

付属資料6 下地調整時における粉じん飛散量の測定結果

1. はじめに

本指針（案）の「3.1 下地調整方法の選定」では、アスベストが飛散しにくい下地調整方法を選定している。以下に示す実験により、アスベスト含有成形板に対して様々な下地調整を行った際に飛散した繊維状粒子濃度を測定し、本指針（案）の下地調整方法を選定した。

1.1 実験概要

本研究では、以下の3回の実験により、アスベスト繊維飛散性の検証を行った。

実験① 鉄骨造倉庫の屋根材に対して下地調整を行った際の繊維飛散量測定

実験② 鉄骨造倉庫の屋根材・外壁材に対して下地調整を行った際の繊維飛散量測定

実験③ 暴露されている屋根材に対して下地調整を行った際の繊維飛散量測定

各実験の概要を表1に示す。

表1 実験概要

実験名	対象成形板・部位	下地調整の方法	実験実施期間	実験場所
実験①	スレート大波板（屋根）	・集塵機付きブラシ	2007年9月	茨城県古河市
実験②	スレート大波板（屋根） スレート小波板（壁）	・高圧水洗 ・シュロ箒	2010年1月～2月	茨城県古河市
実験③	スレート小波板（屋根） 住宅屋根用化粧スレート（屋根）	・シュロ箒	2010年10月～11月	茨城県つくば市

1.2 測定条件

本実験では、各下地調整における繊維数濃度の測定を行うことによりアスベストの飛散性の評価を行った。アスベスト繊維濃度の測定は JIS K 3850-1:2006(空气中の繊維状粒子測定方法—第一部：光学顕微鏡法および走査電子顕微鏡法)により分析した。

分析対象は、以下の3種類とした。

- 総繊維数濃度：位相差顕微鏡による計数（有機質繊維・無機質繊維・アスベスト繊維が対象）。
- 無機質繊維数濃度：低温灰化処理後、位相差顕微鏡による計数（無機質繊維・アスベスト繊維が対象）。
- アスベスト繊維数濃度（クリソタイル繊維数濃度・クロシドライト繊維数濃度）：分散染色法による計数（アスベスト繊維が対象）。

実験①では、アスベスト繊維数濃度のみを分析した。

実験②、実験③では、総繊維数濃度、無機質繊維数濃度、アスベスト繊維数濃度を分析した。ただし、総繊維数濃度が定量下限の場合、無機質繊維数濃度およびアスベスト繊維数濃度の分析は行わなかった。また、無機質繊維数濃度が定量下限の場合、アスベスト繊維数濃度の分析は行わなかった。

実験②では、高圧水洗による下地調整を行った際の洗浄廃水を回収し、アスベストの有無を調べた。

実験③では、アスベスト繊維が束状で飛散していて JIS K 3850-1 の繊維状粒子の判断基準では検出されていない可能性を確認するため、フィルタに超音波を掛けて繊維の束を解してから分析をする方法も併せて検討

した。

超音波をかけたフィルタの作り方を以下に示す。

1. フィルタを1/4切取り、無じん水中に入れる。
2. 超音波により分散させ、無じん水で定容する。
3. 十分な分散の後に適量について新たなフィルタにてろ過し分析用フィルタとする。
4. JIS K 3850-1:2006（空気中の繊維状粒子測定方法—第1部：光学顕微鏡法及び走査電子顕微鏡法）の方法に準拠して分析を行う。

1.3 検討基材

検討対象としたアスベスト含有成形板の表面劣化度は、本指針（案）の「2.3 2次調査・診断」に従って判定した。

アスベスト含有成形板のアスベスト含有量は JIS A 1481:2006（建材製品中のアスベスト含有率測定方法）に準拠して求めた。

2. 実験① 鉄骨造倉庫の屋根材に対して、下地調整を行った際の繊維飛散量測定

2.1 実験方法

茨城県古河市にある築21年の鉄骨造倉庫の屋根を対象とした。



写真1 実験場所外観



写真2 実験場所

2.2 検討した下地調整の種類

本実験では、集塵機付きブラシによる下地調整を行った際の繊維飛散性を確認した。下地調整の概要を表2に示す。

表2 実験を行った下地調整の種類

下地調整方法	備考
集塵機付きブラシ	HEPA フィルタ（JIS Z 8122 準拠品）付き真空掃除機の吸引口に下図に示すケレン用のブラシ（ポリエステル製）を付け、清掃しながら粉じんを吸引できるようにした。作業は清掃者と真空掃除機を持つ者の2名で実施した。  ブラシ  下地調整実施状況

2.3 検討基材

対象としたアスベスト含有成形板の種類を表3に示す。

表3 対象としたアスベスト含有成形板

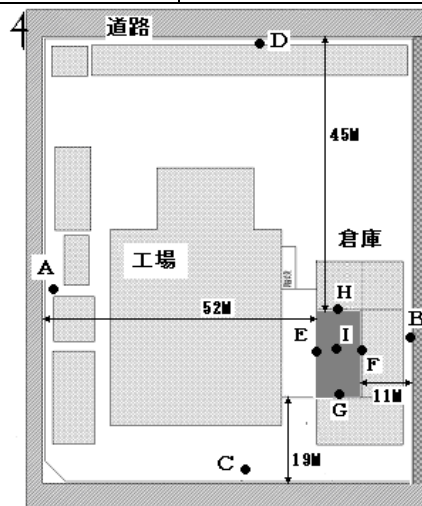
部位	種類	アスベスト含有量 (wt%)	表面劣化度	経過年数
屋根	スレート大波板	クリソタイル9.8	III	21年

2.4 測定条件

測定条件を表4に示す。a. 周辺環境は、工場の敷地境界線とし、b. 作業場所は、下地調整を行った場所の周辺とした。c. 個人暴露濃度の測定は、下地調整を実施している作業者の呼吸域にサンプラーを取り付けて測定した。

表4 測定条件

	a. 周辺環境	b. 作業場所	c. 個人暴露
測定位置	敷地境界の東西南北4箇所	作業場の東西南北4箇所	作業者の呼吸域
下図での位置	A(西)、B(東)、 C(南)、D(北)	E(西)、F(東)、 G(南)、H(北)	I(作業者位置)
吸引流量	10L/min	10L/min	1~2.5L/min
吸引時間	240min	120min	15~30min
フィルター径	φ47mm	φ25mm	φ25mm



- アスベスト繊維捕集位置
- 施工区域

2.5 測定結果

測定結果を表5に示す。

表5 測定結果 (単位: f/L)

工程	測定場所	方位	アスベスト 繊維数濃度	定量下限
施工前	a. 周辺環境	東	<0.3	0.3
		西	<0.3	
		南	<0.3	
		北	<0.3	
	b. 作業場所	東	<0.5	0.5
		西	<0.5	
		南	<0.5	
		北	<0.5	
集塵機付きブラシによる下地調整実施中	a. 周辺環境	東	<0.3	0.3
		西	<0.3	
		南	<0.3	
		北	<0.3	
	b. 作業場所	東	<0.5	0.5
		西	<0.5	
		南	<0.5	
		北	<0.5	
	c. 個人暴露	1	<10	10

・集塵機付きブラシによる下地調整実施中、周辺環境でのアスベスト繊維数濃度は大気汚染防止法で規定される 10 f/L を大きく下回った。更に、作業場所および作業者の個人暴露濃度に関しても労働安全衛生法および屋外作業場ガイドラインに定められている基準値である 150 f/L を下回った。

2.6 まとめ

- ・表面劣化度Ⅲのスレート大波板に対して集塵機付きブラシで下地調整を行った場合は、繊維状粒子の飛散が無かったため、実施可能と考える。
- ・実験結果を元に「付属資料8 関連論文一覧」の論文³⁾を作成した。

3. 実験② 鉄骨造倉庫の屋根材・外壁材に対して下地調整を行った際の繊維飛散量測定

3.1 実験方法

茨城県古河市にある築 23 年の鉄骨造倉庫の屋根・外壁面を対象として下地調整を行った際のアスベスト繊維飛散性を確認した (図 1)。

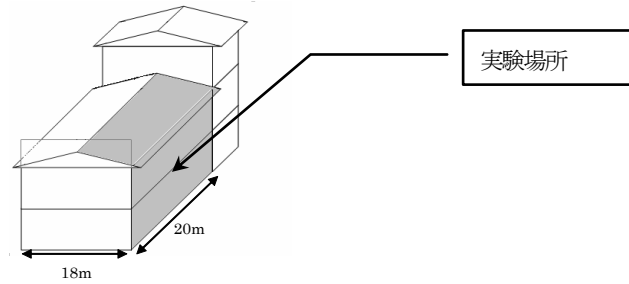


図1 対象とした倉庫（網掛け部分の屋根と外壁の一部を下地調整した）



写真3 実験場所外観



写真4 実験場所（屋根面）



写真5 実験場所（外壁面）

3.2 検討した下地調整の種類

本実験では、高圧水洗およびシュロ箒による下地調整を行った際の繊維飛散性を確認した。下地調整の概要を表6に示す。

表6 実験を行った下地調整の種類

下地調整方法	備考
高圧水洗（水圧10MPa）	対象部位は外壁および屋根とした。スレート大波板とノズルの距離は30cm程度とした。 高圧水洗機：精和産業株式会社製 ジェットクリーン 形式 JC-200GL 最大出力11PS 圧力200kgf/c m ² 給水量 16L/min 吐出圧力：10MPa
シュロ箒	対象部位は屋根のみとした。一回にケレンする幅は30cm程度とした。 棕櫚箒・長柄（鬼毛十一玉）白木屋製

3.3 検討基材

対象としたアスベスト含有成形板の種類を表7に示す。

表7 対象としたアスベスト含有成形板

部位	種類	アスベスト含有量(wt%)	表面劣化度	経過年数
外壁	スレート小波板	クリソタイル7.1	Ⅱ	23年
屋根	スレート大波板	クリソタイル9.8	Ⅲ	23年

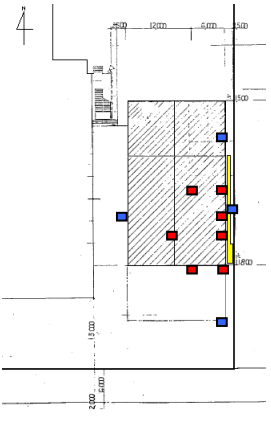

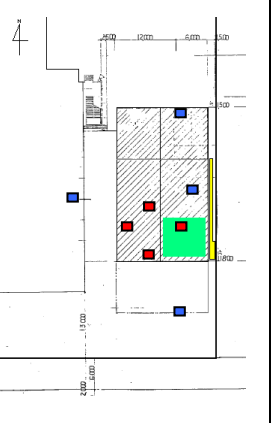
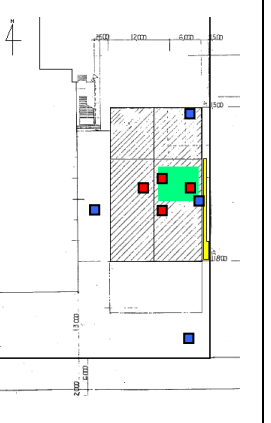
3.4 測定条件

測定条件、測定場所を表8に示す。作業場所で3~4箇所〔東、（西）、南、北〕、周辺環境で4箇所（東、西、南、北）および個人暴露（n=2）の測定を行った。

表8 測定条件

	外壁 (高圧水洗)			屋根 (高圧水洗)			屋根 (シュロ箒)		
	周辺環境	作業場所	個人暴露	周辺環境	作業場所	個人暴露	周辺環境	作業場	個人暴
吸引流量	10L/min	5L/min	1L/min	10L/min	5L/min	1L/min	10L/min	5L/min	1L/min
吸引時間	30min	30min	10min	88min	74min	10min	62min	50min	10min
フィルター径	φ47mm	φ23mm	φ23mm	φ47mm	φ23mm	φ23mm	φ47mm	φ23mm	φ23mm

サンプラー設置場所
青：周辺環境、赤：作業場所

実験実施前・実験実施後	外壁 (高圧水洗)	屋根 (高圧水洗)	屋根 (シュロ箒)
			

なお、下地調整時は倉庫の東面を養生シートで屋根の高さまで囲んだ。南北面には壁があり、西面は養生シートで囲わなかった。本研究では養生シート、南北面の壁の内側を作業場所、養生シートの外側や倉庫から離れた敷地内の空間を周辺環境と呼称している。

3.5 測定結果

測定結果を表9、表10に示す。また、高圧水洗を行った際の洗浄廃水中にアスベストが含まれるか確認を行った。結果を表11に示す。

表9 測定結果 (単位：f/L)

部位	下地調整	測定場所	方位	総繊維数濃度	無機質繊維数濃度	アスベスト繊維数濃度	定量下限
外壁	高圧水洗	作業場所	東	2.1	6.4	<1.9	1.9
			南	5.7	12	<1.9	1.9
			北	34	45	<1.9	1.9
		周辺環境	東	6.3	<2.4	<2.4	2.4
			西	<2.4			2.4
			南	<2.4			2.4
			北	3.6	9.9	<2.4	2.4
		個人暴露	1	42	390	<28	28
			2	42	130	<28	28

表 10 測定結果 (単位: f/L)

部位	下地調整	測定場所	方位	総繊維数濃度	無機質繊維数濃度	アスベスト繊維数濃度	定量下限
屋根	高圧水洗	作業場所	東	3.4	3.7	<0.8	0.8
			西南	3.0	6.1	<0.9	0.9
			南	8.0	8.9	<0.8	0.8
			北	2.7	3.9	<0.9	0.9
		周辺環境	東	1.9	<0.9	<0.9	0.9
			西	<0.9			0.9
			南	<0.9			0.9
			北	1.4	<0.8	<0.8	0.8
	個人暴露	1	32	<28	<28	28	
		2	<28	<28	<28	28	
	シュロ箒	作業場所	東	8.5	2.2	<1.2	1.2
			西	9.2	8.0	<1.2	1.2
			南	6.4	6.8	<1.2	1.2
			北	2.1	8.4	<1.2	1.2
		周辺環境	東	<1.2	<1.2	<1.2	1.2
			西	<1.1	<1.1	<1.1	1.1
南			<1.2	<1.2	<1.2	1.2	
北			<1.3	<1.3	<1.3	1.3	
個人暴露	1	53	32	<28	28		
	2	<28	<28	<28	28		

表 11 洗浄廃水中でのアスベスト繊維の有無

下地調整種類	アスベストの有無
壁の高圧水洗の洗浄廃水	クリソタイルが検出された
屋根の高圧水洗の洗浄廃水	クリソタイルが検出された

表 9 および表 10 の結果より、無機質繊維数濃度が総繊維数濃度よりも高くなっているケースが認められた。繊維状粒子の計数は、社団法人日本作業環境測定協会が実施している石綿計数分析に関するクロスチェック事業の A ランク認定分析技術者が実施したが、繊維状粒子以外の粉じん等の重なりや影響が大きく、計数が困難であったことが理由として挙げられる。

劣化度の低い表面劣化度Ⅱおよび部分的にアスベスト繊維の露出が認められる表面劣化度Ⅲのスレート波板に対して高圧水洗 (10MPa) を実施したが、周辺環境では総繊維数濃度・無機質繊維数濃度は 10 f/L 未満であった。また、作業環境においても総繊維数濃度・無機質繊維数濃度ともに、150 f/L 未満であった。また、アスベスト繊維数濃度は、全ての下地調整方法で、定量下限であった。実験①と同様、実験②の下地調整方法でも大気汚染防止法の基準値である 10 f/L および労働安全衛生法および屋外作業場ガイドラインに定められている基準値である 150 f/L を下回った。

高圧水洗時の洗浄廃水中には表 11 に示すようにクリソタイルの存在が確認されたが、洗浄廃水中のアスベスト繊維数濃度については定量出来なかった。

3.6 まとめ

・表面劣化度Ⅲのスレート波板に対して「シュロ箒」による下地調整を行った場合、および表面劣化度Ⅱ・表面劣化度Ⅲのスレート波板に対して「高圧水洗（10MPa）」行った場合には、周辺環境では総繊維数濃度・無機質繊維数濃度は 10 f/L 未満であった。また、作業環境においても総繊維数濃度・無機質繊維数濃度ともに、150 f/L 未満であった。アスベスト繊維数濃度は、全ての下地調整方法で、定量下限であった。

高圧水洗・シュロ箒ともに、下地調整が実施可能と考える。しかし、洗浄廃水にアスベストが含まれるため、廃水の回収処理は必要である。

・実験結果を基に「付属資料 8 関連論文一覧」の論文⁷⁾を作成した。

4. 実験③ 暴露されている屋根材に対して下地調整を行った際の繊維飛散量測定

4.1 実験方法

実験は、独立行政法人建築研究所のばくろ場（茨城県つくば市）に長期暴露されているスレート小波板および住宅屋根用化粧スレートに対して下地調整を行なった際のアスベスト繊維数濃度を測定することにより行った。

これらの試験体に対して単管およびビニールシートで暴露板を覆った実験室を作成し、実験室内の環境濃度を測定することにより行った。作成した実験室の図を図 2 および図 3 に示す。なお、アスベスト繊維が暴露場の大気環境に飛散しないよう、集じん・排気装置を設置して実験室内部を負圧に保った（実験室内換気回数 17 回/h）。

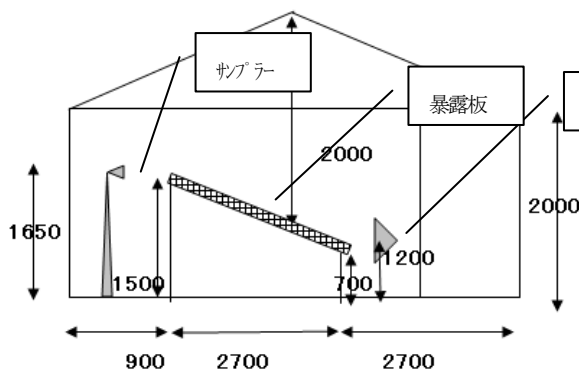


図2 実験室図（スレート小波板）

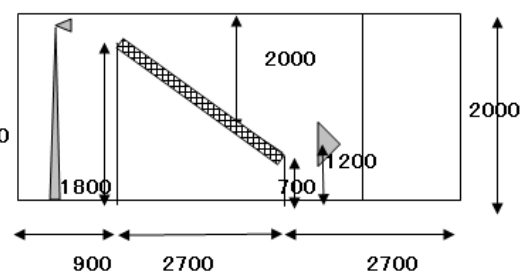


図3 実験室図（住宅屋根用化粧スレート）

4.2 検討した下地調整の種類

本実験では、シュロ箒による下地調整を行った際の繊維飛散性を確認した。下地調整の種類を表 12 に示す。

表 12 実験を行った下地調整の種類

下地調整方法	備考
シュロ箒による下地調整	一回にケレンする幅は 30cm 程度とした。 棕櫚箒・長柄（鬼毛十一玉）白木屋製

4.3 検討基材

対象としたアスベスト含有成形板の種類を表 13 に示す。

表 13 対象としたアスベスト含有成形板

部位	種類	アスベスト含有量(wt%)	表面劣化度	経過年数
屋根	スレート小波板	クリソタイル7.1、クロシドライト2.2	IV	30年以上
屋根	住宅屋根用化粧スレート	クリソタイル8.1	IV	30年以上

使用した暴露板は、30年以上の長期に渡り暴露されていたため表面劣化が著しく、スレート小波板はアスベスト繊維が表面に露出している状態、住宅屋根用化粧スレートは、表面の塗膜がほとんど残っていない状態であった（写真6、写真7）。



写真6 スレート小波板



写真7 住宅屋根用化粧スレート

4.4 測定条件

測定条件を表 14 に示す5種類とした。

表 14 測定条件

基材	実験内容	備考	下地調整実施時間	フィルター径 (μm)	吸気流量 (L/min)	吸気時間 (min)
スレート小波板	1. 無風状態での実験室内環境濃度	ブランク	/	47	10	240
	2. 扇風機で試験体に風を当てた際の実験室内環境濃度		/	47	10	240
	3. 下地調整を開始後から下地調整終了までの環境濃度	No. 3～No. 5 は同時に開始した。	15分	47	10	15
	4. 下地調整を開始してから、2時間経過するまでの環境濃度	No. 2 と同様に扇風機で風を当てながら行った。		47	10	120
	5. 下地調整を開始してから下地調整終了までの個人暴露濃度			25	1	10
住宅屋根用化粧スレート	1. 無風状態での実験室内環境濃度	ブランク	/	47	10	240
	2. 扇風機で試験体に風を当てた際の実験室内環境濃度		/	47	10	240
	3. 下地調整を開始後から下地調整終了までの環境濃度	No. 3～No. 5 は同時に開始した。	10分	47	10	10
	4. 下地調整を開始してから、2時間経過するまでの環境濃度	No. 2 と同様に扇風機で風を当てながら行った。		47	10	120
	5. 下地調整を開始してから下地調整終了までの個人暴露濃度			25	1	10

最初に実験室内の環境濃度を測定した (No. 1)。

次に、暴露板に扇風機で風を当てた際の実験室内の環境濃度を測定した (No. 2)。

最後に、暴露板をシュロ箒で下地調整した際の実験室内の環境濃度を測定した。なお、シュロ箒で下地調整を行なっている際の測定は、シュロ箒による下地調整を行っている最中の環境濃度 (No. 3)、シュロ箒による下地調整を開始してから 2 時間経過するまでの環境濃度 (No. 4)、シュロ箒により下地調整を行っている際の個人暴露濃度 (No. 5) の 3 種類を測定した。

暴露板表面における風速は風速計 ISA-69 (柴田科学製) を用いて測定した。測定結果を図 4 および図 5 に示す。

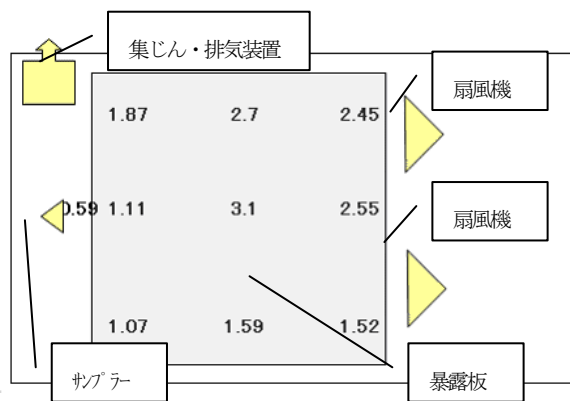


図 4 風速 (スレート小波板) 単位 (m/s)

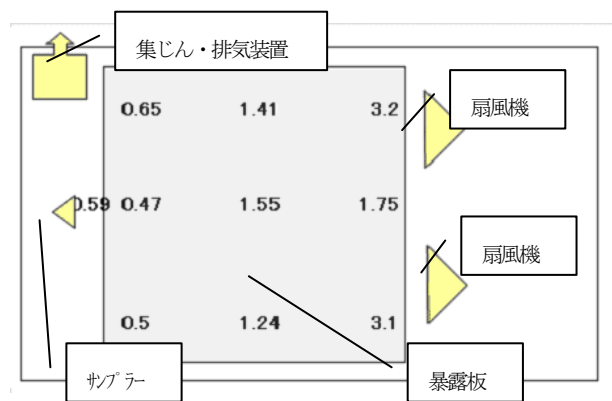


図 5 風速 (住宅屋根用化粧スレート) 単位 (m/s)

4.5 測定結果

測定結果を表 15 に示す。また、超音波測定後の分析結果を表 16 に示す。

表 15 測定結果① (JIS 法による分析) (単位 f / L)

基材	実験内容	総繊維数濃度	無機質繊維数濃度	クリソイル繊維数濃度	クロドライブ繊維数濃度	定量下限
スレート小波板	1. 無風状態	0.3	<0.3			0.3
	2. 扇風機で風を当てる	<0.3				0.3
	3. シュロ箒で下地調整を実施 (実施中)	170	160	<5	<5	5
	4. シュロ箒で下地調整を実施 (2 時間)	15	15	<0.6	<0.6	0.3
住宅屋根用化粧スレート	1. 無風状態	<0.3				0.3
	2. 扇風機で風を当てる	0.3	<0.3			0.3
	3. シュロ箒で下地調整を実施 (実施中)	130	63	<8		8
	4. シュロ箒で下地調整を実施 (2 時間)	11	5.4	<0.6		0.6
	5. シュロ箒で下地調整を実施 (個人暴露)	840	190	<30		30

※スレート小波板の「5. 個人暴露」の測定結果は、フィルターが破損したため欠落した

表 16 測定結果②（超音波実施後の分析）（単位 f / L）

基材	実験内容	総繊維数 濃度	無機質繊維 数濃度	クリタイル繊維 数濃度	クロドライト 繊維数濃度	定量下限
スレート波板	2. 扇風機で風を当てる	5.4	<1.2			1.2
	3. シュロ箒で下地調整を実施（実施中）	1100	1000	<20	<20	20
	4. シュロ箒で下地調整を実施（2時間）	180	170	<2.4	<2.4	2.4
住宅屋根用 化粧スレート	2. 扇風機で風を当てる	18	<1.2			1.2
	3. シュロ箒で下地調整を実施（実施中）	1500	110	<32		32
	4. シュロ箒で下地調整を実施（2時間）	50	11	<2.4		2.4
	5. シュロ箒で下地調整を実施（個人暴露）	1800	290	<120		120

下地調整実施中の繊維数濃度を分析した結果、総繊維数濃度・無機質繊維数濃度は検出された。また、表 15 の結果より、超音波で繊維が解されることにより総繊維数濃度および無機質繊維数濃度が増加することも認められた。しかし、アスベスト繊維数濃度は超音波で繊維を解してから分析を行っても定量下限であった。本実験の結果より、シュロ箒による下地調整の方法では、アスベスト繊維の飛散が少ないことが分かった。

シュロ箒で下地調整を行なう際、JIS 法で分析されるアスベスト繊維の飛散は少ないと考える。

4.6 まとめ

- ・表面劣化度Ⅳのスレート波板・住宅屋根用化粧スレートに対してシュロ箒で下地調整を行なう際、アスベスト繊維の飛散は少なかった。本指針（案）にシュロ箒による下地調整は適用可能と考える。
- ・実験結果を基に「付属資料 8 関連論文一覧」の論文¹¹⁾を作成した。