

# 抗原抗体反応を利用したPCBバイオセンサーの開発と実用化

## 背景

2003年に重電機器の絶縁油に微量のPCB (polychlorinated biphenyl) が混入している可能性が報告され、変圧器のPCB混入の有無を確認することが必要となった。しかし、従来のPCB測定法は、長時間を要し、高価である。当所では迅速で安価なPCB測定を提供するため、生物の機能である抗原抗体反応を利用したPCBバイオセンサーの開発を行ってきた。多数存在する変圧器の迅速な混入確認のためには、PCBバイオセンサーの実用化が急務である。

## 目的

PCBに反応する抗体を作製し、PCBバイオセンサーとして実用化するとともに、迅速な混入判定手段（スクリーニング）としての実用性を検証する。

## 主な成果

### 1. PCBに反応する抗体の作製

PCB抗原を導入したマウスから抗体生産細胞を調製し、絶縁油に混入している4種類のカネクロール（PCB混合物）に反応する抗体の作製に成功した。作製した抗体は、カネクロール間で反応性の差が小さい特徴を示し、これまでにないPCB測定に適した性質を有していた。

### 2. PCBバイオセンサーの実用化

作製した抗体を用いて、測定感度・精度を保ちながら測定操作が迅速になる実用的な測定系を構築し、PCBバイオセンサーを実用化した（図2）。実用化したPCBバイオセンサーでは、4種類のカネクロールを等量含む絶縁油において0.1mg-PCB/kg-油から2mg-PCB/kg-油までの検出が可能であった（図1）。なお、測定の迅速性は、並列処理で前処理から測定まで絶縁油80試料/日/人程度であった。

### 3. PCBバイオセンサーによるスクリーニング結果の予測と検証

混入判定を行う絶縁油のPCB濃度の分布を想定した場合、判定結果を確率論的に予測する方法を初めて提案した。予測には、PCBバイオセンサーの測定のばらつき（標準偏差）や高分解能質量分析との相関（傾きと切片）を用いた。110検体の絶縁油を用いた検証では、予測した偽陰性\*<sup>1</sup>並びに偽陽性\*<sup>1</sup>の割合と実測した割合は良く一致し、PCBバイオセンサーのスクリーニング能力に確率論的な裏付けが得られると共に、予測手法の有用性も確かめられた（図3）。

以上、抗原抗体反応を利用したバイオセンサーとして、これまでに例のない絶縁油中のPCBの迅速な混入確認に有用可能な実用品を開発できた。

## 今後の展開

0.1 mg-PCB/kg-油未満の測定感度を目指してPCBバイオセンサーの高度化を行う。

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7）」電力中央研究所報告：V08053（2009年3月）

\*1：真のPCB濃度として設定した測定値が基準値を超える試料のうち、スクリーニングにより基準値未満と測定される試料の割合（偽陰性）。真の測定値が基準値未満である試料のうち、スクリーニングにより基準値以上と測定される試料の割合（偽陽性）。

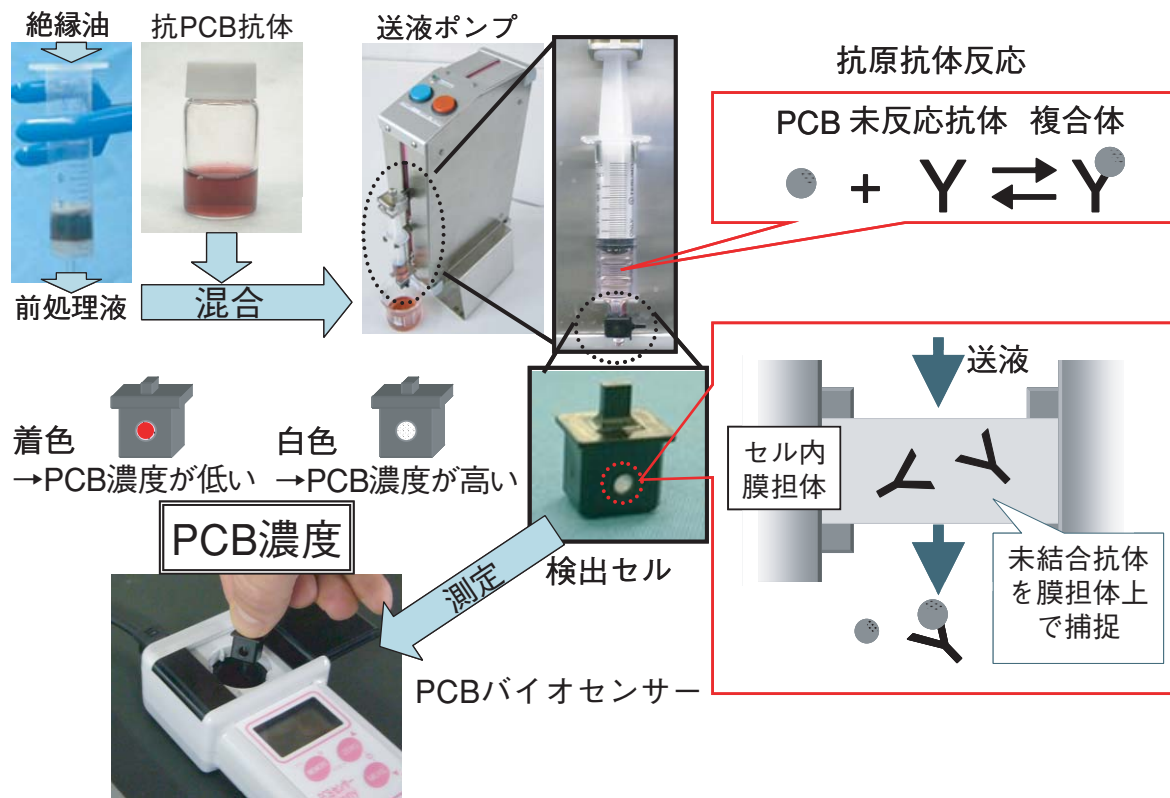


図2 PCBバイオセンサーのしくみと測定の手順

前処理した絶縁油と作製した抗体を混合し、抗原抗体反応を起こす。この混合液を注射器にとり、送液ポンプで注射器の先端に付けた検出セルに送液。検出セルでPCB濃度に応じて変化する未反応抗体を捕捉し、捕捉量を反応の度合い（着色度）としてPCBバイオセンサーで測定し、PCB濃度を決定する。

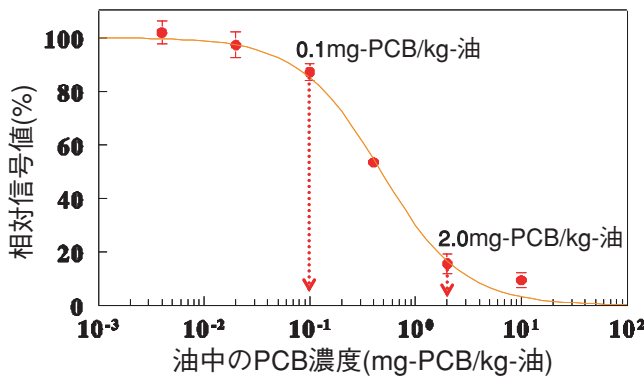


図1 油中PCB濃度測定範囲（左図）

図3 スクリーニング結果の予測と検証（下図）  
変圧器から採取した絶縁油110検体をPCBバイオセンサーで測定し、種々の判定濃度にて混入判定を実施した（左下図）。真値とした質量分析から判定を検証し、偽陽性と偽陰性の実測割合を求めた（右下図）。実測割合は、測定前に提案した手法により算出した偽陽性及び偽陰性の予測割合と良く一致した（右下図）。

