

一般廃棄物処理事業における枯渇性資源消費の評価に関する研究

九州大学大学院工学府 学生会員 ○植木裕輔
西南学院大学経済学部 非会員 小出秀雄

九州大学大学院工学研究院 正会員 中山裕文
九州大学大学院工学研究院 フェロー会員 島岡隆行

1. はじめに

一般廃棄物処理では、枯渇性の土地資源である最終処分場の消費、溶融やリサイクル等のエネルギー投入による化石燃料の消費、山元還元による稀少金属の回収等、枯渇性資源の消費・回収が行われている。一般廃棄物処理における枯渇性資源として最終処分場、エネルギー、稀少金属を考えると、異なる枯渇性資源の間にはトレードオフの関係があると思われる。枯渇性資源間の関係を定量的に比較・評価を行うためには単位を統一する必要がある。が適切であると考えられる。本研究では、一般廃棄物処理における枯渇性資源の消費・回収量として最終処分量(t)、エネルギー消費量(J)、稀少金属回収量(kg)を推定し、それぞれの残余年数を求めた。そして、現行の焼却処理を別の処理方式に変更した場合の枯渇性資源の残余年数の増減を推定した。

2. 分析手法

研究の枠組みを図1、図2、図3に示す。まず枯渇性資源消費量と残余年数の全国的な推移を求めた。その後いくつかの焼却処理方式を設定し、現行の処理による焼却ごみ1tを別の処理方式に変更した場合の枯渇性資源残余年数の増減量を分析した。

2-1. 全国的な枯渇性資源消費量及び残余年数の推移

1) 最終処分場の消費量(埋立量)：最終処分場は枯渇性の土地資源であると考え、最終処分場の消費量を埋立量と考えることができる。旧厚生省¹⁾及び環境省²⁾のデータを用いた。

2) エネルギー消費量：エネルギー消費量は、松藤(2005)³⁾のモデル(以下H-IWMと呼ぶ)を基本として推定した。技術進歩による原単位の変動を考慮し、エネルギー効率を表す比(=最終エネルギー消費/実質GDP)を導入し、平成12年度を基準として各年度のエネルギー消費量に乗じて補正した。エネルギーの残余年数は、世界規模の残余年数を用いると、日本の廃棄物処理の効率性がもたらす数値の変動が過小となると考えられるので、廃棄物処理のために利用できるエネルギーには限りがあると仮定し、廃棄物処理用の仮想的な残余年数を式1及び式2により求めた。

$$\text{H22日本の廃棄物処理エネルギー埋蔵量} = \frac{\text{H22日本の廃棄物処理エネルギー消費量}}{\text{H22世界のエネルギー消費量}} \times \text{H22世界のエネルギー(原油)埋蔵量} \quad \text{式1}$$

$$\text{日本の廃棄物処理エネルギー残余年数} = \frac{\text{日本の廃棄物処理エネルギー埋蔵量}}{\text{日本の廃棄物処理エネルギー消費量}} \quad \text{式2}$$

3) 稀少金属回収量：稀少金属はCuを対象とした。溶融による山元還元の回収分のみを考えた。Cu回収量は環境省及び山口らの論文⁵⁾データを用いて推定した。一般廃棄物処理におけるCu残余年数として、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構⁶⁾による世界規模のCu可採年数を示すこととする。

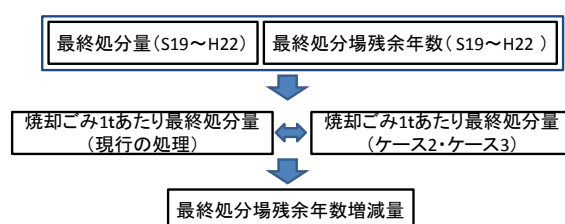


図1 研究の枠組み(最終処分量)

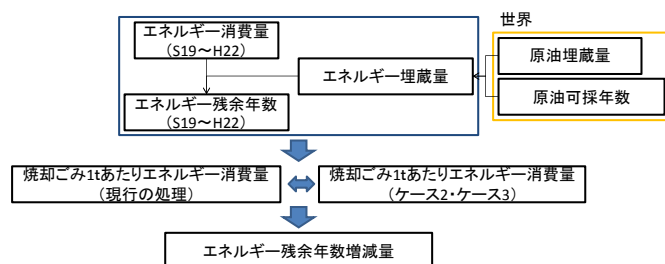


図2 研究の枠組み(エネルギー消費量)

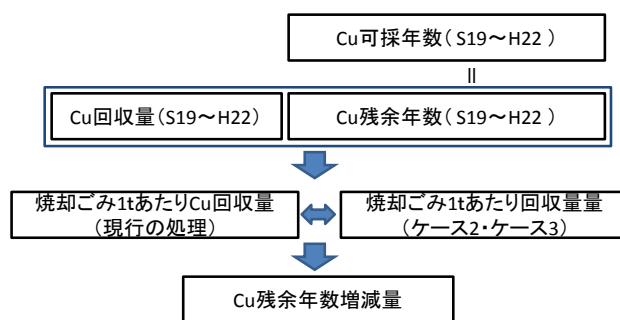


図3 研究の枠組み(Cu回収量)

表1 設定ケース

焼却ごみ1tあたり	
ケース1	現行の処理
ケース2	溶融+埋立
ケース3	溶融+山元還元

2-2. 焼却ごみ 1t 当り枯渇性資源残余年数増減量

現行の処理を含む 3 つのケースを設定し（表 1）、それぞれのケースで焼却ごみ 1t あたりの最終処分量、エネルギー消費量、稀少金属回収量（Cu）を算出した。算出は H-IWM を基本として、山口らの論文、小野田の論文⁷⁾のデータを用いた。平成 22 年度を現行の処理基準とした。算出した消費量を用いて、現行の焼却ごみ 1t の処理を別のケースの処理に変更した場合、最終処分場、化石燃料、稀少金属の残余年数がどの程度増減するのを分析した。

3. 研究結果

3-1. 全国的な枯渇性資源消費量及び残余年数の推移

最終処分量、エネルギー消費量、稀少金属回収量及びそれぞれの残余年数の推移を図 4、図 5、図 6 に示す。最終処分量は年々減少し、それに伴って残余年数は増加傾向にあった。エネルギー消費量は近年はごみ発電により減少しており残余年数は増加していた。稀少金属回収量は近年山元還元による回収によって増加傾向にあり、残余年数も増加している。

3-2. 焼却ごみ 1t あたり枯渇資源残余年数増減量

現行の焼却ごみ 1t の処理を別のケースの処理に変更した場合の枯渇性資源の残余年数の増減を示したのが表 2 である。エネルギー消費量が增大する代わりに最終処分量が削減でき、トレードオフ構造が見られる。エネルギー消費量と最終処分量の削減量とエネルギー消費量の増加量は同程度となり、溶融や最終処分量を削減するために溶融や山元還元を行う際にはエネルギー消費量を考える必要があると思われる。また稀少金属の残余年数は山元還元を行うことによって、最終処分場と同程度確保することができると思われる。

4. まとめ

近年は最終処分量やエネルギー消費量は減少傾向にあり、山元還元によって回収される稀少金属量は増加している。溶融や山元還元は、エネルギーを消費して、最終処分量や稀少金属を確保することができるといえる。この時、最終処分場、エネルギー、稀少金属を残余年数で統一して評価すると、失われるエネルギーと確保される最終処分場、稀少金属量は同程度であった。溶融や山元還元を行う際は、エネルギー消費量を考える必要があると思われる。残余年数という同じ単位で表現したが 1 年の重みがそれぞれ等しいかどうかについては検討が必要であると思われる。

[参考文献] 1) 旧厚生省：日本の廃棄物 '85, '88, '94, '96 2) 環境省：日本の廃棄物（平成 10 年度～平成 23 年度） 3) 松藤敏彦：都市ごみ処理システムの分析・計画・評価、技法堂出版、2005 4) JX 日鉱日石エネルギー：<http://www.noie.jx-group.co.jp/binran/data/pdf/5.pdf> 5) 山口直久，都筑淳，大迫政浩：都市ごみ溶融飛灰を対象とした山元還元システムの評価—TMR による評価を含めて，廃棄物学会研究発表会講演論文集 19 回，665-667，2008-11-19 6) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構：http://mrirc.jogmec.go.jp/public/report/2009-06/all_basemetal2008.pdf 7) 小野田弘士：焼却灰の処理及びリサイクルに係る LCA 的評価，都市清掃，63(297)，431-436，2010

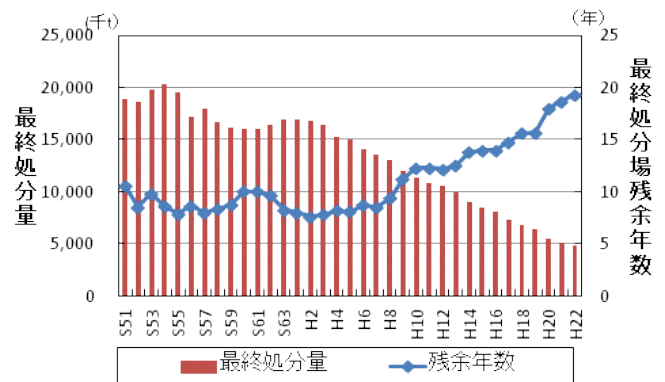


図 4 最終処分量と残余年数

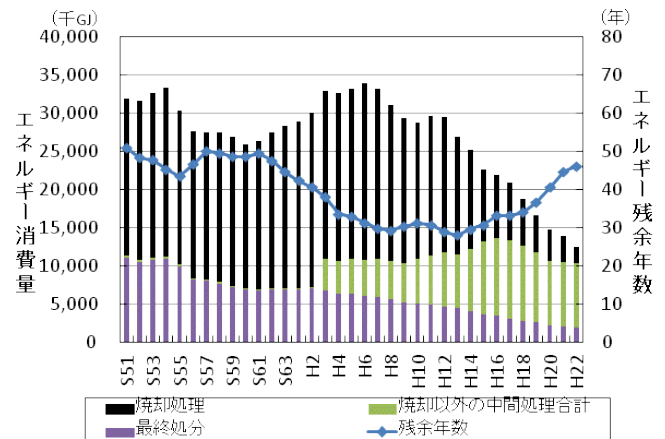


図 5 エネルギー消費量と残余年数

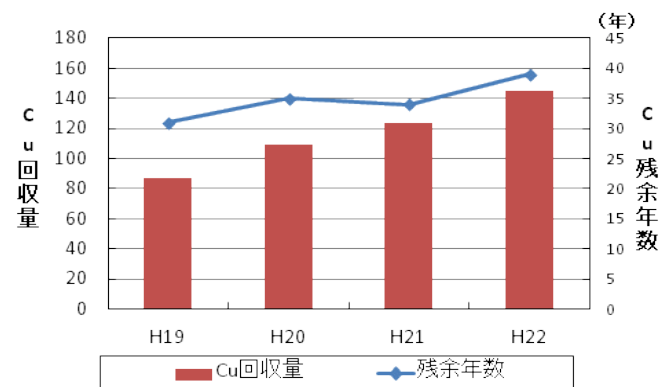


図 6 稀少金属回収量及び残余年数

表 2 残余年数増減量

焼却ごみ1tあたり		最終処分場 (年)	エネルギー (年)	Cu (年)
ケース1	現行の処理	±0	±0	±0
ケース2	溶融+埋立	$+4.34 \times 10^{-7}$	-6.95×10^{-7}	$+1.54 \times 10^{-8}$
ケース3	溶融+山元還元	$+4.71 \times 10^{-7}$	-6.95×10^{-7}	$+1.82 \times 10^{-7}$