

堺市北部地域整備事務所アスベスト飛散事故における健康リスク評価

近畿大学医学部

東 賢一

1. アスベストによる健康障害

アスベスト（石綿）の吸入で生じる代表的な疾患としては、石綿肺、悪性腫瘍である肺癌と悪性中皮腫がある。石綿肺は、肺が線維化する肺線維症（じん肺）の一種であり、高濃度のアスベスト粉じんを職業上10年以上吸入した労働者に生じるといわれている。国際化学物質安全性計画（ICPS）が1986年に公表した報告書では、作業環境の大幅な改善により、石綿肺は重要なアスベスト関連疾患の死因ではなくなるであろうと述べている（IPCS, 1986）。また、1998年の報告書では、アスベストの吸入による石綿肺様の変化は、気中濃度として5,000～20,000本/Lのクリソタイルに長期間曝露した際にみられると報告している（IPCS, 1998）。

肺癌では、アスベスト以外の原因による肺癌とアスベスト曝露による肺癌に臨床像の違いはみられない。通常、アスベストに曝露し始めてからの潜伏期間は15～40年といわれている。また、アスベストとたばこの煙の両方を吸入すると著しく肺癌のリスクが高まることが知られている。

悪性中皮腫は、胸膜、腹膜、心膜、精巣固有鞘膜腔を覆う中皮表面およびその下層の組織から発生する悪性腫瘍で、胸膜に発生する悪性中皮腫が大半である。通常、悪性中皮腫発生の潜伏期間はアスベストに曝露し始めてから20～50年といわれている。

アスベストに曝露した労働者において、細胞性免疫の低下が報告されている。アスベスト曝露による免疫系の異常は、石綿肺を発症していない労働者では通常軽度か消失した状態ではあるが、免疫機能の低下は悪性腫瘍の発生や進展の要因になる可能性が懸念されている。アスベストの吸入による神経系や生殖発生への影響は人および実験動物のいずれにおいても報告されていない（ATSDR, 2001）。

以上のことから、本件では、アスベストの発がん影響（肺癌と悪性中皮腫）を指標として健康リスク評価を実施する。

2. リスクの判断基準について

世界保健機関（WHO）や各国におけるアスベストの有害性評価において、アスベストは閾値（影響を発現しはじめる境界となる値、これ以下の値であれば影響が発現しないと考えられる値）が存在しない発がん物質と判断されている。そのため、実質的に安全とみなされる量（実質安全量）を算出し、その数値をもとにリスク評価を行う。

アスベストをはじめ、閾値のない発がん物質のリスクは、本来は限りなく0に近いことが望ましいが、現在日本では、有害物質による生涯過剰発がんリスクが10万分の1以上であるときは、何らかの対策をとるべきであると考えられている。そのため、生涯曝露における過剰発がんリスクにおいて、10万人に1人の発がんが想定される数値で大気環境基準を定めている（環境省中央環境審議会, 1996）。

環境省では、化学物質による環境汚染を通じて人の健康や生態系に好ましくない影響が発生す

ることを未然に防止するため、平成13年度から環境リスクの初期評価を実施してきた。初期リスク評価では、多数の化学物質の中から相対的に環境リスクが高い可能性がある物質を、科学的な知見に基づいてスクリーニング（抽出）するための取り組みである。

健康リスクの初期評価において、有害性に閾値がないと考えられる発がん物質では、生涯曝露のがん過剰発生率が10万分の1以上であるときは、詳細な評価を行う候補と考えられる、100万分の1～10万分の1の間では、情報収集に努める必要があると考えられる、100万分の1未満では、現時点では作業の必要はないと判定している（環境省環境リスク評価室, 2014）。

本件の健康リスク評価では、日本の大気環境基準における設定基準を基本としたうえで、人の健康に及ぼすリスクについてスクリーニング的な評価を行っている環境省の健康リスク初期評価の判定基準も参照し、総合的に健康リスクの程度を判断する。

3. リスク評価に用いる評価値について

アスベストの発がんリスクについて、WHOは、10万分の1の発がんリスク（肺がんと中皮腫）に相当する生涯曝露濃度を0.045～0.45本/L（混合繊維）と報告している（WHO, 2000）。また米国環境保護庁（USEPA）は、同様に0.043本/L（混合繊維）と報告している（USEPA, 1993）。クリソタイルは角閃石系アスベスト（クロシドライト、アモサイト）よりも発がん性が低いと考えられている。しかしWHOは、安全側に評価するために、クリソタイルは角閃石系と同じ発がんリスクと仮定している。これらの値を導出するにあたっては、使用した計算モデルや統計学的な判断において、人の個体差等の不確実性を考慮して安全側（低濃度側）に発がんリスクを導出している。

Hughes（ヒューズ）は学校内に使用されているアスベスト（混合繊維）による子供への曝露に対するリスクを評価した結果、6年間就学、年間36週間、週35時間の曝露時間（7,560時間の累積曝露）の間、1本/Lのアスベストに曝露した場合、100万人あたりの生涯発がん数は5人と報告している（Hughes and Weill, 1986）。従って、10万分の1の発がんリスク（肺がんと中皮腫）に相当する生涯曝露濃度は0.025本/Lと計算される。これらの数値から、アスベストの生涯曝露濃度と100万人あたりの生涯発がん数を計算すると、図1のようになる。なお、WHOの値は低濃度側（安全側の評価）で示した。

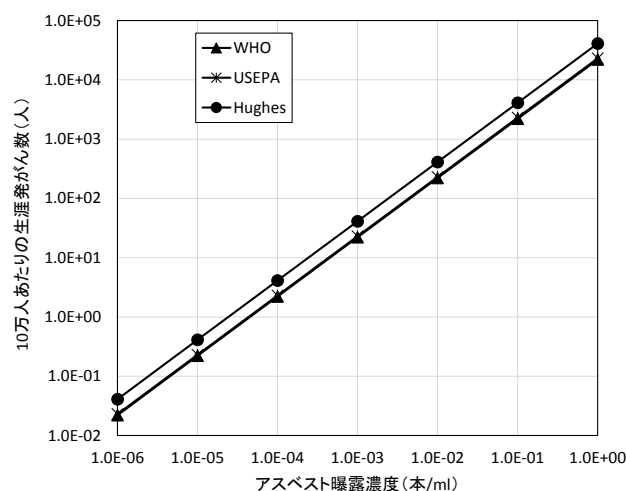


図1 アスベストの曝露濃度と生涯過剰発がんリスク

本件ではアモサイトが飛散したが、WHO はクリソタイトの発がんリスクを角閃石系（クロソドライト、アモサイト）と同じと仮定してアスベストの発がんリスクを導出している。従って、本件における健康リスク評価は、アモサイトの発がん性を念頭においている。なお、乳幼児の体重あたりの呼吸量は成人よりも多いことから、年齢による補正を実施する（次項参照）。

4. 年齢による評価値の補正について

人における体重あたりの呼吸量は小児では年齢の低下とともに増加する。成人に対する乳幼児の体重あたり呼吸量の倍数については、複数の調査報告がある。Brochu（ブロシュ）ら（2006）は、成人に対して0歳児で2.2倍、1歳から5歳児で2.1倍と報告している。米国環境保護庁（USEPA, 2009; USEPA, 2011）は、成人に対して最大で6倍と報告している（図2、表1）。本事例では、石綿の乳幼児への影響に関しては十分な研究データが無いことから、乳幼児への影響については安全側に評価することとし、米国環境保護庁の曝露因子ハンドブックが算出した年齢別呼吸量をもとに、0歳児及び1歳児で6倍、2歳児で5倍、3～5歳児で4倍の補正係数を曝露量に適用する。

表1 成人に対する体重あたり呼吸量の倍数

	男性	女性
0歳児	4.9	5.7
1歳児	5.3	6.0
2歳児	4.3	4.8
3～5歳児	3.1	3.5

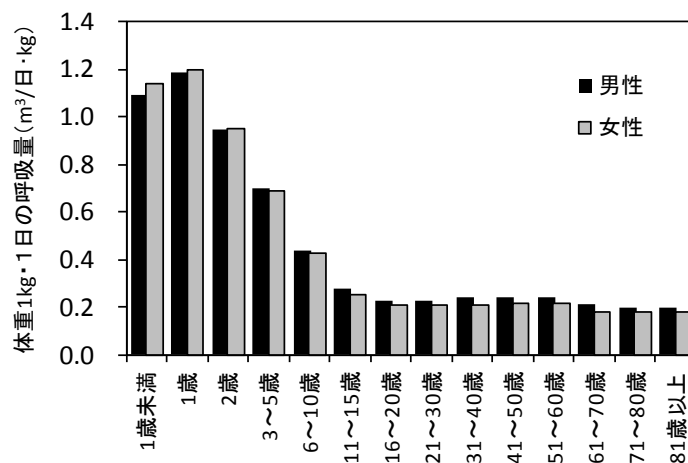


図2 年齢別の体重あたり呼吸量

5. リスク評価結果および見解

保育所の園児については Hughes のリスク評価値、保育所の送迎者、保育所の職員、集合住宅の住民、堺市の職員に対しては WHO のリスク評価値を用いて本件における曝露推計から算出した総曝露量（曝露量1および曝露量2）をもとに、生涯過剰発がんリスクを算出した（表2-1～表2-3）。図3には、それぞれ曝露量1と曝露量2における曝露集団単位での生涯過剰発がんリスクをグラフで示した。なお、成人に対する体重あたりの呼吸量の補正係数として0歳及び1歳児では6、2歳児で5、3～5歳児で4の補正係数を曝露量1及び曝露量2に適用して発がんリスクを算出した。それぞれの曝露ケースのうち最も総曝露量が多い推計量であっても、生涯過剰発がんリスク10万分の1を大きく下回っており、100万分の1をも下回っていた。従って、本件の石綿曝露で生じた健康リスクは、健康面での経過観察や健康管理等の対応を今後とる必要はないと考えられるレベルであり、現時点では、さらなる情報収集や評価等の作業の必要はないと判

断できるレベルであった。

なお、2015年10月にWHOが石綿の有害性に関する再評価を実施したが、現在設定されている石綿の空気質ガイドラインを見直す必要はないと判断している（WHO Expert Consultation: available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines. Meeting report, World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen, 2016.）。将来、石綿の有害性に関して、これまでの知見よりも低濃度で発がん等の有害な影響が生じるなど、信頼できる新たな科学的知見が見いだされた場合には、健康リスクの再評価を実施するかどうかを検討することが望ましいと考えられる。

表2-1 発がんリスクの評価結果（隣接施設A(保育園)）

ケース番号	グループ	対象者	生涯過剰発がんリスク	
			曝露量1	曝露量2
1	園児	0~5歳児	$0.0 \sim 8.3 \times 10^{-8}$	$0.0 \sim 1.7 \times 10^{-7}$
2				
3				
4				
5				
6	保護者	送迎者		
7	園職員	保育士(0~5歳児)		
8	園職員	事務室職員		
9				
10				

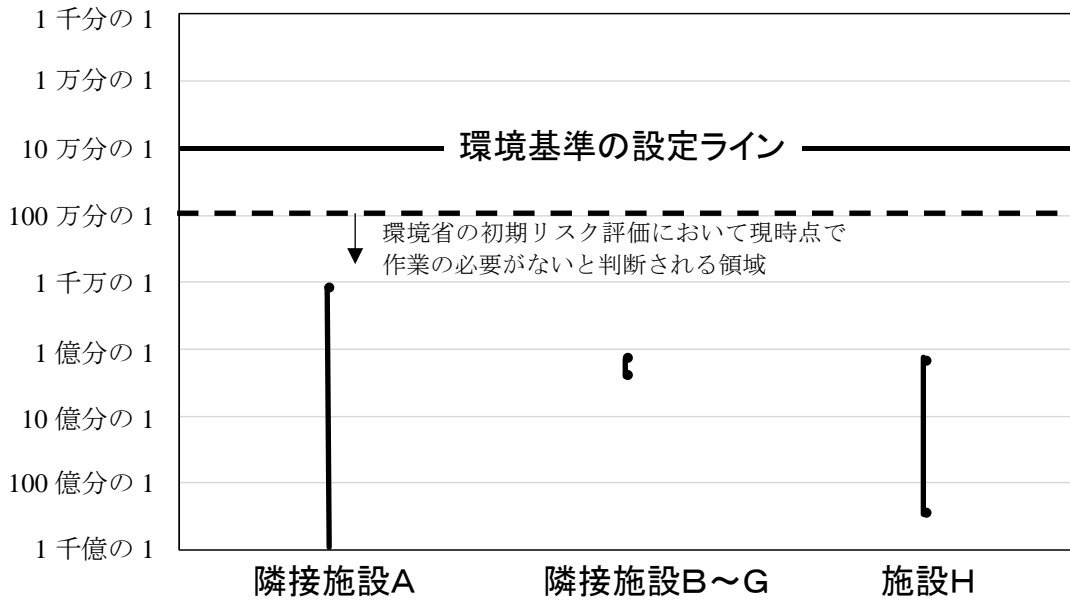
表2-2 発がんリスクの評価結果（隣接施設B~G(集合住宅)）

ケース番号	グループ	対象者	生涯過剰発がんリスク	
			曝露量1	曝露量2
1	5~13階建	入居者	$4.2 \times 10^{-9} \sim 7.5 \times 10^{-9}$	$9.1 \times 10^{-9} \sim 1.7 \times 10^{-8}$
2				
3				
4				
5				
6				

表2-3 発がんリスクの評価結果（施設H(北部地域整備事務所)）

ケース番号	グループ	対象者	生涯過剰発がんリスク	
			曝露量1	曝露量2
1	職員・委託業者	1,2階職員、空調点検者	$3.6 \times 10^{-11} \sim 6.6 \times 10^{-9}$	$1.8 \times 10^{-8} \sim 3.5 \times 10^{-7}$
2				
3				
4				
5				
6				

(A) 曝露量1の過剰発がんリスク



(B) 曝露量2の過剰発がんリスク

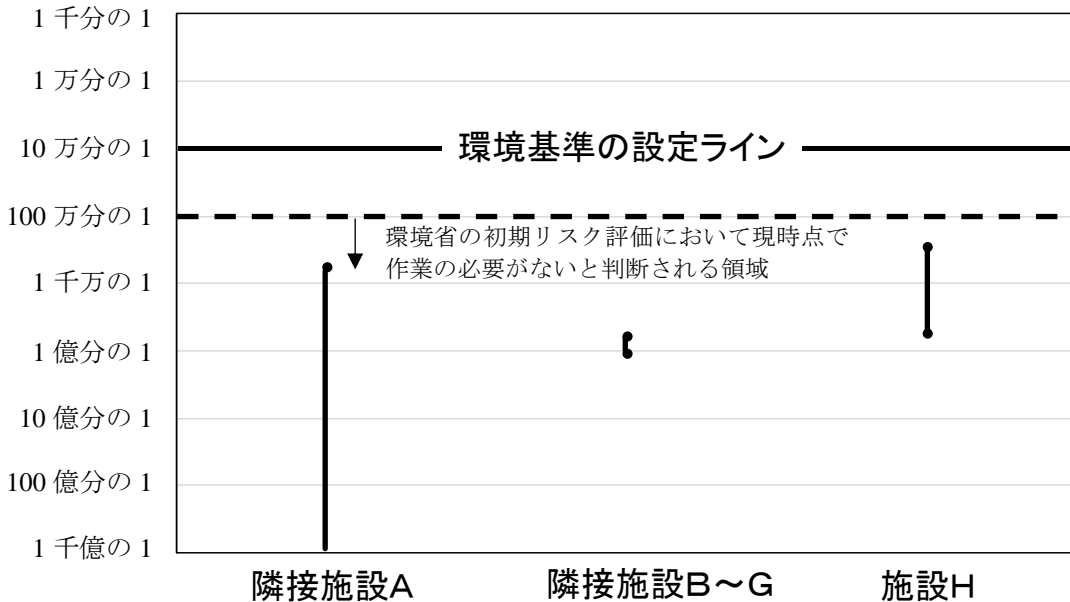


図3 施設単位での発がんリスクの分布 ((A)曝露量1、(B)曝露量2)

参考文献

- ATSDR (2001) Toxicological Profile for Asbestos. U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta.
- Brochu P, Ducré-Robitaille JF, Brodeur J (2006) Physiological daily inhalation rates for free-living individuals aged 1 month to 96 years, using data from doubly labeled water measurements: A proposal for air quality criteria, standard calculations and health risk assessment. *Hum Ecol Risk Assess* 12: 675–701.
- Hughes JM and Weill H (1986) Asbestos exposure-quantitative assessment of risk. *Am Rev Respir Dis* 133:5–13.
- IPCS (1986) Asbestos and other natural mineral fibers. *Environmental Health Criteria* 53, World Health Organization, Geneva.
- IPCS (1998) Chrysotile asbestos. *Environmental Health Criteria* 203, World Health Organization, Geneva.
- WHO (2000) Air Quality Guidelines for Europe 2nd edition., WHO Regional Publication, Europeans Series, No. 91, Copenhagen.
- USEPA (1993) Integrated Risk Information System. Asbestos, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- USEPA (2009) Metabolically Derived Human Ventilation Rates: A Revised Approach Based Upon Oxygen Consumption Rates (Final Report) 2009. EPA/600/R-06/129F, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (2011) Exposure Factors Handbook: 2011 Edition. EPA/600/R-090/052F, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- 環境省中央環境審議会 (1996) 今後の有害大気汚染物質対策のあり方について (第二次答申) . 中環審第 82 号, 平成 8 年 10 月 18 日.
- 環境省環境リスク評価室 (2014) 化学物質の環境リスク初期評価ガイドライン (平成 26 年 12 月版)