

関西大学工学部 学生員 ○阪本 浩一 関西大学工学部 正会員 吉川 和広
京都大学防災研究所 正会員 萩原 良巳

1. はじめに

いま、多くの自治体ではごみ処理施設の立地は極めて困難な状況にあり、処理を隣接する複数の自治体が協力して行う事例が増加している。しかし、処理の広域化に伴い、新たな問題が発生する。その1つとして費用の配分問題が挙げられる。これまで、広域処理を行っている自治体間においては、主に排出量に準じる形で費用の配分が行われてきた。しかし、焼却施設立地に伴うダイオキシン類発生リスクや現在解明されていない潜在的なリスクの存在を考えると、この配分方法は最善であるとはいえない。そこで、広域処理を想定し、ゲーム理論を援用することでどのような場合に提携が成立するのか、リスクを考慮した費用配分をどのように行うべきかをモデルを用いて検討し、費用配分に関する1つの考え方を提案することを目的として研究を行った。

2. モデルの定式化

プレイヤーは隣接する n 個の都市とする。ごみの処理過程のうち、収集から中間処理（焼却）に限定してモデル化を行う。提携の中で焼却施設は1カ所のみ建設されるものと仮定する。そして、コスト関数とリスク関数により各都市のコスト及びリスクを算出する。固定、輸送、処理の各費用の和をコスト関数とする。また、リスクとしては日々の運転で生じる大気汚染のリスクのみを考える。

2.1 固定費用の定式化

焼却施設の建設費のみを考える。また、地価は考慮しない。施設の建設費データを抽出して回帰分析を行い、償却年数を15年とし、次式を固定費用の関数とする。

$$C_F(S) = (10^8/365 \cdot 15) (121.28 \ln(Q(S)) - 479.47) \quad (1)$$

ここで、 $Q(S)$: 部分提携 S の施設の処理能力 (t/日)

2.2 輸送費用の定式化

排出されるごみを焼却施設まで運ぶに必要なコストであり、以下の仮定をおく。

①施設が都市の境界に立地する場合、境界に接する都市は直接ごみを施設まで収集単価 α_T で運ぶ。

②施設のない都市では、各都市のごみは収集単価 α_T で各都市の中心まで運ばれ、さらにそこから都市間輸送単価 β_T により施設まで運ばれる。

以上の仮定をもとに、各都市 i における輸送費用 $C_T(i)$ を次式のように表す。

$$C_T(i) = \alpha_T \cdot Q(i) + \beta_T \cdot Q(i) \cdot d_{ip} \quad (2)$$

ここで、 α_T : 収集単価 (円/t)

$Q(i)$: 都市 i のごみ発生量 (t/日)

β_T : 都市間輸送単価 (円/t · km)

d_{ip} : 都市 i から施設 p までの距離 (km)

2.3 処理費用の定式化

ごみを焼却処理するために必要となる費用のみを考える。規模の経済を想定し、処理費用 $C_D(S)$ を次式のように定式化する。

$$C_D(S) = \alpha_D \cdot Q(S)^{\beta_D} \quad (3)$$

ここで、 α_D : 処理単価 (円/t)

$Q(S)$: 部分提携 S のごみの量 (t/日)

β_D : 乗数

2.4 リスク関数の定式化

閉じたモデルを想定しており、モデルの外からの影響は考えていない。拡散方程式から導かれるガウシアンパフモデルを用いて都市 i のリスク関数 $R_1(i)$ を次式のように表すことができる。

$$R_1(i) = Q(S) \int_{Z_i} C(R) dZ_i \quad (4)$$

ここで、 $C(R)$: 拡散物質の濃度

$Q(S)$: 部分提携 S のごみの量

Z_i : i 市の面積

2.5 本研究で用いる費用配分手法

コストを分離費用と非分離費用(以下 NSC とする)の2つに分けて考える。分離費用は、どの都市も最低限負担するものとし、NSCは各都市が負うリスクの逆数比で配分されるものとする。そして、最終負担額が

コアを満たすときに提携が成立するものとする。

3. シミュレーション (3市モデル)

3市からなる線形都市を想定し、シミュレーションを行った。まず、提携が成立する限界の β_T の値(以下 β_T 限界とする)を分析した。パターンを下図のように設定した。等人口で分析を行ったので対称性よりパターン1から4の4通りで考えることができる。

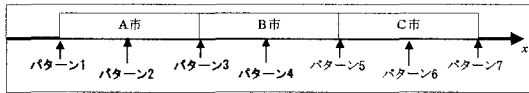


図1 3市モデルの施設配置パターン

パターン1から4の分析により明らかになったことは以下のとおりである。

- ①パターン1で全提携が成立するときの β_T 限界は部分提携のときよりもかなり低い値である。
- ②パターン2では、 β_T 限界はパターン1とほぼ同じ傾向を示す。ただし、パターン1のときより輸送距離が短くなるため β_T 限界は高くなる。
- ③パターン3では、A市とB市の境界上に施設が建設されており、A市とB市でリスクを大きく2分しているため、相対的にC市の負担額が高くなり、個人合理性を満たさなくなったので、今回分析を行った範囲では全提携が成立しない。
- ④パターン4では、今回分析を行った全ての範囲で全提携が成立した。また、図2に示すとおり β_T 限界のグラフが少しずつ上昇し、ある一定人口でピークを迎えてその後下降していくという挙動が顕著に見られた。

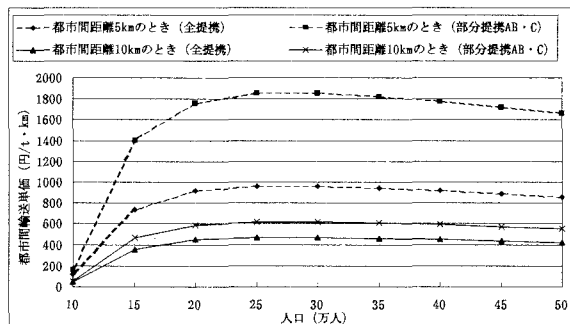


図2 β_T 限界 (パターン4)

次に、都市間距離5kmのときに β_T を100、500、1000、2000円/t・kmの4通り、人口は等人口とし、10～50万人まで10万人刻みで変化させた。そのときの全提携が成立するパターンの一覧を表1に示す。こ

れより、全提携が成立する事例は11通りあることがわかる。パターン2、3において全提携が成立しない理由は、NSC配分比がC市にとって相対的に高くなり、C市の負担額が増加するため個人合理性を満たさなくなるからである。

表1 全提携の成立するパターンの一覧

パターン	NSC配分比	β_T (円/t・km)	人口(万人)	最終負担額(万円)			単独時費用(万円)			差額(万円)		
				A市	B市	C市	A市	B市	C市	A市	B市	C市
1	1:30.0:89.8	100	40	1509	1664	1940	1941	432	277	1		
2	1:21.3:105.0		50	1855	2033	2348	2351	496	318	3		
3	1:1:30.0		10	533	459	533	534	1	75	1		
			20	977	816	977	1059	82	243	82		
4	21.3:1:21.3	100	30	1385	1168	1385	1514	129	346	129		
			40	1778	1517	1778	1941	163	424	163		
			50	2161	1863	2161	2351	190	488	190		
			20	1017	816	1017	1069	42	243	42		
		500	30	1445	1168	1445	1514	69	346	69		
			40	1858	1517	1858	1941	83	424	83		
			50	2261	1863	2261	2351	90	488	90		

ここで、全提携の成立する事例に着目する。この時に全提携以外にもコアを満たす提携はあり、これらの中でどの配分が実現するかが問題となる。どのプレイヤーも現在の価値基準は金銭であり、例えば全てのプレイヤーにとって全提携の場合が最も配分額の低い提携になれば、各プレイヤーから不満は出ないと考えられ、この全提携が最終的に成立する。しかし、どのプレイヤーにとっても単独の場合より安くなる提携が存在しない場合、配分を1通りに決定するためには、さらに何らかの基準が必要になってくると考えられる。また、各パターンで施設の立地場所を決められた都市が単独提携になり、残りの2市が部分提携になるとき、部分提携になる方の提携の施設配置をどうするかという問題が発生する。ここで新たなゲームが生まれることになる。

4. おわりに

本研究より、全提携はかなり限られた状況下においてのみ成立すること、全提携、部分提携に共通してある一定の人口で β_T 限界のピークが現れることがわかった。そして、施設に近い都市ほどリスクが大きくなるので単独時の費用と比べて最終負担額がより割安になるという結果になった。従来は排出量に準じる形で費用配分が行われてきたが、ごみの焼却に伴うリスクが懸念されている現状をふまえ、今後はこのようなリスクを考慮した費用配分手法の導入が必要であると考えられる。そのため、風のある場合や都市を面で考えた場合などに拡張しさらに検討していく必要がある。参考文献 1) 松梨順三郎: 環境流体汚染、森北出版、1993。2) 鈴木光男: 新ゲーム理論、勁草書房、1994。