

## 健康障害を生じるおそれのある化学物質の1日摂取量

### － 農薬等、環境汚染物質、金属類、食品添加物 －

Daily Intakes of Chemicals Linked to Health Problems in Humans

－ Pesticides, Animal Drugs, Feed Additives, Pollutants, Metals, and Food Additives －

松本 比佐志 Hisashi Matsumoto, PhD

別府大学 食物栄養科学部 Beppu University

2013年10月1日投稿, 2013年11月29日受理

#### 要旨

農薬等、汚染物質、金属類、食品添加物などが食品中に高濃度に含まれていると、ヒトに健康障害をもたらすおそれがある。最近(2007～2011年度)のトータルダイエツ分析による摂取量調査によると、PCBや農薬等の1日摂取量推計値(EDI)は、各々の1日摂取許容量(ADI)の6%未満であった。また、ダイオキシン類の食品を介したEDIはその耐容1日摂取量(TDI)の21%であった。金属のPb、Hg、CdのEDIは、それぞれのTDIの10、21、55%となった。1986～2000年度に調査された食品添加物のEDIは、多く見積もったとしても対応するADIの10%以下の値であった。従って、これらの化学物質の毒性の強度、ADIやTDIに対する低いEDI、食品での違反検出率の低さを考慮すると、食品とともに生体内に取り込まれた物質または化合物間の相互作用により生体への悪影響が生じる可能性は極めて低いと考えられる。

#### Abstract

Some chemicals such as pesticides, animal drugs, environmental pollutants, metals, and food additives, when present at high concentrations in foods, can lead to health problems in humans. Surveys of the daily intakes of these chemicals have been conducted to examine their level of ingestion by humans in foods. According to investigations employing the total diet method (FY 2007–2011), the estimated daily intakes (EDIs) of PCB and several dozen pesticides were less than 6% of the corresponding acceptable daily intakes (ADIs). In addition, the EDI of dioxins was 21% of the tolerable daily intake (TDI). EDIs of Pb, Hg, and Cd were 10, 21, and 55% of the TDIs, respectively. Also, EDIs of several tens of food additives were less than 10% of the corresponding ADIs according to surveys in FY 1986–2000. Therefore, it is considered to be extremely unlikely that adverse effects on human health would result from the ingestion of these exotic chemicals or their interactions when the toxic strength of the chemicals, their low EDIs, and the low rate of violating laws regarding their concentrations in foods are taken into account.

#### キーワード

1日摂取量、農薬、動物用医薬品、汚染物質、金属、食品添加物

#### Key words

daily intake, pesticide, animal drug, pollutant, metal, food additive

### 1. 緒言

ヒトが生命を維持するためには、経管栄養などを除けば、食品を経口摂取することが必須である。しかし、食品を喫食することにより、稀に食中毒などの健康被害を生じるおそれがある。その被害を未然に防止するため、喫食に好ましいか否かを摂食前に判別することは極めて困難である。その可否は食品が原材料から消費に至るフードチェーンの中でどのような微生物や化学物質に曝露されたかということと深く関わっており、我々の五感でそれらのリスク要因を感知することはほとんど不可能であるからである。

近年の食中毒の事例数や患者数のリスク要因をみると、化学物質によるものは、微生物やウイルスなどによるものに比べると極めて少ない(熊谷・藤井2009)。化学物質による食中毒は、1950～60年代に起きた大事件(ヒ素混入粉乳事件、イタイイタイ病、水俣病、カネミ油症)のように、一旦発生すると被害の規模が大きく、また、その症状は重篤になる傾向がある。しかし、それらの大規模事件の後、法律整備などにより国内における化学物質の安全管理面での措置が進捗したことにより、そのような食中毒が起

きることは皆無となった。ただし、2007から2008年に起きた中国産冷凍餃子の農薬混入事件や中国産冷凍いんげんの農薬汚染は、加工食品に通常ありえない高濃度の有機リン系農薬の汚染が見られ、農薬の意図的混入に基づく食中毒事例と考えられた。

本稿では、健康被害を生じるおそれのある化合物として農薬等、環境汚染物質、有害金属や食品添加物について、それらの物質の規格基準違反の検出状況、摂取量推計値、また、それらの値に基づいて健康被害の生じる可能性などについてまとめたので紹介する。

## 2. 健康被害を生じるおそれのある化学物質

### 2.1 農薬等

農薬等とは、農薬、動物用医薬品、飼料添加物を含む名称である。農薬は、害虫駆除、雑草防除、農作物の生理機能の調節目的に使われる天然あるいは合成化学物質の総称である。畜産動物や水産動物の治療や予防に用いられる薬剤を動物用医薬品と言い、抗菌性物質（抗生物質と合成抗菌剤）、ホルモン剤、寄生虫駆除剤がある。また、栄養補給と飼料の有効利用を図るために用いられる物質を飼料添加物という。

近年では農薬等の使用により、農・畜産物の生産性向上や品質の向上、それらの作業の省力・効率化、安定的かつ効率的な農・畜産物の供給などが可能と

なっている。しかし、一方では農作物に付着して残留したり、あるいは土壌、肥料、環境生物などを介して農・畜産物に蓄積する農薬や畜産物体内に残留する動物用医薬品などが、経口的にヒトに摂取され生体に悪影響を及ぼすおそれや、これらの化学物質が環境を汚染し生態系を乱すおそれがある。また、抗菌性物質に対する薬剤耐性菌の出現などの問題も懸念されている。

#### 2.1.1 食品中の農薬等の規格基準違反状況

2006年から、食品に対する農薬等の残留規制は、ポジティブリスト制度が適用されることになった。以前とは異なり、あらゆる食品にすべての農薬等の基準値が設定された。食品中の農薬等の規格検査は、年度毎の監視指導計画に基づき、検疫所では輸入品を、地方自治体では主に国内品を対象に実施されている。輸入品の違反検出率は、年間検査件数約22万件のうち0.5%程度である（厚生労働省 2012a）。ただし、検疫所での違反食品は、積戻しや廃棄、再利用に回されるため国内の市場に出回ることはない。

一方、最近の地方自治体の農薬等の食品検査では、違反件数の検出はわずかであった（表1）。ただし、福岡県の違反検出率は、他の地方自治体に比べ、2.2%と比較的高かった（芦塚 他 2010）。検査する対象農薬の相違や福岡県地域特有の原因に基づくものと思われるがその理由は不明である。東京都の

表1. 地方自治体の農薬等の検査状況

都道府県名	分析年月	分析物質	対象食品	検体数	違反率(%)	出典
岩手県	2004～2007年度	残留農薬	国産農産物	525	0	a
			輸入農産物	188	0	
福岡県	2006～2010年度	残留農薬	農産物	509	2.2	b
大阪府	2007年2月～2009年11月	残留農薬	国産農産物	529	0.38	c, d
			輸入農産物	405	0	
長野県	2007～2010年度	残留農薬	国産農産物	398	0	e
			輸入農産物	398	0.26	
東京都	2007～2011年度	残留農薬	国産農産物	1,864	0.16	f
			輸入農産物	2,438	0.29	
			輸入畜水産物	499	0	
		抗生物質	畜水産物	4,879	0.02	
		合成抗菌剤	畜水産物	1,956	0	
		寄生虫駆除剤	畜水産物	1,244	0.08	
ホルモン剤/殺鼠剤	畜水産物	354	0			

1検体中の分析化合物数は、各自自治体により、また、対象食品によって異なる。

出典：a) 島山 他 2009, b) 芦塚 他 2010, c) 北川 他 2010, d) 福井 他 2010, e) 山本 他 2012,

f) 東京都福祉保健局 2008a, b-2012a, b.

食品検査(2007–2011年度)では、動物用医薬品(抗菌性物質、寄生虫駆除剤、ホルモン剤や殺鼠剤)の違反はほとんど認められなかった(東京都福祉保健局 2008a, b–2012a, b)。

### 2. 1. 2 農薬等の摂取量調査

農薬を含む汚染物質の摂取量調査は、国立衛生研究所(現国立医薬品食品衛生研究所)を中心として全国の10~12分析機関が参加し、1977年以降継続して実施されてきた。調査方法は、マーケットバスケット方式によるトータルダイエツト分析(total diet study: TDS)によるもので、国民健康・栄養調査による日本人の平均的な食品摂取量に基づき各食品を市場から購入し、予め簡単な調理などを行った後、群毎に分け、含有する化学物質を分析して摂取推計量を求める方法である。

この調査報告によると、汚染物質などの1日摂取量推計値(estimated daily intake: EDI)は、法律による使用禁止措置などにより、調査開始時の値に比べると最近では大幅に減少した値となってきた(松田 他 2008)。ヘキサクロシクロヘキサン(hexachlorocyclohexene: HCH)異性体の総和を例にとると、分析開始初期では2 µg /ヒト/日程度のEDIが、1980年代に急激に、そして以降も穏やかに減少を続け、2000年頃から0.1 µg /ヒト/日以下の値

で継続してきた。ジクロロジフェニルトリクロロエタン(dichlorodiphenyltrichloroethane: DDT)類縁化合物の総和をみると、分析開始初期に4 µg /ヒト/日程度のEDIは、1980年代に急激に、以降徐々に減衰し、2000年以降はほぼ0.3 µg /ヒト/日の安定した値であった。その他の有機塩素系農薬のEDIも、2000年以降は一定の低い値を保って推移した。また、有機リン系農薬のマラチオンおよびフェニトロチオンのEDIは、調査開始当初は1~3 µg /ヒト/日であったが、1980年代に急激に減少し、1990年代半ばから0.1 µg /ヒト/日以下の低い値となった。

表2に国立医薬品食品衛生研究所を主担とする汚染物摂取量研究班の最近5年間(2007~2011年度)におけるEDIの分析値を示した(松田 他 2009a, 2010–2012)。各年度の10機関による農薬の平均値、およびそれらの5年間の平均値をみると、一日摂取許容量(acceptable daily intake: ADI)に対する比率が1%を超えたものは無かった。別府市における同様の4年間(2006~2009年度)の調査でも、各農薬のEDIは研究班と同程度の低い値となった(松本・木村 2011)。ただし、より多くの農薬等を分析対象としたEDI調査(2009, 2010年度)では、メチダチオン、クロルピリホスなど数種類の化合物でそのADIの1~6%を占めるものが観察された(厚生労働省 2011)。

表2. 有機汚染物質の1日摂取量推計値

化合物名	摂取量推計値(µg /ヒト/日) <sup>a)</sup>					平均値±SD	ADI <sup>b)</sup>	割合 <sup>c)</sup>
	年度							
	2007	2008	2009	2010	2011			
総HCH <sup>d)</sup>	0.034	0.041	0.016	0.009	0.029	0.026 ± 0.013	625	0.0042
総DDT <sup>e)</sup>	0.314	0.283	0.364	0.209	0.312	0.296 ± 0.057	250	0.12
Dieldrin	0.037	0.060	0.012	0.010	0.012	0.026 ± 0.022	5	0.52
Heptachlorepoxide	0.024	0.029	0.031	0.001	0.005	0.018 ± 0.014	—	—
Hexachlorobenzene	0.011	0.015	0.009	0.016	0.023	0.015 ± 0.005	30	0.05
Marathion	0.069	0.045	0.062	0.071	0.025	0.054 ± 0.019	1000	0.0054
Fenitrothion	0	0.008	0	0.039	0.112	0.032 ± 0.048	250	0.013
PCB	0.480	0.517	0.472	0.317	0.458	0.449 ± 0.077	250	0.18

  

化合物名	摂取量推計値(pg TEQ <sup>f)</sup> /kg 体重/日) <sup>g)</sup>					平均値±SD	TDI <sup>h)</sup>	割合 <sup>i)</sup>
	年度							
	2007	2008	2009	2010	2011			
ダイオキシン類	0.93	0.92	0.84	0.81	0.68	0.836 ± 0.101	4.0	21

a) 不検出の値を0とし、ヒト体重を50 kgとした時の値。10分析機関の平均値を示した。

b) ヒト体重を50 kgとして換算した1日摂取許容量(acceptable daily intake: µg /ヒト/日)。

c) 摂取量推計値の平均のADIに対する割合(%)。

d) α, β, γ, δ-hexachlorocyclohexene (HCH)の総和。

e) dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT)類縁化合物の総和。

f) 毒性等量(toxic equivalent quantity)。

g) 不検出の値を0とした時の値。8分析機関の平均値を示した。

h) ダイオキシン類の耐容1日摂取量(tolerable daily intake: pg TEQ / kg 体重/日)。

i) 摂取量推計値の平均のTDIに対する割合(%)。

出典) 松田 他 2009a, 2010–2012. 厚生労働省 2012b.

## 2.2 環境汚染物質

食品に含まれる可能性のある環境汚染物質として、HCHやDDTなどの有機塩素系農薬、ポリ塩化ビフェニル (polychlorinated biphenyl: PCB)、ダイオキシン類などの有機化合物や、無機および有機金属類がある。ここでは特に、生体内残留性の高い有機汚染物質であるPCBとダイオキシン類を取り上げる。

### 2.2.1 PCBの特性とその摂取量

PCBは、ビフェニル骨格上の水素が1～10個の塩素に置換された構造の化合物で、209種類の異性体や同族体が存在する。この物質は、不燃性、絶縁性、熱や化学薬品に対して安定な性質をもつためトランス、コンデンサーなどの絶縁油、熱媒体、複写紙の可塑剤などに広く用いられた。従って、地球規模の環境で汚染が広がり、種々の生物に残留汚染が認められた。さらに、この物質は体内では分解が困難で、脂肪組織などに高い蓄積性を示すため食物連鎖を通じて生物濃縮が起こり、ヒトなど高次の生物体内で比較的高い濃度の残留が生じた。

1968年、食用米ぬか油による中毒(カネミ油症)が発生した。主な症状は、皮疹、色素沈着、手足のしびれ、頭痛、倦怠感、肝臓・腎臓の機能障害、骨や歯の異常であった。原因は、脱臭工程で米ぬか油を加熱する時の熱媒体として使われたPCB製品が米ぬか油を汚染したことによる。この中毒の主因は、PCB製品に混入していたポリ塩化ジベンゾフラン (polychlorinated dibenzofuran: PCDF) やコプラナーポリ塩化ビフェニル (coplanar polychlorinated biphenyl: Co-PCB) のダイオキシン類と考えられた(堀 2004)。

PCBの近年の食品中残留状況(1996～2005年度、大阪府)をみると、国内産、輸入品ともに、設定された暫定基準値を超える違反事例は認められなかった(松本 他 2006)。東京都の分析調査(2007～2011年度の合計2,255検体)でも、各種食品のPCB分析における基準値違反は皆無であった(東京都福祉保健局 2008a, b-2012a, b)。

TDS調査におけるPCBのEDIは、調査開始時(1977年度)の5.3  $\mu\text{g}$ から1990年代半ばまでに1.0  $\mu\text{g}$ まで急激に減少したが、それ以降の減少は極めて穏やかとなった(松田 他 2008)。最近5年間(2007～2011年度)ではPCBのEDIの平均は0.45  $\mu\text{g}$ /ヒト/日となり(表2)、PCBのADIの0.18%となっ

た(松田 他 2009a, 2010-2012)。別府市にて4年間(2006～2009年度)調査したPCBのEDIの平均は0.44  $\mu\text{g}$ /ヒト/日となり、上記の値と同程度であった(松本・木村 2011)。2008年度の10分析機関によるPCBのEDIをみると、その平均値 $\pm$ 標準偏差(SD)は0.52  $\pm$  0.27(範囲: 0.25～1.20)  $\mu\text{g}$ /ヒト/日となった(松田 他 2009a)。また、PCBの摂取は魚介類を介した食品からのものが約90%と最も多い。

### 2.2.2 ダイオキシン類の特性とその摂取量

ダイオキシン類は、ポリ塩化ジベンゾ-*p*-ジオキシン (polychlorinated dibenzo-*p*-dioxin)、PCDFおよびCo-PCBの総称であり、塩素を含む物質が燃えるときに発生する。発生源の主なもの、一般廃棄物や産業廃棄物の焼却が最も多く、他に、たばこの煙、金属精錬、紙の塩素漂白、農薬製造などでも発生する。環境に放出されたダイオキシン類は、大気や水から直接、または餌や食物を介して動物、魚類、ヒトに摂取され、その脂肪組織や肝臓に蓄積する。ダイオキシン類は、免疫力の低下、皮膚、肝臓、神経などの障害、生殖毒性、発がん性などの毒性が報告されており、内分泌かく乱作用の疑いもある。

ダイオキシン類の残留は、植物性食品に比べ動物性食品の濃度が高くなる傾向に高い。例えば、魚類のスズキで2.1 pg 毒性等量(toxic equivalent quantity: TEQ) / g 湿重量 (30検体の平均)、牛肉類で0.25 pg TEQ / g 湿重量 (25検体の平均) などであった(農林水産省 2011)。ダイオキシン類の摂取は、PCBと同様、魚介類から最も多く(約90%)、次いで食肉類、乳類、鶏卵からの摂取が多い。

TDS調査におけるダイオキシン類のEDIは、調査が開始された1998年度及び1999年度では1.75および1.95 pg TEQ / kg ヒト体重/日であったが、以降は減少傾向を示し、2011年度における8分析機関のEDIの平均値 $\pm$ SDは0.68  $\pm$  0.27(範囲: 0.37～1.54) pg TEQ / kg ヒト体重/日であった(表2、厚生労働省 2012b)。また、最近の5年間(2007～2011年度)の平均は0.84 pg TEQ / kg ヒト体重/日の値となった。日本のダイオキシン類の耐容一日摂取量 (tolerable daily intake: TDI) は4 pg TEQ / kg ヒト体重/日と設定されており、この値のTDIに対する割合は21%であった。

### 2.3 有害金属など

1950～60年代、食品への有害金属混入による中



毒（ヒ素混入粉乳事件）、有機物質製造や金属精錬の工場排水に含まれた有害金属で汚染された魚介類や農作物を摂食することにより中毒（水俣病、イタイイタイ病）が発生した。これらの痛ましい犠牲を教訓として食品添加物公定書が制定され、食品衛生や環境保全問題の改善の取り組みが行われてきた。

地方自治体では、各種食品中の有害金属の検査が行われており、規格基準を超える割合は極めて少ない。

### 2.3.1 水銀(Hg)の毒性とその摂取量

1956年、熊本県八代海沿岸の水俣市で報告された水俣病は、工場のアセトアルデヒド製造工程で副生し、水俣湾に排出されたメチル水銀が生息する魚介類に蓄積され、これらの魚介類を地域住民が多食することにより起こった。摂取されたメチル水銀のほとんどが消化管から吸収され、かつ血液脳関門を通過して容易に脳・神経組織に移行し、摂取過多では神経障害を生じた(坂本・山本 2010)。また、メチル水銀は胎盤を通過することから、妊娠時に汚染魚を摂取した母親から生まれた子供に重篤な中毒症状を示す胎児性水俣病が発生した。

日本では、魚介類の摂取が多いため、食品からの水銀摂取量の約80%は魚介類によると考えられている。最近5年間(2007～2011年度)のTDS調査によるHgのEDIの平均は7.7 µg / ヒト/日となった(表3)。別府市におけるEDIの平均も、7.9 µg / ヒト/日と同程度の値となった(松本・木村 2011)。また、2008年度の10機関によるEDIの平均値 ± SDは8.5 ± 3.6 (範囲3.4～15.2) µg / ヒト/日であった(松田 他 2009a)。

5年間の平均値は、ヒト体重を50 kg と仮定し、FAO/WHO食品添加物専門家会議(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives: JECFA)により設定されたHgの暫定耐用週間摂取量(provisional tolerable weekly intake: PTWI)である5 µg / kg 体重/週から算出されたTDIの36 µg / ヒト/日と比べると、その約21%にあたる。ただし、2010年のJECFAで上記のPTWIは変更され、新たに無機Hg、メチルHgとしてそれぞれ4 および1.6 µg / kg 体重/週が設定された。従って、今後はこれらのHg化合物の個別分析が望まれる。

### 2.3.2 鉛(Pb)の毒性とその摂取量

Pbは、環境中に広く分布している。Pbの経口摂

取は、田畑の土壌から農作物への吸収が主であるが、容器・包装材料や車両燃料、壁塗装用鉛含有ペンキなどに由来するものもある。急性中毒では、悪心、腹痛、嘔吐、次いで貧血、腎臓障害、中枢神経症状などが起こり、慢性中毒では貧血、疝痛、神経や平滑筋の障害などを生じる。

日本人の食品からのPbのEDIは、100 µg / ヒト/日(1978年度)から20 µg / ヒト/日(2006年度)まで減少してきた。最近5年間のTDS調査によるPbのEDIの平均は17.9 µg / ヒト/日であり(表3)、別府市における4年間のEDIの平均も、17 µg / ヒト/日と同程度の値を示した(松本・木村 2011)。これらの値は、PbのPTWIの25 µg / kg 体重/週から得られたTDIの179 µg / ヒト/日と比較すると、約10%となる。また、2008年度のEDIの平均値 ± SDは18.2 ± 15.3 (範囲: 検出限度以下～56) µg / ヒト/日であった(松田 他 2009a)。

2010年のJECFAでは、Pbの多量摂取が収縮期血圧の上昇やIQに関連があるとして、上記のPTWIは撤回された。また、経口曝露量の推定値からみると、Pbに対するハイリスクグループが胎児および小児であること(中西 他 2006)から、近年では低濃度のPbの長期曝露による胎児や小児の神経系に及ぼす影響が懸念されている。

### 2.3.3 カドミウム(Cd)の毒性とその摂取量

1955年、富山県で報告されたイタイイタイ病は、骨のゆがみやひび、肋骨骨折、強い痛みを伴う疾病であった。富山県神通川上流の鉱山から亜鉛精錬に伴って排出されたCdが、農業用水を介して水田土壌

表3. 金属の1日摂取量推計値

	摂取量推計値(µg / ヒト/日) <sup>a)</sup>					平均値 ± SD	PTDI	割合 <sup>b)</sup>
	年度							
	2007	2008	2009	2010	2011			
Hg	7.3	8.5	8.0	6.8	7.8	7.7 ± 0.7	36 <sup>c)</sup>	21
Pb	32.0	18.2	12.3	14.6	12.5	17.9 ± 8.2	178 <sup>d)</sup>	10
Cd	21.1	22.9	23.5	19.1	27.9	22.9 ± 3.3	42 <sup>e)</sup>	55
As	145	183	188	180	197	179 ± 20	—	—
Cu	1135	1214	1028	1116	1233	1150 ± 82	—	—
Mn	3395	3570	3383	3642	3896	3580 ± 210	—	—
Zn	8425	7983	8269	7689	8339	8140 ± 300	—	—

a) 不検出の値を0とし、ヒト体重を50 kgとした時の値。10分析機関の平均値を示した。

b) 摂取量推計値の平均の暫定耐用1日摂取量(PTDI)に対する割合(%)。

c) 暫定耐用週間摂取量(PTWI)から換算したPTDI。

ただし、2010年、第73回JECFAでは無機水銀とメチル水銀のPTWIが設定された。

d) 暫定耐用週間摂取量(PTWI)から換算したPTDI。

ただし、2010年、第73回JECFA以降は撤回中である。

e) 暫定耐用月間摂取量(PTMI)から換算したPTDI。

出典) 松田 他 2009a, 2010-2012.

汚染、さらには米などの穀類汚染を経由して、常時摂取した住民が腎臓障害を生じ、次いで骨軟化症をきたしたものと考えられた。

日本人の食品からのCdの摂取量は、20～60  $\mu\text{g}$  / ヒト/日といわれているが、神通川流域の住民は、約600  $\mu\text{g}$  / 日のカドミウムを摂取したと試算された（喜多村 他 1977）。最近5年間のTDS調査によるCdのEDIの平均は23  $\mu\text{g}$  / ヒト/日であった（表3）。この値は、Cdの暫定耐容月間摂取量（provisional tolerable monthly intake: PTMI）25  $\mu\text{g}$  / kg体重/月から得られたTDIの42  $\mu\text{g}$  / ヒト/日と比較すると、約55%となる。また、2008年度の平均値  $\pm$  SDは22.9  $\pm$  7.9（範囲：8.5～34） $\mu\text{g}$  / ヒト/日であった（松田 他 2009a）。一方、別府市におけるEDIの平均でも、26  $\mu\text{g}$  / ヒト/日と上記の平均とほぼ同様の値となった（松本・木村 2011）。

### 2.3.4 ヒ素(As)の毒性とその摂取量

1955年、西日本で、調製粉乳による乳児の大規模ヒ素中毒事件が発生し、130名の死者が生じた。その原因は、製品加工時に品質安定剤として添加した第二リン酸ナトリウムに無機ヒ素が混入したためであった。中毒症状は、発熱、胃腸障害、肝腫、脱毛、黄疸、貧血、皮膚の色素沈着などであった。

ヒ素は自然界に広く存在しており、ヒトでは、骨、毛髪、爪などに多く含まれている。食品中のヒ素含有量は、魚介類や海藻類では高い濃度（12～66 ppm）のものが多い。これらの海産物に含まれるヒ素はほとんどが有機ヒ素化合物（アルセノベタイン、アルセノシュガーなど）であり、その毒性は無機体に比べて低い（山中・圓藤 2013）。

最近5年間のTDS調査によるAsのEDIの平均は179  $\mu\text{g}$  / ヒト/日となった（表3）。そのうち、2008年度の平均値  $\pm$  SDは183  $\pm$  94（範囲：24～297） $\mu\text{g}$  / ヒト/日であった（松田 他 2009a）。また、別府市によるAsのEDIの平均は、193  $\mu\text{g}$  / ヒト/日となった（松本・木村 2011）。JECFAは、無機AsのPTWIを15  $\mu\text{g}$  / kg体重/週と定めていたが、無機Asが皮膚、肺、尿路に発がん性を示し、また、上記の用量でもさまざまな有害影響がでるとして、2010年からこの値を撤回中である。日本の汚染物摂取量研究班のTDS調査では総ヒ素を分析しており、無機ヒ素のみの摂取を調べていない。今後は、無機と有機ヒ素を分別して分析することが望まれる。

### 2.3.5 銅(Cu)、マンガン(Mn)、亜鉛(Zn)の摂取量

Cuは、動植物の生命維持に欠かせない必須微量元素である。約10種類の銅依存性酵素の活性中心に結合して、エネルギー生成や鉄の代謝、細胞外マトリックスの成熟、神経伝達物質の産生、活性酸素の除去など、生物の基本的な機能に関与している。

日本人の摂取基準(2010年版)では、Cuの一日摂取推奨量は成人男性0.8～0.9 mg、女性0.7 mgに設定されている（厚生労働省 2009）。最近5年間のTDS調査によるCuのEDIの平均は1.15 mg / ヒト/日であった（表3）。また、2008年度のCuの平均値  $\pm$  SDは1.21  $\pm$  0.17（範囲0.87～1.50）mg / ヒト/日であった（松田 他 2009a）。別府市におけるCuのEDIの平均は、1.34 mg / ヒト/日となった（松本・木村 2011）。これらの値によると男女ともにCuの推奨量を満たしている可能性が高いと推測される。ただし、土壌や飲料水中の銅濃度の地域差により飲食物からの銅摂取量には差があると言われるため、地域の特性を見極めた喫食が望ましいと言える。

Mnは代謝調整作用を有する亜鉛含有酵素などの構成成分として種々の生理機能に重要な役割を果たしている必須微量元素である。日本人の摂取基準(2010年版)では、Mnの摂取目安量は成人男性4.0 mg、女性3.5 mgに設定されている（厚生労働省 2009）。最近5年間のTDS調査によるMnのEDIの平均は3.6 mg / ヒト/日であった（表3）。また、2008年度の平均値  $\pm$  SDは3.57  $\pm$  0.52（範囲2.86～4.59）mg / ヒト/日であった（松田 他 2009a）。これらの値によると、女性ではその摂取目安量を満たしている割合が高いと推測されるが、男性では満たしていない割合が高いと思われる。

Znもまた、必須微量元素の一つである。生体内の総亜鉛量は一定に保たれており、この恒常性が崩れた場合は様々な疾患が引き起こされるため、欠乏、過剰により人体に悪影響が生じる。Znの一日摂取推奨量は、成人の男性11～12 mg、女性9 mg（妊婦は+2 mg、授乳婦は+3 mg）と定められている（厚生労働省 2009）。最近5年間のTDS調査によるZnのEDIの平均は8.1 mg / ヒト/日であった（表3）。別府市におけるZnのEDIの平均は、7.9 mg / ヒト/日となった（松本・木村 2011）。また、2008年度の平均値  $\pm$  SDは7.98  $\pm$  0.90（範囲7.15～9.44）mg / ヒト/日であった（松田 他 2009a）。ただし、1977～2007までのTDS調査に基づく経年変化では8～10 mgの

一定値を維持していた(松田 他 2008)。これらの値から判断すると、特に男性ではZnの推奨量を満たしていない可能性が高いと推測される。一方、長野県のある地域ではZn欠乏の高齢者が多いという報告(内藤 他 2006)があり、また、日本の子ども、若い女性でもZnが不足の傾向にあることが指摘されている(駒井 2011)。

## 2.4 食品添加物

食品添加物は、食品衛生法で「食品の製造の過程において又は食品の加工若しくは保存の目的で、食品に添加、混和、浸潤その他の方法によって使用するもの」と定義されており、一部の既存添加物を除いて安全性評価、有効性の実証がなされた化合物である。許可された食品に一定量添加することが定められており、食品中の残存濃度は、農薬等と同様ポジティブリスト制による規制をうける。1960～1970年代には安全性の面で添加物許可が取り消されたものが多い。多くは肝障害、腎障害、発がん性などが主な理由であった。具体的には、タール色素類、サイクラミン酸ナトリウム、ズルチンやフリルフラマイドなどである。

### 2.4.1 食品添加物の成分規格違反状況

最近では、上記の未許可品とともに、*tert*-ブチルヒドロキノン、アゾルビン、パラオキシ安息香酸メチルなどの指定外添加物が検疫所の輸入品検査で検出されることが多い。また、認可添加物の使用量違反や、適用不許可食品に使用した違反例が発生している。ただし、国産品や国内で流通している輸入品で違反が検出されることは稀である(東京都市場衛生検査所 2012)。

### 2.4.2 食品添加物の摂取量調査

食品添加物の摂取量推計は、有機汚染物質や金属類のTDS調査と同様、マーケットバスケット方式を採用し、その分析調査が行われてきた(伊藤 2007)。ただし、食品採取の際に汚染物質のTDS調査と異なる点がある。1点目は、食品添加物は食品に一定量添加されるため、添加が許可された食品を採取する時は、会社名や組成の異なる複数商品を購入し、添加物濃度の偏りを少なくした混合試料を調製したことである。2点目は、生鮮食品と加工食品を群別区分をすることで(A)合成型の食品添加物によるものと、(B)合成型の食品添加物と天然由来の同一化合物の総和の摂取量を調べたことである。

1982～2000年度の調査によると、日本人は、A分類の純合成型添加物約60品目の総量を約0.1 g/日(80～120 mg)摂取していた。A分類食品添加物の中で、摂取量の多い化合物は、プロピレングリコール(PG)、ソルビン酸(SOA)、メタリン酸、ピロリン酸などであった。日本においてPGは、品質保持剤として食品に応じて0.6～2.0%までの使用が許可されており、JECFAによるADIは25 mg/kg体重/日に設定されている。PGのEDIは、ADIの2.5%(1997年度)であった。

SOAは、日本で種々の食品に添加が許可されている純合成型の保存料(許可濃度: 0.050～3.0 g/kg食品重量)であり、そのADIは25 mg/kg体重/日に設定されている。伊藤らの報告ではSOAのEDIは、1983～1984年では36 mg/ヒト/日であったが、1994年、1997年ではそれぞれ27、20 mg/ヒト/日の値となった。2003年の調査では、EDIは13.6 mg/ヒト/日となっており、EDIの経年的減衰が観察された。最近の調査でもEDIは10 mg以下/ヒト/日の低い値となり、そのADIに対して1%以下の値となった(川崎 他 2011, 松本 2013, 貞升 他 2009)。この現象は、食品衛生技術の向上による添加物使用の低減や、消費者の健康志向を受けて生じた使用低下などに起因すると推測される。

また、メタリン酸やピロリン酸は、品質改良剤として、結着剤、乳化剤、膨張剤、かんすいなどで使用される化合物で、毒性は特に強くない。ポリリン酸も含めたこれら3化合物のEDIは25 mg/ヒト/日であり、ADI(70 mg/kg体重/日)に占める割合は1%以下である。伊藤は、日本人によるA分類添加物の1日摂取量は、いずれの化合物もADIの3%以下であると報告している。

また、B分類(55物質)の天然由来化合物および合成型添加物のEDI(1998、1999年度)は、加工食品で9.43 g/ヒト/日、生鮮食品では6.68 g/ヒト/日となった。B分類で最も摂取量の多い化合物は、D-ソルビトール(2.35 g/ヒト/日)、クエン酸(1.69 g/ヒト/日)、グルタミン酸(1.19 g/ヒト/日)などであった。さらに、B分類で1日摂取量がADIを超えたものは、硝酸であった(103%)。硝酸の多量摂取については、他に同様の報告が認められる(松田 他 2009b, 岡田 他 2001)。硝酸の大部分は食品添加物由来ではなく、生鮮食品の野菜・海草などから天然物由来で摂取していることが判明している。ただし、推定され



る硝酸塩曝露や、調理・加工による硝酸塩の減少などの食経験を考慮すると、検出できるほどの健康リスクが生じるおそれはほとんどないと考えられるため、野菜を食べることの有益な影響の方が高いとしている (EFSA 2008)。

他のB分類添加物のEDIをそのADIと比較すると、発色剤の亜硝酸ではADIの8.9%、品質改良材のオルトリン酸ではADIの7.6%、酸化防止剤の $\alpha$ -トコフェロールでは6.9%となった。ヒトは、硝酸を除けば、個々の食品添加物関連化合物を対応するADIに対して最大に見積もって10%程度摂取していることになる。

### 3. 化学物質による健康被害の可能性

上記のように、食品が、微量の農薬等、環境汚染物質、有害金属や規格基準を満たす量の食品添加物を含有することは否定できない。また、本稿で取り上げた以外の化学物質を含む可能性もある。それらがもたらす健康影響を考える際に、考慮すべきことは、3点あると考えられる。

1点目は、検疫所や地方自治体において多種類の食品試料で多項目の化学物質を分析した結果、規格基準値を超える食品の確率は極くわずかであることである。たとえ、基準値を超えて検出された食品を毎日食べ続けると仮定したとしても通常の食生活ではありえない重量の当該食品を摂取しないとADIに至らない。

2点目は、1点目と関連するが、TDS調査の結果、硝酸を除き、ADIを超える量の化学物質を摂取していないということである。ただし、実際の食事では健康影響を生じる量の硝酸を摂取しているとはいえない。また、PCBや多くの農薬では設定された個々のADIに対して最大でも6%以下の摂取であり、食品添加物では多く見積もってもADIの10%以下の摂取である。また、ダイオキシン類や金属類についてもTDIの10～55%程度の摂取である。

3点目は、複数の化合物（化学物質相互や、化学物質と食品や医薬品）を摂取することにより生体に悪影響が生じる可能性の有無である。化学物質を含有する食品類の食べ合わせやそれらと薬物との併用により健康被害が起こる可能性はあるのかという点である。

例えば、亜硝酸塩は、発色剤として一定の食品に添加され、あるいは主に野菜などの硝酸塩を摂取した後、唾液や微生物の関与で生成しうる。これらの

亜硝酸類と魚類中の第二級アミン類が胃の酸性領域で反応して発がん性ニトロソアミンが生成する可能性がある。ただし、ビタミンCおよびその他の抗酸化剤がその生成抑制に寄与するため、ニトロソアミン生成の可能性は実質的には大きく無いと考えられる。また、グレープフルーツ中の成分ベルガモチンがチトクロームP-450を阻害すると考えられている。グレープフルーツにより作用が増加する経口薬には抗凝固薬ワルファリンがよく知られており、他に心循環器薬、免疫抑制剤、抗ヒスタミン薬、抗菌薬などとの相互作用も確認されている (城西大学薬学部 2006)。ただし、上記の健康影響を生じるおそれのある化合物の濃度は比較的高い。また、食べ合わせや薬物併用などによる健康被害は、従来より明らかな知見のためその防護は可能である。

一方、規格基準値と同程度の濃度の化学物質が、他の食品成分や薬物と相互反応を起こし異常な健康被害を生じた事例は特に観察されていない。また、毒性が認められる化学物質であってもその濃度は特に高いといえず、化合物間の相互作用により健康被害が生じるおそれはほとんど無いと考えられる。したがって、現在の日本における衛生管理状態では、化学物質などが大量に故意・意図的に食品に混入されるか、または他の食品と誤食する以外は、市場に流通している食品中の農薬等や他の化学物質により健康被害が生じる可能性は極めて低いと考えられる。

### 引用文献

芦塚由紀, 高橋浩司, 新谷依子 他 (2010). ポジティブリスト制施行後 (平成18–22年度) の残留農薬検査結果について. 福岡県保環研年報 37, 93-96.

EFSA (2008). Nitrate in Vegetables Scientific Opinion for the Panel of Contaminants in the Food Chain (Question No EFSA-Q-2006-071). The EFSA Journal 689, 1-79.

福井直樹, 高取聡, 北川陽子 他 (2010). 国産農産物中の残留農薬の検査結果 - 平成19年～平成21年. 大阪府公衛研所報 48, 14-21.

畠山えり子, 梶田弘子, 菅原隆志 他 (2009). 農産物中の残留農薬実態調査. 食品衛生研究 59(6), 49-52.

堀伸二郎 (2004). 第4章 食中毒, 6. 化学性食中毒, 1)



- カネミ油症. 太田房雄, 西島基弘(編), 食品衛生学, pp79-81, 建帛社, 東京.
- 伊藤誉志男(2007). 日本人の食品添加物の一日摂取量調査研究 - マーケットバスケット方式(25年間のまとめ). FFIジャーナル 212 (10), 815-838.
- 城西大学薬学部医療薬学科(2006). 保健機能食品・サプリメント基礎と活用2007, p152. (株)サガン, 東京.
- 川崎裕美, 高木繁行, 大西有希子 他(2011). マーケットバスケット方式による食品添加物の一日摂取量の推定(2006-2008年度). 日食化誌 18(3), 150-162.
- 北川陽子, 高取聡, 福井直樹 他(2010). 輸入農産物中の残留農薬の検査結果 - 平成19年~平成21年. 大阪府公衛研所報 48, 8-13.
- 喜多村正次, 小泉直子, 幡山文一(1977). 地域住民の尿中 $\beta$ 2-microglobulin 濃度に関する疫学的研究: 食品に含まれるカドミウムの安全性に関する研究. 昭和52年度食品衛生調査研究報告書.
- 駒井三千夫(2011). 亜鉛の多機能性と摂取基準, 耐容上限量. 食品衛生研究 61(6), 35-44.
- 厚生労働省(2009). 日本人の食事摂取基準(2010年版). <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/sessyu-kijun.html>
- 厚生労働省(2011). 平成21~22年度食品中の残留農薬等の一日摂取量調査結果. <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/zanryu2/dl/130415-1-01.pdf>
- 厚生労働省(2012a). 輸入食品監視統計23年度. <http://www.mhlw.go.jp/topics/yunyu/dl/h23-toukei.pdf>
- 厚生労働省(2012b). 平成23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/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/dioxin/sessyu11/>
- 熊谷進, 藤井建夫(2009). 1. 食中毒分野, 1.1 食中毒の発生とその対応. 食品衛生学会(編), 食品安全の事典, pp83-96. 朝倉書店, 東京.
- 松田りえ子, 五十嵐敦子, 渡邊敬浩 他(2008). トータルダイエット試料を用いた食品汚染物の1日摂取量調査-1977~2007年度. 国立医薬品食品衛生研究所食品部報告書.
- 松田りえ子, 渡邊敬浩, 杉山英男(2009a). 食品の安心・安全確保推進研究事業, 食品中の有害物質等の摂取量の調査及び評価に関する研究. 平成20年度総合研究報告書.
- 松田りえ子, 渡邊敬浩, 五十嵐敦子 他(2009b). トータルダイエット試料の分析による硝酸塩の摂取量推定. 食衛誌 50(1), 29-33.
- 松田りえ子, 渡邊敬浩, 堤 智昭 他(2010). 食品の安心・安全確保推進研究事業, 食品中の有害物質等の摂取量の調査及び評価に関する研究. 平成21年度総合研究報告書.
- 松田りえ子, 渡邊敬浩, 堤 智昭 他(2011). 食品の安全確保推進研究事業, 食品を介したダイオキシン類等有害物質摂取量の評価とその手法開発に関する研究. 平成22年度総括・分担研究報告書.
- 松田りえ子, 渡邊敬浩, 堤 智昭 他(2012). 食品の安全確保推進研究事業, 食品を介したダイオキシン類等有害物質摂取量の評価とその手法開発に関する研究. 平成23年度総括・分担研究報告書.
- 松本比佐志, 桑原克義, 村上保行 他(2006). 大阪府下の市販食肉および食肉加工食品中のPCBおよび有機塩素系農薬の残留実態. 食衛誌 47(3), 127-135.
- 松本比佐志, 木村慎太郎(2011). 汚染物質の食事経路による1日摂取量の推定-別府市における調査研究-. 別府大学紀要 52, 91-99.
- 松本比佐志(2013). 別府市民の食事経路による保存料の一日摂取量の推定. 別府大学紀要 54, 159-168.
- 内藤廉, 佐々木学, 広瀬 聡 他(2006). 長野県における血中亜鉛濃度の検討(NAGANO Study). 第46回全国国保地域医療学会 54, 広島市.
- 中西準子, 小林憲弘, 内藤 航(2006). NEDO技術開発機構, 産業技術総合研究所化学物質管理研究センター(共編), 鉛 詳細リスク評価書シリーズ9. 丸善, 東京.
- 農林水産省(2011). 平成22年度農畜水産物中のダイオキシン類の実態調査結果. <http://www.maff.go.jp/j/>

press/syouan/tikusui/pdf/120511-01.pdf

岡田安代, 衣本香織, 藤関早百合 他(2001). 硝酸塩及び亜硝酸塩の一日摂取量調査. 日食化誌 8 (2), 100-104.

貞升友紀, 前潔, 藤原卓士 他(2009). 東京都民の食事からの食品添加物一日摂取量調査(安息香酸, ソルビン酸, パラオキシ安息香酸エステル類, アスパルテーム, サッカリン及びアセスルファミウムについて). 東京健安研センター年報 60, 147-153.

坂本峰至, 山本 恵(2010). 水銀(メチル水銀). 食品衛生研究 60 (12), 35-41.

東京都福祉保健局(2008a). 食品安全アーカイブス: 食品の検査, 残留農薬の検査. [http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods\\_archives/foodCheck/pesticideResidue/pesticideResidue\\_h19/index.html](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods_archives/foodCheck/pesticideResidue/pesticideResidue_h19/index.html)

東京都福祉保健局(2008b). 食品安全アーカイブス: 食品の検査, 動物用医薬品の検査. [http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods\\_archives/foodCheck/animalHealth/animalHealth\\_h19/index.html](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods_archives/foodCheck/animalHealth/animalHealth_h19/index.html)

東京都福祉保健局(2009a). 食品安全アーカイブス: 食品の検査, 残留農薬の検査. [http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods\\_archives/foodCheck/pesticideResidue/pesticideResidue\\_h20/index.html](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods_archives/foodCheck/pesticideResidue/pesticideResidue_h20/index.html)

東京都福祉保健局(2009b). 食品安全アーカイブス: 食品の検査, 動物用医薬品の検査. [http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods\\_archives/foodCheck/animalHealth/animalHealth\\_h20/index.html](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods_archives/foodCheck/animalHealth/animalHealth_h20/index.html)

東京都福祉保健局(2010a). 食品安全アーカイブス: 食品の検査, 残留農薬の検査. [http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods\\_archives/foodCheck/pesticideResidue/pesticideResidue\\_h21/index.html](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods_archives/foodCheck/pesticideResidue/pesticideResidue_h21/index.html)

東京都福祉保健局(2010b). 食品安全アーカイブス: 食品の検査, 動物用医薬品の検査. [http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods\\_](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods_)

[archives/foodCheck/animalHealth/animalHealth\\_h21/index.html](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods_archives/foodCheck/animalHealth/animalHealth_h21/index.html)

東京都福祉保健局(2011a). 食品安全アーカイブス: 食品の検査, 残留農薬の検査. [http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods\\_archives/foodCheck/pesticideResidue/pesticideResidue\\_h22/index.html](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods_archives/foodCheck/pesticideResidue/pesticideResidue_h22/index.html)

東京都福祉保健局(2011b). 食品安全アーカイブス: 食品の検査, 動物用医薬品の検査. [http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods\\_archives/foodCheck/animalHealth/animalHealth\\_h22/index.html](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods_archives/foodCheck/animalHealth/animalHealth_h22/index.html)

東京都福祉保健局(2012a). 食品安全アーカイブス: 食品の検査, 残留農薬の検査. [http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods\\_archives/foodCheck/pesticideResidue/pesticideResidue\\_h23/index.html](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods_archives/foodCheck/pesticideResidue/pesticideResidue_h23/index.html)

東京都福祉保健局(2012b). 食品安全アーカイブス: 食品の検査, 動物用医薬品の検査. [http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods\\_archives/foodCheck/animalHealth/animalHealth\\_h23/index.html](http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/foods_archives/foodCheck/animalHealth/animalHealth_h23/index.html)

東京都市場衛生検査所(2012). 理化学検査, 平成23年度食品添加物の検査結果. <http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/itiba/kekka/rikagaku/tenkabutsu/23tenka.html>

山本明彦, 土屋としみ, 小山和志 他(2012). 農産物中の残留農薬の検査結果(平成19年度~22年度). 長野県環保研所報 8, 83-88.

山中健三, 圓藤吟史(2013). 食品に含まれるヒ素化合物の健康影響. ファルマシア 49(1), 43-47.



著者連絡先

〒874-8501  
別府市北石垣82  
別府大学 食物栄養科学部 発酵食品学科  
松本 比佐志  
[hmatsumo@nm.beppu-u.ac.jp](mailto:hmatsumo@nm.beppu-u.ac.jp)