



社会にひろがる新技術

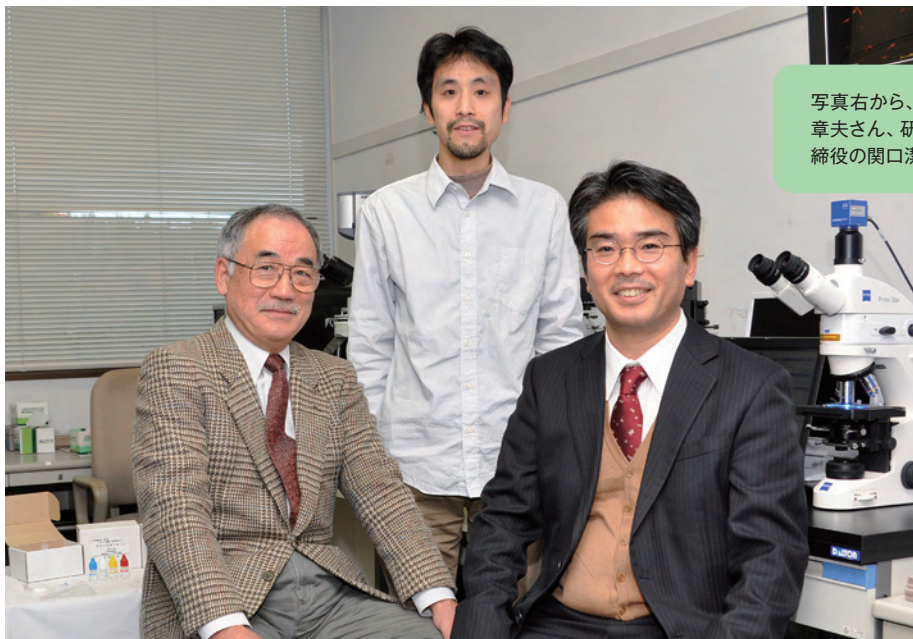
～JSTの研究開発成果から～

VOL.10

蛍光タンパク質でアスベストを簡単に検出

大気中の飛散物からわずか1時間で計測

アスベスト（石綿）は断熱性・耐久性などに優れることから、かつて「夢の鉱物」とも呼ばれた。その発がん性が明らかになり2006年に使用が全面禁止されるまでは、特に建築材料として広く使われてきた。現存する建造物に含まれるアスベスト建材の総量は、国内だけで4,000万トンともいわれており、今後こうした建物の老朽化とともに解体のピークが訪れつつある。このような現場では、解体作業と同時にアスベスト飛散の有無をチェックし必要に応じて適切な対策を講じなければならないため、迅速で簡便なアスベストの測定方法が求められている。そのニーズに応える新技術が、広島大学、株式会社インテック、有限会社シリコンバイオによって共同開発された。



写真右から、広島大学大学院先端物質科学研究科教授の黒田章夫さん、研究員の西村智基さん、有限会社シリコンバイオ取締役の関口潔さん。

マウスの肺組織に含まれるタンパク質を分析してアスベストと結合するものを発見した。しかし、このタンパク質はアスベスト以外の鉱物とも結合することがわかった。アスベスト検出のためには、アスベストだけに結合する安定したタンパク質でなければいけない。さらに探索を続けたところ、大腸菌がつくりだすタンパク質の中からアスベストと特異的に結合するもの（DksA）を見つけ出すことに成功し、研究は大きな一歩を踏み出した。

バイオ技術との融合で画期的な検出方法を発見

広島大学大学院先端物質科学研究科の黒田章夫教授は、これまでにシリコンと結合するタンパク質を見つけ出してシリコンでできた半導体基盤上に並べ、病気に関連する分子などを検出するセンサーの開発を続けてきた。

「アスベストの検出を研究するきっかけは、05年に兵庫県尼崎市でアスベスト公害が発覚した「アスベストショック」でした。アスベストは、シリコンにマグネシウムや鉄などが結びついたシリコン化合物の一種なので、シリコンに結合するタンパク質の中にアスベストにも結合するものがあるのではないかと直感したのです。もしこのようなタンパク質を発見できれば、アスベスト検出に活用することができます。従来の検出方法は電子顕微鏡を用いた複雑なものですが、それが格段に簡単になると思ったのです」

アスベストとは、天然の鉱物である蛇紋石

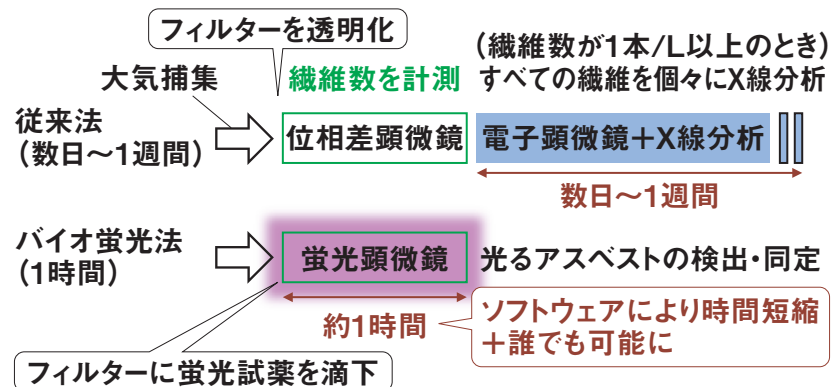
（かくせんせき）や角閃石の中でも繊維状のもの（6種類）に限って付けられた名称である。中には髪の毛の1,000分の1程度の細いものも存在し、大気中に飛散したアスベストを大量に吸入すると、肺がんや悪性中皮腫（胸膜などにできる腫瘍）などを引き起こす。こうした事実から「アスベストと肺の細胞内タンパク質との間に何らかの相互作用が起きているのではないか」と推測した黒田さんは、

アスベストを蛍光で可視化する

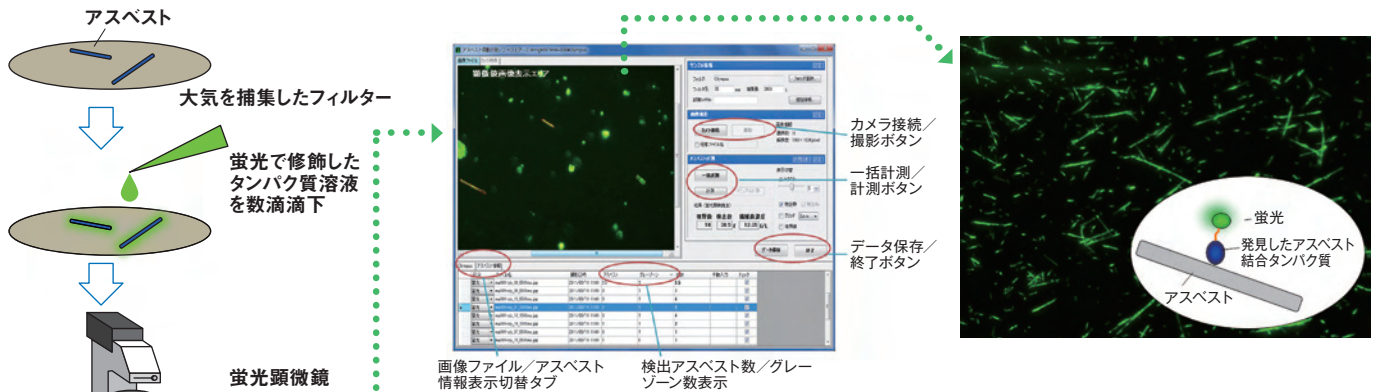
黒田さんが次に試みたのは、アスベストの可視化だ。

「当初は、ノーベル賞を受賞された下村脩先生が発見したクラゲの蛍光タンパク質とアスベスト結合タンパク質を遺伝子操作で融合させ、アスベストを光らせていました。現在は、アスベスト結合タンパク質を低分

■従来法とバイオ蛍光法の工程比較



■『アスベスター Air』と『自動計測ソフトウェア』による計測方法



左：アスベストを蛍光で可視化するまでの操作。大気を捕集したフィルターに数滴の試薬（蛍光タンパク質溶液）を滴下して緩衝液で洗浄後、蛍光顕微鏡にセットすれば、アスベストを観察することができる。
 中央：アスベスト自動計測ソフトウェア操作画面。フォルダ内の画像ファイルを一括で自動計測し、検出されたアスベストの繊維数を表示する。また、検出された各繊維について、長さ・幅・アスペクト比の表示・確認ができる。
 右：世界初のアスベストの蛍光イメージング画像。アスベストに結合した蛍光タンパク質により、アスベストが光って見える。

子の蛍光色素で化学的にラベルした蛍光タンパク質を作製し、より効率的にアスベストを光らせることができるようになりました（黒田さん）

こうしてアスベストを蛍光タンパク質で染める新しい検出方法が完成し、約30ナノメートル（1ナノは10億分の1）幅の非常に微細なアスベストまでも可視化することに成功した。黒田さんは、この「バイオ蛍光法」を実用化するために07年からシリコンバイオ社の関口潔取締役と商品開発をスタートさせ、10年6月にアスベスト検出キット『アスベスター Air』を発売した。

「使い方はとても簡単で、大気を捕集したフィルターに試薬を垂らし、それを蛍光顕微鏡で観察するだけです。電子顕微鏡と比べて低倍率で観察できるため、広い視野を一度に観ることができます。タンパク質の特異性によりアスベスト繊維だけが光って見えるので、その有無を一目で確認できるのです」（関口さん）

自動計測ソフトで迅速な検査が可能に

アスベストは、長さ5マイクロメートル（1マ



アスベスト検出キット『アスベスター Air』。右はポータブルタイプの蛍光顕微鏡。解体現場での自動計測が可能だ。

イクロは10万分の1）以上、幅（直径）3マイクロメートル未満で、アスペクト比（長さとの比）が3以上のものと定義されている。しかし実際には、アスベストに粒子が付着していたり、繊維の湾曲・交差・絡まりが見られるなどさまざまな形態がある。これらについては、環境省の定める「アスベスト計測ルール」に従って個別に判定しなければならない。

『アスベスター Air』は簡単な操作でアスベストを可視化できるが、それだけでは計測ルールに則った判定ができないため、アスベスト一本一本の画像について個別に判定する必要がある。しかし判定は目視で行うために時間がかかる上、計測者によってバラつきが生じるという課題があった。そこで、長年バイオ分野のソフトウェア開発に取り組んできた株式会社インテックが新たに参画し、蛍光画像からアスベストを自動認識するソフトウェアを共同開発することになった。

PCによる自動計測では、画像処理技術の工夫はもちろん、画像から繊維状の物質を抽出してアスベスト計測ルールに則った判定が行えるよう、さまざまな繊維パターンの画像を入手し、改良を繰り返したという。「ソフトウェアで正しい抽出と計測を行うことがアスベスト判定

作業の効率化につながるため、現場で使用する検査機関の方々の意見を聞きながら精度の向上を図っています」（黒田さん）

『アスベスト自動計測ソフトウェア』は、13年2月に販売予定だ。これにより、誰でも解体現場で迅速なアスベスト検査を行うことができるようになる。

目指すのは環境省の「公定法」認定へ

バイオ蛍光法は、11年に改訂された環境省の「アスベストモニタリングマニュアル第4.0版」に、解体現場における迅速な測定方法として紹介された。一方、環境省が指定する「公定法」では、繊維1本ずつを電子顕微鏡で分析してアスベストかどうかを個別に判定する必要がある。この方法では、機材も大掛かりで多くの時間と熟練した作業者が求められ、解体現場でのモニタリングが困難であった。しかし、簡単な操作でアスベスト繊維を可視化できるバイオ蛍光法を用いた「アスベスト検出キット」と「自動計測ソフトウェア」を組み合わせれば、大気中のアスベストを1時間程度で検出し判定することができる。

12年3月に改正された大気汚染防止法では、アスベスト使用の届け出がなくとも自治体による解体現場への立ち入り検査が可能になった。今後、老朽化した建築物の解体に伴い、年間10万~100万トンものアスベスト含有建材が廃棄され、そこからアスベストが飛散する危険性が危惧されている。

「アスベスト検査にバイオテクノロジーが応用されるのは、バイオ蛍光法が初めてです。バイオ蛍光法と自動計測ソフトウェアを利用すれば、誰でも現場で迅速にアスベストのモニタリングが可能となります。現在、展示会への出展や講習会の開催などを通じて、この技術の普及を促す活動を続けています。バイオ蛍光法が環境省の『公定法』として認定を受ければ、アスベストに対する社会不安の解消にも貢献できると考えています」（黒田さん）。

有限会社シリコンバイオ（本社：広島県東広島市）

【設立】2006年2月

【事業内容】アスベスト検出試薬、タンパク質固定化技術