

ISSN 1346-7328

国総研資料 第1272号

令和6年3月

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1272

March 2024

## 下水道用硬質瀝青管の実態及び管理に関する研究

下水道研究部下水道研究室

Study on the actual condition and management of pitch fiber pipes for sewerage

Wastewater System Division

Water Quality Control Department

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan



## 下水道用硬質瀝青管の実態及び管理に関する研究

下水道研究部下水道研究室

Study on the actual condition and management of pitch fiber pipes for sewerage

Wastewater System Division, Water Quality Control Department

### 概要

1970年代に主に下水道用取付け管として導入された硬質瀝青管について、本研究では、地方公共団体へのアンケート調査、諸外国の文献調査及び実際に布設されていたサンプルを用いた各種試験等より、その特性及び管理における留意点を整理した。

キーワード：下水道管路、硬質瀝青管、管理、改築

### Synopsis

Regarding pitch fiber pipes for sewerage laid in the 1970s, we summarized the findings on the structural characteristics and management considerations based on the results of questionnaire surveys to local governments, literature review, and various tests of samples that had been actually laid.

Key Words: sewer, pitch fiber pipe, management, rehabilitation





# 目 次

1. はじめに	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	1
1.3 研究内容	1
2. 硬質瀝青管の実態	3
2.1 国内における情報整理	3
2.2 諸外国における情報整理	14
3. 硬質瀝青管の特性	19
3.1 構造特性の整理	19
3.2 成分分析	23
3.3 高圧洗浄試験	33
3.4 偏平試験	39
4. 硬質瀝青管の管理における留意点	47
4.1 布設状況の把握	47
4.2 改築	47
4.3 清掃・洗浄時の留意点	47
参考資料Ⅰ 成分分析（アスベスト定性分析）のデータ	49
参考資料Ⅱ 浸漬試験	63
参考資料Ⅲ 偏平試験の供試体の写真	85



# 1. はじめに

## 1.1 研究背景

1970年代のオイルショック<sup>※1</sup>時に、陶管等の各種管材の入手が困難となり、一部の地方公共団体において主に下水道用取付け管として硬質瀝青管が導入された<sup>※2</sup>。硬質瀝青管は、紙管<sup>※3</sup>にコールタール<sup>※4</sup>（瀝青成分）を含浸させて防水性を持たせた管材であるが、経年劣化や防水性の低下等に伴い、水膨れ、破損又は閉塞といった不具合が発生し、硬質瀝青管に起因する道路陥没も発生している<sup>※5</sup>。硬質瀝青管の取付け管が多数存在し、汚水溢水や道路陥没の原因になっているところ、予防保全型維持管理に取り組んでいる地方公共団体もある。

硬質瀝青管を管理している地方公共団体においては、硬質瀝青管の問題に対し、適切に対応する必要がある。

## 1.2 研究目的

硬質瀝青管には規格がなく、布設状況、劣化過程及び管理方法等に不明な点が多い。そのため、本研究では、硬質瀝青管の問題に対し、適切な対応がなされるよう、国内の布設状況等の実態及び海外文献等を調査するとともに、供試体を用いた各種試験により硬質瀝青管の特性を検討し、硬質瀝青管の管理における留意点を示すことを目的とした。

## 1.3 研究内容

以下のとおり、情報収集及び各種試験結果等を踏まえ、硬質瀝青管の管理における留意点を整理した。

### (1) 硬質瀝青管の情報収集・整理

- 硬質瀝青管の布設状況等について、全国の地方公共団体の実態を調査
- 諸外国における硬質瀝青管の維持管理等について、文献調査等を実施

### (2) 硬質瀝青管の特性把握

- 国内に布設されていた硬質瀝青管のサンプルを収集
- 目視観察により硬質瀝青管の構造を調査
- アスベストの含有の有無を分析
- コールタール含有率を分析
- 高圧洗浄試験を実施し、ノズルの種類や洗浄圧力と異常の程度との関係を整理
- 偏平試験を実施し、異常の程度と残存耐荷強度との相関を整理

---

※1 1970年代に2度発生した原油供給逼迫及び価格高騰を指し、国内産業へ大きな影響を与え、下水道分野においても焼成用の燃料高騰で陶管等の生産に影響を与えた。

※2 2021年度末時点において、下水道用本管では5団体で約4.4km使用されている（全国総延長約49万kmの約0.001%）。

※3 紙等の繊維基板でできた管を指し、製造方法としては大きく分けて「平巻き型」「スパイラル型」に分類され、日常用品としてのラップやテープの巻き芯及び建材としてのボイド管等、現在でも幅広く利用されている。

※4 石炭を乾留し製鉄用のコークスと分離された油状物質であり、ナフタレンやベンゼンといった芳香族化合物を含む。このため、塩化ビニルなど一部の樹脂製品において劣化要因となる。

※5 硬質瀝青管に起因する道路陥没は、2017年度から2021年度までの5年間では、8団体で22件発生している（合計約14,500件の約0.15%）。

### (3) 硬質瀝青管の管理における留意点の検討・整理

- 布設状況の把握、改築及び清掃・洗浄時の留意点を整理

なお、本研究に携わったメンバー及び本研究に係る既報は、以下のとおりである。

#### 下水道研究部下水道研究室

元 室長	岩崎 宏和	(2017 年度～2018 年度)
元 室長	岡安 祐司	(2019 年度～2021 年度)
室長	吉田 敏章	(2022 年度～2023 年度)
元 主任研究官	深谷 渉	(2017 年度)
元 主任研究官	川島 弘靖	(2018 年度～2019 年度)
元 主任研究官	田本 典秀	(2020 年度)
主任研究官	橋本 翼	(2023 年度)
元 交流研究員	野田 康江	(2017 年度～2018 年度)
元 交流研究員	原口 翼	(2019 年度～2020 年度)
元 交流研究員	成瀬 直人	(2021 年度～2022 年度)
交流研究員	富田 涼	(2023 年度)

- 野田康江、深谷渉、岩崎宏和：硬質瀝青管の特性に関する調査、第 55 回下水道研究発表会講演集 pp.19～21、(公社)日本下水道協会、2018
- 野田康江、深谷渉、岩崎宏和：オイルショック時に使用された硬質瀝青管の布設実態と特性、土木技術資料 Vol.60 No.8 pp.36～39、(一財)土木研究センター、2018
- 岩崎宏和、深谷渉、川島弘靖、野田康江：下水道管路の持続可能なストックマネジメントに関する調査、平成 29 年度下水道関係調査研究年次報告書集 pp.1～8、国総研資料 第 1056 号、2019
- 野田康江、川島弘靖、岩崎宏和：硬質瀝青管の維持管理方法確立に向けて、第 56 回下水道研究発表会講演集 pp.836～838、(公社)日本下水道協会、2019
- 岩崎宏和、川島弘靖、野田康江：下水道管路の持続可能なストックマネジメントに関する調査、平成 30 年度下水道関係調査研究年次報告書集 pp.1～6、国総研資料 第 1114 号、2020
- 原口翼、野田康江、川島弘靖、岡安祐司：硬質瀝青管の特性と維持管理における留意点、土木技術資料 Vol.62 No.9 pp.24～27、(一財)土木研究センター、2020
- 岡安祐司、川島弘靖、原口翼：下水道管路における効率的なストックマネジメント実施に関する調査、令和元年度下水道関係調査研究年次報告書集 pp.21～26、国総研資料 第 1146 号、2021

#### 参考文献

- 1) 近藤太一、谷口丞、西井達哉：横浜市青葉区での下水道取付管における予防保全型維持管理の取組みについて、第 54 回下水道研究発表会講演集 pp.666～668、(公社)日本下水道協会、2017

## 2. 硬質瀝青管の実態

### 2.1 国内における情報整理

#### 2.1.1 国内での硬質瀝青管の扱い

硬質瀝青管は、「Z（ゼット）パイプ」「タール管」「ボイド管」「瀝青管」とも呼ばれており、材料について、基材（紙）部分に関しては「破碎新聞紙」「クラフト紙」「段ボール（ボール紙）」「繊維基板」等と表現され、含浸材（瀝青）に関しては「コールタール」「タールピッチ」※1「ピッチ」「瀝青材」等と表現されている。

硬質瀝青管の扱いとしては、下水道維持管理指針<sup>1)</sup>（以下「維持管理指針」という。）において、「現在の規格にない」「水膨れによる閉塞や破損による道路陥没の主因となっている」といった理由から布設が確認された場合は布設替えをすることが望ましいとされている。

なお、「水膨れ」という表現は実際の劣化状況とイメージが乖離するため（写真 2.1-1）、本資料では「波打ち」※2という表現に統一する。



写真 2.1-1 硬質瀝青管の劣化状況

※1 コールタールから芳香族化合物やクレオソート油等を蒸留して残った粘弾性を有する樹脂状物質であり、軟ピッチやバインダーピッチ等と呼ばれることもある。

※2 紙が周囲の大気より吸湿し、部分的に繊維が伸びることにより発生する劣化状況。

## 2.1.2 硬質瀝青管の実態調査

全国に布設されている硬質瀝青管の問題発生状況及び維持管理状況を把握するため、下水道事業を実施中の全ての都道府県、政令指定都市、市町村及び一部事務組合に対してアンケート調査を実施した。

### (1) 調査内容

2017年度時点で下水道事業を実施している全国の都道府県、政令指定都市、市町村及び一部事務組合の計1,495団体を対象にアンケート調査を実施した。

質問は選択肢で回答するものと記述で回答するものとを組み合わせている。質問項目は以下のとおりである。

#### 1) 布設状況

- 硬質瀝青管が布設されている場合は、「はい」を選択する。  
残存していなくても、過去に布設されたことがある場合は「はい」を選択する。
- 硬質瀝青管が布設されていない場合は、「いいえ」を選択し、質問は終了とする。

#### 2) 採用期間

- 硬質瀝青管が採用（布設）された期間を記入する。

#### 3) 使用部位

- 硬質瀝青管が使用されている部位を選択する。
- 選択肢は、「本管」「取付け管」「本管と取付け管」「その他」。
- 選択肢で「その他」を選択した場合は、その他欄内に記入する。

#### 4) 発生している不具合

- 過去に硬質瀝青管で発生した不具合を選択する。
- 選択肢は、「腐食」「たるみ」「破損」「クラック」「継手ズレ」「浸入水」「陥没」「閉塞」「悪臭」「その他」。
- 選択肢で「その他」を選択した場合は、その他欄内に記入する。

#### 5) 布設替え・更生の実施状況

- 硬質瀝青管の布設替えや更生を実施している場合は、「はい」を選択する。
- 硬質瀝青管の布設替えや更生を実施していない場合は、「いいえ」を選択する。
- 硬質瀝青管を全て改築済みの場合は、「全て布設替え済又は更生済」を選択する。

#### 6) 布設替え・更生が終了した時期及び実施した理由

- 5)の質問で、「全て布設替え済又は更生済」を選択した場合は、布設替え・更生が終了した時期を記入する。
- 5)の質問で、「全て布設替え済又は更生済」を選択した場合は、布設替え・更生を実施した理由を記入する。

#### 7) 点検・調査の実施状況

- 硬質瀝青管の点検・調査を実施している（したことがある）場合は、「はい」を選択する。

#### 8) 点検・調査の実施方法

- 7)の質問で「はい」を選択した場合は、点検・調査の実施方法について選択する。
- 選択肢は、「巡視・点検」「取付け管 TV カメラ調査」「本管 TV カメラ調査」「マンホール内目

視調査」「公共汚水ます調査」「空洞調査」「その他」で複数回答可。

- 選択肢で「その他」を選択した場合は、その他欄内に記入する。

9) 点検・調査結果時に使用した判定基準

- 8)の質問で「取付け管 TV カメラ調査」「本管 TV カメラ調査」を選択した場合は、点検・調査結果時に判定基準は何を使用したか記入する。

10) 改築方法について

- 実施済み又は今後実施予定の硬質瀝青管の改築方法について選択する。
- 選択肢は、「布設替え」「更生」「布設替え・更生のどちらも実施」。

11) 布設替えを採用する理由

- 10)の質問で、「更生」ではなく「布設替え」を採用した理由を記入する。

12) 採用した更生工法

- 10)の質問で、「更生」「布設替え又は更生のどちらも実施」を選択した場合は、採用した更生工法を記入する。

13) 布設替え・更生の判断基準の有無

- 10)の質問で、「布設替え・更生のどちらも予定」を選択した場合は、その判定基準の有無を選択する。

14) 布設替え・更生の具体的な判断基準

- 13)の質問で、「はい」を選択した場合は、布設替え・更生の具体的な判断基準を記入する。

15) 硬質瀝青管の維持管理に関する不明点・要望

- 硬質瀝青管の維持管理について不明点や要望があれば、自由に記入する。

(2) 調査集計結果

回収率は 78.5% (1,175 団体/1,495 団体) であった。人口規模別の回答状況を図 2.1-1 に示す。なお、東日本大震災の影響により、避難区域に指定されている町村は「その他」とする。

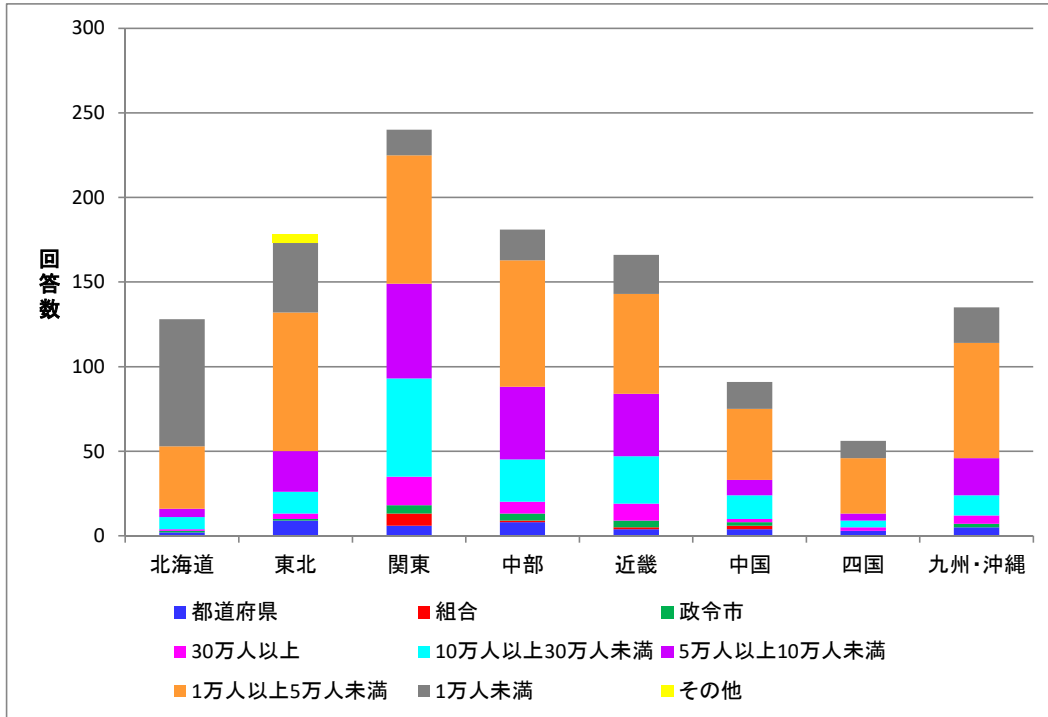


図 2.1-1 地域別及び人口規模別回答数

1) 布設状況

硬質瀝青管の布設状況について、図 2.1-2 に示す。回答のあった 1,175 団体のうち、79 団体 (約 7%) において硬質瀝青管が布設されている。

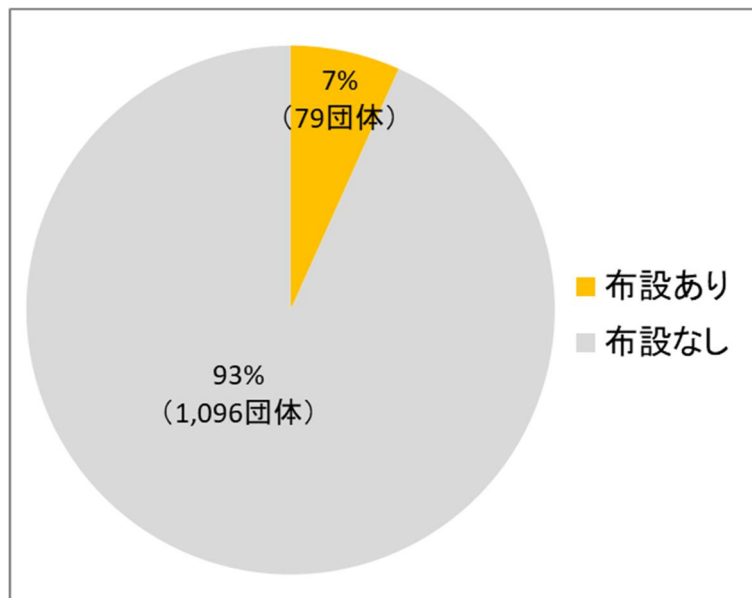


図 2.1-2 硬質瀝青管の布設状況



## 2) 採用期間

硬質瀝青管の採用期間を図 2.1-3 に示す。地方公共団体ごとに多少異なるが、1970 年代のオイルショック前後に採用したケースが多い。

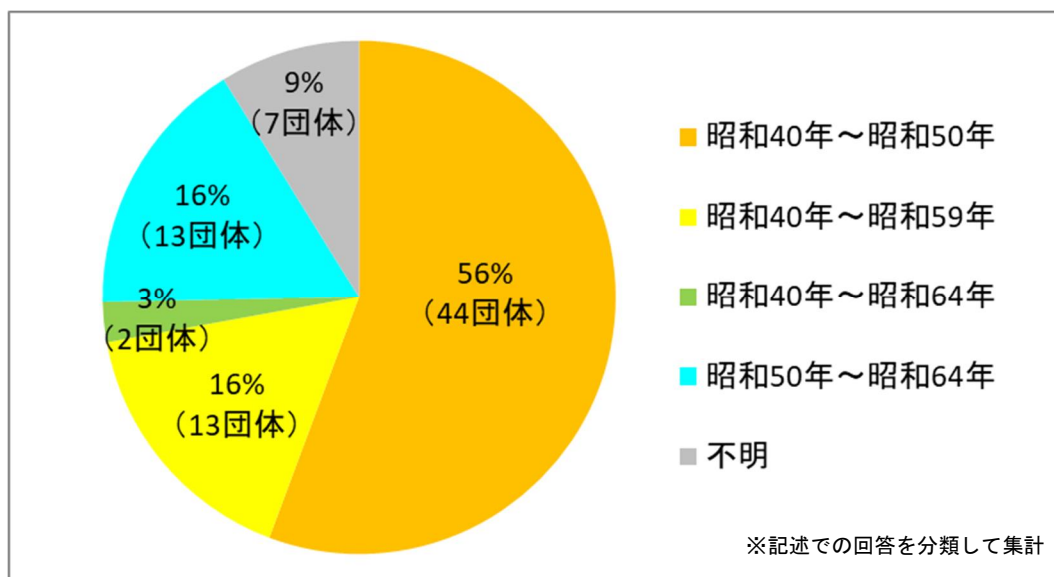


図 2.1-3 硬質瀝青管の採用期間

## 3) 使用部位

硬質瀝青管の使用部位を図 2.1-4 に示す。硬質瀝青管は主に取付け管として布設されており、一部の地方公共団体では本管としても採用されている。

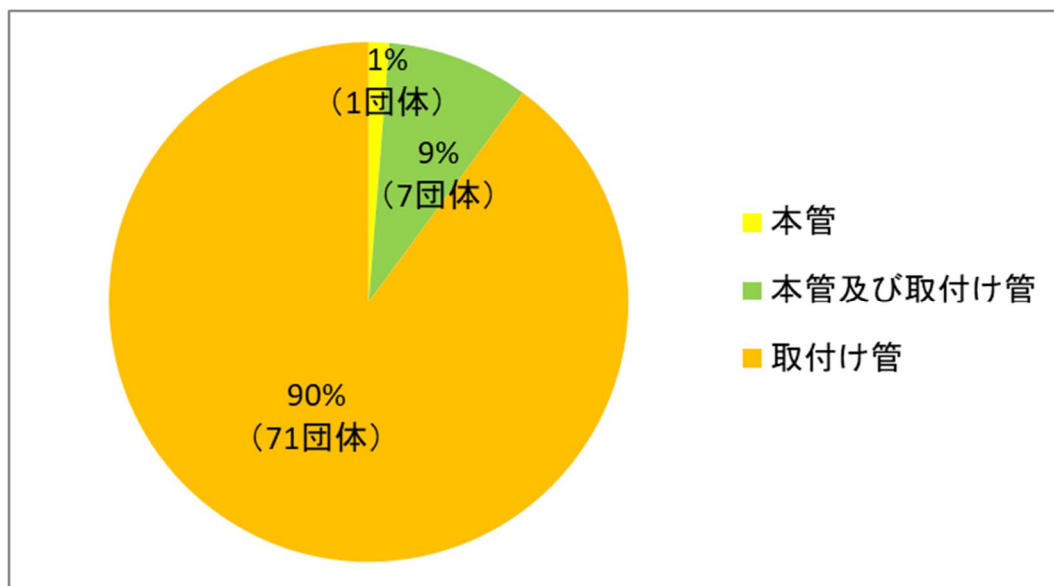


図 2.1-4 硬質瀝青管の使用部位

#### 4) 発生している不具合

硬質瀝青管で発生している不具合（複数回答可）を図 2.1-5 に示す。硬質瀝青管の布設が確認された地方公共団体のうち、約 9 割の地方公共団体で不具合が発生していると回答があった。その中で閉塞が一番多く、次いで破損、腐食が多い。その他の不具合として、樹木根侵入や変形等がある。

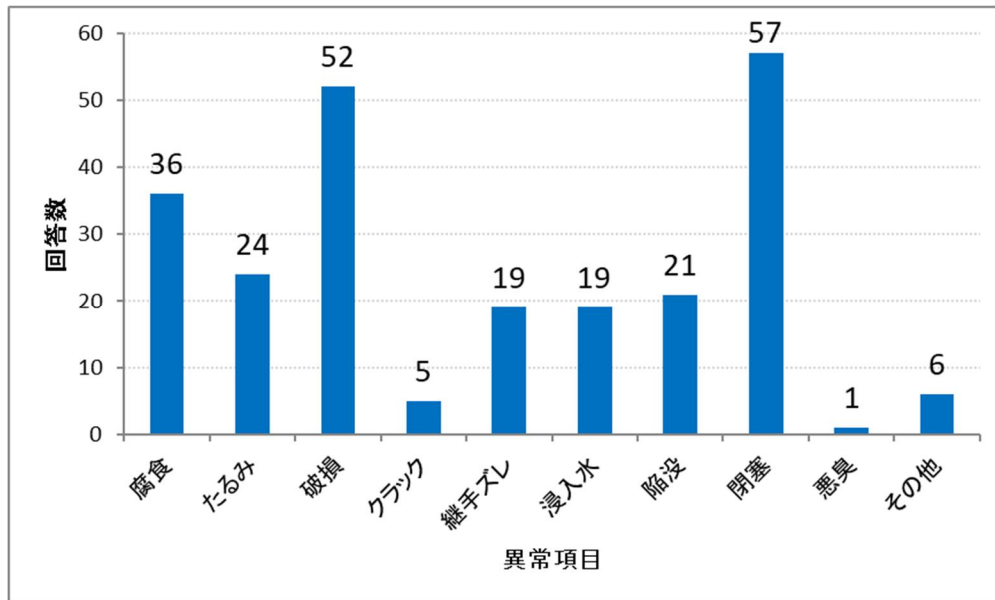


図 2.1-5 硬質瀝青管で発生している不具合

#### 5) 布設替え・更生の実施状況

硬質瀝青管の布設替え・更生の実施状況について図 2.1-6 に示す。布設替え・更生を実施しているのは 54 団体 (68%) であり、硬質瀝青管全てを布設替え済又は更生済であるのは 6 団体 (8%) である。

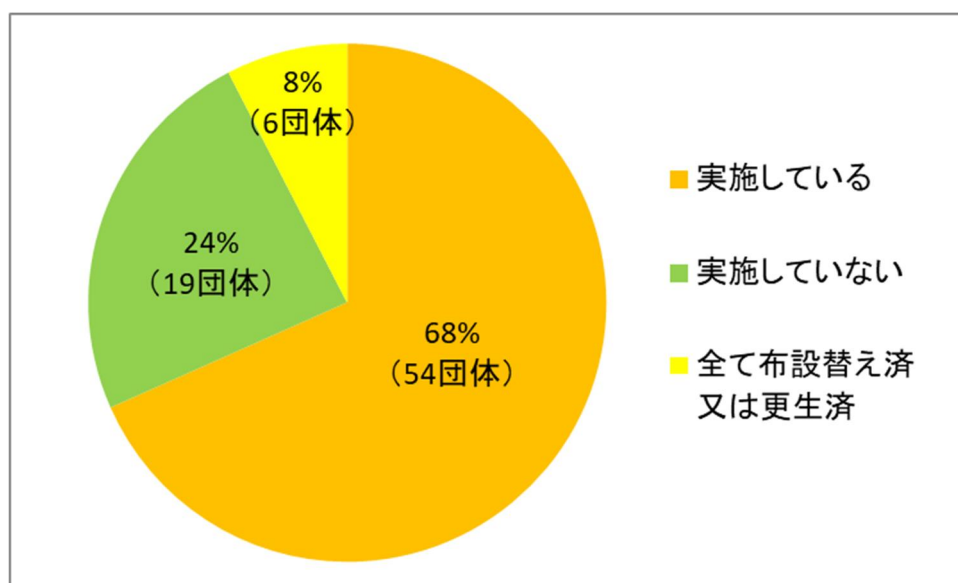


図 2.1-6 硬質瀝青管の布設替え・更生の実施状況

6) 布設替え・更生が終了した時期及び実施理由

5)の質問で、「全て布設替え済又は更生済」と回答した6団体について、布設替え又は更生が終了した時期及び実施理由をまとめた結果を表2.1-1に示す。布設替え又は更生が終了した時期にばらつきはあるが、実施した理由については、閉塞や破損等が多い。

表 2.1-1 硬質瀝青管の布設替え・更生が終了した時期及び実施理由

布設替え・更生が終了した時期	布設替え・更生を実施した理由
平成7年頃	つまりが多発し、修理が不可能であった。 当該開発区域全ての取付け管を交換した。
平成17年3月頃	維持管理上、支障があったため。
平成20年度	破損による閉塞が発生したため。
平成25年1月頃	腐食等がひどく、管の強度を維持できないおそれがあるため。
平成25年3月頃	調査により概ね破損を確認したため。
平成29年3月頃	調査の結果、破損箇所数を把握したため。

7) 点検・調査の実施状況

硬質瀝青管の点検・調査の実施状況について図2.1-7に示す。50団体（63%）が点検・調査を実施していない結果となった。

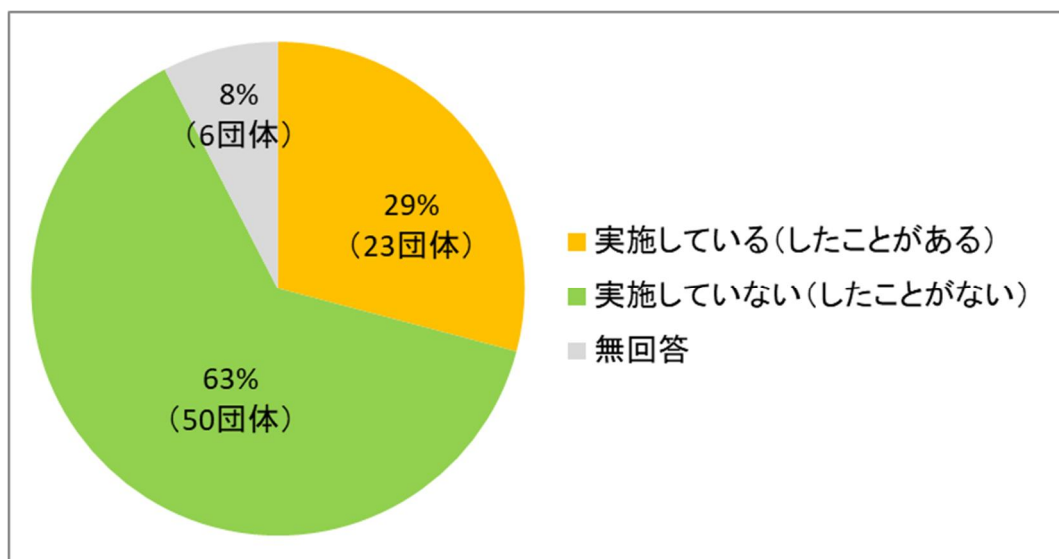


図 2.1-7 硬質瀝青管の点検・調査の実施状況

### 8) 点検・調査の実施方法

硬質瀝青管の点検・調査を実施した方法（複数回答可）について図 2.1-8 に示す。取付け管 TV カメラ調査が最も多く、次いで公共汚水ます調査である。

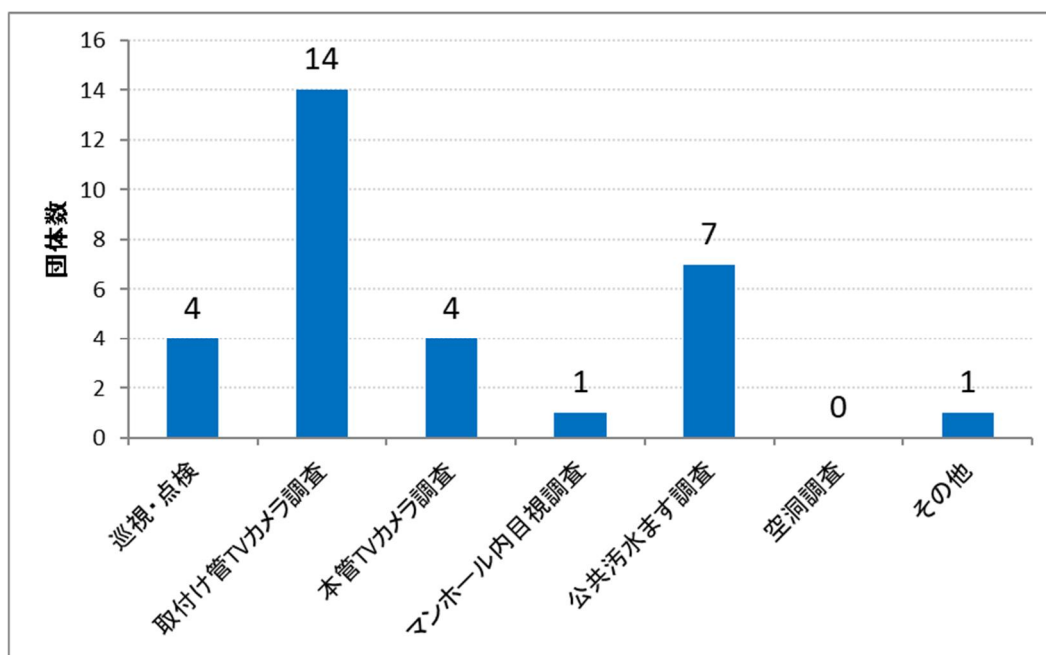


図 2.1-8 硬質瀝青管の点検・調査方法

### 9) 点検・調査結果時に使用した判定基準

硬質瀝青管の点検・調査結果時に使用した判定基準について図 2.1-9 に示す。硬質瀝青管であるため改築と判定している地方公共団体が 8 団体（35%）で一番多く、維持管理指針等の基準を使用している地方公共団体は 6 団体（26%）であった。

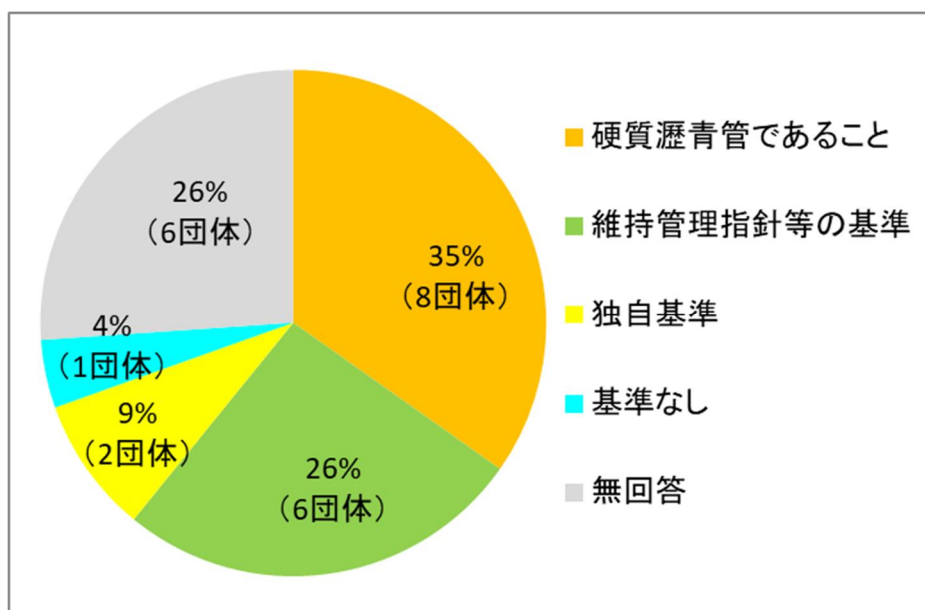


図 2.1-9 硬質瀝青管の点検・調査結果時に使用した判定基準

#### 10) 改築方法について

硬質瀝青管の改築方法（予定を含む）を図 2.1-10 に示す。硬質瀝青管は取付け管に採用されることが多いため、布設替えを選択する地方公共団体が多い。また、更生のみで改築する団体は 0 団体であった。

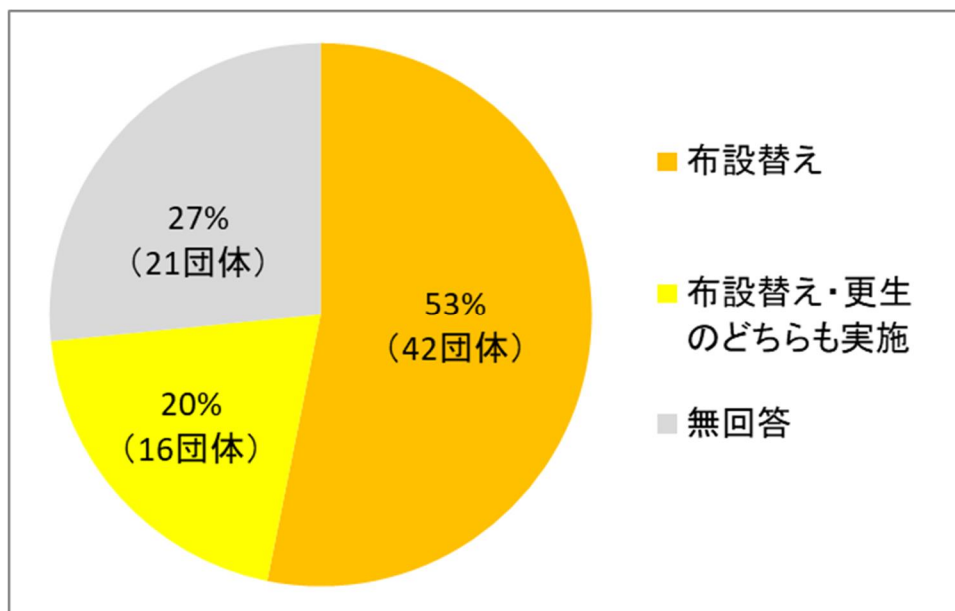


図 2.1-10 硬質瀝青管の改築方法

#### 11) 布設替えを採用する理由

10)の質問で、「布設替え」「布設替え・更生のどちらも実施」を選択した地方公共団体において、布設替えを採用する理由を図 2.1-11 に示す。更生工法を検討したものの硬質瀝青管の変形や閉塞によって更生工法が採用できなかったなどの理由が多く、次いで取付け管であることから施工性や経済性を理由に布設替えを採用している地方公共団体が多い。

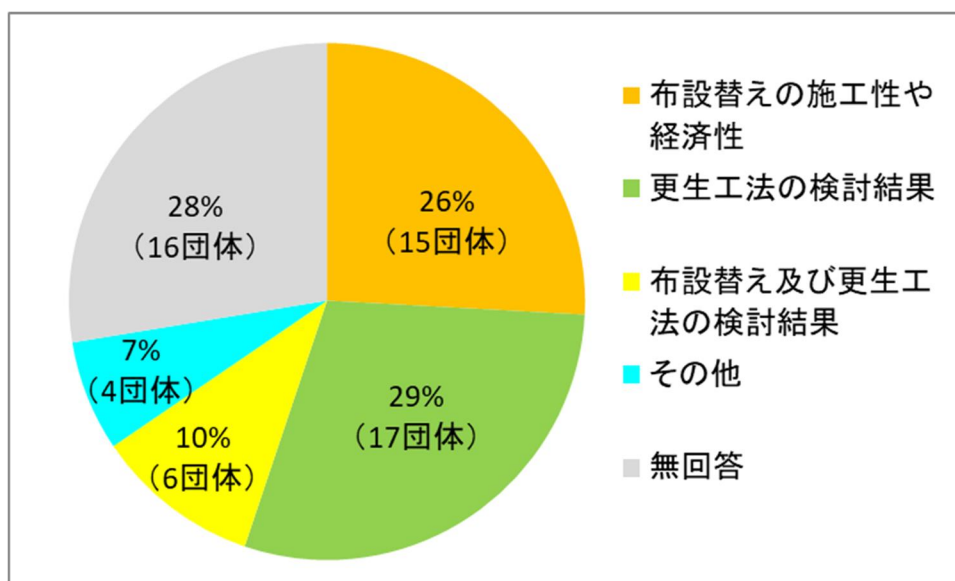


図 2.1-11 布設替えを採用する理由

## 12) 採用した更生工法

10)の質問で、「布設替え・更生のどちらも実施」を選択した地方公共団体において採用した更生工法を図 2.1-12 に示す。光硬化系工法を採用している地方公共団体が多い。

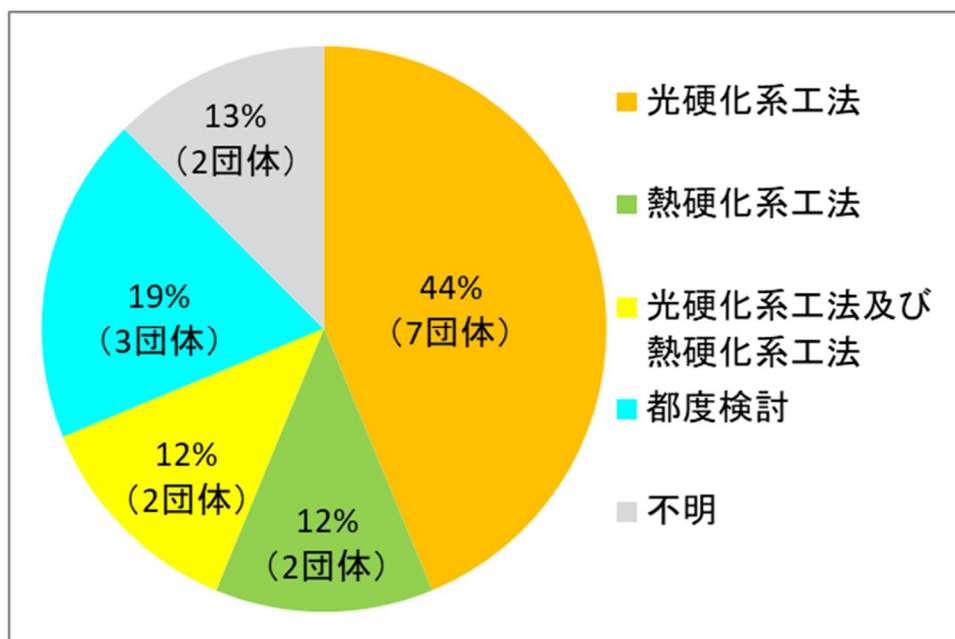


図 2.1-12 採用した更生工法

## 13) 布設替え・更生の判断基準の有無

10)の質問で、「布設替えと更生のどちらも実施」と回答のあった地方公共団体において、布設替え及び更生の判断基準の有無について図 2.1-13 に示す。判断基準を有している地方公共団体は6団体 (37%) であった。

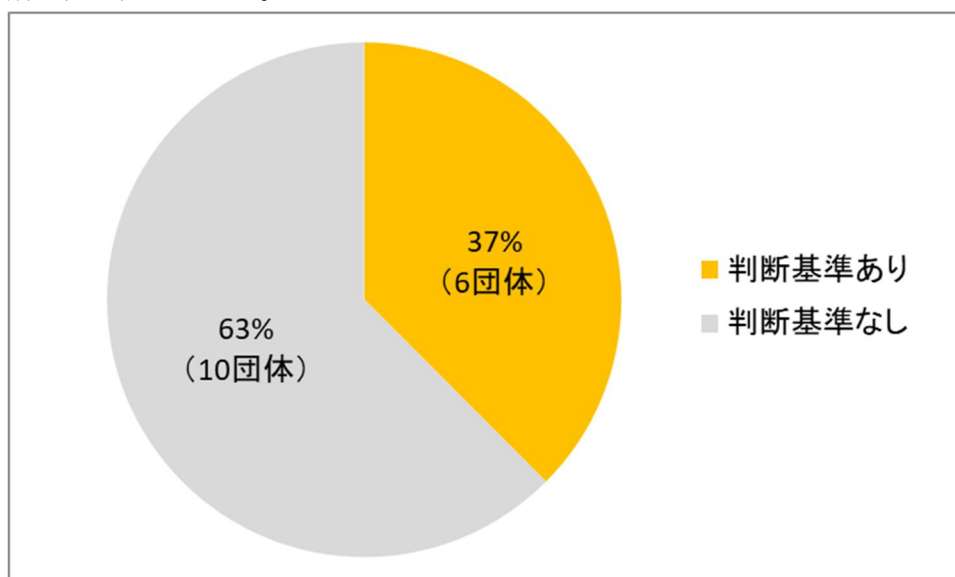


図 2.1-13 布設替え・更生の判断基準の有無

#### 14) 布設替え・更生の具体的な判断基準

13)の質問で、「判断基準あり」と回答のあった地方公共団体の判断基準をまとめた結果を表2.1-2に示す。図2.1-11と同じように、布設替えと更生との経済比較や、布設替えや更生の施工性によって判断している。

表 2.1-2 布設替え・更生の判断基準

経済比較・施工性によって判断
基本は更生とし、TVカメラ調査により確認された破損等によって管更生が不可と判断される場合は布設替え
基本は布設替えとし、民地の状況により布設替えが難しい場合のみ管更生と判断

#### 15) 硬質瀝青管の維持管理に関する不明点・要望

硬質瀝青管の維持管理について、主な意見を表2.1-3に示す。

表 2.1-3 硬質瀝青管の維持管理に関する主な意見

民間事業者からの移管による影響もあるが、図面もなくどこに埋設されているかわからない
標準耐用年数の設定ができないか
他都市がどのような維持管理をしているか知りたい
点検・調査における判断基準があるとよい
布設替え・更生の判断基準が知りたい
雨水用の取付け管は、汚水用の取付け管と比較して状態の良いものが多いが、改築すべきか

#### (3) アンケート結果のまとめ

以下にアンケート結果をまとめる。

- 国内の 79 地方公共団体において、硬質瀝青管が布設されており、又は布設されたことがあり、1970年代のオイルショック前後に採用したケースが多い。
- 79 団体のうち、硬質瀝青管が使用されている部位が取付け管のみであるのは 71 団体（約 9 割）である。
- 79 団体のうち、6 団体（1 割弱）が硬質瀝青管の布設替え・更生を完了している一方、50 団体（6 割強）は硬質瀝青管の点検・調査を実施していない。
- 民間事業者が布設した後に地方公共団体に移管されたが、図面がなく、どこに硬質瀝青管が埋設されているか分からない団体がある。
- 雨水用の取付け管は汚水用の取付け管と比較して状態の良いものが多いという団体がある。

## 2.2 諸外国における情報整理

諸外国では日本より古くから硬質瀝青管が採用されていることから、諸外国における硬質瀝青管の歴史、劣化事象及び不具合対策について情報収集・整理を行った。

### 2.2.1 硬質瀝青管の名称

諸外国における硬質瀝青管の名称を表 2.2-1 に示す。様々な名称で呼ばれているが、いずれも紙（繊維材料）にコールタール等の瀝青物を含浸させた管のことを指している。

表 2.2-1 諸外国における硬質瀝青管の名称

名称	概要
Pitch Fibre Pipe	英国で一般的に使用している名称
Coal Tar Impregnated Wood Fibre Pipe	米国で一般的に使用している名称
Pitch-impregnated Fibre Pipe	英国規格 (BS 2760:1973) で使用している名称
Bituminized Fiber Drain and Sewer Pipe	米国の特許登録・商務省・建築基準法で使用している名称
Perforated Homogeneous Bituminized Fiber Pipe	米国規格 (ASTM D2311) で使用している名称
Laminated-Wall Bituminized Fiber Drain and Sewer Pipe	米国規格 (ASTM D1862) で使用している名称

### 2.2.2 諸外国における硬質瀝青管の歴史

#### (1) ドイツにおける硬質瀝青管の歴史<sup>2)</sup>

諸外国における情報収集を行った中で、最も古くから硬質瀝青管を採用している国はドイツであった。1850年にハンブルグ市において水道管として布設され、64年後の1914年に掘り起こされた硬質瀝青管は健全であったと報告がある。この耐久性は、天然の防食材であるコールタールを使用していることであるとされていた。また、初期の硬質瀝青管の製造方法は、コールタールを含浸させた紙を軸に巻き付けて所定の厚みを得る製造法であったとされている。

#### (2) 米国における硬質瀝青管の歴史<sup>3) 4)</sup>

米国で硬質瀝青管が最初に使われたのは1800年代半ばで、ボストン地区の送水管として1.5マイル布設され、60年以上供用したとされている。1900年代初期には、電力・電話・電信管として多く採用された。第二次世界大戦後の1940年代においては、下水道用の管として入手可能な管が限られていたことから、硬質瀝青管が採用された。この時代、住宅を含む多くの建築物で床や壁中に配管する用途や、軍の施設に採用されるなど、需要が高まったとされている。しかしながら、1960年代に硬質瀝青管より価格の安い塩化ビニル管が製造・採用され始め、硬質瀝青管の需要が減少した。

規格の面では、硬質瀝青管の製造工程、たわみ抵抗、破砕強度、透水性、吸水性及び耐薬品性に対する試験を含め、ASTM D1861及びASTM D1862で規定されていた。ミシガン州配管法では硬質瀝青管を認定品として含めていたため、同州アナーバー市では使用を認めていたが、いくつかの不具合事例を経て1970年に廃止された。

#### (3) カナダにおける硬質瀝青管の歴史<sup>4) 5)</sup>

カナダにおいて硬質瀝青管は「時限爆弾」とも呼ばれ、社会問題になっている。カナダで製造された硬質瀝青管は、紙繊維にコールタールを真空で含浸させて管を製造するもので、概ねコールタール



分 75%、繊維分 25%の成分比で構成されている。米国と同じく、下水道用の管として入手可能な管が限られていたことや硬質瀝青管の方が安価であったことから、第二次世界大戦後に建築された数十万戸の住宅に数千 km もの硬質瀝青管が採用された。

1990 年代の初期にオンタリオ州ウォータールー市では、供用開始後 20 年以内の硬質瀝青管において不具合が発生し始めた。同市において硬質瀝青管が更新されたのは 4,000 世帯に上り、かかった費用は 2,600 万ドルであった。また、アルバータ州エドモントン市では硬質瀝青管の交換に 18 億ドルもの費用がかかると試算している。

#### (4) 英国における硬質瀝青管の歴史<sup>2) 6) 7) 8)</sup>

英国では 1903 年から 1952 年まで米国から多くの硬質瀝青管を輸入していたが、1952 年以降に規格が制定され、自国で製造を開始している。硬質瀝青管の耐用年数は 40 年程度とされており、一部の製造メーカーでは管の強度を上げるためにアスベストを混ぜて製造していたとされている。また、ゴルフ場の排水を目的とした管として当時は陶管を使用していたが、悪条件下では 5 年しか利用できないことから硬質瀝青管を採用していた。

規格の面では、1966 年に BS2760 が制定され、管径毎の最小破壊荷重が規定されていたが、1987 年に規格は取り下げられた。

2003 年時点において硬質瀝青管を起因とする事故が 5 万件に上り、公共下水道における事故全体の 20%を占め、また、耐用年数 40 年を経過した硬質瀝青管が増加しており、事故件数の増加が懸念されている。

#### 2.2.3 諸外国における硬質瀝青管の製造方法<sup>9) 10)</sup>

諸外国における硬質瀝青管の製造方法は、破碎した繊維を固めて製造する「繊維均質型」と繊維基板を巻き上げて製造する「繊維基板積層型」とに分類され、時代によって、事前にコールタールを含浸させた繊維や繊維基板で管を成型した物、成型した管にコールタールを含浸させた物があると推察された。

国内文献ではあるが、破碎した新聞紙とアスベストとを混ぜ合わせ成形した紙繊維パイプにコールタールを含浸させる英国の製造方法が紹介されており、「繊維均質型」での製造にアスベストが用いられていたと考えられる。

「繊維基板積層型」は、ボイド管等に代表される「紙管」の製造方法による物と考えられ、一般的に積層数により強度を調整していたと考えられる。

#### 2.2.4 諸外国における硬質瀝青管の不具合<sup>7) 11) 12)</sup>

英国の環境・食糧・地方省及びウェールズ議会政府では、「内面が剥がれやすく、管の一体性が崩れる傾向にあった。通常の使用状態であっても、土荷重によって剛性管よりも早期に破壊する傾向にあった。」と報告されている。

1850 年から 1900 年代初期までは硬質瀝青管の不具合は顕在化しなかった状況及び 1990 年以降の維持管理で得られた経験から、諸外国における硬質瀝青管の不具合の原因として次の事象が考えられる。

- 長期荷重に対する性能が確認されていない。これは、上載荷重による変形が、10年程度の使用で確認されたことや、管の軟化によって変形が進行する可とう性管共通の事象である。
- 第二次世界大戦の前後で生活様式が変化し、温水（食器洗い、洗濯機、風呂・シャワー）や洗剤・化学薬品を多用するようになった。瀝青材は、温水によって軟化し、継続的な流水により洗い流される。瀝青材は油分であり、洗剤・化学薬品は油分を溶出させる。
- 管の変形によって継手から木の根が侵入したり、瀝青材の保湿機能によって木の根が水分・下水中の栄養分を求めて硬質瀝青管内に侵入したりする。

### 2.2.5 諸外国における硬質瀝青管の不具合対策<sup>12)</sup>

諸外国における硬質瀝青管の不具合対策としては、硬質瀝青管特有の劣化や変形があることから可とう性管として分類され、部分補修では劣化や変形を止めることができないと考えられており、管の布設替えや更生が唯一の対応策とされている。

諸外国における管更生のイメージを図 2.2-1 に示す。TV カメラ調査を実施し、管内の清掃や硬質瀝青管の波打ち部分の除去を行い、拡幅機等を利用して管内部を円形に拡径した後、ライニングを行う。

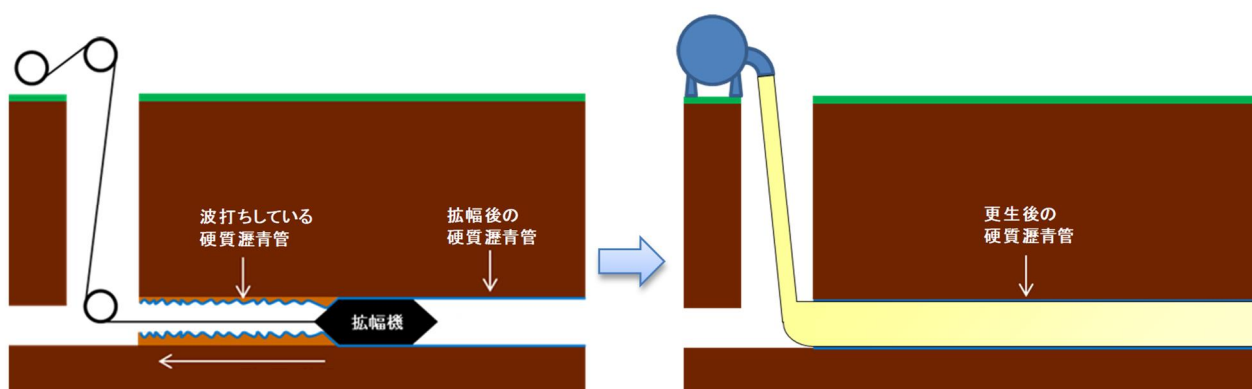


図 2.2-1 諸外国における硬質瀝青管の更生イメージ

### 2.2.6 諸外国における硬質瀝青管のアスベスト対策<sup>13)</sup>

米国や英国では、一部の製造メーカーが硬質瀝青管の強度を上げるためにアスベストを使用したことが報告されている。イングランドの水会社では、硬質瀝青管の工事に際して、「通常はコールタールに包まれているので、乱さない限り安全である。」として、作業中の暴露や廃棄物の処分について、アスベストセメントと同様の安全作業を求めている。

米国の特許 US 3039495A “Coated Bituminized Fiber Pipe”によると、水をはじくために 1~2%の炭素を、対候性を高めるために 2%のアスベストをコーティング剤として使用し、アスファルト乳剤の充填剤としてアスベスト、粘土、シリカ、石灰及びベントナイト等を使用すると記載されている。

### 2.2.7 国内と諸外国における硬質瀝青管の歴史

国内及び諸外国における硬質瀝青管の歴史をまとめた一覧を表 2.2-2 に示す。

表 2. 2-2 国内及び諸外国における硬質瀝青管の歴史

年代	日本	ヨーロッパ	米国
1850年		ハンブルグ市（ドイツ）で水道管として採用	
1800年代半ば			ボストン地区で水道管として採用
1914年		ハンブルグ市（ドイツ）に布設されたものが掘り返され、健全性を確認（64年経過）	
1927年			ボストン地区に布設された管の耐久性を確認（60年以上の耐久性）
1940年代			厚手の管が製造されるようになり、下水管・排水管として採用
1944年			CS116-44制定（1954年にCS116-54として改定）※現在は廃止
1945年			第二次世界大戦後の住宅ブームで、コンクリート・鉄の代替材料として、大量生産・消費が始まる。
1949年			ミシガン州配管委員会が硬質瀝青管を承認する。
1950年			
1951年			
1953年		英国にて製造を開始	下水道整備が最盛期を迎える。 大量生産・消費が進む。
1954年			
1956年			
1960年			
1965年	硬質瀝青管の製造を開始		塩化ビニル管の登場により、生産減
1966年		英国規格BS2760を制定	
1970年			
1973年	オイルショックにより下水道用の管材の入手が難しくなり、硬質瀝青管が主に取付け管として採用される。		ASTM D1861-73、ASTM D1862-73を制定
1983年			ASTM D2818-79を制定
1984年		英国にて製造終了	
1987年		英国規格BS2760を廃止	
1989年			
1990年			ASTM D2818-79、ASTM D2316-75、ASTM D2314-80、ASTM D2315-80を廃止
1992年			ASTM D2311-88、ASTM D2312-88、ASTM D1861、ASTM D1862を廃止
1990～2000年		瀝青の溶出、管の膨れ・剥がれ・変形事故が顕在化する。	
2000年～		撤去及びPVC・PP管・PE管への入替え又はCIPPによる管更生が標準化	

## 参考文献

- 1) (公社)日本下水道協会：下水道維持管理指針 実務編，2014.
- 2) The British Golf Greenkeeper : Pitch Fibre for Drainage, <https://archive.lib.msu.edu/tic/bigga/bggk/page/1972dec11-20.pdf> (2024/1/12 閲覧)
- 3) Roto-Rooter : What is Orangeburg Sewer Pipe and Where Did it Come From?, <https://www.rotorooterdesmoines.com/des-moines-plumber/newsletter/orangeburg-sewer-pipe-come/> (2024/1/12 閲覧)
- 4) Canadian Concrete Pipe & Precast Association : Black Fibre Pipe -Are We Destined To Repeat History?, <https://ccppa.ca/black-fibre-pipe/> (2024/1/12 閲覧)
- 5) National Post : After the Second World War, Canada thought it would be a good idea to install cardboard sewer pipes, <https://nationalpost.com/news/canada/after-the-second-world-war-canada-thought-it-would-be-a-good-idea-to-install-cardboard-sewer-pipes> (2024/1/12 閲覧)
- 6) DrainDomain.com : pitch fibre, <https://www.draindomain.com/pitch%20fibre.html> (2024/1/12 閲覧)
- 7) Ronald E. Bartlet: Public Health Engineering, Sewerage, Second Edition, 1979.
- 8) Department for Environment, Food and Rural Affairs, Welsh Assembly Government: Review of Existing Private Sewers and Drains in England and Wales, 2003.
- 9) ASTM International: Standard, ASTM D1861, D1862, D2311, D2312, D2314, D2315, D2316, D2818.
- 10) 石野紀元：英国 Key Engineering 社のピッチファアイバーパイプ，アロマティックス第 20 巻第 2 号，1968.
- 11) MetroRod : Pitch Fibre Drain Pipes, <https://www.metrorod.co.uk/help-and-advice/blogs/pitch-fibre-drain-pipes/> (2024/1/12 閲覧)
- 12) UK Drainage : Pitch Fibre Repairs, <https://www.ukdrainage.com/residential/pitch-fibre-repairs/> (2024/1/12 閲覧)
- 13) Anglian Water: Safety Alert For Anglian Water employees and contractors No. SA000520 10th October 2014.

### 3. 硬質瀝青管の特性

#### 3.1 構造特性の整理

硬質瀝青管の構造特性を調査するため、実際に布設されていた硬質瀝青管を収集し、観察を行った。

偏平試験（3.4 参照）後の供試体の変状を確認したところ、波打ちの発生がない供試体において**写真 3.1-1** に示すように層状に剥離を伴っており、また、偏平試験前の段階で発生している波打ちに関して、層状に剥離していることから、製造方法は2.2.3 で記した「繊維基板積層型」に分類されることが考えられる。

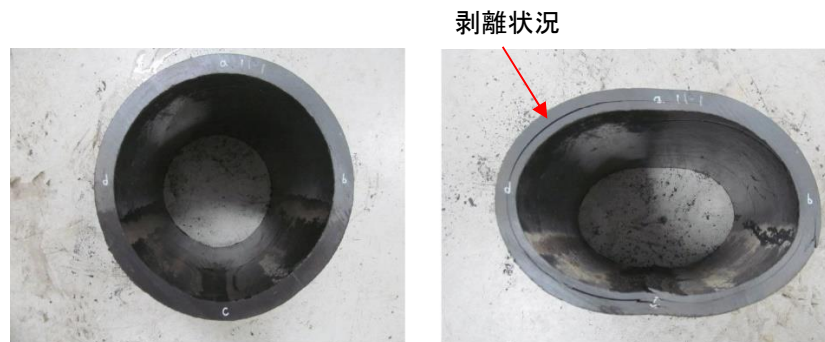


写真 3.1-1 偏平試験前後の供試体の変状状況（左：試験前、右：試験後）

波打ちの発生がない供試体の表面を観察したところ、光沢を持ってなめらかな状態やひび割れて剥離している状態等の特性が確認でき、表層剥離片とその下層部とは材質が明らかに異なるものであることが分かった（写真 3.1-2）。



写真 3.1-2 供試体の表面状態の比較

成分分析（3.2 参照）や浸漬試験（参考資料Ⅱ参照）後の試験片の表層を剥がしたところ、**写真 3.1-3** に示すように斜めのスリットが確認された。



写真 3.1-3 試験片の観察状況①

試験片を挟み込み固定したところ、写真 3.1-4 に示すように一部部材が押し出される現象が確認された。

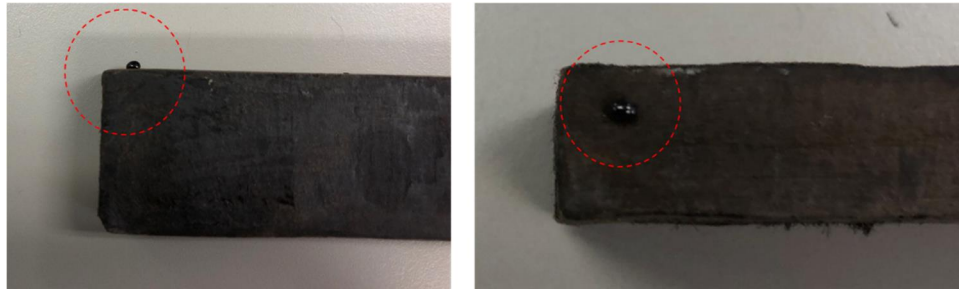


写真 3.1-4 試験片の観察状況②

以上の特性から、2.2.3 で記載した諸外国における硬質瀝青管の製造方法を整理すると、国内に布設されている硬質瀝青管は図 3.1-1 のとおり①、③、⑤及び⑦の構造を有すると考えられる。

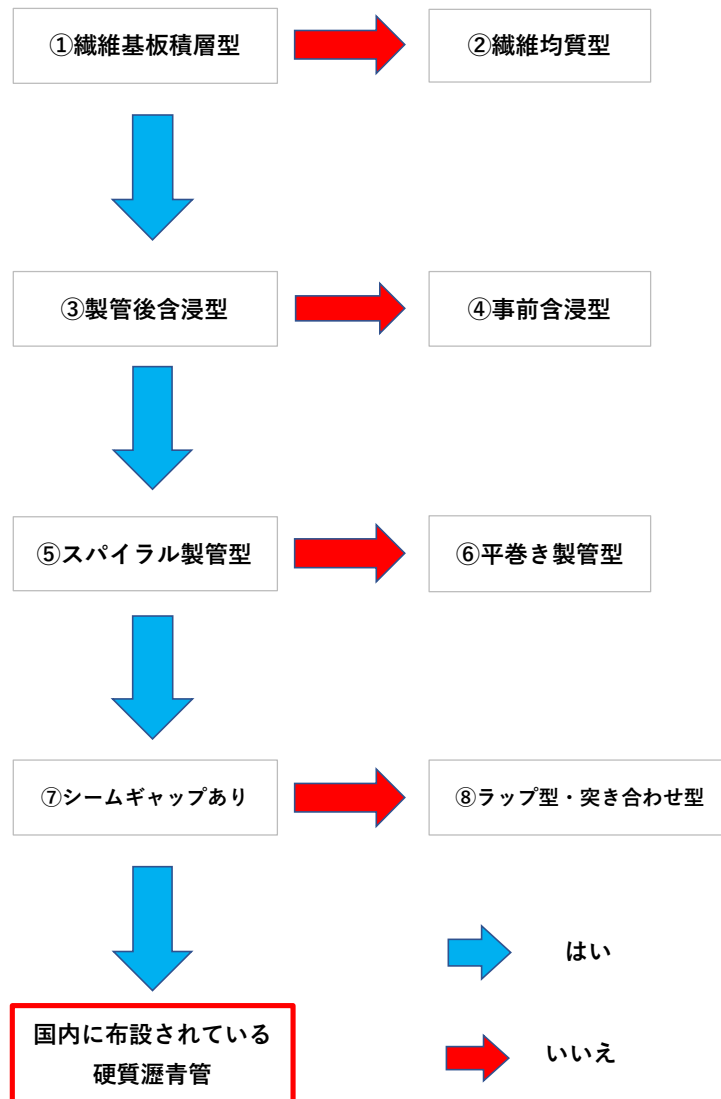


図 3.1-1 国内における硬質瀝青管の構造

①繊維基板積層型

木質繊維や不織布繊維を抄造した紙板状物（以下「基板」という。）をマンドレルと呼ばれる回転軸に巻付け、接着剤等で上下層基板同士を固定し成型する。

②繊維均質型

新聞紙の破砕物等を圧縮し繊維同士の結合力によって成型する。

③製管後含浸型

製管した管体にコールタールを含浸させる。

④事前含浸型

コールタールを含浸させた基板をマンドレルに巻き付け製管する。

⑤スパイラル製管型

製造する管長より幅の小さい基板をスパイラル状にマンドレルに巻き付け製管する（図 3.1-2 参照）。

⑥平巻き製管型

製造する管長と同じ幅の基板を垂直にマンドレルに巻き付け製管する（図 3.1-2 参照）。

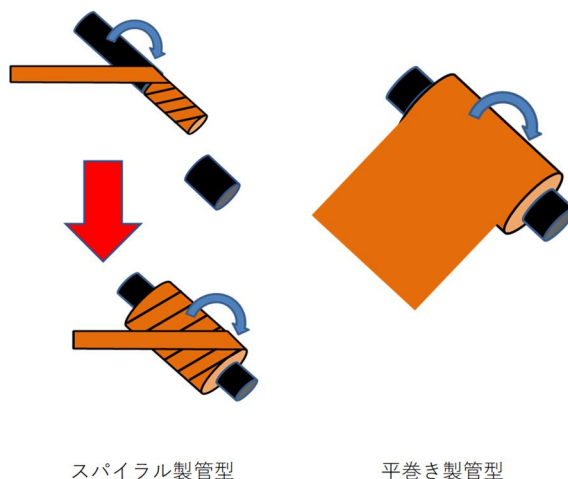


図 3.1-2 スパイラル製管型及び平巻き製管型の製造方法イメージ

⑦シームギャップあり

シームギャップとは、スパイラル製管型で巻き付ける基板間に設ける隙間である（図 3.1-3 参照）。

⑧ラップ型・突き合わせ型

ラップ型はスパイラル製管型で巻き付ける基板の一部を重ねる型であり、突き合わせ型は基板の側面を密着させることである（図 3.1-3 参照）。



図 3.1-3 スパイラル製管型の巻き付け方法イメージ



国内における硬質瀝青管の構造、劣化進行状況イメージをそれぞれ図 3.1-4、図 3.1-5 に示す。

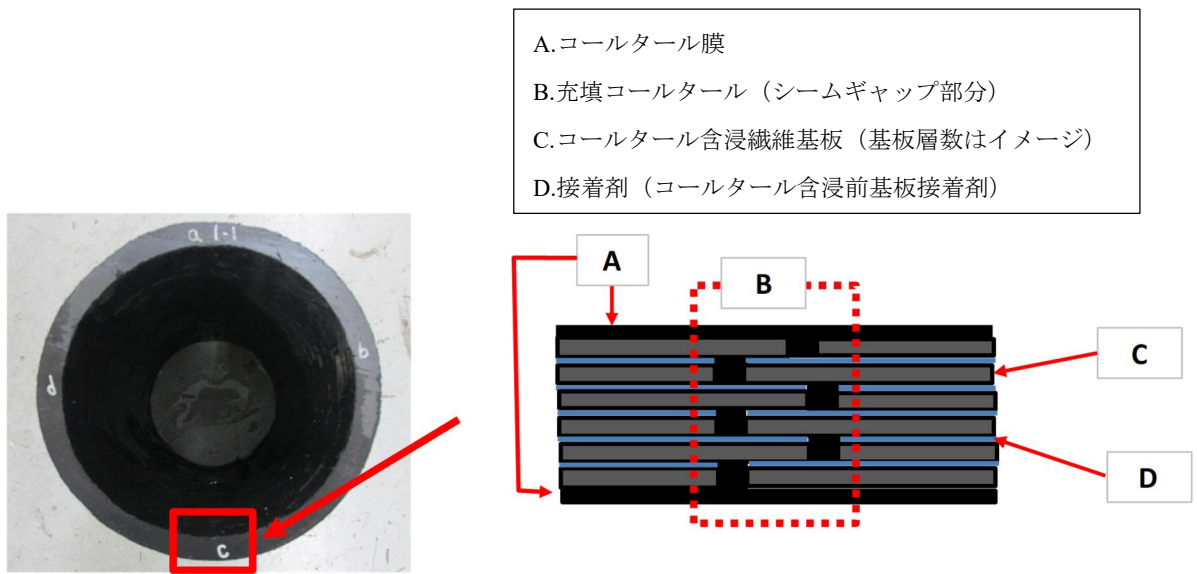


図 3.1-4 硬質瀝青管の構造イメージ

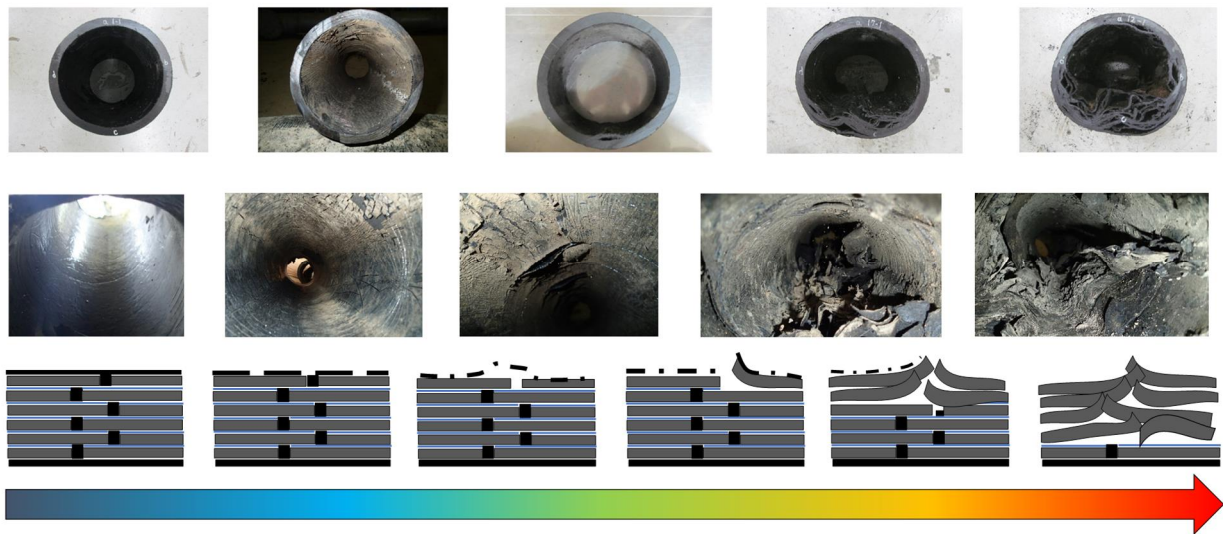


図 3.1-5 硬質瀝青管の劣化進行状況イメージ



## 3.2 成分分析

### 3.2.1 アスベスト定性分析

諸外国では、強度向上を目的にアスベストを使用した製品が確認されている。諸外国におけるアスベストの使用目的は、2.2.3 に示したように「繊維均質型」における繊維間結合力の向上のためと考えられる。国内における硬質瀝青管は、基板層数を増やすことで強度を向上できる「繊維基板積層型」(図3.1-4 参照)であり、アスベストを使用する合理性は低い。

しかしながら、国内に布設されている硬質瀝青管にアスベストが含まれている場合、改築時に粉塵が舞い上がることが想定され、取扱いに十分注意する必要があるため、地方公共団体から提供された硬質瀝青管を用いてアスベスト含有の有無を分析した。

#### (1) 供試体

分析には9団体(A市～I市)より提供された硬質瀝青管を用いた。その供試体を写真3.2-1～写真3.2-9に示す。



写真 3.2-1 A市供試体



写真 3.2-2 B市供試体



写真 3.2-3 C市供試体

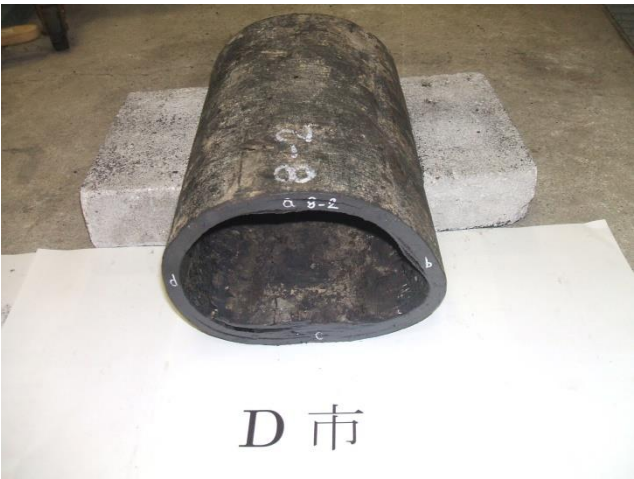


写真 3.2-4 D市供試体



写真 3.2-5 E市供試体



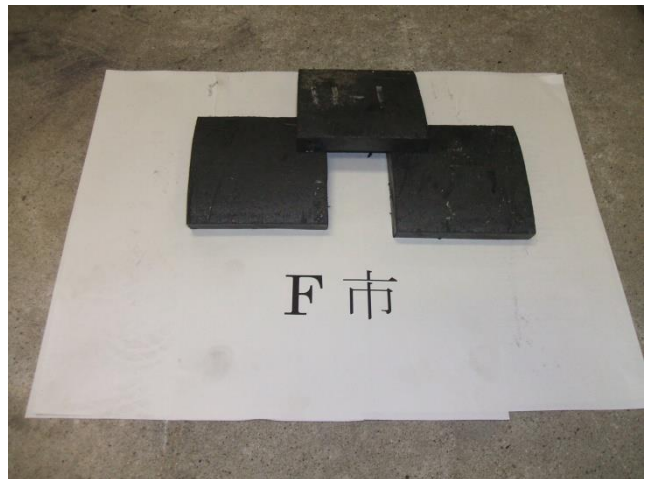


写真 3.2-6 F市供試体

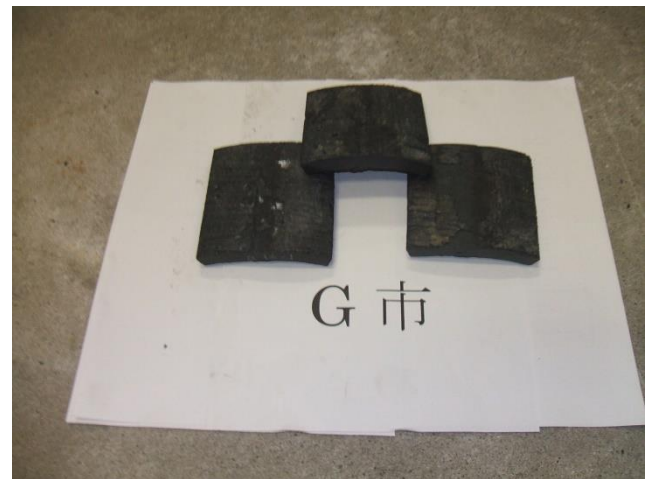


写真 3.2-7 G市供試体



写真 3.2-8 H市供試体

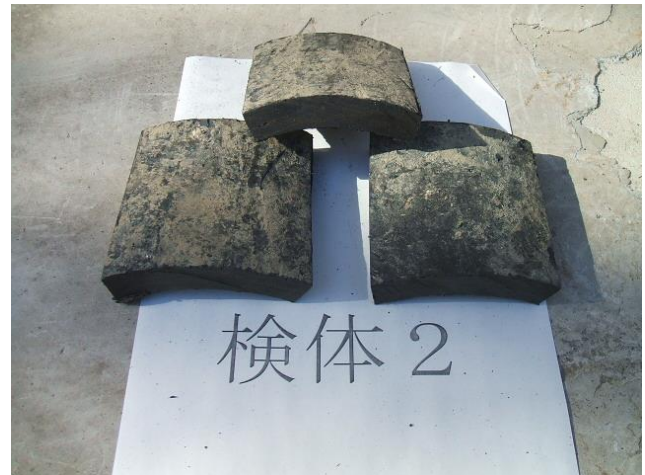


写真 3.2-9 I 市供試体

## (2) 分析方法

細かく砕いた供試体を用い、建材製品中のアスベスト含有率測定方法（JIS A 1481 - 2 : 2016）に準拠し、X線回折装置による定性分析及び位相差・分散顕微鏡による定性分析によりアスベスト含有の有無を判定した。アスベスト含有の有無の判定方法を表 3.2-1 に示す。X線回折装置による定性分析では、アスベストにX線を照射したとき、アスベストの種類に応じて特有の回折角度（回折ピーク）が生じる現象を利用し、試験片のアスベスト含有の有無を確認する。位相差・分散顕微鏡による定性分析では、3,000粒子中に繊維状粒子が4粒子以上含まれている場合、アスベストを含有していると判断される。

表 3.2-1 アスベスト含有の有無の判定方法

X線回折装置による定性分析	位相差・分散顕微鏡による定性分析	アスベスト含有の有無の判定
回折ピークあり	3,000粒子中に繊維状粒子が4粒子以上	アスベスト含有あり
	3,000粒子中に繊維状粒子が4粒子未満	顕微鏡による再分析を実施して 3,000粒子中に繊維状粒子が4粒子以上:アスベスト含有あり 3,000粒子中に繊維状粒子が4粒子未満:アスベスト含有なし
回折ピークなし	3,000粒子中に繊維状粒子が4粒子以上	アスベスト含有あり
	3,000粒子中に繊維状粒子が4粒子未満	アスベスト含有なし

### (3) 分析結果

アスベスト含有の有無の分析結果を表 3.2-2 及び表 3.2-3 に示す。9 供試体にアスベストの含有は確認されなかった。

表 3.2-2 アスベスト含有の有無の分析結果 (A 市～E 市)

アスベストの種類	定性分析	A 市供試体	B 市供試体	C 市供試体	D 市供試体	E 市供試体
クリソタイル	X線回折装置	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし
	位相差・分散顕微鏡	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満
アモサイト	X線回折装置	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし
	位相差・分散顕微鏡	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満
クロシドライト	X線回折装置	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし
	位相差・分散顕微鏡	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満
トリモライト アクチノライト	X線回折装置	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし
	位相差・分散顕微鏡	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満
アンソフィライト	X線回折装置	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし
	位相差・分散顕微鏡	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満
アスベスト含有の有無の判定結果		アスベスト含有なし	アスベスト含有なし	アスベスト含有なし	アスベスト含有なし	アスベスト含有なし

表 3.2-3 アスベスト含有の有無の分析結果 (F 市～I 市)

アスベストの種類	定性分析	F 市供試体	G 市供試体	H 市供試体	I 市供試体
クリソタイル	X線回折装置	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし
	位相差・分散顕微鏡	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満
アモサイト	X線回折装置	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし
	位相差・分散顕微鏡	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満
クロシドライト	X線回折装置	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし
	位相差・分散顕微鏡	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満
トリモライト アクチノライト	X線回折装置	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし
	位相差・分散顕微鏡	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満
アンソフィライト	X線回折装置	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし	回折ピークなし
	位相差・分散顕微鏡	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満	3,000粒子中に 繊維状粒子が4粒子未満
アスベスト含有の有無の判定結果		アスベスト含有なし	アスベスト含有なし	アスベスト含有なし	アスベスト含有なし

### (4) まとめ

国内の硬質瀝青管におけるアスベスト含有の有無について分析したところ、アスベストの含有は確認されなかった。前述のとおり、国内における硬質瀝青管は基板層数を増やすことで強度を向上できる「繊維基板積層型」であり、アスベストを使用する合理性は低いと考えられ、本分析結果も踏まえると、国内の硬質瀝青管にアスベストが含まれる可能性は極めて低いと考えられる。

### 3.2.2 コールタール含有率の分析

硬質瀝青管は紙製の管にコールタールを含浸させて防水性や強度を持たせており、コールタール含有率が低下すると、破損や波打ちが発生すると考えられることから、実際に布設されていた硬質瀝青管のコールタール含有率を分析した。

#### (1) 供試体

異なる地域に布設されていた硬質瀝青管の供試体 2 つを対象に分析を実施した。供試体を写真 3.2-10 及び写真 3.2-11 に示す。



写真 3.2-10 供試体 1

(φ150、下部に円周方向の 1/4 程度の波打ち)

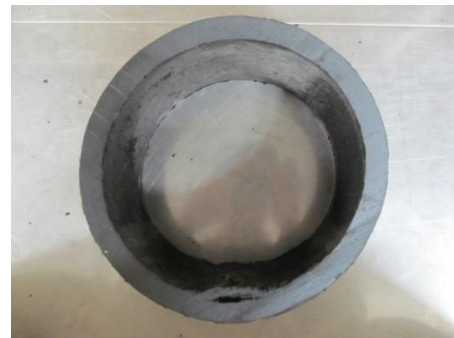


写真 3.2-11 供試体 2

(φ200、下部の一部に波打ちあり)

試験片は図 3.2-1 に示す①～⑥の 6 か所に分けて採取した。①～④については管の内面において波打ち発生箇所と未発生箇所との比較のため、⑤については管の外面に触れる箇所の分析のため、⑥については汚水等に直接触れていない箇所の分析のためである。

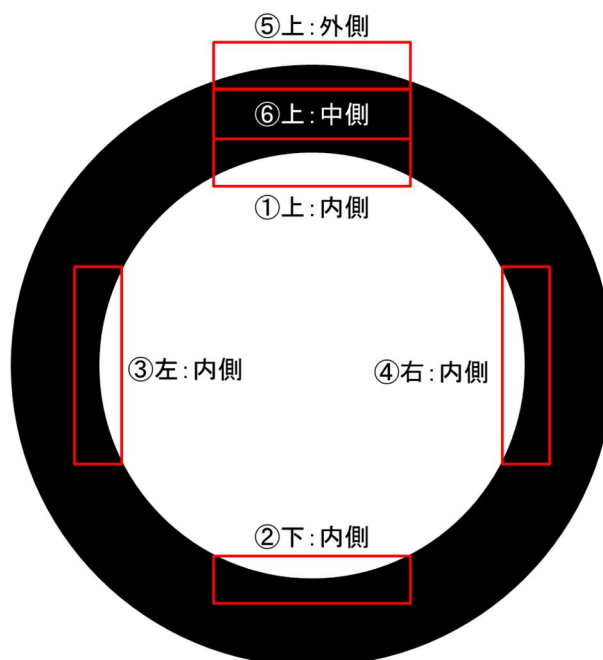


図 3.2-1 コールタール含有率の分析位置



採取した試験片を写真 3.2-12～写真 3.2-20 に示す。



写真 3.2-12 供試体 1 (①上：内側)



写真 3.2-13 供試体 1 (⑤上：外側、⑥上：中側)



写真 3.2-14 供試体 1 (③左：内側)



写真 3.2-15 供試体 1 (④右：内側)



写真 3.2-16 供試体 1 (②下：内側)

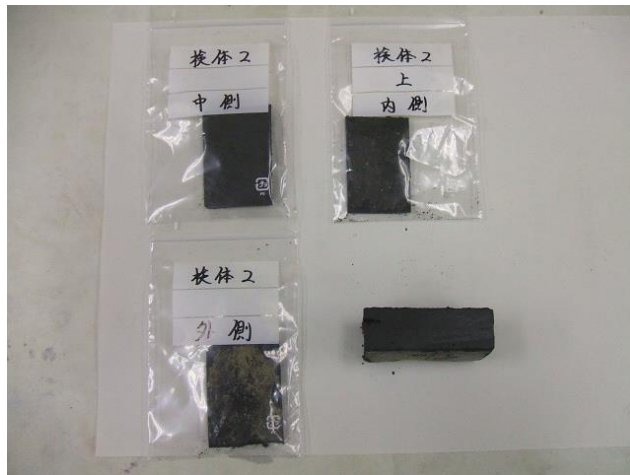


写真 3.2-17 供試体 2 (①上：内側、⑤上：外側、⑥上：中側)



写真 3.2-18 供試体 2 (③左：内側)



写真 3.2-19 供試体 2 (④右：内側)



写真 3.2-20 供試体 2 (②下：内側)



## (2) 分析方法

コールタール含有率の分析は、以下の手順で実施した。

- 1) 試験片を 105 °C で 3 時間以上乾燥
- 2) 1) で乾燥した試験片を小片に加工して (試料片) 約 1 g を電子天秤で精秤 (写真 3. 2-21)
- 3) ソックスレー抽出の抽出液容器を電子天秤で精秤
- 4) 2) の試料片を円筒ろ紙に入れ、3) の抽出液容器でベンゼンにて 36 時間ソックスレー抽出 (写真 3. 2-22)
- 5) 4) の抽出液を 105 °C で 3 時間以上乾燥
- 6) 5) の乾燥した抽出液容器を電子天秤で精秤
- 7) 3) で精秤した質量から 6) の精秤した質量を引いて抽出物質量を算出 (※抽出物質量をコールタール含有量と定義)
- 8) 2) の試料質量で 7) の抽出物質量を除して試料中のコールタール含有率を算出

※測定値の変動は 2 ~ 3 % 程度生じる。



写真 3. 2-21 試料片の状況



写真 3. 2-22 ソックスレー抽出の状況

### (3) 分析結果

コールタール含有率の分析結果を図 3.2-2 及び図 3.2-3 に示す。供試体 1 においては、コールタール含有率が最も高い箇所は⑤上：外側の 64.3%であり、波打ちが発生している②下：内側の 45.7%と 20%近い差が見られた。供試体 2 においては、コールタール含有率が最も高い箇所は⑥上：中側の 64.5%であり、最も低い箇所は①上：内側の 47.1%であった。供試体 1 と同様に、供試体 2 においても、波打ちが発生している②下：内側のコールタール含有率は 48.7%と他の箇所と比較して低い値になっていた。

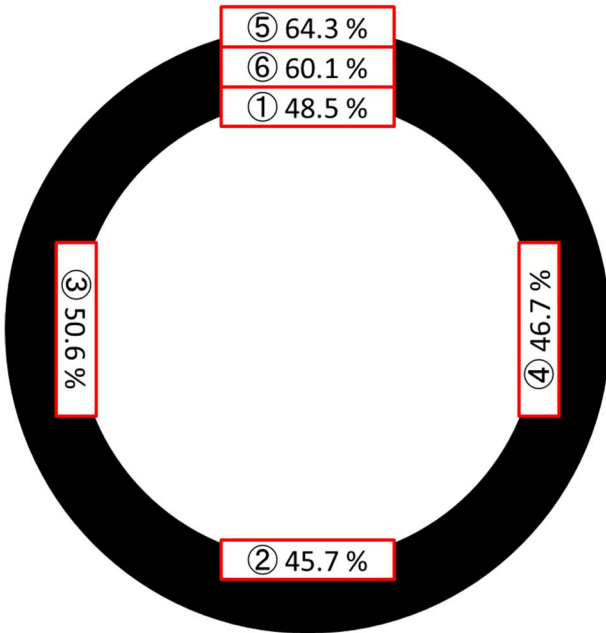


図 3.2-2 供試体 1 のコールタール含有率

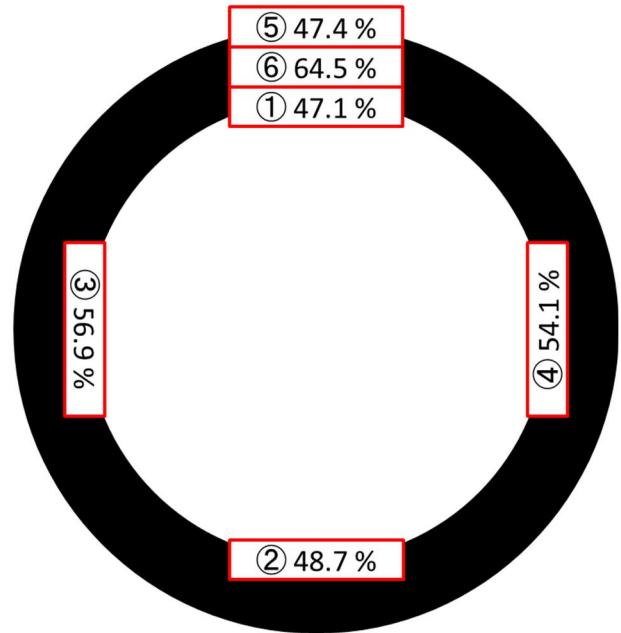


図 3.2-3 供試体 2 のコールタール含有率

### (4) まとめ

供試体 1、供試体 2 において、波打ちが発生している②下：内側ではコールタール含有率が他の箇所と比較して低く、一方、⑥上：中側では他の箇所と比較してコールタール含有率が高いという共通点の確認された。これは、図 3.1-4 に示す管表面のコールタール膜や充填コールタール（シームギャップ部分）の残存量によるものであると考えられる。

なお、元々の硬質瀝青管のコールタール含有率は 60%程度と推察される。

### 3.3 高圧洗浄試験

管の閉塞を解消する方法は、高圧洗浄によって汚物等を除去する方法、ワイヤーやロッド等によって汚物等を除去する方法が一般的である。これらの方法は、更生時に樹木根等を除去する前処理としても使用される。

硬質瀝青管においては、流下阻害要因（汚物や波打ち自体等）を除去する場合や更生の前処理で樹木根等を除去する場合に高圧洗浄を実施すると、管を破損するおそれがある。そこで、実際に布設されていた硬質瀝青管で高圧洗浄を実施し、その影響を確認した。

#### (1) 試験方法

高圧洗浄によって硬質瀝青管がどのような影響を受けるか確認するため、試験条件は「波打ちの程度」「洗浄ノズルの種類」「洗浄時の圧力」の3項目を組み合わせて設定し、高圧洗浄による影響を確認した。

試験前に硬質瀝青管を水で濡らして布設時に近い状態にするとともに、高圧洗浄は管を往復3回（1～2分間程度）実施した。

試験に使用した硬質瀝青管は全部で11本であり、各条件で1本の管を用意することができなかつたため、一部については洗浄ノズルの種類や洗浄時の圧力を切り替えて試験を実施した。

高圧洗浄試験における項目を組み合わせた試験条件を表3.3-1に、波打ち程度の例を写真3.3-1に、試験に使用した洗浄ノズルを写真3.3-2に示す。

表 3.3-1 高圧洗浄試験の条件

No.	管径 (mm)	使用部位	波打ちの程度	洗浄ノズルの種類 <sup>※1</sup>	洗浄時の圧力 <sup>※2</sup>	備考
1	150	取付け管	「なし」	後方噴射ノズル	10MPa→20MPa	本数が少ないため、1本の管に対して洗浄時の圧力を切り替えて試験を実施
2	150	取付け管		前方噴射ノズル		
3	150	取付け管		旋回ノズル		
4	150	取付け管	「小」 (管の一部に波打ち)	後方噴射ノズル	10MPa	
5	150	取付け管		後方噴射ノズル	20MPa	
6	150	取付け管		前方噴射ノズル	10MPa	
7	150	取付け管		前方噴射ノズル	20MPa	
8	150	取付け管		旋回ノズル	10MPa	
9	150	取付け管			20MPa	
10	150	取付け管	「中」 (管の円周に対して1/2 程度の波打ち)	前方噴射ノズル→後方噴射ノズル	10MPa	本数が少ないため、1本の管に対して洗浄ノズルの種類を切り替えて試験を実施
11	150	取付け管		射ノズル→旋回ノズル	20MPa	

※1 後方噴射ノズルを通常は使用するが、木の根等の除去には旋回ノズル等の特殊ノズルを使用する場合がある。

※2 取付け管の洗浄時の圧力は3MPa～5MPa程度であり、本管では25MPa～50MPa程度である。



写真 3. 3-1 高圧洗浄試験に使用した硬質瀝青管の波打ちの程度の例  
(左上：波打ちの程度「なし」、右上：波打ちの程度「小」、下：波打ちの程度「中」)



写真 3. 3-2 高圧洗浄試験に使用した洗浄ノズル  
(左：後方噴射ノズル、中：前方噴射ノズル、右：旋回ノズル)



## (2) 試験結果

波打ちの程度毎に試験結果を示す。

### 1) 波打ちの程度「なし」

波打ちの程度「なし」では、洗浄ノズルの種類や洗浄時の圧力を変化させたが、洗浄前後において上部の剥がれが若干見られたものの、管に大きな変化は見られなかった。

波打ちの程度「なし」の高圧洗浄試験の状況を写真 3.3-3 に示す。



写真 3.3-3 波打ちの程度「なし」の高圧洗浄試験の状況  
(後方噴射ノズル使用、洗浄時の圧力 10MPa) (左上：洗浄前、右上：洗浄後、下：洗浄状況)

### 2) 波打ちの程度「小」(管の一部に波打ち)

波打ちの程度「小」では、後方噴射ノズル又は前方噴射ノズルの使用時において若干の剥離が確認されたものの、管に大きな変化は見られなかった。

一方、旋回ノズルの使用時には、洗浄時の圧力が 10MPa、20MPa のどちらにおいても、管内の波打ち部分は除去されたが、洗浄中に管の一部に穴が開く結果となった。

波打ちの程度「小」の高圧洗浄試験の状況を写真 3.3-4 に示す。



写真 3.3-4 波打ちの程度「小」の高圧洗浄試験の状況（旋回ノズル使用、洗浄時の圧力 20MPa）  
（左上：洗浄前、右上：洗浄後、左下：洗浄状況、右下：洗浄中に穴が開いた部分（赤丸部））

### 3) 波打ちの程度「中」（管の円周に対して 1/2 程度の波打ち）

波打ちの程度「中」では、後方噴射ノズル又は前方噴射ノズルにおいて、洗浄時の圧力 10MPa では問題は見られなかったが、20MPa では後方噴射ノズル又は前方噴射ノズルを使用すると波打ち部分の剥離が確認された。

旋回ノズルを使用した場合は、洗浄時の圧力 10MPa で一部に穴が開いた。これは、部分的に薄肉になっていた可能性や、管口付近に穴が開いたことから、現場撤去時における損傷の影響も考えられる。洗浄時の圧力 20MPa では、試験中に硬質瀝青管に大きな穴が開くとともに、上部の波打ち部分が削り取られ、管厚が半分程度まで薄くなった。

波打ちの程度「中」の高圧洗浄試験の状況を写真 3.3-5 に示す。





高压洗浄前



前方噴射ノズル後



後方噴射ノズル後



洗浄状況（側面の開いた穴より洗浄水噴出）



旋回ノズル後（赤丸部：穴が開いた部分）



穴の開いた管

写真 3.3-5 波打ちの程度「中」の高圧洗浄試験の状況  
（前方噴射ノズル、後方噴射ノズル、旋回ノズルの順に使用、洗浄時の圧力 20MPa）

(3) まとめ

高圧洗浄試験の結果をまとめたものを表 3.3-2 に示す。試験結果より、硬質瀝青管について、閉塞を解消する場合や更生の前処理で高圧洗浄を実施する場合は、旋回ノズルを使用せず、後方噴射ノズル又は前方噴射ノズルを使用するべきである。その際には、管を破損しないよう洗浄圧力に注意する必要がある。

表 3.3-2 高圧洗浄試験結果まとめ

波打ち 程度		なし			小			中		
		後方噴射 ノズル	前方噴射 ノズル	旋回ノズル	後方噴射 ノズル	前方噴射 ノズル	旋回ノズル	後方噴射 ノズル	前方噴射 ノズル	旋回ノズル
洗浄 時の 圧力 10MPa	洗浄による 管の変化	変化なし	変化なし	変化なし	軽微な表 面剥離あり	軽微な表 面剥離あり	管の破損	軽微な表 面剥離あり	軽微な表 面剥離あり	管の破損
	洗浄可否	○	○	○	○	○	×	○	○	×
洗浄 時の 圧力 20MPa	洗浄による 管の変化	変化なし	変化なし	変化なし	軽微な表 面剥離あり	軽微な表 面剥離あり	管の破損	表面剥離 が多い	表面剥離 が多い	管の破損
	洗浄可否	○	○	○	○	○	×	△	△	×



### 3.4 偏平試験

9 団体（A 市～I 市）より提供された硬質瀝青管（3.2 と共通）を用いて偏平試験を行い、残存耐荷強度を測定し、波打ちの程度等との関係を調べた。この結果を用いて、硬質瀝青管の改築優先度を判定する基準案を作成した。

#### (1) 供試体

供試体を表 3.4-1 に示す。波打ちの程度を示す管の円周、内径に対する割合の考え方をそれぞれ図 3.4-1、図 3.4-2 に示す。偏平試験は、乾燥状態、湿潤状態（布設されている状況と仮定）いずれかの条件下で実施した。湿潤状態は管断面半分程度を水道水に 96 時間浸して再現した。なお、高圧洗浄試験（3.3 参照）後に実施したものも含まれており、それらの波打ちの程度は高圧洗浄試験前に判定したものである。

表 3.4-1 偏平試験で使用した供試体

No.	団体名	布設年代	管径 (mm)	使用 部位	波打ちの程度		質量 (kg)	長さ (mm)	乾燥・ 湿潤	高圧洗浄試験 実施※
					管の円周に対し	管の内径に対し				
1	H市	1972年頃	150	取付け管	円周約1/4	約20%	2.27	303.5	乾燥	なし
2	H市	1972年頃	150	取付け管	円周約1/3	約30%	2.60	303.5	湿潤	なし
3	I市	1973年	200	本管	円周約1/8	なし	2.97	201.8	乾燥	なし
4	I市	1973年	200	本管	円周約1/8	なし	3.05	203.4	湿潤	なし
5	A市	1975年頃	150	取付け管	なし	なし	1.62	202.1	乾燥	なし
6	A市	1975年頃	150	取付け管	なし	なし	1.67	202.2	湿潤	なし
7	B市	1974年	150	取付け管	管全体	約10%	1.57	201.5	乾燥	なし
8	B市	1974年	150	取付け管	管全体	約10%	1.70	200.6	湿潤	なし
9	C市	1971年頃	150	取付け管	なし	なし	2.25	299.1	湿潤	あり(後方)
10	C市	1971年頃	150	取付け管	なし	なし	2.24	298.2	乾燥	あり(後方)
11	C市	1971年頃	150	取付け管	なし	なし	2.26	299	湿潤	あり(旋回)
12	C市	1971年頃	150	取付け管	なし	なし	2.16	297.1	乾燥	あり(旋回)
13	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	2.23	298.8	湿潤	あり(前方)
14	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	2.20	300.3	湿潤	あり(後方)
15	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	2.36	300.1	湿潤	なし
16	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	2.38	297.1	湿潤	なし
17	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	2.34	297.3	乾燥	なし
18	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	2.41	298.5	湿潤	あり(前方)
19	C市	1971年頃	150	取付け管	円周約1/8	なし	2.29	299.2	乾燥	あり(前方)
20	D市	1972年	150	取付け管	円周約1/4	約20%	2.45	297.1	湿潤	なし
21	D市	1972年	150	取付け管	円周約1/4	約20%	2.27	296.9	乾燥	なし
22	E市	1972年頃	150	取付け管	管全体	約30%	1.97	298.4	湿潤	あり(前後旋)
23	E市	1972年頃	150	取付け管	管全体	約30%	1.73	297.7	乾燥	あり(前後旋)
24	F市	1975年	150	取付け管	なし	なし	2.51	298	湿潤	なし
25	F市	1975年	200	取付け管	なし	なし	4.33	297.2	湿潤	なし
26	F市	1975年	200	取付け管	なし	なし	4.30	299.5	乾燥	なし
27	H市	不明	150	取付け管	管全体	約50%	3.00	296.4	湿潤	なし
28	G市	1975年頃	150	取付け管	円周約2/3	約30%	2.04	297.9	湿潤	あり(旋回)
29	G市	1975年頃	150	取付け管	円周約2/3	約30%	1.95	296.6	乾燥	あり(旋回)
30	G市	1975年頃	150	取付け管	なし	なし	2.39	297.8	湿潤	あり(前方)
31	G市	1975年頃	150	取付け管	なし	なし	2.28	295.5	乾燥	あり(前方)
32	G市	1975年頃	150	取付け管	円周約1/4	約10%	2.39	299	湿潤	あり(後方)
33	G市	1975年頃	150	取付け管	円周約1/2	約40%	1.94	299.8	湿潤	あり(旋回)
34	I市	1973年	150	取付け管	円周約1/2	約20%	2.57	301.2	湿潤	なし
35	I市	1973年	150	取付け管	円周約2/3	約20%	1.62	298.6	乾燥	なし

※（前方）は前方噴射ノズルを、（後方）は後方噴射ノズルを、（旋回）は旋回ノズルを指し、（前後旋）は前方噴射ノズル→後方噴射ノズル→旋回ノズルを指す。

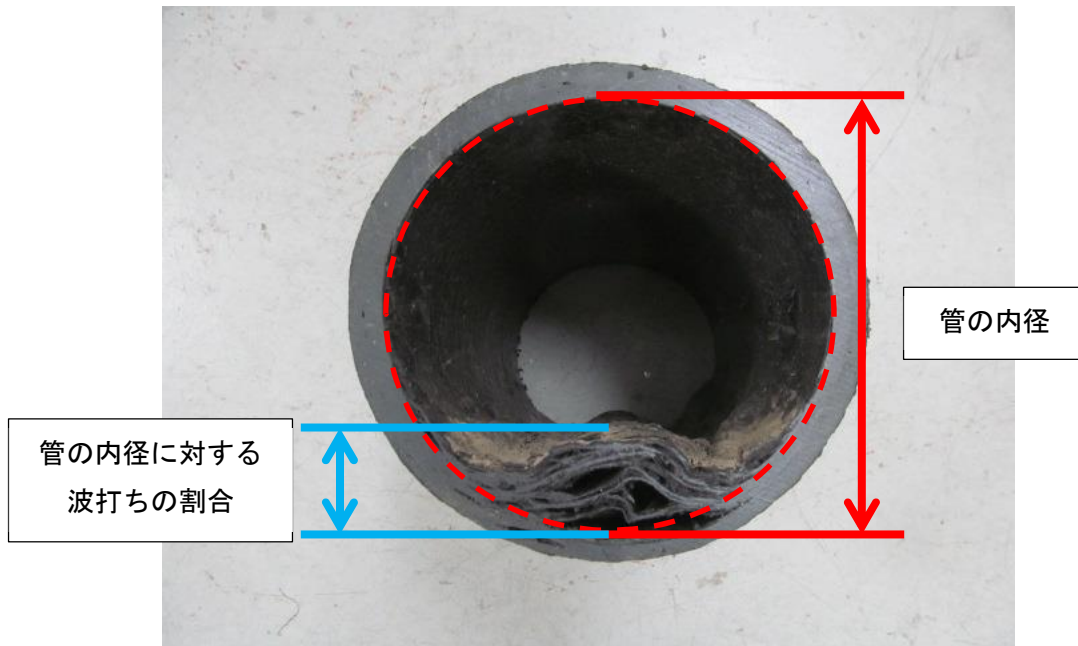


図 3. 4-1 管の内径に対する波打ちの割合の考え方

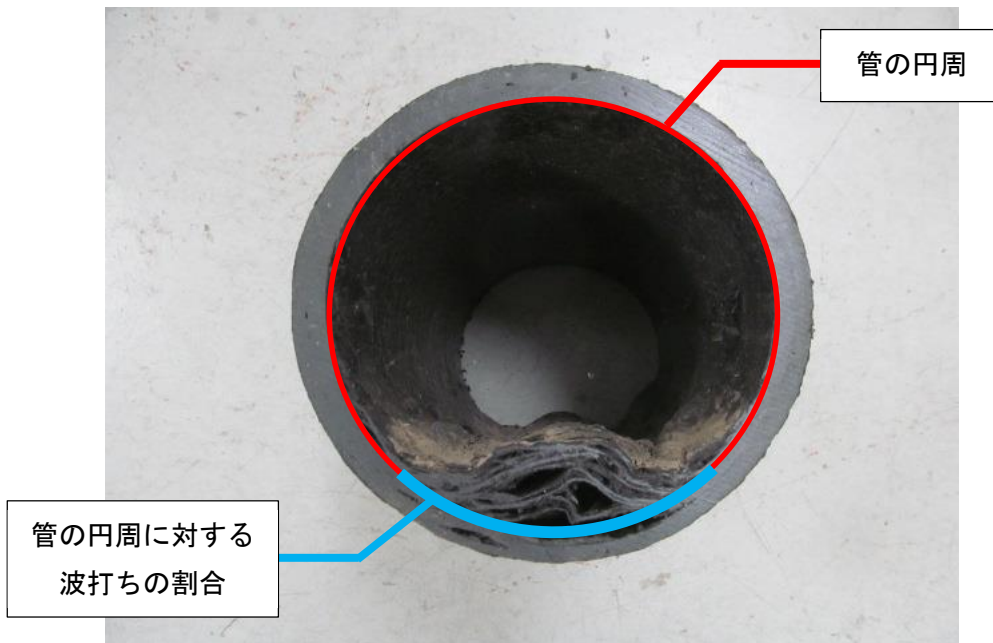


図 3. 4-2 管の円周に対する波打ちの割合の考え方

## (2) 試験方法

2.2.5 より諸外国において硬質瀝青管が可とう性管として取り扱われていたことから、可とう性管の代表である下水道用硬質塩化ビニル管の規格 JSWAS K-1 に準じて試験を行った。

管径に応じた所定の圧縮量（ $\phi 150$  の場合 8 mm、 $\phi 200$  の場合 11 mm）まで、毎分 10 mm $\pm$ 2 mm の速さで供試体を押し、そのときの荷重（kN）を長さ 1 m 当りに換算して線荷重（kN/m）を算出した。偏平試験の要領図を図 3.4-3 に、偏平試験の実施状況を写真 3.4-1 に示す。

なお、JSWAS K-1 の規格値は  $\phi 150$  の場合 3.38 kN/m、 $\phi 200$  の場合 4.28 kN/m であり、規格値以上であることが求められる。

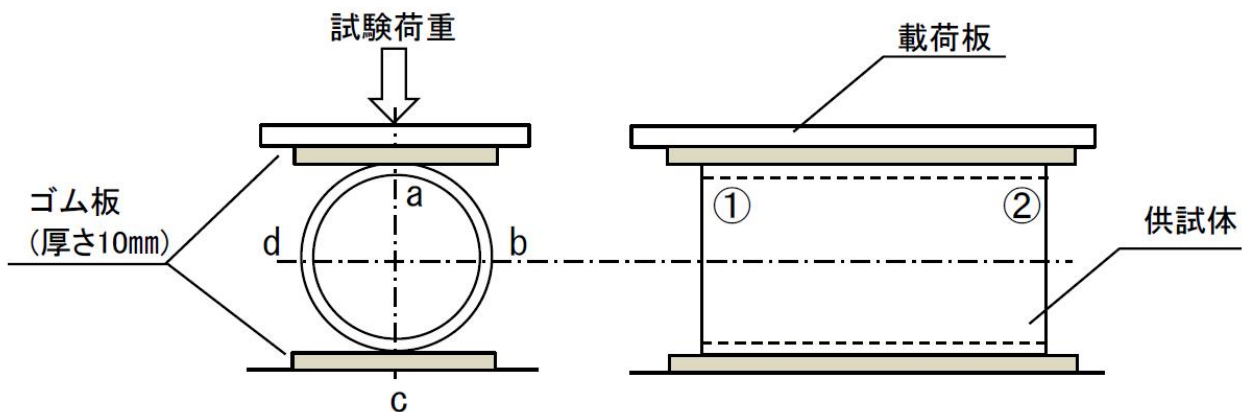


図 3.4-3 偏平試験の要領図



写真 3.4-1 偏平試験の実施状況

### (3) 試験結果

偏平試験の結果を表 3.4-2 に示す。No.27 及び No.34 は、JSWAS K-1 の  $\phi 150$  における規格値 3.38 kN/m を下回る結果となった。次に、項目毎に傾向を整理した結果を示す。

表 3.4-2 偏平試験の結果

No.	団体名	布設年代	管径 (mm)	使用 部位	波打ちの程度		乾燥・ 湿潤	高圧洗浄試験 実施※	線荷重 (kN/m)
					管の円周に対し	管の内径に対し			
1	H市	1972年頃	150	取付け管	円周約1/4	約20%	乾燥	なし	10.12
2	H市	1972年頃	150	取付け管	円周約1/3	約30%	湿潤	なし	4.89
3	I市	1973年	200	本管	円周約1/8	なし	乾燥	なし	18.33
4	I市	1973年	200	本管	円周約1/8	なし	湿潤	なし	20.85
5	A市	1975年頃	150	取付け管	なし	なし	乾燥	なし	20.34
6	A市	1975年頃	150	取付け管	なし	なし	湿潤	なし	18.1
7	B市	1974年	150	取付け管	管全体	約10%	乾燥	なし	11.41
8	B市	1974年	150	取付け管	管全体	約10%	湿潤	なし	10.42
9	C市	1971年頃	150	取付け管	なし	なし	湿潤	あり(後方)	20.53
10	C市	1971年頃	150	取付け管	なし	なし	乾燥	あり(後方)	22.27
11	C市	1971年頃	150	取付け管	なし	なし	湿潤	あり(旋回)	22.78
12	C市	1971年頃	150	取付け管	なし	なし	乾燥	あり(旋回)	20.5
13	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	湿潤	あり(前方)	17.97
14	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	湿潤	あり(後方)	18.08
15	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	湿潤	なし	15.29
16	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	湿潤	なし	16.66
17	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	乾燥	なし	17.96
18	C市	1971年頃	150	取付け管	一部剥がれ	なし	湿潤	あり(前方)	17.32
19	C市	1971年頃	150	取付け管	円周約1/8	なし	乾燥	あり(前方)	18.55
20	D市	1972年	150	取付け管	円周約1/4	約20%	湿潤	なし	7.44
21	D市	1972年	150	取付け管	円周約1/4	約20%	乾燥	なし	11.69
22	E市	1972年頃	150	取付け管	管全体	約30%	湿潤	あり(前後旋)	5.66
23	E市	1972年頃	150	取付け管	管全体	約30%	乾燥	あり(前後旋)	4.77
24	F市	1975年	150	取付け管	なし	なし	湿潤	なし	11.21
25	F市	1975年	200	取付け管	なし	なし	湿潤	なし	23.28
26	F市	1975年	200	取付け管	なし	なし	乾燥	なし	22.6
27	H市	不明	150	取付け管	管全体	約50%	湿潤	なし	2.67
28	G市	1975年頃	150	取付け管	円周約2/3	約30%	湿潤	あり(旋回)	7.79
29	G市	1975年頃	150	取付け管	円周約2/3	約30%	乾燥	あり(旋回)	8.9
30	G市	1975年頃	150	取付け管	なし	なし	湿潤	あり(前方)	9.13
31	G市	1975年頃	150	取付け管	なし	なし	乾燥	あり(前方)	12.83
32	G市	1975年頃	150	取付け管	円周約1/4	約10%	湿潤	あり(後方)	7.93
33	G市	1975年頃	150	取付け管	円周約1/2	約40%	湿潤	あり(旋回)	4.24
34	I市	1973年	150	取付け管	円周約1/2	約20%	湿潤	なし	2.09
35	I市	1973年	150	取付け管	円周約2/3	約20%	乾燥	なし	5.79

※(前方)は前方噴射ノズルを、(後方)は後方噴射ノズルを、(旋回)は旋回ノズルを指し、(前後旋)は前方噴射ノズル→後方噴射ノズル→旋回ノズルを指す。

### 1) 管の円周に対する波打ちの割合

管の円周に対する波打ちの割合で整理した。図 3.4-4 のとおり、割合が高くなるにつれて線荷重も概ね比例して低下している。円周の約 1/2 以上に波打ちが発生している供試体の一部で、JSWAS K-1 の規格値を下回っていた。

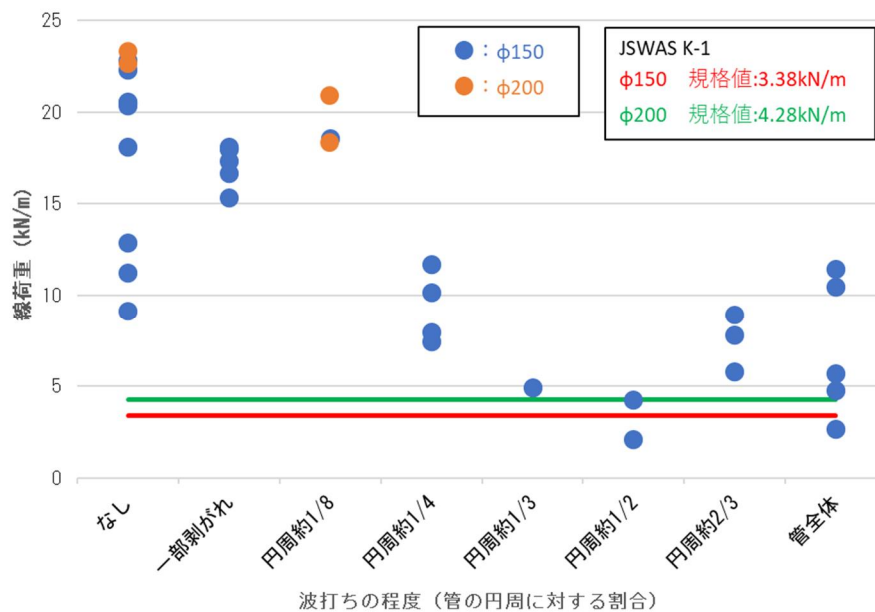


図 3.4-4 波打ちの程度（管の円周に対する割合）別の線荷重

### 2) 管の内径に対する波打ちの割合

管の内径に対する波打ちの割合で整理した。図 3.4-5 のとおり、割合が高くなるにつれて線荷重も概ね比例して低下している。内径の約 20%以上に波打ちが発生している供試体の一部で、JSWAS K-1 の規格値を下回っていた。

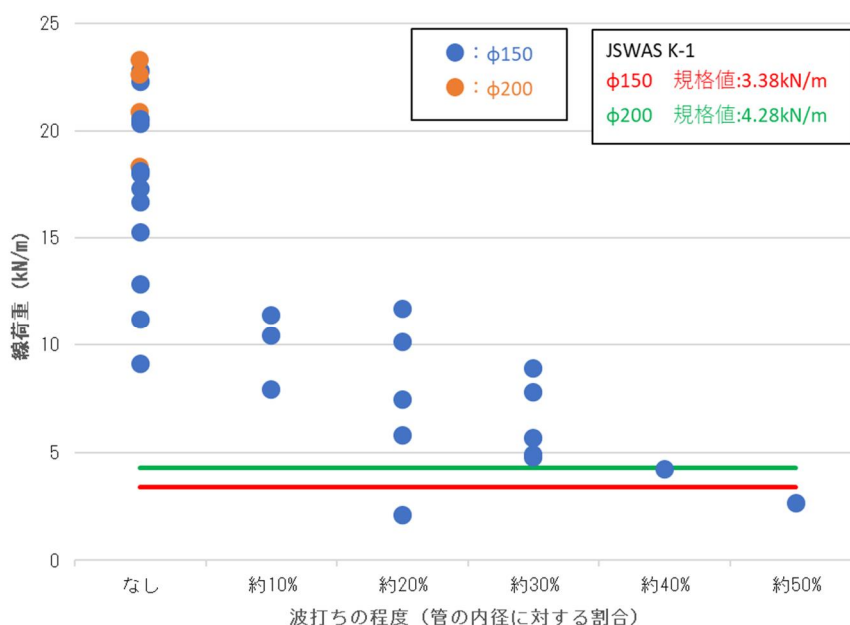


図 3.4-5 波打ちの程度（管の内径に対する割合）別の線荷重

### 3) 乾燥・湿潤状態

乾燥状態、湿潤状態で整理したところ、図 3.4-6 のとおり、その影響は確認されなかった。



図 3.4-6 硬質瀝青管の乾燥・湿潤状態別の線荷重

### (4) まとめ

扁平試験の結果、硬質瀝青管の波打ちの程度（管の円周に対する割合、管の内径に対する割合）が大きくなるほど、残存耐荷強度が低くなる傾向が確認され、2つの供試体（No.27、No.34）の線荷重がJSWAS K-1のφ150の規格値3.38kN/mを下回った。No.27及びNo.34について、線荷重及び波打ちの程度を表3.4-3に、劣化状況を写真3.4-2に示す。

以上の結果を踏まえ、硬質瀝青管の改築優先度を判定する基準（案）を表3.4-4のとおり作成した。

表 3.4-3 JSWAS K-1 の規格値を下回った硬質瀝青管の線荷重及び波打ちの程度

No.	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
	管の円周に対し	管の内径に対し	
27	管全体	約50%	2.67
34	円周約1/2	約20%	2.09



写真 3. 4-2 JSWAS K-1 の規格値を下回った硬質瀝青管の劣化状況（左：No. 27、右：No. 34）

表 3. 4-4 硬質瀝青管の改築優先度判定基準（案）

優先度 高	優先度 中	優先度 低
波打ちが「円周の約 1/2 以上に」 又は「内径の 2 割以上に」発生している状態	波打ちが見られる状態	（左記以外）

※高圧洗浄を実施した場合、波打ち部分が除去されている可能性がある。





## 4. 硬質瀝青管の管理における留意点

### 4.1 布設状況の把握

硬質瀝青管は取付け管に使用されていることが多いが、取付け管の管種及び布設場所の詳細が下水道台帳等に整理されているとは限らない。管種が分かっていない下水道管、特に取付け管については、1970年代に布設されたものや大規模な宅地造成等により布設されて民間事業者から移管されたものを中心に、自らの管理において把握している硬質瀝青管の布設状況も踏まえ、管種及び布設場所の詳細を確認し、下水道台帳等に整理することが望ましい。

### 4.2 改築

硬質瀝青管は、採用から概ね 50 年が経過しており、閉塞等の不具合が発生していることから、既に管理しているものや布設が発見されたものは速やかに改築することが望ましい。

改築にあたっては、1 の参考文献 1 で報告されているとおり、例えば水道管の耐震化事業による布設予定箇所及び硬質瀝青管の布設状況を踏まえて工事の箇所及び時期を合わせるなど、他埋設物管理者及び道路管理者と連携することが望ましい。

硬質瀝青管が、予算制約等から速やかに改築することが困難な場合は、3.4 で示した改築優先度判定基準（案）（表 4.2-1（表 3.4-4 の再掲）参照）を参考に計画的に改築を進める必要がある。また、2.1.2 の実態調査では硬質瀝青管が布設されている、又は布設されたことがある団体の約 6 割の団体において点検・調査を実施していない実態が明らかとなったが、硬質瀝青管の改築が完了するまでは点検・調査を十分に実施しながら管理を行うべきである。

表 4.2-1 硬質瀝青管の改築優先度判定基準（案）（表 3.4-4 の再掲）

優先度 高	優先度 中	優先度 低
波打ちが「円周の約 1/2 以上に」 又は「内径の 2 割以上に」発生している状態	波打ちが見られる状態	（左記以外）

※高圧洗浄を実施した場合、波打ち部分が除去されている可能性がある。

### 4.3 清掃・洗浄時の留意点

硬質瀝青管の清掃・洗浄時に高圧洗浄を実施する際は、波打ち自体が流下阻害要因となっている場合が多いことから、高圧洗浄試験（3.3 参照）の結果を踏まえ、管を破損しないように洗浄圧力に注意するとともに、旋回ノズルでなく、後方噴射ノズル又は前方噴射ノズルを使用すべきである。また、清掃する際にはワイヤーやロッド等を用いて管を破損しないように対応することも有効である。

閉塞等を解消するために高圧洗浄を実施し、その後、TV カメラ調査等により硬質瀝青管であることが判明した場合は、波打ち部分が除去され、劣化状況が視覚的には分かりにくい可能性がある。



## 参考資料 I 成分分析（アスベスト定性分析）のデータ

3.2.1 のアスベスト定性分析におけるデータを以下に記す。

### I.1 X線回折装置による回折スペクトル

X線回折装置による回折スペクトルの形状は、アスベストの種類（鉱物）によって異なり、それぞれが持つ特有のピークに合致した場合、アスベストを含有していると判断される。

アスベストが含まれる際の X 線回折分析パターンを図 I-1 に示す。

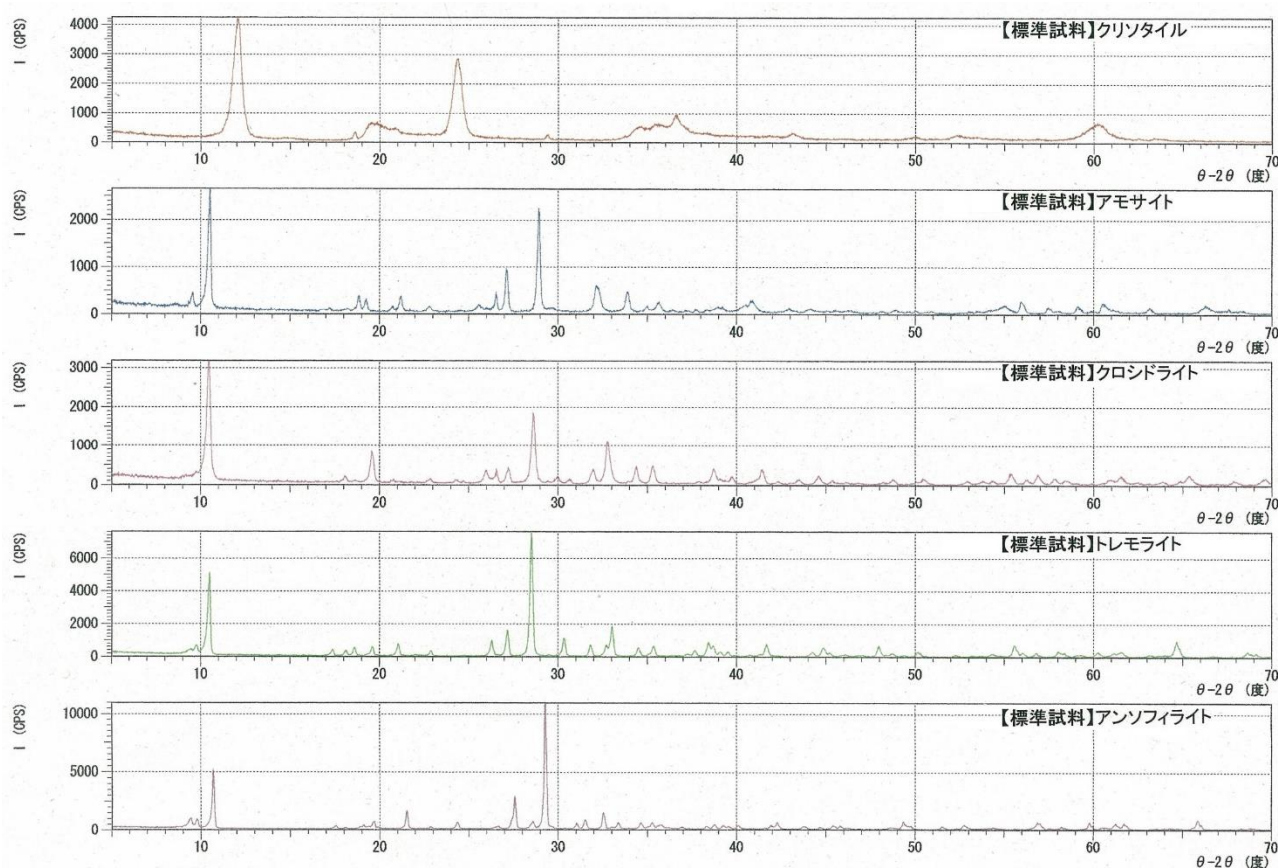


図 I-1 アスベストが含まれる際の X 線回折装置による回折スペクトル (例)

3.2.1 の A 供試体～I 供試体の X 線回折装置による回折スペクトルを図 I-2～図 I-6 に示す。

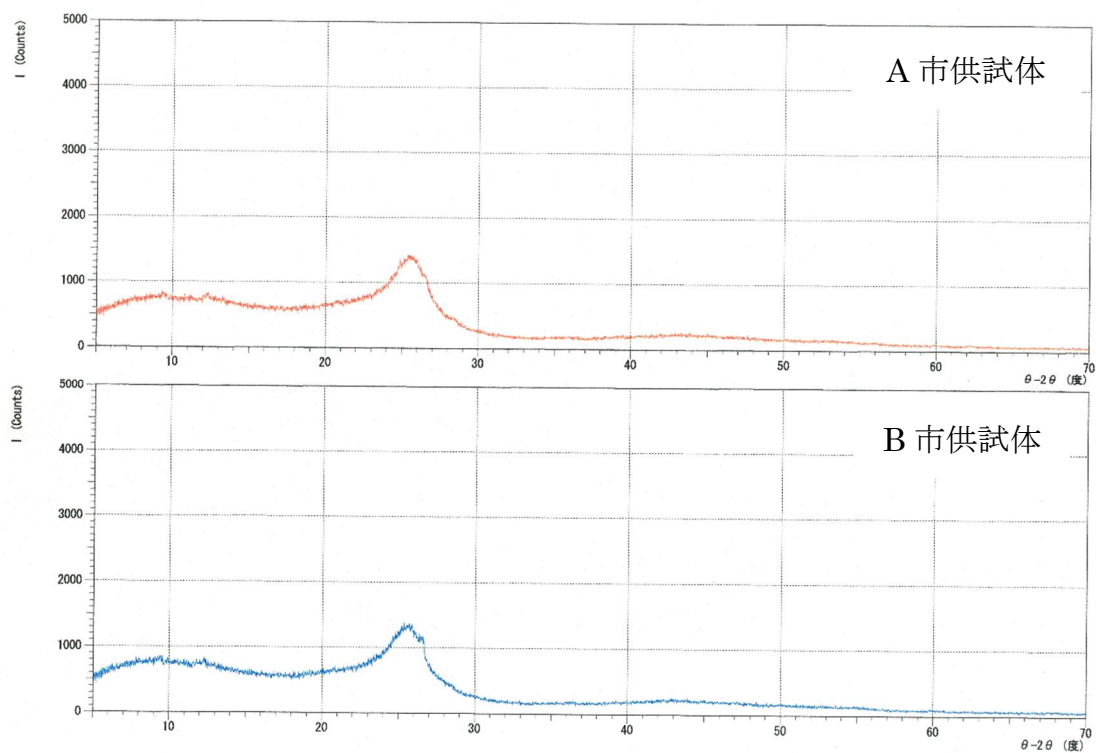


図 I-2 X 線回折装置による回折スペクトル (A 市供試体、B 市供試体)

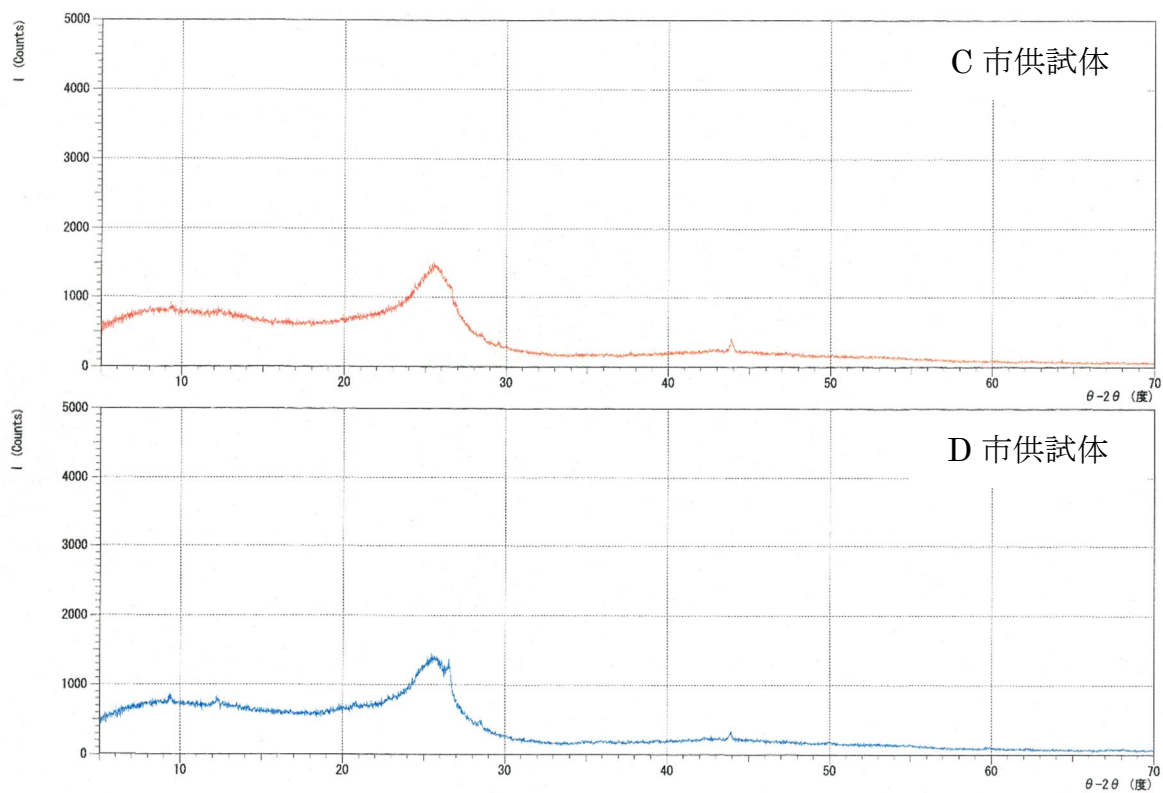


図 I-3 X 線回折装置による回折スペクトル (C 市供試体、D 市供試体)

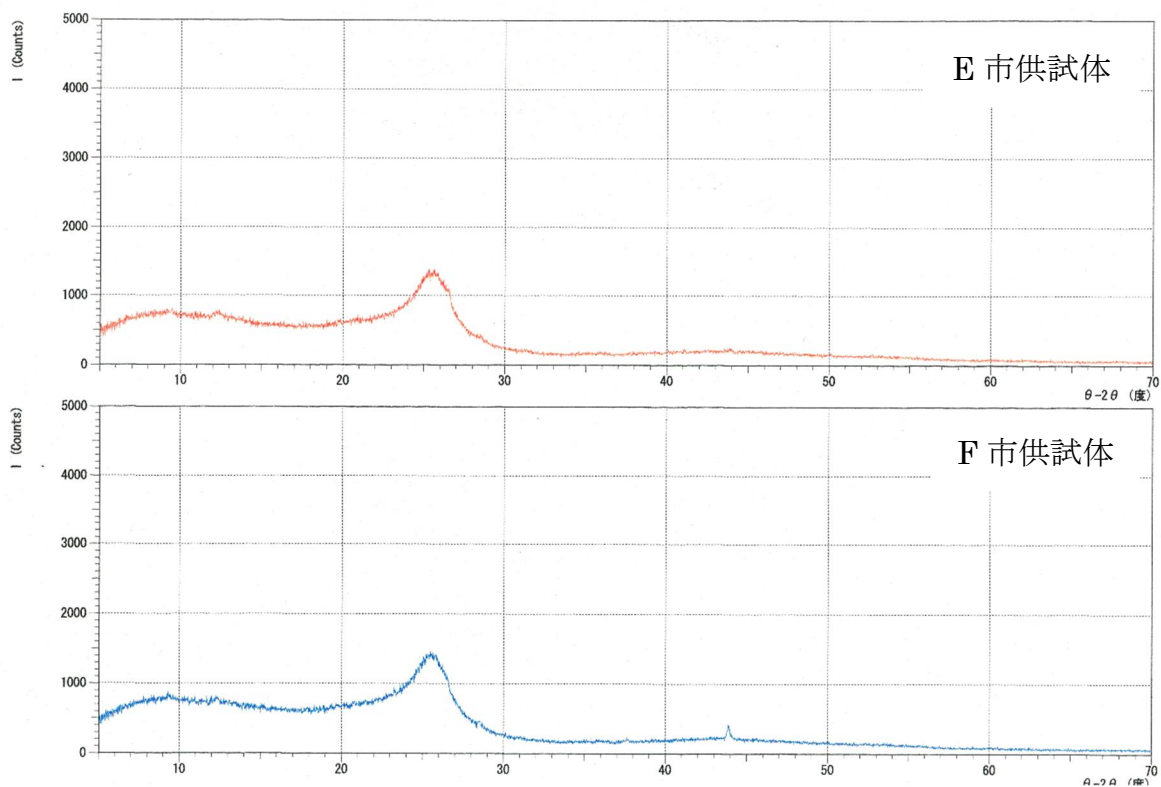


図 I-4 X線回折装置による回折スペクトル (E市供試体、F市供試体)

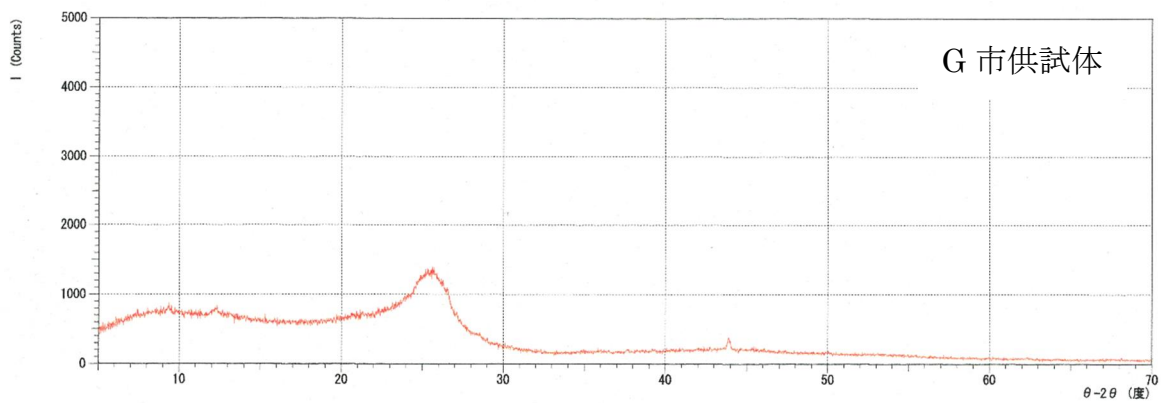


図 I-5 X線回折装置による回折スペクトル (G市供試体)

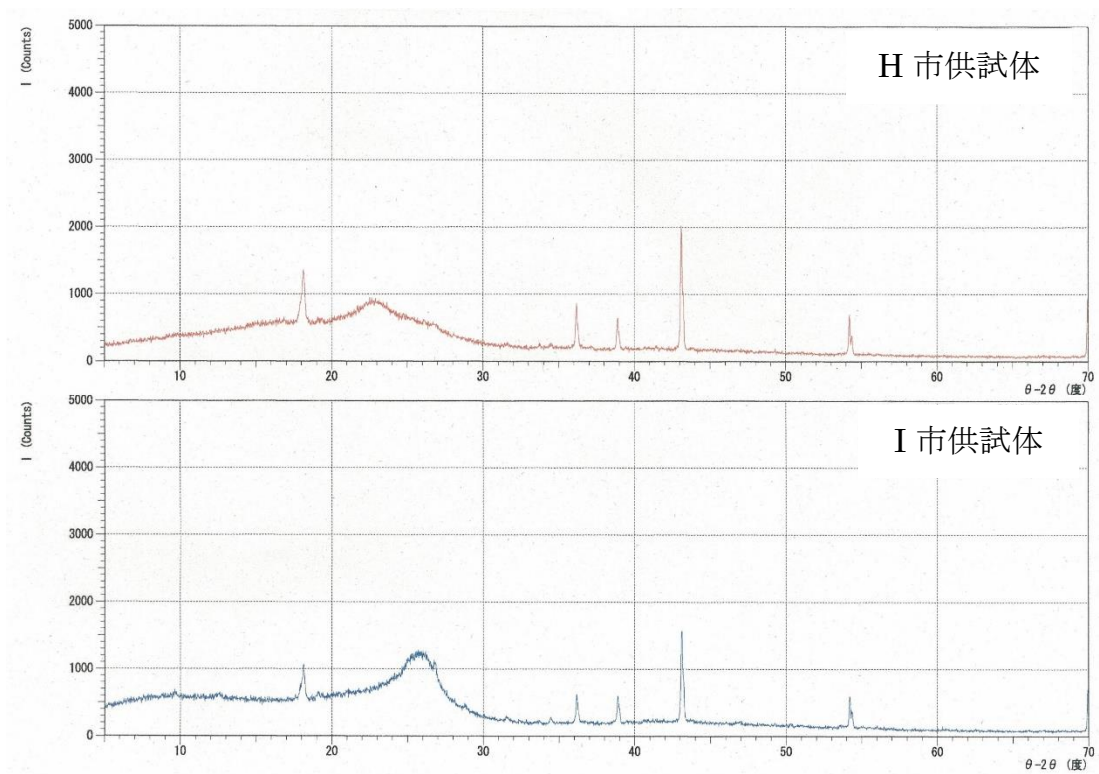


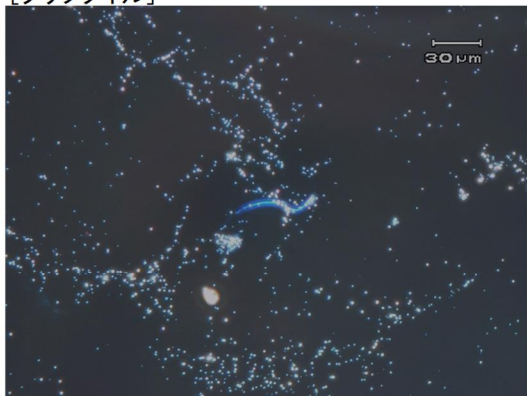
図 I-6 X線回折装置による回折スペクトル (H市供試体、I市供試体)



## I.2 位相差・分散顕微鏡による写真

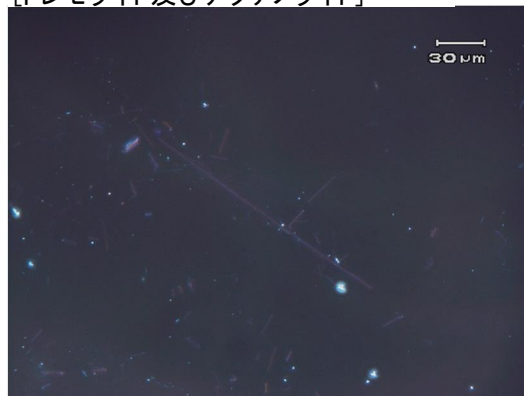
アスベストが含まれる際の位相差・分散顕微鏡による写真 I-1 に示す。

[クリソタイル]



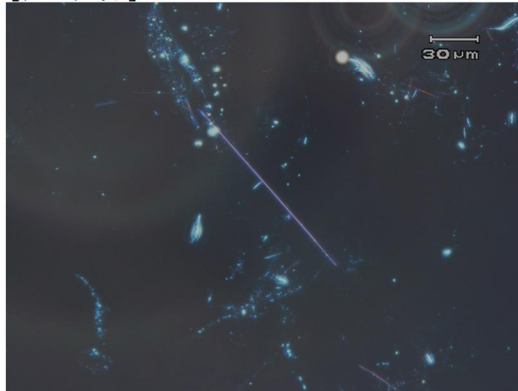
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.550 × 400  
分散色: 赤紫色～青色

[トレモライト及びアクチノライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.620 × 400  
分散色: 赤紫色

[アモサイト]



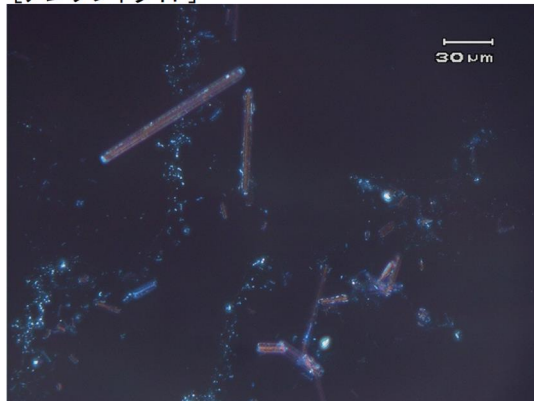
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.680 × 400  
分散色: 桃色

[クロシドライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.690 × 400  
分散色: 桃色

[アンソフィライト]

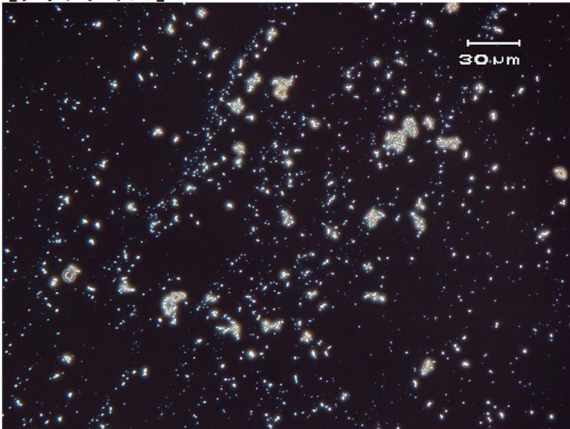


屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.618 × 400  
分散色: 橙色～赤紫色

写真 I-1 アスベストが含まれる際の位相差・分散顕微鏡による写真

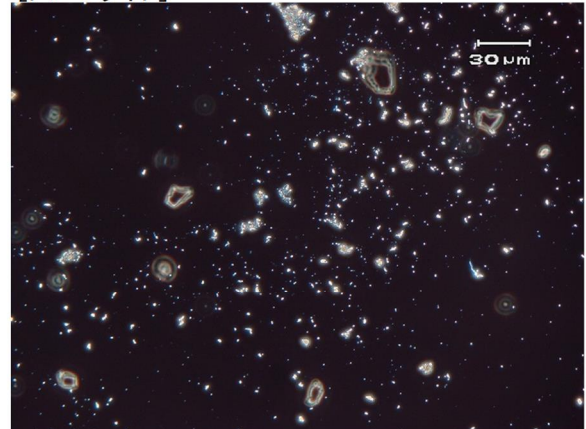
3.2.1 の A 市供試体～I 市供試体の位相差・分散顕微鏡による写真を写真 I-2～写真 I-10 に示す。

[クリソタイル]



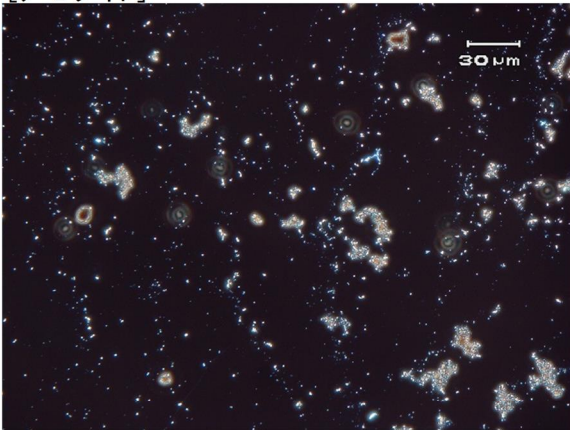
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.550 × 400  
分散色: 赤紫色～青色

[トレモライト]



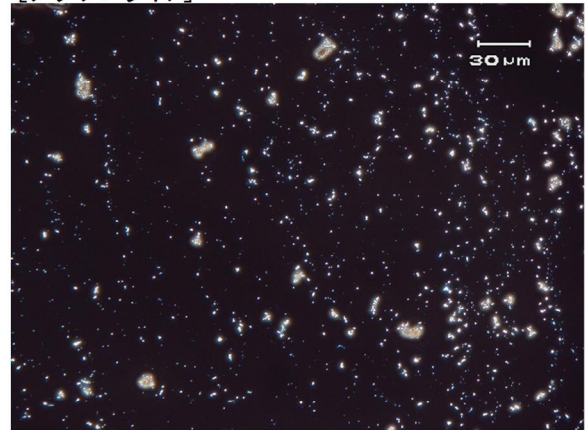
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.620 × 400  
分散色: 赤紫色

[アモサイト]



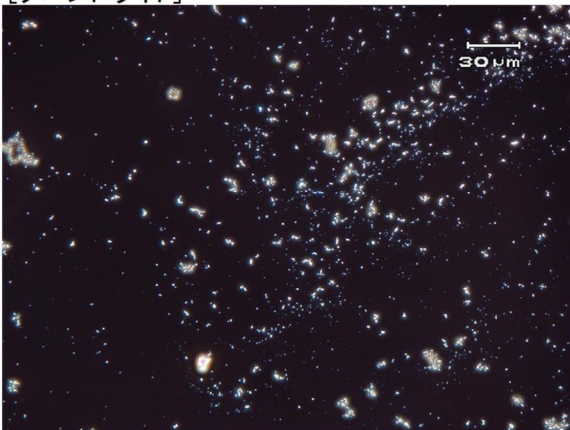
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.680 × 400  
分散色: 桃色

[アクチノライト]



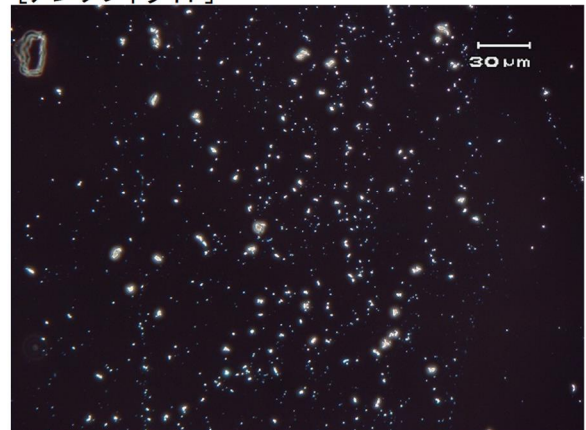
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.628 × 400  
分散色: 赤紫色～桃色

[クロソドライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.690 × 400  
分散色: 桃色

[アンソフィライト]

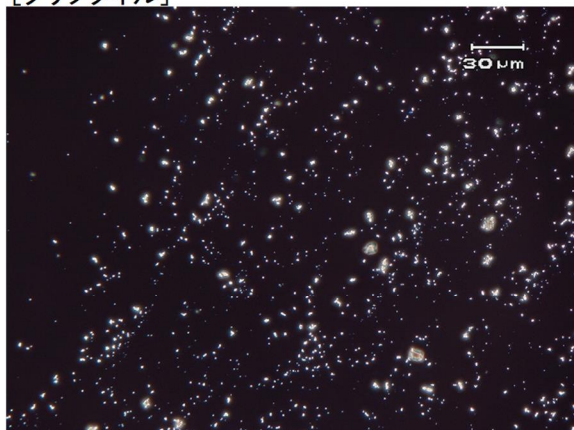


屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.618 × 400  
分散色: 橙色～赤紫色

写真 I-2 位相差・分散顕微鏡による写真 (A 市供試体)

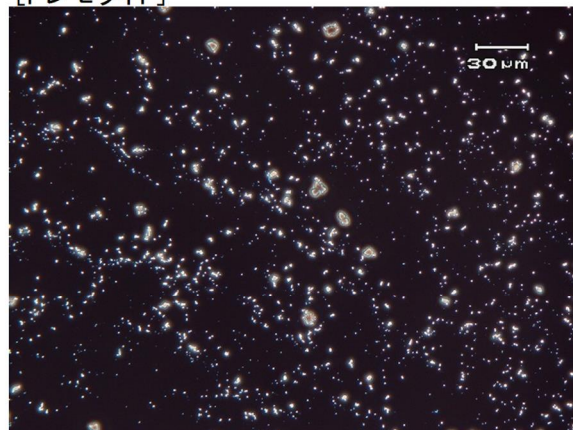


[クリソタイル]



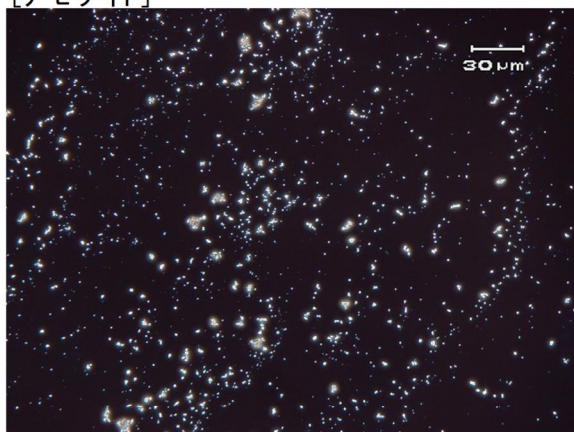
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.550 × 400  
分散色: 赤紫色～青色

[トレモライト]



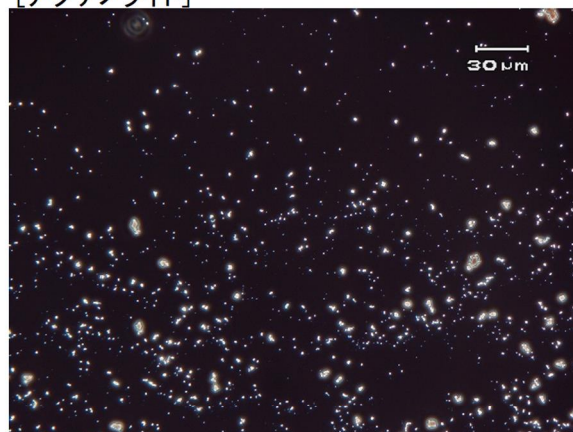
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.620 × 400  
分散色: 赤紫色

[アモサイト]



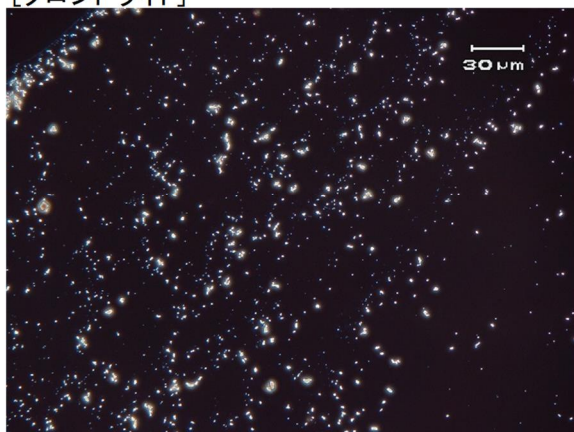
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.680 × 400  
分散色: 桃色

[アクチノライト]



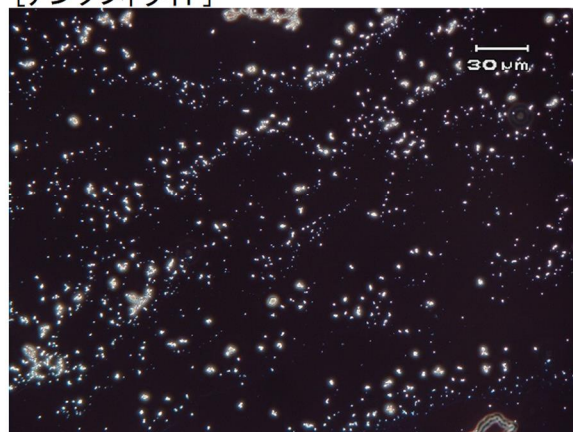
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.628 × 400  
分散色: 赤紫色～桃色

[クロソドライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.690 × 400  
分散色: 桃色

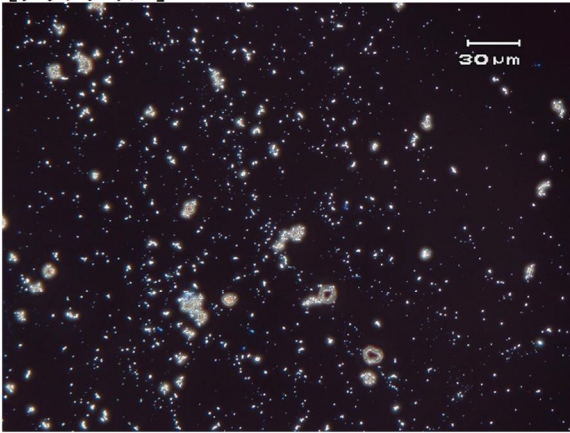
[アンソフィライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.618 × 400  
分散色: 橙色～赤紫色

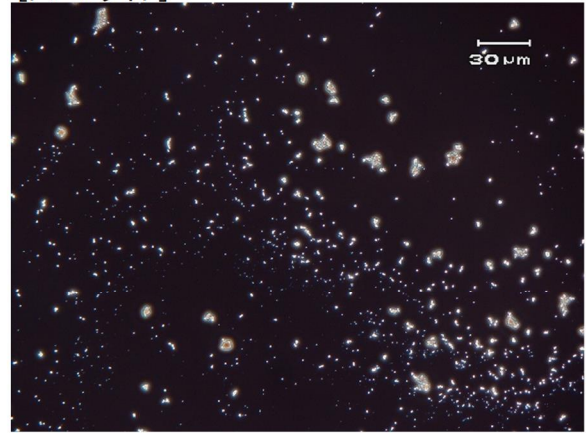
写真 I-3 位相差・分散顕微鏡による写真 (B市供試体)

[クリソタイル]



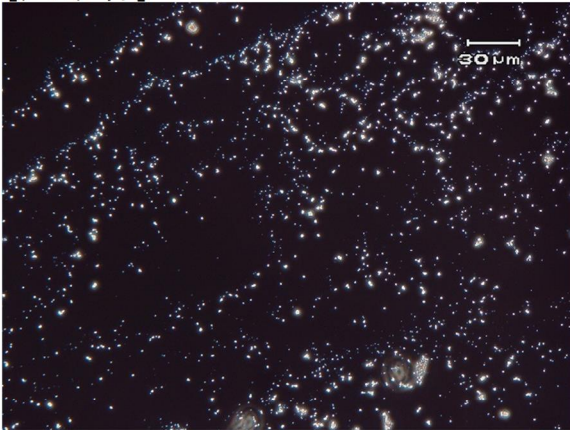
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.550 × 400  
 分散色: 赤紫色～青色

[トレモライト]



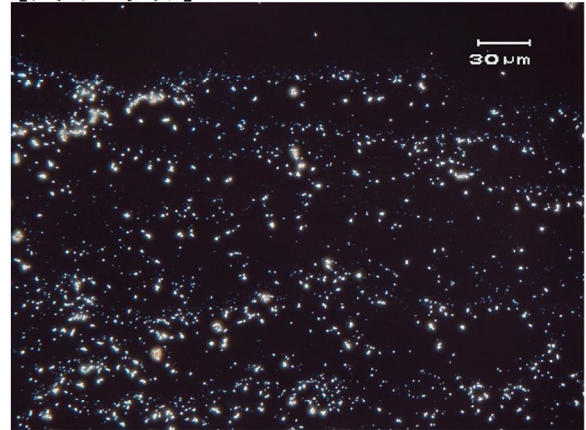
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.620 × 400  
 分散色: 赤紫色

[アモサイト]



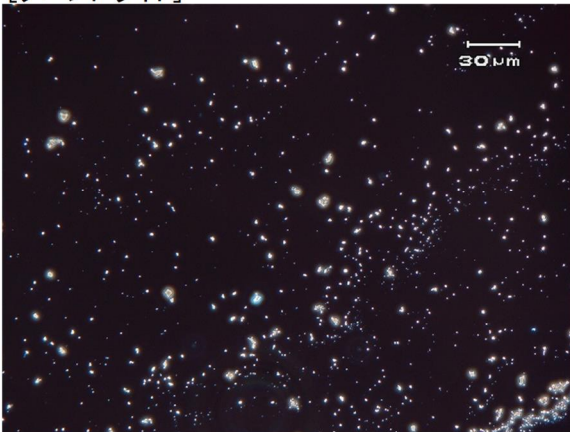
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.680 × 400  
 分散色: 桃色

[アクチノライト]



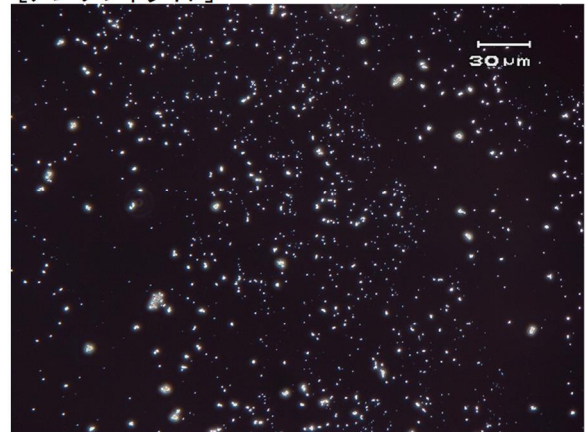
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.628 × 400  
 分散色: 赤紫色～桃色

[クロソドライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.690 × 400  
 分散色: 桃色

[アンソフィライト]

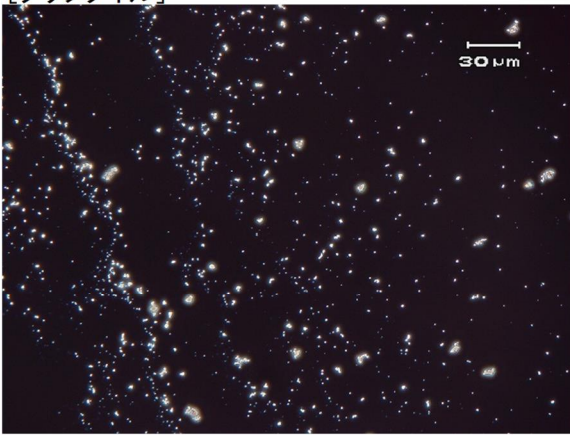


屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.618 × 400  
 分散色: 橙色～赤紫色

写真 I-4 位相差・分散顕微鏡による写真 (C 市供試体)

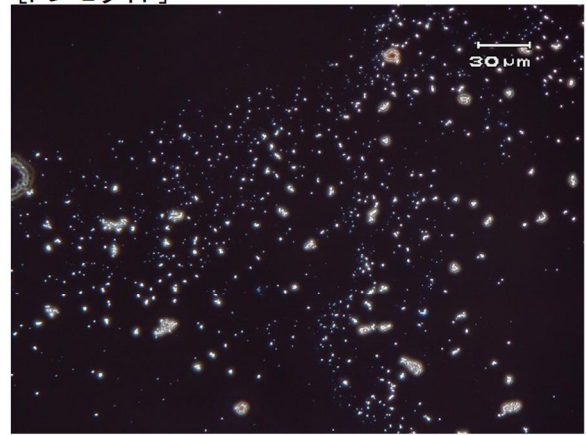


[クリソタイル]



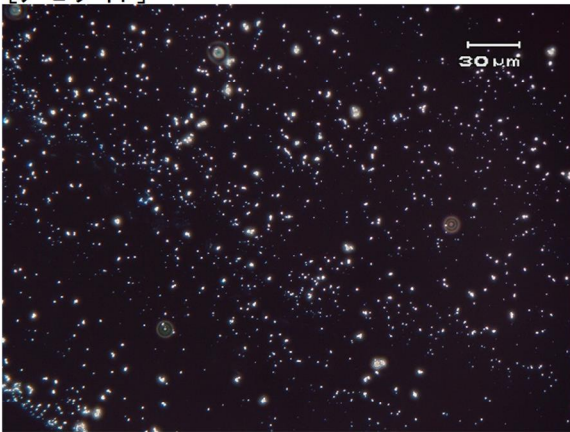
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.550 × 400  
 分散色: 赤紫色～青色

[トレモライト]



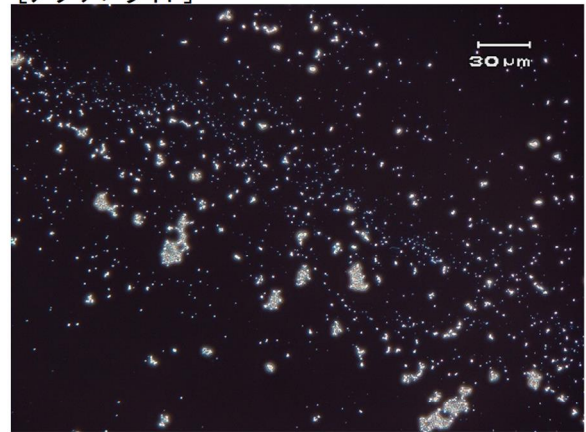
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.620 × 400  
 分散色: 赤紫色

[アモサイト]



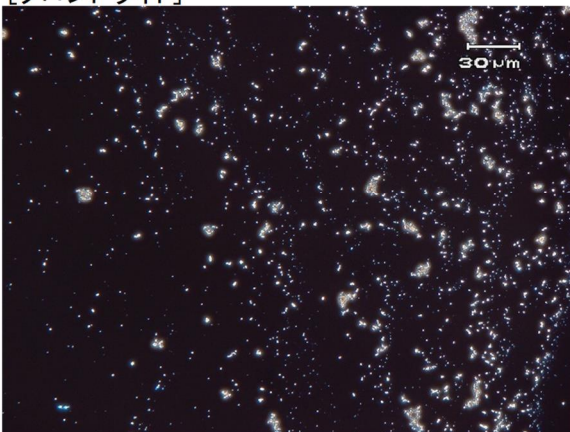
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.680 × 400  
 分散色: 桃色

[アクチノライト]



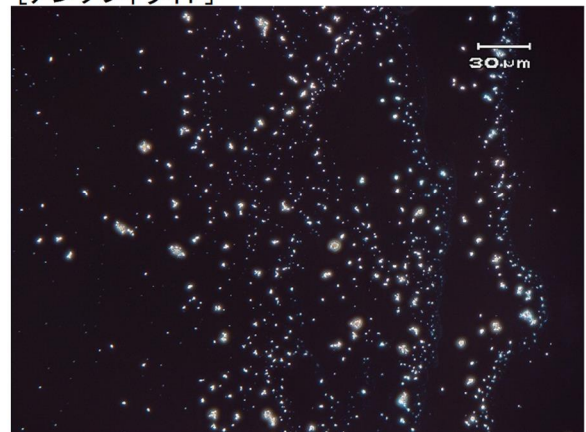
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.628 × 400  
 分散色: 赤紫色～桃色

[クロソドライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.690 × 400  
 分散色: 桃色

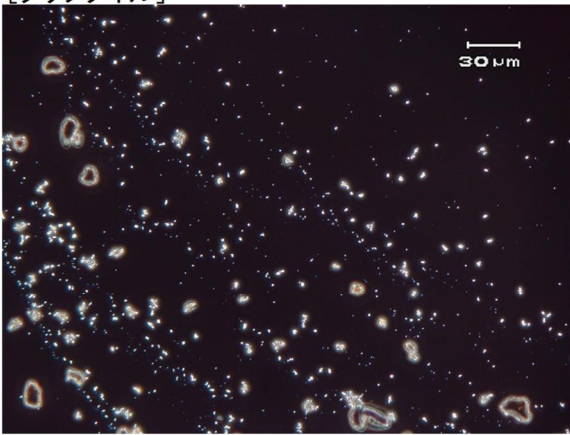
[アンソフィライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.618 × 400  
 分散色: 橙色～赤紫色

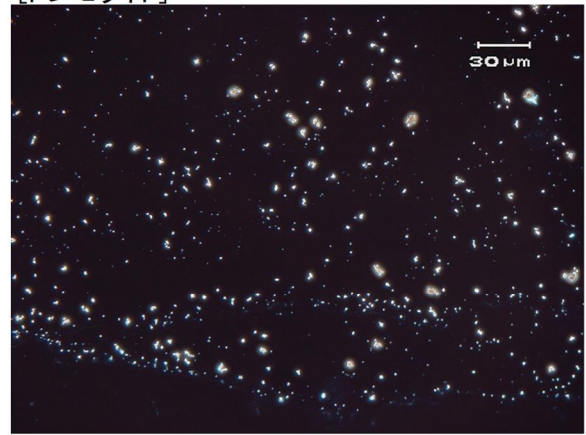
写真 I -5 位相差・分散顕微鏡による写真 (D 市供試体)

[クリソタイル]



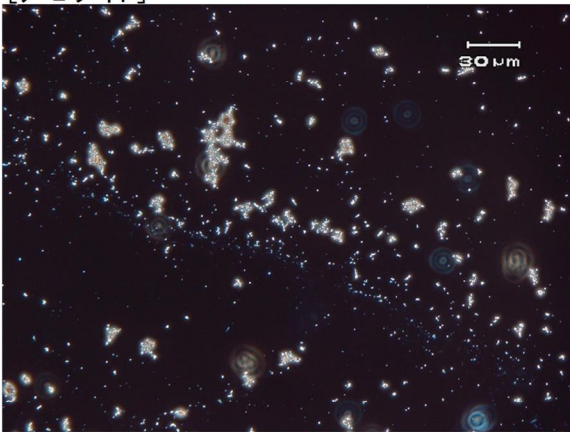
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.550 × 400  
 分散色: 赤紫色～青色

[トレモライト]



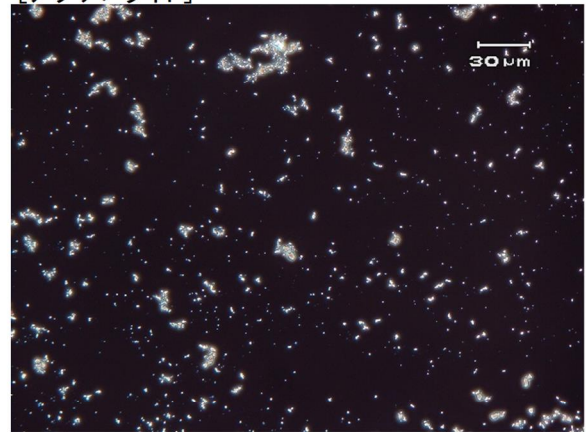
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.620 × 400  
 分散色: 赤紫色

[アモサイト]



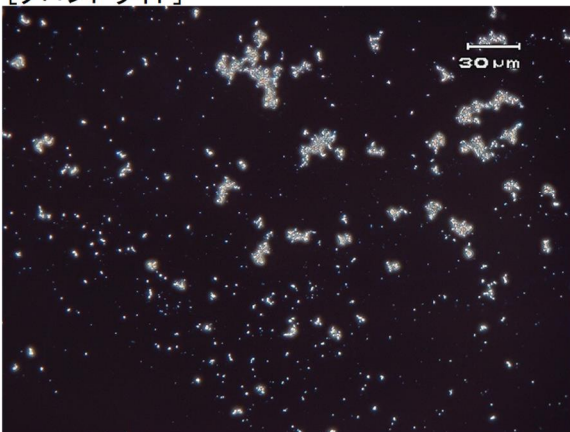
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.680 × 400  
 分散色: 桃色

[アクチノライト]



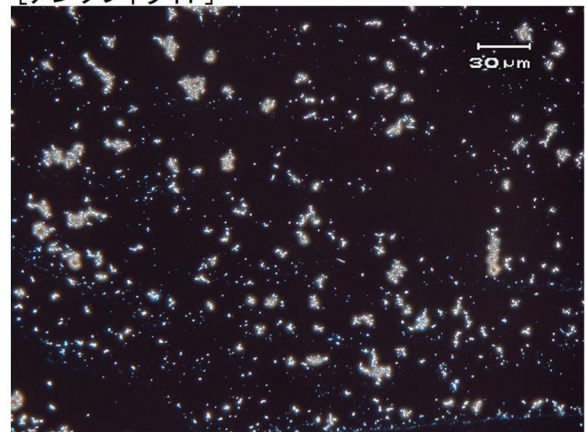
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.628 × 400  
 分散色: 赤紫色～桃色

[クロソドライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.690 × 400  
 分散色: 桃色

[アンソフィライト]

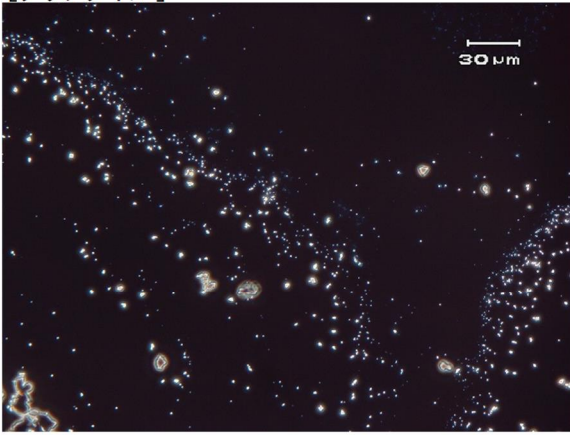


屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.618 × 400  
 分散色: 橙色～赤紫色

写真 I-6 位相差・分散顕微鏡による写真 (E 市供試体)

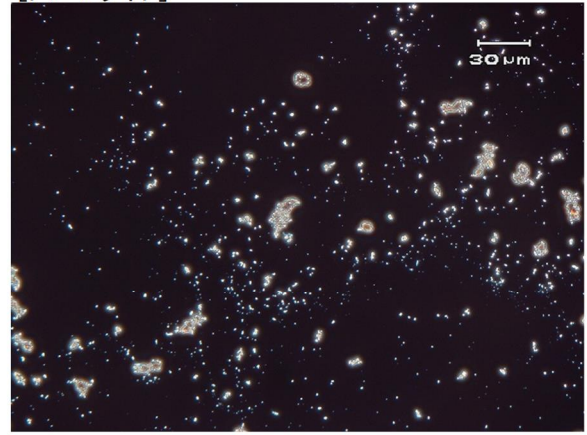


[クリソタイル]



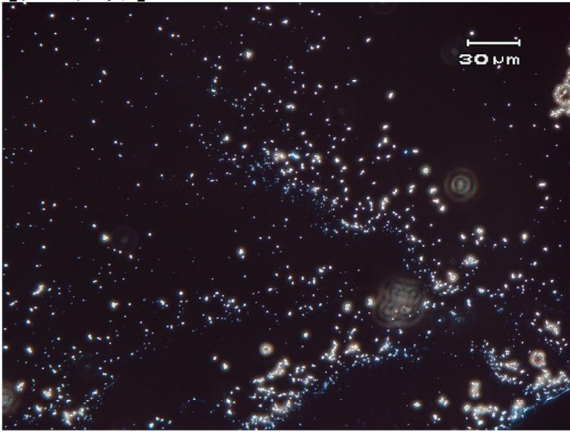
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.550 × 400  
 分散色: 赤紫色～青色

[トレモライト]



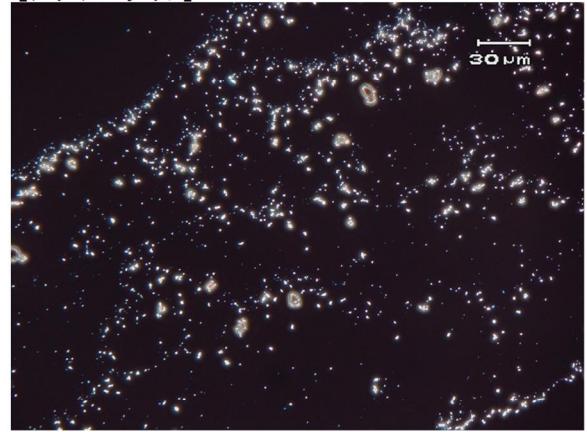
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.620 × 400  
 分散色: 赤紫色

[アモサイト]



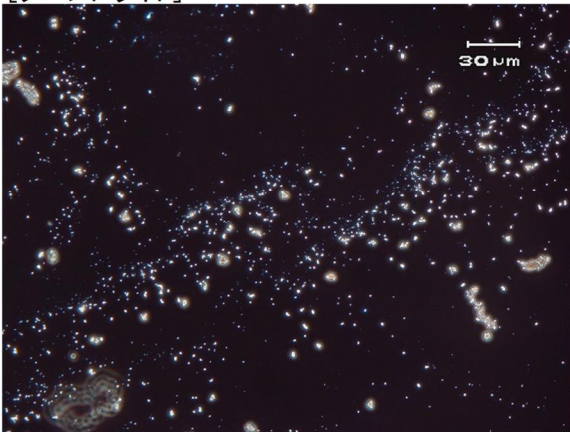
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.680 × 400  
 分散色: 桃色

[アクチノライト]



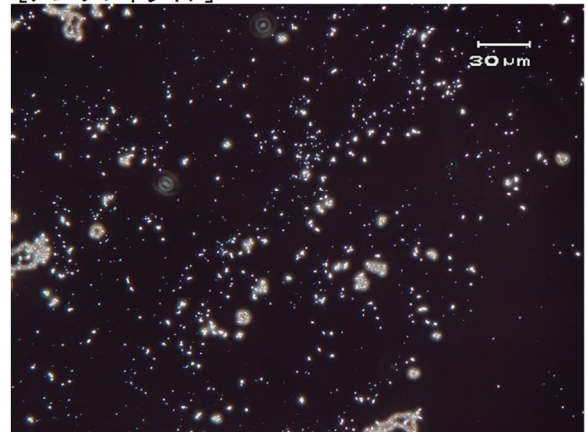
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.628 × 400  
 分散色: 赤紫色～桃色

[クロソドライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.690 × 400  
 分散色: 桃色

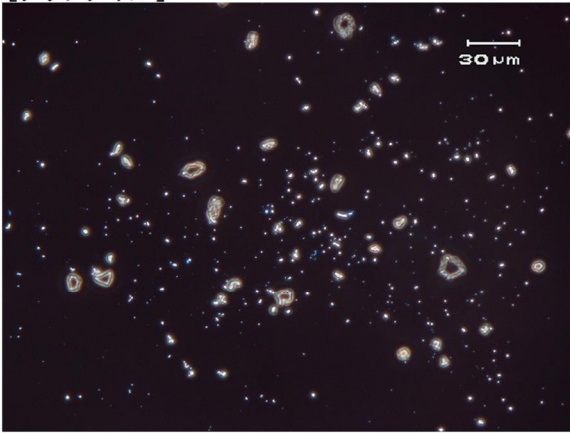
[アンソフィライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.618 × 400  
 分散色: 橙色～赤紫色

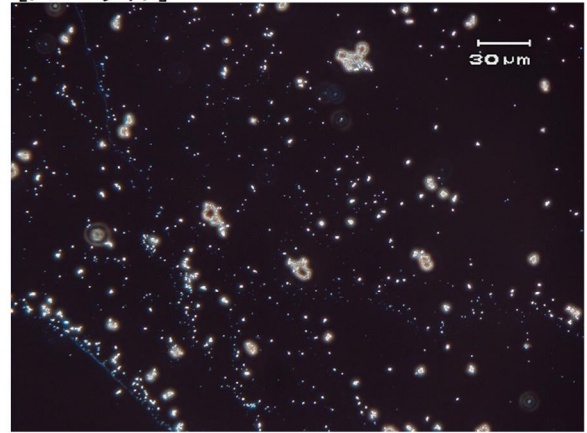
写真 I-7 位相差・分散顕微鏡による写真 (F 市供試体)

[クリソタイル]



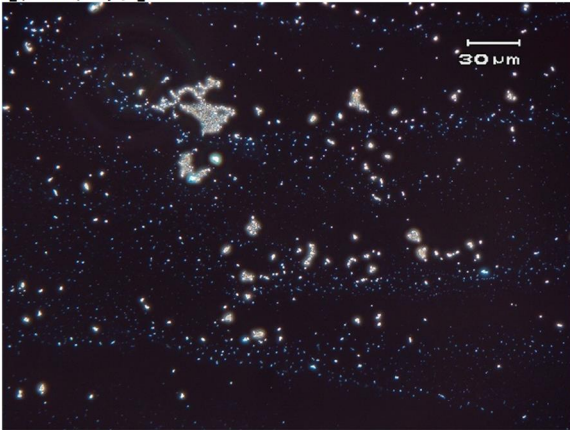
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.550 × 400  
 分散色: 赤紫色～青色

[トレモライト]



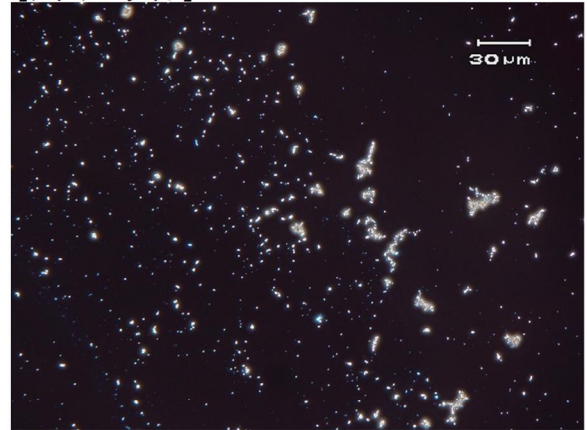
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.620 × 400  
 分散色: 赤紫色

[アモサイト]



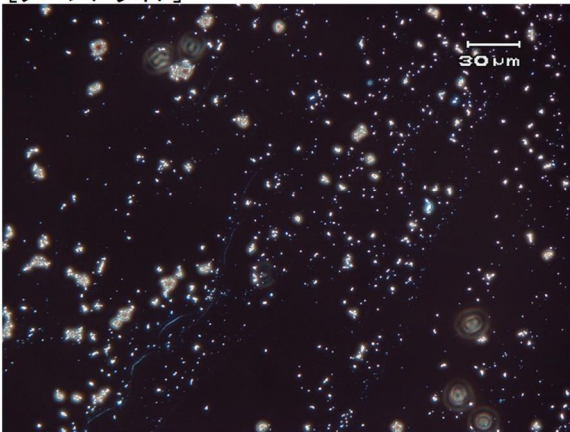
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.680 × 400  
 分散色: 桃色

[アクチノライト]



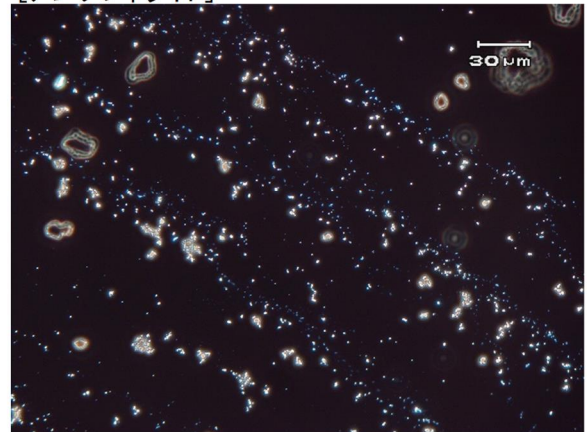
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.628 × 400  
 分散色: 赤紫色～桃色

[クロシドライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.690 × 400  
 分散色: 桃色

[アンソフィライト]

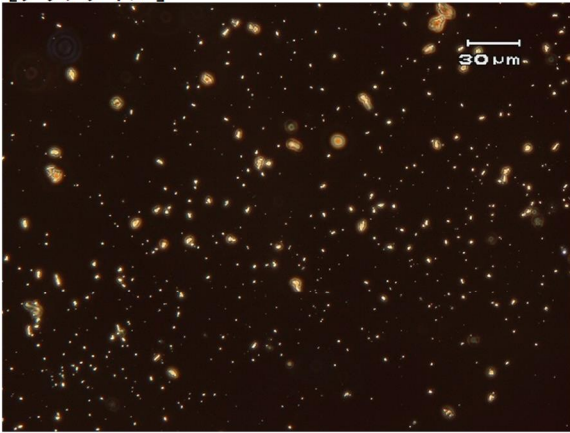


屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.618 × 400  
 分散色: 橙色～赤紫色

写真 I-8 位相差・分散顕微鏡による写真 (G 市供試体)

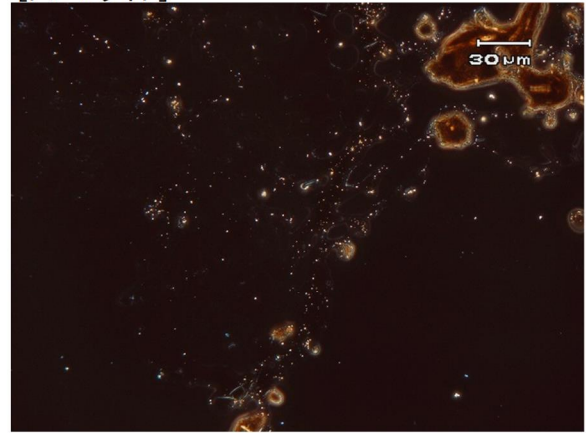


[クリソタイル]



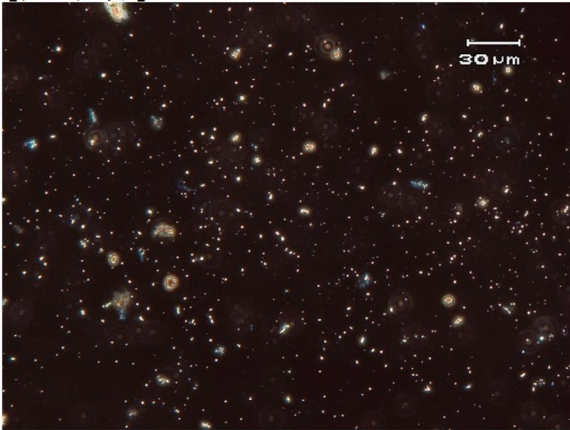
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.550 × 400  
分散色: 赤紫色～青色

[トレモライト]



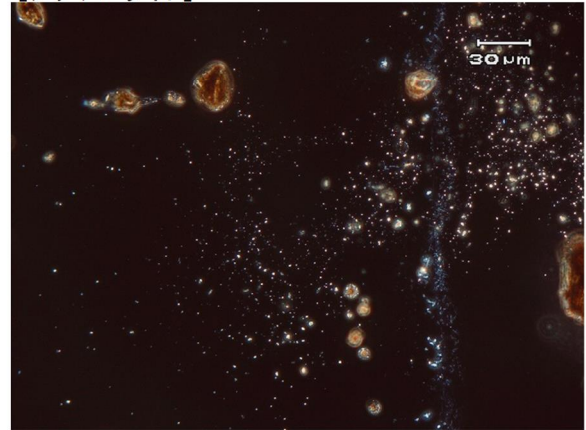
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.620 × 400  
分散色: 赤紫色

[アモサイト]



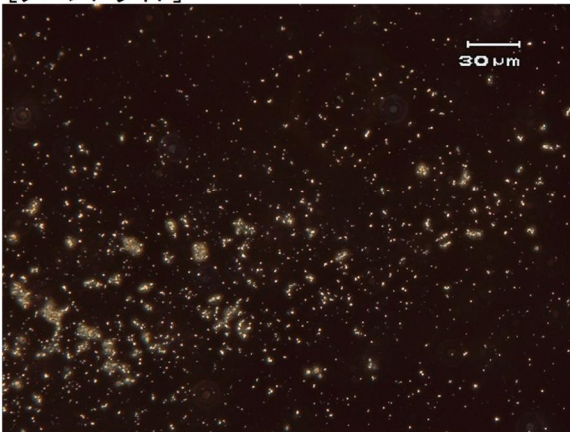
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.680 × 400  
分散色: 桃色

[アクチノライト]



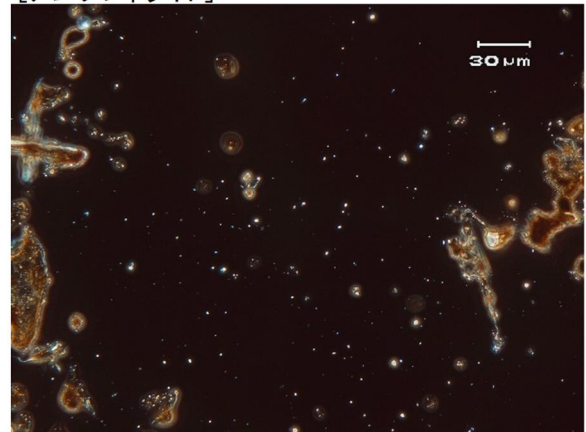
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.628 × 400  
分散色: 赤紫色～桃色

[クロシドライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.690 × 400  
分散色: 桃色

[アンソフィライト]

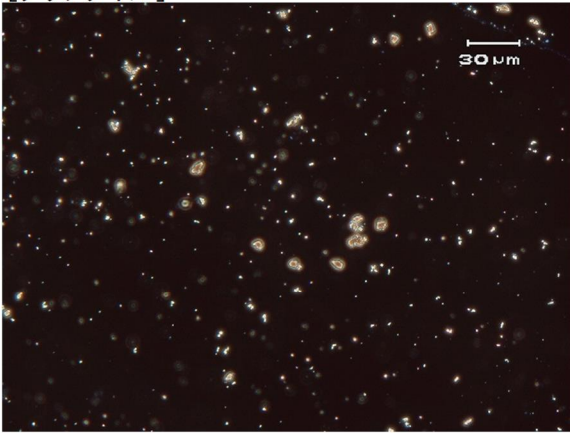


屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.618 × 400  
分散色: 橙色～赤紫色

写真 I-9 位相差・分散顕微鏡による写真 (H市供試体)

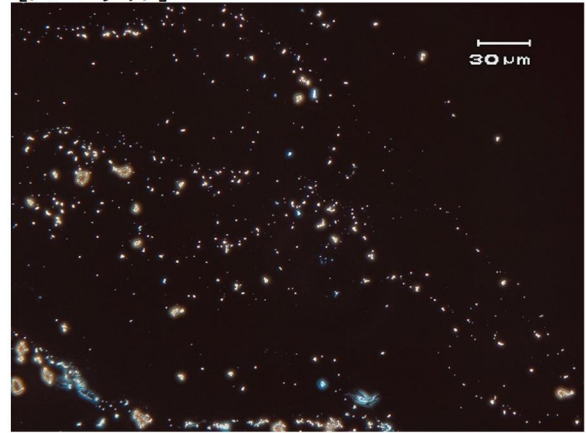


[クリソタイル]



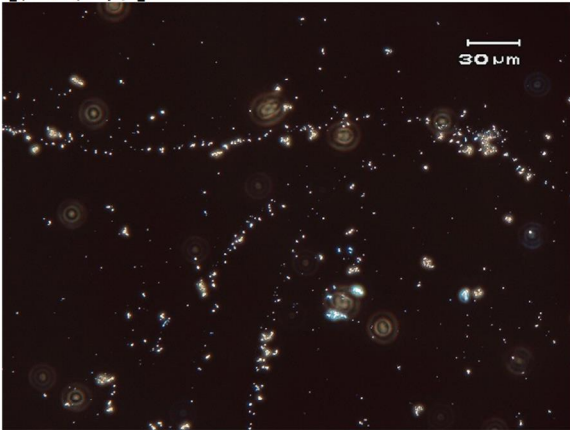
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.550 × 400  
 分散色: 赤紫色～青色

[トレモライト]



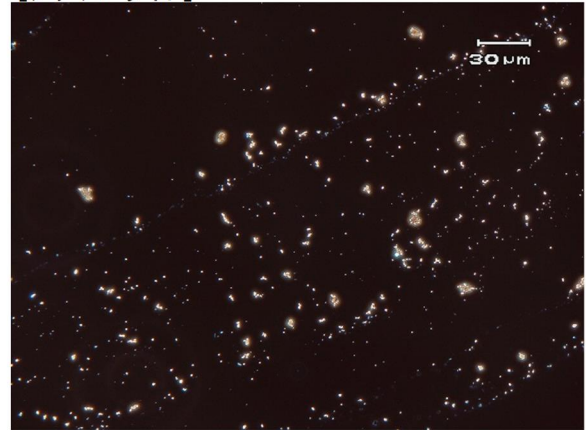
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.620 × 400  
 分散色: 赤紫色

[アモサイト]



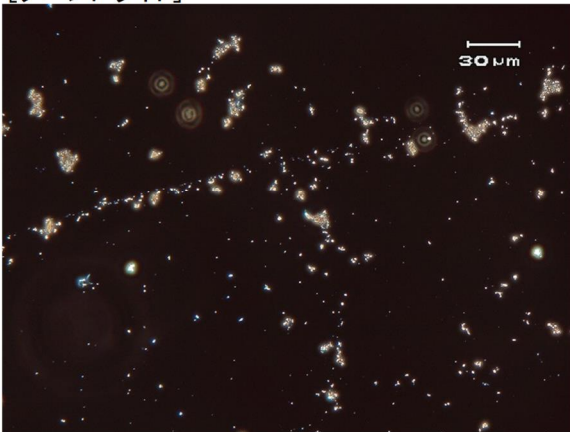
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.680 × 400  
 分散色: 桃色

[アクチノライト]



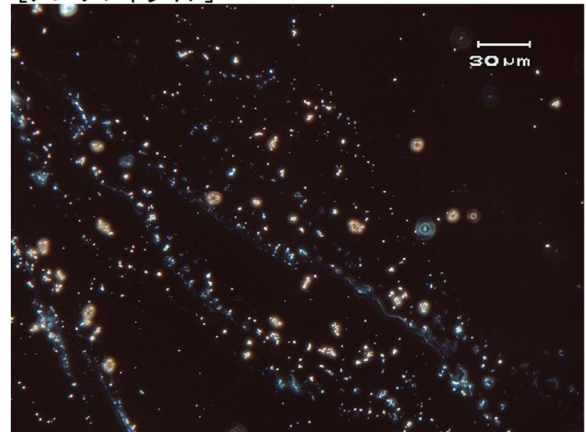
屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.628 × 400  
 分散色: 赤紫色～桃色

[クロソドライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.690 × 400  
 分散色: 桃色

[アンソフィライト]



屈折率( $n_D^{25^\circ\text{C}}$ )=1.618 × 400  
 分散色: 橙色～赤紫色

写真 I-10 位相差・分散顕微鏡による写真 (I 市供試体)

## 参考資料Ⅱ 浸漬試験

硬質瀝青管は水や洗剤等の影響によりコールタールが溶出し、防水性低下に伴う波打ちや破損が発生すると考えられているが、詳細な分析を実施した事例はない。そこで、3.2.2のコールタール含有率の分析以外に、洗剤水溶液の洗剤濃度や浸漬期間とコールタール含有率の低下との関係を明らかにするため浸漬試験を実施した。

### Ⅱ.1 洗剤水溶液浸漬試験

硬質瀝青管に含まれているコールタールが、洗剤に含まれる界面活性剤によってどの程度溶出するか把握するため、1か月間洗剤水溶液に硬質瀝青管を浸漬させる実験を実施した。

#### (1) 試験片

実際に布設されていた硬質瀝青管（φ150）の上部より中間層を切り出し、約3cm<sup>2</sup>の試験片を採取する。採取した試験片の写真を写真Ⅱ-1～写真Ⅱ-4に示す。



写真Ⅱ-1 布設されていた硬質瀝青管



写真Ⅱ-2 硬質瀝青管の切り出し部分



写真Ⅱ-3 切り出し部分の中間層のみを採取



写真Ⅱ-4 約3cm<sup>2</sup>に分割した試験片



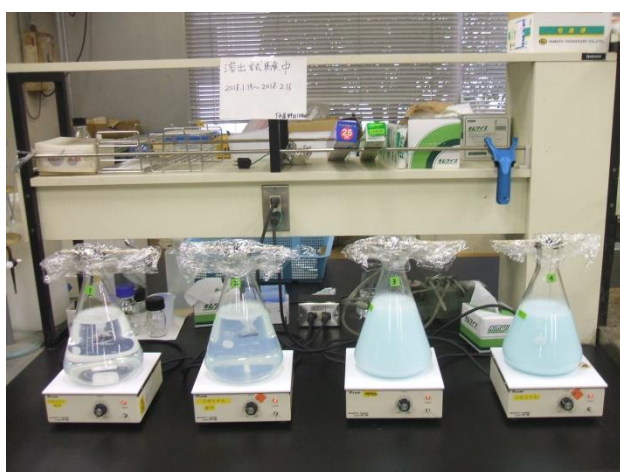
## (2) 試験方法

試験に用いる洗剤水溶液は家庭用合成洗剤（両性洗剤）を用い、表Ⅱ-1の試験条件に示すとおり濃度を变化させた7ケース用意した。試験片はナイロン製の布で包み、洗剤水溶液に浸漬させ、1か月後に試験片を取り出し、3.2.2の分析方法によってコールタール含有率を分析した。試験期間中、スターラーを1.74 m/minの速度で回転させ、洗剤水溶液を攪拌させた。

試験の開始状況を写真Ⅱ-5及び写真Ⅱ-6に示す。

表Ⅱ-1 洗剤水溶液浸漬試験の条件

No.	試験溶液	試料重量 (g)	試験溶液の体積 (mL)	重量体積比
①	洗剤濃度 0.1%	5.02	2008	1:400
②	洗剤濃度 1.2%	5.11	2044	1:400
③	洗剤濃度 12.2%	5.02	2008	1:400
④	洗剤濃度 24.3%	4.88	1952	1:400
⑤	洗剤濃度 36.5%	4.76	1904	1:400
⑥	洗剤濃度 48.7%	4.74	1896	1:400
⑦	洗剤濃度 60.9%	4.86	1944	1:400
Control	洗剤濃度 12.2%	なし	2000	-



写真Ⅱ-5 洗剤水溶液浸漬試験の開始状況  
(左から①～④)



写真Ⅱ-6 洗剤水溶液浸漬試験の開始状況  
(左から⑤～⑦、Control)

## (3) 試験結果

試験後の洗剤水溶液の状況を写真Ⅱ-7及び写真Ⅱ-8に、試験結果を表Ⅱ-2に示す。1か月後に洗剤水溶液から取り出し、コールタール含有率を分析したところ、洗剤濃度の違いによるコールタール含有率の低下の違いは確認されなかった。これは、洗剤に含まれる界面活性剤の「洗浄力はある一定の濃度で頭打ちになり、それ以上は上昇しない」という特性に起因すると考えられる。実際に洗剤濃度が0.1%、1.2%である洗剤水溶液が試験後に黄色く変色していたことや試験片と同様の匂いがしていたことから、コールタールが溶出したことが推測される。

3.2.2 のとおり、元々の硬質瀝青管のコールタール含有率は 60%程度と推察され、1 か月の浸漬でコールタール含有率は 10%程度低下したと推察される。

なお、④及び⑥は予備試験としていたため、コールタール含有率の分析は実施しなかった。



写真 II-7 洗剤水溶液浸漬試験の終了状況  
(左から①～④)



写真 II-8 洗剤水溶液浸漬試験の終了状況  
(左から⑤～⑦、Control)

表 II-2 洗剤水溶液浸漬試験の結果

No.	試験溶液	コールタール含有率(%)
①	洗剤濃度 0.1%	46.5
②	洗剤濃度 1.2%	47.6
③	洗剤濃度 12.2%	46.8
⑤	洗剤濃度 36.5%	46.7
⑦	洗剤濃度 60.9%	46.4

## Ⅱ.2 長期間浸漬試験

Ⅱ.1 の 1 か月間による洗剤水溶液浸漬試験において、コールタール含有率が低下したと考えられたが、洗剤濃度の違いによるコールタール含有率の低下の違いは確認されず、硬質瀝青管の劣化機構を把握するには期間が不十分であると考えた。そこで、長期間の浸漬試験を実施し、コールタール含有率の低下傾向を確認することとした。

### (1) 試験片

試験に使用した硬質瀝青管は、Ⅱ.1 で使用したものと同一管を使用し、上部の中間層から 3 cm × 3 cm 程度の大きさに切り分けて、試験片を採取した。採取した試験片の写真を写真Ⅱ-9～写真Ⅱ-12 に示す。



写真Ⅱ-9 使用した硬質瀝青管



写真Ⅱ-10 硬質瀝青管の切り出し部分



写真Ⅱ-11 切り出し部分の中間層のみを採取



写真Ⅱ-12 3cm×3cm程度に分割した試験片



(2) 試験方法

試験片を浸漬させる試験溶液は、表Ⅱ-3のとおり、洗剤濃度 0.1 % (20 °C前後)、洗剤濃度 1.2 % (20 °C前後)、洗剤濃度 0.1 % (40 °C前後)、洗剤濃度 1.2 % (40 °C前後)、温水 (40 °C前後)、水 (20 °C前後) とし、洗剤濃度と水温とを組み合わせた 6 ケースとした。6 ケースにそれぞれ 4 つずつ試験片を浸漬させ、1 か月後、3 か月後、6 か月後、9 か月後に 1 つずつ試験片を取り出し、外観の変化を目視確認するとともに、コールタール含有率を分析した。

試験片はⅡ.1 と同じく 1 つずつナイロン製の布で包み、試験片の面と水面とが平行になるように設置し、20 °C前後のケースは空調により調整し、40 °C前後のケースはインキュベーターを用いて温度を一定に保ち実施するとともに、試験溶液は 1 週間毎に交換した。

表Ⅱ-3 長期間浸漬試験の条件

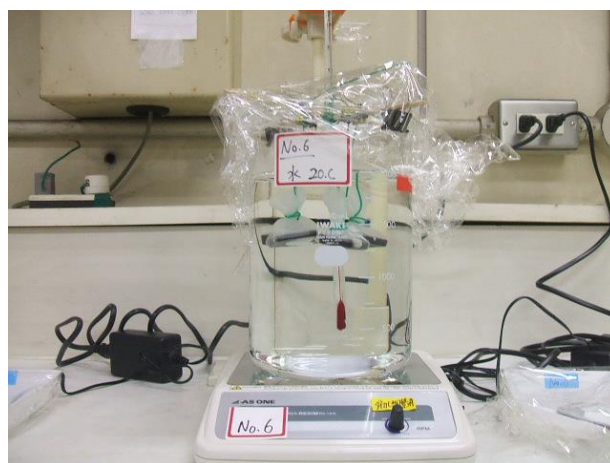
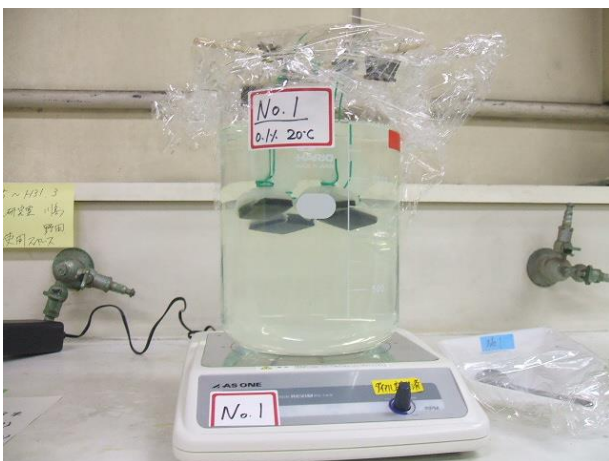
試験溶液	試験片 No.	浸漬期間									
		開始	1か月	2か月	3か月	4か月	5か月	6か月	7か月	8か月	9か月
洗剤濃度 0.1% (20°C前後) ケースA	1		○								
	2				○						
	3							○			
	4										○
洗剤濃度 1.2% (20°C前後) ケースB	5		○								
	6				○						
	7							○			
	8										○
洗剤濃度 0.1% (40°C前後) ケースC	9		○								
	10				○						
	11							○			
	12										○
洗剤濃度 1.2% (40°C前後) ケースD	13		○								
	14				○						
	15							○			
	16										○
温水 (40°C前後) ケースE	17		○								
	18				○						
	19							○			
	20										○
水 (20°C前後) ケースF	21		○								
	22				○						
	23							○			
	24										○

※灰色着色部：浸漬期間、○：試験片の取り出し(コールタール含有率の分析)

浸漬試験の試験開始状況を写真Ⅱ-13～写真Ⅱ-15に示す。



写真Ⅱ-13 長期間浸漬試験の開始状況



写真Ⅱ-14 20℃前後における長期間浸漬試験の開始状況  
(左上：洗剤濃度 0.1%、右上：洗剤濃度 1.2%、下：水)



写真Ⅱ-15 40°C前後における長期間浸漬試験の開始状況  
(左上：洗剤濃度 0.1%、右上：洗剤濃度 1.2%、下：温水)



### (3) 試験片取り出し時の変化

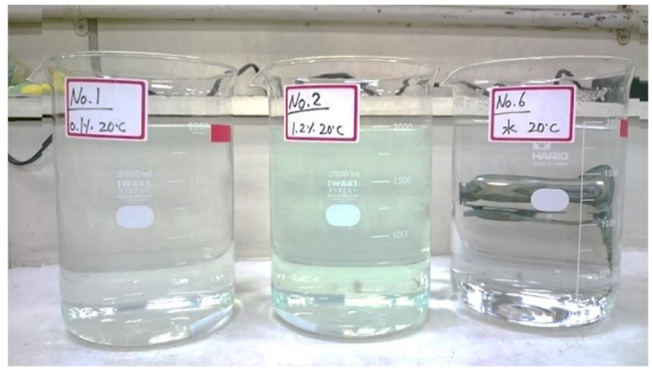
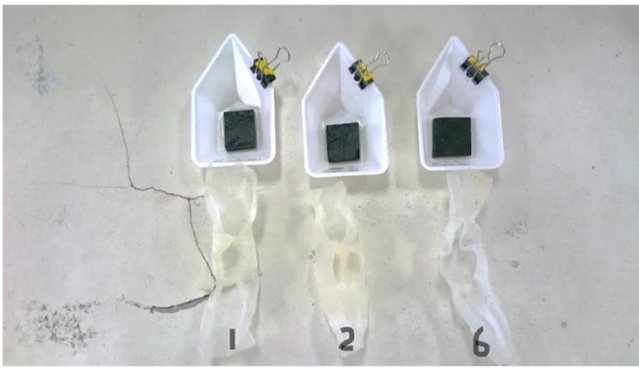
試験片の取り出し時における試験片及びナイロン製の布の変化について、表Ⅱ-4及び写真Ⅱ-16～写真Ⅱ-23に示す。

試験片について、1か月後ではすべての試験条件において変化が見られなかったが、3か月後では洗剤濃度1.2%の試験条件（ケースB、ケースD）において少量のくずれが見られた。6か月及び9か月ではすべての試験条件において試験片のくずれが見られ、40℃前後の試験条件（ケースC、ケースD、ケースE）において試験片の表面が柔らかくなっていた。

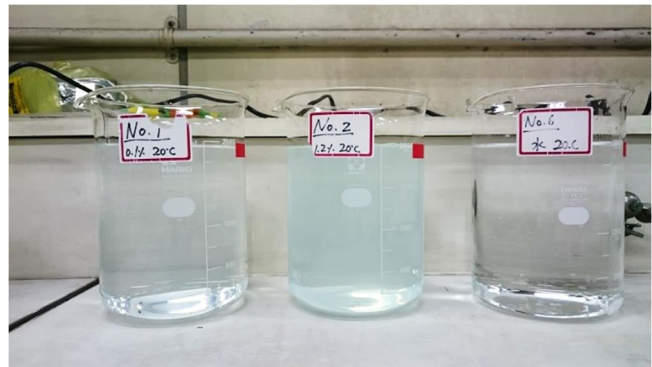
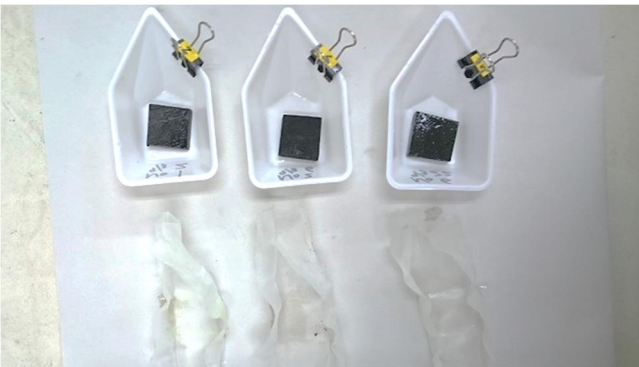
ナイロン製の布について、20℃前後の試験条件（ケースA、ケースB、ケースF）において着色がほとんど見られなかったが、40℃前後の試験条件（ケースC、ケースD、ケースE）において着色が見られ、試験溶液に洗剤が含まれるもの（ケースC、ケースD）は黄緑色に、試験溶液が温水のもの（ケースF）は茶色に着色していた。

表Ⅱ-4 試験片取り出し時における試験片及びナイロン製の布の変化

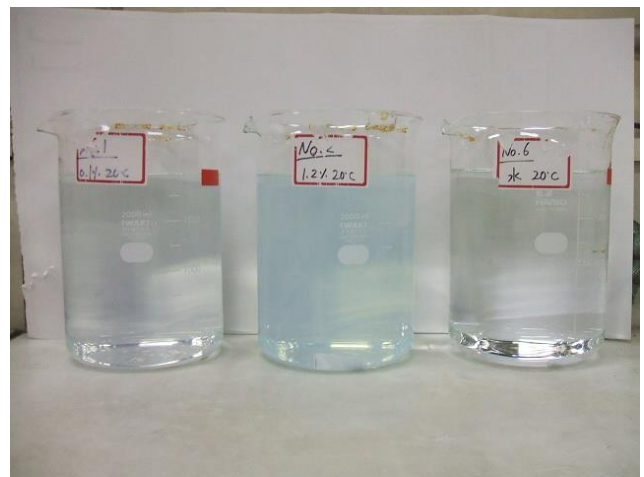
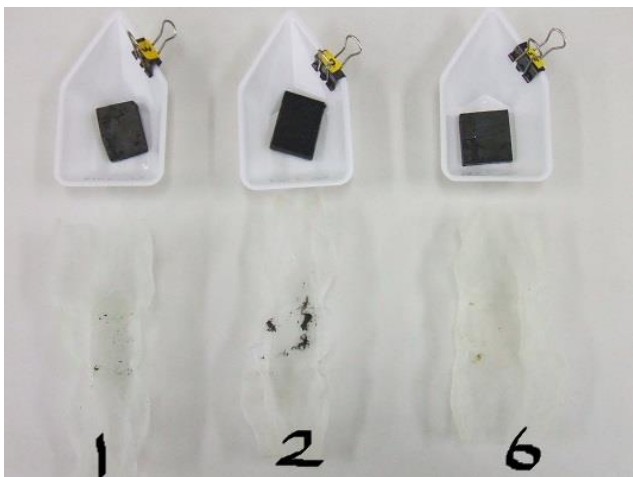
試験溶液	1か月後	3か月後	6か月後	9か月後
洗剤濃度 0.1% (20°C前後) ケースA	試験片1	試験片2	試験片3	試験片4
	変化なし	【試験片】 ・くずれはなく、堅い 【ナイロン製の布】 ・着色無	【試験片】 ・細いくずれがあるが堅い ・付着物なし 【ナイロン製の布】 ・ほとんど着色なし	【試験片】 ・微量の細いくずれがある ・付着物なし 【ナイロン製の布】 ・ほとんど着色なし
洗剤濃度 1.2% (20°C前後) ケースB	試験片5	試験片6	試験片7	試験片8
	変化なし	【試験片】 ・少量のくずれがあるが、堅い 【ナイロン製の布】 ・着色なし	【試験片】 ・細かいくずれが多くある ・付着物なし 【ナイロン製の布】 ・ほとんど着色なし	【試験片】 ・細いくずれが多くある ・付着物なし 【ナイロン製の布】 ・ほとんど着色なし
洗剤濃度 0.1% (40°C前後) ケースC	試験片9	試験片10	試験片11	試験片12
	変化なし	【試験片】 ・くずれはなく、堅い 【ナイロン製の布】 ・黄緑色に着色	【試験片】 ・粉のくずれがある ・3mm程度の粒1個有 ・表面がやわらかい 【ナイロン製の布】 ・黄緑色に着色	【試験片】 ・細いくずれがある ・表面がやわらかい ・付着物なし 【ナイロン製の布】 ・黄緑色に着色
洗剤濃度 1.2% (40°C前後) ケースD	試験片13	試験片14	試験片15	試験片16
	変化なし	【試験片】 ・少量のくずれはあるが堅い ・3mm程度の粒が3個有 【ナイロン製の布】 ・ほとんど着色なし	【試験片】 ・粉のくずれがある ・表面がやわらかい 【ナイロン製の布】 ・ほとんど着色なし	【試験片】 ・粉のようなくずれがある ・表面がやわらかい ・表面に硬い白色粒(1~3mm)と 黒色粒(2mm程度)が複数ある 【ナイロン製の布】 ・ほとんど着色なし
温水 (40°C前後) ケースE	試験片17	試験片18	試験片19	試験片20
	変化なし	【試験片】 ・くずれはほとんどなく、堅い 【ナイロン製の布】 ・黄色に着色	【試験片】 ・粉のくずれがある ・表面がやわらかい 【ナイロン製の布】 ・茶色に着色	【試験片】 ・粉のようなくずれがある ・表面がやわらかい ・付着物なし 【ナイロン製の布】 ・茶色に着色
水 (20°C前後) ケースF	試験片21	試験片22	試験片23	試験片24
	変化なし	【試験片】 ・くずれはほとんどなく、堅い 【ナイロン製の布】 ・ほとんど着色なし	【試験片】 ・細かいくずれがある ・付着物あり 【ナイロン製の布】 ・ほとんど着色なし	【試験片】 ・小さい粒のくずれあり ・付着物なし 【ナイロン製の布】 ・ほとんど着色なし



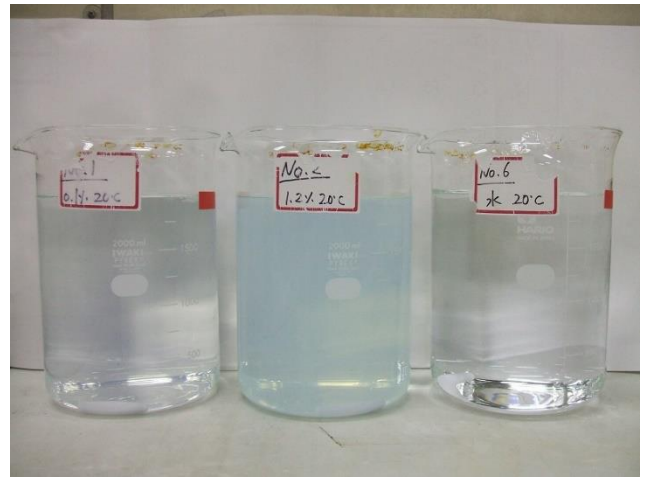
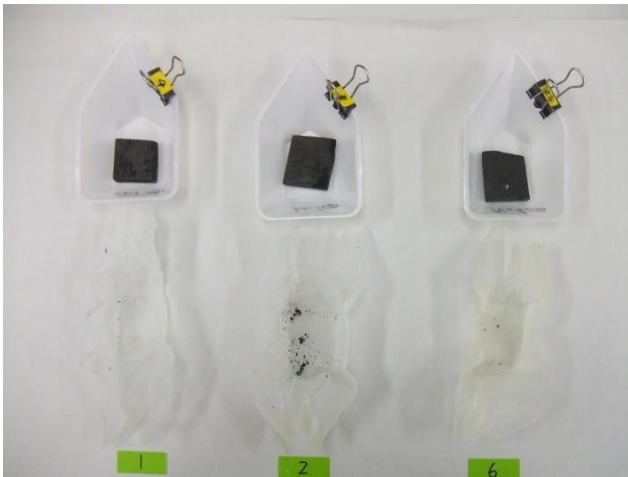
写真Ⅱ-16 試験開始 1 か月後 (20°C前後の試験溶液 : ケース A、ケース B、ケース F)



写真Ⅱ-17 試験開始 3 か月後 (20°C前後の試験溶液 : ケース A、ケース B、ケース F)



写真Ⅱ-18 試験開始 6 か月後 (20°C前後の試験溶液 : ケース A、ケース B、ケース F)



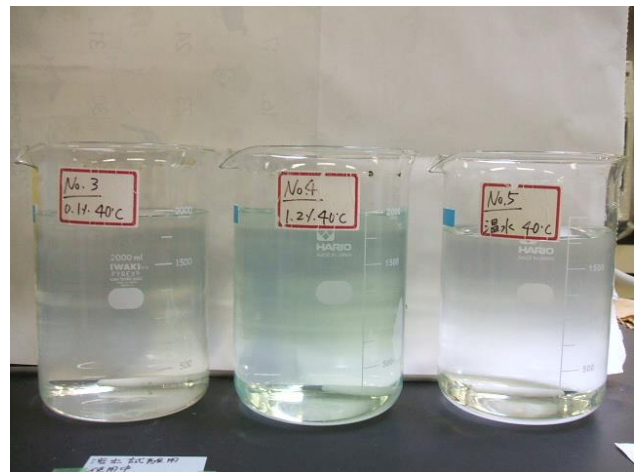
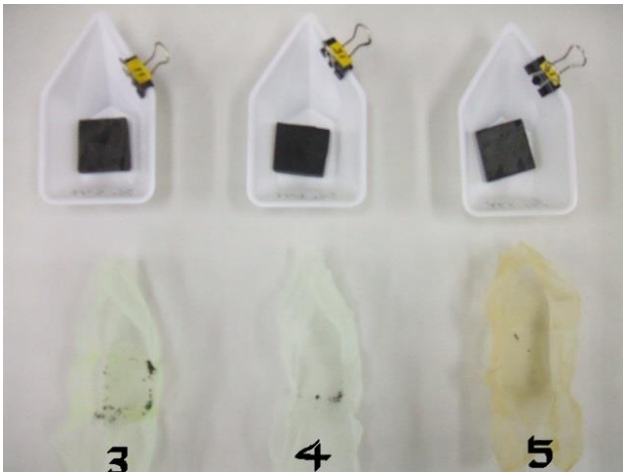
写真Ⅱ-19 試験開始 9 か月後 (20°C前後の試験溶液 : ケース A、ケース B、ケース F)



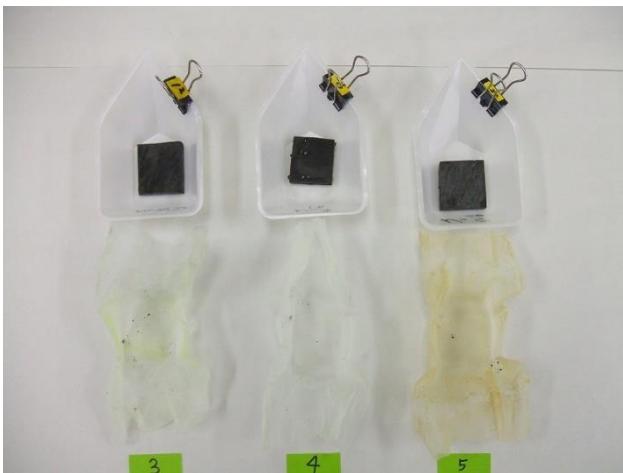
写真Ⅱ-20 試験開始 1 か月後 (40°C前後の試験溶液 : ケース C、ケース D、ケース E)



写真Ⅱ-21 試験開始 3 か月後 (40°C前後の試験溶液 : ケース C、ケース D、ケース E)



写真Ⅱ-22 試験開始 6 か月後 (40°C前後の試験溶液 : ケース C、ケース D、ケース E)



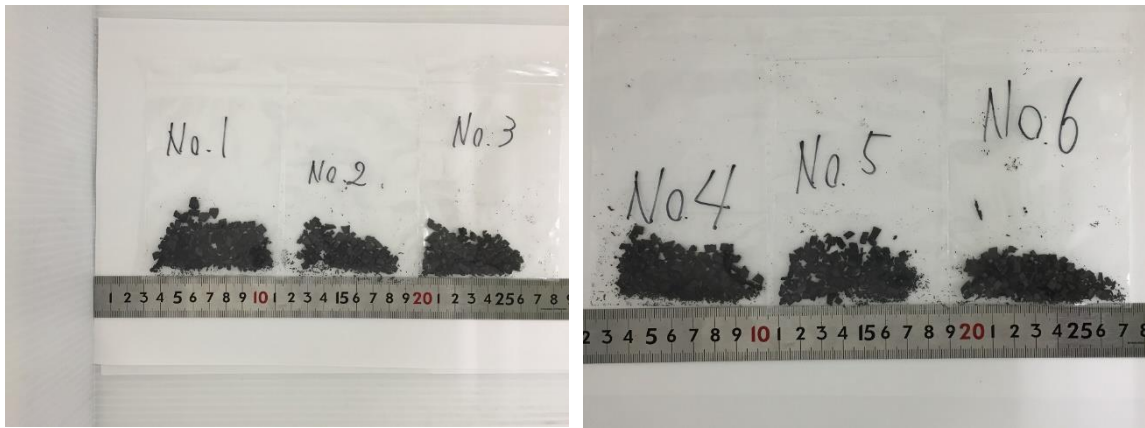
写真Ⅱ-23 試験開始 9 か月後 (40°C前後の試験溶液 : ケース C、ケース D、ケース E)



#### (4) コールタール含有率の測定結果

試験溶液に浸漬している試験片について、表Ⅱ-3 に示したタイミングで取り出し、細かく切り刻んだ後、それぞれ3.2.2の分析方法によってコールタール含有率を分析した。

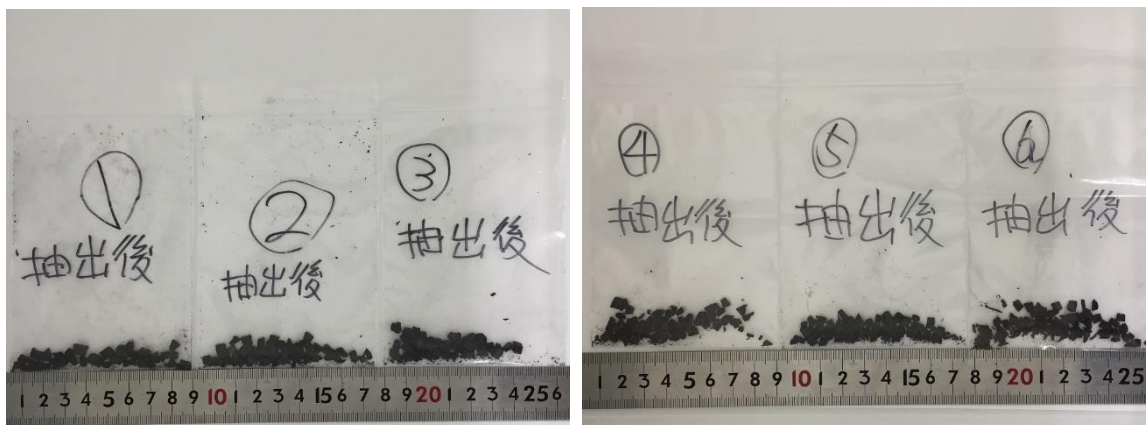
コールタールに抽出前後の試験片及びソックスレー抽出の状況を写真Ⅱ-24～写真Ⅱ-26 に、コールタール含有率の分析結果を表Ⅱ-5 に示す。



写真Ⅱ-24 コールタール抽出前の試験片



写真Ⅱ-25 ソックスレー抽出の状況



写真Ⅱ-26 コールタール抽出後の試験片



表Ⅱ-5 長期間浸漬試験におけるコールタール含有率の分析結果

試験溶液	試験片 No.	測定前 試料量 (g)	抽出容器		コールタール 抽出量 (g)	コールタール 含有率	浸漬期間
			抽出前重 量(g)	抽出後重 量(g)			
		①	②	③	③-②	(③-②)/①	
洗剤濃度 0.1% (20°C前後) ケースA	1	1.0500	143.3962	143.8977	0.5015	47.8 %	1か月
	2	1.0157	143.3460	143.7844	0.4384	43.2 %	3か月
	3	0.9863	143.3527	143.8061	0.4534	46.0 %	6か月
	4	1.0231	143.3251	143.8199	0.4948	48.4 %	9か月
洗剤濃度 1.2% (20°C前後) ケースB	5	1.0141	143.5103	143.9927	0.4824	47.6 %	1か月
	6	1.0234	143.5070	143.9658	0.4588	44.8 %	3か月
	7	1.0229	143.5226	143.9679	0.4453	43.5 %	6か月
	8	1.0177	143.5012	144.0064	0.5052	49.6 %	9か月
洗剤濃度 0.1% (40°C前後) ケースC	9	1.0315	140.3615	140.8636	0.5021	48.7 %	1か月
	10	1.0064	140.3564	140.7864	0.4300	42.7 %	3か月
	11	1.0367	140.3331	140.8128	0.4797	46.3 %	6か月
	12	1.0033	140.3211	140.7937	0.4726	47.1 %	9か月
洗剤濃度 1.2% (40°C前後) ケースD	13	1.0025	143.6694	144.1516	0.4822	48.1 %	1か月
	14	1.0016	143.6089	144.0254	0.4165	41.6 %	3か月
	15	1.0078	143.6066	144.0523	0.4457	44.2 %	6か月
	16	1.0197	143.5970	144.0676	0.4706	46.2 %	9か月
温水 (40°C前後) ケースE	17	1.0129	143.4103	143.8944	0.4841	47.8 %	1か月
	18	1.0279	143.4088	143.8797	0.4709	45.8 %	3か月
	19	1.0369	143.4049	143.8596	0.4547	43.9 %	6か月
	20	1.0004	143.4020	143.8827	0.4807	48.1 %	9か月
水 (20°C前後) ケースF	21	1.0214	143.5128	143.9998	0.4870	47.7 %	1か月
	22	1.0308	143.4721	143.9664	0.4943	48.0 %	3か月
	23	1.0030	143.4687	143.9228	0.4541	45.3 %	6か月
	24	1.0343	143.4715	143.9656	0.4941	47.8 %	9か月

浸漬期間別のコールタール含有率を図Ⅱ-1に示す。3.2.2のとおり、元々の硬質瀝青管のコールタール含有率は60%程度と推察され、1か月の浸漬ではコールタール含有率は10%程度低下したと推察されるものの、1か月から9か月までの浸漬期間ではコールタール含有率の低下傾向を明らかにすることはできなかった。

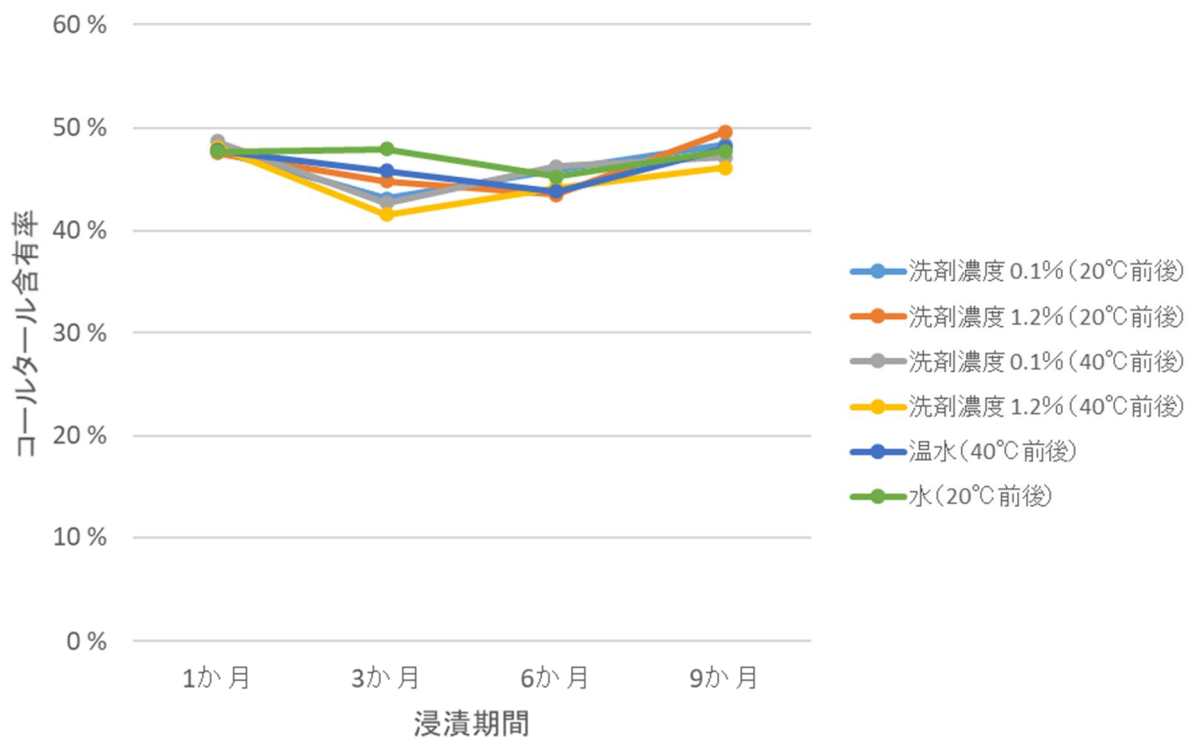


図 II-1 浸漬期間別のコールドタール含有率

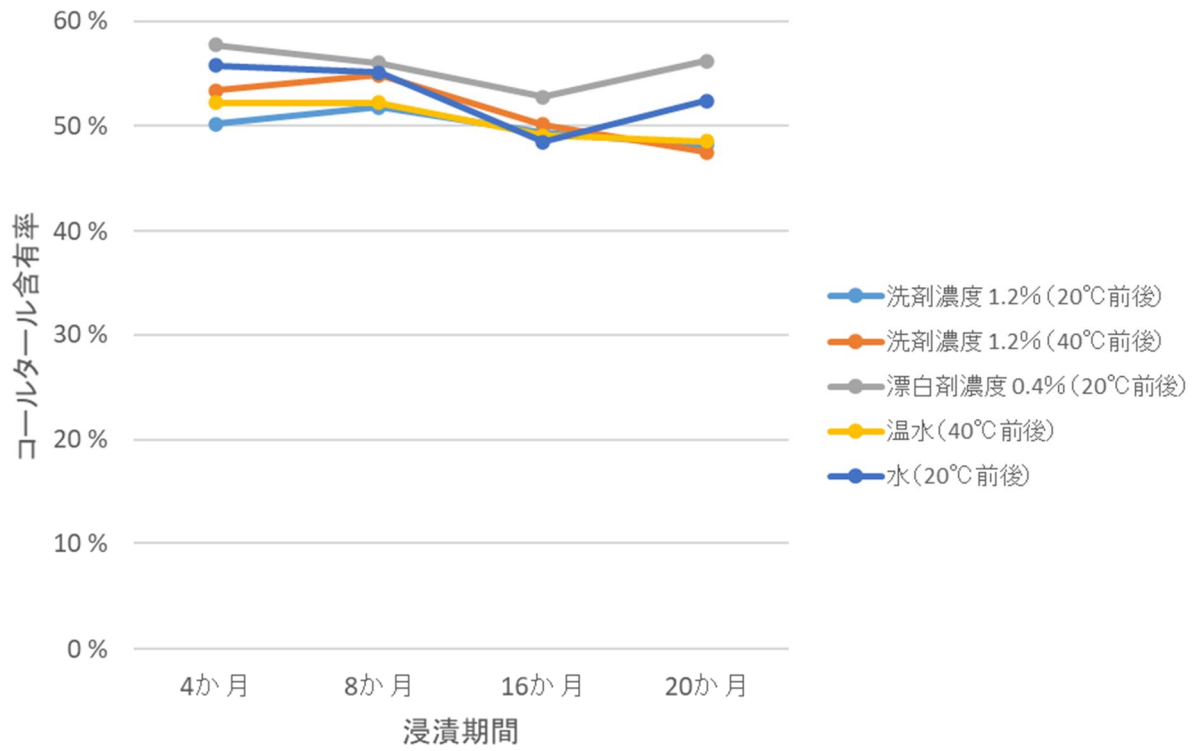
(5) 追加試験

5cm×5cm 程度の大きさの試験片を用い、(2)と同様の方法で、洗剤濃度 1.2% (20°C前後)、洗剤濃度 1.2% (40°C前後)、漂白剤濃度 0.4% (20°C前後)、温水 (40°C前後) 及び水 (20°C前後) を対象に 20 か月までの浸漬期間で長期間浸漬試験を実施した。

コールドタール含有率の分析結果を表 II-6 に、浸漬期間別のコールドタール含有率を図 II-2 に示す。本追加試験においても、コールドタール含有率の低下傾向を明らかにすることはできなかった。

表Ⅱ-6 長期間浸漬試験におけるコールタール含有率の分析結果（追加試験）

試験溶液	試験片 No.	測定前 試料量 (g) ①	抽出容器		コールタール 抽出量 (g) ③-②	コールタール 含有率 (③-②)/①	浸漬期間
			抽出前重 量(g) ②	抽出後重 量(g) ③			
浸漬前	前1	0.5010	143.3752	143.6450	0.2698	53.9 %	-
	前2	0.5042	144.7028	144.9686	0.2658	52.7 %	-
	前3	0.5013	142.6517	142.9148	0.2631	52.5 %	-
洗剤濃度 1.2% (20°C前後)	5	0.5081	143.4373	143.6925	0.2552	50.2 %	4か月
	6	0.5082	144.0984	144.3618	0.2634	51.8 %	8か月
	7	0.5013	52.4400	52.6874	0.2474	49.4 %	16か月
	8	0.5012	83.8799	84.1215	0.2416	48.2 %	20か月
洗剤濃度 1.2% (40°C前後)	17	0.5023	143.3758	143.6439	0.2681	53.4 %	4か月
	18	0.5053	144.1212	144.3983	0.2771	54.8 %	8か月
	19	0.5010	57.1789	57.4302	0.2513	50.2 %	16か月
	20	0.5065	83.6661	83.9068	0.2407	47.5 %	20か月
漂白剤濃度 0.4% (20°C前後)	9	0.5054	140.2903	140.5821	0.2918	57.7 %	4か月
	10	0.5056	144.1170	144.4002	0.2832	56.0 %	8か月
	11	0.5089	69.4968	69.7654	0.2686	52.8 %	16か月
	12	0.5075	84.2975	84.5826	0.2851	56.2 %	20か月
温水 (40°C前後)	13	0.5017	143.5752	143.8373	0.2621	52.2 %	4か月
	14	0.5025	144.1003	144.3627	0.2624	52.2 %	8か月
	15	0.5008	59.3693	59.6153	0.2460	49.1 %	16か月
	16	0.5053	83.8583	84.1036	0.2453	48.5 %	20か月
水 (20°C前後)	1	0.5013	143.3087	143.5883	0.2796	55.8 %	4か月
	2	0.5031	144.0975	144.3746	0.2771	55.1 %	8か月
	3	0.5037	4.0925	4.3369	0.2444	48.5 %	16か月
	4	0.5081	86.9007	87.1669	0.2662	52.4 %	20か月



図Ⅱ-2 浸漬期間別のコールドタール含有率（追加試験）

### Ⅱ.3 浸漬・乾燥繰り返し試験

実際に埋設されている硬質瀝青管は、他の管種でも同様だが、人が活動しない時間帯では下水が流れず、下水の触れていた面が乾燥する部分もあると考えられる。一般的に使用される書籍や新聞等の紙は、水に濡れた後に乾燥すると濡れた面は波打ち元の状態に戻らないことから、硬質瀝青管でも、コーラールが溶出することで同じ現象が発生していると考えられる。そこで、硬質瀝青管の浸漬・乾燥の繰り返しを行い、波打ちの発生有無を確認する試験を実施した。

#### (1) 試験方法

試験片（5 cm 四方、厚さ約 3 mm）を 6 個切り出した。切り出した試験片は 20 °C前後の水に浸漬させ、1) 及び 2) の工程を約 4 か月間繰り返すとともに、試験前後における試験片の外観の変化を確認した。

- 1) 浸漬開始から 6 時間経過後にタイマーでポンプを作動させて容器の水を抜き、試験片を自然乾燥させる。
- 2) 乾燥開始から 6 時間経過後にタイマーでポンプを作動させて、新たに 20 °C前後の水を入れて試験片を浸漬させる。

浸漬・乾燥繰り返し試験の開始状況を写真Ⅱ-27に示す。



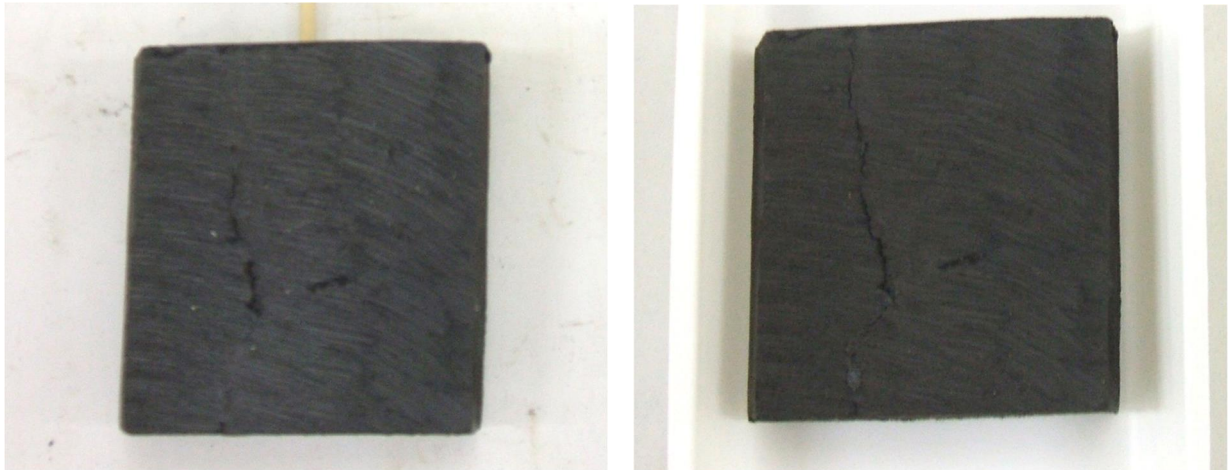
写真Ⅱ-27 浸漬・乾燥繰り返し試験の開始状況

## (2) 試験結果

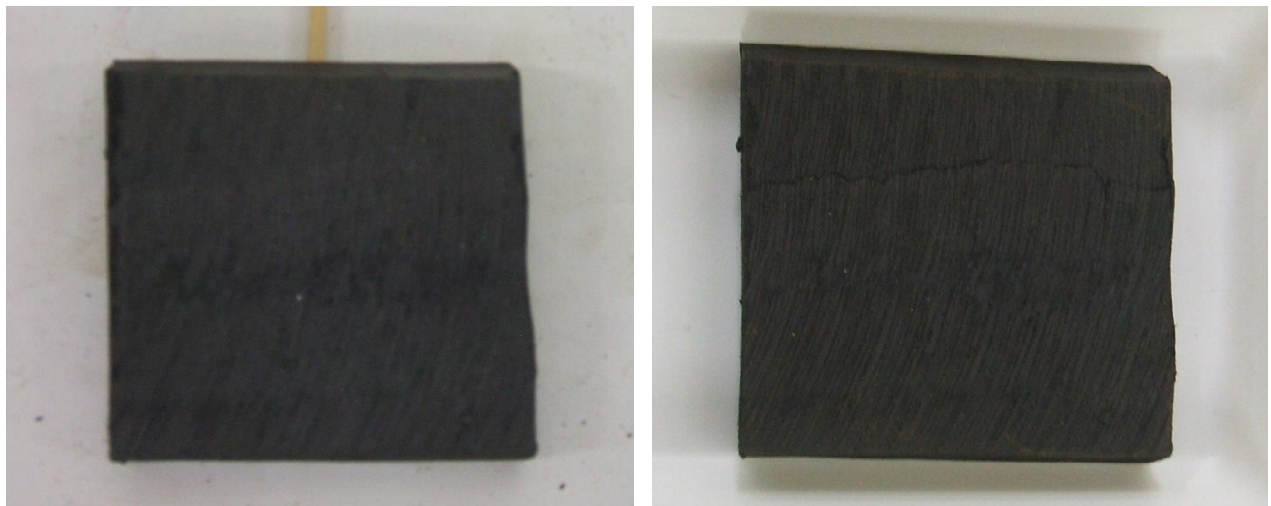
試験開始前及び試験終了後の試験片について写真Ⅱ-28～写真Ⅱ-33に示す。

試験前の試験片は、一部切り出し時の生じた傷や亀裂が生じていた。

試験開始から2か月経過した頃から、一部の試験片において浸漬後の濡れた状態で亀裂の部分が反り返り、乾燥すると元の状態に戻る状況を繰り返していた。試験片①及び試験片②においては、写真Ⅱ-28、写真Ⅱ-29に示すとおり試験前後で亀裂が大きくなったことから、浸漬と乾燥とを繰り返すことで傷がついた部分が大きくなる傾向が確認された。

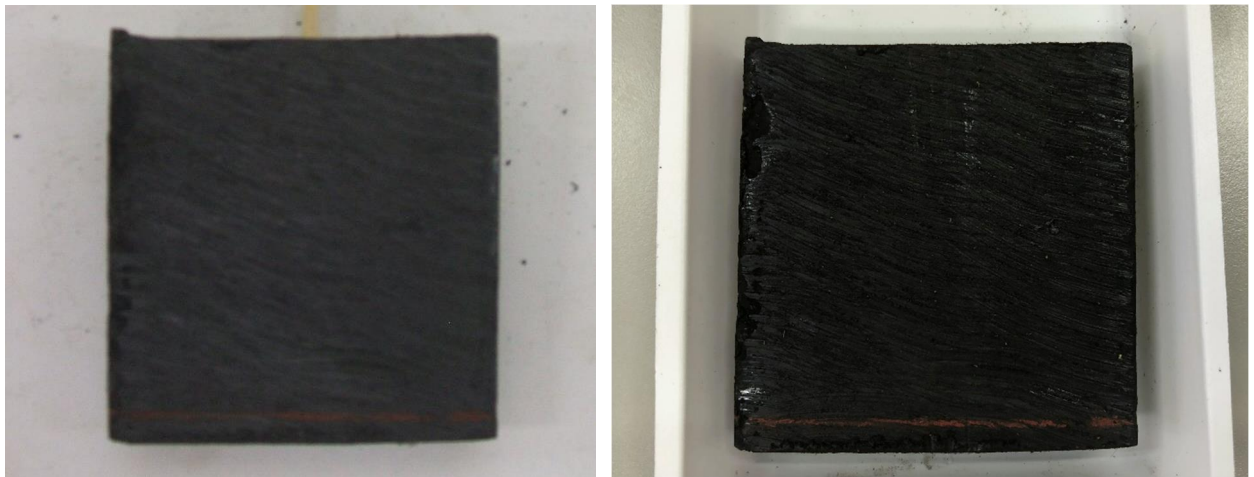


写真Ⅱ-28 試験片①（左：試験前、右：試験後）

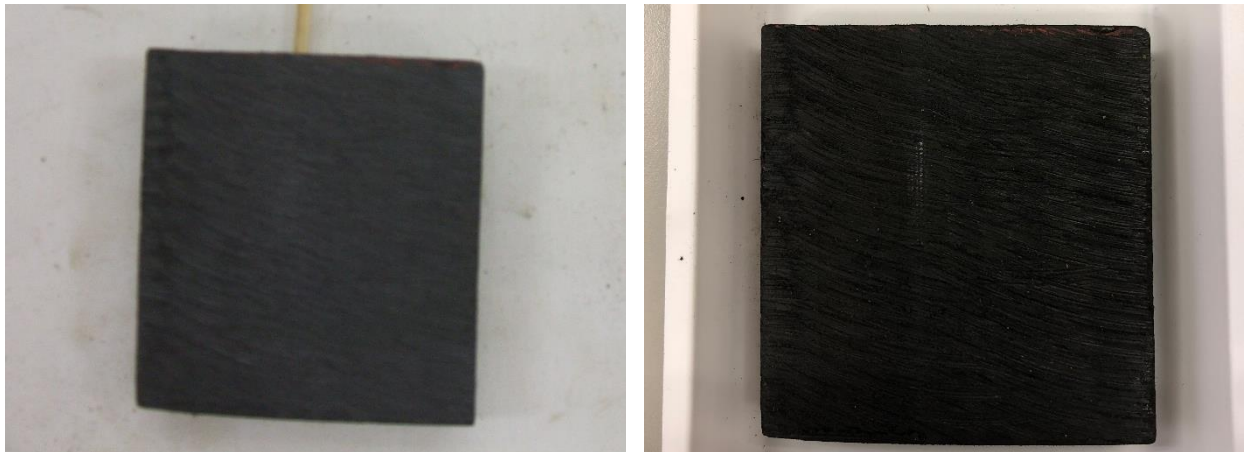


写真Ⅱ-29 試験片②（左：試験前、右：試験後）

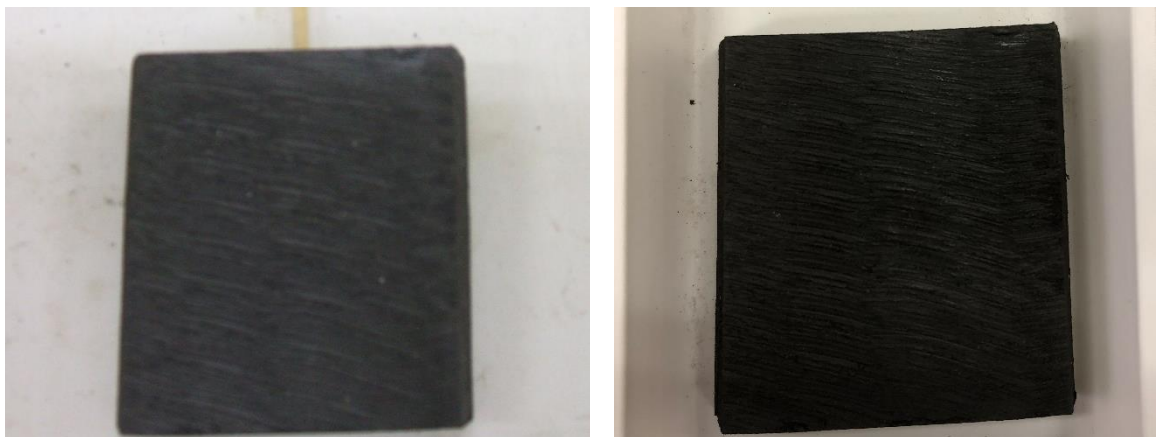




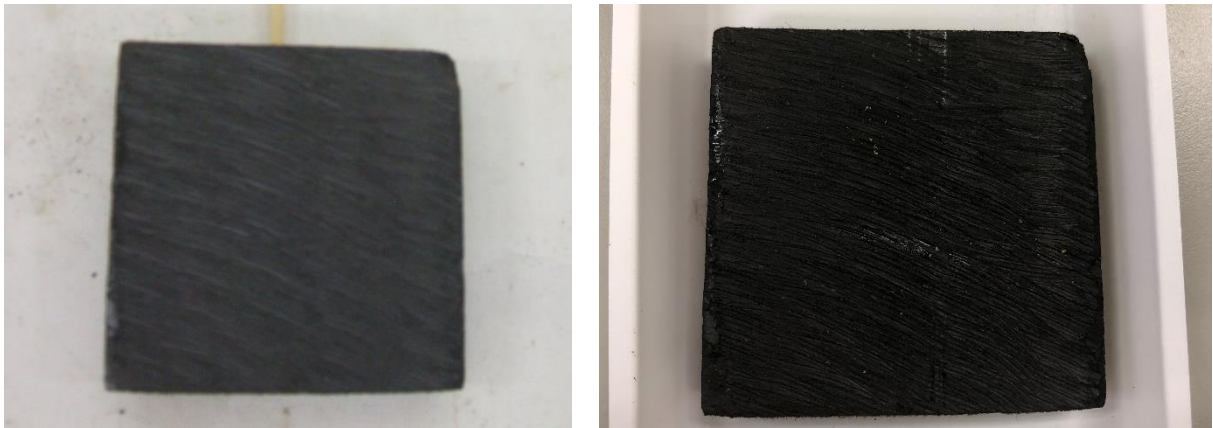
写真Ⅱ-30 試験片③ (左：試験前、右：試験後)



写真Ⅱ-31 試験片④ (左：試験前、右：試験後)



写真Ⅱ-32 試験片⑤ (左：試験前、右：試験後)



写真Ⅱ-33 試験片⑥（左：試験前、右：試験後）

#### Ⅱ.4 まとめ

硬質瀝青管は水や洗剤等の影響によりコールタールが溶出し、防水性低下に伴う波打ちや破損が発生すると考えられることから、洗剤濃度や浸漬期間とコールタール含有率の低下との関係を明らかにするため、実際に布設されていた硬質瀝青管を使用し、浸漬試験を実施した。

3.2.2のとおり、元々の硬質瀝青管のコールタール含有率は60%程度と推察され、Ⅱ.1の試験では、1か月後にコールタール含有率が10%程度低下したと推察されるが、Ⅱ.2の試験では、1か月から20か月までの浸漬期間でコールタール含有率の低下傾向を明らかにすることはできなかった。

一方、Ⅱ.3の試験では、亀裂の起点がある試験片において亀裂が大きくなる傾向が確認されたことから、管体の状態で湿潤と乾燥とが繰り返されれば、実際に波打ちに至る可能性が高い。



### 参考資料Ⅲ 偏平試験の供試体の写真

3.4 の偏平試験について、結果を表Ⅲ-1～表Ⅲ-12 に、供試体の状況を写真Ⅲ-1～写真Ⅲ-35 に示す。  
3.3 の高圧洗浄試験後における供試体の写真も含まれているため、元々あった波打ちが除去され、写真と波打ちの程度とが異なる場合がある。

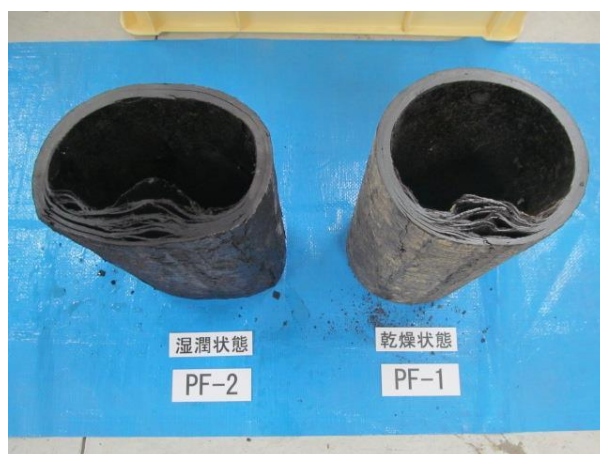
【供試体 No. 1、No. 2】

表Ⅲ-1 偏平試験結果（供試体 No. 1、No. 2）

No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
1	昭和47年頃	150	円周約1/4	約20%	10.12
2	昭和47年頃	150	円周約1/3	約30%	4.89



写真Ⅲ-1 偏平試験前（左：供試体 No. 1、右：供試体 No. 2）



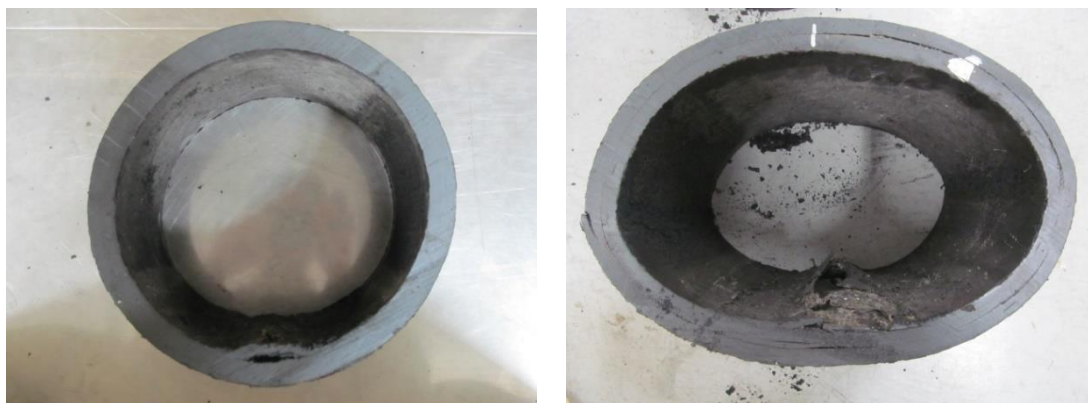
写真Ⅲ-2 偏平試験後（左：供試体 No. 2、右：供試体 No. 1）



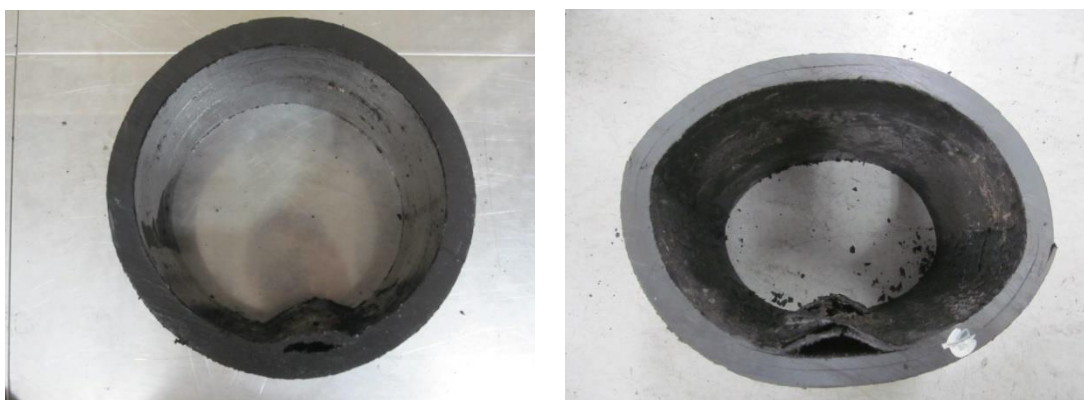
【供試体 No. 3、No. 4、No. 5】

表Ⅲ-2 偏平試験結果（供試体 No. 3、No. 4、No. 5）

No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
3	昭和48年	200	なし	なし	18.33
4	昭和48年	200	なし	なし	20.85
5	昭和50年頃	150	なし	なし	20.34



写真Ⅲ-3 供試体 No. 3（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-4 供試体 No. 4（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-5 供試体 No. 5（左：偏平試験前、右：偏平試験後）

【供試体 No. 6、No. 7、No. 8】

表Ⅲ-3 偏平試験結果（供試体 No. 6、No. 7、No. 8）

No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
6	昭和50年頃	150	なし	なし	18.1
7	昭和49年	150	管全体	約10%	11.41
8	昭和49年	150	管全体	約10%	10.42



写真Ⅲ-6 供試体 No. 6（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-7 供試体 No. 7（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-8 供試体 No. 8（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



【供試体 No. 9、No. 10、No. 11】

表Ⅲ-4 偏平試験結果（供試体 No. 9、No. 10、No. 11）

No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
9	昭和46年頃	150	なし	なし	20.53
10	昭和46年頃	150	なし	なし	22.27
11	昭和46年頃	150	なし	なし	22.78



写真Ⅲ-9 供試体 No. 9（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-10 供試体 No. 10（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-11 供試体 No. 11（左：偏平試験前、右：偏平試験後）

【供試体 No. 12、No. 13、No. 14】

表Ⅲ-5 偏平試験結果（供試体 No. 12、No. 13、No. 14）

No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
12	昭和46年頃	150	なし	なし	20.5
13	昭和46年頃	150	一部剥がれ	なし	17.97
14	昭和46年頃	150	一部剥がれ	なし	18.08



写真Ⅲ-12 供試体 No. 12（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-13 供試体 No. 13（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-14 供試体 No. 14（左：偏平試験前、右：偏平試験後）

【供試体 No. 15、No. 16、No. 17】

表Ⅲ-6 偏平試験結果（供試体 No. 15、No. 16、No. 17）

No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
15	昭和46年頃	150	一部剥がれ	なし	15.29
16	昭和46年頃	150	一部剥がれ	なし	16.66
17	昭和46年頃	150	一部剥がれ	なし	17.96



写真Ⅲ-15 供試体 No. 15（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-16 供試体 No. 16（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-17 供試体 No. 17（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



【供試体 No. 18、No. 19、No. 20】

表Ⅲ-7 偏平試験結果（供試体 No. 18、No. 19、No. 20）

No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
18	昭和46年頃	150	一部剥がれ	なし	17.32
19	昭和46年頃	150	円周約1/8	なし	18.55
20	昭和47年	150	円周約1/4	約20%	7.44



写真Ⅲ-18 供試体 No. 18（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-19 供試体 No. 19（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-20 供試体 No. 20（左：偏平試験前、右：偏平試験後）

【供試体 No. 21、No. 22、No. 23】

表Ⅲ-8 偏平試験結果（供試体 No. 21、No. 22、No. 23）

No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
21	昭和47年	150	円周約1/4	約20%	11.69
22	昭和47年頃	150	管全体	約30%	5.66
23	昭和47年頃	150	管全体	約30%	4.77



写真Ⅲ-21 供試体 No. 21（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-22 供試体 No. 22（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-23 供試体 No. 23（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



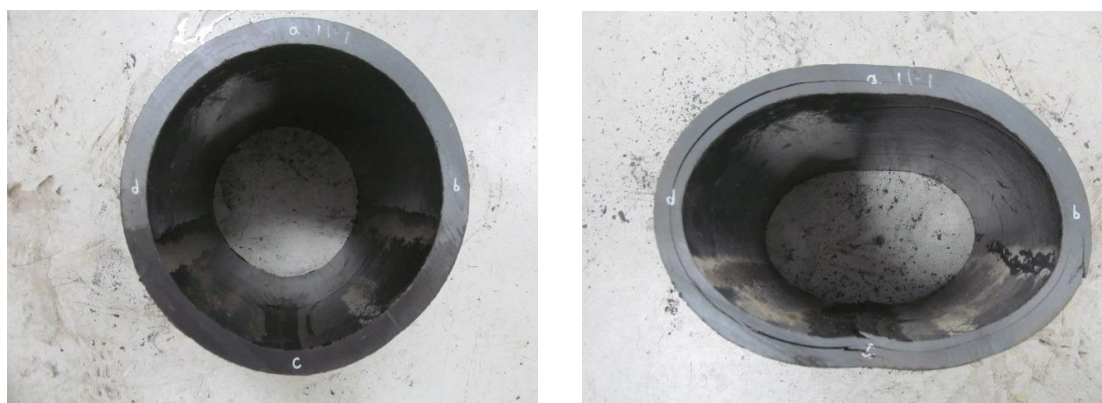
【供試体 No. 24、No. 25、No. 26】

表Ⅲ-9 偏平試験結果（供試体 No. 24、No. 25、No. 26）

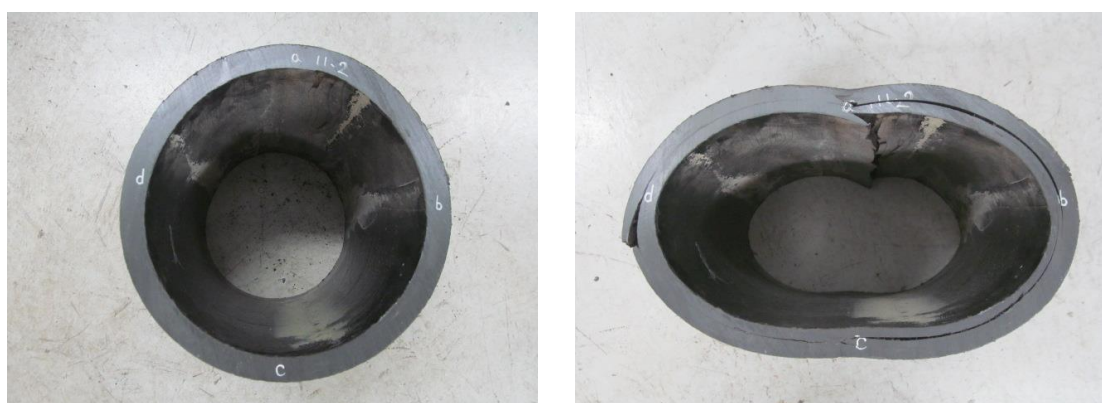
No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
24	昭和50年	150	なし	なし	11.21
25	昭和50年	200	なし	なし	23.28
26	昭和50年	200	なし	なし	22.6



写真Ⅲ-24 供試体 No. 24（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-25 供試体 No. 25（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-26 供試体 No. 26（左：偏平試験前、右：偏平試験後）

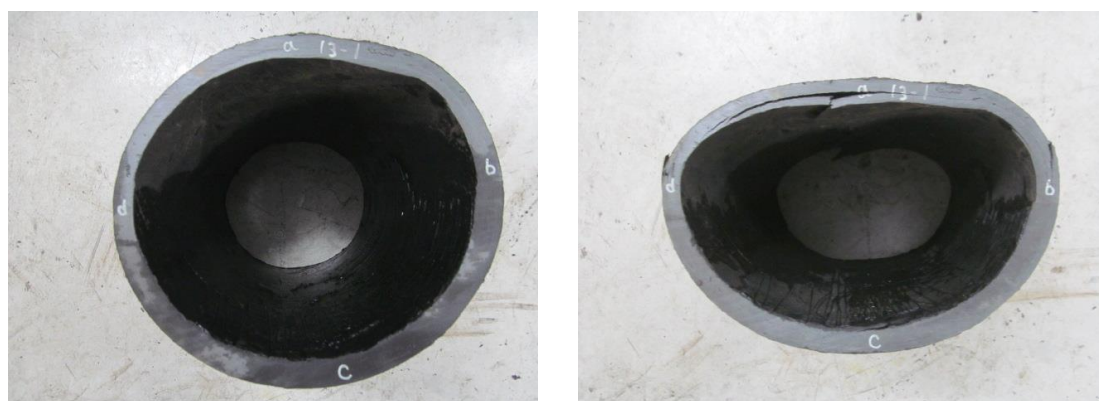
【供試体 No. 27、No. 28、No. 29】

表Ⅲ-10 偏平試験結果（供試体 No. 27、No. 28、No. 29）

No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
27	不明	150	管全体	約50%	2.67
28	昭和50年頃	150	円周約2/3	約30%	7.79
29	昭和50年頃	150	円周約2/3	約30%	8.9



写真Ⅲ-27 供試体 No. 27（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-28 供試体 No. 28（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-29 供試体 No. 29（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



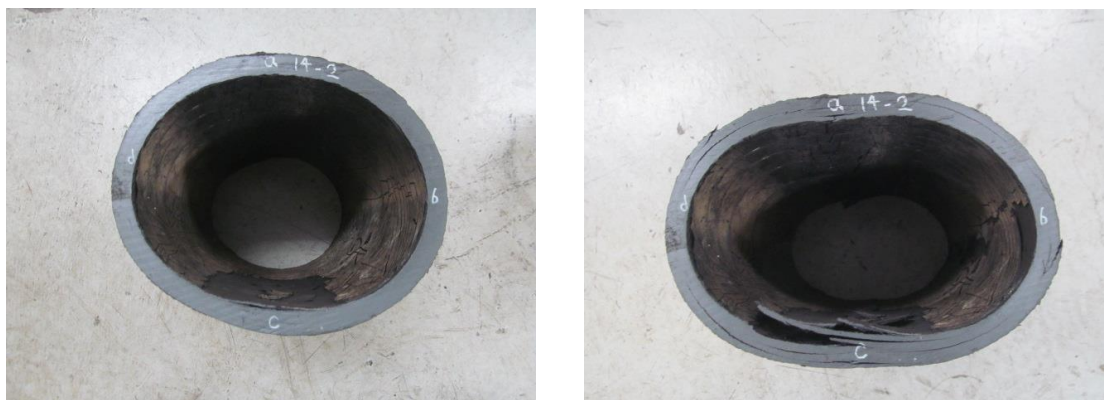
【供試体 No. 30、No. 31、No. 32】

表Ⅲ-11 偏平試験結果（供試体 No. 30、No. 31、No. 32）

No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
30	昭和50年頃	150	なし	なし	9.13
31	昭和50年頃	150	なし	なし	12.83
32	昭和50年頃	150	円周約1/4	約10%	7.93



写真Ⅲ-30 供試体 No. 30（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-31 供試体 No. 31（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-32 供試体 No. 32（左：偏平試験前、右：偏平試験後）

【供試体 No. 33、No. 34、No. 35】

表Ⅲ-12 偏平試験結果（供試体 No. 33、No. 34、No. 35）

No.	布設年代	管径 (mm)	波打ちの程度		線荷重(kN/m)
			管の円周に対し	管の内径に対し	
33	昭和50年頃	150	円周約1/2	約40%	4.24
34	昭和48年	150	円周約1/2	約20%	2.09
35	昭和48年	150	円周約2/3	約20%	5.79



写真Ⅲ-33 供試体 No. 33（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-34 供試体 No. 34（左：偏平試験前、右：偏平試験後）



写真Ⅲ-35 供試体 No. 35（左：偏平試験前、右：偏平試験後）





.....

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No.1272

March 2024

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

.....

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675