

## JMTR 特定施設における 配管用保温材のアスベスト調査

Survey of Asbestos in Piping Insulation in Specified Facilities of JMTR

桑原 涼太 箭内 智博 鍵 伎 谷本 政隆

Ryota KUWABARA, Tomohiro YANAI, Takumi KAGI and Masataka TANIMOTO

大洗研究所  
環境技術開発センター  
材料試験炉部

Department of JMTR  
Waste Management and Decommissioning Technology Development Center  
Oarai Research and Development Institute

September 2024

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Review

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課  
〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.

For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan  
E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

## JMTR 特定施設における配管用保温材のアスベスト調査

日本原子力研究開発機構 大洗研究所  
環境技術開発センター 材料試験炉部

桑原 涼太、箭内 智博、鍵 伎、谷本 政隆

(2024年6月27日受理)

材料試験炉（JMTR）は1967年から建設が行われた。このため、アスベストが規制される以前に建てられたことから、アスベストが各所に使用されていることが懸念される。アスベストはその耐久性、耐熱性、耐薬品性、電気絶縁性等、非常に優れた特性を持ち合わせており、当時の部材、建材にアスベストが高い確率で含有されている。そこで、調査にあたって比較的設置年が経過しており、外観上アスベストが含有していそうな保温材の多い非管理区域である特定施設（JMTR 施設に必要な電源、水、空調を供給する等のユーティリティ施設のこと）に絞り調査を開始、施設内に敷設されている配管に巻いてある保温材について調査を実施した。対象として、施設内に敷設されている複数の系統の配管のうち、特に設置年数の経過している配管の保温材についてアスベスト含有の有無を調査した。

アスベストを吸い込むと、肺がんや中皮腫等の疾患を引き起こす可能性があることから、建築物等の解体・改修工事を行う際には、あらかじめアスベストの有無の事前調査を行う義務が法律で定められていることもあり、事前に施設内のアスベストの使用状況について把握することは重要であることと、今後の廃止措置の中で機器、設備の解体撤去の際の計画の策定についても適用できると考える。

調査の結果、保温材中、特に配管が曲がるエルボと呼ばれる箇所からアスベストが検出されることが分かった。本報告書においてこれら調査結果について報告する。

## Survey of Asbestos in Piping Insulation in Specified Facilities of JMTR

Ryota KUWABARA, Tomohiro YANAI, Takumi KAGI and Masataka TANIMOTO

Department of JMTR  
Waste Management and Decommissioning Technology Development Center  
Oarai Research and Development Institute  
Japan Atomic Energy Agency  
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received June 27, 2024)

The Japan Materials Testing Reactor (JMTR) has a main facility and a specified facility, and construction began in 1967. Therefore, there is concern that asbestos was used in various parts of the facility since it was built before asbestos was regulated. Asbestos has very good properties such as durability, heat resistance, chemical resistance, and electrical insulation, and there is a high probability that asbestos was contained in components and building materials at that time.

Therefore, the investigation was focused on specified facilities outside the controlled areas, and an investigation was conducted on heat insulators wrapped around piping installed in the facilities. Of the various systems of piping installed in the facilities, we investigated the presence or absence of asbestos in the heat insulators, especially in piping that had been installed for a long period of time.

Inhalation of asbestos can cause diseases such as lung cancer and mesothelioma, so when buildings are demolished or renovated, there is a legal requirement to conduct a preliminary investigation to determine the presence of asbestos.

Therefore, it is important to understand the status of asbestos usage within the facility in advance, and we believe that it can also be applied to the formulation of plans for the dismantling and removal of equipment and devices during future decommissioning.

As a result of the investigations, asbestos was found in the thermal insulation, especially in the elbow where the piping is bent. The results of these investigations are presented in this report.

Keywords: Asbestos, Piping Insulation, JMTR

目 次

1. はじめに	1
2. 調査方法	1
2.1 サンプルング	1
2.2 分析	2
2.3 装置及び測定条件	2
3. 分析結果	2
4. まとめ	3
謝辞	4
参考文献	4
付録1 アスベスト分析調査結果	9
付録2 採取した試料の外観	39

Contents

1. Introduction	1
2. Investigation	1
2.1 Sampling	1
2.2 Analysis	2
2.3 Apparatus and measurement conditions	2
3. Results of analysis	2
4. Summary	3
Acknowledgements	4
References	4
Appendix 1 Results of analysis	9
Appendix 2 Appearance of the collected samples	39

図表リスト

図 2-1 サンプル採取箇所 概略図 (アスベスト調査) ----- 5

表 2-1 アスベスト含有の判定基準 ----- 6

表 2-2 アスベストの分散色 ----- 6

表 3 アスベスト含有分析結果 ----- 7

Figure and Tables list

Figure 2 Outline drawing of sampling spots (Asbestos survey) ----- 5

Table 2-1 Criteria for determination of asbestos content ----- 6

Table 2-2 Asbestos dispersion color ----- 6

Table 3 Results of analysis ----- 7

## 1. はじめに

材料試験炉部の原子炉施設は、発電用原子炉などで使用する燃料や材料を中性子で照射し、それらの耐久性や適性を実際に試験する原子炉として1967年に建設され、1968年3月に初臨界に達し様々な照射試験等を行ってきたが、2017年4月1日に策定された日本原子力研究開発機構の施設中長期計画により廃止措置対象施設に位置付けられた<sup>1)</sup>。

日本では、1995年にアスベストのうち有害性の高いアモサイトとクロシドライトの使用が禁止され、アスベスト含有物は、アスベストをその重量の5%を超えて含有するものから1%を超えるものに変更となり、クリソタイルについても2004年10月に労働安全衛生法施行令が改正され、アスベストを含有する建材、摩擦材、接着剤の製造等が禁止となった。2006年9月以降は、代替が困難な一定の適用除外製品等を除き、アスベスト及びアモサイトをその重量の0.1%を超えて含有するすべての物の製造が禁止され、2012年3月1日以降は、「石綿分析用試料等」を除く、すべてのアスベスト含有物の製造等が禁止となった歴史がある。前述以前に建設を開始した施設のため、耐久性、耐熱性、耐薬品性、電気絶縁性などの特性に非常に優れていたアスベストを含有した建材を使用されている可能性が高いことから、施設内に敷設されている配管に巻いてある保温材についてアスベスト含有の有無について調査を実施した。

アスベストを吸い込むと、肺がんや中皮腫等の疾患を引き起こす可能性がある<sup>2)</sup>ことから、建築物等の解体・改修工事を行う際には、あらかじめアスベストの有無の事前調査を行う義務が法律で定められていることもあり、事前に施設内のアスベストの使用状況について把握することは重要である。

原子炉課では、2023年に施設内に敷設されている複数の系統の配管のうち、特に設置年数の経過している配管の保温材についてアスベスト含有の有無を調査した結果、いくつかの保温材中からアスベストが検出された。

本報告書では、実施したアスベスト調査結果について報告する。

## 2. 調査方法

### 2.1 サンプルング

比較的設置年が経過しており、外観上アスベストが含有していそうな保温材の多い特定施設<sup>\*1</sup>の配管の直管部及びエルボ部に巻き付けられている保温材をサンプルング対象とした。配管のエルボ部の保温材にはアスベストを使用していることが多い。これは、エルボ部は湾曲した構造から強度が必要であり、さらに高温になりやすいことから温度に耐えられるようにするため、直管部とは異なる材質の不定形保温材（水練り保温材）が使用されている可能性が高く、アスベストが使用されていることが多い。対して直管部は、複雑な構造に対応する必要がないためグラスウールやロックウールが使用されることが多い<sup>3)</sup>。調査のサンプルング採取箇所概略図を図2-1に示す。

サンプルングはJIS A 1481-2, 3<sup>4), 5)</sup>に基づき行った。作業を開始する前に、サンプルング採取箇所周辺の床面をビニールシートで養生した。また、粉塵飛散防止のため、採取前に採取箇所に

霧吹きを使用して湿潤させてから、採取を実施した。カッター、スクレーパー及びノミを用いてサンプリング試料を回収し、ビニール袋で2重梱包した上で分析に供した。サンプリング試料を採取した箇所は、粉塵飛散防止のため、採取箇所をテープ等で簡易補修を実施した。

※1: 特定施設とは、JMTRの本体施設、ホットラボ施設、居室及び実験室等の施設に必要な電源、水、ガス、空調を供給する等のユーティリティー施設をいう。また、本体施設とは、原子炉本体、原子炉冷却系統施設、計測制御系統施設、核燃料物質取扱い及び貯蔵施設等の原子炉の運転に関わる施設をいう。

## 2. 2 分析

アスベストの対象成分をクリソタイル、アモサイト、クロシドライト、アンソフィライト、トレモライト/アクチノライトの6成分とした。

アスベスト含有分析は、JIS A 1481-2, 3に基づき、「定性分析」と「定量分析」の2種類の方法で行った。定性分析では、位相差顕微鏡を使用した分散染色分析法（以下、分散染色分析法）で分析し、定量分析では、エックス線回折分析法（以下、XRD）で分析した。分散染色法はサンプルの屈折率による色の変化でアスベストの有無の判定が可能であり、X線回折分析は回折強度がアスベストの量に伴い増加する。そのため、サンプルと既知量のアスベストを含む標準試料を両者比較することでサンプル中のアスベスト含有量を定量することが可能である。

アスベスト含有の有無の判定としては、分散染色分析法については、3,000粒子中4繊維状粒子以上が計測された場合をアスベスト検出とし、XRDについては、アスベストの回折線が認められた場合をアスベスト検出とする。判定基準を表2-1に示す。

## 2. 3 装置及び測定条件

調査に使用した装置を以下に記載する。

### ①位相差顕微鏡

使用装置：ニコン製 80i 型（位相差ターレット付）

位相差顕微鏡による各成分の分散色については、表2-2に示す。

### ②エックス線回折装置

使用装置：リガク製 SmartLab SE

ターゲット：Cu

走査モード：連続 5deg/min

スリット：発散 1/2°、散乱 解放、受光 解放

走査範囲 (2θ)：5~70°

## 3. 分析結果

採取したサンプルの分析結果一覧を表3に示す。

定性分析及び定量分析の分析結果から、アモサイト及びトレモライト等がサンプル中に含有し

ていることが判明した。

分析結果から、想定どおり、一部の配管エルボ部に巻き付けられている保温材にアスベストが含有していることが判明した。

#### 4. まとめ

特定施設に敷設されている配管類に巻き付けられている保温材のアスベスト含有調査の結果、配管エルボ部の保温材からアスベストが含有していることが判明した。共通して配管エルボ部からアスベストが検出されたことから、建設当初である 1967 年頃に設置された特定施設に敷設されている配管のエルボ部にはアスベストが含有していると推察できる。また、検出されたアスベストの種類として危険性が高い種類に分類されるアモサイトが検出された。アスベストの種類により人体への毒性が異なるとも報告されており、中皮腫発生のリスクとしてアモサイトは 2 番目に危険性が高い<sup>6)</sup>。今後、特定施設配管のエルボ部における保温材を保護し、経年劣化及び外的損傷時に飛散防止をすることができ、作業員等の健康障害についてリスクの軽減が期待できる。本報告から、経年劣化又は廃止措置に伴う配管類の修理・改造又は撤去等の工事の際、効果的なアスベスト飛散防止につなげられる。

今後、本体施設の保温材においても調査を実施し、アスベストの含有の有無について確認を実施する予定である。

## 謝辞

本報告書を纏めるにあたり、大洗研究所 環境技術開発センター 材料試験炉部長 土谷邦彦氏、大洗研究所 高温ガス炉研究開発センター 高温工学試験研究炉部次長 堀直彦氏に有意義なご指導及びご助言を頂きました。また、作成の際は、大洗研究所 材料試験炉部 施設管理ワーキンググループのグループ一同にご助言及びご協力をいただきました。さらに、大洗研究所 環境技術開発センター 材料試験炉部 原子炉課及びホットラボ課各位にも多大なご協力を頂きました。ここに明記し、謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 照射試験炉センター, JMTR 照射試験・照射後試験に関する技術レビュー, JAEA-Review 2017-016, 2017, pp. 17-21.
- 2) 環境再生保全機構, アスベスト（石綿）とは,  
<https://www.erca.go.jp/asbestos/what/higai/mechanism.html> (参照：2024/2/16).
- 3) 環境省, 令和 4 年度建築物等の解体等工事における石綿の飛散防止対策研修会, 石綿含有製品の概要及びデータベースの活用,  
<https://www.env.go.jp/content/000107870.pdf> (参照：2024/3/21).
- 4) 日本産業規格, 建材製品中のアスベスト含有率測定方法-第 2 部: 試料採取及びアスベスト含有の有無を判定するための定性分析方法, JIS A 1481-2, 2016.
- 5) 日本産業規格, 建材製品中のアスベスト含有率測定方法-第 3 部: アスベスト含有率の X 線回折定量分析方法, JIS A 1481-3, 2016.
- 6) 環境省, 建築物等の解体等に係る石綿ばく露防止及び石綿飛散漏えい防止対策徹底マニュアル,  
<https://www.env.go.jp/air/asbestos/202402zenbun.pdf> (参照：2024/2/16).

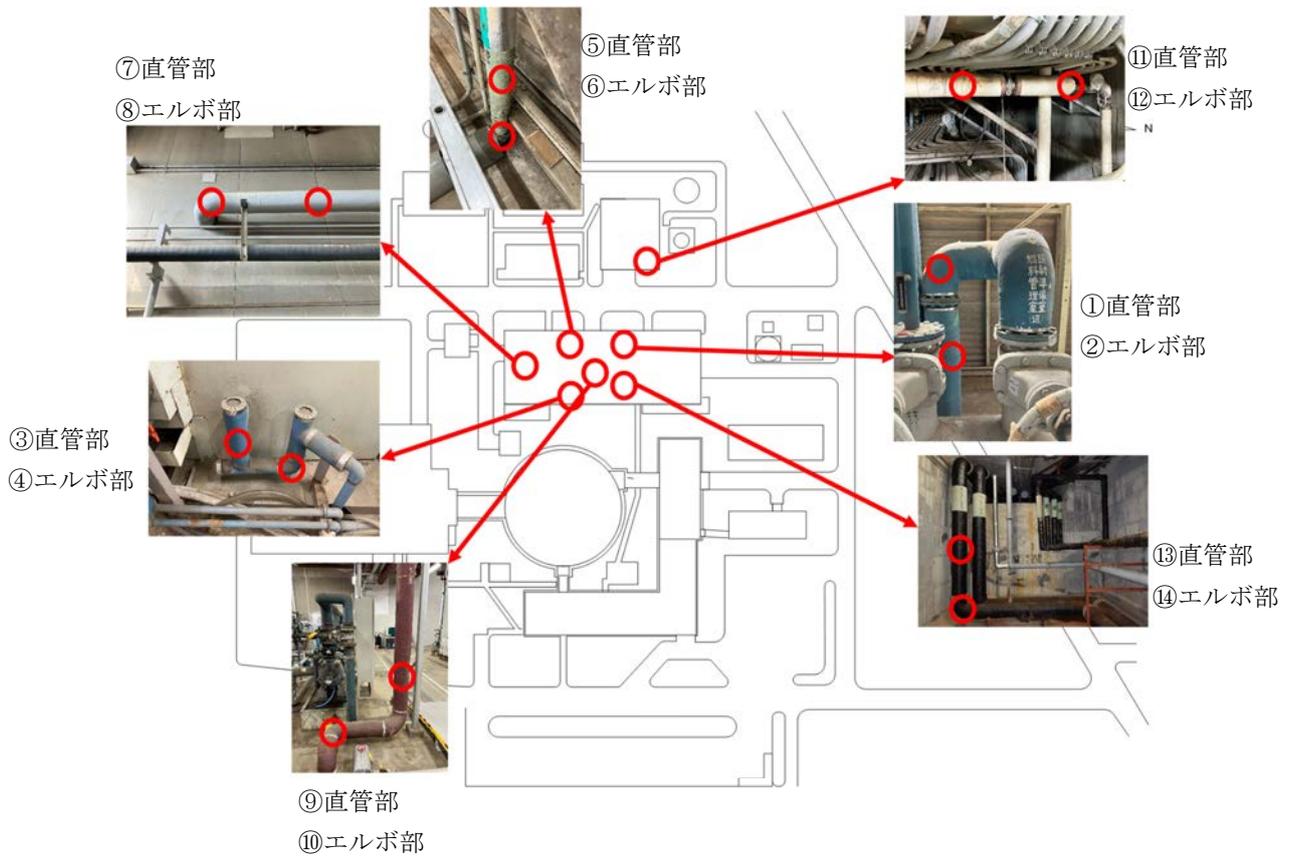


図 2-1 サンプリング採取箇所 概略図 (アスベスト調査)

表 2-1 アスベスト含有の判定基準

方法及び判定結果		分散染色分析法	
		不検出	検出
XRD	不検出	アスベストなし	アスベスト含有
	検出	アスベストなし	アスベスト含有

表 2-2 アスベストの分散色

アスベストの種類	浸液の屈折率 ( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )	分散色
クリソタイル	1.550	赤紫色～青色
アモサイト	1.680	桃色
	1.700	青色
クロシドライト	1.680	橙色
	1.700	青色
アンソフィライト	1.605	ゴールドンイエロー
	1.618	赤紫色
トレモライト/ アクチノライト	1.605	ゴールドンイエロー
	1.620	赤紫色

表3 アスベスト含有分析結果

採取場所	分散染色分析法	XRD	判定結果
試料① 直管部	不検出	不検出	アスベスト含有無
試料② エルボ部	検出 (アモサイト：9 繊維/3000 粒子・ トレモライト等：4 繊維/3000 粒子)	検出 (アモサイト・トレモライト等)	アスベスト含有 (アモサイト・トレモライト等)
試料③ 直管部	不検出	不検出	アスベスト含有無
試料④ エルボ部	不検出	不検出	アスベスト含有無
試料⑤ 直管部	不検出	不検出	アスベスト含有無
試料⑥ エルボ部	検出 (アモサイト：17 繊維/3000 粒子・ トレモライト等：5 繊維/3000 粒子)	検出 (アモサイト・トレモライト等)	アスベスト含有 (アモサイト・トレモライト等)
試料⑦ 直管部	不検出	不検出	アスベスト含有無
試料⑧ エルボ部	検出 (アモサイト：14 繊維/3000 粒子・ トレモライト等：5 繊維/3000 粒子)	検出 (アモサイト・トレモライト等)	アスベスト含有 (アモサイト・トレモライト等)
試料⑨ 直管部	不検出	不検出	アスベスト含有無
試料⑩ エルボ部	不検出	不検出	アスベスト含有無
試料⑪ 直管部	不検出	不検出	アスベスト含有無
試料⑫ エルボ部	不検出	不検出	アスベスト含有無
試料⑬ 直管部	不検出	不検出	アスベスト含有無
試料⑭ エルボ部	不検出	不検出	アスベスト含有無

This is a blank page.

## 付録 1

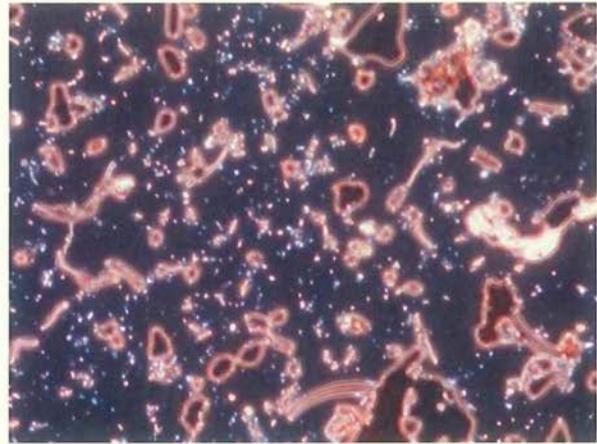
### アスベスト分析調査結果

This is a blank page.

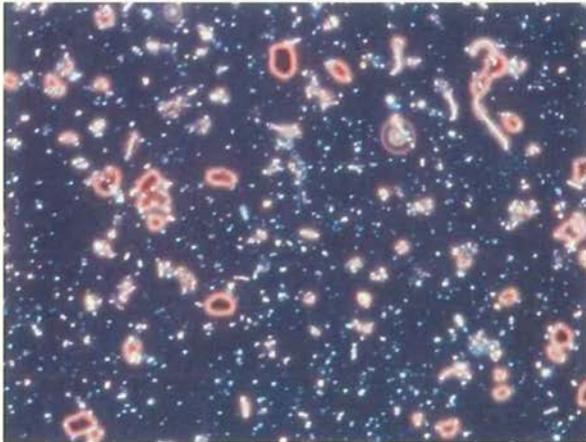
試料① 直管部



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.550$   
クリソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.680$   
アモサイト確認：なし、クロソライト確認：なし



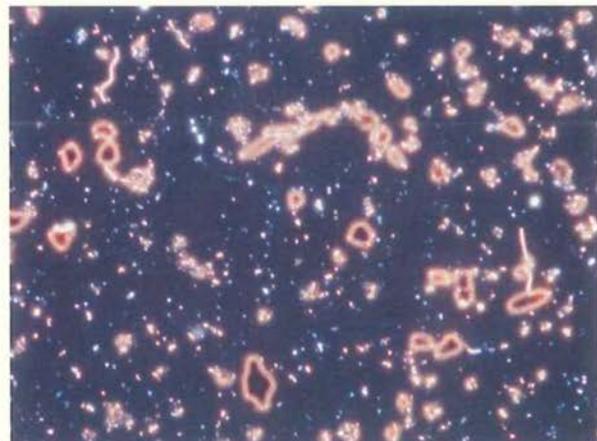
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.700$   
アモサイト/クロソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.605$   
アンフィライト、トモライト/アクチノライト確認：なし



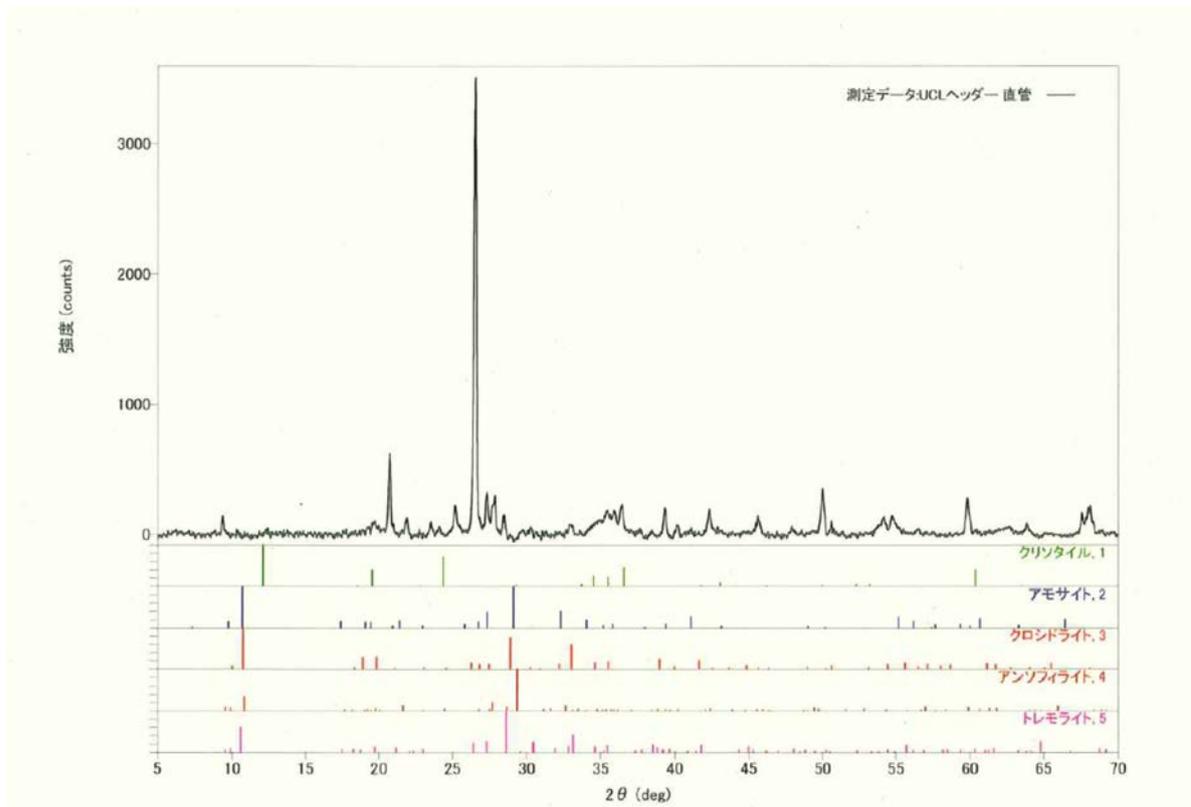
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.618$   
アンフィライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.620$   
トモライト/アクチノライト確認：なし

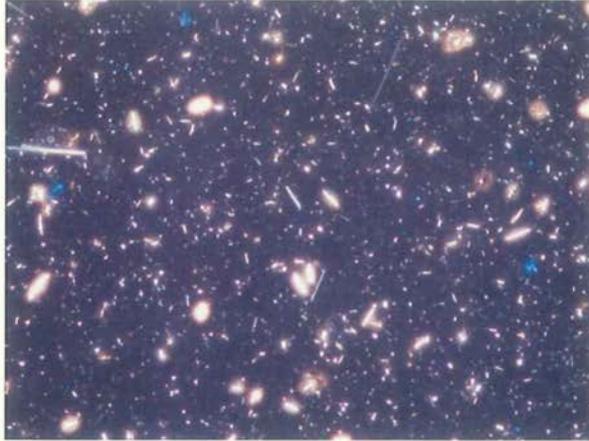
分散染色分析観察写真

試料① 直管部

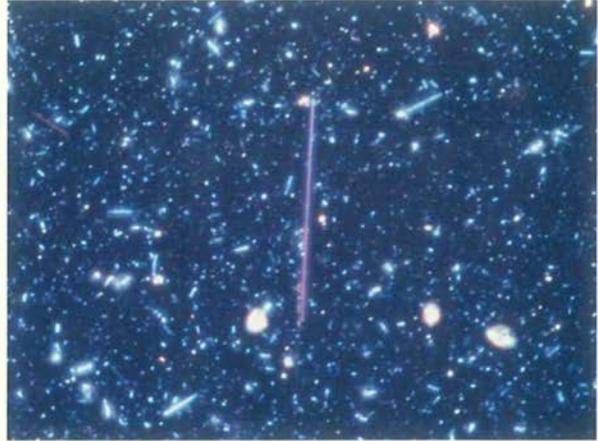


エックス線回折図・定性分析解析結果

試料② エルボ部



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.550$   
クリソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.680$   
アモサイト確認：あり、クロソライト確認：なし



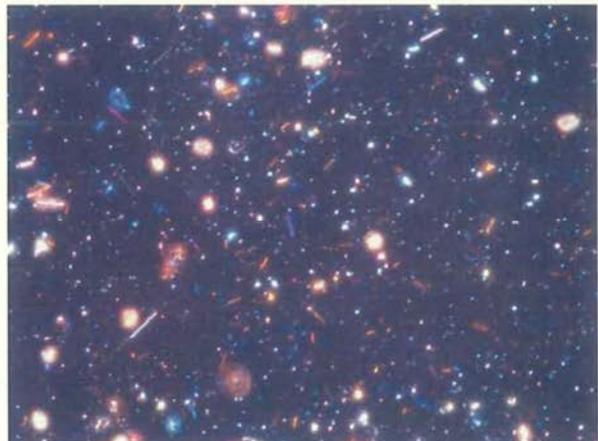
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.700$   
アモサイト/クロソライト確認：あり



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.605$   
アンソファイト、トレモライト/アクチノライト確認：あり



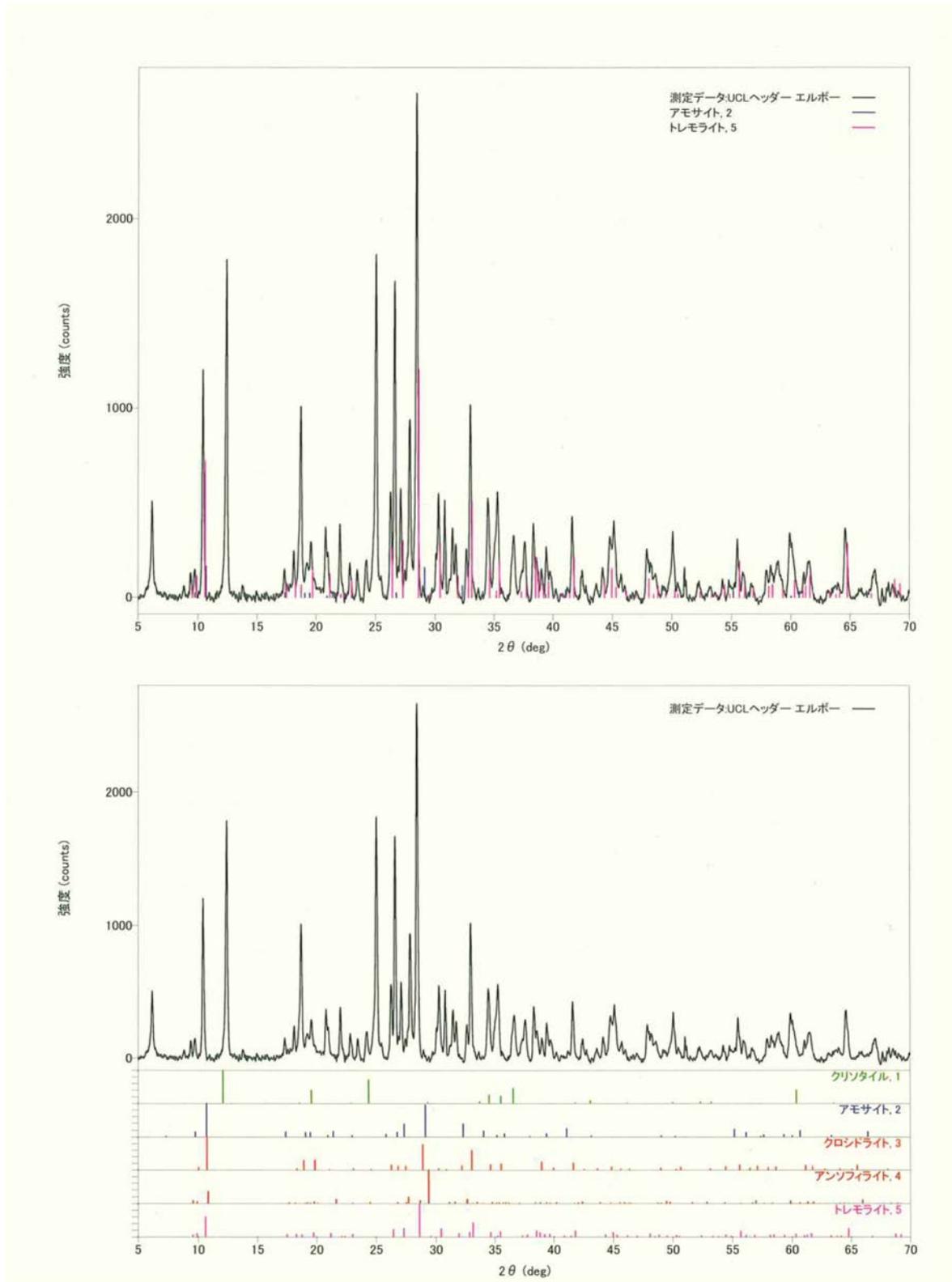
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.618$   
アンソファイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.620$   
トレモライト/アクチノライト確認：あり

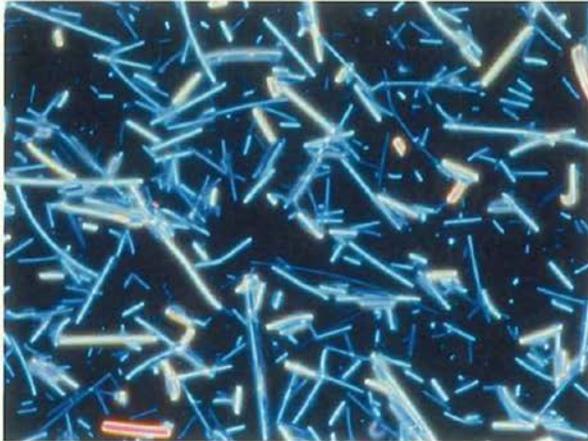
分散染色分析観察写真

試料② エルボ部



エックス線回折図・定性分析解析結果

試料③ 直管部



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.550$   
クワイル確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.680$   
アモイト確認：なし、クワイル確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.700$   
アモイト/クワイル確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.605$   
アンソナイト、トモライト/アクチノイト確認：なし



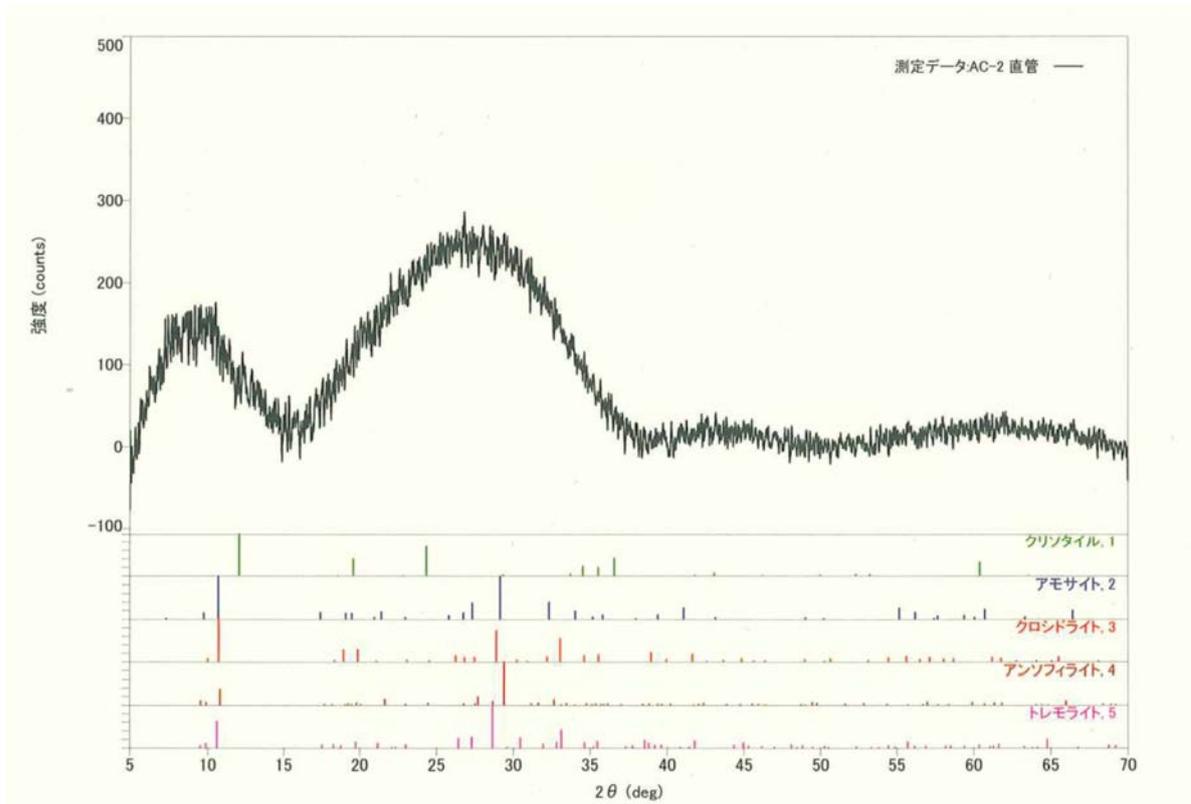
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.618$   
アンソナイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.620$   
トモライト/アクチノイト確認：なし

分散染色分析観察写真

試料③ 直管部

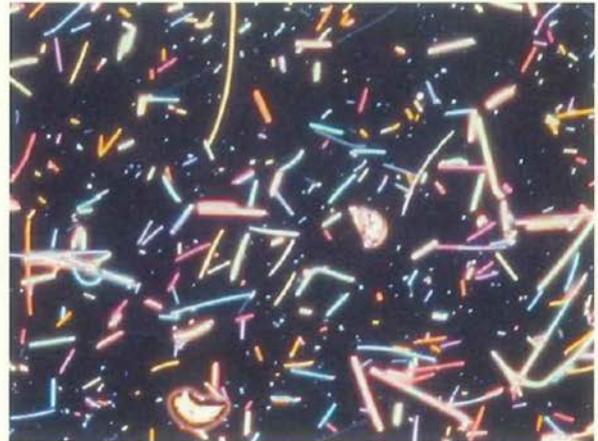


エックス線回折図・定性分析解析結果

試料④ エルボ部



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.550$   
クリタイル確認：なし



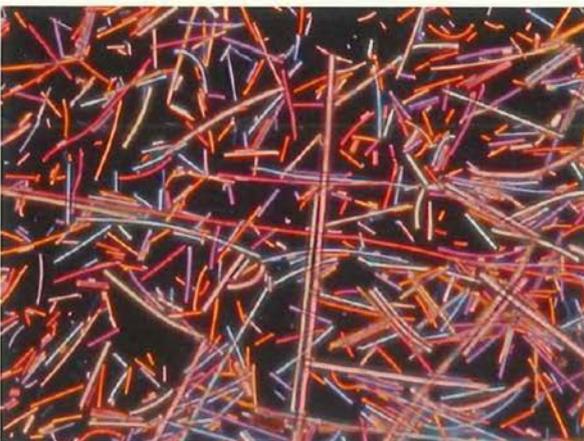
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.680$   
アモサイト確認：なし、クロソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.700$   
アモサイト/クロソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.605$   
アンソファイト、トモライト/アキチライト確認：なし



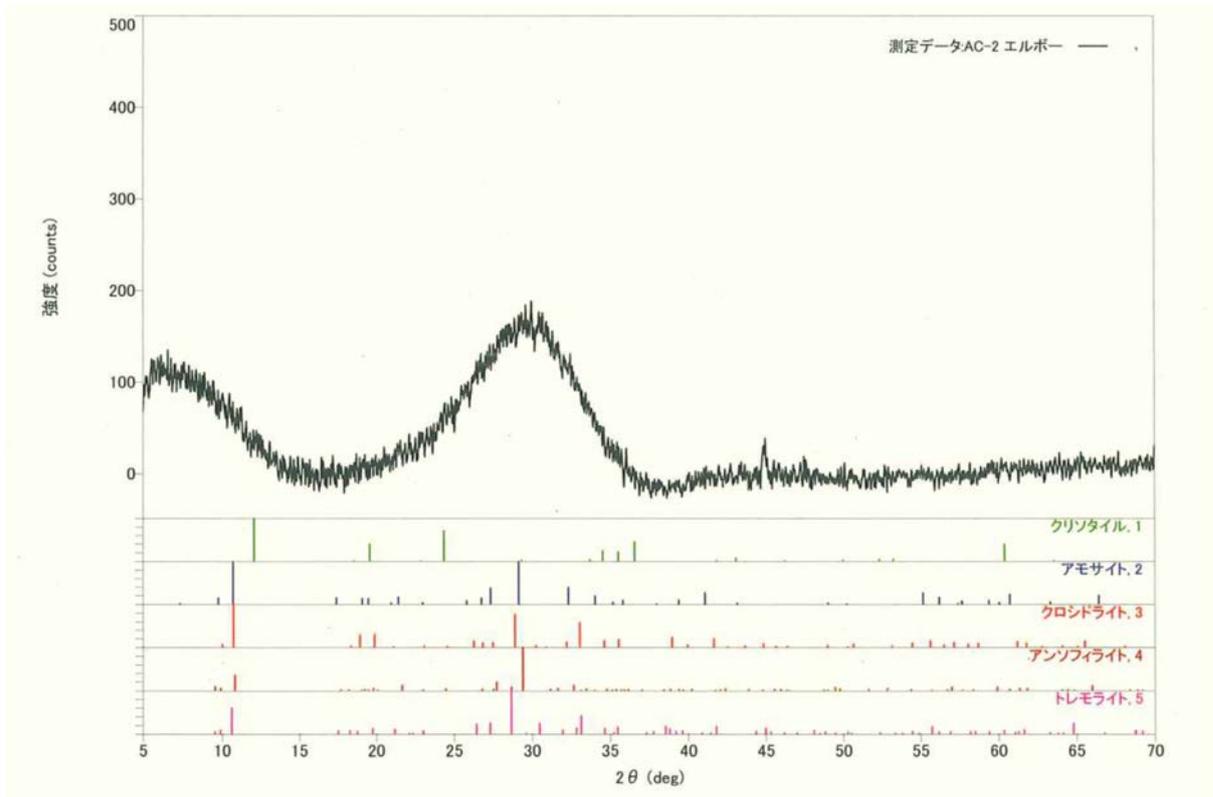
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.618$   
アンソファイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.620$   
トモライト/アキチライト確認：なし

分散染色分析観察写真

試料④ エルボ部

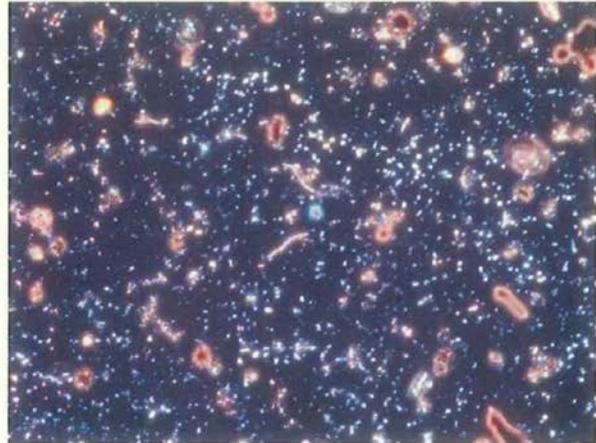


エックス線回折図・定性分析解析結果

試料⑤ 直管部



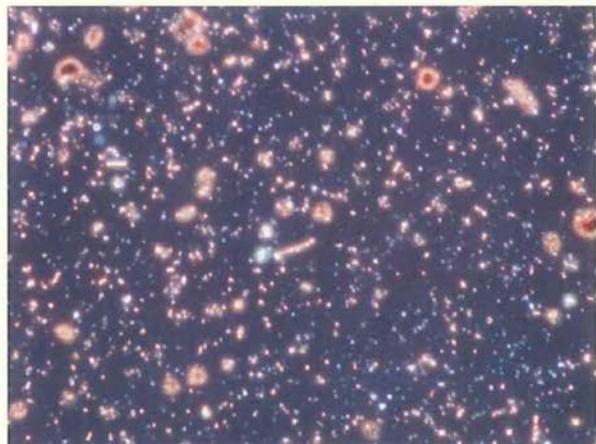
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.550$   
 クリタイル確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.680$   
 アモサイト確認：なし、クシトライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.700$   
 アモサイト/クシトライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.605$   
 アンソナイト、トモライト/アキチライト確認：なし



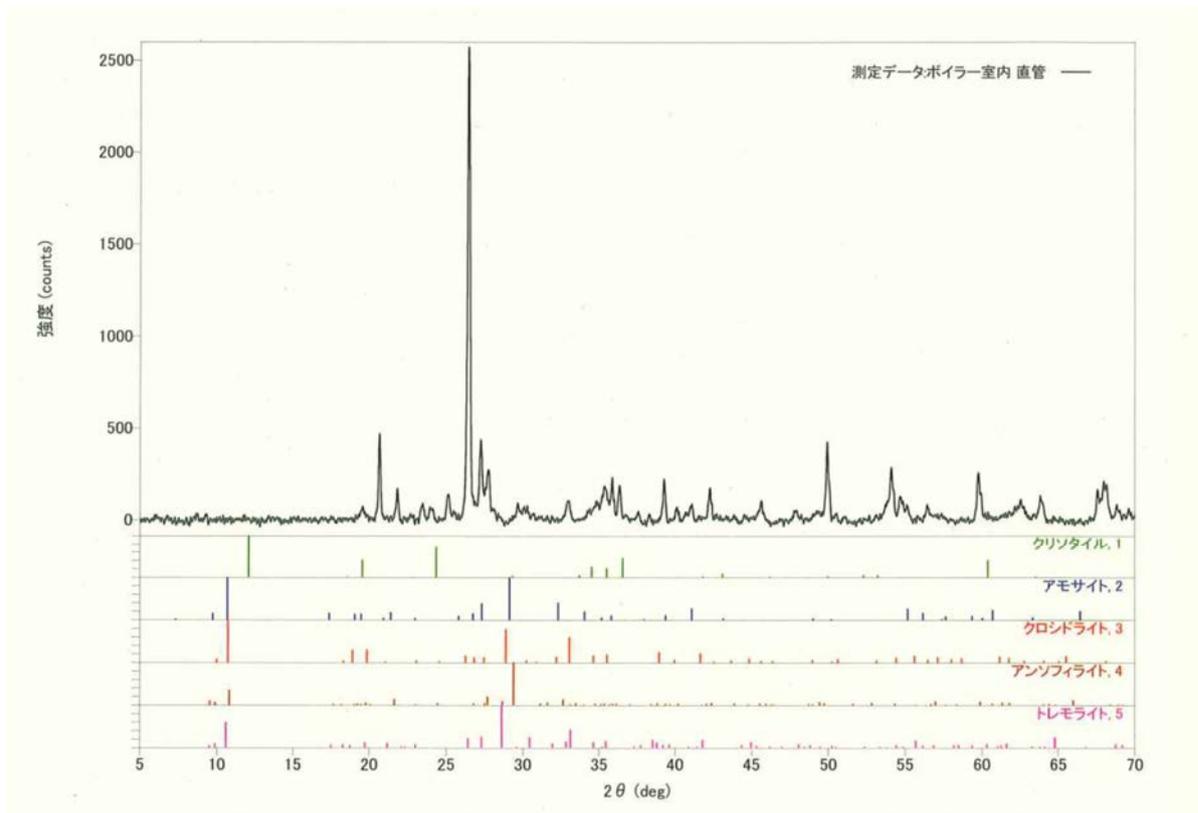
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.618$   
 アンソナイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.620$   
 トモライト/アキチライト確認：なし

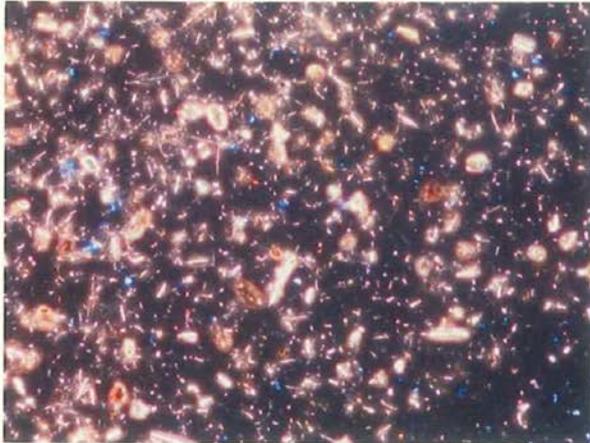
分散染色分析観察写真

試料⑤ 直管部

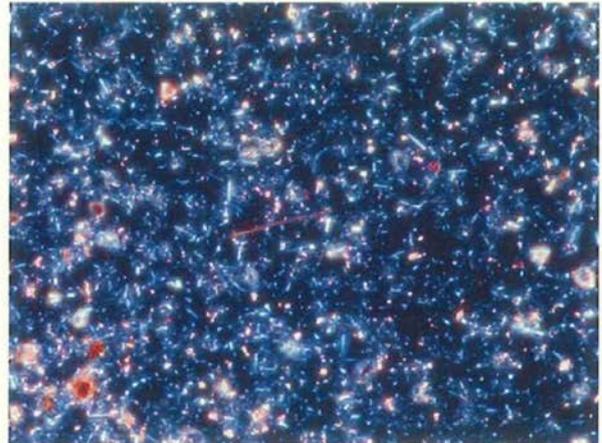


エックス線回折図・定性分析解析結果

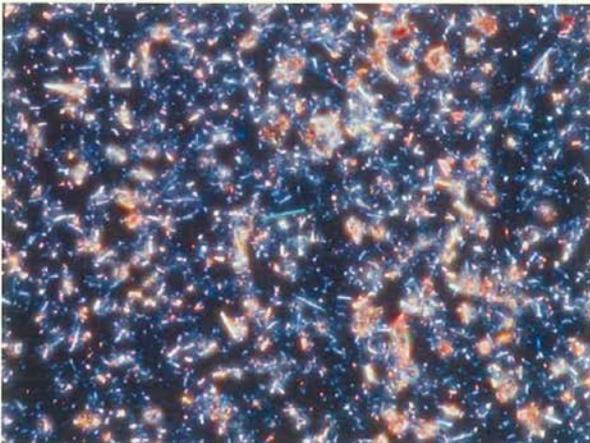
試料⑥ エルボ部



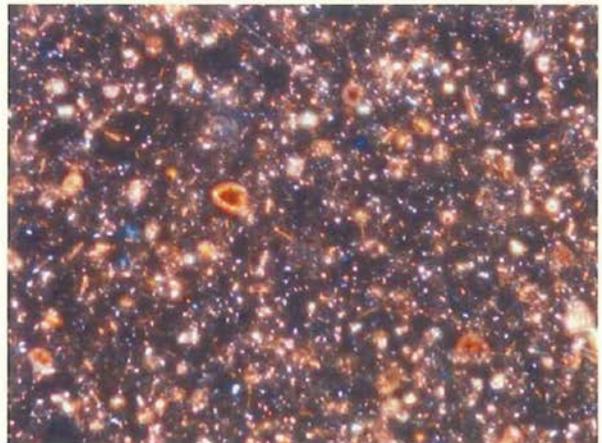
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.550$   
クリタイル確認：なし



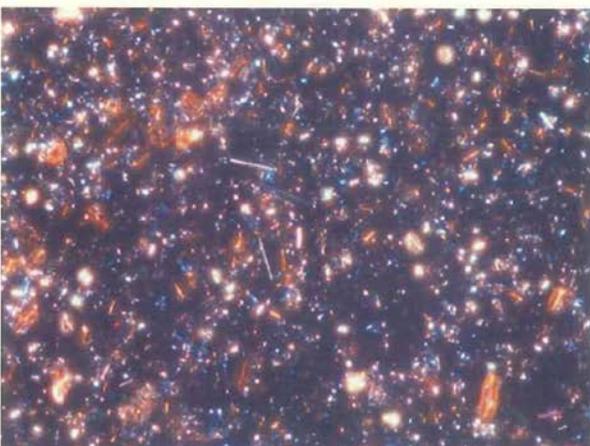
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.680$   
アモサイト確認：あり、クロシトライト確認：なし



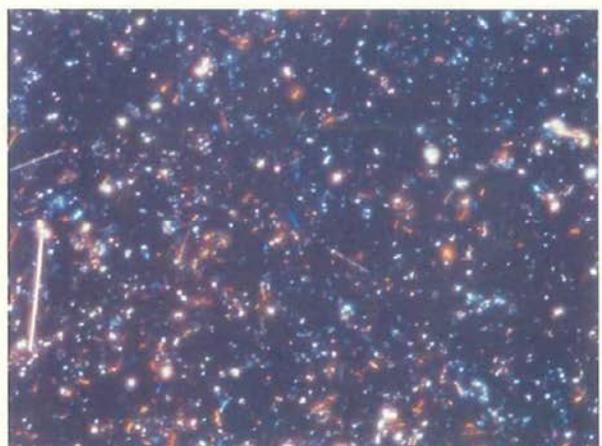
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.700$   
アモサイト/クロシトライト確認：あり



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.605$   
アンソファイト、トモライト/アキチノライト確認：あり



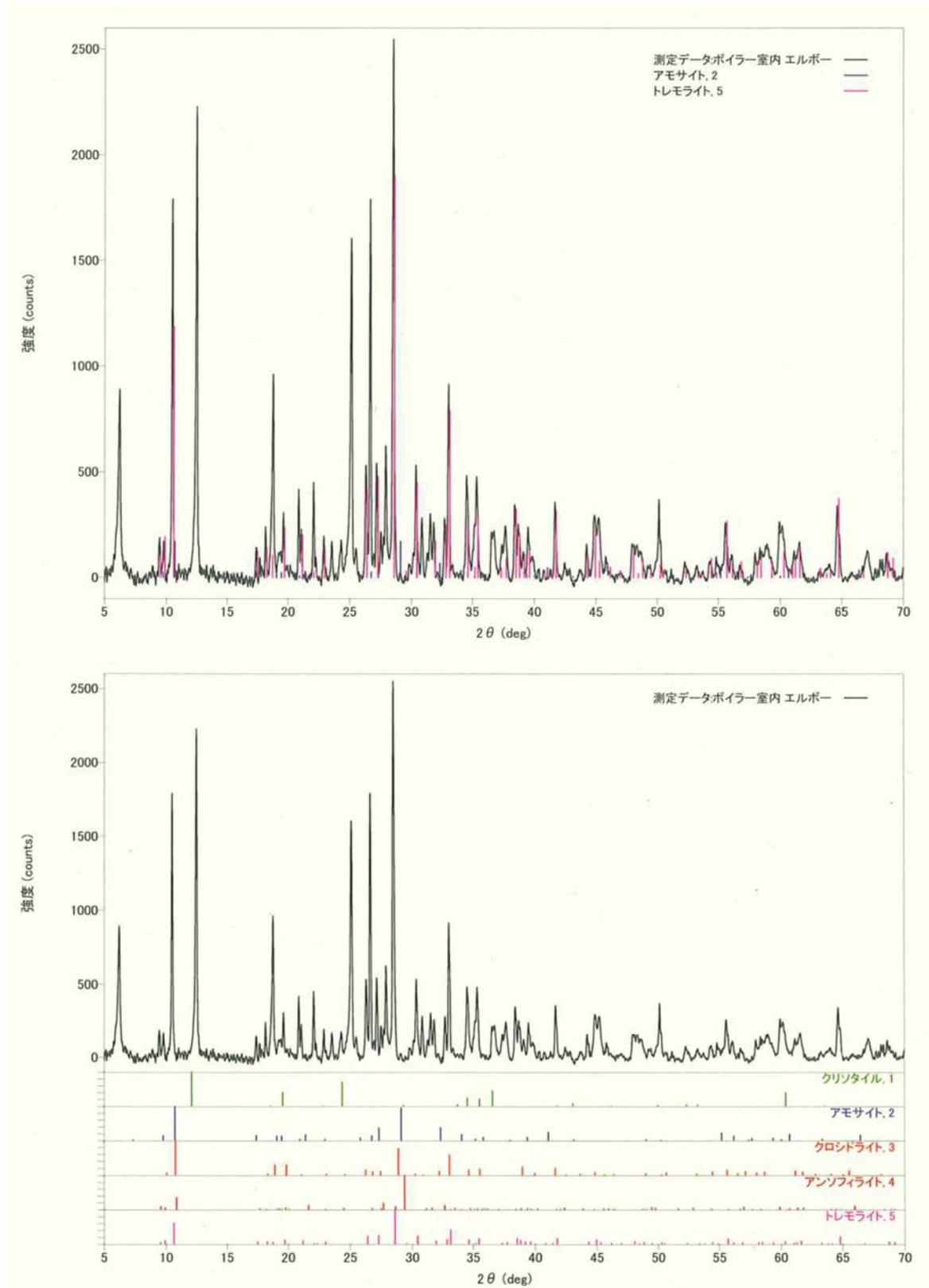
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.618$   
アンソファイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.620$   
トモライト/アキチノライト確認：あり

分散染色分析観察写真

試料⑥ エルボ部

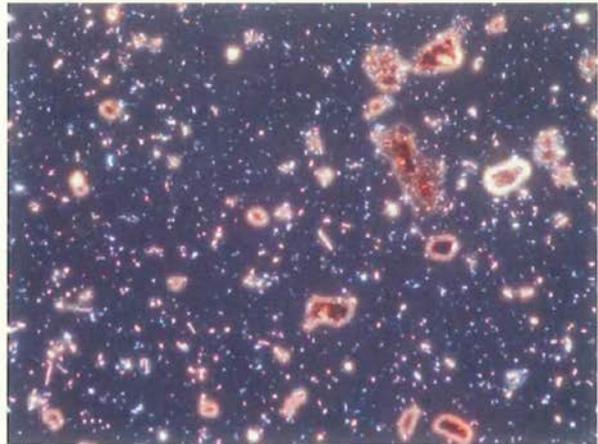


エックス線回折図・定性分析解析結果

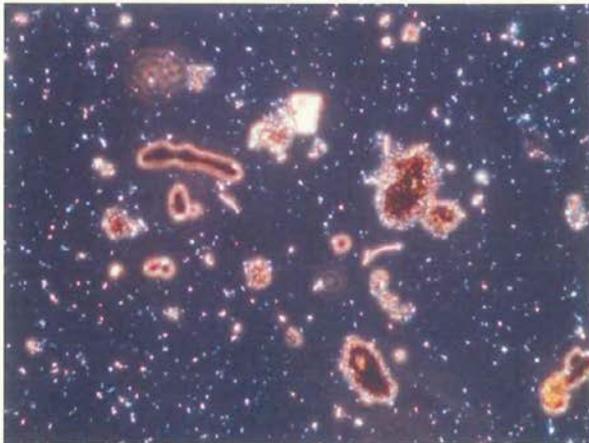
試料⑦ 直管部



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.550$   
 クリタイル確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.680$   
 アモサイト確認：なし、クロソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.700$   
 アモサイト/クロソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.605$   
 アンソファイト、トモライト/アキチライト確認：なし



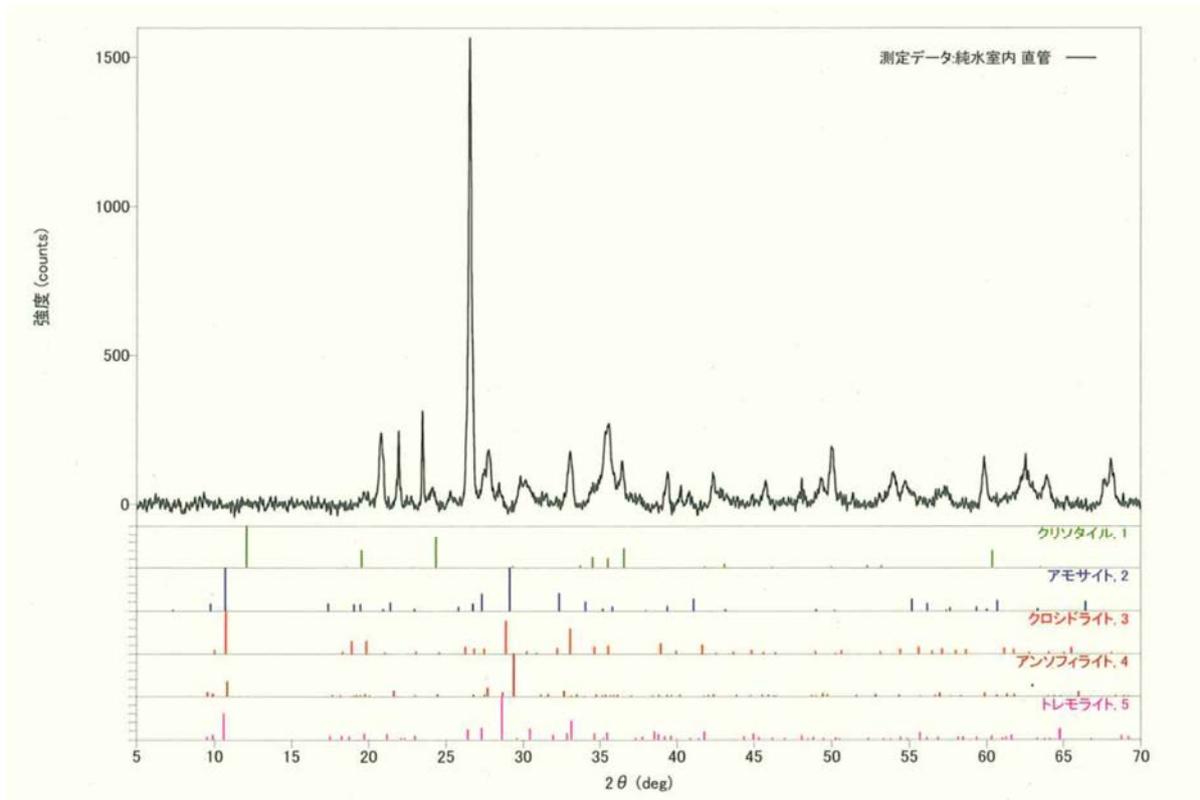
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.618$   
 アンソファイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.620$   
 トモライト/アキチライト確認：なし

分散染色分析観察写真

試料⑦ 直管部

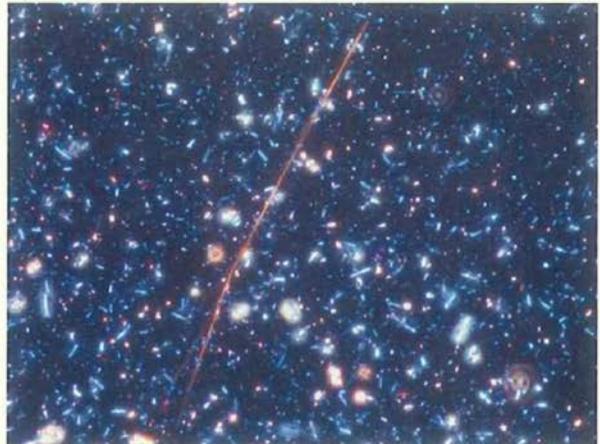


エックス線回折図・定性分析解析結果

試料⑧ エルボ部



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.550$   
クワイル確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.680$   
アモサイト確認：あり、クワイル確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.700$   
アモサイト/クワイル確認：あり



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.605$   
アンソファイト、トモライト/アクチノライト確認：あり



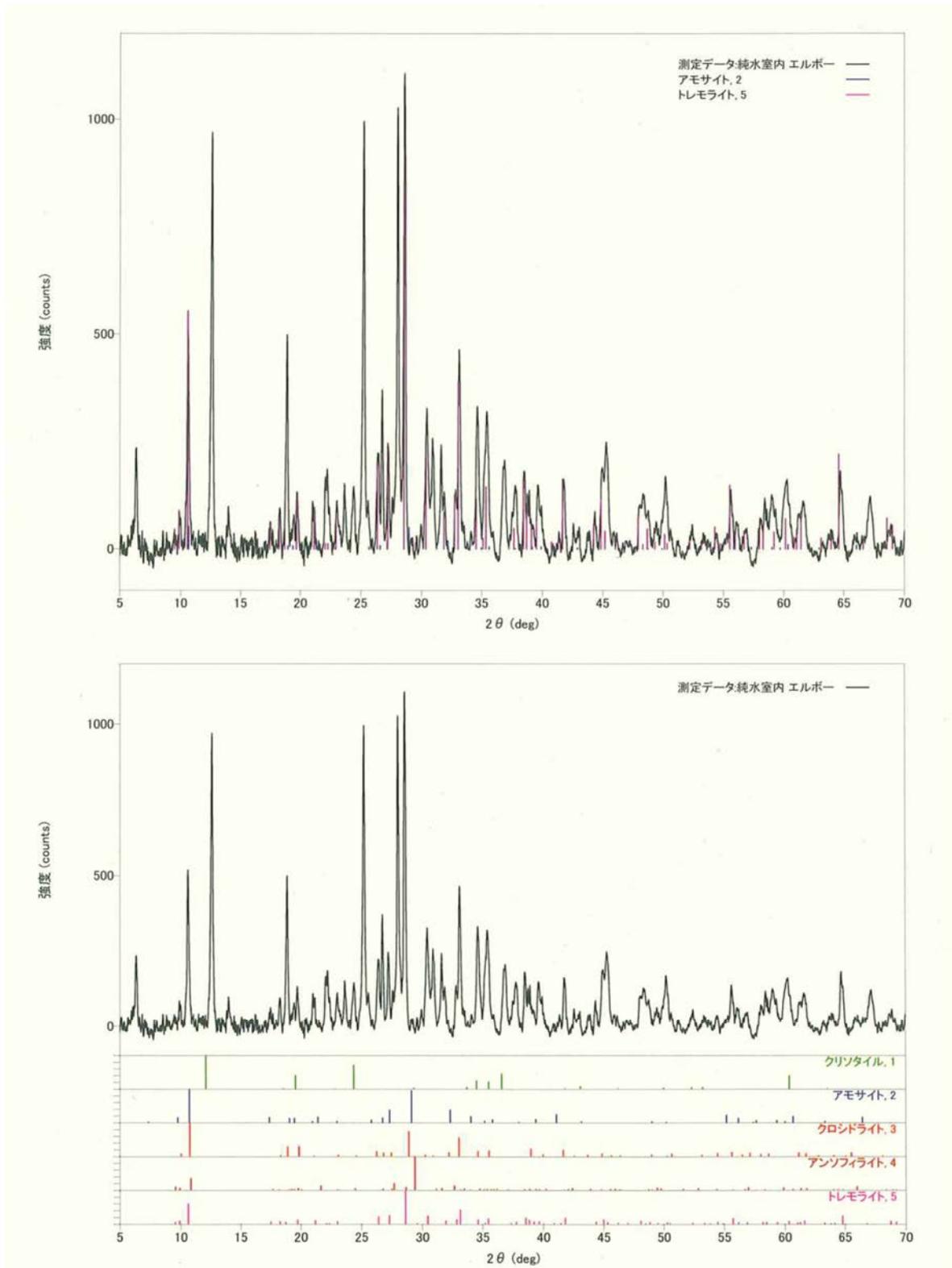
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.618$   
アンソファイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.620$   
トモライト/アクチノライト確認：あり

分散染色分析観察写真

試料⑧ エルボ部

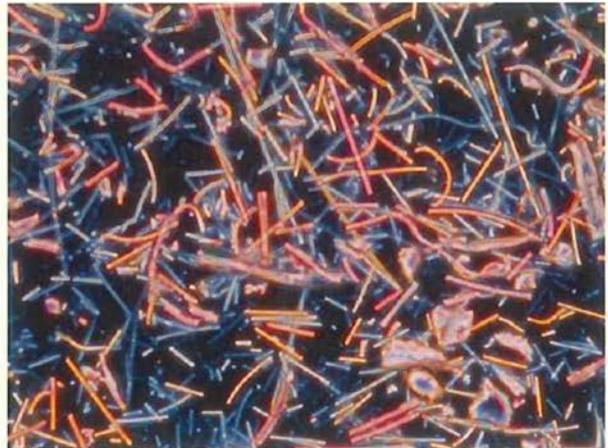


エックス線回折図・定性分析解析結果

試料⑨ 直管部



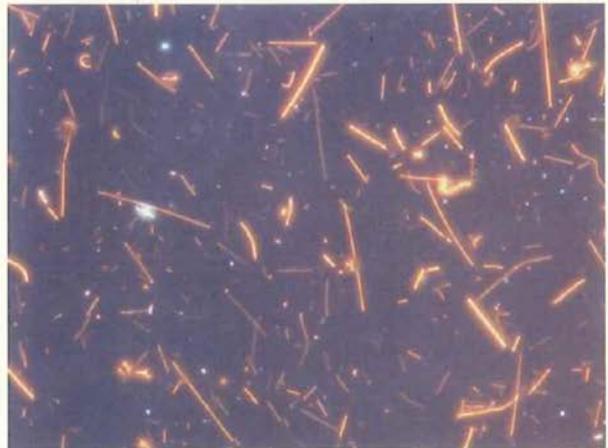
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.550$   
クリタイル確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.680$   
アモサイト確認：なし、クロソライト確認：なし



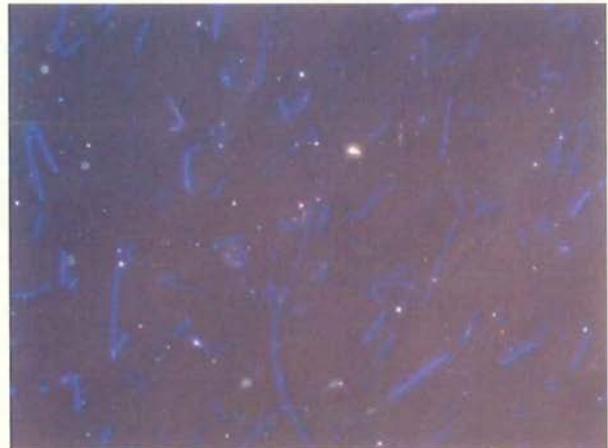
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.700$   
アモサイト/クロソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.605$   
アンソファイト、トモライト/アクチノライト確認：なし



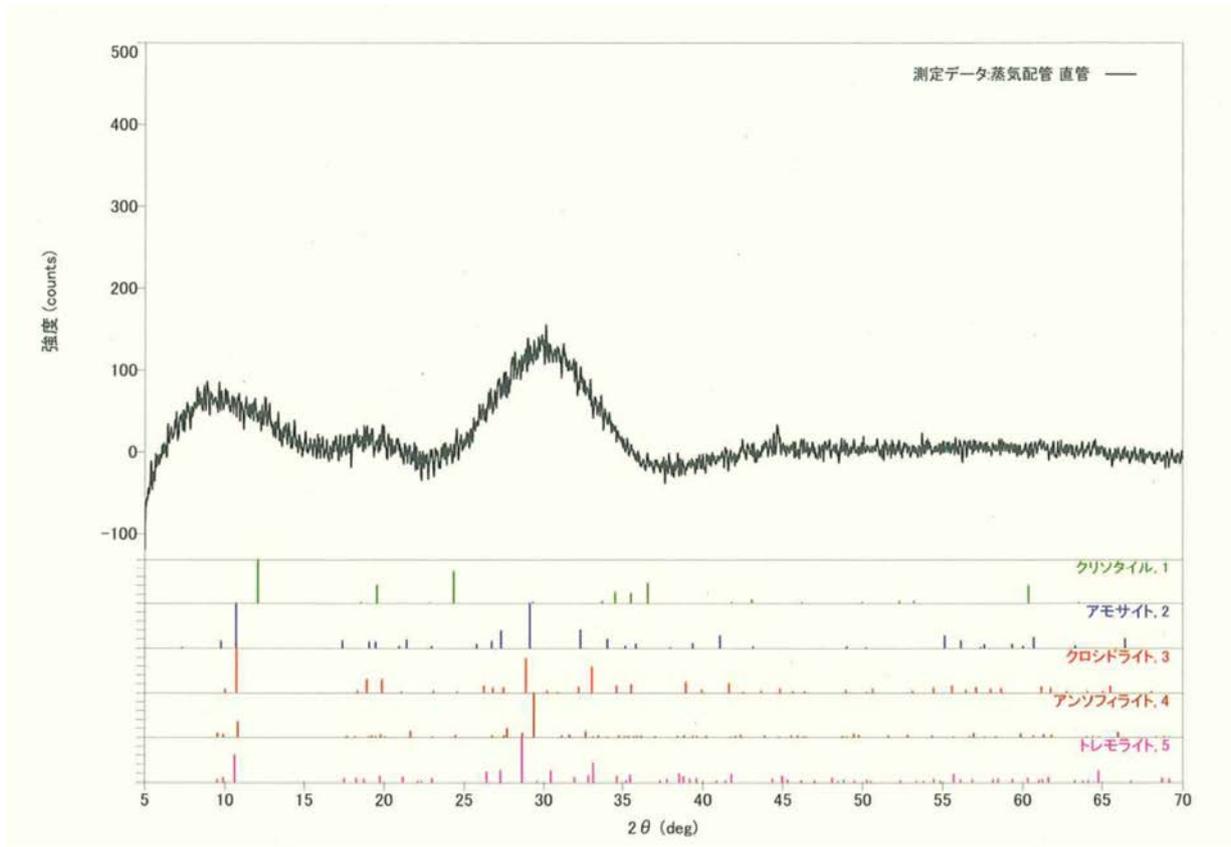
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.618$   
アンソファイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.620$   
トモライト/アクチノライト確認：なし

分散染色分析観察写真

試料⑨ 直管部



エックス線回折図・定性分析解析結果

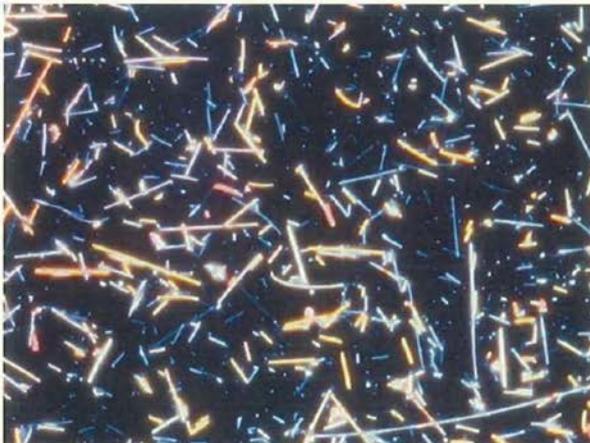
試料⑩ エルボ部



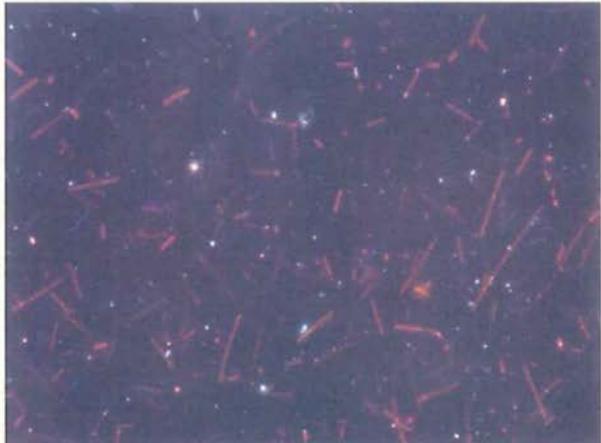
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.550$   
クリソライト確認：なし



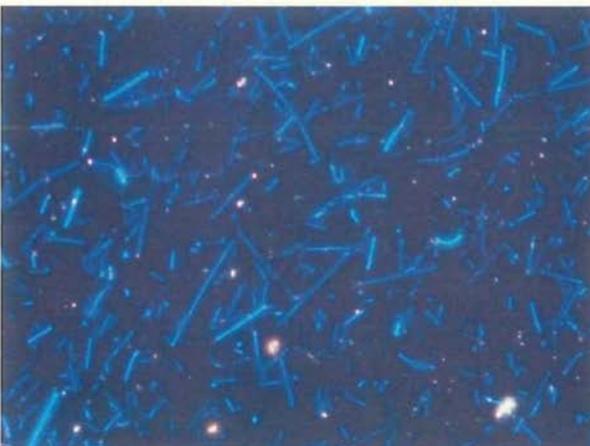
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.680$   
アモサイト確認：なし、クロソライト確認：なし



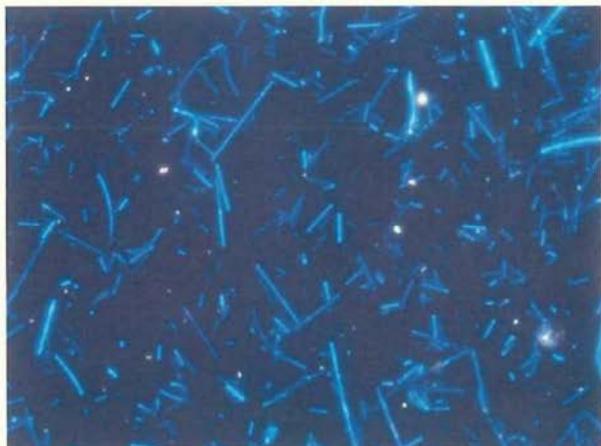
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.700$   
アモサイト/クロソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.605$   
アンソファイト、トモライト/アキチライト確認：なし



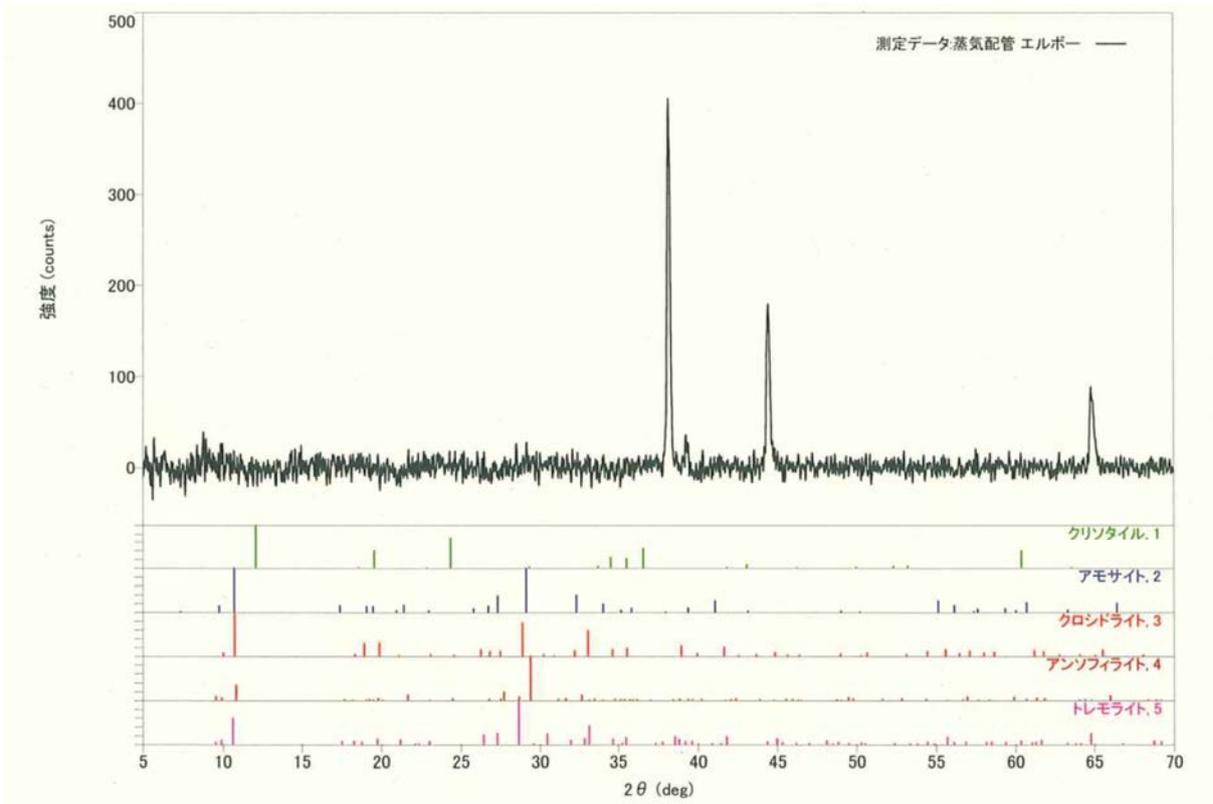
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.618$   
アンソファイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.620$   
トモライト/アキチライト確認：なし

分散染色分析観察写真

試料⑩ エルボ部



エックス線回折図・定性分析解析結果

試料⑪ 直管部



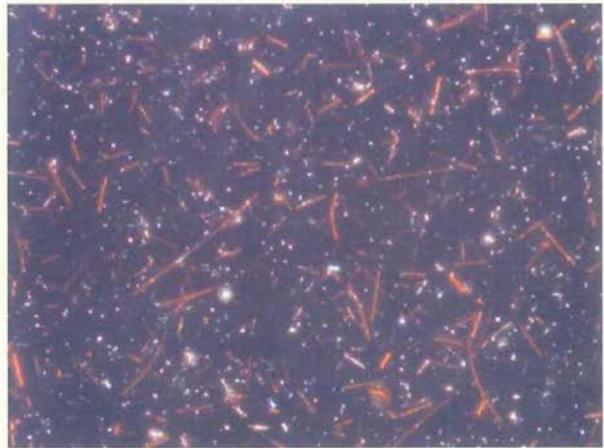
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.550$   
クリソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.680$   
アモサイト確認：なし、クロソライト確認：なし



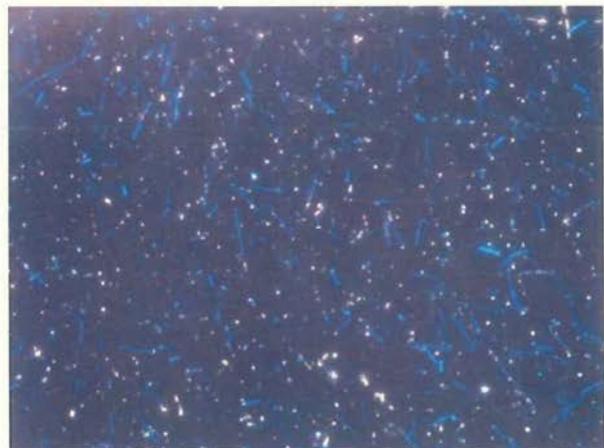
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.700$   
アモサイト/クロソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.605$   
アンソファイト、トモライト/アクチノライト確認：なし



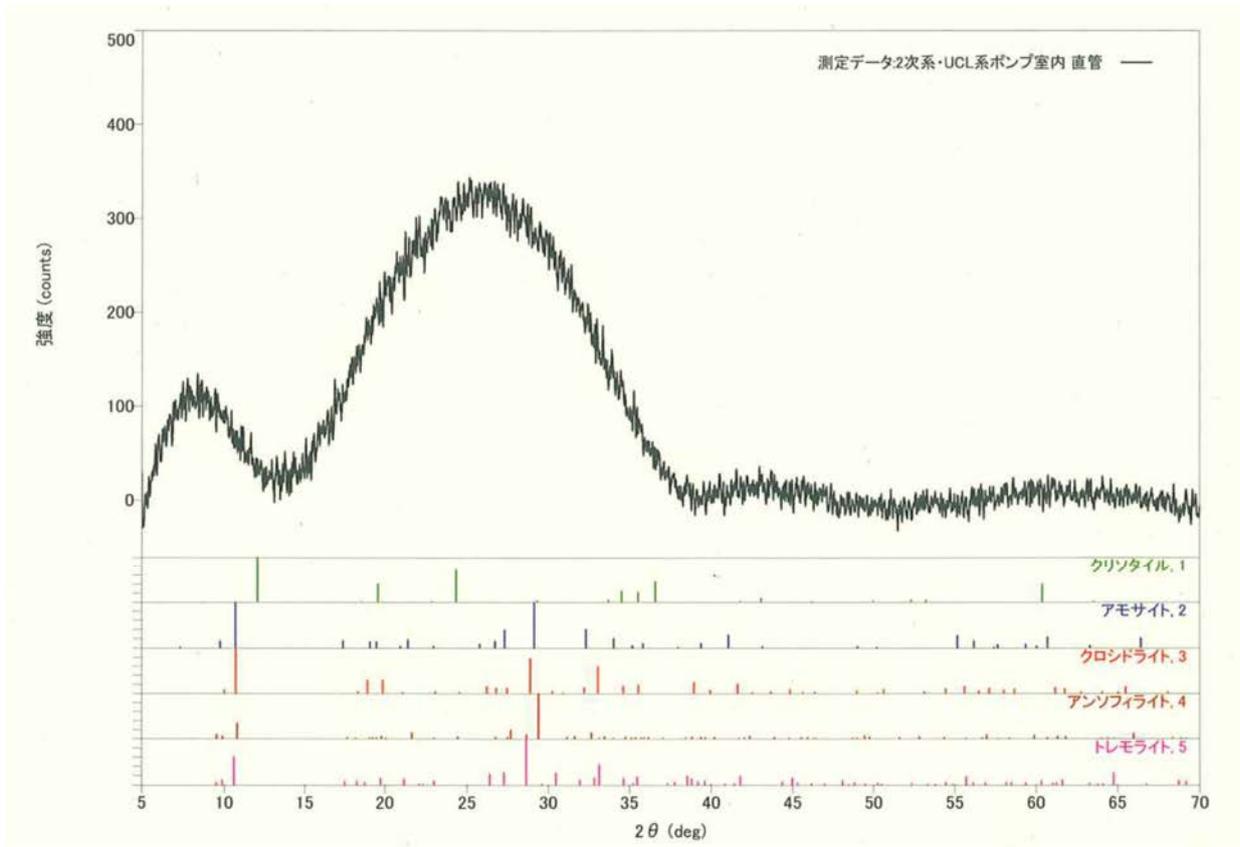
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.618$   
アンソファイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.620$   
トモライト/アクチノライト確認：なし

分散染色分析観察写真

試料⑪ 直管部



エックス線回折図・定性分析解析結果

試料⑫ エルボ部



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.550$   
クワイル確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.680$   
アモサイト確認：なし、クロソライト確認：なし



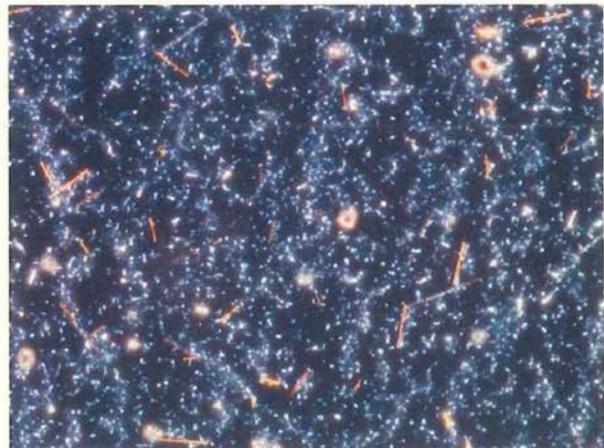
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.700$   
アモサイト/クロソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.605$   
アンソファイト、トモライト/アキチライト確認：なし



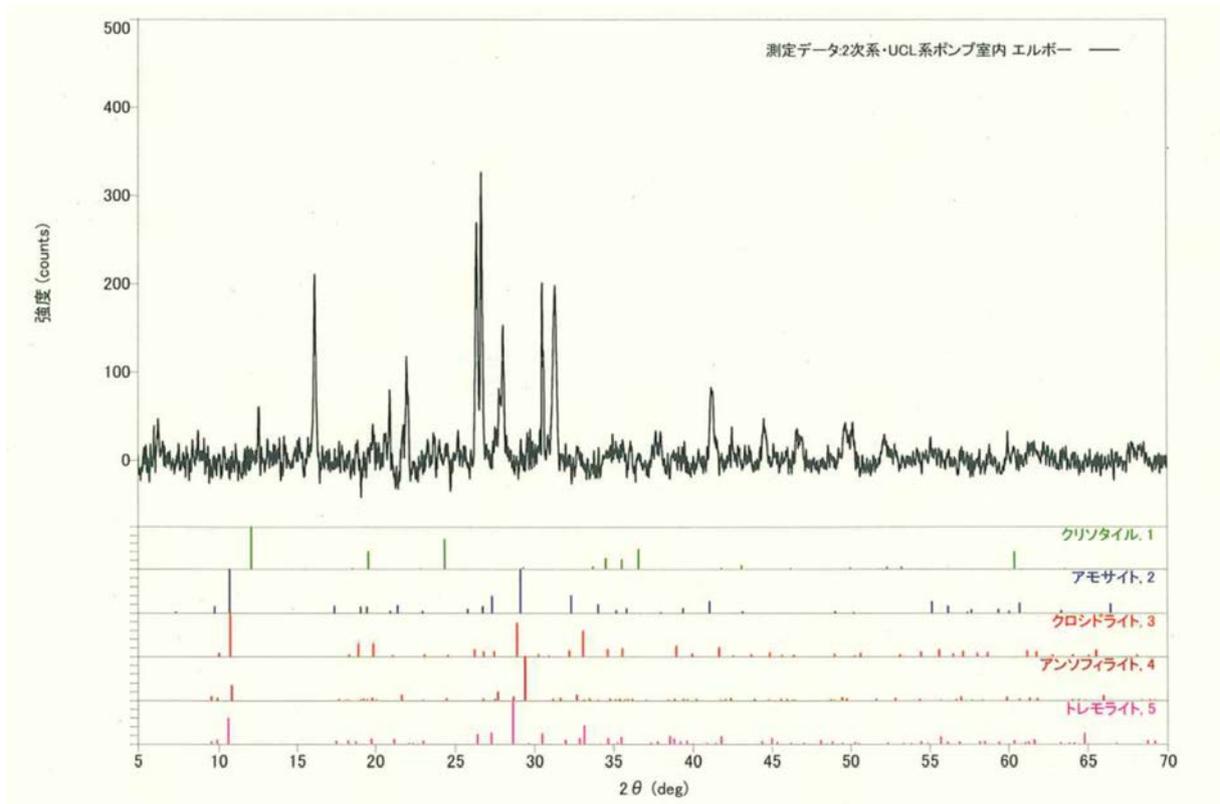
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.618$   
アンソファイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.620$   
トモライト/アキチライト確認：なし

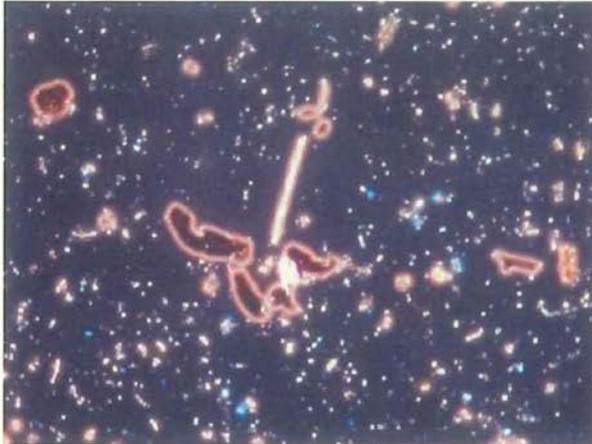
分散染色分析観察写真

試料⑫ エルボ部

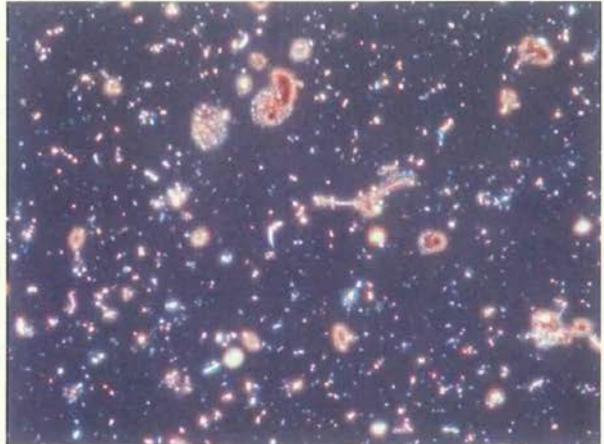


エックス線回折図・定性分析解析結果

試料⑬ 直管部



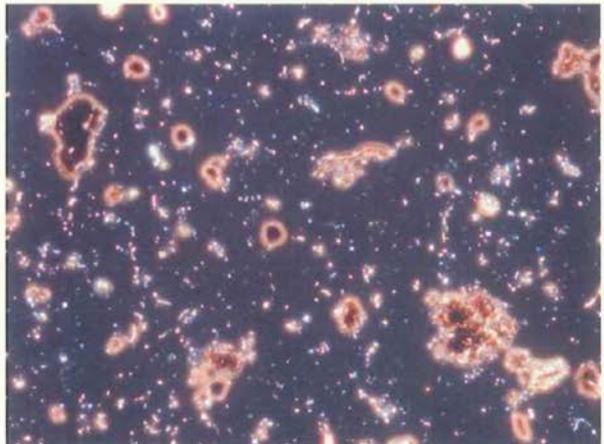
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.550$   
クリソライト確認：なし



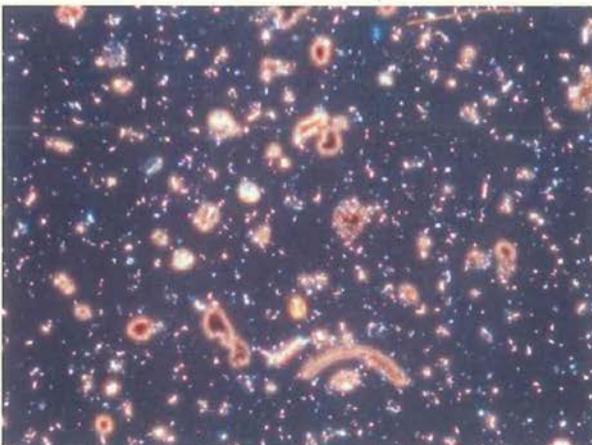
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.680$   
アモサイト確認：なし、クロソライト確認：なし



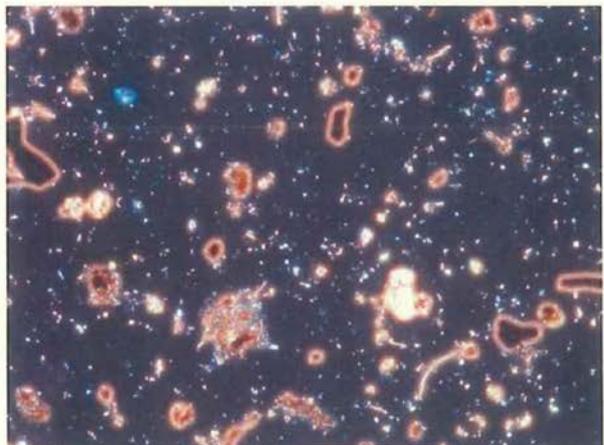
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.700$   
アモサイト/クロソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.605$   
アンソファイト、トモライト/アケチライト確認：なし



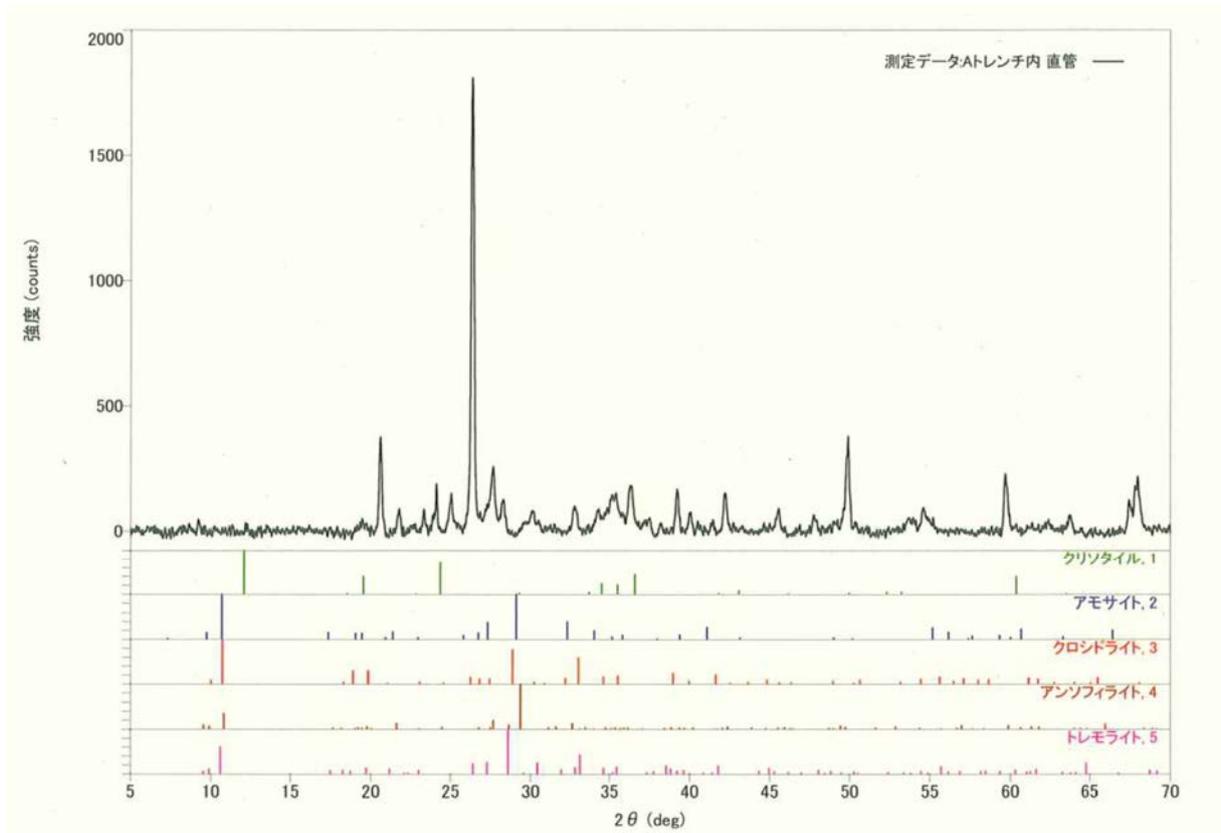
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.618$   
アンソファイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}}=1.620$   
トモライト/アケチライト確認：なし

分散染色分析観察写真

試料⑬ 直管部



エックス線回折図・定性分析解析結果

試料⑭ エルボ部



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.550$   
クリソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.680$   
アモサイト確認：なし、クロソライト確認：なし



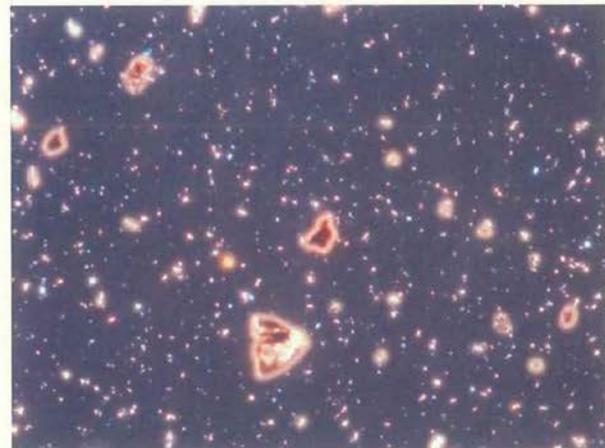
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.700$   
アモサイト/クロソライト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.605$   
アンソファイト、トモライト/アキチライト確認：なし



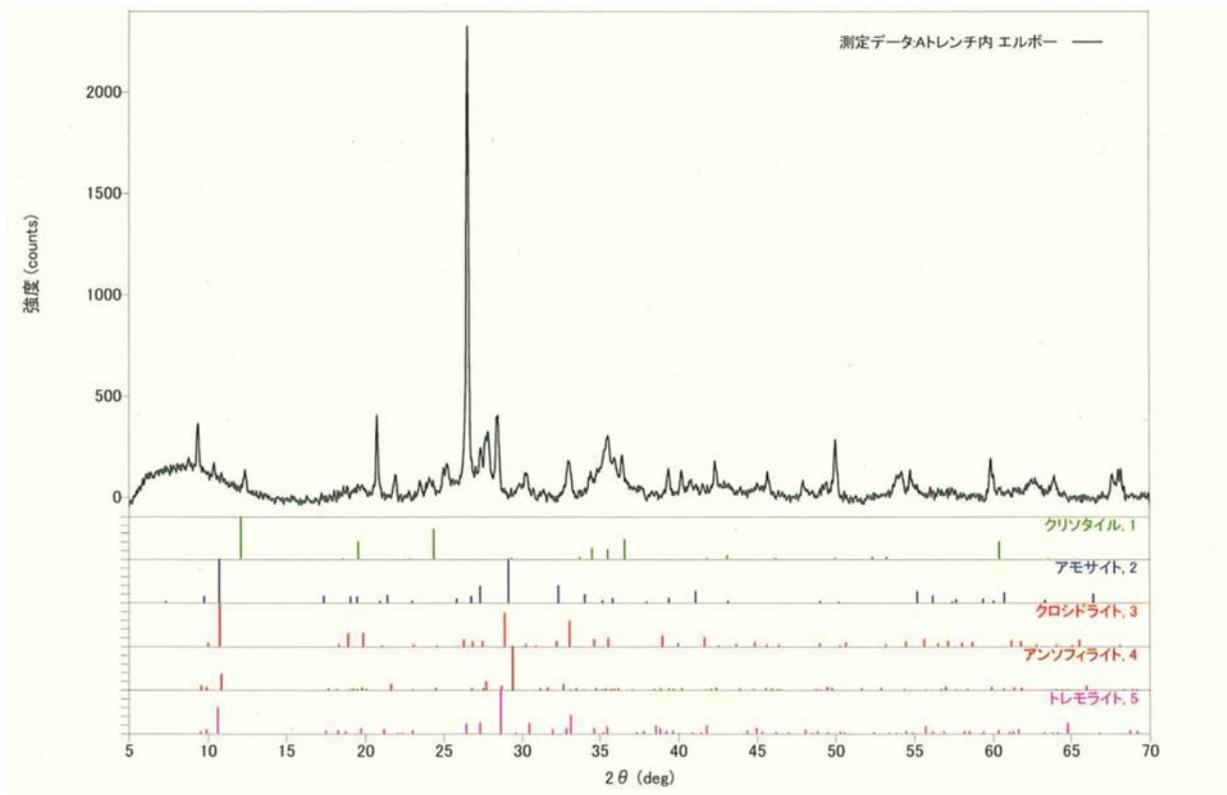
浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.618$   
アンソファイト確認：なし



浸液の屈折率  $\eta_D^{25^\circ\text{C}} = 1.620$   
トモライト/アキチライト確認：なし

分散染色分析観察写真

試料⑭ エルボ部



エックス線回折図・定性分析解析結果

## 付録 2

### 採取した試料の外観

This is a blank page.



1) 試料① 外観



2) 試料② 外観



3) 試料③ 外観



4) 試料④ 外観



5) 試料⑤ 外観



6) 試料⑥ 外観

写真 採取したサンプリング試料外観写真 (1/3)



7) 試料⑦ 外観



8) 試料⑧ 外観



9) 試料⑨ 外観



10) 試料⑩ 外観



11) 試料⑪ 外観



12) 試料⑫ 外観

写真 採取したサンプリング試料外観写真 (2/3)



13) 試料⑬ 外観



14) 試料⑭ 外観

写真 採取したサンプリング試料外観写真 (3/3)

This is a blank page.



