

修士論文

健康及び環境負荷を考慮した  
食品選択モデルの構築と食生活の評価

指導教員

松橋 隆治 教授 

東京大学大学院 新領域創成科学研究科

環境システム学専攻

環境システム情報学分野

56747 鈴木 ひとみ

平成 19 年 2 月 1 日提出

## 目 次

第1章 背景と目的	3
1.1. 背景	3
1.2. 本研究の目的	5
第2章 データベース構築	7
2.1. 研究の範囲と構成	7
2.2. 金属データベース	9
2.2.1. 概要	9
2.2.2. Cd	9
2.2.3. Pb	9
2.2.4. Al	10
2.2.5. Hg	10
2.2.6. MeHg	11
2.3. 環境ホルモンデータベース	11
2.3.1. 概要	11
2.3.2. ダイオキシン	12
2.3.3. TBTO	12
2.4. 農業データベース	13
2.4.1. 概要	13
2.5. 食品群別摂取量データベース	14
2.6. 栄養成分及び所要栄養量データベース	14
2.7. 小売価格・家計支出データベース	16
2.8. 二酸化炭素データベース	16
第3章 目的関数の設定	19
3.1. 概要	19
3.2. 解析用目的関数	19
3.3. 個人用目的関数	19
3.3.1. 概要	19
3.3.2. コンジョイント分析の理論	19
3.3.3. プロファイル設計方法	21
3.3.4. 食材使用量の算出	23
3.3.5. コンジョイント分析の実施	23
第4章 最適化	25
4.1. 概要	25
4.2. 最適化の対象	25
4.3. 制約条件の設定	25
4.3.1. 概要	25
4.3.2. 目的関数	26

4.3.3. 制約条件(環境負荷、化学物質等)	26
4.3.4. 制約条件(栄養、食品群別摂取量)	28
4.4. エントロピー項の導入	33
4.4.1. エントロピー項について	33
4.4.2. エントロピー項の感度分析	34
4.5. 最適化結果と考察	36
4.6. CO <sub>2</sub> 排出量制約がない場合の分析	45
4.7. 現状との比較	49
4.7.1. 算出方法	49
4.7.2. 考察	52
第5章 CO <sub>2</sub> に関する分析	54
5.1. 概要	54
5.2. シャドウプライスについて	54
5.3. 削減率あたりのシャドウプライスの結果と考察	55
5.4. 削減量あたりのシャドウプライスの結果と考察	68
5.5. CO <sub>2</sub> 排出削減にかかる価格	69
5.5.1. 概要	69
5.5.2. 価格と CO <sub>2</sub> 排出量の関係	70
第6章 化学物質リスク分析	75
6.1 概要	75
6.2. 方法	75
6.3. 結果および考察	76
6.4. 環境負荷も考慮する際の考察	79
第7章 結論	80
謝辞	81
<参考文献>	82
付表 1.	86
付表 2.	98
付表 3.	110

## 第1章 背景と目的

### 1.1. 背景

近年、食生活や食に対する意識が高まっている。政府では、平成15年に食品安全基本法という食品安全にリスク分析の考え方を導入した法律を打ち出し、さらに同年、内閣府に食品安全委員会を設けた。政府だけでなく、消費者も食への関心・不安が高まっている。特に、安全面に対しての不安が高くなっている（図1-1）。食品安全委員会が、一般消費者に対し行ったアンケートによると、不安は主に農薬・食品添加物・汚染物質などの化学物質に向けられていると分かる（図1-2）。これを受け、厚生労働省や、各都道府県の衛生管理部などが食品中の化学物質のモニタリング調査をし、それと国民の平均的な食品喫食量の統計データから、各化学物質の1日推定摂取量の算出等を行っている。しかし、どの食品をどれだけ摂取するかは、個人の好き嫌いや生活習慣が大きく影響するため、平均喫食量は化学物質摂取量の基準以内であったとしても、個人単位で見ると基準以内である確証はない。そういった意味で、省庁や都道府県のリスクアセスメントは客観的なものであり、消費者の視点から見たアセスメントではない。

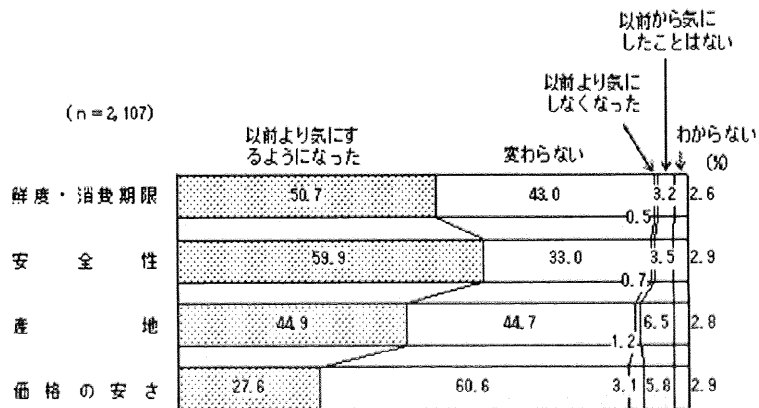


図 1-1 食品購入時に意識がどう変わったかについてのアンケート

東京都資料<sup>1)</sup>より引用

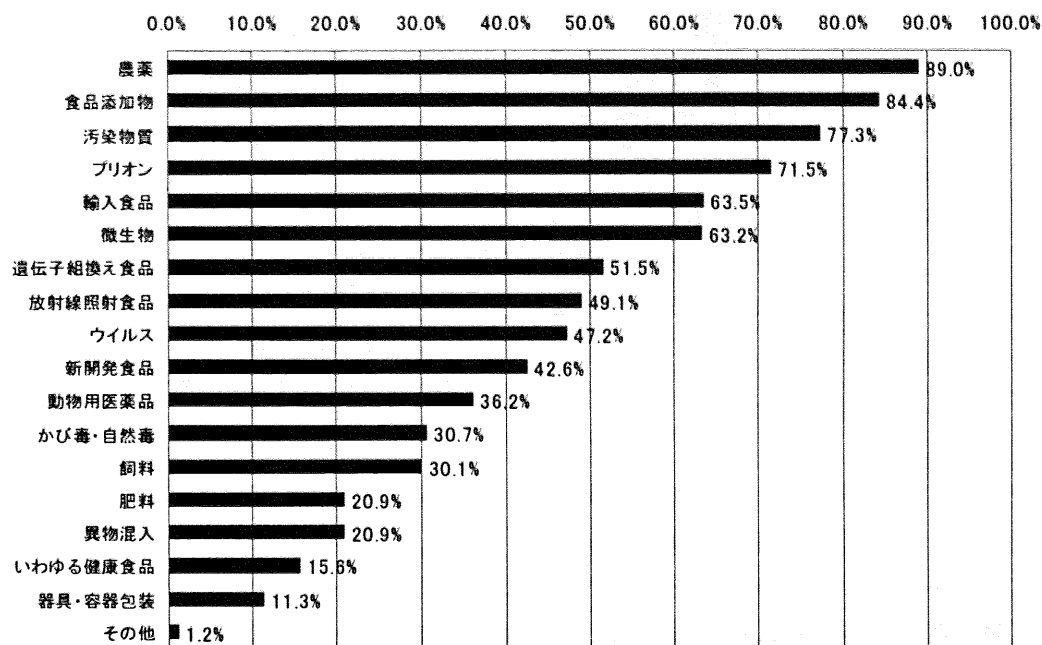


図 1-2 食品の安全性の観点から不安を感じているもの 内閣府資料<sup>3)</sup>より作成

平成 16 年度国民栄養調査<sup>3)</sup>における推奨摂取量と現在の栄養摂取量の差異を見ると、推奨摂取量を 1 とした時に、上限の摂取量を上回っているものが脂質など 4 つ、下限の摂取量を下回っているものがビタミンやミネラル類から 8 つあることが分かる（表 1-1）。勿論、これは国内の平均値ではあるが、現代人の栄養状態が完全に満たされているとは言い難い。ここで、昭和 35 年と平成 15 年における食事の摂取エネルギーに占める食品群の割合を比較すると、日本人の食生活は大きく変化したことがわかる(図 1-3)。米からのエネルギー摂取量が減少し、畜産物や油脂類からの摂取が著しく増えた。この食生活の変化が、少なからず栄養摂取の欠乏と関わっていることが推察でき、食の本来の目的である栄養の充足を果たすために、食生活を見直す必要がある。

表1-1 栄養摂取量の推奨摂取量との差異

	対上限	対下限		対上限	対下限
脂質	1.05		ビタミンD	0.17	3.36
食塩相当量	1.12		ビタミンE	0.01	0.92
カリウム		1.19	ビタミンK	0.01	4.3
カルシウム	0.21	0.86	ビタミンB1	0.77	1.06
マグネシウム	0.38	0.92	ビタミンB2	0.97	1.16
リン	0.25	1.45	ナイアシン	0.52	1.12
鉄	0.2	0.74	ビタミンB6	0.01	0.84
亜鉛	0.28	0.83	ビタミンB12		3.04
銅	0.14	0.72	ビタミンC		1.05
葉酸	0.31	1.55	食物繊維	0.57	0.72
パントテン酸		1.1	脂肪エネルギー比	1.09	
ビタミンA	0.59	1.55			

国民栄養調査<sup>3)</sup>より作成

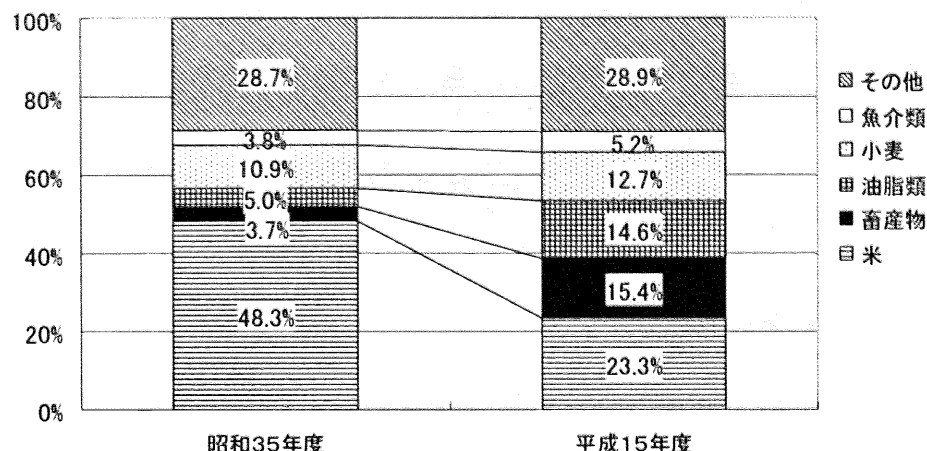


図 1-3 食生活の変化（エネルギーに占める割合） 農林水産省資料<sup>4)</sup>より作成

近年、地球温暖化が大きく取り上げられるようになり、食品が環境に与える影響として農林水産物の生産過程、及び生産者から消費者への輸送過程における CO<sub>2</sub> 排出に関する研究が行われるようになった。

農林水産物の生産過程における CO<sub>2</sub> 排出量は小方ら<sup>5)</sup>によって研究されており、農業の機械化に伴う直接的な CO<sub>2</sub> 排出と農業用機械の生産、農業・化学肥料の生産、温室用資材をはじめとする資材の生産に投入される、間接的な CO<sub>2</sub> 排出の両方を産業連関表を用いて算出し、食品 1g あたりの生産に関わる CO<sub>2</sub> 排出量がデータベース化されている。さらに、線形計画法を用いて CO<sub>2</sub> 排出量を最小化する食品の組み合わせを示し、それによって日本全体で、1 年間で約 230 万 t-C の CO<sub>2</sub> 削減効果があることを示している。

食品の輸送過程における CO<sub>2</sub> 排出量の尺度として、近年フードマイレージに関する研究がなされるようになった。フードマイレージとは、以下の式で求められる。

$$\sum \sum (Q_{j,k} \times D_j)$$

ただし、 $Q_{j,k}$ : 輸入相手国（輸出国）j からの食料 k の輸入量

$D_j$ : 輸入相手国（輸出国）j から当該国（輸入国）までの輸送距離

試算<sup>6)</sup>によると、2001 年における日本のフードマイレージは約 9000 億 t・km であり、世界の中でも突出して大きい(図 1-4)。さらに、食料輸送に伴う CO<sub>2</sub> 排出量もあわせて試算しており、16.9 百万 t であり、これは国内食糧輸送にかかる CO<sub>2</sub> 排出量である 9 百万 t の約 2 倍である。国内輸送にかかる CO<sub>2</sub> 排出量の多さもさることながら、食料自給率の 40% という数字に表れているように、日本は食料輸入大国であり、それによる地球環境への負荷も相当量である。

## 1.2. 本研究の目的

以上の食品に関する研究は個別になされており、健康面および環境面での影響を同時に取り扱った研究は例がない。そこで本研究では、一日に必要な栄養を摂りつつも、化学物質摂取量が基準値以内であり、且つ、現状よりも CO<sub>2</sub> 排出量を削減できるような食品の組み合わせを、消費者の満足度を損なわずに提示するモデルを開発する。このモデルにより、新たな食品選好基準を提案し、以って地球温暖化及び、健康リスク回避に資することを目的とする。

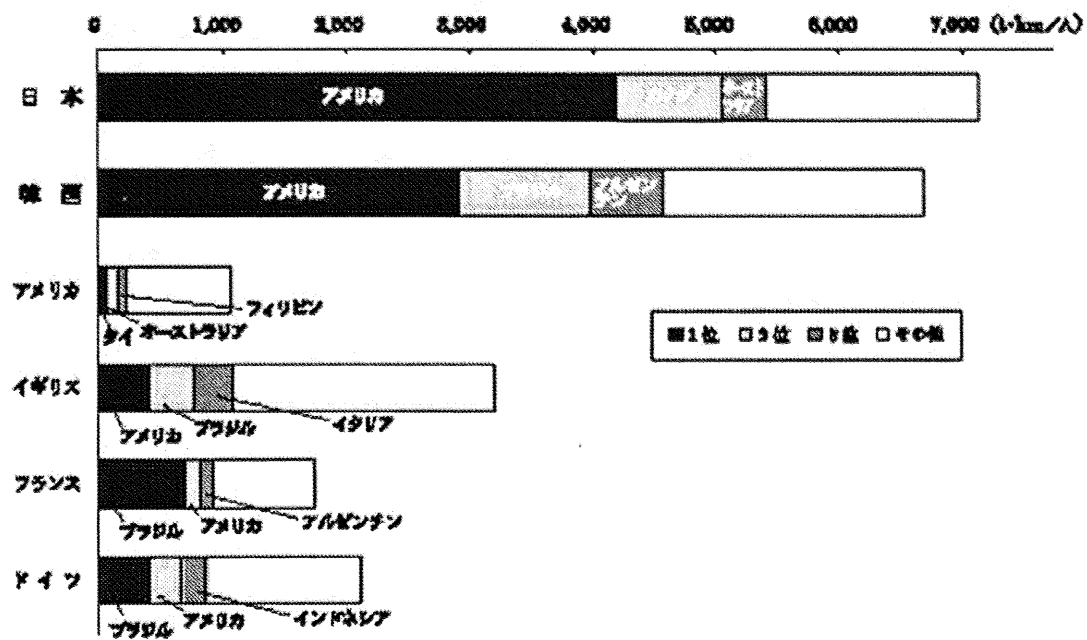


図 1-4 2001 年の各国 1 人当たりのフードマイレージ

農林水産研究所資料<sup>7)</sup>より引用

## 第2章 データベース構築

### 2.1. 研究の範囲と構成

本研究で対象とする化学物質及び環境負荷は以下の表 2-1 に挙げるものである。

表 2-1 本研究で扱う各種条件

化学物質	金属(Al,Cd,Pb,Hg,MeHg) 環境ホルモン(ダイオキシン、TBTO) 農薬 6 種
群別摂取量	食品群別に推奨される摂取量
栄養成分	エネルギーなど 24 成分
所要栄養量	年齢階級別 1 日必要摂取栄養量
価格	東京都における H16 年度小売価格 家計に占める食料支出
CO2	生産過程における排出量 輸送過程における排出量

また、最終消費地には東京を設定する。輸入品は、財務省の貿易統計<sup>9)</sup>で入手できる範囲であり、上位 3 国のみを対象とした。以上を対象とする際のデータの入手可能性の点から、本研究で扱う食品種は表 2-2 にあげるものとなる。

表 2-2 対象食品

国産	パン	北海道	国産	チーズ	神奈川	輸入	きゅうり	韓国	輸入	しいたけ	中国
	米	新潟		しいたけ	岩手		だいこん	中国		牛肩ロース	AUS
	さつまいも	千葉		和肩	栃木			台湾			NZL
	さといも	埼玉		和肩ロース	栃木		たまねぎ	オランダ			メキシコ
	じゃがいも	北海道		和リブロース	栃木			中国		牛リブロース	AUS
	あじ	千葉		和サーロイン	栃木			アメリカ			NZL
	いわし	千葉		和バラ	栃木			NZL			メキシコ
	かつお	宮城		和もも	栃木		トマト	アメリカ		牛サーロイン	AUS
	さけ	北海道		和ヒレ	栃木			韓国			NZL
	さば	千葉		乳牛肩	北海道		なす	カナダ			メキシコ
	さんま	宮城		乳牛肩ロース	北海道			韓国		牛バラ	AUS
	ぶり	宮城		乳牛リブロース	北海道			中国			NZL
	まぐろ	鳥取		乳牛サーロイン	北海道		にんじん	AUS			メキシコ
	あさり	千葉		乳牛バラ	北海道			NZL		牛もも	AUS
	かき	岩手		乳牛もも	北海道			中国			NZL
	えび	沖縄		乳牛ヒレ	北海道		ねぎ	韓国			メキシコ
	いか	愛媛		牛挽肉	北海道			アメリカ		牛ヒレ	AUS
	たこ	北海道		豚肩	千葉		ピーマン	韓国			NZL
	かぼちゃ	北海道		豚肩ロース	千葉			オランダ			メキシコ
	キャベツ	愛知		豚ロース	千葉		ほうれん草	NZL		豚肩ロース	アメリカ
	きゅうり	埼玉		豚バラ	千葉			中国			デンマーク
	だいこん	千葉		豚もも	千葉		レタス	アメリカ			カナダ
	たまねぎ	北海道		豚ヒレ	千葉			台湾		豚ロース	アメリカ
	トマト	熊本		ハム	千葉		れんこん	AUS			デンマーク
	なす	高知		ベーコン	千葉			中国			カナダ
	にんじん	千葉		ウインナー	千葉		いちご	ベトナム		豚バラ	アメリカ
	ねぎ	千葉		鶏てば	千葉			アメリカ			デンマーク
	白菜	茨城		鶏むね	千葉		キウイ	韓国			カナダ
	ピーマン	茨城		鶏もも	千葉			NZL		豚もも	アメリカ
	ほうれん草	群馬		ささみ	千葉		なし	アメリカ			デンマーク
	レタス	長野		鶏卵	青森			チリ			カナダ
	レンコン	茨城	輸入	パン	アメリカ		キウイ	チリ		豚ヒレ	アメリカ
	いちご	栃木			カナダ			アメリカ			デンマーク
	みかん	静岡			AUS		ぶどう	チリ			カナダ
	柿	福岡		さつまいも	中国			アメリカ		鶏てば	ブラジル
	キウイ	愛媛			ブラジル		リンゴ	台湾			アメリカ
	すいか	千葉			中国			アメリカ			チリ
	なし	茨城		さといも	フィリピン		豆腐	AUS		鶏むね	ブラジル
	ぶどう	山梨			ベトナム			ブラジル			アメリカ
	もも	山梨		じゃがいも	中国			カナダ			チリ
	リンゴ	青森			NZL		チーズ	AUS		鶏もも	ブラジル
	いんげん豆	福島		かぼちゃ	メキシコ			NZL			アメリカ
	豆腐	北海道			トンガ			イタリア			チリ
国産	わかめ	宮城		キャベツ	中国	輸入	牛肩	AUS		ささみ	ブラジル
	牛乳	神奈川			韓国			NZL			アメリカ
	ヨーグルト	神奈川			台湾			メキシコ			チリ

注) AUS⇒オーストラリアの略、NZL⇒ニュージーランドの略

## 2.2 金属データベース

### 2.2.1. 概要

厚生労働省から許容一日摂取量(以下 ADI)が設定されている、表 2 に示した 5 種類の有害金属および重金属の食品中含有量をデータベース化した。資料として、主に食品衛生化学物質データブック<sup>9)</sup>を用いた。これは、1985 年から 1995 年に発行された国内外の学術論文から、食品中の各化学物質の含有量を調査蒐集したものである。若干古いデータのように感じられるが、重金属類は環境中に残留しやすいため、データの妥当性は損なわれまいと考えられる。適宜、その他の文献も参照しつつデータベース化した。同一化学物質で複数の文献に記載されている食品は加重平均をとった。以下に、個別の金属について詳しく述べる。なお、金属含有量は国産品、輸入品ともに同じ値を用いた。また、検出限界未満の値は 0 とした。

### 2.2.2. Cd

食品に含まれる Cd(カドミウム)について述べる。Cd は、元来、鉱物中や土壌中に存在する金属であるが、日本では、鉱山採掘により地表に掘り出された。鉱山採掘や、採掘された Cd を化学的に加工する際の廃液などにより、土壌中に蓄積されるようになった。高濃度を長期に摂取すると、腎機能障害などが起こることが知られている。ヒトにおける半減期は 10 年かそれ以上といわれている。食品では、主に米や肉、魚、果実、野菜など多くの食品に含まれている。前出の食品衛生化学物質データブック<sup>9)</sup>と、農林水産省のサイト<sup>10)</sup>を参考に食品中の Cd 濃度のデータベースを作成したものが以下の図 2-1 である。詳細な数値は付表 1 を参照のこと。

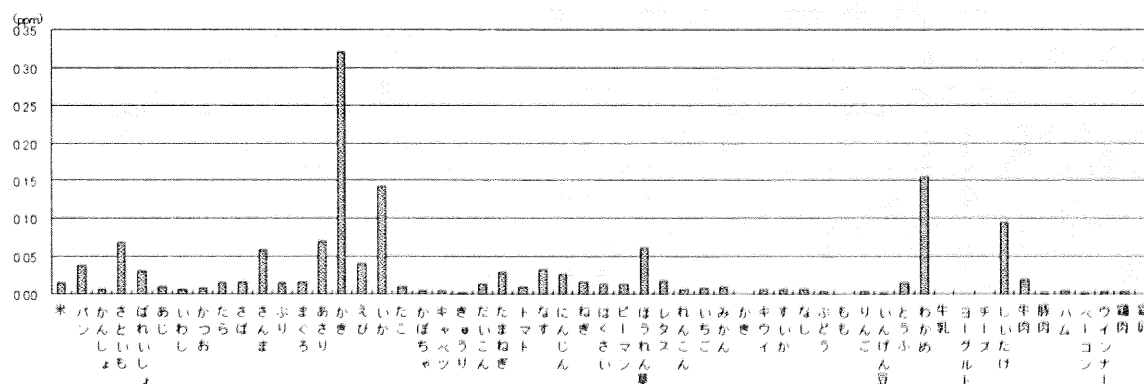


図 2-1 食品中 Cd 濃度

### 2.2.3. Pb

食品に含まれる Pb(鉛)について述べる。Pb は、なんらかの物質と結合した化学物質として存在することが多く、経口摂取した際は、多くは吸収されずに糞や尿として排出されるが、骨の中に入った場合は、容易に減少はしない。血液に作用すると、貧血を起こしたり、他に免疫系や腎臓の不全を起こすことが知られている。小児期の低濃度暴露により、知能に影響を及ぼすことも最近の研究で明らかになってきた。また、半減期は 10 年とされている。前出の食品衛生化学物質データブック<sup>9)</sup>を用いてデータベースを作成した結果が以下の図 2-2 である。詳細な数値は付表 1 を参照のこと。

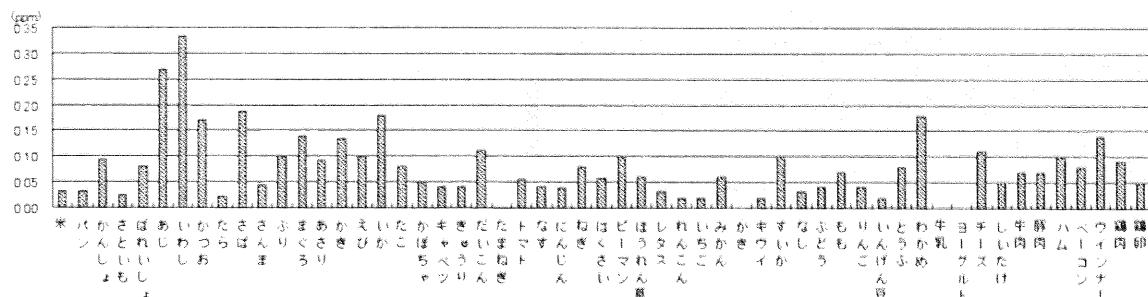


図 2-2 食品中 Pb 濃度

#### 2.2.4. Al

食品に含まれる Al(アルミニウム)について述べる。Al は、食品添加物や、食品の包装(アルミ缶など)に使われるなどして摂取される有害金属である。毒性としては、中枢神経毒性や骨組織への作用があるといわれている。経口摂取された Al は 99%がそのまま排泄される。腎機能障害を抱える人への毒性は明らかにされているが、その他の影響は現在はまだ研究段階である。前出の食品衛生化学物質データブック<sup>9)</sup>及び、資料<sup>10)</sup>を用いてデータベースを作成した結果が以下の図 2-3 である。詳細な数値は付表 1 を参照のこと。

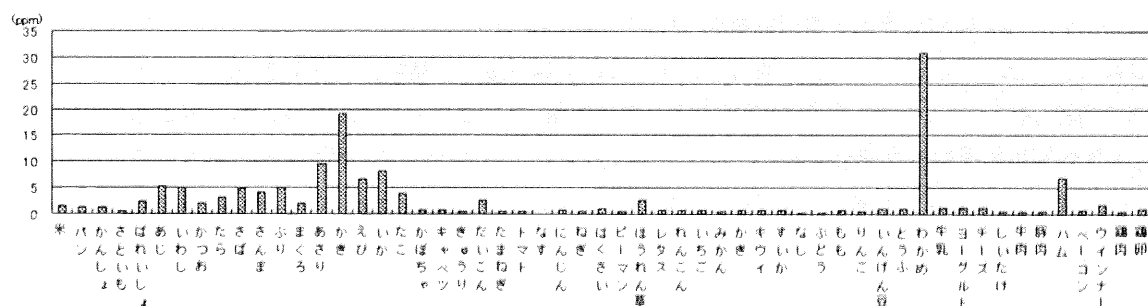


図 2-3 食品中 Al 濃度

#### 2.2.5. Hg

食品に含まれる Hg(水銀)について述べる。Hg は天然に存在する重金属で、環境中の水銀の主要な発生源は地殻からのガス噴出によるものがある。有機水銀と無機水銀があり、毒性は有機水銀の方が高い。本研究での Hg 量とは、この両方を合わせた総量とする。有機水銀は 2.2.6 で詳しく述べる。有機水銀は 1 と 2 価があり、生体内では 1 価の無機水銀は容易に 2 価に酸化される。無機水銀の影響は腎臓に出ることが多いと言われているが、遺伝的要因も絡むとされていて現在なお研究段階である。前出の食品衛生化学物質データブック<sup>9)</sup>及び文献<sup>12) 13) 14) 15)</sup>を用いてデータベースを作成した結果が以下の図 2-4 である。表記のない食品には Hg は含まれていないか検出限界未満であるとする。詳細な数値は付表 1 を参照のこと。

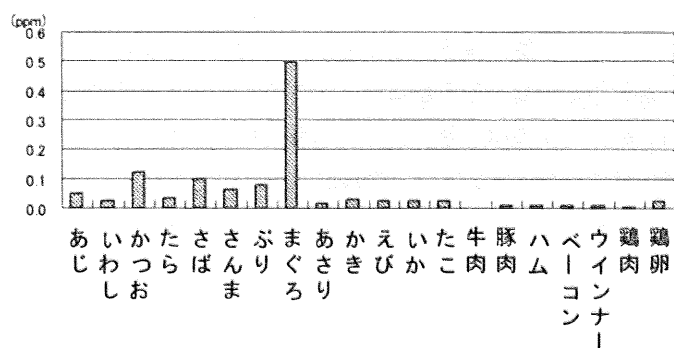


図 2-4 食品中 Hg 濃度

### 2.2.6. MeHg

食品に含まれる MeHg(メチル水銀)について述べる。前節で述べた水銀の中で総水銀量の 80~100%を占めている。食品とともに経口的に摂取された MeHg の腸管からの吸収率は 90%以上と、無機水銀が 5%以下であるのに比べて極めて高く、腸管から吸収された水銀は、主に肝、腎、及び脳等に蓄積される。無機水銀が、水中のバクテリアなどにより有機化され、それを海中でより高位に位置する魚が捕食することで生物濃縮が起こる。发育途中にある胎児の神経系は、MeHg の曝露影響を最も受けやすいと考えられており、妊娠中に MeHg を多く含む食品を多量摂取すると、血液胎盤関門を通過して母体から胎児に移行し、中枢神経に悪影響を及ぼすことが知られている。前出の食品衛生化学物質データブック<sup>9)</sup>及び、省庁と地方自治体から発表された調査結果<sup>12) 13) 14) 15) 16) 17) 18) 19) 20)</sup>を用いてデータベースを作成した結果が以下の図 2-5 である。表記のない食品には MeHg は含まれていないか検出限界未満であるとする。詳細な数値は付表 1 を参照のこと。

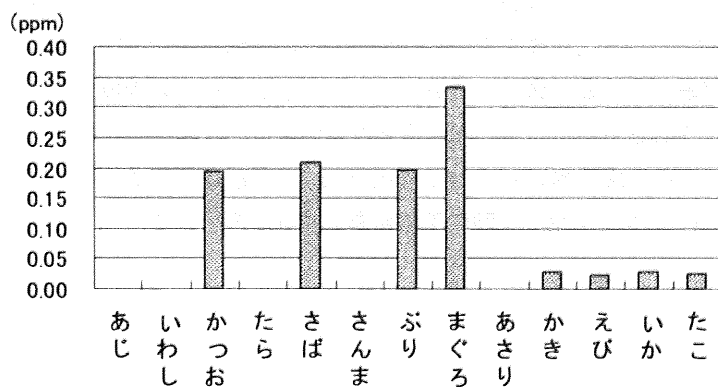


図 2-5 食品中 MeHg 濃度

## 2.3. 環境ホルモンデータベース

### 2.3.1. 概要

代表的な環境ホルモンとして、ダイオキシンと TBTO(トリブチルスズオキシド)を扱った。いずれも厚生労働省より ADI が設定されており、データも充実していたためこの 2 つを選んだ。なお、環境ホルモンは国産品、輸入品ともに同じ値を用い、検出限界未満の値は 0 とした。



## 2.4. 農業データベース

### 2.4.1. 概要

現在使用されている農薬は数百種類に及び、その全てを研究対象にすることは不可能なため、以下に述べる方法で、対象を限定した。地方衛生研究所全国協議会による食品中農薬残留検査結果<sup>39)</sup>では、愛知県衛生研究所、神戸市環境保健研究所、東京都健康安全研究センター、大阪府立公衆衛生研究所、兵庫県立健康環境科学研究所の5箇所の平成13、14年度（一部15年度）の日常業務における残留農薬検査データを集めたものである。農薬は大別すると、殺菌用と殺虫用に分けられる。前述の資料のうち、国産・輸入食品それぞれで最も多く検出された殺菌、殺虫系の農薬をまとめると以下の表2-3のようになった。本研究では、輸入品に多く使用されているものとしてイマザリル、クロルピリホス、国産・輸入品ともに多く使用されているものとしてイプロジオン、シベルメトリン、主に国産品に多く使用されているものとしてプロシミドン、アセフェートを対象とすることにした。データベース化する際の資料としては、最近5年以内の都道府県衛生課における、残留農薬調査結果（6都府県のべり件）<sup>36) 37) 38) 39) 40) 41) 42) 43) 44)</sup>を用いた。以下にデータベース化した結果を示す（図2-8、2-9、2-10、2-11、2-12）。なお、今回用いた文献からは、本研究対象食品からのイマザリルの検出はなかったためグラフは省略した。また、これ以後イマザリルは分析対象から外す。野菜・果実類のうち表記のない食品は、当該農薬が検出限界以下か、又は今回用いた文献には表記がなかったものとする。詳細な数値は付表1を参照のこと。

表 2-3 検出数の多い農薬（数字は検出件数）

		合計	国産	輸入
1	イマザリル（殺菌）	90		90
2	クロルピリホス（殺虫）	80	15	65
3	イプロジオン（殺菌）	77	45	32
4	シベルメトリン（殺虫）	77	44	33
5	プロシミドン（殺菌）	63	58	5
6	アセフェート（殺虫）	57	52	5

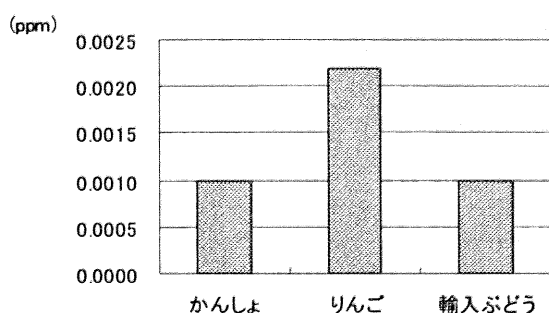


図 2-8 食品中のクロルピリホス濃度

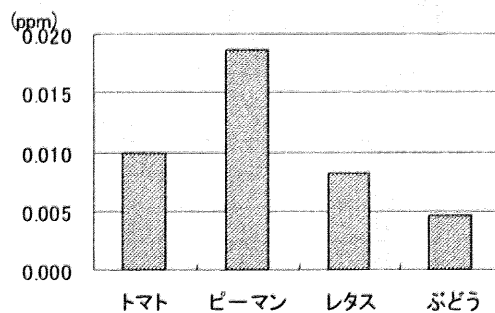


図 2-9 食品中のイプロジオン濃度

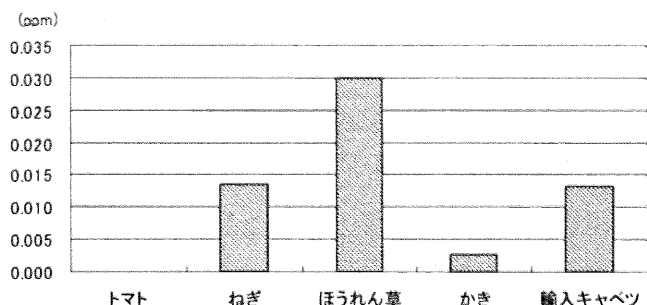


図 2-10 食品中のシベルメトリン濃度

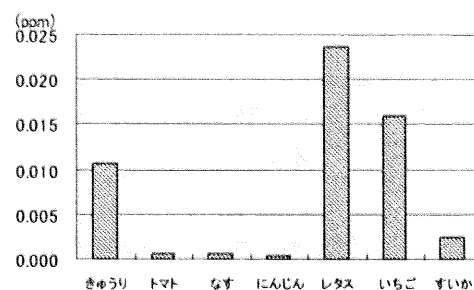


図 2-11 食品中のプロシミドン濃度

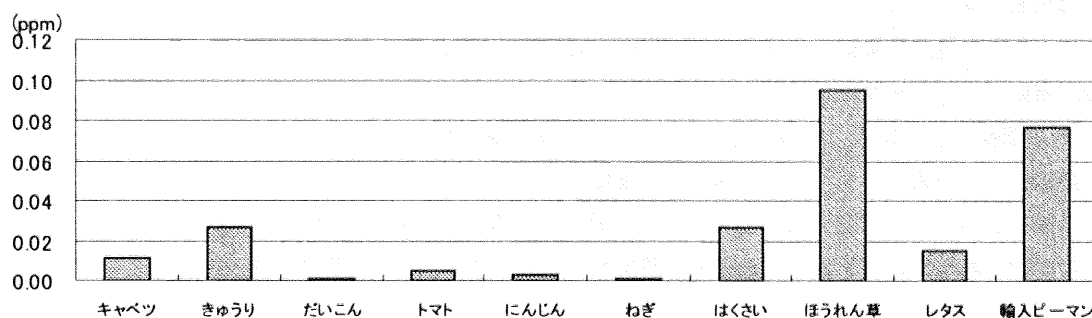


図 2-12 食品中のアセフェート濃度

## 2.5. 食品群別摂取量データベース

厚生労働省により、年齢階級別で1日に摂取することが推奨されている食品群別の摂取量が設定されている<sup>45)</sup>。本研究では、摂取食品の偏りをなくすことで栄養広食を改善し、ひいては化学物質曝露のリスクを低減するために制約条件として、モデルに使用する。以下の表 2-4 に年齢階級別の食品群別摂取量を示す。

表 2-4 年齢階級別食品群別摂取量(単位は g)

年齢(歳)	1-2	3-5	6-8	9-11	12-14	15-17	18-29	30-49	50-69	70以上
穀類	150	180	250	320	360	400	380	380	350	320
いも類	40	60	70	100	100	100	110	100	80	70
豆類	30	40	50	60	80	70	60	60	60	60
果実類	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
野菜類	210	240	240	290	300	350	350	350	350	350
きのこ類	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10
藻類	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10
魚介類	30	40	50	70	70	70	60	60	70	70
肉類	40	40	50	70	70	70	60	60	50	50
卵類	30	30	40	40	50	40	40	40	40	40
乳類	200	200	250	300	350	300	200	200	200	200

## 2.6. 栄養成分及び所要栄養量データベース

表 2-2 にあげた食品中に含まれる栄養成分を食品成分表<sup>46)</sup>を用いてデータベース化した。対象とした栄養成分はエネルギーなどを含む 24 種である(表 2-5)。表 2-2 に記した各食品の詳細な栄養素量は付表 2 を参

照のこと。

表 2-5 用いる栄養成分

エネルギー	たんぱく質	脂質	カリウム	カルシウム	ビタミンA
ビタミンB1	ビタミンC	ビタミンD	マグネシウム	リン	ビタミンK
ビタミンB2	ビタミンα	ビタミンB6	鉄	亜鉛	ビタミンB12
ナイアシン	葉酸	パントテン酸	銅	食塩相当量	食物繊維総量

1日に必要な栄養素量を年齢階級別に文献<sup>41)</sup>から得た。

種実類、油脂類、砂糖・甘味料類、調味料・香辛料類は本研究ではモデルに組み込む対象とはならないが、毎日推奨摂取量分だけ摂取していると仮定して予め必要摂取栄養素量から引いておく。推定の方法を以下に示す。まず、先述の文献<sup>46)</sup>よりそれぞれ4種類の食品の1gあたりの含有栄養素量を得る。なお、種実類としてアーモンド、砂糖・甘味料類として上白糖、油脂類としてバター・マーガリン・植物性油脂、調味料・香辛料類としてソース・醤油・塩・マヨネーズ・味噌の値を用いた。次に、国民健康栄養調査<sup>47)</sup>により、国民が一日にこれらの食品を喫食する量を年齢階級別に得る。表7にあるように、油脂類及び、調味料・香辛料類は上記の食品だけで全てを表しきれないため、食品種の食品群内での重みを乗じ、油脂類1gあたり、調味料・香辛料類1gあたりとしての栄養素量を求める。それぞれの栄養素*i*について、油脂類は、

$\{(\text{バターの栄養素 } i) \times 1.0 + (\text{マーガリンの栄養素 } i) \times 1.0 + (\text{植物性油脂の栄養素 } i) \times 8.3\} / 10.3$ 、

調味料・香辛料類は、

$\{(\text{ソースの栄養素 } i) \times 2 + (\text{しょうゆの栄養素 } i) \times 18 + (\text{塩の栄養素 } i) \times 1.6 + (\text{マヨネーズの栄養素 } i) \times 3.3 + (\text{味噌の栄養素 } i) \times 12.4\} / 37.3$

で表すことができる。また、調味料・香辛料類の中で、上記5種の調味料が占める割合は、 $37.3/92.9=0.402$ である。次に、表2-6に予め引く食品の年齢階級別の量を示す。これは、厚生労働省により定められた、食品群別1日推奨摂取量の値である<sup>48)</sup>。種実類、砂糖類、油脂類は2-7の値と食品1gあたりの栄養素量(それぞれ、アーモンド、上白糖、先ほど求めた油脂類全体の栄養素量)を乗じ、予め除く栄養素量を得る。調味料類については、推奨摂取量に先ほど求めた、5つの調味料が占める割合である0.402を乗じた後、調味料類全体の1gあたりの栄養素量を乗じて、予め除く栄養素量を得る。

表 2-6 予め除く食品の1日摂取量(単位はg)

年齢(歳)	1-2	3-5	6-8	9-11	12-14	15-17	18-29	30-49	50-69	70以上
種実類	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
砂糖類	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
油脂類	10	15	15	15	20	20	20	15	15	10
調味料類	50	50	50	60	60	70	100	100	50	50

表 2-7 予め除く食品の一日推奨摂取量(単位はg)

	種実類	2.1	砂糖・甘味料類	7.2	バター	1	ソース	2
					マーガリン	1	しょうゆ	18
					植物性油脂	8.3	塩	1.6
					動物性油脂	0.1	マヨネーズ	3.3
							味噌	12.4
							その他の調味料	55.6
合計	種実類	2.1	砂糖・甘味料類	7.2	油脂類	10.4	調味料類	92.9

## 2.7. 小売価格・家計支出データベース

食品の価格を小売物価統計<sup>48) 49) 50) 51) 52) 53) 54)</sup>から得た。東京都に属する、「東京都区部」、「立川」、「府中」における小売価格の年間平均値の算術平均をとり、食品の小売価格とした。肉類の価格については、統計上、ロース・肩しかないため、ロースの値段を基準として食肉消費総合センター<sup>55)</sup>で得られた現在の市場で卸されている部位別の価格比をかけて、それぞれ肩、肩ロース、リブロース、サーロイン、バラ、もも、ヒレの価格とした。輸入品については、資料<sup>56) 57)</sup>より価格を得た。詳細な値は付表1を参照のこと。

また、家計に占める食料支出額を資料<sup>58)</sup>より得た。単身かそうでないかの世帯別、世帯主の年齢別に1家庭の1日分の食料支出額を求めた。穀類、野菜類など食品群に分けて記載されていたが、本研究では、これらをまとめて扱う。含まれるものは、穀類、魚介類、肉類、乳卵類、野菜・海藻、果物、外食、賄い費である(下表2-8)。

表2-8 家計出費(単身女性35-60歳)(単位:円)

穀類	魚介類	肉類	乳卵類	野菜・海藻	果物	外食	和	1日あたり
2,616	2,534	1,963	1,493	4,269	1,673	8,455	23,003	766.767

## 2.8. 二酸化炭素データベース

生産過程におけるCO<sub>2</sub>排出量の算出について以下に述べる。前出の文献<sup>6)</sup>によると、式

$$\frac{\partial y_k}{\partial f_i} = \sum_{j=1}^m (E_{kj} \times B_0^{-1}{}_{ji}) \quad \dots \text{式(2.1)}$$

ただし、 $y_k$  : プロセスjの単位生産あたりの財又はサービスを生産する際の環境排出k

$E_{kj}$  : プロセスjの単位生産あたりの財又はサービスiの産出量 $e_{ij}$ を成分とするある環境排出kの産出係数行列

$f$  : 一般の需要家が消費する財又はサービスiの最終需要

$B_0$  :  $B_0 = E - A$ で表される。なお、 $A$ はプロセスjの単位生産あたりの財又はサービスiの投入係数行列

により、資源消費、環境排出を各製品に分配することができる。一年間に消費される原材料を最終需要ベクトルfの需要量として代入し、直接・間接に必要とされる資源消費や環境排出をプロセス連関モデルによって評価している。穀類・麦類・野菜類・果実類・いも類・豆類・魚介類について算出しており、本研究ではこの数値を、食品の生産にかかるCO<sub>2</sub>として用いる。豆腐は過小評価となるが、原材料である大豆を代用した。なお、ここで算出されていない、肉類及び鶏卵の排出量は資料<sup>59)</sup>から引用した。以上をまとめると表2-9のようになる。また、付表1に全対象食品の生産過程におけるCO<sub>2</sub>排出量を記した。

表 2-9 生産にかかる CO<sub>2</sub>

食品名	g-C/g	食品名	g-C/g	食品名	g-C/g
米	0.1909	かぼちゃ	0.1033	すいか	0.0616
パン	0.6171	キャベツ	0.029033	なし	0.0968
かんしょ	0.0144	きゅうり	0.120325	ぶどう	0.67785
さといも	0	だいこん	0	もも	0
ばれいしょ	0.0117	たまねぎ	0.0422	りんご	0.0746
あじ	0.5497	トマト	0.1853	いんげん豆	0.181096
いわし	0.5497	なす	0.0963	とうふ	0.179329
かつお	0.5497	にんじん	0.058867	わかめ	0.002
たら	0.2081	ねぎ	0.069533	牛乳	0.058763
さば	1	はくさい	0	ヨーグルト	0
さんま	1.3066	ピーマン	0.131767	チーズ	0.058763
ぶり	0.0929	ほうれん草	0.7136	しいたけ	1.747414
まぐろ	2.5479	レタス	0.05886	和牛	0.665558
あさり	0.66	れんこん	0.1044	乳牛	0.275065
かき	0.0069	いちご	0.2554	豚肉	0.190054
えび	1	みかん	0	肉加工品	0
いか	0.2366	かき	0.0709	鶏肉	0.11933
たこ	1.6801	キウイ	0.077793	鶏卵	0.124116

輸送過程における CO<sub>2</sub> 排出量の算出について以下に述べる。先に述べたように、最終消費地は東京都と仮定し、輸入品は貿易統計において最も輸入量が多い国の上位 3 国を計測対象とした。国産品は東京中央卸売市場で流通する食品のうち、もっとも多い出荷県 1 県を計測対象とした。魚介類・肉類はデータがないものが多い。これらは卸売市場を経由せずに独自のルートで流通しているものが多いため、国内の最大産地から出荷しているものとする。これらは、多くは（出荷県の詳細は表 2-2 を参照のこと）。

国内の輸送手段であるが、社）食品流通システム協会の資料<sup>60)</sup>によると、現在、生鮮野菜の輸送量は 2000 万 t であり、鉄道による輸送は全国卸売市場での青果物取扱量の約 5.5%にあたる 211 万 t である。そのため、国内は原則としてトラックで輸送されることとする（米のみ貨車 59%、トラック 41%の割合で輸送される。詳しくは資料<sup>61)</sup>を参照のこと）。輸送距離については、産地県から東京とまでの直線距離で計測すると過小評価になるため、便宜的に産地県の県庁所在地から東京までの鉄道距離を輸送距離とおいた。得られた距離に輸送量 1g あたりのトラックの CO<sub>2</sub> 排出係数を 167g-CO<sub>2</sub>/km・g を乗じ食品 1g あたりの CO<sub>2</sub> 排出量とした。水産物については、漁港が特定できないものについては出荷県の中で最も水揚げ量が多かった港とした<sup>62) 63)</sup>。

輸入過程においては、全ての輸出国の主要産地を把握することは困難なため、各国の首都から港までの直線距離をトラックで輸送するとし、その後船舶により東京港まで輸送されることとした。輸出港は、資料<sup>64)</sup>より得た取り扱いコンテナ数が最も多い港と仮定した。その後、それぞれの手段による輸送距離に、トラックは既出の 167 g-CO<sub>2</sub>/km・g を、船舶には 38 g-CO<sub>2</sub>/km・g を乗じ、1g あたりの CO<sub>2</sub> 排出量とした。輸出国のうち産地が特定できるものは既出の資料<sup>61)</sup>を用いて特定した。具体的には、アメリカの農産物はアイオワ州産、中国の農産物は済南省産、カナダの穀物はリジャイナ産とした。マーシャル諸島からの輸出は、一度本国であるアメリカに帰港するとは考えがたいので、マーシャル諸島内のマジュロ港から輸出されているものとする。また、ロシアは輸入品が水産物のみであり、これらは主にウラジオストック港で漁獲されると考えられる。そのため、首都モスクワまで輸出品が運ばれるとは考えがたく、ウラジオストック港から直接東京港へ輸送されるものとする。なお、輸出国内の輸送距離は、地図上の直線距離を用い、輸出国の港から東京港までの距離は距離表<sup>65)</sup>を用いた（輸入品の輸送距離は表 2-10 に記載）。

図 2-13 に計算結果の詳細を示す。国内輸送過程は代表として、最も遠い北海道のみを掲載した。これを

見ると、船舶由来の排出量が多くを占めていることが分かる。ヨーロッパやブラジルは地理的に遠方なため、輸入をすれば排出量が大きく増えるが、近隣のアジア諸国から輸入をする場合は、北海道から国内を輸送する際の排出量と大差はないことが分かった。全対象食品の輸送過程における CO<sub>2</sub> 排出量は付表 1 を参照のこと。

表 2-10 各輸出国の輸出港と首都所在地

国名	インドネシア	北朝鮮	インド	ロシア	パキスタン	オマーン
主要産地又は首都	ジャカルタ	平壤	カルカッタ	ウラジオストック	イスラマバード	マスカット
港名	タンジュンプリオ	ウオンサン	カルカッタ	ウラジオストック	カラチ	マスカット
陸輸送距離(km)	0	150	0	0	1175	0
船舶輸送距離(km)	5997	930	9910	1780	10808	11338

国名	ニュージーランド	オーストラリア	アメリカ	カナダ	カナダ(穀)	メキシコ
主要産地又は首都	オークランド	キャンベラ	アイオワ	バンクーバー	リジャイナ	メキシコシティ
港名	オークランド	メルボルン	ロス	バンクーバー	バンクーバー	アカプルコ
陸輸送距離(km)	0	473	2400	0	1328	302
船舶輸送距離(km)	8941	9193	8982	7893	7893	11638

国名	ブラジル	チリ	マーシャル	トンガ	モロッコ	モーリシャス
主要産地又は首都	ブラジリア	サンティアゴ	-	ヌクアロハ	ラバト	ポートルイス
港名	リオ	バルパライソ	マジュロ	ヌクアロハ	カサブランカ	ポートルイス
陸輸送距離(km)	912	90	0	0	90	0
船舶輸送距離(km)	21935	15322	4545	8001	18759	11577

国名	オランダ	イタリア	フランス	デンマーク	ノルウェー	アイルランド
主要産地又は首都	アムステルダム	ローマ	パリ	コペンハーゲン	オスロ	ダブリン
港名	ロッテルダム	ジェノバ	ルアーブル	コペンハーゲン	オスロ	ダブリン
陸輸送距離(km)	68	407	168	0	0	0
船舶輸送距離(km)	21002	16740	20607	22028	21928	20648

国名	スペイン
主要産地又は首都	マドリード
港名	バルセロナ
陸輸送距離(km)	527
船舶輸送距離(km)	17788

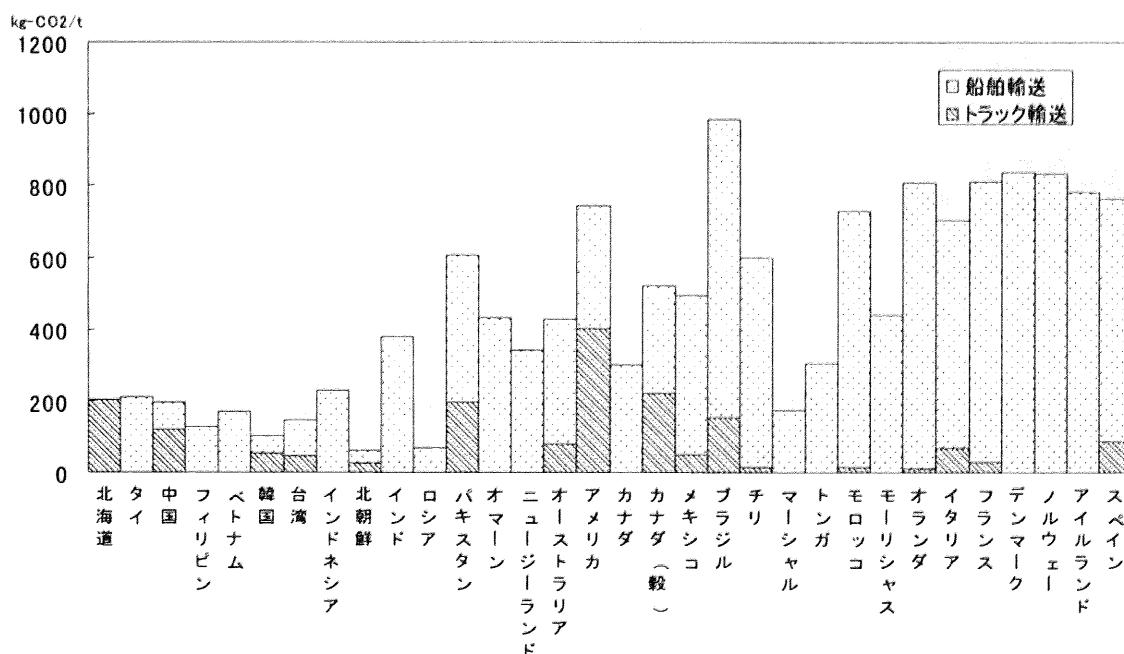


図 2-13 各国から日本までのフードマイレージ

## 第3章 目的関数の設定

### 3.1. 概要

本研究では、後に作成する食品選択モデルの目的関数を個々の食品に対する総合的な嗜好、すなわち効用とする。従来の研究にあるような、単純な CO<sub>2</sub> 最適化や何らかの化学物質最適化は、その単一物質の最適化の解としては有用であるが、実際に消費者が摂取する食品を選択する際に、自分の食べたいものよりも、CO<sub>2</sub> 排出量削減を優先するとは、現時点では考えがたい。本研究の目的は、消費者の観点からみた摂取食品最適化のため、最終的には効用最大化を目指す方が消費者の選択行動により近いと考えられる。そのため、嗜好を定量化し目的関数を作成する。本節では、2つのタイプの目的関数を作成する。1つはおおまかな嗜好タイプ別に、ある程度一般化して、後に分析を目的とする関数である。2つめは、個人の嗜好を定量化するための関数である。以下にこの2つの目的関数設定の過程を述べる。

### 3.2. 解析用目的関数

一般的な食品の嗜好により大きく4タイプに分けることとした。具体的には、

1. 広食型（どの嗜好も同じ）
2. 肉食型（肉類の嗜好が高く、野菜類・魚介類の嗜好は相対的に低いタイプ）
3. ベジタリアン型(ベジタリアンにはいくつか種類があるが、今回は欧米で一般的なラクト・オボ・ベジタリアンという菜食の他に、乳製品及び卵を摂取するタイプを想定した)
4. 炭水化物型（穀類やその加工品、いも類等の炭水化物に対する嗜好が相対的に高いタイプ）

の4タイプとする。効用関数の係数は、どのタイプにおいても群別の係数の和が1となるようにし、その中で重みにより決定した(表 3-1)。

表 3-1 目的関数に設定した係数

	穀類	いも類	魚介類	野菜類	果実類	藻類	きのこ類	豆類	乳類	肉	卵類
広食型	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909
肉食型	0.0862	0.0862	0.0259	0.0259	0.0862	0.0862	0.0862	0.0862	0.0862	0.2586	0.0862
ベジタリアン型	0.0909	0.0909	0.0000	0.2727	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0000	0.0909
炭水化物型	0.2000	0.2000	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667

### 3.3. 個人用目的関数

#### 3.3.1. 概要

本研究では、解析用目的関数とは別に、ある特定の個人の効用を定量化するツールを作成した。コンジョイント分析の手法を用いて、アンケートに答えることにより、嗜好を定量化できるようにした。嗜好は食品群別に定量化され、次節で述べる最適化に適用が可能となっている。

#### 3.3.2. コンジョイント分析の理論

コンジョイント分析は多数の属性から構成されるプロファイル(属性の束、本研究ではメニュー)を回答者に示して効用を尋ね、プロファイル全体の効用や属性別の価値を評価する分析手法である。コンジョイント分析の質問形式は主に、完全プロファイル評定型、順序型、選択型の3種類ある。完全プロファイル評定

型は1つのプロフィールに対する消費者の評点(購入活動ならば、主観的購入確率)を求めるものである。順序型は、いくつかの提示されたプロフィールのなかでアンケート対象者が望ましい順に順位をつけていくものである。選択型は、いくつかの提示されたプロフィールの中から、最も好ましいプロフィールを1つ選ぶものである。本研究では順序型を用い、質問*i*においてメニュー*j*(=1,2,3,4,5)の選好度合を合計が100になるように振り分けてもらう。順序型を用いる理由は以下の通りである。通常コンジョイント分析はサンプル数が200程度必要といわれているが、本研究では個人を対象に実施するため十分なサンプル数が得られない。そのため、点数を配分させることにより100回同じ質問をしたときの選択回数として扱えるようになるからである。

質問*i*において、メニュー*j*を選択することによる効用関数 $V_{ij}$ は次のような形で表せる。

$$V_{ij} = a_1 K_{ij} + a_2 I_{ij} + a_3 T_{ij} + a_4 F_{ij} + a_5 Y_{ij} + a_6 M_{ij} + a_7 S_{ij} + a_8 G_{ij} + a_9 N_{ij} + a_{10} B_{ij} + a_{11} C_{ij} + a_{12} D_{ij} + a_{13} E_{ij} \quad \dots \text{式(3.1)}$$

ただし  $a_i$  : パラメータ、 $K_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*の穀類の量(g)、 $I_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*のいも類の量(g)、 $T_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*の豆類の量(g)、 $F_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*の果実類の量(g)、 $Y_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*の野菜類の量(g)、 $M_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*のきのこ類の量(g)、 $S_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*の海藻類の量(g)、 $G_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*の魚介類の量(g)、 $N_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*の牛肉の量(g)、 $B_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*の豚肉の量(g)、 $C_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*の鶏肉の量(g)、 $D_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*の乳類の量(g)、 $E_{ij}$  : 質問*i*におけるメニュー*j*の卵類の量(g)とする。

質問*i*ごとにメニュー*j*(=1,2,3,4,5)を最も好ましいと選択する確率 $P_{ij}$ をロジットモデルによって、

$$P_{ij} = \frac{\exp V_{ij}}{\sum_{k=1}^5 \exp V_{ik}} \quad \dots \text{(式 3-2)}$$

と表すことができる。質問*i*において、メニュー*j*の相対的選好度が $p_{ij}$ であるとする、尤度関数 $L$ は、

$$L = \prod_i \prod_{j=1}^5 P_{ij}^{n_{ij}} \quad \dots \text{(式 3-3)}$$

となる。最尤法を用いて、尤度 $L$ を最大化するようなパラメータの値を求める。

3.3.3. プロファイル設計方法

以下にプロファイルの設計方法を述べる。プロファイルを構成する属性は上記の、穀類、いも類、豆類、果実類、野菜類、きのこ類、藻類、魚介類、牛肉、豚肉、鶏肉、乳類、卵類の13属性で、水準は、摂取するかしないかの2水準である。プロファイルの組み合わせは $2^{13}$ 通りあり、これら全てをプロファイルとして取り込むことは不可能なため、直交配列表を用いて、プロファイルを作成した。直交配列表とは、任意の2因子（列）について、その水準のすべての組合せが同数回ずつ現れるという性質をもつ実験のための割り付け表である。因子をベクトルとして捉えたと、どの2因子も互いに直交しており、相関係数は0となる。k水準の因子を $k^n$ 回の実験で実験する直交配列表を作成するときにはn桁のk進数を利用する。例えばn=3の時、3桁の2進数を作成すると、8種類できることとなる。その各桁を列ベクトルと見なすと、3つのベクトルから新たに4つのベクトルが作成され、計7列の直交配列ができあがる(図3-1)。これに例えば、2水準の因子の場合、2水準7因子(n=3)、2水準15因子(n=4)、2水準31因子(n=5)の直交配列表が作成可能である。

2進数	a	b	c		a	b	c	a+b	a+c	b+c	a+b+c
000	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
001	0	0	1		0	0	1	0	1	1	1
010	0	1	0		0	1	0	1	0	1	1
100	1	0	0		1	0	0	1	1	0	1
011	0	1	1	→	0	1	1	1	1	0	0
110	1	1	0		1	1	0	0	1	1	0
101	1	0	1		1	0	1	1	0	1	0
111	1	1	1		1	1	1	0	0	0	1

図 3-1 直交配列表作成イメージ

本研究では、は2水準31因子の直交配列表を用いて、そこから任意に13因子を抜き出してそれぞれの食品群を割り付けた。15因子では誤差の自由度が小さくなるため31因子を用いた。用いた直交配列表を以下の表3-2に示す。

得られた直交配列表から、プロファイル毎にメニューを考えていく。例えば、プロファイルNo.2は、穀類・いも類・野菜類・藻類・きのこ類・乳類・鶏肉・鶏卵が1、即ち、使用するというプロファイルである。これらを全て用いて作成されるメニューは、白米・鶏のから揚げ・海草サラダ・ピシソワーズ・きのこオムレツ、となる。全ての食品を摂取する、などの現実的にありえないプロファイルを削除し、可能な限りプロファイルにメニューを当てはめ、適宜組み合わせで出来た質問が以下の表3-3である。

表 3-2 直交配列表と食品群割付

プロファイルNo.	穀類	いも類	魚介類	野菜類	果実類	藻類	きのこ類	豆類	乳類	牛肉	豚肉	鶏肉	卵類
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
3	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0
4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
5	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
7	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
8	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1
9	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
10	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
11	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
12	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1
13	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1
14	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
15	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
16	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
17	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
18	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
19	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1
20	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
21	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
22	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
24	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
25	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
26	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
27	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
28	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0
29	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
30	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
31	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
32	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0

表 3-3 コンジョイント分析アンケート

	A	B	C	D	E
Q1	主食 白米	白米	白米	白米	左には選びたいものがない
	主菜 鶏のから揚げ	トンカツ	牛焼肉	焼き魚	
	副菜 海藻サラダ	海藻サラダ	モッツアレラサラダ	ポテトサラダ	
	副菜2 きのこオムレツ	チーズオムレツ			
	スープ ビシソウズ		豆腐となめこの味噌汁	豆腐となめこの味噌汁	
Q2	デザート フルーツヨーグルト	果物	果物	フルーツヨーグルト	左には選びたいものがない
	主食 白米	白米	白米	白米	
	主菜 ステーキ	牛焼肉	煮魚	焼き魚	
	副菜 フライドポテト	モッツアレラサラダ	ジャーマンポテト	ポテトサラダ	
	副菜2 クラムチャウダー	豆腐となめこの味噌汁	きのこオムレツ		
Q3	デザート フルーツヨーグルト	果物	豆腐とわかめの味噌汁	豆腐となめこの味噌汁	左には選びたいものがない
	主食 焼き魚	魚のムニエルきのこソース	牛焼肉	トンカツ	
	主菜 牛肉じゃが	海藻サラダ	パンパンジーサラダ	パンパンジーサラダ	
	副菜2 鶏肉じゃが	豆腐			
	副菜3 鶏挽きとわかめのスープ		なめことわかめの味噌汁	卵スープ	
Q4	デザート フルーツヨーグルト	果物	果物	果物	左には選びたいものがない
	主食 パン	鮭ときのこのドリア	白米	カツサンド	
	主菜 ソーセージスクランブルエッグ添え	ポテトサラダ	焼き魚	マッシュポテト	
	副菜 海藻サラダ		温泉卵		
	副菜2 牛乳	そら豆のクリームスープ	鶏そぼろ		
Q5	デザート フルーツヨーグルト	果物	豆腐とわかめの味噌汁	鶏挽きときのこのスープ	左には選びたいものがない
	主食 魚のソテー	トンカツ	魚の照り焼き	牛焼肉	
	主菜 豚肉じゃが	パンパンジーサラダ	肉じゃが	パンパンジーサラダ	
	副菜2 豆腐			豆腐	
	副菜3 鶏肉ときのこの茶碗蒸し		鶏挽きとわかめのスープ	なめことわかめの味噌汁	

### 3.3.4. 食材使用量の算出

式(3.1)のパラメータ以外の値を定める方法について述べる。各プロフィールで用いられている食品の量を定めるために、インターネットサイト<sup>(66) (67)</sup>より各メニューに用いられる一般的な食材の量を得、各食品群において2,3種類の値となるように定めたものが以下の表3-4である。

表 3-4 プロファイルごとの食材使用量(単位 kg)

		穀類	いも類	魚介類	野菜類	果実類	藻類	きのこ類	豆類	乳類	牛肉	豚肉	鶏肉	卵類
Q1	A	0.15	0.05	0	0.06	0	0.01	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1
	B	0.15	0	0	0.06	0.1	0.01	0	0	0.02	0	0.1	0	0.1
	C	0.15	0	0	0.06	0.1	0	0.025	0.04	0.02	0.1	0	0	0
	D	0.15	0.05	0.01	0.06	0.06	0	0.025	0.04	0.2	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q2	A	0.15	0.05	0.04	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0
	B	0.15	0	0	0.06	0.1	0	0.025	0.04	0.02	0.1	0	0	0
	C	0.15	0.05	0.1	0	0	0.01	0.01	0.04	0	0	0.05	0	0.1
	D	0.15	0.05	0.1	0.06	0.06	0	0.025	0.04	0.2	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3	A	0	0.05	0.1	0	0.06	0.01	0	0	0.2	0.05	0	0.02	0
	B	0	0.05	0.1	0.06	0	0.01	0.01	0.125	0	0	0	0.05	0
	C	0	0	0	0.06	0	0.01	0.025	0.125	0	0.1	0	0.05	0
	D	0	0	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0.1	0.05	0.05
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4	A	0.1	0	0	0.06	0.1	0.01	0	0	0.2	0	0.05	0	0.1
	B	0.15	0.05	0.1	0.06	0.1	0	0.025	0.04	0.2	0	0	0	0
	C	0.15	0	0.1	0	0.1	0.01	0	0.04	0	0	0	0.02	0.05
	D	0.15	0.05	0	0	0.1	0	0.025	0	0	0	0.1	0.02	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q5	A	0	0.05	0.1	0	0.1	0	0.01	0.125	0.2	0	0.05	0.02	0.05
	B	0	0	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0.1	0.05	0.05
	C	0	0.05	0.1	0	0.06	0.01	0	0	0.2	0.05	0	0.02	0
	D	0	0	0	0.06	0	0.01	0.025	0.125	0	0.1	0	0.05	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### 3.3.5. コンジョイント分析の実施

著者を対象者としてコンジョイント分析を行った結果を以下に示す。

まず、回答結果を以下の表3-5に示す。

表 3-5 回答状況

設問No	Q1					Q2					Q3					Q4					Q5				
選択肢	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
回答	50	30	20	0	0	20	40	10	0	30	5	30	10	50	5	20	40	10	30	0	0	50	0	0	50

その結果、各食品群の効用係数は以下の表3-6のようになった。

表 3-6 コンジョイント分析結果

食品群名	穀類	いも類	魚介類	野菜類	果実類	藻類	きのこ類
効用値	6.345	19.486	-6.667	34.636	9.401	-7.748	-70.341

食品群名	豆類	乳類	牛肉	豚肉	鶏肉	卵類
効用値	-6.207	-9.561	-7.032	-10.961	2.205	-7.573

このようにして、食品群別の個人の嗜好の重みが計算されるツールを開発した。これと、後の最適化モデルを組み合わせることにより、個人の嗜好をベースに、環境負荷を一定以下に保ちつつ、化学物質摂取量や、栄養摂取量を規準の範囲内にできるような、1日あたりに摂取すべき食品量を算出することができる。