

第5章 CO₂に関する分析

5.1. 概要

本節では、前節で問題となった食品由来の CO₂ 排出量に焦点を絞り解析を進めていく。各嗜好パターン、制約条件別の CO₂ シャドウプライスを算出し、どの嗜好パターンがより嗜好を損なうことなく CO₂ を削減することができるのか、どれだけの CO₂ が削減可能なのかを明らかにする。まず、現状の排出量からの削減率あたりの CO₂ シャドウプライスを示す。その後、削減量あたりのシャドウプライスを示す。

5.2. シャドウプライスについて

CO₂ 排出制約のシャドウプライスは追加的 1t の排出削減のための費用（限界削減費用）であり、環境税制度の分析では「環境税率」、排出権取引制度の分析では「排出権価格」と呼ばれている。本研究では、目的関数で最大化させている「効用」をシャドウプライスにおける費用と同一のものとし、追加的に 1 単位排出削減をするときに失われる効用と解釈する。

第4章で行った 12 種類の最適化(嗜好パターン別、摂取パターン別)のそれぞれにおいて、全体、生産過程における CO₂ 排出量、国内輸送過程における CO₂ 排出量、輸入過程における CO₂ 排出量の 3 つを、現状より 5,10,15,20%(群別摂取量制約なし時の生産過程における CO₂ 排出量のみ 5~45%)削減した際のシャドウプライスを計測した結果を 5.3. に示す。全体とは、生産過程・国内輸送過程・輸入過程に分けずに、トータルの CO₂ 排出量に制約を新たにかける、その数値を変化させたもののことを指す。エントロピー項を考慮する際は、式(4.4.2)をみるとわかるように t をかけるため、群別摂取量制約なし・あり時に比べて、最終的に最大化させる効用値が小さくなり、シャドウプライスの絶対値を比較すると、エントロピー項ありのみが低くなってしまう。そのため、原則としてシャドウプライスを最大化させた効用値で除した値を比較する。

5.3. 削減率あたりのシャドウプライスの結果と考察

・全体

<摂取パターン別>

・群別摂取量制約なし

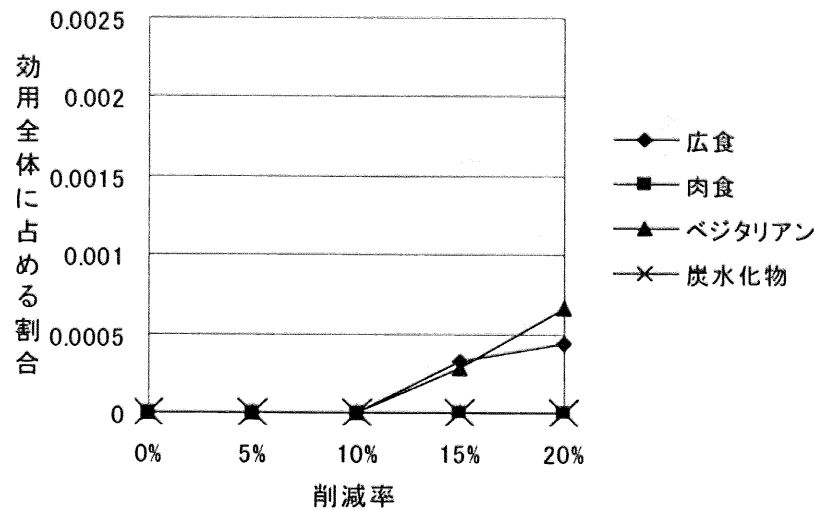


図 5-1 食品群別摂取量がない場合の総 CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・群別摂取量制約あり

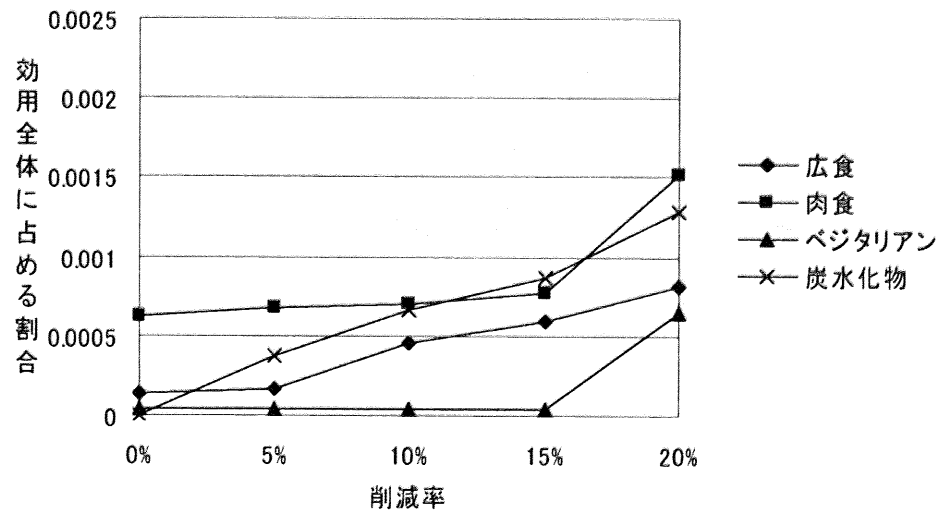


図 5-2 食品群別摂取量がある場合の総 CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・エントロピー項あり

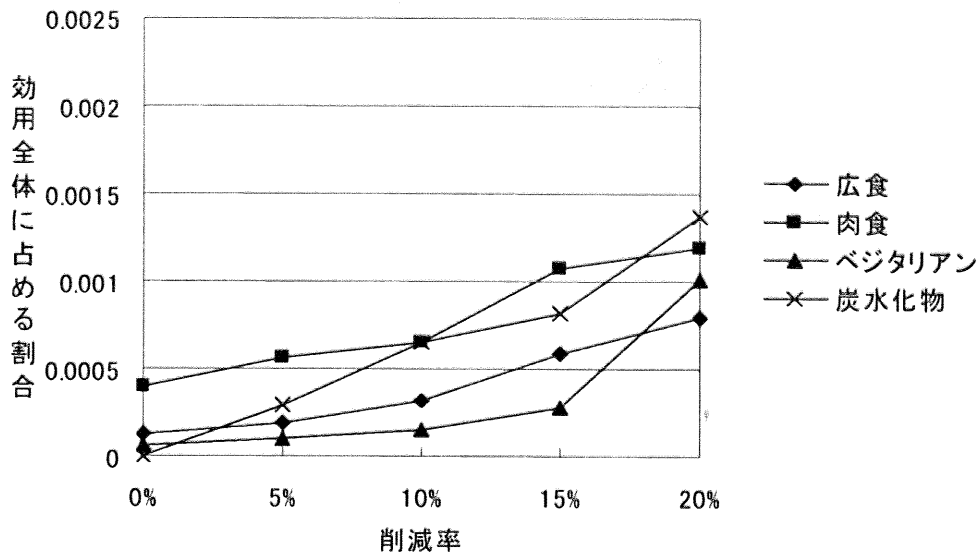


図 5-3 エントロピー項がある場合の総 CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

群別摂取量制約がない場合、他と比較してシャドウプライスは小さい。群別摂取量制約がある場合と、エントロピー項がある場合は大差はなく、ある程度以上の食品分散摂取は CO₂ 削減の観点からみたときに関係がないことがわかった。

<嗜好タイプ別>

・広食型

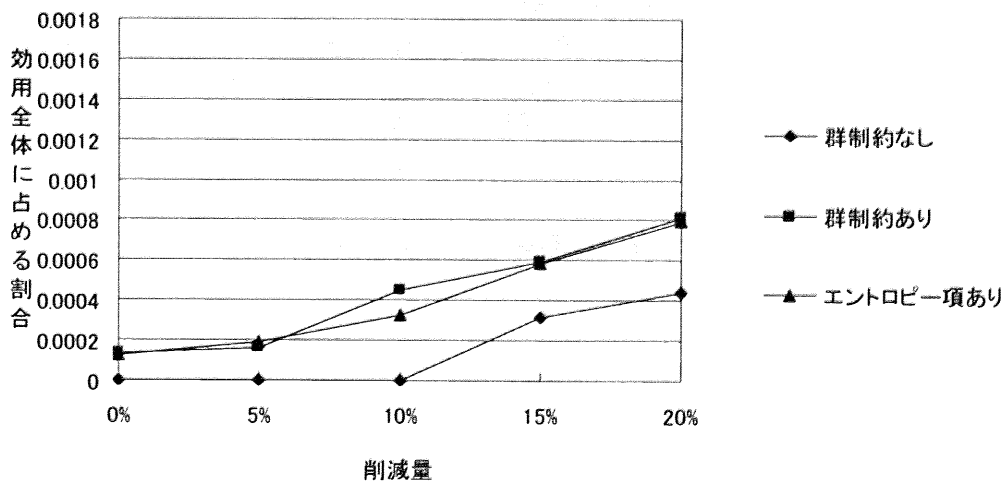


図 5-4 広食型の総 CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・肉食型

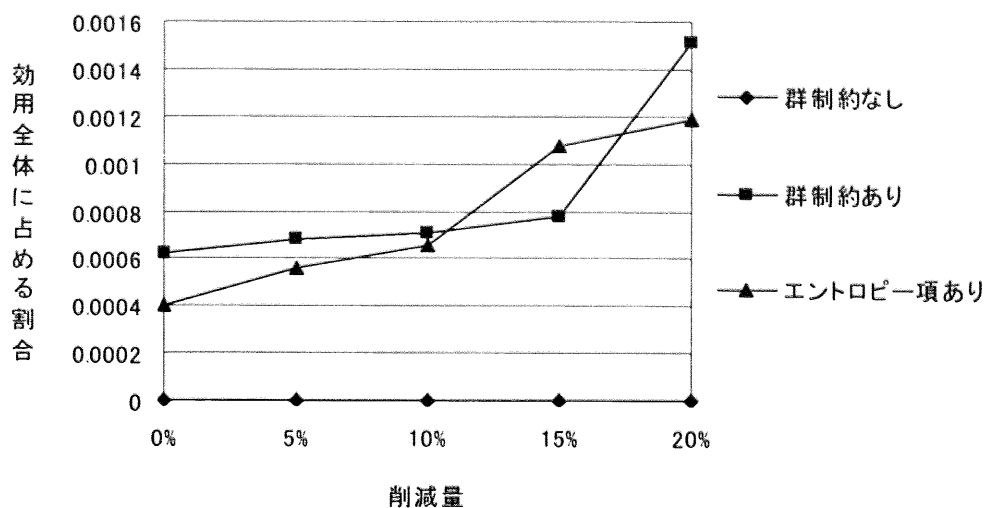


図 5-5 肉食型の総 CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・ベジタリアン型

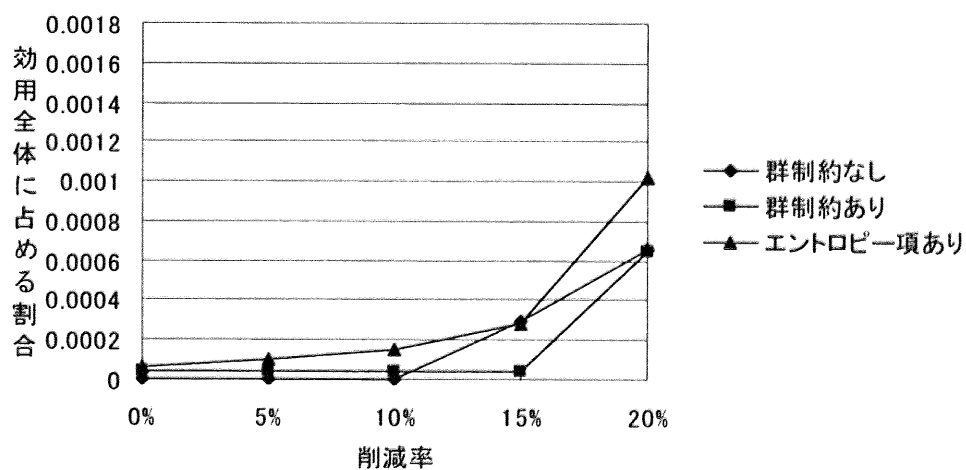


図 5-6 ベジタリアン型の総 CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・炭水化物型

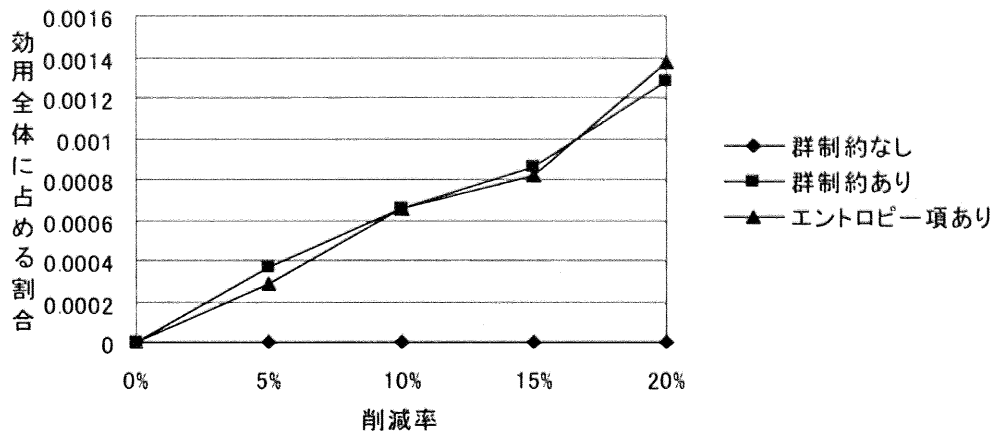


図 5-7 炭水化物型の総 CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

広食型は、20%削減の場合でも最大 0.0008 程度の効用低下で済む。これは他のタイプと比べて最小であり、最も CO₂ 削減しやすい食事パターンであるといえる。ベジタリアン型は、10%削減までは、どの摂取タイプでもシャドウプライスはほぼ変わらない。肉食・炭水化物型では、群別摂取量制約なしの場合以外で、削減率が高くなるほど効用の低下が他の嗜好タイプよりも大きくなっている。肉食・炭水化物型では、効用を下げずに、即ち肉類や炭水化物の摂取を減らして CO₂ 削減することは困難であることが分かる。

・生産過程

<摂取パターン別>

・群別摂取量制約なし

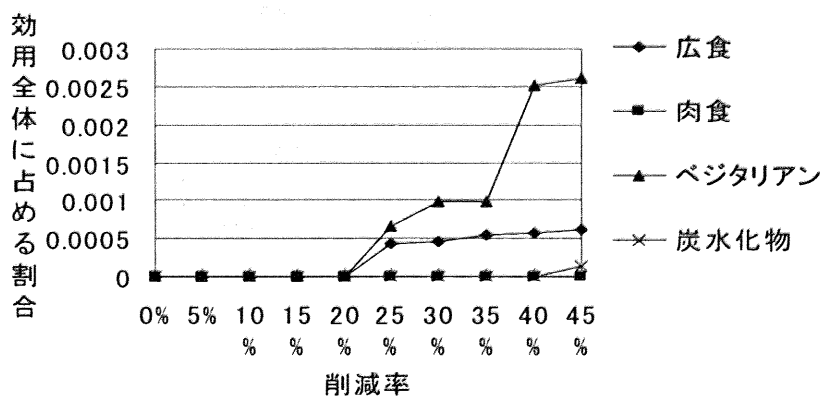


図 5-8 群別摂取量制約がない場合の生産過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・群別摂取量制約あり

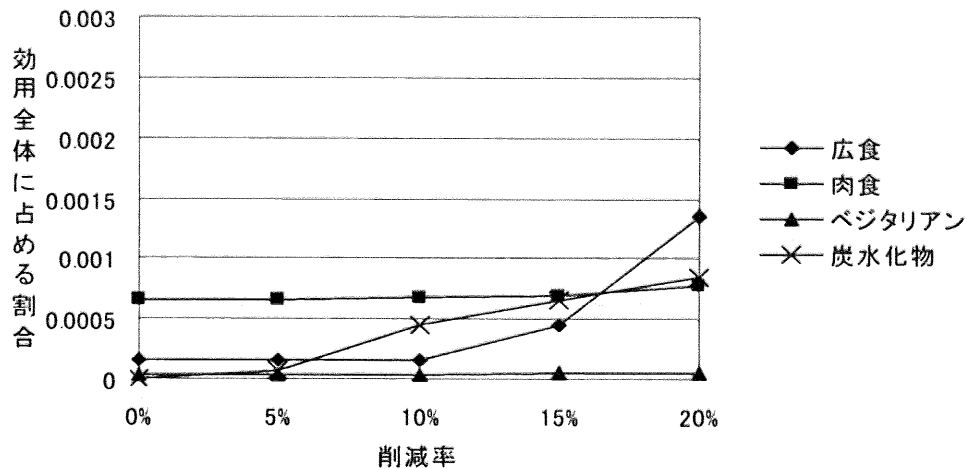


図 5-9 群別摂取量制約がある場合の生産過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・エントロピー項あり

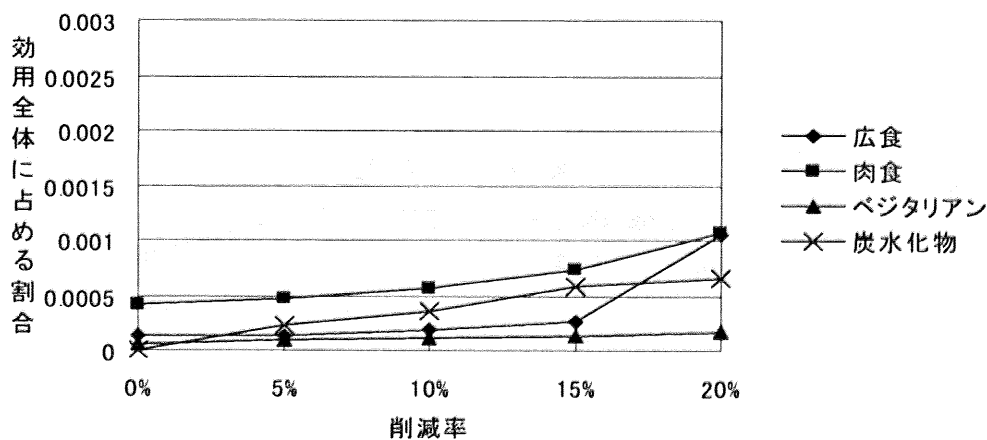


図 5-10 エントロピー項がある場合の生産過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

群別摂取量制約がない場合、全嗜好パターンで効用全体に占めるシャドウプライスは 0 である。これは効用をまったく下げることなく生産にかかる CO₂ 排出量を減少させることができることを意味している。群別摂取量制約がある場合は、エントロピー項を考慮したほうが全体的に効用全体に占めるシャドウプライスが低い傾向にあるため食品の分散摂取による CO₂ 排出削減の可能性が示された。

<嗜好タイプ別>

・広食型

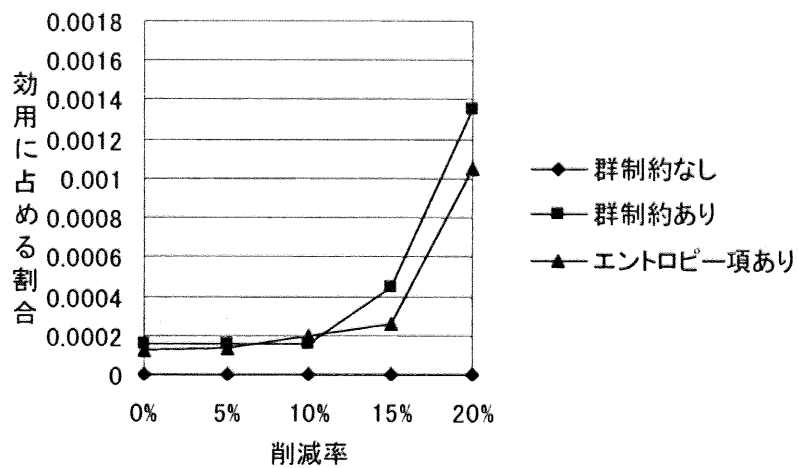


図 5-11 広食型の生産過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・肉食型

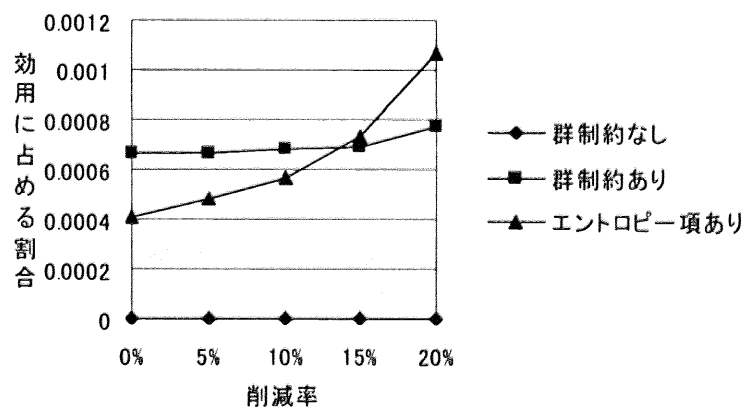


図 5-12 肉食型の生産過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・ ベジタリアン型

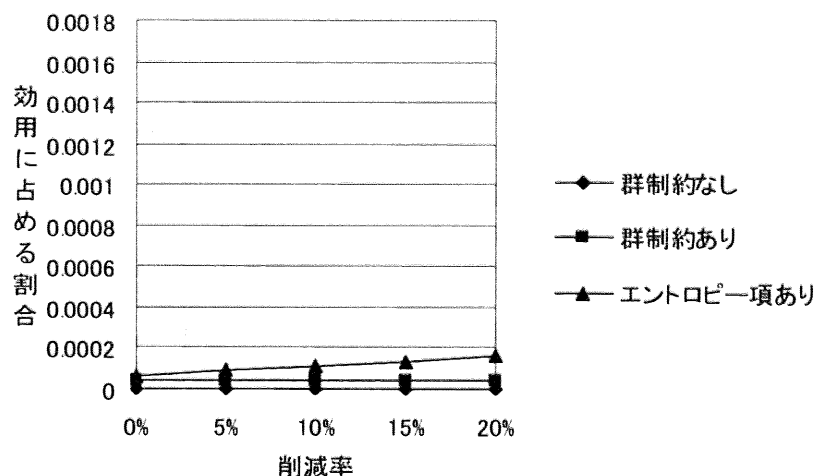


図 5-13 ベジタリアン型の生産過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・ 炭水化物型

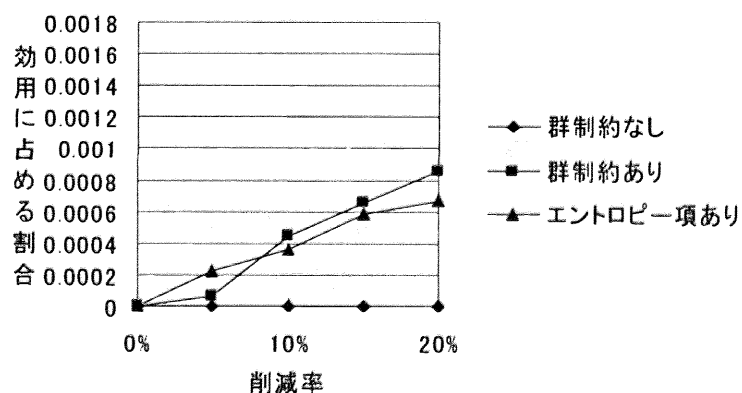


図 5-14 炭水化物型の生産過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

広食型は削減率 15%以上で、シャドウプライスの効用に占める割合が増加し始めている。15%までは削減しても効用は減りにくいことを意味し、ある程度の CO₂ 排出量削減が行いやすいといえる。肉食型は、他と比べてシャドウプライスの効用に占める割合が高い。これは、生産過程の CO₂ 排出量を削減しようとすると、効用を低下させてしまうことを意味し、肉食は生産過程の CO₂ 排出量が削減しにくいことを意味する。ベジタリアン型は、他と比べてかなりシャドウプライスの効用に占める割合が低い。これは、効用をほぼ損なうことなく生産過程の CO₂ 排出量を削減することができることを意味する。

・国内輸送過程

<摂取パターン別>

・群別摂取量制約なし

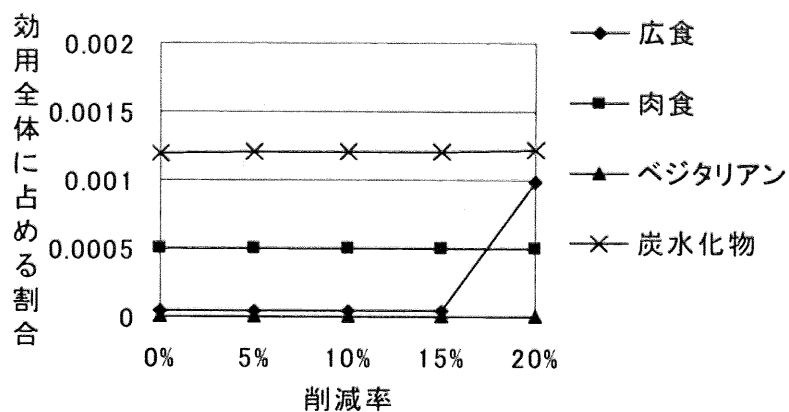


図 5-15 群別摂取量制約がない場合の国内輸送過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・群別摂取量制約あり

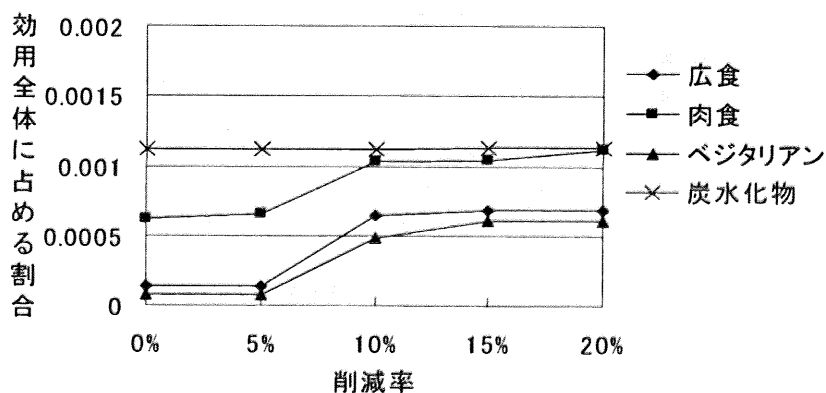


図 5-16 群別摂取量制約がある場合の国内輸送過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・エントロピー項あり

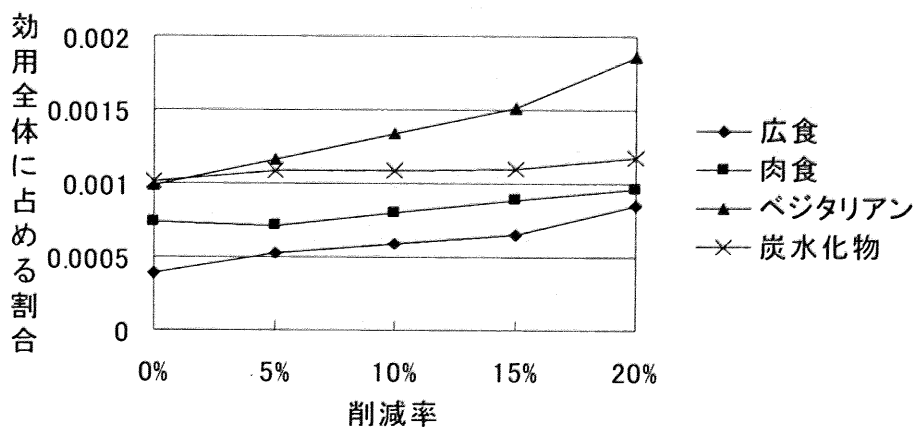


図 5-17 エントロピー項がある場合の国内輸送過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

食品群別摂取量制約がない場合、削減率 15%まではどの嗜好タイプでもシャドウプライスの効用全体に占める割合は一定である。食品群別摂取量を気にせず摂取する際は、国内のどこから食品が来たかに注意するだけでも効用を損なうことなく CO₂ 排出量を削減できるといえる。食品群別摂取量制約がある場合、削減率 5%まではどの嗜好タイプでもシャドウプライスの効用全体に占める割合は一定である。特に、炭水化物型はその後まほ一定であり、炭水化物型は食品群別摂取量を守る場合に、効用を損なうことなく大きな CO₂ 削減効果が見込まれる。エントロピー項を考慮した場合は、シャドウプライスの効用全体に占める割合はベジタリアン型を除き、どれもまほ一定である。炭水化物型は、どの摂取パターンであっても効用をあまり低下させることなく、国内輸送過程における CO₂ 排出量を削減できることが分かった。

<嗜好タイプ別>

・広食型

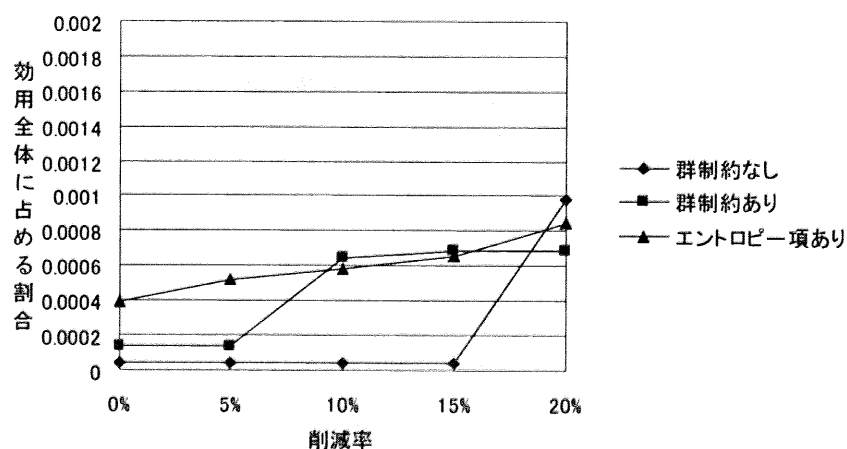


図 5-18 広食型の国内輸送過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・肉食型

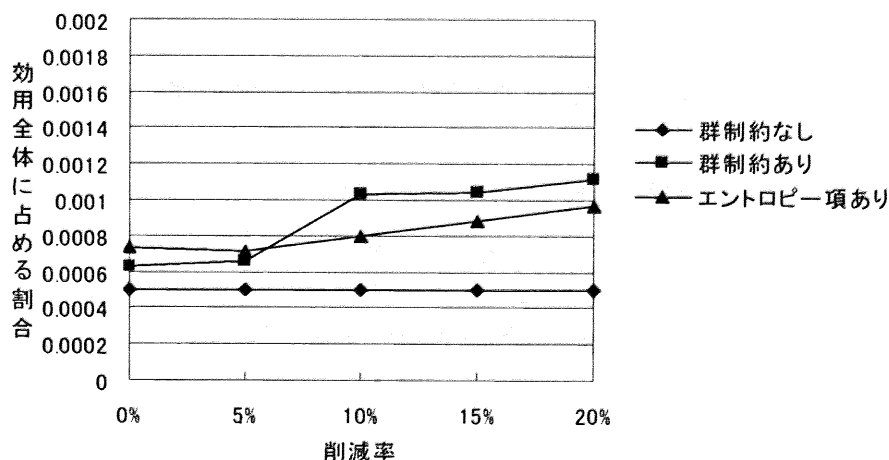


図 5-19 肉食型の国内輸送過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・ ベジタリアン型

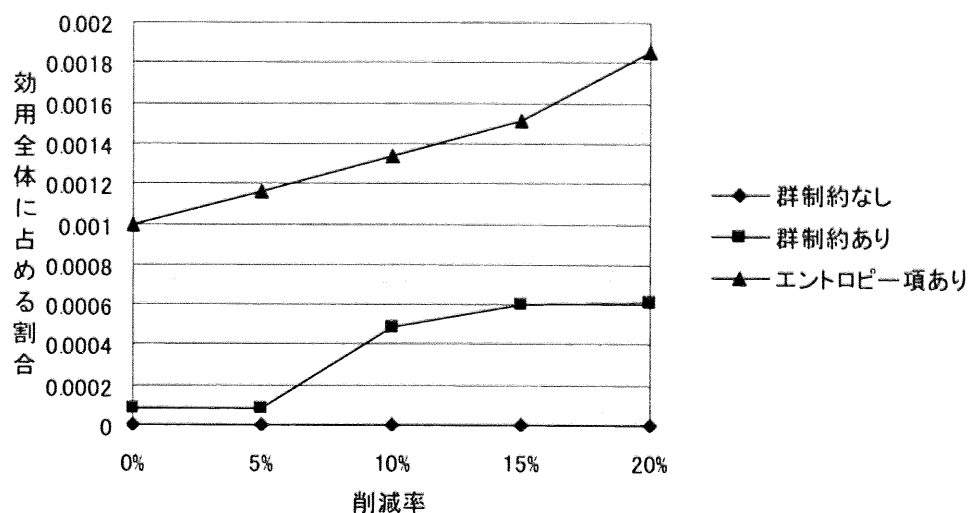


図 5-20 ベジタリアン型の国内輸送過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・ 炭水化物型

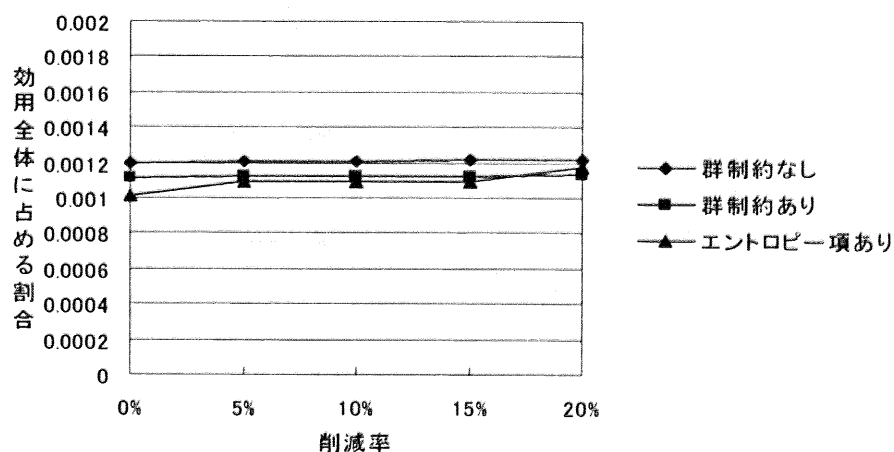


図 5-21 炭水化物型の国内輸送過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

ベジタリアン型を除く 3 タイプでは、エントロピー項ありのほうが食品群別摂取量制約ありに比べて、シャドウプライスの効用全体に占める割合が小さい傾向にあった。逆に、ベジタリアン型は、摂取パターンによって大きく差が出た。エントロピー項を考慮した場合に、特にシャドウプライスの効用全体に占める割合が増加した。食品群別摂取量に関係なく摂取するほうが、国内輸送過程における CO₂ 排出量削減に貢献できることが分かった。

・ 輸入過程

< 摂取パターン別 >

・ 群別摂取量制約なし

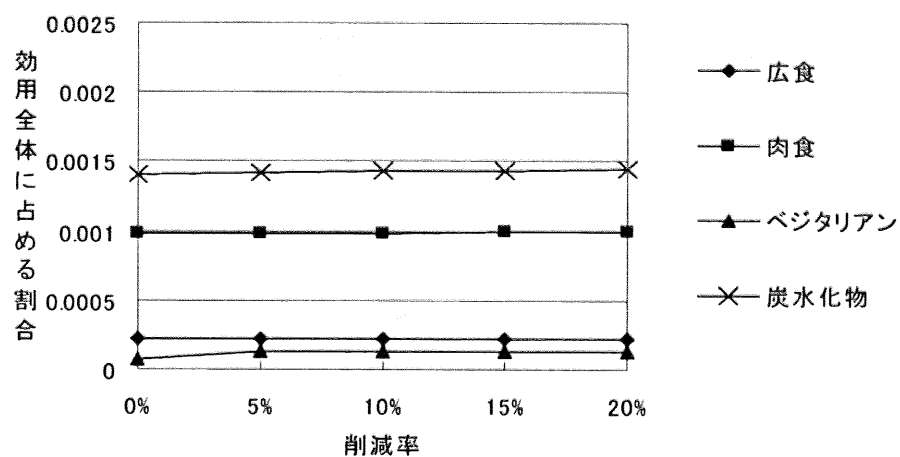


図 5-22 群別摂取量制約がない場合の輸入過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・ 群別摂取量制約あり

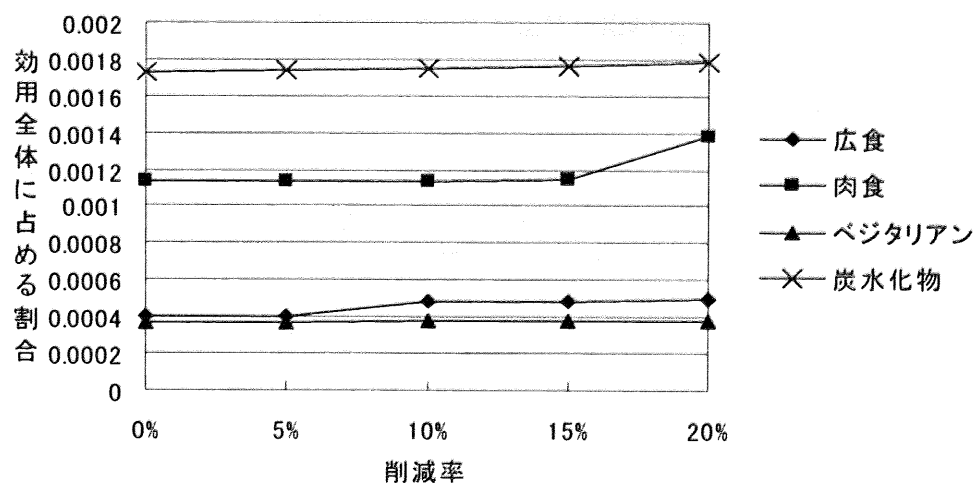


図 5-23 群別摂取量制約がある場合の輸入過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・エントロピー項あり

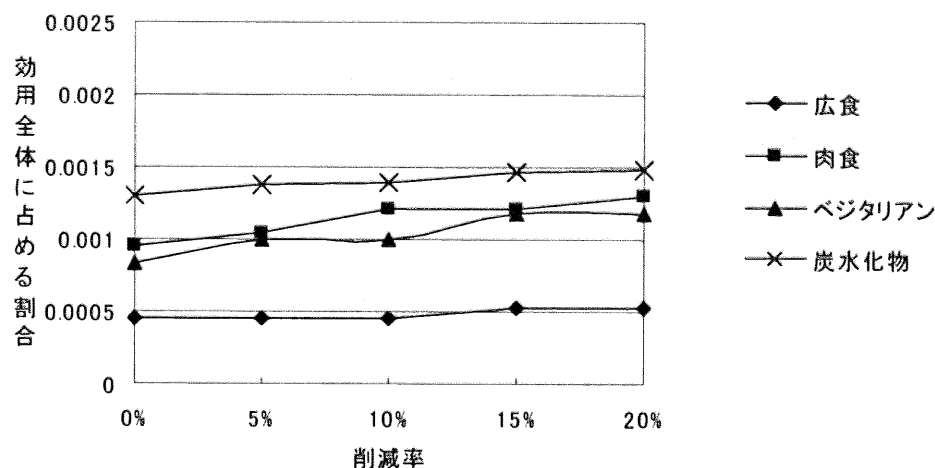


図 5-24 エントロピー項がある場合の輸入過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

群別摂取量制約がないとき、どの嗜好タイプでもシャドウプライスの効用全体に占める割合はほぼ一定となった。これは、効用をほぼ損なうことなく、輸入過程における CO₂ 排出量を削減できることを意味している。群別摂取量制約があるときは、広食型とベジタリアン型のシャドウプライスの効用全体に占める割合が低い値でほぼ一定となった。肉食、炭水化物型でも、低い値ではないが、ほぼ一定となった。エントロピー項がある場合は、どの嗜好タイプもシャドウプライスの効用に占める割合はほぼ一定であり、効用をほぼ損なうことなく、輸入過程における CO₂ 排出量を削減できる可能性があることを示唆している。

<嗜好タイプ別>

・広食型

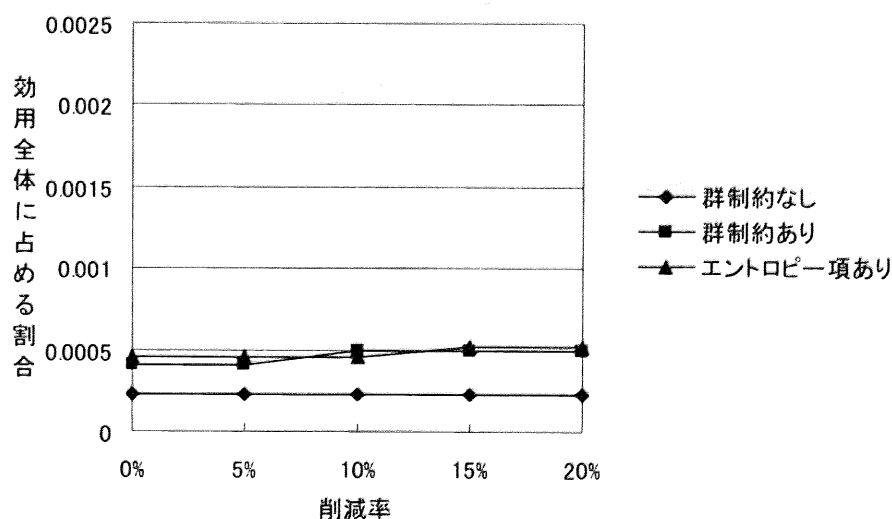


図 5-25 広食型の輸入過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・肉食型

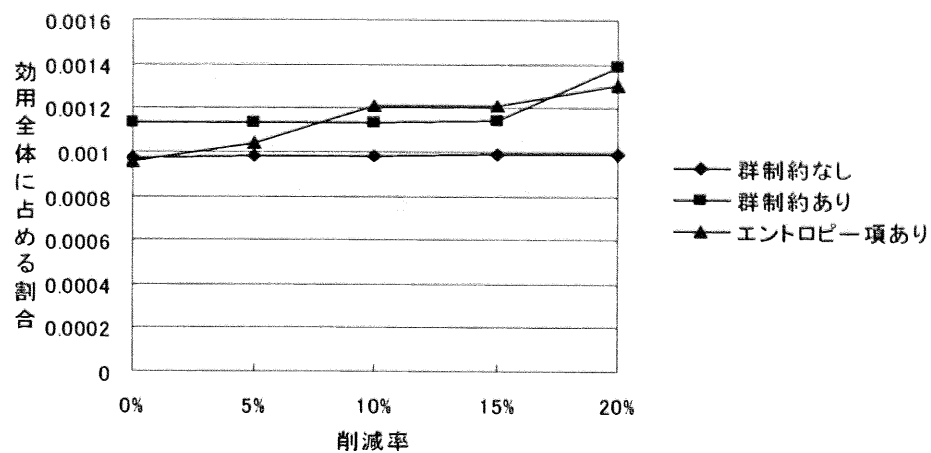


図 5-26 肉食型の輸入過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・ベジタリアン型

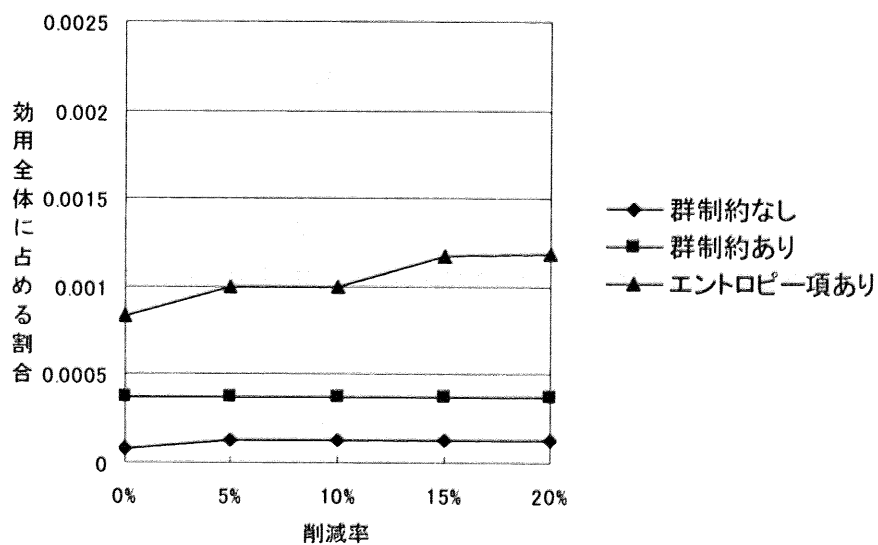


図 5-27 ベジタリアン型の輸入過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

・炭水化物型

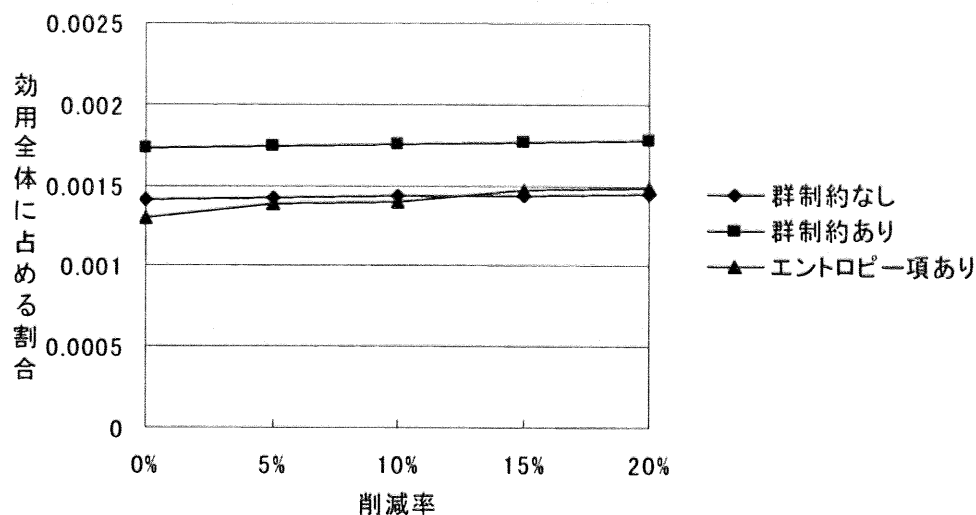


図 5-28 炭水化物型の輸入過程における CO₂ 排出量削減時のシャドウプライス

広食型は他の嗜好タイプと比べると、シャドウプライスの効用全体に占める割合は、全ての摂取パターンで比較的小さいところで安定している。これは、どれを摂取しても特に効用は変わらない場合は、輸入過程における CO₂ 排出量を効用を損なうことなく削減できることを意味する。炭水化物型では、広食型よりはシャドウプライスの効用全体に占める割合が大きいものの、全ての摂取パターンでほぼ一定値をたっており、これも輸入過程における CO₂ 排出量を効用を損なうことなく削減できることを意味する。

5.4. 削減量あたりのシャドウプライスの結果と考察

生産過程、国内輸送過程、輸入過程において、5.3.で現状からの削減率あたりで表したものを、削減量の絶対値に換算したものが以下の図 5-29 である。

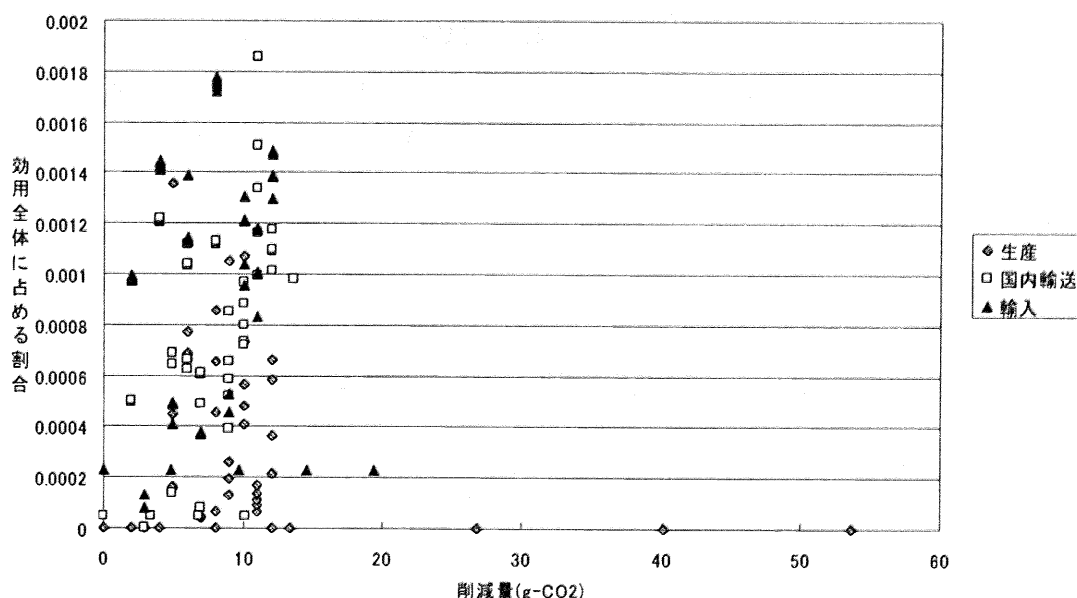


図 5-29 削減量あたりのシャドウプライスの効用全体に占める割合

生産過程における CO₂ 削減量あたりのシャドウプライスの効用全体に占める割合が、下方及び右に分布している。即ち、削減量あたりに失われる効用が低いことを意味している。ここで、シャドウプライスの効用全体に占める割合を CO₂ 削減量 1g あたりの値に換算し、有意水準 5% で一元配置分散分析を行うと、平均及び分散、分析結果は以下の表 5-1, 5-2 のようになった。

表 5-1 基本統計量

グループ	標本数	合計	平均	分散
生産過程	48	0.00043	9.039E-06	1.1508E-10
国内輸送	48	0.00516	0.0001076	7.9764E-09
輸入過程	48	0.00455	9.476E-05	6.4931E-09

表 5-2 一元配置分散分析結果

変動要因	平方和	自由度	平均平方	F	P-値
グループ間	2.8E-07	2	1.378E-07	28.342	4.50695E-11
グループ内	6.9E-07	141	4.862E-09		
合計	9.6E-07	143			

グループ間に有意な差があるという結果となり、生産過程の平均値が最も小さい。このことにより、生産過程における CO₂ 排出が、最も効用を下げずに削減できることが示された。5.3 の結果と合わせて考えると、摂取タイプ別では、群別摂取量制約がない場合は 10%削減まで常にシャドウプライスの効用に占める割合は 0 であり、群別摂取量制約やエントロピー項を考慮した場合には、10～15%削減までシャドウプライスの効用に占める割合はほぼ一定であるので、どんな摂取タイプでも最大 15%即ち、40.2g の CO₂ 排出を効用を損なうことなく削減できるといえる。嗜好パターン別では、広食型は 10%削減までほぼ一定値なため、26.8g の CO₂ 排出を効用を損なうことなく削減できるといえる。肉食型は、比較的効用を損なうことのない CO₂ 排出削減は困難である。ベジタリアン型は、最も CO₂ 排出削減を行いやすく、20%削減時でも効用はほとんど変わらないため、53.6g 以上の排出削減効果が見込める。炭水化物型は、5%削減までほぼ一定値なため、13.4g 程度の CO₂ 排出削減効果が見込める。

5.5 CO₂ 排出削減にかかる価格

5.5.1 概要

これまで、CO₂ 排出量と効用の関係を見たが、本節では価格との関係を考える。1 単位の CO₂ 排出量削減あたりの価格、すなわち CO₂ 排出削減にかかる価格の変化を見る。

シャドウプライスの定義より

$$S_p = \frac{\partial U}{\partial P} \quad \text{式(5-1)}$$

$$S_c = \frac{\partial U}{\partial C} \quad \text{式(5-2)}$$

ただし、 S_i : i についてのシャドウプライス

U : 効用

P : 価格

C : CO₂ 排出量

よって CO₂ 排出量変化あたりの価格は

$$\frac{\partial P}{\partial C} = \frac{\frac{\partial U}{\partial S_p}}{\frac{\partial U}{\partial S_c}} = \frac{S_c}{S_p} \quad \text{式(5-3)}$$

で表される。

5.5.2.より生産・国内輸送・輸入過程における、嗜好タイプ別、摂取パターン別の $\frac{S_c}{S_p}$ を見る。

縦軸が $\frac{S_c}{S_p}$ (yen/g), 横軸が CO₂ 排出削減量(g)を表す。

なお、本分析はそれぞれの系列(広食群制約なし、など)において、厳密には効用の絶対値が同一であることが必要である。しかし、シミュレーションの結果、同一系列内では効用の変化はあまり見られなかったため(最大で2%程度)、妥当であるとして分析を行う。

5.5.2. 価格と CO₂ 排出量の関係

<生産過程>

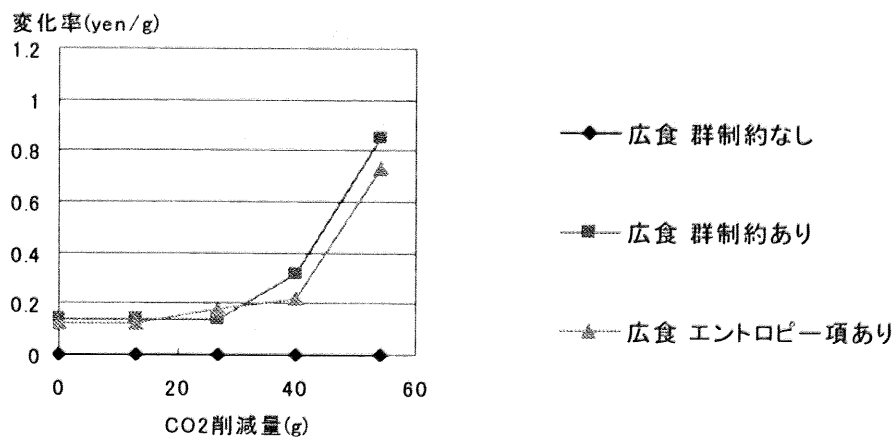


図 5-30 生産過程における広食型の価格と CO₂ 削減量の関係

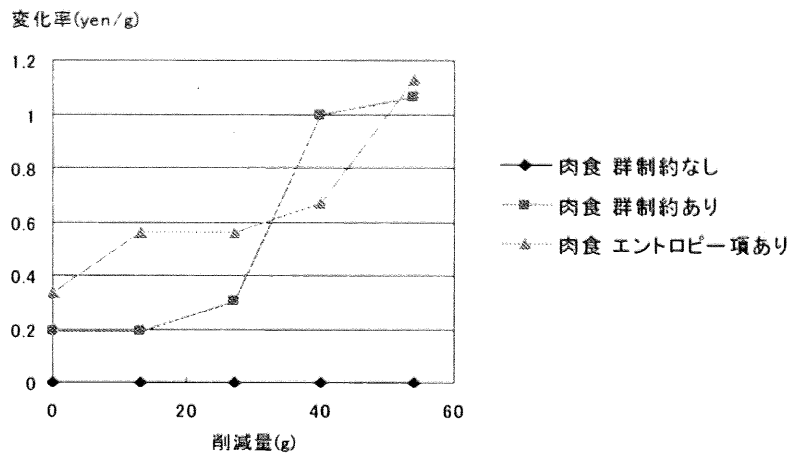


図 5-31 生産過程における肉食型の価格と CO₂ 削減量の関係

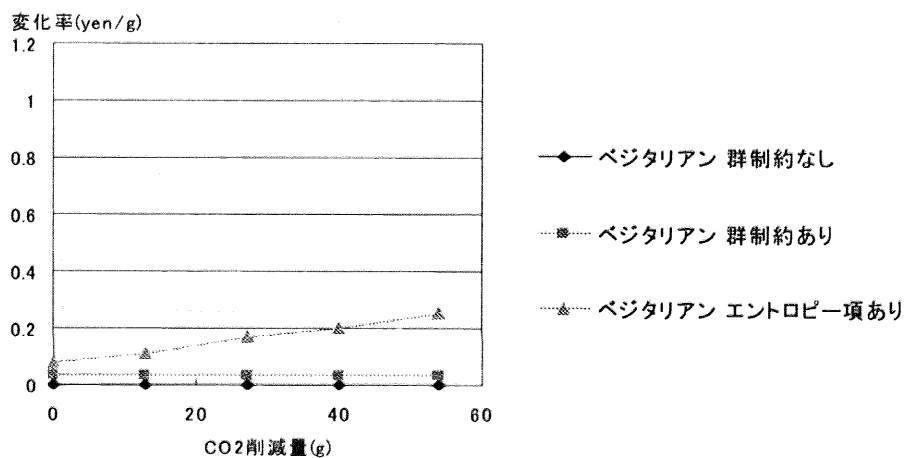


図 5-32 生産過程におけるベジタリアン型の価格と CO₂ 削減量の関係

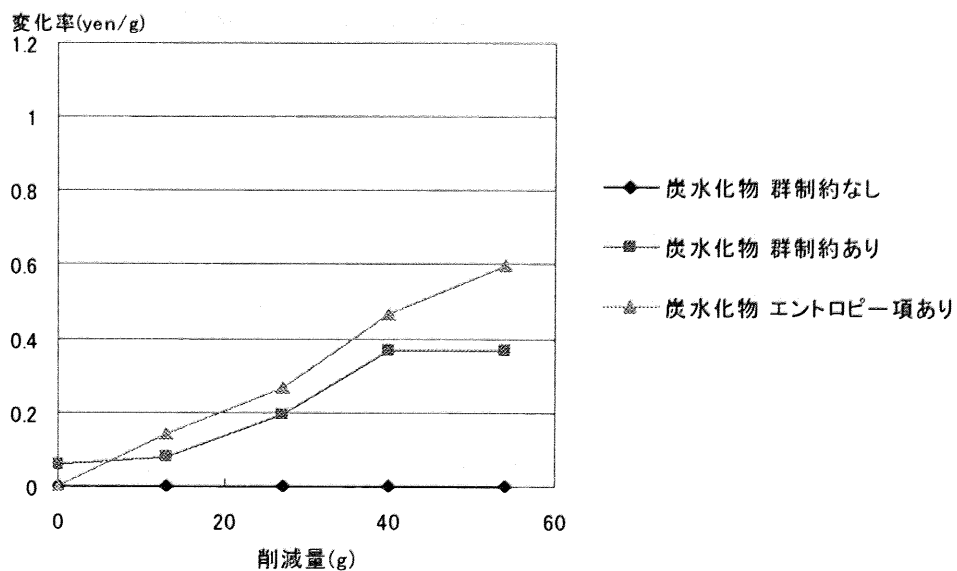


図 5-33 生産過程における炭水化物型の価格と CO₂ 削減量の関係

<国内輸送過程>

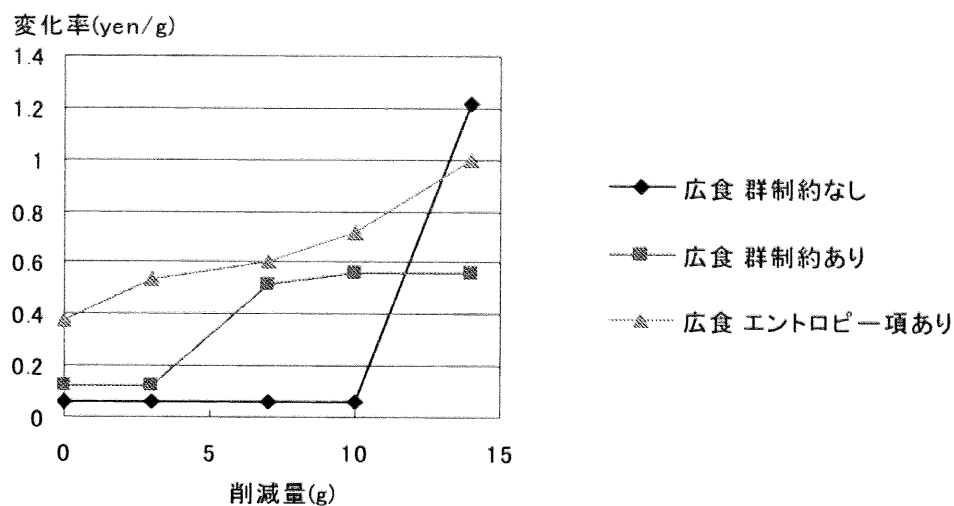


図 5-34 国内輸送過程における広食型の価格と CO₂ 削減量の関係

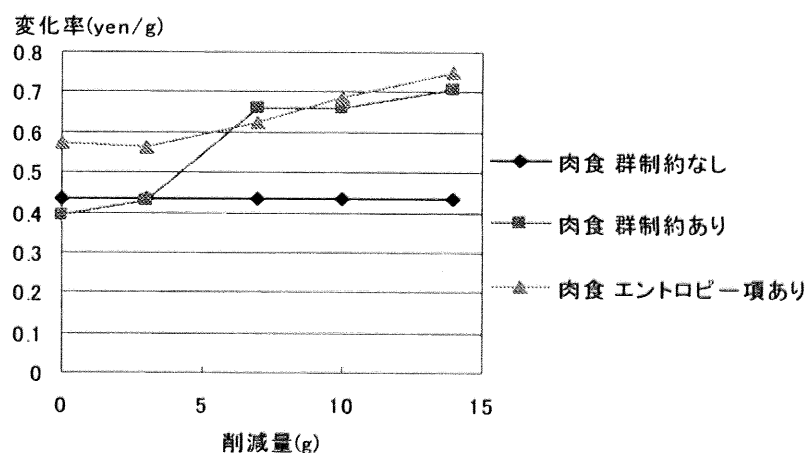


図 5-35 国内輸送過程における肉食型の価格と CO₂ 削減量の関係

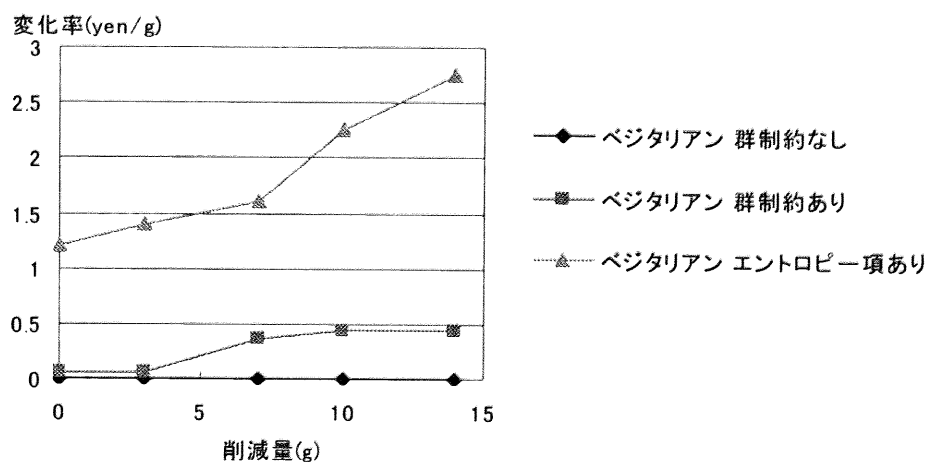


図 5-36 国内輸送過程におけるベジタリアン型の価格と CO₂ 削減量の関係

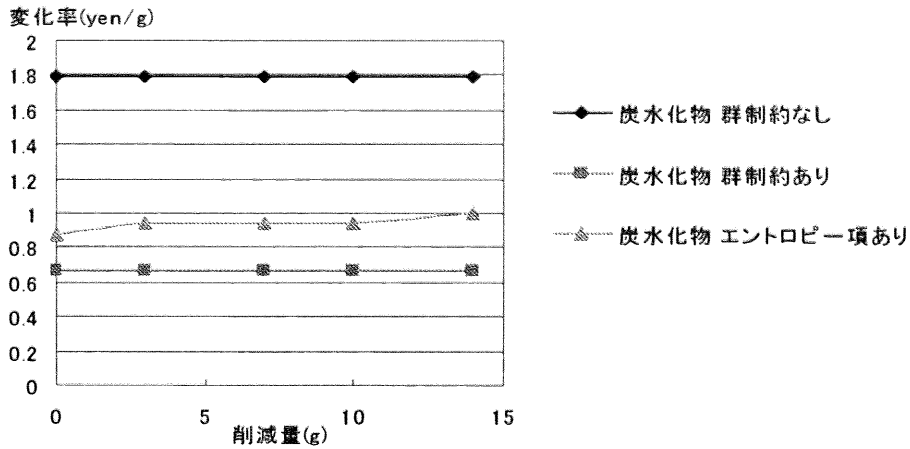


図 5-37 国内輸送過程における炭水化物型の価格と CO₂削減量の関係

<輸入過程>

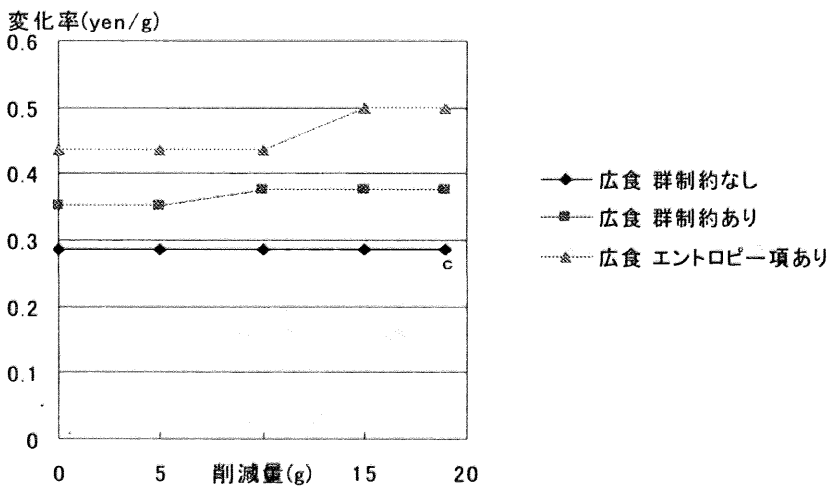


図 5-38 輸入過程における広食型の価格と CO₂削減量の関係

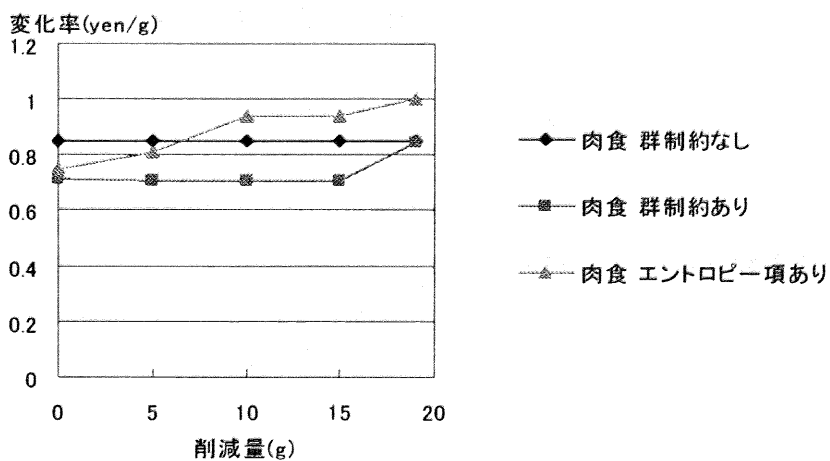


図 5-39 輸入過程における肉食型の価格と CO₂削減量の関係

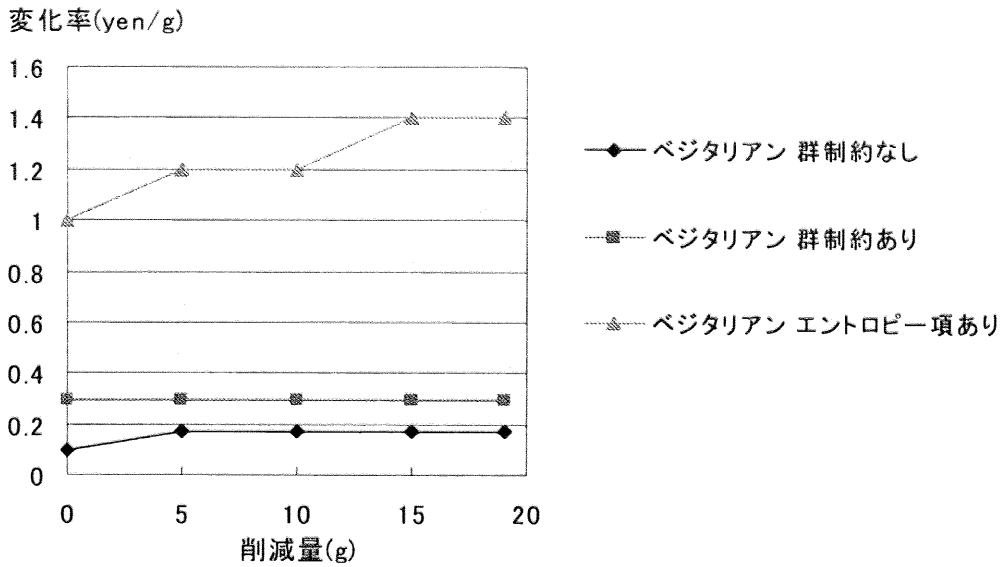


図 5-40 輸入過程におけるベジタリアン型の価格と CO₂ 削減量の関係

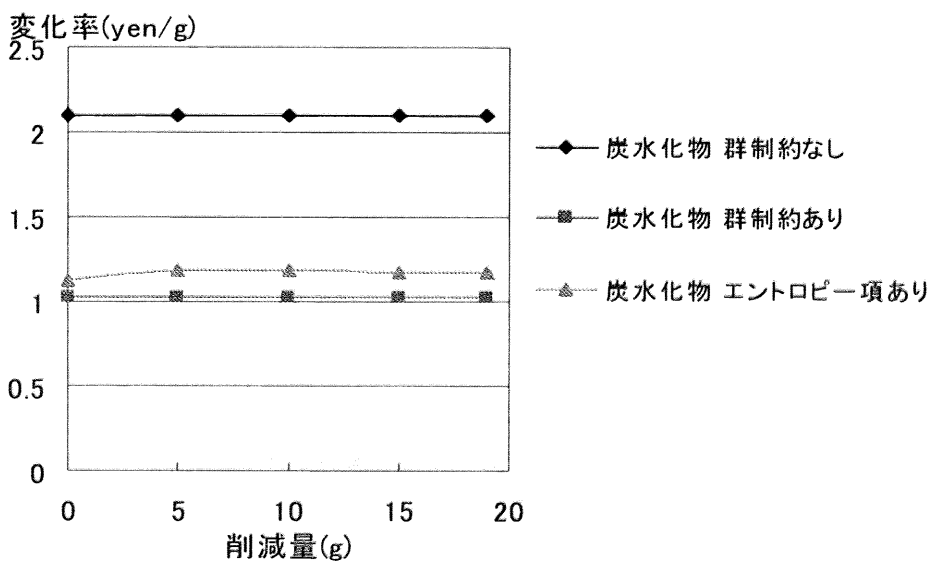


図 5-41 輸入過程における炭水化物型の価格と CO₂ 削減量の関係

概して、右上がりのグラフになっており、より多く削減しようとするほど追加的に費用がかかってしまうことが示された。

削減するために追加的にかかる費用は y 軸からの積分で表され、例えば、輸入過程における炭水化物型の価格の場合は、5g 削減するためには、約 $2.1 \times 5 = 10.5$ 円追加的に費用がかかることとなり、削減量あたりの費用を定量化することができた。

第6章 化学物質リスク分析

6.1 概要

第4章で得られた解から、摂取パターン、嗜好パターンごとの健康リスクを比較する。化学物質データベースの化学物質の分布が対数正規分布に従うと仮定し、食品ごとに既知数である平均と最大値から対数正規分布を算出し、その分散を得る。得られた分散と摂取食品の量を乗じ、化学物質ごとに和をとることで摂取タイプ、嗜好パターンごとの総分散が得られる。分散が大きいほうがリスクが高いと言える。摂取タイプ、嗜好パターン別に比較、分析を行うことで、どういった食生活が最も化学物質曝露のリスクが高いのかを明らかにする。

6.2 方法

対数正規分布の推定方法について以下に述べる。

第2章で作成した化学物質データベースの最大値をMとおく。対数正規分布 $L(a, b^2)$ の99.73%点の値をMとすると、 $\log M$ は正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ の99.73%点と等しい。正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ の99.73%点は 3σ 範囲にあるので

$$\mu + 3\sigma = \ln M \quad \text{式(6.1)}$$

とおくことが出来る。

対数正規分布の平均及び分散は以下の式で表される。

$$a = \exp(\mu + \sigma^2/2) \quad \text{式(6.2)}$$

$$b^2 = \exp(2\mu + \sigma^2)(\exp \sigma^2 - 1) \quad \text{式(6.3)}$$

M及びaは既知であり、式(6.1),(6.2),(6.3)を解いて b^2 、つまり対数正規分布Lの標準偏差を得ることが出来る。これを各食品種、化学物質ごとに行い、得られた分散の詳細な値は付表3を参照のこと。

既知である平均値と、得られた標準偏差に第4章で最適化計算を行った解である各食品の量を乗ずることで、それぞれ、食品ごとの化学物質摂取量及び、分散の和が得られる。

ある食品iの摂取量を x_i とする。 x_i の1gあたりの化学物質cは $L(a, b^2)$ に従う。ここで、求めたいもの

はトータルの摂取量とその標準偏差であり、全食品のトータルの摂取量Tは以下の式で表すことができる。

$$T = \sum_{k=1}^{184} x_k \quad \text{式(6.4)}$$

各化学物質、食品についてその分布は独立なので期待値、及び分散の加法性から

$$E(T) = \sum_{k=1}^{184} x_k a_k \quad \text{式(6.5)}$$

$$V(T) = \sum_{k=1}^{184} x_k^2 b_k^2 \quad \text{式(6.6)}$$

と表せる。標準偏差は $\sqrt{V(T)}$ で得られる。各嗜好パターンにおいて摂取許容量の値を1とした時の、各化学物質摂取の平均値及び、標準偏差の値を6.3.に示す。

6.3. 結果および考察

広食型

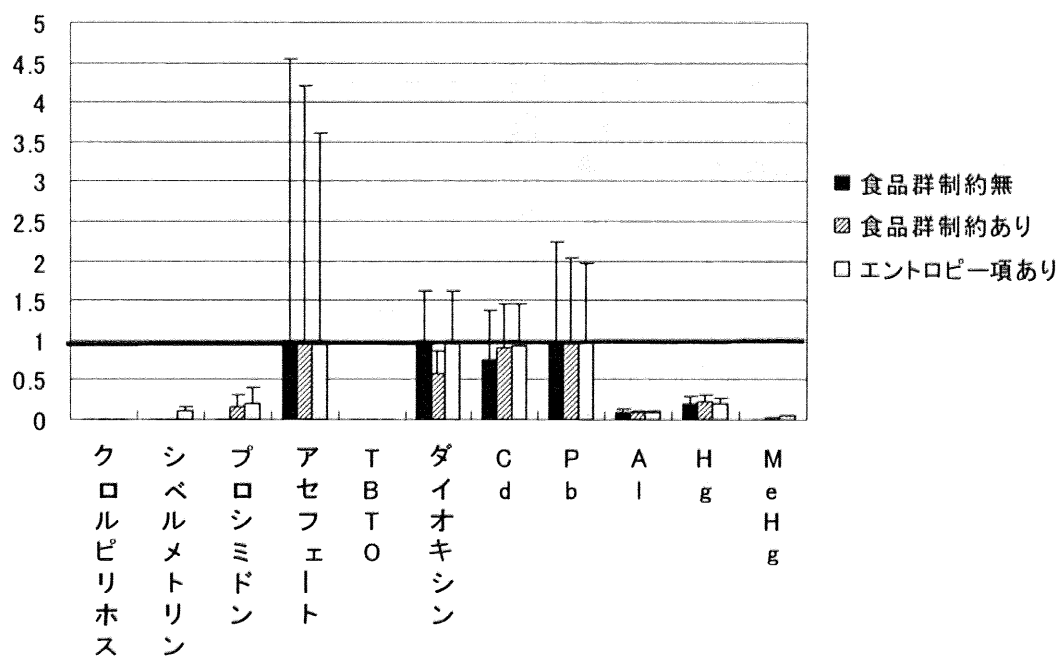


図 6-1 広食型嗜好の化学物質別平均と標準偏差

肉食型

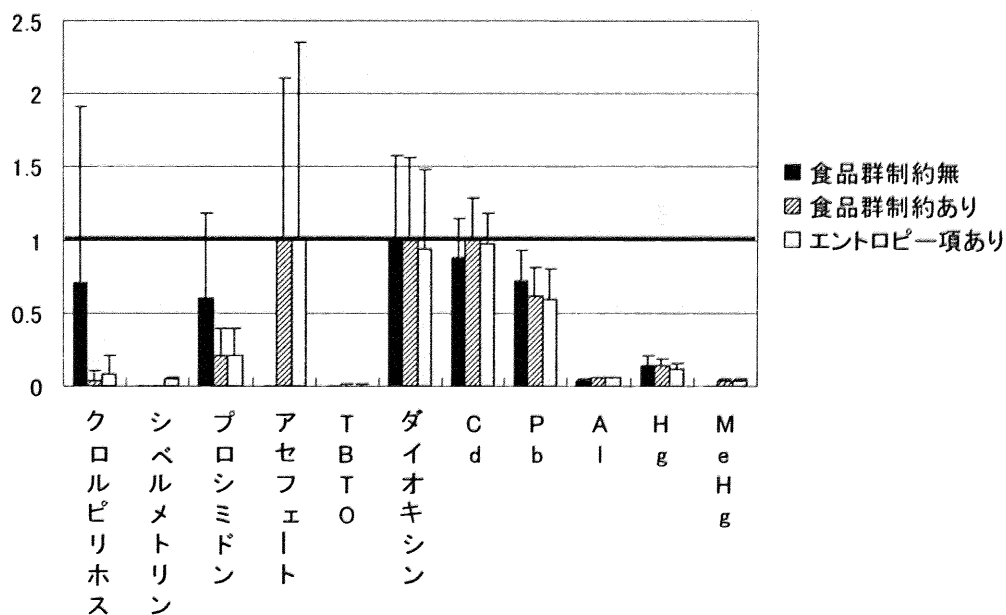


図 6-2 肉食型嗜好の化学物質別平均と標準偏差

ベジタリアン型

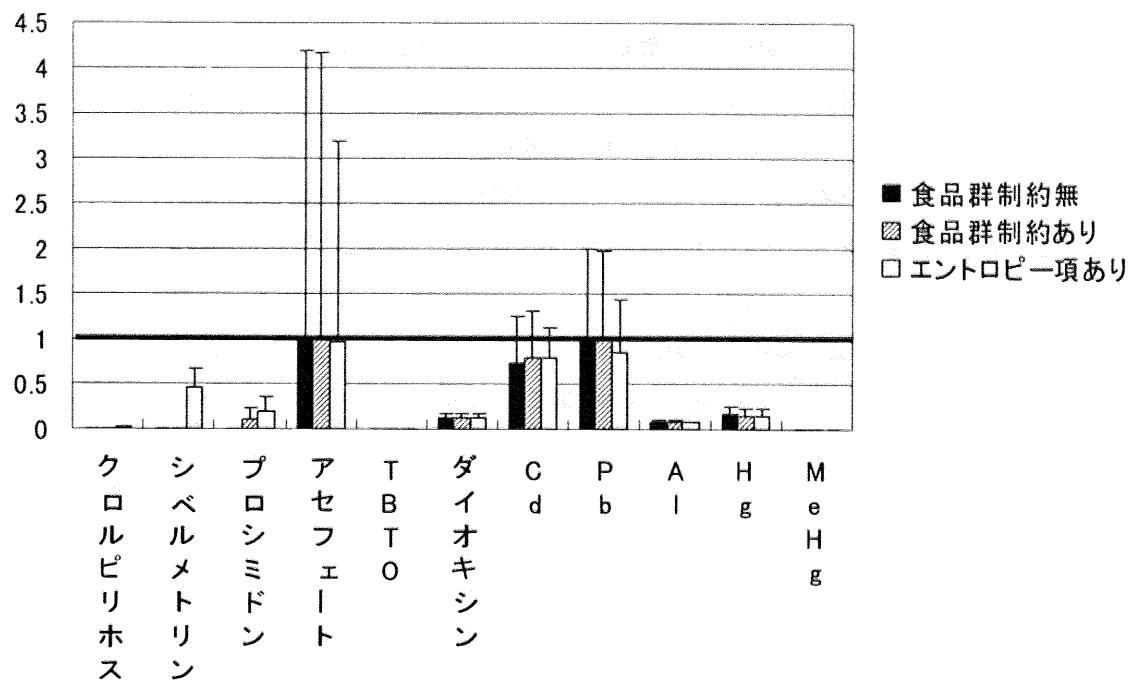


図 6-3 ベジタリアン型嗜好の化学物質別平均と標準偏差

炭水化物型

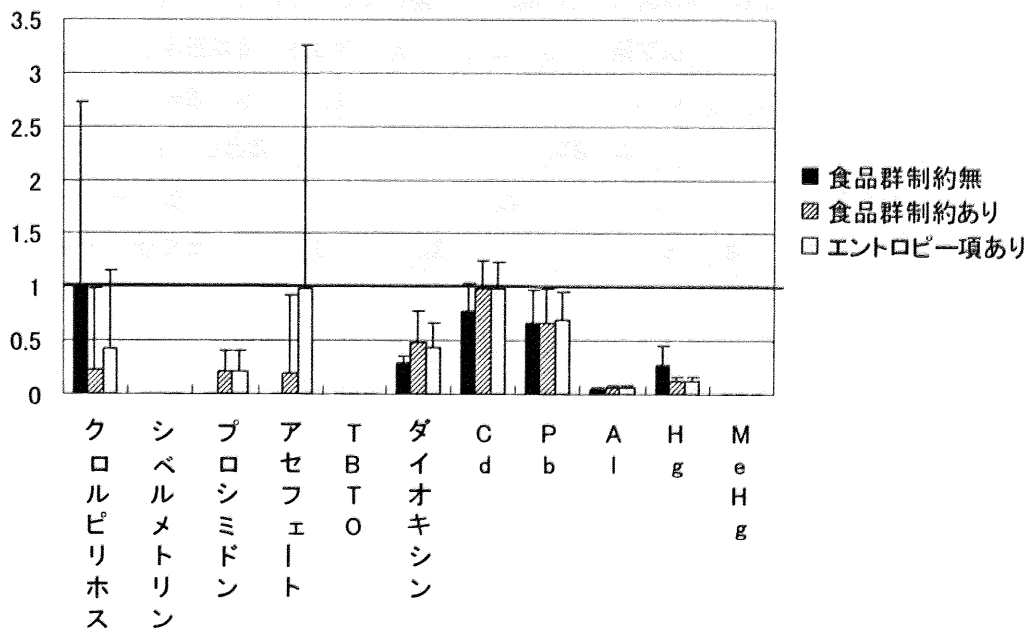


図 6-4 炭水化物型嗜好の化学物質別平均と標準偏差

広食型は、標準偏差を考慮した場合にアセフェート、Cd、Pb で全ての摂取パターンで基準を上回ったが、

食品群別摂取量を考慮しない場合の方が、基準を上回る度合いは大きい傾向にあり、食品の分散摂取による、ある程度リスク低減効果が認められる。

肉食型はクロルピリホス、プロシミドンでは、食品群別摂取量制約を考慮しない場合に基準値を上回っているが、エントロピー項を考慮した場合には基準値以内となっており、分散摂取によるリスク低減効果が認められる。ダイオキシン、Cdでは、全ての摂取パターンで基準を上回ったが、摂取食品の分散化を図った場合、即ち群別摂取量制約についての制約しかない場合よりも、エントロピー項を考慮した場合の順に基準を上回る度合いが小さくなった。アセフェートでのみ、エントロピー項を考慮した場合が最も基準値を上回った。

ベジタリアン型は、アセフェートとCd、Pbにおいて、どの摂取パターンでも基準値を上回った。しかし、その際上回る度合いは分散摂取を進めた場合、即ちエントロピー項を考慮した場合の順に最も小さくなり、分散摂取によるリスク低減効果が認められた。

炭水化物型では、クロルピリホスにおいて、食品群別摂取量制約を考慮しない場合が、エントロピー項を考慮した場合よりも大きく基準を超えている。しかし、Cdでは、エントロピー項を考慮した場合に、群別摂取量制約を考慮した場合とほぼ変わらず、食品群別摂取量制約を考慮しない場合よりもリスクが大きい。また、アセフェートではエントロピー項を考慮した場合にのみ基準値を上回り、リスクが増加した。

どの嗜好パターンにおいても、食品の分散摂取によるリスク低減効果がある程度認められた。その中で、例外だったものは、肉類型、炭水化物型のアセフェートである。広食型、ベジタリアン型では、食品群別摂取量を考慮しない場合にもアセフェートの摂取があり、摂取食品の分散化を図った場合にリスクが小さくなっている。広食型、ベジタリアン型の野菜類の嗜好は相対的に小さくないために、食品群別摂取量制約がない場合でも摂取食品として選択されることで、農薬であるアセフェートがいかなる場合にも摂取されているため、分散摂取による効果が認められたといえる。肉類型、炭水化物型では、野菜類の嗜好度は比較的低いために、食品群別摂取量制約がない場合に摂取食品として選択されないと考えられる。しかし、エントロピー項を考慮した場合に、摂取食品を分散化する効用の増加の方が、野菜類の効用の低さを上回ったことでアセフェートの摂取が増加したといえる。この例外と、炭水化物型のCdの場合を除き、肉類・炭水化物型の嗜好でも、摂取食品の分散化によるリスクの低減が認められたため、ほとんどの場合において食品中の化学物質曝露を回避するには分散摂取が有効であるといえる。

分散摂取の有効性が示されたところで、エントロピー項を考慮した場合の、各嗜好タイプ別の比較を行う(図6-5)。

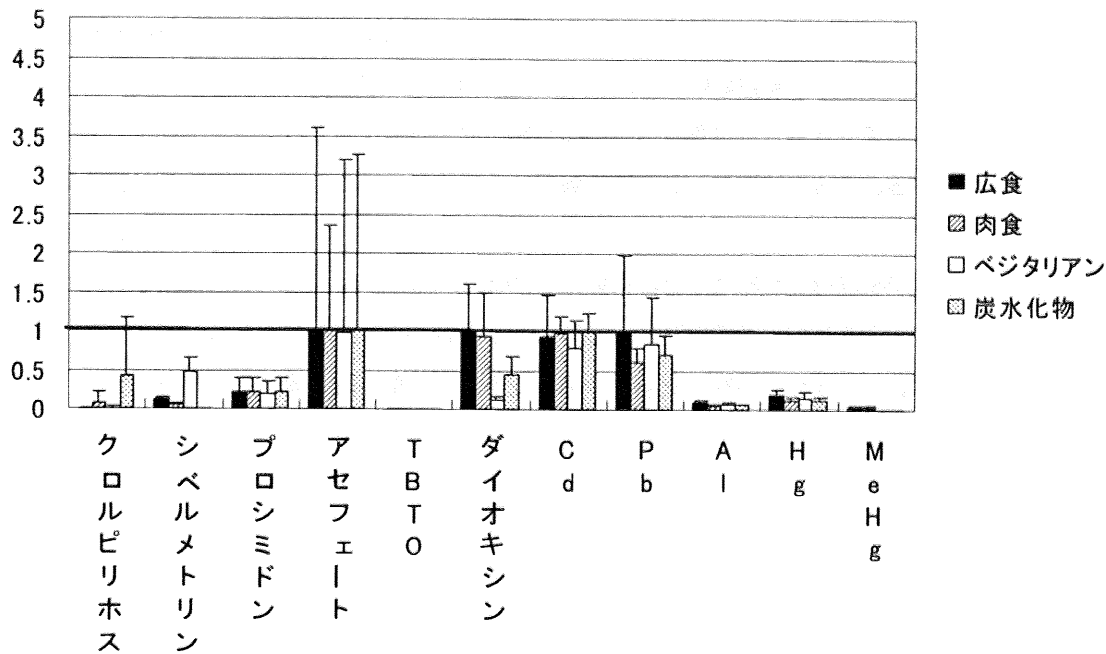


図 6-5 エントロピー項考慮時の各嗜好タイプの化学物質曝露リスク

アセフェート、ダイオキシン、Cd、Pbに基準値を超えている嗜好タイプがある。その4つ全てで、基準値を超えている嗜好タイプが広食型であり、最もリスクが高い嗜好タイプであることが分かった。逆に、炭水化物型はアセフェート、Cdで基準を超えているだけであり、最もリスクが低い嗜好タイプであるといえる。

6.4. 環境負荷も考慮する際の考察

4.6.及び、第5章で考察したCO₂排出量による環境負荷と、本節で考察した健康リスクを合わせて考察する。

環境負荷の考察においては、輸送過程におけるCO₂排出量は食品の分散摂取をする方が増加を抑えることができ、さらにベジタリアン型及び炭水化物型でより抑制できることが分かった。CO₂シャドウプライスの計測では、生産過程のCO₂排出量を現在最も多く削減することができ、広食型及びベジタリアン型でより簡単に削減でき、肉食型では困難であることが分かった。また、摂取パターン別では、生産過程CO₂排出量は、食品群別摂取量制約なし、エントロピー項を考慮した場合、食品群別摂取量制約あり、の順でより簡単に削減できることが分かった。食品群別摂取量制約なしの場合は、実質的に効用を全く低下させることなく削減が可能である。これらを総合すると、環境負荷の最も小さい嗜好タイプはベジタリアン型であるといえる。健康リスクでは、分散摂取の方が健康リスクは低下するという結論が得られていた。

これらを総合して考えると、ベジタリアン型は総じてCO₂排出量面での環境負荷は小さい。さらに、分散摂取をする食生活によって、健康リスクも低下させることができ、健康面でも環境面でも好影響、特に環境面において好影響を与える摂取・嗜好パターンであるといえる。

肉食型の場合は、輸入過程におけるCO₂排出量増加のインパクトが非常に大きいいため、摂取食品の分散

化をすすめることで、輸入過程における CO₂ 排出量を抑制する必要がある、それと同時に化学物質曝露リスクをある程度回避することも可能である。

炭水化物型の場合は、ベジタリアン型と同様に CO₂ 排出量面での環境負荷は比較的小さい。化学物質曝露リスクは、分散化の効果が若干認められ、他の嗜好タイプと比較しても最もリスクは小さかった。炭水化物型の食生活は健康面でも環境面でも好影響、特に健康面において好影響を与える摂取・嗜好パターンであるといえる。

広食型は肉食型と同様に、輸入過程における CO₂ 排出量増加のインパクトが非常に大きいため、摂取食品の分散化をすすめることで、輸入過程における CO₂ 排出量を抑制する必要がある。化学物質曝露リスク面では、4 嗜好タイプの中で最も基準値を超えることが多くなっていた。分散化を進めたほうがリスクは低下する傾向にあったため、環境面、健康面の両方向から分散摂取が推奨される。しかし、広食型摂取は、他の 4 タイプに比べ化学物質曝露リスクが高いため、若干偏りをもつ食生活に変えた方が、よりよいといえる。特に、ベジタリアン型や炭水化物型まで行かずとも、広食型より多くの野菜、穀類、いも類を摂取することにより環境、健康両面に好影響を与えることが予測できる。

第7章 結論

本研究では、食品を摂取する際の健康負荷、環境負荷を定量的に把握した。

食品に含まれる、栄養素量、化学物質、食品にかかわる CO₂ 排出量のデータベースを作成した。その中で、東京を最終消費地と仮定した際の輸送にかかる CO₂ 排出量を測定した。その結果、アジア諸国からの輸入であれば日本国内の北海道などの遠方から輸送する際の CO₂ 排出量と差はないことが分かった。

一日に必要な栄養を満たしつつ、CO₂ 排出量を一定値以下にし、化学物質曝露も基準値以下となるような選択食品最適化モデルを構築した。個人の嗜好(効用)を目的関数としたことで、消費者の視点に立ったモデルを構築できたといえる。また、コンジョイント分析を用いて、個人の嗜好を定量化した。アンケートに答えると、食品群ごとに回答者の嗜好度合いが定量化され関数として得られる。広食よく摂取するタイプ、肉食を好み野菜、魚介類を嫌うタイプ、一切の肉類、魚介類を摂取しないベジタリアンタイプ、穀類・いも類などの炭水化物を好んで摂取するタイプの 4 タイプの嗜好を仮定し、それぞれ、栄養、環境面のみの制約で摂取するパターン、前者に加えて食品群別に推奨される摂取量を満たすパターン、さらに 1 日約 30 品目を目処に分散摂取するパターンの計 3 つの摂取パターンを仮定し、最適化計算を行うことで環境負荷、化学物質曝露リスクを分析した。その結果、政府より発表されている食品群別推奨摂取量を遵守したとしても、栄養の不足が起こる可能性が示され、食品群別推奨摂取量だけではなく、食品に含まれる栄養成分も考慮して普段の生活で摂取する必要があることが分かった。

現状で摂取されている食品を、本研究で構築した栄養素、化学物質、CO₂ 排出量データベースを用いて評価した。野菜類、乳類の摂取不足が目立ち、カルシウムやビタミン不足の大きな原因になっている。塩分や脂肪エネルギー比率は、国民栄養調査で観察されている値より小さく、より正確に食生活をモデル化するためには、調味料や調理過程で 사용되는油脂類の考慮が必要であることがわかった。CO₂ 排出量は、一日、一人あたり 268g- CO₂ となり、これを仮に日本国民全体に適用すると一日あたり、34,840t の排出となる。概算ではあるが、多分に改善の余地があり、地球温暖化防止に大きく貢献できるといえる。また、

輸送過程のCO₂排出量は、国内・輸入を合わせて、21,450tに及ぶ。うち59%を輸入過程が占めており、輸入先を考えた食品の購入により、消費者の普段の食生活においても、地球温暖化防止に貢献できる可能性がある。

CO₂排出量の制約を全く考えない場合の最適化を行った。その結果、全ての嗜好タイプ、摂取パターンにおいてCO₂排出量は大きく増加した。最大で2487g-CO₂となり、食品由来のCO₂排出が大きな環境負荷になりうる可能性が示された。特に、輸入過程におけるCO₂排出量の増加が著しく、最大で2054g-CO₂になった。輸入品は国産品に比べて価格面でのインセンティブが非常に大きく、消費者が単純な市場原理に従うとすれば輸入品のシェアは大きくなる。さらに、消費者は現時点ではフードマイレージの概念を知らない者も多いため、安全面の理由以外で輸入品かどうかを気にかけたりはしないと予想される。そこで、例えばスーパーなどで輸入国や輸送にかかるCO₂排出量を明示するなどして、消費者に周知することが対策の1つとして考えられる。

さらに、CO₂排出のシャドウプライスを計測した。CO₂排出削減1単位あたりの効用の低下を計測したが、その結果生産過程におけるCO₂排出量が最も効用を損なわずに削減できることが分かった。嗜好タイプ別にみると、ベジタリアン型が最も効用を損なわずに生産過程におけるCO₂排出量を削減することが出来ることが分かった。逆に、肉食型が最も効用を損なわずに削減することが困難であることが分かった。戦後から日本では肉食化が進んできたが、肉を多く摂取することは地球温暖化に少なからず負荷を与えるといえる。ベジタリアンほどとはいかずとも、栄養の面からも環境の面からも、野菜類摂取でより効用が得られるように食生活を変えたほうがよいという示唆が得られる。

化学物質曝露リスクの面から、最適化計算結果を分析した。摂取パターンにより、例えば平均値では基準値内の摂取量になっていても、標準偏差を考慮することで、基準を超えてしまうかどうかを分析した。その結果、肉食型、ベジタリアン型では比較的強く分散摂取によるリスク低減効果が認められた。広食型・炭水化物型では分散摂取することにより、偏った摂取では曝露がなかった化学物質の摂取リスクが高まることがあったが、ほとんどの場合において食品中の化学物質曝露を回避するには分散摂取が有効であるといえる。

環境負荷、健康リスクの両方を考えた場合、最も推奨されるのは健康面を優先するならば、分散化して摂取する炭水化物型嗜好タイプであった。CO₂排出量をかなり抑制しながら、化学物質曝露リスクを特に小さく抑えることができた。環境面を優先するならば、最も推奨される食生活は、分散化して摂取するベジタリアン型の嗜好タイプであった。化学物質曝露リスクをある程度抑えながら、CO₂排出量を最も抑制・削減できた。逆に、広食型は、環境負荷も健康リスクも高く、偏った摂取になるほどその傾向は強くなった。野菜類やいも類、穀類の嗜好を高めることにより緩和されるといった。肉食型は特に環境への負荷が大きく、分散摂取を心がけないとCO₂排出量は相当量増大する見込みがある。

謝辞

お忙しい中、終始適切なアドバイスをしていただいた、松橋隆治教授、また、理解力のない私を見捨てることなく色々と教えてくださった吉田好邦助教授に心から深謝いたします。

東京大学農学部の相良泰行教授、大地を守る会の大野さま、メールでのやり取りしていただいたり、資料を下さったりありがとうございました。

<参考文献>

- 1) 東京都: 食品の購買意識に関する世論調査<概要>
(<http://www.metro.tokyo.jp/INET/CHOUSA/2005/04/60f47104.htm>, 2006 年 6 月 6 日アクセス)
- 2) 内閣府食品安全委員会; 国政モニター 食の安全性に関する意識調査
(http://www8.cao.go.jp/monitor/kadai/1602_foodsafety.html, 2006 年 6 月 6 日アクセス)
- 3) 厚生労働省; 「平成 16 年国民健康・栄養調査結果の概要」
(<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2006/05/h0508-1a.html>, 2006 年 6 月 5 日アクセス)
- 4) 農林水産省総合食料局; 日本人の食料について考える
(<http://www.kanbou.maff.go.jp/www/jikyu/jikyu08.htm>,
- 5) 小方信子, 吉田好邦, 松橋隆治(2000); 「食品 LCA による環境調和型ライフスタイルの分析」東京大学大学院環境学専攻修士論文
- 6) 中田哲也(2003); 「食料の総輸入量・距離(フード・マイレージ)とその環境に及ぼす負荷に関する考察」『農林水産政策研究』第 5 号, 45-59 ページ
- 7) 中田哲也(2003); 「食料の総輸入量・距離(フード・マイレージ)とその環境に及ぼす負荷に関する考察」(<http://www.primaff.affrc.go.jp/seika/kankou/seisaku/5/seisakukenkyu2003-5-2.pdf>, 2006 年 6 月 8 日アクセス)
- 8) 財務省; 平成 15 年度貿易統計(http://www.customs.go.jp/toukei/download/2005/12/d01h0512i_i.htm, 2006 年 7 月 10 日アクセス)
- 9) 細貝祐太郎, 中澤裕之, 西島基弘(1998); 食品衛生化学物質データブック, 中央法規出版
- 10) 農林水産省(2002); 「カドミウムの実態調査など」(<http://www.aff.go.jp/cd/PDF/C15.pdf>, 2006 年 1 月 26 日アクセス)
- 11) 「アルミニウムと健康」連絡協議会; (http://www.aluminum-hc.gr.jp/p_4/index.html, 2006 年 1 月 27 日アクセス)
- 12) 東京都福祉保健局(2005); 食品衛生関係事業報告, 73-74
- 13) 東京都福祉保健局(2004); 食品衛生関係事業報告 77-78
- 14) 東京都福祉健康局(2003); 食品衛生関係事業報告 77-78
- 15) 東京都福祉健康局(2002); 食品衛生関係事業報告 74-75
- 16) 厚生労働省(2003); 厚生労働科学研究(生活安全総合研究事業)
(<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2003/06/s0603-4c.html>, 2006 年 1 月 8 日アクセス)
- 17) 厚生労働省(2004); 厚生労働科学研究(生活安全総合研究事業)
(<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2004/08/dl/s0817-2m.pdf>, 2006 年 1 月 8 日アクセス)
- 18) 厚生労働省(2004); 厚生労働科学研究(厚生労働科学特別研究)
(<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2004/08/dl/s0817-2n.pdf>, 2006 年 1 月 8 日アクセス)
- 19) 水産庁(2003); 水産庁における実態調査結果 魚介類中の水銀濃度調査結果
(<http://www.aff.go.jp/fisheat/table2-040817.htm>, 2006 年 1 月 8 日アクセス)
- 20) 厚生労働省(2004); 地方自治体における実態調査結果(平成 13~15 年度)
(<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2004/08/dl/s0817-2o.pdf>, 2006 年 1 月 8 日アクセス)
- 21) 厚生労働省医薬局(2004); 平成 15 年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査等の調査結果について

- て(<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2003/01/h0116-1.html>, 2005 年 7 月 12 日アクセス)
- 22) 厚生労働省医薬局(2001); 平成 12 年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査等の調査結果について(<http://www.mhlw.go.jp/houdou/0112/h1205-3.html>, 2005 年 8 月 27 日アクセス)
- 23) 厚生労働省医薬局(2003); 平成 13 年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査等の調査結果について(<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2003/01/h0116-1.html>, 2005 年 8 月 27 日アクセス)
- 24) 水産庁増殖推進部漁場資源課(2004); 魚介類平成 15 年度魚介類中のダイオキシン類実態調査結果(本調査)(<http://www.jfa.maff.go.jp/release/cyousakekka1.pdf>, 2006 年 4 月 20 日アクセス)
- 25) 水産庁増殖推進部漁場資源課(2003); 平成 11 年度～平成 14 年度魚介類中のダイオキシン類の実態調査について(平成 11 年度～平成 14 年度分総括報告)(http://www.jfa.maff.go.jp/release/20030627press_11b3.pdf, 2006 年 4 月 20 日アクセス)
- 26) 農林水産省(1999); 農林水産省畜産局 平成 10 年度畜産物及び飼料等のダイオキシン類実態調査結果について(2006 年 5 月 9 日アクセス)
- 27) 環境省環境管理局(2003); 農用地土壌及び農作物に係るダイオキシン類実態調査結果(<http://www.env.go.jp/water/dojo/no-diox/14no-dio.pdf>, 2006 年 4 月 12 日アクセス)
- 28) 環境省環境管理局(2002); 農用地土壌及び農作物に係るダイオキシン類実態調査結果(<http://www.env.go.jp/water/dojo/no-diox/h13no-dio.pdf>, 2006 年 4 月 12 日アクセス)
- 29) 環境省環境管理局(2001); 農用地土壌及び農作物に係るダイオキシン類実態調査結果(<http://www.env.go.jp/water/dojo/no-diox/12no-dio.pdf>, 2006 年 4 月 12 日アクセス)
- 30) 福岡県保健環境研究所(2000); 福岡県保健環境研究所年報 28 号(<http://www.fihes.pref.fukuoka.jp/nenpoh/np28/nenpoh28.pdf>, 2006 年 4 月 23 日アクセス)
- 31) 三重県農水商工部(2005); 平成 17 年度環境汚染物質検査結果(http://www.pref.mie.jp/SHOKUA/HP/kansi/17_b3/17result/4f/4fa/4fa-4/Index17.htm, 2006 年 6 月 16 日アクセス)
- 32) 東京都健康局; 平成 14 年度魚介類のビストリブチルスズオキシド(TBTO)等汚染調査結果(<http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/osen/2001/2001tbto.pdf>, 2006 年 6 月 16 日アクセス)
- 33) 東京都健康局; 平成 13 年度魚介類のビストリブチルスズオキシド(TBTO)等汚染調査結果(<http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/osen/2002/2002tbto.pdf>, 2006 年 6 月 16 日アクセス)
- 34) 神奈川県生活衛生課; Ⅲ 先行調査等実施結果 Ⅲ—1 魚介類の有害物質調査(<http://www.pref.kanagawa.jp/osirase/seikatueisei/kanajin/PDF/38-39.pdf>, 2006 年 4 月 23 日アクセス)
- 35) 地方衛生研究所全国協議会; 研修情報システムとリファレンス情報データベースの作成(<http://www.chieiken.gr.jp/koseirodo/kiki-kanri/kensa/kensa.pdf>, 2006 年 9 月 28 日アクセス)
- 36) 滋賀県県民文化生活部(2005); 農産物の残留農薬検査(<http://www.pref.shiga.jp/e/shoku/07kensa/nouyaku-h17.htm>, 2006 年 9 月 28 日アクセス)
- 37) 滋賀県県民文化生活部(2004); 農産物の残留農薬検査(<http://www.pref.shiga.jp/e/shoku/07kensa/nouyaku-h16.htm>, 2006 年 9 月 28 日アクセス)
- 38) 滋賀県県民文化生活部(2003); 農産物の残留農薬検査(<http://www.pref.shiga.jp/e/shoku/07kensa/nouyaku-h15.htm>, 2006 年 9 月 28 日アクセス)

- 39) 滋賀県県民文化生活部(2002); 農産物の残留農薬検査
(<http://www.pref.shiga.jp/e/shoku/07kensa/nouyaku-h14.htm>, 2006 年 9 月 28 日アクセス)
- 40) 岩手県環境保健研究センター(2004); 食品中の残留農薬検査結果
(<http://www.pref.iwate.jp/~hp1353/eisei/16html/nouyaku16.htm>, 2006 年 9 月 28 日アクセス)
- 41) 大阪府食の安全推進課(2003); 残留農薬の検査結果
(<http://www.pref.osaka.jp/shokuhin/zannou/zannouindex.html>, 2006 年 9 月 28 日アクセス)
- 42) 東京都福祉保健局(2004); 平成 16 年度輸入農産物の残留農薬検査結果
(http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/zanno/h16yunyu_nousan.pdf, 2006 年 9 月 28 日アクセス)
- 43) 岐阜県健康福祉部(2005); 平成 17 年度残留農薬等検査結果
(<http://www.pref.gifu.lg.jp/pref/s11222/syokuhinkensa/residue/H17/I7index.htm>, 2006 年 9 月 28 日アクセス)
- 44) 和歌山県環境生活部(2004); 野菜農薬残留検査結果
(http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/031600/06_kanshi/16kansi/nokeka16-1.htm, 2006 年 9 月 28 日アクセス)
- 45) 厚生労働省(1999); 第 6 次改訂 日本人の栄養所要量・食事摂取標準の活用, 第一出版
- 46) 細谷憲政(2005); 食品標準成分表五訂版<2005>, 全国調理師要請施設協会
- 47) 健康栄養情報研究会(2003); 国民栄養の現状—平成 13 年厚生労働省国民栄養調査結果, 第一出版, 78-89 ページ
- 48) 総務省統計局(2005); 小売物価統計調査結果(平成 16 年平均)「1001 うるち米」～「1081 もち」
(<http://www.stat.go.jp/data/kouri/2004np/zuhyou/a00101.xls>, 2006 年 4 月 24 日アクセス)
- 49) 総務省統計局(2005); 小売物価統計調査結果(平成 16 年平均)「1101 まぐろ」～「1133 ほたて貝」
(<http://www.stat.go.jp/data/kouri/2004np/zuhyou/a00102.xls>, 2006 年 4 月 24 日アクセス)
- 50) 総務省統計局(2005); 小売物価統計調査結果(平成 16 年平均)「1141 塩さけ」～「1173 まぐろ缶詰」
(<http://www.stat.go.jp/data/kouri/2004np/zuhyou/a00103.xls>, 2006 年 4 月 24 日アクセス)
- 51) 総務省統計局(2005); 小売物価統計調査結果(平成 16 年平均)「1201 牛肉」～「1341 鶏卵」
(<http://www.stat.go.jp/data/kouri/2004np/zuhyou/a00104.xls>, 2006 年 4 月 24 日アクセス)
- 52) 総務省統計局(2005); 小売物価統計調査結果(平成 16 年平均)「1401 キャベツ」～「1435 なす」
(<http://www.stat.go.jp/data/kouri/2004np/zuhyou/a00105.xls>, 2006 年 4 月 24 日アクセス)
- 53) 総務省統計局(2005); 小売物価統計調査結果(平成 16 年平均)「1436 トマト」～「1491 スイートコーン缶詰」(<http://www.stat.go.jp/data/kouri/2004np/zuhyou/a00101.xls>, 2006 年 4 月 24 日アクセス)
- 54) 総務省統計局(2005); 小売物価統計調査結果(平成 16 年平均)「1501 りんご」～「1593 もも缶詰」
(<http://www.stat.go.jp/data/kouri/2004np/zuhyou/a00101.xls>, 2006 年 4 月 24 日アクセス)
- 55) 財団法人日本食肉消費総合センター; 平成 16 年 10 月/食肉売店調査 第 3 章食肉の販売動向
(http://www.jmi.or.jp/web/php_09_research/file3/30.pdf, 2006 年 7 月 14 日アクセス)
- 56) 農林水産省統計部(2006); 平成 17 年生鮮食料品価格・販売動向調査報告, 農林水産省大臣官房統計部, 24-31 ページ
- 57) 農林水産省統計部(2005); 平成 16 年青果物卸売市場調査結果の概要
(<http://www.maff.go.jp/toukei/sokuhou/data/seikaoroshi2004/seikaoroshi2004.pdf>, 2006 年 11 月 4 日アクセス)

- 58) 総務省統計局(2005); 男女、年齢階級別1世帯当たり1か月間の収入と支出
(<http://www.stat.go.jp/data/soutan/2005n/zuhyou/t02.xls>, 2006年10月28日アクセス)
- 59) 南齋規介, 森口祐一, 東野達; 産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)ーLCAのインベントリデータとしてー独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター
- 60) (社)食品流通システム協会; 生鮮食料品等の鉄道輸送を促進するための課題と提言
(http://www.jifds.or.jp/modal_houkokusho.pdf, 2006年11月2日アクセス)
- 61) 大地を守る会(2005); フードマイレージおよび食品輸送に伴うCO2排出量データ作成<報告書>
- 62) 九州農政局; 平成16年度産地水産物流通調査結果の概要
(http://www.kyushu.maff.go.jp/toukei/home/sokuhou/09gyogyou/050531_3/h16sanntisuisan_kyu.htm, 2006年)
- 63) 生活情報センター; さかなの漁獲・養殖・加工・輸出入・流通・消費データ集2005年度版, 生活情報センター
- 64) 国土交通省港湾局; 数字で見る港湾 “世界の港湾別コンテナ取り扱い個数ランキング”; (社)日本港湾協会
- 65) 海上保安庁海洋情報部(2003); 距離表, 日本水路協会
- 66) 味の素; 味の素 KK レシピ大百科(<http://www.ajinomoto.co.jp/recipe/>, 2007年1月2日アクセス)
- 67) 大阪ガス; 料理レシピ/ボブとアンジー(<http://www.bob-an.com/>, 2007年1月2日アクセス)
- 68) 総務省統計局(2005); 人口推計年齢(各歳), 男女別人口及び人口性比ー総人口, 日本人人口
(<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/2004np/zuhyou/05k16-01.xls>, 2007年1月7日アクセス)
- 69) 厚生労働省保健医療局(1997); 平成9年度版 国民栄養の現状 平成7年国民栄養調査成績, 第一出版
- 70) 農林水産省; 食料自給率早見ソフト(<http://www.kanbou.maff.go.jp/www/jikyu/jikyu031.htm>, 2006年10月12日アクセス)