

加古川市石綿飛散事案対策委員会  
石綿関連疾患リスク推定部会  
報告書

2024年5月24日

# 目次

はじめに	p. 1
第 1 章 石綿関連疾患リスク推定部会の開催状況と議題内容	p. 2
第 2 章 リスク推定を進めるためのフローの検討	
2.1 リスクアセスメントとは（方法の総論）	p. 8
2.2 リスク評価に使用する方法と不確実性の取扱	p.10
2.3 リスク推定を進めるための作業フロー	p.13
第 3 章 関係者へのヒアリング及び現場調査の実施	
3.1 ヒアリングの実施	p.14
3.2 現場調査の実施	p.15
3.3 下地調整材におけるアスベスト含有量の総量推定	p.16
3.4 工事現場における飛散作業の特定	p.17
第 4 章 校舎に使用されていた下地調整材を用いた発じん量の測定	
4.1 実験の目的と方法	p.22
4.2 測定結果と顕微鏡写真	p.24
第 5 章 トレーサーガスを用いた屋内外の拡散状況の実験結果	
5.1 トレーサーガスを用いた拡散実験による石綿飛散の再現性と不確実性の検討	p.30
5.2 実験全体の実施概要	p.30
5.3 主に内部における大気拡散実験	p.33
5.4 主に屋外における実験	p.51
第 6 章 調査・実験結果に基づくばく露濃度推定	
6.1 屋内におけるアスベスト飛散に伴う濃度の推定	p.61
6.2 屋外におけるアスベスト飛散に伴う濃度の推定	p.67
第 7 章 調査・実験結果に基づくリスクの推定	
7.1 屋内におけるアスベスト飛散に伴うリスクの推定	p.76
7.2 屋外におけるアスベスト飛散に伴うリスクの推定	p.77
第 8 章 まとめ	
8.1 まとめ	p.78
8.2 考察	p.79

## はじめに

令和2年8月上旬、別府中学校で給食配膳室を整備する工事の解体工事を行っている際に、外壁塗装の下地調整材に含まれる石綿（アスベスト）を飛散させる可能性がある事案が起きました。市が主体となり保護者説明会を行い、皆様にご心配されていることを伺いました。その後、類似案件で調査等の経験のある専門の先生方にお話をお聴きしましたが、本件が、「下地調整材」という飛散事例や論文等のデータがほとんどない、前例のない事案であるということが分かりました。そのため、皆様にご心配されている内容にお答えするには、複数の分野の専門家による調査検討が必要であることが分かり、加古川市石綿飛散事案対策委員会を発足するに至りました。

2022年3月に令和3年度経過報告書として、事案発生からの経緯と、委員会に設置された石綿関連疾患リスク推定部会で検討した内容をまとめました。

本報告書では、令和4・5年度に実施した実験に基づいて石綿関連疾患リスク推定部会での協議を経て推定したリスクの結果を報告します。

## 第1章 石綿関連疾患リスク推定部会の開催状況と議題内容

**概要** 令和2年8月に別府中学校で発生したアスベスト飛散事案について、令和3年4月以降延べ19回の公開部会を開催し、調査検討を行った。

関係者へのヒアリングや当時の風向風速等の測定データを元に当時の作業と風向き等の状況について調査を進めた。

調査の結果を数値シミュレーションや実験に反映し、今回のアスベスト飛散事案で想定されるアスベストの濃度を推定したうえで、リスクの推定を行った。

### 開催状況

#### 第1回

日時：令和3年4月26日（月）16:00～

場所：加古川市庁舎 新館7階 環境部会議室およびオンライン

議題：議題1 リスク推定部会の進め方について

議題2 解体状況の再調査計画（案）について

議題3 模擬実験（案）について

講演：基調講演「気中石綿濃度の推定」

（熊谷信二：前・産業医科大学産業保健学部教授）

講演内容に関する討論

#### 模擬実験

日時：令和3年5月1日～3日（土～月） 8:00～18:00（3日共）

場所：加古川市立別府中学校

概要：当時、校舎内に残っていた工事の仮設間仕切内から発生させた煙状の物質が、どのように校舎内に漏洩していくのかを計測する実験を行った。

#### 第2回

日時：令和3年5月31日（月）14:00～

場所：加古川市民会館 大会議室およびオンライン

説明：加古川市における大気汚染防止法の取扱いについて

大気常時監視局での浮遊物質等の観測状況について

第1回リスク推定部会での基調講演「気中石綿濃度の推定」に関する討論

議題：議題1 5月1日～3日に行った模擬実験について

議題2 業者ヒアリングについて

議題3 屋外への飛散の検討方法について

#### 解体数量調査

日時：令和3年6月10日（木）13:00～

場所：加古川市立別府中学校

概要：現地実測及びヒアリングを行い、今回アスベストが含有されていた下地調整材の層の除去面積や体積を計算するための調査を行った。

#### 第3回

日時：令和3年6月29日（火）14:00～

場所：国際交流センター 201号室およびオンライン

説明：大気汚染防止法に関する追加説明資料について

議題：議題1 現地実測及びヒアリングによる解体数量調査報告

議題2 模擬実験の確認事項等について

議題3 外部飛散のシミュレーション方法の検討

- ・校舎からある程度離れた範囲（概ね校舎の高さの3倍以上）の範囲について
- ・校舎の近傍（概ね校舎の高さの3倍未満）の範囲について
- ・足場上部から排出されたと仮定するアスベストの量について

議題4 事業者へのヒアリングの実施時期及び内容について

#### 第4回

日時：令和3年7月28日（水）14:00～

場所：国際交流センター 201号室およびオンライン

議題：議題1 今後の推定スケジュール（案）について

議題2 屋外の拡散状況の推定に関する作業経過（暫定版）

議題3 ダウンウォッシュ測定計画について

議題4 中間報告の目次案

議題5 飛散実験の概要案

#### 工事施工業者ヒアリング

日時：令和3年8月17日（火）16:00～

場所：国際交流センター 201号室

概要：解体作業に使用していた道具や使い方、作業中の動線等について、詳細な聴き取りを行った。

## 第5回

日時：令和3年8月31日（火）14:00～

場所：国際交流センター 201号室およびオンライン

- 議題：議題1 内部飛散シミュレーション方法の検討について  
コンピュータシミュレーションソフトの係数の考え方等  
議題2 中間報告に向けての取りまとめ状況報告

## 第6回

日時：令和3年9月29日（水）14:00～

場所：国際交流センター 201号室およびオンライン

説明：『大気汚染防止法に関する追加説明資料』の校正について

- 議題：議題1 中間報告目次案（第2版）（第5回部会資料）への追加提案  
・建築用下地調整材とは  
・別府中学校で使用された下地調整材の成分について  
議題2 中間報告書作成の編集方針案について  
・章立て、大筋の項目案について  
・各章の担当者割当てについて  
・編集と校正の方針について

## 第7回

日時：令和3年11月2日（火）10:00～

場所：国際交流センター 201号室およびオンライン

説明：『大気汚染防止法に関する追加説明資料』の最終確認について

- 議題：議題1 中間報告書各章素案について  
・1章「事案の経緯、委員会・部会の開催状況（仮題）」  
・2章「リスク推定を進めるためのフローの検討（仮題）」  
・3章「アスベストを含む下地調整材の概要（仮題）」章立て  
・4章の項目「アスベスト含有量の推定（仮題）」  
・6章「周辺地域の濃度推定に向けた作業経過（仮題）」  
議題2 中間報告書への章の追加検討、今後の予定  
・7章への追加検討

## 第8回

日時：令和3年12月3日（金）14:00～

場所：国際交流センター 201号室およびオンライン

議題：議題1 中間報告書進捗報告について

- ・ 1章「事案の経緯、委員会・部会の開催状況（仮題）」 進捗報告
- ・ 2章「リスク推定を進めるためのフローの検討（仮題）」 概ね完成
- ・ 3章「アスベストを含む下地調整材の概要（仮題）」  
次回（第9回）に第1稿を提出予定
- ・ 4章「アスベスト含有量の推定」は概ね完成  
その他の項目は今後追記予定
- ・ 5章「疑似漏洩実験による屋内漏洩状況の推定（仮題）」  
次回（第9回）以降に第1稿を提出予定で、進捗により中間報告での扱いを検討
- ・ 6章「周辺地域の濃度推定に向けた作業経過（仮題）」 概ね完成

### 工事施工業者ヒアリング

日時：令和3年12月21日（火）13:00～

場所：加古川市役所 新館6階 162会議室

概要：養生や解体作業についての追加聴き取り

## 第9回

日時：令和4年1月18日（火）14:00～

場所：国際交流センター 201号室およびオンライン

議題：議題1 中間報告書進捗報告について

- ・ 1章「事案の経緯、委員会・部会の開催状況（仮題）」
- ・ 2章「リスク推定を進めるためのフローの検討（仮題）」
- ・ 3章「アスベストを含む下地調整材の概要（仮題）」 検討中
- ・ 4章「アスベスト含有量の推定」
- ・ 5章「疑似漏洩実験による屋内漏洩状況の推定（仮題）」 検討中
- ・ 6章「周辺地域の濃度推定に向けた作業経過（仮題）」

議題2 R2年に行ったヒアリング議事録の公開について

## 第10回

日時：令和4年2月15日（火）14:00～

場所：国際交流センター 201号室およびオンライン

議題：議題1 経過報告書の構成について

#### 第11回

日時：令和4年4月6日（水）14:00～

場所：国際交流センター 201号室およびオンライン

議題：議題1 「建築用仕上塗材・下地調整材の概要と当時の施工の実態」  
（第1稿）について

#### 第12回

日時：令和4年5月13日（金）10:00～

場所：勤労会館 301会議室およびオンライン

議題：議題1 R3年度に行ったヒアリング議事録の公開について  
議題2 「R3 ヒアリング議事録及び業者提供写真の疑問点整理」について

#### 第13回

日時：令和4年6月13日（月）10:00～

場所：加古川市役所 南館（旧勤労会館）301会議室およびオンライン

議題：議題1 議事録1「リスク推定部会でのR3年度第1回ヒアリング」の扱いについて  
議題2 写真資料「給食配膳室増築後の別府中学校の現状」について

#### 第14回

日時：令和4年8月8日（月）14:30～

場所：市民会館 大会議室およびオンライン

議題：議題1 令和4年度に行う再現実験について

#### サンプル発じん実験

日時：令和4年8月27日（土）

概要：狭小空間で、別府中学校の「実際の部材」を削り、アスベストの濃度を測定する。

#### 第15回

日時：令和4年9月6日（火）14:00～

場所：加古川市役所 191会議室（新館9階）およびオンライン

議題：報告1 「別府中下地調整材を含んだ再現実験」の実施報告について

#### 第16回

日時：令和4年11月15日（火）14:00～

場所：加古川市役所 南館（旧勤労会館）302会議室およびオンライン

議題：議題1 「別府中下地調整材を含んだ再現実験」の実験結果について

#### 第17回

日時：令和5年3月13日（月）10:00～

場所：加古川市役所 南館（旧勤労会館）301会議室およびオンライン

議題：議題1 大気拡散実験の実施について

#### 第18回

日時：令和5年5月26日（金）14:10～

場所：加古川市役所 191会議室（新館9階）およびオンライン

議題：議題1 大気拡散実験の仕様について

#### トレーサーガスを用いた屋内外の拡散状況の実験

日時：予備実験 8月3日(木)、4日(金)（主に屋外における実験）

8月5日(土)、6日(日)（主に屋内における実験）

本実験 8月18日(金)、19日(土)（主に屋内における実験）

8月20日(日)、21日(月)（主に屋外における実験）

場所：加古川市立別府中学校

概要：ガスを使って、建物内・外部への飛散状況を再現し、影響を確認する実験を行った。

※ 「第5章 トレーサーガスを用いた屋内外の拡散状況の実験結果」で実験内容の詳細を記載

#### 第19回

日時：令和6年1月26日（金）12:30～

場所：加古川市役所 南館 3階 301会議室

議題：議題1 大気拡散実験の実施概要について

#### 第20回

日時：令和6年5月24日（金）10:00～

場所：加古川市役所 新館 7階 173会議室

議題：議題1 加古川市石綿飛散事案対策委員会

石綿関連疾患リスク推定部会 報告書（案）の検討

## 第2章 リスク推定を進めるためのフローの検討

### 2.1 リスクアセスメントとは（方法の総論）

#### 1) リスク管理の全体的な流れ

リスクが存在する（あるいは存在する疑いのある）場合、一般的に次のようなフローで対策が進められる。まず初めに、ある物質のもたらす有害性の確認を行い（リスクの特定）、次にその物質の量－反応関係の推定、及びその物質に対するばく露人口の推定を行う。この二つの作業を行った後、リスクによって生じる被害の定量的あるいは定性的な規模を見積もる（リスクレベルの推定）。この段階を経た後、見積もられた被害規模が現存するリスクの被害規模に比べてどれくらいか、もし起こりうる被害を削減する場合、その緊急度はどれくらいか、どの発生源をどの程度規制すればよいか、実施される対策は有効であるか、といった判断を行う（リスクの評価）。ここでは、規制および対策手段をできるだけ多く取り上げ、その長所又は短所を抽出することも検討される。この評価を踏まえたうえで、リスクをどのようにコントロールするかを決定する（リスクの管理）。この段階では、ただ単に対象としている汚染物質による環境汚染とその対策のみに着目するのではなく、汚染防止として、代替製品を使用した際の社会に対する経済的影響や、規制手段を実際に施行する場合の法的問題や政治的問題が勘案される。これらの問題が検討された後、実際に対策が施行される。また現段階では、特定の対策が必要ではないと判断される場合もある。

リスクコミュニケーションは、関係者の間でリスクに関する情報を共有し、意思疎通を図るとともに、可能な場合は、リスクのよりよい管理に向けた合意形成を目指す手段として位置づけられている。以前は、リスク管理の部分がコミュニケーションの対象であったが、徐々に前の段階を含むようになり、最近では図2-1に示されているプロセス全体を対象にするようになってきている。

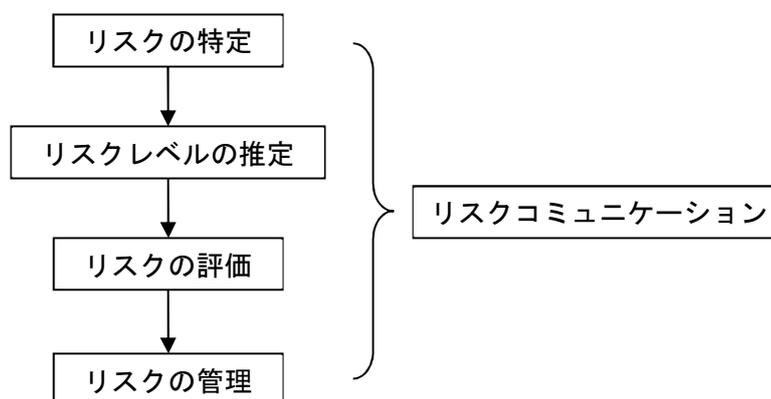


図2-1（リスク管理の一般的な流れ）

## 2) 管理のための基準の考え方

こうしたリスクの管理を行うための手段として環境基準があり、窒素酸化物や硫黄酸化物をはじめとする、数種の物質に対して基準が設定されてきた。これらの物質は、ある一定レベル（閾値）以下のばく露量であれば有害な影響が発生しないとされており、環境基準はこのレベル以下に設定されている。しかし、発がん性を有する物質の場合には閾値が存在しないとされており、従来の考え方では環境基準の設定が困難とされてきた。こうした物質によるリスクの評価には、影響のレベルのみで検討する絶対的な評価と、リスクの発生と同時に生じる利便性の程度との相対的な評価による2つがある。特に、ある程度微小と考えられるリスクに対しては、実質的に安全とみなせると判断される場合があり、こうしたレベルのばく露量を外国ではVSD（Virtually Safety Dose：実質安全用量）と呼び、リスク管理の一つの目安としている。ただし、あるリスクレベルが安全だと判断できるかどうかは、当該リスクが有する様々な特性を考慮する必要があるとされている。この特性として、他のリスクのレベルやリスクがもたらされる行為の受動性や制御性などが挙げられている。リスクを許容することは、ある程度の被害を容認することにつながるため、VSDの決定にはこれらの点を踏まえた慎重な検討が必要である。

国は、閾値が設定できない（発がん性を有する）物質を対象にした環境基準の検討を1995年に開始し、翌1996年に環境庁の中央環境審議会が答申として考え方を示した。そこでは、閾値の設定できない物質に対する当面の目標値として、生涯リスクが $10^{-5}$ （10万分の1）というレベルを設定し、具体的な事例としてベンゼンを対象に環境基準を設定した。このリスクレベルの設定に当たっては、他の様々なリスクとの大小関係、外国の事例、関係者からの意見聴取等を勘案して、判断している。

しかし、いずれの観点からもVSDとして $10^{-5}$ が妥当なレベルであることを明確に示す材料があるわけではない。他のリスクとの関係では、自然災害のレベルが目安になっているように考えられるが、自然災害のリスクは年次によって異なるため、リスクレベルの判断を下すのは極めて慎重である必要がある。また、外国の事例をみても、 $10^{-5}$ という基準が多いというわけでは必ずしもない。関係者からの意見聴取でも、 $10^{-5}$ を妥当とする意見がある一方、大気環境に対しては外国の基準から判断して $10^{-6}$ （100万分の1）の方がむしろ妥当ではないかという意見が出されている。中央環境審議会の答申および補足資料の中で、この基準は、①あくまで「当面の目標値であり、新たな知見をもとに改定されるべきものであること」、②「環境リスクのレベルは本来低減されるべきであり、この基準まで許容されると受け止められるべきでない」、ことが示されている。

以上のことから、 $10^{-5}$ というリスクレベルは妥当な根拠に基づく設定であったというわけではなく、むしろ1桁低い $10^{-6}$ を支持する情報や意見があったこと、その根拠に挙げられている判断材料は不安定な側面を有していること、さらにあくまで当面の目標でありこの基準まで汚染は許容されるわけではないことを十分理解すべきである。さらに、国が定めた前述の環境基準は、あくまで全国の環境基準を設定するために用いられたものであり、個別事例に対して適用することは想定されていない。

東京都文京区のさしがや保育園や、新潟県佐渡市の両津小学校などの石綿飛散の事例で

は、 $10^{-6}$  から  $10^{-7}$  (1,000 万分の 1) の値を目安として、リスクの判断がなされている。これらは、幼少の児童がばく露の対象になっていること、将来発生する可能性がある疾病に対する予防的な措置を可能な限り行うことが念頭に置かれていると考えられる。

以上のことから、本件で関係者（生徒、教職員、園児、近隣にお住まいの方々）に与えたリスクを評価する際には、 $10^{-5}$  を第一次の目安としながら、 $10^{-6}$  から  $10^{-7}$  も参考にリスクを判断することとする。

## 2.2 リスク評価に使用する方法と不確実性の取扱

### 1) 疫学調査からのリスクモデルの使用

別府中学校の生徒・職員、近隣にお住まいの住民の方々を対象とするリスクについては、USEPA（アメリカ環境保護庁）や WHO（世界保健機関）のほか一般に用いられている次の疫学モデル（OSHA）を適用した。

$$\begin{aligned}
 \text{肺がん} \quad R_E &= R_0 \times K_L \times (f \times d) \\
 \text{中皮腫} \quad \text{ARM} &= 0 && (t < p \text{ の場合}) \\
 &= f \times K_M \times (t-p)^3 && (p \leq t < p+d \text{ の場合}) \\
 &= f \times K_M \times \{(t-p)^3 - (t-p-d)^3\} && (t \geq p+d \text{ の場合})
 \end{aligned}$$

ここで、各記号は、次のとおりである。

$R_E$  : ばく露集団の肺がんによる過剰死亡率

$R_0$  : 非ばく露集団の肺がんによる死亡率

$K_L$  : アスベストの肺に対する発がん係数

$f$  : アスベスト濃度 (本/mL)

$d$  : ばく露年数

ARM : 中皮腫による死亡率

$K_M$  : アスベストの中皮に対する発がん係数

$t$  : ばく露開始からの経過年数

$p$  : 潜伏期間

車谷ほか(2002年)はこれまでの疫学調査を検討して、クリソタイルばく露の場合の  $K_L$ 、 $K_M$  の値として次を与えている。

$$K_L = 1.89 \times 10^{-3}$$

$$K_M = 1.89 \times 10^{-9}$$

また、中皮腫の潜伏期間  $p$  は一般に 10 年が用いられていることから、これらの値を用いて推定を行った。

## 2) 情報が十分に得られない場合の不確実性に対する取扱

関澤 (2001 年) は、リスク評価における不確実性の要素として、次の 5 点を挙げている。すなわち、①メカニズムの未解明による「真の不確実性」、②感受性の多様性や環境条件における分布と変動、③データ取得の困難による不確実性、④パラメータの不確実性とサンプリングや測定法の問題点と誤差、⑤シナリオやモデルにおける不確実性である。

新エネルギー・産業技術総合開発機構と産総研化学物質リスク管理研究センター (2007 年) は、著書の中で、リスク評価における不確実性の取扱に関して、これまでの文献を整理し、各要素の不確実性をどのように取り扱ってきたかをまとめた。それによれば、これまでに、ECETOC (1995 年)、Dourson et al (1996 年)、Vermeire (1999 年)、Haber (2002 年)、Kalberlah et al (2003 年) らが不確実性に関して論文をまとめており、Dourson らの考え方は、アメリカ環境保護庁 (USPEA) の不確実性に関する取扱を主導したとされている。

表 2-1 は、リスク評価に求められる各要素に対する不確実係数を関係各機関がどのように扱っているかをまとめたものである。この表にみられるように、多くの要素で不確実係数として 10 が用いられている。その理由として、長い期間運用されてきていることから説明が容易であること、実績に基づくもので社会的な信用があること、が挙げられている。情報に不確実性がある (限られた実験ですべてを知ることが困難な) 場合、関係機関によって異なりますが、「1~10」、「条件により 3 または 10」を乗じることとされている。

複数のデータが得られている場合には、確率分布を考慮した不確実性の検討も進められつつあるが、データの制約が大きい場合には、分布を設定するための仮定を置く必要がでてくる。

今回は動静実験 (アスベストとガスの動静の比較) ができなかったため、修正係数としては 1~10 を乗じる必要があると考えられる。

表 2-1 世界の関係機関で用いられているリスク評価における各要素に対する不確実係数の例

不確実性係数	ガイドライン	機関				
		Health Canada	IPCS	RIVM	USATSDR	USEPA
個人間(種内)	平均的ヒトへの長期ばく露結果	1~10	10	10	10	10
実験動物→ヒト	ヒトデータがないとき	1~10	10	10	10	10
亜慢性→慢性	慢性期間に満たない実験			10	-	≤10
LOAEL→NOAEL	LOAELを活用したいとき		3または10	10	10	≤10
不完全データベース	ひとつの試験ですべてを知ることが不可	1~100	1~100	-	-	条件により3または10

USEPA A Review of The Reference Dose and Reference Concentration Processes. EPA/630/P-02/002f (EPA, 2002)

LOAEL：最小影響量 NOAEL：最大無影響量

Health Canada：カナダ保健省 IPCS：WHO 国際化学安全プログラム

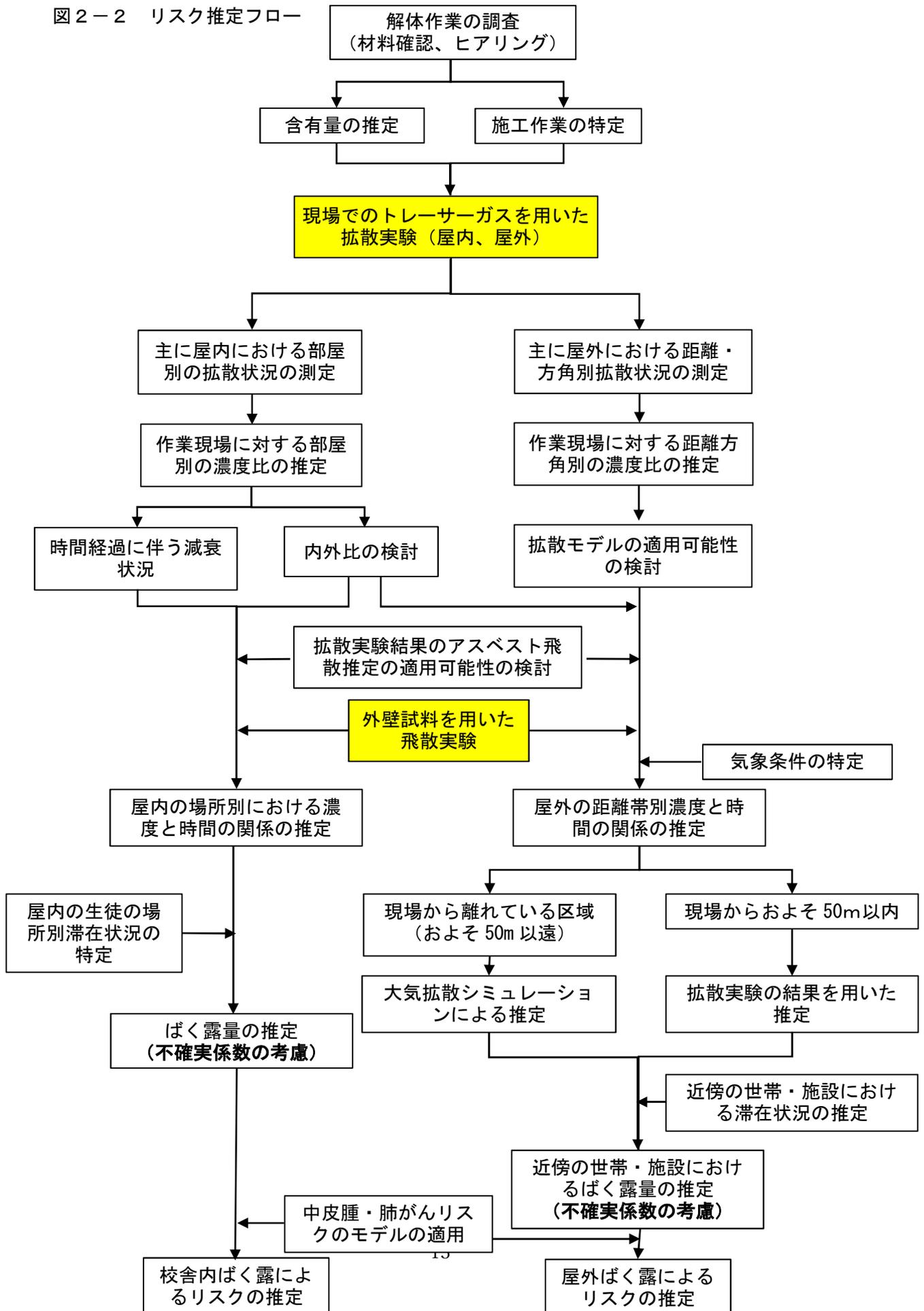
RIVM：オランダ国立公衆衛生・環境研究所

USATSDR：アメリカ毒性物質疾病登録庁 USEPA：アメリカ環境保護庁

【出典】新エネルギー・産業技術総合開発機構と産総研化学物質リスク管理研究センター(2007年)における Dourson et al (1996年)ほかを要約

2.3 リスク推定を進めるためのフロー

図2-2 リスク推定フロー



## 第3章 関係者へのヒアリング及び現場調査の実施

### 3.1 ヒアリングの実施

令和2年に中皮腫・じん肺・アスベストセンター名取医師とA S A 亀元事務局長により委員会発足前に2回のヒアリングを行いました。

委員会発足後、リスク推定部会でも当時のヒアリング内容を元に議論が行われ、今後の飛散事案検討のために再聞き取りが必要と判断されたため、再聞き取りや発言内容の整理をした上で議事録としてまとめました。

ヒアリングに至る経緯は第1章に記載しております。

#### 1) 委員会発足前（R2年）

現地確認・ヒアリング（1回目）

日時：令和2年9月23日（水）16:00～18:00

場所：別府中学校会議室

概要：現地で飛散事案当時の状況を関係者と一緒に立ち会い確認し、その後、事案発生の経緯等を聞き取り調査した。

議事録：経過報告書 巻末資料1

ヒアリング（2回目）

日時：令和2年10月12日（月）14:00～16:00

場所：別府中学校会議室

概要：実際に現場で作業していた作業員の方にも話を聞き、飛散作業の内容について詳細な聴き取りを行った。

議事録：経過報告書 巻末資料2

#### 2) 委員会発足後（R3年～）

工事施工業者ヒアリング（1回目）

日時：令和3年8月17日（火）16:00～17:30

場所：国際交流センター 201号室

概要：解体作業に使用していた道具や使い方、作業中の動線等について、詳細な聴き取りを行った。

工事施工業者ヒアリング（2回目）

日時：令和3年12月21日（火）14:00～17:00

場所：加古川市役所 新館6階 162会議室

概要：養生や解体作業についての追加聴き取りを行った。

工事施工業者ヒアリング（3回目）

日時：令和4年1月7日（金）13:00～14:00

場所：加古川市役所 新館2階 121会議室

概要：養生や解体作業についての追加聴き取りを行った。

### 3.2 現場調査の実施

委員会発足後に行った現場調査についてまとめます。

#### 現場調査（第1回）

日時：令和3年4月6日（火）13:00～14:30

参加者：名取委員長 村山副委員長 大田黒委員 亀元委員 鷺見委員 富田委員  
水嶋委員 森永委員 山下委員 清水委員 橋本委員 森本委員 事務局

概要：令和3年度第1回石綿飛散事案対策委員会の開催前に現場の状況を把握するために委員向けの現場調査を行った。

#### 現場調査（第2回）

日時：令和3年4月26日（月）14:30～15:30

参加者：講師 熊谷信二 亀元委員 事務局

概要：基調講演をしていただく熊谷講師に現場の状況を把握してもらい、リスク推定部会員の質疑をお伝えするために現場調査を行った。

#### 現場調査（第3回）模擬実験日

日時：令和3年5月1日～3日（土～月）8:00～18:00（3日共）

参加者：亀元委員 富田委員 事務局

概要：模擬実験を行いながら詳細な現地の調査を行った。

#### 現場調査（第4回）解体数量調査日

日時：令和3年6月10日（木）13:00～17:00

参加者：大田黒委員 富田委員 事務局

概要：現地実測及びヒアリングを行い、今回アスベストが含有されていた下地調整材の層の除去面積や体積を計算するための調査を行った。

### 3.3 下地調整材におけるアスベスト含有量の総量推定

解体数量調査から下地調整材に含有していたと想定されるアスベスト含有量（下地調整材）を示す。令和2年8月6日～17日の主な発じん作業期間にガラとして搬出された量と大気中に飛散した量を合わせた総量を示しています。

#### 下地調整材の総量推定

##### 1) バルコニー及び庇

No	項目	バルコニー	庇
1	表面積	20.96m <sup>2</sup>	3.951m <sup>2</sup>
2	下地調整材の厚み	最大1.5mm	最大1.5mm
3	アスベスト含有率	2.7%	2.5%
4	下地調整材の比重	1.5 g/cm <sup>3</sup>	1.5 g/cm <sup>3</sup>

##### ■ 1 m<sup>2</sup>あたりの下地調整材の総重量

- ・ 100 cm x 100cm x 0.15cm = 1500 cm<sup>3</sup>
- ・ 1500 cm<sup>3</sup> x 1.5 g/cm<sup>3</sup> = 2250 g

##### ■ 1 m<sup>2</sup>あたりのアスベスト重量

- ・ バルコニー：2,250 g x 2.7% = 60.75 g
- ・ 庇：2,250 g x 2.5% = 56.25 g

##### ■ 総重量

- ・ バルコニー：60.75 g x 20.96 m<sup>2</sup> = 1273.32 g
- ・ 庇：56.25 g x 3.951 m<sup>2</sup> = 222.24375 g

計 1495.56375 g

≒ 1,496 g ……①

##### 2) 建具はつり

##### ■ 建具はつりの面積

- ・ 54.53 m x 0.05 m = 2.7265 m<sup>2</sup>

##### ■ 1 m<sup>2</sup>あたりの下地調整材の総重量

- ・ 100 cm x 100cm x 0.15cm = 1500 cm<sup>3</sup>
- ・ 1500 cm<sup>3</sup> x 1.5 g/cm<sup>3</sup> = 2250 g

##### ■ 1 m<sup>2</sup>あたりのアスベスト重量

- ・ 建具：2,250 g x 2.7% = 60.75 g

##### ■ 総重量

- ・ 建具：60.75 g x 2.7265 m<sup>2</sup> = 165.6348 g

≒ 166 g ……②

Total 1,662 g ……①+②

(詳細は経過報告書 巻末資料3による)

上記のように想定した。

### 3.4 工事現場における飛散作業の特定

令和2年9月23日と10月12日の現地確認・聞き取り調査の議事録をリスク推定部会内で整理し、第17回リスク推定部会にて、主要な石綿ばく露として『カッター切り・研り・足場歩行してガラを落としていたという作業と、粉状のようになった石綿を掃除』と想定した。

- (1) 8月6日 カッター切り作業、連続する研り作業 4階 3時間
- (2) 8月7日 カッター切り作業、連続する研り作業 3階・2階 3時間
- (3) 8月8日 カッター切り作業、連続する研り作業 1階 3時間
- (4) 8月6～8日 (他の職員が並行作業する) 足場歩行とガラ落とし
- (5) 8月14～15日 外で養生・足場撤去に係わるガラ落とし、棕櫚箒による大きな清掃作業1日(建物に人は不在だった)
- (6) 8月17日 建物階段で掃除

(以下は令和2年11月6日の説明会資料)

令和2年9月23日、10月12日、令和3年8月17日、12月21日にB社、C社、D社、E社の社員、加古川市営繕課の職員、別府中学校教職員らからヒアリングを実施した議事録をもとに、想定される建物内外へのアスベスト飛散作業と期間で管理棟内へのアスベスト飛散が想定される作業と時期を想定したものを表3-1と写真3-1に示す。

表3-1に示したように、少なくともコンクリートパネル合板がサッシ窓枠部分に設置されるまでの令和2年8月6日から8月31日の間、量の大小はあるが、カッター切り、はつり作業中の粉じん飛散、落ちた破片を踏みつぶし再飛散したり、床の粉状微粒子破片をほうき等で掃いたり、溜まったがれき表面から風で再飛散したりした粉じんの飛散が考えられる。リシンや下地調整材とくっついた繊維や大きな繊維束は作業したエリアの足元に落ち、飛散しやすい小さな繊維束のものが、間仕切区画の隙間または天井板が外された穴から天井裏を通して、工事をしていた管理棟廊下または教室に飛散した可能性がある。

ガラの積込みや運搬・搬出による拡散は、解体作業と比べると影響が小さいと考えられるため、解体作業で最大限発じんした想定に含まれるものと考えた。

表3-1 管理棟内へのアスベスト飛散が想定される作業と時期

年月日	曜	管理棟内へのアスベスト飛散が想定される作業
2020/8/6	木	4階：サッシ窓枠カッター切り、サッシ窓枠研り、間仕切区画内天井板撤去 3階：サッシ窓枠カッター切り、間仕切区画内天井板撤去 2階：サッシ窓枠カッター切り、間仕切区画内天井板撤去 3階：バルコニー立上り壁研り ガラは防じんシートで囲まれた足場内に落とす。 小さなガラや破片は撤去エリアや足場の上に散乱したまま。 窓枠が撤去された仮設間仕切区画外側は防音シート内でオープン
2020/8/7	金	3階：バルコニー、土間研り 3階：サッシ窓枠研り 2階：サッシ窓枠研り 1階：サッシ窓枠カッター切り、窓枠研り、間仕切区画内天井板撤去 ガラは防じんシートで囲まれた足場内に落とす。 小さなガラや破片は撤去エリアや足場の上に散乱したまま。 サッシ窓枠が撤去された仮設間仕切区画外側は防音シート内でオープン
2020/8/8	土	1階：サッシ窓枠カッター切り、サッシ窓枠研り、間仕切区画内天井板撤去

表3-1 管理棟内へのアスベスト飛散が想定される作業と時期

年月日	曜	管理棟内へのアスベスト飛散が想定される作業
		ガラは防じんシートで囲まれた足場内に落とす 小さなガラや破片は撤去エリアや足場の上に散乱したまま。 サッシ窓枠が撤去された仮設間仕切区画外側は防音シート内でオープン
2020/8/9	日	休み：作業なし 小さなガラや破片は撤去エリアや足場の上に散乱したまま。 サッシ窓枠が撤去された仮設間仕切区画外側は防音シート内でオープン
2020/8/10	月	1階：庇研り、仕上研り（1階庇部分のみ） 防音シート内：地上側溝内ガラ片付け コンクリートガラ積込み 小さなガラや破片は撤去エリアや足場の上に散乱したまま。 サッシ窓枠が撤去された仮設間仕切区画外側は防音シート内でオープン、 天井板が撤去された仮設間仕切区画内天井部分はオープン
2020/8/11	火	防音シート内：1階外階段はつり撤去 ガラ搬出、産廃車両1車両2回 小さなガラや破片は撤去エリアや足場の上に散乱したまま。 サッシ窓枠が撤去された仮設間仕切区画外側は防音シート内でオープン 天井板が撤去された仮設間仕切区画内天井部分はオープン
2020/8/12	水	防音シート内：地上側溝はつり、解体 ガラ搬出、産廃車両1車両3回 小さなガラや破片は撤去エリアや足場の上に散乱したまま。 サッシ窓枠が撤去された仮設間仕切区画外側は防音シート内でオープン 天井板が撤去された仮設間仕切区画内天井部分はオープン
2020/8/13	木	防音シート内：地上側溝はつり、解体 小さなガラや破片は撤去エリアや足場の上に散乱したまま。 サッシ窓枠が撤去された仮設間仕切区画外側は防音シート内でオープン 天井板が撤去された仮設間仕切区画内天井部分はオープン
2020/8/14	金	防音シート内： 4階から1階の間仕切区画内、足場をシュロのほうきで掃き落とし掃除 その後ブルーシート養生 防音シート内のサッシ窓枠が撤去された4階から2階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生、1階のブルーシート養生は未完了
2020/8/15	土	防音シート撤去、足場解体 足場の下はまだ小さなガラや破片や粉が多く、地面にザザーと落とした。 大小のガラ・破片・粉が元々足場があった地面に山積 飛散しやすい小さな束や短繊維は飛散 サッシ窓枠が撤去された4階から2階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生、1階のブルーシート養生は未完了のまま
2020/8/16	日	休み：作業なし 大小のガラ・破片・粉が元々足場があった地面に山積 山積したガラの表面の飛散しやすい小さな束や短繊維は飛散 サッシ窓枠が撤去された4階から2階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生、1階のブルーシート養生は未完了のまま ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/17	月	ガラ搬出、産廃車両1車両4回 小さなガラ・破片・粉状のものは地面に一部残る 搬出で新たに露出したガラの表面の飛散しやすい小さな束や短繊維は飛散 午前中管理棟内各階の間仕切区画前の粉状の埃を二人でほうきと乾いたモップで掃き掃除 サッシ窓枠が撤去された4階から2階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生、1階の清掃完了、1階のブルーシート養生完了 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/18	火	ガラ搬出、産廃車両1車両1回、 小さなガラ・破片・粉状のものは地面に一部残る 搬出で新たに露出したガラの表面の飛散しやすい小さな束や短繊維は飛散 サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生

表3-1 管理棟内へのアスベスト飛散が想定される作業と時期

年月日	曜	管理棟内へのアスベスト飛散が想定される作業
		ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/19	水	ガラ搬出、産廃車両1車両1回、 小さなガラ・破片・粉状のものは地面に一部残る 搬出で新たに露出したガラの表面の飛散しやすい小さな束や短繊維は飛散 サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/20	木	矢板を入れるために校舎近くの土壌深度6mくらい混練、 小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/21	金	矢板を入れるために校舎近くの土壌深度6mくらい混練、 小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/22	土	小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/23	日	小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/24	月	小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/25	火	小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/26	水	気中濃度測定 小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/27	木	小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/28	金	小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/29	土	高所作業車で外壁の1階から4階に飛散防止剤を散布 小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/30 降雨	日	小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/8/31 降雨	月	保護者説明会 小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された4階から1階の仮設間仕切区画外側にブルーシート養生 ブルーシート養生は風でバサバサ動く
2020/9/1	火	小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る 台風がくるのでサッシ窓枠が撤去された部分にコンクリートパネル板ではめ込んで養生
2020/9/2	水	小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠が撤去された部分にコンクリートパネル板ではめ込んで養生 間仕切区画清掃
2020/9/3	木	小さなガラ・破片・粉状のものは地面に少し残る サッシ窓枠部分はコンクリートパネル板養生間仕切区画徹底清掃



写真 1.1 足場回りの防じんシート 2020/8/2



写真 1.2 窓枠のカッター切り作業 2020/8/6



写真 1.3 窓枠の研り作業 2020/8/8



写真 1.4 3階バルコニーの研り作業 2020/8/6



写真 1.5 3階バルコニーの研り作業 2020/8/6



写真 1.6 3階バルコニーの研り作業 2020/8/7



写真 1.7 1階底の研り作業 2020/8/10



写真 1.8 4階清掃前状況 2020/8/14

写真 3 -1 管理棟内へのアスベスト飛散が想定される作業と養生の状況

	
<p>写真 1.9 ブルシート養生設置状況 2020/8/14</p>	<p>写真 1.10 足場解体 防音シート撤去 2020/8/15</p>
	
<p>写真 1.11 ブルシート養生設置状況 2020/8/15 足場解体時は1階の養生は無し</p>	<p>写真 1.12 杭基礎設置エリア削孔作業 2020/8/21 1階のブルシート養生が設置</p>
	
<p>写真 1.13 コンパネ設置状況 2021/9/1</p>	<p>写真 1.14 コンパネ設置状況 シーリング材施工 2021/9/1</p>
	
<p>写真 1.15 間仕切区画内 清掃前 2021/9/2</p>	<p>写真 1.16 左赤枠拡大写真：床の上にコンクリート等のザラザラした砂状の破片が見える。</p>

写真 3 - 1 管理棟内へのアスベスト飛散が想定される作業と養生の状況

## 第4章 校舎に使用されていた下地調整材を用いた発じん量の測定

### 4.1 実験の目的と方法

加古川市立別府中学校の配膳室設置に係る工事において、コア抜きされた3個と、破断片1個の外壁が、飛散事案と同じ壁から採取されたものである。この飛散事案と同種の外壁試料を用いて、飛散再現実験をチャンバー内で実施し、アスベストの発じん量を推定することを目的とした。

#### ●実験概要

除去業者所有の機材整備用チャンバー（メンテナンスルーム）中 3,000mm×長さ 5,000mm×高さ 2,500mm 内を、中 1,200mm×長さ 5,000mm×高さ 2,500mm で区切り、実験室とした。実験室は透明ビニルシートで二重養生し、内部に集じん排気装置（HEPA フィルター付き）、出入口には3室からなるセキュリティルームを設置。実験室内では実験台に固定した試料を、ドイツ ヒルテイー社のディスクグラインダーを用いて削り、飛散したアスベスト（クリソタイル）の室内濃度を測定した。

#### ●測定場所、実施日、実施者

場 所：アスベスト飛散防止技術の発展に協力的なアスベスト除去業者施設（関東某所）。

実施日：令和4年8月27日

実施者：名取（委員長）、亀元（委員）、富田（委員）、松木（アスカ技研）、他 除去業者の方々。

#### ●測定・分析機器等

柴田科学株式会社 ミニポンプ MP-Σ300N : 0.5~3.0 L/min

柴田科学株式会社 ミニポンプ MP-Σ500N : 2.0~5.0 L/min

柴田科学株式会社 エアーサンプラーAIP-105 : 1.5~13 L/min

メンブランフィルター 直径 47mm（採じん面の直径 35mm、ポアサイズ 0.8 μm）

位相差/偏光顕微鏡 BX53-33P-PH（接眼レンズ 10 倍、対物レンズ 40 倍）

#### ●計数法

環境省 水・大気環境局 大気課「アスベストモニタリングマニュアル(4.2版)」の位相差/偏光顕微鏡法（マウンティング法：アセトシートリアセチン法）によって、アスベスト繊維を選別して計数。

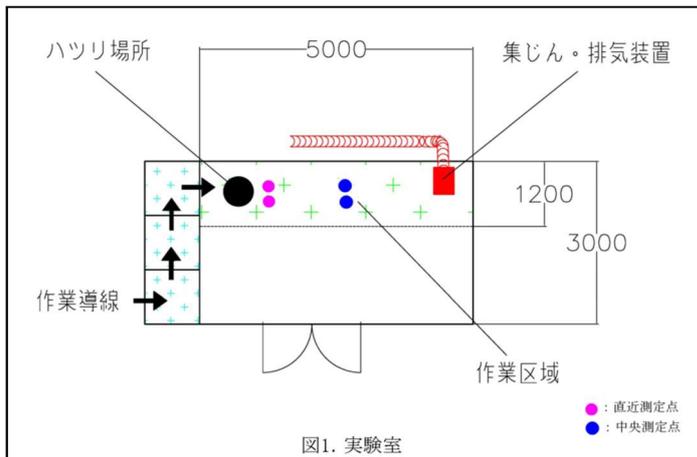


図1. 実験室

図 4 - 1 実験室



写真 4 - 1 実験室

### ●測定方法

図 4 - 1 に示したハツリ場所で除去業者作業員によってディスクグラインダーで試料を削り、直近の高濃度が想定される場所と、実験室の中央付近の 2 箇所で、吸引速度を変えて各 2 点の測定を実施。測定は目視によって粉じん濃度が一定になったと判断した時に、目視による粉じん量から吸引速度を調整して一定時間（1 分程度）吸引を実施。吸引速度と吸引時間は、現地にて位相差/偏光顕微鏡を用いて採じん量を確認し、最終的に正確に計数できる濃度になる様に実験を進めながら調整をおこなった。

実験実施にあたって、作業場周辺への飛散の無いことを確認するため、セキュリティ出入口前と集じん排気装置排気口付近での測定も実施した。（吸引速度：10L/min、吸引時間：240min）

### ●実験内容

以下の 2 つの確認作業と、3 つの実験を実施。

作業 1：コア抜き試料裏面（コンクリート面）を削る。

作業 2：コア抜き試料裏面（コンクリート面）を削る。

実験 1：コア抜き試料表面（塗材+下地調整材）1 個をコンクリート面が出る直前まで削る。

実験 2：コア抜き試料表面（塗材+下地調整材）1 個をコンクリート面まで削る。

実験 3：コア抜き試料表面、破断片試料表面（塗材+下地調整材）各 1 個をコンクリート面が出るまで削り、掃き掃除をおこなう。中央付近の測定は、掃き掃除中に実施。

※作業 1、作業 2 は、ディスクグラインダー研磨による発じんの様子、実験室内での粉じん拡散の様子、目視による粉じん飛散量と測定吸引量の目安を確認するために実施。

実験に用いた コア抜き試料 及び 破断片試料 に施工されていたアスベストを含有する下地調整材の面積は、リスク推定部会（令和 4 年 1 月 18 日）での報告から、コア抜き試料…0.0068 m<sup>2</sup>/個、破断片試料…0.0263 m<sup>2</sup>。

各実験における実験室のクリアランスの確保は次のように実施。前の作業・実験が終了後、床を HEPA フィルター付き掃除機で掃除し、集じん排気装置をデジタル粉じん計で周辺の数値と同等になるまで最大出力で稼働させた後、実験室内の天井、壁、床を濡らした布で拭き掃除を実施した。

#### 4.2 測定結果と顕微鏡写真

測定結果と顕微鏡写真を後頁に示す。

また、アスベスト繊維数濃度は以下の式によって計算した。

$$\text{アスベスト繊維数濃度} = (A \times n) / (S \times V)$$

A：採じん有効面積 (961.6mm<sup>2</sup>)

V：吸引量 (L)

S：計数した面積

1 視野の面積 (0.07065mm<sup>2</sup>) × 視野数 (100)

n：偏光顕微鏡で判別し計数したアスベスト繊維数

## 測定結果

実験1

	直近1	直近2	中央1	中央2
吸引量 (L)	0.6	1.3	1.5	2.7
総繊維数 (本)	99.5	148.0	97.0	140.0
クリソタイル (本)	90.5	127.0	64.0	99.0
総繊維数濃度 (本/L)	23,000	15,000	8,800	7,100
クリソタイル濃度 (本/L)	21,000	13,000	5,800	5,000

実験2

	直近1	直近2	中央1	中央2
吸引量 (L)	0.4	0.9	1.5	2.5
総繊維数 (本)	56.5	137.0	81.0	83.5
クリソタイル (本)	42.5	92.0	40.5	64.5
総繊維数濃度 (本/L)	19,000	21,000	7,300	4,500
クリソタイル濃度 (本/L)	14,000	14,000	3,700	3,500

実験3

	直近1	直近2	中央1	中央2
吸引量 (L)	0.4	0.9	0.4	0.9
総繊維数 (本)	68	99.5	122	151.5
クリソタイル (本)	36	61.5	77	90
総繊維数濃度 (本/L)	23,000	15,000	41,000	23,000
クリソタイル濃度 (本/L)	12,000	9,300	26,000	14,000

周辺環境

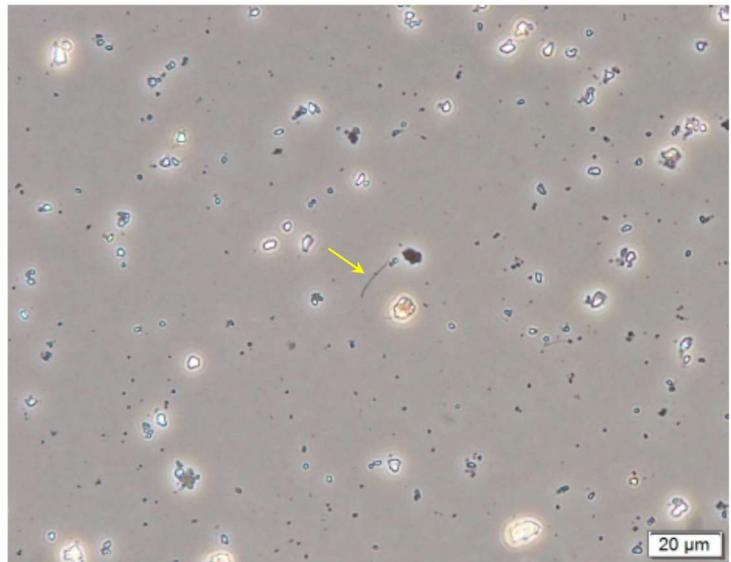
(アスベスト濃度)

セキュリティ前	0.056 本/L 未満
排気口付近	0.056 本/L 未満

# 実験1: 直近1 位相差顕微鏡と偏光顕微鏡写真

【位相差顕微鏡と偏光顕微鏡(直行ニコル)】

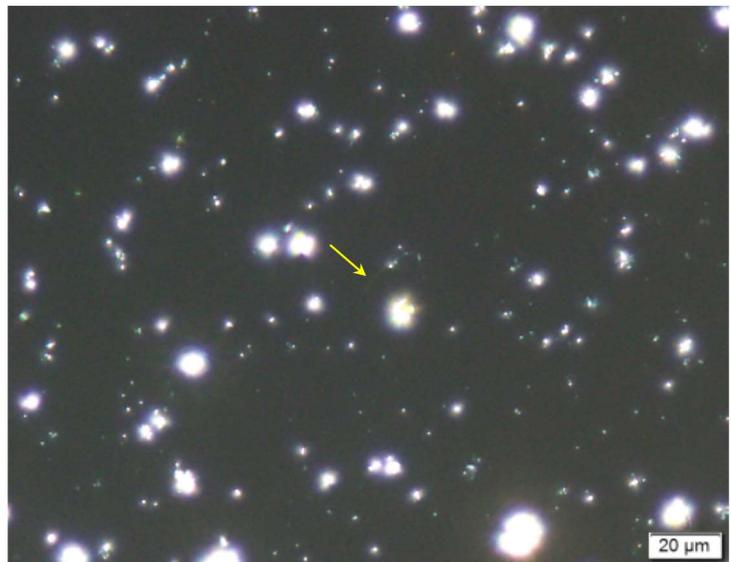
位相差顕微鏡写真



偏光顕微鏡写真(直行ポーラー)

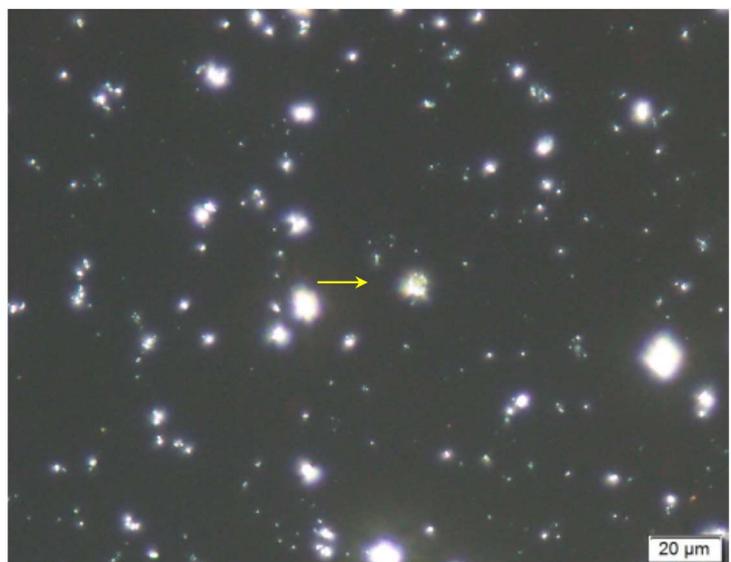
位相差顕微鏡と同一視野を観察。

45° に傾いた繊維(対角位)は、直行ポーラー下では最も明るく見える。



ステージを45° 左に回転させると垂直部分は消光する(直消光)。

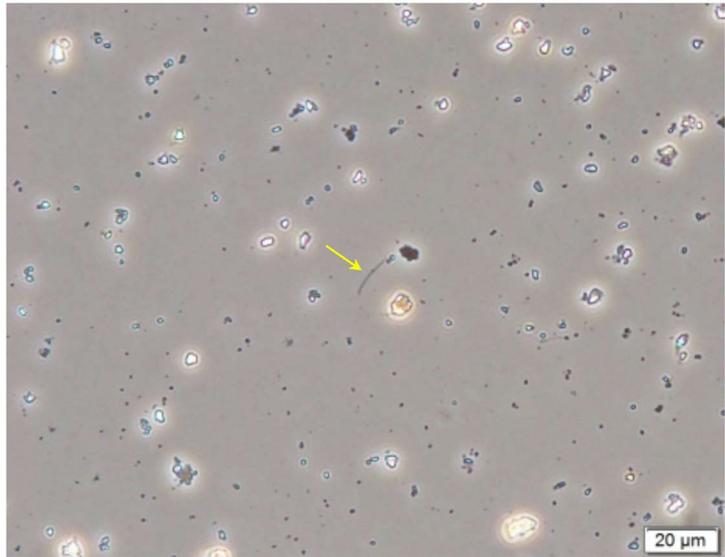
アスベスト様形態を示している。



# 実験1: 直近1 位相差顕微鏡と偏光顕微鏡写真

【位相差顕微鏡と偏光顕微鏡(セナルモンコンペンセーターを挿入し、直行ニコルからアナライザーを±5° 回転)】

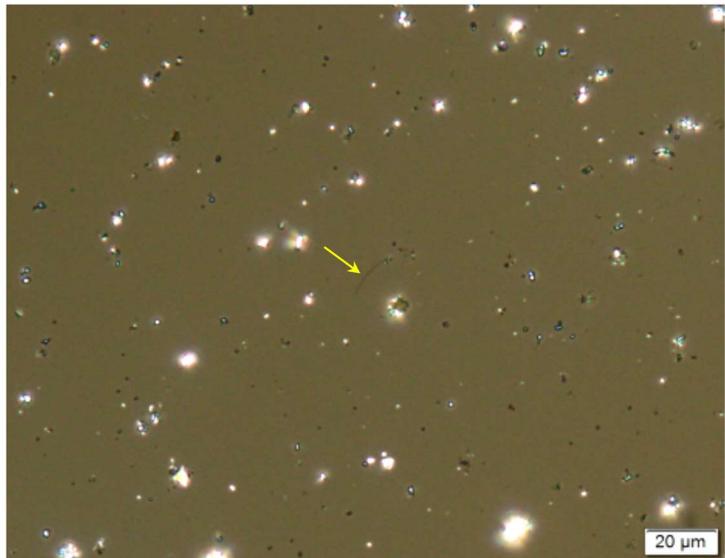
位相差顕微鏡写真



偏光顕微鏡写真  
(直行ポラーラーからアナライザーを+5° 回転させ、セナルモンコンペンセーターを挿入)

位相差顕微鏡と同一視野を観察。

右上-左下に傾けた繊維は暗くなる。  
(伸張性が正)



ステージを90° 左に回転。

左上-右下に傾けた繊維は明るくなる。  
(伸張性が正)



クリンタイル標準試料をメンブレンフィルターに捕集。

【位相差顕微鏡と偏光顕微鏡(直行ニコル)】

位相差顕微鏡写真

比較的太いクリンタイル



偏光顕微鏡写真(直行ポーラー)

位相差顕微鏡と同一視野を観察。

45° に傾いた繊維(対角位)は、直行ポーラー下では最も明るく見える。



ステージを45° 左に回転させると垂直部分は消光する(直消光)。

アスベスト様形態を示している。



クリソタイル標準試料をメンブレンフィルターに捕集。

【位相差顕微鏡と偏光顕微鏡(セナルモンコンペンセーターを挿入し、直行ニコルからアナライザーを $\pm 5^\circ$ 回転)】

位相差顕微鏡写真

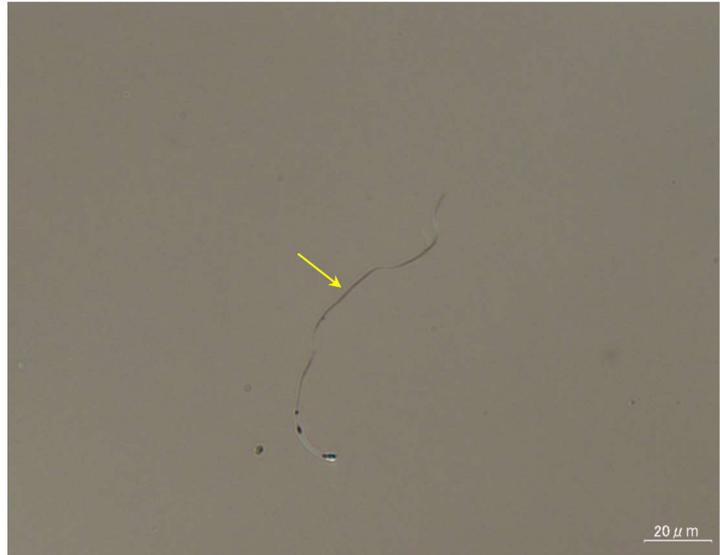
前頁と同じ クリソタイル



偏光顕微鏡写真  
(直行ポラーラからアナライザーを $+5^\circ$ 回転させ、セナルモンコンペンセーターを挿入)

位相差顕微鏡と同一視野を観察。

右上-左下に傾けた繊維は暗くなる。  
(伸張性が正)



アナライザーを直行ポラーラから $-5^\circ$ 回転  
(ステージを左に $90^\circ$ 回転したことと同じ)

右上-左下に傾けた繊維は明るくなる。  
(伸張性が正)



## 第5章 トレーサーガスを用いた屋内外の拡散状況の実験結果

### 5.1 トレーサーガスを用いた拡散実験による石綿飛散の再現性と不確実性の検討

本事案発生時にどの程度の石綿が飛散した可能性があるかを推定するには、石綿を用いて実験することでより正確な結果を得られるが、有害物質であることが確認されている石綿を実験のために飛散させることはできないことから、どうしても代替の物質を用いる必要があった。そのため、大気中を浮遊する物質の拡散状況を追跡する方法として一般に用いられているトレーサーガスを用いた拡散実験を行った。

しかし、ガスに比べて石綿は緩やかに時間をかけて拡散していくのではないかと、下地調整材に混ぜ込まれた石綿が飛散する際にはセメント質の材料が付着した粉じんとなって石綿のみの繊維とは違った挙動をするのではないかと、といった懸念事項がある。そのため、2つの物質（トレーサーガスと石綿）の動静（ある空間内での動きの違い）の関係性を実験で確認しようとした。こうした実験を行うには石綿含有建材を扱った解体改修現場で実験を行う許可を得る必要がある。今回の実験のために適切な現場を確保するよう複数の委員が可能性を探ったが、解体改修現場は石綿が飛散しないよう厳格な管理のもとに進められているため、現場確保が難航した。結果として適切な現場の確保が困難と判断されたことから、飛散濃度の推定では、こうした不確実性について係数をかけることでリスクを過小評価しないように検討を進めることとした。

### 5.2 実験全体の実施概要

石綿飛散事案発生時と類似した気象条件で別府中学校管理棟校舎からトレーサーガスを放出し、指定された地点で空気を捕集することにより、トレーサーガス拡散状況を測定した。

校舎内の拡散状況を測定する「主に屋内における実験」と屋外の区域の拡散状況を測定する「主に屋外における実験」の2種類の実験を行った。

本実験では、トレーサーガスが屋内外に拡散されていくことや屋内では捕集される濃度が高濃度になることが想定されたため、予備実験を行いトレーサーガスの濃度・放出方法・放出量を決定した。また、石綿飛散事案発生時における空気の流れをできる限り再現するため、作業場内での作業者の動きを考慮するとともに作業場の間仕切りや教室のドアの開閉を行った。

① 実験実施業者 (一財) 日本気象協会関西支社

② 工 程 大気拡散実験の工程の内容は表 5-1 に示すとおり。

表 5-1 大気拡散実験の工程・内容

	実施内容	回数、必要な時間等
下見	現場の確認 (捕集地点の確認)	
予備実験前日	サンプラー等事前準備	半日程度
予備実験	大気拡散実験 ・主に屋内における実験 ・主に屋外における実験	各 2 回
本実験前日	サンプラー等事前準備	半日程度
本実験	大気拡散実験 ・主に屋内における実験 ・主に屋外における実験	各 2 回

③ 実施日 予備実験 8月3日(木)、4日(金) (主に屋外における実験)  
8月5日(土)、6日(日) (主に屋内における実験)  
本実験 8月18日(金)、19日(土) (主に屋内における実験)  
8月20日(日)、21日(月) (主に屋外における実験)

④ 場 所 別府中学校 (加古川市別府町新野辺北町 8 丁目 9 番地)

⑤ 放出地点 別府中学校管理棟 3 階廊下、給食配膳室棟屋上

⑥ 捕集地点 「図 5-2 主に屋内における実験 捕集地点図」  
「図 5-6 主に屋外における実験 捕集地点図」による。

⑦ 実験方法 トレーサーガスを放出し、「⑥捕集地点」で空気を捕集し、EDC ガスクロマトグラフで分析する。

※トレーサーガスは、人体に対して極めて安全性の高い物質である。

トレーサー物質：PMCH: Perfluoro-Methyl Cyclo Hexane,  $C_7F_{14}$ ,  $M=350$

この物質は、人や動植物に対して安全性が高いのはもちろん、環境中のバックグラウンド濃度は ppq オーダー ( $10^{-15}$  (1 千兆分の 1)) と極めて低いため、トレーサー実験全体としての使用量を減らすことにより、地球温暖化に対して負荷の少ない実験を行うことができる。

また、トレーサー物質は、フロン回収法及び京都議定書の指定物質ではない。この物質は化学物質審査規制法 (化審法) や労働安全衛生法などの化学物質の安全性を扱う法律では、通常の状態での人体への有害性は指摘されていない。

⑧ 実験仕様（予備実験の結果から検討した本実験の仕様）

主に屋内における実験

・放出の概要

トレーサー物質 : PMCH (20ppm)  
トレーサーガス放出方法 : 実験開始後 5 分間放出  
トレーサーガス放出量 : 10L/min

・捕集の概要

使用機器 : 8 連サンプラー  
吸引速度 : 150mL/min  
捕集本数 : 8 本/地点  
捕集時間 : 30 分×8 本 (4 時間)  
捕集地点 : 27 地点

主に屋外における実験

・放出の概要

トレーサー物質 : PMCH (20ppm)  
トレーサーガス放出方法 : 定常放出 60 分間 (1 時間)  
トレーサーガス放出量 : 10L/min

・捕集の概要

使用機器 : 8 連サンプラー  
吸引速度 : 150mL/min  
捕集本数 : 6 本/地点  
捕集時間 : 10 分×6 本 (1 時間)  
捕集地点 : 30 地点

分析装置の概要（屋内外共通）

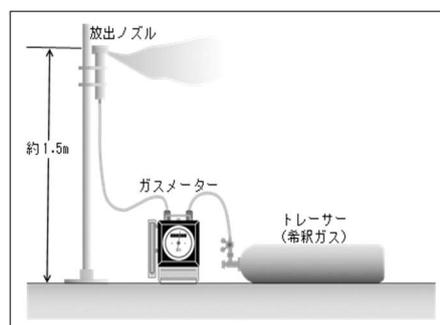


図 5-1 トレーサーガス放出装置の設置例 写真 5-1 トレーサー捕集装置



写真 5-2 トレーサー分析風景

### 5.3 主に内部における大気拡散実験

#### 1) 実験方法

##### ●ガス放出場所（発生源）の設定

内部における拡散状況を把握することを第一の目的としたため、令和2年に工事が実施された場所の内、3階の窓際の屋内側（仮設間仕切内）とした。

##### ●測定

- ・ガスの放出は短時間（5分程度）にし、測定は30分間×8連続の4時間とした。（測定装置は8連続測定装置となっており、吸引開始時刻と吸引時間の設定が可能である。）
- ・測定点は屋内19点、屋外8点の合計27点とした。
- ・屋内では、当時の各階の使用教室を3階の同一教室にあてはめ、各教室、廊下で水平方向への拡散状況を把握する測定点を3階に設定した。
- ・上下階への拡散の様子を把握する測定点を各階の階段前に設定した。
- ・屋外では、内外への拡散状況を把握するため、外部足場上部に1点、配膳室3階屋上部分（4階高さ）に1点、配膳室2階屋上（3階高さ）の足場内に1点、足場外に2点、配膳室1階屋上（2階高さ）に1点、地上大気モニタリング地点を測定点とした。またブランクとしてグラウンド（風上）側にも測定点をおいた。
- ・測定は令和2年8月に実施された工事期間と比較的近い気象条件（特に風向）を考慮した2日間（令和5年8月18、19日に各1回）で実施した。

##### ●工事実施時の再現

###### 仮設施設の再現

- ・ガスを放出する3階廊下には当時と同じ場所に同様の仮設間仕切壁を設置した。
- ・仮設間仕切壁の隙間は、当時の1～4階に設置された仮設間仕切壁の隙間、3階の実験用の仮設間仕切壁ですべて再現した。
- ・外部足場は配膳室棟が出来上がっているため、配膳室棟2階屋上に校舎屋上まで当時の半分程度の幅で防音シートを張って再現した。
- ・防音シートの緩みは、シート施工業者さんが一般的な工事終了時のシート回収時点で、遭遇する緩みを想定した張り方で再現した。

###### 工事状況（窓・扉の開閉、人の動き）の再現

- ・3階 ガス放出場所の窓は取りはずし、配膳室出入り口はビニルシート養生した。
- ・仮設間仕切壁内を除く、1～4階の廊下の窓 及び 扉は全閉とした。
- ・教室の中庭側の窓は全開にし、換気扇と空調を稼働させた。
- ・仮設間仕切壁の出入り口は10分に1回おこない、仮設扉は30秒間開放した。
- ・教室の出入りは、30分に1回実施し、扉は30秒間開放した。

主に屋内における実験 捕集地点図

- 4階多目的室
- 3階生徒会室  
生徒会活動で使用
- 3階1-4教室  
3者面談で使用
- 3階LL教室  
補習で使用
- 2階3-2・3-3教室  
補習で使用
- 1階職員室  
教職員が滞在

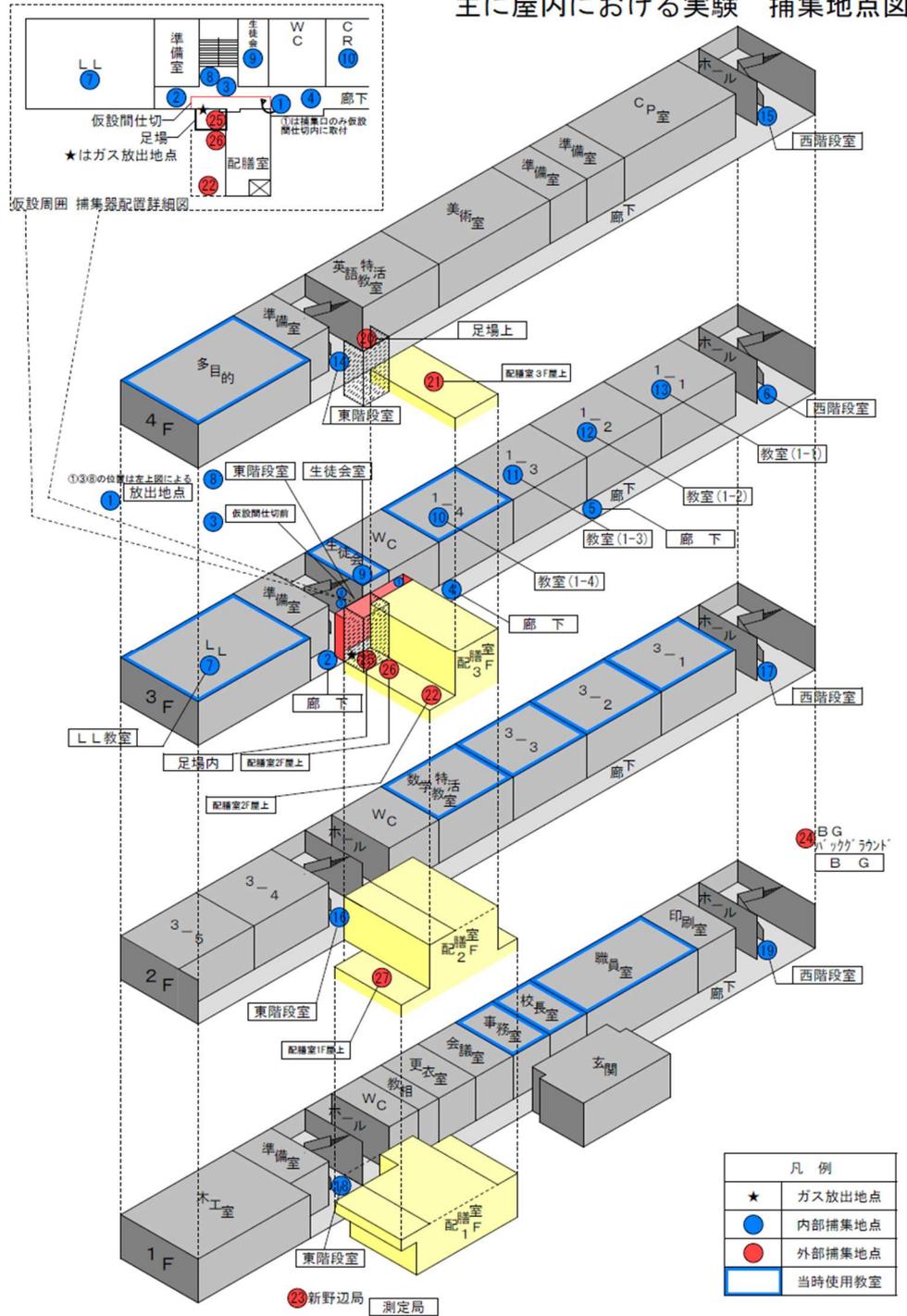


図5-2 主に屋内における実験 捕集地点図



## 2) 結果

### ●予備実験

各測定地点の測定結果を精度良く得られる様に、日本気象協会が放出ガス濃度を決定するための実験として2日間にわたって実施された。

2023年8月5日…放出ガス濃度：2.000ppm、 8月6日…放出ガス濃度 20.01ppm

表5-2 予備実験測定結果

予備実験		[ppq]							
測点番号	測点名	230805 放出ガス濃度…2.000ppm				230806 放出ガス濃度…20.01ppm			
		30 min	60 min	90 min	120 min	30 min	60 min	90 min	120 min
1	3F 仮設内	18,385	250	89	46	3,943,000	20,496	6,025	2,745
2	3F 仮囲扉横	557	74	48	30	52,742	1,932	711	432
3	3F 仮囲南	166	32	27	25	47,320	2,326	722	300
4	3F 仮囲西	90	32	27	25	14,479	2,138	427	191
5	3F 廊下中央	52	29	26	24	1,655	622	113	55
6	3F 西階段	42	36	28	26	661	1,483	500	206
7	3F LL教室	-	-	-	-	-	-	-	-
8	3F 東階段	1,613	119	89	67	39,846	2,509	710	337
9	3F 生徒会室	-	-	-	-	-	-	-	-
10	3F 教室1-4	-	-	-	-	-	-	-	-
11	3F 教室1-3	-	-	-	-	-	-	-	-
12	3F 教室1-2	-	-	-	-	-	-	-	-
13	3F 教室1-1	-	-	-	-	-	-	-	-
14	4F 東階段	128	41	47	28	3,522	5,040	1,177	554
15	4F 西階段	54	81	30	33	2,315	8,275	3,103	1,089
16	2F 東階段	72	38	34	22	2,931	1,976	934	321
17	2F 西階段	59	54	44	37	1,046	2,826	1,121	394
18	1F 東階段	32	36	32	30	248	894	992	552
19	1F 西階段	30	38	33	25	166	1,258	885	348
20	屋上 管理棟	-	-	-	-	-	-	-	-
21	4F 配膳室 外	70	33	26	24	6,177	1,449	85	87
22	3F 配膳室 外	-	-	-	-	-	-	-	-
23	新野辺局	31	26	23	22	-	-	-	-
24	BG	30	22	26	25	24	22	22	23
25	3F 足場内	-	-	-	-	-	-	-	-
26	3F シート外	-	-	-	-	-	-	-	-
27	2F 配膳室 外	-	-	-	-	-	-	-	-

OL

※測定結果のオーバーロード (OL)・異常値について

計測できる上限値を越えた(オーバーロードした)ものは赤色、前後の測定結果から極端に低い数値は異常値として黄色で示している。

OLの数値は他の時間帯の計測結果等から導き出される数値<sup>※3</sup>を参考値としている。

※ガスクロマトグラフによる分析によって検量線の対象範囲を超えたピークに対して、検量線を外挿して数値を導き出した値

●本実験

表5-3 本実験測定結果（8月18日）

230818 本実験（放出ガス濃度 19.99ppm）

[ppq]

測点番号	測点名	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
1	3F 仮設内	1,838,429	9,309	3,273	1,334	325	421	310	255
2	3F 仮囲扉横	246,202	5,696	860	307	302	223	116	116
3	3F 仮囲南	71,463	5,231	1,095	376	258	138	87	98
4	3F 仮囲西	34,074	3,780	683	180	148	92	53	44
5	3F 廊下中央	2,978	2,026	273	18	84	49	32	29
6	3F 西階段	1,760	6,419	2,294	491	394	326	230	179
7	3F LL教室	9,649	5,209	127	71	49	40	36	31
8	3F 東階段	54,062	5,380	1,371	537	349	207	95	108
9	3F 生徒会室	3,783	1,681	304	104	65	38	45	30
10	3F 教室1-4	816	73	71	35	55	37	33	26
11	3F 教室1-3	373	245	44	30	36	36	26	26
12	3F 教室1-2	157	122	33	27	28	26	22	24
13	3F 教室1-1	78	128	57	29	27	31	24	27
14	4F 東階段	41,037	8,088	2,357	1,377	1,035	873	768	632
15	4F 西階段	1,177	12,642	4,462	1,880	1,127	725	641	506
16	2F 東階段	14,553	3,576	2,557	1,145	517	302	201	146
17	2F 西階段	651	5,885	2,677	733	455	319	227	169
18	1F 東階段	763	1,609	1,380	1,541	737	351	241	170
19	1F 西階段	117	1,718	2,292	781	496	365	260	183
20	屋上 管理棟	281,282	1,687	590	0	195	38	89	71
21	4F 配膳室外	8,685	571	134	53	38	28	31	26
22	3F 配膳室外	18,611	3,251	579	194	116	58	44	45
23	新野辺局	56	44	31	26	27	22	21	27
24	BG	20	15	30	26	22	26	20	20
25	3F 足場内	112,010	1,774	1,544	665	387	265	252	516
26	3F シート外	28,882	1,796	363	128	80	43	38	36
27	2F 配膳室外	2,363	634	156	64	41	30	29	26

OL

表5-4 本実験測定結果（8月19日）

230819 本実験（放出ガス濃度 19.99ppm）

[ppq]

測点番号	測点名	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
1	3F 仮設内	1,267,884	6,924	2,981	1,098	796	514	203	249
2	3F 仮囲扉横	58,843	5,934	1,098	490	250	135	92	77
3	3F 仮囲南	54,880	6,343	1,077	476	253	114	65	40
4	3F 仮囲西	27,995	3,192	939	424	198	23	41	30
5	3F 廊下中央	1,650	817	407	203	109	36	21	16
6	3F 西階段	540	899	724	620	296	126	70	65
7	3F LL教室	4,188	381	55	36	29	23	27	27
8	3F 東階段	34,119	7,295	1,107	513	263	134	63	47
9	3F 生徒会室	11,659	11,288	922	160	47	30	30	28
10	3F 教室1-4	575	283	52	56	30	26	24	18
11	3F 教室1-3	827	327	41	49	37	21	26	23
12	3F 教室1-2	641	271	34	61	30	25	22	21
13	3F 教室1-1	100	99	43	82	49	30	25	25
14	4F 東階段	6,174	11,019	3,271	961	433	224	120	82
15	4F 西階段	141	493	1,881	1,438	780	484	323	213
16	2F 東階段	6,288	3,897	844	398	238	126	72	52
17	2F 西階段	64	470	456	355	227	88	60	48
18	1F 東階段	827	4,607	148	406	268	137	79	50
19	1F 西階段	24	35	233	233	239	114	57	30
20	屋上 管理棟	240,806	1,258	496	168	115	88	72	50
21	4F 配膳室 外	1,404	499	157	33	32	31	28	28
22	3F 配膳室 外	20,408	5,056	960	233	57	69	45	40
23	新野辺局	268	100	31	29	23	23	23	19
24	BG	23	24	23	23	23	17	22	23
25	3F 足場内	438,243	2,320	946	64	223	193	157	119
26	3F シート外	6,121	1,132	462	67	52	44	40	36
27	2F 配膳室 外	1,384	1,005	283	52	40	31	27	25

OL

### 3) 考察

#### ①廊下への拡散

発生源の3階における測定点までの距離は、“1 仮設内”…2m、“2 仮設扉前”…3m、“3 仮設外部南”…3m、“4 仮設外部西”…8m となっている。距離だけに着目すると測点2と測点3はほぼ等しいが、ガス発生直後だけを見ると測定値は“1 仮設内”→“2 仮設扉前”→“3 仮設外部南”→“4 仮設外部西”の順に低くなっており、仮設扉の開閉が影響したと思われる。60分後以降の測定値はガスが一気に拡散した後の低い値となっているが概ね距離関係に一致する。

表5-5 本実験(3F廊下)測定結果

230818 3F廊下

[ppq]

測点名	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
1 仮設内	1,838,429	9,309	3,273	1,334	325	421	310	255
2 仮設扉前	246,202	5,696	860	307	302	223	116	116
3 仮設外部南	71,463	5,231	1,095	376	258	138	87	98
8 3F東階段	54,062	5,380	1,371	537	349	207	95	108
4 仮設外部西	34,074	3,780	683	180	148	92	53	44
5 廊下中央	2,978	2,026	273	18	84	49	32	29
6 3F西階段	1,760	6,419	2,294	491	394	326	230	179
24 BG	20	15	30	26	22	26	20	20

230819 3F廊下

[ppq]

測点名	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
1 仮設内	1,267,884	6,924	2,981	1,098	796	514	203	249
2 仮設扉前	58,843	5,934	1,098	490	250	135	92	77
3 仮設外部南	54,880	6,343	1,077	476	253	114	65	40
8 3F東階段	34,119	7,295	1,107	513	263	134	63	47
4 仮設外部西	27,995	3,192	939	424	198	23	41	30
5 廊下中央	1,650	817	407	203	109	36	21	16
6 3F西階段	540	899	724	620	296	126	70	65
24 BG	23	24	23	23	23	17	22	23

OL

異常値?

- ・発生源からの距離、開口(仮設扉前)が近いことの影響を受けた結果を、ガス放出直後は示している。
- ・“6 3F西階段”はガス放出地点から約50m離れた校舎端に位置する。このことからガス放出から最高濃度に達する迄に時間がかかり、グラフは山型をしている。また校舎の端であることから、ガスの滞留も起こり、240分後でも比較的高い値を示している。

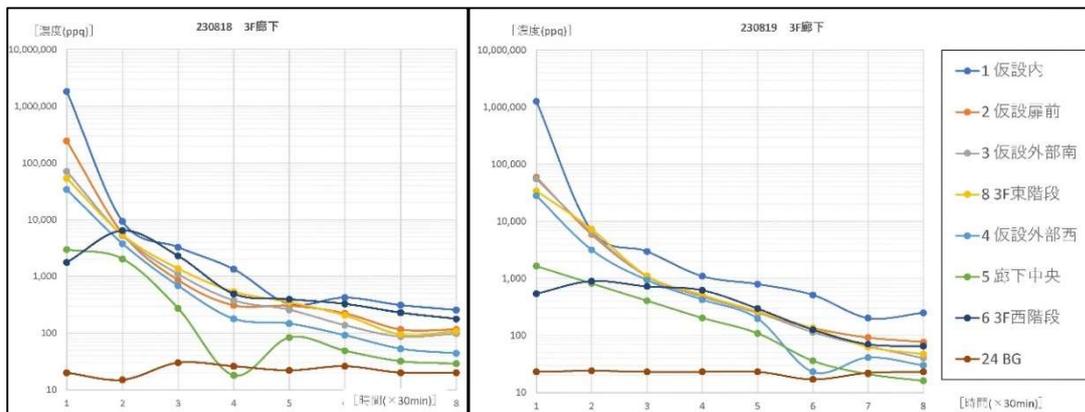


図5-4 本実験(3F廊下)測定結果

## ②教室への拡散

実際の作業当時に使用していた各階の教室を3階の教室に発生源からの位置関係を基に割り当て、教室内的測定を実施した。

表5-6 本実験(3F 教室内)測定結果

230818 教室内 [ppq]

測点名	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
1 仮設内	1,838,429	9,309	3,273	1,334	325	421	310	255
7 LL教室	9,649	5,209	127	71	49	40	36	31
9 生徒会室	3,783	1,681	304	104	65	38	45	30
10 教室1-4	816	73	71	35	55	37	33	26
11 教室1-3	373	245	44	30	36	36	26	26
12 教室1-2	157	122	33	27	28	26	22	24
13 教室1-1	78	128	57	29	27	31	24	27
24 BG	20	15	30	26	22	26	20	20

230819 教室内 [ppq]

測点名	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
1 仮設内	1,267,884	6,924	2,981	1,098	796	514	203	249
7 LL教室	4,188	381	55	36	29	23	27	27
9 生徒会室	11,659	11,288	922	160	47	30	30	28
10 教室1-4	575	283	52	56	30	26	24	18
11 教室1-3	827	327	41	49	37	21	26	23
12 教室1-2	641	271	34	61	30	25	22	21
13 教室1-1	100	99	43	82	49	30	25	25
24 BG	23	24	23	23	23	17	22	23

OL

- ・教室内は南側の窓が全て開放されていることから、廊下に比べガスの濃度が低くなるのが早い。
- ・2日間の結果に共通して、生徒会室の濃度が高くなっている。発生源に近いこと、教室が細長く狭いこと、細長いことから窓が一つしかないこと、空調機が設置されておらず機械的な空気の移動が少ないことが原因と思われる。
- ・1日目のLL教室が60分まで高値を示している。1日目(8/18)は吹奏楽部の練習がLL教室で実施されていた。ガス発生後に練習が終わったため、LL教室の出入り口の開放時間が他の教室より長かったことが影響したと思われる。

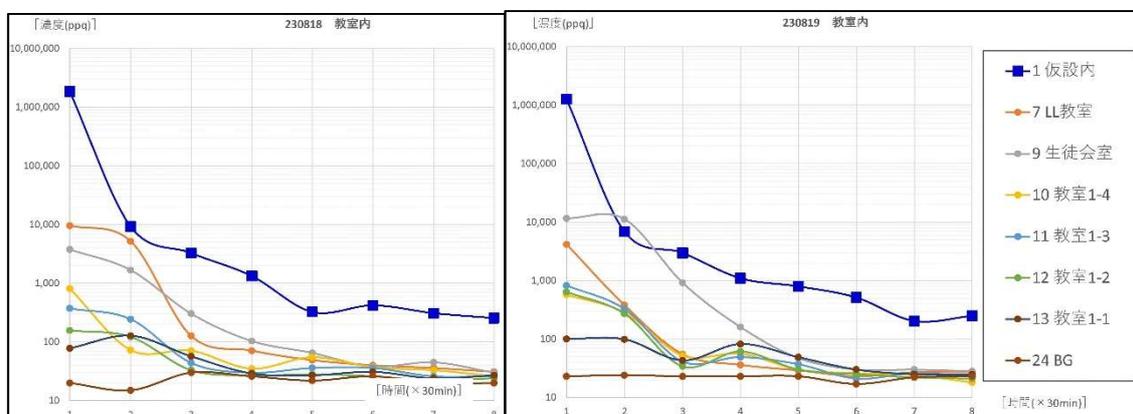


図5-5 本実験(3F 教室内)測定結果

### ③階段（上下）への拡散

ガスの上下階への移動をみるため、各階の東西の階段で測定を実施した。東階段は水平方向では内外比で添付した図からも判る様に、ガス放出地点に近い。西階段はガス放出地点から水平方向で50m離れている

表 5-7 本実験(階段)測定結果

測点名	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
1 仮設内	1,838,429	9,309	3,273	1,334	325	421	310	255
8 3F東階段	54,062	5,380	1,371	537	349	207	95	108
6 3F西階段	1,760	6,419	2,294	491	394	326	230	179
14 4F東階段	41,037	8,088	2,357	1,377	1,035	873	768	632
15 4F西階段	1,177	12,642	4,462	1,880	1,127	725	641	506
16 2F東階段	14,553	3,576	2,557	1,145	517	302	201	146
17 2F西階段	651	5,885	2,677	733	455	319	227	169
18 1F東階段	763	1,609	1,380	1,541	737	351	241	170
19 1F西階段	117	1,718	2,292	781	496	365	260	183
24 BG	20	15	30	26	22	26	20	20

測点名	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
1 仮設内	1,267,884	6,924	2,981	1,098	796	514	203	249
8 3F東階段	34,119	7,295	1,107	513	263	134	63	47
6 3F西階段	540	899	724	620	296	126	70	65
14 4F東階段	6,174	11,019	3,271	961	433	224	120	82
15 4F西階段	141	493	1,881	1,438	780	484	323	213
16 2F東階段	6,288	3,897	844	398	238	126	72	52
17 2F西階段	64	470	456	355	227	88	60	48
18 1F東階段	827	4,607	148	406	268	137	79	50
19 1F西階段	24	35	233	233	239	114	57	30
24 BG	23	24	23	23	23	17	22	23

OL

異常値？

- ・二日間とも西階段の1~4階の全ての測定点において、50m離れていることが影響し、ガス放出直後よりも後の測定時間帯に最高濃度に達している。
- ・階段においても、上昇気流があるものと思われる、二日間とも東西の4階で高い濃度が確認できる。
- ・二日目は東階段でも4階及び1階において60分の時間帯測定において最高濃度を示している。二日目は3階仮設部分の外部との開口部において、大量の空気が吸い出されている。このため東階段の4階、1階の濃度上昇が遅れている。また全体的に濃度も低い値となっている。

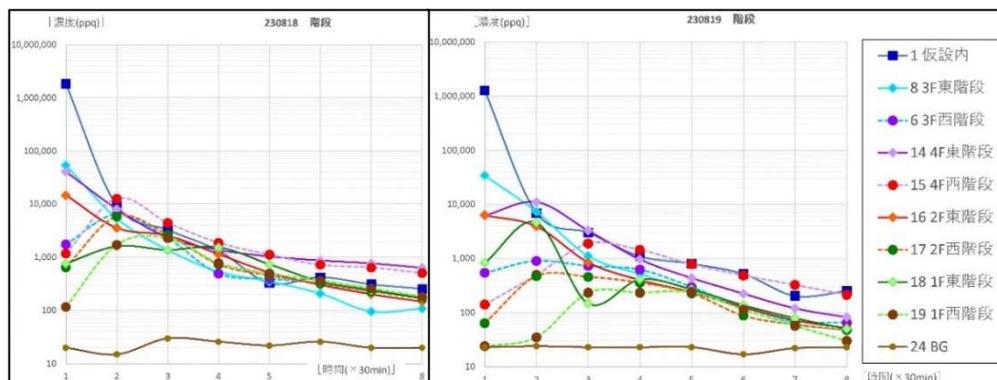


図 5-6 本実験(階段)測定結果

#### ④5分だけ拡散させたガスの建物内部濃度と、4時間ばく露した石綿濃度の相関の検討

本来、5分間ガスを拡散させると一様に拡散し、30分後には放出地点の濃度は低下し、周囲の濃度も概ね低下していく。文京区の石綿飛散事例の吹付け石綿濃度実測値を見ますと、10mから数10mの場所で1～2時間後に石綿濃度のピークが来るなど石綿の「綿的」な形状も影響した上昇がみられるが、4時間時点では全地点で濃度の低下が認められる。

今回のリスク推定では、5分間のガス拡散を4時間に換算する際に文京区の事例で行われた石綿濃度の積分的手法はとられていない。代わりに5分のガス放出が4時間持続したという安全側の仮定をおいている。ただし、この仮定をおくと安全サイドに値が寄りすぎ、さらに不確実係数を10とした場合、生徒会室内の石綿濃度が絶えず500 f/L程度という推定値になる。この推定値は、過去に建物内で主に吹付け石綿濃度の測定を多く行ってきた委員にとって、過大な評価と考えられる係数と思われた。

ある委員の意見では、「青石綿の除去作業場内の石綿濃度は一般的に20万本/L程度には達する。隔離養生は隙間が多かったため、負圧はほとんど効いていなかった。このような状況で作業員は除去工事を続け、時には場内と隣室を行き来していた。その隣室での濃度は150 f/L程度であった。」とのことである（白石綿ではない点は今回事案との相違点）。

また、別の委員は吹付け石綿除去工事の重要論文の一つを示し、「三室構造で吹付け石綿除去工事を行った結果は、除去室内74.4 f/cm<sup>3</sup>、中間室6.4 f/cm<sup>3</sup>、外部室2.0 f/cm<sup>3</sup>となっている」ことを報告している。（外部足場のない状態での石綿除去工事で、部屋の出入りは三室間に限られている点は今回事案との相違点）（Robert N.Sawyer: Asbestos Exposure in a Yale Building, Env Research 13, 146-169, 1977）

今回の工事（別府中学校給食配膳室整備工事）の対象となっている下地調整材と吹付け石綿では石綿建材として質に相違がありますが、今回行った再現実験（ドアの開閉もあり）でも3階廊下仮設間仕切り内、廊下、生徒会室の三室構造は類似点と考えられる。

以上の意見も踏まえ、建物内については、論文で報告された吹付け石綿や石綿含有建材の石綿濃度実測値も多いことから、不確実性は最大の10と比較して低いと考えられる。

上記のことを勘案し、米国EPAほかの関係機関が示している不確実係数1～10の中で、建物内で用いる値は、3が妥当と判断した。

#### 4) 建物内外部に飛散したガスの内外比率の検討

##### ①基本的な考え方

今回「主に内部の濃度を測定することと、内外比率を推計するための実験」として、令和5年8月18日、19日の2日（各1回）実施した。ガスの放出は、主に外部の実験の様に測定時間中ガスを放出し続けているものでなく、最初の5分間だけである。（実際の石綿ばく露は数時間持続していた訳だから、5分のガス濃度結果から4時間のガス濃度結果を導くために持続変換係数が必要となる）

放出直後から各地点において30分間の測定を8回連続して実施した。この実験は実際の連続した作業（窓枠一つにつき、対象部分のカッター切り1時間の作業）とは異なるが、どの方向に拡散していくのかを見るためには有効であり、内部への拡散量、外部への拡散量を検討するには非常に参考になる実験である。

なお1日目と2日目のガスの値がほぼ一致すれば、その結果を用いればよいが、結果の異なる場合（風向、風速、場の状況のわずかな変化）、一定の幅で評価をすることが必要である。

たとえば内部が高めの濃度となり外部が低い結果の日と、外部が高めの濃度となり内部が低い結果の日があれば、その幅の中に実際の日はありえたと推定することになる。

##### ②内部と外部の主要な測定地点

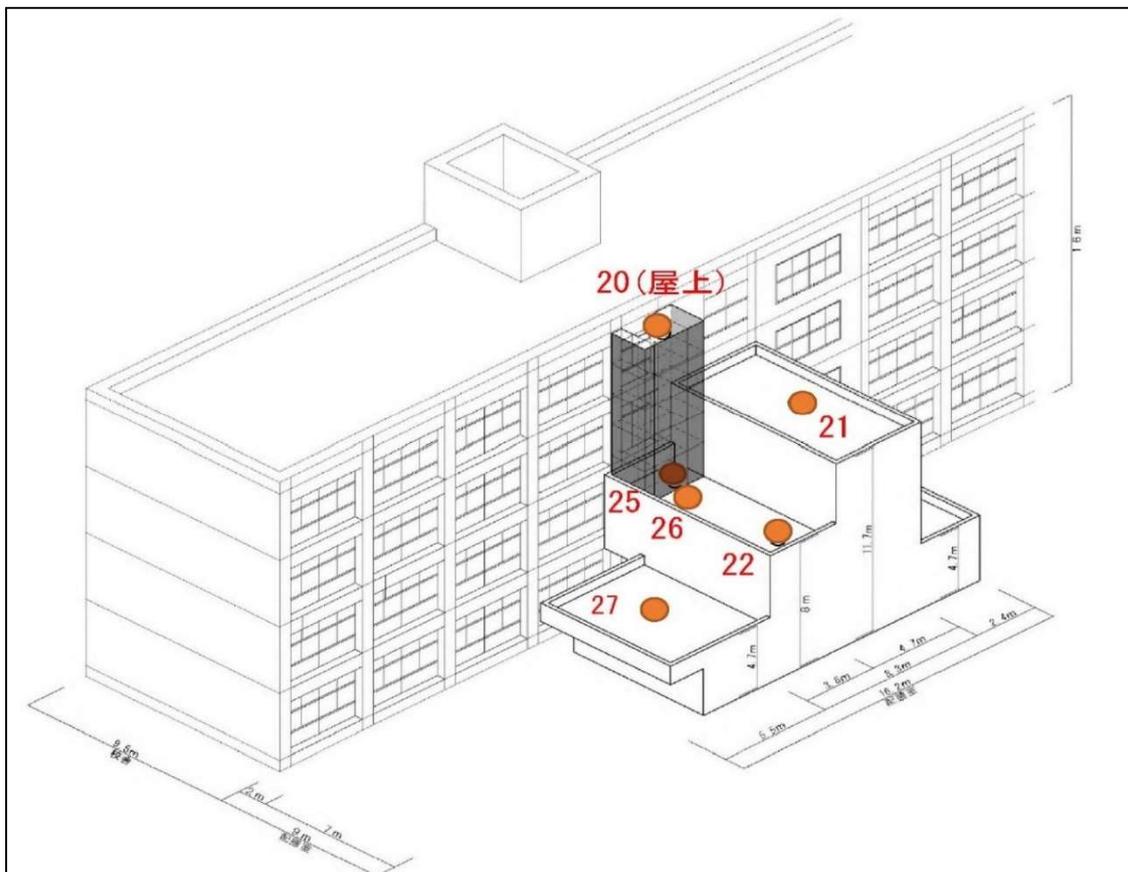


図5-7 校舎俯瞰図

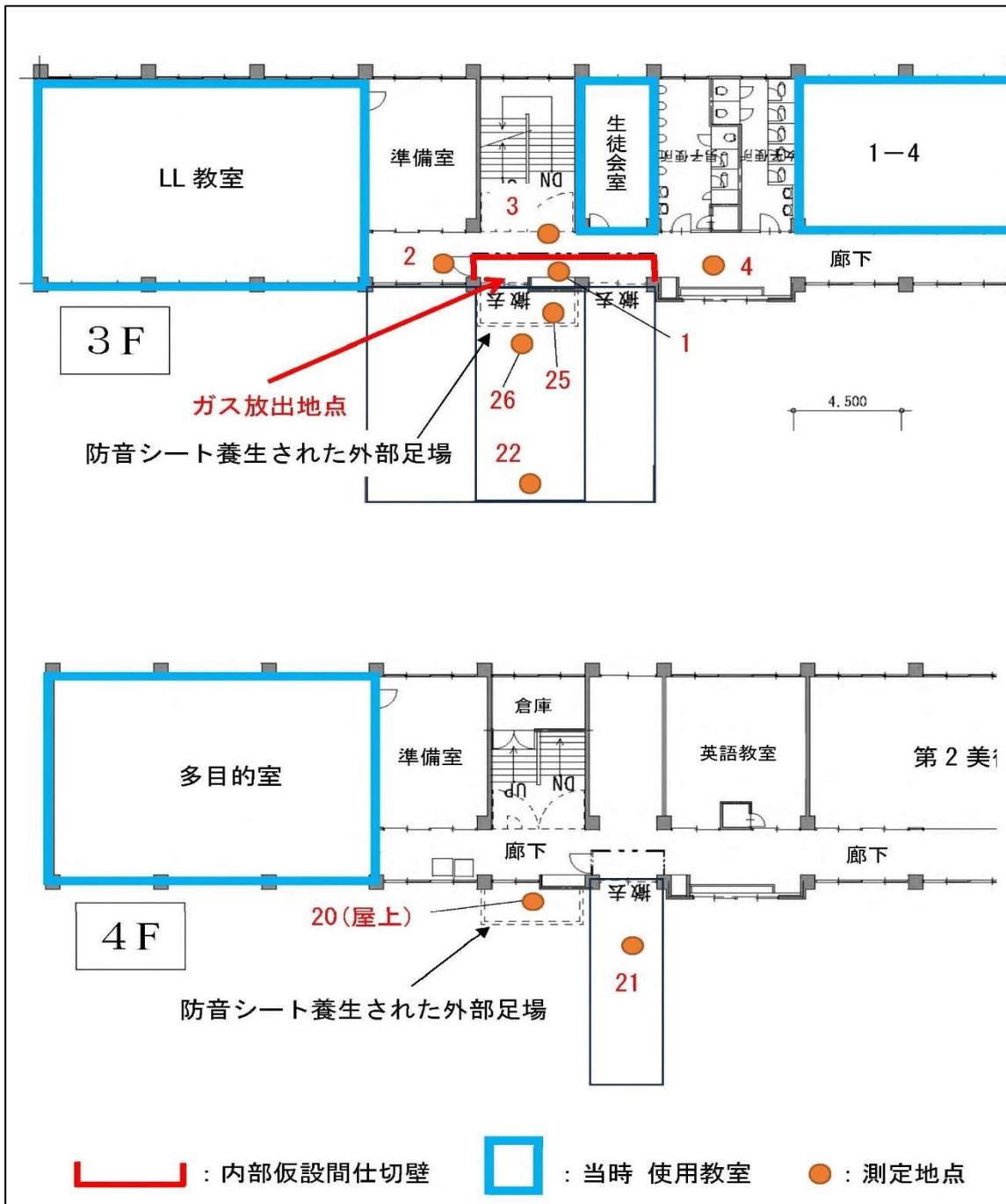


図5-8 内部、外部への拡散を検討した測定地点（平面図）

③2023年8月18日の測定結果

表5-8 発生源との比率

230818測定結果

[ppq]

測点名	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
1 仮設内 (3F 内部)	1,838,429 100%	9,309 0.51%	3,273 0.18%	1,334 0.07%	325 0.02%	421 0.02%	310 0.02%	255 0.01%
2 仮設扉前 (3F 内部廊下)	246,202 13%	5,696 0.31%	860 0.05%	307 0.02%	302 0.02%	223 0.01%	116 0.006%	116 0.006%
3 仮設外部南 (3F 内部廊下)	71,463 4%	5,231 0.28%	1,095 0.06%	376 0.02%	258 0.01%	138 0.008%	87 0.005%	98 0.005%
4 仮設外部西 (3F 内部廊下)	34,074 2%	3,780 0.21%	683 0.04%	180 0.01%	148 0.008%	92 0.005%	53 0.003%	44 0.002%
20 屋上足場 (外部足場直上)	281,282 15%	1,687 0.09%	590 0.03%	300 0.02%	195 0.01%	38 0.002%	89 0.005%	71 0.004%
25 3F外部足場内 (3F防音シート内)	112,010 6%	1,774 0.10%	1,544 0.08%	665 0.04%	387 0.02%	265 0.01%	252 0.01%	516 0.03%
26 3F外部足場外 (シート外直近)	28,882 2%	1,796 0.10%	363 0.02%	128 0.007%	80 0.004%	43 0.002%	38 0.002%	36 0.002%
22 3F配膳外部北端 (3F外部北端)	18,611 1%	3,251 0.18%	579 0.03%	194 0.01%	116 0.006%	58 0.003%	44 0.002%	45 0.002%
21 4F配膳 外部 (4F外部)	8,685 0.5%	571 0.03%	134 0.01%	53 0.003%	38 0.002%	28 0.002%	31 0.002%	26 0.001%
27 2F配膳 外部 (2F外部)	2,363 0.1%	634 0.03%	156 0.008%	64 0.003%	41 0.002%	30 0.002%	29 0.002%	26 0.001%
24 BG	20	15	30	26	22	26	20	20

OL 想定値 異常値? 測定値/仮設内最大

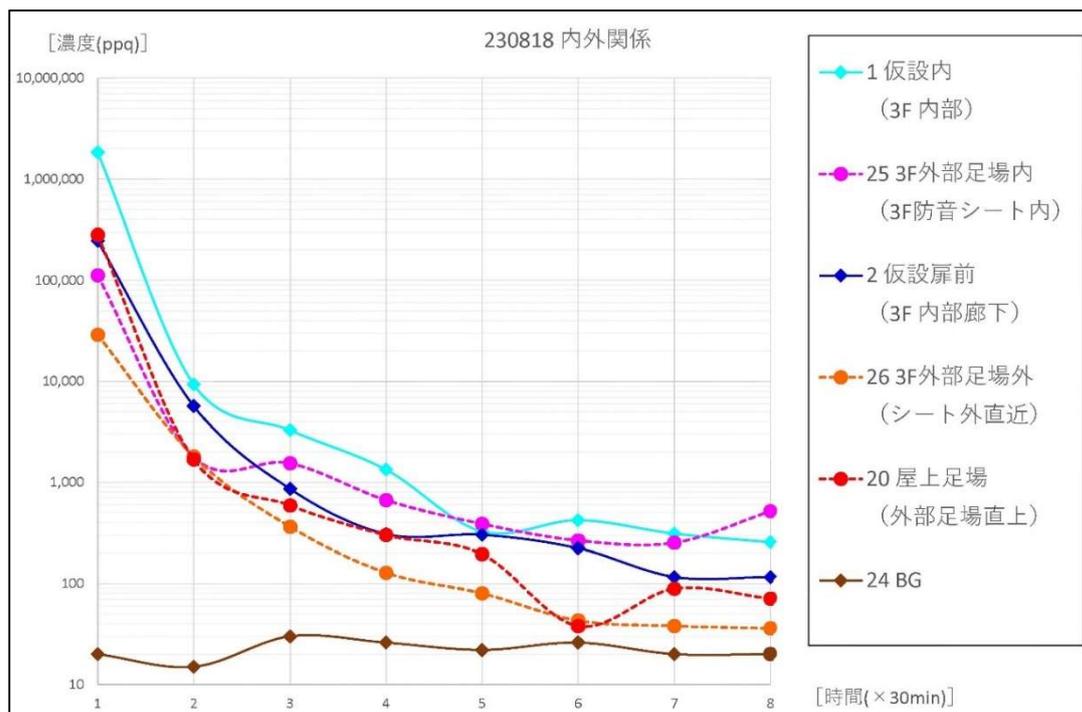


図5-9 内外関係検討グラフ

## 内外関係

発生源からの距離が概ね等しい以下の二組を比較する。

- ① 「測定点 1 仮設内 (3F 内部)」と「測定点 25 3F 外部足場内 (3F 防音シート内)」
  - ② 「測定点 2 仮設扉前 (3F 内部廊下)」と「測定点 26 3F 外部足場外 (シート外直近)」
- 上記二組の 4 地点を内外の代表地点と考えた。

濃度関係の把握が容易になる様に、「測定点 20 の 4 階屋上足場 (外部足場直上)」、及び「測定点 24 BG (外部のバックグラウンド)」を加え、片対数グラフにした。

ガス発生直後は①②において内部の測定地点が高濃度となっている。その後の減衰の様子や、①においては測定値においても似た値を示している。②においては“26 3F 外部足場外”が、防音シートで囲われた足場の外であり、外部への拡散のしやすさを考慮すると、内部と外部において似た値を示している。

これらの結果及び (部分的ではあるが) 拡散実験中にスモークテスターで確認した開口部の風の流れから、内外の空気の往来は 50% ずつと推定する。

## 外部の状況

発生源の 3 階における測定点までの距離は、“25 3F 外部足場内 (3F 外部足場の防音シート内部)”…2m、“26 3F 外部足場外 (3F 外部足場外側の防音シート直近)”…3m、“22 3F 配膳外部北端 (3F 配膳室外部の北端)”…8m となっている。内部同様発生源からの距離を考えると、“26 3F 外部足場外”より“22 3F 配膳外部北端”の値が、60 分から逆転してしまう。これは防音シートで囲われた外部足場の上昇気流によって、足場屋上“20 屋上足場 (外部足場直上)”に出たガスが、南風によって吹き下ろされたものと思われる。“25 3F 外部足場内”では 240 分の濃度が上昇している。これは防音シートで囲われた足場であるため、滞留しているガスが現場作業を再現した足場清掃作業の影響が出たものと思われる。

20 屋上足場 (外部足場直上) ”の測定値から、ガス放出直後に大量のガスが上昇気流によって、防音シートで囲われた外部足場の上部出口から出ていったことが判る。(内部の説明は次項に移動)

④2023年8月19日の測定結果

表5-9 発生源との比率

230819 内外比

[ppq]

測点名	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
1 仮設内 (3F 内部)	1,267,884	6,924	2,981	1,098	796	514	203	249
	100%	0.5%	0.2%	0.09%	0.06%	0.04%	0.02%	0.02%
2 仮設扉前 (3F 内部廊下)	58,843	5,934	1,098	490	250	135	92	77
	5%	0.5%	0.09%	0.04%	0.02%	0.01%	0.007%	0.006%
3 仮設外部南 (3F 内部廊下)	54,880	6,343	1,077	476	253	114	65	40
	4%	0.5%	0.08%	0.04%	0.02%	0.009%	0.005%	0.003%
4 仮設外部西 (3F 内部廊下)	27,995	3,192	939	424	198	23	41	30
	2%	0.3%	0.07%	0.03%	0.02%	0.002%	0.003%	0.002%
20 屋上足場 (外部足場直上)	240,806	1,258	496	168	115	88	72	50
	19%	0.1%	0.04%	0.01%	0.009%	0.007%	0.006%	0.004%
25 3F外部足場内 (3F防音シート内)	438,243	2,320	946	64	223	193	157	119
	35%	0.2%	0.07%	0.005%	0.02%	0.02%	0.01%	0.009%
26 3F外部足場外 (シート外直近)	6,121	1,132	462	67	52	44	40	36
	0.5%	0.09%	0.04%	0.005%	0.004%	0.003%	0.003%	0.003%
22 3F配膳外部北端 (3F外部北端)	20,408	5,056	960	233	57	69	45	40
	2%	0.4%	0.08%	0.02%	0.00%	0.01%	0.004%	0.003%
21 4F配膳 外部 (4F外部)	1,404	499	157	33	32	31	28	28
	0.1%	0.04%	0.01%	0.003%	0.003%	0.002%	0.002%	0.002%
27 2F配膳 外部 (2F外部)	1,384	1,005	283	52	40	31	27	25
	0.1%	0.1%	0.02%	0.004%	0.003%	0.002%	0.002%	0.002%
24 BG	23	24	23	23	23	17	22	23

OL 異常値? 測定値/仮設内最大

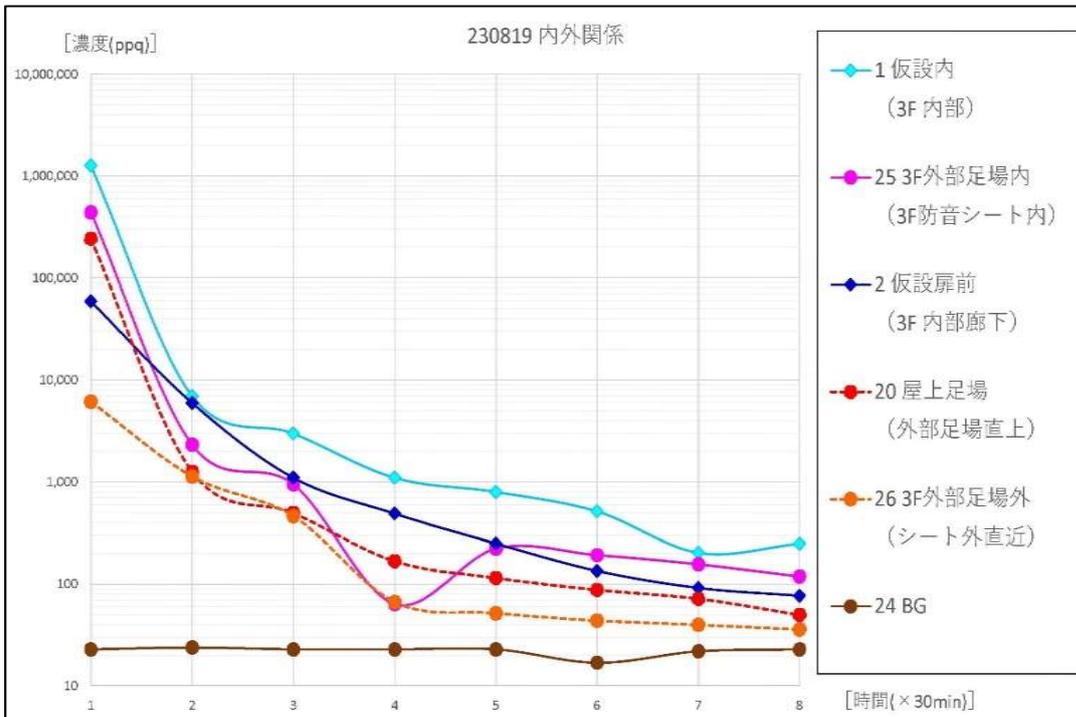


図5-10 内外関係検討グラフ

最初の 30 分を見ると 18 日の結果と異なり “20 屋上足場 (外部足場直上)” 及び “25 外部足場内 (3F 防音シート内)” の値が非常に高くなっている。開口に近い内部で発生させたガスが、外部に一気に上昇気流によって防音シートで囲われた足場上部から大量放出されていることが判る。

“20 屋上足場 (外部足場直上)、“25 外部足場内 (3F 防音シート内)”、“2 仮設扉前 (3F 内部廊下)” 及び “3 仮設外部南 (3F 内部廊下)” のガス放出直後から 30 分経過までの測定値を比較すると、**内外への行き来は、内部へ 1~2 割、外部へ 8~9 割程度と推定する。**

#### ⑤内外のガス測定結果の幅

18 日の内外への空気の行き来 (**内外比**) は**各 5 割**と思われる結果が得られた。

19 日の結果からは**内部へ 1~2 割、外部へ 8~9 割**の比率が得られた。

18 日と 19 日では、特に風向が異なっていた。屋上に設置されている風向風速計の値 (次頁に添付) をガス放出から 90 分経過時までに注目して確認すると、18 日は南南西~南東に 3.2~2.0m/s、19 日は西北西~南南西に 2.2~0.9m/s となっている。防音シートの隙間や紐の緩み等は、2 日間とも概ね同じであったことから、風向が異なる結果を導いた要因の一つと思われる。二日間の結果から、風向がどのように作用しているか詳細には判らないが、実際の作業中の風向 (2 頁後に添付) を見ると概ね南~南東であるが、西南西や、朝方では北西の風向もあることから、作業日、作業時間によって同程度の幅があったと推測される。

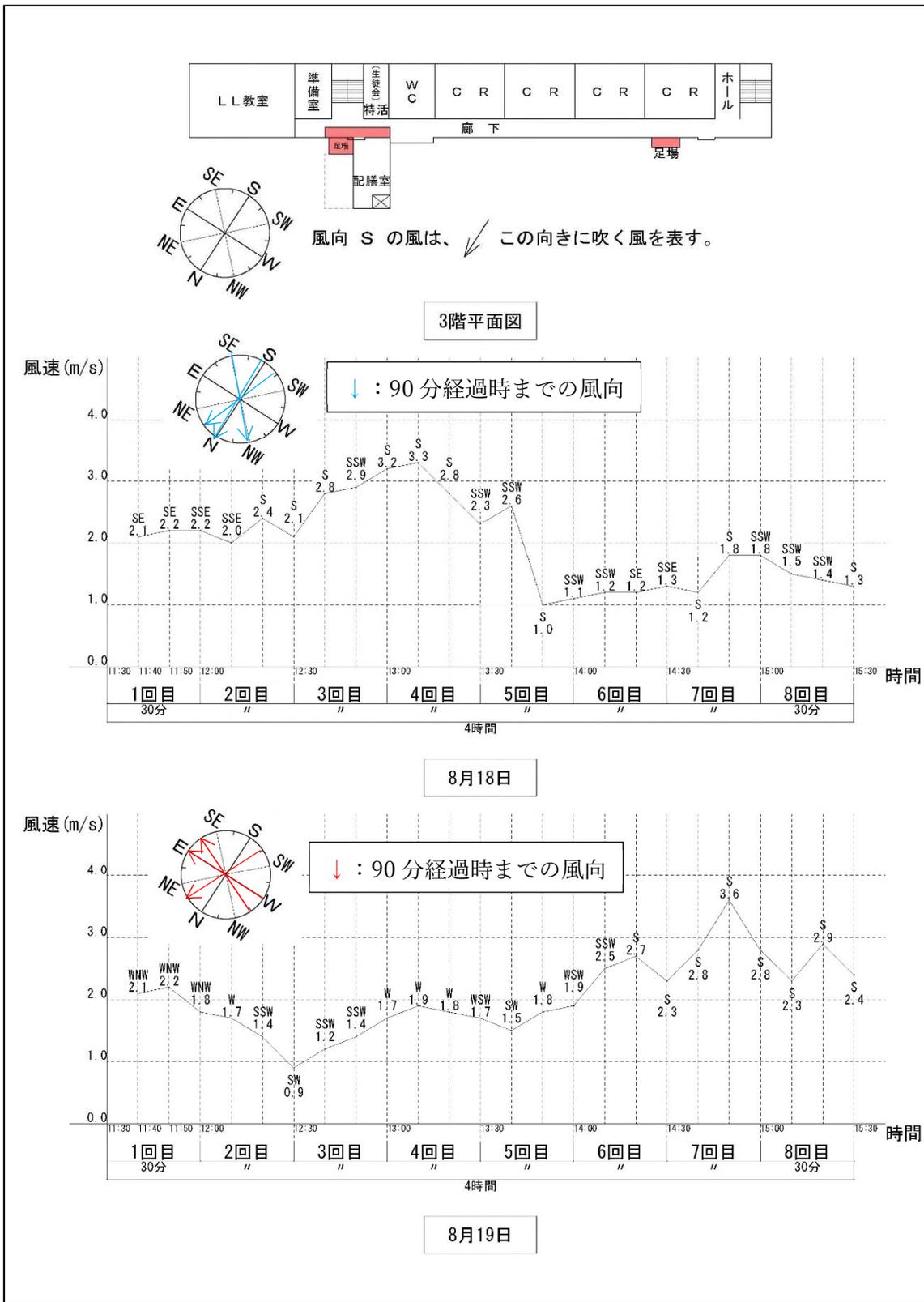


図5-11 本実験実施時の風向・風速

表5-10 飛散事案発生時の風向・風速

測定局からみた工事作業場所の方向 南西 (SW) 粉じんの単位は (μg/m<sup>3</sup>) です。

		測定局からの方向																								平均	最大	最小
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
6日 (木)	検体採取箇所																											
	粉じん量	61	52	58	60	59	54	53	49	40	35	46	44	60	56	39	65	40	38	29	33	21	20	23	21	43	62	20
	風向	NNE	NNE	NNE	NNE	NE	C	NW	NW	S	SSE	S	S	S	SSE	S	S	S	SW	SSE	SE	SE	LSE	SW	SSE	S	S	S
	風速 (m/秒)	1.1	11.3	0.8	1.2	1.0	0	1.3	1.2	2.2	3.2	3.2	3.6	3.6	2.5	1.6	2.2	2.3	2.1	1.3	1.5	1.5	0.6	1.4	1.8	3.6	0	0
7日 (金)	検体採取箇所																											
	粉じん量	23	20	21	21	21	19	20	19	20	20	46	46	53	45	51	59	58	49	65	55	49	65	65	39	66	19	
	風向	E	ESE	SSE	SE	NE	ESE	S	S	S	WSW	SSW	S	S	S	SSW	SSW	SSW	SW	SE	SE	ESE	SSE	S	S	S	S	
	風速 (m/秒)	1.6	1.2	1.6	1.0	0.6	0.8	2.0	1.9	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.3	3.1	2.8	2.0	0.9	1.5	1.3	1.0	1.6	2.1	3.9	0.6	0.6	0.6
8日 (土)	検体採取箇所																											
	粉じん量	67	64	59	55	63	64	60	49	63	63	60	60	60	45	41	31	37	43	42	35	32	31	52	66	31		
	風向	ESE	SE	SE	SE	SSE	ESE	ESE	SE	SSE	S	SSE	S	SE	S	S	SSE	SE	SSE	SSE	S	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	
	風速 (m/秒)	2.0	2.7	2.3	1.9	1.2	1.4	0.5	1.4	2.1	2.1	2.1	2.7	2.8	3.5	3.2	2.5	1.9	3.3	2.9	2.8	2.6	3.4	1.4	2.2	3.4	0.3	0.3
9日 (日)	検体採取箇所																											
	粉じん量	30	28	29	3	32	30	29	26	25	30	31	31	32	24	21	14	11	7	13	19	15	14	11	10	23	32	7
	風向	ESE	ENE	SE	NNE	N	F	NNE	NNE	NE	SSW	S	S	S	S	SSE	SSE	SSE	S	SSE	SSE	ESE	ESE	ESE	SSE	SSE	SSE	SSE
	風速 (m/秒)	1.5	1.4	1.4	1.2	1.0	1.4	0.6	0.9	1.3	1.9	3.3	3.7	4.5	4.8	4.0	4.2	2.6	2.8	2.8	2.1	1.9	2.1	2.4	1.3	2.3	4.8	0.6
10日 (月)	検体採取箇所																											
	粉じん量	10	12	10	9	8	8	11	11	11	24	27	22	12	16	17	11	9	10	9	13	15	16	14	14	27	8	
	風向	LSE	SSE	SE	SE	SE	LSE	LSE	SL	SSE	SSE	SE	SE	SE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SSE	SSE	SE						
	風速 (m/秒)	1.1	1.8	2.2	2.1	1.9	2.6	1.9	2.9	3.7	5.1	6.0	5.3	5.8	5.8	5.3	4.5	3.8	4.6	4.2	3.6	3.8	3.7	3.1	3.6	6.0	1.1	1.1

凡例  
 作業を行った期間の最大値と1日の最大値を検査する場合  の最大と  (参照する場合は●のみ) 計8検体  
 作業を行った期間全てと1日の最大値を検査する場合  全てと  計13検体  
 作業中も含めた場合  全てと  と  計28検体

※別件作業状況の検査 **8月5日の15時**  
 作業前 (8月1日~5日) の日程の8時~18時の間で計測された粉じんが最も多かった箇所

## 5.4 主に屋外における実験

### 1) 方法

#### ①ガス放出場所（発生源）

- ・2020年に工事が実施された3階で、西側にずらした位置。
- ・校舎壁に沿うように1～4階まで外部足場と防音シートを設置した。なお、実験用に設置した足場はR2年の工事当時に設置されていた足場に比べると、面積が小規模であった。
- ・ガス放出位置（高さ）の違いや防音シートの有無によるガス到達濃度の違いを調査するため、2階からガスを放出する場合や防音シートを貼らない状態での実験も検討を行ったが、実験日数が限られるため、全ての場合の調査が出来るかは実験実施時まで確定が困難であった。

→優先順位は以下のとおりとした。

実験場合分け	防音シート有	防音シート無
ガス放出(3階)	①	③
ガス放出(2階)	②	④

- ・実験当日の気象条件を考慮して、ガス放出場所は3階とし、8月20日に防音シート有の状態での測定を行った。ただし、風向がほぼ西向きであったため測定結果に基づいて周辺の濃度を推定することが困難と考えられたことから、8月21日に南向きの風向が期待できる時間帯に防音シート無の状態での測定を行った。
- ・なお、R2年の工事で設置されていた防音シートに比べて、予備実験時に設置されていた防音シートがしっかりと設置されており、実際の空気の流れが再現できていないと考えられたため、シートをやや緩めて若干隙間を確保するようにし、本実験を行った。

#### ②測定

- ・実験時間中、ガスを放出し続ける形で測定を行った。
- ・1回の測定時間は10分間とし、放出開始後、60分間測定を行った。  
→測定装置は8連続測定装置。（吸引開始時刻と吸引時間の設定が可能。）
- ・測定点は30点。（図5-12）  
→図5-6は、測定点を放射状・均等に配置したものであるため、地権者との調整により一部は若干位置を移動させている。
- ・50m以遠についてもシミュレーションとの数値整合確認のために測定点を配置した。
- ・ガス放出場所が工事実施位置だった場合の相対的な位置関係を示した図。（図5-13）

#### ③当時の再現

- ・窓や扉の開閉は主に内部における大気拡散実験に合わせた。
- ・足場内の作業員の動きも、作業当時に再現するように努めた。

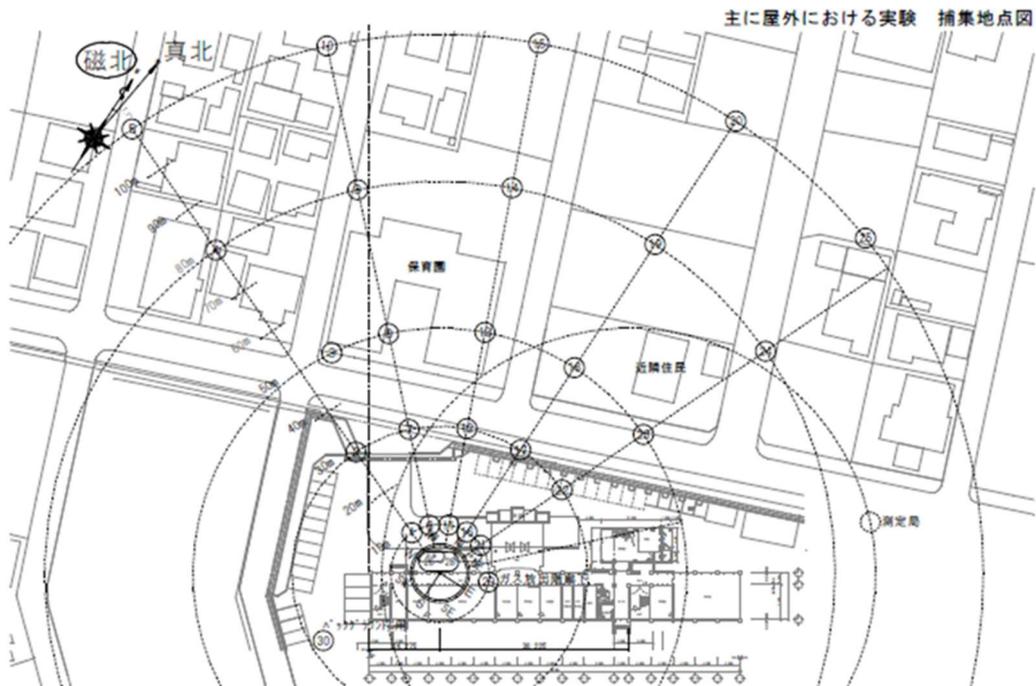


図 5 - 1 2 主に屋外における実験 捕集地点図

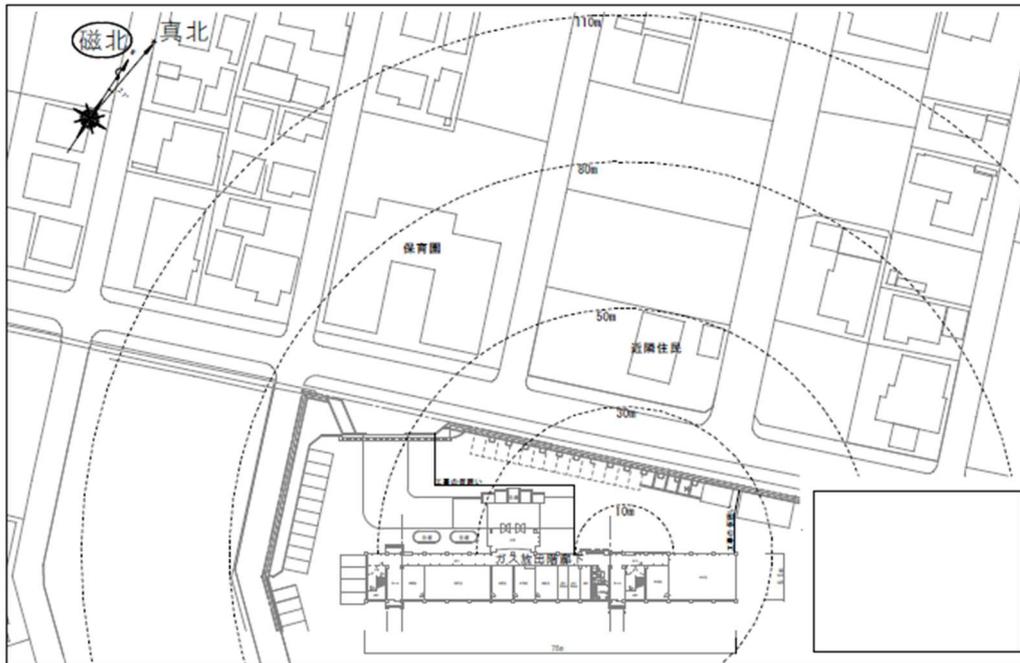


図 5 - 1 3 相対的な位置関係を示した図

2) 結果

①予備実験の測定結果

2023年8月3日

放出濃度 2ppm、放出速度 1L/min

表5-11 予備実験(8月3日)測定結果

測点番号	測点名	13:10-13:20	13:20-13:30	13:30-13:40
1	風下10m	43	58	63
2	風下30m			
3	風下50m	4	13	17
4	風下80m			
5	風下110m	4	4	4
6	風下10m	43	51	59
7	風下30m			
8	風下50m	12	14	18
9	風下80m			
10	風下110m	12	12	18
11	風下10m	49	59	68
12	風下30m			
13	風下50m	19	25	30
14	風下80m			
15	風下110m	14	20	23
16	風下10m	56	73	74
17	風下30m			
18	風下50m	25	26	34
19	風下80m			
20	風下110m	17	23	22
21	風下10m	60	38	83
22	風下30m			
23	風下50m	28	27	33
24	風下80m			
25	風下110m	22	22	22
26	放出地点	14289	13882	11247
27	足場屋上	14789	15269	19910
28	足場地上			
29	廊下	19	18	19
30	バックグラウンド	24	20	17

風の状況

風速：3.3-4.2 m/s

風向：S

2023年8月4日

放出濃度 20ppm、放出速度 10L/min

表5-12 予備実験(8月4日)測定結果

測点番号	測点名	13:10~13:20	13:20~13:30	13:30~13:40
1	風下10m	2048	1853	3976
2	風下30m			
3	風下50m	116	308	115
4	風下80m			
5	風下110m	17	4	4
6	風下10m	2509	1963	3685
7	風下30m			
8	風下50m	267	377	122
9	風下80m			
10	風下110m	63	142	65
11	風下10m	3957	2697	5365
12	風下30m			
13	風下50m	829	881	-
14	風下80m			
15	風下110m	184	315	394
16	風下10m	4578	3617	6866
17	風下30m			
18	風下50m	1018	1241	1774
19	風下80m			
20	風下110m	298	468	741
21	風下10m	3731	5162	7614
22	風下30m			
23	風下50m	1698	1711	2235
24	風下80m			
25	風下110m	298	573	699
26	放出地点	<b>2019000</b>	<b>1357000</b>	<b>2439000</b>
27	足場屋上	<b>3870000</b>	<b>3843000</b>	<b>4057000</b>
28	足場地上			
29	廊下	295	243	144
30	バックグラウンド	13	15	3

(赤字は OL)

風の状況

風速：2.1-3.1 m/s

風向：S

②本実験の測定結果

2023年8月20日

放出濃度 19.99ppm、放出速度 10.249L/min

表5-13 本実験(8月20日)測定結果

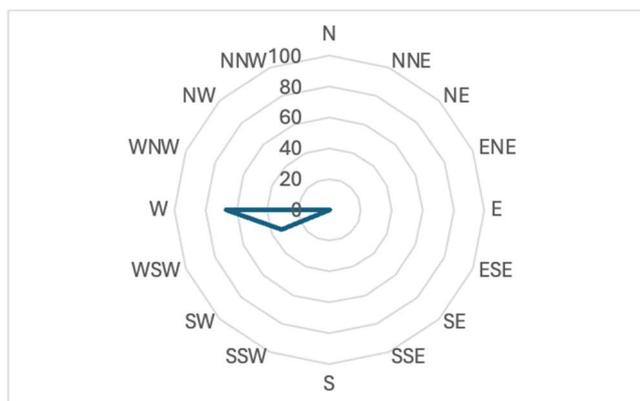
測点番号	測点名	13:10~13:20	13:20~13:30	13:30~13:40	13:40~13:50	13:50~14:00	14:00~14:10
1	風下10m	15	111	9	12	8	10
2	風下30m	19	21	14	12	14	11
3	風下50m	14	19	12	12	19	18
4	風下80m	19	14	20	14	12	14
5	風下110m	15	11	9	12	8	10
6	風下10m	22	294	267	99	697	202
7	風下30m	22	24	37	13	22	15
8	風下50m	21	14	14	21	13	23
9	風下80m	15	13	14	20	14	12
10	風下110m	10	21	11	9	12	26
11	風下10m	14	290	324	138	1103	283
12	風下30m	13	11	73	8	19	17
13	風下50m	30	16	33	20	22	22
14	風下80m	-	24	8	16	22	23
15	風下110m	10	15	9	11	9	12
16	風下10m	20	302	376	162	1303	187
17	風下30m	18	83	194	75	484	117
18	風下50m	13	15	45	21	31	14
19	風下80m	26	14	13	13	13	14
20	風下110m	26	23	23	25	25	25
21	風下10m	22	413	686	261	1776	497
22	風下30m	18	250	360	138	1011	437
23	風下50m	12	22	130	32	100	98
24	風下80m	32	14	14	20	23	31
25	風下110m	13	10	13	7	14	13
26	放出地点	259981	427638	766983	380580	620805	574944
27	足場屋上	1222868	1275593	1711578	1385402	550978	1419209
28	足場地上	220	513	670	290	2307	507
29	廊下	1569	1085	917	1452	2199	5123
30	バックラウンド	32	28	29	23	21	14

(赤字は OL)

測定時間帯における風の状況

平均風速：2.4m/s

風向：(右記グラフによる)



2023年8月21日

放出濃度 20.01ppm、放出速度 10.176L/min

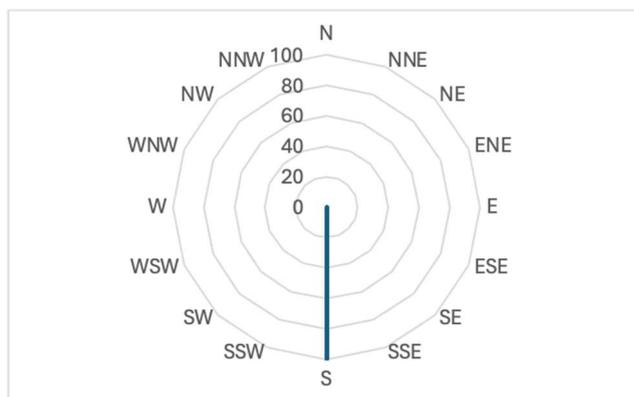
表5-14 本実験(8月21日)測定結果

測点番号	測点名	11:10-11:20	11:20-11:30	11:30-11:40	11:40-11:50	11:50-12:00	12:00-12:10
1	風下10m	7953	5828	8047	4777	3504	7143
2	風下30m	408	141	157	27	36	28
3	風下50m	716	464	94	15	16	23
4	風下80m	15	15	14	12	14	12
5	風下110m	16	16	13	24	27	25
6	風下10m	8286	7371	8605	5077	4217	7265
7	風下30m	1315	1074	715	77	84	85
8	風下50m	1123	1259	491	231	85	35
9	風下80m	272	300	176	26	13	14
10	風下110m	105	256	136	29	16	16
11	風下10m	7022	5332	8196	5132	4605	4819
12	風下30m	4822	2689	2508	1571	1257	731
13	風下50m	3063	1933	1778	1345	942	997
14	風下80m	1032	822	607	685	461	196
15	風下110m	786	543	536	543	255	158
16	風下10m	7960	8070	8365	5703	5383	7199
17	風下30m	4816	3343	1814	2344	1931	2069
18	風下50m	3073	1495	1517	1642	1250	1251
19	風下80m	1223	666	997	792	738	1087
20	風下110m	718	304	603	515	546	788
21	風下10m	8385	7382	8766	6337	5323	8330
22	風下30m	5522	4239	2779	4061	3619	3800
23	風下50m	2885	1551	2559	2542	1575	2111
24	風下80m	499	374	865	857	969	787
25	風下110m	456	181	568	519	613	627
26	放出地点	19381	294173	18978	14050	12465	19985
27	足場屋上	30296	62045	13362	18976	20886	18542
28	足場地上	8275	8837	13121	7668	7103	9041
29	廊下	261	674	607	256	321	165
30	バックグラウンド	23	20	21	19	1	35

測定時間帯における風の状況

平均風速：2.45m/s

風向：(右記グラフによる)



③発生源からの距離による濃度減衰の状況

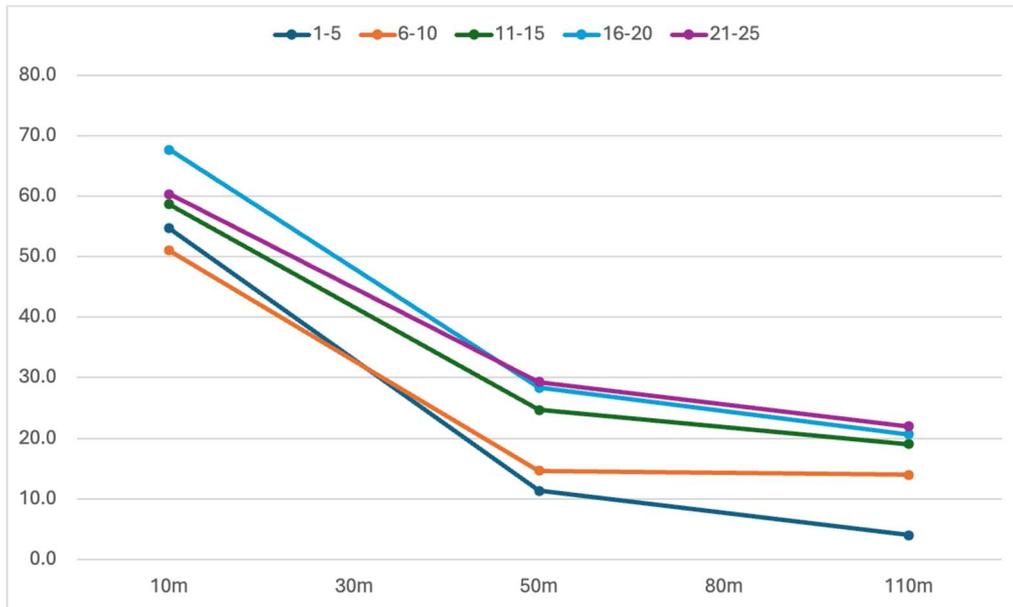


図5-14 2023年8月3日のデータによる濃度減衰の状況

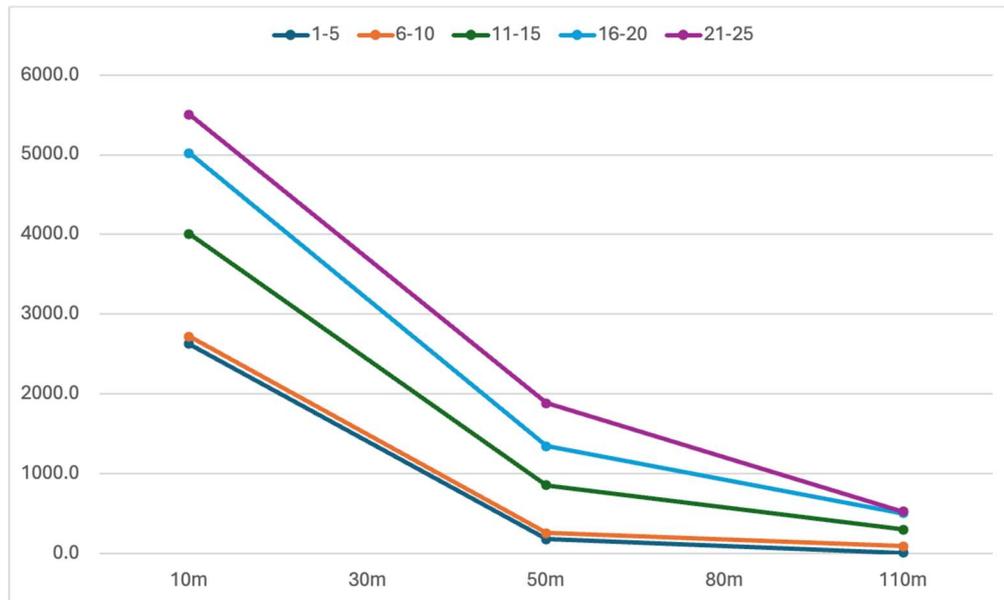


図5-15 2023年8月4日のデータによる濃度減衰の状況

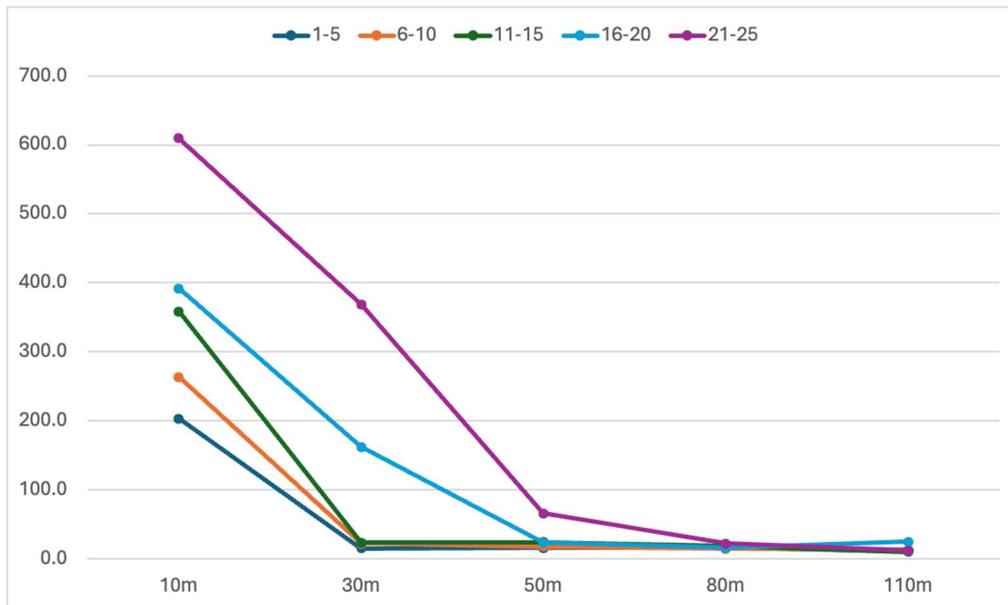


図 5-16 2023 年 8 月 20 日のデータによる濃度減衰の状況

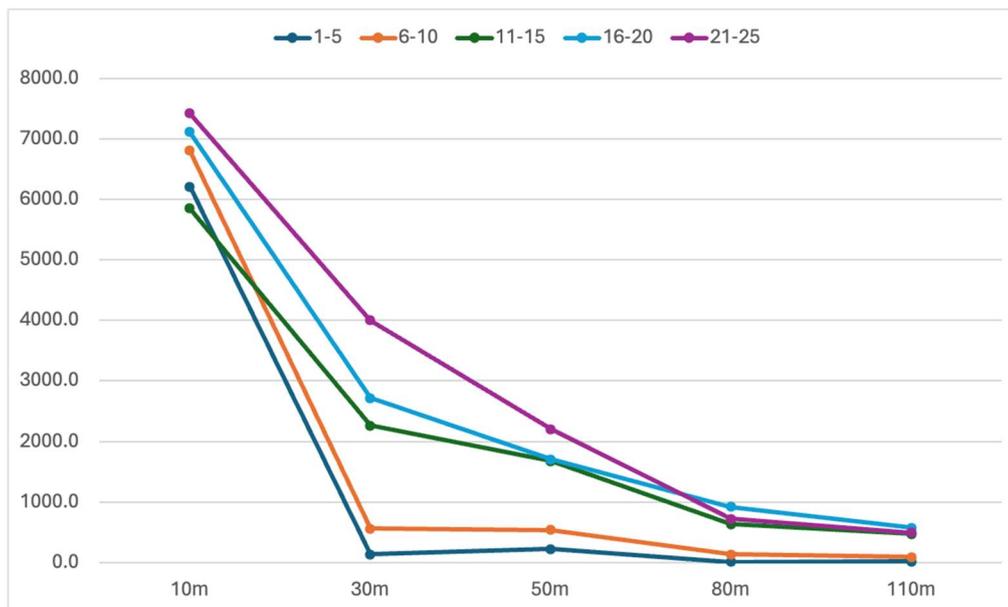


図 5-17 2023 年 8 月 21 日のデータによる濃度減衰の状況

### 3) 考察

#### ①風向きの影響

##### a) 本実験防音シート有り・西風

8月20日の防音シート内の上向きの風速が本実験では0.7~0.9m/sになり、そうしていなかった8月4日の予備実験の0.2m/sの3.5~4.5倍になった。防音シートの有りのトレーサーガスの拡散実験は、防音シートが煙突のような排出機能を持っていた可能性があったので、拡散シミュレーションモデルの整合性の検証のために実施した。

しかしながら、西風・西南西の風下側がアーク状のサンプリング地点と合っていない。8月4日の南側の予備実験では建物から50m以上のサンプリング地点が4~2235ppqだった

のが、8月20日の西風の際は、10～98ppqと全体的に低い値になっており、アスベストの大気拡散シミュレーション検証データに使えないと考える。西南西の風の際は管理棟に当たって跳ね返るような一番外側の角度の北北東のラインの建物から50m以上のトレーサーガスの分析結果が13～130ppqと若干高かった。

アスベストの大気拡散シミュレーション検証にはデータ数が少ないが、トレーサーガスを本実験と同じ放出濃度・放出量で放出した南風優位の8月4日の予備実験データを使用すべきと考える。8月4日の予備実験の結果のないところのデータは、アーク状の採取地点の値を周辺の値からコンター図等で推定する方法が考えられる。

#### b) 本実験防音シート無し・南風

8月21日の防音シートが無しの拡散実験のデータは、防音シートが無かった場合で3階からアスベストが飛散した状況の拡散シミュレーション結果との整合性の検証として使用するために実施した。

また足場のガラ落としや清掃の時のシナリオに関係する。足場のガラ落としや清掃は主に2020年8月14日の防音シートがあった状況で行われている。しかしながら8月15日のヒアリング結果には、養生シートを外した後、コの字型足場を解体しながら、だんだん段を落とすごとにコの字の内側に足場に積もっていた埃をざーっと落としながら作業したことが記載されている。

亀元 足場は外す時には、どれくらい汚れていましたか。

C社f氏 掃除は一応やっていますと聞いていましたが、どうしても取り切れない埃もあって、だんだん段を落とすごとに下にたまって行って下の方にいったら結構ざーっといった感じで。

亀元 なるほど。ざーっととなっていたのは、(8月15日に)どの辺に撒かれましたか。

C社f氏 基本的には内側に・・・

亀元 コ型の(足場の)内側のところですか。

C社f氏 足場を外して、ようは材料をおろす真下の縦並びでとびとびで、ほこりがかからないように、こっちに降ろすのであれば外したやつをコ型の内側でいったん立てて、ほこり落としてこっちで足場の下へおろすという感じで(8月15日に)下で作業する人にかからないように捨てました。

(校正時f氏注記：下部の作業員に配慮して埃を内側にこぼしてからおろしましたが、結果的には全員がかなりの埃をかぶっています。一度こぼしたぐらいでは付着したほこりは取れません。)

名取・亀元 どうもありがとうございました。

南の風下側がサンプリングアークと合っており、建物から50m以上のトレーサーガスの分析結果は12～3073ppqの値で分布し、拡散シミュレーション結果との整合性の検証に使えると考える。

## ②ダウンウォッシュ効果

本実験の南風の下での防音シートが無かった時の足場外の風は常に上向きの風が観測され、0.38～0.57m/sの風速であった。この風速はダウンウォッシュの風の流れとして使える可能性がある。



建物近くに逆流域ができて、建物の風下側直近には建物に沿って上昇する風が起きる。

図5-18 ダウンウォッシュの影響

8月4日の予備実験と8月21日の本実験で発生源直近10mのトレーサーガスの値が数千ppqと高い値が出ている。2020年11月6日の保護者説明会で、「自分の子供は正門から入り校舎に入ったが、影響はないのか」と聞かれた親御さんがいらした。

防音シートが有ると南風の下での直近風下10mの値は1850～7,600ppq(8/4予備実験)であった。防音シートが無かったケースでは3,500～8,700ppq(8/21本実験)と大きくなった。

ダウンウォッシュの実験の結果のないところのデータは、アーク状の採取地点の値を周辺の値からコンター図等で推定する方法が考えられる。

## ③防音シート内の送風機の設置、掃き掃除の再現の影響

8月20日の本実験では、8月4日の予備実験で行わなかった防音シートと壁の隙間拡大、令和2年8月の事案発生時と同一機種の送風機の設置、掃き掃除の動作の再現がなされた。防音シート内の上向きの風速が本実験では0.7～0.9m/sになり、そうしていなかった予備実験の0.2m/sの3.5～4.5倍になった。

養生内で風を感じられる場所が防音シートと壁の隙間の場所と送風機が設置された場所だったことから、これらが影響しているように思われる。

それに対して掃き掃除の動作のみの再現はあまり影響していないと思われる(掃除をした時間帯が確認できず)。

## 第6章 調査・実験結果に基づくばく露濃度推定

### 6.1 屋内におけるアスベスト飛散に伴う濃度の推定

#### 1) R2年の工事作業当時の屋内の滞在状況

表6-1 R2年の工事作業当時の屋内の滞在状況

場所	対象者	滞在時間
4階多目的室、3階生徒会室等	生徒	4時間
3階1-4教室（3者面談）	生徒、保護者	20分
	教職員	12時間
2階3-2、3-3教室（補習）	生徒	8時間
1階職員室	教職員	16時間

#### 2) 今回の推定対象と対応方針

- ・室内の濃度結果がある3階を対象としたリスク推定を先に実施
- ・2階と1階については室内の結果がないため、分けて検討。

表6-2 測定結果の例（2023.8.18、実験開始から30分）

8月18日 R21 放出濃度:19.99ppm 9.965 L/min 放出時間:11:30~11:35  
 高濃度 捕集時間:11:30~12:00 捕集地点:27地点

										R21	
地点No.	15								14	新野辺局(校舍屋上)の風	
4階廊下	1,177								41,037	11:40 : SE 2.1m/s	
地点No.			1:放出地点		25:足場内				11:50 : SE 2.2m/s		
3階放出			>1,838,429		112,010		←OL(参考値)		12:00 : SSE 2.2m/s		
地点No.	6	5	4	3	2	8					
3階廊下	1,760	2,978	34,074	>71,463	>246,202	>54,062	←OL(参考値)				
地点No.	13:1-1	12:1-2	11:1-3	10:1-4	9:生徒会室	7:LL教室					
3階室内	78	157	373	816	3,783	9,649					
地点No.	17								16		
2階廊下	651								14,553		
地点No.	19								18		
1階廊下	117								763		
地点No.	20:管理棟		21:配膳棟3F	22:配膳棟2F	26:防音シート外	27:配膳棟1F					
各棟屋上	281,282		8,685	18,611	28,882	2,363					
地点No.	24:BG								23:新野辺局		
地上	20	階別 最大濃度							56		

### 3) 3階のLL教室や生徒会室において推定される濃度

- ・最初の30分間の仮設内の濃度が飛散再現実験におけるチャンバー内の中央値の濃度と同等
- ・飛散再現実験で得られた濃度 (C) とした場合の各部屋・各時間のアスベスト濃度を次の式で推定

$$\text{飛散再現実験で得られた濃度 (C)} \cdot \frac{\text{(最初の30分の各部屋のトレーサーガス濃度)}}{\text{(最初の30分間の仮設内のトレーサーガス濃度)}}$$

表6-3 LL教室や生徒会室における濃度の比

日付	2023/8/18	2023/8/19	単位
発生源	20	20	ppm
仮設内: A	1,838,429	1,267,884	ppq
最初の30分_LL教室: B	9,649	4,188	ppq
最初の30分_生徒会室: C	3,783	11,659	ppq
仮設内濃度に対するLL教室濃度の比 r1 : B/A	0.00525	0.00330	
仮設内濃度に対する生徒会室濃度の比 r2 : C/A	0.00206	0.00920	

飛散再現実験によるチャンバーの中央部分におけるアスベスト濃度の最高値は次のとおり。

5,800	f/L	C: コンクリ面まで研磨 (実験1)
-------	-----	--------------------

アスベスト濃度を推定するため、次の仮定を設定。

- ・仮設内の濃度は、C (コンクリ面まで研磨) と同等
- ・仮設内とLL教室や生徒会室のアスベスト濃度の比は実験結果と同等

上記の仮定を置けば、LL教室と生徒会室のアスベスト濃度は次の範囲となる。

LL教室 :  $C \times r1 = 5800 \times (0.0033 \sim 0.00525) = 19.16 \sim 30.44$  (f/L)

生徒会室 :  $C \times r2 = 5800 \times (0.00206 \sim 0.00920) = 11.93 \sim 53.33$  (f/L)

#### 4) 3階の1-4教室において推定される濃度

- ・最初の30分間の仮設内の濃度がチャンバー実験の濃度と同等
- ・仮設内濃度をチャンバー実験で得られた濃度 (C) とした場合の各部屋・各時間のアスベスト濃度

$$(C) \cdot \frac{\text{(最初の30分の各部屋のトレーサーガス濃度)}}{\text{(最初の30分間の仮設内のトレーサーガス濃度)}}$$

表6-4 1-4教室における濃度の比

日付	2023/08/18	2023/08/19	単位
最初の30分_教室1-1	816	575	ppq
最初の30分_教室1-2	373	827	ppq
最初の30分_教室1-3	157	641	ppq
最初の30分_教室1-4	78	100	ppq
最初の30分_教室_最小値:D	78	100	ppq
最初の31分_教室_最大値:F	816	575	ppq
教室の濃度/仮設内の濃度 (D/A)	$4.243 \times 10^{-05}$	$7.88 \times 10^{-05}$	
教室の濃度/仮設内の濃度 (F/A)	$4.439 \times 10^{-04}$	$4.535 \times 10^{-04}$	
濃度_最小値	0.2461	0.4575	f/L
濃度_最大値	2.5744	2.6304	f/L

上記から仮設内の濃度をC(=5800f/L)とした場合の各教室の推定濃度は、次の範囲のとおりとなる。

0.246~2.63 (f/L)

#### 5) 4階の多目的室、2階の教室、1階の職員室において推定される濃度

##### ①基本的な考え方

- ・階ごとの濃度の違いを示すデータは、西側と東側の廊下の濃度のみ
- ・3階にある4つの教室内の濃度を廊下の濃度比で換算

$$3 \text{ 階の教室内の濃度} \cdot \frac{\text{該当階の廊下における濃度}}{3 \text{ 階の廊下における濃度}}$$

- ・2階の教室内のトレーサーガスの濃度を上記で推定した後、3階のリスク推定と同様の方法でアスベスト濃度を推定

②実験開始後 30 分の濃度を用いた他の階の教室内の濃度推定

表 6 - 5 他の階の教室内の濃度推定 (8 月 18 日)

2023/8/18 11:30-12:00					
	西側廊下	東側廊下			
4階廊下:C4	1177	41037	ppq		
3階廊下:C3	1760	54062	ppq		
2階廊下:C2	651	14553	ppq		
1階廊下:C1	117	763	ppq		
C4/C3	0.669	0.759			
C2/C3	0.370	0.269			
C1/C3	0.066	0.014			
3階のLL教室	9,649				ppq
3階の教室内	1-1	1-2	1-3	1-4	
濃度	78	157	373	816	ppq
4階の多目的室内の推定濃度					
LL教室の濃度を東側廊下の比で換算	6452.77				ppq
4階の多目的室内で推定されるアスベスト濃度	20.36				f/L
2階の教室内の推定濃度					
西側廊下の比で換算	28.85	58.07	137.97	301.83	ppq
東側廊下の比で換算	21.00	42.26	100.41	219.66	ppq
2階の教室内のアスベスト濃度	0.0910	0.1832	0.4353	0.9522	f/L
	0.0662	0.1333	0.3168	0.6930	f/L
1階の教室内の推定濃度					
西側廊下の比で換算	5.19	10.44	24.80	54.25	ppq
東側廊下の比で換算	1.10	2.22	5.26	11.52	ppq
1階の教室内のアスベスト濃度	0.0164	0.0329	0.0782	0.1711	f/L
	0.0035	0.0070	0.0166	0.0363	f/L

表 6 - 6 他の階の教室内の濃度推定 (8 月 19 日)

	2023/8/19 11:30-12:00				
	西側廊下	東側廊下			
4階廊下:C4	141	6174	ppq		
3階廊下:C3	540	34119	ppq		
2階廊下:C2	64	6288	ppq		
1階廊下:C1	24	827	ppq		
C4/C3	0.261	0.181			
C2/C3	0.119	0.184			
C1/C3	0.044	0.024			
3階のLL教室	4188				
4階の多目的室内の推定濃度					
LL教室の濃度を東側廊下の比で換算	757.84				ppq
4階の多目的室内で推定されるアスベスト濃度	3.47				f/L
3階の教室内	1-1	1-2	1-3	1-4	
濃度	100	641	827	575	ppq
2階の教室内の推定濃度					
西側廊下の比で換算	11.85	75.97	98.01	68.15	ppq
東側廊下の比で換算	18.43	118.13	152.41	105.97	ppq
2階の教室内で推定されるアスベスト濃度	0.0542	0.2397	0.3092	0.2150	f/L
	0.0581	0.3727	0.4808	0.3343	f/L
1階の教室内の推定濃度					
西側廊下の比で換算	4.44	28.49	36.76	25.56	ppq
東側廊下の比で換算	2.42	15.54	20.05	13.94	ppq
1階の部屋内で推定されるアスベスト濃度	0.0203	0.1303	0.1681	0.1169	f/L
	0.0111	0.0711	0.0917	0.0638	f/L

#### 4 階の多目的室における推定濃度

- ・ 上記の結果から、4 階多目的室内のトレーサーガス濃度を次の範囲に設定  
 2023. 8. 18 6452. 77 (ppq)  
 2023. 8. 19 757. 84 (ppq)
- ・ 3 階のリスク推定と同様の方法でアスベスト濃度に換算 (C=5800f/L の場合)  
 2023. 8. 18 20. 36 (f/L)  
 2023. 8. 19 3. 47 (f/L)
- ・ 上記から、推定濃度を 3. 47~20. 36 (f/L) の範囲とした。

## 2階の教室における推定濃度

- ・上記の結果から、2階教室内のトレーサーガス濃度を次の範囲に設定  
2023.8.18 21.00～301.83 (ppq)  
2023.8.19 11.85～152.41 (ppq)
- ・3階のリスク推定と同様の方法でアスベスト濃度に換算 (C=5800f/Lの場合)  
2023.8.18 0.0622～0.9522 (f/L)  
2023.8.19 0.0542～0.4808 (f/L)
- ・上記から、推定濃度を0.0542～0.9522 (f/L)の範囲とした。

## 1階の職員室における推定濃度

- ・上記の結果から、1階の職員室内のトレーサーガス濃度を次の範囲に設定  
2023.8.18 1.10～54.25 (ppq)  
2023.8.19 2.42～36.76 (ppq)
- ・3階のリスク推定と同様の方法でアスベスト濃度に換算 (C=5800f/Lの場合)  
2023.8.18 0.0035～0.1711 (f/L)  
2023.8.19 0.0111～0.1681 (f/L)
- ・上記から、推定濃度を0.0035～0.1711 (f/L)の範囲とした。

各地点の推定アスベスト濃度と不確実係数3を乗じた値は、以下の表のとおりとなる。

表6-7 各地点の推定アスベスト濃度

階数	地点	アスベスト濃度(f/L)	アスベスト濃度(f/L) ×不確実係数3
4階	多目的室	3.47 ～ 20.4	10.4 ～ 61.2
3階	LL教室	19.2 ～ 30.4	57.6 ～ 91.2
3階	生徒会室	11.9 ～ 53.3	35.7 ～ 159.9
3階	教室(1-1～1-4)	0.246 ～ 2.63	0.738 ～ 7.89
2階	教室	0.0542 ～ 0.952	0.163～ 2.86
1階	職員室	0.0035 ～ 0.171	0.0105 ～ 0.513

## 6) リスクの値を左右する要因

いくつかの仮定に基づき推定を行ったため、今後の濃度推定の値を左右する要因がある。濃度が高まる要因としては、室内より濃度が高い廊下での滞在や仮設内の掃き掃除による濃度の上昇が考えられる。逆に、仮設内の濃度が飛散再現実験におけるチャンバー内の中央値の濃度と同等と考えた場合や実際の工事では作業中に石綿建材を破碎した時間は一時的であった可能性を考慮すれば濃度は低くなる。また、石綿粉じんは実験で用いたガスに比べて極めて大きな粒子であるため、ガスほど飛散していない可能性がある。特に、工事が行われた3階より上の4階に上昇した石綿粉じんはガスを用いた実験結果ほど高くない可能性が考えられる。

## 6.2 屋外におけるアスベスト飛散に伴う濃度の推定

### 1) 用いるソフトの概要

#### ①対象：

- ・基本的には有害大気汚染物質 248 物質のうち短時間暴露で毒性のあるものや大気中で反応・消滅しない物質の拡散予測が可能。
- ・METI-LIS には有害大気汚染物質に加え PRTR 対象物質の中から 659 物質も登録。

#### ②基本的な計算方法

- ・厳密な流体力学方程式についての数値計算ではなく、定常一様のガウス型プルームモデルの有効煙突高さや拡散幅を補正して建物後流の拡散濃度を計算

#### ③家屋の影響と対象範囲

- ・建屋の高さと幅のどちらか小さい値（L）を指標として 3L より煙源に近い範囲については計算できない。
- ・建屋による乱れの影響を受ける範囲を  $3L \leq x \leq 10L$  とし、この範囲に対してダウンウォッシュを考慮した拡散モデルで計算。

#### ④対象期間

- ・1 時間ごとの 8,760 時間（年間時間数）の計算から、任意の期間の平均値（年間、期別、月別、日別、1 時間等）の計算が可能。

#### ⑤気象データ：次から選択

- ・アメダスデータ
- ・国環研時間値データ
- ・国環研+アメダス（日照率）
- ・ユーザ作成データ（風向、風速、気温、日照率、日射量）：大気安定度を直接入力することも可

#### ⑥発生源データ

- ・対象物質：粒子状物質の場合、粒径分布、質量、見かけ比重

## 2) 実測値と拡散モデルによる推定値との照合

・令和5年8月21日に実施された防音シートなしの実験結果との比較

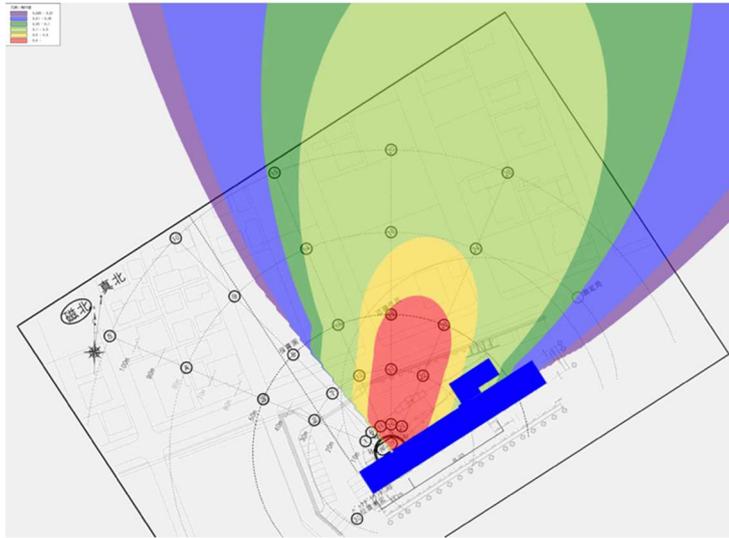


図6-1 実測値と拡散モデルによる推定値との比較(位置図)

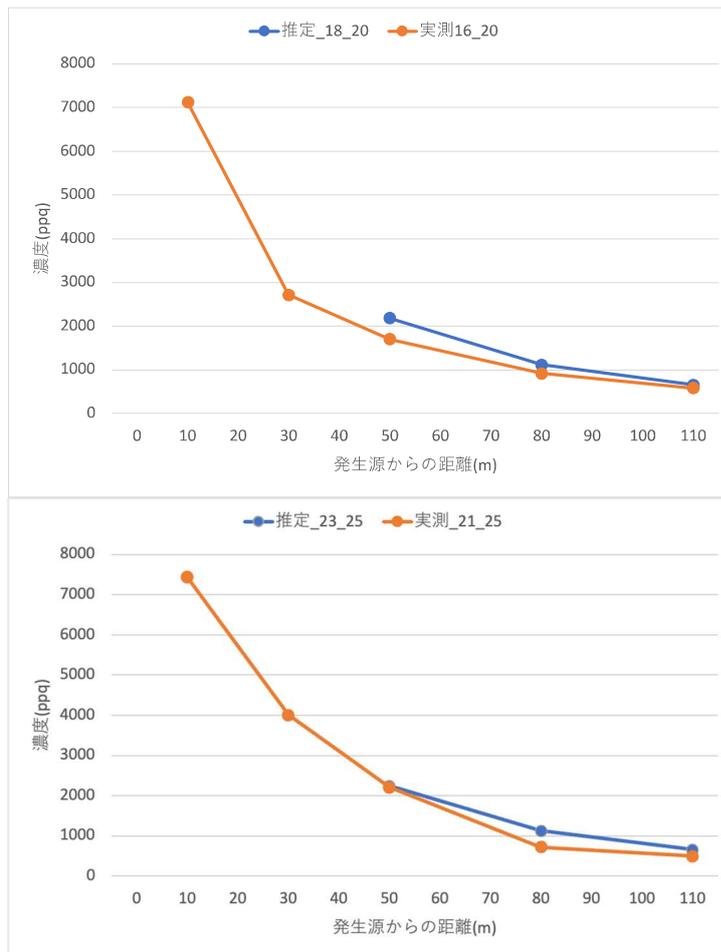
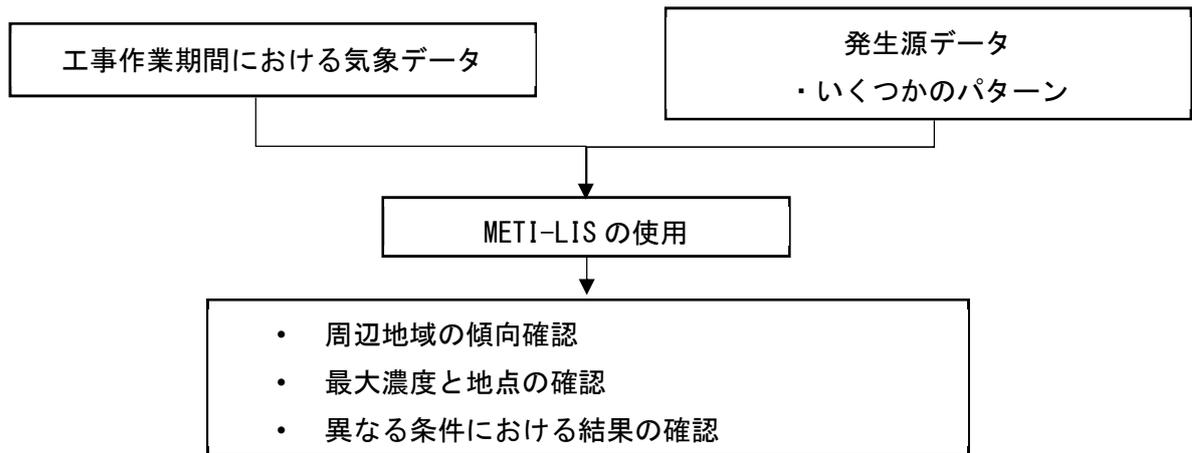


図6-2 実測値と拡散モデルによる推定値との比較

上記の結果から、拡散モデルによるシミュレーション結果と実測の結果がほぼ同等であるため、50m以遠については拡散モデルによる推定を行うこととする。

### 3) シミュレーションのフロー



### 4) 推定を行う際のいくつかの設定

- 次の5日間の日中（8:00-18:00）に作業があったと想定
  - ・ 8/6（木）,8/7（金）,8/8（土）,8/10（月）,8/11（火）
  - ・ 8/9（日）は休日のため作業はなかったと想定
  - ・ 1日あたり11時間×5日で、55時間分のデータ整理
  - ・ 風向／風速の欠測値（8/6（木）10-11時の1時間分のみ）は前後の値から補完

### 5) 気象データの使用

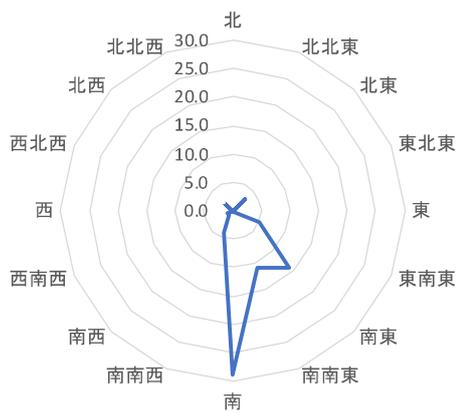
- 風向・風速
  - ・ 別府中学校内（新野辺測定局）
- 気温、日射量
  - ・ 加古川市役所
- 日照時間（参考）
  - ・ アメダス姫路局：姫路特別地域気象観測所
  - ・ 姫路市神子岡
- 大気安定度は、気温と日射量より推定



図6-3 測定地点の位置

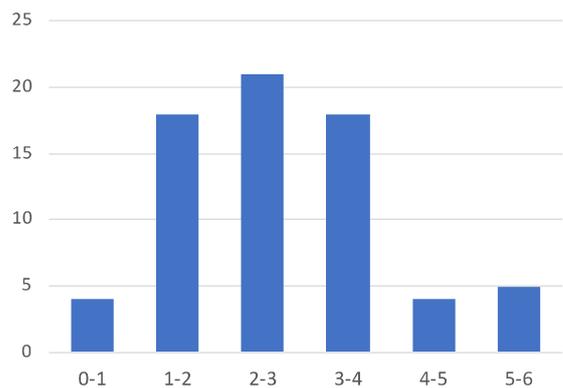
## 6) 気象データの整理

### ① 風向・風速の分布



風向分布  
(各風向の出現割合 (%))

図6-4 事案発生時の風向分布



風速分布(m/s)  
(各風向の出現時間数)

図6-5 事案発生時の風速分布

## ②気温の分布

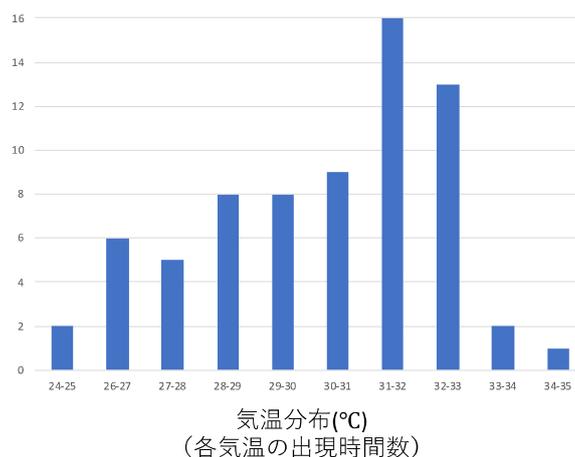


図 6-6 事案発生時の気温分布

## ③用いる気象データの例

表 6-8 シミュレーションに用いる気象データ

年	月	日	時	風向	風速(m/s)	気温(°C)	日照率	日射量 (0.01MJ)
2020	8	6	5	NE	1.0	25.6	0	0
2020	8	6	6	NE	0.3	25.1	0	7
2020	8	6	7	NW	1.3	24.9	1	58
2020	8	6	8	NW	1.2	24.2	0.9	66
2020	8	6	9	S	2.2	24	0.4	74
2020	8	6	10	調整	調整	24	0.4	165
2020	8	6	11	S	3.2	26.1	0.7	213
2020	8	6	12	S	2.7	26.3	1	304
2020	8	6	13	S	3.6	27.5	1	309
2020	8	6	14	S	2.8	28.7	1	298
2020	8	6	15	SSE	2.5	29.8	1	244
2020	8	6	16	S	3.6	31.3	1	191
2020	8	6	17	S	1.6	32.2	1	115
2020	8	6	18	SW	2.2	32.6	0.4	35

## ④推定の際の仮定

- ・ 3階付近での作業を想定 (高さ 12m)
- ・ 上記作業が対象期間の 5日間継続して実施された場合を想定
- ・ 繊維状で全て排出され、塊による排出は想定せず。
- ・ 作業中は設定した濃度で継続的に排出。
- ・ 粒子状物質で円筒形の場合の補正係数を使用。
- ・ 着地濃度は、高さ 1.5m で設定。

### 7) 2020年8月の工事実施期間におけるアスベスト濃度の推定

- ・ 期間：8/6(木),8/7(金),8/8(土),8/10(月),8/11(火)の5日間
- ・ 発生源の濃度：チャンバー実験の結果から、最大値として 21000f/L を設定
- ・ 排出速度：情報がなため、100L/min を設定
- ・ 不確実係数は屋外における測定結果とシミュレーションとの相関を示す事例が極めて限られていることから、10 と設定

発生源から概ね 50m に位置する地点で推定されるアスベスト濃度は、次のとおりとなった。

表 6-9 外部の推定アスベスト濃度

地 点	濃度(f/L)	濃度(f/L) ×不确实係数 10
真北	0.0080	0.080
保育園敷地	0.0023	0.023

シミュレーションの結果から、50m より遠いエリアでは、上記より低い濃度であったと考えられる。

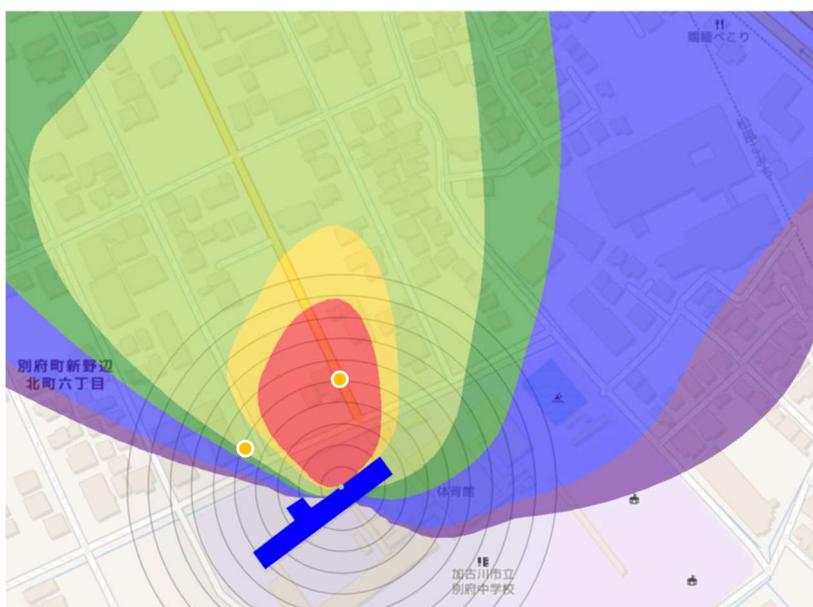


図 6-7 拡散シミュレーション図

- ・ 同じ条件で発生源の高さを 16m とした場合（防音シートによる煙突効果を想定）  
 発生源から 50m  
 真北：0.005979f/L  
 保育園敷地内:0.001801f/L

・発生源の高さの違いによる濃度の比較

高さ 12m：防音シートなしを想定し発生源から直接飛散（煙突効果なし）

高さ 16m：防音シートありを想定し発生源から上昇し屋上の高さから飛散（煙突効果あり）

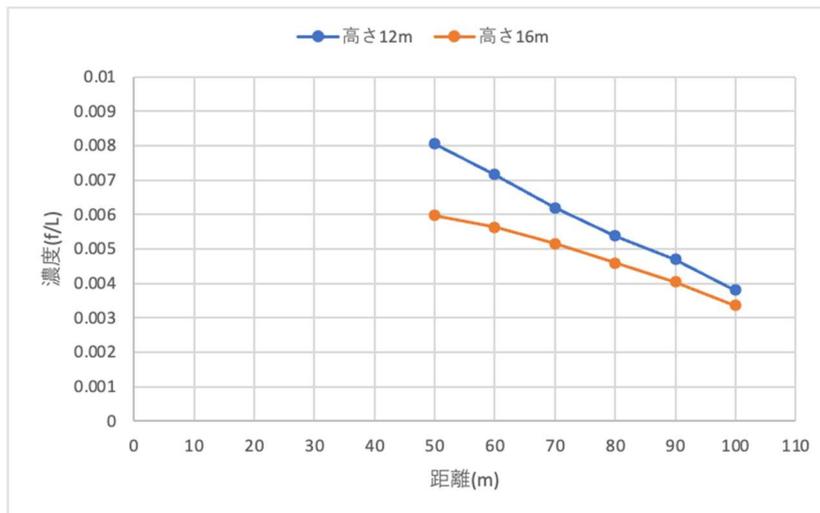


図 6-8 発生源の高さの違いによる濃度の比較

上図からは、煙突効果によって排出された場合の周辺地域の濃度は、煙突効果がなく発生源から直接飛散した場合の方が高い傾向があることが考えられる。

8) 50m 以内の屋外で推定される濃度

50m 以内の屋外で推定される濃度について、実験で用いたトレーサースガス（PMCH）と同様の形で減衰するとした場合の 50m の地点における濃度に対する比を用いてアスベスト濃度を推定すると、次のようになった。

表 6-10 発生源の高さ 12m の場合の濃度推定値

地点	50m 地点の濃度 に対する比	濃度(f/L)	濃度(f/L) ×不確実係数 10
50m 地点	1.000	0.0080	0.080
30m 地点	1.595	0.0128	0.128
10m 地点	4.173	0.0334	0.334

## 第7章 調査・実験結果に基づくリスクの推定

前章までで行った濃度推定とヒアリングから推定する滞在時間を基に想定される、代表的な地点は以下のとおりである。

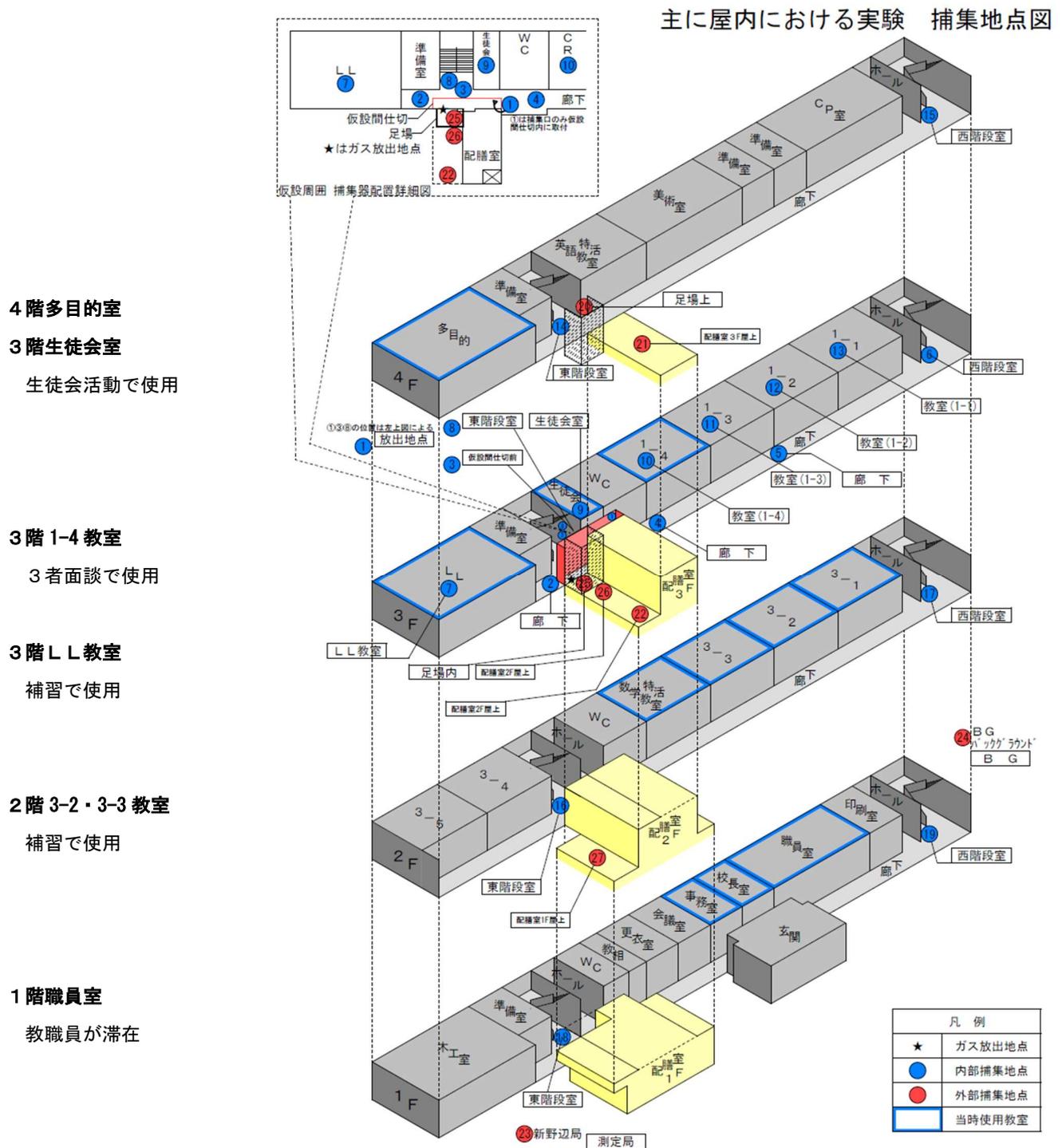


図7-1 内部（管理棟校舎内）の捕集地点（図5-2と同じ）

解体場所を中心とした範囲図とし、仮囲いの位置を図に示した。

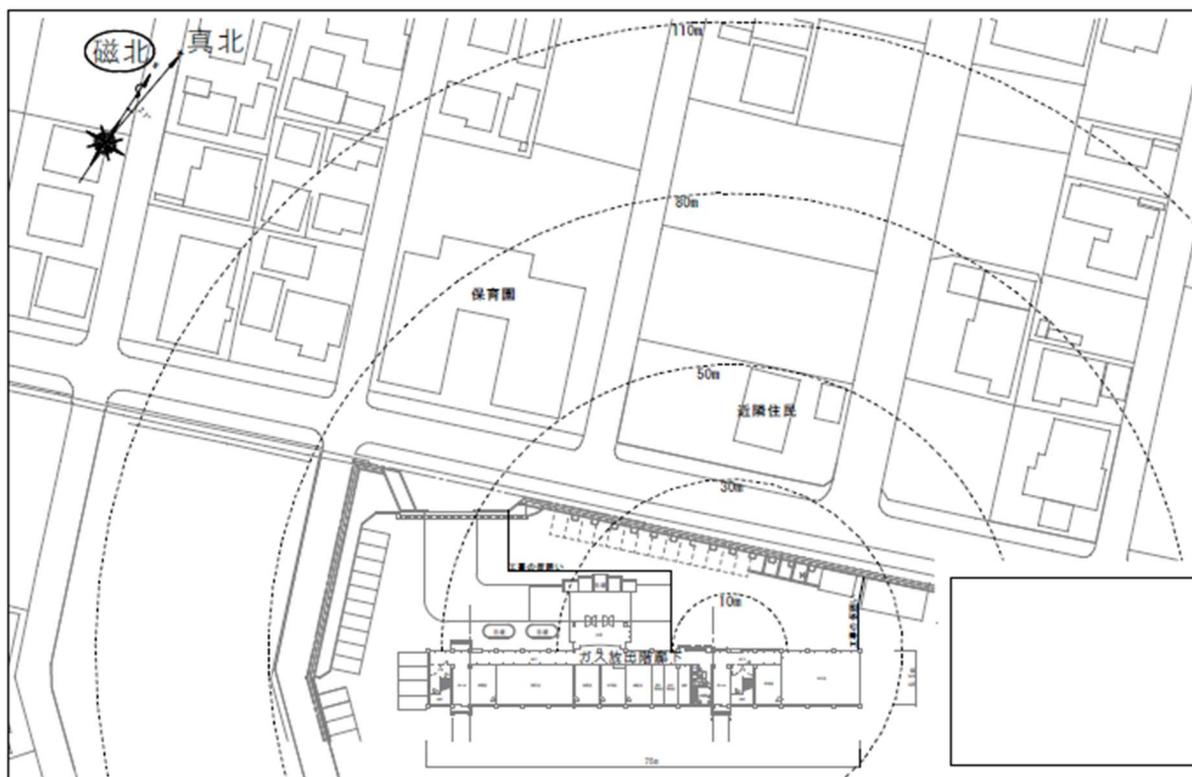


図7-2 外部の検討エリア（図5-7と同じ）

## 7.1 屋内におけるアスベスト飛散に伴うリスクの推定

### 1) 4階の多目的室、3階のLL教室、生徒会室におけるばく露によるリスク

滞在時間を4時間、ばく露時の年齢を13歳とした場合の生涯リスク（男性80歳まで、女性85歳まで）は次のとおりとなる。

・多目的室だけに滞在した場合

男子  $7.89 \times 10^{-9} \sim 4.62 \times 10^{-8}$       女子  $9.33 \times 10^{-9} \sim 5.46 \times 10^{-8}$

・LL教室だけに滞在した場合

男子  $4.35 \times 10^{-8} \sim 6.90 \times 10^{-8}$       女子  $5.16 \times 10^{-8} \sim 8.19 \times 10^{-8}$

・生徒会室だけに滞在した場合

（聞き取り調査の結果から、生徒会室だけに4時間滞在した可能性は低いが、仮に4時間滞在を想定した場合）

男子  $2.71 \times 10^{-8} \sim 1.21 \times 10^{-7}$       女子  $3.21 \times 10^{-8} \sim 1.43 \times 10^{-7}$

### 2) 3階の1-4教室におけるばく露によるリスク

#### ①生徒を対象にした場合

滞在時間を20分、ばく露時の年齢を13歳とした場合の生涯リスク（男性80歳まで、女性85歳まで）は次のとおりとなる。

男子  $4.65 \times 10^{-11} \sim 4.98 \times 10^{-10}$       女子  $5.52 \times 10^{-11} \sim 5.88 \times 10^{-10}$

#### ②保護者を対象にした場合

滞在時間を20分、ばく露時の年齢を20歳とした場合の生涯リスク（男性80歳まで、女性85歳まで）は次のとおりとなる。

男性  $3.39 \times 10^{-11} \sim 3.63 \times 10^{-10}$       女性  $3.93 \times 10^{-11} \sim 4.20 \times 10^{-10}$

#### ③教員を対象にした場合

滞在時間を12時間、ばく露時の年齢を22歳とした場合の生涯リスク（男性80歳まで、女性85歳まで）は次のとおりとなる。

男性  $1.11 \times 10^{-9} \sim 1.19 \times 10^{-8}$       女性  $1.28 \times 10^{-9} \sim 1.37 \times 10^{-8}$

### 3) 2階の教室におけるばく露によるリスク

滞在時間を8時間、ばく露時の年齢を13歳とした場合の生涯リスク（男性80歳まで、女性85歳まで）は次のとおりとなる。

男子  $2.46 \times 10^{-10} \sim 4.32 \times 10^{-9}$       女子  $2.92 \times 10^{-10} \sim 5.13 \times 10^{-9}$

### 4) 1階の職員室におけるばく露によるリスク

滞在時間を16時間、ばく露時の年齢を22歳とした場合の生涯リスク（男性80歳まで、女性85歳まで）は次のとおりとなる。

男性  $2.11 \times 10^{-11} \sim 1.03 \times 10^{-9}$       女性  $2.43 \times 10^{-11} \sim 1.19 \times 10^{-9}$

## 7.2 屋外におけるアスベスト飛散に伴うリスクの推定

### 1) 50m以遠を対象にした区域

①設定 ・期間：5日 ・1日あたりのばく露時間：8時間 ・濃度（0.08 f/L）

②生涯リスクの推定値（男性：80歳、女性85歳まで）

表7-1 生涯リスクの推定値

ばく露時の年齢	男性	女性
20歳	$4.41 \times 10^{-10}$	$5.12 \times 10^{-10}$
13歳	$6.06 \times 10^{-10}$	$7.17 \times 10^{-10}$
5歳	$8.54 \times 10^{-10}$	$1.02 \times 10^{-9}$

### 2) 50m以内の屋外でのばく露によるリスク

・校舎から10m付近に4時間滞在した13歳の生徒の場合

男子  $2.53 \times 10^{-11}$           女子  $2.99 \times 10^{-11}$

## 第8章 まとめ

### 8.1 まとめ

一連の作業の結果、得られたリスク推定の結果を、次の表にまとめた。

1) 校舎内 表8-1 推定されるリスクのレベル(校舎内)

場所	対象者	年齢の設定	滞在時間	推定されるリスクのレベル	
				男子(男性)	女子(女性)
4階多目的室	生徒	13歳	4時間	$7.89 \times 10^{-9} \sim 4.62 \times 10^{-8}$	$9.33 \times 10^{-9} \sim 5.46 \times 10^{-8}$
3階LL教室	生徒	13歳	4時間	$4.35 \times 10^{-8} \sim 6.90 \times 10^{-8}$	$5.16 \times 10^{-8} \sim 8.19 \times 10^{-8}$
3階生徒会室	生徒	13歳	4時間	$2.71 \times 10^{-8} \sim 1.21 \times 10^{-7}$	$3.21 \times 10^{-8} \sim 1.43 \times 10^{-7}$
多目的室3時間 + 生徒会室1時間	生徒	13歳	4時間	$1.27 \times 10^{-8} \sim 6.50 \times 10^{-8}$	$1.50 \times 10^{-8} \sim 7.70 \times 10^{-8}$
3階1-4教室(3者面談)	生徒	13歳	20分	$4.65 \times 10^{-11} \sim 4.98 \times 10^{-10}$	$5.52 \times 10^{-11} \sim 5.88 \times 10^{-10}$
	保護者	20歳	20分	$3.39 \times 10^{-11} \sim 3.63 \times 10^{-10}$	$3.93 \times 10^{-11} \sim 4.20 \times 10^{-10}$
	教職員	22歳	12時間	$1.11 \times 10^{-9} \sim 1.19 \times 10^{-8}$	$1.28 \times 10^{-9} \sim 1.37 \times 10^{-8}$
2階3-2、3-3教室(補習)	生徒	13歳	8時間	$2.46 \times 10^{-11} \sim 4.32 \times 10^{-9}$	$2.92 \times 10^{-10} \sim 5.13 \times 10^{-9}$
1階職員室	教職員	22歳	16時間	$2.11 \times 10^{-11} \sim 1.03 \times 10^{-9}$	$2.43 \times 10^{-11} \sim 1.19 \times 10^{-9}$

ばく露時の年齢が若年であるほどリスクは高くなるため、上記の表で設定した年齢より後にばく露を受けた場合は、上記よりリスクは低くなると考えられる。

2) 屋外 表8-2 推定されるリスクのレベル(屋外)

場所	対象者	年齢の設定	ばく露を受けた時間	推定されるリスクのレベル	
				男子(男性)	女子(女性)
発生源から10m地点	生徒	13歳	4時間	$2.53 \times 10^{-11}$	$2.99 \times 10^{-11}$
発生源から30m地点	生徒	13歳	4時間	$9.69 \times 10^{-12}$	$1.15 \times 10^{-11}$
発生源から50m近傍	園児、一般居住者	5歳	40時間	$8.54 \times 10^{-10}$	$1.02 \times 10^{-9}$
		13歳		$6.06 \times 10^{-10}$	$7.17 \times 10^{-10}$
		20歳		$4.41 \times 10^{-11}$	$5.12 \times 10^{-11}$

発生源である校舎から距離が遠くなるほど飛散したと思われるアスベストの濃度は低くなると考えられるため、50mより遠い場所でのリスクは上記よりも低いといえる。また、リスクばく露時の年齢が若年であるほどリスクは高くなるため、上記の表で設定した年齢より後にばく露を受けた場合は、上記よりリスクは低くなると考えられる。

## 8.2 考察

R2年の工事に伴ってアスベスト飛散が発生した場合に生じると考えられるリスクは、不確か係数を考慮して検討した結果、生徒会室に4時間滞在した場合を除いて $10^{-8}$ （1億分の1）以下のレベルであった。

当該工事の実施時には生徒は濃度が低いと考えられる4階の多目的室にほとんどの時間滞在していたという記録があり、生徒会室に長時間滞在した可能性は低いこと、4階へのアスベスト飛散は推定よりも低い可能性があることなどから、 $10^{-7}$ （1,000万分の1）レベル以上のリスクであった可能性は低いと考えられる。

2017年から2021年までの5年間における様々なリスクによる全国の死亡者数の年間平均は、交通事故で3183.2人、住宅の火災で919.8人、自然災害で198.6人、落雷で0.8人となる。これに対して、今回のリスク推定で求めた生涯リスクが全国の人口を対象に生じた場合に想定される年間死亡数は、多目的室に4時間滞在したケースでは0.0004～0.096人、多目的室に3時間、生徒会室に1時間滞在したケースでは0.0002～0.14人となる。

アスベストは天然の鉱物であることもあり、現在でも一般の大気中の濃度は0.1 (f/L)程度とされている。13歳の生徒が一般の大気中に存在するアスベストによって受けるリスクを今回と同様の方法で推定すると $10^{-6}$ （100万分の1）程度であることから、R2年の工事によって生じるリスクはこれよりも十分に低いといえる。