

## 環境と食品の安全

内閣府 食品安全委員会 佐藤 洋

### 1 はじめに

食べることは、人にとって不可欠なことであるが、単に生きる上で必要なだけでなく様々な意味や役割を持っている。必要な栄養素を摂取し生命を維持する役割、空腹を満たして心理的にも生理的にも満足感を得ること、さらには健康を増進する薬理的な作用への期待、酒類も含め食事をともにすることによってより良い人間関係の構築等に加えて、近年では食育も強調されるようになってきた。様々な意味や役割を持っている食べることはあるが、その基本として食べることによって健康を脅かされるようなことがあって欲しくないと誰もが願うことであろう。つまり、食品の安全性が確保されていないわけではある。しかし、すべての食品が安全なわけではない。

食べ物の持つ危険性、すなわちこの場合は健康に害をおよぼすかもしれない性質を「危害要因」ないしは「ハザード (hazard)」という。これは、化学物質や環境汚染物質の持つハザードと同じ意味である。しかし、表 1 に示すように、食品安全の分野ではより幅広くハザードをとらえている<sup>1)</sup>。

表 1 食品中の様々な危害要因 (ハザード) の例

有害微生物等	腸管出血性大腸菌 (O-157 等)、カンピロバクター リステリア、サルモネラ、ノロウイルス、 異常プリオン 等
生産資材由来のもの	農薬や動物用医薬品の残留、食品添加物 等
加工中に生成される汚染物質	アクリルアミド、クロロプロパノール 等
環境からの汚染物質	カドミウム、メチル水銀、ダイオキシン 等
自然毒	きのこ毒、フグ毒、カビ毒 等
物理的危険要因	温度 (食品保存場所)、放射性物質、気道異物 等

### 2 食品安全委員会とリスク評価

食品の摂取は、その食品に含まれるハザードを同時に摂取することにもなるので、ハザードによってもたらされる危害をどのように避けるのか、その知恵が必要であろう。伝統的には、フグ毒を避けるために卵巣等のテトロドトキシンの含まれる部位を除去して食べて来た。さらに、長期間ぬか漬けにすることで、無毒化するような処理方法もある。またアフリカでは、キャッサバを水に晒して有害物質である青酸配糖体の除毒をしてから調理し食べている。

しかしながら食品が多様化し、流通圏も拡大し、生産や加工の過程で用いられる手段や物質が増加している現代において、伝統的な方法だけで食品の安全を確保することが出来ないことは明らかである。そこで、近年「リスク分析 (Risk Analysis)」と呼ばれる手法で、食の安全を確保することが国際的なコンセンサスとなっている<sup>2)</sup>。リスク分析は、リスク評価・リスク管理・リスクコミュニケーションの3つの要素からなる。ここでは、人の健康保護を最優先し、科学的な根拠を重視して、関係者 (ステークホルダー) 間の意思疎通を図り、透明性の高い意思決定を行う。

「リスク分析」の枠組みの中で、食品安全委員会 (以下食安委) は、食品健康影響評価を行うリスク評価機関である<sup>3)</sup>。食安委は、食品安全基本法に基づき、平成 15 (2003) 年 7 月 1 日に内閣府に設置され、厚生労働省や農林水産省等のリスク管理機関からの要請や、食安委自身が必要と思われたリスク評価を約 1400 件以上 (平成 25 年 11 月現在) 行って来た。食安委は、7 人の委員と、ハザードによって分類された 11 の専門調査会と食安委の運営全般に関与する企画等専門調査会 (12 の専門調査会で合わせて約 200 名の専門

委員)、および事務局から構成されている。

食安委が行うリスク評価は、食品中のハザードを同定し、人集団でのばく露を推定して、健康危害の起きる確率やその程度を推測すること、あるいはどの程度のばく露であれば健康危害が起きないかを科学的に明らかにすることである。リスク評価の対象は多種多様であるが、環境汚染物質も対象となる。以下、環境汚染物質である、メチル水銀や鉛のリスク評価をもとに、食の安全と環境の関わりについて述べてみたい。

### 3 メチル水銀のリスク評価

メチル水銀は水俣病の原因物質である<sup>4)</sup>。化学工場の廃液に含まれたメチル水銀は、水銀化合物を触媒として利用した化学反応の副反応で生成され、生態系を汚染し食物連鎖を通して人が食する魚介類に蓄積した。それら魚介類を多食した人々に神経症状が認められた。メチル水銀の影響は、母親の胎内でメチル水銀にばく露された出生児にもみられ、胎児性水俣病と言われている。水俣病や1970年代のはじめにおきたイラクのメチル水銀中毒禍（メチル水銀で消毒した小麦をパンに焼いて食べてしまったためにおきた）から、胎児のメチル水銀に対する感受性は、成人より高いことが明らかになった。イラクのメチル水銀中毒禍での母子ペアのDose-Response分析から、WHO(1990)は、「妊娠中の母親の毛髪水銀濃度のピーク値が10-20ppmで胎児に対するリスクがある」とした<sup>5)</sup>。

上記は、局地的な環境汚染や食品が汚染されておきた事例であるが、そのようなことがなくとも、自然環境中に存在している水銀は微生物によって一部メチル水銀となり、食物連鎖による生物濃縮で殊に大型の肉食魚や海棲哺乳類に蓄積する<sup>6)</sup>。したがって、これら生物はもちろんのこと、その他の魚介類の摂食によってもメチル水銀にばく露される。そのレベルは、毛髪の水銀濃度として、通常の食事をしている日本人で1-3ppm程度<sup>7)</sup>、魚介類を多食する集団ではさらに高く、歯鯨類を食する地域では数十ppmあるいはそれ以上の高値も報告されている<sup>8)</sup>。したがって、メチル水銀のリスク評価が必要と考えられた。その過程で、魚介類の摂食を通じたメチル水銀ばく露の生体影響が、一般集団においてどのような広がりを持って表れるのか、健康に及ぼす影響はどの程度か、交絡要因はないのか等を明らかにすることも必要であった。

評価要請を受けた食安委は、妊婦において1週当たり2.0 $\mu$ g/kg体重(Hgとして)というメチル水銀の耐容摂取量を答申した<sup>9)</sup>。根拠となった研究は、当時から行われていた北海のフェロー諸島とインド洋のセイシェル共和国における出生コホート調査であった。それらの調査結果から、妊娠中の母親の毛髪中総水銀濃度が11ppm以下であれば、胎児期ばく露による出生後の発達への影響は認められないと結論づけた。キネティクスモデルで、毛髪中総水銀濃度から血中メチル水銀濃度を推定し、メチル水銀摂取量を算出した。さらに、不確実係数を4(キネティクスモデルの定数の個人差)として耐容週間摂取量が算出された。ハイリスクグループは胎児とし、耐容摂取量の対象は妊婦(妊娠している可能性のある人も含む)に限定した。これは、妊婦の血液-胎盤を通して胎児が過剰のメチル水銀ばく露を避けるために、妊婦のメチル水銀摂取量を制限することが適切と考えたためである。

### 4 鉛のリスク評価

鉛は青みを帯びた灰色の腐食されにくく、古代より利用されていた重金属である<sup>10)</sup>。地殻に比較的豊富に存在し、自然由来の鉛もあるが、産業革命以降の化石燃料の燃焼や有鉛ガソリンの使用による大気汚染、鉛鉱山や製錬所からの排出、鉛管、蓄電池、ハンダ、含鉛塗料等の利用によって人為由来の鉛も環境中に拡散した。大気や飲料水及び器具・容器包装によって汚染された食品を含む食物の摂取によるばく露を受けている。

鉛の有害性については、職業ばく露による鉛中毒(痲痛、末梢神経障害、貧血等を主徴とする)がよく知られており、より低濃度での継続的な鉛ばく露による神経系、血液・造血系への影響等が疫学研究で明らかにされている。特に胎児や小児の発達段階にある中枢神経系に対する影響が最も懸念されている<sup>10)</sup>。

食安委におけるリスク評価では、小児の血中鉛濃度と知能指数(IQ)等の神経行動学的発達への影響との関連を調べた最近のコホート研究及び横断的研究に基づき、血中鉛濃度が4 $\mu$ g/dL以下であれば、有害影響は

認められないと結論づけられた<sup>10)</sup>。しかしながら、出生後のばく露の影響と胎児期ばく露の影響の差異を明らかにすることは困難であった。また母乳に含まれ乳児期ばく露も懸念される。したがって、この評価においては、胎児及び小児に加え妊婦・授乳中の女性・妊娠可能な年齢層の女性をハイリスクグループとし、ハイリスクグループを除く一般成人と区別された。なお、近年の我が国における小児の血中鉛濃度は、ほぼ  $1 \mu\text{g}/\text{dL}$  程度であり  $4 \mu\text{g}/\text{dL}$  と比べて低いレベルにある<sup>11)</sup>。

一般成人については、職業ばく露における疫学研究のデータを基に、ベンチマークドース (BMD) 法を用いて、神経系への影響の BMD の 95% 信頼下限値 (BMDL) を算出し、血中鉛濃度  $10 \mu\text{g}/\text{dL}$  以下であれば有害影響は認められないと結論づけられた<sup>10)</sup>。

食安委としては、これら血中鉛濃度から摂取量に変換し、耐容摂取量を設定することが常道であろうが、以下の理由で今のところ出来ていない。すなわち、多くのモデルが提唱されているが、不確実性が必ずしも十分に考慮されていないということや、環境中の鉛濃度が比較的高い時期に開発されたモデルなのでパラメータが必ずしも現状にそぐわない可能性があること、さらに、食物以外の飲料水、大気、土壌、室内塵など各媒体からの鉛ばく露量データに関し、ばらつきが大ききどの程度食品の寄与を想定することが妥当なのかというコンセンサスが得られていないことである。このため、モデルを用いての血中鉛濃度から鉛摂取量への変換は困難であると考えられた<sup>10)</sup>。なお、今後血中鉛濃度から摂取量への変換に関するあらたな知見が蓄積された場合には、耐容摂取量の設定を検討することになっている。

## 5 食品のリスク評価における環境科学の役割

メチル水銀は、地殻からの蒸発や火山ガスに含まれて発生した大気中の蒸気体の水銀の地球化学的な循環の中で生成され、生態系における生物濃縮で大型の肉食魚や歯鯨等の海棲哺乳類に蓄積する。これらを明らかにしたのは、環境科学分野の研究成果である。水銀の地球化学的循環の中で人為起源の水銀がどの程度の重要性を持つのかは不詳の点が多いが、現在の科学・技術のレベルで環境中の水銀量を減少させることは困難であろう。したがって人為起源の水銀の放出は可能な限り避けるべきであろう。また、このような状況を考えるとリスク評価、つまりハイリスクグループを特定して、耐容摂取量を決定したことは大きな意味を持つ。また、リスク管理として、耐容摂取量を超えないような魚介類の摂取量や頻度を示した「妊婦への魚介類の摂食と水銀に関する注意事項」を厚生労働省が発した<sup>12)</sup>。詳述はしないが、メチル水銀汚染の特徴や、また魚食のベネフィット (良質のタンパク質であり、DHA や EPA といった必須の不飽和脂肪酸はじめ種々の栄養素を含んでいる) を考慮する、妥当なリスク管理の手法であると考えられる。

鉛は、産業革命以来化石燃料の燃焼によって環境汚染が増大して来た。殊にガソリンのアンチノック剤としてアルキル鉛化合物がガソリンに添加された上、第二次世界大戦後のモータリゼーションの波によって自動車の台数が増加した結果、都市における大気汚染が深刻化した<sup>10)</sup>。そのために住民のばく露量は増加し血液中鉛濃度の上昇がみられた。しかし、1970年代後半から行われて来たガソリンの無鉛化は、すみやかに大気中鉛濃度の低下をもたらした。さらに人々の血液中鉛濃度の低下として効果があらわれた (表 2)。また、地球環境全体としても、南極やグリーンランドの氷河のコアサンプルの鉛濃度の経年変化は、鉛汚染が人為的であったことと、発生源対策としてのアルキル鉛化合物のガソリンへの添加の禁止が有効であったことを明らかに示している。これは、環境科学の知見に基づいて、ガソリンへの鉛化合物添加を規制した環境行政の大きな成果のひとつであると考えられる。大気汚染物質としての鉛の直接的な吸入が減少して血液中鉛濃度の低下がもたらされたこともそうであるが、大気中に放出された鉛が環境中に拡散し、食物をも汚染してばく露源となっていたことが十分に考えられる。他にも鉛に汚染された水やまき上げられた土壌粉塵・ハウスダストもばく露源として考え得る。いずれにしても、鉛の環境負荷を減少させた効果が比較的短期に明瞭にあらわれた。

メチル水銀と鉛は、環境汚染の様態や環境動態は全く異なるものではあるが、いずれも食物が主要なばく露源であった。この二つの例は、食品のリスク評価において、対象となる汚染物質の環境動態をはじめとして環境科学の知見も重要であることを示している。食品ないしは飲水が主要なばく露源となる環境汚染物質は、その他にもカドミウムやヒ素、ダイオキシン・PCBs はじめ残留性有機汚染物質などがある。これらは、いずれ

も経口的なばく露経路が主要なものと考えられるので、自然界や生態系での動態に加えて、食品摂取を通したばく露やその影響についてリスク評価をしていく必要がある。

表2 社会の出来事と血中鉛濃度の推移 (1970-1997年、日本人男性:  $\mu\text{g/dL}$ )<sup>14)</sup>

(独立行政法人産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センター (2006)<sup>13)</sup>の表を改変)

報告者	報告年	Mean	SD	GM	GSD	検体数
1970年 牛込柳町交差点で「鉛中毒事件」 →	日向ら	1970	11.9			112
	関ら	1971	17			823
	東京都衛生局	1971	15			1645
	斉藤ら	1973	10			203
	荒記ら	1973	12			21
	石津	1973	16			27
	児玉ら	1974	11			28
	桜井ら	1974	14			76
1975年 レギュラーガソリン無鉛化 有鉛ハイオクの鉛の含有量減少 →	友国	1983	9			165
	荒記ら	1984	10			46
	中明ら	1984	5			115
	Watanabeら	1985		4.81	1.51	779
	大原ら	1986	5.16	1.89		347
1987年 世界初の完全無鉛化 →	渡辺ら	1988		4.44	1.44	153
	品川ら	1992	4.40	1.90		191
	那須ら	1994	4.78	1.69		109
	Moritaら	1996	3.90	1.20	3.70	105
	Kajiら	1997	3.17	1.34		106

## 文献

- 1) 食品安全委員会事務局 (2013) 食品の安全性に関する用語集 (改訂版), [http://www.fsc.go.jp/yougoshu/flash\\_0422/](http://www.fsc.go.jp/yougoshu/flash_0422/), (accessed 2013-4-17) .
- 2) WHO/FAO (2007) CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION PROCEDURAL MANUAL, <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1472e/a1472e.pdf>, (accessed 2013-4-17) .
- 3) 食品安全委員会 (2013) 食品安全委員会パンフレット2013, <http://www.fsc.go.jp/iinkai/index.html>, (accessed 2013-4-17) .
- 4) Watanabe C and Satoh H (1996) Evolution of our understanding of methylmercury as a health threat. Environ Health Perspect 104 Suppl. 2, 367-379.
- 5) WHO (1990) Environmental Health Criteria No. 101 Methylmercury.
- 6) 島田 美幸・佐藤 洋 (2008) 水銀, 糸川 嘉則 (編) ミネラルの科学と最新応用技術, 株式会社シーエムシー出版, 東京, 349-358pp.
- 7) Yasutake A, Matsumoto M, Yamaguchi M and Hachiya N (2003) Current hair mercury level in Japanese: survey in five districts. Tohoku Journal of Experimental Medicine, 199, 161-169.
- 8) 国立水俣病総合研究センター (2010) 太地町における水銀と住民の健康影響に関する調査結果について, [http://www.nimd.go.jp/kenkyu/report/20100427\\_taiji\\_report.html](http://www.nimd.go.jp/kenkyu/report/20100427_taiji_report.html), (accessed 2013-4-17) .
- 9) 食品安全委員会 (2005) 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, <http://www.fsc.go.jp/fsciis/evaluationDocument/show/kya20040723175>, (accessed 2013-4-17) .
- 10) 食品安全委員会化学物質・汚染物質専門調査会 鉛ワーキンググループ (2012) 鉛に関する食品健康影響について 一次報告, <http://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20120322ka1>, (accessed 2013-4-17) .
- 11) Yoshinaga J, Takagi M, Yamasaki K, Tamiya S, Watanabe C and Kaji M (2012) Blood lead levels of contemporary Japanese children. Environmental Health and Preventive Medicine, 17, 27-33.
- 12) 厚生労働省 (2010) 魚介類に含まれる水銀について, <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/suigin/>, (accessed 2013-4-17) .
- 13) 独立行政法人産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センター (2006) 詳細リスク評価書 鉛 暫定版
- 14) 佐藤 洋 (2013) 食の安全と環境科学. 環境科学会誌, 26, 306-309.