

建築物の解体・改修等における
石綿ばく露防止対策等検討会報告書

令和5年6月20日
厚生労働省労働基準局安全衛生部

目次

1	検討の経緯	3
(1)	検討事項の概要	3
(2)	検討会スケジュール	3
(3)	検討会開催要綱	4
2	石綿等の切断等作業等に係る措置	4
(1)	石綿等の切断等作業等に係る措置の概要	4
(2)	関係条文等	4
3	除じん装置を有する電動工具に関する文献調査	5
(1)	令和2年石綿則改正時の検討会での文献調査	5
(2)	研磨・切断作業等における排気装置（除じん装置）を有する電動工具の有効性に関する文献調査（追加実施分）	7
4	解体作業時における除じん性能を有する電動工具の石綿含有粉じん濃度抑制効果の実証試験	9
(1)	実証試験の概要	9
(2)	実証試験の試験方法等の概要	9
(3)	結果1：石綿含有スレート板の切断	15
(4)	結果2：石綿含有けい酸カルシウム板第1種の切断	18
(5)	結果3：石綿含有塗材の研磨剥離	21
5	文献調査及び実証試験結果を踏まえた検討	24
(1)	石綿等の切断等作業等に係る措置の見直し（石綿則第13条関係）	24
(2)	石綿等の切断等作業等に係る措置の見直し（石綿則第6条の2及び第6条の3関係）	24
参考資料1	建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会開催要綱	27
参考資料2	研磨・切断作業等における排気装置（除じん装置）を有する電動工具の有効性に関する文献調査（論文一覧）	30

1 検討の経緯

(1) 検討事項の概要

石綿による健康障害防止対策については、石綿障害予防規則（平成17年厚生労働省令第21号。以下「石綿則」という。）が定められ、建築物、工作物又は船舶の解体等の作業における石綿による健康障害を防止するための措置が義務付けられている。

石綿等の切断等の作業等については、石綿則第6条の2、第6条の3及び第13条の規定に基づき、石綿等の湿潤化等の措置を講じなければならないこととされている。

上記の規定は、「建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会報告書」（令和2年4月14日厚生労働省労働基準局安全衛生部）に基づき、令和2年7月の石綿則改正により規定（一部規定は改正）されたものである。

改正時の建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会（以下「検討会」という。）での検討では、除じん性能を有する電動工具については、除じん性能について、さらに調査・検討が必要とされた。このため、石綿等の湿潤化の代替措置として位置づけることは困難として、努力義務とされた。

今般、除じん性能を有する電動工具の使用により、石綿等を湿潤化した場合等と同等以上の石綿等の粉じんの発散低減効果があるか否かについて、

- ① 研磨・切断作業等における排気装置（除じん性能）を有する電動工具の有効性に関する文献調査、
- ② 解体作業時における除じん性能を有する電動工具の石綿含有粉じん濃度低減効果の実証試験、

を実施した。

その結果を踏まえ、令和5年5月16日及び同年6月15日の2回にわたり、妥当と考えられる石綿等の切断等作業等に係る措置の見直しについての検討を行った。

本検討会としては、石綿等の切断等作業等に係る措置の見直しについては、以下のとおりとすることが妥当であり、厚生労働省において速やかに石綿則の改正を含め必要な対応を行うべきである。

(2) 検討会スケジュール

第11回検討会 5月16日(火)10:00~12:00

(論点) 石綿等の切断等作業等に係る措置の見直しに関し、論点案に沿って議論し、報告書のとりまとめの方向性を整理する。

第12回検討会 6月15日(木)10:00~12:00

(論点) 第11回検討会を踏まえて、報告書のとりまとめを行う。

(3) 検討会開催要綱

検討会開催要綱は参考資料1のとおり。

2 石綿等の切断等作業等に係る措置

(1) 石綿等の切断等作業等に係る措置の概要

石綿等の切断等の作業等(石綿則第6条の2第3項及び第6条の3に規定する作業を除く。)については、石綿則第13条第1項の規定に基づき、石綿等の湿潤化の措置を講じることが義務付けられているが、当該湿潤化が著しく困難な場合は、除じん性能を有する電動工具の使用等の措置を講ずることが努力義務とされている。

さらに、建築物、工作物又は船舶(鋼製の船舶に限る。以下同じ。)

(以下「建築物等」という。)から石綿含有成形品のうち特に石綿等の粉じんが発散しやすいものを切断等の方法により除去する場合は、同則第6条の2第3項の規定により、作業場所の隔離及び当該石綿含有成形品の常時湿潤化等の措置を講じることが事業者に義務付けている。また、建築物等に用いられた石綿含有仕上げ塗材を、電動工具を使用して除去する作業については、同則第6条の3の規定に基づき、同則第6条の2第3項に規定される措置と同一の措置を講じなければならないこととされている。

(2) 関係条文等

関係条文等については以下のとおりである。

【石綿障害予防規則(抄)】

(石綿含有成形品の除去に係る措置)

第6条の2 事業者は、成形された材料であって石綿等が使用されているもの(石綿含有保温材等を除く。第三項において「石綿含有成形品」という。)を建築物、工作物又は船舶から除去する作業においては、切断等以外の方法により当該作業を実施しなければならない。ただし、切断等以外の方法により当該作業を実施することが技術上困難なときは、この限りでない。

2 (略)

3 事業者は、第一項ただし書の場合において、石綿含有成形品のうち特に石綿等の粉じんが発散しやすいものとして厚生労働大臣が定めるものを切断等の方法により除去する作業を行うときは、次に掲げる措置を講じなければならない。ただし、当該措置(第一号及び第二号に掲げる措置に限る。)と同等以上の効果を有する措置を講じたときは、第一号及び第二号の措置については、この限りでない。

- 一 当該作業を行う作業場所を、当該作業以外の作業を行う作業場所からビニルシート等で隔離すること。
- 二 当該作業中は、当該石綿含有成形品を常時湿潤な状態に保つこと。
- 三 (略)

※ 第3項の特に石綿等の粉じんが発散しやすいものとして厚生労働大臣が定めるものとしては、令和2年厚生労働告示第279号において、「けい酸カルシウム板第1種」が定められている。

(石綿含有仕上げ塗材の電動工具による除去に係る措置)

第6条の3 前条第三項の規定は、事業者が建築物、工作物又は船舶の壁、柱、天井等に用いられた石綿含有仕上げ塗材を電動工具を使用して除去する作業に労働者を従事させる場合及び当該作業の一部を請負人に請け負わせる場合について準用する。

(石綿等の切断等の作業等に係る措置)

第13条 事業者は、次の各号のいずれかに掲げる作業に労働者を従事させるときは、石綿等を湿潤な状態のものとしなければならない。ただし、石綿等を湿潤な状態のものとすることが著しく困難なときは、除じん性能を有する電動工具の使用その他の石綿等の粉じんの発散を防止する措置を講ずるように努めなければならない。

一～五 (略)

【解釈例規（第6条の2関係）（令和2年8月4日付け基発第0804第3号）】

第2号に規定する「常時湿潤な状態に保つ」とは、除去作業を行う前に表面に対する散水等により湿潤な状態にするだけでは切断等に伴う石綿等の粉じんの発散抑制措置としては十分ではないことから、切断面等への散水等の措置を講じながら作業を行うことにより、湿潤な状態を保つことをいうこと。

3 除じん装置を有する電動工具に関する文献調査

(1) 令和2年石綿則改正時の検討会での文献調査

令和2年7月の石綿則改正時の検討会での検討では、除じん性能を有する電動工具を用いた石綿の除去作業の濃度に関する文献調査を実施した。その結果は表1及び表2のとおりであり、除じん性能を有する電動工具を用いた場合は、総繊維数及び石綿繊維数を大幅に低減させることが確認された。他方、当該文献調査では、除じん性能の有無による総繊維数及び石

綿繊維数の低減効果の比較については確認できたところであるが、石綿等を湿潤化した場合との比較までは確認できなかったところである。

表 1 建築用仕上塗材の除去作業等現場における石綿繊維濃度の状況

No.	作業内容	湿潤化	集じん装置	総繊維数 [本/L] () 内は石綿繊維数	測定点/ 測定時間等
1	電動工具（ディスクグラインダー）ケレン	あり*	なし	999 (198)	養生内定点（1点） 90分（70分） * 飛散防止割噴霧
2	電動工具（サンダー）ケレン	なし	なし	40 (ND)	個人サンプラー 1L/分 30分
3		なし	あり※	29 (ND)	個人サンプラー 1L/分 30分
4	超高压水洗	あり	あり	56 (56) 52 (46) 35 (36)	個人サンプラー
5	高压洗浄	あり	あり	150 (58)	個人サンプラー
6		あり	あり※	8.4 (—)	個人サンプラー 1L/分 30分
7	剥離剤併用手工具ケレン	剥離剤	なし	17 (ND)	個人サンプラー
8		剥離剤	なし	6.4 (1.2)	個人サンプラー
9	剥離剤併用超音波ケレン	剥離剤	なし	12 (ND)	個人サンプラー
10		剥離剤	なし	13 (ND)	個人サンプラー 1L/分 30分
11	超音波ケレン（剥離剤無し）	なし	なし	15 (ND)	個人サンプラー 1L/分 30分

No. 1、4～5、8～9は、石綿繊維は、位相差顕微鏡の計測値（総繊維数）に、電子顕微鏡で計測した石綿繊維の割合を乗じたもの。総繊維数は位相差顕微鏡の計測値。

No. 2～3、6～7、10～11は、総繊維数は位相差顕微鏡の計測値、石綿濃度は位相差／偏光顕微鏡法により同定し計測。

No. 1は平成28年度厚生労働省事業、No. 2, 3, 6, 10, 11は平成30年度厚生労働省事業、No. 7は平成28年度環境省事業、No. 4～5, 8～9は平成29年度環境省事業

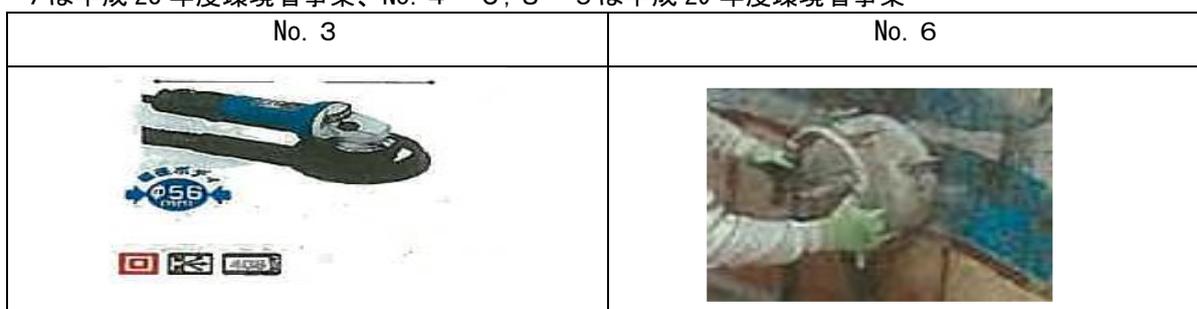


図 1 使用した集じん装置付き電動工具

表2 チャンバー内での仕上げ塗材の除去作業に係る実験における石綿繊維等濃度の状況

No.	作業内容	湿潤化	集じん機	総繊維数 [本/L] ()内は石綿繊維数	作業/測定時間 容積
1	電動 ディスクサンダーケレン	なし	なし	156,000 ~398,000 (4.0、8.0)	5分 8 m ³
2		なし	あり*	29.6~33.6 (-)	10分 8 m ³
3	電動はつりによるケレン	なし	なし	65.9~117 (-)	10分 8 m ³
4	超高压水洗	あり	あり*	256~329 (-)	10分 8 m ³
5		あり 剥離剤	なし	13.4~20.2 (-)	10分 8 m ³
6	超音波ケレン	なし	なし	60.5~87.4 (-)	10分 8 m ³
7		剥離剤	なし	50.7~81.7 (-)	10分 8 m ³

総繊維等濃度測定は、チャンバー内の定点（チャンバーの向かい合う2角付近2点とそれらを結ぶ対角線の中点付近1点（高さ1.25m~1.5m））の計3点において測定。

※国立研究開発法人建築研究所建築研究資料 No. 171 (2016.5)

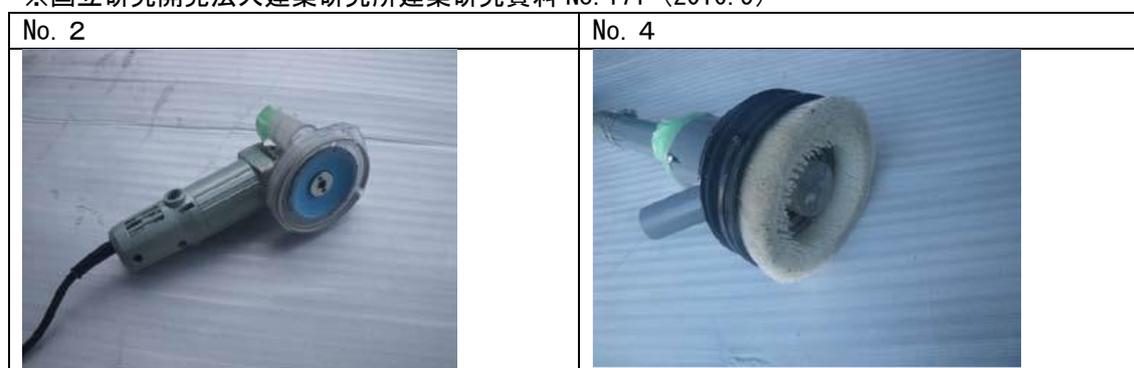


図2 使用した粉じんカバー付き工具の写真

(2) 研磨・切断作業等における排気装置（除じん装置）を有する電動工具の有効性に関する文献調査（追加実施分）

動力による研磨・切断作業における排気装置付き工具の有効性に関する文献調査（海外15本）を行った結果は表3のとおりである。

なお、今回の文献調査では、石綿を取り扱う作業を対象とした文献は確認することができなかったため、粉じん濃度等を測定する文献を対象とした。

文献調査から、研磨・切断作業等における排気装置（除じん装置）を有

する電動工具の使用により、粉じん濃度の低減効果が確認され、作業によっては 90%以上の低減率が確認された。また、形状や使用状態が石綿と類似の RCF（リフラクトリーセラミックファイバー）の研磨作業において、繊維状粒子であっても、排気による濃度低減が確認された。なお、工具の手入れや修理等における粉じんの2次汚染は確認されなかった。

文献調査では、ガラス研磨やコンクリートブロック等様々な硬さの材料について、現場調査や実験室での模擬実験等の方法において粉じん濃度の低減効果が報告されている。

このように、様々な条件において粉じん濃度の低減効果が確認されていることから、石綿含有物の加工作業時であっても、除じん性能を有する工具は有効であるものと推定される。

表3 研磨・切断作業等における排気装置（除じん装置）を有する電動工具の有効性に関する文献調査（※）論文一覧は参考資料2に示す。

文献	材料（作業）	研究方法	低減効果（濃度単位は mg/m ³ ）
1	複合材（ガラス繊維）研磨	現場調査（実作業 30分個人ばく露）	最大 50mg/m ³ → 検出下限以下
2	コンクリート／表面研磨	現場調査（複数の現場）吸入性粉じん	24.3 ± 16.6mg/m ³ → 5.49 ± 3.40mg/m ³
3	コンクリート／タックポイント	実習施設での模擬作業	排気無 22.17mg/m ³ 排気低 6.11mg/m ³ 排気高 3.01mg/m ³
	表面研磨		排気無 165.34mg/m ³ 排気低 11.15mg/m ³ 排気高 8.00mg/m ³
	舗装ブロック 切断		排気無 89.85mg/m ³ 排気低 13.12mg/m ³ 排気高 4.31mg/m ³
4	鋳物鉄研磨	模擬実験（粒径別評価）	低減率 90%以上
5	航空機表面研磨	模擬実験	低減率 93-98%
6	コンクリート表面研磨	建設現場	幾何平均 (n=27) 4.53mg/m ³ → 0.14mg/m ³
7	RCF 研磨	工場（手持ち工具ではない）	38-50f/cc 又は一部検出上限超え → 0.11-0.65f/cc
8	屋内コンクリート研磨	実験室での模擬作業（回転工具）粉じん及びシリカで評価	吸入性粉じんを 99.6%減少（シリカも同様に減少）
9	金属研磨	実験室実験（試作 LEV 使用）	吸入性粉じんを 37%減少（粉じん計による評価）
10	コンクリート切断（ハンマードリル）	現場調査 粒径別サンプリング 粉じんおよびシリカで評価	減少率 80%以上 吸入性 3.77mg/m ³ → 0.37mg/m ³
11	壁研磨（換気付きの他湿式などとの比較）	模擬作業 インハラブルと吸入性で評価	減少率 インハラブル 88% 吸入性 85%
12	コンクリート表面研磨	実験室での模擬作業（実験用の部屋を作成）粉じんとシリカ評価	粉じん 142mg/m ³ → 10mg/m ³ （通常製品による吸引）、1.67mg/m ³ （吸引器にサイクロンと HEPA を装備）

文献	材料（作業）	研究方法	低減効果（濃度単位はmg/m ³ ）
13	ノコギリによるコンクリート屋根材切断	実験室での模擬作業	抑制率 91%（湿式 99%のほうがよりよいとの結論）
14	岩石研磨	現場での実作業（短時間捕集）	低減率 92%
15	石材加工（ダイヤモンド SiC 砥粒）	模擬作業 湿潤化と併用	低減効果を確認

4 解体作業時における除じん性能を有する電動工具の石綿含有粉じん濃度抑制効果の実証試験

（1）実証試験の概要

除じん性能を有する電動工具の使用義務付けをすることが妥当かどうかを検証するため、実際の石綿等の除去作業を模した作業（※1）について、除じん性能を有する電動工具を使用する場合の電動工具の除じん性能の効果（石綿等の粉じんの発散状況）を測定（※2）した。

（※1） 石綿等の切断（石綿則第 13 条）、石綿含有成形品の切断（石綿則第 6 条の 2）、石綿含有仕上げ塗材の電動工具による除去（石綿則第 6 条の 3）

（※2） 実証試験は令和 5 年 2 月 22 日、3 月 10 日、3 月 11 日に（株）エフアンドエーテクノロジー研究所施設（神奈川県厚木市）及び東京都八王子市内の施設にて実施した。

（2）実証試験の試験方法等の概要

実証試験は、石綿を含有している建材（スレート波板、けい酸カルシウム板第 1 種、外装用塗材）を用い、3 種類の石綿等の除去作業（スレート波板及びけい酸カルシウム板第 1 種は切断作業、外装用塗材は研磨剥離作業）を 2 種類の電動工具を使用して実施した。

研磨剥離作業については、集じん機の有無による 2 条件、切断作業については集じん機の有無に加え、湿潤化の 3 条件により実証試験を実施した（試験条件の一覧は表 4 のとおり）。

また、実証試験では、気中濃度測定（※）及び個人ばく露測定を実施し、作業終了後、全てのフィルター試料について、総繊維数濃度、個人ばく露測定については、加えて、石綿繊維数濃度を測定した。

（※）除去等を行う現場の気中濃度を 3 点で定点測定した。

表 4 実証試験における試験条件

No.	作業内容等 (材料及び作業)		湿潤化	電動工具 2種類 (ディスクグラインダー)	測定時間等
1	石綿含有スレート板 (クリソタイル 4.3%、アモサイト 0.4%含有)	切断	なし	集じん機付き	10分間の捕集 容積約 10m ³ (※1) 粉じんの発じん 状況を踏まえ、5分間の 捕集。 (※2) 工具Bのみ5分 間の捕集。
2			あり	集じん機なし※2	
3			なし	集じん機なし※1	
4	石綿含有けい酸カルシウム板第1種 (クリソタイル 2.8%、アモサイト 6.6%、クロシドライト 4.1%含有)	切断	なし	集じん機付き	
5			あり	集じん機なし	
6			なし	集じん機なし	
7	外装用塗材 (クリソタイル 0.8%含有)	研磨剥離	なし	集じん機付き	
8			なし	集じん機なし※1	

ア 試料について

① スレート波板

表面塗装された屋根用材のスレート波板（クリソタイル 4.3%、アモサイト 0.4%含有）を使用した。

② けい酸カルシウム板第1種

クリソタイル 2.8%、アモサイト 6.6%、クロシドライト 4.1%含有したものをを使用した。

③ 外装用塗材

実験用模擬住宅（鉄筋コンクリート造）に塗られていた外壁用塗材（クリソタイル 0.8%含有）を使用した。

イ 工具

2種類の回転グラインダーを使用（※）（以下「工具 A」、「工具 B」という。）した。工具 A には、吸気能力 95W、工具 B には、吸気能力 300W の集じん機を使用した。

（※）工具の選定については、実際の現場でよく使用されているものとして、工事業団体から推薦のあったものを選定した。メーカー名等については非公表とする。

ウ 気中粒子捕集・リアルタイム測定

気中粒子捕集は、SKC（米国）の ASS, MCE, BESTCHEK, 25MM, Cat. No. 225-321 導電性プラスチック製サンプラー（孔径 0.8 μm の混合セルロースメンブランフィルター入）を使用し、1L/min で捕集した。

作業者はウエスト製の個人ばく露濃度測定用ベストを用い、保護衣の上からサンプラーポンプ及び柴田科学製 LD-6N2 個人サンプリング用粉じん計を取り付けた。

定点は約 1mの高さにサンプラーを取り付け、同じ場所に取り付けた導電性チューブを用いて、チャンバー外においた 3 台の柴田科学製 LD-5R 粉じん計および F-1 繊維状粒子測定計に導入した。

なお、本実験では石綿以外の粉じん濃度が高く、F-1 の動作範囲を超えたため、リアルタイム繊維状粒子濃度の測定値は得られなかった。

エ サンプルの調製方法

計測したすべてのサンプルについて、各サンプルの採取状況により、白色メンブランフィルターの採取面から無塵水により共栓試験管に洗い流し、無塵水で 10 倍から 100 倍に希釈した。激しく振とうし、その一部を採取して、25mmφ の白色メンブランフィルター上に吸引ろ過後、乾燥して希釈サンプルを調製した。

総繊維数濃度測定用のサンプルは、希釈サンプルの採じん面を上にしてスライドグラスに載せ、アセトン蒸気で透明化処理を実施した。トリアセチンを 2 滴滴下後、カバーグラスを掛けて計数分析用のサンプルとした。

石綿繊維数濃度測定用のサンプルは、希釈サンプルの採じん面を下にしてスライドグラスに載せ、アセトン蒸気で透明・固定化処理を実施した。低温灰化装置により灰化し、灰化後の試料は、クリソタイル分析用は屈折率 1.5500、アモサイト分析用は屈折率 1.6800、クロシドライト分析用は屈折率 1.6900 の浸液を 2 滴滴下後、カバーグラスを掛けて分散染色計数用のサンプルとした。

オ 分析方法

総繊維数は、位相差顕微鏡 (Nikon ECLIPSE E800 総合倍率 400 倍) により、長さ 5 μ m 以上、幅 3 μ m 未満、アスペクト比 3 以上のものを計数対象繊維とし、50 視野計数した。

石綿繊維数は、位相差・分散顕微鏡 (Nikon ECLIPSE E800 総合倍率 400 倍) により、長さ 5 μ m 以上、幅 3 μ m 未満、アスペクト比 3 以上のものを計数対象繊維とし (※)、50 視野計数した。

(※) 位相差顕微鏡の BM 対物レンズでオレンジ色に着色した繊維状粒子を確認し、分散対物レンズ及びアナライザーで当該繊維の分散色及び複屈折を示した繊維状粒子を計数対象繊維とした。

カ 濃度計算

総繊維数濃度、石綿繊維数濃度は次の計算式により算出した。

$C_F = \frac{A \cdot (N - NB)}{a \cdot n \cdot Q \times 10^3}$	<p>C_F : 総繊維数濃度、石綿繊維数濃度 (f/cm³) A : 採じんした面積 (mm²) N : 計数繊維の総数 (f) NB : フィルターのブランク値 (f) a : 顕微鏡で計数した1視野の面積 (mm²) Q : 採気量 (L) n : 計数した視野数</p>
----------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

また、定量下限は 50 視野中に 1 本の繊維があった場合の 95%信頼限界の上限に相当する値として、次の計算式により算出した。

$S = \frac{A \cdot (1 + 1.645\sqrt{NF})}{a \cdot n \cdot Q \times 10^3}$	<p>S : 定量下限 (f/cm³) A : 採じんした面積 (mm²) N_F : 計数繊維の総数 (f) a : 顕微鏡で計数した1視野の面積 (mm²) Q : 採気量 (L) n : 計数した視野数 (50 視野)</p>
--------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

なお、実証試験においては、全ての測定で定量下限値は 0.016～0.059f/cm³ の範囲であり、試験に十分な定量下限値を確保できていた。

キ (作業1) 石綿含有スレート板の切断

① チャンバー

作業は、外気の影響を排除するために閉鎖空間（株式会社エフアンドエーテクノロジー研究所内の実験用チャンバー）で実施し（図3、4）、サンプラー類は図5のとおり配置した。

② 作業

石綿含有スレート板について、1mの切断作業を行い、作業開始から 10 分間、捕集を実施した（なお、粉じん計の数値を参考に途中から 5 分間の捕集に変更した）。捕集終了後、チャンバーの排気装置と HEPA フィルター付き掃除機の併用で室内の粉じん濃度を粉じん計で確認しながら低減させた。

作業は、

- ・ 集じん機あり湿潤なし、
- ・ 集じん機なし湿潤なし、
- ・ 集じん機なし湿潤あり、

の 3 条件で実施した。

湿潤化については、噴霧器を用い、材料の両面を 30 秒ずつ噴霧（噴霧量は材料片面あたり 155mL）を実施し、切断作業中の噴霧は行っていない。



図3 チャンバー内部

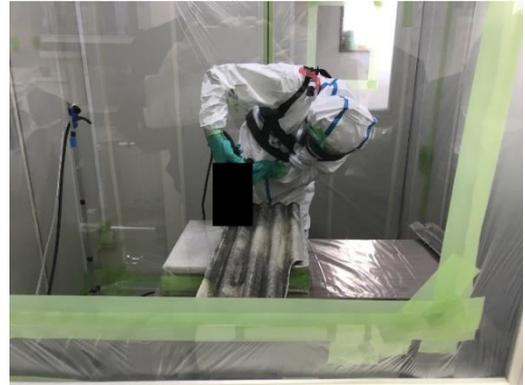


図4 切断作業

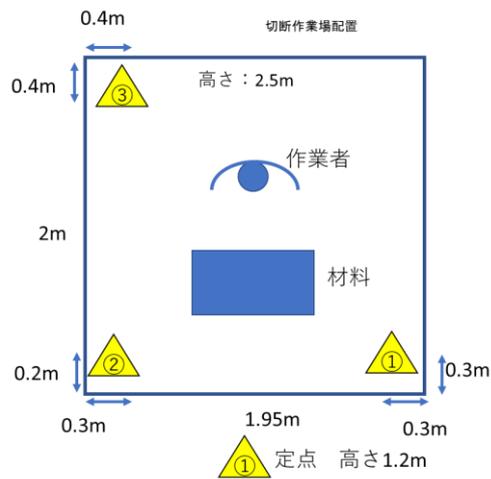


図5 測定場所平面図

ク (作業2) 石綿含有けい酸カルシウム板第1種の切断

石綿含有スレート板の切断と同じ条件（上記キ①及び②）で実施（図6）した。



図6 切断作業

ケ (作業3) 石綿含有塗材の研磨剥離

① チャンバー

作業は、外気の影響を排除するために閉鎖空間（※）で実施し（図7、8）、サンプラー類は図9のとおり配置した。

（※）東京都八王子市内の施設にビニールシート、外気導入用フィルター及びHEPA フィルター付きの排風機等を組み合わせて約 10m³ の仮設チャンバーを2組作り交互に使用して実験を実施。

② 作業

アスベスト含有塗料で塗装されたコンクリート壁面について、作業量を一定にするため、約 1m² の区画を養生テープで仕切り、作業面とし（なお、最初の実験で粉じん発生量が多かったため、作業面積を半分の約 0.5m² に変更した）、回転グラインダーの砥石の平面を押し当て剥離を実施した。作業開始から 10 分間、捕集を実施した（なお、粉じん計の数値を参考に途中から 5 分間の捕集に変更した）。捕集終了後、HEPA フィルター付き排気装置で室内の粉じん濃度を粉じん計で確認しながら濃度を低減させた。

作業は、

- ・集じん機あり湿潤なし、
 - ・集じん機なし湿潤なし、
- の2条件で実験を実施した。

湿潤化については、塗材は一般的に吸水性がなく、塗材への湿潤化の効果は見込めないため、湿潤化を行った条件での試験は実施していない。



図7 チャンバー外観



図8 チャンバー内部

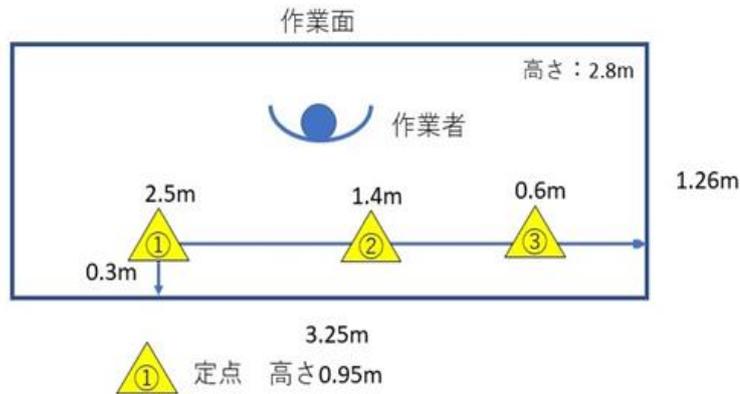


図9 測定場所平面図

(3) 結果1：石綿含有スレート板の切断

ア 個人ばく露測定結果

個人ばく露測定による粉じん濃度変化は図10のとおりであり、集じん機を使用した場合は、粉じん濃度が抑制された。

総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度は表5のとおりであり、集じん機の使用により未使用の場合と比較して、濃度を15%以下に抑制した。

また、湿潤化(※)した場合と比較して、濃度を40%以下に抑制した。

(※) 湿潤化は作業開始前に試料の表面に水を噴霧。切断作業中は噴霧していない。

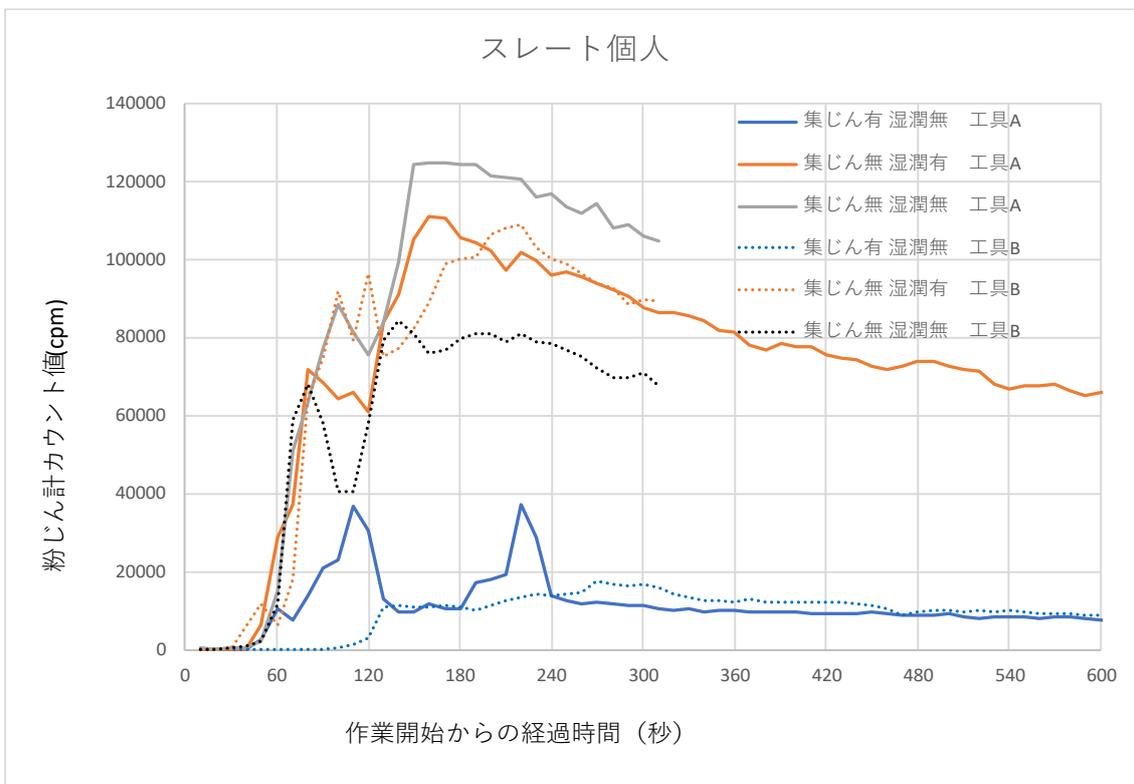


図10 粉じん濃度：個人ばく露測定（石綿含有スレート）

表5 石綿含有スレート板の切断における個人ばく露測定による総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度

表 5-A-1

工具 A	総繊維数濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	46.88	654.89	266.86	0.07	0.18

表 5-A-2

工具 A	クリソタイル濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	1.42	17.53	12.18	0.08	0.12

表 5-A-3

工具 A	アモサイト濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	ND	ND	ND	-	-

表 5-B-1

工具 B	総繊維数濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	37.93	329.51	393.57	0.12	0.10

表 5-B-2

工具 B	クリソタイル濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	1.89	13.69	4.78	0.14	0.40

表 5-B-3

工具 B	アモサイト濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	ND	ND	ND	-	-

※ ND は定量下限値以下であったもの。

※ 試料のスレート波板は表面塗装のために吸水性が低いことに加え、噴霧された水により堆積した粉じんが再発じんした可能性がある。

イ 定点測定結果

定点測定による粉じん濃度変化は図 11-13 のとおりである。グラフが平坦になっている部分は、粉じん計の測定上限を超えたことを示すものであり、また、平坦な状態の粉じん計の CPM 値が異なるのは、用いた粉じん計の装置個体の機差によるものである。集じん機を使用しない場合は、湿潤化をした場合も含めて粉じん計の測定上限を超えており、集じん機を使用した場合は、粉じん濃度が抑制された。

総繊維数濃度は表 6 のとおりであり、集じん機の使用により、未使用時と比較して濃度を 10%以下に抑制した。また、湿潤化(※)した場合と比較して、濃度を 10%以下に抑制した。

(※) 湿潤化は作業開始前に試料の表面に水を噴霧。切断作業中は噴霧していない。

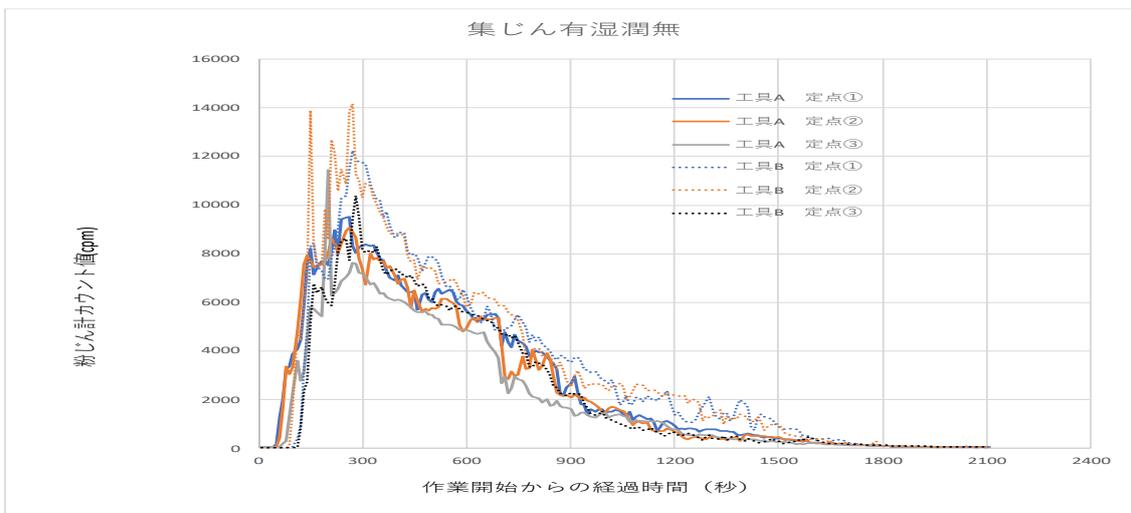


図 11 粉じん濃度：定点測定（集じん有、湿潤無）（石綿含有スレート）

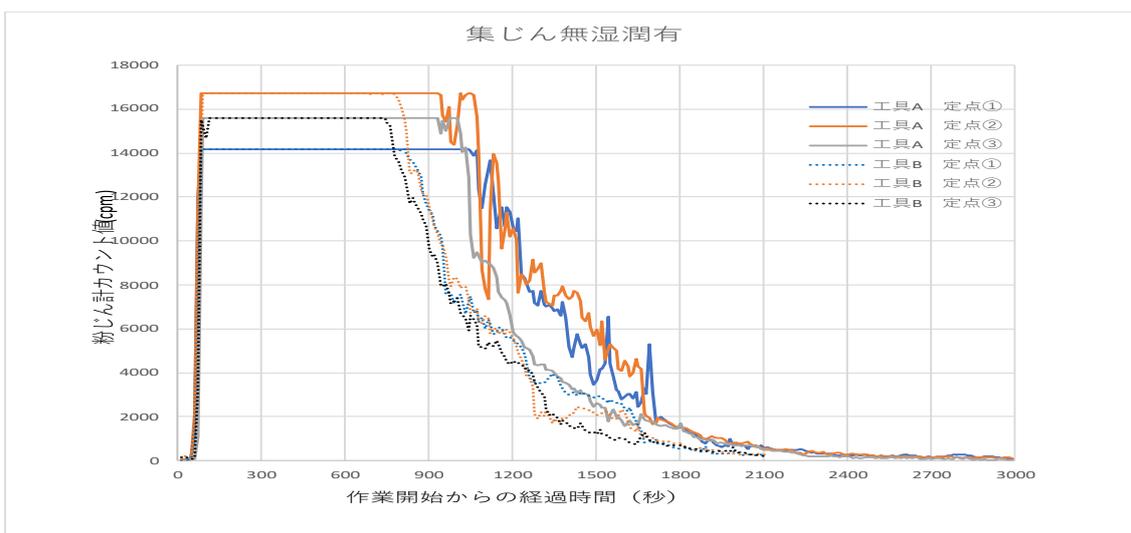


図 12 粉じん濃度：定点測定（集じん無、湿潤有）（石綿含有スレート）

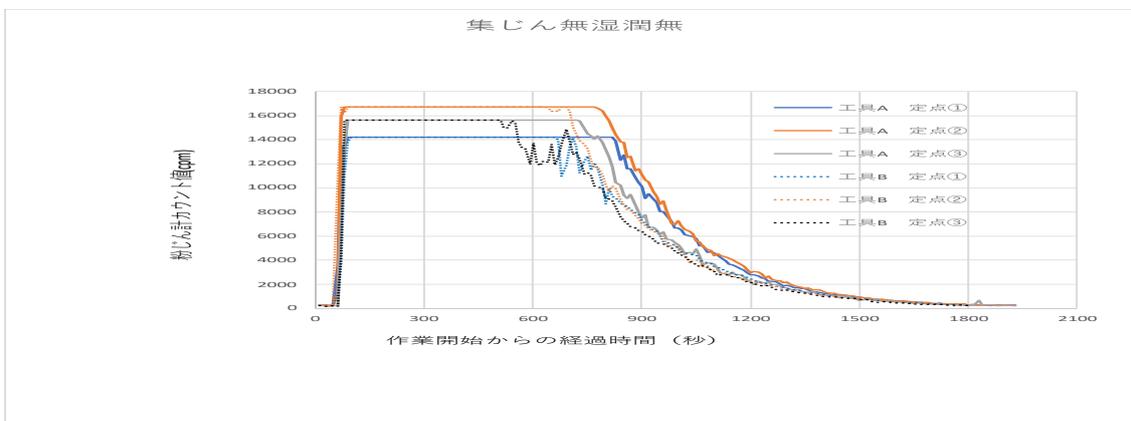


図 13 粉じん濃度：定点測定（集じん無、湿潤無）（石綿含有スレート）

表 6 石綿含有スレート板の切断における定点測定による総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度

表 6-A

工具 A	総繊維数濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
定点①	22.64	512.68	326.40	0.04	0.07
定点②	19.80	608.38	333.19	0.03	0.06
定点③	23.71	599.83	281.97	0.04	0.08

表 6-B

工具 B	総繊維数濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
定点①	28.84	294.79	536.60	0.10	0.05
定点②	25.54	317.73	585.65	0.08	0.04
定点③	26.70	325.76	331.53	0.08	0.08

※ 試料のスレート波板は表面塗装のために吸水性が低いことに加え、噴霧された水により堆積した粉じんが再発じんした可能性がある。

(4) 結果 2 : 石綿含有けい酸カルシウム板第 1 種の切断

ア 個人ばく露測定結果

個人ばく露測定による粉じん濃度変化は図 14 のとおりであり、集じん機を使用した場合は、粉じん濃度が抑制された。

総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度は表 7 のとおりであり、集じん機の使用により、未使用時と比較して濃度を 40%以下に抑制した。また、湿潤化(※1)した場合と比較して、濃度を 60%以下(※2)に抑制した。

(※1) 湿潤化は作業開始前に試料の表面に水を噴霧。切断作業中は噴霧していない。

(※2) クリソタイル濃度については、湿潤化と同等程度であった。

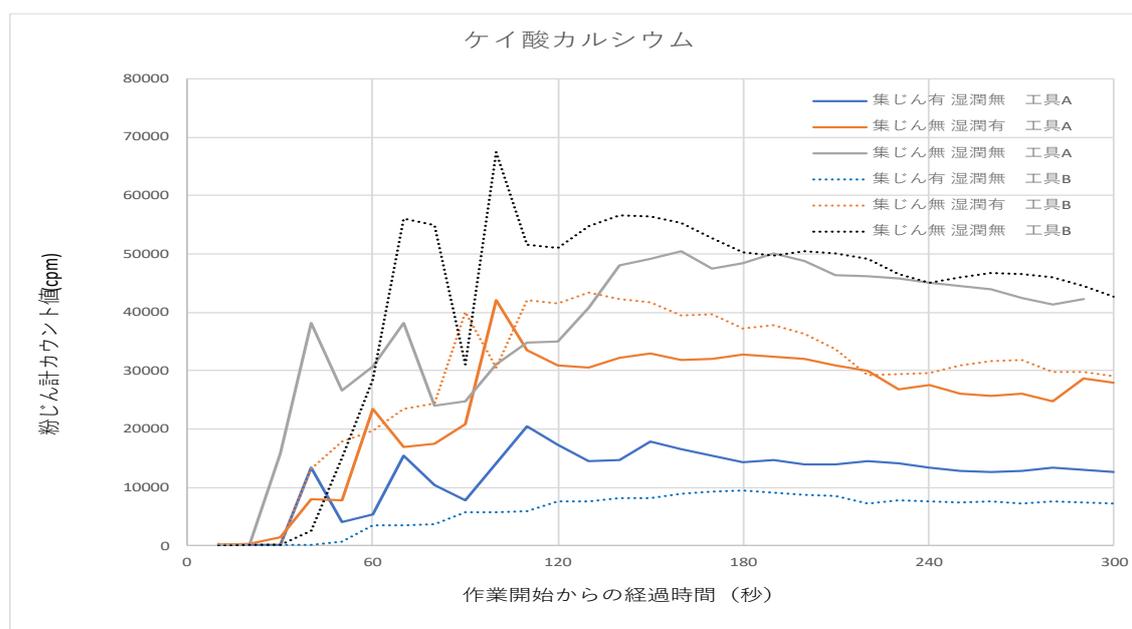


図 14 粉じん濃度：個人ばく露測定（石綿含有けい酸カルシウム板第 1 種）

表 7 石綿含有けい酸カルシウム板第 1 種の切断における個人ばく露測定による総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度

表 7-A-1

工具 A	総繊維数濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	395.57	1410.63	654.89	0.28	0.60

表 7-A-2

工具 A	クリソタイル濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	0.40	1.03	0.40	0.39	1.00

表 7-A-3

工具 A	アモサイト濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	21.91	78.80	39.44	0.28	0.56

表 7-A-4

工具 A	クロシドライト濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	19.52	58.95	39.04	0.33	0.50

表 7-B-1

工具 B	総繊維数濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	141.02	1134.31	603.53	0.12	0.23

表 7-B-2

工具 B	クリソタイル濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	ND	ND	0.40	-	-

表 7-B-3

工具 B	アモサイト濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	5.18	52.78	40.99	0.10	0.13

表 7-B-4

工具 B	クリソタイル濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
個人	3.59	49.79	41.80	0.07	0.09

※ ND は定量下限値以下であったもの。

イ 定点測定結果

定点測定による粉じん濃度変化は図 15-17 のとおりである。集じん機を使用しない場合は、湿潤化をした場合も含めて粉じん計の測定上限を超えており、集じん機を使用した場合は、粉じん濃度が抑制された。

総繊維数濃度は表 8 のとおりであり、集じん機の使用により、未使用時と比較して濃度を 30%以下に抑制した。また、湿潤化(※)した場合と比較して、濃度を 80%以下に抑制した。

(※) 湿潤化は作業開始前に試料の表面に水を噴霧。切断作業中は噴霧していない。

(※) 工具 A の定点③の総繊維濃度は湿潤化と同等程度であった。

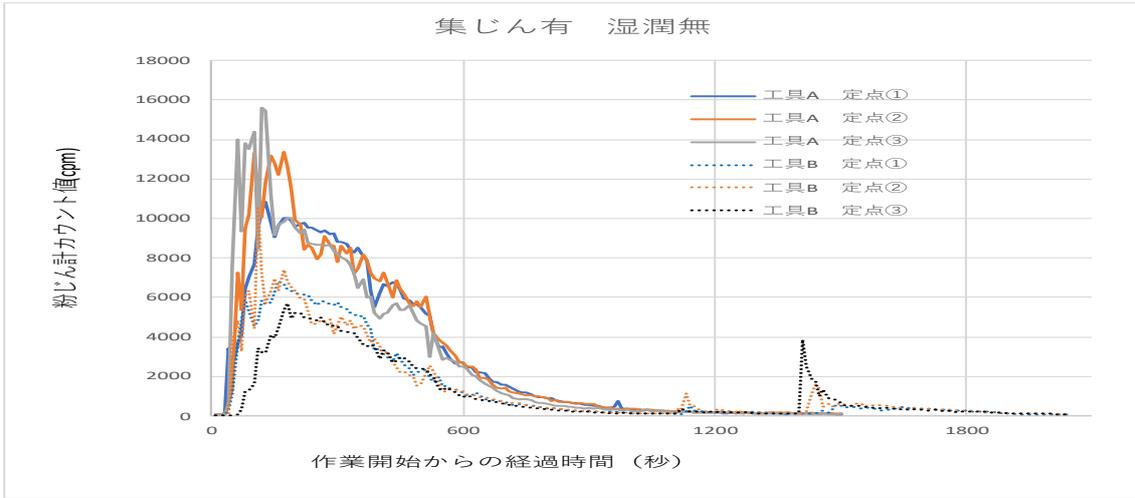


図 15 粉じん濃度：定点測定（集じん有、湿潤無）（石綿含有けい酸カルシウム板第 1 種）

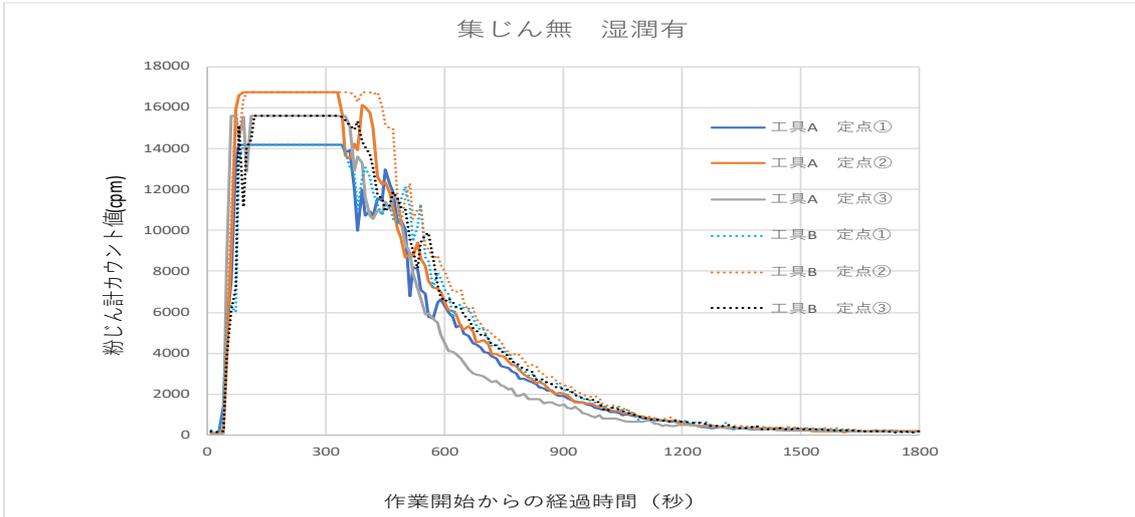


図 16 粉じん濃度：定点測定（集じん無、湿潤有）（石綿含有けい酸カルシウム板第 1 種）

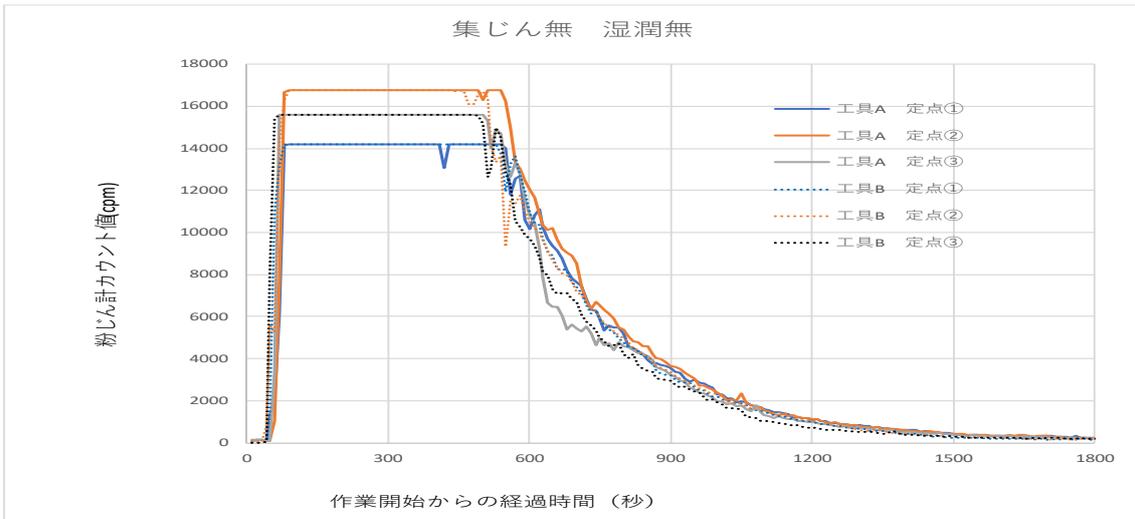


図 17 粉じん濃度：定点測定（集じん無、湿潤無）（石綿含有けい酸カルシウム板第 1 種）

表 8 石綿含有けい酸カルシウム板第 1 種の切断における定点測定による総繊維数濃度

表 8-A

工具 A	総繊維数濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
定点①	249.08	1181.30	460.98	0.21	0.54
定点②	281.66	999.34	358.57	0.28	0.79
定点③	378.10	1766.60	401.60	0.21	0.94

表 8-B

工具 B	総繊維数濃度 (f/cm ³)			(a)/(b)	(a)/(C)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	湿潤 (C)		
定点①	182.00	1043.51	330.68	0.17	0.55
定点②	234.00	1165.72	439.67	0.20	0.53
定点③	133.30	908.94	330.25	0.15	0.40

(5) 結果 3 : 石綿含有塗材の研磨剥離

ア 個人ばく露測定結果

個人ばく露測定による粉じん濃度変化は図 18 のとおりであり、集じん機を使用した場合は、粉じん濃度が抑制された。

総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度は表 9 のとおりであり、石綿は定量下限値以下となった。総繊維数濃度の結果から、集じん機の使用により、未使用時と比較して濃度を 20%以下に抑制した。

なお、工具による濃度の抑制効果の違いが大きいが、集じん機の排気能力の違い (95W と 300W)、カバー形状の違いによる密閉性の違いがあると思われる。

(※) 塗材は一般的に吸水性がなく、塗材への湿潤化の効果は見込めないため、湿潤化を行った条件での試験は実施していない。

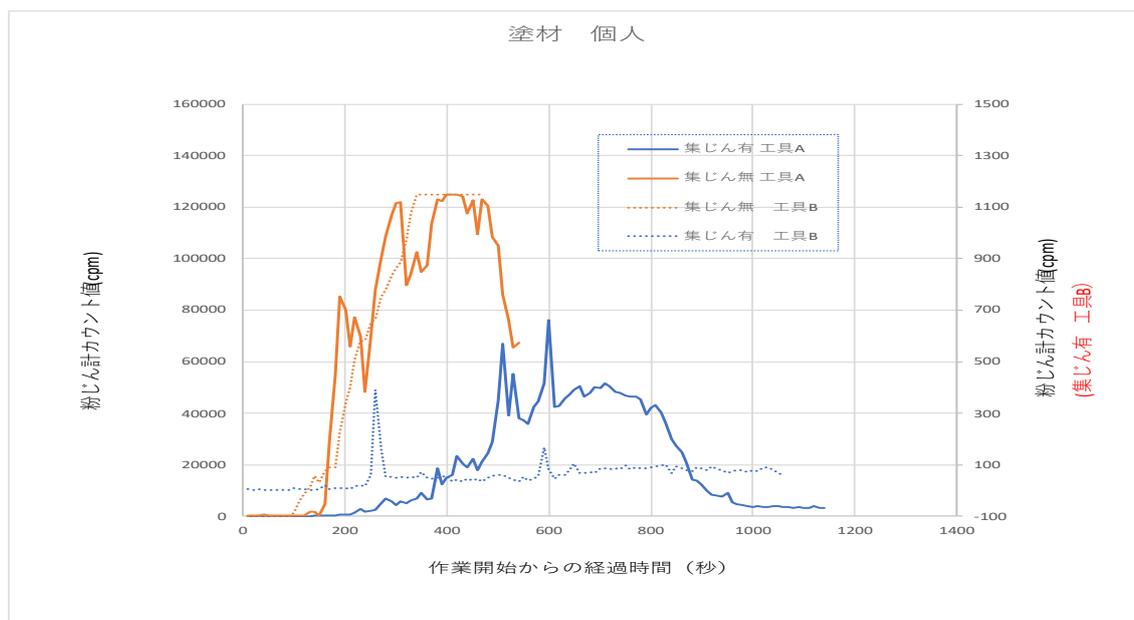


図 18 粉じん濃度 : 個人ばく露測定 (石綿含有塗材)

表9 石綿含有塗材の研磨作業における個人ばく露測定による総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度

表 9-A-1

工具 A	総繊維数濃度 (f/cm ³)		
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	(a)/(b)
個人	4.73	25.96	0.18

表 9-A-2

工具 A	クリソタイル濃度 (f/cm ³)		
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	(a)/(b)
個人	ND	ND	—

表 9-B-1

工具 B	総繊維数濃度 (f/cm ³)		
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	(a)/(b)
個人	0.31	14.94	0.02

表 9-B-2

工具 B	クリソタイル濃度 (f/cm ³)		
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	(a)/(b)
個人	ND	ND	—

※ ND は定量下限値以下であったもの。

イ 定点測定結果

定点測定による粉じん濃度変化は図 19-20 のとおりである。集じん機の使用の有無にかかわらず、いずれの作業においても、粉じん計の測定上限を超えた。作業開始時からの粉じん濃度の立ち上がり、作業終了後の換気に要する時間の何れの点からも集じん機を使用した場合の方が粉じん濃度が抑制された。

総繊維数濃度は表 10 のとおりであり、集じん機の使用により、未使用時と比較して濃度を 20%以下に抑制した。

(※) 塗材は一般的に吸水性がなく、塗材への湿潤化の効果は見込めないため、湿潤化を行った条件での試験は実施していない。

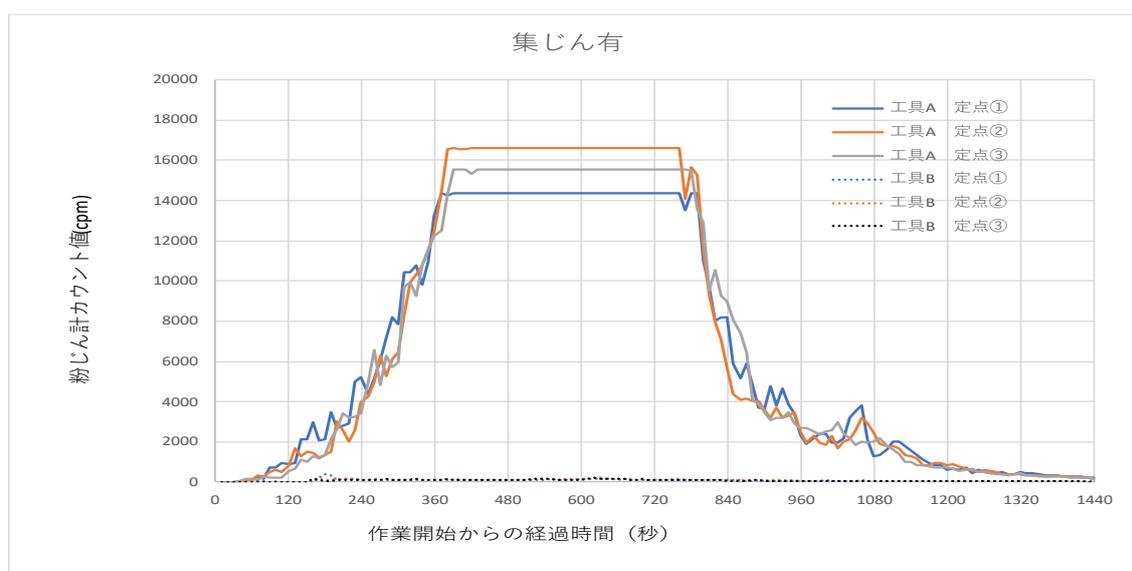


図 19 粉じん濃度：定点測定（集じん有）（石綿含有塗材）

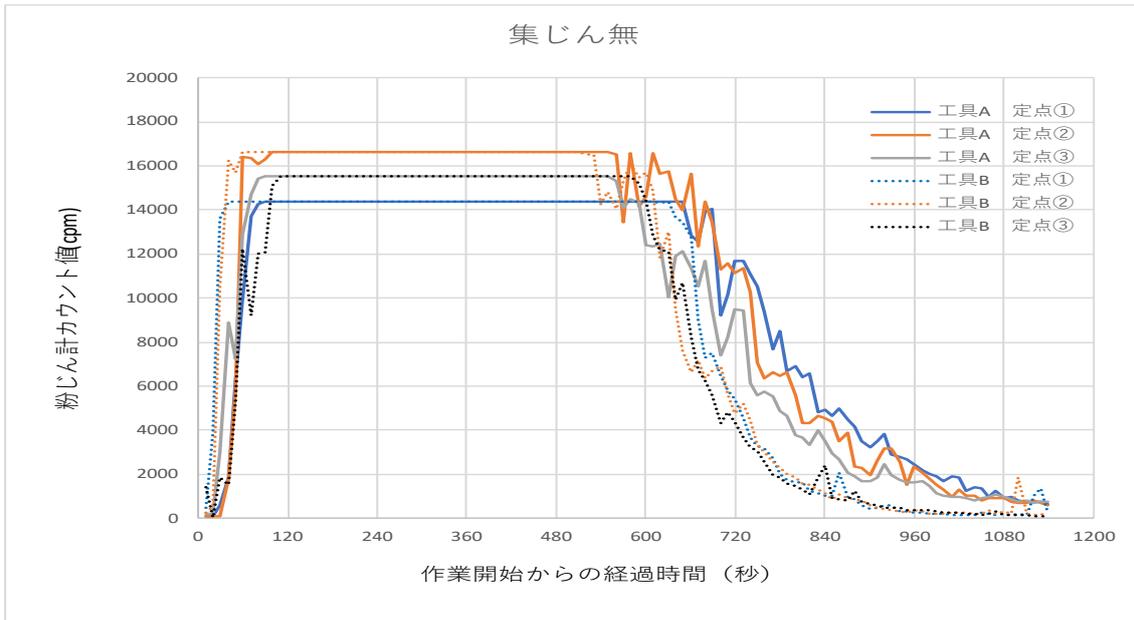


図 20 粉じん濃度：定点測定（集じん無）（石綿含有塗材）

表 10 石綿含有塗材の研磨作業における定点測定による総繊維数濃度

表 10-A

工具 A	総繊維数濃度 (f/cm ³)		(a)/(b)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	
定点①	2.69	12.91	0.21
定点②	1.61	8.78	0.18
定点③	1.61	13.94	0.12

表 10-B

工具 B	総繊維濃度 (f/cm ³)		(a)/(b)
	集じん有 (a)	集じん無 (b)	
定点①	1.49	24.15	0.06
定点②	1.99	22.14	0.09
定点③	1.49	26.89	0.06

5 文献調査及び実証試験結果を踏まえた検討

(1) 石綿等の切断等作業等に係る措置の見直し（石綿則第13条関係）

文献調査及び実証試験結果を踏まえると、除じん性能を有する電動工具の使用は、石綿等の湿潤化と同等以上の粉じん発散低減効果を有するものであると認められる。実証試験においては、作業内容、グラインダーのカバーの形状や集じん機の出力によって、性能に多少のばらつきが認められるが、いずれの場合も、十分な粉じん濃度の低減の効果が認められる。

このため、石綿等の切断等の作業等（石綿則第6条の2に規定する作業及び第6条の3に規定する作業を除く。）における粉じん発散防止措置については、「湿潤化」に限定せず、湿潤化、除じん性能を有する電動工具の使用その他の石綿等の粉じんの発散を防止する措置のいずれかの措置を行うことを義務付けることとし、石綿則等を見直すべきである。また、従来から通達で示されている、封じ込め作業における固化剤の吹付け、除去作業における剥離剤の使用、湿潤化が著しく困難な場合における隔離（囲い込み）についても、引き続き、粉じん発散防止措置に含まれるものと解釈すべきであるが、将来の技術の進歩により、湿潤化と同等以上の粉じんの発散を防止する措置が開発された場合は、専門家の意見を聴いた上で、当該措置も同様に通達で位置付けるべきである。

また、集じん性能については、JIS Z 8122（又はこれと同等以上の性能を有するもの）を満たす HEPA フィルタを搭載した集じん機とすべきである。集じん機や電動工具は、正しく使用されなければ低減効果が発揮されないため、取扱説明書等に従い、適切に使用すること、フィルターの交換等定期的に適切なメンテナンスが必要であることを特別教育等の場において周知すべきである。

なお、当該見直しは、電動工具による切断等を推奨するものではなく、石綿則第6条の2第1項の規定のとおり、石綿等は切断等以外の方法（ボルトや釘等を撤去し、手作業で取り外すこと）で行う必要があり、これを実施することが技術上困難な場合に限り、電動工具等で石綿等の切断等を行うことが認められているという従来の考え方を変えるべきではない。見直しに当たっては、この考えを改めて事業者等に周知すべきである。

(2) 石綿等の切断等作業等に係る措置の見直し（石綿則第6条の2及び第6条の3関係）

文献調査及び実証試験から、除じん性能を有する電動工具には、十分な石綿等の粉じん発散低減効果があることが認められる。

一方で、石綿則第6条の2及び第6条の3においては、作業場所の隔離及び当該石綿含有成形品や仕上げ塗材の常時湿潤化等の措置を講じること

を事業者に義務付けており、常時湿潤化以外の粉じん発散防止措置を認めていない。

石綿則第6条の3は、電動工具の使用時の規定であり、また、第6条の2においても、第1項で石綿含有成形品を切断以外の方法で石綿等を除去することを原則としているが、除去対象物の状況により、電動工具を使用せざるを得ない場合がある。常時湿潤な状態にするためには、「切断面への散水等の措置を講じながら作業を行う」必要があるが、散水しながら電動工具を使用することは感電のおそれがある。また、湿潤化の代替措置としてあげられている剥離剤については、有害性による健康障害が報告されているものがある。

石綿等の切断等の作業においては、有効な呼吸用保護具の使用も義務付けられていることを踏まえ、電動工具を使用する作業においては、除じん性能を有する電動工具を使用することにより、労働者の石綿のばく露を低減しつつ、感電の危険性や剥離剤による有害性を避けることができ、作業場の安全衛生状況が全体として向上することが期待できる。

以上を踏まえ、作業内容に応じた、最適な粉じん発散防止措置を作業場で適切に講ずることができるよう、「常時湿潤な状態を保つ」に限定せず、常時湿潤化、除じん性能を有する電動工具の使用その他の石綿等の粉じんの発散を防止する措置のいずれかの措置を行うことを義務付けることとし、石綿則等を見直すべきである。

また、従来から通達で示されている剥離剤の使用も、引き続き、粉じん発散防止措置に含まれると解釈すべきであるが、将来の技術の進歩により、湿潤化と同等以上の粉じんの発散を防止する措置が開発された場合は、専門家の意見を聴いた上で、当該措置を同様に通達で位置付けるべきである。

また、集じん性能については、JIS Z 8122（又はこれと同等以上の性能を有するもの）を満たす HEPA フィルタを搭載した集じん機とすべきである。集じん機や電動工具は、正しく使用されなければ低減効果が発揮されないため、取扱説明書等に従い、適切に使用すること、フィルターの交換等定期的に適切なメンテナンスが必要であることを特別教育等の場において周知すべきである。

なお、上記5（1）と同様、当該見直しは、電動工具による切断等を推奨するものではなく、石綿則第6条の2第1項の規定のとおり、石綿等は切断等以外の方法（ボルトや釘等を撤去し、手作業で取り外すこと）で行う必要がある、これを実施することが技術上困難な場合に限り、電動工具等で石綿等の切断等を行うことが認められているという従来の考え方を変えるべきではない。見直しに当たっては、この考えを改めて事業者等に周

知すべきである。

建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会開催要綱

1 目的

建築物の解体等の作業における石綿ばく露防止対策等については、平成 17 年に施行された石綿障害予防規則（平成 17 年厚生労働省令第 21 号。以下「石綿則」という。）等に基づく措置の徹底を図っているところである。

また、平成 26 年 3 月に公示した「建築物等の解体等の作業及び労働者が石綿にばく露するおそれがある建築物等における業務での労働者の石綿ばく露防止に関する技術上の指針」において、石綿則に基づく事前調査及び隔離の措置に係る留意事項等について規定しているところである。

しかしながら、石綿等が使用されている建築物の老朽化による解体等の工事は、今後とも増加することが予想され、現在の技術的知見等も踏まえ、一層の石綿ばく露防止対策等の充実が求められているところである。

このため、建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会を数次にわたり開催し、建築物の解体・改修等におけるばく露防止対策に関する検討を行い、その結果を取りまとめ、石綿ばく露防止対策等の充実に資することとする。

なお、環境省において大気汚染防止法（昭和 43 年法律第 97 号）の平成 25 年改正時の附則に基づく 5 年後見直しに係る議論もなされる予定であり、必要に応じてこれら議論も踏まえつつ検討を行う。

2 検討事項

- (1) 建築物の解体・改修等に係る労働者の石綿ばく露防止対策において充実すべき点の検討
- (2) その他

3 構成等

- (1) 本検討会は、厚生労働省労働基準局長が、別紙 1 の参集者の参集を求めて開催する。また、別紙 2、別紙 3 又は別紙 4 の参集者名簿に記載されている者のうちから、検討事項に応じて参集者の参集を求めて、それぞれ、「建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会ワーキンググループ」、「建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会工作物に関するワーキンググループ」、「建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会船舶に関するワーキンググループ」を開催する。
- (2) 本検討会及び各ワーキンググループには必要に応じ、別紙以外の有識者等の参集を

求めることができる。

- (3) 参集者に事故等あるときは、代理の者に参集を求めることができる。
- (4) 本検討会及び各ワーキンググループに座長1名を置き、座長はそれぞれの議事を整理する。
- (5) 座長に事故等あるときは、座長代理を置き、座長代理は議事を整理する。
- (6) 本検討会は、必要に応じて、関係者からヒアリングを行うことができる。
- (7) 本検討会及び各ワーキンググループの参集者等は、本検討会において知ることのできた秘密を漏らしてはならないものとし、検討会終了後も同様とする。
- (8) この要綱に定めるもののほか、検討会の運営に関し必要な事項は、座長が厚生労働省労働基準局安全衛生部化学物質対策課と協議の上定める。

4 その他

- (1) 本検討会及び各ワーキンググループは、原則公開とする。ただし、個人情報、個別企業等に係る内容を扱うときは非公開とすることができる。
- (2) 本検討会及び各ワーキンググループの事務は、厚生労働省労働基準局安全衛生部化学物質対策課において行う。

別紙2から別紙4 (略)

建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会 参集者名簿

稲村 行彦 (公社) 全国解体工事業団体連合会 専務理事

加藤 昌二 (一社) 日本建設業連合会 安全委員会安全対策部会委員

古賀 純子 芝浦工業大学建築学科教授

小菅 元生 日本労働組合総連合会 労働法制局局長

高崎 英人 (一社) 全国建設業協会 環境専門委員会委員

鷹屋 光俊 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所所長

田久 悟 全国建設労働組合総連合 労働対策部長

中村 憲司 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所
主任研究員

西田 和史 建設業労働災害防止協会 技術管理部長

村井 孝嗣 (一社) 住宅生産団体連合会 環境委員会委員
積水ハウス株式会社 環境推進部 課長

本橋 健司 (一社) 建築研究振興協会会長

(50音順)

(オブザーバー)
国土交通省
環境省

(開催状況)

第11回 令和5年 5月16日 10:00-12:00

第12回 令和5年 6月15日 10:00-12:00

研磨・切断作業等における排気装置（除じん装置）を有する
電動工具の有効性に関する文献調査（論文一覧）

表 3 の文献 1 から 15 は以下のとおりである。

1. Teitsworth, J.E. and M.J. Sheehan, *The effectiveness of local exhaust-ventilated (shrouded) hand power tools used for grinding/sanding composite materials*. Am Ind Hyg Assoc J, 1998. **59**(10): p. 689-693.
2. Akbar-Khanzadeh, F. and R.L. Brillhart, *Respirable crystalline silica dust exposure during concrete finishing (grinding) using hand-held grinders in the construction industry*. Ann Occup Hyg, 2002. **46**(3): p. 341-346.
3. Croteau, G.A., et al., *The effect of local exhaust ventilation controls on dust exposures during concrete cutting and grinding activities*. AIHA J (Fairfax, Va), 2002. **63**(4): p. 458-467.
4. Glinski, M., *Dust emission and efficiency of local exhaust ventilation during cast iron grinding*. Int J Occup Saf Ergon, 2002. **8**(1): p. 95-105.
5. Carlton, G.N., et al., *The effectiveness of handheld ventilated sanders in reducing inhalable dust concentrations*. Appl Occup Environ Hyg, 2003. **18**(1): p. 51-56.
6. Croteau, G.A., et al., *The efficacy of local exhaust ventilation for controlling dust exposures during concrete surface grinding*. Ann Occup Hyg, 2004. **48**(6): p. 509-518.
7. Dunn, K.H., et al., *Evaluation of a local exhaust ventilation system for controlling refractory ceramic fibers during disc sanding*. J Occup Environ Hyg, 2004. **1**(10): p. D107-111.
8. Akbar-Khanzadeh, F., et al., *Crystalline silica dust and respirable particulate matter during indoor concrete grinding - wet grinding and ventilated grinding compared with uncontrolled conventional grinding*. J Occup Environ Hyg, 2007. **4**(10): p. 770-779.
9. Ojima, J., *Efficiency of a tool-mounted local exhaust ventilation system for controlling dust exposure during metal grinding operations*. Ind Health, 2007. **45**(6): p. 817-819.
10. Shepherd, S., et al., *Reducing silica and dust exposures in construction during use of powered concrete-cutting hand tools: efficacy of local exhaust ventilation on hammer drills*. J Occup Environ Hyg, 2009. **6**(1): p. 42-51.
11. Young-Corbett, D.E. and M.A. Nussbaum, *Dust control effectiveness of drywall sanding tools*. J Occup Environ Hyg, 2009. **6**(7): p. 385-389.

12. Akbar-Khanzadeh, F., et al., *Effectiveness of dust control methods for crystalline silica and respirable suspended particulate matter exposure during manual concrete surface grinding*. J Occup Environ Hyg, 2010. **7**(12): p. 700-711.
13. Carlo, R.V., et al., *Laboratory evaluation to reduce respirable crystalline silica dust when cutting concrete roofing tiles using a masonry saw*. J Occup Environ Hyg, 2010. **7**(4): p. 245-251.
14. Healy, C.B., et al., *An evaluation of on-tool shrouds for controlling respirable crystalline silica in restoration stone work*. Ann Occup Hyg, 2014. **58**(9): p. 1155-1167.
15. Johnson, D.L., et al., *Experimental Evaluation of Respirable Dust and Crystalline Silica Controls During Simulated Performance of Stone Countertop Fabrication Tasks With Powered Hand Tools*. Ann Work Expo Health, 2017. **61**(6): p. 711-723.