

課題番号:5-1901

JPMEEERF20195001

蛍光顕微鏡法による大気アスベスト連続自動計測装置の開発と解体現場におけるアスベスト飛散状況の解明

【重点課題15】大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び評価・解明に関する研究

行政ニーズ:(5-3)石綿が使用された建築物等の解体等工事における石綿の飛散状況の解明

研究代表機関:広島大学 大学院統合生命科学研究科

研究代表者名:黒田章夫

研究実施機関:令和元年-3年

研究分担機関:東亜ディーケーケー株式会社 開発技術部(令和2-3年)

研究分担者名:加賀健一郎

アスベストの問題(社会的背景)

広島大学

- ・日本のアスベスト含有建材の量は約4000万トン。**約280万棟**(国交省調べ)。
- ・今後古い建物の解体でアスベスト含有建材が排出(**2040-2050年頃まで続く**)。
- ・アスベストの飛散を阻止しないと、中皮腫の患者が増える可能性
- ・これまで飛散性が低いとされ、養生などの義務付けが行われていない**レベル3建材からの飛散**(総務省勧告)

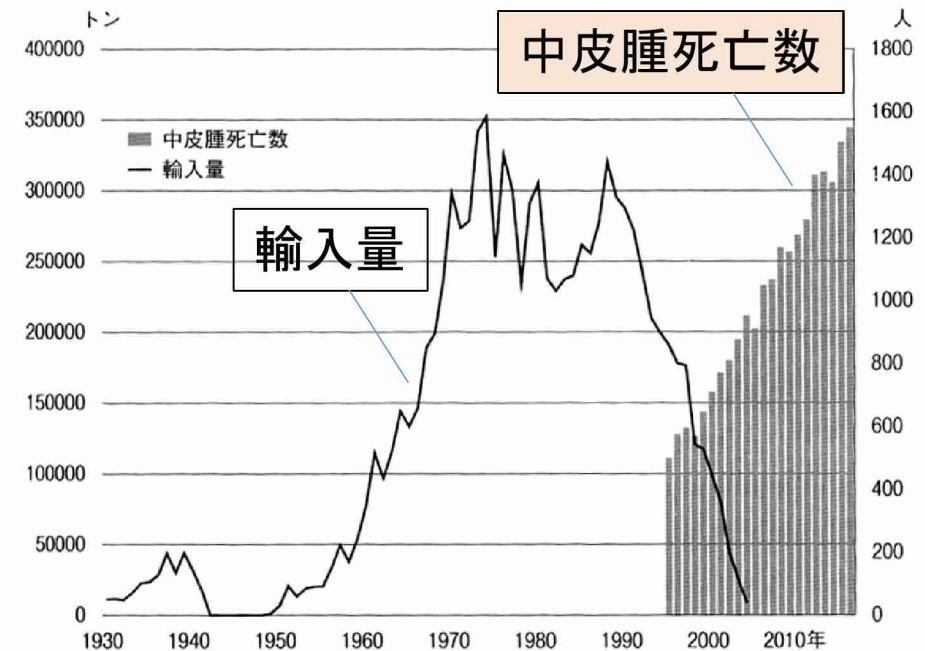


図1 石綿輸入量と中皮腫死亡数の推移 これからの石綿対策(外山)より



⇒ 解体現場での大気アスベスト検査の高度化が求められている。

解体現場のアスベストモニタリング

広島大学

大気の捕集



ポンプ

位相差顕微鏡による計測

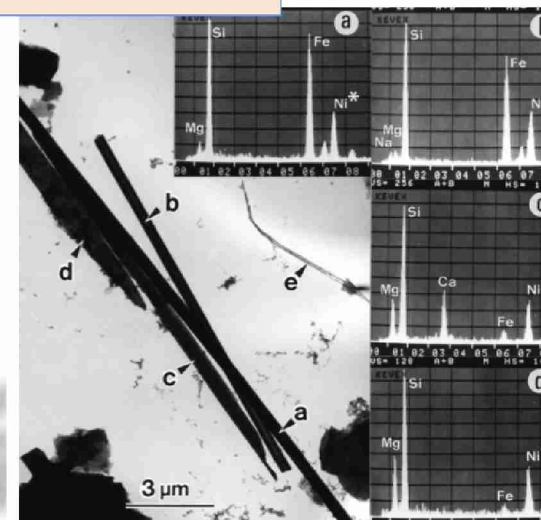


大気1Lあたり1本以上
であれば、

電子顕微鏡による同定・計測

問題点

- ・時間がかかる
- ・熟練が必要
- ・現場での測定難しい



これまでの研究成果と本研究の目的

広島大学

H23-25年度
(推進費)

現場での蛍光顕微鏡法
によるアスベスト検査手
法の確立

S評価



H26-27年度
(推進費)

携帯型蛍光顕微鏡の開
発と公定法化に向けた現
場での実証

A評価



H29年7月

環境省『モニタリングマニ
ュアル第4.1版』で公定法化

R4年3月、携帯型蛍光顕
微鏡法が『第4.2版』公定
法化

本研究の目的 蛍光顕微鏡法の完全自動化とアスベストの連続測定

研究目標(アスベスト蛍光検出の自動化)

広島大学

現状

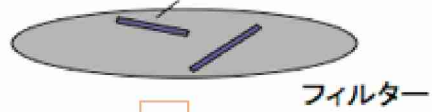
現状: 手動



大気捕集
(サンプリング)

アスベスト

現状: 手動

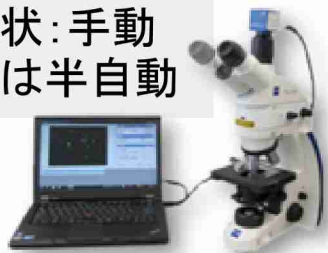


フィルター

蛍光でラベルした
試薬を数滴

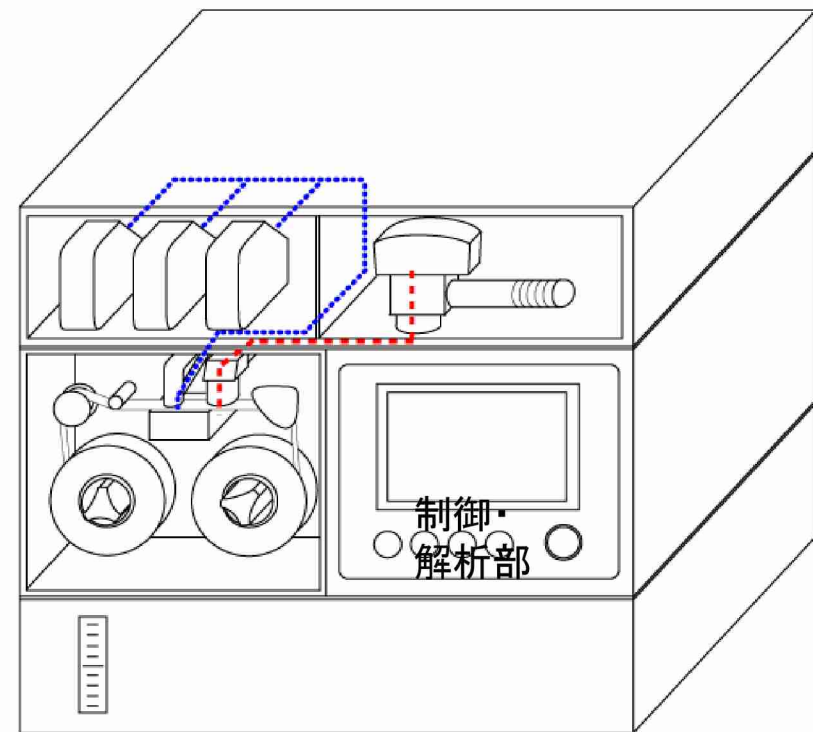
蛍光顕微鏡による分析と計測

現状: 手動
又は半自動



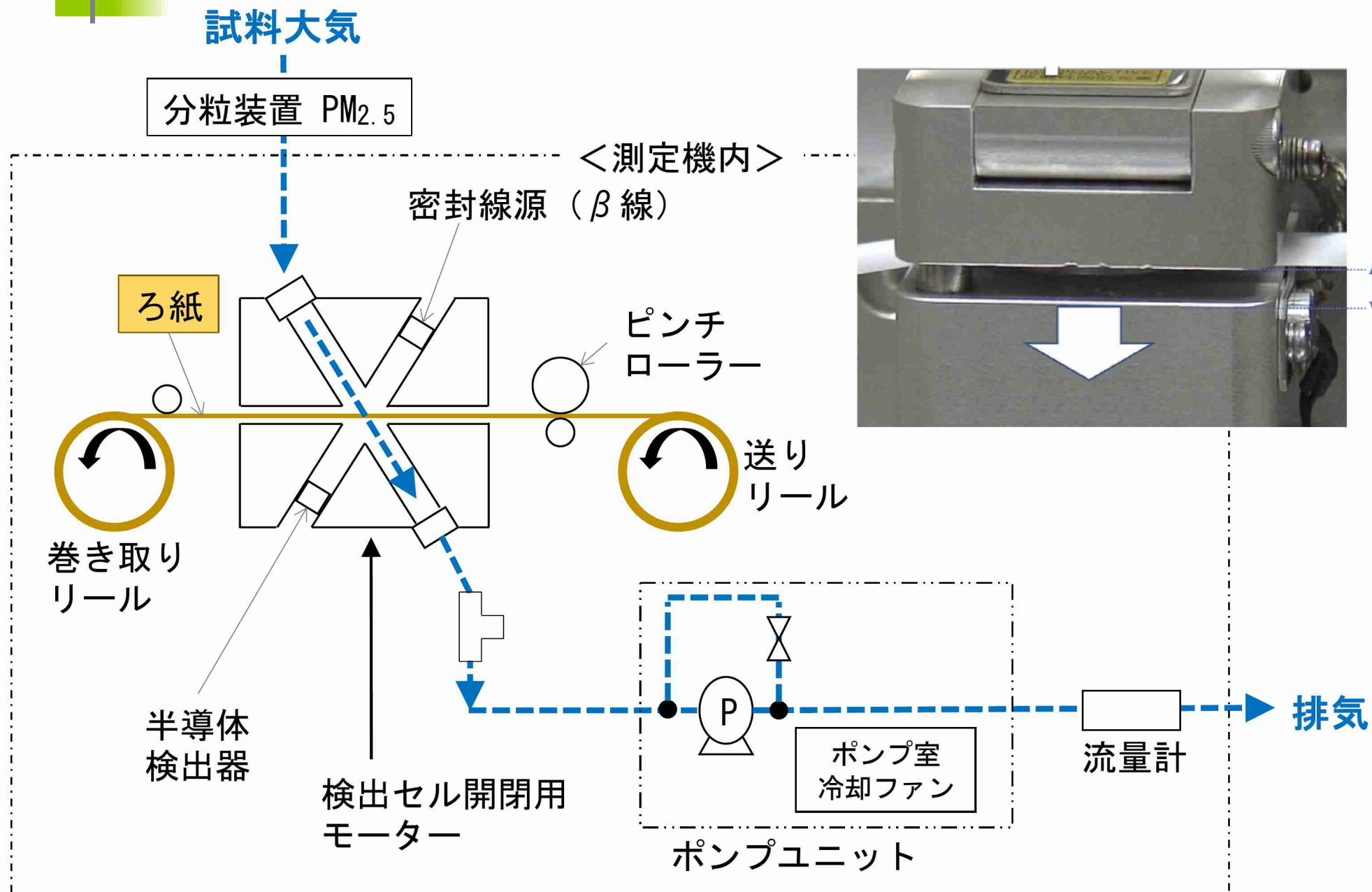
自動検出装置の開発

- ① 20分程度でアスベストの漏洩を検出
- ② 2時間以上の連続測定
- ③ 解体現場での実証



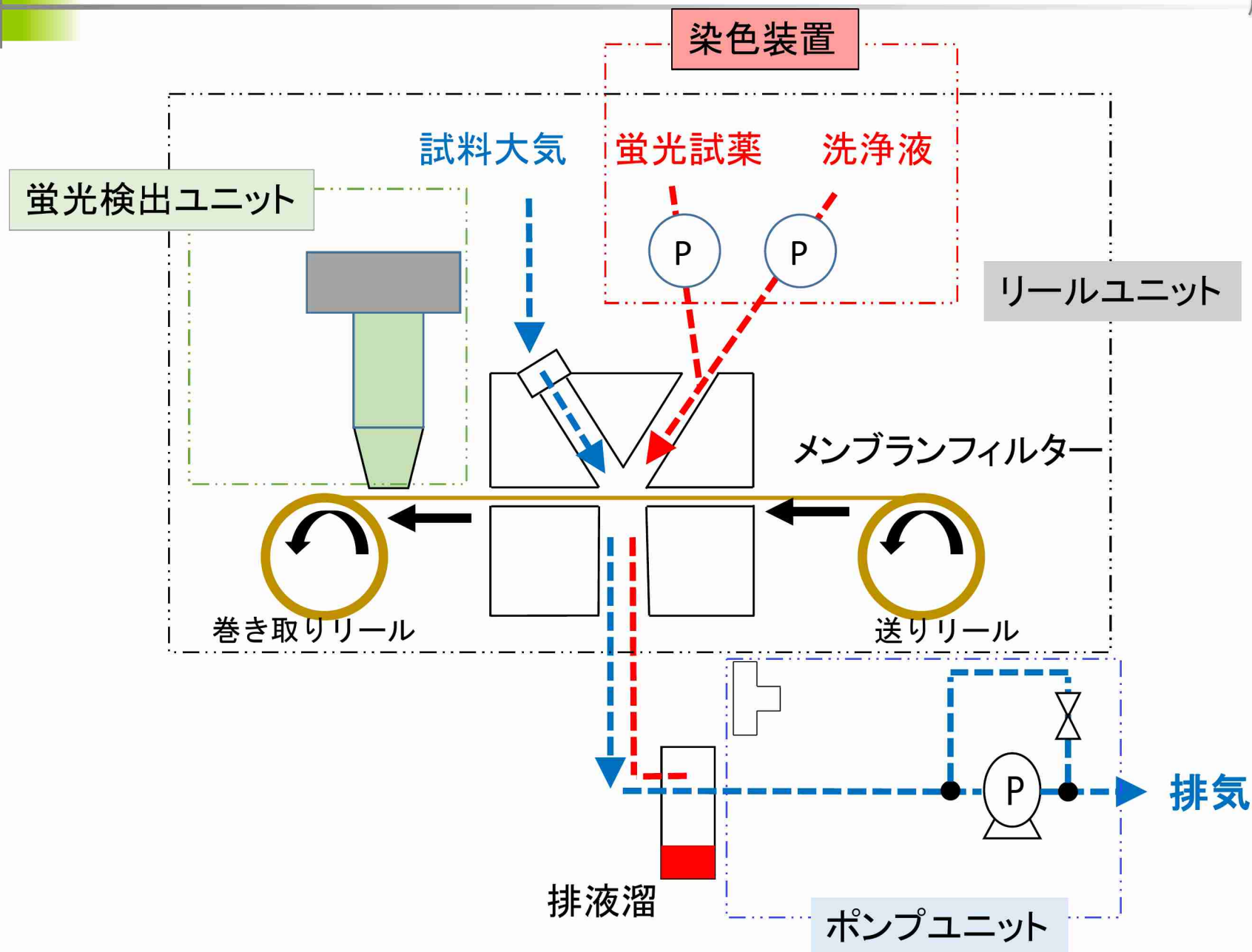
PM_{2.5}自動分析装置(東亜DKK製)

広島大学

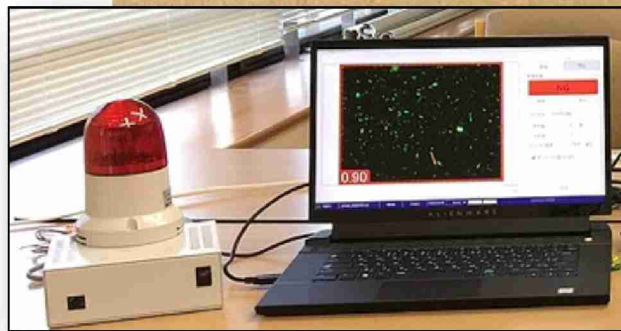


大気アスベスト自動分析装置の開発

広島大学



大気アスベスト自動分析装置



4、カメラ撮影

2、アスベスト蛍光染色

1、大気サンプリング

3、フィルター移動

PC (コントロール)

1、大気サンプリング

2、染色処理

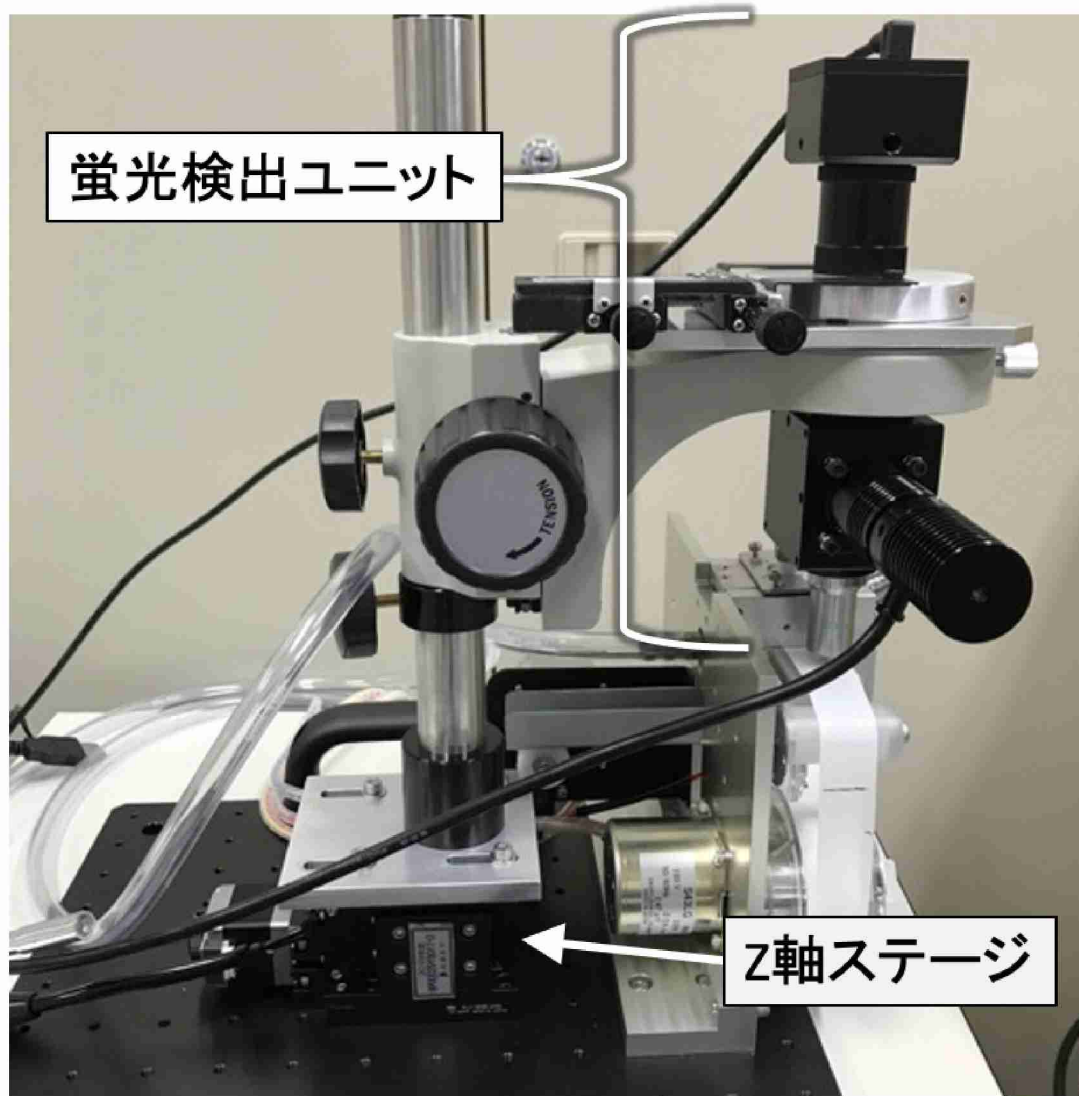
3、フィルター移動

4、撮影

PC (AIによる画像解析)

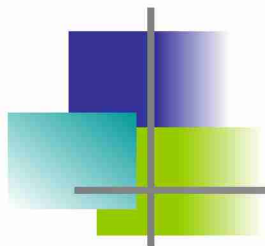
1回20～30分

様々な改良点: Z軸ステージ

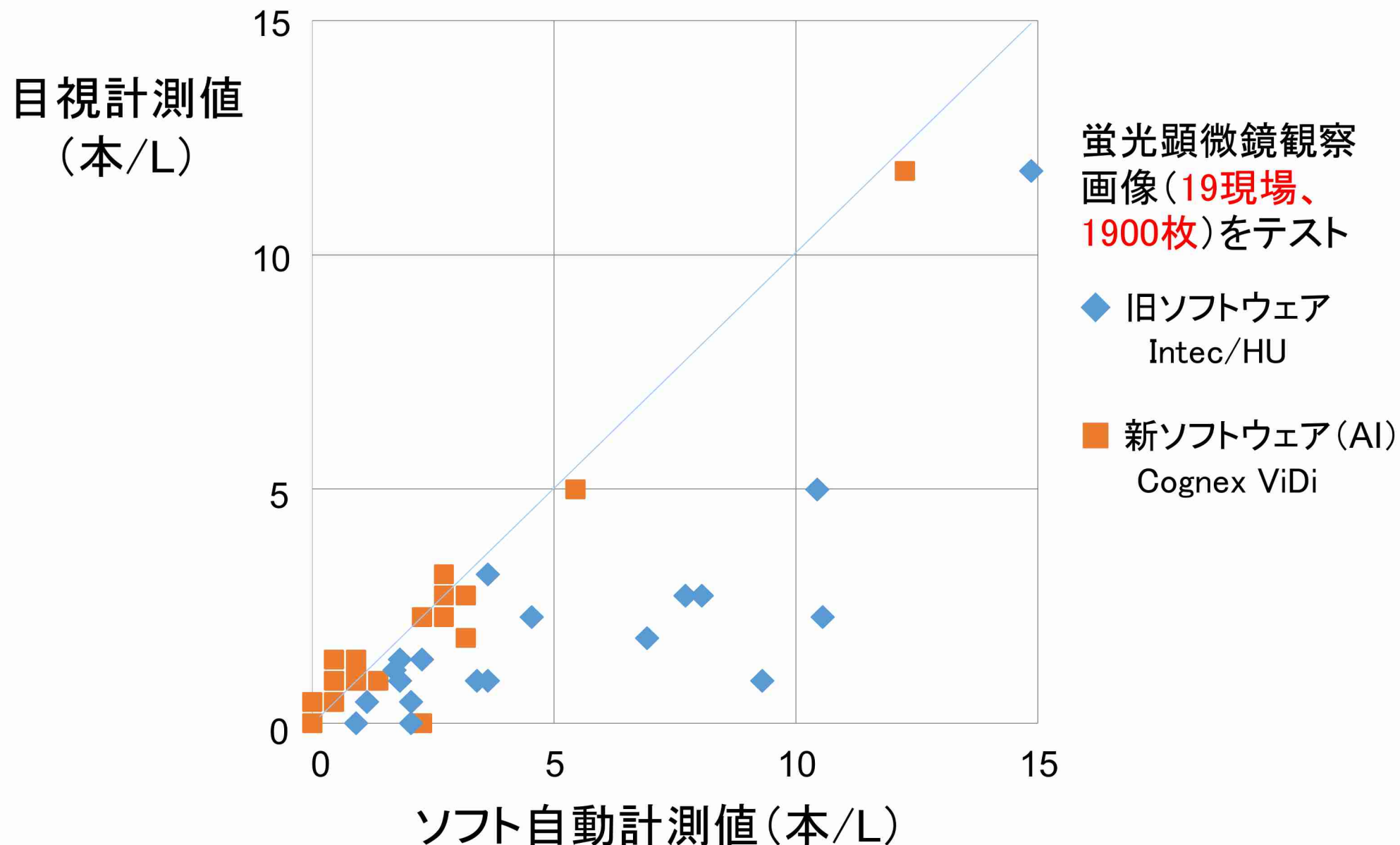


フォーカス合成

2 μm ずつZ軸を動かしながら25枚の画像を取得する。最もピントが合っている部分を貼り合わせて一枚の画像を作り上げる。

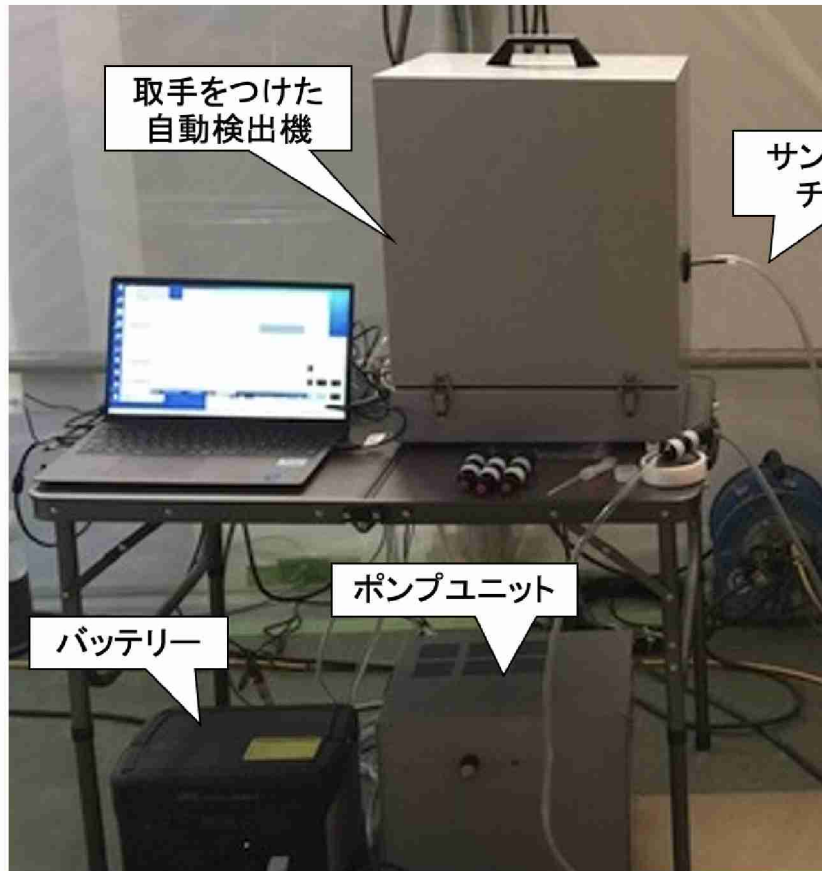


解析ソフト AI(人工知能)の導入による性能改善

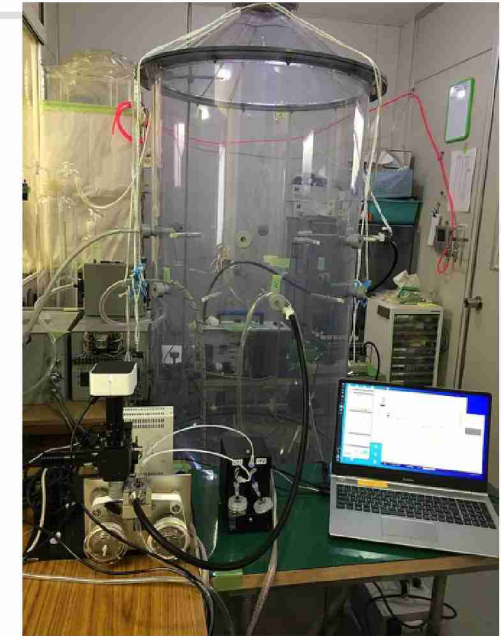


開発した自動分析装置の実証

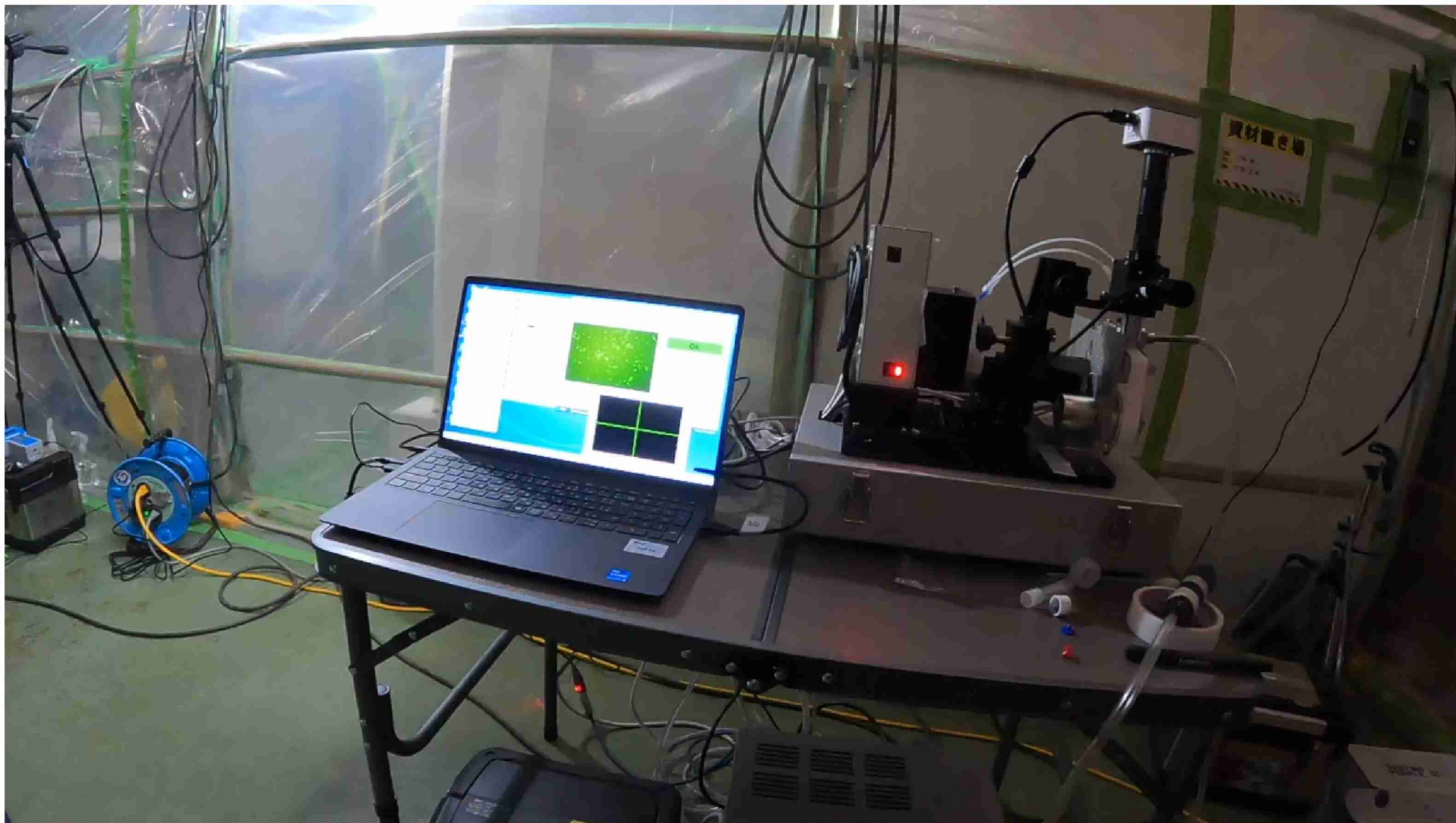
人工チャンバーでの実証
(エフアンドエー研究所)



実際の解体現場での実証
(新潟県、東京都、広島県)



実際の解体現場

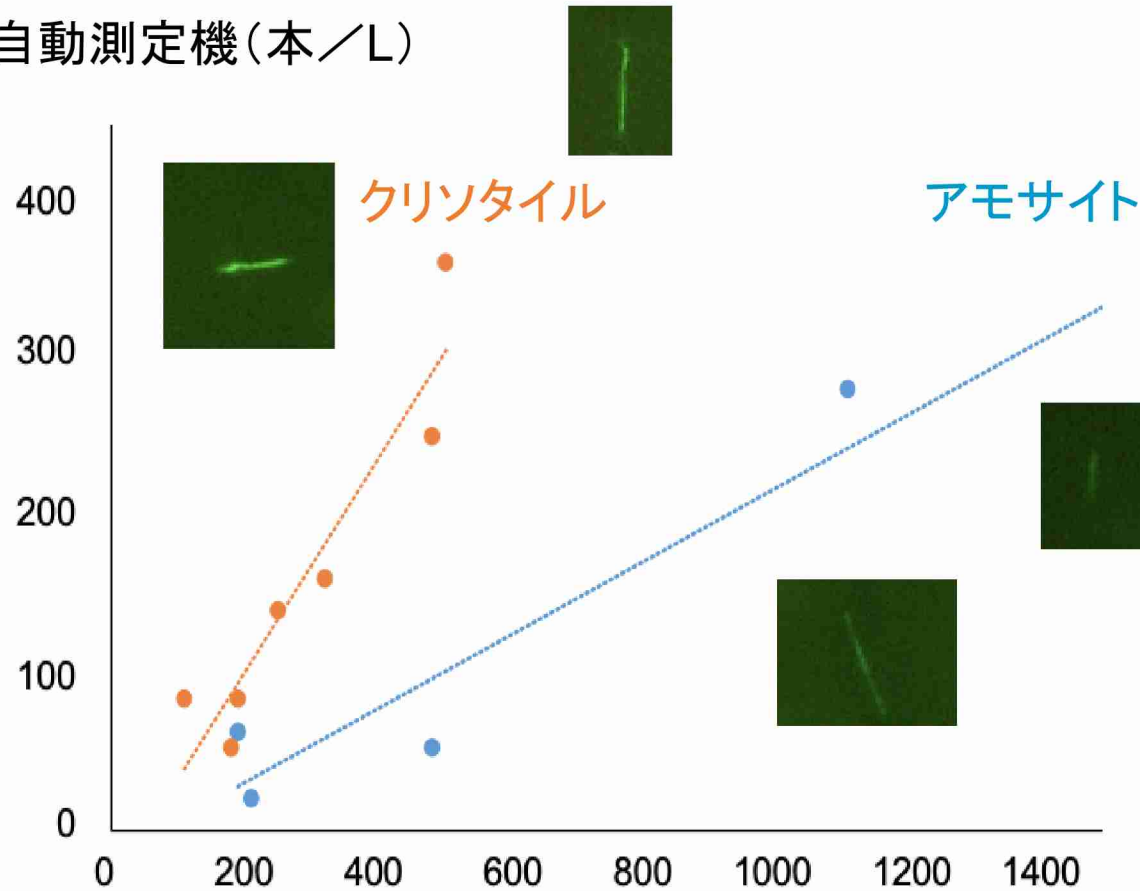


連続自動計測装置の実証(解体現場)

	種別、採取位置	自動化装置の結果	電子顕微鏡(SEM)の結果	結果の解釈
1	レベル1、排気口 吹き付け石綿(クリソタイル0.1%以上含有)	非検出 (5.3本/L未満)	非検出 (4.0本/L未満)	自動測定機、SEMの結果は一致した。
2	レベル1、作業場内 吹き付けロックウール (クリソタイル0.1%以上含有)	検出 (63本/L)	クリソタイル240本/L(広島大学) クリソタイル79本/L、142本/L(環境管理センター計測)	クリソタイルの検出感度は、26%~80%となった。ロックウールは蛍光がないので検出されていない。
3	レベル1、前室 吹き付け石綿、種類不明、	検出 (2.4本/L) 5回の連続自動運転	非検出 (9.7本/L未満)	さらに相関顕微鏡で蛍光繊維を調べた結果、クロシドライトが検出された。
4	レベル3、作業場近傍 アスベスト成形板(軒天ケイカル板)、種類不明	検出 (4.9本/L) 4回の連続自動運転	非検出 (3.0本/L未満)	さらに相関顕微鏡で蛍光繊維を調べた結果、クリソタイルが検出された。
5	レベル3、作業場近傍	検出 (6.3本/L) 3回の連続自動運転	非検出 (2.4本/L未満)	さらに相関顕微鏡で蛍光繊維を調べた結果、クリソタイルが検出された。

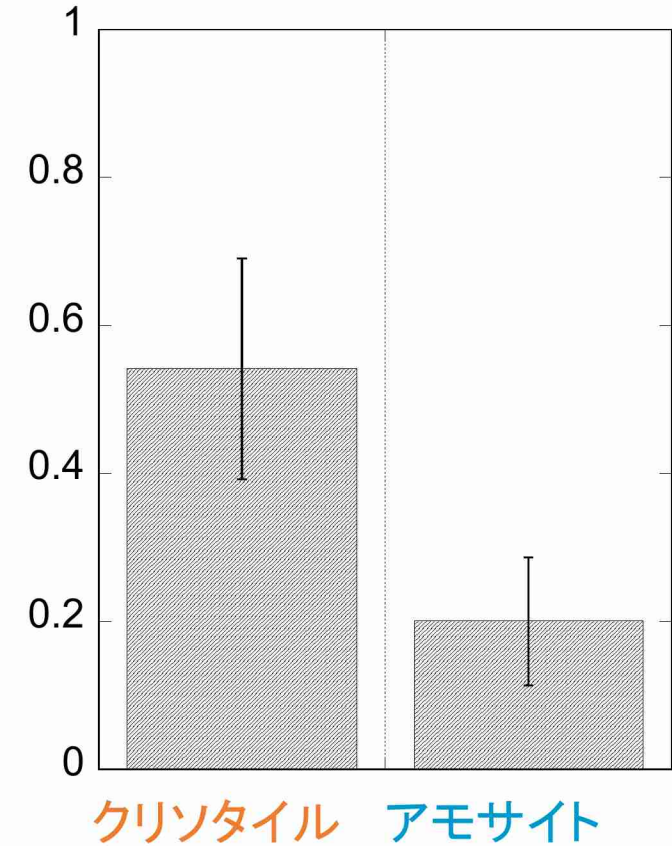
アスベストの検出率(人工チャンバー)

自動測定機(本/L)



位相差顕微鏡法(本/L)

検出率(自動計測器/位相差顕微鏡)



今後の課題(検出率の向上)



成果概要と今後のスケジュール

可搬型
(短期の工事)



スピンドアウト: サンプルングと染色はマニュアル、検出を自動化する装置を別途用意

体制

東亜DKKの参加



自動化装置の販売

現場での実証

解体現場でアスベストが
検出できた(1回20分程
度、数時間の連続運転)。

課題: 90%の検出率
数日間の連続運転

プロトタイプの完成
大気サンプリングから
蛍光検出までを自動化
した。



据え付け型
(長期の工事)

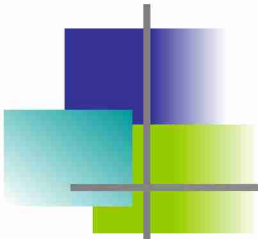
研究開始

1.5年

3年

5年

環境研究総合推進費



研究成果の発表状況

＜査読付き論文＞4件

- 1) A. Kuroda: Genes and Environment, vol.43, Article number 46 (2021), Recent Progress and Perspectives on the Mechanisms Underlying Asbestos Toxicity (IF:1.82)
- 2) C. Cai, T. Nishimura, J. Hwang, X.-M. Hu, and A. Kuroda: Sensors, vol.21(13), 4582 (2021), Asbestos Detection with Fluorescence Microscopy Images and Deep Learning (IF:4.35)
- 3) 黒田章夫、西村智基、石田丈典：日本繊維状物質研究協会誌、vol.7, 56-60 (2020)、携帯型蛍光顕微鏡によるアスベスト検査とその精度検証 (IF等はなし)
- 4) 黒田章夫、石田丈典、西村智基：廃棄物資源循環学会誌、vol.31(5), 345-351 (2020)、大気アスベストを迅速検査するための蛍光顕微鏡法の開発と自動化の試み (IF等はなし)

＜口頭発表＞ 8件

＜国民との科学・技術対話＞ 2件

- 1) 一般公開シンポジウム「バイオでアスベストを検出する」（主催：広島大学公開講座、2019年8月31日、広島大学先端物質科学研究棟、観客約80名にて講演）
- 2) 文部科学省一般公開「世界初、アスベストを光らせて検出する装置の紹介」（主催：広島大学、2019年5月10日、文部科学省情報プラザ、観客約30名にて講演）

＜報道＞ 1件

- 1) 文教速報（2019年5月27日、「広島大が文科省でイベントー世界初アスベストを光らせて検出する装置」）

＜受賞＞ 2件

- 1) Akio Kuroda: Genes and Environment誌のBest paper award 2019受賞「Live-cell imaging of macrophage phagocytosis of asbestos fibers under fluorescence microscopy」、2019年11月26日
- 2) 黒田章夫：環境バイオテクノロジー学会技術賞「バイオ技術を活用したアスベスト検査の実用化研究」を受賞、2019年6月16日