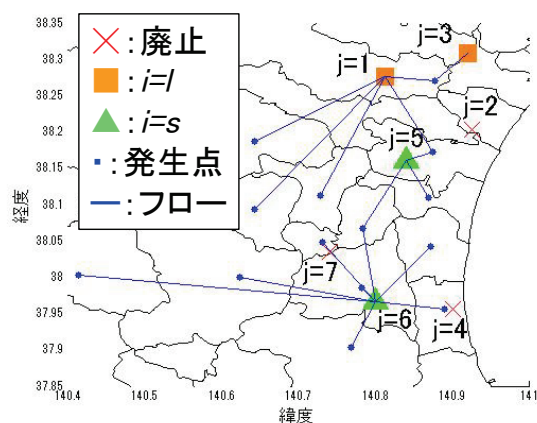


図-2 t=30 (最終時点) の施設の存在状況

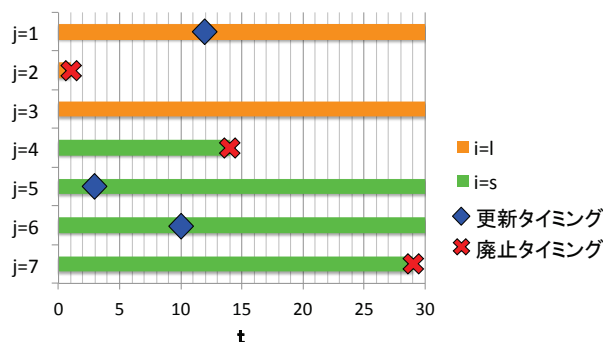


図-3 施設の更新・廃止タイミング (中位仮定)

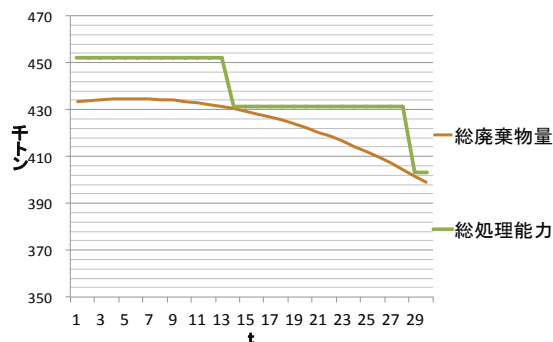


図-4 総廃棄物発生量と全施設の処理能力

5. 設定誤差を踏まえた更新・廃止計画の策定

(1) 廃棄物発生量の設定誤差

将来の人口推計には設定誤差が含まれており、設定した人口推計値によっては最適な更新・廃止計画が大きく変わる可能性がある。ここでは、国立社会保障・人口問題研究所が提供するデータの内、最も将来推計人口が多く推計されているものを上位仮定、少なく推計されているものを下位仮定として、それぞれに対する最適更新・廃止計画を算出してその変化をみる。

各仮定の人口推計を用いて算出した宮城県南部の総廃棄物発生量と中位仮定における総処理能力を図-5に示す。

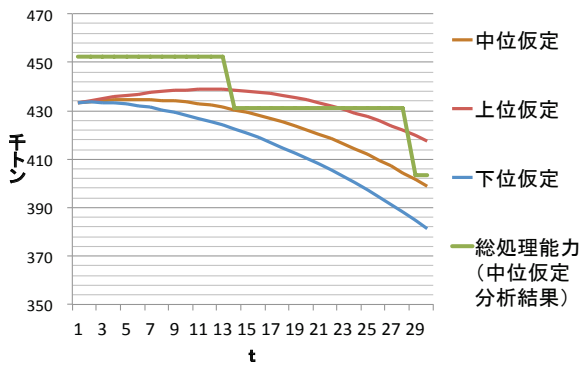


図-5 各仮定の廃棄物発生量と総処理能力（中位仮定）

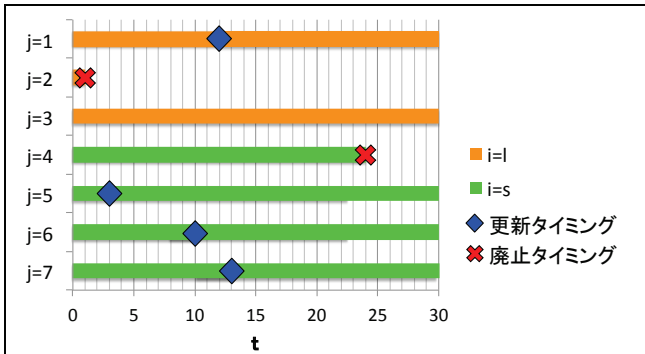


図-6 施設の更新・廃止タイミング（上位仮定）

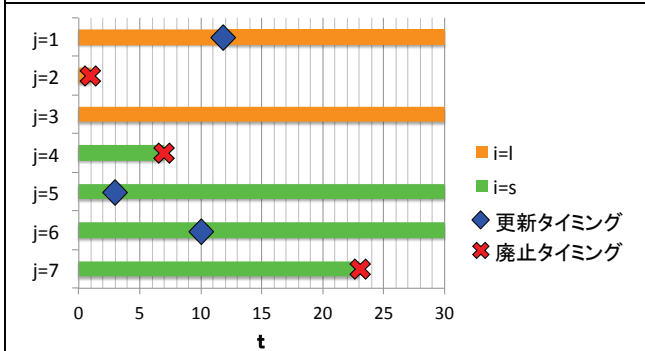


図-7 施設の更新・廃止タイミング（下位仮定）

期が後半になるにつれ、廃棄物発生量の差異が大きくなるように設定されることが確認できる。

(2) 廃棄物発生量に関する感度分析

上位仮定、下位仮定における施設の更新・廃止タイミングを図-6,7 に示す。まず廃止に着目すると、上位仮定の場合は、廃止タイミングが中位仮定より遅くなり施設 $j=2, j=4$ の順番で施設が廃止される結果となった。一方、下位仮定の場合は廃止タイミングが全体的に早くなり施設 $j=2, j=4, j=7$ の順番で廃止される。図-5 を見ると、下位仮定は総廃棄物発生量がかなり少なく、それに合わせて廃止タイミングが早くなったと考えられる。上位仮定は施設の余剰の処理能力が生じるタイミングが遅くなるため、施設 $j=4$ の廃止タイミングが遅くなり、施設 $j=7$ は計画期間内に廃止されないという結果となった。

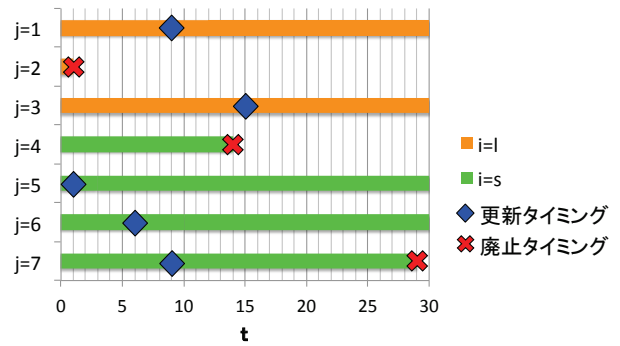


図-8 $\alpha = 3.00$ の場合の施設規模と更新・廃止計画

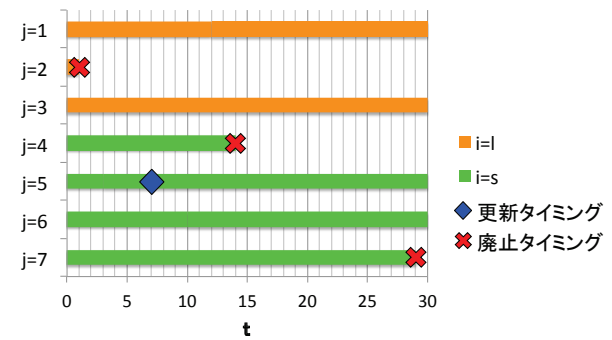


図-9 $\alpha = 7.00$ の場合の施設規模と更新・廃止計画

廃止タイミングを仮定間で比較すると、 $j=2$ はどの仮定においても同じであり、施設 $j=4,7$ は仮定間で大きく異なる。期末に近づくほど各仮定間での廃棄物発生量の差異が大きくなるため、廃止タイミングが後半にある施設 $j=4,7$ はその影響を大きく受ける。施設 $j=1,5,6$ の更新タイミングは仮定の間は無かった。これは、同じ規模への更新はフローに影響を与えないので、廃棄物発生量の設定値の違いが反映されないためである。また上位仮定では施設 $j=7$ が $t=13$ で更新されるという結果となった。

このように廃棄物発生量の仮定が異なれば、廃止のタイミングが変化する。廃止タイミングが計画期間の後半にある施設は、廃止の順番は変わらないものの、計画段階で廃止タイミングを確定することが困難であることがわかった。

(3) 更新費用に関する感度分析の結果と考察

更新費用の設定値に誤差があり、実現値が異なる値であった場合に、設定誤差が最適更新・廃止計画にもたらす影響を明らかにする。ここでは更新費用に用いた係数 α (10^7 円/処理能力 M_j^i) について実績値の $\alpha = 5.00$ に加え $\alpha = 3.00, 4.00, 6.00, 7.00$ の場合について分析し、各結果を比較した。ここでは最も極端な例として $\alpha = 3.00$ と 7.00 の場合を取り上げる。更新タイミングに着目す

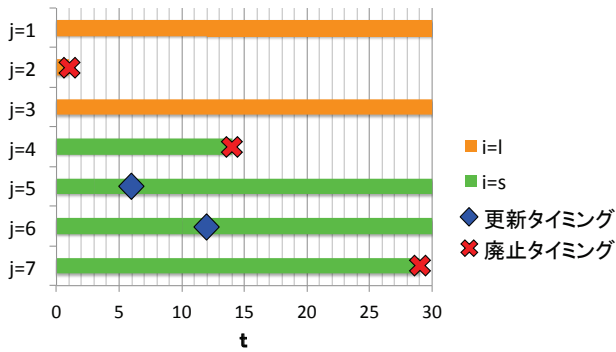


図-9 $\beta = 1.3$ の場合の施設規模と更新・廃止計画

ると、 $\alpha = 3.00$ の場合 (図-8) は、施設 $j=5$ が $t=1$ に更新され、その後、 $t=6$ に施設 $j=6$ が更新され、 $t=9$ に施設 $j=1,7$ が更新され、 $t=15$ に施設 $j=3$ が更新される。 $\alpha = 7.00$ の場合 (図-9) は、 $t=7$ に施設 $j=5$ が更新される。更新費用の設定値を高くすると、計画期間内で更新される施設の数が増え、更新タイミングが若干遅くなることが確認できる。これは更新費用が高くなると、割引率を与えているモデルの都合上、一度に莫大なコストがかかる更新のタイミングをできるだけ先送りすることで総コストの現在価値をより小さくするように最適更新・廃止計画が修正されるためである。

以上から、更新費用の設定誤差によって、廃止タイミングに差異が生じないことや、設定値を大きくすると更新タイミングが遅くなるが更新する施設の順番は変わらないことがわかった。

(4) 維持管理費用に関する感度分析の結果と考察

ここでは第4章で推計した維持管理費用に誤差があり、真の維持管理費用が推計した実績値よりも高い場合と低い場合の更新・廃止戦略を考える。係数 β (10^5 円/処理能力 M_j^i ・供用年数 $q_{j,t}^i$) について実績値の $\beta = 1.527$ に加え、 $\beta = 1.3, 1.4, 1.6, 1.7$ の場合について分析し、各結果を比較する。

ここでは、 $\beta = 1.3, 1.7$ における施設の規模と更新・廃止タイミングについて図-9, 10 に示す。まず、維持管理費用の設定を変えても廃棄物発生量に影響を与えないため、廃止の施設・タイミングは各設定間において差異がないことが確認できる。

更新タイミングに着目すると、 $\beta = 1.3$ の場合 (図-9) は、 $t=6$ に施設 $j=5$ が更新され、その後、 $t=12$ に施設 $j=6$ が更新されることがわかる。維持管理費用が高く ($\beta = 1.7$) の場合 (図-10) は、 $t=2$ に施設 $j=5$ が更新され、 $t=9$ に施設 $j=6$ が更新され、その後 $t=11$ に施設 $j=1,7$

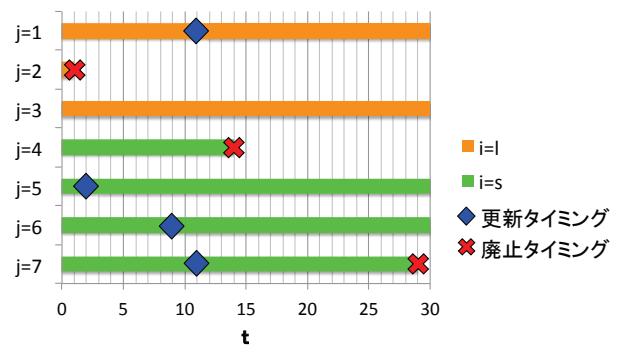


図-10 $\beta = 1.7$ の場合の施設規模と更新・廃止計画

が更新されることがわかる。 β を大きく設定すると、更新タイミングが早くなり計画内での更新される施設数が増加する。つまり、維持管理費用の増加が著しい場合、維持管理費用を低く抑えようとして早めに更新が実行される。

以上から、維持管理費用の設定によって、廃止タイミングに差異が生じないことや、設定値を大きくすると更新タイミングが早くなるが更新する施設の順番は変わらないことがわかった。

(5) 設定誤差が更新・廃止計画に与える影響のまとめ

本研究では社会的割引率が異なった場合の更新・廃止タイミングも算出した。これらの各パラメータに関する感度分析の結果より、更新タイミングや廃止のタイミングが異なるが、更新や廃止の順番については安定的であることがわかった。

輸送費用の感度分析では、輸送費用の設定値によって、施設 $j=7$ が廃止するかそれとも更新するかの意志決定が異なることがわかった。これより更新・廃止の順番や各施設の更新・廃止の意思決定は計画期間前半については大きく変わらないが、計画期間の後半に廃止の予定がある施設 $j=7$ のような場合は時間が経過し、より確かな情報を用いた最適更新・廃止計画によって決定した方が良いといえる。

6. おわりに

本研究では、廃棄物焼却施設における更新・廃止計画の方針を提案するため、複数施設のLCCを考慮した更新・廃止計画モデルを用いた分析を行った。モデルの外生パラメータは、推計誤差や技術の変化によって異なる値を取り得るため、廃棄物発生量や各費用について感度分析を行った。

その結果、施設の廃止・更新の順番は安定的であるものの、計画期間が後半になるほど、廃止タイミングが外生値によって変動することがわかった。また廃止時期が遅い施設については、計画期間内の廃止の有無が更新の実施にも影響することがわかった。このことから、最初の時点で30年という長期間の最適更新・廃止計画を確定することは困難であるものの、10年程度の方針は十分に決定できることがわかった。

以上を踏まえると、まず計画初期時点でモデルの分析から施設の更新・廃止の順番を確定し、その後、更新・廃止のタイミングについては、各期ごとに再度、最適な更新・廃止計画を算出し直し、逐次的にタイミングを調整していく方法が有効であるといえる。

謝辞

本研究は日本学術振興会・科学研究費補助金（課題番号：24760405）の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 環境省大臣官房：廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課、廃棄物処理施設長寿命化計画作成の手引き（ごみ焼却施設編）、2010.
- 2) 愛知県：第2次愛知県ごみ焼却処理広域化計画（平成20年度～29年度）、平成21年3月.
- 3) 名古屋広域連合：ごみ処理広域化基本計画、平成

- 23年2月（平成25年3月一部修正）
- 4) 環境省：日本の廃棄物処理、平成22年度版、2012.
- 5) 奥村誠,大窪和明,吾妻樹：維持・廃止計画のための多時点最適施設配置モデル、応用地域学会第27回研究発表会発表論文,2013.
- 6) 国土交通省：公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編）、平成21年,
<http://www.mlit.go.jp/tec/hyouka/public/090601/shishin/shishin090601.pdf>
- 7) 環境省：一般廃棄物処理実態調査結果,
http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/
- 8) 環境省：ゴミ処理の広域化計画について,
<http://www.env.go.jp/hourei/syousai.php?id=11000138>
- 9) 国立社会保障・人口問題研究所、日本の将来推計人口,
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Mainmenu.asp>
- 10) 加用千裕,石垣智基,山田正人,大迫政浩,立尾浩一：東日本大震災で発生した災害廃棄物の広域処理に関する一考察(第一報),生活と環境,Vol.57,pp.36-42, 2012.
- 11) 環境省：廃棄物処理施設設置費用調査結果,
http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/setti/.

(2014.4.25 受付)

The stability of renewal and closure strategy of municipal solid waste incineration plants, based on multi-period multi-plant location model

Tatsuki AGATSUMA, Kazuaki OKUBO and Makoto OKUMURA

Deterioration of municipal solid waste (MSW) incineration plants is becoming a significant social problem in Japan especially considering decrease of population, and some plants can be reconstructed or demolished under some circumstances. To make a scheduling for maintenance or demolition of MSW incineration plants, we apply the multi-period multi-plant location model, which is proposed by Okumura et al⁵⁾, to the south part of Miyagi prefecture. We examine the stability of the timings of reconstruction and/or demolition against the changes in population forecast, maintenance cost, reconstruction cost, of plants and so on.