

PCB汚染変圧器の簡易処理・計測技術

背景・目的

2002年に変圧器などの電気機器に微量のPCBが混入していることが確認された。混入が疑われる機器は多数存在するため、混入の有無を調べるPCBの測定技術や経済的な混入機器の処理技術の確立が求められている。

本課題では、当研究所で培ったバイオ技術を生かし、PCBを迅速かつ安価に測定するPCBバイオセンサーの高度化、並びにPCBを精度良く測定する簡易機器分析技術の提案を行うとともに、経済的な低濃度PCB混入変圧器処理の実現を目指し、機器内部のPCBを絶縁油で洗浄する加熱強制循環洗浄技術及び課電自然循環洗浄技術の開発を行う。

主な成果

1. PCBバイオセンサー — 環境省が推奨するPCB測定法に採用

当研究所が開発したPCBバイオセンサーについて、絶縁油からPCBを迅速に抽出する方法や、バイオ素子（抗体）とPCBの反応の検出精度を高める改良を行った。この改良手法は、混入の有無を確認できる環境省の迅速測定法^{*1}に採用された（表1）。また、更なる測定の迅速化を目指した次世代のPCBバイオセンサー開発の一環として、微細加工技術を応用し、マイクロメートル単位の反応場を利用して絶縁油から迅速にPCBを抽出する方法などを提案した（図1）[V10027]。

2. PCB簡易機器分析 — 環境省が推奨するPCB測定法に採用


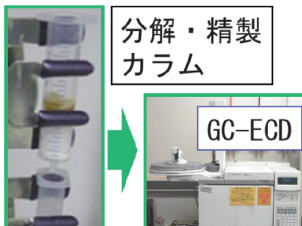
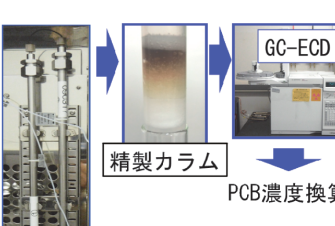
分子の大きさの差を利用して絶縁油成分からPCBを分離するゲル浸透クロマトグラフに続いて電子捕獲検出器付きガスクロマトグラフ（GC-ECD）でPCBを測定する方法が、PCB濃度を精度よく決定できる環境省の簡易定量法^{*1}に採用された（表1）[V09023]。また、多層シリカゲルカラムグラフにて絶縁油成分からPCBを分離し、電子捕獲検出器付きガスクロマトグラフでPCBを測定する方法も、混入の有無を確認できる環境省の迅速測定法^{*1}に採用された（表1）[V10017]。また、これらの簡易機器分析において、PCB異性体組成の解析から迅速なPCB濃度換算を可能とする新しい方法を開発した [V10020]。

3. 低濃度PCB混入変圧器の洗浄 — 環境省からPCB処理技術として評価

PCBが混入した変圧器の簡易処理を目的として加熱強制循環洗浄技術及び課電自然循環洗浄技術を提案し（表2）、小型変圧器を用いた実証試験を行った。変圧器を構成する部材は、何れの洗浄技術においても、洗浄後に、PCB無害化処理における法定処理基準を満足していた。これらの洗浄技術は、環境省のPCB等処理技術調査検討委員会による技術評価を受け、2010年12月にPCB処理技術として認められた。

* 1：環境省「絶縁油中の微量PCBに関する簡易測定法マニュアル 第2版」2010年6月

表1 環境省が推奨する PCB 測定法*1 に採用された当研究所開発の測定法一覧

測定法	PCBバイオセンサー ¹	多層シリカゲルカラムグラフ/ GC-ECD ²	ゲルパーミエーションクロマト グラフ/GC-ECD ³
操作	 <p>バイオセンサー 分解・精製カラム PCB濃度換算</p>	 <p>分解・精製カラム GC-ECD PCB濃度換算</p>	 <p>ゲル浸透カラム 精製カラム GC-ECD PCB濃度換算</p>
検出下限 (mg/kg)	0.2	0.2	0.05
測定時間 ⁴	40分	3時間	6時間
測定数 ⁵	100	30	20

- 1: 高濃度硫酸シリカゲルカラム/フロースルー式免疫測定法 (イムノアッセイ)。
- 2: SO₃ 添加濃硫酸多層シリカゲル処理/キャピラリカラムガスクロマトグラフ/電子捕獲型検出器 (GC/ECD) 法。
- 3: ゲルパーミエーションクロマトグラフ/多層シリカゲルカラム/キャピラリーガスクロマトグラフ/電子捕獲型検出器 (GC/ECD) 法。
- 4: 一試料の測定操作に要する時間。
- 5: 一台の機器で1名が一日で測定できる試料の数。

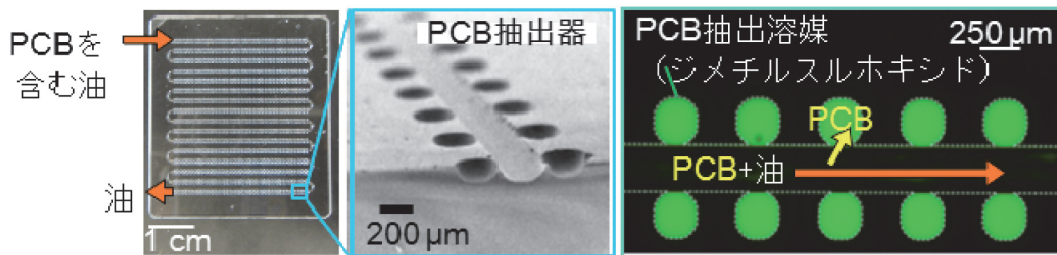
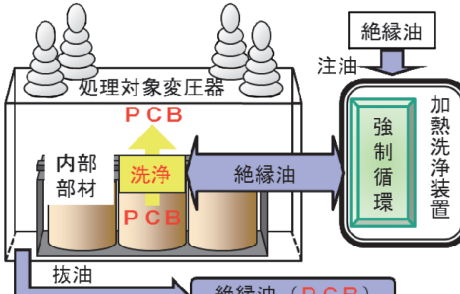
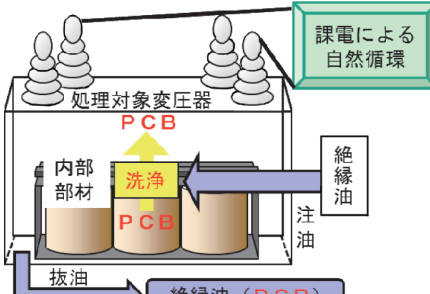


図1 微細加工技術を利用した迅速な PCB 抽出

ガラス基板上の数センチ四方に微細加工により作製した PCB 抽出器。抽出器を流れる PCB を含む油から、渦流を伴うマイクロ窪み構造に保持された抽出溶媒に PCB を抽出する。

表2 環境省から評価された当研究所提案の洗浄技術

洗浄法	加熱強制循環洗浄	課電自然循環洗浄
処理イメージ		
概要	加熱した洗浄油（絶縁油）を洗浄装置により変圧器内で強制的に循環させることにより、内部部材に含まれる PCB を洗浄油に洗い出す方法。	課電により機器内部を発熱させ、洗浄油（絶縁油）を変圧器内で自然に循環させて内部部材に含まれる PCB を洗浄油に洗い出す方法
PCB濃度 ¹	45~73mg/kg	37~59mg/kg
洗浄時間 ²	60~72時間	77~113日間

- 1: 実証試験を行った洗浄前の変圧器に含まれる絶縁油の PCB 濃度。
- 2: 実証試験を行った際の洗浄時間。