

## 第5章 飛散したアスベスト濃度の推定と発がんリスクの評価

### 1. 第2階段天井のアスベストの有無およびその含有率

#### (1) 校舎しゅん工

両津小学校第2階段の天井材は、1968(昭和43)年9月21日に着工、翌年3月21日にしゅん工した改築第一期工事として施工されている。第一期工事の設計図書矩計図<sup>1)</sup>によると、当該天井の仕上げは「モルタルヌリ刷毛引ミクライト吹付」となっている。また、特記仕様書では第10章に「ミクライト」とあり、「色合の打合せを行い、モルタル刷毛引下地面に均等の厚さに吹付ける 製品はABC商会」と施工条件が記載されている。国土交通省・経済産業省による「石綿(アスベスト)含有建材データベース」<sup>2)</sup>によると1968(昭和43)年当時のABC商会のミクライトは種類不明のアスベスト17.5%含有とされている。第一期工事では階段室天井の他、2、3階の音楽室天井にもミクライト吹き付けが施工されている。

#### (2) 1992(平成4)年度大規模改造工事

1992(平成4)年度に大規模改造工事が行われ、当該階段を含む4つの階段も改造の対象となっている。第3章から、厚さ6mmが除去されたが、その際に5%程度は取り残しがあったと考えられ、その上からEP(エマルジョン・ペイント)塗装を施工している。

#### (3) 2005(平成17)年の分析結果

2005(平成17)年にアスベスト問題が取り上げられる中で、文部科学省から7月29日付けでアスベスト使用実態調査の指示があり、2005(平成17)年9月22日に当該天井材の試料を採取、H分析機関によりアスベスト含有の有無の分析が行われた。試料の採取は佐渡市教育委員会学校教育課V氏ほか1名により行われた。この際に、しゅん工年代により第1階段を試料A、第2階段と2階・3階音楽室を合わせたものを試料B、第3階段と第4階段を合わせたものを試料Cとして採取している。1992(平成4)年度大規模改造工事でミクライトがはく離され、アクリルリシン吹き付けが施工された階段は、固い材質のためノミで表面を削り取ったが、ミクライトが残っていると思われる音楽室の材質は柔らかく、容易にはがすことができた。試料Bについては、音楽室の試料が採取しやすかったため、音楽室の試料が第2階段の試料よりも多く採取している<sup>3)</sup>。分析結果は、試料A：クリソタイル6.3%含有、試料B：クリソタイル3.1%含有、試料C：クリソタイル5.0%含有であった<sup>4)</sup>。この分析結果は2005(平成17)年11月1日付けで発行されており、佐渡市教育委員会では、結果が出るまでの間に当該天井に飛散防止のための封じ込め塗装工事を行っている。

#### (4) 2005(平成17)年度大規模改造工事

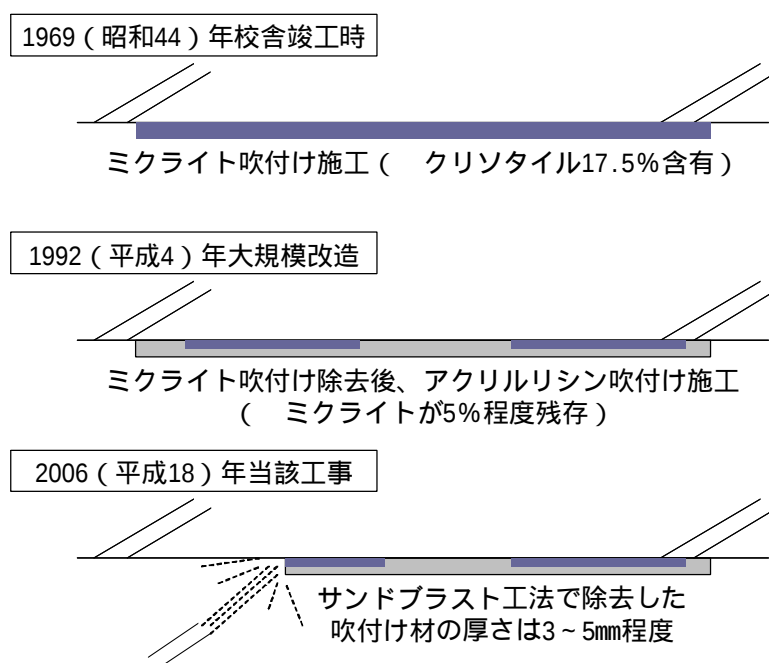
前項のクリソタイル含有の結果を受けて、2006(平成18)年6月27日からサンドブラスト工法による除去工事が第2階段から開始され、6月30日の事故に至る。サンドブラスト工法により除去された材料の厚さは3~5mm程度であったことが工事の石綿作業主任者であるU氏のヒアリングで示されている<sup>5)</sup>。

### ( 5 ) 事故後の分析結果

事故後、B組が第2階段から試料を採取し、H分析機関へ分析を委託している。その際に、1992（平成4）年度大規模改造工事の際にミクライトを除去したと思われる天井面と、ミクライトを除去していないと思われる蛍光灯撤去跡に分けて、2つの試料を採取している。その結果、天井面は定性分析の結果クリソタイルの含有が認められ、含有率0.2%未満、蛍光灯撤去跡も定性分析の結果クリソタイルの含有が認められ、含有率7.1%であった<sup>6)</sup>。

### ( 6 ) まとめ

以上の経過から、第2階段の表面に残っていた材料のアスベスト含有率を推定する。もともと17.5%のアスベストを含有していたと考えられるミクライトが1992（平成4）年に除去されており、その際には現在のようなアスベスト対策工法は取られず、5%程度は取り残した可能性があり、その上にアクリルリシン吹き付けが施工された（図表5-1）。



図表5-1 天井吹き付け材の工事の経過

これらの条件を単純に計算すると、ミクライトの比重は $0.25 \sim 0.35 \text{g/cm}^3$ で<sup>7)</sup>その重量は $1 \text{m}^2$ 当たり $1,500 \sim 2,100 \text{g}$ 、アスベスト含有率は17.5%のため含有されるアスベストは $262.5 \sim 367.5 \text{g}$ 、1992（平成4）年度の工事では $1 \text{m}^2$ あたり $13.1 \sim 18.4 \text{g}$ のクリソタイルを取り残し、その上に $1 \text{m}^2$ 当たり $600 \sim 980 \text{g}$ のアクリルリシン吹き付けが施工されたため<sup>8)</sup>、残存するクリソタイルは1～3%程度であることが推定される。

## アスベスト含有率の計算

### 1. ミクライト 比重 $0.25 \sim 0.35 \text{ g/cm}^3$

1  $\text{m}^2$  あたりの総重量 (6mm厚として)

$$100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 0.6 \text{ cm} \times 0.25 \sim 0.35 \text{ g/cm}^3 = 1,500 \sim 2,100 \text{ g}$$

1  $\text{m}^2$  あたりのアスベスト重量 (含有率 17.5%として)

$$1500 \sim 2100 \text{ g} \times 17.5\% = 262.5 \sim 367.5 \text{ g}$$

### 2. 1992 (平成 4) 年度工事 ミクライト取り残し 5% その上にアクリルリシン吹き付け施工

1  $\text{m}^2$  あたりの残されたアスベスト重量

$$262.5 \sim 367.5 \text{ g} \times 5\% = 13.1 \sim 18.4 \text{ g}$$

1  $\text{m}^2$  あたりのアクリルリシン重量 600 ~ 980 g

アスベスト含有率

$$\text{最小 } 13.1 \text{ g} \div (980 \text{ g} + 13.1 \text{ g}) = 1.3\%$$

$$\text{最大 } 18.4 \text{ g} \div (600 \text{ g} + 18.4 \text{ g}) = 3.0\%$$

ただし、1992 (平成 4) 年度大規模改造工事ではく離されていることから全てが均一な材料ではなく、また蛍光灯取り付け部分の跡はく離されていないなどのムラがあったと思われる。

一方、2005 (平成 17) 年以降のアスベスト含有分析の結果をまとめると図表 5 - 2 のとおりである。全ての分析結果がクリソタイルの含有を認めていることから、クリソタイル含有は明らかであるが、含有率はばらついている。

| 報 告 年 月 日                 | 2005 (H17) /11/1 | 2007 (H19) /8/27 | 2006 (H18) /8/4           |
|---------------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| 分 析 機 関                   | H分析機関            | 東京労働安全衛生センター     | H分析機関                     |
| 試 料 A<br>(第1階段)           | 6.3%             | 1.4%             | 第2階段：0.2%未満<br>同蛍光灯跡：7.1% |
| 試 料 B<br>(第2階段 + 2・3階音楽室) | 3.1%             | 1.8%             |                           |
| 試 料 C<br>(第3階段 + 第4階段)    | 5.0%             | 1.5%             |                           |

(含有率はすべてクリソタイルについて)

図表 5 - 2 アスベスト含有分析結果まとめ

2005 (平成 17) 年と 2007 (平成 19) 年の分析は 2005 (平成 17) 年 9 月に採取した同一の試料、2006 (平成 18) 年分析は事故後に採取した試料を使用している。日本のアスベスト含有測定分析方法は、以下のとおり近年変更が繰り返されている。

・ 1996 (平成 8) 年 3 月 29 日

基発第 188 号「建築物の耐火等吹付け材の石綿含有率の判定方法について」

・ 2005 (平成 17) 年 6 月 22 日

基安化発第 0622001 号「建材中の石綿含有率の分析方法について」

・2006（平成18）年8月21日

基発第0821002号「建材中の石綿含有率の分析方法について」

・同年8月28日

基安化発0828001号「天然鉱物中の石綿含有率の分析方法について」<sup>9)</sup>

ミクライトの主成分はひる石（バーミキュライト）である。ひる石のアスベスト含有測定分析方法は他の建材と異なり、エックス線回折分析法においてひる石の回折ピークがクリソタイルの回折ピークと重なることから、他のアスベスト含有建材と比較して分析が難しいとされ<sup>9)</sup>、基安化発0828001号「天然鉱物中の石綿含有率の分析方法について」で初めて具体的に示された。2006（平成18）年8月28日より前に実施されたH分析機関による2つの分析は、一般の建材中のアスベスト含有率を分析する方法に従って分析されており、2007（平成19）年に実施された東京労働安全衛生センターによる分析は、基安化発0828001号「天然鉱物中の石綿含有率の分析方法について」を考慮しこれを応用して含有率を定量している。同通達では、従来の分析方法での含有率を過大評価する可能性を指摘しており、H分析機関の2005（平成17）年11月1日付けの分析結果が東京労働安全衛生センターよりも高い含有率を示していることは分析方法の違いと考えるのが妥当である。以上から、東京労働安全衛生センターによる分析が他と比較して信頼性が高いと思われる。その定量結果は施工の経過から推測される含有率と比較して高めではあるが、1992（平成4）年に一度はく離され、場所により残存するアスベストの量に差が出ていることから、均一ではない材料であることを考慮すればこの程度の差は考えられる。以上から、第2階段の天井面には事故当時クリソタイルを含有する材料が残存しており、その含有率は大部分が0.数%から3%程度、ただし蛍光灯跡は最大で17.5%であったと思われる。蛍光灯は各階中間の踊り場の天井中央、PH（ペントハウス）天井、1階職員トイレ付近の天井に各1基、計5基が設置されていた。

#### （7）2005（平成17）年9月採取の3試料について

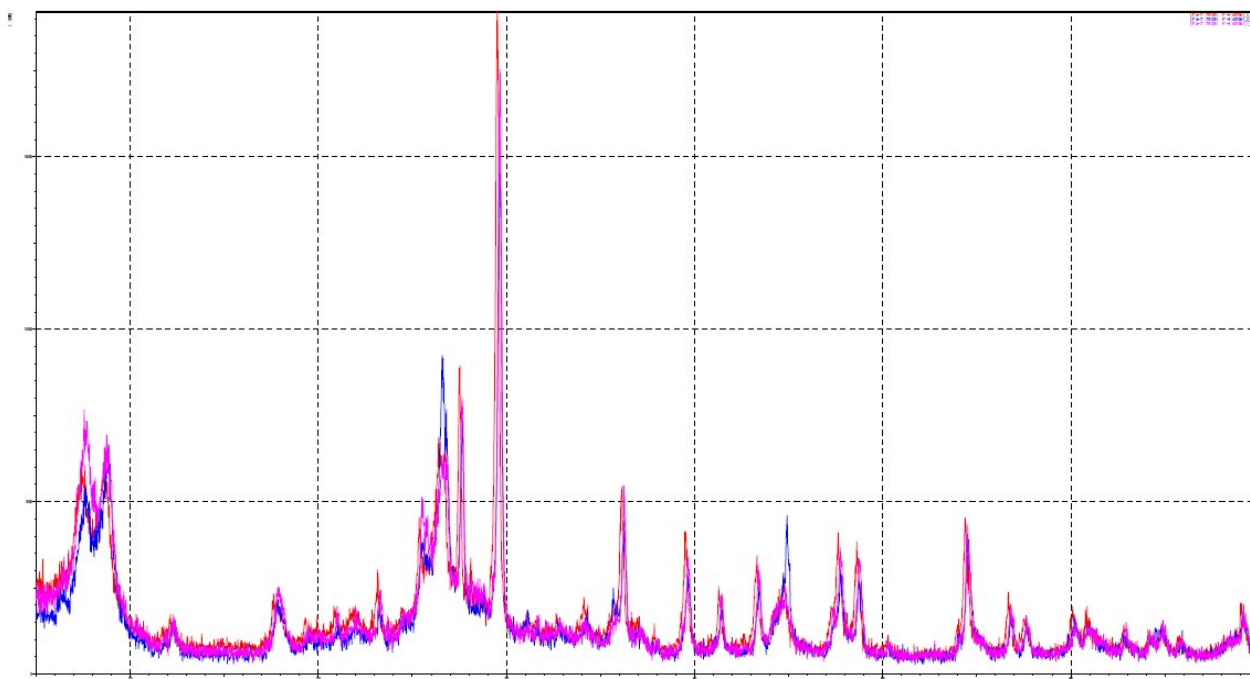
2005（平成17）年9月に採取された3つの試料（A：第1階段、B：事故のあった第2階段と2階・3階音楽室を合わせたもの、C：第3階段と第4階段を合わせたもの）のエックス線回折分析法によるエックス線回折チャート（東京労働安全衛生センター作成、図表5-3）から、3つの試料のエックス線回折ピーク（回折エックス線の強さの山）が全て一致していることがわかる。従って、これら3試料は極めて近い類似の試料だといえるが、この点は試料採取状況と矛盾している。試料AとCについては、ともに階段のみから主にアクリルリシン吹き付けを採取した試料なので一致することはいえるが、試料Bは階段アクリルリシンに音楽室のミクライトを任意に混ぜた試料であり、これが図表5-3のように試料AまたはCと全ての回折ピークが重なることは通常考えられない。また本章1.（5）の事故後の分析での第2階段のエックス線回折チャート（図表5-4）は、図表5-3の試料とはかなり異なるものである。

以上から、2005（平成17）年9月採取の3試料については、試料の取り違い等の何らかの事故により分析対象物ではないものを試料として分析している可能性がある。第3回ヒアリングではこの点を佐渡市教育委員会学校教育課のV氏らに尋ねたが、採取から送付までの手続きでは間違いや取り違いはなかったとしている<sup>7)</sup>。試料採取場所の図、採取時の写真などの記録は取っていない。

\*\*\* マルチプロット \*\*\*

ファイル名: TEISEI487001\_3\_1  
 サンプル名: コメント: 487001\_3\_1 C  
 分析日時: 07-07-23 14:29:19  
 分析条件  
 X線管球: Cu(1.54060 Å) 管電圧: 40.0 kV 管電流: 40.0 mA  
 測定範囲: 5.0000 ~ 70.0000 度 ステップ幅: 0.0200 度  
 計数時間: 0.60 秒 スリット DS: 1.00 度 SS: 1.00 度 RS: 0.30 mm

桃: 試料A  
 青: 試料B  
 赤: 試料C



図表 5 - 3 エックス線回折分析法チャート図 (1)

サンプルチャート

発行番号 第 2006-P1-00503-001 号

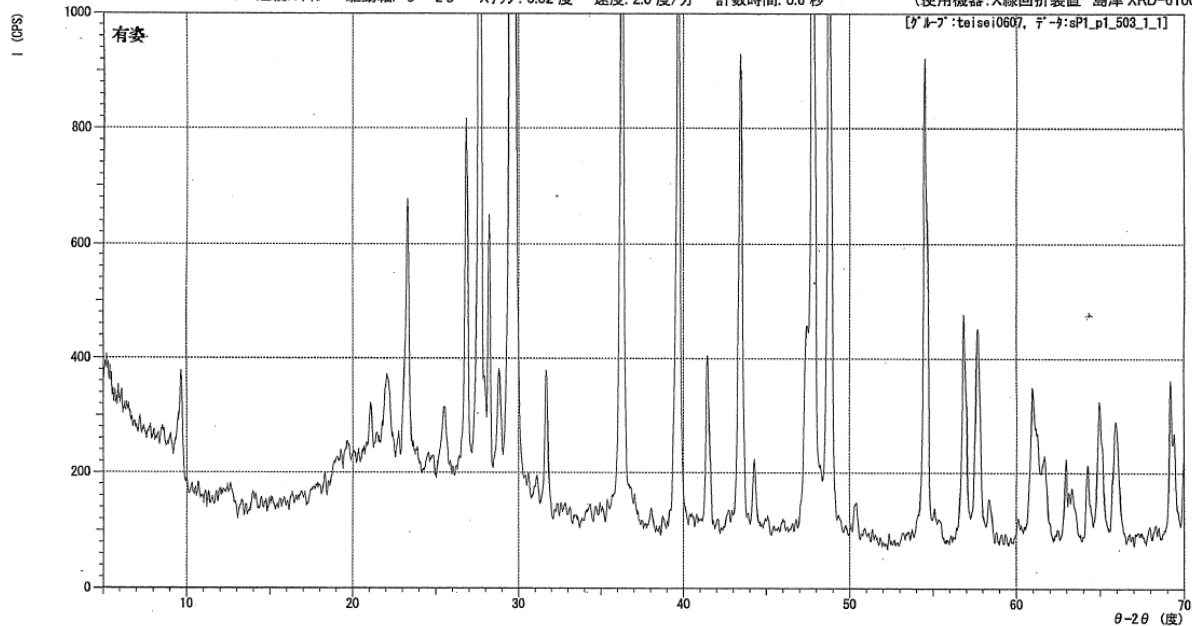
試料名: 両津小学校 第二階段天井

分析条件 X線管球: Cu (1.54060 Å) 管電圧: 40.0 kV 管電流: 40.0 mA

スリット 空気散乱防止: 1.0 度 発散: 1.0 度 検出: 0.3 mm

走査 モード: 連続スキャン 駆動軸:  $\theta - 2\theta$  ステップ: 0.02 度 速度: 2.0 度/分 計数時間: 0.6 秒

(使用機器: X線回折装置 島津 XRD-6100)



図表 5 - 4 エックス線回折分析法チャート図 (2)

## 2. 事故当時の作業場内の気中アスベスト濃度<sup>1</sup>の推定

### (1) アスベスト含有建材除去作業などでの気中アスベスト濃度についての一般的な考え方

前項において、当該天井材にクリソタイルが含有しており、その含有率は大部分が0.数%から3%程度、ただし蛍光灯跡は最大で17.5%であったことを推定した。このようなアスベスト含有建材に対して加工、破砕などの力に加わることにより、粉じんが発生し、アスベスト繊維が飛散する。アスベスト含有建材の飛散性は状況によって大きく変わり、経年劣化したものや、人為的な力に加わった場合に飛散の危険性が高まることが知られている。特に、含有率も飛散性も高い吹き付けアスベストの場合、吹き付けアスベストがあるだけで何もしない状況でも20f/L、吹き付け面をほうきでこすると2,100f/L、除去作業中には8,000～80,000f/Lという報告がある<sup>10)</sup>。同じ吹き付け材でも吹き付けアスベストまたはアスベスト含有吹き付け岩綿<sup>2</sup>に対して吹き付けひる石は、材料の特性、施工の目的も異なり、アスベスト飛散の様子も異なる。前述したようにひる石に関連するアスベスト飛散濃度についての調査は非常に少ないが、吹き付けアスベストまたはアスベスト含有吹き付け岩綿と比較すると飛散性は低いと考えられている。最近の吹き付け材の除去作業場内の測定結果の報告<sup>11)</sup>では、ひる石以外の吹き付け材の除去作業では、作業場内の平均で10,500f/L (n=172) との報告があり、同じ文献のひる石の平均18.7f/L (n=30) と比較して500倍以上である。

アスベストセメント板<sup>3</sup>などの成形板については、通常の使用での飛散はないが、切断、解体、除去作業などにより飛散する。例えば、アスベストセメント板を電動丸のこで切断すると2,000～20,000f/L、ボールなどを使って破砕しながら除去すると1,000～7,000f/L、ビニル床タイルを破砕しながら除去すると60～300f/Lのアスベストの飛散があることが報告されている<sup>12)</sup>。

日本では1995(平成7)年にクロシドライト、アモサイト<sup>4</sup>が使用禁止されるなど段階的にアスベストの規制が強化され、2006(平成18)年9月に原則使用禁止となるが、それ以前には、全

---

1 気中アスベスト濃度：一定の容量の空気中に含まれるアスベスト繊維数を示す。単位は f/L または f/mL を使用することが多く、それぞれ 1L (リットル)、1mL (ミリリットル) 中のアスベスト繊維数を示す。PCM 法 (位相差顕微鏡法) による測定値はアスベストだけではなくすべての繊維状物質を含むが、アスベスト濃度と発がんなどのリスクの関係の調査では PCM 法を使用しているため、リスク評価のためには PCM 法による測定値を利用する。

2 アスベスト含有吹き付け岩綿：岩綿はロックウールとも呼ばれる人工の鉱物繊維。代表的なアスベストの代替繊維で、中皮腫の発症はないとされているが、成分のけい酸は職業性の大量ばく露では肺がんが発症するとされている。吹き付け岩綿は岩綿とセメントを主材料とする鉄骨耐火被覆材として広く利用されているが、一部にアスベストを含有しているものがある。吹き付けアスベストはアスベストとセメントを主材料とするもので、基本的に 1975 (昭和 50) 年以降は施工されておらず、その後は吹き付け岩綿が代替されたが、当初は施工上の都合でアスベストを混ぜて施工された。アスベスト含有の終了年は確認されていない。

3 アスベストセメント板：アスベストとセメントを混合させて成形した建材。大平板、フレキシブル板、スレート平板、スレート波板などの種類がある。アスベストセメントパーライト板、アスベストセメントけい酸カルシウム板なども建材として広く使用された。

国にアスベスト建材工場などのアスベストを取り扱う工場が存在しており、建築現場でもアスベスト含有製品の切断、研磨、除去などが行われてきた。また、アスベストを含む土壌が地上に現れている地域もある。そのため、それらの発生源からアスベストが飛散し、一般環境中にもアスベスト繊維は存在している。2007（平成19）年の環境省の調査では、日本全国の平均として、住宅地域では0.33f/L、内陸山間部では0.38f/L、離島地域では0.33f/Lのアスベスト濃度が報告されている。

アスベストは繊維の束状の構造をしており、表面積が大きくて比重が軽く、内部に空気を含んでいることもある。そのため、飛散したアスベストは長時間空気中を漂う。建材の加工、破碎などで発生した粉じんは、アスベスト以外にセメントなどの比較的重い粒子も含んでおり、それらの重い粒子がアスベストよりも早く沈降した後もアスベストの繊維が浮遊している状態が継続し、軽く細かいアスベスト繊維の多くは目に見えない。つまり、今回のような事故の後には、目に見えずアスベスト粉じんが浮遊している状態が続くことが起こり得、知らずにばく露してしまうことがあるので注意が必要である。

一度飛散したアスベストは拡散して希釈されるが、有機溶剤<sup>5</sup>などのように自然に蒸発して消散してしまうことはない。時間をかけて沈降したアスベスト繊維は人の動きや風の流れによって容易に再飛散することが知られている。アスベスト繊維発生後の床の清掃作業は、アスベストばく露の可能性の高い作業である<sup>12)</sup>

## （２）環境測定結果の評価

作業場内の濃度を考える場合に指摘しておかなければならないのは、今回の工事は、養生内のサンドブラスト工法という前例が少なく、また粉じんの発生が非常に多いことが予想されるものであったことである。気中アスベスト濃度はメンブランフィルター<sup>6</sup>に環境空気を一定量通し、フィルター上にアスベスト繊維を含む粉じんを捕集し、それを位相差顕微鏡<sup>7</sup>により分析者が目

---

4 アモサイト：Amosite、asbestos mine of South Africa から命名された茶石綿とも呼ばれる角閃石系のアスベスト。主に南アフリカで産出されたが、クロシドライトと共に現在ほとんどの国で使用が禁止されている。

5 有機溶剤：炭素を基本構造としてもつ化合物で物を溶かす性質がある。工業的に広く利用されており、薬品などの製造工程のほかに塗料、接着剤、ゴムなどを溶かして吹付け、塗布する作業、洗浄作業、印刷作業などで多く使用される。シンナー、アルコール、ガソリンなどのように揮発しやすく吸引などにより人体に影響を与える物質もある。

6 メンブランフィルター：フッ素樹脂、セルロースアセテートなどで作られた孔径のそろった多孔性の膜。セルロースアセテートのメンブランフィルターはアセトン蒸気で透明化でき気中アスベストの捕集定量に使用される。

7 位相差顕微鏡：PCM(Phase Contrast Microscopy)、位相差顕微鏡開発前は通常の生物顕微鏡では細胞や微生物などの無色の物体は観察できないため、染色することが多かったが染色は細胞を損傷する。位相差顕微鏡は物質の屈折率の違いをコントラストに変換し、細胞や微生物に損傷を与えずに観察することができる顕微鏡。アスベストも短繊維では無色に近いので、気中のアスベストを捕集したフィルターを無色化すると生物顕微鏡では観察が難しい。そのため位相差顕微鏡による分析が広く利用されている。 --> 気中アスベスト濃度

で観て計数する。そのため、フィルター上に捕集した粒子の量が多すぎると繊維と重なって計数が困難か不可能になり、そのような試料を計数した場合、繊維数を過小評価することがある。そのため、採取する空気量を分析が適切に行われるように調整することが重要である。JIS K 3850-1「空气中的繊維状粒子測定方法」では、粉じん量を把握するためにデジタル粉じん計<sup>8</sup>を利用することが示されている<sup>14)</sup>。

事故当日に気中濃度測定は実施されていなかった。事故発生当時の作業中の作業場内の気中アスベスト濃度に近いと思われる濃度測定は、2006（平成 18）年 6 月 28 日の午後、W 分析機関によって実施されたものである。「測定結果報告書（第 8B-06-0074 号）」によると、測定結果は 6 月 28 日 13 時 35 分～13 時 36 分 50f/L 未満、13 時 45 分～13 時 46 分 50f/L 未満であった。採取条件は毎分 3L の吸入流量で 1 分間捕集であった。分析を担当した W 分析機関の X 氏は、採取したフィルターの顕微鏡での観察時に表面がどのような状況であったか、つまり粉じんを過剰に採取していなかったかどうか、について、記憶にない、と証言している<sup>15)</sup>。また、同じ証言から同分析機関では、アスベスト含有建材除去作業の場合、粉じんの発生量が多く計数が困難になる可能性を考慮して通常よりも採取する空気量を少なくしているものの、アスベスト含有建材の除去作業場では一律的に毎分 3L の吸入流量で 1 分間捕集という条件で採取しており、個々の現場で粉じんの発生状況に応じて採取する空気量を調整したり、採気量を変えて複数のサンプルを採ることは行っていない。また、測定を実施した X 氏は実際の作業中の作業場には入らず、実際の発生した粉じん量を確認することもなかった<sup>15)</sup>。同分析機関に採取したフィルター試料の提出を依頼したが、すでに廃棄されていた。

以上の条件、つまり、天井材の除去工法がサンドブラストという非常に粉じんの多く発生する工法であること、採取したフィルターが粉じんが過剰であったかどうか不明であること、採取の条件が実際の粉じんの発生条件を考慮して決められていないこと、採取したフィルターがすでに廃棄されており確認ができないこと、の 4 点の理由により、採取した粉じんが多すぎたために気中濃度を過小評価している可能性は否定できず、50f/L 未満つまり定量下限値<sup>9</sup>以下という気中アスベスト濃度は信頼することはできない。

---

8 デジタル粉じん計：レーザー光などを空気に当ててその散乱光により空气中的粉じんを計測する機器。この機器のみでは空气中的粉じん重量の絶対値は分からないが、大まかな粉じん濃度と濃度の変動を得ることができる。アスベスト除去現場では、比較的高濃度となる作業場内の気中アスベスト濃度測定を行う際にデジタル粉じん計の計測値から採気量の目安を得るために利用したり、アスベストも含めて粉じんが発生しないはずの負圧除じん装置の排風口付近での監視に利用される。

9 定量下限値：物質を分析により定量する際の下限值で、十分な精度でその存在量を求めることができる最小の濃度。気中アスベスト濃度を位相差分散顕微鏡により分析する場合の定量下限値を下に示す。

$$S = (2.645 \times A) / (a \times n \times Q) \quad S: \text{定量下限値 (f/L)} \quad a: \text{顕微鏡 1 視野の面積 (mm}^2\text{)} \\ A: \text{フィルターの面積 (mm}^2\text{)} \quad Q: \text{採気量 (L)}$$

この場合、例えば採気量を増やせば定量下限値を下げるができるが、空气中的粉じんを多くフィルター面に捕集してしまうと重なり合い計数に支障がでて過小評価となったり分析不能となることがある。このため適切な採気量の空気を採ることが重要である。

### (3) 過去の文献の検討

当該工事は、除去対象がひる石吹き付けが一旦はく離除去された後にアクリルリシンが施工されている特殊な材料である。除去工法もサンドブラストというこれまでに実施例の少ない工法である。これらの条件で、気中アスベスト濃度測定を実施、公表された例はない。今回は JST(科学技術振興機構)の文献検索で検索条件 "バーミキュライト" and "石綿" and "濃度" において 5 件検索されたが、除去工事中の気中アスベスト濃度についての研究はなかった。同文献検索において検索条件 "石綿" and "濃度" and 2000 年以降では 353 件が検索され、その中でひる石の除去作業について言及している研究が 2 件あった。文献「石綿含有建材除去作業における気中石綿濃度について」<sup>16)</sup> では、アスベスト含有率不明の吹き付けひる石の除去作業のアスベスト濃度 30 (20-60, n=4) f/L および 80 (70-90, n=4) f/L を示している。文献「建築物石綿対策工事現場における気中石綿濃度について」<sup>11)</sup> では 18.7 f/L (<0.5-140, n=30) を示している。

### (4) まとめ

実測値がない中で事故当時の作業場内の気中アスベスト濃度を推定することは容易ではなく、本来はシミュレーションにより作業場内の気中アスベスト濃度を推定すべきであるが、気象条件も含めて全く同じ条件を再現することは現実には不可能であり、分かっている条件と過去の文献から推定するしかない。

文献、<sup>10)</sup> ともに、除去作業は材料を湿潤化してケレン等によりはく離している。今回の事故時のサンドブラスト工法は、文献の条件よりも多くの粉じんを発生させられると思われる。作業条件が異なるため、これらの文献から当時の作業場内のアスベスト濃度を推定することは困難であるが、これ以外に文献が存在しない。文献、<sup>11)</sup> の平均のアスベスト濃度は 26.3 f/L (n=38) である。複数の作業での 38 測定の平均であるので、湿潤化したひる石をケレンで除去する通常の作業での濃度をある程度代表している数値と考えることができる。一方、今回のサンドブラスト工法は通常工法よりも発じんの度合いが高いことが予想され、また、当該事故の材料は一度除去されたひる石であり、一般のひる石と比較してアスベスト含有率は低いことが考えられるが、そのような条件の実測データは存在しない。

一般的に、リスクアセスメント<sup>10)</sup>を実施する際の不確実な点について、不確実さの程度を量的に評価して安全な判断を行うために「不確実性係数」(UF: Uncertainty Factor) が利用されている。「リスク評価の知恵袋シリーズ 2 不確実性をどう扱うか - データの外挿と分布 -」<sup>17)</sup>では、各種の不確実性係数を検討し、不確実性係数はデータの質を考慮して通常 1~10 の値を当て、一部に最大 100 を当てている。確実なデータは UF=1、不確実性が最大のデータは UF=10 または 100 を当てる。今回は、過去の測定値などの知見が全くない工法を採用しているため、不確実性係数 10~100 を当て、文献の平均濃度に 10~100 を乗じて 260~2,600 f/L を作業場内のアスベスト濃度と推定する。実際の計算では UF=10 として計算する。アスベスト含有吹き付け材の除去作業現場内では、最大で数 10 万 f/L に達することもあり、サンドブラスト工法が予想以上に

---

10 リスクアセスメント：言葉の意味はリスク(危険度)をアセスメント(評価)することだが、産業活動などに必ず何らかのリスクが伴い、それを関係者の継続した関与を通じて低減することにより安全快適な職場、社会を実現するという思想を示す。評価することが主目的ではあるが、リスクコミュニケーション(関係者の関与)によりリスク低減することを前提としている。

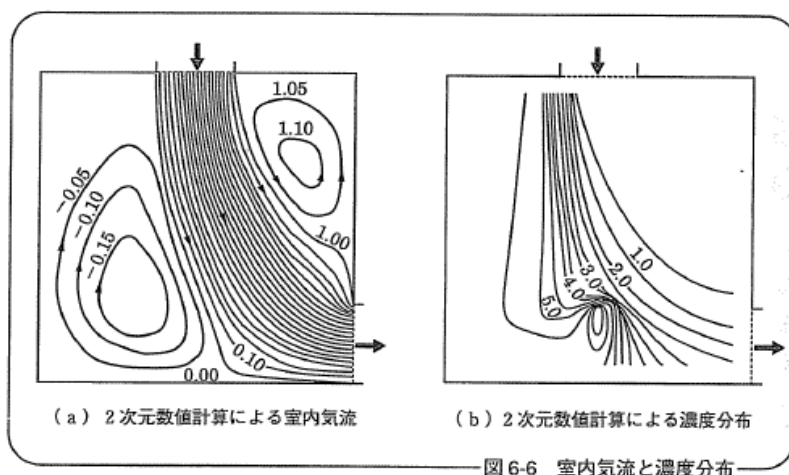
粉じんを発生させることが今後の研究によって明らかになるなどの場合は、この数値が変更される可能性がある。以上から、今回の事故では 260f/L のアスベスト濃度の空気が外部へ飛散したことを前提として、以下のばく露推定とリスク推定を行う。

### 3．学校内に拡散したアスベストの気中濃度、その推移及びばく露量の推定

#### (1) 屋内でアスベストの拡散とその濃度変化についての一般的な考え方

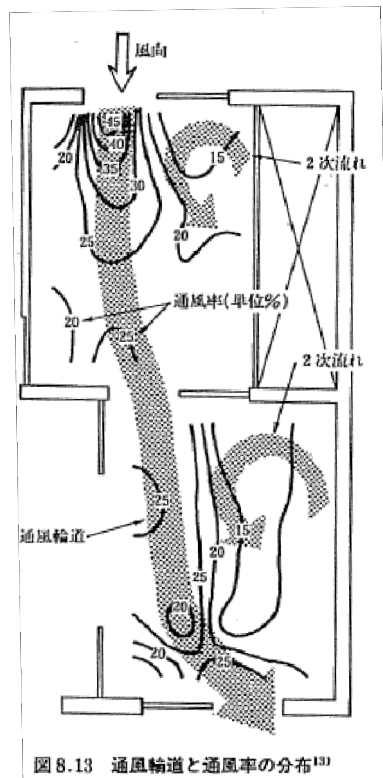
前節までに、事故の発生した第2階段にクリソタイルアスベストが大部分は数%程度、一部分に最大 17.5%含有していたこと、その除去作業により 260～2600f/L のアスベストが作業場内に発生していたことを推定した。この濃度のアスベストが除去作業場から飛散し、校舎内に拡散し、児童等がばく露した。アスベストの拡散の様子が推定できれば、児童の行動等からばく露量の推定が可能となるが、実際にはそれは容易ではない。

飛散したアスベスト粉じんを含む空気は、希釈されながら校舎内外に拡散し、時間の経過により屋外へと換気され、最終的にはアスベスト濃度が屋外空気と同レベルになる。飛散後の空気中のアスベスト濃度は、経過時間と建物の条件、温度と風の条件、人の動きが複合的に絡み合い影響する。特に小学校のような多くの児童と教職員が複雑な行動をするような建物では、たとえ再現実験を行ったとしても、正確に事故後の気中アスベスト濃度の変動を場所ごとに推定することは不可能である。近年、コンピュータの発展によりコンピュータ上でのシミュレーションが進歩しているが、それでも、図表 5-5 に示すような 1 室のみの単純なモデルでは可能だが<sup>18)</sup>、2 室以上では図表 5-6 のように極めて複雑な空気の流れと濃度変化を示す<sup>19)</sup>。



環境科学フォーラム、わかりやすい建物の換気技術、株式会社オーム社、66頁

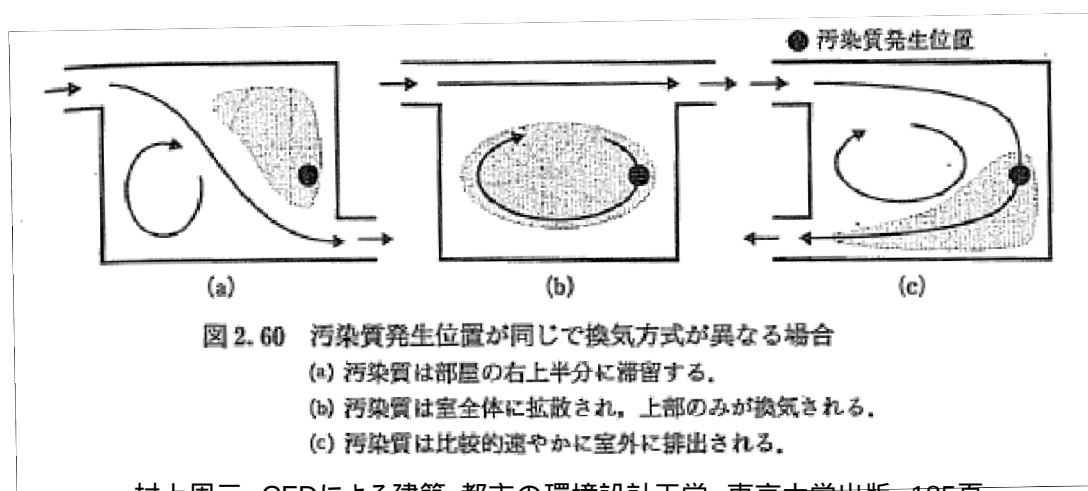
図表 5-5 開口のある室内気流のコンピュータによる濃度分布シミュレーション



松浦良美他、建築環境工学、森北出版株式会社、300頁

図表 5 - 6 2 室の通風モデル図

一般に室内の換気は温度差および開口部の条件により多様であり、汚染物質などの濃度の分布と変化も複雑となる。図表 5 - 7 のように空気の流入部と流出部が近ければ、短絡流やよどみが発生し部分的に濃度が上昇することもある<sup>20)</sup>。複数の部屋が連なり、多くの窓が開放して外部の気流の影響を受ける今回のケースでは、例えば一つひとつの窓からの空気流入出量等の細部情報がなければ推定は不可能である。また、飛散時点の濃度が容易に減衰しないことに留意すべきである。



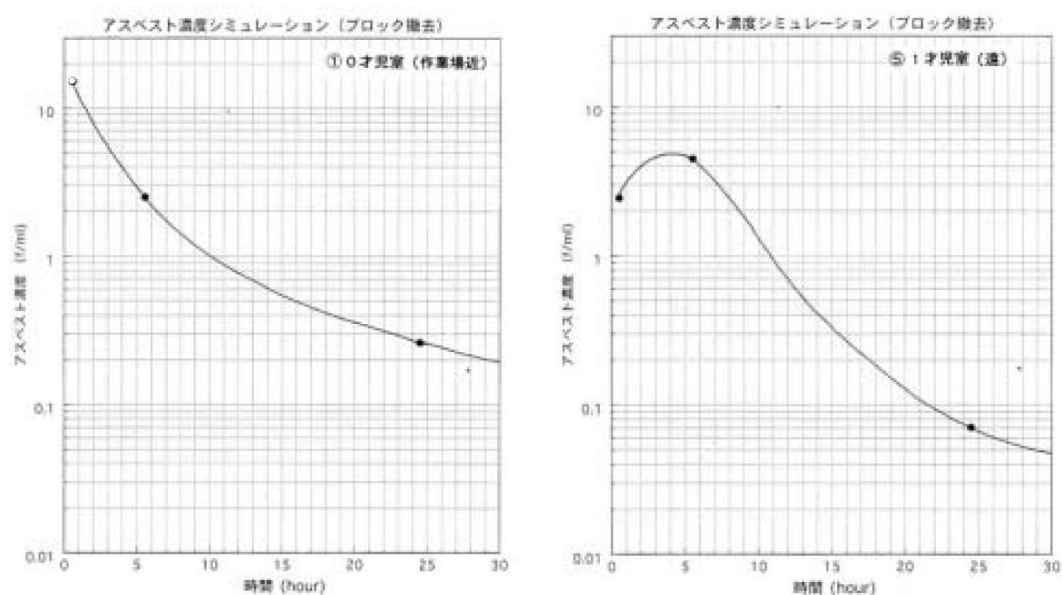
村上周三、CFDによる建築・都市の環境設計工学、東京大学出版、185頁

図表 5 - 7 短絡流とよどみ

次に、対象物質がガス、蒸気や粒子状の粉じんではない点も留意する必要がある。ガス、蒸気であれば、気中に放出された物質は時間経過により拡散し、室外の大気と混ざり消散する。しかし、アスベストは拡散するとともに沈降し、床面などに落下しても空気の流れにより再飛散する。また、アスベストは土砂の粉じんのような粒子状の物質ではなく、繊維状また綿状で分離すると網目状となり、更に分離して短繊維状になるなど、大気中で一定の状態が存在するわけでない<sup>21)</sup>。東京都文京区さしがや保育園におけるアスベスト飛散の再現実験データでは、発生源からある程度離れた部屋では発生から数時間後にアスベスト濃度のピークが来ることが確認されており、波状に複雑に周辺に拡散することが判明している<sup>10)</sup>。(図表5-8を参照。)

更に、アスベストは衣類や靴等に付着し、そこから発散すること、また、その状態で運ばれ、移動した先で再度飛散することも知られている。石綿則において作業着の持ち出しを制限しているのは、作業着からのアスベスト飛散により本人、家族がばく露することを防ぐためである。吹き付けアスベスト除去作業時に8,200f/Lのアスベスト濃度であったときに作業後服をはたくと600f/L、作業着を洗濯する作業では最高1,200f/Lの個人ばく露濃度が報告されている<sup>13)</sup>。

飛散したアスベストの濃度が推定されたとしても、その後の拡散と濃度変化を推定する際には、以上の条件を考慮しなければならない。再現実験等が可能であれば、各教室での濃度と時間的な濃度変化の推定もより可能であるが、今回はできないため、使用できる情報は極めて限られている。そのため、アスベストばく露量<sup>11</sup>推定のために大まかなばく露モデルを設定し、モデルに呼応した濃度モデルを仮定せざるをえなかった。次項にその基本的な考え方を述べる。



文京区さしがや保育園アスベストばく露による健康対策等検討委員会報告書 83頁

(発生源から離れた場所では5時間後に濃度のピークが来る)

図表5-8 アスベストの拡散実験

## (2) ばく露モデル1とばく露モデル2、濃度モデルAと濃度モデルBの設定

**ばく露モデル1**は、飛散したアスベストが一様に拡散したことを前提としたモデルである。**ばく露モデル1**は、全体を平均化した上で実際の児童の動きに合わせて濃度を推定しており、ばく露の全体的な評価と個人間の相対的な比較のために役立つと思われる。**ばく露モデル1**の濃度推定のために、**濃度モデルA**と**濃度モデルB**を仮定した。

**濃度モデルA**は、飛散事故現場に近い空間である「保健室、渡り廊下、図工室、第1家庭室」に滞在した際に適用するアスベスト濃度である。事故発生時は作業場内の濃度つまり 260f/L のアスベスト濃度で、1時間毎に換気回数1時間で濃度が減衰するものとした。

**濃度モデルB**は、「保健室、渡り廊下、図工室、第1家庭室以外の教室」の空間に滞在した場合のモデルである。比較的低濃度でアスベストが一様に拡散した仮定を行った。離れた室内の場合、アスベストは飛散場所から数時間で到達しピークを迎えるが、再現実験なしで場所毎の仮定をする事は困難と判断した。そのため、**濃度モデルB**を仮定したが、飛散事故から2~4時間の仮定は実際の濃度より低濃度に仮定せざるを得なかった。

**ばく露モデル1**で、**ばく露モデル1-1~5**の例示を行うが、飛散事故当時から下校まで、「保健室、渡り廊下、図工室、第1家庭室以外の教室」の空間に滞在した場合は**濃度モデルB**と仮定、飛散事故当時から下校まで、「保健室、渡り廊下、図工室、第1家庭室」に滞在した際には**濃度モデルA**となる。実際は滞在場所に応じて、**濃度モデルA**と**濃度モデルB**の間を行き来したことになる。

**ばく露モデル1**は高濃度となる条件、つまり アスベストの波状の飛散、児童の複雑な行動、空間内でのアスベストのよどみ、衣類等への付着、業者による掃除、を考慮していないモデルである。飛散箇所での掃除や通行がなく、飛散箇所での掃除や通行を行った児童との接触がなく、教室内等で換気の良い場所に居続けた児童ではおおむね当てはまるが、実際にはそうした児童は少ないと思われる。

**ばく露モデル2**は、**ばく露モデル1**の弱点を補完するモデルである。本来は、アスベストの時間的飛散の考慮が必要である。また、児童の行動として、飛散事故当時「保健室、渡り廊下、図工室、第1家庭室」で掃除をしていた児童は25名で、体育館で掃除をしていた11名を合わせて36名の児童が一定濃度のアスベストを付着させて教室に戻った。2年生から6年生までの36名の児童が全教室に滞在し、共に遊び学ぶことで、1年生以外の全教室に大気のアスベストの飛散とは異なるアスベストの二次飛散を起こしていたと考えられる。更に、1回以上の換気回数があってもアスベストは室内でよどむ部分があり、当初以上の濃度となる空間もありえる。更に除去業者による掃除が実施されているのである。

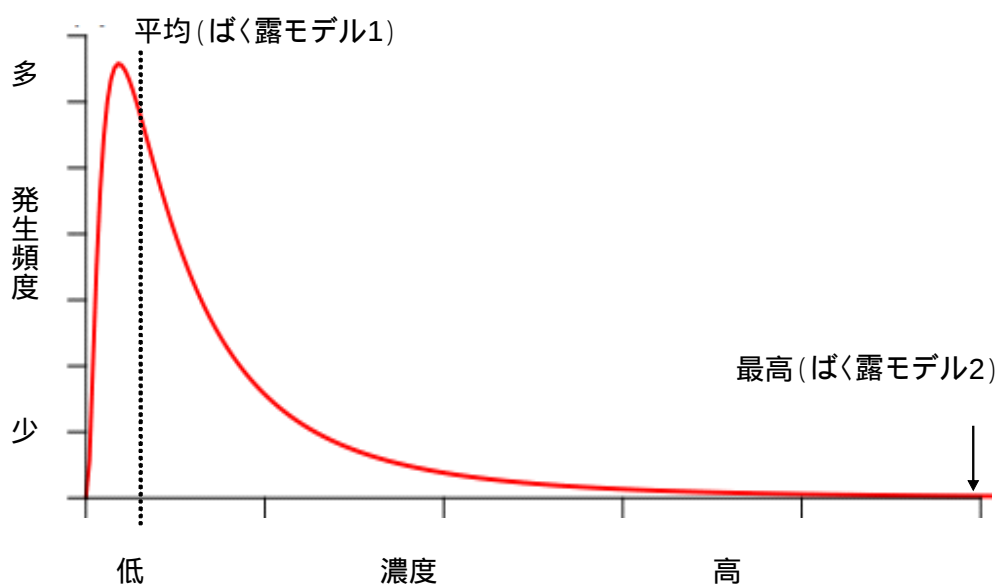
以上5点の濃度上昇に寄与する要因を加味し、当初様々なばく露モデルを検討したが、困難であるとの結論に達した。そのため、各種要因を考慮し、帰宅して衣服を脱ぐまでアスベストばく露が高濃度で継続した**ばく露モデル2**を設定する事が妥当であるとの結論に至った。**ばく露モデ**

---

11 アスベストばく露量：アスベストばく露濃度はその時点での気中アスベスト濃度だが、それに時間を乗ずることにより、その人のアスベストばく露の絶対量を示す。 $1f/L$ に1時間ばく露したときは $1f/L \times h$ となる。疫学調査から肺がんリスクが2倍になるアスベストばく露量は $25f/ml \times \text{年}$ とされ、 $25f/L$ の環境中で1年作業の場合と $1f/ml$ の環境中で25年間作業の場合はこれと同じばく露量である。

ル2は、事故発生時の作業場内の濃度と推定される 260f/L の濃度のアスベストに事故発生時から午後10時までの8時間30分の間ばく露した場合のモデルである。

有害物の濃度分布は、一般に対数正規分布に近いと考えられており、濃度と発生頻度のグラフは図表5-9のように高濃度側へ延びる。高濃度となる条件、つまり アスベストの波状の飛散、児童の複雑な行動、空間内でのアスベストのよどみ、衣類等への付着、業者による掃除、が多くなるほど発生頻度は少なくなるがばく露濃度は大きくなる。つまり、たまたま高濃度になる条件が重なった場合、ばく露モデル1の平均的なばく露から大きくはずれた高濃度のばく露を受けた可能性があり、それが長時間継続した可能性を否定できない。そのため、ばく露モデル2は考え得る最高のばく露として想定し、これ以上のばく露はないと考えられるモデルである。



図表 5 - 9 対数正規分布

### (3) ばく露モデル1のばく露量推定の条件

#### 作業場外に放出された空気量

作業場内の空気の漏えいが発見されたのは13時35分であった。図表3-8「6月30日作業時間表」から、当日午後の作業は13時17分、13時24分、13時31分、13時38分の4回のサンドブラスト作業が各2分間行われている。仮に午後の作業開始から負圧除じん装置が全く作動せず、サンドブラスト機が発生する空気が全て外部へ漏れた場合、サンドブラスト機は $6.4\text{m}^3/\text{毎分}$ の排出量があるため、飛散したアスベスト粉じんを含む空気量は、 $6.4 \times 8 = 51.2\text{m}^3$ となる。

#### 窓の開放状況と換気回数の推定

放出されたアスベストを含む汚染空気の屋内での拡散と気中アスベスト濃度を推定するためには、屋内の換気量がどの程度であったのかが重要となる。これを示すものとして換気量があり、1時間あたりにその屋内の空気が換気された回数で示す。例えば $1,000\text{m}^3$ の部屋で換気回数1回/hのときは、1時間に $1,000\text{m}^3$ の空気が流入し流出したことを意味する。空気は混ざりながら流入流出するので、1回の換気で空気の全てが入れ替わるわけではなく、全体が均等に拡散しているとして、初めに100%だった物質の濃度は1回の換気後には40%に減衰する。今回のように夏季で開口がある場合の換気回数は、開口の状況（開口面積、開口位置、開口数とその関係）、外

部の風向と風速によって著しく異なり、1～2 桁の差は容易に生じる。ある小学校の教室で、冬季密閉状態のときに1回/h程度であったのが、廊下の高窓を1か所0.33 m<sup>2</sup>開けただけで1.8～2.3回/hに増えた報告もある<sup>22)</sup>。

窓の開閉状況はアンケート調査により確認したが、屋内のアスベスト濃度を推定するために重要な情報となる換気回数は、開放している窓が多い場合は前述したように屋外の風、開いている窓の場所により大きく変動する。夏季に窓を開放している学校の換気回数は、通常は2回/h以上と考えられるが、よどみもあるので、換気回数を1回/hと仮定した。

#### 飛散したアスベストの拡散、濃度変化

当日の児童の行動パターンを見ると、1) 事故発生直後の清掃時間中に発生源近くの保健室、保健室前の通路、図工室、第1家庭科室、渡り廊下の清掃を行い、比較的高濃度の場所に滞在していた場合、2) 事故後に発生源近くを通過した場合、3) それ以外の比較的低濃度の場所に滞在している場合、の3つのパターンに分けることができる(図表5-10)。また、当該事故の大きな特徴は、事故発生と同時に全校一斉に清掃が始まり、13時30分から14時まで、全校の児童と教職員が移動して清掃作業を行っている点である。人の移動と清掃は粉じんの拡散を促進し、アスベスト粉じんは校舎内の相当広い範囲に及んだことが予想される。

図 5 - 10  
事故当日の時間別滞在场所（クラス別パターン）

| クラス名    | 13:30 | 14:00     | 14:30           | 15:00          | 15:30               | 16:00       | 16:30      | 17:00 | 17:30 |
|---------|-------|-----------|-----------------|----------------|---------------------|-------------|------------|-------|-------|
| 1 年松組   | ▽     | ▽         | ※1<br>→下校       | ※1…1 松（帰りの会）   |                     |             |            |       | ▽     |
| 1 年竹組   |       | ※2<br>→下校 | ※2…1 竹（帰りの会）    |                |                     |             |            |       |       |
| 2 年松組   |       |           | 2 松（授業・帰りの会）    | →下校            |                     |             |            |       |       |
| 2 年竹組   |       |           | 2 竹（授業・帰りの会）    | →下校            |                     |             |            |       |       |
| 3 年松組   |       |           | 3 松（授業・帰りの会）    | →下校            | 3 松（作業）             | →下校         |            |       |       |
| 4 年松組   |       |           | プール（授業）         | 着替え・移動         | 4 竹・体育館他（集会準備・帰りの会） | →下校         |            |       |       |
| 5 年松組   |       |           | 5 松（授業）         | 5 松・体育館（集会準備）  | →下校                 | 体育館（委員会）    | →下校        |       |       |
|         |       |           |                 |                | →                   | 体育館（ソフト部）   |            |       | →下校   |
| 5 年竹組   |       |           | 5 竹（集会準備・帰りの会）  |                | →下校                 | →           | →下校        |       |       |
|         |       |           |                 |                |                     | →           | 体育館（委員会）   | →下校   |       |
|         |       |           |                 |                |                     | →           | 体育館（ソフト部）  |       | →下校   |
| 6 年松組   |       |           | ITルーム（授業）       | 6 松・6 竹（集会準備）  | →下校                 | 6 松（活動）     | →下校        |       |       |
|         |       |           |                 |                |                     | →           | 体育館（委員会）   | →下校   |       |
|         |       |           |                 |                |                     | →           | 第1音楽室（音楽部） | →下校   |       |
|         |       |           |                 |                |                     | →           | 体育館（ソフト部）  |       | →下校   |
| 6 年竹組   |       |           | 視聴覚室・体育館（授業）    | 視聴覚室・体育館（集会準備） | →下校                 | 視聴覚室（活動）    | →下校        |       |       |
|         |       |           |                 |                | →                   | 体育館（活動・委員会） | →下校        |       |       |
|         |       |           |                 |                | →                   | 体育館（ソフト部）   |            |       | →下校   |
| うめ・さくら組 |       |           | さくら・3 松・プール（授業） | ※3<br>→        | ※3…うめ（帰りの会）         |             |            |       |       |
|         | △     | △         | △               | △              | △                   | △           | △          | △     | △     |
|         | 13:30 | 14:00     | 14:30           | 15:00          | 15:30               | 16:00       | 16:30      | 17:00 | 17:30 |

#### (4) 濃度モデルAとBの仮定

以上の事情から、発生源近くの高濃度となる**濃度モデルA**と、それ以外の低濃度となる**濃度モデルB**の2つの濃度のばく露を想定し、アスベスト粉じんの発生量などからそれぞれの場所の濃度を推定することとした。

**濃度モデルA**は、飛散事故現場に近い空間である「保健室、渡り廊下、図工室、第1家庭室」に滞在した際に適用するアスベスト濃度で、児童および教職員に適用する。発生源近くの清掃作業に従事または通過した人に対して、飛散した空気量と拡散範囲を考慮に入れず、発生したアスベスト粉じん濃度(260f/L)が換気により減衰、その濃度のアスベストにばく露したと想定している。つまり、事故直後に発生源近くの保健室の清掃を行っていた児童は、清掃に従事していた時間 260f/L の濃度のアスベストにばく露を受け、1 時間後に付近を通過した児童は 1 時間後の減衰した濃度のばく露を受けたと考えることとする。

**濃度モデルB**は**濃度モデルA**以外の場所に滞在した際に適用する。発生したアスベスト粉じんが全校に拡散し、換気により減衰したと想定している。

当日 13 時 30 分以降に校内に滞在した児童、教職員、保護者、その他関係者は**濃度モデルA**、**濃度モデルB**のいずれかにいたので、それぞれの滞在時間を累計することで、ばく露量が推定される。各設定は以下のとおり

\*\*\*\*\*

##### **濃度モデルA**

「保健室、渡り廊下、図工室、第1家庭科室」に滞在、通過した場合とする。通過した場合は5分間のばく露とした。

260f/L のアスベストを含む空気が13時30分に発生し、換気により濃度が減衰していったと考える。開始時の濃度は260f/L。

換気回数は1回/hとした。

##### **濃度モデルB**

「保健室、渡り廊下、図工室、第1家庭室以外の教室」の空間に滞在した場合のモデルである。授業が行われた場所と職員室、校長室、保健室。面積5788.2㎡、容積23234.1㎥。

260f/L のアスベストを含む空気 51.2㎥ が上記の範囲内に13時30分に発生し、瞬間的に均等に拡散し、換気により濃度が減衰していったと考える。開始時の濃度は下記計算式により0.57f/L。

$$260f/L \times 51.2m^3 \div 23234.1m^3 = 0.57f/L$$

換気回数は1回/hとした。

\*\*\*\*\*

**濃度モデルA**および**B**の各換気回数による1時間ごとの濃度変化の表を図表5-11に示す。

0.1f/L 未満のアスベスト濃度は一般環境中と同等以下であると考え、ばく露なしとする。体育館を含めた校舎内に滞在した全ての児童はA、Bいずれかの場所にいたことになり、当日の行動と照合することによりアスベストばく露量が推定される。

|        | (単位 f/L)        |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|        | 13:30～<br>14:29 | 14:30～<br>15:29 | 15:30～<br>16:29 | 16:30～<br>17:29 | 17:30～<br>18:29 | 18:30～<br>19:29 | 19:30～<br>20:29 | 20:30～<br>21:29 | 21:30～<br>22:29 | 22:30～<br>23:29 |
| 濃度モデルA | 260.00          | 95.67           | 35.20           | 12.95           | 4.77            | 1.75            | 0.65            | 0.24            | 0.09            | 0.03            |
| 濃度モデルB | 0.57            | 0.21            | 0.08            | 0.03            | 0.01            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            |

図表 5 - 11 各モデルの時間変動の表

#### ( 5 ) ばく露モデル 2 のばく露量推定の条件

アンケート結果から、事故発生当時保健室付近でアスベストにばく露し、衣類にアスベストを付着させ、その後も空間での濃度減衰しにくい空間に滞在したり、清掃作業等での再飛散、衣服のはたき等により服を脱ぐまで衣類を含めてアスベストにばく露し続けた場合として、**ばく露モデル 2** を想定した。設定は以下のとおり。

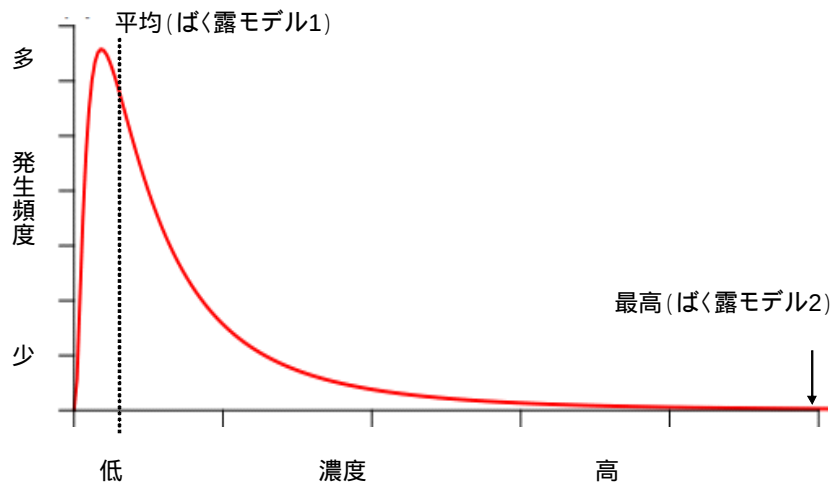
\*\*\*\*\*

事故発生時、保健室前等で清掃などにより高濃度のアスベストにばく露した場合、よどみに滞在した場合、業者の清掃作業でばく露を受けた場合、衣類にアスベストが付着しばく露を受け続けた場合など平均より高く外れたばく露を受けたことを想定。

その後、午後 10 時まで、最高濃度である 260f/L のばく露を受け続けた場合。

\*\*\*\*\*

児童・教職員が吸入したばく露は、平均的なばく露である**ばく露モデル 1**に近い場合が多いが、たまたま現場近くのよどみに滞在した場合や、衣類にアスベストを付着させた場合に**ばく露モデル 2**に近い濃度のばく露を受けたと考えられる。児童・教職員のばく露は**ばく露モデル 1**（平均）と**ばく露モデル 2**（最高）の間にあったと考えられ、個々人の個別の濃度推定は困難である。



図表 5 - 9 対数正規分布（再掲）

#### ( 6 ) アスベストばく露量の推定

**ばく露モデル 1 - 1～5**、**ばく露モデル 2** を、実際の児童へのアンケート調査を基に 5 つのケースについて適用し、児童、教職員のアスベストばく露量を計算した結果を図表 5 - 12 に示す。ばく露量はアスベスト気中濃度とばく露時間の乗で表し、単位は f/L \* 時間。10f/L のアスベストに 1 時間ばく露した場合は 10f/L \* 時間、5 分ならば 0.83f/L \* 時間（10f/L × 0.083 時間）となる。

児童の行動を把握するためのアンケート調査が5分単位であったため、図表5-12のモデルに示す(A)(B)及びばく露モデル2の「2」の下に数字は、各濃度モデルの濃度を基にした5分間のばく露量を示す(図表5-13)。

ばく露モデルと濃度モデルの 13：30～14：29 の時間帯の濃度

|          |                   |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------|-------------------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|          |                   | 13:30-14:29 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 換気回数1回/h | モデル1の高濃度(A) (f/L) | 260         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|          | モデル1の低濃度(B) (f/L) | 0.57        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 換気なし     | モデル2の濃度(f/L)      | 260         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|           |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|-----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
|           | 時          | 13    |       |       |       |       |       |       |       | 14    |       |       |       |  |  |  |  |
|           | 分          | 30-34 | 35-39 | 40-44 | 45-49 | 50-54 | 55-59 | 00-04 | 05-09 | 10-14 | 15-19 | 20-24 | 25-29 |  |  |  |  |
| ばく露モデル1-1 |            | 移動    | 清掃    |       |       |       | 帰りの会  |       |       |       | 下校    |       |       |  |  |  |  |
|           | 濃度モデル      | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   |       |       |       |  |  |  |  |
|           | 曝露量(f/L*h) | 0.43  | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 |       |       |       |  |  |  |  |
| ばく露モデル1-2 |            | 移動    | 清掃    |       |       |       | 授業    |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|           | 濃度モデル      | (B)   | (A)   | (A)   | (A)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   |  |  |  |  |
|           | 曝露量(f/L*h) | 65.5  | 0.048 | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 |  |  |  |  |

5 分間のばく露量（上の濃度 / 12）

右のばく露量の総計

図表 5-13 「図表 5-12 児童・教職員のアスベストばく露量」の説明

1年生は保健室、渡り廊下、図工室、第1家庭科室の清掃および発生源近くの通過はないため、低濃度のみを適用した例を示した。ばく露モデル1-5は教職員の推定であるが、教職員は滞在場所と時間のアンケート調査結果がないため、高濃度の場所に13時30分から20時まで滞在した、ばく露量の多いケースを想定した。各ケースの設定とばく露量を下記に示す。

\*\*\*\*\*

|                                                       |                 |
|-------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>ばく露モデル1-1</b>                                      |                 |
| 高濃度の場所に立ち入らず14時15分に下校した児童と仮定                          | : 0.4f/L * 時間   |
| <b>ばく露モデル1-2</b>                                      |                 |
| 事故現場付近で清掃、教室で授業、15時5分に下校した児童と仮定                       | : 66f/L * 時間    |
| <b>ばく露モデル1-3</b>                                      |                 |
| 高濃度の場所で清掃、教室で授業、高濃度の場所を2回通過、<br>17時30分に下校した児童と仮定      | : 91f/L * 時間    |
| <b>ばく露モデル1-4</b>                                      |                 |
| 自分の教室で清掃、授業、高濃度の場所を2回通過、17時30分<br>に下校した児童と仮定          | : 4.8f/L * 時間   |
| <b>ばく露モデル1-5</b>                                      |                 |
| 13時30分から20時まで高濃度の場所に滞在した教職員と仮定                        | : 411f/L * 時間   |
| <b>ばく露モデル2</b>                                        |                 |
| 最高濃度260f/Lのばく露を13時30分から22時までばく露し<br>たと仮定した児童および教職員と仮定 | : 2,210f/L * 時間 |

\*\*\*\*\*

図表5-12 児童・教職員のアスベストばく露量

|              |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|--------------|--------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|              |              | 13:30-14:29 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| 換気回数 1回/h    | モデル1         | 濃度モデルA(f/L) | 260   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデルB(f/L) | 0.57  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| 換気なし         | モデル2の濃度(f/L) |             | 260   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 時           | 13    |       |       |       |       |       |       | 14    |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 分           | 30-34 | 35-39 | 40-44 | 45-49 | 50-54 | 55-59 | 00-04 | 05-09 | 10-14 | 15-19 | 20-24 | 25-29 | 30-34 | 35-39 | 40-44 |  |
| ばく露モデル1-1    |              |             | 移動    | 清掃    |       |       |       | 帰りの会  |       | 下校    |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデル       | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   |       |       |       |       |       |       |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              | 0.43        | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 |       |       |       |       |       |       |  |
| ばく露モデル1-2    |              |             | 移動    | 清掃    |       |       |       | 授業    |       |       |       |       | 授業    |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデル       | (B)   | (A)   | (A)   | (A)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              | 65.5        | 0.048 | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.017 | 0.017 | 0.017 |  |
| ばく露モデル1-3    |              |             | 移動    | 清掃    |       |       |       | 移動    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデル       | (B)   | (A)   | (A)   | (A)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              | 91          | 0.048 | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.017 | 0.017 | 0.017 |  |
| ばく露モデル1-4    |              |             | 移動    | 清掃    |       |       |       | 移動    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデル       | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              | 4.8         | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.048 | 0.017 | 0.017 | 0.017 |  |
| ばく露モデル1-5    |              |             | 移動    | 清掃    |       |       |       | 移動    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデル       | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              | 411         | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 8.0   | 8.0   | 8.0   |  |
| ばく露モデル2      |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              |             | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              | 2210        | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  |  |

|              |              |             |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|--------------|--------------|-------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|              |              | 16:30-17:29 |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| 換気回数 1回/h    | モデル1         | 濃度モデルA(f/L) | 13.0    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデルB(f/L) | 0       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| 換気なし         | モデル2の濃度(f/L) |             | 260     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 時           | 16      |       |       |       |       |       |       | 17    |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 分           | 30-34   | 35-39 | 40-44 | 45-49 | 50-54 | 55-59 | 00-04 | 05-09 | 10-14 | 15-19 | 20-24 | 25-29 | 30-34 | 35-39 | 40-44 |  |
| ばく露モデル1-1    |              |             |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデル       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| ばく露モデル1-2    |              |             |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデル       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| ばく露モデル1-3    |              |             | 部活(体育館) |       |       |       |       |       |       |       | 下校    |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデル       | (B)     | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (A)   | (B)   |       |       |       |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             | 0       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1.1   | 0     |       |       |       |  |
| ばく露モデル1-4    |              |             | 部活(体育館) |       |       |       |       |       |       |       | 下校    |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデル       | (B)     | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (B)   | (A)   | (B)   |       |       |       |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             | 0       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1.1   | 0     |       |       |       |  |
| ばく露モデル1-5    |              |             |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              | 濃度モデル       | (A)     | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             | 1.1     | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 0.40  | 0.40  | 0.40  |  |
| ばく露モデル2      |              |             |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|              |              |             | 2       | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             | 21.7    | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  |  |

|              |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------|--------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|              |              | 19:30-20:29 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 換気回数 1回/h    | モデル1         | 濃度モデルA(f/L) | 0.65  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |              | 濃度モデルB(f/L) | 0     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 換気なし         | モデル2の濃度(f/L) |             | 260   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |              | 時           | 19    |       |       |       |       |       |       | 20    |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |              | 分           | 30-34 | 35-39 | 40-44 | 45-49 | 50-54 | 55-59 | 00-04 | 05-09 | 10-14 | 15-19 | 20-24 | 25-29 | 30-34 | 35-39 | 40-44 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露モデル1-1    |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |              | 濃度モデル       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露モデル1-2    |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |              | 濃度モデル       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露モデル1-3    |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |              | 濃度モデル       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露モデル1-4    |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |              | 濃度モデル       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露モデル1-5    |              |             | 保健室   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |              | 濃度モデル       | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   | (A)   |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0.054 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露モデル2      |              |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |              |             | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ばく露量 (f/L*h) |              |             | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

75

不確実性係数を 10 とした場合、高濃度の場所で清掃を行った児童は数 10f/L \* 時間、行わなかった児童は 2 回の通過があっても数 f/L \* 時間、1 年生で学校の滞在時間が短い児童は 1f/L 未満のばく露を受けた。260f/L のアスベスト濃度のばく露を午後 10 時まで受けたと仮定すると 2,210f/L \* 時間のばく露を受けたことが想定される。不確実性係数を 100 とした場合は、これらの 10 倍のばく露量となる。

## 4 . アスベストによる発がんリスクの評価

### ( 1 ) リスク評価<sup>12</sup>の指標

アスベストばく露濃度<sup>13</sup>と発がんリスクの関係は、これまでに多くの疫学調査が行われており、ばく露量からそれがどの程度の発がんリスクとなるか推定することができる。発がんリスクとは肺がん<sup>14</sup>と中皮腫<sup>15</sup>で死亡するリスクである。過去の疫学調査をレビューした結果に基づく日本産業衛生学会許容濃度委員会で示すアスベストについての評価値（以下産衛モデルという）<sup>23)</sup>は、労働環境を想定しており、クリソタイルのみのばく露による肺がんと中皮腫の発がんリスクは週 40 時間、年間 48 週、50 年間（16 才から 66 才）の 0.15f/mL のばく露で  $10^{-3}$ 、1,000 人に 1 人としている。WHO と米国環境保護庁もほぼ同程度のリスク評価値を示している<sup>24)</sup>。これは、ばく露量に換算すると 1,000f/L \* 時間、つまり 1f/mL \* 時間のときに 100 万人に対して 0.07 人、1 億人に対して 7 人の発がんリスクとなる。また、Hughes は学校内に使用されているアスベストによる子どもへのばく露に対するリスク評価（以下 Hughes モデルという）を実施しており、0.001f/mL の濃度のクリソタイルに 6 年間（35 時間 × 36 週間 × 6 年間）ばく露した場合の生涯過剰発がんリスク<sup>16</sup>を 100 万人に対して 1.5 人としている。これは、ばく露量に換算すると 1000f/L

---

12 リスク評価：労働生活環境での様々な危険度をリスクとして把握し、評価すること。本来は予防措置のための評価だが、発生してしまったリスクを評価することもあり得、この場合にハザード評価という場合もある。

13 アスベストばく露濃度：発生したアスベスト粉じんの濃度は時間と場所により複雑に変動する。それを人が吸引することによりばく露するが、人がばく露したときの気中アスベスト濃度をアスベストばく露濃度という。単位は f/L、f/mL など。

14 肺がん：人は呼吸する際に口や鼻から空気を取り込み、のど - 気管 - 気管支 - 肺胞の経路をたどって肺胞で酸素を取り込み二酸化炭素を排出している。この気管、気管支から肺胞の部分に発生する腫瘍を肺がんという。日本人の肺がんの主な原因は喫煙だが、アスベストによる肺がんもあり、喫煙とアスベスト両方のばく露により肺がんの発生する確率が相乗的に増えることが知られている。

15 中皮腫：中皮細胞に由来する悪性腫瘍で胸膜、心膜、腹膜、精巣鞘膜から発生することが知られている。アスベストばく露によって発生し根治的治療方法は現在なく、予後が非常に悪い。

16 生涯過剰発がんリスク：アスベストばく露によって生じる発がんリスクの大きさを示し、ある量のアスベストばく露によって発生するその人の生涯を通じての発がんリスクはこれまでの疫学調査やそれをモデル化したものから数値的に算出することができる。Hughes の児童を対象としたモデルでは 1f/mL のアスベストに 1 時間ばく露したときの生涯過剰発がんリスクは 100 万に対して 0.2 人で 500 万人に 1 人の確率で発がんすることを意味する。

\* 時間つまり 1f/ml \* 時間のときに 100 万人に対して 0.20 人、1 億人に対して 20 人の発がんリスクとなる。

巻末の資料集のと通りの理由により、ばく露開始年齢が今回の児童のばく露ケースと近い Hughes モデルを採用する方が、今回のケースではより正確なリスク評価になると考え、Hughes モデルを使用してリスク評価を行う。ただし、教職員については職業ばく露であり、ばく露年齢も児童よりも高いため産衛モデルを使用する。

## ( 2 ) 児童・教職員のリスク評価

本章 3 . ( 6 ) で推定した児童・教職員のアスベストばく露量にリスク評価を当てはめたものを図表 5 - 14 に示す。

不確実性係数 UF = 10 の場合、**ばく露モデル 1 - 1** ( 高濃度の場所に立ち入らず学校の滞在時間が短い児童 ) に Hughes モデルを適用すると、100 万人に対して 0.00008 人、10 億人に対して 0.08 人の発がんリスクとなる。同様に**ばく露モデル 1 - 2**では 100 万人あたり 0.013 人、**ばく露モデル 1 - 3**では 0.018 人、**ばく露モデル 1 - 4**では 0.001 人、**ばく露モデル 2**では 100 万人あたり 0.44 人の発がんリスクとなる。リスクの最小は 10 億人に対して 0.08 人、最大で 100 万人に対して 0.44 人となる。

不確実性係数 UF = 100 の場合はこれらの評価値は上記の 10 倍となり、リスクの最小は 10 億人に対して 0.8 人、最大で 100 万人に対して 4.4 人となる。

| ばく露モデル | 不確実性係数 UF = 10 の場合 |                  |                        |                          | 不確実性係数 UF = 100 の場合 |                  |                        |                          |
|--------|--------------------|------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|------------------|------------------------|--------------------------|
|        | ばく露量<br>(f/l*h)    | ばく露量<br>(f/ml*h) | Hughesモデル              |                          | ばく露量<br>(f/l*h)     | ばく露量<br>(f/ml*h) | Hughesモデル              |                          |
|        |                    |                  | 100万人に対する<br>発がんリスク(人) | 1,000万人に対する<br>発がんリスク(人) |                     |                  | 100万人に対する<br>発がんリスク(人) | 1,000万人に対する<br>発がんリスク(人) |
| 児童     | 1000               | 1                | 0.20                   | 2.0                      | 10000               | 10               | 2.0                    | 20                       |
| モデル1-1 | 0.4                | 0.00040          | 0.00008                | 0.0008                   | 4                   | 0.0040           | 0.0008                 | 0.008                    |
| モデル1-2 | 66                 | 0.066            | 0.013                  | 0.13                     | 655                 | 0.66             | 0.13                   | 1.3                      |
| モデル1-3 | 91                 | 0.091            | 0.018                  | 0.18                     | 913                 | 0.91             | 0.18                   | 1.8                      |
| モデル1-4 | 4.8                | 0.0048           | 0.0010                 | 0.010                    | 48                  | 0.048            | 0.010                  | 0.10                     |
| モデル2   | 2210               | 2.210            | 0.44                   | 4.4                      | 22103               | 22.1             | 4.4                    | 44                       |
| ばく露モデル | ばく露量<br>(f/l*h)    | ばく露量<br>(f/ml*h) | 産衛モデル                  |                          | ばく露量<br>(f/l*h)     | ばく露量<br>(f/ml*h) | 産衛モデル                  |                          |
|        |                    |                  | 100万人に対する<br>発がんリスク(人) | 1,000万人に対する<br>発がんリスク(人) |                     |                  | 100万人に対する<br>発がんリスク(人) | 1,000万人に対する<br>発がんリスク(人) |
| 教職員    | 1000               | 1                | 0.07                   | 0.70                     | 10000               | 10               | 0.7                    | 7.00                     |
| モデル1-5 | 411                | 0.41             | 0.03                   | 0.30                     | 4107                | 4.1              | 0.30                   | 3.0                      |
| モデル2   | 2210               | 2.2              | 0.15                   | 1.5                      | 22103               | 22               | 1.5                    | 15                       |

図表 5 - 14 アスベストによる発がんリスク

環境省では全国の一般環境中の気中アスベスト濃度測定を実施している。2007 ( 平成 19 ) 年度の結果を基にした生涯ばく露 ( 82 年ばく露 ) による 100 万人あたりのリスク評価を図表 5 - 15 に示す。離島地域では気中アスベスト濃度は 0.33f/L、生涯ばく露量は 237f/ml \* h で、これは Hughes のモデルでは 100 万人に対して 47 人の発がんリスクとなる。これら一般環境からのアス

ベストばく露による発がんリスクと比較して、当該事故によるアスベストばく露の発がんリスクは、不確実性係数  $UF = 10$  のとき、**ばく露モデル2**（発生時の最高濃度のばく露を終日受けた児童）で 107 分の 1 程度であった。

| 測定年            | 地域     | 気中アスベスト濃度<br>(f/ml) | ばく露量<br>(f/ml・h) | Hughesモデル              |                          | 産衛モデル                  |                          |
|----------------|--------|---------------------|------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
|                |        |                     |                  | 100万人に対する<br>発がんリスク(人) | 1,000万人に対する<br>発がんリスク(人) | 100万人に対する<br>発がんリスク(人) | 1,000万人に対する<br>発がんリスク(人) |
| 2007<br>(平成19) | 住宅地域   | 0.00033             | 237              | 47.4                   | 474                      | 16.6                   | 166                      |
|                | 商工業地域  | 0.00026             | 187              | 37.4                   | 374                      | 13.1                   | 131                      |
|                | 農業地域   | 0.00040             | 288              | 57.5                   | 575                      | 20.1                   | 201                      |
|                | 内陸山間地域 | 0.00038             | 273              | 54.6                   | 546                      | 19.1                   | 191                      |
|                | 離島地域   | 0.00033             | 237              | 47.4                   | 474                      | 16.6                   | 166                      |

図表 5 - 15 一般環境中のアスベストによる発がんリスク（環境省）

以上から、**ばく露モデル1**を適用した平均的なばく露を受けた児童および教職員のアスベストによる発がんリスクは、不確実性係数  $UF = 100$  であっても、100 万人に 1 人を超えない。しかし、最高のばく露を受けた場合のモデル2では、不確実性係数  $UF = 100$  のとき 100 万人あたり 4.4 人となる。

2005（平成17）年に表面化した「クボタ・ショック」では、その後の疫学調査の結果、クボタ旧神埼工場の周辺 22 万人（1957～1975（昭和32～50）年までの延べ人口）から、300 人に中皮腫<sup>しゅ</sup>の発生が予想され、肺がんと合わせて、900 人の発がんが予想されている。この場合の発がんリスクは 100 万人あたり 4,091 人で、当該事故における**ばく露モデル2**（不確実性係数  $UF = 10$ ）の場合の 100 万人あたり 0.44 人と比較して、およそ 10,000 倍である。

#### - 参考文献 -

- 1) 両津市立両津小学校改築第一期工事設計図面（1968（昭和43）年）
- 2) 国土交通省・経済産業省、石綿(アスベスト)含有建材データベース
- 3) 第3回ヒアリング（2007（平成19）年10月10日）記録 - 佐渡市教委学校教育課V氏 -
- 4) H分析機関発 2005（平成17）年12月26日付け第 2005-P1-01188-001～003 号分析証明書
- 5) 第2回ヒアリング（2007（平成19）年8月27日）記録 - G 塗料U氏 -
- 6) H分析機関発 2006（平成18）年8月4日付け第 2006-P1-00503-001～002 号分析証明書
- 7) 株式会社エービーシー商会、ミクライトについての照会回答
- 8) 菊水化学工業株式会社、キクスイコートリシンについての照会回答
- 9) 厚生労働省、基安化発 0828001 号「天然鉱物中の石綿含有率の分析方法について」から  
3 パーミキュライトの石綿含有率の分析方法
- 10) 文京区立さしがや保育園アスベスト曝露による健康対策等検討委員会報告書
- 11) 本間直人他、「建築物石綿対策工事現場における気中石綿濃度について」第 46 回日本労働衛生工学会 第 27 回作業環境測定研究発表会抄録集、182 頁
- 12) 中皮腫・じん肺・アスベストセンター、「図解あなたのまわりのアスベスト危険度診断」
- 13) Sawyer, Robert N, Asbestos Exposure in a Yale Building, Environmental Research 13, 146-169,

1977

- 14) JIS K 3850-1「空気中の繊維状粒子測定方法」から 5.2 b)注記
- 15) 第 2 回ヒアリング(2007(平成 19)年 8 月 27 日)記録 - W 分析機関 X 氏 -
- 16) 葛岡幸男他、「石綿含有建材除去作業における気中石綿濃度について」第 46 回日本労働衛生工学会 第 27 回作業環境測定研究発表会抄録集、52 頁
- 17) 新エネルギー・産業技術総合開発機構他編、「リスク評価の知恵袋シリーズ 2 不確実性をどう扱うか - データの外挿と分布 - 」
- 18) 環境科学フォーラム、わかりやすい建物の換気技術、オーム社、66 頁
- 19) 松浦良美他、建築環境工学、森北出版、300 頁
- 20) 村上周三、CFD による建築・都市の環境設計工学、東京大学出版、185 頁
- 21) 環境庁大気保全局企画課監修、石綿・ゼオライトのすべて、日本環境衛生センター
- 22) 吉野博、教室の熱、空気環境及び気密性状と換気量(シンポジウム「教室環境を考える」より)
- 23) 日本産業衛生学会許容濃度等に関する委員会、「発がん物質の過剰発がん生涯リスクレベルに対応する評価暫定値(2000)の提案理由」
- 24) 森永謙二編著、「アスベスト汚染と健康被害」から安達修一、第 10 章「アスベストのリスクアセスメント」

