

令和3年度軽水炉等改良技術確証試験等委託費
(保障措置環境分析調査のうち保障措置環境分析設備の充実・強化)
完了報告書

2023年3月

国立研究開発法人
日本原子力研究開発機構

リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。

目次

1	はじめに.....	1
1.1	事業の概要	1
1.2	分析機器を設置する施設の概要.....	1
2	試料の分析手法について.....	2
2.1	分析試料の元素分布測定	2
2.2	フィッシュントラック(FT)法とアルファトラック(AT)法	2
3	分析機器の整備.....	3
3.1	元素分布測定装置の整備	3
3.2	フィッシュントラック試料調製システムの整備	3
3.2.1	フィッシュントラック自動識別システム	3
3.2.2	レーザーマイクロダイセクションシステムの整備	4
4	まとめ.....	5

表リスト

表-3. 1: 元素分布測定装置の仕様.....	6
表-3. 2: フィッシュントラック自動識別システムの仕様	7
表-3. 3: レーザーマイクロダイセクションシステムの仕様.....	8

図リスト

図-3. 1: 元素分布測定装置の外観.....	9
図-3. 2: 元素分布測定装置の測定室	10
図-3. 3: 元素分布測定装置の表示・制御部	11
図-3. 4: 元素分布測定装置による鉛拭き取り試料(上)及び測定結果(下).....	12
図-3. 5: フィッシュントラック自動識別システムの外観	13
図-3. 6: フィッシュントラックの自動識別結果の一例	14
図-3. 7: アルファトラックの自動識別結果の一例.....	16
図-3. 8: レーザーマイクロダイセクションシステムの外観.....	19
図-3. 9: フィルム片を切り取った際の顕微鏡像	20

1 はじめに

1.1 事業の概要

本委託事業「保障措置環境分析調査」では、保障措置環境分析技術の維持及び向上を図るために、最新の分析技術等の調査を踏まえた要件検討を行い、バルク分析及びパーティクル分析に必要な要素技術及び分析技術の信頼性向上など、保障措置環境分析に必要な項目の調査を実施する。また、分析のために必要となる分析設備・機器等を整備し、これら設備・機器を用いて環境試料分析技術の開発を行う。委託事業「保障措置環境分析調査」では、国際原子力機関 (IAEA) からの依頼に基づく保障措置環境試料の分析、新規分析法の開発、試料分析を通じての適応化試験、反証のための分析等を実施している。保障措置環境分析では、原子力施設内外で拭き取りにより採取された試料について、その中に含まれるウランやプルトニウム等の核物質の量及び同位体比を測定する。これにより、試料を採取した施設での原子力活動の内容を推定することが可能となる。IAEA では、各国で採取した保障措置環境試料について、その分析を加盟国の分析所で構成されるネットワーク分析所 (NWAL) に依頼している。NWAL は IAEA により技術認定された分析所であり、保障措置環境分析のための高い分析技術能力を有している。我が国では、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 (JAEA) の高度環境分析研究棟 (CLEAR) 及び燃料サイクル安全工学研究施設 (NUCEF) の一部が NWAL として認定されており、保障措置環境試料を受け入れて分析を実施している。ここで、NWAL で実施される分析は、バルク分析法とパーティクル分析法に大別される。バルク分析法では、試料全体を酸で溶解し、化学分離等の処理を施した後、ウラン及びプルトニウムの定量及び同位体比分析を実施する。一方、パーティクル分析では、試料を溶解することなく分析し、試料中に含まれる粒子一個一個の同位体比を調べる。どちらの方法も一長一短があり、相補的に用いられている。ここで、パーティクル分析法には二次イオン質量分析 (SIMS) 法及びフィッシュントラック-表面電離質量分析 (FT-TIMS) 法と呼ばれる 2 種類の方法がある。

今般、JAEA の CLEAR に設置されて FT-TIMS 法に用いられている分析機器 (フィッシュントラック試料調製システム) 及び分析試料の元素分布測定に用いられている分析機器 (元素分布測定装置) の老朽化対策として、これらの機器 2 点を更新することとした。

1.2 分析機器を設置する施設の概要

本事業の内、分析試料の元素分布測定ならびに FT-TIMS 法によるパーティクル分析は、日本原子力研究開発機構 (JAEA) の高度環境分析研究棟 (CLEAR) で行っている。CLEAR は、NWAL の一員として IAEA から平成 15 年 1 月に技術認定を受け、平成 16 年 1 月より NWAL として活動している。現在、NWAL は、9 か国 2 機関で構成されているが、パーティクル分析 (FT-TIMS 法) については、認証を取得している数少ない国である。FT-TIMS 法では、試料中の粒子一個一個を対象とした極微量分析を実施するため、外界からの影響を極力抑える必要がある。したがって、この方法は、クリーンルームを有する CLEAR で実施されている。CLEAR は、IAEA から平成 15 年 1 月に NWAL としての認定を受けて以来、継続して保障措置環境試料の分析に使用されている。CLEAR は、核燃料物質及び放射性同位元素の使用が可能な放射線管理区域を有するクリーンルーム施設で、ISO 規格 14644-1 に準拠した管理を行っており、清浄度は機器分析エリアが ISO クラス 6 (クラス 1,000) 相当、化学処理エリアが ISO クラス 5 (クラス 100) 相当で、クリーンフードが利用可能 (清浄度 ISO クラス 4 (クラス 10) 相当) である。分析機器としては、FT-TIMS 法で用いられている分析機器に加え、バルク分析に用いられる磁場型誘導結合プラズマ質量分析装置や SIMS 法に用い

られる走査型電子顕微鏡、磁場型二次イオン質量分析装置等が設置されており、保障措置環境試料の技術開発や試料分析に利用されている。

IAEA から受け入れた保障措置環境試料の分析に先立ち、受け入れた試料に対して、非破壊法 (γ 線測定、蛍光エックス線測定、元素分布測定) で試料に付着している元素の種類とおおよその量を測定することで、ウラン粒子が多数存在する場所を特定したり、ウランやプルトニウムの化学分離や同位体分析をする際に妨害となる元素の量などの情報を事前に得ることができる。

2 試料の分析手法について

2.1 分析試料の元素分布測定

分析試料の元素分布測定は、分析に供する面状の保障措置環境試料上に付着している物質の付着量と位置を蛍光エックス線測定法により測定する方法である。試料測定に際し、試料上をエックス線で連続して走査することにより、照射位置ごとに元素分析し、元素ごとの分布を得ることを可能とする。この測定をバルク分析法、パーティクル分析法の前に実施することにより、バルク分析法に対してはウランやプルトニウムの分析の妨害となる元素の同定ならびに定量を、パーティクル分析法に対しては試料付着位置の特定を可能とし、分析法の効率化に繋がる重要な手法である。

2.2 フィッショントラック(FT)法とアルファトラック(AT)法

FT-TIMS 法ならびに AT-TIMS 法は、フィッショントラック(FT; Fission Track)法やアルファトラック(AT; Alpha Track 法)と表面電離質量分析(TIMS; Thermal Ionization Mass Spectrometry)法を組み合わせた核物質粒子の同位体組成分析法である。FT 法の手順を図-2. 1 に示す。まず、保障措置環境試料中の粒子をフィルター上に捕集する。そのフィルターを溶解して粒子懸濁液とし、ガラスプレート上に滴下及び乾燥させて、粒子を含む薄膜フィルムを作成する。その薄膜フィルムを FT 検出器に密着させ、原子炉で中性子照射する。ここで、試料中にウラン等の核分裂性物質が含まれている場合には、 ^{235}U の核分裂が生じて核分裂片による飛跡(フィッショントラック)が FT 検出器に残される。そのフィッショントラックは、核分裂性物質を含む粒子を中心に放射状に形成されるため、デジタル顕微鏡で飛跡を高倍率観察することにより、飛跡の中心に存在するウラン粒子等の位置を特定することができる。

AT-TIMS 法の手順は FT 法に準ずる。FT 法と同様に粒子を含む薄膜フィルムを作成し、そのフィルムを AT 検出器に密着させる。主として ^{239}Pu のアルファ壊変によって生じたアルファ粒子による飛跡(アルファトラック)が AT 検出器に残される。 ^{235}U などのウラン同位体など、他の放射性核種に起因するアルファトラックも AT 検出器で検出されるが、プルトニウムの主成分核種 ^{239}Pu の半減期(24,110 年)は、 ^{235}U (7.08 億年)や ^{238}U (44.7 億年)などよりも 29 万分の1と圧倒的に短いため、ウランよりもプルトニウムから放出される単位時間あたりのアルファ粒子数が非常に多く、AT には主としてプルトニウム粒子から放出される AT が検出器に記録される。

特定したウランやプルトニウムの粒子を含む部分の薄膜フィルム(50 μm 角程度)を、レーザーマイクロダイセクションシステムを用いて切り取り、TIMS 測定用の試料を作成する。特に ^{235}U が粒子中に多く含まれている場合には、より多くの数のフィッショントラックが生じるため、この方法では、同位体分析に供する前に核分裂性のウラン(^{235}U)を多く含む粒子を視覚的に仕分けることができる。高濃縮ウランの存在は、核兵器開発に繋がる原子力活動と密接に関わっており、そのようなウラン粒子の同位体組成は保障措置上重要な情報である。

3 分析機器の整備

3.1 元素分布測定装置の整備

(1)装置の概要

元素分布測定装置は、面状試料上に付着する物質の元素分析と付着位置を測定する装置である。一般的な保障措置環境試料は約 10 cm 角の綿布であるため、これを測定可能な装置とする必要がある。既存の元素分布測定装置は、使用開始から 12 年以上が経過して経年劣化が進んでおり、事業の円滑な遂行に支障が出てきたため更新することとした。導入する機種は、既存の機器と同等あるいはそれ以上の性能を有する使用を定めたうえで一般競争入札を実施し、堀場製作所社製 XGT-9000 に決定した。その後、令和 5 年 2 月 22 日に CLEAR 内の実験室に機器を搬入して据付調整を行った。

(2)機器の構成

図-3. 1 に本機器の外観写真を、表-3. 1 に仕様を示す。元素分布測定装置は、装置本体と表示・制御部により構成される。装置本体は、エックス線発生装置を内蔵し 10 cm 角の面状試料上に付着した物質を位置分解能 100 μm 以下で元素分析することを可能としている。図-3. 2 に試料の測定室を示す。照射する X 線は、試料に対して垂直方向となるため、試料である綿布に「たるみ」のような凹凸があっても影とならないようになっている。X 線管および蛍光 X 線検出器の冷却を空冷とすることにより、水冷装置を不要としている。また、X 線発生中であることを周知するために警告灯を装備しており、非常時には緊急停止できるような構造としている。図-3. 3 は、表示・制御部の外観である。試料上に付着する元素のリストと分布の様子が自動的に表示されるだけでなく、各測定点の蛍光 X 線スペクトルも表示可能となっており、測定後に再評価することを可能としている。

(3)試験結果

本機器を用いて、模擬試料の元素分布測定を実施した。図-3. 4 は、鉛ブロックを拭き取った面状試料とその測定結果であり、鉛が付着していることが観察できている。面全体の走査に係る時間は 2 時間であり、以前と同様に問題なく測定できることが確認された。

3.2 フィッショントラック試料調製システムの整備

フィッショントラック試料調整システムは、フィッショントラック自動識別システムおよびレーザーマイクロダイセクションシステムを組み合わせることにより構成されている。

3.2.1 フィッショントラック自動識別システム

(1) 装置の概要

フィッショントラック自動識別システムは、試料中のウラン粒子及びプルトニウム含有粒子によるフィッショントラック検出材のフィッショントラックを自動検出するための装置である。FT-TIMS 法では、粒径 1 μm 程度の微小粒子から放出されるフィッショントラックなどを観察する必要があるため、デジタル顕微鏡の利用が必要となる。導入する機種は、微小物の自動検出を行う顕微鏡部及び AI による機械学習機能を有する表示・制御部等の仕様を定めた上で一般競争入札を実施し、マイクロサポート社製の APCA-AI-3 に決定した。その後、令和 5 年 2 月 14 日に CLEAR 内の実験室に機器を搬入して据付調整を行った。

(2) 機器の構成

図-3. 5 に本機器の外観写真を示すとともに、表-3. 2 に機器の主な仕様を示した。フィッショントラック自動識別システムは、微小物の自動検出を行う顕微鏡部及び AI による機械学習機能を有する

表示・制御部により構成される。

顕微鏡部は LED 照明同軸落射／簡易落射または透過観察ができ、5 倍、10 倍、20 倍の対物レンズを有している。試料ステージは、X 軸 100 mm、Y 軸 50 mm の範囲で 0.1 μm の移動分解能を有しており、微小領域の観察が可能である。また、Z 軸フォーカスは、オートフォーカスユニットで電動制御される。

表示・制御部は、AI による学習モデルを利用したトラック検出機能・各トラックの詳細測定値の自動保存機能を有している。操作は、画像処理、撮影範囲等を選択し、自動撮影を行うことにより、検査結果のマップ表示、トラックのサイズ、検出座標などの表示、撮影画像の表示ができる。検出座標の位置分解能は、画像分解能 1 μm 以下の分解能でトラックサイズから重心位置を抽出する。その他、レビュー機能として、検出したトラック箇所へのステージ移動や、検出結果の編集として、トラックの削除 / 追記、分類の変更が可能である。詳細な検出結果は、Excel シートへの出力が可能である。

(3) 試験結果

本装置を用いて、フィッシュトラック検出材からフィッシュトラックを自動識別する確認試験を実施した。図-3. 6 は、フィッシュトラックの自動識別結果の一例であり、明瞭にウラン粒子のフィッシュトラックが識別できている。また、同様にアルファトラック検出材からアルファトラックを自動識別する確認試験を実施した。図-3. 7 は、本装置を用いたアルファトラックの識別結果の一例であり、こちらも明確にプルトニウム粒子のアルファトラックが識別できている。このように、本システムにより、ウラン粒子のフィッシュトラック、並びにプルトニウム粒子のアルファトラックの両者の識別が可能であることが確認された。

本フィッシュトラック自動識別システムにより、人力で概ね 1 日要した作業が、1 時間弱で可能になることが確認された。また、今後実施する環境試料のトラックを適宜 AI に学習させることにより、さらなる精度向上が期待できる。

3.2.2 レーザーマイクロダイセクションシステムの整備

(1) 装置の概要

レーザーマイクロダイセクションシステムは、一般的には顕微鏡観察下で細胞組織などの微小な切片を切り出すために用いられる機器である。FT-TIMS 法では、フィッシュトラック像の観察により特定したウラン粒子を含む約 50 μm 角のフィルム片を切り取るために用いる。その後、この粒子を含むフィルム片を TIMS により分析して同位体比を決定する。事業の円滑な遂行を行うため、平成 30 年度に旧型から更新したレーザーマイクロダイセクションシステムをもう一台追加することとした。導入する機種は、既存の機器と同等あるいはそれ以上の性能を有する仕様を定めた上で一般競争入札を実施し、ライカマイクロシステムズ社製 LMD7 に決定した。その後、令和 4 年 9 月 26 日に CLEAR 内の実験室に機器を搬入して据付調整を行った。

(2) 機器の構成

図-3. 8 に本機器の外観写真を示すとともに、表-3. 3 に機器の主な仕様を示した。レーザーマイクロダイセクションシステムは、顕微鏡部、レーザー部及び表示・制御部から構成される。顕微鏡部は、正立顕微鏡であり、双眼鏡筒に撮影用の鏡筒を加えた三眼鏡筒を有している。三眼鏡筒は、双眼鏡筒に 10 倍の接眼レンズが、撮影用の鏡筒に TV カメラが装着されている。また、7 穴の対物レンズレボルバーを有し、各種倍率の対物レンズが装着されている。レーザー部は、パルスレーザ

ー(ダイオードレーザー、波長:349 nm)を有し、パルス周波数は 10~5,000 Hz で可変である。また、パルス幅は 4 ns 以下であり、最大パルスエネルギーは 100 μ J 以上を有している。ここで、安全面の機能として、レーザー光から人体を保護するための保護シールド、また、保護シールドを取り外すとレーザー光が照射されないような安全機構が備わっている。レーザーマイクロダイセクションシステムを用いることにより、顕微鏡で観察しながら試料にレーザー光を照射し、試料表面でレーザー光をフォーカスさせて走査することにより、試料片の切り取りが可能となる。また、表示・制御部では、コンピュータ画面において画像の表示及びファイル保存が可能であるとともに、マウス操作により、顕微鏡部、レーザー出力、レーザーパルス周波数等を自動で制御可能である。

(3) 試験結果

本機器を用いて、保障措置環境試料中の粒子を含むフィルム片を切り取る試験を実施した。図-3.9 に本機器によってフィルム片を切り取った際の顕微鏡像を示した。ここで、図-3.9 に示すように良好な状態で約 50 μ m 角のフィルム片を切り取ることができた。また、この時のパルスレーザー出力は、最大値の約 30%であり、十分余力をもって切り取り作業を実施することができた。このように、本レーザーマイクロダイセクションシステムを用いることにより、FT-TIMS 法において必要となる TIMS 測定用フィルム片が問題なく作成できることが確認された。

4 まとめ

本事業においては、IAEA の NWAL として FT-TIMS 法を実施するために用いられるフィッシュントラック試料調整システムおよび試料の元素分析を行うための元素分布測定装置の老朽化対策として、更新作業を実施した。各機器の仕様選定にあたっては、NWAL としての技術能力の維持のため、従来の機器と同等あるいはそれ以上の性能を有することを条件とした。その後、一般競争入札を経て導入機器を決定した。

元素分布測定装置は入札の結果、堀場製作所製 XGT-9000 に決定した。この機種は、10 cm 角の綿布試料上に付着している物質の元素分布測定が可能であり、位置分解能も 5 μ m と高分解能であった。

フィッシュントラック試料調整システムは、フィッシュントラック自動識別システムおよびレーザーマイクロダイセクションシステムからなり、それぞれ入札の結果、マイクロサポート社製 APCA-AI-3 およびライカマイクロシステムズ社製 LMD7 に決定した。本システムは、フィッシュントラック及び粒子を観察するとともに、フィッシュントラック及びアルファトラックを自動識別し、レーザーにより粒子を含むフィルムを切り取ることが可能であった。

以上の試験結果より、IAEA から NWAL として既に認定されている FT-TIMS 法の技術能力は、機器の更新後も問題なく維持されていることが確認された。

表-3. 1: 元素分布測定装置の仕様

基本情報	
測定原理	エネルギー分散型蛍光 X 線分析法
検出可能元素	Na(11) ~ Am(95)
最大試料サイズ[W x D x H]	300 x 250 x 80 mm
ステージ可動範囲[W x D x H]	100 x 200 x 20 mm
光学像	全体像 / 詳細像
詳細像観察 / X 線分析箇所	同軸
X 線管	
管電圧	15 kV, 30 kV, 50 kV
管電流	最大 1 mA
ターゲット材	Rh
検出器	
蛍光 X 線検出器	液体窒素レス検出器 (SDD)
マッピング	
マッピング領域	100 x 100 mm (最大)
画素数	4 種切り替え
光学カメラ (詳細観察像)	
視野角	2.5 x 2.5 mm
光学分解能	<10 μm
焦点距離 (WD)	1 - 10 mm の間で可変

表-3. 2:フィッシュントラック自動識別システムの仕様

	仕 様
顕微鏡部	正立顕微鏡
	5倍,10倍,20倍の対物レンズを保有
	試料ステージは、X軸 100 mm、Y軸 50 mm の範囲で、移動分解能 0.1 μm で電動制御
	Z軸フォーカスは、オートフォーカスユニットで電動制御
表示・制御部	PCのOSはWindows 10、GPU 24GB、メモリ 96GB、SSD 2TB×2、HDD 2TB、ディスプレイは24インチ
	デジタルカメラを制御しての撮影・保存ができ、シングルキャプチャ（画像を任意のファイル名で保存）、及び連続キャプチャ（自動動作時に電動ステージの動作と同期しながら画像取得）が可能
	<p>電動XYステージ制御機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・JOG移動（ボタンを押している間、ボタンの方向にステージが移動）が可能 ・ステップ移動（移動距離を指定することで、ステージを移動）が可能 ・指定座標移動（入力した座標位置へステージを移動）が可能。 ・移動速度切り替え（XYステージの移動速度を切り替え）が可能 ・現在座標の表示（現在のステージ座標を表示）が可能
	<p>自動検査機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・登録した画像処理、撮影範囲を選択し、自動撮影機能の実行が可能 ・トラック検出・トラック判定の実行および結果データの保存が可能 ・全自動撮影画像の保存（トラックが検出された画像のみの保存とする設定可）が可能 ・AIによる学習モデルを利用したトラック検出機能・各トラックの詳細測定値の自動保存が可能 ・画像分解能1 μm以下の分解能でトラックサイズから重心位置を抽出し、その位置情報の記憶が可能
	<p>レビュー機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検査結果のマップ表示、トラックのサイズ、検出座標などの表示、撮影画像の表示が可能 ・検出したトラック箇所へのステージ移動が可能 ・検出結果の編集として、トラックの削除 / 追記、分類の変更が可能 ・詳細検出結果のExcelへのエクスポートが可能

表-3. 3:レーザーマイクロダイセクションシステムの仕様

	仕 様
顕微鏡部	正立顕微鏡
	7穴の対物レンズレボルバーを保有
	試料ステージ、対物レンズレボルバー、フォーカス、照明の調整が外部から電動制御できるコントローラを保有
	5倍,10倍,20倍(観察用)及び40倍(フィルム切り取り用)の対物レンズを保有
レーザー部	レーザー波長は、349nm
	レーザーパルス周波数は、10~5,000Hzで可変
	最大パルスエネルギーは100 μJ以上
	レーザー光を走査させることにより、試料ステージを固定したまま試料切り取りが可能
表示・制御部	画像表示及び画像ファイル保存が可能
	コンピュータ上で描画した部分にレーザー光を照射することにより試料切り出しが可能
	コンピュータ上でレーザー出力及びレーザーパルス周波数を自動制御



図-3. 1: 元素分布測定装置の外観

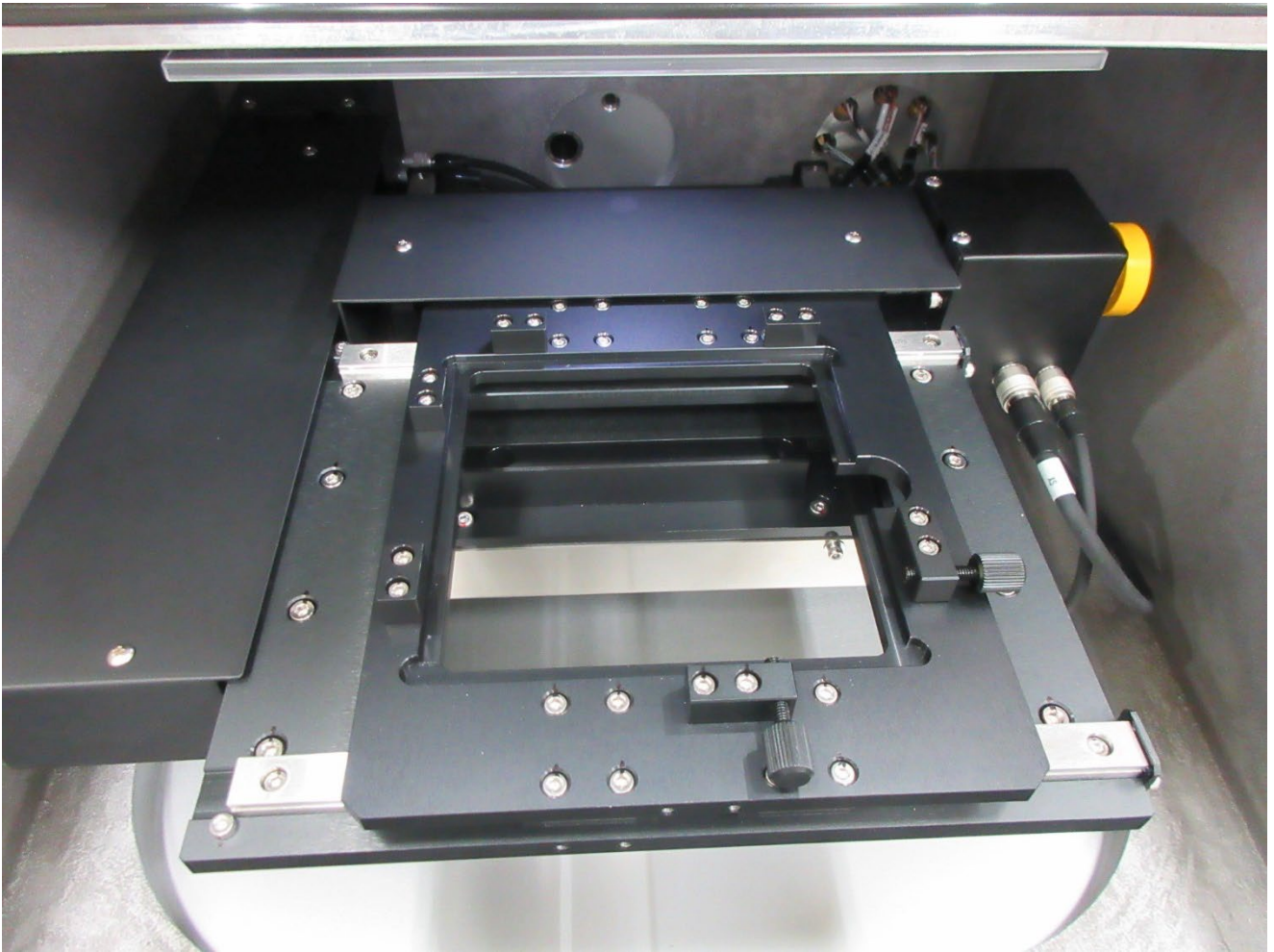


図-3. 2: 元素分布測定装置の測定室



図-3. 3:元素分布測定装置の表示・制御部

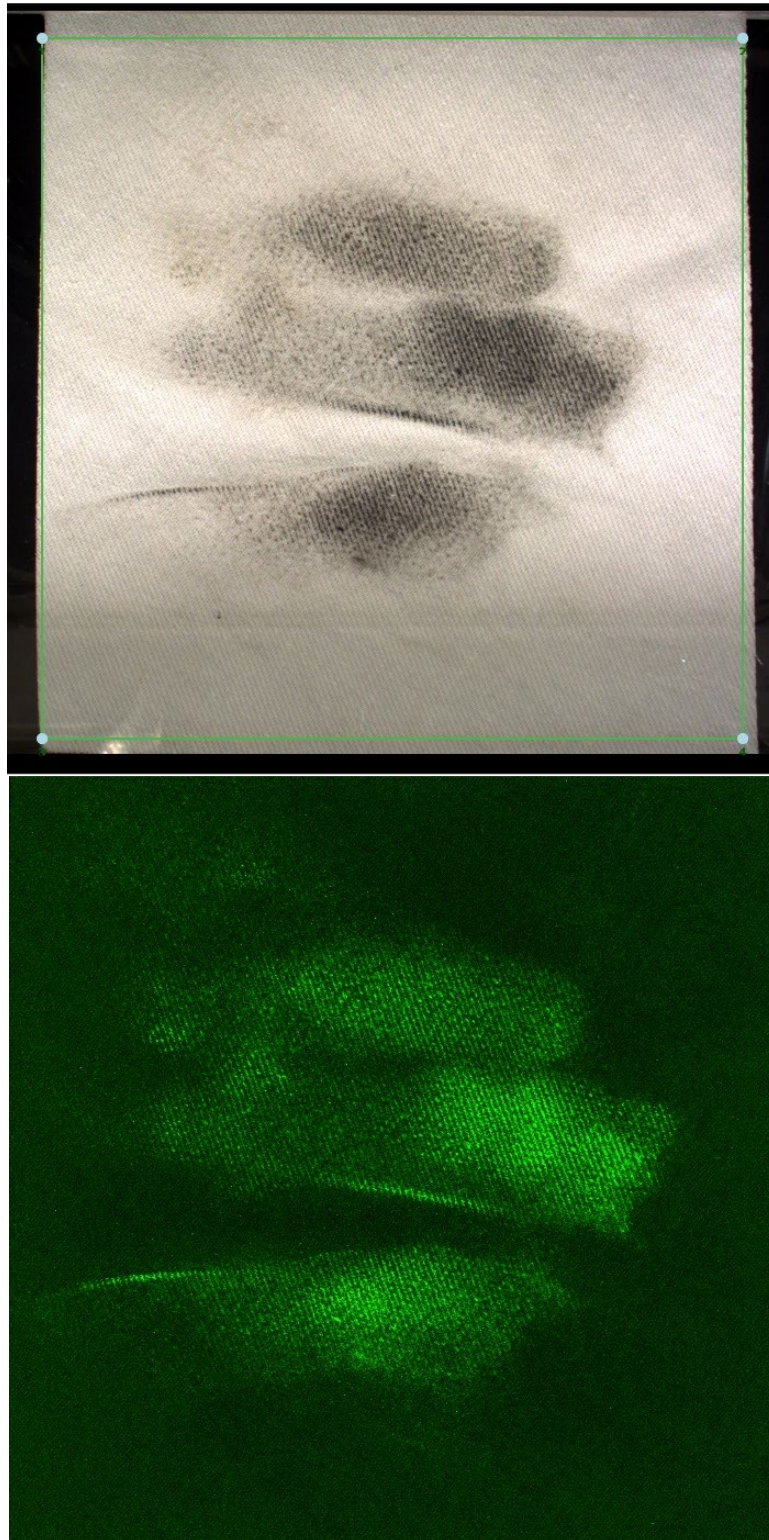


図-3. 4: 元素分布測定装置による鉛拭き取り試料(上)及び測定結果(下)

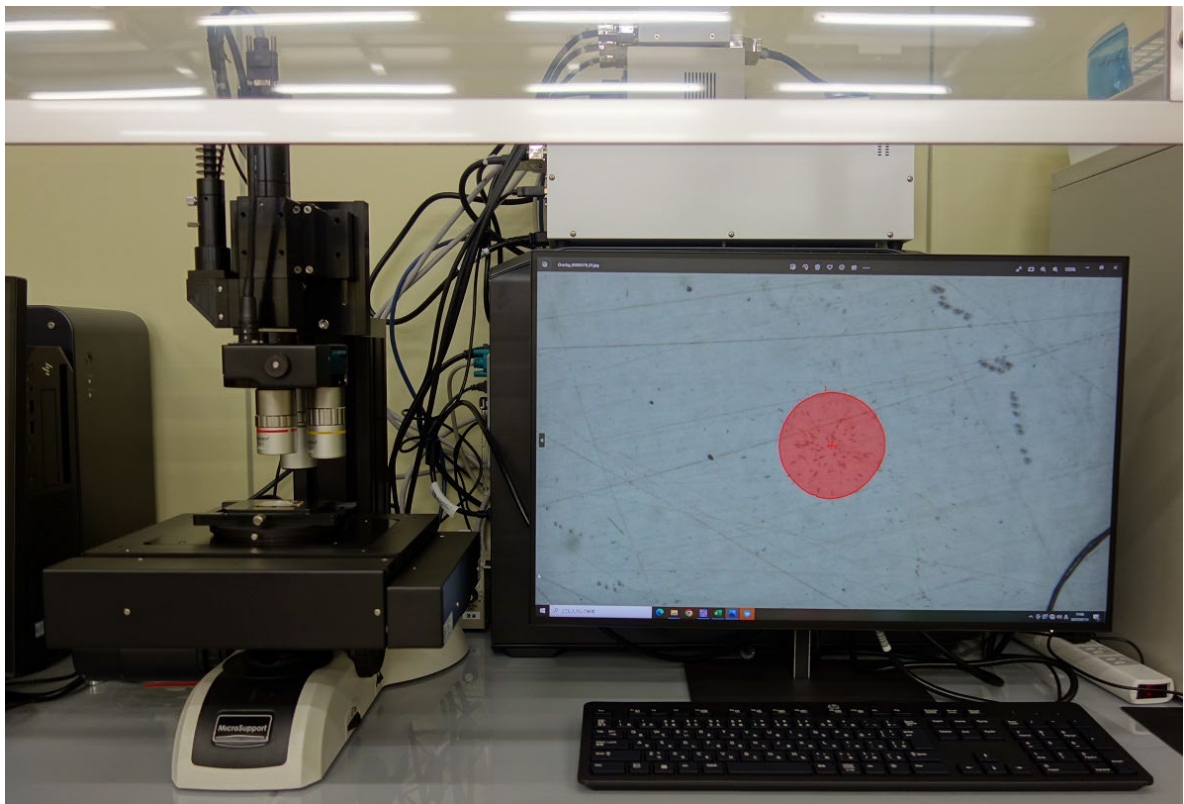
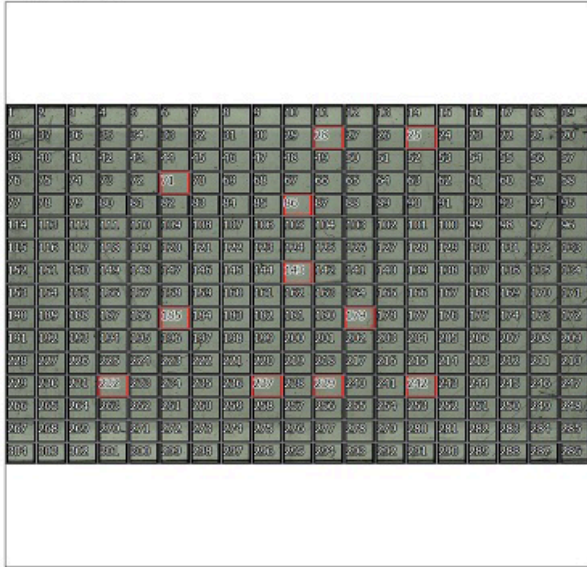


図-3. 5:フィッシュトラック自動識別システムの外観

マップ画像



検査日 2023/2/13
 メーカー名 1
 品番 2
 ロットNo. 3
 担当者 test
 コメント

検査視野数 304
 検出数 14

マーキング位置

No.	X[μm]	Y[μm]
1	-63575.40	-18511.70
2	-63548.50	-21507.30
3	-63521.55	-24503.55
4	-63553.10	-27383.50
5	-63467.70	-30498.15
6	-47578.25	-18364.20
7	-47550.65	-21359.80
8	-47523.00	-24357.45
9	-47497.45	-27354.35
10	-47469.85	-30351.30

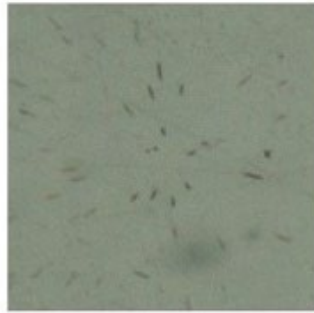
画像ファイル名	番号	絶対最大長[μm]	対角幅[μm]	面積[μm^2]	円相当径[μm]	重心X[μm]	重心Y[μm]	周囲長[μm]
00000025.jpg	1	130.81	120	12637.3	126.85	-49158.98	-18019	430.63
00000028.jpg	1	163.62	125.2	14224.54	134.58	-52845.69	-18190.28	465.49
00000071.jpg	1	129.12	110.98	10692.44	116.68	-60562.83	-19741.32	404.31
00000086.jpg	1	118.58	73.82	6577.74	91.52	-54999.92	-21743.5	347.15
00000143.jpg	1	161.88	148.42	18442.03	153.24	-54318.65	-24593.81	523.78
00000179.jpg	1	183.4	179.12	25713.21	180.94	-51692.97	-26534.81	606.8
00000185.jpg	1	162.96	115.88	15251.44	139.35	-59773.96	-26072.5	488.84
00000185.jpg	2	159.11	143.58	17941.84	151.14	-59502.48	-26189.7	503.41
00000232.jpg	1	109.78	95.68	6586.74	91.58	-63159.62	-30196.99	362.19
00000237.jpg	1	146.51	136.05	15146.76	138.87	-55830.19	-29467.18	468.74
00000237.jpg	2	147.55	106.89	11046.74	118.6	-56517.12	-30158.16	454.92
00000239.jpg	1	133.87	129.43	13608.31	131.63	-53586.75	-29254.53	438.56
00000242.jpg	1	166.33	158.7	20727.45	162.45	-49118.39	-29258.99	544.23
00000242.jpg	2	125.75	111.57	11442.25	120.7	-48666.87	-29593.23	400.36

図-3. 6:フィッシュントラックの自動識別結果の一例(1/2)

検査日	2023/2/13	レンズ	01_x5	メーカー名	1
品番	2	ロットNo.	3	担当者	test
特徴量	絶対最大長				



No.1
183.40 μm



No.2
166.33 μm



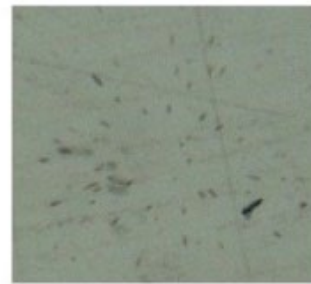
No.3
163.62 μm



No.4
162.96 μm



No.5
161.88 μm



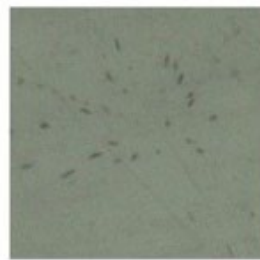
No.6
159.11 μm



No.7
147.55 μm



No.8
146.51 μm

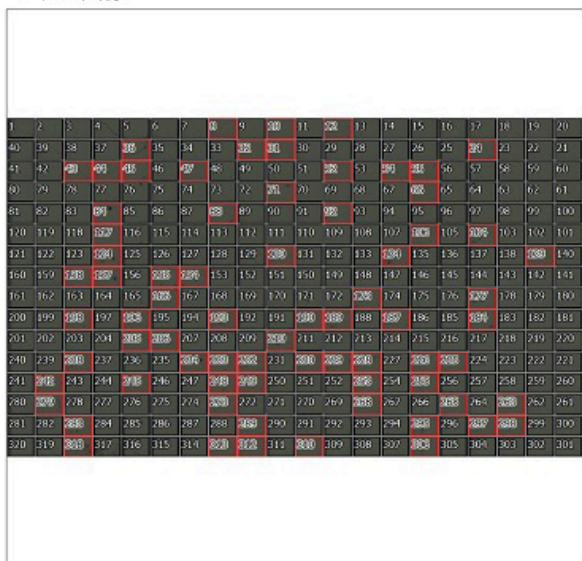


No.9
133.87 μm



図-3. 6:フィッシュントラックの自動識別結果の一例(2/2)

マップ画像



検査日 2023/2/13
 メーカー名 1
 品番 2
 ロットNo. 3
 担当者 test_aT
 コメント

検査視野数 320
 検出数 82

マーキング位置

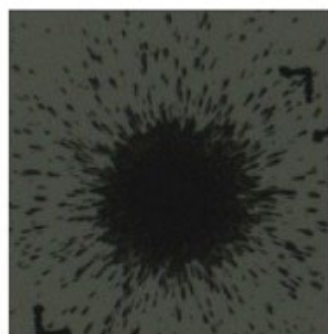
No.	X[μm]	Y[μm]
1	-64423.00	-19564.00
2	-64416.55	-22540.60
3	-64410.05	-25522.00
4	-64408.40	-28501.30
5	-64399.15	-31486.20
6	-48509.00	-19526.00
7	-48508.75	-22508.80
8	-48501.55	-25489.50
9	-48496.45	-28468.85
10	-48491.35	-31450.95

図-3. 7:アルファトラックの自動識別結果の一例 (1/3)

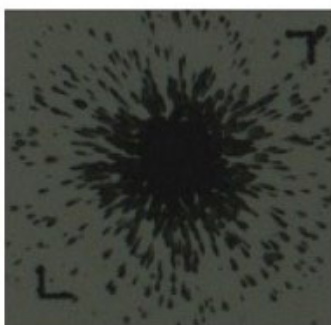
画像ファイル名	番号	絶対最大長[μm]	対角幅[μm]	面積[μm^2]	円相当径[μm]	重心X[μm]	重心Y[μm]	周囲長[μm]
00000008.jpg	1	56.59	32.19	1223	39.46	-60616.22	-16815.26	198.66
00000010.jpg	1	104.49	90.66	7214.34	95.84	-58268.91	-16842.22	341.29
00000012.jpg	1	65.51	61.99	3125.22	63.08	-55112.68	-16550.22	218.06
00000024.jpg	1	51.81	45.93	1817.44	48.1	-48250.71	-17528.26	165.22
00000031.jpg	1	86.33	76.32	5172.39	81.15	-58059.23	-18153.27	293.93
00000032.jpg	1	118.19	112.05	10365.62	114.88	-59651.98	-17786.38	398.79
00000036.jpg	1	111.87	99.63	8531.6	104.22	-64204.84	-17773.46	368.86
00000043.jpg	1	51.64	11.16	346.25	21	-67554.17	-19439.09	132.43
00000044.jpg	1	90.72	83.99	5938.77	86.96	-65975.04	-19070.51	304.7
00000045.jpg	1	120.39	111.84	10511.51	115.69	-64295.11	-19350.51	403.66
00000047.jpg	1	120.68	110.54	9914.69	112.36	-62391.29	-18706.17	403.96
00000052.jpg	1	120.88	96.22	8564.28	104.42	-55654.93	-18975.83	403.87
00000054.jpg	1	74.45	64.44	3608.36	67.78	-52127.19	-19064.03	247.27
00000055.jpg	1	74.71	68.86	4060.7	71.9	-50239.58	-18563.25	250.12
00000066.jpg	1	94.49	86.9	6126.34	88.32	-51414.41	-19807.42	309.17
00000071.jpg	1	101.97	95.81	7554.43	98.07	-57391.57	-19662.31	335.68
00000084.jpg	1	200.45	184.52	28855.96	191.68	-65947.62	-20778.88	672.05
00000088.jpg	1	141.37	129.73	14181.91	134.38	-60106.98	-21535.49	475.57
00000092.jpg	1	118.92	103.71	9687.81	111.06	-55123.45	-21014.89	391.67
00000092.jpg	2	153.41	140.02	15811.78	141.89	-55650.08	-21336.56	555.89
00000104.jpg	1	100.82	92.91	7354.55	96.77	-48169.37	-22380.08	338.57
00000106.jpg	1	50.24	19.94	532.4	26.04	-50508.83	-22480.37	152.37
00000117.jpg	1	204.11	179.54	27421.24	186.85	-66543.62	-22116.15	672.95
00000124.jpg	1	200.31	181.86	27552.44	187.3	-65752.64	-23325.16	698.02
00000124.jpg	2	149.86	145	16972.25	147	-66343.95	-23497.93	512.39
00000130.jpg	1	88.7	33.37	2334.68	54.52	-58119.65	-23260.34	247.24
00000134.jpg	1	115.84	105.23	9389.4	109.34	-52597.14	-23560.93	391.08
00000139.jpg	1	97.83	88.31	6630.79	91.88	-45867.95	-23278.71	319.61
00000154.jpg	1	149.19	129.91	14715.73	136.88	-61796.57	-24438.12	657.65
00000155.jpg	1	188.34	171.94	24893.78	178.03	-63530.4	-24680.42	637.37
00000157.jpg	1	242.23	205.35	37344.93	218.06	-65678.07	-24334.86	968.2
00000158.jpg	1	179.07	139.39	18251.14	152.44	-67379.08	-24205.07	586.68
00000166.jpg	1	212.39	173.17	27920.95	188.55	-62697.96	-24776.65	747.65
00000173.jpg	1	120.09	103.78	10032.16	113.02	-54246.22	-24984.33	393.16
00000173.jpg	2	115.34	106.73	9254.88	108.55	-53387.53	-25222.02	391.67
00000173.jpg	3	129.07	105.84	10251.94	114.25	-54157.31	-25781.92	419.17
00000177.jpg	1	189.13	159.75	21491.94	165.42	-48099.38	-25447.83	681.92
00000184.jpg	1	96.96	92.29	6837.31	93.3	-47645.25	-26785.84	321.58
00000187.jpg	1	97.73	80.36	5718.05	85.33	-51627.98	-26687.98	343.68
00000189.jpg	1	120.4	112.98	10482.61	115.53	-55339.18	-26784.93	407.62
00000190.jpg	1	110.27	94.89	7911.1	100.36	-56684.93	-26573.97	379.83
00000193.jpg	1	177.6	145.92	20674.87	162.25	-60477.86	-26355.96	575.75
00000193.jpg	2	146.98	133.44	14832.25	137.42	-60716.78	-26580.34	486.18
00000196.jpg	1	90.17	24.62	1210.68	39.26	-64015.69	-25999.11	248.18
00000198.jpg	1	112.59	102.61	8880.69	106.34	-67365.81	-26343.33	371.57
00000198.jpg	2	97.94	75.78	5177.12	81.19	-67166.36	-26732.76	391.78
00000205.jpg	1	141.79	123.51	12534.52	126.33	-64000.33	-27358.03	559.83
00000206.jpg	1	142.67	130.02	13826.19	132.68	-63096.89	-27569.1	491.88
00000210.jpg	1	145.01	134.67	14811.41	137.33	-57944.75	-27580.5	484.86
00000225.jpg	1	95.79	82.03	5896.14	86.64	-49889.85	-28962.79	316.29
00000226.jpg	1	101.83	44.4	3967.39	71.07	-50955.18	-28980.76	277.16
00000228.jpg	1	81.4	45.47	2798.87	59.7	-53632.54	-28136.92	270.9
00000228.jpg	2	116.68	107.58	9760.28	111.48	-53133.8	-28212.05	394.02
00000228.jpg	3	225.44	202.83	33830.83	207.54	-54262.91	-28389.59	776.92
00000229.jpg	1	112.7	100.29	8281.03	102.68	-55583.41	-28823.92	382.75

図-3. 7: アルファトラックの自動識別結果の一例(2/3)

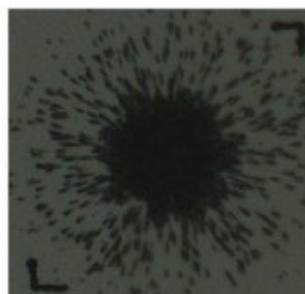
検査日	2023/2/13	レンズ	01_x5	メーカー名	1
品番	2	ロットNo.	3	担当者	test_aT
特徴量	絶対最大長				



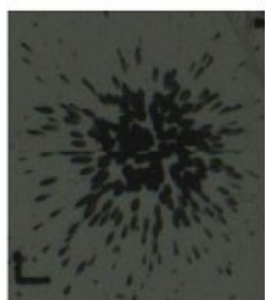
No.1
259.80 μm



No.2
242.23 μm



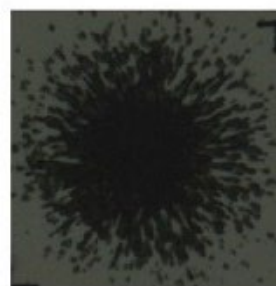
No.3
225.44 μm



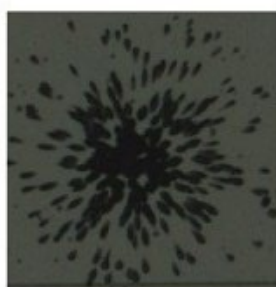
No.4
212.39 μm



No.5
204.11 μm



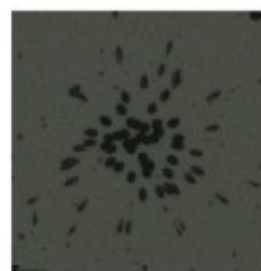
No.6
200.45 μm



No.7
200.31 μm



No.8
189.13 μm



No.9
188.34 μm

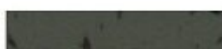


図-3. 7:アルファトラックの自動識別結果の一例(3/3)

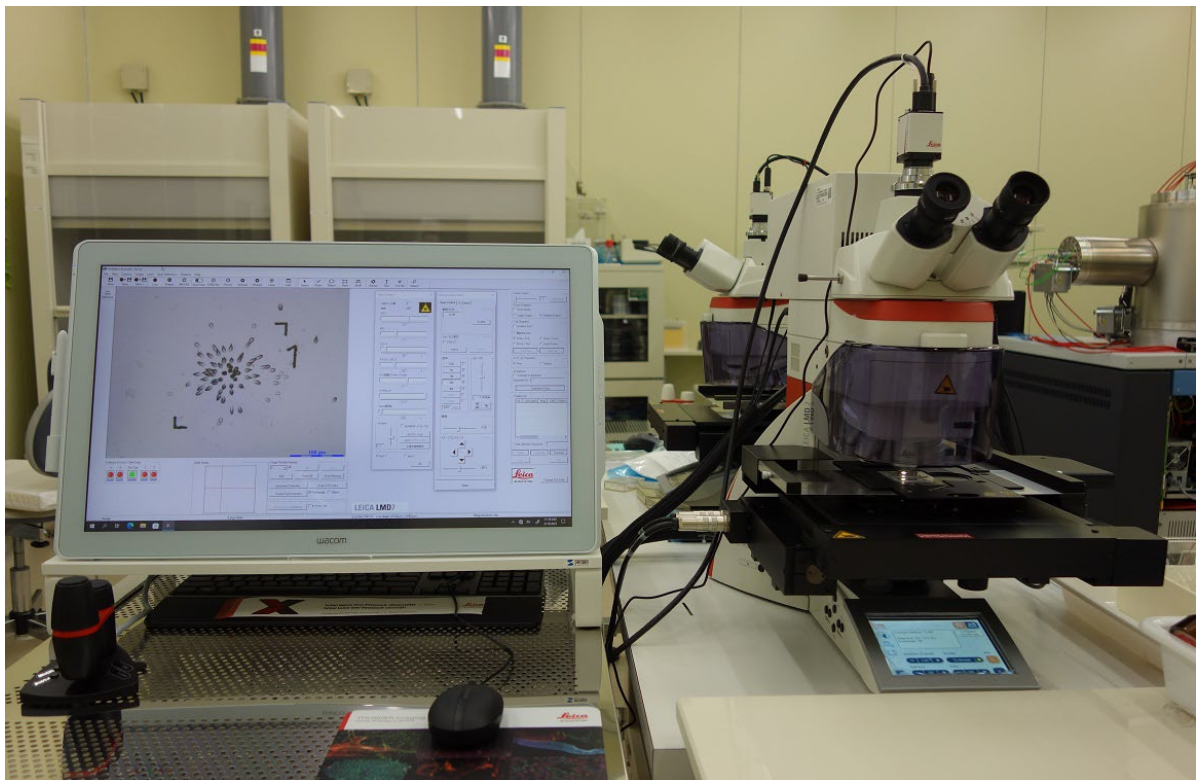


図-3. 8:レーザーマイクロダイセクションシステムの外観

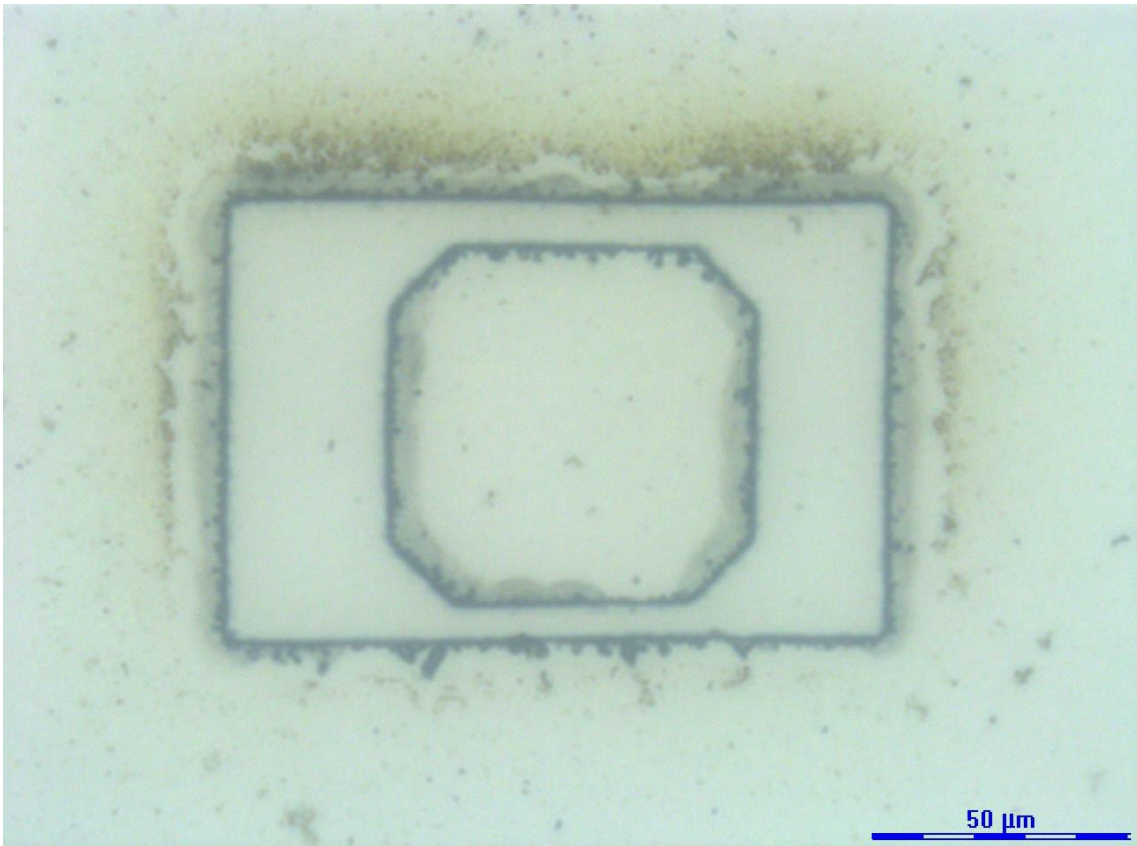


図-3. 9:フィルム片を切り取った際の顕微鏡像