

実際の曝露量を表している場合（トータルダイエツトスタディによる  
米中 Cd 濃度の最大値：0.422 mg/kg）、

シナリオ 8：コーデックス委員会の米中 Cd 濃度基準値原案である 0.4mg/kg を上限  
値として定めた場合

について、全食品からと米類からの Cd 曝露量を計算した。さらに、年齢階級別にもモン  
テカルロ・シミュレーションを実施し、年齢階級ごとの Cd 摂取量分布を推定した。

平成 18 年度（表 3）

シナリオ 9：2006 年 7 月コーデックス基準（大豆基準は設けず）

シナリオ 10：コーデックス基準（大豆基準を以前のコーデックス案  
(0.2mg/kg)に)

シナリオ 11：コーデックス基準（大豆基準を厚生労働省修正案(0.5mg/kg)  
に)

シナリオ 12：コーデックス基準（軟体動物基準を前回案に、比較対照とし  
て設定：平成 16 年度シナリオ に相当)

シナリオ 13：コーデックス基準（軟体動物基準を前回案に、及び大豆基準  
を以前のコーデックス案に)

シナリオ 14：コーデックス基準（軟体動物基準を前回案、及び大豆基準を  
厚生労働省修正案に)

精米に関しては、基準が確定されたものとして、上限値を 0.4mg/kg として固  
定した。また 2006 年には軟体動物に関しても、基準が確定されたが、当初検討  
していた 0.1mg/kg よりもゆるい 0.2mg/kg と定められたので、比較のためにシ  
ナリオに反映した。なお軟体動物は、値自体は同じであるが、二枚貝（カキ、  
ホタテガイを除く）と頭足類に分けて基準が定められている。ただしこれまで  
検討を加えてきたデータセットにおいては特にこれらの分類分けはされていな  
い。今回の検討においては、これまでの検討との比較という観点から、また結  
果的に安全側に見積もることにもなるためから、特に両者を区別することなく  
検討を行った。

なお、いずれのシミュレーションにおいても、「米、小麦以外の穀類」、「大豆以外の  
豆類」及び「豆科野菜」は基準値（0.1mg/kg）が既に採択されているため、上下の値は  
設定しない。各シナリオに従った Cd 濃度の設定にあたっては、シミュレーション実行  
時に対数正規分布に従う乱数のうち、設定した基準値を超えるものは除外することによ  
って推計を行った。中央値に固定した品目についてはこれらの数値を超える試料を除外

した場合の中央値を算出した。

また米の搗精工程における Cd 含有量の変化データをみると、玄米から精米への濃度変化はわずかであったので<sup>11)</sup>、両者の Cd 濃度は同等と見なした。以下では、玄米と精米を区別せずに米と表現している。また、小麦粉の製粉工程における Cd 濃度については減少がみとめられたので<sup>11)</sup>、小麦粉として 1 等粉から末粉までの平均値を用いて、玄麦の Cd 濃度の 0.65 倍とした。

## C. 結果

### 1. 国民栄養調査に基づく検討（平成 16 年度実施）

結果の概要を表 4 に示す。中央値を比較すると、もっとも値が低かったのはシナリオ 2 で  $2.70 \mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{週}$ 、もっとも高かったのはシナリオ 3 の  $2.90 \mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{週}$  であった。95 パーセンタイル値に関しては、最も低かったのは中央値と同様、シナリオ 2 の  $5.98 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{bw}/\text{週}$ 、最も高いのはシナリオ 3 の  $7.12 \mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{週}$  であった。このシナリオにおいては、基準値原案の上の値を用いたシナリオ 3 が最も高かったが、平成 15 年度に検討したシナリオのうち、「いずれの食品についても Cd 基準値を設けないもの」、「米のみ Cd 基準値を  $0.4 \text{ mg}/\text{kg}$  としたもの」、よりは低くなっていた<sup>1)</sup>。

コーデックス基準値原案から米の基準値のみを変化させた場合（シナリオ 4、5、6）を、コーデックス基準値原案であるシナリオ 1 と比較したところ、分布等の違いはわずかであった。

各シナリオについて、Cd 摂取量に対する食品分類別の寄与度（算術平均値ベース）を図 4 に示した。いずれのシナリオにおいても、米類が全体の約 50% の寄与を示していた。

### 2. 特定地域における検討

表 5 に年齢階級別に実施したシミュレーション結果を示す。年齢層が上昇するにつれ、Cd 摂取量も増加する傾向が認められる。暫定耐用習慣摂取量（PTWI）を超える割合は 20 歳代では 10% 未満であるが、60 歳代以上になると 40% 程度と推計された。トータルダイエットスタディの集計結果も表 5 中に示すが、概してシミュレーション結果の方が低めの値となっていた。同様に、米類からの Cd 摂取に関するシミュレーション結果を表 6 に示すが、全摂取量の傾向とほぼ同様であった。

図 5 は、トータルダイエットスタディ、およびシミュレーションによる、全 Cd 摂取量に対する米類の寄与の大きさを示したものである。シミュレーション結果では、全 Cd 摂取量のうち、51~58% 程度が米類に起因するという結果であった。なお、シミュレ

ーションに比べてトータルダイエツトスタディの方が米類の寄与は少なめに見積もられ、特に、若年層、老齡層に至るほど、両検討方法の差は大きくなっていた。

表7、表8には、米中0.4mg/kg以上のCd濃度を含むものが流通しなかった場合の検討結果を全食品から、そして米からの摂取量について示す。規制がない場合と同様に、年齢が上昇するに従って摂取量が増える傾向が認められたが、全食品からのCd曝露量の平均値ベースで比較すると、規制がない場合に比べて約0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{週}$ の、また95パーセンタイル値に関しては約2  $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{週}$ の曝露量の減少が認められた。また全食品からの曝露量に対する米類からの曝露量は、規制がない場合に比べて4%程度減少していた(図6)。

### 3. 国民栄養調査に基づく検討(平成18年度)

大豆の基準値を変えた場合、各シナリオに基づくCd摂取量について、代表値および分布を比較したが、ほとんど同じ結果となった。Cd曝露量の平均値は3.32~3.34  $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{週}$ 、中央値は2.85~2.87  $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{週}$ であった(表9)。

各シナリオについて、Cd摂取量に対する食品分類別の寄与度(算術平均値ベース)を示したものが図7である。いずれのシナリオにおいても、米類が全体の約50%の寄与を示しており、また大豆の寄与も10.7~10.8%とほとんど同じであった。

また、軟体動物に関しても、基準値を変化させても曝露量に影響は認められなかった。

### 4. 負荷量推定

結果を表10に示す。ここでは30歳から80歳まで10歳ごとにそれぞれの年代における体内負荷量分布を示している。80歳の時点における中央値を比較すると、もっとも値が低かったのはシナリオ2で179.0mg、もっとも高かったのはシナリオ3の191.8mgであった。95パータイル値に関しては、最も低かったのは中央値と同様、シナリオ2の398.3mg、最も高いのはシナリオ3の470.1mgであった。

コーデックス基準値原案から米の基準値のみを変化させた場合(シナリオ4、5、6)を、コーデックス基準値原案であるシナリオ1と比較したところ、分布等の違いはわずかであった。

### D. 考察

平成15年度における検討方法に基づき、モンテカルロ・シミュレーションを用いたCd曝露量推定を行った。コーデックス委員会で議論されている食品中、特にわが国の

曝露評価で問題となる精米中の Cd 濃度規制値が若干変動したとしても、国民栄養調査に基づく検討では Cd 曝露量分布には大きな影響はないことが示された。

また、コーデックス委員会では基準値の検討をとりやめた大豆の Cd 濃度に関しても、基準値の設定を試み、検討したが、国民栄養調査に基づく検討では Cd 曝露量分布には大きな影響はないことが示された。この理由として、国民栄養調査によれば、結果的には大豆の摂取量は米の摂取量ほど少ないことが考えられる。軟体動物に関しても同じ理由および、軟体動物で測定された Cd 濃度が基準値よりもかなり低いレベルにあり、シミュレーションにより基準値を超える値が生じる機会があまり認められなかったことによると考えられる。

本検討は、平成 12 年までの国民栄養調査に基づく検討であり、また個々人の食習慣には銘柄指向なども含む嗜好性も存在することから、さらなるデータ、また別のシナリオの検討なども必要となってくる。そのため本研究では、このような課題にも対応することも念頭におき、一地域で行われたトータルダイエツトスタディの結果にもモンテカルロ・シミュレーションを適用し検討を試みた。平均値ベースで検討すると、個別データの集計結果とシミュレーションの結果はほぼ一致しており、今回検討に用いたデータに対しては、モンテカルロ・シミュレーション、およびシミュレーションを行う際の仮定などの妥当性が認められたと考えている。モンテカルロ・シミュレーションを実施する目的、またその長所としては、適切に得られた小集団の標本データから、標本データのもつゆがみなどを補正して母集団の分布や代表値を把握できる、さらには種々の仮定（対策）による効果や影響の大きさを推計することができるといった点を挙げることができる。一地域で得られた調査データは、個人の食習慣の嗜好なども考慮した上で、その地域の特徴を表すものとなるが、特にトータルダイエツトスタディのような研究では、十分数のデータを収集することが難しいといった点も指摘できる。本検討で使用した地域のデータは 900 名以上のデータであり、かなり大きな集団のデータではあるが、年齢階級別の検討を行う場合などは、標本数が小さくなってしまい、十分な検討を行うことはできない。しかし、本研究で実施したようなシミュレーションを行うことで、これらの課題などにも対応できるようになっていくと考えられる。

Cd の健康影響評価やリスク評価を行う際は、長期にわたる慢性曝露を考えていかなければならないのは言うまでもない。長期慢性曝露の検討の一つとして、Cd 体内負荷量推定を行った。曝露量と同様に、シミュレーションによる検討から、コーデックス委員会で議論されている食品中、特にわが国の曝露評価で問題となる精米中の Cd 濃度規制値が若干変動したとしても、国民栄養調査に基づく検討では

Cd 体内負荷量分布には大きな影響はないことが示された。しかし本検討は、平成12年までの国民栄養調査に基づく検討であることや、方法でも述べたように未成年時の摂取量をゼロとおいてあることから過小評価になっていることなどから、まだまだ検討すべき点は多い。また個々人の食習慣には銘柄指向なども含む嗜好性も存在することから、種々の集団データ、また様々なシナリオにおける検討なども必要となってくる。従って、本検討は今後健康影響等の評価を行うための、方法論的な検討のひとつとして位置づけられると考えている。

以上のように、種々のシナリオに基づく曝露評価や負荷量評価を行ってきた。今後リスク評価を行っていくためには、得られた結果をより確かなものとするためにシナリオ等の検討を進めるとともに、健康影響との関係も併せて検討していくことが、リスクコミュニケーションの観点からも必要となってくると考える。

#### E. 結論

主に国民栄養調査のデータを用い、モンテカルロ・シミュレーションによる検討を行ってきたが、米や大豆の基準値を変化させても、それぞれの分布には大きな違いは認められなかった。また地域データにモンテカルロ・シミュレーションを適用し、規制の効果を検討した。

さらには、体内負荷量を推計するためのシミュレーション法を検討し、曝露量推計と同じシナリオのもとで負荷量推定を行った。シナリオによって若干の違いが認められていたものの、平均値ベースで考える限り、各年齢層での体内負荷量には、全般的には大きな違いは認められなかった。

V. 図表

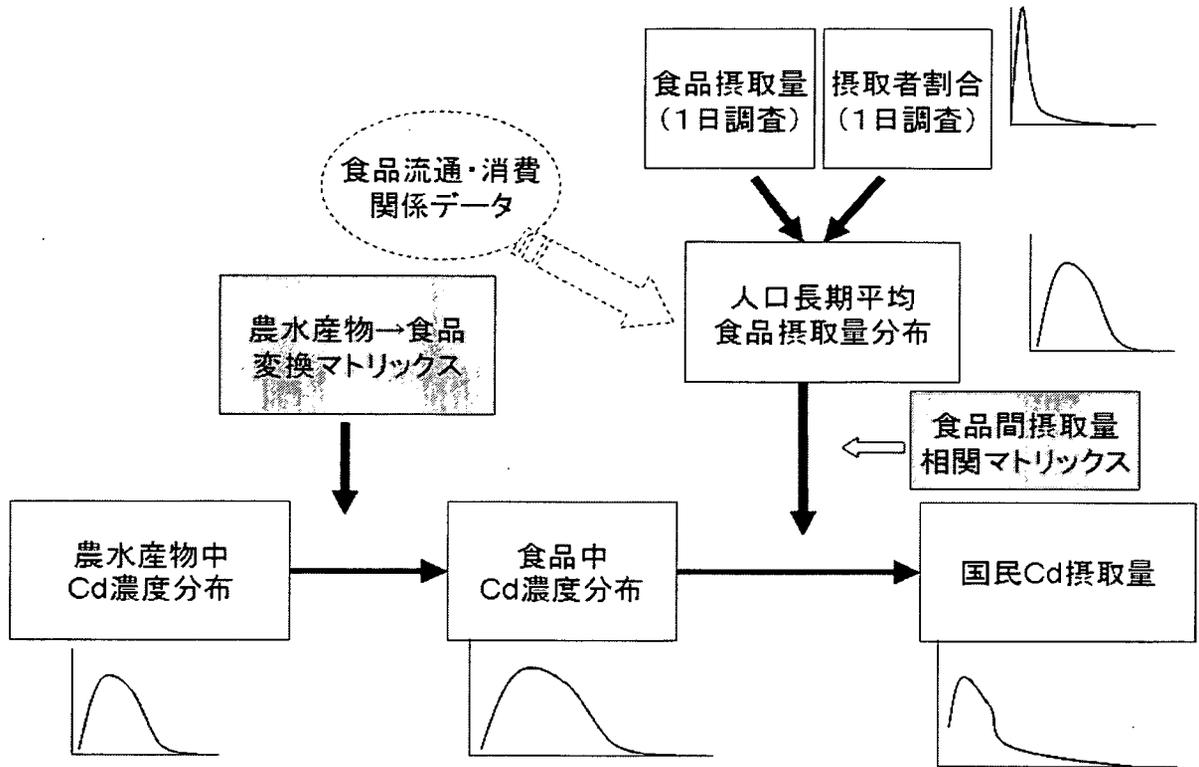


図1.推計手順の概要

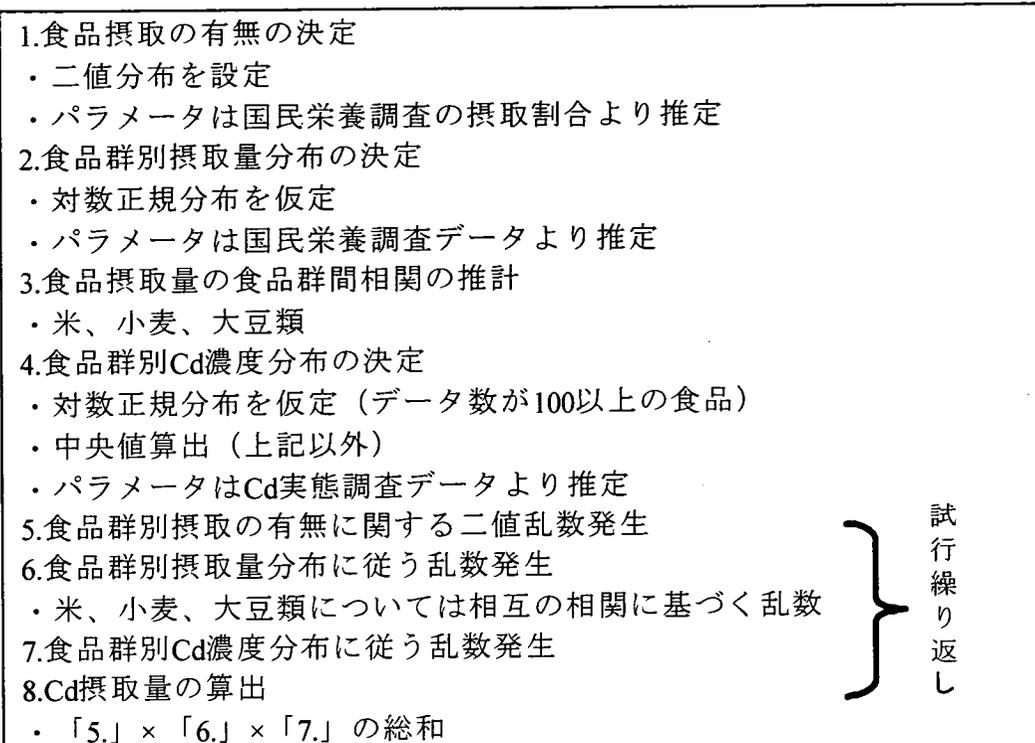


図2. モンテカルロ・シミュレーション手順  
(試行回数 10 万回、乱数サンプリング法：ハイパーキュービック)

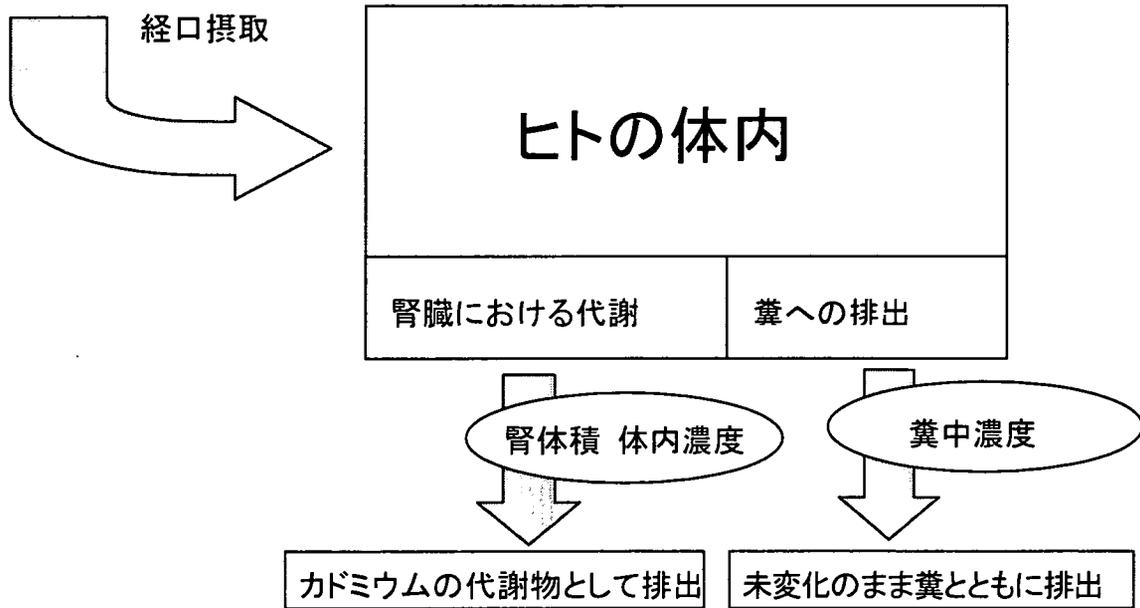


図3. 負荷量推計モデルの概略

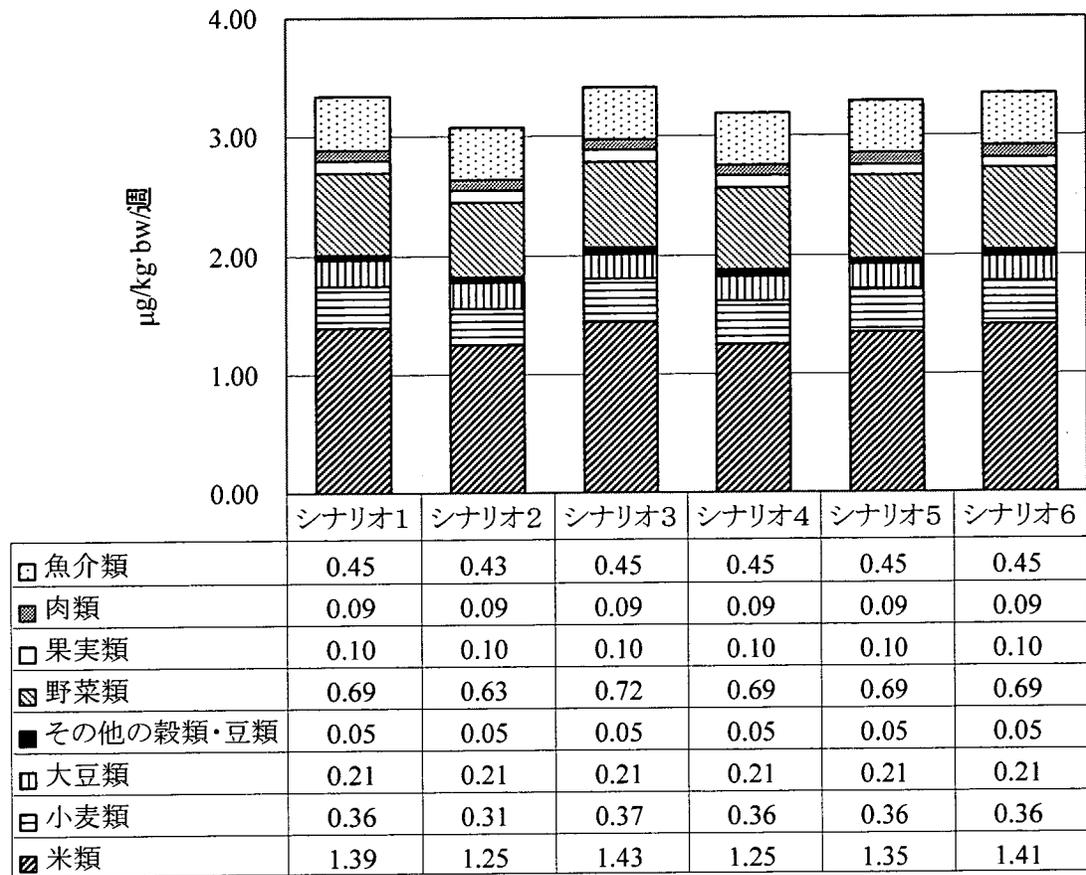


図4. Cd 摂取量に対する食品分類別寄与度（国民栄養調査、平均値ベース）

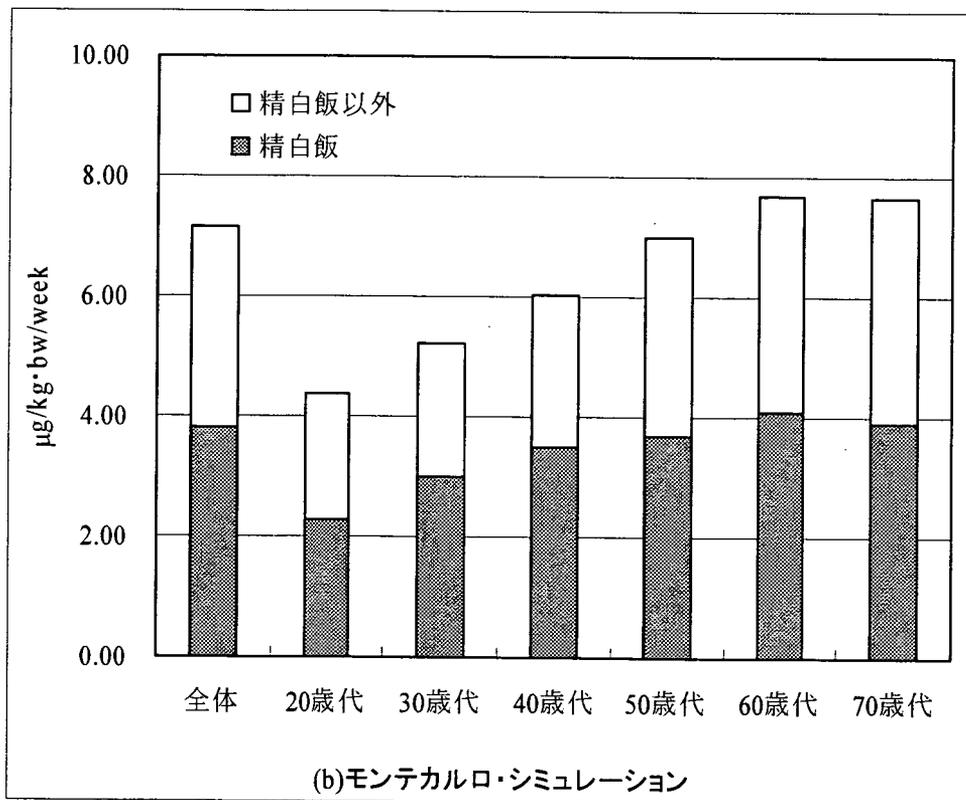
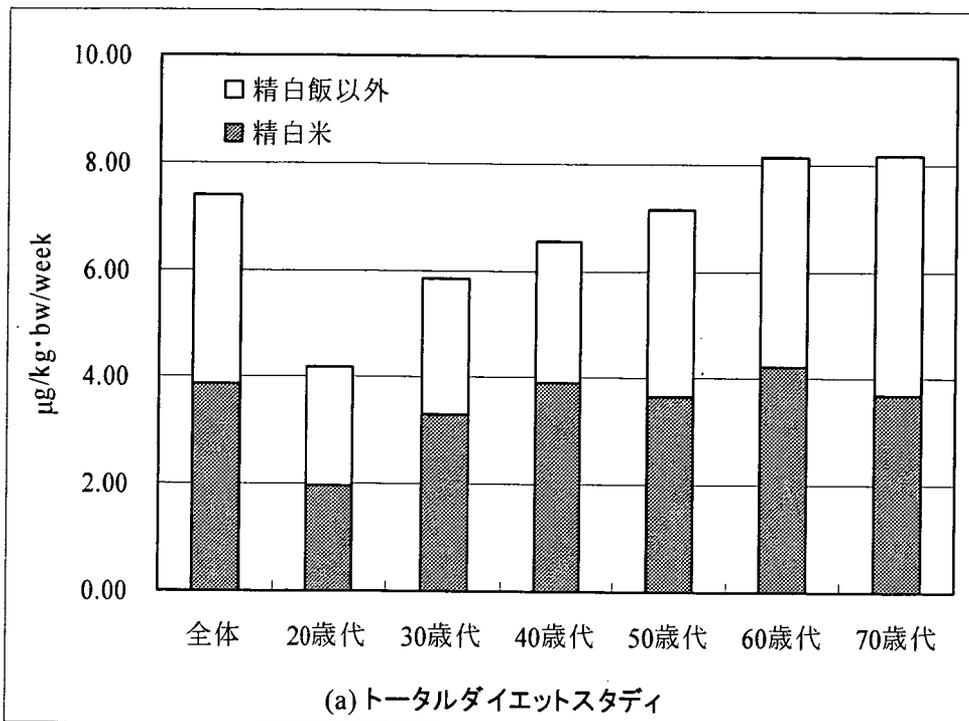


図 5. 一地域における Cd 摂取量に対する食品分類別寄与度 (平均値ベース)

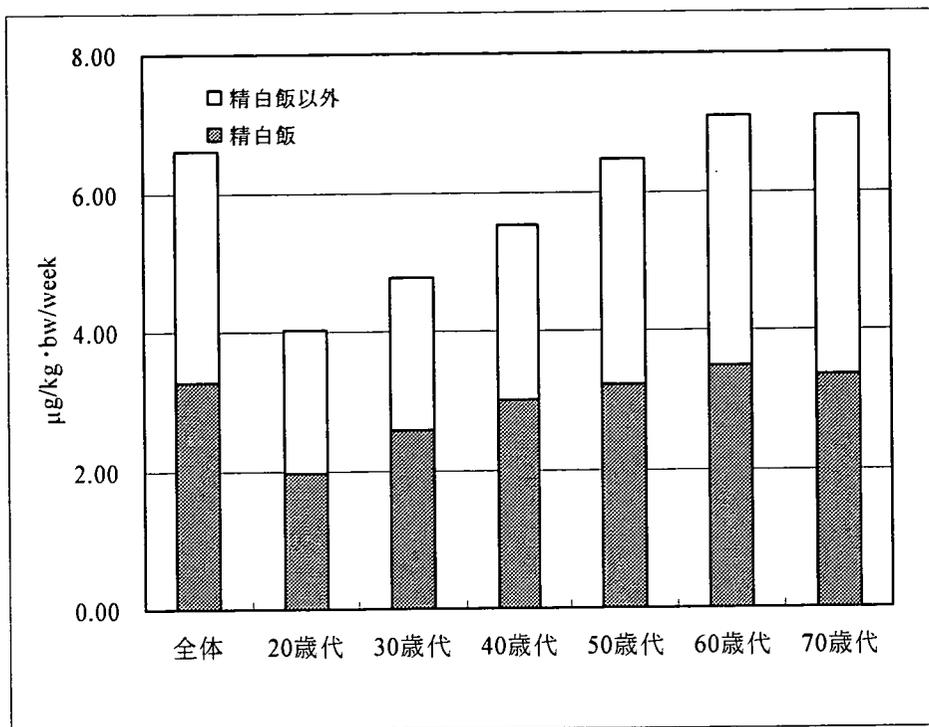


図6. 一地域における Cd 摂取量に対する食品分類別寄与度  
(平均値ベース、米中 Cd 濃度規制あり)

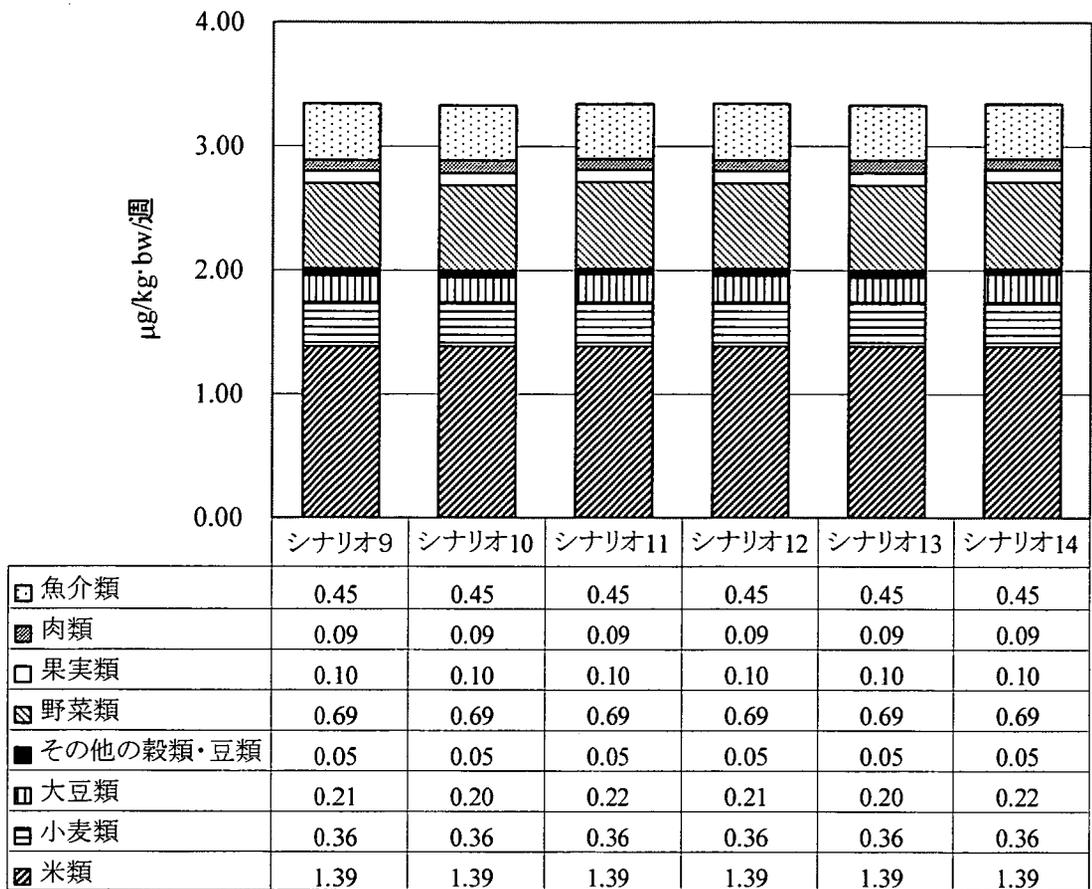


図7. Cd摂取量に対する食品分類別寄与度（平均値ベース）

表 1. 食品摂取量 Cd 濃度データ、ならびにシナリオ品目の対応表

摂取量(国民栄養調査)	Cd 濃度(カドミウム実態調査)	シナリオ品目
*米類	コメ	精米
*小麦類	小麦	小麦
*大麦類	大麦、裸麦	米、小麦以外の穀類
*とうもろこし	スイートコーン	トマト、なす、オクラ以外
*そば	そば	米、小麦以外の穀類
*その他の穀類	大麦、裸麦、スイートコーン、そば	米、小麦以外の穀類
*大豆	大豆	大豆
*小豆	小豆	大豆以外の豆類
*グリーンピース	グリーンピース	豆科野菜
*そらまめ	未成熟空豆	豆科野菜
*さやえんどう	さやえんどう	豆科野菜
*ばれいしょ	馬鈴薯	ばれいしょ
*里芋	里芋(皮をむいたもの)	さといも
*ごぼう	ごぼう	ごぼう
*甘藷	甘藷	ごぼう、さといも、ばれいしょ以外
*やまのいも	やまのいも(皮をむいたもの)	ごぼう、さといも、ばれいしょ以外
*こんにゃく芋	こんにゃく芋	ごぼう、さといも、ばれいしょ以外
*大根	大根	ごぼう、さといも、ばれいしょ以外
*かぶ	かぶ	ごぼう、さといも、ばれいしょ以外
*人参	人参	ごぼう、さといも、ばれいしょ以外
*その他の根菜類	馬鈴薯、里芋(皮をむいたもの)、ごぼう、甘藷、やまのいも(皮をむいたもの)、こんにゃく芋、大根、かぶ、人参	ごぼう、さといも、ばれいしょ以外
*ほうれんそう	ほうれんそう	ほうれんそう
*はくさい	白菜	アブラナ科野菜
*小松菜	こまつな	ほうれんそう以外
*みずな	みずな	ほうれんそう以外
*春菊	しゅんぎく	ほうれんそう以外

*レタス	レタス	ほうれんそう以外
*その他の葉菜類	白菜、こまつな、みずな、しゅんぎく、レタス	ほうれんそう以外
*にんにく	にんにく	にんにく
*たまねぎ	たまねぎ	にんにく以外
*ねぎ	ねぎ	にんにく以外
*その他の鱗茎類	たまねぎ、ねぎ	にんにく以外
*なす	なす	なす
*オクラ	オクラ	オクラ
*トマト	トマト	トマト
*スイートコーン	スイートコーン	トマト、なす、オクラ以外
*ピーマン	ピーマン	トマト、なす、オクラ以外
*ししとう	ししとう	トマト、なす、オクラ以外
*アスパラガス	アスパラガス	茎菜
*セロリ	セルリ	茎菜
*ふき	ふき	茎菜

(続き)

摂取量(国民栄養調査)	Cd 濃度(カドミウム実態調査)	シナリオ品目
*キャベツ	キャベツ	アブラナ科野菜
*カリフラワー	カリフラワー	アブラナ科野菜
*ブロッコリー	ブロッコリー	アブラナ科野菜
*チンゲンサイ	チンゲンサイ	ほうれんそう以外
*きゅうり	きゅうり	ウリ科果菜
*カボチャ	かぼちゃ	ウリ科果菜
*スイカ	すいか	ウリ科果菜
*メロン類	メロン	ウリ科果菜
*その他うり科果菜	すいか、メロン	ウリ科果菜
*らっかせい	ピーナッツ	落花生
*みつば	みつば	ハーブ

*にら	にら	ハーブ
*しょうが	しょうが	ごぼう、さといも、ぼれいしょ以外
*くり	栗	トマト、なす、オクラ以外
*柑橘類	柑橘類	果実
*りんご	リンゴ	果実
*なし	なし	果実
*おうとう	さくらんぼ	果実
*もも	桃	果実
*いちご	いちご	果実
*ぶどう	ブドウ	果実
*柿	柿	果実
*キウイ	キウイフルーツ	果実
*牛肉	牛肉	
*牛肉(内臓)	牛肉	
*馬肉	馬肉	
*豚肉	豚肉	
*豚肉(内臓)	豚肉	
*鶏肉	鶏肉	
*鶏肉(内臓)	鶏肉	
*あさり	アサリ	軟体動物
*牡蠣	マガキ	軟体動物
*いか	コウイカ、スルメイカ	軟体動物
*たこ	マダコ	軟体動物
*その他軟体動物	アカガイ、アワビ、イイダコ、サザエ、 シジミ、ハマグリ、ホタテ貝柱	軟体動物
*棘皮	ウニ	軟体動物
*いか塩辛	イカ塩辛、イカ塩辛(黒づくり)	軟体動物
*くるまえび	クルマエビ	
*その他甲殻類	ケガニ(筋肉)	
*さけ	シロザケ	
*あじ	マアジ	
*いわし	マイワシ	

*かつお	カツオ	
*さば	マサバ	
*たい	クロダイ、マダイ	

(続き)

摂取量(国民栄養調査)	Cd 濃度(カドミウム実態調査)	シナリオ品目
*まぐろ	ミナミマグロ、クロマグロ、キハダ、ビンナガ、メバチ	
*その他魚類	イシガレイ、クロカジキ、アユ、イシモチ、ウグイ、ウナギ、ブリ、コイ、コイチ、コノシロ、スケトウダラ、スズキ、タチウオ、ニジマス、バショウカジキ、ハタハタ、ヒラメ、フナ、マアナゴ、マコガレイ、マハゼ、メカジキ、メバル、ヤツメウナギ、ヨシキリザメ、ワカサギ	
*その他塩辛	カツオ塩辛	軟体動物

\*食品名は各調査使用されているものをそのまま用いた。

表2. 試算シナリオ (平成16年度)

		2004年度シミュレーションシナリオ					
品目		1	2	3	4	5	6
穀類							
	精米	0.4	0.2	0.8	0.2	0.3	0.5
	小麦	0.2	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2
	米、小麦以外の穀類	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
豆類 (完熟)							
	大豆	-	-	-	-	-	-
	大豆以外の豆類	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
根菜							
	ごぼう	0.1	0.05	0.2	0.1	0.1	0.1
	さといも	0.1	0.05	0.2	0.1	0.1	0.1
	ばれいしょ	0.1	0.05	0.2	0.1	0.1	0.1
	セロリアック	-	-	-	-	-	-
	ごぼう、さといも、ばれいしょ、セロリアック以外	0.1	0.05	0.2	0.1	0.1	0.1
葉菜							
	ほうれんそう	0.2	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2
	ほうれんそう以外	0.2	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2
鱗茎類 (アリウム属)							
	にんにく	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
	にんにく以外	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
ウリ科以外の果菜 (キノコとスイートコーンを含む)							
	なす	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
	オクラ	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
	トマト	-	-	-	-	-	-
	キノコ	-	-	-	-	-	-
	トマト、なす、オクラ、キノコ以外	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
茎菜							
	茎菜	0.1	0.05	0.2	0.1	0.1	0.1
アブラナ科野菜 (結球するもの)							

アブラナ科野菜	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
ウリ科果菜						
ウリ科果菜	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
豆類（未成熟）						
豆科野菜	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
落花生						
落花生	-	-	-	-	-	-
果実						
果実	-	-	-	-	-	-
軟体動物（頭足類を含む）						
軟体動物	1	0.5	2	1	1	1
ハーブ						
ハーブ	-	-	-	-	-	-

\*各数値(mg/kg)を越えるデータを除いた場合

表3. 試算シナリオ (平成18年度)

品目	2006年度シミュレーションシナリオ					
	9	10	11	12	13	14
穀類						
精米	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
小麦	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
米、小麦以外の穀類	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
豆類 (完熟)						
大豆	—	0.2	0.5	—	0.2	0.5
大豆以外の豆類	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
根菜						
ごぼう	0.1	0.05	0.2	0.1	0.1	0.1
さといも	0.1	0.05	0.2	0.1	0.1	0.1
ばれいしょ	0.1	0.05	0.2	0.1	0.1	0.1
セロリアック	—	—	—	—	—	—
ごぼう、さといも、ばれいしょ、セロリアック以外	0.1	0.05	0.2	0.1	0.1	0.1
葉菜						
ほうれんそう	0.2	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2
ほうれんそう以外	0.2	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2
鱗茎類 (アリウム属)						
にんにく	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
にんにく以外	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
ウリ科以外の果菜 (キノコとスイートコーンを含む)						
なす	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
オクラ	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
トマト	—	—	—	—	—	—
キノコ	—	—	—	—	—	—
トマト、なす、オクラ、キノコ以外	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
茎菜						
茎菜	0.1	0.05	0.2	0.1	0.1	0.1
アブラナ科野菜 (結球するもの)						

アブラナ科野菜	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
ウリ科果菜						
ウリ科果菜	0.05	0.03	0.1	0.05	0.05	0.05
豆類（未成熟）						
豆科野菜	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
落花生						
落花生	-	-	-	-	-	-
果実						
果実	-	-	-	-	-	-
軟体動物（頭足類を含む）						
軟体動物	2	2	2	1	1	1
ハーブ						
ハーブ	-	-	-	-	-	-

\*各数値(mg/kg)を越えるデータを除いた場合