

Asbestos: The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures

アスベスト：アナリストのためのサンプ リング、分析、完了検査（クリアラン ス）に関するガイド



本書は www.hsebooks.co.uk 及び書店で入手可能である。

ISBN: 978 0 7176 2875 9

価格 £16.50

本書は、認定アスベスト除去及びアスベスト含有材のサンプリングに関与するアナリストのためのアドバイスとガイダンスである。本ガイダンスは、技術者のための資料であり、HSE 既刊の出版物を結合し更新したものである。

本書で扱うテーマは次の通りである。品質保証、アナリストのためのトレーニング、バルクサンプリング及び分析、隔離空間、再立入のための現場認定証、管理・監督業務、個人用保護具、除染手順。

© *Crown copyright 2005*

初版 2005 年

ISBN 978 0 7176 2875 9

All rights reserved. 本出版物は、著作権所有者の事前の書面による許可なく、その複製、情報検索システムへの保管、いかなる形式又は手段（電子的、機械的、複写、記録その他）であっても一切の送信を行ってはならない。

複製の申請は、書面にて下記あてに行わなくてはならない。

The Office of Public Sector Information, Information Policy Team,
Kew, Richmond, Surrey TW9 4DU or e-mail: licensing@opsi.gov.uk

本ガイダンスは、**Health and Safety Executive**（英国安全衛生庁）により発行された。ガイダンスに従うことは義務ではなく、その他の行動を取ることは自由である。しかし、ガイダンスに従うことにより、通常は法の遵守に適う十分な行動を取ることができる。安全衛生検査官は、法の遵守の確保を行い、そのために優れた実践の良い例として本ガイダンスを参照することがある。

目次

1	はじめに	4
2	品質保証及び認定の仕組み	7
3	トレーニング及び資格認定	8
4	アスベスト含有材の試料採取（サンプリング）と分析	10
5	空気中の繊維状粒子のサンプリング及び濃度分析	17
6	再立入（reoccupation）のための現場評価	26
7	アナリストによる管理・監督業務	39
8	個人用保護具	41
9	除染手順	48
付属書		
1	空気中の浮遊繊維：サンプリング及び位相差顕微鏡法による評価	56
2	建材等（分析用固体：バルク）試料に含まれるアスベスト：試料作成と偏光顕微鏡法（PLM）による同定	81
3	再立入（reoccupation）のための許可証用テンプレート	107
4	衛生施設の検査証用テンプレート	112
参考文献・詳細情報		115
頭文字用語集		120

1 はじめに

本ガイダンスの内容は？

1.1 本ガイダンスは、多くの HSE の出典からの技術ガイダンスをまとめたものである。過去に発行された出版ガイダンス（EH10、MDHS39、MDHS77）等は本ガイダンスにより差し替えられる。本ガイダンスでは許可を受けたアスベスト除去及びアスベスト含有材（ACMs：Asbestos-Containing Materials）のサンプリングに携わるアナリストを主な対象者としている。小規模で短期のアスベスト除去作業（アスベスト必須事項）¹やアスベストセメントなどの免許が不要な ACMs についてはより簡単な手法を使用することが可能である（HSG189/2）²。さらに、本書には「アスベスト：認定請負事業者のためのガイド」³ という認定除去作業請負事業者のために作成されたガイダンスへのリンクが設けられている。本文書には、以下の項目に関するガイダンスが含まれている。

- 品質保証
- アナリストのトレーニング
- 建材等（分析用固体：バルク）試料サンプリング及び分析
- 空気サンプリング及び分析
- 作業場所の隔離
- 再立入¹（reoccupation）のための現場認証
- 管理・監督業務
- 保護具の使用方法
- 作業者のアスベスト除染手順

1.2 付属書 1 には、今後承認される気中繊維数濃度を評価するための分析手法の詳細が含まれている。2006 年までに実施される欧州労働者保護指令⁴の改定では現行の欧州標準法（MDHS39/4 参照）⁵が世界保健機構（WHO）⁶の手法に置き換えられる。アナリストが新しい手法に精通し、新しい手法を使用してトレーニングを受けられるよう最新の手法が含まれているが、新 EU 指令が実施されるまでは MDHS39/4⁵を継続して使用しなければならない。付属書 2 では、材料に含まれるアスベスト繊維を特定するための分析手法が説明されており、MDHS77⁷の最終版と同じアドバイスが含まれている。

1.3 本ガイダンスでは ACMs の疑いのある材料のサンプリングと分析を取り扱っているが、ACMs に関する現場の調査及び評価の詳細には踏み込んでいない。調査に関しては MDHS100⁸で詳細に説明されており、さらに建物内のアスベスト評価及び管理に関するガイダンスが HSG227⁹にある。

本ガイダンスの対象者は？

1.4 本ガイダンスはアスベスト・アナリスト、アスベスト・コンサルタント、職業衛生学者、安全管理者、その他の専門的読者を対象に作られている。また、アスベスト除去の請負事業者及び監督者、その雇用主、建築物所有者、そして資産や土地の管理責任を負う人々にとっても有用である。

制定法

1.5 アスベスト管理規則（CAWR：The Control of Asbestos at Work Regulations）2002¹⁰ がアスベスト含有材に関わる全ての作業に適用される。この規則は、自営業者

¹ 【reoccupation】

「再占有」「再占拠」等の訳語があてられることもあるが、対象区域の所有権等の権利に係る意味は含まれないため、〔除去工事時の区域への立入制限の厳格さも加味し〕「再立入」としている。

を含む「自社従業員のいずれかをアスベストにばく露させる、またはその可能性がある作業」を実施する雇用主に対し、その作業の影響を受ける可能性のある全ての従業員及び人々を保護する義務を課している。また CAWR¹⁰ では、アスベストを良好な状態に保ち、ずさんな作業や飛散を防ぐように建築物内のアスベストを管理するという具体的な義務もある。

1.6 アスベスト管理規則 (CAWR) 2002¹⁰ はこの法律を遵守する方法に関する実践的ガイダンスを示す三つの認定行動規範により支えられている。公認実施準則 (ACOP² : Approved Code of Practice) の規定のいずれかを遵守しなくてもそれ自体が違反になるわけではないが、刑事訴訟においてその規定に関連する規制を無視したことの証拠として裁判所が取り上げる可能性がある。その場合、その規定に従った場合と同等の効果を持つ方法で規制を遵守したことを証明するのはその者の責任となる。これら三つの ACOP は第 1.7 項から第 1.9 項で説明されている。

1.7 通常免許を必要としないアスベスト作業¹¹ とはアスベスト含有建材に対する、あるいはそれをかく乱 (disturb) させる作業、アスベストのサンプリング、分析機関における分析、そして製造段階における限定的かつ許可されているアスベストに関する残りの作業である。

1.8 アスベスト断熱・吸音材 (asbestos insulation)、吹付けアスベスト等 (asbestos coating)、及びアスベスト断熱・吸音板 (asbestos insulating board) に関する作業¹² とはアスベスト (ライセンス) 規則 (1983) (ASLIC : The Asbestos (Licensing) Regulations 1983)¹³ に規定されている作業で安全衛生庁 (HSE : Health and Safety Executive) が発行する免許が必要なものである。また、自社施設で自社従業員を使用してアスベスト断熱・吸音材 (asbestos insulation)、吹付けアスベスト等 (asbestos coating)、及びアスベスト断熱・吸音板 (asbestos insulating board) に関する類似作業を行う雇用主で、ASLIC¹³ の規則 3 (2) の下で免許取得要件が免除されている者についても適用される。

1.9 住居以外の施設におけるアスベスト管理¹⁴ には住居以外の施設においてアスベストのリスクを管理するというアスベスト管理規則 (CAWR) 2002¹⁰ の規則 4 の責務に関する助言が述べられている。ここには該当施設について法的責任を負う建築物所有者、テナント、そしてその他の人々の責務が説明されている。また、主たる責任者に協力する義務を負う人々が何をすべきかについても記載されており、それらの人々が規制を遵守することができるようになっている。

1.10 雇用主は安全衛生関連の問題については、安全委員及び安全委員会規制 (1977)¹⁵ に基づき承認されている労働組合が指名した安全委員に相談しなければならない。代理人となる安全委員がいない従業員との協議は、安全衛生 (従業員との協議) 規則 (1996)¹⁶ に従い直接または従業員の安全に関して選任された代表者を通じて間接的に行わなければならない。

1.11 本ガイダンスでは本文全体を通じて適宜制定法が参照できる。

健康被害

1.12 現在アスベスト関連疾病は英国において 1 年に 4,000 人を超える死亡者を引き起こしており、この数は今も上昇している。アスベストは他のどんな職業病よりも多くの人間を死に至らせている。アスベスト関連疾病は発病までに 15 年から 60 年かかり、そのため繊維を吸引した人間が自身の健康状態の変化に直ちに気づくことはない。クリソタイルに比較すると角閃石系アスベスト繊維 (たとえばアモサイトやクロシドライト) に対するばく露による健康障害のリスクが大きい (Hodgson and Darnton, 2000)¹⁷。

1.13 アスベストは主に 2 種類の疾病を人間に引き起こす。ひとつはがん、特に中皮腫及び肺がんであり、もうひとつはアスベスト肺 (肺組織の損傷) である。障害程度がもっと低い胸膜ブランクやびまん性胸膜肥厚など、その他の肺の変化はアスベスト

² ACOP(Approved Code Of Practice) 公認実施準則：労働災害分野および会計分野で、規則の下位で使用されることがある規則に準ずる規則。

ばく露を示唆するものではあるが、他の原因によるものの可能性もある。現在、英国においては新たなアスベスト肺発症例はまれである。

中皮腫とは？

1.14 中皮腫は肺の外側と肋骨の内側の膜（肋膜）、又は内臓器官周囲の膜（腹膜）を形成する細胞のがんである。中皮腫と診断される頃にはほとんどの場合致命的である。他のアスベスト関連疾病と同様、中皮腫にも初回ばく露から発症まで長い潜伏期間があり、その平均は 30 年から 40 年となっている。

肺がんとは？

1.15 肺がんは肺の気道における悪性腫瘍である。この腫瘍は周辺組織内で成長し、気道を侵し、しばしば呼吸困難をもたらす。アスベストばく露から肺がん発症までの期間は平均で 20 年から 30 年である。喫煙とアスベストばく露の間には相乗的影響があり、肺がんを発症するリスクを大きく増大させることに留意しなければならない。

分析すべきリスクは何か？

1.16 隔離空間内に入ることは、いかなる場合も空気中の繊維状粒子へのばく露のリスクが常に付随する。除去作業又は対策工事（remediation work）進行中に隔離空間に入るアナリストは管理限界を超えるアスベスト繊維濃度にさらされる可能性がある。バルクサンプリング又は完了検査（クリアランス）、及び空気サンプリングなど他の理由で隔離空間に入る場合には空気中の繊維状粒子レベルは低くなる¹⁸。しかし、これらの状況でも直接アスベストをかく乱（アスベストをかく乱させる行為また事象）（disturbance of asbestos）させる場合（たとえば、ブラシをかけるなど）には短時間に高レベルのばく露を引き起こす可能性がある。撤去物サンプリングなどの静的モニタリングでは一般に人間のばく露が過小評価され、結果が人間のばく露を反映しているとは限らないことに留意することが重要である。従って、個人のリスクを評価し防じんマスクの妥当性を確認するには定期的に人間のモニタリングを行う必要がある。隔離空間に入る必要がある仕事の 10%の作業員に個人ばく露モニタリングを実施することが推奨される。

健康監視

1.17 アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰の規則 21 では、従業員のばく露が介入（アクション）レベル（第 5.25 項から第 5.27 項を参照）を超えと思われる場合、その従業員の医学的監視と健康記録が必要とされている。雇用主は自社従業員のばく露リスクを評価し、健康診断の必要性を判断しなければならない。

1.18 アナリストは作業中の隔離空間に入ってはならない。しかし、ときに入場が必要になる場合もある（たとえば、視き用パネルが無い、あるいは不十分な場合）。人間に対する個人曝露モニタリングの結果（第 1.16 項参照）はリスクアセスメントの一助として使用する。

1.19 雇用主がリスクアセスメントに基づき健康診断が必要だと判断した場合、詳細情報が公認実施準則（ACOP）（アスベスト断熱・吸音材（asbestos insulation）、吹付けアスベスト等（asbestos coating）、及びアスベスト断熱・吸音板（asbestos insulating board）に関する作業¹²およびアスベスト：認定請負事業者のためのガイド³）にある。

アスベスト作業におけるアナリストの役割

1.20 アナリストはアスベスト作業に様々な状況で関わることもある。ほとんどのアナリストはバルクサンプル及び大気サンプルのサンプリングと分析を行う。監督免許を取得している一部の分析機関ではアスベスト除去作業の監督としてアナリストを雇用している（第 7 章を参照）。しかしより一般的には、アナリストの役割の重要性は年月とともに発展、拡大してきた。最近ではアスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰が完了検査（クリアランス）手順においてアナリストの関与を増大させている。現在では専門的判断においてアナリストの責任と関与する機会が大きくなっている。アナリストは作業エリアの完了検査（クリアランス）証明書の作成と再立入許可証（a certificate of reoccupation）の発行の責任を負っている。さらに、一部の顧客はアスベスト除去作業のより多くの場面にアナリストの参加を要求することがあり、その中には撤去前完了検査（クリアランス）及び調査、そして契約期間中の煙試験や再確認の

ための空気サンプリングの監督などの現場管理及び監視がある。

1.21 法的要件ではないが、現場完了検査（クリアランス）証明では建物所有者又は居住者がアナリストを雇用することが望ましい。このような手配を行うことにより、除去作業請負事業者がアナリストを雇用した場合に起こり得る利害相反（想像上のものか現実のものかにかかわらず）を避けることができる。また、完了検査（クリアランス）プロセスで発生する問題の解決に独立した団体を関与させることも可能になる。さらに、全ての結果と再立入許可証（certificates of reoccupation）を請負事業者に加えて施設に対する責任を負っている人間に直接発行することができるという現実的利点もある。

2 品質保証及び認定の仕組み

2.1 アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰の規則 19 では、空気サンプリング及び空気サンプルの分析を行うことができる分析室を持っている雇用主は、その分析室が ISO/IEC 17025¹⁹ の能力基準に適合していることを確認することが求められている。2004 年 11 月 21 日に発効した CAWR2002¹⁰の規則 20 でもアスベスト含有材の分析に分析機関を使用する雇用主は、その分析機関が ISO 17025 に適合していることを確認することが求められている。ISO 17025 への適合は承認団体による認定を取得することで実証される。英国においては英国認証機関認定審議会（UKAS : United Kingdom Accreditation Service）が唯一の承認認定団体である。認定の要件と手続きを説明する UKAS 文書（UKAS 出版物 LAB 30、イタリックアスベストのサンプリング及び試験のための ISO/IEC 17025 適用）²⁰ はインターネットで公表されており、UKAS のウェブサイト www.ukas.com からダウンロード可能である。

2.2 アスベスト現場の完了検査（クリアランス）証明のプロセスでは、認定された分析機関による取り組みが必要になる。空気サンプリングの要件は第 2.1 項に説明されている。目視検査の手順は ISO 17020²¹ 準拠を実証できる分析機関により実施されなければならない。UKAS もこの取り組みに対する認定を行っているが、ISO/IEC 17025²⁰ が今でも主導的な基準である。ISO 17020²¹ に基づく建築物の ACM 調査に関する UKAS 認定も別途分析機関に対して提供されている。ISO/IEC 17024²² に基づく個別認定も近い将来提供される予定である。認定されている分析機関及び認定に含まれる具体的手法については www.ukas.org に掲載されている。詳細情報は UKAS から取得することができる。

2.3 本文書では空気又は素材のサンプリングを行う分析機関に対する追加要件を明記する。大気サンプルを分析する分析機関は、大気サンプル分析に対する外部の品質保証の仕組みに参加し、満足できる基準を達成する必要がある。この要件は付属書 1 に規定されている。この仕組みは分析機関間計数比較試験（RICE : Regular Inter-laboratory Counting Exchange）と呼ばれている。これは HSE の代理として安全衛生研究所（HSL : Health and Safety Laboratory）により運営されており、繊維計測委員会（CFM : Committee on Fibre Measurement）により監督されている。

2.4 建材中のアスベスト分析法の制度管理プログラムは「AIMS : Asbestos in Materials Scheme」と呼ばれる。この仕組みも HSE の代理として HSL が運営し、繊維計測委員会（CFM）により監督されている。この仕組みへの参加と満足に行く実績の維持は本ガイダンスの付属書 2 の要件となっている。これら 2 つの仕組みについての詳細情報は HSL のウェブサイト www.hsl.gov.uk にある。

3 トレーニング及び資格認定

3.1 アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰の規則 9 では、雇用主がアスベストばく露の可能性のある自社従業員に対して適切な情報、指示及びトレーニングを確実に与えることが求められている。この規則の目的は、従業員が関連スキルと知識を備え、アスベストばく露を最小限に抑えながら安全に作業を行うことができるようにすることである。トレーニングだけで有能な作業員を作ることはできない。トレーニングに実践的な経験を組み合わせ、その作業員が仕事を行う上で自信を持ち、スキルと知識を活かせるようにしなければならない。通常免許を必要としない公認実施規則（ACOP）のアスベスト作業¹¹の第 52 項から第 56 項にはアスベスト作業を行う際にトレーニングを行うべき分野がある程度詳しく述べられている。

3.2 アスベスト分析スタッフに対するトレーニングプログラムを作成する際には、まずアナリストが引き受ける職務の見直しをトレーニングマネジャーが行わなければならない。職務ごとに異なるトレーニングの必要性がある。職務には、次のようなものがある。

- 分析機関ベースで行う空気及びバルクサンプルの分析
- 建築物内でのアスベストのサンプリング調査
- 隔離空間及びセキュリティゾーンの完了検査（クリアランス）
- 監督免許の作業

通常トレーニングは以下の分野で構成される。

- 組織固有のトレーニング
- 安全衛生トレーニング
- 職務固有のトレーニング及び資格認定
- 継続的トレーニング・復習トレーニング及び評価

組織固有のトレーニング

3.3 ここでは幅広いテーマを既に確立されている作業手順とともに取り上げる。通常 ISO 17025 認定に伴う多数の項目が含まれる。

安全衛生トレーニング

3.4 トレーニングマネジャーは次の項目を含むトレーニングプログラムを作り出す、又は入手する必要がある。

- アスベスト繊維ばく露の健康被害
- アスベスト作業においてリスクを低減する方法
- 化学物質の安全な取り扱いと使用
- 人間工学的課題と要件
- 会社の安全衛生方針及び手順
- 呼吸用保護具の選定、調整、着用及び手入れ（第 8 章を参照）
- 身体保護具の使用
- 介入（アクション）レベル、管理レベル及び完了検査指標レベル（clearance indicator levels）の意味と解釈
- 緊急時の対応

現場スタッフのトレーニングにおいても次のようなテーマを取り上げる必要がある。

- 閉塞的空間における作業
- 高所作業
- 単独作業
- 高温環境下の作業
- 作業者の除染手順

隔離空間に入らなければならない現場スタッフは、「アスベスト：認定請負事業者のためのガイド」³のモジュール 24 及び 25 に説明されているように呼吸用保護具（RPE）と除染に関する実践的トレーニングを完了する必要がある（第 9 章も参照のこと）。

職務別トレーニング及び資格認定

3.5 資格認定プロセスの一部として、分析機関はその従業員が確かな分析能力を持っていることを示さなければならない。資格認定では認可分析機関のチームの上級メンバーの少なくとも一人が英国労働衛生協会（BOHS : British Occupational Hygiene Society）のアスベスト資格認定証を持っていることが必要である。

この BOHS 認定証は筆記試験（S301「アスベスト及びその他の繊維」）及び口頭試験の二つの試験を受けることで取得することができる。関連するコース及び筆記試験に関する情報は BOHS から得ることができる。S301 試験を受ける受験者がトレーニングコースを受ける必要はない。受験者が筆記試験に合格し、6 か月間の実務経験を積んだ後に口頭試験の受験を BOHS に申請することができる。口頭試験の前提条件として、アスベストに関する適切な主題（多くの場合アスベスト調査）に関するレポートを提出し、このレポートが試験官の求めるレベルに達していなければならない。

3.6 BOHS ではアスベスト作業の特定の分野について個人のトレーニングを行うための 5 つの習熟モジュールも作成している。習熟モジュールは以下の通りである。

- P401：バルクサンプル中のアスベストの同定
- P402：建物内のアスベスト含有建材調査及びサンプリング
- P403：顕微鏡によるアスベスト繊維の計数
- P404：アスベスト除去後の空気サンプリングと区域内の濃度確認
- P405：建築物内のアスベスト管理

資格認定プロセスでは、上記の場所でアスベスト作業を行うすべてのアナリストが少なくとも適切な P モジュール又は S301 試験を受けることが必要となる。これは段階的に導入されており、現時点ではアスベスト建材の分析を行うすべてのアナリストが P401 を受講している。

3.7 それぞれの習熟モジュールは 2～3 日間の独立したトレーニングコースであり、それぞれアスベスト作業の特定の個別分野について理論と実践的トレーニングの両方をカバーしている。習熟モジュールの目的は、個人がそのモジュールが対象としている作業に熟達するための手助けをすることである。全てのモジュールに筆記試験とともに実地の評価がある。5 つすべてのモジュールについて習熟証明書が与えられた受験者は S301 試験（アスベスト及びその他の繊維）の筆記部分に合格したものとみなされる。しかし資格認定証を得るためにはさらに、BOHS の口頭試験に合格する必要がある。トレーニングコースの詳細とコース提供者の情報は BOHS から得ることができる（「詳細情報」のセクションを参照）。

3.8 訓練生の能力を評価するには実践的な実地訓練が不可欠であり、経験豊富なアナリストの管理・監督の下で行われなければならない。資格認定では、分析機関には文書化されたトレーニング手順を備えていなければならない。またその手順には監督下での現場経験の要素が含まれていなければならない。能力評価（すなわち、飛散アスベスト繊維サンプルの分析及びバルク分析に関して）を行うには、内部及び外部の品質管理（QC）の体制が理想的である。空気及びバルクサンプリングに関するその他の手順については社内で作成しなければならない。その手順には監督無しで作業を実施する承認前の現場監査も含まれる。アナリストが監督無しで現場作業を行う前に、そのアナリストの能力評価が内部の上級メンバーにより確認されなければならない。

3.9 監督免許取得者（SLH）の職務を遂行する者のトレーニングでは、「アスベスト：認定請負事業者のためのガイド」³ 第4章及び付属書1及び2にあるトレーニングモジュール1～19及び24～27の全ての項目が網羅されていなければならない。関連するBOHS資格を持っている場合は、トレーニングニーズ分析を使用して必要なモジュールの残りを特定する。将来、BOHSコースが修正されてこれらのトレーニングモジュールが反映され、その結果トレーニングの負荷が小さくなるものと予想される。

継続的トレーニング/復習トレーニング

3.10 アナリストがより多くの職務を行うことが必要な場合、それらの職務についての追加トレーニングが必要になる。公認実施準則（ACOP）のL27には、仕事で恒常的にアスベストをかく乱（アスベストをかく乱させる行為また事象）（disturb asbestos）する人間については年に一度のペースで復習トレーニングを実施しなければならないと述べられている。この復習トレーニングは該当の従業員のニーズと行う作業に対応したものでなければならない。アナリストのためのこの復習トレーニングには、ガイダンス、ACOP及び規則の変更に関する最新情報、グッドプラクティスの共有と最新情報、そしてバッドプラクティスの確認、特に目視検査や調査など測定が困難な作業分野のものが含まれていなければならない。

3.11 アナリストが実施した継続中の作業の品質は再検討が行われなければならない。再立入許可証発行に関連する目視検査については他の仕組みを作らなければならない。定期的な同行/立ち合い点検のプログラムを実施することが内部品質保証体制をうまく機能させることに役立つ。このような完了検査（クリアランス）の結果として説明会や再トレーニングの実施が行われることもある。アナリストの実績について定期的かつ総合的な内部監査を行うことの重要性は、どんなに強調してもしすぎることはない。

4 アスベスト含有材の試料採取（サンプリング）と分析

4.1 アスベスト含有材の試料採取（サンプリング）と分析は、通常アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰を遵守するために行われる。これは規則4のアスベスト管理の義務の一部として又は規則5を遵守するために行われるものである。規則5は、アスベストを扱う作業を行う作業者の雇用主に対する要求事項として、分析によりアスベストの種類を同定すること、又はその建材が最も危険な種類のアスベスト（すなわちクロシドライト及びアモサイト）を含有する可能性があることとみなすことを挙げている。試料採取（サンプリング）の目的は調査対象の素材の代表的試料を採取することである。分析の目的はアスベストが含まれているかどうか、含まれている場合にはその種類を判定することである。

4.2 本章ではアスベスト含有懸念建材の試料採取（サンプリング）及び分析の要件をまとめる。アスベスト含有調査のための分析に使用される手法に関する詳細は付属書 2にある。MDHS100「アスベスト含有材の調査、試料採取（サンプリング）及び評価」⁸にも調査における試料採取（サンプリング）方針及び報告要件がある程度詳しく述べられている。

4.3 ACMs の試料採取（サンプリング）作業は、アスベストばく露の危険が生じる可能性があるため、アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰でもこの点を扱っている。この規則は評価を行い作業計画を立て、作業計画では管理措置(control measures)を立案し身体保護具（PPE）を使用することが求められている。ACMs 試料採取（サンプリング）の一般的なリスクアセスメントに加えて適切な管理措置(control measures)を実施したうえで現場の固有のリスクアセスメントを行う必要がある（第 4.4 項を参照）。また、試料採取（サンプリング）を行う作業者に対して適切な情報を与え、トレーニング及び復習研修を行うことも求められている。しかし ACMs の試料採取（サンプリング）は改正アスベスト（免許）規則（1983）²³では免除されている。

バルクサンプリング方針

安全な作業のしくみ

4.4 試料採取（サンプリング）関連の全ての作業で適切なリスクアセスメントを行う必要がある。目的はアナリスト及び建物占有者を含む他の人々が試料採取（サンプリング）により危険にさらされることの無いようにすることである。アスベストをかく乱（アスベストをかく乱させる行為また事象）（disturbance of asbestos）により生じるリスクと共にその他の危険、特に高所作業による危険も考慮しなければならない。2 名による共同作業で調査を進めることが推奨される。特に高所作業が伴う場合には 2 名での作業が不可欠であり、掃除機による発塵の同時吸引などの防塵対策が講じられている場合には義務づけられている。高所作業が必要な場合、合理的に実現可能であれば昇降台を使用して落下のリスクを最小限にする必要がある。試料採取（サンプリング）を行う人間は、アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰に基づくリスクアセスメントで必要と判断される適切な身体保護具を着用しなければならない。試料を採取する材料とアスベスト建材へのアスベストをかく乱（アスベストをかく乱させる行為また事象）（disturbance of asbestos）の程度により呼吸用保護具の種類が決まる。大気中放出は通常、事前にその素材を水又は適当な湿潤剤で湿潤化することで抑制しなければならない。湿潤化が不十分又は不適当と思われる場合（たとえば通電した電気機器の近く）、H クラス掃除機による同時吸引を行う。

4.5 建物内でアスベストの試料採取（サンプリング）を行う場所は、試料採取（サンプリング）中はできる限る無人にして、入の出入りを制限しなければならない。作業による顧客の業務への影響は最小限に抑える必要がある。試料採取（サンプリング）場所の性質と予測される粉じんの飛散によってアスベスト飛散防止に必要な予防策が決まる。

方針

4.6 アスベスト含有懸念建材の試料採取（サンプリング）を個別に行うか調査の一部として行うかにかかわらず、試料がその採取場所と素材を真に代表するものであることが重要である。使用されている素材の範囲とばらつきや修繕の跡を評価した後で、概ね 3～5cm² の面積で対象素材の深さ全体について代表的試料を採取する。試料は素材全体を代表するものでなければならない。特に内端又は遠い面が完全に含まれるように注意する必要がある。通常試料はあまり目立たない場所、又はタイル、ボード及びシートの端、又は既に損傷のある場所などのように新たな損傷ができるだけ少なくなるような場所から採取する。

4.7 アスベストの試料採取（サンプリング）方針は使用されている ACMs の種類に基づいて決定する。以下のリストは試料数と場所のガイドである。しかし、一か所当たりの適切な試料数は含まれる素材を注意深く調べた後に決定すべきである。この点に関しては第 4.8 項から第 4.9 項に詳細情報が示されている。

- **吹付け塗装、カプセル型スプレー（encapsulated sprays）及び建材等（分析用固体：バルク）試料** これらは通常均一であり、吹き付け面のいずれかの縁で採取する場合には通常二つの試料で充分である。施設が特に大きい、又は一部に修繕又は改修された部分がある場合にはより多くの試料が必要となる。
- **パイプ / 断熱材** 配管断熱材はしばしばその組成に大きな幅があり、特に色、サイズ及び質感に変化が見受けられる場合、あるいは修繕又は修正が行われた形跡がある場合にはこれが当てはまる。試料数と採取場所は変化の量と予定されている又は以降の活動によって決まる。試料は最初継ぎあて又は修繕の形跡の無い場所から採取しなければならない。避けるべき場所としては、バルブやハッチ、又はアクセスルートに近い場所、つまり修繕対象になりやすくアスベストが含まれる可能性が低い場所などがある。
- **アスベスト断熱・吸音板（Insulating board） / タイル** アスベスト断熱・吸音板（Insulating board）は通常均一であるが、修繕が行われている又は代替ボードやタイルが取り付けられている、又はその両方の可能性がある。試料の適切な大きさは通常、一室又は 25m² に付き 3～5cm² である。複数の種類のパネルがある場合、それぞれの代表的試料を採取しなければならない。素材が一見してアスベスト断熱・吸音板と同じである場合、アモサイトは分析で簡単に検出できるためより小さなサンプルでも良い。
- **アスベストセメント素材** これらは波板、平板又は様々な成型品として一般的に存在する均一素材である。古い建物では事前成型の屋外セメント板のほとんどはアスベストを含んでいると思われる。したがって限られた試料でアスベストの存在を確認するだけで良い。アスベストセメントの屋根を突き破って落下するリスクがあることから、試料採取（サンプリング）は通常制限される。場合によっては、試料を採取する努力をするよりも、その素材がアスベストであると仮定することも可能である。そのような場合の一例としてはアスベストセメントで作られた煙突がある。煙突を損なわずに試料を採取することは困難であり、損なった場合には危険なガスの発生につながる可能性がある。
- **その他の素材** 明確に異なる種類の素材がある場合、通常はそれぞれについて異なる場所から取得した 1～2 の試料で充分である。素材面積が数 m² 以上ある場合には二つの試料が推奨される。異なる素材の例としては屋根用フェルトや装飾塗材などがある。
- **破片（Debris）及び粉じん** 破片の試料採取（サンプリング）は見た目が既知の ACMs 又は ACMs の可能性がある素材と似ている個体又は破片、又は目に見える繊維が含まれているものを拾い出すことで行うことができる。損傷が新しい場合、破片はまだ損傷場所の真下にあることが考えられる。しかし、損傷が以前の保守作業又は除去作業によるものである場合、破片は清掃が行われる可能性が低い、手の届きにくい場所（たとえばケーブルトレイ、吊り天井材、軌道、又は棚の奥など）にしか無いことがある。目に見える破片や繊維が無い場合には、アスベストが堆積していると思われる場所から粉じんを捕集する。

試料数

4.8 採取する試料数は存在する素材の量と種類、そしてそれぞれの素材の中の変化の程度による。使用されている素材の種類に関する情報は、修繕や改装によるものも含めて建築士の図面やその他の情報源から入手可能な場合がある。可能であればそういう調査も行うべきである。しかし多くの場合、もっとも標準的な最初の作業は、目視による調査と評価により素材又は製品の範囲と、一貫性をチェックすることである。サンプル数には変動の程度（素材の種類、色・色合い、質感、深さ、塗装を含む）が反映されなければならない。判断及び専門的経験に基づいて決定を行う必要がある。人間の目（色盲でない場合）は隣り合っているものについては様々な色調の変化を区別することができる。品目が同一であることが明確であり、照明が適切であれば少ない試料で良い。異なる素材は色も異なることが多く、従ってアスベストの有無を確認するにはそれぞれの採取が必要になる。修繕、取り替え、又は継ぎあての形跡が見受けられる場所については、主体となる素材を代表するものではないため（より新しいアスベストを含まない代替材料の可能性がある）、試料採取（サンプリング）にはこのことを考慮する必要がある。

4.9 視覚以外の他の知覚を使用して素材を区別することもできる。アスベスト断熱・吸音板 (asbestos insulating board) とアスベストセメントは通常、叩いたときにいずれも特徴的な音をする。素材やアスベストの存在を確実に判断するためにこの方法を使用することはできないが、壁板を叩くことで出る音は組成変化の確固たる判断材料であり、さらなる試料を取得すべきかどうかを示すものである。同様に、表面の粗さや熱伝導性 (その素材に手で触れたときに冷たく感じるか暖かく感じるか) も素材の種類が変化したことを判断するのに役に立つ。材料組成が変化したことを示すものがあれば必ず全ての部分から試料を採取すべきである。

バルクサンプリング手順

4.10 アスベスト破片 (Debris) が落下する可能性がある面は不透水性素材のシートで保護し、汚染の拡散を防ぎ簡単に清掃できるようにしなければならない。ACMs はいずれかの種類のアスベストを含む材料と定義されるため、注意深い手順を用いて試料間の相互汚染を避け、また試料採取 (サンプリング) に用いた機器を再利用する前に完全に清掃することが極めて重要である。試料採取 (サンプリング) 後には全ての試料をそれぞれ独自にラベル表示された容器に個別に密封し、その後それをさらに別の容器又はポリエチレンの袋に入れて密封しなければならない。アスベスト試料のラベル表示、容器詰め、及び移動に関する詳細情報は A2.62 項から A2.69 項に記載されている。アスベストの試料採取場所は、試料採取 (サンプリング) 作業による破片などが無く、繊維の飛散を防ぐために試料採取 (サンプリング) 箇所を補修してきれいな状態にしておかなければならない。サンプリング箇所をもう一度補修するには様々な方法が使用される (たとえばテープや充填材など)。使用する方法については顧客と事前合意し、適切で長持ちし、かつ効果的なものでなければならない。テープは、しっかりと固定されていない面や高温又は湿った面で剥がれることがある。水ベースの充填材は乾燥すると収縮し、落ちることがある。発泡シーラントは多くの場合可燃性であり、消防法に違反する可能性がある。試料採取 (サンプリング) が行えない、または試料採取 (サンプリング) 業者に不利となるような状況 (たとえばその場所が既にアスベスト破片で汚染されており、そのためきれいな状態にすることを試料採取 (サンプリング) 業者に期待することが妥当でない場合、あるいは表面がひどく損傷している又は補修することが困難な種類のものであるなど) では、顧客に連絡しなくてはならない。

試料及び現場のラベル表示

4.11 アスベストの試料採取を行った場合には必ず一意の ID を関連文書に記録し、後日試料の出所を追跡することができるようにしなければならない。現場の試料採取 (サンプリング) 位置も同じ ID で区別する。場所及び施設の大きさを示す印を付けた図面や写真記録などの視覚的記録も試料採取 (サンプリング) 箇所や ACMs の場所、さらに破片 (Debris) がある場合にはその広がりや状態を記録する効果的方法である。

バルクサンプリングの方法

吹付けアスベスト等 (Spray coatings)

4.12 塗材が完全にカプセル化されている場合、試料採取 (サンプリング) 場所の周辺に液体を注入し、その後鋭いナイフ又はメスなどで注意深く切り、小さな薄片を持ち上げて試料を採取する。損傷したカプセル型スプレー (encapsulated spray) 断熱材の場合であれば、もっと簡単に作業が可能だが、その場所に過去の修繕の痕跡がある場合には避けなければならない。吹付け塗材をはがす場合、大気中への放出を低減するには湿潤化と同時吸引の両方が必要になることもある。吹付け材は均一であることが普通であるため、引き起こされる発じんが小さい表面試料で十分である。

断熱材・配管断熱材

4.13 理想的にはまずサンプル取得場所を完全に湿潤化できる注入技術 (injection techniques³) が推奨される。アスベスト破片 (Debris) の拡散を避けるための注意を行わなければならない (たとえばサンプリングを行う場所の少し下に HEPA 掃除機の

³ 「injection techniques」は日本では実施されていない手法である。針状のものを対象建材に刺し、先端から水分を放出して建材内部から湿潤化させ、繊維の飛散を抑える手法である。写真参照: Asbestos Wet Injection Systems



吸入口又はプラスチックバッグを置き、その下の床にはプラスチックシートを置く）。サンプルはコアサンプラーで採取するが、使用するコアサンプラー（a core sampler⁴）は配管断熱材の底まで貫通するものでなければならない（図 4.1 参照）。チューブの両端を密封するためのキャップ又は栓が付いた専用のコアサンプラーが販売されている。コア用のチューブは「ウェットワイプ」の中を通して引き抜き、その後両端を密封し、実験室に持ち帰るためラベル付きバッグの中に入れる。「ウェットワイプ」をサンプリングの前にチューブの中に入れ、チューブを引き抜いた後に別の「ウェットワイプ」をサンプリング端の外側にかぶせることで「ウェットワイプ」を使った簡易栓を作ることにも可能である。サンプル位置の穴はサンプリング後に安全な状態にしなければならない（配管がその場所に残り、その表面が元々無傷であったと仮定して）。これにより断熱材を良好な状態に保ち、アスベストの飛散を防ぐことができる。明らかに新しく、アスベストを使用していない配管断熱材があれば、その新しい断熱材の下に以前のアスベスト帯からの破片（Debris）が存在する可能性を調査しなければならない。



図 4.1 コアサンプルを採取するアナリスト

アスベスト断熱・吸音板 (Insulating board)

4.14 天井タイルや壁パネルなどの建材については、損傷のある場所から試料を採取するのが簡単である。したがって、既に損傷している場所を探す必要がある。損傷が無ければパネルの角又は縁の目立たない場所から、鋭いナイフ又はのみを使用し、「てこの原理」で持ち上げて小さな試料を採取する。試料採取場所（通電している電源から離れている場合）は試料採取（サンプリング）の前にハングスプレーと適切な湿潤剤を使用して湿潤しなければならない。アスベスト断熱・吸音板（Insulating boards）は、まれに片方又は両方の端にアスベスト紙が付いた状態で製造されることがある。

アスベストセメント

4.15 アスベストセメントは通常非常に硬い。したがって、小さな試料が簡単に取れる損傷のある場所を探すのが望ましい。クロシドライトなどの角閃石系アスベストの痕跡を探す必要があるため、試料の大きさは少なくとも 5cm² でなければならない。サンプルは先の尖っていないペンチ又はドライバーの葉を使用して縁又は角から小さな部分を取るようにして採取する。（屋根からの試料採取は、壊れやすいシートを突き破って落下することを防止するため、必ず予防策を講じてから行わなければならない）。

ガスケット、ロープ、シール、紙、フェルト及び繊維製品

4.16 素材は湿潤化する必要がある。試料は鋭いナイフで素材の代表的な部分を切り取って採取する。

床及び壁装材

4.17 試料は鋭いナイフで切り取る。その際には、使われているタイルの種類又は各色すべてから一つずつ試料を採取する。繊維飛散は、裏張り又は基材としてアスベスト素材が使用されていない限り非常に少ないと思われる。

⁴ 「a core sampler」は、金属製の管で層状に対象物質を抜き取るための道具である。
写真参照：Core Sampling Kit



ざらめ塗材 (Textured coatings)

4.18 試料は、塗材及び基材の小片を注意深く「てこの原理」を応用してスクレイパーで持ち上げて採取する。コンクリートなどの固い面に直接塗布されている場合、小片をはがすのは困難であり、鋭いのみで塗材を削り取り、試料採取（サンプリング）箇所の下に保持した容器の中に素材を落とすことが必要になる場合がある。塗材の中に均一にアスベストがある訳ではなく、塗材は通常薄いため、概ね 20cm² の面積のサンプルを採取する必要がある。注： 塗材がどんなものに塗布されているかを確認する必要がある。アスベスト断熱・吸音板（AIB）の場合もある。

破片 (Debris) 及び粉じん試料

4.19 ACMs の損傷又は ACMs 除去後の清掃が不十分なために発生する小さな破片 (Debris) は滑らかな表面のピンセットでつまみ上げ、直接密閉式容器又はプラスチックバッグの中に入れる。粉じん試料は様々な方法で採取することができる：例えば、①密閉可能なビニール袋を裏返して面に沿わせてふき取り、元に戻して粉じんが集まった内側を密閉する；②粉じん層をすくって山にしてから容器に移す；③粘着テープや湿ったフィルター紙につける（ただし採取媒体にアスベスト繊維が付着すると、繊維を選択した屈折率 (RI) オイルの中に入れることができず採取媒体の屈折率 (RI) が分光彩色と干渉するためアスベストの種別の特定はしばしば不可能になることに留意すること）。

試料分析及び報告

4.20 試料を分析し、含まれているアスベストの種類を同定する手法は付属書 2 に述べられている。繊維を見つけ、抽出することが簡単な ACMs では分析を 4 つの段階で行う。

- 実体顕微鏡を使用して線維及び繊維の束を倍率 10 倍～40 倍で観察
- 見えている様々な繊維の種類の見本を抽出し、その繊維を顕微鏡スライド上に滴下した適切な屈折率の浸液に浸してカバーガラスを載せ標本とする。
- 偏光顕微鏡 (PLM) と分散染色法を使用して倍率 100 倍以上で光学的特性を検査する。
- 確認された光学的特性に基づき、存在するアスベスト繊維の種類を同定（図 4.2 参照）



図 4.2 アスベスト分析を行うアナリスト

4.21 繊維がマトリクス内に封入された状態である又は他の微細粒子で覆われている場合、支障なく光学的特性が見えるようにするためには、繊維の抽出、濃縮及び洗浄という前処理が必要となる。実体顕微鏡による観察で繊維が見つからない場合、無作為抽出した微量サンプルを偏光顕微鏡 (PLM) の高倍率観察 (100 倍又はそれ以上) で観察するか、微細アスベスト繊維のコントラストや視認性を高めるその他の顕微鏡技術を用いて、微細繊維の存在を確認する必要がある。

4.22 全ての試験報告書は ISO 17025¹⁹ の要件を満たし、アスベストが発見されたか否かを明記し、同定されたアスベストの種類を記載していなければならない。2004 年 11 月 21 日からは偏光顕微鏡（PLM）によるアスベストの分析を行うためには分析機関は UKAS 認定を受けていなければならない。アスベスト分析能力を維持していることを示すためには、分析機関は建材中アスベスト分析法の分析機関間技能試験：AIMS（Asbestos In Material Scheme）に参加し、十分な AIMS スコアを維持しなければならない（第 2.1 項から第 2.4 項までを参照）。

4.23 付属書 2 の手法では存在するアスベスト量を定量化することはできないが、実体顕微鏡を使用して 10 分間念入りに探し、さらに偏光顕微鏡（PLM）/ 位相差顕微鏡（PCM）を使用して高い倍率で少なくとも二つの検体を適切な屈折率の浸液に載せて 5 分間観察してもアスベスト繊維が見つからない場合には「アスベスト不検出」を報告することが推奨される。上記の探索で 1 本か 2 本の繊維だけが見つかった場合、「微量アスベストを特定」という用語を使用すべきである。繊維が存在するが特定するには細すぎる場合には、結果に微細な繊維が存在するも「細すぎて特定不可」と記載する。もしもその細い繊維が「アスベストに似ている」または「アスベストに見えない」との意見を述べるのが可能であればそれも認められるが、意見は UKAS 認定分析の一部を構成するものではない。説明した分析手法は定量的なものではなく、アスベストの比率は報告しないようにすべきだが、様々な製品で使用されているアスベストの比率に関するガイダンスが MDHS100⁸にある。

5 空気中の繊維状粒子のサンプリング及び濃度分析

5.1 アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰、公認実施規則（ACOP）の L27¹¹ 及び L28¹² には気中繊維数濃度のモニタリングがどのような場合に適切か、そしてその記録をどのように保管するかについての指針を示している。詳細は第 126～137 項（L27）¹¹ 及び第 179～185 項（L28）¹²にある。

5.2 空気サンプリングでは一定時間フィルターを通して既知の空気流量を吸引し、空気中の繊維状粒子をサンプリングする。その後、顕微鏡観察のためフィルターの前処理を行う。フィルター上の一定面積内の付着物を 500 倍の位相差顕微鏡法で視野を変えながら観察し、視野ごとにグラチクルの円内にある繊維（長さ 5µm 超、幅 3µm 未満で、長さとの比（アスペクト比）が 3 : 1 超の粒子）全ての数を数える。その値を基にフィルターに捕集された繊維の総数を計算し、それを吸引空気量で割り、繊維濃度を空気 1 ミリリットル当たりの繊維数（f/ml）で求める。

5.3 アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰ 及び該当の公認実施準則（ACOP）に準拠するための個人曝露サンプリングが以下のような目的で用いられる：

- 管理措置(control measures)の有効性を確認する、すなわち技術的制御が設計仕様通りに機能しており整備や修理が不要であるかどうかを確認するため
- 管理限界を超えていないかどうかを確認し、適切な個人用保護具（RPE）の選択を可能にするため
- 使用している個人用保護具（RPE）で適切なレベルの保護を行うことができることを確認するため
- 介入（アクション）レベルを超える可能性があるかどうかを判断するため
- 医学的監視の記録のため
- 現在及び将来のリスクアセスメントを支援するため

5.4 個人曝露サンプリングの繊維濃度レベルには、作業者が行う作業の性質及びサンプリング時の状況と条件が反映される。従って、アナリストはサンプリングを行っているときに、作業者が行っている仕事（時間を含め）及びその仕事がどのように行われるか（工具、装備、他、及び方法と技法）、また採用されている管理手段などばく露に影響するその他の要素について正確な情報を収集することが重要である。そしてこの情報を使用してサンプリング結果に意味のある説明を与えなければならない。

5.5 アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰ 及び該当する公認実施準則（ACOP）に準拠するための静的サンプリングは、以下の目的に適している。

- 飛散アスベスト汚染につながる可能性のある作業前の繊維濃度を確定するためのバックグラウンド・サンプリング
- 隔離空間の漏れを防ぐために取られた措置が継続して有効で、吸入性の浮遊繊維状粒子が放出されていないことを確認するための漏洩検査
- アスベスト除去作業完了後の再立入（reoccupation）のための現場認証
- 一定の状況で残留アスベスト繊維濃度が 0.01 f/ml 未満であることを確認するために行われることがある再確認のためのサンプリング。たとえば、隔離を解除した後など
- 目視検査のために隔離空間に入る前の隔離空間内アスベスト繊維濃度を評価するための静的サンプリング

5.6 従業員が医学的監視の下にある、すなわち介入（アクション）レベルを超えている場合、雇用主が入手可能な空気モニタリングの結果を従業員の健康記録に含めなければならない。雇用主はこれらの記録を最後の作業場への入場から 40 年間保管しなければならない。モニタリングの結果はサンプリングされた人間が見ることができるようにしなければならない。

モニタリングが不要な場合

5.7 モニタリングが不要となる可能性のある標準的な状況には次のようなものがある。

- ばく露が非常に少なく、該当する管理限界を大きく下回ると予想されるもっともな理由がある場合
- 除去作業が外部（たとえば軒などの下端）で行われた場合の 4 段階完了検査（クリアランス）手順の期間
- 作業が非常に短い期間かつ低排出の一回限りのもので、サンプリングを行う時間内に適切なモニタリングの結果が得られない場合（すなわち検出限界が管理限界より高い）
- 適切な保護具を用意できるようにするための情報が既に十分にある場合
- 作業内容に比して非常に高い基準の保護具が用意されていて、予見されるいかなる測定結果においてもより高い基準の装備が必要となる可能性がない場合。

測定方法

5.8 浮遊アスベスト繊維レベルの測定方法が法律で規定されている。アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰ では、介入（アクション）レベル又は管理限界の遵守を確認するための空気サンプリング測定の結果全てを安全衛生委員会（HSC）が認定した方法で求めることが要求されている。現時点で認定されている方法は MDHS39/4⁵ に規定されている。新しい欧州労働者保護指令⁴が英国において成立した時には付属書 1 に示された方法が現在の認定方法に取って代わることになる。これは 2006 年になると思われる。その時には MDHS39/4⁵ が撤回され、付属書 1 に置き換えられる。

5.9 4 時間の管理限界に対する確認を行うためのサンプリングでは安全衛生委員会（HSC）認定方法を厳守する必要がある。しかし、10 分間の管理限界及び介入（アクション）レベルとの比較を行う場合にはサンプリングを柔軟に行うことが許される。捕集された粉じん濃度が計数に適したものであること、そして適切な定量限界（limit of quantification）と精度が得られるようにするためにはサンプルの流量を変えることができる。認定方法におけるそれ以上の変更も他のサンプリング状況においては許容される。空気サンプリング結果を非常に短い時間で出すことが必要な場合（たとえば隔離空間のチェックや完了検査（クリアランス）証明などにおいて）、空気吸引流量を変える、繊維計数視野数を増やす、さらには他の顕微鏡テクニックによって繊維の種類の分別判定を行うなどの手段を使うことが出来る。これらの状況のまとめについては表 5.1 を参照のこと。

5.10 この測定法では、気中繊維数濃度を定量限界（0.01 f/ml）から最大 100 f/ml の濃度まで測定できる。サンプリング方針はフィルター面積当たり 100～650 f/mm² の最適な繊維密度濃度を達成することを目指すものでなければならない。干渉粒子が少ない場合には、この繊維濃度範囲の上限を 1000 f/mm² まで拡大することが可能であるが、多数の非繊維粒子や塊が存在する場合には逆に小さくすることが必要なこともある。しかし、これらの高い繊維密度では計数値が実際より少なくなる傾向があることが分かっており、濃度の過小評価につながる。

5.11 この分析法の分析感度は次のような条件で求める：有効捕集径が約 20mm のフィルターで 480 リットルの空気を吸引したサンプルを、グラチクルの直径 100 ミクロンの視野で 200 視野の繊維を計数した時、最小計数値の 0.5 本検出した時の繊維数濃度。その値は 0.0002 から 0.0003 f/ml の範囲になる。しかし、フィルターのバックグラウンド計数レベルがあるため検出限界は概ね 0.003 f/ml であり、測定方法の定量限界は 0.010 f/ml に設定される。この下限は 200 グラチクル内の繊維端カウント 40 個（繊維 20 本）に相当する（A1.7～A1.8 を参照）。20 本より少ない数の繊維が計数された場合、計算結果がより不正確になるため、通常は、定量限界（すなわち繊維 20 本）を下回るものとして結果の計算と報告を行う。一部の状況では、20 本を下回る数の繊維（繊維端 40 個）が計数された場合でも実際の結果を計算することが有用なこともあるが、その解釈には実際のフィルターにおけるカウントの精度とブランク値を考慮す

る必要がある。繊維計数の精度は付属書 1 の A1.42 から A1.45 で論じている。

サンプリング方針

5.12 MDHS39/4⁵ 及び本ガイダンスの付属書 1 に分析用サンプルの採取に使用されるサンプリング手法及び機器の詳細が示されている。第 5.13～5.22 項にはサンプル採取時に採用すべき方針が説明されている。

5.13 表 5.2 は推奨されるサンプルの流量と総量、及び空気試験を実施する際に検査すべきグラチクルの数を空気サンプリングの目的に応じて規定したものである。大量の繊維を含むサンプルについては、少なくとも 20 のグラチクルが評価されていることを条件として 100 本の繊維（繊維端 200 本）が計数された時点で計数を終了することが計数終了ルール（stopping rules）で許容されている。多量の非アスベスト粉じんが発生するような状況では、空気サンプル量を減らして計数可能なサンプルを得ることが必要となる。短時間又は低い流量、又はその両方で連続して何度もサンプルを採取することが計数可能なサンプルを捕集する唯一の方法かもしれない。報告書では、これらの方針又はそれ以外で採用した方針の使用と必要性について強調しなければならない。また想定される結果への影響と変更についても考察を行わなければならない。

アスベスト管理規制（CAWR） 2002¹⁰ の遵守と防塵マスク評価のための個人曝露サンプリング

5.14 フィルターホルダーは、フィルター面を下向きにして、作業者の服の上衿又は肩に装着し、さらにその位置は作業員の口や鼻から 200mm 以内に可能な限り近づけなければならない。

局所的な濃度の差に相応の注意を払う。その場合、サンプリング・ヘッドはより高い結果が得られると思われる方向に向けること。呼吸用保護具を着用している場合には、サンプリング・ヘッドをクリーンな空気吹き出し口から離れた方向に向けること。

バックグラウンド・サンプリング又は再確認のためのサンプリング

5.15 バックグラウンド・サンプリング又は再確認のためのサンプリングでは、測定ポイントの分布に繊維発生源と思われる場所及び頻繁に人間が訪れると思われる場所が含まれていなければならない。定量限界（0.01 f/ml）を達成するためには、少なくとも 480 リットルの量から測定結果が得られていなければならない。バックグラウンド・サンプリング又は再確認のためのサンプリングでは、再立入許可（certification of reoccupation）のためのサンプリングよりも少ない測定を行ってもよい。

漏れ試験

5.16 隔離空間外での気中繊維数濃度測定は、隔離空間の完全性が保たれているかどうかを判定するために用いられる。漏れ試験は初期の煙試験及び除去作業中の隔離空間の頻繁かつ徹底的な目視検査を裏づけるために行われる。様々なサンプル採取ポイントを考慮する。たとえば、隔離空間にある開口部の近く（例：除去作業従事者が隔離空間に出入りする 3 段階作業員用セキュリティゾーン（エアロック）及び二重に袋詰めされたアスベスト廃棄物を隔離空間から出す廃棄物用セキュリティゾーン（バックロック）の近く）、隔離空間を密閉するのが困難であった場所の近く（すなわちパイプやケーブルが入る場所）、そして集じん・排気システムの吹き出し口の近くなどである。この種の検査では、より高い流量でサンプルを捕集することが望ましい場合もある。また、一対のサンプリング（paired sampling）を用いて 480 リットルのサンプルを達成するために必要なサンプリング時間を短縮することもできる。バックグラウンドよりも高い繊維濃度があった場合は、その原因を調査しなければならない。

表 5.1 安全衛生委員会（HSC）認定方法のまとめ

4 時間管理限界	10 分管理限界	介入（アクション）レベル	隔離空間チェック及び再立入許可のためのサンプリング
HSC 認定方法 (MDHS39/4) ⁵	HSC 認定方法、但しサンプル流量は変動		MDHS39/4 ⁵ の付録 1 に説明されている通り

表 5.2 吸引流量・最小吸引空気量及び最小計数視野数の推奨値に対する定量限界

用途	吸引流量 (リットル／分)	25mm 径フィルターにサンプル採取を行う最低空気量 (リットル)	最小計数視野数	定量限界における飛散濃度 (繊維 20 本を計数) (繊維数／ミリリットル)
個人曝露サンプリング				
4 時間管理限界*	1	240	100	0.04
10 分管理限界	4	40	100	0.24
介入レベル (個別サンプル)	1-4	480	100	0.02
防塵マスクの評価	>0.2-4	40	100	0.24
静的サンプリング				
完了検査（クリアランス）指標	1-16	480	200	0.01
バックグラウンド	1-16	480	200	0.01
漏れ	1-16	480	200	0.01
再確認	1-16	480	200	0.01

* 安全衛生委員会（HSC）認定方法でこれらの値が指定されている。

現場再立入許可（*site reoccupation certification*）のためのサンプリング

5.17 再立入許可（*certification of reoccupation*）のためのサンプリングは隔離空間が乾燥しており、そこに破片（Debris）や粉じんが無いことが目視検査施確認されている場合にのみ行う。現場再立入許可に向けた隔離空間の準備と評価の実施に関する実用的な助言が認定請負事業者のための HSG247³ 及び本ガイダンスの第 6 章にある。サンプリング機器は隔離空間全体に分布させ、少なくともその半分はアスベストが除去された場所の近辺又はその下におかなければならない。サンプリング・ヘッドは床上 1～2m の高さに置き、フィルターホルダーが下を向くようにしなければならない。

高さのある隔離空間（たとえば縦型の配管やエレベータシャフトなど）では、サンプリング機器を典型的なばく露高さ、特に残留粉じんの検出が困難な場所に置くようにすること。測定値は必ず最低二つ取らなければならない（隔離空間の体積が 10m^3 未満の場合を除く、この場合は一つの測定値で十分である）。この優先条件付きで、サンプル数は少なくとも $(A^{1/3}-1)$ のすぐ下の整数でなければならない、ここで A は次のように求められる。

- 隔離空間の高さが 3m 以下の場合、あるいは 3m より高い隔離空間でもばく露が起こるのが地上レベルだけだと思われる場合、 A は隔離空間の面積を平方メートルで表したもの
- その他のケースでは A は隔離空間の体積を立方メートルで表したものの 3 分の 1 。隔離空間内に大型のプラント（ボイラーなど）があれば、その体積を隔離空間の体積から引いてから A を計算することができる。

5.18 この公式には理論的な意味がある訳ではなく、単に妥当な数字をはじき出すためだけのものである。公式により適正な測定値の最低数が得られるが、サンプリングを担当する作業者がこの最低数が示すよりも多くの測定値が必要だと判断することもある。従って、たとえば隔離空間内で建物の階全体が多数の小さな部屋で構成されている場合など、隔離空間が明確に再分割されている場合にはこの最低数よりも多くの測定値が必要になることがある。表 5.3 に必要な測定値の数を示す。

5.19 それぞれの測定値は少なくとも 480 リットルのサンプル量に基づくものでなければならない。同時又は連続して採取した複数のサンプルで総量が少なくとも 480 リットルとなる量をプールしてから測定を行うことも可能である。このようにプールされるサンプルはそれぞれ 1m 未満の間隔で採取されなければならない、全体として一回の測定と見なされる。

5.20 人為的にかく乱させてサンプリングする目的は、除去・清掃が有効性に欠けていたことによって、今後その区域を利用する労働者、占有者、清掃業者、一般の人々が、アスベストにばく露することがないようにするためである。将来的に予測される、大量の飛散粉じんおよび高い繊維濃度につながる可能性のある活動の現実的なシミュレーションが、ブラシ又はほうきを使った表面の清掃である。ブラシ掛けは、建物における通常の清掃活動と同様の方法で行う必要がある。ブラシ掛けは、アスベストを除去したすべての表面に加え、粉じんの付着・吸着が考えられる水平面、又は表面汚染の疑いがある水平面、およびサンプリング装置にごく近い平面の全部に対して行わなければならない。発じんを起こす活動は、表面に付着した細かい粉じん（存在する場合）を舞い上がらせる程度に、隔離空間の広さに合わせて行う必要がある。隔離空間内の 1 測定ポイントにつき、サンプリング 1 時間あたりサンプリング開始に近い時点で 1 分半以上にわたって、あるいは区域内で新しいフィルターを使用するたびに 1 分半以上にわたって、この活動を行う必要がある。隔離空間が広い場合、粉じんが起こるような作業は、複数の人によって行われると予測される。したがって、表面の総面積は同じでも、発じんされる時間はもっと短くなる。それゆえ、発じんの時間は 1 時間あたり約 $10\sim 15$ 分を超えないものと予測される。

隔離空間の大きさ		測定値の数
面積 (m ²)	体積 (m ³)	
N/A	<10	1
<50	150	2
100	300	3
200	600	4
500	1500	6
1000	3000	9
5000	15 000	16
10 000	30 000	20

表 5.3 公式 ($A^{1/3}-1$) で得られる測定値の最低数の例

5.21 粉じんを起こすのに使用したブラシは、汚染されたとみなし、一般にアスベスト廃棄物と同様に処分する必要がある。ただし、取り外し可能なネジ込み式の柄が付いたブラシもある。有効な除染が可能な素材（例：プラスチック）で柄が作られている場合は、徹底的に清掃したうえで柄を再使用することができる。ブラシの毛の部分は、素材に関わらず常にアスベスト廃棄物として処分しなければならない。

管理限界、介入（アクション）レベル及び現場再立入（site reoccupation）の完了検査指標

管理限界

5.22 管理限界とは連続する 4 時間又は連続する 10 分間について平均された空気中に含まれるアスベスト繊維濃度のことである。これらの時間に関する限界はそれぞれ独自の管理限界である。作業者のアスベスト繊維ばく露は合理的に実現可能な範囲でできる限り小さく、そしていかなる場合でも管理限界より小さくしなければならない。ばく露がいずれかの管理限界を超える可能性がある場合には適切な呼吸用保護具（RPE）を着用しなければならない。

5.23 さらに、時間に基づく管理限界のそれぞれについて二組の数値限界が存在する。どちらの組を使用するかは該当作業中に飛散するアスベストの種類による。一組はクリソタイル単独の場合に適用され、もう一組は角閃石系アスベスト全て（すなわちクロシドライト、アモサイト、アスベスト緑閃石、アスベスト直閃石、アスベスト透角閃石、及びこれらの鉱石のいずれかを含む混合物）に対して適用される。数値限界は以下のとおりである。

- クリソタイル単独：
 - 空気 1 ミリリットル当たり 0.3 本の繊維、連続する 4 時間についての平均値
 - 空気 1 ミリリットル当たり 0.9 本の繊維、連続する 10 分間についての平均値
- その他の種類のアスベスト、単独又は混合物、クリソタイルとその他の種類のアスベストの混合物を含む。
 - 空気 1 ミリリットル当たり 0.2 本の繊維、連続する 4 時間についての平均値
 - 空気 1 ミリリットル当たり 0.6 本の繊維、連続する 10 分間についての平均値

5.24 アスベスト建材の組成が不明の場合、雇用主はアスベストがクリソタイル単独ではないと仮定してより厳しい限界を適用しても良い。この場合アスベストの種類を特定する必要はない。しかし、クリソタイルと一つ又は複数の角閃石系アスベストが存在する場合にはそのアスベストはクリソタイル単独ではなく、より厳しい管理限界を使用する必要がある。

介入（アクション）レベル

5.25 介入レベルは、長期のばく露について適用され、連続する 12 週間の期間の累積ばく露量である。この 12 週間の期間は、介入レベルの超過を回避するために意図的に選んではならず、実施する作業における「最悪のケース」を表すものでなければならない。累積ばく露量を計算するには、空気中の呼吸性飛散アスベスト濃度それぞれに持続時間を掛けて、これらの積を対象となる 12 週間について合算する。その結果は、空気 1 ミリリットル当たりの繊維数・時間として表わす（本・時間/ml）。介入レベルをどのように計算するかのをコラム 5.1 に示す。

5.26 空気中の呼吸性繊維状粒子濃度は入手可能なデータ又は該当のプロセスについての過去の経験を用いて推定することができるが、疑問がある場合には HSC が認定した方法を用いた測定により推定値を確認する必要があるかも知れない（第 5.8～5.9 項を参照）。従業員のばく露量が介入（アクション）レベルを超えた、又は超えると思われる場合、アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰ の評価、通知、指定区域及び医学的監視に関する規則 6、8、17 及び 21 が適用される。アスベスト（ライセンス）（規則（1983）（改正）に基づき HSE が免許を与えた請負事業者で常時アスベスト断熱・吸音材(asbestos insulation)または吹付アスベスト等(coatings)を扱う従業員のばく露量は介入レベルを超えるのが普通である。

5.27 介入（アクション）レベル(The action levels)は：

- 空気 1 ミリリットル当たり 72 本・時間で、ばく露がクリソタイルだけに限られる場合
- 空気 1 ミリリットル当たり 48 本・時間、ばく露がその他の種類のアスベスト単独又は混合物、クリソタイルとその他の種類のアスベストとの混合物を含む、に対するものである場合

コラム 5.1 介入レベル計算例

例1

ある従業員が全ての勤務日で 3 時間ずつ均一で呼吸性の飛散アスベスト濃度 0.3 本/ml にばく露した。12 週間の累積ばく露量は：

$$0.3 \times 3 (\text{時間}) \times 5 (\text{日}) \times 12 (\text{週}) = 54 \text{ 本} \cdot \text{時間/ml}$$

これはクリソタイルの介入レベルよりも小さいが、混合物を含めその他の種類のアスベスト全てに対する介入レベルよりも上である。

例2

ある従業員が 10 週間にわたり毎週連続 2 時間、2 本/ml の濃度のクリソタイルにばく露した。続く 2 週間に毎週一回 1 本/ml の濃度で 10 時間のばく露をした。累積ばく露量は、

$$(2 \times 2 (\text{時間}) \times 10 (\text{週})) + (1 \times 10 (\text{時間}) \times 2 (\text{週})) \\ = 60 \text{ 本} \cdot \text{時間/ml}$$

これはクリソタイルの介入レベルよりも低い。この例は管理限界値を超える場合でも介入レベルを超えないケースがあることを示している。

例3

専用の湿潤剤及び粉じん抑制剤を使用してクロシドライト断熱材のはく離作業を行う従業員たちが 2 本/ml の濃度の呼吸可能な空気中の繊維状粒子 にばく露する。24 時間後に介入レベルを超えると思われる。

$$2 \times 24 (\text{時間}) = 48 \text{ 本} \cdot \text{時間/ml}$$

例4

ある従業員が 15 時間にわたり 3 f/ml の濃度のクリソタイルにばく露し、別途特定可能な回数 6 時間にわたり 2 f/ml の濃度の角閃石系アスベストにばく露した。この例ではある種のばく露と別のばく露とを明確に区別することが可能である。コラム 5.2 の公式を適用して混合ばく露量が合計介入レベルを超えるかどうかを判断することができる。

$$\frac{\text{ばく露 1}}{\text{AL 1}} + \frac{\text{ばく露 2}}{\text{AL 2}} = \frac{15 \times 3}{72} + \frac{6 \times 2}{48} = 0.875$$

これは 1 よりも小さいので合計介入レベルを超えていない。

5.28 対象となる 12 週間に両方のタイプのばく露が別々に特定可能な回数発生した場合、合計介入（アクション）レベルに対して繊維数・時間の比例する数を適用することができる。コラム 5.2 に合計介入レベルを超えたかどうかを判定する公式を示す。

現場再立入（site reoccupation）のための完了検査指標

5.29 有効口径 20mm を超えるフィルターを通した少なくとも 480 リットルの空気サンプルについて 200 グラチクルで 0.5 本の繊維が計数された場合の分析感度は 0.0003 f/ml 程度になる。しかし、フィルターのバックグラウンド計数レベルのため検出限界は 0.003 f/ml であり、この測定方法の定量限界は 0.010f/ml に設定され、これは 40 本の繊維端カウントに相当する。ほとんどの場合、アスベスト除去・改善作業後の作業区域を十分に清掃して、認定測定方法を使用した場合の最終清掃後の呼吸性飛散繊維濃度を定量限界より小さくすることが合理的に実現可能である。従って、0.010 本/ml という値は「完了検査指標」のしきい値と見なされる。またこの値は再確認およびバックグラウンド・サンプルの解釈でも使用される。

5.30 現場完了検査（クリアランス）試験中に採取したそれぞれのサンプルから計算された値は完了検査指標の値と比較しなければならない。少なくとも 80% の結果が 0.010 f/ml よりも小さく、また全ての結果が 0.015 f/ml よりも小さくなければならない。このため、4 つ以下のサンプルしか必要でない小さな隔離空間では、全ての結果が 0.010 f/ml より小さくなければならないが、より大きな隔離空間では 5 つのうち 1 つの結果が 0.010 f/ml と 0.015 f/ml の間にあっても良い。例についてはコラム 5.3 を参照のこと。

5.31 濃度は小数点以下 3 桁まで正しく算出し、0.009 f/ml（合格）と 0.010 f/ml（不合格）とを区別しなければならない。しかし、推奨される報告手順は次のとおりである。

算出値

- 値 <0.010 f/ml
- 0.010 < 値 <0.015
- 値 >0.015 f/ml

結果を次のように報告する：

- <0.01 f/ml
- 小数点以下 3 桁までの結果
- 小数点以下 2 桁までの結果

コラム 5.2 合計介入レベルを超えているかどうかを計算するための公式

$\frac{\text{ばく露 1} + \text{ばく露 2}}{\text{AL 1} + \text{AL 2}}$ が 1 より大きい。

ここで、

ばく露 1 = クリソタイルに対する累積ばく露量;
ばく露 2 = その他すべての種類のアスベストに対する累積ばく露量、単独か混合物（クリソタイルを含む混合物を含む）かを問わない。

よって：

AL 1 = クリソタイルに対する介入レベル

AL 2 = その他すべての種類のアスベストに対する介入レベル、単独か混合物（クリソタイルを含む混合物を含む）かを問わない。

コラム 5.3 完了検査指標との比較のための完了検査サンプルの計算例

隔離空間の高さが 4m 超、体積 7500 m³. (A1/3-1) の公式に A = 7500/3 = 2500 を代入。(A1/3-1) = 12.6 となる。

12 個の測定値が必要となる。

得られた結果は： 0.008, 0.008, 0.004, 0.014, 0.003, 0.010, 0.002, 0.009, 0.008, 0.007, 0.004, 0.003 本/ml
これらの結果の少なくとも 80% が 0.010 f/ml より小さく、全ての結果が 0.015 f/ml より小さくなければならない。従って第 85 項の条件ではこの隔離空間内の空気は許容できる程度にクリーンである。

6 再立入(reoccupation)のための の現場評価

6.1 アスベスト除去作業後に、施設を評価して全体がきれいになっており、再立入(reoccupation)（又は必要に応じて解体）に適しているかどうかを判定する必要がある。当該区域がきれいになっており、以降の利用に適していると認定請負事業者が判断すれば、その区域を UKAS により ISO 17025 を満たしていると認められた独立機関に評価してもらう²⁰。空気関連の測定は全て ISO 17025 規格に準じて行う。この作業場の評価が合格になれば、再立入許可証(certificate of reoccupation)が発行される。この許可証は請負事業者に対して交付されるが、顧客がアナリストを雇った場合には顧客に対して交付される。

6.2 この完了検査認証の過程はアスベスト除去作業で欠くことのできない要素である。公正で有能な機関による再立入許可証の発行により、以降の建築物利用者にとって重要な保証と安心を得ることができる。この多段階の認定過程は、完了検査（クリアランス）と評価を構造化され体系的かつ一貫性のある方法で実施することができるように設計されている。請負事業者は現場がきれいになっており、乾燥している状態に納得されるまで現場完了検査証明手続きを開始すべきではない。

6.3 アナリスト及び請負事業者はこの過程で協力し互いに支えあうことが必要である。また、それぞれが互いの役割と責任を理解する必要もある。作業区域を完全かつ念入りに清掃することは請負事業者の責任である。アナリストの役割は、対象区域がきれいになっており、以降の利用に適していることを独自に検証することである。当該区域の最終的な清掃作業を監督することはアナリストの役割ではない。完了検査認証の過程で認定を成功裡に完了するために注意が必要な事項に請負事業者の意識を向けさせることはアナリストの役割である。アナリストは完了検査認証を行うために十分な時間を見る必要がある。

6.4 再立入(reoccupation)に向けた現場認定の手続きには 4 つの段階がある。

第 1 段階：現場の状況と作業の完了状況の事前チェック

第 2 段階：隔離作業エリア内の徹底的な目視検査

第 3 段階：空気モニタリング

第 4 段階：隔離作業エリア解体後の最終評価

第 1 段階：現場状況と作業の完了状況の事前チェック

6.5 最初にアナリストは、実行された作業内容を請負事業者を確認する必要がある。これは請負事業者の作業計画（アスベスト：認定請負事業者のためのガイド、第 2 章を参照）³を精査して行う。アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰ 規則 7（2）には、作業計画は作業が完了するまで当該施設で保管しておかなければならないと明記されている。アスベスト管理規則（CAWR）2002、公認実施規則（ACOP）（L28）¹² の第 38 項には、4 段階認定手順を実施する全ての人間に作業計画の存在を知らせなければならないと書かれている。作業計画では以下のことが明確になっていなければならない。

- 除去されるアスベストがどこにあったか
- 元のままで残っているアスベスト含有材があるかどうか
- 除去されたアスベスト含有材がどんなものか

6.6 HSE のアスベスト免許ユニットは、請負業者に対して、作業計画に何を含めなくてはならないかについてガイダンスを示した。特に重要なことは、現場のレイアウトを示す図面とどのアスベストを除去するか、である。現場に作業計画が無い、あるいは請負事業者が提出することを拒んだ場合、**作業計画が入手できるか、「不合格」の再立入許可書 (certificate of reoccupation) が不合格理由付きで発行されるまで検査を止める。**

6.7 略図又は写真を現場の再立入許可書(certificate for reoccupation)に添付して作業範囲を明確にする。請負事業者の作業計画にある略図のコピーはこの要件を満たしている。現場に略図が無い場合、アナリストが略図を作成するものとする。略図には主な特徴が含まれているものとする。作業員用セキュリティゾーン（エアロック）及び廃棄物用セキュリティゾーン（バグロック）を含む隔離空間（又は作業区域）、トランジットルートと廃棄物移送ルート、及び廃棄物コンテナや衛生施設が示されていなければならない。また大きさや寸法の詳細が分かること。略図の例が図 6.1 に示されている。アナリストと請負事業者は略図の内容について合意し、両者が署名し日付を記入する。

6.8 作業範囲の理解と検証が終われば、アナリストは衛生施設がまだ完全であり、利用可能であり、清潔であることを確認しなければならない。この施設の清潔な側で清潔度、温冷水及び加熱の確認を行うものとする。シャワー部及び汚れた側は外からの観察（前者について清潔な側から）又は適切な RPE 及び PPE を着用して中に入ることで完了検査（クリアランス）する。これらの部分が清潔で、保管品が無く、NPU が作動していなければならない。その後アナリストがトランジットルート及び廃棄物移送ルートを含めた隔離空間の周辺と隔離空間に隣接する区域をチェックするものとする。この完了検査（クリアランス）の目的は作業に起因する明らかな汚染の兆候を探すことであり、汚染は隔離空間からの漏れ、破裂した廃棄袋又は不適切な除染手順による破片（Debris）などである。この完了検査では隔離空間や作業区域内で必要とした詳細な目視検査は要求されない。

6.9 隔離空間の完全性についてもチェックする必要がある。周辺の区域にアスベスト破片（Debris）が見つかった場合は、請負事業者がただちに清掃しなければならない。隔離空間の完全性に問題がある場合は、これを是正してから第 2 段階を開始する。アナリストは集じん・排気装置等が元の場所にあり、正常に作動していることを確認する。集じん・排気装置等は、第 3 段階の空気モニタリングを開始する直前にオフにし、現場認証手順の第 3 段階が完了して隔離空間を取り外すまで、撤去してはならない。集じん・排気装置等のプレフィルターは、請負事業者による最終清掃の前に新品に交換するものとする。

6.10 アナリストは、作業の完全性についての第一印象を得るため、隔離空間に立ち入る前に、視き用パネル越しに隔離空間を検証する必要がある。注意すべき点は以下の通りである。

- 隔離空間に残っている廃棄物
- 表面に落ちている目に見える破片（Debris）
- 目視検査を行うには不適切な照明
- 梯子や足場などの基本的な設備が残され、すべての部分を検査することが可能
- 水たまり、水濡れ箇所、パイプの水漏れ
- ばく露面にシーリング材を使用した形跡
- 隔離空間にある潜在的に有害な要因

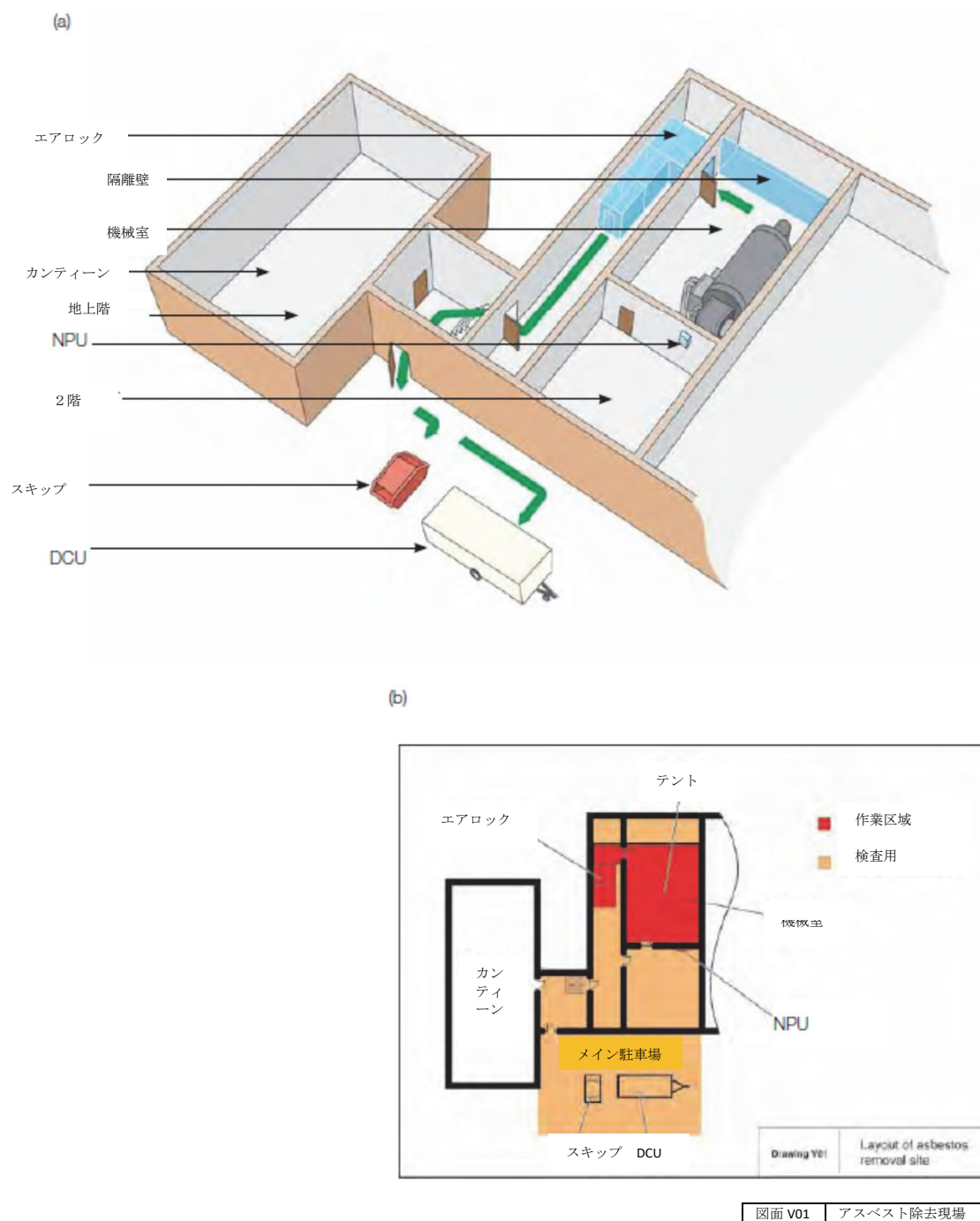


図 6.1 現場レイアウトを記録した略図、(a)は三次元レイアウト、(b)は完了検査（クリアランス）図としてどのように現場を記録することができるかという例である。濃い色の区域が作業区域で、明るい色の区域が完了検査（クリアランス）すべきその他の部分である。

★訳注：ground floor と first floor はそれぞれ地上階と 2 階とした

コラム 6.1 マルチジョブ現場

複数の作業が同じ現場で同時に行われ、同じ廃棄物コンテナなどを使用する場合、その現場で他の作業が行われている間は第 1 段階の検査を行うことはできない。この場合には、第 1 段階の検査証には、なぜそのエリアの検査が行われていないかを述べ、検査が行われたエリアについて明記しなければならない。この原則は、共有エリアでは常に適用される。このような情報はわかりやすいこと、また建物再立入許可証上にも記録を行わなければならない。

コラム 6.2 運搬ルート of 検査のための条件

運搬及び廃棄物移送ルート上に存在するアスベスト破片を、はっきりと識別できる条件が整っている必要がある。通常状況下で、アナリストが第 1 段階の検査を行うとき、雨や湿った地面が妨げとなって（付着した細かい粉じんではなく）目で見える大きさの破片を発見するのが不可能であってはならない。経路に十分な照明が備え付けられていれば、夜間に検査を行っても問題はない。ただし、合理的な検査を行う条件が整っていない（例：照明が不十分）とアナリストが判断した場合は、条件が整うまで（例：翌日まで）検査を延期する必要がある。めったにないことだが、積雪などのため相当な遅延（例：数日間）が予測される場合は、アナリストは再立入認可証にその状況を記録し、残りの完了検査（クリアランス）段階を続けるものとする。再立入認可証は必要に応じて発行する必要がある。ただし、アナリストと請負事業者は、条件が整いしだい、可能な限り早く復帰して、第 1 段階（および必要な場合、第 4 段階）を完遂する必要がある。公認実施準則「アスベスト断熱・吸音材、吹付けアスベスト等、アスベスト断熱・吸音板の作業」。職場のアスベスト管理規則 2002。公認実施準則およびガイダンス 12 の第 157 項に、このような標準からの変動について規定されている。同基準では「現場の完了検査（クリアランス）認証は、通常、連続する 4 段階で実施するものとし、各段階が完了してからでないと、その次の段階に進むことはできない」と規定されている。廃棄物移送経路に、アスベストと紛らわしい破片が散乱している場合や、破片の有無を検査するのが難しい場合は、アナリストは適切な検査が行えるよう、経路の清掃を要求しなければならない。

検査の対象は、明白なアスベスト汚染およびアスベスト破片である（それ以外の種類の破片は、対象ではない）。

6.11 上記のいずれかについて措置が必要な場合は、隔離空間に立ち入る前に対処する必要がある。アナリストは是正すべき点を請負事業者に指示しなければならない。さらに、作業計画で特別な注意が必要とされている事項（例：水の浸入など）がある場合、その点についても請負事業者と協議すべきである。これらの問題を克服するために必要となる措置については、第 6.22～6.29 項で説明する。アナリストは、遭遇した状況と、その是正のために行った協議および措置についての公式記録を作成しなければならない。視き用パネルがない（視き込むのが不可能、もしくは設置されていない）、又は不十分な（すなわち、作業区域全体を見ることができない）場合は、アナリストの現場記録にその旨を記載し、第 2 段階で隔離空間に立ち入る際に、上記の事項について考察する。

**ここに挙げた問題が解決しない限り、
隔離空間には決して立ち入らないこと**

6.12 第 1 段階での所見を再立入認可証(certificate of reoccupation)に記録し、請負事業者とともに確認したうえで、第 2 段階に進むものとする。作業計画が確認済みで、なおかつ集じん・排気装置等、衛生施設、作業区域が損なわれておらず、使用できることを確認する必要がある。この段階では、コンテナ／廃棄経路、運搬経路、衛生施設、および隔離空間の外部からの検査所見も記録しなければならない。付属書 3 を参照のこと。作業範囲外にアスベストが残っていた場合は、その旨を記載する必要がある。

る。

6.13 アナリストは第 1 段階の検査に納得した場合に限り、隔離空間に入って第 2 段階の検査を実施する。一般に、アナリストが立ち入る区域は、アスベストが完全になくなっているため、隔離空間を出た後で完全な除染を行う必要はないものと予測される。ただし、現場の広い範囲にわたって破片 (Debris) が存在し、表面汚染が残っていることが判明した場合には、アナリストは第 2 段階の目視検査を打ち切り、表面を大きくかく乱 (disturbance) したり清掃を行ったりせずに、隔離空間から出ることが重要である。そうしないと、請負事業者による活動の結果としてアナリストが汚染を被り、隔離空間を出た後、完全な除染手順を行う必要が生じる (除染については、第 9 章を参照のこと)。

第 2 段階:綿密な目視検査

6.14 この段階では、隔離空間又は作業区域の徹底的な目視検査を行う。完了検査 (クリアランス) 手順の最も重要な部分である。アナリストは以下の点についてチェックしなければならない。

- 下地の表面から ACMs が完全に除去されているか
- 隔離空間および作業員用セキュリティゾーン (エアロック) 又は作業区域に、目で見えるアスベスト破片が残っていないか
- 付着した細かい粉じんの有無



図 6.2 隔離空間の内部で目視検査を行うアナリスト

6.15 除去工程が原因となって、隔離空間の内部でアスベスト粉じんが拡散することが多い。保護されていない表面、又は清掃が不十分な表面に、粉じんが残留している可能性がある。このような粉じんがあると、建物占有者へのリスクはなくなる。したがって、すべての表面について徹底的な目視検査を行う必要がある。必要に応じて、膝をついたり、梯子を使ったりして、隔離空間のあらゆる部分を細かく綿密に検査する (図 6.2 を参照)。すべての項目をチェックする必要がある。検査の補助手段として懐中電灯を使ったり、表面を指先でなぞったりして、細かい粉じんの有無をチェックする (図 6.3 を参照)。検査しにくい場所を検査から除外してはならない。廃棄物用セキュリティゾーン (バグロック) および作業員用セキュリティゾーン (エアロック) も含める必要がある。



図 6.3 付着した細かい粉じんを懐中電灯で照らす

6.16 アナリストが徹底的な目視検査を行う際、請負事業者の代表者が同行する必要がある。以下のように些細な問題が発見された場合、請負事業者の代表者がその場で是正することができる。

- 隔離空間に外部から見えない穴が開いている
- 検査中に見つかった少量の粉じん又は破片

6.17 アナリストは検査中に発見した粉じん・破片（Debris）の範囲や重大性について、判定を下す必要がある。すなわち、これらが些細なものであって検査と同時に清掃するだけで問題ないか、それとも、もっと重大であり、最終清掃が徹底して行われなかったことの表れであるかを判定する。最終清掃を行って徹底的な目視検査を実行し、そのうえで4段階の現場再立入認可(certification for reoccupation)を要求することが請負事業者の義務であることを忘れてはならない。これが行われていないことが明らかな場合は、アナリストは隔離空間を却下して不合格とし、再検査に先立って行うべき作業を指示する必要がある。検査を担当するアナリストが、2～3分おきに立ち止まって清掃を行っている、汚染を見落とすリスクが大きくなる。いったん却下して請負事業者に清掃と再検査を行わせ、その後、改めて目視検査を開始すべきである。

6.18 隔離空間の内部に持ち込む基本的な機材は、以下の通りである。

- 懐中電灯－懐中電灯を使って表面を浅い角度で照らし出すと、表面に付着した細かい粉じんを見分けやすい。隔離空間に備え付けられた照明を補う役割も果たす。
- ドライバー－パイプの裏側を突いたり、隙間に差し込んだりすることで、見えにくい部分を検査するのに役立つ。
- 鏡－見えにくい部分を検査するのに役立つ。

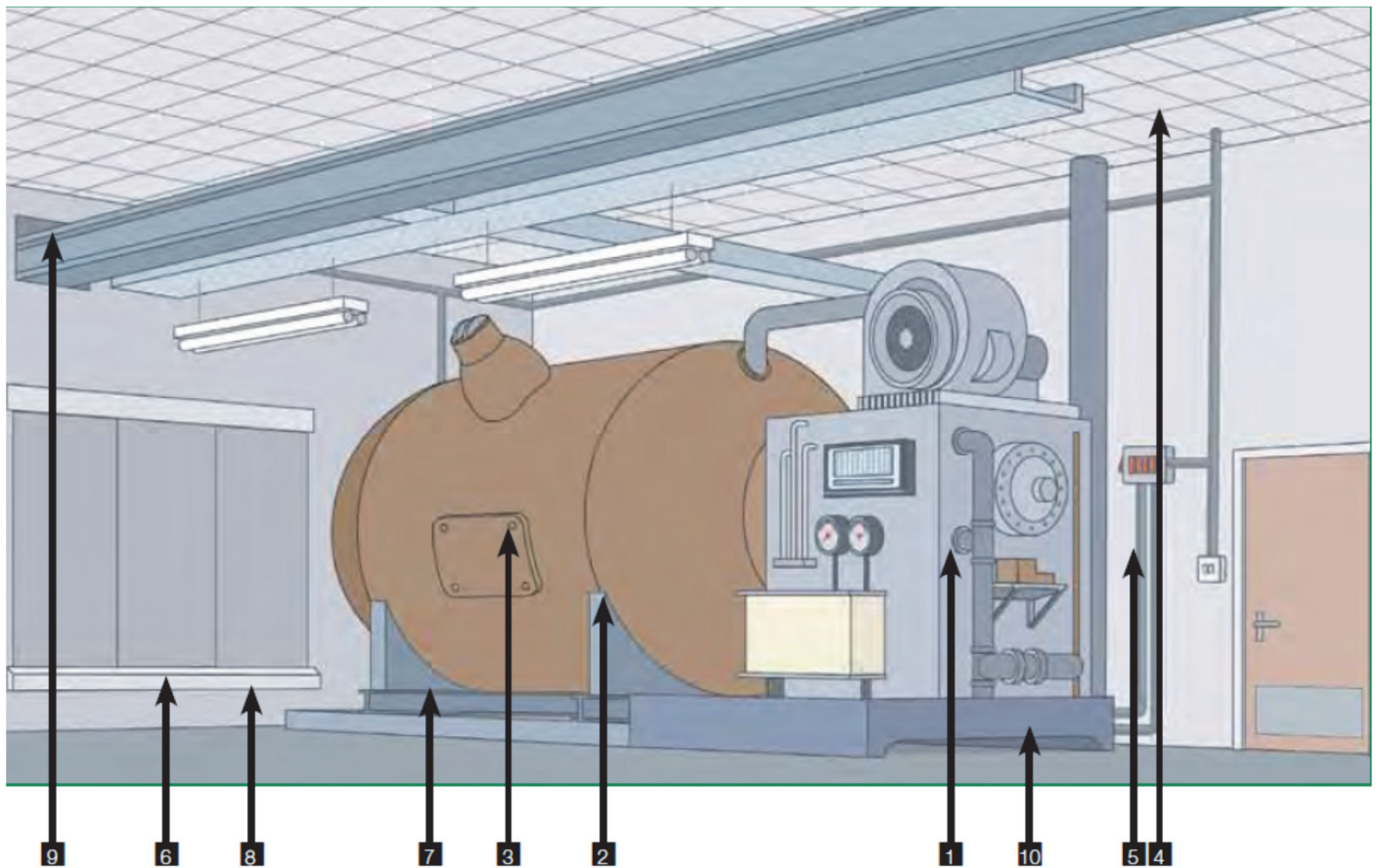
6.19 徹底的な目視検査で、アスベストの粉じん・破片（Debris）が見つかることが多い場所を図6.4に示す。隔離空間を作るために使われているシートの折り目にも、アスベストの粉じん・破片が入っていることがある。

6.20 検査の補助手段として隔離空間に残しておくべき機材は、以下の通りである。

- 梯子／足場－隔離空間の高さに応じて、頭より高い位置にある壁の出っ張り部分や配管などを安全に検査できるようにするため、どちらかが必要である。
- 照明－徹底的な目視検査には照明が必要であり、懐中電灯だけでは不十分である。懐中電灯は背景照明に取って代わるものではなく、これを補うために使用する。
- 掃除機およびその他の清掃用具－これがあれば、アナリストが発見した少量の破片（Debris）を請負事業者が即時に清掃することができる。掃除機は、隔離空間から出た後の予備的な除染にも使用できる。
- 作業員用セキュリティゾーン（エアロック）に水の入ったバケツとスポンジ、ブラシやティッシュを用意しておく、目視検査後の予備的な除染に役立つ。

目視検査に必要な時間

6.21 アナリストは、目視検査に十分な時間を確保しなければならない。綿密な目視検査を行うには多大な時間を要する場合がある。必要な時間は、作業の規模と複雑性によって左右される。ある区域がクリーンで、アスベスト破片や付着した細かい粉じんがないという確信を持つには、隔離空間のすべての部分について、視覚的に徹底した調査を行う必要がある。ボイラー以外に何もない、滑らかな表面を持った2 m²の隔離空間で、家庭用ボイラーの後ろ側からパネル1枚を除去した場合であれば、10～15分以上の時間はおそらく不要である。小規模なボイラー室なら、徹底的に検査しても1時間半未満で完了するはずである。大規模なプラント室の場合、化学プラントや動力装置が存在していれば、数日を要する可能性がある。大規模な完了検査（クリアランス）を行うときは、アナリストは2～3時間ごとに隔離空間を出て、除染し、休憩を取るべきである。目視検査の実施に費やした時間を記録する必要がある。



- (1) パイプ・タンク等の裏側
- (2) パイプ・タンク等の支持ブラケットおよびクランプ
- (3) タンク等と配管のナット／ボルト又はフランジおよびハッチ
- (4) AIB タイル面のネジ穴又は周辺釘およびバテン
- (5) ケーブルトレイおよび導管（特にこれらが金属メッシュ構造の場合）
- (6) 水平方向のすべての出っ張り、棚、窓台など
- (7) ボイラーとタンクの下面（固定されているか否かに関わらず）
- (8) 粗い多孔質のレンガ造りの壁（例：軽量コンクリートブロック、ラフコンクリート）
- (9) 壁面の穴（パイプ、ケーブル、鋼鉄製品が通っている）
- (10) 排水管、水貯め、排水溝

図 6.4 ボイラー室を目視検査した場合に、アスベスト粉じん・破片がよく発見される場所を示している。

目視検査中に遭遇することの多い問題

6.22 第 6.22～6.29 項では、目視検査中に遭遇する可能性のある、いくつかの問題についてガイダンスを提供する。計画や準備が不十分であると、潜在していた問題が発生する可能性がある。請負事業者は作業を始める最初の段階から、完了検査（クリアランス）について考慮しなければならない。請負事業者は作業に関する初期評価を行うとき、完了検査を考慮することが義務付けられている（公認実施規則（ACOP） L28¹² 第 30 項）。請負事業者は、完了検査を不可能もしくは困難にする問題（たとえば、湿潤な隔離空間、固定されていない／本来的に埃の多い表面、ミネラルウールを含む天井の隙間、複数のパイプや機器で密集したプラント室など）に注意を払い、これらを特定しなければならない。一般に、これらの問題は作業を開始する前の方が、より簡単に排除・解決することができる。

湿潤な隔離空間

6.23 アナリストが完了検査（クリアランス）を行うとき、この問題を指摘することが多い。公認実施規則（ACOP） L28¹² では、隔離空間は実現可能な範囲で、クリーンで乾燥した状態でなければならないと規定されている。ところが、隔離空間が湿潤になっている場合がある。原因としては、パイプからの水漏れ、隔離空間におけるシーリング材の噴霧、地下水の浸透などが考えられる。地下水が存在するのであれば、隔離空間を完全に乾燥させるためにできることはほとんどないが、局所的な浸水を防ぐために請負事業者がポンプを使用することも考えられる。一方、パイプからの水漏れについては、以下の 2 つのシナリオがある。

- 作業を行う前に水漏れを発見した場合は、顧客にその旨を指摘し、作業に先立って問題を解決するとよい。また、アスベスト除去請負事業者に対し、水漏れを直さなければ再立入認可証(certificate of reoccupation)が取得できないと説明するとよい。配管がアスベストで被覆されているため、状況がより複雑化している場合は、予備的な除去作業を行うとよい。小規模な隔離空間を作り、グローブバッグを使用して被覆の部分を除去する。こうしておけば、その区域の再立入認可証(certificate of reoccupation)を取得した時点で、配管工が作業を行える。
- 作業の途中で水漏れを発見した場合は、作業を中止し、その区域を清掃する必要がある。その後、配管工が請負事業者に伴われて隔離空間に入ることができる。集じん・排気システムは作動させたままにしておく必要がある。配管工は呼吸用保護具（RPE）および個人用保護具（PPE）を使った安全な作業について、適切なトレーニングを受けていなければならない。パイプの水漏れは、隔離空間が濡れていることの弁解にはならない。隔離空間が濡れていて、その原因が是正可能なものであれば、その隔離空間は目視検査で不合格となる

シーリング材の噴霧

6.24 公認実施規則（ACOP） L28¹² の第 161 項で、目視検査又はかく乱させる空気の検査を行う前に、シーリング材を噴霧してはならないことも規定されている。この規定に対する唯一の例外は、（コンクリートなどから）アスベスト以外の粉じんが大量に発生するために、空気検査が不合格になる場合である。このような状況では、アナリストの自由裁量により、十分な配慮と空気検査を経たうえで、シーリング材を使用しても差し支えない（本ガイダンスの第 6.34 項を参照）。この状況を再立入認可証(certificate of reoccupation)に記録したうえで、空気検査に進む。アナリストが目視検査のため現場に到着した時点で、隔離空間がシーリング材の噴霧によって濡れた状態になっている場合は、アナリストはその区域を不合格とし、シーリング材を洗い落として隔離空間を乾燥させてからでないと第 2 段階の検査が実施できない旨を、請負事業者に伝える必要がある。シーリング材がすでに乾燥している場合は、アナリストはその区域を不合格とし、善後策を検討する必要がある。占有者にとって今後、リスクとなるような大量のアスベスト粉じんがシーリング材によって保護されている形跡が見られる場合は、シーリング材を除去し、その区域を清掃し直す必要がある。顧客にその旨を伝える必要がある。

はがれてバラバラになった床材がある作業区域

6.25 現場のアセスメントで、例えば聖堂地下室のように床材がはがれてバラバラになった作業区域を確認しなければならない。そのような状況では事前清掃の一環として破片を（一定の深さまで）除去しなければならない。はがれた床材は不透水性の層、例えば金属板かハードボードでアスベスト除去作業前に密封する。残されている ACM の状態や部屋の狭さのために破片を取り除くことが出来ないのであれば、アセスメントで検討する。作業計画で ACM 除去が完了した後のかれきとボロボロの土の除去法を決める。そのような状況では、請負業者は工事を始める前にアナリストに助言を求めるのがいいだろう。アナリストが 4 段階の完了検査認証を行うために現場に到着した時点で、完了検査（クリアランス）の手順についての事前の協議や合意がなされていなかった場合、第 2 段階検査で要求される基準に従って、このような区域を合格にすることはできない。アナリストは現場を不合格にしたうえで、請負事業者および／又は顧客と連絡を取り、はがれてバラバラになった床材を一定の深さまで除去する作業を計画し、その作業が終わってから公式に検査を開始しなければならない。床材を除去する深さは、汚染の程度によって異なる。アナリストは残された床をチェックし、アスベスト汚染の兆候がないかどうかを調べる。汚染が除去されたとアナリストが納得する場合、床を密閉して、第 2 段階の目視検査を公式に開始することができる。

隔離空間に残存するアスベスト（故意による）

6.26 隔離空間に、ある程度のアスベストがそのまま残存する場合がある。たとえば、配管から損傷したアスベスト被覆だけを除去し、損傷されていない部分が残っている場合や、アスベスト天井タイルを除去し、アスベストセメントパネルの防火扉が残っているような場合である。このような状況では、残存予定のアスベストであることを示すラベルを ACMs に貼付しなければならない。アナリストはこのような箇所について、作業計画に照らし合わせてチェックしたうえで、再立入認証(certificate of reoccupation)に記録する。

隔離空間に置かれたアスベスト廃棄物

6.27 完了検査認証の第 4 段階を開始して隔離空間を取り外せるようになるまで、隔離空間内にアスベスト廃棄物（袋入り、又は梱包済み）を置かざるを得ない場合がある。廃棄物が大きすぎて（長い配管、大型アスベスト断熱・吸音板（AIB）パネルなど）廃棄物用セキュリティゾーン（バグロック）システム経由で移動できない場合、このような状況になる。これらの品目は隔離空間に残し、他の品目とともに検査を受け、梱包の外面にアスベスト破片がないことが確認されなければならない。さらに、廃棄物で隠れた表面をアナリストが検査できるよう、移動することが可能でなければならない。

手の届かないアスベスト

6.28 アスベストが噴霧されていた箇所では、壁面に配管や桁を通すための隙間や穴が開いている場合が多い。こうした隙間や穴にアスベストが詰まっているにもかかわらず、清掃してアスベストを完全に除去することが不可能なケースがある。アナリストはこのような場合、穴を埋めて中のアスベストを密閉するため、フォーム又は漆喰など、不燃性のシーリング材の使用を許可して差し支えない。ただし、アナリストはシーリング材を使用する前に、合理的に実現可能な範囲で、十分にアスベストが除去されていることを確認する必要がある。封じ込めを行う前に、契約先の顧客（建物占有者など）に対し、推奨する作業手順としてこの旨を通知しなければならない。これを作業計画に記載しなければならない。シーリング材および残存アスベストが存在する場所については、再立入認証(certificate of reoccupation)に記載し、顧客がアスベストの存在を管理計画に記録できるようにする必要がある。アナリストが現場に到着した時点で、アスベストが吹付け施工されていた部分が、すでにフォーム等のシーリング材で塞がれているのを発見した場合は、請負事業者に指示してシーリング材を除去させ、その後で第 2 段階の検査を開始する必要がある。

密閉材とシーリング材の使用

6.29 多孔質の表面（例：軽量コンクリートブロック）又はタールにアスベストが噴霧されている箇所では、目視検査に合格する程度に、アスベストを完全に除去するのはほぼ不可能である（図 6.5 を参照）。アナリストはこのような場合、これ以上の除去は合理的に実現可能ではないと納得したうえで、永続性のある専用のシーリング材を使って残存アスベストを密閉することを、請負事業者および／又は顧客に提案しなければならない。この場合、施工したシーリング材が乾燥したら、目視検査を開始することができる。このような状況におけるアスベストの密閉は、必ずアナリストが残存アスベストを目視で確認したうえで行う必要がある。



図 6.5 軽量コンクリートブロックに残ったアスベスト

6.30 第 2 段階の検査による所見を、再立入認可証(certificate of reoccupation)に記録する必要がある。作業員用セキュリティゾーン（エアロック）および隔離空間に、目で見える破片（Debris）や汚染がないこと、ACMs が完全に除去され、隔離空間内部の表面に目で見える破片や粉じんの付着がないことが確認されていなければならない。付属書 3 を参照のこと。第 1 段階と同様、第 2 段階の検査で問題に遭遇した場合、アナリストは遭遇した状況および是正のため行った協議や措置について、公式な記録を残す必要がある。アナリストはさらに、残存アスベスト（第 6.28～6.29 項を参照）が存在する場合は、再立入認可証に具体的なコメントを記載し、該当区域を明確に特定するとともに、この情報を管理計画／アスベスト登録に記載すべきであるとの勧告を記載しなければならない。

第 3 段階: 再立入許可証(certificate of reoccupation)取得のための空気サンプリングの完了検査（クリアランス）指標

6.31 徹底的な目視検査を実施し、作業計画に記載されたアスベストがすべて除去され、目で見える破片（Debris）や付着した粉じんの層がないことをアナリストが納得した場合に、空気サンプリングを行う（図 6.6 を参照）。付属書 1 及び MDHS 39/4 で説明されている方法で、信頼性のある数量とされている呼吸性飛散アスベスト濃度の最小値は、有効径 20 mm 以上のフィルターを通過した 480 リットル以上のサンプル容量に対し、アスベスト繊維 0.01 本/ml である。ほとんどの場合、最終清掃後の呼吸性粉じん濃度が、承認済みの測定方法を用いてこの限界未満になるよう、作業区域を徹底的に清掃することは、合理的に実現可能である。したがって、0.01 本/ml という値が「認可指標」の限界値と解釈される。空気中のアスベスト測定値が、このレベル未満にならない限り、通常、再立入(reoccupation)に適した現場とみなすことはできない。



図 6.6 完了検査（クリアランス）中の空気サンプリング



図 6.7 完了検査（クリアランス）中にブラシ掛けを行ってかく乱を起こすアナリスト

6.32 サンプルングと分析に使用する装置についての詳しい情報は、付属書 1 及び MDHS 39/4 に記載されている。サンプルングと粉じんのかく乱(disturbance)の方法については、第 5.15～5.19 項に記載されている。集められたフィルターの詳細な分析は、付属書 1 に示されている。空気サンプリングは、ほうきを使って床を掃き、アスベストを除去した表面、およびその他の高い場所にある水平面をブラシ掛けすることによって行う（図 6.7 を参照）。粉じんの付着・吸着が考えられる水平面、又は表面汚染の疑いがある水平面、およびサンプリング装置にごく近い平面についても、ブラシ掛けを行う。使用するほうきやブラシは、化学繊維製とし、清掃活動の代表的なシミュレーションが可能なものでなければならない。面積 20m² 以上の隔離空間では、人間工学的にも実用面からも、柄の長いほうきを使用する。

6.33 粉じんのかく乱(disturbance)は、第 5.15～5.19 項の説明に従って行うものとする。かく乱のために (The dust-raising)行った活動とその時間を、再立入認可証 (certificate of reoccupation)に記録する必要がある。付属書 3 を参照のこと。一部の表面では、ブラシ掛けによって大量の微粒子が発生し、フィルターが不明瞭になるおそれがある。そのような場合には、問題を考慮してサンプリング戦略を修正する必要がある（第 6.31 項を参照のこと）。かく乱検査(disturbance test)を実施する者は、適切な個人用保護具 (PPE) を着用するものとする（第 8 章を参照のこと）。

埃の多い隔離空間

6.34 作業区域の表面から、アスベスト以外の粉じんが発生してフィルターが読みづらくなる状況を作り出すことがある。徹底的な目視検査では、アスベスト以外の粉じんの存在に注意を払う必要がある。アナリストは十分な確信を持って、粉じんがアスベスト以外だと判断しなければならない。ただし、アナリストは通常どおりに空気サンプリングに進む必要がある。その結果、フィルターが読みづらくなる場合は、ペアサンプラーを使ってサンプリング時間を短くし、フィルターに溜まる粉じんの量を減らすことを検討すべきである。大量の粉じんによってサンプリングが再度失敗する場合は、シーリング材で表面を噴霧することを検討する必要がある。シーリング材を使用する場合は、シーリング材が乾燥するまで空気試験を実施してはならない（第 6.24 項を参照）。

空気サンプリング結果の評価

6.35 アナリストは空気サンプリングを行った後、最終的な流量をチェックし、位相差顕微鏡法の分析用にサンプルを収集する（第 5.28～5.30 項を参照のこと）。アナリストはサンプルごとに 200 グラチクル以上の面積にわたって繊維数をカウントし、計算した繊維濃度を報告する。さらにアナリストは、認可指標値（0.01 本/ml）に基づく、隔離空間の合格・不合格についても明確に提示する（付属書 3 を参照のこと）。

隔離空間からの漏出

6.36 通常の状況下では、空気サンプリングを行う間、集じん・排気装置等はオフにし、キャップを被せておく必要がある。最終清掃に先立ってプレフィルタが交換されていることを、アナリストが確認しなければならない。ただし、アナリストの見解により、集じん・排気システムをオフにすると隔離空間の完全性が損なわれ、その結果、隔離空間の付近にいる人々が、認可指標を超える飛散アスベスト繊維にばく露する恐れがある場合には、空気サンプリングを行う間も、システムを引き続きオンにしておくよう請負事業者に指示して差し支えない。集じん・排気システムをオンにしたままにすると決定した場合は、再立入認可証(certificate of reoccupation)にその旨を、理由とともに記録しなければならない。

第 4 段階: 隔離作業エリア解体後の測定と評価

6.37 隔離空間（又は作業区域）が目視検査（第 2 段階）および空気モニタリング（第 3 段階）に合格した場合、その隔離空間を取り外すことができる。通常の状況下では、アナリストはおそらく取り外し中も現場に残ることになる（解体作業がしばらく延期される場合を除く）。アナリストが取り外し作業に立ち会う場合は、くぼみに溜まったアスベストが物理的な発じんによって飛散するおそれがあるため、適切な個人用保護具（PPE）を着用していなければならない。取り外し手順が行われる間に、再確認のためサンプリングを実行し、飛散アスベストの有無をチェックすることができる。隔離空間が取り外された後、アナリストはその区域を目視検査して、クリーンであることを確認する。この段階では、取り外された隔離空間のシートから出た明らかなアスベスト破片、又は清掃中に見落とされていた破片（Debris）に注意を払う。アナリストはアスベスト破片の廃棄／運搬経路も再検査する必要がある。

6.38 破片(some debris)が発見された場合には、呼吸用保護具（PRE）を含む適切な個人用保護具（PPE）を着用した請負事業者の従業員が、ただちに H クラス掃除機を使用して清掃し、使い捨ての雑巾で拭きとる。区域があまりにも汚染されているため、ただちに清掃すると汚染が広がるおそれがある場合には、その現場を不合格とし、再隔離したうえで再清掃し、目視検査と発じん空気検査をやり直すものとする。

6.39 区域内にヒューズボックス又はスイッチがあり、これらが汚染されている可能性があるアナリストが判断する場合は、有資格の電気技師を呼んでボックスを絶縁させ、検査できる状態にする必要がある。

6.40 アナリストは、何を検査したか、何が発見されたか、およびその結果を、再立入認可証(certificate of reoccupation)に記録する必要がある。付属書 3 を参照のこと。

再立入認可証(Certificate of reoccupation)

6.41 4 段階完了検査（クリアランス）手順がすべて納得のいく形で完了した場合、アナリストは再立入認可証を発行する。記載する情報をできるだけ完全なものにするため、認可の各段階が順序に従って完遂されている必要がある。完了検査（クリアランス）の範囲や程度、その過程で特に対処した事項について、すべての当事者が理解できるよう、明確かつ曖昧性のない情報を提供しなければならない。

6.42 再立入認可証(certificate of reoccupation)に記載すべき詳細情報を明記したテンプレートは、付属書 3 に掲載されている。いずれかの段階で不合格となった場合は、不合格の理由を記入し、残りの各段階を取り消し線で抹消しなければならない。不合格については、請負事業者の現場代表者（通常、現場監督者）による署名付きの同意書を取得するものとする。工程の第 1 段階又は第 2 段階で不合格となった場合は、検査（第 1 段階、第 2 段階とも）をやり直す必要がある。別のアナリストが作業する場合は、手順全体を最初からやり直す必要がある。第 3 段階又は第 4 段階で現場が不合格となった場合は、両方の段階に合格するまで、該当する段階をやり直すだけでよい。その後、アナリストは認可証を相互参照し、第 1 段階および第 2 段階に合格した地点から情報を付け加える。認可証を発行するたびに、合格・不合格どちらの場合にも、請負事業者の代表者が結果に同意することが非常に重要である。それによって、結果が何月何日に伝達されたという証拠が残されるからである。認可証は、アナリストが実施した作業の書証となり、アナリストが保管するものとする。認可証の写しを請負事業者に対して発行するほか、必要に応じて、アナリストを雇用した顧客向けに発行する必要がある。請負事業者の代表者が結果に同意しているのであれば、認可証の発行はアナリストが現場を去った後でも差し支えない。認可証にはそれぞれ一意の番号を振るものとする。

衛生施設に関する検査証

6.43 アナリストは再立入認可証(certificate of reoccupation)を発行した後、衛生施設の完了検査（クリアランス）を開始することができる。内容としては、検査および空気検査を行う。空気検査は、ダーティ区域とシャワー区域の表面をかく乱(disturbance)したうで行う。当然のことながら、ここでは 4 段階の認証手順は不要である。第 1 段階および第 4 段階については、主たる再立入認可(certification for reoccupation)の一環として実施される。手順の第 2 段階および第 3 段階のみを実施する必要がある。

6.44 検査に先立って、衛生施設はクリーンで乾燥した状態になっている必要があり、潜在的にアスベスト汚染されている可能性のある資材は撤去されていなければならない（例：使用済みカバーオール、使用済み／廃棄予定の呼吸用保護具フィルター、運搬用衣料の入った袋など）。衛生ユニットにクリーンエンドから入り、この区域に袋入りの資材が置かれておらず、クリーンであることを確認したうえで、シャワー区域およびダーティエンドの詳しい完了検査（クリアランス）を行うことが望ましい。完了検査（クリアランス）は、隔離空間と同じ基準を使用して行うものとする。検査の結果、粉じんや破片(debris)が存在しないことが確認された場合に、シャワー区域およびダーティエンドで空気サンプリング完了検査（クリアランス）を実施する。シャワー区画とダーティ区画の合計床面積が 10 m² 以下の狭いユニットの場合、シャワー区画とダーティ区画を隔てるドアが閉じないように支え、サンプルヘッドを入り口に置いた状態で、空気検査を 1 回行えば十分である。シャワーおよびダーティエンドの合計床面積が 10 m² 超の場合は、シャワー区画とダーティ区画でそれぞれサンプルを取得する必要がある。サンプルごとに 480 リットル以上の空気をサンプリングする必要がある。空気サンプリング中、衛生施設の集じん・排気装置等はオフにし、キャップを被せておく必要がある。さらに、ブラシを使ってサンプルごとに 1 分半にわたって表面の発じんを行う必要がある。衛生施設については検査証（付属書 4 を参照）を別途、発行しなければならない。通常、衛生施設の検査および空気サンプリングを行った後、その衛生施設は現場から撤去される（第 6.45 項を参照）。アナリストは、検査証が発行された後も衛生施設を現場に残す予定かどうかを請負事業者を確認したうえで、その情報を検査証に記載しなければならない。

6.45 保安上の理由により、夜間は衛生施設を現場から撤去する場合には、請負業務が終わるまで検査認証を行う必要はない。このような場合、安全衛生庁（HSE）に対して ASB5 通知とともに送付される作業計画に、夜間における衛生施設の保管場所やその他の取り決めが記載されている。この点についての詳しい情報は、アスベスト：認定請負事業者のためのガイド³を参照すること。

7 アナリストによる管理・監督業務

7.1 一部の分析コンサルタントは顧客のためにアスベスト契約の管理及び/又は監督作業を行う。この作業は、除去作業時における煙試験の立会いや漏れ試験の実施から、入札書類に必要な仕様書の作成、問題点の見直し、請負事業者の監督など全面的な管理サービスに至る。

7.2 アナリストが管理サービスを提供するためには、HSE 傘下のアスベスト免許ユニットが発行する監督免許が必要な場合がある。アナリストが監督免許を取得するためには、適切なトレーニングを完了しなければならない（第 3.9 項を参照）。以下で、監督免許が必要な場合について明らかにしていく。

7.3 アスベスト（ライセンス）（ASLIC）規則（1983）¹³ の規則 2 は、「アスベスト断熱・吸音材、吹付けアスベスト等またはアスベスト断熱・吸音板を扱う作業」を以下の通り定義している。

- (a) アスベスト断熱・吸音材、吹付けアスベスト等またはアスベスト断熱・吸音板の除去、修繕またはかく乱(*disturbance*)を伴う作業
- (b) こうした作業に付帯する作業、及び
- (c) 上記の(a)または(b)とみなされる作業の監督

7.4 アスベスト（ライセンス）（ASLIC）規則のガイダンスの第 18 項では、「監督者の立場で作業を行う場合は免許を必要とし、これにはアスベストの除去や修繕またはかく乱(*disturbing*)に関する直接的な監督・管理も含まれる」と定めている。アスベスト作業の直接的な監督・管理には付帯作業の監督と、アスベスト作業に伴う（及び必要な）全ての作業が含まれる。直接的な監督業務には隔離空間への立ち入りのほか、外的状況も含むことがある。

7.5 監督免許所持者（SLH : Supervisory licence holder）を現場に配備することは法的な要求事項ではないが、アナリストが現場で監督免許所持者の職責を果たす場合は免許を所持しなければならない。

7.6 現在の現場活動に直接的かつ即時的な影響が及ぶ場合には、直接的な監督・管理が行われるが、それには以下を含む。

- 装置や制御の使用を含むアスベストを扱う作業のあらゆる場面
- 作業の進め方、例えば方法や技術など
- 現場の準備や清掃方法など
- 管理のモニタリング、たとえば衛生ユニットの検査、集じん・排気システムのプレフィルターの交換など
- 廃棄物の移動、保管及び輸送

7.7 以下の場合には監督免許を必要としない。

- 作業を行う請負事業者を雇用した顧客である場合
- 主たる請負事業者であり、アスベストを扱う作業は下請け事業者が行う場合
- 作業終了時の再立入許可証(*certificate of reoccupation*)または検査証明書のための作業を行うアナリストである場合
- 隔離空間の外側での空気モニタリングや作業が既存の基準に従っていることの確認など、品質管理作業を行う場合
- 施工計画書を準備するコンサルタントなどである場合、または
- 顧客の代理として入札提出書を確認するコンサルタントなどである場合

7.8 監督者は管理・監督業務中、アスベストへのばく露を合理的に実現可能な最も低い水準に制御しなければならない。一部の管理・監督業務は現場の隔離空間の外側で行うことができるが、適切な位置に覗き用パネルを十分に備え、監督者が内部の作業を確認できるようにしなければならない。隔離空間の大きさ、アスベスト除去の現場と覗き用パネルの距離、目線、隔離空間内の除去作業従事者の人数及び作業の複雑さにより、隔離空間内に滞在できる時間が決定する。覗き用パネルを利用して、以下を確認することができる。

- 個人用保護具（PPE）及びその他の安全手順が正しく実行されていること
- 湿式除去方法が適切かつ一貫して行われていること
- 除去した建材を直接袋詰めし、床面の建材を定期的に清掃することによって、アスベスト破片が最小限に抑えられていること
- アスベスト建材を十分に湿潤化するための対策（たとえば湿気分析器、除去前の色の変化及び圧縮試験サンプル）が講じられていること
- 廃棄物袋には水分を含んだアスベスト含有材のみ廃棄されていること（廃棄物袋は必要な場合はスキップから持ち出し、隔離空間内で覗き用パネルの前で再開封することができる）
- 集じん・排気システムによって捕集された粉じんを二重に袋詰めする前に捕集量を確認するためのプレフィルターの検査

報告手順

7.9 管理契約を締結する場合、監督免許所持者と顧客及び請負事業者は、責任範囲と指揮命令系統について明確にしておかなければならない。顧客及び請負事業者が締結する契約には、アスベスト契約の管理において監督免許所持者が果たす役割を明記することが推奨される。顧客及び監督免許所持者が締結する契約も具体的でなければならない。請負事業者及び監督免許所持者は共に、その責任範囲について明確にしなければならない。各当事者は以下について責任の所在を明確にしなければならない。

- 日々の現場管理
- 煙試験の実施
- 漏れ試験の実施
- 隔離空間の内側及び/又は外側での空気サンプリングの実施とその回数及び頻度の明示
- 請負事業者の作業の直接監督
- 隔離空間の除去中及び/又は除去後の再確認空気試験

顧客及び監督免許所持者が締結する契約にも以下の情報が明示されなければならない。

- 監督免許所持者が報告を行う連絡先
- 監督免許所持者が顧客に報告を行う頻度
- 監督免許所持者が顧客に行う報告の内容
- 作業完了までの予定期間
- 監督免許所持者が現場にいる予定時刻
- 営業時間外における緊急出動に関する取り決め、及び
- 違約条項

8 個人用保護具

8.1 このセクションでは、個人用保護具（PPE）、特に呼吸用保護具（RPE）の準備、使用、メンテナンスについて説明する。

呼吸用保護具

8.2 どの程度のばく露によってアスベスト関連疾病が引き起こされるのか、正確なことは分かっていない。しかし、吸い込むアスベスト繊維の量が多いほど、健康へのリスクが高まることは間違いない。だからこそ、すべてのアスベスト取扱い作業者が厳重な予防策を取り、アスベスト繊維へのばく露を合理的に実現可能な限り低減し、いかなる場合にも関連する管理限界より低い濃度に抑えることが重要である。この予防策には、職務に適した呼吸用保護具の選択、呼吸用保護具が正しく装着されているかを毎回の使用前に行う確認、呼吸用保護具を良好な状態に保つメンテナンスが含まれる。



図 8.1 呼吸用保護具のフィットチェック

コラム 8.1 呼吸用保護具のフィットチェック

呼吸用保護具を着用する際は毎回、密着性を確かめて顔面とシールとの間に隙間がない状態にしなければ、期待する保護レベルは提供されない。呼吸用保護具は、着用の都度、製造業者の指示に従って密着性を確認する必要がある。この作業には通常、締めひもの位置及び強さ（及び使い捨て呼吸用保護具の鼻部分のシール）の調整を含む。これを行ってから、フィルターをふさぎ、強く息を吸い込んで呼吸用保護具内を負圧状態にする（図 8.1 参照）。面体は内側にへこまなければならない。隙間が発見された場合、面体の位置、及び/又は締めひもの強さを調整する。再度テストを行う。密閉性が得られない場合、その面体を使用してはならない。

8.3 アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰は雇用主に対し、合理的に実現可能なあらゆる対策を実施し、アスベスト繊維へのばく露を防止すること、又は防止が不可能な場合、合理的に実現可能な限りばく露を低減することを求めている。さらに、予防策の実施にもかかわらず、アスベスト繊維へのばく露が規則の定める管理限界を超える可能性がある場合、呼吸用保護具を支給しなければならない。

8.4 アナリストが管理限界を超える濃度の飛散アスベスト繊維にばく露することは、「作業中の」アスベスト隔離空間に監督目的で入るのでない限り、一般的に考えにくい。しかし、アナリストがアスベストを激しくかく乱(disturb)している場合（たとえば、再立入許可証(certificate of reoccupation)のため、ブラッシングで発じんしている最中や、アスベスト含有材の試料採取をする際）には、やはり空気中の繊維状粒子レベルが上昇する可能性がある。作業中の隔離空間への入場を避けるためにできることは多い（第 7.8 項参照）。

8.5 また、アナリストは 4 段階現場認証手順において行われる業務完了の一次確認の一環として、覗き用パネルから隔離空間を観察して検査を受けられる状態であることを確認する必要がある。隔離空間が汚れていたり、アスベストの破片(Debris)が目視できる場合、隔離空間内の十分な清掃が終わるまでアナリストは中に入ってはならない。

CE マーキング

8.6 アナリストが使用する呼吸用保護具は、「CE」マークがついているものでなければならない。これは、その呼吸用保護具が最低限の法的要件、通常は欧州標準を満たしていることを意味する。

8.7 また、支給される呼吸用保護具は業務に適したものでなければならない。

適切な呼吸用保護具

8.8 呼吸用保護具は、実施する作業の種類、作業環境、着用者、気中繊維数濃度（推定値又は測定値）に合わせる必要がある。これは、以下の必要性があることを意味する。

- 手作業の実施中、及び特定の作業環境（例：密閉区域又は高所）において、十分な保護を提供する（すなわち、着用者のアスベスト繊維へのばく露を合理的に実現可能な限り低く、少なくとも管理限界より低く抑える）。
- ファン付きの場合、製造者の最低限の仕様を満たす流量及び期間、クリーンな空気を供給する。
- 空気供給型の場合、少なくとも製造者が推奨する最低限の条件を満たす流量で、クリーンな空気を供給する。
- サイズが着用者に合っている。
- 合理的なレベルで快適に着用できる。
- 適切に維持されている。
- 着用者の安全衛生を危険にさらす更なる危険要因を作り出さない。

呼吸用保護具を選択する際、以下について考慮する必要がある。

- 空気中のアスベスト繊維の予想濃度
- 様々な種類の呼吸用保護具の防護係数値（表 8.1 を参照のこと）
- 作業環境内における酸素欠乏の可能性及び/又は他の危険物質の存在（たとえば、溶媒蒸気）。アスベスト繊維からの保護に用いられる粒子フィルターは、酸素欠乏、ガス、蒸気に対する保護はしないことを認識する必要がある。酸素が欠乏する環境での作業では、1997 年閉鎖空間規則²⁴の要求事項を遵守しなければならない。
- 困難で骨が折れるような作業
- 作業場所の温度
- 着用者の顔面の特徴（たとえば、顎ひげ、サイドバーン、眼鏡等）
- 呼吸用保護具着用を必要とする従業員の体調
- 従業員が呼吸用保護具を着用しなければならない時間の長さ
- 着用したときに違和感がないか。必要な時間の間、正しく着用していただけるか。
- 作業中、耐えなければならない激しい動き、制限、及び/又は障害が伴うか。

- 作業中の会話による伝達の必要性
- 他の個人用保護具、及び呼吸用保護具とともに用いる他のアクセサリーの影響（たとえば、顔に合っていないゴーグルは、面体による顔面の密閉効果に影響を与える可能性がある）
- 呼吸用保護具の着用者が身に付けている宝飾品又はその他の装身具（たとえばピアス）。これらは面体の適合性を低下させる可能性がある。

8.9 これらの側面に関しては、安全衛生庁（HSE）の出版物 HSG53「作業に用いる呼吸用保護具：実用ガイド」²⁵に、より詳しい記載がある。

予想ばく露濃度

8.10 ばく露レベルの予想は、アセスメントにおいて立てられる。アセスメントの裏付けとして、前回までの空気モニタリングの結果を用いることができる。アナリストは管理限界を超える飛散濃度にばく露することはほとんどない（第 8.4 項を参照のこと）。

防護係数

8.11 アセスメントによって適切な呼吸用保護具、つまり合理的に実現可能な限り管理限界を下回る程度までばく露を低減する呼吸用保護具を特定しなければならない。

8.12 表 8.1 は、様々な種類の呼吸用保護具を一覧にしたものである。選定にあたり、指定防護係数（APF : Assigned protection factor）がもっとも高い呼吸用保護具を検討する必要がある。次に、その呼吸用保護具が作業の性質、作業に関連する要因、着用者の顔面の特徴、医学的適合性、快適性に適しているかどうか検討する。この手順に従って、作業に最もふさわしい呼吸用保護具を選択しなければならない。また、選択された呼吸用保護具は、想定外の短い時間の高ばく露にも耐えうるものか考慮しなければならない。特定の種類の呼吸用保護具の選択理由は、リスクアセスメント書に記録する必要がある。

8.13 実際には、アナリストは限られた範囲の呼吸用保護具のみを着用することが多いと考えられる。使い捨てタイプは、完了検査（クリアランス）、調査、サンプリング、完了検査（クリアランス）手順に用いられる可能性が高い。また、作業中の隔離空間に入る際は、全面形面体の電動呼吸用保護具を着用する。これらの状況においてはそれぞれ、FFP3 規格及び P3 規格のフィルターを備えた装置を用いる必要がある。だが、使い捨てではなく、半面形面体を用いることを好む作業者がいる可能性がある。また、一部の状況においては、全面形面体の電動装置の代わりに電動式のフード又は作業着を用いる場合がある（第 8.21 項参照）。

面体のフィットテスト

8.14 面体の性能は、着用者の皮膚とマスクのフェースシールの間にいかに隙間を作らずに着用できるかにかかっている。人間の顔は様々な形及び大きさであるため、1つの特定の種類又はサイズの呼吸用保護具面体が全員に合うことはあり得ない。十分な密着が得られないと、着用者の保護が著しく低くなる。選択された面体が十分な保護を着用者に確実に提供できるようにするため、フィットテストを実施する必要がある。実施可能なフィットテストには、2種類ある。フィットテストをフィットチェックと混同してはならない。フィットチェックとは、呼吸用保護具を用いるときに毎回、きちんと密着していることを検証する手順である（コラム 8.1 参照）。

定性的フィットテスト

8.15 定性的フィットテストは、検査者がフェースシール部分から漏れないかどうか、着用者の主観的な評価に基づき合格/不合格を決める簡単なテストである。これらのテストは比較的实施が簡単であり、半面形面体及びフィルター式面体（使い捨てタイプ）呼吸用保護具に適している。定性的フィットテストは全面形の呼吸用保護具には適さない。

定量的フィットテスト

8.16 定量的フィットテストは、適合性の数値尺度を提供し、「フィット係数」を導き出す。これらのテストは、密着性に客観的な尺度を与える。この検査には、専門的な装置が必要であり、定性的検査よりも複雑である。全面形の呼吸用保護具にはこれらの方法を用いる必要があり、半面形面体及び使い捨てタイプの呼吸用保護具にも用いることができる。

8.17 呼吸用保護具のフィットテストに関しては、HSE 情報文書 HSE282/28「呼吸用保護具面体のフィットテスト」²⁶ に、より詳しい記載がある。この文書は HSE ウェブサイトからダウンロードできる。

8.18 作業場で適正な性能を得るためには、選択された呼吸用保護具を常に正しく着用する必要がある。適切な呼吸用保護具によって提供される作業場の保護の推定レベルは、表 8.1 において指定防護係数（APF）値で示されている。

8.19 着用者が以下に該当する場合、フィットテストを繰り返して行う必要がある。

- 異なるモデルの呼吸用保護具又は異なるサイズの面体に変更した。
- 最後のテスト以降、体重に顕著な変化があった（>10%）。
- 大がかりな歯科治療を受けている。
- フェースシールに当たる顔の部分に変化があった（傷、ほくろ等）
- 会社の安全衛生方針が要求する場合、雇用主は、フィットテストを行う頻度について、具体的な方針（たとえば、1 年又は 2 年に 1 度）を定めることが推奨される。

8.20 顎ひげ、サイドバーンの他、明らかに伸びた無精ひげでも、又は眼鏡の着用は、顔面とマスクの間の高い密着性に依存する密着タイプの面体のフェースシールに影響を与えることに留意しなくてはならない。密着タイプの呼吸用保護具を着用する従業員は、きちんとひげを剃る必要がある。

8.21 密着タイプの面体を着用できない作業者には、高密着性のフェースシールに保護を依存しない装置を支給する必要がある（たとえば、電動式又はエア供給式のフード、及び電動式又はエア供給式の作業着）。眼鏡をしている作業者には、必要に応じて、面体の内側に特別なフレームを装着できる全面形面体を採用しなければならない。

表 8.1 空気中のアスベストからの保護に用いる呼吸用保護具選択表

指定防護係数 (APF)	フィルター式半面形面体 BS EN 149	バルブ付きフィルター式半面形面体 BS EN 405	吸気バルブなしのフィルター式半面形面体 BS EN 1827	半面形面体 BS EN 140 及びフィルター BS EN 143	全面形面体 BS EN 136 及びフィルター BS EN 143	電動式フード及びフィルター BS EN 146 BS EN 12941	電動アシスト式面体及びフィルター BS EN 147 BS EN 12942
40					面体 P3 規格以上	TH3 フード、作業着 P3 規格以上	TM3 全面形面体 P3 規格以上
20	FF P3	FF P3	FM P3	面体 P3 規格以上		TH2 あらゆる種類の面体 P3 規格以上	TM2 あらゆる種類の面体 P3 規格以上

呼吸用保護具の手入れ、メンテナンス、検査

呼吸用保護具に関する注意点

8.22 呼吸用保護具を着用者に支給する前と保管庫に戻す前には、呼吸用保護具が清潔で、正常に動作する状態であることを確認しなければならない。メンテナンスが行き届いていない呼吸用保護具は適正な保護を提供せず、着用者の健康が危険にさらされる。該当する場合、使用前に以下の確認を行う必要がある。

- 締めひも、及びシールとバイザーを含む面体の状態。
- 装備されている場合、吸入及び呼気バルブの状態。たとえば、汚れている、丸まっている、ひびが入っているバルブは適切に機能せず、提供される保護を著しく損なう。
- ねじ式接続部及びシールの状態。
- フィルターの状態及び種類、それらが「使用期限内」であり、適切に装着されていること。
- バッテリーの充電/状態。
- 製造者の仕様と比較した電動アシスト式の呼吸用保護具の風量率—装置の使用前
- 呼吸用保護具が完全であり、正しく組み立てられているか。
- 製造者の指示に従ったその他の検査。

8.23 すべての呼吸用保護具（使い捨てタイプを除く）は、上述の使用前確認に加え、着用者に初めて支給される前と少なくとも 1 ヶ月に 1 度、訓練を受けた者がさらに精査及び検査し、そのデザイン仕様に対して適切に機能することを確認する必要がある。検査、試験、メンテナンス、及び修理された欠陥の記録は、5 年間保持しなければならない。交換部品は専用品以外を用いてはならない。

8.24 呼吸用保護具の製造者は、その清掃、メンテナンス、追加のチェックおよび試験に関して指示をする。この手順には従わなければならない。呼吸用保護具（使い捨てタイプを除く）は毎回の使用後に、除染、清掃、消毒し、そのために特別に用意された適切な保管庫に収納する必要がある。

呼吸用保護具について製造者の情報理解と同意なしに形状を変更してはならない。

アナリストへの呼吸用保護具トレーニング

8.25 アナリストには以下に関して、十分な指示、情報、及びトレーニングを提供する必要がある。

- 呼吸用保護具を正しく装着及び使用する方法
- 呼吸用保護具を正しく着用しなければならない理由、適切な装置の初期選択時のフィットテスト及び毎回の着用時の使用前フィットチェックの重要性
- 汚染区域において医療緊急時以外には絶対に呼吸用保護具を外してはならない理由
- エアフローの低下を認識する方法、及びエアフローが低下した場合の対処方法
- 特定の種類の呼吸用保護具が選択された理由、及びその呼吸用保護具ができることとできないこと
- 装置の使用及び整備に関する製造者の指示
- 作業区域を離れる際のアナリスト自身の洗浄及び除染方法、及び汚染された呼吸用保護具の清掃方法
- 使用していないとき、呼吸用保護具をどこにどのように保管すればよいか

8.26 また、アナリストは、呼吸用保護具の使用について、定期的に（少なくとも年 1 回）復習研修を受ける必要がある。雇用主の立場から、作業者が以前に呼吸用保護具を着用したことがあるという理由で常に適切に呼吸用保護具を使用するとみなすことがあってはならない。

8.27 呼吸用保護具が使用前に正常に機能する状態であるか、及び呼吸用保護具が適切に装着されているかについて、アナリストが確認することを標準的な慣行にしなければならない。

アスベスト作業時に起こりがちな呼吸用保護具の誤用

8.28 以下の例は、非常に深刻な呼吸用保護具の誤用の一部を示したものである。この種の誤用は必ず保護の低減を招き、不必要かつ防止可能なアスベスト繊維へのばく露につながる。これらの誤用は呼吸用保護具の適切性を無効化し、アスベスト管理規則（CAWR）2002¹⁰の不遵守の要因となる。

すべての種類の呼吸用保護具

- 十分な密着を妨げるひげを生やした作業者が使い捨ての呼吸用保護具、半面形面体、全面形面体を着用している。
- 使い捨てタイプの呼吸用保護具又は半面形面体と互換性のない安全ゴーグルを着用する。互換性のないゴーグル類は、十分な密着を妨げる。
- 呼吸用保護具が着用者に適合しているかどうかを厳密に確認していない。
- 呼吸用保護具を首の周りにぶら下げたまま、汚染区域で作業する。
- 呼吸用保護具が汚れている、損傷している、又は不完全であるにもかかわらず使用する。
- 呼吸用保護具を適切に整備しない。
- マスクを作業場周辺に置いたままにする。粉じんがマスクの中に入り、次に使用するとき吸入してしまう。

使い捨て呼吸用保護具

- 呼吸用保護具の上下を逆にして着用する。
- マスクが良好な顔面密着及び顔面密閉を得るようノーズクリップの調整をしていない。
- 2本の締めひもを正しく用いておらず、良好な密着性を得ていない。
- 呼吸用保護具を首の周りにぶら下げたまま、又は頭頂部に押し上げた状態で、汚染区域で作業する。

全面形面体を備えた呼吸用保護具

- すべての締めひもを十分にしめていない。
- 全面形マスクと通常の眼鏡を一緒に着用している。顔面への密着を妨げない、マスクの中で着用する特別なフレームがある。
- 締めひもをカバーオールフードの上にしてしている。これは、マスクのずれを生じさせ、顔面への密着性を低下させる。
- フィルター取付け部に正しいフィルターが装着されていること、又はシール/O型リングが所定の位置に正しくついていることを確認しない。
- フィルターが取付け部に装着されていることを確認しない。
- 面体及びフィルター取付け部に吸気ホースをしっかりと取り付けていない。
- 使い古した歪みのあるマスクを取り換えていない。
- バッテリーの電圧及び容量をテストしていない。また、不適切なバッテリーを取り換えていない。
- ファンが停止、又は流量が低下しているのに作業を続ける。その場合は直ちに作業区域から離れなければならない。

その他の個人用保護具

カバーオール

8.29 アナリストの活動別に着用すべき個人用保護具の種類に関するガイダンスは以下の通りである。

アナリストは、リスクアセスメントにおいてアスベスト繊維による汚染の可能性が示されている場合は必ず、カバーオールを着用しなければならない。アスベストに汚染された品物の洗濯を受け入れているランドリーが現在ではほとんどないため、使い捨てのカバーオールが好まれている。また、使い捨てのカバーオールは二重の袋に入れ、設備がある場合は現場で、又は作業等がベースとなる場所で、アスベ

スト廃棄物として廃棄することが容易である。カバーオールは、十分な強度がある頑丈なものであり、除去現場の過酷な環境での這う、膝をつく、上などの動きによる物理的接触による摩耗及び損傷に耐えられなければならない。また、カバーオールの素材が傷んでいない状態ではアスベスト繊維の侵入を抑えなければならない。タイプ 5、カテゴリ 3 の使い捨てのカバーオールは許容基準を満たしており、使用が推奨される。

調査用の個人用保護具

8.30 タイプ 1 及びやや簡単なタイプ 2 の調査（たとえば、免許が必要な ACMs を取扱わない）、又はその他の低リスクの状況では、カバーオールは通常の上着（及び適切な呼吸用保護具）の上に着用すれば十分である。しかし、その他の調査環境、又は粉じんが多い区域や汚染の可能性がある区域に入ることが予想される場合には、通常の上着を着用してはならない。これらの状況では汚染の可能性が高まり、カバーオールによる保護が損なわれた場合（たとえば、カバーオールが破れて）、肌着が汚染される可能性がある。このような状況になったら、必要に応じて着替えやシャワーなどの除染を行う必要がある。使い捨てのカバーオールを 2 枚重ねて着用するのが実用的である。この方法であれば、作業が完了した際、上に着たカバーオールを二重の袋に入れてアスベスト廃棄物として廃棄し、もう 1 枚のカバーオールを更衣室まで着て行くことができる。

8.31 ほとんどの調査作業では、作業靴は通常のもので十分であると考えられる。しかし、アスベストの破壊を伴うタイプ 3 の調査など、汚染の可能性が高い区域で作業する場合、又は地下室のような予測不可能な空間で作業する場合には、靴ひものないウェリントンブーツのような靴が適している。そのような靴であれば汚染の可能性も含めて汚れを簡単に落とすことができる。

8.32 上記のような状況、又は懸念対象の ACMs のサンプル採取時には、手及び爪の汚染を防止するため、使い捨ての手袋を用いることもできる。

4 段階完了検査証明手順

8.33 4 段階完了検査証明のために隔離空間に入るという行為には、アスベストばく露及び衣服の汚染の危険性が伴う。隔離空間にアスベストが存在しないことはこの段階では示されていない。実際、多くの事例において、完了検査（クリアランス）完了前には是正措置が求められている。さらに、これから粉じんを発生させる活動を行うわけであり、アナリストは這う、膝をつく、上などの動作もしなければならない可能性がある。これらは、衣服の汚染のほか、擦り切れ又は破れを生じさせる要因となる。そのため、アナリストはカバーオールの下に日常着を着てはならない。オーバーシューズ又はウェリントンブーツ又は同様のものを着用する必要がある。手袋も着用することができる。完全な除染が必要になると予想される場合（第 9.2 項参照）には、使い捨てのカバーオールを 2 枚着る必要がある。1 枚目のカバーオールは作業員用セキュリティゾーン（エアロック）で脱ぎ、隔離空間から退出するときにアスベスト廃棄物として廃棄することができる。2 枚目は、作業員用セキュリティゾーン（エアロック）と衛生施設の間の移動のために使用することができる。

「作業中の」隔離空間への入場

8.34 アスベストレベルの上昇が見込まれ、完全な除染手順が必要になる隔離空間への入場時には、アナリストは適切な衣類を着用する必要がある。呼吸用保護具及び個人用保護具は、P3 フィルターを備えた全面形面体の電動呼吸用保護具、使い捨ての肌着、使い捨てのカバーオール（必要に応じて入退出用カバーオール）、ウェリントンブーツ又はその他同様の靴ひものない、洗浄可能な靴とする。手袋も着用するとよい。

9 除染手順

9.1 隔離空間、すなわち指定の作業区域に立ち入るすべてのアナリストは、アスベストに汚染する可能性がある。したがって自身を除染しなければならない。除染の目的は、作業者が自分の体を清浄し、また個人用保護具/呼吸用保護具を清掃し、さらなるアスベスト汚染の拡散を防ぐことである。除染手順は、アナリストへの二次ばく露を引き起こさない方法で清掃を行わなくてはならない。

9.2 アナリストは自身の除染に関する適切なトレーニングを受けなければならない。したがって、隔離空間に入室するアナリストは、**HSG247 アスベスト：認定請負事業者のためのガイドのモジュール 24** に詳述されている実践的トレーニングを修了する必要がある³。これを持って除染の総合的な手順とする。ただし、実際には、アナリストは全ての場合において完全な除染が必要となるわけではない。アナリストの除染は2つのカテゴリーに分類することができる。

- わずかに汚染し、個人用保護具の清掃と除去及び廃棄を含む「予備的な」除染、及び
- 有意な汚染の可能性がある場合の「総合的な」除染。この手順には予備除染及び衛生ユニットでの追加除染が含まれる。

9.3 アナリストは常に除染を行わなくてはならない。除染の種類は、実施した活動と活動中に生じた汚染の可能性及び程度によって異なる。必要な除染レベルは、作業のリスクアセスメントの一環として検討しなければならない。多くの場合、日常的な現場作業（たとえば再立入許可証(certification for reoccupation)及び建築物調査など）を実施するアナリストは、「予備的な」除染を受けるだけで十分とする。ただし、たとえば **SLH** 業務の一環としてアスベストの除去作業が行われているとき又は専門的な見地からアナリストが隔離空間に入室する場合などは汚染する可能性があり（たとえば地下室の確認や調査、又はサンプリング用ポンプの回収を通じて）、アナリストは隔離空間から退出する際に総合的な除染を受けなければならない。したがって、アナリストはこのような除染に適した、身なりをしなければならない。加えて、総合的な除染が予定されていなかったものの必要となる場合も考えられる。

予備除染

9.4 アナリストは予備除染を行うための道具を用意しなければならない。これには以下が含まれる。

- アスベスト用廃棄袋：汚染した個人用保護具、装置及び清掃用具に用いる
- 粘着テープ：袋の密封に用いる
- ウェットワイプ：呼吸用保護具や装置及び靴の表面付着物の除去に用いる
- 濡れた雑巾、バケツ及びスポンジ：現場でさらに広範な清掃が必要な場合に用いる

9.5 再立入許可証(certificate of reoccupation)発行のための4段階完了検査の第2及び第3段階で隔離空間に入室した際の除染では、アナリストはこうした環境からの退出時に定められている通常の除染手順に従わなければならない。除去作業の完了後も、隔離空間は稼働中であるため、バケツの水とブラシ、スポンジまたは雑巾による清掃に加え、タイプ H の掃除機を備えていなければならない。こうした清掃用具は隔離空間の隅または3段階作業員用セキュリティゾーン（エアロック）システムの内側段階に用意される。掃除機は靴を含む呼吸用保護具及び個人用保護具の清掃に使用する。さらに、呼吸用保護具は濡れたスポンジまたは雑巾を用いて拭き取りを行い、又は湿らせなければならない。靴はブラシを使用してバケツの中で清掃しなければならない。サンプリング装置は内側段階で十分に拭かなくてはならない。カバーオールは作業員用セキュリティゾーン（エアロック）の間段階で脱衣し、廃棄物袋に入れる。アナリストは作業員用セキュリティゾーン

(エアロック) システムから退出する際、呼吸用保護具を除去して廃棄物袋に入れなければならない。

9.6 建築物調査では、靴の除染が最も頻繁に行われる場合が多い。アスベスト粉じん及び破片 (Debris) が床面にあるエリアではこの作業が必要となる。使い捨てのオーバーシューズを着用している場合は、オーバーシューズを脱いで袋詰めし、新しいものを着用しても良い。あるいは、アスベストを含む粉じん及び破片の拡散を防ぐために、靴底をウェットワイプで拭き取る。カバーオール及び呼吸用保護具は通常、調査完了後 (又は休憩時) に戸外などの安全な場所で外さなければならない。

総合的な除染

9.7 総合的な除染では、衛生施設を使用しなければならない。衛生施設は、除去現場に最初に設置され、作業完了時に最後に撤去すべき設備の 1 つである。衛生ユニットは、アナリストが必要とする場合には使用できるようにしておかなければならない。図 9.1 は標準的な衛生施設を示している。

9.8 総合的な除染工程には 2 つの方法がある。

- 衛生施設が介在スペース又はトンネルによって隔離空間と連結している場合
- 衛生施設が隔離空間と物理的に離れており、トランジット施設を使用している場合

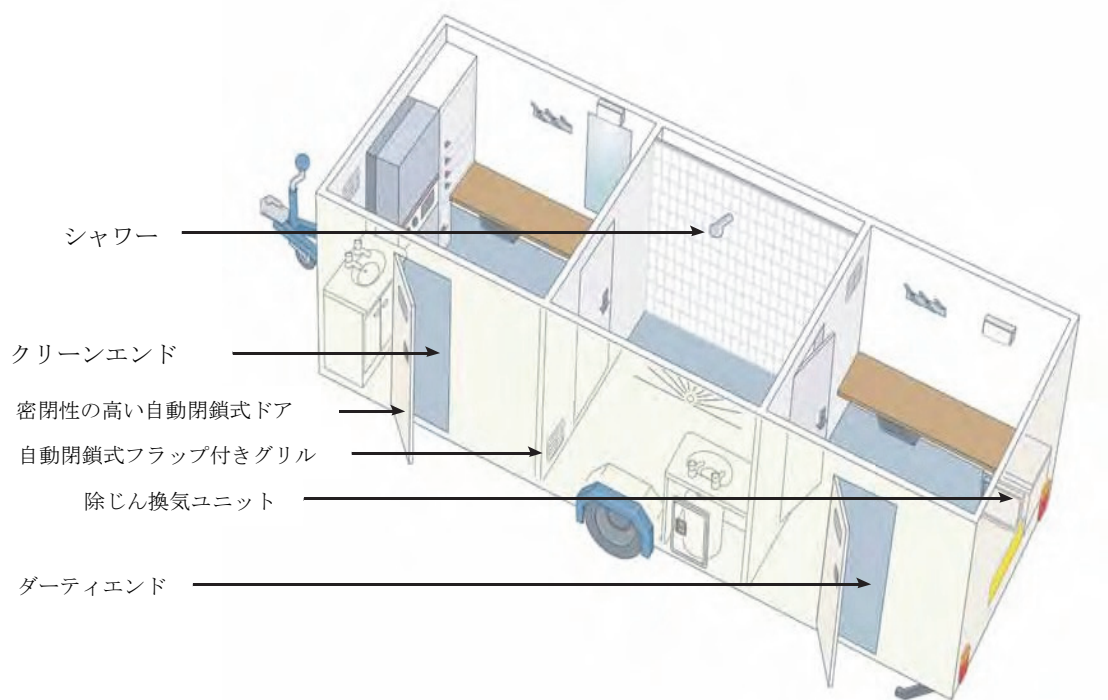


図 9.1 衛生施設の標準的なレイアウト

隔離空間と連結した衛生施設

9.9 このような場合の除染工程は図 9.2 及び図 9.3 に示されている。実行可能な場合には、介在スペース又はトンネルによって作業区域の近くに衛生施設を設置し、ポリエチレンシートで作成された 1 段階作業員用セキュリティゾーン (エアロック) によって衛生施設と剥離を行う隔離空間を連結させなければならない。図 9.4 参照

介在スペース又はトンネルは隔離空間と衛生施設の空隙としての役割を果たさなければならない。衛生施設を作業エリアの近くに設置することが不可能でない限り（たとえばスペースが限定的な場合や接近が制限されている場合、多層での作業の場合など）、衛生施設と隔離空間を連結するこの方法を標準的な方法とする。

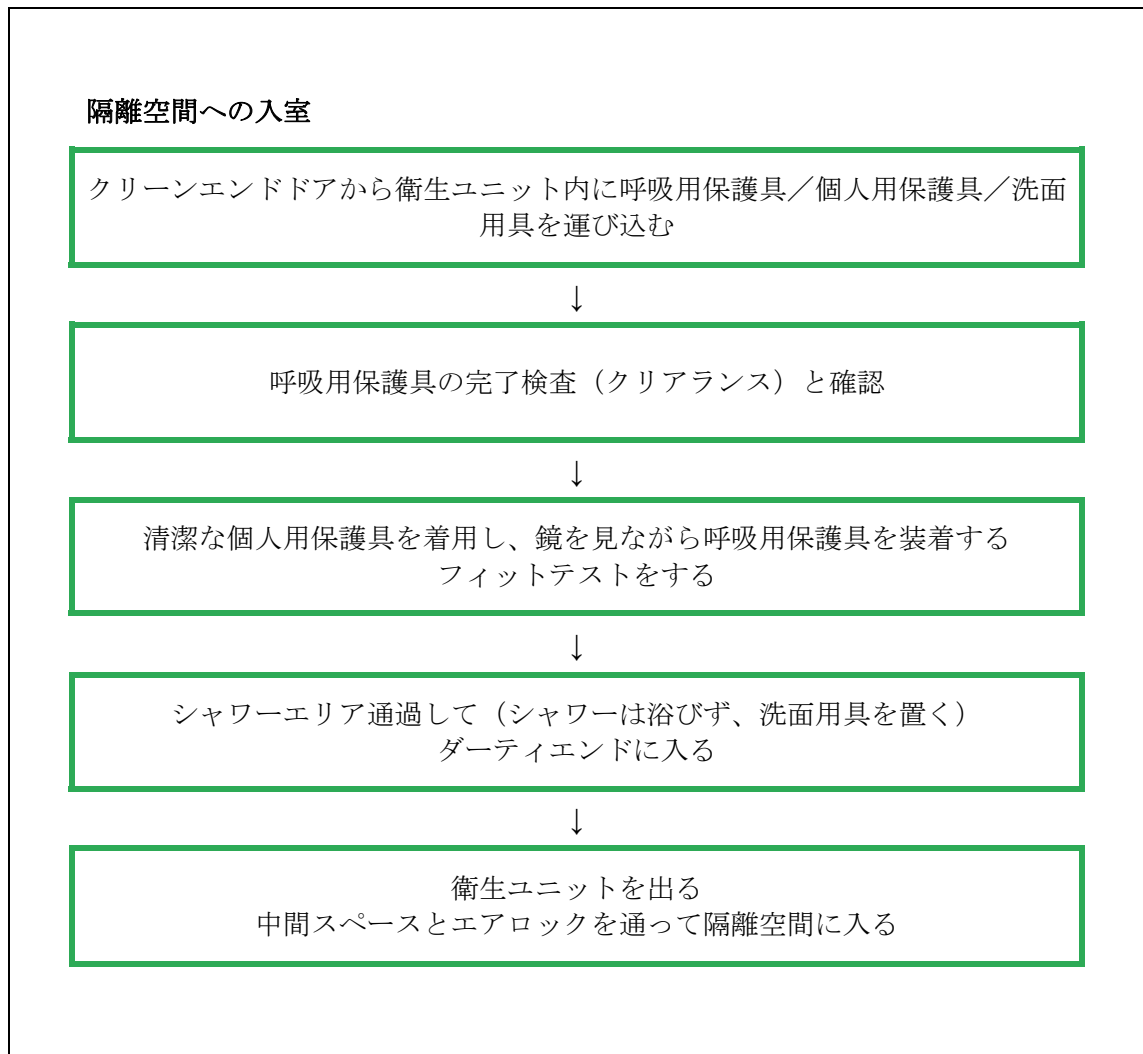


図 9.2：除染工程 隔離空間に直結した衛生ユニット：隔離空間への進入

隔離空間からの退出

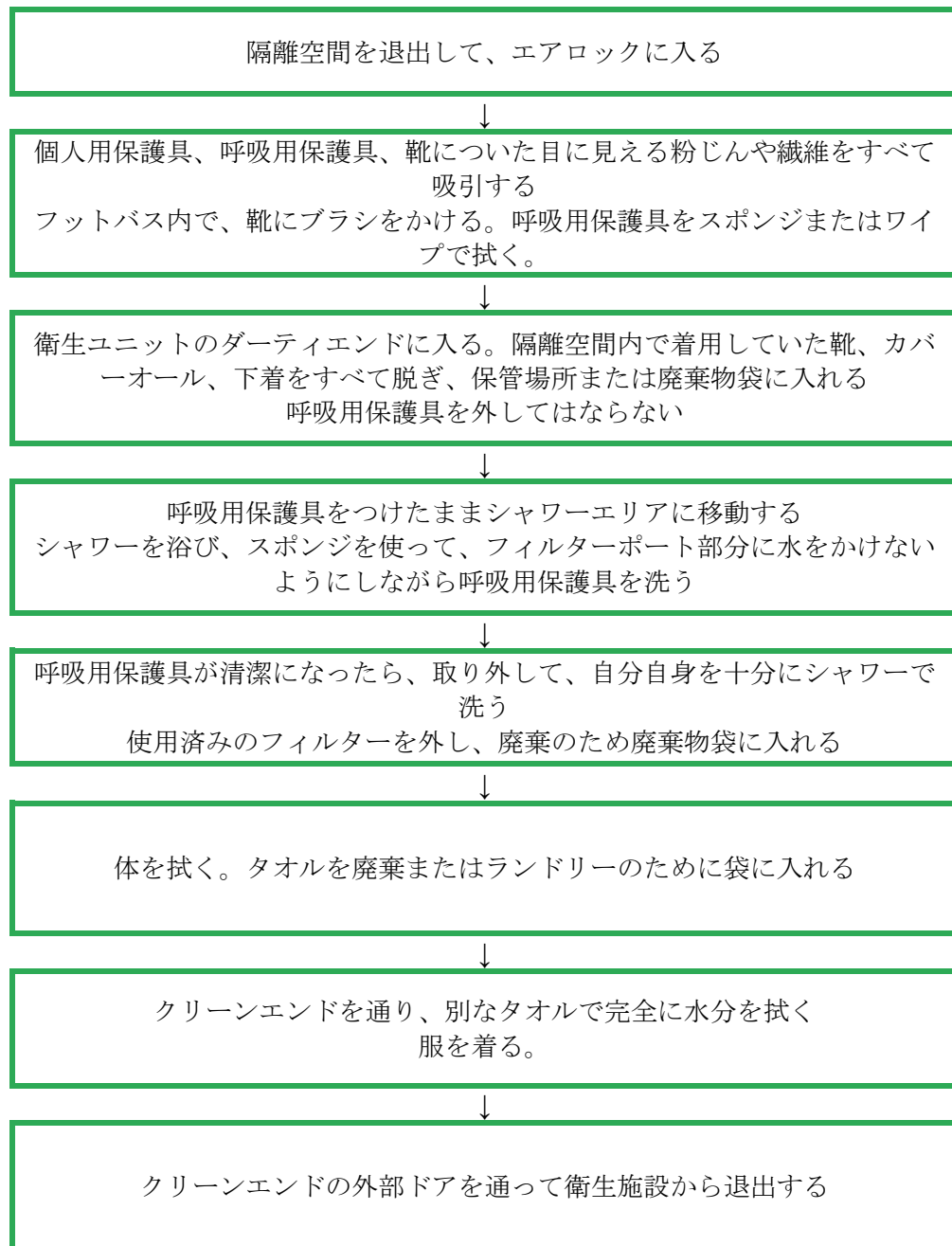


図 9.3：除染工程 隔離空間に直結した衛生ユニット：隔離空間からの退去

9.10 衛生施設と作業エリアとの連結が不可能な場合は、作業者とアナリストが総合的な除染を受ける主要な衛生施設に入室する前の予備除染を行うためのトランジット施設を設けなければならない。手順を図 9.5 及び 9.6 に示している。

9.11 トランジット施設は 3 段階作業員用セキュリティゾーン（エアロック）システムで構成されている。同システムは剥離を行う隔離空間につながっており、ウェイト付きシートで区切った 3 つの区画で構成され、区画間での粉じんの拡散を最小限に抑える。図 9.7 に示すように、内側段階が隔離空間に最も近い区画であり、中間段階は途中の区画、残りの段階は衛生施設から退去する際の最後の区画である。各区画の大きさは $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 2\text{ m}$ 以上でなければならない。スペースに余裕があれば、各区画はこれより広くする。これら 3 つの段階の設備内容は以下の通りである。

- **外側段階:** トランジット用カバーオールおよび靴を収容する設備（例：フックおよび／または靴ホルダー）
- **中間段階:** 隔離空間内で着用するカバーオールおよび靴を収容する設備（例：フックおよび／または靴ホルダー）
- **内側段階:** 掃除機、フットバスおよびブラシ、呼吸用保護具用の水の入ったバケツおよびスポンジまたはワイプ（隔離空間との境界に掃除機を配置するよう気をつける）。

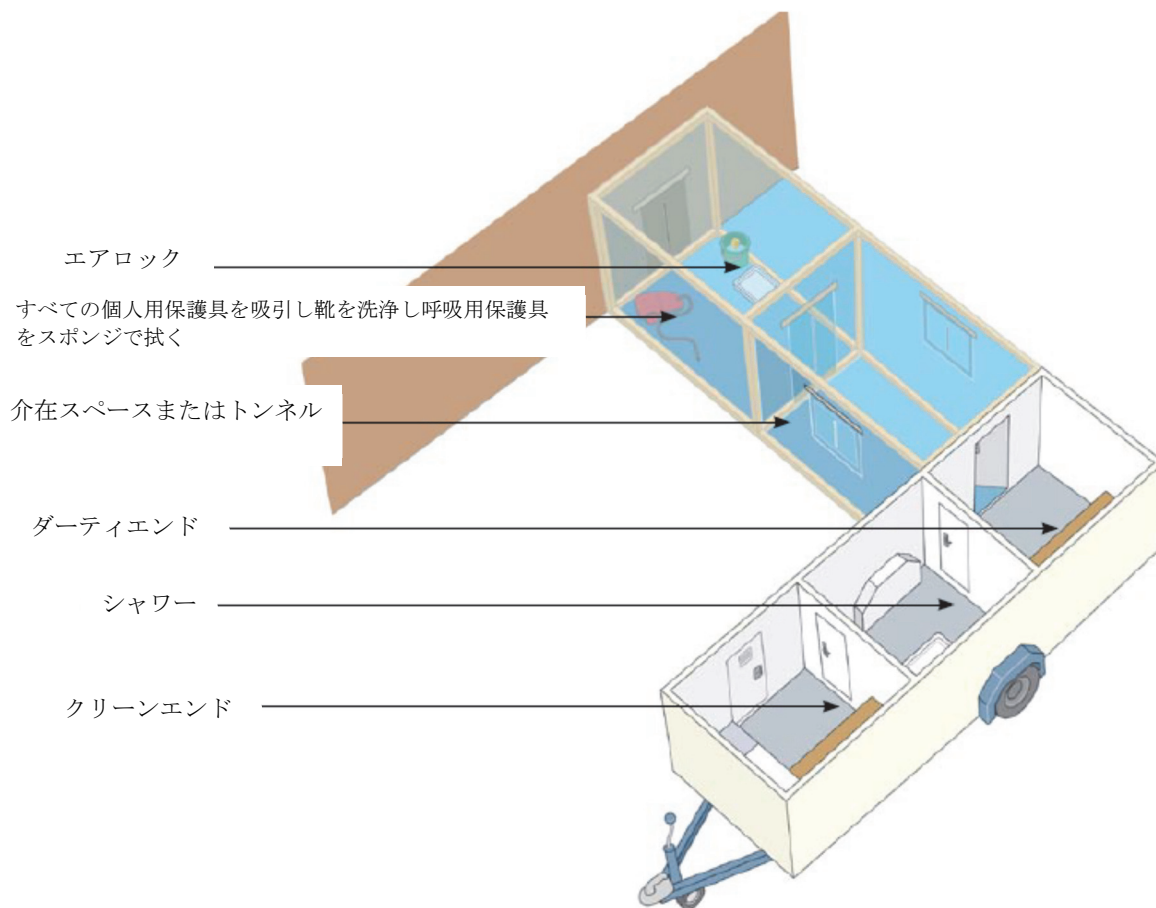


図 9.4 隔離空間に直結する衛生施設

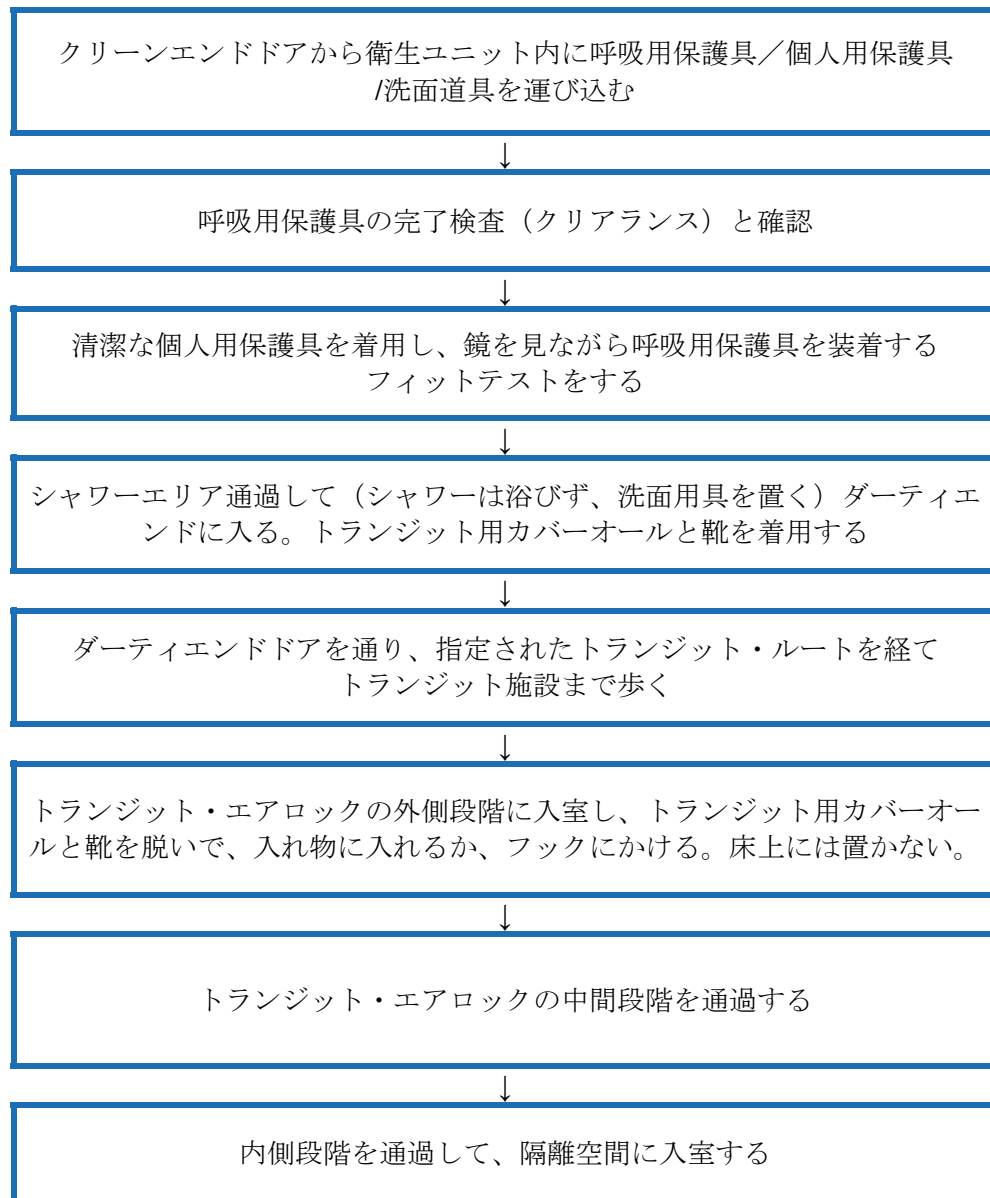
隔離空間への入室

図 9.5 トランジット型の手順における除染工程：隔離空間への入室

隔離空間からの退出

隔離空間を退出して、トランジット・エアロックの内側段階に移る
個人用保護具、呼吸用保護具、靴についた目に見える粉じんや繊維をすべてに吸引する
フットバス内で、靴にブラシをかける。呼吸用保護具をスポンジまたはワイプで拭く



エアロックの中間段階に移る。隔離空間で着用していたカバーオール、靴を脱いで廃棄物袋に入れる（再入室が必要な場合は、保管する）
呼吸用保護具を外してはならない



外側段階に移る。トランジット用オーバーオールとトランジット用靴を着用する
指定されたトランジット・ルートを通して、衛生施設まで歩く



衛生施設のダーティエンドに入る。隔離空間内で着用していた靴、個人用保護具、下着をすべて脱ぎ、保管場所または廃棄物袋に入れる。呼吸用保護具を外してはならない



呼吸用保護具をつけたままシャワーエリアに移動する
シャワーを浴び、スポンジを使って呼吸用保護具を洗う



呼吸用保護具が清潔になったら、取り外して、自分自身を十分にシャワーで洗う
使用済みのフィルターを外して、廃棄物袋に入れる



体を拭く。タオルを廃棄またはランドリーのために袋に入れる



クリーンエンドを通り、別なタオルで完全に水分を拭く
服を着る。



クリーンエンドの外部ドアを通して衛生施設から退出する

図 9.6 トランジット型の手順における除染工程：隔離空間からの退出

9.12 図 9.5 に示した工程の目的は、隔離空間内で付着したアスベスト繊維及び/又は破片（Debris）を可能な限り除去することにある。トランジット・ルート上での拡散を最小限に抑えるため、通行する者は隔離空間で着用していたカバーオールと靴を履きかえてトランジット用の靴とカバーオールを着用しなければならない。

9.13 他の作業員や一般人が入退出（トランジット）ルートに入らないようにするため、実現可能な範囲で、このルートの境界線を設ける必要がある。4段階現場完了検査（クリアランス）の手順の第 1 段階でトランジット・ルートに汚染が発見されると、顧客への再立入認可証(certificate of reoccupation)の支給が遅れることになる。

9.14 アナリストは主たる衛生施設に入ったら、通常の除染を受けなければならない（図 9.6 を参照）。

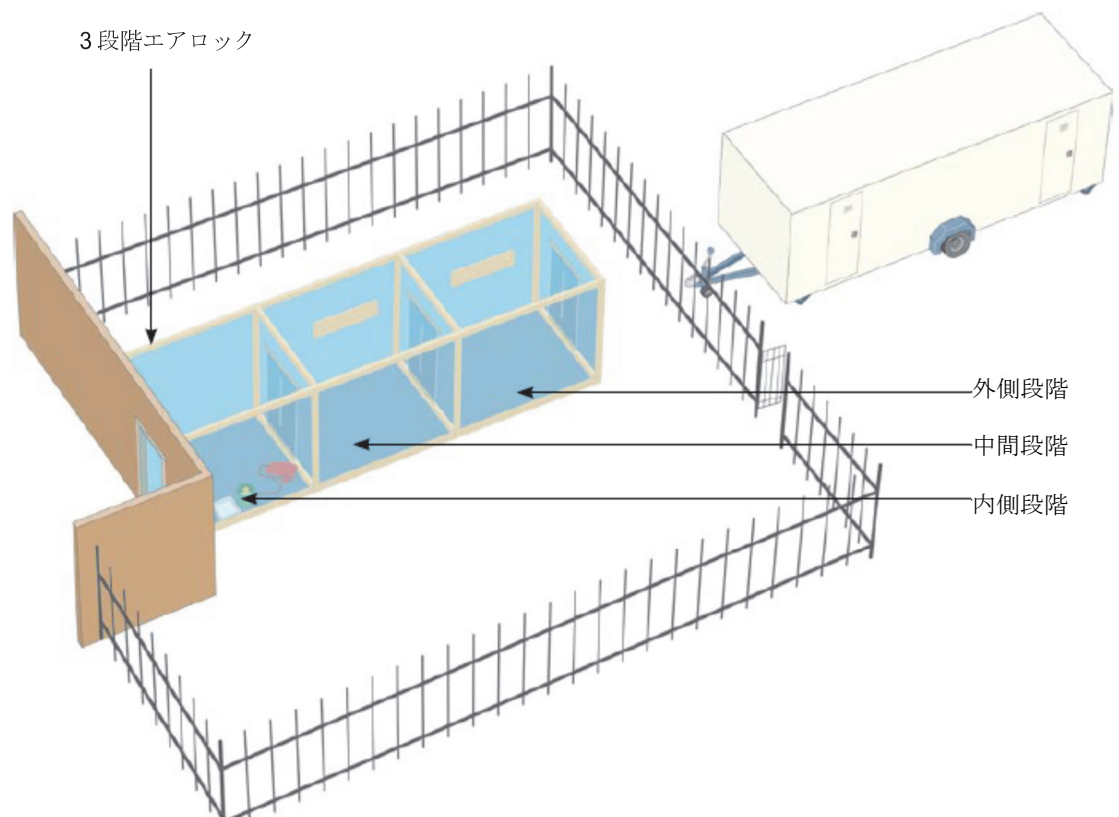


図 9.7 入退出手順で使用する 3 段階作業員用セキュリティゾーン（エアロック）システム

9.15 衛生施設の設営及び立地については、アスベスト：認定請負事業者のためのガイド³に詳細が記されている。

9.16 隔離空間内に持ち込まれた装置は通常クリーンな状態で、衛生ユニットのクリーンエンドから持ち込み、又はトランジット・ルート上で受け取ることができる。隔離空間から装置又はサンプル容器を持って退去する場合、アナリストがこれらを先に除染していない限り、汚染物として扱わなければならない。表面が滑らかな物（たとえばプラスチック袋、サンプル用の缶、プラスチック容器など）の外側に付着した繊維の除去については、作業員用セキュリティゾーン（エアロック）の中間段階でウェットワイプで拭くことで十分とし、除染物は適切にラベルが貼付された袋又は容器に入れ、隔離空間の端から撤去する。装置（たとえばサンプリング用ポンプ、ロタメーター、鏡、三脚など）も通常、ウェットワイプで拭き、衛生的なポリエチレン製袋に入れて隔離空間から持ち出すことができる。分析機関に戻る際、適切な施設での追加除染が行われる場合がある。

付属書 1：空気中の浮遊繊維：サンプリング及び位相差顕微鏡法による評価

重要な注意点：本手法は、2006 年に英国で新 EU アスベスト作業者指令 2003/18/EC が施行された際には、MDHS39/4⁵に優先するものであり、施行日まではトレーニング及び変換 QA 計数のみに使用するものとする。

はじめに

学術用語、外観及び規則

A1.1 アスベストとは、繊維状をした複数の天然のケイ酸塩鉱物の総称である。その柔軟性、抗張力性、不燃性、低熱伝導率、耐薬品性などの有用な特性が商業的に活用されてきた。英国では「アスベスト管理規則 (CAWR) ¹⁰」においてアスベストは以下の鉱物（又はこれらを含む混合物）が繊維状になったものと定義され、規制されている。当該鉱物とは、クリソタイル、アモサイト、クロシドライト、緑閃石繊維、透角閃石繊維、及び直閃石繊維である。飛散アスベスト繊維の母集団を顕微鏡で見ると、横に並んだ細い繊維が数多く含まれているように見えることが多く、また平行になった繊維の束、ちぎれた繊維、曲がっているあるいは波打っている繊維、そして絡み合った塊までもが含まれていることもある。規制上は、長さが 5 μm を超え、平均幅が 3 μm 未満でアスペクト比（長さ／幅）が 3 : 1 を超える物体が計数対象繊維と定義されている。

手法の概要と以前の MDHS からの変更点

A1.2 以下に述べる手法は気中繊維数濃度を測定するためのものであり、過去に推奨されてきた MDHS39/4 ⁵ に替わることが決まっている。EU 指令の改定により、欧州標準法（元の指針 83/477/EEC の付録 1）²⁷ が世界保健機関（WHO）の空気中の繊維状粒子数濃度の測定法 ⁶ で置き換えられる。WHO 手法は全ての種類の繊維に適用され、MDHS59²⁸ によく似ているが、本ガイダンスではこの手法は特に捕集された繊維の大部分がアスベストであることがわかっている試料の飛散濃度を評価するために使用される。最初の計数を行った後に、混合繊維母集団であることが疑われる場合、MDHS87²⁹ に説明されている手法の一つ又は複数の方法を用いて繊維種分別計数を行うことができるものとする。

A1.3 WHO 手法に準拠するための以前の MDHS39/4⁵ からの変更は最小限に抑えられている。しかし、HSG ガイダンスに MDHS を組み込むことは、HSG 本文の章にサンプリング及び分析方針、ならびにサンプリングの解釈（コンプライアンスモニタリングを除く）が含まれていることを意味している。このため本付属書ではコンプライアンスのためのサンプリング、分析及びその結果の報告に焦点を当てることになる。これは WHO 手法の適用範囲に近い。WHO 手法により導入された主な変更は次のようなものである。

- 毎分 16 リットルまでの流量を短時間の 10 分サンプリングに使用可能。
- 流量確認において流量が 10%以上大きく変化した場合にはサンプルを棄却しなければならない。
- 低倍率でフィルター全体を走査して繊維の分布が均一かどうか、そして繊維又は粉じんの大きな塊が無いかを確認する。
- 3 μm を超える幅の粒子に付着している繊維もカウントする。
- 繊維幅の平均が 3 μm より大きい小さいかを決定する。
- フィルターの縁から 4mm 以内（又は切断線から 2 μm 以内）のフィールドはカ

ウントしないものとする

- 繊維の種類識別は、最初に総繊維の集計を行った後に行うことができる (MDHS87 参照)²⁹
- 繊維カウント数からブランクカウント数を差し引くことができる (しかしこれは採用されていない)

原則

A1.4 サンプルはサンプリングポンプを使用してメンブランフィルターに一定量の空気を通して捕集する。フィルター (又はフィルターの一部) は顕微鏡スライドに載せ、透明化する。フィルターの計測エリア内の計数対象繊維を位相差顕微鏡法 (PCM) により目視で数え、大気中の繊維濃度を算出する。

適用範囲と制約

A1.5 この手法は PCM によって計数対象繊維の飛散濃度を測定するためのものである。計数可能な繊維とは長さが $5\ \mu\text{m}$ 超、幅が $3\ \mu\text{m}$ 未満、アスペクト比 (長さ対幅の比率) が $3:1$ を超える粒子と定義されている。幅が $0.2\ \mu\text{m}$ 未満の繊維はこの測定法では検出することができない可能性があり³⁰、得られた PCM カウント数は存在する繊維全体の一部を表すに過ぎない。従って、カウント数は繊維濃度の数値的指標に過ぎず、存在する繊維の数を表す絶対的な数値ではない。UKAS 認定要件として分析機関は空気サンプリング方法の内部規定を文書化しなければならない。

繊維の識別

A1.6 本手法では存在する繊維の種類は同定できないが、幅が $1\ \mu\text{m}$ を超える繊維はアスベストとは異なる光学的特性を示すことがあり、それらの繊維をカウント数から除いてアスベスト管理限界又はその他の限界が守られているかどうかを判断しても良い。本手法の代わりにその他の方法 (たとえば分析電子顕微鏡法) を用いてアスベスト繊維濃度を求めることもできる。**非アスベスト繊維の識別は最初に合計数を求めた後**でのみ行うものとする。分別は、利用可能な分析手法、顕微鏡使用者の技能、用いる方針次第である。機械加工鉍物繊維 (MMMF)、植物繊維、アラミド繊維、その他の種類の繊維などの非アスベスト繊維を除去するには階層的な方法がある。これらの手法のより詳細な説明は MDHS87²⁹ にある。分別評価の報告には、存在した妨害繊維の種類と数が含まれていなければならない、また元の PCM カウント数から計数対象でない繊維の数を除くために用いた手法も記載しなければならない。繊維を分別するには、その分析機関は、PCM 繊維計数に加えて使用する識別方法について認定を受けている必要がある。

検出限界と定量限界

A1.7 フィルターに捕集された粒子は、よくてもランダム分布である。これは計数の精度が潜在する「ポアソン」統計により制限されることを意味している。精度は通常、繰り返し計数の一定割合について期待される上限と下限を定義する信頼区間により表される。例えば、信頼限界が **95%** であれば、繰り返し計数の **20** の値のうち平均で **19** の値が上限と下限の間に入ることを意味している。少ないカウント数については信頼限界の下限は **0** であり、従って **95%** の上限だけを持つ信頼区間が使用される。カウント数が **0** の場合、繊維数が **3** 本未満である確率が **95%** となる。

A1.8 RICE 品質管理プログラムによれば、PCM で得られるブランクフィルターのカウント数は低い。RICE の分析機関間計数比較試験に使われたブランクフィルターのサンプル 40 個のうち³¹、39 個が基準となるカウント数の 0.3 から 2.5 f/mm² 以内であった。2204 件の結果のうちわずかに 7 件 (0.32%) のみで許容限界 (作業帯域 B (performance band B) 外の濃度であった。これらの結果は 200 視野での計数から得られたものであり、100 視野当たり平均で 1 本未満の繊維がカウントされたことを示す。これにより 95%信頼限界の上限は 100 視野で 5 本未満、同様に 200 視野では 6.5 本未満となる。このことは第 28 項で述べた「ブランク」のカウント数と関連があり、バックグラウンドから区別される検出限界の下限值は 100 視野 (または 100 視野) あたり 5 本の繊維数と言える。

240 リットルのサンプル量及び 100 視野の計数の場合、空気中の濃度 0.01f/ml という計算結果に相当する。480 リットルのサンプル量で 200 視野の計数を行った場合には 0.003f/ml の計算結果に相当する。生データ (異常値の除去後) のさらなる分析も二つの手法を用いて行われた。検出限界 (LOD) 及び定量限界 (LOQ) を規定する標準的な方法は標準偏差 3 及び 10 (それぞれ 5.28 本及び 17.6 本の繊維) に基づいている。二つ目の方法は上記の元となっている基本的な定義を用いる。つまり検出限界は 0 から 99 パーセンタイル値であり、定量限界は+30%の精度範囲内で求められる (それぞれ 7.6 本及び 25.3 本の繊維)。従って、ブランクデータの上記の分析の結果は、低い濃度を測定する場合には 200 視野で少なくとも 20 本の繊維をカウントするという目的と矛盾がなく、報告の一貫性と不変性を保つためにはこれを定量限界の算出に使用すべきである。

試薬

A1.9 フィルターの透明化(clearance)にはアセトンとグリセリン三酢酸エステル (トリアセチン) が必要である。試薬のグレードが分析用であることは必須ではないが、クリーンで繊維を含まないものでなければならない。アセトンに過剰な水が含まれているとフィルターの透明性が落ちることがある。トリアセチンには水分が含まれておらず、加水分解 (酢酸の臭いで分かることがある) やその他の汚染の痕跡が無いものでなければならない。

器具

サンプリング機器

A1.10 WHO の標準手法に準拠するため、導電性のある円筒形のカウルが付き、20mm 径以上のフィルターの円形部が露出しているオープンフェース型フィルターホルダーをサンプリングに使用する。通常、カウルが有効ろ紙直径の 1.5~3.0 倍はフィルターより前に出ていなければならない。射出成形で、適切なフィルターが装着された導電プラスチック製サンプリング・ヘッドがいくつかのメーカーで製造されている (図 A1.1 参照)。代替品として PTFE O リング付きの金属製カウルを購入しても良い (図 A1.2)。カウル付きのフィルターホルダーは均一な付着を可能にしつつフィルターを保護することを目的としている。サンプリング中には、カウルを下向きにする。フィルターホルダーをポンプに繋ぐために弾力性のあるチューブ、そして輸送中のフィルター汚染を防ぐためカウル入口にキャップ又は栓が必要になる。異なるフィルター口径と短いカウルの組み合わせで同等の結果が得られる場合にはそれを使用することができるが、フィルターの有効面積を求める必要がある。

A1.11 分析にはフィルターの集じん面積が必要なので、使用するカウル又は O リングの種類ごとに集じん部の直径をミリメートル (mm) 単位 (すなわち±5%以内) で測定しなければならない。これを測定するのに適した方法はフィルターホルダーとカウルを使用して黒っぽい色の粉じんのサンプリングを行うことである。フィルターは通常通りスライド上に置き、顕微鏡試料台のバーニヤを低倍率で黒くなったエリアの径方向に横断させて直径を測定する。他のやり方としてはノギスを使用して直径を測定することもできる。少なくとも二方向の直交する径を測定する必要がある。類似したホルダーまたは O リングからのフィルターを最低三つこの方法でチェックしなければならない。(6つの測定値の差が 1 mm 以上の場合、フィルターホルダーのフィッティングが悪い、清掃法が悪い可能性がある。) 円形であるべき粒子付着面がいくつかであったり、付着面の外側にダストの形跡があれば、サンプリング・ヘッドに漏れがあることを示している。

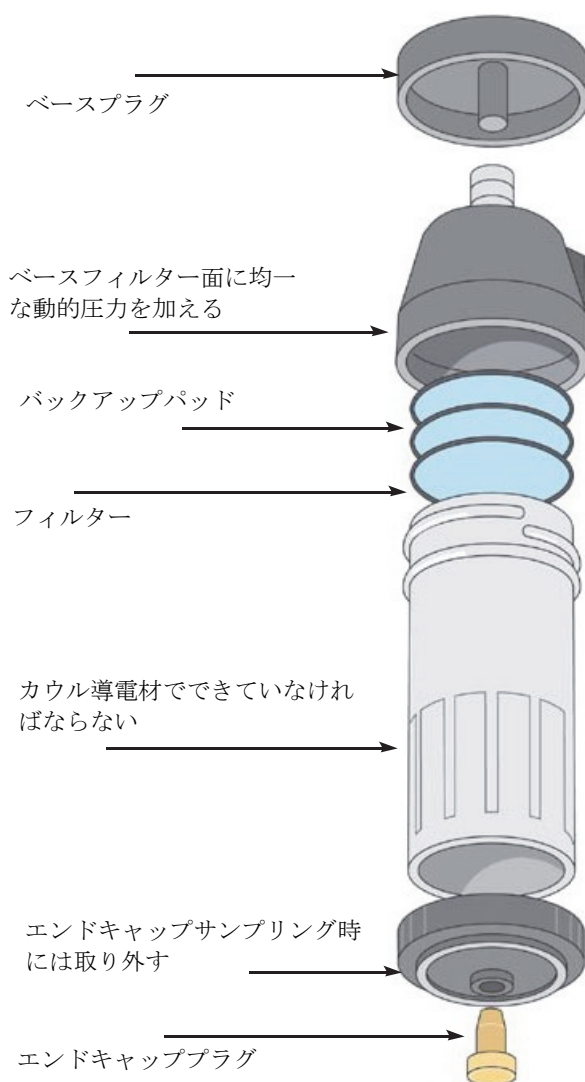


図 A1.1 作業者サンプリング・ヘッド (personal sampling head)の分解図

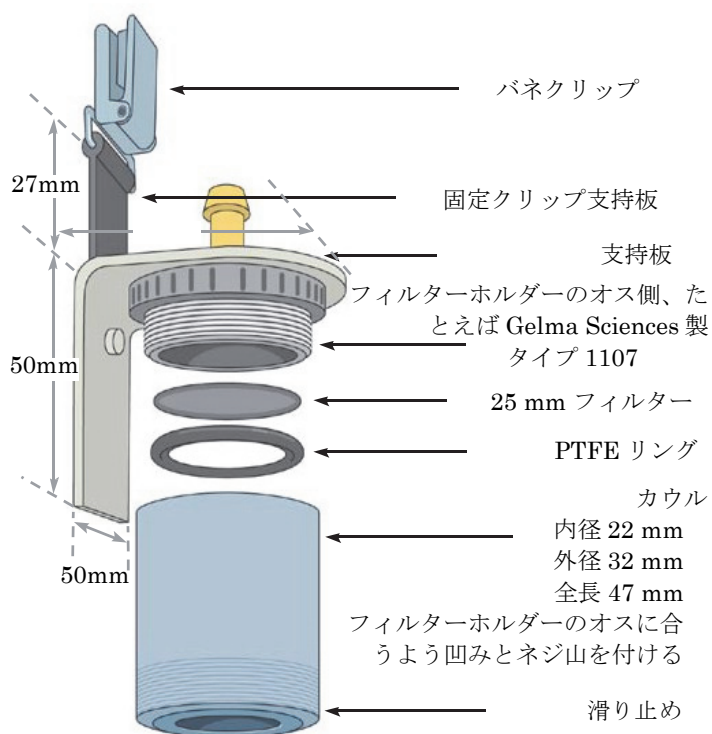


図 A1.2 金属製カウル付き作業者サンプリング・ヘッドの分解図

A1.12 メンブランフィルターはセルロース混合エステル又は硝酸セルロース製で、孔径 0.8 から $1.2\mu\text{m}$ のものでなければならない（光学的に透明な等級）。フィルターはできれば口径 25mm で格子が印刷されているものが望ましい。フィルターを扱う際には汚染を避けるように注意すること。印刷された格子はフィルターのサンプリング側にあり、捕集された粒子と同じ平面になるようになっており、そのため焦点を合わせる際に役に立つ。格子の線に歪みがある場合には取り付け手順が悪いことを示している。

A1.13 ポンプは以下の能力がなければならない。

- スムーズな空気流を作り出す
- 流量毎分 2 リットル未満では±10%以内、毎分 2 リットルを超える流量では±5%以内に設定された流量
- サンプルング期間を通じてこの流量を維持する

これらの値にはポンプの向きによる流量変化を含む。作業者サンプルング用のポンプは軽く持ち運び可能なもので、ベルト取り付け又はポケットに入れて持ち歩くことができるものとする。測定時間中、ポンプのバッテリーは指定の流量限界内で作動させるだけの容量を持っていなければならない。静的サンプル用のポンプを家庭用電源で作動する場合には適切な安全策を講じること。静的サンプルング用ポンプにはサンプルング・ヘッドを地上 1～2m に置けるようにするための機能が備わっていないなければならない。

流量測定

A1.14 空気流は、**A1.13** 項で指定されている値の範囲内で適切な流量を測定可能な感度があり、基準器で校正されて正常に機能する流量計で測定しなければならない。ポンプ内蔵の流量計はそれが上記の要件を満たしており、フィルターを装着した状態で基準器またはマスター流量計に合わせて校正されている場合にのみ使用可能である。フロート式流量計を読み取る場合には垂直にしなければならない。通常の動作条件では、温度及び圧力の測定は全体の不確実性においてはわずかな違いしか出ないため不要である。たとえば、現場の温度が校正温度から+30℃変化した場合、補正は最大 5%であり、システム誤差による最大算出不確実性が若干 (0.2%) 増加するに過ぎない (表 A1.2 参照)。校正圧力から+40 ミリバールの圧力差では補正が最大 2%となる。高い圧力と低温、たとえば校正条件から+40 ミリバール及び-20℃の条件でのみ読み取り値の過小評価が 5%を超える。通常、ローターメーターの目盛りは標準の温度及び圧力 (293°K 及び 101.3 kPa (1013 ミリバール)) に設定されており、専門業者による校正も同様の条件で行われる。例外的な状況でフロート式流量計 (ローターメーター) が使われている場合にのみ以下の式を使用して校正されたローターメーターで読み取った流量を調整する必要がある。

$$Q_a = Q_c \sqrt{\frac{P_c \cdot T_a}{P_a \cdot T_c}}$$

記号	Qa = サンプルング時の流量、リットル/分
	Qc = ローターメーター校正時の流量、リットル/分
	Pa = サンプルング現場の大気圧、kPa
	Pc = 校正場所の大気圧、kPa
	Ta = サンプルング現場の気温、°K
	Tc = 校正場所の気温、°K

(注： 大気圧を報告する際に使用する標準的度量衡単位はヘクトパスカル (hPa) であり、1 hPa = 0.1 kPa = 1 ミリバールである。)

A1.15 流量計のチューブの長さ、カバーできる空気流の範囲、目盛りの間隔と数字は、読み取りの精度と校正に直接影響する。多くの場合、外部流量計の読み取り精度は、それが流量の確認に使用されている場合には、**A1.13** 項のポンプ性能評価の不可欠な要素である。チューブの目盛りから正確な読み取りができるようにするには、風量、すなわちフロートが流量計チューブの中で十分に安定していなければならない。現実的な見地で言えば、流量を毎分 0.5 リットルで±10% (推奨最小値) に設定するには、毎分 1 リットルの区分について最低 10mm の目盛間隔が必要である。これはポンプ流量が十分に安定かつ調節可能で、毎分 0.5 リットルの目盛りから±0.5mm の範囲内にフロートを置き、読み取りができるようになっていなければならないことを意味する。目盛り間の距離及び高い流量の目盛り間の距離を長くすると読み取り精度がそれに比例して高くなる。流量を **A1.13** 項で規定されている限界

内に設定するには、フロート式流量計のチューブに適切な数字と目盛りが付いていなければならない。現場の流量計の校正にマスター流量計が使用される場合、校正業者はこれら二つの流量計が A1.13 項に指定されている範囲内に風量を設定できるよう十分な精度で読み取り及び使用が可能であることを実証する必要がある。これは通常風量目盛りの間隔を上記の最低値よりも大きくすることで行われる。

A1.16 気泡流量計はポンプが直接排出した空気の体積を測るもので、大気圧や気温の変化に応じて補正する必要が無く、指定風量範囲で使用する場合にはフロート式流量計よりも流量測定精度がかなり高いなどの利点がある。サンプリング・ヘッドから流量計までのサンプリング経路に漏れや大きなくびれがないこと、そして流量計の入り口が大気に開放されていることを確認することが重要である。そうっていない場合、どのような流量計でも誤差が出る可能性がある。

A1.17 基準流量計又はマスター流量計は精度を国家規格にまでたどることができる流量計であることが望ましい。これらは使用される流量計を社内で校正する場合にのみ使用し、校正証書の条件に十分注意しなければならない。マスター流量計及び使用する流量計の再校正は使用頻度と使用目的に合わせて、または長期にわたる安定性を確認するために行われるのが望ましい。気泡流量計に対する社内校正の手順は WHO 手法⁶に示されているが、多くの業者は自社のマスター流量計を認定校正業者に送って再校正してもらう方を選んでいる。

フィルター透明化の機器

A1.18 フィルターの透明化はアセトン／トリアセチン法で行なう（図 A1.3）。アセトンを注入するには通常シリンジが必要であり、またトリアセチンを加えるには先の細いピペット又は適切な点滴器が必要になる。

顕微鏡検査

A1.19 PCM による細い繊維の視認性は装着したフィルターの透明度、顕微鏡光学系の品質と清浄度、顕微鏡の正しい使用と整備、アナリストの視力、その他の要因に依存する。位相差顕微鏡で視認可能な最小の繊維幅は計数を行うアナリストによって差がある（繊維幅の分布が検出限界以下まで広い）。視認限界で検出レベルを一定に維持するには顕微鏡及びその付属品が以下の仕様を満たしていなければならない。

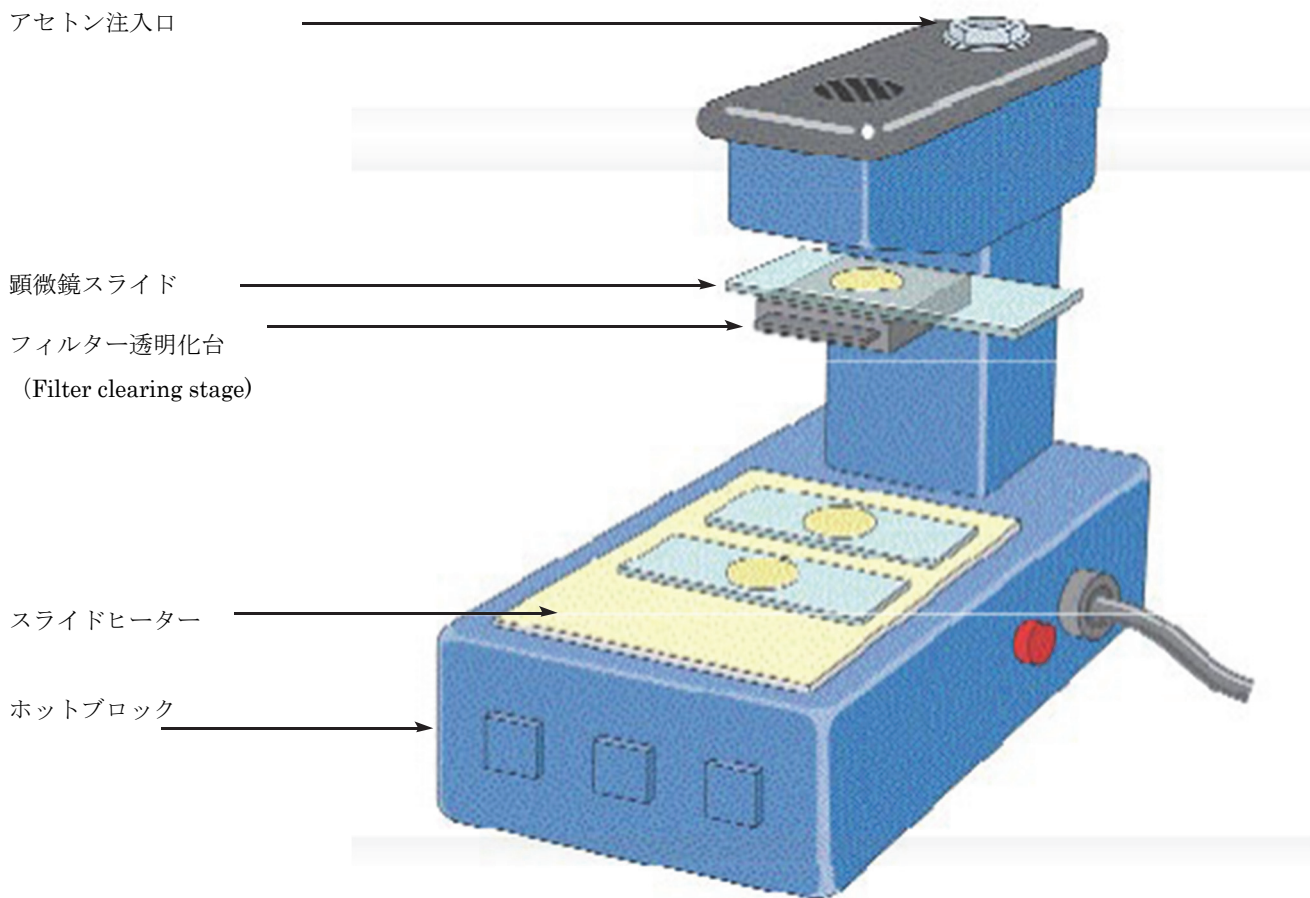


図 A1.3 フィルター透明化用ホットブロックの例

- 視野絞りを含む視野絞利付きの **Köhler**（ケーラー）又は **Köhler**（ケーラー）タイプの照明付き双眼顕微鏡、（以下に示す集光レンズ（サブステージアセンブリ）、対物レンズ及び接眼レンズは全てこの顕微鏡と、または相互に適合していなければならない。）
- サブステージアセンブリ、アッペ集光レンズ又はアクロマート位相差集光レンズが心出し可能な焦点台に搭載されており、集光レンズセンタリング機構から独立した位相リングセンタリング付きのもの
- スライドクランプ及び X-Y 移動装置付きの内蔵機械式ステージ
- フィルター上の粉じん付着物の均一度の確認、及びステージマイクロメータとテストスライドの「トラムライン」の位置決めに使用する低倍率の対物レンズ（たとえば倍率 10 倍又は 4 倍）
- 倍率 40 倍のポジティブコントラストの位相差対物レンズ（できれば低倍率対物レンズ付きの同焦点レンズ）、この対物レンズの開口数（NA、解像度を決める）は 0.65 から 0.70 の間でなければならない、位相リングの吸収率は 65% から 85% の間
- 光学的に整合した双眼接眼レンズ、できれば少なくとも総合倍率 500 倍の広視野、ハイアイポイント タイプが望ましい（接眼レンズの一つは焦点合わせタイプでグラチクルの挿入が可能なもの）
 （注：一部の顕微鏡スタンドには総合倍率を高めるエクステンションチューブが含まれている。総合倍率は対物レンズ、エクステンションチューブ及び接眼レンズの倍率を掛けて算出する。この総合倍率は NA の 1000 倍を超えてはならない。）

- Walton・Beckett 接眼レンズグラチクル³²、タイプ G22、 $100 \pm 2 \mu\text{m}$ の物体面上

の視直径（校正されたステージマイクロメータで測定した場合）を使用して計数エリアを決めなければならない。

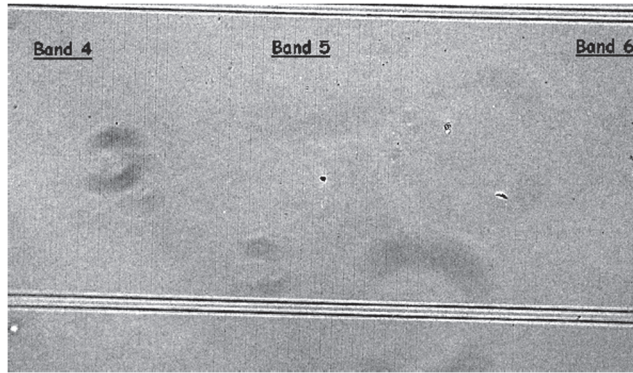


図 A1.4 HSE Mark II/Mark III 試験スライドの視認可能ブロック

■ 以下を含む付属品

- 位相リングのアラインメントが正確にできていることを確認するための位相テレスコープ、つまりベルトランレンズ
- 観察しやすくするための緑色フィルター（オプション、光学系が緑色光に最適化されているため）
- 最小目盛り $2\text{ }\mu\text{m}$ の校正済みステージマイクロメータ（例えばタイプ S12）
- HSE Mark II 又は Mark III 試験スライド（図 A1.4 及び A1.32 項を参照）

A1.20 カバーガラス及びスライドは細い繊維の視認性にも影響する。これらは共にガラス製で適切な厚みのものでなければならない。顕微鏡スライドは通常のものでなければならない、たとえば概ね $76\text{mm} \times 25\text{mm}$ で 0.8mm から 1.0mm の厚みのものが望ましい。カバーガラスの厚みは対物レンズに指定・記載があり（たとえば 0.17 など）、それに見合った厚み（通常 0.16 から 0.19mm の厚み、たとえば No. 1 $\frac{1}{2}$ で販売されている）で直径が約 25mm 又は面積が約 25mm^2 のものを使用しなければならない。顕微鏡スライド及びカバースリップは清潔で該当規格に準拠している必要がある³³。

サンプリング

フィルターホルダーの準備

A1.21 フィルターホルダー及びカウルを再利用する場合には洗浄しなければならない。フィルターの装着、取り外し、分析は実行可能な限り繊維汚染の無い場所で行うこと。いかなる場合もフィルターは先端が平坦で清潔なピンセットでフィルターの縁、露出部の外側の部分を掴むように注意して取り扱う。フィルターに印刷された格子はフィルターホルダーの中に置き、格子がカウルの方を向くようにする。サンプリングを行っていないときはカウルへの入り口を保護キャップ又は栓で閉じておくこと。押し込み式カウルは、特にそれを再装着する場合には密閉性が悪くなりがちであり、締めり具合を常にチェックする必要がある。

シールの密閉性を良くするには、カウルの差込口を硬い面に当て小さく揺り動かしながらしっかりと押さえる（差込口の保護キャップを外した状態で）。押し込み式カウルの装着後、漏れの可能性を小さくするためのシュリンクシールバンドをシール外側に追加しても良い。ネジ締め式カウルは使用前に必ずその締めり具合をチェックしなければならない。締め付けすぎるとフィルターを傷付け、フィルターに漏れが生じ、締め付けが不十分だとフィルターの縁の外側から漏れが起こる。

サンプリング時間、流量及び体積

A1.22 サンプリング手順及び方針はできる限りサンプル密度が最適な精度が得られる範囲（100～650 f/mm²）になるように、又は定量限界が少なくとも 20 本の繊維に基づくように設計する必要がある。様々なサンプリング方針に対して推奨される流量及びサンプリング回数はガイダンス本文に示した。

ポンプの準備

A1.23 流量制御がうまくできていないポンプでは初期ウォームアップ中に流量が変化する可能性がある。一部のポンプは、流量を安定させるために最初に 10～15 分間運転を行ってから流量を再設定する必要があるが、使用しているタイプのポンプでこれが不要だという証拠（例えばサンプリングデータ又はメーカーの説明書）がある場合にはこの限りではない。別途フィルター及びフィルターホルダー1組をこの準備のためだけに使用するものとし、破棄する前に複数のポンプに使用しても良い。ポンプは予定しているサンプリング時間のあいだ空気の流れを継続させることができるものでなければならない（例えば最大 4 時間）。短時間のサンプリングにおいては開始時の不安定さが捕集したサンプル量に大きく影響する可能性があるため、特に注意が必要である。

サンプリング

A1.24 作業者サンプリングにおいて、フィルターホルダーを下向きにし、作業者の服のできるだけ口や鼻に近いところ、できれば 200mm 以内に固定するものとする（たとえば上衿、フード又は肩）。局所的な濃度の差に注意が必要である。この場合にはサンプリング・ヘッドをより高い結果が得られると思われる方向に向けるようにする。呼吸用保護具を着用している場合、サンプリング・ヘッドはクリーンな排気から遠ざけなければならない。静的サンプルは床上 1m から 2m、壁や大きな障害物から離れた場所に下向きに置いたフィルターホルダーを使用して採取する。それぞれのフィルターホルダーは一意に特定され、サンプリングのためにフィルターホルダーを使用する作業者又は場所及び日付やその他の現場関連情報（たとえば結果に影響を及ぼす可能性のある実施した作業の種類や環境要因など）と共に記録する。

サンプル採取

時間及び流量の記録

A1.25 サンプリング開始時にはフィルターホルダーから保護キャップを取り外し、ポンプを始動し、時間を記録しなければならない。サンプリング開始時と終了時に流量の測定及び記録を行う。サンプリング終了時には時間を記録し、ポンプを停止し、フィルターホルダーに保護キャップを取り付ける。サンプリング時間は±2.5%の精度で計測しなければならない。平均流量を算出する。流量の定期的な確認と調整を行い、それを記録し最終的な平均流量の算出に使用する。サンプリング開始から終了までの間の流量変化は±10%の範囲内に維持しなければならず、これを超えた場合にはサンプルを棄却するものとする。

フィルターの取り扱いと持ち運び

A1.26 好ましい手順としては、フィルターを蓋つきのフィルターホルダーに入れて持ち運ぶことであるが、何らかの理由でこれが不可能であれば、清潔な場所でフィルターを取り外し、（露出面を上向きにして）きっちり閉まる蓋付きの清潔な缶又は同様の容器に注意深く入れる。フィルターは露出していない縁をピンセットで掴んで取り扱う。粉じんをフィルターに「固着」するためにスプレー（たとえば細胞学用定着剤など）を使用してはならない。缶又は容器が持ち運びに使用される場合、それが注意深く取り扱われ常に上向きの状態にあるという保証がない限り、粘着テープでフィルターの露出していないクリーンな縁を容器に固定しなければならない。フィルターは手術用メスで一周回するようにして切り離し、（顕微鏡への）取り付けと分析を行うことができる。どの段階でもフィルターを汚染したり付着物を落としたりしないよう注意が必要である。フィルターホルダー、カウル、容器は再利用の前に完全に洗浄し乾燥させなければならない。

ブランクサンプル

A1.27 ブランクサンプルには三つの種類がある。

- **サンプリング・メディア・ブランク**はフィルターを未使用フィルターの箱から取り出すときに作られる。サンプリングを行う前に未使用フィルターを装着及び計数し、フィルターのそのバッチが良好な状態にあることを確認する。第一の手順は、フィルターを使用する前にそれぞれのメーカーのバッチから最低 4 枚のブランクフィルター（又はバッチが大きければ最低 1%の数量）を選ぶことである。個々のブランクフィルターのカウント数は通常 1mm^2 当たり 3 本の繊維を超えることは無く（100 フィールド当たり $2\frac{1}{2}$ 本）、分析機関の記録でこの比率が一貫して高いことが示されていればその原因を調査する必要がある（供給元を含む）。
- **現場のブランクサンプル**は良好なバッチからフィルターを取り出してサンプリング場所に持って行き、サンプリングに使用するフィルターと同じ処理を行って作成する（キャップを一旦取り外し、2～3 秒後に元に戻す）。キャップとカウルが付いたサンプリング・ヘッドの中のフィルターは、空気を取り入れることなく、また作業者に取り付けることなくサンプリング場所まで持って行く（キャップはいったん取り外し 2～3 秒後に元に戻す）。現場のブランクサンプルは通常個々の仕事ごとに用意し、現場で採取したサンプルと共に分析機関に届ける。
- **分析機関のブランクサンプル**は、現場のブランクサンプルで調査の必要性が示された場合に、良好なフィルターのバッチから取り出したフィルターを装着及び計数して分析機関の汚染をチェックする。分析機関のブランクサンプルは所定のサンプルの個々のバッチと一緒に評価しても良く、また分析機関に汚染源があることが疑われる場合に後で評価しても良い。

A1.28 分析に利用できるブランクサンプルのタイプと数、そして実際に分析されたもののタイプと数は数々の要因に依存する。使用に適しているかどうかを確認するため、サンプリングの前にサンプリング・メディア・ブランクの分析を行う。現場のブランクサンプルはサンプリング業者が用意し、分析機関は通常供給されるサンプリング情報からそれらが含まれているかどうかを判断する。分析機関は個々のバッチ又はいくつかのグループのサンプルについて少なくとも一つの現場または分析機関のブランクサンプルが必ず用意されるようにしなければならず、それにより必要があればいつでも繊維汚染の原因がフィルターの前処理にあるかどうかを完了検査（クリアランス）できるようにする。通常、現場サンプルから小さなカウント数が得られた場合には現場又は分析機関のブランクサンプルを分析する必要はない。高いカウント数が現場サンプルのすべてで得られた場合には、それぞれのバッチについて少なくとも一つの現場ブランクサンプル（無い場合には一つの分析機関ブランクサンプル）の計数を行って汚染の可能性を排除しなければならない。分析機関はブランクサンプルの汚染の原因を調査し、メンブランフィルターのバッチ間の一貫性を監視しなくてはならない。バックグラウンドに存在する繊維の数は少ないため、ブランクフィルターのカウント数をサンプルのカウント数から引いてはならない。

（注：WHO 手法では、ブランクフィルターのカウント数を引くことを求めているが、本ガイダンスではブランクサンプルに汚染が見つかった場合に追加される評価を除きこの手順は採用していない。ブランクフィルターのカウント数は通常小さく、規制遵守のための測定値には大した影響はないことが分かっている。

フィルターの透明化と装着

A1.29 繊維の種類を識別するために追加の分析作業が必要になった場合（MDHS87 参照）²⁹ サンプル及びブランクフィルターをフィルターの端を注意深く押さえ、メスで一周回するように半分に切る。その後半分のフィルターを装着し、残りの半分は適切に保管してさらなる調査が必要な場合に備えて保存する。全てのサンプルは一意にラベル表示されていなければならない。

A1.30 装着にはアセトン・トリアセチン法を使用しなければならない。原理はアセトン蒸気の凝縮によりフィルターの孔がつぶれ、フィルターがスライドガラスに貼り付くことでフィルターが透明なプラスチックフィルムになり、含まれているア

スベスト繊維が上面近くに来るようになる。トリアセチンはつぶれたフィルターとカバースリップとの間の界面を作るために使用される。フィルターを装着したスライドは長年にわたり顕著な劣化なしに保管可能であるが、小規模な繊維の移動は起こるかも知れない。スライドは注意深く、極端な温度に晒されないように保管する必要がある。スライドはその他の関連記録すべてと共に少なくとも 6 カ月間保管し、必要があれば結果の見直しができるようにする。

A1.31 装着するフィルターは清潔な顕微鏡スライドの中央にサンプル面を上にして置き、できれば格子の線がスライドの縁と平行になるようにするのが望ましい。水は透明化プロセスの妨げとなるため、フィルターに過剰な水分が含まれていないことが重要である。サンプルが高い湿度に晒された場合、装着前にフィルターを乾燥させることが必要になることもある。乾燥は、装着前にフィルターと容器を暖かい空気の保管庫（ファン無し）の中に入れるか、スライドウォーマーに置き、容器の蓋を部分的に開けて水蒸気を逃がすようにして行う。フィルターの周囲に金属製リング又は不活性樹脂を置くことでアセトンの拡散を一部に集中し、透明化の効率を高めることができる。

フィルターを完全に透明化するための最低量のアセトンを使用しなければならない（最大 0.25ml）。スライド（これは清潔でなければならない）はホットブロックの排気口の下に置く（図 A1.3 参照）。アセトンはゆっくりとホットブロックの中に注入し、蒸気が一定の流れとなってフィルターにかかるようにする。これでフィルターが瞬時に透明になるはずである。この少量のアセトンで火災や健康のリスクを最小にすることができる。とは言え、すべての発火源は遠ざけ、アセトンを取り出していないときにはアセトン保管ボトルに栓をしなければならない。**アセトン蒸気は引火性が非常に高く、また若干の毒性があり、上記の手順を行う前に適切な安全対策を取る必要がある。**（この手順はドラフトチャンバーの中で行うとアセトン蒸気の吸引を最小限に抑えられる。）50～60℃のホットプレート上にスライドを置いて、トリアセチン及びカバースリップを使う前に余分なアセトンを蒸発させても良い。アセトンが蒸発したらマイクロピペット又はその他の適切な点滴器を使用してトリアセチンを 1～2 滴フィルター上に落とす（最大 120 µl）。これがフィルターにカバースリップを置いたとき、縁の周りにはみ出すことなく、ちょうどフィルター全体に行きわたる量である。清潔なカバースリップは角度を付けてゆっくりとフィルター上に置き、空気が全て抜けるようにする。カバースリップを置いたらフィルターに押し付けたり動かしたりしてはならない。必要であればティッシュペーパー又は類似したものの角を使用して、毛細管現象を利用してスライドの余分なトリアセチンを取り除くことができる。カバースリップに触れたりカバースリップを拭いたりすることはどんな方法でもしてはならない。この段階では顕微鏡で見たフィルターはまだ灰色がかっている。直ちに計数を行う場合には、透明度を高めるためにホットプレートの上にスライドを置く必要がある（たとえば 50～60℃で最大 15 分間）。スライドを室温で一晩寝かせれば、過熱しなくてもフィルターが透明になる。フィルターが透明になり計数が行われるまでスライドは清潔な状態で水平（カバースリップが上）にしておかなければならない。

評価

A1.32 顕微鏡は製造者の指示に従って調整及び使用を行う必要があり、アナリストは計数を行う前に（何らかの調整を行った場合にはより頻繁に）顕微鏡の動作を確認しなければならない。顕微鏡が正しく調整されているかどうかを確認する標準的な手順は次の通りである。

- できれば明視野照明を用いて作業ステージマイクロメータを置き、心合わせを行い、焦点を合わせる。必要であれば、低倍率対物レンズを使用して 0～100µm の目盛りの位置を確認してから倍率 40 倍の対物レンズに戻す。
- 視野絞り及び集光レンズ高さを調節してケーラー照明又はケーラータイプの照明にする。
- 接眼レンズ間隔がユーザーに合っているかどうか、両方の接眼レンズの画像の焦点がくっきりと合っているかどうか、そして **Walton-Beckett** グラチクルもくっきりと焦点が合っているかどうかを確認する（必要であれば調節する）。
- **Walton-Beckett** グラチクルの直径はステージマイクロメータを使用して測定し、記録する（98～102µm の範囲内であること）。測定した直径を計算に使用しなければならない。

- ステージマイクロメータを取り外し、HSE Mark II/Mark III 試験スライドと交換する。
- 位相差顕微鏡法を用いて試験スライドの心合わせ及び焦点合わせを行う（必要であれば暗視野照明と低倍率対物レンズを使用して試験用格子がある二組の平行な溝（トラムライン）の位置を見つけてから倍率 40 倍の位相対物レンズを挿入する）。
- ベルトランレンズ又は位相テレスコープを使用して位相リングが同心であり、心合わせができていることを確認する。必要であれば調節する。
- 視野絞り及び集光レンズ高さを作業倍率で確認、再調整を行いケーラー照明又はケーラータイプの照明にする。
- 七つの帯域を最も良く見えるものから最も見えにくいものまで順に移動し、どれがやっと見える（線が部分的に見える）か記録する。
- 作業倍率で HSE Mark II 試験スライドのブロック 5 のうねが見えていなければならないが、ブロック 6 のうねは部分的に見え、ブロック 7 のうねは全く見えない状態でなければならない（図 A1.4 参照）。赤証明書が発行されている Mark III 試験スライドでは、ブロック 4 が見えていなければならない、ブロック 5 のうねは部分的に見え、またブロック 6 のうねは全く見えない状態でなければならない。
- それぞれのフィルターの計数を行う前に顕微鏡の焦点及び集光レンズの焦点を再調整する必要がある。

必要なすべての調節と確認が行われることを条件としてその他の手順を使用しても良い。

A1.33 フィルターを載せたスライドは顕微鏡ステージ上に置く。サンプルを低倍率対物レンズを使用して付着物の均一度とフィルター上に繊維や粉じんの極端な塊が無いことを確認する。フィルターが極度に不均一又は過剰な粒子が付着しているため計数するのが困難なフィルターは破棄するものとする。フィルター上の繊維は少なくとも倍率 500 倍で計数しなければならない（注：より高い倍率を使用する場合、対物レンズの開口数の 1000 倍を超えないようにすること）。見る場所を変えたときにはそれぞれの場所でマイクロメータにより焦点を細かく上下に調節して精度を高め、全ての繊維が見えるようにする。計数は以下のルールに従って行う。

- カウントするグラチクルエリアは偏りを避けるためにランダムに選び、露出したフィルター面を代表するものでなければならない。フィルターの縁から 4mm（又は切断線から 2mm）の範囲内にある領域は計数しないものとする。次のような場合には該当領域は却下する。
 - － 視野全体又はその一部がフィルターの格子の線で邪魔されている
 - － グラチクル領域の面積の 8 分の 1 以上が繊維及び/または粒子の塊、独立した粒子、又は気泡で占められている
 - － 繊維が見えにくく信頼に足る計数が行えないと顕微鏡使用者が判断した

却下されたフィールド数が容認されたフィールド数の 10% を超える、又は顕微鏡使用者がサンプルは計数不能又は偏りがあると判断した場合、それを最終報告書に記載しなければならない。

- 計数可能な繊維とは長さが 5 μm を超え、平均幅が 3 μm 未満でアスペクト比が 3 : 1 を超えるものと定義されている（粒子に付着している繊維はその粒子が存在しないものとして評価し、繊維の目に見える部分が上記の定義を満たしているなら計数される）。
- 以下の記録に関するルールが適用される。
 - － 両端が共にグラチクル領域内にある計数可能な繊維は一つとして記録する。
 - － 片方の端のみがグラチクル領域内にある計数可能な繊維は半分として記録する。
 - － グラチクル領域を横断し、いずれの端もそのグラチクル領域内に存在しない計数可能な繊維は計数しない。
- 分かれた繊維は、それが上記の定義に合致していれば一本の計数可能な繊維として扱い、定義に合致しない場合には無視する。分かれた繊維とは、長さ方向の一点または複数の点で固まって一本のように見えるが、他の場所では別々の糸に分かれている繊維と定義される。幅は分かれている部分ではなく分割されていない部分で測定する。
- ほぐれている繊維の集まりは、それが上記の定義を満たすかどうかを判断できる程度に区別できる場合には個別に数える。
- 束になった繊維及び固くまとまった繊維の塊で計数可能な繊維の定義を満たす

個々の繊維が区別できない場合、その束又は塊全体として上記の定義を満たしている場合に一本の計数可能な繊維として扱う。

- 繊維の幅が長さ方向で変化する場合、代表的な平均幅を考慮する。

上記のひとつ又は複数の特徴を表している計数可能な繊維と計数不能なものを示す例を図 A1.6a～f に示す。

A1.34 計数するグラチクル領域の数は以下のようにサンプリング状況によって異なる。

- コンプライアンスのためのサンプリング及び呼吸用保護具の評価に伴って行われる作業者サンプリングの評価では、**少なくとも 100 本の繊維又は 100 個のグラチクル領域**、いずれか早く到達した方の計数を行わなくてはならない。100 本を超える繊維が含まれている場合でも少なくとも 20 個のグラチクル領域を検査する必要がある。
- その他のサンプルの評価（たとえば透明化指標（clearance indicator）、バックグラウンド、再確認及び漏れサンプリングなど）では、**最低限 480 リットルのサンプルについて 200 個のグラチクル領域を検査しなければならない**。捕集した空気の量（v）が 480 リットルを超えている場合、検査したグラチクル領域の数（n）は、式 $n = 96\,000/V$ に基づいて少なくすることもできる。たとえば、960 リットルの空気を捕集した場合、100 個のグラチクル領域を調べるだけで良い。もし明確な結論が早い段階で得られた場合には n 個のグラチクル領域を調べる必要が無いこともある。たとえば、200 フィールドに 30 本の繊維があり、0.015 本 f/ml の計算濃度が得られるとすれば、（少ないグラチクル領域を調べただけで）繊維カウント数が 30 本に到達した時点で隔離空間を不合格として報告することも可能である。サンプル量を 480 リットル（又はより大きな量）にするために複数のサンプルがプールされている場合、V はプールされているサンプルの合計量であり、n はプールされているフィルターそれぞれについて検査するグラチクル領域の数である。

図 A1.5 繊維計数ルール例：グラチクル領域内の繊維及び分かれている繊維

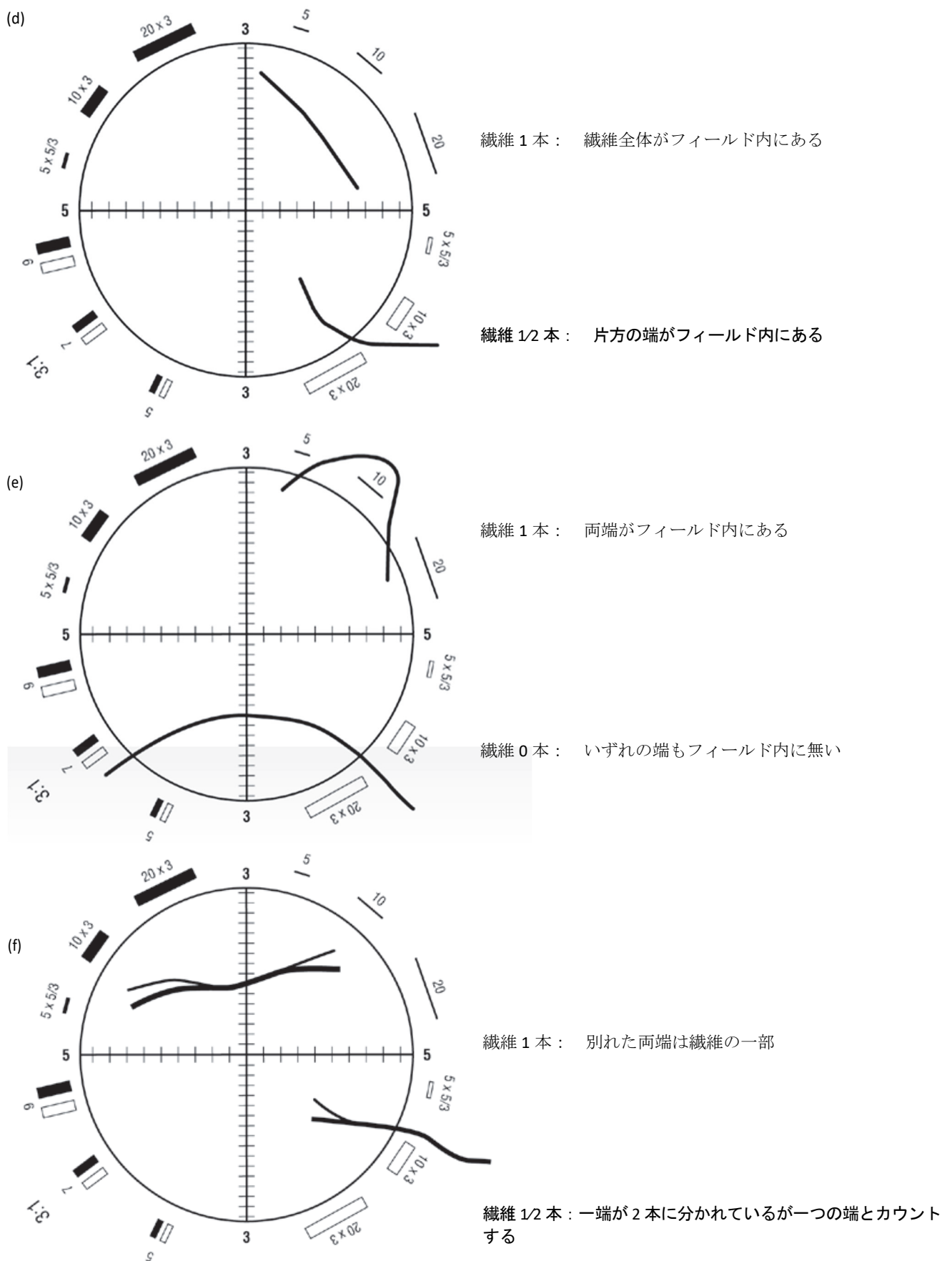


図 A1.5 他の粒子に接触している繊維に対する計数ルール例

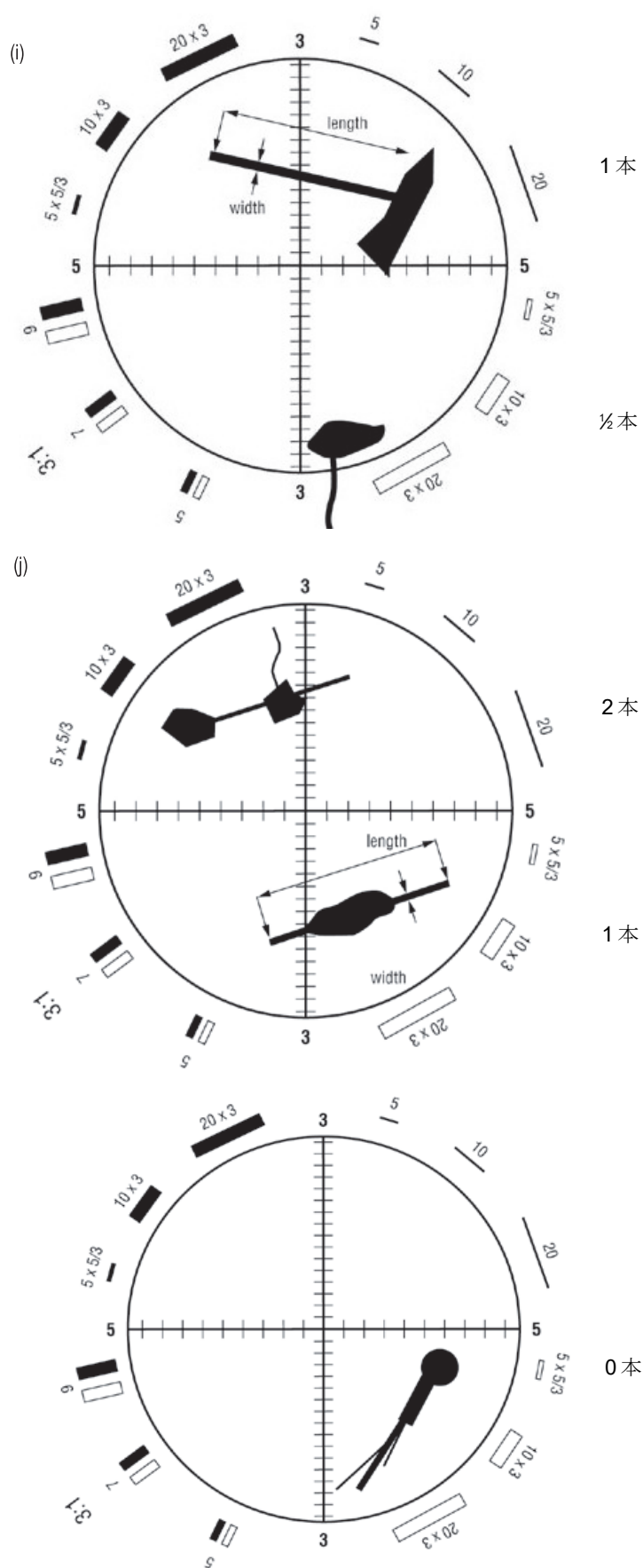
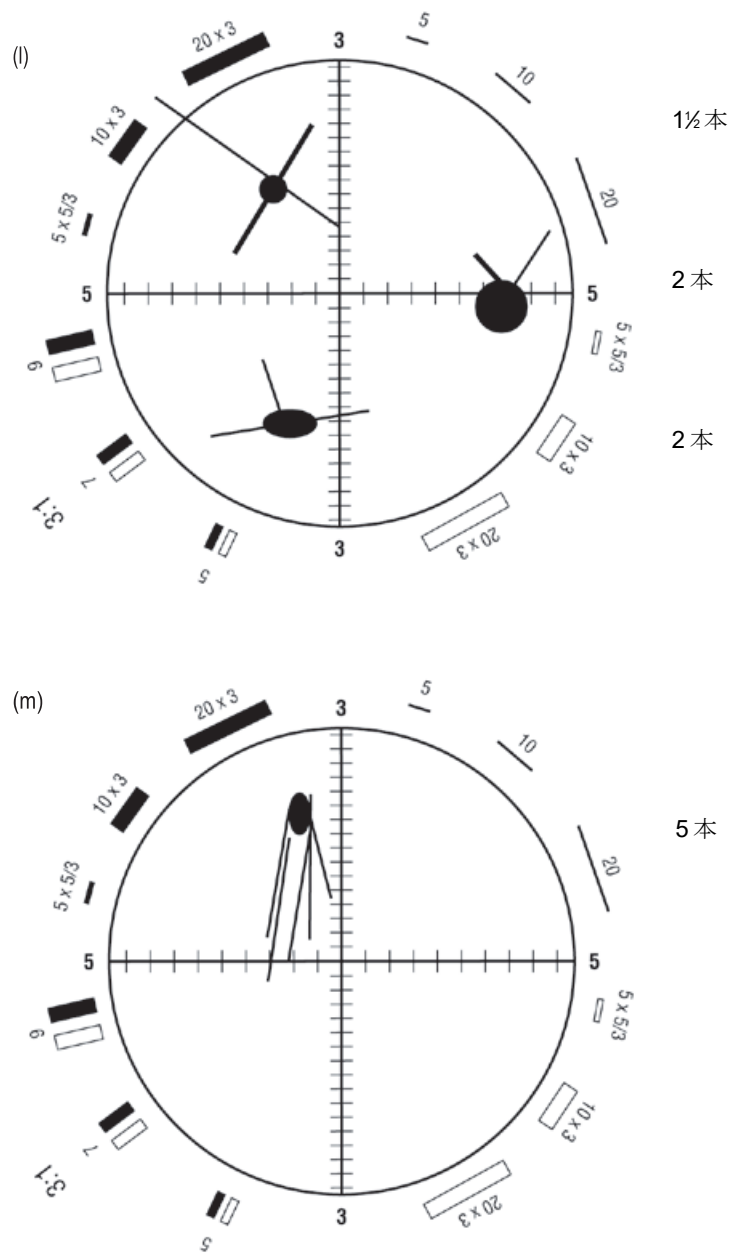


図 A1.5 他の粒子に接触している繊維に対する計数ルール例



結果の算出

A1.35 飛散濃度は以下の式で算出する：

$$C = 1000 N D^2 / V n d^2 \text{ 本/ml (f/ml)}$$

ここで、N はカウントされた繊維の数

n	調べたグラチクル領域の数
D (mm)	露出しているフィルターの面積
d (μm)	Walton-Beckett グラチクルの直径
V (litres)	フィルターを通してサンプリングされた空気の量

複数のサンプルをプールする場合、V はサンプリングされた総量、N は繊維の総数、そして n はそれぞれのフィルターで調べたグラチクル領域の数（この数は全てのフィルターについて同じであり、調べたグラチクル領域の総数ではない）。濃度は指定されている限界の上か下かが分かるだけ的小数点以下の桁まで算出しなければならない（たとえば 0.2 f/ml の場合、小数点以下 2 桁まで、0.01 f/ml の場合には小数点以下 3 桁まで算出する）。

A1.36 測定に関しては以下の点に注意する必要がある。

- 管理限界との比較のためのサンプリングは一定の時間、又は特定の作業が続く間のいずれで行っても良い。理想的には、連続する 4 時間のサンプリング期間に基づいて時間加重平均を算出すべきである。しかし、多くの場合（たとえばアスベスト除去及び保守作業）、作業時間が短すぎ、作業ごとにサンプリングが行われるため連続する 4 時間又は 8 時間のサンプリングは不可能である。一定時間の時間加重平均は、他の活動（たとえばお茶や昼食時間など）について追加のサンプリングが含まれた場合、又は何らのばく露も無いとの仮定が行われた場合に算出することが可能である。
- 連続したサンプリングが可能な場合でも、微粒子濃度が高い場合には計数可能なフィルターを得るために短いサンプリングが必要になることがあり、時間加重平均を算出するためにはサンプルをまとめてプールしておかなければならない。

結果の記録と報告

A1.37 関連のあるサンプリング及び分析に関する情報は全て記録しなければならない。サンプリング記録には、該当の現場情報が含まれていなければならない。また校正の追跡可能性を確立するため、結果を算出するため、そしてサンプリングの品質を保証するために十分な情報が含まれていなければならない。分析記録には、校正の追跡可能性を確立するため、報告する結果を算出するため、そして分析の品質を保証するために十分な情報が含まれていなければならない。報告書にはサンプリング及び分析について十分な情報を含めて、結果を追跡可能にし、サンプリングの目的と成果を明確にしなければならない。通常、結果は分析機関の UKAS 認定（CAWR 2002 参照）¹⁰ にも含まれ、追加情報（Lab 30 参照）²⁰ の記録と報告が必要になることもある。サンプリング及び分析は異なる人間及び団体によって行われることがあるため、分析報告書には適切なサンプリング情報が添付又は含まれていなければならない。全ての試験報告書は ISO/IEC/17025 の要件に従っていなければならない²⁰。

A1.38 いずれの報告書にも以下の情報が含まれるものとする。

- 作業を行う団体の名称又はレターヘッド
- その団体の完全な郵便宛先及びその他の電子的連絡先
- UKAS 認定マーク及び番号（妥当な免責条項があればそれも）
- 作業を行った人物の名前、活字体で
- 報告書の提出（release）を許可した人物の名前（活字体）及び署名（こ

れは作業を行った人物と同じ場合もある)

- 報告書の提出が許可された日付
- 適切な報告書参照記号又は番号

サンプリング報告書には以下も含まれているものとする。

- サンプリングの場所（たとえば名称及び住所）
- サンプリングの日付
- 実施したサンプリングの種類
- 個々のサンプルに関するサンプリング情報、以下を含む：
 - 一意の識別記号（たとえばサンプル番号など）
 - サンプルの種類（たとえば作業者サンプリング又は静的サンプリング、及びコンプライアンス、バックグラウンド、完了検査（クリアランス）、その他）
 - サンプルの位置（たとえば名称又は場所）
 - 個々のサンプリングの開始時刻及び終了時刻
 - サンプルされた空気の計算量
 - サンプリング中に行われていた具体的活動又はでき事（たとえば解体作業中、解体作業の直後など）

分析報告書には以下の情報も含まれるものとする。

- それぞれのサンプルについて用いた分析手法
- サンプル番号
- それぞれのサンプルの量（他の場所に記載されていない場合）
- 繊維濃度
- 定量限界

（報告した濃度は定量限界を判定する正確度よりも高い正確度を暗示するものであってはならない、たとえば 480 リットルのサンプルについて 200 フィールドの計数を行った場合、0.01 f/ml 未満で報告する、又は 0.01 f/ml を超える場合には小数点以下 2 桁に四捨五入して報告する。）

A1.39 報告書にある情報に加え、サンプリング及び分析の記録には以下の情報も含めることができる。

- 標準の手順からの変更を含むサンプリング方針（たとえば非常に埃っぽい条件では、過剰な付着を防ぐためにサンプリング時間を非常に短くしなければならない、サンプリング時間を正確に測るためにストップウォッチを用いることもある）
- 結果に有意な影響を及ぼす可能性のある環境条件（たとえば、屋外のサンプリングでは霧や雨、フロート式流量計に対しては校正時と現場状況の大きな温度差及び気圧差）
- 使用したフィルターの種類とバッチ番号
- 流量測定機器の種類と識別番号
- 空気サンプリング用ポンプの種類と識別番号
- 計時機器（timing device）の識別番号
- 個々のサンプリング開始時、終了時、及びサンプリング中に確認した流量
- 繊維計数を実施したアナリストの名前
- ステージマイクロメータの識別番号
- 試験スライドの識別番号
- Walton-Beckett グラチクルの口径測定値
- HSE 試験スライド上で格子がまだ見えているブロック番号
- 個々のサンプルについて調べたグラチクル領域の番号
- 個々のサンプルについて計数された繊維数
- 露出されたフィルターの直径測定値と算出された面積
- 繊維カウント数の上下 95% の信頼限界
- 総合的な不確かさ

■ 分別計数⁵（MDHS87 参照）²⁹ 方針に関するその他の情報

人的要因

A1.40 人間工学的条件、作業慣行及び分析機関内の作業環境が計数の正確度に悪影響を及ぼさないように注意すること。調節可能な椅子を調節できるだけの十分なスペースが足元及び周囲にあり、顕微鏡使用者がしっかりと支えられ、リラックスできる快適な状態で座ることができるようになっていなければならない。目の疲労を避けるために顕微鏡及び周囲の照度は目に優しいレベルにする。また周辺光は顕微鏡よりも明るくはならず、カバースリップや光学機器で反射せず、その他の眩しい光源を作り出すことのないようにする。できれば、顕微鏡の向こう側には照明が一定で障害物の無い遠景が見えるのが望ましい。それができなければ光沢のない背景シールド（background shield）を使っても良い。姿勢が悪いと首や背中への疲れに繋がりが、照明が不適切だったり顕微鏡の調整が正しくなければ目の疲れが起こり、これらすべての要因が顕微鏡使用者の行う計数に悪影響を及ぼす。接眼レンズ間隔及びそれぞれの目の焦点距離の差の調節は短時間でできるが重要であり、計数を行う前に都度顕微鏡使用者が行うべきものである。目は接眼レンズに近すぎたはならず、目の位置が高い広視野複眼レンズを使用する場合、メガネをかけていない人間は保護メガネを着用しなければならない。顕微鏡画像は視野内の粒子が安定して明瞭に見える程度に無振動でなければならない。

A1.41 疲労は計数品質に悪影響を及ぼすため、アナリストが一定時間内に行う繊維の計数量には制限を設ける必要がある。8 時間の間に一人の人間が調べるグラチクル領域の数は通常 2400 を超えてはならず、この数は一つのサンプルにつき 200 グラチクル領域を検査する場合、12 件のサンプルに相当する。計数を行う者は少なくとも三つ又は四つのスライドを連続して検査した後に休憩を取ることが推奨され、長時間のシフトで勤務する場合には別途品質保証（QA）対策が必要になることもある。繊維カウント作業の長さや頻度は顕微鏡使用者、サンプルの種類及び分析機関の条件によって変わる。1 日に診断するサンプルの数も顕微鏡使用者によって変わる。一般的には粉じん付着物が希薄なサンプル 1 件を診断するのに 10 分から 25 分かかり、フィールド数が多くより困難なサンプルではもっと長い時間が必要になる。

正確度

A1.42 個々の測定現場の「真の」気中繊維数濃度を知ることは不可能であり、手法の絶対的な正確度を評価することはできない。しかし、サンプル評価に伴う相対的な偏りに関する情報はある程度取得可能である。一般に、アナリストはフィルター上の粒子密度が高い場合には繊維数を過小評価する傾向がある。妨害粒子の比較的少ない空気に含まれる繊維のサンプリングを行う場合、最適な密度範囲は繊維 100～650 本/mm²であり³⁴、密度が 650 本/mm²を超えると結果は過小評価される可能性が高く（但しそれらの結果を修正してはならない）、1000 本/mm²を超える繊維レベルでは過小評価がより大きくなり、本来は繊維密度が高過ぎて計数できない試料である。粉じんが混じっている場合、アスベスト以外の繊維や粒子の存在が結果の精度に影響をもたらす。繊維状ではない粒子が偶然に重なると完全に、或いは部分的に繊維を本来の形でカウントすることができなくなる可能性があり、その比率は繊維濃度ではなく繊維状ではない粒子の平均サイズ及び密度によって変わる³⁵。現実的には偶然の重なりがカウント数にもたらす影響はアナリストごとの繊維判定基準の違いの影響に比べると小さく、本手法で定義されている計数ルールではあまり重要ではない。重要なことは計数のやり方により分析機関内の顕微鏡使用者の間で、そして特に分析機関間でカウント数に系統的な差が生じることである。これら分析機関内及び分析機関間の差は適切なトレーニングと定期的な品質確認により管理されなければならない。

⁵ WHO の位相差法では偏光顕微鏡や電顕を使って繊維種を同定する（＝分別）分析を認めている。英国にも同様の MDHS87 がある。日本では位相差/偏光顕微鏡法がある。（監修者）

精度

A1.43 計数精度はカウントする繊維の数とフィルター上の繊維分布の均一性によって変わる。後者はポアソン分布により合理的に説明可能である。理論的にはランダムに（ポアソン）分布している繊維を計数するプロセスの変動係数（CV）は、 N をカウントされた繊維数とすると $CV = 1/\sqrt{N}$ となる。従って CV は 100 本の繊維に対して 0.1 となり、10 本の繊維カウント数では 0.32 となる。しかし実際には、現実の CV はこれらの理論的数値よりも大きく、これは一人の顕微鏡使用者が何度も繰り返す計数のそれぞれ、及び異なる顕微鏡使用者が反復する計数のそれぞれに生じる主観的な差に伴う別の要素のためである。このときの CV は概ね $(N + 0.04N^2)^{1/2}/N$ の式で与えられ、ここで N は 1 回の評価における繊維数の平均である³⁶。分析機関内のカウント数について標準的な CV の値を表 A1.1 及び図 A1.7 に示す。1 回の計数において n 本の繊維が見つかった場合、同じ領域で多数の繰り返し判定の平均は全体の 90% のケースで信頼限界 M95 と M05 の間になると予想される³⁶。ここで、

$$0.91 M95^2 - (2n + 2.25)M95 + n^2 = 0,$$

$$0.84 M05^2 - (2n + 4)M05 + n^2 = 0.$$

これらの方程式が表 A1.1 に示されている上下の信頼限界を算出するために使用された。このことから 100 本を超える繊維をカウントしても精度は少ししか向上しないことが分かる。また、本手法ではカウントされた繊維の数が少なくなるほど精度が悪化する。精度の悪化は概ね 10 本未満までカウント数が落ちると大きくなる。分析機関間の CV は分析機関内係数の 2 倍、又は品質管理が不十分である場合にはそれ以上になる。

表 A1.1 分析機関内変動係数（CV）とカウントされた繊維数の関係

繊維数	見込まれる CV	繰り返し判定の平均に対して見込まれる 95% 信頼限界 ⁶	
		下限	上限
5	0.49	1.64	13.01
7	0.43	2.66	16.38
10	0.37	4.81	21.32
20	0.3	10.34	37.41
50	0.25	29.66	84.77
100	0.22	62.59	163.16
200	0.21	128.87	319.67

⁶計数繊維数に対する正確な 95%信頼区間の値は ISO 14966（走査電子顕微鏡による大気中無機繊維状粒子の定量）の 27 ページにある。

不確かさの見積り

A1.44 ISO/IEC 17025.³⁷に関するガイダンスである UKAS Lab 30 文書²⁰では、計測の個々の部分に伴う変動が全体としての不確かさ（UKAS 文書では総合不確かさ及び拡張不確かさとも呼ばれる）を算出することを求めている。様々なレベルの複合^{38,39}が推奨されるが、繊維の空気モニタリングの全体不確かさには空気サンプリングと繊維計数に伴う体系的、主観的、そしてランダムな誤差が関数している。全体の不確かさを 95%信頼区間（標準不確かさに正規分布の包含係数 2 を掛けたものに相当）で表すことが一般的である。最初の概算では、分析に伴う系統誤差による不確かさは、サンプリング機器の配置及びフィルター上のランダムな繊維分布によるランダム誤差に比較すると小さい。繊維計数は手作業で行うため、かなりの主観的誤差も存在し、これはカウントを行う人間が同じでも異なる人間の間でもあらゆる要因によって変動する。手作業の繊維計数に伴うランダムかつ主観的なばらつきが大きく、また基礎となるランダムなポアソン分布が対称ではないため、全体の不確かさは同じサンプルについて盲検的な計測（blind measurement）を繰り返すことでしか得ることができない。同じ分析機関内のカウント数から得られた観察結果を表 A1.1 及び図 A1.6 に示す。分析機関間のカウント数から得られる不確かさは RICE の実績限界に最も良く表されている。

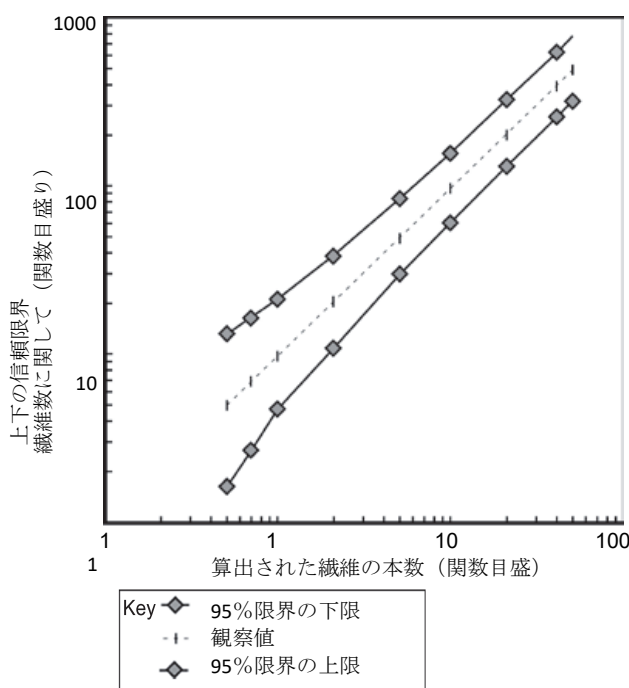


図 A1.6 算出された分析機関内の信頼限界グラフ

A1.45 分析機関内で系統的なばらつきに寄与する要因の例を表 A1.2 に示す。本手法で定義されているばらつきの最大許容値及び標準的な測定値の両方が評価されている。一部のケースでは最大変動が手法の中で定められていない場合があり、1%の値が採用されている。現実的には³⁸、変動が最大変数の 20%未満の場合は通常無視できるとされている。表 A1.1 から、繊維計数における 95%信頼区間は、20 本の繊維について 52%と 187%の範囲であることが分かる。サンプリング及び校正の系統的な不確かさも算出され（表 A1.2）、全ての変数を独立として扱う二乗和平方根法を用いて繊維計数変数（表 A1.3）と組み合わせた。表 A1.2 の最大許容系統的な不確かさは平均カウント数の $\pm 26\%$ の範囲であるため、これにより全体の不確かさとして算出される 95%信頼限界は平均値の 55~191%の範囲となる。表 A1.2 で算出されている系統誤差でより可能性の高い値は最大 11%である。系統誤差が最大許容値と仮定しても、系統誤差の全体的な影響は最大 200 本の繊維カウント数に対して繊維計数誤差の 20%未満である（表 A1.3 の最後の二列を参照）。これは校正、計時（timing）及び流量計測における全ての系統誤差が、繊維計数におけるランダム誤差及び主観的誤差、そして A1.41 項の方程式及び表 A1.1 から導

かれる 95%信頼限界と比較すると無視できると見做すことができることを意味しており、これらは全体的不確かさを適切に表している。

表 A1.2 系統変数に対する不確かさの見積もり (budget) の例

変数	ばらつきの最大許容値 ±%	測定されたばらつきの例
サンプリング変数		
マスター流量計の校正	1	0.5
作業用流量計の校正	3	1.9
ポンプ流量の校正	3	1.9
ポンプ流量のばらつき	10	3*
ロータメーターの読み取り性 (使用の場合)	3	2.5
サンプリング時間	2	1*
サンプリングの不確かさ	11.5	4.9
解析変数(analysis variables)		
マスターステージマイクロメータ	1	0.5
サブ・マスターの校正	1	0
グラチクルの校正	2	0
露出フィルター面積	5	2
分析の不確かさ	5.6	2.1
全体の系統的な不確かさ	12.8	5.3
95% 信頼区間	± 25.6	± 10.6

注： 値が無い場合又はばらつきの最大許容値が記載されている場合、1%という値を使用。過去の校正に関する計測では、マスターステージマイクロメータに関して過去 17 年間変化が無く、また長期間のサブ・マスター及びグラチクルの校正の総合不確かさは 0 であることが示されている。

表 A1.3 ランダム誤差及び系統誤差の影響

繊維数	最大許容 系統誤差 (±%)	ランダム誤差及び 主観的誤差に対す る繊維カウント数 の 95%信頼限界		繊維カウント数の 総合不確かさ、カ ウント数のパーセ ント値		最大系統誤差の影響、ラ ンダム誤差及び主観的誤 差のパーセント値	
		下限	上限	下限	上限	下限	上限
20	26	10.34	37.41	54.85	190.85	4.18	11.95
50	26	29.66	84.77	48.28	174.24	6.33	15.74
100	26	62.59	163.16	45.56	168.30	7.53	17.88
200	26	128.87	319.67	44.06	165.24	8.28	19.27

品質管理

A1.44 雇用主は、飛散アスベストのサンプリング及び分析に利用する分析機関が ISO/IEC 17025 に規定されている必要基準を満たしていることを確認しなければならない³⁷。雇用主はアスベストのサンプリング及びアスベスト繊維の計数について UKAS 認定を取得している分析機関を利用することでこの責任を果たすことができる。UKAS ではアスベストのサンプリング及び分析に関する認定について説明するガイダンス²⁰を発行している。分析機関にはトレーニングを受けた有資格者により作業が行われるようにする責任がある。トレーニングにはアスベスト及びその他の繊維に関する BOHS S301 モジュールの範囲内で正式なトレーニング及び BOHS の職業衛生委員会に参加している団体からの資格認定が含まれることがある。新規スタッフは少なくとも BOHS 検定モジュール P403「アスベスト繊維計数」及び P404「アスベストの空気サンプリング及びクリアランス検査」で資格認定を受ける必要がある。分析機関スタッフの適切な所内トレーニングと実績監視を行い、結果の品質を確保する必要がある。

A1.45 品質保証で不可欠なのは、内部及び外部の品質管理のしくみに参加することである。手作業による繊維計数手法で得られる結果が分析機関内及び分析機関間で大きく異なることから、この仕組みに参加することは特に本手法に適している。従って、本手法を使用する分析機関は「分析機関間の定期数値交換 (RICE)」の仕組みに参加しなければならない。これにより分析機関の成績を他の計数分析機関と比較することができる。RICE への参加を補完する意味で内部整合性の確認を行う必要があり、この確認は個々の計数担当者の成績を分析機関内の他の計数担当者と比較して評価することを目的とするものとする。内部の品質管理の仕組みには基準サンプル（すなわち判定数の平均として明確な結果が確立されているもの）、日常的サンプル（すなわち通常業務を行う過程で分析されたもの）、そしてブランクサンプルの使用が組み込まれていなければならない。参加及び個人の実績評価は少なくとも月一回実施しなければならない。品質管理結果の系統的記録を残し、実績評価は明確に定義された基準に照らして行う必要がある。

A1.46 HSE Mark II/Mark III 試験スライドの品質が損傷やその他の要因で劣化していることが疑われる場合には再評価を行う必要がある。HSL に連絡して助言をもらうこと（A1.47 項参照）。

助言

A1.47 安全衛生研究所（HSL）から本手法に関する助言を得ることができる（住所は「詳細情報」を参照のこと）。改善のための提案も同住所に送付する。

付属書 2：建材等（分析用固体：バルク）試料に含まれるアスベスト：試料作成と偏光顕微鏡（PLM）による同定

はじめに

定義及び専門用語

A2.1 アスベストとは、繊維状をした複数の天然のケイ酸塩鉱物の総称である。その柔軟性、抗張力性、不燃性、低熱伝導率、耐薬品性などの有用な特性が活用されてきた。英国では規制を目的として、「アスベスト管理規則（CAWR）¹⁰」により、アスベストをクリソタイル、クロシドライト、アモサイト、繊維状直閃石、繊維状緑閃石、繊維状透角閃石（表 A2.1 参照）のいずれか、又はこれらの混合物と定義している。「アスベスト含有材」とは、規制下にあるこれらの繊維状鉱物のいずれかを含む建材を示す用語である。この付属書で光学顕微鏡による作業の説明に用いる学術用語及び定義は、RMS 光学顕微鏡辞典（RMS Dictionary of Light Microscopy）⁴⁰に基づいている。「用語集」を参照のこと。

鉱物学上のアスベスト

A2.2 ケイ酸塩鉱物は、結晶格子の繰り返し単位におけるケイ酸塩四面体の数及び結合の仕方によって分類される^{41,42}。クリソタイルは層状ケイ酸塩に分類される蛇紋石の仲間である^{41,43}。その他の種類のアスベストは鎖状ケイ酸塩に分類される角閃石系の鉱物である^{42,43}。蛇紋石及び角閃石を含む岩石は地球の表面に幅広く存在するが、アスベストの生成に適した状況が存在することはまれである。それは鉱脈において起こる。アスベストの商業採掘は、かなりの量の鉱脈が存在する（母岩の約 1%以上）状態で現実的になる。他の採掘物（タルクや鉄鉱石など）の中に比較的低い割合でアスベストが存在することは珍しくない。表 A2.1 は、蛇紋石及び角閃石のうち、アスベストと非アスベストの分類を組成式とともに示したものである⁴³⁻⁴⁷。陽イオン組成の違いは、角閃石の種類を定義するだけでなく、各種類内で観察された光学特性の差異にも影響する。顕微鏡使用者は、それらの違い及び観察される屈折率（RIs）に与える影響を認識しておく必要がある。A2.4 項及び A2.41 項を参照のこと。

表 A2.1 規制アスベストの種類、それに類似する非アスベスト鉱物、組成式
(出典：Hodgson⁴⁴ 及び Walton⁴⁷)

アスベストの種類	類似する非アスベスト鉱物	組成式
蛇紋石類		
クリソタイル	リザルダイト、アンチゴライト	$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$
角閃石類		
クロシドライト	リーベック閃石	$\text{Na}_2\text{Fe}_{32}+\text{Fe}_{23}+(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$
アモサイト	鉄閃石	$(\text{Fe}_{2+}, \text{Mg})_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$
繊維状直閃石	直閃石	$(\text{Mg}, \text{Fe}_{2+})_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$
繊維状緑閃石	緑閃石	$\text{Ca}_2(\text{Fe}_{2+}, \text{Mg})_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$
繊維状透角閃石	透角閃石	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$

原則

A2.3 検査のため、アスベストを含むと考えられる建材の代表試料を採取する。この試料を分析室でまず肉眼で観察し、次に低倍率（8 倍から 40 倍）の実体顕微鏡を用いてより詳しく観察する。さらに詳細な観察のため、代表的な予備試料を 1 つ以上、機械処理及び/又は化学処理により用意する場合がある。これらの一連の検査で確認された繊維を形状及び特定の物理的特性を基に暫定的に分類する。そのようにして識別された各種類の繊維を試料として数本又は束を選び、これらをもっとも可能性の高いアスベストの種類に合う屈折率（RI）の浸液で標本にする。次に、試料の種類に応じて適切に、約 80 倍以上の倍率の偏光顕微鏡（PLM）で確認した詳細な光学特性を基にして、繊維が 6 種類の規制アスベストのどれであるかを最終的に同定する。

範囲及び制約

A2.4 本付属書では、偏光顕微鏡（PLM）を用いた 6 種類の規制アスベストの同定について説明する（A2.7 項～A2.40 項）。この方法はあらゆる一般的なアスベスト含有材に適しており、ほぼすべての状況で、アスベスト繊維と細長い鉱物破片（Debris）又はその他の素材とを識別することができる。ただし、微細な（<幅 1 μm ）繊維である透角閃石と緑閃石、又は透角閃石と直閃石の区別は難しい場合がある（A2.41 参照）。その場合には追加情報を得るため、電子顕微鏡によるエネルギー分散型 X 線分析、及び/又は電子線回折技術、X 線回折、赤外分光法が必要になる。また、加熱を受けたアスベスト⁴⁸⁻⁵⁰（A2.44 項参照）及び見つかる可能性がある他の種類の繊維⁵¹（A2.45-A2.54 項参照）についても説明する。

A2.5 分析用のアスベスト含有材試料を得るための試料採取手順は、第 3 章から第 4 章で説明している。MDHS100「アスベスト含有材の調査、試料採取、評価」⁸では、調査技術及びバルク試料採取の方針と手順を説明している。

感度

A2.6 この方法を慎重に適用して、スライド上に分散させた数ミリグラムの試料の中に 1 本の繊維が見つかる可能性がある。これは理論的には、約長さ 100 μm 直径 2 μm の繊維の場合、質量 1ppm 程度の検出限界を意味する。このような高感度の方法では、すべての手順を定めて二次汚染を避けることが重要である。

分析

手順

A2.7 本付属書では、信頼性及び再現性のある結果を導くことが実証されている分析技術について説明する。発見及び同定の観点において同等の成果が示せる場合、代替方法を用いることができる。アスベスト繊維の同定は、以下の分析手順に基づいて行う必要がある（図 A2.1 及び A2.15 項から A2.40 項で示される詳細手順も参照のこと）。

- バルク試料全体を予備的に肉眼で観察し、試料の種類及び必要な試料処理（必要に応じて）について評価する。この段階でできる限り、代表的な予備試料を取っておくとよい。
- 繊維の剥離又は分離のため、（必要に応じて）試料処理を行う。
- 実体顕微鏡で詳細かつ完全な調査を行い、存在する繊維の種類を分類する。
- 代表的な繊維を顕微鏡スライドグラスに乗せ、適切な屈折液に浸して標本とする。
- さまざまな繊維状の成分を偏光顕微鏡（PLM）により同定する。

これらの手順でアスベストが同定されない場合、偏光顕微鏡（PLM）を用いて、無作為に取り出した数ミリグラムの予備試料上の微細なアスベスト繊維をさらに探す（図 A2.1 及び A2.23 項参照）。

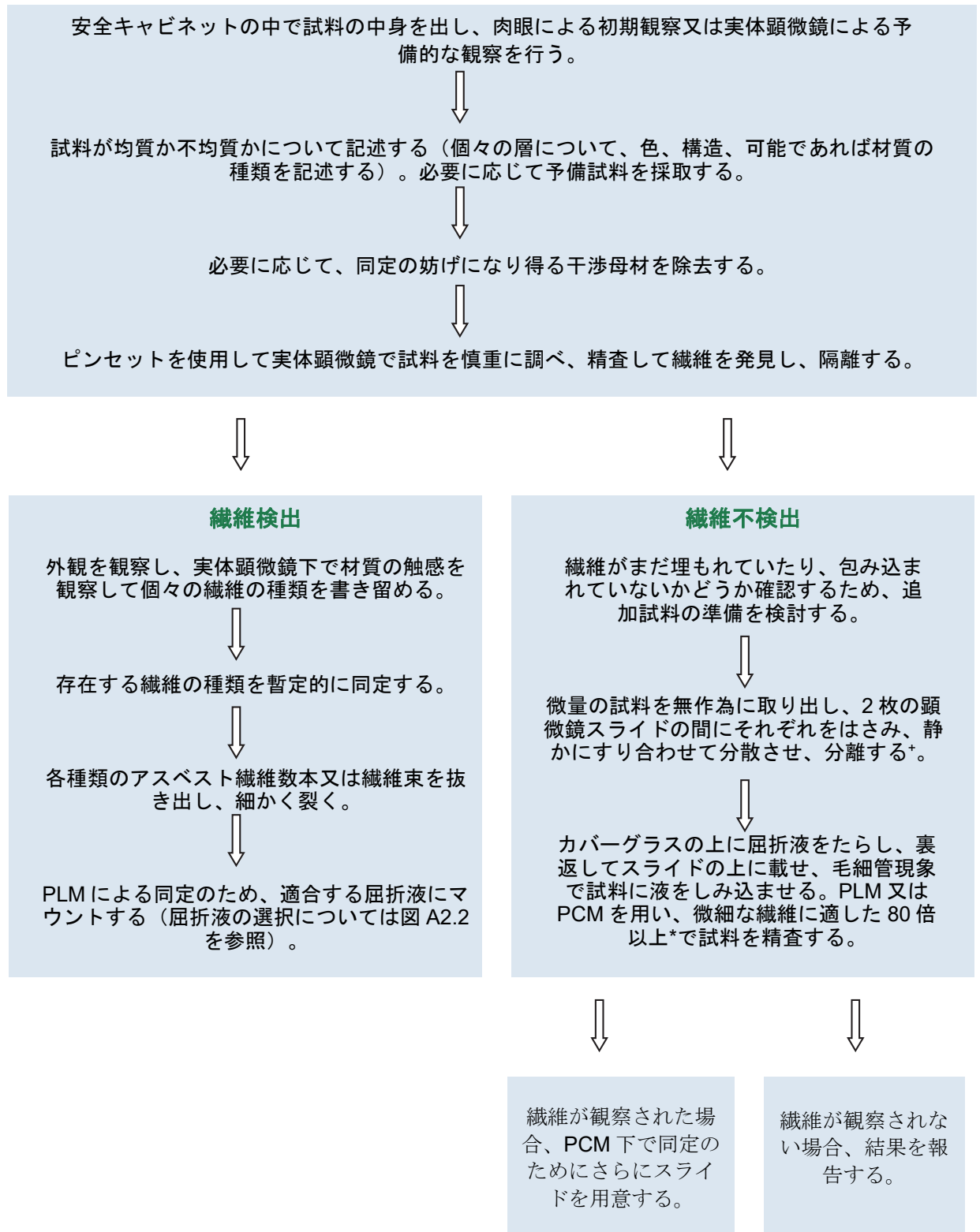
予防策

A2.8 取扱い手順は、分析機関に繊維を飛散させるリスクを最小限にするように整備しなければならない。肉眼と実体顕微鏡による観察、及び試料準備は、ドラフトチャンバー（ヒュームフード）内、又は適切なキャビネットで行う必要がある。アスベスト試料が入った密封バッグ又は容器は、キャビネット又はドラフトチャンバーの中以外で開けてはならない。適切なラベルを貼った袋に入れて最終的に廃棄する前に、廃棄物を一時的に封じ込めるには、頑丈なビニール袋が推奨される。試料準備に用いる化学物質は 2004 年有害化学物質衛生管理規則（COSHH）⁵² の対象であり、使用前に十分に評価する必要がある。アスベスト含有材の取扱いが頻繁である場合、アスベスト管理規則（CAWR）¹⁰ の要求に従い気中浮遊ばく露について評価を行う必要がある。いかなる場合も、準備/同定に使用するエリアでは定期的に空気モニタリング（1 ヶ月に 1 回）を実施し、結果を記録することが推奨される。

分析機関の要件

A2.9 ドラフトチャンバーは BS 7258^{53,54} 準拠のもので、前面風速が少なくとも 0.5 m/s でなければならない。空気循環式キャビネットは、顕微鏡使用者から離れた場所に排気し、HEPA フィルターを装着していなければならない。試料準備に使用するエリアと分析に使用するエリア間の移動がしやすい、人間工学的な分析機関設計が推奨される。顕微鏡使用者がくつろいだ快適な姿勢で座ることができるように座席を調節できることは、特に重要である。他の場所の光源や活動が顕微鏡使用者の快適性や集中を妨げる場合、背後に遮蔽板が必要になる。理想を言えば、目の疲れを防ぐため、顕微鏡の向こう側の景色が離れており、直射日光を受けない環境がよい。

図 A2.1 試料の初期検査



+ 注意：固い素材はスライドに傷をつけたり、大きすぎて適切な標本にならない場合がある。予備試料を浸液に浸し、振動で分散させ、大きな粒子が沈むまで数秒間待った後、ピペットで数滴を顕微鏡スライドの上に滴下して乾燥する方法もある。

* 注意：微細なクリソタイル繊維は一般に、アスベストを含有するビニール床タイル及び化粧塗材/ざらめ塗材などの一部の製品で使用されていた。微細な繊維は、一部の鉱物製品及び降下塵にも存在する。微細なアスベスト繊維の精査には、たとえば 500 倍以上の、より高い倍率の位相差顕微鏡法（PCM）光学を用いることがある。視認性及び明暗差の向上は、繊維と異なる大きな屈折率（RI）の浸液を用いることで得られる（たとえばクリソタイルには、水または RI = 1.67 の浸液を用いる）。

試薬

A2.10 試料処理には様々な試薬が必要になる。一般的に、酢酸、塩酸、水酸化ナトリウム、アセトン、又はその他の有機溶媒が用いられる。また、既知の屈折率の浸液が必要になる。6 種類のアスベスト鉱物の同定には一般的に、少なくとも 5 種類の、屈折率 1.550、1.605、1.640、1.670、1.700 の高分散性の浸液を用いるが、繊維と液体の屈折率を適合させるために、その他の屈折液が必要になる場合がある（A2.40 項も参照のこと）。販売されている屈折液には決められた有効保存期間がある。A2.6 項で概説した理由から、使用中に粒子及び繊維で汚染されることを防ぐ必要がある。従って、屈折液は品質管理プログラムの中で定期的に確認すること、及び適切な確認記録を保持することが推奨される²⁰（A2.57 項も確認のこと）。

試料の準備及び分析用の器具

A2.11 試料処理に必要な器具には、プローブ、精密ピンセットなどがある。他に、ガラスビーカー、使い捨て容器、洗浄可能なペトリ皿、超音波洗浄器、試験管、真空ろ過フラスコ、ポンプ、適切なフィルターを装着したフィルターホルダー（グラスファイバー及びセルロースのフィルターは、その繊維が試料に紛れ込む可能性があるため、推奨できない）などを使用する場合もある。試料を割るためにペンチ、やすり、のこぎりが、また母材から繊維を分離させるために乳鉢と乳棒が必要になる場合がある。分析には、以下の器具を必要とする：スライドガラス、カバースリップ³²、プローブ、ピンセット、紙粉の出ない不織布(lint-free tissues)。

顕微鏡

A2.12 初期検査には、低倍率の実体顕微鏡を用いる。繊維の同定には、ケーラー照明（又はケーラータイプの照明）が可能な偏光顕微鏡を用いる。光源が内蔵されている場合、心出しができる独立したコンデンサを備えていなければならない。また、以下も必要となる。

- 使用する対物レンズよりも大きい開口数（NA）をもち、焦点合わせできるコンデンサ
- コンデンサ絞り(condenser iris)
- ポラライザ
- 挿脱可能なアナライザ
- 取り外し可能な一次赤色検板（first order red compensator）（リタレーション約 530 nm）
- 水平回転式で心出しできる独立したステージ（又は水平回転式ステージと心出しできる対物レンズ）
- ポラライザとアナライザの振動方向を定義する十字線のグレーティクルがある視度調整付き接眼レンズ（回転式ではないものが望ましい）
- ベルトランレンズ又は芯出し望遠鏡(focusing phase telescope)
- 倍率 8 倍以上の接眼レンズ（眼鏡使用者のため、ハイアイポイントで柔らかいキャップのものがよい）
- 10 倍（最低 NA=0.2）及びそれ以上（より高い NA）の対物レンズ

注意：顕微鏡フィルターの中には光の強度を低減するものがあるため、満足のいく偏光顕微鏡（PLM）作業のためには外す必要がある。

屈折率 (RI) 評価に必要なその他の装置

A2.13 分散色を強くすることで繊維の屈折率の評価を助けるため、以下のアクセサリーのいずれかが必要である（A2.39 項も参照のこと）。

- 後焦点面における中心遮蔽板を有する分散染色用対物レンズ（倍率 10 倍）。コンデンサ絞り（ピンホール開口が可能）と組み合わせて用いる¹⁵。
- ポジティブコントラストの位相差対物レンズ（倍率 10 倍以上）、及び心出しできる位相合わせリング付きのコンデンサ

参照試料

A2.14 分析機関には、**A2.1** 項で挙げた 6 種類のアスベストの参照試料、一般に存在する非アスベスト繊維、すなわち、天然有機繊維（綿及び毛髪等）、合成有機繊維（アラミド、ポリエステル、レーヨン等）、人工の鉱物繊維（たとえば、ミネラルウール及びグラスファイバー等）、天然に存在する鉱物「繊維」（ケイ灰石及びケイ藻の断片等）などの参照試料を保管しておく必要がある。偏光顕微鏡による分析⁵⁵に適したアスベスト参照試料は、安全衛生庁（HSE）との契約により準備される。詳細情報は安全衛生研究所（HSL）に問い合わせること。その他のアスベスト参照素材が役立つ場合もある。慣行として、分析所がその作業に関する内部標準ライブラリを構築することが推奨される（**A8.28** 項も参照のこと）。

詳しい分析手順

初期検査

A2.15 存在する素材又は製品の種類を記述し、目視可能な繊維の有無を確定するため、試料全体を肉眼で検査する必要がある。結合剤の素材が試料の処理に影響する可能性があるため、その性質について記す。実体顕微鏡による断熱材試料及び多くの工業製品の検査は、繊維の発見に役立ち、存在する繊維の種類数の初期評価をある程度可能にする。ビニール製床タイル、ざらめ塗材等の特定の製品、及び降下塵には、この初期検査では発見できない非常に微細なアスベスト繊維が含まれている可能性がある。試料の外観、色、質感(texture)、及び観察された繊維の種類を記録する。不均一な試料の場合、個々の層、部分、又は異形について、記述を要する場合がある。初期目視検査の質のよしあしは、試料の準備及び分析に影響する。また、試料の外観に関する適切な記述は、アスベスト材の有無、又はどの部分にアスベストが存在するかを立証する上で重要である。

試料処理

A2.16 試料処理の目的は、母材からの繊維の分離、及び繊維に付着している微粒子の除去である（いずれも光学的効果を低減し、同定を妨げる）。硬い試料は粉碎し（必要に応じて工具を用いる）、新たに現れた断面を実体顕微鏡で検査し、突出した繊維を観察する必要がある。硬い塊があれば、すりつぶす。場合により、表面及びへりを薄く削って繊維を分離させる。分析機関で用いる通常の試料処理手順はすべて文書化する必要がある。特定の試料においてこの手順からの逸脱がある場合には、記録しなければならない。

A2.17 一般に断熱材及びアスベストボードの結合剤として、床タイルに充填剤として用いられる炭酸カルシウム及びケイ酸カルシウムを除去するには、希酢酸（たとえば 50%）又は冷希塩酸（たとえば 10%）を用いるのがよい。少量の分取試料に十分な酸を数分間、又は発泡が止まるまで加える。繊維状粒子の剥離を補助するため、攪拌又は超音波処理を用いてもよい。その後、試料をろ過し、水で繰り返し洗浄する（残留酸が繊維を分解し、光学特性に影響するほか、塩の結晶が形成される可能性があるため）。試料をアセトン又はその他の揮発性溶剤で洗浄すると、乾燥時間を短縮することができる。

A2.18 プラスチック、アスファルト (bitumen)⁷、樹脂、ゴム製品などに存在する有機結合剤には、長時間の溶剤処理が必要になる場合がある。特定の種類の試料に有効な溶剤は、試行錯誤によって確定するしかない。一部の有機結合剤は、400℃での燃焼により除去される場合があるが、アスベスト

⁷ 「ビチューメン」防水目的で使用するアスファルト。参考写真：(左)Asbestos textured coating on wall, (中央) Damaged asbestos textured coating around pipework, (右) Asbestos textured coating (artex) on ceiling



繊維の光学特性が変化する可能性がある（A2.44 項参照）。

実体顕微鏡

A2.19 原物の試料、又は試料処理を行った一部の試料を実体顕微鏡下で検査する。多くのアスベスト試料には低倍率の実体顕微鏡（10 倍）が適しているが、一部の試料では、より高い倍率でないと、検出された繊維を検査できない場合がある。

目的は、小さな繊維束又は個々の繊維の検出、及び存在する繊維比率の評価、そして外観による繊維の種類の暫定的な特定である。それには通常、試料を適切な容器に入れ、針又はピンセットを用いて試料全体を精査し、母材から別に繊維成分を分離する。次にこれらの繊維を実体顕微鏡で観察し、外観について記述する。この段階で細心の注意と慎重さをもって飼料検査を行なうことが、微量のアスベストを発見する上で重要である。代表的な繊維又は繊維束を選び、偏光顕微鏡（PLM）用にマウントする。

A2.20 層状の試料は、外観について記述し、それぞれの層を別個の存在として記さなければならない。その他の種類の不均一な試料には、目視による詳細な検査が必要である。硬い試料（タイルなど）は粉碎し、表面及びへりを削り取る必要がある。観察事項はすべて記録しなければならない。

A2.21 アスベストは一般的に、その繊維の細いことで知られている（A2.28 項参照）。その繊維は、単繊維が密着して束になった状態で存在することが多く、束は探針又はピンセットで力を加えると、その長さ方向に沿って割れる。有能なアナリストは、図 A2.2 に示したような、独特の表面光沢、柔軟性、抗張力などの特徴を熟知している。
この段階における繊維の暫定的な初期同定は、続いて行われる偏光顕微鏡（PLM）を用いた検査で確定又は否定されることになる。

偏光顕微鏡（PLM）用の試料の準備

A2.22 実体顕微鏡検査による評価に基づく暫定的な同定に基づき、最適な屈折率のマウント液を選択する。繊維は乾燥し、他の粒子状物質が比較的付着していない状態であるのがよい。代表的な繊維又は繊維束を選び、屈折液を滴下した清浄な顕微鏡スライドにのせ、清浄なカバーガラスをスライドの上に静かにかぶせる。確実な同定のためには、選択する浸液の屈折率は、観察する繊維の 2 つの屈折率のどちらか（A2.40 項及び表 A2.3 を参照）に近くなければならない（たとえば、クリソタイルには 1.550、アモサイトには 1.670、クロシドライトには 1.700）。

A2.23 バルク試料から実体顕微鏡で繊維が検出されないか、偏光顕微鏡（PLM）でアスベスト繊維が同定されなかった場合には、（必要に応じて）バルク試料に適切な処理をした後、ピンセット又は探針を用いて無作為に予備試料を採取する必要がある。偏光顕微鏡（PLM）による検査用に、適切な屈折液を用いて 2 枚以上の顕微鏡スライドを作成する必要がある。大きな塊は細かく切り取る必要がある。または 2 枚の顕微鏡スライドを静かにすり合わせて、均等に分布させることもできる。大きな粒子又は繊維束はカバーガラスが傾く原因となる可能性があるため、選択を避けなければならない。分布させる試料の量は、個々の繊維の外観及び特徴が他の粒子によって不明瞭にならない程度にする必要がある。

偏光顕微鏡 (PLM) によるアスベストの同定

A2.24 単一のアスベスト繊維の同定には、規定の観察モードで以下の特性を評価する必要がある。

特性	観察モード
(a) 形状	すべてのモード
(b) 色及び多色性 (存在する場合)	ポラライザのみ
(c) 複屈折 (異方性挙動)	直交ポーラー
(d) 消光特性	直交ポーラー
(e) 伸長の符号	直交ポーラーで一次赤色検板を用いる
(f) 屈折率評価	通常、ポラライザのみを挿入して分散染色用対物レンズ、又は位相差用対物レンズを用いる。

上述の指示に従えば、挙げられた特性の評価を容易に論理的な順序で行うことができる。ケーラー照明が当たるように顕微鏡を調整し、ステージを中央に合わせ、コンデンサの下にポラライザ（通常は東西方向に調整する）を挿入する。これらの条件下で、形状、色、及び（ステージの回転で）多色性を観察することができる。次にアナライザを挿入し（直交ポーラーにするため）、ステージを回転させて複屈折性及び消光特性を観察する。ポーラーの直交状態を維持したまま、一次赤色検板を挿入し、ステージを回転させて伸長の符号を判定する。最後に、分散染色により繊維の屈折率を評価し、数値が典型的であるか否か、公表データと一致しているか否かを確認する。これは、繊維と屈折液の接触面の分散色を観察することにより行える。もっとも一般的に用いられる技術では、アナライザとコンペンセータを外し、照度を上げ、中心遮蔽板又は位相リングをつけた対物レンズを適切なコンデンサ絞りとともに後焦点面に挿入することが必要になる（A2.13 及び A2.39 項）。

A2.25 実際には、正しい状況下ですべての特性が観察された場合、その他の手順が用いられる場合もある。たとえば、用意した標本上に繊維を発見することが困難である、試料に非アスベスト繊維が大量に含まれている、又は無作為に分取した試料を探索する場合、顕微鏡を上述の（c）、（d）、（e）、（f）のモードにして精査し、アスベスト繊維を発見する必要がある。

A2.26 繊維の形状及び光学特性についてなされた観察を記録する。分析用に選択した（及び適切な屈折液でマウントした）繊維の観察記録とアスベストの参照標準の特性（参照標準を基に、表 A2.3 のような表形式にしてもよい）との比較に基づいて同定を行う。試料繊維とアスベスト標準の光学特性は通常、密接に一致するはずである。観察から確定的な結果が得られない場合、実体顕微鏡又は偏光顕微鏡（PLM）による分析で複数の繊維が検出された場合は、さらに代表的な繊維を分析することが必要になる。

A2.27 適切な分析手順の例は、図 A2.1 に示した。アスベストの光学特性は、表 A2.3 にまとめており、アスベスト鉱物を確実に同定するために必要な光学特性の詳細な説明は、A2.28 項から A2.40 項で行う。これらの特性を逃さず観察するためのアナリストの技術についても詳しく説明している。同定中に生じやすい問題については A2.41 項から A2.53 項で述べた。操作モードの物理学的背景の詳細、及び観察される光学特性の物理学的説明はこの方法の範囲外であり、様々な標準テキスト^{56, 57}を参照されたい。

形状

A2.28 アスベストを形成する角閃石系鉱物は、非繊維状の形状でも存在する⁵⁸。これらの非繊維状の形状については、表 **A2.1** にまとめたが、長く細い破片（Debris）として存在するか、粉碎によりそのような形状になり得、その一部は繊維計数の規制定義を満たす場合がある⁵。しかし、アスベスト規制はアスベストの形状の鉱物だけに適用される。（このような非繊維状形状の生物学的ポテンシーは、アスベストを形成する鉱物よりも低いことが研究で示されている）⁵⁹。近年、アスベスト様形状に関するより詳細な説明がなされるようになり、文献に表されている^{60,61}。以下はこれを引用したもので、アスベスト繊維の集団と非アスベスト様の破片（Debris）を区別する際の参考になる（**A2.42** 項及び **A2.43** 項も参照のこと）。

「光学顕微鏡下において、アスベスト様の晶癖は一般的に以下のような特徴によって認識される。

- 5 μ m よりも長い繊維のアスペクト比が 20 : 1 から 100 : 1、またはそれ以上。
- 極めて細い単繊維に裂くことができる。
- 以下の内、2つ以上に該当する。
 平行な繊維が束状になっている
 繊維束の終端がほつれている
 繊維が細い針状になっている
 個々の繊維が絡まり合い、塊になっている
 繊維が屈曲している。」

表 **A2.2** 偏光顕微鏡（PLM）による同定のための屈折液の選択基準となる、実体顕微鏡下におけるアスベスト繊維の物理的特性及び外観

物理的特性/外観						
色	無色/白	無色/白から灰褐色			緑灰色がかった濃い青色	
質感	柔らかい波状の繊維束	柔らかい又は荒い。平行の繊維束が容易に視認できる場合がある。			柔らかい又は荒い、平行の繊維束	
外観	ピンセットに吸いつく柔軟な繊維	扱いやすい真っすぐな繊維			扱いやすい真っすぐな繊維	
光沢	絹様	ガラス様	ガラス様	ガラス様	ガラス様	金属様（暗く、反射度が高い）
抗張力	高	高	中	低	低	高
テナシティ（粘靱性）	柔軟	柔軟	柔軟	柔軟	柔軟	柔軟
弾力性	無し	有り	有り	有り	有り	有り
暫定的なアスベストの種類	クリソタイル	アモサイト	直閃石	透角閃石	緑閃石	クロシドライト
検査に用いる屈折液	1.550	1.670	1.605	1.605	1.640	1.700

表 A2.3 PLM によるアスベストの同定に利用する特性

アスベストの種類	クリソタイル	アモサイト	直閃石	透角閃石	緑閃石	クロシドライト
屈折液の特性	1.550	1.670	1.605	1.605	1.640	1.700
形状	繊維状	繊維状	繊維状	繊維状	繊維状	繊維状
多色性 平行繊維 垂直繊維	無し 無し 繊維 垂直	無し 無し	無し 無し	無し 無し	緑 灰色	青 灰色
複屈折性	低	中	中	中	中	低/変則的
消光	直消光、 又は屈曲 した繊維 では波状	直消光： 平行	直消 光：平 行	直消光： 平行又は 小角度	直消光：平 行又は小角 度	直消光： 平行
伸長の符号	通常、正 (length slow：遅	正 (length slow)	正 (length slow)	正 (length slow)	正 (length slow)	通常、負 (length fast：速い光
分散染色 平行繊維	紫	黄色	黄色－橙	黄色	黄色－褐色	青
客観的な色 (objective colour) 垂直繊維	青	赤紫	青－赤	青	青－紫	青
位相差 垂直繊維 繊維の色 ハローの色	薄青 橙	灰色 黄色	ダークグレー 橙	ダークグレー 黄色	ダークグレー 黄色	青 赤－褐色
客観的な色 垂直繊維 繊維の色 ハローの色	薄青 橙	青 橙	青 橙－黄色	青 橙	青 橙	青 赤－褐色
屈折 na	1.537-1.554*	1.670-1.675*	1.596-1.654+	1.599-1.620+	1.619-1.658+	1.680-1.692*
指標範囲 ny	1.545-1.557	1.683-1.694*	1.625-1.667+	1.622-1.641+	1.641-1.677+	1.683-1.700*

(注意：平行繊維、又は垂直繊維とは、ポラライザに対する方向を表す。分散色は、安全衛生庁（HSE）参照基準⁵⁵による。わずかな組成変異によって、観察される分散染色の色に違いが生じる。* 印の付いた RI の幅は、市販のアスベスト繊維から得られた⁶²。+印の屈折率（RI）の幅は、市販されていない繊維から得られた⁶³）

色及び多色性

A2.29 色と多色性は、平面偏光で観察する。多色性は、偏光の振動面に対する方向によって生じる繊維の色の変化と定義される。クロシドライトは自然吸収性が強く、繊維を回転させてポラライザに対して平行にすると濃い青色を示し、垂直にすると薄い青灰色に変化する。緑閃石は多くの場合、自然な緑色をしており、ポラライザに対して平行にすると緑色を示し、垂直にすると薄緑色、灰色、又は黄色に変化する。これらの特性は、クロシドライト及び緑閃石の同定において重要である（表 A2.3）。その他の 4 種類のアスベストは、加熱しない限り、平面偏光下で顕著な色の対比を示さない（A2.44 項）。

A2.30 別の方法として、多色性は直交ポーラーで繊維を 45°の位置に合わせて発見することもできる。繊維の色は、ポラライザ（又はアナライザ）を直交ポーラーの位置から各方向に小角度回転させたときに観察される。回転の 2 方向の間の色に差があれば、その繊維が多色性であることが示される⁵⁶。これは多色性の極めて高感度の試験であり、直交ポーラーで複屈折及び消光の角度を観察する際に行うのに便利である。

複屈折

A2.31 鉱物の屈折率のもっとも高い値と低い値との差は、複屈折として知られる。複数の屈折率を持つ粒子を直交ポーラー下で観察したとき、その振動面がポラライザの面に対して 45°になっていると、暗い背景に対して干渉色が観察される。アスベストの場合、これらの干渉色は繊維の厚み及び複屈折によって決まる。

A2.32 アスベスト繊維は直交ポーラー下でポラライザの振動方向に対して 45°に置かれていると、明瞭に識別できる。クリソタイルは複屈折が低いいため、細い繊維では灰色、太い繊維では白色又はより高い一次の（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多色性が強いいため、灰色から薄青色、時には褐色の異常干渉色を示す。その他、角閃石系アスベスト繊維は複屈折が中程度で、細い繊維では白い干渉色、太い繊維ではより高い一次又は二次の干渉色を示す。厚みにばらつきがある繊維（たとえば、V 字型の断面がある）は、その長さ方向に平行の色の束を示す。これは、細くなっていく部分では干渉色が低くなることを意味する。

A2.33 等方性物質はそれを通過する光を偏光させないため、容易にアスベストと区別できる。人工の鉱物繊維などの等方性物質は直交ポーラー下ではほとんど見えないが、一次赤色検板を挿入したり、偏光板の角度をわずかにずらすと、見えやすくなる。干渉色は、一部の天然有機繊維とアスベストを区別する際に利用できる。それらの天然有機繊維は、繊維に沿って不均一な干渉色及び不完全な消光を示す場合がある。

消光角

A2.34 顕微鏡のステージを 360°回転させながら直交ポーラー下でアスベスト繊維を観察すると、90°ごとに 4 回見えなくなる、つまり「消える」を繰り返す。消光位置の間の 45°の位置では干渉色が観察される。アスベストを始めとする多くの繊維は一般的に、ポラライザ又はアナライザの振動面に対して平行なとき、完全な消光（直消光）を示す。クリソタイル、アモサイト、クロシドライト、直閃石は、繊維がポラライザ又はアナライザの振動面に対して平行なとき、直消光又は平行減光(parallel extinction)を示す（偏光板は互いに直角になっていて、通常はそれぞれが東西又は南北の方向に配置されている）。緑閃石及び透角閃石は、直消光（平行減光）か、ほぼ直消光（平行から 5°未満の傾きを示す（A2.42 項及び A2.43 項も参照のこと））。

伸長の符号

A2.35 伸長の符号は、繊維の形と光学特性の関係を表すものである。繊維の長さ方向に対して平行な振動と垂直な振動の 2 つの振動方向がある。屈折率が高い方の振動面（遅い波）が長軸に対して平行な場合、その繊維は正（又は **length slow**）となる。屈折率が低い方の振動面（早い波）が長軸に対して平行な場合、その繊維は負（又は **length fast**）となる。

直交ポーラー下で一次赤色検板を 45° の角度で挿入し、挿入前に直交ポーラー下で灰色又は白色の一次の干渉色を示した繊維の色を観察することで、伸長の符号を判断できる。北東-南西方向における遅相軸（通常は表示されている）のコンペンセータの場合、観察される色は次のとおりである。

- 伸長性が正の繊維 北東-南西方向で青緑色 北西-南東方向で橙黄色
- 伸長性が負の繊維 北東-南西方向で橙黄色 北西-南東方向で青緑色

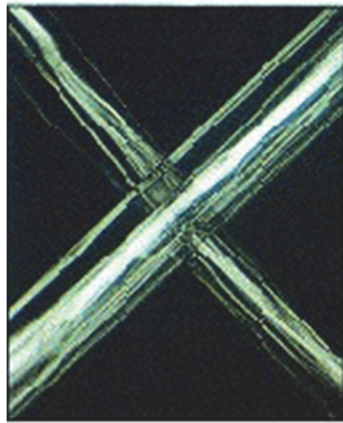
クロシドライトは 6 種の規制アスベストの中で唯一、伸長の符号が通常、負（**length fast**）になる。ただし、クロシドライトは約 300°C 以上で加熱すると伸長の符号が正（**length slow**）に代わる場合がある。**A2.44** 項を参照のこと。

アスベストの種類

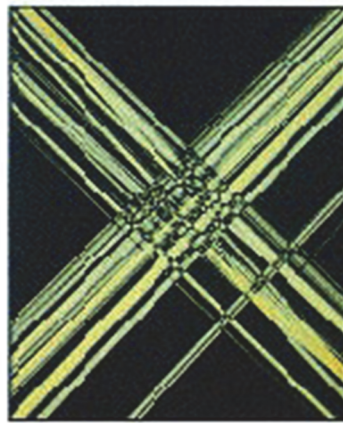
直交ボーラーと一次赤色検板

McCrone 中心遮蔽板付き分散染色用
対物レンズ

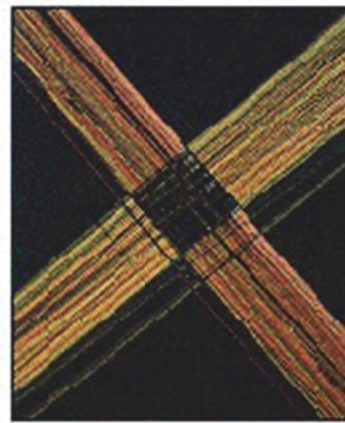
位相合わせリングを使用した
ポジティブコントラスト



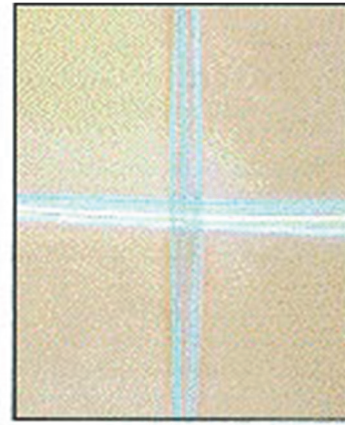
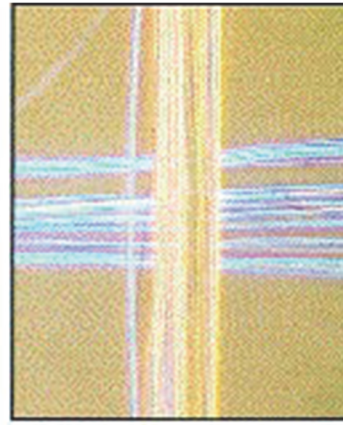
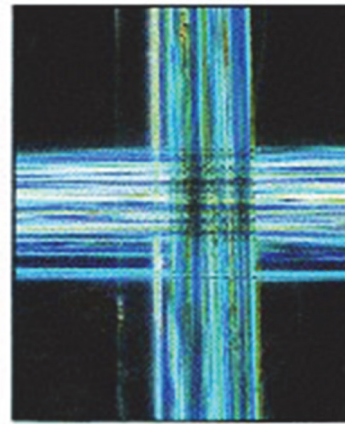
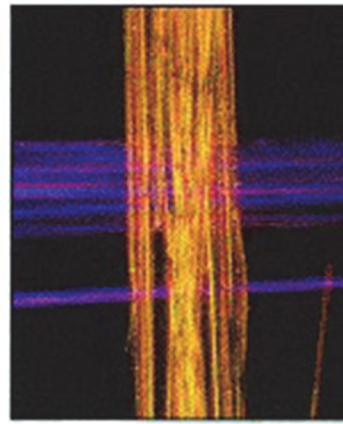
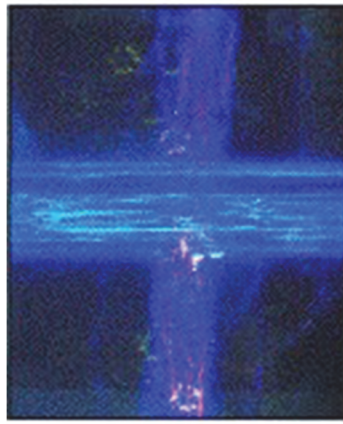
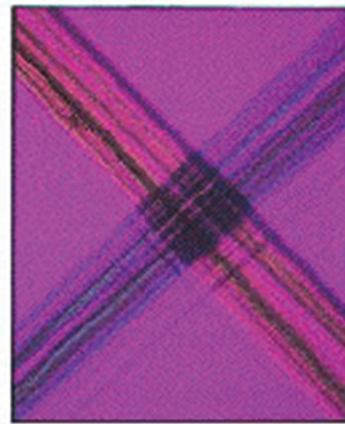
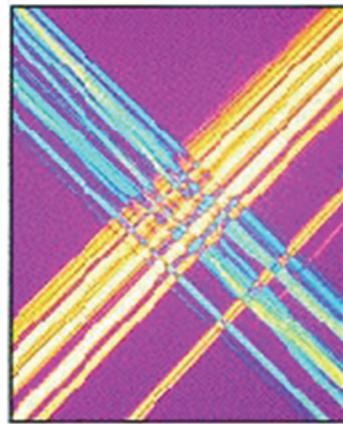
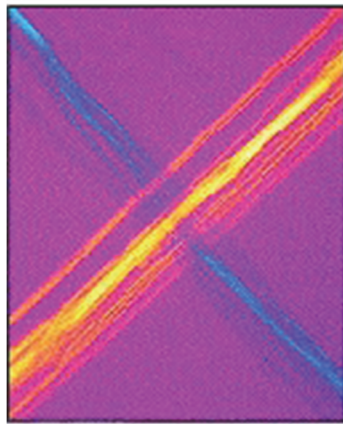
クリソタイル
屈折液 = 1.550



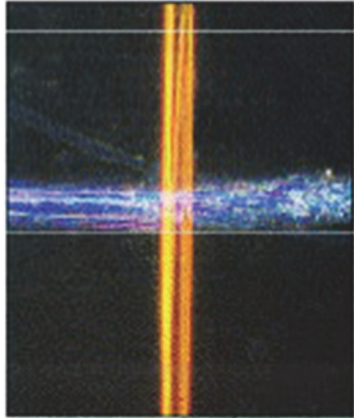
アモサイト
屈折液 = 1.670



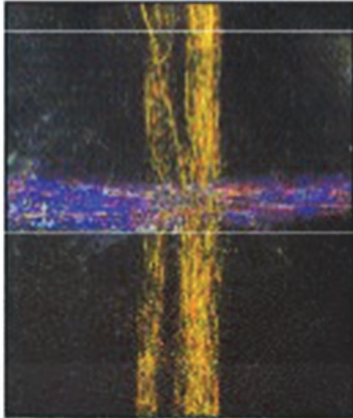
クロシドライト
屈折液 = 1.700



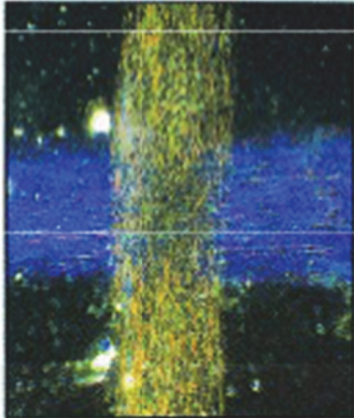
コンペンセーターが挿入され、速度の低い方向は北東-南西方向、ボラライザの振動方向は東西方向である。すべての位相差分散標本にシリーズ B (1.556、1.680、1.692、1.640、1.604、1.604) の屈折液を用いた。また、McCrone 中心遮蔽板を用いた分散染色標本にはシリーズ E の高分散の屈折液を用いた (図にある通り)。倍率は約 100 倍。



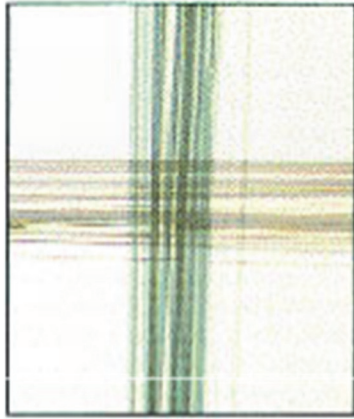
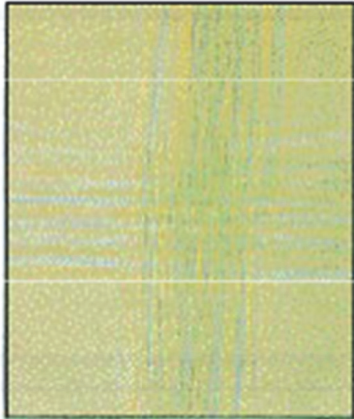
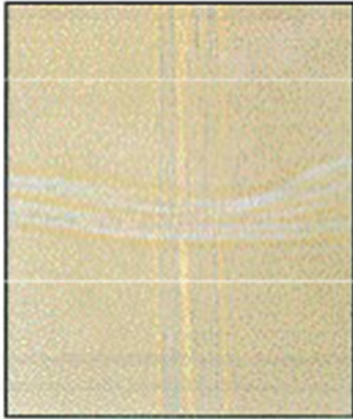
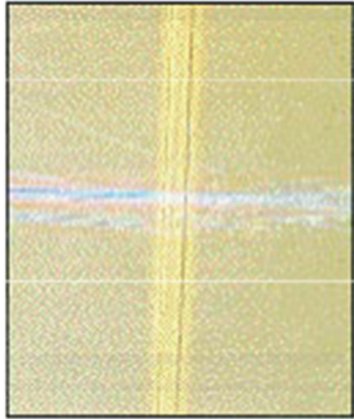
直閃石
屈折液 = 1.605



透角閃石
屈折液 = 1.605



緑閃石
屈折液 = 1.640



クロシドライト
屈折液 = 1.700

平面偏光下における色・多色性

コンペンセータが挿入され、速度の低い方向は北東-南西方向、ポラライザの振動方向は東西方向である。すべての位相差分散色標本にシリーズ B (1.556、1.680、1.692、1.640、1.604、1.604) の屈折液を用いた。また、McCrones 中心遮蔽板を用いた分散染色標本にはシリーズ E の高分散の屈折液を用いた (図にある通り)。倍率は約 100 倍。
注意：直交ポララー、及び直交ポララーと一次赤色検板を用いたときの直閃石、透角閃石、緑閃石の外観は、アモサイトと同じである。

屈折率 (RI)

A2.36 アスベスト繊維の屈折率を評価するには、付着物などのない清浄な繊維を屈折率の分かっている液に浸けてマウントし、ポラライザの振動方向に対して平行又は垂直に配置して観察する。観察を 1 回以上行い、繊維の屈折率 (RI) が浸液の屈折率 (RI) と比較して、高いか、低いか、等しいかを判断する。可能な観察の種類は以下の通りである。

- レリーフ(relief)
- ベッケ線(Becke line)
- 分散色

分散色を観察できるように位相差対物レンズ、又は分散染色対物レンズを用い、繊維が屈折率 (RI) の一致点に近い浸液でマウントされている場合、分散色の観察だけで充分である。標準的でない試料を扱う場合、レリーフ及びベッケ線を簡易的な観察方法として用いて適切な浸液を選択できれば繊維と浸液の屈折率 (RI) が一致点に近づく。

レリーフ

A2.37 レリーフとは顕微鏡検査で用いる用語で、粒子とマウント液の境界に見える明暗差のことを指す。レリーフが大きいほど、粒子とマウント液の屈折率の差も大きい。従って、正しい屈折液を選択していればレリーフはほとんどなくなり、平面偏光下でアスベスト繊維を検出するのは難しいだろう。コントラストの強いレリーフ (high relief) が観察される場合、分散色の観察を試みる意味ほとんどないため、別の屈折液で標本を作成した方がよい。コンデンサ絞りを部分的に閉じることでレリーフが大きくなる場合があるため、注意する必要がある。

ベッケ線

A2.38 コントラストの強いレリーフが観察される場合、屈折率が高い浸液と低い浸液のどちらを試すべきかを知ることが重要である。コンデンサ絞りを部分的に閉じて軸状ビームになるようにすると、浸液と粒子の屈折率の違いにより光線が屈折して、粒子の輪郭に明るく輝くハローを形成する。粒子の屈折率がマウント液の屈折率と比較して高いか低いかを判断するには、焦点を上下させながらハローの動きを観察する。ほとんどの顕微鏡では、ステージを動かしてこれを行う。すなわち、ステージを低くすると（対物レンズを上げるのと同じ）、ハロー又はベッケ線は屈折率が高い物質の方へ移動する。微細な繊維の場合、高倍率の対物レンズを用いると、この効果がよく観察できる。

浸液と粒子の屈折率が近い場合、分散により 2 本のベッケ線が現れ、赤い線が粒子の方へ、青い線が浸液の方へと移動する。

分散染色

A2.39 分散とは、光の波長が持つ屈折率の違いを表す用語である。粒子と浸液の分散の差は、ある波長で屈折率が一致しても、別の波長では全く異なったものになることを意味する。これにより、白色光を用い、屈折率が一致する浸液中で繊維を観察すると、発色効果が生じる。もっとも観察しやすいのは、黒い背景で小さな明るい粒子を見る方法である。それには、コンデンサ絞りで光を軸状ビームにして、対物レンズの後焦点面に中心遮蔽板を置く⁵¹。これとは別の方法で、位相差対物レンズに対応する位相リングをコンデンサにつけて用いると、グレーの背景で色のついたイメージが得られる。いずれの場合も、観察される色は浸液と繊維の屈折率の一致点の正確な波長によって決まる。分散染色は、市販製品に含まれるアスベストの日常的な同定作業に特に有用な技術である^{51, 64}。

■ 分散染色用対物レンズ－中心遮蔽板（黒い背景に飽和色）

繊維の屈折率 >> 浸液の屈折率	白色
繊維の屈折率 > 浸液の屈折率	紫－赤/橙/黄色 繊維
の屈折率 = 浸液の屈折率	紫
繊維の屈折率 < 浸液の屈折率	青/青－緑
繊維の屈折率 << 浸液の屈折率	白

■ ポジティブコントラストによる位相差観察（グレーの背景に非飽和色）

繊維の屈折率 > 浸液の屈折率	細い繊維は背景よりも暗い色になる。太い繊維は繊維の中心が光り、細く暗い輪郭が見える。
繊維の屈折率 = 浸液の屈折率	赤又は橙のハローは拡散し、繊維は青色に見える。
繊維の屈折率 < 浸液の屈折率	細い繊維は背景よりも明るい色になる。太い繊維は繊維の中心に暗い影が見える。

屈折率が一致していない場合、位相差は特に、繊維の屈折率がマウントに用いられた浸液よりも低いか高いかを判断する上で有用である。

A2.40 繊維の方向がポライザに対して平行又は垂直であるとき、アスベスト繊維の屈折率の違いにより、様々な色が分散染色用対物レンズで観察される。繊維の屈折率の特性評価には、支配的な色の記録を用いる。理論上、一般的に存在するアスベスト繊維の同定は、5 種類の高分散性の浸液（クリソタイルには屈折率 1.550、透角閃石及び直閃石には 1.605、緑閃石には 1.640、アモサイトには 1.670、クロシドライトには 1.700 の浸液）を使用して分散染色用対物レンズで行うことができる。実際には、繊維の産地による組成の多様性によって、発見される繊維の屈折率の幅はより広くなり、繊維と屈折液の屈折率の一致をみるためには、より広範囲の屈折液が必要になる場合がある。HSE 参照用素材²²で得られる分散色の例は、表 A2.3 にまとめ、図 A2.2 に表示している。

よくある問題

特定の角閃石系繊維の確実な同定

A2.41 角閃石の種類を誤って同定することを防ぐには、必要な観察をもれなく行い、表 A2.3 に挙げたような特性を示す参照用アスベスト繊維で行われた観察と比較することが重要である。表 A2.3 の屈折率の幅は、2 つの文献から採用している。クリソタイル、アモサイト、クロシドライトで引用されている値は市販のアスベスト繊維から得られた⁶⁴。直閃石、透角閃石、緑閃石で引用されている値は、市販されていないアスベスト繊維から得られた⁶⁴。ただし、光学特性だけでは一部の産地の透角閃石と緑閃石を区別することは難しい場合があること（これらの鉱物は「固溶体」の仲間であるため、継続的に組成が変化し、屈折率にも継続的に幅が生じるため）⁵¹、透角閃石と直閃石についても同様に互いの区別がつきにくい可能性があること（これらの鉱物は複屈折性及び屈折率の幅が似ているため）には注意が必要である。これらの区別が不可欠な場合、その他の分析方法が併せて用いられる（たとえば、分析電子顕微鏡法、X 線回折法、赤外線分光学法など）（A2.4 項も参照のこと）。偏光顕微鏡（PLM）しか使えない場合には、関連鉱物の針状の非アスベスト（試料中に存在する場合がある）の検査が区別に役立つ可能性がある。

アスベストと細長い鉱物破片 (Debris) の区別

A2.42 角閃石系の鉱物は、柱状又は屑状の結晶でざらざらしていることがよくあり、原子格子の結び付きが弱い平行面の（60 度で交わる）二方向に沿って割れやすい性質を持つ。この割れた面をへき開面という。その結果、生じる粉じんには、規制繊維の定義（繊維計数に用いる通り、5 μm よりも長く、直径が 3 μm 未満、アスペクト比が 3:1 より大きい）に収まる大きさの無数の細長い断片が含まれやすい⁵⁾。これらの細長い断片には、アスベストとこれらを区別する重要な特性がある^{58,65}。状況によっては、アナリストはこのような細長い粒子を同定し、鉱物破片なのか、アスベスト繊維なのかを判断する必要がある。非アスベストの角閃石系鉱物（直閃石、透角閃石、緑閃石の非繊維状形態など）はすべて、3 つの振動面と 3 つの屈折率を持つ。直閃石は直方晶系であるため、直消光を示す。その他の関連する角閃石は単斜晶系だが、交差する偏光板の振動方向に対して結晶軸の長軸が最大 20 度までの角度を形成するとき、（結晶方位に応じて）消光が起こる。最大消光角度を示している結晶がその長さ方向の軸の方向を変えた場合、直消光を示す。

A2.43 アスベスト繊維は鉱物学的に、2 つの屈折率の振動面しか有効に示さず、一貫して直消光を示すことにおいて特異である^{58,59,60}。これは、偏光顕微鏡で見ることができる極めて細い繊維でさえ、ポリフィラメント状の結晶の束からできていて、各晶子が束の伸びに対して不規則な方向を向いているためである。消光特性の違いは、**A2.28** 項で述べた繊維形状とともに、アスベストと角閃石系の鉱物破片の偏光顕微鏡による識別の基準として用いられる。

加熱を受けたアスベスト 48-51

A2.44 アスベストは徐々に加熱されると、特定の変化が生じる。従って、試料準備でアスベスト含有材を加熱する場合は、注意しなければならない。クロシドライト及びアモサイトを 300-500°C の温度に長時間さらすと、色の変化が生じ、屈折率と複屈折性が共に増大する。クロシドライトの過熱に伴う変化としては、伸長の符号が逆転し、色は灰色から黄色、さらに橙色-褐色へと変化ようになる。また、多色性は灰色の着色段階で抑制されるが、さらに加熱すると再び現れる。アモサイトでは、伸長の符号は正（length slow）のままだが、色は黄色から濃い褐色へと変化し、多色性が観察されるようになる。このように、約 500°C 以上の温度にさらされて熱により劣化したクロシドライト及びアモサイトは、光学顕微鏡で有効に判別できなくなる。クリソタイルの屈折率は、約 600°C 以上の温度に長くさらされると増大する。複屈折性は減少し、まれに伸長の符号が負（length fast）に転じ、繊維は薄い褐色になる。熱によるアスベストの変性は、ばく露時間と温度双方の影響を受ける。長期に及ぶ高温へのばく露は、完全な劣化につながる可能性がある（溶鉱炉の裏張りなど）。しかし、注意深い試料採取で、周辺箇所や設置時に分離した破片（Debris）から、影響を受けていない繊維が見つかることも多い。

アスベストに似た形状及び/又は光学特性を持つ繊維

A2.45 以下の項で説明する繊維の多くは、分析用の試料中に現れることは少ない。しかし、アナリストはこれらの存在を認識し、PLM による特性の判別方法について知っておく必要がある。**A2.46** 項から **A2.50** 項では、クリソタイルに似ている 5 種類の繊維について説明する。**A2.51** 項から **A2.53** 項では、外見が角閃石に似ている数種類の鉱物繊維について説明する。

A2.46 ポリエチレンはアスベストの代替品として用いられるため、同定を阻害する繊維の中でも特に重要である。細断されたポリエチレンは、クリソタイルに似ている⁵¹。ポリエチレンの繊維は、1.550 の屈折液で、クリソタイルに典型的に現れる色の分散染色を示す（ただし、熟練したアナリストなら、繊維の横方向の屈折率が低いことによる、この方向の青色の彩度減少（desaturation）に気づくだろう）。複屈折性もクリソタイルより大きい、繊維が細いため、一般的に一次白色の干渉色のみを示す。ポリエチレンが疑われる場合、ホットプレート上、又は火で繊維を溶かせば、クリソタイルと区別することができる。

A2.47 皮革繊維は複屈折性が低く、クリソタイルと似た分散色を示す⁶⁶。低倍率（100 倍）では、クリソタイルと似た形状に見えるが、皮革繊維は通常、はっきりと目に見える均一な単繊維を持つ。クリソタイルの単繊維は、小さすぎて偏光顕微鏡（PLM）では観察できないが、あまり均一でない単繊維（繊維）の束なら見分けられる。多くの場合、クリソタイルと皮革繊維との違いは、低倍率の実体顕微鏡による観察で発見できる。すなわち、実体顕微鏡下の操作によって、素材の振る舞いが異なるためである。皮革の存在が疑われる場合、皮革を除去するために試料を 400°C で灰化し、再度アスベストの同定を行うとよい。試料の温度が 600°C を超えないように注意しなければならない（A2.44 項参照）。

A2.48 細断されたアラミド繊維は、クリソタイルと似た形状に見える場合があるが、複屈折性が極めて大きく、高次の白色の干渉色を示すことから見分けられる。1.640 の屈折液でマウントしたとき、ステージの回転に従い、変化が大きいレリーフを示す。これは、最低屈折率（繊維の横方向）は 1.64 に近く、高い方の屈折率（繊維の縦方向）はほぼ 2.4 であるためである。

A2.49 蜘蛛の糸、及び紙や羽毛などの天然有機繊維はクリソタイルと屈折率が近く、直交ポーラードで似たような干渉色を示す。きれいな試料では、形状からクリソタイルとの区別がつく。しかし、多量の微粒子を含む試料では、粒子による不明瞭さのために繊維のごく一部しか観察できない場合があり、その結果、同定を誤る可能性がある。この場合も前出のように、試料を灰化する、又は個々の繊維を火に当てることで、これらの繊維を除去できる（ただし、加熱により生じ得るアスベストの変化について、A2.53 項を参照すること）。

A2.50 タルク繊維は細いリボン状で、特徴的なねじれ及びひねり形態から見分けることができる。この繊維は、繊維の長さ方向に平行な屈折率がクリソタイルよりも大きい（1.589 から 1.600 の範囲。分散色は 1.550 の屈折液で薄い黄色を示す）。タルクではその他に 2 つ、繊維に対して垂直の方向の屈折率が 1.539 から 1.550、及び 1.589 から 1.600³ までの範囲で、繊維が「転がる」のに伴い異なる向きで観察される（分散染色用対物レンズを用いた場合、1.550 の屈折液で青色及び薄い黄色を示す）。

A2.51 繊維状ブルーサイト（ネマライト）は通常、白色から薄い褐色の真っ直ぐな繊維から成るが、アスベストのような抗張力性はなく、脆く、酸に溶けやすい⁵¹。伸長の符号は負（length fast）を示し、加熱すると正（length slow）に転じる。繊維の長さ方向に平行な屈折率が 1.560 から 1.590、垂直方向の屈折率が 1.580 から 1.600³ であることから、アスベストと区別することができる（分散色は中心遮蔽板を用いた場合、1.550 の屈折液で黄色から薄い黄色、1.605 の屈折液で薄い青色を示す）。

A2.52 繊維状の珪灰石は、針状で⁵¹、脆く、外観は白色で、酸に溶けやすい。屈折率は透角閃石、緑閃石、直閃石と重なるが、複屈折性は低く、常に消光角を示す。繊維にほぼ平行な屈折率は 1.628 から 1.650 の範囲である。その他の 2 つの屈折率は、1.626 から 1.640、及び 1.631 から 1.653 までの範囲で、繊維の横方向に、繊維が転がるのに伴って異なる向きで観察される⁵¹。目立った特徴は、繊維の縦方向の屈折率が、繊維が転がるのに伴って繊維の横方向に異なる向きで観察される 2 つの屈折率の間であることである。その結果、多数の繊維を直交ポーラードで一次赤色検板を用いて観察すると、ほとんどが正の伸長の符号を示す（繊維がざらざらして、優先的な向きが生じるため）。別の方向では負の伸長の符号を示すように見える。カバースリップを針で静かに押すことによって繊維を回転させ、正と負の伸長の符号が両方現れるのを確認することができる。

A2.53 珪藻土は、繊維状の外観をした針状の破片（Debris）のように見える場合がある。しかし、屈折率が 1.42 と低いため、分散染色法を用いて容易にアスベスト繊維と区別できる。特徴的な形状は、約 500 倍の倍率で識別できる。

その他の試料成分の同定

A2.54 分析機関が実施する日常的な分析では、検査のために繊維を選択的に取り出し、非アスベスト含有材の大半は無視される。多くのアスベスト製品の組成は製造において比較的均一であり、素材の同定について幅広い知識を持つことが、多くの一般的な製品又は配合を識別する上で有効である。

品質保証 (QA) 及び品質管理 (QC)

A2.55 偏光顕微鏡 (PLM) 分析機関が出した結果の品質評価のため、定期 QA プログラムを策定し、実施しなければならない。QA プログラムの目的は、サンプリング、分析、記録、結果報告のすべてが、許容可能な基準を満たすようにすることである。QA プログラムは通常、各手順の実施方法を段階ごとに記した手順書を含み、QC 測定の種類及び必要な確認事項を定義する。求められる手順の多くは、英国認証機関認定審議会 (UKAS) のアスベスト試料採取及び同定を対象とした認証体制で網羅されているものである²⁰。2004 年 11 月より、この作業を実施する分析機関は、UKAS の認定を受けなければならない。

A2.56 1 日に大量のバルク試料を分析することは、アナリストの能率に影響を及ぼす。試料の分析にかかる時間は試料の種類によって異なる。アスベスト非検出の報告の方が、多くの ACMs に含有される種類のアスベストを同定するよりも時間がかかることも少なくない。24 時間に分析する試料の総数が表 A2.4 の数量を超える場合、品質確認をさらに追加して行わなければならない。最大数を超過した場合、超過試料の少なくとも 20% を再分析する必要がある。できれば別のアナリストによる分析が望ましい。QC 試料は分析する建材の種類を代表するものでなければならない。

A2.57 分析機関の能率検査はアナリストが時間の経過に関わらず能率を保てることを確認するために不可欠であり、また、分析機関の品質目標を満たす上でその分析能力が適正かどうかを測るため、基準を定める必要がある。分析機関内の能率を監視する様々な方法については、別の安全衛生庁 (HSE) ガイダンス (MDHS71) に記述がある⁶⁷。AIMS は建材等 (分析用固体：バルク) 試料に含まれるアスベストを分析する分析機関の能率測定のために設計された国際的な分析機関間技能試験体制である (「装置およびサービスの供給業者」を参照)。分析機関は、AIMS に参加し、良好な成績を維持することを求められる。理想的には、技能試験はそれとは「伏せて」行い、3 つの代表的な市販のアスベスト鉱物はもちろんのこと、日常的な製品試料、あまり一般的ではない種類のアスベスト、及びアスベストに似ている繊維素材を含んでいることが望ましい。

A2.58 顕微鏡及び付帯装置は常に良好な状態に整備しなければならず、分析前には調整の確認を行う必要がある。屈折液は、不適切な使用を通じて汚染され、その結果、屈折率が変化したり、試料から繊維が紛れ込む可能性がある。そのため、汚染の定期的な監視確認の実施と記録が欠かせない²⁰ (A2.10 項も参照のこと)。

表 A2.4 1 名のアナリストが 24 時間に分析できる試料の種類ごとの最大数（追加的な品質確認の実施前）

ACM の種類	アナリスト 1 名あたりの 24 時間の最大試料数
アスベストセメント (AC)	40
アスベスト断熱・吸音板 (AIB)	40
床タイル (熱可塑性)	40
瀝青質製品 (たとえば、屋根用フェルト、防湿層、マチック樹脂、接着剤、熱可塑性の床タイル)	40
断熱材 (成形品/脆い状態のもの)	40
吹付け及びバラ詰め断熱材	40
繊維製品及びガasket	40
固められた被覆材	20
装飾的なしっくい/ざらめ塗材/塗料	20
ビニール床タイル	20
アスベストを含む土	20
鉱物製品に含まれるアスベスト不純物	20

注意：複数種の ACM の分析を計算する場合。たとえば、ビニール床タイルの分析 1 件は、アスベストセメントの分析 2 件に相当する。従って、床タイルの分析 10 件とアスベストセメントの分析 20 件を組み合わせることで分析を行うことが可能である。これ以上の分析には品質管理のために最低 20% の再分析を要する。

A2.59 トレーニングは、試料採取と分析の双方に基本的な重要性を持つ。アスベスト建築物の調査を行う場合、サンプル採取者のトレーニングと経験が調査の品質を左右する。アスベストの顕微鏡測定において、アナリストは多数の物理的特性の評価を繰り返し、不断の努力を持って繊維の探索を続けることを求められる。手順の多くは、アナリストの判断の質と共に、顕微鏡の正しい使用と調整、検査で得られた特性の詳細な記録に依存する。アナリストは、実体顕微鏡によって、及び偏光顕微鏡の各種モードの操作によって観察されるアスベストの外観及び特徴について熟知しておく必要がある。理想的には、アスベストの同定についての専門的なトレーニングを受けることが望ましい。また、経験は非常に重要であり、アナリストが十分に訓練を受けるまでは、その分析はすべて、熟達したアナリストによって確認する必要がある。適正な分析機関 QA プログラムには、トレーニングプログラムの詳しい説明とともに、各アナリストのトレーニング記録も含まれる。最低要件として、アナリストは代表的な（明確に定義された）6 種類の規制アスベスト繊維を同定できなければならない。この要件のために、安全衛生庁（HSE）に代わり参照基準繊維を用意している⁵⁵。詳細情報は安全衛生研究所（HSL）に問い合わせること。さらに、トレーニングプログラム用の試料は、分析機関が分析した各種素材の典型でなければならない。

A2.60 色覚異常又はその他の視覚障害は、アナリスト候補者がこの手法に記載された光学的特性を適切に評価することができ、品質保証体制の成果基準に十分達しているならば、必ずしも当該個人を不適格にするものではない。色覚に関する HSE 医療関連ガイダンスノート MS7 (HSE Medical Series Guidance Note MS7)⁶⁸ が用意されており、色覚検査のリストが収録されている。(もっとも新しく開発されたものは、1973 年「City University」検査である。) UKAS は現在、同定を行うすべてのアナリストに適切な検査(石原式検査など)を受けることを求めている²⁰。

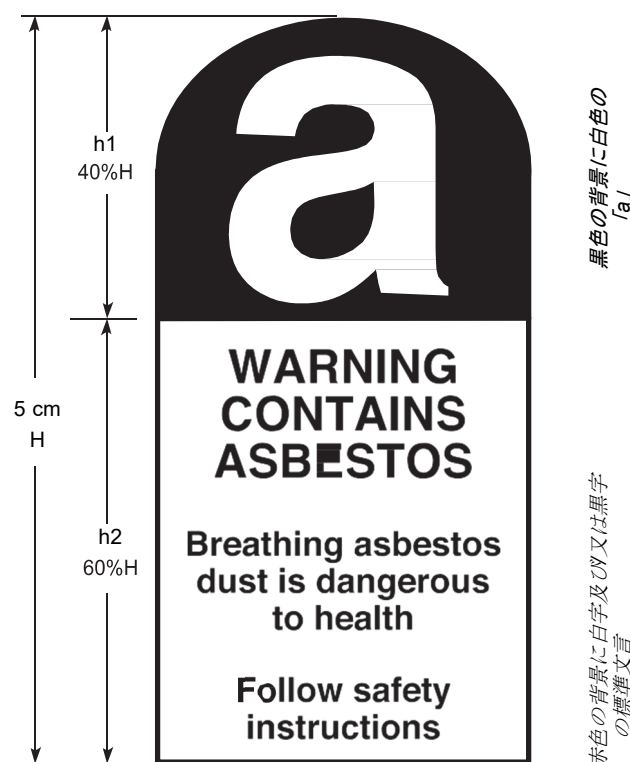
助言

A2.61 この方法に関する助言を安全衛生研究所の鉱物・繊維部門 (Minerals and Fibres Section, Health and Safety Laboratory) から得ることができる(連絡先は「詳細情報」を参照のこと)。改善提案についてもこの連絡先に送付のこと。

試料の梱包と輸送

A2.62 現場で採取されたアスベスト含有材のバルク試料は通常、分析のために分析機関に輸送しなければならない。アスベスト試料は、アスベスト管理規則 (CAWR) 2002¹⁰ の計画 2、及び危険物の運搬と可動型圧力容器の使用規則 2004 (Carriage of Dangerous Goods and Use of Transportable Pressure Receptacles Regulations 2004)⁶⁹ (CDG) に従った表示及び梱包要求の対象である。CAWR2002¹⁰は、アスベスト含有物を「密閉容器」に入れ、図 A2.3 に示す適切な警告ラベルを貼付することを求めている。加えて、CDG は、A2.63 項及び A2.64 項に挙げられた免除規定の下で免除されない限り、あらゆる形態のアスベストを国連が承認した梱包材に入れることを求めている(詳細はコラム A2.1 の通り)。

図 A2.3 アスベスト用ラベル



A2.63 輸送中に絶対に繊維が飛散しないような方法でアスベスト繊維が固着又は梱包されている場合、特別免除規定 **168** が適用される。すなわち、

- 輸送されるアスベストセメント板全体が密閉コンテナに入っている場合。
- アスベストの部材を含む品物が輸送中に空気中の繊維状粒子を発生できないようになっている場合。たとえば、アスベストロープを入れた密閉ヒューズボックス、ガasketを密閉した機械など。
- アスベストを含有する瀝青質の床タイルなど、固着された製品。

A2.64 少量危険物（LQ）免除規定アスベストの種類によって、特別免除規定がある。角閃石系アスベスト（国連番号 **2212**）の場合、条項 **LQ25** が適用される。これは、目的に合った「内装」を施した最大 **1kg** のアスベストを最大 **4kg** の外装で運べることを意味する。以下の外装が許可される。

- 取り外し可能な蓋付きのスチール又はアルミニウム製のドラム缶
- 取り外し可能な蓋付きのスチール又はアルミニウム製のジェリー缶
- 合板又は繊維製のドラム
- 取り外し可能な蓋付きのプラスチック製のドラム又はジェリー缶
- 天然木材、合板、再生木材、ファイバーボード、プラスチック、スチール、アルミニウム製の箱

クリソタイルアスベスト（国連番号 **2590**）の場合、条項 **LQ27** が適用される。**LQ25** と同じ梱包に関する取り決めが適用されるが、重量はそれぞれ、内装が **6kg**、外装が **24kg** である。

A2.65 アスベスト試料は、LQ 免除規定、又は特定の事例では固着材免除規定（bonded materials exemption）に基づき、危険物の運搬と可動型圧力容器の使用規則 **2004**（CDG）の梱包要件を免除される可能性が高い。実際には、アスベスト試料は二重の袋（それぞれを密閉する）に入れてから、許可された外装に入れ、アスベスト警告ラベルを貼付する（図 **A2.3** 参照）。

アスベスト廃棄物

A2.66 CAW 200210 は、アスベスト廃棄物の定義を、その元々の使用場所から除去された角閃石又はクリソタイルアスベストとしている。環境保護法（EPA）1990⁷⁰ 及び関連法令では、建築廃材と解体廃材を 2 種類の「管理廃棄物」として分類している。

- 特別廃棄物：アスベスト含有率が **0.1%（w/w）** 以上の廃棄物
- 非特別廃棄物：アスベスト含有率が **0.1%（w/w）** 未満の廃棄物

A2.67 アスベスト試料は、それを廃棄する意図が生じるまでは特別廃棄物とみなされない。従ってアスベスト試料は、分析が完了するまで、及び/又は分析をせずに廃棄されることになるまでは、特別廃棄物ではない。そのためアスベスト試料は、それを廃棄できる状態になるまでは、登録廃棄物運搬業者を必要とせずに、アナリストが採取し、輸送することができる。試料を廃棄する意図があるとき、顧客に試料を戻すことが可能な場合がある。それが不可能な場合には、関連環境規制機関の手順に従い、登録廃棄物運搬業者に認定廃棄物集積場へ輸送する必要がある。

A2.68 特別廃棄物の移動はすべて、特別廃棄物規則 **1996**（Special Waste Regulations 1996）の要件に従って委託しなければならない⁷¹。**10kg** を超えるすべての廃棄物には受託書が必要であり、量に関わらずすべての廃棄物は登録廃棄物運搬業者によって輸送される。より詳しい要件は、環境規制機関（EA）又はスコットランド環境保護庁（SEPA）より入手できる。

これらの機関には、以下のウェブサイトを通じて連絡することができる：

www.environment-agency.gov.uk and www.sepa.org.uk. 特別廃棄物規則 (Special Waste Regulations) は、2005 年中頃に改正予定である。

アスベスト廃棄物の輸送

A2.69 危険物の運搬と可動型圧力容器の使用規則 2004 (CDG) には、アスベスト廃棄物の輸送について、様々な要件が定められている。ただし、一部の要件には、アスベスト含有材が一定の限界量を超えない場合の免除規定がある。重量制限は、角閃石系アスベストでは **333kg**、クリソタイルアスベストでは **1000kg** と定められている。すべてのアスベスト廃棄物試料の状況には、より多くの制限要件が適用される可能性が高い。制限要件には、自動車は適切な表記をしなければならない、梱包は危険の性質及び緊急情報を示す文言による情報 (TREM カード) を貼付しなければならないなどがある。また、運転手は十分なトレーニングを受けていなければならない。

コラム A2.1 UN 認定アスベスト廃棄物こん包材料

危険物質に適切なこん包及びラベル付けがなされるようにすることは、送り主の義務である。

「UN 認定」こん包材料には検査が行われ、道路輸送に伴う取扱いに適した耐久性が確保されている。通常、袋を二重にして用い (たとえば赤い袋の外側に透明な袋を重ねる)、指定された方法で (たとえば PVC テープで、又は「白鳥の首」のように U 字にひねった後にテープで) 閉じる必要がある。詳しい方法は、供給業者に問い合わせること。

一般に、認定内容は以下のように表記される。

 5H4/Yx/S/**/GB/abcd

5H4 ポリ袋のコードである。

Y こん包グループ II 及び III の物質に適していることを示す (両方の関連 UN 番号に対応する)。

X 最大内容重量 (kg) を表す。**S** は、固体のみに使用できることを意味する。

****** 製造年の下 2 桁である。

GB 認定国である (外国の場合もある。記号は自動車用のものと一致する)。

Abcd 認定番号を表す。

袋には、アスベストのマーク (図 A2.3 参照) 及び CDG 危険物ラベル (下図 A2.4 に示す) も貼付する必要がある。

図 A2.4



用語集

用語（及び初出項）		<i>RMS 光学顕微鏡辞典（RMS Dictionary of Light Microscopy）</i> ⁴⁰ による定義
アナライザ (A2.12)	Analyser	偏光又はその他の照明光が標本に与える光学的影響を見つけ出すために、標本の後方（通常、対物レンズと対物レンズ像結像面との間）に取り付けて使用する偏光板。
ベッケ線 (A2.38)	Becke line	（屈折及び/又は回折により）異なる光路長の媒体の間の境界に形成される明るい線。対物レンズと標本の間の距離を離すと、光路の長い方へ移動する。 注意：この現象は、2 つの隣り合う媒体（たとえば、粒子とそれを取り囲む媒体）の屈折率の相対的差異を識別するために用いられる。屈折率が一致すると、ベッケ線は消える。
ベルトランレンズ (A2.12)	Bertrand lens	対物レンズの後焦点面の像を対物レンズ像結像面に送る中間レンズ。偏光顕微鏡におけるコノスコープ観察時、及び特に位相差顕微鏡法の顕微鏡照明系の調整のために使用する。
複屈折 (A2.31)	Birefringence	複数の屈折に起因する屈折率の最大差の定量的表現（記号 n ）。
コンペンセータ (A2.12)	Compensator	標本内の光路長の差異を測定するために用いる（一部、光路長の差異の可変な）リタデーション板。
コンデンサ (A2.12)	Condenser	1 枚又は複数枚のレンズ（又はミラー）及びそれらのマウントから成る顕微鏡の照明系の一部。通常、絞りを備えており、放射光を捕集、制御、集中させるように設計されている。
分散染色 (A2.39)	Dispersion staining	マウント液に浸した透明な標本の顕微鏡検査。マウント液の屈折率は、特定の波長で標本の屈折率と一致するが、標本よりも大幅に高い分散力を有する。これらの条件下で、標本とマウント液の境界に色がついて見える。標本について見える色は、マウント液について見える色と明確に違う。色とその差異は、標本とマウント液の屈折率が一致する波長、及び使用する顕微鏡の種類によって変わる。分散染色は、明視野顕微鏡（色はベッケ線に集中だけに認められる）、暗視野顕微鏡、又は位相差顕微鏡で用いることができる。
接眼レンズ (A2.12)	Eyepiece	対物レンズ像によって結ばれる最終的な虚像の角倍率を決めるレンズ装置。この像は、観察者の目、又はその他の収束レンズ装置により、実像に変換される。
一次赤色 (A2.12)	First order red	約 530nm のリタデーションにおける特徴的な赤紫の干渉色。

用語（及び初出項）		<i>RMS 光学顕微鏡辞典 (RMS Dictionary of Light Microscopy)</i> ⁴⁰ による定義
前焦点面 (A2.13)	Focal plane	(a) 理想的な収束レンズに入った平行光線の束がレンズの反対側で交差するすべての点を結ぶ表面。その結果、焦点を含む。 (b) 無限遠にある標本の像が結ばれる、レンズ（又はミラー）の光軸に対して直角の表面。主平面の一つ。
焦点調節接眼レンズ (A2.12)	Focusing eyepiece	焦点調節機能を備えた接眼レンズ。（挿脱可能な）グラチクル又は絞りが内蔵されており、対物レンズ像と一致する。
虹彩絞り (A2.12)	Iris	通常は金属製の、複数の羽根でつながれた絞り。制御によって開口部を様々な大きさに調整できるようになっている。
ケーラー照明 (A2.12)	Köhler illumination	標本に光を照射する方法。光源の像を集光レンズによってコンデンサの前焦点面内にある開口絞りの面に作る。次に、コンデンサレンズを通して集光レンズの開口部に照射された視野絞りの像を標本面に作る。
開口数 (A2.12)	Numerical aperture	元はアッペが対物レンズ及びコンデンサ用に定義した数値（NA という記号で表されることが多い）。これは「 $n \sin u$ 」と表される。「 n 」はレンズと標本の間の媒体の屈折率であり、「 u 」はレンズの開口角の半分である。
対物レンズ (A2.12)	Objective	結像装置の最初の部分で、レンズ、その取付台、いくつかの関連部品で構成される。標本の対物レンズ像を結ぶ。
位相 (A2.12)	Phase	周期的な動き又は波動における相対的な位置。角度で表され、一つの周期又は波動は 2π ラジアン又は 360° に相当する。
多色性 (A2.29)	Pleochroism	光学的異方性媒体の特性。透過光線における選択的なスペクトル吸収の変化によって、異なる光伝搬方向、又は異なる振動方向に対し、異なる明度及び/又は色を示す。
偏光 (A2.3)	Polarised light	振動方向が 1 方向のみの光。
ポラライザ (A2.12)	Polariser	標本の前の光路に置かれる偏光板。
能 (A2.3)	Power	特定の作業条件下（たとえば、光学的に適合する寸法）で、拡大された像を結ぶための光学装置の能力。拡大能力は、対象とする像の横倍率又は角倍率として表される。
屈折率 (A2.3)	Refractive index	真空中の光速に対する与えられた媒体中の光速（より厳密には位相速度）との比(n 又は n' の記号で表される)。
リタデーション (A2.12)	Retardation	媒体中の低い屈折率の波面に比べて屈折率の高い波面の方が伝播が遅いこと。

用語（及び初出項）		<i>RMS 光学顕微鏡辞典（RMS Dictionary of Light Microscopy）</i> ⁴⁰ による定義
ステージ（顕微鏡のステージ）	Stage (microscope stage)	標本を載せる、光軸（A2.12）に直角な台。機械的機構と一致して（機械的ステージとして）、標本を「x」軸と「y」軸に簡単に位置合わせでき、「z」軸に沿って移動又は回転できる。
実体顕微鏡（A2.3）	Stereo microscope	両目でわずかに異なる角度から標本を観察する双眼顕微鏡。網膜の対応する点にまったく異なる像点が作られ、その結果、立体的な認識が可能になる。

装置及びサービスの提供者

装置/サービス		提供者
アスベスト参照試料	Asbestos reference samples	Institute of Occupational Medicine Research Park North Riccarton Edinburgh EH14 4AP Tel: 0870 850 5131
カーギル屈折液	Cargile refractive index liquids	McCrone Scientific Limited McCrone House 155A Leighton Road London NW5 2RD Tel: 0207 267 7199
認定サービス	Accreditation service	United Kingdom Accreditation Service (UKAS) 21-47 High Street Feltham Middlesex TW13 4UN Tel: 0208 917 8555 e-mail: info@ukas.com
建材含有アスベスト・スキーム	Asbestos in materials scheme	AIMS Health and Safety Laboratory Harpur Hill Buxton Derbyshire SK17 9JN Tel: 01142 892 000 e-mail: hslinfo@hsl.gov.uk

付属書 3:再立入 (reoccupation) のための許可証用テンプレート

分析機関名：

住所：

電話：

ファクス：

電子メール：



UKAS ロゴと認定番号：

再立入許可証 (# 許可番号及び # 発行番号)			
契約番号：		職務番号：	参照番号：
UKAS による認定方法及び免責事項： (注意：UKAS により認定された方法であっても、範囲外の方法を報告する場合は、免責事項が必要となる。)			
顧客の名称、住所、連絡先 情報			
完了検査（クリアランス） 現場の住所			
評価実施エリア及び作業 実施日を含む作業概略			
次に挙げる添付資料が ある場合には、添付資 料番号を付すこと	評価を実施するエリアの図 面/写真	作業計画/作業計画の抜粋	ASB5 通知書類
添付資料番号			

アスベスト除去請負事業者 の名称、住所、連絡先情報		
アスベスト除去請負事 業者の現場監督者の氏 名と連絡先情報		
作業開始を確認し、結果を 承認する代表者		
評価の開始予定	日付：	時間：
評価開始確認	日付：	時間：

第一段階：現場状況と作業の完了状況の事前チェック	
1.1 評価実施エリアの確 認のための完了検査（ク リアランス）作業計画 （問題点、相違点、固定 設置又は残っている ACM	
以下について、元のまま変わらず機能している場合には「はい」と記入すること（もしそうでない場合には、問題 点を記録すること）	
1.2 作業エリア	
1.3 隔離空間/集じん・排気	
1.4 衛生施設	
以下のエリア及びその隣接エリアには、明らかなアスベスト破片やアスベスト廃棄物袋がなければ、「はい」 と記入すること（もしそうでない場合には、問題点を記録すること）	
1.5 廃棄物エリア/廃棄ルー ト	
1.6 トランジット・ルート	
1.7 衛生施設	
1.8 隔離空間/作業エリア	
(注意：1.8 には、不要な機器・装置が置かれていない状態でなくてはならない。もし置かれている場合、あるいは不適切な覗き 用パネルが設置されている場合には、その旨記録する。隔離空間の内部エリアについては、セクション 2.2 項で扱われているた め、評価は続行する。)	
第一段階：合格/不合格 時間： 日付： 評価実施者： 意見： 評価者の署名： （不合格の場合は、残りの段階に抹消線を入れた上で、代表者に最終ページの確認用の枠内に署名をさせること）	

第 2 段階：徹底的な目視検査	
要件	はい/いいえ 意見
2.1 エアロック/バグロック/隔離空間には、廃棄物袋、建材、不要な装置がない。	
2.2 全ての ACM は、下地の表面から完全に除去されている。	
2.3 隔離空間内部の表面に、破片や付着した細かい粉じんはない。	
第 2 段階：合格/不合格 時間： 日付： 評価実施者：	
エアロック、バグロック、隔離空間には、目に見えるアスベスト廃棄物、破片、表面の粉じんはなかった／あった。	
意見：	
評価者の署名：	
(不合格の場合は、残りの段階に抹消線を入れた上で、代表者に最終ページの確認用の枠内に署名をさせること)	

第3段階：隔離空間内の空気モニタリング完了検査（クリアランス）		
サンプリング情報	はい/いいえ	意見/評価
3.1 全エリアは乾燥している。		
3.2 集じん排気装置等がオフになっていて、（蓋が）閉じられている。		
3.3 固化剤（ロックダウンスプレー）を使用した痕跡はない。		
3.4 元の床面は取り外されている。		
3.5 発じんがなされた（タイプを記載する）。		
3.6 発じんの合計時間	分	
3.7 隔離空間の面積または容積	m ²	m ³
3.8 捕集された大気サンプル数		
（サンプリングの位置を示した図面を添付資料#として添付する）		

結果	セット 1: 繊維濃度 (f/ml)	セット 2: 繊維濃度 (f/ml)	セット 3: 繊維濃度 (f/ml)	セット 4: 繊維濃度 (f/ml)
サンプル 1				
サンプル 2				
サンプル 3				
サンプル 4				
サンプル 5				
合格/不合格				

第 3 段階：合格/不合格 時間： 日付： 評価実施者：

当該エリアにおける隔離空間の撤去は許可される/されない。
 空気モニタリングに関する検査の詳細は、添付資料#に記録した。
 意見：

評価者の署名：
 （不合格の場合は、残りの段階に抹消線を入れた上で、代表者に最終ページの確認用の枠内に署名をさせること）

第 4 段階：再立入のための現場の評価（隔離空間の撤去後）		
要件	はい/いいえ	意見
4.1 以前の隔離空間/作業エリア及び隣接エリアには、目に見える破片、アスベスト袋、廃棄物はない。		
4.2 トランジット・ルートおよび廃棄ルートには、アスベスト破片、アスベスト袋、廃棄物はない。		
4.3 作業領域の全ての ACM は除去されており、残っている既知の ACM の損傷はない。		

第 4 段階：合格/不合格 時間： 日付： 評価実施者：

当該エリアの再立入は可能である/可能ではない

意見：

署名：

氏名： 署名： 日付： 時間

注：許可証のコピーは常にアスベスト除去請負事業者が発行しなければならない。アスベスト除去請負事業者は、衛生施設検査の検査証を別途請求する。

付属書 4: 衛生施設の検査証 用テンプレート

分析機関名/レターヘッド:

住所:

電話:

ファクス:

電子メール:



UKAS ロゴと認定番号:

衛生施設検査証 (検査証番号及び 発行番号)		
製造者:	シリアルナンバー:	
契約番号:	職務番号:	参照番号:
UKAS による認定方法及び免責事項: (注意: UKAS により認定された方法であっても、範囲外の方法を報告する場合は、免責事項が必要となる。)		
アスベスト除去請負事業者 の名称、住所、連絡先情報		
完了検査（クリアラン ス）する衛生施設現場の 住所		
アスベスト除去請負事業 者の現場監督者の氏名と 連絡先情報		
作業開始を確認し、結果を 承認する代表者		
開始予定	日付:	時間:
開始の確認	日付:	時間:

徹底的な目視検査		
要件	はい/いいえ	意見
衛生施設には、廃棄物、破片、粉じん、汚染された衣類、廃棄物袋等はない。		
内部の表面に、破片や付着した粉じんはない。		
完了検査（クリアランス）の合格/不合格 時間： 日付： 評価実施者： 衛生施設には、目視できるアスベスト廃棄物、破片、表面の粉じんはなかった。 意見： 評価者の署名： （不合格の場合は、残りの段階に抹消線を入れた上で、代表者に最終ページの確認用の枠内に署名をさせること）		

衛生施設内の空気モニタリング完了検査（クリアランス）		
サンプリング情報	はい/いいえ	意見/評価
全エリアは乾燥している		
換気装置がオフになっていて、（蓋が）閉じられている。		
かく乱がなされた（タイプを記載する）		
かく乱の合計時間	分	
衛生施設のシャワーとダーティエンドの床面積	m ²	
捕集された大気サンプル数		

空気モニタリングの結果			
結果	セット 1: 繊維濃度 (f/ml)	セット 2: 繊維濃度 (f/ml)	セット 3: 繊維濃度 (f/ml)
サンプル 1			
サンプル 2			
合格/不合格			

第3段階 合格／不合格 時間： 日付： 評価者：

衛生施設の利用再開は許可される／されない。

空気モニタリングに関する検査の詳細は、添付資料_____に記録した。

意見：

評価者の署名：

請負事業者代表の承認書

私は _____ より、衛生施設の検査許可証が発行される／されない旨の通知を受けました。

氏名： 署名： 日付： 時間：

評価者による衛生施設の検査許可証の発行

本許可証（許可証番号及び発行番号）の複写を _____ 宛てに発行した。

評価者の氏名： 署名： 日付： 時間：

参考文献・詳細情報

参考文献

- 1 *Asbestos essentials task manual: Task guidance sheets for the building maintenance and allied trades HSG210 HSE Books 2001 ISBN 0 7176 1887 0*
- 2 *Working with asbestos cement HSG189/2 HSE Books 1999 ISBN 0 7176 1667 3*
- 3 *Asbestos: The licensed contractors' guide HSG247 HSE Books (Due for publication in 2005)*
- 4 *The protection of workers from the risks related to exposure to asbestos at work 2003/18/EC Official Journal of the European Union 2003*
- 5 *Asbestos fibres in air: Sampling and evaluation by Phase Contrast Microscopy (PCM) under the Control of Asbestos at Work Regulations MDHS39/4 (Fourth edition) HSE Books 1995 ISBN 0 7176 1113 2*
- 6 *Determination of airborne fibre number concentrations: A recommended method, by phase-contrast optical microscopy (membrane filter method) World Health Organisation 1997 ISBN 92 4154496 1*
- 7 *Asbestos in bulk materials: Sampling and identification by polarised light microscopy (PLM) MDHS77 HSE Books 1994 ISBN 0 7176 0677 5*
- 8 *Surveying, sampling and assessment of asbestos-containing materials MDHS100 HSE Books 2001 ISBN 0 7176 2076 X*
- 9 *A comprehensive guide to managing asbestos in premises HSG227 HSE Books 2002 ISBN 0 7176 2381 5*
- 10 *Control of Asbestos at Work Regulations 2002 SI 2002/2675 The Stationery Office 2002 ISBN 0 11 042918 4*
- 11 *Work with asbestos which does not normally require a licence. Control of Asbestos at Work Regulations 2002. Approved Code of Practice and guidance L27 (Fourth edition) HSE Books 2002 ISBN 0 7176 2562 1*
- 12 *Work with asbestos insulation, asbestos coating and asbestos insulating board. Control of Asbestos at Work Regulations 2002. Approved Code of Practice and guidance L28 (Fourth edition) HSE Books 2002 ISBN 0 7176 2563 X*
- 13 *The Asbestos (Licensing) Regulations 1983 SI 1983/1649 The Stationery Office 1983 ISBN 0 11 03764 9 as amended by The Asbestos (Licensing) (Amendment) Regulations 1998 SI 1998/3233 The Stationery Office 1998 ISBN 0 11 080279 9*
- 14 *The management of asbestos in non-domestic premises. Regulation 4 of the Control of Asbestos at Work Regulations 2002. Approved Code of Practice and guidance L127 HSE Books 2002 ISBN 0 7176 2382 3*

- 15 *Safety Representatives and Safety Committees Regulations 1977 SI 1977/500 The Stationery Office 1977 ISBN 0 11 070500 9*
- 16 *Health and Safety (Consultation with Employees) Regulations 1996 SI 1996/1513 The Stationery Office 1996 ISBN 0 11 054839 6*
- 17 Hodgson J T and Darnton A 'The quantitative risks of mesothelioma and lung cancer in relation to asbestos exposure' *Annals of Occupational Hygiene* 2000 44 565-601
- 18 *Improved methods for clearance testing and visual assessment of asbestos removal operations HSL/2001/11 Health and Safety Laboratory 2001*
- 19 ISO/IEC 17025:1999 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories International Organisation for Standardisation 1999
- 20 *Application of ISO/IEC 17025 for asbestos sampling and testing LAB 30 United Kingdom Accreditation Service 2002*
- 21 ISO 17020 International Standard published as BS EN 45004:1995 General criteria for the operation of various types of bodies performing inspection British Standards Institution ISBN 0 580 24538 1
- 22 BS EN ISO/IEC 17024:2003 Conformity assessment. General requirements for bodies operating certification of persons British Standards Institution ISBN 0 580 41811 1
- 23 *A guide to the Asbestos (Licensing) Regulations 1983 as amended. The Asbestos (Licensing) Regulations 1983. Guidance on Regulations L11 (Second edition) HSE Books 1999 ISBN 0 7176 2435 8*
- 24 *Confined Spaces Regulations 1997 SI 1997/1713 The Stationery Office 1997 ISBN 0 11 064643 6*
- 25 *Respiratory protective equipment at work: A practical guide HSG53 (Second edition) HSE Books 2004 ISBN 0 7176 2904 X*
- 26 *Fit testing of respiratory protective equipment facepieces OC 282/28 Operational Circular HSE 2003*
- 27 Directive 2003/18/EC of the 27th March 2003 amending Council Directive 83/477/EEC on the protection of workers from the risks related to exposure to asbestos at work L97 48-52 Official Journal of the European Union 15 April 2003
- 28 *Man-made mineral fibre: Airborne number concentration by phase-contrast light microscopy MDHS59 HSE Books 1988 ISBN 0 7176 0319 9*
- 29 *Fibres in air: Guidance on the discrimination between fibre types in samples of airborne dust on filters using microscopy MDHS87 HSE Books 1999 ISBN 0 7176 1487 5*
- 30 Rooker S J et al 'The Visibility of Fibres by Phase Contrast Microscopy' *Journal of American Industrial Hygiene Association* 1982 43 505-515
- 31 Brown P W et al 'Developments in the RICE asbestos fibre counting scheme 1992-2000' *Annals of Occupational Hygiene* 2002 46 329-339

- 32 Walton W H and Beckett S T 'A microscope eyepiece graticule for the evaluation of fibrous dusts' *Annals of Occupational Hygiene* 1977 20 19-24
- 33 BS 7011-2.1:1989 Consumable accessories for light microscopes. Slides. Specification for dimensions and optical properties British Standards Institution ISBN 0 580 16816 6; BS 7011-3.1:1989 Consumable accessories for light microscopes. Cover glasses. Specification for dimensions and optical properties British Standards Institution ISBN 0 580 16823 9
- 34 Cherrie J W et al 'The influence of fibre density on the assessment of fibre concentration using the membrane filter method' *Journal of American Industrial Hygiene Association* 1986 47 (8) 465-474
- 35 Iles P J and Johnston A M 'Problems of asbestos fibre counting in the presence of fibre -fibre and particle-fibre overlap' *Annals of Occupational Hygiene* 1984 27 389-404
- 36 *The reproducibility of asbestos counts RR18 HSE Books 1982 ISBN 0 7176 0101 3*
- 37 ISO/IEC 17025:1999 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories International Organisation for Standardisation 1999
- 38 *The expression of uncertainty in testing LAB 12 United Kingdom Accreditation Service 2000*
- 39 *The expression of uncertainty and confidence in measurement M 3003 United Kingdom Accreditation Service 1997*
- 40 Bradbury S et al RMS Dictionary of light microscopy: Microscopy handbook 15 Oxford Science Publishers 1989 ISBN 0 19 856421 X
- 41 Deer W A et al Rock forming minerals, Volume 3: Sheet silicates Longmans 1962 ISBN 0 582 46211 8
- 42 Deer W A et al Rock forming minerals, Volume 2: Chain silicates Longmans 1962 ISBN 0 582 46210 X
- 43 Michaels L, Chissick S S 'Chapter 2 The mineralogy of asbestos' Asbestos. Properties, applications and hazards Volume 1 John Wiley and Sons Ltd 1979 ISBN 0 471 99698 X
- 44 Hodgson A A Fibrous silicates: Lecture Series 1965, Number 4 The Royal Institute of Chemistry 1966 ISBN 0 854 04037 4
- 45 Michaels L and Chissick S S 'Chapter 3 Chemistry and physics of asbestos' Asbestos. Properties, applications and hazards Volume 1 John Wiley and Sons Ltd 1979 ISBN 0 471 99698 X
- 46 Hodgson A A Scientific advances in asbestos, 1967-85 Anjalena Publications 1986 ISBN 0 95101481 1
- 47 Walton W H 'The nature, hazards and assessment of occupational exposure to airborne asbestos dust: A review' *Annals of Occupational Hygiene* 1982 25 (2) 117-247
- 48 Prentice J and Keech M Alteration of asbestos with heat: Microscopy and analysis 1989

- 49 Laughlin G J and McCrone W C 'The effect of heat on the microscopical properties of asbestos' *The Microscope* 1989 37 9-15
- 50 Iles P J and Jeyaratnam M A A study of heat degraded chrysotile, amosite and crocidolite by x-ray powder diffraction and optical microscopy (IR/L/DD/89/1) HSE 1989
- 51 McCrone W C Asbestos identification (Second edition) McCrone Research Institute 1987 ISBN 0 904962 11 3
- 52 *Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 SI 2002/2677 The Stationery Office 2002 ISBN 0 11 042919 2*
- 53 BS 7258-1:1994 Laboratory fume cupboards. Specification for safety and performance British Standards Institution 1994 ISBN 0 580 22702 2
- 54 Hughes D Literature survey and design study of fume cupboards and fume dispersal systems Science Reviews 1980 ISBN 0 905927 50 8
- 55 *Bulk asbestos reference minerals for optical microscope identification: Preparation, evaluation and validation CRR159 HSE Books 1997 ISBN 0 7176 1479 4*
- 56 Hartshorne N H and Stuart A Crystals and the polarising microscope (Fourth edition) Edward Arnold 1970 ISBN 0 71312256 0
- 57 McCrone W C et al Polarised light microscopy McCrone Research Institute 1979 ISBN 0 250 40262 9
- 58 Dorling M and Zussman J 'Characteristics of asbestiform and non-asbestiform amphiboles' *Lithos* 20 469-489
- 59 Davis J M G et al 'Variations in the carcinogenicity of tremolite dust samples of differing morphology' *Annals of the New York Academy of Sciences* 1991 643 473-490
- 60 Kelse J W and Thompson C S 'The regulatory and mineralogical definitions of asbestos and their impact on amphibole dust analysis' *Journal of The American Industrial Hygiene Association* 1989 50 (11) 613-622
- 61 Wylie A G Discriminating amphibole cleavage fragments from asbestos: Rationale and methodology. Proceedings of the VIIth International Pneumoconiosis Conference (Pittsburgh August 1988), DHHS (NIOSH) Publication 90108 part 2 November 1990 1065-1069
- 62 *Recommendations for the sampling and identification of asbestos products* Technical Note 3 Asbestos Research Council 1978
- 63 Monkman L J 'Procedures for the detection and identification of asbestos and other fibres in fibrous inorganic materials' *Annals of Occupational Hygiene* 1979 22 127-139
- 64 Prentice J 'Detection and identification of asbestos' *Annals of Occupational Hygiene* 1980 23 311-313
- 65 Langer A M et al 'Distinguishing between amphibole asbestos fibres and elongate cleavage fragments of their non-asbestos analogues' *Mechanisms in fibre carcinogenesis* 1991 253-267 ISBN 0 30 644091 1

66 Churchyard M P and Copeland G K E 'Is it really chrysotile?' Annals of Occupational Hygiene 1988 32 545-547

67 *Analytical quality in workplace air monitoring MDHS71 HSE Books 1991 ISBN 0 7176 1263 5*

68 *Colour vision Medical Guidance Note MS7 (Second edition) HSE Books 1987 ISBN 0 11 883950 0*

69 *The Carriage of Dangerous Goods and Use of Transportable Pressure Receptacles Regulations 2004 SI 2004/568 The Stationery Office 2004 ISBN 0 11 049063 0*

70 *The Environmental Protection Act 1990 The Stationery Office 1990 ISBN 0 10544390 5*

71 *The Special Waste Regulations 1996 SI 1996/972 The Stationery Office 1996 ISBN 0 11 054565 6*

詳細情報

HSE の出版物（有料、無料共）はオンラインで閲覧可能又は注文が可能である。 www.hse.gov.uk または HSE Books, PO Box 1999, Sudbury, Suffolk CO10 2WA Tel: 01787 881165 Fax: 01787 313995 に問い合わせられたい。HSE の有料出版物は、書店でも販売している。

健康と安全に関する情報についての問い合わせは、HSE の Infoline（電話：0845 345 0055）、Fax: 0845 408 9566、Textphone: 0845 408 9577、e-mail: hse.infoline@natbrit.com まで。また書面での問い合わせは、HSE Information Services, Caerphilly Business Park, Caerphilly CF83 3GG 宛てに送付されたい。

複製の申請は、書面にて以下に申し込まなければならない。
The Office of Public Sector Information, Information Policy Team, Kew,
Richmond, Surrey TW9 4DU or e-mail: licensing@opsi.gov.uk

英国労働衛生協会 (BOHS)
Suite 2, Georgian House
Great Northern Road Derby DE1
1LT
Tel: 01332 298101/298087
Fax: 01332 298099
Website: www.bohs.org

繊維測定委員会(CFM、Committee for Fibre Measurement)
Health and Safety Laboratory
Harpur Hill Buxton
Derbyshire SK17 9JN Tel: 0114
289 2000
Website: www.hsl.gov.uk

英国認証機関認定審議会 (UKAS)
21-47 High Street,
Feltham,
Middlesex TW13 4UN Tel: 0208
917 8400
Website: www.ukas.com

認定分析機関のリストは以下から入手可能である。 www.ukas.org

環境規制機関: www.environment-agency.gov.uk

スコットランド環境保護庁: www.sepa.org.uk

謝辞

HSE は、付属書 1 と 2 の作成にあたっては、繊維測定委員会の作業部会 2 (CFM/ WG2) の支援に謝意を表す。CFM/ WG2 のメンバーは以下の通りである。 Mr J Addison (John Addison Consultancy), Mrs T Boyle (HSE), Dr G Burdett (HSL), Mr L Davies (Institute of Occupational Medicine), Ms J Prentice (McCrone Scientific Ltd), Mr W Sanderson (Casella Environmental Ltd), Mr D McAuliffe (UKAS), Mr B E Tylee (HSL).

頭文字用語集

ACM	Asbestos-containing material	アスベスト含有材
ACOP	Approved Code of Practice	公認実施規則
AIB	Asbestos insulating board	アスベスト断熱・吸音板
APF	Assigned protection factor	指定防護係数
ASLIC	The Asbestos (Licensing) Regulations 1983	アスベスト（ライセンス）規則（1983）
BOHS	British Occupational Hygiene Society	英国労働衛生協会
CAWR	Control of Asbestos at Work Regulations 2002	アスベスト管理規則（2002）
CFM	Committee on fibre measurement	繊維測定委員会
FF(P3)	Filtering facepiece (respirator)	フィルター面体（呼吸用保護具）
HEPA	High efficiency particulate arrestor	HEPA フィルター
HSC	Health and Safety Commission	安全衛生委員会
HSE	Health and Safety Executive	安全衛生庁
HSL	Health and Safety Laboratory	安全衛生研究所
PCM	Phase contrast microscopy	位相差顕微鏡
PLM	Polarised light microscopy	偏光顕微鏡
PPE	Personal protective equipment	個人用保護具
PVA	Polyvinyl acetate	ポリ酢酸ビニル
QA	Quality assurance	品質保証
QC	Quality control	品質管理
RI	Refractive index	屈折率
RICE	Regular interlaboratory counting exchange	分析機関間の定期繊維数測定精度管理
RPE	Respiratory protective equipment	呼吸用保護具
SLH	Supervisory licence holder	監督免許所持者
UKAS	United Kingdom Accreditation Service	英国認証機関認定審議会