

1987年12月号の「水情報」に掲載された記事

水道水からアスベストが検出された

——消石灰で中和を——

木 藤 耕 一

水道水の安全性に対して、新たな疑問を投げ掛ける事実が明らかになった。昭和女子大の長沢弘明・元教授、蔵楽正邦短大助教授の研究グループが、水道水から大量のアスベストを検出した（後日、都衛研も結果の一部を発表した）。

健康への影響が心配されるが、このリスクをどのように見積るべきか、また、水道水のアスベスト汚染がどのような形で起きているのか、現在の私たちには未知な部分が多く、判断は難しい。そこで、米国環境庁の行った調査とリスク評価を参

考にして、日本の置かれている状況にアプローチを行ってみた。

汚染の経路と機構

今回東京都の水道水から検出されたアスベスト繊維は、配水系統で使われているアスベスト/セメント管（以下A/C管と略）に由来している。A/C管は、腐食に強い、錆びないので着色の恐れがない、内壁の滑らかさが半永久的に維持されるなどの利点から広く用いられている。東京都では昭和30年代にかなり使われ、59年の時点で2400 km（総延長の11%）、日本全体では84000 km（22%）がまだ残っている。検出されたアスベストは、管の補強用として使われている白アスベスト

キーワード：水質，水道，アスベスト，
発ガン性

(クリソタイル)である。米国で使用されているA/C管の場合、アスベスト混和率は20%以下で、日本もほぼ同じである。

何故、A/C管からアスベストが剥離するのだろうか。この汚染機構は、水道水中の炭酸カルシウムとセメント中のカルシウムとの化学平衡に基づいている。水中に炭酸カルシウムが少ないと、これを飽和させようとして、A/C管からカルシウムが溶出する、つまり、セメントが溶け出す。それと同時に、混和されているアスベスト繊維が剥離されるのである。この化学平衡は、Aggressiveness Index (敢えて訳せば「侵食度指数」となるが、以下A I 値と略) という簡単な指標でまとめられる。

$$A I = p H + \log (A \times H)$$

A: 全アルカリ度 (mg/l as CaCO₃)

H: カルシウム硬度 (mg/l as CaCO₃)

アスベストの検出には大変なお金と時間を要するので、こうした指標でA/C管の状態を推定することが出来れば、便利である。EPAはA I 値とアスベスト繊維数の関係について、6箇所の地点を選んで調査を行った結果、A/C管が劣化しないためには、A I 値は12以上であるべきだと主張している。この調査結果を表-1にまとめた。A I 値がおよそ12前後の所で、アスベストの検出/未検出が分かれている。日本の場合、もともと水道原水の炭酸カルシウム硬度が低く(50mg/l程度)、また、それを飽和させるような浄水工程も特に行なわれていない。炭酸カルシウムが多いと、石鹸の泡立ちが悪くなったり、工業用水としての利用に支障をきたすことから、むしろ少ない方が好ましいとされている。浄水のPHの基準が5.8~8.6であるので、日本の水道水のA I 値はせいぜい10ぐらいにしかならない。従って、アスベストが剥離してもおかしくはない。ただし、今回の昭和女子大の結果では、A I 値がほぼ同じでも繊維数は相当に違っている。これは、アスベスト管の劣化や接触時間の違いが利いているからかも知れない。

検出方法と汚染の実態

日本では、水中のアスベストの検出方法は全く統一されていない。この点が今回の最大の問題になっている。まず検出方法の基本的な線をなぞっておこう。①試水1ℓを0.22μmのフィルターで濾過する。②いったんフィルターを燃やして、フィルターに引っかかっている有機物を除く(アスベストは燃えずに残る)。③残った灰に適量のアセトンを加え、超音波を掛けて、アスベスト繊維をアセトン中に散らす。④アセトンの5μℓを電子顕微鏡で見て、繊維数をカウントする。

これらの方法の検出限界は約7000本/lである。電子顕微鏡の倍率は1万倍というオーダーなので、ごく微少な物質もカウントの邪魔になる。サンプルによっては灰の一部が付着して残ったり、繊維数の多い場合は複雑に絡み合っていることがある。こうした場合は何れもカウントの対象とならないので、試水のアスベスト繊維数は推定しうる最低値と考えねばならない。

都衛研では、ほぼこの様な手法を取っているが、昭和女子大では②の後に灰の洗浄操作、③の後に遠心分離操作が入る。簡単に言うと、できるだけ夾雑物を除いて、アスベスト繊維をカウントしやすくしている。

アスベストは他の化学物質とは異なり、DNAのヒット→変異細胞の出現→腫瘍の発生という発ガン機構を取らない。細胞の分化異常を引き起こしてガン化を促すと言われている。この発ガンプロセスには繊維の形状が影響し、もっとも発ガン性の高い繊維は直径0.05μm以下、長さ3μm以上

表-1 EPA調査結果 (出典: McFarren et al., 1977)

州名	pH	アルカリ度 (mg/l)	カルシウム硬度 (mg/l)	A I 値	平均アスベスト 繊維数 (×万本/l)
Florida	5.2	1.0	1.4	5.34	552
Washington	7.2	14	14.5	9.51	66
Connecticut	7.5	88	82	11.56	NS
Ohio	7.8	220	250	11.54	ND
Texas	9.4	50	44	12.74	ND
Texas	9.7	36	39	12.85	ND

(注) NS…統計的に有意でない ND…検出限界以下

と考えられている。つまり、長く薄い繊維ほど発ガン性が高い。米国で検出されている繊維は、平均径 $0.044\mu\text{m}$ 、平均長さ $4.3\mu\text{m}$ となっているが、昭和女子大の結果では、直径が殆どの繊維が $0.1\mu\text{m}$ 以下、長さは $0.5\mu\text{m}$ 以下のものが40%で最も多く、 $1.0\mu\text{m}$ 以下を合計すると78%になっている。都衛研では約70%が長さ $2.0\mu\text{m}$ 以下であるという。昭和女子大の場合、洗浄や遠心分離の過程でアスベストが折れている可能性が考えられるが、確認は難しい。

表一に昭和女子大、及び都衛研の検出結果をまとめた。両者の結果を比較すると、昭和女子大の検出レベルの範囲はかなり広い。検出方法の違いが与えている影響を加味しなければならないが、100万本/ℓレベルでの汚染がありうるということ、とりあえず頭に入れておいた方がいいのではないだろうか。

水道水中のアスベストのリスク

アスベストは、細菌を用いた変異原性試験では、発ガン機構の違いから検出できないが、人間に対して、肺ガン、胸膜・腹膜の中皮腫、胃ガンなどの消化器系ガンを起こす発ガン物質である。ラットを使った実験では、いったん体内に入った繊維は、侵入経路に因らず、体内に広く分布することが分かっている。例えば、吸入によって取り込んだ場合、約40%が呼吸器官に、約50%が消化

表一 昭和女子大と都衛生研究所の分析結果

場 所	AI値	繊維数 (×万本/ℓ)
昭和女子大		
世田谷区	10.12	122
大田区	10.16	56.5
渋谷区	10.21	129
練馬区	10.56	114
江東区	10.44	180
板橋区	10.66	41.2
西多摩郡	10.11	5.42
羽村取水口(原水)	9.90	ND
東京都衛生研究所		
朝霞系	—	3.8
金町系	—	9.3
小作系	—	5.4
田無系	—	3.8

(注) 都衛研ではAI値は測定されていない

器官に残る。

日本において、アスベストの混入した水道水を摂取することで、どの程度発ガン率が高まるかに関する疫学的なデータはない。また、基準についても、労働安全衛生法で、大気中の管理濃度が決められているに過ぎない。米国では、水道水のアスベストについての疫学調査は幾つか存在する。しかし、はっきりと発ガン性を証明できたものは、残念なことに1つしかない。EPAのリスク評価では、この疫学調査の結果は利用せずに、アスベストを使う工場労働者を対象にした疫学データを用いている。

EPAは、消化器系ガン(食道、胃、小腸、結腸、直腸のガン)のリスクを評価の対象にしている。労働者の曝露経路は、ほとんどが吸入であると考えられるが、吸入と嚥下の違いは考えない。リスクは、消化器系ガンで死亡したアスベスト労働者の曝露量から計算する。議論すべき点は多いと思われるが、人の一生を70年とし、10万人に1人の生涯リスクを考えると、30万本/ℓという基準値が弾き出される(この基準は全ての寸法のアスベストを考慮している)

検出方法の確定していない現在では、少し無理があるが、EPAの基準値と昭和女子大のデータから計算すると、水道水中のアスベストによる発ガン確率は100万人に1.8人から10万人に6人という範囲にある。

都衛研の結果と昭和女子大の結果の違いが、測定法の違いによるかどうかは今のところはっきりしない。クロスチェックをして危険のレベルをはっきりさせることが急務だろう。その上でとるべき対策には三つあると思う。一つは、浄水処理で中和に用いられているカセイソーダを消石灰に変更し、AI値を上げる、第二は、蛇口につけるフィルターの開発、第三は、管渠の更新計画の中でアスベスト管の順位を上げることであろう。アスベスト管をステンレス管に変えるということは、費用と時間のどちらから考えても、部分的にはあり得ても全体としては、とても我々の当面の健康を守る対策にはなり得ない。

(きとう こういち・東大大学院修士課程)

その後この部分は完全に訂正されている

水道水中のアスベストは有害との前提でこの提言をした。今となっては不要。