

付属資料1 参考文献一覧

- 1) 環境省水・大気環境局大気環境課：建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル 2011、平成 24 年 3 月
- 2) 財団法人建築保全センター：建築改修工事監理指針平成 22 年版、平成 22 年 12 月 31 日
9 章 環境配慮（グリーン）改修工事 1 節 アスベスト含有建材の処理工事
- 3) 東京都環境局：アスベスト成形板対策マニュアル、平成 19 年 3 月
- 4) 財団法人日本建築センター：改訂 既存建築物の吹付けアスベスト粉じん飛散防止処理技術指針・同解説 2006、平成 18 年 9 月 15 日
- 5) 日本規格協会：JIS ハンドブック 2012 30 塗料、平成 24 年 1 月 23 日
- 6) 一般社団法人日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 1 8 塗装工事 第 8 版、p.319、2013 年 3 月 5 日
- 7) 国土交通省発行：目で見えるアスベスト建材、平成 18 年 11 月修正版、平成 18 年 11 月
- 8) 経済産業省・国土交通省：石綿（アスベスト）含有建材データベース、平成 19 年 3 月修正版
- 9) 建設業労働災害防止協会：建築物の解体等工事における石綿粉じんへのばく露防止マニュアル改訂 2 版、平成 20 年 3 月 26 日

付属資料2 繊維強化セメント板・住宅屋根用化粧スレート JIS 名称等の変遷

表1および表2に、本指針（案）に関連するアスベスト含有成形板の JIS 名称等の変遷を示す。

表1 関連する規格名称および変遷

規格番号	規格名称	制定/改定年	主な変遷内容
JIS A 5403	石綿スレート	1950/02/13	(制定) 小波板、大波板、小平板、大平板
		1954/12/18	(改定) フレキシブル板を追加
	波形石綿スレート	1957/12/18	(改定) 名称変更 小波板、5.5 山大波板、7.5 山大波板、リブ波板
		1964/06/01	(改定) 小波板、大波板、リブ波板
	石綿スレート	1970/05/01	(改定) 名称変更、A5410 を統合 波形石綿スレート（波板）：小波板、中波板、大波板、リブ波板 石綿セメント板（ボード）：フレキシブル板、平板、軟質板
		1980/03/01	(改定) 名称変更 石綿セメント板（ボード）に、軟質フレキシブル板を追加
		1989/04/01	(改定) A5421 を統合 表面化粧加工の有無による区分（普通化粧スレート、化粧石綿スレート）を追加
		1995/01/01	(廃止) A5430 に統合
JIS A 5410	石綿スレート板	1957/12/18	(制定) 平板、フレキシブル板
		1960/12/01	(改定) フレキシブル板を追加
		1970/05/01	(廃止) A5403 に統合
JIS A 5421	化粧石綿セメント板	1976/05/01	(制定) フレキシブル化粧石綿セメント板、普通化粧石綿セメント板を追加
		1989/04/01	(廃止) A5603 に統合
JIS A 5430	繊維強化セメント板	1995/01/01	(制定) A5403、A5413、A5418、A5429 を統合し、名称を以下とした。 スレート波板：小波、中波、大波 スレートボード：フレキシブル板、軟質フレキシブル板、平板、軟質板 パーライト板：0.5 パーライト板、0.8 パーライト板 けい酸カルシウム板：タイプ1 0.8 けい酸カルシウム板 1.0 けい酸カルシウム板 タイプ2 0.8 けい酸カルシウム板 1.0 けい酸カルシウム板 スラグせっこう板：0.8 スラグせっこう板 1.0 スラグせっこう板 1.4 スラグせっこう板
		2001/3/20	(改定) 石綿を含む製品は a マークを表示
		2004/10/01	(改定) 「石綿」を使用していない旨を表示

表2 住宅屋根用化粧スレートの名称変遷

規格番号	規格名称	制定年月日	変遷内容
JIS A 5423	住宅屋根ふき用石綿スレート	1976/05/01	(制定) 平形屋根スレート、波形屋根スレート
	住宅屋根用石綿化粧スレート	1983/06/01	(改定) JIS の名称変更した
	住宅屋根用化粧スレート	1995/01/01	(改定) JIS の名称変更した
		2003/06/20	(改定) 原料として用いる材料に「石綿繊維」の文言が削除された

付属資料3 表面劣化度判定方法

本指針（案）では、a. 外観目視法以外に、b. 電子顕微鏡法、c. 分散染色法の方法でアスベスト含有成形板の表面劣化度を判定する。以下に、b. 電子顕微鏡法、c. 分散染色法の実施方法を記載する。

1. 「b. 電子顕微鏡法」による判定方法

アスベスト含有成形板の表面をラスター刷毛等のブラシで清掃して堆積物を取り除いた後、セロハン粘着テープをアスベスト含有成形板に貼り付けてはがし、セロハン粘着テープに付着した物質を走査型電子顕微鏡にて観察してアスベスト繊維の状態を確認する。実施方法を以下に記載する。

1.1 アスベスト成形板表面の採取

アスベスト含有成形板の表面をラスター刷毛等、ブラシで清掃して堆積物を取り除いた後、アスベスト含有成形板にセロハン粘着テープを貼り付ける。

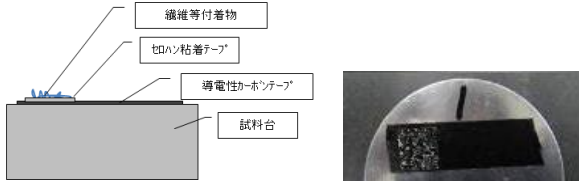
1.2 採取した標本の保存

アスベスト成形板表面に貼り付けたセロハン粘着テープをはがして、スライドガラスに貼り付けることにより、採取した標本を保存し、持ち運べるようにする。

1.3 観察用試験片の作成

走査型電子顕微鏡（SEM）試料台に、採取した標本を貼り付けるため、導電性カーボン両面テープを接着し、その上に、採取した標本を1cm角に切り取り、粘着層を上にして貼り付ける。

表1 観察用試験片の作成

 セロハン粘着テープ を貼り付けた状態	 スライドガラスに 貼り付けた状態	 SEM 試料台に 貼り付けた状態
アスベスト成形板表面の採取	採取した標本の保存	観察用試験片の作製

1.4 表面劣化度の判定

走査型電子顕微鏡による観察のための前処理を行った後、走査型電子顕微鏡（SEM）にて観察を行ない、表面劣化度を区分けする。分析に使用する走査型電子顕微鏡の例を写真1に示す。



写真 1 走査型電子顕微鏡 S-3400N HITACHI 製

各々、10 箇所程度の視野で観察を行い、表面劣化度Ⅱ～Ⅳの区分は以下の状況によるものとする。

表面劣化度Ⅱ：アスベスト繊維が認められない

表面劣化度Ⅲ：一部の視野（2～3 箇所程度）でアスベスト繊維が認められる

表面劣化度Ⅳ：半数以上の視野でアスベスト繊維が認められる

顕微鏡による観察においてはアスベスト繊維の本数、頻度のみならず露出の程度も確認が可能であり、判断の目安となる。表面劣化度Ⅲの場合には 100 倍の倍率での観察下でアスベスト繊維の露出部分が顕微鏡の視野に収まる程度であること、表面劣化度Ⅳの場合には 100 倍の倍率での観察下でアスベスト繊維の露出部分が顕微鏡の視野に収まる程度であることが目安となる。

2. 「c. 分散染色法」による判定方法

アスベスト含有成形板の表面をラスター刷毛等、ブラシで清掃して堆積物を取り除いた後、セロハン粘着テープを成形板に貼り付けてはがし、スライドガラスに貼り付け、スライドガラスを 450℃で 2 時間熱処理して有機分を取り除いた後、分散染色を行なってアスベスト繊維の有無を、位相差分散顕微鏡を用いて 100 倍に拡大して観察して撮影する。操作方法を以下に示す。

2.1 アスベスト成形板表面の採取

アスベスト含有成形板の表面をラスター刷毛等、ブラシで清掃して堆積物を取り除いた後、アスベスト含有成形板にセロハン粘着テープを貼り付ける。

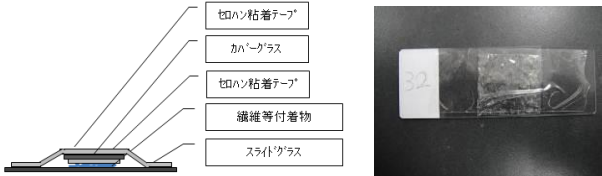
2.2 採取した標本の保存

アスベスト成形板表面に貼付けたセロハン粘着テープをはがしてスライドガラスに貼り付けることにより、採取した標本を保存し、持ち運べるようにする。

2.3 観察用試験片の作成

採取した標本を 25mm 角に切り取りスライドガラスに貼り付けた後、スライドガラスにカバーガラスを乗せ、ずれないようにセロハン粘着テープで固定する。

表2 観察用試験片の作成

 セロハン粘着テープ を貼り付けた状態	 スライドガラスに 貼り付けた状態	 試料を 貼り付けた状態
アスベスト成形板表面の採取	採取した標本の保存	観察用試験片の作製

次に、作製した試験片を 450℃の電気炉に入れて2時間加熱し、有機物を取り除く。

※加熱は、低温灰化装置を用いても良い。低温灰化装置は、比較的低温において酸素プラズマ雰囲気中での可燃性の有機物、メンブレンフィルターなどを灰化する装置である。詳細は、「付属資料1 参考文献一覧」の文献¹⁾を参照のこと。

2時間後、取り出して室温まで冷却した後、試料を使用した可能性のあるアスベストに相当する浸液に浸すことにより観察用試験片とする。

浸液の屈折率は、採取したアスベスト含有成形板に含まれているアスベストの種類により選択する。

2.4 表面劣化度の判定

位相差分散顕微鏡にて観察を行ない、表面劣化度を区分けする。分析に使用する位相差分散電子顕微鏡の例を写真2に示す。



写真2 位相差分散顕微鏡 (例) Eclipse 80i (NIKON 製) 対物レンズ Ph1 D 10×/0.25

各々、10箇所程度の視野で観察を行い、表面劣化度Ⅱ～Ⅳの区分は以下の状況によるものとする。

表面劣化度Ⅱ：アスベスト繊維が認められない

表面劣化度Ⅲ：一部の視野（2～3箇所程度）でアスベスト繊維が認められる

表面劣化度Ⅳ：半数以上の視野でアスベスト繊維が認められる

顕微鏡による観察においてはアスベスト繊維の本数、頻度のみならず露出の程度も確認が可能であり、判断の目安となる。表面劣化度Ⅲの場合には100倍の倍率での観察下でアスベスト繊維の露出部分が顕微鏡の視野に収まる程度であること、表面劣化度Ⅳの場合には100倍の倍率での観察下でアスベスト繊維の露出部分が顕微鏡の視野に収まる程度であることが目安となる。

付属資料4 表面劣化度判定結果

1. はじめに

本指針（案）「2.2 2次調査・診断」に記載した a. 外観目視法および「付属資料 3 表面劣化度判定方法」によりアスベスト含有成形板の表面劣化度の判定を行った結果を記載する。

実施時期：2007 年、2011 年

実施場所：独立行政法人建築研究所

判定方法：a. 外観目視法、b. 電子顕微鏡法、c. 分散染色法

2. 対象としたアスベスト含有成形板

表 1 および表 2 に判定を行ったアスベスト含有成形板の一覧を記載する。

表 1 対象としたアスベスト含有成形板（1 回目 2007 年度）

No.	成形板の種類	採取地・採取部位	アスベスト含有率(wt%)		経過年数
			研究時分析	再分析結果 ^{注)}	
A1	スレート小波板	古河市・外壁	クリソタイル 10	クリソタイル 7.1	約 25 年
A2	スレート波板	京都市・外壁	クリソタイル 13	クリソタイル 8.8	約 40 年
A3	スレート大波板	古河市・屋根	クリソタイル 11	クリソタイル 9.8	約 25 年
A4	スレート小波板	つくば市・屋根	クリソタイル 11 アモサイト 1.8	クリソタイル 7.1 クロシドライト 2.2	30 年以上
A5	リブ波スレート板（塗装品）	つくば市・屋根	クリソタイル 10		30 年以上
A6	フレキシブル板	つくば市・試験体	クリソタイル 15		不明
A7	フレキシブル板	つくば市・試験体	クリソタイル 8		不明
A8	スレート板すみ当て（塗装品）	つくば市・外壁	クリソタイル 10		30 年以上
A9	スレート板すみ当て（塗装品）	つくば市・外壁	クリソタイル 12 アモサイト 0.2		30 年以上
A10	住宅屋根用化粧スレート	つくば市・屋根	クリソタイル 18	クリソタイル 8.1	不明
A11	住宅屋根用化粧スレート	つくば市・屋根	クリソタイル 18	クリソタイル 8.1	不明
A12	住宅屋根用化粧スレート	つくば市・屋根	クリソタイル 18	クリソタイル 8.1	30 年以上

注) 本研究を行った段階では、日本作業環境測定協会の行っている石綿クロスチェック事業は開始されていなかった。石綿クロスチェック事業が始まった後、一部の成形板に対して、再度、A ランク認定者に分析を依頼した結果である。

表2 対象としたアスベスト含有成形板（2回目 2011年度）

No.	成形板の種類	採取地・採取部位	アスベスト含有率(wt%) ^{注)}	経過年数
B1	スレート小波板	京都府京都市・外壁	クリスタル 8.8	約 40 年
B2	スレート小波板	茨城県つくば市・屋根	クリスタル 7.1、クロソライト 2.2	30 年以上
B3	スレート小波板	東京都江東区・屋根	クリスタル 7.4	約 20 年
B4	スレート小波板	埼玉県さいたま市・屋根	クリスタル 7.4	約 35 年
B5	スレート小波板	埼玉県さいたま市・外壁	クリスタル 8.3	約 35 年
B6	スレート小波板	埼玉県さいたま市・外壁	クリスタル 11	約 35 年
B7	スレート大波板	福岡県福岡市・屋根	クリスタル 5.2、クロソライト 0.59	約 25 年
B8	スレート大波板	埼玉県八潮市・屋根	クリスタル 5.8	約 30 年
B9	フレキシブル板	京都府京都市・外壁	クリスタル 7.1	約 40 年
B10	フレキシブル板	京都府京都市・外壁	クリスタル 7.1	約 40 年
B11	住宅屋根用化粧スレート	茨城県つくば市・屋根	クリスタル 8.1	30 年以上
B12-1	住宅屋根用化粧スレート	茨城県つくば市・屋根	クリスタル 8.1	30 年以上
B12-2	住宅屋根用化粧スレート	茨城県つくば市・屋根	クリスタル 8.1	30 年以上
B13	住宅屋根用化粧スレート	東京都杉並区・屋根	クリスタル 7.8	約 30 年再塗装 15 年
B14	住宅屋根用化粧スレート	神奈川県横浜市・屋根	クリスタル 5.7	約 20 年
B15-1	住宅屋根用化粧スレート	不明・屋根	クリスタル 12	不明
B15-2	住宅屋根用化粧スレート	不明・屋根	クリスタル 12	不明
B16-1	住宅屋根用化粧スレート	神奈川県藤沢市・屋根	クリスタル 6.6	約 30 年
B16-2	住宅屋根用化粧スレート	神奈川県藤沢市・屋根	クリスタル 6.6	約 30 年
B17	住宅屋根用化粧スレート	神奈川県秦野市・屋根	クリスタル 3.9	約 35 年（塗装歴有）

注) アスベスト含有率は JIS A 1481:2006（建材製品中のアスベスト含有率測定方法）に準拠して定量分析を行なった。なお、分析は、日本作業環境測定協会が実施した石綿クロスチェック事業のAランク認定者が実施した。

3. 表面劣化度の判定結果

本指針（案）の表面劣化度に則って判定を行った結果を表3および表4に示す。

表3 判定結果（無塗装板）

試験体 番号	各診断方法における判定結果		
	a. 外観目視法	b. 電子顕微鏡法	c. 分散染色法
A1	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
A2	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
A3	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
A4	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
A6	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
A7	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
A8	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
B1	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
B2	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
B3	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
B4	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
B5	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
B6	Ⅱ	Ⅳ	Ⅲ
B7	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ
B8	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
B9	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ
B10	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ

表 4 判定結果（塗装板）

試験体 番号	各診断方法における判定結果		
	a. 外観目視法	b. 電子顕微鏡法	c. 分散染色法
A5	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ
A9	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
A10	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
A11	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
A12	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
B11	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
B12-1	Ⅳ	Ⅳ	Ⅰ
B12-2	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
B13	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
B14	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
B15-1	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ
B15-2	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
B16-1	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
B16-2	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
B17	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ

劣化部位によっては、各観察方法で判定が異なる場合がある。特に表面劣化度ⅢからⅣにかけての判定が分かれる場合がある。その場合は、a. 外観目視法の判定結果を優先する。

4. 観察結果

各診断方法で判定を行ったアスベスト含有成形板の表面観察写真を表 5～表 8 に示す。

表5 觀察結果 (1/4)

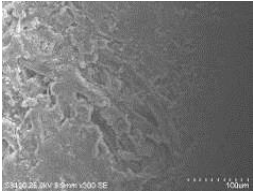
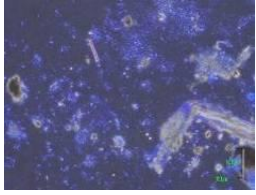
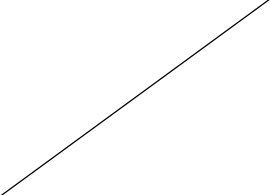
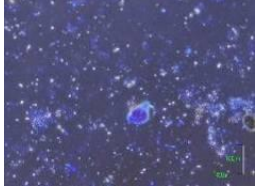
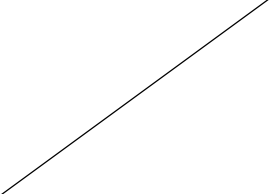
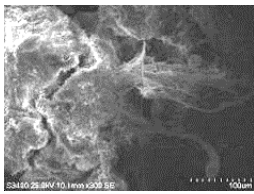
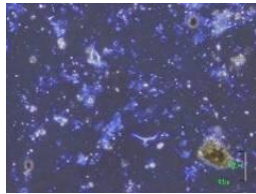
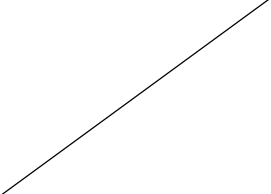
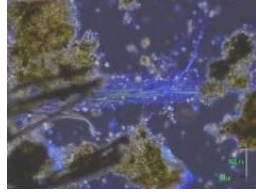
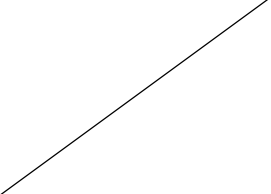
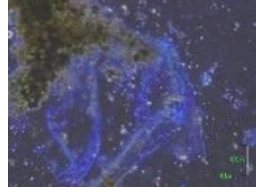
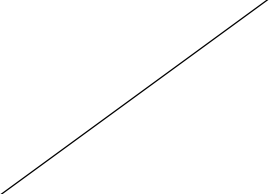
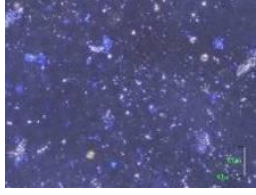
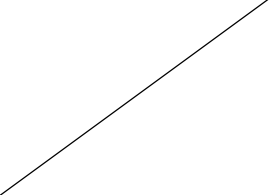
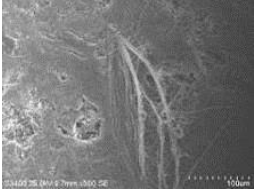
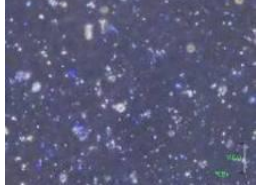
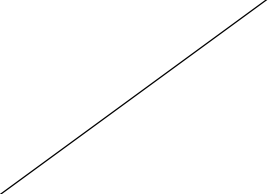
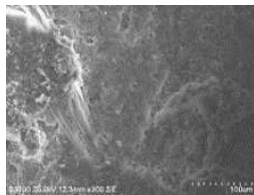
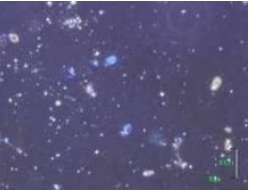
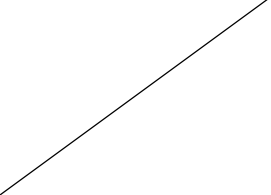
No.	a. 外觀目視法	b. 電子顕微鏡法	c. 分散染色法	
			浸液屈折率 1.550	浸液屈折率 1.680
A1				
A2				
A3				
A4				
A5				
A6				
A7				
A8				

表6 観察結果 (2/4)

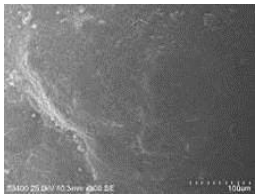
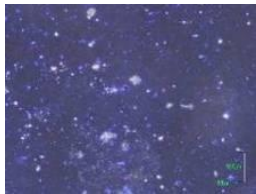
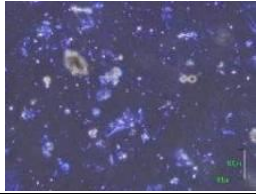
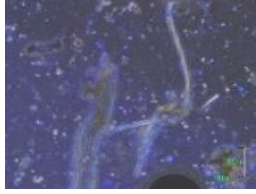
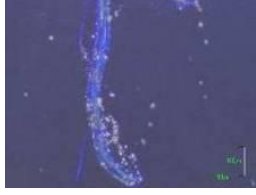
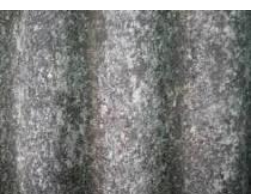
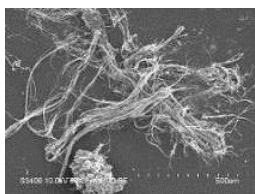
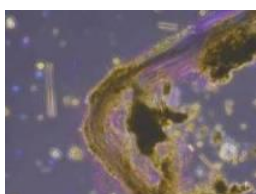
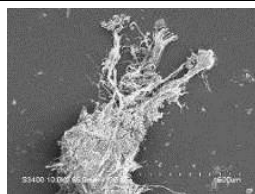
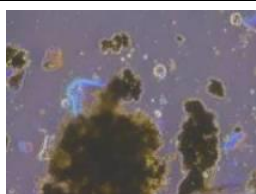
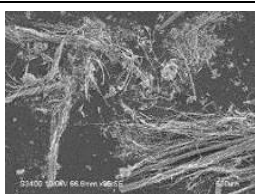
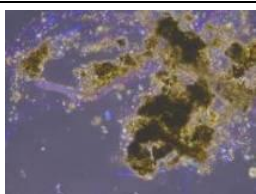
No.	a. 外観目視法	b. 電子顕微鏡法	c. 分散染色法	
			浸液屈折率 1.550	浸液屈折率 1.680
A9				
A10				
A11				
A12				
B1				
B2				
B3				
B4				

表7 観察結果 (3/4)

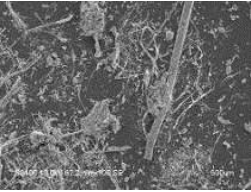
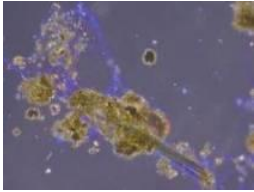
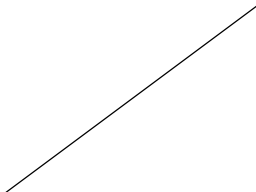
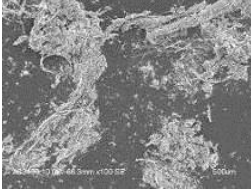
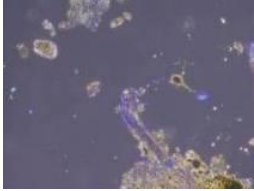
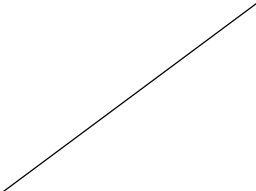
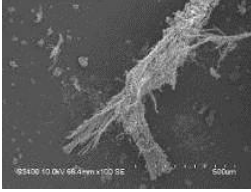
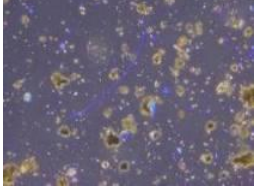
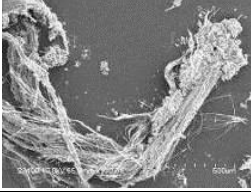
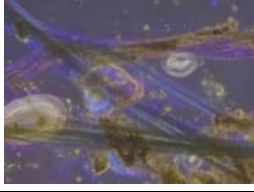
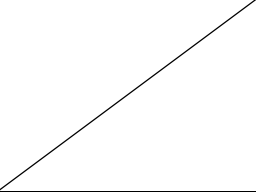
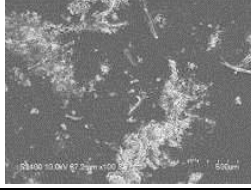
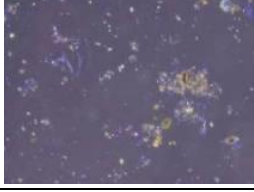
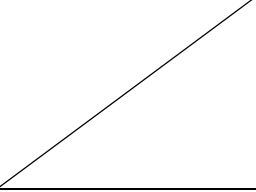
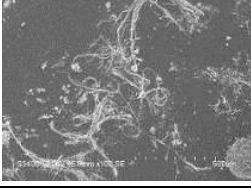
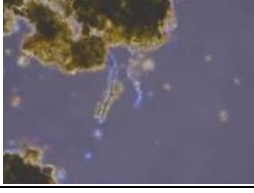
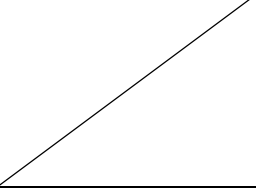
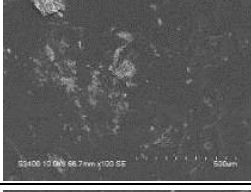
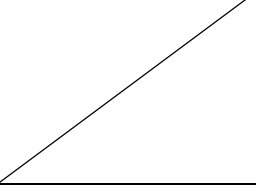
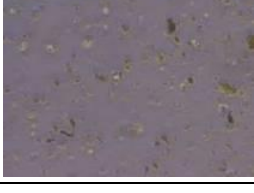
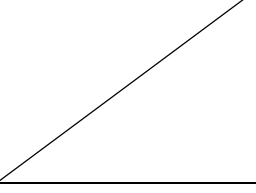
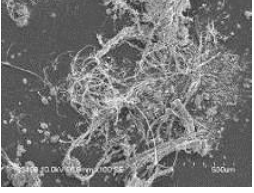
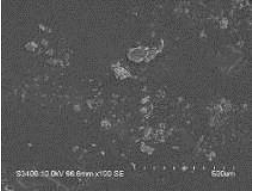
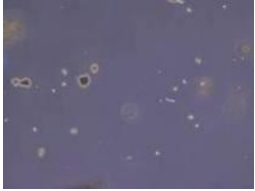
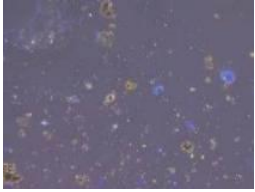
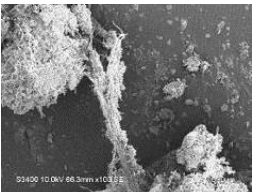
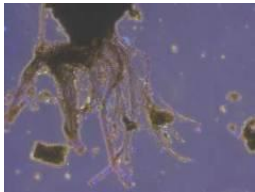
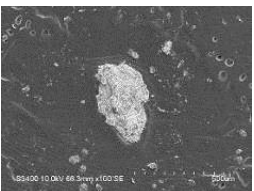
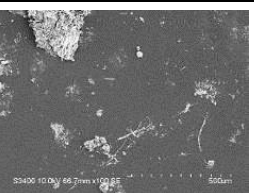
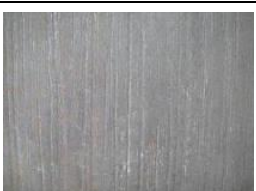
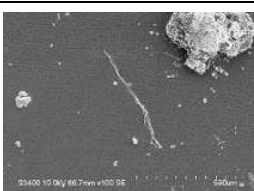
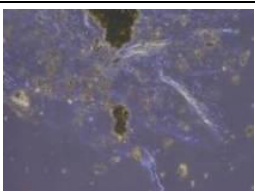
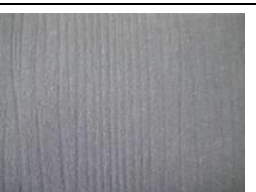
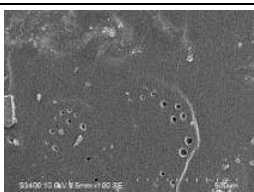
No.	a. 外観目視法	b. 電子顕微鏡法	c. 分散染色法	
			浸液屈折率 1.550	浸液屈折率 1.680
B5				
B6				
B7				
B8				
B9				
B10				
B11				
B12-1				

表8 観察結果 (4/4)

No.	a. 外観目視法	b. 電子顕微鏡法	c. 分散染色法	
			浸液屈折率 1.550	浸液屈折率 1.680
B12-2				
B13				
B14				
B15-1				
B15-2				
B16-1				
B16-2				
B17				

付属資料 5 塗装仕様 耐久性評価方法案

表面劣化度Ⅲのスレート波板および住宅屋根用化粧スレートに対する塗装仕様の耐久性評価方法案を記載する。

1. 適用範囲

この評価方法は、表面劣化度Ⅲのスレート波板・住宅屋根用化粧スレートの耐久性の塗装仕様の目安を図るための試験方法として規定する。

2. 試験片の作製

2.1 試験板

けい酸カルシウム板（JIS A 5430 タイプ 2 密度 0.8）150×70×5mm のもの。

N 数を 4 個として、1 個を見本、3 個を試験体とする。

2.2 試験片の作製方法

塗料を試験板の片面に JIS K 5600-1-1 によって、塗料の製造業者の定める使用方法で塗装した後、乾燥したものを試験片とする。試験片の周囲および裏面は、同一の塗料で塗るか、または試験条件の低温・高温浸漬に影響を受けない他の塗料（例えば 2 液エポキシ系の塗料）を塗る。

3. 試験方法

温冷繰返し法とする。

3.1 養生期間

23℃±2℃の恒温室で、14 日間養生する

3.2 温冷繰返し条件

温冷繰返しの 1 サイクルは、湿潤（23℃±2℃ 16 時間）→低温（-20℃±2℃ 4 時間）

→高温（80℃±3℃ 4 時間）とする（表 1）

表 1 1 サイクル条件

条件	サイクル試験条件および試験順序		
	1) 湿潤 23±2℃、16 時間	2) 低温 -20±2℃、4 時間	3) 高温 80±3℃、4 時間

3.3 サイクル回数

10 サイクルとする。

4. 評価

4.1 評価方法

①試験片表面に割れ・はがれ・膨れ等、異常のないこと

②付着性試験（X カット試験）にて評価点数「6」以上であること

4.2 付着性試験（X カット試験）の方法

カッターにて切り込み角度 30° で 5cm 以上の長さで切り込みを入れた後、セロハン粘着テープ（JIS Z 1522 準拠品）を貼り付けて引きはがす（図 1）。

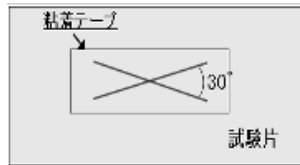


図1 カッターによる切り込みの入れ方

切り込みの入れ方 中塗材が無い場合：基材（けい酸カルシウム板）まで切り込みを入れる
中塗材が有る場合：中塗材まで切り込みを入れて評価を行なう。

表2 評価点数

評価点数	Xカット部の状態	現象
10	はがれが全くない。	
8	交点にはがれがなく、Xカット部にわずかにはがれがある。	
6	Xカット部の交点からいずれかの方向に、1.5mm以内のはがれがある。	
4	Xカット部の交点からいずれかの方向に、3.0mm以内のはがれがある。	
2	テープをはったXカット部の大部分にはがれがある。	
0	Xカット部よりも大きくはがれる。	

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(空気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

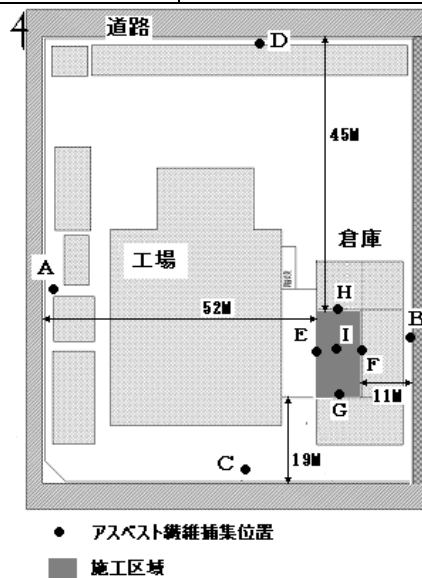
部位	種類	アスベスト含有量 (wt%)	表面劣化度	経過年数
屋根	スレート大波板	クリソタイル9.8	Ⅲ	21年

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



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）。

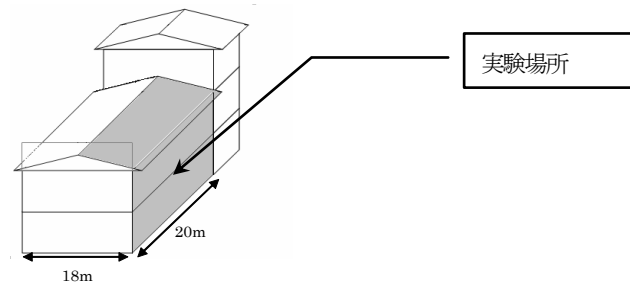


図1 対象とした倉庫（網掛け部分の屋根と外壁の一部を下地調整した）



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（水压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。

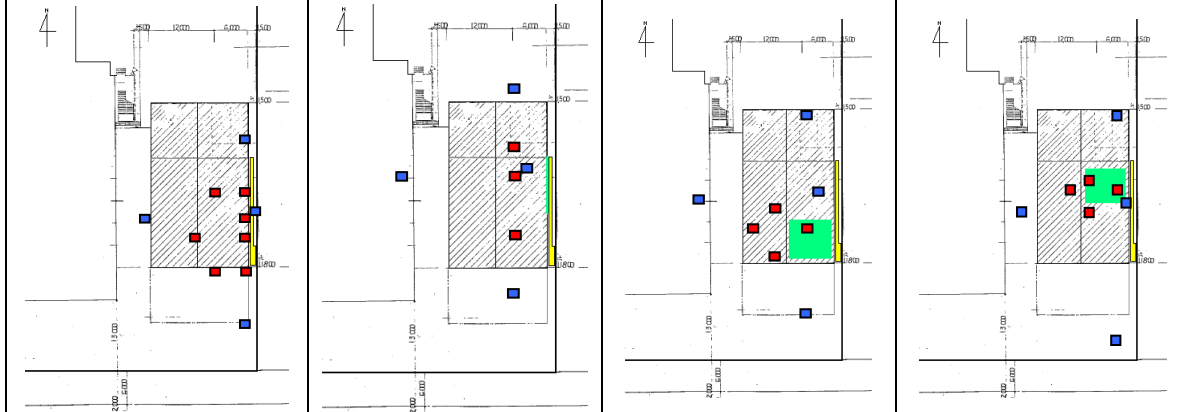
表7 対象としたアスベスト含有成形板

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	作業場所	個人暴露
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	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	クリソイルが検出された
屋根の高圧水洗の洗浄廃水	クリソイルが検出された

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）。

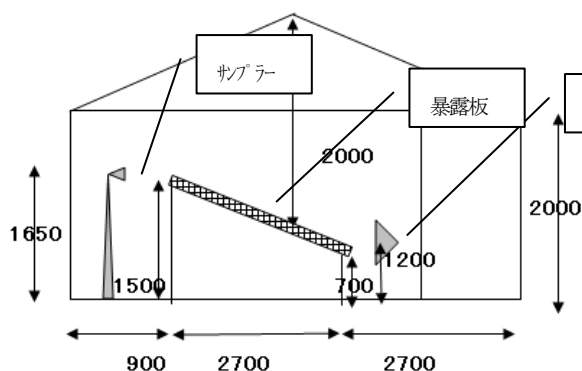


図2 実験室図（スレート小波板）

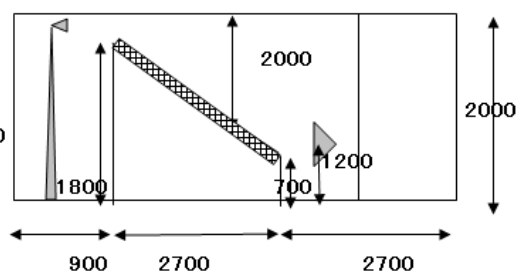


図3 実験室図（住宅屋根用化粧スレート）

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 径 (μ m)	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。

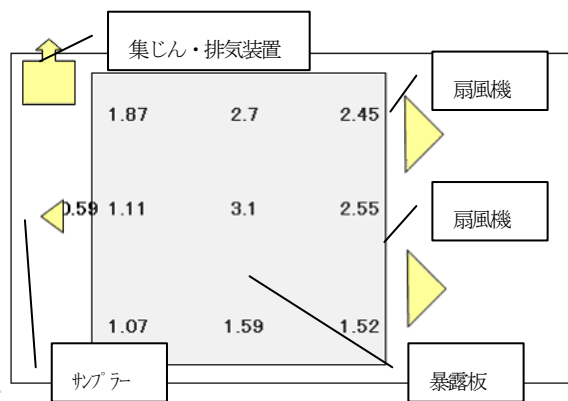


図 4 風速 (スレート小波板) 単位 (m/s)

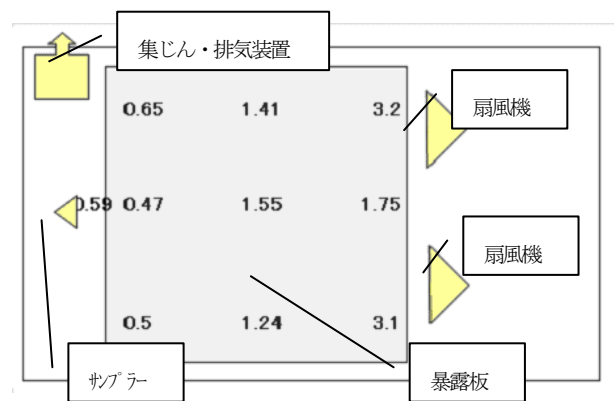


図 5 風速 (住宅屋根用化粧スレート) 単位 (m/s)

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	クリソライト繊維 数濃度	クロシドライト 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	クリスタル繊維 数濃度	クロシドライト 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。

付属資料 7 塗装仕様の耐久性評価結果

1. はじめに

本指針（案）の「3.2 適用する塗料の種類」「3.3 塗装仕様の選定」「4.2 塗装改修」および「付属資料 5 塗装仕様の耐久性評価方法案」を作成した際の塗装仕様の耐久性評価結果を記載する。

2. 試験方法

屋外暴露試験は、鉄骨造倉庫の屋根および外壁面のスレート波板に対して塗装を行い、経年劣化を評価した。

温冷繰返し試験は、「付属資料 5 塗装仕様 耐久性評価方法案」の方法で実施した。ここで、高温の設定は、夏場の屋根温度が 70℃程度まで上昇することを考慮し、より厳しい条件として設定温度を 80℃とした。

試験用基盤は、アスベスト含有成形板で実施することが望ましいが、アスベストを含有しているため、手に入りづらい、扱いにくいという点があり、試験用代替基盤として、けい酸カルシウム板を選んだ。

3. 試験用基盤概要

屋外暴露試験および温冷繰返し試験に用いた試験用基盤の一覧を表 1、表 2 に示す。

表 1 試験用基盤（屋外暴露試験）

部位	種類	アスベスト含有率(wt%)	表面劣化度	下地調整の種類
屋根	スレート大波板	クリソタイル 9.8	Ⅲ	高圧水洗、シュロ箒 付着物の除去のみ
外壁	スレート小波板	クリソタイル 7.1	Ⅱ	高圧水洗、付着物の除去のみ

表 2 試験用基盤（温冷繰返し試験）

種類	アスベスト含有率(wt%)	表面劣化度	下地調整の種類
けい酸カルシウム板（タイプ 2 密度 0.8）	無石綿	—	なし
フレキシブル板	無石綿	—	なし
スレート小波板	クリソタイル 8.8	Ⅱ	付着物の除去 （水洗い実施）
スレート大波板	クリソタイル 5.2 クロシドライト 0.59	Ⅲ	付着物の除去 （水洗い実施）

屋外暴露試験に用いたスレート波板は、茨城県古河市にある築 23 年の鉄骨造倉庫の屋根および外壁面のスレート波板を使用した。屋根・外壁面は予め高圧水洗およびシュロ箒にて下地調整を行った。塗装は、屋根および外壁面にスレート波板が施工された状態で実施し、そのまま屋外暴露試験を行った。

温冷繰返し試験は、けい酸カルシウム板以外にも、劣化したスレート小波板・スレート大波板および無石綿のフレキシブル板を用いた。

温冷繰返し試験に使用したスレート小波板およびスレート大波板は、付着物の除去を行った後、保管中に堆積した表面のホコリを水で流した状態とした。

4. 評価方法

評価方法は、「付属資料 5 塗装仕様 耐久性評価方法案」に準じて行った。

屋外暴露試験における表面状態の評価はスレート波板の谷部と山部に分けて行なった。

5. 塗装仕様

塗装仕様は 7 社 30 種類を検討し、下塗材、上塗材の種類（水系・溶剤系）および中塗材の有無で分類した。評価を行った塗装仕様を表 3 に、塗装仕様の分類を表 4 に記載する。

表 3 塗装仕様一覧

No.	下塗材		中塗材		上塗材	
	塗料種	規格名称	塗料種	規格名称	塗料種	規格名称
W-1	水系・アクリル	JIS K 5663 相当			水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
W-2	水系・アクリル	JIS K 5663 相当			水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
W-3	水系・アクリル	JIS K 5663 相当			水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
W-4	水系・一液ポキシー	JIS K 5663 相当			水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
W-5	水系・アクリル	JASS18 M-204 相当			水系・アクリルシリコン	JPMS27-1 相当
W-6	水系アクリル	JIS K 5663 相当			水系アクリルシリコン	JPMS27-1 相当
W-7	水系・アクリルシリコン	JIS K 5663 相当			水系・ウレタン	JASS18 M-209 相当
W-8	水系・アクリル	JIS K 5663 相当			水系・ウレタン	JASS18 M-209 相当
W-9	水系・アクリル	JIS K 5663 相当			水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
W-10	水系・アクリル	JIS K 5663 相当			水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
S-1	溶剤系・2液ポキシー	JASS18 M-201 相当			水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
S-3	弱溶剤系・1液ポキシー	該当規格無し			弱溶剤系・ウレタン	JASS 18 M-406 相当
S-4	溶剤系・1液ポキシー	該当規格無し			弱溶剤系・ウレタン	JASS 18 M-406 相当
S-5	溶剤系・2液ポキシー	JASS18 M-201 相当			弱溶剤系・ウレタン	JIS K 5658 相当
S-6	弱溶剤系・2液ポキシー	JASS18 M-201 相当			弱溶剤系・2液アクリル	JIS K 5675 相当
S-7	弱溶剤系・2液ポキシー	JASS18 M-201 相当			弱溶剤系・アクリルシリコン	JIS K 5658 相当
S-8	溶剤系・1液ポキシー	該当規格無し			弱溶剤系・アクリルシリコン	JIS K 5658 相当
S-9	弱溶剤系・1液ポキシー	該当規格無し			弱溶剤系・アクリルシリコン	JIS K 5658 相当
S-10	弱溶剤系・2液ポキシー	JASS18 M-201 相当			弱溶剤系・2液シリコン	JIS K 5675 相当
S-11	弱溶剤系・2液ポキシー	JASS18 M-201 相当			弱溶剤系・2液シリコン	JIS K 5675 相当
S-12	強溶剤系・1液ポキシー	JASS18 M-201 相当			弱溶剤系・アクリルシリコン	JASS18 M-404 相当
S-13	弱溶剤系・1液ポキシー	JASS18 M-201 相当			弱溶剤系・アクリルシリコン	JASS18 M-404 相当
WP-1	水系・アクリル	JIS K 5663 相当	ポ リマーセメントモルタル	該当規格無し	水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
WP-2	水系・アクリル	JIS K 5663 相当	ポ リマーセメントモルタル	該当規格無し	水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
WP-3	水系・アクリル	JIS K 5663 相当	ポ リマーセメントモルタル	該当規格無し	水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
WP-4	水系・アクリル	JIS K 5663 相当	ポ リマーセメントモルタル	該当規格無し	水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
SP-1	溶剤系・2液ポキシー	JASS18 M-201 相当	ポ リマーセメントモルタル	該当規格無し	水系・アクリルシリコン	JIS K 5600 相当
SP-2	溶剤系・2液ポキシー	JASS18 M-201 相当	ポ リマーセメントモルタル	該当規格無し	溶剤系・アクリルウレタン	JIS K 5658 相当
SP-3	弱溶剤系・2液ポキシー	JASS18 M-201 相当	エポキシ系ポ リマーセメント	該当規格無し	弱溶剤系・2液アクリル	JIS K 5675 相当
SP-4	弱溶剤系・2液ポキシー	JASS18 M-201 相当	エポキシ系ポ リマーセメント	該当規格無し	弱溶剤系・2液アクリル	JIS K 5675 相当

表 4 塗料仕様の分類

No.	下塗材	中塗材	上塗材
W-1～W-10	水系下塗材	なし	水系上塗材
S-1	溶剤系下塗材	なし	水系上塗材
S-3～S-13	溶剤系下塗材	なし	溶剤系上塗材
WP-1～WP-4	水系下塗材	ポ リマーセメントモルタル	水系上塗材
SP-1	溶剤系下塗材	ポ リマーセメントモルタル	水系上塗材
SP-2～SP-4	溶剤系下塗材	ポ リマーセメントモルタル	溶剤系上塗材

また、各試験体に対する塗料の塗付け量を表5および表6に記載する。

表5 塗付け量（屋外暴露試験 単位 kg/m²）

No.	屋根ースレート大波板									外壁ースレート小波板					
	高圧水洗			付着物の除去			シュロ箒			付着物の除去			高圧水洗		
	下塗材	中塗材	上塗材	下塗材	中塗材	上塗材	下塗材	中塗材	上塗材	下塗材	中塗材	上塗材	下塗材	中塗材	上塗材
W-1	0.22		0.27	0.41		0.27	0.31		0.27	0.15		0.27	0.15		0.27
W-2	0.19		0.27	0.33		0.27	0.31		0.27	0.15		0.27	0.15		0.27
W-7	0.24		0.27	0.40		0.27	0.33		0.27	0.13		0.27	0.13		0.27
W-9	0.18		0.27	0.39		0.27	0.34		0.27	0.15		0.27	0.15		0.27
W-10	0.06		0.27	0.22		0.27	0.19		0.27						
S-1	0.62		0.27	0.83		0.27	0.71		0.27	0.36		0.27	0.36		0.27
S-3	0.16		0.27	0.35		0.27	0.30		0.27	0.11		0.27	0.11		0.27
S-4	0.37		0.27	0.45		0.27	0.43		0.27	0.15		0.27	0.15		0.27
S-7	0.21		0.27	0.38		0.27	0.35		0.27						
S-8	0.34		0.27	0.55		0.27	0.54		0.27	0.20		0.27	0.20		0.27
S-9	0.22		0.27	0.31		0.27	0.26		0.27	0.14		0.27	0.14		0.27
S-10	0.22		0.27	0.36		0.27	0.35		0.27	0.19		0.27	0.19		0.27
S-11	0.22		0.13	0.36		0.13	0.30		0.13						
S-12	0.22		0.31	0.36		0.31	0.42		0.31	0.22		0.31	0.22		0.31
S-13	0.18		0.31	0.41		0.31	0.36		0.31	0.16		0.31	0.16		0.31
WP-3	0.22	1.05	0.27	0.41	1.05	0.27	0.31	1.05	0.27	0.15	1.05	0.27	0.15	1.05	0.27
WP-4	0.22	1.16	0.27	0.41	1.16	0.27									
SP-1	0.62	1.05	0.27	0.83	1.05	0.27	0.71	1.05	0.27	0.36	1.05	0.27	0.36	1.05	0.27
SP-3	0.21	0.76	0.27	0.42	0.76	0.27	0.33	0.76	0.27						
SP-4	0.22	0.62	0.27	0.36	0.62	0.27	0.30	0.62	0.27						

表6 塗付け量（温冷繰返し試験 単位 kg/m²）

No.	けい かい 板			フ キ ン プ ル 板			ス レ ー ト 小 波			ス レ ー ト 大 波			住 宅 屋 根 用 化 粧 ス レ ー ト		
	下塗材	中塗材	上塗材	下塗材	中塗材	上塗材	下塗材	中塗材	上塗材	下塗材	中塗材	上塗材	下塗材	中塗材	上塗材
W-1	0.29		0.27	0.24		0.27	0.22		0.27	0.40		0.27	0.14		0.27
W-2	0.31		0.27	0.27		0.27	0.23		0.27	0.43		0.27	0.14		0.27
W-3	0.25		0.20	0.18		0.20									
W-4	0.15		0.32	0.14		0.33									
W-5	0.15		0.17	0.09		0.17									
W-6	0.16		0.17	0.08		0.17	0.17		0.18	0.24		0.22	0.17		0.18
W-7	0.35		0.27	0.18		0.27	0.16		0.27	0.76		0.27	0.25		0.26
S-1	0.29		0.27	0.27		0.27	0.21		0.27	0.83		0.27	0.29		0.27
S-3	0.19		0.25	0.13		0.25	0.12		0.25	0.40		0.25	0.20		0.25
S-4	0.25		0.25	0.15		0.25	0.13		0.25	0.46		0.25	0.22		0.25
S-5	0.12		0.29	0.14		0.31									
S-6	0.08		0.18	0.06		0.19				0.18		0.21			
S-7	0.41		0.27	0.22		0.27									
S-8	0.54		0.27	0.43		0.27	0.29		0.27	1.13		0.27	0.53		0.26
S-9	0.16		0.27	0.17		0.27	0.14		0.26	0.72		0.28	0.20		0.26
WP-1	0.30	2.40	0.27	0.26	2.42	0.27									
WP-2	0.30	2.40	0.27	0.28	2.40	0.27				0.40	1.51	0.27			
WP-3	0.30	2.40	0.27	0.27	2.40	0.27				0.44	1.51	0.27			
SP-1	0.28	2.41	0.27	0.27	2.41	0.27				0.83	1.51	0.27			
SP-2	0.11	1.51	0.32	0.14	1.55	0.30									
SP-3	0.08	0.58	0.19	0.06	0.62	0.18				0.18	0.82	0.21			

6. 実験結果

セロハン粘着テープによる付着試験の結果を表7および表8に記載する。また、表9に表面状態の結果を記載する。良好な結果（表面観察：等級0、付着試験：評価点数6点以上）をグレー色に塗り分けた。

表7 付着試験結果 初期値（セロハン粘着テープ）

No.	切入	屋外暴露試験					温冷繰返し試験				
		屋根一大波板			外壁-小波板		けい 加板	フキジ 板	スレート 小波	スレート 大波	化粧スレート
		高圧	付着物除去	シロ 簞	付着物除去	高圧					
W-1	下地	2	0	0	0	0	0	6	10	10	8
W-2	下地	2	0	0	10	8	0	6	10	0	8
W-3	下地						4	10			
W-4	下地						2	10			
W-5	下地						0	6			
W-6	下地						0	10	10	0	6
W-7	下地	0	0	0	2	0	2	6	10	2	6
W-8	下地						2	4			
W-9	下地	6	0	6	10	8					
W-10	下地	6	0	10							
S-1	下地	10	10	8	10	10	6	10	10	10	6
S-3	下地	10	8	10	6	10	6	10	10	10	10
S-4	下地	10	10	8	6	4	8	10	6	10	4
S-5	下地						4	10			
S-6	下地						10	10		8	
S-7	下地	10	10	10			10	10			
S-8	下地	10	0	0	10	10	8	8	8	10	10
S-9	下地	10	0	10	10	10	6	10	10	10	10
S-10	下地	8	10	8	6	8					
S-11	下地	10	8	8							
S-12	下地	10	10	8	10	10					
S-13	下地	10	10	8	10	10					
WP-1	下地						10	10			
	中塗						10	10			
WP-2	下地						10	10		10	
	中塗						10	10		10	
WP-3	下地	10	0	10	10	10	10	10		10	
	中塗	10	10	10	10	10	10	10		10	
WP-4	下地	0	0								
	中塗	10	10								
SP-1	下地	10	10	10	10	10	10	10		10	
	中塗	10	10	10	10	10	10	10		10	
SP-2	下地						4	6			
	中塗						10	8			
SP-3	下地	10	10	10			10	10		10	
	中塗	10	10	10			10	10		10	
SP-4	下地	10	10	10							
	中塗	10	10	10							

表8 付着試験結果 経過後 (セロハン粘着テープ)

No.	切込	屋外暴露試験 (1.5 年)					温冷繰返し試験 (10 サイクル)				
		屋根大波板			外壁小波板		けいカル板	フレキシブル板	スレート小波	スレート大波	化粧スレート
		高圧	付着物除去	シロロ箸	付着物除去	高圧					
W-1	下地	1.3	0	0	0	2	2	6	10	4	2
W-2	下地	0.7	1.3	1.3	2	0	4	10	10	0	10
W-3	下地						4	10			
W-4	下地						6	10			
W-5	下地						0	10			
W-6	下地						0	10	10	0	8
W-7	下地	8.7	0	0	2	2.7	4	10	10	4	8
W-8	下地						10	10			
W-9	下地	2	2	2	2	2					
W-10	下地	2	2	2							
S-1	下地	10	2	4	10	10	6	8	10	8	8
S-3	下地	10	10	8	10	7.3	6	10	10	8	10
S-4	下地	10	8	7.3	10	10	10	10	10	8	10
S-5	下地						10	10			
S-6	下地						10	10		8	
S-7	下地	10	6.7	10			10	10			
S-8	下地	6	0	0	6	10	8	8	8	8	10
S-9	下地	8.7	8	9.3	10	2	8	10	10	8	10
S-10	下地	10	2	4	10	10					
S-11	下地	10	4	4							
S-12	下地	10	4	4	8.7	10					
S-13	下地	9.3	2	4	8.7	10					
WP-1	下地						10	10			
	中塗						10	10			
WP-2	下地						10	10		10	
	中塗						10	10		10	
WP-3	下地	10	10	10	10	10	10	10		10	
	中塗	10	10	10	10	10	10	10		10	
WP-4	下地	10	10								
	中塗	10	10								
SP-1	下地	10	10	10	10	10	10	10		10	
	中塗	10	10	10	10	10	10	10		10	
SP-2	下地						10	10			
	中塗						6	10			
SP-3	下地	10	10	10			10	10		8	
	中塗	10	10	10			10	10		8	
SP-4	下地	10	10	10							
	中塗	10	10	10							

表9 表面状態結果

No.	屋外暴露試験 1.5 年経過後										温冷繰返し試験 10 サイクル				
	屋根—スレート大波板						外壁—スレート小波板				けい 加板	ルキン ブル板	スレート 小波	スレート 大波	化粧 スレート
	高圧水洗		付着物除去		シュロ箒		付着物除去		高圧水洗						
	山部	谷部	山部	谷部	山部	谷部	山部	谷部	山部	谷部					
W-1	0	0	4	3	4	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0
W-2	0	0	4	3	4	3	0	0	0	0	0	0	5	0	0
W-3											0	0			
W-4											5	0			
W-5											0	0			
W-6											0	0	0	0	0
W-7	0	0	5	5	5	3	0	0	0	0	5	0	5	0	0
W-8											0	0			
W-9	0	0	5	5	5	4	0	0	0	0					
W-10	0	0	4	3	4	3									
S-1	0	0	4	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-3	0	0	5	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-4	0	0	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-5											0	0			
S-6											5	0		0	
S-7	0	0	4	3	3	1					0	0			
S-8	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-9	0	0	5	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-10	0	0	5	4	5	3	0	0	0	0					
S-11	0	0	5	3	5	3									
S-12	0	0	5	4	5	4	0	0	0	0					
S-13	0	0	5	4	5	4	0	0	0	0					
WP-1											0	0			
WP-2											0	0		0	
WP-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	
WP-4	0	0	0	0											
SP-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	
SP-2											5	5			
SP-3	0	0	0:7L	0	0	0					5	5		0	
SP-4	0	0	0:7L	0	0:7L	0									

・水系下塗材—水系上塗材

屋外暴露試験および温冷繰返し試験で良好な結果が得られなかったことから表面劣化度Ⅲのアスベスト含有成形板に対しての塗装仕様としては不適と考える。

・溶剤系下塗材—水系上塗材・溶剤系上塗材

高圧水洗を行った場合は、良好な結果が得られたが、付着物の除去のみもしくはシュロ箒の場合は結果が悪かったことから表面劣化度Ⅲのアスベスト含有成形板に対しての塗装仕様としては下地調整の種類を限定する必要がある。

・水系下塗材—ポリマセメントモルタル—水系上塗材 および 溶剤系下塗材—ポリマセメントモルタル—溶剤系上塗材

中塗材（ポリマセメントモルタル）が有る塗装仕様は、表面劣化度Ⅲのアスベスト含有成形板に対して良好な結果が得られたことから表面劣化度Ⅲのアスベスト含有成形板に対して適用可能と考える。

・表面劣化度Ⅲのアスベスト含有成形板とけい酸カルシウム板の相関性

温冷繰返し試験を行った結果、けい酸カルシウム板で良好な結果が得られる塗装仕様は、表面劣化度Ⅲのア

スベスト含有成形板の場合でも良好な結果が得られたことから、耐久性評価の試験用基盤とする。

7. 包装用布粘着テープによる付着試験結果

参考までに、包装用布粘着テープによる付着試験の結果を表 10 および表 11 に記載する。

表 10 付着試験結果 初期値（包装用布粘着テープ）

No.	切込	屋外暴露試験					温冷繰返し試験				
		屋根—大波板			外壁—小波板		けいカル板	フレキシブル板	スレート小波	スレート大波	化粧スレート
		高圧	付着物除去	シュロ箸	清掃	高圧					
W-1	下地	0	0	0	0	0	0	8	8	8	2
W-2	下地	0	0	0	2	0	0	6	10	0	8
W-3	下地						2	6			
W-4	下地						0	8			
W-5	下地						0	4			
W-6	下地						0	6	10	0	6
W-7	下地	0	0	0	2	0	0	6	10	0	4
W-8	下地						2	4			
W-9	下地	0	0	0	8	8					
W-10	下地	0	0	0							
S-1	下地	8	6	8	10	8	4	10	10	10	4
S-3	下地	10	8	10	6	10	4	8	10	8	10
S-4	下地	6	8	8	2	10	8	10	2	10	2
S-5	下地						4	8			
S-6	下地						10	10		8	
S-7	下地	6	10	10			8	10			
S-8	下地	10	0	0	10	10	8	8	8	10	10
S-9	下地	10	0	10	10	10	2	10	10	0	10
S-10	下地	8	10	8	6	6					
S-11	下地	8	6	8							
S-12	下地	10	10	8	10	10					
S-13	下地	10	10	8	10	10					
WP-1	下地						10	10			
	中塗						10	10			
WP-2	下地						10	10		10	
	中塗						10	10		10	
WP-3	下地	10	0	0	10	10	10	10		10	
	中塗	10	10	10	10	10	10	10		10	
WP-4	下地	0	0								
	中塗	10	10								
SP-1	下地	10	10	10	10	10	10	10		10	
	中塗	10	10	10	10	10	10	10		10	
SP-2	下地						2	4			
	中塗						10	8			
SP-3	下地	10	10	10			10	10		8	
	中塗	10	10	10			10	10		10	
SP-4	下地	10	10	10							
	中塗	10	10	10							

表 11 付着試験結果 経過後（包装用布粘着テープ）

No.	切入	屋外暴露試験（1.5年）					温冷繰返し試験（10サイクル）				
		屋根大波板			外壁小波板		けいカル板	フキンブル板	スレート小波	スレート大波	化粧スレート
		高圧	付着物除去	シロコ	付着物除去	高圧					
W-1	下地	0	0	0	0	2	2	6	10	0	2
W-2	下地	0	0	0	2	0	2	10	10	0	8
W-3	下地						2	6			
W-4	下地						2	8			
W-5	下地						0	6			
W-6	下地						0	6	8	0	6
W-7	下地	0	0	0		2.7	4	8	8	2	8
W-8	下地						2	6			
W-9	下地	0	2	2	2	2					
W-10	下地	0	0	0							
S-1	下地	8.7	2	2	9.3	10	4	8	10	8	6
S-3	下地	8	7.3	4.7	2.7	2.7	4	8	8	8	8
S-4	下地	8	6	6	6	10	8	10	8	6	10
S-5	下地						6	10			
S-6	下地						10	10		8	
S-7	下地	4.7	6	4.7			8	8			
S-8	下地	4	0	0	4	4	8	8	8	8	10
S-9	下地	8.7	3.3	8	4	4	4	10	10	2	8
S-10	下地	10	2	0	10	10					
S-11	下地	10	4	2							
S-12	下地	8.7	4	2	6	10					
S-13	下地	8	2	2	6	10					
WP-1	下地						10	10			
	中塗						10	10			
WP-2	下地						10	10		10	
	中塗						10	10		10	
WP-3	下地	10	0	10	10	10	10	10		10	
	中塗	10	10	10	10	10	10	10		10	
WP-4	下地	2	1.3								
	中塗	10	10								
SP-1	下地	10	10	10	10	10	10	10		10	
	中塗	10	10	10	10	10	10	10		10	
SP-2	下地						8	6			
	中塗						6	10			
SP-3	下地	10	10	10			10	10		8	
	中塗	10	10	10			10	10		8	
SP-4	下地	10	10	10							
	中塗	10	10	10							

8. まとめ

- ・本実験の結果を踏まえて、本指針（案）の「3.2 適用する塗料の種類」「3.3 塗装仕様の選定」「4.2 塗装改修」および「付属資料5 塗装仕様 耐久性評価方法案」の作成を行った。
- ・実験結果を基に「付属資料8 関連論文一覧」の論文^{8) 9) 13)}を作成した。

付属資料8 関連論文一覧

- 1) 林昭人、本橋健司：塗装材料を利用した石綿含有建材の飛散防止処理技術の開発、日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集、pp. 47-50、2007
- 2) 本橋健司、林昭人：既存アスベスト含有成形板の表面劣化度判定手法、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1（中国）、pp. 425-426、2008
- 3) 林昭人、本橋健司：劣化したアスベスト含有成形板に対する下地調整方法に関する実験、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1（中国）、pp. 427-428、2008
- 4) 林昭人、本橋健司：既存アスベスト含有成形板の表面劣化度判定手法及び下地調整方法の検討、日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集、pp. 27-30、2008
- 5) 林昭人、本橋健司：アスベスト含有成形板の劣化度に対応した下地調整方法、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1（東北）、pp. 1185-1186、2009
- 6) 林昭人、本橋健司、古賀純子：アスベスト含有成形板の劣化度に対応した下地調整方法、日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集、pp. 15-18、2009
- 7) 本橋健司、林昭人、古賀純子、田村昌隆：アスベスト含有スレート板の下地調整時におけるアスベスト繊維数濃度、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1（北陸）、pp. 307-308、2010
- 8) 林昭人、本橋健司、古賀純子、田村昌隆：アスベスト含有成形板を対象とした塗装仕様の耐久性評価、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1（北陸）、pp. 309-310、2010
- 9) 林昭人、本橋健司、古賀純子、田村昌隆：アスベスト含有成形板を対象とした塗装仕様の耐久性評価、日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集、pp. 19-22、2010
- 10) 林昭人、本橋健司、古賀純子、田村昌隆：簡易式エアエロージョン試験機を用いたアスベスト含有成形板からのアスベスト繊維の飛散性評価、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1（関東）、pp. 1179-1180、2011
- 11) 林昭人、本橋健司、古賀純子、田村昌隆：アスベスト含有成形板を対象としたアスベスト繊維飛散性の評価、日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集、pp. 97-100、2011
- 12) 林昭人、本橋健司、古賀純子、田村昌隆：アスベスト含有成形板を対象とした塗装仕様の耐久性評価 その2 屋外暴露耐候性試験 1. 5年結果、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1（東海）、2012
- 13) 林昭人、本橋健司、古賀純子、田村昌隆：アスベスト含有成形板を対象とした塗装仕様の耐久性評価、日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集、pp. 267-270、2012