石綿則に基づく事前調査の

アスベスト分析マニュアル

【第２版】

令和４年３月

厚 生 労 働 省

はじめに

本マニュアルは、令和３年度の厚生労働省委託事業における「アスベスト分析マニュアル」改訂に係る検討会で「石綿則に基づく事前調査のアスベスト分析マニュアル（1.20版）」の改訂について検討し、作成したものである。今般の改訂では、主に、令和２年７月１日付けで公布された「石綿障害予防規則等の一部を改正する省令」（令和２年厚生労働省令第134号）及び令和３年８月20日付けで制定されたJIS A1481-5を踏まえ、法令部分その他の記述の時点修正を行うとともに、JIS A1481-5に係る記述やアスベスト分析法に関するJIS A1481規格群と分析マニュアルの対応関係の追加を行った。

建築物、工作物又は船舶（鋼製の船舶に限る。以下同じ。）の解体又は改修（封じ込め又は囲い込みを含む。）の作業を行うときは、石綿障害予防規則第３条に基づき、当該建築物等についてアスベスト含有の有無の事前調査を行う必要が従前からあるが、事前調査を行う者や、建材等のアスベスト使用の有無の分析調査を実施する者（以下「分析調査者」という。）の要件が規定され、令和5年10月1日から施行されることになった。

本マニュアルは、その事前調査においてアスベストの有無を適切に分析するために、分析調査者に詳しい情報とノウハウを伝えることを目的に策定したものである。

建材製品中のアスベスト含有率測定方法として、JIS A 1481規格群が定められており、当該規格は現在５部構成となっている。こうした中で本マニュアルでは、第３章、第４章ではアスベストを0.1%を超えて含有するか否かについて定性的に判定する方法を、第５章、第６章はアスベストの含有量（含有率）を定量的に求める方法を記載してある。

これらの方法はJIS A 1481規格群を基にして、石綿障害予防規則第３条の事前調査の目的に合致するように、新たな知見等に基づいて追加、修正したものである。また、第７章において、定性分析における光学顕微鏡ではアスベストの確認が難しいときに推奨されている電子顕微鏡によるアスベスト繊維の同定方法を記載している。

そのため、本マニュアルの内容等については、JIS A 1481規格群と異なる部分もある点に留意して使用する必要がある。

今後、さらに分析精度等が担保できる新たな方法が確立された場合には改訂・追加していく予定である。

また、アスベストの規制基準が１%の頃に分析した結果や、アスベストとしてクリソタイル、アモサイト、クロシドライトの３種類のみを分析した結果に基づいて解体・改修工事を行ない、アスベスト漏洩等の事故が発生している場合が見られる。現在は0.1%を超えて含有する物がアスベスト含有物として規制の対象とされている。また、アスベストは上記の３種類のみではなく、アンソフィライト、トレモライトおよびアクチノラ

イトのアスベストも含まれることは以前から変わりはない。分析調査者および分析依頼者はこれらに関しても本マニュアルの留意点を参考に注意を払っていただきたい。

なお、本マニュアルでは、石綿障害予防規則の事前調査における分析方法のほか、「天然鉱物中の石綿含有率の分析方法の検討結果　報告書」の内容も掲載している。また、用語について、第１章においては法令上の表現と合わせて「石綿」とし、第２章以降（ただし第８章は除く）においては、本マニュアルが JIS A 1481 規格群の流れを汲むものであることから、JIS の表現と合わせて「アスベスト」で統一するとともに、石綿障害予防規則の条文については、特段の断りがない限りは、石綿障害予防規則等の一部を改正する省令（令和２年厚生労働省令第 134 号）による改正後の石綿障害予防規則の条文を記載している。

［主な改訂履歴］

1.00 版　平成 25 年度厚生労働省委託事業「適切な石綿含有建材の分析の実施支援事業」における検討委員会により策定

1.03 版　平成 26 年度厚生労働省委託事業「建築物の解体事業時の石綿漏洩防止対策に係る周知啓発事業」における検討会により改訂

1.04 版　平成 27 年度厚生労働省委託事業「建築物の解体事業時の石綿漏洩防止対策等に係る周知啓発事業」における検討会により改訂

1.10 版　平成 28 年度厚生労働省委託事業「石綿分析機関能力向上事業」における検討会により改訂

1.11 版　平成 28 年度厚生労働省委託事業「石綿分析機関能力向上事業」における検討会により改訂（1.10 版の未反映部分の反映）

1.12 版　所要の修正

1.20 版　平成 29 年度厚生労働省委託事業「建築物の解体時の石綿漏洩防止対策に係る周知啓発事業」における検討会により改訂

第２版　令和３年度厚生労働省委託事業「石綿障害予防規則に基づく事前調査のアスベスト分析マニュアル等の改訂等事業」における検討会により改訂

厚生労働省委託事業「令和３年度石綿障害予防規則に基づく事前調査のｱｽﾍﾞｽﾄ分析ﾏﾆｭｱﾙ等の改訂等事業」

令和３年度「アスベスト分析マニュアル」改訂に係る検討会　委員名簿

委　　員		所　　属
委員長	神山　宣彦	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 フェロー研究員
副委員長	小西　淑人	一般社団法人 日本繊維状物質研究協会
委　員	小沢　絢子	株式会社　ＥＦＡラボラトリーズ
委　員	佐々木 一弘	株式会社　ＡＳＮ
委　員	庄司　覚	秋田環境測定センター株式会社
委　員	高田　礼子	聖マリアンナ医科大学
委　員	富田　雅行	一般社団法人　ＪＡＴＩ協会
委　員	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
委　員	名古屋俊士	早稲田大学 名誉教授
委　員	藤原　靖将	一般社団法人　日本環境測定分析協会
委　員	山崎　淳司	早稲田大学理工学術院 創造理工学部 環境資源工学科
委　員	米澤　宣行	公益社団法人　日本作業環境測定協会
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	石山　豊	環境省 水・大気環境局 大気環境課
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	関野　武志	経済産業省 産業技術環境局 国際標準課
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	阿波　諒	経済産業省 産業技術環境局 国際標準課

※委員は五十音順

委託側担当	直野　泰知	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 化学物質対策課

令和３年度「アスベスト分析マニュアル」改訂に係る検討会　運営事務局

局　　員		所　　属
統　括	脇谷壮太朗	日本水処理工業株式会社 アスベスト環境対策チーフマネージャー
統括代理	中嶋　正旨	同上　技術２部　検査室長
事務担当	山下　重光	同上　技術２部　部長
事務担当	中村　麻由	同上　品質管理部　課長
事務担当	小俣実沙子	同上　品質管理部
事務担当	莵原　昌博	同上　総務部　部長
技術担当 （分析）	吉本　雅哉	同上　技術２部　課長
技術担当 （採取）	東　　羊一	同上　営業部　課長代理

上記の所属先などはいずれも令和3年12月31日現在のものである。

本マニュアルを使用するにあたって

本マニュアルは、法令に基づく建築物、工作物、船舶の事前調査において、アスベストの有無を適切に分析するために、分析調査者に詳しい情報とノウハウを伝えることを目的に策定している。

分析調査者が本マニュアルを使用するにあたっては、以下の事項に留意した上で適切な分析調査を行う必要がある。

（1）鉱物分析の基礎知識等の必要性

建材中のアスベスト分析に当たっては、光学顕微鏡の調整をはじめとした分析機器の基本操作に習熟が不可欠であるのはもちろんのこと、分析方法の原理や鉱物に関する基礎的な知識を習得し、分析機器の長所や短所を理解しなければ、適切に分析を行うことは困難である。本マニュアルでは、これら基本操作や基礎知識等の記載は省略しており、そうした操作・知識等を習得した分析調査者が参照することを前提として記載している。

（2）分析調査者として資質向上を図るべきこと

建材中のアスベスト分析は微量分析であり、難易度の高いものであるが、訓練を重ねることにより分析の精度は高めることができる。また、難易度の高い分析であることから、その精度を担保するためには、単に本マニュアルの記載内容を理解すれば足りるわけではなく、分析調査者は、自らに訓練の機会を設け、他の分析調査者・事例からも率先して学習し、絶えず研鑽を積む必要があることを認識しなければならない。

（3）分析対象（材料）の知識の必要性

対象となる分析検体は多種多様であり、分析に当たっては、建材の組成や各構成物質に関する知識をはじめ、分析対象の建材の施工状況と暴露環境、そこから推定される反応と劣化の履歴等、多方面の知識と判断を要する。

（4）精度向上のための分析方法の選択と工夫

分析調査者は、こうした必要な知識・技能の下、分析検体等の各種状況・条件に応じて、本マニュアルの各章に示す方法から最高の分析精度を担保できる方法を適切に選択・組み合わせて実施すべきである。また、分析調査者は、本マニュアルの記載内容を杓子定規に捉えてしまうことで、不合理なケースに対して機械的に適用・不適用を判断してはならない。むしろ、本マニュアルの内容を以て思考停止に陥らず、分析の原理等を理解した上で分析精度が高まるよう柔軟に分析手順に工夫を加える取り組みが推奨される。

目次

参考資料

第１章. 建築物の解体・改修作業に係る石綿の事前調査方法

1.1. 石綿障害予防規則の事前調査

石綿は、肺がんや中皮腫など重度の健康障害を及ぼす有害性を有するものである。ILO（国際労働機関）では、「石綿の使用における安全に関する条約」（第 162 号）が採択されており、我が国でも同条約を批准しているなど、国際的にも、石綿による労働者の健康障害の防止が強く求められている。

石綿障害予防規則（以下「石綿則」という。）第３条第１項、第２項において、事業者は、建築物又は工作物（以下「建築物等」という。）の解体又は改修の作業（以下「解体等の作業」という。）を行うときは、石綿等による労働者の健康障害を防止するため、あらかじめ、当該建築物等について、石綿等の使用の有無を設計図書等の文書を確認する方法と目視により確認する方法により調査を行わなければならない旨が規定されている（事前調査）。

また、石綿則第３条第５項に、事業者は、事前調査を行ったにもかかわらず、当該建築物等について、石綿等の使用の有無が明らかとならなかったときは、石綿等の使用の有無について分析による調査を行うことが規定されている（分析調査）。ただし、当該建築物等について石綿等が使用されているものとみなし、法に基づくばく露防止対策等の措置を講ずる場合は分析による調査をする必要はないと規定されている。更に石綿則第３条第６項に分析調査については適切に分析調査を実施するために必要な知識及び技能を有する者として、厚生労働大臣が定めるものに行わせなければならない旨が規定されている（施行日は令和 5 年 10 月 1 日)。

なお、石綿等の使用の有無を分析により調査するとは、石綿がその重量の 0.1%を超えて含有するか否かについて分析を行うものである。

石綿とは、繊維状を呈しているアクチノライト、アモサイト、アンソフィライト、クリソタイル、クロシドライト及びトレモライト（以下「クリソタイル等」という。）をいう。また、石綿含有物とは、石綿をその重量の 0.1%を超えて含有する製剤その他の物のことをいい、塊状の岩石は含まない。

ただし、塊状の岩石であっても、例えば蛇紋岩系左官用モルタル混和材のように、これを微細に粉砕することにより繊維状を呈するクリソタイル等が発生し、その含有率が微細に粉砕された岩石の重量の 0.1%を超えた場合は、製造等の禁止の対象となる。（平成 18 年 8 月 11 日付け基発第 0811002 号）

繊維状のものを規制対象としているのは、石綿等による労働者の健康障害を防止する観点からであり、ここで繊維状とは、アスペクト比(長さ/幅)3 以上の粒子をいう。本マニュアルでは各分析方法を紹介するが、石綿障害予防規則における石綿等については、上記のものを指し、いずれの分析方法であっても最終的には上記に定義される規制対象の石綿の含有の有無を確認する必要がある。以降、全章において、特段の注

意が無い限り石綿（又はアスベスト）とは上記のものを示すものとする。

1.2. 石綿建材の種類と発じん性に影響する因子

建築物等の解体等の作業については、石綿粉じんの発じん性等を考慮して、表 1.1 に示す３つのレベルに分類し、そのレベルにおける作業内容に応じた適切な対策を講じる必要がある（※レベルについては法令による規定や通知等による解釈が示されているものではなく、便宜的な分類であることに留意する必要がある）。前述の「石綿粉じんの発じん性等」であるが、「密度(かさ密度も含む)の軽重」、「石綿の種類」、「石綿含有率」等の因子と、「施工後の劣化状況」に関係する因子がある。後者の劣化は、施工時の状態(現場施工かどうか)、石綿以外の原料の種類、使用部位の環境状況(温度、湿度、気流等)等に依存している。

このように、これらの因子が複雑に絡み合っているので、同じレベルに該当する石綿含有材でも、当然、発じん性が異なることがある。例えば、レベル 2 に該当する石綿含有材でも、レベル 1 に相当する場合もあり、また、レベル 3 に該当する石綿含有材でも、レベル 2 に相当する場合もある。さらに、これらの因子以外に、建築物等の解体等における作業方法（手ばらしか、機械による解体か等)によっても、発じん性の度合いが異なってくる。

以上により、表 1.1 のレベル分類はあくまでも目安と考え、建築物の解体等の計画、実行段階においては、石綿則等の法令の規定の遵守はもとより、「建築物等の解体等に係る石綿ばく露防止及び石綿飛散漏えい防止対策徹底マニュアル」（厚生労働省、環境省）を基に、それ以外の因子も十分に考慮して措置することが肝要である。

表 1.1　レベル分類

建材の種類	石綿含有吹付け材 （レベル１）	石綿含有保温材等 （レベル２）	石綿含有成形板等 （レベル３）	石綿含有 仕上塗材
対応石綿含有材	①吹付け石綿 ②石綿含有吹付けロックウール(乾式) ③湿式石綿吹付け材（石綿含有吹付けロックウール(湿式)） ④石綿含有吹付けバーミキュライト ⑤石綿含有吹付けパーライト	【石綿含有耐火被覆材】 ①耐火被覆板 ②けい酸カルシウム板第２種 【石綿含有断熱材】 ①屋根用折版裏石綿断熱材 ②煙突用石綿断熱材 【石綿含有保温材】 ①石綿保温材 ②けいそう土保温材 ③石綿含有けい酸カルシウム保温材 ④バーミキュライト保温材 ⑤パーライト保温材 ⑥不定形保温材 （水練り保温材）	①外壁・軒天 スレートボード、スレート波板、窯業系サイディング、押出成形セメント板、けい酸カルシウム板第１種 ②屋根 スレート波板、住宅用化粧スレート ③内壁・天井 スレートボード、スラグせっこう板、パーライト板、パルプセメント板、けい酸カルシウム板第１種、せっこうボード、ロックウール吸音天井板、ソフト巾木 ④床 ビニル床タイル、長尺塩ビシート、フリーアクセスフロア材 ⑤煙突 セメント円筒 ⑥その他 セメント管、ジョイントシート、紡織品、パッキン	①建築用仕上塗材(吹付けバーミキュライト、吹付けパーライトは除く) ②建築用下地調整塗材[注]
発じん性	著しく高い	高い	比較的低い	
具体的な使用箇所の例	①建築基準法の耐火建築物（３階建以上の鉄骨構造の建築物、床面積の合計が 200m2 以上の鉄骨構造の建築物等）などの鉄骨、はり、柱等に、石綿とセメントの合剤を吹	①ボイラ本体およびその配管、空調ダクト等の保温材として、石綿保温材、石綿含有けい酸カルシウム保温材等を張り付けている。 ②建築物の柱、はり、壁	①建築物の天井、壁、床等に石綿含有成形板、ビニル床タイル等を張り付けている。 ②屋根材として石綿スレート等を用いている。 ③煙突や上下水道管に石綿セメント円筒や石綿セメント管	①建築物の外壁に仕上塗材が塗られている。 ②内装仕上げに仕上塗材が塗られ

	付けて所定の被膜を形成させ、耐火被膜用として使われている。昭和 38 年頃から昭和 50 年初頭までの建築物に多い。特に柱、エレベーター周りでは、昭和 63 年頃まで、石綿含有吹付け材が使用されている場合がある。 ②ビルの機械室、ボイラ室等の天井、壁またはビル以外の建築物（体育館、講堂、温泉の建物、工場、学校等）の天井、壁に、石綿とセメントの合剤を 吹付けて所定の被膜を形成させ、吸音、結露防止（断熱用）として使われている。昭和 31 年頃から昭和 50 年初頭までの建築物が多い。	等に耐火被覆材として、石綿耐火被覆板、石綿含有けい酸カルシウム板第 2 種を張り付けている。 ③断熱材として、屋根用折版裏断熱材、煙突用断熱材を使用している。	に使用されている。 ④ダクトや配管のつなぎ部にジョイントシート（シール材）や石綿紡織品、パッキンなどが使用されている。	ている。 ③建築用仕上塗材を施工する際、建築用下地調整塗材を使用している。

注：石綿を含有する建築用下地調整塗材は、法令上は石綿含有成形板等の作業基準が適用されるが、本マニュアルでは仕上塗材として区分する。

【参考 1】石綿条約について

日本は、ILO（国際労働機関）で制定された石綿条約（石綿の使用における安全に関する条約）を 2005 年 8 月に批准している。（2022 年 1 月現在 35 か国が批准。G７では、カナダ、ドイツ、日本が批准国。）

この条約は、業務上の石綿へのばく露による健康に対する危険を防止し、及び管理し並びにこの危険から労働者を保護するためにとるべき措置については、国内法令において定めることが求められている。

また、この条約での石綿等の定義は次のようになっているが、石綿含有物の定義はなされていないため、有害性が非常に高いことを踏まえ、日本では 0.1 重量％を超えて含有している製剤その他の物を法規の対象にしている。

(1) 「石綿」とは、蛇紋石族の造岩鉱物に属する繊維状のけい酸塩鉱物、すなわち、クリソタイル（白石綿）及び角閃石（せんせき）族の造岩鉱物に属する繊維状のけい酸塩鉱物、すなわち、アクチノライト、アモサイト（茶石綿又はカミングト

ン・グリューネル閃石（せんせき））、アンソフィライト、クロシドライト（青石綿）、トレモライト又はこれらの一若しくは二以上を含有する混合物をいう。

(2) 「吸入されやすい石綿繊維」とは、直径 3μm 未満の石綿繊維であって長さと直径との比率が 3 対 1 を超えるもの(アスペクト比 3 を超えるもの)をいうものとし、測定上、長さが 5μm を超える繊維のみを考慮に入れる。

(3) 「石綿へのばく露」とは、石綿から生ずるか、又は石綿を含有する鉱物、材料若しくは製品から生ずるかを問わず、浮遊して吸入されやすい石綿繊維又は石綿粉じんに作業中にさらされることをいう。

【参考 2】工事開始前と工事開始後の石綿則の規制の概要

表 1.2　工事・作業別の規制内容の早見表

<工事開始前>

工事の種類 規制内容	全ての解体・改修工事		
	建築物	工作物	船舶(鋼製の船舶に限る)
事前調査の実施、記録の 3 年保存	●	●	●
事前調査に関する資格要件	●		●
事前調査結果等の報告(工事開始まで)	●*1	●*2	●*3
作業計画の作成(石綿含有建材がある場合	●	●	●
計画の届出(工事開始の 14 日前まで) 又は作業届（工事開始前）*4	●	●	●

*1 床面積 80㎡ 以上の解体工事または請負金額 100 万円 以上の改修工事に限る

*2 請負金額 100 万円以上の特定の工作物の解体工事または改修工事に限る

*3 総トン数が 20 トン以上の船舶の解体工事または改修工事に限る

*4 吹付石綿等（レベル１建材）または石綿含有保温材等（レベル２建材）がある場合に限る。建設業・土石採取業以外の事業者にあっては、作業の届出（工事開始前まで）が適用される。

〈工事開始後〉（石綿含有建材を扱う作業に限る）

作業の種類 主な規制概要	石綿含有吹付材・保温材等の除去等	けい酸カルシウム板第一種の破砕等	仕上塗材の電動工具による除去	スレート板等成形品の除去
事前調査結果の作業場への備え付け、掲示	●	●	●	●
石綿作業主任者の選任・職務実施	●	●	●	●
作業者に対する特別教育の実施	●	●	●	●
作業場所の隔離	●	●	●	
隔離空間の負圧維持・点検・解除前の除去完了確認	●			
作業時に建材を湿潤な状態にする	●	●	●	●
マスク、保護衣等の使用	●	●	●	●
関係者以外の立入禁止・表示	●	●	●	●
石綿作業場であることの掲示	●	●	●	●
作業者ごとの作業の記録・40 年保存	●	●	●	●
作業実施状況の写真等による記録・３年保存	●	●	●	●
作業者に対する石綿健康診断の実施	●	●	●	●

1.3. 事前調査の流れ

事前調査は、石綿則第３条第３項各号の方法による場合を除き、図 1.1 に示すように書面調査及び現地調査を実施し、現地調査で石綿含有が明らかにならなかった場合は当該建材試料を採取し、分析を行う。本マニュアルはその分析方法を示したものである。

なお、事前調査の実施者は、令和 5 年 10 月 1 日から、建築物については①建築物石綿含有建材調査者、②令和 5 年 9 月末までに、日本アスベスト調査診断協会に登録され、調査時点においても引き続き同協会に登録されている者のいずれかが行うことが義務付けられるが、令和 5 年 9 月末までの間も、これらの者により事前調査を行うことが望ましい。

調査対象となる建築材料等には、多数の種類があり、それらの施工部位も異なるので、レベル１の吹付け材、レベル２の耐火被覆材、断熱材、保温材、レベル３のその他成形板についての石綿有無の書面調査の方法を以下に示す。なお、各レベルの書面

調査の際に目安として、石綿含有製品の製造期間を示している場合があるが、施工期間における石綿の有無は、この製造期間と物流期間の関係を勘案して判断すべきである。（※石綿なしの証明は、①分析するか、または②現地調査により裏面情報をメーカー証明等と照合することが必要）

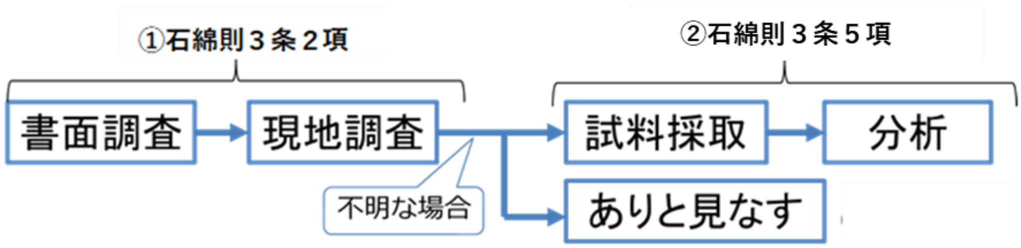


図 1.1　事前調査の流れ（概略）

1.4.　書面調査

　ここでは、書面調査を行わない分析調査者向けに概要を解説する。書面調査を行う者は、「建築物等の解体等に係る石綿ばく露防止及び石綿飛散漏えい防止対策徹底マニュアル」（厚生労働省、環境省）等を参照し、詳細を確認すること。

　書面調査は既存の情報からできる限りの情報を得るとともに、現地調査の計画を立てるために行う。

　改修履歴をはじめ記録がすべて文書で残っているとは限らず、書面調査はあくまで現地調査の前段として行うものである。そのため、平成 18 年９月の石綿全面禁止以降に着工した建築物等であることが書面で確認できた場合など、石綿則第３条第３項に規定する場合を除き、現地調査をせず、書面調査だけで事前調査結果を確定させてはならない。

1.4.1.　発注者への確認項目

①発注者の保有する資料の有無の確認

　　設計図書、確認申請書、竣工図、改修工事関連図書類、解体は設備関連の書類。

②調査目的の確認

　　石綿則に基づき、解体・改修作業を行う際には石綿による作業者の健康障害を防止することを目的とした事前調査を行う必要がある。この他、事前調査を行う目的として、建物共用のための維持保全管理のため、資産除去債務の計上を目的とする場合もある。

③調査の対象・範囲ならびに箇所の確認

　　石綿則に基づく事前調査の場合には、改修・解体作業に係る部分が対象となるので、その範囲等を確認する。

④調査作業時の作業内容及び方法並びに復旧等の確認

　建材等に表示等されている情報の確認（裏面等の確認）は、原則として、照明やコンセント等の電気設備の取り外し等により行い、建材の取り外し等はできるだけ避ける。やむを得ず建材の取り外し等を行う際や分析調査のための試料採取の際には、呼吸用保護具の着用や湿潤化など、作業に応じたばく露防止措置を講じることが望ましい。このため、調査時の粉じん飛散抑制剤の散布、壁や点検口のない天井の一部破砕等の可否及び、破砕後の復旧方法を確認する。

⑤調査スケジュール等の確認

　調査工程、現地調査日程、当日の立会者等の確認、及び報告書記載内容や提出期限の確認をする。

1.4.2. 発注者や関係者からの情報収集

①発注者等関係者に対するヒアリング

・設計図書類、過去の調査記録等の確認（新築施工年、増築・改築・改修の有無と施工年、建物用途変更の有無）

・ヒアリング対象・・・依頼者、立会者、施設管理者、出入り工事会社（必要に応じて過去を含む）

・建物使用現況確認、入室調査の可否などの確認。（テナントエリア、セキュリティーエリアなど）

②設計図書等の書面調査

・関係資料から得られる情報の整理。建物各部屋毎に使用建築材料、施工部位の石綿含有建材の使用状況（可能性）を把握。現地調査に向けた資料を作成する。

＜留意点＞

設計図書は現況を現していない場合があるので、次の点に留意する。

・設計時の情報が記載されている。〇〇または同等品という表現もあり、建材が確定できないことあり。（設計変更や代替品使用など）

・施工時の機能向上などの目的で記載されていない材料が使われている。

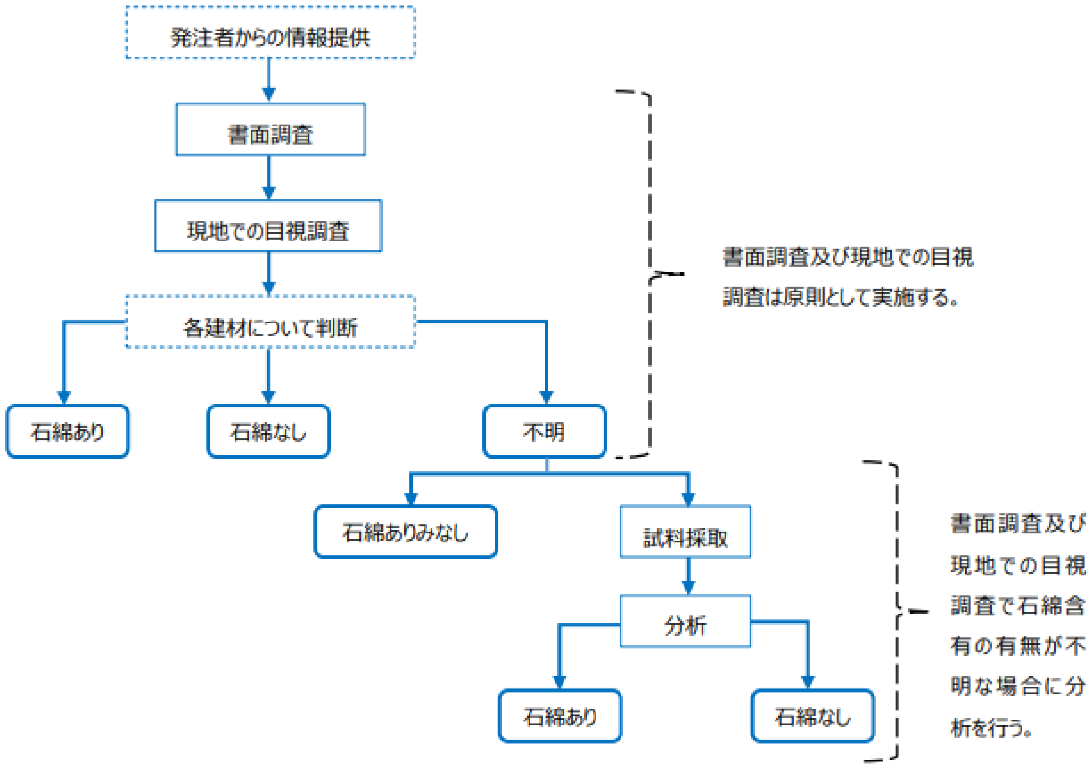


図 1.2　事前調査の基本的な流れ

1.5. 現地調査

ここでは、現地調査を行わない分析調査者向けに概要を解説する。現地調査を行う者は、「建築物等の解体等に係る石綿ばく露防止及び石綿飛散漏えい防止対策徹底マニュアル」（厚生労働省、環境省）等を参照し、詳細を確認すること。

現地調査は、次の点に留意して実施する。

（１）設計図書に記載された室内用途に変更がないかを確認する。

（２）設計図書に記載されている形状（ボード状、円筒状、吹付け）と同一か否かを確認する。

（３）改修の記録がない場合もあるので、記録のない部分も改修されているかもしれないという視点で確認する。

（４）目視判断で含有/不含有判定する場合は、調査日、判断理由（証拠）、判断者を明確にし、その旨記録保存し、報告書に当該内容を記載する。

（５）各建材の石綿の有無に関する判断は、概略として表 1.3 の通りである。

表 1.3　各建材の石綿の有無に関する判断の概略

・吹付け材（レベル１）は目視での石綿含有・非含有の判断は出来ない。法令上の要件を満たす過去の調査記録がない限り、試料採取の上で分析を行うか、石綿含有ありとみなす必要がある。石綿全面禁止以前に着工した建築物については、当該吹付け材の施工時期のみをもって石綿等が使用されていないという判定を行わないこと。 ・保温材、断熱材等（レベル２）についても、レベル１の吹付け材と同様である。 ・成形板等（レベル３）は、裏面等に書かれている情報（メーカー名・不燃認定番号・JIS 番号等・ロット番号・商品名・製造工場名・a マークなど）を確認し、石綿の有無に関する情報を読み取る。読み取った情報をもとに、「石綿（アスベスト）含有建材データベース」やメーカー情報と照合し、石綿「あり」と判断したり、メーカーの無含有証明書により石綿「なし」の判断を行う。なお、「石綿（アスベスト）含有建材データベース」に掲載されていないことや、設計図書等にノンアスベスト材料等石綿が使用されていない建材であることの記載をもって石綿等が使用されていないという判定を行わないこと。 ・石綿の含有の有無が不明な場合においては、石綿則第３条第５項に基づく分析調査を行う必要があるが、石綿が含有されているとみなして法令上の措置を講じる場合には、分析を行わないことができる。発注者の意向や施工されている場所・数量など必要に応じて、石綿が含有されているとみなして法令上の措置を講じる。

注）石綿則の改正により、令和３年４月以降は吹付け材（レベル 1）に関しても石綿含有とみなして法令上の措置を講じることにより、分析調査を行わなくてもよいとされた。

（６）現地調査の記録

・写真や図面による調査結果の記録。（または、各部屋毎のスケッチの実施）
・書面調査、現地調査により石綿含有建材なしが明らかになった場合も調査方法や調査場所を記録する。

（７）現地調査の調査結果、石綿含有の有無が不明な場合において、石綿なしを証明する際には、分析のために試料採取を行うことになるが、これに関する試料採取の留意点については、1.7 に述べる。

1.6. 石綿含有建材の概要

石綿障害予防規則の事前調査は、石綿の製造・使用等の禁止（2006（平成 18 年）９月）以降に着工した建築物・工作物・船舶（又はその部分）を除き、石綿含有なしの証明を行うことから始まる。

以下の 1.6.1.～1.6.5. に例示するような石綿を含有する可能性のある建材につい

て、石綿無しを証明するには、①分析を行うか、②メーカー証明等と照合することが必要である。

例えば、石綿の製造・使用等の禁止（2006（平成 18 年）９月）以前の製品記載情報や設計図書等の「石綿なし」（例：a マークがないこと）は、石綿なしの証明にはならない。また、過去の分析結果については、６種類すべての石綿を対象に 0.1%超か否かを判定しているかを確認することが必要である。

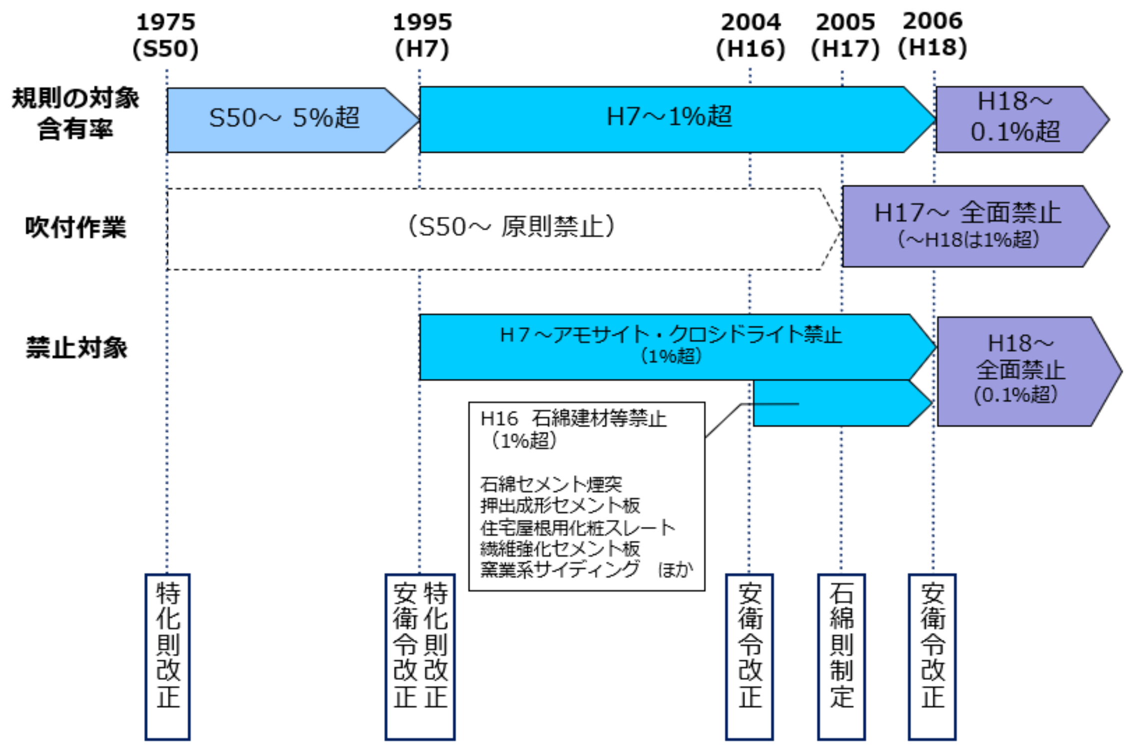


図 1.3 労働安全衛生法令における石綿の規制の経過

1.6.1. 吹付け材

吹付け材は、鉄骨の耐火被覆、吸音・結露防止等の目的で使用される。石綿含有吹付け材には、吹付け石綿、石綿含有吹付けロックウール（乾式）、湿式石綿含有吹付け材（石綿含有吹付けロックウール（湿式））、石綿含有吹付けバーミキュライト、石綿含有吹付けパーライトがある。

a）施工時期

吹付け石綿、石綿含有吹付けロッウール（乾式）（建設省通則指定…業界団体に与えた指定）、湿式石綿含有吹付け材（石綿含有吹付けロックウール（湿式））（建設

省個別指定…会社単位に与えた指定）の使用期間の目安を図 1.4 に示すが、図 1.4 中の備考欄を留意すること。

なお、石綿含有吹付けバーミキュライト、石綿含有吹付けパーライトについては、製造時期等が不明であり、意図的に石綿を使用している可能性があることに留意する。

b）施工部位

吹付け材の施工部位は、天井、壁、鉄骨、柱、梁等であるので、設計図書等を参照する際は、これらの施工部位にどのような素材（吹付けか否か）を使用しているか確認する。

c）石綿含有吹付け材の商品名

表 1.4～表 1.8 に示す商品名には石綿が含まれているので、設計図書等により確認することになるが、各表下の注に留意すること。

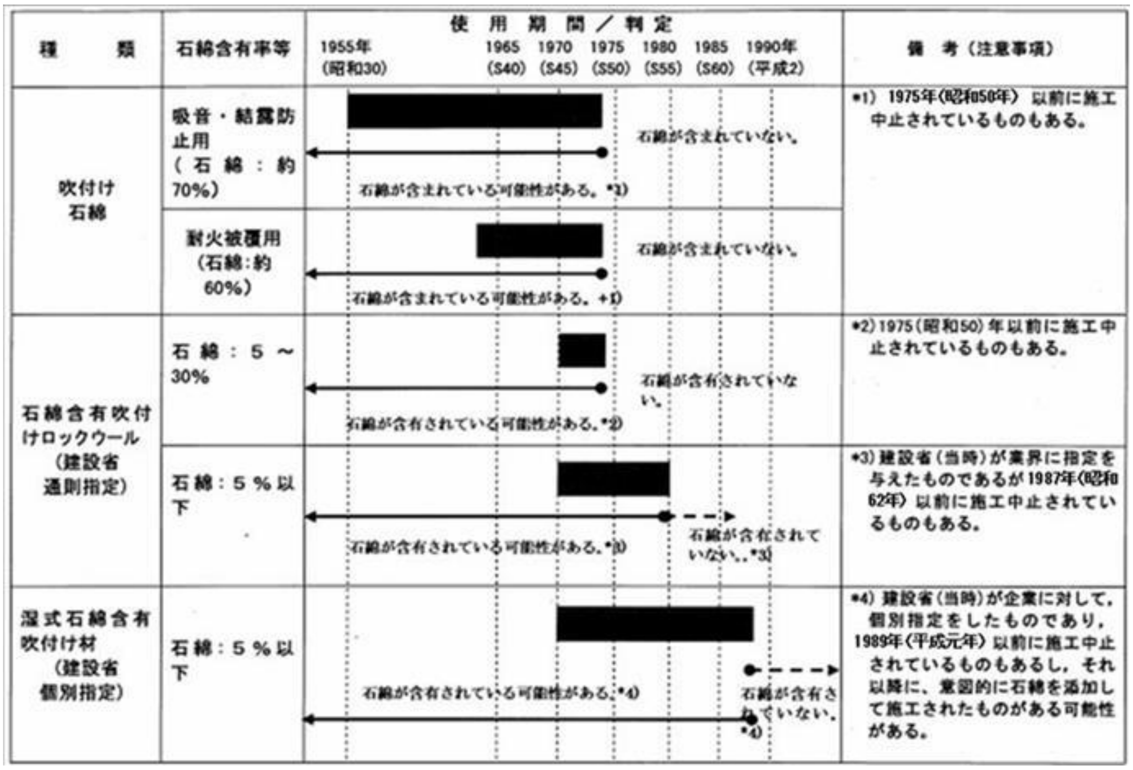


図 1.4 石綿含有吹付け材の石綿含有率、使用されていたおおむねの期間および判定

なお表 1.4～1.12 に記載の年号等に関する情報は、国土交通省／経済産業省の石綿（アスベスト）含有建材データベース （https://www.asbestos-database.jp/）で確認可能な範囲のもの（2015 年 3 月 6 日時点）である。情報は随時更新されているため、事前

調査にあたっては、当該データベースを都度参照すること。

表 1.4　吹付け石綿商品名

1）ブロベスト	6）コーベックスＡ
2）オパベスト	7）ヘイワレックス
3）サーモテックスＡ	8）スターレックス
4）トムレックス	9）ベリーコート
5）リンペット	10）防湿モルベルト

注）上記商品は、1975 年(昭和 50 年)以前に施工中止されており、石綿含有率は 60～70 重量%である。なお、上記 4）トムレックスは吹付けを意味することで使用する場合があるので、1975 年(昭和 50 年)以降の設計図書等に、この商品名がある場合は、後述の現地調査以降の調査により、石綿含有の有無の確認が必要である。

表 1.5　石綿含有吹付けロックウール（乾式）商品名（建設省通則指定）

1）スプレーテックス	9）スプレーコート
2）スプレエース	10）スターレックスＲ（1982(昭和 57)年 7 月耐火構造としての大臣指定取り消し）
3）スプレークラフトＳ，Ｈ	11）バルカロック
4）サーモテックス	12）ヘーワレックス
5）ニッカウール（1987(昭和 62)年 12 月耐火構造としての大臣指定取り消し）	13）オパベストＲ
6）ブロベストＲ	14）ベリーコートＲ
7）浅野ダイアロック（1975(昭和 50)年 10 月耐火構造としての大臣指定取り消し）	15）タイカレックス
8）コーベックス（Ｒ）	

注 1）上記商品は、1980（昭和 55)年以前に施工中止されており、石綿含有率は 5 重量%以下である。ただし、上記 1）スプレーテックス（カラー用）は 1987(昭和 62)年まで石綿が使用していたので、注意を要する。

注 2）上記商品は、無石綿となっても、商品名を変えずに販売されている場合があり、特に施工時期が 1980(昭和 55)年以降の場合は注意が必要である。

表 1.6　湿式石綿含有吹付け材商品名（建設省個別認定）

1）トムウェット	5）ＡＴＭ-120
2）バルカーウェット	6）サンウエット
3）ブロベストウェット	7）スプレーウエット
4）（アサノ）スプレーコートウェット	8）吹付けロックンライト

注 1）上記商品は、1988(昭和 63)年以前に施工中止されており、石綿含有率は 5 重量%以下であるが、他にも商品化されている可能性がある。ただし、上記 4）（アサノ）スプレーコートウェットは、1989(平成元)年まで石綿が使用されていたので注意を要する。

注 2）上記商品は、無石綿となっても、商品名を変えずに販売されている場合があり、特に施工時期が 1980(昭和 55)年以降の場合は、注意が必要である。

表 1.7　石綿含有吹付けバーミキュライトの商品名

1）バーミライト	2）ミクライトＡＰ	3）ウォールコートＭ折版用
4）ゾノライト吸音プラスター	5）モノコート	6）バーミックスＡＰ

注）他にも商品化されている可能性がある。また、作業現場で、石綿を混入する場合があるので注意を要する。

表 1.8　石綿含有吹付けパーライトの商品名

1)アロック	2)ダンコートＦ３

注）他にも商品化されている可能性がある。また、作業現場で、石綿を混入する場合があるので注意を要する。

1.6.2. 耐火被覆板、断熱材

a）耐火被覆板

耐火被覆板は、化粧目的に鉄骨の耐火被覆等のため、吹付け材の代わりに、使用されているため、施工部位は明確のため、表 1.9 に示す商品名(製造期間を含む)がある場合は、石綿含有と判断する。

b）断熱材

断熱材は断熱を目的に、施工部位も明確で、屋根折版用、煙突用として使用されている。表 1.9 に示す商品名（製造期間を含む）がある場合は、石綿含有と判断する。また、屋根折版用と煙突用の断熱材については、製造メーカーが明確であることから、1990 年以降に製造されたものは石綿が使用されていない。しかし、煙突用については、断熱材に石綿は含まれていないが、その基材の管(円筒)には石綿が含まれている可能性が高いので、断熱材に含まれていなくても、基材の石綿有無の分析を行い、

石綿有りの場合はレベル３の措置をとること。

表 1.9　耐火被覆材、断熱材

一般名	商品名	製造期間
〔耐火被覆板〕石綿含有耐火被覆板	トムボード	～1973
	ブロベストボード	～1975
	リフライト	～1983
	サーモボード	～1987
	コーベックスマット	～1978
〔耐火被覆板〕石綿含有けい酸カルシウム板第一種	ヒシライト	～1997
〔耐火被覆板〕石綿含有けい酸カルシウム板第二種	キャスライトＬ，Ｈ	～1990
	ケイカライト・ケイカライトＬ	～1987
	ダイアスライトＥ	～1980
	カルシライト一号・二号	～1988
	ソニックライト一号・二号	～1976
	タイカライト一号・二号	～1986
	サーモボードＬ	～1987
	ヒシライト	～1997
	ダイオライト	—
	リフボード	～1983
	ミュージライト	～1986
耐火被覆塗り材	ひる石プラスター	—
屋根用折版裏石綿断熱材	フェルトン	～1983
屋根用折版裏石綿断熱材	ブルーフェルト一般用	～1971
	ウォールコートＭ折板用	～1989
煙突用石綿断熱材	カポスタック	～1987
	ハイスタック	～1990

1.6.3. 保温材

保温材は保温・断熱が主であり、工作物本体の保温・断熱及び配管経路での保温・断熱が施工部位となる。また、工作物関連は、定期メンテナンスにより、一部分メンテナンス時に、無石綿の保温材に変更している場合があるので、注意が必要である。

a) 成形保温材

成形保温材は、プラント、ボイラ、タービン本体及び配管の保温のために用いられており、表 1.10～表 1.11 に記載されているものに合致する場合は石綿含有と判定する。また、製造者から石綿を含有していないとの証明がある場合はなしと判定する。

b）不定形保温材（水練り保温材）

不定形保温材は、a）の成形保温材の隙間を埋めるために使用される補助的な保温材で、少なくとも 1988 年まで、石綿が使用されていたこと（含有率 1-25%）に留意して、a）の成形保温材と併せて総合的に石綿の有無を判定すること。

表 1.10　石綿含有保温材

保温材の種類	石綿の種類	石綿使用時期	石綿含有率（%）
石綿保温材	ｸﾘｿﾀｲﾙ、ｱﾓｻｲﾄ	～1979 年	90 以上
けいそう土保温材	ｱﾓｻｲﾄ	～1974 年	1～10
パーライト保温材	ｱﾓｻｲﾄ	～1974 年	1～5
けい酸カルシウム保温材	ｸﾘｿﾀｲﾙ、ｱﾓｻｲﾄ	～1983 年	1～25
不定形保温材（水練り保温材）注 1)	ｸﾘｿﾀｲﾙ、ｱﾓｻｲﾄ、ﾄﾚﾓﾗｲﾄ注 2)	～1988 年	1～25

注 1）配管等の保温では、最終仕上げで、バルブ、フランジ、エルボ等の部分に不定形保温材を使用するが、この不定形保温材に少なくとも 1988(昭和 63)年頃まで、石綿が含有している場合がある。

注 2）トレモライトを使用している可能性がある。

表 1.11　石綿含有保温材の商品名

一般名称	製品名	製造時期と含有量 製造開始年月	製造終了年月	含有量（重量比%）	備考	石綿種類
けい酸カルシウム保温材	ｼﾘｶ(ｶﾊﾞｰ･ﾎﾞｰﾄﾞ#650 ｼﾘｶ)	S27	S53	4～5%	S54以降、無石綿化にて製造	茶
	ｼﾘｶ(ｶﾊﾞｰ･ﾎﾞｰﾄﾞ#1000 ｼﾘｶ)	S40	S53	6%	S54以降、無石綿化にて製造	白
	ﾀﾞｲﾊﾞﾗｲﾄ(ｶﾊﾞｰ･ﾎﾞｰﾄﾞ)	S51/11	S54/2	7～10%	S54/2～S55/2在庫出荷	茶
	ｲﾝﾋﾋﾞﾗｲﾄ(ｶﾊﾞｰ･ﾎﾞｰﾄﾞ)	S52/6	S54	7%	S54～S55/2在庫出荷	茶
	ｴｯｸｽﾗｲﾄ(ﾎﾞｰﾄﾞ)	S40/4	S54/2	10%	S54/2～S55/2在庫出荷	茶、白
	ﾍﾞｽﾄﾗｲﾄ(ｶﾊﾞｰ)	S35/5	S54	4.6%	S54～S55/2在庫出荷	茶
	ﾍﾞｽﾄﾗｲﾄ(ﾎﾞｰﾄﾞ)	S40/4	S54	10%	S54～S55/2在庫出荷	茶、白
	ﾀﾞｲﾔﾗｲﾄ ﾀﾞｲﾔﾗｲﾄL	S35	S54	3%	筒型成形の配管保温材 S54～H6　無石綿化にて製造	茶
	ｼﾘｶﾗｲﾄ	S15	S55	1～25%		茶
	ｽｰﾊﾟｰﾃﾝﾌﾟﾎﾞｰﾄﾞ	S38	S53	5～10%	S54無石綿化、現在も製造・販売継続	茶
石綿保温材	ｽﾎﾟﾝｼﾞﾎﾞｰﾄﾞ ｽﾎﾟﾝｼﾞｶﾊﾞｰ	S47	S53	不明	設備機器、設備配管用保温材	茶、白
	ｶﾎﾟｻｲﾄ	S35	S54	80～100%	S55以降販売中止	茶
けいそう土保温材	珪藻土保温材1号	S39	S49	1～10%		茶
パーライト保温材	三井ﾊﾟｰﾗｲﾄ保温材	S40	S49/9	1.17%	筒型成形の配管保温材 H12製造終了	茶

1.6.4. 成形板その他

成形板その他のうち、石綿含有成形板に関しては、労働安全衛生法第 55 条に基づく製造等の禁止が 2004 年（平成 16 年）10 月 1 日からであり、また、石綿代替化材料と同時並行的に販売されている場合もあるので、平成 16 年 10 月より前に製造された窯業系建築材料には石綿が含有されている可能性が高いと判断すべきである。その目安

として、表 1.12 に示す。なお、詳細な調査が必要な場合は、（公社）日本作業環境測定協会発行「建築物解体等に係わるアスベスト飛散防止対策マニュアル 2011」や国土交通省／経済産業省の「石綿（アスベスト）含有建材データベース」（https://www.asbestos-database.jp/）等を参考にされたい。

また、2004 年時点の禁止は、在庫品の使用・流通を禁止しておらず、1%を超えるものが対象であることから、2004 年 10 月以降のものであることを以て石綿なしの証明にはならない。

表 1.12　建築物における考えられる施工部位と主な石綿含有建築材料の例

施工部位	主な石綿含有建材	製造期間	代替品開始年
内装材（壁、天井）	スレートボード	1931～2004	1988
	けい酸カルシウム板第一種	1960～2004	1984
	パルプセメント板	1954（1958）～2004（2003）	1987
	スラグせっこう板	1973（1979）～2004（2003）	1993
	押出成形セメント板	1970～2006	2000
	石綿含有ﾛｯｸｳｰﾙ吸音天井板	～1987	―
	石綿含有石膏板（ボード）	～1986	―
耐火間仕切り	けい酸カルシウム板第一種	1960～2004	1984
床材	ビニル床タイル	（1952）～1987（1986）	―
	押出成形セメント板	1970～2006	2000
	フロア材	～1990	―
外装材（外壁、軒天）	窯業系サイディング	1961～2004	1973
	パルプセメント板	1954（1958）～2004（2003）	1987
	スラグせっこう板	1973（1979）～2004（2003）	1993
	押出成形セメント板	1970～2006	2000
	スレート波板	1917～2004	―
	スレートボード	1931～2004	1988
	けい酸カルシウム板第一種	1960～2004	1984
屋根材	住宅屋根用化粧スレート	1961（1974）～2004	―
煙突材	石綿セメント円筒	～2004	―

注 1）石綿含有ロックウール吸音天井板は石綿含有率は 5%未満であるが、比重が 0.5 未満のため、解体／改修にあたっては石綿粉じんの飛散に留意すること。また製造者によっては、この製造期間以前に石綿を含まない製品もあるので確認すること。

注 2）製造会社により製造期間が異なる。（　）内は、国交省データベースの値。

【参考】けい酸カルシウム板第一種について

石綿含有けい酸カルシウム板第一種に関しては、他の石綿含有成形板と異なり、やむを得ず切断等して除去する際は作業場を隔離(負圧は不要)する必要がある。石綿含有成形板が石綿含有けい酸カルシウム板第一種か否かの判断は次の点を総合して判断する。

①けい酸カルシウム板（※第一種、第二種とも共通である）か否かの判断として、X 線回折分析で、トバモライトのピークが認められた場合(ゾノトライトのピークも認められる）はけい酸カルシウム板と考えて差し支えない。

②けい酸カルシウム板第一種の厚みは基本的に 6㎜-12㎜ であり、密度は平均 0.8g/cm^3 であるので、これを目安とするとよい。(これに対し、石綿スレートの密度は 1.6g/cm^3 以上である)

1.6.5. 建築用仕上塗材

建築用仕上塗材（以下、仕上塗材（しあげぬりざい）という）は、建築物の内外装仕上げに用いられており、そのルーツは、セメント、砂、着色顔料などを混合して砂壁状に吹付けるセメントリシンまたは防水リシンと称される塗材（薄塗材C）で、昭和20 年代から普及し、1970 年（昭和45 年）にJIS A 6907（化粧用セメント吹付材）が制定された。

その後、合成樹脂系のリシン（薄塗材E）や、吹付けタイルと称される凹凸模様の塗材（複層塗材）などが開発されてきたが、当初は専用の吹付け機器で施工されていたので、総称して「吹付材」と呼ばれていた。

しかし、昭和50 年代になると施工面周辺への材料の飛散防止の要求などから、吹付け用だけではなく、ローラー塗り用の材料も開発されてきたため、JIS の名称も1983年（昭和58 年）以降、「吹付材」から「仕上塗材」に改められた。現行の石綿則においては、石綿含有仕上塗材とは、JIS A6909に定められている建築用仕上塗材のうち、石綿等が使用されているものをいう。

仕上塗材は、数十ミクロン程度の厚さとなる塗料とは異なり、数ミリ単位の仕上げ厚さを形成する塗装材料または左官材料である。吹付け、こて塗り、ローラー塗りなどの施工方法によって、立体的な造形性を持つ模様に仕上げられることから、塗膜のひび割れや施工時のダレを防止するために、主材の中にクリソタイル（白石綿）が少量添加材として使用されていた時期がある。

仕上塗材は吹付材と称されていた時期があるため、耐火被覆などで使用されている吹付け石綿や石綿含有吹付けロックウールと混同されることもあるが、内外装の表面仕上材に使用される塗装または左官材料である。主材中に含まれる石綿繊維は合成樹脂やセメントなどの結合材によって固められており、仕上塗材自体は塗膜が健全な状態では石綿が発散するおそれがあるものではないが、仕上塗材の除去に当たっては、

これを切断・研磨等せずに除去することが困難であり、除去方法によっては含有する石綿が飛散するおそれがある。なお、仕上塗材を電動工具を用いて除去する際には、作業場を隔離（負圧不要）する必要がある。

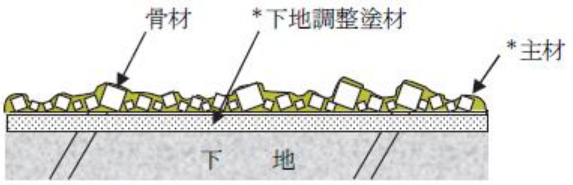
日本建築仕上材工業会会員会社が過去に販売したアスベスト含有仕上塗材の概要を表 1.13 に示す。また、図 1.5 に建築用仕上塗材の模様と層構成の例を示す。

表1.13　日本建築仕上材工業会会員会社が過去に販売したアスベスト含有仕上塗材の概要

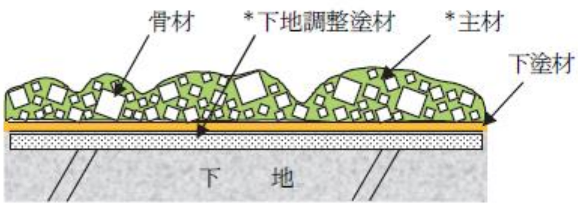
塗材の種類(括弧内は通称)		販売期間	石綿含有量(%)
建築用仕上塗材	薄塗材 C(セメントリシン)	1981～1988	0.4
	薄塗材 E(樹脂リシン)	1979～1987	0.1～0.9
	外装薄塗材 S(溶剤リシン)	1976～1988	0.9
	可とう形外装薄塗材 E(弾性リシン)	1973～1993	1.5
	防水形外装薄塗材 E(単層弾性)	1979～1988	0.1～0.2
	内装薄塗材 Si(シリカリシン)	1978～1987	0.1
	内装薄塗材 E(じゅらく)	1972～1988	0.2～0.9
	内装薄塗材 W(京壁・じゅらく)	1970～1987	0.4～0.9
	複層塗材 C(セメント系吹付けタイル)	1970～1985	0.2
	複層塗材 CE(セメント系吹付けタイル)	1973～1999	0.1～0.5
	複層塗材 E(アクリル系吹付けタイル)	1970～1999	0.1～5.0
	複層塗材 Si(シリカ系吹付けタイル)	1975～1999	0.3～1.0
	複層塗材 RE(水系エポキシタイル)	1970～1999	0.1～3.0
	複層塗材 RS(溶剤系エポキシタイル)	1976～1988	0.1～3.2
	防水形複層塗材 E(複層弾性)	1974～1996	0.1～4.6
	厚塗材 C(セメントスタッコ)	1975～1999	0.1～3.2
	厚塗材 E(樹脂スタッコ)	1975～1988	0.1～0.4
	軽量塗材(吹付けパーライト)	1965～1992	0.4～24.4
建築用下地調整塗材	下地調整塗材 C(セメント系フィラー)	1970～2005	0.1～6.2
	下地調整塗材 E(樹脂系フィラー)	1982～1987	0.5

出典：日本建築仕上材工業会ウェブサイト
https://www.nsk-web.org/asubesuto/asubesuto_2.html

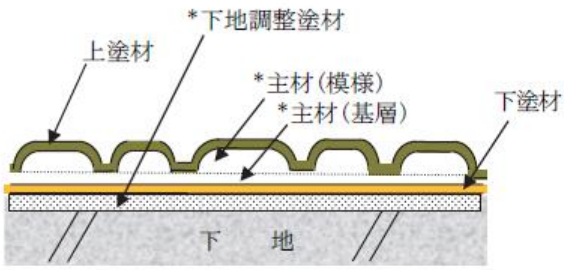
【薄付け仕上塗材：砂壁状模様の例】



【厚付け仕上塗材（上塗材なし）：吹放し模様の例】



【複層仕上塗材：凸部処理模様の例】



＊石綿含有の可能性があるのは、主材、下地調整塗材である。

図 1.5　建築用仕上塗材の模様と層構成の例

（出典：「建築物の改修・解体時における石綿含有建築用仕上塗材からの石綿粉じん飛散防止処理技術指針」、国立研究開発法人建築研究所、日本建築仕上材工業会、平成 28 年 4 月 28 日）

1.7. 分析調査の試料採取

試料採取の方法については以下のほか、「建築物等の解体等に係る石綿ばく露防止及び石綿飛散漏えい防止対策徹底マニュアル」（厚生労働省、環境省）も参照のこと。

1.7.1. 試料採取前の基礎的留意事項

建築物や工作物等の構造物には、石綿を含んだものが部材の一部として使用されている可能性がある。これらの構造物を解体または改修する場合は、事前に石綿を含んだものがどの施工範囲（試料採取範囲）に存在しているかを確認し、労働者の石綿ばく露を防止できるようにすることが必要である。

一般的に、意図的に石綿を添加したものに関しては、使用目的から使用している施工範囲が推測でき、使用時期から石綿含有を推測できる場合もあるが、現場の判断で石綿を混ぜているケースについては使用目的や時期等からの推測は困難であるとともに、使用時期によっては、石綿を含んだものと石綿を含まないものが混在している場合や法規制の適用対象外（昭和 50 年は石綿含有率が 5 重量%以下、平成 7 年は 1 重量%以下、平成 18 年は 0.1 重量%以下）を石綿なしの表示（無石綿）としたものがあることに留意する必要がある。

また、意図的に石綿を添加していないものについては、石綿を不純物とした天然鉱物 （現在判明している天然鉱物:蛇紋岩、バーミキュライト、タルク、セピオライト）を原料にしたものがある。これについては、吹付け材や成形板の一部に使用していることは確認しているが、これ以外に構造物のどの部位に使用されているかはわかっていない点に留意する必要がある。

いずれにしても調査範囲を安易に絞り込むことなく、網羅的かつ目視では確認できない部分まで確実に調査する必要があり、石綿の有無が特定できない場合は、最終的に、試料を採取した上で、石綿の有無を分析することになる。試料採取に当たっては、まず構造物単位で、どのような施工範囲（試料採取範囲）に、石綿を含む可能性のあるかを特定することが重要である。そのための参考として以下に述べる。

1.7.1.1. 建築物

建築物には、戸建住宅、共同住宅、鉄筋コンクリート（RC）構造ビル、鉄骨（S）造ビル、工場建屋等があり、これらのうち、鉄筋コンクリート（RC）造ビル、鉄骨（S）造ビルに関し、石綿を含む可能性のある部位例を図 1.6 に、戸建住宅に関する石綿を含む可能性のある部位例を図 1.7 に示す。これらの図は国土交通省発行の「目でみるアスベスト建材（第二版）」に示されているが、この小冊子には、これ以外の情報も記載されているので、参考にすること。なお建築物に施工され、石綿を含む可能性のあるものとしては、吹付け材、各種用途での成形板、煙突用セメント管、フェルト状断熱材、床用タイル等がある。

＜RC・S造＞

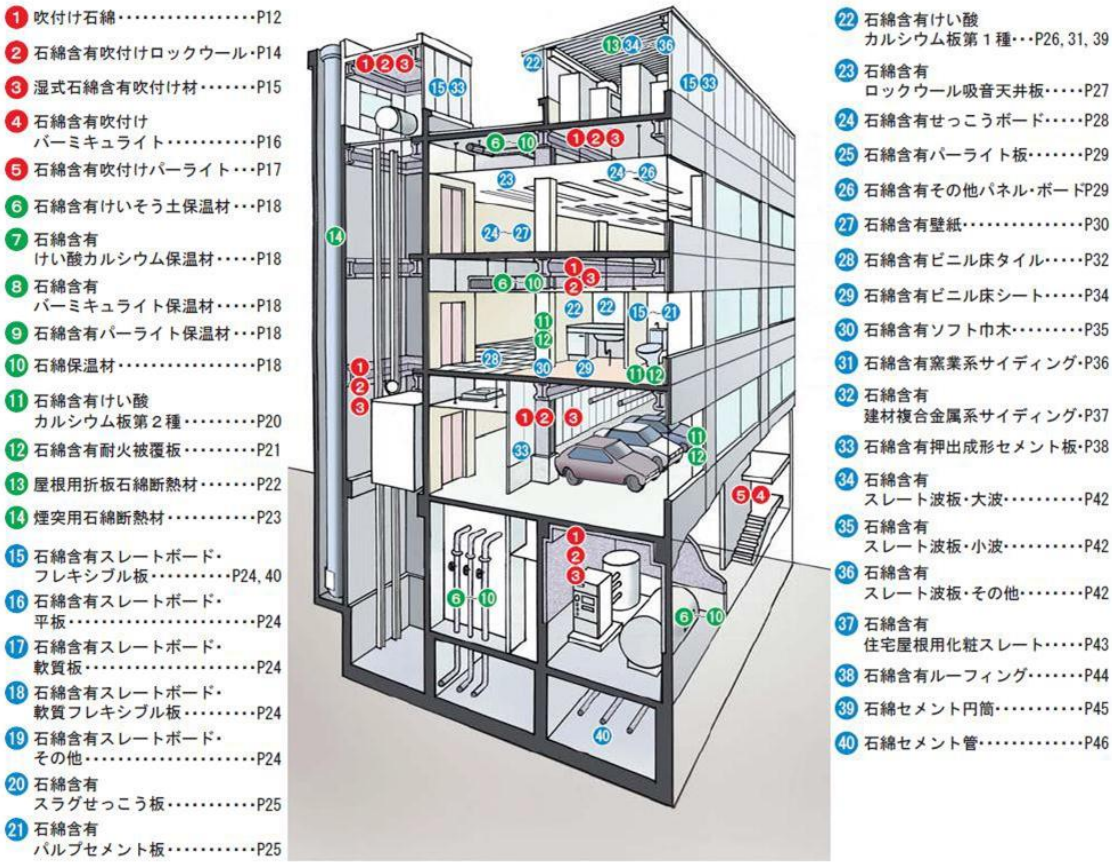


図 1.6　鉄筋コンクリート造ビル、鉄骨造ビルに関する
石綿を含む可能性のある部位例

（出典：「目で見るアスベスト建材（第２版）」国土交通省、平成 20 年３月）

＜戸建て住宅＞

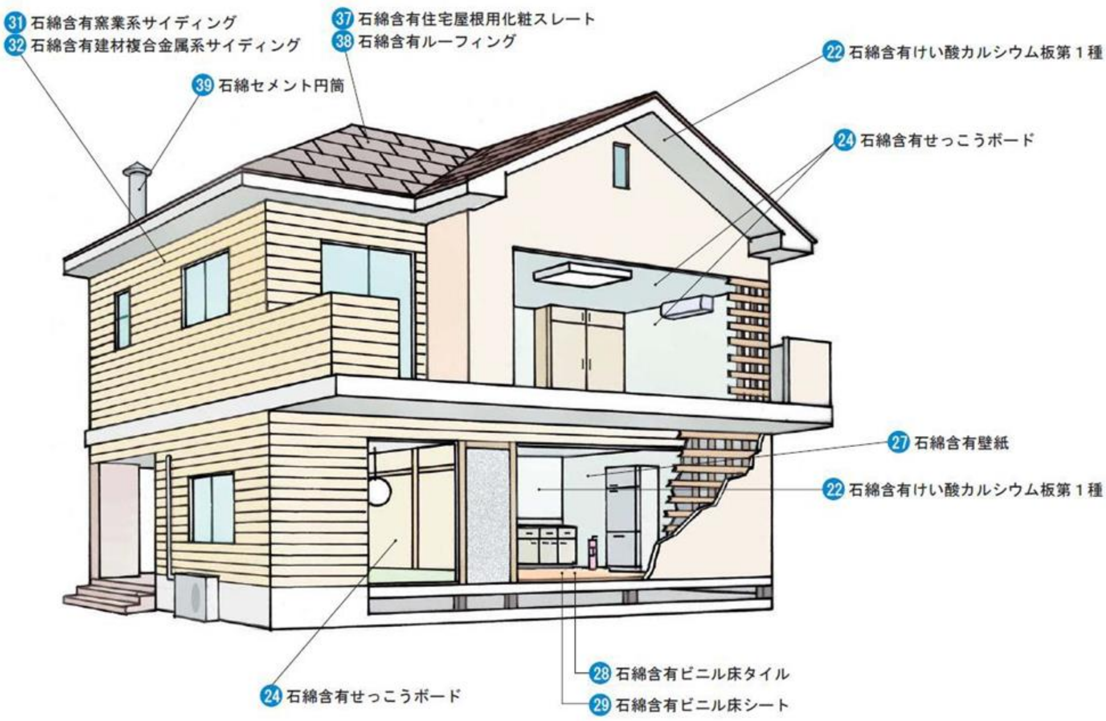


図 1.7　戸建住宅に関する石綿を含む可能性のある部位例

（出典：「目で見るアスベスト建材（第 2 版）」国土交通省、平成 20 年３月）

1.7.1.2. 工作物

工作物には、主にボイラ、加熱炉、化学プラント（反応槽）、焼却施設等があり、これらはいずれも熱源の放散を防ぐために、それぞれの本体や配管に図 1.8 に示す保温材を使用している。

また、配管と配管のつなぎ目に石綿を含む可能性のあるシール材が使用されたり、熱によるダクト伸縮を緩和するために伸縮継ぎ手（石綿紡織品を使用している可能性あり）を使用している場合がある。なお、建築物内に小型ボイラを設置している場合は、ボイラ配管等に石綿を含む可能性のある塗材を使用している場合があることに留意する必要がある。

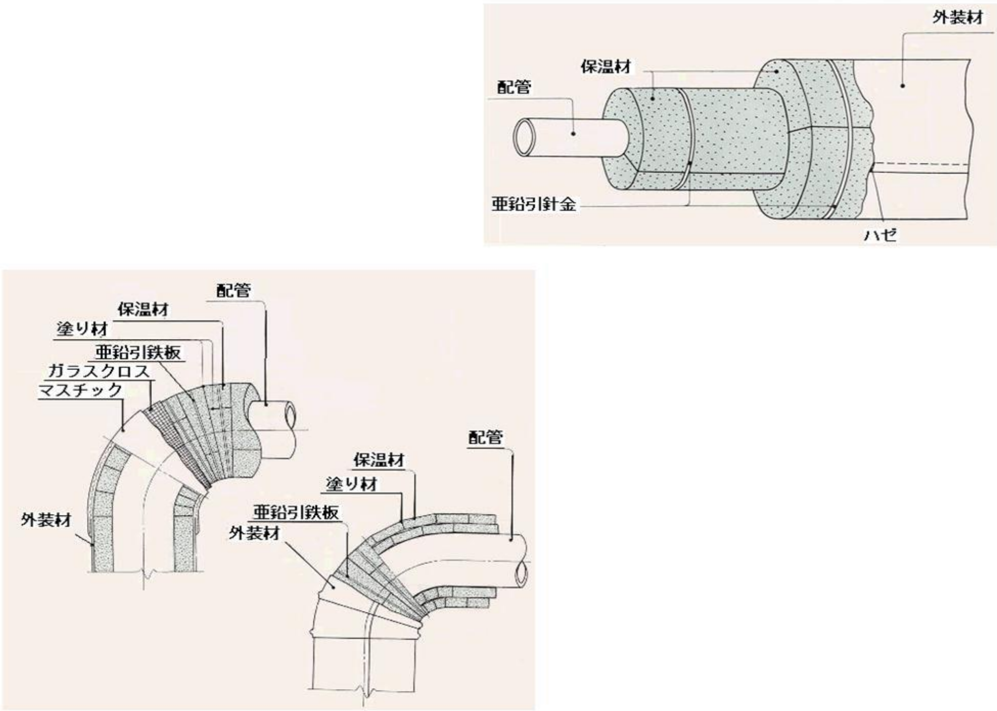


図 1.8　保温材の施工例

1.7.1.3. 船舶等

船舶における石綿の使用状況は、（財）日本船舶技術研究協会発行「船舶における適正なアスベストの取扱いに関するマニュアル」に記載されており、図 1.9 に示すように、デッキクレーンブレーキ、ウィンドラスブレーキ、天井・壁パネル材、床材、配管保温材、パッキン等に石綿が使用されている可能性がある。

ただし、船舶の使用部位に関しては、ＩＭＯ（国際海事機関）や先進諸国の法規制により、年代により、石綿を含むものの使用時期が異なることに留意する必要がある。

また、鉄道車両に関しては、厚生労働省のパンフレット「鉄道車両の解体作業にかかわる発注者・事業者の皆様へ」に石綿を含む可能性のあるものに関する記述があるので、参照のこと。

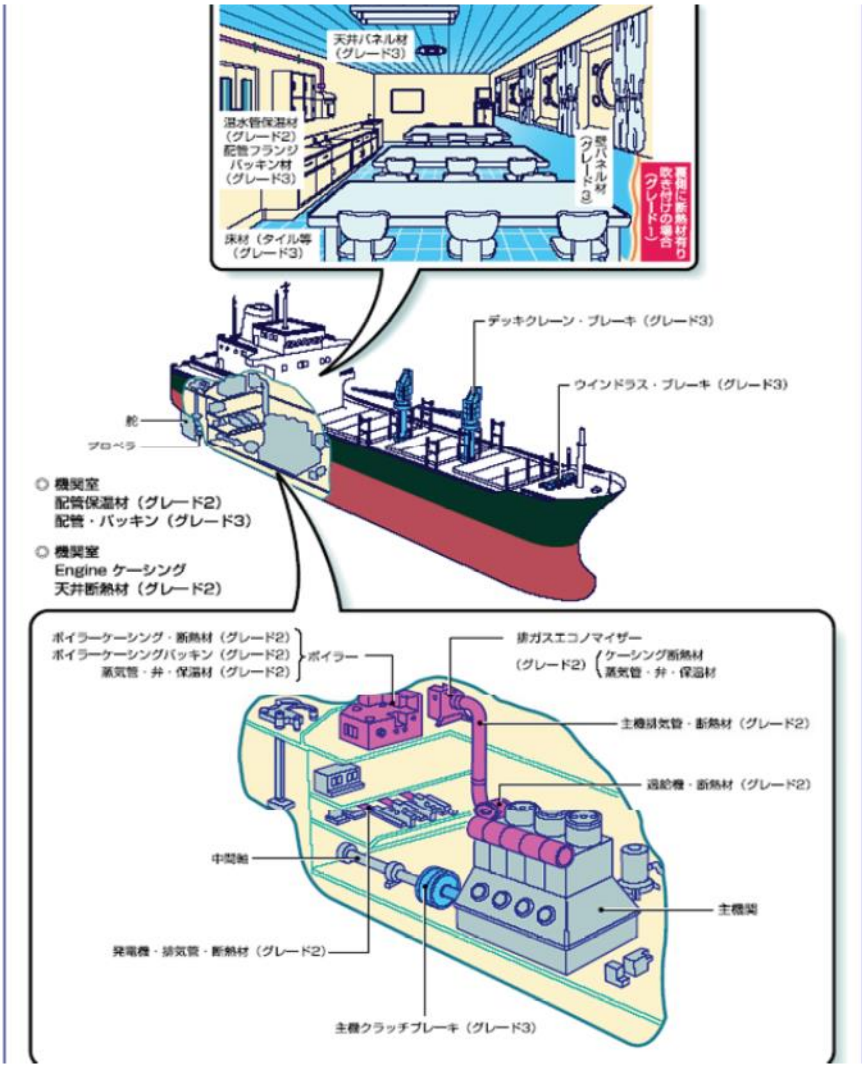


図 1.9　船舶におけるアスベストが使用されている可能性がある主な部位

1.8. 試料採取における注意事項

前述により、構造物における石綿を含む可能性のある施工範囲（試料採取範囲）が特定できた場合は、その施工範囲から試料を採取することになるが、以下に、試料採取にあたっての注意事項について述べる。

1.8.1. 試料採取にあたっての共通注意事項

(1) 試料採取にあたっては、最低限、次の器材等を準備する。

①試料採取にあたる人数分の保護具（国家検定防じんマスク、防護服、手袋等）

②試料採取器具（例:コルクボーラ、鋭利なカッター等）

③試料採取予定分の密閉式試料ホルダー（例:フィルムケース、チャック付ビニール袋）

④施工範囲（試料採取範囲）ごとに③を一纏めに収納する密閉式試料ボックス
⑤水又は飛散抑制剤入りの湿潤器
⑥粉じん飛散防止剤入りの噴霧器 粉じん飛散防止剤としては、国土交通省認定のものが望ましい。
⑦施工範囲（試料採取範囲）ごとの図面
⑧試料番号等記載できるラベル
⑨試料採取記録用紙
⑩必要であれば安全衛生用具（HEPA フィルタ付真空掃除機、養生シート等）

(2) 試料そのものに石綿が含まれているか否かが判明していない時点で、試料を採取するので、試料採取時には必ず保護具を着用すること。なお、可能な限り湿潤器を使用して、試料採取部位の湿潤化を行うこと。
(3) 試料を採取し、試料ホルダーに入れ密閉する。
(4) 施工範囲（試料採取範囲）ごとに、前述（3）の試料ホルダーを試料ボックスに入れ、密閉した上で、試料番号、採取年月日、採取建物名、施工年、採取場所、採取部位、採取したものの形状（板状不定形状等）、採取者名等後で試料を特定できるようにするための必要な情報を記入すること。
(5) 試料を採取した部位からの飛散を防止するために、採取部位に粉じん飛散防止剤を噴霧する。なお、粉じん飛散防止剤に関しては建築基準法第37条により認定された石綿飛散防止剤を使用することが望ましい。
(6) 複数の場所で採取する場合は、採取場所ごとに、採取用具は洗浄し、手袋は使い捨てを使用する等、他の場所の試料が混入しないように十分注意する必要がある。

1.8.2. 石綿を含む可能性のあるものの種別による試料採取の注意事項

レベル１の吹付け材、レベル２の耐火被覆材、断熱材、保温材、レベル３の成形板について、それぞれの試料採取における留意事項を以下に述べる。

1.8.2.1. 吹付け材

吹付け材は、現場において、吹付け材料を対象物に吹付けて完成するが、完成したものは材料組成が不均一になっている可能性が極めて高い。

特に石綿の含有率が低い場合は、完成したものの不均一性を十分考慮する必要がある。例えば、吹付け材の現場配合比で石綿含有率 4%程度のものが施工されている箇所から試料を採取し、分析を行った場合でも、試料採取位置によっては、「石綿なし」となる場合や「石綿含有率が 10%以上」となることも想定され、完成したものの石綿含有のばらつきがかなり大きいと考えておいた方がよい。

このほか、施工年によっては、石綿含有のものと無石綿のものとが混在している時期があったり、大規模な施工現場では、二以上の施工業者が吹付け作業を行い、片方

の業者が無石綿の吹付け材で施工し、もう一方の業者は石綿含有の吹付け材で施工したりする場合があるので、これらの点にも留意する必要がある。

また、吹付け材の場合は、最終仕上げ工程で、セメントスラリーを表層に散布する場合や表面化粧する場合があることにも留意する。

このようなことから、吹付け材の試料採取は該当吹付け材施工表層から下地まで必ず貫通しての試料の採取を前提に次により行う。

なお、主成分がバーミキュライト主体の吹付け材に関しては、厚み 1 ㎜以下がほとんどのため、この場合は 100㎠ 角程度の試料採取を行う。また、吹付け層全体の表面の色において、一部分、吹付け層の色が異なる場合は、その一部分は補修した可能性が高いため、その部分は既存部分とは別の試料として採取を行う。また、吹付けの年代が違う場合も別の試料として採取を行う。

(1) 平屋建ての建築物で施工範囲が 3000㎡ 未満の場合、試料は、図 1.10 または図 1.11 の採取位置の例に従い、原則として、該当吹付け材施工部位の 3 箇所以上、1 箇所当たり 10㎤程度の試料をそれぞれ採取し、それぞれ密閉式試料ホルダーに入れ密閉した上で、それらの試料を一纏めにして密閉式試料ボックスに収納すること。
(2) 平屋建ての建築物で施工範囲が 3000㎡以上の場合、600㎡ごとに 1 箇所当たり 10㎤程度の試料をそれぞれ採取し、それらの試料を一纏めにして密閉式試料ボックスに収納すること（3000㎡ 以上の場合は 2 業者で施工することがある）。
(3) 一建築物であって、施工等の記録により、耐火被覆の区画に関し、耐火被覆の業者（吹付け業者）が明確な場合、業者ごとの区画を一つの施工範囲としその範囲ごとに、3 箇所以上、1 箇所当たり 10㎤程度の試料をそれぞれ採取し、それぞれ密閉式試料ホルダーに入れ密閉した上で、それらの試料を一纏めにして密閉式試料ボックスに収納すること。
(4) 一建築物であって、耐火被覆の区画に関し、記録がなく、かつ耐火被覆の業者（吹付け業者）が不明確な場合、各階を施工範囲とし、それぞれ密閉式試料ホルダーに入れ密閉した上で、それらの試料を一纏めにして密閉式試料ボックスに収納すること。なお、一建築物の一つの階の床面積が 3000㎡以上の場合の試料採取は、上記（2）の方法による。
(5) 上記（2）、（3）、（4）の試料採取方法は、昭和 50 年以降の施工の建築物において、耐火被覆業者により、主に石綿が 1～5 重量%含有の吹付け材で施工している業者と石綿をまったく含まない吹付け材で施工している業者が混在している可能性があることに留意したものであり、昭和 49 年以前施工の建築物は耐火被覆業者が異なった場合であっても、石綿含有率の違い（数十%以上）はあるものの、意図的に石綿が含有されている吹付け材であるため、原則として、試料の採取は

上記（1）を適用してもよいが、より安全を期するために、全体階から2つ以上の階を選定して試料を採取する。

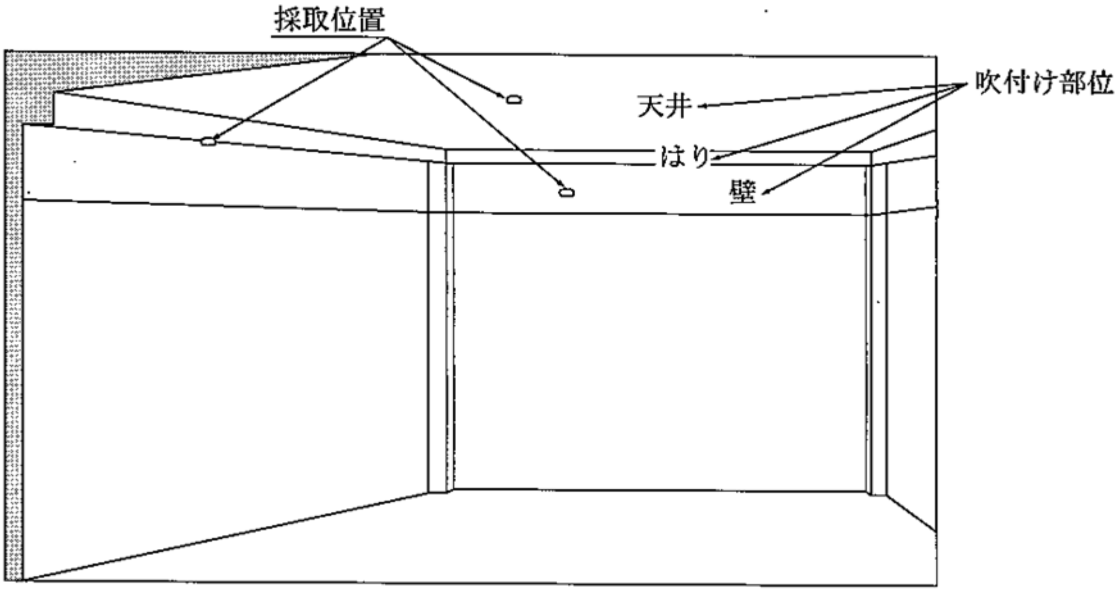


図1.10　天井、壁における採取位置の例

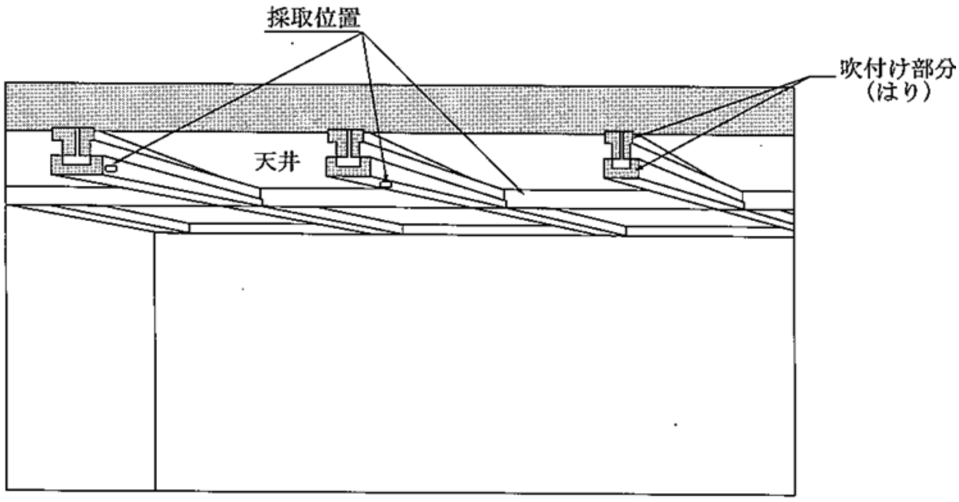


図1.11　耐火被覆された鉄骨における採取位置の例

1.8.2.2. 耐火被覆材

耐火被覆材には、吹付け材、耐火被覆板又はけい酸カルシウム板第2種、耐火塗り材がある。吹付け材を除く耐火被覆材は施工部位が梁、柱と明確であり、各階の梁、柱全体を施工範囲とする。

なお、吹付け材に関しては、前述 1.8.2.1 に基づいて試料採取を行う。

(1) 施工範囲から奇数階および偶数階からそれぞれ 1 フロアを選定する。
この 1 フロアの梁、柱から代表的な部位を 1 つ選び、そこから 3 箇所以上、1 箇所当たり 10cm^3 程度の試料をそれぞれ採取しそれぞれ密閉式試料ホルダーに入れ密閉した上で、それらの試料を一纏めにして密閉式試料ボックスに収納すること。
(2) 耐火被覆材と耐火被覆材の境界に耐火塗り材が使用されている可能性があるため、その境界を中心に試料を採取すること。

1.8.2.3. 断熱材

断熱材には、折版屋根用断熱材と煙突用断熱材がある。折版屋根用断熱材に石綿を使用している場合は、石綿含有率が非常に高いため、特に試料採取に留意する必要はなく、折版屋根用断熱材の施工範囲から 3 箇所以上、1 箇所当たり 100cm^2 程度の試料をそれぞれ採取しそれぞれ密閉式試料ホルダーに入れ密閉した上で、それらの試料を一纏めにして密閉式試料ボックスに収納する。

煙突用断熱材の試料採取に当たっては次の点に留意する必要があるが、いずれにしても、3 箇所以上、1 箇所当たり 10cm^3 程度の試料をそれぞれ採取しそれぞれ密閉式試料ホルダーに入れ密閉した上で、それらの試料を一纏めにして密閉式試料ボックスに収納する。

(1) 煙突用断熱材には、①煙道側に断熱層がある場合、②煙道側の円筒管の裏側に断熱層がある場合があり、特に後述の②の場合は、断熱層に石綿を含む場合と、断熱層は石綿が含まないが、円筒管に石綿を含む場合、断熱層と円筒管の両方に石綿を含む場合があるので、断熱層と円筒管を分離して試料採取を行うこと。
(2) 煙道側に断熱層がある場合や煙道側の円筒管にひび割れがあり、断熱層が露出しているおそれがあるような場合は、煙道中に含まれる硫黄酸化物等により、石綿が変質し、他の物質に変わっている可能性があるため、試料採取に当たっては、表層からの試料採取を行わず、必ず下地に接するまで試料を採取すること。

1.8.2.4. 保温材

保温材には、成形保温材と不定形保温材があり、建築物の小型ボイラ等の配管に使用される保温材は不定形の保温材がほとんどであり、これらはバルブ、フランジ、エルボ部分に使用されている場合が多いが、直管部でも可能性があるので、それぞれ 3 箇所以上、下地まで貫通し、1 箇所当たり 10cm^3 程度の試料をそれぞれ採取してそれぞれ密閉式試料ホルダーに入れ密閉した上で、それらの試料を一纏めにして密閉式試料ボックスに収納する。またボイラ、タービン、化学プラント等の場合は、配管距離も長く、かつ成形保温材と不定形保温材の両方を使用している場合がほとんどであり、

試料採取にあたっては次の点に留意する必要がある。

⑴ 成形保温材と成形保温材のつなぎ目に不定形保温材を使用する場合があり、不定形保温材は成形保温材に比べて石綿含有期間が長いため、試料採取にあたっては、成形保温材と成形保温材のつなぎ目を貫通して試料を採取すること。
なお、保温材の場合は、使用目的から、配管表層部の温度が高温となっている場合があり、表層部に接触している保温材の材質（石綿を含め）が変化している可能性がある。このような箇所からの試料採取を避けること。
⑵ ボイラ、タービン、化学プラント等には定期検査があり、この検査において、保温材をはぎ、検査終了後、新たな保温材を施工するが、この時に石綿を含まない保温材に変更する場合がある。このようなことを想定して、試料の採取を次のようにする。

○ 化学プラント、火力発電所の場合は、系統単位を施工範囲とし、その系統において、定期検査を行っている場合は 30m ごとに、定期検査を行っていない場合は 60m ごとに、3 箇所以上、下地まで貫通し、1 箇所当たり 10cm^3 程度の試料をそれぞれ採取してそれぞれ密閉式試料ホルダーに入れ密閉した上で、それらの試料を一纏めにして密閉式試料ボックスに収納する。

○ 原子力発電所の場合原子力発電所の場合は、配管の溶接線の肉厚のチェックのために、所定の範囲（2m 程度）で定期検査を行うことになっているので、この範囲からの試料採取は避け、系統単位を施工範囲とし、600m^3 ごとに、3 箇所以上から、1 箇所当たり 10cm^3 程度の試料をそれぞれ採取してそれぞれ密閉式試料ホルダーに入れ密閉した上で、それらの試料を一纏めにして密閉式試料ボックスに収納する。

1.8.2.5. 成形板

意図的に石綿を添加し製造された成形板（例:スレート、けい酸カルシウム板）は、使用目的から、ほぼ施工部位が特定できるので、試料採取範囲は, 構造部材であればフロア単位ごとに、建築物内設備機器に使用の部材であれば、その設備機器単位ごとに行なう。

試料の採取は、試料採取範囲から 3 箇所を選定して、1 箇所あたり 100cm^2 程度の試料をそれぞれ採取してそれぞれ密閉式試料ホルダーに入れ密閉した上で、それらの試料を一纏めにして密閉式試料ボックスに収納する。（ここで「3 箇所選定」とあるが、その理由は成分のばらつきが考えられるためである。成形板は工場での生産品であるため、ばらつきの程度は吹付け材ほどではないが、使用されている石綿の種類に

よってはセメント等の Ca により含有率が変化するおそれがある。）この他、試料採取にあたって次の点に留意すること。

(1) 施工範囲（試料採取範囲）内において、改修の有無に関する確認を行うこと。改修が行われた場合は、施工範囲全体に石綿を含んでいないものを施工したか、それとも部分的に施工したかにより、石綿の有無分析に大きな影響を及ぼす。そのため、部分的に改修が行われたことが明確な場合は、既存部分と改修部分を別の試料として採取を行うこと。
(2) 成形板には、表面を化粧したものがあるため、表面のみの試料採取はしないこと。

1.8.2.6. 建築用仕上塗材

既存建築物の改修工事および解体工事を実施する前に、既存仕上塗材層が石綿を含有しているか否かを確認しておく必要がある。

過去に重量の0.1%を超えて石綿を使用していた仕上塗材については、日本建築仕上材工業会が公表している「アスベスト含有仕上塗材・下地調整塗材に関するアンケート調査結果」により、石綿含有仕上塗材の種類、販売期間、石綿含有量が確認できる。

したがって、これらの情報をもとにヒアリング結果や当該現場での調査結果も併せ、石綿の有無が確認できる場合は、既存仕上塗材層を採取して分析を行う必要がない。ただし、設計図書の多くは特記仕様書において仕上塗材の一般名が記載され、数社の製造業者の中から製品を選択できるようになっているため、当該現場に使用された製品名を特定することは難しい。その場合は、既存仕上塗材層を部分的に採取して、分析を行い判定する。

試料の採取は粉じんが飛散しないように採取面に無じん水を散布（噴霧）してから、カッターナイフ、スクレーパ等で仕上塗材表面部分から仕上塗材内部に刃先を入れ少しずつ剥離、採取する。施工部位の3箇所以上から1箇所当たり容量10cm^3 程度を目安に試料を採取し、密閉容器に入れ、それらを一纏めの試料として、試料採取履歴（表1.15）として、採取試料の形状（断面の層状構造）等、必要事項を記録・添付し試料とする。（図1.12 参照）

(1) 薄付け仕上塗材（砂壁状仕上げなど）の場合は、上塗材が使用されておらず、下塗材もほとんど層を形成していないので、仕上塗材と下地との界面にスクレーパやカッターナイフの刃先を入れ、仕上塗材を採取するのが一般的である。薄付け仕上塗材は、膜厚が3mm 程度以下と薄いため、比較的広い面積の塗膜を採取する必要がある。

(2) 複層仕上塗材（吹付けタイル仕上げなど）は、上塗材・主材・下塗材があるが、上塗材の厚さは塗料と同じ数十ミクロンであり、下塗材もほとんど層を構成していない。したがって、複層仕上塗材層のほとんどが主材部分であり、これをカッターナイフ、スクレーパ、ノミ等削り取るのが一般的である。複層仕上塗材は表面に凹凸模様のテクスチャーが付与されていることが多い。これらの凹凸部分を形成している主材は、どの部分であっても組成は均一である。また、複層仕上塗材は下地への付着強度が高いので、下地と主材層との界面からきれいに剥離除去できない場合が多いと考えられる。このような場合は、主材層を部分的に破壊して採取することとなる。

(3) 厚付け仕上塗材（スタッコ仕上げなど）は、上塗材がある場合と上塗材がない場合がある。上塗材があったとしても仕上塗材層全体に占める質量比は僅かである。厚付け仕上塗材の主材層は厚く、その組成も均一であることから主材層を部分的に採取すればよいと考える。厚付け仕上塗材層と下地との界面で剥離採取することはかなり困難である。

塗り替え等の改修工事の場合は、分析用試料採取後、簡易補修を行う。

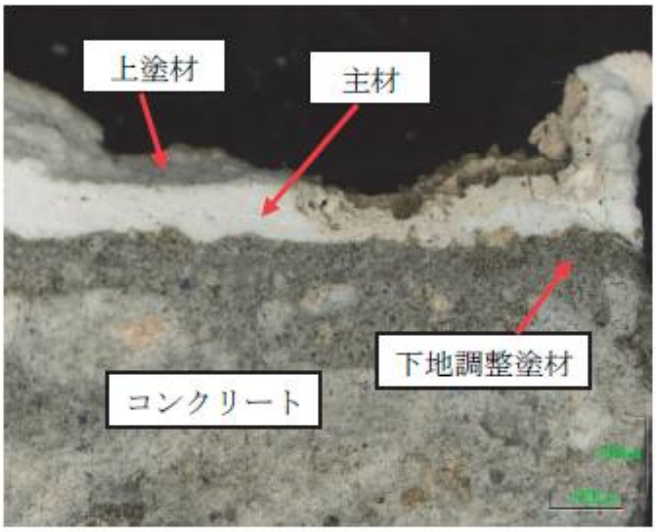
改修または解体のいずれの場合においても、塗材の種類や工法が部位などによって異なっている場合や、棟によって施工業者が異なっている場合は、それぞれ別に採取する。

(4) 採取した仕上塗材には下地調整塗材やコンクリート等が付着している場合がある。まず、目視で試料を確認し、コンクリートが付着していないことを確認する。

(5) 改修（再塗装）で、塗材に亀裂や部分的剥離がない場合には、調査対象は仕上塗材のみとなる。第３章で分析を実施する場合には、実体顕微鏡で表面から順次各層の観察を実施し、下地調整塗材の上までを調査対象範囲とする（図 1.12 の赤色線で示した範囲）。第４章で分析を実施する場合には、実体顕微鏡等を用いて下地調整塗材が混入しないよう、予めカッターナイフ等で除去してから分析試料とする。

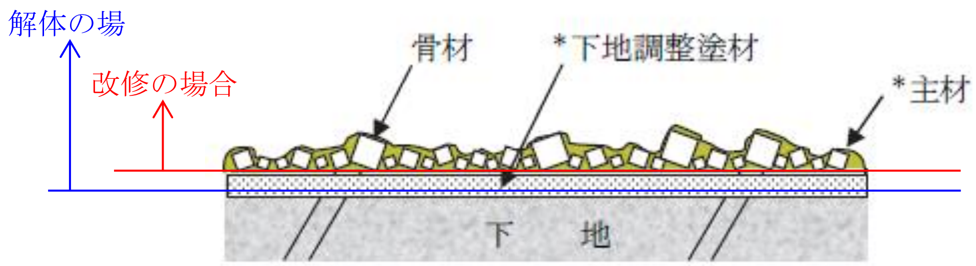
(6) 解体を目的とした場合には、下地調整塗材および仕上塗材が調査対象となる。第３章で分析を実施する場合には、実体顕微鏡で表面から順次各層の観察を実施し、躯体の上までを調査対象範囲とする（図 1.12 の青色線で示した範囲）。第４章で分析を実施する場合には、目視および実体顕微鏡等を用いて躯体が付着していれば予めカッターナイフ等で除去してから分析試料とする。無機質、有機質の試料ともに、塗料等が用いられていることが多いため、灰化して有機成分を処理し、第４章の手順に基づいて分析を実施する。

（7）目視上、施工が同じようにみえていても、塗り重ねの場合、既存が残存している可能性を考慮し、外壁、内壁、上裏のように施工が異なる可能性を有する部位については、別途採取調査することが望ましい。

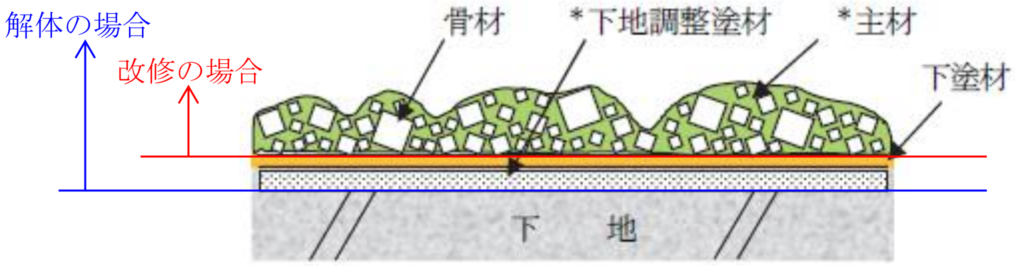


複層仕上塗材の断面の例

【薄付け仕上塗材：砂壁状模様の例】



【厚付け仕上塗材（上塗材なし）：吹放し模様の例】



【複層仕上塗材：凸部処理模様の例】

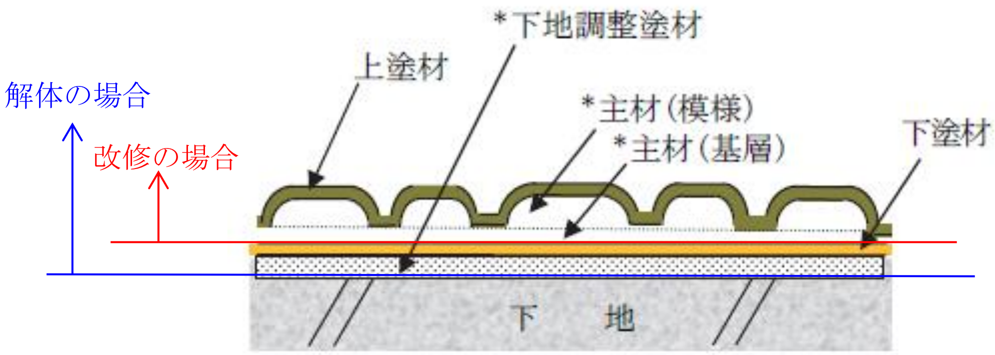


図 1.12　建築用仕上塗材の試料採取部位

建築用仕上塗材（下地調整塗材含む）分析用試料の採取写真

採取

※採取箇所をビニール袋で囲んで養生し、

採取した塗材をそのままビニール袋内に封入。

湿潤化

※塗材によってはトップコートが水を弾く。

スクレーパーを入れて剥離した部位は

湿潤されていないため、

必要に応じ、適時湿潤を追加する。

採取痕の固化

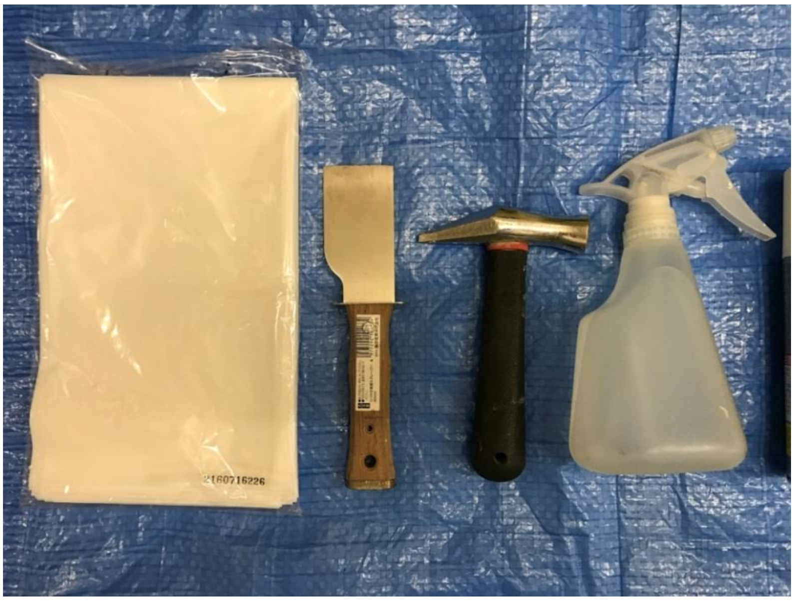
※固化材噴霧や接着剤塗布を行う。

　塗材と類似した色のスプレーを塗布し、

　簡易補修を兼ねることも一般的。

採取道具の例

養生シート
採取用ビニール袋
スクレーパー
ハンマー
湿潤用無じん水



簡易補修用カラースプレー
飛散防止用スプレー接着剤
飛散防止用固化材

※複層材の採取痕の凹みが気になる場合には、ノンブリードのシール材等による簡易補修が有効である。

1.8.3. 試料採取時の情報伝達と責任分担の明確化について

書面・現地調査にはじまり、試料採取、そして分析までが適切に行われるには、的確に情報伝達を行うとともに、責任分担を明確化にすることが必要である（表1.14）。

(1) 分析調査者（分析機関）が自ら試料採取を行う場合は、
- 現地調査結果において同一と考えられる建材の範囲が特定されているか確認を行い、不明な場合は調査実施者等に明確な情報を求める。
- 採取した試料の識別と分析を行う際の前処理等の情報を得るために、表1.15に示した試料採取履歴に必要事項を記録する。

(2) 分析調査者（分析機関）が、外部から持ち込まれた試料の分析を請け負う場合は、分析依頼元に対して、表1.15に示した試料採取履歴に必要事項を記入して必ず添付するように要請すること。

表1.14　現地調査から試料採取までの責任分担の明確化

事前調査の一連の過程では、 ・現地調査において同一材料範囲の判断 ・試料採取において同一材料範囲のうちどの箇所から試料採取するか判断 を行う。これらは石綿の有無に関する重要な判断であり、これらの判断の責任者が誰であるか不明確なまま、事前調査を行ってはならない。 　また、一部解体や改修工事であれば、工事内容によって調査すべき建材の範囲が異なってくるため、工事内容に応じて調査対象建材を適切に判断しなければならない。 具体的には、次の通りである。 ・同一材料範囲の判断までを第３条第１項及び第２項に基づく現地調査の一環として行うことが原則であるが、試料採取を外注する際に、同一材料範囲の判断もあわせて依頼するのであれば、そのことを明示して依頼することが必要である。 ・試料採取を行う際に、採取作業者とは別の者が、採取個所を指示（判断）する場合もある。採取作業者だけでなく、採取個所の指示者（判断者）の氏名も報告書に明記する。 ・分析機関が試料採取に関与しない場合には、試料採取者は、採取した試料ごとに、表1.15に示す試料採取履歴に求められている内容について記入し、試料と一緒に分析機関に委託する。また、分析機関に試料採取者の情報を伝え、分析機関が作成する分析結果報告書には、当該試料採取者の情報を記録させる必要がある。

表 1.15　試料採取履歴

<table>
<tr><td>試料採取者の所属・氏名</td><td colspan="3">(所属)</td><td colspan="2">(氏名)
印</td></tr>
<tr><td>試料採取者の資格</td><td colspan="5">建築物石綿含有建材調査者、石綿調査診断士、石綿作業主任者、無し</td></tr>
<tr><td>採取箇所等の指示(判断)者の所属・氏名</td><td colspan="3">(所属)</td><td colspan="2">(氏名)
印</td></tr>
<tr><td>指示者の資格</td><td colspan="5">建築物石綿含有建材調査者、石綿調査診断士、石綿作業主任者、無し</td></tr>
<tr><td>採取年月日</td><td colspan="5">年　　月　　日</td></tr>
<tr><td>建築物等の種類</td><td colspan="5">鉄骨構造(S 造)、鉄筋コンクリート構造(RC 造)、鉄骨鉄筋コンクリート構造(SRC 造)、木造</td></tr>
<tr><td colspan="7">分 析 対 象 試 料 の 概 要</td></tr>
<tr><td>試料 No.</td><td>採取年月日</td><td>試料採取場所と採取部位</td><td>建材等の種類と名称</td><td>試料の形状・材質</td><td>試料の大きさ(容量)</td></tr>
<tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">(その他特記事項)</td></tr>
</table>

第２章. 厚生労働省が定める石綿則に基づく建材分析等

2.1. 我が国で規定されてきた石綿含有率の分析方法

石綿障害予防規則に基づく分析方法は、厚生労働省通達により指定されており、主として、

①「建築物の耐火等吹付け材の石綿含有率の判定方法について」
（平成 8 年 3 月 29 日付け基発第 188 号）
②「建材中の石綿含有率の分析方法について」
（平成 17 年 6 月 22 日付け基安化発第 0622001 号）
③「建材中の石綿含有率の分析方法について」
（平成 18 年 8 月 21 日付け基発第 0821002 号（最終改正：令和 3 年 12 月 22 日付け基発 1222 第 18 号）(JIS A 1481 規格群など)
が定められてきた。

JIS A 1481-2, JIS A 1481-3 は②の分析方法をもとに JIS 化されたものであり、また、JIS A 1481-1 において石綿不検出であることを判定する場合は本マニュアルの内容に留意して判定することになる。

厚労省通達において、JIS 法の実施に当たっては、本マニュアルの記載事項に留意して実施することと明記されており、本マニュアルをよく理解することが重要である。

なお、上記のほか、次の分析方法も定められており、これらの場合に該当するときは、これらの分析方法を用いることができる。
①「ベビーパウダーに用いられるタルク中のアスベスト試験法」
（昭和 62 年 11 月 6 日付け薬審 2 第 1589 号の別紙）
②「蛇紋岩系左官用モルタル混和材による石綿ばく露の防止について」
（平成 16 年 7 月 2 日付け基発第 0702003 号 厚生労働省通達）
③「天然鉱物中の石綿含有率の分析方法について」
（平成 18 年 8 月 28 日付け基安化発第 0828001 号 厚生労働省通達）
③については本マニュアルの第８章に記載している。

2.2. 分析マニュアルにおける分析方法等の概要

本マニュアルでは、第３章で定性分析法１（偏光顕微鏡法）、第４章で定性分析法２（X 線回折分析法・位相差分散顕微鏡法）、第５章で定量分析法１（X 線回折分析法）、第６章で定量分析法２（偏光顕微鏡法）、第７章で定性分析法３（電子顕微鏡法）（※）、第８章で天然鉱物中の石綿含有率の分析について、第９章で分析

結果の信頼性を確保するための分析機関としての望ましい組織体制について記述している。

（※）光学顕微鏡ではアスベストの確認が難しいときに用いられる定性分析法であり、定性分析法３のみによりアスベスト含有無しの判定はできないことに留意

2.3. アスベスト分析法に関する JISA1481 規格群と分析マニュアルの対応関係

アスベスト分析法に関する JIS A1481 規格群と分析マニュアルの対応関係の概要を表 2.1 に示した。

表 2.1　アスベスト分析方法に関する JISA1481 規格群と分析マニュアルの対応関係

JISA1481 規格群	概　要	分析マニュアル	概　要
JISA1481－1:2016 (ISO22262 - 1:2012)	・建材製品及び天然鉱物を対象 ・実体顕微鏡と偏光顕微鏡による定性分析。	定性分析法１	・建材製品を対象 ・実体顕微鏡と偏光顕微鏡による定性分析。 ・不検出確定手順を記載 （平成 26 年基安化発 0331 第 3 号参照）
JISA1481－2:2016	・建材製品を対象 ・Ｘ線回折分析法と位相差分散顕微鏡を併用した定性分析方法で判定基準に基づいて石綿含有の有無を判断する。	定性分析法２	・建材製品を対象 ・Ｘ線回折分析法と位相差分散顕微鏡を併用した定性分析方法で、判定基準に基づいて石綿含有の有無を判断する。
JISA1481－3:2014	・建材製品を対象 ・Ｘ線回折分析法により建材製品中のアスベスト含有率（質量分率:アスベスト含有率）を定量する。 ・検量線Ⅰ法,検量線Ⅱ法（秤量なし）	定量分析法１	・建材製品を対象 ・Ｘ線回折分析法により建材製品中のアスベスト含有率（質量分率:アスベスト含有率）を定量する。 ・検量線Ⅰ法、検量線Ⅱ法のうち検量線Ⅱ法は秤量無しのため、母液の不均一性の影響が大きく定量には不適と判断し除外した。
JISA1481－5:2021 (ISO22262 - 3:2016)	・JISA1481－1 によりアスベストが検出されたあらゆる建材が対象。 ・Ｘ線回折分析法により建材製品中のアスベスト含有率（質量分率:アスベスト含有率）を定量する。 ・検量線Ⅰ法（1%以上）,検量線Ⅱ法（1%未満：秤量あり） ・天秤感度：読み取り限度 0.01mｇ以下		・検量線Ⅱ法の秤量実施が採用されたため、参考として概要を記載した。 ・天秤感度：読み取り限度 0.01mｇ以下
JISA1481－4:2016 (ISO22262 - 2:2014)	・JISA1481－1 によりアスベストが同定され、アスベスト含有率がおよそ 5%未満と推定される試料に適用する。 ・偏光顕微鏡、走査型電子顕微鏡、透過型電子顕微鏡によるポイントカウンティング法による定量分析。 ・天秤感度：読み取り限度 0.1mｇ以下	定量分析法２	・アスベストが同定され、アスベスト含有率がおよそ 5%未満と推定される試料に適用する。 ・偏光顕微鏡によるポイントカウンティング法による定量分析。 ・天秤感度：読み取り限度 0.1mｇ以下

建材製品中のアスベスト含有率測定方法として、JIS A 1481 規格群が定められており、当該規格は現在５部構成となっている。第１部は、市販バルク材からの試料採取及び定性的判定方法で、偏光顕微鏡で定性分析する方法を示した ISO22262-1：2012 の

翻訳版である。第２部と第３部は、従来の JIS A 1481 の定性分析部分と定量分析部分にそれぞれ対応しており、2014 年の改訂で、第２部は試料採取及びアスベスト含有の有無を判定するための定性分析方法で、光学顕微鏡と X 線回折分析を用いて行う定性分析方法となり、第３部はアスベスト含有率の X 線回折定量分析方法となった。第４部は、ISO22262-2：2014 の翻訳版で、第１部の定性的判定によりアスベストが同定された場合の定量分析方法として、主に試料処理方法と偏光顕微鏡、走査型電子顕微鏡（SEM）、透過型電子顕微鏡（TEM）を用いた方法として、質量法及び顕微鏡法によるアスベストの定量分析方法が示されている。第５部は ISO22262-3：2016 の翻訳版で、X 線回折法によるアスベストの定量分析方法で、第３部の検量線Ⅱ法の試料調製時に記載がなかった秤量過程が追加されている。第５部は第１部の定性的判定によりアスベストが同定された場合の定量分析方法とされている。

分析マニュアルでは、JIS A 1481 規格群をベースにして、定性分析法１（偏光顕微鏡法）、定性分析法２（X 線回折分析法・位相差分散顕微鏡法）、定量分析法１（X 線回折分析法）、定量分析法２（偏光顕微鏡法）、定性分析法３（電子顕微鏡法）を示しており、定性分析法１及び定量分析法２は、建材製品、天然鉱物及びそれを原料としてできた製品中のアスベスト分析に適用可能である。

一方、定性分析法２及び定量分析法１は、建材製品中のアスベスト分析だけを対象としており、また、ILO 条約の精神を踏まえ石綿除去作業者等の安全衛生を考慮して作成した方法である。

定性分析法１は個々の繊維に対して“偏光顕微鏡観察によるアスベストの形態や光学特性を判断基準”としており、定性分析法２は、X 線回折分析定性分析結果と位相差分散顕微鏡によるアスベストの形態と屈折率のデータによる定性分析結果から、“アスベストの含有の有無の判定基準” に従って判定する。定性分析法１及び定性分析法２は、分析方法及び分析機器などが異なっているため、共通の判定ではないが、試料の採取方法や検出限界などを踏まえ、アスベストの有無の判定について同等としている。

なお、本マニュアルでは、定性分析法１ではアスベスト不検出確定のための手順を示しており、定性分析結果からアスベスト含有無しを判断するためには必ず実施する必要がある。また、定性分析法１、定性分析法２の定性分析結果から、石綿障害予防規則の適用対象か否か（建材中に 0.1％を超えてアスベストを含有するか否か）についての判断方法についても記載しているので留意すること。

JIS A 1481 規格群では各分析方法の組み合わせ手順についての関係を定めているが、本マニュアルでは、事前調査に係る分析調査では、分析精度を担保するためには、JIS A 1481 規格群の各分析方法の組み合わせ手順にとらわれず、本マニュアルに記載されている分析方法から「できる限り複数の方法を組み合わせて実施することが望ましい」としている点に留意する必要がある。

第３章. 定性分析方法１（偏光顕微鏡法）

3.1. 分析の概要

本章は、JIS A 1481-1 によるアスベスト含有率測定について、JIS A 1481-1 に記載の内容のほか、JIS A 1481-1 の実施に当たって具体的な留意点や補足を掲載したものである。その流れは、図 3.1 の通りである。

①試料を受け取ったら肉眼で試料の全体をよく観察し、色や材質を記録する。
②必要であれば灰化、酸処理、浮遊沈降による非アスベスト成分の除去を行う（試料調製）。
③調製した試料又は未処理の試料を肉眼と実体顕微鏡で詳細に観察し、試料の種類や前処理の必要性の有無を確認する。
④前処理が必要な場合は適切な前処理を行う。
⑤試料を実体顕微鏡で観察し、アスベストの可能性がある繊維を探して代表的なものを取り出し、偏光顕微鏡用の標本を作製する。
⑥標本を偏光顕微鏡で観察し、形態、光学的性質からアスベストの同定を行う。
⑦調べた繊維がいずれもアスベストではなかった場合、または試料から実体顕微鏡で確認できる大きさの繊維が見つからなかった場合は、無作為に分取した試料で偏光顕微鏡用の標本を作製し、実体顕微鏡では見えない微細なアスベスト繊維を探す。

留意点１：試料調製と前処理の違いについて： 試料調製は顕微鏡観察に先立って、試料の大部分を構成する非アスベスト成分を除去する操作であり、顕微鏡観察で繊維が検出されやすいようにすることが目的である。前処理は実体顕微鏡観察の後で試料から繊維を取り出したり繊維から付着物を取り除いたりする操作で、偏光顕微鏡観察を容易にするために行われる。いずれも必須の手順ではなく、必要に応じて行われる。

留意点２：JIS A 1481-1 による分析では、１か所から採取した試料を１試料として扱う。複数箇所から採取した試料を混合して用いることはせず、複数の箇所（３箇所以上）から採取した試料をそれぞれ１試料として分析すること。

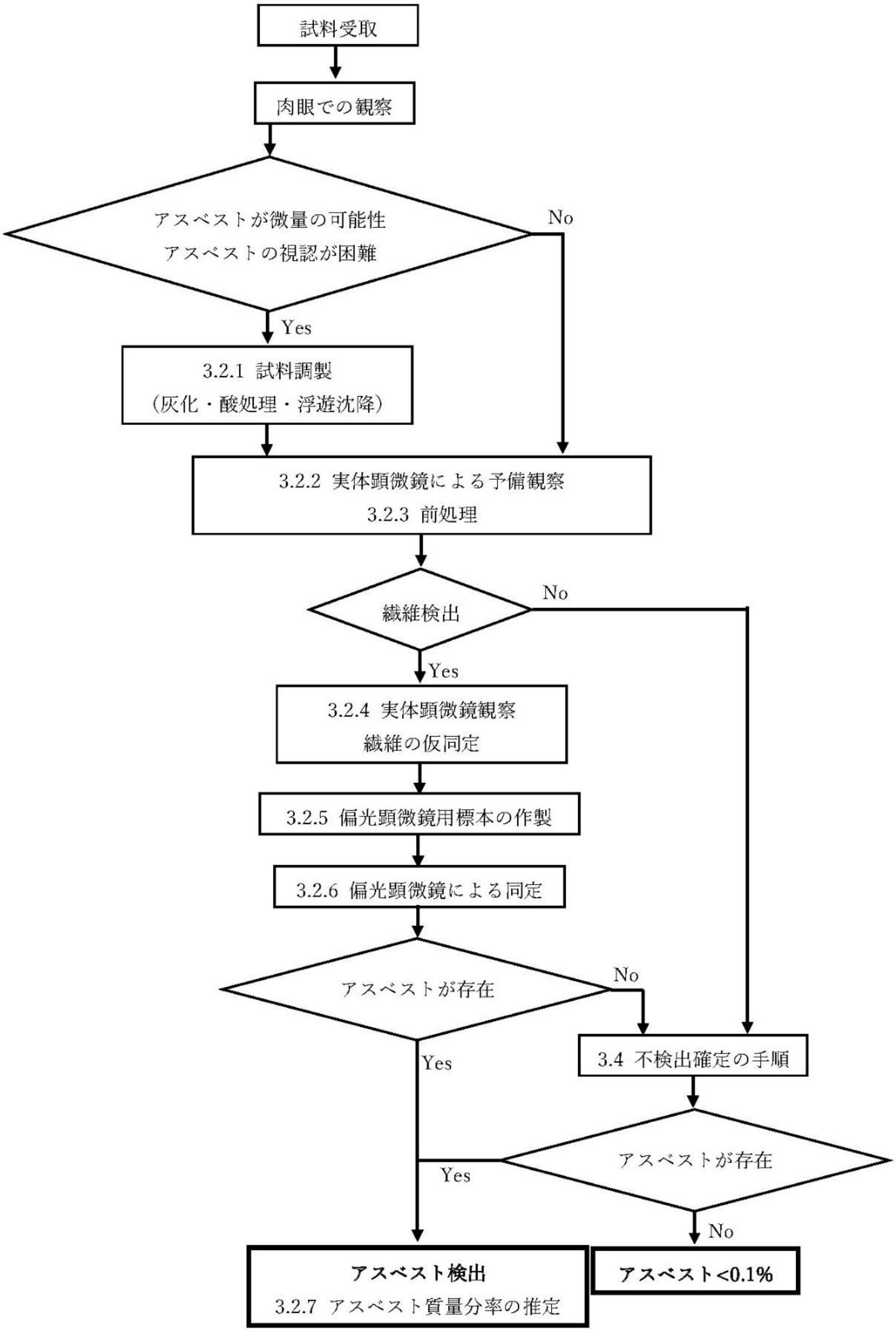


図 3.1　定性分析方法１（偏光顕微鏡法）での分析の流れ

3.2. 分析の手順

3.2.1. 試料調製

アスベストの含有量が低い場合、または試料中のアスベストの分布が不均一で大量の試料を分析しなければアスベストを確実に見つけられない場合には、顕微鏡観察に先立って非アスベスト成分の大部分を取り除くための試料調製をすることにより、アスベストの検出を容易にすることができる。試料調製の方法には灰化、酸処理、浮遊沈降がある。

＜灰化＞

有機物は485℃で10時間加熱することで取り除くことができる。加熱処理を行うときは、試料を磁性るつぼに入れてふたをし、マッフル炉に入れて加熱する。加熱は必ずるつぼを炉内に入れてから開始するようにする。

＜酸処理＞

試料を2mol/Lの冷希塩酸（室温）中で15分程度撹拌することで多くの成分を除去することができ、アスベストの検出が容易になる。

①メノウ乳鉢に試料を入れ、蒸留水で試料を軽く湿らせる。
②塩酸を試料が浸る程度乳鉢に加え、乳棒で軽くすりつぶす。この時塩酸を直接試料にかけると激しく発泡して飛び散る恐れがあるので、直接かからないように留意する。
③発泡がおさまったらさらに塩酸を加える。
④塩酸を加えても新たな発泡が起きなくなったら、孔径0.4μmのポリカーボネートフィルタ上に吸引ろ過する。
⑤吸引ろ過後のポリカーボネートフィルタはふた付きのディッシュに入れてから乾燥させ、分析用の試料とする。

＜浮遊沈降＞

試料の種類によっては砂利や砂粒が入っている場合があり、それらは水中での沈降や浮遊により取り除くことができる。バーミキュライトやパーライトは低密度のため浮遊によって除去できる。砂や砂利は水中でアスベストより速やかに沈降するため沈降法により大部分を除去することができる。浮遊沈降法は以下のような手順で行う。酸処理に続いて行う場合は、酸処理後のろ過をせずに直接以下の手順で浮遊沈降法を行う。

①約300mLの蒸留水を入れた500mLビーカーに試料を投入し、水面に浮くものがあれ

ば薬匙で数回水中に押し込んだ後、浮いているものを薬匙ですくい取る。試料の量が多い場合は数回に分けて行う。

②浮いているものを取り除いたら、水をよく攪拌する。

③大きな粒子が沈んだら速やかに懸濁液を別のビーカーに移す。

④大きな粒子が底に残った方のビーカーに150mLの蒸留水を加えて攪拌し、③の操作を行う。これを2回繰り返す。

⑤蒸留水の洗瓶で沈殿物をビーカーから洗い流してペトリ皿にとり、乾燥させる。

⑥ビーカーにとってある懸濁液は孔径0.4μmのポリカーボネートフィルタ上に吸引ろ過し、乾燥させる。

⑦水面に浮いたものと沈殿物を実体顕微鏡で確認し、大きな繊維束があればろ過試料に移す。

⑧ろ過試料を顕微鏡分析用試料とする（→3.2.4.実体顕微鏡観察）。

留意点１：試料調製が必要な試料の例としては、アスベストを含む可能性のある鉱物が使用されている試料や繊維に付着しやすい成分を大量に含んでいる試料、アスベストと紛らわしい繊維が大量に含まれている試料、砂や砂利を含む試料などがあげられる。肉眼での観察でアスベストらしい繊維が確認できる試料や、ガラス繊維が主体でアスベストが覆い隠される恐れが少ない試料などについては、試料調製を行う必要はない。

留意点２：酸処理を行うと、マグネシウムの溶脱によりクリソタイルの屈折率はわずかに低下するが、他のアスベストの光学的性質には影響しない。

留意点３：灰化、酸処理、浮遊沈降を組み合わせて行う場合はこの順番で行うことが推奨される。

3.2.2. 実体顕微鏡による予備観察

①試料全体を詳細に観察して素材の種類や目に見える繊維の有無を確認する。

②実体顕微鏡で試料を確認し、繊維がある場合は可能な範囲で繊維が何種類あるかを特定する。

③試料の見た目、色を記録しておく。試料が不均一であったり層をなしていたりする場合は、試料のそれぞれの部分・層について記述し、どの部分・層からアスベストが検出されたのかが分かるようにしておく。

留意点１：必要な前処理を知る手掛かりになる場合があるため、試料の材質に注意する。

留意点2：実体顕微鏡は10倍から40倍以上まで連続的に倍率を変えられるものを使い、10倍で確認をしながらより詳細に観察を行いたい場合には適宜倍

率を上げて観察する。

3.2.3. 前処理

前処理の目的は、繊維を試料から取り出し、付着している粒子を取り除くことである。 成形板などの場合は割って新たな断面をだす、試料をすりつぶす、表面や角をナイフで削り取るなどの方法で繊維を露出させる。

繊維の付着物が炭酸カルシウム（石灰石）や硫酸カルシウム（石膏）、ケイ酸カルシウムの場合は、希酢酸（50%）や 2mol/L の冷希塩酸（室温）で除去できる。炭酸カルシウムマグネシウム（ドロマイト）が付着している場合、除去には冷濃塩酸（36%、室温）を使用する。

プラスチック、アスファルト、樹脂、ゴム製品の共存物の除去には、有機溶剤で処理するかマッフル炉を使って 485℃での灰化を行う。浸液に浸した状態で 150℃程度に加熱することで、有機成分を溶かして中に含まれる繊維を視認しやすくすることができる場合もある。

留意点１：酸処理を行う場合はメノウ乳鉢に目的の繊維・試料片を入れ、そこに酸を滴下して反応させる。塊がある場合は軽く乳棒で押しつぶすなどして反応が十分に進むようにする。酸処理は発泡が収まるまで続ける。

留意点２：クリソタイルは濃塩酸にわずかに溶けるので、濃塩酸は角閃石系アスベストが疑われる場合に使用する。

留意点３：酸処理が終わった後で酸を放置しておくと、繊維の光学的性質が変化してしまうほか塩の結晶が生成される場合があるため、ろ過してから数回水で洗い流すようにする。

留意点４：どの有機溶剤による処理がどの素材に有効かということは個別試験やその素材に関する知識により判断する。

留意点５：灰化はクリソタイル、アモサイト、クロシドライトの光学的性質を変化させる可能性があるので注意する。

3.2.4. 実体顕微鏡観察

アスベストを建材に添加する際には多くの場合束になった長い繊維を使用するため、多くのアスベスト含有建材では実体顕微鏡観察でアスベストが検出できる。

①試料をグラシン紙やトレイなどの容器におき、ピンセットやプローブ（探針）を使って全体を詳しく探索する。

②層をなしている試料や不均一な試料は、全ての層、全ての部分を十分に観察して特徴を記載する。

③確認された繊維がどの層からとられたかを記録し、形状、色から繊維の種類を仮に同定する（波打った形状をして絹のような光沢を示す白色の繊維はクリソタイル、白色の直線的な繊維の束であればアモサイトまたはトレモライト、アクチノライト、アンソフィライトのいずれか、青色の直線的な繊維であればクロシドライトなど）。

実体顕微鏡観察で仮に同定した繊維は、その後偏光顕微鏡で光学的性質を確認して最終的な同定を行う（3.2.6. 偏光顕微鏡による同定）。

留意点１：偏光顕微鏡用の標本にするのは数 mg 程度の量であるのに対し、実体顕微鏡では数 g の試料を観察することができ、全体をより把握しやすい。微量のアスベストを検出するためには、この段階で細心の注意を払うことが重要である。

留意点２：一部の層にのみ比較的低濃度のアスベストが含まれている場合には全体を混ぜると検出が困難になる場合もあるので、層に分かれているものは層別に分析を行う（3.4. 不検出確定の手順）。

留意点３：実体顕微鏡観察は倍率 10 倍程度で行い、より詳細に繊維の細部を確認したい場合には倍率を上げて観察を行なう。この仮同定の結果に基づいて、偏光顕微鏡用の標本をつくる際の浸液を選定する（3.2.5. 偏光顕微鏡用標本の作製）。

3.2.5. 偏光顕微鏡用標本の作製

実体顕微鏡での仮同定の結果に基づき偏光顕微鏡用の標本を作製する。

①清浄なスライドグラス上に適切な浸液を滴下する。
②実体顕微鏡観察で検出された代表的な繊維を浸液に浸す。
③清浄なカバーガラスを静かにかぶせて偏光顕微鏡用の標本とする。

留意点１：クリソタイルが疑われる場合は屈折率 1.550 の浸液、アモサイトの場合は 1.680 の浸液、クロシドライトの場合は 1.700 の浸液、トレモライトまたはアンソフィライトの場合は 1.605 の浸液、アクチノライトまたはリヒテライト／ウィンチャイトの場合は 1.630 の浸液を用いる。

留意点２：実体顕微鏡観察で繊維が検出されなかった場合や、調べた繊維がいずれもアスベストでなかった場合は、無作為に試料の一部を分取して屈折率 1.550 の浸液で各層につき 1 枚の標本を作製し、偏光顕微鏡で分析する。それでアスベスト繊維が見つからない場合は灰化・酸処理を

したうえで 1.550 の浸液で 6 枚の標本を作製して確認する（3.4. 不検出確定の手順）。

留意点３：標本を作製する時、大きな塊が入っているとカバーガラスを載せたときに傾きが生じて偏光顕微鏡観察の際に支障をきたすため、そのような塊は乳棒で押しつぶすか、スライドガラス 2 枚で挟んですりつぶすなどして、事前に十分細かくしておく（図 3.2）。

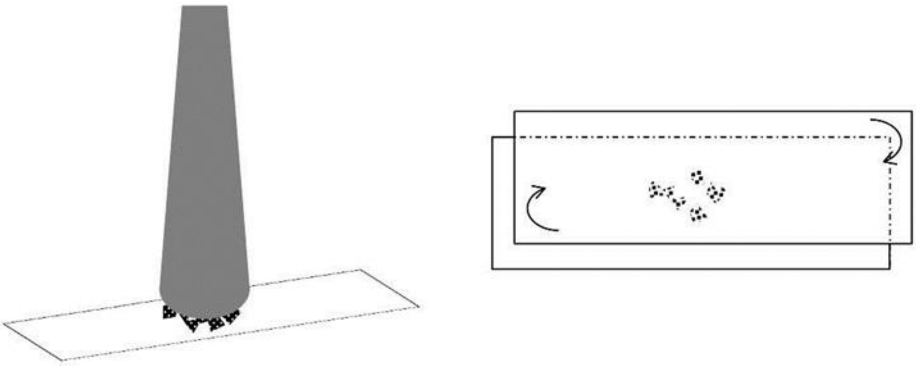


図 3.2　塊のつぶし方の例

素材の種類ごとにプレパラートの作製方法は異なっている。表 3.1 によくみられる建材の処理方法の例を示す。

表 3.1　建材の種類別の処理方法の例

成形材（床タイル・巾木を除く）	割る ナイフで削る 乳棒で押しつぶす ピンセットでほぐす
床タイル・巾木・接着材	ナイフで削り、浸液に浸して加熱する
吹付け材	ピンセットでほぐす 乳棒で押しつぶす
紐状・織物状の素材	ピンセットでほぐす
塗材	ナイフで 1 層ずつ削り取る

3.2.6. 偏光顕微鏡による同定

偏光顕微鏡でアスベスト繊維を同定する際には以下の項目を観察する。観察は 100 倍（接眼レンズ 10 倍×対物レンズ 10 倍）で行い、繊維の細部をより詳細に調べたい

場合には対物レンズを 40 倍に切り替えるなどして高倍率で観察を行う。

形態	：全てのモードで観察可能
色・多色性	：オープンポーラで観察
複屈折（バイレフリンゼンス）	：クロスポーラで観察
消光特性	：クロスポーラで観察
伸長の符号	：クロスポーラ＋鋭敏色検板で観察
屈折率	：オープンポーラ＋分散染色用レンズで確認

各アスベストの光学的性質について表 3.2 にまとめた。

表 3.2　アスベストの光学的性質

	クリソタイル	アモサイト	クロシドライト	トレモライトアスベスト	アクチノライトアスベスト	アンソフィライトアスベスト
形態	波状	直線状	直線状	直線状	直線状	直線状
色・多色性	白	灰色～茶色	青 //青、⊥灰色	白	白	白
複屈折	低	中	中	中	中	中
消光角	直消光	直消光	直消光	直消光 または斜消光	直消光 または斜消光	直消光
伸長の符号	正	正	負	正	正	正
分散色	表 3.3 参照					

(1) 形態

アスベストに特有の形態的特徴（アスベスト様形態）は光学顕微鏡で観察した際以下のような特徴で認識される。

a) 5μm を超える繊維について 20:1 以上のアスペクト比を持つ繊維が存在する。
b) 繊維の伸長方向に沿って、0.5μm未満の太さの非常に細い単繊維に分けられる（太さ 0.5μm未満の単独の繊維は偏光顕微鏡で見ることが困難であるが、通常偏光顕微鏡で観察される繊維束の内部を観察すると太さ 0.5μm未満の繊維が多数集まっている様子が観察できる）。
c) 上記の特徴に加え次の特徴のいずれかを備えていれば、アスベストに特有の形態を持つことはより確かになる
   1) 束の状態で産する平行繊維
   2) 端がほうき状に広がっている繊維束

3) 細い針状の繊維
4) 個々の繊維が絡まりあった塊
5) 屈曲を持った繊維

留意点１：形態の観察はすべてのモードで観察可能であるが、繊維と屈折率の近い浸液中で見た場合オープンポーラだと無色の繊維は見えにくい場合がある。繊維の細かい形態を観察するには、繊維を対角位（消光位と消光位の中間の位置）におき、クロスポーラまたはクロスポーラ＋検板の状態での観察をすると見やすい場合が多い。

留意点２：労働安全衛生法に定める「石綿」の定義としてはアスペクト比 3:1 以上の粒子となっているため、アスベスト様形態ではないものも「石綿」として報告しなければならないが、アスベスト様形態の有無を確認している場合はアスベスト様形態の有無も以下の記載例に従って報告書に明記すること。

【記載例】

石綿含有　トレモライト 0.1-5%
コメント：アスベスト様形態の繊維が確認された。

石綿含有　トレモライト 0.1-5%
コメント：アスベスト様形態の繊維は確認されなかった。

石綿含有　トレモライト 0.1-5%
コメント：アスペクト比 10 程度の針状結晶が複数見られたがアスベスト様形態かどうかは判断できない。

留意点３：アスベストとは「破砕または加工したときに、長く、細く、かつ、柔軟で強い繊維に容易に分かれるようなアスベスト様形態の晶癖を持つ、蛇紋石及び角閃石族に属するけい酸塩鉱物のグループに用いられる用語」であり、アスベスト様形態とは「繊維及び単繊維で高い抗張力及び柔軟性をもつ鉱物の繊維形態の特殊なタイプ」である。

※労働安全衛生法に定める「アスベスト」の定義については第１章の冒頭を参照のこと。

留意点４：トレモライト、アクチノライト、アンソフィライトについてはアスベスト様形態かどうかの区別が明確にできない粒子が存在する場合もあるた

め、そのような粒子が存在した場合はその旨報告書に記載するようにする。

(2) 色と多色性

色と多色性は、オープンポーラで観察する。

①アナライザを光路からはずしてオープンポーラにする。
②ステージ下にある開口絞りを絞り、見やすいように調節する。

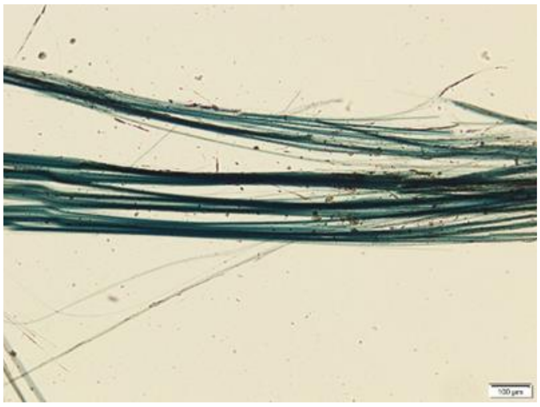
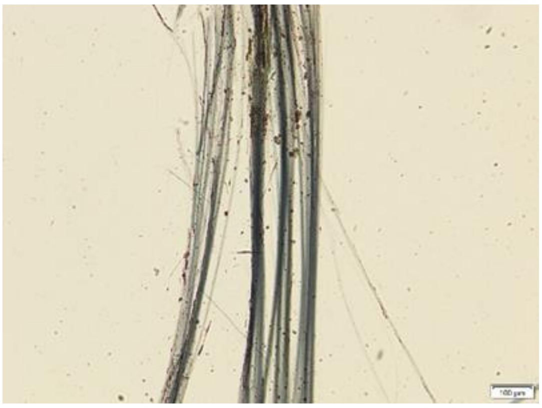



写真 3.1　クロシドライトの多色性

留意点１：クロシドライトは強い多色性を持っていて、繊維の長さ方向に振動する光に対しては濃い青色、幅方向に振動する光に対しては薄い青～灰色を示す

留意点２：アモサイトは加熱を受けると（ごくまれには加熱を受けていなくても）多色性を示すことがある。この時の多色性は繊維の長さ方向に振動する光に対しては焦茶色、幅方向に振動する光に対しては薄茶色となる。クリソタイルはほぼ無色で多色性を示さない。鉄の含有量によっては、アクチノライトが繊維の長さ方向に振動する光に対しては緑色、幅方向に振動する光に対しては灰色～黄色の多色性を示す場合がある。

(3) 複屈折

複屈折の有無やその大きさ（2 つの屈折率の差の大きさ）はクロスポーラ観察により確認する。クロスポーラ観察をするにはアナライザを光路に挿入する。鋭敏色検板は光路からはずしておく。

留意点１：複屈折を持つ粒子をクロスポーラで観察したとき、粒子中の光の振動方

向がポラライザ･アナライザの振動方向と 45°になっていると干渉色が観察される。干渉色は粒子の厚みと複屈折の大きさ、繊維の軸周りの単繊維の向きの乱雑さの程度によって決まっている。

留意点２：クロスポーラで観察したとき、アスベスト繊維は繊維がポラライザの振動方向と 45°になっていると明瞭に観察することができる。

留意点３：クリソタイルの場合は複屈折が低いため細い繊維は灰色に、太い繊維は白またはさらに高い一次の干渉色（場合によっては二次の干渉色）を示す。クロシドライトは複屈折が低く、可視光の領域に強い吸収があるため異常干渉色を示す。アモサイト、トレモライト、アクチノライト、リヒテライト／ウィンチャイトは中程度の複屈折で、細い繊維では白色、太い繊維では一次または二次の干渉色を示す。干渉色については干渉色図表を参照すること。

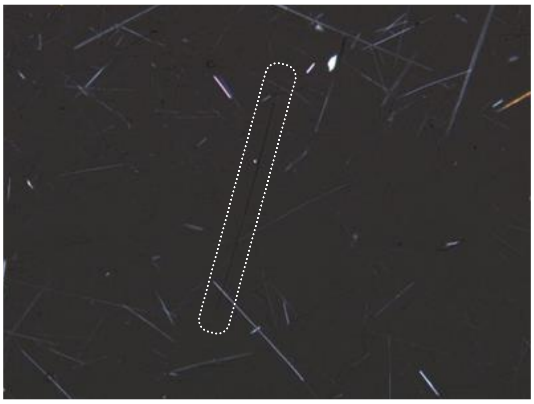
留意点４：光学的等方体は複屈折が 0 であり、干渉色を示さない。クロスポーラで観察すると人工ガラス繊維のような光学的等方体はほとんど見えなくなるが、鋭敏色検板を挿入したりアナライザの角度をわずかにずらしたりすることで視野全体を明るくすると、浸液との屈折率の差によっては輪郭が見えるようになる。屈折率の差が小さいとそれでも輪郭がほとんど見えない場合があるが、分散染色を見るモードにすると屈折率の差が小さくても分散色がガラスと浸液の境目に観察されるので輪郭が見えるようになる。

留意点５：一部の天然有機繊維はアスベストと紛らわしい形状を持つ場合があるが、繊維の長さ方向に沿って干渉色が変化したり不完全消光をしたりするという特徴からアスベストと区別できる場合がある。

(4) 消光角

クロスポーラでアスベスト繊維を観察すると、1 回転する間に 90°ごとに 4 回繊維が消える（消光）。繊維の伸長方向とポラライザやアナライザの振動方向が一致しているときに消光することを直消光、角度をなして消光するものを斜消光と呼ぶ。

クリソタイル、アモサイト、クロシドライト、アンソフィライトはいずれも直消光する。トレモライト、アクチノライト、リヒテライト／ウィンチャイトは直消光と斜消光の両方がありうる。



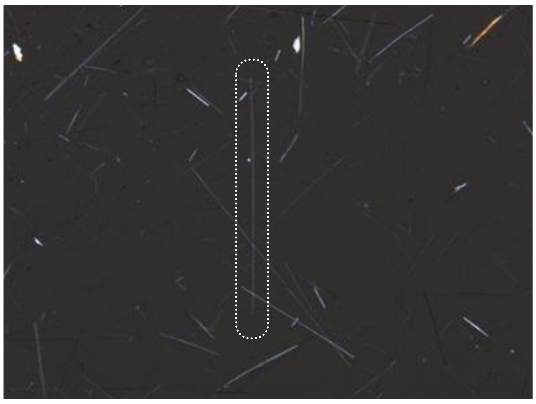


写真 3.2　アクチノライトアスベストの消光の様子

留意点：トレモライトと鉄含有量が低めのアクチノライト、アンソフィライトは同程度の屈折率であるため、区別をするには消光角を用いる。見つかった繊維の消光角を確認してみて繊維の一部が斜消光していれば、屈折率などの他の光学的性質が同様で直消光している他の繊維も含めてトレモライトまたはアクチノライトであると推定できる。

(5) 伸長の符号

伸長の符号は、クロスポーラに鋭敏色検板を挿入したときの繊維の色から判断できる。伸長の符号の正負で、それぞれの色は以下のようになる。

伸長の符号が正の繊維　北東—南西方向で青緑色
　　　　　　　　　　　北西—南東方向で橙黄色
伸長の符号が負の繊維　北東—南西方向で橙黄色
　　　　　　　　　　　北西—南東方向で青緑色

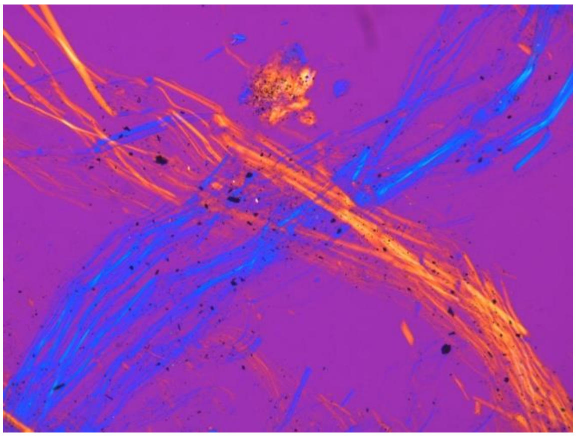


写真 3.3　クリソタイル繊維（クロスポーラ＋鋭敏色検板）

留意点１：伸長の符号は繊維の伸長方向と光学的性質との関係を示している。繊維の長さ方向に振動する光の屈折率が幅方向に振動する光の屈折率より高い場合を伸長の符号が正であるとし、逆の場合を負であるとする。

留意点２：クロスポーラで灰色、白、一次の干渉色を示している繊維で確認するよう気を付ける。高次の干渉色を持つ繊維では、鋭敏色検板を挿入しても色に大きな変化がない場合がある。

留意点３：クロシドライトは唯一伸長の符号が負となるアスベストであるが、300℃以上の加熱を受けると伸長の符号の正負が逆転する場合がある。

留意点４：検板には屈折率の大小の方向（X’およびZ’またはαおよびγ）が表示されているので、X’またはαが北西—南東方向、Z’またはγが北東—南西方向になっていることを確認すること。

(6) 屈折率

アスベスト繊維の屈折率は、分散色の観察により確認できる。

①分散色を確認したい繊維を消光位におく。
②昼光色補正フィルタとポラライザ以外のすべてのフィルタ類を光路から外す。
③分散染色用対物レンズに切り替える。
④コンデンサを分散染色用のコンデンサに切り替える。

分散色を観察することで、粒子・繊維の屈折率と浸液の屈折率との関係を以下のように知ることができる。

a)	繊維の屈折率	≫	浸液の屈折率	：	白色
b)	繊維の屈折率	＞	浸液の屈折率	：	紫—赤/橙色/黄色
c)	繊維の屈折率	＝	浸液の屈折率	：	濃青色—赤紫
d)	繊維の屈折率	＜	浸液の屈折率	：	青/青—緑
e)	繊維の屈折率	≪	浸液の屈折率	：	白色

屈折率が大きく違う場合には分散色がいずれも白色になってしまうが、繊維の屈折率が浸液より高い場合には黄色味を帯びて見え、低い場合には青味を帯びて見えるので、色合いに注意して適切な浸液を選ぶ手がかりとする。

各アスベストの分散色は表 3.3 のようにまとめられる。

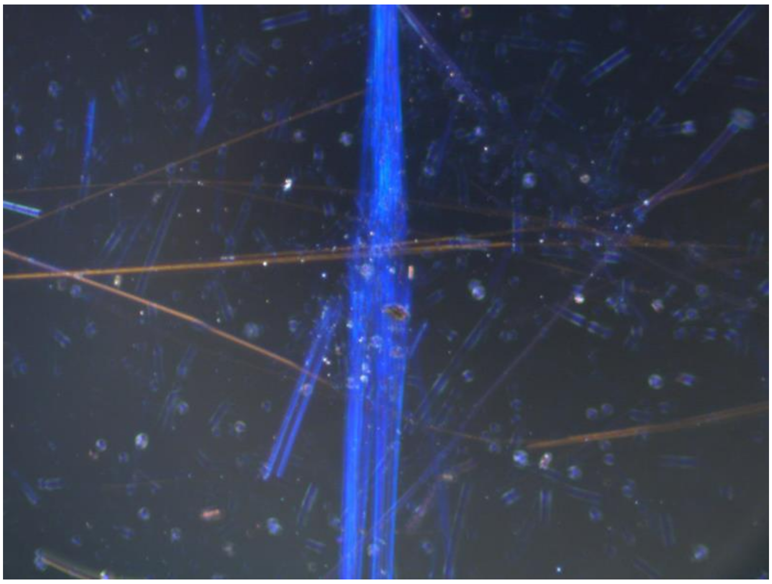


写真 3.4　アモサイトの分散色（浸液の屈折率 1.680）

表 3.3　アスベストの分散色

アスベストの種類	浸液の屈折率	分散色（⊥）	分散色（‖）
クリソタイル	1.550	青色	赤紫色
アモサイト	1.680	青色	黄金色
クロシドライト	1.700	青色	明青色
トレモライト	1.605	青色	黄色
アクチノライト	1.630	青色	赤—赤紫色
アンソフィライト	1.605	青色	赤紫—黄色
リヒテライト/ウィンチャイト	1.630	青色	赤紫色

留意点１：分散色を確認する際には昼光色補正フィルタを外さないようにすること。

留意点２：偏光顕微鏡用の分散染色用対物レンズを使用している場合は、開口絞りを視野全体が暗くなるまで絞る。この時、コンデンサの先玉（トップレンズ）を光路から外しておく。位相差顕微鏡用の分散染色用対物レンズを使用している場合は、コンデンサを位相差用コンデンサに切り替える。ユニバーサルコンデンサを使用している場合は、位相差用コンデンサに切り替えるときに先玉を光路に入れるのを忘れないようにする。

留意点３： 分散染色に用いる浸液は Cargille 社製のもののほか試薬を混合することにより調製することもできる。必要な試薬の種類、調製方法については JIS A 1481-1 の 7.1.4.1 の表 2 を参照すること。

留意点４：クリソタイルは産地による組成の違いにより屈折率と観察される分散色

に小さな幅が見られるが、アモサイトとクロシドライトには顕著な違いは見られない。ボリビア産のクロシドライトだけはほかの産地のものに比べて低い屈折率を持つことが分かっているが、この場合も繊維の形態や伸長の符号が負であること、多色性から同定を行うことが可能である。

留意点５：トレモライトとアクチノライトは固溶体を形成しているため、組成は連続的に変化する。鉱物学的には $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ が 0.9-1.0 のものをトレモライト、0.5-0.9 のものをアクチノライト、0-0.5 のものをフェロアクチノライトと呼ぶことになっており（Leake et al., 1997）、鉄の割合が増えるにつれ屈折率は高くなるため、トレモライトとアクチノライトを区別したい場合は高いほうの屈折率が 1.637 以下ならトレモライト、1.637 を超えるならアクチノライトとする。

留意点６：一部の産地のタルクはアンソフィライトと混同される可能性がある繊維を含んでいる。こうした繊維はアンソフィライトとタルクの両方の結晶構造が連晶になっていて、屈折率はアンソフィライトよりも低く、タルクとアンソフィライトの中間になる。この場合には屈折率 1.615 の浸液で分析し、高いほうの屈折率が 1.615 を超えるような繊維がなければタルクと分類し、高いほうの屈折率が 1.615 以上の繊維はアンソフィライトと分類する。

留意点７：リヒテライト/ウィンチャイトの同定は、偏光顕微鏡のみでは困難である。バーミキュライトやタルクが試料中に含まれる場合にはリヒテライト／ウィンチャイトが存在する可能性がある。偏光顕微鏡のみで同定しようとすると、リヒテライト／ウィンチャイトはアクチノライトとよく似た光学的性質を持っているため、アクチノライトとして同定されることになる。リヒテライト／ウィンチャイトが存在する可能性がある試料で、アクチノライトと同様の光学的性質を持つ繊維が見つかり、どちらであるかを確定したい場合は、走査型または透過型電子顕微鏡による同定を行うことが推奨される。

【参考】分散染色の原理

粒子と浸液の屈折率の波長分散が異なっていると、ある波長で屈折率が一致していても他の波長では異なっていることになる。これにより、適切な浸液で観察すると粒子と浸液の境界に色がついて見える。実際に行う際には暗い背景で明るい色のついた粒子を見るのがもっとも見やすいため、コンデンサ絞りからの光線に対し対物レンズの後焦点面の中心部分を遮光することで分散色を観察する（位相差用分散染色レンズの場合は、位相差用コンデンサのスリットに合わせてリング状に遮光されている）。

通常用いられる浸液の屈折率は、摂氏 25℃における 589.3nm の波長の光に対する屈折率である。これより短い波長に対する浸液の屈折率は大きく、長い波長に対する屈折率は小さくなっている。一方粒子の屈折率の分散は浸液の屈折率の分散に比べるとはるかに小さい。したがって、粒子の屈折率が浸液よりも大きい場合は、589.3nm より短い波長で屈折率が一致することになり、逆の場合は長い波長で一致することになる。屈折率の一致する波長の光は分散染色用レンズで遮蔽されてしまうため、分散染色で観察されるのはその補色である。そのため、粒子の屈折率が浸液より大きければ短い波長の青の光が遮られて赤—黄色系の色、浸液より小さければ長い波長の赤の光が遮られて青系の色が観察されることになる。浸液の屈折率は温度により変化するため、分析室の室温は常に監視する必要がある。浸液の屈折率の温度による変化率は、通常瓶のラベルに記載されている。

3.2.7. アスベスト質量分率の推定

アスベストが同定された場合は、肉眼、実体顕微鏡、偏光顕微鏡による観察結果に基づきアスベストの質量分率を 0.1-5%, 5-50%, 50-100%の 3 段階で推定する。分析の際にアスベスト繊維が 1, 2 本のみ検出され、意図しない混入の可能性がある場合は、これらの 3 段階以外に「検出」という表現を使用することができる。

分析の結果「検出」及び「0.1-5%」となった場合に、0.1%を本当に超えるかどうかを確認したい場合は JIS A 1481-4, JIS A 1481-5 により定量分析を行うことができる（本マニュアルの 5 章、6 章を参照）。分析の結果、不検出確定のための手順を行ったうえでアスベストが検出されない場合は 0.1%未満であるため定量分析をする必要はない。

目視定量をする際には図 3.3 及び図 3.4 のような模式図や、類似した素材からなる既知濃度試料を参考にする。模式図を参考にする場合は、例えば粒子が視野の 40%、アスベスト繊維が視野の 5%を占めていれば 5/(40+5) で 11%程度と推定されるので、5-50%となる。

留意点１：目視定量の結果は分析データとして保管する必要があるが、試験報告書に必須の項目ではない。

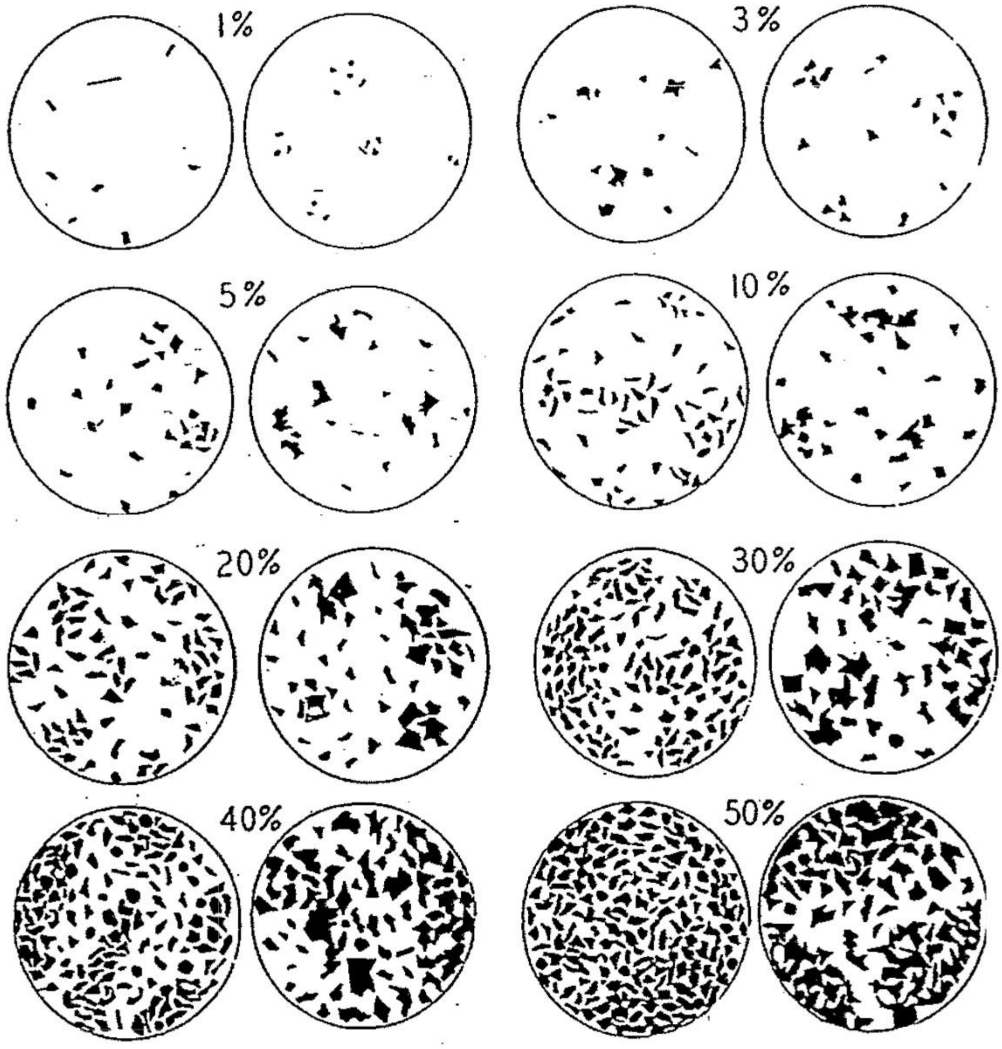


図 3.3　粒子の面積% (Terry and Chilingar (1955)を改変)

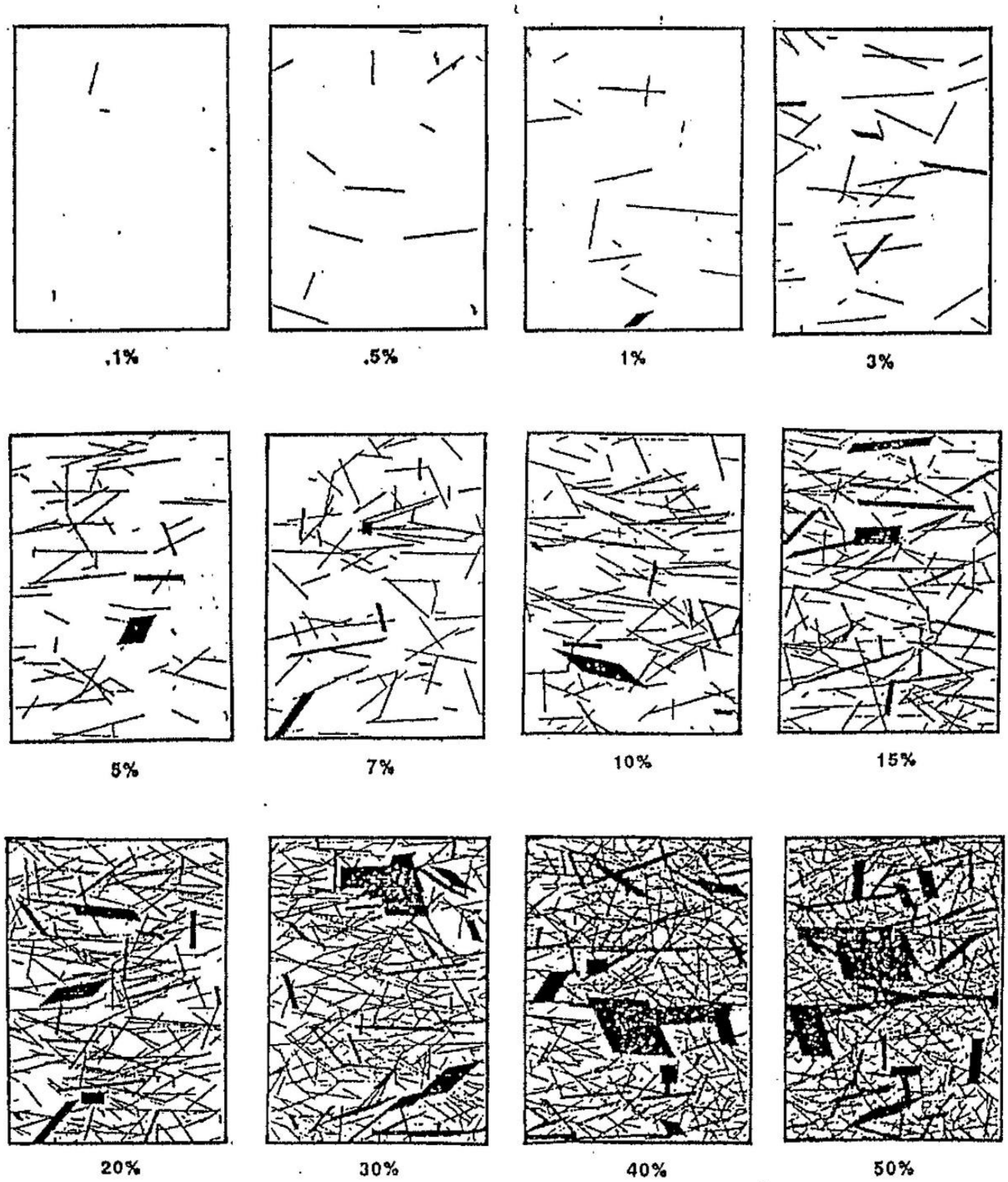


図 3.4　繊維の面積%（Asbestos Identification Using PLM より）

3.3. 分析に影響を与える要素

3.3.1. 加熱を受けたアスベスト

加熱を受けるとアスベストの光学的性質が変化する。クロシドライトの場合、300-500℃の熱に短時間曝しただけでも色の変化や屈折率、複屈折の増大が生じる。クロシドライトは加熱によって以下のような変化をする。

・伸長の符号の正負の反転（負→正）

・色の変化（青色→灰色→黄色→橙～茶色）
・多色性の変化（灰色の段階で一旦弱まった後、多色性が再度あらわれる）

アモサイトは加熱しても伸長の符号が変化しない。色はもともとの灰色～茶色から黄色、焦げ茶へと変化し、多色性が見られるようになる。500℃以上の加熱を受けたクロシドライトとアモサイトは光学的性質がよく似てくるため、偏光顕微鏡では区別が不可能になる。

クリソタイルの屈折率は600℃以上の熱にしばらく曝されると上昇する。複屈折は小さくなり、稀に伸長の符号の正負が反転する場合がある。色は薄い茶色になる。

表 3.4　加熱によるアスベストの光学的性質の変化

	オープンポーラでの色の変化	伸長の符号の変化	多色性
クリソタイル	白→薄い茶色	正→負（一部）	-
アモサイト	灰色～茶色→黄色～焦げ茶色	正のまま変化しない	出現する
クロシドライト	青→灰色→黄色→橙～茶色	負→正	灰色で弱くなり黄色から強くなる

留意点：熱影響が進むと最終的には非アスベストに変化するが、光学的性質が変化してもアスベストとしての性質が残っている場合もあるため、加熱による影響が疑われる場合は透過型電子顕微鏡やX線回折分析法により元の結晶構造が残っているかどうかの確認を行うことが推奨される。

3.3.2. 溶脱クリソタイル

クリソタイルを酸性の液体に曝すとマグネシウムが溶脱することにより屈折率が下がる場合がある。溶脱が続くと複屈折も低下し、最終的には光学的等方体に変化する。溶脱は試料調製や前処理における酸の使用のほか、腐食性の水（カルシウム、マグネシウムに乏しくpHの低い水）によっても起きる。溶脱クリソタイルは長く雨に曝された屋根のセメント材などにみられる場合がある。

留意点：長く雨に曝された可能性のある試料を分析する場合は溶脱クリソタイルが存在する可能性があることに留意する。

3.3.3. 間違いやすい繊維

・ポリエチレン

形状がややクリソタイルに似ている場合があり、屈折率も近似しているため注意が必要である。偏光顕微鏡用標本をホットプレートやライターの火で泡が出るまで加熱

すると、ポリエチレンであれば溶けるためクリソタイルと区別することができる。細断されたアラミド繊維はクリソタイルと形状が似ているが、複屈折が非常に高いことで見分けられる。

・皮革の繊維やクモの糸、セルロースのような天然有機繊維

屈折率がクリソタイルと近いため特に付着物が多い場合には見間違える可能性がある。このような繊維の存在が疑われる場合は灰化をすることで除去することができる。

・繊維状セピオライト

クリソタイルとよく似た形状を示すアスベスト様形態の繊維状鉱物で、クリソタイル同様直消光で伸長の符号は正を示す。セピオライトは屈折率がクリソタイルよりも低く、1.550 の浸液では分散色が青みを帯びた白になる。

・繊維状タルク

細いリボン状で、特徴的なねじれで認識できる場合もある。タルク中にアンソフィライトが不純物として含まれる場合があるので、ねじれのない繊維については高いほうの屈折率が 1.615 を下回ることを確認するようにする。

・繊維状ブルーサイト（ネマライト）

直線状の繊維で白色または薄茶色で、アスベストほどの抗張力はなく、酸に溶ける。ブルーサイトの伸長の符号は負で、加熱を受けると正に変わる。1.550 の浸液で分散色が黄色、薄黄色になることでクリソタイルと区別する。

・ウォラストナイト

直線的な針状の繊維形状を示す場合があり、トレモライトと屈折率が近いため混同される可能性がある。ウォラストナイトは、繊維の長さ方向の屈折率が幅方向の 2 つの屈折率の中間になるため、繊維の向きにより伸長の符号が変化する。偏光顕微鏡用標本のカバーガラスをプローブなどで軽くたたいて繊維を転がした時、伸長の符号の正負が反転すればウォラストナイトであると同定できる。

・珪藻土

針状のかけらを含むことがあるが、屈折率が 1.42 程度と低いためアスベスト繊維とは容易に区別できる。

3.4. 不検出確定の手順

建材のアスベスト分析において「不検出」を決定するには、徹底した分析が必要である。不十分な分析はアスベストの見落とし（フォールス・ネガティブ）につながる可能性があるため、JIS A 1481-1 に記載されている手順に適切に従う必要がある。分析でアスベストが同定されなければ、分析調査者はその試料を不検出と報告することができる。

以下に記述する手順は JIS A 1481-1 の分析手順に対する追加の手引きとなるもの

である。

1. 試料全体を肉眼と実体顕微鏡で調べ、試料の構成要素、層構造、目視できる繊維のすべてを記録する。レベル３建材においては目視できる繊維を見つけるため試料を削ったり割ったりする必要がある場合がある。試料の前処理が必要かどうかを確認する。試料の不均一性を示している可能性があるので色や質感の違いに留意する。
2. 目視できる繊維は直ちに偏光顕微鏡分析用のプレパラートにする。目視できる繊維がすべて非アスベストと確認されても、試料の全体が不検出であると報告することはできない。さらに分析が必要である（4.以降の手順）。
3. 妨害物質を除去する必要がある試料については、そのための前処理を JIS A 1481-1 に示されている方法に従って行う必要がある。0.2μm より細いアスベスト繊維は偏光顕微鏡で検出できない可能性が高い。アスベストの繊維束構造を崩さないために過度の粉砕は避ける（例えば乳鉢でのゆるやかなすりつぶし）。試料の前処理のあとは再び実体顕微鏡による徹底的な確認を行うべきである。
4. 2-3g 程度を手作業ですりつぶすなどして実体顕微鏡でよく調べる（建材別の適切な処理方法は表 3.1 を参照すること）。目視できる繊維が存在していない、または目視できる繊維がすべて非アスベストであった場合、試料の各層・各部分から数 mg ずつを無作為に分取して偏光顕微鏡分析用のプレパラートを屈折率 1.550 の浸液で１枚ずつ作製する。1.550 の浸液を使用するのは、クリソタイルが最もよく使用されたアスベストであるためである。試料を均一に広げるため塊はほぐしておく。適切に作成されたプレパラートの偏光顕微鏡写真の例を図 3.5 に示す。プレパラート１枚に乗せる試料の量は原則として 3mg 程度とする。
5. プレパラートを偏光顕微鏡で観察する。カバーガラスの右上の角から始めて、プレパラートを縦方向または横方向の線に沿って、前にスキャンした領域を視野に入れながら動かしていき、カバーガラスの下の領域すべてを分析する。このスキャンは倍率 100 倍（接眼レンズ 10 倍×対物レンズ 10 倍）で行ない、アスベストの可能性がある微細な繊維を発見した場合は適宜 400 倍に切り替えるなどして確認する。クリソタイル以外のアスベストの可能性がある繊維が見つかった場合は、1.680、1.605 などほかの屈折率の浸液を使用して同様に確認する。見つけた繊維は、少なくとも１つの光学的特性がアスベストと異なると分かるまで観察をする。
6. 5.までの手順でアスベストが見つからない場合は試料調製（灰化・酸処理）を行い、残渣から無作為にプレパラート１枚あたり 3mg 程度を分取して屈折率 1.550 の浸液で 6 枚以上のプレパラートを作製して 5.と同様の方法で偏光顕微鏡観察を行う。なお、クリソタイルが変質する恐れがあるため冷希塩酸（2mol/L、室温）

中に15分以上浸して放置しないよう留意する。

7. アスベスト繊維が見つからなければアスベスト不検出と報告される。偏光顕微鏡での不検出の結果はその試料中のアスベストの濃度が検出下限値未満であることを示しており、その検出下限値は0.01%を下回る。

8. 以上の操作による偏光顕微鏡での分析では、均一な試料を作成して数mgの観察試料中に1本のアスベスト繊維が確認できなければ0.01%以下となるといえる。その理由は次のように考えることができる。

   1mgの建材試料を偏光顕微鏡で確認する場合を考えると、0.01%以下であることを証明するにはその中に0.1μgを超える重量の繊維がないことを確認すればよい。例えば、2μmφのクリソタイル繊維で長さ10μmの重量は約0.9x10(-4)μg（1x1x3.14 x10x3（密度）x10(-12)）gとなる。また角閃石では約1.2x10(-4)μg（2x2x10x3x10(-12g)）となる。いずれも概ね0.0001μgであり、0.1μgより3桁程度低い。長さが100μm であっても、0.001μg程度であり0.1μgより2桁低い。これ以下の繊維径と長さであれば十分に低い重量となる。従って、1mgの試料中にこのサイズの繊維が確実にないことが確認できれば検出限界0.01%以下ということができる。

   ただし、この操作には試料の前処理が必要であり、繊維が共存物質により隠されないような操作手順に十分な配慮をすることが記載されている。

   ①試料から繊維を分離させる。試料が塊状である場合は切断、破断、潰す等して内部の繊維を確認する。ただし繊維が粉砕されないように乳鉢等でゆるやかに潰し、均一にする。

   ②試料中のバインダー（結合材）等（炭酸カルシウム、硫酸カルシウム、ケイ酸カルシウム等）は希塩酸で溶解除去でき、有機物であれば溶剤による溶解あるいは灰化による除去も可能である。

   ③更に試料を均一化して、数mgを観察する。

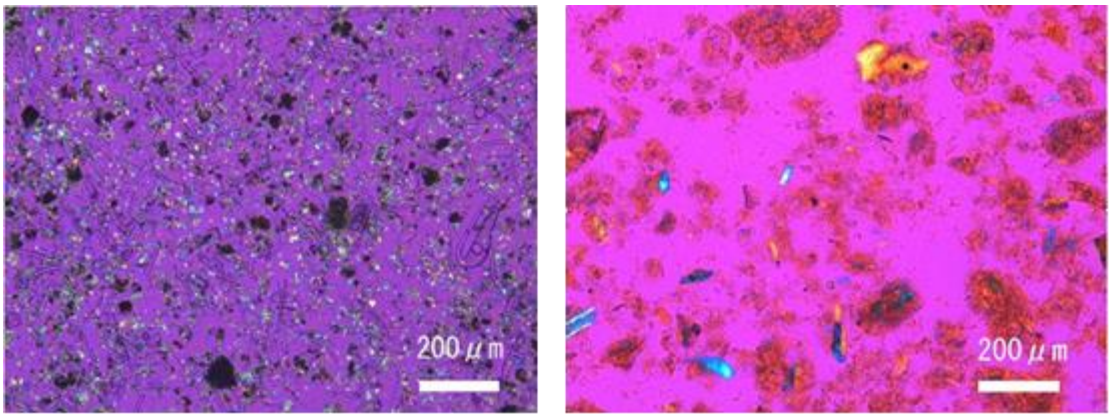


図3.5　適切なプレパラートの例（倍率100倍）

留意点１：けい酸カルシウム板、耐火二層管などの試料では粒子がアスベスト繊維に付着して繊維の同定が困難になる場合があるが、10%の冷希塩酸（室温）などによる処理でこのような付着粒子を除去すると検出が容易になる場合がある（図 3.6）。

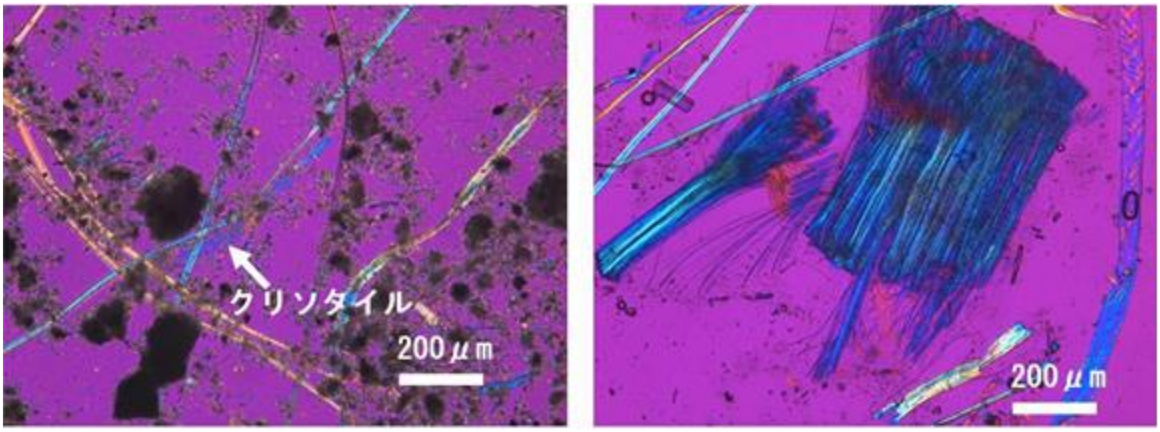


図 3.6　耐火二層管試料の浸液中（左）と 10%塩酸中（右）の偏光顕微鏡写真（倍率 100 倍）

留意点２：ロックウール吸音天井板（岩綿吸音板）、ビニル床タイルには微細なクリソタイル繊維が低濃度で含まれることがあるので留意する（図 3.7）。

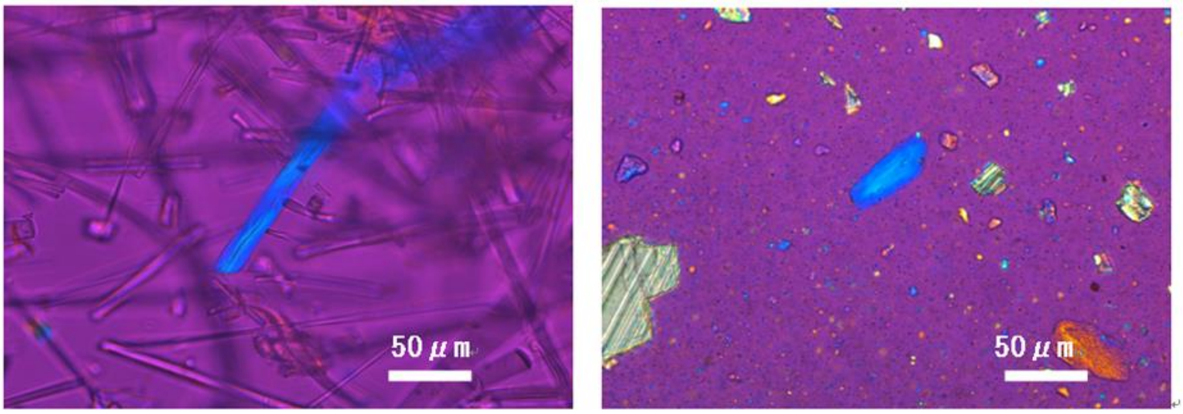


図 3.7　ロックウール吸音天井板（岩綿吸音板）試料（左）とビニル床タイル（右）中のクリソタイルの偏光顕微鏡写真（倍率 400 倍）

留意点３：バーミキュライト中に含まれる可能性のあるリヒテライト／ウィンチャイトは肉眼で見える大きさの繊維束として入っている場合があるので、実体顕微鏡下で試料全体をくまなく探すようにする。

留意点４：同定が困難な微細な繊維が偏光顕微鏡観察で確認された場合は、電子顕

微鏡による検査で確認することが推奨される。

留意点５：試料が実体顕微鏡観察で色や質感からだけでは均一性が判断できない場合は、1 つまみの試料を 2 か所以上から取ってプレパラートを作製し、偏光顕微鏡で確認する。偏光顕微鏡で観察して粒子構成が違っていれば、その試料は不均一である。不均一で層をなしている場合はそれぞれの部分から最低 2 枚ずつプレパラートを作製して偏光顕微鏡分析を行なう。

第４章. 定性分析方法２（X 線回折分析法・位相差分散顕微鏡法）

4.1. X 線回折分析法、位相差分散顕微鏡法を併用した建材製品中のアスベストの定性分析方法の概要

アスベスト含有建材等のアスベストの含有の有無を調べるための定性分析は図 4.1 の手順に従って実施する。

分析対象の建材等から適切な量の試料を採取し、当該建材の形状や共存物質によって研削、粉砕、加熱等の処理を行った後、一次分析試料を調製する。

次に、X 線回折分析法用試料として、一次分析試料をぎ酸で処理して、二次分析試料を調製する。調製した二次分析試料を用いて、X 線回折分析法による定性分析を実施するとともに、一次分析試料を用いて、位相差・分散顕微鏡を使用して分散染色分析法による定性分析を実施する。

X 線回折分析法による定性分析結果及び分散染色分析法による定性分析結果から、判定基準に基づいてアスベスト含有の有無を判定する。

なお、分析用試料にアスベストが含有しているか否かについての X 線回折分析法による定性分析の結果、バーミキュライトの回折ピークが認められた吹付け材については、4.1.4 の吹き付けバーミキュライトを対象とした定性分析方法により分析を行なう。

なお、本法は、JIS A 1481-2 をベースとしつつも、その一部を修正し、また、JIS A 1481-2 を単に補足するのではなく、分析手順等が本書の内容で完結するよう解説している。そのため、石綿障害予防規則に基づく分析は、JIS A 1481-2 ではなく、本書を参照して行う必要がある。

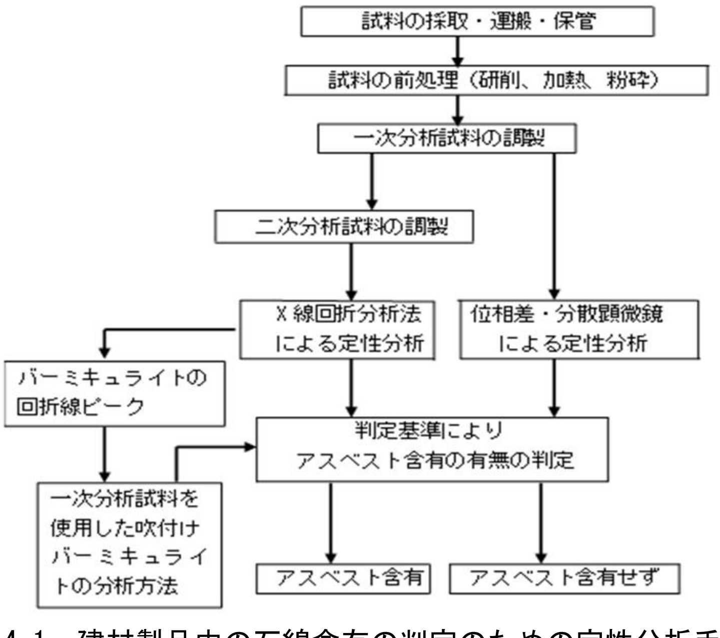


図 4.1　建材製品中の石綿含有の判定のための定性分析手順

4.1.1. 定性分析用試料の調製

分析対象試料の外見や色調等について観察を行った後、位相差・分散顕微鏡による定性分析用及びX線回折分析方法による定性分析用の試料の調製を行なう。

4.1.1.1. 位相差・分散顕微鏡による定性分析用の一次分析試料の調製

（1）無機成分試料の場合

3ヶ所から採取した無機成分試料の必要量を同量ずつ採って粉砕器に入れて粉じんの飛散に留意しながら十分に粉砕した後、目開き425～500μmの篩いを通して篩い分けし、すべての試料が篩い下になるまで粉砕と篩い分けの操作を繰り返して行い、篩い分けした試料を位相差・分散顕微鏡による定性分析用の一次分析用試料とする。

留意点１：成形された建材試料の場合は、カッターナイフやボードサンダー等で側面を削りとった試料を粉砕器に入れ、十分に粉砕した後、目開き425～500μmの篩いを通して篩い分けし、すべての試料が篩い下になるまで粉砕と篩い分けの操作を繰り返して行い、篩い分けした試料を一次分析用試料とする。

留意点２：粉砕器としては乳鉢(磁性乳鉢、瑪瑙乳鉢、アルミナ乳鉢など)、ウイレー粉砕器、超遠心カッター、振動ミル、ボールミルなどを使用し、粉砕の程度と粉砕時間はアスベストの繊維形態に影響を与えるとともに、建材の一部のものは細かくなりすぎるものもあるので過剰粉砕にならないように、短時間粉砕で篩い分け回数を多く繰り返すこと。

留意点３：定性分析用の一次分析用試料を調製する場合の試料の量は、使用するX線回折分析用の試料ホルダーの容積及び位相差・分散顕微鏡による定性分析の使用量を考慮して調製すること。

（2）有機成分試料の場合

3ヶ所から採取した試料の必要量を同量ずつとり、磁性るつぼに入れ、450℃±10℃に設定した電気炉に入れ、１時間以上加熱後清浄な状態で放冷して有機成分を灰化した後、試料を粉砕器に入れ、(1)に従って粉砕・調製し、位相差・分散顕微鏡による定性分析用の一次分析用試料とする。

留意点：灰化には低温灰化装置を用いて有機成分を灰化してもよい。

4.1.1.2. X 線回折分析方法による定性分析用の二次分析試料の調製

4.1.1 で調整した一次分析用試料を X 線回折分析装置の試料ホルダーに充填し、定性分析を行い、アスベストおよび共存成分の確認を行なう。

次に、4.1.1.1 で調整した一次分析用試料を X 線回折分析装置の試料ホルダーに充填するための必要量を秤量してコニカルビーカーに入れ、試料 100mg に対して 20%のぎ酸を 20ml 加えて撹拌し、その後、無塵水 40ml を加えて超音波洗浄器で１分間分散する。30℃±1℃に設定した恒温槽内に入れ、12 分間連続して振蕩後、ポアサイズ 0.8 μm、φ25㎜の白色メンブランフィルターを装着したガラスフィルターベースの吸引ろ過装置で吸引ろ過を行い、無じん水にて数回洗浄する。ろ過後、フィルタを取り出し、乾燥後、フィルタ上に捕集された試料をフィルタから剥がして X 線回折分析方法による定性分析用の二次分析試料とする。

留意点１：分析対象試料に関する既知データから、アスベスト含有率が明らかに高いと判断される場合は、一次分析試料を直接使用して X 線回折分析方法による定性分析を行ってもよい。

留意点２：定性分析用の二次分析試料の調製にあたっては、使用する X 線回折分析装置の試料皿の容量を考慮して試料の量を増やす場合には、一次分析試料 100mg に対して 20%のぎ酸を 20ml、無じん水を 40ml の割合を遵守して調製すること。

4.1.2. X 線回折分析方法による定性分析方法

X 線回折分析方法による定性分析用の二次分析試料を試料ホルダーに均一に、かつ試料ホルダー面と一致するように充填し、X 線回折分析装置にセットし、表 4.1 に示す定性分析条件で測定し、得られた X 線回折パターンの回折線ピークに図 4.2 から図 4.6 に示す分析対象のアスベストの回折線ピークまたは図 4.7 から図 4.9 に示すバーミキュライトの回折線が認められるか否かを確認し、プロファイル上に所定の記号を記す。また、共存するアスベスト以外の結晶性物質の種類を確認し、プロファイル上に所定の記号を記す。

留意点１：表 4.1 に示す定性分析条件と同等以上の検出精度を確保できる装置等による定性分析を実施してもよい。

留意点２：定性分析に使用する試料ホルダーは、試料ホルダー由来の回折線ピーク（例えば、アルミニューム等）が妨害ピークとなるため、ガラス製の試料ホルダーを使用する等の注意が必要である。

留意点３：アスベストおよび共存するアスベスト以外の結晶性物質の X 線回折パターンの回折線ピークの確認には、試料と同一条件でアスベスト標準試料

のＸ線回折パターンを測定して比較するか、ICDD データファイル（米国）等を使用し、回折線ピークのすべてについて確認する。

留意点４：確認されたアスベスト以外の結晶性物質の種類に関する情報は、定量分析用の分析試料の調製に活用すること。

留意点５：トレモライトおよびアクチノライトは化学組成が連続的に変化する固溶体のためＸ線回折パターンによる判別は難しいため、分析結果はトレモライト/アクチノライトと表示して同一の種類として扱う。

留意点６：煙突用の断熱材は、重油等の燃焼により発生した SOx ガスと煙突内の建材に由来するカルシウムやナトリウム等が反応して生成した硫酸カルシウムや硫酸ナトリウム等の硫酸塩が蓄積している場合があり、Ｘ線回折分析法の定性分析で硫酸塩を確認すること。

表 4.1　Ｘ線回折装置の定性分析条件

設定項目	測定条件
Ｘ線対陰極	銅（Cu）
管電圧（kV）	40
管電流（mA）	30～40
単色化（K_β線の除去）	Ni フィルタ又はグラファイトモノクロメータ
フルスケール（cps）	1000～4000
時定数（s）	1
走査速度（°/min）	1～2
発散スリット（°）	1
散乱スリット（°）	1
受光スリット（mm）	0.3
走査範囲（2θ）（°）	5～70°

4.1.2.1. Ｘ線回折分析法による定性分析の基本的な解析手順

(1)　Search Manual によるカード検索方法

①回折パターンから主な回折線の回折角度（２θ）を読み取る。

②２θ－ｄ対照表を使用して各回折線に対する格子面間隔ｄ（Å）を求める。

③回折線の強度比を求める。

④３強線を選び、既知物質データ集の Hanawalt 索引を使って調べる。アスベスト含有建材等の場合は、一種類の物質では説明できない回折線が存在するため、上記の作業を繰り返し、すべての回折線の帰属が説明できるように、混在している物質を特定する。

(2)　検索用データベースによる方法

コンピュータ制御の検索システムでは計算対象の回折線の数や評価精度、構成元素情報など詳細な条件設定の指定が可能で、処理時間も大幅に改善されている。検索用データベースは、1936 年 J・D・Hanawalt により、化合物の回折線の面間隔と強度を測定したデータベースが作成され、ASTM（American Standard for testing Materials）からカード形式で刊行された。その後、1969 年に ASTM から独立した JCPDS（Jointo Committee Diffraction Standard）に引き継がれ、現在は ICDD（International Centre for Diffraction Data）データベースにいたっている。

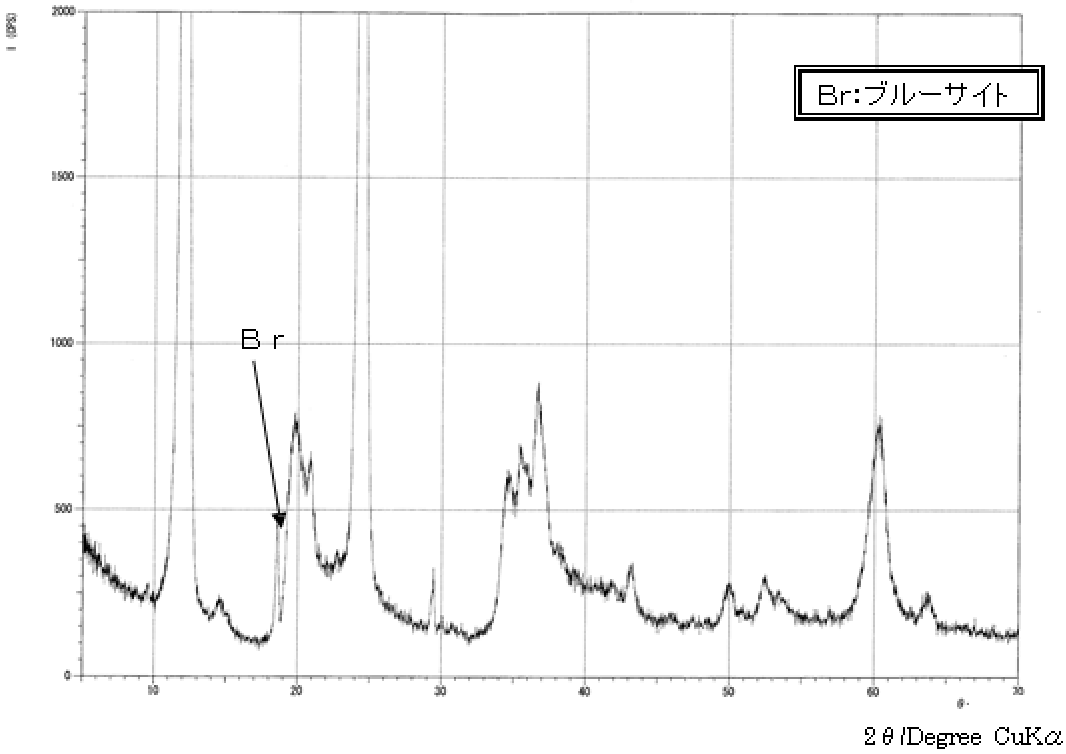


図 4.2　クリソタイル JAWE131 の X 線回折パターン

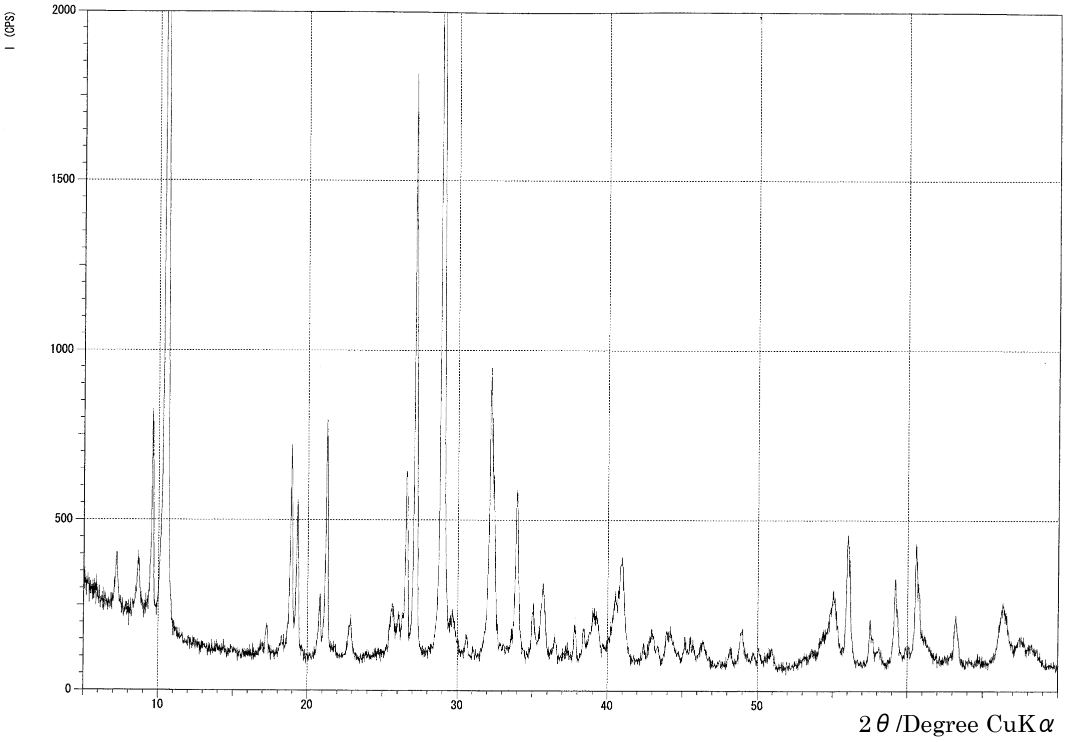


図 4.3.　アモサイト JAWE231 の X 線回折パターン

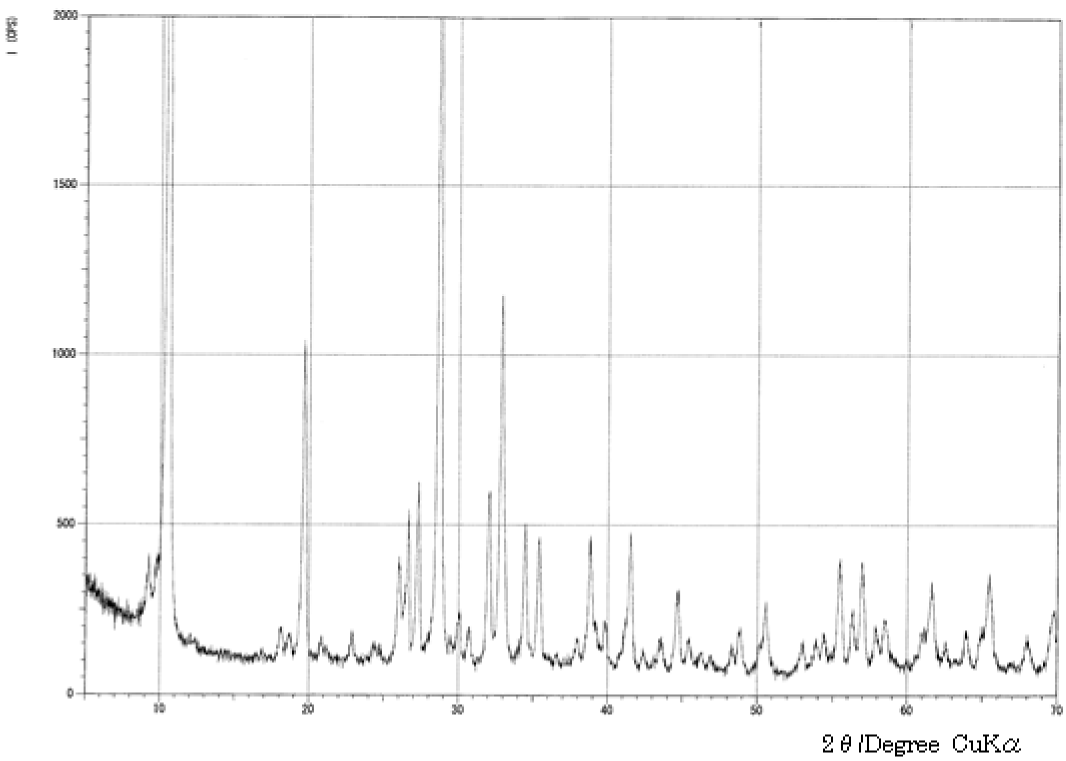


図 4.4　クロシドライト JAWE331 の X 線回折パターン

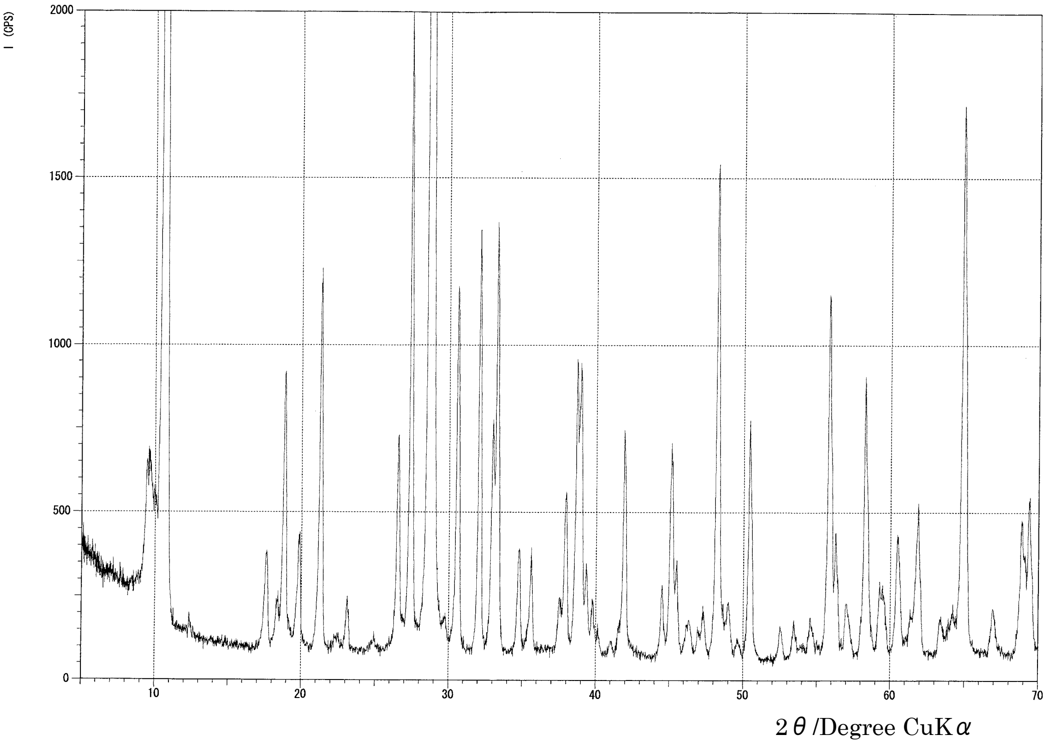


図 4.5　トレモライト/アクチノライト JAWE531 の X 線回折パターン

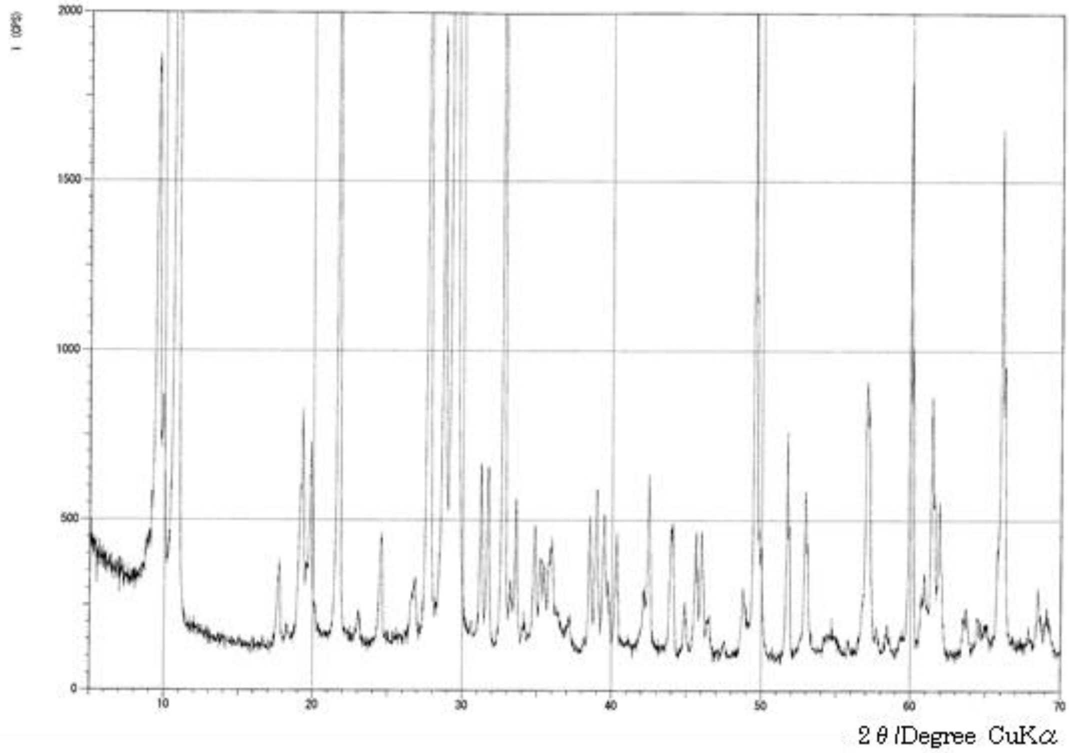


図 4.6　アンソフィライト JAWE431 の X 線回折パターン

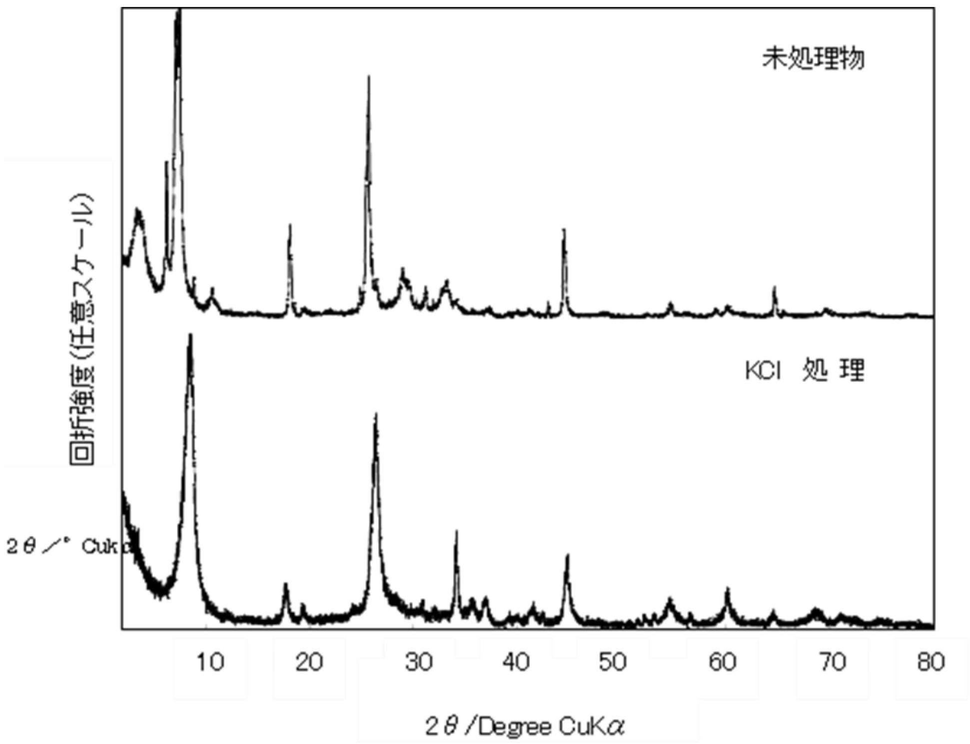


図 4.7　バーミキュライト未処理及び KCl 処理物の X 線回折パターン

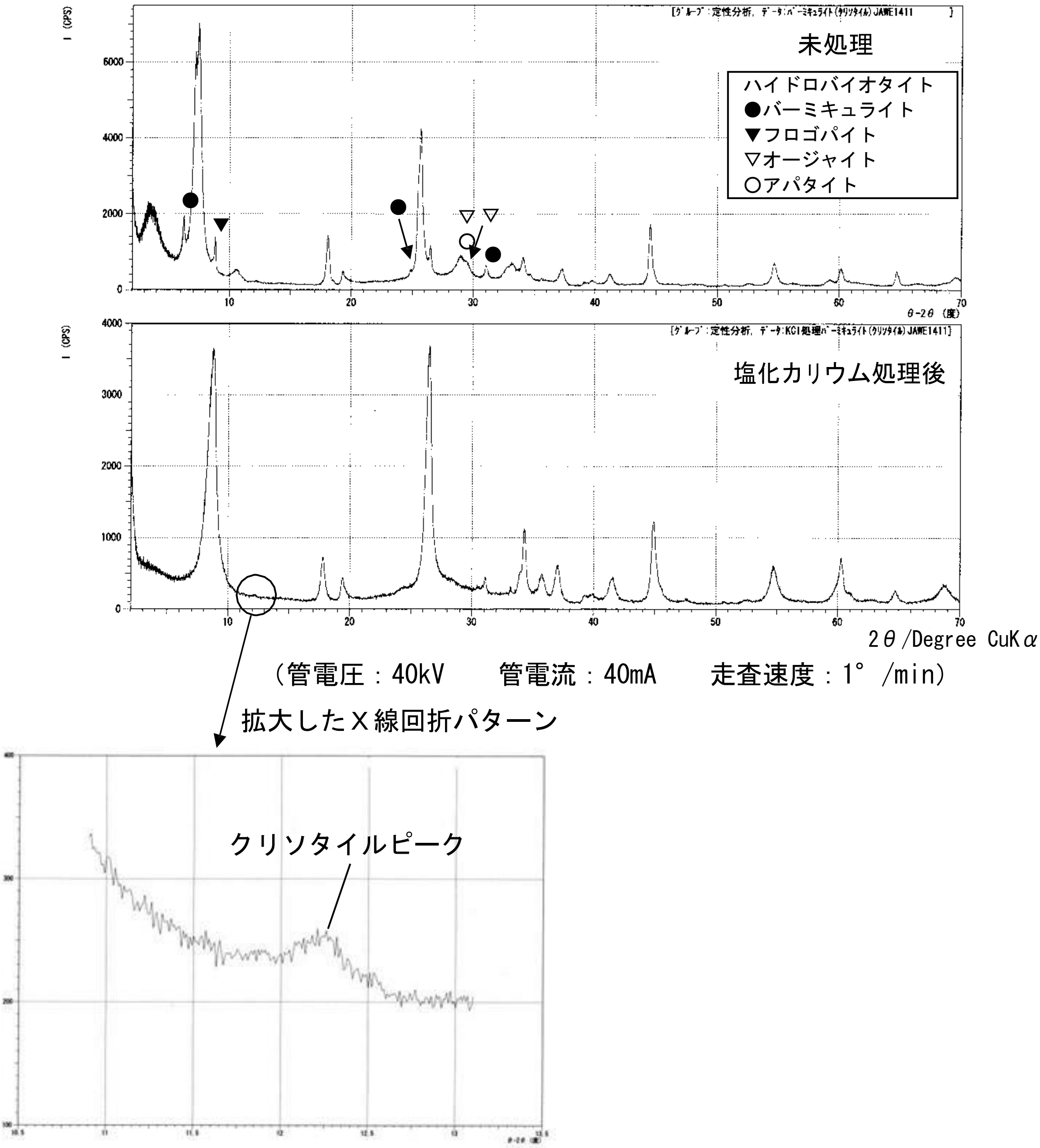
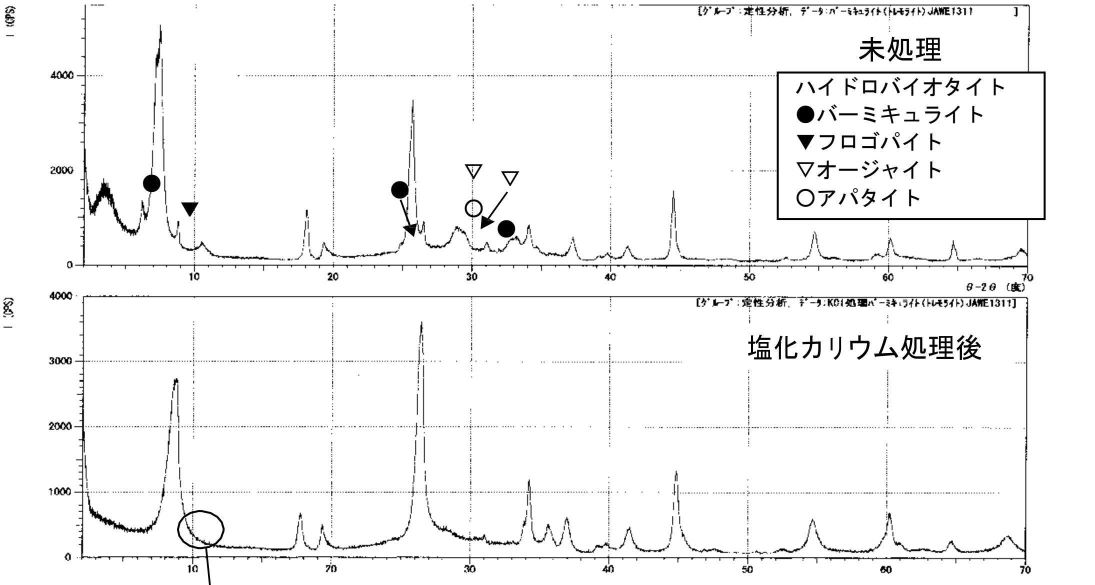


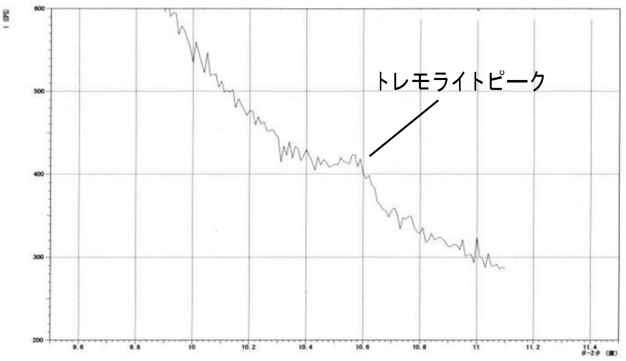
図 4.8　バーミキュライト標準試料（クリソタイル 0.8%含有）のＸ線回折パターン



2θ/Degree CuKα

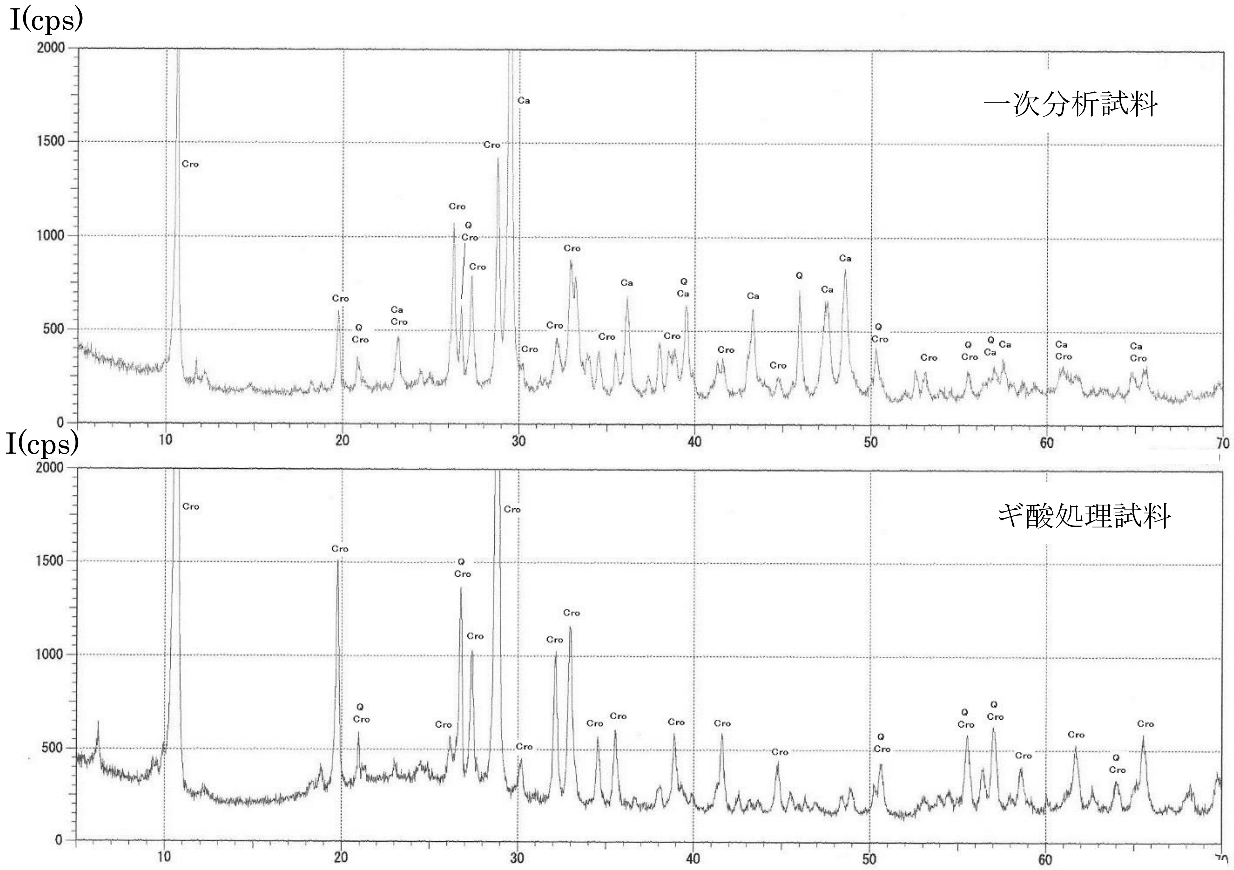
（管電圧：40kV　　管電流：40mA　　走査速度：1°/min）

拡大したX線回折パターン



（管電圧：40kV　　管電流：40mA　　走査速度：1/8°/min）

図 4.9. バーミキュライト標準試料（トレモライト0.5%含有）のX線回折パターン



2θ/Degree CuKα

図 4.10　吹付け材の定性分析例

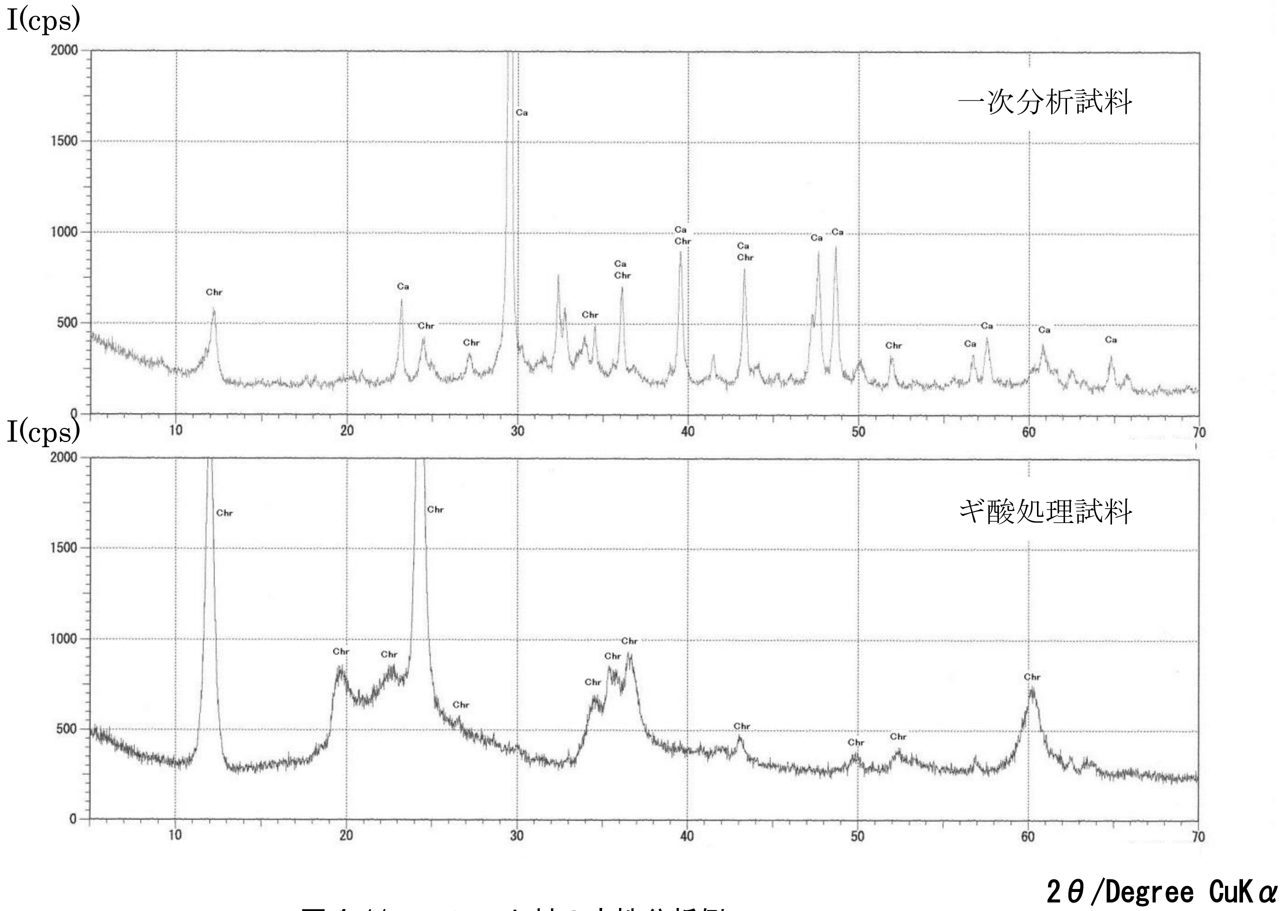


図 4.11　スレート材の定性分析例

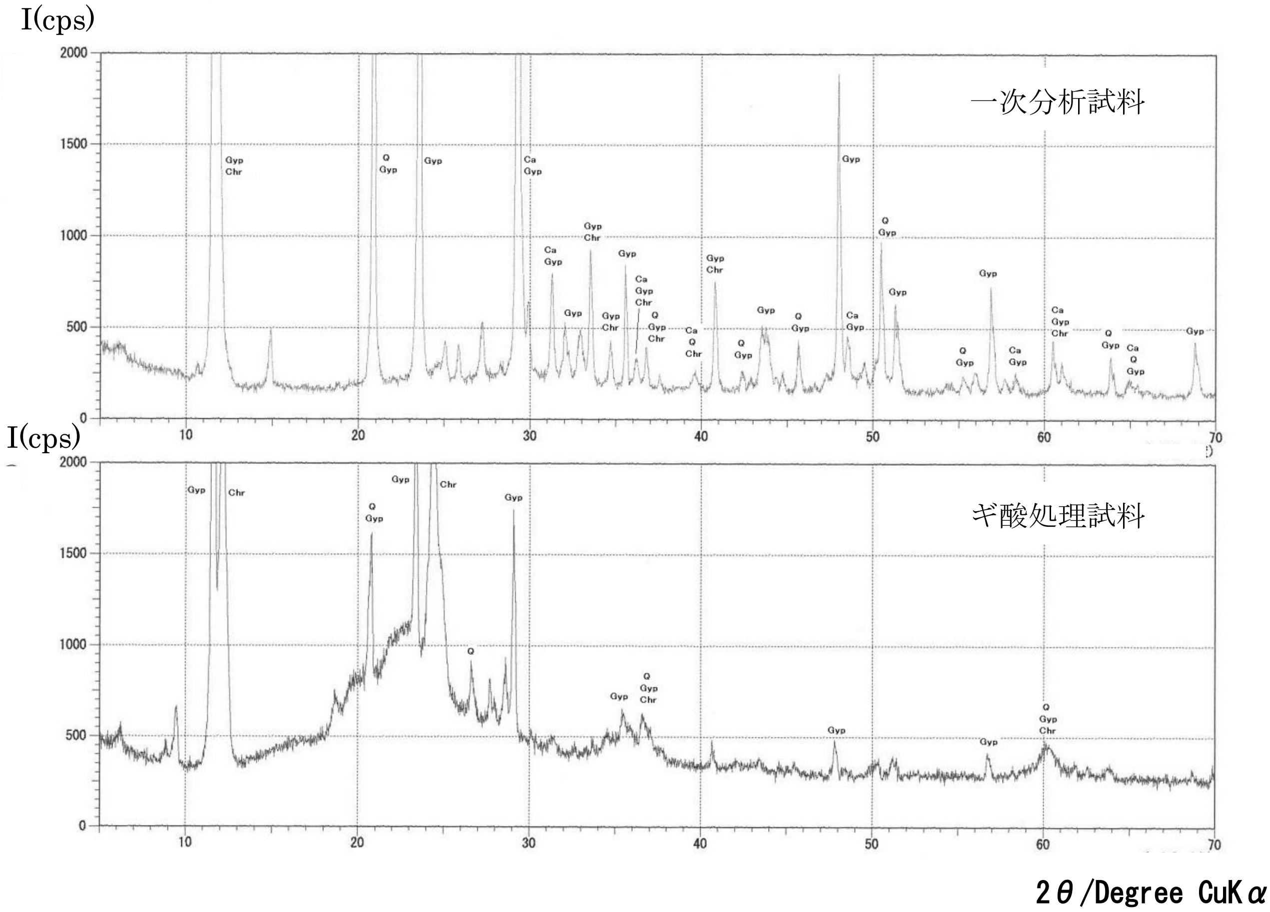


図 4.12　石膏ボードの定性分析例

留意点１：図 4.10 に、吹付け材の一次分析試料の定性分析例（クロシドライト含有吹付け材）を示した。

留意点２：図 4.11 に、残さ（渣）率の低い［残さ（渣）率：0.08, スレート板］の場合の一次試料の回折線（上段）および二次分析試料の回折線（下段）を示した。一次試料の主成分となる $CaCO_3$（カルサイト）の回折線は、ギ酸処理によって溶解する。また、マトリックス成分の溶解によって、クリソタイル（2θ：12.1°）の回折線の感度が著しく向上する。

留意点３：図 4.12 に石膏ボードの一次試料の回折線（上段）および二次分析試料（ギ酸処理試料、下段）回折線を示した。

留意点４：X 線回折ピークの同定には次の共通記号を使用する。

Chr：クリソタイル　Amo：アモサイト　Cro：クロシドライト

Tre /Act：トレモライト/アクチノライト　Ant：アンソフィライト

Ca：カルサイト　Q：石英　Tr：トリジマイト　Cr：クリストバライト

Vc：バーミキュライト　Hb：ハイドロバイオタイト　Br：ブルーサイト

Se：セピオライト　Cl：クロライト　Mc：マイカ（イライト）

Fl：長石　Gyp: ギプサム(石膏)　Un：未同定ピーク

留意点５：石綿障害予防規則 第３条第５項に基づく事前調査における石綿分析結果報告書（証明書）の 3.1.2 X 線回折分析法による定性分析回折線プロファイルの欄には図 4.10～4.12 に示した通り、上段に一次分析試料、下段に定性分析用二次分析試料の回折線プロファイルを併記して記載すること。

4.1.2.2. 石綿6種類及び関連鉱物のX線回折線データファイル(Cu-Kα)

※総ての石綿データは Cu-Ka による回折角度に換算したものである。

表4.2　クリソタイルのX線粉末回折線データ

(Clinochrysotile-2M)　43-0662

2θ (°)	d(Å)	I/I_0
12.110	7.302	100
19.342	4.585	40
24.352	3.652	80
33.730	2.655	30
34.644	2.587	20
35.263	2.543	30
36.617	2.452	80
39.562	2.276	10
40.814	2.209	10
43.230	2.091	60
51.813	1.763	30
60.238	1.535	30

文献：Moody,J.,Can.Mineral.,14,462(1976)

産地、試料：East Broughton,Quebec.Canada

表 4.3　アモサイトのＸ線粉末回折線データ

(Grunerite)　44-1401

2θ (°)	d(Å)	I/I_0
9.680	9.1367	15
10.610	8.3378	100
17.020	5.2094	4
17.380	5.1023	<1
18.360	4.8321	5
19.020	4.6659	7
19.420	4.5707	6
21.370	4.1578	u
21.620	4.1103	8u
22.950	3.8750	9
25.730	3.4623	11
26.100	3.4140	2
27.270	3.2701	17
29.090	3.0696	33
29.760	3.0020	5
30.680	2.9140	2
32.400	2.7631	38
33.690	2.6602	2
34.040	2.6337	18
35.180	2.5509	3
35.800	2.5081	23
37.340	2.4081	2
37.930	2.3720	<1
38.580	2.3335	1
38.910	2.3145	2
39.220	2.2969	6
40.600	2.2220	11
41.040	2.1992	14
43.060	2.1006	7
43.570	2.0772	1

2θ (°)	d(Å)	I/I_0
44.060	2.0552	1
44.320	2.0437	2
45.320	2.0009	1
45.660	1.9868	2
46.520	1.9521	4
48.320	1.8835	2
49.070	1.8564	2
49.770	1.8319	1
50.730	1.7995	1
51.030	1.7896	2
52.890	1.7310	<1
53.300	1.7186	1
53.710	1.7065	2
54.400	1.6865	3
54.790	1.6754	3
55.210	1.6636	8
56.130	1.6358	6
57.680	1.5981	8
58.180	1.5856	3
59.370	1.5566	4
60.680	1.5261	4
60.880	1.5216	u
61.230	1.5137	5u
62.830	1.4789	<1u
63.280	1.4695	4
66.250	1.4107	2
66.570	1.4046	5
67.590	1.3859	4
68.620	1.3676	3

文献：Davis,B.,South Dakota School of Mines and Technology,
Rapid City,South Dakota,USA,ICDD Grant-in-Aid(1991)
産地、試料：Transvaal,South Africa

表 4.4　クロシドライトのＸ線粉末回折線データ

(Riebeckite)　19-1061

2θ	d(Å)	I/I_0
9.798	9.020	4
10.523	8.400	100
18.126	4.890	10
19.668	4.510	16
22.902	3.880	10
24.299	3.660	10
26.033	3.420	12
27.249	3.270	14
28.586	3.120	55
30.001	2.976	10
31.924	2.801	18
32.827	2.726	40
34.439	2.602	14
35.293	2.541	12
38.713	2.324	12
39.116	2.301	4
39.709	2.268	10
41.166	2.191	4
41.463	2.176	16
43.494	2.079	6
44.576	2.031	8
45.305	2.000	4
48.157	1.888	4
48.761	1.866	6
50.523	1.805	6
55.330	1.659	10
56.214	1.635	6
56.896	1.617	8
57.834	1.593	10
58.234	1.583	8
58.518	1.576	6
60.897	1.520	4
61.389	1.509	4
61.615	1.504	4
65.236	1.429	6
69.463	1.352	4

文献：

産地、試料：Doubrutscha,Rumania.

表 4.5　アンソフィライトのＸ線粉末回折線データ

(Anthophyllite)　09-0455

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
9.502	9.3	25
9.930	8.9	30
10.702	8.26	55
11.821	7.48	8
17.582	5.04	14
18.089	4.9	10
19.195	4.62	14
19.712	4.5	25
21.498	4.13	20
22.783	3.9	14
24.366	3.65	35
26.506	3.36	30
27.506	3.24	60
29.257	3.05	100
31.137	2.87	20
31.474	2.84	40
32.655	2.74	20
33.407	2.68	30
34.604	2.59	30
35.307	2.54	40
36.899	2.434	13
38.817	2.318	20
39.311	2.29	20
40.003	2.252	14
41.503	2.174	10
42.152	2.142	30
43.604	2.074	10
43.915	2.06	10
45.521	1.991	16
48.512	1.875	12
49.525	1.839	20
52.747	1.734	30
54.127	1.693	14
56.065	1.639	10
56.858	1.618	30
58.234	1.583	20

文献：Beatty,Am.Mineral.,35,579(1950)

産地、試料：Specimen from Georgia,USA.

表 4.6　トレモライトのＸ線粉末回折線データ

(Tremolite)　13-0437

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
9.841	8.98	16
10.548	8.38	100
17.477	5.07	16
18.201	4.87	10
18.626	4.76	20
19.668	4.51	20
21.136	4.2	35
22.962	3.87	16
26.378	3.376	40
27.266	3.268	75
28.577	3.121	100
29.474	3.028	10
30.399	2.938	40
31.878	2.805	45
32.778	2.73	16
33.089	2.705	90
34.576	2.592	30
35.466	2.529	40
37.328	2.407	8
37.767	2.38	30
38.524	2.335	30
38.765	2.321	40
39.169	2.298	12
39.618	2.273	16
40.874	2.206	6
41.364	2.181	6
41.724	2.163	35
44.323	2.042	18
44.949	2.015	45
45.257	2.002	16
46.208	1.963	6
47.071	1.929	6
48.049	1.892	50
48.817	1.864	16
50.255	1.814	16
52.357	1.746	6
54.37	1.686	10
55.695	1.649	40
56.065	1.639	10

文献：Stemple,Brindley,J.Am.Ceram.Soc.,43,34(1960)

産地、試料：Gotthard,Switzerland.

表 4.7　アクチノライトのＸ線粉末回折線データ

(Actinolite)　25-0157

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
9.69	9.12	60
10.436	8.47	70
17.271	5.13	40
18.052	4.91	70
18.547	4.78	10
19.537	4.54	60
19.891	4.46	10
20.984	4.23	30
22.83	3.892	60
26.181	3.401	80
27.08	3.29	50
28.373	3.143	70
30.178	2.959	70
31.669	2.823	30
32.606	2.744	40
32.914	2.719	100
33.875	2.644	60
34.91	2.568	30
35.264	2.543	100
35.817	2.505	10
36.618	2.452	20
37.057	2.424	20
37.571	2.392	20
38.37	2.344	50
38.609	2.33	30
38.992	2.308	40
39.347	2.288	50
40.605	2.22	50
41.166	2.191	30
41.563	2.171	50
41.805	2.159	20
42.214	2.139	20
44.118	2.051	60
44.785	2.022	60
45.114	2.008	30
46.009	1.971	30
46.661	1.945	30
47.914	1.897	30
48.595	1.872	50
49.183	1.851	30
50.077	1.82	10
50.255	1.814	10
52.26	1.749	30
53.648	1.707	20
54.266	1.689	60
54.687	1.677	40
55.585	1.652	70

文献：Dostal,Acta Univ. Carol.,Geol.,3,175(1965)

産地、試料：Sobotin,Czechoslovakia.

表 4.8　バーミキュライトのＸ線粉末回折線データ

(Vermiculite-2M)　16-0613

2θ (°)	d(Å)	I/I_0
6.224	14.2	100
12.397	7.14	15
18.641	4.76	10
19.423	4.57	60
20.135	4.41	10
20.416	4.35	10u
20.901	4.25	u
25.012	3.56	25
31.387	2.85	30
34.291	2.615	50
34.911	2.57	50
35.553	2.525	45
36.993	2.43	5
37.799	2.38	35u
38.048	2.365	u
39.797	2.265	5
41.025	2.2	5u
41.618	2.17	u
43.508	2.08	5b
44.406	2.04	10u
45.105	2.01	u
45.95	1.975	5
50.121	1.82	5u
51.02	1.79	u
53.09	1.725	10u
53.424	1.715	u
54.105	1.695	5
55.162	1.665	15
59.949	1.543	10
60.598	1.528	70
61.219	1.514	25
61.761	1.502	15

文献：Mukherjee, Clay Miner. Bull., 5, 194(1963)
産地、試料：Ajmer-Marwar, India

表 4.9　セピオライトのＸ線粉末回折線データ

(Sepiolite)　13-0595

2θ (°)	d(Å)	I/I_0
7.300	12.100	100
11.837	7.470	10
13.144	6.730	6
17.688	5.010	8
19.712	4.500	25
20.590	4.310	40
22.094	4.020	8
23.707	3.750	30
25.208	3.530	12
26.426	3.370	30
27.857	3.200	35
29.257	3.050	12
30.462	2.932	4
31.646	2.825	8
32.279	2.771	4
33.266	2.691	20
34.236	2.617	30
34.659	2.586	2b
35.022	2.560	55
36.206	2.479	6
36.665	2.449	25
37.344	2.406	16
39.800	2.263	30
40.874	2.206	4
42.506	2.125	8
43.715	2.069	20
44.530	2.033	4
46.358	1.957	4
47.279	1.921	2
48.348	1.881	8
50.136	1.818	2
51.909	1.760	6
53.886	1.700	10
56.139	1.637	4
57.874	1.592	10
59.597	1.550	16
60.986	1.518	16
61.706	1.502	8
63.298	1.468	4

文献：Brindley, Am. Mineral., 44, 495(1959)
産地、試料：Little Cottonwood, Utah, USA

表 4.10　タルクの X 線粉末回折線データ

(Talc-2M)　19-0770

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
9.451	9.35	100
18.988	4.67	8
19.322	4.59	45
19.45	4.56	25
19.58	4.53	12
20.494	4.33	6
21.551	4.12	6
22.962	3.87	2
24.098	3.69	2
25.281	3.52	<2
28.586	3.12	40
33.889	2.643	6
33.995	2.635	18
34.101	2.627	8
34.33	2.61	14
34.507	2.597	20
34.617	2.589	14
35.95	2.496	20
36.206	2.479	30
36.434	2.464	14
36.541	2.457	10
38.1	2.36	2
38.489	2.337	2
39.329	2.289	2
39.527	2.278	2
39.763	2.265	2
40.339	2.234	4
40.471	2.227	6

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
40.624	2.219	6
40.835	2.208	6
41.225	2.188	2
41.704	2.164	<2
42.401	2.13	4b
42.951	2.104	4b
43.34	2.086	2
43.67	2.071	2
46.108	1.967	2
47.279	1.921	2
48.65	1.87	4
52.846	1.731	10b
53.011	1.726	4b
53.411	1.714	4b
53.614	1.708	4b
54.162	1.692	4
54.44	1.684	6b
55.006	1.668	6b
55.512	1.654	2b
59.261	1.558	2
60.024	1.54	<2
60.501	1.529	55
60.72	1.524	12b
61.299	1.511	12
61.66	1.503	2b
66.174	1.411	4b
67.526	1.386	4b
68.083	1.376	2b
69.113	1.358	2b

文献：Technisch Physische Dienst,Delft,The Netherlands
ICDD Grant-in-Aid,(1966)

産地、試料：

表 4.11　ブルーサイトの X 線粉末回折線データ

(Brucite)　　07-0239

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
18.586	4.77	90
32.839	2.725	6
38.016	2.365	100
50.854	1.794	55
58.64	1.573	35
62.073	1.494	18
68.253	1.373	16
68.823	1.363	2

文献：Natl.Bur.Stand.(U.S.),Circ.539,6,30(1956

産地、試料：NBS 調整

表 4.12　カルサイトの X 線粉末回折線データ

(Calcite)　　05-0586

2θ (°)	d(Å)	I/I_0
23.021	3.86	12
29.404	3.035	100
31.416	2.845	3
35.964	2.495	14
39.399	2.285	18
43.143	2.095	18
47.121	1.927	5
47.487	1.913	17
48.51	1.875	17
56.551	1.626	4
57.398	1.604	8
58.071	1.587	2
60.674	1.525	5
60.983	1.518	4
61.341	1.51	3
63.056	1.473	2
64.674	1.44	5
65.594	1.422	3
69.226	1.356	1

文献：Swanson,Fuyat,Natl.Bur.Stand.(U.S.), Circ.539,II,51(1953)　産地、試料：Mallinckrodt Chemical Works.

表 4.13　ウォラストナイトのＸ線粉末回折線データ

(Wollastonite-1Ａ)　27-1064

2θ (°)	d(Å)	I/I_0
11.528	7.67	25
16.25	5.45	8
23.205	3.83	85
25.354	3.51	75
26.881	3.314	100
27.489	3.242	13
28.908	3.086	60
29.991	2.977	30
31.936	2.8	5
32.889	2.721	30
35.079	2.556	45
36.236	2.477	25
38.438	2.34	30
39.098	2.302	50
40.777	2.211	6
41.304	2.184	16
43.297	2.088	6
44.808	2.021	8
45.74	1.982	13
47.357	1.918	25
47.968	1.895	2
48.348	1.881	3
48.375	1.88	2
49.126	1.853	2
49.785	1.83	3
50.433	1.808	11
50.794	1.796	4
51.941	1.759	35
53.077	1.724	14
53.243	1.719	17
57.361	1.605	8
58.477	1.577	3
60.24	1.535	20
62.773	1.479	6
67.306	1.39	6
68.309	1.372	3
68.939	1.361	20
69.937	1.344	7

文献：Matsueda,H,Mineral. J,7,180(1973)
産地、試料：Sampo mine,Chugoku Province,Japan.

表 4.14.石英のＸ線粉末回折線データ

(Quartz)　46-1045

2θ (°)	d(Å)	I/I_0
20.86	4.2549	16
26.64	3.3434	100
36.544	2.4568	9
39.465	2.2814	8
40.3	2.2361	4
42.45	2.1277	6
45.793	1.9798	4
50.139	1.8179	13
50.622	1.8017	<1
54.875	1.6717	4
55.325	1.6591	2
57.235	1.6082	<1
59.96	1.5415	9
64.036	1.4528	2
65.786	1.4184	<1
67.744	1.3821	6
68.144	1.3749	7
68.318	1.3718	5

文献：Kern,A.,Eysel.,W.,Mineralogisch-Petrograph.Inst.,U Heidelberg,Germany,ICDD　Grant-in-Aid,(1993)
産地、試料：

表 4.15　ギプサム(石膏)のＸ線粉末回折線データ

(Gypsum)　33－0311

2θ (°)	d(Å)	I/I_0
11.589	7.6300	100
20.722	4.2830	100
23.397	3.7990	17
28.109	3.1720	4
29.111	3.0650	75
31.104	2.8730	45
32.066	2.7890	10
32.754	2.7320	2
33.344	2.6850	35
34.508	2.5970	6
35.394	2.5340	2
35.966	2.4950	11
36.252	2.4760	1
36.619	2.4520	6
37.345	2.4060	4
40.625	2.2190	15
42.153	2.1420	2
43.341	2.0860	25
43.605	2.0740	15
44.187	2.0480	6
44.554	2.0320	1
45.498	1.9920	4
46.209	1.9630	3
47.840	1.8998	16
48.390	1.8795	12
48.791	1.8650	3
50.321	1.8118	13
50.689	1.7995	6
51.149	1.7844	9
51.331	1.7785	12
53.571	1.7093	1
54.421	1.6846	3
55.151	1.6640	6
55.822	1.6456	4
56.749	1.6209	9
57.539	1.6005	1
58.171	1.5846	4
60.341	1.5327	2

2θ (°)	d(Å)	I/I_0
60.859	1.5209	1
61.260	1.5119	1
61.881	1.4982	1
62.042	1.4947	1
63.731	1.4591	3
64.719	1.4392	5
64.911	1.4354	3
65.299	1.4278	2
65.818	1.4178	3
66.683	1.4015	2
68.670	1.3657	5
69.939	1.3440	1
70.638	1.3324	2

文献：Natl.Bur.Stand.(U.S.)Monogr,25,17,16, (1980)
Winchell,A,Elements of Optical Mineralogy,2,157,(1951)
産地、試料：

表 4.16　アンチゴライトのＸ線粉末回折線データ

(Antigorite)　002-1061

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
12.114	7.300	100
17.374	5.100	10
19.071	4.650	30
20.985	4.230	10
22.263	3.990	20
24.572	3.620	100
25.577	3.480	10
31.937	2.800	20
33.666	2.660	10
35.597	2.520	90
37.442	2.400	20
40.416	2.230	10
41.786	2.160	40
49.498	1.840	30
50.375	1.810	20
51.285	1.780	30
52.880	1.730	20
53.888	1.700	10
55.296	1.660	10
57.955	1.590	10
58.765	1.570	70
60.026	1.540	60
61.345	1.510	20
64.179	1.450	20
65.703	1.420	10
67.861	1.380	10
70.178	1.340	10
72.032	1.310	30

文献：Selfridge、L、Am。Mineral.,21、469 (1936)
産地、試料：Cross River, Mikonni, New Zealand.

表 4.17　リザルダイトのＸ線粉末回折線データ

(Lizardite)　050-1606

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
12.101	7.308	100
19.305	4.594	18
20.216	4.389	8
20.880	4.251	6
21.798	4.074	5
22.819	3.894	4
24.346	3.653	76
25.237	3.526	4
26.636	3.344	1
28.073	3.176	1
29.635	3.012	1
31.227	2.862	1
32.865	2.723	1
33.745	2.654	6
34.646	2.587	10
35.265	2.543	11
36.666	2.449	44
37.604	2.390	2
38.320	2.347	2
39.600	2.274	6
40.797	2.210	3
43.254	2.090	12
47.622	1.908	2
49.212	1.850	1
49.903	1.826	2
52.423	1.744	10
57.756	1.595	1
59.641	1.549	1
60.241	1.535	20
61.708	1.502	6
63.541	1.463	3
65.547	1.423	2
65.965	1.415	2
70.969	1.327	3
72.675	1.300	5
74.541	1.272	1

文献：Krstanovic, I., *NeuesJahrb. Mineral., Monatsh.*, 1997, 451, (1997)

産地、試料：CrniKamen, Kacanik, Sar Mount,Serbia, Yugoslavia

表 4.18　クロライトのＸ線粉末回折線データ

(Clinochlore)　01-073-2376

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
6.147	14.3675	100.0
9.226	9.5783	0.2
12.311	7.1837	63.7
15.406	5.7470	0.1
18.512	4.7891	53.3
19.195	4.6201	21.9
19.444	4.5616	13.9
20.174	4.3982	31.0
21.335	4.1613	8.9
22.868	3.8857	23.8
24.767	3.5918	48.2
26.790	3.3250	11.6
27.922	3.1927	0.1
29.075	3.0687	3.8
31.099	2.8735	12.2
31.524	2.8356	6.7
33.569	2.6675	1.9
33.718	2.6560	5.7
34.160	2.6226	25.5
34.300	2.6122	15.0
34.887	2.5697	12.1
35.883	2.5005	22.4
36.805	2.4400	4.2
37.128	2.4195	34.5
37.530	2.3945	0.7
38.604	2.3304	23.8
38.957	2.3100	0.7
39.087	2.3026	0.8
39.479	2.2807	0.8
39.601	2.2739	1.2
40.121	2.2457	0.3
40.290	2.2366	1.0
41.007	2.1991	0.9
42.163	2.1415	1.2
42.486	2.1259	1.5
43.459	2.0806	1.5

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
44.209	2.0470	24.1
44.993	2.0132	0.9
45.451	1.9939	1.2
46.411	1.9549	14.1
46.715	1.9428	1.9
47.420	1.9156	0.1
48.493	1.8757	1.1
48.608	1.8715	1.2
48.753	1.8663	1.4
50.663	1.8003	1.2
50.797	1.7959	1.3
51.226	1.7818	6.9
51.609	1.7695	0.4
52.352	1.7462	1.5
52.456	1.7429	1.7
52.764	1.7335	2.5
52.863	1.7305	1.6
53.281	1.7179	1.2
53.821	1.7019	6.5
53.995	1.6968	5.2
54.797	1.6739	0.6
54.908	1.6708	1.2
55.204	1.6625	1.3
56.006	1.6406	2.0
56.529	1.6266	14.9
57.287	1.6069	0.9
57.701	1.5963	0.7
58.059	1.5874	0.5
58.744	1.5705	1.4
59.347	1.5559	6.4
60.026	1.5400	24.1
60.405	1.5312	2.3
60.875	1.5205	0.2
61.535	1.5057	8.7
62.154	1.4922	1.2
62.272	1.4897	1.1

文献：*Calculated from ICSD using POWD-12++*, (1997)

産地、試料：Erzincan province, Turkey

表 4.19　カオリナイトのＸ線粉末回折線データ

(Kaolinite)　01-078-2109

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
9.899	8.9283	1.1
12.409	7.1272	100.0
15.631	5.6645	0.9
16.160	5.4803	0.2
17.823	4.9725	0.7
18.911	4.6890	0.3
19.872	4.4641	19.0
20.381	4.3539	56.3
21.232	4.1812	56.8
21.541	4.1220	27.7
23.130	3.8423	34.4
23.856	3.7269	17.9
24.320	3.65693	0.7
24.967	3.5636	67.8
26.114	3.4096	4.0
26.514	3.3591	24.0
27.322	3.2615	1.3
27.808	3.2055	0.1
28.275	3.1537	4.3
28.814	3.0959	8.5
30.001	2.9761	0.1
31.262	2.8589	0.3
31.563	2.8322	0.1
31.938	2.7998	0.1
32.173	2.7800	0.2
32.653	2.7401	5.9
33.042	2.7087	0.4
33.975	2.6365	0.2
35.028	2.5596	12.8
35.197	2.5477	8.7
35.414	2.5326	9.5
35.736	2.5105	5.5
35.992	2.4932	13.5
36.097	2.4862	19.4
37.468	2.3983	0.3
37.574	2.3918	0.6
37.838	2.3757	5.5
38.362	2.3445	19.8
38.508	2.3359	13.7
38.564	2.3327	20.2
39.150	2.2991	3.2
39.409	2.2846	27.9
39.550	2.2767	16.1
39.997	2.2523	2.3
40.094	2.2471	1.3
40.376	2.2320	0.4
40.670	2.2166	1.1
41.184	2.1901	4.2
41.419	2.1782	3.6
41.639	2.1672	1.0
41.969	2.1509	0.2
42.152	2.1420	1.1
42.457	2.1273	2.1
42.537	2.1235	1.3
42.829	2.1097	1.3
43.241	2.0906	0.2
43.337	2.0861	0.1
43.729	2.0683	0.9
43.894	2.0610	1.3
44.362	2.0403	0.1
44.622	2.0290	0.3
45.408	1.9957	8.1
45.714	1.9831	9.1
46.052	1.9693	0.8
46.338	1.9578	0.3
46.632	1.9461	2.7
47.049	1.9299	4.7
47.215	1.9235	3.0
47.276	1.9211	2.9
47.898	1.8976	2.9
48.173	1.8874	0.4
48.386	1.8796	0.2
48.834	1.86345	2.8
49.004	1.8573	1.6
49.536	1.8386	4.0
49.628	1.8354	2.3
49.831	1.8284	1.5
50.384	1.8096	1.3
50.502	1.8057	1.3
50.710	1.7988	0.5
51.110	1.7856	0.9
51.229	1.7818	3.6
51.582	1.7704	0.3
51.947	1.7588	0.2
52.354	1.7461	0.1
52.679	1.7361	0.1
53.356	1.7156	0.3
53.724	1.7048	2.2
54.266	1.6890	2.1
54.442	1.6839	2.2
54.661	1.6777	2.7
54.775	1.6745	1.7
55.020	1.6676	7.9
55.104	1.6653	5.7
55.267	1.6607	3.6
55.400	1.6571	8.5
55.550	1.65300	6.3
55.784	1.6466	2.9
56.055	1.6392	0.8
56.182	1.6358	0.9
56.358	1.6312	2.2
56.474	1.6281	1.5
56.851	1.6182	2.8
57.085	1.6121	7.2
57.203	1.6091	3.9
57.449	1.6027	2.0
57.562	1.5999	2.0
57.834	1.5930	0.6

文献：*Calculated from ICSD using POWD-12++*,(1997)

産地、試料：Keokuk, IA, USA

表 4.20　ハロイサイトのＸ線粉末回折線データ

(Halloysite-7A)　009-0453

2θ (°)	d(Å)	I/I_0
11.790	7.5000	90.0
20.073	4.4200	100.0
24.503	3.6300	90.0
35.023	2.5600	80.0
38.101	2.3600	60.0
40.416	2.2300	20.0
43.917	2.0600	10.0
54.653	1.6780	80.0
62.681	1.4810	90.0
73.796	1.2830	70.0
77.400	1.2320	70.0
88.390	1.1050	40.0

文献：MacEwan, Amoros.,

AnalesEdafol. Fisol. Vegetal (Madrid), 9, 363, (1950)

産地、試料：Hungary

表 4.21　トバモライトのＸ線粉末回折線データ

(Tobermorite-11A, syn) 00-019-1364

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
7.818	11.300	80.0
15.616	5.6700	4.0
16.161	5.4800	25.0
23.517	3.7800	6.0
24.435	3.6400	8.0
25.208	3.5300	20.0
26.914	3.3100	18.0
28.967	3.0800	100.0
29.961	2.9800	65.0
31.704	2.8200	40.0
32.680	2.7380	10.0
35.510	2.5260	12.0
36.900	2.4340	10.0
39.188	2.2970	8.0
39.783	2.2640	14.0
42.071	2.1460	16.0
43.473	2.0800	10.0
45.282	2.0010	20.0
49.440	1.8420	40.0
50.020	1.8220	6.0
50.825	1.7950	2.0
52.618	1.7380	4.0
54.830	1.6730	20.0
56.517	1.6270	10.0
58.724	1.5710	2.0
59.983	1.5410	8.0
61.345	1.5100	2.0
64.678	1.4400	6.0
66.123	1.4120	4.0
66.817	1.3990	4.0
68.142	1.3750	4.0
73.595	1.2860	2.0
75.164	1.2630	2.0
78.382	1.2190	4.0
80.353	1.1940	2.0
87.395	1.1150	4.0

文献：Takahashi, Governmental Indus. Research Inst., Ikeda, Osaka, Japan., *Private Communication*, (1967)

表 4.22　ゾノトライトのＸ線粉末回折線データ

(Xonotlite, syn)　00-023-0125

2θ(°)	d(Å)	I/I_0
10.399	8.5000	4.0
12.672	6.9800	36.0
18.392	4.8200	4.0
20.935	4.2400	24.0
22.724	3.9100	2.0
24.503	3.6300	35.0
25.428	3.5000	18.0
27.507	3.2400	50.0
28.967	3.0800	100.0
31.681	2.8220	50.0
33.115	2.7030	36.0
34.075	2.6290	14.0
35.788	2.5070	22.0
38.525	2.3350	16.0
40.004	2.2520	12.0
44.485	2.0350	22.0
46.560	1.9490	30.0
48.885	1.8616	2.0
49.544	1.8384	20.0
50.099	1.8193	2.0
51.359	1.7776	4.0
52.098	1.7541	8.0
53.416	1.7139	16.0
54.526	1.6816	6.0
55.514	1.6540	4.0
56.234	1.6345	6.0
57.610	1.5987	6.0
58.560	1.5750	6.0
60.810	1.5220	10.0
64.972	1.4342	4.0
65.444	1.4250	6.0
67.302	1.3901	6.0
70.877	1.3285	6.0
72.243	1.3067	6.0
75.749	1.2547	4.0
78.009	1.2239	4.0

文献：Takahashi, Governmental Industrial Research Institute, Ikeda, Osaka, Japan., *Private Communication*, (1971)

4.1.3. 一次分析試料による位相差・分散顕微鏡による定性分析方法

4.1.3.1. 標本の作製

容量 50ml の共栓試験管に一次分析用試料 10～20mg の範囲で必要量を精秤し、無じん水 20～40ml を入れ、激しく振とうした後、容量 50ml のコニカルビーカーに移し、回転子をいれ、マグネチックスターラーで撹拌しながら、清拭したスライドグラス上に載せた円形のガイド内にそれぞれマイクロピペッターで 10～20μl の範囲で滴下し、円形のガイドを載せたまま 100±10℃に設定したホットプレート上で乾燥し、乾燥後、円形のガイドをはずす。スライドグラスが室温になるまで放冷後、選択した浸液を１滴滴下し、カバーグラスを載せて定性分析用の標本とする。

同様の操作を繰り返し、一分析試料に付き、アスベストの種類および選択した浸液の種類に応じた標本数を作製する。

留意点１：マイクロピペッターで試料溶液を採取する際に、ビーカー内の試料が偏在しないように十分注意する必要がある。

留意点２：一次分析用試料の必要量は試料の種類によって異なるため、一次分析用試料作製時の粉砕・篩分け時の状況により、短時間で粉砕・篩分けが可能であった場合少なくする方が良い。

（1）アスベストの X 線回折ピークが認められた場合

X 線回折分析法による定性分析結果に基づき、X 線回折ピークが認められたアスベストに該当する浸液を屈折率 $n_D^{25℃}$＝1.550、1.618、1.620、1.626 又は 1.628、1.680、1.690 の６種類の中から選ぶ。

選択したそれぞれの浸液に対して３枚の標本を作成し、当該浸液をそれぞれの標本に３～４滴滴下し、その上に清拭したカバーグラスを載せて標本とし、各標本に試料№、浸液の屈折率を記載しておく。

留意点：浸液の選択に当たっては、表 4.23 に示す屈折率 $n_D^{25℃}$＝1.605、1.640、1.700 の浸液を併用し、分散色の変化を確認しておくことが重要である。

（2）アスベストの X 線回折ピークが認められない場合

試料採取時の記録および X 線回折分析法による定性分析結果から入手したアスベスト以外の結晶性物質の種類に関するデータに基づき、屈折率 $n_D^{25℃}$＝1.550、1.618、1.620、1.626 又は 1.628、1.680、1.690 の６種類の浸液から、使用の可能性があるアスベストに相当する浸液を選択する。

選択した一種類の浸液に対して３枚の標本を作成し、当該浸液をそれぞれの標本に３～４滴滴下し、その上に清拭したカバーグラスを載せて標本とし、各標本に試料№、浸液の屈折率を記載しておく。

留意点：分析対象試料に関して、設計図書や試料採取時の記録、国土交通省の建材製品のデータ、X 線回折分析法による定性分析の結果のどれからも情報が得られない場合には、X 線回折分析法による定性分析用の二次分析試料を使用して、予め、屈折率 $n_D^{25℃}$＝1.550、1.618、1.620、1.626 又は 1.628、1.680、1.690 の浸液に対して鋭敏分散色を示す粒子（アスペクト比３以上の粒子及びそれ以外の粒子を含めた粒子）の存在を確認し、鋭敏分散色を示す粒子が認められた浸液を選択する。

写真 4.1　標本作製用円形ガイドの例

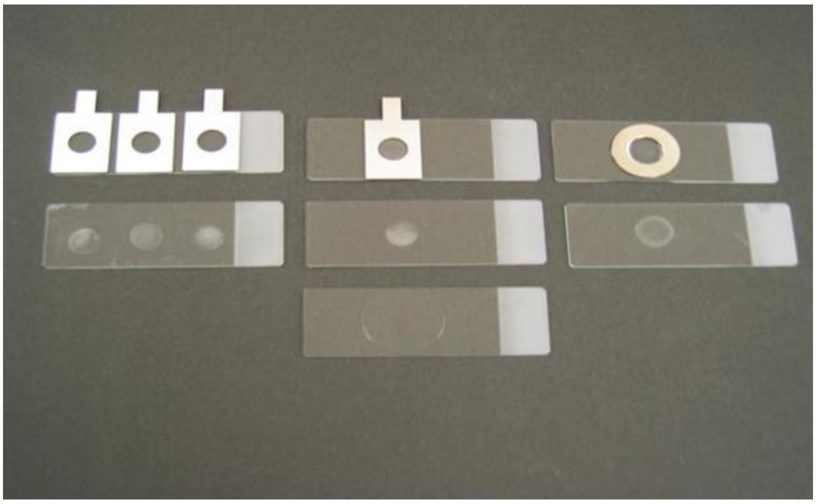


表 4.23　アスベストの分散色

石綿の種類	屈折率 n_D 25℃ a)	分散色	偏光振動方向 //（参考）c)	偏光振動方向 ⊥（参考）c)
クリソタイル	1.550 b)	赤紫～青	橙	青
アモサイト	1.680 b)	桃	橙	青
	1.700	青	濃青～紫	淡青
クロシドライト	1.680	だいだい （橙）	濃橙	淡橙
	1.690 b)	桃	桃	桃
	1.700	青	淡青	濃青
トレモライト	1.605	ゴールデン イエロー	ゴールデン イエロー	紫
	1.620 b)	赤紫	橙	青
	1.640	青	青	淡青
アクチノライト	1.626 又は 1.628 b)	赤紫～桃	橙～赤紫	青
	1.630	桃～薄青	橙～赤紫	青
アンソフィライト	1.605	ゴールデン イエロー	淡ゴールデン イエロー	橙
	1.618 b)	橙～赤紫	橙	赤紫～青
	1.640	青	濃青	淡青

注 a) 25℃における屈折率を示す。
　b) それぞれの石綿の鋭敏色を示す屈折率である。
　c) 顕微鏡に附属のアナライザを使用する場合の偏光振動方向を参考として示す。
　　//方向は，石綿繊維の伸長方向と偏光板の振動方向が平行になった場合を示す。
　　⊥方向は，石綿繊維の伸長方向と偏光板の振動方向が直交になった場合を示す。

留意点１：表 4.23 に示したアスベストの分散色は色補正フィルタを使用しない場合の分散色であり、顕微鏡メーカーにより視野の背景色の濃淡が多少異なることがあるので、 標準アスベスト繊維により分散色の色調を確認しておくこと。

留意点２：浸液の屈折率は長期間の保存や、保存状態により変化するため、使用の都度、屈折計により確認することが望ましい。

4.1.3.2. 位相差・分散顕微鏡による定性分析方法

作製した標本を位相差・分散顕微鏡のステージに載せ、倍率10倍の分散対物レンズで粒子が均一に分散しているかを確認する。

均一性が確認された標本について、位相差対物レンズの倍率を40倍に切り替え、当該試料中に、ダーク（ポジティブ）コントラスト対物レンズ（ニコン製：DLL、DL、DM、オリンパス製：PLL、PL、PM）の場合はライトブルー～ブルー、ブライト（ネガティブ）コントラスト対物レンズ（ニコン製： BM、オリンパス製： NH）の場合はオレンジに着色している繊維状粒子を確認し、レボルバーを回転して分散対物レンズの40倍に切り替え、10倍の接眼レンズのアイピースグレーティクルの直径100μmの円内に存在するすべての粒子数と分散色を示したアスペクト比３以上の繊維状粒子数を計数し、その合計粒子数が1000粒子になるまでランダムに視野を移動して計数し、分散色を示したアスベストの種類と繊維状粒子数及び分散色を示した粒子数を記録する。

アイピースグレーティクルの直径 100μｍの円の境界に掛かる粒子の取り扱いは、JIS K3850-1または作業環境測定ガイドブック№.１に準じる。

留意点１：粒子が多すぎたり、少なかったりした場合には一次分析試料の分取量やマイクロピペッターの分取量を調整して標本を作製し直すこと。
１標本で1000粒子を計測するための標本は、１視野当たり10粒子を目安として、100視野の計数で1000 粒子の計測となるように調製する。

留意点２：計数に際しては、1000粒子を計数した視野数を記録しておき、３枚の標本が近似した視野数であるか否かを確認し、変動が大きい場合は100視野で1000粒子となるように標本を作製し直すこと。

留意点３：分散染色法でアスベストの種類を同定する場合には、予め標準アスベスト繊維を使用して屈折率の異なる浸液の分散色を確認し、浸液の屈折率と当該アスベストの分散色の関係をグラフ化（分散曲線を作成）しておくか、写真でシリーズ化しておことが重要であり、鋭敏分散色のみで判断すると誤った判断をする場合があるので注意が必要である。

留意点４：アスベスト繊維は天然鉱物であり、産地によって屈折率が多少異なるため、表4.23の鋭敏色を示す屈折率の浸液によってアスベストが検出されない場合には、表4.23に示す鋭敏色の前後の屈折率の浸液による確認を行うとともに、鋭敏色以外の残りの屈折率の浸液についてそれぞれ３標本を作製し、同様の分析を行い、色の変化を確認する。

留意点５：40倍の分散対物レンズでアスベスト繊維の確認の際に、予め位相差顕微鏡の40倍の対物レンズでライトブルー～ブルー又はオレンジに着色している繊維状粒子を確認することにより、分析時間の短縮と分析精度の向上が期待できる。（写真4.2～4.5参照）

留意点６：分散色の同定には、顕微鏡に附属のアナライザを使用し、繊維の伸長方向と平行及びそれと直交する偏光振動方向の分散色を確認することにより分析精度を向上させることができる。

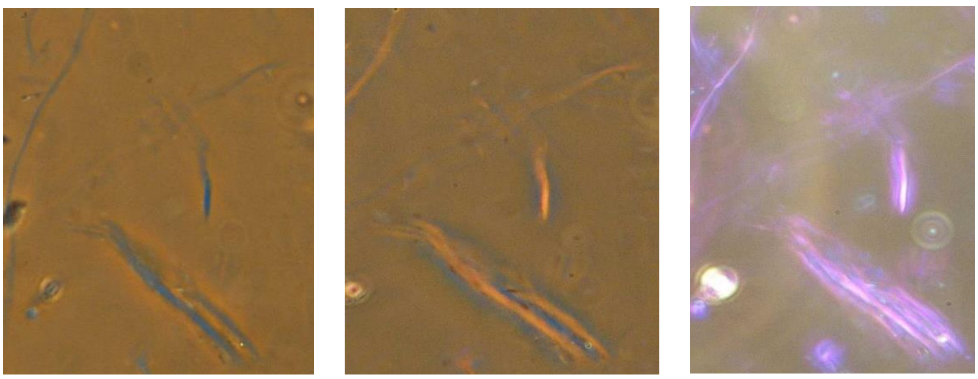
留意点７：分散色を示したアスベストの種類と繊維状粒子数を記録するとともに分散色を示すアスペクト比３未満の粒子数も記録の対象とすることにより、X 線回折分析法による定性分析結果との判定の際の判断に役立てることができる。また、X 線回折分析法による定量分析結果に分散染色を示した粒子数中のアスベスト繊維数の割合（%）を乗ずることにより、当該石綿繊維の含有率の推定に利用することが可能である。

※例えば、3000 粒子中に鋭敏分散色を示したアスペクト比３以上の繊維状粒子（アスベスト繊維）が 15 本、鋭敏分散色を示した粒子が 20 個確認された場合、仮にＸ線回折分析法による定量分析の結果、アスベスト含有率が 25%であれば、アスペクト比３以上のアスベスト繊維の含有率は

$$25(\%) \times \frac{15}{35} = 10.7\ (\%)$$

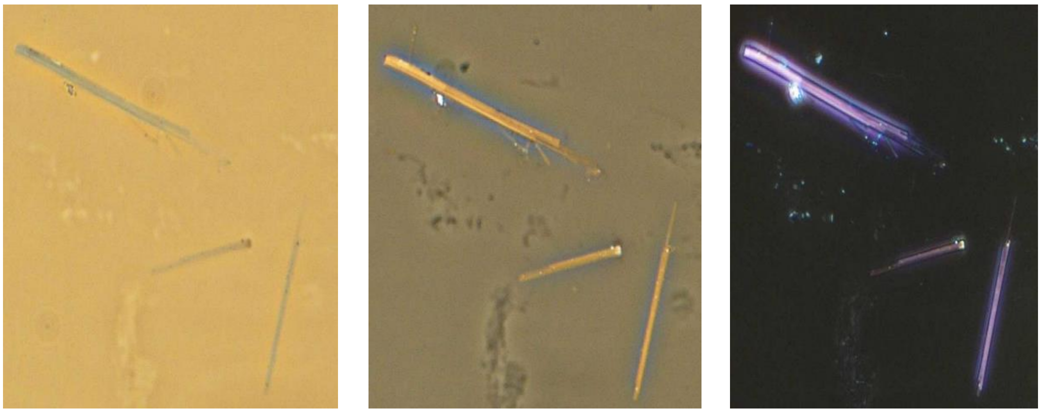
と推定できる。

留意点８：同定が困難な微細な繊維が位相差・分散顕微鏡観察で確認された場合は、電子顕微鏡による検査で確認することが推奨される。



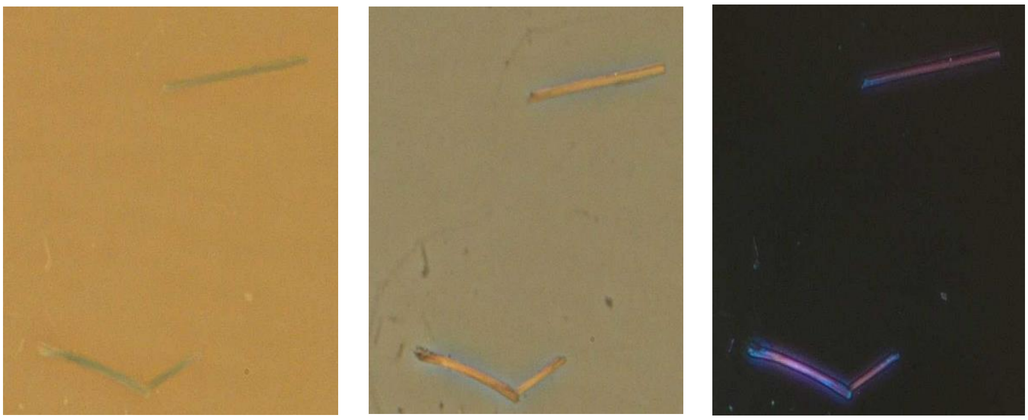
位相差対物レンズ DLL×40　位相差対物レンズ BM×40　分散対物レンズ DS×40

写真 4.2　クリソタイル顕微鏡像（JASFM Chr㉑、n_D＝1.5500）



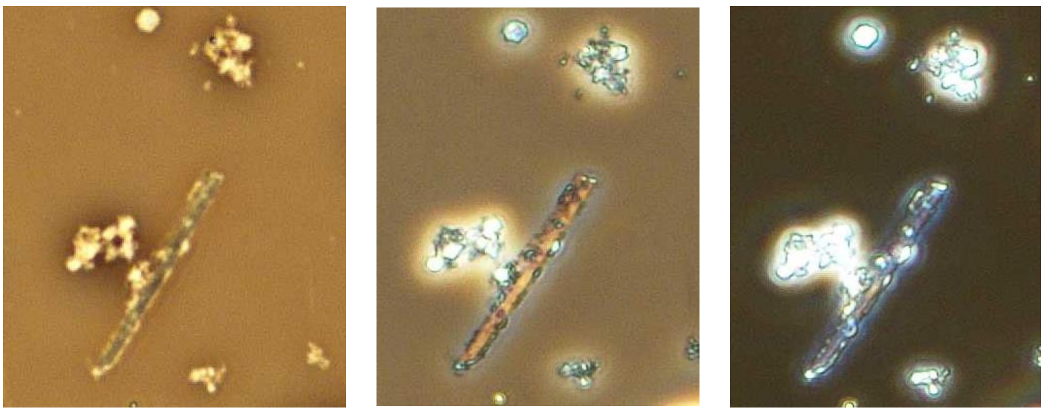
位相差対物レンズ DLL×40　位相差対物レンズ BM×40　分散対物レンズ DS×40

写真 4.3　アモサイト顕微鏡像（JASFM Amo21、n_D=1.6800）



位相差対物レンズ DLL×40　位相差対物レンズ BM×40　分散対物レンズ DS×40

写真 4.4　クロシドライト顕微鏡像（JASFM Cro21、n_D=1.6900）



位相差対物レンズ DLL×40　位相差対物レンズ BM×40　分散対物レンズ DS×40

写真 4.5　けい酸カルシウム板第一種 顕微鏡像（アモサイト、n_D=1.6800）

4.1.4. 吹付けバーミキュライトを対象とした定性分析方法

吹付けバーミキュライトのアスベスト含有率測定は図 4.13 の手順に従って実施する。 4.1.1.2 で調製した二次分析用試料を一定量試料ホルダーに、均一にかつ試料ホルダー面と一致するように充填し、X 線回折分析装置にセットし、表 4.1 に示す定性分析条件で測定し、得られた X 線回折パターンの回折線ピークに表 4.8 に示したバーミキュライトの回折線が認められるか否かを確認する。

バーミキュライトの回折線が認められた場合には、吹付けバーミキュライトを対象とした定性分析を行う。

留意点：ただし回折線ピークにクリソタイル、トレモライト/アクチノライト以外の石綿回折線が認められた場合は、当該アスベストについては 4.1.1 で調製した一次分析試料を用いて 4.1.3 の分析を実施すること。

4.1.4.1. 塩化カリウム処理試料の調製

バーミキュライトの回折線が認められた一次分析用試料を、粉砕機で再度粉砕して、目開き 75μm 以下の篩下に調製する。

目開き 75μm 以下の篩下に調製した試料 1.0g をビーカーに入れ、JIS K 8121 に規定する 1 モルの塩化カリウム水溶液 100ml 中によく分散させる。

次いで、70～80℃の温度の中で 1 時間以上放置する。 放置後、遠心分離機で遠沈させ、蒸留水で十分洗浄して沈殿物を採取する。この沈殿物を 100±10℃の乾燥機内またはシリカゲルデシケータで十分乾燥し、塩化カリウム処理試料とする。

4.1.4.2. 吹付けバーミキュライト中のアスベスト含有の有無の分析方法

4.1.4.1 で得られた塩化カリウム処理試料を試料ホルダーに均一、かつ、試料ホルダー面と一致するように充てんする。

充てんした試料ホルダーを、表 4.24 に示した定性分析条件で走査範囲（2θ）2～70°　の測定を行い、クリソタイル及びトレモライト／アクチノライトの回折ピークが認められるか否かの定性分析を行う。

クリソタイル及びトレモライト／アクチノライトと考えられる回折ピークが認められた場合は、市販のアスベスト含有バーミキュライト標準試料について 4.1.4.1. と同様の塩化カリウム処理を行い、塩化カリウム処理標準試料とする。

塩化カリウム処理試料及び塩化カリウム処理標準試料をそれぞれ表 4.25 に示した定量分析条件で、クリソタイル 11.0-13.0°（回折ピーク位置 12.1°付近）または 23.0-26.0°（回折ピーク位置 24.3°付近）、トレモライト 10.0-11.0°（回折ピーク位置 10.4°付近）におけるクリソタイルおよびトレモライト／アクチノライトの回折線強度（面積）を求める。

塩化カリウム処理標準試料と塩化カリウム処理試料はそれぞれ試料を詰め直して 3 回繰り返し測定し、平均回折線強度（面積）を求めて、クリソタイルおよびトレモライト

／アクチノライトの有無の判定を行なう。

留意点１：アスベスト含有バーミキュライト標準試料は（公社）日本作業環境測定協会から販売されている JAWE1311～1316（トレモライト含有標準試料）及び JAWE1411～1416（クリソタイル含有標準試料）を使用すること。

留意点２：塩化カリウム処理が十分に行われていない場合や、X 線回折ピーク面積の処理方法に問題がある場合には、過剰にアスベストありと判定する恐れがあるので、この場合はそれらの点の見直しを行った上で、再判定を行なうこと。

表 4.24　吹付けバーミキュライトの X 線回折装置の定性分析条件

設定項目	測定条件
X 線対陰極	銅（Cu）
管電圧（kV）	40
管電流（mA）	30～40
単色化（K_β線の除去）	Ni フィルタ又はグラファイトモノクロメータ
フルスケール（cps）	1000～2000
時定数（s）	1
走査速度（°/min）	1～2
発散スリット（°）	1
散乱スリット（°）	1
受光スリット（mm）	0.3
走査範囲（2θ）（°）	2～70°

ただし、これと同等以上の検出精度を確保できる装置等によってもよい。

表 4.25　吹付けバーミキュライト中のアスベスト有無の判定のための
X 線回折装置の分析条件

設定項目		測定条件
X 線対陰極		銅（Cu）
管電圧（kV）		40
管電流（mA）		30～40
単色化（K_{β}線の除去）		Ni フィルタ又は グラファイトモノクロメータ
時定数（s）		1
走査速度 （°/min）	連続スキャニング（°/min）	1/8～1/16
	ステップスキャニング	0.02°×10 秒～0.02°×20 秒
発散スリット（°）		1
散乱スリット（°）		1
受光スリット（mm）		0.3
走査範囲（2θ）（°）		クリソタイル 11.0～13.0° （回折ピーク位置 12.1°付近） トレモライト 10.0～11.0° （回折ピーク位置 10.4°付近）

ただし、これと同等以上の検出精度を確保できる装置等によってもよい。

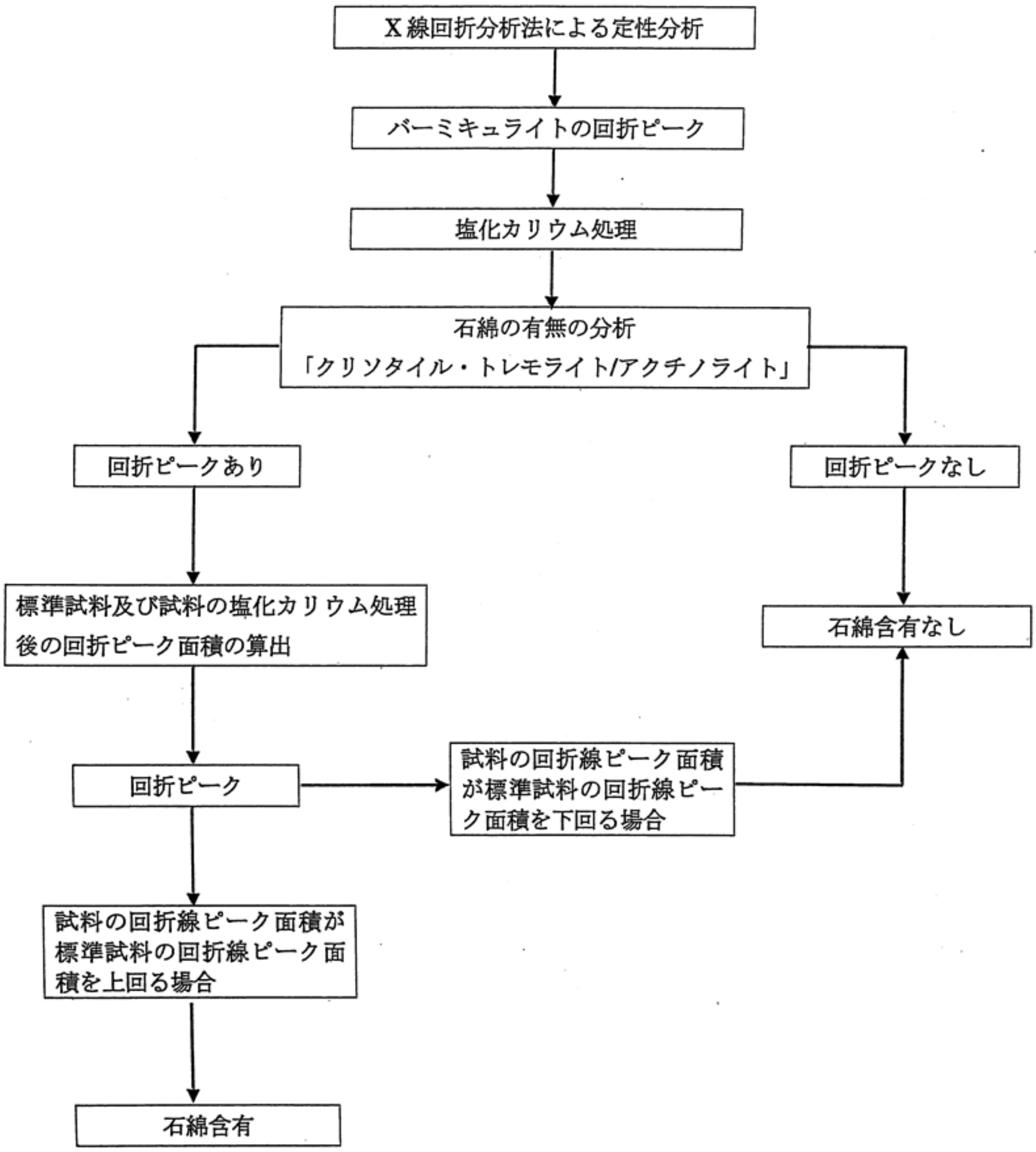


図 4.13　吹付けバーミキュライトの分析手順

4.1.5. アスベスト含有の有無の判定方法

(1) X 線回折分析法による定性分析の結果、二次分析用試料中に、図 4.2～4.6、表 4.2～4.7 に示すアスベストの回折ピークが強弱にかかわらず一つでも認められ、かつ、位相差・分散顕微鏡による定性分析の結果、三つの標本で計数した合計 3000 粒子中に、アスベスト繊維が 4 繊維状粒子以上の場合は「アスベスト含有」の試料と判定する。

(2) X 線回折分析法による定性分析の結果、二次分析用試料中に、図 4.2～4.6、表 4.2～4.7 に示すアスベストの回折ピークが認められないが、位相差・分散顕微鏡による定性分析の結果、三つの標本で計数した合計 3000 粒子中に、アスベスト繊維が 4 繊維状粒子以上の場合は「アスベスト含有」の試料と判定する。

(3) X 線回折分析法による定性分析の結果、二次分析用試料中に、図 4.2～4.6、表 4.2～4.7 に示すアスベストの回折ピークが一つでも認められるが、位相差・分散顕微鏡による定性分析の結果、三つの標本で計数した合計 3000 粒子中に、アスベスト繊維が 4 繊維状粒子未満の場合は、4.1.3.2. 位相差・分散顕微鏡による定性分析方法によって、再分析を行なう。

なお、4.1.3.2. 位相差・分散顕微鏡による分散染色法で再分析する場合は、回折ピークが認められたアスベストおよびその他使用された可能性があるアスベストを対象とし、一次分析試料を用いて、4.1.1 によって新たに標本を作製して分析を行う。再分析の結果、アスベストが 4 繊維状粒子未満の場合は「アスベスト含有無し」の試料と判定し、アスベストが 4 繊維状粒子以上認められた場合は「アスベスト含有」の試料と判定する。

留意点１：クリソタイルと同様な X 線回折ピークが認められる鉱物には、蛇紋石（アンチゴライト、リザルダイト）、緑泥石（クロライト）およびカオリン鉱物（カオリナイト、ハロイサイト）がある。

留意点２：アモサイト、クロシドライトおよびアンソフィライトと同様な X 線回折角度（9～10°）にタルクがある。

留意点３：アスベスト以外の天然の鉱物繊維の屈折率はアンチゴライトが 1.566、リザルダイトが 1.552、繊維状石膏（ギプサム）が 1.52～1.53、セピオライトが 1.49～1.53、 ウォラストナイトが 1.62～1.66、アタパルジャイトが 1.50～1.56、ハロイサイトが 1.53～1.54、モルデナイト（ゼオライト）が 1.47～1.49 等があり、人造鉱物繊維の屈折率はグラスウール、ガラス長繊維が 1.56 以下、ロックウール、スラグウールが 1.56 以上であり、これらの屈折率に対応した浸液を使用して分散色を確認すること

ができる。

(4) X線回折分析法による定性分析の結果、二次分析用試料中に、図4.2～4.6、表4.2～4.7に示すアスベストの回折ピークが認められず、かつ、位相差・分散顕微鏡による定性分析の結果、三つの標本で計数した合計3000粒子中に、アスベスト繊維が4繊維状粒子未満の場合は、「アスベスト含有無し」の試料と判定する。

(5) 吹付けバーミキュライト中のアスベスト含有の有無の判定は、塩化カリウム処理した一次分析試料にアスベストと考えられる回折ピーク（図4.7～4.9参照）が認められないか、またはその積分 X線強度が塩化カリウム処理標準試料の同ピークの積分X 線強度以下である場合は、「アスベスト含有無し」の試料と判定する。これら以外の場合は、「アスベスト含有」の試料と判定する。

(6) 「アスベスト含有無し」と判定された場合には当該試料には0.1%を超えてアスベストは含有しないと判断することができる。

※位相差・分散顕微鏡による定性分析において、共栓試験管に一次分析試料を10㎎精秤し、無じん水20ml を入れ、激しく振とうした後、容量50ml のコニカルビーカーに移し、回転子を入れてマグネチックスターラーで撹拌して均一濃度とし、マイクロピッペッターで10μl 採取して全量をスライドグラスに載せた円形ガイドに滴下、乾燥して分析標本を作製した場合、乾燥したスライドグラス上には0.005㎎の試料が存在することになる。

位相差・分散顕微鏡による定性分析の結果、3000粒子中に４本の鋭敏分散色を示したアスベスト繊維が検出された場合のアスベスト含有率R(%)は

$$R(\%) = \frac{0.005\text{㎎} \times \dfrac{4\text{本}}{3000\text{個}}}{0.005\text{㎎}} \times 100 = 0.13\ (\%)$$

となり、3000粒子中に３本の鋭敏分散色を示したアスベスト繊維が検出された場合は0.1%となるため、3000粒子中に鋭敏分散色を示したアスベスト繊維が４本未満の場合は0.1%を超えてアスベストは含有しないことになる。

第５章. 定量分析方法１（X 線回折分析法）

JIS A 1481-3 では検量線Ｉ法と検量線Ⅱ法が記載されているが、検量線Ⅱ法では母液調製時の値を基にして検量線用の試料中のアスベスト質量を算出するため秤量が行われない。このため検量線作成時に試料溶液の不均一による影響が大きくなることから、本マニュアルの定量分析法１では JIS A 1481-3 をベースとしつつも、JIS A 1481-3 の検量線Ⅱ法は採用していない。その際に、アスベスト含有率１%未満が予想される場合であっても本マニュアルでの分析は可能であることが確認されている。

その後、2021 年 8 月に新たに制定された JIS A 1481-5 では、アスベスト含有率１%未満が予想される場合に検量線Ⅱ法を使用することになっており、上記問題点を解決するため、JIS A 1481-5 の検量線Ⅱ法では検量線用の試料中のアスベスト質量を算出するため秤量が追加されているので、検量線Ⅱ法を使用する場合は、JIS A 1481-5 に従って実施すること。

5.1. X 線回折分析法による建材製品中の石綿の定量分析方法の概要

この方法は、第３章および第４章において『アスベスト含有』と判定された試料について、X 線回折分析法によって、アスベスト含有率（質量分率）（以下“アスベスト含有率”という）を定量する方法である。

第３章および第４章によって、『アスベスト含有』と判定する過程において、明らかにアスベスト含有率が高い（例えば 5%以上）と判定した場合は、5.2 の前処理作業を実施せず、一次分析試料を直接使用してアスベストの定量分析ができる。

アスベスト含有建材等のアスベスト含有率の定量分析は図 5.1 の手順に従って実施する。

ただし、天然鉱物中に不純物として含有するおそれがあるアスベストの分析については、適用されない。

なお、本法(定量分析方法１)は、JIS A 1481-3 をベースとしつつも、その一部を修正し、また、JIS A 1481-3 を単に補足するのではなく、分析手順等が本書の内容で完結するよう解説している。そのため、石綿障害予防規則に基づく分析は、JIS A 1481-3 ではなく、本書を参照して行う必要がある。

留意点：アスベストが不純物として含有するおそれのある天然鉱物中のアスベスト含有率の具体的な分析方法として、『天然鉱物中の石綿含有率の分析方法の検討結果報告書』（平成 18 年 12 月、（社）日本作業環境測定協会(第８章や厚生労働省ホームページに掲載））がある。

5.2. 一次分析試料の調製

（1）無機成分試料の場合

3ヶ所から採取した無機成分試料の必要量を同量ずつ採って粉砕器に入れて粉じんの飛散に留意しながら十分に粉砕した後、目開き425～500μmの篩いを通して篩い分けし、すべての試料が篩い下になるまで粉砕と篩い分けの操作を繰り返して行い、篩い分けした試料を一次分析用試料とする。

留意点１：成形された建材試料の場合は、カッターナイフやボードサンダー等で側面を削りとった試料を粉砕器に入れ、十分に粉砕した後、目開き425～500μmの篩いを通して篩い分けし、すべての試料が篩い下になるまで粉砕と篩い分けの操作を繰り返して行い、篩い分けした試料を一次分析用試料とする。

留意点２：粉砕器としては乳鉢(磁性乳鉢、瑪瑙乳鉢、アルミナ乳鉢など)、ウイレー粉砕器、超遠心カッター、振動ミル、ボールミルなどを使用し、粉砕の程度と粉砕時間はアスベストの繊維形態に影響を与えるとともに、建材の一部のものは細かくなりすぎるものもあるので過剰粉砕にならないように、短時間粉砕で篩い分け回数を多く繰り返すこと。

（2）有機成分試料の場合

3ヶ所から採取した試料の必要量を同量ずつとり、磁性るつぼに入れ、450℃±10℃に設定した電気炉に入れ、１時間以上加熱後清浄な状態で放冷して有機成分を灰化した後、試料を粉砕器に入れ、(1)に従って粉砕・調製し、一次分析用試料とする。

留意点：灰化には低温灰化装置を用いて有機成分を灰化してもよい。

5.3. 定量用二次分析試料および定量用三次分析試料の作製方法

5.3.1. 定量用二次分析試料の作製方法

定量用二次分析試料の作製に用いる直径25 mmのふっ素樹脂バインダグラスファイバーフィルタ（以下，「フィルタ」という。）の質量及びフィルタを装着した状態で基底標準板（亜鉛またはアルミニウム）の主回折強度を計測しておく。

5.2（1）又は（2）で調製した一次分析試料を100mg（M_1：一次分析試料の秤量値）精秤して、200ml コニカルビーカーに入れ、20%のぎ酸を20ml 加えて攪拌した後、無じん水を40ml 加えて，超音波洗浄器を用いて1分間分散する。

その後、30±1℃に設定した恒温槽内に入れ、12分間連続して振とうする。フィルタを装着した直径25mmのガラスフィルタベース付きの吸引ろ過装置で吸引ろ過する。

乾燥後、フィルタ上に捕集された試料の質量（M_2：定量用二次分析試料の秤量値）

を求め、定量用二次分析試料とする。また、定量用二次分析試料の作製に当たっては、1 試料当たり三つの定量用二次分析試料を作製する。ガラスフィルタベースをもつ吸引ろ過装置及びフィルタの直径は X 線回折分析装置の試料台と同一のものを使用する。

なお、定量用二次分析試料の作製で、残さ（渣）率（M_2/M_1）が 0.15 を超えた場合は、5.3.2 によって、定量用三次分析試料を作製する。

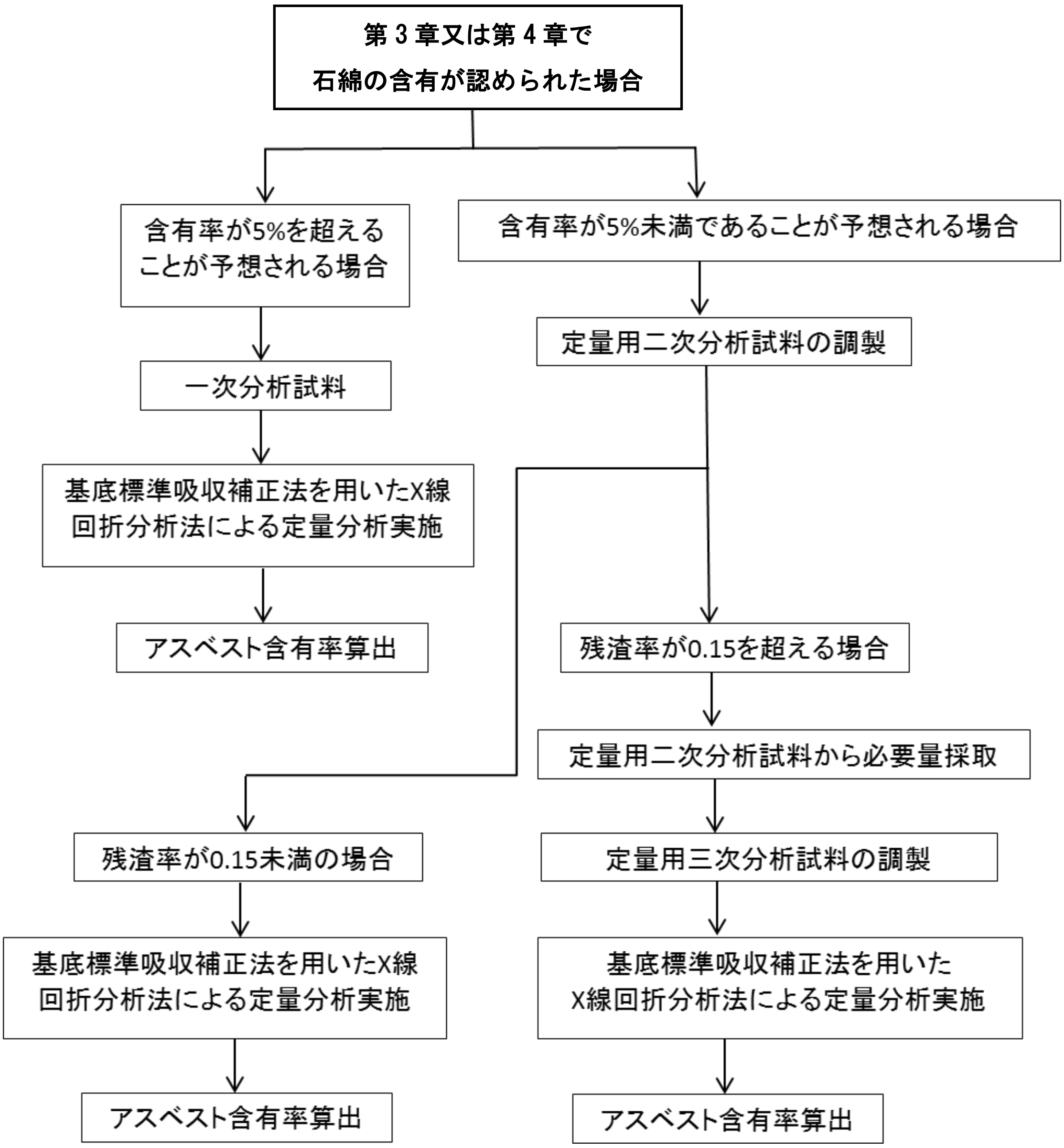


図 5.1　建材製品中のアスベスト含有率定量分析手順

5.3.2. 定量用三次分析試料の作製方法

定量用三次分析試料の調製は 5.3.1 で作製した定量用二次分析試料から 10～15mg を

分取して、無じん水中に分散後、基底標準板のＸ線回折強度を計測し、秤量済みのフィルタに吸引ろ過を行い乾燥させて秤量し、試料の質量（M_3：定量用三次分析試料の秤量値）を求め、定量用三次分析試料とする。

留意点１：フィルタの秤量に用いる天秤は、読取り限界が 0.01mg 以下のものを使用すること。

留意点２：フィルタの秤量は、秤量約２時間前にフィルタを天秤室の雰囲気に慣らした後、秤量を行い１回目の秤量値を得る。１回目の秤量後、半日以降に、再度１回目と同様な手順で秤量を行い、２回目の秤量値を得る。１回目と２回目の秤量値が同じ場合、その値を秤量値として用いる。違った場合、再度同様な秤量を行い、２回連続同じ値を得られるまで、秤量を繰り返し、秤量値を得る。

留意点３：Ｘ線回折強度を求める前に、蛍光板でＸ線の照射面積が、アスベスト試料が捕集されている面積と同じかどうかを確認する。

留意点４：5.2（2）で調製した一次分析試料を使用する場合は、次式により減量率：ｒを算出し、含有率算出の際に補正する。

$$r = \frac{\text{加熱処理後の分析試料量}}{\text{加熱処理前の試料量}}$$

留意点５：一次分析試料を 5.2(2)に規定する加熱条件によって、改めて加熱処理することによって減量が期待できる無機成分試料の場合は、加熱後の一次分析試料から定量用二次分析試料を調製してもよい。

留意点６：定量用二次分析試料の量が定量用三次分析試料量の作製に不足する場合は、再度、定量用二次分析試料作製方法と同じ条件で一次分析試料から定量用二次分析試料を作製し、これを定量用三次分析試料の作製に使用してもよい。

5.3.3. けい酸カルシウム保温材の前処理方法

アスベスト含有率の分析対象試料のうち残渣率が 0.15 を超える可能性のある、けい酸カルシウムを主体とした試料については、以下に示す前処理法により、残渣率が 0.15 以下にすることが可能となったので、試料の定量操作を行うための試料調製手順を記載する。この方法は、一次分析試料のＸ線回折分析法による定性分析の結果、けい酸カルシウム（トバモライト、ゾノトライト等）が主体の試料であることが判明した場合に適用する。

（参考：ICDD ファイル番号：トバモライト 19-1364、ゾノトライト 23-125）

なお、けい酸カルシウムを主体とした試料でも、その試料の使用過程で、約 1000℃

程度の温度にさらされていたもの等、残渣率が 0.15 以下にならないものについては、5.3.2 に基づき、定量用三次分析試料を作製すること。

けい酸カルシウムを主体とした試料の定量操作を行うための試料の作製は以下に示す①～⑦の手順により行う。

① 一次分析試料を 100mg 精秤し、100ml のコニカルビーカーに入れる。
②100ml のコニカルビーカーに、20%水酸化ナトリウム溶液 60ml を加える。
③ 次いで、電熱器等を利用して、上記②の 20%水酸化ナトリウム溶液が約 50ml になるまで濃縮する。
④ その後、常温になるまで、放冷する。
⑤ 放冷後、基底標準板の X 線回折強度を計測し、秤量済みのフィルタに吸引ろ過を行う。この時に、コニカルビーカーに付着している残渣物及びフィルタ上の残渣物に対して、20%のぎ酸で洗浄する。
⑥ ガラスフィルタベース付の吸引ろ過装置を停止した後、フィルタ上の残渣物に、20%のぎ酸 20ml を加えて 2 分間放置した後、無じん水を 40ml を加えて、10 分間放置する。
⑦ その後、無じん水で洗浄しながら、ガラスフィルタベース付の吸引ろ過装置で吸引ろ過した後、乾燥し、フィルタ上に捕集された試料の質量を求め、けい酸カルシウムを主体とした定量用二次分析試料とする。

なお、この分析試料の作製にあたっては 1 試料当たり三つの分析試料を作製する。ガラスフィルタベース付きの吸引ろ過装置およびフィルタの直径は、X 線回折分析装置の試料台と同一のものを使用する。

5.4. 基底標準吸収補正法による X 線回折定量分析方法

第５章で使用するアスベストの標準試料は、（公社）日本作業環境測定協会（JAWE）で販売されている標準試料を基に検討されており、それ以外の UICC 等の標準試料を使用する場合は、アスベスト繊維のサイズの相違により JAWE 標準試料の回折 X 線強度と異なる場合があるので注意が必要である。過去に JAWE 標準試料で作成した検量線で測定された定量結果と、UICC 等の標準試料で新規に作成した検量線で測定された定量結果が異なる場合は、UICC 等の標準試料で新規に作成した検量線の勾配を JAWE 標準試料で作成した検量線の勾配を用いて補正を行い、同じ定量結果になることを確認すること。

5.4.1. 検量線の作成

検量線は、相関係数（R）が 0.99 以上（又は決定係数（R^2）が 0.98 以上）とする。

検量線の作成に使用する、直径 25mm のフィルタの質量の秤量およびフィルタを装着

した状態で基底標準板（亜鉛またはアルミニウム）の主回折強度を計測しておく。

分析対象のアスベスト標準試料を 0.2mg、0.4mg、0.6mg、0.8mg、１.0mg を目安に精秤し、秤量別に５個の 50ml コニカルビーカーに入れ、それぞれ 20%のぎ酸を 0.04ml、0.08ml、0.12ml、0.16ml、0.2ml 加えて攪拌した後、無じん水を 0.08ml、0.16ml、0.24ml、0.32ml、0.4ml 加えて超音波洗浄器で１分間分散する。

その後、30℃±1℃に設定した恒温槽内に入れ、12 分間連続して振蕩する。振蕩終了後直ちに 20ml 以上になるように無じん水を 50ml コニカルビーカーに加える。フィルタを装着した直径 25mm のガラスフィルタベース付の吸引ろ過装置で吸引ろ過を行い、無じん水にて数回洗浄する。ろ過後のフィルタを取り出し、乾燥後、秤量し、フィルタ上に捕集されたぎ酸処理後の試料の質量を求め、検量線試料とする。作製したそれぞれの検量線試料を X 線回折分析装置の試料台に固定して、基底標準板と分析対象のアスベストの X 線回折強度を表 5.1 に示した分析条件で計測し、基底標準吸収補正法によって求めた X 線回折強度を縦軸に、ぎ酸処理後の検量線試料の質量を横軸にとり、原点を通る検量線を作成する。

【参考】：JIS A 1481-5による検量線Ⅱ法の概要

検量線Ⅱ法は，アスベストの質量分率が1%未満と推定される試料の分析に使用する。

検量線Ⅱの作成手順は以下の通り。

① PTFE バインダ（フッ素樹脂処理）グラスファイバーフィルタの質量を量り，検量線作成のためにブランクフィルタを取り付けた金属基底標準板からの回折強度を測定する。

② アスベスト標準試料を10 mg 精秤し，500 mL のビーカーに100 mL のイソプロピルアルコールとともに入れる。そのビーカーを超音波洗浄器に少なくとも1 分間入れてアスベストを分散させる。そのアスベスト懸濁液を1 000 mL のメスフラスコに移し，イソプロピルアルコールを追加して1000 mL に定容する。この懸濁液の濃度は1 mL 当たりアスベスト0.01 mg に相当する。必要であれば，同じ濃度のアスベスト懸濁液は，5 mg のアスベストを500 mL のメスフラスコに入れ，イソプロピルアルコールで分散させることで調製しても良い。

③ ピペットを使って，最初の懸濁液から1 mL，3 mL，5 mL，10 mL，30 mL，50 mL 及び100 mL を採取し，それぞれコニカルビーカーに入れる。
最初の懸濁液の入ったメスフラスコをよく振とうし，その後，直ちにピペットで一定量を採取されるものである。懸濁液は長い期間放置するとアスベストが凝集することがある。この場合，アスベストを再分散させるのは非常に難しく，そのため，再度新しい懸濁液を調製する必要がある。

④ 懸濁液の各一定分量に，ぎ酸をそれぞれ10 μL，20 μL，60 μL，100 μL 及び

200 μL 加え，超音波浴槽で少なくとも1 分間処理する。

（※③の懸濁液の1 mL，3 mL に対応するぎ酸は，2 μL，6 μL となる。）

⑤ 各コニカルビーカーを30 ℃の水槽に12 分間入れ，周期的にコニカルビーカーを振とうする。

⑥ この懸濁液を吸引ろ過器を使って①で測定したフィルタでろ過する。その後，フィルタを乾燥させ読み取り限度0.01 mg の天秤で精秤する。これらのフィルタを標準として使用し，検量線Ⅱを作成する。
ろ過する懸濁液の容量が10 mL 以下の場合は，フィルタ上でろ過物が一様な状態となるようにイソプロピルアルコールを加えて容量が少なくとも10 mL になるようにする。

⑦ 各標準試料フィルタをX 線回折装置に固定し，金属基底標準板(亜鉛又はアルミニウム)及びアスベストの回折ピーク強度を測定し、基底標準吸収補正法の計算に従って検量線を作成する。

5.4.2. 定量分析手順

5.3.1、5.3.2 または 5.3.3 で作成した定量用二次分析試料または定量用三次分析試料を、X 線回折装置の回転試料台に固定する。

検量線作成と同一の条件で、三つの定量用二次分析試料または定量用三次分析試料について、基底標準板および回折 X 線強度を計測し、基底標準吸収補正法によって X 線回折分析を行う。

5.4.1 で作成した検量線から当該アスベストの質量を算出してアスベストの含有率を求める。

留意点：煙突用の断熱材はアスベストの含有率が 80%以上と高いにもかかわらず、実際の分析ではアモサイト含有率が低値を示す場合があるが、これは重油等の燃焼により発生した SOx ガスと煙突内の建材に由来するカルシウムやナトリウム等が反応して生成した硫酸カルシウムや硫酸ナトリウム等の硫酸塩の蓄積により、見かけ上低くなることが原因であり、X 線回折分析法の定性分析で硫酸塩が確認された場合には、分析結果報告書に除去対象のアスベスト含有率は分析値よりも高い可能性があることを記載し、当該作業者に注意喚起することが重要である。

表 5.1　X 線回折装置の定量分析条件

設定項目		測定条件
X 線対陰極		銅（Cu）
管電圧（kV）		40
管電流（mA）		30～40
単色化（K_β線の除去）		Ni フィルタ又は グラファイトモノクロメータ
時定数（s）		1
走査速度 （°/min）	連続スキャニング （°/min）	1/8～1/16
	ステップスキャニング	0.02°×10 秒～0.02°×20 秒
発散スリット（°）		1
散乱スリット（°）		1
受光スリット（mm）		0.3
走査範囲（2θ）（°）		定量回折線を含む前後 2～3°程度

留意点１：定量分析は表 5.1 によって実施し、回転試料台を用いて定量物質の X 線回折積分強度（積分値）が 2000 カウント以上とする。

留意点２：ただし、表 5.1 に示した X 線回折装置の定量分析条件は必要最低の条件であり、この条件又はこれ以上の検出精度を確保できる条件で分析すること。

5.4.3. アスベスト含有率の算出

(1) 定量用二次分析試料からのアスベスト含有率の算出

一つの定量用二次分析試料からのアスベスト含有率は式①によって、また建材製品中のアスベスト含有率は、式②によって算出する。なお、5.2(2)に規定する、有機成分試料の一次分析試料作製方法によって定量用二次分析試料を作製した場合は、減量率 r で補正する。

$Ci=As_2／M_1 \times r \times 100$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・ ①

$C=(C_1+C_2+C_3)／3$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・ ②

ここに、Ci：１つの定量分析用試料のアスベスト含有率（%）

C：建材製品中のアスベスト含有率（%）

As_2：検量線から読み取った定量用二次分析試料中のアスベスト質量（mg）

M_1：一次分析試料の秤量値（mg）

r ：減量率。ただし加熱処理をしない場合は r =1 とする。

（2）定量用三次分析試料からのアスベスト含有率の算出

一つの定量用三次分析試料からのアスベスト含有率は式③によって、また建材製品中のアスベスト含有率は式④によって算出する。

なお、一次分析試料を 5.2(2)に示す加熱条件によって減量して作製した定量用二次分析試料または定量用三次分析試料の場合は、減量率 r で補正する。

$$Ci = \frac{As_3 \times (M_2/M_3)}{M_1} \times r \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad ③$$

$$C = (C_1 + C_2 + C_3) / 3 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad ④$$

ここに、Ci ： １つの定量分析用試料のアスベスト含有率（%）

C：建材製品中のアスベスト含有率（%）

As_3：検量線から読み取った定量用三次分析試料中のアスベスト質量（mg）

M_1：一次分析試料の秤量値（mg）

M_2：定量用二次分析試料の秤量値（mg）

M_3：定量用三次分析試料の秤量値（mg）

r ：減量率。ただし加熱処理をしない場合は r =1 とする。

5.4.4. 検量線の検出下限及び定量下限

検量線作成時に調製した最小標準試料（0.01～0.1mg/cm^2）を X 線回折分析装置の試料台に固定して、検量線作成と同一の条件で基底標準板と分析対象のアスベストの X 線回折強度を 繰り返して 10 回計測し、積分 X 線強度の標準偏差（σ）を求める。

検量線の検出下限は、式⑤により、定量下限は、式⑥によって算出する。

$$C_k = (\sigma / a) / M_1 \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad ⑤$$

$$C_t = (3\sigma / a) / M_1 \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad ⑥$$

ここに、C_k：検出下限（%）

C_t：定量下限（%）

σ ：10 回計測の積分 X 線強度の標準偏差

a：検量線の傾き

M_1：一次分析試料の秤量値（100mg）

留意点１：定量用二次分析試料または定量用三次分析試料を作製し「基底標準吸収

補正法によるＸ線回折定量分析方法」により定量分析を行なう場合において、アスベスト回折線のピークが確認できないことがあり得るが、その場合においては、一般にアスベスト含有率は検量線から求めた定量下限以下とされていることから、定量下限が 0.1%以下であるときには、アスベストがその重量の 0.1%を超えて含有しないものとして取り扱う。

留意点２：定量用二次分析試料または定量用三次分析試料を作製し、「基底標準吸収補正法によるＸ線回折定量分析方法」により定量分析を行う場合において、検量線から求めた定量下限が 0.1%を超える場合、または不純物による影響等のため、アスベスト回折線のピークの有無の判断が困難な場合については、アスベストがその重量の 0.1%を超えて含有しているものとして取り扱う。

第６章. 定量分析方法２（偏光顕微鏡法）

6.1. 分析の概要

本章は、JIS A 1481-4 によるアスベスト含有率測定について、JIS A 1481-4 に記載の内容のほか、JIS A 1481-4 の実施に当たって具体的な留意点や補足を掲載したものである。

JIS A 1481-4 による定量分析は、アスベストが検出されていてアスベスト濃度がおおむね 5%より低い試料のアスベスト濃度を定量することを意図している。日本国内において、商業的に生産された製品に 0.1%以下のアスベストを意図的に添加した例はないことから、製品に産業利用されていたアスベスト（クリソタイル、アモサイト、クロシドライト）が含まれていた場合は 0.1%を超えていることが明らかなので、意図的に添加したアスベストの場合、石綿則等国内法令の規制対象（重量比 0.1%超）であることを判断するに当たっては、目視推定よりも精度のよい定量は必要ない。ただし、トレモライト、アクチノライト、アンソフィライトはロックウール吹付け材などに意図的に添加されている場合と、水練り保温材やバーミキュライト吹付け材などに不純物として非意図的に含有されている場合の両方がありうる。クリソタイルについても、蛇紋石が使用されている場合やセピオライトが使用されている場合などには不純物として含有される可能性がある。

表 6.1　石綿則等国内法令の規制対象であることの判断

含有物の種類	JIS A 1481-4による定量分析
商業的に製造された製品	商業製品に何らかの産業利用されていたアスベストが確認された場合、目視推定よりも精度のよい定量分析は要求されない
その他の素材	5%以下でアスベストが含有していると目視評価された場合、規制対象の基準（重量比0.1%）超過かどうか正確に判定するためには定量分析が必要である

6.2. 分析の手順

JIS A 1481-4 では、灰化・酸処理・浮遊沈降によって試料を減量した後、懸濁物中のアスベストの含有濃度を求めて含有量を算出する。懸濁物中のアスベスト含有量を求める方法としては目視定量（偏光顕微鏡、走査型電子顕微鏡、透過型電子顕微鏡）、ポイントカウント（偏光顕微鏡、走査型電子顕微鏡）、繊維計測による定量（走査型電子顕微鏡、透過型電子顕微鏡）がある。

6.2.1. 重量濃縮

重量濃縮の目的は、アスベスト以外の物質を可能な限り除去して、試料中のアスベストの濃度を高めることである。灰化により有機物の除去を、酸処理により酸に溶け

る物質の除去を、沈降により大きな粒子の除去を行うことができる。
　使用する器材の主なものは以下のとおりである。

化学天秤	読み取り限度 0.1mg 以下のもの
磁性るつぼ	
マッフル炉	
三角フラスコ	200mL
マグネチックスターラー	
メノウ乳鉢・メノウ乳棒	床タイルの酸処理で使用
吸引ろ過装置	フィルタ径 25mm および 47mm
ホットプレート	

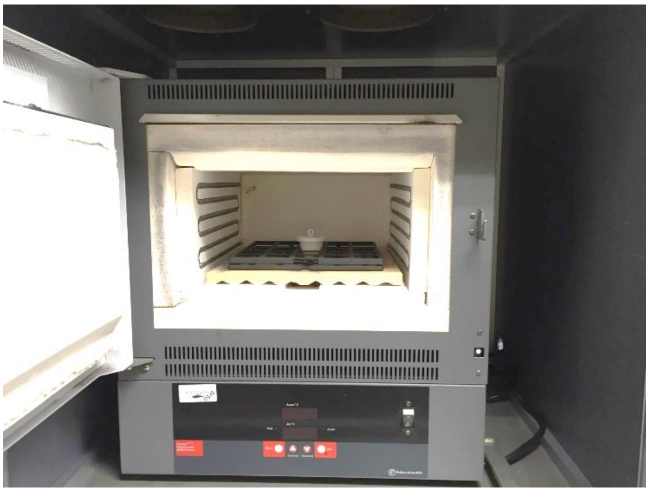


写真 6.1　マッフル炉

写真 6.2　メノウ乳鉢・メノウ乳棒（左）と三角フラスコ（右）

写真 6.3　吸引ろ過装置（φ25㎜）

写真 6.4　吸引ろ過装置（φ47㎜）

6.2.1.1. 灰化による有機物の除去

灰化処理ではマッフル炉で 450℃の加熱を 4 時間行う。

① 磁性るつぼまたは石英るつぼに耐熱マーカーで試料番号などを書き入れて秤量する。

② 試料をるつぼに入れてから再度秤量する。

③ るつぼにふたをしてマッフル炉に入れ、450℃±10℃で 4 時間加熱する。
④ 加熱後るつぼの中身を確認し、有機物の灰化が不十分である場合は再度るつぼをマッフル炉に入れて加熱する。
⑤ るつぼが室温まで冷却するのを待ってから秤量を行う。

留意点１：事前に有機物がほとんど含まれないと分かっている試料であれば、灰化処理を行わずに秤量後直接、酸処理と沈降（6.2.1.2）に進むことができる。
留意点２：灰化の温度は 485℃まで上げることができるが、500℃を超えるとクリソタイルが分解し始めるため、485℃を超える温度にはしない。

6.2.1.2. 酸処理と沈降

炭酸カルシウム、石膏、ミネラルウールなどは塩酸に溶けるため、2mol/L の塩酸中で 15 分撹拌すると除去することができる。

素材によっては酸処理後に骨材や砂が残る場合があり、これらは沈降または浮遊により取り除くことができる。焼成されたバーミキュライトやパーライトは浮遊によって取り除ける。砂や骨材は懸濁液中でアスベストよりもはるかに早く沈むため、試料の種類によってはアスベストを含む他の部分から大部分を取り除くことが可能である。

以下、酸に溶ける成分を含む試料（骨材を含む場合及び含まない場合）の処理の方法と床タイルの処理の方法に分けて記載する。

＜酸に溶ける成分を含む試料の酸処理･浮遊沈降手順＞
①灰化された試料を 200mL の三角フラスコに移す。
②2mol/L の塩酸を 100mL 加えてフッ素樹脂加工された回転子を入れ、マグネチックスターラーで 15 分間撹拌する。
③孔径 0.4μm、47mm 径のポリカーボネートフィルタをペトリ皿に入れて秤量し、47mm 径の吸引ろ過装置に装着する。
④25mm 径の吸引ろ過装置を組み立て、孔径 0.45μm の混合セルロースエステルフィルタ（MCE フィルタ）を装着する。フィルタは最低 4 枚用意する。
⑤酸処理の後で水面に浮くものや底面に沈んでいる骨材、砂などがなければ、直接ポイントカウント用のフィルタの準備に進む（→⑩）。
⑥水面に浮いているパーライトやバーミキュライトがある場合は、水面が三角フラスコの縁に来るまで蒸留水を加え、清浄なスパチュラで浮遊物を可能な限り取り除く。浮遊物は事前に秤量してある 50mm 径のペトリ皿に入れ、ホットプレート上で乾燥させる。浮遊物を取り除いた場合は、容器を数分間静置した後上澄みを半分程度 1000mL ビーカーに移す。

⑦三角フラスコ内の液を、沈殿した粒子が再度懸濁するように円を描くようにして振り混ぜる。動きを止めて粗大な粒子が沈むまで待ち、液の大部分を 1000mL ビーカーに移す。三角フラスコに 150mL の蒸留水を加え、同じことを 2 回繰り返す。
⑧洗瓶を使って三角フラスコの底に残った沈殿物を 100mm 径のペトリ皿に移し、上澄み液は 1000mL ビーカーに移す。ペトリ皿はホットプレートの上で乾燥させる。
⑨1000mL ビーカーに蒸留水を加え、700mL にする。
⑩懸濁液中の粒子を十分に分散させる。そこから 0.5-4mL 程度を分取し、5mL 以上の蒸留水で希釈してから、④で用意した MCE フィルタにろ過する。フィルタは最低 4 枚用意する。フィルタはサンプル名を書いたペトリ皿に入れて、ホットプレート上で乾燥させる。
⑪懸濁液の残りは③で用意したポリカーボネートフィルタでろ過し、サンプル名を書いたペトリ皿に入れてホットプレート上で乾燥させる。
⑫沈殿物、懸濁物を実体顕微鏡で確認し、大きなアスベスト繊維束は秤量済みの容器に移す。また、懸濁物中に大きな粒子がある場合は沈殿物に移す。
⑬沈殿物（⑧)、浮遊物（⑥)、懸濁物（⑪)、取り出したアスベスト繊維束（⑫）をそれぞれ秤量する。

留意点：⑫にあるアスベスト繊維束を入れるための容器は、アルミホイルで作った小さな皿などでよい

＜床タイルの酸処理手順＞
①孔径 0.4μm、47mm 径のポリカーボネートフィルタをペトリ皿に入れて秤量し、47mm 径の吸引ろ過装置に装着する。
②灰化後の試料をメノウ乳鉢に移し、蒸留水を 0.5mL 加えてすりつぶす
③2mL の濃塩酸をゆっくり加え、ガスの発生が弱まってきたら時々すりつぶす。
④ガスの発生が止まったらすぐに 10mL の蒸留水で希釈する。
⑤懸濁液を①で用意した吸引ろ過装置でろ過し、フィルタをペトリ皿に入れてホットプレートまたはランプで乾燥させる
⑥フィルタを室温まで冷ましてから秤量する。

留意点：濃塩酸に 20 分以上放置しないようにする。

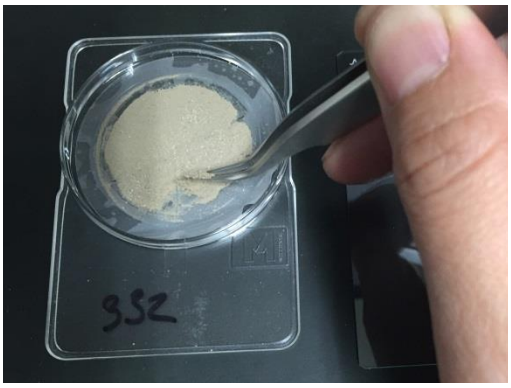
6.2.2. 懸濁物中のアスベストの定量手順

6.2.2.1. ポイントカウント用試料の準備

ポイントカウント用試料の作製方法は、MCE フィルタを使用する方法とポリカーボネートフィルタ上の懸濁物から作製する方法の 2 種類がある。

<MCE フィルタを使用する場合>
①乾燥させたフィルタをジメチルホルムアミド 35%、氷酢酸 15%、蒸留水 50%からなる混合液 100μL にひたして 60℃に加熱することで透明化する。
②トリアセチンを滴下してカバーガラスを載せることでポイントカウント用のプレパラートを作製する。

<ポリカーボネートフィルタ上の懸濁物から作製する場合>
①計数対象となるアスベストと異なる屈折率の浸液を選び、スライドガラス上に滴下する。
②懸濁物をピンセットで分取し、浸液に入れてよく広げ分散させる。
③カバーガラスを乗せて計数用のプレパラートとする。



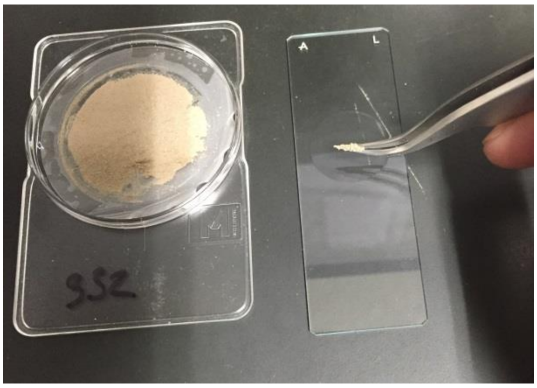


写真 6.5　ポリカーボネートフィルタ上の懸濁物からの
ポイントカウント用プレパラートの作製

留意点：懸濁物から分取してポイントカウント用のプレパラートを作製する場合は、試料中の繊維や粒子がすべて十分なコントラストで観察できるように浸液を選ぶ。透明な物質は 1.54-1.56 付近の屈折率を持っているものが多いため、この屈折率範囲の浸液は避ける。

6.2.2.2. ポイントカウントのための偏光顕微鏡の調整

ポイントカウントでは粒子･繊維の径を測定する必要があるため、視野の十字線の少なくとも片方に目盛が入っている接眼レンズを使用する。

①クロスポーラにして 530nm の鋭敏色検板を挿入する。
②倍率が 100 倍程度になるように対物レンズを選ぶ。
③ランプの出力を最大にし、ステージ下の開口絞りを絞ってコントラストを強める
④スライドを確認して、全ての粒子が十分なコントラストを持っているか確認する

（特に光学的等方体に注意する）。コントラストが不十分な粒子があれば、別の浸液を使ってスライドを作り直す。

6.2.2.3. ポイントカウントの基準

a) プレパラート 4 枚をスキャンして、最大粒子径と各アスベスト繊維束の最大径を見積もる。
b) 粒子については最大粒子径の 10%を超えるもの、繊維については各アスベスト繊維の最大径の 20%を超えるもののみ計数する。
c) 十分な径を持つ粒子と繊維が重なっている点に当たった場合は粒子と繊維各 1 ポイントずつとする。
d) 十分な径の繊維 2 本が重なっている点に当たった場合はアスベスト 2 ポイントとする。
e) 十分な径の粒子 2 つが重なっている点に当たった場合は粒子 2 ポイントとする。
f) 枝分かれしている繊維の上に当たった場合は、その部分の径が最大繊維径の 20%を超える場合のみ計数する。
g) ポイントはプレパラート全体に分布するようにする。
h) アスベストが 20 ポイントに達するか、総ポイント数が 130×残渣率(%)に達するまで計数を行う（残渣率は、もとの試料に対する懸濁物の割合）。また、これに関わらず、最低 2 枚のプレパラートを使って 100 点計数する。

留意点：ポイントカウントをする際には、同じ点を何度も通ることがないよう、図 6.1 のように折り返しながらポイントがスライド全体を移動するようにするとよい。スライド 1 枚当たりのポイント数に制限はないが、1 枚当たり 50 ポイント程度を目安とする。

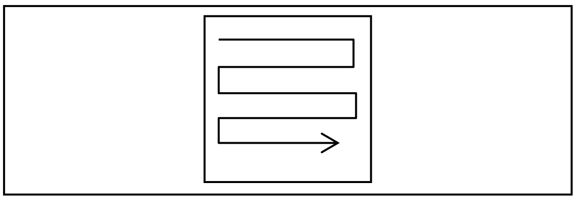


図 6.1　スライド上のポイントの移動例

6.2.2.4. ポイントカウント結果の計算

アスベストの質量分率は以下の式で計算できる。

$$C=100/W \times (M + R \times A/N)$$

W：開始時の試料重量（g）

M：沈殿物と懸濁物から取り出したアスベスト繊維束の重量（g）

R：ポリカーボネートフィルタ上の懸濁物の重量（g）

A：アスベストポイントの数

N：全ポイントの数

両側 95%信頼区間の上限値と下限値も計算する。

第７章. 定性分析方法３（電子顕微鏡法）

定性分析方法１（偏光顕微鏡法）あるいは定性分析方法２（X 線回折分析法・位相差分散顕微鏡法）によって分析した結果、アスベストの確認が難しいときは電子顕微鏡によるアスベスト繊維の同定等が推奨されている。本法は、そのような場合に用いられる走査電子顕微鏡によるアスベストの定性分析方法である。定性分析方法１あるいは定性分析方法２でアスベストの存在が疑われるが最終確認が難しい建材試料について、本法でアスベストが確認された場合はアスベスト含有あり、確認されなければアスベスト含有なしと判定できる。しかし、本法のみによりアスベスト含有なしの判定はできない。

電子顕微鏡には、走査型と透過型の２つの型があるが、ここでは走査電子顕微鏡（SEM: Scanning Electron Microscope）を用いて建材中のアスベストを定性分析する方法について述べる。走査電子顕微鏡は、光学顕微鏡の実体顕微鏡に似ていて、透過電子顕微鏡より観察標本の作製や操作が容易である。試料は塊状（バルク）のままでよく、試料粒子の形や試料表面の形態などを観察するのに適している。しかし、電子線の光路は、基本的に全て真空にする必要があることや、荷電粒子である電子は、試料にダメージを与えやすいなど、電子顕微鏡に関する基本特性の理解は不可欠である。

7.1. SEM の概要

光源の電子銃から発生した電子線を細く絞って試料表面を走査すると、試料表面から電子や電磁波が逐次発生する。試料表面の凹凸などの構造に対応して発生する２次電子あるいは反射電子を検出器で受けて、その強度変化を時系列の電気信号に変換し、その輝度の変調をモニター画面（ブラウン管や液晶画面）に表示したのが SEM 像である。試料表面の構造などが拡大像として観察できる。SEM 像の拡大倍率は、試料上の縦または横方向の走査距離とモニター画面の対応する縦または横方向距離の比である。

試料に電子線を照射すると特性 X 線が発生する。その特性 X 線を検出して分光すると試料表面付近の元素分析（元素の種類と量、および分布）ができる。試料からの特性 X 線の検出・分光に半導体検出器（SSD）を用いたのがエネルギー分散型Ｘ線分析器（EDX）である。EDX を備えた SEM（SEM-EDX）を分析走査電子顕微鏡（ASEM: Analytical Scanning Electron Microscope）と呼ぶ。なお、結晶を用いて分光する波長分散型Ｘ線分析器を備えた SEM 装置は EPMA（Electron Probe Micro-Analyzer）と呼び、ASEM より広い試料領域の高精度の元素分析に用いられている。

通常のアスベストの定性分析には、EDX を装着した ASEM が用いられる。ASEM によるアスベストの定性分析では、繊維の形態と元素組成の２つの情報から、アスベストで

あるか否かを判定することになる。

7.2. 定性分析に用いるSEMの必要条件

使用するSEMは、加速電圧15～25kV、倍率は100～20,000倍、分解能は60nmを満たすもので、EDXの装着が必須である。EDXは、Na以上の特性X線を検出できるものとし、7.4の同定方法の要求を満たすものが必要である。

SEMの倍率の正確さは、繊維数濃度および繊維サイズの測定結果に影響するので、必要に応じて倍率の校正をする。倍率校正には、標準ポリエチレンラテックス球状粒子（種々の寸法の標準粒子が販売されている）、標準グレーティングレプリカ（一定間隔の升目のレプリカカーボン膜から成る標準寸法を示す電子顕微鏡用標準試料）などを用いて行う。

7.3. 観察標本の作製

建材中のアスベストの定性分析に適用できるSEM観察標本は、①SEM-A法（試料粉末を捕集したフィルターをSEM試料台に貼り付ける方法）、②SEM-B法（試料粉末をSEM試料台に直接載せる方法）、③SEM－C法（SEM試料台の導電性カーボン両面テープに試料を接着させる方法）などがある。観察しようとする試料の状態に合った観察標本作製法を選択・考案することが重要である。

導電処理方法は図7.1に示す方法による。最近は、金蒸着、白金パラジウムに加えてオスミウム蒸着が一般的になっている。SEM試料台は、アルミニウム製真鍮（黄銅）製、あるいはグラファイト製などの直径1～3cm、高さ1cm程度の円柱状であるが、メーカーの純正品を使用することが多い。

7.3.1. SEM-A法の作製方法

SEM-A法は、ポリカーボネート（PC）または混合セルロースエステル（MCE）のメンブランフィルターに試料粉末を発塵あるいは懸濁液にして吸引捕集し、その細片を予め導電性カーボン両面テープを貼ったSEM試料台に接着し、導電処理を施し、観察標本とするものである。

1）PCメンブランフィルターを用いたSEM-A法の場合、試料粉末を発塵あるいは懸濁液にして吸引捕集したPCの細片を予め導電性カーボン両面テープを貼ったSEM試料台に貼り付け、オスミウム蒸着等の導電処理を施す。PCを用いた標本は、SEM像が見やすいという利点がある（図7.3）。試料を捕集したPCの試料輸送等に多少難がある。
2）MCEメンブランフィルターを用いたSEM-A法の場合、予め導電性カーボン両面テープを貼ったSEM試料台に、試料粉末を発塵あるいは懸濁液にして吸引ろ過したMCEの細片を直接貼り付け、導電処理を施して観察標本とする。MCEを用いた標本は、

MCE 自身の構造と試料の繊維との識別が紛らわしく、アスベストを探すのに手間取ることがある。しかし、MCE は試料粉末を吸引捕集しやすく、かつ試料の輸送などが容易であることや、位相差顕微鏡法や位相差偏光顕微鏡法で観察した同一フィルターの一部の観察・計数ができるなどの利点がある。

7.3.2. SEM-B 法の作製方法

SEM-B 法は試料粉末を SEM 試料台に直接載せる方法である。ただ、試料粉末をそのまま載せてもすぐに吹き飛んでしまうので、次のような標本作製を行う。

1） 被検試料が試料粉末状態で入手されたとき、SEM-B 法では、まずその試料粉末の懸濁液を作り、その 1～2 滴（数μL～10μL）を表面が平滑な 1cm 角程度の親水化処理*を施したニッケル板あるいは銅板に滴下し、風乾後、SEM 試料台に導電性両面テープで接着して、観察標本とする。＊親水化処理はグロー放電処理が好適である。
2） 被検試料が MCE に捕集された状態で入手された場合、SEM-B 法では、MCE の細片を表面が平滑な 1cm 角程度のニッケル板や銅板にアセトン等で貼り付け、低温灰化を施して MCE を除去して、その試料残渣を載せた金属板を導電性両面テープを用いて SEM 試料台に接着して、観察標本とする。SEM-A 法は、試料粉末を発塵あるいは懸濁液にして吸引捕集した MCE をそのまま SEM 試料台に載せる方法であるが、SEM-B 法は MCE を除去する低温灰化処理が施されるので、観察しやすい標本になる。
3） 被検試料が PC に捕集された状態で入手された場合は、SEM-A 法の 1）と同様である。

7.3.3. SEM-C 法の作製方法

SEM-C 法は、SEM 試料台に予め貼った導電性カーボン両面テープに観察する試料を直接または間接的に接着させる方法である。その接着方法がいくつかあり、主なものを次に示す。

1） 被検試料が建材等からピンセットで採取した肉眼的繊維試料の場合、この予め導電性カーボン両面テープを貼った SEM 試料台に直接接着させ、導電処理を施して観察標本とする。
2） 被検試料が粉末状態で入手された時、SEM-C 法では導電性カーボン両面テープを貼った SEM 試料台を試料粉末に押し付けて、テープに試料粉末に移し取り、その SEM 試料台に導電処理を施して観察標本とする。
3） 被検試料が現場から移せない場合は、現場に赴いて、現場で観察標本の前段階までを作製しなくてはならない。そのようなときの標本作製法は SEM-C 法が適してい

る。予め導電性カーボン両面テープを貼った SEM 試料台を何個も必要数準備しておく。現場で分析したい建材等の表面や堆積粉じんなどに押し付けて、対象建材の表面の粉じん試料を SEM 試料台に移し取る。ラボに持ち帰り、導電処理を施して観察標本とする。

7.3.4. 試料作製における共通留意点

1) SEM 試料台を手で持つとき、ゴムまたはプラスチックの手袋をはめた手で持ち、試料台を手の油等で汚染しないようにする。
2) SEM 試料台に導電性カーボン両面テープを接着するとき、5～10mm 角サイズの小片にして用いる。その両面テープに、所定の方法で粉末試料を吸引捕集した PC あるいは MCE のメンブランフィルターを 5～10mm 角の細片にして接着する。
3) フィルターや金属板を導電性両面テープで SEM 試料台に貼り付けた場合でも、それらの端にカーボンペースト（SEM 試料の導電処理用として販売されている）を塗って、SEM 試料台との間の導電処理を施す。その後、乾燥（風乾）後、カーボンまたは金、白金パラジウム、オスミウムなどを蒸着して観察標本とする。
4) カーボン蒸着はカーボン蒸着装置を用いる。金、白金パラジウムあるいはオスミウムなどの蒸着にはイオンスパッタリング装置を用いる。カーボン蒸着装置およびイオンスパッタリング装置の例を図 7.1 に示す。

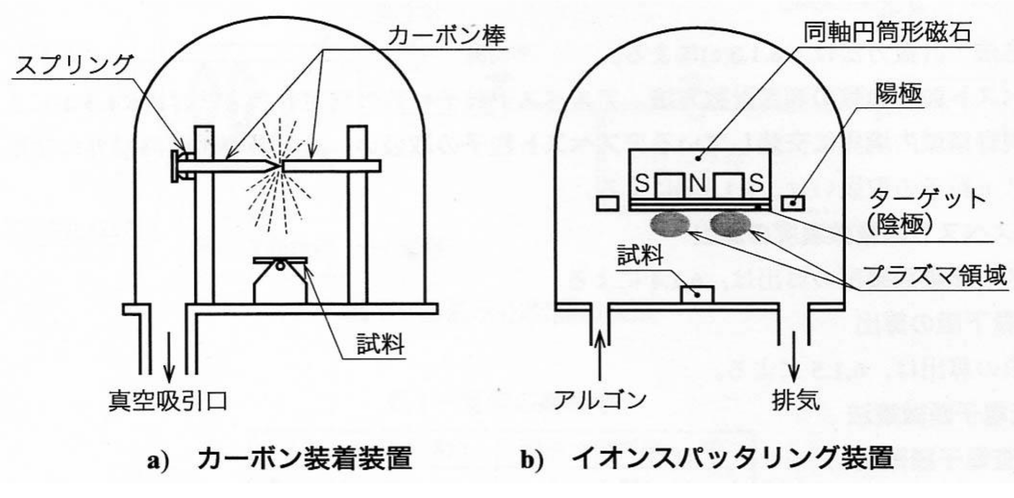


図 7.1　カーボン蒸着装置とイオンスパッタリング装置の例

7.4. 観察と同定分析

モニター画面上の像から繊維形態の粒子を探す。目的の繊維状粒子が見つかったなら、その粒子の EDX 分析を行い、その EDX スペクトルからアスベストであるか否かを判定する。アスベストであればその種類を同定する。

1）観察繊維の決定：ここで繊維とは、アスペクト比３以上の粒子をいう。目的に応じてどこまで小さいサイズ（長さと幅）の繊維を観察しEDX分析するかを決める。観察下限サイズは、SEMの倍率を上げればかなり細い繊維（例えば0.1μm径以下とか）まで観察可能であるが、倍率が高ければ観察視野が狭くなり、観察労力との関係であまり高い倍率は取れない。

①PCで実際に観察している繊維は、幅が普通0.2～0.4μm程度の繊維である。メンブランフィルター等に載っている繊維から位相差顕微鏡と同等の繊維サイズ（長さ５μm以上で幅0.2～0.4μm以上）を観察する場合、すなわちPC相当繊維のSEM観察は、2000倍から3000倍の倍率で行う。使用するSEM装置で、予め高倍率にして繊維の幅を精度よく計測しておき、そうして幅を計測した繊維の内、幅0.2～0.4μmの繊維に着目して、倍率をどこまで下げるとモニター画面上で確認できなくなるかを調べておき、観察倍率を決めることが望ましい。

②任意のサイズの繊維を観察する場合、特に①のPC相当繊維よりもさらに細い繊維を観察する場合、主に繊維幅の下限サイズを大略決めておき、それを観察できる観察倍率を①と同様に予め調べて決める必要がある。

例えば、クリソタイルの場合、その単繊維の直径はほとんどが0.1μm以下である。0.1μm以下のクリソタイル単繊維を観察するためには、一般に10,000倍以上の倍率が必要になる。電界放射型SEM（FE-SEM）ではない通常のSEMでは、その観察がかなり難しい。通常のSEMでは、クリソタイル繊維束を観察することになる。繊維幅0.1μmとか0.2μm以上というように決める。角閃石アスベストの場合は、その多くの繊維幅が0.1μm以上であるので、0.1μm程度を観察下限の繊維幅とすればよい。通常は5,000倍から10,000倍でこれらのサイズの繊維が観察可能である。

いずれにしても、どこまで細い繊維を観察できるかを予め確認したうえで、その条件で観察できたアスベストの観察・同定を行うことが求められる。

2）アスベストの同定：アスベストの同定は、モニター画面上で観察された繊維のEDX分析を行い、得られたEDXスペクトルによってアスベストかその他の繊維かを判定する。アスベストの場合には、さらにその種類を同定する。EDX分析の観察倍率は2000倍から10,000倍の倍率で、メンブランフィルター等に載っている繊維を確認して、繊維形態を撮影した後、EDX分析を行う。

EDX分析は、電子線束を細く絞った電子ビームを繊維上に照射し、発生する特性Ｘ線をEDX検出器で受けてEDXスペクトルを得る。アスベストの種類ごとに特徴的なEDXスペクトルを示すので、ほとんどの場合、アスベストの種類の同定はそのEDXスペクトルから決定できる。EDX分析の際、繊維の近傍にある粒子からの特性Ｘ線が目的の繊維のEDXスペクトルに影響しないように電子線の分析位置を決めるなどの留意が重要である。EDXスペクトルに近傍物質からの影響が考えられた場

合、電子ビームの照射位置を変えて EDX 分析をし直すてみる必要がある。

また、建材中に在ったアスベストは、セメントやケイ酸カルシウム物質などに包埋されていたことが多いので、建材から取り出したアスベストがそれらの物質にコーティングされていることがよくある。その場合、セメントの Ca やケイ酸カルシウムの Si や Ca がアスベスト表面に吸着していて、Ca や Si のピークが EDX スペクトルに余分に現れ、標準的な EDX スペクトルと異なるものが得られることがある。分析調査者は、これらの状況を想定して判定することも求められる。特に後者の場合は、酸処理等で除去できるので、分析前のギ酸処理等が貢献する。

アスベストの繊維の形態と EDX スペクトルを図 7.2 に示す。

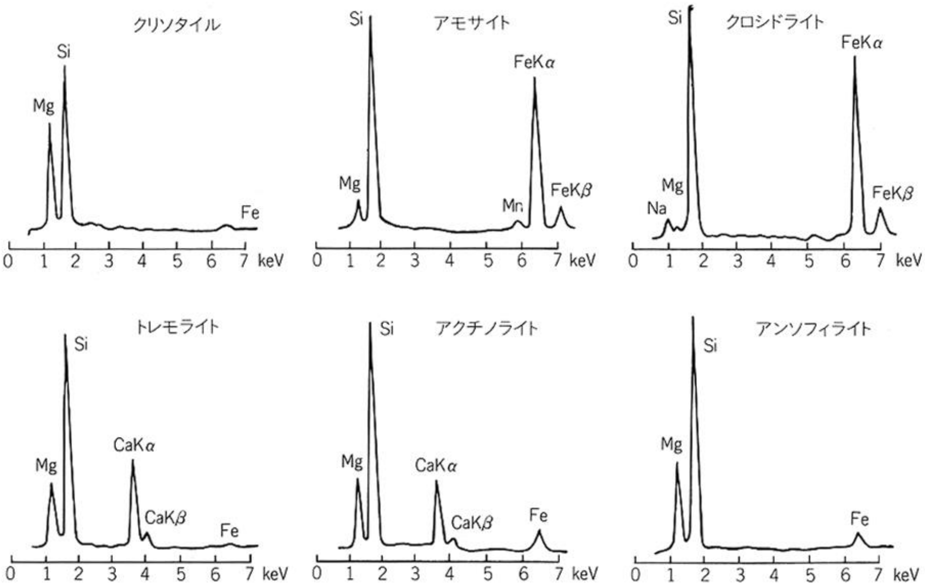


図 7.2　アスベストの EDX スペクトル

PC フィルター上に捕集したクリソタイル、アモサイト、クロシドライトの SEM 像を図 7.3 に示した。クリソタイルは、カールした繊維などの形状からある程度判定できる場合もあるが、アモサイトとクロシドライトは直線的な繊維のみで形態から両者の区別は難しい。

7.5. 繊維形態観察と EDX 分析のポイント

ASEM でアスベストの定性分析を行う際の留意すべき点などを次に示す。

1) 試料の導電性：導電性が不十分な場合、繊維形態の観察で繊維や尖った粒子等が帯電（チャージアップ）して異常コントラストが出現することがある。試料を作製し直すことが一番であるが、それができない場合は加速電圧を下げ、かつ試料電流値

を下げる等の工夫で、帯電量を減らしてコントラストを下げることをする。

2） SEM の電子銃：ヘアピン型に成型したタングステンや針状単結晶の LaB_6（ラブロクとも呼ぶ）を陰極（フィラメント、カソード）に用いた電子銃の場合、電子銃を加熱して電子を放出させる。放出された電子は高電圧（1～30kV）を印加した陽極（アノード）で加速され、電子線束をつくる。電子銃には、この他、電界放射型電子銃（Field Emission(FE)電子銃）がある。FE 電子銃は、輝度が極めて高い電子線束を生じるので、電子線束を細く絞れて、高分解能 SEM を形成している。EF 電子銃の近傍は極めて高い真空（10^{-8}Pa）が必要で、高価な SEM 装置である。なお、分解能は、輝度と相関しており、電子銃がタングステン、LaB_6、FE の順に高分解 SEM となっている。

3） SEM のレンズ系：集束レンズ（コンデンサーレンズ）は、電子線の電流量を調節するレンズで、このレンズを強くすると焦点距離は短くなり、対物レンズ絞りを通過して対物レンズに到達する電子線量が減少する。対物レンズは、試料に入射する電子線を細く絞り込む最終縮小レンズで、焦点合わせに用いられる。非点補正装置（stigmator）は、電子線束の断面形状を整え歪のない像を得るための補正装置。4 個 1 組の電磁石を２組ずらして配置して、2 組の電磁石の電流を加減して断面形状と方向を調整する。走査コイルは、電子線を水平・直角の２方向に偏向させて、試料上を走査させるためのもの。走査幅を変えると倍率が変わる。

4） SEM の試料ステージ：観察試料を振動やチャージアップ（帯電）から防ぎ安定に保持し、対物レンズとの距離（working distance）・観察位置・方向を選択するための移動（上下・水平方向）・回転・傾斜の各機構を持つ。

5） 分析位置：アスベストの EDX 分析には、繊維の分析したい位置に電子線束を止めて一定時間露光するポイント分析が主に行われる。細いアスベスト繊維上に止めた電子線束が露光中に繊維から外れることが多々ある。その場合、正確な EDX スペクトルが得られないので、注意が必要である。対策としては、使用している SEM 装置の操作に慣れることやポイント分析時のコツを習得することなどが必要である。

6） 試料汚染（コンタミネーション）：最近は低真空 SEM 装置も普及しているが、試料室が低真空であるためポイント分析時にコンタミネーションを起こしやすく、EDX スペクトルが不明瞭になることがある。低真空 SEM の EDX 分析には特に注意が必要である。

7） 試料破壊（ダメージ）：電子は粒子であるため、高速で電子が照射されると試料にダメージを与える。中でもクリソタイルは比較的電子線照射に弱いので、照射中にクリソタイルが破壊され、元素組成比が変わってしまうことがよくある。必要最小限の弱い電子線照射に抑えて EDX 分析をするなど、不要な電子線束照射をしないように注意する。

8） マトリックス物質の影響：アスベストに吸着物質がある時や近傍にマトリックス物

質がある時、それらからの特性Ｘ線が EDX スペクトルに紛れ込むことがある。アスベスト自身の EDX スペクトルなのか、その他の近傍の物質からの特性Ｘ線が影響しているのか、分析位置を変えて分析し直してチェックすることが必要である。

9) 加速電圧：アスベストの EDX 分析は、加速電圧が高い方が明瞭な EDX スペクトルが得られる。SEM-EDX 分析は、15kV より 20kV の方がよい。15kV 以下の低い加速電圧での EDX 分析はできるだけ避ける。

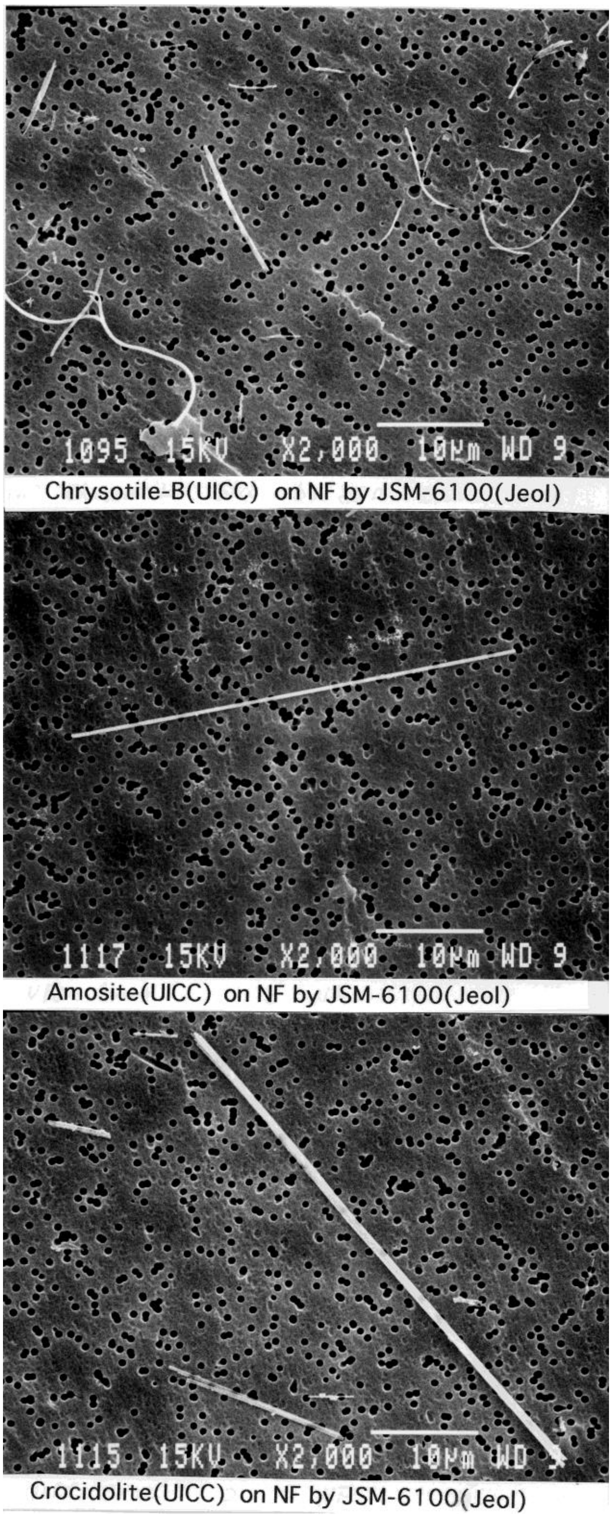


図 7.3 クリソタイル、アモサイト、クロシドライトの SEM 画像

第８章. 天然鉱物中の石綿含有率の分析について

『天然鉱物中の石綿含有率の分析方法の検討結果　報告書』

（平成 18 年 12 月、（社）日本作業環境測定協会）

8.1. 背景

労働安全衛生法施行令及び石綿障害予防規則（平成 17 年 7 月に施行。それまでは特定化学物質等障害予防規則）においては、これまで 1 重量%を超えて石綿を含有する製品を規制の対象としており、石綿含有製品と非含有製品とを峻別する方法として 1 重量%レベルの石綿含有率測定方法が行われてきた。今般、これらの法令が改定され、平成 18 年 9 月 1 日から、規制の対象となる石綿含有製品の石綿の含有率が 1 重量%から 0.1 重量%に改められることとなった。

意図的に石綿を 0.1 重量%を超えて添加したと思われる製品の石綿含有率の分析方法については、平成 18 年 3 月に JIS A 1481「建材製品中のアスベスト含有率測定方法」が示されており、一定条件下のもとでは、石綿含有率 0.1 重量%程度は分析できるものである。しかし、本 JIS 法においては、天然鉱物の不純物としての石綿分析は適用しないとしている。この理由は、天然鉱物は産地によって各種不純物を含んでいるため、酸等の化学処理も困難な鉱物もあったり、かつ石綿と同様な化学組成、結晶性、屈折率などをもつ鉱物も存在したりする等、石綿として精度よく分析するには、高度な分析技術が必要である。また、国際的にも、天然鉱物中の不純物としての石綿分析については、統一された分析方法は示されていない。

こうした状況で、天然鉱物に石綿が 0.1 重量%を超えているか否かの判定をする方法の検討を行った。その結果、いくつかの天然鉱物について一定の条件下では、0.1 重量% の可否の判定が可能であることがわかったので、その分析方法を以下に示す。

8.2. 基本的考え方

工業的に利用されている天然鉱物は様々あるが、この天然鉱物の中に石綿を不純物として含むものもある。さらに、同一名の天然鉱物でも産地によって石綿を不純物として含むものと全く含まないものとがある。これらの天然鉱物は各種の石綿と類似の屈折率や粒子形態をもつ多種多様な粒子から構成されており、その中の石綿を偏光顕微鏡や分散染色顕微鏡法で検出して定量的に計数するためには専門的な技術が必要である。一方、分析電子顕微鏡（エネルギー分散型 X 線検出器を備えた走査型あるいは透過型の電子顕微鏡）では、含有石綿を同定することは可能であるが、現在、バルク試料の微量含有石綿粒子の定量計数方法が確立されていないこと、分析電子顕微鏡そのものが測定機関に普及しておらず分析調査者の養成も進んでいないことなどから、広く測定機関で用いる判定方法として用いることは難しい。そこで、広く普及している X 線回折分析法と微分熱重量分析法を採用することにした。

（１）X 線回折装置をどうするか

定量手段の X 線回折装置はその出力を上げれば、それだけ定量下限値を下げられるので、できるだけ高出力の X 線回折装置を使用することが望ましい。しかし、多くの測定機関では普及型 X 線回折装置を使用している。この普及型 X 線回折装置を用いた場合、バルク材中の微量結晶相の定量下限値は大略 1 重量%程度であり、試料の濃縮を行うことにより、大略 0.1 重量%が可能である。しかし、天然鉱物は、酸による溶解が容易でなく、試料の濃縮が困難なこと、また、繊維状だけでなく板状の粒子も石綿と同様な回折ピークを示すため、石綿のみの 0.1 重量%の定量は難しい。

しかし、分析機関等の現状からこの普及型 X 線回折装置を使用して最大限の精度を担保して、労働安全衛生法施行令に定められている条件にできるだけ近づける必要がある。

そのためには、多くの分析機関で使用している普及型 X 線回折装置を使用することを前提とするが、その装置の設定条件、操作条件を明確にする必要がある。更に、この分析の精度を確保するためには、分析機関の分析技術のレベルアップを図る必要がある。

（２）粉末化して産業利用される天然鉱物で石綿含有の可能性のあるもの

現在までに、粉末化して産業利用されている天然鉱物で石綿含有の可能性のあるものとしては、タルク、セピオライト、バーミキュライト、天然ブルーサイト、及び蛇紋岩粉末などがある。これらに含有される可能性のある石綿としては、トレモライト（アクチノライト）とクリソタイルとがある。アモサイトやクロシドライトは、意図して入れない限り、これらの天然鉱物に含有する可能性はないと考えられる。

なお、アクチノライトはやや鉄成分の多いトレモライトのことをいい、通常の X 線回折分析では区別がつかない。分析電子顕微鏡などではじめて識別できるが、両者を識別しないときは一般にトレモライトと表現されることが多い。

（３）0.1 重量%を超えているか否かの判別をどのように行うのか

前述（１）で指摘したように、普及型 X 線回折装置の設定条件、操作条件を明確することにより、回折ピークを検出するだけであれば経験的に 1 重量%以下の例えば 0.5 重量%程度の検出は可能である。そこで、0.1 重量%を正確に定量することは難しいが、 多くの測定機関で同一の測定を行なったとき、一様に回折ピークを検出できる石綿含有率レベルの標準試料を準備する。その標準試料を用いて使用する X 線回折装置を適切に調整し、その装置で標準試料を測定したのと同一測定条件で被検試料を測定して、目的の石綿の回折ピークの有無や回折線強度

などを確認することで最終的に鑑別を行なうことを提案する。

具体的には、被検試料の回折線強度が標準試料の回折線強度以下である場合、回折ピークを検出できるか否かの限界の問題や種々の測定誤差、またトレモライト等の場合、そのすべてが石綿ではない（普通、繊維状と非繊維状の粒子のトレモライトとが共存しており、そのうち繊維状のみが石綿である）ことなどを考慮して、被検試料の石綿は 0.1 重量%を超えていないと判断する。なお、一般にタルクやバーミキュライトなどの天然鉱物においては、弱酸溶液等で処理して含有アスベストのみを濃縮することは難しいので（ただし、ブルーサイトは可能）、濃縮操作による定量下限値の向上は期待できない。

（４）分析用標準試料はどうするか

X 線回折分析でタルク試料中の石綿回折ピークを検出できるか否かを調査した過去 の結果では、多くの測定機関が確認できる含有率レベルとしてトレモライトの場合 0.5 重量%、クリソタイルの場合 0.8 重量%であった（ベビーパウダーに用いられるタルク中のアスベスト試験法：厚生省暫定法）。それより低濃度になると回折ピークを検出できる分析機関とできないところとに大きくばらつく。また、バーミキュライトはタルクとほぼ同じ X 線吸収係数をもつので、回折ピークの検出レベルはバーミキュライトにおいてもタルクと同様な状況と判断できる。

そこで、タルク試料とバーミキュライト試料の中のトレモライトとクリソタイルの 判定には、以前のベビーパウダー中の石綿分析の方法と同じく、① 純粋タルク又は純粋バーミキュライトに 0.5 重量%のトレモライトを含有させた標準試料、および②純粋タルク又は純粋バーミキュライトに 0.8 重量%のクリソタイルを含有させた標準試料、をそれぞれ用いて行う。

セピオライトについては、その中に混入しているトレモライトの 8 重量%が繊維状を呈しており、92 重量%のトレモライトは繊維状ではないという研究論文があることから、その点を考慮して、純粋セピオライトに 2 重量%のトレモライトを含有させた標準試料を準備し、それを用いて被検試料中のトレモライト石綿を 0.1 重量%以上か否かを管理するものである。

ブルーサイトは、弱酸（例えばギ酸やクエン酸、希塩酸）で容易に溶解するので、クエン酸処理でブルーサイトを消去し、その残渣について X 線回折分析と微分熱重量分析（DTG 分析）を行い、石綿の含有判定を行う。ブルーサイトには蛇紋石としてリザルダイトが混合することが多い。X 線回折分析ではリザルダイトの含有は分かるが、 その中にクリソタイルが含有しているか否かの判定が難しいので、DTG 分析も合わせて行って、リザルダイトとクリソタイルの定性分析と含有率の判定を行う。したがって、ブルーサイトの標準試料は準備せず、測定方法のみを示す。

8.3. 結論

一般にタルクやバーミキュライトなどの天然鉱物においては、酸処理などによる前処理が困難な鉱物から構成される場合が多いので、JIS A 1481 に示されているように、弱酸溶液等で、分析目的の石綿以外のものを処理して濃縮することは難しい。さらに、これらの天然鉱物に含まれる不純物としての石綿をX線回折装置を使用して定量分析する場合、石綿でないにもかかわらず、あたかも石綿として分析されるおそれもある。

そこで、これらのことを勘案し、分析用標準試料として、

①純粋タルクまたは純粋バーミキュライトに 0.5 重量%のトレモライトを含有させたもの、

②純粋タルクまたは純粋バーミキュライトに 0.8 重量%のクリソタイルを含有させたもの、

③純粋セピオライトに、2 重量%のトレモライトを含有させたもの

を用い、石綿が 0.1 重量%を超えているか否かの判定をすることとした。

また、天然ブルーサイトについては、標準試料を用いず、X線回折分析と微分熱重量分析（DTG 分析）を行ない、石綿が 0.1 重量%を超えているか否かの判定をすることとした。

なお、ここで示す分析方法については、分析機関において広く普及している X線回折分析法と微分熱重量分析法を用い、天然鉱物に石綿が 0.1 重量%を超えて含有しているか否かの判定をするものであるが、他の妥当な分析方法等により、石綿をその重量の 0.1%を超えて含有してないことが適切に判断できる場合には、その結果を用いても差し支えないと考える。

8.4. 天然鉱物中の石綿含有率の分析方法

8.4.1. 適用範囲

工業的に利用されている天然鉱物の中には、石綿を不純物として含有するおそれのあるものがあるが、JIS A 1481「建材製品中のアスベスト含有率測定方法」では、石綿を 不純物として含有するおそれのある天然鉱物等は適用範囲から除かれている。

本分析方法は、これらの天然鉱物のうち粉状のタルク、セピオライト、バーミキュラ イト（焼成品を含む。）および天然ブルーサイト（軽焼マグネシウム及び重焼マグネシウム を含む。）について、石綿をその重量の 0.1%を超えて含有しているか否かの判定を行う場合において適用するものである。

なお、これら天然鉱物に含有するおそれのある石綿の種類としては、トレモライトおよびクリソタイルがある。

【解説】

1．JIS A 1481 において、石綿を不純物として含有するおそれのある天然鉱物及びこれらを原料した製品を適用範囲から除いた理由は、天然鉱物中の不純物には、石綿に加え、弱酸処理で溶けないものが多く含まれ、かつ石綿でないにもかかわらず石綿と同 様な回折線強度を示すものが多くあるため、濃縮して精度よく 0.1 質量%を定量することが困難であることによる。

2．ここに示された天然鉱物以外にも、石綿を不純物として含有する可能性のある天然鉱物も存在するが、十分な知見が得られるまでの当分の間、これらの天然鉱物のみを対象としたこと。

3．バーミキュライト等については、石綿鉱物を含有する場合、焼成が十分でないときなどは、必ずしも分解温度に達していない石綿鉱物の含有の可能性があることから、その焼成品も対象としたこと。なお、焼成前に分析を行い、石綿をその重量の 0.1%を超えて含有しないと判断されたものは、必ずしも焼成後に分析を行なう必要はないこと。

4．粉状の天然鉱物としたのは、繊維状を呈していない塊状の岩石は石綿等に該当しないが、これを微細に粉砕することにより繊維状を呈するクリソタイル等が発生し、その含有率が微細に粉砕された岩石の重量の 0.1%を超えた場合は、石綿等に該当するためである。

5．天然鉱物を粉砕した場合であっても、繊維状を呈するクリソタイル等がその重量の 0.1%を超えて含有していないことを適切な分析等よる方法により確認できれば、石綿等には該当しない（適用範囲にはならない）。

8.4.2. 試料の採取・調製方法

試料の採取に当たっては、本分析方法が適用される天然鉱物が粉状で輸入される場合 はその単位ごとに、また、塊状で輸入され、国内で塊状を粉砕して使用する場合はその 塊状を粉砕する単位ごとに、同一ロットから1サンプル当たり 10g 程度で、3サンプル以上採取する。

採取した試料はそれぞれ目開き 75μm 以下の篩下に調製し、各試料ごとに分析する。

【解説】

1．適用範囲における天然鉱物が塊状の状態で輸入され、塊状の状態で使用する場合は、たとえクリソタイル等がその成分として 0.1 重量%を超えて含有していたとしも、労働安全衛生法（以下「法」という。）第 55 条（製造等の禁止）の適用対象にならないが、 塊状の状態の物を国内で粉砕して粉状の状態にするときに、又は粉状の状態で輸入するときに、繊維状を呈するクリソタイル等が 0.1 重量%を超えて含有している物については、法第 55 条に基づき、輸入、製造等が禁止となる。

そこで、法第 55 条の対象となる天然鉱物か否かを判断するためには、試料の採取が必要となる。

（１）粉状で輸入される場合　輸入段階において、試料を採取する。

この試料採取については、同一鉱山からの産出物であることが前提となって定めているので、鉱山が異なる場合は、そのごとに試料を採取する必要がある。

なお、試料採取は、原則として船単位等でランダムに抽出して行う必要があるが、 同一鉱山から産出するもの、かつ、その成分の変動の可能性が少ないと判断されるものについては、それらを考慮し、適切な頻度で行えば、必ずしも船単位等で行う必要はないと考える。

（２）塊状で輸入される場合　輸入段階において、試料を採取する必要はない。ただし、これを粉砕して粉状にすることが想定される場合は、粉砕後に 0.1 重量％を超えることが明らかになれば、粉砕した物の使用等はできなくなるため、上記（１）と同様の取扱いとすることが望ましい。

（３）塊状の物を粉砕して、粉状にする場合　試料の採取単位を、粉砕する事業所に搬入された塊状の物を粉砕する単位ごとにした理由は、搬入された塊状の物が上記（１）に示された鉱山が異なることも想定しているためである。よって、鉱山が同一であれば、事業所に搬入された塊状の物が同一ロットとなる。

なお、上記（２）の但し書きによる試料の採取を行い、分析を行った結果、0.1 重量％以下であると判定されているものについては、試料採取の必要はない。

2．試料の採取量、試料の粒度は、通常、遊離けい酸含有率の分析で行う X 線回折分析における定性／定量分析の考え方に沿って設定した。

8.4.3. 天然鉱物中の石綿含有率の分析方法

8.4.3.1. タルク中の石綿含有率の分析方法

本法は、タルク中の石綿をX線回折法を利用してその含有率を判定するものである。 本法の対象とする石綿は、トレモライト及びクリソタイルである。普及型X線回折分析による検出限界は、概ねトレモライト0.5重量%、クリソタイル0.8重量%である。 検出限界は、装置や試料の状態（マトリックス物質のX線吸収係数の大小、均質性、粒径、粒子配向等）、分析技術等によって異なるが、これ以下のレベルでは再現性が乏しい。方法は、まず検出限界付近の標準試料を用いて標準試料中のトレモライトとクリソタイルの回折線を確実に検出できるように装置の較正を行い、かつ測定条件を選定する。

次に、被検試料の当該回折線強度を標準試料と同一測定条件で求め、被検試料の示す回折線の強度を標準試料の石綿の回折線の強度と比較して、それ以下であることを確認する。

（１）X線回折装置

普及型 X 線回折装置を使用するが、以下の点に留意する必要がある。タルク中の石綿の検出については、微量の石綿を対象とすることから、X線回折装置の選択と機器の精密な調整が重要である。

X線回折装置の選択には、指定された測定条件又はそれ以上の条件が選べるもので安定したX線強度が保持でき、標準試料中の石綿の回折線を十分に明瞭なピークとして記録できるものを選ぶことが必要である。機器の調整、特にゴニオメーターの 調整が不十分な場合は、回折線の誤認や回折線強度の減少が生じ、正確な判定が困 難となる。その影響は回折角が低角度ほど大きいので、本試験で回折角（２θ）10.4°　のトレモライトや12.1°のクリソタイルの回折線の強度測定には十分な注意が必要である。

（２）石綿含有タルク標準試料

トレモライト25.0mgをタルク4.975gによく混和させた粉末試料をトレモライト 含有タルク標準試料とする。クリソタイル40.0mgをタルク4.960gによく混和させた粉末試料をクリソタイル含有標準試料とする。

（３）分析操作

ア　X線回折装置の測定条件 測定範囲（２θ）：

トレモライト10.0－11.0°

クリソタイル 11.0－13.0°または 23.0－26.0°管電圧、および

電流：40kV、30mA またはそれ以上で測定する。

対陰極：Cu

単色化：グラファイトモノクロメーターまたは Ni フィルター

検出器：シンチレーションカウンター、プロポーショナルカウンター、
ガイガーカウンター、半導体検出器等

スリット系：受光スリット 0.3mm または 0.2mm

発散スリット　1°

散乱スリット　1°

ゴニオメーター走査速度：毎分 1/8° またはそれ以下

時定数：適時定数を用いる。

チャートのフルスケール：回折線の強度測定はバックグランドを差し引いた正味のピーク面積を求める。記録チャートには回折線がピークとして確認できるような適切なフルスケールを選ぶこと。

イ　測定法　X 線回折装置の測定条件を適切なものに設定する。トレモライト含有タルク標準試料とクリソタイル含有タルク標準試料をそれぞれ試料保持板に固く詰め、X 線 回折装置のゴニオメーターに装着する。トレモライト含有タルク標準試料を回折角（２θ）10.0－11.0°（回折ピーク位置 10.4°付近）、クリソタイル含有タルク標準試料を回折角（２θ）11.0－13.0°（回折ピーク位置 12.1°付近）又は 23.0－26.0°（回折ピーク位置 24.3°付近）の範囲で測定し、回折線強度（面積）を記録する。これらの標準試料を試料保持板に詰め直して、3 回繰返し測定して、再現性のある回折線の強度（面積）が明らかに認められることを確認したうえで、それらの平均強度（面積）を記録する。

次に、被検試料の測定を同様に行う。試料を詰め直して 3 回繰り返し測定する。このとき、トレモライトは 10.4°の回折線、クリソタイルは 12.1°または 24.3°の回折線が認められるか否かを確認する。回折線が認められた場合は 3 回の平均強度（面積）が各々標準試料の当該回折線強度（面積）以下か否かを確認する。

ウ　判定方法　上記イの測定の結果、回折線が認められない場合または標準試料の当該回折線強度以下である場合は 0.1 重量%を超えていないと判定される。

（４）分析上の留意点

タルクに共存しやすい鉱物として、緑泥石（クロライト）、方解石（カルサイト）、苦灰岩（ドロマイト）、マグネサイト、石英（クオーツ）等がある。石綿含有の判定には、まず試料タルクの定性分析を行い、石綿以外の共存物質の回折線が重なっていないか十分に調べておくことが重要である。トレモライトの 10.4°の回折線には上記の鉱物の回折線は重ならないが、クリソタイルの 12.1°と 24.3°の回折線の付近には緑泥石の回折線が出現（各々12.5°と 25.0°付近に出現）することがあること

から、 これらの回折線の重なりを十分注意する必要がある。

X線回折分析によりトレモライトを検出した場合、それが石綿かどうか決定するには、さらに分析電子顕微鏡を用いて粒子形状や化学組成を確認することが必要である。しかし、現在、分析電子顕微鏡が普及していないことや分析電子顕微鏡による定量計数法が確立していないことなどから、本法ではX線回折分析によりトレモラ イトに相当する回折線の検出をもって石綿としている。

【参考文献】

１）ベビーパウダーの品質確保について、繊維状物質測定マニュアル付録；（社）日本作業環境測定協会

２）神山宣彦、森永謙二（1987）ベビーパウダー中のアスベスト、医学の歩み Vol.147、№1、47-48.

8.4.3.2. セピオライト中の石綿含有率の分析方法

本法は、セピオライト中の石綿含有率をX線回折法により判定するものである。本法の対象とする石綿は、トレモライトである。本法は、まず標準試料を用いて標準試料中のトレモライトの回折線を確実に検出できるように装置の較正を行ない、かつ測定条件を選定する。次に、被検試料の当該回折線強度を標準試料と同一測定条件で求め、被検試料の示す回折線の強度を標準試料のアスベストの回折線の強度と比較して、それ以下であることを確認する。

（１）X線回折分析装置

普及型X線回折装置を使用するが、以下の点に留意する必要がある。セピオライト中のトレモライトの検出については、微量のトレモライトを対象とすることから、X線回折装置の選択と機器の精密な調整が重要である。

X線回折装置の選択には、指定された測定条件又はそれ以上の条件が選べるもので安定したX線強度が保持でき、標準試料中のトレモライトの回折線を十分に明瞭なピークとして記録できるものを選ぶことが必要である。機器の調整、特にゴニオメーターの調整が不十分な場合は、回折線の誤認や回折線強度の減少が生じ、正確な判定が困難となる。その影響は回折角が低角度ほど大きいので、本試験で回折角（２θ）10.4°のトレモライトの回折線の強度測定には十分な注意が必要である。

（２）トレモライト含有セピオライト標準試料

トレモライト100.0mgをセピオライト4.900gによく混和させた粉末試料をトレモライト含有セピオライト標準試料とする。

（３）分析操作

ア　X 線回折装置の測定条件 測定範囲（２θ）：

トレモライト 10.0−11.0°

管電圧および電流：40kV、30mA またはそれ以上で測定する。

対陰極：Cu

単色化：グラファイトモノクロメーターまたは Ni フィルター

検出器：シンチレーションカウンター、プロポーショナルカウンター、ガイガーカウンター、半導体検出器等

スリット系：受光スリット 0.3mm または 0.2mm

発散スリット　1°

散乱スリット　1°

ゴニオメーター走査速度：毎分 1/8° またはそれ以下

時定数：最適時定数を用いる。

チャートのフルスケール：回折線の強度測定はバックグランドを差し引いた正味のピーク面積を求める。記録チャートには回折線がピークとして確認できるような適切なフルスケールを選ぶこと。

イ　測定法　X 線回折装置の測定条件を適切なものに設定する。トレモライト含有セピオライト標準試料を試料保持板に固く詰め、X 線回折装置のゴニオメーターに装着する。 この標準試料を回折角（２θ）10.0−11.0° （回折ピーク位置 10.4° 付近）の範囲で測定し、回折線強度（面積）を記録する。

この標準試料を試料保持板に詰めたものは、詰め直すと試料の配向効果などで強度の変化が起きるので、別々の試料保持板に詰めたもの 3 個を用意し、それらを測定して、再現性のある回折線の強度（面積）が明らかに認められることを確 認したうえで、それらの平均強度（面積）を記録する。

次に、被検試料の測定を同様に行う。この際、別々の試料保持板に詰めた測定試料 3 個を用意する、または被検粉末試料から 3 回試料を採取し、試料保持板に詰め直すことにより、3 回測定する。このとき、トレモライトの 10.4° の回折線が認められるか否かを確認し、回折線が認められた場合は 3 回の平均強度（面積）が標準試料の当該回折線強度（面積）以下か否かを確認する。

ウ　判定方法　上記イの測定の結果、回折線が認められない場合あるいは標準試料の当該回折線強度以下である場合は 0.1 重量%を超えていないと判定される。

（４）分析上の留意点

セピオライトに共存しやすい鉱物として、方解石（カルサイト）、苦灰岩（ドロマイト）、マグネサイト、石英（クオーツ）等がある。トレモライト含有の判定には、

まず試料の定性分析を行い、トレモライト以外の共存物質の回折線が重なっていないか十分に調べておくことが重要である。一般に、トレモライトの 10.4°の回折線には上記の鉱物の回折線は重ならないが、定性分析は重要である。

X 線回折分析によりトレモライトを検出した場合、それが石綿かどうか決定するには、さらに分析電子顕微鏡を用いて粒子形状や化学組成を確認することが必要である。しかし現在、分析電子顕微鏡が普及していないことや分析電子顕微鏡による 定量計数法が確立していないことなどから、本法では次のようにしてトレモライトを判定している。 セピオライト中のトレモライトの粒子形状を調べて、繊維状と非繊維状の粒子割合とそのサイズから繊維状粒子の重量%を求めた研究論文がある。それによると、トレモライト粒子の中で繊維状を呈しているのは全トレモライト粒子の約 8 重量%であるとしている。本法では、検出されたトレモライトの約 8 重量%が繊維状トレモライトであるということと、低濃度領域の誤差の大きさを考慮して、セピオライト中に 2 重量%相当のトレモライトを含有する標準試料のトレモライト回折線強度より被検試料のトレモライト回折線強度が低い場合、被検試料中のトレモライト石綿は 0.1 重量%を超えていないと判定するものである。

【参考文献】
１）茅原信暁他：長繊維セピオライト中の繊維状トレモライトの定量方法、Vol43、№4 粘土科学、2004 年
２）増子貴他：長繊維セピオライト中のトレモライトの X 線回折法による定量、Vol43、№4 粘土科学、2004 年

8.4.3.3. バーミキュライト中の石綿含有率の分析方法

本法は、X 線回折法を利用してバーミキュライト中の石綿の含有率を判定するものである。バーミキュライトは、その産地によりトレモライトやクリソタイルの石綿を含有することがある。バーミキュライトの約 12.4°の回折線がクリソタイルの 12.1°の回折線と重なり合う。また、バーミキュライトはその構造層間に水和したマグネシウム層をもつが、一般にバーミキュライトとされる鉱産物の多くは、構造層間にカリウムを比較的多く持ついわゆるハイドロバイオタイトを含むことが多い。そのハイドロバイオタイトの約 10.5°の回折線がトレモライトの 10.4°の回折線と重なり合うことがある。また、酸処理法や低温灰化法などの方法では、バーミキュライトやハイドロバイオタイトは分解しにくく、濃縮・定量は容易でない。こうした理由から、原鉱を単に粉末 X 線回折測定した場合は、石綿の含有を誤認したり、あるいは過剰量に評価したりしやすい。

そのため、本法は簡易な試料前処理を施した試料について X 線回折分析を行ない、その結果から石綿含有を判定するものである。普及型 X 線回折分析による検出限界

は、 概ねトレモライト0.5重量%、クリソタイル0.8重量%である。検出限界は、装置や試料の状態（マトリックス物質の X 線吸収係数の大小、均質性、粒径、粒子配向等）、分析技術等によって異なるが、これ以下のレベルでは再現性が乏しい。方法は、まず検出限界付近の石綿を含有する標準試料に所定の前処理を施し、その前処理を施した標準試料中のトレモライトとクリソタイルの回折線を確実に検出できるように装置の較正を行い、かつ最適な測定条件を選定する。次に、被検試料にも同じ前処理を施し、その試料の当該回折線強度を標準試料と同一測定条件で求め、被検試料の示す回折線の強度を標準試料の石綿の回折線の強度とを比較して、それ以下であることを確認する。

（１）X線回折分析装置

バーミキュライト中の石綿の検出については、微量の石綿を対象とすることから、X線回折装置の選択と機器の精密な調整が重要である。

X線回折装置の選択には、指定された測定条件かそれ以上の条件が選べるもので安定したX線強度が保持でき、標準試料中の石綿の回折線を十分に明瞭なピークとして記録できるものを選ぶことが必要である。機器の調整、特にゴニオメーターの調整が不十分な場合は、回折線の誤認や回折線強度の減少が生じ、正確な判定が困難となる。その影響は回折角が低角度ほど大きいので、本試験で10.4°のトレモライトや12.1°のクリソタイルの回折線の強度測定には十分な注意が必要である。

（２）石綿含有バーミキュライト標準試料

トレモライト25.0mgをバーミキュライト4.975gによく混和させた粉末試料をトレモライト含有バーミキュライト標準試料とする。クリソタイル40.0mgをバーミキュライト4.960gによく混和させた粉末試料をクリソタイル含有バーミキュライト標準試料とする。

（３）分析操作

ア　試料の前処理　以下の①カリウム溶液処理または②加熱処理のいずれの処理を施す。

①カリウム溶液処理

トレモライト含有バーミキュライト標準試料とクリソタイル含有バーミキュライト標準試料各々1.0gを1モルの塩化カリウム水溶液100mL中によく分散させ、70℃から 80℃の温度で1時間以上放置して層間イオンを十分にカリウムイオンに置換する。処理物は、遠心分離機で遠沈させ、上済みを棄却する。その沈殿物に蒸留水を加えて攪拌し、再度遠沈させる。この操作を3回繰り返し沈殿物を良く洗浄する。洗浄後の沈殿物を、100℃の乾燥機中またはシリカゲルデシケーター中で十分に乾燥

させる。被検試料も上記と同様なカリウム溶液による前処理を施す。

②加熱処理

トレモライト含有バーミキュライト標準試料とクリソタイル含有バーミキュライト標準試料各々1.0g を、加熱炉中にて 350±10℃で 1 時間以上加熱処理する。加熱処理物はデシケーター中にて放冷し、室温になったら直ぐに X 線回折測定に供する。

被検試料も上記と同様な加熱処理を施す。

※加熱処理の場合、バーミキュライトに含まれるハイドロバイオタイトについて復水の関係で、a）バーミキュライトとクリソタイルおよびトレモライトのピークが分離できないことがある、b）加熱処理から、X 線回折測定終了まで連続して乾燥状態を保つ、c）試料高温（試料を所定温度に保持したまま測定できる）機能付の X 線回折分析装置を用いるなどの注意と手法を要する分析方法である。

イ　X 線回折装置の測定条件 測定範囲（２θ）：

トレモライト 10.0－11.0°

クリソタイル 11.0－13.0° または 23.0－26.0°

管電圧及び電流：40kV、30mA またはそれ以上で測定する。

対陰極：Cu

単色化：グラファイトモノクロメーターまたは Ni フィルター

検出器：シンチレーションカウンター、プロポーショナルカウンター
ガイガーカウンター、半導体検出器等

スリット系：受光スリット 0.3mm または 0.2mm

発散スリット　1°

散乱スリット　1°

ゴニオメーター走査速度：毎分 1/8° 又はそれ以下

時定数：最適時定数を用いる。

チャートのフルスケール：回折線の強度測定はバックグランドを差し引いた正味のピーク面積を求める。記録チャートには回折線がピークとして確認できるような適切なフルスケールを選ぶこと。

ウ　測定法　X 線回折装置の測定条件を適切なものに設定する。前処理を施したトレモライト含有バーミキュライト標準試料とクリソタイル含有バーミキュライト標準試料をそれぞれ試料保持板に固く詰め、X 線回折装置のゴニオメーターに装着する。トレモライト含有バーミキュライト標準試料を回折角（２θ）10.0－11.0° （回折ピーク位置 10.4° 付近）、クリソタイル含有バーミキュライト標準試料を回折角（２θ）11.0－13.0° （回折ピーク位置 12.1° 付近）ま

たは 23.0－26.0°（回折ピーク位置 24.3°付近）の範囲を測定する。それらの回折線強度（面積）を記録する。これらの標準試料を試料保持板に詰め直して、3 回繰返し測定して、再現性のある回折線の強度（面積）が明らかに認められることを確認したうえで、それらの平均強度（面積）を記録する。
次にカリウム溶液処理または 350℃加熱処理を施した被検試料の測定を同様に行なう。 試料を詰め直して 3 回繰り返し測定する。このとき、トレモライトは、10.4°の回折線、クリソタイルは 12.1°または 24.3°の回折線が認められるか否かを確認する。回折線が認められた場合は 3 回の平均強度（面積）が各々標準試料の当該回折線強度（面積）以下か否かを確認する。

エ　判定方法　上記ウの測定の結果、回線線が認められない場合あるいは標準試料の当該回折線強度以下である場合は 0.1 重量%を超えていないと判定される。

（４）分析上の留意点

バーミキュライトに共存しやすい鉱物として、緑泥石（クロライト）、金雲母（フロゴパイト）、黒雲母(バイオタイト)、方解石（カルサイト）、苦灰岩（ドロマイト）、 マグネサイト、石英（クオーツ）等がある。石綿含有の判定には、まず被検試料（バーミキュライト）の定性分析を行い、石綿以外の共存物質の存在を十分に調べておくことが重要である。その上で、カリウム処理あるいは加熱処理を施した試料のバーミキュライトの回折線がトレモライトの 10.4°の回折線とクリソタイルの 12.1°と 24.3°の回折線に重ならないか十分に検討する。緑泥石が含有されている場合は、その回折線が 12.5°と 25.0°付近に出現することから、クリソタイルの回折線との重なりを十分注意する必要がある。

X 線回折分析によりトレモライトを検出した場合、それが石綿かどうか決定するには、さらに分析電子顕微鏡を用いて粒子形状や化学組成を確認することが必要である。しかし、現在、分析電子顕微鏡が普及していないことや分析電子顕微鏡による 定量計数法が確立していないことなどから、本法では X 線回折分析によりトレモライトに相当する回折線の検出をもって石綿としている。

【参考文献】

山﨑淳司他：作業環境 Vol.28　№3　2007 年

8.4.3.4. 天然ブルーサイト中の石綿含有率の分析方法

天然ブルーサイト中には、クリソタイルが含まれていることが指摘されており、その含有の有無を判断するための方法が求められている。

天然ブルーサイトは、不純分として緑泥石（クロライト）、マグネサイト、ドロマ

イ ト、蛇紋石（サーペンティン）等を含有するため、X 線回折法での含有率の定量は困難である。また、微分熱重量分析法（DTG 法）おいてもクリソタイルと減量温度が近接する共存鉱物（リザルダイト、クロライト、マグネサイト、ドロマイト等）の影響 によりクリソタイルの定量を困難にしている。そこで、ブルーサイトに関しては、酸処理を行うことでブルーサイトを溶解し、溶解残さ中に不純物として存在するクリソ タイルを X 線回折法及び微分熱重量法（DTG 法）を用い、その存在の有無を確認することで、天然ブルーサイト中のクリソタイル含有の有無の判断をする。

（１）分析用試料の作製方法

X 線回折法及びDTG 法に用いるための試料は次の様な手順で作製する。

ア　ブルーサイトを乳鉢等を用いて粉砕する。

イ　粉末化したブルーサイト試料約 5g を 20%クエン酸 200mL の入っているビーカーに加え、約 1 時間攪拌してブルーサイト試料を溶解させる。

ウ　溶解終了後、メンブランフィルター（ポアサイズ 1μm）にて溶解残さを回収する。その後、溶解残さ試料を 105℃で 2 時間乾燥後、溶解残さ分析用試料とする。

（２）分析方法

ア　X 線回折装置の測定条件を適切な条件に設定する。溶解残さ分析用試料を試料保持板に詰め、X 線回折装置のゴニオメーターに装着した後、定性分析を行い、クリソタイルの存在を示す回折角（２θ）12.1° または 24.3° の回折線の有無を確認する。

イ　次に、熱分析装置の測定条件を適切な条件に設定する。溶解残さ分析用試料約 2　0mg を微分熱重量分析装置を用いて定性分析を行い、DTG 曲線にクリソタイルの存在を示すピークの有無を確認する。

ウ　X 線回折装置と微分熱重量分析装置の測定条件

①X 線回折装置による測定条件の例

測定範囲（２θ）：クリソタイル 11.0－13.0° または 23.0－26.0°

管電圧及び電流：40kV、30mA またはそれ以上で測定する。

対陰極：Cu

単色化：グラファイトモノクロメーターまたは Ni フィルター

検出器：シンチレーションカウンター、プロポーショナルカウンター、
　　　　ガイガーカウンター、半導体検出器等

スリット系：受光スリット 0.3mm または 0.2mm

発散スリット　1°

散乱スリット　1°

ゴニオメーター走査速度：毎分 1/8° またはそれ以下

時定数：最適時定数を用いる。

②微分熱重量分析装置の測定条件

試料量：約 20mg

温度：室温～1000℃

昇温：20℃/min

試料周りの雰囲気：静止空気

基準物質：α-Al_2O_3 を 20mg

測定項目：DTG（微分熱重量）

（３）判定方法

ア　X 線回折法による定性分析の結果、クリソタイルのピークが確認できなく、かつ、 DTG 法においてもクリソタイルのピークが確認できない場合は、ブルーサイト試料中には 0.1 重量%を超えて石綿を含有していないと判定される。

イ　X 線回折法及び DTG 法のいずれかの方法並びに両方法においてにクリソタイルの存在を示すピークが認められた場合、0.1 重量%を超えて石綿を含有していると判定される。

【解説】

１．被検試料をクエン酸にて前処理した後、所定の X 線定性分析条件下で X 線回折装置による定性分析を行ない、クリソタイルの存在を示す回折線が確認できない場合は、さらに、所定の条件で DTG に定性分析を行うものであること。

２．なお、X 線回折法による定性分析の結果、12.1° または 24.3° のピークが確認された場合において、DTG 法でクリソタイルのピークが確認できず、リザルダイトあるいはアンチゴライトのピークが確認された場合は、X 線回折法におけるリザルダイトあるいはアンチゴライト、もしくは存在の確認されたその他の挟雑物のピークと重複しないクリソタイル特有のピークが確認できなければ、0.1 重量%を超えて石綿を含有していないと判定されること。

第９章. 分析結果の信頼性を確保するための分析機関としての望ましい組織体制

分析結果の信頼性を確保するための分析機関としての望ましい組織体制について定められたものとしては、国際標準化機構（ISO）と国際電気標準会議（IEC）が共同で制定した国際規格である ISO/IEC17025 がある。ISO/IEC17025 は、試験所・校正機関に適用される国際規格であり、試験所や校正機関の試験・校正結果の品質保証を行うためのルールが定められており、世界中の認定機関が試験所・校正機関の認定基準として利用している。これらを参考にしたものとして、国内では、「水道水質検査優良試験所規範（2018）」（公益社団法人日本水道協会）において、水質試験結果の信頼性を確保するための組織体制等が示されている。また ISO/IEC17025 以外では「環境計量証明事業登録手引き（2019）」や「登録検査機関における水質検査の業務管理要領の策定について」（厚生労働省健康局水道課長通知（平成 24 年 9 月 21 日））等で参考となる指標が示されていることから、それらを参考に望ましい管理体制を次のとおり検討した。

表 9.1 に ISO/IEC17025 の要求事項を示した。ISO/IEC17025 では表 9.1 に示す 25 項目について審査を行うことになるが、ここでは、この中から、石綿含有建材の分析結果の信頼性を確保するために必要と思われる項目について要求事項を示した。

なお、この章は、分析機関の信頼性保証のための認証基準等を作成する目的で作成したものではなく、信頼性保証のための考え方のみを示すものである。このため、具体的な取組に関しては、分析機関それぞれにおいて、その状況に応じて取り組んでいただきたい。また、現状では、この章で述べる事項をすべて満たさなければ分析結果の信頼性が確保される分析機関ではないと言い切れるものではないが、石綿分析結果の信頼性向上のために、対応可能な部分から順次導入することが望ましいと考える。

また、分析機関の信頼性保証に関しては、本章に基づく自主的な取組にとどまらず、海外の既存の分析認証制度（米国のＮＶＬＡＰ等）や国内の複数の認証機関で行われている上述の ISO/IEC17025 の認証制度の利用等、第３者の認定を受けることが考えられる。

表 9.1　ISO/IEC17025 の要求事項の例

１．管理上の要求事項	２．技術的要求事項
(1) 組織	(1) 一般
(2) マネジメントシステム	(2) 要員
(3) 文書管理	(3) 施設及び環境条件
(4) 依頼、見積仕様書及び契約書の確認	(4) 試験・校正方法の妥当性の確認
(5) 試験所及び校正の下請負契約	(5) 設備
(6) サービス及び供給品の購買	(6) 測定のトレサビリテイ
(7) 顧客へのサービス	(7) サンプリング
(8) 苦情	(8) 試験・校正品目の取扱い
(9) 不適合の試験・校正業務の管理	(9) 試験・校正結果の品質の保証
(10) 改善	(10) 結果の報告
(11) 是正処置	
(12) 予防処置	
(13) 記録の管理	
(14) 内部監査	
(15) マネジメントレビュー	

9.1. 管理上の要求事項

9.1.1. 組織体制

建材製品中の石綿の分析を実施するにあたり、その作業工程が手順書として明文化されている必要があると考える（便宜上このような手順を明文化したものをこの章では「標準作業手順書」とする。）。また、組織として分析結果の信頼性を確保する体制整備が必要である。

具体的には、次の点が挙げられる。

ア「建材等の石綿含有有無の分析調査依頼があった時にどのような手順、体制で分析を行うか」

イ「分析調査を実施可能な分析調査者が複数いる場合、どのような手順で分析調査者を選定するか」

ウ「検体が分析機関に到着した後から、分析が終了するまでどのような作業手順で行うか」

このとおり、試料採取、分析サンプルの管理、分析操作手順、分析施設・環境の管理、分析機器管理、分析データ・分析結果の管理、分析データの機密保持、分析データの修正等に係る手順など、分析に関わるすべての手順における社内の取り決めが標準作業手順書として文書化され、関係者において社内教育等を通じて、共有・徹底される必要がある。なお、仮に、これら標準作業手順書にあたるものが全く作成されて

いない機関であれば、早急に全ての手順書を整えることは困難であるため、まずは、本マニュアルの第１章から第６章に記載されている事項を当面の社内の標準作業手順書として定め、次にそれ以外の社内の分析機器管理等の標準作業手順書から作成をはじめ、徐々に整備していく方法もある。

また組織として、次の者を選任することが望ましい。

(1)　作業ごとの責任者及び担当者
(2)　分析業務の運営を統括的に管理する運営管理者
(3)　分析結果の精度を確保するため、分析結果の妥当性を判断し確認する精度管理者
(4)　後述の文書・試料管理者や分析機器の維持管理をするための機器管理責任者

なお、これらの者は独立に選任する必要は無く、重複することもあり得る。

その他、データの信頼性を保証するための分析部門に対して、独立した監査・信頼性保証部門又は信頼性保証責任者を定めることが望ましいが、組織上これらを定めることができない場合においても、分析調査者以外の管理者等がデータの信頼性について定期的に監査・点検することが望ましい。

（ここで示した各種の管理者の名称はこの章の理解のために便宜上定めた名称であり、その他の名称でもかまわない。）

9.1.2. 分析結果の精度管理

分析結果の精度管理においては、分析が社内で取り決めた手順の通り行われていることが前提となるため、前述のとおり管理者の役割分担や分析手順が標準作業手順書として文書化されていることが必要であると考える。具体的には、例えば「分析調査者が本マニュアル又は JIS A 1481-1 に規定する試験方法で分析を実施すること」等が標準作業手順書に明記される必要がある。

併せて、標準作業手順書通り分析が行われるよう標準作業手順書に記載した本マニュアル又は JIS A 1481「建材製品中のアスベスト含有率測定方法」等の分析方法を定める関係マニュアルを備え付ける他、当該分析方法の参考とする書籍等を備え付け、常に分析調査者が閲覧可能な状態にしておく等、これらの関係資料を分析調査者（複数在籍している場合は全ての分析調査者に対して）に周知しておく必要がある。

その上で、分析結果に関して精度管理を行う精度管理者を選任し（もしくはこれが困難な場合は分析の責任者。以下「精度管理者等」という。）を選任し、例えばどこの部分のデータを確認することによって分析結果の妥当性を判断するかなど明確な判断基準を標準作業手順書に定め（またはルール化し）、それに基づきそれぞれの分析調査者の分析結果の精度を精度管理者が点検していく必要がある。併せて、精度管理者は分析結果の精度を踏まえ、後述の分析調査者の能力向上のための教育訓練のプログラム作成等に関与・助言し、分析機関としての分析精度の向上を図る必要がある。

例１　本マニュアル又は JIS で示されている判定方法（フロー図）に従って、石綿の定性分析を実施しているか。

例２　定量分析結果として、3 回のデータを記載することとなっているが、3 回のデータの変動係数が 10%以内であるか。

例３　石綿の定量分析で、基底標準吸収補正法の係数が 3 回のデータ全てが 1 以上であるか。

例４　本マニュアル又は JIS に示されている分析条件またはこれと同等以上の分析条件で分析を実施しているか。

9.1.3. 文書・分析試料の管理

ここでいう文書とは前述の標準作業手順書に基づき当該分析に係る分析機関の内部で作成されるすべての文書及びデータ（例えば、分析データ整理表、分析機器の測定結果のプリントアウト、分析機器の管理台帳など）および外部に発行した文書（例えば、報告書）をいい、 その文書の作成から管理・保管、廃棄に関する手順を標準作業手順書で定め、それら文書が標準作業手順書に従い適切に管理される必要がある。

具体的には、結果報告書であれば「石綿則第３条第５項の石綿含有建材等の分析結果の定型の様式（一般に示されている様式又は自社の独自の様式）の定め」（様式のサンプルも掲載）、「分析結果報告書（控え）の保存場所及び保存期間」「保存場所の機密管理（鍵等の管理、貸し出し等の手続きなど）」「結果報告書の記載や修正の内部手続き」「保存文書の廃棄の手順」「様式改定の社内手続き」などを標準作業手順書で定め、それらに従って管理する。

9.2. 技術的要求事項

建材製品中の石綿の分析結果の信頼性を確保する上で、最も重要な点は、「分析調査者の技量」、「分析機器等」の装備及びそれらの管理である。依頼された建材試料の分析結果により建築物等の解体等作業の方法も費用も大きく異なるものとなる。また、万一、「石綿含有」でありながら、「石綿含有せず」と判定することがあれば、その結果をもとに、比較的簡易な防護、飛散防止対策により解体が行われることになり、解体作業者はもとより、解体現場の近隣で生活している住民を石綿にばく露させてしまう可能性があり、分析結果における含有の有無の判定は極めて重要である。

9.2.1. 分析調査者の技量

組織として分析技量を維持・担保するために必要と思われる点を次にあげる。

(1) 石綿分析に関する分析調査者の国家資格、認証資格等の取得の促進

国家資格や認証資格があるものに関しては、これを取得する。なお、石綿障害予防規則等の一部を改正する省令（令和２年厚生労働省令第 134 号）により、分析調

査については、適切に分析調査を実施するために必要な知識及び技能を有する者として厚生労働大臣が定めたものに行わせなければならないとされ、令和２年厚生労働省告示第 277 号に規定する分析調査講習を受講し修了考査に合格した者、又はこれと同等以上の知識及び技能を有する者である必要があることとされた（令和５年10 月１日施行）。

⑵「分析調査者の年間の分析実施試料数」

石綿を含む建築材料の組成は多岐に及ぶため、石綿建材の前処理には、分析調査者の技量が要求される。このため、年間の分析実施数が「10 試料」と「100 試料」の分析調査者では、経験値の差が大きく、試料数の把握は、分析技術者の技量を推し量る指標の一つになる。

⑶顕微鏡の調整

建材製品中の石綿の分析方法の中で、技量の差が大きく影響する要因として、顕微鏡の調整がある。顕微鏡による計数分析は、分析する前に分析調査者自身の目に合わせて顕微鏡を調整することが必須である。このため、顕微鏡の調整ができるか否かをテストスライドで確認することが重要である。

⑷組織内の分析調査者の分析精度の一定レベルの保持とこれを維持する体制

運営管理者や試験の責任者は、分析調査者の技量を把握した上、前述の精度管理者等の意見等も踏まえ、組織としての分析精度を維持するために、分析技量が十分でない者の分析結果について熟練者が確認する体制を整備する等特別な措置を検討することも必要と考えられる。

また、運営管理者等は、組織としての分析精度を維持するため、人事異動等の分析調査者の入れ替わり等も考慮して、前述の分析調査者の分析技量や精度管理者等の意見等も踏まえ、分析調査者の能力向上のため、個々の分析調査者の中長期的な教育訓練のプログラムを作成する。このプログラムの中では、分析調査者の技術力を向上、もしくは維持するための社内教育や訓練の実施、内部精度管理による技量確認や技能向上の取組みも重要であり、さらに外部機関が実施している講習会等への参加等、実施事項とその実施時期が含まれる。

⑸外部精度管理の活用

分析調査者の技量を維持・担保するために必要なこととして、分析調査者の経験値の差を補うことを含め、内部あるいは外部機関が行う精度管理や情報収集のための講習会に参加することにより、現状把握のみならず、さらなる向上を目指すための目標を設定すること等が考えられるが、特に、分析機関の規模が小さい等のため、分析調査者が一人のみであり、内部精度管理を行ったとしても当該分析調査者の技量を把握するための比較対象となる分析調査者がいない場合や分析調査者の人数が少ない場合が有ろうと思われ、このような状況において分析調査者の技量の維持・担保を図るためには、何らかの客観的な指標が必要となる。その際は、外部機関が

行う分析技量の評価制度や研修制度等を活用することが一つの方法となる。これらには、公益社団法人日本作業環境測定協会が実施する石綿分析技術評価事業や一般社団法人日本環境測定分析協会が実施するアスベスト分析技能試験、一般社団法人日本繊維状物質研究協会が実施する石綿の分析精度確保に係るクロスチェック事業等の技能評価制度がある。

9.2.2. 設 備

9.2.2.1. 施設および環境条件

施設および環境条件としては、石綿の分析業務を適正な分析場所で実施する必要がある。他の分析業務と相互に影響を受けないように効果的に分離された条件で分析が実施される必要がある。さらに分析調査者の石綿ばく露を防止するため、局所排気装置等法令に基づく措置を適切に講じなければならない。

また、呼吸用保護具や手袋を着用させる必要があるほか、法令に基づく特殊健康診断を受診させることが必要である。

なお、これらの対応も踏まえ、分析方法等の標準作業手順書の策定に当たっては、分析調査者が可能な限り石綿等にばく露しない視点をもって策定することが必要である。

9.2.2.2. 石綿標準試料等試薬の所有状況

標準作業手順書で定めた分析方法に必要な試薬等が備えられており、また適切に管理されていることが必要である。

9.2.2.3. 分析に必要な設備の所有状況

分析設備については、建材製品中の石綿の分析に必要なものとして JIS に記載されている器具や機器、分析機器を保有している必要がある。また、分析機器は、必要な性能要件や分析条件を満たしていることを確認する。

具体的には、例えば、JIS A 1481-2 による分析に使用する分析機器に関しては「附属書Ａの条件を満たすものまたは同等以上の検出器を有する X 線回折分析装置、位相差・分散顕微鏡については、附属書Ｂの仕様に基づいた顕微鏡」等が必要となる。また、JIS A 1481-2 と JIS A 1481-3 には明記されていないが、分析を行う上で 0.1mg 単位の秤量を行う必要があることから、読取り限度 0.01 ㎎の電子天秤を所有している必要があると考えられる。

9.2.2.4. 管 理

保有する分析機器等で、分析結果の精度に影響を及ぼすと考えられる機器については自主管理またはメーカー等による定期的なメンテナンスを実施するよう標準作業手

順書に明記し、その励行が必要である。また、管理が適切に実施されるようそれぞれの機器について管理者を選任する必要がある。

具体的には、「天秤」、「X 線回折分析装置」、「双眼実体顕微鏡」、「偏光顕微鏡」、「位相差顕微鏡」、「電子顕微鏡」等がある。

また、これら機器の管理台帳を作成し、購入日、メンテナンス状況や消耗品等の交換、修理等の記録を行う。

1）天秤

トレサビリティー証明の取得、標準分銅の所有及びその定期的な管理体制。天秤の電源は常時通電しておくことで安定した秤量値が得られる。標準分銅を秤量する際には気温と湿度を記録しておくことや秤量する試料の温度も室温と馴染ませることが重要である。読み取り限度(精度)は 0.01mg が望ましい。

2）X 線回折分析装置

X 線回折分析装置に関しては、分析結果に最も影響を及ぼす要因として X 線の管球の劣化による回折強度の低下が考えられる。管球の劣化によりアスベストピークがあるにもかかわらず、「無し」と判断してしまうことが考えられる。このため、代表的な X 線回折分析装置のメーカーによる確認方法を以下に示した。なお、管球の劣化を判断する方法は、使用者側で判断できる方法とメーカー側が実施する方法がある。

具体例１：

標準物質による強度変化の確認（例えば、NIST640f（Si 粉末）、NIST1976c（Al_2O_3）Ni フィルタまたはモノクロメータを外して、タングステン波長による（管球フィラメントからのコンタミネーション）回折線の有無の確認。更にタングステン波長による回折線が確認された場合には、その強度の上昇をチェックする方法により確認する。

その他に定期的にメンテナンスする項目として「冷却水送水ポンプのフィルタや水の交換」、「X 線管球フィルタの清掃」、「ゴニオメータのグリスアップ」 がある。

具体例２：

管球の交換時期を具体的に決めていないので、メーカー側が所有者の X 線回折分析装置を用いて以下の測定を実施し交換時期を判断している。具体的な方法として、試料台に LIF の単結晶をセットし、40 kV-10 mA 程度で Fe、W、Cr、Ni のピークを観測し、ピークが見つかれば、交換時期が近いと判断している。

XRD で定量分析する場合、X 線管球の劣化以外に検出器の劣化も考慮する必要がある。特に石綿分析を行う場合、分析を開始する前に特定の試料（接着剤で固めた Si 粉末等）を用いて、同一の条件で測定を実施し、ピーク強度とピーク角度を記録し

て同じ状態であることを確認した上で測定を実施することが望ましい。

具体例３：

ダイレクトビームによりチェックする方法がある。試料をセットせず、X 線ビームを減衰フィルタに通して直接シンチレーションカウンターに入射する方法である。劣化するとピークの形の対称性が悪くなったり、ピークが裾をひく割合が増えたり、ピーク強度が落ちたりする。その他の方法として、ピーク強度チェック用標準試料を用いて、特定の回折ピークの強度を計測する方法がある。

石綿を分析する使用者にはメーカーからアルミナ焼結板を提供しているため、封入管線源の場合、「当初の強度の約 20%減」を交換時期の目安としている。使用している X 線強度・頻度によるが、２～３年が一つの目安である。

その他、検量線の精度が維持されていることの確認のために、検量線を３～６ヶ月に一度チェックする必要がある。

その他として、冷却水送水装置の送水量が不足していたり、管球内や送水装置のフィルタの目詰まり等で管球への送水量が減少したりしてくると、管球の出力が低下することがある。春、秋、冬に比べて夏場に出力が低下したり、午後の暑い時間帯に出力が特異的に低下したりする時は何らかの理由で冷却能力が不足している可能性が推測される。年間を通して標準物質で回折強度の管理をする必要がある。

なお、各分析機関がこれらと同様な方法で管球の劣化や装置の不具合を確認するための手法を確立していれば、その方法で管球の劣化や装置の不具合を確認する必要がある。

3) 顕微鏡関係での日常メンテナンス項目は、ステージ、焦準ハンドル等の各操作部分にがたつきがなくスムーズであること、光軸調整等のほか、観察者の眼の状態に合わせる視度調整や眼幅調整も含む正しい調整が可能で、レンズ面に傷、汚れがないことの確認である。「接眼レンズの眼側レンズ面」、「対物レンズの先端部レンズ面」、「コンデンサの上面レンズ面」、「コンデンサ下部の窓レンズ上面」、「アナライザなど」の取り外しできるフィルタ面の清拭はユーザーが可能である。

また、レンズに黴や傷がついた場合、レンズの修理（レンズの分解と部品交換）が必要になる。

9.3. その他

吹付け材や材料等の受託した試料を分析終了後、どのように処理するかは、廃棄物の管理上、重要な項目である。例えば、分析終了後 1 年間の保存の後、特別管理産業廃棄物（廃石綿等）や石綿含有産業廃棄物として定期的に廃棄する等の措置を文書化し、責任者を選任のうえ、適切に廃棄される必要がある。

参考資料

※当該データは参考資料として掲載しております。
これらについて公益社団法人日本作業環境測定協会様への問い合わせ等はご遠慮ください。

分析調査を行う者が遵守すべき法令

１．分析機関が遵守すべき石綿の労働衛生法令

(1) 禁止規定（安衛法第 55 条、安衛法施行令第 16 条第 1 項）

石綿は、製造・輸入・使用・譲渡・提供が禁止されている。一方で、以下のイ～ハに該当する石綿（以下「石綿分析用試料等」という。）は、その禁止規定から除外されている。

イ　石綿の分析のための試料の用に供される石綿

ロ　石綿の使用状況の調査に関する知識又は技能の習得のための教育の用に供される石綿

ハ　イ又はロに掲げる物の原料又は材料として使用される石綿

(2)「石綿分析用試料等」についての使用届などの規定

※石綿分析用試料等とは以下のものをいう。

・Ｘ線回折装置による分析の際に用いる標準試料
・石綿分析機関の品質保証・品質比較や個人の技能評価のための試料
・顕微鏡観察の際の参照用試料
・教育用（例：透明の包装に梱包された石綿含有材料を観察するもの、建材の断面をほぐして繊維の有無を観察する実技に使うもの）

〇製造・輸入・使用は、労働基準監督署への届出が必要（石綿則第 46 条の 2）

〇譲渡・提供時は、石綿粉じんが発散するおそれがないように、堅固な容器を使用するか、確実な包装をする（石綿則第 46 条の 2）

※製造は、届出に加えて、許可も必要。
（安衛法第 56 条、石綿則第 48 条の 2～第 48 条の 4）

※既存の石綿分析用試料等（平成 18 年 9 月より前に国内で製造・国内へ輸入したもの）は、上記届出は不要。また、建築物等から採取した分析検体も、上記届出は不要。（平成 18 年政令 257 号附則第 2 条第 2 項　ほか）

２．石綿分析作業に関する健康障害防止措置

事業場（石綿分析機関）において、石綿含有の可能性のある分析検体などを取り扱う際に、以下の通り、様々な措置が事業者に義務付けられている。

基本的な考え方は、石綿による労働者の肺がん、中皮腫その他の健康障害を予防するため、作業方法の確立、関係施設の改善、作業環境の整備、健康管理の徹底その他必要な措置を講じ、もって、労働者の危険の趣旨に反しない限りで、石綿にばく露される労働者の人数や労働者がばく露される期間・程度を最小限度にするよう努めるこ

とである。

(1) 作業時の措置

〇石綿粉じんを発散する作業では、局所排気装置などを稼働する。(石綿則 第 12 条ほか、安衛則第 86 条)

〇石綿含有材料の切断・破砕・穿孔・研磨等（以下「切断等」という。）を行う作業では、防じんマスクなど、それぞれの作業に適した呼吸用保護具などを着用する。(石綿則第 14 条)

面体を有する呼吸用保護具は、面体と顔面の隙間から面体内に石綿等を含む粉じんが入り込む危険性があるため、使用に当たっては密着性の良否の確認が必要である。

〇関係者以外の立入禁止、作業場での飲食や喫煙の禁止。(石綿則 第 15,33 条)

〇除じん装置などの定期自主検査・点検・補修等

(石綿則 第 16 条、石綿則 第 21 条～26 条)

〇休憩室の設置、休憩室前の濡れマットなどの設置（石綿則 第 28 条）

〇清掃の容易な床と清掃の実施（毎日 1 回以上、水洗又はＨＥＰＡフィルター付き真空掃除機などにより、作業場の床を清掃すること）(石綿則 第 29,30 条)

〇洗浄設備の設置（石綿則 第 31 条）

〇運搬・貯蔵時における容器・梱包と表示（分析検体や石綿含有廃棄物などは、運搬・貯蔵時には、石綿が発散しないよう確実に包装したり、容器に入れた上で表示を行うこと）(石綿則 第 32 条)

〇石綿の取扱注意事項などの掲示（石綿則 第 34 条）

〇作業の記録（石綿則 第 35 条）

(2) 作業後の措置

〇作業終了後、保護具、足場、器具、工具などは、作業場外に持ち出す前に、付着物を除去すること。除去は、例えば HEPA フィルタ付き真空掃除機を用いるなど、汚染の程度に応じて適切な方法で行う。(石綿則 第 32 条の 2)

〇加えて、保護具や作業着は、ビニル袋に入れるなど、他の衣服から隔離して保管する。(石綿則 46 条)

(3) 定期的な措置など

〇作業環境測定（石綿則 第 36～39 条）

〇事業者は、石綿等の取扱い等に常時従事する労働者に対し、雇入れ時又は当該業務への配置替えの際及びその後 6 月以内ごとに 1 回、定期に、石綿健康診断を実施すること。(石綿則 第 40～43 条)

アスベストアナライザー（マイクロフェイザー）による測定方法

石綿則に基づく事前調査の現地調査を実施する場合に、オンサイトで石綿の含有が確認できるアスベストアナライザー（マイクロフェイザー）が市販されている。

この装置により石綿含有と判定されたものを石綿含有と見なすことにより事前調査の効率化につながることが期待される。なお、3（3）のとおり、「not found」又は「Unidentified」と表示された場合には、0.1%を超えて石綿が含有するか否かを法定の方法により分析し判定すること。

1. 原 理

近赤外光は、ある特定の分子結合の振動を励起し、特定の波長の光を吸収させる。伸縮振動変角振動、秤動運動などを起こし、試料と相互作用する光のスペクトルの分析により、試料の結晶構造や化学的組成に関する情報が得られる。

このような近赤外線吸収スペクトル（NIRS）法を利用し、サンプルに近赤外線を照射し反射してきた波長域 1.321～1.448μm（振動数 7570～6906cm^{-1}）の範囲の NIRS を検出し、予め装置に保存されている標準石綿 6 種類のスペクトルのデータライブラリーと対照して、両者の相関係数が一定以上であるときに、石綿と判定する。この領域の吸収スペクトルは 6 種類の石綿とも OH 基の振動に起因するもので、通常の赤外線吸収スペクトル(IRS)の 3700～3500 cm^{-1} 付近にある石綿の OH 基の吸収スペクトルの倍音を指標としている。（図 1. 参照）

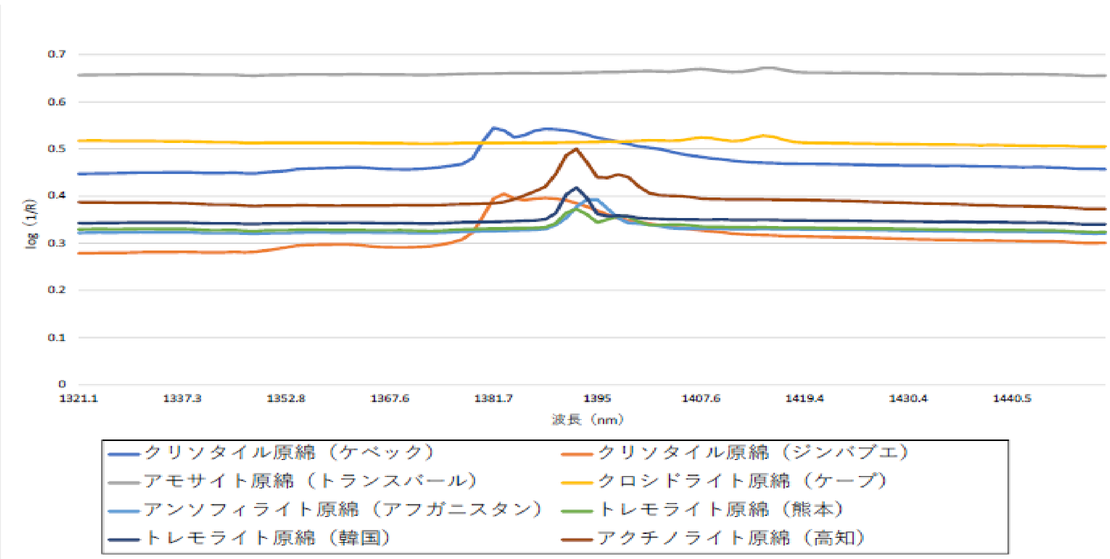


図 1. 各種石綿のスペクトル

約７秒間の測定で石綿の含有の有無を検知し、クリソタイル、アモサイト、クロシドライト、トレモライト、アクチノライトは約１％以上、アンソフィライトは約２％以上含有している場合にそれぞれ石綿の種類を表示する。ただし、アモサイトとクロシドライトは近赤外線の吸収スペクトルが重なるためアモサイト/クロシドライトと表示される。

石綿の含有率が当該含有率以下または含有していない場合には「not found」又は「Unidentified」と表示される。

2. 使用する機器による表示等の相違点

日本で現在までに市販されてきたアスベストアナライザーは 3 世代のバージョンがあり、表示や較正方法等に相違点があるので、使用する機器について確認が必要である。

(1) 2010 年(平成 22 年)10 月～2012 年(平成 24 年)2 月：シリアル№1700～1900 番台
　較正治具：WR は円盤状、AR は円形ホルダー　　バッテリー使用時間：6 時間
　結果の表示：クリソタイル、アモサイト／クロシドライト、トレモライト、アクチノライト、アンソフィライト、不検出（not found）

(2) 2013 年(平成 25 年)11 月～2018 年(平成 30 年)3 月：シリアル№2100～3500 番台
　較正治具：WR はスティック状、AR はスティック状　　バッテリー使用時間：6 時間
　結果の表示：クリソタイル、アモサイト／クロシドライト、トレモライト、アクチノライト、アンソフィライト、不検出（not found）

(3) 2018 年(平成 30 年)9 月以降：シリアル№3600 番台以降
　較正治具：WR はスティック状、AR はスティック状　　バッテリー使用時間：5 時間
　結果の表示：クリソタイル、アモサイト／クロシドライト、トレモライト／アクチノライト、アンソフィライト、不検出（Unidentified）

※第 3 世代の装置はトレモライトとアクチノライトを区別せず／で同一表示をするようになっている。

3. 現場での具体的な使用方法について

(1) 建材が建築物に組み込まれている状態で使用する場合

① 成形板などの建材等の表面が塗装されている場合には、粉じんの飛散に留意しつつ、測定予定箇所をアスベストアナライザーの照射面積よりやや大きめに削っておく。

② 成形板などの建材等の表面が塗装されている場合であっても、裏面で測定可能であれば裏面を使用する。

③ 測定点の設定は、同一と考えられる範囲の建材ごとに、さらに対象範囲を 3～5 程度に均等に分割し、分割範囲ごとに 3 回ずつ照射する。

①から③の点に留意して各測定点で測定した結果、石綿の含有が１回以上認められた場合には、当該建材は1%以上の石綿含有有りと判断し、石綿等が使用されているものとみなして労働安全衛生法及びこれに基づく命令に規定する措置を講ずる必要がある。なお、この測定結果に疑義がある場合は第 3 章～第 6 章に示す方法により分析を実施し、0.1%を超えて石綿が含有するか否かを判定する必要がある。

（2）採取済み試料に使用する場合

① 採取建材の粉砕等を実施していない固形の場合は、各サンプル（1 試料当たり 3 サンプル）をチャック付の透明な薄いポリエチレン製の袋に入れ、袋の上から直接アスベストアナライザーの照射面を密着させて 3 回以上測定（1 試料当たり計 9 回以上測定）し、そのうち 1 回以上石綿の含有が認められた場合には当該建材は、1%以上の石綿含有有りと判断する

※チャック付の透明な薄いポリエチレン製の袋を使用する場合は、石綿と同様な近赤外領域に吸収ピークが存在するか否かを確認したうえで使用すること。

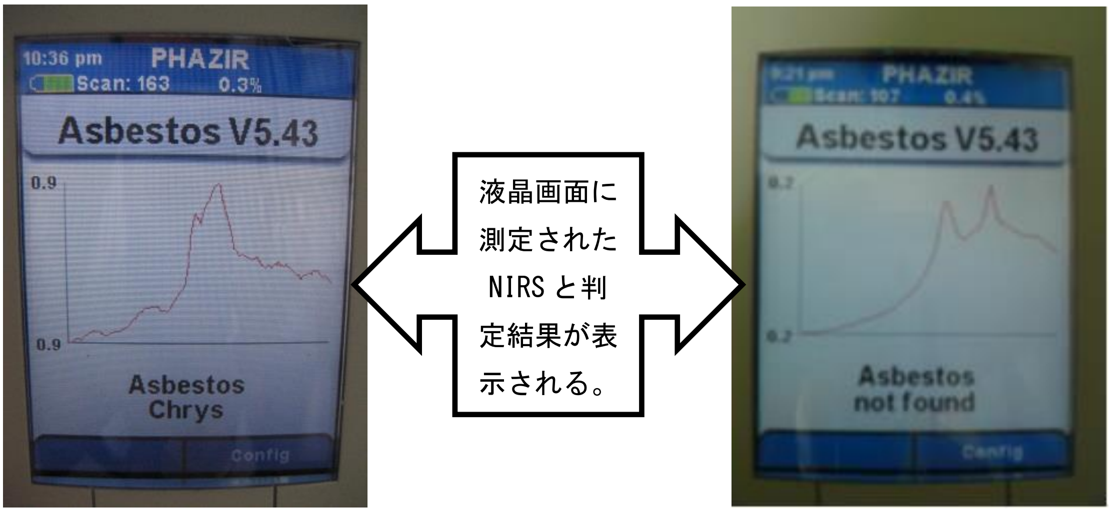
② 採取建材の粉砕等を実施済の場合は、粉砕した建材をチャック付の透明な薄いポリエチレン製の袋や透明ガラス製のバイアル瓶に入れ、当該試料を出来るだけ寄せ集めるなどして密度を高くした上で、①と同様に、サンプルごと（1 試料当たり 3 サンプル）に袋やサンプル瓶の上から直接アスベストアナライザーの照射面を密着させて 3 回以上測定（1 試料あたり計 9 回以上測定）し、そのうち 1 回以上石綿の含有が認められた場合には当該建材は 1%以上の石綿含有有りと判断する。

①及び②で石綿含有有りと判断された場合は、石綿等が使用されているものとみなして労働安全衛生法及びこれに基づく命令に規定する措置を講ずる必要がある。なお、この測定結果に疑義がある場合は第 3 章～第 6 章に示す方法により分析を実施し、0.1%を超えて石綿が含有するか否かを判定する必要がある。

（3）not found 又は Unidentified と表示された場合の取り扱い

（1）及び（2）により測定した結果、全ての測定点で「not found」または「Unidentified」と表示された場合には、石綿則に基づく分析方法として、第 3 章～第 6 章に示す方法により分析を実施し、0.1%を超えて石綿が含有するか否かを判定する必要があることに留意すること。アスベストアナライザーによる測定により、「not found」又は「Unidentified」と表示されたことをもって石綿が含有していないとすることはできない。

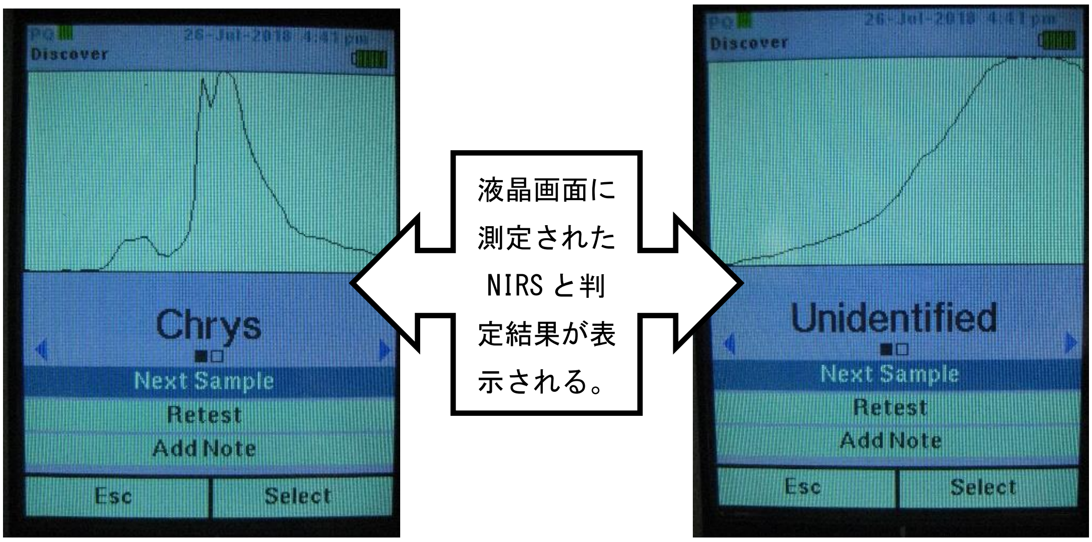
図 1.　アスベストアナライザー概観



（クリソタイル含有）　　　　　　　　　　　　　　　　　（石綿検出されず）

*シリアルナンバー3500 番台まではトレモライト、アクチノライトは
単独で表示され、不検出の場合は「not found」と表示される。

図 2a. 測定結果の表示（シリアルナンバー3500 番台以前）



（クリソタイル含有）　　　　　　　　　　　　　　　（石綿検出されず）

*シリアルナンバー3600番台以降はトレモライト／アクチノライトとして一括表示され、不検出の場合は「Unidentified」と表示される。

図 2b. 測定結果の表示(シリアルナンバー3600番台以降)

留意点１：使用に当たっては、あらかじめ所定の較正を実施すること。

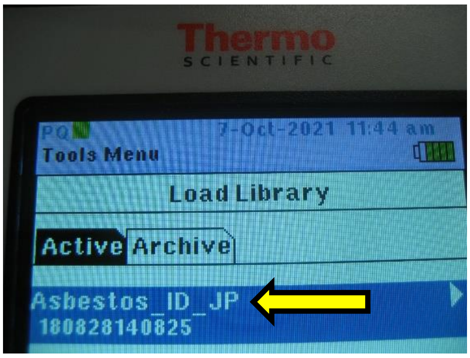
留意点２：アスベストアナライザーは、国内のメーカーにより、日本のアスベスト含有建材等に対応したソフト（ライブラリー）がインストールされているもの（Libraries/Methods：Asbestos_ID_JP）の使用が望ましい。(国内仕様表示画面　図3参照）

留意点３：アスベストアナライザーは、国内のメーカーにより測定感度確認試験（感度検定試験）に合格したものを使用し、少なくとも年1回はメーカーの測定感度確認試験を受けることが望ましい。（測定感度確認試験に合格した機器には合格シールが貼付されている。図4参照）

留意点４：ランプ光量減衰があるため、メーカー推奨の2年ごとに光源ランプ交換を実施することが望ましい。

留意点５：石綿に近接する近赤外領域に吸収ピークが存在する無機・有機化合物は石綿と判別表示(疑陽性判別)される場合があり注意を要す。
（注意：近年の無石綿天井吸音板に混和剤として使用された有機物に起因してアンソフィライトと表示された報告がある。各種の鉱物に関するデータは以下の参考文献を参照し、確認して判断すること）

留意点６：プローブヘッドセンサー部の傷損回避のため、アスベストアナライザーの照射面に市販されている樹脂製保護シートを貼付したり、大きな樹脂袋に装置全体を入れて使用している場合が見受けられるが、正確なスペクトル測定に支障をきたす恐れがあるのでいずれもの場合も使用してはならない。



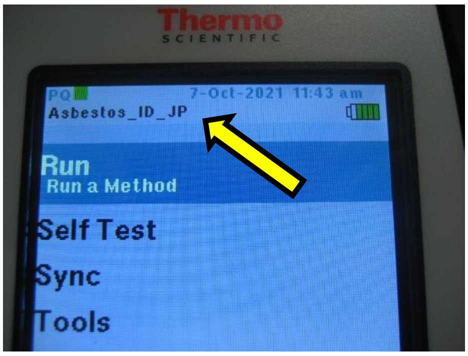


図 3. 国内仕様表示画面

図 4. 測定感度確認試験合格証貼付例

【参考文献】

● 神山宣彦・篠原也寸志：手持ち式アスベスト分析計のアスベスト同定能力の検討（第50 回日本労働衛生工学会抄録集、平成 22 年 11 月）

● 小西雅史・小西淑人・神山宣彦：手持ち式アスベスト分析計（PHAZIR）の性能評価と具体的使用方法について（第 50 回日本労働衛生工学会抄録集、平成 22 年 11 月）

● 山根俊浩・三木孝司・尾川俊也：「アスベスト分析におけるフェイザーと JIS 法との比較試験について」（第 33 回作業環境測定研究発表会抄録集、平成 24 年 11 月）

● 川崎市におけるアスベスト対策　川崎市環境局環境対策部環境対策課

● 山本貴士・災害廃棄物の処理における石綿の適正管理に関する研究
（第 24 回廃棄物資源循環学会研究発表会、平成 26　年 3　月）

● 平成25年度 環境研究総合推進費補助金研究事業 総合研究報告書
「アスベスト含有建材の選別手法確立と再生砕石の安全性評価に関する研究」
『3.3 市販のアスベストアナライザーによるアスベスト含有建材のスクリーニング』
（国立環境研究所山本貴士、遠藤和人、山田正人、埼玉県環境科学国際センター
川嵜幹生、鈴木和将、渡辺洋一、平成26年3月）

●小西雅史・小西高之・庄司　覚・尾川俊也・小西淑人「手持ち式アスベスト分析計（microPHAZIR－AS）の性能評価」（繊維状物質研究、VOL.6、75～79、2019）

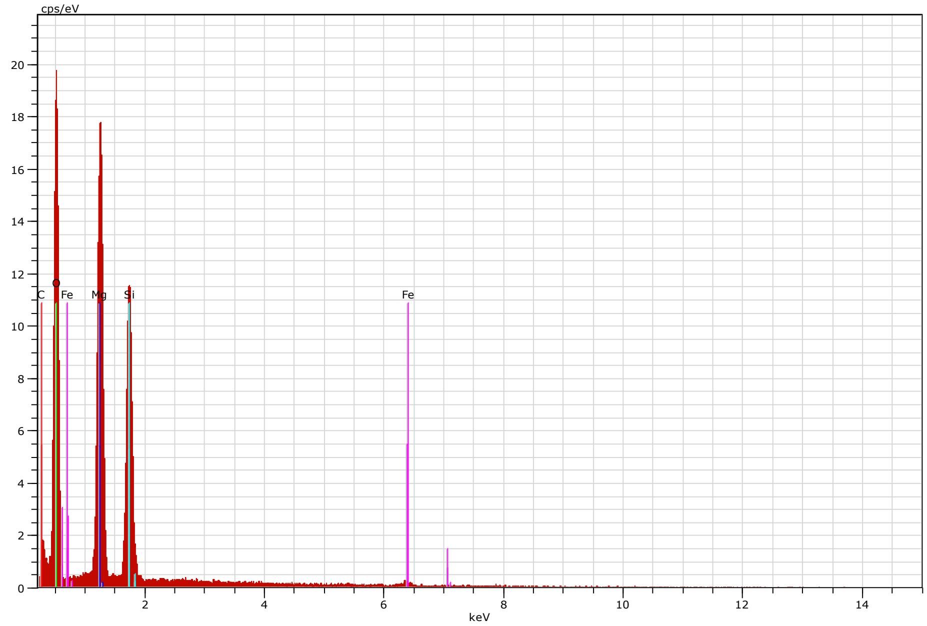
クリソタイル標準試料　JAWE111

1　走査型電子顕微鏡　　形態

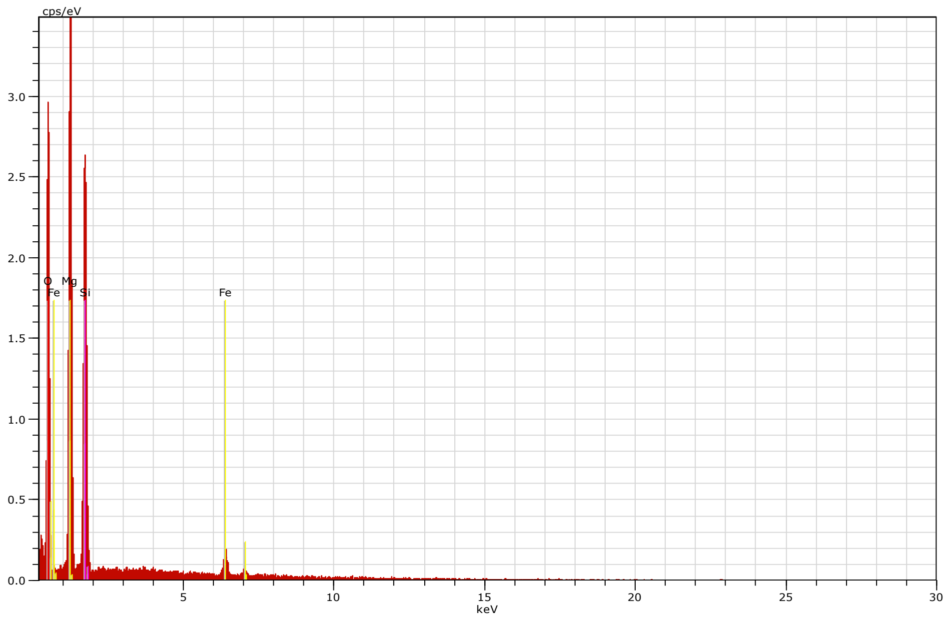
測定条件等：S-3400N（㈱日立ハイテクノロジーズ）/BRUKER-AXS　Xflash　4010）
倍率2000倍、加速電圧5kv

クリソタイル標準試料　JAWE111

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



加速電圧15kv

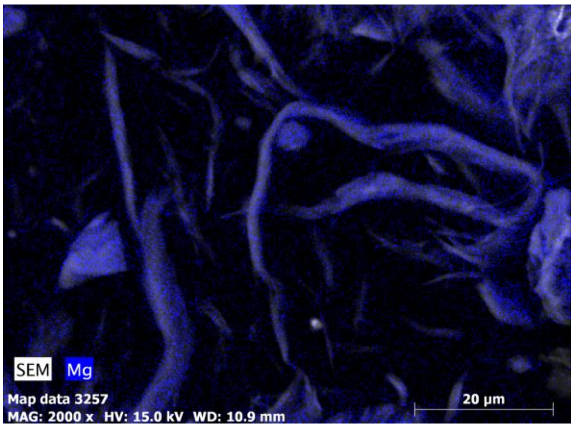


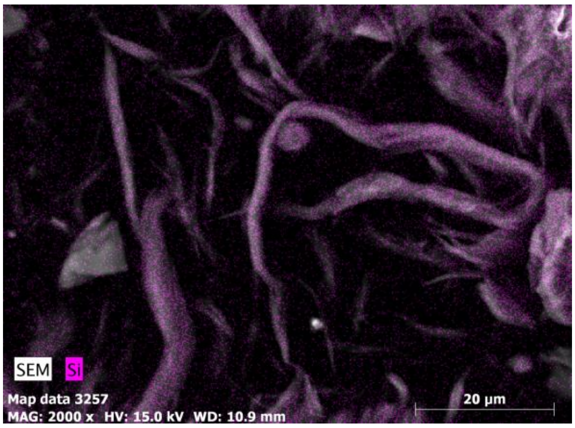
加速電圧30kv

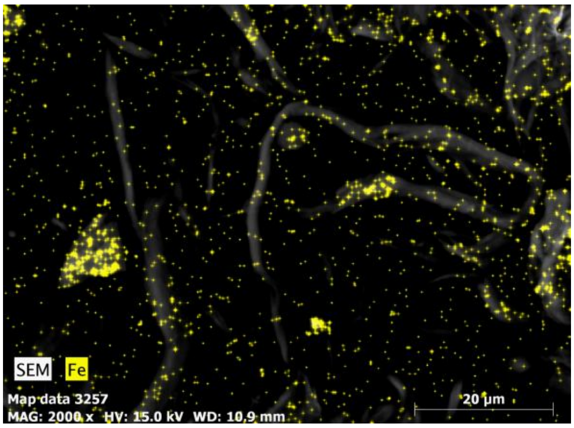
測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

3　走査型電子顕微鏡　元素マッピング

4　走査型電子顕微鏡　元素マッピング（元素別）



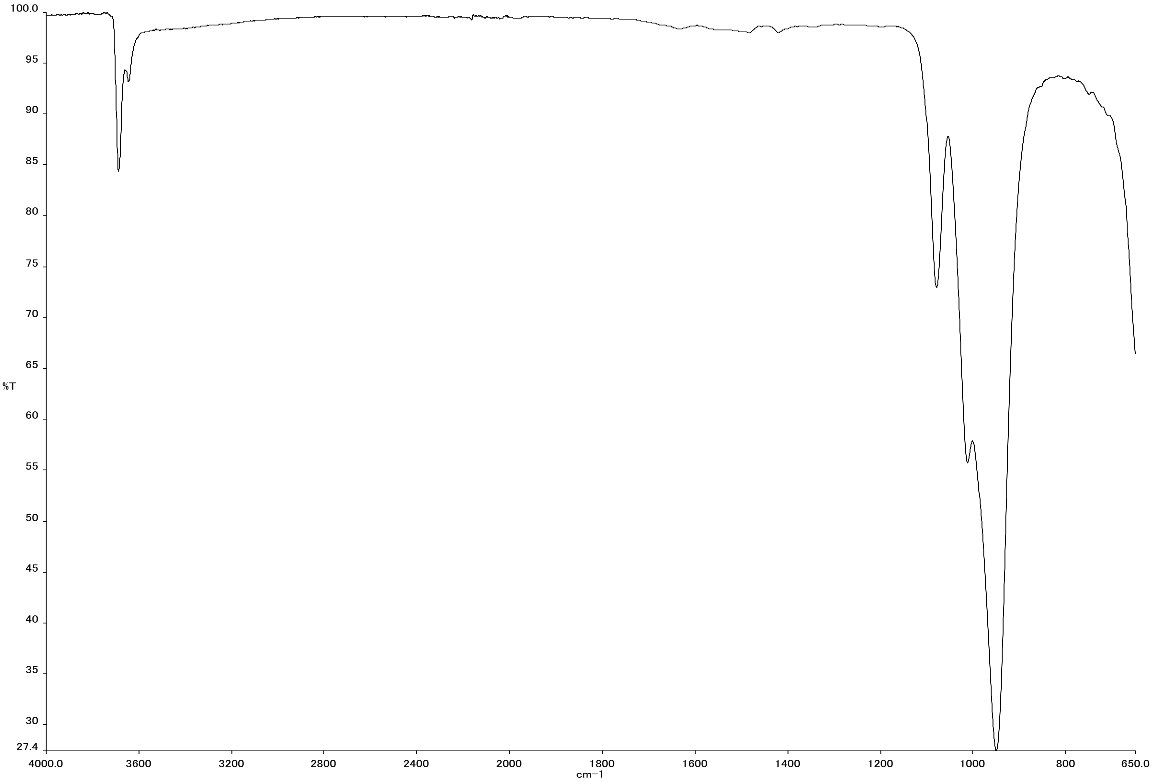


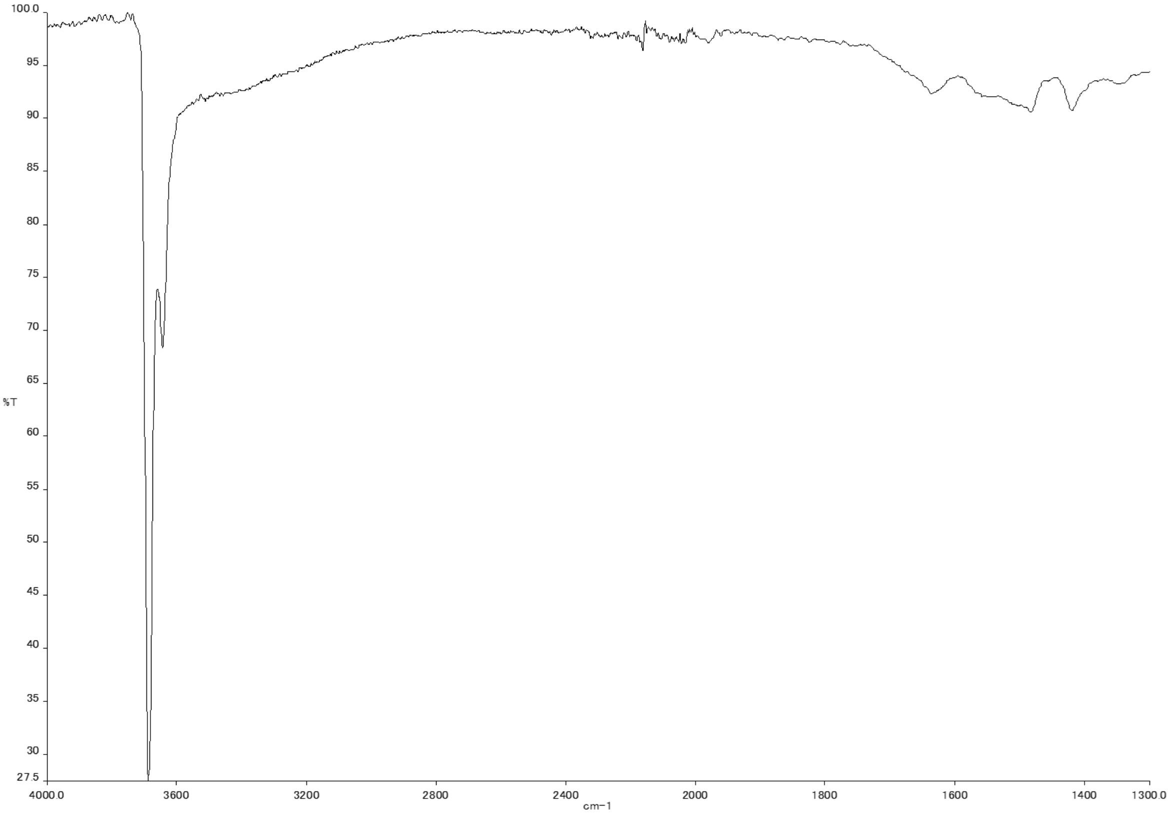


5　偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	曲線状・白色
多色性	なし
複屈折	低い
伸長性	正
消光角（最大）	0度

6　FT-IRによる赤外吸収スペクトル





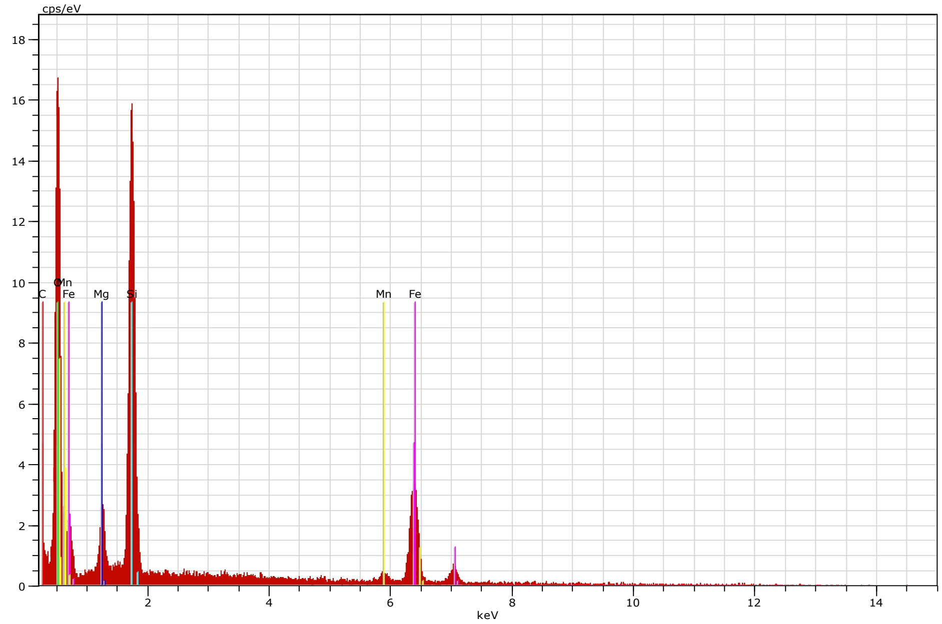
FT-IR分析：spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器：MIR　TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数：4回　分解能4cm-1

アモサイト標準試料 JAWE211

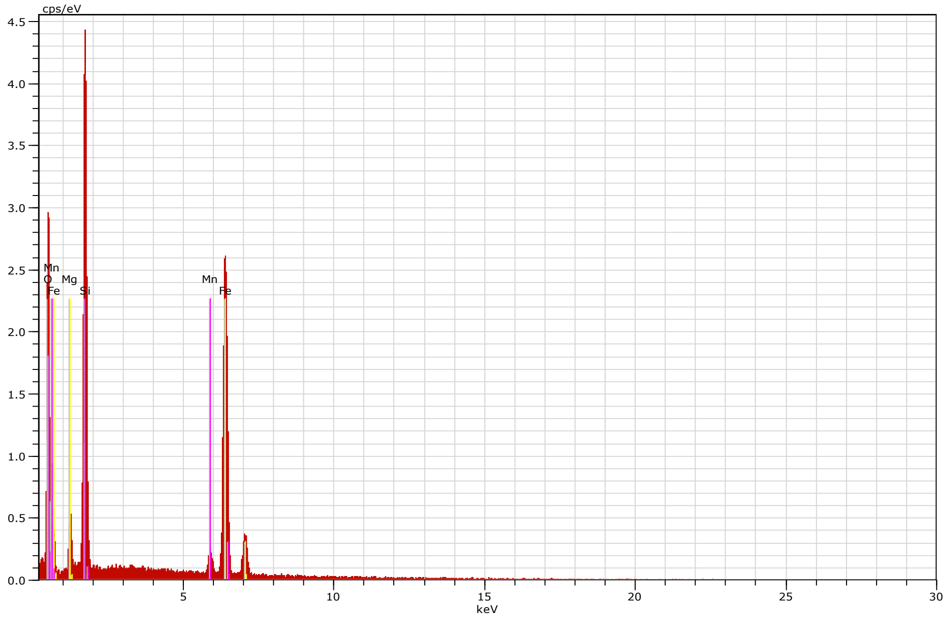
1 走査型電子顕微鏡 形態

測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS Xflash 4010)
倍率2000倍、加速電圧5kv

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



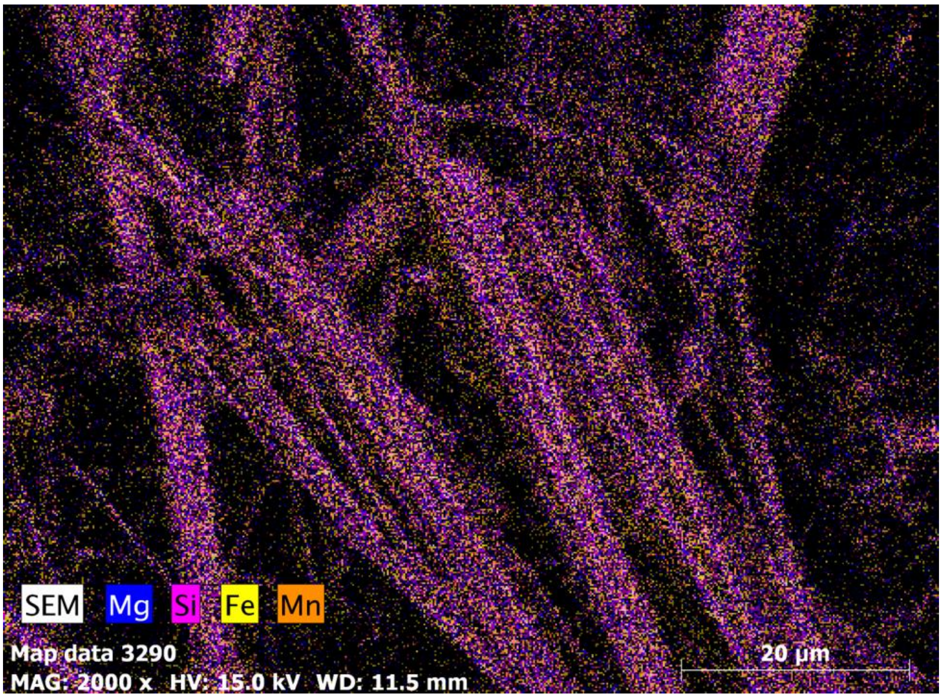
加速電圧15kv



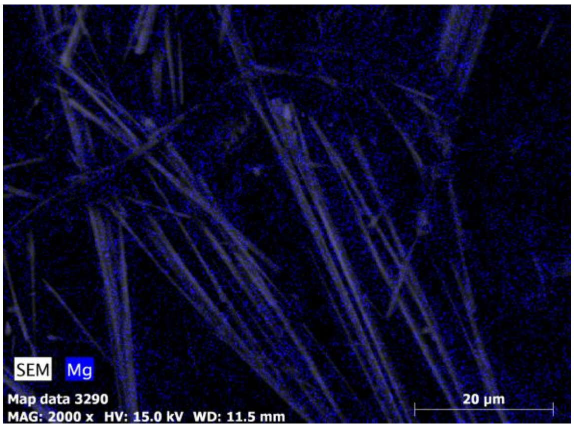
加速電圧30kv

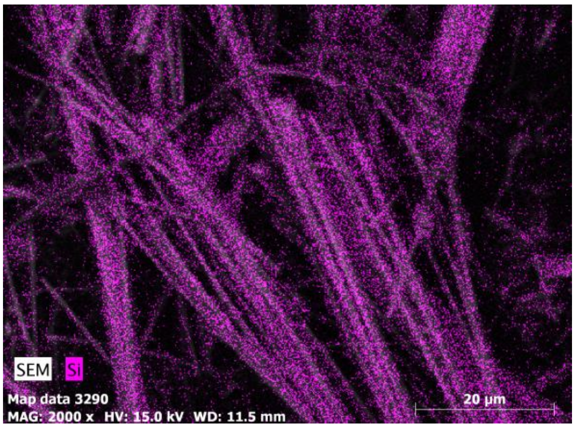
測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

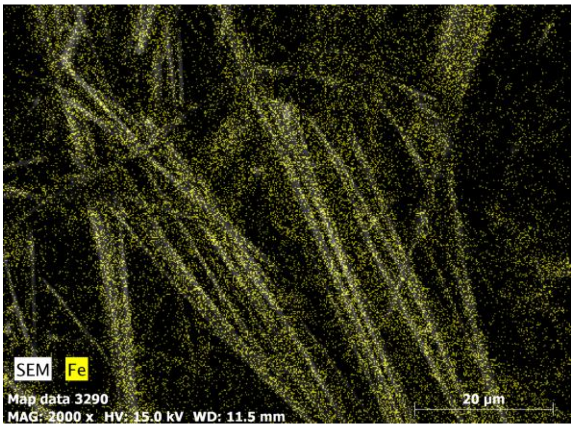
3　走査型電子顕微鏡　元素マッピング

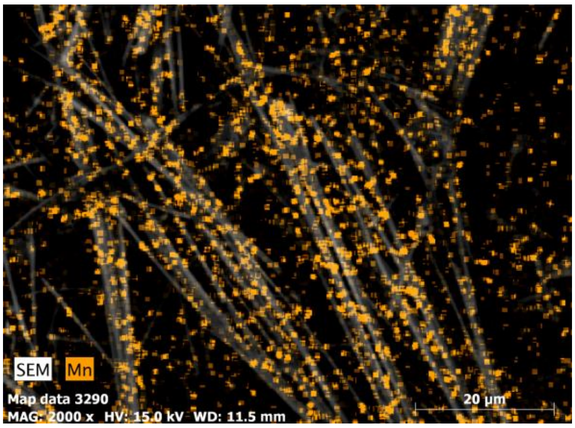


4　走査型電子顕微鏡　元素マッピング（元素別）







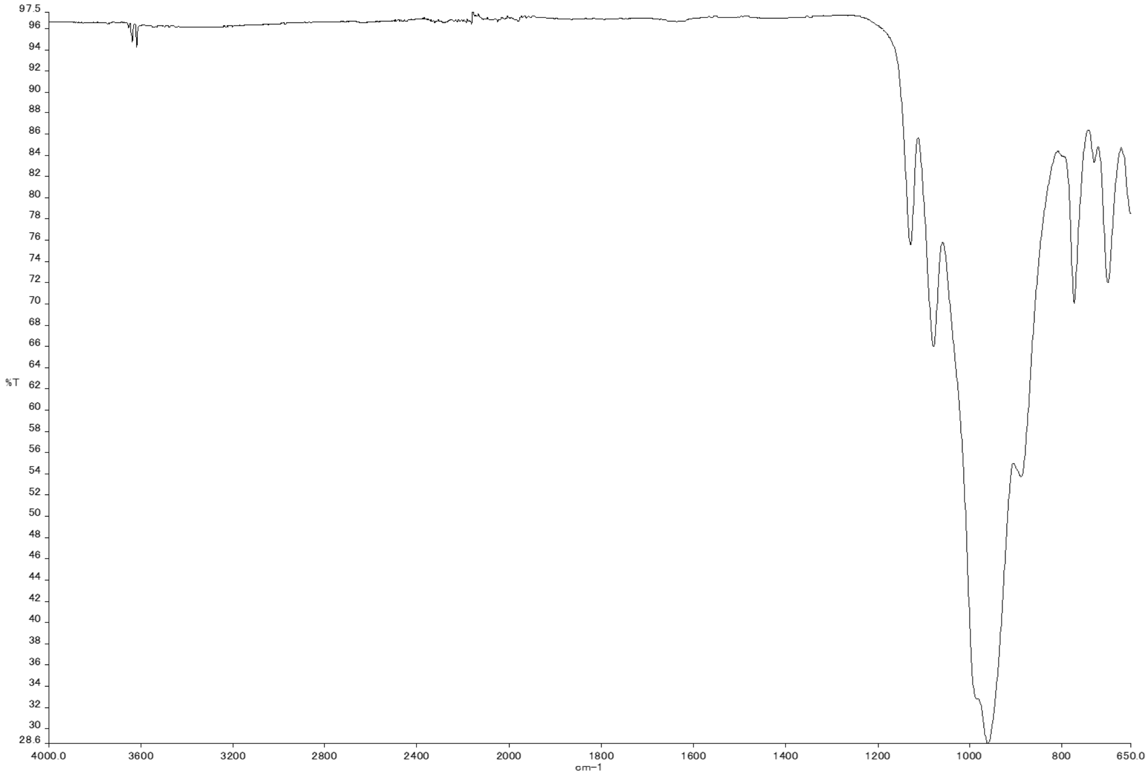


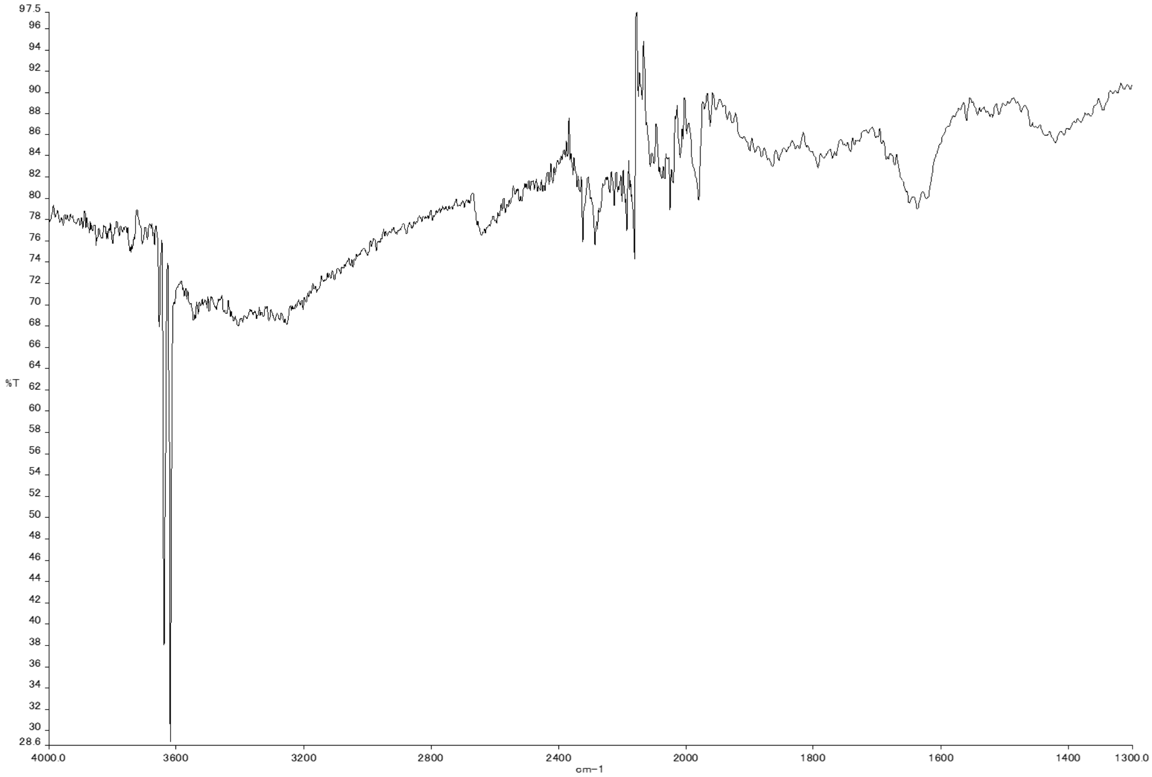
5 偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	角柱針状・灰色～茶色
多色性	非常に弱い
複屈折	中度
伸長性	正
消光角（最大）	0度

アモサイト標準試料 JAWE211

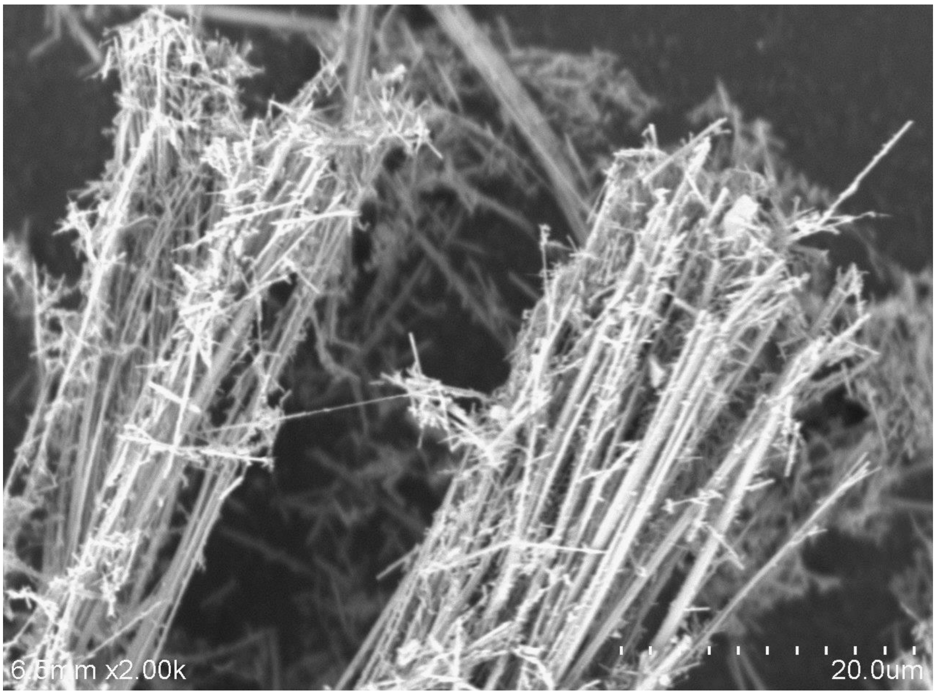
6 FT-IRによる赤外吸収スペクトル





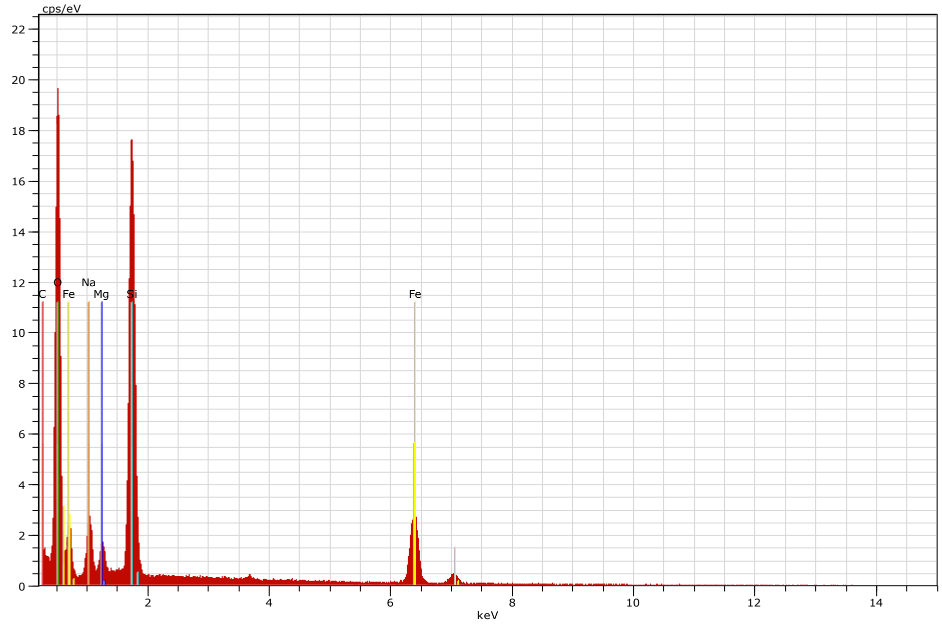
FT-IR分析:spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器:MIR TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数:4回 分解能4cm-1

1　走査型電子顕微鏡　　形態

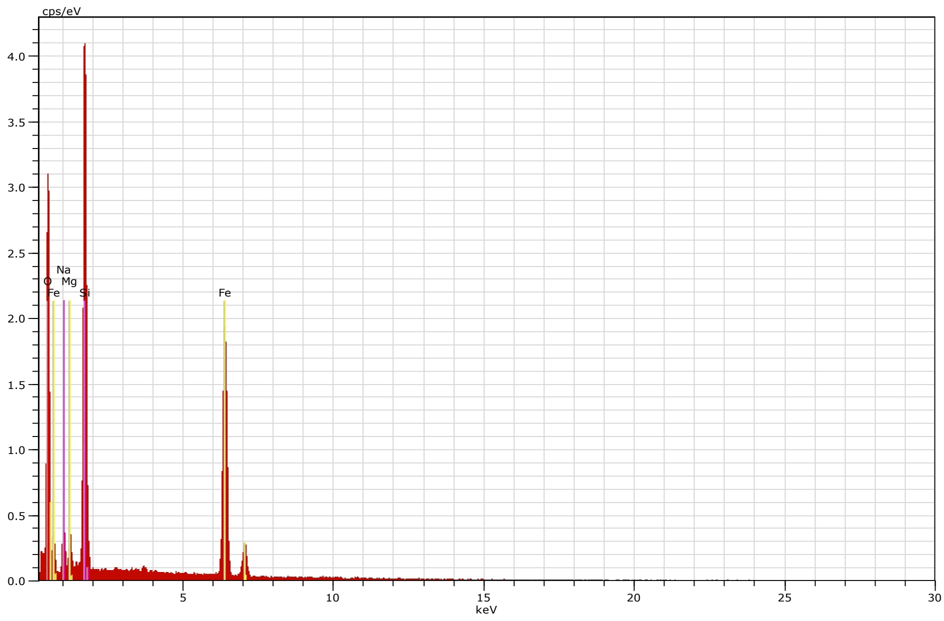


測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
倍率2000倍、加速電圧5kv

2　走査型電子顕微鏡　元素組成



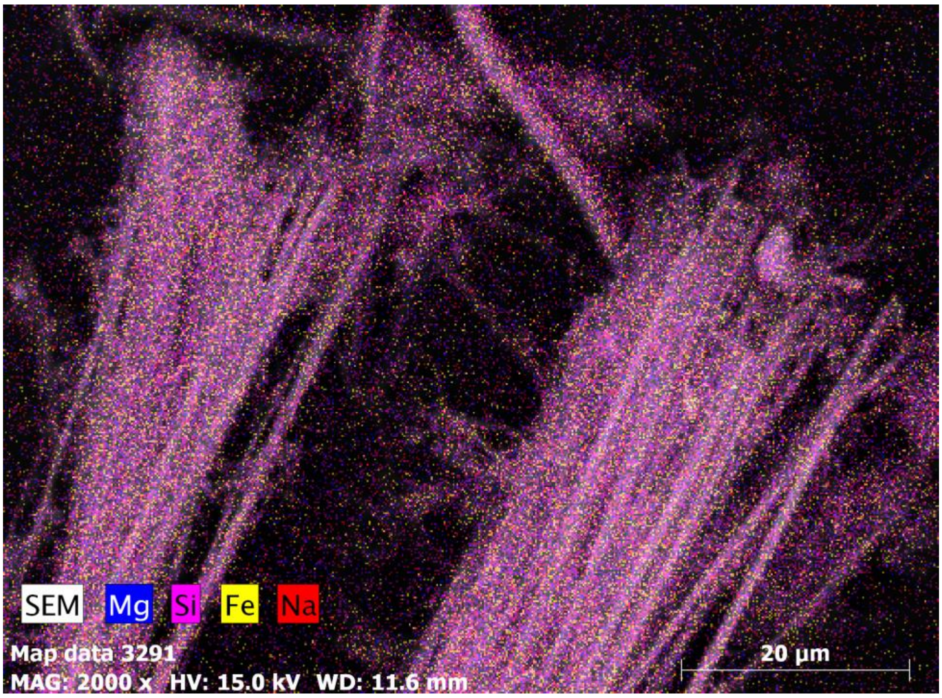
加速電圧15kv



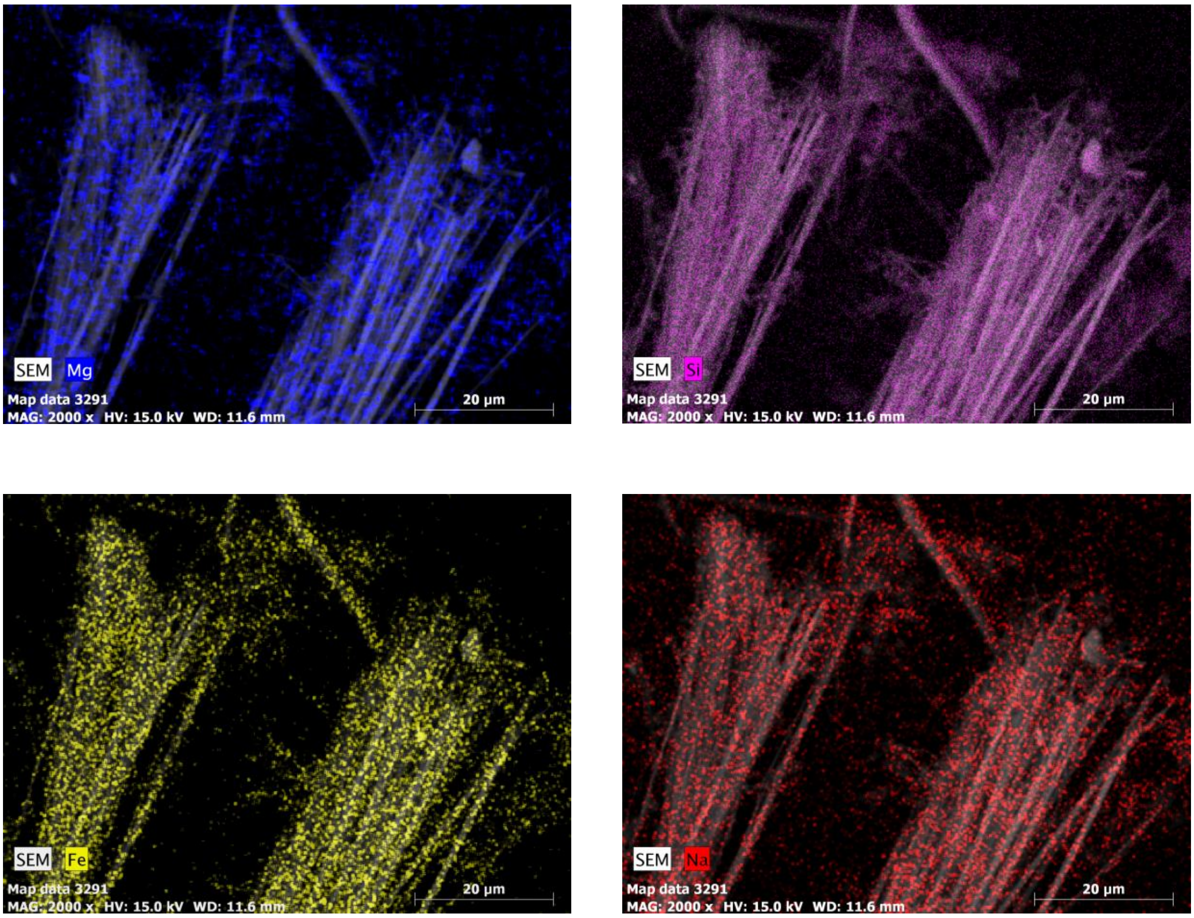
加速電圧30kv

測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

3　走査型電子顕微鏡　　元素マッピング



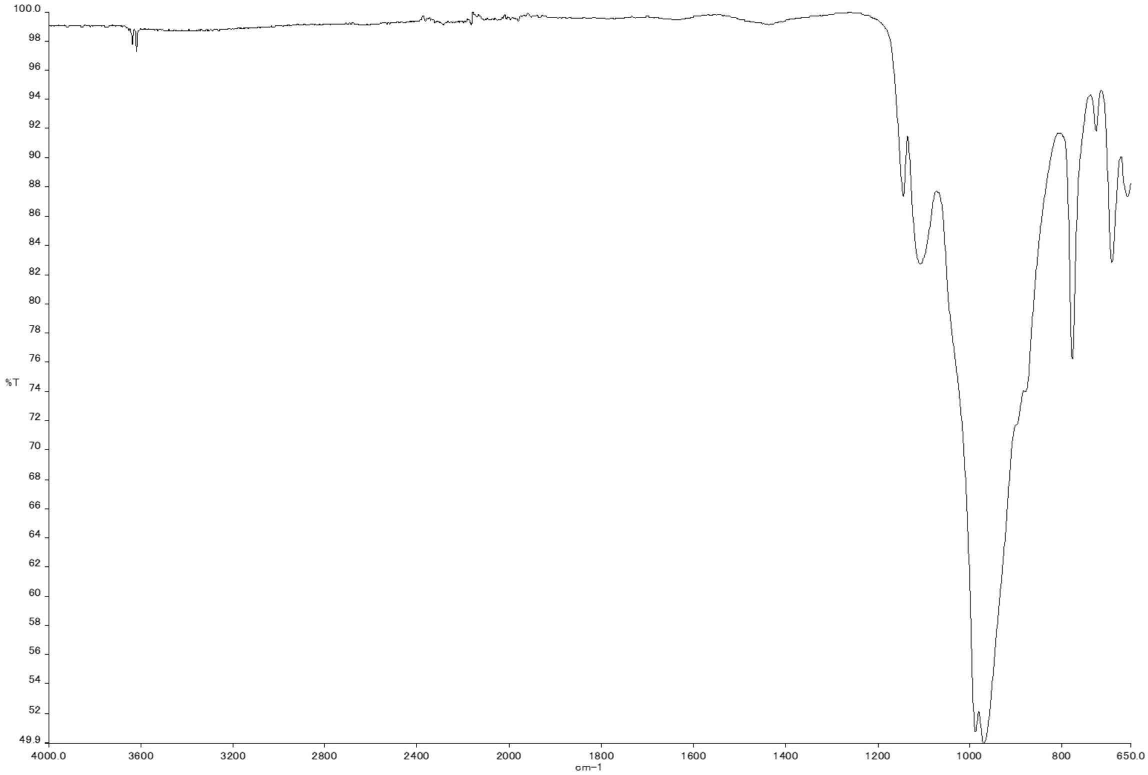
4　走査型電子顕微鏡　　元素マッピング　（ 元素別 ）

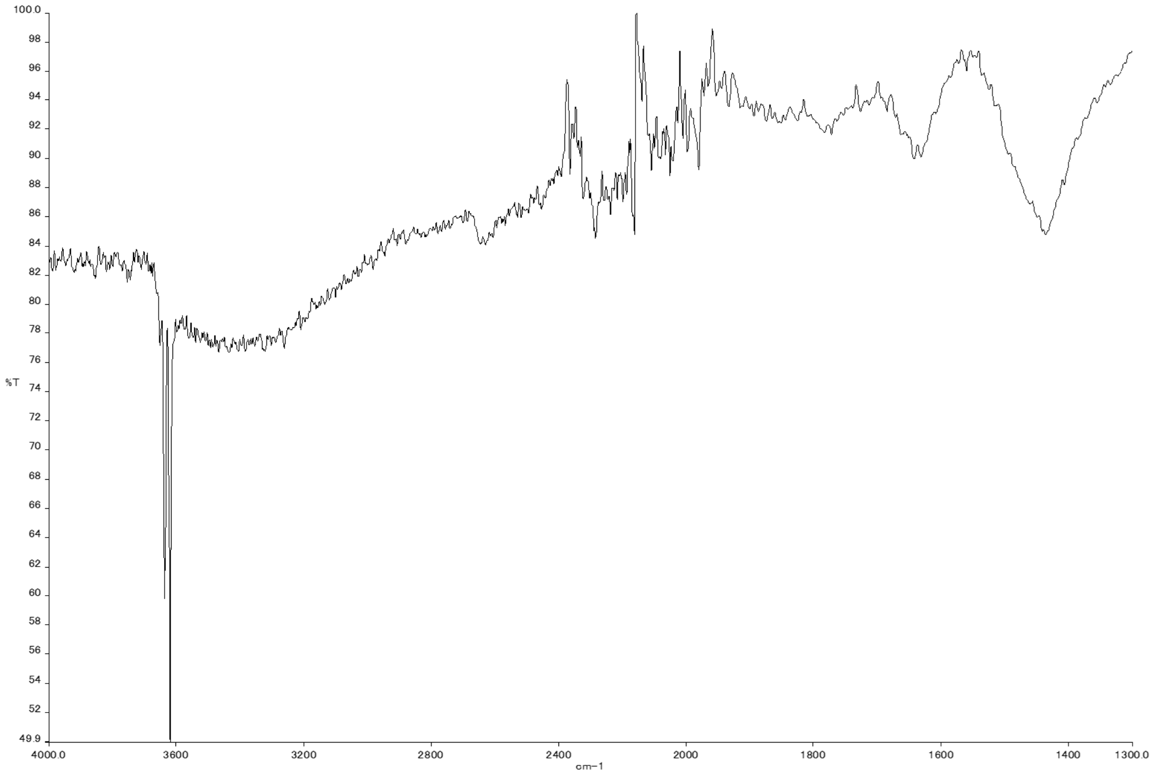


5 偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	角柱針状・青色
多色性	α青色、γ灰色
複屈折	低い
伸長性	負
消光角(最大)	0度

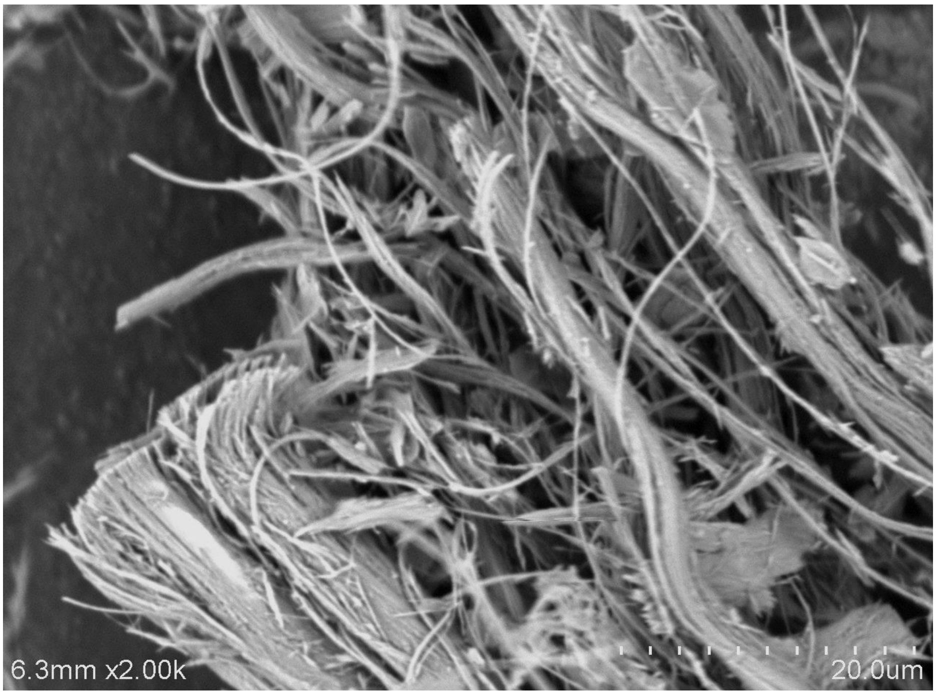
6 FT-IRによる赤外吸収スペクトル





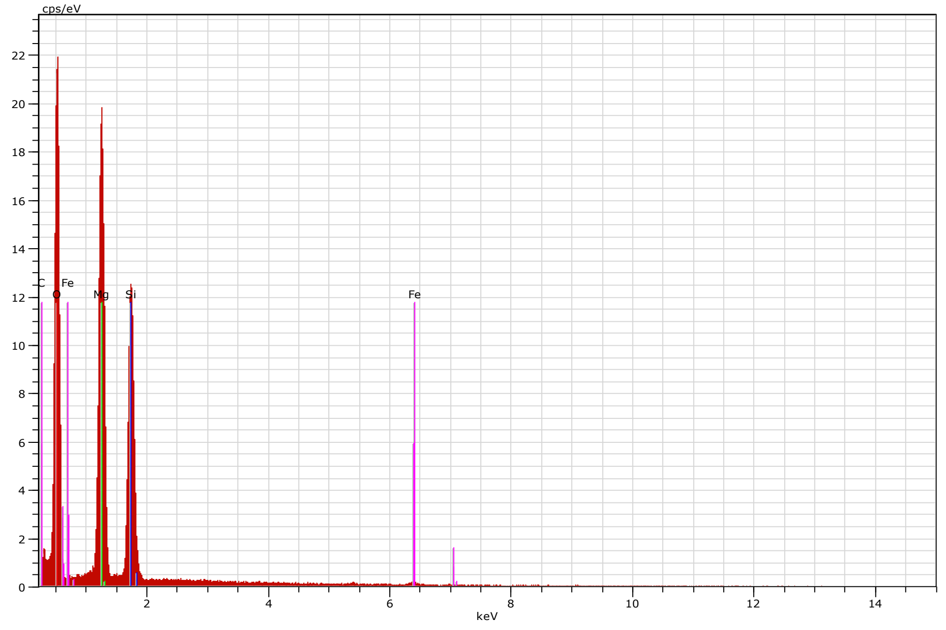
FT-IR分析:spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器:MIR TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数:4回 分解能4cm-1

1 走査型電子顕微鏡　形態

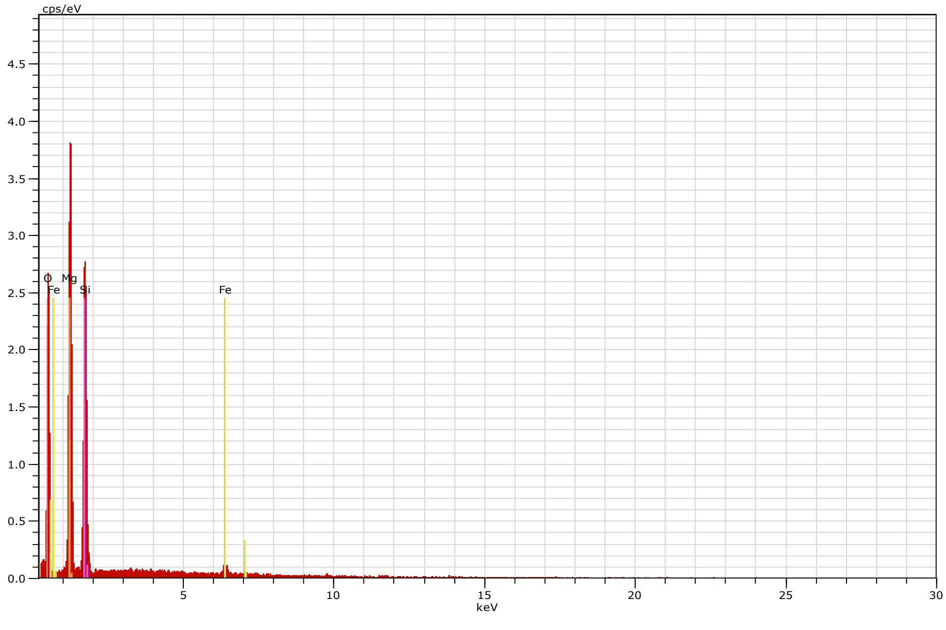


測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS Xflash 4010)
倍率2000倍、加速電圧5kv

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



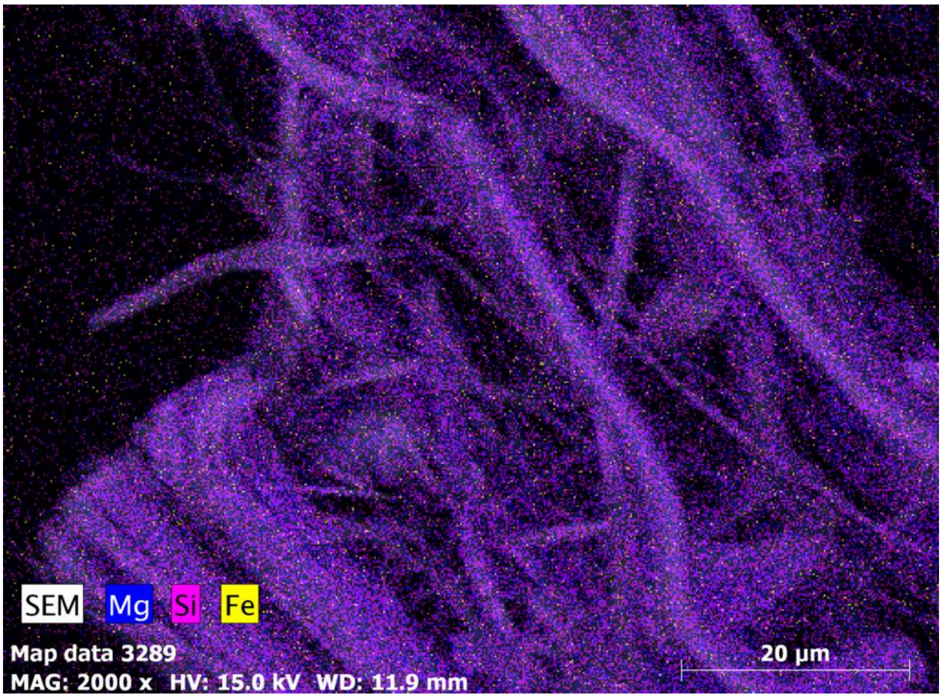
加速電圧15kv



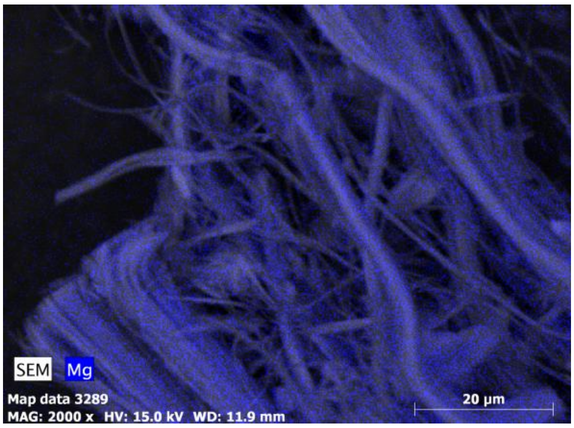
加速電圧30kv

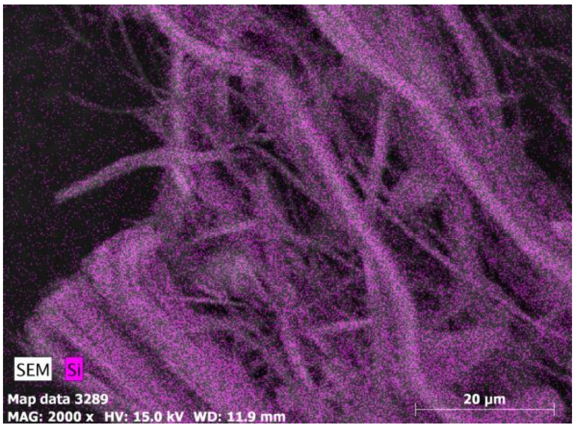
測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

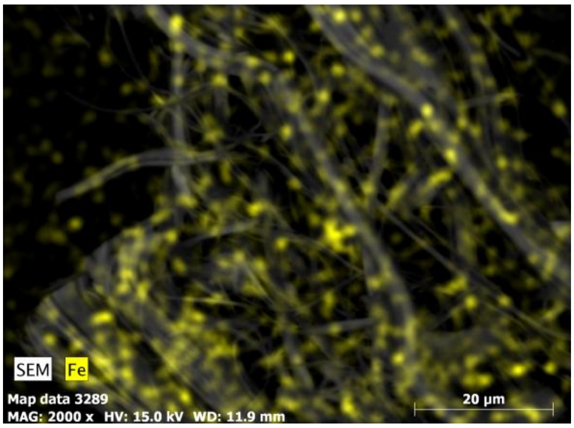
3　走査型電子顕微鏡　　元素マッピング



4　走査型電子顕微鏡　　元素マッピング （ 元素別 ）



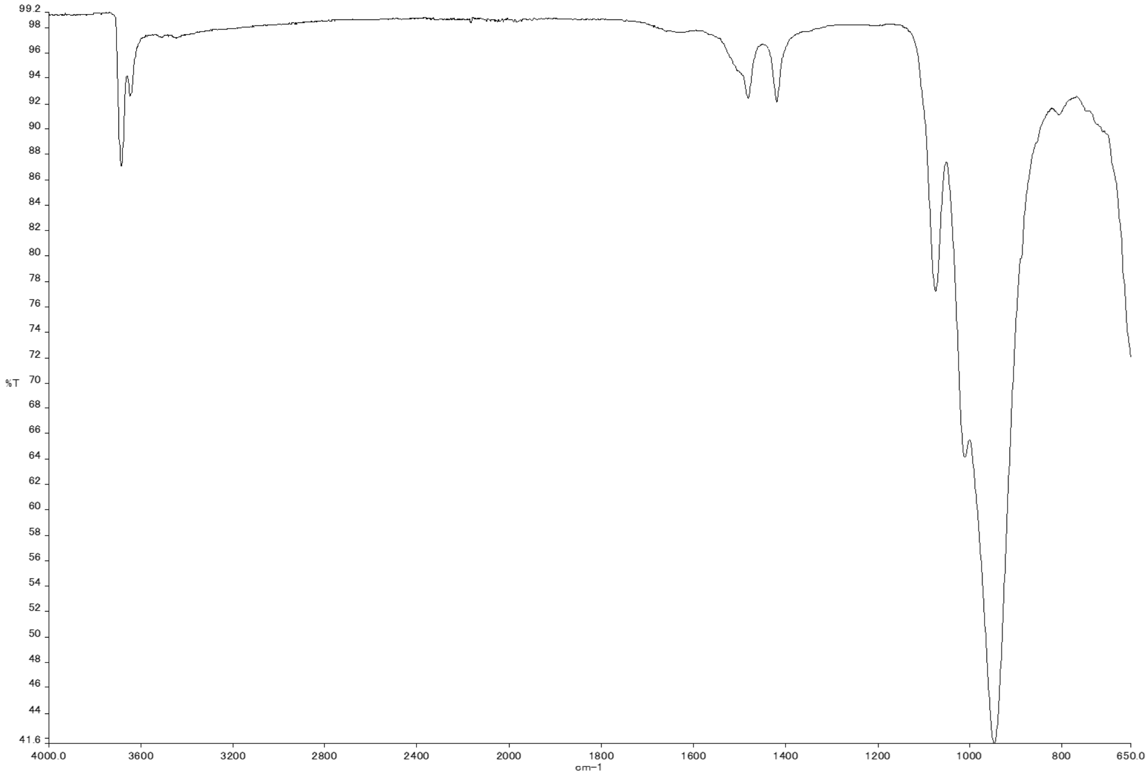


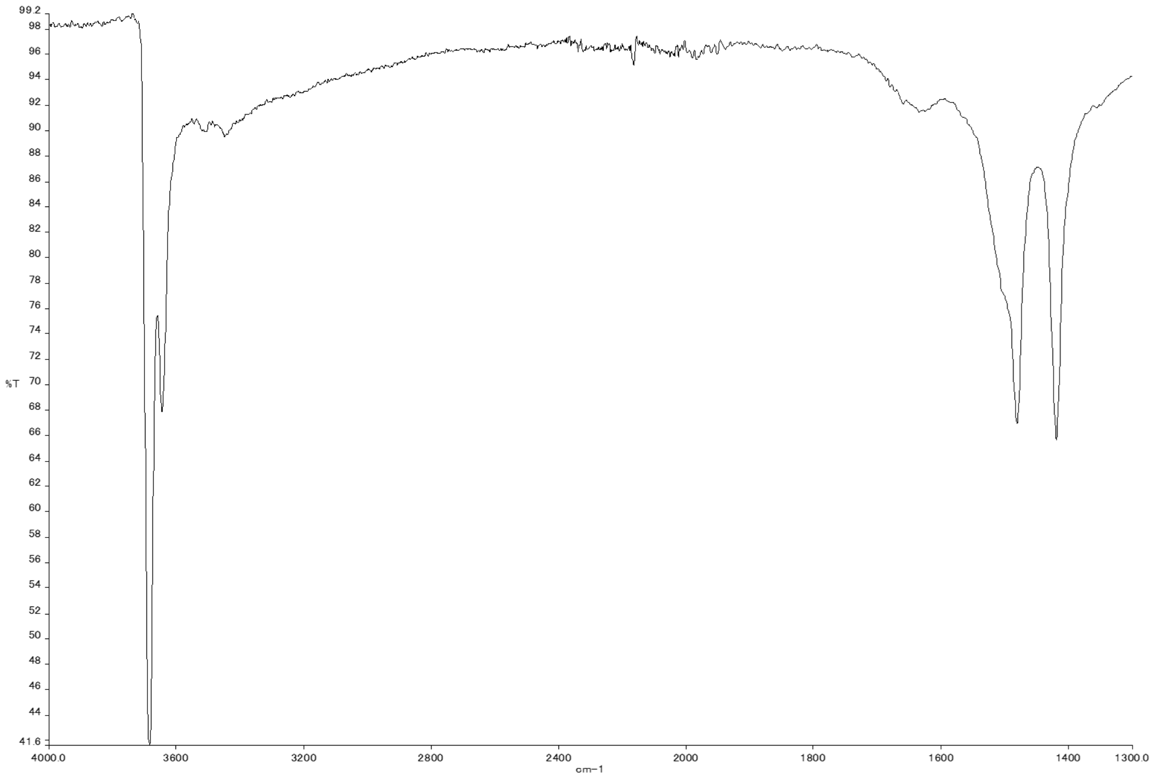


5 偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	曲線状・白色
多色性	なし
複屈折	低い
伸長性	正
消光角（最大）	0度
屈折率 γ	1.550～1.565
屈折率 α	1.542～1.555

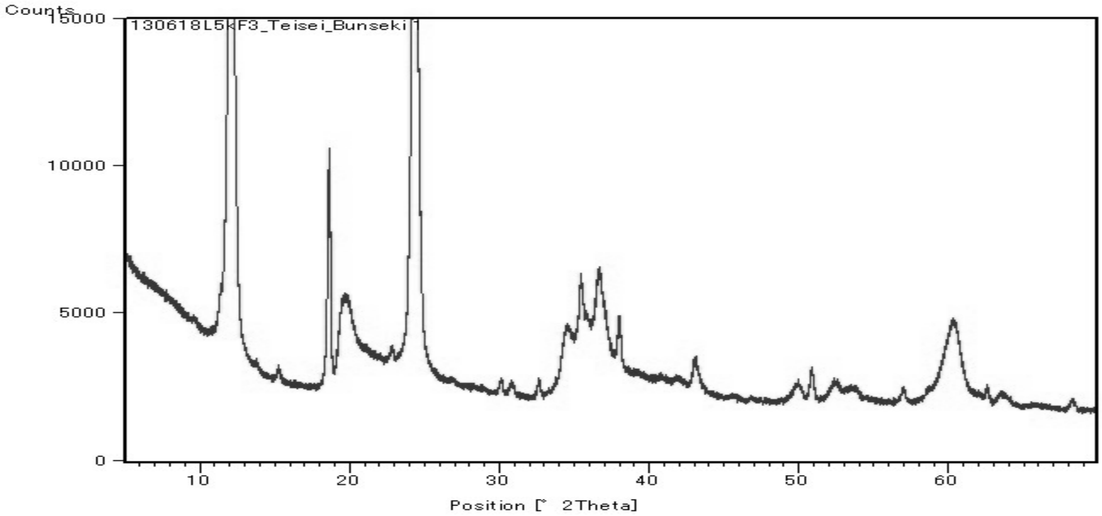
6　FT-IRによる赤外吸収スペクトル





FT-IR分析：spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器：MIR　TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数：4回　分解能4cm-1

7 粉末X線回折分析



測定条件等： X'PertPRO（PANalytical社製）
CuKα線 45kv40mA：発散スリット1/2° ：
step scan; step width 0.002° (2θ)：scan speed 0.0066° (2θ/s)

8 化学組成

鉄が全て二価の場合

wt%

SiO_2	45.89
Al_2O_3	0.80
FeO	4.41
MnO	0.03
MgO	44.31
CaO	0.44
Na_2O	2.11
K_2O	1.02
P_2O_5	0.21
その他成分	0.77

鉄が全て三価の場合

wt%

SiO_2	43.54
Al_2O_3	0.76
Fe_2O_3	9.31
MnO	0.03
MgO	42.04
CaO	0.42
Na_2O	2.00
K_2O	0.97
P_2O_5	0.20
その他成分	0.73

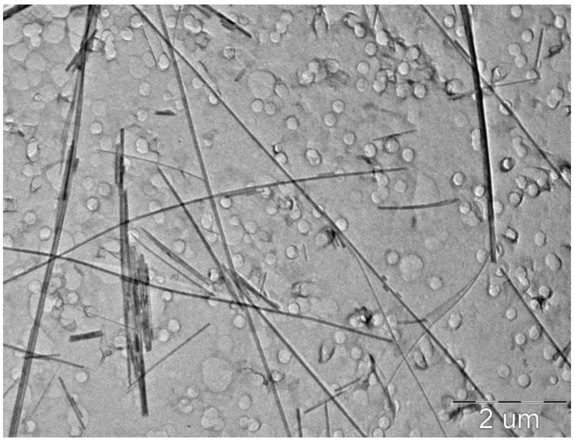
測定条件等：ICP発光分光分析 Vista MPX(ｾｲｺｰｲﾝｽﾂﾙﾒﾝﾂ社製)
(鉄は二価と三価を合算した定量値になる為、全て二価または三価と仮定した場合の数値を記載)

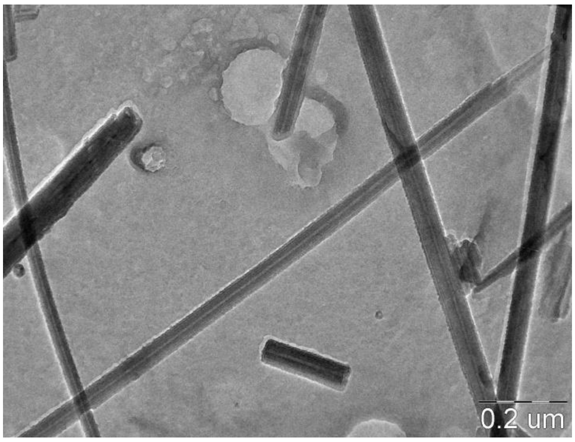
9 結晶子サイズ

指数*hkl*	角度2θ(°)	結晶子サイズ(nm)
002	12.803	15.2
004	24.343	14.9
060	60.190	6.3

測定条件等:X'PertPRO(PANalytical社製)
CuKα線　45kv40mA:発散スリット1/2°　:
step scan; step width 0.002°(2θ):scan speed 0.0066°(2θ/s)

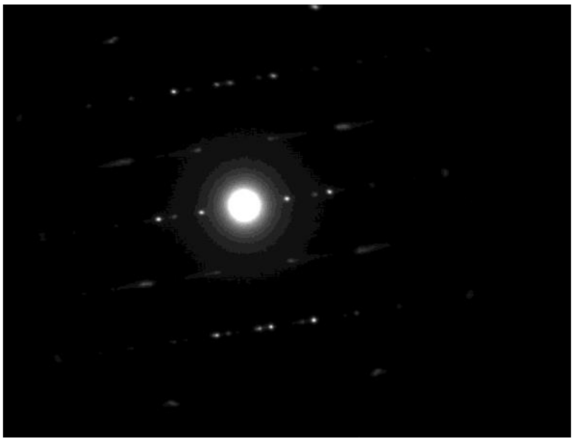
10 透過型電子顕微鏡 形態





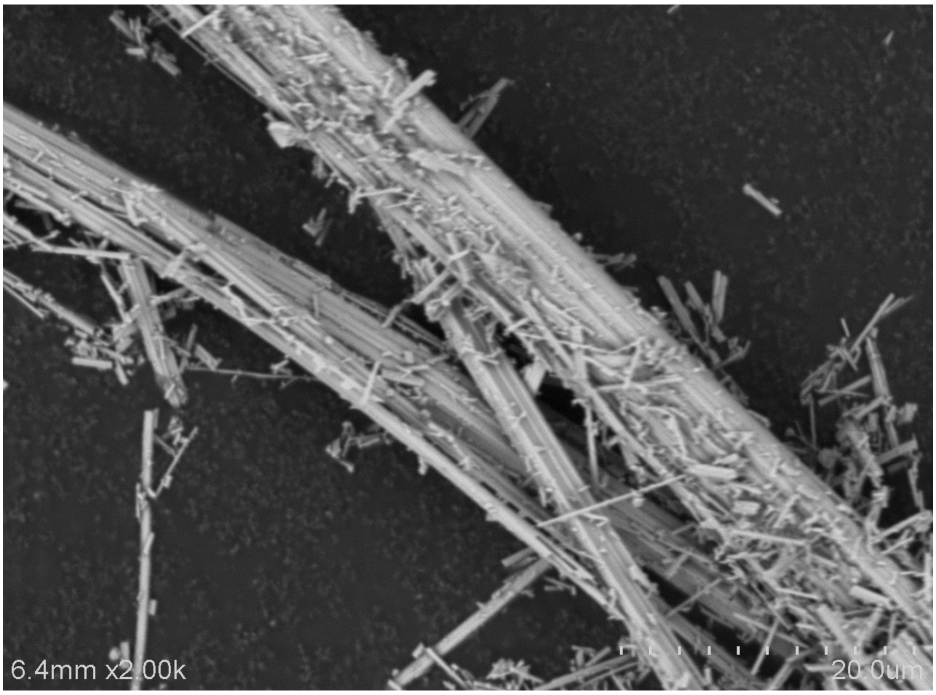
測定条件等:透過型電子顕微鏡 JEM2010(日本電子社製)
倍率 左2500倍 右20000倍、加速電圧100kv

11 透過型電子顕微鏡 電子線回折



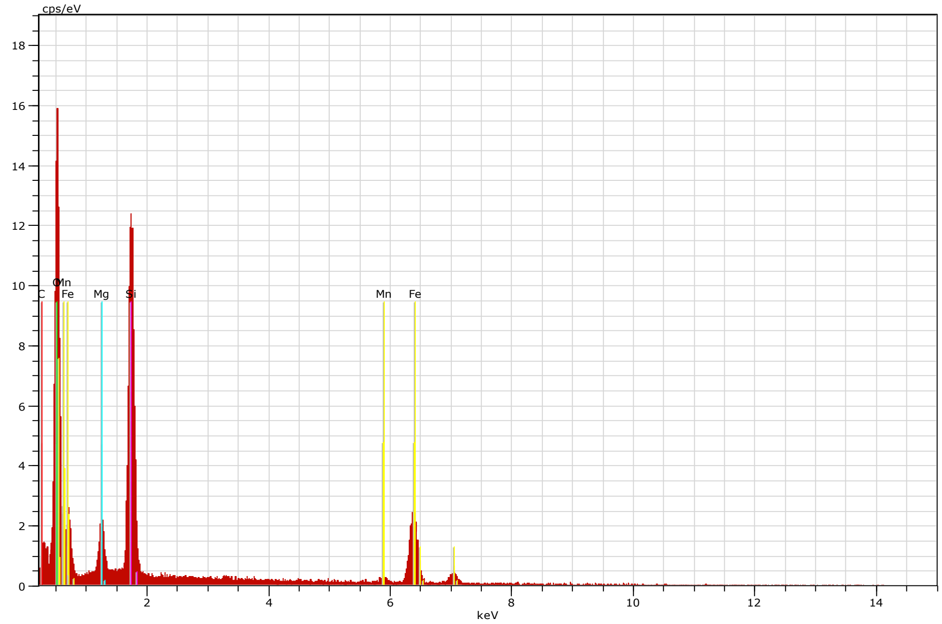
測定条件等:透過型電子顕微鏡 JEM2010(日本電子社製)
加速電圧100kv

1 走査型電子顕微鏡 形態

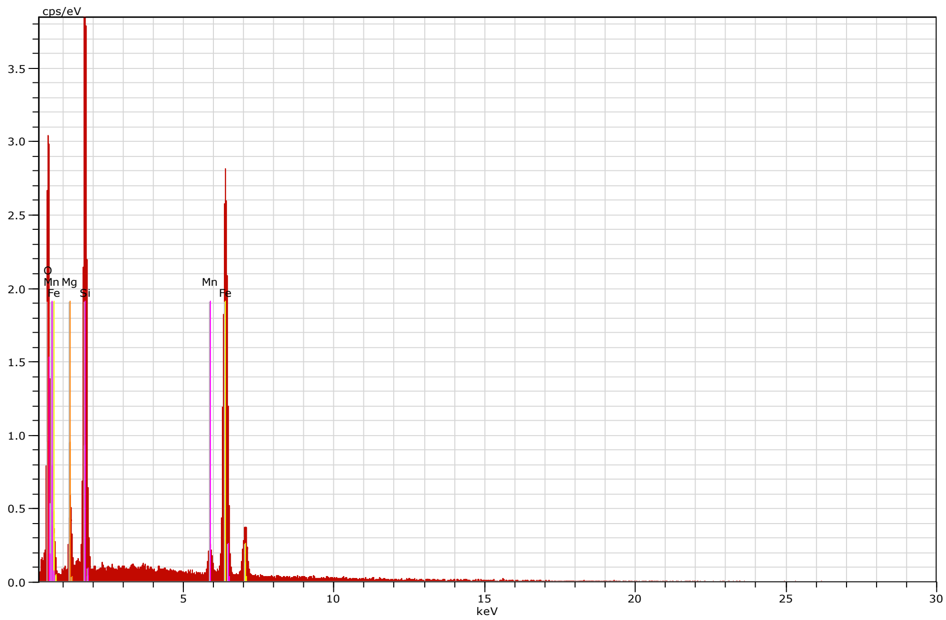


測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS Xflash 4010)
倍率2000倍、加速電圧5kv

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



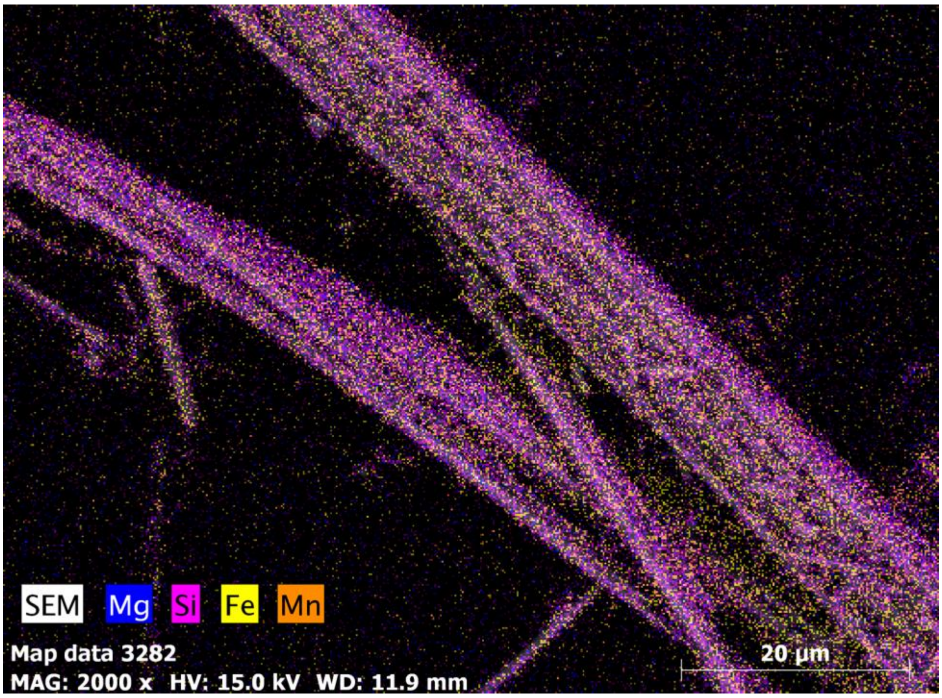
加速電圧15kv



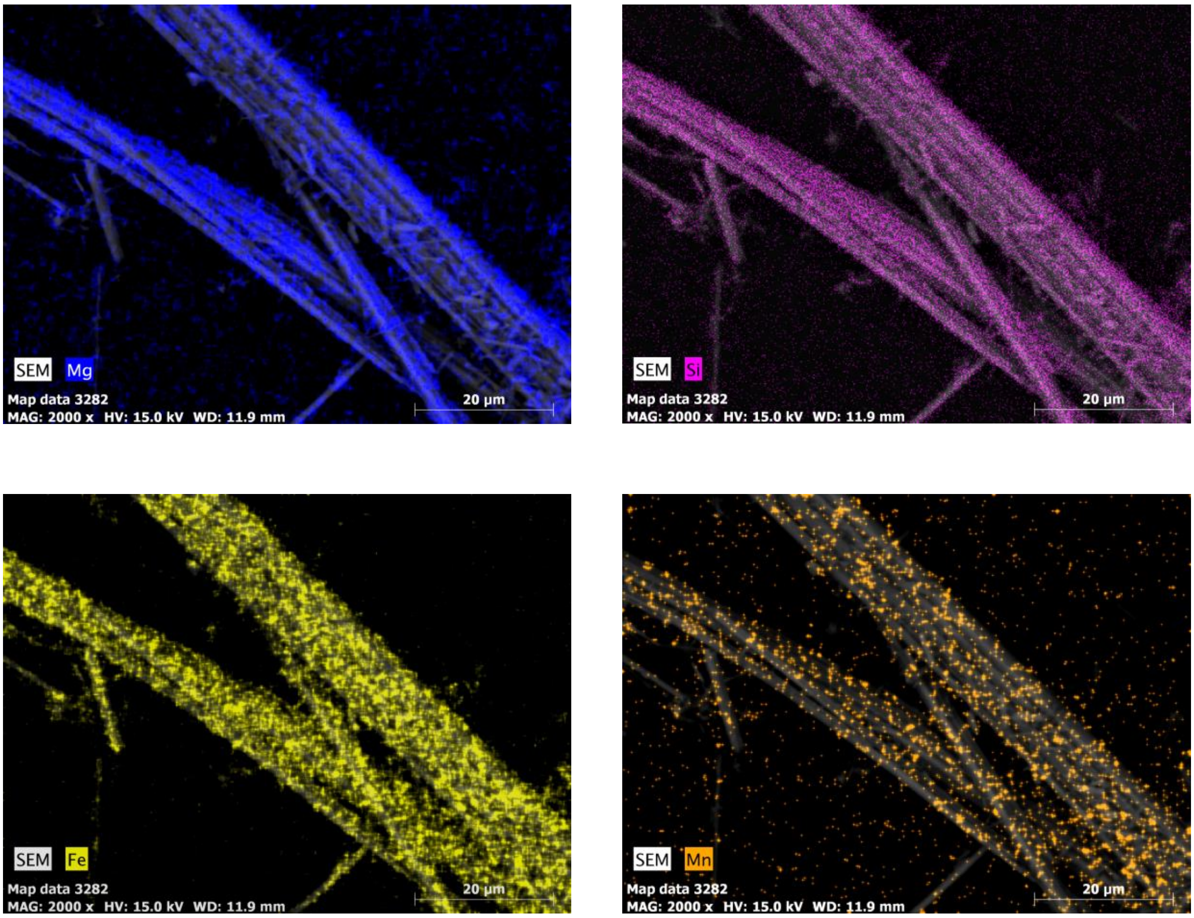
加速電圧30kv

測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

3　走査型電子顕微鏡　元素マッピング



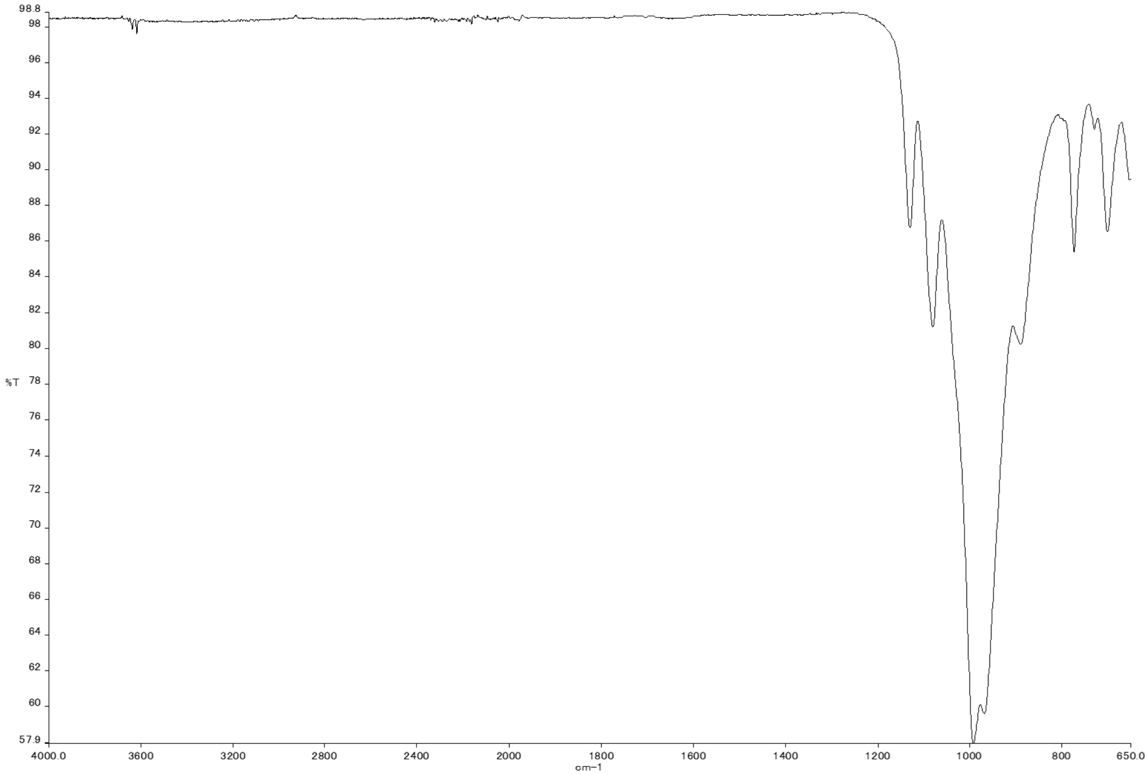
4　走査型電子顕微鏡　元素マッピング　（元素別）

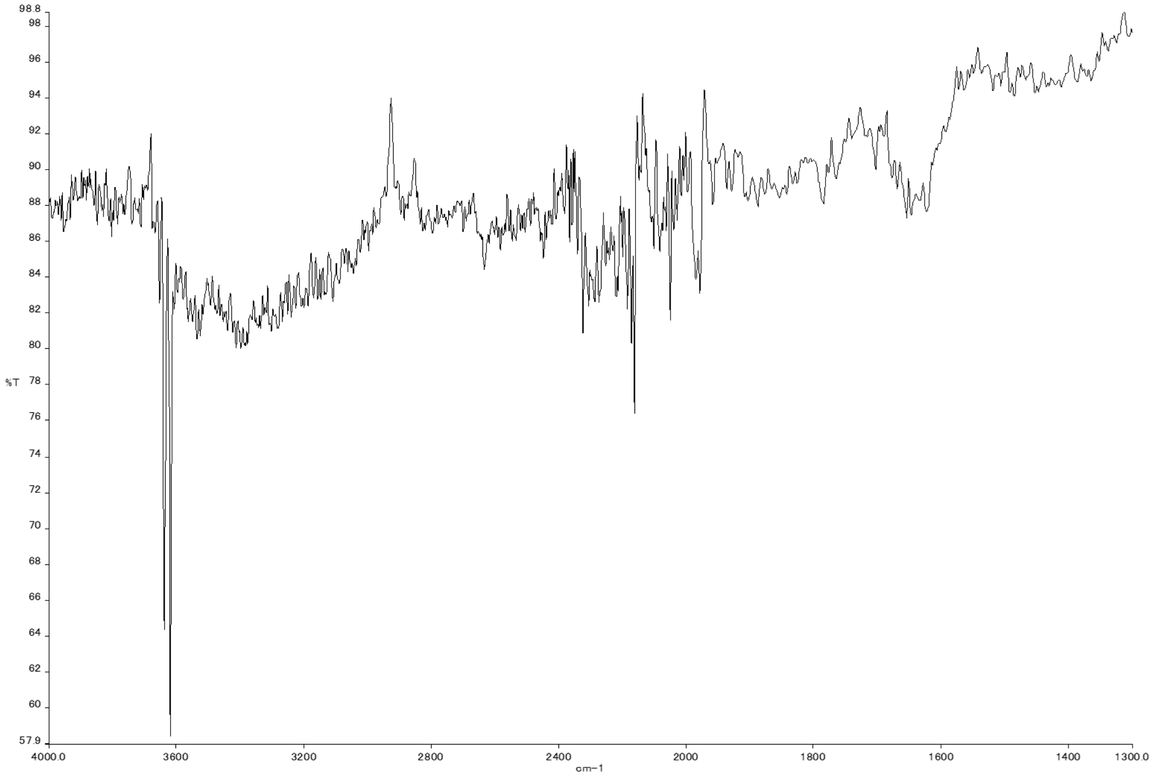


5 偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	角柱針状・灰色～茶色
多色性	非常に弱い
複屈折	中度
伸長性	正
消光角(最大)	0度
屈折率γ	1.691～1.703
屈折率α	1.668～1.683

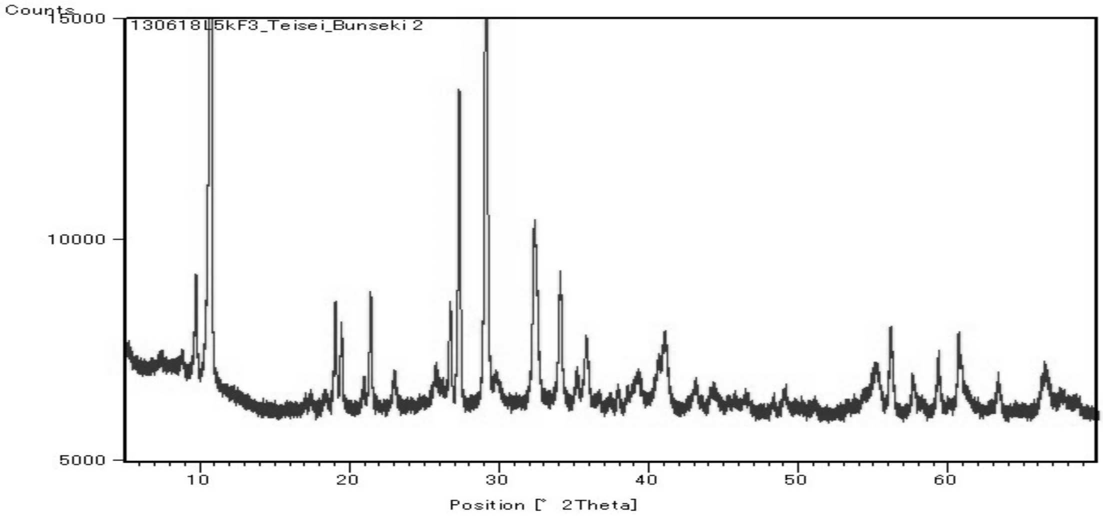
6　FT-IRによる赤外吸収スペクトル





FT-IR分析：spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器：MIR　TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数：4回　分解能4cm-1

7 粉末X線回折分析



測定条件等: X'PertPRO(PANalytical社製)
CuKα線 45kv40mA:発散スリット1/2° :
step scan; step width 0.002° (2θ):scan speed 0.0066° (2θ/s)

8 化学組成

鉄が全て二価の場合

wt%

SiO_2	52.07
Al_2O_3	1.14
FeO	33.32
MnO	2.11
MgO	5.58
CaO	1.23
Na_2O	2.63
K_2O	1.54
P_2O_5	0.06
その他成分	0.31

鉄が全て三価の場合

wt%

SiO_2	44.91
Al_2O_3	0.71
Fe_2O_3	46.02
MnO	1.31
MgO	3.47
CaO	0.76
Na_2O	1.63
K_2O	0.96
P_2O_5	0.03
その他成分	0.19

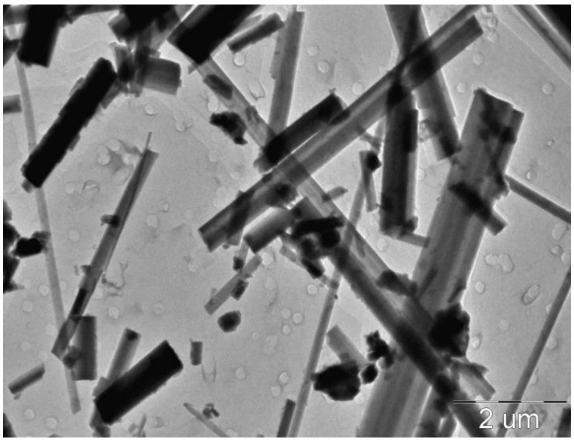
測定条件等:ICP発光分光分析 Vista MPX(セイコーインスツルメンツ社製)
(鉄は二価と三価を合算した定量値になる為、全て二価または三価と仮定した場合の数値を記載)

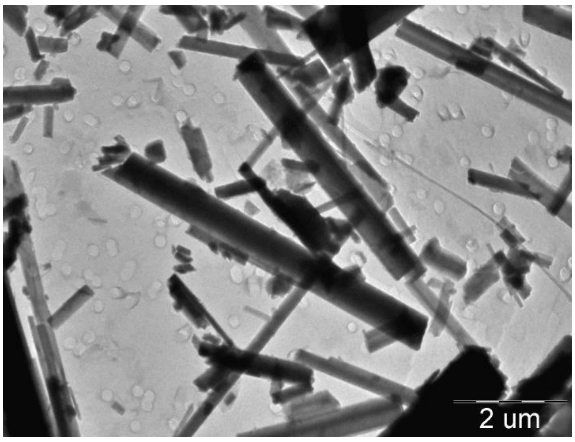
9 結晶子サイズ

指数*hkl*	角度2θ(°)	結晶子サイズ(nm)
020	9.731	41.6
110	10.695	44.3
400	19.042	45.1

測定条件等:X'PertPRO(PANalytical社製)
CuKα線 45kv40mA:発散スリット1/2° :
step scan; step width 0.002° (2θ):scan speed 0.0066° (2θ/s)

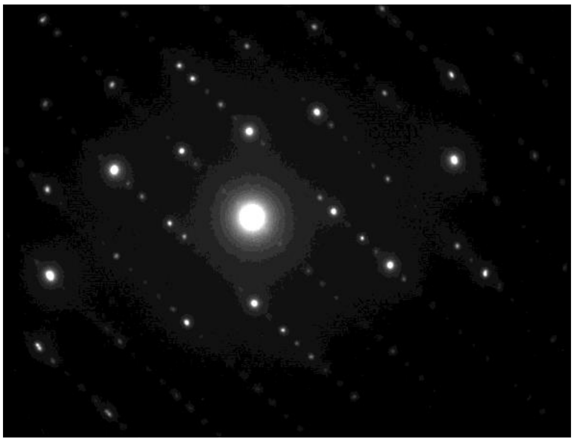
10 透過型電子顕微鏡 形態





測定条件等:透過型電子顕微鏡 JEM2010(日本電子社製)
倍率2500倍、加速電圧100kv

11 透過型電子顕微鏡 電子線回折

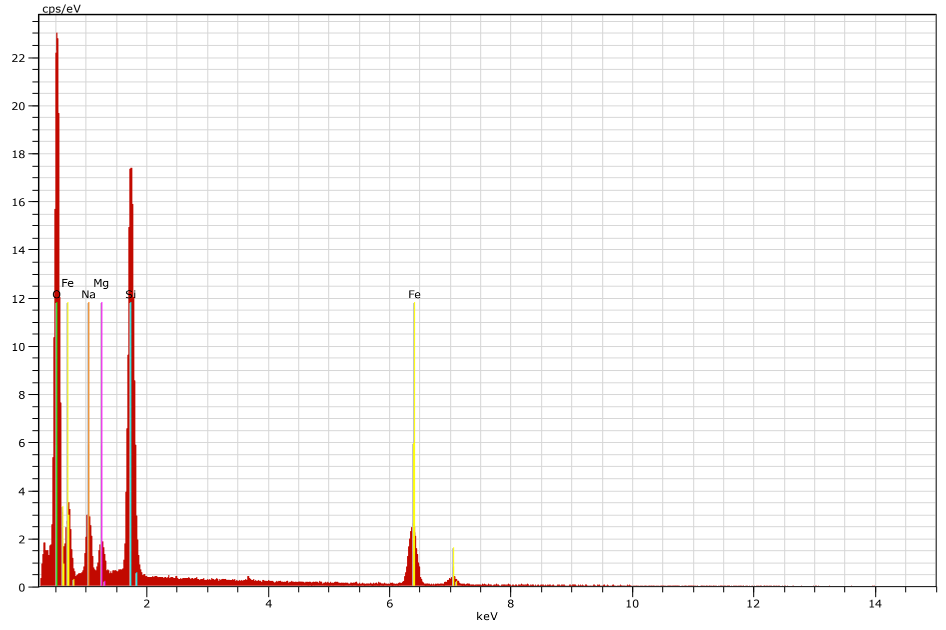


測定条件等:透過型電子顕微鏡 JEM2010(日本電子社製)
加速電圧100kv

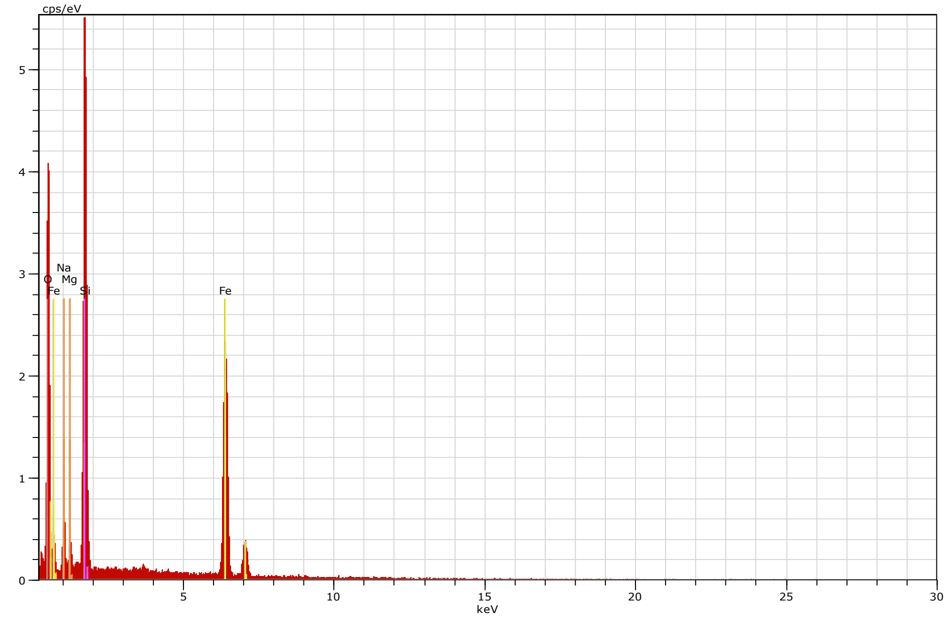
1 走査型電子顕微鏡 形態

測定条件等：S-3400N（㈱日立ハイテクノロジーズ）/BRUKER-AXS Xflash 4010）
倍率2000倍、加速電圧5kv

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



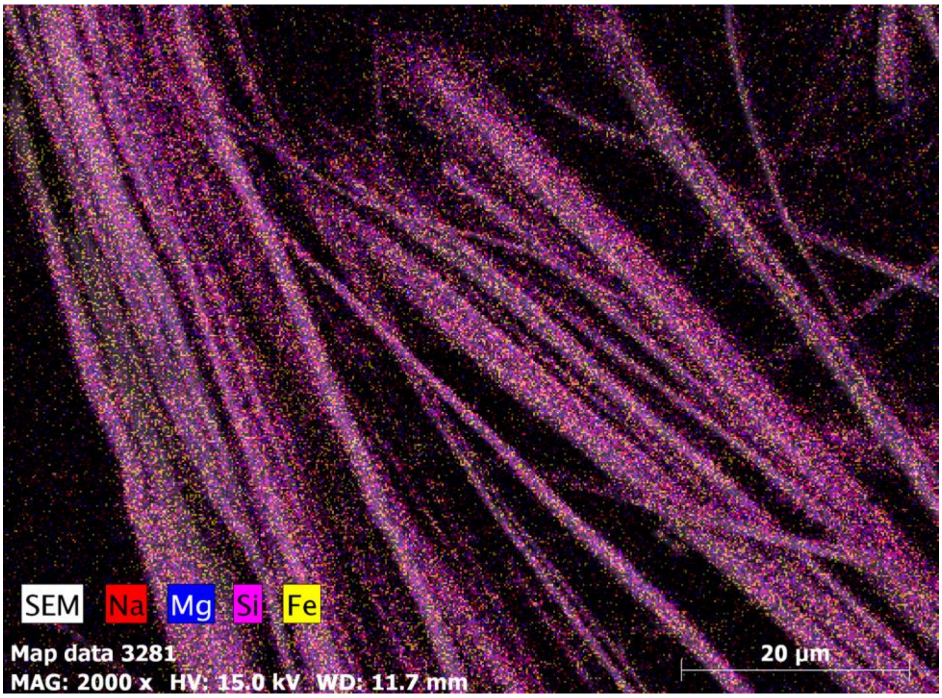
加速電圧15kv



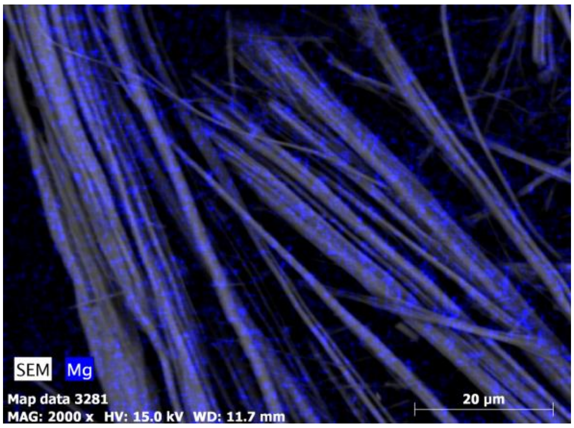
加速電圧30kv

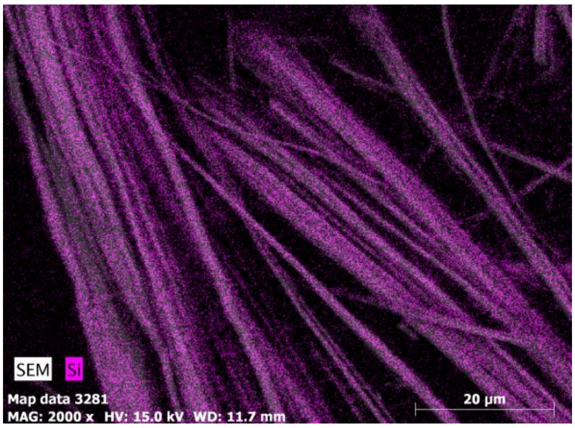
測定条件等：S-3400N（㈱日立ハイテクノロジーズ）/BRUKER-AXS　Xflash　4010）
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

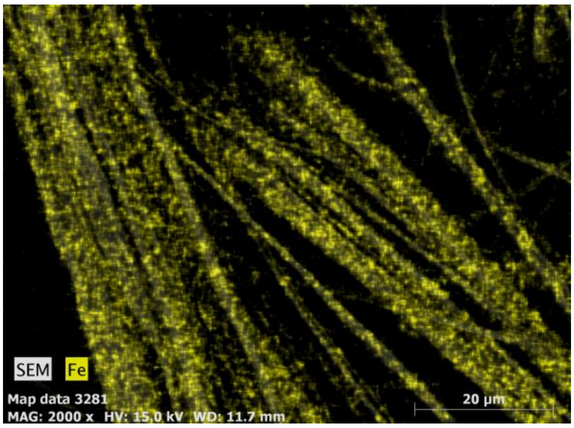
3　走査型電子顕微鏡　　元素マッピング

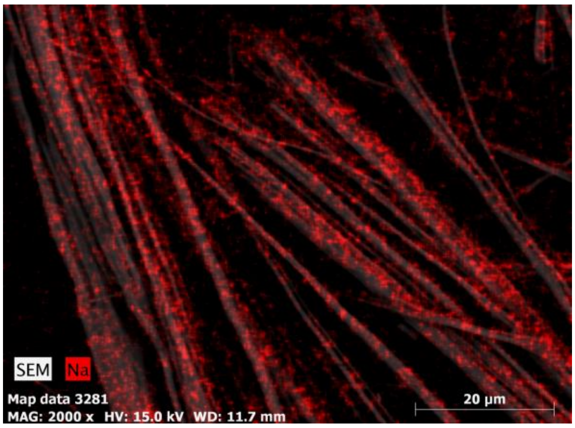


4　走査型電子顕微鏡　　元素マッピング（元素別）





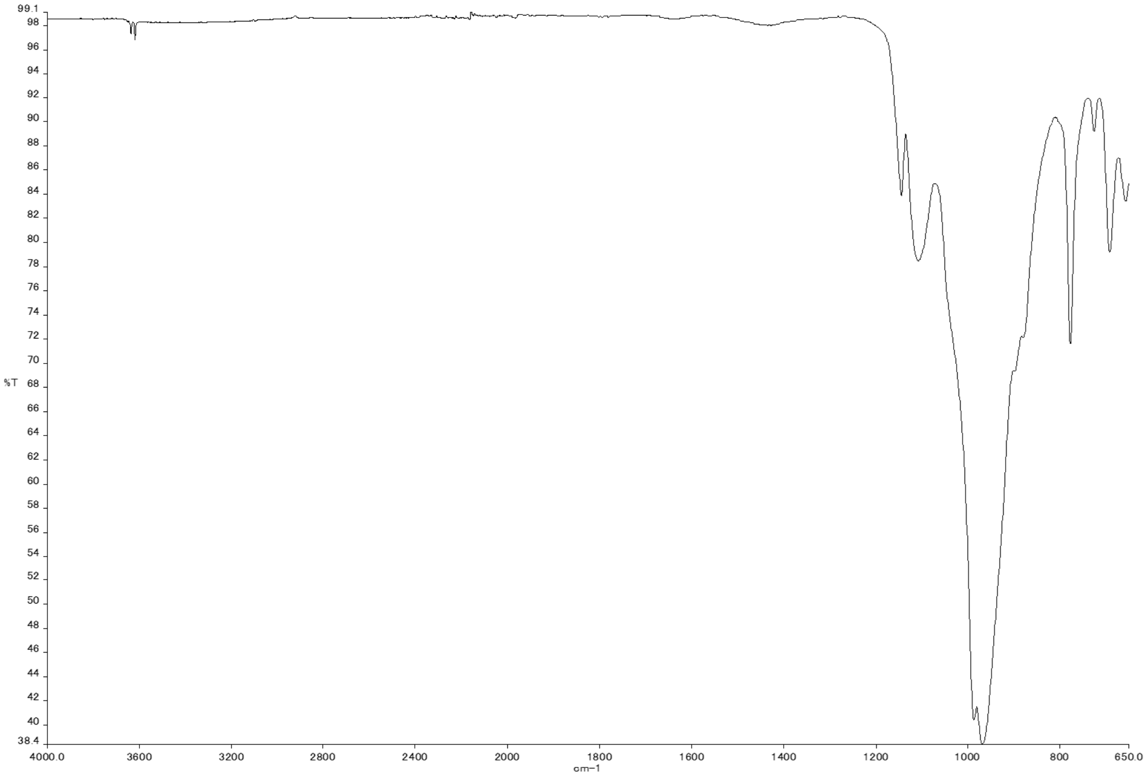


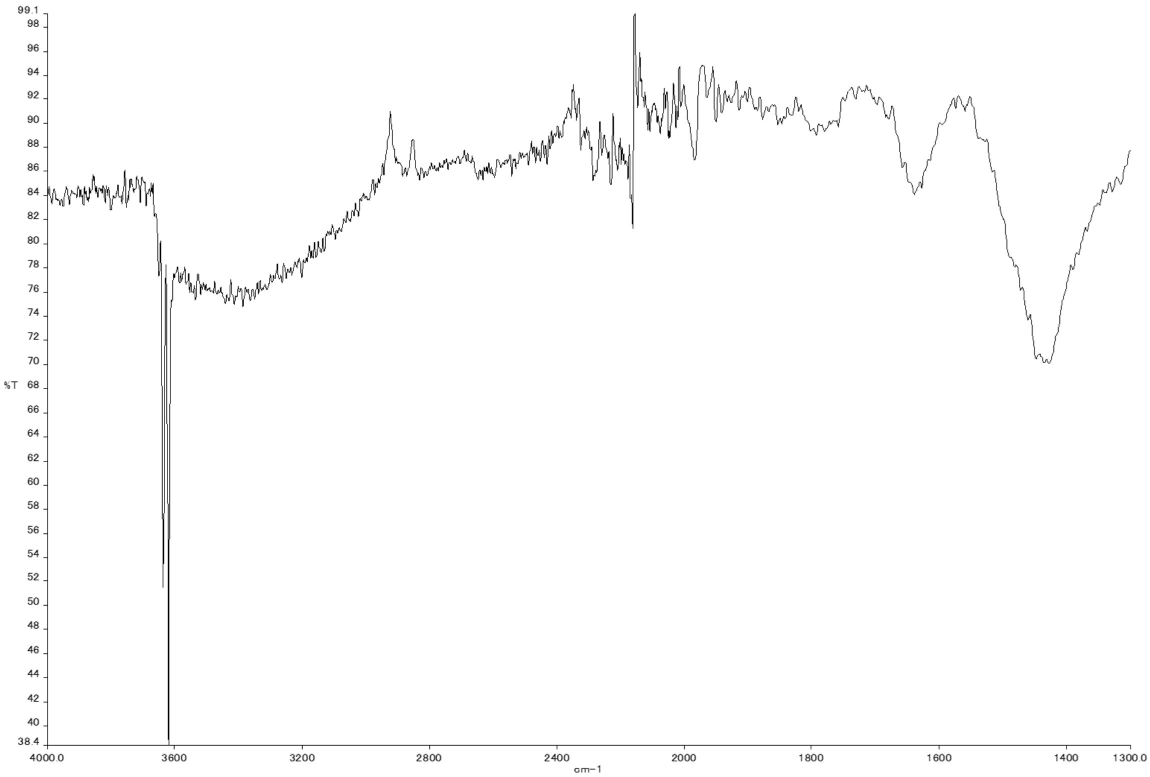


5 偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	角柱針状・青色
多色性	α青色、γ灰色
複屈折	低い
伸長性	負
消光角(最大)	0度
屈折率γ	1.683～1.703
屈折率α	1.682～1.699

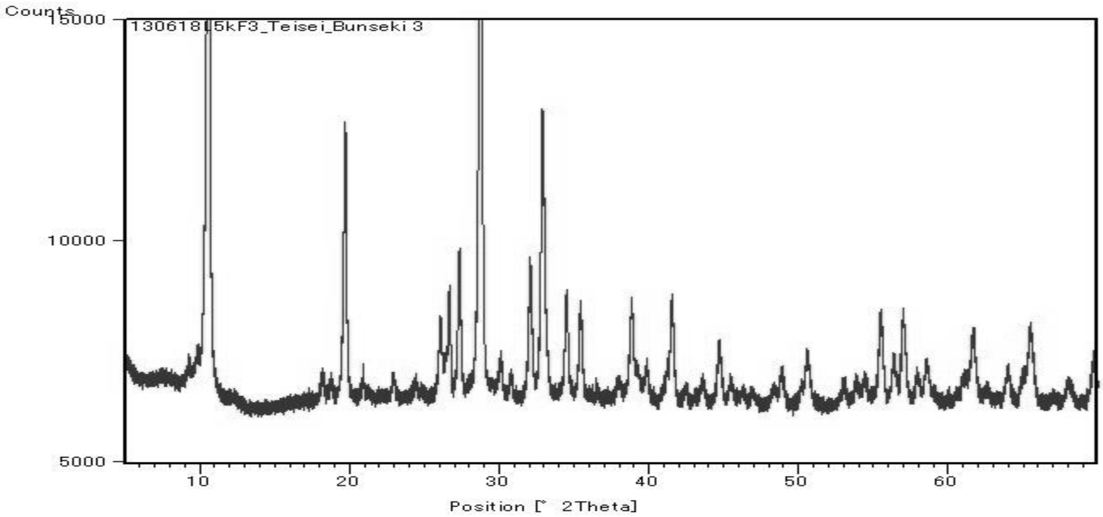
6 FT-IRによる赤外吸収スペクトル





FT-IR分析:spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器:MIR TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数:4回 分解能4cm-1

7　粉末X線回折分析



測定条件等：　X'PertPRO（PANalytical社製）
CuKα線　45kv40mA：発散スリット1/2°　：
step scan; step width 0.002°（2θ）：scan speed 0.0066°（2θ/s）

8　化学組成

鉄が全て二価の場合

wt%

SiO_2	54.09
Al_2O_3	0.24
FeO	33.46
MnO	0.08
MgO	3.32
CaO	1.42
Na_2O	5.45
K_2O	1.69
P_2O_5	0.01以下
その他成分	0.24

鉄が全て三価の場合

wt%

SiO_2	50.81
Al_2O_3	0.14
Fe_2O_3	42.14
MnO	0.05
MgO	1.88
CaO	0.80
Na_2O	3.09
K_2O	0.96
P_2O_5	0.01以下
その他成分	0.14

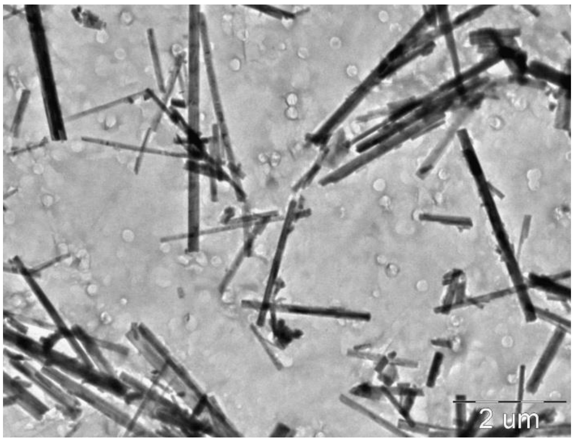
測定条件等：ICP発光分光分析　Vista MPX(ｾｲｺｰｲﾝｽﾂﾙﾒﾝﾂ社製)
（鉄は二価と三価を合算した定量値になる為、全て二価または三価と仮定した場合の数値を記載）

9　結晶子サイズ

指数*hkl*	角度2θ(°)	結晶子サイズ(nm)
020	9.250	50.5
040	19.617	30.4
110	10.509	30.0
310	28.566	29.4

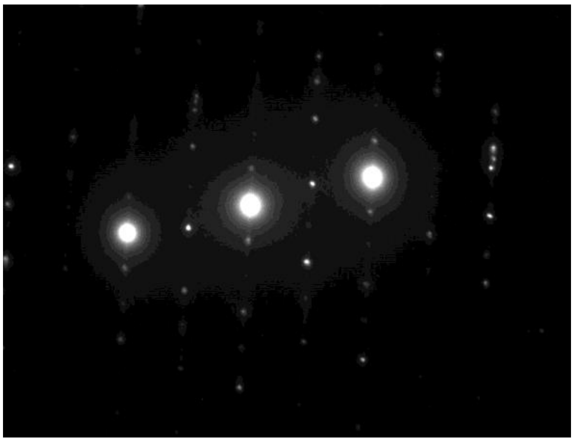
測定条件等：X'PertPRO（PANalytical社製）
CuKα線　45kv40mA：発散スリット1/2°　：
step scan; step width 0.002°（2θ）：scan speed 0.0066°（2θ/s）

10　透過型電子顕微鏡　　形態



測定条件等:透過型電子顕微鏡　JEM2010(日本電子社製)
倍率2500倍、加速電圧100kv

11　透過型電子顕微鏡　　電子線回折

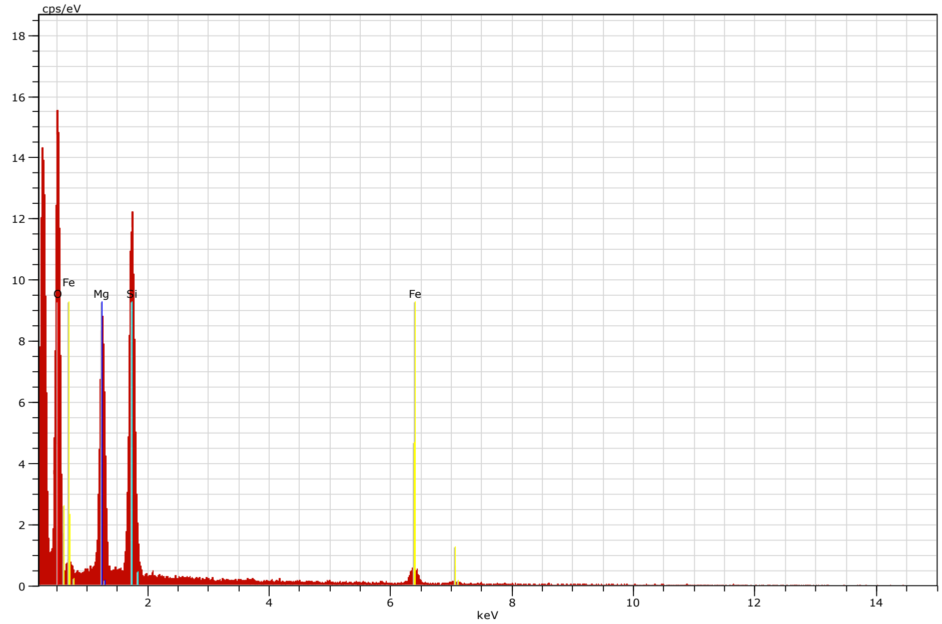


測定条件等:透過型電子顕微鏡　JEM2010(日本電子社製)
加速電圧100kv

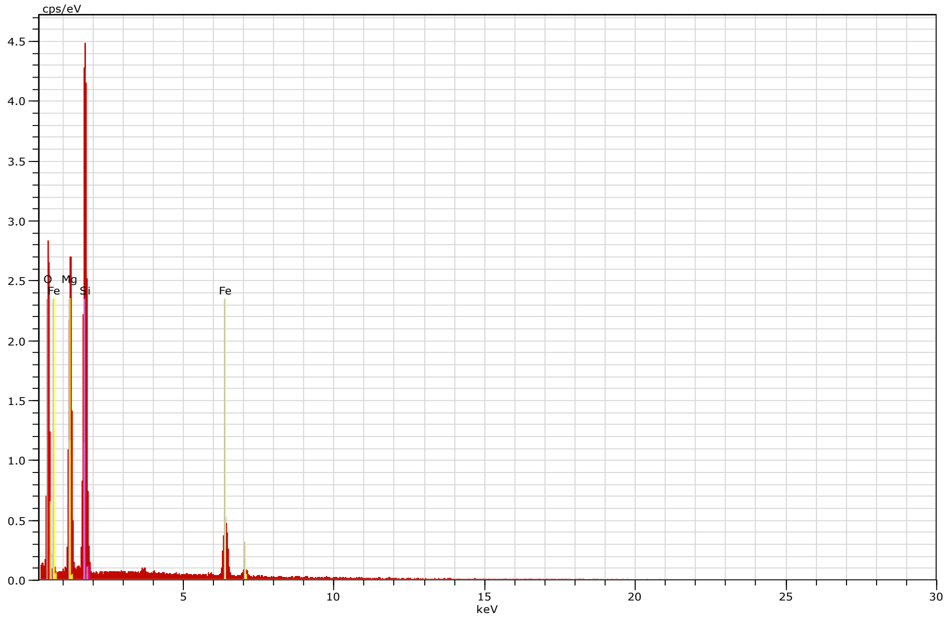
1 走査型電子顕微鏡 形態

測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS Xflash 4010)
倍率2000倍、加速電圧5kv

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



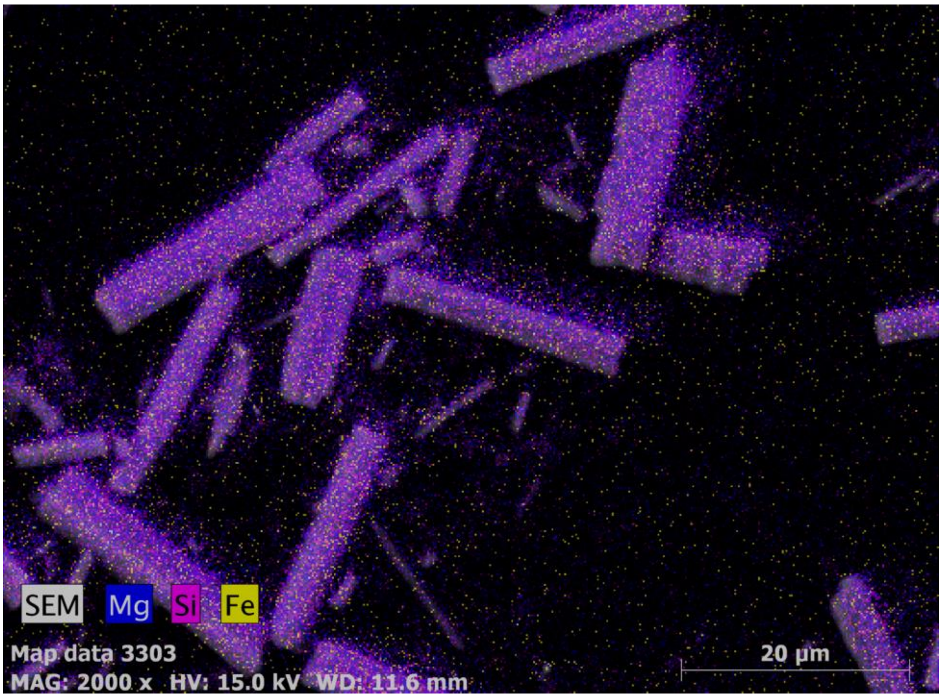
加速電圧15kv



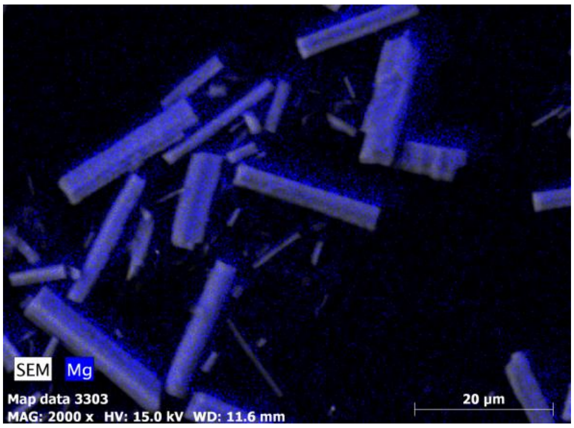
加速電圧30kv

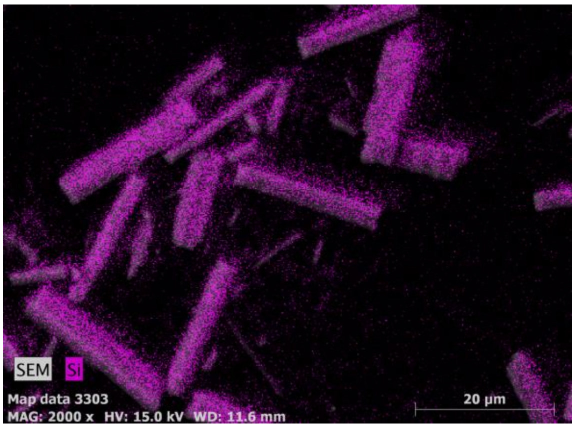
測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

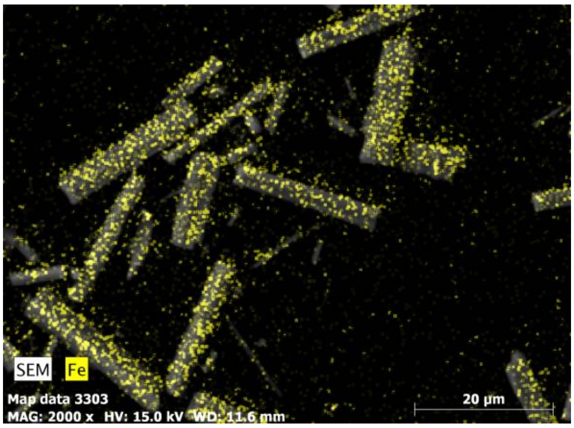
3 走査型電子顕微鏡 元素マッピング



4 走査型電子顕微鏡 元素マッピング （元素別）



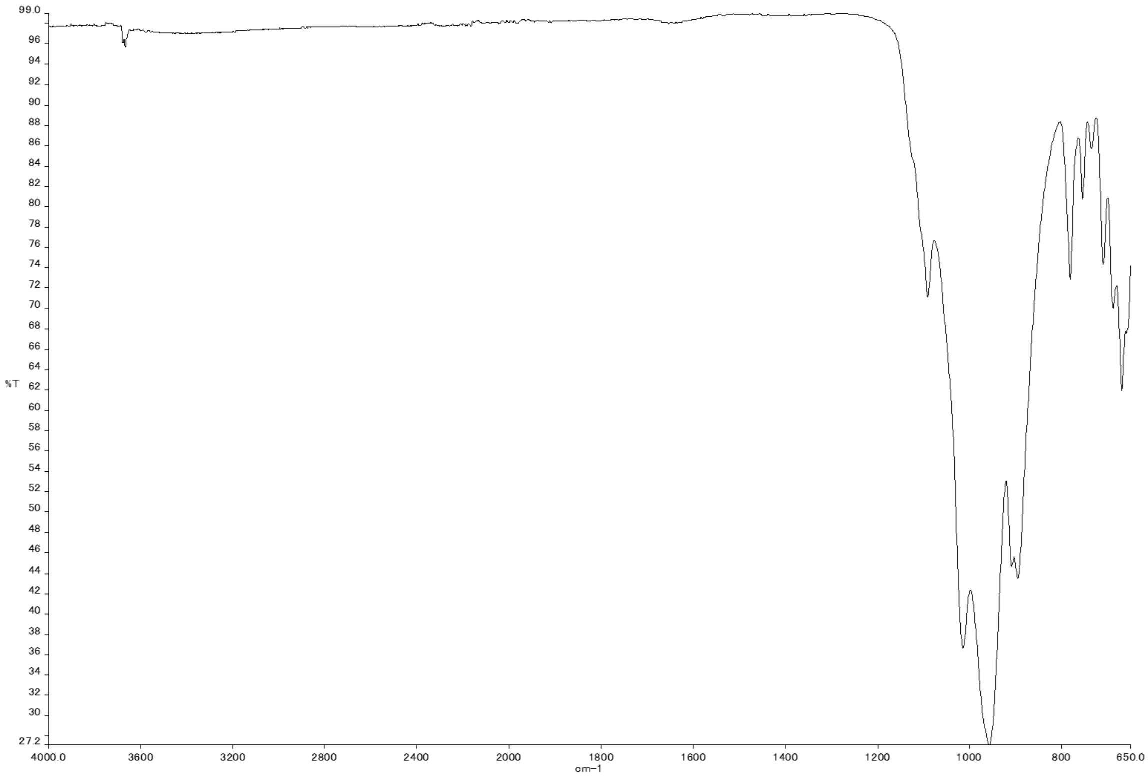


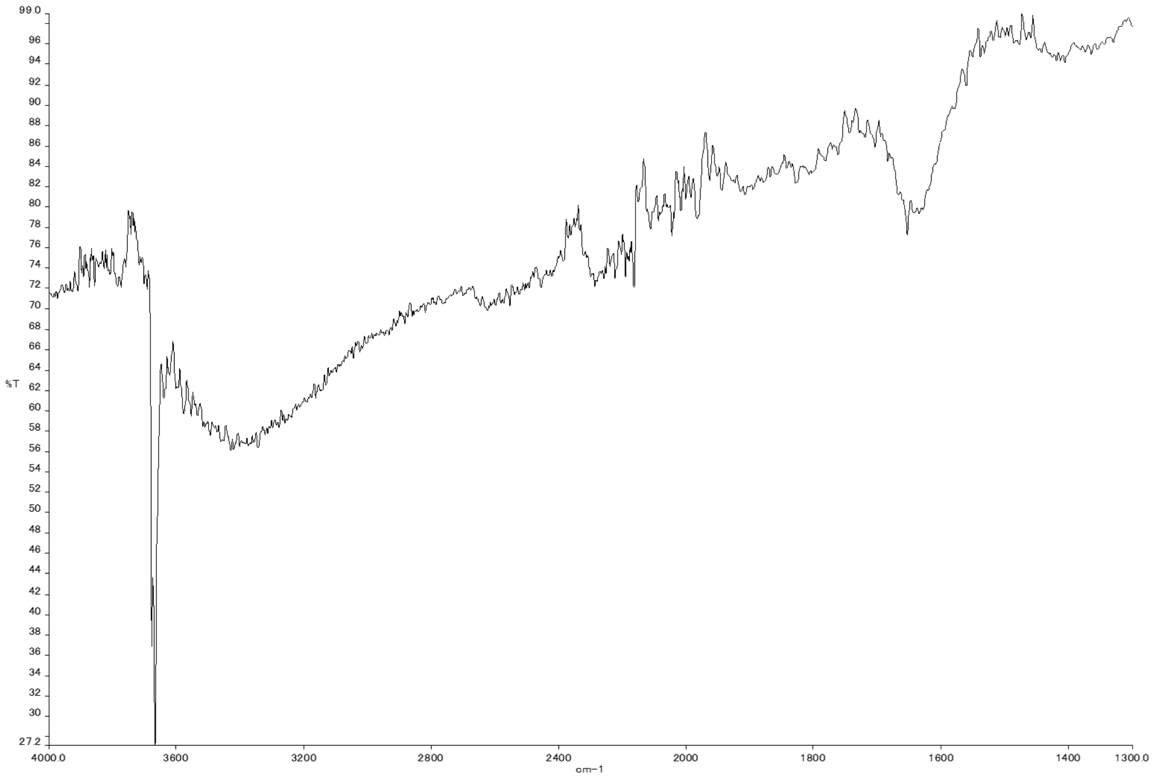


5　偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	角柱針状・白色
多色性	なし
複屈折	中度
伸長性	正
消光角（最大）	0度
屈折率 γ	1.626～1.639
屈折率 α	1.601～1.626

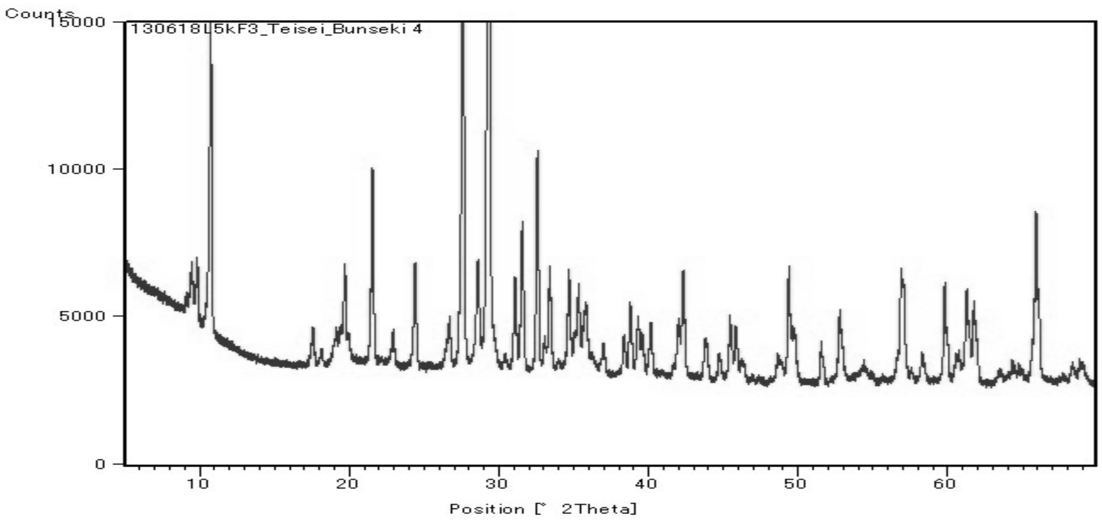
6　FT-IRによる赤外吸収スペクトル





FT-IR分析：spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器：MIR　TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数：4回　分解能4cm-1

7 粉末X線回折分析



測定条件等：　X'PertPRO（PANalytical社製）
CuKα線　45kv40mA：発散スリット1/2°　：
step scan; step width 0.002°（2θ）：scan speed 0.0066°（2θ/s）

8 化学組成

鉄が全て二価の場合

	wt%
SiO_2	62.55
Al_2O_3	0.38
FeO	7.09
MnO	0.24
MgO	24.36
CaO	0.51
Na_2O	1.49
K_2O	1.59
P_2O_5	0.01以下
その他成分	1.78

鉄が全て三価の場合

	wt%
SiO_2	57.56
Al_2O_3	0.35
Fe_2O_3	14.51
MnO	0.22
MgO	22.42
CaO	0.47
Na_2O	1.37
K_2O	1.46
P_2O_5	0.01以下
その他成分	1.64

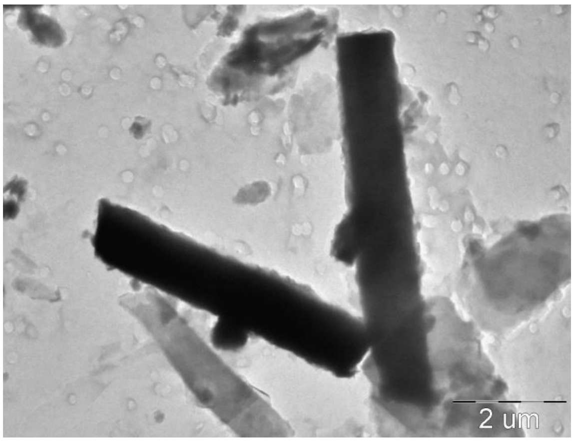
測定条件等：ICP発光分光分析　Vista MPX(セイコーインスツルメンツ社製)
（鉄は二価と三価を合算した定量値になる為、全て二価または三価と仮定した場合の数値を記載）

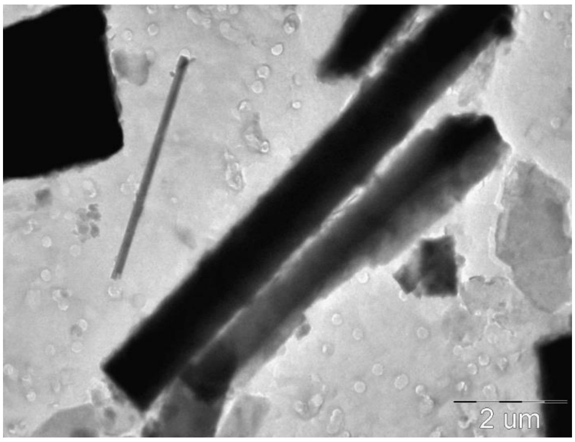
9 結晶子サイズ

指数*hkl*	角度2θ(°)	結晶子サイズ(nm)
020	9.814	57.1
040	19.682	55.2
610	29.282	59.9
12 00	59.782	71.9

測定条件等:X'PertPRO(PANalytical社製)
CuKα線　45kv40mA:発散スリット1/2°　:
step scan; step width 0.002°(2θ):scan speed 0.0066°(2θ/s)

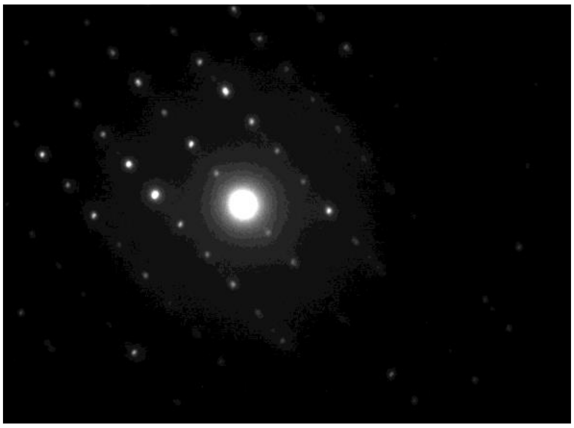
10　透過型電子顕微鏡　　形態





測定条件等:透過型電子顕微鏡　JEM2010(日本電子社製)
倍率2500倍、加速電圧100kv

11　透過型電子顕微鏡　　電子線回折



測定条件等:透過型電子顕微鏡　JEM2010(日本電子社製)
加速電圧100kv

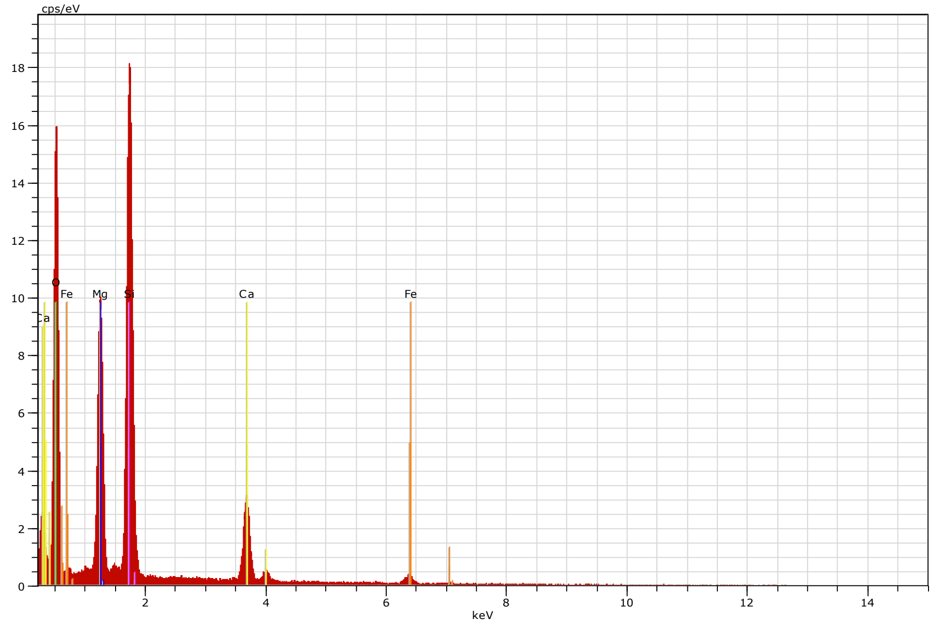
トレモライト標準試料　JAWE511

1　走査型電子顕微鏡　　形態

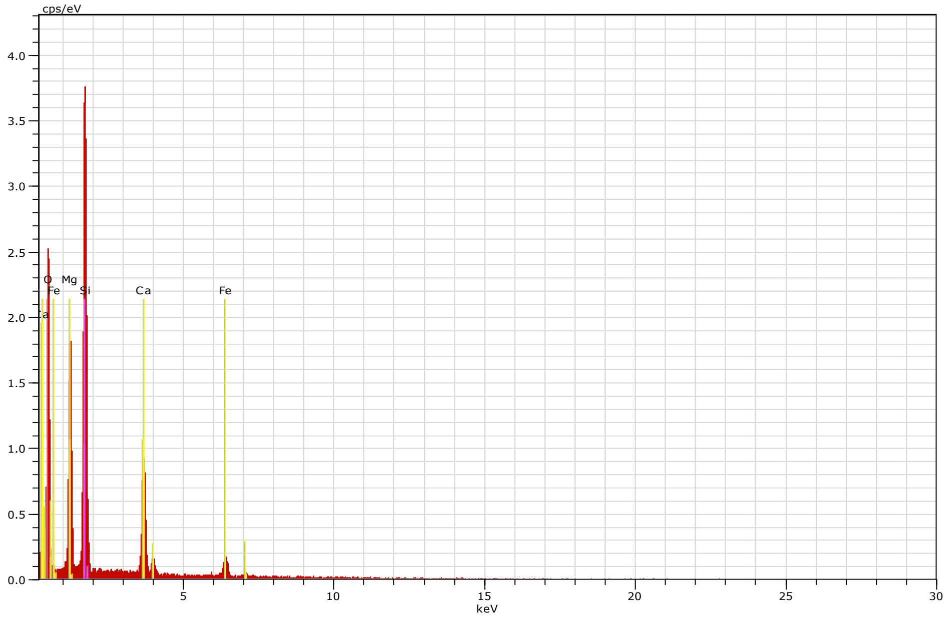
測定条件等：S-3400N（㈱日立ハイテクノロジーズ）/BRUKER-AXS　Xflash　4010）
倍率2000倍、加速電圧5kv

トレモライト標準試料　JAWE511

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



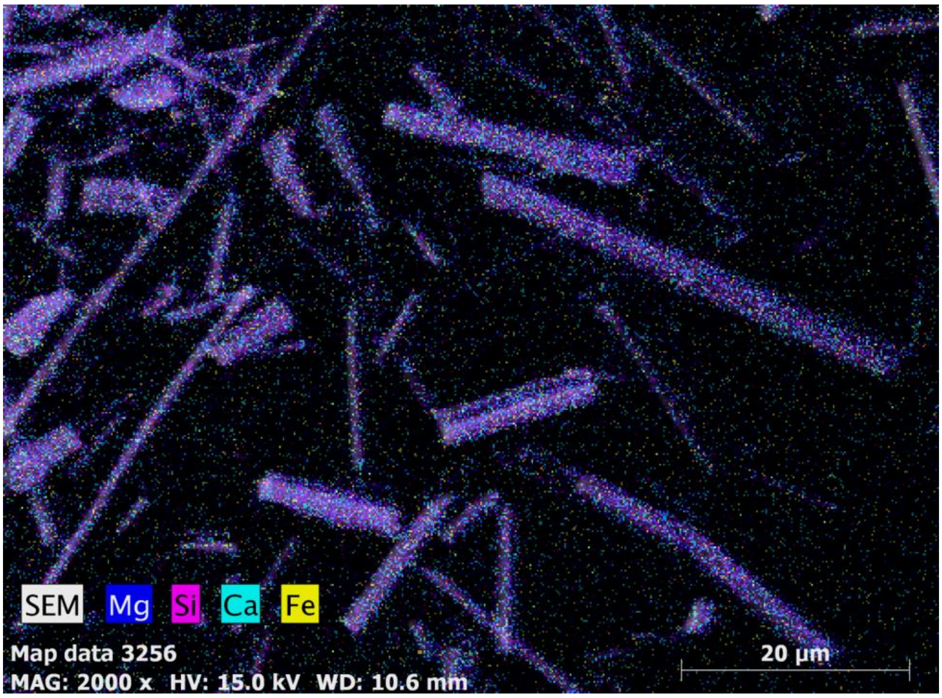
加速電圧15kv



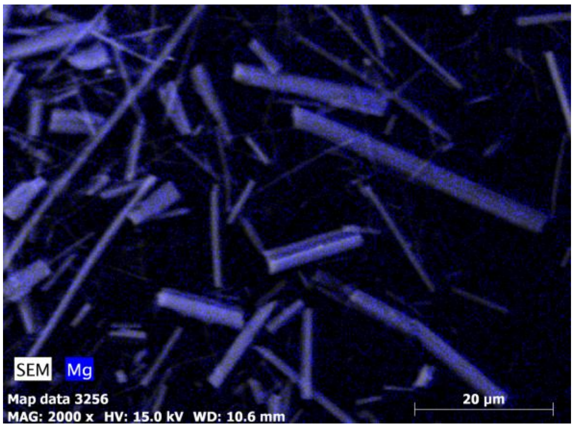
加速電圧30kv

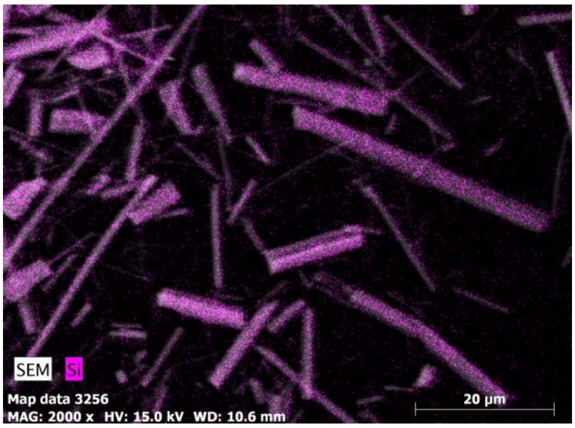
測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

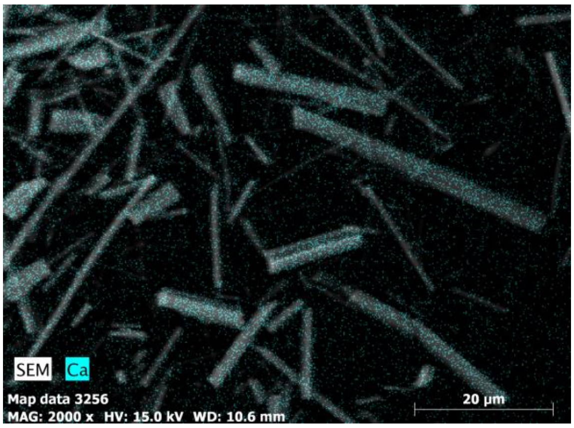
3　走査型電子顕微鏡　元素マッピング

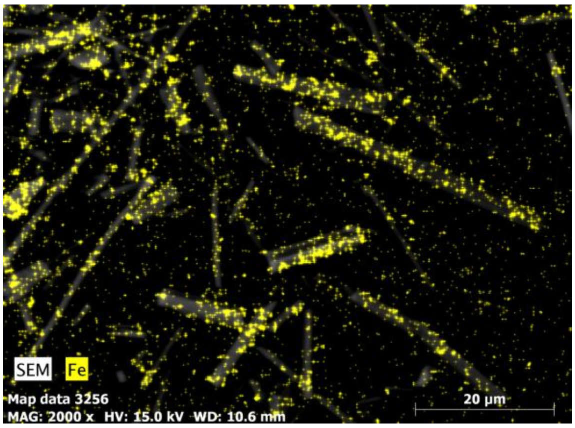


4　走査型電子顕微鏡　元素マッピング （ 元素別 ）





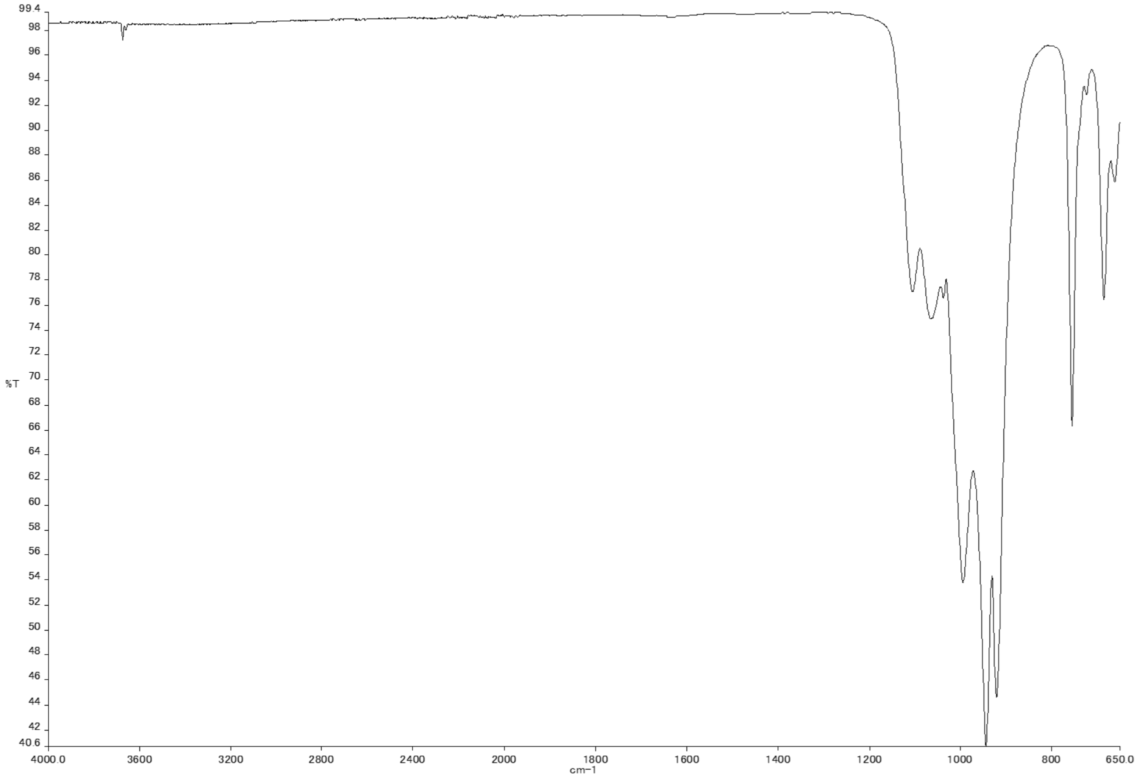


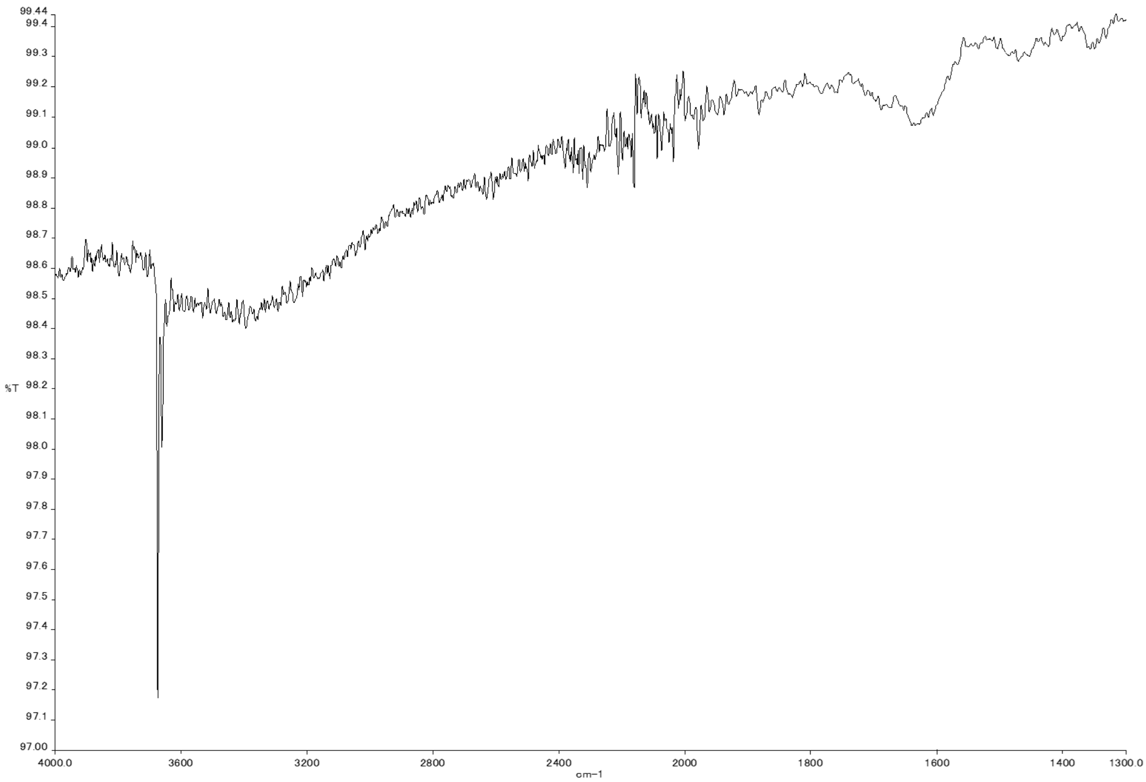


5 偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	角柱針状・白色
多色性	なし
複屈折	中度
伸長性	正
消光角(最大)	15度
屈折率γ	1.618～1.633
屈折率α	1.603～1.626

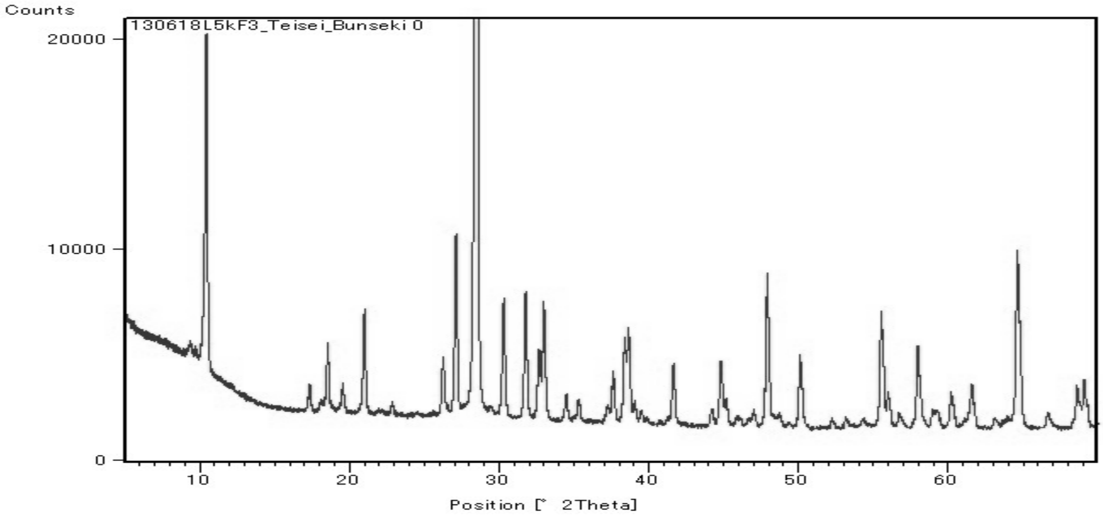
6　FT-IRによる赤外吸収スペクトル





FT-IR分析：spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器：MIR　TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数：4回　分解能4cm-1

7　粉末X線回折分析



測定条件等：　X'PertPRO（PANalytical社製）
CuKα線　45kv40mA：発散スリット1/2°　：
step scan; step width 0.002°（2θ）：scan speed 0.0066°（2θ/s）

8　化学組成

鉄が全て二価の場合

	wt%
SiO_2	51.91
Al_2O_3	0.30
FeO	4.69
MnO	0.32
MgO	25.41
CaO	16.90
Na_2O	0.12
K_2O	0.07
P_2O_5	0.01以下
その他成分	0.27

鉄が全て三価の場合

	wt%
SiO_2	49.09
Al_2O_3	0.28
Fe_2O_3	9.87
MnO	0.30
MgO	24.03
CaO	15.98
Na_2O	0.12
K_2O	0.07
P_2O_5	0.01以下
その他成分	0.25

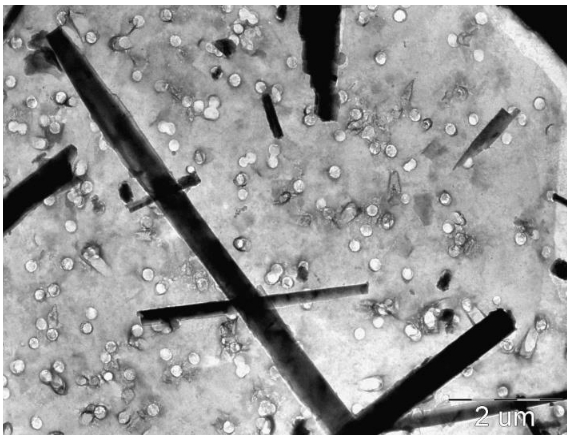
測定条件等：ICP発光分光分析　Vista MPX(ｾｲｺｰｲﾝｽﾂﾙﾒﾝﾂ社製)
（鉄は二価と三価を合算した定量値になる為、全て二価または三価と仮定した場合の数値を記載）

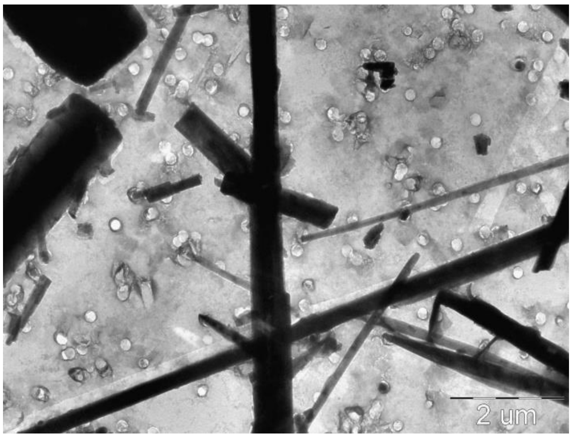
9 結晶子サイズ

指数*hkl*	角度2θ(°)	結晶子サイズ(nm)
110	10.414	42.6
020	9.711	40.6
200	18.524	40.8
040	19.535	40.8

測定条件等:X'PertPRO(PANalytical社製)
CuKα線 45kv40mA:発散スリット1/2° :
step scan; step width 0.002° (2θ):scan speed 0.0066° (2θ/s)

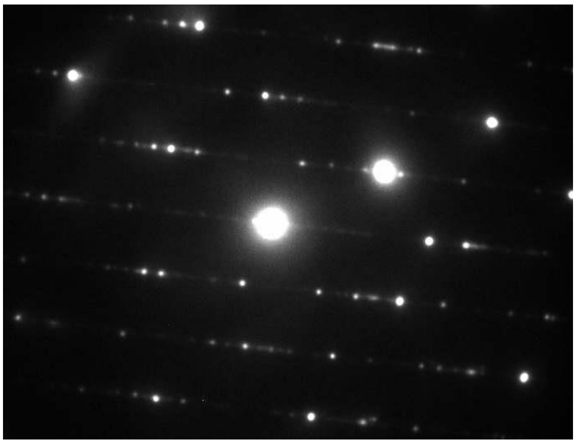
10　透過型電子顕微鏡　　形態





測定条件等:透過型電子顕微鏡　JEM2010(日本電子社製)
倍率2500倍、加速電圧100kv

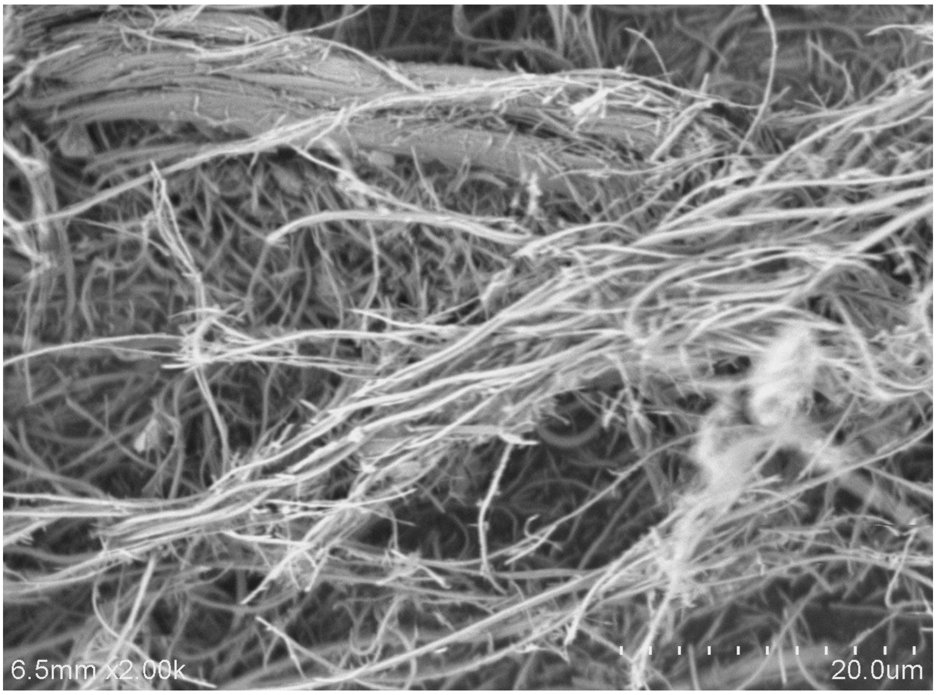
11　透過型電子顕微鏡　　電子線回折



測定条件等:透過型電子顕微鏡　JEM2010(日本電子社製)
加速電圧100kv

クリソタイル標準試料　UICC　A

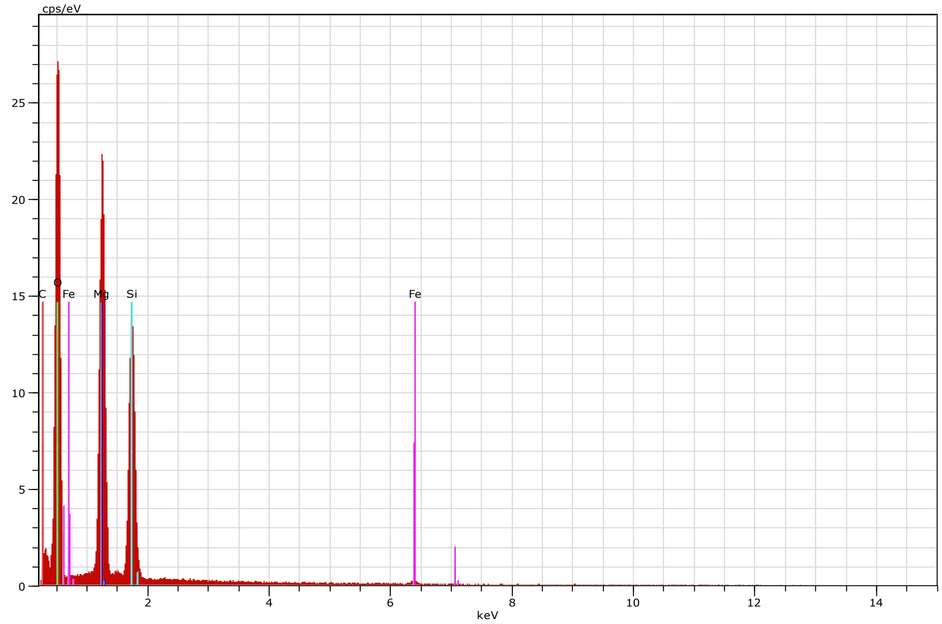
1　走査型電子顕微鏡　　形態



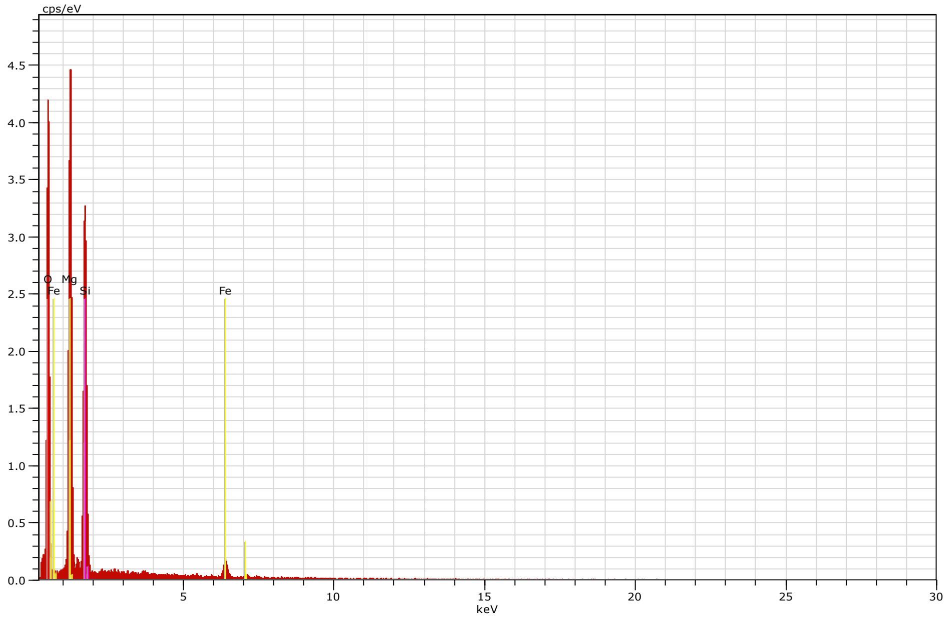
測定条件等：S-3400N（㈱日立ハイテクノロジーズ）/BRUKER-AXS　Xflash　4010）
倍率2000倍、加速電圧5kv

クリソタイル標準試料　UICC　A

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



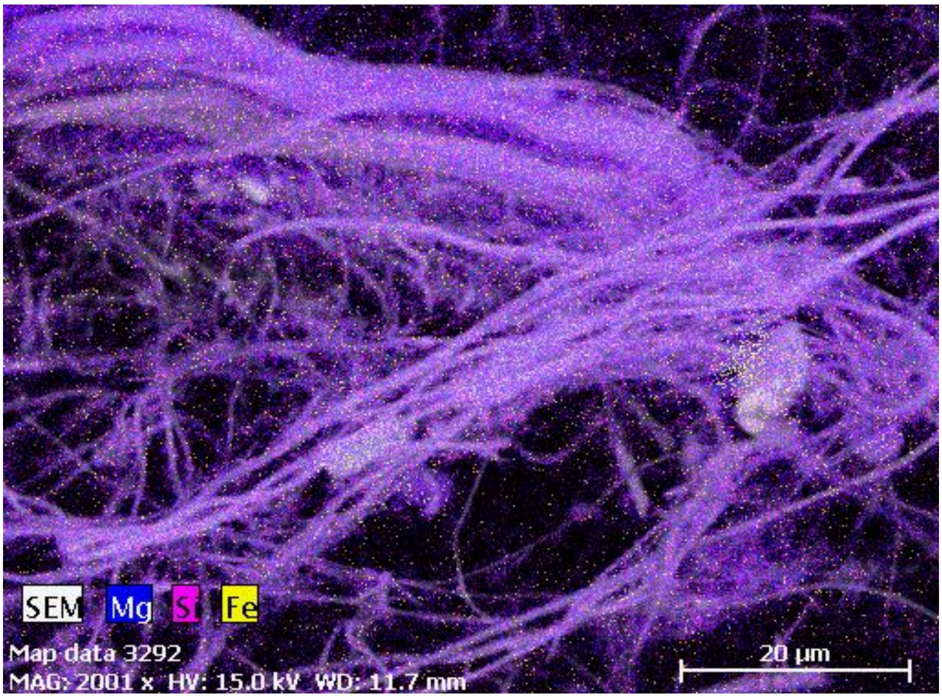
加速電圧15kv



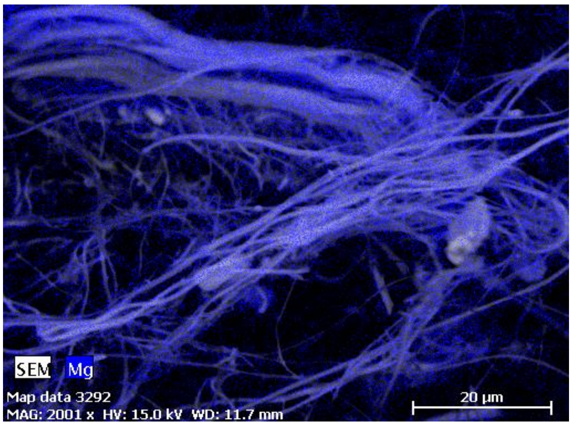
加速電圧30kv

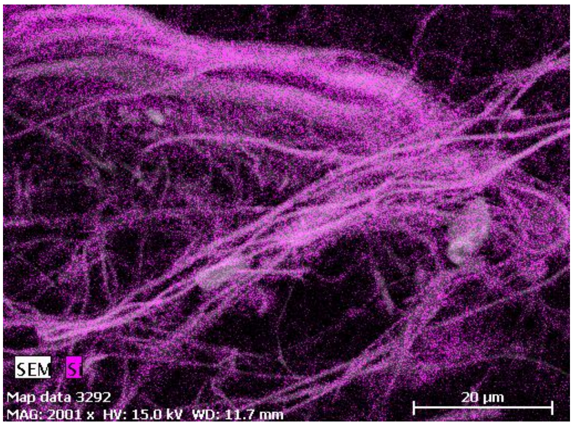
測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

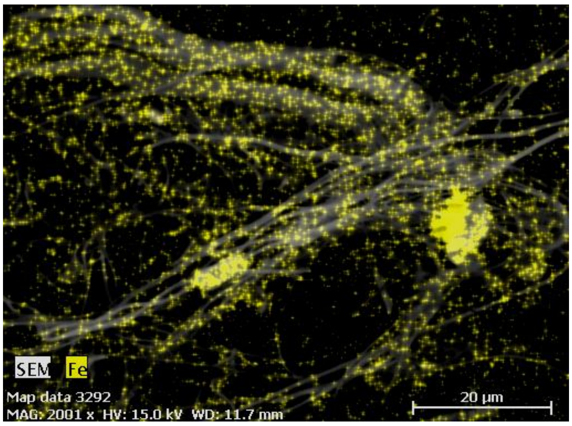
3　走査型電子顕微鏡　　元素マッピング



4　走査型電子顕微鏡　　元素マッピング（元素別）



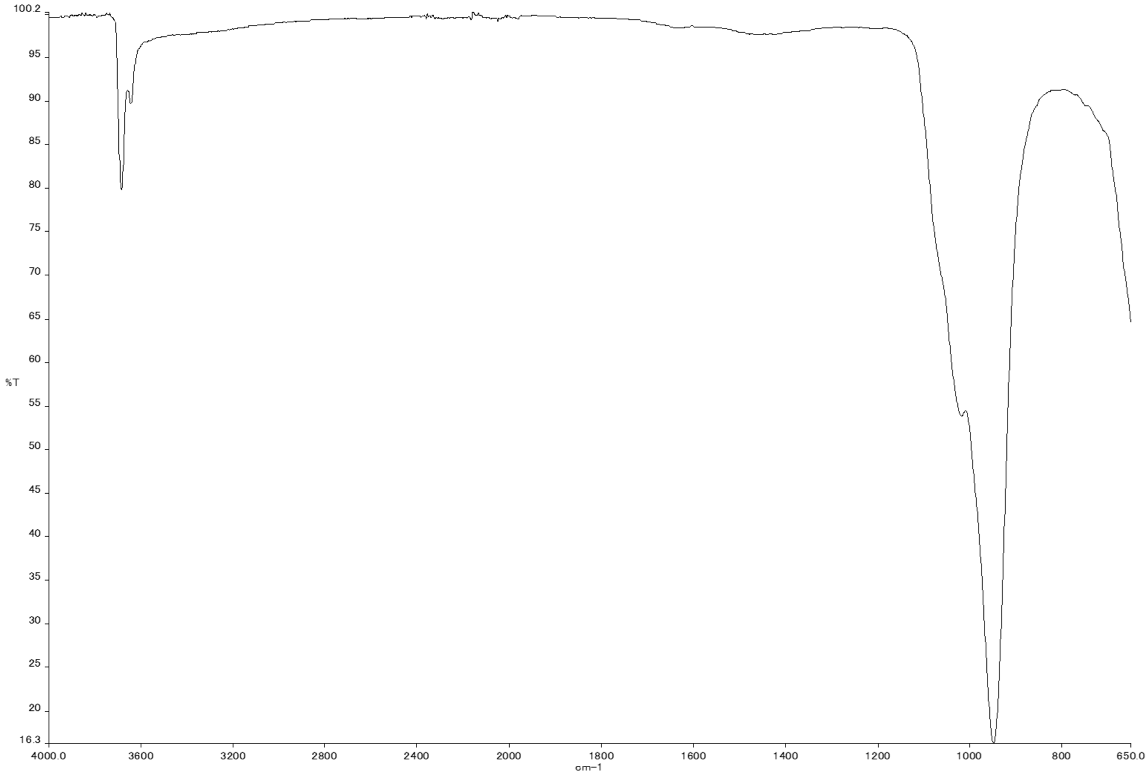


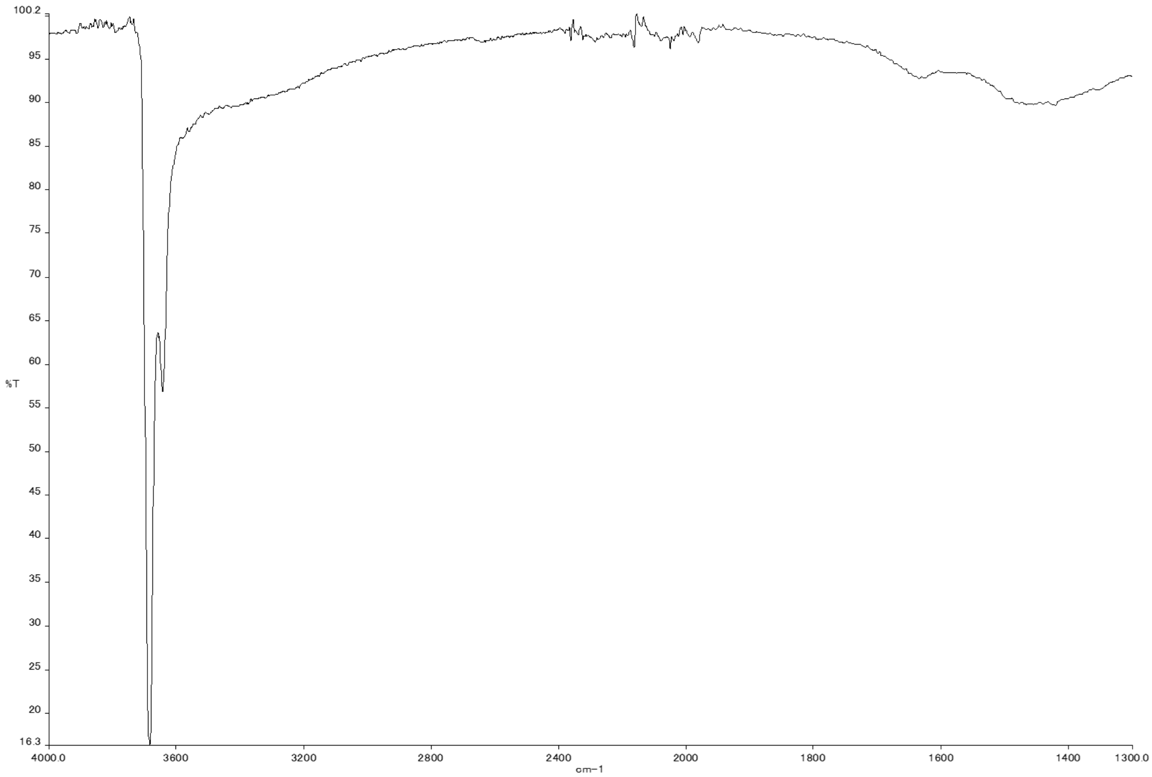


5　偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	曲線状・白色
多色性	なし
複屈折	低い
伸長性	正
消光角（最大）	0度
屈折率 γ	1.544～1.562
屈折率 α	1.542～1.556

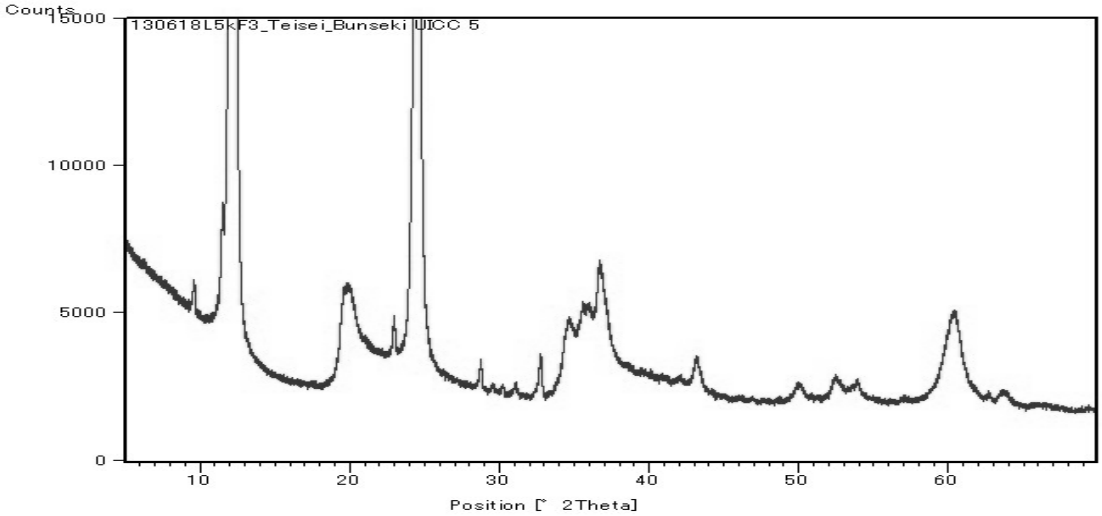
6 FT-IRによる赤外吸収スペクトル





FT-IR分析:spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器:MIR TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数:4回 分解能4cm-1

7 粉末X線回折分析



測定条件等：　X'PertPRO（PANalytical社製）
CuKα線　45kv40mA：発散スリット1/2°　：
step scan; step width 0.002°（2θ）：scan speed 0.0066°（2θ/s）

8 化学組成

鉄が全て二価の場合

wt%

SiO_2	38.96
Al_2O_3	2.24
FeO	3.51
MnO	0.07
MgO	50.61
CaO	1.07
Na_2O	1.44
K_2O	0.69
P_2O_5	0.39
その他成分	1.03

鉄が全て三価の場合

wt%

SiO_2	37.35
Al_2O_3	2.15
Fe_2O_3	7.48
MnO	0.06
MgO	48.53
CaO	1.02
Na_2O	1.38
K_2O	0.66
P_2O_5	0.37
その他成分	0.99

測定条件等：ICP発光分光分析　Vista MPX(セイコーインスツルメンツ社製)
(鉄は二価と三価を合算した定量値になる為、全て二価または三価と仮定した場合の数値を記載)

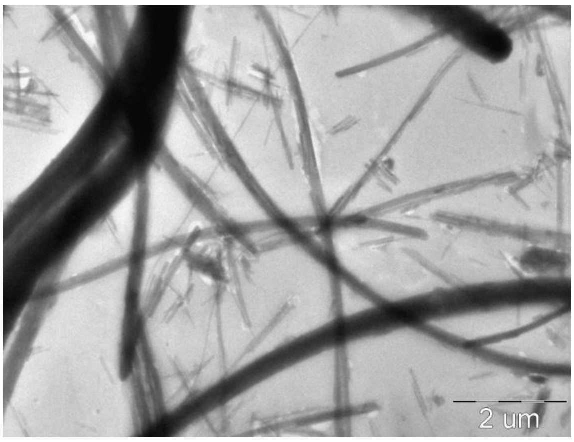
9　結晶子サイズ

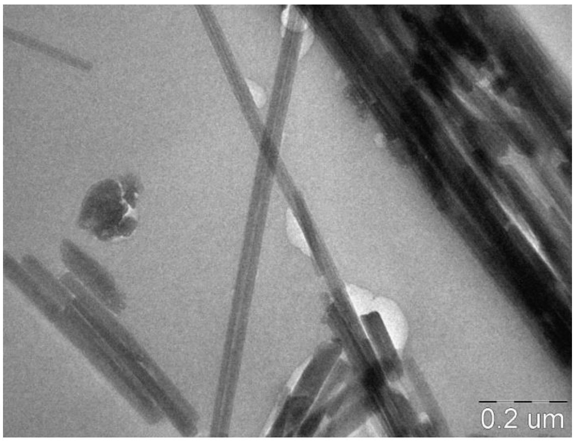
指数*hkl*	角度2θ（°）	結晶子サイズ(nm)
002	12.084	15.9
004	24.343	12.0
060	60.174	5.6

測定条件等:X'PertPRO(PANalytical社製)
CuKα線　45kv40mA:発散スリット1/2°　:
step scan; step width 0.002°（2θ）:scan speed 0.0066°（2θ/s）

クリソタイル標準試料　UICC　A

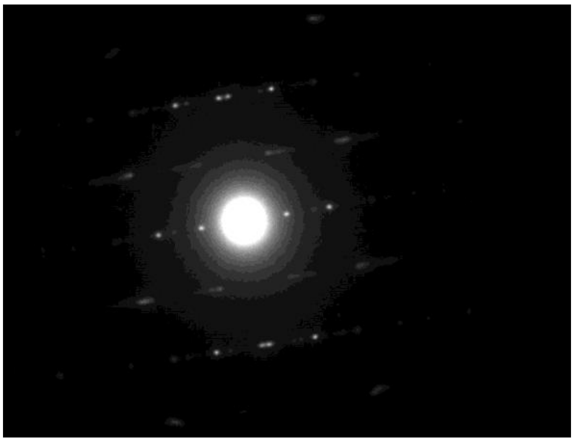
10　透過型電子顕微鏡　　形態





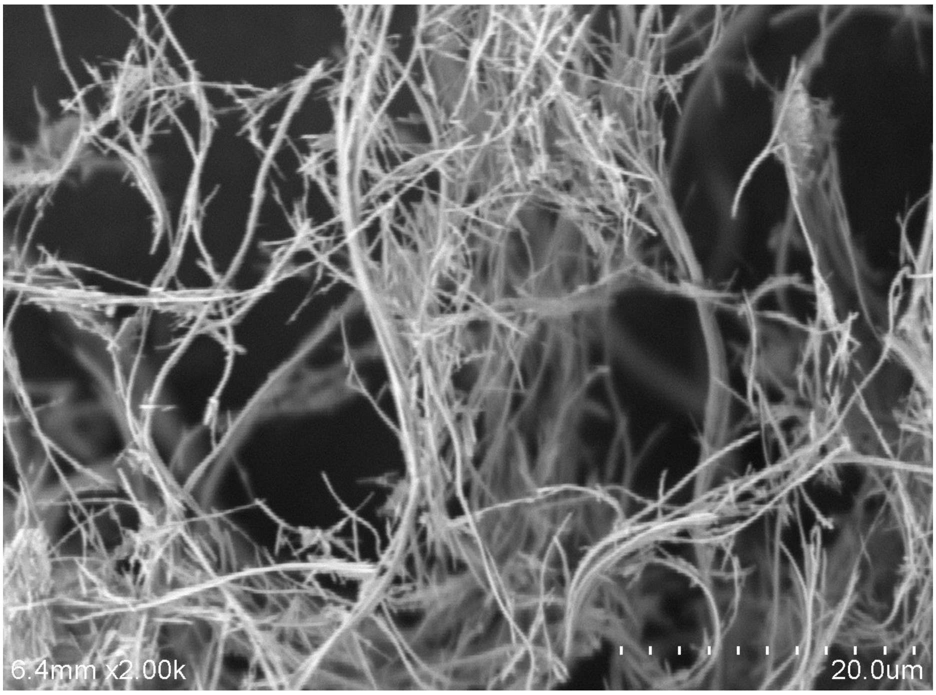
測定条件等:透過型電子顕微鏡　JEM2010(日本電子社製)
倍率　左2500倍 右20000倍、加速電圧100kv

11　透過型電子顕微鏡　　電子線回折



測定条件等:透過型電子顕微鏡　JEM2010(日本電子社製)
加速電圧100kv

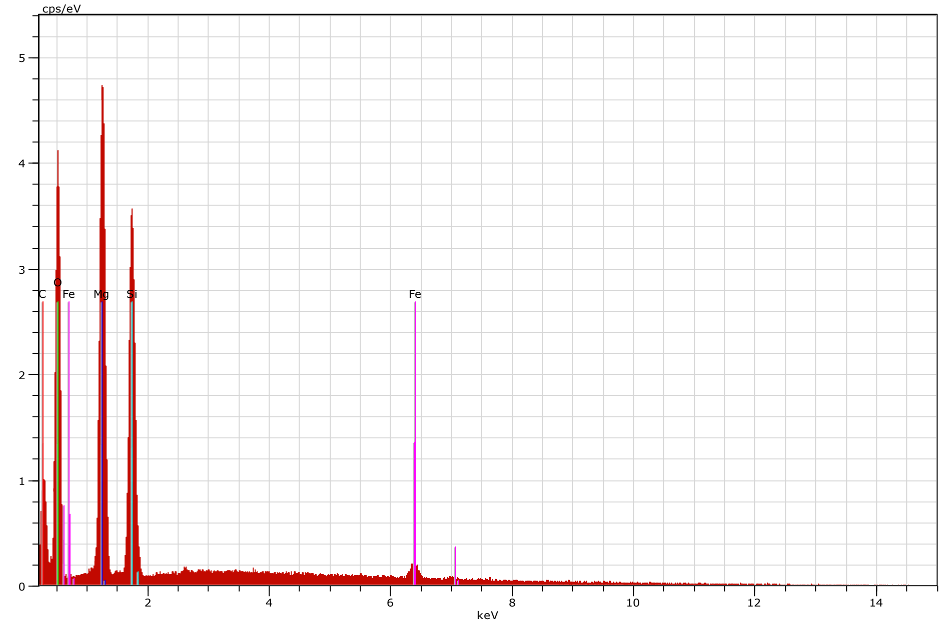
1　走査型電子顕微鏡　　形態



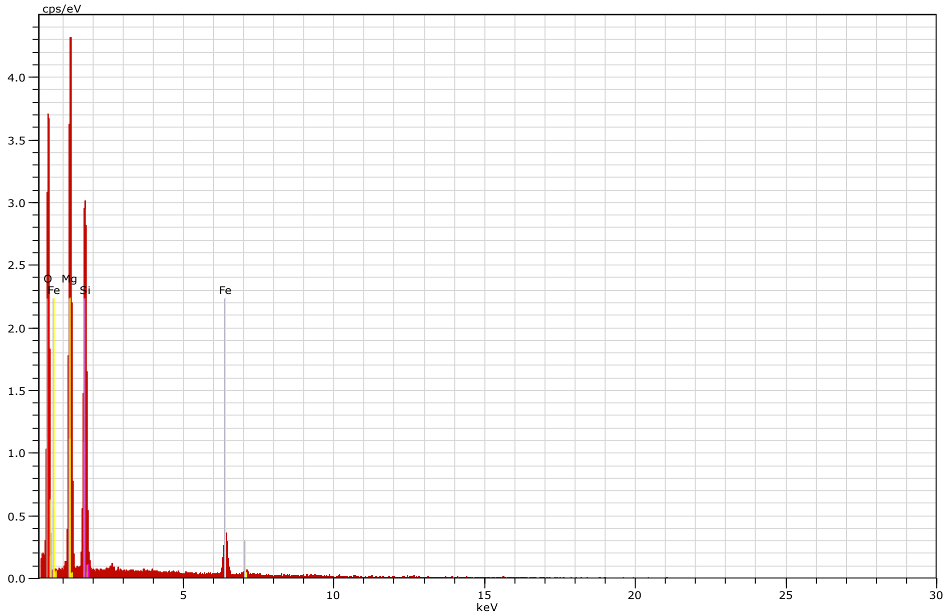
測定条件等：S-3400N（㈱日立ハイテクノロジーズ）/BRUKER-AXS　Xflash　4010）
倍率2000倍、加速電圧5kv

クリソタイル標準試料　UICC　B

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



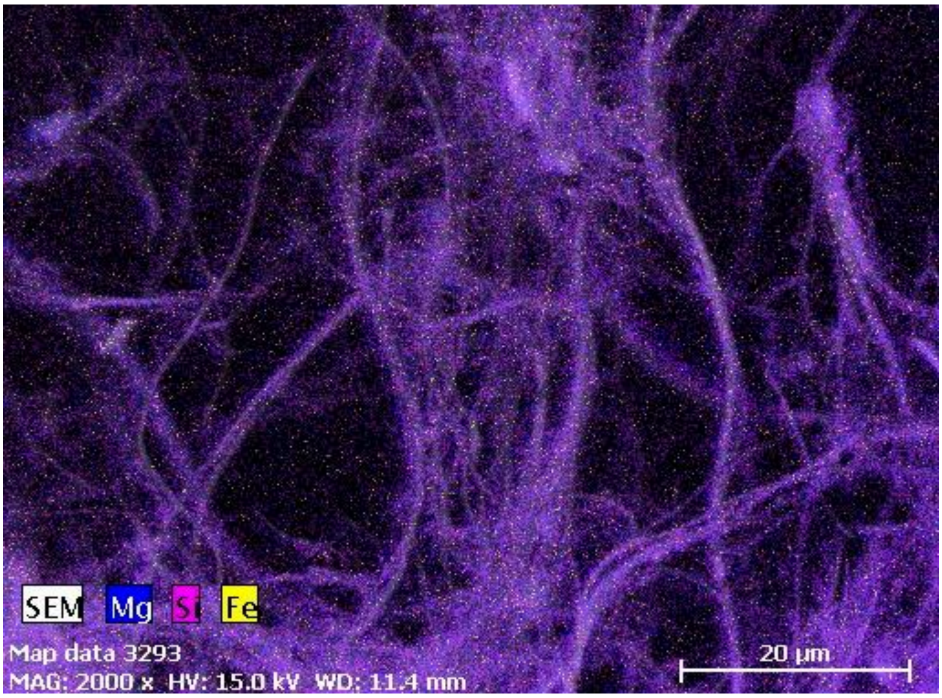
加速電圧15kv



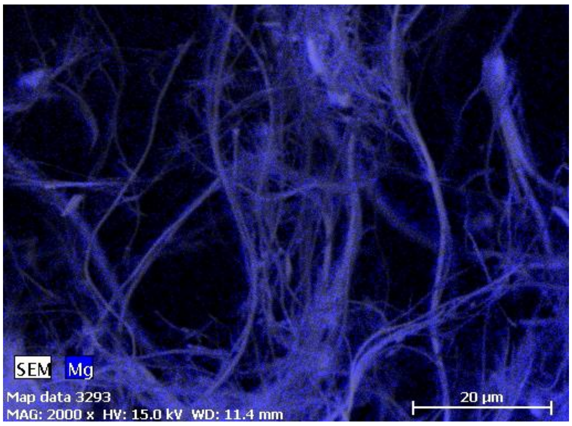
加速電圧30kv

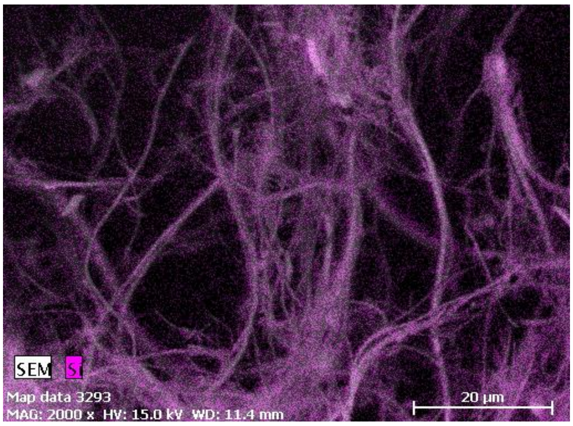
測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

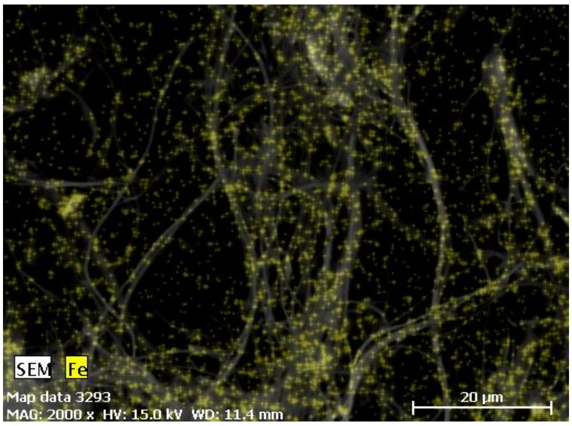
3　走査型電子顕微鏡　元素マッピング



4　走査型電子顕微鏡　元素マッピング （元素別）





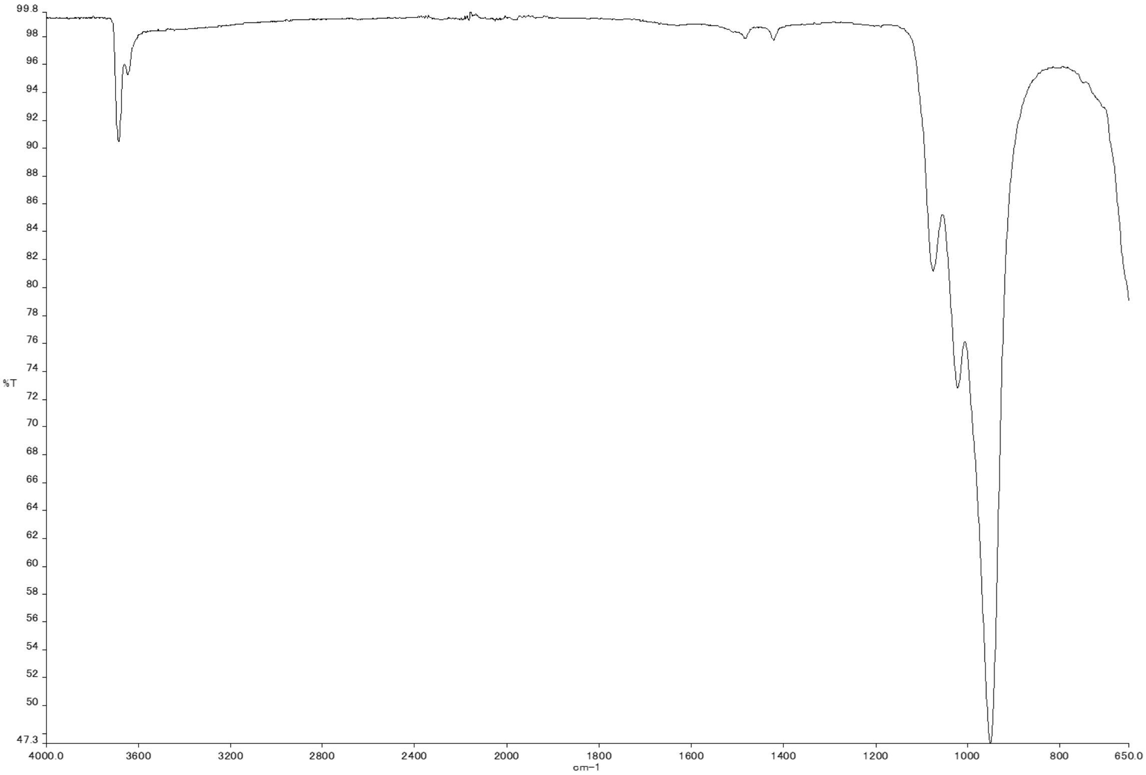


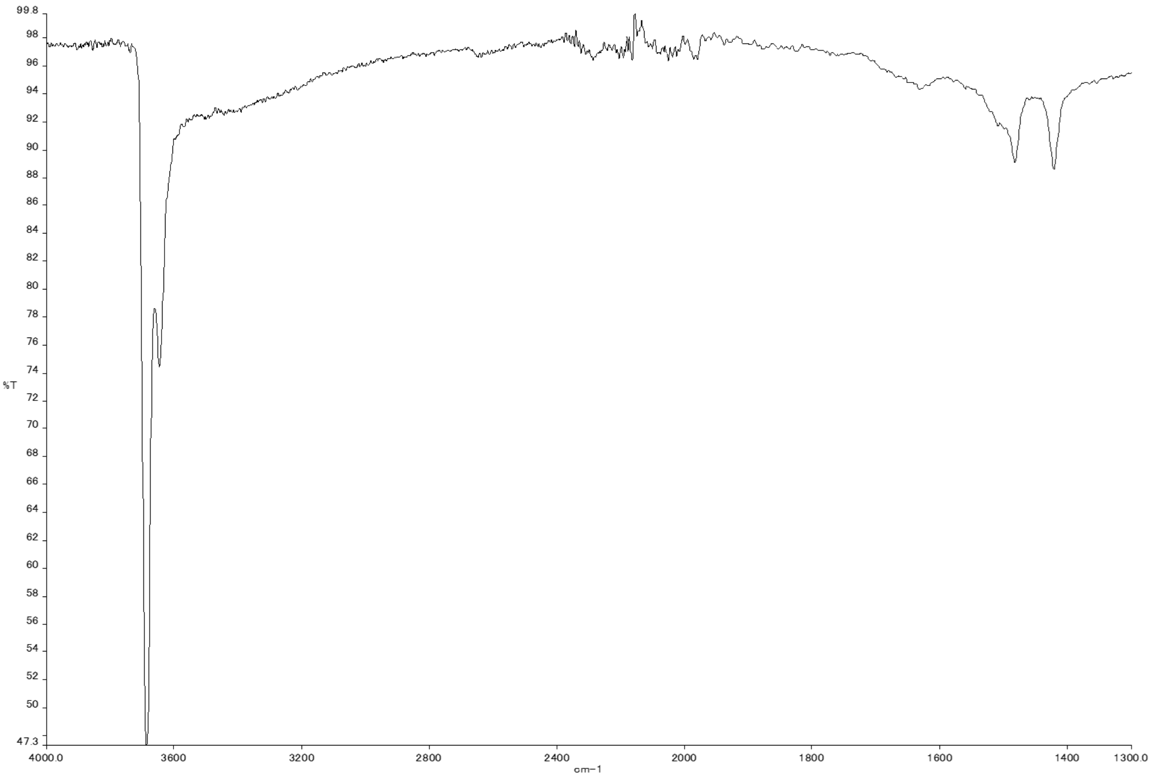
5　偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	曲線状・白色
多色性	なし
複屈折	低い
伸長性	正
消光角(最大)	0度
屈折率 γ	1.550～1.567
屈折率 α	1.542～1.556

クリソタイル標準試料　UICC　B

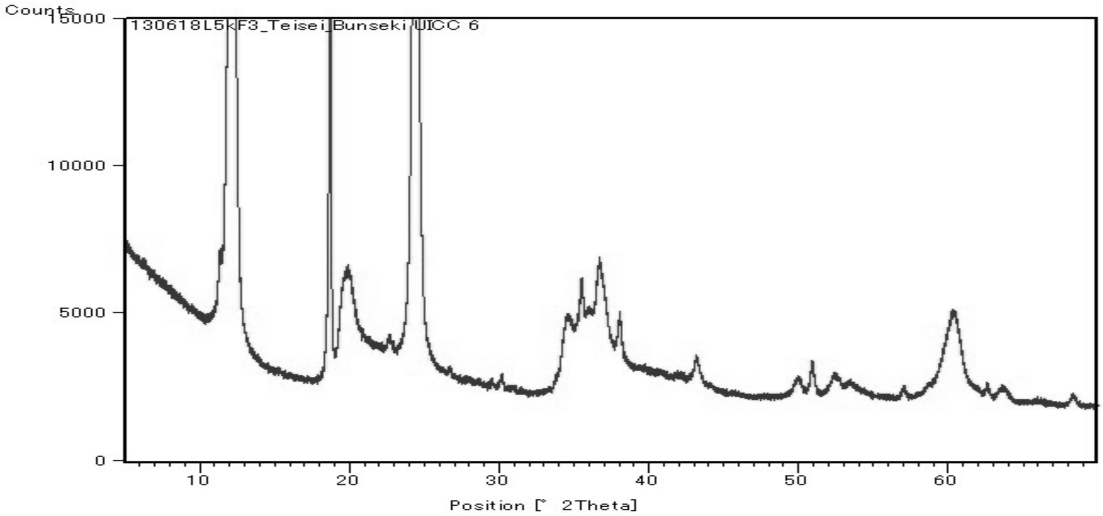
6　FT-IRによる赤外吸収スペクトル





FT-IR分析：spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器：MIR　TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数：4回　分解能4cm-1

7 粉末X線回折分析



測定条件等： X'PertPRO（PANalytical社製）
CuKα線 45kv40mA：発散スリット1/2° ：
step scan; step width 0.002°（2θ）：scan speed 0.0066°（2θ/s）

8 化学組成

鉄が全て二価の場合

wt%

SiO_2	41.63
Al_2O_3	1.36
FeO	3.87
MnO	0.07
MgO	49.06
CaO	0.70
Na_2O	1.58
K_2O	1.18
P_2O_5	0.01以下
その他成分	0.55

鉄が全て三価の場合

wt%

SiO_2	39.74
Al_2O_3	1.30
Fe_2O_3	8.22
MnO	0.07
MgO	46.84
CaO	0.67
Na_2O	1.51
K_2O	1.13
P_2O_5	0.01以下
その他成分	0.52

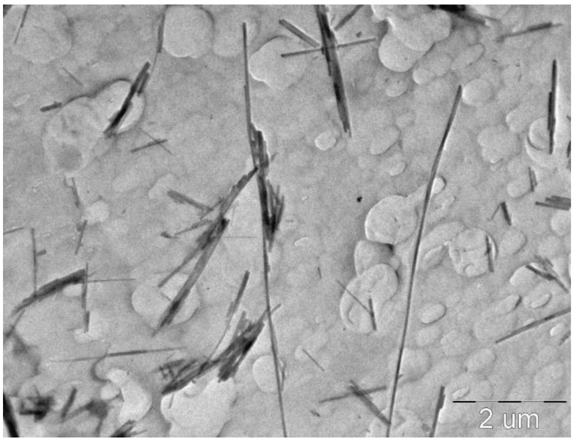
測定条件等：ICP発光分光分析 Vista MPX(セイコーインスツルメンツ社製)
(鉄は二価と三価を合算した定量値になる為、全て二価または三価と仮定した場合の数値を記載)

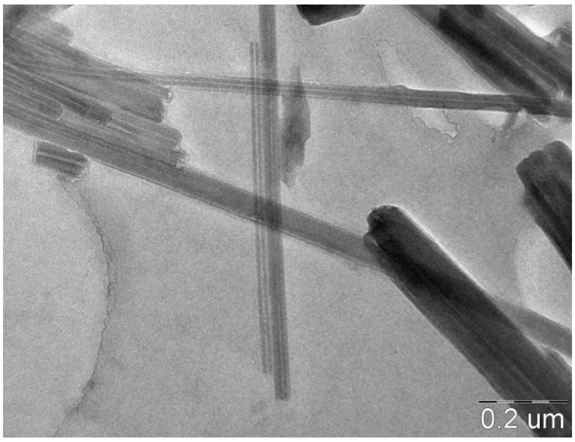
9 結晶子サイズ

指数*hkl*	角度2θ(°)	結晶子サイズ(nm)
002	12.073	15.7
004	24.312	14.9
060	60.172	6.1

測定条件等:X'PertPRO(PANalytical社製)
CuKα線　45kv40mA:発散スリット1/2°　:
step scan; step width 0.002°(2θ):scan speed 0.0066°(2θ/s)

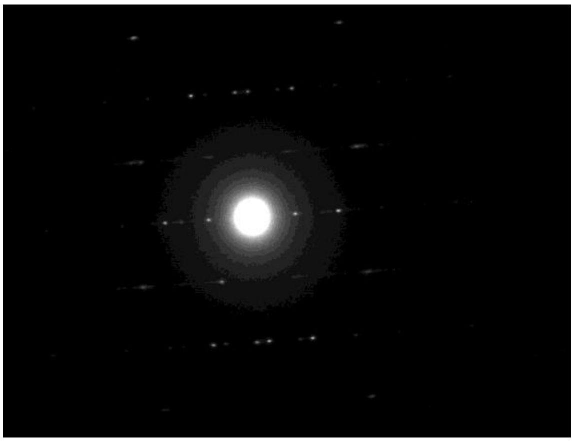
10　透過型電子顕微鏡　　形態





測定条件等:透過型電子顕微鏡　JEM2010(日本電子社製)
倍率　左2500倍 右20000倍、加速電圧100kv

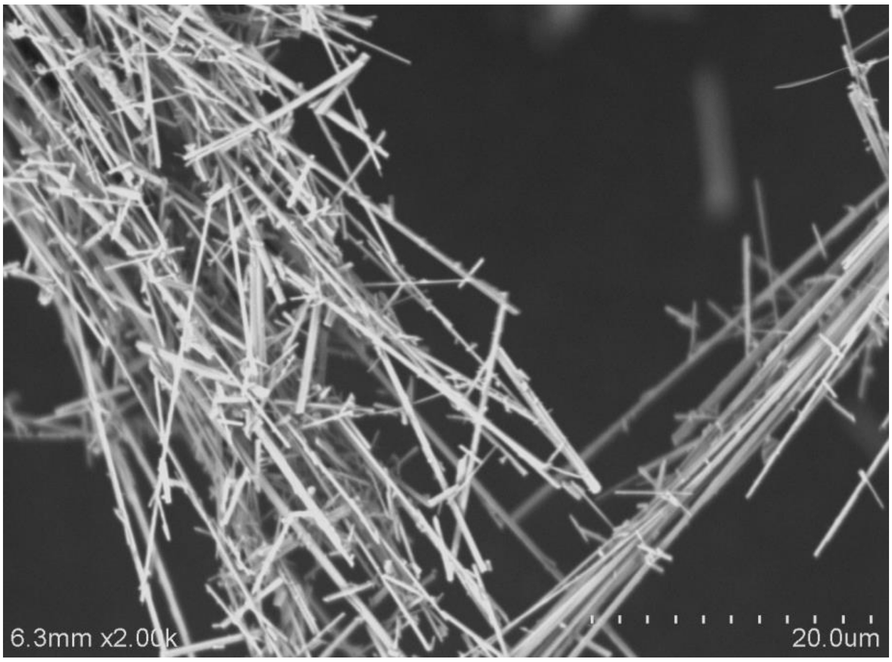
11　透過型電子顕微鏡　　電子線回折



測定条件等:透過型電子顕微鏡　JEM2010(日本電子社製)
加速電圧100kv

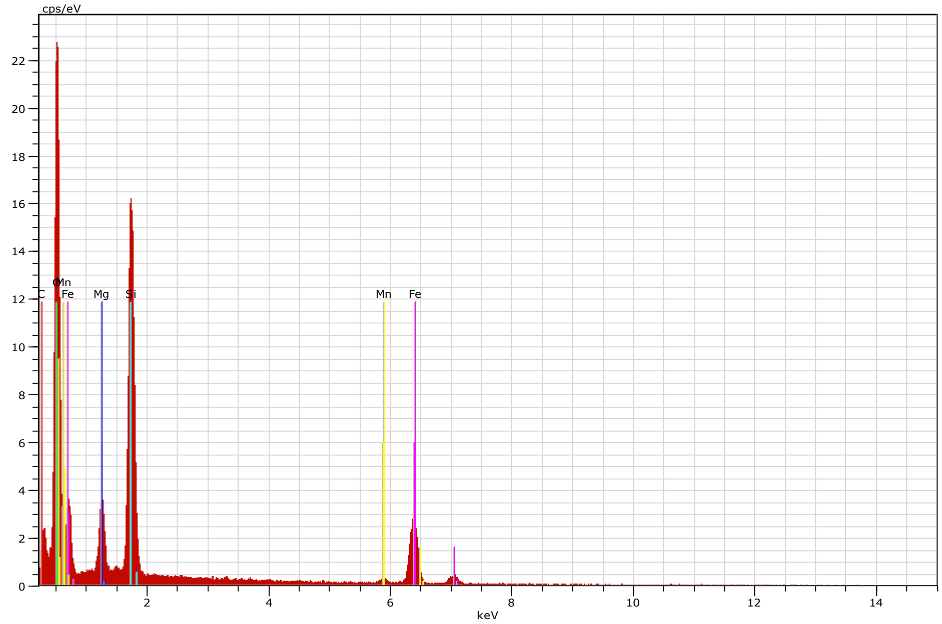
アモサイト標準試料 UICC

1 走査型電子顕微鏡 形態

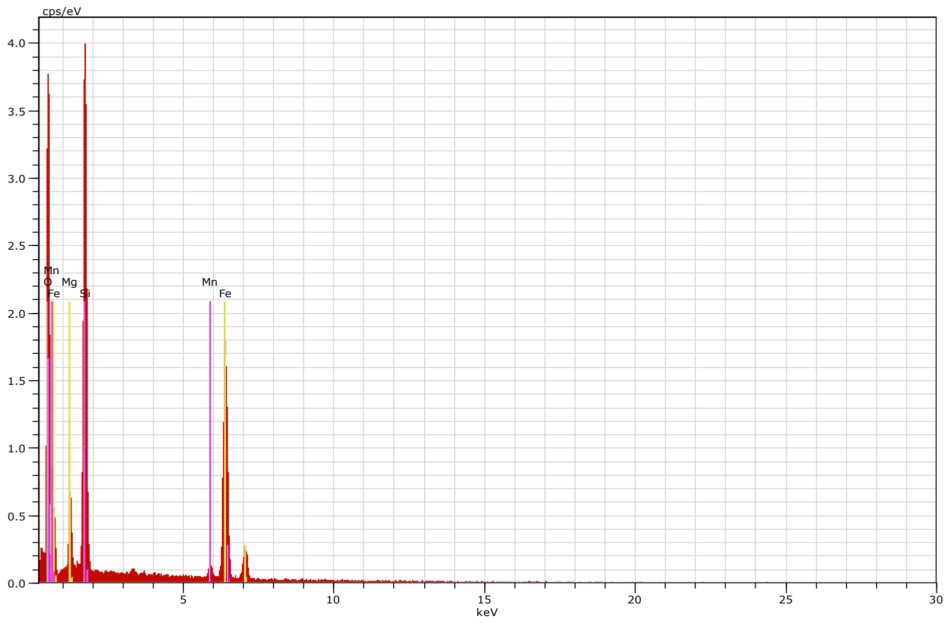


測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS Xflash 4010)
倍率2000倍、加速電圧5kv

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



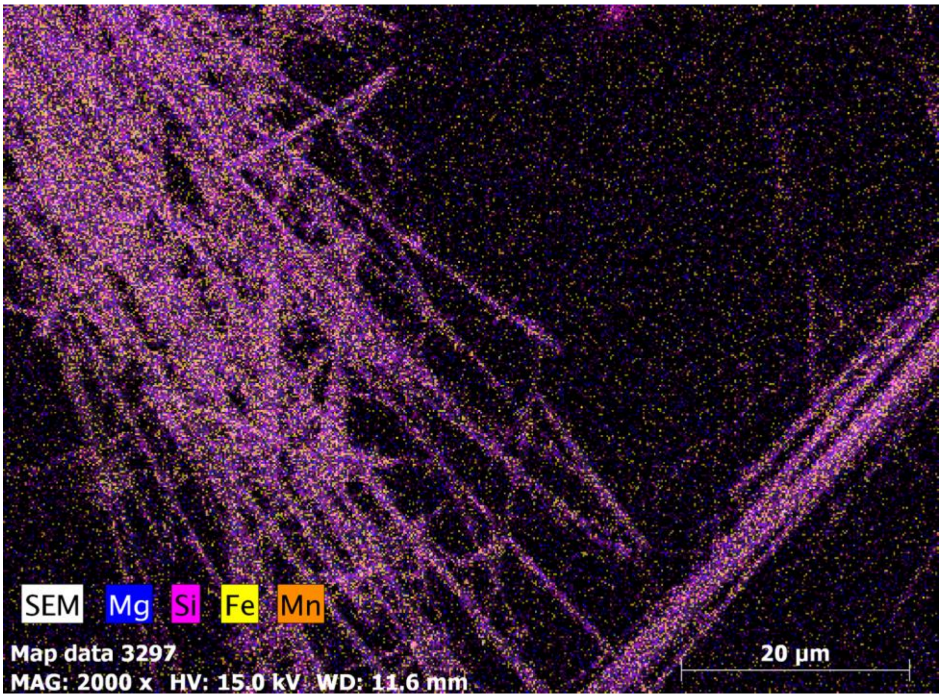
加速電圧15kv



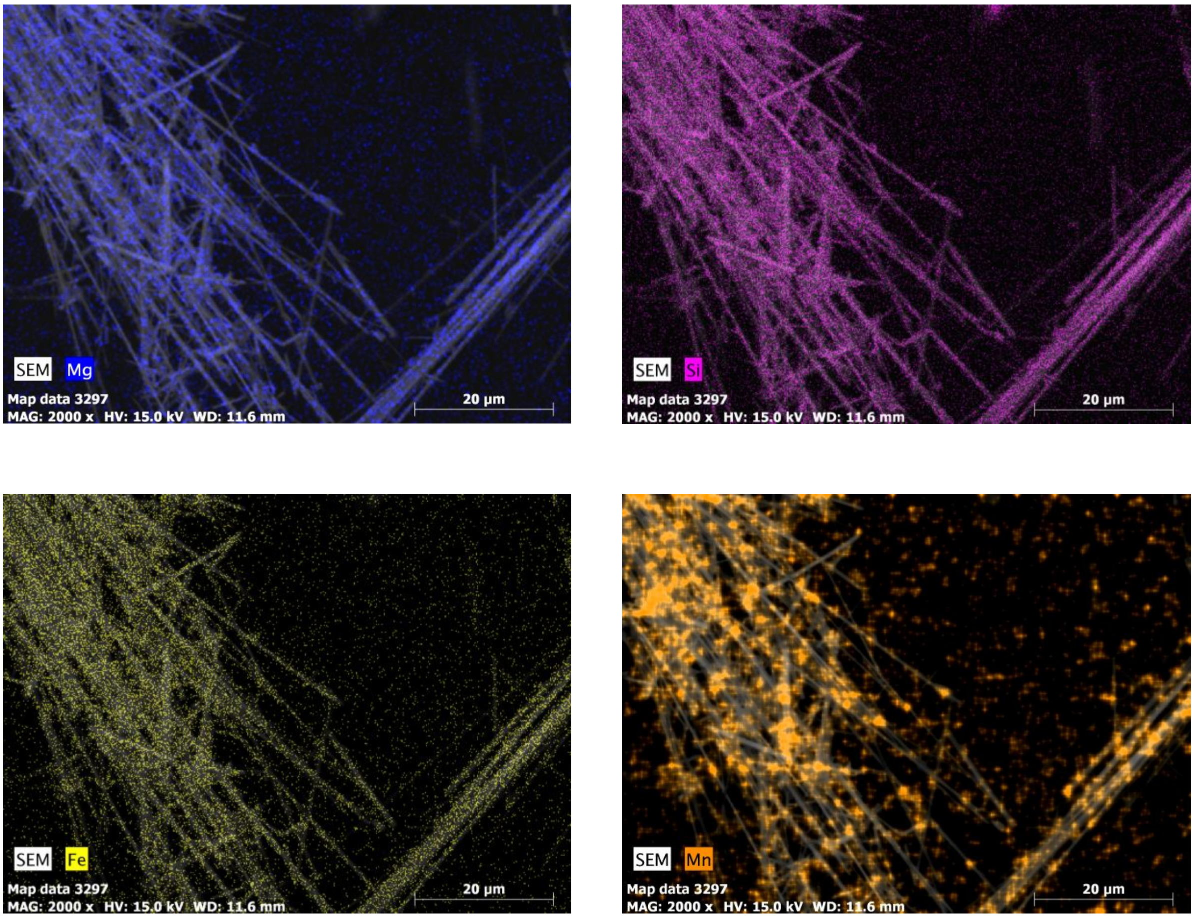
加速電圧30kv

測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

3 走査型電子顕微鏡 元素マッピング



4 走査型電子顕微鏡 元素マッピング （ 元素別 ）

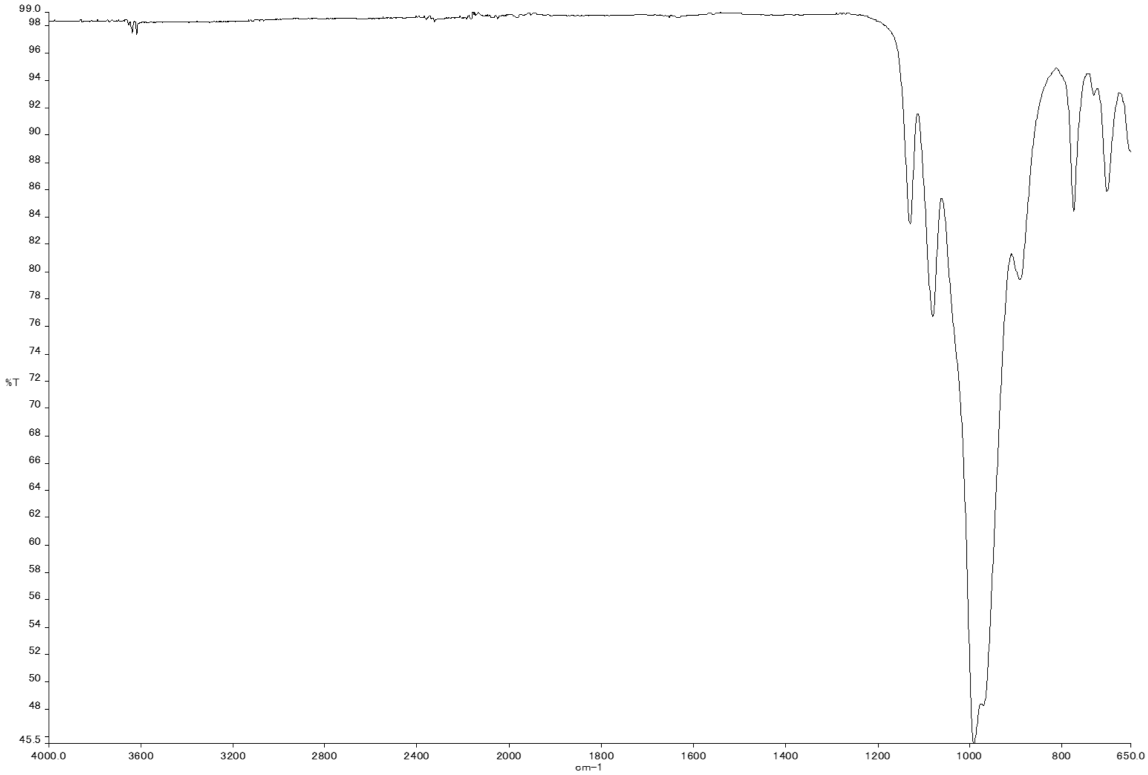


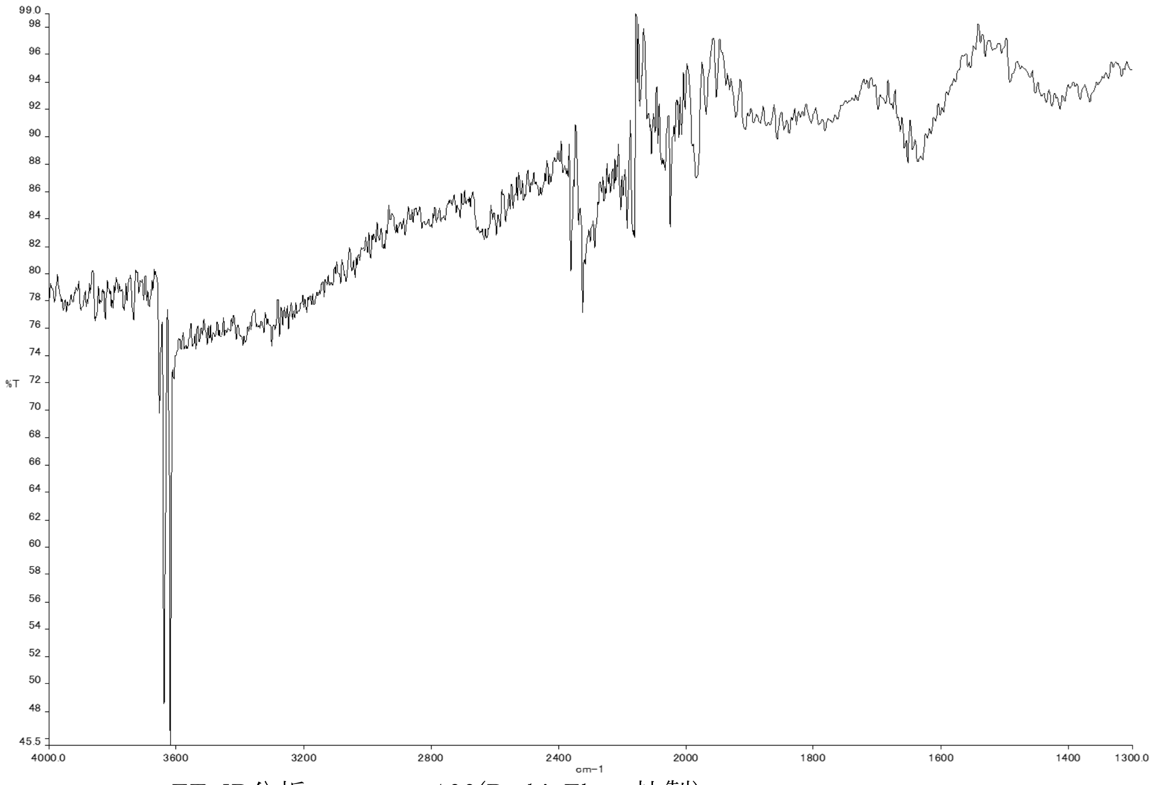
5 偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	角柱針状・灰色～茶色
多色性	非常に弱い
複屈折	中度
伸長性	正
消光角（最大）	0度
屈折率γ	1.689～1.701
屈折率α	1.664～1.681

アモサイト標準試料 UICC

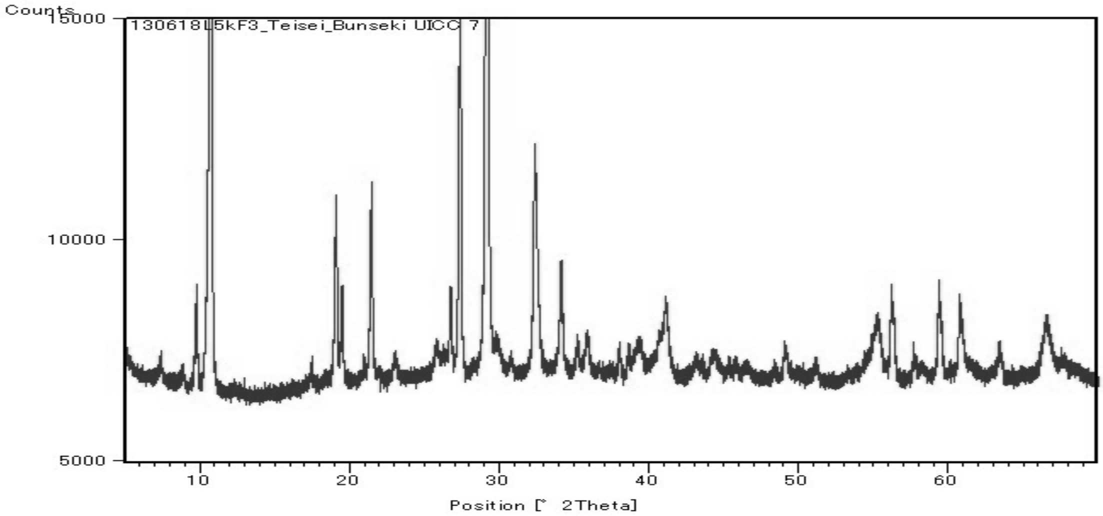
6 FT-IRによる赤外吸収スペクトル





FT-IR分析：spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器：MIR TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数：4回 分解能4cm-1

7 粉末X線回折分析



測定条件等: X'PertPRO(PANalytical社製)
CuKα線 45kv40mA:発散スリット1/2° :
step scan; step width 0.002° (2θ):scan speed 0.0066° (2θ/s)

8 化学組成

鉄が全て二価の場合

wt%

SiO_2	54.67
Al_2O_3	1.13
FeO	32.90
MnO	1.76
MgO	6.21
CaO	0.82
Na_2O	1.16
K_2O	1.26
P_2O_5	0.01以下
その他成分	0.10

鉄が全て三価の場合

wt%

SiO_2	47.65
Al_2O_3	0.69
Fe_2O_3	44.75
MnO	1.08
MgO	3.80
CaO	0.50
Na_2O	0.71
K_2O	0.77
P_2O_5	0.01以下
その他成分	0.06

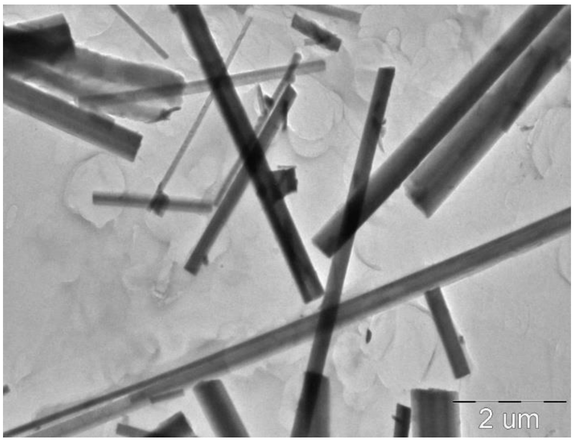
測定条件等:ICP発光分光分析 Vista MPX(セイコーインスツルメンツ社製)
(鉄は二価と三価を合算した定量値になる為、全て二価または三価と仮定した場合の数値を記載)

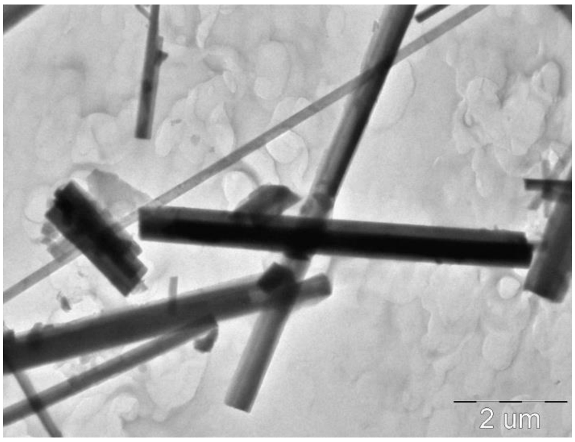
9 結晶子サイズ

指数*hkl*	角度2θ(°)	結晶子サイズ(nm)
020	9.766	42.0
110	10.726	45.0
400	19.084	48.7

測定条件等:X’PertPRO(PANalytical社製)
CuKα線 45kv40mA:発散スリット1/2° :
step scan; step width 0.002°(2θ):scan speed 0.0066°(2θ/s)

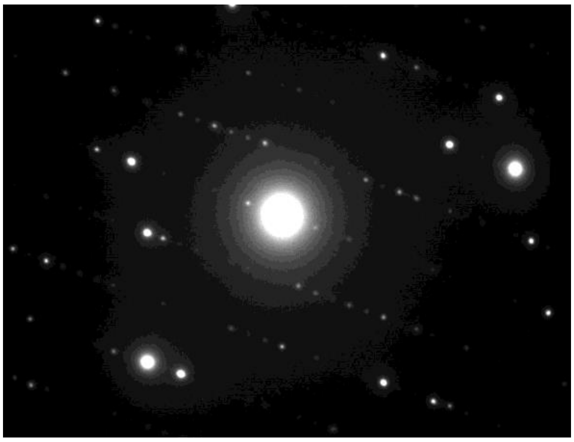
10 透過型電子顕微鏡　形態





測定条件等:透過型電子顕微鏡 JEM2010(日本電子社製)
倍率2500倍、加速電圧100kv

11 透過型電子顕微鏡　電子線回折



測定条件等:透過型電子顕微鏡 JEM2010(日本電子社製)
加速電圧100kv

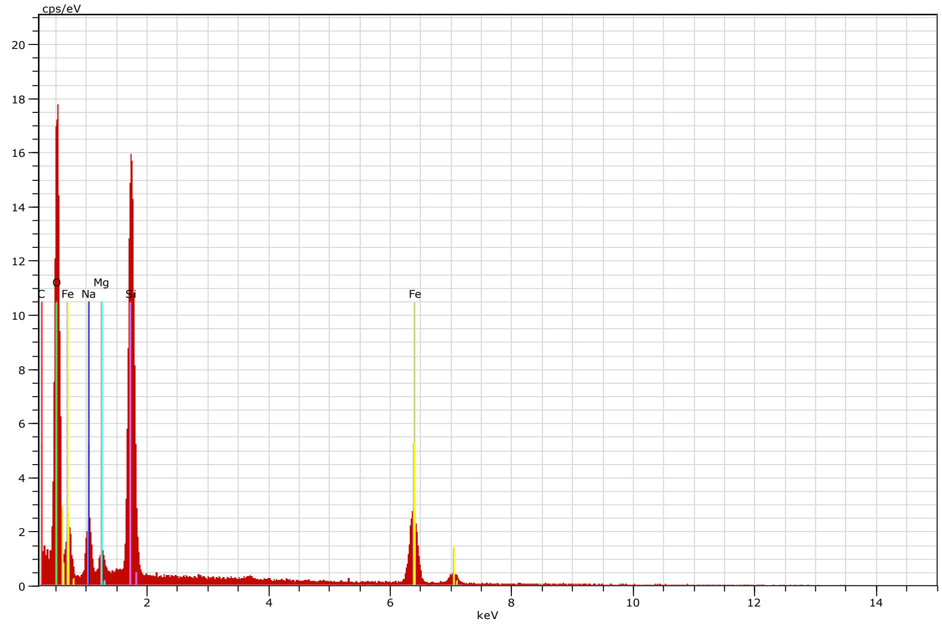
クロシドライト標準試料　UICC

1　走査型電子顕微鏡　形態

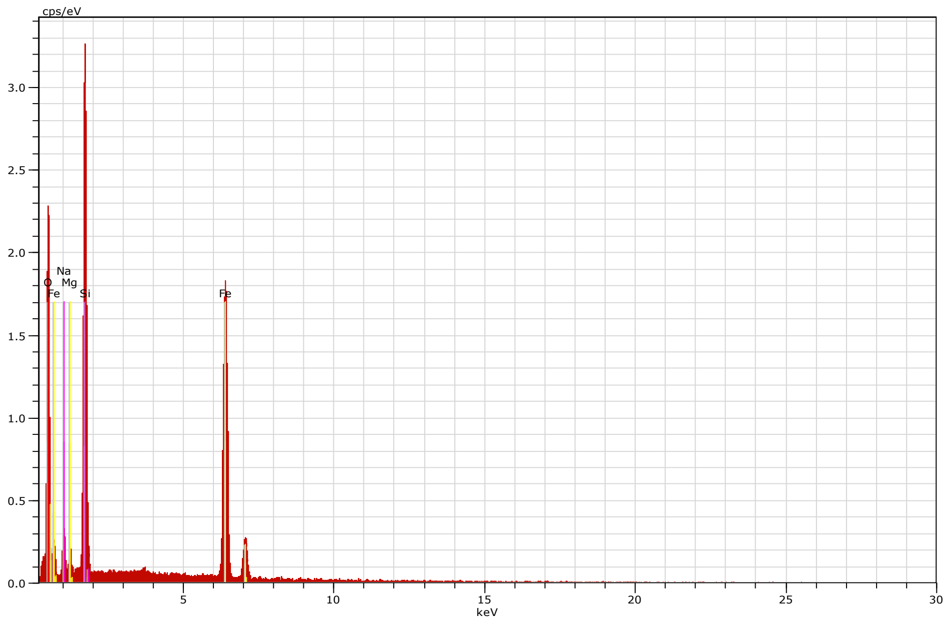
測定条件等：S-3400N（㈱日立ハイテクノロジーズ）/BRUKER-AXS　Xflash　4010）
倍率2000倍、加速電圧5kv

クロシドライト標準試料　UICC

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



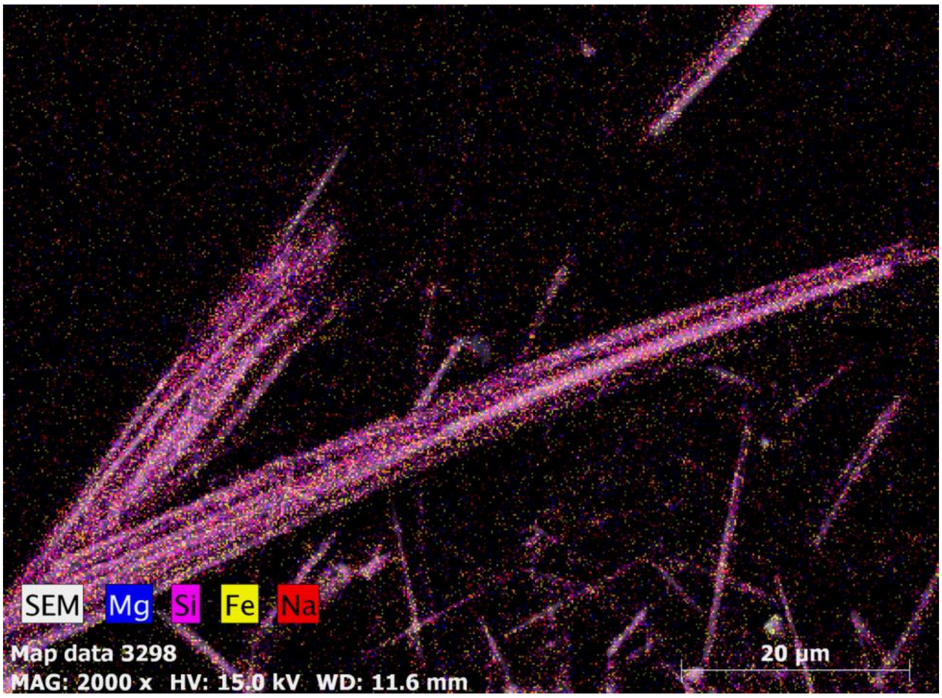
加速電圧15kv



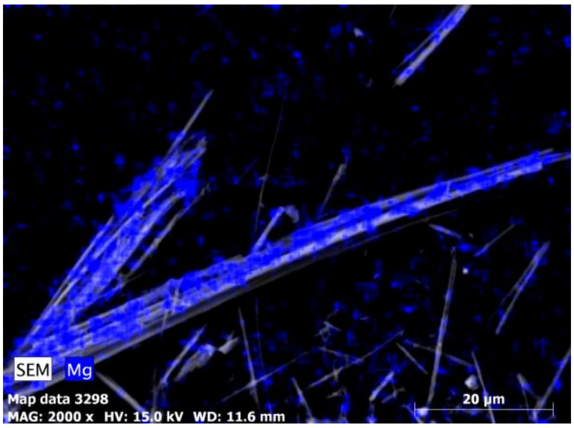
加速電圧30kv

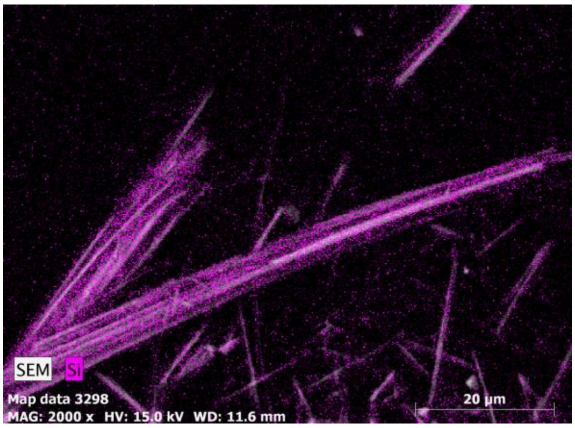
測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

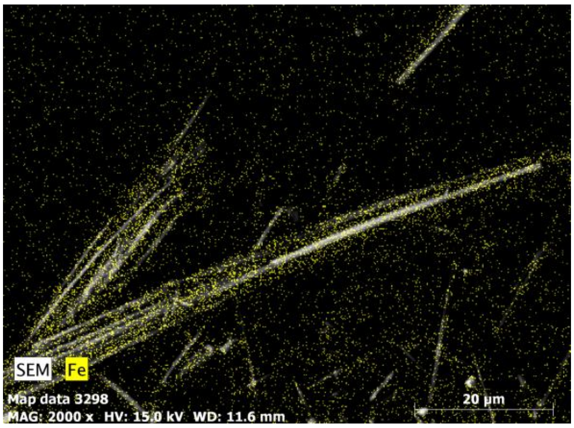
3　走査型電子顕微鏡　元素マッピング

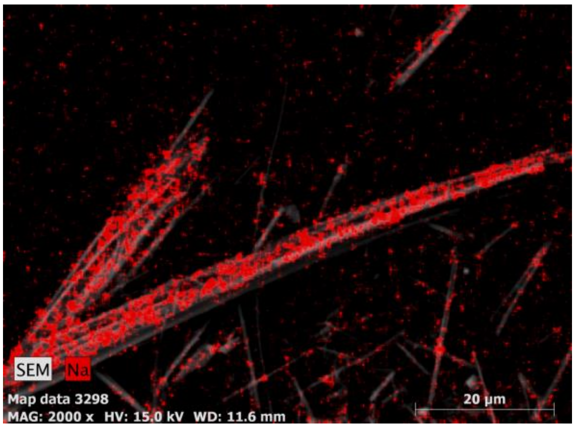


4　走査型電子顕微鏡　元素マッピング（元素別）





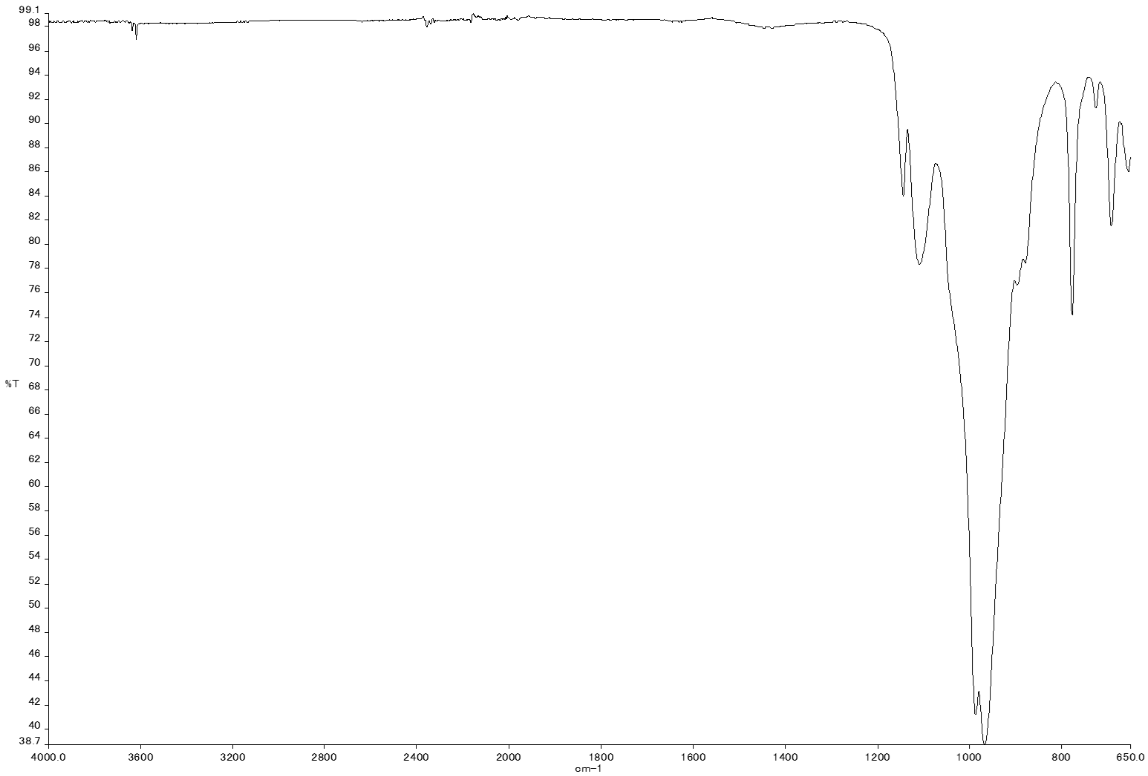


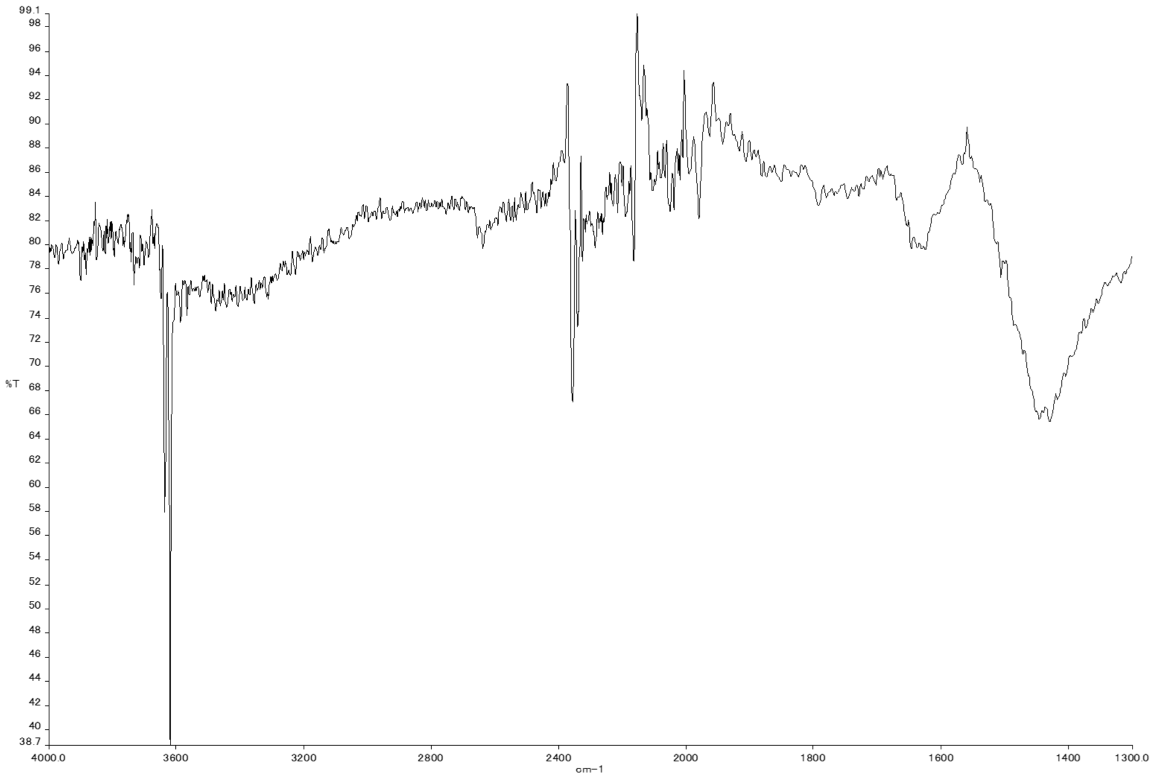


5 偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	角柱針状・青色
多色性	α 青色、γ 灰色
複屈折	低い
伸長性	負
消光角(最大)	0度
屈折率 γ	1.697～1.703
屈折率 α	1.694～1.701

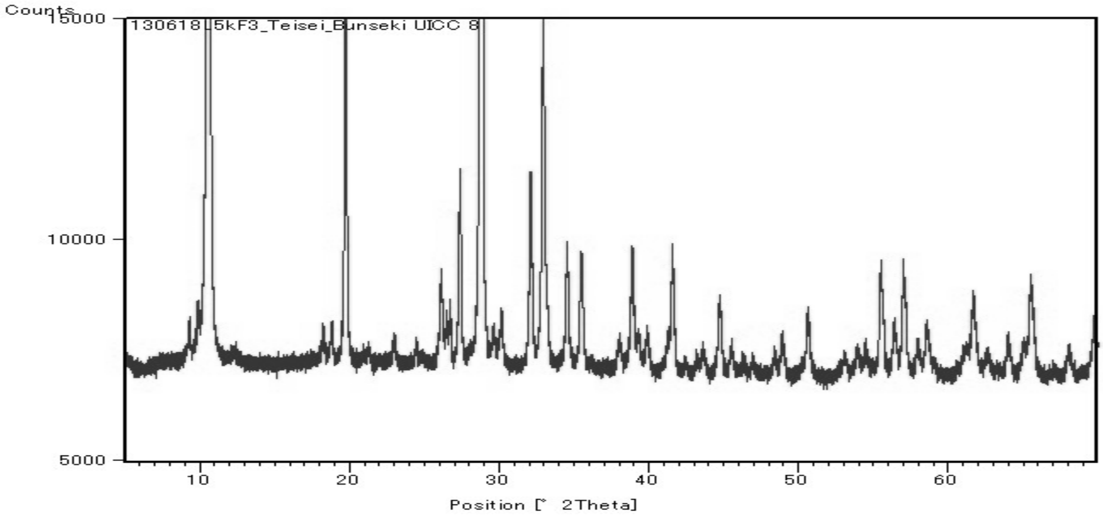
6　FT-IRによる赤外吸収スペクトル





FT-IR分析：spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器：MIR　TGS/ATR（ダイヤモンド/ZnSe）
積算回数：4回　分解能4cm-1

7 粉末X線回折分析



測定条件等： X’PertPRO（PANalytical社製）
CuKα線 45kv40mA：発散スリット1/2° ：
step scan; step width 0.002° （2θ）：scan speed 0.0066° （2θ/s）

8 化学組成

鉄が全て二価の場合

wt%

SiO_2	54.06
Al_2O_3	0.61
FeO	34.76
MnO	0.12
MgO	2.38
CaO	1.44
Na_2O	5.03
K_2O	1.33
P_2O_5	0.12
その他成分	0.15

鉄が全て三価の場合

wt%

SiO_2	47.82
Al_2O_3	0.36
Fe_2O_3	45.59
MnO	0.07
MgO	1.40
CaO	0.85
Na_2O	2.97
K_2O	0.79
P_2O_5	0.07
その他成分	0.09

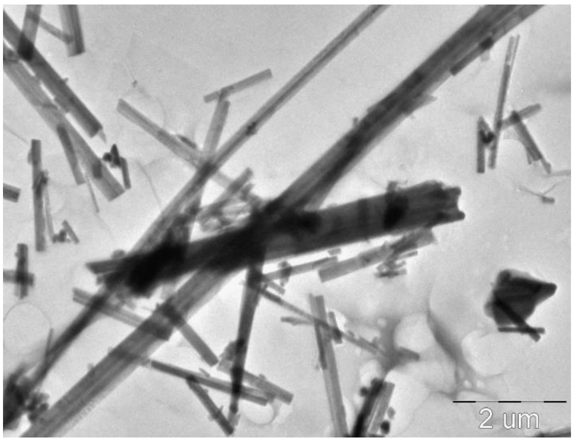
測定条件等：ICP発光分光分析 Vista MPX(セイコーインスツルメンツ社製)
(鉄は二価と三価を合算した定量値になる為、全て二価または三価と仮定した場合の数値を記載)

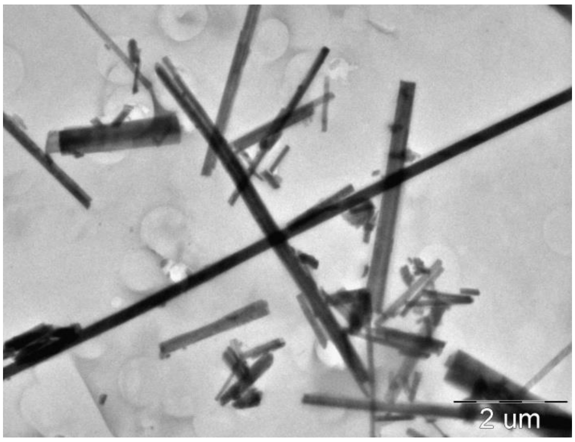
9 結晶子サイズ

指数*hkl*	角度2θ(°)	結晶子サイズ(nm)
020	9.297	47.7
040	19.737	47.8
110	10.619	52.3
310	28.777	46.0

測定条件等:X' PertPRO(PANalytical社製)
CuKα線 45kv40mA:発散スリット1/2° :
step scan; step width 0.002° (2θ):scan speed 0.0066° (2θ/s)

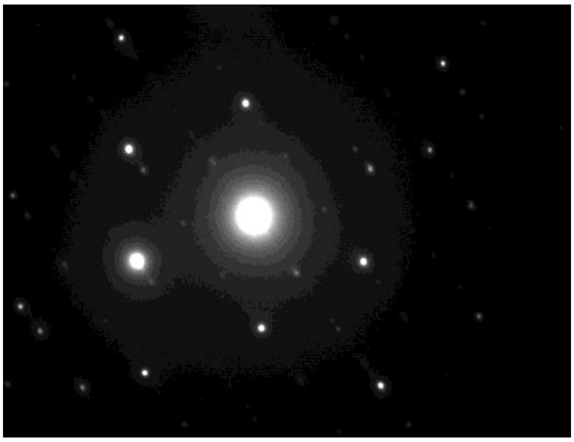
10 透過型電子顕微鏡 形態





測定条件等:透過型電子顕微鏡 JEM2010(日本電子社製)
倍率2500倍、加速電圧100kv

11 透過型電子顕微鏡 電子線回折



測定条件等:透過型電子顕微鏡 JEM2010(日本電子社製)
加速電圧100kv

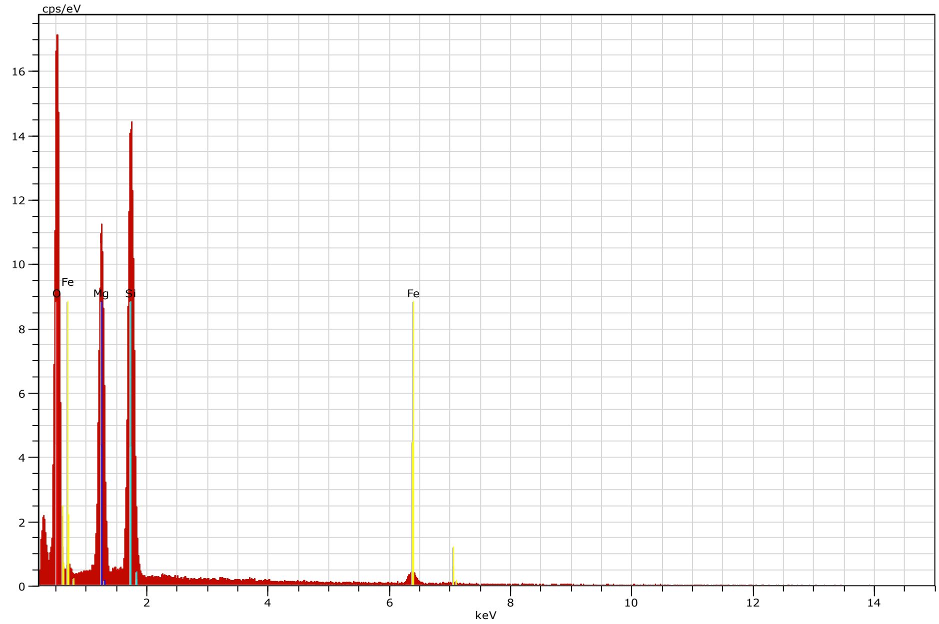
アンソフィライト標準試料 UICC

1 走査型電子顕微鏡 形態

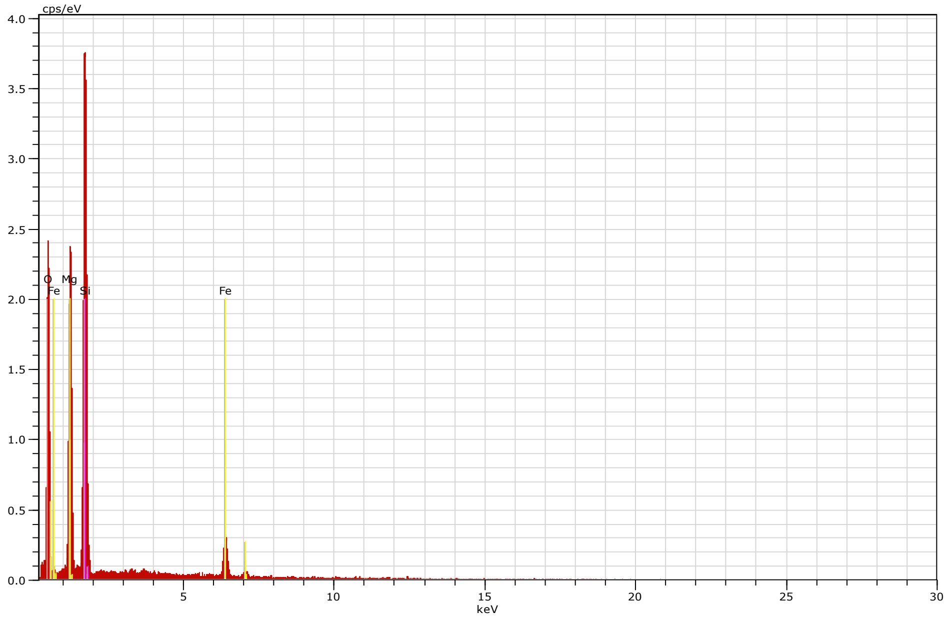
測定条件等：S-3400N（㈱日立ハイテクノロジーズ）/BRUKER-AXS Xflash 4010）
倍率2000倍、加速電圧5kv

アンソフィライト標準試料　UICC

2　走査型電子顕微鏡　　元素組成



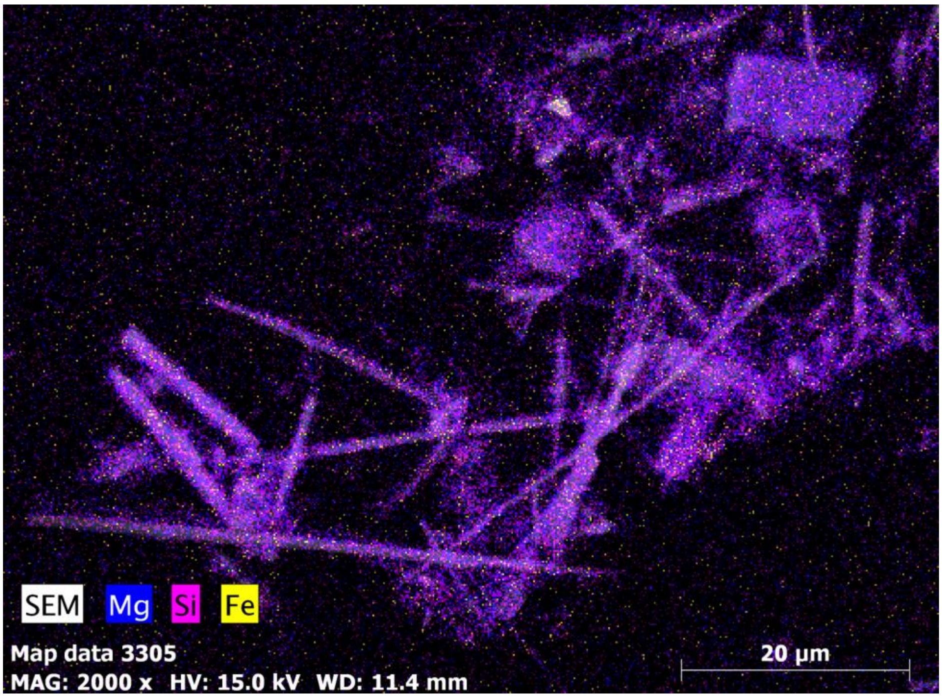
加速電圧15kv



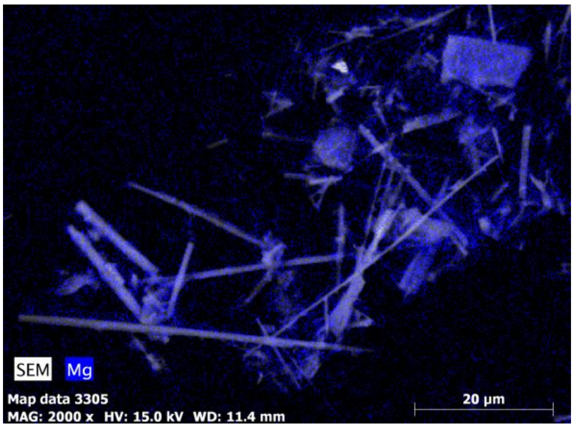
加速電圧30kv

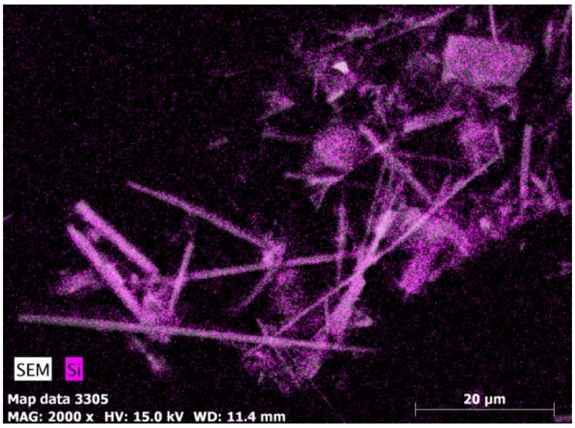
測定条件等:S-3400N(㈱日立ハイテクノロジーズ)/BRUKER-AXS　Xflash　4010)
EDX分析　加速電圧15kv、30kv

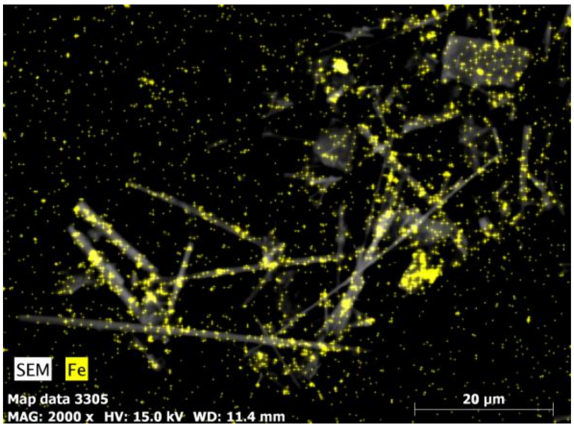
3　走査型電子顕微鏡　元素マッピング



4　走査型電子顕微鏡　元素マッピング（元素別）



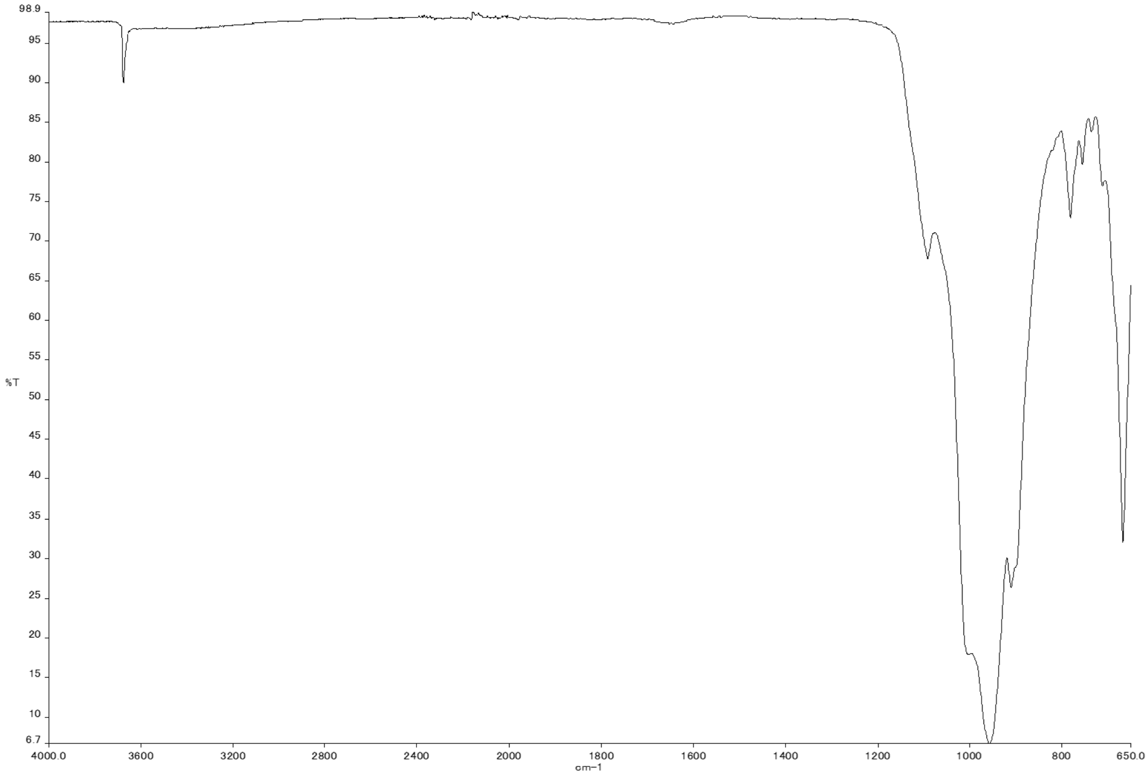


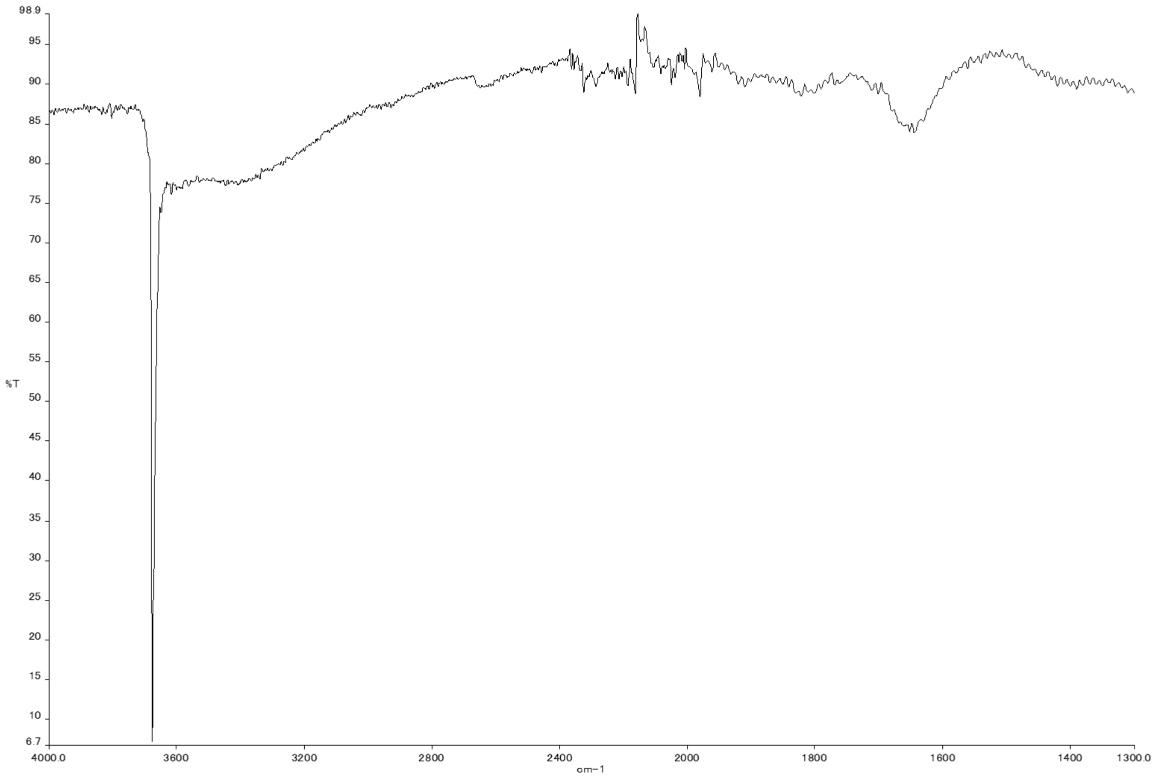


5 偏光顕微鏡による光学特性

形態・色	角柱針状・うすい灰色
多色性	なし
複屈折	中度
伸長性	正
消光角（最大）	0度
屈折率γ	1.610～1.633
屈折率α	1.607～1.617

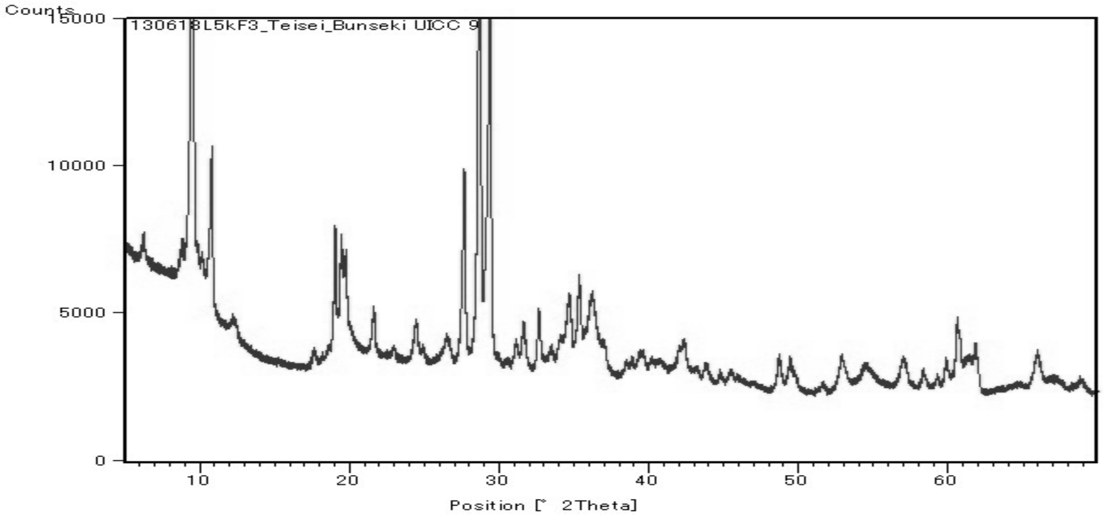
6 FT-IRによる赤外吸収スペクトル





FT-IR分析:spectrum100(PerkinElmer社製)
検出器:MIR TGS/ATR(ダイヤモンド/ZnSe)
積算回数:4回 分解能4cm-1

7 粉末X線回折分析



測定条件等: X’PertPRO（PANalytical社製）
CuKα線 45kv40mA：発散スリット1/2° ：
step scan; step width 0.002° (2θ)：scan speed 0.0066° (2θ/s)

8 化学組成

鉄が全て二価の場合

wt%

SiO_2	58.02
Al_2O_3	2.24
FeO	6.48
MnO	0.13
MgO	28.52
CaO	0.83
Na_2O	1.60
K_2O	1.46
P_2O_5	0.26
その他成分	0.46

鉄が全て三価の場合

wt%

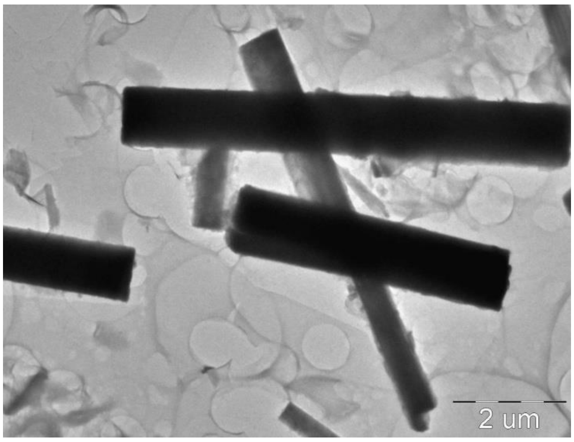
SiO_2	50.04
Al_2O_3	2.24
Fe_2O_3	14.43
MnO	0.13
MgO	28.55
CaO	0.83
Na_2O	1.60
K_2O	1.46
P_2O_5	0.26
その他成分	0.46

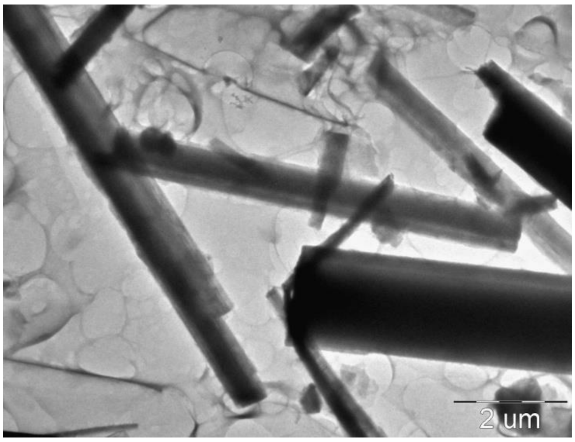
測定条件等：ICP発光分光分析 Vista MPX(ｾｲｺｰｲﾝｽﾂﾙﾒﾝﾂ社製)
（鉄は二価と三価を合算した定量値になる為、全て二価または三価と仮定した場合の数値を記載）

9 結晶子サイズ

当該アンソフィライト標準試料にはタルクが多く含まれており、アンソフィライトのみのエックス線回折ピークを選定することができず、有意なデータが得られなかった。

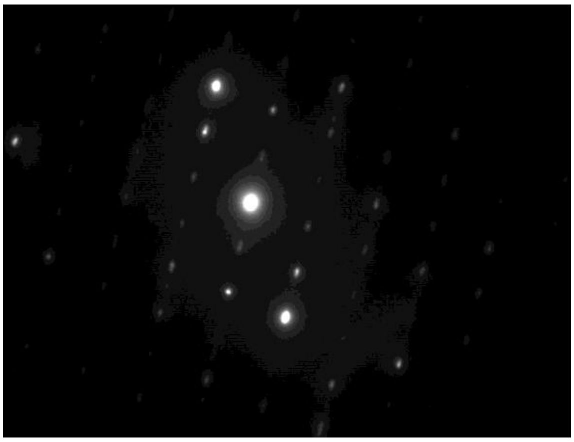
10 透過型電子顕微鏡　形態





測定条件等:透過型電子顕微鏡 JEM2010(日本電子社製)
倍率2500倍、加速電圧100kv

11 透過型電子顕微鏡　電子線回折



測定条件等:透過型電子顕微鏡 JEM2010(日本電子社製)
加速電圧100kv

備考：JIS A 1481-3の解説に記載された海外の標準試料の輸入・使用に当たっては、労働安全衛生法第55条ただし書きに基づき都道府県労働局長の許可が必要となること。また、輸入後の譲渡は認められないため、当該試料を使用する予定の分析機関が直接輸入する必要があることに留意すること。ただし、輸入に係る輸出元の事業者との調整等諸事務を輸入業者に代行させることについては、輸入業者が輸入行為それ自体を行うものではないため、認められること。

JASFM 標準試料（2022 年 2 月現在）

１．X 線回折法分析用標準試料

（1）JASFM Chr.11（クリソタイル、カリフォルニア産）

（2）JASFM Amo.11（アモサイト、トランスバール産）

（3）JASFM Cro.11（クロシドライト、ケープ産）

２．光学顕微鏡法分析用標準試料

（1）JASFM Chr.21①（クリソタイル、ケベック産）

（2）JASFM Chr.21②（クリソタイル、ジンバブエ産）

（3）JASFM Chr.21③（クリソタイル、キャッシャー産）

（4）JASFM Amo.21（アモサイト、トランスバール産）

（5）JASFM Cro.21（クロシドライト、ケープ産）

３．キャラクタリゼーション

JASFM 標準試料のキャラクタリゼーションについては以下のホームページに「JASFM 分析用標準試料の解説」として掲載されている。

https://www.jasfm.or.jp/sample/pdf/JASFM20200507.pdf

1.1 クリソタイル標準試料 JAWE 111

(1) クリソタイル標準試料 JAWE 111

試料名 JAWE 111 のクリソタイル標準試料は，X 線回折分析用標準として調整したものである．

分析対象は，主として作業環境中の浮遊粉じんおよびアスベストを含む原料・材料・建材・製品などで，環気中のアスベスト濃度あるいは原材料などに含まれるアスベストの含有率の分析に用いられる．

(2) 産地と試料調整法

米国カリフォルニア州サンベニト郡南東およびフレスノ郡西方に分布するニューアイドリア蛇紋岩体中には，高品位の短繊維クリソタイルが胚胎している[1]．Union Carbide 社が同地域に鉱山を所有し，種々のグレードのクリソタイル原綿を生産している．JAWE 111 は，Union Carbide 社の Standard Grade 100 シリーズの 1 製品をそのまま用い，特別な試料調整は行っていない．したがって，鉱山での粉砕過程を経て解綿された状態のままのものである．Standard Grade 100 シリーズは，Canadian 7 R と同等品で，ビニールタイルやアスファルト床タイル用として使用されていたものである．

(3) X 線粉末回折分析データ

JAWE 111 は，短繊維クリソタイルであるためそのまま X 線回折分析用試料支持板につめることができる．また，水に分散したり空気中に飛散させてメンブランフィルターで吸引ろ過捕集するのにも適している．X 線粉末回折図形を図 1 に示した．測定条件は，表 1 のとおりである．夾雑物として，ブルーサイト (brucite, $Mg(OH)_2$)，石英 (α-quartz, SiO_2)，方解石 (calcite, $CaCO_3$) および磁鉄鉱 (magnetite, Fe_3O_4) が微量認められたが，いずれも 1% 以下と見積られ，JAWE 111 のクリソタイル含有率は 95% 以上である．X 線粉末回折線の d 値 (Å) を回折角 (2θ) とともに表 2 に示した．

(4) 化学組成

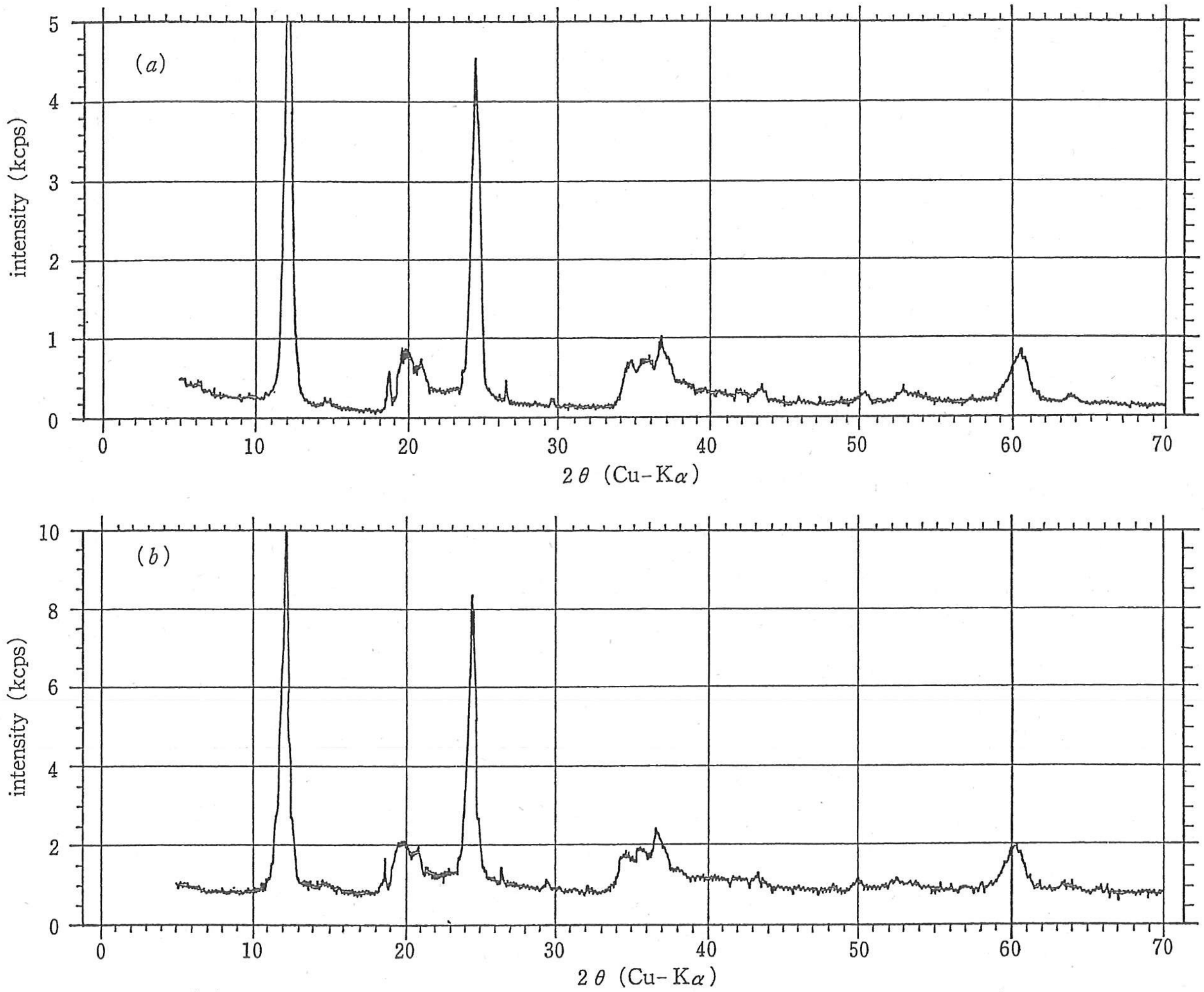
表 3 に JAWE 111 の化学分析値を，他の産地の

表 1 X 線回折分析測定条件

X 線源	銅対陰極管球，Cu-Kα 線
管電圧・電流	30 kV・40 mA
モノクロメーター	グラファイトまたは不使用
発散スリット	1°
散乱スリット	1°
受光スリット	0.3 mm
ゴニオメーター半径	185 mm
走査速度	2°/min

表 2 JAWE 111 の X 線粉末回折線データ (Cu-Kα)

2θ (°)	d (Å)	I/I_0	Impurity
12.1	7.31	100	
18.6	4.77	6	Brucite
19.8	4.48	10	
20.9	4.25	3	
24.4	3.65	85	
29.4	3.04	5	Calcite
34.6	2.592	10	
35.6	2.522	10	
36.7	2.449	10	
43.2	2.099	3	
50.0	1.824	2	
52.4	1.746	3	
60.2	1.537	12	
63.7	1.459	3	



(a)モノクロメーター使用，(b)モノクロメーター不使用　kcps：毎秒1 000カウント

図 1　JAWE 111 の X 線回折図形

クリソタイルと比較して示してある．Si, Mg を主陽イオンとし，微量の Al, Fe, Ca などが存在しているごく標準的なクリソタイルの化学組成を有している．また，クリソタイルの理想化学構造式は，$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ とされているが，化学構造式の面からもほぼ標準的なクリソタイルであることを示している．しかし，より詳細にみると，本クリソタイルの分析値および同じ産地のクリソタイルの分析値の文献値は，ともに四面体位置の Si の若干の欠損と八面体陽イオンの若干の過剰量があることを示し，カナダ産の長繊維クリソタイルの分析値（表 3, Cassiar）は，若干の陽イオン置換はあるもののほぼ理想化学構造式に近い組成を示している．この両者の化学組成の若干の差異がクリソタイル繊維の結晶成長の差異と関連があるのか鉱物学者間で議論されている．

なお，化学分析方法は付録に簡単に示してある．

（5）結　晶　度

結晶の結晶度（crystalinity）は，一般に X 線粉末回折図形のピークプロファイルを解析して表わされることが多い．すなわち，結晶の単位胞（unit cell）が広範囲にわたって整然と連続している場合，結晶度はよく，X 線回折図形のピークプロファイルは鋭い回折線として検出される．もし結晶が成長する過程で種々の環境条件の変化などによって結晶を構成している単位胞の連続性が妨害されたり，あるいは粉砕される過程で単位胞の連続性がみだされたりすると，いわゆる結晶度の悪い結晶となり，X 線回折線もブロードになる．

表 3　クリソタイルの化学組成

	JAWE-111	New Idria	Cassiar	UICC-A	UICC-B
SiO_2	39.00	39.77	40.75	39.89	38.10
TiO_2	tr			0.02	tr
Al_2O_3	0.53	0.66	3.37	0.76	0.40
Fe_2O_3	2.75	2.02	0.44	1.97	2.39
FeO	0.98	ND	0.28	0.49	1.14
MnO	0.08	0.07	0.03	0.06	0.06
MgO	41.68	40.62	41.28	42.60	43.26
CaO	0.45	0.32	0.35	0.33	0.17
Na_2O	0.05	tr	0.07	tr	0.02
K_2O	tr	tr	0.04	tr	0.02
H_2O^+	13.43	12.69	12.86	12.58	13.67
H_2O^-	0.44	1.54	0.78	0.87	0.66
CO_2		0.78	0.44		
Total (%)	99.78[a)]	98.48	100.69	99.85[b)]	100.04[c)]
Si	1.88	1.93	1.90	1.89	1.84
Al	0.03	0.04	0.10	0.04	0.02
Σ tetra	1.91	1.97	2.00	1.93	1.86
Al	—	—	0.09	—	—
Fe^{3+}	0.10	0.07	0.02	0.07	0.09
Fe^{2+}	0.04	—	0.01	0.02	0.05
Mg	2.99	2.94	2.87	3.01	3.11
Σ octa	3.03	3.01	2.99	3.10	3.25
(O_2OH)	14	14	14	14	14

ND：検出されず．　tr：痕跡（<0.01%）．　空欄は未分析．
a）NiO：0.21%，Cr_2O_3：0.18%含む．　b）NiO：0.16%，Cr_2O_3：0.12%含む．
c）NiO：0.10%，Cr_2O_3：0.05%含む．

JAWE 111 の結晶度を調べ，他の試料と比較した．結晶度測定条件は表 4 に，また，図 2 には (004) 回折線のピークプロファイルを示してある．図中の角度は各クリソタイル試料のピークの半価幅を表し，その値が小さいほど結晶度がよいことを意味している．いずれもほぼ類似の結晶度と考えられる．

実際には，このピークプロファイルには試料の結晶度に由来する因子とともに回折計に由来する機械的因子が混在している．回折線の幅がゼロになると考えられる完全結晶に近似できるようなある基準物質を同様に測定して得られた回折線の幅は機械的因子量と考え，被検試料の回折線の半価幅から差引いて残りの半価幅から試料自身の「結晶子サイズ」(domain) を定量的に表現する方法が，Sherrer によって提案されている（付録参照）．

このようにして JAWE 111 の結晶子サイズを求めた結果（表 5），C 軸方向に約 180 Å（単位胞として約 12～13 個分），b 軸方向に約 128 Å（同 14 個程度）の値が得られた．

表 4　結晶度測定条件

X 線 源	銅対陰極管理球，Cu-Kα 線
管電圧・電流	40 kV･30 mA
モノクロメーター	グラファイト
スリット系	
発散スリット	0.5°
散乱スリット	0.5°
受光スリット	0.15 mm
ゴニオメーター半径	185 mm
走査速度	ステップスキャニング：0.002° きざみ
基準物質	NBS 672 (“Mica”)

表 5　結晶サイズ

hkl	結晶子サイズ (ε)
002	177.5 Å
004	179.5 Å
060	128.1 Å

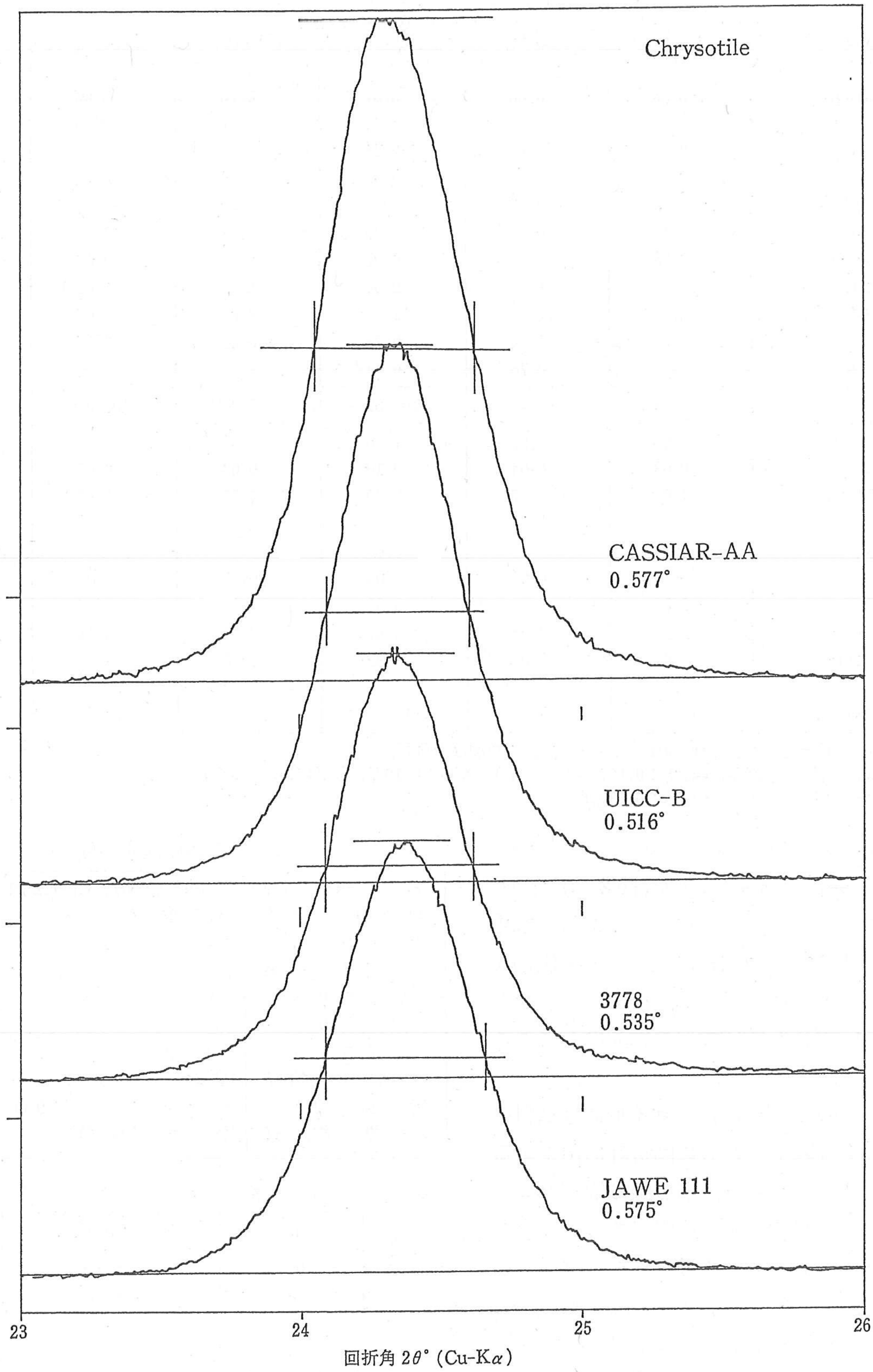


図 2　結晶度の他の試料との比較

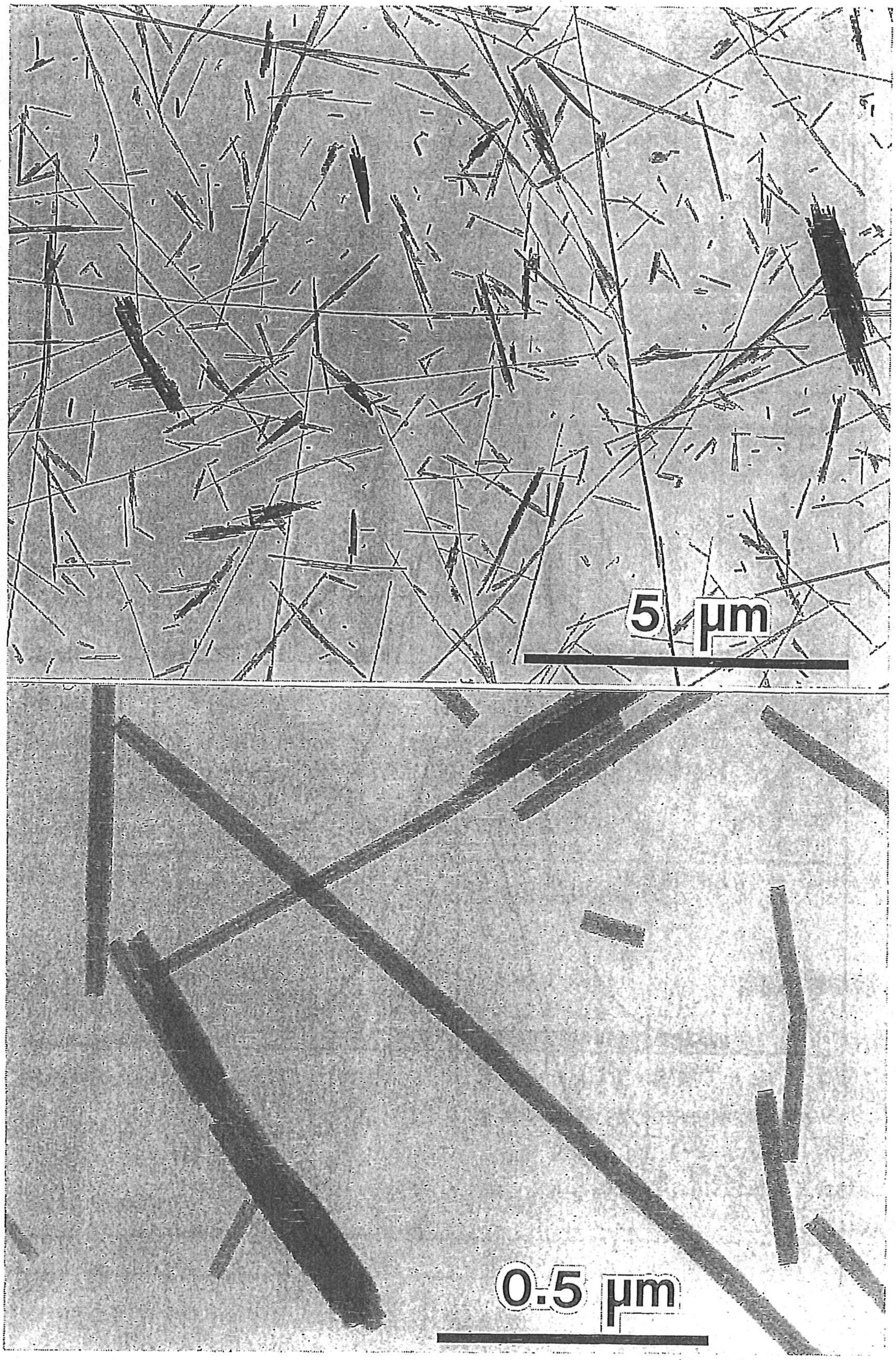


図 3　透過型電子顕微鏡（TEM）によるクリソタイル繊維の形状

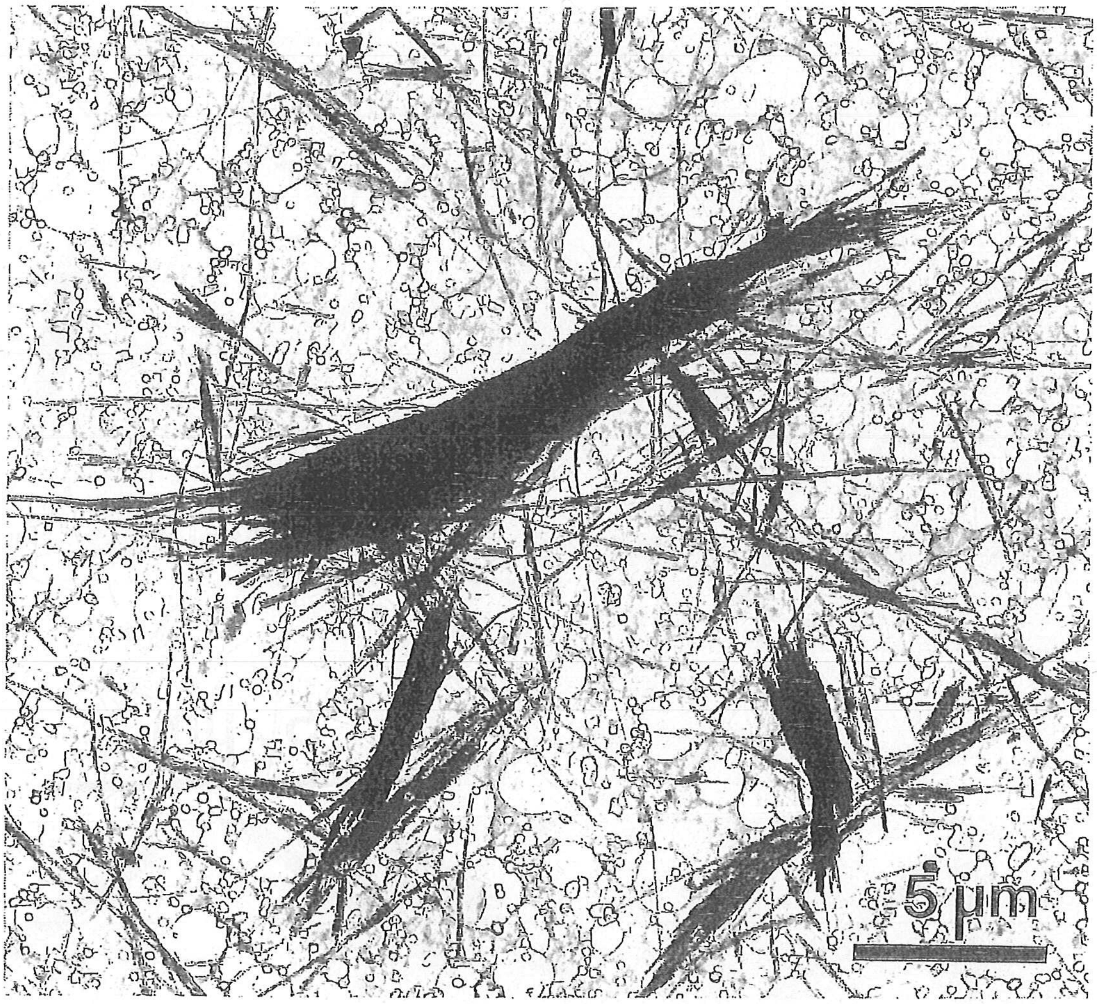


図 4　分散処理が劣る場合のクリソタイル繊維の形状（TEM）

（6）屈折率の測定

屈折率既知のいくつかの浸液に試料を分散浸漬させ，NaD 線を光源として室温（20°C）で焦点移動にともなうベッケ線の動きと消失を目印に測定した。その結果，α=1.547～1.551，γ=1.556～1.560 で，一般のクリソタイルの屈折率とよく一致した値が得られた。

屈折率の詳しい測定方法については付録を参照されたい。

（7）透過型電子顕微鏡観察

透過型電子顕微鏡（TEM）で観察した JAWE 111 クリソタイル繊維を図 3 に示してある。試料は蒸留水中に超音波分散させ，TEM 用グリッド上の親水化処理を施したカーボン補強コロジオン膜上に 1 滴滴下し風乾してそのまま観察試料とした。図 3 は極めてよく分散したクリソタイルの単繊維状態を表している。JAWE 111 のクリソタイルは大部分が長さ 5 μm 以下で太さ 0.02～0.03 μm の微小繊維であることが分かる。

分散処理がやや劣る場合は，図 4 のように微小繊維の集合状態も多く見られる。

参 考 文 献

1) Mumppon, F.A. and Thompson, C.S.: Clays & Clay Miner. **23**, 131～143, 1975

1.2　アモサイト標準試料 JAWE 211

(1)　アモサイト標準試料　JAWE 211

試料名JAWE 211のアモサイト標準試料は，クリソタイル標準試料 JAWE 111と同様にX線回折分析用標準試料として調整されたが，再発じんさせてメンブランフィルターに捕集すれば，光顕用のプレパラートの作製にも使用できる．X線分析の測定対象はJAWE 111の場合と同様であるので7および8頁を参照されたい．

(2)　産地と試料調整法

JAWE 211に用いたアモサイトの産地は，南アフリカ共和国 Transvaal 州である．

鉱山の粉砕工場で粉砕・解綿し袋づめされて輸入されたアモサイトを，ウィレーミルで0.5 mm目開きのメッシュ・スクリーンを使って粗粉砕し，さらに再び0.1 mmメッシュ・スクリーンに代えて微粉砕したものである．

(3)　X線粉末回折分析データ

通常のAl製試料板につめて分析したX線粉末回折図形を図1に示した．図1 (*a*) はグラファイトモノクロメータを使用，(*b*) はモノクロメータを使用せずにNiフィルターのみで分析したものである．モノクロメータを使用しないとアモサイトに含まれている鉄の影響で著しいバックグランドの上昇

表1　JAWE 211のX線粉末回折線データ(Cu-Kα)

2θ(°)	d(Å)	I/I_0	2θ(°)	d(Å)	I/I_0
7.5	11.8	3	35.7	2.515	2
8.7	10.2	3	36.5	2.462	1
9.6	9.2	10	37.9	2.374	3
10.6	8.35	85	38.5	2.338	3
17.3	5.13	2	39.3	2.292	2
18.9	4.70	21	40.5	2.227	1
19.3	4.60	11	41.0	2.201	3
20.9	4.25	2	43.4	2.085	2
21.3	4.17	20	44.0	2.058	2
21.9	4.06	1	45.2	2.006	1
23.0	3.87	1	45.6	1.989	1
25.7	3.466	1	48.9	1.863	4
26.1	3.414	1	49.7	1.834	1
26.6	3.351	9	50.1	1.821	1
27.3	3.273	45	51.0	1.791	2
29.1	3.074	100	55.1	1.67	4
29.7	3.008	1	56.1	1.639	10
30.6	2.921	1	59.3	1.560	10
32.2	2.777	19	60.7	1.527	10
34.0	2.640	4	63.3	1.469	4
35.0	2.560	3	66.4	1.408	3

があり，弱い回折線は見分けにくくなっている．測定条件はJAWE 111と同様である（8頁，表1）．X線粉末回折分析では，ほとんど不純物は認められず，含有率は99%（非晶質分は除く）程度と見込まれる．X線粉末回折図形の2θ―d(Å)―I/I_0の値を表1に示してある．

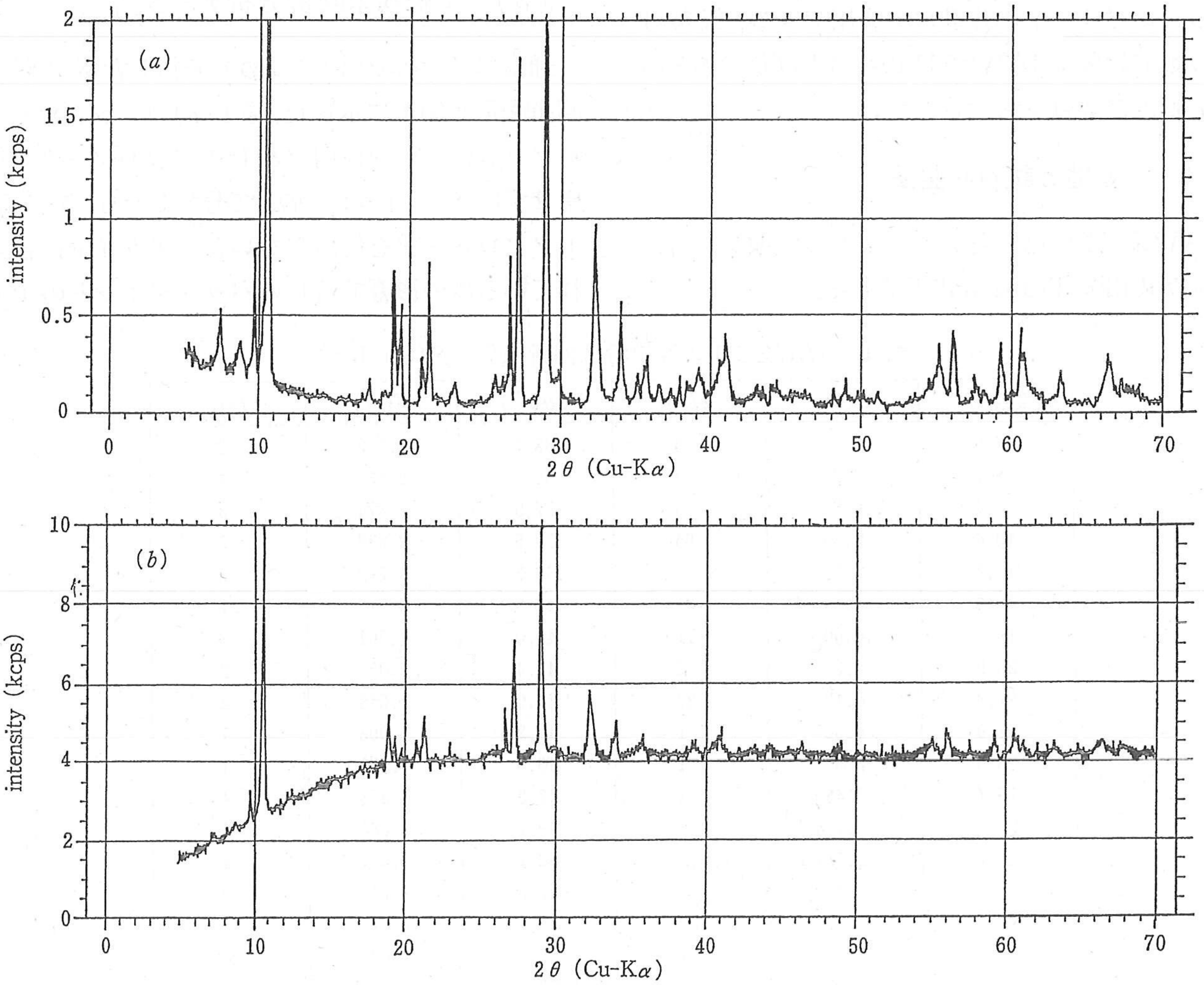
（4） 化 学 組 成

表2にJAWE 211の化学分析値を，他の産地のアモサイトとともに示してある．JAWE 211の化学組成は文献にあるアモサイトの化学組成とよく似た極めて一般的なアモサイトであるといえる．すなわち，第1鉄（FeO）を約35%と多量に含有し，逆に第2鉄（Fe_2O_3）は少ない．またJAWE 211は，やや高いMnO含有率を示すのが特徴となっている．

表3の中では，Penge鉱山産アモサイトを除く3つのアモサイトはいずれもよく似た化学組成を示している．

（5） 結 晶 度

JAWE 211の結晶度をX線粉末回折線のピーク幅から調べた．測定条件は，JAWE 111の表4と同様で，電圧・電流：40 kV・20 mA，対陰極：銅（Cu-Kα），スリット系：1/2°-1/2°-0.15 mmで行い，基準物質にはNBS 675の“Mica”を使用した．JAWE 211の測定の際には，配向効果の影響を小さくするために約1/2量（体積比）のシリカゲル



kcps：毎秒1 000カウント

(a)モノクロメーター使用，(b)モノクロメーター不使用

図1 JAWE 211のX線回折図形

表 2　アモサイトの化学分析値

	JAWE211	Penge*	Weltevreden*	UICC
SiO_2	50.70	49.70	51.30	50.53
TiO_2	0.04			
Al_2O_3	0.59	0.40	—	0.55
Fe_2O_3	1.84	0.03	0.90	1.90
FeO	34.93	39.70	35.50	35.34
MnO	2.45	0.22	1.76	1.82
MgO	5.79	6.44	6.90	6.43
CaO	0.39	1.04	0.95	0.51
Na_2O	0.03	0.09	0.05	0.02
K_2O	0.38	0.63	0.51	0.27
$H_2O(+)$	2.30	1.83	2.31	2.32
$H_2O(-)$	0.36	0.09	0.05	0.20
Total(%)	99.82(%)	100.17(%)	100.23(%)	99.93(%)

＊南ア　Transvaal州（データは文献１）

表 3　アモサイトの化学構造式

	JAWE211	Penge*	Wellevreden*	UICC
Si	8.03	7.90	8.06	7.98
Al	—	0.08	—	0.02
Σtetra	8.03	7.98	8.06	8.00
Al	0.11	—	—	0.09
Fe^{3+}	0.22	0.00	0.11	0.23
Fe^{2+}	4.63	5.28	4.66	4.67
Mn	0.33	0.03	0.23	0.24
Mg	1.37	1.53	1.62	1.51
Ca	0.07	0.18	0.16	0.09
Na	0.01	0.03	0.02	0.01
K	0.08	0.13	0.10	0.05
Σocta	6.82	7.18	6.90	6.89

＊南ア　Transvall州

表 4　結晶子サイズ

Mica(NBS675)			JAWE211			
kkl	2θ	βi	kkl	2θ	βi	ε
002	17.950	0.104	200	8.752	0.164	736Å
003	26.959	0.108	020	9.622	0.165	731Å
007	65.558	0.150	110	10.615	0.168	732Å
060	60.558	0.279	400	18.982	0.163	700Å

を混合した。

表4に“Mica(NBS 675)”とJAWE 211の各測定回折線の指数，回折角，半価幅(βi)を示した。MicaとJAWE 211の対応する回折線の角度のづれは補間法により同一角度でのβiを求め，JAWE 211のβiからMicaのβiを差引いた後，Scherrerの式から結晶子サイズ(ε)を算出した。その結果，表4に示すようにa, b軸方向に700 Å程度の結晶子サイズを持っていると推定される。

図2に（110）と（310）のラインプロファイルをUICCのアモサイトと比較して示した。JAWE 211のβiはUICCのβiよりやや鋭く，UICCよりも結晶度がややよいことを示している。

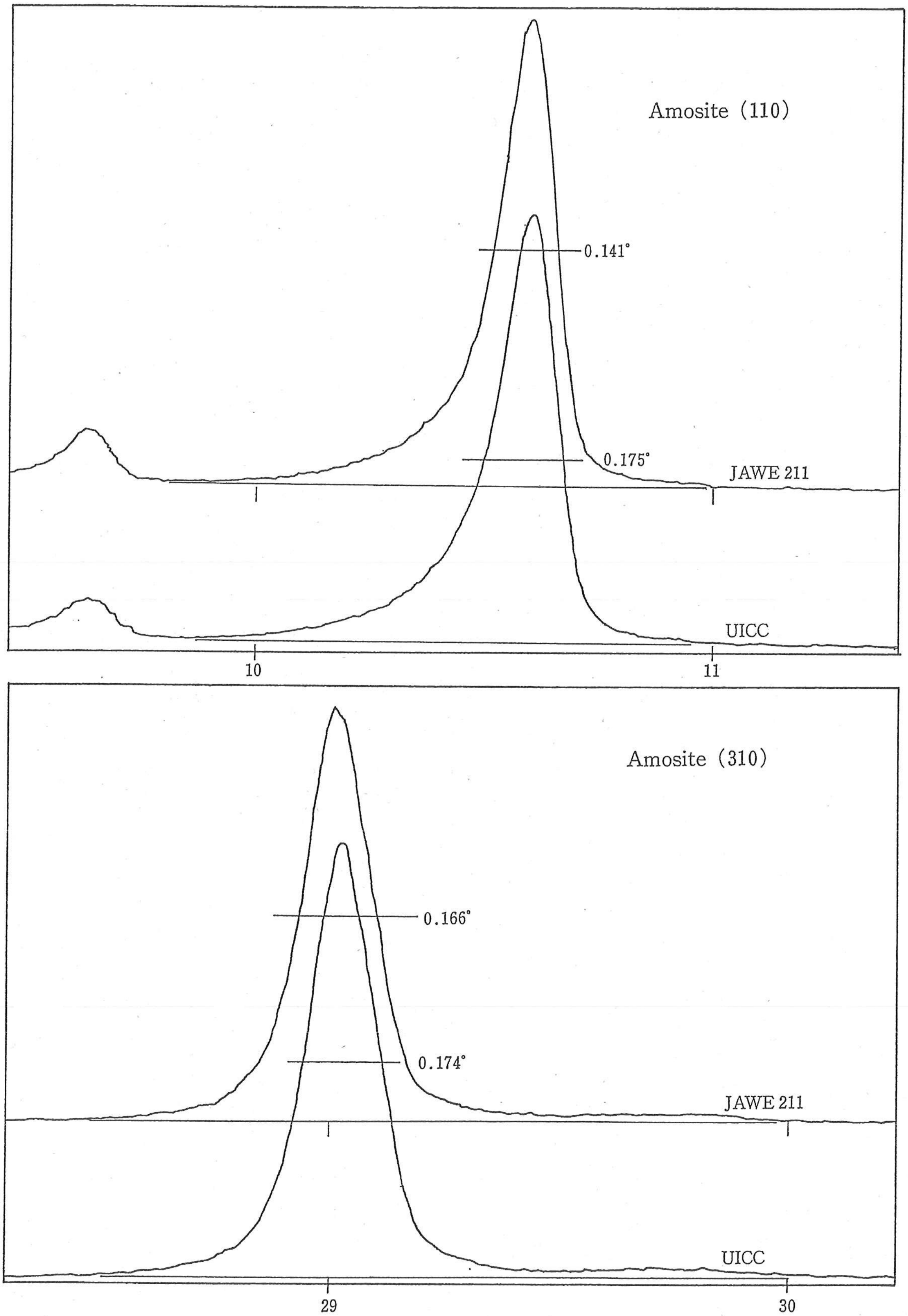


図 2　結晶度の他の試料との比較

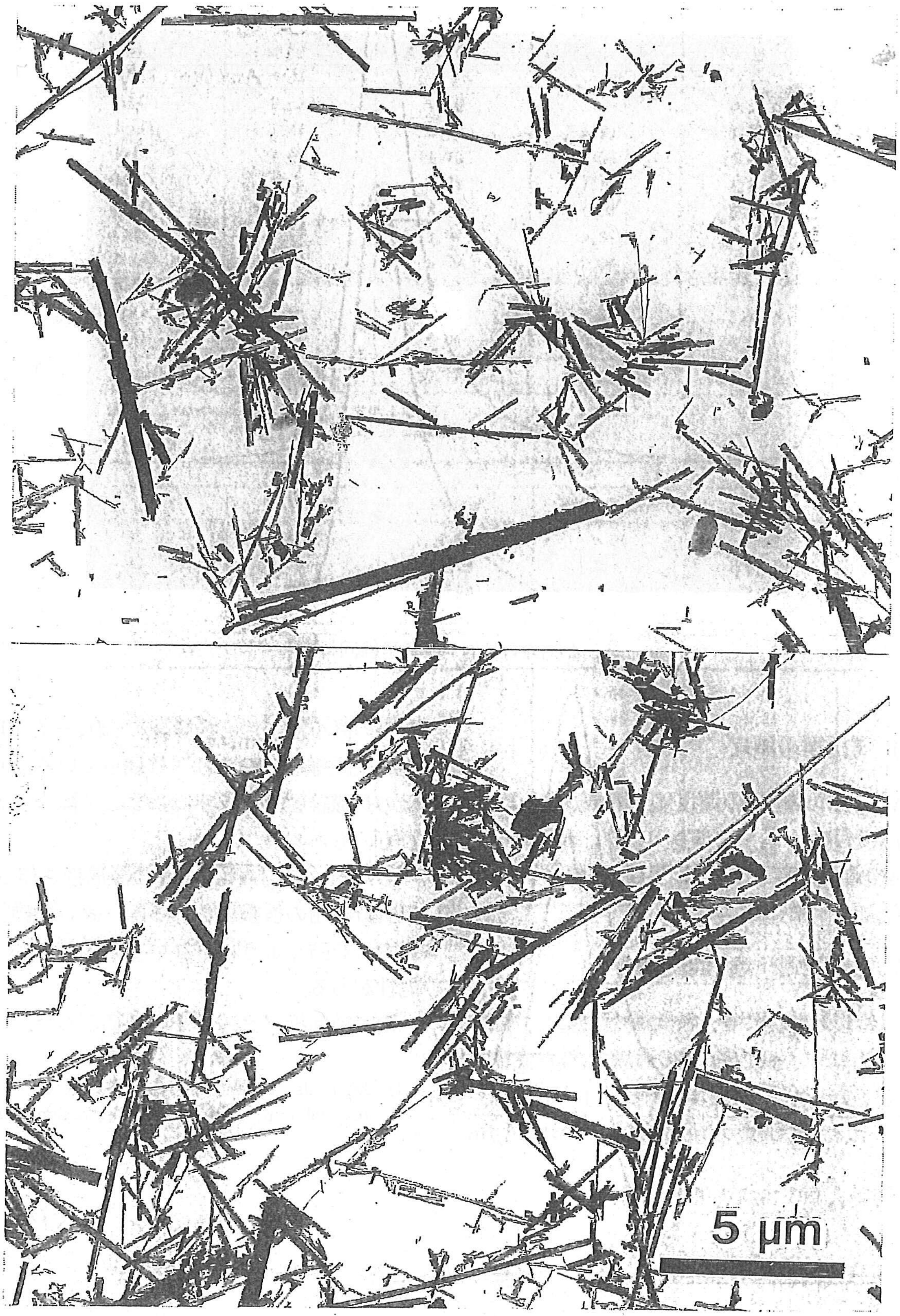


図 3　JAWE 211 の透過型電子顕微鏡写真

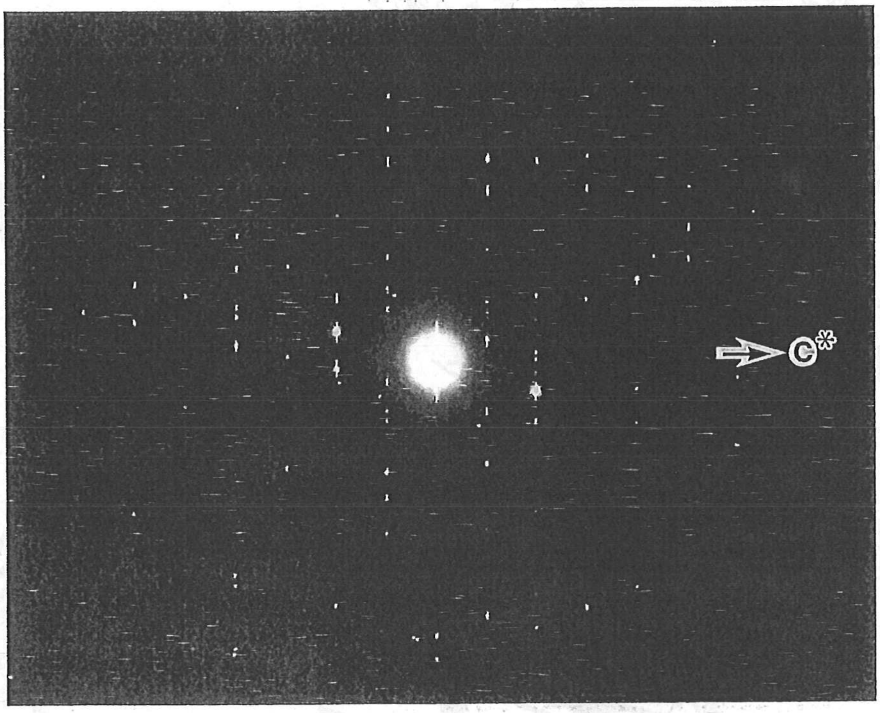


図 4 JAWE 211 の電子線回折図形

(6) 屈折率の測定

JAWE 211 の屈折率の測定は，JAWE 111 と同様の方法で行い，n_{α}=1.671～1.674，n_{γ}=1.689～1.692 の値が得られた。この値は，アモサイトの文献値とよく一致している。

(7) 透過型電子顕微鏡観察

JAWE 211 を透過型電子顕微鏡で観察し，繊維状粒子の大きさ，非晶質物質の有無，共存鉱物の検索などを行った（図3）。繊維長は 1～10 μm，幅は 0.1～0.2 μm 程度のものが多い。しかし，1 μm 以下の微小粒子片も多数認められ，一方 100 μm 以上の長繊維も粉砕されずに残っている。100 μm 以上の長繊維粒子は，水ヒによって除去されてしまうものもある。

したがって，JAWE 211 の懸濁液を作って X 線回折分析用の検量線を作る際，長い繊維状粒子の沈でんを防ぐようにしないと誤差が大きくなる可能性がある。

電子線回折パターンを図 4 に示した。

参 考 文 献

1) Michaels, L. and Chissick, S.S. (eds) (1979) Asbestos, vol.1, p.80～81, John Wiley & Sons, Chichester.

☆☆☆

1.3 クロシドライト標準試料 JAWE 311

（1） クロシドライト標準試料JAWE 311

試料名JAWE 311のクロシドライト標準試料もクソソタイル標準試料 JAWE 111およびアモサイト標準試料 JAWE 211と同様にX線回折分析用標準試料として調整されたものである．分析の対象もJAWE 111，211と同様である．

（2） 産地と試料調整法

JAWE 311に用いたクロシドライトの産地は，南アフリカ共和国Cape州である．

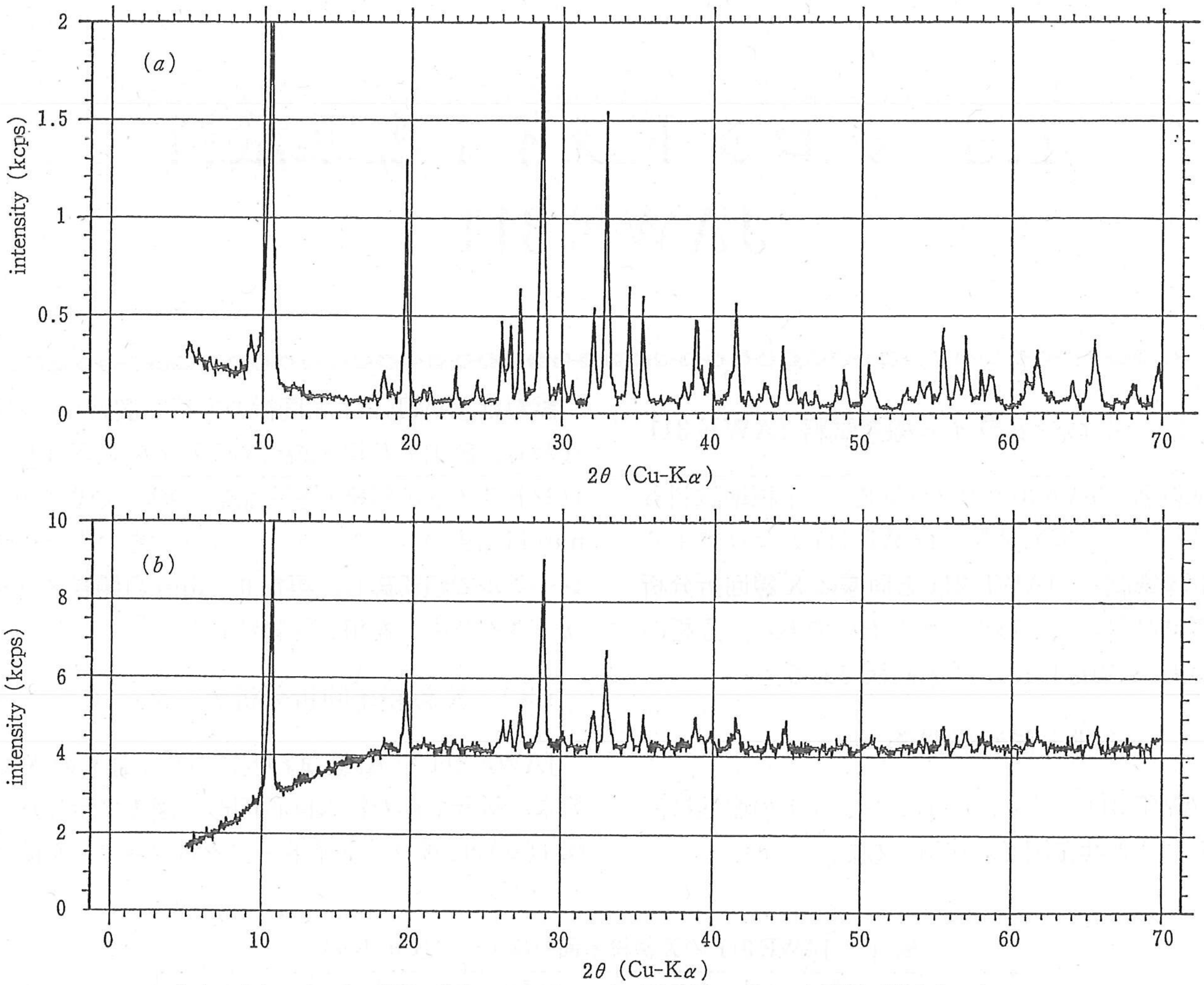
試料はJAWE 211と同様の方法で調整した．すなわち，鉱山で解綿・袋づめされて輸入されたクロシドライトの繊維(超長繊維が多い)をまず0.5 mm目開きのメッシュ・スクリーンをつけたウィレーミルで粗粉砕し，再び0.1 mm目開きメッシュ・スクリーンを用い微粉砕した．

（3） X線粉末回折分析データ

JAWE 311をAl製試料板につめて通常のX線粉末回折計で得た粉末回折図形を図**1**に示した．図1(a)は，グラファイトモノクロメーターを使用

表1　JAWE 311のX線粉末回折線データ(Cu-Kα)

2θ(°)	d(Å)	I/I_0	2θ(°)	d(Å)	I/I_0
9.3	9.5	1	42.5	2.217	1
10.6	8.35	100	43.2	2.094	1
18.2	4.87	1	43.7	2.074	1
18.8	4.72	1	44.7	2.027	4
19.7	4.51	24	45.5	1.993	1
20.9	4.25	2	46.3	1.961	1
23.0	3.88	1	46.9	1.937	1
24.5	3.63	1	48.4	1.881	1
24.9	3.58	1	48.9	1.863	2
26.1	3.414	4	50.2	1.817	1
26.7	3.339	11	50.7	1.800	4
27.4	3.261	11	53.1	1.725	2
28.8	3.211	65	53.9	1.701	1
30.1	2.969	2	54.5	1.684	1
30.9	2.898	3	55.5	1.656	6
32.1	2.788	11	56.4	1.631	3
33.0	2.718	17	57.2	1.612	7
34.5	2.600	6	58.0	1.590	1
35.5	2.529	6	58.6	1.575	2
38.0	2.368	2	61.7	1.503	6
38.9	2.315	6	64.0	1.455	3
39.9	2.259	1	65.7	1.421	6
41.5	2.176	6	68.1	1.379	2



(a)モノクロメーター使用，(b)モノクロメーター不使用　　kcps：毎秒1 000カウント

図 1　JAWE 311 の X 線回折図形

して，図1(b)は，モノクロメーターを使用せずにNiフィルターのみで測定したものである．モノクロメータを使用しないと試料中に成分として含まれている鉄のため，Cu-Kα 線では白色 X 線によるバックグランドの上昇が著しく，特に弱い回折線は見にくくなる．測定条件は JAWE 211 の測定条件と同様である．共存鉱物などの不純物はほとんど認められず，試料中のクロシドライト含有率は99%（非晶質分は除く）程度と推定される．X 線粉末回折図形の 2 θ—d (Å)—I/I_0 の値を表1に示した．

(4) 化 学 組 成

表2に JAWE 311 の化学分析値を，他の産地のクロシドライトとともに示した．クロシドライトの化学組成の特徴は Si と Fe の他に Na を比較的多く含んでいることである．アモサイトとクロシドライトとは Na と Mg の量によって区別することができる．すなわち JAWE 311 は，5.31%の Na_2O と 3.23%の MgO を含有しているが，アモサイトの項の表2に示されているように，JAWE 211 ではそれぞれ 0.03%と 5.79%である．また，アモサイトの鉄はほとんどが第1鉄(FeO)であるのに対しクロシドライトの鉄は，第1鉄と第2鉄の比がほぼ 1：1 になっており，アモサイトに比べて第2鉄が多い．また，MnO は JAWE 211 に比べ少ない．

JAWE 311 は，Kuruman 鉱山のクロシドライトとよく似た化学組成を持っている．

化学構造式を，表3に示してある．

表 2　クロシドライトの化学分析値

	JAWE311	Kuruman*	Pomfret*	UICC
SiO_2	50.92	50.70	52.00	48.84
TiO_2	<0.01			0.02
Al_2O_3	0.08	0.70	—	0.06
Fe_2O_3	17.86	18.30	16.05	19.07
FeO	18.59	17.50	17.65	19.95
MnO	0.09	0.06	tr.	0.11
MgO	3.23	3.05	4.28	2.32
CaO	0.94	1.30	1.20	1.08
Na_2O	5.31	5.30	6.21	5.58
K_2O	0.08	tr.	0.06	0.06
$H_2O(+)$	2.35	2.53	2.43	2.33
$H_2O(-)$	0.25	0.29	0.26	0.34
Total(%)	99.71	99.73	100.14	99.76

＊南ア　Cape 州（データは文献 1）

表 3　クロシドライトの化学構造式

	JAWE 311	Kuruman*	Ponfret*	UICC
Si	7.87	7.82	7.94	7.68
Al	0.01	0.17	—	0.01
Σ tetra	7.88	7.99	7.94	7.69
Fe^{3+}	2.08	2.13	1.85	2.26
Fe^{2+}	2.40	2.26	2.25	2.63
Mn	0.01	0.01	—	0.02
Mg	0.74	0.70	0.97	0.54
Σ octa	5.23	5.10	5.07	5.45
Ca	0.16	0.22	0.20	0.18
Na	1.59	1.59	1.84	1.70
K	0.02	—	0.01	0.01
Σ_{2M4}	1.77	1.81	2.05	1.89

＊南ア　Cape 州

表 4　結晶子サイズ

Mica(NBS652)			JAWE311			
kkl	2θ	$\beta i(2\theta°)$	kkl	2θ	$\beta i(2\theta°)$	ε(Å)
002	17.95	0.104	020	9.54	0.161	751
003	26.96	0.108	040	19.71	0.163	701
007	65.56	0.150	110	10.55	0.250	269
060	60.56	0.279	310	28.73	0.228	313

（5）結　晶　度

JAWE 311 の結晶度を X 線粉末回折線のピークプロファイルを解析して調べた。測定条件は，JAWE 111 の場合と同様で（10 頁の表 4 および 40 頁の付録を参照）機械的因子を補正するための基準物質には “Mica”（NBS 675）を使用した。

また，JAWE 211 の測定のときと同様 JAWE 311 の繊維結晶の配向効果の影響を小さくするために，シリカゲルを混合した。表 4 に JAWE 311 の各測

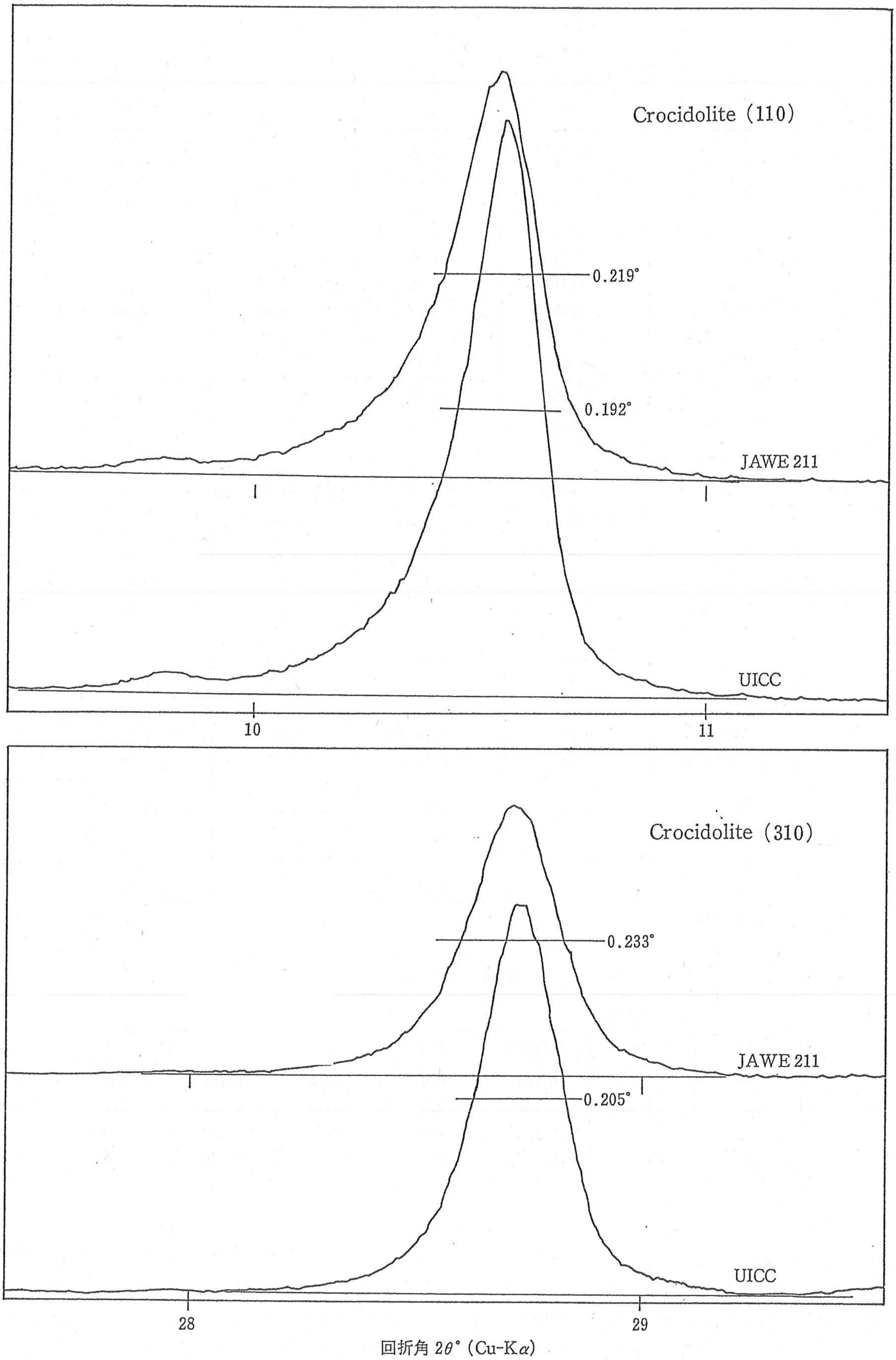


図 2　結晶度の他の試料との比較

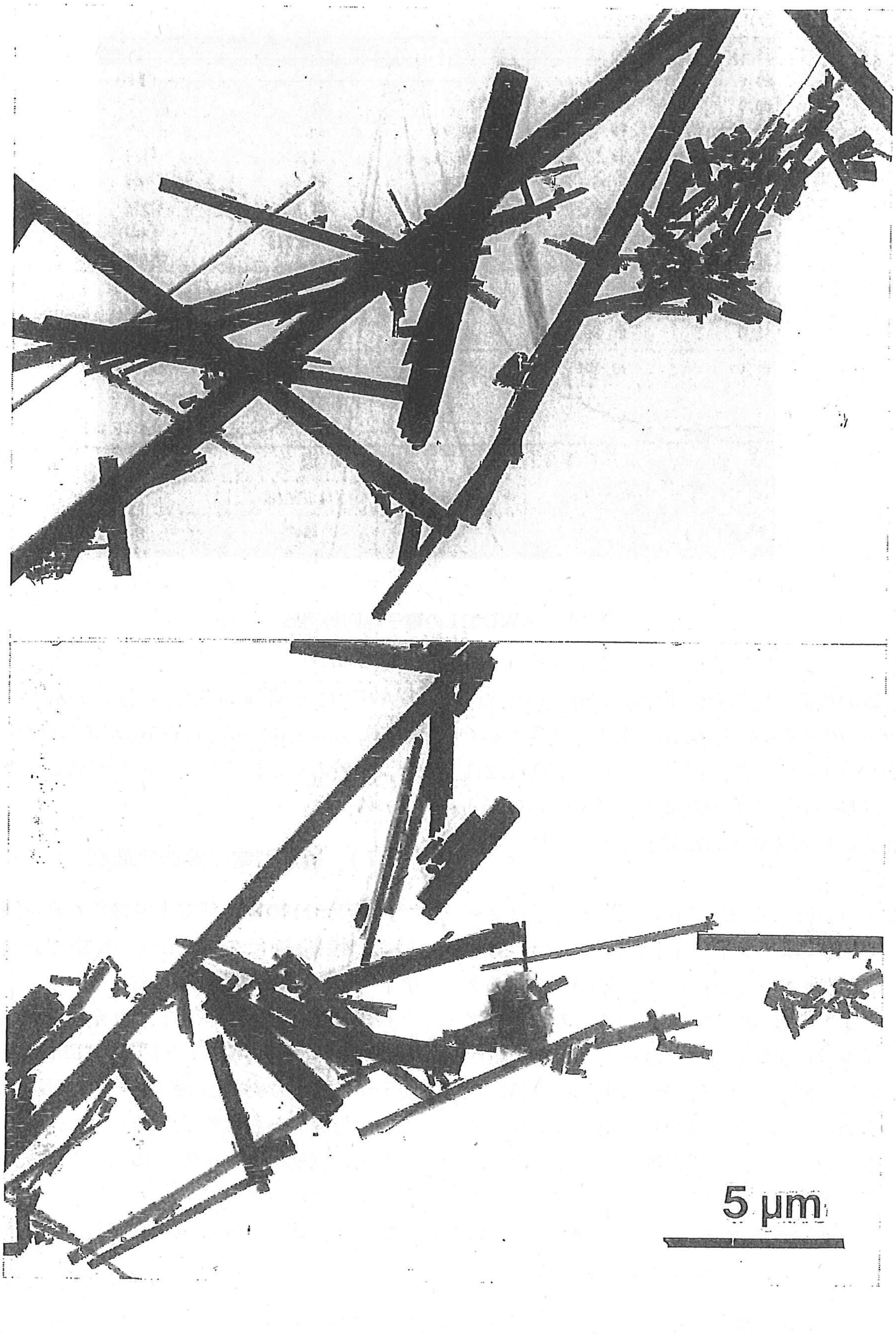


図 3　JAWE 311 の透過型電子顕微鏡写真

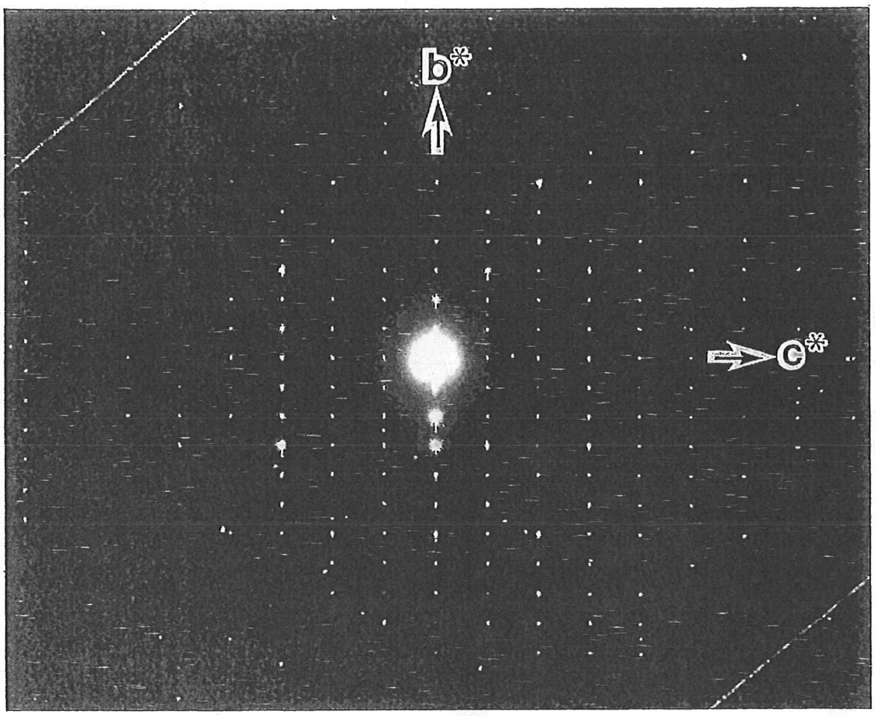


図 4　JAWE 311 の電子線回折図形

定回折線の指数，回折角，半価幅 (βi) を示した．"Mica"の βi を差引いた βi から求めた結晶子サイズ (ε) を表 4 に示した．JAWE 311 は JAWE 211 とほぼ同様の b 軸方向の結晶子サイズ(約 700 Å) と a 軸方向に約 290 Å の結晶子サイズを持っている．

図 2 に (110) および (310) のラインプロファイルを UICC のクロシドライトと比較して示した．

UICC クロシドライトに比べて JAWE 311 のクロシドライトの (110) および (310) のピークプロファイルはいずれもややブロードで，結晶度が少し低いことを示している．その原因としては，上記の a 軸方向の結晶子サイズが b 軸方向に比べて著しく小さいことが大きく影響していると思われる．ちなみに，JAWE 211 のアモサイトは，a，b 軸ともに 700 Å 程度の結晶子サイズを持っており，UICC アモサイトより結晶度はややよかった．

(6)　屈折率の測定

JAWE 311 の屈折率の測定も，JAWE 111, JAWE 211 と同様の方法で行い，$n_{\alpha}=1.676\sim1.678$, $n_{\gamma}=1.687\sim1.690$ の値が得られた．この値は，一般のクロシドライトの文献値とよく一致している．

(7)　透過型電子顕微鏡観察

JAWE 311 の透過型電子顕微鏡写真を図 3 に示した．繊維長は 2〜3 μm から数 10 μm，幅は 0.1〜1 μm 位まで幅広く分布している．

JAWE 211 のアモサイトより全般に長さ，幅ともに大きい．JAWE 211 と同様，1 μm 以下の微小粒子から 100 μm 以上の長繊維までが混在しているので，懸濁液から検量線を作る際には，沈でんにより長い繊維状粒子が失われないように注意深く分取する必要がある．

図 4 は JAWE 311 の電子線回折パターンである．

参 考 文 献

1)　Michaels, L. and Chissick, S.S. (eds) (1979) Asbestos, vol.1, p.80〜81, John Wiley & Sons, Chichester.

参考資料

石綿障害予防規則 第３条第５項に基づく事前調査における石綿分析結果報告書 様式

保存４０年　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　年　　月　　日

報告書（証明書）番号＿＿＿＿＿＿＿＿

石綿障害予防規則　第３条第５※項に基づく 事前調査における石綿分析結果報告書（証明書）

（定性分析方法１(偏光顕微鏡法)を想定した様式）

※石綿障害予防規則等の一部を改正する省令（令和２年厚生労働省令第 134 号）による改正後の石綿障害予防規則の条項であり、令和５年９月 30 日までの間は第３条第４項に読み替えること

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿殿

貴社より委託を受けた石綿分析の結果は、下記に記載したとおりであることを証明します。ただし、本分析の結果は、入手した試料の範囲に限定させていただきます。

記

実施した分析方法	定性分析方法１(偏光顕微鏡法)　※アスベスト分析マニュアル第３章

1．分析を実施した石綿分析機関等

名　　称		代表者氏名	印
所 在 地	TEL : FAX :		
信頼性保障／品質確保の認証等	*日環協（試験所）　（JIS A 1481-1 ◇◇◇◇年度　合格）*		
その他（作業環境測定機関登録等）			
連絡担当者			

分析調査者氏名	分析調査者資格取得状況	民間機関による技能評価の取得状況
〇〇　〇〇	*〇〇協会 分析調査者講習修了（××年度）*	*日環協（技術者）　（JIS A 1481-1 ××××年度　合格）*
●●　●●	※	*日測協　（JIS A 1481-1 合格　認定 No.▲▲　）*

※令和２年基発 0901 第 10 号記の１に定める資格のいずれかを記入する。

例：日測協「石綿分析技術評価事業」A ランク（評価区分〇）
　日環協「アスベスト偏光顕微鏡実技研修」修了（××年度）
　日環協「建材中のアスベスト定性分析技能試験」合格（××年度）
　日環協「アスベスト分析法委員会認定 JEMCA インストラクター」
　日本繊維状物質研究協会「建築物及び工作物の建材中の石綿含有の有無及び程度を判定する分析技術」合格（〇〇による分析）

２．分析を実施した年月日

分析実施日	年　　月　　日　～　　年　　月　　日

３．物件名称

物件名称	

４．不検出確定手順の分析実施の有無

実施有	実施無

５．試料採取履歴

建物、配管設備、機器等 の名称及び用途	名称	
	用途	
施工年及び建築物への 施工などを採用した年	年　　月　　日	
採取箇所等の指示（判断）者の 所属、氏名、資格		
採取者の所属、氏名、資格		

試料 No.	試料名称	採取場所・建材の種類等	別添 データ No.

６．分析結果

試料名称	偏光顕微鏡による定性分析結果		石綿以外で 確認された繊維		別添 データ No.
	石綿の 種類	推定石綿質量分率			
		不検出 ・ 検出 ・ 0.1-5% ・ 5-50% ・ 50-100%	有・無		
		不検出 ・ 検出 ・ 0.1-5% ・ 5-50% ・ 50-100%	有・無		
		不検出 ・ 検出 ・ 0.1-5% ・ 5-50% ・ 50-100%	有・無		
		不検出 ・ 検出 ・ 0.1-5% ・ 5-50% ・ 50-100%	有・無		
		不検出 ・ 検出 ・ 0.1-5% ・ 5-50% ・ 50-100%	有・無		
		不検出 ・ 検出 ・ 0.1-5% ・ 5-50% ・ 50-100%	有・無		
		不検出 ・ 検出 ・ 0.1-5% ・ 5-50% ・ 50-100%	有・無		
		不検出 ・ 検出 ・ 0.1-5% ・ 5-50% ・ 50-100%	有・無		
備考					

注 1)　石綿の種類の項には、次の記号で記載している。

Chr:クリソタイル　Amo:アモサイト　Cro:クロシドライト　Tre:トレモライト

Act:アクチノライト　Ant:アンソフィライト

注 2)　推定石綿質量分率の報告区分については JIS A 1481-1 を参照のこと。

注 3)　推定石綿質量分率の報告区分“検出”は分析中に繊維が１本又は２本だけ検出されたことを示す。

注 4)　『石綿以外で確認された繊維』の例としては、ロックウール、グラスウールなどの人造鉱物繊(MMMF)、セルロース (CE)、合成有機繊維(SYN)、タルク (TA)、ウォラストナイト (WO)、ネマライト(繊維状ブルーサイト、NE)、石こう (GYP)、セピオライト (SE)　などがある。

1.　実体顕微鏡の形式

実体顕微鏡の製造業者・形式	製造業者	
	形式	
倍率		

2.　偏光顕微鏡の形式

偏光顕微鏡の製造業者・形式	製造業者	
	形式	
コンデンサ		
対物レンズ（倍率）		
分散対物レンズ		

＊　電子顕微鏡の形式

電子顕微鏡の製造業者・形式	製造業者	
	形式	
フィラメント		
加速電圧		
倍率		
最大傾斜角		
ＥＤＸ検出器の製造業者・形式	製造業者	
	形式	

別添データ No.___

1. 試料採取履歴（詳細）

採取年月日	年　月　日	試料 No.	
試料の概要 (形状又は材質、試料の大きさ、採取方法)	形状又は材質		
	試料の大きさ		
	採取方法		

2. 試料調製の状況

試料調製の実施の有無	有　　無
「有」の場合の調製方法	

3. 実体顕微鏡観察の結果

前処理の実施の有無	有　　無
「有」の場合の前処理方法	灰化　酸処理（酸種類：　　　） 浮遊沈降　その他（　　　）
層構造の有無	有　　無
層の記載（色･状態）	層 1（　%） 層 2（　%） 層 3（　%） 層 4（　%）

4.　分析条件

4.1　分析室の温度

分析室の温度(℃)	

4.2　層別の分析結果

	石綿の有無	検出されたアスベストの種類（推定質量分率）
層 1	有　・　無	Chr (　　　　) Amo (　　　　) Cro (　　　　) Tre (　　　　) Act (　　　　) Ant (　　　　)
層 2	有　・　無	Chr (　　　　) Amo (　　　　) Cro (　　　　) Tre (　　　　) Act (　　　　) Ant (　　　　)
層 3	有　・　無	Chr (　　　　) Amo (　　　　) Cro (　　　　) Tre (　　　　) Act (　　　　) Ant (　　　　)
層 4	有　・　無	Chr (　　　　) Amo (　　　　) Cro (　　　　) Tre (　　　　) Act (　　　　) Ant (　　　　)
層 5	有　・　無	Chr (　　　　) Amo (　　　　) Cro (　　　　) Tre (　　　　) Act (　　　　) Ant (　　　　)

4.3　不検出確定手順の分析結果

	一次試料			二次試料			
	ﾌﾟﾚﾊﾟﾗｰﾄ数	繊維の有無	石綿以外の繊維と確認した理由（光学的特性を１つ以上）	試料調製	ﾌﾟﾚﾊﾟﾗｰﾄ数	繊維の有無	石綿以外の繊維と確認した理由（光学的特性を１つ以上）
層 1		有　・　無		灰化 酸処理（酸種類：　　　） その他（　　　　　）		有　・　無	
層 2		有　・　無		灰化 酸処理（酸種類：　　　） その他（　　　　　）		有　・　無	
層 3		有　・　無		灰化 酸処理（酸種類：　　　） その他（　　　　　）		有　・　無	
層 4		有　・　無		灰化 酸処理（酸種類：　　　） その他（　　　　　）		有　・　無	
層 5		有　・　無		灰化 酸処理（酸種類：　　　） その他（　　　　　）		有　・　無	

4.4　試料全体の分析結果

<table>
<tr><td>石綿の種類</td><td colspan="5">石綿の有無と推定質量分率</td></tr>
<tr><td>クリソタイル</td><td>不検出</td><td>検出</td><td>0.1-5%</td><td>5-50%</td><td>50-100%</td></tr>
<tr><td>アモサイト</td><td>不検出</td><td>検出</td><td>0.1-5%</td><td>5-50%</td><td>50-100%</td></tr>
<tr><td>クロシドライト</td><td>不検出</td><td>検出</td><td>0.1-5%</td><td>5-50%</td><td>50-100%</td></tr>
<tr><td>トレモライト</td><td>不検出</td><td>検出</td><td>0.1-5%</td><td>5-50%</td><td>50-100%</td></tr>
<tr><td>アクチノライト</td><td>不検出</td><td>検出</td><td>0.1-5%</td><td>5-50%</td><td>50-100%</td></tr>
<tr><td>アンソフィライト</td><td>不検出</td><td>検出</td><td>0.1-5%</td><td>5-50%</td><td>50-100%</td></tr>
<tr><td>石綿以外で確認された繊維</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>コメント</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

※『石綿以外で確認された繊維』の例としては、

ロックウール、グラスウールなどの人造鉱物繊（MMMF)、セルロース（CE)、合成有機繊維(SYN)、タルク（TA)、ウォラストナイト（WO)、ネマライト(繊維状ブルーサイト、NE)、石こう（GYP)、セピオライト（SE)　などがある。

試料中のアスベスト繊維の偏光顕微鏡写真（クロスポーラ＋鋭敏色検板）

アスベスト種類：

アスベスト種類：

別添写真＿＿＿

＊　電子顕微鏡法による分析用試料の繊維の写真及びＥＤＸスペクトル

保存４０年　　　　　　　　　　　　　　　　年　　月　　日

報告書（証明書）番号

石綿障害予防規則　第３条第５※項に基づく 事前調査における石綿分析結果報告書（証明書）

（定性分析方法２(X 線回折分析法・位相差分散顕微鏡法)を想定した様式）

※石綿障害予防規則等の一部を改正する省令（令和２年厚生労働省令第 134 号）による改正後の石綿障害予防規則の条項であり、令和５年９月 30 日までの間は第３条第４項に読み替えること

殿

貴社より委託を受けた石綿分析の結果は、下記に記載したとおりであることを証明します。ただし、本分析の結果は、入手した試料の範囲に限定させていただきます。

記

実施した分析方法	定性分析方法２(X 線回折分析法・位相差分散顕微鏡法)　※アスベスト分析マニュアル第４章

１．分析を実施した石綿分析機関等

名　　称		代表者氏名	㊞
所 在 地	TEL :	FAX :	
信頼性保障／品質確保の認証等			
その他（作業環境測定機関登録等）			
連絡担当者			

分析調査者氏名	分析調査者資格取得状況	民間機関による技能評価の取得状況
○○　○○	*○○協会 分析調査者講習修了（××年度）*	*日測協　(JIS A 1481-2 合格　認定 No.△△　)*
●●　●●	※	*日測協　(JIS A 1481-2 合格　認定 No.▲▲　)*

※令和２年基発 0901 第 10 号記の１に定める資格のいずれかを記入する。

例：日測協「石綿分析技術評価事業」A ランク（評価区分○）
日環協「アスベスト偏光顕微鏡実技研修」修了（××年度）
日環協「建材中のアスベスト定性分析技能試験」合格（××年度）
日環協「アスベスト分析法委員会認定 JEMCA インストラクター」
日本繊維状物質研究協会「建築物及び工作物の建材中の石綿含有の有無及び程度を判定する分析技術」合格（○○による分析）

２．分析を実施した年月日

分析実施日	年　　月　　日　～　　　年　　月　　日

３．物件名称

物件名称	

４．試料採取履歴

建物、配管設備、機器等の名称及び用途	名称	
	用途	
施工年及び建築物への施工などを採用した年	年　　月　　日	
採取箇所等の指示（判断）者の所属、氏名、資格		
採取者の所属、氏名、資格		

試料No.	試料名称	採取場所	採取部位	建材名称	別添データNo.

５．分析結果

試料No.	試料名称	定性分析結果				石綿含有判定結果		別添データ No.
		X 線回折分析法		分散染色法		石綿の有無	石綿の種類	
		石綿の有無	石綿の種類	石綿の有無	石綿の種類			
		有・無		有・無		有・無		
		有・無		有・無		有・無		
		有・無		有・無		有・無		
		有・無		有・無		有・無		
		有・無		有・無		有・無		
		有・無		有・無		有・無		
		有・無		有・無		有・無		
		有・無		有・無		有・無		
備考								

注 1)　石綿の種類の項には、次の記号で記載している。

Chr:クリソタイル　Amo:アモサイト　Cro:クロシドライト　Tre/ Act:トレモライト/アクチノライト

Ant:アンソフィライト

別添データ（共通事項）

1.　使用した測定機器

1.1　Ｘ線回折装置の製造業者、形式

Ｘ線回折装置の製造業者・形式	製造業者	
	形式	

1.2　位相差・分散顕微鏡の形式

顕微鏡の製造業者・形式	製造業者	
	形式	
照明系	形式	
コンデンサ	形式	
対物レンズ	形式	

2.　Ｘ線回折装置の定性条件

設定項目	測定条件
Ｘ線対陰極	
管電圧(kV)	
管電流(mA)	
単色化(K$_\beta$線の除去)	
フルスケール(cps)	
時定数(s)	
走査速度(°／min)	
発散スリット(°)	
散乱スリット(°)	
受光スリット(mm)	
走査範囲(2θ)(°)	

別添データ No.___

1.　試料採取履歴（詳細）

採取年月日	年　　月　　日		試料 No.	
試料の概要 (形状又は材質、試料の大きさ、採取方法)	形状又は材質			
	試料の大きさ			
	採取方法			

2.　一次分析試料の作製方法（試料粉砕方法）

粉砕に使用した粉砕器の名称及び形式	粉砕器の名称	
	粉砕器の製造業者・形式	
標準ふるいの目開き	μm	

※一次分析試料の加熱処理を実施した場合

使用した分析機器		電気炉　低温灰化処理装置　その他(　　　)	
分析機器		分析機器の名称	
		分析機器の製造業者・形式	
分析装置の条件	電気炉	温度(℃)	
		加熱時間(min)	
	低温灰化装置	酸素流量(ml／min)	
		出力(W)	
		灰化時間(min)	

加熱処理前の一次分析試料の秤量値（g）	加熱処理後の一次分析試料の秤量値（g）	減量率（r）

3.　判定結果

3.1　X線回折分析法による定性分析

3.1.1　X線回折分析法による定性分析結果

石綿の種類	定性分析結果
クリソタイル	有　　無
アモサイト	有　　無
クロシドライト	有　　無
トレモライト／アクチノライト	有　　無
アンソフィライト	有　　無

3.1.2　X線回折分析法による定性分析　回折線プロファイル

「ピークの記号」

Chr：クリソタイル　Amo：アモサイト　Cro：クロシドライト　Tre/ Act：トレモライト/ アクチノライト

Ant：アンソフィライト　Ca：カルサイト　Q：石英　Tr：トリジマイト　Cr：クリストバライト

Vc：バーミキュライト　Hb：ハイドロバイオタイト　Br：ブルーサイト　Se：セピオライト

Cl：クロライト　Mc：マイカ（イライト）　Fl：長石　Gyp: ギプサム(石膏)　Un：未同定ピーク

「注意事項」(2θ)　5°～70°のＸ線回折プロファイルを添付。

3.2　位相差・分散顕微鏡法による定性分析

3.2.1　分析室の温度

分析室の温度(℃)	

3.2.2　分析結果記入欄

・石綿種類(　　　　　　　　　　　　　　　)　　　　屈折率$^{D}_{25℃}$ ＝

調製試料No.	n 計数視野数	計数粒子数(個数)	分散色を呈した粒子数(個数)	
			アスペクト比３以上の繊維状粒子数	粒子数
1		1000		
2		1000		
3		1000		
合計		3000		

・石綿種類(　　　　　　　　　　　　　　　)　　　　屈折率$^{D}_{25℃}$ ＝

調製試料No.	n 計数視野数	計数粒子数(個数)	分散色を呈した粒子数(個数)	
			アスペクト比３以上の繊維状粒子数	粒子数
1		1000		
2		1000		
3		1000		
合計		3000		

・石綿種類(　　　　　　　　　　　　　　　)　　　　屈折率$^{D}_{25℃}$ ＝

調製試料No.	n 計数視野数	計数粒子数(個数)	分散色を呈した粒子数(個数)	
			アスペクト比３以上の繊維状粒子数	粒子数
1		1000		
2		1000		
3		1000		
合計		3000		

・石綿種類(　　　　　　　　　　　　　　　)　　　　屈折率$^{D}_{25℃}$ ＝

調製試料No.	n 計数視野数	計数粒子数(個数)	分散色を呈した粒子数(個数)	
			アスペクト比３以上の繊維状粒子数	粒子数
1		1000		
2		1000		
3		1000		
合計		3000		

・石綿種類(　　　　　　　　　　　　　　)　　　　屈折率$^{D}_{25℃}$ ＝

<table>
<tr><th rowspan="2">試料
No.</th><th rowspan="2">n
計数視野数</th><th rowspan="2">計数粒子数
(個数)</th><th colspan="2">分散色を呈した粒子数(個数)</th></tr>
<tr><th>アスペクト比３以上の繊維状粒子数</th><th>粒子数</th></tr>
<tr><td>1</td><td></td><td>1000</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td>1000</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td>1000</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>合計</td><td></td><td>3000</td><td></td><td></td></tr>
</table>

3.2.3　位相差・分散顕微鏡法による定性分析結果

石綿の種類	定性分析結果
クリソタイル	有　　　　無
アモサイト	有　　　　無
クロシドライト	有　　　　無
トレモライト	有　　　　無
アクチノライト	有　　　　無
アンソフィライト	有　　　　無

3.3　X線回折分析法及び位相差・分散顕微鏡法の定性分析結果に基づく最終判定結果

<table>
<tr><th rowspan="3">石綿の種類</th><th colspan="3">定性分析結果</th><th>石綿含有
最終判定結果</th></tr>
<tr><th>X 線回折分析法</th><th colspan="2">分散染色法</th><th rowspan="2">石綿含有の有無</th></tr>
<tr><th>回折線ピーク
の有無</th><th>3000 粒子中の
アスペクト比 3 以上
の繊維状粒子数</th><th>石綿の有無</th></tr>
<tr><td>クリソタイル</td><td>有　・　無</td><td></td><td>有　・　無</td><td>有　・　無</td></tr>
<tr><td>アモサイト</td><td>有　・　無</td><td></td><td>有　・　無</td><td>有　・　無</td></tr>
<tr><td>クロシドライト</td><td>有　・　無</td><td></td><td>有　・　無</td><td>有　・　無</td></tr>
<tr><td>トレモライト
／アクチノライト</td><td>有　・　無</td><td></td><td></td><td>有　・　無</td></tr>
<tr><td>トレモライト</td><td></td><td></td><td>有　・　無</td><td>有　・　無</td></tr>
<tr><td>アクチノライト</td><td></td><td></td><td>有　・　無</td><td>有　・　無</td></tr>
<tr><td>アンソフィライト</td><td>有　・　無</td><td></td><td>有　・　無</td><td>有　・　無</td></tr>
</table>

※X線回折分析法による定性分析(有)で、分散染色法(無)の場合で、石綿含有(無)と判定した場合の確認方法

<table>
<tr><th rowspan="2">使用した浸液の屈折率</th><th rowspan="2">観察された分散色</th><th colspan="2">アナライザー使用の場合の分散色</th><th rowspan="2">判定した鉱物等の名称</th></tr>
<tr><th>偏光板⊥方向</th><th>偏光板 // 方向</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">偏光板⊥方向は、アスベスト繊維の伸長方向と偏光板の振動方向が直交した場合を示す。
偏光板 // 方向は、アスベスト繊維の伸長方向と偏光板の振動方向が平行になった場合を示す。</td></tr>
</table>

別添写真____

位相差・分散顕微鏡法による標準及び分析用試料の分散色の写真

標準試料の分散色

(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)　(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)　(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)

(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)　(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)　(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)

分析用試料の分散色

(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)　(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)　(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)

(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)　(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)　(屈折率 $n_{D}^{25℃}$:　　　　)

保存４０年　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　年　　月　　日

報告書（証明書）番号

石綿障害予防規則　第３条第５※項に基づく
事前調査における石綿分析結果報告書（証明書）

（定性分析方法２(X 線回折分析法）による吹付けﾊﾞｰﾐｷｭﾗｲﾄ分析を想定した様式）

※石綿障害予防規則等の一部を改正する省令（令和２年厚生労働省令第 134 号）による改正後の石綿障害予防規則の条項であり、
令和５年９月 30 日までの間は第３条第４項に読み替えること

殿

貴社より委託を受けた石綿分析の結果は、下記に記載したとおりであることを証明します。ただし、本分析の結果は、入手した試料の範囲に限定させていただきます。

記

実施した分析方法	定性分析方法２(X 線回折分析法・位相差分散顕微鏡法）　※アスベスト分析マニュアル第４章

１．分析を実施した石綿分析機関等

名　　称		代表者氏名	㊞
所 在 地	TEL : 　　　　FAX :		
信頼性保障／品質確保の認証等			
その他（作業環境測定機関登録等）			
連絡担当者			

分析調査者氏名	分析調査者資格取得状況	民間機関による技能評価の取得状況
○○　○○	*○○協会 分析調査者講習修了（××年度）*	*日測協　(JIS A 1481-2 合格　認定 No.△△　)*
●●　●●	※	*日測協　(JIS A 1481-2 合格　認定 No.▲▲　)*

※令和２年基発 0901 第 10 号記の１に定める資格のいずれかを記入する。

例：日測協「石綿分析技術評価事業」A ランク（評価区分○）
日環協「アスベスト偏光顕微鏡実技研修」修了（××年度）
日環協「建材中のアスベスト定性分析技能試験」合格（××年度）
日環協「アスベスト分析法委員会認定 JEMCA インストラクター」
日本繊維状物質研究協会「建築物及び工作物の建材中の石綿含有の有無及び程度を判定する分析技術」合格（○○による分析）

２．分析を実施した年月日

分析実施日	年　　月　　日　～　　　　年　　月　　日

３．物件名称

物件名称	

４．試料採取履歴

建物、配管設備、機器等 の名称及び用途	名称	
	用途	
施工年及び建築物への 施工などを採用した年	年　　月　　日	
採取箇所等の指示（判断）者の 所属、氏名、資格		
採取者の所属、氏名、資格		

試料 No.	試料名称	採取場所	採取部位	建材名称	別添 データ No.

５．分析結果

試料 No.	試料名称	定性分析結果		石綿含有判定結果		別添 データ No.
		X 線回折分析法		石綿の有無	石綿の種類	
		石綿の有無	石綿の種類			
		有・無	Chr　・　Tre/ Act	有・無	Chr　・　Tre/ Act	
		有・無	Chr　・　Tre/ Act	有・無	Chr　・　Tre/ Act	
		有・無	Chr　・　Tre/ Act	有・無	Chr　・　Tre/ Act	
		有・無	Chr　・　Tre/ Act	有・無	Chr　・　Tre/ Act	
		有・無	Chr　・　Tre/ Act	有・無	Chr　・　Tre/ Act	
		有・無	Chr　・　Tre/ Act	有・無	Chr　・　Tre/ Act	
		有・無	Chr　・　Tre/ Act	有・無	Chr　・　Tre/ Act	
		有・無	Chr　・　Tre/ Act	有・無	Chr　・　Tre/ Act	
備考						

注 1)　石綿の種類の項には、次の記号で記載している。

Chr:クリソタイル　Tre/ Act:トレモライト/アクチノライト

別添データ（共通事項）

1.　使用した測定機器

1.1　定性分析を実施したＸ線回折装置の製造業者、形式

Ｘ線回折装置の製造業者・形式	製造業者	
	形式	

1.2　石綿有無の判定のために実施したＸ線回折装置の製造業者、形式

Ｘ線回折装置の製造業者・形式	製造業者	
	形式	

2.　Ｘ線回折装置の定性条件

2.1　定性分析を実施したＸ線回折装置の条件

設定項目	測定条件
Ｘ線対陰極	
管電圧(kV)	
管電流(mA)	
単色化(K $_\beta$ 線の除去)	
フルスケール(cps)	
時定数(s)	
走査速度(°／min)	
発散スリット(°)	
散乱スリット(°)	
受光スリット(mm)	
走査範囲(2θ)(°)	

2.2　石綿有無の判定のために使用したＸ線回折装置の条件

設定項目	測定条件
Ｘ線対陰極	
管電圧(kV)	
管電流(mA)	
単色化(K $_\beta$ 線の除去)	
フルスケール(cps)	
時定数(s)	
走査速度(°／min)	
発散スリット(°)	
散乱スリット(°)	
受光スリット(mm)	
走査範囲(2θ)(°)	

別添データ No.___

1. 試料採取履歴（詳細）

採取年月日	年　　月　　日		試料 No.	
試料の概要 (形状又は材質、試料の大きさ、採取方法)	形状又は材質			
	試料の大きさ			
	採取方法			

2. 一次分析試料の作製方法（試料粉砕方法）

粉砕に使用した粉砕器の名称及び形式	粉砕器の名称	
	粉砕器の製造業者・形式	
標準ふるいの目開き	μm	

3. 判定結果

3.1 X線回折分析法による定性分析結果

石綿の種類	定性分析結果
クリソタイル	有　　無
トレモライト／アクチノライト	有　　無

3.2　X線回折分析法による定性分析　回折線プロファイル

【定性分析結果】

【塩化カリウム処理後の分析結果】

「ピークの記号」

Chr：クリソタイル　Tre/ Act：トレモライト/アクチノライト　Ca：カルサイト　Q：石英

Vc：バーミキュライト　Hb：ハイドロバイオタイト　Mc：マイカ（イライト）　Fl：長石

Gyp: ギプサム(石膏)　Un：未同定ピーク

「注意事項」【定性分析結果】と【塩化カリウム処理後の分析結果】には、（2θ） 2°～70°のX線回折プロファイルを添付。

4.　X線回折分析法による分析結果

・石綿名称(　クリソタイル　)

試料 No.	クリソタイル0.8%含有標準試料 のクリソタイル回折積分強度(積分値)
1	
2	
3	
平均	

試料 No.	対象試料のクリソタイル回折 積分強度(積分値)
1	
2	
3	
平均	

・判定結果

クリソタイル
0.1%を超えて含有　・　無

・石綿名称(　トレモライト／アクチノライト　)

試料 No.	トレモライト0.5%含有標準試料の トレモライト／アクチノライト回折 積分強度(積分値)
1	
2	
3	
平均	

試料 No.	対象試料のトレモライト／アク チノライト回折積分強度(積分値)
1	
2	
3	
平均	

・判定結果

トレモライト／アクチノライト
0.1%を超えて含有　・　無

5.　最終判定結果

石綿の種類	判定結果
クリソタイル	0.1%を超えて含有　　無
トレモライト／アクチノライト	0.1%を超えて含有　　無

保存４０年　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　年　　月　　日

報告書（証明書）番号

石綿障害予防規則　第３条第５※項に基づく
事前調査における石綿分析結果報告書（証明書）

（定量分析方法１(X 線回折分析法)を想定した様式）

※石綿障害予防規則等の一部を改正する省令（令和２年厚生労働省令第 134 号）による改正後の石綿障害予防規則の条項であり、令和５年９月 30 日までの間は第３条第４項に読み替えること

殿

貴社より委託を受けた石綿分析の結果は、下記に記載したとおりであることを証明します。ただし、本分析の結果は、入手した試料の範囲に限定させていただきます。

記

実施した分析方法	定量分析方法１(X 線回折分析法)　※アスベスト分析マニュアル第５章

1．分析を実施した石綿分析機関等

名　　称		代表者氏名	㊞
所 在 地	TEL :　　FAX :		
信頼性保障／品質確保の認証等			
その他（作業環境測定機関登録等）			
連絡担当者			

分析調査者氏名	分析調査者資格取得状況	民間機関による技能評価の取得状況
○○　○○	*○○協会 分析調査者講習修了（××年度）*	*日測協　（JIS A 1481-3▽ランク 認定 No.△△　）*
●●　●●	※	*日測協　（JIS A 1481-3▼ランク 認定 No.▲▲　）*

※令和２年基発 0901 第 10 号記の１に定める資格のいずれかを記入する。

例：日測協「石綿分析技術評価事業」A ランク（評価区分○）
　日環協「アスベスト偏光顕微鏡実技研修」修了（××年度）
　日環協「建材中のアスベスト定性分析技能試験」合格（××年度）
　日環協「アスベスト分析法委員会認定 JEMCA インストラクター」
　日本繊維状物質研究協会「建築物及び工作物の建材中の石綿含有の有無及び程度を判定する分析技術」合格（○○による分析）

２．分析を実施した年月日

分析実施日	年　　月　　日　～　　　年　　月　　日

３．物件名称

物件名称	

４．試料採取履歴

建物、配管設備、機器等 の名称及び用途	名称	
	用途	
施工年及び建築物への 施工などを採用した年	年　　月　　日	
採取箇所等の指示（判断）者の 所属、氏名、資格		
採取者の所属、氏名、資格		

試料 No.	試料名称	採取場所	採取部位	建材名称	別添 データ No.

５．分析結果

試料 No.	試料名称	定量分析結果		別添 データ No.
		石綿の種類	石綿含有率 (%)	
備考				

注 1)　種類の項には、次の記号で記載している。

Chr:クリソタイル　Amo:アモサイト　Cro:クロシドライト　Tre/ Act:トレモライト/アクチノライト

Ant:アンソフィライト

1.　X線回折装置による定量分析の条件

<table>
<tr><th colspan="2">設定項目等</th><th colspan="2">測定条件等</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">X線回折装置の製造業者・形式</td><td>製造業者</td><td></td></tr>
<tr><td>形式</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">X線対陰極</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">管電圧(kV)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">管電流(mA)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">単色化(K $_{\beta}$ 線の除去)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">フルスケール(cps)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">時定数(s)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">走査速度
(°／min)</td><td>連続スキャニング
(°／min)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>ステップスキャニング</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">発散スリット(°)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">散乱スリット(°)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">受光スリット(mm)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">走査範囲（2θ）(°)</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

別添データ No.___

1.　試料採取履歴（詳細）

採取年月日	年　　月　　日		試料 No.	
試料の概要 (形状又は材質、試料の大きさ、採取方法)	形状又は材質			
	試料の大きさ			
	採取方法			

2.　一次分析試料の作製方法（試料粉砕方法）

粉砕に使用した粉砕器の名称及び形式	粉砕器の名称	
	粉砕器の製造業者・形式	
標準ふるいの目開き	μm	

※一次分析試料の加熱処理を実施した場合

使用した分析機器		電気炉　低温灰化処理装置　その他(　　　)	
分析機器		分析機器の名称	
		分析機器の製造業者・形式	
分析装置の条件	電気炉	温度(℃)	
		加熱時間(min)	
	低温灰化装置	酸素流量(ml／min)	
		出力(W)	
		灰化時間(min)	

加熱処理前の一次分析試料の秤量値（g）	加熱処理後の一次分析試料の秤量値（g）	減量率（r）

3.　一次分析試料の前処理

一次分析試料の前処理の有無	有　　無 有の場合は、酸の種類を記入して下さい。 (　　　　　　　　　　)

4. 石綿含有率の算出方法

石綿含有率の算出方法	一次分析試料を前処理せず算出 二次分析試料より算出 三次分析試料より算出 その他(　　　　　　　　　　　　　　　　　　　)

5. X線回折分析法に使用する検量線

検量線の作成方法	使用した標準試料の名称 (　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　) 使用した天秤の製造業者・型式・読み取り限度 (　　　　　　　　　　　　　　　　　　　読み取り限度：　　　　　mg) その他(　　　　　　　　　　　　　　　　　　　)

6.　検量線データ　　　石綿の名称(　　　　　　　　　　　　　　　　　　)

石綿の名称	クリソタイル	アモサイト	クロシドライト	トレモライト／アクチノライト	アンソフィライト
検出下限(%)					
定量下限(%)					
検量線の決定係数(ｒ^2)					

7.　X線回折分析法による定量分析結果

7.1　一次分析試料からの石綿分析結果

・石綿種類(　　　　　　　　　　　　　　)

調製試料 No.	一次分析試料の秤量値 M_1（mg）	減量率 （r）	検量線から読み取った一次分析試料中の石綿質量　As(mg)	石綿含有率 (%)
1				
2				
3				
石綿含有率の平均				

7.2　二次分析試料からの石綿分析結果

・石綿種類(　　　　　　　　　　　　　　)

調製試料 No.	一次分析試料の秤量値 M_1（mg）	二次分析試料の秤量値 M_2（mg）	残さ率	検量線から読み取った二次分析試料中の石綿質量　As(mg)	減量率 （r）	石綿含有率 (%)
1						
2						
3						
石綿含有率の平均						

7.3　三次分析試料からの石綿分析結果

・石綿種類(　　　　　　　　　　　　　　)

調製試料 No.	一次分析試料の秤量値 M_1（mg）	二次分析試料の秤量値 M_2（mg）	残さ率	三次分析試料の秤量値 M_3（mg）	検量線から読み取った三次分析試料中の石綿質量　As(mg)	減量率 （r）	石綿含有率 (%)
1							
2							
3							
石綿含有率の平均							

保存４０年　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　年　　月　　日

報告書（証明書）番号

石綿障害予防規則　第３条第５※項に基づく
事前調査における石綿分析結果報告書（証明書）

（定量分析方法２(偏光顕微鏡法)を想定した様式）

※石綿障害予防規則等の一部を改正する省令（令和２年厚生労働省令第 134 号）による改正後の石綿障害予防規則の条項であり、令和５年９月 30 日までの間は第３条第４項に読み替えること

殿

貴社より委託を受けた石綿分析の結果は、下記に記載したとおりであることを証明します。ただし、本分析の結果は、入手した試料の範囲に限定させていただきます。

記

実施した分析方法	定量分析方法２(偏光顕微鏡法)　※アスベスト分析マニュアル第６章

１．分析を実施した石綿分析機関

名　　称		代表者氏名	㊞
所 在 地	TEL :　　　FAX :		
信頼性保障／品質確保の認証等	*日環協（試験所）　(JIS A 1481-1 ◇◇◇◇年度　合格)*		
その他（作業環境測定機関登録等)			
連絡担当者			

氏名	民間機関による技能評価の取得状況	
○○　○○	*○○協会 分析調査者講習修了 (××年度)*	*日環協（技術者）　(JIS A 1481-1 ××××年度　合格)*
●●　●●	※	*日測協　(JIS A 1481-1 合格　認定 No.▲▲　)*

※令和２年基発 0901 第 10 号記の１に定める資格のいずれかを記入する。

例：日測協「石綿分析技術評価事業」A ランク（評価区分○）
日環協「アスベスト偏光顕微鏡実技研修」修了（××年度）
日環協「建材中のアスベスト定性分析技能試験」合格（××年度）
日環協「アスベスト分析法委員会認定 JEMCA インストラクター」
日本繊維状物質研究協会「建築物及び工作物の建材中の石綿含有の有無及び程度を判定する分析技術」合格（○○による分析）

２．分析を実施した年月日

分析実施日	年　　月　　日　～　　　年　　月　　日

３．物件名称

物件名称	

４．試料採取履歴

建物、配管設備、機器等の名称及び用途	名称	
	用途	
施工年及び建築物への施工などを採用した年	年　　月　　日	
採取箇所等の指示（判断）者の所属、氏名、資格		
採取者の所属、氏名、資格		

試料 No.	試料名称	採取場所・建材の種類等	別添データ No.

５．分析結果

試料名称	残渣率（重量%）	石綿の種類	石綿の重量%	定量下限	別添データ No.
備考					

注 1)　石綿の種類の項には、次の記号で記載している。

Chr:クリソタイル　Amo:アモサイト　Cro:クロシドライト　Tre:トレモライト

Act:アクチノライト　Ant:アンソフィライト

別添データ（共通事項）

1.　偏光顕微鏡の型式

顕微鏡の製造業者・形式	製造業者	
	形式	
コンデンサ	形式	
対物レンズ	形式	

2.　使用した天秤のメーカー、型式、読み取り限度

メーカー		型　式		読み取り限度	mg

別添データ No.___

1.　試料採取履歴（詳細）

採取年月日	年　　　月　　　日	試料 No.	
試料の概要 (形状又は材質、試料の大きさ、採取方法)	形状又は材質		
	試料の大きさ		
	採取方法		

2.　ポイントカウント用試料の作製

使用した分析機器		電気炉　　　その他(　　　　　)	
分析機器		分析機器の名称	
		分析機器の製造業者・形式	
分析装置の条件	電気炉	温度(℃)	
		加熱時間(min)	

3.　試料の重量濃縮結果

開始時の重量（g）: W	
灰化後の重量（g）	
沈殿物の重量（g）	
浮遊物の重量（g）	
懸濁物の重量（g）: R	
ハンドピックされたアスベストの重量（g）: M	
備考：	

4.　ポイントカウント結果

石綿の種類	総ポイント数：N	石綿ポイント数：A	石綿の重量%：C

$$C = \frac{100}{W} \times \left(M + R \times \frac{A}{N} \right)$$

参考資料

通達関連　目次

基 発 第 ０ ８ １ １ ０ ０ ２ 号
平 成 １ ８ 年 ８ 月 １ １ 日

都道府県労働局長 殿

厚生労働省労働基準局長
（公 印 省 略）

労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令及び石綿障害予防規則等の一部を改正する省令の施行等について

労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令(平成18年政令257号。以下「改正政令」という。)、石綿障害予防規則等の一部を改正する省令(平成18年厚生労働省令第147号。以下「改正省令」という。)及び関係告示が平成18年8月2日に公布され、同年9月1日から施行し、及び適用することとされたところであるが、その改正の趣旨、内容等については、下記のとおりであるので、その施行に遺漏なきを期されたい。

記

第1　改正の趣旨

改正政令は、「石綿製品の全面禁止に向けた石綿代替化等検討会」における検討の結果、国民の安全確保上等の観点から、代替が困難な一部の製品等を除き、石綿等の製造等を全面禁止することを内容とする報告書が取りまとめられたことを踏まえ、石綿による労働者の健康障害の防止を徹底するため、労働安全衛生法施行令(昭和47年政令第318号。以下「令」という。)について所要の改正を行ったものである。

また、改正省令は、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。)についてその施行後に明らかとなった作業の実態に係る知見を踏まえ、吹き付けられた石綿等の封じ込め、囲い込みの作業等における石綿ばく露防止対策の充実等を図るため、石綿則について所要の改正を行ったものである。

第2　改正の要点

1　労働安全衛生法施行令関係

(1)　製造等の禁止(第16条関係)

「石綿及び石綿をその重量の0.1%を超えて含有する製剤その他の物」の製造、輸入、譲渡、提供又は使用を禁止することとしたものであること。

(2)　規制の対象となる有害物の範囲の拡大(第6条、第18条、第21条から第23条まで、別表第9関係)

作業主任者を選任すべき作業、作業環境測定を行うべき作業場、健康診断を行うべき有害な業務及び健康管理手帳を交付する業務について、規制の対象となる物の石綿の含有率(重量比)を1%から0.1%に改め、規制の対象範囲を拡大するとともに、製造等が禁止されたことに伴う所要の規定の整備を行ったこと。

(3)　施行期日(改正政令附則第1条関係)

改正政令は、平成18年9月1日から施行することとしたこと。

(4)　経過措置(改正政令附則第2条から第5条まで関係)

ア　改正政令の施行の日(平成18年9月1日)前に、製造され、又は輸入され、かつ、同日において現に使用されているものについては、同日以後引き続き使用されている間は、製造等の禁止の規定は適用しないものとしたこと。

また、改正政令の施行の日前に製造され、又は輸入された石綿の分析のための試料の用に供される物については、製造等の禁止の規定は適用しないものとしたこと。

さらに、現に石綿等を試験研究のために製造し、又は使用している者は、平成18年11月30日までの間は、令第16条第2項の要件に該当しない場合においても、これを引き続き試験研究のために製造し、又は使用することができることとしたこと。(附則第2条)

イ　この政令の施行の際現に存する本邦にある化学工業の用に供する施設の設備の接合部分に使用される石綿を含有するガスケット等の適用除外製品等(以下「適用除外製品等」という。)については、現時点では、国民の安全の確保上、石綿を含有しない物への代替が困難であることから、例外的に、当分の間、製造等の禁止の規定は適用しないものとしたこと。(附則第3条)

ウ　適用除外製品等を製造する作業等については、現行と同様、作業主任者を選任しなければならないこと等とするとともに、罰則の適用に関し必要な経過措置を定めたこと。(附則第4条、第5条)

(5)　関係政令の整備(改正政令附則第6条から第8条まで関係)

現行では労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令(平成7年政令第9号。以下「7年政令」という。)及び労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令(平成15年政令第457号。以下「15年政令」という。)において経過措置の対象とされている物について、その取扱いを改正政令附則第2条に規定することに伴う所要の規定の整備等を行ったものであること。

第3　細部事項

1　労働安全衛生法施行令関係

(1)　第6条関係

ア　石綿等について、試験研究のために製造する作業以外の製造の作業が禁止されることに伴い、当該製造の作業を作業主任者を選任すべき作業から削除したものであること。

イ　規制の対象となる物の石綿の含有率を1%から0.1%に改めるとともに、これを政令で規定することとしたこと。

(2)　第16条関係

ア　第4号の「石綿」とは、繊維状を呈しているアクチノライト、アモサイト、アンソフィライト、クリソタイル、クロシドライト及びトレモライト(以下「クリソタイル等」という。)をいうこと。

イ　第9号の「第4号に掲げる物(石綿)をその重量の0.1%を超えて含有する製剤その他の物」とは、石綿をその重量の0.1%を超えて含有する物のことをいい、塊状の岩石であって、これに含まれるクリソタイル等が繊維状を呈していない物は含まないこと。

ただし、塊状の岩石であっても、例えば蛇紋岩系左官用モルタル混和材のように、これを微細に粉砕することにより繊維状を呈するクリソタイル等が発生し、その含有率が微細に粉砕された岩石の重量の0.1%を超えた場合は、製造等の禁止の対象となること。

(3)　第18条、別表第9関係

石綿等の譲渡及び提供が禁止されることに伴い、名称等を表示すべき有害物及び名称等を通知すべき有害物から石綿を削除したものであること。

(4)　第21条から第23条まで関係

ア　石綿等について、試験研究のために製造する作業以外の製造の作業が禁止されることに伴い、作業環境測定を行うべき作業場及び従事する労働者に対し健康診断を行うべき有害な業務から、当該製造の作業に係るものを削除したものであること。

イ　作業環境測定を行うべき作業場、従事する労働者及び従事させたことのある労働者で現に使用しているものに対する健康診断を行うべき有害な業務並びに健康管理手帳を交付する業務について、対象となる作業等に係る石綿の含有率を1%から0.1%に改めたこと。

(5)　改正政令附則第2条関係

ア　「現に使用されているもの」とは、例えば建築物に組み込まれている建材、機械に組み込まれているシール材等が該当するものであること。

建材、シール材等のいわゆる在庫品については、「現に使用されているもの」には該当しないことから、譲渡(販売)することはできず、また、使用することもできないこと。

なお、「現に使用されているもの」に該当する物を改修等により新たな物に交換する場合には、当該新たな物は「現に使用されているもの」には該当しないことから、これを石綿を含有しない代替物とする必要があること。

イ　既存石綿分析用試料等については、分析機関が石綿の分析を行うに際し、その譲渡、提供等が必要になることから、製造等の禁止の規定は適用しないものとしたものであること。

(6)　改正政令附則第3条関係

ア　附則第3条各号に掲げる物は、平成18年1月18日に取りまとめられた「石綿製品の全面禁止に向けた石綿代替化等検討会」報告書において、国民の安全の確保上等の観点から、例外的に当分の間、製造等の禁止の規定を適用しないこととする製品等について、その使用条件を限定して列記したものであること。

イ　附則第3条各号におけるガスケット等の使用条件(温度、圧力等)は、通常想定される施設の運転条件であること。

ウ　「化学工業」及び「鉄鋼業」とは、令第8条と同義であること。また、「非鉄金属製造業」とは、日本標準産業分類における中分類の非鉄金属製造業と同義であること。ただし、個々の事業場がこれらに該当するか否かは、実態により個別に判断すべきものであること。

エ　「石綿ジョイントシートガスケッチング」とは、石綿等を主原料とし、ゴムをバインダとして作られたシート状の物であり、当該シート状の物を円形等に切り出したガスケットが、配管等の接合部分の密封に使用されるものであること。

オ　「うず巻形ガスケット」とは、テープ状の波形金属板(フープ)と、石綿、合成樹脂などのクッション材(フィラー)を交互に重ね、うず巻き状に巻き上げ板状のリングにしたもので、配管等の接合部の密封に使用されるものであること。

カ　「メタルジャケット形ガスケット」とは、石綿その他の耐熱材料(クッション材)を中心材として、金属薄板で被覆したもので、配管等の接合部の密封に使用されるものであること。

キ　「グランドパッキン」とは、石綿等をひも状に編組したもの等を、ポンプ等の軸端のパッキン箱に詰め込んだものであり、当該軸端の密封に使用されるものであること。

(7)　改正政令附則第4条関係

既存石綿含有製品等及び既存石綿分析用試料について、引き続き、名称等の表示及び通知の対象としたものであること。(第1項)

また、適用除外製品等について、引き続き、作業主任者の選任、名称等の表示及び通知、作業環境測定並びに健康診断の実施の対象としたものであること。(第2項)

(8)　改正政令附則第5条関係

この政令の施行前にした行為等についての罰則の適用については、なお従前の例によるものとしたこと。

(9)　改正政令附則第6条関係

令第16条の改正に伴い、輸出貿易管理令(昭和24年政令第378号)について形式的な改正を行ったものであること。

(10) 改正政令附則第7条関係

平成7年4月1日前に製造し、又は輸入されたアモサイト、クロシドライト及びこれをその重量の1%を超えて含有する製剤その他の物については、これまで、経過措置として、製造等の禁止の規定は適用しないこととされていたところであるが、その経過措置の範囲を改正政令附則第2条及び第3条に規定にするものに限定することとし、これに伴い7年政令の経過措置を削除したものであること。

(11) 改正政令附則第8条関係

平成16年10月1日前に製造し、又は輸入された石綿(アモサイト及びクロシドライトを除く。)をその重量の1%を超えて含有する石綿セメント円筒等の製品については、これまで、経過措置として、製造等の禁止の規定は適用しないこととされていたところであるが、その経過措置の範囲を改正政令附則第2条及び第3条に規定するものに限定することとし、これに伴い15年政令の経過措置を削除したものであること。

以降（略）

基 発 第 0821002 号
平成 18 年 8 月 21 日
一部改正 基 発 0331 第 31 号
平成 26 年 3 月 31 日
一部改正 基 発 0413 第 3 号
平成 28 年 4 月 13 日
一部改正 基 発 1222 第 18 号
令和 3 年 12 月 22 日

都道府県労働局長　殿

厚生労働省労働基準局長
（ 公 印 省 略 ）

建材中の石綿含有率の分析方法について

建材中の石綿含有率の分析方法については、平成８年３月29日付け基発第188号「建築物の耐火等吹付け材の石綿含有率の判定方法について」（以下「188号通達」という。）の別紙「建築物の耐火等吹付け材の石綿含有率の判定方法」等において、石綿等がその重量の１％を超えて含有するか否かについて行うものを示しているところであるが、今般、労働安全衛生法施行令（昭和47年政令第318号）及び石綿障害予防規則（平成17年厚生労働省令第21号。以下「石綿則」という。）の一部が改正され、平成18年９月１日から、これら法令に基づく規制の対象となる物の石綿の含有率（重量比）が１％から0.1％に改められることから、同日後は、石綿等がその重量の0.1％を超えて含有するか否かについて分析を行う必要がある。

一方、建材中の石綿含有率の分析方法で0.1％までの精度を有するものとして、JIS A 1481-1（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第１部：市販バルク材からの試料採取及び定性的判定方法）、JIS A 1481-2（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第２部：試料採取及びアスベスト含有の有無を判定するための定性分析方法）及びJIS A 1481-3（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第３部：アスベスト含有率のＸ線回折定量分析方法）が平成26年3月28日に制定され、JIS A 1481-4（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第４部：質量法及び顕微鏡法によるアスベストの定量分析方法）が平成28年３月22日に制定され、JIS A 1481-5（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第５部：Ｘ線回折法によるアスベストの定量分析方法（第１部の定性的判定方法を用いる場合の方法））が令和３年８月20日に制定されたところである。

ついては、石綿則第３条第４項の規定による石綿等の使用の有無の分析については、

下記の方法があるので、貴局管内の作業環境測定機関等の分析機関並びに建築物等の解体等の作業を行う事業者及び関係事業者団体に対し周知を図り、当該分析の的確な実施に遺漏なきを期されたい。

また、関係事業者団体等に対して、別添のとおり要請したので了知されたい。

なお、188号通達は、本通達をもって廃止する。

記

1　JIS A 1481-1（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第１部：市販バルク材からの試料採取及び定性的判定方法）、JIS A 1481-2（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第２部：試料採取及びアスベスト含有の有無を判定するための定性分析方法）、JIS A 1481-3（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第３部：アスベスト含有率のＸ線回折定量分析方法）JIS A 1481-4（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第４部：質量法及び顕微鏡法によるアスベストの定量分析方法）又は JIS A 1481-5（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第５部：Ｘ線回折法によるアスベストの定量分析方法（第１部の定性的判定方法を用いる場合の方法））

2　上記１と同等以上の精度を有する分析方法として以下に掲げる方法

（１）廃止前の 188 号通達の別紙の第３の３の「位相差顕微鏡を使用した分散染色法による分散色の確認」による定性分析の方法（以下「分散染色法」という。）

ただし、分散染色法は、JIS A 1481-2 の 8.2 の「位相差・分散顕微鏡による分散染色法」による定性分析方法に相当するものであり、これにより定量分析を行うことはできない。

よって、分散染色法により分析を行った結果、石綿の種類に応じた分散色が確認されなかった場合に限り、石綿が 0.1%を超えて含有していないものとして取り扱うことができるものであること。

（２）平成 26 年 3 月 31 日付けで廃止された JIS A 1481「建材製品中のアスベスト含有率測定方法」による分析方法

（３）その他別途示す分析方法

基 安 化 発 第０８２８００１号
平 成 １ ８ 年 ８ 月 ２ ８ 日

都道府県労働局労働基準部長 殿

厚生労働省労働基準局安全衛生部化学物質対策課長

天然鉱物中の石綿含有率の分析方法について

労働安全衛生法施行令(昭和47年政令第318号)及び石綿障害予防規則(平成17年厚生労働省令第21号)の一部が改正され、平成18年9月1日から、これら法令に基づく規制の対象となる物の石綿の含有率(重量比)が1%から0.1%に改められることとされたところである。

建材中の石綿等をその重量の0.1%を超えて含有するか否かについて行う分析については、平成18年8月21日付け基発第0821002号「建材中の石綿含有率の分析方法について」において、0.1%までの精度を有する分析方法としてJIS A 1481「建材製品中のアスベスト含有率測定方法」(以下「JIS法」という。)等があるとされているところである。

しかしながら、JIS法では、石綿を「不純物として含有するおそれのある天然鉱物及びそれを原料としてできた製品については、適用しない」とされていることから、石綿を不純物として含有するおそれのある天然鉱物を粉砕し､原料として使用する場合における石綿含有率の分析をJIS法により行うことは適当でない。

このことから、天然鉱物中の石綿含有率の分析方法について、厚生労働省の委託事業により(社)日本作業環境測定協会において検討を行った結果、今般、別添のとおりその分析方法が取りまとめられたところである。

ついては、本分析方法について、局管内の作業環境測定機関等の分析機関並びに石綿を不純物として含有するおそれのある天然鉱物を取り扱う事業者及び関係事業者団体に対し周知を図られたい。

なお、関係事業者団体等に対して、別紙のとおり周知したので了知されたい。

基 安 化 発 第０２０６００３号
平 成 ２ ０ 年 ２ 月 ６ 日

都道府県労働局労働基準部長 殿

厚生労働省労働基準局
安全衛生部化学物質対策課長
（契印省略）

石綿障害予防規則第3条第2項の規定による石綿等の使用の有無の分析調査の徹底等について

石綿の種類には、アクチノライト、アモサイト、アンソフィライト、クリソタイル、クロシドライト及びトレモライトがあることとされ、すべての種類の石綿及びこれをその重量の0.1%を超えて含有する物（以下「石綿等」という。）を石綿障害予防規則（平成17年厚生労働省令第21号。以下「石綿則」という。）等に基づく規制の対象としているところである。

石綿則第3条第2項の規定による石綿等の使用の有無の分析調査（以下「分析調査」という。）については、平成18年8月21日付け基発第0821002号「建材中の石綿含有率の分析方法について」（以下「18年0821002号通達」という。）において、JIS A 1481「建材製品中のアスベスト含有率測定方法」（以下「JIS 法」という。）等を示しているところである。

建材等に使用された石綿は、主にアモサイト、クリソタイル及びクロシドライト（以下「クリソタイル等」という。）とされてきたことや、JIS法の1.の「適用範囲」において「対象アスベストは、主にクリソタイル、アモサイト及びクロシドライトとする」とされていること等から、分析調査において、アクチノライト、アンソフィライト及びトレモライト（以下「トレモライト等」という。）を対象としていない場合が見受けられるところであるが、最近になって、建築物における吹付け材からトレモライト等が検出された事案があることが判明し、石綿ばく露防止対策等に万全を期す観点から、分析調査の徹底が求められるところである。

ついては、分析調査について、下記のとおり取り扱うこととしたので、貴局管内の作業環境測定機関等の分析機関並びに建築物等の解体等の作業を行う事業者及び関係事業者団体に対し周知を図り、分析調査の的確な実施に遺漏なきを期されたい。

なお、関係事業者団体等に対して、別添のとおり要請したので了知されたい。

記

1　分析調査においては、対象をクリソタイル等の石綿に限定することなく、トレモライト等を含むすべての種類の石綿とすること。

2　過去に行った分析調査について、クリソタイル等の石綿のみを対象としている場合は、次のとおり取り扱うものとすること。

（1）　クリソタイル等の石綿のみを対象とし、JIS法による分析調査を行った結果、クリソタイル

等がその重量の0.1%を超えて含有しないと判断されたものについては、トレモライト等を対象とし、JIS法による分析調査を行うこと。

(2)　次に掲げるア及びイの分析方法については、クリソタイル等の石綿のみを対象とする方法であり、トレモライト等を対象とする方法ではないことから、18年0821002号通達の記の2の(1)及び平成18年8月21日付け基安化発第0821001号「建材中の石綿含有率の分析方法に係る留意事項について」の記の1においてJIS法と同等以上の精度を有する分析方法として掲げる方法により、クリソタイル等がその重量の0.1%を超えて含有しないと判断されたものについては、トレモライト等を対象とし、JIS法による分析調査を行うこと。

ア　平成8年3月29日付け基発第188号「建築物の耐火等吹付け材の石綿含有率の判定方法について」(平成18年8月21日廃止済)の別紙「建築物の耐火等吹付け材の石綿含有率の判定方法」

イ　平成17年6月22日付け基安化発第0622001号「建材中の石綿含有率の分析方法について」(平成18年8月21日廃止済)の別紙「建材中の石綿含有率の分析方法」

(3)　なお、上記の2の(1)又は(2)の場合であって、当該分析調査において実施したX線回折分析のX線回折パターンにおいてトレモライト等の回折線のピークが認められ、事業者が当該分析調査の結果に基づいて、トレモライト等がその重量の0.1%を超えて含有しているとして必要な措置を講ずるときは、改めて分析調査を行う必要はないこと。

3　その他

(1)　施工された建材(吹付け材を含む)についてトレモライト等を含むすべての種類の石綿が使用されていないことが設計図書等により明らかである場合は、石綿則第3条第2項の規定により、分析調査の必要はないこと。

(2)　厚生労働省のホームページにおいて、建材中の石綿含有率の分析方法に関する最新の知見を踏まえ、作成した資料を公表することとしているので、参考とすること。

基安化発 1228 第 1 号
平成 21 年 12 月 28 日

都道府県労働局労働基準部長　殿

厚生労働省労働基準局
安全衛生部化学物質対策課長

バーミキュライトが吹き付けられた建築物等の解体等の
作業に当たっての留意事項について

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。）第 3 条第 1 項において、建築物、工作物又は船舶（以下「建築物等」という。）の解体、破砕等の作業（吹き付けられた石綿等の除去の作業を含む。以下「解体等の作業」という。）を行うときは、あらかじめ当該建築物等について、石綿等の使用の有無を確認するための事前調査を実施することとされている。また、同条第 2 項に規定する石綿等の使用の有無の分析（以下単に「分析」という。）の方法については、平成 18 年 8 月 21 日付け基発第 0821002 号「建材中の石綿含有率の分析方法について」において、JIS A 1481「建材製品中のアスベスト含有率測定方法」（以下「JIS 法」という。）等を示している。また、同項の規定による分析による調査（以下「分析調査」という。）については平成 20 年 2 月 6 日付け基安化発第 0206003 号「石綿障害予防規則第 3 条第 2 項の規定による石綿等の使用の有無の分析調査の徹底等について」により周知徹底を指示しているところである。

先般、我が国において建築物等への吹付け材として使用されているバーミキュライト（ひる石）からウィンチャイト及びリヒテライト（以下「ウィンチャイト等」という。）が検出されたとの報道があった。

ウィンチャイト等は、平成 18 年 8 月 11 日付け基発第 0811002 号「労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令及び石綿障害予防規則等の一部を改正する省令の施行等について」に示した石綿の定義「繊維状を呈しているアクチノライト、アモサイト、アンソフィライト、クリソタイル、クロシドライト及びトレモライト」には該当しない鉱物であるが、トレモライトと同様に角閃石族に属する繊維状の鉱物である。

1970 年代・80 年代、米国のモンタナ州リビー鉱山の労働者及び地域住民に石綿肺の被害が発生したが、その原因がリビー鉱山産のバーミキュライトであることが確認されており、このリビー鉱山産のバーミキュライトには、石綿の一種であるトレモライトのほか、ウィンチャイト等が含まれていることが明らかになっている。なお、1990 年に当該モンタナ州

リビー鉱山は閉山している。
　また、ウィンチャイト等の有害性については、明確な知見がないものの、トレモライトと形状、結晶構造及び化学的な組成が近似しており、JIS 法によりウィンチャイト等のＸ線回折を行うと回折パターンはトレモライトと同様である。

　ついては、バーミキュライトが吹き付けられていた建築物等の解体等の作業に当たっての留意事項は、下記のとおりであるので、貴局管内の建築物等の解体等の作業を行う事業者及び関係事業者団体並びに作業環境測定機関等の分析機関に対し周知を図り、分析調査等の的確な実施に遺漏なきを期されたい。
　なお、関係事業者団体に対して、別添のとおり要請したので了知されたい。

記

１　バーミキュライトには、不純物として、トレモライト、ウィンチャイト等が含有されている場合があることから、バーミキュライトが吹き付けられた建物等の解体等の作業に当たっては、石綿が含有していることが明らかであって石綿則第 3 条第 2 項の規定に基づく分析を行うまでもなく石綿則に基づくばく露防止措置を採るような場合を除き、石綿則第 3 条第 2 項の規定に基づく分析を行い、石綿をその重量の 0.1%を超えて含有する場合には、石綿則に定めるばく露防止対策を講ずること。

２　なお、JIS 法による分析では、建材中に含有されているウィンチャイト等はトレモライトとして判定されるため、ウィンチャイト等をトレモライトと区別するために改めて分析を行う必要はないこと。

３　バーミキュライトが吹き付けられていた建築物等の分析において、石綿をその重量の 0.1%を超えて含有しない場合であっても、JIS 法以外の分析方法により、ウィンチャイト等が含有していることが明らかになった場合には、石綿則に準じたばく露防止対策を講ずること。

基 安 化 発 0 3 3 1 第 3 号
平 成 2 6 年 3 月 3 1 日

都道府県労働局労働基準部長 殿

厚生労働省労働基準局安全衛生部
化学物質対策課長
（契印省略）

建材中の石綿含有率の分析方法等に係る留意事項について

石綿の種類には、アクチノライト、アモサイト、アンソフィライト、クリソタイル、クロシドライト及びトレモライトがあることとされ、すべての種類の石綿及びこれをその重量の0.1%を超えて含有するものを石綿障害予防規則(平成17年厚生労働省令第21号。以下「石綿則」という。)等に基づく規制の対象としているところである。

標記に関連する日本工業規格として、平成26年３月28日付け官報に新たにJIS A 1481-1（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第1部：市販バルク材からの試料採取及び定性的判定方法）、JIS A 1481-2（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第2部：試料採取及びアスベスト含有の有無を判定するための定性分析方法）及びJIS A 1481-3（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第3部：アスベスト含有率のX線回折定量分析方法）（以下「JIS法」という。）が公示され、近日JIS A 1481の廃止が公示される予定である。

建材中の石綿含有率の分析方法等に係る留意事項については、平成18年8月21日付け基安化発第0821001号及び平成20年7月17日付け基安化発第0717003号で示していたところであるが、上記日本工業規格の改廃等を踏まえ、今般、改めて整理の上、下記のとおりとしたので、貴局管内の作業環境測定機関等の分析機関並びに建築物等の解体等の作業を行う事業者及び関係事業者団体に対し周知を図り、当該分析の的確な実施に遺漏なきを期されたい。

また、関係事業者団体等に対して、別添2のとおり周知したので了知されたい。

記

1　既に廃止前のJIS A 1481により石綿等の使用の有無の分析を行ったものについては、新設後のJIS法により改めて分析調査を行う必要はないこと。

2　JIS法と同等以上の精度を有する分析方法としては、平成18年8月21日付け基発第0821002号「建材中の石綿含有率の測定方法について」（以下「局長通達」という。）の記の2の(3)の「その他別途示す分析方法」として、廃止前の平成17年6月22日付け基安化発第0622001号「建材中の石綿含有率の分析方法について」（以下「0622001号通達」という。）の別紙「建材中の石綿含有率の分析方法」の2の(3)の①のイの「位相差顕微鏡を使用した分散染色分析法による定性分析」があること。ただし、当該方法は、JIS A1481-2の8.2の「位相差・分散顕微鏡による分散染色法」による定性分析方法に相当するものであることから、その取扱いについては、局長通達の記の2

の(1)と同様であること。

3　JIS法を実施するに当たっては、厚生労働省HP（本通達記の７参照）に公開されている石綿含有建材分析マニュアル（以下「マニュアル」という。）に記載された事項に留意して実施すること。特に、JIS A 1481-1において石綿不検出であることを判定する場合は、マニュアルの内容に留意して判定すること。なお、マニュアルの内容は今後、最新の知見等を踏まえ改訂することがあるので常に最新版を参照すること。

4　JIS A 1481-1は、偏光顕微鏡法に習熟した顕微鏡使用者向けに作成されており、基礎的な分析技法は記載されていない。分析機関等においてISO法を実施するに当たっては、分析者の習熟度に応じ、例えば、測定関係団体の実施する講習を受講することや自社で研修を実施する等JIS A 1481-1が求める程度の技能に習熟している必要があることに留意すること。

5　JIS A 1481-2による定性分析においては石綿を含有していると判定されたにもかかわらず、JIS A　1481-3の定量分析において石綿回折線のピークが確認できない場合の取扱いについては、次の通りであること。

（１）定量のための二次分析試料又は三次分析試料を作製し、JIS A 1481-3の6「基底標準吸収補正法によるX線回折定量分析方法」により定量分析を行う場合において、石綿回折線のピークが確認できないことがあり得るが、その場合においては、一般にJIS A 1481-3で定める定量下限(以下「定量下限」という。)以下とされていることから、定量下限が0.1%以下であるときには、石綿がその重量の0.1%を超えて含有しないものとして取り扱うものとすること。

（２）同じく石綿回折線のピークが確認できない場合において、定量下限が0.1%を超える場合、又は不純物による影響等のため石綿回折線のピークの有無の判断が困難な場合については、石綿がその重量の0.1%を超えて含有しているものとして取り扱うものとすること。

6　石綿が0.1%を超えて含有するか否かを判断する定量分析については、JIS A 1481-3又は平成18年8月28日基安化発第0828001号「天然鉱物中の石綿含有率の分析方法について」により行う必要があるが、事業者が石綿が0.1%を超えて含有しているものとして関係法令に規定する措置を講ずるときは、この限りではないこと。

したがって、例えば、次のような分析を行って、0.1%を超えて含有しているとして必要な措置を講ずるときは、改めてJIS A 1481-3等による分析の必要はないこと。

なお、平成17年3月18日付け基発第0318003号「石綿障害予防規則の施行について」の記の第3の2（1）オに基づき、吹き付け材の除去作業等発じんが多い作業については、できるだけ石綿等の含有率についても分析し、ばく露防止対策を講ずる参考とすることが望ましいこと。

(1) JIS A 1481-1により分析を行った結果、石綿の繊維が確認され、石綿を含有していると判定された場合

(2) JIS A 1481-2の7.に掲げる「二次分析試料によるＸ線回折分析方法による定性分析方法」又は廃止前の0622001号通達の別紙の2の(3)の「定性分析」により分析を行った結果、石綿を含有していると判定された場合。なお、これにはJIS A 1481-3による定量分析を行わず、左記の結果により、事業者が石綿がその重量の0.1%を超えて含有しているものとして関係法令に規定する措置を講ずる場合が含まれること

(3)　局長通達の記の2の(1)の分析方法（廃止前の平成8年3月29日付け基発第188号「建築物の耐

火等吹付け材の石綿含有率の判定方法について」（以下「188号通達」という。）の別紙の第3の3の「位相差顕微鏡を使用した分散染色法による分散色の確認」による定性分析の方法）により分析を行った結果、石綿の種類に応じた分散色が確認された場合

(4)　廃止前の88号通達の別紙の第4の「石綿の含有率の判定方法」又は廃止前の0622001号通達の別紙の2の(4)の「エックス線回折分析法(基底標準吸収補正法)による定量分析」により分析を行った結果、石綿が0.1%を超えて含有していると判定された場合

7　厚生労働省のホームページ(http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/sekimen/jigyo/mortar/index.html)において、マニュアルや建材中の石綿含有率の分析方法に関する最新の知見を踏まえ作成した資料を公表しているので、分析機関に対する指導に当たっては、これらも活用すること。

8　分析調査については、平成20年2月6日付け基安化発第0206003号「石綿障害予防規則第3条第2項の規定による石綿等の使用の有無の分析調査の徹底等について」(以下「分析調査徹底通達」という。)に基づき、引き続き、的確な実施に遺漏なきを期されたい。

なお、過去に行った分析調査において、アモサイト、クリソタイル及びクロシドライト(以下「クリソタイル等」という。)がその重量の0.1%を超えて含有しないと判断されたものについて、分析調査徹底通達の記の2の(1)又は(2)に基づき、アクチノライト、アンソフィライト及びトレモライトを対象としてJIS法による分析調査を行った際に、定性分析を行う過程において、クリソタイル等の含有の可能性があると判断されるときは、分析機関はその旨を分析依頼者に報告し、適切に対処すること。

9　吹付け材として使用されているバーミキュライトの分析に当たっては、平成21年12月28日付け基安化発1228第1号「バーミキュライトが吹き付けられた建築物等の解体等の作業に当たっての留意事項について」に留意して行うこと。

10　JIS A 1481-3の解説に記載された海外の標準試料の輸入・使用に当たっては、労働安全衛生法第55条ただし書きに基づく都道府県労働局長の許可が必要となること。また、輸入後の譲渡は認められないため、当該試料を使用する予定の分析機関が直接輸入する必要があることに留意すること。ただし、輸入に係る輸出元の事業者との調整等諸事務を輸入業者に代行させることについては、輸入業者が輸入行為それ自体を行うものではないため、認められること。また、これら海外の標準試料を用いた場合のJIS A 1481-3の6.1に定める検量線の作成に当たっては、公益社団法人日本作業環境測定協会の標準試料による作製された検量線と比較し、補正を行う必要があること。

11　関係通達を次のとおり改正する。

平成18年8月28日基安化発第0828001号「天然鉱物中の石綿含有率の分析方法」、分析調査徹底通達、平成21年12月28日基安化発1228第1号「バーミキュライトが吹き付けられた建築物等の解体等の作業に当たっての留意事項について」中の「JIS A 1481（建材中の石綿含有率の分析方法について）(以下「JIS法」という。)」を「JIS A 1481-1（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第1部：市販バルク材からの試料採取及び定性的判定方法）、JIS A 1481-2（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第2部：試料採取及びアスベスト含有の有無を判定するための定性分析方法）及びJ

IS　A　1481-3（建材製品中のアスベスト含有率測定方法－第3部：アスベスト含有率のX線回折定量分析方法）（以下「JIS法」という）」に改めることとする。

　また、平成21年12月28日基安化発1228第1号「バーミキュライトが吹き付けられた建築物等の解体等の作業に当たっての留意事項について」本文中「JIS法によりウィンチャイト等」を「JIS法中JIS A 1481-2又はJIS A 1481-3によりウィンチャイト等」、記の２及び記の３中「JIS法」を「JIS法中JIS A 1481-2又はJIS A 1481-3」に改めることとする。

　平成18年8月21日基安化発第0821001号及び平成20年7月17日基安化発第0717003号は、本通達をもって廃止する。

基発0901第10号
令和２年９月１日
一部改正　基発0329第３号
令和３年３月29日
一部改正　基発0526第３号
令和３年５月26日
一部改正　基発1223第２号
令和３年12月23日

都道府県労働局長　殿

厚生労働省労働基準局長
（　公　印　省　略　）

石綿障害予防規則第三条第六項の規定に基づき厚生労働大臣が定める者に係る具体的事項について

石綿障害予防規則第三条第六項の規定に基づき厚生労働大臣が定める者（令和２年厚生労働省告示第277号。以下「告示」という。）については、令和２年７月27日に告示されたところであり、令和５年10月１日から施行することとされている。

今般、告示第３条の規定に基づき、分析調査講習の実施に関し必要な事項を下記のとおり定めるので、その周知を図る等、その運用に遺漏なきを期されたい。

記

１　厚生労働大臣が定める者（第１条関係）

（１）告示第１条第１号には、告示施行前に開始された分析調査講習に相当する講習を受講し、告示第２条第４号及び第５号に規定する修了考査に相当する修了考査に合格した者が含まれること。

（２）告示第１条第２号の「同等以上の技能及び知識を有すると認められる者」は、次のアからオまでに掲げる者であること。

ア　公益社団法人日本作業環境測定協会が実施する「石綿分析技術評価事業」により認定されるＡランク若しくはＢランクの認定分析技術者又は定性分析に係る合格者

イ　一般社団法人日本環境測定分析協会が実施する「アスベスト偏光顕微鏡実技研修（建材定性分析エキスパートコース）」の修了者

ウ　一般社団法人日本環境測定分析協会に登録されている「建材中のアスベスト定性分析技能試験（技術者対象）合格者」

エ　一般社団法人日本環境測定分析協会に登録されている　「アスベスト分析法委員会認定 JEMCA インストラクター」

オ　一般社団法人日本繊維状物質研究協会が実施する「石綿の分析精度確保に係るクロスチェック事業」により認定される「建築物及び工作物等の建材中の石綿含有の有無及び程度を判定する分析技術」の合格者

２　学科講習及び実技講習（以下「講習」という。）の内容及び講師（第２条関係）

（１）学科講習（第２条第２号関係）

ア　学科講習は、次表の科目の欄に掲げる科目及び内容の欄に掲げる内容に応じ、それぞれ同表の詳細の欄に掲げる詳細について、時間の欄に掲げる時間以上行う必要があること。

科目	内容	詳細	時間
分析の意義及び関係法令	石綿則第３条第５項に規定する分析による調査（以下、「分析調査」という。）を行う者の心構え	・分析調査を行う者の心構え	45 分
	石綿の有害性	・石綿の有害性	
	労働安全衛生法その他関係法令	・分析調査を行う者が遵守すべき法令 ・分析調査の位置づけ ・分析方法の概要と変遷	
鉱物及び石綿含有材料等に関する基礎的な知識	石綿等に関する鉱物の基礎知識	・石綿の種類と定義 ・石綿の結晶形態、化学組成、光学的特性 ・石綿の類似鉱物や分析妨害物質	60 分
	石綿等が使用されている材料の種類と組成	・石綿含有材料の種類と形態 ・石綿含有材料の組成とその変化（熱や酸による変化） ・石綿含有材料の代替品	45 分
	建築物、工作物及び鋼製の船舶の種類並びにこ	・一戸建ての住宅、共同住宅（アパート、マンション、長屋等）、学校、幼稚園、保育園、病院、ビル、特殊建築物、運輸関連建築物	45 分

	れらにおける石綿等が使用されている材料の使用状況	（駅舎、飛行場、トラックヤード等）、工場、化学プラント、発電所、焼却施設、船舶、機械、製造設備等における石綿含有材料の使用状況	
	分析のための試料の取扱い	・分析対象試料の内容確認方法 ・分析対象試料の組成の把握方法	30 分
分析方法の原理と分析機器の取扱方法	光学顕微鏡の基礎知識（原理と構造）	・光学顕微鏡の原理 ・光学顕微鏡の基本調整と基本の操作法 ・偏光顕微鏡の基礎知識（原理と構造） ・位相差顕微鏡の基礎知識（原理と構造） ・分散染色法の原理と留意事項	120 分
	エックス線回折装置の基礎知識（原理と構造）	・エックス線回折装置の基礎知識（原理と構造）	60 分

イ　光学顕微鏡とは、実体顕微鏡、偏光顕微鏡及び位相差顕微鏡等の総称をいうこと。以下同じ。

（２）実技講習（第２条第３号関係）

実技講習は、次表の左欄に掲げるいずれかの方法について、それぞれ同表の中欄に掲げる内容について行われるものであること。なお、実技講習の時間については、それぞれの分析の実施方法について習得するために必要な時間行うこととし、次表の右欄に掲げる時間を目安とすること。

また、次表の左欄における「偏光顕微鏡による定性分析の実施方法」は、日本産業規格（以下「JIS」という）A 1481-1 による石綿分析方法、同欄における「位相差・分散顕微鏡及びエックス線回折装置による定性分析の実施方法」は、JIS A 1481-2 による石綿分析方法、同欄におけるエックス線回折装置による定量分析の実施方法」は JIS A 1481-3 及び JIS A 1481-5 による石綿分析方法、同欄における「偏光顕微鏡による定量分析の実施方法」は JIS A 1481-4 による石綿分析方法であること。

分析の実施方法	内容	時間の目安
偏光顕微鏡による定性分析の実施方法	・偏光顕微鏡の調整方法、操作方法及び清掃方法 ・標準サンプルの調整方法及び観察方法 ・実体顕微鏡による材料サンプルの観察方法及び	360 分

	繊維状物質のサンプリング方法 ・偏光顕微鏡による定性分析用試料の調整方法及び前処理方法 ・偏光顕微鏡標本の作製方法 ・偏光顕微鏡による定性分析方法（同定方法） ・不検出確定方法 ・報告書の作成方法	
位相差・分散顕微鏡及びエックス線回折装置による定性分析の実施方法	（位相差・分散顕微鏡による定性分析について） ・位相差顕微鏡の調整方法、操作方法及び清掃方法 ・標準サンプルの調整方法及び観察方法 ・位相差・分散顕微鏡による定性分析用一次分析試料の調整方法 ・位相差・分散顕微鏡による定性分析用標本の作製方法 ・位相差・分散顕微鏡による定性分析方法 ・石綿含有の有無の判定方法 ・報告書の作成方法	360 分
	（エックス線回折装置による定性分析について） ・エックス線回折装置の調整方法及び操作方法 ・エックス線回折分析による定性分析用試料の調整方法 ・エックス線回折装置による定性分析結果の解析方法 ・報告書の作成方法	180 分
エックス線回折装置による定性分析及び定量分析の実施方法	（エックス線回折装置による定性分析について） ・エックス線回折装置の調整方法及び操作方法 ・エックス線回折分析による定性分析用試料の調整方法 ・エックス線回折装置による定性分析結果の解析方法 ・報告書の作成方法	180 分
	（エックス線回折装置による定量分析について） ・エックス線回折装置による定量分析用二次分析試料及び定量分析用三次分析試料の調製方法 ・基底標準吸収補正法によるエックス線回折装置による定量分析方法	360 分

	・報告書の作成方法	
偏光顕微鏡による定性分析及び定量分析の実施方法	（偏光顕微鏡による定性分析について） ・偏光顕微鏡の調整方法、操作方法及び清掃方法 ・標準サンプルの調整方法及び観察方法 ・実体顕微鏡による材料サンプルの観察方法及び繊維状物質のサンプリング方法 ・偏光顕微鏡による定性分析用試料の調整方法及び前処理方法 ・偏光顕微鏡標本の作製方法 ・偏光顕微鏡による定性分析方法（同定方法） ・不検出確定方法 ・報告書の作成方法	360 分
	（偏光顕微鏡による定量分析について） ・偏光顕微鏡による定量分析用試料の調製方法 ・ポイントカウント用試料の調製方法 ・残渣中の石綿の定量方法 ・報告書の作成方法	360 分

（３）講習の順序及び修了考査（第２条第４号及び第５号関係）

ア　実技講習は、学科講習を受講した者に対して実施するものとすること。

イ　実技講習は、学科講習の後に行われる分析調査を行うために必要な知識についての筆記試験による修了考査を終了した者に対して実施することが望ましいこと。

ウ　修了考査の時間は、分析調査を行うために必要な知識又は技能を習得しているか確認するために必要な時間を確保すること。

エ　修了考査の結果は、記録を作成し、５年間保存すること。

（４）講習の講師（第２条第６号関係）

ア　学科講習

学科講習を適切に行うために必要な能力を有する講師は、次の表の左欄に掲げる科目及び中欄に掲げる内容に応じ、それぞれ同表の右欄に掲げる要件を満たす者又はこれと同等以上の知識経験を有すると認められる者であること。

<table>
<tr><th>科目</th><th>内容</th><th>講師の要件</th></tr>
<tr><td>分析の意義及び関係法令</td><td>・分析調査を行う者の心構え
・石綿の有害性
・労働安全衛生法その他関係法令</td><td>学校教育法(昭和 22 年法律第 26 号）による大学（旧大学令（大正 7 年勅令第 388 号）による大学を含む。）又は高等専門学校（旧専門学校令（明治 36 年勅令第 61 号）による専門学校を含む。）（以下「大学等」という。）において理科系統の学科を修めて卒業した者（独立行政法人大学改革支援・学位授与機構により学士の学位を授与された者（理科系統の学科を修めた者に限る。）若しくはこれと同等以上の能力を有すると認められる者又は理科系統の学科を修めて同法による専門職大学の前期課程を修了した者を含む。以下同じ。）で、その後、５年以上、材料の石綿含有の有無に関する分析（以下「石綿分析」という。）の実務に従事した経験を有するものであること。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">鉱物及び建材等に関する基礎的な知識</td><td>・石綿等に関する鉱物の基礎知識</td><td>大学等において地球科学又は建築原料及び素材に関する学科を修めて卒業した者で、その後５年以上、次の①又は②のいずれかの実務に従事した経験を有するものであること。
①　鉱物、岩石等に関する研究・教育
②　石綿分析の実務</td></tr>
<tr><td>・石綿等が使用されている材料の種類と組成</td><td rowspan="2">大学等において理科系統に関する学科を修めて卒業し、その後５年以上、次の①から③までのいずれかの実務に従事した経験を有する者であること。
①　石綿を含有する材料に関する研究・教育
②　石綿を含有する材料の開発、製造、生産管理、品質管理、製造工程における安全衛生・環境管理等の実務
③　建築物石綿含有建材調査者、石綿作業主任者又は石綿分析の実務</td></tr>
<tr><td>・建築物、工作物及び鋼製の船舶の種類並びにこれらにおける石綿等が使用されている材料の使用状況</td></tr>
<tr><td>・分析のための試料の取扱い</td><td>大学等において理科系統に関する学科を修めて卒業した者で、その後５年以上、次の①又は②のいずれかの実務に従事した経験を有するものであること。</td></tr>
</table>

		①　石綿分析に関する研究・教育 ②　石綿分析の実務
分析方法の原理と分析機器の取扱方法	・光学顕微鏡の基礎知識（原理と構造）	大学等において理科系統に関する学科を修めて卒業した者で、その後５年以上、次の①又は②のいずれかの実務に従事した経験を有する者であること。 ①　光学顕微鏡に関する研究・教育又は光学顕微鏡を使用した研究・教育 ②　光学顕微鏡の開発、製造、品質管理等の実務 ※電子顕微鏡に関する実務に従事した経験も有していることが望ましいこと。
	・エックス線回折装置の基礎知識（原理と構造）	大学等において理科系統に関する学科を修めて卒業した者で、その後５年以上、次の①又は②のいずれかの実務に従事した経験を有するものであること。 ①　エックス線回折装置に関する研究・教育又はエックス回折装置を使用した研究・教育 ②　エックス線回折分析装置の開発、製造、品質管理等の実務

イ　実技講習

実技講習の講師は、次の①若しくは②に掲げる者又はこれらと同等以上の知識経験を有する者とすること。

①　大学等において理工学、地球科学、薬学又は衛生学に関する学科を修めて卒業した者で、その後７年以上、石綿含有材料の分析の実務又は石綿含有材料の分析の技術に関する研究・教育に従事した経験を有するものであること。

②　７年以上、石綿含有材料の分析の実務に従事するとともに、講習実施日から遡って３年以内に、指導を担当する石綿含有材料の分析の技術に関して、公益社団法人日本作業環境測定協会が実施する「石綿分析技術評価事業」又は一般社団法人日本環境測定分析協会が実施する「建材中のアスベスト定性分析技能試験（技術者対象）」に相当する外部評価を受け、合格等している者であること。

ウ　その他

同等以上の知識を有すると認められる者を講師とする場合は、事前に厚生労働省労働基準局安全衛生部化学物質対策課に書面により申し出て、講師の要件を満たすことについて確認を受けなければならないこと。

なお、事前に同課の確認を受けていない場合であって、講師の要件を満たしていな

いと同課が判断した場合は、当該講師が実施した講習は無効になることに留意すること（３の（２）において同じ。）。

３　その他の分析調査講習の実施に関し必要な事項（第３条関係）

（１）実技講習に用いる器具等

ア　実技講習においては、講習を行う分析方法ごとに必要となる器具等を、受講者の人数に応じて、技能の習得及び講習の円滑な実施に必要な数用意すること。なお、実技講習を実施する者は、受講者に器具等を持参させることとしても差し支えないこと。

イ　実技講習で使用する実体顕微鏡、偏光顕微鏡及び位相差分散顕微鏡は、講習を円滑に行うため、受講者の人数と同数の同一機種を用意すること。ただし、実体顕微鏡については、機種による操作方法の差異が小さいため、必ずしも同一機種でなくてもよいこと。また、実技講習で使用するエックス線回折装置は、受講者 10 人当たり１台を目安とすること。

ウ　エックス線回折装置に係る実技講習で使用する天秤は、読み取り限度 0.01mg のものを用意すること。

エ　分析用試料の調製、実体顕微鏡による観察及び秤量において、石綿含有試料を取り扱うにあたっては、石綿障害予防規則（平成 17 年厚生労働省令第 21 号）第 12 条第１項に基づき局所排気装置又はプッシュプル型換気装置を設け、稼働させるとともに、石綿含有試料を取り扱う者に呼吸用保護具を使用させること。

オ　講習実施後の石綿含有材料、試薬、サンプル等については、石綿障害予防規則第 32 条第１項の規定に基づき、石綿等の粉じんが発散するおそれがないように、堅固な容器を使用し、又は確実な包装をして、運搬、貯蔵又は保管し、廃棄すること。

（２）実技講習の指導員

実技講習においては、受講者の実技を直接指導するため、受講者５人につき１名以上の指導員を配置すること。なお、指導員は、講師が兼ねても差し支えないこと。

指導員は、次のア若しくはイに掲げる者又はこれらと同等以上の知識経験を有する者とすること。

ア　大学等において理工学、地球科学、薬学又は衛生学に関する学科を修めて卒業した者で、その後５年以上、石綿含有材料の分析の実務又は石綿含有材料の分析の技術に関する研究・教育に従事した経験を有するものであること。

イ　５年以上、石綿含有材料の分析の実務に従事するとともに、講習実施日から遡って３年以内に、指導を担当する石綿含有材料の分析の技術に関して、公益社団法人日本作業環境測定協会が実施する「石綿分析技術評価事業」又は一般社団法人日本環境測定分析協会が実施する「建材中のアスベスト定性分析技能試験（技術者対象）」に相当する外部評価を受け、合格等している者であること。

（３）修了証の発行

講習を実施した者は、講習を修了した者に対し、修了した科目名及び実技講習において行った分析の実施方法を記載した修了証を発行すること。講習の一部を修了した者に対しては、当該修了した一部の講習に係る修了証を発行することができること。

（４）講習を実施した者による報告等

講習を実施した者は、毎事業年度経過後２か月以内に、実施した科目名及び実技講習において行った分析の実施方法、講師名及びその要件、講習実施回数並びに講習の修了者数について、厚生労働省労働基準局安全衛生部化学物質対策課に報告すること。

また、講習を実施した者は、講習修了者について、氏名、生年月日、修了した科目名、実技講習において行った分析の実施方法及び講師名並びに修了年月日を記録した帳簿を備え、５年間これを保存すること。

（５）厚生労働省による報告徴収について

講習を実施した者は、厚生労働省労働基準局安全衛生部化学物質対策課から、２（３）エの修了考査の結果の記録、３（４）の帳簿その他講習に係る書類等の提出を求められたときは、遅滞なく提出すること。

４　その他

講習の実施に当たっては、労働安全衛生法令その他の関係法令を遵守すること。