総説

有害元素の安全性評価における最近の動向と今後の課題

米谷 民雄*

Recent Trend and Future Problem in Safety Assessment of Toxic Elements

Tamio MAITANI

School of Food and Nutritional Sciences and Graduate School of Nutritional and Environmental Sciences, University of Shizuoka: Yada 52-1, Suruga-ku, Shizuoka 422-8526, Japan

Key words: 有害元素 toxic element; 安全性評価 safety assessment; 暫定耐容週間摂取量 PTWI; カドミウム cadmium; 無機水銀 inorganic mercury; メチル水銀 methylmercury; 鉛 lead; 無機ヒ素 inorganic arsenic; アルミニウム aluminium; 化学形別分析 speciation

1. はじめに

1960年に食品衛生学雑誌が創刊され、51巻6号を50周年記念号として発行することになった。創刊当時、国内では有害元素による事件が立て続けに起きていた。Cdによるイタイイタイ病やメチルHgによる水俣病が社会問題化しており、5年前の1995年にはヒ素ミルク事件が起きていた。

食品衛生学雑誌第1巻1号には国立衛生試験所の川城と田辺による「蛍光X線分析法と食品分析への応用」¹⁾が掲載され、その中で水俣湾の魚介類や海泥のHg定量への応用について短く述べられている。しかし、当時の食品衛生学雑誌における無機分析といえば、違法に防腐剤として使用されたり、寒天に多量含まれている、ホウ酸についての分析法開発と実態調査が主であった^{2)~5)}。また、クルクマ試験紙や比色法による時代であった。ホウ素の分析では原子吸光法が使用できないため、機器分析法については50年近く経過した2008年に、筆者らが食品衛生学雑誌にICP-AESおよびICP-MSを用いる寒天中ホウ酸の分析法を報告⁶⁾しており、その方法が平成20年10月21日付け食安発第1021001号として通知されている。分析方法が改良されたことにより、今後、寒天中のホウ酸の安全性評価が進むことが期待される。

上述のように、食品衛生学雑誌創刊当時は有害元素によ

る大きな食品事件が立て続けに起きた時代であったが、その後の食品中や環境における規制により、有害元素は過去に大きな事件を起こした化学物質になったかと思われた。しかし近年、再び有害元素の安全性が注目されるようになっており、国際的にはFAO/WHO合同食品添加物専門家会議(JECFA)、国内的には食品安全委員会による安全性評価が精力的に実施されている。また、それらの評価に基づいて、国際的にはコーデックス委員会が、国内的には主に厚生労働省と農林水産省がリスク管理を実施している。そこで本稿では、有害元素の安全性評価における最近の国際的動向と今後の課題についてまとめた。

2. 安全性評価結果としての暫定耐容週間摂取量(PTWI)

化学物質の安全性を評価する場合には、一日摂取許容量(ADI)と耐容一日摂取量(TDI)が用いられる。一方、微量元素には蓄積性のものが多いため、一般的には1週間当たりの摂取量がしばしば示される。JECFAではPTWI(Provisional Tolerable Weekly Intake)として示されている。一生涯にわたって摂取し続けても健康影響が現れない、1週間当たりの摂取量の暫定指標である。表1にJECFAによる微量元素のPTWIとその設定年を示す。同じ元素でも化学形により毒性が異なるため、Hgでは無機

表1. JECFAが設定している各元素のPTWIと設定年

Cd	25 µg/kg 体重/月 (2010年に7 µg/kg 体重/週のPTWIから変更)
Pb	撤回中 (1993年に25 µg/kg 体重/週を全年齢に拡張。2010年に全部撤回)
無機 Hg	4 µg/kg 体重/週 (2010年に総 Hg 5 µg/kg 体重/週から変更)
メチル Hg	1.6 µg/kg 体重/週 (2003年に3.3 µg/kg 体重/週から変更)
無機 As	撤回中 (2010年に以前の15 µg/kg 体重/週を撤回)
Al	1 mg/kg 体重/週 (2006年に7 mg/kg 体重/週から変更)

* 静岡県立大学食品栄養科学部・大学院生活健康科学研究科:
〒422-8526 静岡市駿河区谷田 52-1

Hg とメチル Hg の両方で、As では毒性の強い無機 As に限定して設定されている（無機 As の値は撤回中）。

JECFA では近年、(有害) 元素の PTWI を立て続けに変更している。このような国際的な安全性評価に対応して、食品安全委員会も Pb, As, Al について「自ら評価」を実施している。

3. Cd の安全性評価とリスク管理

体内に吸収された Cd は主に肝と腎で、メタロチオネイン(MT)に捕捉され毒性を発揮することなく蓄積していく。そのため MT は生体防御的に働いているが、Cd が多くなるとついに捕捉できなくなり、Cd による障害が起きる。慢性影響では腎障害により蛋白尿などが見られ、骨軟化症も起こる。尿中 β_2 -ミクログロブリンの出現が、最も初期の Cd 中毒の徴候とされている。なお、イタイイタイ病の主要原因も Cd であるが、その大量摂取だけではなく、栄養不良や多経産が加わって起きたものである⁷⁾。

JECFA は 1989 年に Cd の PTWI を $7 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週と設定し、2003 年の再評価においてもその値を維持してきた。この値は、職業暴露を受けた労働者やイタイイタイ病患者における腎皮質 Cd 蓄積量と腎機能障害との関係から導き出されたものである。しかし、第 73 回 JECFA 会合では Cd の長い体内半減期を考慮して、暫定耐容月間摂取量 (PTMI) として $25 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/月に変更された⁸⁾。

欧州食品安全機関 (EFSA: European Food Safety Authority) は 2009 年 1 月に the Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) による食品中の Cd に関する評価結果 (Scientific Opinion) として、 $2.5 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週の耐容週間摂取量 (TWI) を設定している⁹⁾。

国内の食品安全委員会は 2008 年 7 月 3 日に当時の JECFA の PTWI を受け入れて、TWI を $7 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週と評価している。この値は、国内において食品経由の慢性経口 Cd 暴露を受けた住民を対象とした 2 つの疫学調査結果に基づいて、Cd 摂取が近位尿管機能に及ぼす影響から算出されたものである。

発がん性については、国際がん研究機関 (IARC; International Agency for Research on Cancer) は Cd を Group 1 (ヒトに対する発がん性が認められる) と分類している。

日本の玄米中 Cd の成分規格はこれまで 1.0 ppm 未満であり、また、 0.4 ppm 以上 1.0 ppm 未満の準汚染米については国が買い上げ、食用に出回らないよう措置されてきた。これにより、 0.4 ppm 未満の米のみが市場に流通していた。しかし、1998 年 3 月のコーデックス食品添加物・汚染物質部会 (CCFAC) でデンマークが精米 0.2 ppm という基準値原案を提案してきたため、日本は精米 0.4 ppm の修正案を提案し、これが最終的に 2006 年のコーデックス委員会総会で採択された。

国際規格としてわが国の主張した値が採択されたため、国内規格もそれに整合した値に変更されることになり、平

成 23 年 2 月 28 日以降は玄米・精米とも 0.4 ppm 以下となる。

厚生労働省の 2007 年度食品汚染物一日摂取量調査によると、日本人は Cd の約 4 割を米から摂取している。そのため、今回の成分規格改正においても従来どおり、他の農作物については Cd の成分規格は設定されなかったが、厚生労働省では数年後に米以外の農産物の基準値設定等について再検討することを予定している。なお、清涼飲料水にも Cd の成分規格があり、「検出せず」とされているが、これについても清涼飲料水の規格基準改正の検討の中で、試験法の検出限界との関連で議論されるであろう。

なお、食品ではないが、EU では Cd, Pb, Hg など 6 物質について電気・電子機器での使用を制限する RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 指令が 2006 年 7 月から、約 3 万種類の化学物質に関する REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) 規制が 2007 年 6 月から発効しており、化学物質の規制に対してたいへん積極的である。2008 年 6 月 1 日にはフィンランドに欧州化学物質庁 (European Chemicals Agency) が新設され、全面的に活動を開始している。

4. Hg, 特にメチル Hg の安全性評価とリスク管理

無機 Hg とメチル Hg では毒性が異なる。前者では腎障害、後者では中枢神経障害が主症状である。

JECFA では総 Hg の PTWI を $5 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週 (1972 年) としていたが、2010 年に無機 Hg (魚と貝以外からの総水銀とも考えられる) として $4 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週に変更し、メチル Hg の PTWI は 2003 年に $3.3 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週から $1.6 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週に変更した。メチル Hg の変更の端緒になったのは、2000 年に米国 National Research Council (NRC) がメチル Hg の参照用量 (生涯にわたり毎日とり続けても有害な影響が起こるリスクがないと推定される量) を $0.1 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日 ($0.7 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週) と設定し、メチル Hg 暴露で最もリスクが高い集団は妊娠中に多量の魚介類を摂取した女性から生まれた子供であること、さらに、毎年 6 万人以上の新生児が胎内でのメチル Hg 暴露により神経系の発達に障害がある可能性があることを報告¹⁰⁾したことに始まる。メチル Hg が容易に胎盤を通過し、胎児の脳に選択的に障害を与えることを再認識させた報告である。

EFSA は 2004 年に CONTAM の評価結果を公表しているが、その前年に変更された JECFA の PTWI に基づくと多食者では PTWI に近い量を摂取しており、米国 NRC の参照用量を超えるため、妊婦に焦点をあてた摂取量を設定すべきだとしている¹¹⁾。

2005 年の食品安全委員会による「魚介類等に含まれるメチル水銀」についての評価¹²⁾では、(1) ハイリスクグループ: 胎児, (2) TWI: メチル Hg $2.0 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週 (Hg として) とし、ハイリスクグループを胎児としたこ

とから、対象集団は妊娠している方もしくは妊娠している可能性のある方としている。フェロー諸島とセイシェル共和国における疫学研究から、エンドポイントを最も鋭敏である神経系への影響とし、不確実係数4を採用してTWIを推定している。食品中の栄養成分や汚染物質の影響については、知見が不足しているため十分には評価していないとしている。また、この評価結果がJECFAと異なることについてのQ&Aも出している¹³⁾。

無機HgのPTWIに関しては、第72回JECFA会合でこれまでの総Hgとしての5 µg/kg 体重/週（1972年の第16回会合で設定）を見直した結果、新たに無機Hgとして設定されたもので、魚・貝以外の食品からの総Hg摂取に対しても適用できるものと考えられる¹⁴⁾。

メチルHgのリスク管理の面では、米国ではNRCの報告を受けてFDAが2001年1月に妊婦等のメカジキ等摂取について食事指導の勧告を行っており、2002年5月にはカナダ保健省(Health Canada)と英国食品基準庁(FSA)も勧告を出している。厚生労働省も2003年6月に妊婦等への注意事項を通知しているが、魚介類等は一般にヒトの健康に有益であるため、注意事項の通知が魚介類の摂取の減少につながらないように、正確に理解されることを期待したいとしている。その後、2004年3月に米国と英国で出された勧告において、マグロの摂取についても言及されたことから、厚生労働省も2005年11月にマグロも含めた注意事項改訂版¹⁵⁾を公表している。

コーデックス委員会による魚介類中Hgの基準値は、一般的魚類においては可食部生で0.5 mg/kg、高次捕食魚類の大型魚13種においては1.0 mg/kgとなっている。

また、わが国における魚介類のHgの暫定的規制値（昭和48年7月23日環乳第99号）は、総Hg 0.4 ppm、メチルHg 0.3 ppm（Hgとして）である。ただし、マグロ類（マグロ、カジキおよびカツオ）および内水面水域の河川産の魚介類（湖沼産の魚介類は含まない）、ならびに深海性魚介類等（メヌケ類、キンメダイ、ギンドラ、ベニズワイガニ、エッチュウバイガイおよびサメ類）については適用されない。マグロ類および内水面水域の河川産の魚介類は最初から環乳第99号で除外されたものであるが、深海性魚介類等については水産庁からの適用除外の要望により昭和48年10月11日環乳第121号で通知されている。このように、現在注意喚起されている魚種については、その多くが規制適用除外種とされていたものである。

5. Pbの安全性評価とリスク管理

Pbによる慢性中毒の古典的症状には鉛蒼白（青白い顔）、鉛疝痛（けいれん性の腹部疝痛）、鉛緑（歯肉縁の暗青色線条）、鉛麻痺（手首の伸筋麻痺）、鉛脳症（中枢神経症状）など、鉛を冠した疾病も多く、古来よりPb中毒は知られていた。溶血性貧血やヘム合成系障害も引き起こすが、最近では低濃度Pb暴露による幼児のIQ低下などが問題になっている。近年において、自動車用の有鉛ガソリ

ン（テトラエチル鉛等を含有）や水道用鉛管が使用禁止になっている。

Pbの安全性評価で最も注目されるのは、2010年6月に開催されたJECFA第73回会合において、PbのPTWIが撤回されたことである。これまでの25 µg/kg 体重/週は1993年に設定されたものであるが、今回用量-反応関係を解析した結果、この量でも小児のIQを低下させ、成人の収縮期血圧を上昇させるため、“health protective”とは考えられないとして撤回されたものである。閾値が不明であるとして、新しいPTWIは設定されていない⁸⁾。

この撤回はEFSAが2010年3月にCONTAMの評価結果「Scientific Opinion on Lead in Food」¹⁶⁾の中で、「JECFAの現行のPTWI（25 µg/kg 体重/週）はもはや適当ではない」と報告していたため、ある程度予想されるものであった。

一方、食品安全委員会はリスク管理機関の要請がなくても「自ら評価」を行う対象として、鉛を選定している。コーデックス委員会でPbの摂取量削減の行動規範が出され、また、評価を依頼された清涼飲料水や器具・容器中のPbに関する評価を実施するにあたり、食品全体からのPb摂取のリスク評価が必要との考えから、「自ら評価」を行うとしている。化学物質・汚染物質専門調査会にPbワーキンググループを設置し、2008年7月から評価を開始している。

発がん性については、IARCは2006年に無機PbをGroup 2A（ヒトに対する発がん性がおそらくある）に分類している。

上述のように、コーデックス委員会は2004年にPbの摂取量削減について、行動規範を出している。Pbは食品中に普遍的に含まれるため、コーデックス委員会では魚を含めた多くの食品についてPbの最大許容基準値を設定している。

日本には清涼飲料水の成分規格や農作物の残留農薬基準としてのPbの基準がある。近年、厚生労働省では2008年に食品衛生法の指定玩具を知育玩具やアクセサリ玩具などにも拡大し、金属製アクセサリ玩具では鉛の溶出試験を規定するなど、幼児のPb暴露への対策を強化している。また同年、ガラス製、陶磁器製、ホウロウ引きの器具および容器について、Pbの溶出規格を強化するなどの対策をとっている。

6. As、特に無機Asの安全性評価とリスク管理

Asの毒性は化学形に大きく依存しているため、JECFAはAsのPTWIを無機Asに限定して、15 µg/kg 体重/週（1988年）と設定していたが、2010年の第72回会合で撤回されている¹⁴⁾。

EFSAのCONTAMによる2009年の評価¹⁷⁾においても、最近のデータからJECFAのPTWIはもはや適当ではないとされていたもので、EFSAもデータ不足のため、

化学形別の分析 (speciation) や摂取量データの必要性を強調しているのみであり、TWI の設定はしていない。アルセノシュガー・アルセノリピドの代謝についての情報や、特に無機 As としてのトータルダイエツスタディが必要であるとしている。

食品安全委員会は As を「自ら評価」の対象として、評価を実施中である。

IARC は As および As 化合物を、グループ 1 (ヒトに対する発がん性が認められる) に分類している。

毒性の強い無機 As が体内に取り込まれると、毒性が低く体内半減期も短いメチル化体に順々に代謝されていく。そのため、体内におけるメチル化は As に対する生体防御機構と考えられてきた。しかし最近、中間体として生成される 3 価のモノメチル体とジメチル体が低濃度においても DNA 損傷を引き起こし、毒性が無機 As よりも強いことが明らかになった。そのため、無機 As の体内代謝の研究も盛んに行われている。

1970 年代から魚介類や海藻中に有機 As 化合物が多量に含まれていることは知られており、その安全性についても確認されていた。魚類ではアルセノベタインが主で、海藻類ではアルセノシュガーが主である。また、ヒジキには無機 As(V) が多く含まれているが、水戻しなどの調理過程で除かれることも知られていた。

ところが 2004 年 7 月に、英国 FSA が日本からのヒジキに無機 As が多く含まれているとして国民に食べないよう勧告したことから、問題が再燃した。厚生労働省はすぐさま健康影響を否定する見解を発表している。厚生労働省の見解¹⁸⁾ は、1) FSA が調査したヒジキでも、毎日 4.7 g (週に 33 g) 以上を継続的に摂取しない限り PTWI は超えない、2) これまで海藻中の As による健康被害の報告はない、3) ヒジキは食物繊維や必須ミネラルを多く含んでいることから、ヒジキを極端に多く摂取するのではなく、バランスの良い食生活を心がければ健康上のリスクが高まることはない、というものである。

なお、米中には無機 As が多いことが明らかになり、分析法の開発¹⁹⁾や実態調査が行われている。

7. Al の安全性評価とリスク管理

Al は地殻中に広く分布し、その存在量は酸素、ケイ素

について 3 番目である。そのため、自然界のあらゆる環境中に存在している。日常製品に広く使用され、Al 化合物が水処理にも使用されている。食品用器具・容器包装としてはアルミ鍋、アルミ缶、アルミ箔として用いられ、さらに、医薬品や食品添加物の成分としても使用されている。

Al の PTWI は JECFA 第 67 回会合 (2006 年) で、食品添加物を含む全摂取源に対して 1 mg/kg 体重/週 (従来は 7 mg/kg 体重/週) と変更された²⁰⁾。Al による生殖系・発達中神経系への影響がこれまで考えられていたよりも低用量で生じる可能性があることが判明したためである。動物実験での LOEL (50~75 mg/kg 体重/日) の下限値 50 mg/kg 体重/日を基に、通常の不確実係数 100 と長期間試験データの不足による追加係数 3 を採用して、算定されている。Al 含有食品添加物を含んだ食品を日常的に摂取するグループ (特に子供など) ではこの値を大幅に超える可能性があることや、豆乳ベースのミルクを飲む乳児では Al の暴露量が非常に高いことが、報告書の中で指摘されている。ただし、Al の PTWI は mg 単位であり、他の元素のように μg 単位ではない。

EFSA は 2008 年 5 月に Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC) による「食事からの Al の安全性」に関する評価結果を公表している²¹⁾。TWI として JECFA の新しい PTWI と同じ 1 mg/kg 体重/週を設定しているが、欧州ではかなりの人がそれを超える可能性があることを言及している。

食品安全委員会では 2010 年 3 月に Al を「自ら評価」案件に決定したが、まずはデータの収集を実施中である。

なお、発がん性については IARC は Al 製造をグループ 1 (ヒトに対する発がん性が認められる) に分類しているが、Al それ自身を発がん物質とはしていない²²⁾。

腎機能に障害がある透析患者において透析痲呆が発生した。原因は透析液に使用した水道水や薬剤中の Al であり、脳内に Al が蓄積するために起きたとされている。透析液の調製に Al 濃度が 10 $\mu\text{g/L}$ 以下の水を使用することにより予防できるようになった。Al とアルツハイマー病との関連は現在では否定的である。

表 2. 中国の輸入水産物に対する As の検査基準*

水産物の種類		As (無機 As, mg/kg)
生鮮品・冷凍品	魚類	0.1
	その他の動物性水産物	0.5
乾燥製品	貝類およびエビ・カニ類	1.0
すり身製品	魚すり身製品	0.1
	エビすり身製品	0.5
藻類 (乾燥重量として)		—
その他の水産食品		—

—: As の基準はない (表には示していないが、官能検査基準がある)

* 厚生労働省ホームページ²²⁾より (2010 年 11 月 4 日現在)

8. 今後の課題

1. 化学形別分析の実施

各有害元素の定量法は比色法→原子吸光法→ICP法と進展してきたが、元素の毒性がその化学形に依存しているため、化学形別の分析 (speciation) が要求されている。現在わが国では、Hgに関する暫定的規制値としては総HgだけでなくメチルHgとしても規制されているが、今後はAsについても無機Asの定量が必要になる。すでにオーストラリア・ニュージーランド食品基準機関 (FSANZ) では魚介類中Asのガイドラインとして、無機Asとして甲殻類・魚類で2 mg/kg、軟体動物・貝で1 mg/kgと設定している。さらに、中国国家質量監督検閲検疫総局による「輸出入水産品検閲検疫管理方法」では、中国に輸入される食用水産物に対して安全基準を設定し、それに適合している旨の衛生証明書の添付を要求している。Asの検査基準としては、表2に示すように無機Asとしての値が示されている (もちろん、総Asの値が無機Asの基準値以内であれば適合と判断される)。これに対応するため、厚生労働省ではホームページ上で事業者向け情報「対中国輸出水産食品」²³⁾を示している。

2. 分析の信頼性確保・精度管理

分析を実施する場合には、分析値の信頼性確保が重要である。公定法 (告示法や通知法) で「同等な試験法」を採用することが認められている場合に、各試験機関が使用する試験法の妥当性を評価するためのガイドライン「食品中の金属に関する試験法の妥当性評価ガイドライン」 (平成20年9月26日食安発第0926001号) が示されている。分析では妥当性評価を実施することがますます求められるであろう。

3. 化学形別摂取量調査と疫学調査

有害元素の毒性は、その化学形に依存している。そのため特にAsとHgにおいては、化学形別の摂取量調査と魚・海藻の多食者を含む疫学調査が必要となっている。また、Alにおいては、特に子供や乳児における摂取量調査が望まれる。

4. 吸収率と代謝の情報収集

消化管からの有害元素の吸収率は、その元素の化学形も含めた存在状態に依存し、共存物質の影響も受ける。そこでまず、Al濃度が高い食品における、Alの存在状態と摂取時の吸収率についての情報収集が望まれる。Alの消化管からの吸収率は大変低いが、化学形と共存物質の影響を大きく受けて変化する。

また、Asにおいては、体内での代謝機構についてのさらなる研究が望まれる。

5. 基準値設定の可否

コーデックス委員会で国際食品規格が設定されている場合に、わが国においてどこまで国内基準を設定するのか、考え方を整理しておく必要がある。CdやPbに対するコーデックス委員会の基準を国内でも設定するのか。Hgもコーデックス基準に合わせるのか。基準値を設定し検査

をしても、魚類の場合には分析試料の代表性が問題になるであろう。

6. 安全性研究の推進

JECFAによるAlのPTWI設定では、試験データの不足による追加的な不確実係数が採用されている。それを除くためにも、Alの長期にわたる安全性研究が望まれる。

7. PTWIの位置づけ

Alなどの摂取量をPTWIと比較すると、それを超える人がかなり存在するとリスク評価機関では考えている。有機化合物、たとえばダイオキシン類や農薬においては、摂取量がTDIを超えると大きな騒ぎになると思われる。有害元素のPTWIをどう位置づけるのか、今後議論が必要と考えられる。

文 献

- 1) 川城 巖, 田辺弘也. 蛍光X線分析法と食品分析への応用. 食衛誌, **1**, 47-61 (1960).
- 2) Inoue, T., Kawamura, T., Kamijo, M. Colorimetric method of microdetermining boron by curcumin. Shokuhin Eiseigaku Zasshi, **2**, 67-71 (1961).
- 3) Uchiyama, H., Amano, K. Examination of boric acid illegally added to fish jelly products. Shokuhin Eiseigaku Zasshi, **2**, 82-85 (1961).
- 4) Inoue, T., Kawamura, T., Kamijo, M. Simplified method for the determination of boron in foods. Shokuhin Eiseigaku Zasshi, **3**, 263-266 (1962).
- 5) Tomiyasu, Y., Enomoto, N. On boric acid added in foods. Shokuhin Eiseigaku Zasshi, **4**, 253-259 (1963).
- 6) Nagaoka, M. H., Matsuda, R., Maitani, T. Development and evaluation of determination methods for boric acid in agar using ICP-AES and ICP-MS. J. Food Hyg. Soc. Japan, **49**, 333-338 (2008).
- 7) 厚生労働省. 「食品に含まれるカドミウム」に関するQ&A (2010年7月改訂) (<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2003/12/h1209-1c.html>).
- 8) Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Seventy-third Meeting 「Summary and Conclusion」 (2010). (<http://www.fao.org/ag/agn/agns/jecfa/JECFA73%20Summary%20Report%20Final.pdf>).
- 9) EFSA. The Panel on Contaminants in the Food Chain. Scientific opinion, cadmium in food. EFSA J., **980**, 1-139 (2009). (<http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/980.pdf>).
- 10) Committee on the Toxicological Effects of Methylmercury, Board on Environmental Studies and Toxicology, National Research Council. "Toxicological Effects of Methylmercury", The National Academies Press (2000). (ISBN 0-309-07140-2).
- 11) EFSA. The Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to mercury and methylmercury in food. EFSA J., **34**, 1-14 (2004).

- (<http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/34.pdf>).
- 12) 食品安全委員会. 魚介類等に含まれるメチル水銀について (2005).
(<http://www.fsc.go.jp/hyouka/hy/hy-hyouka-methylmercury.pdf>).
- 13) 食品安全委員会. 魚介類等に含まれるメチル水銀に関する食品健康影響評価についての Q&A (2005).
(http://www.fsc.go.jp/hyouka/hy_methylmercury_qa.html).
- 14) Joint FAO / WHO Expert Committee on Food Additives Seventy-second meeting 「Summary and Conclusions」 (2010).
([http://www.fao.org/ag/agn/agns/jecfa/JECFA72%20Summary%20Version%2016%20%20Mar%20FINAL%20rev%20\(2\).pdf](http://www.fao.org/ag/agn/agns/jecfa/JECFA72%20Summary%20Version%2016%20%20Mar%20FINAL%20rev%20(2).pdf)).
- 15) 厚生労働省. 妊婦への魚介類の摂食と水銀に関する注意事項 (2005).
(<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/suigin/dl/index-a.pdf>).
- 16) EFSA. The Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific opinion on lead in food. EFSA J., **8**, 1570 (147pp.) (2010).
(<http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/1570.pdf>).
- 17) EFSA. The Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific opinion on arsenic in food. EFSA J., **7**: 1351 (199pp.) (2009).
(<http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/1351.pdf>).
- 18) 厚生労働省. ヒジキ中のヒ素に関する Q&A (2004).
(<http://www.mhlw.go.jp/topics/2004/07/tp0730-1.html>).
- 19) Nishimura, T., Hamano-Nagaoka, M., Sakakibara, N., Abe, T., Maekawa, Y., Maitani, T. Determination method for total arsenic and partial-digestion method with nitric acid for inorganic arsenic speciation in several varieties of rice. Food Hygiene and Safety Science, **51**, 178-181 (2010).
- 20) WHO. Aluminium, WHO Technical Report Series 940 Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, p. 35-48 (2007).
- 21) EFSA. The Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials. Safety of aluminium from dietary intake. Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC). EFSA J., **754**, 1-34 (2008).
(http://www.efsa.europa.eu/EFSA/Scientific_Opinion/afc_ej754_aluminium_op_en,0.pdf).
- 22) IPCS INCHEM. International Agency for Research on Cancer (IARC)—Summaries & Evaluations Aluminium Production, Supplement 7, p. 89 (1987).
(<http://www.inchem.org/documents/iarc/suppl7/aluminiumproduction.html>).
- 23) 厚生労働省. 「対中国輸出水産食品」(平成 22 年 11 月 4 日更新) (2010).
(<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/jigyousya/taichu/index.html>).