

水道水中のアスベストとがん罹患との関係

山本正彦

新潟大学医学部医学科4年

Relationship Between Asbestos in Tap Water and Cancer Incidence

Masahiko YAMAMOTO

*Niigata University School of Medicine,
Fourth - Year Medical Student*

要 旨

空気中に浮遊するアスベストの長期吸入による健康影響については国内外で広く研究されている。しかし、水道水を介したアスベスト（石綿）の経口摂取による発がん性については、不明な点が多い。本調査では、1. 主に日本（特に新潟県）や海外のアスベスト・セメント水道管の布設状況を把握した上で、2. 水道水を介したアスベスト摂取とがん罹患との相関について国内外の諸論文を検証して、その因果関係の有無を評価した。

その結果、1. アスベスト・セメント管の布設割合は、全国的にも、新潟県でも近年、低下傾向にあることがわかった。しかし依然として、全国では18,710 km（2003年度）、新潟県では937 km（2004年度）、と多く残存している。

論文検索の結果、2. 水道水を介したアスベスト摂取と消化器系がんの罹患との間に有意な関係が一部の論文で認められたが、多くの論文では関係性に乏しいか、あるいは、積極的には肯定できないということであった。

今回調べた文献では、呼吸によるアスベストの吸入、調査期間中の転入や転出、水道水中に含まれるその他の有害物質（砒素やトリハロメタンなど）等の多因子による相乗的な影響を加味していない。また、呼吸器系で吸入したアスベストによる肺がんや悪性中皮腫の場合、発がんまでの潜伏期間が長いのに比して、今回の論文での観察期間は短期であり、それらの関係性は不明である。従って、関係ありと断言することはできない。

キーワード：アスベスト、水道水、がん

Reprint requests to: Yasuo TSUCHIYA
Division of Social and Environmental Medicine
Department of Community Preventive Medicine
Niigata University Graduate School of Medical
and Dental Sciences
1-757 Asahimachi - dori Chuo - ku,
Niigata 951 - 8510 Japan

別刷請求先：〒951-8510 新潟市中央区旭町通1-757
新潟大学大学院医歯学総合研究科地域予防医学講座
社会・環境医学分野 土屋康雄

はじめに

方 法

アスベスト（石綿）は天然の鉱物繊維であり、熱に強く、耐久性に富み、酸やアルカリにも強いという特性を持つため、スレート材、ブレーキライニングやブレーキパッド、防音材、断熱材、保温材などに使用されてきた。一方で、WHOは、空气中に浮遊するアスベスト繊維の長期吸入によって、肺繊維症（じん肺）や肺がん、悪性中皮腫を誘発すると報告している。

ところで、アスベストはスレート材など、先に述べたことに使われると同時に、水道管にも使われてきた。アスベスト・セメント水道管は施工性が良く、安価であったということもあって、日本では概ね1930年代から1980年代後半にかけて盛んに使用されていた。その後、漏水防止や水道管路耐震化の必要性から徐々に取り替え作業が進んできてはいるものの、現在でも依然として残存している（日本におけるアスベスト・セメント管敷設状況：2003年度、水道管路総延長の3.2%）。

空气中に飛散したアスベストの吸入による健康への悪影響については広く調査がなされてきたが、水道管に使われたアスベストの健康に及ぼす影響については十分に調査がされてきているとはいえない。

Cunninghamら¹⁾がカナダの水道水中にアスベストを検出したことがきっかけとなり、水道水に含まれるアスベストと地域住民のがん罹患との関係が注目されるようになった。水道水中にアスベストが検出される一因として、配水管に使用されているアスベスト・セメント管の腐食により、アスベストが剥離し、水道水中へと混入する可能性が考えられる。水道水を介してのアスベストの経口摂取と、消化器系をはじめとする諸臓器におけるがん罹患との関係については、未だ不明な点が多い。

そこで本調査では、アスベスト摂取とがん罹患との相関について国内外の諸論文を検索し、整理・検証して、その因果関係の有無を評価していくことを目的としている。

1. アスベスト・セメント管使用状況の出典

新潟県の上水道事業体におけるアスベスト・セメント管の布設状況については、2002年度から2004年度の「新潟県の水道」²⁾³⁾⁴⁾より情報を得た。また、諸外国（イギリス、オランダ、西ドイツ、フランス、タイ）と日本全国におけるアスベスト・セメント管の布設状況については、「水道管に使用されている石綿セメント管について」⁵⁾を参照した。

2. 水道水からのアスベストの摂取とがん罹患との関係についての文献

PubMedでは、「asbestos」、「drinking」、「water」、「cancer」の論理積をとった。その結果、全体で54件検出した。そのうち、原著論文では記述疫学2件、地域相関研究3件、症例対照研究1件を採用した。

医学中央雑誌では、「アスベスト」と「飲料水」の論理積をとった。その結果、全体で1件のみが検出された。医学中央雑誌で得られた1件は総説であったが、単純な解説であったので、本調査では考察に用いなかった。

結 果

1. アスベスト・セメント管使用状況の出典

「新潟県の水道」²⁾³⁾⁴⁾によると、新潟県全体でのアスベスト・セメント管路延長、全水道管路総延長、アスベスト・セメント管の布設割合、はそれぞれ、1,179km, 14,840km, 7.9%（2002年度）、1,034km, 15,059km, 6.9%（2003年度）、936km, 15,391km, 6.1%（2004年度）であった。

また、「水道管に使用されている石綿セメント管について」⁵⁾によると、日本全体におけるアスベスト・セメント管路延長、水道管路総延長、アスベスト・セメント管の布設割合はそれぞれ、23,656km, 562,478km, 4.2%（2001年度）、21,071km, 572,141km, 3.7%（2002年度）、18,710km, 578,890km, 3.2%（2003年度）であった。

2. 水道水からのアスベスト摂取とがん罹患との関係についての文献検索

表1に結果を示す。6件の論文のうち、記述研究は2件、地域相関研究は3件、症例対照研究は1件であった。

そのうち、“関係あり”が1件、“関係なし”が2件、“関係ありと結論できない”が3件であった。“関係あり”とした Confortiら⁶⁾の論文では、水道水中のアスベストの濃度と、白人男性の食道、胃、膵臓で、白人女性の食道、胃、肝臓、胆嚢、後腹膜でそれぞれ、がんの罹患との関係が認められた。

“関係なし”としたアメリカの Harringtonら⁷⁾の論文では、アスベスト・セメント水道管の有無別に、胃、結腸、直腸がんの O/E (観察値/期待値) 比を分析したが、どの調査地域においても男女共に有意差がなかった。

また、同じく“関係なし”としたアメリカの Milletteら⁸⁾の論文でも、各臓器がんとともに顕著な地域差異は認められなかった。

“関係ありと結論できない”としたのは、Polissarら⁹⁾の論文、Sadlerら¹⁰⁾の論文、Howeら¹¹⁾の論文、の3件である。Polissarら⁹⁾の論文では、全てのがんでアスベスト暴露群のオッズ比は、女性で0.92～0.99、男性で0.82～1.01であった。消化器系がんでは女性1.03～1.08、男性で0.85～1.00であった。男性の胃がんと咽頭がんでリスクが上昇 ($p < 0.05$) した。ただし、著者らは、正確なアスベスト暴露量を評価するため、標本数や居住歴なども考慮しなければならないと述べている。

Sadlerら¹⁰⁾の論文では、SIR (標準化罹患比) は男性腎がんで192 ($p < 0.01$)、男性白血病で106、女性白血病で203 (男女とも $p < 0.01$) であった。全がんの SIR は80であり、有意に低下していた ($p = 0.05$)。胃、小腸、結腸、胆嚢、膵臓、腹膜、悪性黒色腫、リンパ腫では有意差は無かった。がん罹患数の観察期間は約10-30年であった。

Howeら¹¹⁾の論文では、男性の腎臓がんの SIR は増加傾向が見られたが有意差はなかった。男性の結腸がんと男女の肺がんの SIR は低下したが、

観察期間が不十分であったことによる結果である可能性があり、さらなる研究の必要性を述べている。

考 察

1. アスベスト・セメント管の布設状況について

新潟県内では、各上水道事業体に応じてアスベストセメント管の布設割合が大きく異なっている、という特徴がみられる。これは、地域によって交換作業の進捗率が異なるためと考えられる。

また、新潟県全体としては、アスベスト・セメント管の布設割合が2002年度から2004年度にかけて毎年約1%ずつ低下してきていることから、漏水防止や水道管路耐震化の必要性から取り替え作業が進んできていると考えられる。なお、全国的に見てもこの低下傾向は同じである。

しかし依然として、全国では18,710km (2003年度)、新潟県では937km (2004年度)、と多く残存している。

外国では、全水道管に占めるアスベスト・セメント管の割合とその総延長はそれぞれ、イギリスで1%未満、総延長不明 (1989年)、オランダで40.5%、約37,000km (1988年)、西ドイツで11%、約30,000km (1989年)、フランスで2.8%、約6,000km (1988年)、タイで55.9%、約6,800km (年度不明) であった。

2. 水道水からのアスベスト摂取とがん罹患との関係について

原著論文6件の内容をアスベスト暴露の把握、結果の評価方法、結果、各項目にまとめて「水道水中のアスベストとがん発生の関係」について判定を下す (表1参照) とともに、WHO¹²⁾、EPA¹³⁾、厚生労働省⁵⁾などの総説、日本健康医学センター (浄水器メーカー) のインターネット記載記事¹⁴⁾、症例報告2件も参照した。

WHOの報告¹²⁾によると、「アスベストを飲料水から摂取することが発がんのリスクを増加させる、という仮説を支持する疫学的な研究は存在しない。また、実験動物を用いた広範な研究によっても、アスベストが常に消化管系の腫瘍を発生させるわけではないことが分かっている。したがっ

表1 水道水中のアスベストとがん罹患との関係

参照	年	著者	研究の型	タイトル	アスベスト暴露の把握	結果の評価方法	結果	判定
7)	1978	Harrington et al. U.S.	記述研究	An investigation of the use of asbestos cement pipe for public water supply and the incidence of gastrointestinal cancer in Connecticut, 1935-1973.	飲料水用アスベスト/セメント管の使用と非使用の地域に分けた分析した。使用地域では、パイプの年数、アスベストを溶出させやすい水質、パイプの長さを考慮した。	がん登録で人口密度の大中小の地域別、男女別の胃、結腸、直腸がん罹患についてobserved/expected ratios (O/E比)を比較した。	アスベスト使用水道管の有無別に胃、結腸、直腸がんのO/E比を分析したが、どの地区でも男女とも有意差がなかった。	(-)
6)	1981	Conforti et al. U.S.	地域相関研究	Asbestos in drinking water and cancer in the San Francisco Bay Area:1969-1974 incidence.	蛇紋石が多い水源から採水しており、水道水中のクリソタイル濃度測定(1969~1971)した。	サンフランシスコ・オークランドの410地区、1969~1974年がん登録データを使用。410地区を水道水中アスベスト濃度の4区分別に分類し、罹患率を比較した。	白人男性では食道、胃、膵臓で、白人女性では食道、胃、肝、胆嚢、後腹膜でがん罹患との関係が確認された。また収入、教育、アスベスト作業、結婚の有無、住民の移住等と無関係であった。	(+)
8)	1983	Millette et al. U.S.	地域相関研究	Epidemiology study of the use of asbestos-cement pipe for the distribution of drinking water in Escambia County, Florida.	フロリダ・エスカンビア郡のアスベスト管使用している地域(高暴露群、低暴露群)と非使用地域(非暴露群)に分けた。	人口動態統計(死因別がん死亡)を用い、標準化死亡率(SMR)を計算。消化器系、膵臓、胃、膀胱、尿管、肝、肺がんについてアスベスト濃度を3群で比較した。	各臓器がんともSMRIに顕著な地域差異は認められなかった。	(-)
9)	1984	Polissar et al. U.S.	症例対照研究	A case-control study of asbestos in drinking water and cancer risk .	居住地、勤務地、個人の飲用水使用別に個人のアスベスト暴露量及び年数を計算。Sultan Riverを水源とした場合の水道水中のアスベスト濃度は 207×10^6 fibers/literであった。	ワシントン・エベレットで1977~1980年に診断された382人の口腔、咽喉、呼吸器、消化器、膀胱、腎臓のがんと、462人の対照者(性・年齢等マッチングせず)について、水道水中のアスベストを始めとして84項目について聴聞。Logistic regression analysisを実施し、オッズ比を計算した。	全がんでアスベスト20年暴露した時のオッズ比は、女性で0.92~0.99、男性で0.82~1.01であった。消化器系がんでは女性1.03~1.08、男性で0.85~1.00であった。男性の胃がん咽喉がんリスクが上昇(p<0.05)した。ただし、著者らは、正確なアスベスト暴露量を評価するため、標本数や居住歴なども考慮しなければならぬと述べている。	(±)
10)	1984	Sadler et al. U.S.	地域相関研究	The use of asbestos-cement pipe for public water supply and the incidence of cancer in selected communities in Utah.	アメリカ・ユタ州でアスベスト/セメント管の飲料水を20年以上使用した14地区と非使用地区27地区での比較した。	がん登録を用いて各がんの標準化罹患比(SIR)を両地区で比較した。	SIRは男性腎臓がん(192(p<0.01)、男性白血病で106、女性白血病で203(男女ともp<0.01)であった。全がんのSIRは80であり、有意に低下していた(p=0.05)。胃、小腸、結腸、胆嚢、膵臓、腹膜、悪性黒色腫、リンパ腫では有意差は無かった。著者は観察期間が約10-30年と短く、決定的な判定は下せない判断した。	(±)
11)	1989	Howe et al. U.S.	記述研究	Cancer incidence following exposure to drinking water with asbestos leachate.	アメリカ・ニューヨーク州のWoodstokでの水道水中のアスベストが1985年に 3.2×10^8 fibers/liter~ 304.5×10^8 fibers/literであったのでこの地域を調査した。	1973-83年のがん登録データを用いて、全身臓器でのがんの標準化罹患比(SIR)を計算。期待値はニューヨーク市を除くニューヨーク州全域のがん罹患率を用いた。	男性の腎臓がんのSIRは増加傾向が見られたが有意差はなかった。男性の結腸がんのSIRはむしろ低下した。男女ともに肺がんのSIRは低下した。著者は観察期間が短いので関係について結論を下せない、と判断した。	(±)

(+):関係あり (-):関係なし (±):関係ありと結論できない

山本：水道水中のアスベストとがん罹患との関係

て、飲料水からのアスベスト摂取が人体にとって危険であるという明確な証拠は無く、飲料水中のアスベストに関するガイドラインを設定する必要は無い」と結論づけている。

また、EPA (U.S. Environmental Protection Agency)¹³⁾によると、「MCL (Maximum Contaminant Level, EPAが決定した健康に悪影響を与えうる化学物質の基準濃度であり、アスベストの場合は 7×10^6 fibers/literとしている)を越す濃度のアスベストを含む水道水に短期間暴露された場合、どのような健康問題を引き起こすかまだ分かっていない。また、MCLを越す濃度に長期間(一生涯など)暴露された場合、肺疾患や肺がんをおこす可能性がある」としている。

さらに、厚生労働省健康局水道課⁵⁾によると、「(1)平成4年(1992年)に改正した水道水質基準の検討時にアスベスト(石綿)の毒性を評価したが、アスベストは呼吸器からの吸入に比べ経口摂取に伴う毒性は極めて小さく、また、水道水中のアスベストの存在量は問題となるレベルにないことから、水道基準の設定を行わないとしたところ。(2)世界保健機関(WHO)が策定・公表している飲料水水質ガイドラインにおいても、飲料水中のアスベストについては、『健康影響の観点からガイドライン値を定める必要はないと結論できる』としているところ」と述べられている。

一方で、日本健康医学センター(浄水器メーカー)のインターネット記載記事¹⁴⁾によると、ある実態調査の結果、最大 1.8×10^6 fibers/liter、平均 0.92×10^6 fibers/literのアスベスト繊維が含まれており、調査された水道アスベスト管中に存在するアスベスト繊維のうち、約半数が直径 $0.04 \sim 0.06 \mu\text{m}$ と極めて小さかった、と述べている。また、アスベスト繊維が小腸壁を貫通し、血中に移行、腎皮質や脾臓、肝臓、腸間膜などに蓄積され消化器系(食道・胃・腸)がんや肺がん、腹膜がんなどが発生するとしている。しかしこれらの記述の根拠となるべき出典については情報がなく、真偽は不明である。

日本では、大西ら¹⁵⁾、佐藤ら¹⁶⁾の症例報告を参照した。

大西ら¹⁵⁾はアスベスト小体の全身臓器における検索の結果、食道、脾臓にアスベスト小体が比較的多いという成績を得た。従来から経気道的に吸引された石綿繊維が胸膜に達して集積し、胸膜にplaqueを作ることが知られているが、食道は喀痰の飲み込みによるものと推測しても脾臓に及ぶとは考えにくい、としている。その上で、網内系臓器(脾臓、肝臓、骨髄等)や肺から遠隔の臓器にアスベストを検出したことからリンパ行性や血行性の経路に考慮を払う必要がある、としている。また、消化管にアスベスト繊維の蓄積が多いことより喀痰の飲み込みだけでなく食物や飲料水によることにも考慮を払う必要がある、としている。

佐藤ら¹⁶⁾の報告によると、大網組織および腫瘤から対照群に比し有意差をもって多数のアスベストが検出され、アスベストとの関連が示唆されたとのことであった。その上で、アスベストが悪性腹膜中皮腫の原因となる場合、気道・肺を経てリンパ行性に腹膜に至る経路が考えられるが、経口・経腸的に腹膜に達する経路も無視できず、この問題の解決にはさらに症例を重ねる必要がある、としている。

水道水を介したアスベスト摂取と消化器系がんの罹患との間に有意な関係が一部の論文で認められたが、多くの論文では関係性に乏しいか、あるいは、積極的には肯定できないという結果であった。今回調べた文献は主に断面研究であり、呼吸によるアスベストの吸入、調査期間中の転入や転出、砒素やトリハロメタンなど水道水中に含まれるその他の有害物質、等の交絡因子による相乗的な影響を加味していない。また、アスベストの水道水を介した摂取による発がん機構が定かではなく、肺から吸入したアスベストによる悪性中皮腫の場合、発がんまでの潜伏期間が長いのに比して、今回の論文での観察期間は短期である。以上を総合すると、関係ありと断言することはできないものと思われる。

さらに、今回まとめた論文の調査地域は北米であり、この分野における日本での疫学研究はあまり行われていないことから、民族間の違いは不明である。日本をはじめアジア地域でのアスベ

ト・セメント管の使用状況の解明と、交絡因子を調整した研究のさらなる進展により、今後、がん罹患との関係性が明確になれば、がん罹患の予防と対策に資するものと期待できる。

謝 辞

本研究のご指導および論文のご校閲をいただきました新潟大学大学院 医歯学総合研究科 地域予防医学講座 社会・環境医学分野の山本正治先生、中村和利先生、土屋康雄先生、尾山真理先生に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Cunningham HM and Pontefract R: Asbestos fibres in beverages and drinking water. *Nature* 232: 332 - 333, 1971.
- 2) 新潟県保健福祉部生活衛生課：平成 14 年度 新潟県の水道：87 - 89, 2002.
- 3) 新潟県保健福祉部生活衛生課：平成 15 年度 新潟県の水道：89 - 91, 2003.
- 4) 新潟県保健福祉部生活衛生課：平成 16 年度 新潟県の水道：82 - 84, 2004.
- 5) 厚生労働省健康局水道課：水道管に使用されている石綿セメント管について、平成 17 年。
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/hourei/jimuren/h14/dl/170713-1.pdf>
- 6) Conforti PM, Kanarek MS, Jackson LA, Cooper RC and Murchio JC: Asbestos in drinking water and cancer in the San Francisco Bay Area: 1969 - 1974 incidence. *J Chronic Dis* 34: 211 - 224, 1981.
- 7) Harrington JM, Craun GF, Meigs JW, Landrigan PJ, Flannery JT and Woodhull RS: An investigation of the use of asbestos cement pipe for public water supply and the incidence of gastrointestinal cancer in Connecticut, 1935 - 1973. *Am J Epidemiol* 107: 96 - 103, 1978.
- 8) Millette JR, Craun GF, Stober JA, Kraemer DF, Tousignant HG, Hildago E, Duboise RL and Benedict J: Epidemiology study of the use of asbestos - cement pipe for the distribution of drinking water in Escambia County, Florida. *Environ Health Perspect* 53: 91 - 98, 1983.
- 9) Polissar L, Severson RK and Boatman ES: A case - control study of asbestos in drinking water and cancer risk. *Am J Epidemiol* 119: 456 - 471, 1984.
- 10) Sadler TD, Rom WN, Lyon JL and Mason JO: The use of asbestos - cement pipe for public water supply and the incidence of cancer in selected communities in Utah. *J Community Health* 9: 285 - 293, 1984.
- 11) Howe HL, Wolfgang PE, Burnett WS, Nasca PC and Youngblood L: Cancer incidence following exposure to drinking water with asbestos leachate. *Public Health Rep* 104: 251 - 256, 1989.
- 12) World Health Organization: Asbestos in Drinking - water, 2003.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/asbestos.pdf
- 13) U.S. Environmental Protection Agency: Consumer Factsheet on: Asbestos, 2006.
<http://www.epa.gov/ogwdw000/dwh/c-ioc/asbestos.html>
- 14) 日本健康医学センター：水道水の恐怖：アスベスト 水質汚染問題，年次不詳。
<http://www.kenkou-igaku.com/asbestos.html>
- 15) 大西義久，小林 寛，張 維銘：剖検諸臓器における石綿の検出. *医学のあゆみ* 134: 179 - 180, 1985.
- 16) 佐藤鍊一郎，師岡 長，横山治夫，福田二代，佐伯 剛：悪性腹膜中皮腫の 2 症例における石綿暴露の検討. *消化器外科* 15: 1671 - 1672, 1992.
(平成 20 年 5 月 6 日受付)