

# 環 衛 レ ポ ー ト

静岡県環境衛生科学研究所

No. 67

2021年8月

## ○県内における地下水熱交換システムの普及について

環境科学部 岡 智也 …… P 1

## ○*Kudoa*属（クドア）による食中毒

微生物部 大越 魁 …… P 5

## ○お茶の残留農薬一斉試験法を整備しました

医薬食品部 柴田 紘希 … P 8

## ○大気環境のアスベスト濃度調査結果について

大気水質部 杉山 優雅 … P 11



## 県内における地下水熱交換システムの普及について

### 【はじめに】

近年、地球温暖化が環境に及ぼす悪影響が懸念されています。県ではこの対策のため、省エネルギーや脱炭素化に向けた施策を推進しており、中でも地下水が持つエネルギーに注目しています。

地中熱ヒートポンプを用いて地下水の熱エネルギーをエアコンに利用する「地下水熱交換システム」は、年間を通して温度変化が小さい（気温と比べて夏は冷たく冬は温かい）地下水を熱源とした冷暖房空調設備で、一般的な空気を熱源とした空調設備と比べ、年間消費電力が約半減し、夏季消費電力のピークをカットできることや、外気に熱を放出しないためヒートアイランド現象の緩和につながるなど、多くの利点があります（図1）。

県では、平成26年5月、産学官で組織する「静岡県地下水熱エネルギー利用普及促進協議会」を設置し、地下水熱交換システムの見学会や導入による省エネ効果報告を行うなど、地下水熱利用の普及に取り組んでいます。当研究所でも、システムの普及のため、地下水熱交換システムモデルの設置や、地下水熱のポテンシャルを見える化したマップ（地下水熱利用適地マップ）の作成を行ってきました。これらの成果については、静岡県くらし・環境部 環境局 環境政策課のホームページをご覧ください。

(URL : <http://www.pref.shizuoka.jp/kankyoku/ka-020/chikasui/top.html>)

今回は、現在の地下水熱交換システムの普及状況や、県内における導入事例について紹介します。

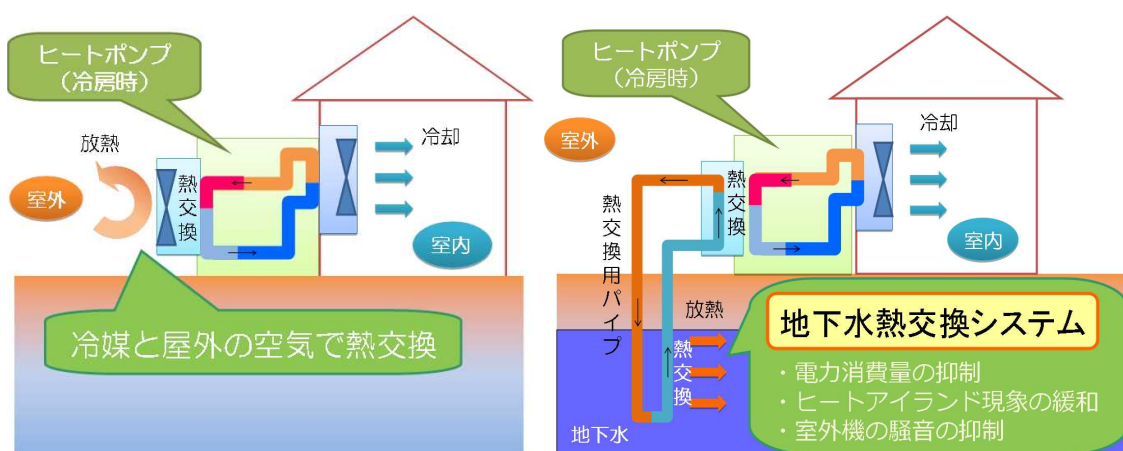


図1 左：空気を熱源とした従来型のヒートポンプ  
右：地下水熱を熱源とした熱交換システム

## 【地下水熱交換システムの普及状況】

さまざまなメリットを有する地下水熱利用ですが、欧米諸国などと比べて、わが国では普及が遅れています。その要因としては、先進諸国に比べて地中熱交換井の掘削にかかるコストが高いこと、地中熱利用自体の認知度が低いことなどが挙げられます。しかし近年、国の補助金制度が充実しつつあることや、再生可能エネルギーへの関心が高まったことなどから、わが国でも急速に普及が進んでいます。

環境省が2020年度に実施した調査によると、2019年度末までの地中熱ヒートポンプシステムの設置件数は合計2,993件となっており、都道府県別では北海道が最も多く(757件)、そのほか秋田県(218件)、長野県(179件)、東京都(169件)、新潟県(165件)などで多く、全体的にみると東日本で設置件数が多くなっています(図2)。一方、本県における導入件数は30件未満となっており、今後の更なる普及拡大が期待されます。

県では、システムの普及を図るため、令和2年4月に、システムの導入を検討している方々の参考にしていただくことを目的に、県内で実際にシステムが導入されている事例について紹介した「導入事例集～地下水熱利用の熱交換システム～」を作成しました。(URL:[http://www.pref.shizuoka.jp/kankyoku/ka-020/chikasui/documents/tikanetsu\\_jirei.pdf](http://www.pref.shizuoka.jp/kankyoku/ka-020/chikasui/documents/tikanetsu_jirei.pdf))

事例集では、工場や商業施設、宿泊施設、公共施設等、7件の導入事例を紹介しています。今回はその中から、静岡県富士山世界遺産センター及び静岡市紺屋町地下街システムモデルの2つの事例について紹介します。

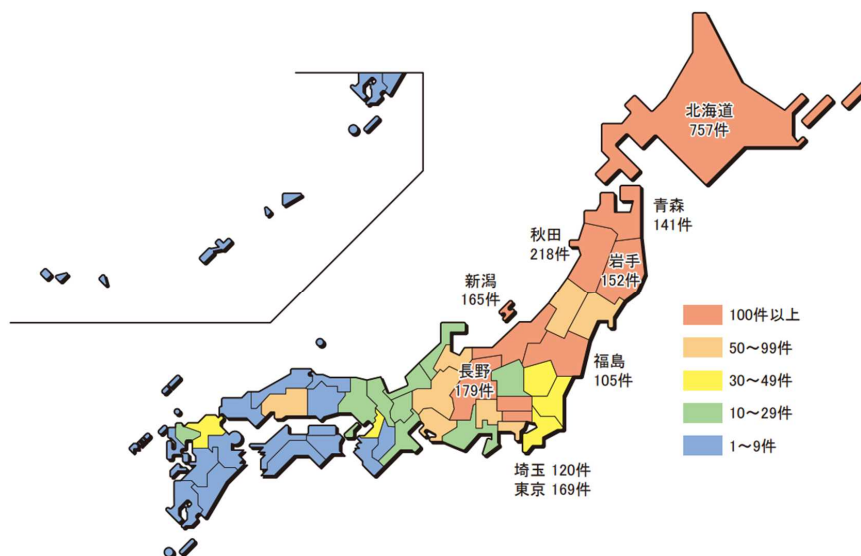


図2 地中熱ヒートポンプシステムの都道府県別設置件数(2019年度末)

出典: 環境省 地中熱利用パンフレット(2021)

### 【静岡県富士山世界遺産センター】

平成 29 年に開館した、世界遺産を「保護し、保存し、整備し及び将来の世代へ伝えることを確保する」拠点施設であり、学術調査機能などを併せ持つ施設です。

ここでは、2本の自噴井戸を活用した地下水熱交換システムが導入されており、湧出した地下水を一時的に貯水槽へ貯め、そこに熱交換チューブを浸漬させて熱交換を行い、館内の空調に利用しています。また、熱交換後の排水は屋外の水盤やトイレ等で二次利用されており、地下水が効率的に利用されています（図3）。

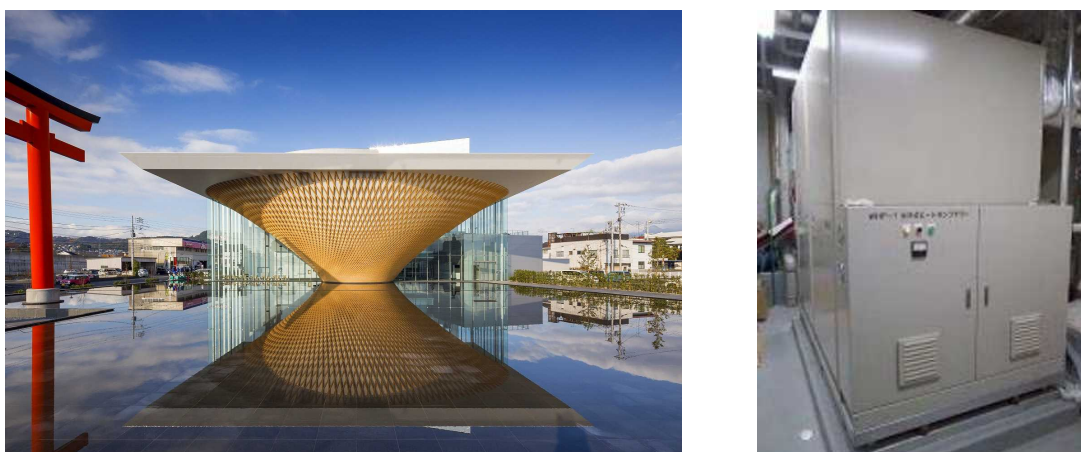


図3 静岡県富士山世界遺産センター  
左：施設外観と水盤（手前）、右：ヒートポンプ

### 【静岡市紺屋町地下街（システムモデル）】

静岡駅前の紺屋町地下街には大量の地下水が湧出しており、一時的に地下で貯水された後に汲み上げられ、特に利用されることなく排水されていました。

そこで、地下水を活用した熱交換システムを広く一般の方に知っていただくため、県地下水熱エネルギー利用普及促進協議会の会員である建設会社の角藤（長野市）、空調メーカーのピーエス工業（東京・渋谷）、サンポット（岩手県花巻市）の協力のもと、平成 30 年 12 月から地下水熱交換システムモデルを設置しています（図4）。本モデルでは、夏季冷房時、18℃程度の地下街湧水を汲み上げ、熱交換器・ヒートポンプにより不凍液を 7℃に冷却し、輻射型冷暖房パネルに循環させ周囲を冷やしています。

無風で無音、快適な輻射冷房空調を体験できるモデルとなっていますので、近くへお越しの際には是非体感してみてください。設置場所等の詳細については、以下のリンクからご覧いただくことができます。

(URL : [http://www.pref.shizuoka.jp/kankyoku/ka-020/chikasui/documents/kouyama\\_chi\\_chikasui.pdf](http://www.pref.shizuoka.jp/kankyoku/ka-020/chikasui/documents/kouyama_chi_chikasui.pdf))



図4 紺屋町地下街に設置した地下水熱交換システム

### 【おわりに】

本県における地下水熱交換システムの普及は着実に進んでおり、導入件数は年々増加しています。静岡県地下水熱エネルギー利用普及促進協議会には、前述のように県内で地下水熱利用に関わる企業にも参画いただいていますので、地下水熱利用に関してのご相談があれば、分野や内容に応じて会員企業を紹介させていただきます。当所または環境局 環境政策課へお問い合わせください。

地下水熱利用の普及が広がり、省エネや地球温暖化対策につながるよう、当所では今後も普及に向けた取り組みを行っていきます。

環境科学部 岡 智也



## Kudoa 属（クドア）による食中毒

### 【クドアとは？】

クドアをご存知ですか？

クドアとは、魚類等に寄生する寄生虫の一種で、粘液胞子虫に属します。一般にクドアが魚に寄生すると、クドア由来の酵素によって魚の死後に筋線維が融解し、筋肉がゼリー状に溶解するジェリーミート化が起こります。また、肉眼的に認められる粒状のシストも形成されます。このようにジェリーミート化し、シストの発生した魚肉は見た目が悪いため一般に廃棄され、食用とされることが無いので、食中毒の原因食材とはなりえません。



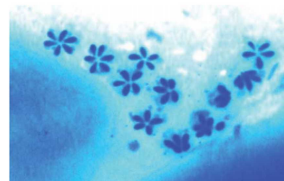
今回紹介するのは、このジェリーミート化を起こさず、シストも形成しないクドアです。クドア食中毒について、厚生労働省は平成 23 年 6 月 17 日付けで、生食用生鮮魚介類のうちヒラメを原因とする食中毒に限り食中毒として取り扱う旨の通知を出しました。その原因物質が、クドア的一种であるクドア・セプテンpunkタータ (*Kudoa septempunctata*) です。

### 【クドア・セプテンpunkタータによる食中毒】

クドアは宿主特異性が高く、その種ごとに寄生する生き物は限られています。クドア・セプテンpunkタータはヒラメに寄生し、ヒラメの筋肉中で肉眼的には見つけることのできない偽シストを形成します。この偽シストの内部には多数の胞子が含まれており、この胞子を多く摂取することで食中毒様の症状が引き起こされます。その症状は食後数時間程度で発症し、一過性の嘔吐や下痢で、ほとんどが軽症で終わります。

県内（静岡市、浜松市を含む）では平成 23 年から令和 2 年度までに 3 件の食中毒事例が報告されています。

厚生労働省の通知では、この食中毒は生食用生鮮食品のヒラメの喫食に限ったものとされていますが、ヒラメに限らず、マグロ、スズキおよびカンパチ等の喫食によって同様の症状を呈する例があります。以下、それらについて説明します。



クドア・セプテンpunkタータの顕微鏡像  
水産庁 HP から引用

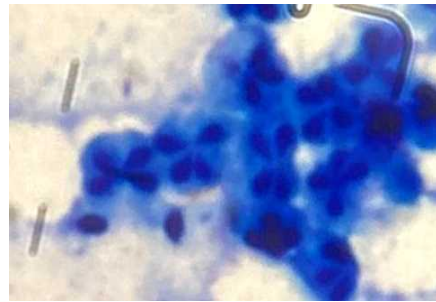
### 【クドア・ヘキサプンクタータ (*Kudoa hexapunctata*)】

2014年に新種として提唱されたクドアであり、クドア・ヘキサプンクタータはクロマグロ（特に幼魚）やキハダマグロに寄生するクドアです。マグロを喫食した有症苦情の残品から検出される例が、国内の複数の自治体で発生しています。県内においては、今のところ発生していません。

### 【クドア・イワタイ (*Kudoa iwatai*)】

クドア・イワタイは宿主特異性が低く、マダイおよびイシダイ等のタイ類のほか、ブリ、サワラおよびスズキ等広い範囲の魚類に寄生することが知られています。クドア・イワタイが形成するシストは、粟粒大であり、肉眼で観察することができます。

県内（静岡市、浜松市を含む）では、スズキを喫食した有症苦情の残品からクドア・イワタイの遺伝子を検出した例が少なくとも2件あり、今後とも注意が必要です。



クドア・イワタイの顕微鏡像

### 【ユニカプスラ・セリオラエ (*Unicapsula seriola*)】

ユニカプスラ・セリオラエはクドア属に近縁な粘液胞子虫のひとつで、カンパチが主な宿主と考えられています。近年、養殖カンパチを喫食した際にクドア食中毒と同様の症状を呈す有症苦情例が散見されており、その残品や患者便からユニカプスラ・セリオラエが検出された例が多いことから、食中毒との関連が強く疑われています。

県内では、2例の有症苦情において、残品のカンパチおよび患者便からユニカプスラ・セリオラエの遺伝子が検出されています。



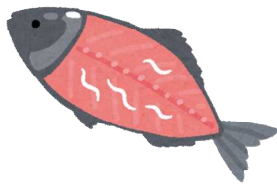
### 【当所におけるクドア等の検査について】

当所ではクドア・セプテンpunkタータ、クドア・イワタイおよびユニカプスラ・セリオラエについて、PCR による遺伝子検査を行っています。平成 26 年から令和 3 年の 7 年間で 119 検体について検査を行い、9 検体からクドア・イワタイまたはユニカプスラ・セリオラエを検出しました。

### 【クドアによる食中毒の予防法】

クドアやユニカプスラのような粘液胞子虫は魚の筋肉中でシストや偽シストを形成しますが、それらを肉眼で確認することは難しく、取り除いて食べるということは困難です。しかし、それらから病原性を取り除くことで食中毒を予防することができます。クドア・セプテンpunkタータは、 $-20^{\circ}\text{C}$ で4時間以上の冷凍、または、中心温度  $75^{\circ}\text{C}$ で5分以上の加熱により病原性が失われることが確認されています。同じく魚の生食による食中毒として知られているアニサキスもまた、冷凍や加熱によって死滅することが知られています。新鮮なお刺身は美味しいですが、生食は寄生虫と一緒に喫食してしまう危険性を回避できません。たまには冷凍や加熱をしっかりと、安全な食事をするのもいいかもしれませんね。

微生物部 大越 魁





# お茶の残留農薬一斉試験法を整備しました

## 【はじめに】

茶は静岡県を代表する重要な特産品であり、全国に広く流通しています。県や関係団体では生産者に対し農薬の適正使用を促すとともに、当研究所では毎年、県内産の茶の残留農薬検査を行っています。残留農薬の測定においては、LC-MS/MS（液体クロマトグラフ質量分析計）や GC-MS/MS（ガスクロマトグラフ質量分析計）等の分析装置を用いて検査をしていますが、茶にはカフェインをはじめとする農薬の分析を妨害する多くの成分が含まれており（図1）、分析が困難な農薬が多くあります。そのため、違反事例のある農薬や茶の生産地で使用頻度の高い農薬等、検査意義の高い農薬の中に当研究所の検査対象となっていない農薬があるため、従来よりも多くの農薬を同時分析可能な一斉試験法の検討を行いました。

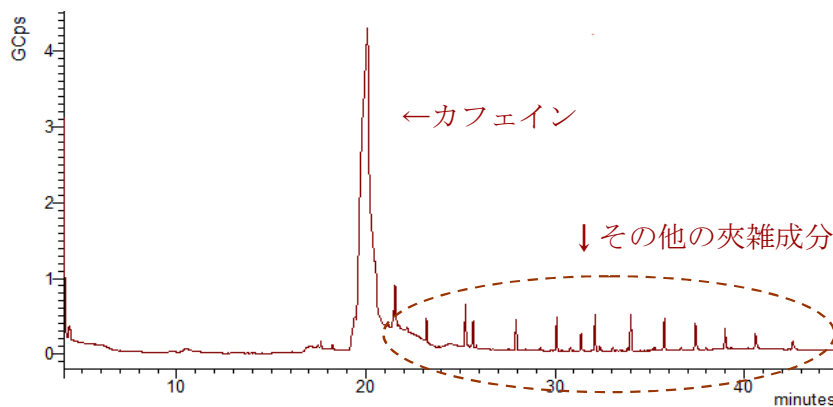


図1 茶に含まれる夾雑成分のピーク (GC-MS/MS による測定)

## 【対象とする農薬の選定】

一斉試験法の対象とする農薬を選定するため、国内の違反事例や生産者の使用履歴等を調査し、検査意義の高い 338 項目を選定しました。

また、選定した 338 項目について、LC-MS/MS および GC-MS/MS を用いて各農薬に最適な測定条件を設定しました。

県内生産者の使用履歴がある農薬

国産茶において検出実績のある農薬

- ・有機リン系
- ・有機塩素系
- ・トリアゾール系
- ・アミド系

- ・カーバメート系
- ・ピレスロイド系
- ・トリアジン系
- ・ストロビルリン系 等

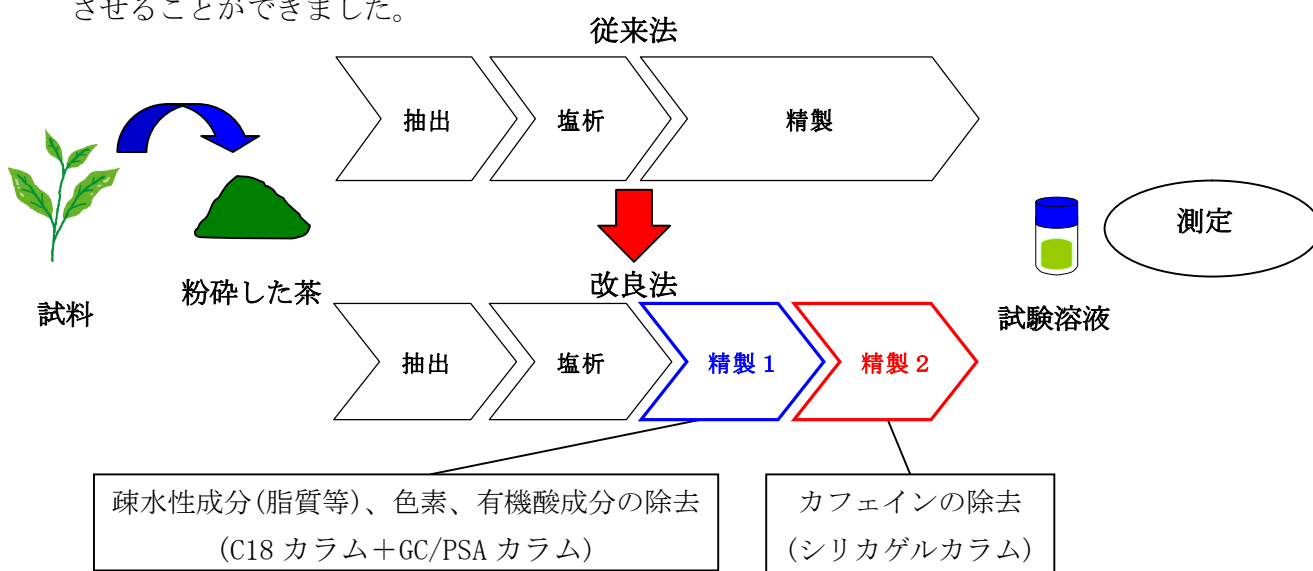
その他従来の検査項目にない農薬

計 338 項目

### 【精製効果の高い前処理方法の検討】

茶の残留農薬検査では、まず検査試料を粉碎し、有機溶媒で抽出を行い、その後、塩析、精製の工程で測定に不要な夾雑成分等を除去して試験溶液とします(図2)。今回は残留農薬測定を妨害する茶由来の夾雑成分を効果的に除去するため、2段階の精製工程を取り入れた前処理方法の検討を行いました(図3)。固相抽出カラムを用いて精製1では疎水性成分、色素および茶の有機酸成分の除去を行いました。精製2ではカフェインの除去を目的とした精製を行い、残留農薬の分析を妨害する茶中成分の除去に効果のある前処理方法を確立することができました。

その結果、今回確立した一斉試験法を用いることによって、従来法では74項目であった検査項目が199項目検査可能となり、検査に適用可能な農薬の項目数を大幅に増加させることができました。



#### ☆固相抽出カラムとは・・・

使い捨てのシリンジ容器等に分離剤を詰めたもので、これに通液させると、目的物質あるいは夾雑成分をカラムに保持させ、分離精製を行うことができます。分離剤は多種類あるため、目的に併せて選定します。

今回は、茶中の妨害成分の除去効果の検討のため、以下のカラムを使用しました。



	従来法	改良法
疎水性成分の除去・・・	C18 カラム	C18 カラム
有機酸成分の除去効果を強化・・・	GC/NH <sub>2</sub> カラム	GC/PSA カラム
カフェインの除去効果を追加・・・		シリカゲルカラム
		精製1
		精製2

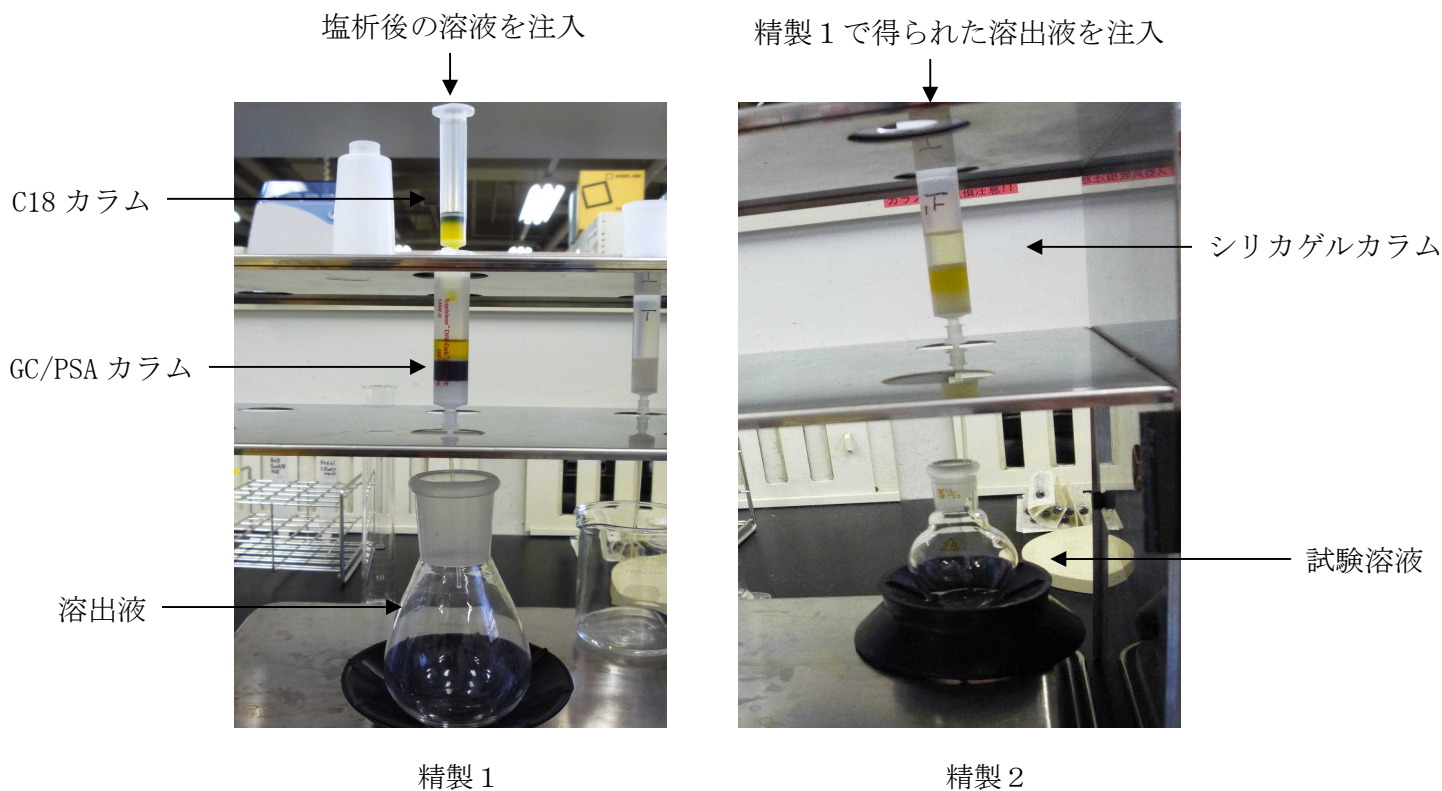


図3 精製工程の様子

**【確立した一斉試験法の残留農薬検査への適用】**

確立した一斉試験法を茶中の残留農薬検査に適用し、10検体の検査を行ったところ、全ての検体から今回の検討で検査が可能となったピレスロイド系やストロビルリン系等の農薬が検出されました。基準値の超過はありませんでしたが、今回の残留農薬一斉分析法の有効性が確認できました。

**【まとめ】**

残留農薬の分析を妨害する茶中成分を効果的に除去する精製工程を取り入れた残留農薬一斉分析法を確立しました。確立した一斉分析法により、アミド系やカーバメート系等の行政検査に適用する農薬として意義の高い検査項目を分析することが可能となり、従来法よりも検査項目数を大幅に増加することができました。

この試験法を食の安全・安心や農薬の適正使用の推進等に活用してまいります。

医薬食品部 柴田 紘希

# 大気環境のアスベスト濃度調査結果について

## 【はじめに】

アスベストは石綿とも呼ばれる天然に産出する繊維状ケイ酸塩鉱物（クリソタイル、アモサイトなど計6種類）の総称です。空気中に飛散した繊維が吸入され肺胞に沈着することで、健康被害を引き起こすおそれがあることが知られています。当研究所では、アスベストによる大気汚染の状況を把握し、今後の対策に活かすため、毎年、「一般環境中のアスベスト濃度調査」を県内2地点で実施しています。本報では直近3年分の測定結果について紹介します。

## 【アスベストとは】

アスベストは安価で耐火性、耐熱性、防音性など多様な機能を有していることから、建築材料や工業製品として1970年代を中心に広く使用されてきました。しかし、アスベストのばく露から数十年を経て、中皮腫、肺がん等の重篤な健康被害を生じさせるおそれがあることが明らかになり、その使用は昭和50年代から順次規制され、平成18年以降製造、輸入、使用が全面禁止されました。

しかし、アスベストの多くが建築材料として既存の工場、ビル、住宅といった建築物等に使用されているため、大気汚染防止法が改正されるなど、解体、改造及び補修作業を伴う工事によるアスベストの飛散防止対策が進められています。

## 【調査方法】

大気の捕集方法やアスベストの測定方法は、アスベストモニタリングマニュアル第4.1版（平成29年7月環境省 水・大気環境局、以下「マニュアル」という。）で決められており、当研究所もこれに沿って業務を行っております（図1）。

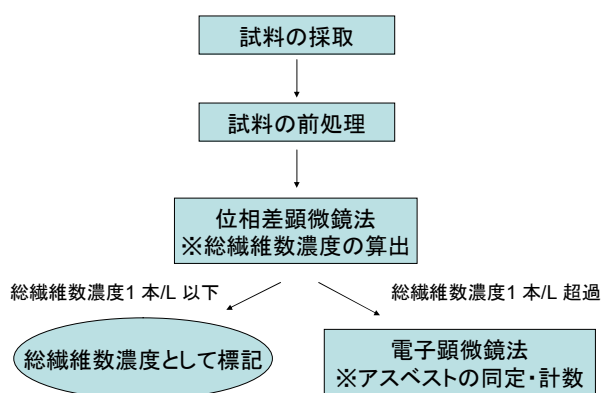


図1 測定手順のフローチャート

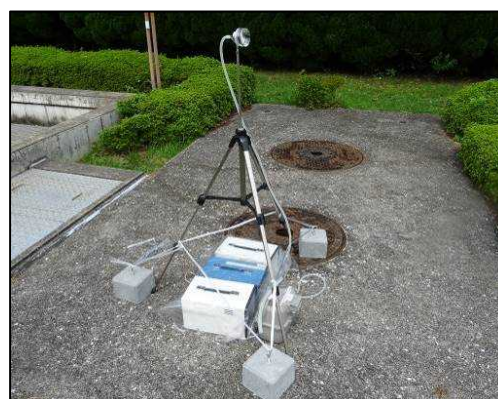


図2 試料採取の様子

### 1. 試料の採取

県内2つの測定地点について、マニュアルで定められた基準に基づきそれぞれ2つの測定箇所を設定し、捕集用装置を設置します。その後、吸引ポンプを使用し、吸引流量10 L/minで連続4時間空気を吸引することでフィルターに粒子を捕集します(図2)。捕集回数3回を一連の測定とするため、3日間測定を実施します。

### 2. 試料の前処理

位相差顕微鏡法を実施するため、前処理として試料フィルターの透明化を行います。1/8にカットしたフィルターをスライドガラスにのせ、アセトン蒸気をあてることで直ちに透明にします(図3)。その後、トリアセチンを滴下し、カバーガラスをかぶせ試料を固定します。



図3 アセトン蒸気発生装置

### 3. 位相差顕微鏡法

①長さ5  $\mu\text{m}$  以上、②幅3  $\mu\text{m}$  未満で、かつ③長さ と幅の比(アスペクト比)が3:1以上の繊維状物質を対象繊維とし、計数を行います。倍率は400倍(接眼レンズ10倍、対物レンズ40倍)とし、装着したアイピースグレイティクルの大円(直径300  $\mu\text{m}$ )を1視野の範囲とします(図4)。計数は、検鏡した視野の数が100になるまで、あるいは対象繊維数が200本以上になるまで行います。計数した繊維数から総繊維数濃度及び幾何平均値を算出します。総繊維数濃度がやや高い(目安として1本/L超とする)試料については、分析走査電子顕微鏡等によりアスベストを同定して計数することとします。

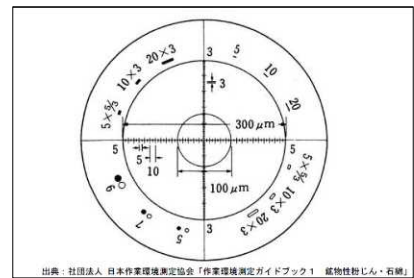


図4 アイピース  
グレイティクル

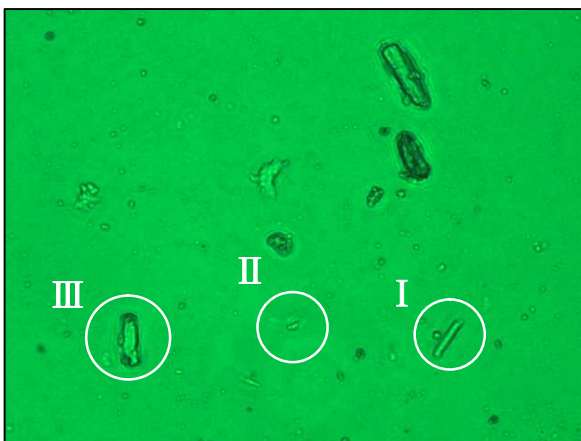


図5 位相差顕微鏡による  
計数の一例(一視野)

#### ※計数対象の判定

##### I 計数対象繊維

II 長さが5  $\mu\text{m}$  未満かつアスペクト比が3:1未満のため対象から除外

III 幅が3  $\mu\text{m}$  以上のため対象から除外  
(キャプチャの都合上、アイピースグレイティクルが表示されていませんが、実際は目盛を基準に長さの計測が可能です。)



#### 4. 電子顕微鏡法

総繊維数濃度がやや高い（目安として1本/L 超とする）試料について、再度対象繊維を計数し、それぞれの繊維について5区分（アスベスト4区分、非アスベスト1区分。表3のとおり）に識別を行い、区分ごとに繊維数濃度を算出します。前処理として、メンブレンフィルター/カーボンペースト含浸法にてフィルターを試料台に固定し、表面の導電性を確保するための蒸着を施し観察標本とします。計数は、検鏡した視野の数が300になるまで、あるいは対象繊維数が40本以上になるまで行います。対象繊維はすべてEDX（エネルギー分散型X線分析）検出装置を用いて構成成分を確認し、基準アスベスト（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EDXスペクトルと比較することで対象繊維の識別及び繊維数濃度の算出を行います（図6、7）。

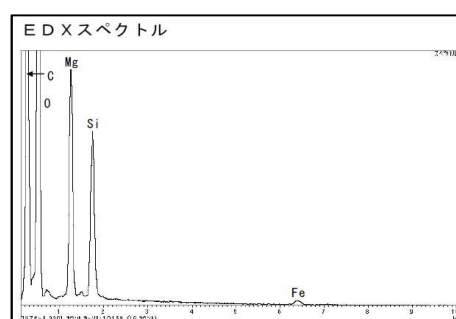
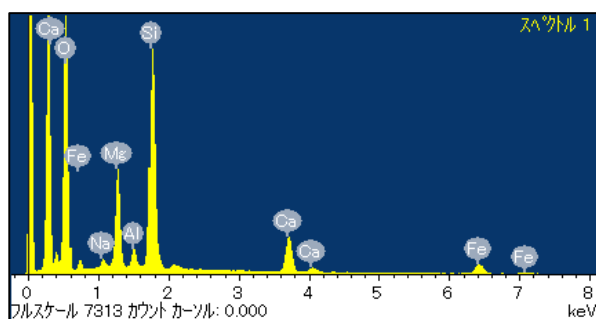


図6 試料のEDXスペクトルの一例

図7 クリソタイル（アスベスト繊維）のEDXスペクトルの一例

#### 【測定結果】

過去3年の調査結果は、総繊維数濃度の幾何平均値※がいずれの地点においても1本/L以下となりました（表1）。また、令和2年度に調査した磐田市役所西庁舎における1試料（磐田市役所西庁舎①）について、総繊維数濃度（石綿以外の繊維も含む）が1.2本/Lとなったため（表2）、電子顕微鏡法による分析の結果、アスベストは検出されませんでした（表3）。総繊維数濃度が1本/Lを超えた要因として、測定箇所が砂利の駐車場付近であり、巻き上げられた粉塵が影響した可能性が考えられました（図8）。

※一般環境においては、3回捕集の各回の繊維数濃度を幾何平均したものを当該地点の繊維数濃度とします。幾何平均による繊維数濃度は次式で求められます。

$$F_G = (F_1 \times F_2 \times F_3)^{1/3} \quad (F_G: \text{幾何平均による繊維数濃度} \quad F_{1\sim 3}: \text{各回の繊維数濃度})$$

表1 大気環境の繊維数濃度（幾何平均値）調査結果（過去3年間）（単位：本/L）

	平成30年度	平成31年度	令和2年度
住宅地域		0.32～0.46	0.085～0.090
商工業地域	0.25～0.29		0.22～0.90
幹線道路沿線地域	0.15～0.20	0.34	

表2 令和2年度大気環境の繊維数濃度調査結果

地点名	測定箇所	調査年月日	繊維数濃度 (本/L)	
			測定値	幾何平均
伊東市役所	庁舎北	①9月15日	ND	0.085
		②9月17日	0.054	
		③9月28日	0.19	
	庁舎西	①9月15日	0.056	0.090
		②9月17日	0.11	
		③9月28日	0.11	
磐田市役所	本庁舎	①8月17日	0.24	0.22
		②8月18日	0.24	
		③8月19日	0.18	
	西庁舎	①8月17日	1.2	0.90
		②8月18日	0.81	
		③8月19日	0.75	



図8 砂利付近の測定箇所

※ND (Not detected) : 不検出

表3 大気環境のアスベスト繊維数濃度調査結果（磐田市役所西庁舎①）

【アスベスト繊維数濃度】

(単位：本/L)

アスベスト				非アスベスト	総繊維数濃度
クリソタイル	アモサイト	クロンドライト	その他の角閃石系 アスベスト	その他の繊維	
ND	ND	ND	ND	3.9	3.9

※その他の角閃石系アスベスト：アンソフィライト、トレモライト、アクチノライト  
その他の繊維：硫酸カルシウム、ロックウール、グラスウール等

【おわりに】

アスベストの環境基準はありませんが、アスベストを取り扱う工場等の敷地境界基準は10本/Lとされています。大気環境中のアスベスト濃度調査は平成17年から全国的に開始され、本県でも、同時期から調査を実施していますが、過去に総繊維数濃度の幾何平均値が1本/Lを超えたことはなく、令和2年度に調査した1試料（総繊維数濃度1.2本/L）においても、アスベスト繊維が検出されなかったことから、大気中へのアスベストの飛散リスクは低いと考えられます。しかし、令和3年4月1日から大気汚染防止法の一部を改正する法律が施行されるなど、アスベストの飛散防止対策がより一層進められていることから、引き続きアスベストによる大気汚染の状況を把握し、皆様の住みよい環境を作っていくために日々貢献していきたいと考えております。

大気水質部 杉山 優雅



編集・発行 静岡県環境衛生科学研究所  
総務企画課

所在地 〒426-0083  
藤枝市谷稲葉 232-1

電話番号 054-625-9121

FAX 番号 054-625-9142

E-mail [kanki@pref.shizuoka.lg.jp](mailto:kanki@pref.shizuoka.lg.jp)

ホームページ <https://kaneiken.jp/>