

変圧器等への微量PCBの混入可能性に関する調査結果について

2003年11月

株式会社 日立製作所

1. はじめに

当社では2002年7月まで変圧器等の電気機器での微量PCBの検出事例はありませんでしたが、絶縁油購入時および機器出荷時点でPCB含有の調査・分析を行っていなかったことから、微量PCB混入の可能性が全くないとは言えないと考え、自主的に調査を開始致しました。

その結果、微量PCB混入事例が見つかったことから、平成14年10月18日付経済産業省製造産業局長通達(平成14・10・17製局第2号)を受け、(社)日本電機工業会に設置した「微量PCB検出変圧器等対策委員会」への参加を通じて、微量PCB混入の可能性および原因の解明についての調査を実施してまいりましたので、その結果を以下のとおり報告致します。

2. 調査の実施について

通達内容にもとづき、以下のとおり微量PCB混入原因解明のためのサンプル調査を実施致しました。

通達内容

重電機器の種類、製造年、製造工場、型式、製造時に使用した絶縁油のルート等に応じた適切なロットごとに、PCB含有の有無の判別を行うための調査を行うこと。

上記調査により、万一PCBが検出された場合には、速やかに原因の解明に努めること。

また、過去に検出事例がある場合には、速やかに原因の解明に努めること。

2.1 サンプル調査の方法

(1) 目的：変圧器等への微量PCB混入要因および微量PCB混入可能性のある範囲を特定する。

(2) 方針：微量PCB混入要因として次が考えられ、サンプル調査で明確化する。

製造要因 ... 機器メーカーにおける製造工程上での混入の可能性(機器製造時)

保守要因 ... 納入後の機器における混入の可能性(現地保守作業時)

油要因 ... 絶縁油への混入の可能性(絶縁油製造時、輸送時)

(3) 調査要領

調査期間および検体数は過去の検出事例期間およびその前後で1検体以上/年を目標とする。なお、必要に応じて、上記調査期間以外の期間でも調査検体数を設定する。

検体については、変圧器等納入後の絶縁油の保守履歴(絶縁油交換履歴)を確認する。

2.2 その他

(1) 検出事例について製造履歴、絶縁油交換履歴等も整理し、原因解明に反映しました。

(2) 本調査報告書で用いる電気絶縁油の定義は次のとおりです。

・新油：JIS C2320に定義されている原油を精製した鉱油からなる使用前の絶縁油

・PCB：JIS C2321で定義されているもの

(3) サンプル調査の結果およびユーザーからの検出事例の報告は、7月末時点の数値を集計しました。

(4) 電気機器の生産台数と使用絶縁油量(PCB使用機器は除く)

電気事業法の電気関係報告規則に記載されている変圧器、コンデンサ、計器用変成器、リアクトルの生産台数と絶縁油使用量は次のとおりです。(台数：台、油量：百万リットル)

機 種		1951年～	1973年～	1990年～	合 計
		1972年	1989年	2002年	
変 圧 器	生産台数	3,616	2,989	1,556	8,161
	使用絶縁油量	48.6	33.8	21.0	103.4
コンデンサ	生産台数	33,000	0	0	33,000
	使用絶縁油量	0.7	0.0	0.0	0.7
計器用変成器	生産台数	39,650	5,707	721	46,078
	使用絶縁油量	5.9	0.9	0.1	6.9
リアクトル	生産台数	2,515	200	0	2,715
	使用絶縁油量	2.5	0.4	0.0	2.9
合 計	生産台数	78,781	8,896	2,277	89,954
	使用絶縁油量	57.8	35.0	21.1	113.9

3. サンプル調査結果および調査結果の分析

3.1 サンプル調査の結果

調査数71台の新油使用変圧器のうち20台から微量PCBが検出されました。(添付資料1参照)

区分	A時期	B時期	C時期	D時期	合計
検出台数	0	16	4	0	20
不検出台数	0	6	30	15	51
合計	0	22	34	15	71

注．製造時期の定義

A時期：PCB使用機器並行生産前 (1954年以前)

B時期：PCB使用機器並行生産時期 (1955年～1972年)

C時期：PCB使用機器生産中止後 (1973年～1989年)

D時期：同上＋絶縁油管理強化 (1990年以降)

絶縁油管理強化内容：絶縁油購入時に絶縁油試験成績書(表)へのPCB不含チェック結果の明示を絶縁油メーカーへ依頼

(1) 検出状況の調査結果

PCB使用機器並行生産時期であるB時期製造品で多くの検出事例がありました。

製造ラインではPCBを取扱っていないC時期製造品でも検出事例がありました。

D時期においては、計15件の分析調査で検出事例はありませんでした。

3.2 ユーザーおよびサンプル調査の結果

サンプル調査実施中に、並行してユーザーから検出事例の連絡があり、2003年7月末までにサンプル調査分と合計して、新油使用機器から115件の微量PCB検出事例が確認されました。

(添付資料1、2参照)

(1) 報告／調査別検体数

	ユーザー報告分	サンプル調査分	合計
検出台数	95	20	115
不検出台数	26	51	77
合計	121	71	192

注．「ユーザー報告」分では検出台数の割合が高くなっていますが、これは分析結果が不検出であった事例の全てを連絡いただいているわけではないことに拠ると考えられます。

3.3 調査結果の分類

検出された全ての事例を、製造時期別、電気機器別、検出濃度別および注油場所別に分類した結果について以下にまとめを行いました。

(1) 製造時期別分類

PCB使用機器並行生産時期であるB時期製造品で多くの検出事例がありました。

製造ラインではPCBを取扱っていないA、C時期製造品でも検出事例がありました。

D時期においては、計15件の分析調査で検出事例はありませんでした。

区分	A時期	B時期	C時期	D時期	合計
検出台数	1	90	24	0	115
検出濃度 (最高、ppm)	39.4	44.7	7.0	—	—

注．A時期の検出事例は、1929年製変圧器。

(2) 電気機器別分類

変圧器、計器用変成器、油遮断器および空気遮断器から検出されました。
過去にPCBを使用していない場所で製造した油遮断器からも検出されました。

区 分	A 時期	B 時期	C 時期	D 時期	合 計
変 圧 器	1 (39.4)	49 (44.7)	21 (7)	0	71
計器用変成器	0	12 (3.8)	0	0	12
油遮断器	0	17 (27.7)	3 (5.3)	0	20
空気遮断器(*1)	0	12 (0.7)	0	0	12
合 計	1	90	24	0	115

注1.()内は検出濃度(最高、ppm)を示す

注2.*1: 空気遮断器の極間分圧コンデンサで検出

(3) 検出濃度別分類

最高濃度は、1968年製の変圧器で44.7ppmでした。(添付資料3参照)
5ppm以下の検出が多く(全体の80%)、20ppm以下で95%を占めています。

検 出 濃 度 (ppm)	0.5 以下	0.5 超	2.0 超	5.0 超	10 超	20 超	30 超	40 超	合 計
		2.0 以下	5.0 以下	10 以下	20 以下	30 以下	40 以下	50 以下	
検 出 台 数	3	58	33	8	8	1	2	2	115
構 成 比 (%)	2.6	50.4	28.7	7.0	7.0	0.9	1.7	1.7	100
累 計	2.6	53.0	81.7	88.7	95.7	96.5	98.3	100	—

(4) 注油場所別(工場注油/現地注油)分類

絶縁油メーカーから直接現地へ輸送し注油した機器からも工場注油のものと同程度の割合で検出事例がありました。

区 分	工場注油	現地注油	合 計
検出台数	72	43	115
不検出台数	56	21	77
合 計	128	64	192
検出濃度 (最高、ppm)	27.7	44.7	—

4. 微量PCB混入要因分析

微量PCB混入の要因分析として、機器メーカーの製造工程の確認等を行い、想定される要因について次章以降で検討を行いました。(添付資料4参照)

5. 微量PCB混入原因調査

5.1 製造ラインの調査 (添付資料5、6、7参照)

(1) 新油とPCBを並行使用した時期での管理方法

新油とPCB並行使用時期は1955年～1972年です。

新油使用機器製造ラインとPCB使用機器製造ラインとは、油タンク、配管、浄油機、注入口は完全に分離していました。

並行生産時期における注油作業時の運用については、作業要領を作業基準書や手順書としては定められていませんでした。しかし、PCBに新油が混入した場合にPCBの特性低下を招くことの知識や、絶縁油以外の材料(ワニス、プレスボード等)を新油使用機器用とPCB使用機器用で区分していたことから、新油とPCBが混入しあうことを避ける必要があることの認識を作業者は有していたと推測します。

新油とPCBの受入・貯蔵に関する調査結果

- (イ) 新 油：タンクローリーで受入れ、新油専用の油タンクにて貯蔵および管理
- (ロ) PCB：ドラム缶で受入れ、PCB専用の油タンクにて貯蔵および管理

- (2) PCB使用機器生産中止後の製造ライン、残PCB等の管理および処分方法
 PCB使用機器製造ラインは撤去し、またPCB使用設備は現在まで専用場所にて保管中です。(使用設備：真空排気装置・浄油機・ギャポン・油タンクおよび油配管等)
 残PCBおよびPCB洗浄油は、専用場所にて保管中です。
 PCBを鉄道車両の主変圧器または主整流器の整備に使用することが特例として認められていましたが、当該機器を工場に持ち帰っての修理または点検の履歴はありませんでした。
- (3) 上記より、新油とPCBを並行使用した時期およびPCB使用機器生産中止後の両時期とも、製造ラインでのPCB混入の可能性は極めて低いものと考えます。

5.2 検出事例に対する保守履歴の調査

検出事例の保守履歴を調査した結果、絶縁油交換・注油あり(27台)、絶縁油交換なし(60台)のいずれの場合からも検出されていることが分かりました。

絶縁油交換なしの機器からも検出されており、出荷時点で既に微量PCBが混入していた機器が存在します。

なお、油交換および補充作業実施時は、次のように実施していました。

(1) 絶縁油交換作業

機材準備：現地専用の可搬式油タンクと油処理設備ならびに変圧器に設けられたバルブを油配管にて接続する。

抜油：変圧器内油を油タンクへ抜油し、油タンクからタンクローリにて運搬する。

注油：油メーカーよりタンクローリで新油を搬入し、油タンクに貯油/変圧器に注油する。

(2) 絶縁油補充作業

油タンクと油処理設備ならびに変圧器に設けられたバルブを油配管により接続し、油タンクの絶縁油を変圧器に送油する。

5.3 絶縁油の調査

(1) 使用絶縁油

変圧器等に使用している絶縁油の購入先は下表のとおりです。

No.	油メーカー	種類	年代
1	共同石油(現 ジャパンエナジー)	新油	1950年頃～現在
2	日本石油(現 新日本石油)	新油	1910年代～現在
3	関西テック	新油	1976年～現在
4	鐘淵化学工業	PCB	1955年～1972年

5.4 絶縁油にPCBが混入していたと考えられる事例

主な事例を下表に示します。絶縁油を購入した段階で、既に微量PCBが混入していたと推測されます。

	事例	絶縁油種類	台数	判断理由
1	PCB使用した製造建家から200m以上離れた製造建家で生産された機器から検出された。	新油	油入遮断器 20台	油タンク、油処理設備及び配管が全く別で、PCBを扱ったことがない。
2	PCB使用中止以降に生産された機器から検出された。	新油	変圧器 24台	1973年以降、PCB使用を中止、及びPCB製造ラインを撤去済み。
3	PCB使用中止以降、絶縁油メーカーから直接、現地に輸送し現地で注油した機器から検出された。	新油	変圧器 12台	油メーカー直送による現地注油

6. 微量PCB混入要因に関する考察および見解

微量PCB混入要因に対する見解は以下のとおりです。

6.1 機器メーカーにおける混入の可能性

- (1) 製造工程でPCBを取扱ったのは、PCB使用機器並行生産時期(B時期：1955年から1972年)に限定されます。

この時期、新油使用機器とPCB使用機器の製造ラインは完全に分離されていたことから、PCB混入の可能性はないと考えますが、製造工程の大半は人手作業に委ねられており、人的要因によるPCB混入を完全には否定できません。

但し、仮に混入があったとしてもその量は極微量と考えられ、且つ、その後の継続生産において希釈されることから、検出事例レベルの混入には至らず、継続的なPCB混入要因と考えるのは困難です。継続的な微量PCB混入の要因としては油タンクにPCBが混入してしまうようなことが想定されますが、この場合においてもその後の絶縁油補充により希釈されることから、継続的な微量PCB混入の要因とはならないと考えます。当社の油タンクに微量PCB混入があった場合の濃度推移計算例を資料8に示します。

- (2) 1973年以降（C時期）、PCBの使用を全面中止するとともに、廃PCB等の保管・管理は適切に行っています。
- (3) 今回の調査では、製造工程でPCBを取扱っていないA・C時期からも検出事例があります。これらの時期は、新油のみを使用していたことから、PCBの混入要因は製造工程以外によるものと考えます。

上記より、製造工程での微量PCB混入の可能性は否定できないものの主要因ではないと考えます。

6.2 納入後の機器における混入の可能性

全検出事例 115件のうち、納入後に絶縁油交換・注油履歴のあるものが27件ありましたが、絶縁油交換なしの機器からも検出されていること（60台）、交換・注油前の状態の影響度が不明なこと、絶縁油のPCB分析を行っていなかったことから、PCB混入の時期については、納入後の油交換・注油時なのか、あるいは、元々出荷時にPCBが混入していたのかについては特定できませんでした。

6.3 絶縁油への混入の可能性

- (1) 不含見解書が得られている絶縁油を使用した機器から検出事例がありました。
（社）日本電機工業会から油メーカーに確認した結果、「油メーカーの不含見解書は、あくまで状況証拠からの見解書であり、PCB分析証明書などの定量的データにもとづくものではなかった」ことが確認されました。
- (2) 過去に、PCBを使用していない場所で製造した機器（油遮断器）からも微量PCBの混入が確認されました。
- (3) 絶縁油メーカーから直接現地へ輸送し注油した機器（納入後の油交換なし）からも検出事例がありました。（現地での絶縁油処理に使用する浄油機等の設備は専用化しており、機材からの混入可能性はないと考えます。）

上記より、絶縁油を購入した段階ですでに絶縁油そのものにPCBが混入していた可能性は否定できませんでした。

7. まとめ

7.1 調査結果のまとめ

- (1) 絶縁油のライフサイクルにおいて、機器メーカーの製造工程における混入も一つの要因として完全には否定できませんが、（社）日本電機工業会の調査結果にあるように、微量PCB混入の主要因は、油全体のライフサイクル「PCB 廃油処理 廃油再生処理 絶縁油製造(再生油/新油)」で絶縁油にPCBが混入し、二次的汚染も含め拡散した可能性が高いものと考えられます。
- (2) 7月末時点における当社での検出事例は1982年以前の製造機器からですが、機器製造時および納入後の保守・メンテナンスの際に使用した絶縁油そのものにPCBが混入していたと考えますと、1989年まで製造した新油使用機器への微量PCB混入の可能性を現状では否定することはできません。
- (3) 1990年以降については、絶縁油業界および電気機器業界において、再生油の生産および使用が中止されるとともに、絶縁油の品質管理強化が実行されており、機器出荷段階での微量PCB混入の可能性はないものと考えます。

7.2 今後の対応

- (1) 絶縁油の管理について
今後製造する機器については、使用絶縁油の管理を継続することにより微量P C B混入が発生しないよう努めます。
- (2) ユーザーへの情報提供について
ホームページ等と合わせて、下記の対応窓口にてユーザーへの情報提供を的確かつ迅速に実施していきます。
また、修理・点検・絶縁油の交換などの保守履歴等のエビデンスの管理が重要なことから、これらについての情報提供や助言を行っていきます。
さらに、保守点検時の機器等の取り扱いについての情報の提供、微量P C B混入機器に関する技術情報の提供、P C B分析機関の情報の提供も行っていきます。
・ 対応窓口：(株)日立製作所 電機システム事業部 環境管理センター
電話番号... 0294-36-8318、F A X... 0294-36-8357
メールアドレス... kankyouse_kokubu@pis.hitachi.co.jp
・ ホームページ：http://www.hitachi.co.jp/Prod/i-support/pcb/
- (3) 引き続き微量P C B混入事例の把握に努めるとともに、微量P C B混入機器の処理に向けて(社)日本電機工業会の活動に参加し協力していきます。

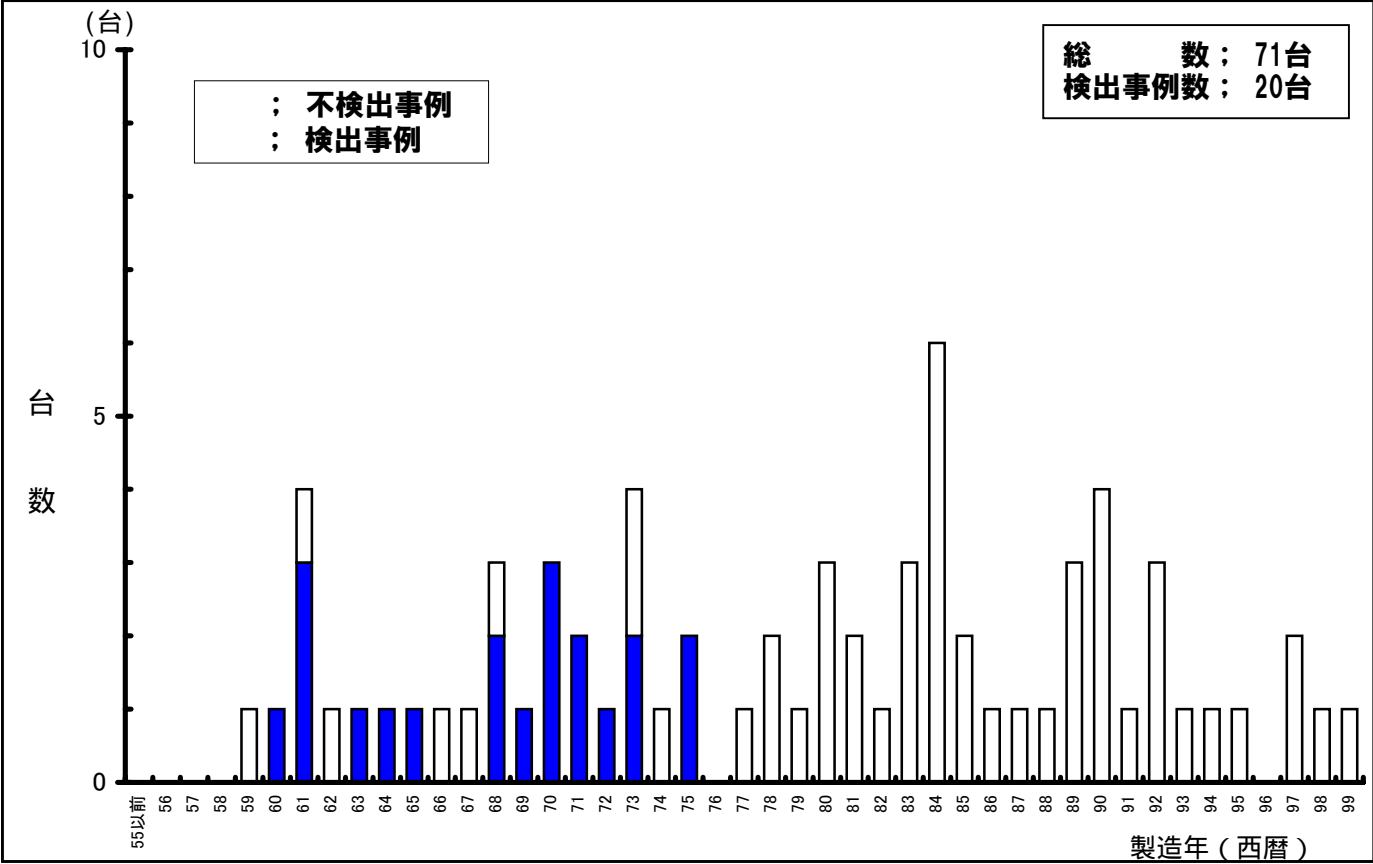
以 上

添付資料

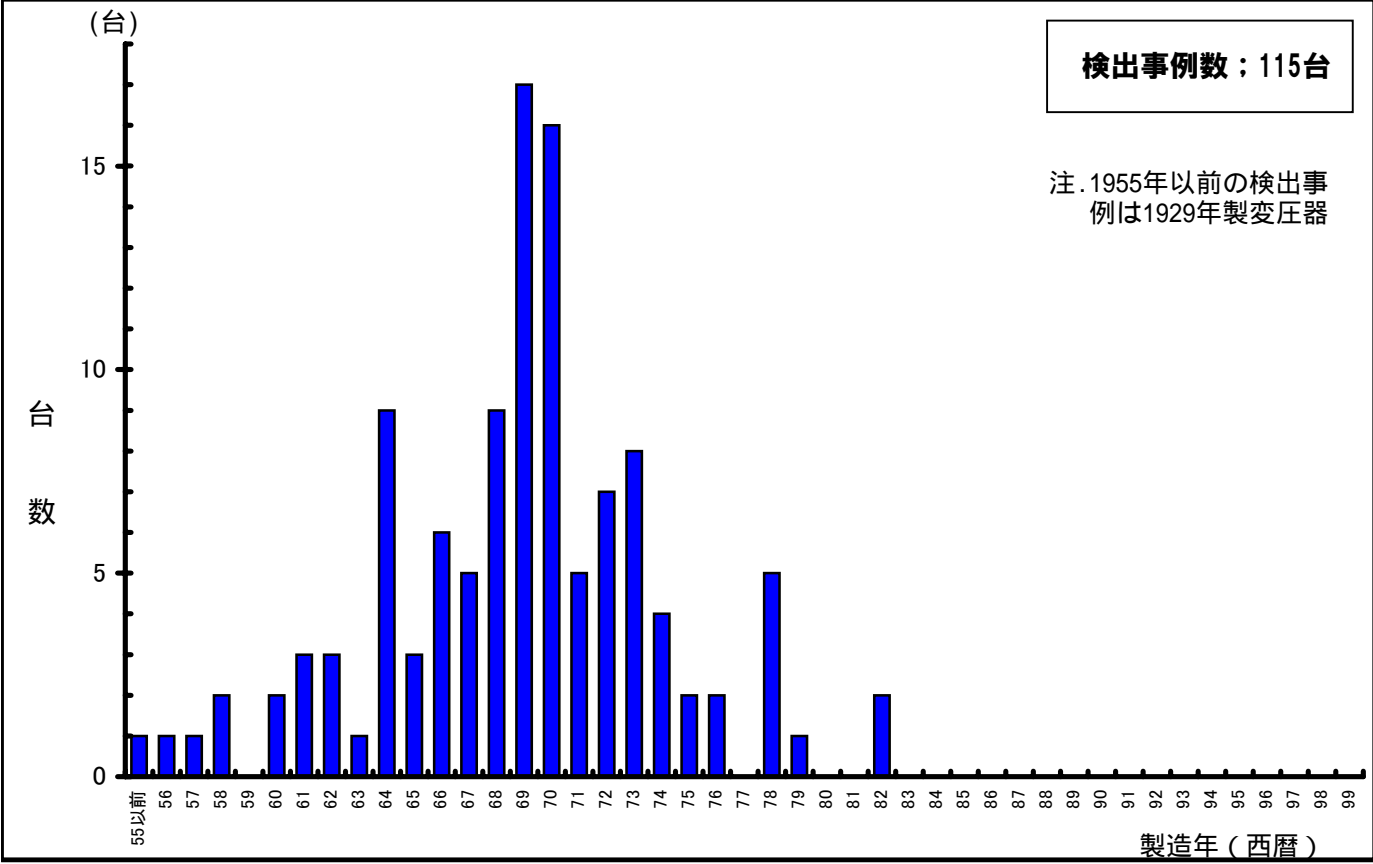
- | | |
|------------------------|-------|
| 1. 年代別の微量P C B検出事例 | … 資料1 |
| 2. 年代別の検出事例プロット | … 資料2 |
| 3. 年代別のP C B濃度プロット | … 資料3 |
| 4. 変圧器等への微量P C B混入要因分析 | … 資料4 |
| 5. 絶縁油パイプラインルート図 | … 資料5 |
| 6. 変圧器工場レイアウト図 | … 資料6 |
| 7. 微量P C B混入原因調査表 | … 資料7 |
| 8. 微量P C B混入の希釈についての試算 | … 資料8 |

年代別の微量PCB検出事例

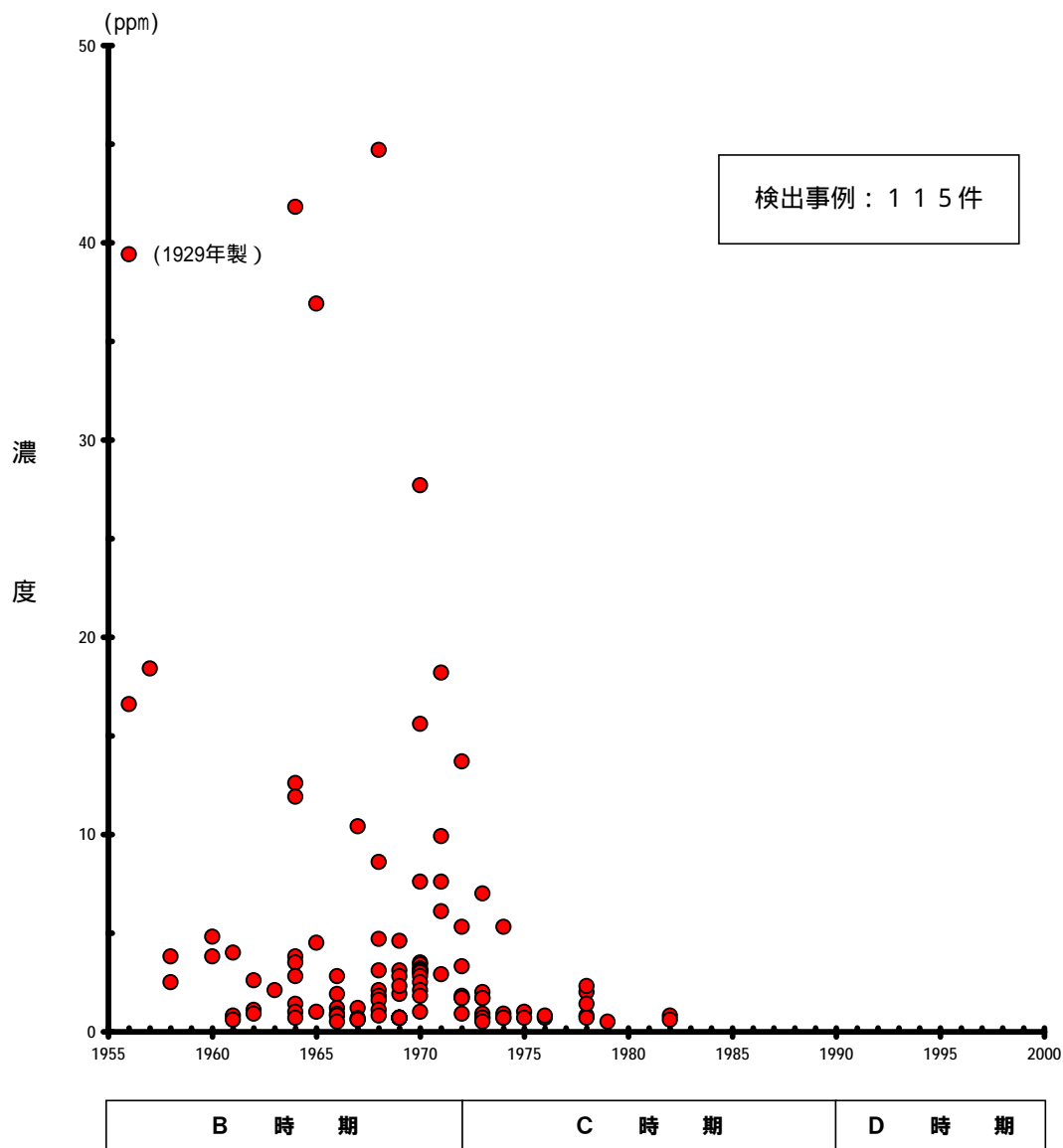
1. サンプル調査での検出・不検出事例数



2. 検出事例総数



年代別のPCB濃度プロット



変圧器等への微量PCB混入要因分析

		A 時期：～1954年 PCB 機器並行生産前	B 時期：1955～1972年 PCB 機器並行生産時期	C 時期：1973～1989年 PCB 機器生産中止後	D 期間：1990年以降 同左 + 絶縁油管理強化	所 見				
検出事例数(ユーザー、サンプル調査含む)		1 件	9 0 件	2 4 件	0 件					
サンプル調査結果(サンプル数と結果)		0 件	1 6 件 検出 / 2 2 件	4 件 検出 / 3 4 件	0 件 検出 / 1 5 件					
基本事象	混入要因	調査結果	判定	調査結果	判定	調査結果	判定	調査結果	判定	
絶縁油への混入	絶縁油自身への混入	油メーカーの PCB 不含有見解書はあるものの、フィールドでの検出事例あり		油メーカーの PCB 不含有見解書はあるものの、フィールドでの検出事例あり		油メーカーの PCB 不含有見解書はあるものの、フィールドでの検出事例あり		油メーカーの PCB 不含有証明書(試験成績表)を入手。フィールドでの検出事例なし	×	1989年以前の絶縁油自身への混入の可能性は否定できないと判断。
	絶縁油輸送時の混入	新油専用タンクローリで輸送	×	新油専用タンクローリで輸送 (PCB はドラム缶で購入)	×	新油専用タンクローリで輸送	×	新油専用タンクローリで輸送	×	全期間において混入はないと判断
	油タンクでの混入	新油専用タンクにて貯蔵	×	新油と PCB は分離し、各々専用タンクにて貯蔵	×	新油専用タンクにて貯蔵	×	新油専用タンクにて貯蔵	×	全期間において混入はないと判断
材料の PCB 汚染	絶縁材料の汚染	PCB は使用しておらず汚染はない	×	PCB は使用しておらず汚染はない	×	PCB は使用しておらず汚染はない	×	PCB は使用しておらず汚染はない	×	全期間において汚染はないと判断。
	その他材料の汚染	PCB は使用しておらず汚染はない	×	PCB は使用しておらず汚染はない	×	PCB は使用しておらず汚染はない	×	PCB は使用しておらず汚染はない	×	全期間において汚染はないと判断。
注油設備での混入	油配管内での混入	PCB は使用しておらず混入はない	×	新油と PCB の配管は、完全分離しており、PCB の混入はない	×	PCB は使用しておらず混入はない	×	PCB は使用しておらず混入はない	×	全期間において混入はないと判断。
	浄油機内での混入	PCB は使用しておらず混入はない	×	新油と PCB の浄油機は、完全に分離しており、PCB の混入はない	×	PCB は使用しておらず混入はない	×	PCB は使用しておらず混入はない	×	全期間において混入はないと判断。
	注油治具の汚染	PCB は使用しておらず汚染はない	×	閉止板、スパナ、手袋、作業服は共用していた		PCB は使用しておらず汚染はない	×	PCB は使用しておらず汚染はない	×	B 時期において注油治具等を共用していたが、継続的な混入要因とはならないと判断。
製造工程での混入	中身組立作業での混入	絶縁油を使用する工程はない PCB は使用しておらず混入はない	×	絶縁油を使用する工程はない	×	絶縁油を使用する工程はない PCB は使用しておらず混入はない	×	絶縁油を使用する工程はない PCB は使用しておらず混入はない	×	全期間において混入はないと判断。
	注油作業での混入	PCB は使用しておらず混入はない	×	新油入変圧器と PCB 入変圧器との注油工程は完全分離しており、PCB の混入はない	×	PCB は使用しておらず混入はない	×	PCB は使用しておらず混入はない	×	全期間において混入はないと判断。
	油量調整作業での混入	PCB は使用しておらず混入はない	×	多量に注入しておき、徐々に油抜きし、油面を調整するので、PCB の混入はない	×	PCB は使用しておらず混入はない	×	PCB は使用しておらず混入はない	×	全期間において混入はないと判断。
現地作業での混入	完成試験作業での混入	絶縁油に触れる作業はなく混入はない PCB は使用しておらず混入はない	×	絶縁油に触れる作業はなく混入はない	×	絶縁油に触れる作業はなく混入はない PCB は使用しておらず混入はない	×	絶縁油に触れる作業はなく混入はない PCB は使用しておらず混入はない	×	全期間において混入はないと判断。
	現地注油の絶縁油自身への混入	油メーカーの PCB 不含有見解書はあるものの、フィールドでの検出事例あり		油メーカーの PCB 不含有見解書はあるものの、フィールドでの検出事例あり		油メーカーの PCB 不含有見解書はあるものの、フィールドでの検出事例あり		油メーカーの PCB 不含有証明書(試験成績表)を入手。フィールドでの検出事例なし	×	1989年以前の絶縁油自身への混入の可能性は否定できないと判断。
	油交換・追加による混入	油メーカーの PCB 不含有見解書はあるものの、フィールドでの検出事例あり		油メーカーの PCB 不含有見解書はあるものの、フィールドでの検出事例あり		油メーカーの PCB 不含有見解書はあるものの、フィールドでの検出事例あり		油メーカーの PCB 不含有証明書(試験成績表)を入手。フィールドでの検出事例なし	×	1989年以前の絶縁油自身への混入の可能性は否定できないと判断。
	浄油機内での混入	PCB は使用しておらず混入はない	×	PCB 使用変圧器は、殆どが全装可搬式であり現地で浄油機を使用しない。新油使用変圧器用浄油機は専用化していたため、PCB の混入はない	×	新油使用変圧器用浄油機は専用化して使用していたので、PCB の混入はない	×	新油使用変圧器用浄油機は専用化して使用していたので、PCB の混入はない	×	全期間において混入はないと判断。

注) 判定記号の 『 』 は要因となる可能性がある、『 × 』 は要因とはなり得ないを示す。

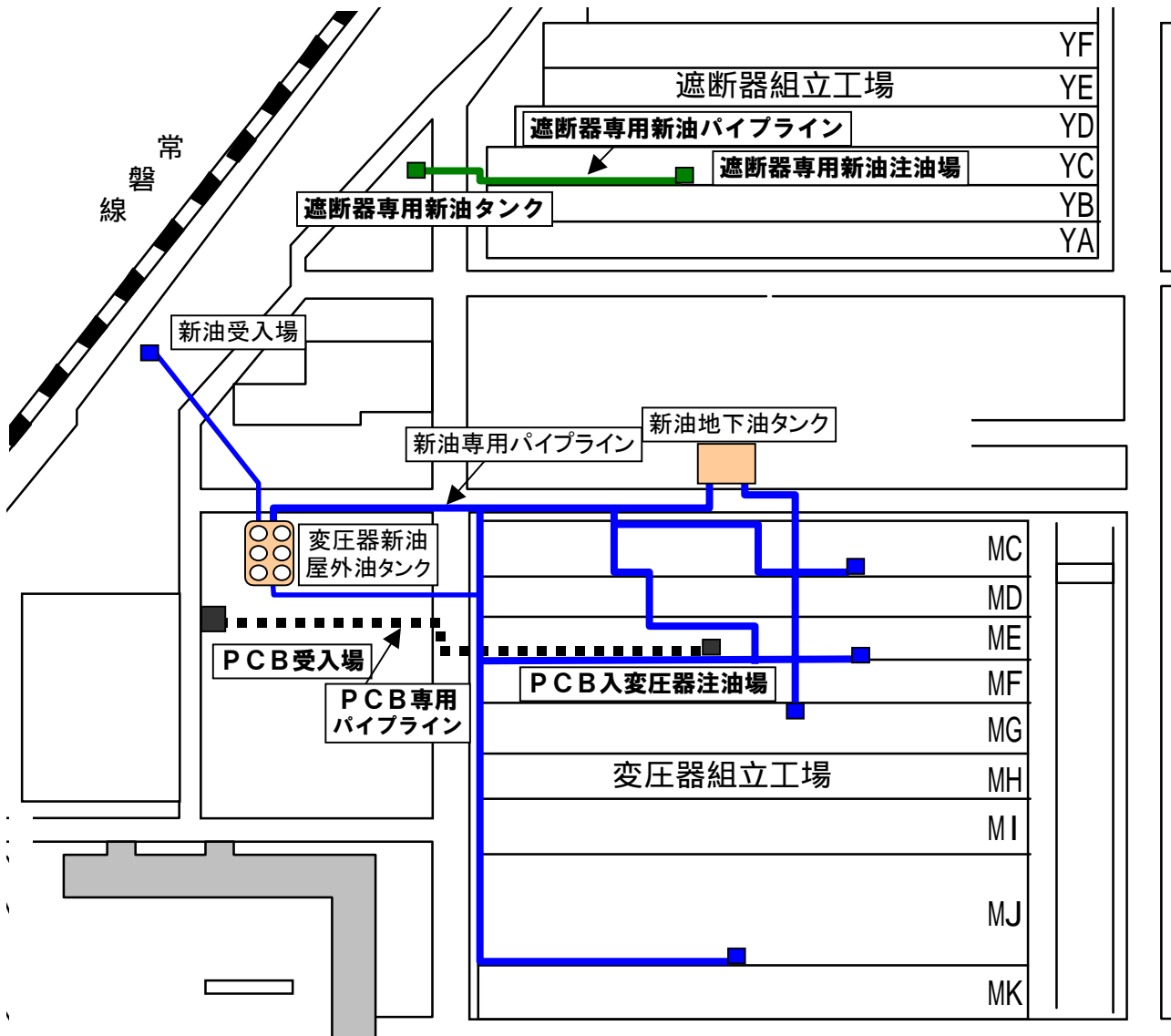
絶縁油パイプラインルート図

1. 変圧器関係

- 1.1 新油、P C B使用機器並行生産時のパイプラインルート図（1955年～1972年）
- 1.2 新油使用機器とP C B使用機器の絶縁油処理ラインは、受入場から注油場まで、設備として完全に分離されておりました。

2. 遮断器関係

- 2.1 遮断器専用新油パイプラインルート図（1952～1980年）
- 2.2 変圧器関連機器とは全く別建家であり、かつ、遮断器専用の絶縁油処理ラインにより注油しておりました。



微量PCB混入原因調査表

調査期間: 1952年から1975年

生産品目	変圧器				
	柱上変圧器	据置型変圧器(柱上変圧器以外)			
機種	柱上変圧器	500以下	501~5,000	~100,000	100,001以上
容量(kVA)	~133	500以下	501~5,000	~100,000	100,001以上
生産ラインの名称	柱上ライン	小形ライン	中形ライン	大形ライン (含、リアクトル、PT、CTライン)	特大ライン
再生油使用の有無	有 無	有 無	有 無	有 (無)	有 (無)
貯蔵タンク (再生油使用有の場合)	a.新油と再生油は別々	a.新油と再生油は別々	a.新油と再生油は別々	a.新油と再生油は別々	a.新油と再生油は別々
	b.新油と再生油は兼用	b.新油と再生油は兼用	b.新油と再生油は兼用	b.新油と再生油は兼用	b.新油と再生油は兼用
タンク・配管と生産ラインの関係	<p>★ 解体輸送式(現地で直送油を注油) 《共同石油製》</p>			<p>☆ 全装可搬式(注油のまま輸送) 《共同石油製》 《日本石油製》</p>	
	新油の購入先	<ul style="list-style-type: none"> ・共同石油 ・日本石油 <p>注) 解体輸送式では、工場試験時に共同石油製を使用し、現地では共同石油製または日本石油製を使用。</p>			
再生油の購入先	(This row is crossed out with a blue diagonal line)				

微量PCB混入原因調査表

調査期間: 1976年から1984年

生產品目	変圧器				
	柱上変圧器	据置型変圧器(柱上変圧器以外)			
機種	柱上変圧器	500以下	501~5,000	~100,000	100,001以上
容量(kVA)	~133	500以下	501~5,000	~100,000	100,001以上
生産ラインの名称	柱上ライン	小形ライン	中形ライン	大形ライン (含、リアクトル、PT、CTライン)	特大ライン
再生油使用の有無	有 無	有 無	有 無	有 (無)	有 (無)
貯蔵タンク (再生油使用有の場合)	a.新油と再生油は別々	a.新油と再生油は別々	a.新油と再生油は別々	a.新油と再生油は別々	a.新油と再生油は別々
	b.新油と再生油は兼用	b.新油と再生油は兼用	b.新油と再生油は兼用	b.新油と再生油は兼用	b.新油と再生油は兼用
タンク・配管と生産ラインの関係	★ 解体輸送式(現地で直送油を注油) 《共同石油製》			☆ 全装可搬式(注油のまま輸送) 《共同石油製》 《日本石油製》	
新油の購入先	・共同石油 ・日本石油 ・関西テック ⇒ 1976年~ 現地直送油として購入 注) 解体輸送式では、工場試験時に共同石油製を使用し、現地では共同石油製、日本石油製または関西テック製を使用。				
再生油の購入先					

微量PCB混入原因調査表

調査期間: 1985年から現在まで

生産品目	変圧器				
	柱上変圧器	据置型変圧器(柱上変圧器以外)			
機種	~133	500以下	501~5,000	~100,000	100,001以上
容量(kVA)					
生産ラインの名称	柱上ライン	小形ライン	中形ライン	大形ライン (含、リアクトル、PT、CTライン)	特大ライン
再生油使用の有無	有 無	有 無	有 無	有 (無)	有 (無)
貯蔵タンク(再生油使用有の場合)	a.新油と再生油は別々 b.新油と再生油は兼用	a.新油と再生油は別々 b.新油と再生油は兼用	a.新油と再生油は別々 b.新油と再生油は兼用	a.新油と再生油は別々 b.新油と再生油は兼用	a.新油と再生油は別々 b.新油と再生油は兼用
タンク・配管と生産ラインの関係	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p style="text-align: center;">★ 解体輸送式(現地で直送油を注油) 《共同石油製と関西テック製が混合状態の油》</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p style="text-align: center;">☆ 全装可搬式(注油のまま輸送) 《左記、混合油》 《日本石油製》</p> </div> </div>				
新油の購入先	<ul style="list-style-type: none"> ・共同石油 ・日本石油 ・関西テック <p>注) 解体輸送式では、工場試験時に共同石油製と関西テック製が混合状態となった油を使用し、現地では共同石油製、日本石油製または関西テック製を使用。</p>				
再生油の購入先	<div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>				

微量PCB混入原因調査表

調査期間: 1952年から1980年

生產品目	遮断器				
機種	油遮断器				
電圧(kV)	3.5~265				
生産ラインの 名称	遮断器製造 ライン				
再生油使用の 有無	有 無				
貯蔵タンク (再生油使用 有の場合)	a.新油と 再生油は別々 b.新油と 再生油は兼用				
タンク・配管と 生産ライン の関係	<p style="text-align: center;">☆ 全装可搬式(油入りのまま輸送)</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD A[タンクローリ] --> B((X)) B --> C((新油タンク)) C --> D((X)) D --> E[濾過機] E --> F((X)) F --> G[製造ライン] </pre> </div>				
新油の 購入先	・共同石油				
再生油の 購入先					

微量PCB混入原因調査表

調査期間:1955年～1972年まで

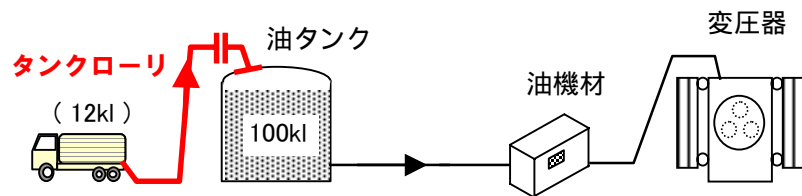
生産品目	P C B 使用 機 器			
	変 圧 器	コンデンサ	計器用変成器	リアクトル
容量(kVA)	—	—	—	—
生産ラインの 名称	変圧器 (PCB注油場 共通)	コンデンサ (PCB注油場 コンデンサ)	CT・PT (PCB注油場 共通)	リアクトル (PCB注油場 共通)
再生油使用の 有無	有 (無)	有 (無)	有 (無)	有 (無)
貯蔵タンク (再生油使用 有の場合)	a.新油と 再生油は別々 b.新油と 再生油は兼用	a.新油と 再生油は別々 b.新油と 再生油は兼用	a.新油と 再生油は別々 b.新油と 再生油は兼用	a.新油と 再生油は別々 b.新油と 再生油は兼用
タンク・配管と 生産ライン の関係	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>☆ 変圧器等(コンデンサ以外)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>☆ コンデンサのみ</p> </div> </div>			
PCBの 購入先	・鐘淵化学工業			
再生油の 購入先	/			

微量PCB混入の希釈についての試算

新油とPCBは、配管等を含めて製造ラインは完全に分離していたため、PCBが新油用油タンクに混入する可能性は極めて低いものと判断している。

仮に、何らかの原因で新油用油タンクにPCBが混入した場合のPCB濃度の推移について試算を行い希釈の進行状況を推定しました。

- 仮定：(1) 微量PCBが100ppm混入した新油（12,000ℓ）を油タンクに注油
 ・100ppmは日本電機工業会でまとめた微量PCB検出事例の99%が含まれる値を採用
 ・12,000ℓはタンクローリ1車分が油タンクに注油されたと想定
- (2) 油タンクの容量：100,000ℓ
- (3) 絶縁油の補充：タンク内の残油量が10分の1となった時点で、新油を手配し補充（但し、初回は100ppmの新油12,000ℓを補充して100,000ℓとする）
- (4) 補充周期：過去の年間平均注油量 2,340klから換算(月平均 195,000ℓ)して、2週間に1回補充



結果：下表の通り、第3回目の補充完了時点で0.01ppm程度まで希釈が進む

補充周期	回数	絶縁油総量 (ℓ)	PCB量 (cc)	濃度 (ppm)
1 week	0	100,000	1200	12
3 week	1	100,000	120	1.2
5 week	2	100,000	12	0.12
7 week	3	100,000	1.2	0.012
9 week	4	100,000	0.12	0.0012

