

バイオセンサーを用いた絶縁油中PCBの簡易迅速検出

背景

PCB（ポリ塩化ビフェニル）は、かつて絶縁油などに使用されたが、残留性や毒性から、製造と使用が禁止された。現在、先進諸国では、環境汚染調査やPCB含有物の無害化処理が検討されているが、その際に行う質量分析やガスクロマトグラフ分析が煩雑かつ高価であることが問題となっている。抗原抗体反応を利用した生物検定法は、簡易かつ安価に化学物質を検出できるため、PCBについても適用が期待されている。しかし、多数のPCB異性体の同時検出が困難であること、鉱油成分や溶媒により測定が妨害されることなどから、環境試料や絶縁油中のPCBの検出に有効な生物検定法は、これまでに提案されていない。

目的

抗原抗体反応を利用した絶縁油中PCBの簡易かつ迅速な検定法を開発する。

主な成果

1. 絶縁油からのPCBの簡易抽出法

生物検定法の確立には、油中の反応妨害成分を排除しつつ、数分間程度でPCBを抽出できる簡便な前処理技術が必要である。PCBの簡易抽出について検討した結果、絶縁油を塩酸とジメチルスルオキシド（DMSO）の混合物で洗浄し、DMSOで再抽出を行うことで、抗原抗体反応に適したPCB抽出液を調製できた（図-1）。なお、絶縁油からのPCBの抽出率は、50%程度と計算された。

2. カネクロールを加えた模擬混入油の分析

かつて絶縁油に使われたPCB異性体の混合物であるカネクロール（KC300～600）4種を含む模擬混入絶縁油について、前述の方法で抽出液を調製した。抽出液を抗PCB抗体溶液で測定に最適な1000倍まで希釈し、当所開発のバイオセンサー*1にてPCB測定を行った（図-1）。その結果、約5分間で、カネクロール中のPCB異性体をppb単位で検出できた（図-2）。従って、希釈倍率から求められる検出範囲は、絶縁油中全PCB濃度としてKC300で10～1400ppm、KC400で6～600ppm、KC500で2～100ppm、KC600で2～100ppmであった。

3. PCB混入油の分析

11種の使用済みPCB混入絶縁油について、上述の抽出と測定を行い、質量分析により決定した全PCB濃度（0.3～32ppm）と比較した。その結果、バイオセンサー出力値と全PCB濃度の間には、高い相関が得られた（図-3）。なお、出力値を基に求めた校正曲線から、検出範囲は実油中の全PCB濃度として5～120ppmであった。

以上の結果から、バイオセンサーを用いた簡便かつ迅速な絶縁油中PCBの検定法に見通しを得た。

今後の展開

さらに多数のPCB混入絶縁油の分析を行い、絶縁油に適した校正曲線を得るとともに、質量分析計との相関や分析精度を確認する。また、検出感度の向上を目指し、PCBの簡易抽出法を改良する。

主担当者 環境科学研究所 バイオテクノロジー領域 上席研究員 大村 直也

関連報告書 「生体機能を利用したセンシング（その5）」電力中央研究所報告：U02032（平成15年3月）

*1：バイオセンサーの詳細は上記の報告書に記載。

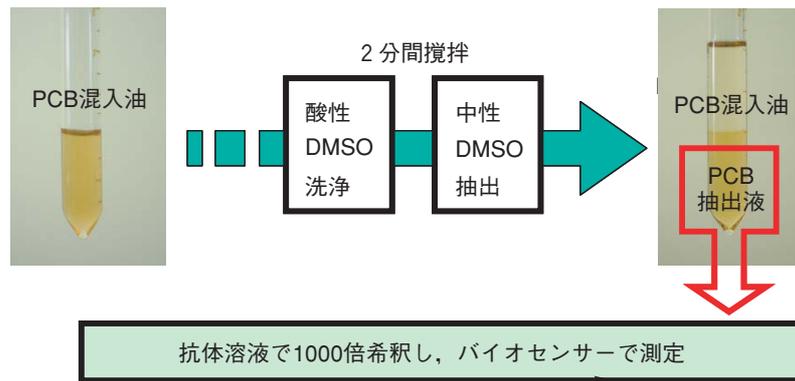


図-1 測定の操作

絶縁油を酸性DMSOで洗浄した後、中性DMSOを加えてPCBを抽出する。この抽出液を抗PCB抗体で1000倍に希釈し、バイオセンサーで測定する。PCBがない場合は、大きな信号値が得られ、PCBが多い場合は、信号値が小さい。

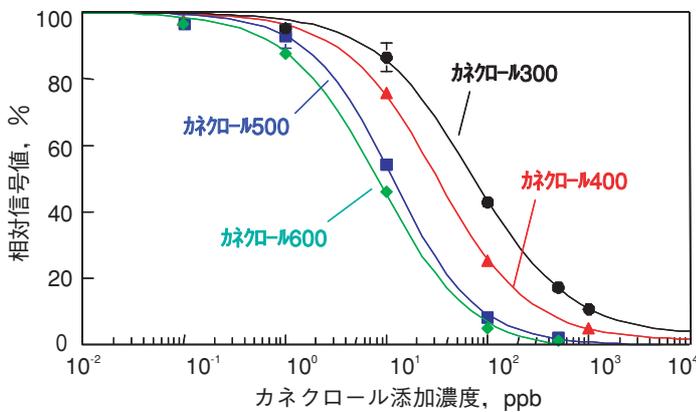
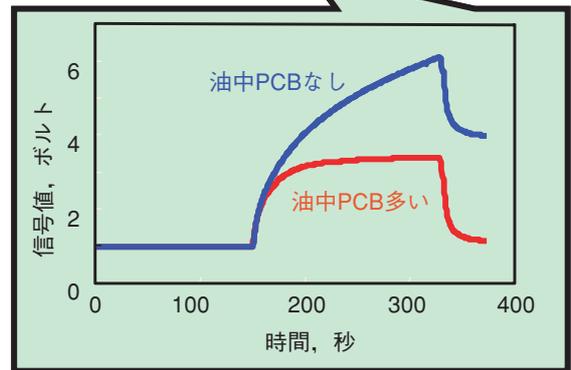


図-2 模擬PCB混入油の測定

PCB異性体の混合物であるカネクロール (KC300～600) 4種を含む模擬混入油の測定例。縦軸のセンサーの信号値から、各種カネクロールの濃度を読みとることができる。

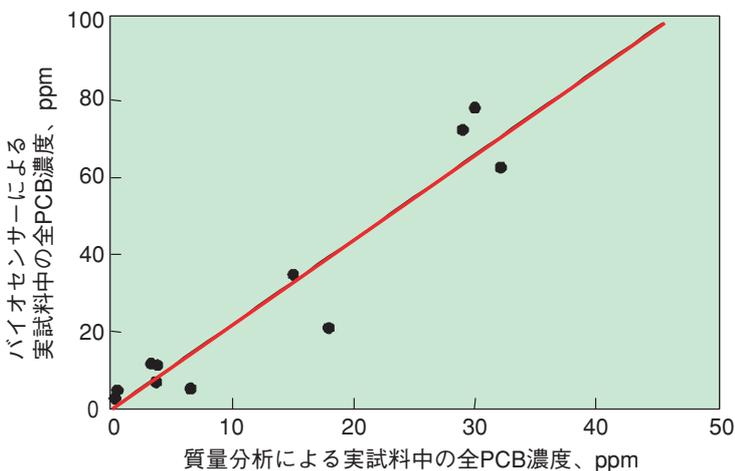


図-3 PCB混入絶縁油における質量分析との相関

PCB混入絶縁油におけるバイオセンサーの測定値と質量分析により決定した全PCB。相関係数は0.96であった。