

## 第4章 最適化

### 4.1. 概要

これより、本研究で用いる食品選択モデルとその結果について述べる。最適化の対象及び、これまで述べてきたデータベースの制約条件化や、目的関数のモデル上での表現の仕方を説明した後、最適化の解を示し、現状の食生活との比較を行う。最適化は全て、数理計画ソフト GAMS を用いて行った。

### 4.2. 最適化の対象

最適化は、食品を対象に行い、1日あたりの摂取量として解を得る。つまりモデル内において、各食品の1日あたり摂取量(g)を変数として設定する。

2.6でデータベース化した必要栄養摂取量の分類は年齢階級別になっている(表4-1)

表4-1 年齢階級

6-8 歳	9-11 歳	12-14 歳	15-17 歳
18-29 歳	30-49 歳	50-69 歳	70 歳以上

国勢調査<sup>68)</sup>における人口を表3の年齢階級別に集計しなおすと、50-69歳の女性が最も人口が多く、今後は代表として、50-69歳女性を最適化及び分析の対象とする。なお、他の年齢階級と異なるものは、必要栄養摂取量、食品群別推奨摂取量、化学物質のADIである。なお、運動量は日本に最も多い、中等度とする。

### 4.3. 制約条件の設定

#### 4.3.1. 概要

第2章で構築したデータベースの対象となった化学物質、購入価格、CO<sub>2</sub>排出量の総量に対して制約をかけ、本モデルでの制約条件とする。

モデルの解である食品を全量摂取した時に、一定値を超えないように設定する。化学物質は厚生労働省、FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議(FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA))で定められたADI、TDI(耐容一日摂取量)以下、CO<sub>2</sub>排出量は4.6で算出する現状の食生活におけるCO<sub>2</sub>排出量以下と設定した。ADI、TDIを算出する際には、体重データが必要となるが、H7年国民栄養調査成績を参照した<sup>69)</sup>。これによると、50~69歳女性の平均体重は、53.35kgである。ここで得られた化学物質摂取量、価格、CO<sub>2</sub>排出量を上限として用いるほかに、2.6でデータベース化した栄養摂取量も制約条件として扱う。ADI、TDI及び、これらと体重を乗じて求めた化学物質の制約条件、CO<sub>2</sub>排出量制約条件、価格制約条件、栄養制約条件、食品群別摂取量制約条件の詳細を4.3.3.に示す。

ここで、 $a_{ij}$ (ただし、 $i$ : 食品種、 $j$ : 制約条件種、とする)を行列の成分とした食品ごとの1g当たりの栄養素量・化学物質量・価格等の行列を作る。

$$\begin{array}{c}
 \text{米} \\
 \vdots \\
 \text{チリ産鶏ささみ}
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 \text{生産CO}_2\text{量} & \text{国内輸送CO}_2\text{量} & \cdots & \text{食塩相当量} \\
 a_{1,1} & a_{1,2} & & a_{1,41} \\
 & & & \\
 & & & \\
 & & & \\
 a_{184,1} & & & a_{184,41}
 \end{pmatrix}$$

$x_i$  を各食品の量(g)、 $u_i$  を各食品に対する嗜好とすると、第2章とあわせて、目的関数、制約条件は以下のように表すことができる。

#### 4.3.2. 目的関数

$$U = \sum_{k=1}^{184} x_k \times u_k \quad \text{式(4-1)}$$

(ただし、ベジタリアン型の最適化の際は、一切の魚介類、肉類は排除する)

#### 4.3.3. 制約条件(環境負荷、化学物質等)

<環境負荷及び価格>

$$\text{生産過程 CO}_2 \text{ 排出量} : 268 \geq x_1 \times a_{1,1} + \cdots + x_{184} \times a_{184,1} \quad \text{式(4-2)}$$

268 : 生産過程における現状の CO<sub>2</sub> 排出量

$a_{i,1}$  : 食品 i lg あたりの生産過程における CO<sub>2</sub> 排出量(g- CO<sub>2</sub>)

$$\text{国内輸送過程 CO}_2 \text{ 排出量} : 68 \geq x_1 \times a_{1,2} + \cdots + x_{184} \times a_{184,2} \quad \text{式(4-3)}$$

68 : 国内輸送過程における現状の CO<sub>2</sub> 排出量

$a_{i,2}$  : 食品 i lg あたりの国内輸送過程における CO<sub>2</sub> 排出量(g- CO<sub>2</sub>)

$$\text{輸入過程 CO}_2 \text{ 排出量} : 97 \geq x_1 \times a_{1,3} + \cdots + x_{184} \times a_{184,3} \quad \text{式(4-4)}$$

97 : 輸入過程における現状の CO<sub>2</sub> 排出量

$a_{i,3}$  : 食品 i lg あたりの輸入過程における CO<sub>2</sub> 排出量(g- CO<sub>2</sub>)

$$\text{価格} : 746.667 \geq x_1 \times a_{1,4} + \cdots + x_{184} \times a_{184,4} \quad \text{式(4-5)}$$

746.667 : 現在の 50-69 歳女性単身 1 世帯の 1 日あたり食料出費額

$a_{i,4}$  : 食品 i lg あたりの小売価格(円)

<化学物質>

$$\text{クロルピリホス} : 0.534 \geq x_1 \times a_{1,5} + \cdots + x_{184} \times a_{184,5} \quad \text{式(4-6)}$$

0.534 : クロルピリホスの ADI(0.01mg/ kgbw)\*体重(53.4kg)

$a_{i,5}$  : 食品 i lg あたりのクロルピリホス含有量(mg)

$$\text{イプロジオン} : 6.402 \geq x_1 \times a_{1,6} + \cdots + x_{184} \times a_{184,6} \quad \text{式(4-7)}$$

6.402 : イプロジオンの ADI(0.12mg/ kgbw)\*体重(53.4kg)

$a_{i,6}$  : 食品 i lg あたりのイプロジオン含有量 (mg)

$$\text{シベルメトリン} : 2.668 \geq x_1 \times a_{1,7} + \cdots + x_{184} \times a_{184,7} \quad \text{式(4-8)}$$

2.668 : シベルメトリンの ADI(0.05mg/ kgbw)\*体重(53.4kg)

$a_{i,7}$  : 食品 i lg あたりのシベルメトリン含有量(mg)

$$\text{プロシミドン} : 1.867 \geq x_1 \times a_{1,8} + \cdots + x_{184} \times a_{184,8} \quad \text{式(4-9)}$$

1.867 : プロシミドンの ADI(0.035mg/ kgbw)\*体重(53.4kg)

$a_{i,8}$  : 食品 i lg あたりのプロシミドン含有量 (mg)

$$\text{アセフェート} : 1.601 \geq x_1 \times a_{1,9} + \cdots + x_{184} \times a_{184,9} \quad \text{式(4-10)}$$

1.601 : クロルピリホスの ADI(0.03mg/ kgbw)\*体重(53.4kg)

$a_{i,9}$  : 食品 i lg あたりのアセフェート含有量 (mg)

$$\text{TBTO} : 85.36 \geq x_1 \times a_{1,10} + \cdots + x_{184} \times a_{184,10} \quad \text{式(4-11)}$$

85.36 : TBTO の ADI(0.16μg/ kgbw)\*体重(53.4kg)

$a_{i,10}$  : 食品 i lg あたりの TBTO 含有量 (μg)

$$\text{ダイオキシン} : 213.4 \geq x_1 \times a_{1,11} + \cdots + x_{184} \times a_{184,11} \quad \text{式(4-12)}$$

213.4 : ダイオキシンの ADI(4 pg-TEQ/ kgbw)\*体重(53.4kg)

$a_{i,11}$  : 食品 i lg あたりのダイオキシン含有量 (pg-TEQ)

$$\text{Cd} : 53.35 \geq x_1 \times a_{1,12} + \cdots + x_{184} \times a_{184,12} \quad \text{式(4-13)}$$

53.35 : Cd の PTDI(7μg/kgbw) \*体重(53.4kg)/7(day)

$a_{i,12}$  : 食品 i lg あたりの Cd 含有量(μg)

$$\text{Pb} : 186.725 \geq x_1 \times a_{1,13} + \cdots + x_{184} \times a_{184,13} \quad \text{式(4-14)}$$

86.725 : Pb の TDI(0.0035mg/ kgbw)\*体重(53.4kg)

$a_{i,13}$  : 食品 i lg あたりの Pb 含有量(μg)

$$\text{Al} : 53,350 \geq x_1 \times a_{1,14} + \cdots + x_{184} \times a_{184,14} \quad \text{式(4-15)}$$

53,350 : Al の ADI(1mg/ kgbw/week)\*体重(53.4kg)/ 7(day)

$a_{i,14}$  : 食品 i lg あたりの Al 含有量(μg)

$$\text{Hg} : 38.11 \geq x_1 \times a_{1,15} + \cdots + x_{184} \times a_{184,15} \quad \text{式(4-16)}$$

38.11 : Hg の PTWI(5μg/ kgbw/d)\*体重(53.4kg)/ 7(day)

$a_{i,15}$  : 食品 i lg あたりの Hg 含有量(μg)

$$\text{MeHg} : 25.15 \geq x_1 \times a_{1,16} + \cdots + x_{184} \times a_{184,16} \quad \text{式(4-17)}$$

25.15 : MeHg の PTWI(3.3μg/ kgbw/d)\*体重(53.4kg)/ 7(day)

$a_{i,16}$  : 食品 i lg あたりの MeHg 含有量(μg)

#### 4.3.4. 制約条件(栄養、食品群別摂取量)

$$\text{エネルギー} : 1686 \leq x_1 \times a_{1,17} + \cdots + x_{184} \times a_{184,17} \quad \text{式(4-18)}$$

1686 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なエネルギー量

$a_{i,17}$  : 食品 i lg あたりのエネルギー量(kcal)

$$\text{たんぱく質} : 52 \geq x_1 \times a_{1,18} + \cdots + x_{184} \times a_{184,18} \quad \text{式(4-19)}$$

52 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なたんぱく質量

$a_{i,18}$  : 食品 i lg あたりのたんぱく質量(g)

脂質：

$$0.25 \sum_{k=1}^{184} x_k \times a_{k,17} + 214 \geq (x_1 \times a_{1,19} + \cdots + x_{184} \times a_{184,19}) \times 9 + 163.1 \geq 0.2 \sum_{k=1}^{184} x_k \times a_{k,17} + 214$$

式(4-20)

0.25, 0.2 : 脂質由来のエネルギー摂取量の範囲

$$\sum_{k=1}^{184} x_k \times a_{k,17} : \text{総エネルギー摂取量}$$

214 : 2.6. で算出した非対象食品の総エネルギー摂取量

163.1 : 2.6. で算出した非対象食品の脂質由来エネルギー量

9 : 脂質 1g あたりのエネルギー量(kcal)

$a_{i,19}$  : 食品 i 1g あたりの脂質含有量(g)

$$\text{カリウム} : x_1 \times a_{1,20} + \cdots + x_{184} \times a_{184,20} \geq 1894$$

式(4-21)

1894 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なカリウム質量

$a_{i,20}$  : 食品 i 1g あたりのカリウム含有量(mg)

$$\text{カルシウム} : 2477 \geq x_1 \times a_{1,21} + \cdots + x_{184} \times a_{184,21} \geq 577$$

式(4-22)

2477 : 50-69 歳女性の 1 日のカルシウム摂取量の上限

577 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なカルシウム量

$a_{i,21}$  : 食品 i 1g あたりのカルシウム含有量(mg)

$$\text{マグネシウム} : 622 \geq x_1 \times a_{1,22} + \cdots + x_{184} \times a_{184,22} \geq 232$$

式(4-23)

622 : 50-69 歳女性の 1 日のマグネシウム摂取量の上限

232 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なマグネシウム量

$a_{i,22}$  : 食品 i 1g あたりのマグネシウム含有量(mg)

$$\text{リン} : 3,946 \geq x_1 \times a_{1,23} + \cdots + x_{184} \times a_{184,23} \geq 646$$

式(4-24)

622 : 50-69 歳女性の 1 日のリン摂取量の上限

232 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なリン量

$a_{i,23}$  : 食品 i 1g あたりのリン含有量(mg)

$$\text{鉄} : 39.3 \geq x_1 \times a_{1,24} + \cdots + x_{184} \times a_{184,24} \geq 11.3$$

式(4-25)

39.3 : 50-69 歳女性の 1 日の鉄摂取量の上限

11.3 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要な鉄量

$a_{i,24}$  : 食品 i 1g あたりの鉄含有量(mg)

$$\text{亜鉛} : 29.6 \geq x_1 \times a_{1,25} + \cdots + x_{184} \times a_{184,25} \geq 9.6$$

式(4-26)

29.6 : 50-69 歳女性の 1 日の亜鉛摂取量の上限

9.6 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要な亜鉛量

$a_{i,25}$  : 食品 i 1g あたりの亜鉛含有量(mg)

$$\text{銅} : 8.9 \geq x_1 \times a_{1,26} + \cdots + x_{184} \times a_{184,26} \geq 1.5$$

式(4-27)

8.9 : 50-69 歳女性の 1 日の銅摂取量の上限

1.5 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要な銅量

$a_{i,26}$  : 食品 i 1g あたりの銅含有量(mg)

$$\text{マンガン} : 9.9 \geq x_1 \times a_{1,27} + \cdots + x_{184} \times a_{184,27} \geq 3.4$$

式(4-28)

9.9 : 50-69 歳女性の 1 日のマンガン摂取量の上限

3.4 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なマンガン量

$a_{i,27}$  : 食品 i 1g あたりのマンガン含有量(mg)

$$\text{ビタミンA} : 1,491 \geq x_1 \times a_{1,28} + \cdots + x_{184} \times a_{184,28} \geq 531$$

式(4-29)

1,491 : 50-69 歳女性の 1 日のビタミンA摂取量の上限

531 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なビタミンA量

$a_{i,28}$  : 食品 i 1g あたりのビタミンA含有量( $\mu$ gRE)

$$\text{ビタミンD} : 50 \geq x_1 \times a_{1,29} + \cdots + x_{184} \times a_{184,29} \geq 2.5$$

式(4-30)

50 : 50-69 歳女性の 1 日のビタミンD摂取量の上限

2.5 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なビタミンD量

$a_{i,29}$  : 食品 i 1g あたりのビタミンD含有量( $\mu$ g)

$$\text{ビタミンE} : 596 \geq x_1 \times a_{1,30} + \cdots + x_{184} \times a_{184,30} \geq 4.5$$

式(4-31)

596 : 50-69 歳女性の 1 日のビタミンE摂取量の上限

4.5 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なビタミンE 量

$a_{i,30}$  : 食品 i lg あたりのビタミンE 含有量(mg- $\alpha$ TEC)

$$\text{ビタミンK : } 29,975 \geq x_1 \times a_{1,31} + \cdots + x_{184} \times a_{184,31} \geq 30 \quad \text{式(4-32)}$$

29,975 : 50-69 歳女性の 1 日のビタミンK 摂取量の上限

30 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なビタミンK 量

$a_{i,31}$  : 食品 i lg あたりのビタミンK 含有量( $\mu$ g)

$$\text{ビタミンB 1 : } x_1 \times a_{1,32} + \cdots + x_{184} \times a_{184,32} \geq 0.8 \quad \text{式(4-33)}$$

0.8 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なビタミンB 1 量

$a_{i,32}$  : 食品 i lg あたりのビタミンB 1 含有量(mg)

$$\text{ビタミンB 2 : } x_1 \times a_{1,33} + \cdots + x_{184} \times a_{184,33} \geq 0.9 \quad \text{式(4-34)}$$

0.9 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なビタミンB 2 量

$a_{i,33}$  : 食品 i lg あたりのビタミンB 2 含有量(mg)

$$\text{ナイアシン : } 29.6 \geq x_1 \times a_{1,34} + \cdots + x_{184} \times a_{184,34} \geq 12.6 \quad \text{式(4-35)}$$

29.6 : 50-69 歳女性の 1 日のナイアシン摂取量の上限

12.6 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なナイアシン量

$a_{i,34}$  : 食品 i lg あたりのナイアシン含有量(mgNE)

$$\text{ビタミンB 6 : } 100 \geq x_1 \times a_{1,35} + \cdots + x_{184} \times a_{184,35} \geq 1.2 \quad \text{式(4-36)}$$

100 : 50-69 歳女性の 1 日のビタミンB 6 摂取量の上限

1.2 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なビタミンB 6 量

$a_{i,35}$  : 食品 i lg あたりのビタミンB 6 含有量(mg)

$$\text{ビタミンB 1 2 : } x_1 \times a_{1,36} + \cdots + x_{184} \times a_{184,36} \geq 2.4 \quad \text{式(4-37)}$$

2.4 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なビタミンB 1 2 量

$a_{i,36}$  : 食品 i lg あたりのビタミンB 1 2 含有量( $\mu$ g)

$$\text{葉酸} : 989 \geq x_1 \times a_{1,37} + \cdots + x_{184} \times a_{184,37} \geq 189 \quad \text{式(4-38)}$$

989 : 50-69 歳女性の 1 日の葉酸摂取量の上限

189 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要な葉酸量

$a_{i,37}$  : 食品 i lg あたりの葉酸含有量( $\mu$ g)

$$\text{パントテン酸} : x_1 \times a_{1,38} + \cdots + x_{184} \times a_{184,38} \geq 4.9 \quad \text{式(4-39)}$$

4.9 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なパントテン酸量

$a_{i,38}$  : 食品 i lg あたりのパントテン酸含有量(mg)

$$\text{ビタミン C} : x_1 \times a_{1,39} + \cdots + x_{184} \times a_{184,39} \geq 100 \quad \text{式(4-40)}$$

100 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要なビタミン C 量

$a_{i,39}$  : 食品 i lg あたりのビタミン C 含有量(mg)

$$\text{食物繊維} : 24.1 \geq x_1 \times a_{1,40} + \cdots + x_{184} \times a_{184,40} \geq 19.1 \quad \text{式(4-41)}$$

24.1 : 50-69 歳女性の 1 日の食物繊維摂取量の上限

19.1 : 50-69 歳女性の 1 日に最低必要な食物繊維量

$a_{i,40}$  : 食品 i lg あたりの食物繊維含有量(g)

$$\text{食塩相当量} : 6.7 \geq x_1 \times a_{1,41} + \cdots + x_{184} \times a_{184,41} \quad \text{式(4-42)}$$

6.7 : 50-69 歳女性の 1 日の食塩摂取量の上限

$a_{i,41}$  : 食品 i lg あたりの食塩含有量(g)

#### <食品群別摂取量>

$$\text{穀類} : x_1 + \cdots + x_f \geq 350 \quad \text{式(4-43)}$$

350 : 50-69 歳女性の 1 日に推奨される穀類摂取量(g)

1…f : 穀類に該当する食品

$$\text{いも類} : x_{f+1} + \cdots + x_g \geq 80 \quad \text{式(4-43)}$$

80 : 50-69 歳女性の 1 日に推奨されるいも類摂取量(g)

f+1…g : いも類に該当する食品



$$\text{まめ類} : x_{g+1} + \cdots + x_h \geq 60 \quad \text{式(4-43)}$$

60 : 50-69 歳女性の 1 日に推奨されるまめ類摂取量(g)

g+1…h : まめ類に該当する食品

$$\text{野菜類} : x_{h+1} + \cdots + x_i \geq 350 \quad \text{式(4-44)}$$

350 : 50-69 歳女性の 1 日に推奨される野菜類摂取量(g)

h+1…i : 野菜類に該当する食品

$$\text{果実類} : x_{i+1} + \cdots + x_j \geq 150 \quad \text{式(4-45)}$$

150 : 50-69 歳女性の 1 日に推奨される果実類摂取量(g)

i+1…j : 果実類に該当する食品

$$\text{藻類} : x_{j+1} + \cdots + x_k \geq 10 \quad \text{式(4-46)}$$

10 : 50-69 歳女性の 1 日に推奨される藻類摂取量(g)

j+1…k : 藻類に該当する食品

$$\text{魚介類} : x_{k+1} + \cdots + x_l \geq 70 \quad \text{式(4-47)}$$

70 : 50-69 歳女性の 1 日に推奨される魚介類摂取量(g)

k+1…l : 魚介類に該当する食品

$$\text{肉類} : x_{l+1} + \cdots + x_m \geq 50 \quad \text{式(4-48)}$$

50 : 50-69 歳女性の 1 日に推奨される肉類摂取量(g)

l+1…m : 肉類に該当する食品

$$\text{きのこ類} : x_{m+1} + \cdots + x_n \geq 10 \quad \text{式(4-49)}$$

10 : 50-69 歳女性の 1 日に推奨されるきのこ類摂取量(g)

m+1…n : きのこと類に該当する食品

$$\text{乳類} : x_{n+1} + \cdots + x_o \geq 200 \quad \text{式(4-50)}$$

200 : 50-69 歳女性の 1 日に推奨される乳類摂取量(g)

n+1…o : 乳類に該当する食品

$$\text{卵類} : x_{o+1} + \cdots + x_p \geq 40 \quad \text{式(4-51)}$$

40 : 50-69 歳女性の 1 日に推奨される卵類摂取量(g)

o+1…p : 卵類に該当する食品

#### 4.4. エントロピー項の導入

##### 4.4.1. エントロピー項について

4.3.で定めた線形の目的関数のほかに、エントロピー項を含めた非線形の目的関数も作成する。線形の目的関数のみでは解となる摂取食品が偏ることが予想され、それを避けるために最大エントロピー法を適用する。最大エントロピー法とは、エントロピー項

$$H(\hat{p}_1, \hat{p}_2, \dots, \hat{p}_k) = -\sum_{i=1}^k \hat{p}_i \log \hat{p}_i \quad \text{式(4-52)}$$

ただし、 $\hat{p}_i = f_i / n$  とし、 $i$  個のカテゴリー別に分類されたデータの、各カテゴリーの相対頻度を表す。

が大きいほど分布は一様となり、小さいほど集中性が見られるという性質を利用する方法である。本研究では、式(4.4.1)に付与し、

$$U_e = t \sum_{i=1}^{184} u_i x_i - (1-t) \sum_{i=1}^{184} p_i \log p_i \quad \text{式(4-53)}$$

ただし、 $t$  : エントロピー項の重みパラメータ ( $0 \leq t \leq 1$ )

$$p_i = x_i / \sum_{i=1} x_i \text{ とする。}$$

を最大化させることで、式(4.3.1)のみを用いた場合( $t=1$  の時、嗜好のみを考慮した関数となる)より、摂取食品が多様になる組み合わせが得られることとなる。

#### 4.4.2. エントロピー項の感度分析

4.4.1 で定めたエントロピー項が、どの程度目的関数に影響するのかをみた。4.3 に示した制約条件のもとで、3.1.で求めた4パターンの嗜好係数別に式(4.4.2)を最大化させた時の、パラメーター $t$ の変化による解の数変化とその近似曲線を示したのが以下の図4-1,4-2,4-3,4-4である。解数のカウントは、重複のあるもの(輸入品のうち、同一食品種で輸入先のみ異なるもの)は、1つ1つを別に数えるのではなく、1種類で1つとカウントした。また、国産品と輸入品は同一品種であっても、異なるものとして扱った。なお、以下のグラフを作成する時、 $t$  は  $1/t$  に変換してプロットした。

##### ① 広食タイプ

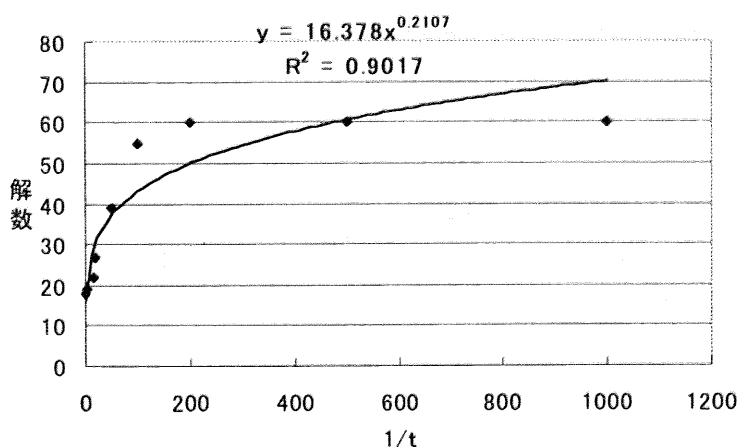


図 4-1 広食型の解数とエントロピー項の関係

②肉食型

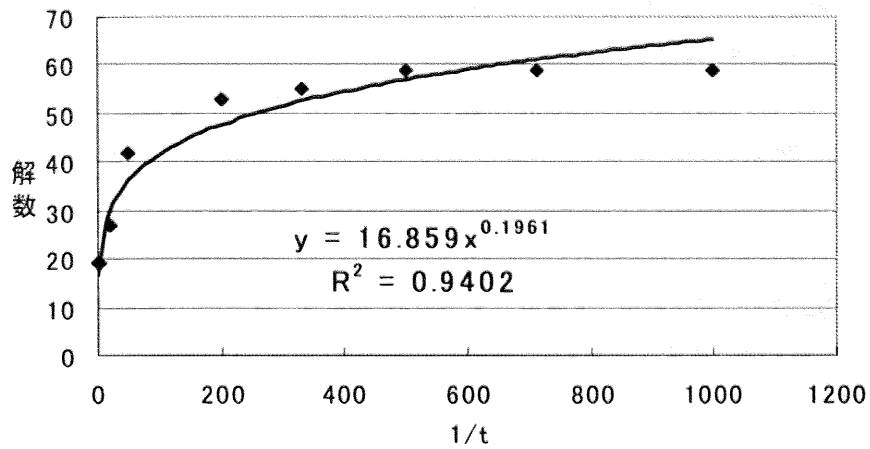


図 4-2 肉食型の解数とエントロピー項の関係

③ベジタリアン型

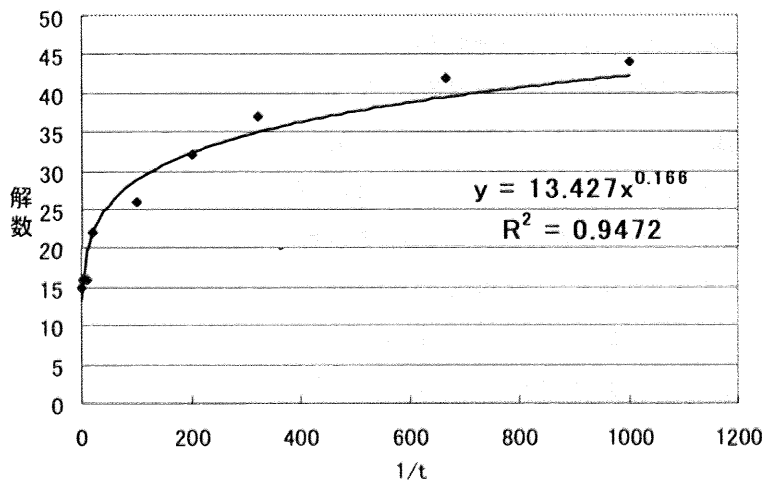


図 4-3 ベジタリアン型の解数とエントロピー項の関係

④炭水化物型

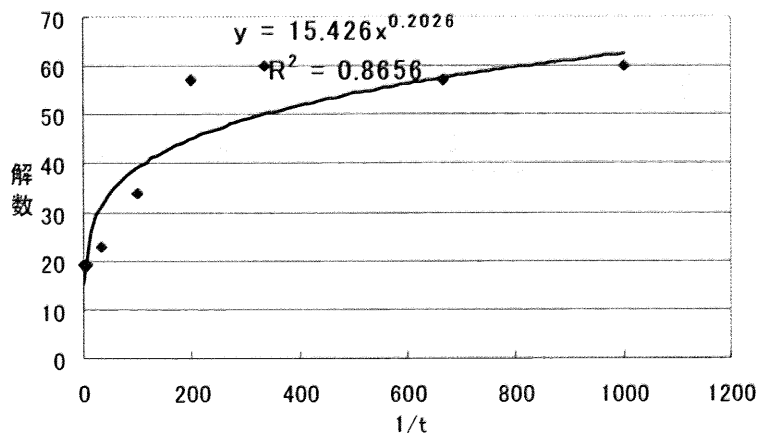


図 4-4 炭水化物型の解数とエントロピー項の関係

近似曲線は、どれも決定係数が 0.85 以上であり、これらの近似は妥当であるといえる。

ここで、1985 年に厚生労働省から発表された一日摂取目標品目数は 30 なので、30 種類をを目処に摂取するならば、グラフに記載してある近似曲線にあてはめて、 $t$  は以下の表 4-2 のようになる。

表 4-2 食品を 30 品目摂取する際の  $t$  の値

嗜好タイプ	広食型	肉食型	ベジタリアン型	炭水化物型
$t$	0.057	0.053	0.008	0.038

ベジタリアンのみ極端に  $t$  が小さいが、これは魚介・肉類を除いた食品の中で多くの食品をとろうとするため、よりエントロピー項の寄与率を大きくしなくてはならないからだといえる。以後、分析でエントロピー項を用いる際は、表 4-3 の  $t$  の値を用いることとする。なお、今回の最適化の制約条件で群別摂取量が考慮されている点の特記しておく。後の最適化において、群別摂取量のあるなしが重要となるためである。

#### 4.5. 最適化結果と考察

4.1.~4.4.で述べてきた、各種条件のもと最適化を行う。最適化は、4 嗜好タイプ(広食型、肉食型、ベジタリアン型、炭水化物型の 4 タイプ)・3 摂取パターン(群別摂取量制約なし、群別摂取量制約あり、エントロピー項あり、の 3 パターン)別の計 12 回行った。エントロピー項ありの時は、食品群別摂取量を制約条件として考慮し、エントロピー項も考慮する。群別摂取量制約ありの時は、食品群別摂取量を制約条件として考慮し、エントロピー項は考慮しない。群別摂取量制約なしの時は食品群別摂取量を制約条件として考慮はせず、エントロピー項も考慮しない。以下に、それらの解及び、制約条件の結果を、嗜好タイプごとに示していく(表 4-3, 4-5, 4-6, 4-7, 4-8, 4-9, 4-10, 4-11, 4-12, 4-13, 4-14, 4-15, 4-16, 4-17, 4-18, 4-19, 4-20, 4-21, 4-22, 4-22)。なお、食品種の後ろに国名の記入されていないものは全て国産品である。

##### ①広食型

<解>

・群別摂取量制約なし

表 4-3 広食型群別摂取量制約なしのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
米	346	牛乳	102	なし(チリ)	40
大根	1360	ヨーグルト	313	輸入牛肩(NZL)	58
玉ねぎ	60	鶏卵	290	輸入牛もも(NZL)	50
はくさい	30	玉ねぎ(中国)	186		

・群別摂取量制約あり

表 4-4 広食型群別摂取量制約ありのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
米	350	すいか	122	ばれいしょ(中国)	80
さんま	48	豆腐	60	玉ねぎ(中国)	226
いか	22	わかめ	10	にんじん(中国)	7
大根	1149	牛乳	97	なし(チリ)	28
玉ねぎ	21	ヨーグルト	103	しいたけ(中国)	10
はくさい	34	鶏卵	202	輸入牛肩(NZL)	50

・エントロピー項あり

表 4-5 広食型エントロピー項ありのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
米	348	すいか	149	キャベツ(韓国)	21
さんま	39	豆腐	60	玉ねぎ(中国)	188
いか	31	わかめ	10	にんじん(中国)	6
キャベツ	61	牛乳	96	しいたけ(中国)	10
大根	1086	ヨーグルト	104	輸入牛肩(AUS)	10
玉ねぎ	28	鶏卵	156	輸入牛肩(NZL)	90
にんじん	9	ばれいしょ(中国)	79	輸入牛もも(NZL)	8
はくさい	9				

<制約条件>

表 4-6 広食型の群別摂取量制約の比較

群名	下限摂取量 (g)	群別摂取量 制約あり	エントロピー 項あり
穀類	350	350	350
いも類	80	80	80
豆類	60	60	60
果実類	150	150	150
野菜類	350	1439	1415
きのこ類	10	10	10
藻類	10	10	10
魚介類	70	70	70
肉類	50	50	108
卵類	40	202	156
乳類	200	200	200

表 4-7 広食型の制約条件の比較

分類	項目	下限	上限	群別摂取量 制約なし	群別摂取量 制約あり	エントロピー 項あり
C O 2	生産過程CO2(g-C)	0	268	208.4	268.0	268.0
	国内輸送CO2(g-C)	0	68	68.0	68.0	68.0
	輸入過程CO2(g-C)	0	97	97.0	97.0	97.0
価格	価格(円)	0	745.667	745.7	745.7	745.7
農 業	クロルピリホス(mg)	0	0.533	0.0	0.0	0.0
	イプロジオン(mg)	0	6.402	0.0	0.0	0.0
	シベルメトリン(mg)	0	2.667	0.0	0.0	0.3
	プロシミドン(mg)	0	1.867	0.0	0.3	0.4
	アセフェート(mg)	0	1.6	1.6	1.6	1.6
モ ホ 環 境	TBTO( $\mu$ g)	0	85.36	0.0	0.0	0.0
	ダイオキシン(pg-TEQ)	0	213.4	213.4	122.6	213.4
重 金 属	Cd( $\mu$ g)	0	53.35	39.7	48.9	49.5
	Pb( $\mu$ g)	0	186.725	186.7	186.7	186.7
	Al( $\mu$ g)	0	53350	4885.7	5023.3	4923.5
	Hg( $\mu$ g)	0	38.11	7.2	8.7	7.3
	MeHg( $\mu$ g)	0	25.15	0.0	0.6	0.8
栄 養 成 分	エネルギー(kcal)	1686	-	2461.2	2387.9	2379.7
	たんぱく質(g)	52	-	101.7	88.6	94.5
	脂質※	20%	25%	25%	24%	23%
	カリウム(mg)	1894	-	5349.4	4967.5	5045.4
	カルシウム(mg)	577	2477	1034.7	775.7	761.2
	マグネシウム(mg)	232	622	346.3	368.5	380.2
	リン(mg)	646	3946	1779.4	1504.8	1519.7
	鉄(mg)	11.3	39.3	12.4	11.7	11.4
	亜鉛(mg)	9.6	29.6	17.4	14.1	16.5
	銅(mg)	1.5	8.9	1.6	1.7	1.8
	マンガン(mg)	3.4	9.9	9.9	9.9	9.9
	ビタミンA( $\mu$ gRE)	531	1491	584.7	531.0	531.0
	ビタミンD( $\mu$ g)	2.5	50	5.8	13.4	11.0
	ビタミンE(mg- $\alpha$ TEC)	4.5	596	4.5	4.5	4.5
	ビタミンK( $\mu$ g)	30	29975	63.6	71.4	118.0
	ビタミンB1(mg)	0.8	-	1.1	1.0	1.1
	ビタミンB2(mg)	0.9	-	2.3	1.7	1.7
	ナイアシン(mgNE)	12.6	29.6	12.6	14.4	15.7
	ビタミンB6(mg)	1.2	100	2.3	2.3	2.4
	ビタミンB12( $\mu$ g)	2.4	-	5.4	12.1	11.6
	葉酸( $\mu$ g)	189	989	722.0	637.3	646.5
	パントテン酸(mg)	4.9	-	11.6	9.9	9.8
	ビタミンC(mg)	100	-	180.4	197.7	220.9
	食物繊維(g)	19.1	24.1	24.1	24.1	24.1
	食塩(g)	0	6.7	1.7	1.4	1.4

※脂質は量ではなく、脂質由来エネルギーが全エネルギーの20-25%を占めることが条件のため%表示

エントロピー項を用いた場合、輸入品の摂取が比較的大きくなっているが、その中でも中国からの輸入が目立つ。CO<sub>2</sub> 排出量を抑えつつ、多くの食品を摂取するためには安価な輸入品が優先的に選ばれ、さらに輸入品の中でも比較的輸送距離野の小ささから中国が選ばれていると考えられる。健康面から考えると、群別摂取量制約がないもので、下限や上限まで摂取量が到達している物質が多いという傾向は見られ

ず、嗜好が偏っていないことは健康面に悪影響を与えないと推察できる。

## ②肉食型

### <解>

- ・群別摂取量制約なし

表 4-8 肉食型群別摂取量制約なしのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
かんしょ	375	牛乳	115	鶏卵	182
ばれいしょ	191	ヨーグルト	105	さといも(フィリピン)	492
すいか	451	鶏むね	127	輸入牛肩(NZL)	102

- ・群別摂取量制約あり

表 4-9 肉食型群別摂取量制約ありのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
食パン	76	にんじん	21	鶏むね	133
米	274	すいか	150	鶏卵	119
かんしょ	21	豆腐	60	さといも(フィリピン)	305
あさり	36	わかめ	10	ばれいしょ(中国)	113
いか	34	牛乳	101	しいたけ(中国)	10
キャベツ	129	ヨーグルト	99	輸入牛肩(NZL)	101
大根	200				

- ・エントロピー項あり

表 4-10 肉食型エントロピー項ありのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
食パン	78	はくさい	21	さといも(フィリピン)	187
米	272	すいか	147	さといも(ベトナム)	64
かんしょ	41	豆腐	59	ばれいしょ(中国)	72
さといも	6	わかめ	10	キャベツ(韓国)	9
ばれいしょ	32	牛乳	100	しいたけ(中国)	10
あさり	43	ヨーグルト	100	輸入牛肩(AUS)	6
いか	27	鶏手羽	31	輸入牛肩(NZL)	53
キャベツ	77	鶏むね	94	輸入牛肩ロース(NZL)	5
大根	203	鶏卵	90	輸入牛ばら(NZL)	18
にんじん	23	さといも(中国)	33	輸入牛もも(NZL)	14

### <制約条件>

表 4-11 肉食型の群別摂取量制約の比較

群名	下限摂取量 (g)	群別摂取量 制約あり	エントロピー 項あり
穀類	350	350	350
いも類	80	438	436
豆類	60	60	60
果実類	150	150	150
野菜類	350	350	350
きのこ類	10	10	10
藻類	10	10	10
魚介類	70	70	70
肉類	50	234	229
卵類	40	119	90
乳類	200	200	200

表 4-12 肉食型の制約条件の比較

分類	項目	下限	上限	群別摂取量 制約なし	群別摂取量 制約あり	エントロピー 項あり
C O 2	生産過程CO <sub>2</sub> (g-C)	0	268	142.2	268.0	268.0
	国内輸送CO <sub>2</sub> (g-C)	0	68	68.0	68.0	68.0
	輸入過程CO <sub>2</sub> (g-C)	0	97	97.0	97.0	97.0
価格	価格(円)	0	745.667	745.7	745.7	745.7
農 業	クロルピリホス(mg)	0	0.533	0.4	0.0	0.0
	イプロジオン(mg)	0	6.402	0.0	0.0	0.0
	シベルメトリン(mg)	0	2.667	0.0	0.0	0.2
	プロシミドン(mg)	0	1.867	1.1	0.4	0.4
	アセフェート(mg)	0	1.6	0.0	1.6	1.6
モ ホ 環 境	TBTO(μg)	0	85.36	0.0	0.4	0.4
	ダイオキシン(pg-TEQ)	0	213.4	213.4	213.4	213.4
重 金 属	Cd(μg)	0	53.4	47.0	53.4	52.1
	Pb(μg)	0	186.725	135.0	113.7	112.4
	Al(μg)	0	53350	1994.2	3071.5	3056.9
	Hg(μg)	0	38.11	5.5	5.4	4.5
	MeHg(μg)	0	25.15	0.0	0.9	0.7
栄 養 成 分	エネルギー(kcal)	1686	-	1806.2	2280.8	2321.3
	たんぱく質(g)	52	-	95.9	116.0	108.0
	脂質※	20%	25%	25%	20%	22%
	カリウム(mg)	1894	-	7602.0	5317.6	5161.6
	カルシウム(mg)	577	2477	577.0	582.5	577.0
	マグネシウム(mg)	232	622	374.8	401.5	394.5
	リン(mg)	646	3946	1532.2	1640.8	1529.7
	鉄(mg)	11.3	39.3	11.3	11.3	11.3
	亜鉛(mg)	9.6	29.6	12.6	16.2	15.3
	銅(mg)	1.5	8.9	2.0	1.9	1.9
	マンガン(mg)	3.4	9.9	9.9	9.9	9.9
	ビタミンA(μgRE)	531	1491	685.4	531.0	531.0
	ビタミンD(μg)	2.5	50	3.9	3.3	2.9
	ビタミンE(mg-αTEC)	4.5	596	12.2	6.1	6.0
	ビタミンK(μg)	30	29975	46.9	159.7	152.2
	ビタミンB1(mg)	0.8	-	1.4	1.2	1.1
	ビタミンB2(mg)	0.9	-	1.8	1.6	1.4
	ナイアシン(mgNE)	12.6	29.6	29.6	29.4	27.1
	ビタミンB6(mg)	1.2	100	3.6	2.7	2.6
	ビタミンB12(μg)	2.4	-	4.7	23.3	26.6
	葉酸(μg)	189	989	496.8	462.7	443.9
	パントテン酸(mg)	4.9	-	15.5	12.2	11.2
	ビタミンC(mg)	100	-	256.2	162.4	153.7
	食物繊維(g)	19.1	24.1	23.8	19.1	19.1
	食塩(g)	0	6.7	1.2	3.0	3.1

※脂質は量ではなく、脂質由来エネルギーが全エネルギーの20-25%を占めることが条件のため%表示

群別摂取量制約がない場合は、生産にかかる排出が少ないことが目に付く。また、肉類の輸入は、牛肉は輸入品が推奨され、鶏肉は国産品が推奨されている。これは、牛肉は価格が安く、オーストラリアやニュージーランドから輸入している分にはCO<sub>2</sub>排出量にそれほど負担はなく、鶏肉はブラジルなど遠方からの輸入が主なためその逆であるからだと考えられる。健康面から考えると、食品群別摂取量を考慮しない



場合に、脂肪エネルギー比率が上限まで到達しており、肉食に偏りすぎた食生活は脂肪過多になってしま  
うことが伺える。

### ③ベジタリアン型

<解>

- ・群別摂取量制約なし

表 4-13 ベジタリアン型群別摂取量制約なしのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
米	327	牛乳	102	ばれいしょ(中国)	262
大根	1099	ヨーグルト	8	玉ねぎ(中国)	51
はくさい	36	鶏卵	252	トマト(韓国)	350

- ・群別摂取量制約あり

表 4-14 ベジタリアン型群別摂取量制約ありのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
米	350	すいか	84	鶏卵	235
かぼちゃ	21	豆腐	60	ばれいしょ(中国)	190
大根	1088	わかめ	10	トマト(韓国)	109
玉ねぎ	20	牛乳	98	なし(チリ)	66
はくさい	36	ヨーグルト	102	しいたけ(中国)	47

- ・エントロピー項あり

表 4-15 ベジタリアン型エントロピー項ありのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
米	350	なし	5	キャベツ(台湾)	29
かんしょ	6	豆腐	43	きゅうり(韓国)	10
さといも	5	わかめ	10	大根(中国)	35
ばれいしょ	45	牛乳	94	大根(台湾)	67
キャベツ	19	ヨーグルト	106	玉ねぎ(中国)	25
大根	640	鶏卵	234	トマト(韓国)	44
玉ねぎ	10	さといも(フィリピン)	10	にんじん(中国)	15
にんじん	47	さといも(ベトナム)	6	ねぎ(中国)	10
はくさい	31	ばれいしょ(中国)	141	ねぎ(韓国)	31
みかん	12	キャベツ(中国)	15	豆腐(カナダ)	17
すいか	131	キャベツ(韓国)	50	しいたけ(中国)	50

<制約条件>

表 4-16 ベジタリアン型の群別摂取量制約

群名	下限摂取量 (g)	群別摂取量 制約あり	エントロピー 項あり
穀類	350	350	350
いも類	80	190	217
豆類	60	60	60
果実類	150	150	150
野菜類	350	1274	1103
きのこ類	10	47	50
藻類	10	10	10
魚介類	70	-	-
肉類	50	-	-
卵類	40	235	234
乳類	200	200	200

表 4-17 ベジタリアン型の制約条件の比較

分類	項目	下限	上限	群別摂取量 制約なし	群別摂取量 制約あり	エントロピー 項あり
C O 2	生産過程CO2(g-C)	0	268	201.2	268.0	268.0
	国内輸送CO2(g-C)	0	68	47.8	68.0	68.0
	輸入過程CO2(g-C)	0	97	97.0	97.0	97.0
価格	価格(円)	0	745.667	745.7	745.7	745.7
農 業	クロルピリホス(mg)	0	0.533	0.0	0.0	0.0
	イプロジオン(mg)	0	6.402	0.0	0.0	0.1
	シベルメトリン(mg)	0	2.667	0.0	0.0	1.3
	プロシミドン(mg)	0	1.867	0.0	0.2	0.4
	アセフェート(mg)	0	1.6	1.6	1.6	1.6
モ ホ 環 境	TBTO( $\mu$ g)	0	85.36	0.0	0.0	0.0
	ダイオキシン(pg-TEQ)	0	213.4	28.0	27.3	27.3
重 金 属	Cd( $\mu$ g)	0	53.35	39.0	42.5	43.0
	Pb( $\mu$ g)	0	186.725	186.7	186.7	159.8
	Al( $\mu$ g)	0	53350	4466.6	4739.1	3995.3
	Hg( $\mu$ g)	0	38.11	6.0	5.6	5.6
	MeHg( $\mu$ g)	0	25.15	0.0	0.0	0.0
栄 養 成 分	エネルギー(kcal)	1686	-	2103.4	2221.0	2227.6
	たんぱく質(g)	52	-	66.4	71.9	72.8
	脂質※	20%	25%	21%	21%	21%
	カリウム(mg)	1894	-	5271.7	5073.5	4789.5
	カルシウム(mg)	577	2477	577.0	723.0	729.1
	マグネシウム(mg)	232	622	315.9	348.1	345.1
	リン(mg)	646	3946	1273.7	1371.4	1373.4
	鉄(mg)	11.3	39.3	11.3	11.3	11.3
	亜鉛(mg)	9.6	29.6	10.4	11.2	11.4
	銅(mg)	1.5	8.9	1.6	1.6	1.7
	マンガン(mg)	3.4	9.9	9.9	9.9	9.9
	ビタミンA( $\mu$ gRE)	531	1491	579.2	555.1	1007.9
	ビタミンD( $\mu$ g)	2.5	50	4.8	5.5	5.6
	ビタミンE(mg- $\alpha$ TEC)	4.5	596	6.1	4.5	4.5
	ビタミンK( $\mu$ g)	30	29975	69.9	83.9	172.0
	ビタミンB1(mg)	0.8	-	1.1	1.1	1.1
	ビタミンB2(mg)	0.9	-	1.6	1.7	1.8
	ナイアシン(mgNE)	12.6	29.6	12.6	12.6	12.6
	ビタミンB6(mg)	1.2	100	2.0	1.9	2.0
	ビタミンB12( $\mu$ g)	2.4	-	2.6	2.5	2.5
	葉酸( $\mu$ g)	189	989	678.0	661.4	665.6
	パントテン酸(mg)	4.9	-	9.6	10.1	10.4
	ビタミンC(mg)	100	-	276.0	230.7	247.5
	食物繊維(g)	19.1	24.1	24.1	24.1	24.1
	食塩(g)	0	6.7	1.1	1.2	1.3

※脂質は量ではなく、脂質由来エネルギーが全エネルギーの20-25%を占めることが条件のため%表示

どの場合でも、鉛が上限かその近くまで摂取している。これは特定の食品（この場合は大根）の摂取が過多であるためと考えられる。なぜなら、エントロピー項を考慮した際に、比較的大根の摂取量が減り鉛摂取量は上限よりは低くなっているからである。群別摂取量制約がないもののみカルシウムが下限まで達している。乳類摂取量が他の場合より少ないからだと考えられ、偏った食事による栄養不足の兆候がここ

でも見られている。このように摂取量が下限、上限いっぱいのものもありながらも、肉類・魚介類がなくとも栄養は満たすことができることが示されたと言える。

#### ④炭水化物型

<解>

・群別摂取量制約なし

表 4-18 炭水化物型群別摂取量制約なしのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
米	336	牛乳	65	ばれいしょ(中国)	485
かんしょ	534	ヨーグルト	12	輸入牛ばら(NZL)	7
さといも	167	鶏卵	448		

・群別摂取量制約あり

表 4-19 炭水化物型群別摂取量制約ありのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
食パン	39	にんじん	39	鶏卵	40
米	311	すいか	150	さといも(フィリピン)	196
かんしょ	235	豆腐	60	ばれいしょ(中国)	272
ばれいしょ	122	わかめ	10	しいたけ(中国)	10
さんま	53	牛乳	83	輸入牛肩(NZL)	16
あさり	17	ヨーグルト	117	輸入牛ばら(NZL)	34
大根	311				

・エントロピー項あり

表 4-20 炭水化物型エントロピー項ありのときの解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
食パン	42	大根	246	鶏卵	40
米	308	にんじん	38	さといも(中国)	10
かんしょ	226	はくさい	41	さといも(フィリピン)	152
さといも	17	すいか	149	さといも(ベトナム)	29
ばれいしょ	111	豆腐	60	ばれいしょ(中国)	263
さんま	52	わかめ	10	しいたけ(中国)	10
あさり	18	牛乳	83	輸入牛肩(NZL)	12
キャベツ	23	ヨーグルト	117	輸入牛ばら(NZL)	30

<制約条件>

表 4-21 炭水化物型の群別摂取量制約

群名	下限摂取量(g)	群別摂取量制約あり	エントロピー項あり
穀類	350	350	350
いも類	80	825	809
豆類	60	60	60
果実類	150	150	150
野菜類	350	350	350
きのこ類	10	10	10
藻類	10	10	10
魚介類	70	70	70
肉類	50	50	50
卵類	40	40	40
乳類	200	200	200

表 4-22 炭水化物型の制約条件の比較

分類	項目	下限	上限	群別摂取量 制約なし	群別摂取量 制約あり	エントロピー 項あり
C O 2	生産過程CO <sub>2</sub> (g-C)	0	268	149.2	261.9	263.4
	国内輸送CO <sub>2</sub> (g-C)	0	68	68.0	68.0	68.0
	輸入過程CO <sub>2</sub> (g-C)	0	97	97.0	97.0	97.0
価格	価格(円)	0	745.667	745.7	745.7	745.7
農 薬	クロルピリホス(mg)	0	0.533	0.5	0.2	0.2
	イプロジオン(mg)	0	6.402	0.0	0.0	0.0
	シベルメトリン(mg)	0	2.667	0.0	0.0	0.0
	プロシドン(mg)	0	1.867	0.0	0.4	0.4
	アセフェート(mg)	0	1.6	0.0	0.3	1.6
モ ホ 環 ン ル 境	TBTO(μg)	0	85.36	0.0	0.2	0.2
	ダイオキシン(pg-TEQ)	0	213.4	61.9	105.5	105.3
重 金 属	Cd(μg)	0	53.4	41.9	53.4	53.4
	Pb(μg)	0	186.725	125.1	135.8	129.7
	Al(μg)	0	53350	2907.5	3785.3	3615.7
	Hg(μg)	0	38.11	10.8	4.7	4.7
	MeHg(μg)	0	25.15	0.0	0.0	0.0
栄 養 成 分	エネルギー(kcal)	1686	-	3120.4	2609.7	2580.3
	たんぱく質(g)	52	-	95.9	71.7	72.0
	脂質※	20%	25%	20%	20%	20%
	カリウム(mg)	1894	-	6578.2	6062.8	6011.9
	カルシウム(mg)	577	2477	577.0	584.9	596.0
	マグネシウム(mg)	232	622	397.7	409.1	406.7
	リン(mg)	646	3946	1735.7	1290.2	1294.4
	鉄(mg)	11.3	39.3	17.4	11.3	11.3
	亜鉛(mg)	9.6	29.6	13.6	11.2	11.3
	銅(mg)	1.5	8.9	2.8	2.2	2.2
	マンガン(mg)	3.4	9.9	9.9	9.9	9.9
	ビタミンA(μgRE)	531	1491	713.0	531.0	531.0
	ビタミンD(μg)	2.5	50	8.3	11.6	11.5
	ビタミンE(mg-αTEC)	4.5	596	14.4	7.5	7.5
	ビタミンK(μg)	30	29975	60.5	33.5	76.4
	ビタミンB1(mg)	0.8	-	1.7	1.4	1.4
	ビタミンB2(mg)	0.9	-	2.5	1.1	1.1
	ナイアシン(mgNE)	12.6	29.6	17.1	20.4	20.4
	ビタミンB6(mg)	1.2	100	3.4	2.9	2.9
	ビタミンB12(μg)	2.4	-	4.3	20.0	20.1
	葉酸(μg)	189	989	651.3	486.0	504.5
	パントテン酸(mg)	4.9	-	17.4	10.5	10.5
	ビタミンC(mg)	100	-	334.6	271.8	273.6
	食物繊維(g)	19.1	24.1	24.1	24.1	24.1
	食塩(g)	0	6.7	1.9	1.6	1.6

※脂質は量ではなく、脂質由来エネルギーが全エネルギーの20-25%を占めることが条件のため%表示

炭水化物由来のエネルギー摂取量が多いため、エネルギー全体に占める脂質エネルギー量が低くなっていることが特徴的である。鉄分、ビタミンAは、群別摂取量制約なしの場合のみ下限まで達してはいないが、これは鶏卵を多量に摂取しているためだと考えられる。

嗜好タイプ別に見てみると、ベジタリアン型、炭水化物型はダイオキシン摂取量が少ない。これは肉類の摂取が少ないためだと考えられる。鉄分の摂取量は広食型を除いて、下限まで達している。これにより、食品群別摂取量を遵守していても栄養不足が起こる可能性が示唆されている。

4.6. CO<sub>2</sub> 排出量制約がない場合の分析

普段の生活で、生産過程や輸送過程の CO<sub>2</sub> 排出量を気にして食品を購入している消費者は、まだまだ少ないといえる。そこで、本節では CO<sub>2</sub> 排出量の制約を一切考慮しない場合の最適化計算の結果を示す。CO<sub>2</sub> 排出量以外の制約条件、各嗜好パターン、摂取タイプは 4.5 と同じである。CO<sub>2</sub> 排出量は以下の図 4-5、4-6、4-7、4-8 のようになった。なお、図中の黒線は、4.5 で制約条件として用いた値である。

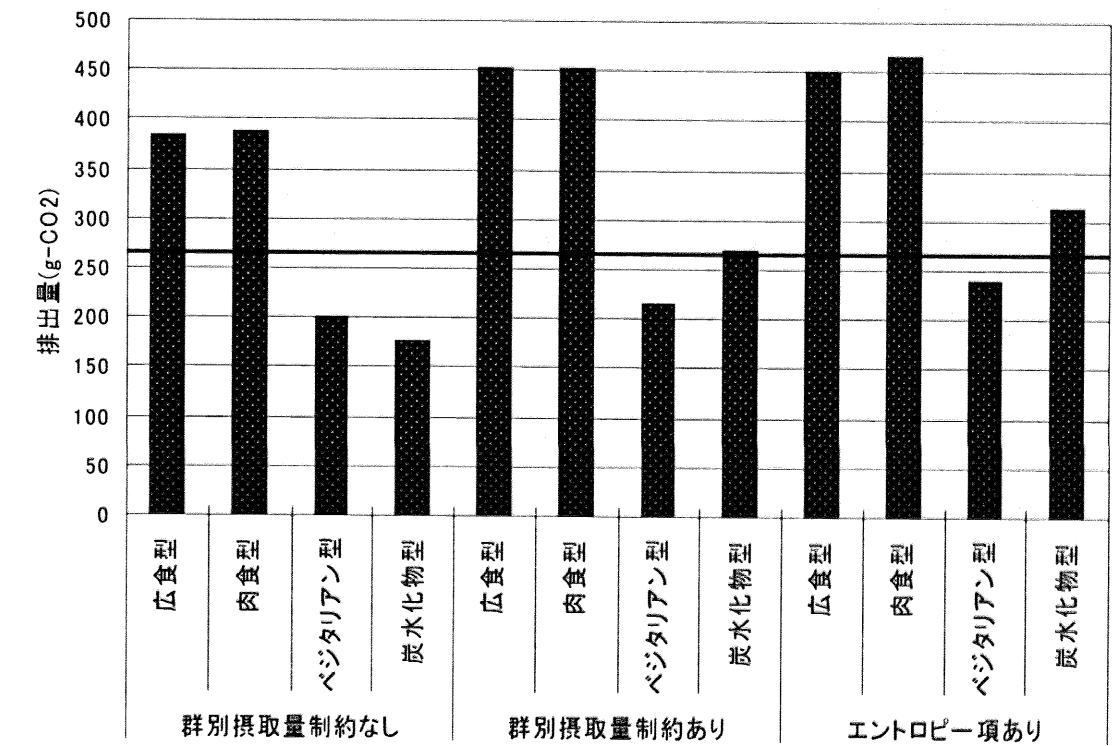


図 4-5 CO<sub>2</sub> 制約条件を除外したときの生産過程における CO<sub>2</sub> 排出量

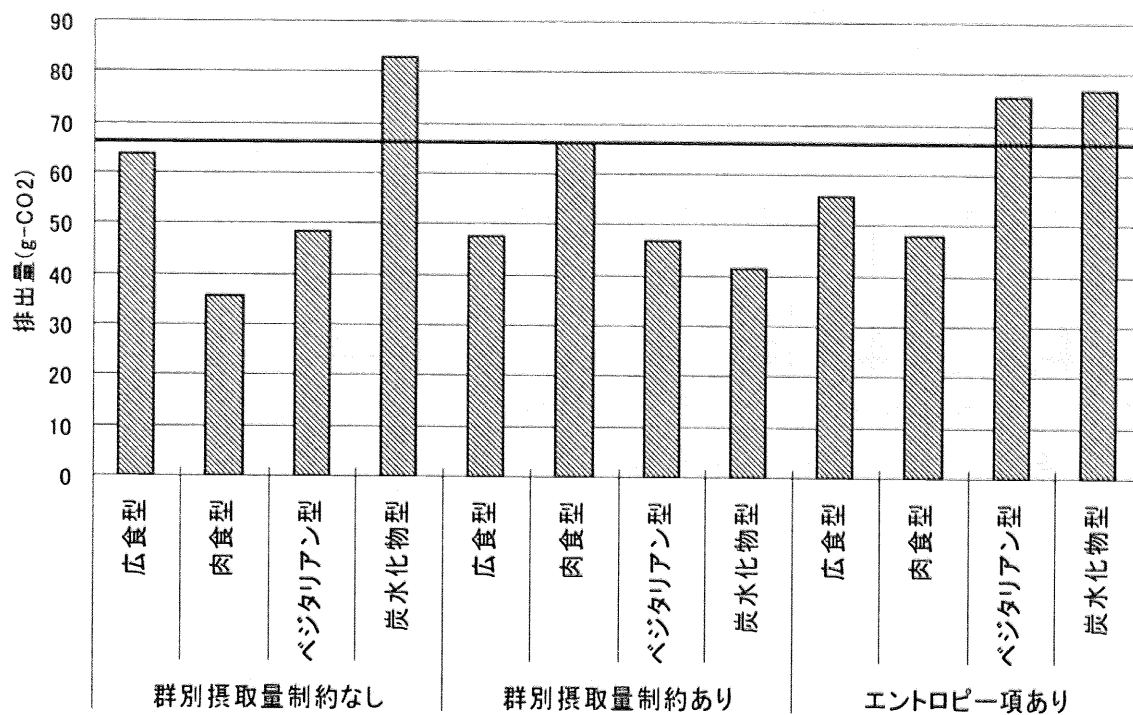


図 4-6 CO<sub>2</sub>制約条件を除外したときの国内輸送過程における CO<sub>2</sub> 排出量

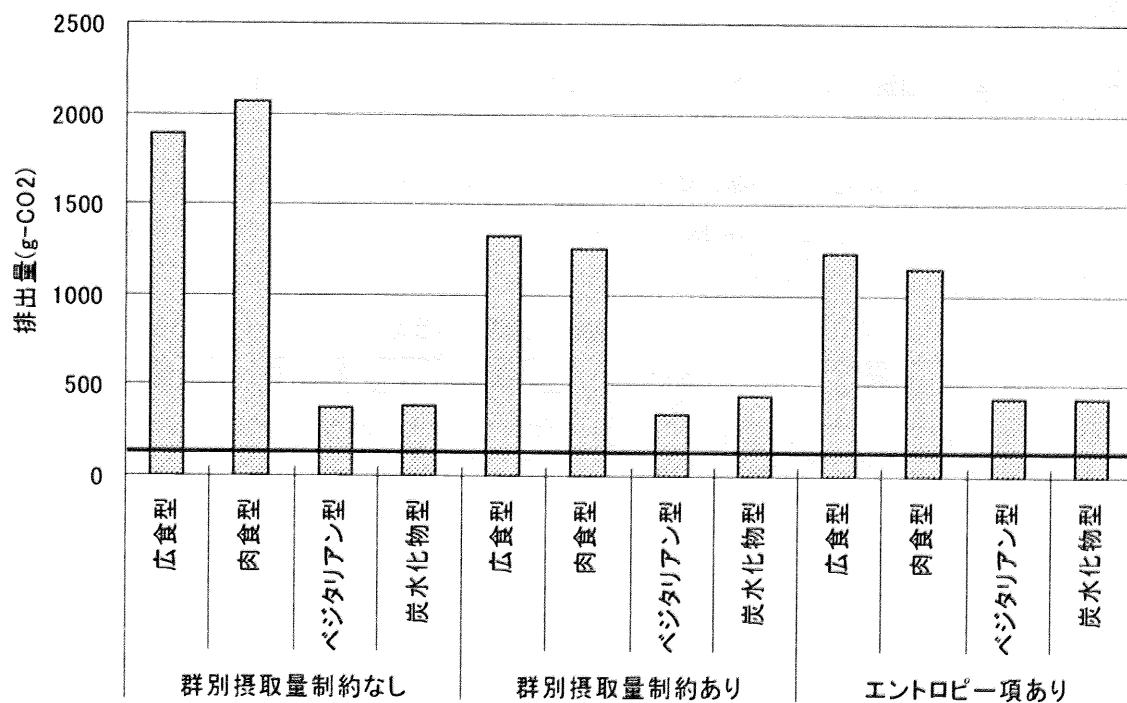


図 4-7 CO<sub>2</sub>制約条件を除外したときの輸入過程における CO<sub>2</sub> 排出

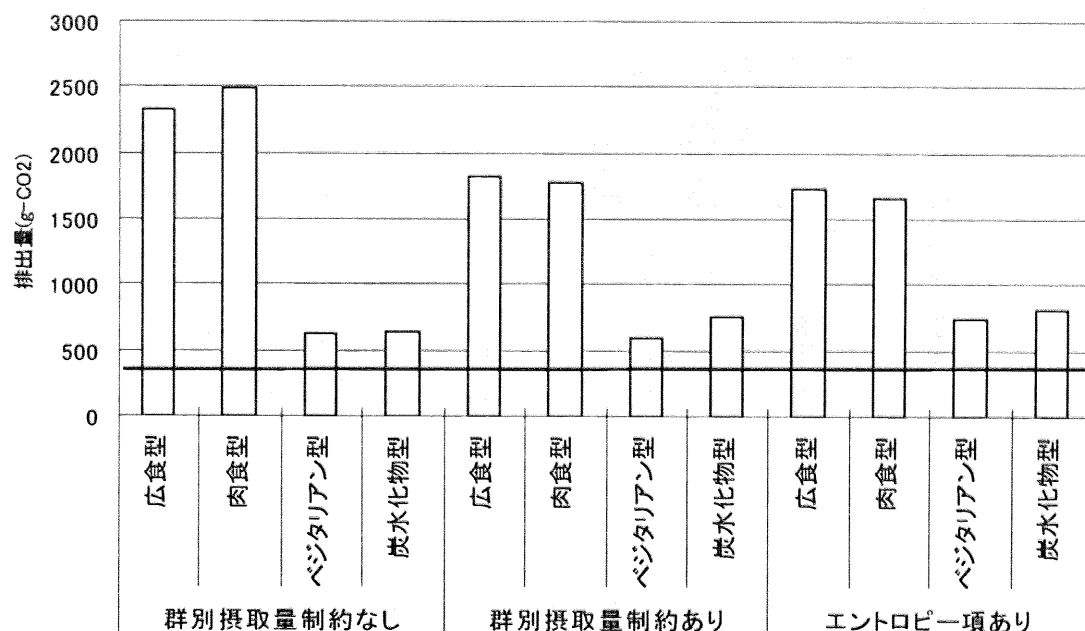


図 4-8 CO<sub>2</sub>制約条件を除外したときのCO<sub>2</sub>排出量の合計

輸入過程におけるCO<sub>2</sub>排出量がどの嗜好タイプ、摂取パターンでもかなりの増加をみせている。逆に、食品群別摂取量制約がない場合の炭水化物型、エントロピー項ありの場合のベジタリアン型を除き、国内輸送過程におけるCO<sub>2</sub>排出量が減少している。これは、CO<sub>2</sub>制約を設けない場合、国産品より安価な輸入品を購入する傾向が強まるためであると考えられる。生産過程におけるCO<sub>2</sub>排出量は、どの摂取パターンでも広食型と肉食型が増加をみせている。この2タイプの嗜好は、CO<sub>2</sub>制約があるかないかでかなり大きな変化を見せていることから、CO<sub>2</sub>を排出しやすい嗜好パターンであるといえる。ここで、エントロピー項ありの場合の各嗜好パターンにおける解をしてみる(表 4-23, 4-24, 4-25, 4-26)。

表 4-23 広食型エントロピー項ありでCO<sub>2</sub>制約を考慮しない場合の解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
食パン	17	鶏卵	281	なし(チリ)	755
米	283	食パン(アメリカ)	17	豆腐(アメリカ)	15
さんま	70	食パン(カナダ)	17	豆腐(ブラジル)	15
大根	156	食パン(AUS)	17	豆腐(カナダ)	15
はくさい	5	ばれいしょ(中国)	80	しいたけ(中国)	10
豆腐	15	玉ねぎ(中国)	62	輸入牛肩(AUS)	33
わかめ	10	玉ねぎ(アメリカ)	62	輸入牛肩(NZL)	33
牛乳	102	玉ねぎ(NZL)	63	輸入牛肩(メキシコ)	33
ヨーグルト	98	なし(アメリカ)	781		

表 4-24 肉食型エントロピー項ありでCO<sub>2</sub>制約を考慮しない場合の解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
食パン	71	食パン(アメリカ)	71	なし(チリ)	535
米	67	食パン(カナダ)	71	豆腐(アメリカ)	15
あさり	66	食パン(AUS)	71	豆腐(ブラジル)	15
キャベツ	11	ばれいしょ(中国)	78	豆腐(カナダ)	15
大根	88	玉ねぎ(中国)	66	しいたけ(中国)	10
はくさい	15	玉ねぎ(アメリカ)	66	輸入牛肩(AUS)	29
豆腐	15	玉ねぎ(NZL)	66	輸入牛肩(NZL)	29
わかめ	10	にんじん(中国)	6	輸入牛肩(メキシコ)	29
牛乳	123	にんじん(AUS)	6	輸入鶏むね(ブラジル)	56
ヨーグルト	77	にんじん(NZL)	6	輸入鶏むね(アメリカ)	53
鶏卵	199	なし(アメリカ)	535	輸入鶏むね(チリ)	53

表 4-25 ベジタリアン型エントロピー項ありで CO<sub>2</sub> 制約を考慮しない場合の解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
米	349	鶏卵	232	トマト(カナダ)	30
ばれいしょ	91	ばれいしょ(中国)	188	にんじん(中国)	14
キャベツ	16	キャベツ(中国)	29	にんじん(AUS)	14
大根	169	キャベツ(韓国)	29	にんじん(NZL)	14
玉ねぎ	38	キャベツ(台湾)	29	ねぎ(中国)	14
トマト	11	きゅうり(韓国)	9	ねぎ(韓国)	14
にんじん	5	大根(中国)	100	ねぎ(アメリカ)	14
はくさい	46	大根(台湾)	100	なし(アメリカ)	52
みかん	5	大根(韓国)	100	なし(チリ)	52
すいか	34	玉ねぎ(中国)	62	豆腐(アメリカ)	20
豆腐	20	玉ねぎ(アメリカ)	62	豆腐(ブラジル)	20
わかめ	10	玉ねぎ(NZL)	62	豆腐(カナダ)	20
牛乳	90	トマト(アメリカ)	30	しいたけ(中国)	25
ヨーグルト	110	トマト(韓国)	30		

表 4-26 炭水化物型エントロピー項ありで CO<sub>2</sub> 制約を考慮しない場合の解

食品種	量(g)	食品種	量(g)	食品種	量(g)
食パン	30	鶏卵	217	豆腐(アメリカ)	15
米	231	食パン(アメリカ)	30	豆腐(ブラジル)	15
ばれいしょ	134	食パン(カナダ)	30	豆腐(カナダ)	15
あじ	9	食パン(AUS)	30	しいたけ(中国)	10
いわし	25	ばれいしょ(中国)	847	輸入牛肩(AUS)	18
さんま	36	キャベツ(中国)	9	輸入牛肩(NZL)	18
キャベツ	24	キャベツ(韓国)	9	輸入牛肩(メキシコ)	18
大根	137	キャベツ(台湾)	9	輸入牛ばら(AUS)	5
はくさい	48	大根(中国)	31	輸入牛ばら(NZL)	5
すいか	9	大根(台湾)	31	輸入牛ばら(メキシコ)	5
豆腐	15	大根(韓国)	31	輸入牛もも(AUS)	6
わかめ	10	なし(アメリカ)	70	輸入牛もも(NZL)	6
牛乳	101	なし(チリ)	70	輸入牛もも(メキシコ)	6
ヨーグルト	99				

広食型では、単価が安く栄養素もみたせる輸入品のなしの摂取にかたよりが生じ、輸入過程の CO<sub>2</sub> 排出



量が非常に増加したといえる。量の増加に伴い、生産過程のCO<sub>2</sub>排出量も増加した。

肉食型は、広食型ほどではないにしろ、輸入品のなしの摂取と、安価なブラジルやチリ産の鶏肉の摂取が増加したことが輸入過程のCO<sub>2</sub>排出量の増加の主要因であると考えられる。生産過程のCO<sub>2</sub>排出量の増加は広食型と同じく、なしの大量摂取によるものがある。さらに、穀類摂取が米から生産にかかるCO<sub>2</sub>排出量のより高いパンへ移行したことも大きな要因である。

ベジタリアン型では、野菜類の輸入が増えているが、日本は野菜類の輸入を主にアジア各国から行っているため、輸入過程のCO<sub>2</sub>排出量が、広食、肉食型ほど増加しなかったと考えられる。国内輸送過程のCO<sub>2</sub>排出量増加の要因は、ばれいしょを北海道から輸送する際の増加分と考えられる。

炭水化物型も中国産のばれいしょを大量に輸入することにより、輸入過程のCO<sub>2</sub>排出量が比較的抑えられているといえる。

CO<sub>2</sub>排出量を全く考えずに食品を摂取する場合に、最も増加量が大きくなるのは輸入過程におけるCO<sub>2</sub>排出量であり、その増加量は最大で2054g-CO<sub>2</sub>にもなる。最小で170g-CO<sub>2</sub>になり年間では約62kgの排出増となることが分かった。

#### 4.7. 現状との比較

##### 4.7.1. 算出方法

現状摂取されている食品由来の、栄養素量、化学物質摂取量、CO<sub>2</sub>排出量を算出した。文献<sup>47)</sup>より、国民一人当たりの平均的な各食品喫食量を得た後、付表1,2に記載してある各種gあたりの栄養素量・化学物質量・CO<sub>2</sub>排出量を乗ずることで1日あたりのそれぞれの摂取量とした。その際の計上の方法を以下に示す。

原則として、資料に記載されていて、且つ、本研究でも対象としている食品はそのまま同一品目として扱った。資料に記載はあるもののうどん・中華麺類は本研究では扱わない食品であるが、量も多く計算に入れないと現状から大きく乖離する可能性があるため、米として計上とした。同様の理由で、パスタ類、小麦加工品はパン類に計上した。いも類については、その他のいも・加工品はさといもに計上した。その他の緑黄色野菜は、緑黄色野菜の項目に個別食品名の記載がある、トマト、にんじん、ほうれん草、ピーマン以外の本研究対象食品に均等に割付、その他の淡色野菜も同様に、キャベツ、きゅうり、大根、たまねぎ、はくさい以外の本研究対象食品に均等に割り付けた。漬物は、きゅうりとなすに計上し、葉類漬物は白菜に、たくあん・その他の漬物は大根に計上した。その他の生果は、野菜類と同様に、果実類として記載されているいちご、バナナ、りんご以外の本研究対象食品に均等に割り付けた。魚介類については、魚介（塩蔵、生干し、乾物）はあじに計上し、魚介（練り製品）はさけに計上した。大豆・加工品については、全量豆腐に計上し、その他の豆・加工品はいんげん豆に計上した。最後に、乳類については、その他の乳製品は牛乳として計上し、発酵乳・乳酸菌飲料はヨーグルトとして計上した。計上する食品の種類と量をまとめたものが次の表4-27である。

表 4-27 現状評価に用いる食品種とその喫食量

分類	食品種	量(g)	分類	食品種	量(g)	分類	食品種	量(g)
穀類	米・加工品合計	356	野菜類	野菜類合計	277.5	魚介類	魚介類合計	86.7
	米	350.4		緑黄色野菜	94.2		生魚介類	54.9
	加工品	5.6		トマト	14.9		あじ、いわし類	11.7
	パン類	37.1		にんじん	19.4		さけ、ます	3.9
	うどん、中華めん類	37.1		ほうれん草	20.5		たい、かれい類	7
	即席中華めん	4		ピーマン	3.4		まぐろ、かじき類	6.5
	パスタ類	9.4		その他の緑黄色野菜	36.1		その他の生魚	9.7
	その他の小麦加工品	5		その他の野菜	161		貝類	4.5
いも類	いも・加工品合計	58.1		キャベツ	21.3	肉類	いか、たこ類	6.2
	さつまいも・加工品	7.1		きゅうり	10.3		えび、かに類	5.4
	じゃがいも・加工品	28.5		大根	38.6		魚介加工品	28.5
	その他のいも・加工品	22.4		たまねぎ	27.2		魚介(塩蔵、生干し、乾物)	17.2
砂糖類	砂糖・甘味料	7.2		はくさい	19.1		魚介(練り製品)	11.3
	豆類合計	58.1		その他の淡色野菜	44.4		肉類合計	76.9
	大豆・加工品合計	56.4		漬け物	17.5		畜肉	54.7
	大豆(全粒)・加工品	2.1		葉類漬け物	6.4		牛肉	15.8
	豆腐	36.1		たくあん・その他の漬け物	11.1		豚肉	26.9
	油揚げ類	8.2	果実類	果実類合計	115.1		ハム、ソーセージ類	11.8
	納豆	6.6		生果	101		鶏肉	20.4
	その他の大豆加工品	3.4		いちご	0.1	調味料	藻類	13.2
	その他の豆・加工品	1.7		柑橘類	29.2		卵類	36.6
種実類	種実類	2.1		バナナ	11.7		調味料・香辛料類合計	93.2
	きのこ類	15		りんご	24.2		調味料	92.9
乳類	乳類合計	126.4		その他の生果	35.8		ソース	2
	牛乳・乳製品	126.3	油脂類	油脂類合計	10.4		しょうゆ	18
	牛乳	96.1		バター	1		塩	1.6
	チーズ	1.9		マーガリン	1		マヨネーズ	3.3
	発酵乳・乳酸菌飲料	20.9		植物性油脂	8.3		味噌	12.4
	その他の乳製品	7.4						

次に輸入品の計上の仕方を示す。国民栄養調査<sup>47)</sup>では国産品・輸入品の別がなく記載されているが、本研究では国産品であるか輸入品であるかにより輸送過程のCO<sub>2</sub>排出量が大きく変わってしまう。そのため、先ほど求めた喫食量を国産品と輸入品に分配する必要がある。そこで、今回は自給率をもとに分配した。自給率計算ソフト<sup>70)</sup>により、該当食品の自給率を得た後、喫食量と乗じた値を国産品からの摂取量とした(自給率をまとめたものは以下の表4-28)。それ以外を輸入品からの摂取量とした。輸入品の中でさらに細かく輸入国の分類がある食品は、各国から等量を輸入しているとして計算した。これら喫食量と、付表1,2にあるgあたりの栄養素量・化学物質含有量・CO<sub>2</sub>排出量を乗じ、現状摂取しているこれらの量を得た。表4-30に4.5.で得た各嗜好タイプ別のエン트로ピー項あり時の摂取量とともに示す。また、表4-29に現状の食生活の食品群別摂取量を、各嗜好タイプ別のエン트로ピー項あり時の摂取量とともに示す。

表 4-28 各食品の自給率

食品種	自給率	食品種	自給率	食品種	自給率
パン	1%	キャベツ	97%	なし	98%
精白米	94%	きゅうり	93%	ぶどう	38%
かんしょ	96%	だいこん	98%	もも	67%
さといも	68%	たまねぎ	78%	りんご	63%
ばれいしょ	81%	トマト	55%	いんげん豆	27%
あじ	80%	なす	96%	とうふ	31%
いわし	67%	にんじん	80%	わかめ	66%
かつお	88%	ねぎ	91%	牛乳	100%
たら	60%	はくさい	100%	ヨーグルト	20%
さば	62%	ピーマン	87%	チーズ	16%
さんま	100%	ほうれん草	97%	しいたけ	77%
ぶり	100%	レタス	99%	牛肉	39%
まぐろ	38%	れんこん	82%	豚肉	53%
あさり	42%	いちご	84%	ハム	53%
かき	81%	みかん	98%	ベーコン	53%
えび	5%	かき	97%	ウインナー	53%
いか	70%	キウイ	43%	鶏肉	67%
たこ	53%	すいか	37%	鶏卵	96%
かぼちゃ	62%				

表 4-29 群別摂取量の制約に対する比較

群名	下限摂取量 (g)	現状評価 (g)	広食型	肉食型	ベジタリアン型	炭水化物型
穀類	350	425	350	350	350	350
いも類	80	60	80	436	217	809
豆類	60	58	60	60	60	60
果実類	150	115	150	150	150	150
野菜類	350	277	1415	350	1103	350
きのこ類	10	15	10	10	50	10
藻類	10	13	10	10	10	10
魚介類	70	87	70	70	—	70
肉類	50	77	108	229	—	50
卵類	40	36	156	90	234	40
乳類	200	126	200	200	200	200

表 4-30 各制約条件との比較

分類	項目	下限	上限	現状評価	広食型	肉食型	ベジタリアン型	炭水化物型
C O 2	生産過程CO2(g-C)	0	268	268.1	268.0	268.0	268.0	263.4
	国内輸送CO2(g-C)	0	68	68.1	68.0	68.0	68.0	68.0
	輸入過程CO2(g-C)	0	97	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0
価格	価格(円)	0	745.667	743.3	745.7	745.7	745.7	745.7
農 薬	クロルピリホス(mg)	0	0.533	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
	イブロジオン(mg)	0	6.402	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0
	シベルメトリン(mg)	0	2.667	0.8	0.3	0.2	1.3	0.0
	プロシモン(mg)	0	1.867	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
	アセフェート(mg)	0	1.6	3.6	1.6	1.6	1.6	1.6
モ ホ 環 境	TBTO( $\mu$ g)	0	85.36	0.5	0.0	0.4	0.0	0.2
	ダイオキシン(pg-TEQ)	0	213.4	69.6	213.4	213.4	27.3	105.3
重 金 属	Cd( $\mu$ g)	0	53.4	28.8	49.5	52.1	43.0	53.4
	Pb( $\mu$ g)	0	186.725	62.6	186.7	112.4	159.8	129.7
	Al( $\mu$ g)	0	53350	1878.9	4923.5	3056.9	3995.3	3615.7
	Hg( $\mu$ g)	0	38.11	7.6	7.3	4.5	5.6	4.7
	MeHg( $\mu$ g)	0	25.15	4.0	0.8	0.7	0.0	0.0
栄 養 成 分	エネルギー(kcal)	1686	-	2041.0	2379.7	2321.3	2227.6	2580.3
	たんぱく質(g)	52	-	72.4	94.5	108.0	72.8	72.0
	脂質※	20%	25%	20%	23%	22%	21%	20%
	カリウム(mg)	1894	-	2433.6	5045.4	5161.6	4789.5	6011.9
	カルシウム(mg)	577	2477	355.8	761.2	577.0	729.1	596.0
	マグネシウム(mg)	232	622	253.0	380.2	394.5	345.1	406.7
	リン(mg)	646	3946	1071.7	1519.7	1529.7	1373.4	1294.4
	鉄(mg)	11.3	39.3	7.4	11.4	11.3	11.3	11.3
	亜鉛(mg)	9.6	29.6	10.2	16.5	15.3	11.4	11.3
	銅(mg)	1.5	8.9	1.4	1.8	1.9	1.7	2.2
	マンガン(mg)	3.4	9.9	10.1	9.9	9.9	9.9	9.9
	ビタミンA( $\mu$ gRE)	531	1491	404.0	531.0	531.0	1007.9	531.0
	ビタミンD( $\mu$ g)	2.5	50	9.6	11.0	2.9	5.6	11.5
	ビタミンE(mg- $\alpha$ TEC)	4.5	596	4.1	4.5	6.0	4.5	7.5
	ビタミンK( $\mu$ g)	30	29975	142.5	118.0	152.2	172.0	76.4
	ビタミンB1(mg)	0.8	-	1.0	1.1	1.1	1.1	1.4
	ビタミンB2(mg)	0.9	-	0.9	1.7	1.4	1.8	1.1
	ナイアシン(mgNE)	12.6	29.6	17.7	15.7	27.1	12.6	20.4
	ビタミンB6(mg)	1.2	100	1.6	2.4	2.6	2.0	2.9
	ビタミンB12( $\mu$ g)	2.4	-	7.5	11.6	26.6	2.5	20.1
	葉酸( $\mu$ g)	189	989	301.2	646.5	443.9	665.6	504.5
	パントテン酸(mg)	4.9	-	6.5	9.8	11.2	10.4	10.5
	ビタミンC(mg)	100	-	88.7	220.9	153.7	247.5	273.6
	食物繊維(g)	19.1	24.1	11.6	24.1	19.1	24.1	24.1
	食塩(g)	0	6.7	1.5	1.4	3.1	1.3	1.6

※脂質は量ではなく、脂質由来エネルギーが全エネルギーの20-25%を占めることが条件のため%表示

#### 4.7.2. 考察

本研究で算出した現状の摂取量は、表 1-1 と比べると、脂質と食塩の摂取量が少ない。しかし、カルシウム、鉄、銅、ビタミンE、食物繊維は表 1-1 と同様に不足していることが示され、完全に再現できてはいないものの、モデルはある程度の妥当性を有していると考えられる。脂質と食塩摂取量は、多くは調味

料や調理方法で変わってしまうため、調理法の違いなどを考慮することが今後の課題である。化学物質面では、アセフェートが基準より多くなっている。ほうれん草にはデータベース上ではアセフェートが多く含まれているため基準を上回ったと考えられるが、現実では調理過程で消える分が多分にあるため実際摂取量はこれより少ない。食品群別摂取量を見ると、穀類、肉類の消費がかなり多く、野菜類、乳類の摂取はかなり少ない。先に述べた、カルシウムや食物繊維不足の原因となっていると考えられ、より多く摂取する必要がある。

CO<sub>2</sub>排出量は、先述の小方<sup>9)</sup>の試算では4人家族の1世帯あたり510g- CO<sub>2</sub>であった。本研究の試算は、268g- CO<sub>2</sub>となったが、この差は本研究が先行研究では扱っていない食品も計測対象にしたためである。先行研究で考慮されていなかった、その他の食品という区分や豆類などを計測対象にすることで、より精緻なCO<sub>2</sub>排出量を算出したといえる。これを仮に日本国民全体に適用すると一日あたり、 $268 \times 1 \text{ 億 } 3000 \text{ 万} = 34,840 \text{ t}$ もの排出となる。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。輸送過程のCO<sub>2</sub>排出量は、国内・輸入を合わせて、 $165 \times 1 \text{ 億 } 3000 \text{ 万} = 21,450 \text{ t}$ 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。次節で、CO<sub>2</sub>排出量に焦点を絞って分析を進めていく。