

日置荘小学校実証実験結果に対する健康リスク評価結果

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。肺癌は通常、アスベストに曝露し始めてからの潜伏期間が 15～40 年といわれている。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, 2019）。

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（クリソタイル単独では 1.5 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。WHO による安全側への評価を考慮して混合繊維の結果を用い、これらの数値からアスベストの生涯曝露濃度と 10 万人あたりの生涯発がん人数を計算すると、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。

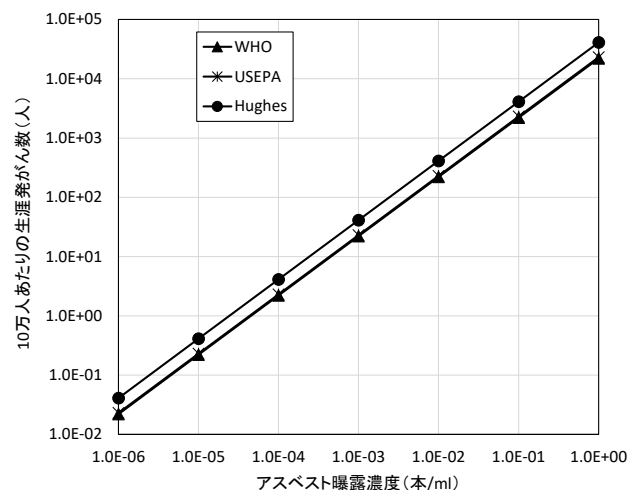


図 1 アスベストの曝露濃度と生涯過剰発がんリスク

本件ではクリソタイルが飛散したが、WHO はクリソタイルの発がんリスクを角閃石系（クロシドライト、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では、安全側に評価するために、上記の混合繊維の発がんリスクを用いて実施する。

なお、これらの発がんリスクは、位相差顕微鏡（PCM）による計数結果を用いて評価を行って

いる。しかしながら、日置荘小学校の実証実験では、走査型電子顕微鏡（SEM）で計数が実施された。SEMはPCMに比べて感度が高く、PCMでは検出できない微細なアスベストも検出する。そこでWHOは、PCMで計数した濃度をSEMで計数した環境中の繊維濃度と比較する場合には、換算係数として2倍（2本/L（SEM）=1本/L（PCM））を推奨している（WHO, 2000）。

但し近年、欧州化学品庁（ECHA）は、PCMで導出された発がんリスクをSEMに換算するために、統一された実用的な換算係数を使用することを推奨するとしながらも、SEMはPCMに比べて感度が高くPCMでは検出できないアスベストも検出するが、有害性が低いあるいは無害な非アスベスト繊維は計数しないといったメリットがある。従って、必要な場合（非アスベスト繊維の比率が高いと推測される場合など）には、PCMで得られた発がんリスクに対してSEMの計数結果をそのまま使用することもあり得るとしている。但しこの場合は、予防的アプローチに沿った安全側の対応であるとしている（ECHA, 2021）。

SEMからPCMへの換算係数は、石綿の種類などの曝露状況に依存し、一般化することは容易ではないとされている。例えば、アスベストの除去作業における研究では、WHOの定義に沿った計数方法の場合（PCMで検出できない短くて薄い石綿繊維を除く）でSEM/PCM比が算術平均値4.6（範囲0.1～19）、全ての幅の繊維を計数すると算術平均値15（範囲0.2～95）と報告されている。非アスベスト繊維が豊富に存在し、SEMではなくPCMで計数された状況が強く反映されている場合はSEM/PCM比が1未満（まれではあるが）になることもみられる（ECHA, 2021）。

以上のことを踏まえ、本件の健康リスク評価では、SEMをPCMに換算する係数が本実験では評価されていないこと、また、予防的アプローチを考慮して安全側に評価することとし、SEMとPCMの換算係数を用いないで健康リスク評価を実施する。

4. リスク評価結果および見解

小学校の児童についてはHughesのリスク評価値、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曝露量をもとに、生涯過剰発がんリスクを算出した（表1）。

表1 発がんリスクの評価結果

対象者	曝露量(本/L * h)	生涯過剰発がんリスク	100万人あたりの生涯発がん人数
児童	0～2.83	0～ 1.8×10^{-9}	0.0～0.0
職員	0～2.83	0～ 1.0×10^{-9}	0.0～0.0

生涯過剰発がんリスクの判断指標

環境基準の設定レベル： 1.0×10^{-5}

環境省の初期リスク評価で作業の必要がないと判断されるレベル： 1.0×10^{-6} 未満

その結果、児童と職員のいずれにおいても、最も曝露量が多い推計量であったとしても、生涯過剰発がんリスク 10 万分の 1 を数桁レベルで桁違いに大きく下回っており、100 万分の 1 でも同様に大きく下回っていた。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。また、本件のアスベスト含有建築物を含む堺市立小学校 4 校のうち、飛散する可能性が一番高い日置荘小学校で実証実験を行ったため、残りの 3 校については、本結果よりもさらに低い健康リスクレベルと考えられる。

なお、本評価においては、本実験ではクリソタイルに曝露していること、SEM で計数していることに対して、予防的アプローチを考慮して安全側に評価を行っていることに留意する必要がある。

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.

ECHA (2021) ECHA Scientific report for evaluation of limit values for asbestos at the workplace. European Chemicals Agency, Helsinki.

Hughes JM and Weill H (1986) Asbestos exposure-quantitative assessment of risk. Am Rev Respir Dis 133:5-13.

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.

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 (2019) 化学物質の環境リスク初期評価ガイドライン (令和元年 11 月版)