

# 洗浄試験概要

## 【意義】

変圧器を部材別に解体しないで、形状を有したまま簡易に洗浄する方法の可能性を評価すること。

## 【実施者】

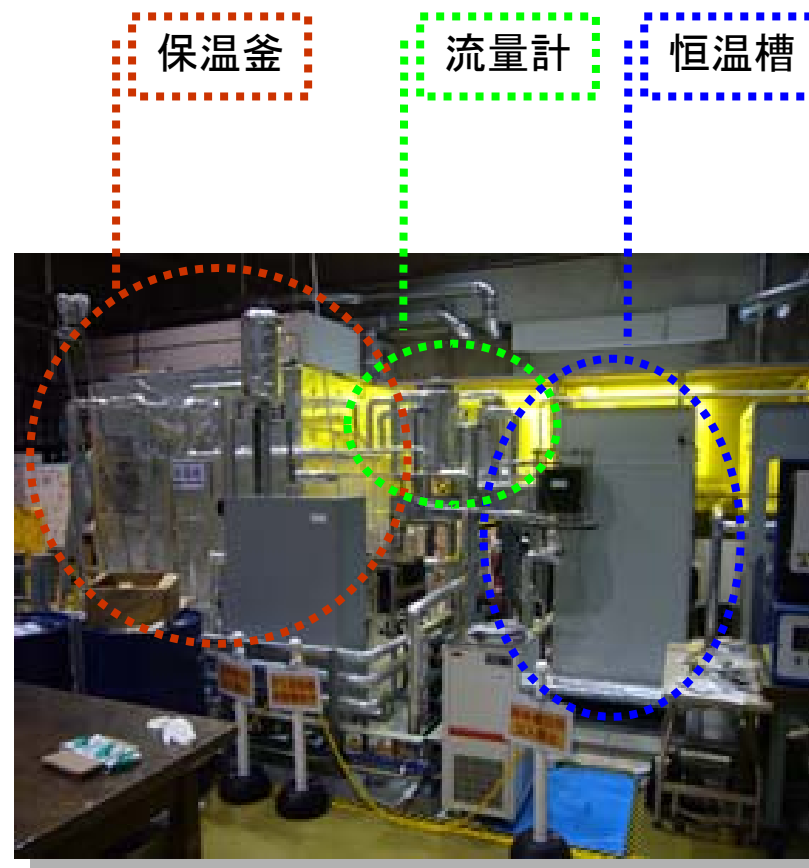
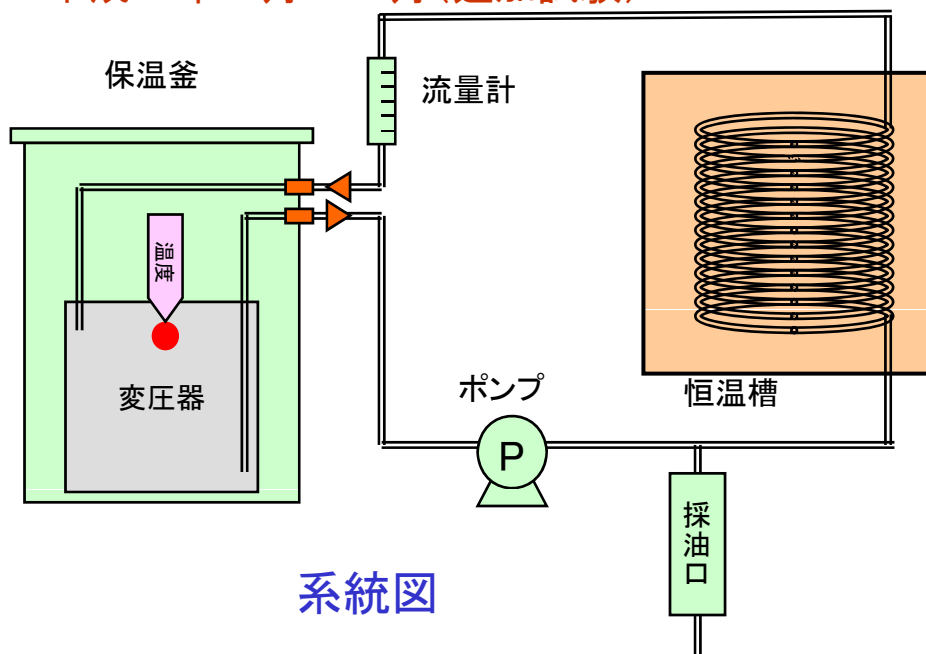
電気事業連合会の依頼で(財)電力中央研究所が実施

## 【場所／期間】

電力中央研究所横須賀地区

平成19年7月～9月

平成19年11月～12月(追加試験)



循環洗浄装置

# 洗浄試験方法



## ①変圧器の設置

抜油<sup>(注1)</sup>済みの変圧器を保温釜に設置し、新油を注油する。循環する新油の吸入口と排出口を設置する。



## ②循環洗浄

新油を循環加熱しながら洗浄する。6時間運転毎に絶縁油のサンプリングを行い、PCB濃度変化を確認。  
※洗浄は1日6時間行う。



## ③コアの取り出し

絶縁油のPCB濃度が一定になったことを確認し、コアを取り出し、一晩放置する。



## ④部材のサンプリング

コアを解体・切断し、鉄心とコイルの銅及び紙、さらに、容器内壁のサンプリングを行い、分析<sup>(注2)</sup>を行う。

(注1) 通常、排油口がある機器は、排油口から抜油し、2～3日以上静置した後、必要に応じて底部に溜まった油を機器を斜めに傾けて更に抜油している。

排油口がない機器は、上蓋を外しポンプで抜油し、2～3日以上静置した後、必要に応じて底部に溜まった油をポンプで更に抜油している。

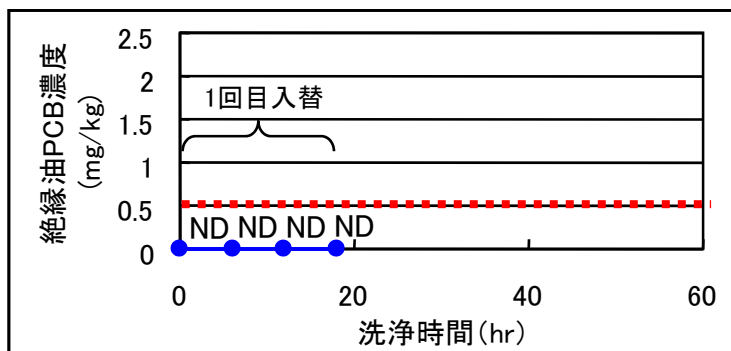
(注2) サンプリングした部材は、処理後の公定法に従って分析を行った。

# 洗淨試験諸表

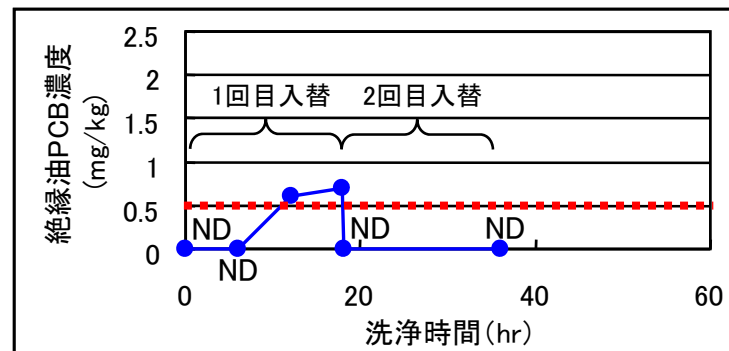
変圧器	油量 (L)	コア 重量 (kg)	油量/ コア比 (L/kg)	油及び機器総重量 (kg)	流速設定 (L/min)	恒温設定 (℃)
15kVA PCB濃度 10ppm	88	95	0.93	312	12	70
15kVA PCB濃度 27ppm	66	118	0.56	280	12	70
15kVA PCB濃度 58ppm	67	121	0.55	281	12	70
150kVA PCB濃度 24ppm	96	355	0.27	584	12	70
200kVA PCB濃度 27ppm	310	674	0.46	1200	12	70
250kVA PCB濃度 27ppm	500	810	0.62	1595	12	70
75kVA PCB濃度 85ppm	145	256	0.57	500	12	70
150kVA PCB濃度 117ppm	260	442	0.59	840	12	70

※洗淨配管油量：10L

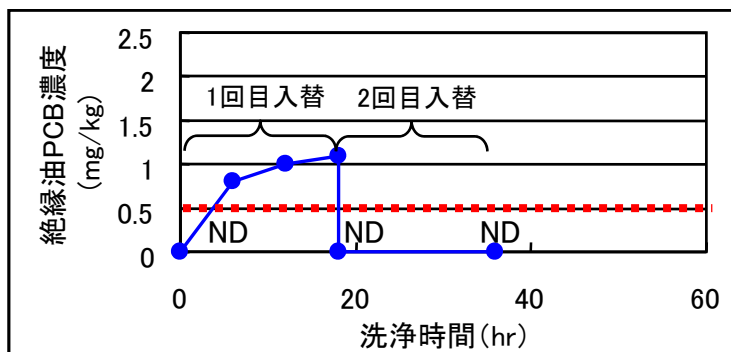
# 油中PCB濃度の経時変化（洗浄）



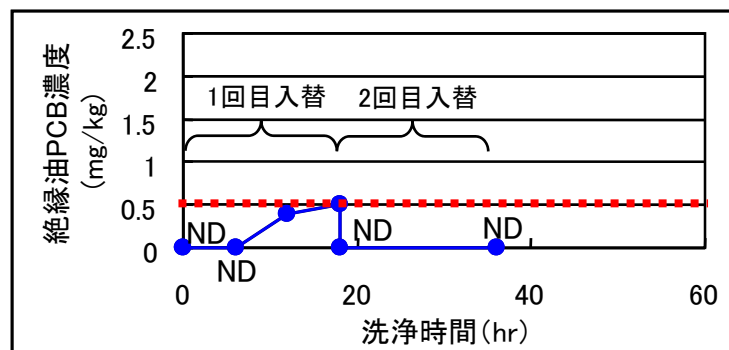
15kVA PCB濃度 10ppm



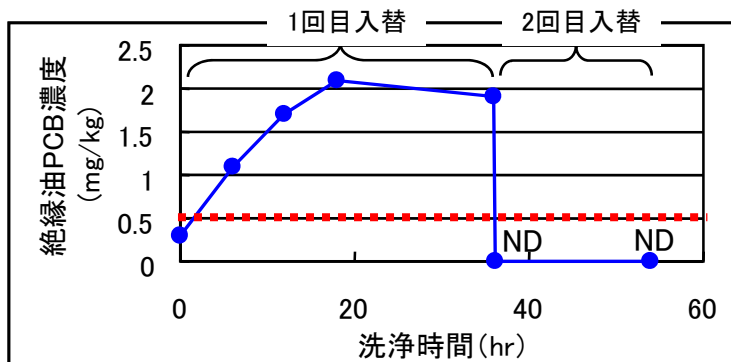
150kVA PCB濃度 24ppm



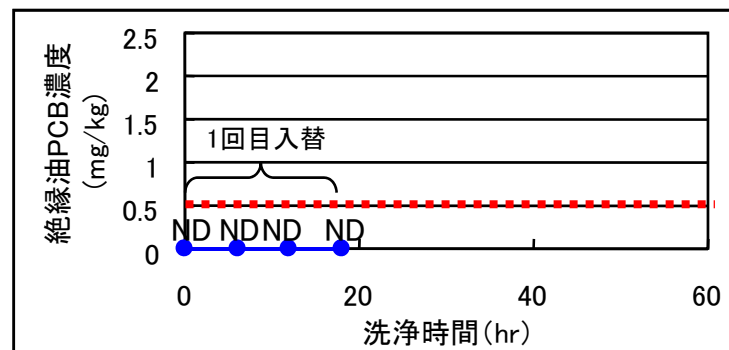
15kVA PCB濃度 27ppm



200kVA PCB濃度 27ppm

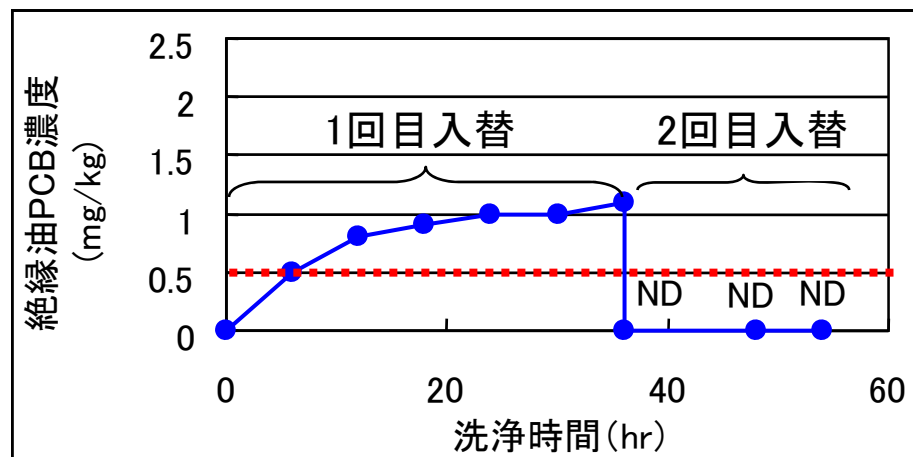


15kVA PCB濃度 58ppm

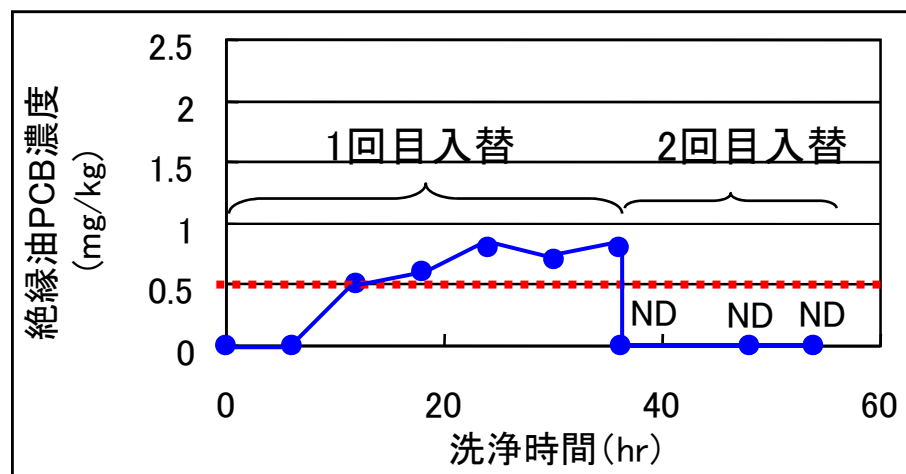


250kVA PCB濃度 27ppm

# 油中PCB濃度の経時変化 (洗浄追加分)



75kVA PCB濃度 85ppm



150kVA PCB濃度 117ppm

# 洗浄試験結果

機器容量		15kVA			150kVA	200kVA	250kVA	75kVA	150kVA	基準値	検定方法	
元油濃度		10ppm	27ppm	58ppm	24ppm	27ppm	27ppm	85ppm	117ppm			
洗浄時間 <sup>※1</sup>	油入替1回目	18時間	18時間	36時間	18時間	18時間	18時間	36時間	36時間			
	油入替2回目	—	18時間	18時間	18時間	18時間	—	18時間	18時間			
絶縁油	油入替1回目	<0.3	1.1	1.9	0.7	0.6	<0.3	1.1	0.8	≦0.5	mg-PCB / kg-油	GPC (GC/ECD)
	油入替2回目	—	<0.3 <sup>※2</sup>	<0.3 <sup>※2</sup>	<0.3 <sup>※2</sup>	<0.3 <sup>※2</sup>	—	<0.3 <sup>※2</sup>	<0.3 <sup>※2</sup>			
容器内壁	油入替前 <sup>※3</sup>	<0.1	0.3	1.2	0.1	0.3	0.2	0.4	0.2	≦0.1	μg-PCB / 100cm <sup>2</sup> -表面積	別表 <sup>※4</sup> 第三の第二 (GC/ECD)
	油入替1回目	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1			
鉄心	油入替前 <sup>※3</sup>	0.1	0.4	0.9	0.1	0.3	0.2	0.3	0.6	≦0.1	μg-PCB / 100cm <sup>2</sup> -表面積	別表 <sup>※4</sup> 第三の第二 (GC/ECD)
	油入替1回目	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1			
	油入替2回目	—	—	<0.1 <sup>※2</sup>	—	—	—	<0.1 <sup>※2</sup>	<0.1 <sup>※2</sup>			
1次コイル 銅線	油入替前 <sup>※3</sup>	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	≦0.01	mg-PCB / kg-部材	別表 <sup>※4</sup> 第三の第三 (GC/ECD)
	油入替1回目	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			
2次コイル 銅線	油入替前 <sup>※3</sup>	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	—	<0.01	<0.01	<0.01	≦0.01	mg-PCB / kg-部材	別表 <sup>※4</sup> 第三の第三 (GC/ECD)
	油入替1回目	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			
紙	油入替前 <sup>※3</sup>	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.005	≦0.003	mg-PCB / L-検液	別表 <sup>※4</sup> 第四 (GC/ECD)
	油入替1回目	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003			

※1：通算の洗浄時間を示す。（1日の洗浄時間は6時間。夜間は洗浄試験装置は停止している。）

※2：油入替1回目の洗浄時間経過後に2度目の油入替えを行い、確認のために再び18時間洗浄を実施した際のPCB濃度

※3：油入替前の部材を採取し分析した値を示す。

※4：「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」（平成4年厚生省告示第192号）の別表を示す

表中の未満表示は検出下限未満を示す

# 課電試験概要

## 【意義】

絶縁油を入替え後に継続使用することで簡易に洗淨する方法の可能性を評価すること。

## 【実施者】

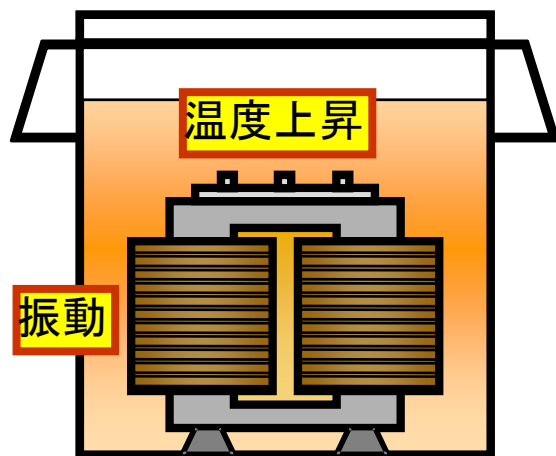
電気事業連合会の依頼で(財)電力中央研究所が実施

## 【場所／期間】

電力中央研究所横須賀地区

平成19年7月～11月

平成19年12月～平成20年1月(追加試験)



変圧器

課電イメージ図

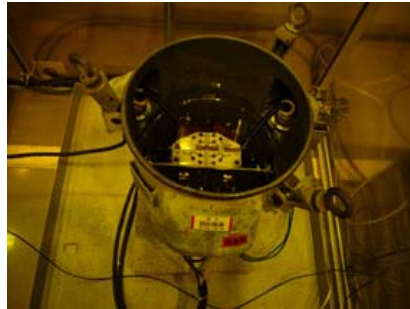
絶縁油入替え後、試験装置で定格電圧を印加、定格電流を通電することで使用状態を再現し、温度上昇や振動による部材の洗淨効果を確認する。

課電変圧器



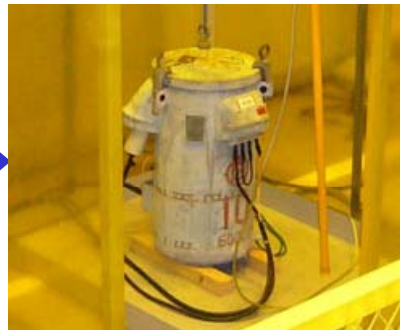
課電試験装置

# 課電試験方法



## ①変圧器の設置

抜油<sup>(注1)</sup>済みの変圧器に新油を注油し、電源に結線する。



## ②課電

1日につき12時間課電。絶縁油をサンプリングし、PCB濃度変化を確認。濃度が一定になるまで課電を行う。



## ③部材のサンプリング

コアを解体・切断し、鉄心とコイルの銅及び紙、さらに、容器内壁のサンプリング<sup>(注2)</sup>を行い、分析を行う。

(注1) 上蓋を外しポンプで抜油し、2～3日以上静置した後、必要に応じて底部に溜まった油をポンプで更に抜油している。

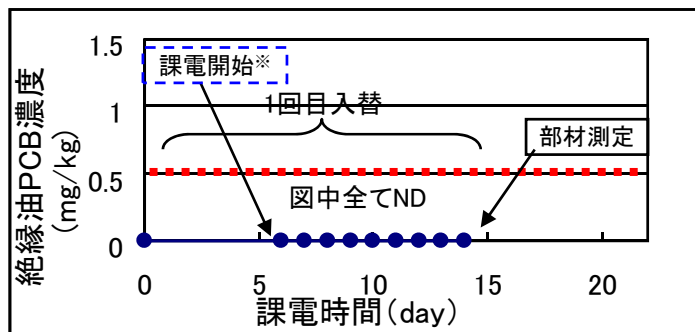
(注2) サンプリングした部材は、処理後の公定法に従って分析を行った。



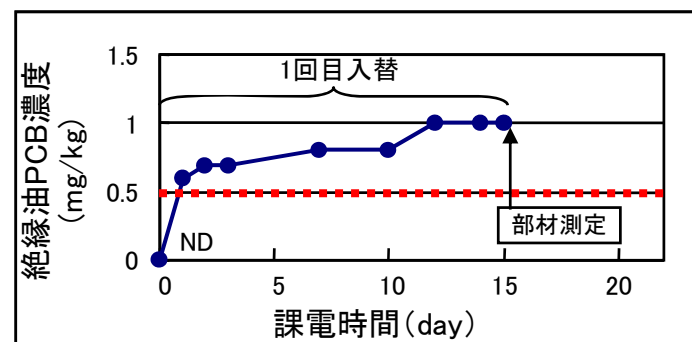
# 課電試験諸表

変圧器	油量 (L)	コア 重量 (kg)	油量/ コア比 (L/kg)	油及び機器総重量 (kg)	課電電圧 (kV)	課電日数 (日)
10kVA PCB濃度 2.6ppm	33	54	0.61	111	6	8
10kVA PCB濃度 24ppm	28	54	0.52	107	6	20
10kVA PCB濃度 25ppm	28	59	0.47	114	6	8
10kVA PCB濃度 32ppm	28	57	0.49	107	6	15
10kVA PCB濃度 33ppm	31	51	0.61	105	6	35
30kVA PCB濃度 54ppm	56	121	0.46	217	6	28
30kVA PCB濃度 84ppm	56	121	0.46	217	6	28

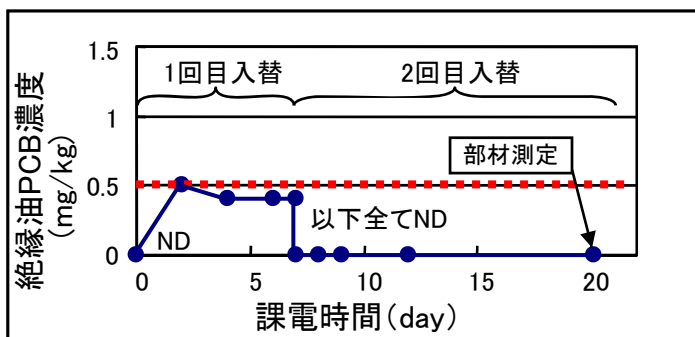
# 油中PCB濃度の経時変化（課電）



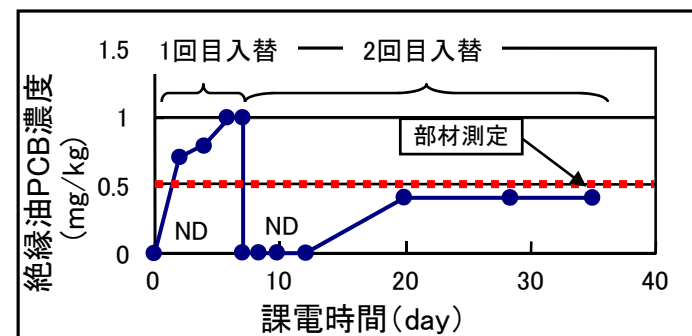
10kVA PCB濃度 2.6ppm



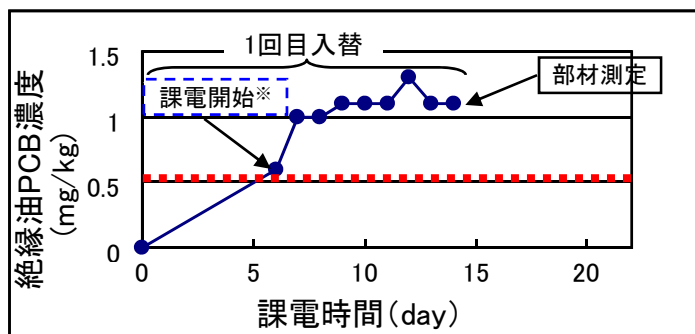
10kVA PCB濃度 32ppm



10kVA PCB濃度 24ppm



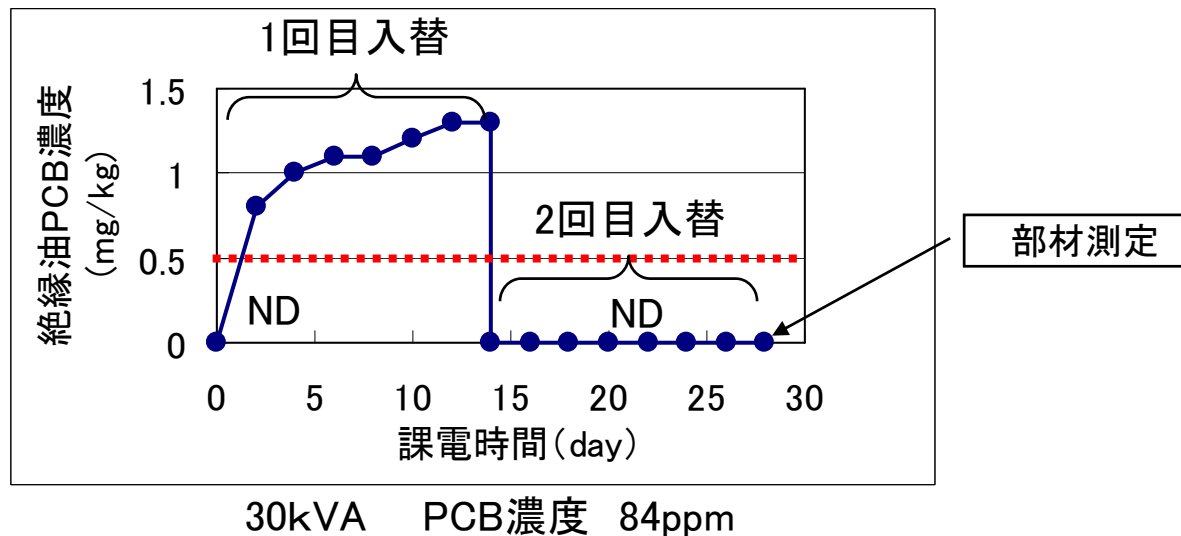
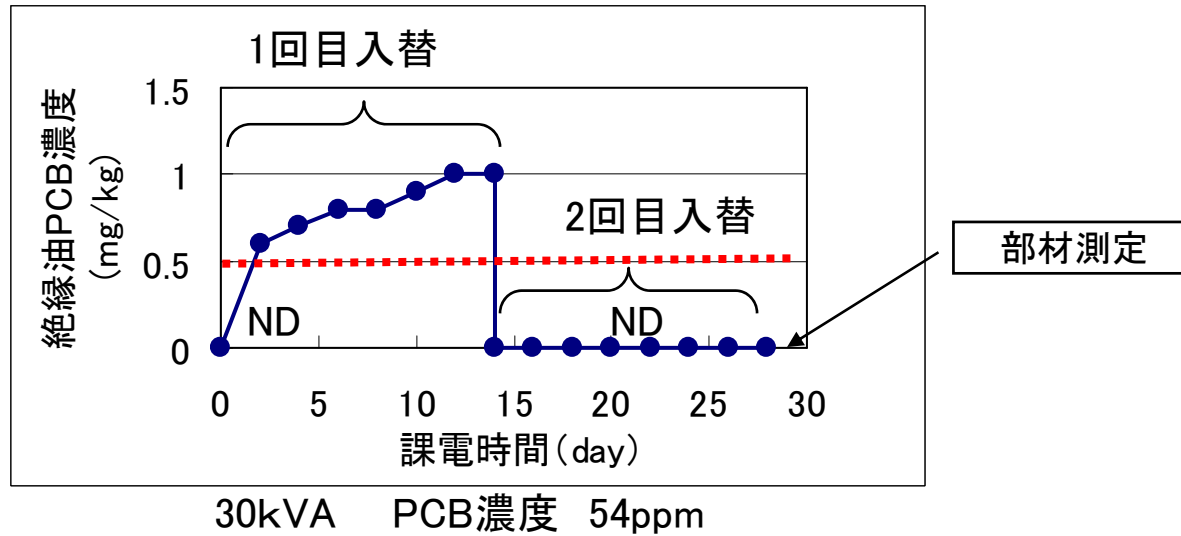
10kVA PCB濃度 33ppm



10kVA PCB濃度 25ppm

※ 油入替後6日間放置後課電開始

# 油中PCB濃度の経時変化 (課電追加分)



# 課電試験結果

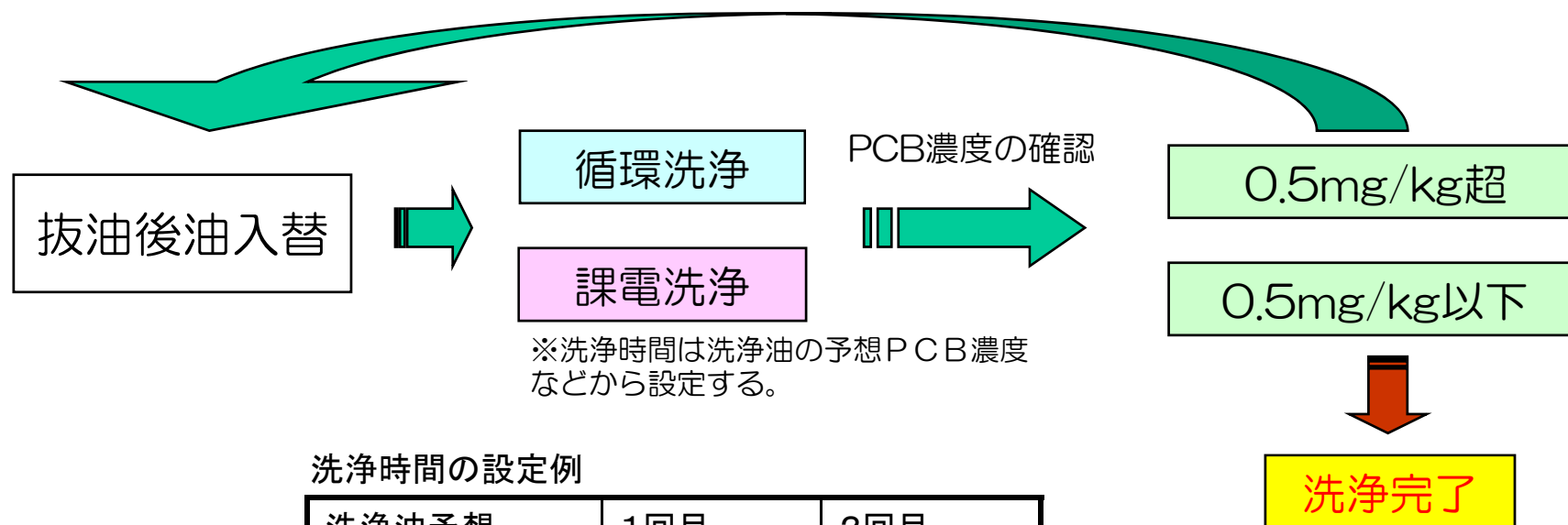
機器容量		10kVA					30kVA		基準値	
元油濃度		2.6ppm	2.4ppm	2.5ppm	3.2ppm	3.3ppm	5.4ppm	8.4ppm		
課電時間※1	油入替1回目	8日	7日	8日	15日	8日	14日	14日		
	油入替2回目	—	13日	—	—	27日	14日	14日		
絶縁油	油入替1回目	<0.3	0.4	1.1	1.0	1.1	1.0	1.3	≦0.5	mg-PCB/kg-油
	油入替2回目	—	<0.3	—	—	0.4	<0.3	<0.3		
容器内壁		<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	≦0.1	μg-PCB/100cm <sup>2</sup> -表面積
鉄心		<0.1	<0.1	0.2	0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
1次コイル銅線		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	≦0.01	mg-PCB/kg-部材
2次コイル銅線		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
紙		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	≦0.003	mg-PCB/L-検液

※1：通算の課電日数を示す。（1日の課電時間は12時間。夜間は課電試験装置を停止している。）

※2：特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」（平成4年厚生省告示第192号）の別表を示す  
 表中の未満表示は検出下限未満を示す

# 洗浄・課電の処理完了のイメージ

- ① 微量PCB汚染機器から絶縁油を抜油し、油入替を実施。
- ② ある程度の洗浄時間の目安をつけて、循環洗浄又は課電洗浄を実施。
- ③ 一定の洗浄時間経過後、洗浄油中のPCB濃度を確認し、0.5mg/kg超であれば再度油入替を実施し洗浄、0.5mg/kg以下であれば洗浄完了。



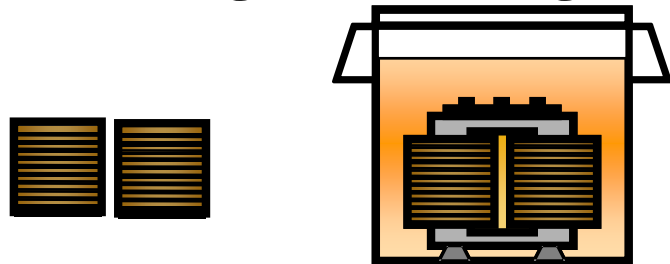
洗浄時間の設定例

洗浄油予想 PCB濃度(mg/kg)	1回目 洗浄時間	2回目 洗浄時間
0.5以下	18時間	—
0.5超過～ 1.0以下	18時間	18時間
1.0超過～	36時間	18時間

# 洗浄油の予想PCB濃度の求め方（1/2）

1. 変圧器の総重量、元油PCB濃度、絶縁油重量を確認する。
2. 総重量よりコイルの重量を求める。

$$\text{コイル重量(kg)} = \text{総重量(kg)} \times \text{コイル重量比}^{\ast 1}$$



※1: 総重量に対するコイル重量比

3. 求めたコイル重量より抜油後のコイルのPCB付着量を求める。

コイルのPCB付着量 (mg)

$$= \text{コイルの油付着量} \times \text{元油PCB濃度 (mg/kg)}$$

$$= \text{コイル重量(kg)} \times \text{油残存率}^{\ast 2} \times \text{元油PCB濃度 (mg/kg)}$$

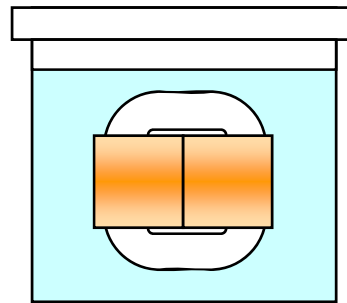
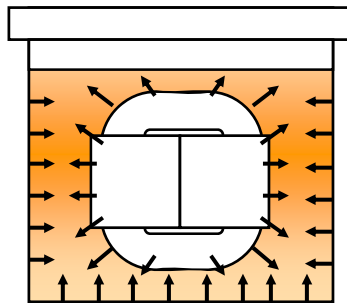


※2: コイル中に残存する油の重量比

# 洗浄油の予想PCB濃度の求め方 (2/2)

4. 求めたコイルのPCB付着量から絶縁油への溶出量を求める。

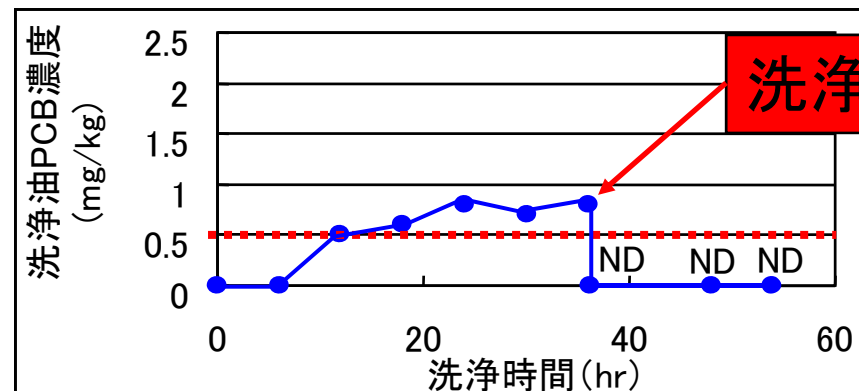
$$\text{絶縁油への溶出量 (mg)} = \text{コイルのPCB付着量 (mg)} \times \text{溶出量補正係数}^{\ast 3}$$



※3: コイルのPCB付着量と絶縁油への溶出量の関係係数  
(過去の試験データより算出)

5. 求めた絶縁油への溶出量より**洗浄油の予想PCB濃度**を求める。

$$\text{洗浄油の予想PCB濃度 (mg/kg)} = \text{絶縁油への溶出量 (mg)} \div \text{絶縁油重量 (kg)}$$



**洗浄油の予想PCB濃度**