

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

(社)日本電機工業会

【 目 次 】

ページ

1. はじめに	3
2. 調査の実施にあたって	4
3. サンプル調査結果	10
4. 調査結果の分析	12
5. 微量PCB混入の要因.....	18
6. 検出事例に対する保守履歴の調査	19
7. 絶縁油メーカーの調査.....	19
8. 混入要因に関する考察および見解.....	21
9. まとめと今後の対応	24

1. はじめに

平成12年7月、当工業会会員企業である(株)東芝、富士電機ホールディングス(株)(以下「富士電機(株)」という)、三菱電機(株)は、3社が客先に納入した変圧器に充填された電気絶縁油から微量のPCBが検出された旨の連絡を受けました。このため、当工業会では、会員企業に対して過去のPCB検出事例の有無を確認したところ、(株)指月電機製作所、(株)東芝、富士電機(株)、北陸電機製造(株)、三菱電機(株)、(株)明電舎の6社が製造した変圧器、コンデンサ、リアクトルで微量のPCB検出事例が存在することが判明しました。また、当工業会では、電気機器の製造工程および当該機器に使用した電気絶縁油を調査したところ、愛知電機(株)、(株)高岳製作所、中国電機製造(株)、東北電機製造(株)、富士電機(株)、北陸電機製造(株)の6社が製造した電気機器の一部製品にはPCB不含見解の得られない再生電気絶縁油が使用されており、微量のPCB混入の可能性が完全には否定できないことが判りました。

以上の結果を、平成14年7月9日付けで経済産業省および環境省に対して「微量PCB検出にかかる調査について」として報告しました。(参考1)

この報告に対して、経済産業省および環境省から、当工業会および微量のPCB検出事例等があった10社(愛知電機(株)、(株)指月電機製作所、(株)高岳製作所、中国電機製造(株)、(株)東芝、東北電機製造(株)、富士電機(株)、北陸電機製造(株)、三菱電機(株)、(株)明電舎)は、それぞれ平成14年7月12日付け経済産業省製造産業局長通達(平成14・07・11製局第2号)および環境大臣通達(環産産第393号)にもとづき、①PCB含有の有無の判別をおこなう調査、②原因の解明、③関連ユーザーへの情報提供等の指示を受けました。(別紙1参照)

このため、当工業会では、電気絶縁油を使用した電気機器を製造している会員企業で構成する「微量PCB検出変圧器等対策委員会」(注1)を当工業会内に設けて鋭意調査を進めてきました。

なお、上記以外の企業については、当工業会全会員に電気絶縁油の使用状況を調査した結果、電気絶縁油を使用した電気機器を製造している企業は上記委員会メンバーの他にもありましたが、いずれも過去にPCBおよび再生電気絶縁油を使用した実績は無く、かつ微量PCB検出の事例もありませんでした。

調査の過程において、当工業会は、平成14年7月31日付で関連ユーザーへの情報提供窓口を設けたこと、平成14年10月17日付および平成15年3月19日付で新たな微量のPCB検出事例が判明した企業について経済産業省および環境省に対して報告しました。

なお、新たに微量のPCB検出事例等があった(株)ダイヘン、東光電気(株)、(株)トーヘン、日新電機(株)、(株)日立製作所については平成14年10月18日付け経済産業省製造産業局長通達(平成14・10・17製局第2号)にもとづき、北芝電機(株)、(株)西島電機製作所、松下産業情報機器(株)(旧 松下産業機器(株))については平成15年3月20日付け経済産業省製造産業局長通達(平成15・03・19製局第12号)にもとづき、別紙1と同様の指示を受けたことから、先行して調査をおこなっている企業と協力しながら混入の可能性および原因の解明についての調査、ならびにユーザーへの適切な情報提供等をおこなってきました。

また、調査に当たっては、電気機器のユーザーならびに(社)潤滑油協会および絶縁油メーカーの協力を得て実施しました。

本報告書は微量PCB混入の可能性および微量PCB検出事例の混入原因解明について各社の調査結果をとりまとめたものです。なお、調査結果および検出件数等の詳細については、各社の報告書を参照ください。

注1: 愛知電機(株)、北芝電機(株)、(株)キューヘン、(株)指月電機製作所、四変テック(株)、(株)ダイヘン、(株)高岳製作所、中国電機製造(株)、トーエイ工業(株)、東光電気(株)、(株)東芝、(株)トーヘン、東北電機製造(株)、(株)西

島電機製作所、ニチコン(株)、日新電機(株)、日立エーアイシー(株)、(株)日立産機システム、(株)日立製作所、(株)フジケン、富士電機(株)、北陸電機製造(株)、松下産業情報機器(株)(富山松下電器(株)、松下受配電システム(株))、マルコン電子(株)、三菱電機(株)、(株)明電舎 (計 26 社)

なお、下線は通達を受けた機器メーカー18社を示す。

注2:(1)本報告書中の「年」の表示は、表2-1は年度を示し、他は暦年を示す。

(2)後述のサンプル調査の結果は3月末完了のもの(一部4月以降の調査分を含む)、またユーザーから報告があった検出事例は7月末時点の数値を集計した。

2. 調査の実施にあたって

事前確認として、PCB混入の要因として機器メーカー単独で調査可能な、使用電気絶縁油、電気絶縁油入り電気機器の種類と生産台数の把握、製造ラインの状況と製造工程における人的作業、および電気機器に使用した部品・材料等の実態調査をおこないました。

なお、柱上変圧器は、2002年7月9日付報告書に記載のとおり、機器メーカー各社とも適正な生産管理がおこなわれており、製造過程でPCBが混入する可能性はなく、また電力各社で適切な管理をしていることから、新たな問題となる事項はないと考え、調査対象外としました。

2.1 事前確認事項

使用電気絶縁油、電気絶縁油入り電気機器の種類と生産台数、製造工程での混入可能性は、以下のとおりです。

(1) 使用電気絶縁油の状況

機器メーカーは、JIS規格にもとづいた電気絶縁油(以後、絶縁油という)の調達をおこなっており、機器メーカーとして把握している範囲で、現在までに大別して3種類の絶縁油(新油、再生絶縁油、PCB)を購入して電気機器に使用していました。

〔電気機器の充填用に購入した絶縁油の種類〕(参考2 JIS抜粋)

- ・新油: JIS C2320-1999(最新版 参考2-5)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
- ・再生絶縁油: JIS C2320-1974(参考2-1)で、再生絶縁油と記載のもので、使用済み絶縁油を原料として再精製した絶縁油(以後、再生油という)
- ・PCB: JIS C2321(参考2-6)で定義されているもの

なお、電気機器の絶縁油としては、原則として新油を使用してきましたが、一時期、PCBおよび再生油を使用しました。

ただし、PCBは1973年以降、再生油は1990年以降購入・使用していません。

注: JISC2320-1974(参考2-1)、-1978(参考2-2)の材料および加工法では、「絶縁油は、鉱油を精製した淡黄色、透明の油で、水分、浮遊物その他有害なものを含まないようにつくらなければならない」とあり、JISC2320-1978R(参考2-3)の用語の意味では「原油を精製したもの」とあり、1993年以降のJISC2320-1993(参考2-4)では、「原油を精製したもの、未使用の電気絶縁油」とされているので、JISに従えばいずれの場合でもPCB混入はないと考えていた。

(2) 機器メーカーにおけるPCB不含確認状況

機器メーカーは、絶縁油の種類および仕様を指定して購入していましたが、柱上変圧器の微量PCB混入問題が起きる1989年以前は絶縁油の受入れ時にPCB分析をおこなっていませんでした。

1990年以降については、絶縁油メーカーより“PCB不含証明書”を入手していること、および自らが絶縁油の受入れ時および製品の出荷時にPCB分析を実施していること、あるいは絶縁油の受入れ時または製品の出荷時にPCB分析を実施するなど、機器メーカーとしての管理を強化しました。

なお、今回の調査において、機器メーカーは、使用した絶縁油の“PCB不含見解書”または“PCB不含証明書”を過去に遡って絶縁油メーカーから入手すべく努めました。再生油の一部ではこれを入手できませんでした。

(3) 絶縁油入電気機器の種類と生産台数

委員会メンバー各社が生産した絶縁油入電気機器(PCB使用機器は除く)の種類、生産台数、絶縁油使用量について調査した結果を表2-1に示します。調査対象機種は、電気事業法の電気関係報告規則に記載の変圧器、コンデンサ、計器用変成器、リアクトル、放電コイルとしました。

【表2-1 電気機器の生産台数と使用絶縁油量】 [生産台数(万台)および使用絶縁油量(百万リットル)]

機 種		1951年～1972年 (注1)	1973年～1989年 (注2)	1990年～2002年 (注3)	合 計
変圧器	生産台数	155	232	185	572
	使用絶縁油量	654	622	427	1703
コンデンサ	生産台数	85	81	51	217
	使用絶縁油量	41	27	5	73
計器用変成器	生産台数	12	6	2	20
	使用絶縁油量	14	9	6	29
リアクトル	生産台数	3	5	9	17
	使用絶縁油量	29	31	19	79
放電コイル	生産台数	3	1	1	5
	使用絶縁油量	2	1	1	4
合 計	生産台数	258	325	248	831
	使用絶縁油量	740	690	458	1888
	推定残存台数(注4)	71	316	248	635
	推定残存絶縁油量(注4)	181	667	458	1306

注1: 新油およびPCBを使用した時期 (1951年～1961年の生産数量は推定値)

注2: 新油と再生油を使用した時期

注3: 新油のみを使用した時期

注4: 推定残存率は、1976年以降は100%残存しており、1975年の93%から1962年の2%までは7%/年の割合で減少し、1961年以前は1%とした

(4) 製造工程での混入可能性

① 新油とPCBを並行使用していた時期での混入の可能性

PCBは1972年に行政指導により実質的に使用が禁止されましたが、それ以前には機器メーカーにおいて新油使用機器とPCB使用機器を並行生産していた時期がありました。

このことから新油使用機器にPCBが混入する可能性を確認するため、各社の新油使用機器

とPCB使用機器の製造ラインについての調査をおこない、その結果を表2-2に示します。

調査の結果、新油使用機器とPCB使用機器の製造ラインは、完全に分離されており、製造ラインにおいて新油使用機器にPCB混入の可能性はありませんでした。

② 新油と再生油を並行使用していた時期での混入の可能性

機器メーカーによっては、新油の他に再生油を使用してきたことから、この時期における新油使用機器に再生油が混入する可能性を確認するため、各社の再生油の使用、“PCB不含見解書”の有無および新油使用機器と再生油使用機器の製造ラインについての調査をおこない、その結果を表2-3に示します。

調査の結果、“PCB不含見解書”のない再生油を使用した機器メーカーが8社あり、新油使用機器と再生油使用機器の製造ラインは、6社で一定の期間共用部分がありました。仮に、再生油そのものにPCBが混入していたとすれば、新油使用機器へのPCB混入の可能性が否定できません。

(5) 機器メーカーの製造工程における人的要因の調査

電気機器の製造工程の大半は人手作業に委ねられており、新油使用機器とPCB使用機器並行生産時期での人的要因(組立作業、注油作業、試験作業)による微量PCB混入の可能性について、当時の作業要領等ドキュメント類の有無確認およびヒアリングを実施しました。その結果、ヒアリングを含む調査の範囲内では、微量PCB混入の可能性を示す作業は見つかりませんでした。しかし、30年以上前のことでもあり、ドキュメントやヒアリングの内容どおりに確実に作業が進められていたという確証は得られず、作業上の不注意に起因した微量PCB混入を完全には否定できません。(添付資料1参照)

また、再生油に微量PCBが混入していた場合、上記記載の内容と同様、作業上の不注意に起因した再生油による微量PCB混入を完全には否定できません。なお、1990年以降は再生油を使用しておりません。

しかし、作業上の不注意として想定される、治工具の共用による混入、作業着・手袋等への付着による混入でのPCB含有量は極微量であり、真の要因とはなり得ません。継続的な微量PCB混入の要因としては、貯蔵タンクに誤ってPCBを入れ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って希釈されることから、検出事例レベルの微量PCB混入には至らず、継続的な微量PCB混入の要因とはならないと考えます。(添付資料2参照)

即ち、作業上の不注意のみが混入要因であったとするならば、機器メーカー全社が、同様の作業上の不注意を継続しておこなわない限り検出事例のような結果にはならず、現実的ではないと考えます。

(6) 電気機器に使用した部品・材料等の調査

絶縁油入り電気機器の内部構成部品・材料としては、電磁鋼板、鋼板(容器等)、銅線、絶縁紙、プレスボード、木材、プラスチック成型部品、塗料、ワニス等が使用されていましたが、いずれもPCBは使用されておらず、これらの部品・材料等からPCBが溶出することはありません。なお、後述のように、サンプル調査結果では、同様の内部構成部品・材料を使用した電気機器でも微量PCBが検出されないものが多数あることから、内部構成部品・材料は原因ではないと考えます。

さらに、内部構成部品・材料にはPCBをはじめ塩素類は含まれないこと、および原油から精製された絶縁油中にも塩素類が含まれないことから、PCB生成に必要なビフェニルや塩素ガスを生成するものが無く、稼動中の電気機器内部でPCBが生成する可能性は無いと考えます。

【表2-2 新油使用機器とPCB使用機器の製造ラインの状況】

No.	会社名	工場名	PCB使用機器の生産	PCB使用機器の生産期間	製造ライン				PCB混入の可能性
					タンク	配管	浄油機	注入口	
1	愛知電機	小形工場(1)	有	1959年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
		小形工場(2)	無	----	—	—	—	—	×
		中大形工場	有	1958年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
2	北芝電機	本社工場	有	1959年～1971年	分離	分離	分離	分離	×
3	キューヘン	本社工場	無	----	—	—	—	—	×
4	指月電機製作所	本社工場	有	1961年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
5	四変テック	本社工場	無	----	—	—	—	—	×
6	ダイヘン	本社工場	有	1955年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
		三重、千歳、京都、東京各工場	無	----	—	—	—	—	×
7	高岳製作所	小山事業所	有	1962年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
		名古屋事業所	有	1956年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
8	中国電機製造	本社工場	有	1959年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
9	トーエイ工業	本社工場	有	1962年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
10	東光電気	東京工場	有	1959年～1969年	分離	分離	分離	分離	×
		埼玉工場	無	----	—	—	—	—	×
11	東芝	三重工場	有	1954年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
		鶴見工場	有	1954年～1971年	分離	分離	分離	分離	×
		浜川崎工場	有	1971年	分離	分離	分離	分離	×
12	トーヘン	本社工場	無	----	—	—	—	—	×
13	東北電機製造	本社工場	無	----	—	—	—	—	×
14	西島電機製作所	本社工場	有	1962年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
15	ニチコン	草津工場	有	1962年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
16	日新電機	本社工場	有	1957年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
		前橋工場	無	----	—	—	—	—	×
17	日立エーアイシー	本社工場	有	1963年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
18	日立産機システム	亀戸工場	有	1954年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
		中条工場	無	----	—	—	—	—	×
19	日立製作所	国分工場	有	1955年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
20	フジケン	本社工場	有	1957年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
21	富士電機	千葉工場	有	1953年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
22	北陸電機製造	本社工場	有	1962年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
23	松下産業情報機器	富山松下電器	有	1962年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
		松下受配電システム	無	----	—	—	—	—	×
24	マルコン電子	本社工場	有	1962年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
25	三菱電機	伊丹製作所	有	1955年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
		赤穂製作所	無	----	—	—	—	—	×
		名古屋製作所	有	1964年～1972年	分離	分離	分離	分離	×
26	明電舎	大崎工場	有	1954年～1961年	分離	分離	分離	分離	×
		沼津工場	有	1961年～1972年	分離	分離	分離	分離	×

凡例

×：混入する可能性はない

【表2-3 新油使用機器と再生油使用機器の製造ラインの状況】

No.	会社名	工場名	再生油		設備共用 期間	製造ライン				新油と 再生油の 混入の 可能性
			使用の 有無	不含見解 の有無 (注3)		タンク	配管	浄油機	注入口	
1	愛知電機	小形工場(1)	有	無	1982～1986 年	分離	分離	一部共用	一部共用	△
		小形工場(2)	有	有		—	—	—	—	×(注1)
		中大形工場	無	—		—	—	—	—	×
2	北芝電機	本社工場	無	—		—	—	—	—	×
3	キューベン	本社工場	無	—		—	—	—	—	×
4	指月電機製作所	本社工場	無	—		—	—	—	—	×
5	四波テック	本社工場	無	—		—	—	—	—	×
6	ダイヘン	本社、三重、千歳、京都、東京の各工場	無	—		—	—	—	—	×
7	高岳製作所	小山事業所	無	—		—	—	—	—	×
		名古屋事業所	有	無	1968～1969 年	分離	一部共用	一部共用	一部共用	△
8	中国電機製造	本社工場	有	無		分離	分離	分離	分離	×
9	トーエイ工業	本社工場	無	—		—	—	—	—	×
10	東光電気	東京工場	有	無	1974～1984 年	分離	一部共用	一部共用	一部共用	△
		埼玉工場	有	無	1984～1989 年	分離	一部共用	一部共用	一部共用	△
11	東芝	三重工場	有	有	1977～1980 年	分離	一部共用	一部共用	一部共用	△
		鶴見工場	無	—		—	—	—	—	×
		浜川崎工場	無	—		—	—	—	—	×
12	トーヘン	本社工場	有	無		分離	分離	分離	分離	×
13	東北電機製造	本社工場	有	無		—	—	—	—	×(注2)
14	西島電機製作所	本社工場	無	—		—	—	—	—	×
15	ニチコン	草津工場	無	—		—	—	—	—	×
16	日新電機	本社工場 前橋工場	無	—		—	—	—	—	×
17	日立エーアイシー	本社工場	無	—		—	—	—	—	×
18	日立産機システム	亀戸工場	無	—		—	—	—	—	×
		中条工場	無	—		—	—	—	—	×
19	日立製作所	国分工場	無	—		—	—	—	—	×
20	フジケン	本社工場	無	—		—	—	—	—	×
21	富士電機	千葉工場	有	無		分離	分離	分離	分離	×
22	北陸電機製造	本社工場	有	無	1978～1989 年	分離	一部共用	一部共用	一部共用	△
23	松下産業情報機器	富山松下電器	無	—		—	—	—	—	×
		松下受配電システム	無	—		—	—	—	—	×
24	マルコン電子	本社工場	無	—		—	—	—	—	×
25	三菱電機	伊丹製作所	有	有		分離	分離	分離	分離	×
		赤穂製作所	無	—		—	—	—	—	×
		名古屋製作所	有	有	1978～1988 年	分離	一部共用	分離	分離	△
26	明電舎	大崎、沼津工場	無	—		—	—	—	—	×

凡例 △：混入する可能性がある

×：混入する可能性はない

注1：製造ラインは1本で、再生油使用期間中(1982年～1984年、1987年～1989年)に新油の使用はなし

注2：製造ラインは1本で、再生油使用期間中(1976年～1989年)に新油の使用はなし

注3：再生油の不含見解の有無については、2002年7月以降の調査により東光電気とトーヘンの2社が増えた

2.2 サンプル調査の方法

通達にもとづく微量PCB混入の可能性および微量のPCB検出事例の原因解明についての調査を以下のとおりおこないました。

2.2.1 微量PCB混入可能性に関するサンプル調査

(1) 通達の指示内容

「重電機器の種類、製造年、メーカー名、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おこなうための調査をおこなうこと。」

(2) 目的

絶縁油メーカーより“PCB不含見解書”または“PCB不含証明書”が得られなかった再生油を使用した機器メーカー6社(愛知電機㈱、㈱高岳製作所、中国電機製造㈱、東北電機製造㈱、富士電機㈱、北陸電機製造㈱)は、その再生油使用機器についてサンプル調査をおこない、微量PCB混入の有無の確認を実施しました。

なお、東光電気㈱および㈱トーヘンについては、次の理由で後述の2.2.2記載のサンプル調査を実施しました。

- ・東光電気:再生油を使用した機器(修理品)で現存するものは殆どなく、修理品に使われた油の記録(再生油または新油)が残っておらず特定できないため、この期間の新油使用機器についてサンプル調査を実施
- ・トーヘン:対象となる機器の絶対数が少なく、かつ用途の多くが試験用のため、試験終了後廃棄されたりあるいは移動されたり等で、事業者でもその所在の把握が困難で、必要なサンプルが得られなかった

(3) 調査要領

- ① 対象期間は絶縁油メーカーから“PCB不含見解書”または“PCB不含証明書”が得られていない再生油を使用した期間。
- ② 電気機器の種類、製造年、機器メーカー名、製造工場、型式、製造時に使用した絶縁油のルートに応じた適切なロットごととし、1ロットの間隔は機器メーカーの状況に合わせて、下記のいずれかとする。
 - ・再生油を保管タンクに補充する間隔
 - ・タンクローリーから保管タンクに補充する間隔
 - ・ドラム缶購入の間隔
- ③ 検体数は、1検体以上／ロットを目標とする。
- ④ 検体については、電気機器納入後の油の保守履歴(油交換履歴)を確認する。

2.2.2 微量PCB検出事例の原因解明に関するサンプル調査

(1) 通達の指示内容

「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) 目的

“PCB不含見解書”または“PCB不含証明書”がある絶縁油を使用し、PCB使用機器とのラインが分離した工程で製造された機器からも検出事例があり、原因の解明と微量PCB混入可能性のある範囲の特定を図る。

(3) 調査要領

- ① 過去の検出事例において、微量PCBが検出された機器については、重電機器の種類、製造年、メーカー名、製造工場、型式、絶縁油メーカーを調査した上で、当該機器の製造年およびその前後年に製造された機器からサンプルを抽出する。
- ② 調査期間および検体数は、過去の検出事例期間で重電機器の種類毎、メーカー名毎、製造工場毎に1検体以上／年を目標とする。
なお、必要に応じて、上記調査以外でも調査検体数を設定する。
- ③ 検体については、電気機器納入後の油の保守履歴(油交換履歴)を確認する。

3. サンプル調査結果

3. 1 微量PCB混入可能性に関するサンプル調査結果

“PCB不含見解書”または“PCB不含証明書”のない再生油を使用した機器メーカー6社がおこなった再生油使用機器のサンプル調査結果は表3-1のとおりです。なお、「新油」「再生油」とは、製造時に電気機器に充填した時点での絶縁油種名ですが、納入後の機器から採油して分析したサンプル調査結果も製造時に使用した絶縁油種名で整理しました。以後、調査結果については製造時に使用した絶縁油の「新油」「再生油」にて整理して記載します。

調査の結果、“PCB不含見解書”または“PCB不含証明書”のない再生油を使用した機器メーカーについては各ロットの多くで微量PCBが検出されました。(添付資料3参照)

【表3-1 微量PCB混入可能性調査結果】

機器メーカー	絶縁油メーカー	不含見解等の得られていない 再生油の使用期間	調査数	検出数
愛知電機	富山精油所	1977年、1979年、 1982年～1987年、1989年	14(13)	13
高岳製作所	谷口石油精製	1968年～1969年	14(12)	6
中国電機製造	中国興業	1968年～1989年	31(30)	19
東北電機製造	鶴見油脂	1976年～1989年	27(19)	23
富士電機	ユカインダストリーズ	1975年～1989年	15(10)	13
北陸電機製造	富山精油所	1978年～1989年	21(12)	11
合 計			122(96)	85

注：調査数の()内数値は設定ロット数を示す

3. 2 微量PCB検出事例の原因解明に関するサンプル調査結果

検出事例のあった機器メーカー18社がおこなったサンプル調査の結果を、製造時期別に区分して表3-2に示します。

“PCB不含見解書”または“PCB不含証明書”のある絶縁油(新油、再生油)を使用した機器について調査の結果、機器メーカーについては万遍なく、製造時期についてはB時期とC時期に集中し、更にA時期からも微量PCBが検出されました。

【表3-2 サンプル調査の結果】

機器メーカー			製 造 時 期 (注1)					機器メーカーが絶縁油を 購入していた絶縁油メーカー
			A	B	C	D	合計	
愛知電機	検出数	-	7	12	0	19	新日本石油、ジャパンエナジー、関西テック、昭和 シェル石油、ダイセキ、谷口石油精製、中部油 研、松村石油、富山精油所	
	調査数	-	14	35	4	53		
北芝電機	検出数	-	0	0	0	0	新日本石油	
	調査数	-	3	2	1	6		
キューベン	検出数	-	-	0	-	0	新日本石油、昭和シェル石油、富士興産、コス モ石油ルブリカンツ、出光興産	
	調査数	-	-	4	-	4		
指月電機 製作所	検出数	-	3	7	0	10	関西テック、ジャパンエナジー、富士興産、松村石 油	
	調査数	-	6	24	5	35		
ダイヘン	検出数	-	20	4	0	24	出光興産、関西テック、ジャパンエナジー、新日本 石油、谷口石油精製、富士興産	
	調査数	-	38	35	4	77		
高岳製作所	検出数	-	1	7	0	8	出光興産、ジャパンエナジー、谷口石油精製、 新日本石油	
	調査数	-	2	9	16	27		
中国電機 製造	検出数	-	1	-	0	1	昭和シェル石油、中国興業、新日本石油、コス モ石油ルブリカンツ	
	調査数	-	2	-	1	3		
東光電気	検出数	-	5	12	1	18	コスモ石油ルブリカンツ、エクソンモービル、谷口石油 精製、鶴見油脂	
	調査数	-	7	16	9	32		
東芝	検出数	1	56	6	0	63	新日本石油、谷口石油精製、出光興産、関 西テック、ダイセキ、ジャパンエナジー	
	調査数	1	71	173	332	577		
トーヘン	検出数	2	-	3	0	5	ジャパンエナジー、谷口石油精製、鶴見油脂、 歴世礦油	
	調査数	3	-	3	3	9		
西島電機 製作所	検出数	-	-	2	-	2	新日本石油、関西テック、谷口石油精製	
	調査数	-	-	5	-	5		
日新電機	検出数	-	10	1	0	11	関西テック、ジャパンエナジー、新日本石油、富士 興産	
	調査数	-	39	37	18	94		
日立製作所	検出数	-	16	4	0	20	関西テック、ジャパンエナジー、新日本石油	
	調査数	-	22	34	15	71		
富士電機	検出数	8	113	196	0	317	新日本石油、出光興産、ジャパンエナジー、昭 和シェル、コスモ石油ルブリカンツ、ユカインダストリーズ	
	調査数	13	163	277	32	485		
北陸電機 製造	検出数	-	-	3	0	3	出光興産、富山精油所、コスモ石油ルブリカンツ	
	調査数	-	-	7	10	17		
松下産業情報 機器	検出数	1	-	5	-	6	ジャパンエナジー、昭和シェル石油、新日本石油	
	調査数	1	-	7	-	8		
三菱電機	検出数	10	23	26	0	59	出光興産、コスモ石油ルブリカンツ、新日本石 油、富士興産、関西テック、ジャパンエナジー、 昭和シェル石油、ダイセキ、中部油研、	
	調査数	26	71	111	339	547		
明電舎	検出数	-	6	2	0	8	出光興産、ジャパンエナジー、新日本石油、松 村石油	
	調査数	-	11	8	9	28		
合 計	検出数	新 油	20	234	158	1	413	
		再生油	-	-	107	-	107	
		不 明	2	27	25	-	54	
		小 計	22	261	290	1	574	
	調査数		44	449	787	798	2,078	

注1:製造時期の定義

時期	定 義	使用油	期 間
A時期	PCB使用機器並行生産前	新油	～(注2)
B時期	PCB使用機器並行生産時期	PCB・新油・再生油	(注2)～1972 年
C時期	PCB使用機器生産中止後	新油・再生油	1973～1989 年
D時期	同上＋絶縁油管理強化	新油	1990 年以降(注3)

注2:機器メーカーによってPCB使用機器の生産開始時期が異なる(1953 年～1964 年)

注3:再生油はD時期(1990 年 1 月以降)より電気絶縁油メーカー(18社のアンケート回答による)で生産中止された。

注4:一印は、サンプルなしを示す

注5:絶縁油メーカー名は過去に合併等された企業が多くあり旧企業名では煩雑なため、現在の企業名で表記した

注6:四変テック、トーエイ工業、ニチコン、日立エーアイシー、日立産機システム、フジケン、マルコン電子の7社は 2003 年7月末時点で検出事例がなかった

注7:通達を受けた機器メーカーで、東北電機製造については次のとおり

- ・東北電機製造:調査開始時点で検出事例が無く、またその後のユーザー報告もないことから 3. 1の混入可能性に関するサンプル調査を実施した
- ・10 月の中間報告のとおり3月末までに調査を完了させることで調査を行ったが、4月以降のサンプル調査分も含む

3. 3 サンプル調査で判明したこと

3. 1、3. 2のサンプル調査の結果から、次の事項が明らかになりました。

- ① “PCB不含見解書”または“PCB不含証明書”のない再生油を使用した機器メーカー6社全てより40～90%の割合で微量PCBが検出された。
- ② “PCB不含見解書”または“PCB不含証明書”のある絶縁油(新油、再生油)からも微量PCBが検出された。
- ③ 機器メーカーがPCBを使用していないA時期、C時期、D時期にも検出事例があった。
(添付資料4参照)

4. 調査結果の分析

4. 1 ユーザーからの検出事例連絡

2003年7月末までにユーザーから連絡があった検出台数は1,252台で、機器メーカー別、製造時期別に区分した結果は表4-1のとおりです。

調査の結果、機器メーカーについては殆どの機器メーカーから、製造時期についてはB時期とC時期に集中し、更にA時期、D時期からも微量PCBが検出されています。また機種としては、当初対象の5機種の他、遮断器、整流器等についても検出事例が判明しました。

【表4-1 ユーザーからの検出事例】

機器メーカー	検 出 数(製造時期別)					
	A	B	C	D	不明	合計
愛知電機		34	12	1		47
北芝電機	3	4	10			17
キューヘン	1	1				2

機器メーカー	検 出 数(製造時期別)					
	A	B	C	D	不明	合計
ダイヘン		42	11			53
高岳製作所	1	104	68			173
中国電機製造		3	2			5
東光電気		3	22	3		28
東芝	6	114	53	6		179
トーヘン	1		4			5
西島電機製作所			3			3
日新電機	3	30	4			37
日立製作所	1	74	20			95
富士電機		69	109	13		191
北陸電機製造	1		7			8
松下産業情報機器	1		6			7
三菱電機	8	143	120	4	3	278
明電舎		77	47			124
合 計	26	698	498	27	3	1,252

注：不明の3台は、銘板の傷みがひどく製造時期を確認できませんでした。

表4-1に示すとおり、サンプル調査での検出数以上に検出事例が報告され、また、当初予想の5機種以外の新たな機種からも検出されたことから、原因の解明にはサンプル調査のみならず、ユーザーから連絡があった検出事例も加えた調査をおこないました。サンプル調査およびユーザーからの連絡による微量PCB検出台数の合計は1,911台となりました。(添付資料5参照)

4.2 調査結果の分類

微量PCBが検出された全ての事例を、製造時期別毎に、製造時に電気機器に充填した絶縁油種別(以後、絶縁油種別という)、機器メーカー別、電気機器別、検出濃度別に分類した結果を表4-2-1～3に示し、以下に分析をおこないました。

【表4-2-1 絶縁油種別の検出事例分類】

製造時期			A時期	B時期	C時期	D時期	年代 不明 (注1)	合計	検出 濃度 (ppm)
絶縁油種別	新油	検出台数	43	930	583	28	3	1,587	
		検出濃度	0.1～ 80	0.33～ 2,110	0.018～ 510	0.095～ 1.8	1.3～ 36		0.018～ 2,110
	再生油	検出台数		12	254			266	
		検出濃度		0.7～ 10.8	0.51～ 390				0.51～ 390
	不明 (注2)	検出台数	5	27	26			58	
		検出濃度	1.1～ 9.1	0.5～ 647.1	0.6～ 47.4				0.5～ 647.1
	合 計	検出台数	48	969	863	28	3	1,911	
		検出濃度	0.1～ 80	0.33～ 2,110	0.018～ 510	0.095～ 1.8	1.3～ 36		0.018～ 2,110

注1：銘板の傷みがひどく製造時期を確認できなかったもの

注2：油種を特定する記録がないため、新油・再生油の区別ができなかったもの(「新油」「再生油」は製造時充填の油種)

【表4-2-2 機器メーカー別の絶縁油種別検出事例分類】

製造時期			A時期	B時期	C時期	D時期	年代 不明 (注 1)	合計	検出 濃度 (ppm)	
機	愛知電機	新油		41	12	1		54	0.5～87	
		再生油			25			25	0.51～42	
		計		41	37	1		79	0.5～87	
	北芝電機	新油		4	10			14	0.6～150	
		不明	3					3	1.1～1.6	
		計	3	4	10			17	0.6～150	
	キューヘン	新油	1	1				2	2.6～5	
		計	1	1				2	2.6～5	
	指月電機製作所	新油		3	7			10	5.6～84	
		計		3	7			10	5.6～84	
器	ダイヘン	新油		62	15			77	0.5～510	
		計		62	15			77	0.5～510	
	高岳製作所	新油	1	103	75			179	0.5～91.9	
		再生油		8				8	0.7～10.8	
		計	1	111	75			187	0.5～91.9	
	中国電機製造	新油		4	1			5	0.51～2.3	
		再生油		4	16			20	0.7～75	
		計		8	17			25	0.51～75	
	東光電気	新油		8	34	4		46	0.6～42.4	
		計		8	34	4		46	0.6～42.4	
メ	東芝	新油	7	165	59	6		237	0.018～2110	
		不明		5				5	0.6～14	
		計	7	170	59	6		242	0.018～2110	
	トーヘン	新油	3		6			9	0.1～25.7	
		再生油			1			1	1	
		計	3		7			10	0.1～25.7	
	東北電機製造	再生油			23			23	0.7～53.7	
		計			23			23	0.7～53.7	
	—	西島電機製作所	新油			5			5	0.7～8.7
			計			5			5	0.7～8.7
日新電機		新油	3	40	5			48	0.36～54	
		計	3	40	5			48	0.36～54	
日立製作所		新油	1	90	24			115	0.5～44.7	
		計	1	90	24			115	0.5～44.7	
富士電機		新油	6	160	144	13		323	0.5～708	
		再生油			148			148	0.7～390	
		不明	2	22	26			50	0.5～647.1	
		計	8	182	318	13		521	0.5～708	
—	北陸電機製造	新油	1		5			6	0.74～16	
		再生油			16			16	0.7～11	
		計	1		21			22	0.7～16	
力	松下産業情報機器	新油	2		11			13	0.6～15	
		計	2		11			13	0.6～15	

製造時期			A時期	B時期	C時期	D時期	年代 不明 (注 1)	合計	検出 濃度 (ppm)
別	三菱電機	新油	18	166	121	4	3	312	0.095～80
		再生油			25			25	0.6～28
		計	18	166	146	4	3	337	0.095～80
	明電舎	新油		83	49			132	0.5～394
		計		83	49			132	0.5～394
	総計	新油	43	930	583	28	3	1587	0.018～2110
		再生油		12	254			266	0.51～390
		不明	5	27	26			58	0.5～647.1
		計	48	969	863	28	3	1911	0.018～2110

注1: 銘板の傷みがひどく製造時期を確認できなかったもの

注2: 「新油」「再生油」は、製造時に充填した絶縁油を示す

【表4-2-3 機種別の絶縁油種別検出事例分類】

製造時期			A時期	B時期	C時期	D時期	年代 不明 (注 1)	合計	検出 濃度 (ppm)
機 種 別	変圧器	新油	39	779	509	24		1,351	0.018～2110
		再生油		12	252			264	0.51～390
		不明	5	26	26			57	0.5～647.1
		計	44	817	787	24		1,672	0.018～2110
	コンデンサ	新油		7	7			14	0.6～84
		計		7	7			14	0.6～84
	リアクトル	新油	3	37	13			53	0.4～54
		再生油			1			1	1
		計	3	37	14			54	0.4～54
	計器用 変成器	新油		47	45	4	3	99	0.6～42
		計		47	45	4	3	99	0.6～42
	油遮断器	新油		27	7			34	0.5～43.5
		計		27	7			34	0.5～43.5
	整流器	新油		13	1			14	0.52～10
		再生油			1			1	25
		計		13	2			15	0.52～25
	パルス 変調器	不明		1				1	1
		計		1				1	1
	空気遮断器用 分圧コンデンサ	新油		12				12	0.7
		計		12				12	0.7
	直流高圧 発生器	新油		2				2	0.6～1.8
		計		2				2	0.6～1.8
	誘導電圧 調整器	新油	1	6				7	0.5～7.2
		計	1	6				7	0.5～7.2
	油入 開閉装置	新油			1			1	0.5
		計			1			1	0.5

注1: 銘板の傷みがひどく製造時期を確認できなかったもの

注2: 「新油」「再生油」は、製造時に充填した絶縁油を示す

(1) 製造時期別分類

製造時期別に見ると、再生油の使用を中止し、機器メーカーが絶縁油の管理強化を実施したD時期(1990年以降)は、断続的に少数の検出事例(28台)があるのみで、1989年以前のA～C時期と比較して少なく、また、検出事例の検出濃度の最大値もA～C時期より低い結果(最大1.8 ppm)でした。(添付資料6参照)

(2) 絶縁油種別分類

絶縁油を新油と再生油別に分類して見たとき、新油、再生油のいずれからとも検出されています。
(「新油」「再生油」は、製造時に充填した絶縁油を示す)

(3) 機器メーカー別分類

機器メーカー別に見ると、2.2.1 および 2.2.2 で調査対象となった機器メーカー19社全てで検出されており、また11社ではA時期で検出されています。

(4) 電気機器別分類

検出事例は、変圧器、コンデンサ、リアクトル、計器用変成器、油遮断器、整流器、パルス変調器、空気遮断器用分圧コンデンサ、直流高圧発生器、誘導電圧調整器、油入開閉装置において確認されています。

(5) 検出濃度別分類

検出事例数を、PCB濃度別に分類した結果を表4-3に示します。

検出事例は、2.0ppm以下が全体の約40%を、5.0ppm以下が約60%を占めています。また、100ppm超の検出事例は約1%でした。

なお、製造時期別、絶縁油種別、機器メーカー別、電気機器別の検出濃度については前掲の表4-2-1～-3を参照ください。絶縁油種別の検出濃度などでは、特徴的な結果が得られませんでした。

【表4-3 検出濃度別分類】

検出濃度 (ppm)	0.5 以下	0.5 超 2.0 以下	2.0 超 5.0 以下	5.0 超 10 以下	10 超 20 以下	20 超 30 以下	30 超 40 以下	40 超 50 以下	50 超 100 以下	100 超	合計
検出台数	64	724	356	267	253	113	62	30	25	17	1,911
構成比(%)	3.4	37.9	18.6	14.0	13.2	5.9	3.2	1.6	1.3	0.9	100
累計	3.4	41.3	59.9	73.9	87.1	93.0	96.2	97.8	99.1	100	—

(6) 検出濃度100ppm以上の検出事例

検出濃度が100ppmを超える検出事例17台を表4-4に示します。17台のうち14台はB時期に、3台はC時期と、比較的古い時代に製造されたもので、2台を除き保守履歴および油交換・注油が不明であり、要因の特定はできませんでした。

なお、2台のうち、1台は油交換あり、1台は油交換なしでしたが、原因はわかりませんでした。また、100ppmを超える検出事例の機器は全検出事例の1%弱でした。

【表4-4 100ppm 超過の検出事例】

N0.	メーカー名	検出濃度 (ppm)	機種	製造年	製造時の 油種	保守履歴	油交換・注油 の有無
1	北芝電機	150	変圧器	1980	新油	不明	不明
2	ダイヘン	174	変圧器	1969	新油	不明	不明
3		510	変圧器	1978	新油	あり	あり
4	東芝	366	変圧器	1971	新油	不明	不明
5		715	変圧器	1971	新油	不明	不明
6		1,600	変圧器	1971	新油	不明	不明
7		1,870	変圧器	1971	新油	不明	不明
8		2,110	変圧器	1971	新油	不明	不明
9	富士電機	188	変圧器	1971	不明	不明	不明
10		317	変圧器	1958	新油	不明	不明
11		337	変圧器	1958	新油	不明	不明
12		390	変圧器	1986	不明	不明	不明
13		592	変圧器	1961	不明	不明	不明
14		638	変圧器	1961	不明	不明	不明
15		647	変圧器	1961	不明	不明	不明
16		708	変圧器	1958	新油	不明	不明
17	明電舎	394	変圧器	1971	新油	なし	なし

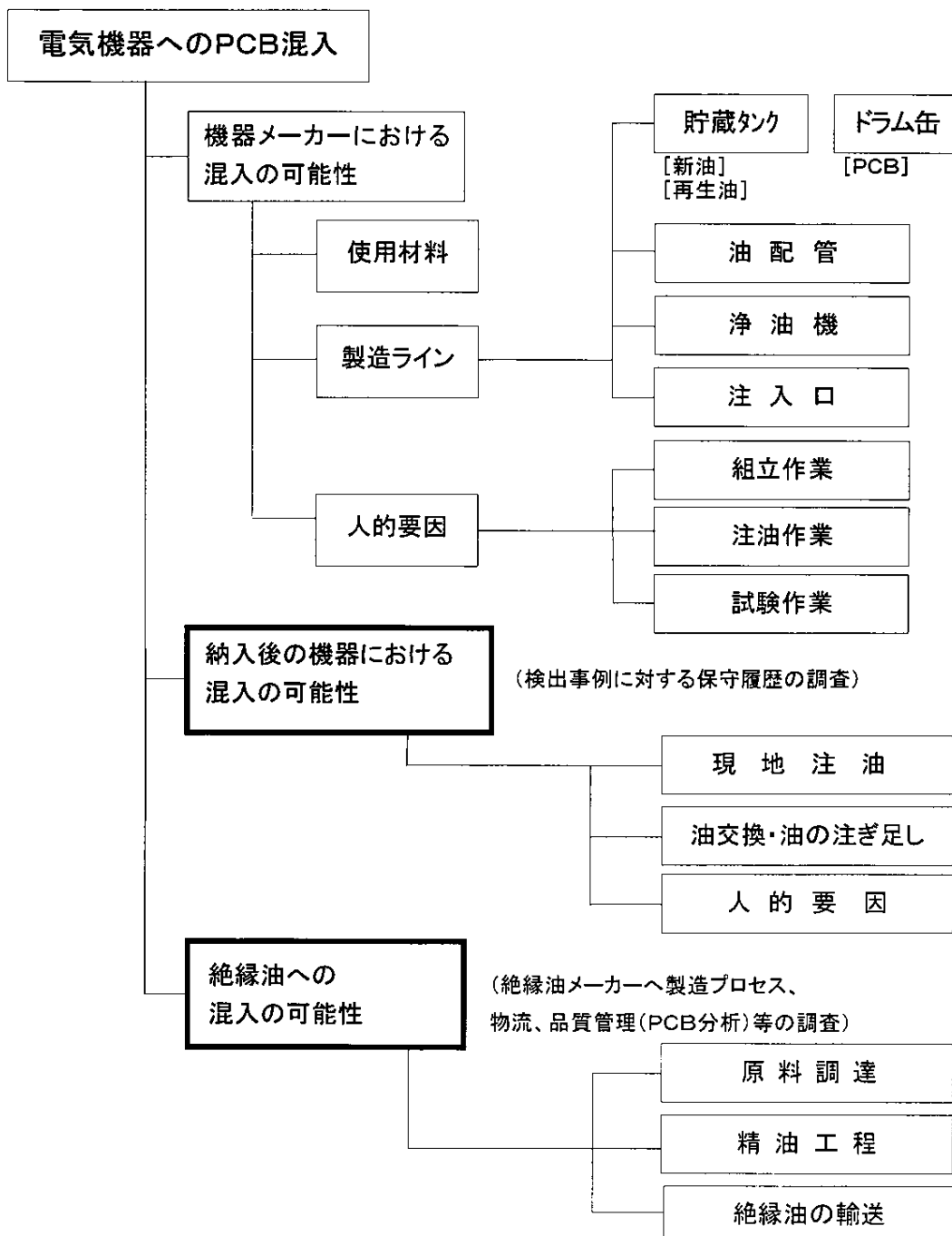
5. 微量P C B混入の要因

ここまでの調査で、“PCB不含見解書”または“PCB不含証明書”のある新油からも微量PCBが検出されたことなどから、機器メーカーによる混入の可能性は低いと考えられます。そこで、機器メーカーとして、考える全ての要因を抽出し、混入の可能性を検討する必要があると考えました。

微量PCBが電気機器に混入する可能性として考えられる要因は図5－1のとおりです。

ここで、機器メーカーでの混入の可能性については2. 1(4)、(5)、(6)で説明済みであり、他の要因である、納入後の機器における混入の可能性の調査、および絶縁油への混入の可能性の調査について次章以降に記します。

【図5－1 微量PCB混入の可能性】



6. 検出事例に対する保守履歴の調査

納入後の機器における微量PCB混入の可能性を検討するために、全検出事例1,911台について保守履歴を調査した結果を表6-1に示します。

その結果、納入後において「絶縁油交換あり」が確認されたものが309台(16%)、「絶縁油交換なし」が確認されたものが429台(22%)あり、いずれの場合からも、微量PCB混入が確認されました。なお、調査した範囲内では、納入後における交換用絶縁油については、JIS規格に適合した絶縁油が購入されており、PCB混入を考慮する必要がないことからPCB分析は実施されていませんでした。

また、1,173台(61%)については保守履歴(絶縁油交換の有無)そのものを確認することができませんでした。保守・メンテナンスでは、改造、修理、移設等については記録を残しますが、油の交換・注油など軽微とみなされる作業については、記録が残されていないためと考えられます。

【表6-1 保守履歴の調査】

製造時期			A時期	B時期	C時期	D時期	年代不明	合計	検出濃度 (ppm)
保守履歴別	交換あり	記録あり	7	84	28			119	0.1～45.9
		記録なし	7	131	51	1		190	0.5～2,110
	交換なし	記録あり	1	63	67	13		144	0.5～394
		記録なし	8	91	171	12	3	285	0.095～708
	交換不明		25	600	546	2		1,173	0.018～647.1

7. 絶縁油メーカーの調査

微量PCB混入の原因解明を進める過程で、“PCB不含証明書”または“PCB不含見解書”が得られている絶縁油を使用した機器から微量PCBが検出されました。また、機器メーカーがPCBを使用していなかったA、C、D時期に製造した機器から検出事例が報告されました。PCB混入の可能性を把握するため、絶縁油を生産し供給する絶縁油メーカーに対し、(社)潤滑油協会を通じて、原料調達から精製、出荷試験、注油、輸送に至る工程の品質管理状況等について調査を依頼し、18社(出光興産(株)、エクソンモービル(有)、(株)関西テック、興和油化工業(株)、コスモ石油ルブリカンツ(株)、(株)ジャパンエナジー、昭和シェル石油(株)、新日本石油(株)、新日本油脂工業(株)、(株)ダイセキ、谷口石油精製(株)、中国興業(株)、中部油研(株)、(有)富山精油所、富士興産(株)、松村石油(株)、ユカインダストリーズ(株)、歴世礦油(株))から回答を得ました。

注：鶴見油脂(株)は既に絶縁油事業を中止しております。

その結果、次のことが判明しました。

(1) 絶縁油メーカーの区分について

- ① 機器メーカーでは、使用する絶縁油の種類により、絶縁油メーカーが新油メーカーと再生油メーカーの2つに区分されると考えていましたが、実際は次の4つに区分されることが判明しました。

I. 新油メーカー(1): 自社製の新油のみ販売していたメーカー

Ⅱ. 新油メーカー(2): 自社製以外に、他の新油・再生油メーカーからも油を調達し、販売していたメーカー

Ⅲ. 新油・再生油メーカー: 自社で新油・再生油を並行生産、販売していたメーカー

Ⅳ. 再生油メーカー: 自社で再生油のみ生産し、販売していたメーカー

② 微量PCBが検出された機器1,911台のうち、絶縁油メーカーが特定できた445台について、上記分類による絶縁油メーカー別の検出事例台数を表7-1に示します。

なお、445台以外は機器メーカーが複数の絶縁油メーカーと取引していたことから、これ以上の特定はできませんでした。

【表7-1 絶縁油メーカー毎の充填油種別検出状況】

絶縁油メーカー区分	絶縁油交換履歴等不明		絶縁油交換なし		合 計	
	新 油	再生油	新 油	再生油	新 油	再生油
Ⅰ. 新油メーカー(1) (他メーカーからの調達:無)[2社]	36	—	66	—	102	—
Ⅱ. 新油メーカー(2) (新油・再生油メーカーからの調達:有)[6社]	62	—	53	—	115	—
Ⅲ. 新油・再生油メーカー [7社]	103	24	21	21	124	45
Ⅳ. 再生油メーカー [3社]	—	17	—	42	—	59
小 計	201	41	140	63	341	104
	242		203		445	

注:「新油」「再生油」は、製造時に充填した絶縁油を示す

(2) PCB混入に対する品質管理について (添付資料7参照)

① 再生油に使用する原料のPCBチェックの有無

1989年以前に分析を実施していた会社は1社でした。

② 新油と再生油の生産設備共用の有無

ある時期、生産設備の一部を共用していたところがありました。

③ PCB分析の実施

1989年以前に再生油のPCB分析を実施していた会社は新油・再生油メーカー1社と再生油メーカー1社の合わせて2社でした。なお、新油については実施していた会社はありませんでした。

④ タンクローリー等への注油口共有の有無

新油と再生油の注油口を共用していたところがありました。

⑤ タンクローリー洗浄の有無

新油と再生油を販売した絶縁油メーカーの中で、同一のタンクローリーで新油と再生油を輸送する際に、輸送毎のタンクローリー洗浄を実施していないところがありました。

(3) “PCB不含有見解書”および“PCB不含有証明書”について

新油と再生油を販売した絶縁油メーカーの中で、1989年以前の絶縁油についての“PCB不含有見解書”は、1989年以前には絶縁油中の微量PCBの分析法は確立されておらず、あくまで状況証拠からの見解書であることが判り、PCB分析証明書などの定量的データにもとづくものではありませんでした。

“PCB不含有証明書”は、絶縁油メーカーが分析結果にもとづいて、そのロットの絶縁油のPCB不含有を証明したものです。

(4) その他

絶縁油メーカー18社へのアンケート調査結果から、再生油は1926年から生産がおこなわれていましたが、1990年1月までには再生油を製造していた絶縁油メーカーでの再生油生産が中止されていました。

8. 混入要因に関する考察および見解

8.1 機器メーカーにおける混入の可能性

8.1.1 A時期(新油のみ使用時期)

機器メーカーがPCBを使用する以前のA時期に製造された機器における検出事例は、機器の製造に使用した絶縁油、あるいは納入後における保守・メンテナンス時に使用した絶縁油に微量PCBが混入していたと断定できますが、A時期にPCBが存在していたか、さらにはリサイクルされる再生油の原料となる油がどのようなものであったかなどについては機器メーカーでは確認できませんでした。

8.1.2 B時期(新油とPCBの並行使用時期)

(1) 製造ラインの調査

2. 1(4) ①に示すとおり、新油使用機器とPCB使用機器の製造ラインは、完全に分離されており、製造ラインでのPCB混入の可能性はありませんでした。

(2) 製造工程における人的要因の調査

2. 1(5)に記載のとおり、継続的な微量PCB混入の要因とするのは現実的ではないと考えます。

8.1.3 C時期(新油と再生油の並行使用時期)

PCB使用中止後は、PCB機器製造設備を完全に撤去し、その後の「廃棄物の処理および清掃に関する法律(以下「廃掃法」という)」に則り現在まで厳重に保管・管理していることから、A時期と同じく機器の製造に使用した絶縁油、あるいは納入後における保守・メンテナンス時に使用した絶縁油に微量PCBが混入していたものと考えます。

万一、再生油に微量PCBが混入していた場合、前掲の2. 1(4) ②に示すとおり、機器メーカーにおいても新油と再生油を並行使用した時期(1968～1989年)があり、6社においては製造ラインで一部共用部分があったことから、新油への微量PCB混入の可能性は否定できません。

8.1.4 D時期(新油のみ使用時期)

D時期は、製造工程上新油しか使用していないこと、絶縁油メーカーより“PCB不含有証明書”を入手していること、および機器メーカー自らが絶縁油の受入れ時および製品の出荷時にPCB分析

を実施していること、あるいは機器メーカーによっては絶縁油の受入れ時または製品の出荷時にPCB分析を実施していることから、微量PCBの混入要因は製造工程以外によるものと考えます。

以上より、機器メーカーにおける製造工程は微量PCB混入の要因のひとつとして可能性は否定できないものの、主要因ではないと判断します。

8. 2 納入後の機器における混入の可能性

納入後の機器における微量PCB混入の可能性を検討するために、全検出事例1,911台について保守履歴を調査しました。その結果、納入後において絶縁油交換ありが確認されたものが309台(16%)、交換なしが確認されたものが429台(22%)あり、いずれの場合からも、微量PCB混入が確認されました。また、1,173台(61%)については保守履歴(絶縁油交換の有無)そのものを確認することができませんでした。(表6-1参照)

絶縁油の交換なしと確認された429台中、記録のある144台において微量PCBが検出されており、これらについては当該機器の出荷時点で既に微量PCBが混入していたと推測されます。しかし、上記144台以外の機器における微量PCB混入の可能性については、保守要因(油交換・注油)によるものか、納入時の要因(元々出荷時に微量PCBが混入)によるものかは特定できませんでした。

8. 3 絶縁油への混入の可能性

(1) ユーザーからの連絡ならびにサンプル調査の検出事例から、次の4点が推測できます。

- ① A時期における検出事例は、機器メーカーがPCBを使用する以前に機器の製造に使用した絶縁油(新油)、あるいは納入後における保守・メンテナンス時に使用した絶縁油(新油もしくは再生油)に、微量PCBが混入していた可能性を示しています。
- ② PCBの製造・使用が禁止されたC時期における検出事例は、新油および再生油に微量PCBが混入していた可能性を示しています。
- ③ 1990年には再生油の生産が中止され、以後新油のみを購入して使用しており、1990年以降絶縁油メーカーおよび機器メーカーでPCB分析をおこなうなど管理強化をおこないました。また、D時期の検出事例は断続的で激減しています。
したがって、1989年以前の新油および再生油に微量PCBが混入していた可能性が高く、これらの絶縁油を電気機器の製造や納入後における保守・メンテナンス時に使用したことが原因ではないかと考えられます。
- ④ 絶縁油に微量PCBが混入していたと考えられる事例
機器メーカー、あるいはユーザーが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る事例が表8-1のとおりありました。

【表8-1 主な微量PCB混入事例】

No.	事 例	検出された 絶縁油	台 数	判断理由
1	PCB使用機器を全く生産していない工場で生産された電気機器から検出された。	・新油 ・再生油	59台	工場にPCBは、全く存在しない。
2	PCB使用中止以降に生産された電気機器から検出された。	・新油 ・再生油	891台	1973 年以降PCB使用を中止した。
①	PCB使用中止以降に生産された密封構造の電気機器から検出された。(変圧器、リアクトル、コンデンサー)	・新油	58台 (891台の内数)	出荷後、絶縁油の入れ替えなど保守が全くおこなわれていない。
②	PCB使用機器の生産中止後、絶縁油メーカーから直接現地に直送し、現地で注油した電気機器から検出された。	・新油	129台 (891台の内数)	絶縁油メーカーからの直送による現地注油

注:「新油」「再生油」は、製造時に充填した絶縁油を示す

(2) 絶縁油メーカーの調査で明らかになった事項から、次の3点が推測できます。

- ① 再生油を製造していたメーカーは、一部を除き再生原料(元油)の受入れ時および製品出荷時にPCB分析を実施していなかったことから、再生油へのPCB混入の可能性を否定できません。
- ② 新油および再生油を並行生産していた絶縁油メーカーで、生産ラインを一部共用していたメーカーがあったことから、再生油そのものにPCBが混入していたとするならば、新油へのPCB混入の可能性を否定できません。
- ③ 新油メーカーの中には、新油および再生油を並行生産していた絶縁油メーカーの新油を委託・購入し販売していたメーカーがあり、また新油のPCB分析がおこなわれていなかったことから、これらの新油メーカーが販売していた新油へのPCB混入の可能性を否定できません。

(3) B時期とC時期におけるPCB混入の可能性(添付資料8参照)

- ① B時期は、PCBの有害性について認識されていなかったため、その製造・使用が広くおこなわれており、絶縁油(新油、再生原料(元油))およびPCBを取り扱っていた過程において、再生油および新油にPCBが混入した可能性があります。
- ② C時期は、再生原料(元油)にはPCBが含まれていないものとして、再生利用されていたため、仮に再生原料にPCBが含まれていた場合、再生利用の際に再生油へのPCBの混入が拡大した可能性があります。

以上より、絶縁油のライフサイクル(原料調達(再生油に限る)、製造、輸送の工程を含む)上で微量PCB混入の可能性が考えられ、機器メーカーおよびユーザーが絶縁油(新油と再生油)を購入した段階で既に絶縁油そのものに微量PCBが混入していた可能性を否定できません。

9. まとめと今後の対応

9.1 調査結果のまとめ

(1) 1989年以前に製造した機器について

第8章で微量PCB混入要因の検討結果について述べましたように、今回の調査の結果から、絶縁油メーカー18社中14社、ならびに鶴見油脂(株)の絶縁油を使用した機器から検出事例があり、機器メーカー26社中19社から微量PCB検出事例があること、8.3(1)④で絶縁油に微量PCBが混入していたと考えられる事例があることから、「8.3 絶縁油への混入の可能性」は、「8.1 機器メーカーにおける混入の可能性」および「8.2 納入後の機器における混入の可能性」に比べ高いと推察します。

しかしながら、絶縁油のライフサイクル上のどの段階で微量PCBが混入したかについては、①絶縁油メーカーによる原料調達時(再生油に限る)並びに出荷時、②機器メーカーによる絶縁油調達時並びに電気機器の出荷時、③納入後の現地作業時のいずれにおいてもPCB分析が実施されていないこと、さらに機器メーカーが微量PCBの検出された電気機器製造時に使用した絶縁油の絶縁油メーカーが多岐にわたっており、これらに係る当時の記録も少なく、膨大な数の各ユーザーでの保守履歴も十分に把握できないことから、エビデンスにもとづく特定はできませんでした。

また1972年以前はPCBの有害性について認識されていなかったため、その製造・使用が広くおこなわれており、絶縁油(新油、再生原料(元油))およびPCBを取り扱っていた過程において、再生油および新油にPCBが混入した可能性があります。その後も1990年までは、再生原料(元油)にはPCBが含まれていないものとして、再生利用されていたため、仮に再生原料にPCBが含まれていた場合、再生利用の際に再生油へのPCBの混入が拡大した可能性があります。

機器メーカーとして可能な限りの調査を実施してきましたが、これ以上の原因解明と重電機器の種類、製造年、メーカー名、製造工場、型式、製造時に使用した絶縁油のルート等による汚染範囲の特定は困難です。

なお、残りの7社については、7月末時点で、ユーザーからの検出事例の連絡がないこと、変圧器メーカー2社については自ら調査した範囲では検出事例が出なかったこと、コンデンサメーカー5社については密封型機器のこともあり適切なサンプルを入手できなかったことから、微量PCB混入は確認できませんでしたが、この7社が使用した絶縁油は、他の機器メーカーで検出事例が出ている絶縁油と同じ絶縁油メーカーから購入しているなどから、検出事例のあった19社と同様、1989年以前は微量PCBの混入可能性は否定できないとの見解です。

(2) 1990年以降に製造した機器について

1990年以降、再生油の生産が中止され、機器メーカーは新油のみを使用していること、および絶縁油メーカーは絶縁油出荷時にPCB分析を実施していること、並びに機器メーカーとして①絶縁油メーカーより“PCB不含証明書”を入手していること、②絶縁油の受け入れ時または製品の出荷時、あるいは受け入れ時と出荷時の両方でPCBの分析を実施していること等、絶縁油に対する品質管理が強化されたことから、機器メーカーの製品出荷時における微量PCBの混入はないと判断します。

なお、ユーザーから連絡のあった検出事例において1990年以降に若干の検出事例がありますが、これは再生油の使用を止めた過渡期に、微量PCB混入の可能性を否定できない1989年以前の絶縁油が流通過程で残っていたものと思われます。

今回の調査を実施する中で、絶縁油中のPCB分析を分析機関でおこなった際の分析方法がいろいろありました。今後、微量PCBの円滑な処理を推進していくためにも、統一されたPCB分析方法で、かつ短時間に簡便で安価に分析できる方法の実現が必要と思われます。

9. 2 今後の対応

(1) 絶縁油の管理

今後製造する機器については、1990年以降実施している絶縁油管理 ①絶縁油メーカーより“PCB不含証明書”を入手、②機器メーカーとして、絶縁油の受け入れ時または製品の出荷時、あるいは受け入れ時と出荷時の両方でPCB分析の実施を継続することにより、微量PCB混入が発生せぬよう努めます。

(2) PCB処理等に関連する技術協力

当工業会としては、今後ユーザーの設備廃却が進むにつれてPCB処理対象機器が増加することが想定されることから、今後、微量PCB混入問題は大きな社会的問題に発展していくとの認識にたち、引き続き微量PCB混入事例の把握に努めるとともに、微量PCB混入機器の処理に向けた国の機関での検討(機器メーカーとして貢献可能な技術的課題、例えば処理技術、処理方法等の検討)に積極的に協力していきます。

また、PCBの簡易分析法の早期開発に対する協力もおこなっていきます。

(3) ユーザー窓口体制の継続と個別対応

微量PCB混入機器に関する情報の公開とユーザーへの対応が重要となることから、現在機器メーカーが設けている「お客様対応窓口体制」の継続とユーザーへの情報公開をホームページへの記載等と合わせて実施するとともに、修理・点検・絶縁油の交換などのメンテナンス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おこなっていきます。

(4) 保守・メンテナンス等に関連する技術情報の提供

さらに、保守・メンテナンス時の電気機器等の取り扱いについての情報の提供、微量PCB混入機器に関する技術情報の提供、PCB分析機関の情報の提供もおこないます。

以 上