

家庭消費支出を用いた長野市のゴミ排出量と CO₂排出量解析に関する研究

信州大学大学院* 藤川 雄輝○

信州大学** 内木 昭太

信州大学** 小山 健

Yuki Fujikawa, Shota Naiki, Ken Koyama

我々の属する、大量生産・大量消費社会というシステムの下流で、廃棄物処理と温室効果ガスを中心とする環境負荷物質の排出という工程が大きな社会問題となってきた。ゴミの分別収集が本格的に行われ始めてからはその処理能力的には進歩を遂げたものの、ゴミの発生量は増加の一途をたどっている。また一方、温室効果ガスの排出問題については、1997年に開催された地球温暖化防止京都会議(COP3)を機に、地球温暖化防止の視点から、二酸化炭素を中心とする温暖化ガスの排出抑制が一般の人々にも注目されるようになってきた。この様に住民の意識レベルが高まりつつある今、これらの問題を解決してゆくためには、地域レベルから現状を認識し、発生の要因を考えていくことが重要である。

そこで、本研究では、ゴミや温室効果ガス発生の問題の共通要因としての、一般家庭の消費支出に着目し、長野市を対象として、可能性回帰分析によってゴミ排出量予測モデルの導出、ライフサイクルインベントリ手法により一般家庭の消費から廃棄というライフサイクルにおけるCO₂排出量の算出などを行った。

【キーワード】可能性回帰分析, ライフサイクルインベントリ分析, ゴミ排出, CO₂排出

1. まえがき

現在の大量生産・大量消費社会での廃棄物排出、環境負荷物質排出の両問題において、共通する大きな要因として一般家庭の消費がある。日本の一般廃棄物の年間排出量は約5000万トンといわれており、また、1997年の地球温暖化防止京都会議による議定書の温室効果ガス排出量削減目標においても、わが国の公約達成のためには運輸部門と並んで民生部門の削減が不可欠とされている。

本研究では、この一般家庭の消費支出という共通項に着目し、長野市を対象として、可能性回帰分析によってゴミ排出量予測モデルの導出、LCAのインベントリ手法により温室効果ガスの中でもその大部分を占めるCO₂排出量の算出を行った。LCA分野の既存研究では、インベントリの段階で上流(生産か

ら購入まで)、下流(廃棄物処理)に分断されることが多いが、本研究ではLCAに本来求められている全体を重視し、一般家庭における消費物の生産から廃棄というライフサイクルでの解析を行った。

2. 可能性回帰分析によるゴミ排出量の予測

(1) 可能性回帰分析 定式化

Yを表わす線形関数を

$$Y = A_0 + A_1x_1 + \dots + A_nx_n \quad (1)$$

とすると、ファジィ係数A_nを求める問題は、

$$\left. \begin{array}{l} \min \sum_{i=1}^n c|x_i| = J(c) \\ \text{subject to} \quad y_i \leq \alpha x_i + (1-h)c|x_i| \\ \quad \quad \quad y_i \geq \alpha x_i - (1-h)c|x_i| \end{array} \right\} \quad (2)$$

となる。¹⁾

*信州大学大学院工学系研究科社会開発工学専攻 TEL 026(269)5282

**信州大学工学部社会開発工学科 TEL 026(226)4101

しかし、普通に可能性回帰分析を行うと、いくつかの説明変数だけに幅がついてしまうという問題が生じる。²⁾ これでは、係数の幅は目的変数を推定するときの説明変数をもつ曖昧さを表わしているとはいえない。

そこで、このような問題を防ぐため次のように重みをつけることで、可能性回帰式の改善を行う。³⁾

$$Z = \max\{C_1/W_1, \dots, C_n/W_n\} : \text{最小化} \quad (3)$$

重み W_i は通常の可能性回帰分析のファジィ係数 A_i の大きさに比例して与えられるものとする。

これらの定式化に従い、ゴミ排出量の予測式を求める。

(2) ゴミ排出量予測式の導出

目的変数 (Y) として可燃ゴミの排出量を設定した。説明変数には、ゴミ排出に関連が大きいと考えられる経済的なデータを用いた。経済的なデータとは、長野市の一世帯 1 ヶ月間あたりの消費支出 15 項目で、表-1 にその各項目を示す。データは、長野市における平成 5 年 4 月～平成 12 年 3 月の 7 年度分を用いた。^{4), 5)}

これらのデータを用いて、可燃ゴミ排出量の予測式を求めると、次のように得られた。

$$\begin{aligned} Y = & (4537,187.3) + (-297,1.23)X_1 + (-45.5,18.8)X_2 \\ & + (-239,9.86)X_3 + (-69.9,28.9)X_4 + (-199.5,82.4)X_5 \\ & + (-199.5,82.4)X_6 + (560.6,231.4)X_7 + (-63.2,26.1)X_8 \\ & + (-2300,95.0)X_9 + (341.2,140.8)X_{10} + (253.7,104.7)X_{11} \\ & + (25.3,10.4)X_{12} + (248.0,102.4)X_{13} + (545.1,225.0)X_{14} \\ & + (106.3,43.9)X_{15} \end{aligned}$$

(4)

説明変数にかかる各係数や幅の大きさについての考察は、紙面の都合上ここでは省略する。

(3) 予測式の妥当性の検討

次に、求めた予測式の妥当性を検討するため、式(4)の予測式に、平成 12 年度の消費支出データを当てはめ、ゴミ排出量の予測値を算出し、平成 12 年度のゴミ排出量の実測値との比較をおこなった。計算結果を図-1 に示す。

これからわかるように、最大値と最小値からなる区間予測値が実測値をほぼ包含する形となり、実用的な可燃ゴミ排出量予測式が求められたといえる。このゴミ排出量予測式に関する今後の課題は、現在約 2000 トンとなっている予測値の幅をさらに狭め

表 - 1 説明変数

(長野市の全世帯平均 1 ヶ月間の消費支出)

X ₁	住居費	X ₆	肉類	X ₁₁	菓子類
X ₂	水道・光熱費	X ₇	乳卵類	X ₁₂	調理食品
X ₃	家具用品	X ₈	野菜・海草	X ₁₃	飲料
X ₄	穀類	X ₉	果物	X ₁₄	酒類
X ₅	魚介類	X ₁₀	油脂・調味料	X ₁₅	外食

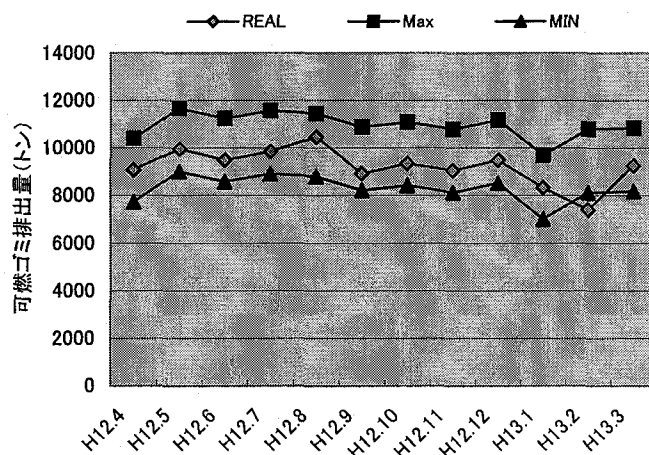


図 - 1 可燃ゴミ排出量 実測値に対する予測値

ていき、予測の精度を高めていくことにある。

3. ライフサイクルインベントリ分析によるゴミ排出に係る CO₂ 排出量の算出

(1) ライフサイクルインベントリ分析⁶⁾⁻⁸⁾

ライフサイクルインベントリ分析は、LCA の各過程におけるエネルギーや資源の消費量、あるいは CO₂ 排出量といった環境負荷を数値的に見積もり、評価・考察する手法である。この手法では現在、積み上げ法と産業連関表による二酸化炭素排出原単位(排出強度)⁹⁾を用いた方法が一般的となっているが、本研究では後者を主として用いている。

式(5)はインベントリ分析における環境負荷量の一般的な算出式である。

$$Z = \sum_{i=1}^n x_i g_i \quad (Z : \text{環境負荷量}, g : \text{原単位(排出強度)})$$

x : 価格, エネルギー消費量,) (5)

(2) ゴミ排出に係る CO₂ 排出量の現状

一般家庭の消費支出を用い、ライフサイクルインベントリ手法によって、近年の長野市一般家庭にお

ける消費物の生産から廃棄というライフサイクルでのCO₂排出量を算出した。

a) 消費物生産過程におけるCO₂排出量

前述の消費支出 15 項目とこの各項目に対する産業連関表による二酸化炭素排出原単位を用い、式(5)からCO₂排出量を算出した。これは、すなわち、消費者が消費物を購入するまで、あるいはエネルギーを消費するまでの、各消費物の生産過程におけるCO₂排出量ということになる。原単位については各消費支出項目について表-2のように選んだ。

図-2 に算出値を示す。また、京都議定書の数値目標に基づき、1990 年度の値 (99.3 万トン) から 6% 削減した値を図に付け加えた。

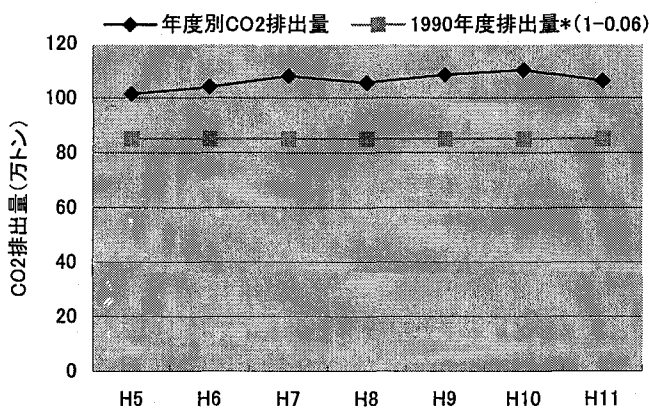


図-2 消費物生産過程でのCO₂排出量

CO₂排出量は、図-2 の通り増加傾向にあり、全て目標値 (1990 年度値からの 6%削減値) を上回る結果となっている。具体的に平成 11 年度ならば、目標値以下とするには、最低 20% (約 21 万トン) が必要削減量となっている。

b) 排出・運搬・(処理) 過程におけるCO₂排出量

次に、ゴミの廃棄過程中の、排出・運搬・焼却以外の処理過程に係るCO₂排出量を図-3 に示した。計算には、産業連関表による二酸化炭素排出原単位の「廃棄物処理」項目、年度別のゴミ処理費などを用いた。

c) 処理過程 (焼却) におけるCO₂排出量

ここでは、ゴミ処理過程におけるCO₂排出量の中でも大部分を占める、焼却処理過程に係るCO₂排出を算出し、図-3 に示した。計算には、環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会¹⁰⁾ から公表されている排出係数、長野市の年度別の可燃ゴミ排出量など

表-2 排出原単位

消費支出項目		産業連関表による 二酸化炭素排出原単位	合計値 (t-c/百万円)
X ₁	住居費	住宅賃貸料	0.078
X ₂	水道光熱費	都市ガス, 上水道, 下水道	2.705
X ₃	家具用品費	木製家具, 金属家具	1.232
X ₄	穀類	米, 麦類, 麺類, パン類	1.819
X ₅	魚介類	冷凍魚介類, 水産びん・缶詰, 塩干薫製品, その他水産食品	3.941
X ₆	肉類	肉鶏, 豚, 肉用牛, 肉加工品, 畜産びん・缶詰, その他畜産品	2.505
X ₇	乳卵類	鶏卵, 酪農品	1.364
X ₈	野菜	野菜	0.466
X ₉	果物	果実	0.284
X ₁₀	油脂調味料	動物油脂, 植物油脂, 調味料	2.382
X ₁₁	菓子類	菓子類	0.523
X ₁₂	調理食品	冷凍調理食品, レトルト食品	1.059
X ₁₃	飲料	清涼飲料, 茶・コーヒー	1.777
X ₁₄	酒類	清酒, ビール, ウイスキー類	1.646
X ₁₅	外食費	惣菜・寿司・弁当, たばこ, その他の食料品	1.208

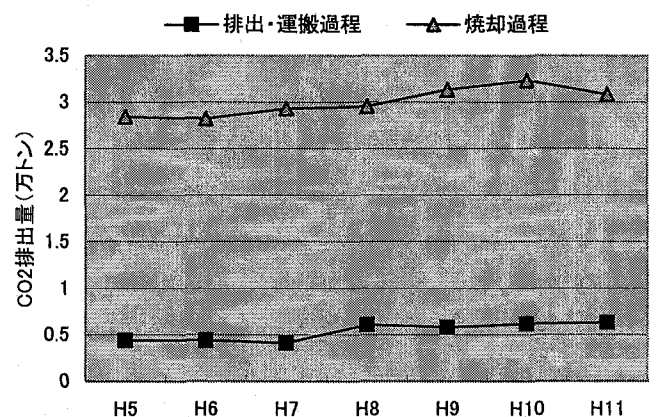


図-3 排出・運搬, 焼却, 各過程からのCO₂排出量

を用いた。

これら a) ~c) の過程におけるCO₂排出量の合計が、長野市の一般家庭における消費物の生産から廃棄というライフサイクルでのCO₂排出の総量となり、経年で増加を続けていることがわかる。

(3) 偏相関係数による排出要因分析

CO₂排出量に対する各消費項目の偏相関係数を求め、CO₂排出への影響度合いを求めた。偏相関係数の値が大きいほど、CO₂排出への影響度が高いといえる。結果を表-3に示す。

表-3 CO₂排出量に対する消費項目別偏相関係数

1	水道光熱	0.998	6	調理食品	0.972	11	住居	0.936
2	家具用品	0.994	7	酒類	0.964	12	菓子類	0.851
3	魚介類	0.992	8	油脂・調味料	0.954	13	穀類	0.769
4	外食費	0.975	9	飲料	0.947	14	野菜・海草	0.759
5	乳卵類	0.974	10	肉類	0.942	15	果物	0.656

表-3から、水道光熱費、家具用品費が高い値となったのは消費金額、原単位値の大きさからいっても妥当な結果だといえる。また、ペットボトルを含む飲料の値が我々の直感よりも低く出たのは、総体的にみた消費額が小さいためであると推測できる。CO₂排出量への全体的な影響度としては、このほか、ほぼ我々の直感と一致する結果になったといえる。

5. 今後の展開について

本研究では、ゴミの排出量について、可能性回帰分析を用い、実測値とかなり近い予測値を算出できる予測式を立てることができた。また、ゴミ排出に関するCO₂排出量を算出し、簡単な排出要因の分析を行った。今後は、この排出要因の分析をさらに進めるなどし、消費支出という共通項から、ゴミ排出

とCO₂排出に相関する特性を見出し、新たな制約条件などを設け、CO₂排出抑制下でのゴミ排出量予測をするなど、より現実的で時代に即したゴミ排出量予測式を求める予定である。

【参考文献】

- 1) ファジィシステム入門：寺野寿郎，浅井喜代治，菅野道夫，オーム社，1990.
- 2) ファジィ可能性回帰分析のファジィ係数の幅について：浅野真，土方一彦，小山健，日本ファジィ学会誌，Vol.9，No.3，pp.395-401，1997.
- 3) ファジィ線形回帰分析の三つの定式化：田中英夫，和多田淳三，林勲，計測自動制御学会論文集，Vol.1.22，No.10，pp1051-1057，1986.
- 4) 長野市統計書：長野市，1992～2001.
- 5) 長野市環境白書：長野市，1992～2001.
- 6) ライフサイクルインベントリ分析の手引き：環境情報化学センター編，化学工業日報社，1998.
- 7) 建設業の環境パフォーマンス評価とライフサイクルアセスメント：土木学会地球環境委員会，鹿島出版会，2000.
- 8) 家計の消費支出から見たCO₂排出構造の経時的分析：近藤美則，森口祐一，清水浩，環境科学会誌，環境科学会，1998.
- 9) 産業連関表による二酸化炭素排出原単位：国立環境研究所地球環境研究センター，1997.
- 10) 平成14年度温室効果ガス排出量算定方法検討会報告書：環境省，2002.

The garbage volume estimation by the possibilistic regression analysis and the amount of CO₂ emission by the consumption expenditures of households of Nagano city

Yuki Fujikawa, Shota Naiki, Ken Koyama

In this study, the total volume of garbage per year is estimated by the possibilistic regression analysis. At the same time, the life cycle amount of CO₂ emission that is derived from the consumption of normal households goods is obtained by the life cycle inventory analysis related to the garbage volume, in the Nagano city. From this study, it is shown that the amount of CO₂ emission is increasing year by year and exceeds the 6% reduced amount of 1990 year.