

都市における水銀による環境汚染とその影響

土井 陸雄

水俣病はもはや過去の疾患で、三度発生する危険性はないと考える者もある。しかし事態はそう楽観的ではない。マグロを多食する漁船員の毛髪水銀値が高いことが^{1),2)}数年来知られるようになった。また日本は単位面積当たりの水銀農業使用量が欧米諸国の100倍近くに達するといわれ、45年に使用が禁止されたが田畑に残留する水銀による食品汚染は無視できない³⁾。局地的には水俣湾などに堆積した底泥中に水銀が多量残留し、その有機化の危険性⁴⁾やまた新たな化学工場による環境汚染に継起する水俣病発生⁵⁾の可能性も否定しきれない。白木は微量水銀の全国的汚染に起因する次世代の「民族の精神的素質の低下」の可能性を指摘している。

では東京という都市に居住するわれわれにとって、水銀による環境汚染の現状とその影響はどうであろうか。

試料と方法

試料は頭髪とマグロ魚肉である。水銀分析は総水銀について行ない、一部試料につき新潟大学公衆衛生学教室滝沢行雄助教授に総水銀とメチル水銀の定量をお願いした。総水銀の定量は昭和45年日本公衆衛生協会発行「動植物等生物検体金属分析法指針」を一部改変し、直接加熱気化法によって行なった。サンプル量は毛髪0.1~0.2g、魚肉1~2gである。

結 果

(1) 魚市場職員の毛髪水銀値とその影響

マグロ漁船員などマグロを多食する人々の毛髪水銀値^{1),2)}が高いことが知られているので、マグロを摂取する機会が比較的多い東京都中央卸売市場の都職員22名について調査した結果が表1である。水銀値は年齢に関係なく、魚摂取量とはほぼ並行して増大している。ただし、魚摂取量は季節の変動もあるため、必ずしも調査時点の摂取量を正しく反映していない。毛髪水銀値は山中らの調査したマグロ漁船員より低い¹⁾が、従来一般日本人の値として

表1 マグロ多食者の毛髪水銀値
(築地中央卸売市場)

| No. | Case | Age | Sex | Total Hg* (ppm) | Me-Hg** (ppm) | 魚摂取量 @ |
|-----|-------|-----|-----|--------------------|------------------|-----------|
| 1 | M. N. | 51 | F | 2.58(3.39) | 1.72 | 1×3-4# |
| 2 | M. T. | 62 | M | —(5.24) | — | 0.5×2-3 |
| 3 | T. N. | 59 | F | 3.90(5.55) | 1.84 | 1×1 |
| 4 | K. A. | 38 | M | 4.89(3.78) | 1.90 | 1×2 |
| 5 | T. S. | 72 | M | 5.05(—) | — | 0.5×2 |
| 6 | S. K. | 47 | M | 6.19(6.20) | 2.10 | 1×2 |
| 7 | Y. Y. | 38 | M | 7.36(5.97) | 4.45 | 1×7 |
| 8 | N. I. | 40 | M | 7.51(13.45) | 4.75 | 1×1 |
| 9 | T. S. | 32 | M | 7.85(3.95) | 3.22 | 2×2 |
| 10 | K. H. | 38 | M | 10.02(6.30) | 2.72 | 2×1 |
| 11 | Y. S. | 35 | M | 10.06(10.52) | 4.71 | 3×2-3 |
| 12 | Y. H. | 40 | M | 10.20(12.36) | 8.18 | 1-2×7 |
| 13 | S. K. | 35 | M | 10.71(12.79) | 4.77 | 1×7 |
| 14 | K. M. | 41 | M | —(11.92) | 6.82 | 2×6 |
| 15 | E. S. | 47 | M | 11.28(15.36) | 8.64 | 1×3 |
| 16 | M. Y. | 38 | M | 12.03(10.78) | 5.33 | 1×3-4 |
| 17 | K. T. | 42 | M | 12.94(12.07) | 9.89 | 1×7 |
| 18 | K. M. | 40 | M | 15.01(10.77) | 11.23 | 2×1 |
| 19 | Y. N. | 38 | M | 16.93(16.73) | 13.01 | 1-2×7 |
| 20 | M. S. | 36 | M | 17.80(16.17) | 8.59 | 1×2-3 |
| 21 | E. A. | 36 | M | 19.45(17.22) | 10.27 | 2×3-4 |
| 22 | K. I. | 56 | M | —(25.62) | 10.50 | 1×7 |

* **, () と Me-Hg 値は新潟大学公衆衛生学教室測定
: マグロは殆ど食べない。

@ : 1回当たり摂取量 (100~150g=1) × 1週間当たり摂取回数

試料採取 : 1972.6.20 (第5例のみ約1か月後)

^{1),6),7)}報告されている水銀値と比較すると全般に高い。この内とくに水銀値の高い9名について都立府中病院神経内科(佐藤猛医長)によって神経科的診察が行なわれ、第22例に軽度のアキレス腱反射低下、左側アディアドロキネーゼが認められたため1年後再検査となったほかは水俣病に関連すると思われる異常は認められなかった。

(2) マグロ魚肉の水銀汚染

築地中央卸売市場および都内の一般店頭で入手したマ

表2 マグロ魚種別水銀量の分布・平均値・標準偏差

—試料採取部位=頭部・尾部—

| Species | n | Total Hg (ppm) | | | Mean (ppm) | S.D. |
|-----------|-----------|----------------|--------------------|------------|-------------|------|
| | | $x \geq 1.0$ | $1.0 > x \geq 0.5$ | $0.5 > x$ | | |
| キハダ | 16 | 3 | 6 | 7 | 0.53 ± 0.41 | |
| インドマグロ | 7 | 1 | 5 | 1 | 0.76 ± 0.30 | |
| カジキ | 8 | 0 | 7 | 1 | 0.57 ± 0.10 | |
| ホンマグロ(遠洋) | 9 | 3 | 6 | 0 | 0.95 ± 0.15 | |
| メバチ | 7 | 2 | 3 | 2 | 0.85 ± 0.35 | |
| Total | 47 (100%) | 9 (19.1%) | 27 (57.4%) | 11 (23.4%) | 0.70 ± 0.34 | |

表3 マグロ魚種別水銀量の分布・平均値・標準偏差

—試料=市販サンミ(東京)—

| Species | n | Total Hg (ppm) | | | Mean (ppm) | S.D. |
|-----------|-----------|----------------|--------------------|-----------|-------------|------|
| | | $x \geq 1.0$ | $1.0 > x \geq 0.5$ | $0.5 > x$ | | |
| キハダ | 2 | 0 | 1 | 1 | 0.55 ± 0.48 | |
| インドマグロ | 1 | 0 | 0 | 1 | 0.35 ± — | |
| カジキ | 1 | 0 | 1 | 0 | 0.96 ± — | |
| メカジキ | 2 | 1 | 1 | 0 | 0.95 ± 0.54 | |
| ホンマグロ(遠洋) | 3 | 1 | 2 | 0 | 0.89 ± 0.37 | |
| 〃(近海) | 2 | 0 | 0 | 2 | 0.24 ± 0.03 | |
| メバチ | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.79 ± 0.08 | |
| Total | 13 (100%) | 2 (15.4%) | 7 (53.8%) | 4 (30.8%) | 0.70 ± 0.38 | |

表4 マグロ魚肉中水銀値の個体差(キハダ)

| No. | Total Hg* (ppm) | Me-Hg** (ppm) | 採取部位 | 採取年月日 | 採取場所 |
|-----|-----------------|---------------|------|----------|------|
| 1 | 0.59(0.69) | 0.28 | Head | '72-6-20 | 築地 |
| 2 | 0.60(0.71) | 0.25 | 〃 | 〃 | 〃 |
| 3 | 0.60(1.07) | 0.40 | 〃 | 〃 | 〃 |
| 4 | 0.67(0.87) | 0.50 | 〃 | 〃 | 〃 |
| 5 | 0.77(1.06) | 0.39 | 〃 | 〃 | 〃 |
| 6 | 0.99(0.84) | 0.50 | 〃 | 〃 | 〃 |
| 7 | 1.06(1.12) | 0.53 | 〃 | 〃 | 〃 |
| 8 | 1.11(1.09) | 0.36 | 〃 | 〃 | 〃 |
| 9 | 1.15(1.60) | 0.37 | 〃 | 〃 | 〃 |
| 10 | 0.10 | — | Tail | '72-7-14 | 〃 |
| 11 | 0.11 | — | 〃 | 〃 | 〃 |
| 12 | 0.41 | — | Head | 〃 | 〃 |
| 13 | 0.04 | — | 〃 | '72-7-21 | 〃 |
| 14 | 0.04 | — | 〃 | 〃 | 〃 |
| 15 | 0.07 | — | 〃 | 〃 | 〃 |
| 16 | 0.17 | — | Tail | 〃 | 〃 |
| 17 | 0.21 | — | サンミ | '72-7-28 | 新宿 |
| 18 | 0.89 | — | 〃 | 〃 | 〃 |

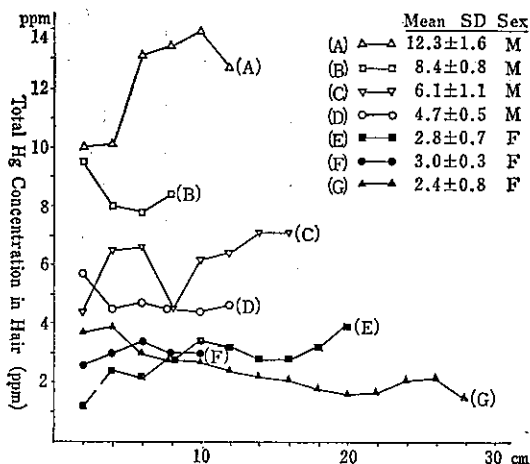
*:()内は新潟大学公衆衛生教室測定

**：新潟大学公衆衛生教室測定

グロの水銀値定量の結果が表2, 3である。近海産ホンマグロとカジキマグロを除く全魚種に1ppmを越える検体があり、表2, 3の検体数合計60検体中45検体(75%)が0.5ppmの線を越えている。試料を表2, 3に分けて比較しても、両方の水銀値の分布に大きな差がないことから、試料採取部位による水銀値の差はほとんどないものと思われる。またマグロ多食による水銀汚染が魚市場、漁船などだけの特殊な問題ではなく、一般消費者といえどもマグロを多食すれば水銀の多量蓄積が起ころうることを示唆している。

さらに、マグロの水銀値は魚種によって平均値、標準偏差とも区々だが、キハダではとくにバラツキが大きい。キハダの個体別水銀値は表4のとおりで、最低値(0.04ppm)と最高値(1.15ppm)の差は約30倍もある。また試料採取日により水銀値の高低がある。このようなバラツキの原因はわからないが、棲息海域による水銀汚染度の差、あるいは魚令による水銀摂取・蓄積量の

図1 毛髪水銀値の時的変動



差などが考えられよう。

図1は都内および都近郊居住者の頭髮を根部から約1.5cmの部位で切り、それを2cmごとに切断して各部位別の水銀値を測定したものである。縦軸に毛髪水銀値、横軸に毛髪先端からの距離を示した。各毛髪の採取時期は異なるが、便宜上先端部を左端に揃えたので、折線の右端が最近の水銀値を示している。A例はもっともマグロ摂取量が多く、3日に1回位約150gのマグロを食べる。4cmから6cmの部位にみられる急激な変動はマグロ摂取量の時的変動によるものである。B例は週3回は各種魚類を食べ、うち月3回位マグロを食べる。C例は週2~3回各種魚類を食べる。D例はマグロ摂取回数月2~3回以下、他の魚類の摂取も多くない。E~G例は女性で魚摂取量は少なく、また食習慣の変動も小さいため水銀値は低く、変動幅も男性に比較して小さい。

この調査では例数もまだ少ないため一般的傾向について断定はできないが、魚市場職員の毛髪水銀値調査と併せて考えると、一般に魚類の摂取量に比例して毛髪水銀値も増加し、とくにマグロ摂取量の増大に伴って水銀値は急激に増大する。またこれだけのデータから水銀農薬による米穀・野菜の汚染の影響を否定し去ることはできないが、その影響は魚類とくにマグロ由来の水銀に比較すると、少なくとも都会ではあまり問題にならないと思われる。ただし特定産地の米だけを継続摂取する場合

には問題は別である。

なおマグロ以外の魚種、米穀などの水銀汚染の現状については次の機会に譲る。

考 察

(1) 水銀の汚染源と汚染経路

われわれの調査から、東京のような都市部におけるヒトの水銀蓄積は各種魚類の摂取に由来する部分が多く、とくにマグロは最大の汚染要因であることがほぼ明らかになった。ではマグロの水銀はどこから来るのだろうか。現在のところ、マグロの水銀は水銀鉱床、火山爆発など天然に分布する水銀に由来するという説が有力であるが、マグロ体内の水銀の約50~70%がメチル水銀であることから考えると、人為的環境汚染によるという可能性を否定することは困難である。マグロは肝臓で無機水銀からメチル水銀を合成するという説もあるが、これは試験管内実験であって生体内の現象にそのまま拡張するわけにはいかない。

また、水銀は一般に-SH基に結合しやすく、化学工場などから廃水とともに放出された水銀はタンパク質を構成するシステイン、シスチンなどの-SH基に容易に結合して、水中の有機微粒子とともに懸濁状態で存在するものが多いと思われる。この懸濁粒子は一部そのまま沈澱して底泥となり、一部は沿岸のプランクトン、甲殻類、魚類などの食物連鎖網を通して濃縮され、こうして食物連鎖網の中にとらえこまれた水銀が、回遊あるいは浮遊する魚類、甲殻類、軟体動物やプランクトンなどを媒介(Carrier)として遠洋に運ばれば、人為的汚染源とマグロをつなぐ連鎖は完結する。マグロ以外にもサメ、イルカ、アザラシなど食物連鎖の上位にあるものに水銀蓄積量が大きいことはこの推測の傍証となる。

また Miller らによれば、最近カリフォルニア沖で採取したメカジキ6検体を、1946年に同じ場所で採取したメカジキ1検体と比較すると、前者は平均値で2倍以上の水銀値を示している(表5)。先に述べた海域別、魚令別の水銀値の偏りを考慮すると、Miller らのデータを人為汚染による水銀値の増大と直結はできないが、重要な参考になる。また表中の B/A 比が博物館試料では小さく湿重量当たり水銀値が相対的に高い。われわれの分析例では新鮮試料の B/A 比はほぼ3.7くらいであるから、固

表5 新・旧マグロ試料の水銀値の比較

| Species | 採取場所 | 採取年 | Total Hg (ppm) | | B/A* |
|-----------|-----------------|-------------------|----------------|------------------------|------|
| | | | 湿重量比(A) | 乾燥重量比(B) | |
| <博物館保存試料> | | | | | |
| 1 カ ツ オ | Massachusetts | 1878 | 0.27±0.02 | 0.91±0.06 | 3.4 |
| 2 // | " | 1878 | 0.64±0.02 | 1.51±0.04 | 2.4 |
| 3 ビンナガ | California | 1880 | 0.27±0.03 | 0.59±0.06 | 2.2 |
| 4 ホンマグロ | Woods Hole | 1886 | 0.38±0.01 | 1.14±0.04 | 3.0 |
| 5 カ ツ オ | Sandiego | 1890 | 0.45±0.02 | 1.05±0.04 | 2.3 |
| 6 // | Hawaii | 1901 | 0.42±0.02 | 0.92±0.01 | 2.2 |
| 7 // | Philippines | 1909 | 0.26±0.01 | 0.53±0.02 | 2.0 |
| 8-13 メカジキ | Baja California | 1946 | 0.52±0.10 | 1.36±0.31 | 2.6 |
| <新鮮試料> | | | | | |
| 1 ビンナガ | California (生) | 1970 ↓ 1971 | 0.13±0.01 | 0.44±0.05 | 3.4 |
| 2 カ ツ オ | Pacific (生) | | 0.18±0.03 | 0.62±0.10 | 3.4 |
| 3 ビンナガ | 水煮缶詰 | | 0.48±0.04 | 1.53±0.12 | 3.2 |
| 4 // | オイル煮缶詰 | | 0.30±0.02 | 0.66±0.04 | 2.2 |
| 5 // | 水煮缶詰 | | 0.38±0.03 | 1.29±0.11 | 3.4 |
| 6-19 メカジキ | California | | 0.23~1.27 | 0.94~5.08 (3.1±1.5) | ≒4.0 |

* B/A比は土井が記入したもの

定液で固定した試料は、固定による肉質の収縮・脱水を考慮して乾燥重量比を基礎とし、これにA/B≒1/3.7を掛けて湿重量比を算出すべきである。

(2) 水銀汚染の人体影響

これまでマグロを多食する漁船員で最高¹¹⁾69ppm、寿司屋で¹²⁾52ppm、魚市場職員で25.6ppmの毛髪水銀が検出されているが、これらの水銀による人体影響はまだほとんど解明されていない。

厚生省は毛髪水銀値50ppm以上の漁船員数名の検診結果などを根拠に、水銀量1ppmのマグロを1日500g、700日連続摂取しても安全と断言するが、¹³⁾わずか数例の検診で安全性が確認できるはずがない。マグロ漁船員は全国で25,000~30,000人、寿司屋、魚市場関係者と一般の多食者の数は優に10万人を越すだろう。新潟水俣病患者の毛髪水銀の最低値は37.5ppmとされ、50ppm前後の水銀値で発病の確認された患者も数人ある。また新潟の胎児性水俣病患者の生後5月の毛髪水銀値が77ppm、その母親は産後4月で¹⁴⁾293ppmであった。さらに、熊本における近年の水俣病検診結果によると、高度汚染地域で水俣病流行期に出生した児童の中に、知能、精神神経、運動機能などの面で劣る者が対照地区より多いと報告されて⁴⁾いる。いずれにしても、この程度の水銀汚染の影響を確

実に検出するためには、大集団の汚染集団と非汚染集団の精密検診結果から特定の症状や機能障害の出現頻度、出現状況を比較検討しなければならない。これは自治体の手に余ることであり、また全国的な問題なのであるから国が主体になって全国的調査を行なうべきであろう。マグロの水銀汚染の実態と汚染源の調査でも世界第1位のマグロ漁獲国である日本が先頭に立つべきであろう。なお米国の魚類の水銀許容基準は0.5ppmだが、多量摂取する場合はこれでも安全とはいえないとしている。スウェーデンでは1.0ppmが基準だが、摂取量を週2回以下に制限している。日本でも水銀汚染マグロが絶対安全という根拠がない以上、マグロ等の摂取基準を決めて多食者とくに妊婦の健康監視を行なうべきであろう。

また往々日本人のマグロ摂取量は1人平均1日10gという論議をきくが、問題なのは多食者である。問題にしなければならないのはマグロ取扱業者、寿司屋などの「特定都民」、「特定日本人」であって、「一般都民」、「一般日本人」は抽象的概念としてしか存在しない。公害病は漁民、幼小児、老人など健康、経済、地域環境などの偏りのある部分に最初に発現することを忘れてはならない。

なお本研究に懇切なご指導・ご協力を頂いた新潟大学公衆衛生学滝沢行雄助教授，東京歯科大学衛生学上田喜一教授，新潟大学神経内科学椿忠雄教授，都立府中病院神経内科佐藤猛博士に深謝します。また中央卸売市場をはじめ毛髪試料を提供下さった皆様のご協力を感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 浮田忠之進：科学，41：586（1971）
- 2) 山中すみへ他：日衛誌，27：117（1972）
- 3) 若月俊一：科学：37：153（1967）
- 4) 熊本大学医学部 10年後の水俣病研究班報告書：10年後の水俣病（1972）
- 5) 白木博次：世界，9月号：173（1972）
- 6) 浮田忠之進：科学，36：257（1966）
- 7) 二島太一郎ほか：日衛誌，27：50（1972）
- 8) Kishore, R. & Guinn, V. P.: Report for the IDOE Workshop on Baseline Measurements at Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, May 24-26, 1972.
- 9) Windom, H. L.: Report for the IDOE Workshop on Baseline Measurements at Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, May 24-26, 1972.
- 10) Miller, G. E. et al: Science, 175: 1121(1972)
- 11) 朝日新聞記事：昭和46年7月5日朝刊
- 12) 東京都衛生局：昭和46年度毛髪中の各種重金属の蓄積調査，昭和47年9月8日
- 13) 日刊食料新聞記事：昭和47年8月26日
- 14) 新潟水銀中毒事件特別研究報告書（厚生省）：昭和42年
- 15) 滝沢行雄：科学，42：512（1972）