

SED 法による低濃度 PCB 汚染柱上トランスの処理

Decontamination of low PCB contaminated
transformers by means of SED Process



(技)第1研究開発部第2研究室
加藤 治
Osamu Kato
小西 嘉雄
Yoshio Konishi
西村 裕太
Yuta Nishimura
川井 隆夫
Takao Kawai

低濃度 PCB に汚染された20 kVA 柱上トランスを構成する部材を溶媒抽出分解法で処理基準値以下に洗浄できた。さらに、本法で絶縁紙などの油含浸部材が日本の処理基準に合った PCB レベルに処理できることを確認した。この実験には神鋼パンテック研究所に設置した実験プラントを使用し、作業環境の安全性が十分に確保されていることを確認した。

Shinko Pantec has actually confirmed by means of solvent extraction and decomposition process (SED process) that 20 kVA Pole Transformer parts contaminated with low concentration PCB have been decontaminated to lower than PCB removal criteria of Japan. We have also confirmed that the porous materials impregnated with oil such as insulating paper can be decreased the PCB level to adopt the Japanese PCB removal criteria. The test plant installed at Shinko Pantec laboratory was used for this experiment. It was clarified that the safety measurements of the atmospheric condition of the working area during the experiment has been fully maintained.

Key Words :

柱上トランス
溶媒抽出分解法
処理基準
作業環境

Pole Transformer
Solvent extraction and decomposition process
PCB removal criteria
Working environment

まえがき

1989年、約400万台もの柱上トランスが50 ppm以下の PCB に汚染されていることが判明し¹⁾、保管が義務づけられ今日に至っている。しかし、容器の腐食など保管リスクが高まりつつあり、処理技術の開発とともに処理基準の策定が行われ、1998年、処理油ならびに PCB 汚染物中の廃プラスチック類及び金属類の処理基準が告示された。

これらの進展を受け、厚生省は今後10年間で PCB の全廃を検討している²⁾が、現在のところ、低濃度 PCB 汚染油処理が端緒につこうとしたところである。だが、コンデンサは受電設備機器のため小口保有者が多く、年数の経過とともに散逸が著しく、社会的問題となっており、処理のあり方が注目されている。

当社は、1998年、溶剤抽出分解法 (SED 法) を

開発し³⁾、高濃度 PCB に汚染されたトランス、コンデンサを処理基準値以下に洗浄できることを実証した⁴⁾。

本法では洗浄剤としてパークロロエチレン (PCE) を用いるが、本剤は安価であるだけでなく、化学的安定性が高く、長期にわたり蒸留再生利用が可能であること、比熱、蒸発潜熱共に小さく加熱、蒸留等にかかるエネルギー消費が少ないこと、労働衛生面での安全性が高く、普及していること等の特徴がある。

当社では、実試料を用いた検討を行うため研究所にベンチ設備を建設し、設備概要については既に報告した⁵⁾。

今回、ベンチ設備を用いて低濃度 PCB 汚染柱上トランスの洗浄を行い、良好な結果が得られたので、報告する。

1. 実験設備ならびに試料

実験には研究所に設置の試験設備ならびに実機使用済み柱上トランスを用いた。

1.1 実験設備⁵⁾

実験設備は汚染機器を扱うためのグローブボックス及び一次洗浄装置、二次洗浄装置を備えた2階建て設備であり、設備全体として吸排気を完全制御している。

一次洗浄装置は溶剤蒸気洗浄が可能で、0.7 m³ の洗浄容積を有し、最大225 L の溶剤を加熱できる。

二次洗浄装置は銅、紙、小物部品等を浸漬洗浄する洗浄装置である。本装置は溶剤の温度及び攪拌強度を任意に設定できるだけでなく、胴部に紙回収部を備えており、比重差により紙を回収できる。

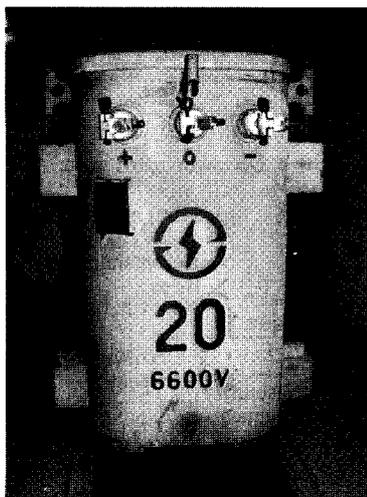


写真 1 20 kVA 柱上トランス外観
Photo.1 20 kVA Transformer

1.2 試料

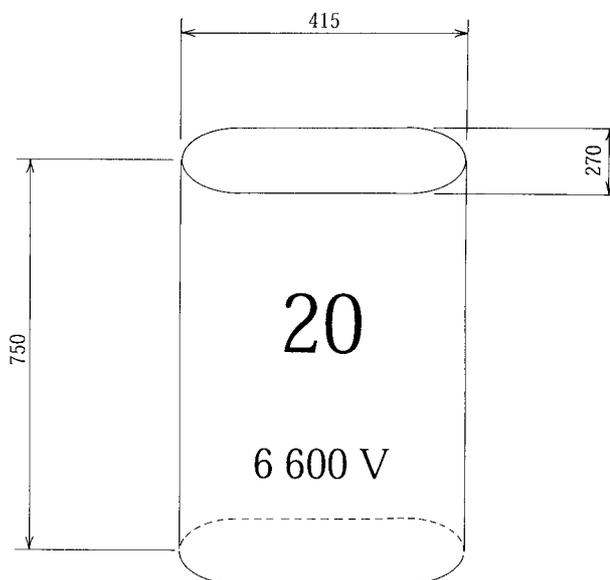
使用済みの20 kVA 柱上トランス (愛知電機株式会社製) を2台用いた。残留油中の PCB 濃度はそれぞれ8.97 ppm, 0.72 ppmであった。柱上トランスの外観及び外形寸法をそれぞれ写真1, 第1図に、構成部品及び重量, 重量比を第1表に示す。コア (写真2, 第2図) はワニス含浸タイプで、コイル (写真3) と鉄心 (写真4) から構成されている。

2. 実験方法及び分析項目

2.1 実験方法

洗浄フローを第3図に示す。

柱上トランスは解体作業における作業者の安全確保ならびに工具や手袋などへの二次汚染を極少にするため、まず、蓋を取り外し、一次洗浄装置内で溶



第1図 20 kVA 柱上トランス外形寸法 (単位: mm)
Fig. 1 Dimensions of 20 kVA Transformer

第1表 柱上トランス構成部品及び重量, 重量比
Table 1 Composition of Sample

Parts	Weight [kg]	Rate [wt %]
Vessel	25.0	22.7
Lid	3.0	2.7
Core	48.0	43.6
Copper wire	24.0	21.8
Insulating paper	3.0	2.7
Wood	0.2	0.2
Insulators	2.8	2.6
Bolts, nuts, lugs and other parts	4.0	3.7
Total	110.0	100.0

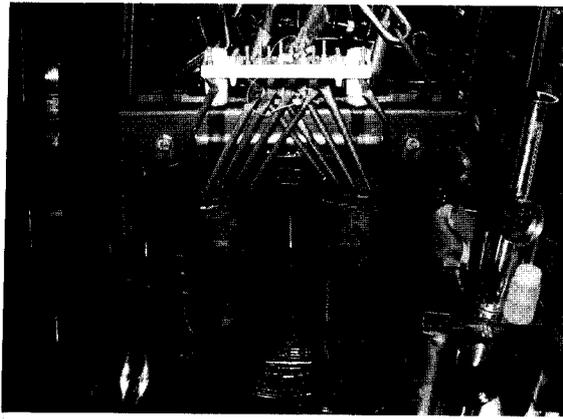
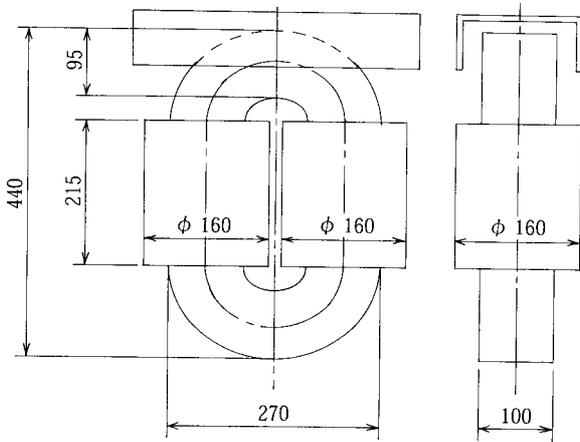


写真 2 コア外観
Photo.2 Core Coil Assembly



写真 3 コイル断面
Photo.3 Section of Coil



第 2 図 コア外形寸法 (単位 : mm)
Fig. 2 Dimensions of Core Coil Assembly

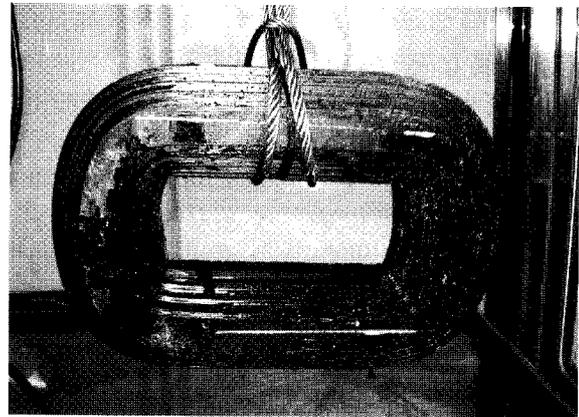
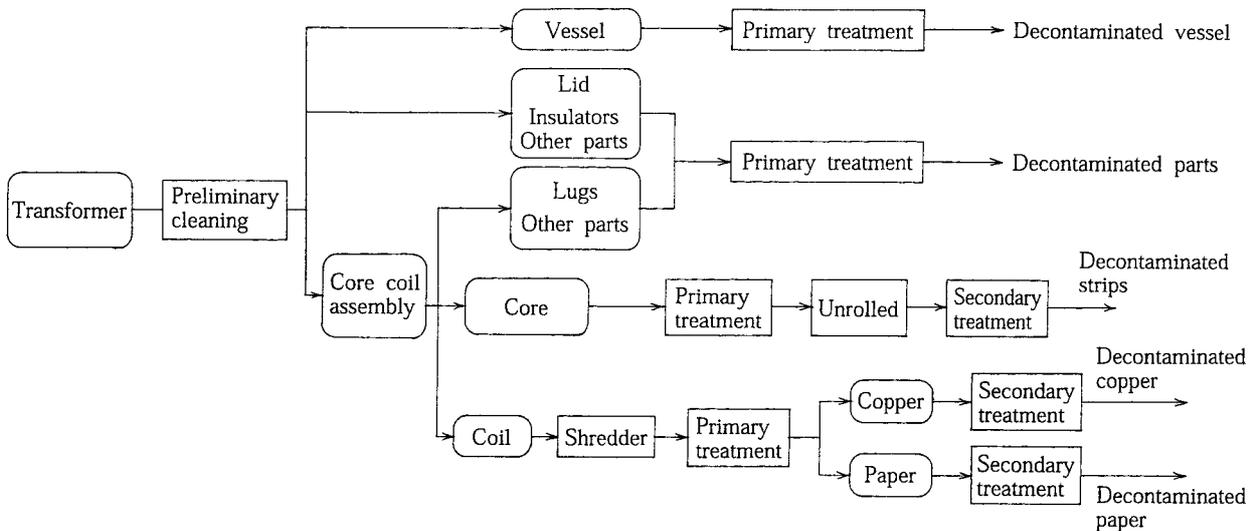


写真 4 鉄心外観
Photo.4 Core



第 3 図 洗浄フロー
Fig. 3 Flow Diagram of Treatment

剤蒸気による予備洗浄を実施した。この後、容器、碍子などの部品、コイル及び鉄心に解体分類し、それぞれ洗浄した。

洗浄溶剤は一次洗浄、二次洗浄共にパークロロエチレン（PCE）を使用し、洗浄毎に蒸留を行い再利用した。

実験中に設備内外の大気試料を採取し、PCB濃度を分析し、作業環境に及ぼす影響を調査した。

2.1.1 容器及び蓋、碍子等小物部品

容器は開口部を下に向け、一次洗浄装置内で洗浄した。

予備洗浄後、解体した蓋・碍子・小物部品は洗浄カゴに入れ一次洗浄装置内で洗浄した。

蒸気洗浄は試料が溶剤の沸点（121℃）到達時を終了とした。洗浄後は洗浄装置内を減圧し、試料を乾燥した。

2.1.2 鉄心

鉄心はワニスに覆われた積層状態（塊）で一次洗浄装置内で洗浄と乾燥を行った後、解体及び切断を行い、長さが1m程度に分割して洗浄カゴに入れ、再度洗浄と乾燥を行った。

2.1.3 コイル部材（銅及び絶縁紙）

コイル及び、絶縁紙で被覆されたリード線は破砕機で約50mm以下に破砕後、全量を二次洗浄装置に投入した。

約70Lの溶剤を用い30分間攪拌洗浄と同時に絶縁紙と銅の分離を行った。洗浄済み溶剤を蒸留再生装置へ移送し、紙回収部から絶縁紙を回収した。

洗浄装置内に残置した銅線チップに対し再度溶剤

を約70L加え、常温で30分間攪拌した。所定時間経過後洗浄装置から取り出し、ドラフト内で乾燥した。

回収した絶縁紙は、乾燥重量約300gをSUS金網製容器に入れ、約70Lの溶剤中で洗浄した。

1回の洗浄時間は30分とした。所定時間経過後、試料を採取して、溶剤の入れ替えを行い、これを計2回繰り返して絶縁紙中のPCB濃度の変化を調査した。

2.2 分析項目及び試料採取方法

第2表に、分析試料の採取工程を示す。

分析試料の採取方法及び全PCBの定量方法は「特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」に従った。

容器、蓋、碍子は、拭き取り試験法を適用した。ただし、部材の面積が小さいため、拭き取り面積は100cm²とした。小物部品、銅、絶縁紙は部材採取を適用した。

作業環境大気試料の採取は実験設備の最大稼働時、つまり、一次洗浄装置と二次洗浄装置を同時に稼働させた状態で設備内外の排気ガスを捕集し、試料とした。

3. 結 果

3.1 洗浄結果

洗浄結果を第3表に示す。

容器内部側面のPCB付着量は洗浄前にもかかわらず処理基準値（0.1μg/100cm²）以下であった。予備洗浄後、コアを取り外し、容器内部の底面から試料を採取した結果、それぞれ0.68μg/100cm²、0.19μg/100cm²であったが、一次洗浄後、共に定

第2表 分析の対象及び採取工程

Table 2 Sampling Point for The Assessment of PCB Cleaning

Sampling	Before treatment	After preliminary cleaning	After primary treatment	After secondary treatment	After tertiary treatment
・ Vessel					
Side wall	○	○	○		
Bottom surface		○	○		
・ Lid	○		○		
・ Insulators		○	○		
・ Bolts, nuts, lugs and other parts		○	○		
・ Core					
Surface of core		○	○		
Surface of steel strip			○	○	
・ Copper wire		○	○	○	
・ Insulating paper			○	○	○

第 3 表 洗浄結果
Table 3 Results of Treatment

Part	Treatment	Sampling	Sample 1	Sample 2
Vessel*1 [$\mu\text{g}/100\text{cm}^2$]	Before treatment	Side wall	0.03	N.D.*3
	After preliminary cleaning	Side wall	N.D.*3	N.D.*3
		Bottom surface	0.68	0.19
After primary treatment	Side wall	N.D.*3	N.D.*3	
	Bottom surface	N.D.*3	N.D.*3	
Lid*1 [$\mu\text{g}/100\text{cm}^2$]	Before treatment		N.D.*3	N.D.*3
Insulators*1 [$\mu\text{g}/100\text{cm}^2$]	After preliminary cleaning		0.25	0.02
	After primary treatment		N.D.*3	N.D.*3
Bolts, nuts, lugs and other parts*2 [mg/kg]	After preliminary cleaning		0.020	0.0006
	After primary treatment		0.0009	N.D.*4
Core*1 [$\mu\text{g}/100\text{cm}^2$]	After preliminary cleaning	Core	0.47	0.04
	After primary treatment	Core	N.D.*3	N.D.*3
		Steel strip	0.25	N.D.*3
After secondary treatment	Steel strip	N.D.*3	N.D.*3	
Copper wire*2 [mg/kg]	After preliminary cleaning		0.20	0.007
	After primary treatment		0.0005	N.D.*4
	After secondary treatment		N.D.*4	N.D.*4
Insulating paper [mg/kg]	After primary treatment		0.099	0.019
	After secondary treatment		0.009	N.D.*4
	After tertiary treatment		N.D.*4	N.D.*4

The criteria of PCB removal; *1 $\leq 0.1 \mu\text{g}/100\text{cm}^2$, *2 $\leq 0.01 \text{ mg/kg}$
Detection limits; *3 $0.01 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$, *4 0.0004 mg/kg

量下限値以下となった。

蓋は洗浄前から PCB は検出されなかった。

碍子は一次洗浄で定量下限値以下になり、小物部品は、試料 1 は 0.0009 mg/kg 、試料 2 は定量下限値以下であった。

鉄心は予備洗浄後、鉄心を覆っている絶縁ワニス表面を拭き取り試験した結果、試料 1 では $0.47 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$ であったが、試料 2 では $0.04 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$ であり、処理基準値以下であった。これを積層（塊）状態で溶剤蒸気洗浄することにより、ワニス表面の PCB は定量下限値以下になったが、内側部分採取試料では、試料 1 は $0.25 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$ と基準値を超えていた。試料 2 は定量下限値以下であった。解体後の洗浄では定量下限値以下になり、処理基準を充たした。

銅はコイルの破碎産物である銅と絶縁紙の混合物

を分析した結果では、試料 1 は 0.20 mg/kg 、試料 2 は 0.007 mg/kg であったが、銅と絶縁紙の分離を兼ねた二次洗浄で処理基準値 (0.01 mg/kg) 以下になった。

絶縁紙は二次洗浄で銅から分離された時点で既に 0.1 mg/kg 以下になり、さらに 2 回の二次洗浄では定量下限値以下であった。

3.2 洗浄溶剤の蒸留再生

蒸留再生後の洗浄溶剤中の PCB 濃度は定量下限値 (0.02 mg/kg) 以下であった。

3.3 作業環境（大気）中の PCB 測定結果

大気中の PCB 測定結果は設備内で $0.71 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、排気口で $0.46 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ を示し、PCB 許容濃度⁶⁾ 0.1 mg/m^3 の $1/100$ 以下であり、設備の安全性が十分に確保されていることが確認できた。

む す び

実低濃度 PCB 汚染トランス試料を用いて洗浄試験を行った結果、SED 法で柱上トランスを構成する部材を処理基準値以下まで洗浄できることを確認した。

作業環境の PCB 濃度は実験設備内外共に許容濃度の 1/100 以下であり、作業環境の安全性が十分に確保されていることが確認できた。

本プロセスは、(a)大気圧以上の圧力にならないように設計されており比較的低温 (MAX. 121 °C) で処理すること、(b)洗浄溶剤が不燃性であること、(c)連続自動化ならびに密閉系での処理が可能であることから、数ある PCB 汚染機器処理法のなかでも

最も実用化が容易な方法であるといえる。

[参考文献]

- 1) 産業廃棄物処理事業振興財団：PCB 処理技術ガイドブック、(1999)
- 2) 産業廃棄物処理事業振興財団：PCB 容器処理事情米国・カナダ調査報告書 (2000)
- 3) 川井隆夫ほか：神鋼パンテック技報、Vol.42, No.2 (1998), p.16
- 4) 小西嘉雄ほか：神鋼パンテック技報、Vol.43, No.1 (1999), p.2
- 5) 小西嘉雄ほか：神鋼パンテック技報、Vol.43, No.2 (1999), p.114
- 6) 日本産業衛生学会：許容濃度表 (2000年版)

連絡先

川 井 隆 夫 技術開発本部
(工学博士) 第1研究開発部
 第2研究室
 室長
 TEL 078 - 992 - 6525
 FAX 078 - 992 - 6504
 E-mail t.kawai@pantec.co.jp