

ライフサイクルインベントリ分析を用いた CO₂排出量予測とその削減目標に関する研究

大鉄工業(株)* 藤川 雄輝

信州大学 ** 高瀬 達夫

信州大学 *** 小山 健

Yuki Fujikawa, Tatsuo Takase, Ken Koyama

我が国における大量生産・大量消費社会というシステムの下流で、廃棄物処理や温室効果ガスを中心とする環境負荷物質の排出が社会問題となってきた。

近年、ゴミの問題については、各地方自治体によって分別収集が本格的に行われ始め、また一方、温室効果ガスの排出問題についても、地球温暖化防止の視点から、アイドリングストップなどの温暖化ガスの排出抑制運動が活発に行われ、一般の人々の関心を集めるようになってきている。この様に住民の意識が高まりつつある今、地域レベルからこれらの問題に取り組んでいくことが重要である。

そこで、本研究では、長野市の一般家庭を対象として、ゴミ排出と、温室効果ガスの中でもその大部分を占める二酸化炭素(CO₂)排出の両問題について解析を行った。ゴミと温室効果ガス問題の共通要因として、家計消費支出に着目し、可能性回帰分析によってゴミ排出量予測モデルの構築とまた、LCAのインベントリ手法により、一般家計消費に関するCO₂排出量の算定を行った。またそれらをもとに、CO₂排出量を目標削減値に抑制するためには、ゴミの量はどの程度削減されなければならないか、すなわち、CO₂排出量抑制下での可能なゴミの許容排出量について解析を行った。

【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。

そこで本研究では、この一般家庭の家計消費支出という共通項に着目し、地方都市である長野市を対

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構築を行い、LCAのインベントリ手法により一般家計消費に関するCO₂排出量の算定を行った。

可能性回帰分析では、時系列データを用いた場合のファジィ可能性回帰モデルを定式化して示した。

CO₂については、京都議定書の内容に沿った長野市として可能な必要削減量の算定、また、その排出要因の分析を行い、各消費支出項目のCO₂排出への影響度を示した。

また最後に、ゴミとCO₂排出の融合問題として、CO₂排出量を京都議定書に基づく目標削減値に抑制するためには、ゴミの量は長野市としてはどの程度削減されなければならないか、すなわち、CO₂排出量抑制下でのゴミの許容排出量について解析を行った。

* 大阪支店 TEL 06 (6621) 1211

** 工学部社会開発工学科 TEL 026 (269) 5307

*** 工学部社会開発工学科 TEL 026 (269) 5281

2. 可能性回帰分析によるゴミ排出量の予測

(1) ファジィ可能性回帰分析の定式化¹⁾

a) 時系列データを用いたファジィ可能性回帰モデル²⁾

本研究で取り扱うような時系列データを用いたモデルを構築する場合、誤差項間の相関関係（系列相関）について考慮する必要がある。そこで本研究では、ゴミ排出量 Y の予測をファジィ数 $A_i(\alpha_i, c_i)$ を持つファジィ可能性回帰分析に応用した。ここで i は家計消費支出項目に対応し α, c はファジィ数 A の中心と幅をそれぞれ表すものとする。ただし、 A_0 は定数項を表すものである。

$$Y = A_0 + A_1 \tilde{x}_1 + \cdots + A_n \tilde{x}_n \quad (1)$$

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

ただし、 $\tilde{x}_i = x_i' - \rho x_i^{t-1}$

$$\tilde{y}_i = y_i' - \rho y_i^{t-1} \quad (t = 2, 3, \dots, T)$$

すなわち、式(1)、(2)で示す様に、 t 期のデータと誤差項間の相関係数 ρ を乗じた $t-1$ 期のデータの差を用いることで、時系列モデルとしての誤差項間の系列相関を考慮している。これにより、各説明変数の変化に対する感度が向上し、推定結果における幅を適宜狭めることができるといった利点が考えられる。

また、誤差項間に系列相関が認められない場合(すなわち、 $\rho=0$ の場合)には、本モデルは式(3)、(4)のように変形できる。

$$Y = A_0 + A_1 x_1 + \cdots + A_n x_n \quad (3)$$

$$\left. \begin{array}{l} \min \sum_{i=1}^n c |x_i| = J(c) \\ \text{subject to} \quad y_i \leq \alpha x_i + (1-h)c |x_i| \\ \quad \quad \quad y_i \geq \alpha x_i - (1-h)c |x_i| \end{array} \right\} \quad (4)$$

b) 可能性回帰モデルの改善³⁾⁴⁾

普通に可能性回帰分析を行うと、いくつかの説明変数にしか幅がつかないという問題が生じる⁴⁾。これでは、目的変数を推定するときの説明変数をもつ、

表-1 説明変数

(長野市の全世帯平均1ヶ月間の消費支出項目)

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

消費支出項目に、無理に分類され得る可能性のような、曖昧さをすべて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な制約条件の追加により可能性回帰式の改善を行う。

$$\max\{c_1/a_1, \dots, c_n/a_n\} \leq \varepsilon \quad (5)$$

式(5)は、ファジィ係数 A_i の幅 c_i と中心 a_i との比が事前に与えた ε により制約されることを示す。

これらの定式化に従って、長野市のゴミ排出量の予測式を求める。

(2) ゴミ排出量予測式の構築

目的変数(Y)として長野市の1ヶ月あたりの可燃ゴミ排出量を、説明変数には、ゴミ排出に関連が大きいと考えられる長野市の一世代1ヶ月間あたりの家計消費支出15項目を用いた。その内訳を表-1に示す。また、推計のための実データとして、長野市の1993年4月から2000年3月までの7年度、84ヶ月分を用いた。

また、この時系列データにおける誤差項間での相関の有無についての検討を行った結果、ダービンワトソン $d=1.864$ 、コ克蘭オーカット ρ の t 値が $t=0.583$ となり、相関があると認められなかった。従って、本研究では、式(4)の可能性回帰モデルを用いることにした。

いま、 $h=0.2$ として式(4)、(5)を解くと、可燃ゴミ排出量のファジィ可能性回帰式は次のように得られる。ただし、解は $\varepsilon=0.290$ の最適解である。

$$\begin{aligned} Y = & (15311.4432) + (0.0020.0)x_1 + (0.0010.0)x_2 \\ & + (0.1080.040)x_3 + (0.0430.001)x_4 + (-0.0060.0)x_5 \\ & + (0.7860.0)x_6 + (3808.0.040)x_7 + (0.2480.004)x_8 \\ & + (-0.0030.0)x_9 + (2515.2.601)x_{10} + (-0.0020.0)x_{11} \\ & + (-0.0090.0)x_{12} + (4217.4.480)x_{13} + (0.5640.165)x_{14} \\ & + (2925.36.5)x_{15} \end{aligned} \quad (6)$$

また、このときの推定区間の様子を図-1に示す。

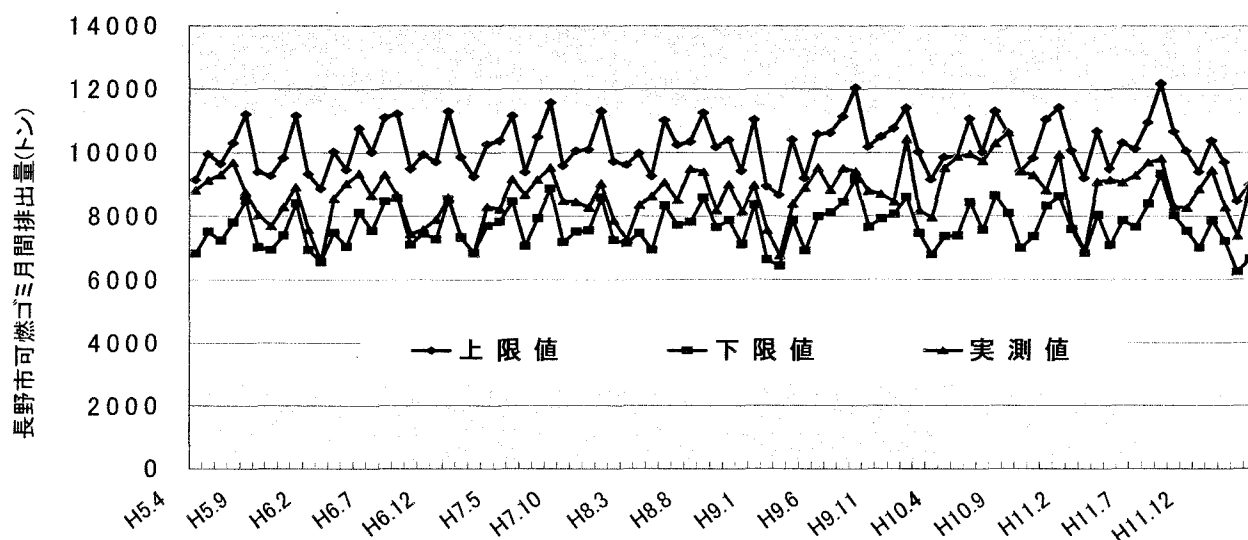


図-1 可燃ゴミ排出量の推定区間

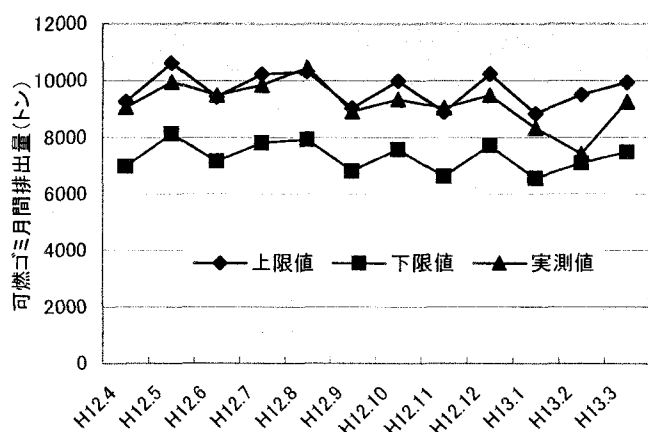


図-2 将来区間における実測値に対する予測値

式(6)より、約半数の説明変数に幅がついており、またその大きさは式(5)に従い、中心の値に比例したものとなっている。

(3) 将来区間における予測モデルの検証

次に、求めた予測式の妥当性を検討するため、式(6)の予測式に、2000年度の消費支出データを当てはめ、ゴミ排出量の予測値の最大値と最小値を算出し、2000年度のゴミ排出量の実測値とともに図-2に示す。

図-2からわかるように、最大値と最小値からなる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としては、現段階で用いているデータだけでは反映しきれていない分別の程度や過剰包装などの不確定要因

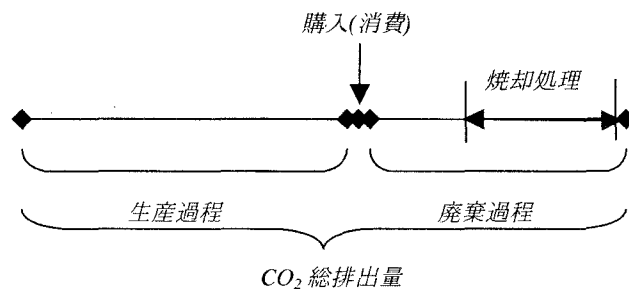


図-3 本研究における消費物のライフサイクル

についても検討し、予測モデルに組みこんでいく必要がある。

3. 家計消費支出に関するCO₂排出量の算定⁵⁾⁶⁾

近年の長野市の家計消費生活に関するCO₂排出量を算定するにあたり、本研究では図-3のようなライフサイクルを考えた。すなわち、消費物のライフサイクルを生産過程と、廃棄過程の大きく二つに分けて算定を行った。なお、ここで算出するCO₂排出量は、あくまで、消費支出データを用いて算出できる範囲での、一般家庭の家計消費支出に基づくCO₂排出量である。

(1) 消費物生産過程におけるCO₂排出量

a) ライフサイクルインベントリ分析⁷⁾

ライフサイクルインベントリ分析は、LCAの各過

表-2 排出原単位⁸⁾

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

程におけるエネルギーや資源の消費量, CO₂排出量といった環境負荷の数値を見積もり, 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⁸⁾を用いた産業連関分析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。

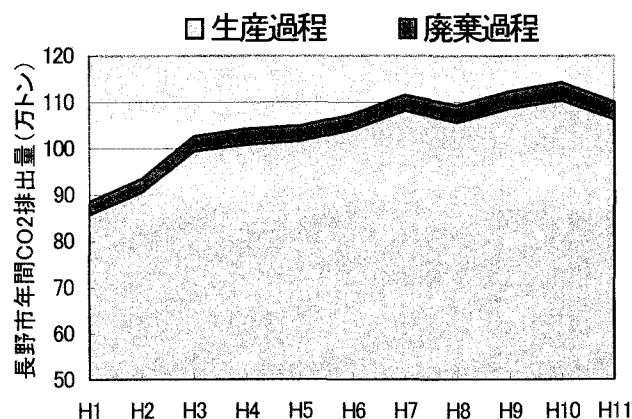
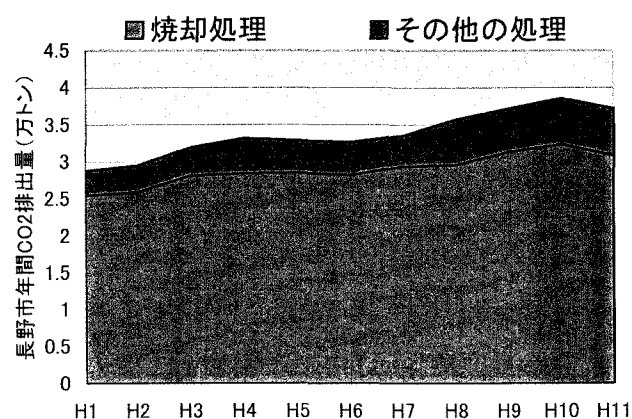
式(7)はインベントリ分析(産業連関分析法)における環境負荷量の一般的な算出式である。

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

x: 消費支出額) (7)

b) 消費物等生産過程における CO₂排出量

表-1の消費支出15項目とこの各項目に関連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, CO₂排出量である。原単位については各消費支出項目について表-2のように換算した。

図-4 ライフサイクル全体での CO₂排出量図-5 廃棄過程における CO₂排出量

(2) 消費物廃棄過程における CO₂排出量

ここでは, 一般家庭による消費物を廃棄する際, その処理工程において発生する CO₂排出量を算定する。この廃棄過程では, 廃棄による CO₂排出量の大部分を占める焼却処理に伴うものについてのみ個別に算定を行った。算定には, 環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会⁹⁾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を用いた。また, 焼却処理以外のその他の処理によって誘発されるものについては, 産業連関分析法により, 排出原単位「廃棄物処理」項目を用い, これに長野市の年間ゴミ処理費を乗じることにより算定した。

以上の算定結果を図-4, 図-5に示す。

(3) ライフサイクル全体の CO₂排出量

図-4は生産過程と廃棄過程での CO₂排出量を示している。グラフは積み上げ型になっており, つまり, これらの合計が消費支出に関するライフサイクル全

表-3 CO₂排出への影響度

排出原単位		消費支出額		CO ₂ 排出量	
消費項目	点数	消費項目	点数	消費項目	点数
魚介類	50.8	住居費	8.6	水道光熱費	70.1
水道光熱費	34.8	水道光熱費	7.4	魚介類	39.0
肉類	32.3	家具費	4.3	家具費	18.5
油脂・調味料	30.7	外食費	4.1	外食費	17.5
穀類	23.4	野菜	3.1	穀類	16.2
飲料	22.9	魚介類	2.8	肉類	15.6
酒類	21.2	穀類	2.5	油脂・調味料	10.1
乳卵類	17.6	調理食品	2.3	調理食品	8.8
家具費	15.9	菓子類	1.8	乳卵類	7.2
外食費	15.6	肉類	1.8	飲料	6.5
調理食品	13.6	乳卵類	1.5	酒類	6.2
菓子類	6.7	油脂・調味料	1.2	野菜	5.1
野菜	6.0	酒類	1.1	菓子類	3.3
果物	3.7	飲料	1.0	住居費	2.4
住居費	1.0	果物	1.0	果物	1.0

体でのCO₂の総排出量となる。CO₂排出量は、図-4の通り増加傾向にあり、近年においては横ばいぎみになっているものの、過去10年間では増加傾向にあることがわかる。1989(H1)年において約89万トンであったが、1999(H11)年では約111万トンという算出値となり、長野市の家計消費支出に関するCO₂排出量だけでも、10年間で約22万トンも増加したことになる。

さらに、図-4からも明らかであるが、生産過程でのCO₂排出量がライフサイクル全体での排出量の約90%を占め、廃棄過程での排出量よりも圧倒的に多くなっている。

また、図-5は、廃棄過程でのCO₂排出量の内訳を示している。廃棄過程のみの値でもやはり増加傾向にあり、なかでも廃棄過程によるCO₂排出量の約85%を占める焼却処理の工程が、CO₂排出の重要ファクターであることがわかる。

4. CO₂排出要因の分析

先で求めたCO₂排出量について、その排出の要因を分析する。ただしこの分析では、ライフサイクル全体の排出量の約90%を占める、長野市の消費物の生産過程で誘発されるCO₂排出量のみを対象としている。

表-4 CO₂排出要因の分類

原単位	消費金額	使用頻度	CO ₂ 排出量	
			大きい	小さい
		—	水道光熱費、魚介類	—
		—	肉類、油脂・調味料	—
		大	—	飲料
		小	—	酒類
		—	—	—
		大	調理食品	野菜
		小	家具費、外食費	住居費
		—	—	果物、菓子類
平均的な項目			穀類、乳卵類	

(1) 原単位、支出額による要因分析¹⁰⁾¹¹⁾

生産過程でのCO₂排出量は、式(5)より算定されるので、排出原単位と消費支出額の大きさに左右される。そこで、CO₂排出原単位、消費支出額、各消費支出項目のCO₂排出量を点数化し、その最小値を1としたときの大きさで、各消費項目の影響度を調べた結果を表-3に示す。

各消費項目のCO₂排出量の大小について見ていくと、排出原単位あるいは消費支出額の大きさにより、表-4のように分類できる。表-4ではさらに、主観的にみた使用頻度による細分類も行っている。

表-4より、家計消費支出項目に関して、CO₂排出量削減のために求められることは、

- ① 排出原単位、消費支出額がともに大きい、水道光熱費、魚介類の項目について、
「省エネルギーの推進」
- ② 排出原単位値が大きい、肉類、油脂・調味料の項目について、
「CO₂削減を目指した、加工処理技術の向上」
- ③ 消費金額が大きい、調理食品、家具費、外食費の項目について、
「消費者の外食傾倒の見直し」

であるといえる。

また、今後の課題として、より現実的に即した排出要因の分析をするためには、各消費項目の消費量をベースにした分析を行う必要がある。

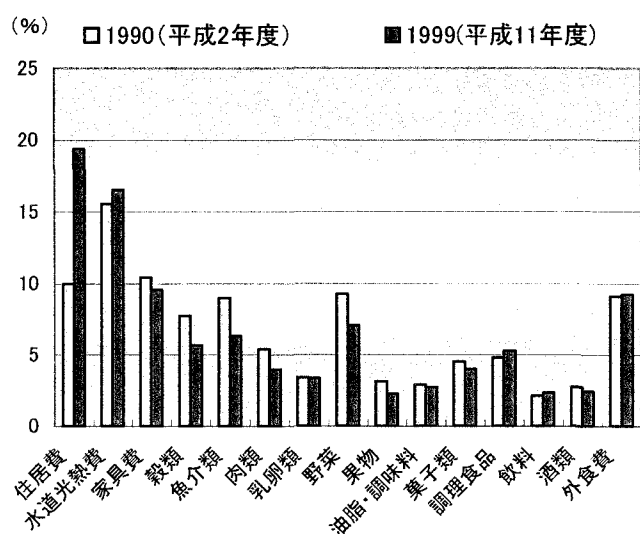


図-6 長野市の消費項目別支出額の割合

(2) 時代の変化による排出要因の変動

ここでは、1990 年度と 1999 年度を比較して、10 年間の時代の変化による、CO₂排出要因の変動について考察する。

図-6、図-7 は各消費支出項目の消費金額ならびに CO₂排出量が各年度での全体量(全体額)に占める割合を表している。時間の経過により、CO₂排出量の全体に占める割合が増加している項目は、住居費、水道光熱費、家具費、乳卵類、油脂・調味料、調理食品、飲料、外食費である。このなかで、消費金額の割合が減少しているのに、CO₂排出量の割合が増加してしまっている項目として、家具費、乳卵類、油脂・調味料が挙げられる。

この原因として、排出原単位の大きい穀類、魚介類、肉類などの消費金額の大幅な減少により、これらの CO₂排出量が全体に占める割合が大幅に下がり、その分だけ割合が大きくなったと考えられる。

また、調理食品、外食費の増加に対して、家庭内で用いられる、穀類、魚介類、肉類、野菜などの減少は、我々の食生活スタイルの変化を表していると考えることができ、さらに、水道光熱費により誘発される CO₂排出量が占める割合が増大しているが、これは、家庭内の電化製品の増加により、家庭用エネルギーの需要体系が変化したためであると推測できる。

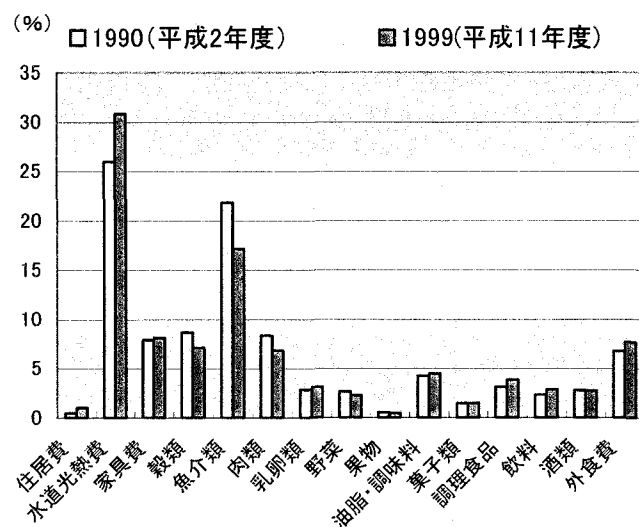


図-7 長野市の消費項目別 CO₂排出量の割合

5. 京都議定書¹²⁾に基づく長野市の CO₂必要削減率

1997 年に採択された京都議定書においては、我が国は CO₂排出量を 2008～2012 年までに 1990 年レベルの 6%削減値に削減することが義務付けられている。ここでは、この削減目標に基づき、長野市の家計消費支出に関する CO₂排出量の、達成目標年までに必要な毎年の削減率を求める。また、京都議定書でも容認されている森林が吸収する CO₂の量を排出量から差し引く方式(Net 方式)についても算定を行った。

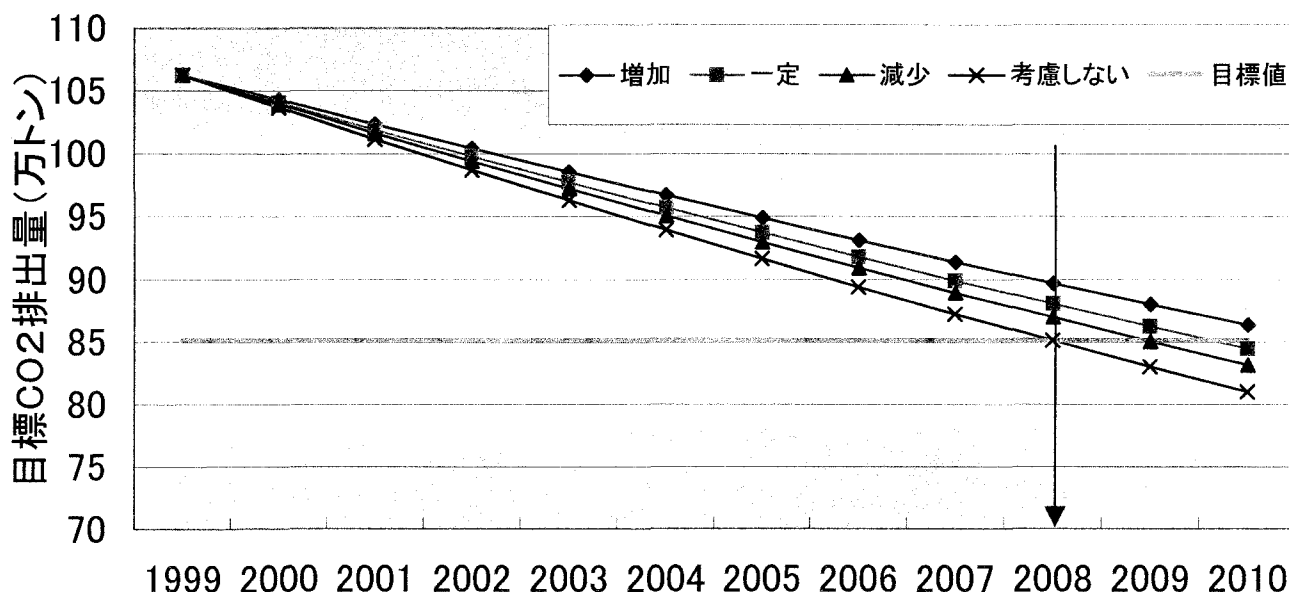
(1) 長野市の必要削減量と森林吸収量

a) 長野市の目標削減量

はじめに、京都議定書の削減目標に基づいた、長野市の必要削減量を試算する必要があるが、ここでの算定についても前と同様に、ライフサイクル全体の排出量の約 90%を占める結果となった、消費物の生産過程で誘発される CO₂排出量のみを対象としている。

長野市の家計消費に関する CO₂排出量(生産過程)は、1990 年において 90.5 万トンとなっており、この 6%削減値は 85.1 万トンである。

京都議定書によると、この目標排出量 85.1 万トンを 2008～2012 年の間に達成しなければならないが、これを 1999 年での CO₂排出量(106.2 万トン)と比較すると、最低でも約 21.1 万トン(1999 年の約 20%)が必要な削減量となる(図-9)。



達成目標年度	2008 年度			
森林吸収量	考慮しない	減少	一定	増加
必要毎年削減率 (%)	2.4	2.2	2.1	1.9

図 - 8 年度別 CO₂ 目標量と必要削減率

表 - 5 CO₂ 吸収量の割り当て

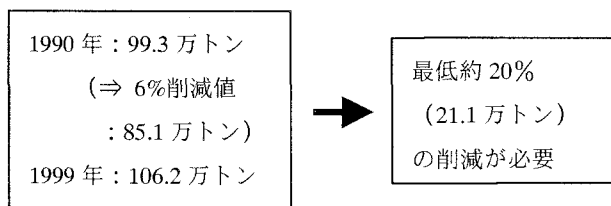


図 - 9 長野市の必要削減量

	CO ₂ 排出量	CO ₂ 吸収量	必要削減量 21 万トンの 約 14%
長野市全体	257 万トン	7.2 万トン	
家計消費分	106 万トン	2.9 万トン	
割合	41%	41%	

b) 森林吸収量

次に、長野市における森林による CO₂ 吸収量を算定する。算定には以下の式 (8) を用いた。¹³⁾

$$S = M \times B \times 0.5 \times (44/12) \quad (8)$$

ただし、S：森林による CO₂ 吸収量

M：森林面積

B：面積あたりのバイオマス成長量

長野市の 1999 年度の森林面積は 13,095 ヘクタールであるので、式 (8) から、森林による CO₂ 吸収量は約 7.2 万トンとなる。ただし、これは長野市全体での吸収量であるため、本研究で対象としている家計消費支出からの CO₂ 排出量の分に割り当てる必要がある。1999 年度の長野市全体での総 CO₂ 排出量は約 257 万トン、本研究で算出した長野市の家

計消費支出からの CO₂ 排出量は約 106 万トンであるから、これの全体に対する割合は約 41% となり、よって本算定で用いるのに妥当な CO₂ 吸収量は 7.2 万トンの 41% の 2.9 万トンになる。必要削減量が約 21 万トンなので、この CO₂ 吸収量により約 14% を補うことが可能となることがわかる。以上を表 - 5 にまとめたのせた。

(2) 長野市の CO₂ 必要削減率

5.(1)での試算をもとに、長野市の家庭消費に関する CO₂ 排出量の、達成目標年 (2008 年) までに必要な毎年の削減率を算定した結果を図 - 8 に示す。

図 - 8 は、森林面積の変化により、CO₂ 吸収量が増加、減少、一定である場合と CO₂ 吸収量を考慮しない場合の、目標 CO₂ 排出量の推移 (2008 年達成) をそれぞれ示している。ただし、森林面積の増加・減少率は毎年 5% ずつと仮定している。

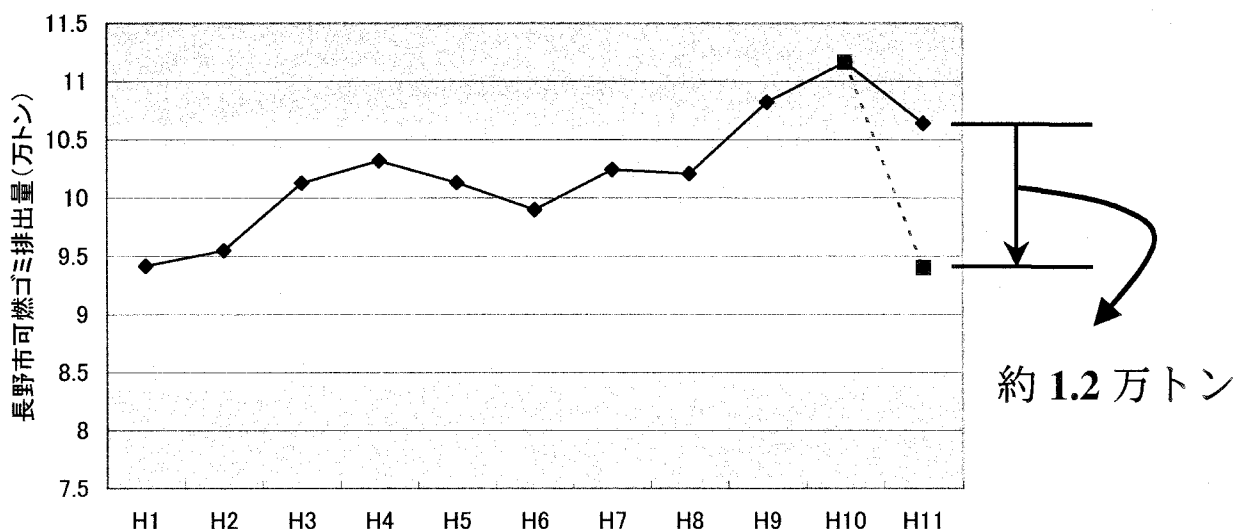


図 - 10 可燃ゴミの許容排出量

森林面積の毎年 5%増加により、CO₂吸収量を考慮しない場合に比べ、必要削減率は 0.5%も緩和される。しかし、これは逆に考えると、森林面積を前年比 5%ずつ増加させていったとしても、CO₂排出量を前年比 1.9%ずつ削減していかなければならないことを意味し、かなり厳しい対応が求められる結果となった。

6. CO₂排出量制限下での許容ゴミ排出量

ここでは、ゴミ排出と CO₂排出問題の融合問題として、CO₂排出量が京都議定書における削減目標を下回るためには、家庭でどのような消費の仕方をして、ゴミの排出量をどのくらい削減しなければならないのか、ということを考える。すなわち、CO₂排出量制限下でのゴミの許容排出量について算定を行った。

(1) 線形計画問題の定式化

許容ゴミ排出量の最大量を求めるために、次に示すような線形計画問題として定式化した。

maximize :

$$\begin{aligned}
 Y = & 1531.1 + 0.002x_1 + 0.001x_2 + 0.108x_3 \\
 & + 0.043x_4 - 0.006x_5 + 0.786x_6 + 380.8x_7 \\
 & + 0.248x_8 - 0.003x_9 + 251.5x_{10} - 0.002x_{11} \\
 & - 0.009x_{12} + 421.7x_{13} + 0.564x_{14} + 292.5x_{15}
 \end{aligned} \quad (9)$$

$$\text{subject to : } \sum_{i=1}^{15} x_i g_i \leq Z_T \quad (10)$$

ただし、

Y : 可燃ゴミ排出量

$x_i (i=1, \dots, 15)$: 消費支出項目 (表 - 1)

$g_i (i=1, \dots, 15)$: CO₂排出原単位 (表 - 2)

Z_T : CO₂排出制限量

(1990 年度 CO₂排出量の 6%削減値)

ここで目的関数 Y は CO₂排出量制限下でのゴミ排出量の最大許容限界値を求める問題になっている。

式 (9) は、可能性回帰分析で得られた可燃ゴミ排出量の予測式 (6) を用いた。ただし、各 x_i の係数としては、各係数の幅は考慮していない中心値のみを用いている。

また、制約条件の式 (10) の、CO₂排出制限量 Z_T には、5-(1)-a)で試算した 1990 年度の排出量 (90.5 万トン) から 6%削減した値 (85.1 万トン) を設定している。

この最大値問題を解いた結果を図 - 10 に示す。

図 - 10 において、実線は長野市の年間可燃ゴミ排出量の推移を、点線は CO₂排出量を 1999 年度を仮の削減目標値に制限したときの年間可燃ゴミ排出量の許容量を示している。この年間可燃ゴミ許容排出量の数値としては、約 9.4 万トンと算出され、1999 年度を比較年度とすると、1999 年度の実測値である約 10.6 万トンから最低でも約 1.2 万トン (約 11%) もの可燃ゴミ排出量を削減しなければ CO₂の削減目標をクリアできないというかなり厳しい結果となった。

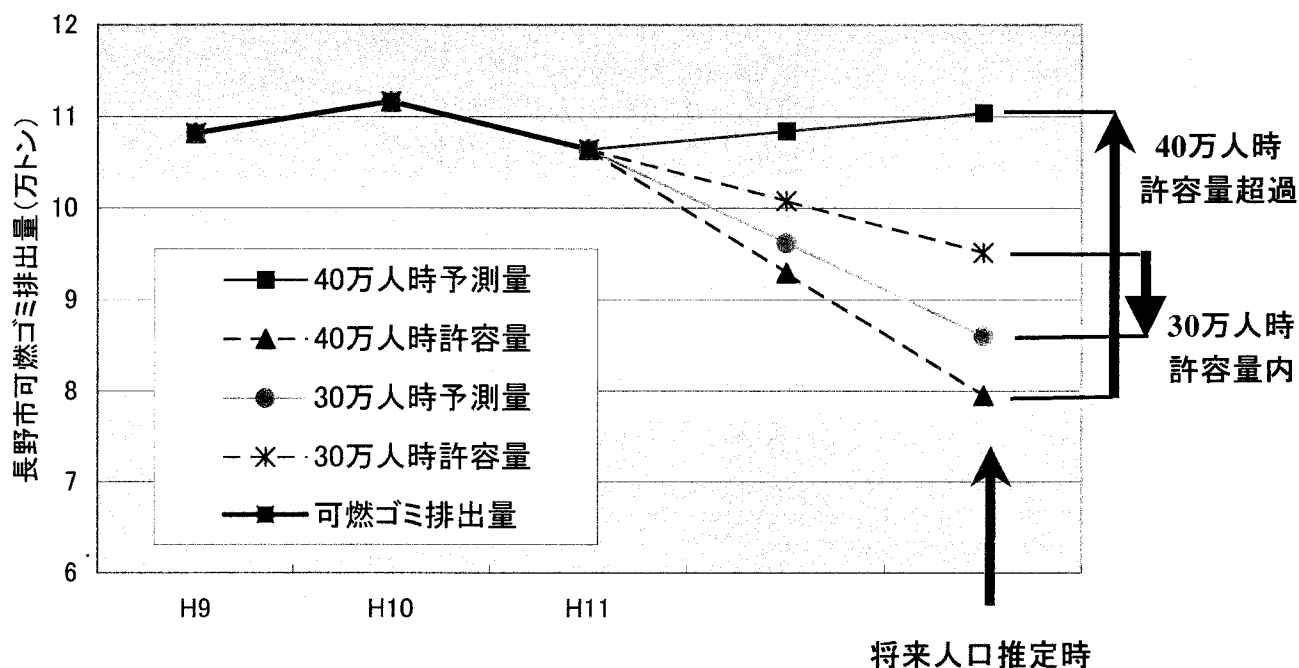


図 - 11 人口推定時の可燃ゴミの許容排出量

もちろん、京都議定書による CO_2 削減の達成目標年は 2008 年～2012 年であるので、可燃ゴミ排出量を即座に 11% 削減するような消費をしなければならないわけではないが、それでも毎年 1.0%～1.5% (1000 トン～1500 トン) のゴミ排出量の削減が強いられる。

(2) 将来人口推定時の許容ゴミ排出量

次に、将来的な人口推移を考慮し、可燃ゴミの許容排出量についての算定を行った。将来人口としては、長野市の人口がここ最近 10 年間に於いて 34 万人から 36 万人の間で推移していることから、将来人口が 40 万人に増加した場合と 30 万人まで減少した場合について算定を行った。結果を図 - 11 に示す。

図 - 11 において、実線は人口推定時の予測排出量を、破線は許容排出量を示している。推定人口が 40 万人の場合は、予測排出量が約 11 万トン、許容排出量が約 8 万トンを示しており、 CO_2 目標量を達成するには、可燃ゴミ排出量を約 3 万トン削減するような消費の仕方が求められ、消費者への困難が強いられることがわかる。逆に、推定人口が 30 万人の場合は、予測排出量が約 8.6 万トン、許容排出量が約 9.5 万トンで、予測量が許容量を下回ることになり、現状のような消費の仕方でも CO_2 目標量を達成可能であることがわかる。

7. むすび

本研究では、家計消費支出データを共通の排出要因として、可能性回帰分析やライフサイクルインベントリ手法を用い、地方都市である長野市のゴミ排出量と CO_2 排出量についての解析を行った。

長野市のゴミ排出量の解析では、可能性回帰分析を用い、可燃ゴミの排出量を目的変数、家計消費支出項目を説明変数として可燃ゴミの排出量予測モデルを構築することができた。

次に、LCA のインベントリ手法などにより、長野市の一般家庭の家計消費支出に起因する CO_2 排出量の算出を行った。この結果、一般家庭の家計消費支出に起因する CO_2 排出量は、ゆるやかながら増加傾向にあることがわかった。また、ライフサイクル全体での排出量の約 90% を占める結果となった消費物の生産過程について、 CO_2 排出要因の分析を行い、各消費項目の CO_2 排出への影響度を調べ、数値的に示した。さらに、京都議定書における我が国の CO_2 削減量目標に基づき、長野市としての毎年必要削減率を求めた。

最後に、ゴミ排出、 CO_2 排出の融合問題として、 CO_2 排出量を目標削減値に抑制したときに、ゴミの

量は長野市全体としてどの程度削減されなければならないか、すなわち、CO₂ 排出量制限下でのゴミの許容排出量を算定した。結果は、長野市の CO₂ 排出量を目標値に抑えるために、1999 年度においては、約 10.6 万トンある可燃ゴミ排出量から、約 1.2 万トン削減するような消費をしなければならないというかなり厳しいものとなった。

本研究で取り上げたゴミや CO₂ などの環境問題は、一部の人間によって一朝一夕にして解決されるものではなく、住民ひとりひとりが考えていかなければならない問題である。

しかし、本研究で行ったような具体的指標の提示、そして行政側の積極的な働きかけが、住民の環境問題への潜在的意識を呼び起こし、環境問題の解決への糸口となるであろう。

【参考文献】

- 1) 寺野寿郎, 浅井喜代治, 菅野道夫: ファジィシステム入門, オーム社, 1990.
- 2) 縄田和満: Excel 統計解析ボックスによるデータ解析, 朝倉書店, 2001
- 3) 石渕久生, 田中英夫, 黄承国: 作業時間解析におけるファジィ回帰分析手法の比較, システム制御情報学会論文誌, Vol.3, No.3, pp.90-92, 1990
- 4) 浅野真, 土方一彦, 小山健: ファジィ可能性回帰分析のファジィ係数の幅について, 日本ファジィ学会誌, Vol.9, No.3, pp.395-401, 1997.
- 5) 井村秀文: 建設の LCA, オーム社, 2001.
- 6) 土木学会地球環境委員会: 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, 鹿島出版会, 2000.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会: 平成 14 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会廃棄物分科会報告書
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/h1408/haikibutsu.pdf>
- 10) 朝倉啓一郎, 早見均, 溝下雅子, 中村政男, 中野諭, 篠崎美貴, 鷲津明由, 吉岡完治: 環境分析用産業連関表, 慶応義塾大学出版会, 2001
- 11) 近藤美則, 森口祐一, 清水浩: 家計の消費支出から見た CO₂ 排出構造の経時的分析, 環境科学会誌, 環境科学会, 1998.
- 12) 環境省地球環境局:
<http://www.env.go.jp/earth/index.html>
- 13) 独立行政法人森林総合研究所四国支所:
<http://www.affrc.go.jp/ffpri-skk>
- 14) 長野市統計書: 長野市
- 15) 長野市環境白書: 長野市環境部

The garbage volume analysis to consider CO₂ emission reduction using households survey data

By Yuki FUJIKAWA, Tatsuo TAKASE, Ken KOYAMA

Recently, The garbage problem has become aggravated. This Problem includes that the capacity of waste treatment plants is not only insufficient, but also the global warming is caused by carbon dioxide emission. This research investigates the garbage volume and CO₂ emission reduction in Nagano city using households survey data. A life cycle inventory analysis is employed to represent the relation between the CO₂ emission and household expenditures. At the same time, the forecasting model of the garbage volume is also estimated by using a possibilistic regression model. And using these models, as restrains on CO₂ emission, the garbage volume is estimated.