

No.

80

UNICHEMY
TECHNICAL
JOURNAL

2023.01.01

ユニケミー技報

CONTENTS

I 年頭のご挨拶 - 不易流行 -

II 化学物質管理とばく露のリスクアセスメントの解説

III ミクロトームの活用事例

年頭のご挨拶 - 不易流行 -

代表取締役社長

濱地 清市



明けましておめでとうございます。皆さまにおかれましてもよき新年をお迎えのこととお喜び申し上げます。旧年中は格別のご愛顧を賜り厚くお礼を申し上げます。

昨年当社は創立 50 周年を迎え、「温故知新」をテーマに様々な記念事業を実施しました。まず昨年 10 月 21 日、廃校となった小学校の建物を活用したなごのキャンパスで「ユニ学で学ぼう」と題し、学校の授業に見立てた 6 つのセミナーをオンラインも併用して開催しました。多くのお客様にご来場又はご視聴いただき誠にありがとうございました。また新しい当社のキャッチコピーとなる「応える、支える、化学する」の創出や当社オリジナルデザインの作業服の製作、さらには当社のパートナー様へオリジナル菓子折りの進呈など、“ユニークでユニバーサルなケミカルカンパニー”のユニケミーらしく創立 50 周年の節目を迎えることができました。

一方、昨年はコロナ渦の長期化に加えて、ロシアによるウクライナ侵攻や北朝鮮危機・台湾有事への懸案、さらには世界的なインフレによる円安や物価の高騰で、日本経済の見通しはさらに厳しくなっております。

私たちユニケミーは、どんなに時代が変化し苦難が続いても「変えてはいけないこと」と、時代や情勢に合わせ柔軟に「変えていくこと」を、創立 50 周年記念事業の企画・運営を通じて社員とともに見つめ直し共有してまいりました。当社の経営理念を守るため、理化学分析事業、商品事業、新規事業において本年も引き続き設備投資や研究開発、そして人財育成を強化していく所存です。

今後も理化学技術を通じてお客様や社会の問題・課題を解決する「コマタスクイ」をミッションとして、志を同じくする理化学分析業の仲間とともに日本のものづくり企業とその支援企業の発展に努めます。そしてユニークでユニバーサルなケミカルカンパニーとして理化学技術を通じて社会に貢献してまいります。

最後にご愛顧を賜っております関係各位には重ねて本年もよろしくお願い申し上げますとともに、良き年になりますよう祈念いたしまして、新年の挨拶とさせていただきます。どうぞ本年も変わらぬご支援、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

化学物質管理とばく露のリスクアセスメントの解説

分析事業本部 技術部 試験一課 大気・振動グループ
井上 大和



1. はじめに

「労働安全衛生規則等の一部を改正する省令（厚生労働省令第91号）」が令和4年5月31日に公布された。その改正は、厚生労働省が令和3年7月19日に報告書を公開した「職場における化学物質等の管理のあり方に関する検討会」の内容を踏まえており、今後の化学物質に関する管理の在り方を示す。改正は自律的な化学物質管理の導入を主な目的とし、従前から義務付けていた化学物質のリスクアセスメントを拡大、発展させ、作業環境測定を含むさまざまな規則を見直している。

本稿は、製造業などに課せられた化学物質管理が、省令改正を受けて今後どのように変わっていくのかを、ばく露のリスクアセスメントを重点に置き紹介する。

2. 化学物質管理の見直し

2.1 法令準拠型から自律的な管理へ

冒頭の「職場における化学物質等の管理のあり方に関する検討会」によると、化学物質が原因の労働災害は年間450件ほどあり、そのうち約8割が法令規制対象外の物質を原因とする。そして状況は、ある化学物質を新たに規制すると、使用していたそれを規制対象外の異なる化学物質に置き換え、結局労働災害の発生に至る。更にリスクアセスメントの実施率が半数にとどまり、規模が小さな事業場ほど法令順守が不十分となっている。

現行の仕組みは、国がこれら労働災害の情報を参考にする等により危険性または有害性の高い化学物質を個別に指定し、各種規則で具体的な措置を定め、事業者がそれに従う「法令準拠型」である。しかし、この仕組みでは新たな労働災害の発生を防止できない。そこで取り扱う全ての化学物質のリスクアセスメントを事業所自らがを行い、ばく露防止措置を選択して実施する「事業者による自律的な管理」の仕組みに移行を進めることになった。

2.2 化学物質規制の仕組み

現行の化学物質規制の仕組みを図1に示す。

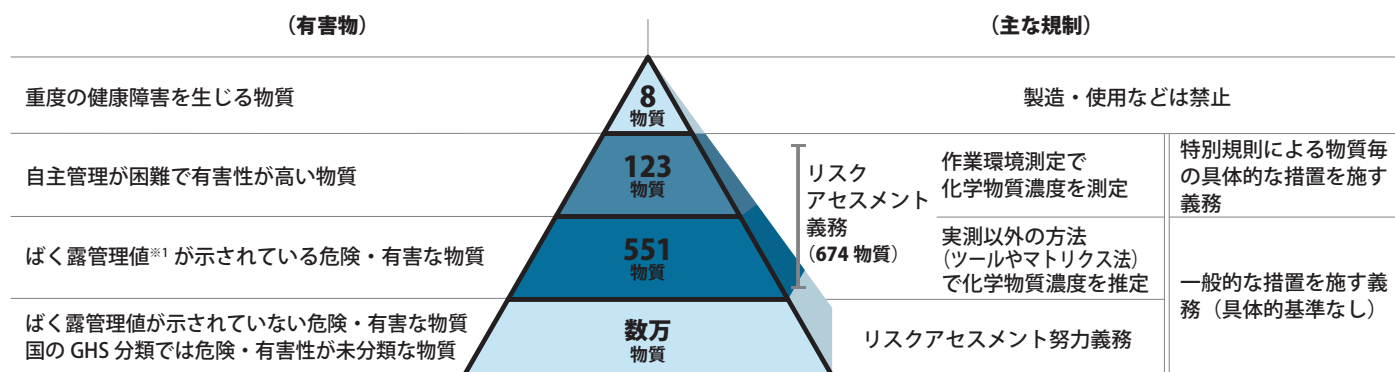


図1 現行の化学物質規制の概要

※1：ばく露管理値とは、1日を通じた労働者の平均ばく露がその値を超えてはならない限界値で、日本産業衛生学会の許容濃度又はACGIHのTLV-TWAを参考とし、国が今後設定する。

法は、図1のとおり危険・有害性の程度に応じ有害な化学物質について、製造・使用の禁止、そして特定化学物質障害予防規則等の特別規則による局所排気装置の設置等の措置義務、リスクアセスメント実施などの規制を課す。

それらの一つリスクアセスメントは、図1の自主管理が困難で有害性が高い123物質とばく露管理値が示されている危険・有害な551物質を含む合計674物質について行う義務がある。そしてそのうち作業環境測定で

実際に化学物質濃度を把握して定期的にリスクアセスメントを行うのは 123 物質に限られる。

そこで、2.1 節に述べた状況も踏まえ、規制対象外の物質の対策強化を主眼に、より効果的な労働安全衛生確保を目的として、今後 5 年を目処に新たな仕組みの規制へと移行する。その仕組みは、SDS 伝達及びリスクアセスメントの実施義務対象物質の大幅増加、濃度基準値設定物質のばく露濃度を基準値以下にする義務、そして自律的な管理を行う実施体制の確立義務を含むとしている。更にそれらの規制は、特定化学物質障害予防規則等の特別規則の廃止を前提にした見直しになっている。想定される今後の化学物質規制のうち、リスクアセスメントの仕組みを図 2 に示す。

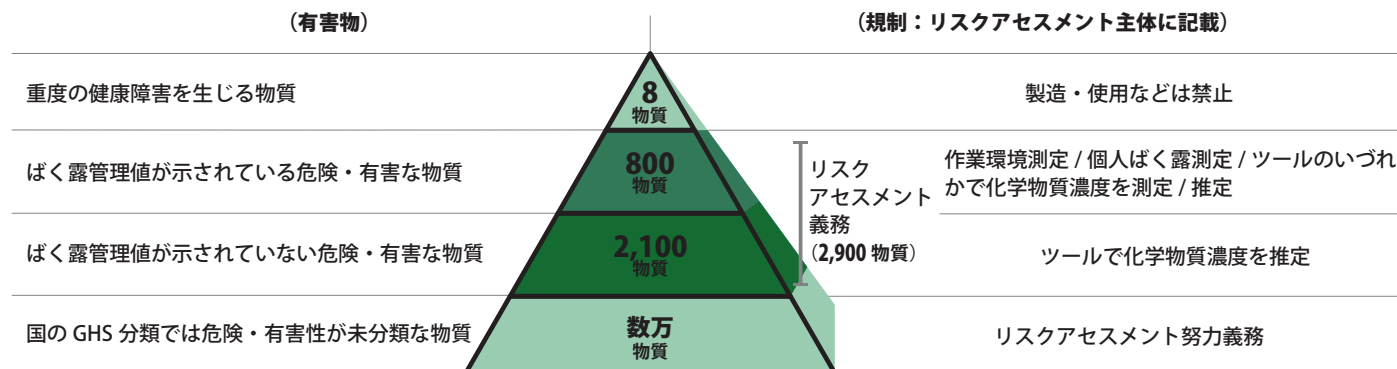


図 2 想定される化学物質規制のうちリスクアセスメントの概要

ばく露管理値が示される危険・有害な物質は、従来の特別規則による規制物質を含む合計 800 物質が指定される。それら化学物質の濃度を作業環境測定、個人ばく露測定などにより測定、またはツールにより推定してリスクアセスメントを行い、化学物質を管理する。一方ばく露管理値が示されない危険・有害な物質もツールで濃度を推定しリスクアセスメントを行う義務が生じる。そして、リスクアセスメントは、実施時期がリスクレベルに応じて変わる。

リスクアセスメント義務は、対象が 2900 物質と大きく増え、そしてその方法も事業者が自ら選択することになる。これまで特別規則が規定していたリスクが高い物質のリスクアセスメントも、従来の作業環境測定に限定せず、測定方法や測定頻度も含めて事業者が検討し実施しなければならない。

3. ばく露のリスクアセスメント手法

ばく露のリスクアセスメントの流れを図 3 に示す。図中の①から④について、以下説明を加える。

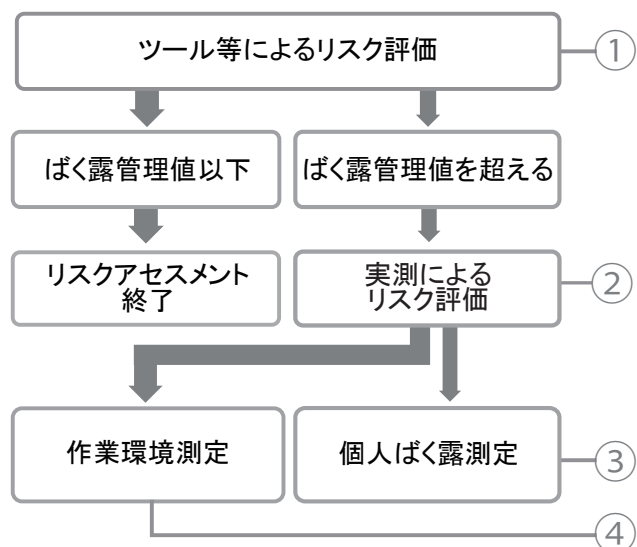


図 3 リスクアセスメントの流れ

①ツール等によるリスク評価

作業者が呼吸する空気中に有害な物質がどの程度含まれるのかを表す「ばく露濃度」を推定するツールは、さまざまな種類がある。一例が厚生労働省の作成したリスクアセスメント支援ツール「CREATE-SIMPLE」である。化学物質の取扱い条件（取扱量、含有率、換気条件、作業時間・頻度、保護具の有無）からばく露濃度を推定できる。

②実測によるリスク評価

ツール等によるリスク評価の結果、推定ばく露濃度がばく露管理値を超過した場合実測によるリスク評価を行う。実測の方法は次の③と④の 2 種類がある。

③個人ばく露測定

測定方法が「化学物質の個人ばく露濃度測定のガイドライン」（平成 27 年 1 月 日本産業衛生学会 産業衛生技術部会 個人ばく露測定に関する委員会）などに示されている。全作業時間を通して、個人サンプラーにより呼吸域の作業場空気を採取し、個人の化学物質

ばく露量を測定する（写真 1，図 4）。測定結果を 8 時間の平均濃度に換算し、ばく露管理値と比較する。

④作業環境測定

労働安全衛生法第 65 条に定められた方法である。等間隔に測定点を設け作業場の有害物の平均的な濃度を求める A 測定と作業者が最も高濃度の有害物に曝露されると考えられる時間と作業位置で行う B 測定により、作業場内の化学物質濃度を評価する。（図 5）

なお③個人ばく露測定と④作業環境測定の違いを表 1 に示す。

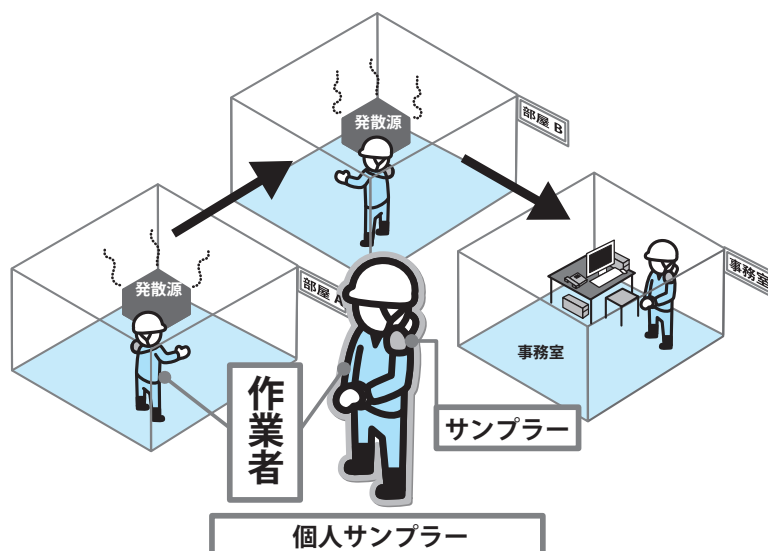


図 4 個人ばく露測定



写真 1 個人サンプラー

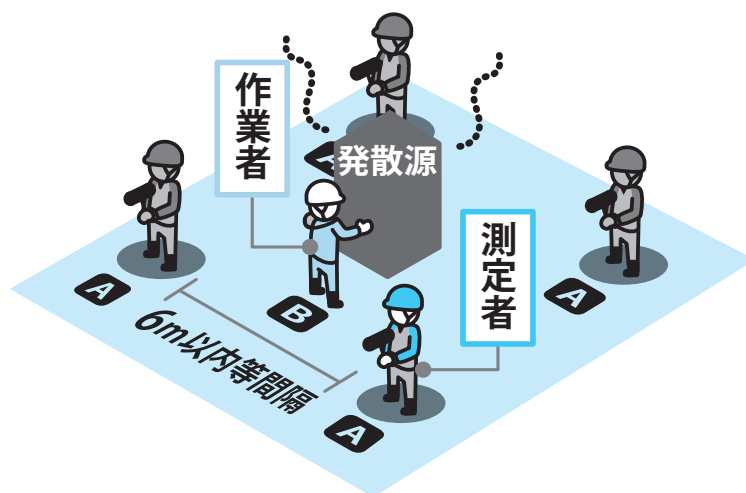


図 5 作業環境測定

表 1 測定方法の違い

	個人ばく露測定	作業環境測定 A・B 測定
測定内容	個人のばく露量	作業場の化学物質濃度
測定範囲	個人の作業範囲	単位作業場所
サンプリング	8 時間または作業時間中	A 測定 10 分以上 B 測定 10 分
測定対象	有害性のある物質	有害性のある物質（国が定めた物質）
測定値	8 時間加重平均濃度	測定時間における平均濃度
評価値	ばく露管理値（許容濃度・TLV）	管理濃度
実施者	決まりはない	作業環境測定士
有効性	ばく露管理値と比べやすい	作業場の改善に役立てる

4. 事業者の管理体制

これまでに述べた内容のほか、次のとおり多岐にわたる規制が省令改正により新たに加わる。新たな規制は事業者、リスクアセスメント結果に基づく化学物質の管理体制の整備と強化を求めている。

- (1) 化学物質の管理体制の強化つまり化学物質管理者及び保護具着用管理責任者の選任など
- (2) 化学物質の危険性有害性の情報伝達の強化即ち SDS の伝達方法の柔軟化、SDS 記載内容の更新義務
- (3) リスクアセスメントに基づく自律的な化学物質管理、例えばリスクアセスメントの記録と周知、労働基準監督署長による労災事故発生事業場の化学物質管理改善措置の指示など

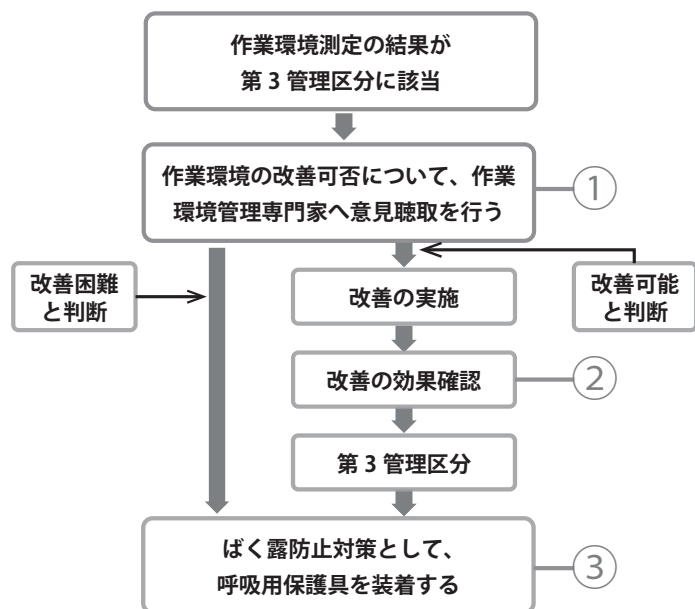


図6 改善措置の流れ

(注)労働安全衛生規則等の一部を改正する省令案概要等¹⁾13ページの図を一部変更し転載

②作業環境測定を再度行い、第1管理区分又は第2管理区分に該当すれば改善効果ありと判断する。

③改善が困難もしくは再測定の結果も第3管理区分となる事業場は、個人サンプラーによるばく露濃度測定を実施する。そして測定結果に応じて適切な呼吸用保護具を選定し、作業者に装着させる。その後改善が確認されるまで6ヶ月以内ごとに1回、上記濃度測定を行う。また1年以内ごとに1回、定期的に呼吸用保護具が適切に装着されているか確認しなければならない。これら呼吸用保護具に関する措置は、衛生管理者や安全衛生推進者等の労働衛生に関する知識と経験等を有する保護具着用管理責任者が管理する。

5. さいごに

今後の化学物質管理とばく露のリスクアセスメントについて紹介した。省令改正は今後の方向性を示したが、具体的な事項の多くが未定である。先々の改正により徐々に整備が進むと考えられる。

当社は作業環境測定機関として、正確な化学物質濃度測定と化学物質管理に関する最新情報の伝達に努め、国内ものづくり企業の労働安全衛生維持に寄与する責務を負う。作業環境測定や個人ばく露測定などのリスクアセスメント、呼吸用保護具、作業環境改善など、化学物質管理に関してお困りのことがあればぜひご相談いただきたい。

[参考資料]

- 1) 労働安全衛生規則等の一部を改正する省令(令和4年5月31日厚生労働省令第91号)
- 2) 職場における化学物質等の管理のあり方に関する検討会. 報告書. 厚生労働省. 令和3年7月19日, 2021. 20p.
https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_06355.html. (参照 2022-11-25)
- 3) 労働基準局安全衛生部化学物質対策課労働衛生課. 労働安全衛生規則等の一部を改正する省令案概要等, 第146回安全衛生分科会資料. 厚生労働省. 令和4年3月23日, 2022. 17p.
- 4) 労働安全衛生総合研究所化学物質情報管理研究センター. 化学物質の自律的管理におけるリスクアセスメントのためのばく露モニタリングに関する検討会. 報告書. 労働者健康安全機構. 令和4年5月, 2022. 38p.
- 5) 化学物質の個人ばく露測定のガイドライン. 日本産業衛生学会産業衛生技術部会個人ばく露測定に関する委員会. 平成27年1月. 2015. 48p.

ミクロトームの活用事例

分析事業本部 技術部 試験二課 材料グループ
藤本 さくら

1. はじめに

科学はすべて見ることから始まる。細菌学そして天文学などがそうだ。つまり肉眼または顕微鏡や望遠鏡などの機器による観察をまず行い情報を手に入れる。小さな対象は 0.1mm (100 μm) 程度までなら肉眼で識別できるが、それ以下の場合顕微鏡が要る。可視光を利用する光学顕微鏡は、どんな工夫をしてもおよそ 0.0002 mm (200 nm) の大きさまでである。それより小さい場合、電子線を用いる電子顕微鏡に頼らざるを得ない。

工業材料や製品の観察と分析も同様であり、顕微鏡は観察用の機器として重要な役割を担う。欠陥や構造、品質の解析に欠かせない。例えば付着物、腐食、変色、汚れ、異物、構造、欠陥、介在物、偏析、界面などを観察し、必要な情報・データを得て解析する。そうした情報は、表面からも得られるが、内部を露出させた断面観察が有用である。

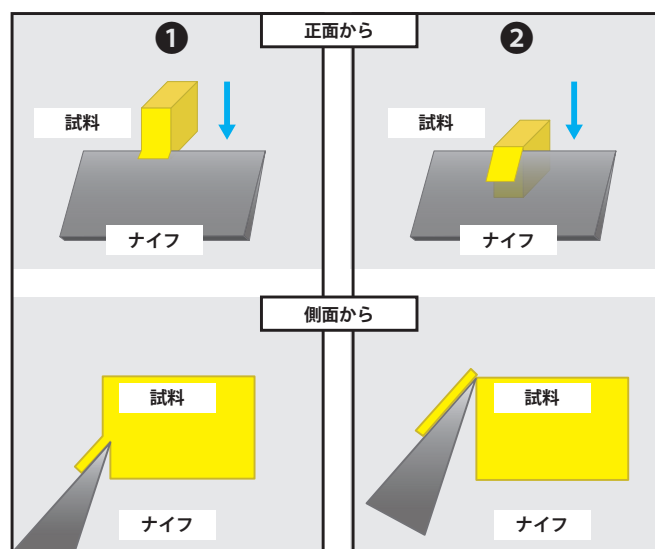
そうした内部の情報を得る断面試料は、種々の方法を用いて作製する。例えば、ナイフによる切断（切断法）、凍結後に分割（割断法）、研磨、樹脂包埋—研磨、イオンビームを用いた FIB、イオンミリング等が挙げられる。そして軟質材料の場合には、上記の他にミクロトームが有用である。

本稿は、ミクロトームにより作った試料の走査電子顕微鏡（SEM）による観察及び FT-IR による定性分析を含む事例を紹介する。

2. ミクロトームについて

ミクロトームは、試料を厚さ数 μm の薄片状に切り出す装置であり、1824 年にドイツの Benedikt Stilling が考案し、1846 年に大脳、脳幹、脊髄の標本作製に用いたのが始めとされる。生物の細胞や組織を顕微鏡観察する際、「かさ」の大きな試料から薄く均一に切り出した薄片が必要となる。被写界深度や電子線透過のため極めて薄い試料が要るのだ。薄く均一に切り出すことを「薄切（はくせつ）」と言い、薄切に使用する装置がミクロトームである。薄切して得た試料を「薄切切片」または「切片」と呼ぶ。

近年前述の生物試料観察のほか、多層フィルム等の有機材料も同様に薄切し試料とする場合が増えてきた。得られた切片を顕微 FT-IR 分析に用いて各層の材質を判定したり顕微鏡観察をしたりする。ミクロトームにより薄切すると二つの界面が得られ、一方を切片として他方を切断面（断面試料）として双方を観察・分析の対象とする。つまりその断面が平滑となっているため、各種顕微鏡観察用の断面試料作製法としても活用できる。さらに、通常のミクロトームに冷却ユニット（凍結冷却アダプター）を装着し、試料を冷却しながら薄切すれば、ゴムや樹脂のように弾性変形する機械研磨が困難な材質もその切片及び断面試料が得られる。（図 1）



- ①固定したナイフに試料を押し当て、下側にスライドして切断する。
- ②ナイフ上に切片が残る。

図 1 ミクロトームによる薄切のイメージ

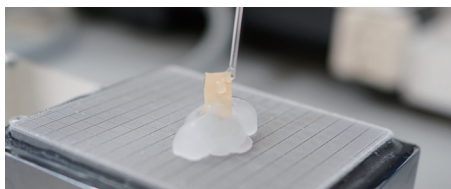
3. 事例紹介（食品包装フィルムの層構成確認）

食品を包んでいたフィルムを有姿のまま薄切し、その断面を観察するとともに、層構成及び材質を判定した。フィルムは柔らかい材料であり、前述のとおり冷却操作が要る。ミクロトームを用いて薄切して得た切片を FT-IR 分析に、断面試料を SEM 観察に供した。次に前処理の手順そしてそれぞれの観察・分析の結果を示す。

3.1 前処理



① 試料を1cm 角程度に切り出す。



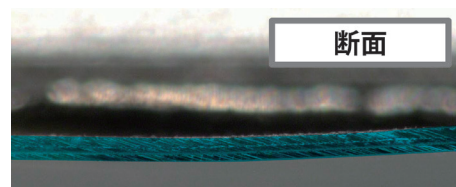
② 試料を -30℃に冷やして、氷包埋する。氷包埋は、文字通り氷で試料を包埋する方法であり、試料を水滴で覆って冷却し、氷らせて固定する。氷包埋は、有姿のまま固定・切断が困難な柔らかい試料に適用する。



③ 装置にセットし、薄切する。
(厚さ 5μm 設定)



④ 切片を採取する。
(切片を FT-IR 分析に供する)



⑤ 氷を溶かして断面試料を回収する。
(断面試料として SEM 観察に供する)

3.2 SEM 観察結果

前処理を行い得た食品包装フィルムの断面試料を SEM 観察した。併せてその断面試料（マイクロトーム切断面）と比較するため、前述の断面試料作製の中で比較的簡便な手法として挙げられるナイフ切断面も同様に作製し、SEM 観察に供した。（注：食品側を仮に第 1 層とした。）

図 2 のナイフ切断面は全体に平滑でなく、切断方向に引き摺りが生じている。おおまかに、3 層構成が判別できる程度である。

マイクロトーム切断面は、図 3 の薄切方向に多少の引き摺りが見られるものの、全体に平滑となっており、各層の厚みや添加剤の有無が観察できる。図 4 の 1μm 程度の間層（第 2 層）も明瞭に観察できる。

マイクロトームを使い薄切した断面試料は、ナイフ切断面と比べ SEM 観察にも耐えうる十分な平滑さがあり微細構造を判断できる。特に中間層（第 2 層）は、1μm 程度の 2 層に分かれており、食品側の層は斑点状の模様が確認できる。中間層の 2 層は形態が異なることから、いずれも第 1 層又は第 3 層の材質と異なると推定される。このようにマイクロトームを用いる試料作製は、簡便ながら多層フィルムの構造解析に有効な手法と言える。

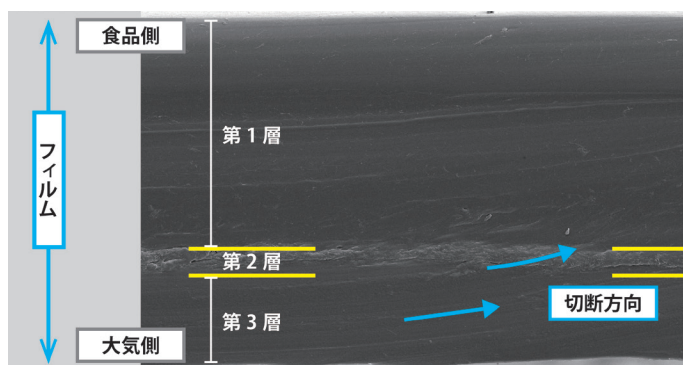


図 2 ナイフ切断面

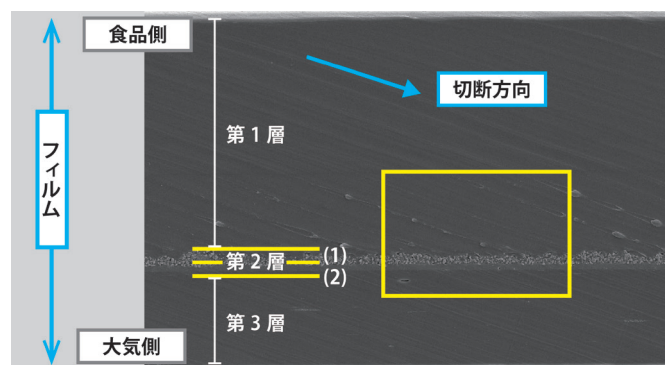


図 3 ミクロトーム切断面

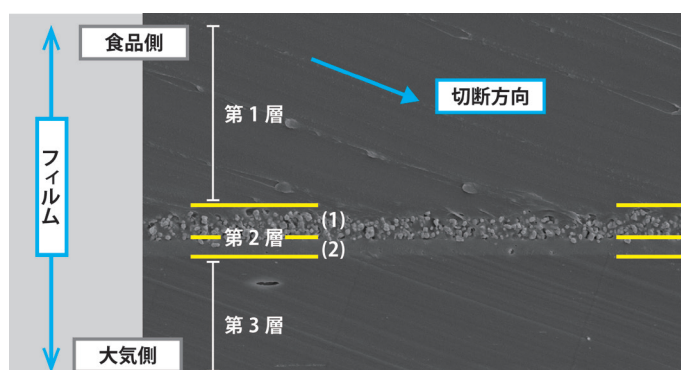


図 4 図 3 の黄色枠の拡大

3.3 FT-IR 分析結果

同様に食品包装フィルムの前処理から得た厚さ 5 μ m の切片を顕微 FT-IR 分析に供した。食品側（第 1 層）はポリオレフィン、大気側（第 3 層）はポリアミドが検出された。（図 5～8）

顕微 FT-IR の分解能が 10 μ m 程度であるため、数 μ m の中間層だけの分析は困難である。食品側（第 1 層）及び大気側（第 3 層）の両層を含む分析を実施したところ、ポリオレフィン及びポリアミドのほか、エステル結合に由来する図 5 の C=O 吸収が認められた。したがって、中間層はエステル系の樹脂を含むと推定される。

以上をまとめると分析に供した食品包装フィルムは、3 層からなり中間層は更に 2 層に分かれている。食品側（第 1 層）がポリオレフィン、大気側（第 3 層）がポリアミド、中間層はエステル系の材料 2 層からなる多層フィルムである。第 1 層の厚みがおおよそ 40 μ m、第 3 層が 15 μ m、中間層が厚さ 5 μ m 以下となっている。確認される添加剤として薄い中間層の材質等の判定には、顕微ラマン分光法等の分析手法が有用であろう。

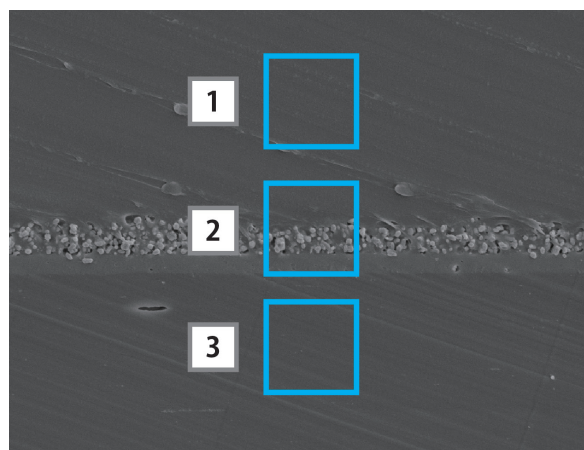


図 5 測定箇所

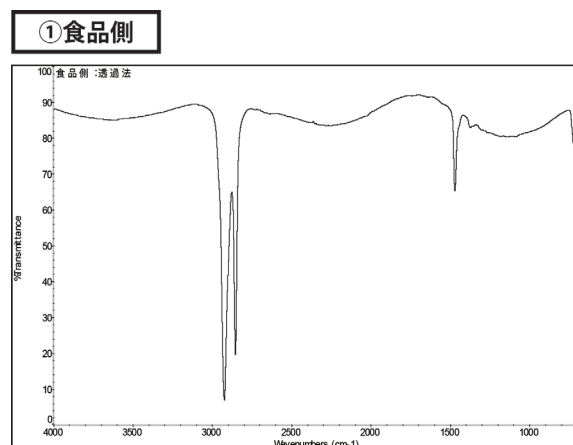


図 6 食品側 FT-IR スペクトル
(ポリオレフィン)

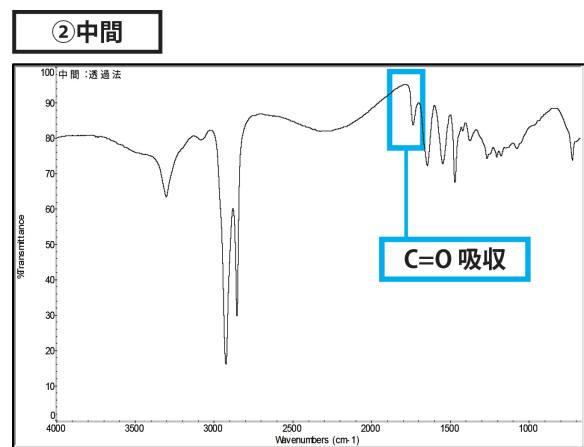


図 7 中間層 FT-IR スペクトル
(エステル系樹脂)

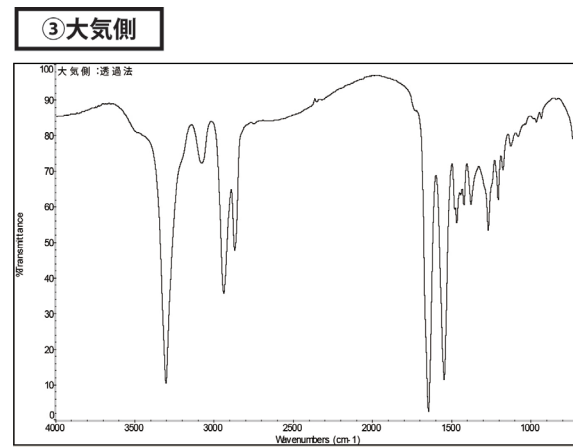


図 8 大気側 FT-IR スペクトル
(ポリアミド)

4. まとめ

断面試料作成は、試料調整による変形・変質が少なく、元の試料の状態を保ったまま断面を現出させることが求められる。その点においてミクロトームは材料分析の前処理の幅を広げる装置といえる。

弊社では既設のミクロトームに加えて、2021 年に冷却ユニットを増設した。ミクロトームと冷却ユニットを併用すれば、テープ等の粘着層を含んだ試料でも平滑な断面が得られる。養生テープをサンプルとした事例を別途当社 HP (Uni-Lab) に公開予定のため是非ご確認頂きたい。

正確な前処理で得られた分析結果が、今後様々なモノづくり分野の研究開発や品質管理の一助となれば幸いである。