

六番町駅アスベスト飛散にかかる 健康対策等検討会報告書

平成29年3月

六番町駅アスベスト飛散にかかる健康対策等検討会

【目次】

要旨	1
1 はじめに	3
2 六番町駅アスベスト飛散事故の概要	
(1) 施設概要	5
(2) 工事概要	8
(3) 事故の経緯	12
(4) 事故の原因調査	16
(5) 事故の原因についての考察	30
3 六番町駅構内外のアスベスト濃度	
(1) 六番町駅構内外の環境測定	31
(2) アスベスト繊維飛散経路の確認	36
(3) アスベスト拡散シミュレーションの解析条件	47
(4) シミュレーションによるアスベスト濃度推移	67
(5) 類似事例等	80
4 健康リスク評価	
(1) リスク評価の方法	83
(2) リスクの試算値	87
(3) 対象者	91
(4) ばく露量の推定方法	92
(5) ばく露量の算出方法	93
(6) ばく露量の推定値	101
(7) リスクの推定値	104
(8) リスクの大きさに応じた対策の考え方	105
5 今後の健康対策に関する意見	106
6 今後の事故防止に向けた対策に関する意見	106
7 おわりに	108
付録（六番町駅アスベスト飛散の健康への影響及び対応に関する意見書）	109
用語集（本文に下線_____で表示）	112

【 要 旨 】

平成 25 年度に、名古屋市営地下鉄名港線六番町駅（以下「六番町駅」という。）構内におけるアスベスト吹付け材の除去工事の過程で、工事現場からアスベストが混じる空気が漏えいし、駅構内及び地上換気塔周辺に拡散するという事故が生じた。本報告書は、アスベストの有害性に鑑み、名古屋市交通局が設置した六番町駅アスベスト飛散にかかる健康対策等検討会（以下、「検討会」という。）において、平成 26 年 5 月より約 2 年半にわたって、アスベストの漏えいとそれが健康に及ぼす影響等について検討した内容と結果をまとめたものである。

● 六番町駅アスベスト飛散事故の概要

交通局は、施設内のアスベストの計画的除去方針に基づき、平成 25 年度に、六番町駅換気機械室内の壁・天井に使われていたアスベスト吹付け材を除去する工事を発注した。

平成 25 年 12 月 12 日に除去作業を開始したところ、同日、保健所が換気機械室前で吸引採取した空気試料にアスベストが含まれていたこと（アスベスト繊維数濃度 700 本/μ³、総繊維数濃度 1,100 本/μ³）が翌 13 日に判明したため、除去作業を中止し、その後、換気機械室のコンコース側扉のガラリを密閉した。なお、換気機械室前で吸引採取した空気試料から除去作業中止時点（アスベスト繊維数濃度 100 本/μ³）及び扉ガラリ密閉時点（アスベスト繊維数濃度 4 本/μ³）でアスベストは検出されたが、それ以降の測定では検出されていない。

交通局が、第三者に委託して実施した原因調査のうち、現地調査では、負圧除じん装置内部の HEPA フィルタ取付け部に隙間があったことが判明した。また、作業による発じんの抑制目的で使用されるべき湿潤化剤が除去作業部位に含有されているかについても調査したが、換気機械室内で採取したアスベスト吹付け材から湿潤化剤成分は検出されなかった。

以上より、アスベストの飛散は、「不十分な湿潤化処理のまま、負圧除じん装置に不具合がある状態で除去作業を行ったことから生じたもの」と推定した。

● 六番町駅駅構内外のアスベスト濃度

アスベスト拡散状況は、濃度実測点が少ないため、汎用流体解析ソフトウェアによるシミュレーションで推定した。

その解析条件となる駅構内の空気の流れは、事故発生時と同じく冬期に実施した測定結果を用いた。また、換気機械室前の濃度としては、事故時の総繊維数濃度 1,100 本/μ³をポアソン分布の上限値（95%信頼限界の上限）に

替えた濃度 1,300 本/μg を採用した。以上の条件等から、駅構内のアスベスト拡散状況を推定した。

その結果、アスベストは、換気機械室前（コンコース）からホームへ降りる階段を通じてホームへ拡散し、空气中濃度は薄まること、またその一部は職員トイレの排気ダクトから駅換気塔を通じて外部へ漏えいすること、床面から高い位置ほどアスベスト濃度は低いこと、コンコースから地上出入口への漏えいはほとんどないことなどが示された。

● 健康リスク評価

USEPA（米国環境保護庁）、WHO（世界保健機構）及び Hughes 氏（米国 Tulane 大）の 3 つのリスク評価方法により、混合アスベストばく露による生涯過剰発がんリスク（肺がんと中皮腫）を算出した。

10 万人あたりの生涯過剰発がんリスクは、Hughes 氏の方法を用いた場合が最も大きく、駅換気塔排出口で 0.08 人、駅構内は利用者の行動モデル等を考慮した結果で、駅利用乳幼児（呼吸域の床面からの高さを 0.7m と想定）0.022 人、駅利用成人（同じく 1.2m と想定）0.011 人、職員（同じく 1.2 m と想定）0.474 人であった。

環境庁中央環境審議会は、「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について（中間答申）」（平成 8 年 1 月 30 日付）にて、「閾値のない物質については、ばく露量から予測される健康リスクが十分低い場合には実質的には安全とみなすことができるという考え方に基づいてリスクレベルを設定し、そのレベルに相当する環境目標値を定めることが適切」とし、第二次答申（平成 8 年 10 月 18 日付）において、前記のリスクレベルについて「現段階においては、生涯リスクレベル 10^{-5} （10 万分の 1）を当面の目標」としている。

本件の生涯過剰発がんリスクは、最もばく露量が多かった職員において、上述の当面の環境目標値に相当する 10 万人あたり 1 人のレベルを下回っていた。また、これと比べたリスクは、駅利用者では 1/20 程度、駅換気塔排出口では 1/6 程度であった。

● 今後の健康対策に関する意見

生涯過剰発がんリスクは、低値であったものの、健康に不安を感じるかた等からの質問や相談に応じる体制を整え、アスベストの健康影響出現までの潜伏期間の長さを考慮して、長期的に対応するよう意見を述べた。

● 今後の再発防止策としての要望

アスベスト除去工事により生じた事故であり再発防止策の要望を行った。

1 はじめに

平成 25 年度に、六番町駅構内におけるアスベスト吹付け材の除去工事の過程で、工事現場からアスベストが混じる空気が漏えいし、駅構内及び地上換気塔周辺に拡散するという事故が生じた。そこで、名古屋市交通局は、アスベストの飛散状況とアスベストによる健康への影響及び対応について、この分野の専門家から意見を聴取するために「六番町駅アスベスト飛散にかかる健康対策等検討会」（以下、「検討会」という。）を設けた。

検討会の構成メンバーは下表のとおりである。

構 成 員	役 職
宇佐美 郁治	独立行政法人労働者健康安全機構旭労災病院副院長
上島 通浩	名古屋市立大学大学院医学研究科環境労働衛生学分野教授
○那須 民江	中部大学生命健康科学部スポーツ保健医療学科教授 (名古屋大学名誉教授)
新谷 良英	株式会社大同分析リサーチ環境測定センター環境専門部長 環境計量士
久永 直見	愛知学泉大学家政学部教授

(敬称略・五十音順、○印は座長)

検討会は平成 26 年 5 月 10 日から、平成 28 年 12 月 12 日まで 9 回開催された。各回の検討内容は下表のとおりである。

開催回	年月日	主な内容
第 1 回	H26. 05. 10	事故概要の報告、原因調査の報告（中間報告）
第 2 回	H26. 08. 08	原因調査結果の報告
第 3 回	H26. 12. 04	六番町駅現地視察
第 4 回	H27. 02. 09	アスベストの拡散についての検討
第 5 回	H27. 06. 15	六番町駅のアスベスト飛散シミュレーション結果の報告
第 6 回	H28. 03. 25	六番町駅アスベスト拡散シミュレーション解析条件の整理、健康影響評価の方法についての検討
第 7 回	H28. 09. 16	六番町駅のアスベスト拡散シミュレーション結果の報告、健康リスク評価（試算値）についての報告
第 8 回	H28. 10. 24	健康リスク評価（推定値）についての報告 健康影響への対応についての検討
第 9 回	H28. 12. 12	意見（意見書）の取りまとめ

2 六番町駅アスベスト飛散事故の概要

(1) 施設概要

六番町駅は金山駅・名古屋港駅間を結ぶ名城線の駅として、昭和46年3月に開業した。隣接する駅は北側が日比野駅、南側が東海通駅であり、駅間の距離は約1kmである。なお、名城線の金山駅・名古屋港駅間は、平成16年の名城線名古屋大学・新瑞橋間の開業により名港線と名称が改められている。

六番町駅の平成25年度1日当たりの乗車人員は、6,936人である。



図2-1 地下鉄路線図

六番町駅の所在地は名古屋市熱田区四番一丁目、東西に国道1号線が、南北に市道江川線が通っており、その交差点に位置している。

地上の施設は、駅構内からの階段出入口が4か所、エレベーター出入口が1か所の計5か所がある。国道1号線の南側に位置しているのが2番出

入口及び3番出入口の2か所。また、北側に位置しているのが1番出入口、4番出入口及びエレベーター出入口となっている。それ以外の施設として、1番出入口の北側に駅構内の換気を行う換気塔が1か所ある。

所在地：名古屋市熱田区四番一丁目10番12号



図2-2 駅配置図

六番町駅は地下2層構造で、地下1階がコンコース階、地下2階がホーム階となっている。地下1階のコンコースは、南側と北側にそれぞれ独立して分離しており、コンコース階での北側、南側への行き来はできない構造となっている。

コンコースの施設は、北側と南側にそれぞれ改札口がある。北改札口側には旅客トイレ、駅長室及びホームとコンコースをつなぐエレベーターが2か所あり、その奥に今回除去作業を行った換気機械室がある。

地下2階のホームは、相対式で線路を挟み向かい合う形で各番線のホームがある。ホームの幅員は3.5m、長さは約111mで、地上面からホーム床面までの深さは約14.5mとなる。

列車の運転間隔は、ラッシュ時間帯はおおむね 6 分、閑散時間帯で 10 分の間隔である。

利用者は、ホームから南側のエスカレーター併設の階段を通りコンコース階に上り、南改札口を通過して 2 番出入口、3 番出入口から出る動線と、ホームから北側のエレベーター又はエスカレーター併設の階段を利用してコンコース階に上り、北改札口を通過して 1 番出入口、4 番出入口又はエレベーター出入口から出る動線がある。

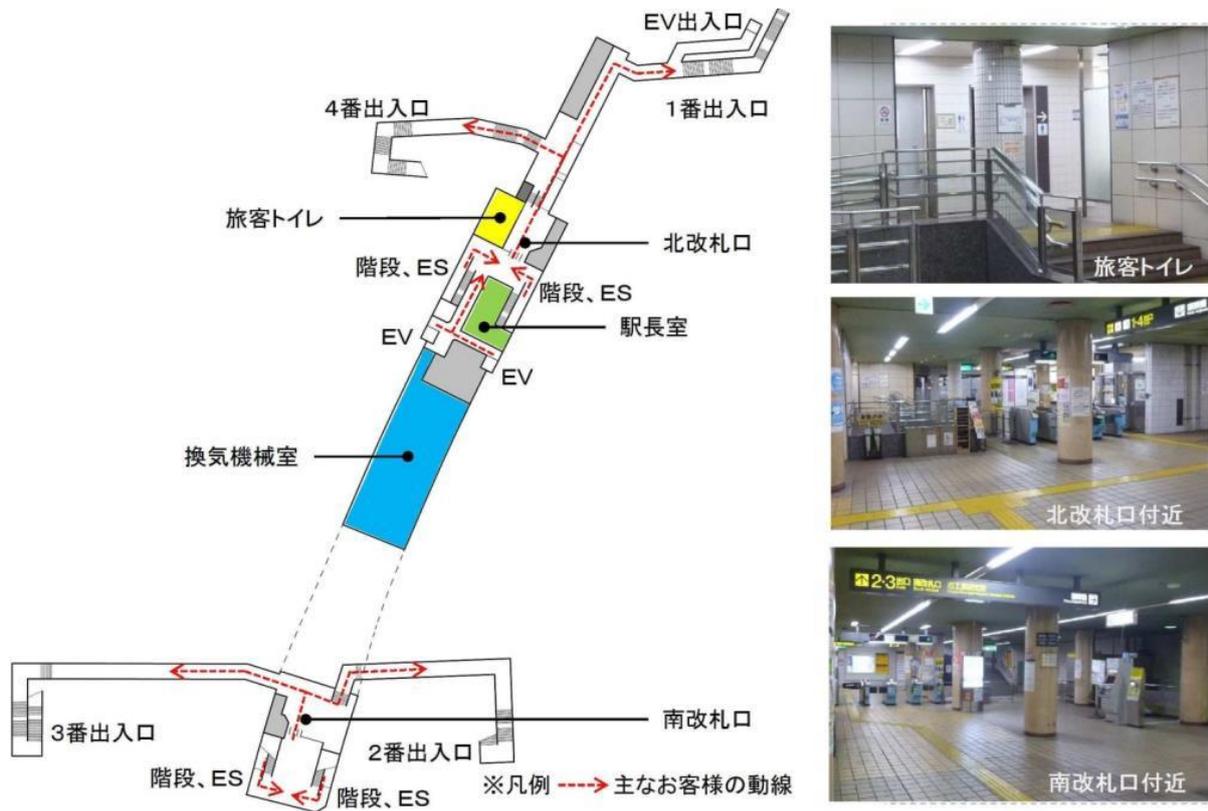


図 2 - 3 地下 1 階コンコース平面図

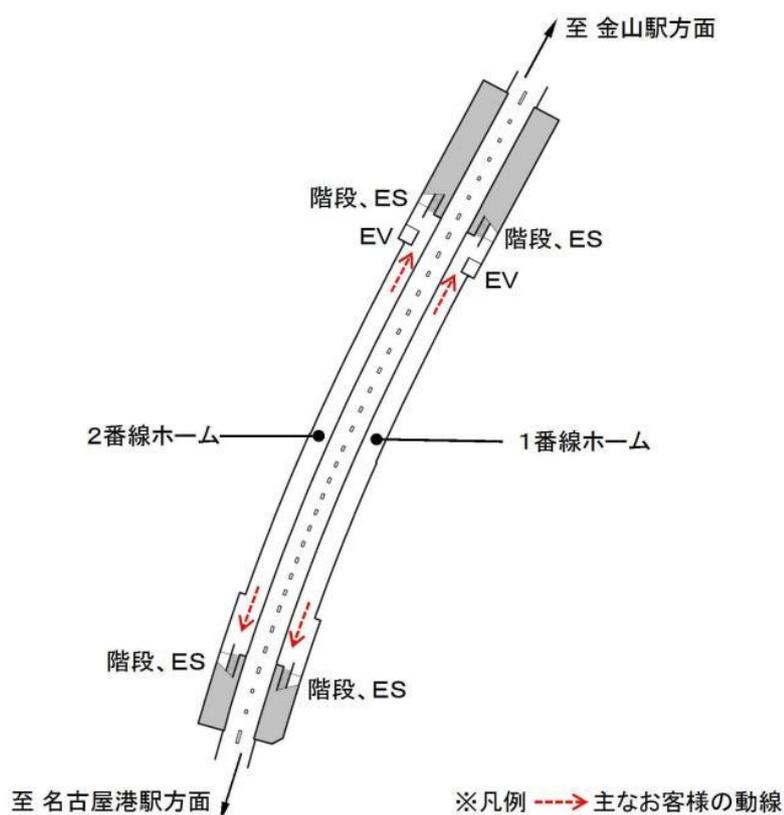


図 2 - 4 地下 2 階ホーム平面図

今回、アスベスト漏えい事故が発生した換気機械室の壁及び天井面は、昭和 46 年 3 月の駅開業当初から、吸音のために、厚さ 25mm の石綿含有吹付け材で被覆されていた。この石綿含有吹付け材に対しては、平成 7 年度に封じ込めの措置を講じ、平成 13 年度に施設改良工事における同室入り口付近のレイアウト変更に伴い石綿含有吹付け材の一部を除去している。

(2) 工事概要

ア 工事について

交通局では、地下鉄駅の石綿含有吹付け材を順次除去していく計画のもと、平成 25 年度に「六番町駅換気機械室石綿含有吹付け材撤去工事」を行なうこととされた。

工期は平成 25 年 11 月 2 日から平成 26 年 1 月 15 日が予定されていた。しかし、事故発生により、工事を一時中止し、その後、平成 27 年 6 月 30 日までに、換気機械室を使用できるようにすべく復旧作業が行われた。

イ 石綿含有吹付け材除去範囲

今回の工事で除去する予定であった石綿含有吹付け材の範囲は図2-5黄色色塗り部分のとおりである。

換気機械室内の天井、壁及び7本の柱の床面から1.5mの高さより上部に、厚さ25mmで吹付けられた石綿含有吹付け材554㎡の除去作業が行われる予定であった。

屋外にある換気塔からホームに吹き出す送風機に接続する風洞(1)、その送風機からホームダクトへ接続する風洞(2)の部分は、鋼製パネルによって換気機械室内で仕切られているが、風洞(1)の壁(図2-5 a-a断面)に一部除去する範囲があった。

換気機械室の入口部分の前回工事除去範囲は、平成13年度にエレベーターを設置する施設改良工事の中で石綿含有吹付け材が除去されている。

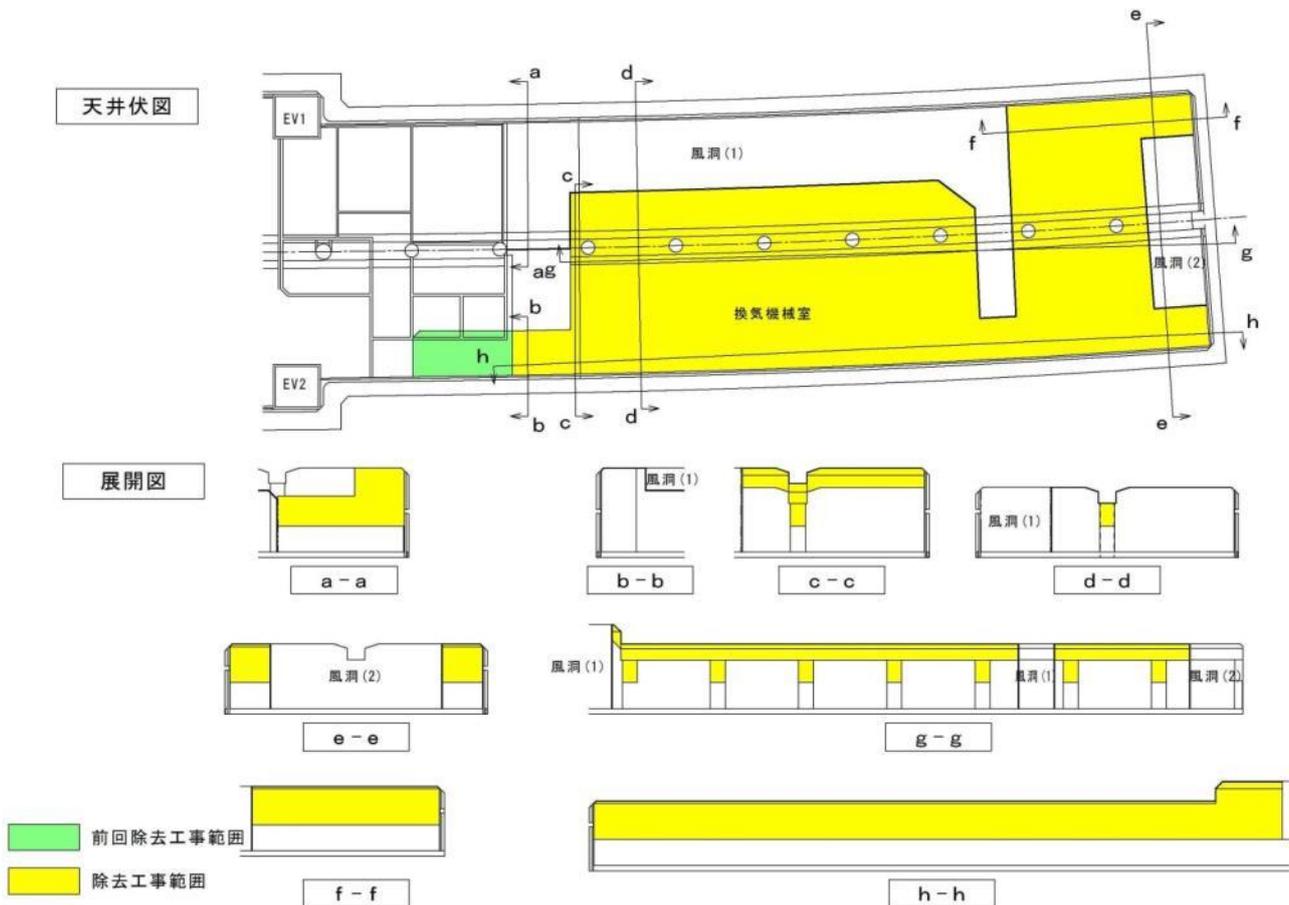


図2-5 除去範囲図

ウ 除去作業計画

今回工事の除去作業計画は図2-6のとおりである。

作業計画は、石綿含有吹付け材が吹付けられた部分について、作業場全体を隔離するために、壁面及び床面をポリシートで囲い、作業場内を密閉化する計画であった。

密閉化した作業場の内部を外部に対して負圧に保つため、3台の負圧除じん装置に排気ダクトを接続して前回工事除去範囲に排気し、そこに設置したセキュリティゾーンの中を通過して、作業場内へ新鮮な空気を吸気することとされていた。

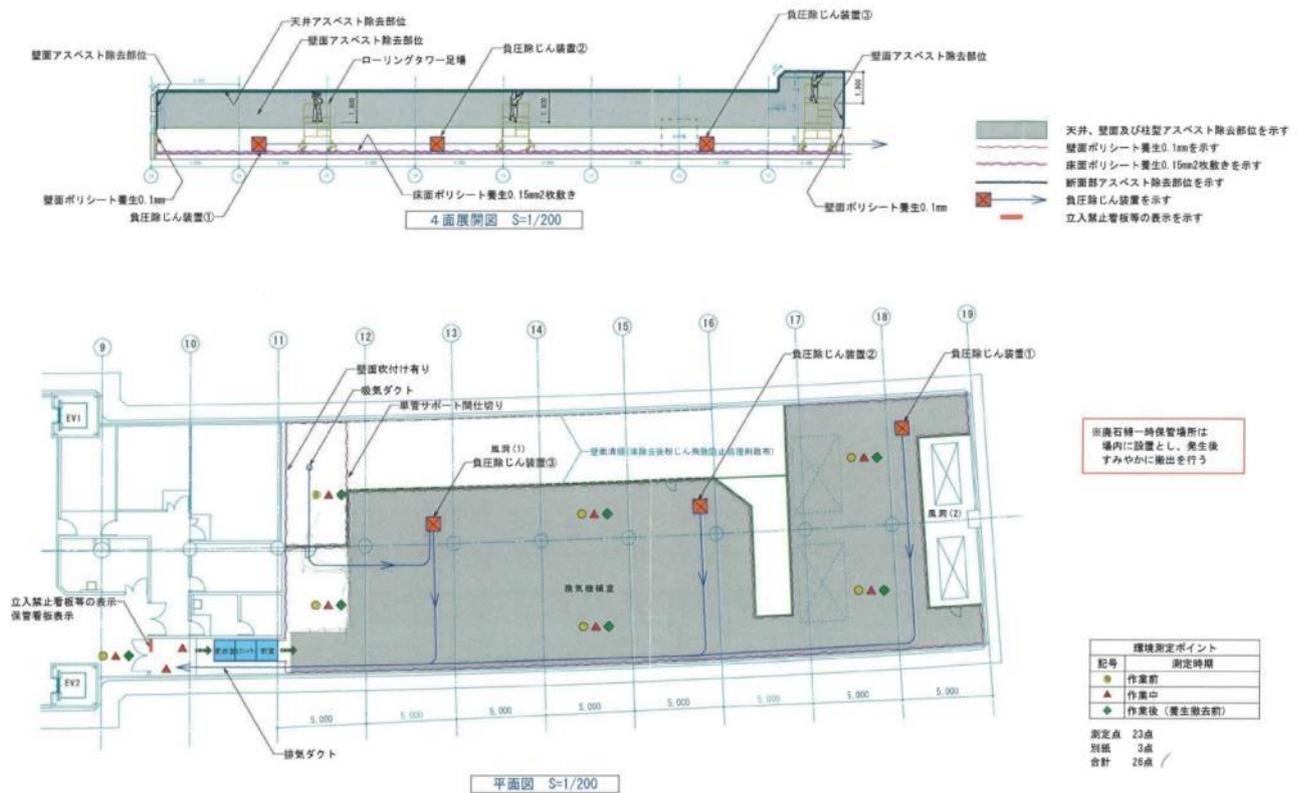


図2-6 除去作業計画図 (受注者施工計画書)

エ 作業工程

今回工事の作業工程表は、図2-7のとおりである。

全体の工期は平成25年11月2日から平成26年1月15日で、計画は準備作業の期間をへて12月5日から資材及び仮設材の搬入を行い、9日から14日にかけて養生作業を実施し、15日から除去作業を開始して12月末までに完了するものであった。

実際の工事は、12月5日に資材及び仮設材の搬入を行い、養生が12月11日までに完了し、その日のうちに港保健所の確認を受け12日から除去作業を開始した。翌13日に港保健所から工事停止の指導を受け、そこで除去作業が中断されることとなった。その後、復旧作業までの期間、作業が中断されたままであった。

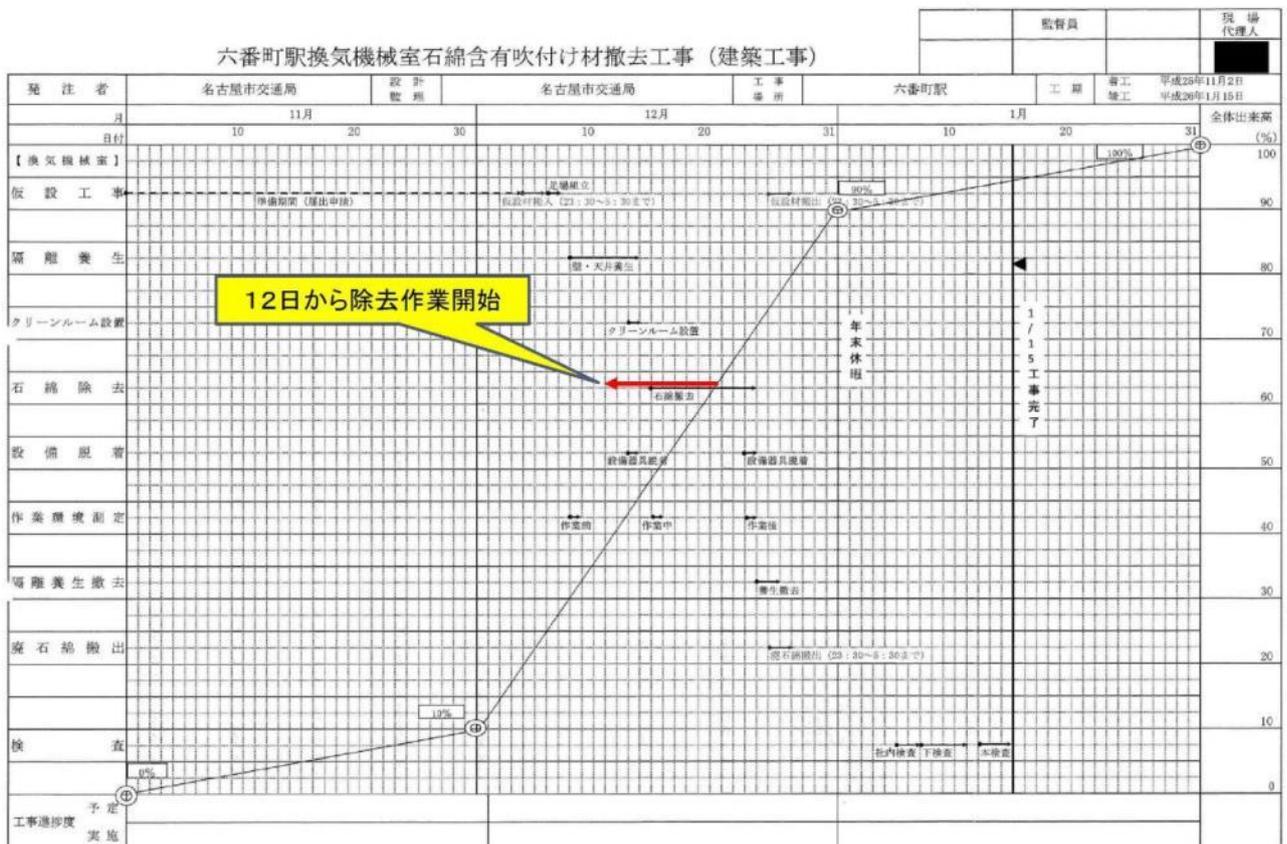


図2-7 作業工程表（受注者施工計画書）

(3) 事故の経緯

ア アスベスト飛散事故にかかる対応（時系列）

平成 25 年 12 月 9 日の作業を開始する前に換気塔下及び換気機械室扉前で各 1 か所、並びに換気機械室内で 6 か所の計 8 か所でアスベスト粉じん濃度測定を行ない、すべて検出下限値以下であることが確認された。また、12 月 11 日に港保健所による立入検査が受注者の立会いのもと行われ、その後、12 月 12 日より除去作業が開始された。

12 日は 8 時 30 分から 18 時まで負圧除じん装置を稼働させ、翌 13 日は 8 時 30 分から 15 時 50 分頃まで稼働させていた。受注者の作成した石綿取扱い作業実施記録によると、8 時 30 分から 11 時 30 分まで湿潤化剤を散布し、11 時 30 分からアスベスト除去を開始したと記録されている。

12 日の 9 時 15 分から 1 時間、換気機械室扉前及び換気塔下でアスベスト粉じん濃度測定が行われ、その結果として、翌 13 日の 10 時 10 分に速報値として換気機械室扉前で 1,000 本/L の繊維が検出されたとの連絡が入った。10 時 40 分には港保健所により現場で工事停止が確認された。

また、13 時 45 分に換気機械室扉前の分析結果が速報値でクロシドライトが 710 本/L と判明し、その後、確定値として 700 本/L とされた。

15 時 50 分頃に受注者が負圧除じん装置を停止後、16 時頃に換気機械室の扉の目張りがなされた。また、18 時にはコンコースの一部について立入規制を行い、エレベーターの利用も中止された。

18 時 30 分から 19 時 30 分にかけて、駅構内の 5 か所でアスベスト粉じん濃度測定が実施され、その結果、アスベスト繊維は検出されなかったことから立入規制やエレベーターの利用規制を翌日解除し、始発から平常通りの営業がなされている。

飛散事故後の平成 25 年 12 月 18 日時点での環境局、交通局、受注者との聞き合いに基づいて作成された事故の経緯をまとめたものを表 2-1 に示す。

ただし、その後調査等により必要とされる量の湿潤化剤散布は行われていないことが判明し、事故の経緯については一部事実と異なる記載があると判断される。

表 2 - 1 飛散事故にかかるとの対応（時系列）

12 月	9 日 (月)		作業前の粉じん濃度測定結果 8 か所全て 0.5 本/L 未満	
	11 日 (水)	16 : 00 ~ 16 : 30	立入検査（養生、負圧除じん装置確認） [港保健所]	
	12 日 (木)	8 : 30	湿潤剤散布（～11 : 30 まで）	<石綿取扱い作業実施記録より>
		9 : 15 ~ 10 : 15	2 箇所（機械室前、換気塔下）で試料採取①	[港保健所]
		11 : 30	除去作業開始（～16 : 30 まで）	<石綿取扱い作業実施記録より>
		18 : 00	負圧除じん装置稼働(8:30～18:00)・終了確認 <石綿取扱い作業実施記録より>	
	13 日 (金)	8 : 30	湿潤剤散布（8 : 30～9 : 40）除去作業（9 : 30～10 : 30） <石綿取扱い作業実施記録より>	
		10 : 10	環境科学調査センターから速報値の連絡（総繊維数①） 機械室前…1,000 本/L、換気塔下…4 本/L 施工業者に電話連絡、工事停止を指導 [港保健所]	
		10 : 30	清掃・袋詰（10 : 30～14 : 30）	<石綿取扱い作業実施記録より>
		10 : 40	現場で工事停止の確認 [港保健所]	
		10 : 45	環境局より交通局へ通知	
		11 : 10	受注者の差圧計、スモークテスターで負圧の確認 受注者に内部の様子の写真撮影を依頼 [港保健所]	
		13 : 45	クロシドライト（青石綿）710 本/L 検出（機械室前、速報値）	
		15 : 50 頃	負圧装置停止	
		16 : 00 頃	機械室扉の目張りを実施	
		18 : 00	コンコースの一部を立入り規制 [交通局]	
		18 : 30 ~ 19 : 30	駅構内 5 か所で粉じん濃度測定② [交通局]	
	14 日 (土)	1 : 10	清掃完了、立ち入り規制解除 [交通局]	
		始 発	平常通り営業	

イ 事故発生時のアスベスト繊維数分析

平成 25 年 12 月 12 日と 13 日に測定されたアスベスト繊維数の分析結果は表 2-2 のとおりである。測定された 4 件ともアスベスト繊維数と総繊維数が同数であり、アスベスト繊維以外の繊維は検出されていない。

また、13 日の測定においては、換気機械室内の石綿含有吹付け材に存在しないアモサイトがクロシドライトと併せて検出された。

表 2-2 事故発生時のアスベスト繊維数分析

地点	採取日	採取時間	クリソタイル濃度 (f/L)	アモサイト濃度 (f/L)	クロシドライト濃度 (f/L)	アンソフィライト濃度 (f/L)	トレモライト濃度 (f/L)	アクチノライト濃度 (f/L)
機械室前	12月12日	9:15~10:15	—	—	700	—	—	—
					視野数: 9 アスベスト繊維数: 42 総繊維数: 42 吸引空気量: 600L			
換気塔北	12月12日	9:15~10:15	—	—	2.5	—	—	—
					視野数: 300 アスベスト繊維数: 5 総繊維数: 5 吸引空気量: 600L			
機械室前	12月13日	15:10~16:03	—	15	89	—	—	—
				視野数: 67 アスベスト繊維数: 6 総繊維数: 41 吸引空気量: 530L	視野数: 67 アスベスト繊維数: 35 総繊維数: 41 吸引空気量: 530L			
機械室前	12月13日	16:05~17:05	—	—	4.0	—	—	—
					視野数: 300 アスベスト繊維数: 8 総繊維数: 8 吸引空気量: 600L			

—は、検出されなかったことを示す

分析機関：名古屋市環境科学調査センター

ウ 石綿含有吹付け材のアスベスト含有率

換気機械室内で採取した石綿含有吹付け材のアスベスト定量分析の結果は表 2-3 のとおりである。

昭和 46 年 3 月に開業した当初に施工した石綿含有吹付け材は、クロシドライトを 14~17% 程度含有する製品と判明した。

表 2-3 石綿含有吹付け材の定量分析の結果

採取日	採取場所	アスベストの種類	含有率 (%)
3月11日	セキュリティゾーンはり上	クロシドライト	17
3月11日	除去対象エリア	クロシドライト	14
3月18日	風洞内除去エリア	クロシドライト	16

エ 作業により除去した石綿含有吹付け材

事故後確認した除去範囲は図2-8のとおりである。

換気機械室の奥側の天井面、風洞内の a-a 断面、奥側の b-b 断面、d-d 断面で示した壁面で除去が進められていた。また、中央付近の天井面、c-c 断面で示した 18 通りの柱面など一部除去が進められている部分があった。除去された面積は約 110 m²であった。

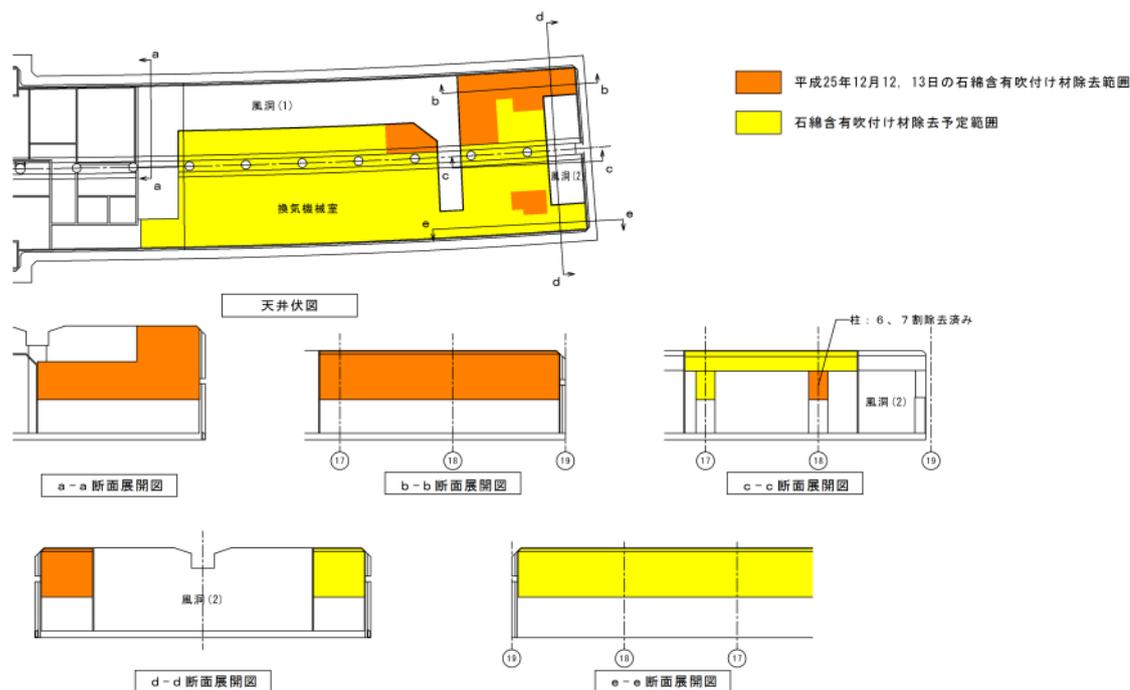


図2-8 石綿含有吹付け材除去範囲図

オ 飛散に対する問い合わせの件数と主な内容

平成29年2月末日現在で、50件の問い合わせがあった。その主な内容は、飛散の場所や日時、健康被害や相談先、今後の周知方法、健康被害の補償などであった。

表2-4 飛散に対する問い合わせの件数と主な内容

問い合わせ件数		50件
内容	飛散の場所や日時	36件
	健康被害や相談先	7件
	今後の周知方法	6件
	健康被害の補償	3件
	その他	16件

(注) 1 複数の内容を尋ねられた場合もあるため、内容の件数の合計は、問い合わせ件数と一致しない

(4) 事故の原因調査

ア 原因調査及び調査結果の概要

原因調査は(ア)現地への立入調査、(イ)湿潤化剤含有調査が実施された。

(ア) 現地への立入調査は、アスベストの除去業務に精通し公正で中立的な立場の第三者に委託することとし、独自のアスベスト除去工法について財団法人日本建築センターの審査証明を取得し除去工事の実績も豊富な株式会社マルコオ・ポーロ化工に委託して実施された。

(イ) 湿潤化剤含有調査は、株式会社大同分析リサーチに委託して実施された。

(ア) 現地への立入調査

現地への立入調査は平成 26 年 3 月 11 日の換気機械室内部の状況調査と、21 日の負圧除じん装置を稼働させての調査の 2 回行われた。

a 養生施工

養生の施工については、特に外部との区画となる部分である換気塔へつながる換気洞道の開口部分、前室を設置したエリアとの区画となる養生シートが確認された。その結果、いずれも養生シートの一部がはく離していることが判明した。しかし、調査時点で事故後 3 か月を経過しており、いつはく離したかは判然としなかった。

b 負圧除じん装置

作業場である換気機械室の規模に対し必要な排気量を確保するため 3 台の負圧除じん装置を設置しているが、現場では 3 台からの排気ダクトを 1 本のダクトにまとめて排気されていた。そのため必要な排気量を確保しておらず、負圧不足という状態であった。

負圧除じん装置を稼働させ、機器本体等のすき間の有無が、スモークテスターを用いて確認された。その結果、3 台とも機器本体にすき間があり、そこから吸い込まれた汚染空気が排気ダクトに出ることが確認された。また、アスベストの代替の疑似粉じんとしてベビーパウダーを吸込み口より吸入させた後、本体の内部を確認したところ、HEPA フィルタの取付け部分にすき間があったことが確認された。

c 作業場内の換気量

受注者の施工計画書では、負圧除じん装置を 3 台稼働させて 1

時間当たりの換気量を $9,900\text{m}^3$ 確保するとされていた。この数値は、換気機械室内の1時間当たり4回の換気に対応した数値である。

これに対し、3月21日の現地調査で、負圧除じん装置3台稼働させたときの排気ダクトの排出口での風速の実測値は、 $15\text{m}/\text{秒}$ であった。これを換気量に換算すると1時間当たり $3,815\text{m}^3$ で、施工計画書の所要換気量の4割程度とどまることが確認された。

表2-5 作業場内の換気量

1時間当たり換気量 (m^3/h)	施工計画	実 測
		9, 9 0 0

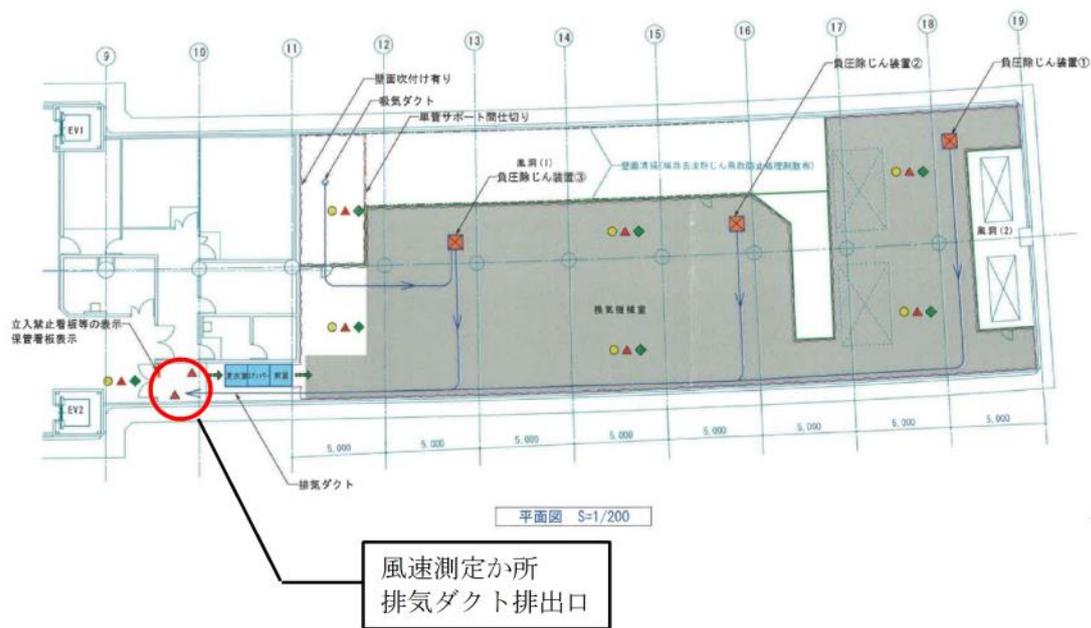
- ・受注者の施工計画書と、平成26年3月21日の調査時に実測した排気口の風速から換気量を比較

施工計画：負圧除じん装置の装置能力 $55\text{m}^3/\text{分} \times 3 \text{台} \times 60 \text{分}$ 、換気機械室内気積 $2,257\text{m}^3$ の時間当たり4回換気に対応したもの

実 測：排気ダクト（直径30cm）の排気口での風速 $15\text{m}/\text{秒}$ から算定
 $(0.07065 \text{ m}^2 \times 15\text{m}/\text{秒} \times 3600 \text{ 秒}/\text{h} = 3,815\text{m}^3/\text{h})$

風速の測定位置

測定日	平成26年3月21日
測定者	(株) マルコオ・ポーロ化工
測定値	1.5 m/sec



測定状況



測定値



図表 2 - 9 作業場内の換気量 (風速)

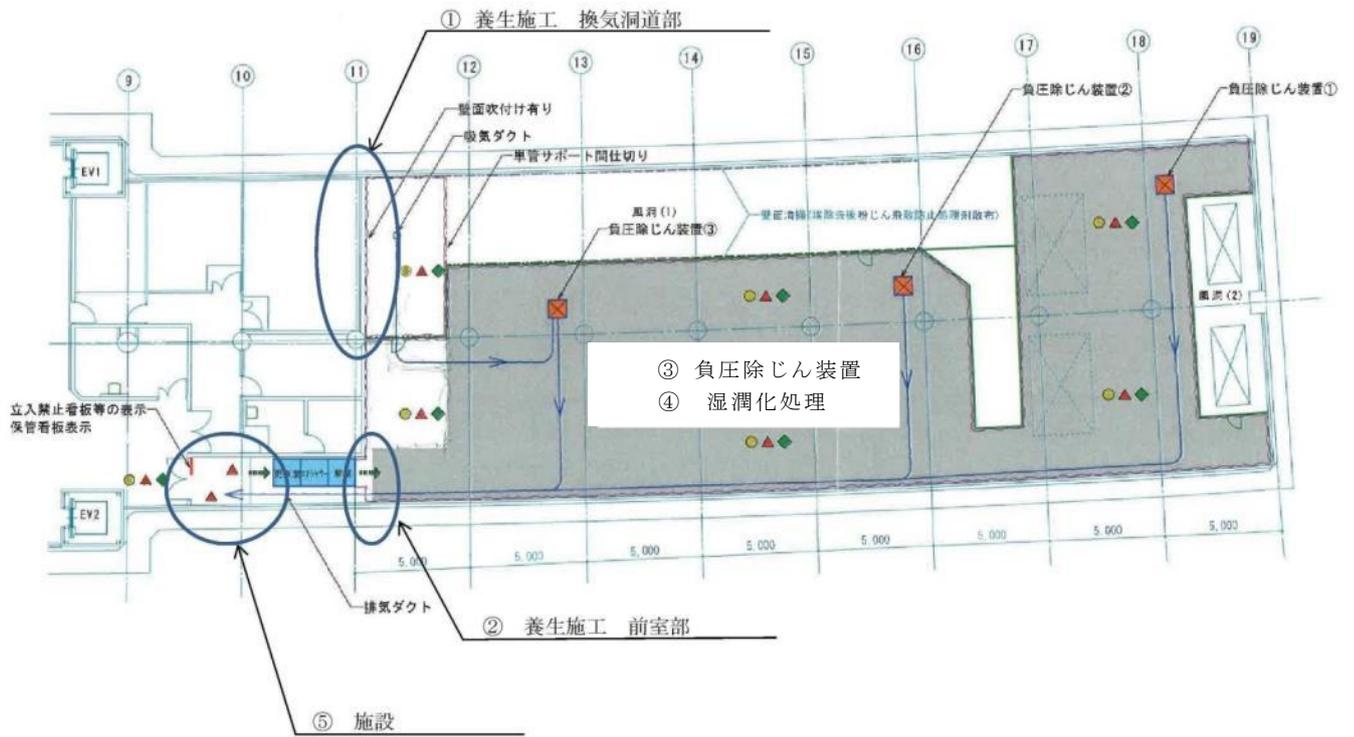
d 前室設置部に存在したアスベスト塊

前室設置部に存在したアスベスト吹付け材の塊は、事故が発覚した12月13日に工事の作業員から交通局の監督員に指摘があり、立入調査においてこれを確認したものである。

平成26年3月11日の立入調査で、高い位置にあるはりの天端に、3cmほどのアスベスト塊がいくつか載っていることが確認された。しかし、同じエリアでこのはりとは交差する形で、このはりよりも高い位置にある設備ダクトの天端には、このようなアスベスト塊が載っていないことが併せて確認された。

また、このアスベスト塊は、立入調査で負圧除じん装置を3台とも稼働させ、排気量を確認したが、排気量が少ないことからこのアスベスト塊が動くような空気の流動はなく、事故発生当時にこれらのアスベスト塊が換気機械室外のアスベスト漏えいの原因になった可能性は低いと考えられた。

これに加え、このアスベスト塊があった場所については、平成13年度に石綿含有吹付け材が一部除去された場所ではあるが、当時の工事業者から工事完了後の検査により石綿含有吹付け材の残存がないことを確認したとの報告がなされている旨を検討会事務局より示された。



換気機械室現場平面図

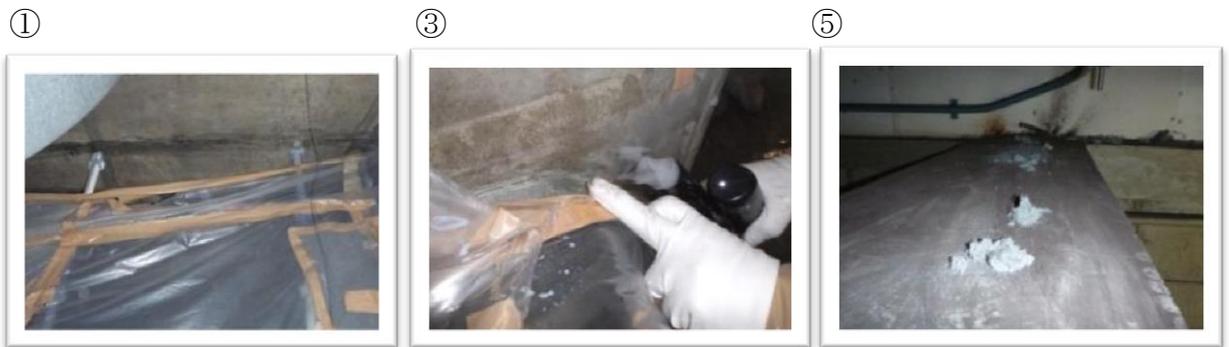


図 2 - 1 0 現地への立入調査

(イ) 湿潤化剤含有調査

現地立入調査において湿潤化剤の空缶は1缶しか確認されず、材料の搬出入や工事写真など湿潤化剤使用に関する記録がないことから、湿潤化剤含有調査が行われた。また、第2回検討会で湿潤化剤含有調査を報告した際に出た意見を検証するために、追加調査が行われた。

a 湿潤化剤含有調査

平成26年3月11日に図2-1-1に示す3か所の天井面除去範囲周囲より採取された石綿含有吹付け材に、湿潤化剤の成分が含有されているか分析が行われた。なお、試料採取場所は、受注者から湿潤化処理を実施したと報告を受けた範囲にあたる場所である。

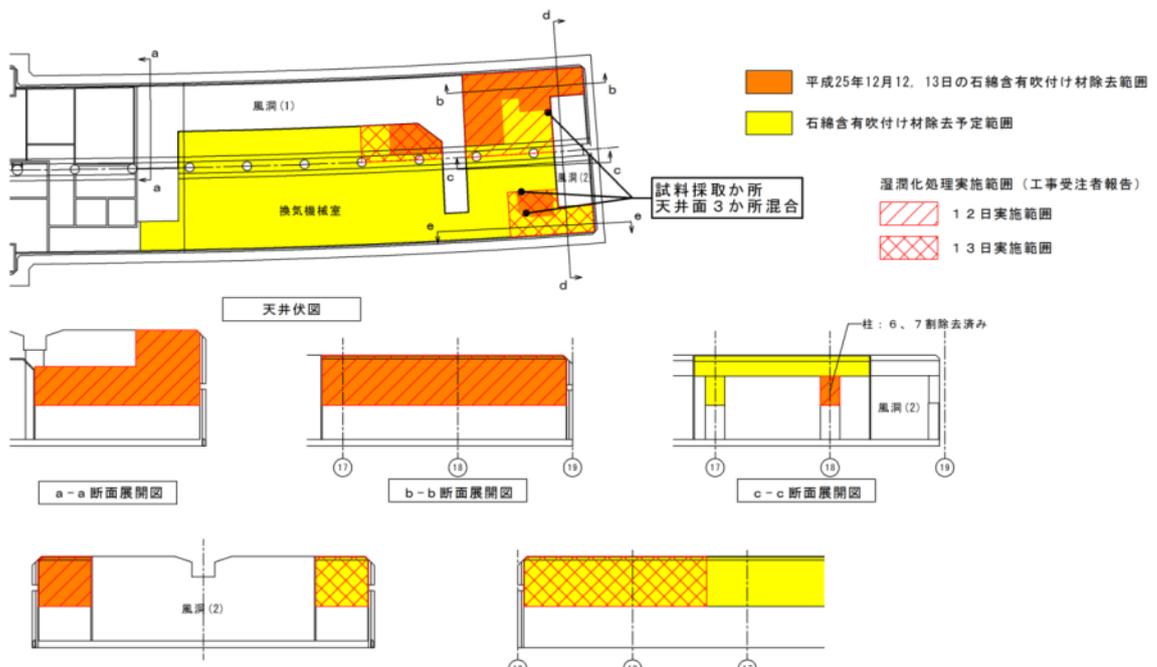


図2-1-1 湿潤化材含有調査

現場で採取した石綿含有吹付け材の試料と今回の工事で使用した湿潤化剤アスシール Si3 試料を分析した結果を図2-1-2に示した。

石綿含有吹付け材とアスシール Si3 が共通に含む成分はアクリル樹脂由来の成分であると考えられ、アクリル樹脂由来のアクリルエステル類を比較したところ、採取した試料には、メタクリル酸メチル及びアクリル酸ブチルを含むが、湿潤化剤には、メタクリル酸メチル及びアクリル酸メチルヘプチルを含み、両者は一致しなかった。

よって採取した試料にはアクリル樹脂を含むが湿潤化剤に由来するアクリル樹脂ではないことになり、湿潤化剤による湿潤化は実施されていないことが示唆された。

報告書 No. 14F00098-1/6 号

調査報告書

平成 26 年 06 月 19 日

株式会社 大同分析リサーチ

環境測定センター

〒457-8545 名古屋市南区大同町2丁目30番地

TEL (052)-611-9602

FAX (052)-611-9562

2014 年 05 月 22 日に収集した試料に対する調査の結果を次のとおり報告します。

1. 件名 : 六番町駅石綿含有吹付け材含有成分分析調査業務委託
2. 概要 : 「六番町駅石綿含有吹付け材中の含有成分分析調査業務委託仕様書」に基づき、六番町駅換気機械室にて採取した石綿含有吹付け材試料の含有成分について定性分析する。
3. 試料名 : (1)石綿含有吹付け材
名古屋市が別途発注した調査にて、平成 26 年 3 月 11 日に機械室天井面(3 か所)より採取したもの(採取位置、採取状況は、別添 1、2)
(2)アスシール SI3 [湿潤化剤]
六番町駅換気機械室石綿含有吹付け材撤去工事(建築工事)で使用されたとされる湿潤化剤の試料
4. 試験方法 : (1)フーリエ変換型赤外分光法 (FT-IR 法)
石綿含有吹付け材および湿潤化剤はクロロホルムで抽出し、孔径 0.20 μ m のフィルターでろ過した。このろ液からクロロホルムを揮発させ残渣を得た。この残渣に含まれる物質を FT-IR 法で定性分析を行った。FT-IR 分析装置は、日本分光製 型式 IRT-5000 を使用した。
(2)ガスクロマトグラフィー質量分析方法 (GC-MS 法)
石綿含有吹付け材は任意の 2 点を採取した。試料は試料導入装置用ガラス管に入れ、加熱脱着形試料導入装置に挿入し、試料に含まれる有機化合物をガス化して GC-MS 分析装置に注入し、GC-MS 法にて定性分析を行った。湿潤化剤は石英ウールに塗布し、約 60 時間放置し硬化させた後、同様に GC-MS 法にて定性分析を行った。
GC-MS 分析装置は島津製作所製 型式 GCMS-QP2010Plus、加熱脱着形試料導入装置は島津製作所製 型式 TD-20 を使用した。
5. 調査結果 :
【結論】
 - (1) FT-IR 法の定性分析結果より、石綿含有吹付け材とアスシール SI3 に共通に含まれる成分はアクリル樹脂由来の物質であると考えられる。
 - (2) GC-MS 法の定性分析結果において、アクリル樹脂由来のアクリル酸エステル類を比較したところ、石綿含有吹付け材にはメタクリル酸メチルおよびアクリル酸ブチルが含まれるが、アスシール SI3 にはメタクリル酸メチルおよびアクリル酸メチルヘブチルが含まれ、両者には一致しない成分があると考えられる。
 - (3) 以上のことから、石綿含有吹付け材にはアクリル樹脂が含まれるが、これはアスシール SI3 に由来するアクリル樹脂ではなく、含有成分に違いがあり、アスシール SI3 により湿潤化されていないと考えられる。

図 2 - 1 2 湿潤化剤含有調査結果

b 湿潤化剤含有調査（追加調査）

第2回検討会で湿潤化剤含有調査を報告した際に、「湿潤化剤が含んでいた成分が揮発や化学変化し、結果として検出しなかったとは考えられないか。この点は、湿潤化を行っていないとされる場所から試料を採取し、同様の分析をして比較すると明確になるのではないか。」との意見があった。

これを検証するため、湿潤化を行っていないとされる場所から平成26年9月21日に採取した試料を分析する追加調査を実施した。

図表2-13に示す「今回試料採取か所」と記した柱から採取した試料を分析した。その結果、定性分析結果により、受注者が湿潤化を行ったとされる場所から前回採取した試料と同様の成分が検出されること、湿潤化剤に含まれるアクリル酸メチルヘプチルは、湿潤化を行ったとされる場所から採取した試料と同様に検出されないことが判明した。

前回の調査結果を含めた試料の含有成分比較結果を図表2-15に示した。石綿含有吹付け材①及び②が、湿潤化を行ったとされる場所から採取した試料で、③及び④が湿潤化を行っていないとされる場所から採取した試料になる。①から④の4つの試料は、アクリル酸ブチルを含有しているが、湿潤化剤のアスシール Si3の試料は、アクリル酸ブチルを含有していない。また、湿潤化剤に含まれているアクリル酸メチルヘプチルは、①から④の石綿含有吹付け材では検出されなかった。

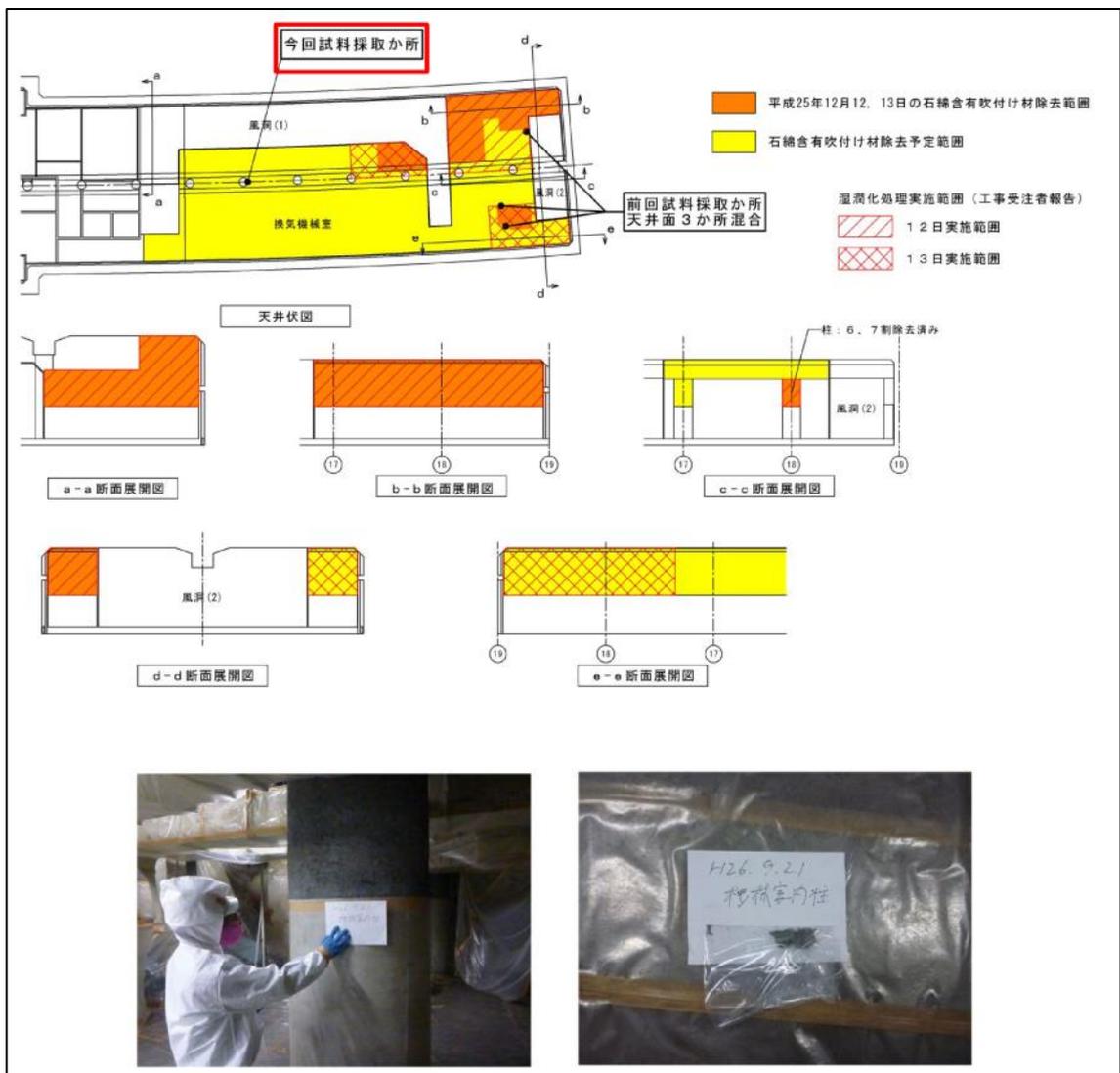
アクリル酸メチルヘプチルが揮発してなくなる可能性については、揮発性が低く、室温状態で3か月から半年で揮発してなくなることはないとの見解が検討会事務局より示された。

参考までに、アクリル酸ブチルとアクリル酸の蒸気圧を表中の成分名の下に括弧付きで記載した。アクリル酸ブチルの蒸気圧は430Paで水の蒸気圧2,339Paと比較して相当に低く、水と比較して揮発しにくいことがわかる。アクリル酸メチルヘプチルについては蒸気圧の情報が見つからなかった。しかし、前回の調査におけるガスクロマトグラフィー質量分析方法による解析結果によると、アクリル酸ブチルは加熱開始から11.8分で検出されているのに対し、アクリル酸メチルヘプチルは18.2分かかるという結果が出ている。このことからアクリル酸ブチルよりさらに揮発しにくいことが確認できる。

以上から、アクリル酸メチルヘプチルが揮発してなくなった可能性はないと考えられる。

次に、アクリル酸メチルヘプチルが加水分解や熱分解等による化学変化により滅失した可能性についても検討した。加水分解した場合は、アクリル酸メチルヘプチルはアクリル酸とメチルヘプチルアルコールに分解するが、湿潤化剤含有調査においてアクリル酸は検出されていないことから加水分解はないと考えられる。熱分解した場合は、アクリル酸メチルヘプチルの重合体が2量体、3量体に分解する。室温での加水分解のような変化では、エステル部分での開裂はあっても、炭素鎖の途中で切れる反応は考えにくい。アクリル酸メチルヘプチルがアクリル酸ブチルに変化することは考えにくい。

以上のことから、化学変化によりアクリル酸メチルヘプチルがなくなった可能性もないと考えられる。



図表 2 - 1 3 湿潤化剤含有調査結果 (追加調査 1/5)

調査報告書

平成 26 年 11 月 14 日

株式会社 大同分析リサーチ

環境測定センター

〒457-8545 名古屋市南区大同町 2 丁目 30 番地

TEL (052)-611-9602

FAX (052)-611-9562

2014 年 10 月 21 日に持ち込まれた試料に対する調査の結果を次のとおり報告します。

1. 件名 : 六番町駅石綿含有吹付け材含有成分分析調査業務委託 (その 2)
2. 概要 : 「六番町駅石綿含有吹付け材中の含有成分分析調査業務委託仕様書 (その 2)」に基づき、六番町駅換気機械室にて採取した石綿含有吹付け材試料の含有成分について定性分析する。
3. 試料名 : (1) 石綿含有吹付け材
名古屋市が別途発注した調査にて、平成 26 年 9 月 21 日に機械室内柱より採取したもの (採取位置、採取状況は、別添 1、2)
4. 試験方法 : (1) フーリエ変換型赤外分光法 (FT-IR 法)
石綿含有吹付け材はクロロホルムで抽出し、孔径 0.20 μ m のフィルターでろ過した。このろ液からクロロホルムを揮発させ残渣を得た。この残渣に含まれる物質を FT-IR 法で定性分析を行った。FT-IR 分析装置は、日本分光製 型式 IRT-5000 を使用した。
(2) ガスクロマトグラフィー質量分析方法 (GC-MS 法)
石綿含有吹付け材は任意の 2 点を採取した。試料は試料導入装置用ガラス管に入れ、加熱脱着形試料導入装置に挿入し、試料に含まれる有機化合物をガス化して GC-MS 分析装置に注入し、GC-MS 法にて定性分析を行った。
GC-MS 分析装置は島津製作所製 型式 GCMS-QP2010Plus、加熱脱着形試料導入装置は島津製作所製 型式 TD-20 を使用した。
5. 調査結果 :

【結論】

- (1) FT-IR 法の定性分析結果より、石綿含有吹付け材には、採取部位で多少の違いがあるものの、前報と同様にアクリル樹脂、アルキル基、脂肪酸アミドおよび可能性のあるものとしてポリスチレンが含まれていると考えられる。
- (2) GC-MS 法の定性分析結果において、アクリル樹脂由来のアクリル酸エステル類に着目したところ、前報と同様に石綿含有吹付け材にはメタクリル酸メチルおよびアクリル酸ブチルが含まれ、湿潤剤アスシーラ SI3 から同定されたアクリル樹脂由来のアクリル酸メチルヘブチルは含まれていないと考えられる。

図表 2 - 1 4 湿潤化剤含有調査結果 (追加調査 2/5)

追加調査結果

湿潤化が行われていないとされる場所から採取した試料は、湿潤化が行われたとされる場所から採取した試料と概ね同様の成分で構成されていた。

同様に、アクリル酸ブチルが含まれ、湿潤化剤（アスシール Si3）の成分であるアクリル酸メチルヘプチルは含まれていなかった。

アクリル酸メチルヘプチルは室温状態では揮発しないこと、また、アクリル酸メチルヘプチルが加水分解した場合に発生するアクリル酸が残存していないことから、あらためて、湿潤化は行われていないと推定する。

1 試料の含有成分比較表

試料名	採取日	採取位置	含有の有無		
			アクリル酸 ブチル (430Pa)	アクリル酸 メチルヘプチル (※)	アクリル酸 (413Pa)
石綿含有 吹付け材①	平成 26 年 3 月 11 日	湿潤化 実施場所	有	無	無
石綿含有 吹付け材②			有	無	無
石綿含有 吹付け材③	平成 26 年 9 月 21 日	湿潤化 未実施場所	有	無	無
石綿含有 吹付け材④			有	無	無
アスシール Si3	—	—	無	有	無

() 内は蒸気圧 (20℃) を示す。因みに水の蒸気圧は 2,339Pa (20℃) である。
(化学物質総合情報システム (独立行政法人 製品評価技術基盤機構) より)

※ アクリル酸ブチル及びアクリル酸の蒸気圧は、水の蒸気圧より数値相当に低いことから、室温状態では、半年程度で揮発して無くなるようなことはない。アクリル酸メチルヘプチルについては蒸気圧の数値情報はないが、前回のガスクロマトグラフィー質量分析において、アクリル酸ブチルより発現までの保持時間が長かったことから、更に揮発しにくいものであることが確認されている。
(アクリル酸ブチル 11.8 分に対し 18.2 分)

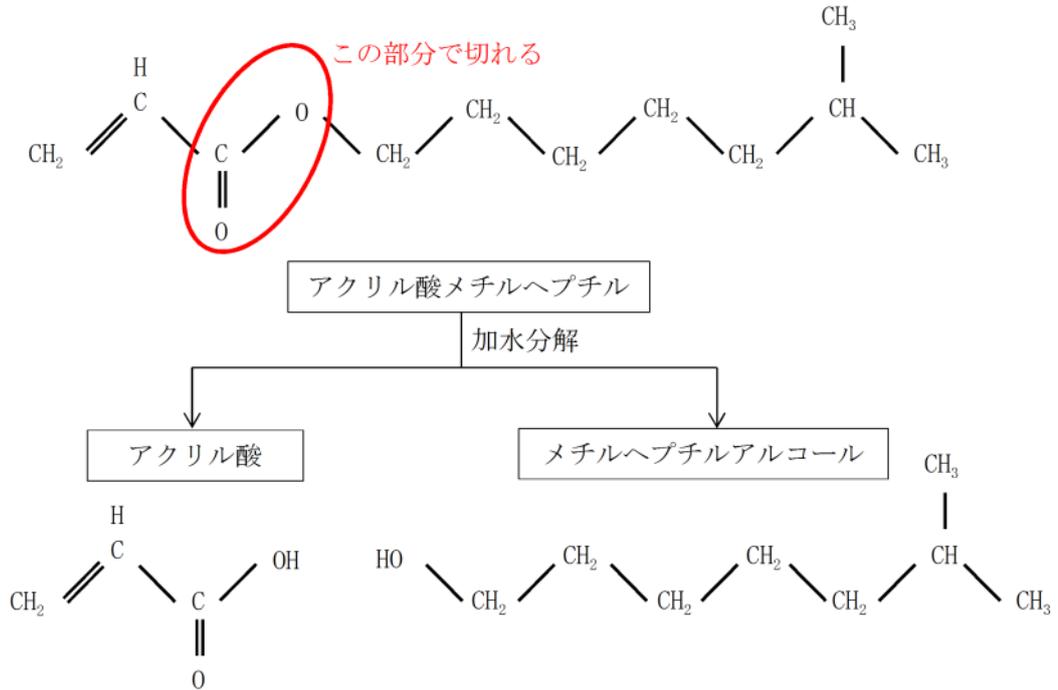
参考 蒸気圧

一定温度で液体又は固体と平衡状態にある蒸気の圧力、つまり飽和蒸気圧を指す。純物質では、物質の種類と温度によって決まる。(三省堂 大辞林より)

図表 2 - 1 5 湿潤化剤含有調査結果 (追加調査 3/5)

2 アクリル酸メチルヘプチルの化学変化

1) 加水分解



※ 加水分解した場合にはアクリル酸が生成されるが、試料からアクリル酸は同定されなかった。

2) 熱分解

アクリル酸メチルヘプチルの重合体(分子が多数結合したもの)が分解され、少数の分子が結合したもの(二量体、三量体等短く切断されたもの)に分解される。

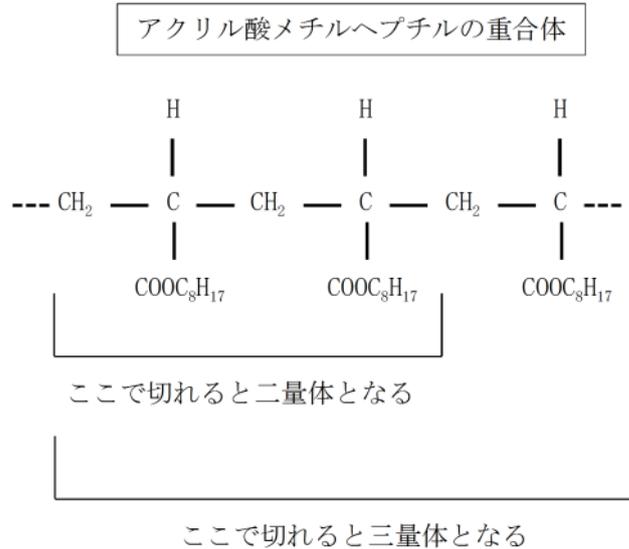


図 2 - 1 6 湿潤化剤含有調査結果 (追加調査 4/5)

3) アクリル酸メチルヘプチルからアクリル酸ブチルへの変化
 アクリル酸メチルヘプチルからアクリル酸ブチルができるためには①の部分で切れる

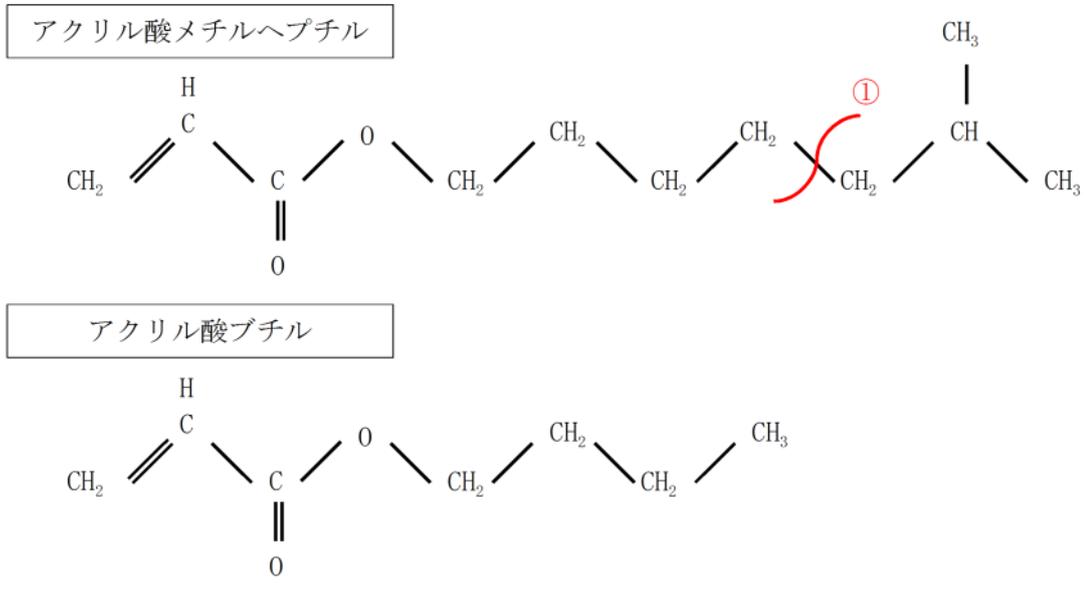


図 2 - 1 7 湿潤化剤含有調査結果（追加調査 5/5）

c 湿潤化剤の使用量

検討会事務局より、受注者からのヒアリングを平成 26 年 8 月 4 日に実施した結果が示された、それによれば湿潤化を行ったと報告を受けた処理面積は約 172 m²（図 2 - 1 1）となる。受注者の施工計画書による単位面積当たりの湿潤化剤の所要量は 1 m²当たり 2.75kg とされているため、適正な使用量は 473kg となる。湿潤化剤は 1 缶当たり 15kg のため、缶に換算すると 32 缶となり、これが湿潤化剤メーカーの施工仕様書に沿った使用量である。

これに対し、受注者から受領した平成 26 年 3 月 27 日付けの文書による質疑応答では、6～7 缶使用したと報告を受けている。受注者の報告のとおりだとしても散布した使用量は相当少ない結果となっている。

表 2 - 6 湿潤化剤の使用量

湿潤化処理面積	単位面積当たり所要量	適正使用量
172 m ²	2.75kg/m ²	473 kg (32 缶)

湿潤化処理面積 : 受注者より湿潤化が行われたと報告があった面積
 単位面積当たり所要量 : 受注者の施工計画書による所要量 (吹付け材厚 25mm)

<参考> アスシール除去工法標準所要量
 2.2~2.5kg/m² (吹付け厚 20mm)

湿潤化剤 荷姿 : 15kg/缶

湿潤化剤の標準使用量 (メーカー施工仕様書より抜粋)

アスシール除去工法標準所要量参考表

1. アスシールS i 3 (粉じん飛散抑制剤: 湿潤化剤)

石綿等の厚み (mm)	所要量 (kg/m ²)	標準施工面積 (m ² /缶)
10	1.1~1.3	11.5~13.6
20	2.2~2.5	6.0~6.8
30	3.3~3.8	3.9~4.5
40	4.4~5.0	3.0~3.4
50	5.5~6.2	2.4~2.7
60	6.6~7.4	2.0~2.3

* 表の所要量は吹付け石綿の場合のもので、その他の石綿含有吹付け材等は異なることがある。
 目安としては、表面から吸わなくなった時点までの所要量とする。表の所要量で余剤が出た場合には、除去作業と並行して除去断面への噴霧を行い、粉じん飛散を抑制する。

2. アスシールS i 1 (除去後の表面処理)

下地の種類	所要量 (kg/m ²)	標準施工面積 (m ² /缶)
標準所要量 (RC・ボード等の場合)	0.22~0.25	60~70
標準所要量 (折板・H鋼等の場合)	0.15~0.20	75~100

3. アスシールS i 1 (空中散布)

天井高さ	所要量 (kg/m ²)	標準施工面積 (m ² /缶)
標準所要量 (高さ約3mの場合)	0.075	200
標準所要量 (高さ約6mの場合)	0.15	100

* アスシールS i 1 希釈品の空中散布は、建物のタッパが高い場合、多くなる。
 * この表の空中散布の所要量は現場希釈水を含まない量を記している。実際の使用量は高さ3mの場合、アスシールS i 1 + 水 = 15kg + 水45kgの割合で希釈して使用するため、0.3kg/m²となる。

4. アスシールS i 1 (養生シート面散布)

	所要量 (kg/m ²)	標準施工面積 (m ² /缶)
標準所要量	0.075	200

* この表の養生シート面散布の所要量は、現場希釈水を含まない量を記している。実際の使用量は、アスシールS i 1 + 水 = 15kg + 水45kgの割合で希釈して使用するため、0.3kg/m²となる。

図表 2 - 1 8 湿潤化剤の標準使用量

(5) 事故の原因についての考察

前節で述べたように、1)受注者が湿潤化処理を行ったとする範囲から採取した試料から、湿潤化剤の成分を検出しなかったこと。2)前室設置部で確認したアスベスト塊が飛散につながった可能性は低いこと、3)負圧除じん装置にすき間があったこと、4)作業エリア内は負圧不足であったとみられることを考え合わせると、飛散を確認した時間帯である9時15分から10時15分にはすでに除去作業が行われており、高濃度のアスベストが作業エリアから漏えいしたと推定された。

すなわち、事故原因は、不十分な湿潤化処理のまま、負圧除じん装置に不具合がある状態で除去作業を行ったことにあると考えられる。

飛散原因の調査結果（最終報告）

図番	調査項目		調査結果
	調査対象	確認事項	
①	養生施工 換気洞道部 前室部	養生シートによる区画の剥離状況。	<ul style="list-style-type: none"> 換気洞道部及び前室部において、区画の一部剥離を確認した。 剥離時期が不明なため、事故との関連について判定は不能である。
②		作業場内の負圧状況。	<ul style="list-style-type: none"> 3台の負圧除じん装置の排気を1本にまとめており、1台分の排気量しか機能せず、負圧不足の状態であった。
③	負圧除じん装置	機器本体等の隙間の有無。	<ul style="list-style-type: none"> スモーク・テストにより、機器本体の隙間から空気の流入を確認した。 疑似粉じん（ペーパーパウダー）を吸引させ、HEPAフィルタ取付け部の隙間からの漏れを確認した。
④		作業場内の拡散抑制措置状況。	<ul style="list-style-type: none"> 作業場内に残存している空缶は1個であった。 材料の搬出入及び使用に係る記録写真がなく、確認不能であった。 試料には湿潤化剤の成分（アクリル酸メチルヘプチル）が含まれていないことから、湿潤化されていないと考えられる。
⑤	施設	前室設置部で確認されたアスベスト塊の飛散への影響。	<ul style="list-style-type: none"> はり及び腰壁の天端にアスベスト塊があることを現認した。 付近の設備ダクト天端には無かった。 負圧除じん装置の排気量が小さく、飛散につながった可能性は低い。

※図番は図2-10による

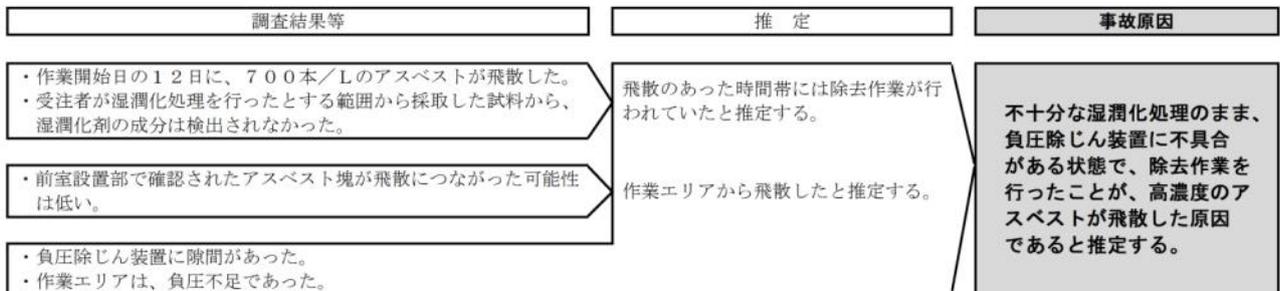


図2-19 飛散原因の調査結果（最終報告）

3 六番町駅構内外のアスベスト濃度

(1) 六番町駅構内外の環境測定

ア アスベスト濃度実測値の推移

アスベスト除去作業開始前の平成 25 年 12 月 9 日から、換気機械室の復旧作業完了後の平成 27 年 7 月 15 日まで、六番町駅構内外(図 3 - 1)で環境測定が行われた。

平成 25 年 12 月 9 日、アスベスト除去作業を開始する前に③換気塔、⑧換気機械室扉前、⑩換気機械室内 6 か所の計 8 か所でアスベスト粉じん濃度測定が実施され、すべて検出下限値である 0.5 本/L 未満であることを確認したうえで、12 月 12 日よりアスベスト除去作業が開始された。

負圧除じん装置が稼働していた時間帯は、12 月 12 日の 8 時 30 分から 18 時までと、翌 13 日の 8 時 30 分から 15 時 50 分頃までとされている。今回事故が判明した測定は、⑧換気機械室扉前で、12 月 12 日 9 時 15 分から 10 時 15 分までになされたもので、クロシドライト 700 本/L が検出された。

また、翌 13 日 15 時 10 分から 16 時 3 分に測定した、アスベスト濃度 100 本/L については、試料からアモサイト 6 本、クロシドライト 35 本が検出され、濃度としてそれぞれ 15 本/L、89 本/L となり、合計値 104 本/L を四捨五入した値である。なお、アモサイトを検出したこの測定以外で検出したアスベスト繊維は、すべてクロシドライトである。

その後、16 時頃に港保健所の指導で受注者が換気機械室扉の目張りをし、18 時 30 分から 19 時 30 分に駅構内④から⑧の 5 か所で測定を行い、0.5 本/L 未満となっていた。

除去作業の中止以降、12 月 16 日から適宜測定を実施しアスベストの不検出が確認されている。

なお、六番町駅のアスベスト除去工事の現場である換気機械室については、復旧・機能回復措置が完了し、平成 27 年 7 月 15 日の測定をもって密閉していた換気機械室を開放して従来通りの運用が開始された。

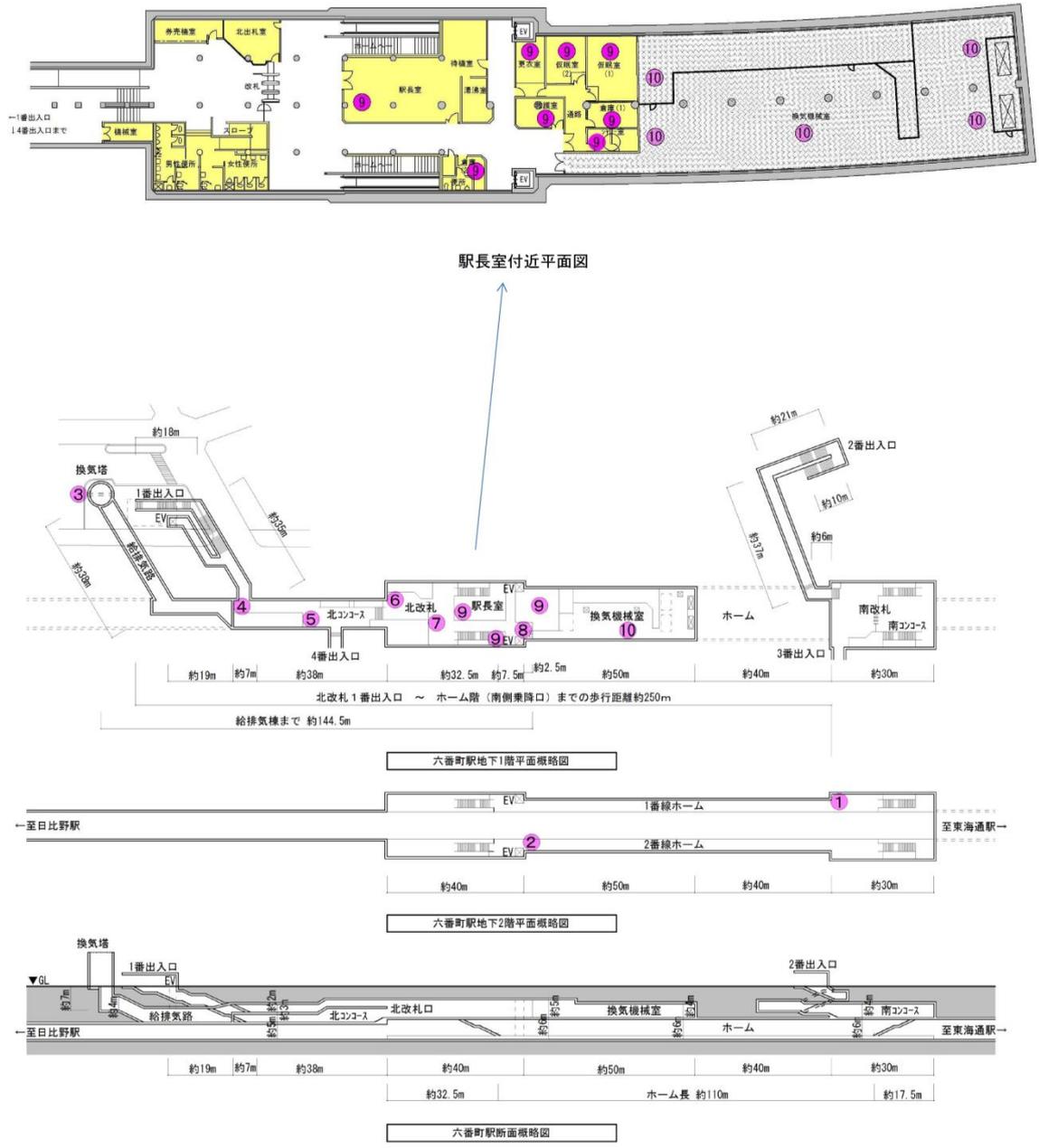


図 3 - 1 総繊維数濃度・アスベスト濃度測定位置図

表 3 - 1 総繊維数濃度・アスベスト濃度測定結果一覧表

欄中の数値はアスベスト濃度を示す。但し()内は総繊維数濃度を示す。
 は、アスベスト濃度の分析を実施したものを示す。

事 項		測定値等										測定者 ※4 検出下限値	負圧装 置稼働 帯※3	
		1番 ホーム	2番 ホーム	換気塔	1番 通路	北コ ンコ ース	北コ ンコ ース	北改 札内	機械室 扉前	仮眠 室等 諸室	換気 機械 室			
月 日	時刻	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩			
平成 25 年 12 月 9 日～ 作業前		—	—	0.5 未満	—	—	—	—	0.5 未満	—	0.5 未満 6 か所	受注者 0.5		
12 月 12 日	8 : 30～	負圧装置運転開始											↑	
	9 : 15～10 : 15	—	—	2.5 (4.0)	—	—	—	—	700 (1,100)	—	—	港保健所 1.0 (0.22)		
	～18 : 00	負圧装置運転停止												
12 月 13 日	18 : 00～8 : 30	負圧装置運転停止期間											↑	
	8 : 30～	負圧装置運転開始												
	15 : 10～16 : 03	—	—	—	—	—	—	—	100 (110) ※5	—	—	港保健所 1.0 (0.22)		
	15 : 05～16 : 05	—	—	(0.22)	—	—	—	—	—	—	—	—		
	～15 : 50 頃	負圧装置運転停止												
	16 : 05～17 : 05	—	—	—	—	—	—	—	4.0 (6.5)	—	—	—		港保健所 1.0 (0.22)
12 月 16 日	16 : 10～17 : 10	—	—	(0.22 未満)	—	—	—	—	—	—	—	—		
	16 : 30～19 : 30	—	—	—	(0.5 未満)	(0.5 未満)	(0.5 未満)	(0.5 未満)	(0.5 未満)	—	—	受注者 0.5		
12 月 24 日	9 : 45～10 : 45	—	—	(0.22 未満)	—	—	—	—	—	—	—	港保健所 1.0 (0.22)		
	9 : 50～10 : 50	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—	—		
平成 26 年 1 月 9 日	9 : 35～10 : 35	—	—	(0.22)	—	—	—	—	—	—	—	—		
	9 : 40～10 : 40	—	—	—	—	—	—	—	(0.22 未満)	—	—	—		
1 月 22 日	16 : 10～17 : 10	—	—	(0.22 未満)	—	—	—	—	—	—	—	—		
	16 : 20～17 : 20	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—	—		
	13 : 20～14 : 20	—	—	(0.22)	—	—	—	—	—	—	—	—		
	13 : 25～14 : 25	—	—	—	—	—	—	—	(0.22 未満)	—	—	—		
2 月 5 日	14 : 30～15 : 30	—	1.0 未満 (0.67)	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	14 : 40～15 : 40	1.0 未満 (0.22 未満)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2 月 6 日	13 : 23～14 : 23	—	—	(0.22)	—	—	—	—	—	—	—	—		
	13 : 29～14 : 29	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—	—		
2 月 19 日	21 : 06～23 : 06 等	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5 未満 8 か所	—	交通局※ 1 0.5		
	13 : 40～14 : 40	—	—	1.0 未満 (0.67)	—	—	—	—	—	—	—	港保健所 1.0 (0.22)		
3 月 7 日	13 : 50～14 : 50	—	—	—	—	—	—	—	1.0 未満 (0.45)	—	—	—		
	21 : 18～23 : 18	—	—	—	—	—	—	—	(0.5 未満)	—	—	交通局※ 2 0.5		
3 月 8 日	2 : 38～3 : 38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	0 : 54～4 : 08 等	—	(0.5 未満)	(0.5 未満)	—	—	—	(0.5 未満)	—	—	—	—		
3 月 13 日	18 : 05～20 : 05	—	—	—	—	—	—	—	(0.5 未満)	—	—	—		
	1 : 07～4 : 08 等	—	(0.5 未満)	(0.5 未満)	—	—	—	(0.5 未満)	—	—	—	—		
4 月 16 日	9 : 55～10 : 55	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—	—		
	11 : 00～12 : 00	—	—	0.50 未満 (0.45)	—	—	—	—	—	—	—	港保健所※ 6 0.50 (0.22)		
5 月 20 日	9 : 26～10 : 26	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—	—		
	9 : 24～10 : 24	—	—	(0.22 未満)	—	—	—	—	—	—	—	—		
6 月 17 日	10 : 00～11 : 00	—	—	—	—	—	—	—	0.50 未満 (0.45)	—	—	—		
	10 : 15～11 : 15	—	—	(0.22 未満)	—	—	—	—	—	—	—	—		
7 月 16 日	9 : 57～10 : 57	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—	—		
	10 : 03～11 : 03	—	—	(0.22)	—	—	—	—	—	—	—	—		
7 月 19 日	1 : 33～3 : 26 等	—	(0.5 未満)	(0.5 未満)	—	—	—	(0.5 未満)	—	—	—	交通局※ 7 0.5		
8 月 13 日	10 : 00～11 : 00	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—	港保健所 (0.22)		
	9 : 55～10 : 55	—	—	(0.22 未満)	—	—	—	—	—	—	—	—		
9 月 19 日	1 : 18～4 : 36 等	—	(0.5 未満)	(0.5 未満)	—	—	—	(0.5 未満)	—	—	—	交通局※ 8 0.5		

事項		測定値等										測定者 ※4 検出下限値	負圧装 置稼働 帯※3	
		1番 ホーム	2番 ホーム	換気塔	1番 通路	北コ ンコ ース	北コ ンコ ース	北改 札内	機械室 扉前	仮眠 室等 諸室	換気 機械 室			
月 日	時刻	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩			
9月19日	10:23~11:23	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—	港保健所 (0.22)		
	10:19~11:19	—	—	(0.22)	—	—	—	—	—	—	—			
9月20日	1:04~4:32等	—	(0.5未満)	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—	交通局※8 0.5		
9月21日	1:04~4:32等	—	(0.5未満)	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—		交通局※8 0.5	
10月21日	10:07~11:07	—	—	—	—	—	—	—	0.50未満 (0.45)	—	—	港保健所 0.50 (0.22)		
	10:00~11:00	—	—	(0.22未満)	—	—	—	—	—	—	—			
10月30日	0:50~3:52	—	(0.5未満)	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—	交通局 0.5		
11月21日	9:37~10:37	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—	港保健所 (0.22)		
	9:30~10:30	—	—	(0.22)	—	—	—	—	—	—	—			
12月16日	9:45~10:45	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—	港保健所 (0.22)		
	9:40~10:40	—	—	(0.22未満)	—	—	—	—	—	—	—			
平成27年 1月22日	9:40~10:40	—	—	—	—	—	—	—	(0.22未満)	—	—	港保健所 (0.22)		
	9:35~10:35	—	—	(0.22)	—	—	—	—	—	—	—			
2月8日	2:30~3:30	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—	港保健所 (0.22)		
	2:32~3:32	—	—	(0.22)	—	—	—	—	—	—	—			
2月3日	1:38~4:55等	—	(0.5未満)	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—	交通局※9 0.5		
2月4日	1:04~3:50等	—	(0.5未満)	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—			
2月5日	1:01~4:13等	—	(0.5未満)	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—			
2月7日	0:59~4:00等	—	(0.5未満)	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—			
2月11日	0:53~4:28等	—	—	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—			
2月12日	1:01~3:31等	—	(0.5未満)	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—			
2月13日	1:13~4:01等	—	(0.5未満)	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—			
2月17日	0:57~4:42等	—	(0.5未満)	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—			
2月24日	0:47~4:35	—	—	—	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—			
3月20日	9:30~10:30	—	—	(0.22未満)	—	—	—	—	—	—	—		港保健所 (0.22)	
	9:35~10:35	—	—	—	—	—	—	—	(0.22)	—	—			
5月14日	9:45~10:45	—	—	(0.22未満)	—	—	—	—	—	—	—		港保健所※10 (0.22)	
	9:40~10:40	—	—	—	—	—	—	—	(0.22未満)	—	—			
5月15日	1:35~3:56等	—	0.5未満 (1.2)	(0.5未満)	—	—	—	(0.5未満)	—	—	—		交通局※11 0.5	
7月15日	0:19~2:19等	—	(0.5未満)	(0.5未満)	—	—	—	—	—	—	—			

- 註記： ※1 2月6日の測定箇所8か所は 駅長室、更衣室、仮眠室(1)、仮眠室(2)、倉庫(1)、倉庫(2)、シャワー室、救護室
 ※2 六番町石棉含有吹付け材飛散調査に係る石棉分析他業務調査時の測定結果を示す。
 ※3 負圧装置の稼働時間は、石棉取扱い作業実施記録等による。
 ※4 港保健所の測定結果は、環境科学調査センターの測定報告書による。
 ※5 アスベスト繊維数 104本/Lのうち、アモサイト 15本/L、クロシドライト 89本/L (104⇒100)
 (67視野で繊維数が41本 (繊維数が40本に達した場合、その視野は最後まで計数) アモサイト 6本、クロシドライト 35本)
 ※6 平成26年度から港保健所のアスベスト濃度測定の見野数を150から300に変更したため検出下限値は0.50本/L。
 ※7 風洞(給気ダクト)内のアスベスト飛散調査時の測定結果を示す。
 ※8 受注者からの申出による調査時の測定結果を示す。
 ※9 換気機械室復旧作業時の測定結果を示す。
 ※10 換気機械室復旧作業完了後(作業場内養生撤去後)の測定結果を示す。
 ※11 換気機械室復旧作業(風洞内清掃作業時の測定、送風機稼働後の最終確認のための測定)の測定結果を示す。

イ 総繊維数濃度及びアスベスト濃度測定における検出下限値

検出下限値は、フィルターの有効面積、吸引空気量、計測視野数、視野範囲の面積により計算する。各測定機関が港保健所、交通局、又は受注者の依頼により測定しており、仕様が異なるため検出下限値が異なっている。

表3-2に示した繊維の観察に用いた顕微鏡のうち、位相差顕微鏡の場合は、視野数が100視野に達するまで、又は繊維数が200本以上になるまで計測するルールで計数された。位相差顕微鏡では繊維の種類を鑑別は不完全にしかできないため総繊維と記している。走査電子顕微鏡(ここで用いられたのはエネルギー分散型X線分析装置付きの走査電子顕微鏡)の場合は、視野数が150視野に達するまで、又は繊維数が40本以上になるまで計測するルールで計数された。走査電子顕微鏡では、繊維の元素構成を分析し、繊維の種類を鑑別できるためアスベスト濃度と記している。位相差・分散顕微鏡(分散染色ができる位相差顕微鏡)の場合は、視野数が50視野に達するまで、又は繊維数が200本以上になるまで計測するルールで計数された。位相差・分散顕微鏡では、分散染色を行えば繊維の種類を一定程度鑑別できるので、分散染色を実施しなかったときは総繊維数濃度、分散染色をしたときはアスベスト濃度と記した。

検出下限値は、それぞれのルールに従って計数し、繊維が1本だけみつかったときの濃度である。

港保健所による測定の総繊維数濃度は、位相差顕微鏡によっており、検出下限値は0.22本/Lで、表に示した検出値1100本/Lは換算値であり、実際に計数された繊維は、4視野、210本である。同じく港保健所による測定のアスベスト濃度は、走査電子顕微鏡によっており、検出下限値は1.0本/Lで、表に示した検出値700本/Lは換算値であり、実際に計数された繊維は、9視野、42本(すべてクロシドライトであり、他の種類のアスベストおよび非アスベスト繊維はみられなかった)である。ここに述べた位相差顕微鏡と走査電子顕微鏡による計測の対象は同一試料(メンブランフィルター)である。それにもかかわらず濃度の数値が一致しないのは、フィルター上の繊維の分布は均一ではなく、同一視野を計数しているわけではないなどのためであり、1100本/Lと700本/Lとの差の400本/Lが非アスベスト繊維ということではない。六番町駅の試料の場合、繊維の種類を鑑別できる走査電子顕微鏡による計数で、検出されたのはクロシドライトとアモサイトのみであり、非アスベスト繊維は検出されなかったため、表3-2に示した総繊維濃度はアスベスト濃度と解釈してよいと考えられる。

表 3 - 2 総繊維数濃度及びアスベスト濃度測定における検出下限値

測定機関		港保健所		交通局	施工業者	
計測対象	記号	総繊維数濃度	アスベスト濃度	アスベスト濃度	総繊維数濃度	アスベスト濃度
顕微鏡		位相差顕微鏡	走査電子顕微鏡	位相差・分散顕微鏡	位相差・分散顕微鏡	位相差・分散顕微鏡
フィルターの有効ろ紙直径		35 mm	35 mm	25 mm	25 mm	25 mm
フィルターの有効面積mm ²	A	961.625	961.625	380.121	380.121	380.121
吸引空気量 (吸引流量×時間)		600 L				
		10 L/minで60分		600 L 5 L/minで120分	600 L 10 L/minで60分	600 L 5 L/minで120分
計測対象繊維		長さ5 μm以上、幅(直径)3 μm未満で長さとの比(アスペクト比)が3:1以上				
計測視野数	n	100視野	150視野 (300視野 ※1)	50視野	50視野	50視野
		又は計測繊維数200以上	又は計測繊維数40以上	又は計測繊維数200以上	又は計測繊維数200以上	又は計測繊維数200以上
視野範囲の面積mm ² (※2)	a	0.07065	0.010536	0.07065	0.07065	0.07065
繊維数濃度	F	$F = A \times N / (a \times n \times V)$ N: 顕微鏡で計測した繊維数、n: 計数した視野数				
検出下限値	S	$S = A / (a \times n \times V)$ n: 必要な計数視野数				
		0.22	1.0 (0.50) ※1	0.5	0.5	0.5
検出値(※3、※4)		1100本/L	700本/L	-	-	-
分析機関		環境科学調査センター		(財)東海技術センター	株環境公害センター	㈱日本環境分析センター
測定日		12月12日、13日、16日、24日・1月9日、22日・2月5日、19日・4月16日・5月20日・6月17日・7月16日		3月7日、8日、11日、13日、24日・7月19日	12月13日	12月9日

※1 : 今年度より保健所のアスベスト濃度測定の見視野数を150から300に変更したため検出下限値は0.50本/L。

※2 : 位相差顕微鏡の見視野範囲の直径300 μm、見視野面積0.07065mm²。電子顕微鏡の倍率1000倍、モニター画面上の1視野0.010536mm²。

※3 : 平成25年12月12日9:15~10:15に機械室前で採取した試料は、4視野で繊維数が210本であった。(繊維数が200本に達した場合、その視野は最後まで計数)
 $F = 1,190.9 \dots \Rightarrow 1,100 \text{ f/L}$

※4 : 平成25年12月12日9:15~10:15に機械室前で採取した試料は、9視野で繊維数が42本であった。(繊維数が40本に達した場合、その視野は最後まで計数)
 $F = 709.8 \dots \Rightarrow 700 \text{ f/L}$

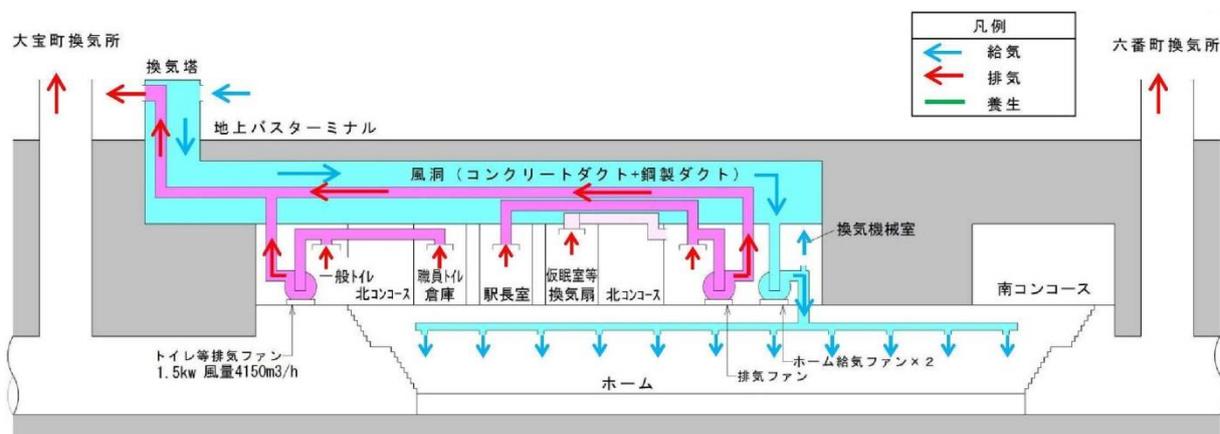
(2) アスベスト飛散経路の確認

ア 駅の換気系統

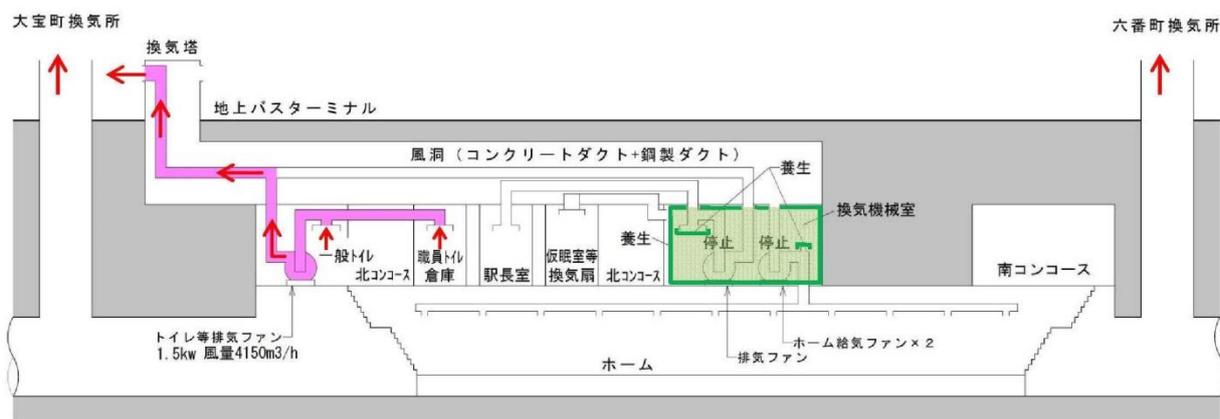
六番町駅の通常時の換気系統のうち給気は、換気機械室内の給気ファンが、地上の換気塔からコンクリート製の風洞を通して外気を誘引し、ホーム階に吹き出している。排気は、後述する大宝町換気所と六番町換気所から外部に排気されるほか、換気機械室内の排気ファンが、駅長室をはじめとする駅務諸室の空気を、風洞内に設置された鋼製の排気ダクトを通して換気塔から地上に出されている。

また、北コンコース側に旅客トイレ、職員トイレがあり、その空気は、換気機械室の外にあるトイレ専用の排気ファンにより、風洞内にある排気ダクトによって換気塔へ排気されている。

今回のアスベスト漏えい事故時は、換気機械室の中の給気ファン、排気ファンを停止させ、換気機械室内を養生して外部と遮断し、空気が流出入しない状態で作業が開始された。しかし、トイレの排気のための排気ファンは、作業中も稼働していた。



六番町駅換気系統図【通常時】



六番町駅換気系統図【工事時】

図 3 - 2 駅の換気系統

イ 換気塔の空気の流れ

六番町駅の地上にある換気塔は、六角柱の形で上部にガラリがついている。図 3 - 3 に示す②の部分 が 駅長室、トイレなどの排気をするガラリである。③から⑥は通常時には、駅構内へ給気するガラリであるが、除去作業中は、給気ファンを停止しており、空気の流れはなかった。①は、排煙ダクトの吹き出し口であり、通常時には空気の流れのないガラリである。

この換気塔の付近で、平成 25 年 12 月 12 日にアスベスト粉じん濃度測定を行っている。場所は、換気塔の排気口②に向かって右側下部の地上 1.5m である。

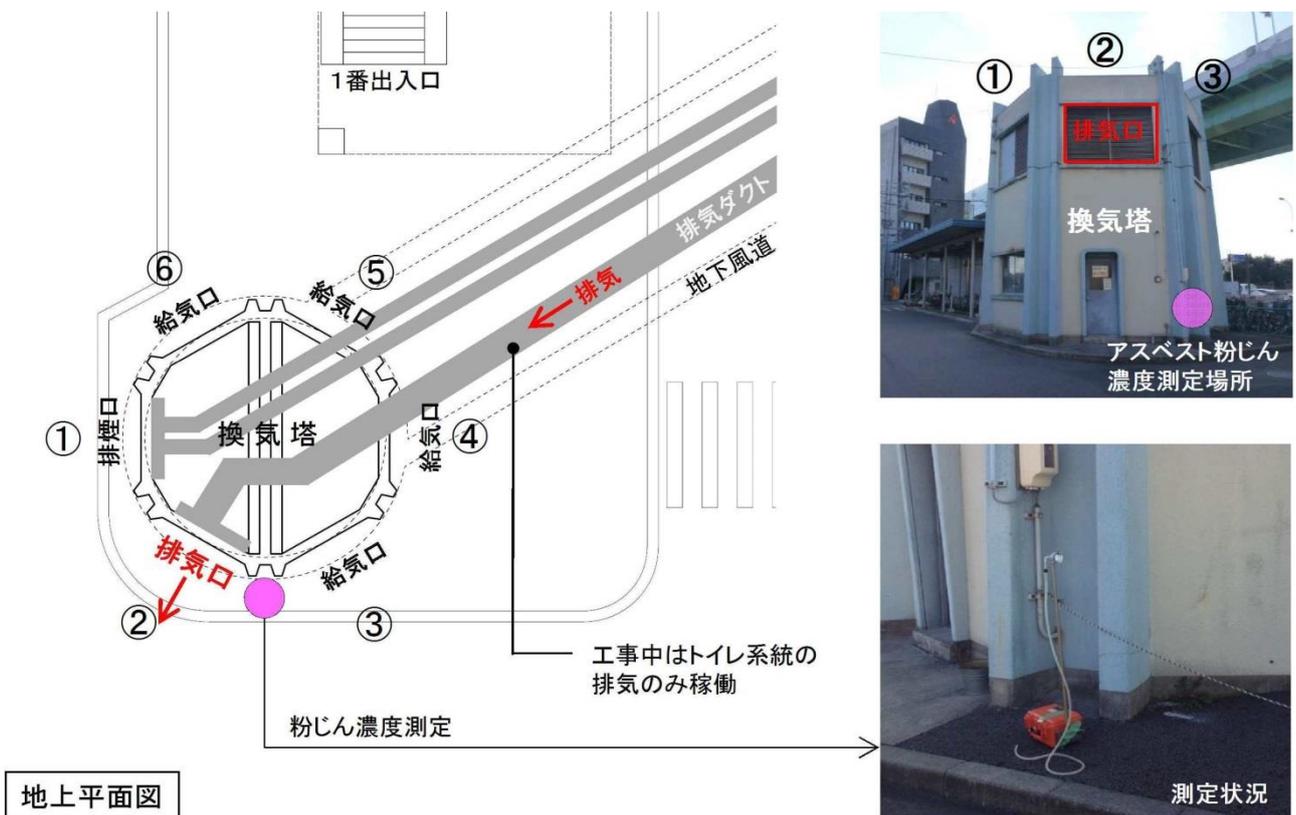


図 3 - 3 換気塔の空気の流れ

ウ 旅客トイレ排気ダクトの系統及びダクト類の養生状況

事故発生当時、換気機械室の給気、排気ファンはすべて停止させていたが、旅客トイレ、職員トイレの排気ファンのみは動いていた。この排気ダクトは、換気機械室からの排気ダクトと風洞内で合流して、換気塔の排気口に至る。トイレの排気ファンが稼働していた場合に、アスベストを除去している換気機械室内の作業エリアから空気を誘引することはないかとの質問が検討会の場でなされた。

これに対し、検討会事務局より、このトイレの排気ダクトと合流する排気ダクトの換気機械室内の吸込口には、排気ダクト内への送風機の稼働に合わせて開くモーターダンパーが設けられており、事故時に排気ファンは停止していて、モーターダンパーは閉じていたので、換気機械室内の空気を誘引することはないとの回答があった。

換気機械室内の送風機は養生シートで覆われ、駅務諸室からの排気口は目張りした状態となっていることが、換気機械室内の視察時にも確認された。

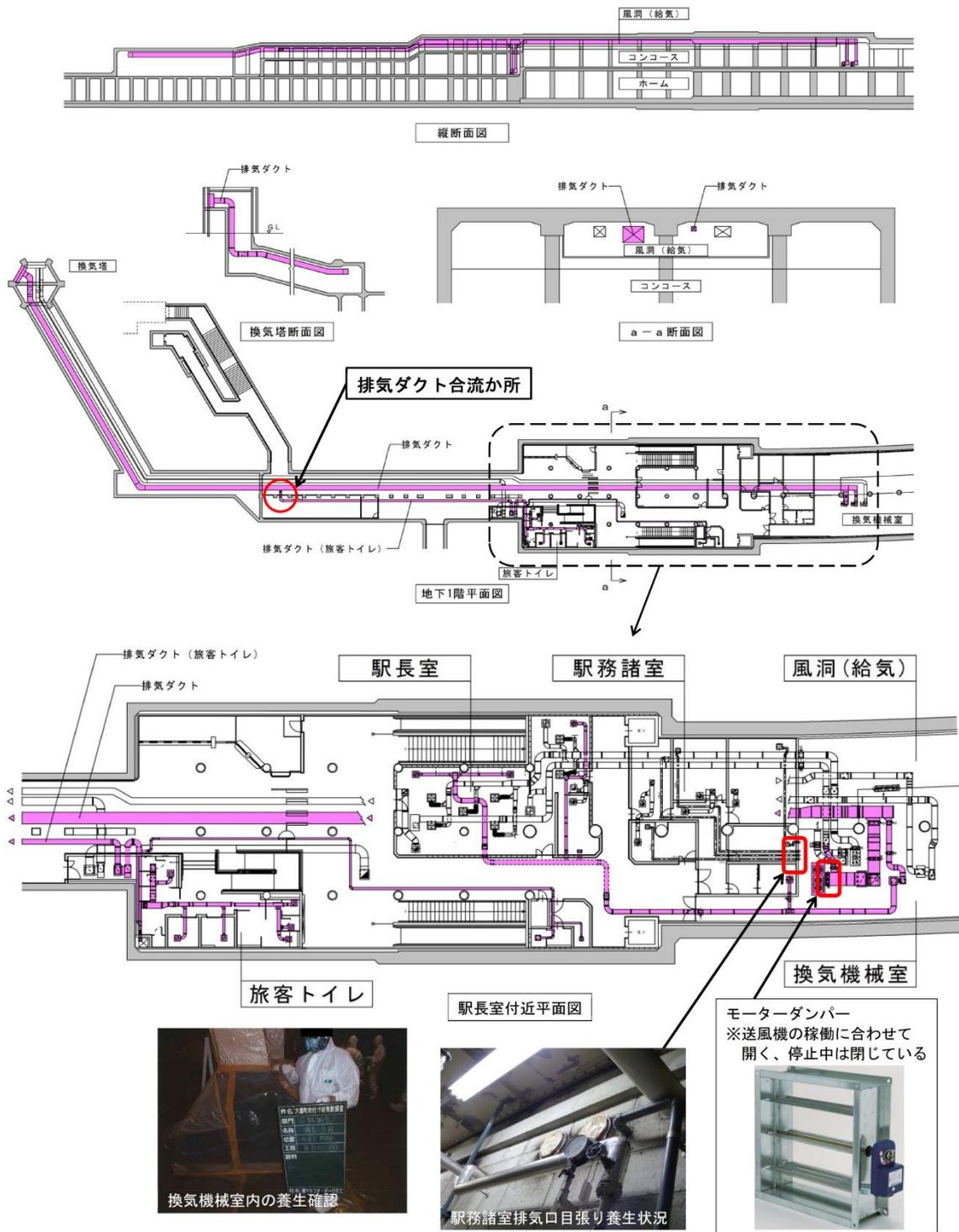


図 3 - 4 旅客トイレ排気ダクトの系統及びダクト類の養生状況

エ 風洞（給気ダクト）内のアスベスト飛散調査結果

旅客トイレの排気ファンが除去作業中稼働しており、その排気ダクトが換気塔下にアスベスト漏えいが及んだ飛散経路の可能性もあることから、旅客トイレ内の吸込み口部分、換気塔の換気塔ガラリに付着したほこり等を採取して分析を行った。

また、事故の原因調査において、養生シートによる区画の一部はく離が確認された。従って風洞内へアスベストが広がっている可能性もあるので、風洞内の4か所でほこり等を採取して分析を行った。

分析の結果、採取したほこりの試料にアスベストは検出されなかった。

風洞（給気ダクト）内のアスベスト飛散調査結果

調査概要： 地上部換気塔ガラリ、一般トイレ吸込み口及び風洞（給気ダクト）内4か所に付着又は堆積している埃を採取し、アスベストの含有を確認した。
1か所当たり3点の試料を採取し混合したものを分析した。

調査者： （一財）東海技術センター

採取日： 平成26年7月18日

調査結果： すべての部位でアスベストは検出されなかった。

試料採取部位	定性分析結果（石綿の有無）
換気塔ガラリ	無
一般トイレ吸込み口	無
風洞（給気）①	無
風洞（給気）②	無
風洞（給気）③	無
風洞（給気）④	無

換気塔下部での粉じん濃度測定により検出されたアスベストが、排気ダクト及び風洞（給気ダクト）を通じて飛散した可能性は低い。

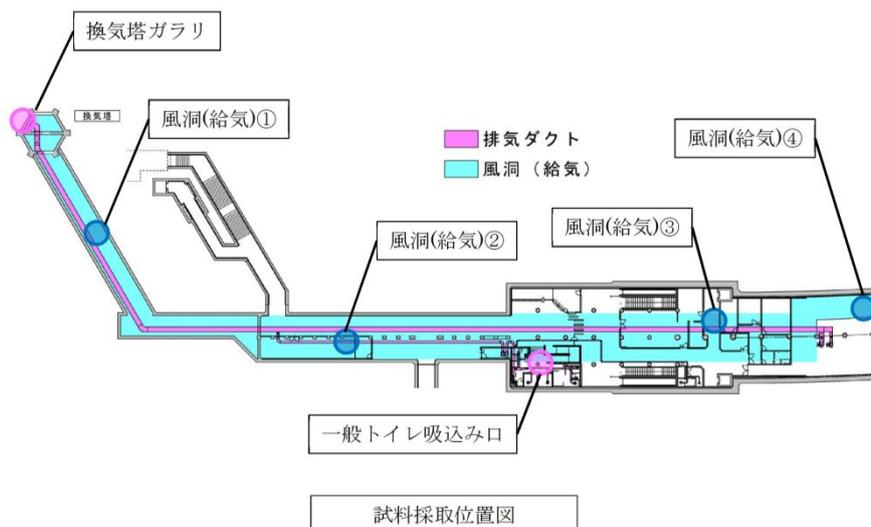


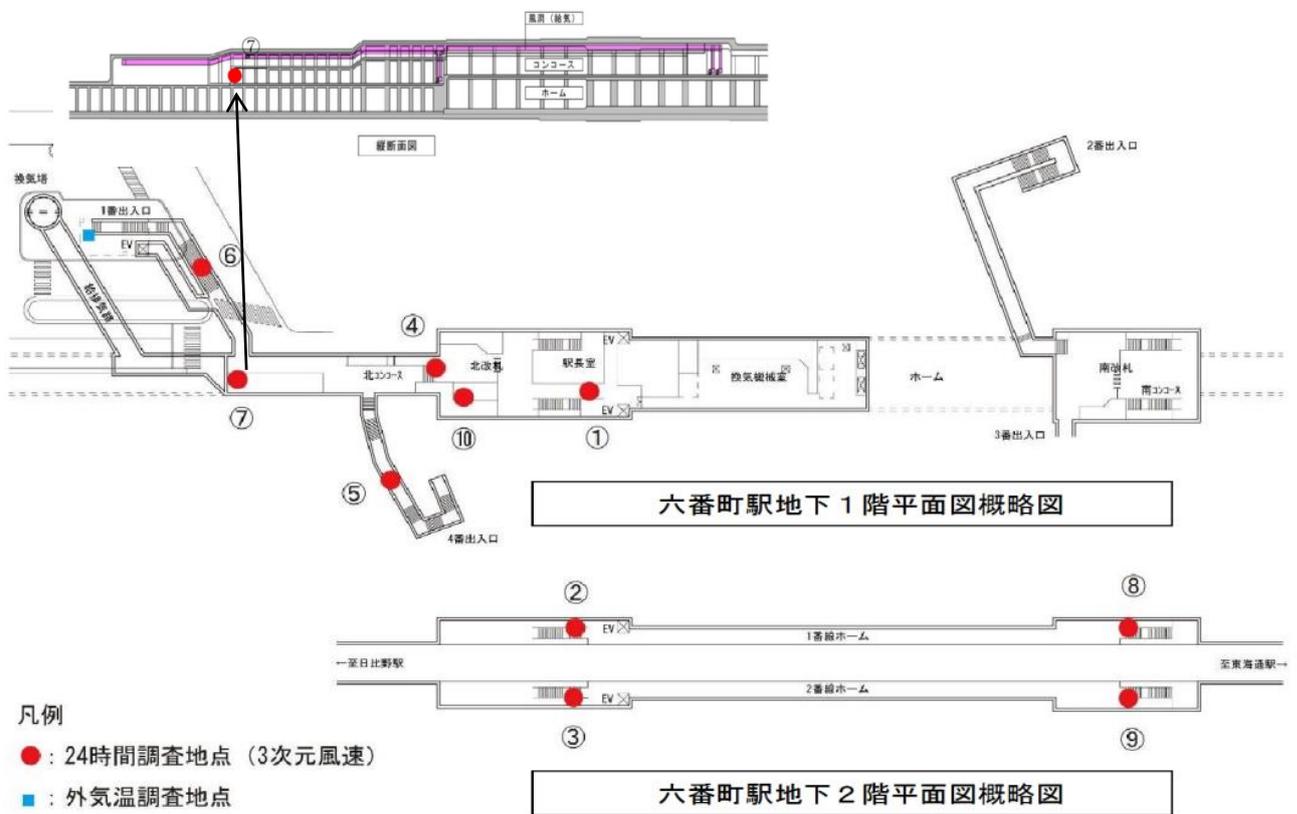
図3-5 風洞（給気ダクト）内のアスベスト飛散調査結果

オ 翌年同時期の駅構内外気の温度データ

アスベスト拡散シミュレーション（後述）を行なうために、入力条件として必要な風向風速を平成 27 年 1 月 26 日から 29 日に駅構内の 10 か所で測定し、それと同時に気温を、1 番出入口の近くの屋外及び風向風速の測定点 10 か所とで測定した結果を図表 3 - 7 に示した。

温度変化については、駅の営業を終了して出入口のシャッターを閉めた 0 時 40 分ごろから、営業開始のため、出入口のシャッターを開ける 5 時ごろまでは、外気に比べて駅構内温度がその時間帯以外と比較しても高くなるのが 4 日間とも確認できた。

また、27 日から 28 日に測定した⑦の給排気路のコンクリートダクト内では、各出入口のシャッターが閉まった 0 時 40 分から逆に温度が数度低下することが確認できた。



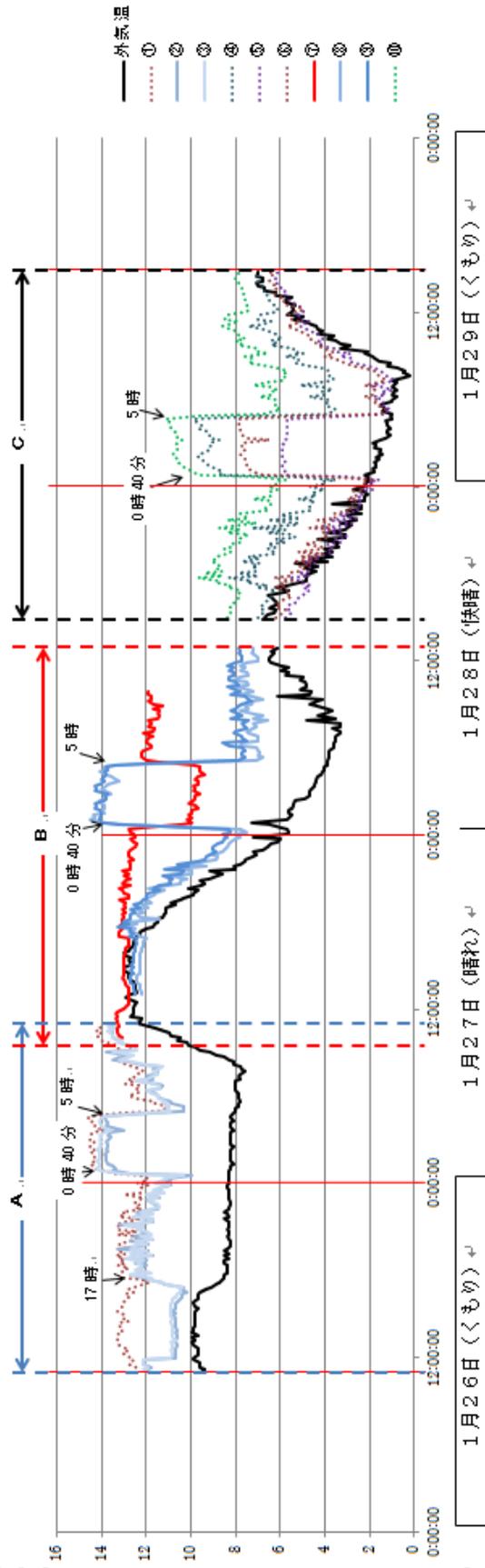
測定地点

①	換気機械室前	⑥	1 番出入口
②	ホーム階段	⑦	給排気路
③	ホーム階段	⑧	ホーム階段
④	コンコース	⑨	ホーム階段
⑤	4 番出入口	⑩	トイレ出入口

図 3 - 6 駅構内・外気の温度データの測定箇所

駅構内10か所と1番出入口近傍にて温度測定(平成27年1月26日～29日)

測定時間	場所
A 1月26日11:00～1月27日11:00	①換気機械室前
	②ホーム階段
	③ホーム階段
B 1月27日10:00～1月28日10:00 1月27日13:00～1月28日13:00	⑦給排気路
	⑧ホーム階段
	⑨ホーム階段
	④コンコース
C 1月28日15:00～1月29日15:00 1月26日11:00～1月29日15:00	⑤4番出入口
	⑥1番出入口
	⑩トイレ出入口
	⑪外気温



図表3-7 翌年同時期の駅構内・外気の温度データ

駅間にあるすべての中間換気所はトンネル内からの排気のために設置されている。また、運転時間は各換気所で異なっているが、1日の内の限定された時間の連続運転を行っており、断続的な運転の稼働、停止の切り替えは行っていない。

また、六番町駅と同様に各駅でも換気機械室の給気ファンにより、換気塔を通じて吸引した外気をホームに吹き出してトンネル内に給気を行なうようになっているが、飛散事故が発生した冬期については、各駅の給気ファンは停止させており、出入口からの自然給気となっていた。

表 3-3 名港線換気システム

施設名	運転方法	運転時間 (冬季)	備考
堀川換気所	タイマー	13:00~14:00	排気
中央市場換気所	タイマー	13:00~14:00	排気
大宝町換気所	タイマー	12:00~17:00	排気
六番町換気所	手動	13:00~14:00	排気
港明町換気所	手動	停止	排気
名港通換気所	手動	6:00~12:30 16:30~23:00	排気
港本町換気所	手動	6:00~23:00	排気

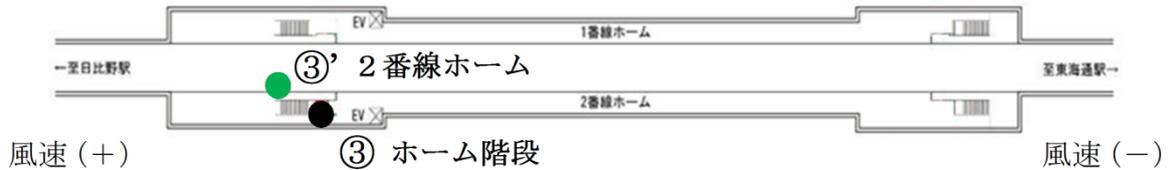
キ 中間換気所の稼働による空気変動の影響

図 3-9 は、コンコースからホームへの階段部分の調査地点③での実測風速の 10 分間平均値の経時変化を、中間換気所の稼働状況によって区分表示したものである。

大宝町及び六番町換気所が非稼働時の時間帯（5 時～12 時、17 時～5 時）は、平均風速が -1m/秒（マイナスの数値はホームからトンネルに向かって空気が流入していることを示す）になっていた。ただし、この時間帯のうち、出入口のシャッターを閉めている 0 時 40 分ごろから 5 時ごろまでは、ほぼ 0m/秒であった。

大宝町及び六番町換気所がともに稼働する時間帯（13 時～14 時）は、大宝町換気所のみが運転している時間帯（12 時～13 時、14 時～17 時）と比較してやや風速は強くなり、ホーム側へ空気が流入している。

1 調査地点(六番町駅地下2階平面図 概略図)



2 10分間平均値の経時変化図(風速) 調査地点③

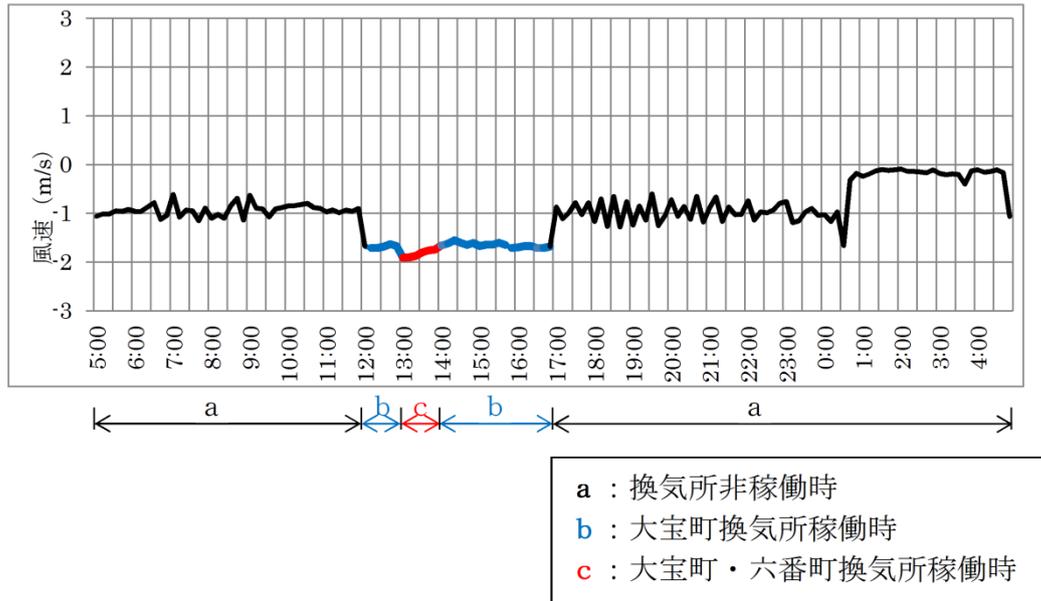


図3-9 調査地点③における風速の10分間平均値の風速変動

図3-10は、コンコースからホームへの階段部分の調査地点③及び2番線ホーム階の調査地点③'での中間換気所の稼働状況に区分した1秒ごとの風速データである。

大宝町及び六番町換気所が運転している時間帯(13時~14時の時間帯)に調査地点③では、金山駅方面の列車が駅へ侵入してくる前に、列車が空気を押す力でホームからコンコースへの風向に変化し、列車が出発すると、今度は駅からトンネルへ空気を引きこむ力のためコンコースからホーム側への風向に変化する。

そうしている間に金山駅方面から名古屋港駅方面行きの列車が駅に進入してくると、駅構内では名古屋港駅方面側に空気が押され、コンコースからホーム階への風速が平均(-2.0m/秒)よりマイナス側とやや強くなる。その後名古屋港駅側に列車が出発すると、ホーム側への風速がさらに強くなり、駅から列車が離れて安定してくると平均風速の-2.0m/秒に落ち着く。

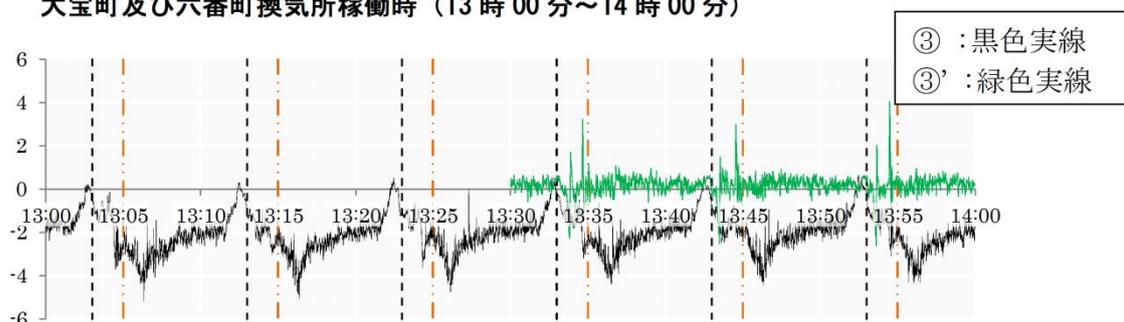
調査地点③'では、金山駅方面の列車が出発して20~25秒後、名古屋港駅方面の列車が到着する15~20秒前に大宝町換気所側への風速が大きくなる時間がある。

以上より、金山駅方面や名古屋港駅方面の列車が到着するたびに、列車のピストン効果で風速が変動することがわかる。

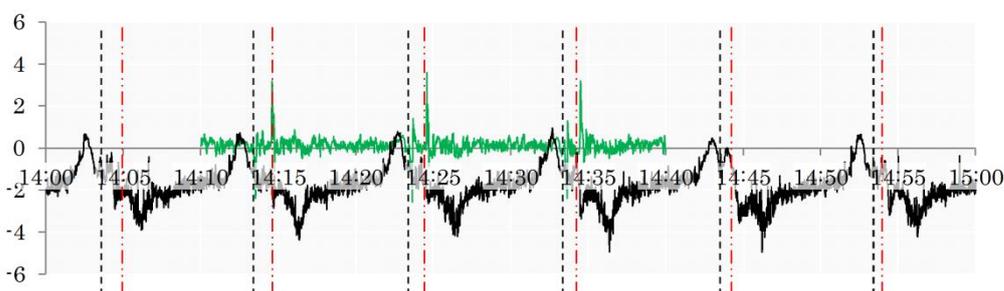
この大宝町及び六番町換気所がともに稼働している時間帯は大宝町換気所の方向に風が流れている。他の時間帯を確認すると、大宝町換気所が運転している時間帯（14時～15時）は同様な大宝町換気所への風向であるが、大宝町及び六番町換気所が運転していない時間帯（19時～20時）は、風向が一定していないことから、どの時間も一定な風向となっているわけではない。

瞬時値（1秒ごとの風速）調査地点③、③'

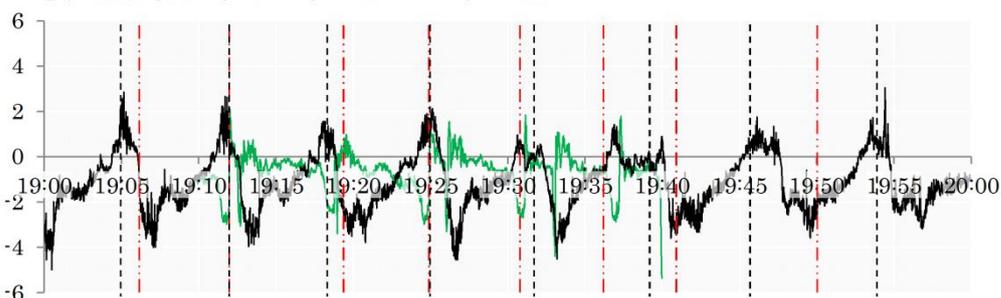
大宝町及び六番町換気所稼働時（13時00分～14時00分）



大宝町換気所稼働時（14時00分～15時00分）



換気所非稼働時（19時00分～20時00分）



※ ③の風速のマイナス（-）はホーム側への流入を示す
 ③'の風速のプラス（+）は日比野駅側（大宝町換気所）への流入を示す
 ※ 列車ダイヤ ----- 金山方面 - - - - - 名古屋港方面

図3-10 調査地点③、③'における風速の時間変動について

(3) アスベスト拡散シミュレーションの解析条件

本アスベスト漏えい事故において、事故発生時の濃度実測点が少ないため、アスベストがどのように拡散したのか不明である。そこで、アスベストの拡散状況を推定するために、汎用流体解析ソフトウェアによるアスベスト拡散シミュレーションを実施した。

以下、拡散シミュレーションに用いた解析条件を示す。

ア 解析ソフトウェア

解析には、汎用流体解析ソフトウェア FLUENT（フルーエント）、バージョン 16.2.0 を使用した。

漏えい事故は、平成 25 年 12 月 12 日から翌 13 日までの 2 日間にわたったので、時間経過による現象をシミュレーションするため非定常計算とした。また、気体（空気）とアスベスト（固体）の状態を計算するため、オイラー混相流モデルで解析を行った。

解析コード：汎用流体解析ソフト FLUENT（フルーエント） 16.2.0
圧力ベース陰解法による非定常計算
固体-気体の混相流解析：オイラー混相流モデル

イ 物性値

(ア) 空気物性値

一般大気を想定し、常温（15℃）・常圧（1 気圧）の密度：1.225kg/m³と粘性係数：1.789×10⁻⁵kg/m・s を用いた。

(イ) アスベスト物性値（密度）

本漏えい事故のアスベストの種類は主に「クロシドライト」が検出されていることから、アスベスト繊維の密度は「クロシドライト」の 3.37g/cm³ を用いた（表 3 - 4）。

(ウ) アスベスト物性値（繊維の長さ、直径）

アスベスト繊維の長さ及び直径を求めるために、平成 25 年 12 月 12 日換気機械室扉前で採気したフィルター上の繊維のサイズの計測を行った。計測対象は、長さ 5 μ m 以上、幅（直径）0.2 μ m 以上で、長さとの比（アスペクト比）が 3 : 1 以上の繊維とし、40 本を走査電子顕微鏡（倍率 1000 倍で計数して、4000～10000 倍で計測）で計測した。

測定結果より、繊維の長さは幾何平均値 16.9 μ m、直径は幾何平均値 0.7 μ m を解析に用いた（表 3 - 5）。

表 3-4 アスベスト物性値（密度）

石綿の種類	密度(g/cm ³)
クリソタイル	2.55
クロシドライト	3.37
アモサイト	3.43
アンソフィライト	3.00
トレモライト	3.00
アクチノライト	3.10
その他の角閃石系石綿	3.20

環廢対発第 091225001 号、環廢産発第 091225001 号

「石綿含有一般廢棄物の無害化处理等に係る石綿の検定方法について」より抜粋

表 3-5 アスベスト物性値（長さ・直径）の調査結果

調査概要	アスベスト繊維の長さ、直径及び種類の測定を行うもの
試料	平成 25 年 12 月 12 日換気機械室扉の前でアスベストを検出したフィルター
対象繊維	長さ 5 μm 以上 幅（直径）0.2 μm 以上で 長さと幅の比（アスペクト比）が 3 : 1 以上
視野範囲の面積	0.0087 mm ²
試験方法	10 視野（繊維計数：40 本 倍率：1000 倍） 長さ・直径は、観測された 40 本のアスベスト繊維を 実測可能な大きさまで拡大（4000～10000 倍）し計測した
測定機関	ユーロフィン環境総合研究機構株式会社
分析使用機器	走査電子顕微鏡（SEM） 蛍光 X 線分析装置（EDX） 日本電子製 JCM-5700

	最小値	最大値	算術平均	幾何平均	標準偏差
長さ (μm)	9.65	34.57	17.9	16.9	6.2
直径 (μm)	0.31	1.78	0.8	0.7	0.3
種類	すべてクロシドライト				

ウ 空気流入条件（六番町駅構内）

（ア） 駅構内での風向・風速測定

アスベスト拡散シミュレーションに必要な 24 時間連続の空気流入条件を取得するために、駅構内において風向・風速の測定を実施した。

漏えい事故の発生時と同じく冬期に測定を実施（平成 27 年 1 月 26 日～29 日に測定）し、その測定結果を補正してシミュレーションに用いた。

図 3-1-1 に示す駅構内 10 箇所において風向・風速測定を実施した。また、各測定地点の選定理由を表 3-6 に示す。

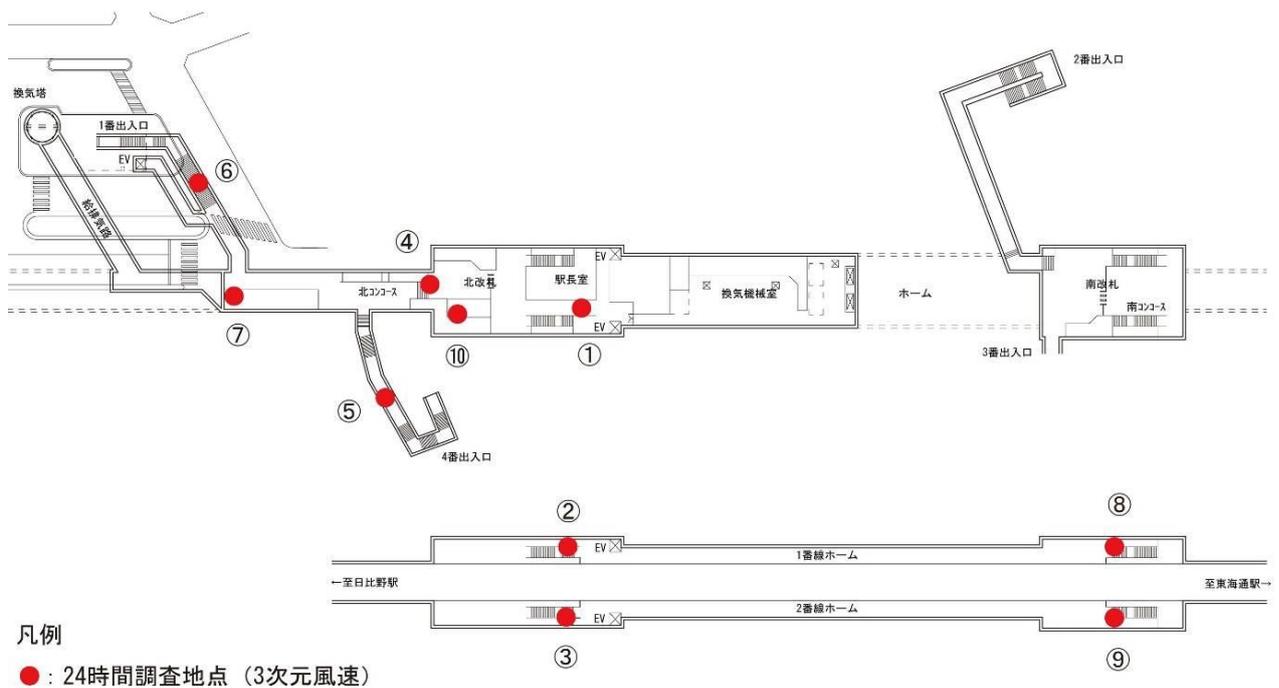


図 3-1-1 六番町駅全体図及び風向・風速測定地点

表 3 - 6 各測定点の選定理由

測定地点		選定理由等
①	換気機械室前	アスベスト濃度の高かった着目すべき箇所。体感風速は遅いものの、列車風による影響を受ける可能性がある。
②・③	ホーム階段	機械換気等による定常的な流れと列車による影響を調査する。流路の狭まる位置で測定する。
④	コンコース	代表的な箇所、流れの向きの傾向を確認する。 (出入口やトイレの機械換気、列車による風速の影響を確認する。)
⑤	4番出入口	定常的な流れを調査する。 流れが片側に偏ると予想される曲がり部や、天井と床で風速差を発生させる出入口の直近は避け、風速の偏りが発生しにくいストレート形状の通路で測定する。
⑥	1番出入口	定常的な流れを調査する。 流れが片側に偏ると予想される曲がり部や、天井と床で風速差を発生させる出入口の直近は避け、風速の偏りが発生しにくいストレート形状の通路で測定する。
⑦	給排気路	換気塔からの換気量を確認する。 流量が明確にわかるよう、扉上部の断面積の小さい位置で測定する。
⑧・⑨	ホーム階段	②、③の階段よりも換気機械室から遠い位置にある階段。定常的な流れと列車による影響を調査する。流路の狭まる位置で測定する。
⑩	トイレ出入口	体感風速は弱いものの、トイレの換気口からの機械換気による風速を測定する。

(イ) 駅構内での風向・風速測定結果

各測定点での時間帯別の平均風向・風速を図 3 - 1 2、図 3 - 1 3 に示す。

風向については、1番・4番出入口部分から北コンコースに向けて、そして北コンコースから階段を通じてホーム方向への風の流入が確認できた。また、南コンコース～階段～ホーム部分についてもホーム方向への風の流入が確認できた。

風速については、大宝町換気所・六番町換気所が稼働している時間帯（13時00分～14時00分）の方が非稼働時（17時00分～翌1時00分）より風速が強いことが確認できた。

測定地点③における通路と平行方向の風速を抽出し、その瞬時値（1秒ごとの風速）を図 3 - 1 4、図 3 - 1 5 に示す。

列車の到着前には平均風速よりプラス側の風（ホームからコンコースへの風）が発生しているが、それ以外の時点では風速がプラスとなることは少なく、基本的にはマイナス側の風（コンコースからホームへの風）であった。また、列車到着・出発時には駅構内の空気の流れ

が変化する列車のピストン効果が確認できた。

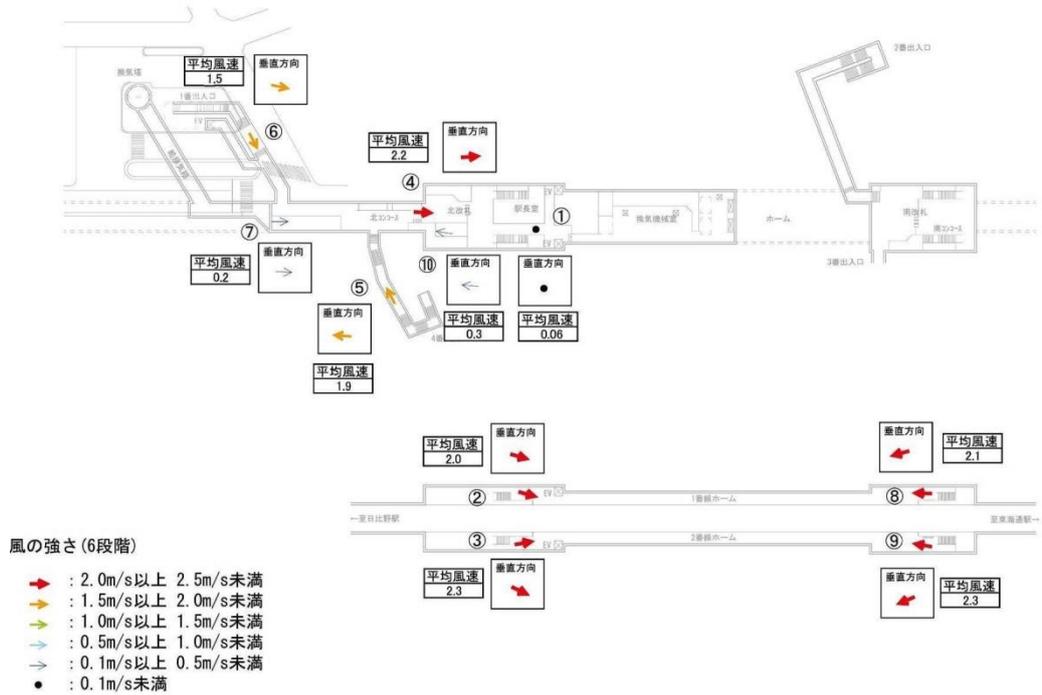


図 3 - 1 2 風向・風速図(時間帯別平均)

13時00分～14時00分(大宝町換気所・六番町換気所稼働時)

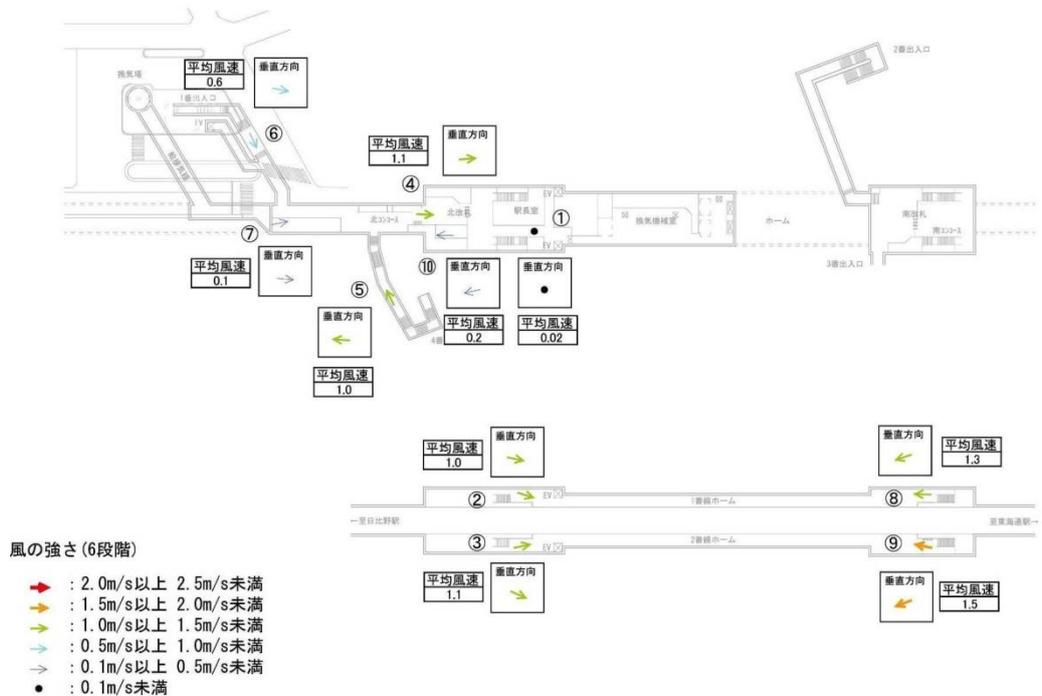
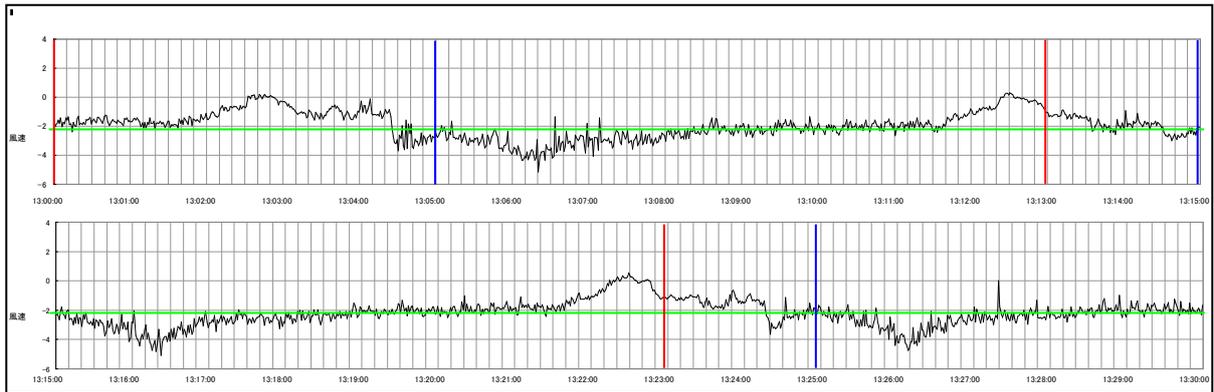


図 3 - 1 3 風向・風速図(時間帯別平均)

17時00分～1時00分(換気所非稼働時)

13時00分～13時30分(大宝町換気所・六番町換気所 稼働時)



※(緑)は風速の平均[-2.06m/s(ホーム側へ流入)]を示す。

※列車ダイヤ 金山方面(赤):0,13,23 名古屋港方面(青):05,15,25

図3-14 瞬時値(1秒ごとの風速)(測定地点③)

21時00分～21時30分(換気所非稼働時)



※(緑)は風速の平均[-1.00m/s(ホーム側へ流入)]を示す。

※列車ダイヤ 金山方面(赤):04,11,19,27 名古屋港方面(青):04,12,19,25

図3-15 瞬時値(1秒ごとの風速)(測定地点③)

(ウ) 気象状況の補正

駅構内での風向・風速測定は平成 27 年 1 月 26 日～29 日に実施しており、冬期ではあるものの、事故発生時（平成 25 年 12 月 12 日、13 日）とは気象状況が異なる。この気象状況の差をシミュレーションに反映させるために、名古屋地方気象台の気象データ（外気温、外気圧）（表 3－7）を基に風向・風速測定の計測データの補正を行った。換算式を以下に示す。

$$V = V_{mes} * T1 / T_{mes} * P_{mes} / P1$$

V: 換算した風速 V_{mes}: 計測した風速
T1: 事故発生時の外気温 T_{mes}: 計測した温度
P1: 事故発生時の外気圧 P_{mes}: 計測時の外気圧

表 3－7 事故発生時と測定時の気象データ

事故発生時の気象データ						測定時の気象データ					
年	月	日	時	気温 (°C)	現地気圧 (hPa)	年	月	日	時	気温 (°C)	現地気圧 (hPa)
2013	12	12	9	6	1007.8	2015	1	26	9	6.6	1019.1
			12	7.5	1008				12	9.3	1016.3
			15	8.4	1009				15	9.1	1013.1
			18	6.3	1011.5				18	7.6	1011.7
			21	3.8	1012				21	7.6	1010.1
			24	3.3	1012.5				24	7.6	1007.4
2013	12	13	3	2.2	1011.9	2015	1	27	3	7.4	1004.8
			6	1.8	1010.4				6	6.7	1005.2
			9	3.2	1009.2				9	9.1	1005.9
			12	6.8	1007.2				12	11.9	1005.1
			15	7.5	1006.4				15	12.3	1004.3
			18	6.1	1008.5				18	9.8	1004.4
			21	3.9	1010.5				21	7.1	1006.2
			24	2.1	1011.1				24	5	1008
2015	1	28	3	3.6	1009.6	2015	1	29	3	-0.7	1020.6
			6	2.5	1011.4				6	-1.4	1021.3
			9	4	1013.8				9	0.7	1021.6
			12	5.8	1013.5				12	4.9	1019.5
			15	6.4	1013.9				15	6.6	1018.8
			18	2.9	1016.3				18	6.1	1019.6
			21	1.4	1019						
			24	0.3	1020.1						

※気象庁 HP より取得(名古屋地方気象台)

※気象庁 HP より取得(名古屋地方気象台)

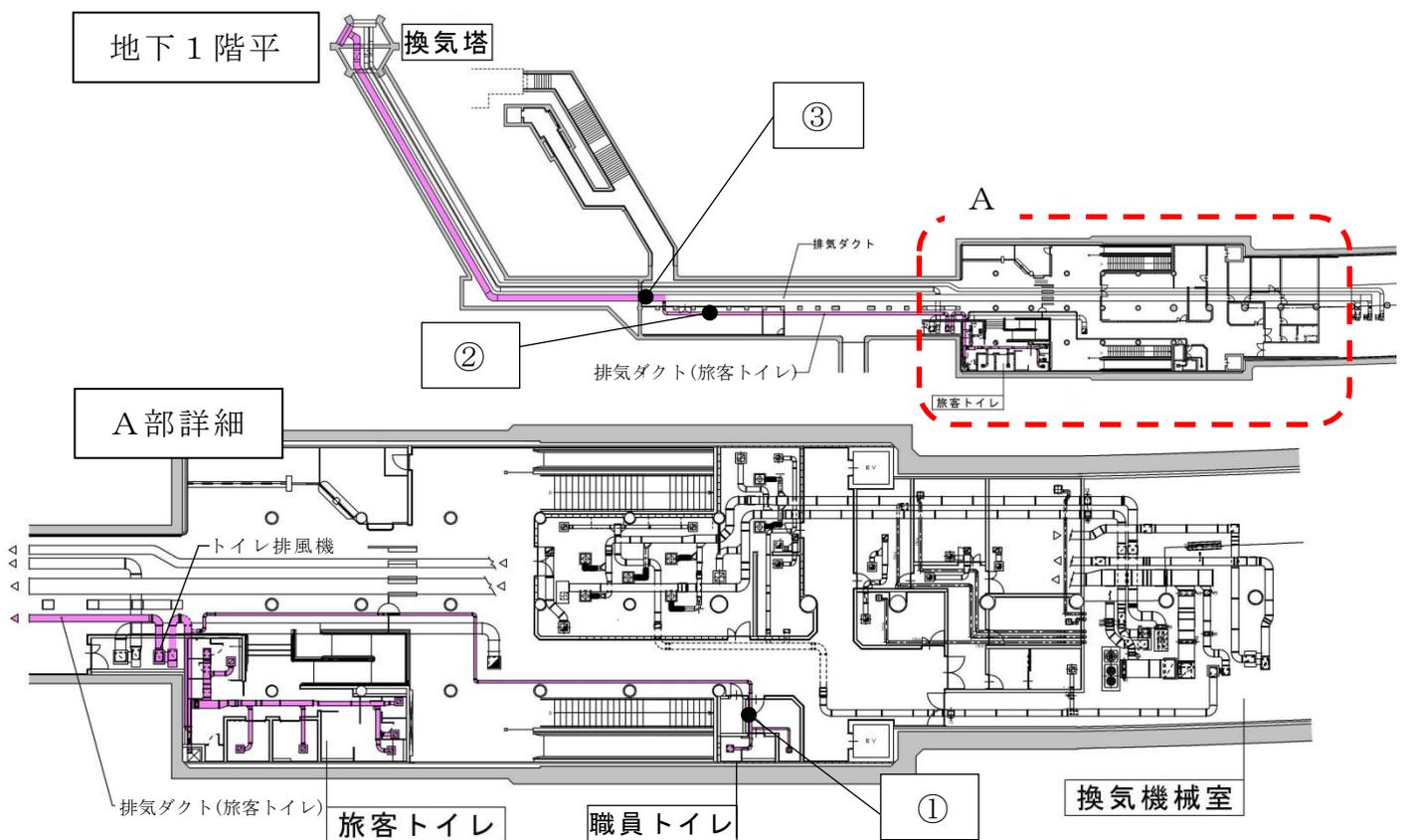
エ 空気流入条件（トイレ系統排風量）

アスベスト除去作業中に駅構内で唯一運転していたトイレ排気ダクト系統の排風機について、実際にダクト内の風速を測定し、その実測値をシミュレーションに用いた。

ダクト内風速測定は、漏えい事故の発生時と同じく冬期の平成 27 年 12 月 17 日に実施した。測定時間帯は、（１）大宝町・六番町換気所が非稼働時、（２）大宝町・六番町換気所がともに稼働時、（３）大宝町換気所のみ稼働時、（４）営業時間外の 4 区分とした。ダクト内の風速を測定した点は、①職員トイレ部分、②トイレ排風機以降の部分、③他の排気ダクトと合流以降の部分の 3 箇所とした（図表 3-16）。

測定結果より、中間換気所の稼働・非稼働時など（１）～（４）の時間帯で大きな風速の変化はなかった。

調査概要	排気ダクト内の風速を測定し、トイレ系統の排風量を確認するもの
調査条件	トイレ排風機以外の換気装置を全て停止し、事故当時と同じ状況
実施日	平成 27 年 12 月 17 日 (木)
測定時間帯	(1) 大宝町換気所・六番町換気所 非稼働時 9:00~12:00 (2) 大宝町換気所・六番町換気所 稼働時 13:00~14:00 (3) 大宝町換気所稼働時 14:00~17:00 (4) 営業時間外 24:30以降
測定点	3箇所
測定機器	アネモメーター 型式 VS-001EXS (アイ電子技研)



調査結果

	断面積 (m^2)	風速 (m/s)					(平均) 排風量 (m^3/h)
		測定値					測定値
		(1)	(2)	(3)	(4)	平均	
①	0.04	3.40	3.43	3.43	3.43	3.42	500
②	0.20	6.58	6.77	6.61	6.12	6.52	4,700
③	0.72	1.57	1.48	1.57	1.57	1.55	4,000

図表 3-16 トイレ系統排風量の調査結果

オ アスベスト発生条件

(ア) 換気機械室扉のガラの風速

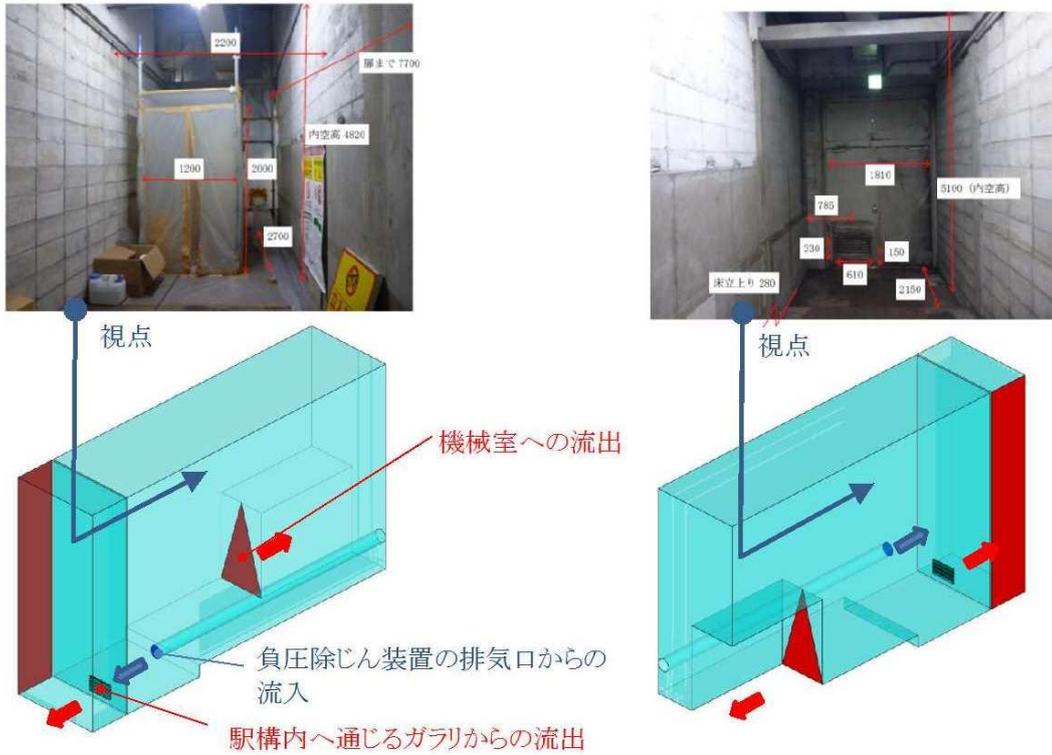
駅構内に拡散したアスベストの発生位置は、アスベスト除去作業を行っていた換気機械室からのアスベスト漏えいであるので、換気機械室の扉のガラリとした。

この扉ガラリからの流出風速を求めるために、換気機械室内の負圧除じん装置の排気口があった前室エリアを実測寸法によりモデル化し、シミュレーションを行った。負圧除じん装置の排気口から原因調査時に計測した実測風速の 15m/s で流入（青色矢印）させ、駅構内へ通じる扉ガラリから流出する風速（赤色矢印）を算出した。その結果、風速は 4.05m/s であった（図表 3-17）。

また、事故発生当時に駅構内と換気機械室内に圧力差が生じていた可能性（列車のピストン効果による引込み、除去作業場の養生の破れ（2章(4)ア(ア)参照）から換気機械室内が駅構内に比べ正圧となっていた可能性）があるため補正を行った。補正は、風速の実測を行った計測点 10 箇所のうち換気機械室扉に最も近い位置で測定した①（職員トイレの前付近）の風速最大値 0.23m/s を、シミュレーション結果の風速 4.05m/s に加算することで行った。よって、ガラリから流出する風速は 4.28m/s とした（図表 3-18）。

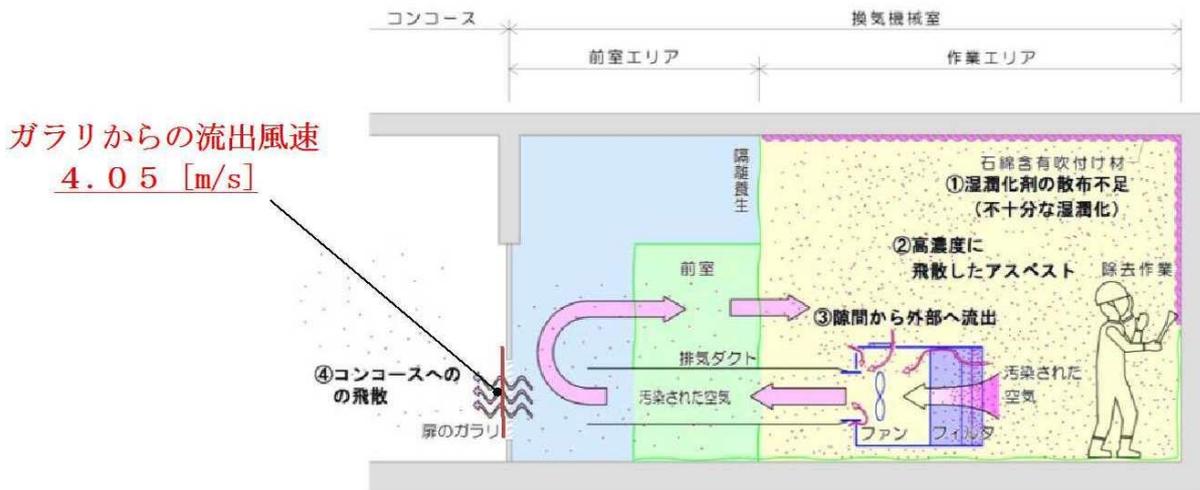
シミュレーションの方法

前室エリアの寸法	(下図のとおり)
ガラの大きさ	
負圧除じん装置の排気口からの流入風速	15[m/s]



事故当時の前室エリアのモデル化

シミュレーションの結果



換気機械室断面図

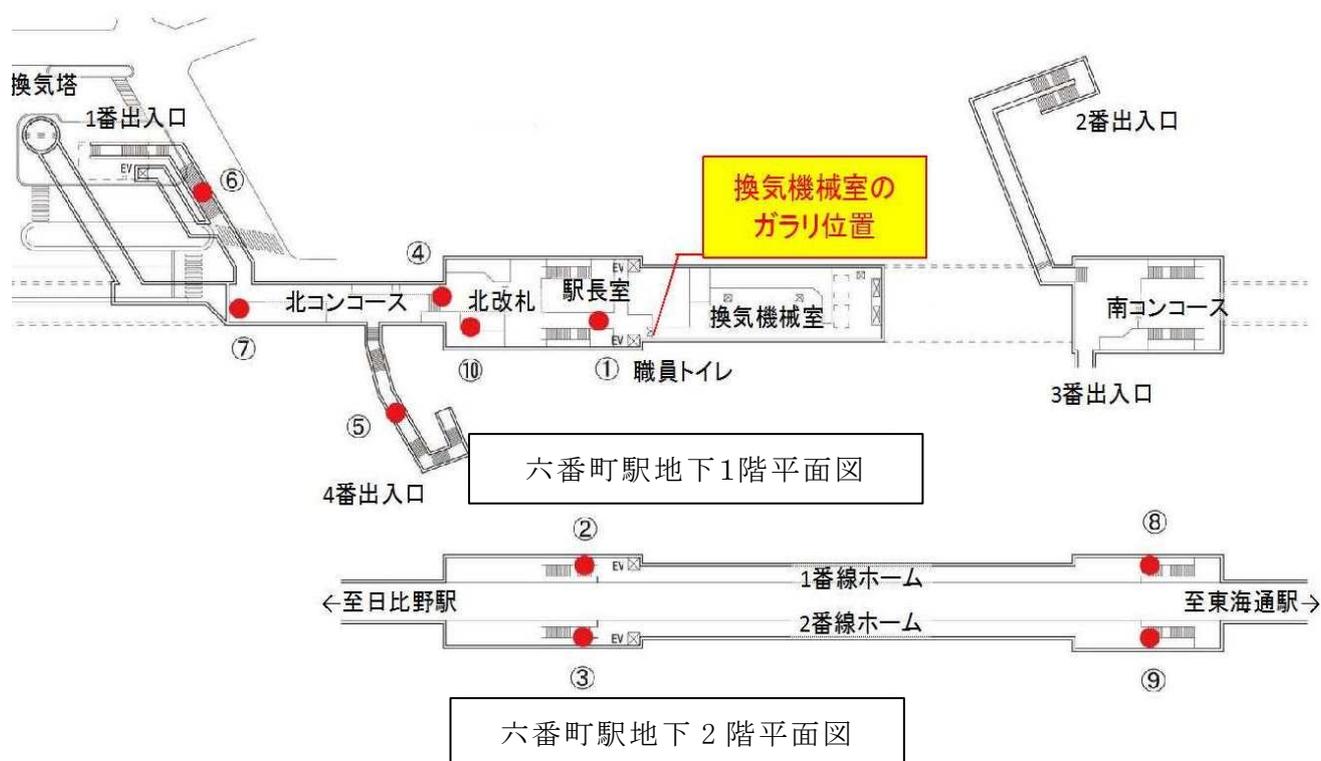
図表 3-17 換気機械室扉のガラの風速 (1)

駅構内と換気機械室の圧力差についての補正

駅構内と換気機械室内に圧力差が生じていた可能性（列車のピストン効果による引込、除去作業場の養生の破れから換気機械室内が駅構内に比べ正圧となっていた可能性）があるため補正した。

補正は、駅構内の風速計測点のうち換気機械室前の扉に最も近い風速計測点（①）の風速を2. シミュレーション結果で算出したガラリからの流出風速に加算した。

【駅構内10箇所の風速計測点】



ガラリ風速(補正後)

ガラリ風速	=	シミュレーション結果	+	①の最大風速
4.28 [m/s]		4.05 [m/s]		0.23 [m/s]

図表 3 - 1 8 換気機械室扉のガラリの風速 (2)

(イ) 換気機械室前の仮定アスベスト濃度

換気機械室前での濃度実測結果ではアスベスト繊維数濃度より総繊維数濃度のほうが高い値を示していたので、駅構内の拡散シミュレーションには総繊維数濃度を採用した。

また、アスベスト濃度測定は、顕微鏡で試料を観察して本数を数える方法であり、同じ試料でも別の視野で数えると異なる結果が出てくる。異なる結果は不規則に出てくるのではなく、ISO13794（1999年）に示された一定の法則性（ポアソン分布）をもっている。ISO13794の表1にはポアソン分布を適用した時の95%信頼限界の上限本数及び下限本数が示されており、今回の漏えい事故において、より安全側の評価を行うためにこのポアソン分布の95%信頼限界の上限本数を適用することとした。

平成25年12月12日及び13日において換気機械室前でアスベスト濃度測定が実施された時間帯は、12日9時15分～10時15分、翌13日の15時10分～16時03分及び16時05分～17時05分の計3回であり、計測された視野数と総繊維数はそれぞれ、4視野で210本、45視野で206本、100視野で29本の測定結果であった。

この計測された総繊維数に対するISO13794に示されたポアソン分布を適用した時の95%信頼限界の上限本数は、210本に対して240.43本、206本は近似値である240.43本、29本は41.649本であった。

上記で求めたポアソン分布を適用した時の95%信頼限界の上限本数に対して表3-8 ※1印で示す総繊維数濃度の換算式を用いて算出した結果、12日9時15分～10時15分の総繊維数濃度は1,300本/L、13日15時10分～16時03分は130本/L、13日16時05分～17時05分は9.4本/Lとなった。駅構内の拡散シミュレーションにはこの濃度を採用した。

表 3 - 8 総繊維数及び総繊維数濃度

場所	採取日	採取時間	視野数	総繊維数		総繊維数濃度(※1)	
				計測値	ポアソン分布の 上限値(※2)	計測値	ポアソン分布の 上限値
機械室前	12月12日	9:15~10:15	4視野	210[本]	240.43[本]	1,100[本/L]	1,300[本/L]
機械室前	12月13日	15:10~16:03	45視野	206[本]	240.43[本]	110[本/L]	130[本/L]
機械室前	12月13日	16:05~17:05	100視野	29[本]	41.649[本]	6.5[本/L]	9.4[本/L]

※1 総繊維数濃度 [本/L] =
$$\frac{\text{フィルター有効面積[mm}^2\text{]} \times \text{計測した総繊維数[本]}}{\text{視野範囲[mm}^2\text{]} \times \text{計測した視野数} \times \text{吸引空気量[L]}}$$

フィルター有効面積 961.625[mm²]、視野範囲 0.07065[mm²]、吸引空気量 600[L]

※2 ISO13794に示されたポアソン分布を適用した時の95%信頼限界の上限本数

換気機械室前での測定は、1時間600L吸引(10L/分)した結果で総繊維数濃度を算出していた。例えば12月12日9時15分~10時15分の場合についてのイメージを図3-19で示す。測定した総繊維数濃度は、1,100本/Lであるが、ポアソン分布による95%信頼の上限を用いることでこの測定結果1,100本/Lを1,300本/Lとした。

駅構内の拡散シミュレーションにおける換気機械室前のアスベスト濃度は、アスベスト濃度が上昇する時間帯(除去作業を行っている12日9時15分~10分15分)については、測定開始時である12日9時15分には、上記で求めたポアソン分布の濃度(1,300本/L)に達することとした。

また、アスベスト濃度が低下する時間帯(除去作業を行っていない13日15時10分~16時03分及び16時05分~17時05分)については、測定終了時(13日16時03分、13日17時05分)に上記で求めたポアソン分布の濃度(それぞれ、130本/L、9.4本/L)とした。

表3-9に、設定した換気機械室前の各時刻における仮定アスベスト濃度及びその時間における作業状況を示す。

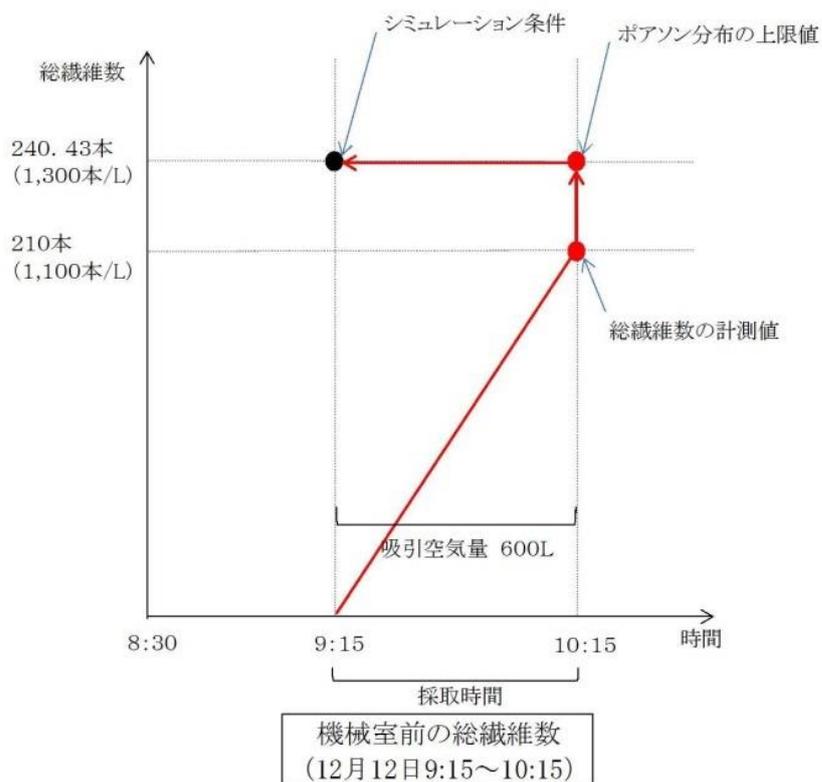


図 3 - 1 9 換気機械室前の仮定アスベスト濃度

表 3 - 9 換気機械室前の仮定アスベスト濃度

場所	日	時刻	仮定 アスベスト濃度	作業状況	
				アスベスト除去	負圧除じん装置
機械室前	12月12日	9:15	1,300[本/L]	○	○
機械室前	12月13日	16:03	130[本/L]	×	○
機械室前	12月13日	17:05	9.4[本/L]	×	×

(ウ) 仮定アスベスト発生濃度

換気機械室扉のガラリから流出するアスベスト発生濃度は、事故発生時（平成 25 年 12 月 12 日、13 日）の作業状況により決まり、同一作業中は同じ発生濃度となると仮定した。

事故発生時の作業状況により時間帯を仮定 I から IV の 4 つに区分して、各時間帯の仮定アスベスト発生濃度を算出した(図表 3 - 2 0)。

アスベスト除去作業中で負圧除じん装置が運転していた時間帯（12日8時30分～18時00分、翌13日8時30分～10時10分）を仮定Ⅰ、アスベスト除去作業は中止したものの、負圧除じん装置が稼働していた時間帯（翌日13日10時10分～16時03分）を仮定Ⅱ、アスベスト除去作業を終えた12日18時00分から再度アスベスト除去作業を開始する翌日13日8時30分（除去作業休止中、負圧除じん装置停止中）までの時間帯を仮定Ⅲ、負圧除じん装置を停止し、換気機械室の扉を目張りした13日16時03分以降を仮定Ⅳとした。

その仮定Ⅰ～Ⅳに対する換気機械室扉のガラリからの仮定アスベスト発生濃度を算出した方法について図表3-20の右側に示す。

仮定Ⅰの時間帯は、12月12日8時30分から換気機械室扉のガラリから風速4.28m/sで、アスベスト濃度一定で流出させた場合に、換気機械室前（濃度測定実施位置、高さ1.0m）で12月12日9時15分に1,300本/L（表3-9）となる値を算出した。

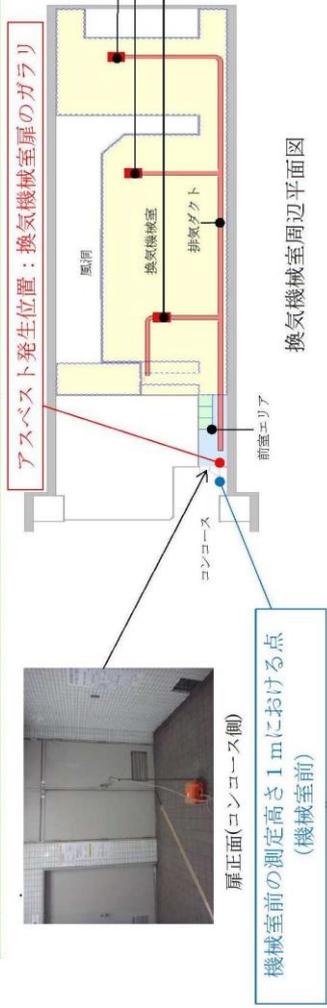
仮定Ⅱの時間帯は、除去作業を中止した12月13日10時10分から、換気機械室扉のガラリから風速4.28m/s、アスベスト濃度一定で流出させた場合に、換気機械室前（濃度測定実施位置、高さ1.0m）において12月13日16時03分で130本/L（表3-9）となる値を算出した。

仮定Ⅳの時間帯の13日16時3分以降は、換気機械室扉のガラリは目張りして塞がれていたことからガラリからの仮定アスベスト発生濃度は0本/Lとした。

仮定Ⅲの時間帯は、アスベスト除去作業の間の時間帯（12日18時00分～翌13日8時30分）であり、除去作業も負圧除じん装置の稼働もなかった。しかし、実際の作業現場の状況（除去作業内の養生が剥がれていた等）が不明確なためアスベストの流出が無かったとは断定できないので、仮定Ⅱの方法で算出したガラリからの仮定アスベスト発生濃度を採用することとした。

仮定	作業時間		作業状況		換気機械室扉のガラリからの 仮定アスベスト発生濃度の算出方法
	I	II	アスベスト除去	負圧除じん装置	
I	平成25年12月12日 8:30~18:00	平成25年12月13日 8:30~10:10	○	○	12/12 8:30 から換気機械室扉のガラリから風速 4.28m/s、7m ³ /s 濃度一定で流出させた場合に、機械室前で 12/12 9:15 に 1,300 本/L となる値
II	平成25年12月13日 10:10~16:03		×	○	12/13 10:10 から換気機械室扉のガラリから風速 4.28m/s、7m ³ /s 濃度一定で流出させた場合に、機械室前で 12/13 16:03 に 130 本/L となる値
III	平成25年12月12日 18:00~翌8:30		×	×	II の値
IV	平成25年12月13日 16:03~		×	×	12/13 16:03 以降は換気機械室扉のガラリを目張りしている為、0 本/L とする

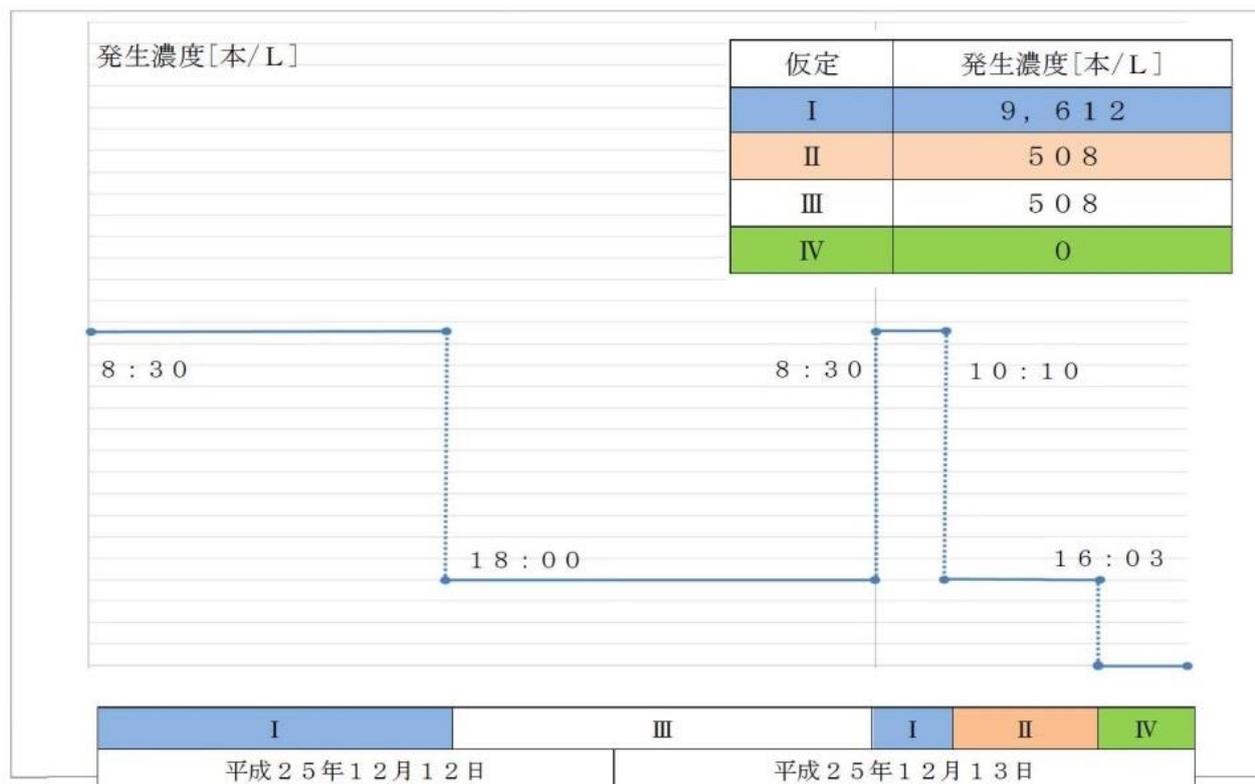
※作業状況のアスベスト除去欄の○は、除去中。負圧除じん装置欄の○は、稼働中を示す。



図表 3-20 仮定アスベスト発生濃度の算出方法

前述の方法で算出した結果、仮定Ⅰ（除去作業中・負圧除じん装置稼働中）は 9,612 本/L、仮定Ⅱ（除去作業中止・負圧除じん装置停止中）は 508 本/L、仮定Ⅲは 508 本/L（仮定Ⅱの値）、仮定Ⅳは 0 本/Lであった。

駅構内の拡散シミュレーションに入力する換気機械室扉のガラリから流出する仮定アスベスト発生濃度を図表 3-21 に示す（縦軸：アスベスト濃度、横軸：経過時間）。



図表 3-21 換気機械室扉のガラリからの仮定アスベスト発生濃度

(エ) 換気機械室前のアスベスト濃度

図3-22に、換気機械室前でアスベスト濃度を実測した位置におけるアスベスト濃度の変遷（拡散シミュレーション結果）を示す（縦軸：アスベスト濃度、横軸：経過時間）。また、この図には表3-9「換気機械室前の仮定アスベスト濃度」で設定した仮定アスベスト濃度をプロットしてある。

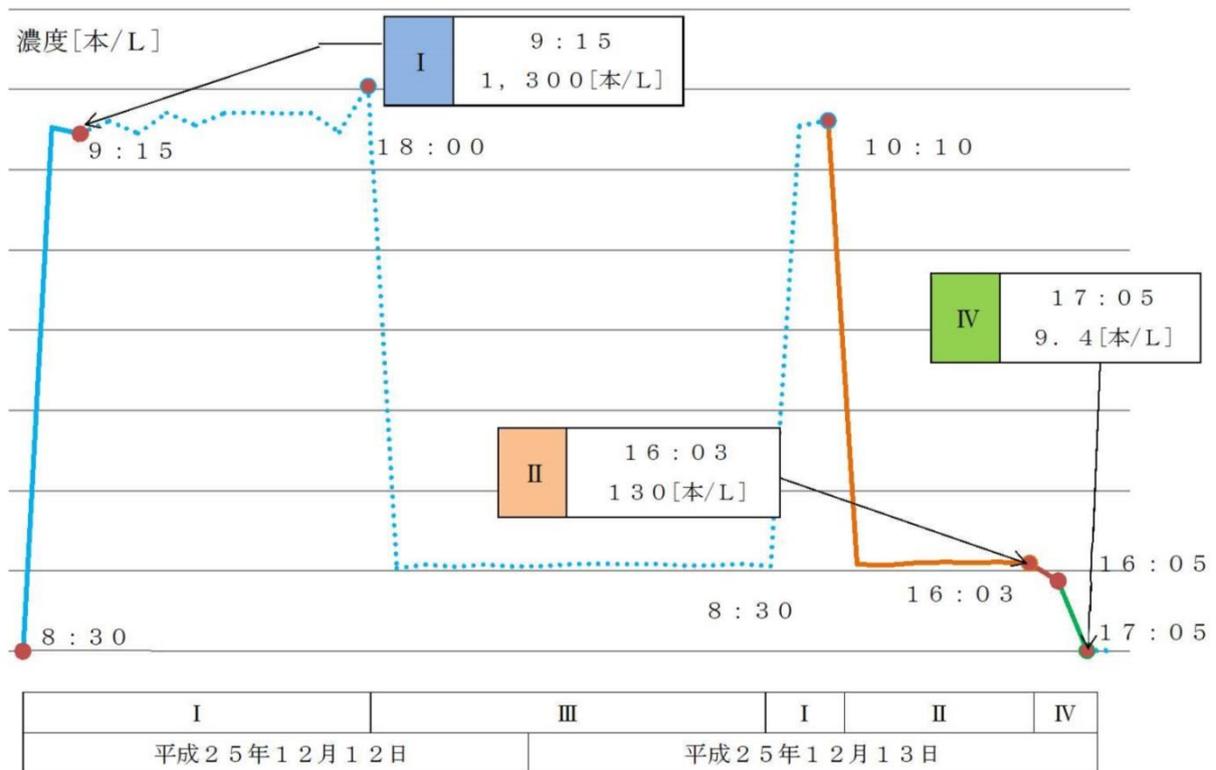


図3-22 換気機械室前のアスベスト濃度

カ 整理した解析条件

ア～オで示した拡散シミュレーションの解析条件を表3-10にまとめた。

表3-10 六番町駅アスベスト拡散シミュレーションの解析条件

解析ソフトウェア		解析コード	汎用流体解析ソフト FLUENT (フルーエント) 16.2.0 圧力ベース陰解法による非定常計算	
		固体-気体の 混相流解析	オイラー混相流モデルを使用	
項目		考え方	入力値	
物性値	空気	密度	空気は一般空気を想定し、 常温・常圧 (15[°C]、 0.1[MPa]) での値	1.225[kg/m ³]
		粘性係数		1.789×10^{-5} [kg/m·s]
	アスベスト繊維	アスベストの種類	-	クロシドライト
		密度	-	3.37[g/c m ³]
		繊維の長さ	表3-4の幾何平均値	16.9[μm]
	繊維の直径	表3-4の幾何平均値	0.7[μm]	
空気流入条件	風向・風速	平成27年1月26日～29日 六番町駅構内10箇所 測定した値	事故発生時との外気温、 外気圧の差を補正し 2秒間隔で入力	
アスベスト発生条件	発生位置		-	換気機械室扉のガラリ
	ガラリからの 仮定Ⅰ	アスベスト除去中 負圧除じん装置稼働 12日 8:30～18:00 13日 8:30～10:10	図表3-18	ガラリからの風速 4.28[m/s]
			図表3-20	発生濃度 9,612[本/L]
	仮定Ⅱ	作業休止中 負圧除じん装置稼働 13日 10:10～16:03	図表3-18	ガラリからの風速 4.28[m/s]
			図表3-20	発生濃度 508[本/L]
	仮定Ⅲ	作業休止中 負圧除じん装置休止中 12日 18:00～ 翌 8:30	仮定Ⅱの値	ガラリからの風速 4.28[m/s]
				発生濃度 508[本/L]
	仮定Ⅳ	作業休止中 負圧除じん装置休止中 13日 16:03～	図表3-18	ガラリからの風速 0[m/s]
図表3-20			発生濃度 0[本/L]	
トイレ系統排风量		トイレ排風機の測定風量 (図表3-16)		

(4) シミュレーションによるアスベスト濃度推移

(3) で示した解析条件を用いて汎用流体解析ソフトウェアによるシミュレーションを実施し、駅構内のアスベスト拡散状況を推定した。

以下、シミュレーションによる駅構内のアスベスト拡散状況を示す。

ア 北コンコースの拡散状況

呼吸域高さを乳幼児（ベビーカー）0.7m、子供1.0m、大人1.2m・1.6mと考え、それぞれの高さの北コンコースでの拡散状況を図3-23～26に示す。各図とも、濃度1,300本/Lを20分割したレンジで着色しており、赤色側になるほど濃度は高く、青色側になるほど濃度が低い分布を示す。また、濃度が10本/L以下の部分についてはグレー色で示している。なお、右側下の換気機械室扉前がアスベストの発生場所になる。

除去作業の開始後12日9時00分から除去作業を終了した18時00分の間で、換気機械室扉のガラリから漏えいしたアスベストがエレベーター前の通路から北改札付近まで高い濃度で分布していた。

また、職員トイレの部分は何の高さでも高い濃度を示した。これは、職員トイレでは臭気対策として排気ファンを運転しトイレ内の排気を行っていたため、職員トイレ扉下部のガラリより吸気し、天井の換気口から屋外へ排出していたためと考えられる。

アスベスト除去作業を行っていない夜間は、濃度が低くなるが、翌13日の作業開始後（9時00分）では再度、エレベーター前の通路から北改札付近まで高い濃度分布となった。

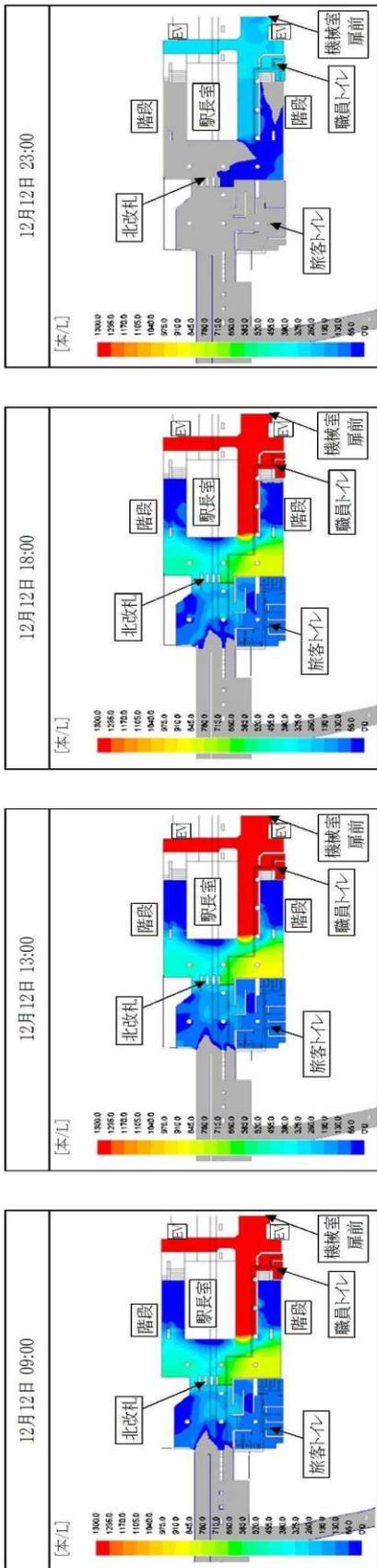
13日10時10分にアスベスト除去作業を中止したため、13日14時00分、19時00分と順次濃度が低減している結果となった。13日19時00分の時点ではほぼ10本/L未満となった。

高さ方向においては、床面から高い位置ほど濃度が低い傾向となった。また、職員トイレの部分では、除去作業中は1.2m、1.6mであっても赤色の高い濃度を示した。

コンコースから地上の出入り口への拡散はみられなかった。

グレー色は、1.0本/L以下を示す

平成25年12月12日(木) 作業初日



平成25年12月13日(金) 作業2日目

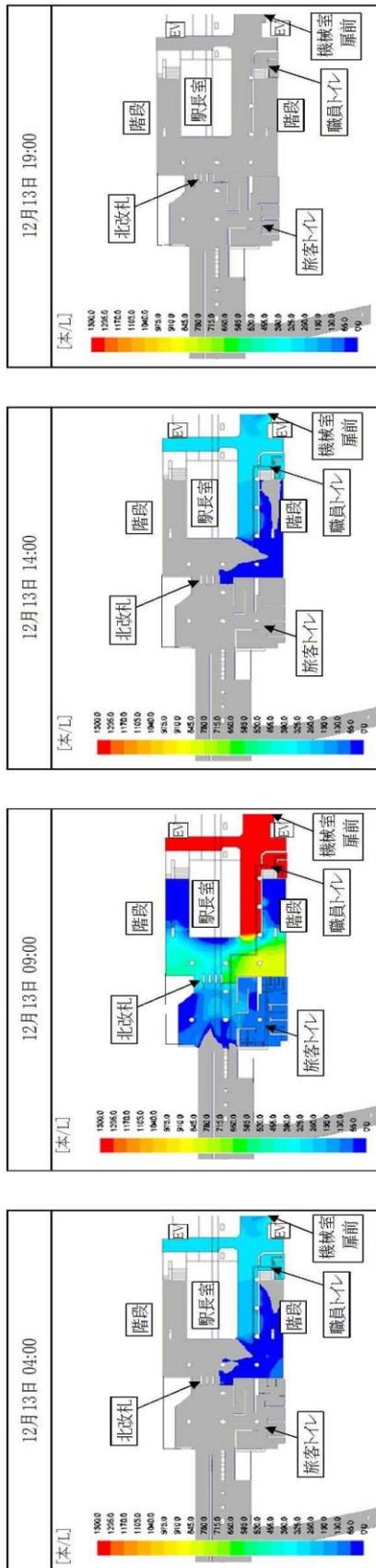
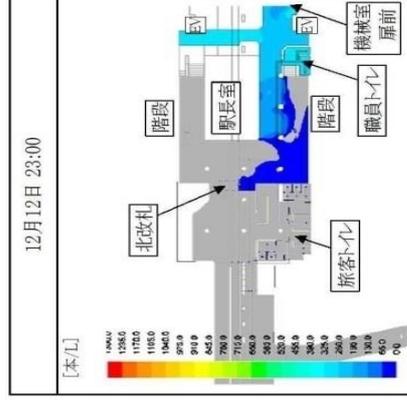
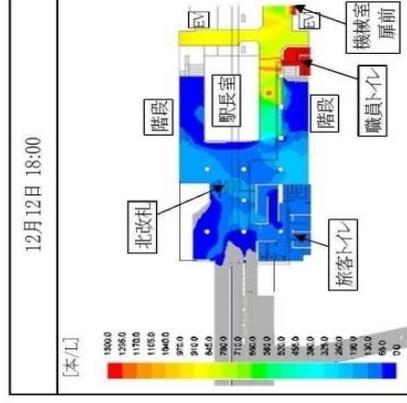
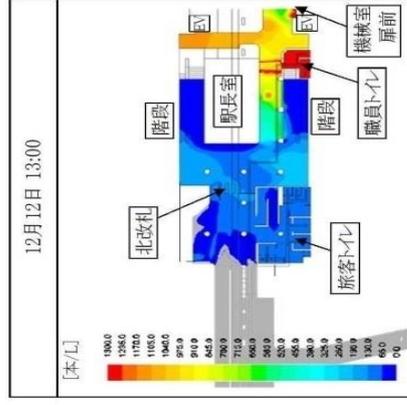
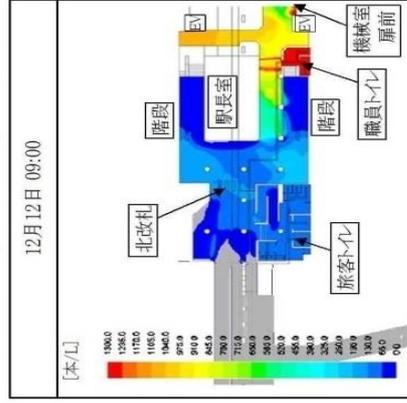


図3-2-3 北コンコースのアスベスト拡散状況 (高さ0.7m)

グレー色は、10本/L以下を示す

平成25年12月12日(木) 作業初日



平成25年12月13日(金) 作業2日目

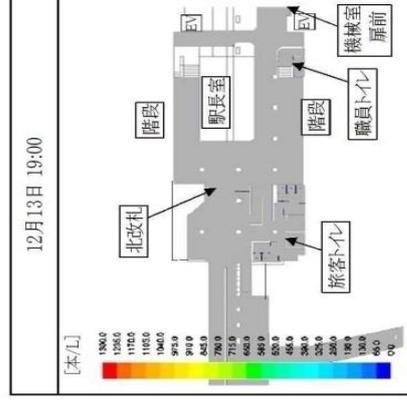
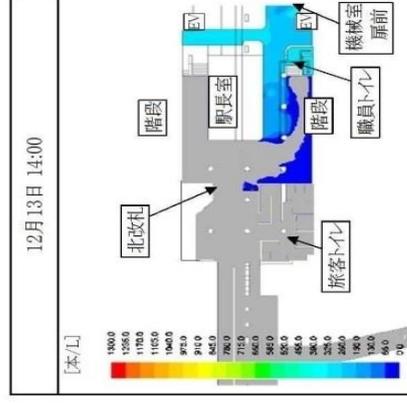
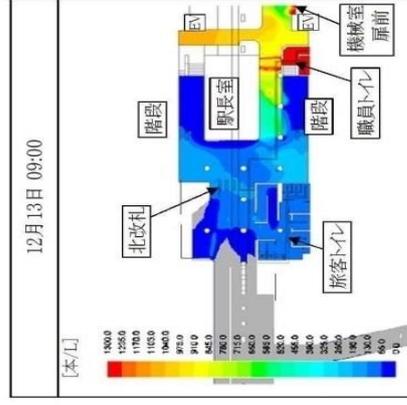
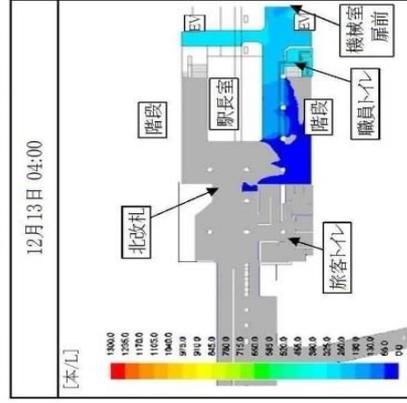
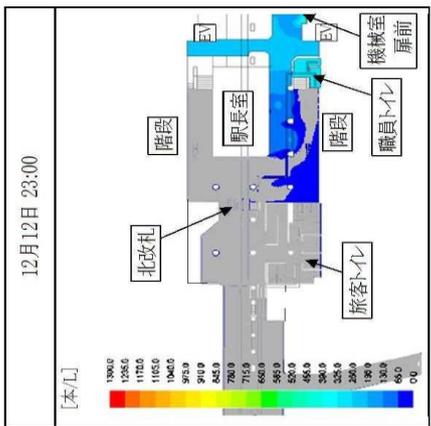
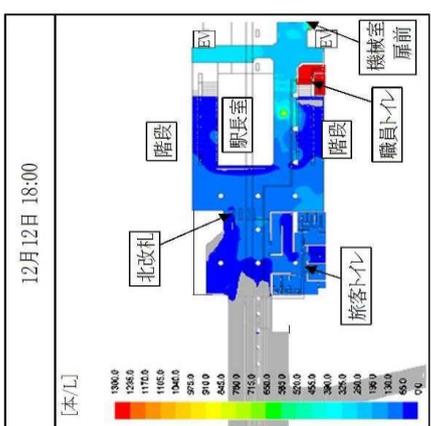
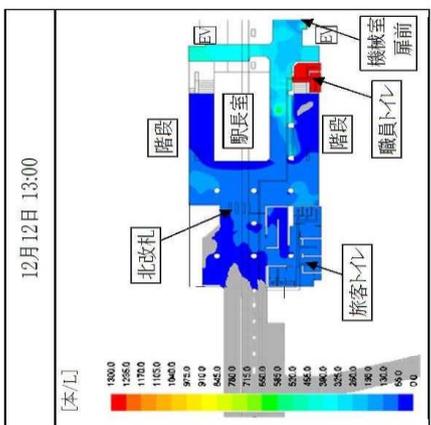
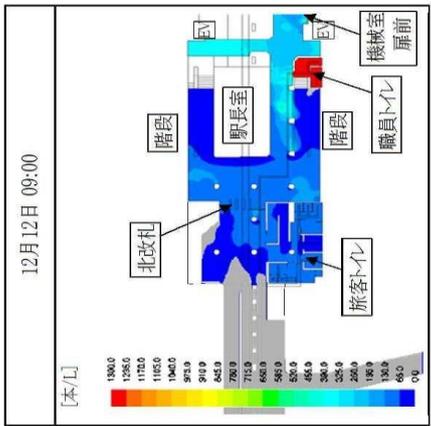


図3-24 北コンコースのエアスペースの拡散状況 (高さ1.0m)

グレー色は、10本/L以下を示す

平成25年12月12日(木) 作業初日



平成25年12月13日(金) 作業2日目

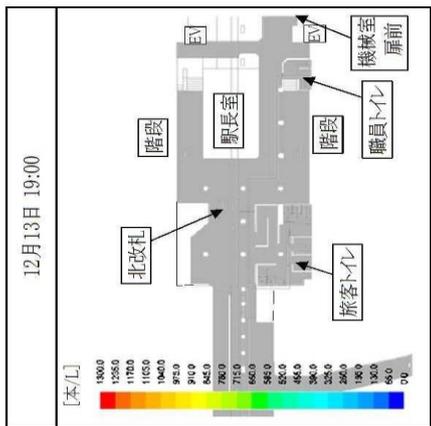
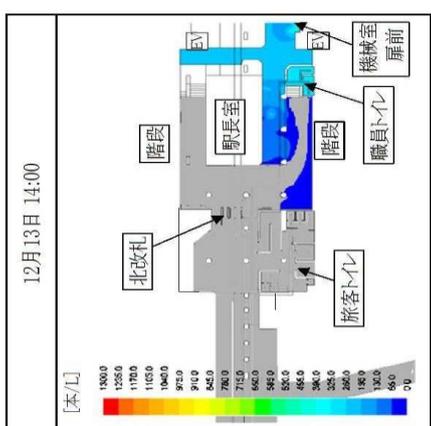
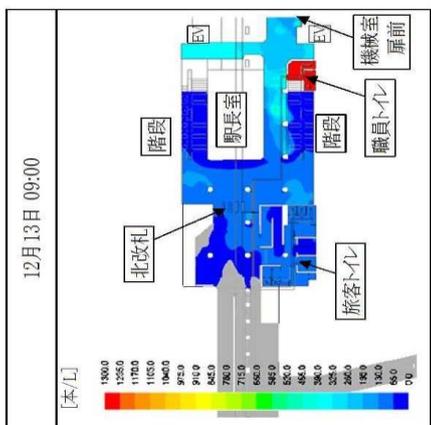
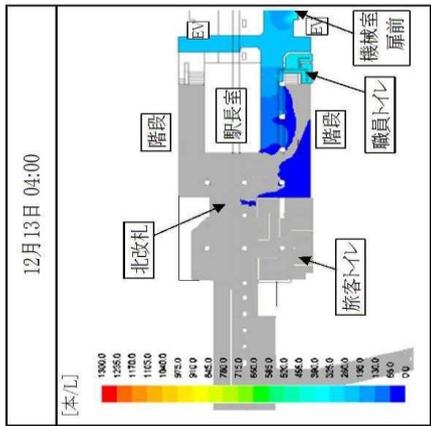
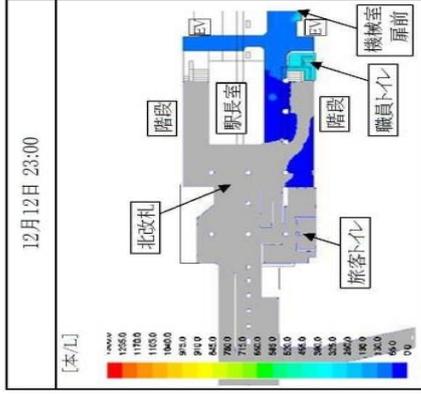
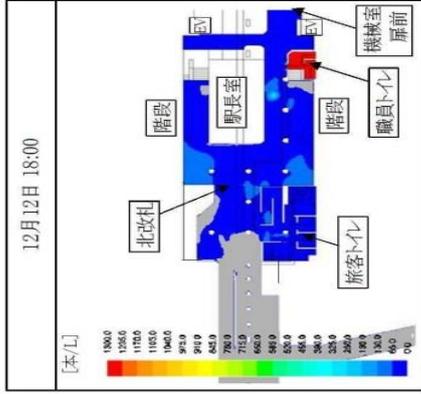
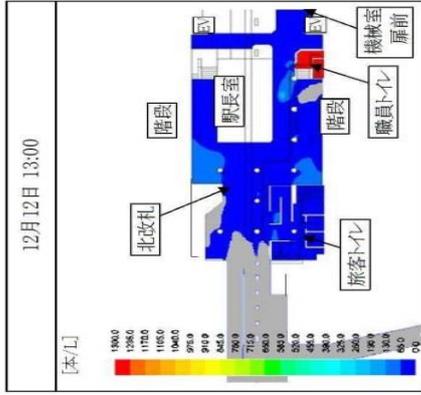
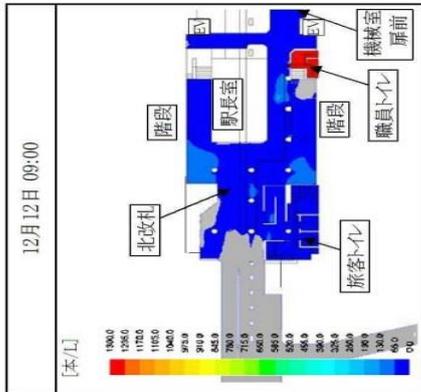


図3-25 北コンコースのエアスペースト拡散状況 (高さ1.2m)

グレー色は、10本/L以下を示す

平成25年12月12日(木) 作業初日



平成25年12月13日(金) 作業2日目

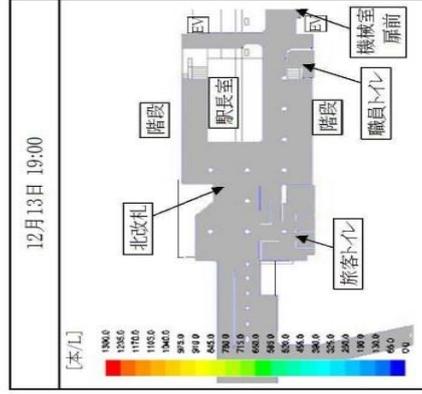
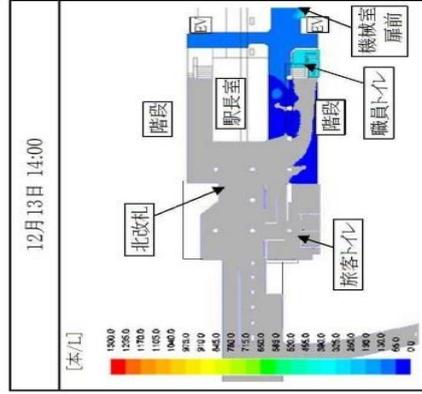
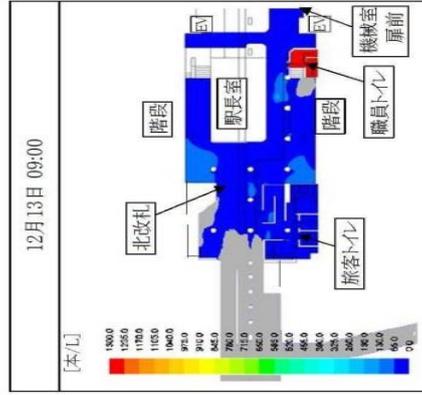
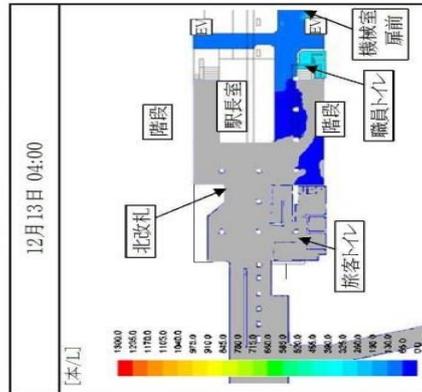


図3-26 北コンコースのアスベスト拡散状況（高さ1.6m）

イ ホームの拡散状況

呼吸域高さを乳幼児（ベビーカー）0.7m、子供 1.0m、大人 1.2m・1.6mと考え、それぞれの高さのホームでの拡散状況を図3-27～30に示す。各図とも、左側が金山方面（北）、右側が名古屋港方面（南）になる。また、上側が名古屋港方面行きのホームで、下側が金山方面行きのホームとなる。

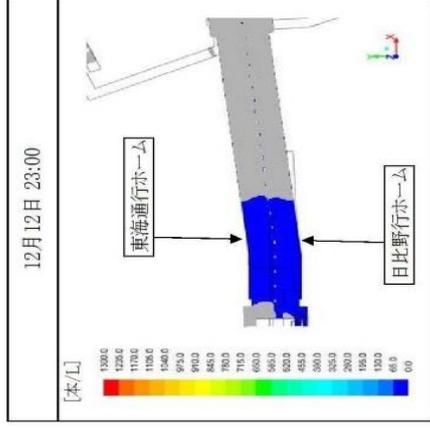
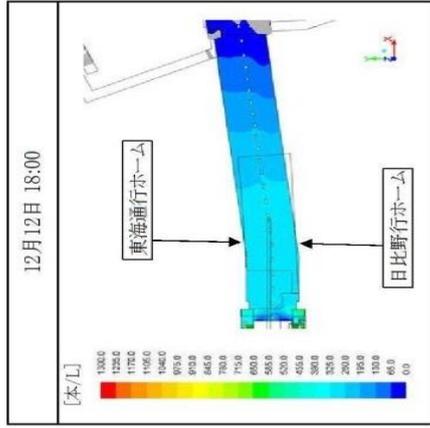
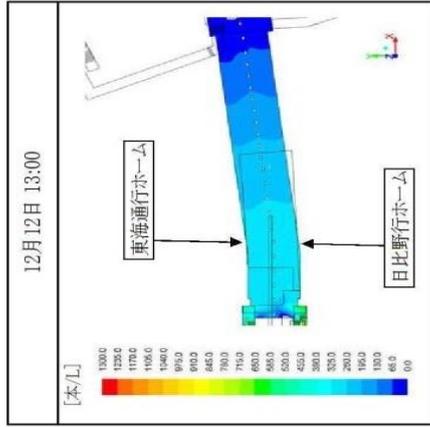
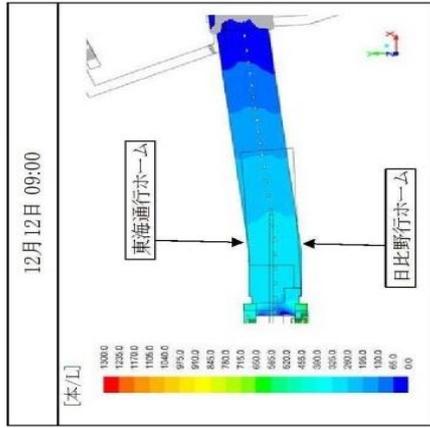
アスベスト除去作業中（12日9時00分、13時00分、18時00分及び13日9時00分）は、コンコースからホームへ降りる北階段を通じて、アスベストがホームに流入し、ホームの南側方面に広がり、南側に行くほど濃度が低くなっていた。

また、除去作業を行っていない時間帯（12日23時00分、13日4時00分、13日14時00分、13日19時00分）については、ホームのアスベスト濃度は低く（65本/L未満）、ホームの南側は10本/L未満であり、また、13日19時00分のホームはほぼ10本/L未満であった。

高さ方向においては、コンコース階と同様に床面から高い位置ほど濃度が低い傾向であった。

グレー色は、10本/L以下を示す

平成25年12月12日(木) 作業初日



平成25年12月13日(金) 作業2日目

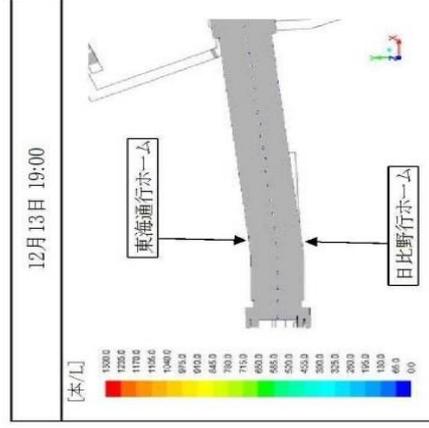
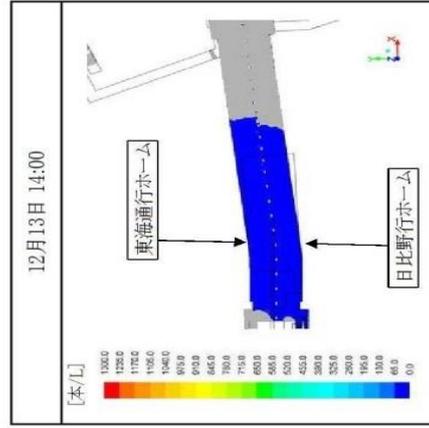
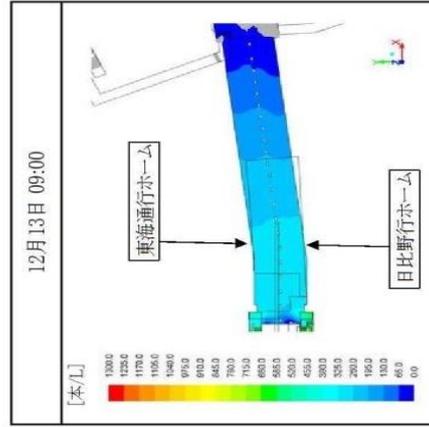
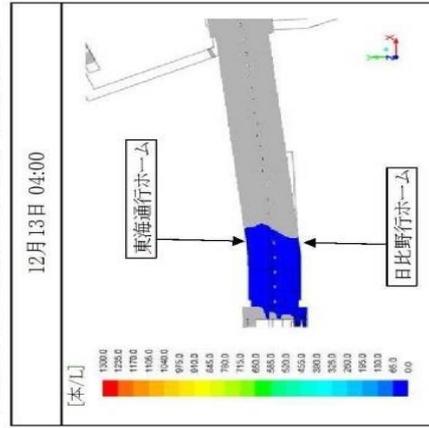
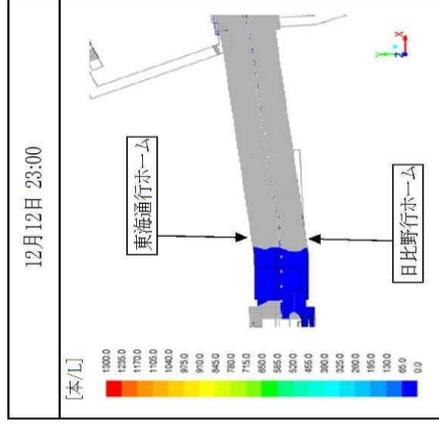
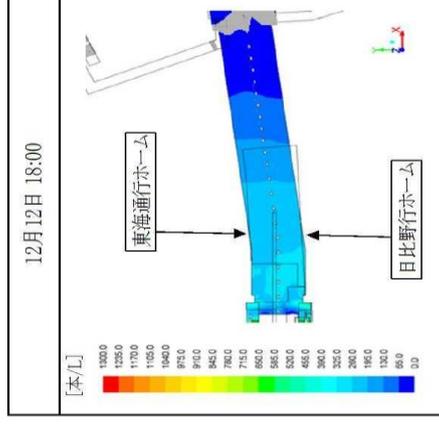
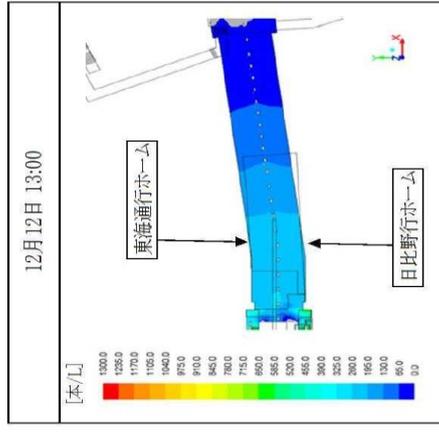
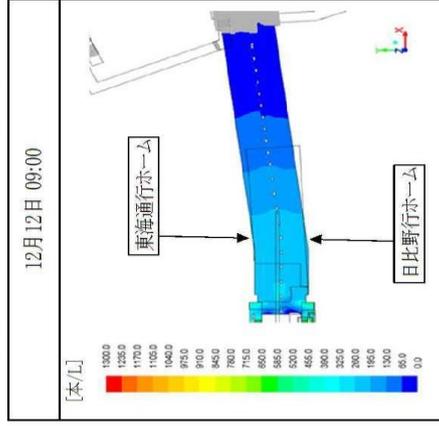


図3-27 ホームのアスベスト拡散状況(高さ0.7m)

グレー色は、10本/L以下を示す

平成25年12月12日(木) 作業初日



平成25年12月13日(金) 作業2日目

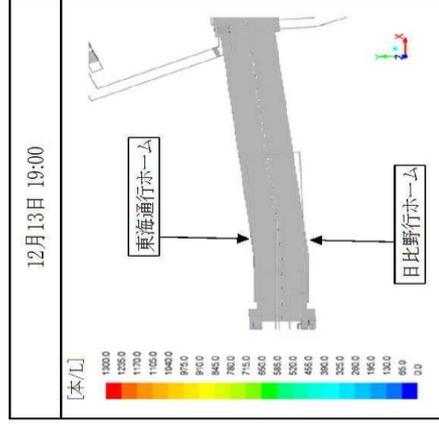
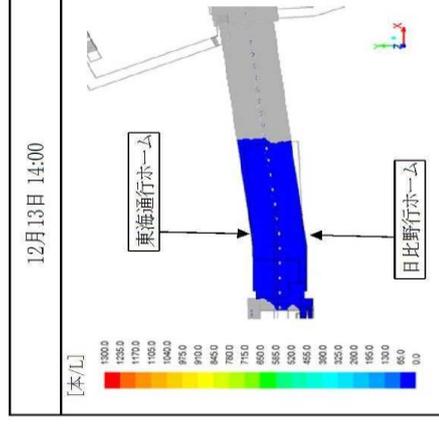
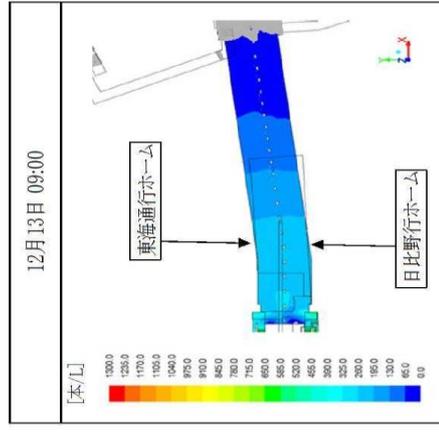
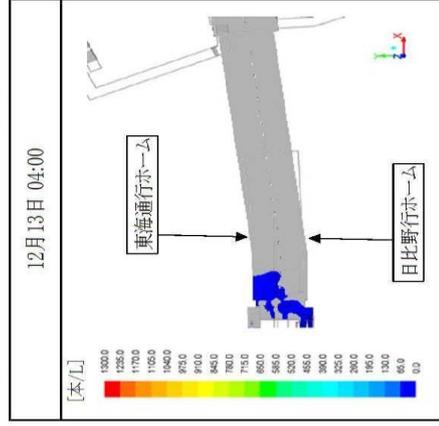
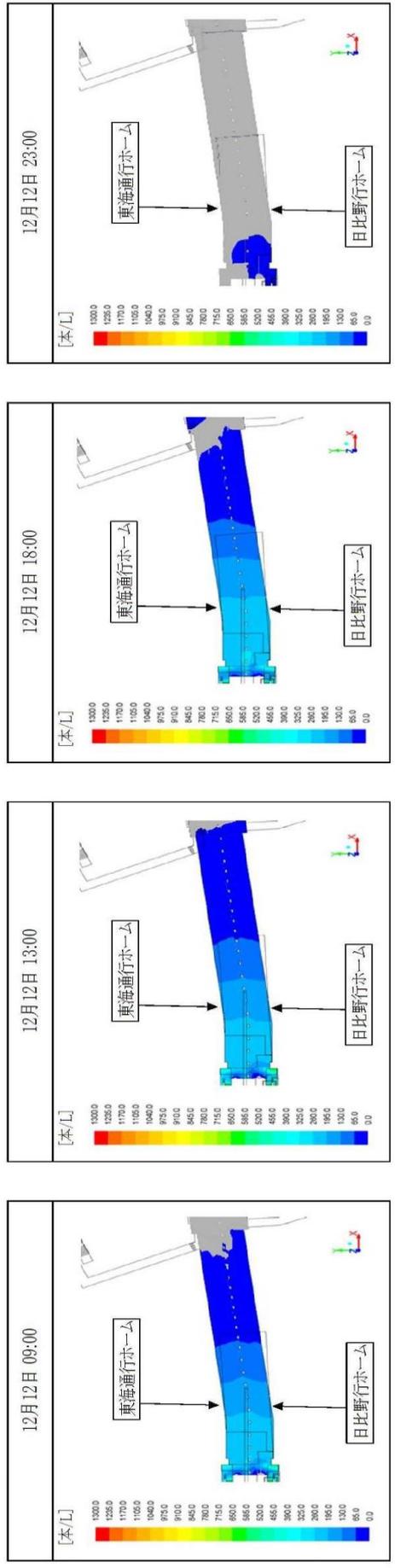


図3-28 ホームのアスベスト拡散状況(高さ1.0m)

グレー色は、1.0本/L以下を示す

平成25年12月12日(木) 作業初日



平成25年12月13日(金) 作業2日目

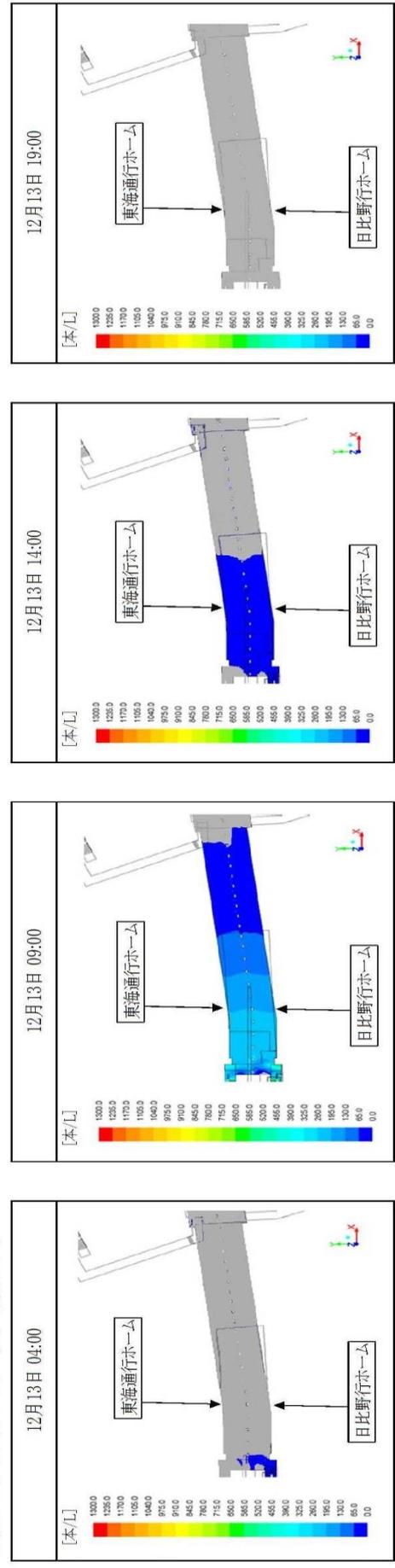
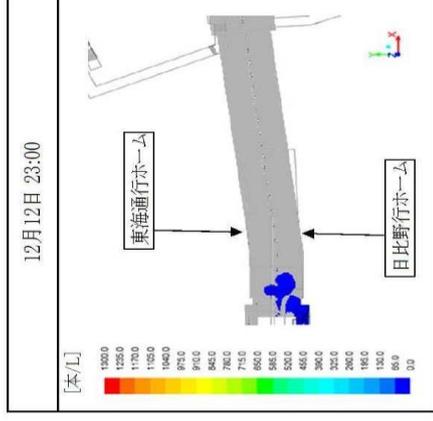
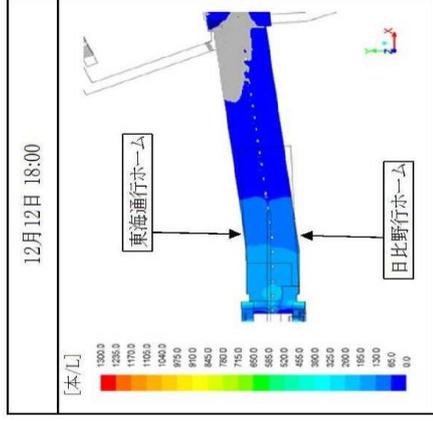
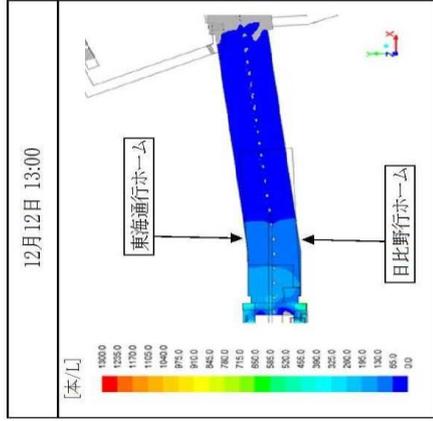
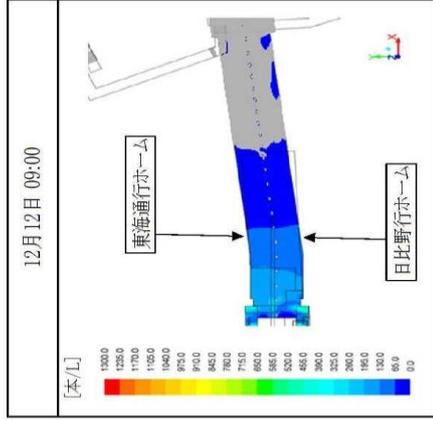


図3-29 ホームのアスベスト拡散状況(高さ1.2m)

グレー色は、10本/L以下を示す

平成25年12月12日(木) 作業初日



平成25年12月13日(金) 作業2日目

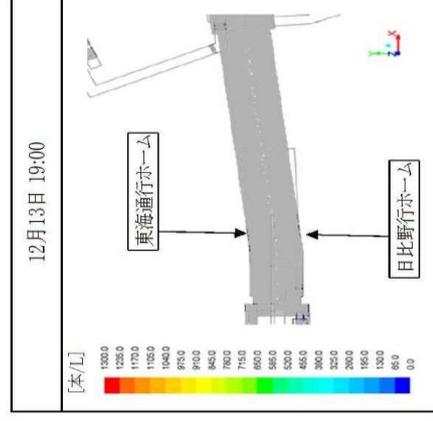
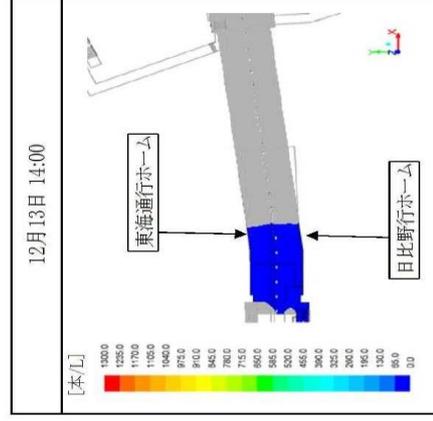
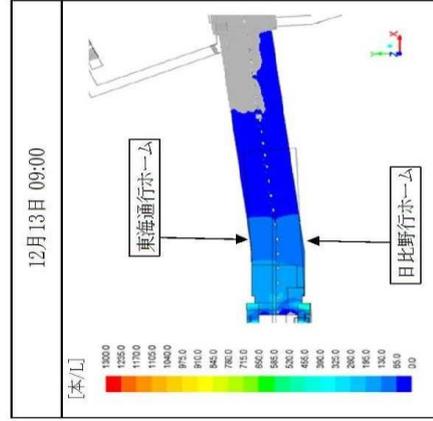
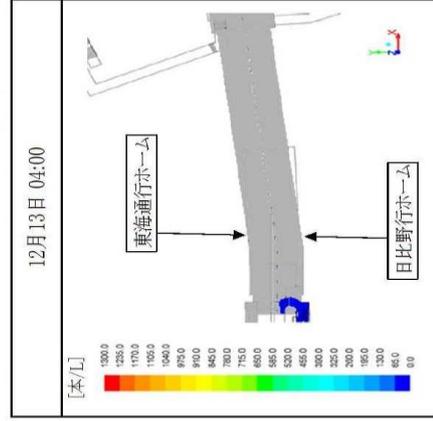


図3-30 ホームのアスベスト拡散状況 (高さ1.6m)

ウ 北階段部の拡散状況

北階段部の拡散状況を図3-31に示す。コンコースからホームへの北階段部分を拡大した濃度分布になる。

全体としてコンコースからホーム方向にアスベストが広がっていることがわかる。アスベスト除去作業の時間帯（12日9時00分～18時00分、13日9時00分の時点）と比較して除去作業を実施していない時間帯（12日23時00分、13日4時00分）では濃度が低い（65本/L未満）結果となった。また、13日の除去作業中断後の14時00分では既に濃度が低く（65本/L未満）、13日19時00分の時点ではほぼ10本/L以下であった。

エ トイレ排気ダクト内の拡散状況

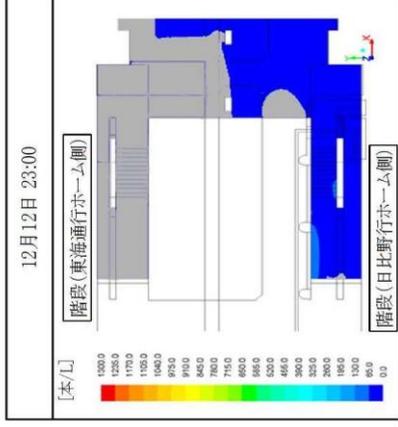
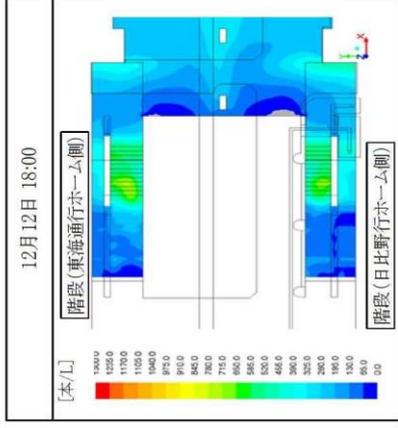
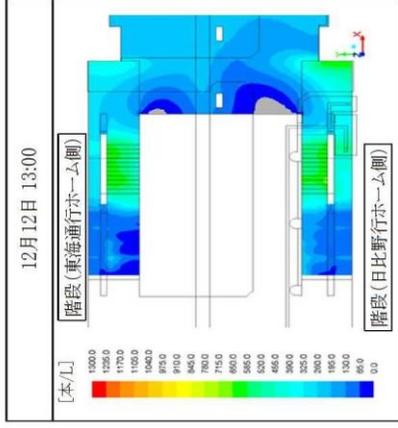
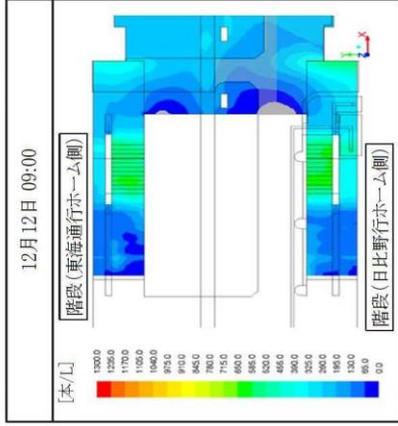
事故当時、駅構内の換気装置は原則停止していたが、臭気対策としてトイレの排気ファンのみ稼働しており、旅客及び職員トイレで吸い込んだトイレ排気は、1番出入口の北側にある換気塔の排気口から屋外へ排出されていた。

このトイレ排気ダクト内の拡散状況を図3-32に示す。左側が換気塔の排気口であり、旅客・職員トイレとつながっている鋼製の排気ダクトの一部を抜粋した図となる。

12月12日から13日にかけて、アスベスト除去作業中も含めてこの排気ダクト内の濃度は65本/L未満との結果であった。

グレー色は、1.0本/L以下を示す

平成25年12月12日(木) 作業初日



平成25年12月13日(金) 作業2日目

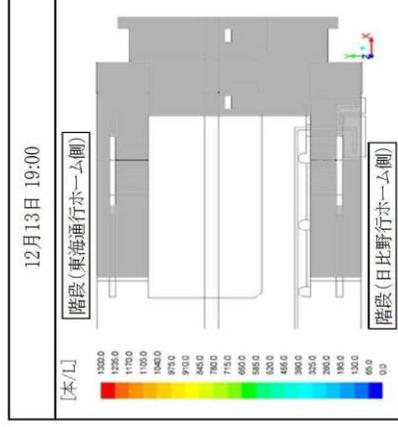
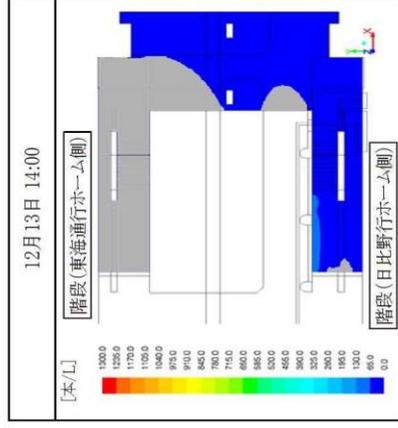
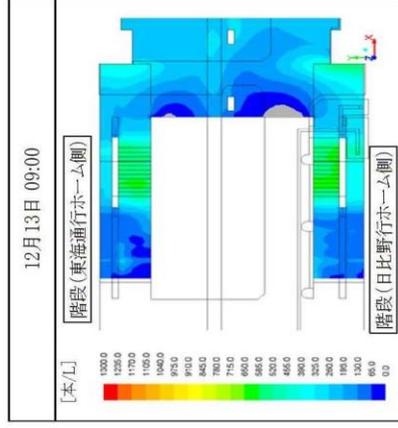
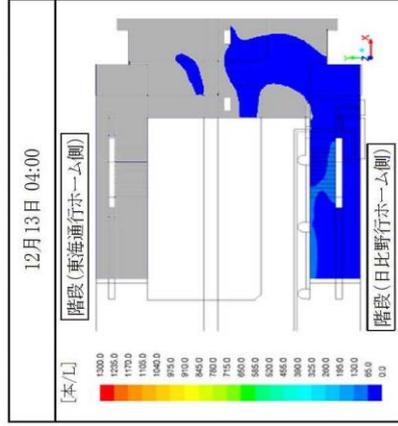
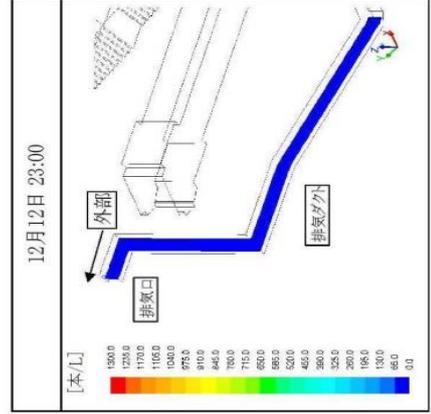
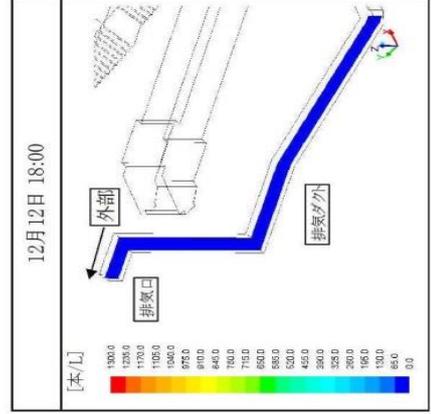
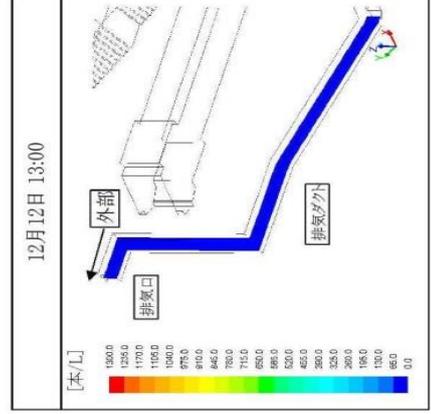
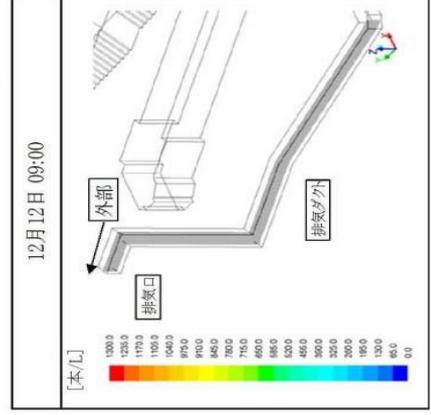


図3-3-1 北階段部のアスベスト拡散状況

グレー色は、10本/L以下を示す

平成25年12月12日（木）作業初日



平成25年12月13日（金）作業2日目

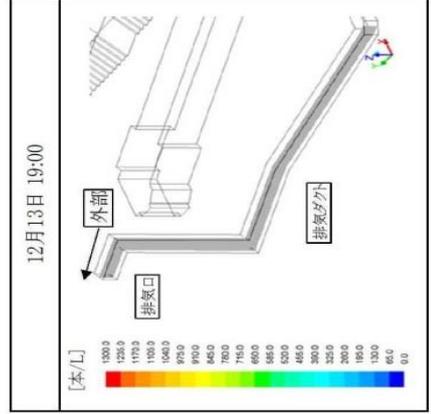
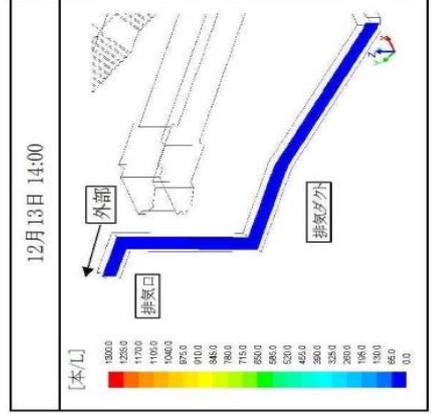
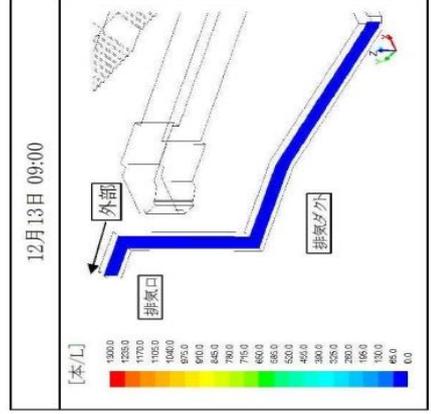
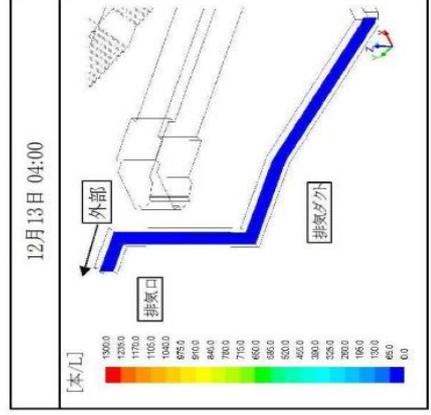


図3-3-2 トイレ排気ダクト内のアスベスト拡散状況

(5) 類似事例等

ア 吹付けアスベスト除去作業中の濃度（他の施工事例）

過去に発注したアスベスト除去工事（平成 18 年度以降）のうち除去面積が 100 m²以上であり濃度測定を測定時間 5 分、吸引量 5L/分採取により実施した事例が抽出され、表 3-1-1 示された。

また、六番町駅でのアスベスト除去事例ということで、面積は 100 m²未満であるが、平成 13 年度の除去工事も表に記載された。但し、このときは、測定時間 15 分、吸引量 5L/分での測定値である。

下表は作業場内と作業場外における総繊維数濃度（本/L）を示す。作業場内の測定は除去作業中での測定結果であるが、どのような作業時に測定したかは不明である。そのために総繊維数濃度は、築地口駅の 15 本/L から金山駅の 2.9 万本/L のように数値に大きなばらつきがある。

表 3-1-1 吹付けアスベスト除去作業中の濃度
（他の地下鉄駅における施工事例）

	除去面積 (m ²)	工事年度	総繊維数濃度 (f/L)		
			作業場内	作業場外	
伏見駅	換気機械室 1工区	459	H18	50未満	0.5未満
	換気機械室 2工区				
	換気機械室 3工区				
名古屋駅	北機械室	537	H19	85~140	0.5未満
大曽根駅	換気機械室	1,005	H19	58未満~130	6.4~9.1
東海通駅	換気機械室	308	H19	50未満~86	0.5未満
築地口駅	換気機械室	694	H19	15~16	1.9
名古屋港駅	換気機械室	329	H19	65~86	4.1~4.5
金山駅	南配電室	154	H19	15,000~17,000	0.5未満~0.7
	換気機械室 1	148		2,600~23,000	0.5未満~0.5
	空調機械室	188		18,000~29,000	1.6~2.4
	換気機械室 熱源機械室	220		1,200~2,900	3.0
	換気機械室 3 他 2 室	304		280~540	0.5未満~0.9
日比野駅	換気機械室	510	H21	58未満~300	0.5未満~0.5
黒川駅	換気機械室	498	H24	57未満~540	0.5未満
六番町駅	換気機械室	87	H13	5,800	0.5未満

イ 名古屋市各所と六番町駅付近の総繊維数の環境濃度

表3-1（総繊維数濃度・アスベスト濃度測定結果一覧）の平成27年1月22日の測定などで、屋外にある換気塔脇の地上1.5m（③）において、総繊維数で0.22本/L（検出下限値）である。この数値が一般環境と比べて高いかどうかを、名古屋市内の他の地域の既存データとの比較、ならびに六番町駅近隣における新たな測定により検証した。

既存データとしては、名古屋市環境局が「アスベストモニタリングマニュアル」（環境省）に従い、平成25年度に市内8か所で夏季と冬季に各3日間測定した結果を用いた。総繊維数濃度は、冬季は夏季に比べて低い傾向にあるが、各地点の冬季の最大値は0.14～0.56本/Lであった。

また新たに、六番町駅から約50m南方の名古屋市工業研究所における測定が、平成27年5月27日から30日の3日間、（一財）東海技術センターに依頼して実施された。測定結果は、総繊維数濃度として0.17から0.22本/Lであった。

以上より、換気塔脇（③）で検出された0.22本/Lの総繊維数濃度は、名古屋市域における一般大気環境の総繊維数濃度や、六番町駅付近の市工業研究所での測定結果と比べて高くはないといえる。

名古屋市各所と六番町駅付近の総繊維数の環境濃度

1 平成 25 年度名古屋市内における総繊維数濃度

(単位：本/L)

番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
地点	千種区 平和公園 (平和公園)	千種区 田代町駅 (田代町)	中区 三の丸三丁目 (三の丸)	中区 太平通三丁目 (太平通)	南区 豊田五丁目 (市環境科学調査センター)	緑区 みどりヶ丘 (みどりヶ丘公園)	中区 御幸二丁目 (ナニヤ球場)	中区 新栄三丁目 (中環ビル)
総繊維数濃度	夏季	0.056 0.47	0.11 0.45	0.28 0.67	0.16 0.67	0.31 0.70	0.11 0.45	0.16 0.79
	冬季	0.056 未満 0.22	0.056 0.16	0.056 0.16	0.056 0.16	0.084 0.56	0.056 0.53	0.056 0.14

備考：調査は環境局が「アスベストモニタリングマニュアル」(環境省)に従い実施した。各地点2カ所において原則として夏季・冬季各3日間行い、最小値と最大値を示した。

2 六番町駅付近の総繊維数濃度

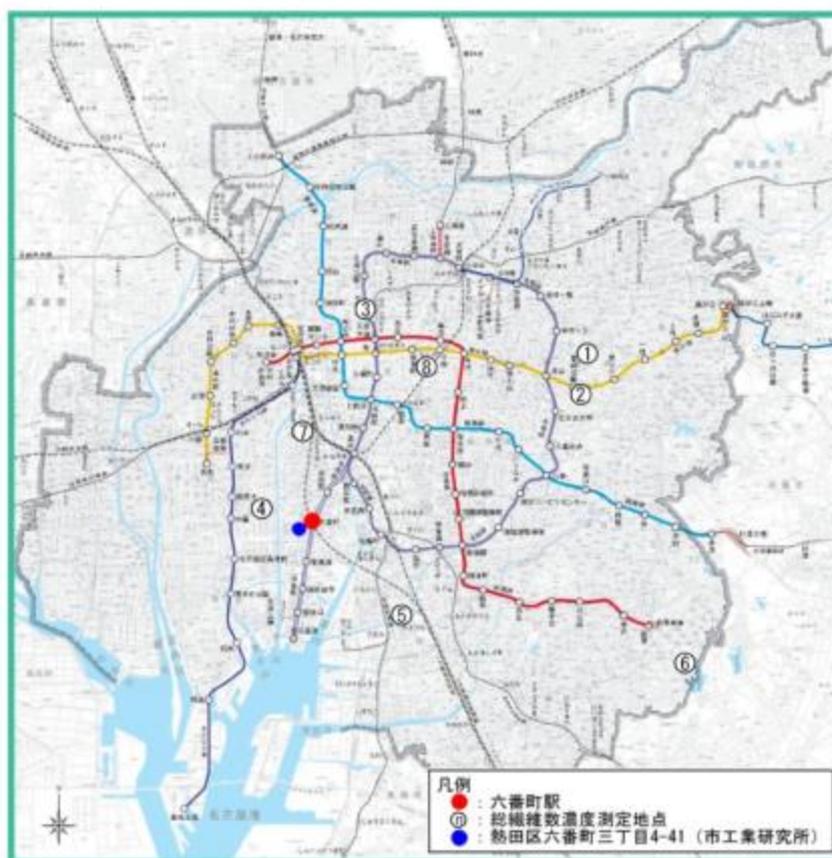
測定者：(一財)東海技術センター

測定地点：熱田区六番町三丁目4-41(市工業研究所)

測定結果：

(単位：本/L)

	測定日時	総繊維数濃度	平均(幾何平均)
平成 27 年	5月28日10時～14時	0.17	0.20
	5月29日10時～14時	0.22	
	5月30日10時～14時	0.22	



図表 3 - 3 3 名古屋市各所と六番町駅付近の総繊維数の環境濃度

4 健康リスク評価

(1) リスク評価の方法

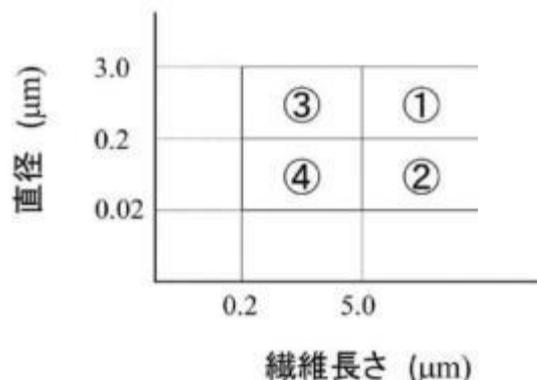
リスク評価を行うにあたり、平成 25 年 12 月 12 日に機械室前でアスベストを検出したフィルターによる位相差顕微鏡（1,100 本/L）と走査電子顕微鏡（700 本/L）の測定結果を今回のリスク評価に用いることの妥当性を検証するため、ならびに、位相差顕微鏡により測定したアスベストを取扱う職場の気中濃度を用いた疫学研究を基礎にして設定された既存のリスク評価値を、今回のリスク評価に用いることの妥当性を確認するために、透過電子顕微鏡を使用して再度アスベストの測定が行われた。これに用いた試料は、平成 25 年 12 月 12 日に機械室前でアスベストを検出したフィルターである。

図 4-1 のグラフは横軸がアスベストの繊維の長さ、縦軸がアスベストの繊維の直径を示す。位相差顕微鏡で計数対象とする繊維は、対象範囲①の領域であり長さ 5 μ m を超え、直径が 0.2 μ m 以上、3 μ m 未満である。しかし、それ以外にも繊維長さが短い、あるいは直径が細い繊維は存在する。

表 4-1 に透過電子顕微鏡により測定した気中アスベスト濃度を示す。対象範囲①は 3,100 本/L、対象範囲②は 4,400 本/L、対象範囲③は 13,000 本/L、対象範囲④は 53,000 本/L であり、合計 73,500 本/L であった。

対象範囲①の構成比率は、全体の 4% となる。つまり、位相差顕微鏡で観察しているのは 4% であり、それ以外の 96% の繊維は観察していないことになる。

表 4-1 透過電子顕微鏡により測定した気中アスベスト濃度



	気中石綿濃度 (本/L)	構成比率
①	3,100	4%
②	4,400	6%
③	13,000	18%
④	53,000	72%
計	73,500	100%

図 4-1 対象範囲①～④

対象範囲①の測定濃度は 3,100 本/L であり、位相差顕微鏡で測定した濃度 1,100 本/L の 2.8 倍である。透過電子顕微鏡では、アスベスト繊維がよく見えるため、同じ試料でも位相差顕微鏡より多く見えるのが一般的であ

る。国立環境研究所の高尾真一ら（1993年）によると、透過電子顕微鏡で測定したアスベスト繊維の濃度は、位相差顕微鏡の1.5～3.1倍である。これは、アスベスト建材製造工場で空気中のアスベストをフィルターでろ過捕集して、位相差顕微鏡と透過電子顕微鏡で測定した濃度を比べた結果である。

今回の透過電子顕微鏡による測定結果と位相差顕微鏡による測定結果との比（2.8倍）は、高尾らが示した比の範囲（1.5～3.1倍）に含まれており、今回の位相差顕微鏡で数えた数値をリスク評価に用いることは妥当と考える。

次に、今回の機械室前の気中アスベストの長さ・直径別の構成比率とアスベストによる発がんに関する既存のリスク評価値の設定根拠となった職場における気中アスベストの長さ・直径の分布との異同に関しては、Dementらの報告（2008年及び2009年）を用いて行った。Dementらの報告は、既存のリスク評価値設定根拠の疫学データの1つである米国ノースカロライナ州のアスベスト織物工場において疫学調査の対象となった時期の気中アスベスト濃度測定をした際のフィルターが保存されていたことから、それらを新たに透過電子顕微鏡で観察した結果を述べたものである。

前述のように今回の機械室前では、位相差顕微鏡で測定したアスベストのうち対象範囲①の構成比率は4%である。これに対し、Dementらの報告では、対象範囲①の構成比率は2.9%～20.8%である。よって、今回の①の構成比率はDementらの報告した①の範囲に含まれており、今回の気中アスベストの長さ・直径別の構成比率は、既存のリスク評価値設定根拠となった職場の気中アスベストのそれと大差はなく、今回のアスベスト漏えいによる発がんリスクの見積りに、既存のリスク評価値を用いて評価することは妥当と判断した。

参考文献

高尾真一ら：環境中アスベストの光学顕微鏡法及び電子顕微鏡法による分析の比較、国立環境研究所研究報告第131号：37-48, 1993

Dement JM ら：Development of a fibre size-specific job-exposure matrix for airborne asbestos fibres. *Occup Environ Med*, 65: 605-612, 2008

Dement JM ら：Estimates of historical exposures by phase contrast and transmission electron microscopy in North Carolina USA asbestos textile plants. *Occup Environ Med*, 66 : 574-583, 2009

今回のリスク評価にあたり、使用できるデータを示した国内外の論文や報告を広く検索した結果、Hughes JM (ヒューズ) らの論文(1986年)、USEPA

(米国環境保護庁)の報告(1988年)、WHO(世界保健機構)の報告(2000年)の3つが得られた。そこで、リスク評価は、これらの報告に示されたリスク評価値を、今回実施したアスベスト拡散シミュレーションによる解析で得た各日時、場所別のアスベスト濃度と駅利用者行動モデル及び職員の勤務記録等とから算出される総ばく露量([ばく露濃度×滞在時間]の総和)に当てはめて行われた。

参考文献

Hughes JM ら : Asbestos exposure-Quantitative assessment of risk. Am Rev Respir Dis, 133: 5-13, 1986
U.S. Environmental Protection Agency: Integrated risk information system. Asbestos; CASRN 1332-21-4, 1988
WHO: Air Quality Guidelines for Europe 2nd edition. 6.2 Asbestos. WHO Regional Publication, European Series, No. 91, 2000

ア Hughes JM (ヒューズ) らの論文

本論文は、米国でアスベストが労働者の健康に及ぼす影響と学校におけるアスベストばく露が子どもたちの健康に及ぼす影響の評価が大きな社会的問題となったことを背景に、1986年に発表された。本論文におけるアスベストの気中濃度は、位相差顕微鏡による計数によっている。

本論文によれば、クリソタイル、クロシドライト、アモサイトの混合ばく露の場合、1L 当たり 1 本のアスベスト繊維を含む空気に、生徒が 6 年間、ばく露されると、一生涯に過剰に発生する中皮腫と肺がんによる死亡が 100 万人当たり 5 人と見積もられている。この見積りにおけるアスベストばく露時間は、登校する週が年間に 36 週間、在校時間は週 35 時間、6 年間で合計 7,560 時間である。つまり、気中アスベスト本数濃度×ばく露時間をばく露量(以下、本/L・時間と記す)と定義すると、7,560 本/L・時間のばく露による生涯過剰発がんは 100 万人当たり 5 人ということである。7,560 本/L・時間の 2 倍の 15,120 本/L・時間ならば、生涯過剰発がんは 10 万人当たり 1 人になる。そして、これを、平均寿命を 70 年として、毎日 24 時間、生涯ばく露された場合(合計ばく露時間は、 $24 \times 365 \times 70 = 613,200$ 時間)にあてはめると、 $15,120 \text{ 本/L} \cdot \text{時間} \div 613,200 \text{ 時間} = 0.02466 \text{ 本/L}$ のばく露濃度に生涯ばく露されたときに、10 万人当たり 1 人の生涯過剰発がんリスクがあることになっている。論文では、0.02466 本/L の下 4 桁を四捨五入して 0.025 本/L の生涯ばく露で 10 万人当たり 1 人の生涯過剰発がんリスクと結論付けている。

リスク見積りのもとになるばく露量と影響との関係を示す数値は通

常、幅をもって表現されるが、Hughes らは、影響を大きめに評価するようにしたと述べている。

Hughes らの結論から、アスベスト濃度が 1 本/mL の空気に生涯ばく露された時の生涯過剰発がん（中皮腫と肺がんの合計）のリスクを算出すると 10 人当り 4 人となり、これをユニットリスクで表現すると 4.0×10^{-1} per (本/mL) になる。

【ユニットリスクの説明】 ここでいうユニットリスクは、吸入ユニットリスクであり、一般には、ある物質に $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で連続ばく露されたときに見積もられる生涯過剰発がんリスクの上限と定義される。たとえば、空気 1m^3 当たり $1 \mu\text{g}$ の濃度で、ある化学物質に生涯毎日曝露された 100 万人から 2 人の過剰発がんが見込まれる場合、ユニットリスクは 2×10^{-6} per ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) と表現される。

イ USEPA（米国環境保護庁）の報告

このリスク評価方法は、米国環境保護庁のホームページに公開されている。職場のアスベストばく露濃度と健康影響の発生に関する世界の論文の中から、10 編ほどの論文を選び出し、これに基づいてリスク評価を行っている。依拠した論文におけるアスベストの気中濃度は、位相差顕微鏡による計数によっている。

本報告では、クリソタイル、クロシドライト、アモサイトを区別しないで一括したアスベストによる肺がんと中皮腫を合計したユニットリスクは、 2.3×10^{-1} per (本/mL) と結論されている。

これは、空気 1ml 当たり 1 本に生涯毎日曝露された 10 人から 2.3 人の過剰発がんが見込まれるということで、空気 1L 当たり 1 本の場合なら 10,000 人から 2.3 人、空気 1L 当たり 0.43 本 (=1/2.3) の場合なら 10,000 人から 1 人、空気 1L 当たり 0.043 本の場合なら 100,000 人から 1 人の過剰発がんが見込まれることを意味する。

ウ WHO（世界保健機構）の報告

本報告は、WHO ヨーロッパ地域事務局が、喫煙率が 30%の人口を想定してリスク評価をした結果を、ヨーロッパ向けに発刊したものである。

ヨーロッパでは大気中のアスベストは、走査電子顕微鏡を用いるのが一般的で、光学顕微鏡で測定した 1 本/mL は、走査電子顕微鏡では 2 本/mL に相当するとしている。

本報告によれば、光学顕微鏡で測った濃度が 1 本/mL の混合アスベストに生涯ばく露したときの肺がんの過剰発生は 10 万人当たり 2000 人か

ら 200 人と幅がある。中皮腫の過剰発生は 10 万人当たり 20000 人から 2000 人とこれも 10 倍の幅がある。合計すると 10 万人当たり、22000 人から 2200 人になる。これを 10 人当たりで換算すると 2.2 人から 0.22 人となる。WHO は、影響を大きく見積もり 2.2 を採用し、ユニットリスクは 2.2×10^{-1} per (本/ml) と結論している。

(2) リスクの試算値

ア 駅構内におけるばく露量

4 章 (1) のように、Hughes、USEPA、WHO は、過去の疫学調査に基づいてアスベストばく露量と肺がんと中皮腫とを合計したユニットリスクの値を示しており、この値を用いてリスクを試算することが可能である。なお、ばく露量の算定には位相差顕微鏡により計測した値を用いている。

検討会構成員のひとりが、このユニットリスクを用いて、ばく露量が最大となるシナリオで総ばく露量を試算し、10 万人当たりの生涯過剰発がん数を試算した。(図表 4-2「換気機械室前に常時いた場合のリスクの試算値」)

ばく露量の試算は、12 月 12 日の 8 時 30 分から翌日 13 日の 17 時 5 分までの間、換気機械室の前の測定地点で、粉じんを集めるサンプラーの付いていた高さ 1m のところでずっと呼吸していたとして、時間ごとにポアソン分布の 95% 上限濃度と時間により行った。これを 12 日の 8 時 30 分から 13 日の 17 時 5 分まで積算すると、合計は 17,185.0 (本/L)・時間になる。これを用いてリスクの試算を行った。

その結果、USEPA の報告によれば、0.043 本/L を毎日 24 時間、生涯 (70 年) 吸った場合 (総ばく露量は $0.043 \times 24 \times 365 \times 70 = 26367.6$ 本/L・時間になる) に 10 万人当たり生涯過剰発がん数が 1 人なので、換気機械室の前で 17,185.0 本/L・時間のばく露を受けると生涯の過剰発がんリスクは 0.65×10^{-5} となり、10 万人当たり 0.65 人が過剰にがんになると見積もられる。

USEPA のリスク評価では、10 万人が 0 歳から 70 歳まで一定濃度のアスベストを吸い続けた場合に、人々が様々な年齢で、様々な死因で亡くなるなかでの過剰死亡数を算出している。年齢によりアスベストの発がん性に対する感受性が異なりうることは、過剰発がんの見積り人数に含まれているため、今回行うリスク評価において年齢補正の必要はない。

Hughes の論文によるアスベストによる肺がんと中皮腫をあわせたユニットリスクは、 4.0×10^{-1} per (本/mL) で、空気 1L 当たり 0.025 本に生涯毎日ばく露すると、10 万人に 1 人の過剰発がんがみられる。この場合の総ばく露量は、 $0.025 \times 24 \times 365 \times 70 = 15,330$ 本/L・時間になる。

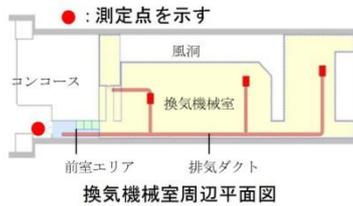
WHO の報告では、ユニットリスクが 2.2×10^{-1} per (本/mL) で、空気 1L 当たり 0.045 本 (= $0.1 \div 2.2$) になる。これに生涯毎日ばく露した 10 万人から 1 人過剰発がんが観察されるばく露量は、27,594 本/L・時間になる。

したがって、Hughes と WHO と USEPA の見積もりに当てはめて試算すると、図表 4-2 「換気機械室前に常時いた場合のリスクの試算値」に示すとおり、10 万人当たりの過剰発がんは、Hughes の見積もりでは 1.12 人、WHO では 0.62 人、USEPA では 0.65 人になる。

3つの方法による見積もりで、10 万人当たりの過剰の生涯発がん数は、2 倍の違いがあるが、大差はないと考えられる。

ばく露量の試算

12月12日8:30~翌13日17:05の間、換気機械室前の測定点(高さ1.0m)にずっと滞在したと仮定した場合の総ばく露量を試算



測定地点写真

区分		時間 [Hr]	ポアソン分布 95% 上限濃度 [本/L]	ばく露量 [(本/L)・Hr]
12月	8:30-18:00	9.50	1,300	12,350.0
12日	18:00-24:00	6.00	130	780.0
12月	0:00- 8:30	8.50	130	1,105.0
	8:30-10:10	1.67	1,300	2,171.0
13日	10:10-16:05	5.92	130	769.6
	16:05-17:05	1.00	9.4	9.4
計		-	-	17,185.0

リスクの試算値 (肺がん・中皮腫合計)

評価方法		総ばく露量 [(本/L)・Hr]	生涯過剰発がんリスク	10万人当たり生涯発がん数 [人]
HughesJM (ヒューズ)	—	15,330.0	1.0×10^{-5}	1.00
	試算値	17,185.0	1.12×10^{-5}	1.12
USEPA (米国環境保護庁)	—	26,367.6	1.0×10^{-5}	1.00
	試算値	17,185.0	0.65×10^{-5}	0.65
WHO (世界保健機構)	—	27,594.0	1.0×10^{-5}	1.00
	試算値	17,185.0	0.62×10^{-5}	0.62

図表 4-2 換気機械室前に常時いた場合のリスクの試算値

イ 駅周辺におけるばく露量

六番町駅構外へのアスベスト飛散経路としては地上にある駅換気塔からの飛散と地下2階ホームからトンネルを通過して中間換気所(大宝換気

所及び六番町換気所)からの飛散が考えられる。よって、駅周辺への影響を検証するために、ありえない仮定ではあるが図4-3に示す駅換気塔の排出口の場所(I)にずっと滞在していた場合と、ホームの両端の場所(II、III)にずっと滞在していた場合のアスベストの総ばく露量を試算し、駅周辺における生涯過剰発がんリスクを確認する。

ばく露量を試算する位置は、図4-3に示す駅換気塔排気口(I)、日比野駅方ホームの端(II)及び東海通駅方ホームの端(III)とする。対象とする時間帯は、アスベスト除去工事を開始した12月12日8時30分から、該当位置でのアスベスト濃度が0.1本/L以下となるまでの時刻とした。

「駅換気塔排気口(I)」は、12月14日1時30分までずっと滞在したと仮定した場合の総ばく露量を試算した。

「日比野駅方ホームの端(II)」及び「東海通駅方ホームの端(III)」は12月13日17時30分までずっと滞在したと仮定した場合の総ばく露量を試算した。

濃度は、場所(I~III)ごとのアスベスト総排出量を断面積で除したものを採用した。

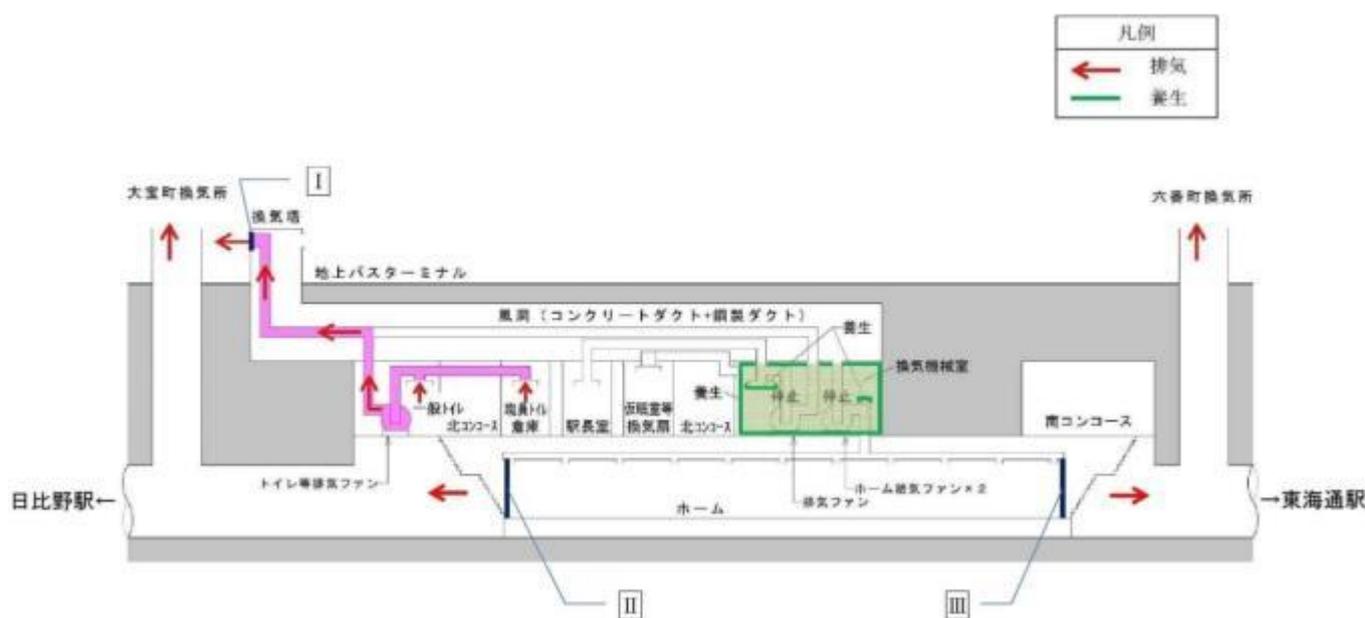


図4-3 アスベスト濃度試算位置図

12月12日8時30分から1時間毎に時間帯を区分し、濃度を時刻9時、10時、・・・と1時間ごと代表値として抽出する。その抽出した濃度に1時間に乗じて、1時間あたりのばく露量を算出した。

総ばく露量は、表4-2に示すとおり、Iは14日2時、IIとIIIは、13日の18時の時点で0.1本/L以下の濃度となるため、その前の時間帯

まで (Ⅰは 14 日 1 時、ⅡとⅢは 13 日 17 時) のばく露量を合計した。

その結果、場所ごとの総ばく露量は、駅換気塔排気口 (Ⅰ) は 1,110.6 本/L・時間、日比野駅方ホームの端 (Ⅱ) は 1,074.1 本/L・時間、東海通駅方ホームの端 (Ⅲ) は 283.2 本/L・時間となった。

表 4-2 アスベスト濃度と総ばく露量

時間帯	滞在時間 [Hr]	時刻	Ⅰ 駅換気塔排気口		Ⅱ 日比野駅方ホームの端		Ⅲ 東海通駅方ホームの端	
			濃度 [本/L]	ばく露量 [(本/L)・Hr]	濃度 [本/L]	ばく露量 [(本/L)・Hr]	濃度 [本/L]	ばく露量 [(本/L)・Hr]
12 日 8:30 ~ 9:30	1.0	9:00	0.0	0.0	73.1	73.1	20.3	20.3
12 日 9:30 ~ 10:30	1.0	10:00	29.1	29.1	75.2	75.2	25.2	25.2
12 日 10:30 ~ 11:30	1.0	11:00	26.7	26.7	75.8	75.8	26.1	26.1
12 日 11:30 ~ 12:30	1.0	12:00	27.2	27.2	75.6	75.6	25.8	25.8
12 日 12:30 ~ 13:30	1.0	13:00	31.2	31.2	76.7	76.7	19.7	19.7
12 日 13:30 ~ 14:30	1.0	14:00	32.1	32.1	75.0	75.0	20.1	20.1
12 日 14:30 ~ 15:30	1.0	15:00	31.9	31.9	78.1	78.1	21.6	21.6
12 日 15:30 ~ 16:30	1.0	16:00	29.2	29.2	78.8	78.8	20.7	20.7
12 日 16:30 ~ 17:30	1.0	17:00	30.7	30.7	80.3	80.3	19.9	19.9
12 日 17:30 ~ 18:30	1.0	18:00	29.7	29.7	74.6	74.6	28.7	28.7
12 日 18:30 ~ 19:30	1.0	19:00	19.0	19.0	8.0	8.0	1.1	1.1
12 日 19:30 ~ 20:30	1.0	20:00	46.6	46.6	9.6	9.6	0.5	0.5
12 日 20:30 ~ 21:30	1.0	21:00	40.0	40.0	6.4	6.4	0.3	0.3
12 日 21:30 ~ 22:30	1.0	22:00	37.3	37.3	8.9	8.9	0.4	0.4
12 日 22:30 ~ 23:30	1.0	23:00	36.1	36.1	6.1	6.1	0.4	0.4
12 日 23:30 ~ 0:30	1.0	0:00	35.7	35.7	8.0	8.0	0.3	0.3
13 日 0:30 ~ 1:30	1.0	1:00	35.4	35.4	8.6	8.6	0.5	0.5
13 日 1:30 ~ 2:30	1.0	2:00	36.0	36.0	8.3	8.3	0.4	0.4
13 日 2:30 ~ 3:30	1.0	3:00	36.2	36.2	8.3	8.3	0.4	0.4
13 日 3:30 ~ 4:30	1.0	4:00	36.2	36.2	8.2	8.2	0.4	0.4
13 日 4:30 ~ 5:30	1.0	5:00	36.2	36.2	8.3	8.3	0.5	0.5
13 日 5:30 ~ 6:30	1.0	6:00	35.7	35.7	6.2	6.2	0.3	0.3
13 日 6:30 ~ 7:30	1.0	7:00	35.5	35.5	8.3	8.3	0.3	0.3
13 日 7:30 ~ 8:30	1.0	8:00	35.5	35.5	8.6	8.6	0.4	0.4
13 日 8:30 ~ 9:30	1.0	9:00	41.0	41.0	73.2	73.2	21.2	21.2
13 日 9:30 ~ 10:30	1.0	10:00	32.2	32.2	75.3	75.3	24.8	24.8
13 日 10:30 ~ 11:30	1.0	11:00	19.5	19.5	10.0	10.0	0.9	0.9
13 日 11:30 ~ 12:30	1.0	12:00	47.7	47.7	9.7	9.7	0.3	0.3
13 日 12:30 ~ 13:30	1.0	13:00	40.6	40.6	7.8	7.8	0.2	0.2
13 日 13:30 ~ 14:30	1.0	14:00	37.8	37.8	7.4	7.4	0.4	0.4
13 日 14:30 ~ 15:30	1.0	15:00	36.6	36.6	7.7	7.7	0.4	0.4
13 日 15:30 ~ 16:30	1.0	16:00	36.1	36.1	7.8	7.8	0.5	0.5
13 日 16:30 ~ 17:30	1.0	17:00	30.2	30.2	0.2	0.2	0.2	0.2
13 日 17:30 ~ 18:30	1.0	18:00	11.4	11.4	0.1	-	0.1	-
13 日 18:30 ~ 19:30	1.0	19:00	4.4	4.4	0.1	-	0.1	-
13 日 19:30 ~ 20:30	1.0	20:00	1.8	1.8	0.1	-	0.1	-
13 日 20:30 ~ 21:30	1.0	21:00	0.9	0.9	0.1	-	0.1	-
13 日 21:30 ~ 22:30	1.0	22:00	0.5	0.5	0.1	-	0.1	-
13 日 22:30 ~ 23:30	1.0	23:00	0.3	0.3	0.1	-	0.1	-
13 日 23:30 ~ 0:30	1.0	0:00	0.2	0.2	0.1	-	0.1	-
14 日 0:30 ~ 1:30	1.0	1:00	0.2	0.2	0.1	-	0.1	-
14 日 1:30 ~ 2:30	1.0	2:00	0.1	-	0.1	-	0.1	-
総ばく露量 [(本/L)・Hr]			1,110.6		1,074.1		283.2	

それぞれの総ばく露量にもとづく、リスクの試算値を Hughes JM ら、

USEPA、WHO の 3 つの評価方法により算出した。

10 万人あたり生涯発がん数について、表 4-3 に示すとおり、試算値Ⅰ（駅換気塔排気口）は、0.05 人から 0.08 人、試算値Ⅱ（日比野駅方ホーム端）は、0.04 人から 0.08 人、試算値Ⅲ（東海通駅方ホーム端）は 0.02 人となった。

表 4-3 駅周辺におけるリスクの試算値

評価方法		総ばく露量 [(本/L)・Hr]	生涯過剰 発がんリスク	10 万人あたり 生涯発がん数[人]
Hughes JM (ヒューズ)	—	15,330.0	1.00×10^{-5}	1.00
	試算値Ⅰ	1,110.6	0.08×10^{-5}	0.08
	試算値Ⅱ	1,074.1	0.08×10^{-5}	0.08
	試算値Ⅲ	283.2	0.02×10^{-5}	0.02
USEPA (米国環境保護庁)	—	26,367.6	1.00×10^{-5}	1.00
	試算値Ⅰ	1,110.6	0.05×10^{-5}	0.05
	試算値Ⅱ	1,074.1	0.05×10^{-5}	0.05
	試算値Ⅲ	283.2	0.02×10^{-5}	0.02
WHO (世界保健機構)	—	27,594.0	1.00×10^{-5}	1.00
	試算値Ⅰ	1,110.6	0.05×10^{-5}	0.05
	試算値Ⅱ	1,074.1	0.04×10^{-5}	0.04
	試算値Ⅲ	283.2	0.02×10^{-5}	0.02

(3) 対象者

ア 駅利用者

アスベストの漏えいがあった可能性のある 12 月 12 日の 8 時から翌 13 日の 18 時 30 分までの時間帯に六番町駅を利用した人を対象とした。表 4-4 に漏えい時における駅利用者数の推計を示す。

券種により、ICカードの利用者、磁気券の利用者、有人改札口の利用者に分類した。ICカードの利用者は、カードの番号識別により、番号が重複するものを 1 回として利用人数を推計した。また、磁気券利用者数は、複数回利用等の特定はできないため、改札機を通過した人数とした。なお、自動改札機を通過しない有人の改札口を利用した人は、平成 24 年の調査結果を平均した数値から 84 人と推計された。

表 4-4 アスベスト漏えい時における駅利用者数の推計

単位：人			
券種	人数	改札	人数
ICカード利用者	7,545	北改札	4,872
		南改札	6,223
磁気券利用者	5,364	北改札	2,030
		南改札	3,334
有人改札口利用者	84		
計	12,993		

イ 職員

(ア) 駅職員

事故が発生した12月12日及び翌13日に勤務した20人の駅業務を行う職員を対象とした。

勤務した20人のうち13人は通常の駅業務を行う職員であり、残りの7人は、六番町駅でアスベスト事故が発生したため、他の駅から現場対応するために応援に駆け付けた職員や、各駅を巡回して事務業務を行う職員である。

(イ) 監督員

事故が発生した12月12日及び翌13日にアスベスト除去工事の監督業務として現場の確認作業等や気中濃度測定の作業を行った監督員を対象とした。

(4) ばく露量の推定方法

ア 駅利用者

駅構内の一般的な利用方法から行動モデルを想定して、その該当場所のアスベスト濃度と滞在時間を乗じてばく露量を算出した。

ばく露量の算出は、以下の手順により行った。

(ア) アスベスト濃度

駅構内を14箇所に分け、区分ごとにアスベスト濃度（1時間毎の時刻の最大値）を求めた。

(イ) 滞在時間

一般的な駅利用方法から行動モデルを想定し、歩行速度や利用・待ち時間から滞在時間・滞在場所を設定した。

イ 職員

勤務記録等から滞在場所・時間を特定し、その該当場所のアスベスト濃度と滞在時間を乗じてばく露量を算出した。

ばく露量の算出は、以下の手順により行った。

(ア) アスベスト濃度

駅構内を14区分し、各区分のアスベスト濃度（1時間毎の時刻の最大値）を求めた。（駅利用者と同じ）

(イ) 滞在時間

職員の滞在時間・勤務場所は通常業務のシフト表（前勤、後勤、泊勤）やヒヤリング結果による。

監督員の滞在時間・勤務場所は、ヒヤリング結果を用いた。

(5) ばく露量の算出方法

4章(4)項ア(イ)及び4章(4)項イ(イ)で述べた、算出手順の具体的な方法を以下に示す。

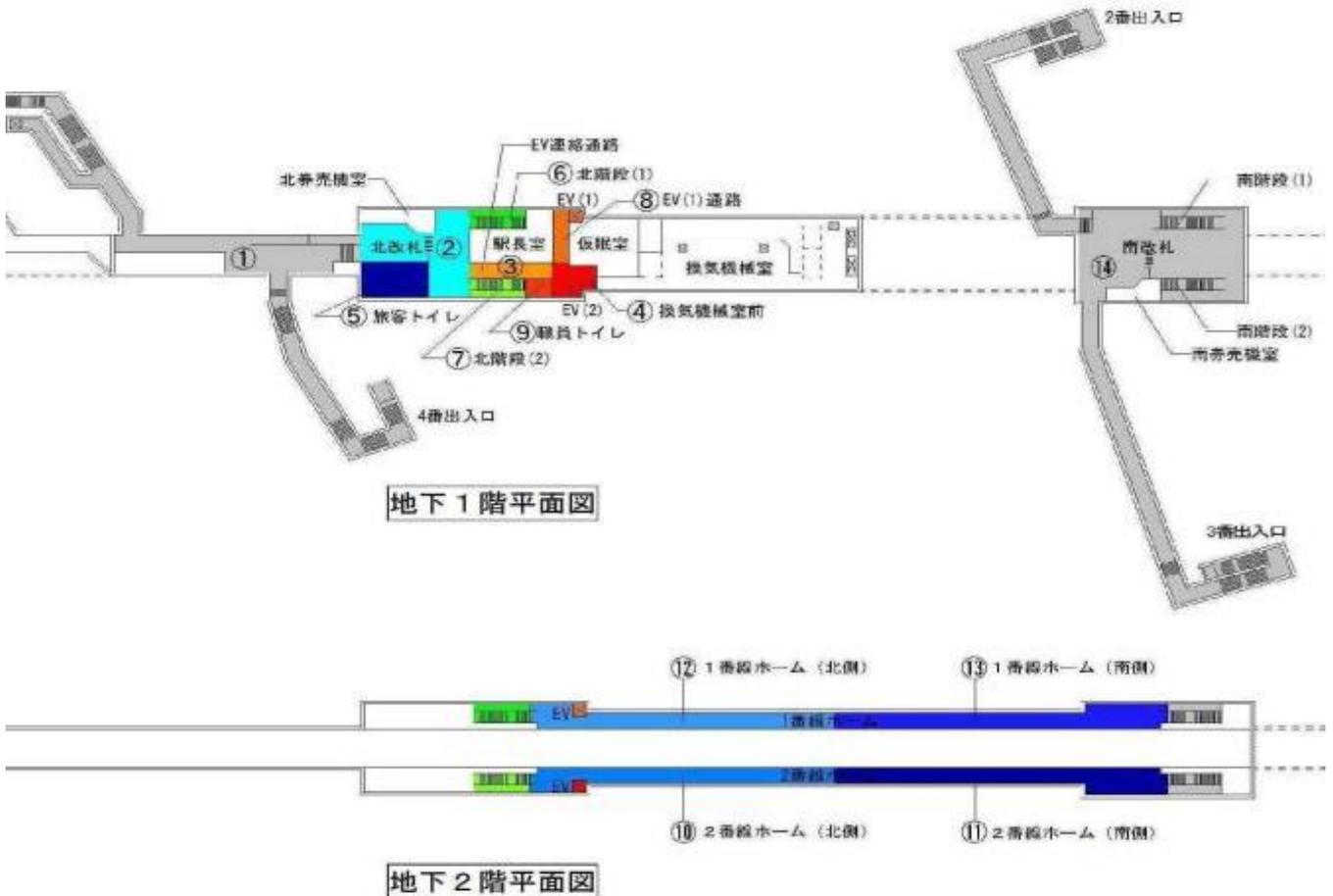
ア 駅利用者

(ア) 駅構内を14箇所に分け、区分ごとにアスベスト濃度(1時間毎の時刻の最大値)を求めた。

駅構内の区分けは、アスベスト拡散シミュレーションの結果をもとに、濃度分布が大きく変遷する部分あるいは、駅利用の目的で滞在することが見込まれる場所を踏まえ、図表4-4に示す14箇所に分け設定した。

凡例

	区分	場所	区分	場所	区分	場所
地下1階	①	北出入口	②	北改札口	③	EV連絡通路
	④	換気機械室前	⑤	旅客トイレ	⑥	北階段(1)
	⑦	北階段(2)	⑧	EV(1)通路	⑨	職員トイレ
地下2階	⑩	2番線ホーム(北側)	⑪	2番線ホーム(南側)	⑫	1番線ホーム(北側)
	⑬	1番線ホーム(南側)	⑭	南階段・南改札口・南出入口		



図表4-4 アスベスト濃度の駅構内区分

各区分の濃度は、アスベスト拡散シミュレーション結果から、各区分内で最大となるアスベスト濃度を表4-5に示す指定時刻ごとに算出して採用した。

表4-5 アスベスト濃度を抽出する指定時刻

日付	時刻														
12月12日	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
13日	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00						
14日	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00						

また、呼吸域高さは乳幼児を0.7m、子供を1.0m、大人を1.2m及び1.6mと想定し、呼吸域高さに応じてアスベスト濃度を抽出した。

(イ) 一般的な駅利用方法から行動モデルを想定し、歩行速度や利用・待ち時間から滞在時間・滞在场所を設定した。

行動モデルは、一般的な駅利用方法として、表4-6に示す北改札を利用する行動モデル及び南改札を利用する行動モデルの16パターンを設定した。

北改札を利用する行動モデルは、1番・4番出入口、またはエレベーター(EV)出入口の3か所あり、コンコースからホームへの昇降の経路には、階段(北階段(1)・北階段(2))又はエレベーター(EV(1)・EV(2))の4か所あり、組み合わせて12パターン(北-A~北-L)とした。

南改札を利用する行動モデルは2番・3番出入口の2か所あり、コンコースからホームへの昇降の経路には、階段(南階段(1)・南階段(2))の2か所あり、組み合わせて4パターン(南-A~南-D)とした。

表4-6 設定した駅利用者の行動モデル

記号	行動モデル				
北-A	1番出入口 [96.6m]	→	北改札 [24.0m]	→	北階段(1) [12.4m] → 1番線ホーム(北側) [58.0m]
北-B	〃	→	〃	→	北階段(2) [12.4m] → 2番線ホーム(北側) [58.6m]
北-C	〃	→	〃	→	EV(1) [29.3m] → 1番線ホーム(北側) [58.0m]
北-D	〃	→	〃	→	EV(2) [21.5m] → 2番線ホーム(北側) [58.6m]
北-E	4番出入口 [80.6m]	→	〃	→	北階段(1) [12.4m] → 1番線ホーム(北側) [58.0m]
北-F	〃	→	〃	→	北階段(2) [12.4m] → 2番線ホーム(北側) [58.6m]
北-G	〃	→	〃	→	EV(1) [29.3m] → 1番線ホーム(北側) [58.0m]
北-H	〃	→	〃	→	EV(2) [21.5m] → 2番線ホーム(北側) [58.6m]
北-I	EV出入口 [82.8m]	→	〃	→	北階段(1) [12.4m] → 1番線ホーム(北側) [58.0m]
北-J	〃	→	〃	→	北階段(2) [12.4m] → 2番線ホーム(北側) [58.6m]
北-K	〃	→	〃	→	EV(1) [29.3m] → 1番線ホーム(北側) [58.0m]
北-L	〃	→	〃	→	EV(2) [21.5m] → 2番線ホーム(北側) [58.6m]
南-A	2番出入口 [121.2m]	→	南改札 [32.0m]	→	南階段(1) [11.7m] → 1番線ホーム(南側から北側へ) [97.1m]
南-B	〃	→	〃	→	南階段(2) [11.7m] → 2番線ホーム(南側から北側へ) [94.5m]
南-C	3番出入口 [132.6m]	→	〃	→	南階段(1) [11.7m] → 1番線ホーム(南側から北側へ) [97.1m]
南-D	〃	→	〃	→	南階段(2) [11.7m] → 2番線ホーム(南側から北側へ) [94.5m]

また、歩行速度は、表 4-7 による呼吸域高さ（大人、子供、乳幼児）別に男性、女性ごとに分類して設定した。

これらの歩行速度の設定にあたり乳幼児は、乳母車（ベビーカー）に乗っていると想定し、大人で最も遅い 70 歳女性の歩行速度で押ししていると設定した。

また、階段部の歩行速度は、水平部の歩行速度より 10m/分程度遅くなることから、水平部の歩行速度より 10m/分減じた。

利用・待ち時間は、「切符購入」、「トイレの利用」「エレベーターの待ち時間」、「列車の待ち時間」があると想定した。各々の利用待ち時間を表 4-8 に示す。

なお「切符購入」、「トイレの利用」、「エレベーターの待ち時間」の時間は、六番町駅における駅利用者の実測値であり、列車の待ち時間は、昼間時の最大列車間隔とした。

表 4-7 駅利用者の年齢及び性別による歩行速度

対象者 ()内は呼吸域高さ	年齢定義	歩行速度(女性)		歩行速度(男性)	
		水平部	階段部	水平部	階段部
大人 (1.2m, 1.6m)	20歳	85m/分	75m/分	100m/分	90m/分
	70歳	50m/分	40m/分	70m/分	60m/分
子供 (1.0m)	6歳	55m/分	45m/分	70m/分	60m/分
乳幼児 (0.7m)	乳母車乗車	50m/分	40m/分	70m/分	60m/分

※参考文献：社団法人日本建築学会．建築設計資料集成 1．東京，1960，p42

表 4-8 滞在時間（利用・待ち時間）

対象者(()内は呼吸域高さ)	切符購入	トイレ利用	エレベーター待ち時間	列車の待ち時間
大人 (1.2m, 1.6m)、子供 (1.0m)、乳幼児 (0.7m)	3分	5分	1分	10分
	北・南	北	北	北・南

イ 職員

(ア) 駅構内を 14 箇所に分け、区分ごとにアスベスト濃度（1 時間毎の時刻の最大値）を求めた。

4 章（5）項アの駅利用者（ア）に同じであった。

なお、アスベスト拡散シミュレーションの対象外の場所は、以下の区分の濃度に適用した。

仮眠室、北券売機室及び南券売機室は、その室への出入口扉が接する場所の濃度を採用した。

駅長室は、駅長室への出入口扉が②（北改札口）、③（エレベーター連絡通路）、⑧（エレベーター（1）通路）の 3 箇所接しているため、

各領域のアスベスト濃度に実測した扉の開閉回数に応じた②60%、③22%、⑧18%で加重平均した濃度とした。

換気機械室内（セキュリティーゾーン外部）は、アスベスト漏えい源の換気機械室扉ガラリの内側であることから、ガラリからのアスベスト発生濃度（9,612本/L、508本/L）を採用した。

駅構外の換気塔周辺は、駅換気塔排気口の濃度を採用した。

（イ）職員の滞在時間・勤務場所は通常業務（前勤、後勤、泊勤）やヒヤリング結果による。

通常業務をしていた駅職員の滞在時間及び勤務場所は、シフト表（前勤・後勤・泊勤）により特定した。

なおシフトは、以下の3通りに分かれている。

- ・前勤(7時30分から16時30分の9時間勤務)
- ・後勤(13時から22時の9時間勤務)
- ・泊勤(21時45分から翌8時45分の11時間勤務)

また、表4-9に示すように各シフトの中にも複数の業務パターンがあり、例えば前勤における午前中の業務では、北改札又は南改札で乗客の対応をすること、ホームにて乗客の整理をするというように分かれている。

表 4-9 通常業務による駅職員による滞在時間及び勤務場所

(1) 前勤 (7:30~16:30) の場合

単位：分

時刻	7:30	7:45	8:30	8:45	9:00	9:30	10:00	11:00	12:00	13:00	13:15	14:00	14:30	15:00	16:00	
時間	15	45	15	15	30	30	60	60	60	15	45	30	30	60	30	
前勤 1	業務 点呼	南案内 南出札室	南案内 南出札室	南案内 南出札室	北案内 北出札室	南案内 南出札室	南案内 南出札室	休憩	南案内 南出札室	南案内 南出札室	南案内 北券売機	精算	事務	南案内 南出札室	点呼等	
前勤 2	場所 点呼	北案内 北出札室	北案内 北出札室	北案内 北出札室	南案内 南出札室	南案内 南出札室	休憩	南案内 南出札室	休憩	南案内 南出札室	南案内 南出札室	南案内 南出札室	南案内 南出札室	南案内 南出札室	南案内 南出札室	駅長室
前勤 3	業務 北案内	事務	ホ一ム北	事務	事務	事務	休憩	監視	監視	北精算	事務	事務	事務	事務	事務	点呼等
場所	北出札室	駅長室	ホ一ム北	駅長室	駅長室	駅長室	駅長室	駅長室	駅長室	北出札室	駅長室	駅長室	駅長室	駅長室	駅長室	駅長室

(2) 後勤 (13:00~22:00) の場合

単位：分

時刻	13:00	13:15	13:30	14:00	14:30	15:00	16:00	17:00	18:00	18:30	19:00	20:00	20:15	21:00	21:45	
時間	15	15	30	30	30	60	60	60	30	30	60	15	45	45	15	
後勤 1	業務 点呼	南案内 南出札室	南案内 南出札室	清掃	清掃	監視	休憩	南案内 南出札室	北案内 北出札室	北案内 北出札室	南案内 南出札室	監視	監視	南案内 南出札室	点呼	
後勤 2	場所 点呼	北案内 北出札室	南案内 南出札室	南案内 南出札室	南案内 南出札室	南案内 南出札室	南案内 南出札室	駅長室								
後勤 3	業務 点呼	南案内 南出札室														
場所	北案内 北出札室	南案内 南出札室														

(3) 泊勤 (21:45~翌 8:45) の場合

単位：分

時刻	21:45	22:00	22:15	23:15	23:45	0:30	1:00	5:00	5:30	6:30	7:00	7:45	8:30
時間	15	15	60	30	45	30	240	30	60	30	45	45	15
泊勤 1	業務 点呼	南案内 南出札室	南案内 南出札室	監視	南案内 南出札室	閉門等	仮眠等	閉門等	南案内 南出札室	監視	南案内 南出札室	ホ一ム	点呼
泊勤 2	場所 南案内	北案内 北出札室											
業務	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内
場所	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内	南案内

また、通常業務をしていた駅職員は、職員トイレ利用を想定した。休憩時間の駅長室滞在時間を5分減らし、職員トイレの滞在時間を5分増やし設定した。トイレの利用を想定したのは、職員トイレにおけるアスベスト濃度が駅長室よりも高く、より安全側に立ってリスク値を算定するためである。なお、滞在時間は駅職員の実際の利用状況を確認して5分に設定した。

該当する駅職員は、駅職員AからMの13名である。表4-10に駅職員別に11日から13日の勤務シフト別及びばく露時間の合計を示す。

ばく露時間は、アスベスト除去作業開始の12日8時30分以降で算出した。11日泊勤の駅職員Lは、8時30分から8時45分の15分と少ないが、その他の駅職員は、おおむね9時間から18時間であった。

表4-10 通常業務をしていた駅職員のばく露時間

駅職員	勤務シフト			ばく露時間 合計
	11日	12日	13日	
A	-	-	前勤1	9時間00分
B	-	後勤2	-	9時間00分
C	-	前勤1	後勤2	17時間00分
D	-	前勤2	前勤1	17時間00分
E	-	前勤3	前勤3	17時間00分
F	-	後勤3	後勤3	18時間00分
G			泊勤1	11時間00分
H	-	後勤1	後勤1	18時間00分
I	泊勤1	泊勤1	-	11時間15分
J	-	泊勤2	-	11時間00分
K	-	後勤2	-	9時間00分
L	泊勤2	-	-	15分
M	-	-	前勤2	9時間00分

通常業務以外の駅職員（各駅の巡回業務、六番町駅でアスベスト漏えい事故が発生したことによる応援等）は、駅職員NからTの7名であり、表4-1-1に職員別に12日から翌13日の業務内容及びばく露時間の合計を示す。

ばく露時間は、駅職員P、Q、R、S、Tの5名は、1時間以下であるが、駅職員Nは6時間30分、駅職員Oは9時間と通常業務の駅職員と同程度の駅職員もいる。

表4-1-1 通常業務以外の駅職員の業務内容及びばく露時間

駅職員	時間帯	業務内容		勤務場所	ばく露時間 合計
		12日	13日		
N	15:00～15:30	事務		駅長室	6時間30分
	11:00～12:00		現場対応	換気機械室前	
	13:00～17:00		事務	駅長室	
	17:00～18:00		現場対応	換気機械室前	
O	11:00～12:00		現場対応	換気機械室前	9時間00分
	12:00～13:00		補助	駅長室	
	13:00～13:30		掃除	換気機械室前	
	13:30～20:00		補助	駅長室	
P	19:06～19:13		事務	駅長室	7分
Q	20:00～20:30		現場対応	換気機械室前	1時間00分
	20:30～21:00		事務	駅長室	
R	11:00～12:00		現場対応	換気機械室前	1時間00分
S	19:06～19:13	事務		駅長室	7分
T	14:00～14:30	事務		駅長室	30分

監督員は、アスベスト除去工事の監督業務として現場の確認作業等や
 気中濃度測定の仕事を行った人である。

該当する監督員は、監督員 a から f の 6 名であった。表 4-12 に監督員別に 12 日から翌 13 日の業務内容及びばく露時間の合計を示す。なお、監督員の滞在時間・勤務場所はヒヤリング結果を用いた。

表 4-12 監督員の業務内容及びばく露時間

監督員	時間帯	業務内容		勤務場所	ばく露時間 合計
		12 日	13 日		
a	9:50~10:00	確認作業		換気機械室内	4 時間 14 分
	17:26~17:30		確認作業	換気機械室内	
	17:30~18:07		確認作業	換気機械室前	
	18:07~18:18		確認作業	換気機械室内	
	18:18~18:30		確認作業	換気機械室前	
	18:30~18:33		確認作業	換気機械室内	
	18:33~19:50		確認作業	換気機械室前	
	23:30~25:10		確認作業	換気機械室前	
b			確認作業	換気機械室内	2 時間 09 分
			確認作業	換気機械室前	
			確認作業	換気機械室前	
c			測定作業等	換気機械室前	3 時間 25 分
			測定作業等	換気塔周辺	
			測定作業等	換気機械室前	
			測定作業等	換気塔周辺	
			測定作業等	換気機械室前	
d		測定作業等		換気塔周辺	50 分
		測定作業等		換気機械室前	
		測定作業等		換気塔周辺	
		測定作業等		換気機械室前	
e			測定作業等	換気機械室前	1 時間 00 分
			測定作業等	換気機械室内	
			測定作業等	換気機械室前	
			測定作業等	換気塔周辺	
			測定作業等	換気機械室前	
f		測定作業等		換気塔周辺	4 時間 00 分
		測定作業等		換気機械室前	
		測定作業等		換気塔周辺	
		測定作業等		換気機械室前	
			測定作業等	換気機械室前	
			測定作業等	換気塔周辺	
			測定作業等	換気機械室前	
			測定作業等	換気塔周辺	

監督員 a、b 及び e は、換気機械室内（セキュリティーゾーン外部）
 に確認作業などの業務で滞在した時間帯がある。

(6) ばく露量の推定値

ア 駅利用者

表4-13に駅利用者の行動モデル（北-Aから北-Lの12パターン、南-Aから南-Dの4パターン）毎の総ばく露量を示す。

表4-13 総ばく露量の推定値

	行動モデル							総ばく露量 [(本/L)・Hr]※				
	出入口	昇降 コンコース→ホーム	ホーム	利用・待ち時間				滞在時間 合計	大人 1.6m	大人 1.2m	子供 1.0m	乳幼児 0.7m
				切符 購入	トイレ 利用	EV 待ち	列車 待ち		女性70歳	女性70歳	女性6歳	乳母車乗車
歩行速度：大人50m/分、子供55m/分				3分	5分	1分	10分					
北-A	1番	北階段(1)	1番線	○	○		○	22分	110	150	160	214
北-B		北階段(2)	2番線	○	○		○	22分	128*	145	153	207
北-C		EV(1)	1番線	○	○	○	○	23分	116	166	195	292
北-D		EV(2)	2番線	○	○	○	○	23分	134*	162	211	330
北-E	4番	北階段(1)	1番線	○	○		○	22分	110	150	160	214
北-F		北階段(2)	2番線	○	○		○	22分	128*	145	153	206
北-G		EV(1)	1番線	○	○	○	○	23分	115	166	194	292
北-H		EV(2)	2番線	○	○	○	○	23分	134*	162	211	330
北-I	EV	北階段(1)	1番線	○	○		○	22分	110	150	160	214
北-J		北階段(2)	2番線	○	○		○	22分	128*	145	153	206
北-K		EV(1)	1番線	○	○	○	○	23分	115	166	194	292
北-L		EV(2)	2番線	○	○	○	○	23分	134*	162	211	330
南-A	2番	南階段(1)	1番線	○			○	18分	94	128	133	139
南-B		南階段(2)	2番線	○			○	18分	110*	122	125	130
南-C	3番	南階段(1)	1番線	○			○	18分	94	128	133	139
南-D		南階段(2)	2番線	○			○	18分	110*	122	125	130

※ 総ばく露量が、指定時刻(表4-5)で最大値となった12月12日17:00の数値を記載した。但し、*の部分は、12月12日16:00が最大であったためその値を記載した。

表4-13の赤線の枠内には、各行動モデルを一覧としてまとめている。駅構内での駅利用者の滞在時間は、北改札を利用したモデルは約22から23分、南改札を利用したモデルは、約18分であった。

行動モデルは歩行速度が遅く、アスベスト吸入量が相対的に多くなりうる高齢者や子ども連れ、すなわち70歳の女性(呼吸域高さ1.6m、1.2m)、6歳の子供(女性)(呼吸域高さ1.0m)、乳母車(ベビーカー)乗車の乳幼児(呼吸域高さ0.7m)の4パターンを想定し、それぞれの総ばく露量を求めた。安全側にたってリスク値を算定するべく滞在時間が最も長くなるよう性別及び年齢を設定した。表4-13の青線の枠内には、総ばく露量を行動モデルごとに、最大となった数値である。

総ばく露量は、北改札を利用したモデルが南改札を利用したモデルより高い。南改札を利用したモデルのばく露量が少ないのは、トイレ利用・エレベーター利用がないため滞在時間が短いこと、南コンコース階のアスベスト濃度が低いためである。

北改札を利用したモデルのうち、総ばく露量が高いのは、コンコースからホームへの昇降にエレベーターを利用したモデルである。これは、エレベーター付近は、アスベストが漏えいした場所（換気機械室）に近く、アスベスト濃度が高いためである。

各行動パターンでの総ばく露量の最大値は、以下の通りである。

- ・大人 (1.6m) : 134 本/L・時間 [北-D・H・L]
- ・大人 (1.2m) : 166 本/L・時間 [北-C・G・K]
- ・子供 (1.0m) : 211 本/L・時間 [北-D・H・L]
- ・乳幼児 (0.7m) : 330 本/L・時間 [北-D・H・L]

呼吸域の高さが低い方 (0.7m) が、アスベスト濃度が高く総ばく露量は高くなる結果となった。

イ 職員

表 4-14 に通常業務をしていた駅職員 13 名の勤務場所と滞在時間並びに総ばく露量を示す。

表 4-14 通常業務をしていた駅職員の総ばく露量

駅職員	勤務場所と滞在時間						滞在時間 合計	総ばく露量 [(本/L)・Hr]
	駅長室	南出札室	北出札室	駅構内	ホーム	職員トイレ		
A	4時間40分	3時間00分	1時間15分	0分	0分	5分	9時間00分	837.5
B	4時間40分	3時間15分	1時間00分	0分	0分	5分	9時間00分	2374.6
C	7時間35分	6時間30分	2時間45分	0分	0分	10分	17時間00分	2622.4
D	8時間20分	7時間30分	1時間00分	0分	0分	10分	17時間00分	4123.2
E	15時間35分	0分	45分	30分	0分	10分	17時間00分	7255.6
F	16時間20分	0分	0分	1時間30分	0分	10分	18時間00分	4135.2
G	4時間40分	3時間30分	0分	2時間00分	45分	5分	11時間00分	1.1
H	9時間50分	7時間00分	1時間00分	0分	0分	10分	18時間00分	2964.3
I	4時間55分	3時間30分	0分	2時間00分	45分	5分	11時間15分	1903.5
J	8時間25分	1時間30分	1時間00分	0分	0分	5分	11時間00分	2048.2
K	4時間40分	3時間15分	1時間00分	0分	0分	5分	9時間00分	2374.6
L	15分	0分	0分	0分	0分	0分	15分	150.9
M	4時間40分	3時間00分	1時間15分	0分	0分	5分	9時間00分	1033.2

通常業務をしていた駅職員 13 名が主に滞在していた場所は、「駅長室」や「北・南出札室」であった。表 4-14 の総ばく露量は、通常業務における勤務場所のアスベスト濃度に滞在時間を乗じた値である。

総ばく露量は、駅職員 E の 7,255.6 本/L・時間が最も高かった。総ばく露時間が同じ駅職員でも滞在場所や滞在した時間帯等が原因で総ばく露量には大差があった。(1.1 本/L・時間から 7,255.7 本/L・時間)

次に、通常業務以外の行動をしていた駅職員の総ばく露量を表 4 - 1 5 に示す。

表 4 - 1 5 通常業務以外の行動をしていた駅職員の総ばく露量

駅職員	勤務場所と滞在時間		滞在時間 合計	総ばく露量 [(本/L)・Hr]
	駅長室	換気 機械室前		
N	4 時間 30 分	2 時間 00 分	6 時間 30 分	1170.1
O	7 時間 30 分	1 時間 30 分	9 時間 00 分	1132.9
P	7 分	0 分	7 分	0.2
Q	30 分	30 分	1 時間 00 分	0.3
R	0 分	1 時間 00 分	1 時間 00 分	373.5
S	7 分	0 分	7 分	21.8
T	30 分	0 分	30 分	80.2

総ばく露量は、通常業務をしていた駅職員ほどではないものの、事故判明直後の時間（13 日 11 時から 12 時）に換気機械室前で現場対応にあたった駅職員 N、O 及び R が他の職員と比較して多かった。

また、滞在時間が長い駅職員 N 及び O の総ばく露量はそれぞれ、1,132.9 本/L・時間、1,132.9 本/L・時間と算出された。

次に、監督員のばく露量を下表 4 - 1 6 に示す。

表 4 - 1 6 監督員のばく露量

監督員	勤務場所と滞在時間			滞在時間 合計	総ばく露量 [(本/L)・Hr]
	換気塔 周辺	換気 機械室前	換気 機械室内		
a	0 分	3 時間 46 分	28 分	4 時間 14 分	1754.2
b	0 分	2 時間 06 分	3 分	2 時間 09 分	25.7
c	10 分	3 時間 15 分	0 分	3 時間 25 分	913.0
d	15 分	35 分	0 分	50 分	288.9
e	5 分	40 分	15 分	1 時間 00 分	286.0
f	25 分	3 時間 35 分	0 分	4 時間 00 分	1201.9

12 日除去作業中に換気機械室内（セキュリティゾーン外部）で現場確認を行った監督員 a の総ばく露量は、1,754.2 本/L・時間と算出された。

(7) リスクの推定値

ア 駅利用者

駅利用者の最大のアスベスト総ばく露量（本/L・時間）は、利用者の呼吸域の床面からの高さごとに異なり、呼吸域の高さが 1.6m の大人が 133.3 本/L・時間、1.2m の大人が 165.7 本/L・時間、1.0m の子供が 210.8 本/L・時間、呼吸域の床面からの高さ 0.7m の乳幼児が 329.9 本/L・時間となった。

それぞれの駅利用者ごとの総ばく露量に基づく、リスクの試算値を Hughes 氏（米国 Tulane 大）、USEPA（米国環境保護庁）及び WHO（世界保健機構）の 3 つのリスク評価方法により混合アスベストばく露による生涯過剰発がんリスク（肺がんと中皮腫）として算出した結果、表 4-17 「発がんリスクの推定値（肺がん・中皮腫合計）」に示すとおりとなった。

前章のリスク試算にて最大値となっている Hughes の評価手法における 10 万人あたりの生涯過剰発がんリスクは、呼吸域の床面からの高さごとに 1.2m の大人で 0.011 人、呼吸域の床面からの高さ 1.0m の子供で 0.014 人、呼吸域の床面からの高さ 0.7m の乳幼児で 0.022 人となる。

イ 職員

駅職員と監督員の最大のアスベスト総ばく露量は、呼吸域の床面からの高さごとに 1.2m の駅職員では、7,255.6 本/L・時間、呼吸域の高さ 1.2m の監督員で、1,754.2 本/L・時間となった。3 つのリスク評価方法により算出した結果、表 4-17 「発がんリスクの推定値（肺がん・中皮腫合計）」に示すとおりである。

アスベスト総ばく露量より、最もリスク値が大きい Hughes の評価手法における 10 万人あたりの生涯過剰発がんリスクは、職員のうち駅職員は 0.474 人、監督員 0.115 人であった。

環境庁中央環境審議会は、「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について（中間答申）」（平成 8 年 1 月 30 日付）にて、「閾値のない物質については、ばく露量から予測される健康リスクが十分低い場合には実質的には安全とみなすことができるという考え方に基づいてリスクレベルを設定し、そのレベルに相当する環境目標値を定めることが適切」とし、第二次答申（平成 8 年 10 月 18 日付）において、前記のリスクレベルについて「現段階においては、生涯リスクレベル 10^{-5} （10 万分の 1）を当面の目標」としている。本件の生涯過剰発がんリスクは、上述の当面の環境目標値に相当する 10 万人あたり 1 人のレベルを下回っていた。

表 4-17 発がんリスクの推定値（肺がん・中皮腫合計）

評価方法	対象者 ※1	総ばく露量 [(本/L)・Hr] ※2	生涯過剰 発がんリスク	10万人当たり 生涯発がん数 [人]	
Hughes JM (ヒューズ)	—	15,330.0	1.000×10^{-5}	1.000	
	駅利用者	大人 (1.6)	133.3	0.009×10^{-5}	0.009
		大人 (1.2)	165.7	0.011×10^{-5}	0.011
		子供 (1.0)	210.8	0.014×10^{-5}	0.014
		乳幼児 (0.7)	329.9	0.022×10^{-5}	0.022
	職員	駅職員 (1.2)	7,255.6	0.474×10^{-5}	0.474
		監督員 (1.2)	1,754.2	0.115×10^{-5}	0.115
USEPA (米国環境 保護庁)	—	26,367.6	1.000×10^{-5}	1.000	
	駅利用者	大人 (1.6)	133.3	0.005×10^{-5}	0.005
		大人 (1.2)	165.7	0.006×10^{-5}	0.006
		子供 (1.0)	210.8	0.008×10^{-5}	0.008
		乳幼児 (0.7)	329.9	0.013×10^{-5}	0.013
	職員	駅職員 (1.2)	7,255.6	0.276×10^{-5}	0.276
		監督員 (1.2)	1,754.2	0.067×10^{-5}	0.067
WHO (世界保健 機構)	—	27,594.0	1.000×10^{-5}	1.000	
	駅利用者	大人 (1.6)	133.3	0.005×10^{-5}	0.005
		大人 (1.2)	165.7	0.006×10^{-5}	0.006
		子供 (1.0)	210.8	0.008×10^{-5}	0.008
		乳幼児 (0.7)	329.9	0.012×10^{-5}	0.012
	職員	駅職員 (1.2)	7,255.6	0.263×10^{-5}	0.263
		監督員 (1.2)	1,754.2	0.064×10^{-5}	0.064
	監督員 (1.2)	1,754.2	0.067×10^{-5}	0.067	

※1 ()内は、呼吸域高さを示す。

※2 対象者のうち、総ばく露量が最大を記載した。

(8) リスクの大きさに応じた対策の考え方（文京区さしがや保育園アスベストばく露との対比）

「文京区立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（平成 15 年 12 月）：文京区立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」によれば、平成 11 年度にさしがや保育園では、0 歳児の定員増をはかるため園舎の改修工事を実施した過程で、園舎の天井裏等に存在した吹付けアスベストが飛散し、隣接する保育室の園児がアスベストにばく露されるという事態が生じ、原因究明と対策の検討が行われた。

報告書によれば「アスベストをはじめ、閾値のない発がん物質のリスクは、本来は限りなく 0 に近いことが望ましいが、現在我が国では、有害物質による生涯リスクが 10 万分の 1 以上であるときは、何らかの対策をとるべきであると考えられているので、今回の園児のリスクの最大が 10 万分の 6.3 と推測され、また、ばく露年齢が 0～5 歳という不確実要因も加わることから、今後何らかの健康面での経過観察が必要であると考えられる。」（健康リスクの推定（p160～p165））と結論している。

5 今後の健康対策に関する意見

本件の健康への影響及び今後の対応に関する検討会の意見の要点は以下のとおりである。（意見書全文については、本報告書の付録を参照されたい。）

- (1) 本件の生涯過剰発がんリスクは、評価の対象とした駅利用者及び職員のうち、最もばく露量が多かった職員において10万人あたり0.474人であった。これと比べたリスクは、駅利用者では1/20程度、駅換気塔排出口では1/6程度と、低値であった。
- (2) しかし、健康に不安を感じるかた等からの質問や相談に応じる体制を整え、アスベストの健康影響出現までの潜伏期間の長さを考慮して、長期的に対応することが必要である。

6 今後の事故防止に向けた対策に関する意見

今回の教訓を活かし、今後のアスベスト除去工事の実施にあたっては、アスベスト除去工事の作業場からアスベストが漏れいするという事態を起こさないよう、再発防止策に取り組んでいただくように、以下の実施を要望する。

- (1) アスベスト除去工事の監督にあたっては、法規・通達等を遵守するのみならず、今回の教訓を活かし、交通局監督員が安全性を確認してから作業を開始できるようにその安全性を確認する事項を定めたマニュアル（チェックリストを含む）を作成することが必要である。

マニュアルには、アスベスト除去作業開始前の安全性を確認する項目として、除去作業場の隔離状況、負圧除じん装置の不具合の有無、作業場内の負圧を確保するために計画した排気ダクトの経路は適切か、アスベスト粉じんの飛散を抑制する湿潤化剤は適切な使用量が計画されているか等を定めること。

また、工事業者から負圧除じん装置を点検・整備した記録や漏えいの有無を確認したテスト記録の報告を求めて、その内容を確認するなどの項目を含めて、有効かつ充実した作業前点検にすることが必要である。

- (2) アスベスト除去工事は当面継続すると考えられるため、更なる安全・安心を確保したアスベスト除去工事を遂行できるよう、交通局監督員の継続的な教育を行うことが必要である。

交通局監督員の業務を行う職員には、アスベスト吹付材の除去作業を行う場合に配置する石綿作業主任者に必要な講習を受講させるなど、アスベスト吹付材の除去作業についての適正な管理方法に関する教育を実施し、更なる資質向上を図る。

- (3) アスベスト除去作業中には、アスベスト漏えいを粉じん計等により常時監視し、漏えいが確認された場合には、直ちに除去作業を中止等の措置を講じるべきである。

具体的には、負圧除じん装置の排気口等で、警報音、警告表示又は警告灯の点灯可能な計測機器（デジタル粉じん計等）を用いてアスベスト粉じん濃度を監視し、負圧除じん装置の正常稼働等を常時確認すること。

また、異常が確認された場合に速やかに対応できるよう、監視のための計測者を常駐させ、常時連続的に漏えい監視を行わせる。

さらに、交通局監督員が、湿潤化剤の適正使用や漏えい監視を工事業業者が適切に実施しているかを現認し、アスベスト除去作業の記録（湿潤化剤の適正使用量や漏えい監視結果等）を報告させることや、その内容の点検を行う。

- (4) 交通局は、アスベスト除去工事の工事業業者の決定にあたって、業者選定の要件（入札参加資格の要件）をこれまでより強化をして、アスベスト除去工事に精通した工事業業者に施工させるようにする。

具体的には、実施するアスベスト吹付け除去工事の吹付アスベスト除去面積と同規模程度の工事实績があることや、工事業業者自らが「石綿作業主任者」及び「特別管理産業廃棄物管理責任者」を配置することができる等の要件を選定の要件とすべきである。

7 おわりに

平成 26 年 5 月に第 1 回の検討会が開催されて以来、9 回にわたる会議での検討を経て、平成 28 年 12 月に検討会として「六番町駅アスベスト飛散の健康への影響及び対応に関する意見書（以下「意見書」）」をとりまとめることができた。

駅構内でのアスベストの漏えいは社会的に大きなインパクトを与えた事態であったが、この検討会における審議の結果、今回の漏えいによる健康へのリスクは、環境庁中央環境審議会が示したアスベストの当面の環境目標値を下回っていることが確認された。このリスク評価結果から検討会は、アスベストにばく露された駅利用者名簿の作成や長期間にわたる特別な健康診断の実施などの措置は提言しないが、駅利用者等が感じる可能性のある健康への不安に対応することは必要と考え、そのための長期的な相談体制の確立を提言することとした。

これらの提言を、市民に公開された場での科学的データに基づく検討により行ったことは、検討会の重要な成果であったといえるであろう。

しかし、この結論を得るまでには駅利用者等が感じる不安に加え、莫大な費用や労力が生じることとなった。アスベストの漏えいは、一旦発生するとこれだけの負担をもたらすということを教訓として、このようなことを二度と繰り返してはならない。

また、検討会が約 2 年半にわたって検討を重ねてとりまとめたこの意見書は、関係者間で十分に活用していただくことを望む。

交通局には、要望した意見等について確実に実施する取り組みを構築し、再発防止に万全を期することを切望する。

最後に、名古屋市内の建物等には、アスベスト含有建材等がまだ数多く残っていることと考えられる。今回とりまとめた意見書が、名古屋市の関係部署においても活用されることを期待し、まとめの言葉とさせていただく。

【付録】

名古屋市交通局長 殿

六番町駅アスベスト飛散にかかる健康対策等検討会

六番町駅アスベスト飛散の健康への影響及び対応に関する意見書

1. はじめに

「六番町駅アスベスト飛散にかかる健康対策等検討会」(以下、「検討会」)では、六番町駅のアスベスト除去工事に伴い飛散したアスベスト粉じんの健康への影響及び対応について検討を行ってきた。ここに、検討結果をまとめ、意見を述べる。なお、本意見書は、法律的な見解を述べるものではない。

2. アスベスト飛散事故の概要

交通局は、施設内のアスベストの計画的除去方針に基づき、平成 25 年度に、六番町駅換気機械室内の壁・天井に使われていたアスベスト吹付け材を除去する工事を発注した。

平成 25 年 12 月 12 日に除去作業を開始したところ、同日、保健所が換気機械室前で吸引採取した空気試料からアスベストが検出されたこと(アスベスト繊維数濃度 700 本/μ³、総繊維数濃度 1,100 本/μ³) が翌 13 日に判明したため、除去作業を中止し、その後、換気機械室のコンコース側扉のガラリを密閉した。なお、換気機械室前で吸引採取した空気試料から除去作業中止時点(アスベスト繊維数濃度 100 本/μ³)及び扉ガラリ密閉時点(アスベスト繊維数濃度 4 本/μ³)でアスベストは検出されたが、それ以降の測定では検出されていない。

交通局が、第三者に委託して実施した原因調査のうち、現地調査では、負圧除じん装置内部の HEPA フィルタ取付け部に隙間があったことが判明した。また、湿潤化剤含有調査では、換気機械室内で採取したアスベスト吹付け材から湿潤化剤成分は検出されなかった。

以上より、アスベストの飛散は、「不十分な湿潤化処理のまま、負圧除じん装置に不具合がある状態で除去作業を行ったことから生じたもの」と推定した。

3. 駅構内と外部へのアスベスト粉じんの拡散

アスベスト拡散状況は、濃度実測点が少ないため、汎用流体解析ソフトウェアによるシミュレーションで推定した。

その解析条件となる駅構内の空気の流れは、事故発生時と同じく冬期に実施した測定結果を用いた。また、換気機械室前の濃度としては、事故時の総繊維数濃度 1,100 本/㎥をポアソン分布の上限値（95%信頼限界の上限）に替えた濃度 1,300 本/㎥を採用した。以上の条件等から、駅構内のアスベスト拡散状況を推定した。

その結果、アスベストは、換気機械室前（コンコース）からホームへ降りる階段を通じてホームへ拡散し、空气中濃度は薄まること、またその一部は職員トイレの排気ダクトから駅換気塔を通じて外部へ漏えいすること、床面から高い位置ほどアスベスト濃度は低いこと、コンコースから地上出入り口への漏えいはほとんどないことなどが示された。

4. 健康リスク評価

USEPA（米国環境保護庁）、WHO（世界保健機構）及び Hughes 氏（米国 Tulane 大）の 3 つのリスク評価方法により、混合アスベストばく露による生涯過剰発がんリスク（肺がんと中皮腫）を算出した。

10 万人あたりの生涯過剰発がんリスクは、Hughes 氏の方法を用いた場合が最も大きく、駅換気塔排出口で 0.08 人、駅構内は利用者の行動モデル等を考慮した結果で、駅利用乳幼児（呼吸域の床面からの高さを 0.7m と想定）0.022 人、駅利用成人（同じく 1.2m と想定）0.011 人、職員（同じく 1.2m と想定）0.474 人であった。

環境庁中央環境審議会は、「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について（中間答申）」（平成 8 年 1 月 30 日付）にて、「閾値のない物質については、ばく露量から予測される健康リスクが十分低い場合には実質的には安全とみなすことができるという考え方に基づいてリスクレベルを設定し、そのレベルに相当する環境目標値を定めることが適切」とし、第二次答申（平成 8 年 10 月 18 日付）において、前記のリスクレベルについて「現段階においては、生涯リスクレベル 10^{-5} （10 万分の 1）を当面の目標」としている。

本件の生涯過剰発がんリスクは、上述の当面の環境目標値に相当する 10 万人あたり 1 人のレベルを下回っていた。

5.まとめ

検討会は、本件の健康への影響及び今後の対応として、以下の意見を述べる。

- (1) 本件の生涯過剰発がんリスクは、最もばく露量が多かった職員において10万人あたり1人を下回る。これと比べたリスクは、駅利用者では1/20程度、駅換気塔排出口では1/6程度と、低値であった。
- (2) しかし、健康に不安を感じるかた等からの質問や相談に応じる体制を整え、アスベストの健康影響出現までの潜伏期間の長さを考慮して、長期的に対応すること。

また、本件はアスベスト除去工事の不備により生じたもので、こうしたことの再発防止策として、以下の実施を要望する。

- (1) 法規・通達等を遵守するのみならず、今回の教訓を活かし、監督員が安全性を確認してから作業を開始する等のチェックリストを含むマニュアルを準備すること。
- (2) 安全・安心なアスベスト除去工事を遂行できるよう、監督員を継続的に教育すること。
- (3) アスベスト漏えいを粉じん計等により常時監視し、漏えい時は、直ちに工事中止等の措置を講じること。
- (4) アスベスト除去に精通した工事業者による施工とするため、工事業者の選定要件の見直しを行うこと。

なお、名古屋市内の建物等には、まだ石綿含有建材等が残っていることから、本意見書が、名古屋市の関係部署においても活用されることを期待する。

【用語集】

- P 1 コンコース
駅の大通路。六番町駅地下1階の通路を指す。
- P 1 ガラリ
ブラインド状の羽根板を平行に取り付けたもの。視線を遮り、通風をよくできる。
- P 1 負圧除じん装置
アスベスト等の特定粉じんを使用している解体工事現場で、粉じんの汚染拡大を防止するため、隔離・養生した作業区域の内部を負圧に保つ装置のこと。
- P 1 HEPA フィルタ
定格風量で粒径が $0.3\ \mu\text{m}$ の粒子に対して 99.97% 以上の粒子捕集率をもち、かつ初期圧力損失が 245Pa 以下の性能を持つエアフィルタ
- P 1 汎用流体解析ソフトウェア
特殊な現象に特化せず、一般的な流れに関するシミュレーションを行うソフトウェアのこと。
- P 2 ダクト
冷暖房や換気などのために空気を送る管。送風管。
- P 8 封じ込めの措置
建物内に存在するアスベストに固定させるための溶剤を吹きかけて外側からアスベストが飛散しないように封じ込める措置のこと。
- P 1 0 負圧
外側に比べて内側の気圧が低いこと。
- P 1 0 セキュリティゾーン
労働者の出入り、除去した石綿や機材の搬出の際の、石綿粉じんの外部への漏えいを防ぐために設置するもの。更衣室、洗身室、前室の3室からなるのが一般的である。
- P 1 1 養生
工事の途中ですでに仕上がった部分や部材が痛んだり傷ついたり、汚れたりするのを防ぐため、カバーをかける等の保護をすること。
- P 1 2 目張り
風などが入らないように、物のすきまに紙などをはって塞ぐこと。また、それに用いるもの。
- P 1 3 差圧計
圧力差計ともいう。圧力計の1種で、圧力の差を測定する計器。
- P 1 3 スモークテスター
白煙を発生させ、室内の空気方向を検査する機器

- P 1 3 クロシドライト
青石綿ともいう。吹付け石綿として使用されていた。他には石綿セメント高圧管などに使われてきた。アスベストの中で最も中皮腫（胸膜や腹膜のがん）を起こす力が強い。
- P 1 4 アモサイト
茶石綿ともいう。吹付け石綿として使用されていた。他には各種断熱保温材やケイ酸カルシウム板などに使われてきた。
- P 1 4 定量分析
試料を構成する成分物質の量を明らかにする目的で行う分析法の総称。
- P 3 5 位相差顕微鏡
屈折率の近い物体の輪郭を光の波長による位相で明暗の差としてとらえ表示する光学顕微鏡。
- P 3 5 走査電子顕微鏡
電子線を試料に当てて、反射してきた電子により物体の表面を観察する装置。電子線は光線よりも波長が短いため、光学顕微鏡では見られない微細な表面構造まで観察できる。
- P 4 7 幾何平均
相乗平均ともいう。それぞれの数字をかけ、その積のべき根をとることで得られる。空気中を漂うアスベスト繊維の長さや直径は、対数正規分布という形の分布をするので、統計計算には幾何平均を用いる。
- P 4 7 非定常計算
時間の経過を考慮した計算のこと。これに対して時間が十分に経過し落ち着いた流れの解析を定常計算という。
- P 4 7 オイラー混相流モデル
液体－固体、気体－液体、固体－気体など相が異なる場合の計算をする方法の一種。
- P 8 3 透過電子顕微鏡
電子線を試料に当てて、試料を透過した電子により物体の形態を観察する装置。走査電子顕微鏡を凌ぐ微細形態まで観察できる。アスベストの場合、目的に応じて、直径が20ナノメートル（10億分の20メートル）程度の繊維まで観察する。
- P 9 6 加重平均
値を単に平均するのではなく、重みを考慮して平均値を求めること。今回重みは、扉の開閉回数比率に言い換えられる。

六番町駅アスベスト飛散にかかる
健康対策等検討会報告書

発行：名古屋市交通局施設部営繕課
〒460-8508 愛知県名古屋市中区三の丸三丁目1番1号
TEL：052-972-3897 FAX：052-972-3931