

低濃度 PCB 汚染物に関する 原因究明調査報告書（案）

平成 1 7 年 5 月

**低濃度 PCB 汚染物対策検討委員会
原因究明ワーキンググループ**

概 要 版

1. はじめに

平成 12 年 7 月、(社) 日本電機工業会 (以下「J E M A」という) 会員企業の 3 社に対して、ユーザーからポリ塩化ビフェニル (以下「P C B」という) を使用していないとする変圧器に充填された電気絶縁油から微量の P C B が検出された旨の連絡があった。これを受け J E M A では、会員企業に対して過去における P C B 検出事例の有無の確認、電気機器の製造工程及び当該機器に使用した電気絶縁油について調査した結果、6 社が製造した一部の電気機器には P C B 不含見解の得られない再生電気絶縁油 (以下、「再生絶縁油」という) が使用されており、微量 P C B 混入の可能性が否定できないことが判明したため、この調査結果を平成 14 年 7 月に経済産業省及び環境省に対して「微量 P C B 検出にかかる調査について」として報告した。

この報告に対し、環境大臣及び経済産業省製造産業局長は、平成 14 年 7 月 12 日付け通達により、J E M A 及び微量の P C B 検出事例等があった 10 社に対して、① P C B 含有の判別を行う調査、② 原因の解明、③ 関連ユーザーへの情報提供等の指示をしたことから、J E M A では電気機器を製造する会員企業 26 社で構成する「微量 P C B 検出変圧器等対策検討委員会」を設置し、電気絶縁油及び P C B の使用状況を調査するほか、電気絶縁油メーカーの協力を得て微量 P C B 混入原因の解明調査を実施し、平成 15 年 11 月に「変圧器等への微量 P C B の混入可能性に関する調査結果について」(以下「J E M A 報告書」という) として、経済産業省及び環境省に報告した。

J E M A 報告書における調査は、主として電気機器メーカーにおける使用電気絶縁油の状況、P C B 不含確認状況、電気絶縁油入り電気機器の種類と生産台数、製造工程での人的要因も含めた混入の可能性調査、電気機器に使用した部品・材料等の調査、微量 P C B 検出事例のあった機器メーカーが自社の製造機器に対して新たに充填されている電気絶縁油の P C B を分析したサンプル調査、ユーザーからの検出事例連絡を基にした調査、並びに電気絶縁油メーカーの原料調達・精油工程・輸送から機器メーカーの製造工程等を経て納入後の機器における混入の可能性まで広範囲に実施されたものの、電気絶縁油のライフサイクル上のどの段階で微量 P C B が混入したかについての原因解明と汚染範囲の特定には至らなかった。

経済産業省及び環境省は、J E M A 報告書による電気絶縁油中の低濃度 P C B は変圧器等電気機器内部に密閉された状態にあり、直ちに生活環境への影響が懸念されるものではないが、このような低濃度 P C B 汚染電気絶縁油が充填している変圧器等電気機器については、その実態を踏まえ P C B 廃棄物として確実かつ適正に対応する必要があると判断し、電気絶縁油のライフサイクルに係わる全ての関係者の協力を得て追加調査を行い、原因究明を図るとともに、低濃度 P C B 汚染電気機器に対する特定や対応の基本的方向を検討するために、共同して平成 15 年 12 月 26 日、専門家 8 名からなる「低濃度 P C B 汚染物対策検討委員会」(委員長：永田勝

也 早稲田大学理工学部機械工学科教授)を設置した。

また、同委員会のもとで関係業界等の協力を得て汚染原因究明に係わる情報の収集、整理等を行うために、「原因究明ワーキンググループ」(主査：宮崎 章 産業技術総合研究所つくばセンター西事業所管理監、副主査：酒井 伸一 国立環境研究所循環型社会形成推進・廃棄物研究センター長)を平成16年2月9日に設置した。

なお、調査を進める過程の平成16年2月には、電気絶縁油を用いる地中送電線として設置されているOFケーブルの電気絶縁油からも低濃度のPCBが検出され、明確な混入原因が究明できなかったとする内容の報告「OFケーブル設備からの微量PCB検出とその対応について」(以下「OFケーブル報告書」という)が電線メーカー9社から経済産業省に対して行われたため、OFケーブル中の電気絶縁油の低濃度PCB混入原因についても併せて調査を進めることとした。

本報告書は、以上のような経緯に基づく、原因究明ワーキンググループによる電気機器に使用されている電気絶縁油への低濃度PCB混入の原因究明に関する調査報告書である。

2. 調査の目的及び調査概要

2.1 原因究明調査の目的

JEMA報告書及びOFケーブル報告書の検証並びに変圧器等及びOFケーブルに係わる電気絶縁油のライフサイクル関係者に対する調査等により、変圧器等及びOFケーブルに使用されている電気絶縁油の低濃度PCB汚染の原因究明を行うとともに、変圧器等及びOFケーブルに使用されている電気絶縁油の低濃度PCB汚染範囲の特定やその処理に必要な基礎的情報を収集することを目的とした。

2.2 各調査項目及び調査概要

原因究明調査は、JEMA報告書及びOFケーブル報告書並びにそれらの関連データ等を基礎資料として活用するとともに、委員、専門委員の共有情報として調査の背景となる調査前提についても事前に極力収集、整理した上で、電気絶縁油のライフサイクルの観点で調査が不十分であったとされる内容を中心に、電気絶縁油のライフサイクルに係わる関係業界等の協力を得て、アンケート及びアンケートに基づく現地ヒアリングを実施した。併せて、変圧器等及びOFケーブルに使用されている電気絶縁油のPCB分析情報を収集し、整理・解析した。

また、調査を進める中で低濃度PCBの検出事例は複数の混入原因が想定され、原因の特定には困難を極めたことから、想定される混入原因が少ない検出事例を抽出し、その対象機器の混入原因を究明する追跡調査を実施した。また、同じく調査を進める中で一部の電気絶縁油メーカーにおいてPCB規制以前にPCB

添加潤滑油の製造が行われていたことが判明し、潤滑油の製造及びリサイクルの工程で電気絶縁油等へのPCB混入の可能性が懸念されることとなった。このため、経済産業省では、電気絶縁油メーカーを対象にPCBを含有した電気絶縁油以外の潤滑油等の製造・再生状況等におけるPCB管理状況等及びPCBメーカーを対象にPCBの当時の販売先、製品特性と使用用途、出荷荷姿、回収等についてアンケート調査を実施した。

なお、原因究明を行うに当たっては、国内でPCBが製造されていなかった1953年以前、PCBが優れた特性と安定した品質を有することから国内で製造され、電気絶縁油として使用され、取扱い者に有害性の認識がなかった1954～1972年、カネミ油症事件（1968年）をきっかけにPCBの有害性が明らかになり製造が中止となった1973年以降、再生絶縁油の使用が中止となった1990年以降とそれぞれの年代におけるPCBに関する取扱い者の認識や実態を踏まえて、原因究明調査を通して得たデータ及び資料等を整理・解析することにより原因究明結果としての原因者特定、汚染機器種類の特定、製造年代の特定等を行うことを試みた。

原因究明調査で実施した調査及びデータ収集は以下のとおりである。

（１）原因究明アンケート

- ① 電気絶縁油メーカーアンケート（18社）
- ② 合成電気絶縁油メーカーアンケート（10社）
- ③ 電気機器メーカーアンケート（19社）
- ④ 機器ユーザーアンケート（44社）

（２）経済産業省アンケート

- ① PCB含有製品メーカー及び潤滑油等の再生事業メーカーアンケート（18社）
- ② PCBメーカーアンケート（2社）

（３）現地ヒアリング

- ① 電気絶縁油メーカーヒアリング（6社）
- ② 電気機器メーカーヒアリング（6社）
- ③ OFケーブルメーカーヒアリング（1社）

（４）低濃度PCB混入原因が限定される検出事例における混入原因の追跡調査

（５）検出事例・NDデータ収集

（６）検出事例サンプル再分析

（７）同族体分析データ収集

３．原因究明調査の結果と考察

3.1 検出及びNDデータの整理結果

１）製造年代及び機種別の整理

全データ（24,028 件）について、製造年代別の検出・ND データ数及び検出率を図 3.1-1 に示す。

全データにおける 1972 年以前（PCB、新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期）製造機器の検出率は 58.1%、1973～1989 年（新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期）製造機器は 24.4%、1990 年以降（新油絶縁油使用時期）製造機器は 1.8%であり、再生絶縁油の使用が中止となった（新油絶縁油のみ）1990 年以降の製造機器の検出率は著しく低下した。

また、国内で PCB の製造が開始された 1954 年以降について製造年代毎の検出率を単年度毎に見ると、1958 年の約 75% をピークとして減少傾向にあり、PCB の使用が禁止された 1972 年から 1973 年にかけて、検出率が 51% から 36% に、再生絶縁油の使用が中止となった 1989 年から 1990 年にかけて、検出率が 23% から 5% になり、他の年代と比較して 1 年間で検出率が著しく減少した。

この 1989 年から 1990 年にかけて検出率が著しく減少したのは、1990 年以降は再生絶縁油の使用が中止されたことにより、ライフサイクル関係者の間で再生絶縁油の流通が激減したことが主な理由として挙げられる。仮に PCB 検出事例全体の主な混入原因が電気絶縁油の交換・注ぎ足し及びメンテナンス等によるものであるとすると、1989 年以前に製造された多くの機器についても電気絶縁油の交換・注ぎ足し及びメンテナンス時には 1990 年以降に購入した電気絶縁油（PCB に汚染されていない新油絶縁油）を使用していることから、再生絶縁油が中止となった年代を境に検出率が著しく減少することはない。従って、PCB 検出事例の主要因は電気絶縁油の交換・注ぎ足し及びメンテナンス等によるものではない。

機種別に見ると、変圧器、パルス変調器、直流高圧発生器、誘導電圧調整器、コンデンサ、計器用変成器、リアクトル、放電コイル、油遮断器、油入開閉器、空気遮断器用分圧コンデンサ、整流器、ブッシングと非常に多くの機器で検出事例が認められ、コンデンサのように機器ユーザーが使用中に電気絶縁油の交換等のメンテナンスをしない封じきり機器にも検出事例があった。

機種毎の全年代の調査事例数が 500 を超える変圧器、誘導電圧調整器、コンデンサ、計器用変成器、リアクトル、油遮断器について、調査事例数に差異があるものの、1990 年以降製造機器における調査事例があり、検出事例がなかったのが、コンデンサ、リアクトルであった。

コンデンサは前述のとおり、機器ユーザーが使用中に電気絶縁油の交換及びメンテナンスをしない封じきり機器であることから、コンデンサのPCB検出状況は電気機器メーカーでの出荷時に充填された電気絶縁油のPCB汚染状況を示している。従って、コンデンサについて1990年以降機器に検出事例がなく、他の電気機器において検出事例があることから、1990年以降製造機器についての検出事例については、電気絶縁油交換及びメンテナンス時に使用された電気絶縁油やタンク等にPCBが混入していた可能性がある。なお、電気機器メーカーにおける現地ヒアリングによって、1990年以降製造機器の一部の検出事例については、電気機器メーカー1社において1989年以前に購入した新油絶縁油に微量PCBが混入しており、これを機器に封入したために検出されたと推定される検出事例のあることが確認されている。

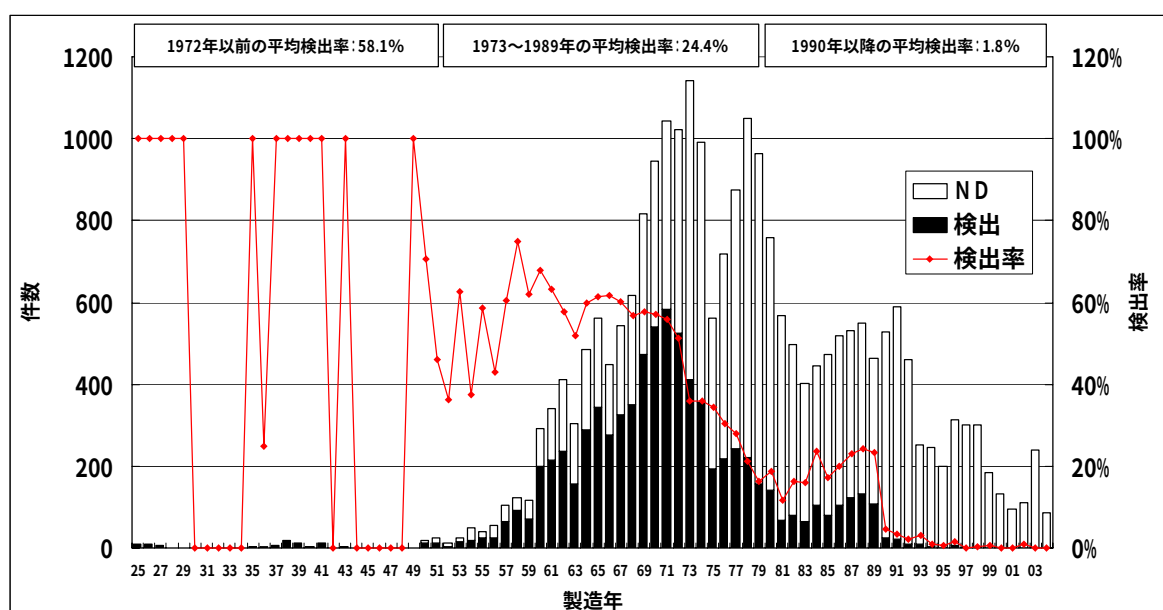


図 3.1-1 全データ (24,028 件) における製造年代別の検出・ND データ数及び検出率

2) 製造年代別の濃度分布整理

全データ (24,028 件) を対象として、製造年代毎の平均 PCB 検出濃度分布を図 3.1-2 に示す。

全データにおける平均 PCB 検出濃度について、1972 年以前 (PCB、新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期) 製造機器は 17.3ppm、1973～1989 年 (新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期) 製造機器は 7.4ppm、1990 年以降 (新油絶縁油使用時期) 製造機器は 1.5ppm であり、再生絶縁油が使用中止となった 1990 年以降の PCB 検出濃度は減少した。

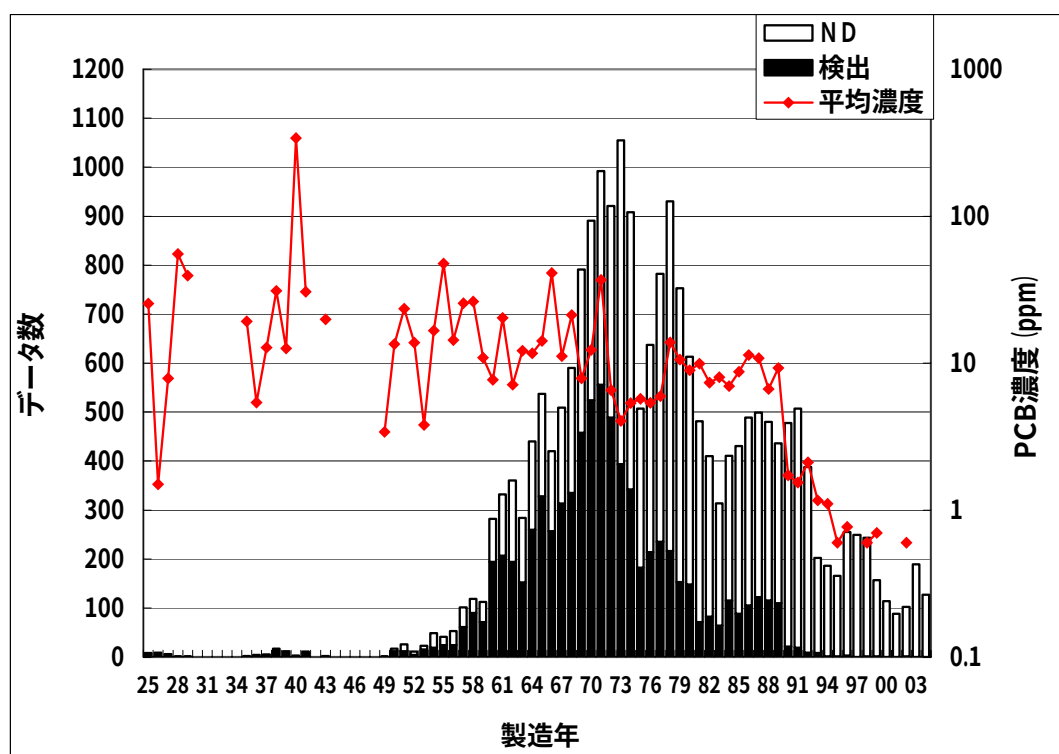


図 3.1-2 全データ (24,028 件) における製造年代別の P C B 濃度分布

3) 検出濃度別の検出台数の整理

検出事例を P C B 濃度別に整理した結果を表 3.1-1 及び図 3.1-3 に示す。検出事例は、全体に対して、50ppm 以下が 97.2%、20ppm 以下が 87.4%、10ppm 以下が 76.6%、5 ppm 以下が 65.0%、2 ppm 以下が 44.6%、1 ppm 以下が 23.4%を占めていた。また、100ppm 超～1000ppm 以下は 1.3%、1000ppm 超は 0.1%であった。

表 3.1-1 検出事例の濃度別分布

濃度区分 (ppm)	0.5< ～1	1.0< ～2.0	2.0< ～5.0	5.0< ～10	10< ～20	20< ～30	30< ～40	40< ～50	50< ～60	60< ～70	70< ～80	80< ～90	90< ～100	100< ～1000	1000<	合計
検出 台数	1831	1654	1591	912	846	457	218	92	52	29	12	9	6	100	8	7817
構成比 (%)	23.4	21.2	20.4	11.7	10.8	5.8	2.8	1.2	0.7	0.4	0.2	0.1	0.1	1.3	0.1	100
台数累積 割合 (%)	23.4	44.6	65.0	76.6	87.4	93.3	96.1	97.2	97.9	98.3	98.4	98.5	98.6	99.9	100	-

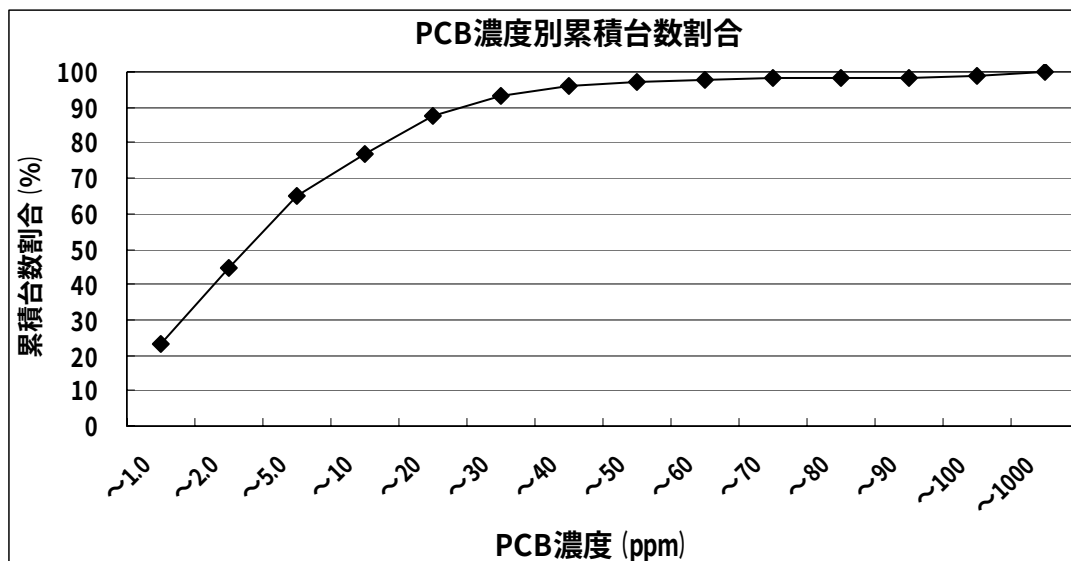


図 3.1-3 検出事例濃度別の累積台数割合

3.2 同族体分析データ解析

360 件の低濃度 P C B 汚染電気機器における電気絶縁油中の P C B 同族体分析結果を製造年代時期別に整理した。

P C B、新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期である 1954～1972 年と新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期である 1973～1989 年に製造された低濃度 P C B 汚染電気機器における電気絶縁油中の P C B 同族体分布を比較したところ、何れの時期にも 3 塩素化、5 塩素化及び 6 塩素化にピークがあった。

また、1954 年～1972 年には 4 塩素化及び 7 塩素化のピークがあったが、1973 年～1989 年にはなかった。

機種別では、何れの機種にも本来使用されていた P C B 油種のみ同族体分布ではなく（例えば変圧器では KC-500 のみの分布とはならずコンデンサ等で使用された KC-300 の分布と重なっている）、変圧器、コンデンサ、熱媒体等多様な用途に使用された P C B が混合あるいは混在した分布を示していた。

濃度別では、何れの濃度群においても変圧器、コンデンサ、熱媒体等多様な用途に使用された P C B が混合あるいは混在された同族体分布となっており、濃度の違いによって特徴的な差異は認められなかった。

3.3 原因究明について

アンケート調査、現地ヒアリング等によって確認された P C B の絶縁油への主な混入原因は以下のとおりである。

なお、1989 年（平成元年）、柱上変圧器の再生絶縁油の一部に P C B 混入が認められたことから通商産業省（当時）が全国石油工業協同組合等に対して廃

油の再生事業におけるPCB不使用と不含確認による汚染防止を通知した以前においては、ほとんどの関係者が電気絶縁油中のPCB分析を行っておらず、また当時の製造、流通等関係資料も少ないことが明らかとなった。これらの情報の欠落を補完するため一部は当時の関係者への聞き取りや主として関係団体を通じて各企業の協力のもとでのアンケート調査等も行ったが関係者が多岐にわたっているため、原因究明には困難をともなった。以下の内容は現時点において可能な限りの範囲においての調査結果に基づいて取りまとめたものである。

- 1) PCBの製造が中止された1972年以前にはPCBは各方面で広く使用されており、その有害性は認識されていなかったため、既にあった再生絶縁油の回収ルートによって使用済み絶縁油の抜油・回収過程で一部PCBが誤って混合回収され、再生絶縁油原料にPCBが混入した可能性があり、また機器組立等の作業上の不注意に起因してPCBが誤って新油絶縁油、再生絶縁油、合成絶縁油に混入した可能性がある。
- 2) 1973年以降はPCBの使用が制限され、その有害性は各方面で認識されたが、使用済み絶縁油の抜油・回収過程で一部PCB使用機器と認識出来なかった機器からPCBが誤って混合回収され、1989年の再生絶縁油が使用されなくなるまでの間、再生絶縁油の回収ルートによって再生絶縁油原料にPCBが混入した可能性があり、また1975年（昭和50年）に一部潤滑油中にPCBが混入していた疑いから通商産業省（当時）から全国石油工業協同組合等に対して廃油再生事業におけるPCB不含確認による汚染防止について通知が発出されたが、廃油再生事業を行う事業場内でPCBを取り扱っていないことから対象外と認識した事業場があったこと、また当時一般に認知されていたPCB分析方法がなかったとは言え原料受入時にPCB有無について代替分析確認等実施されていなかった事業場があったこと等から、再生絶縁油への汚染が拡大（PCB混入を含む）した可能性がある。
- 3) 再生絶縁油事業は1941年から行われ、1955年には日本工業規格C2320（電気絶縁油）に再生絶縁油の概念が盛り込まれたが、機器メーカーにおいては、再生絶縁油を使用したのは1968年からとの認識がある。このため、機器メーカーおよびOFケーブルメーカーは、この年次以前に製造された再生絶縁油について日本工業規格を満たせば新油絶縁油と区分しておらず、PCBの混入については全く念頭になかった可能性があり、一方再生絶縁油メーカーは再生絶縁油と新油絶縁油についての認識はあったとは言え、再生絶縁油へのPCB混入については全く念頭になかった可能性があり、そのため機器メーカーおよびOFケーブルメーカーにおいては受入タンク等の区分がなく、再生絶縁油メーカーにおいては新油

絶縁油と再生絶縁油のライン共用や製品タンクの共用があったことから P C B が混入した再生絶縁油から新油絶縁油等へ汚染が拡大した可能性がある。

- 4) P C B が使用制限された 1973 年から再生絶縁油の使用がなくなった 1989 年までの間、再生絶縁油を製造する業界の一部では原料となる使用済み絶縁油に P C B が混入していないとの認識であったため分析等で不含確認しないまま使用し、1988 年まで新油絶縁油と再生絶縁油の製造設備を共用しており、また当時、輸送再生絶縁油のローリー洗浄も不十分であった。一方再生絶縁油を使用した機器を製造する業界の一部では J I S 鉱油には P C B が含有されていないという認識があり、1989 年まで新油絶縁油と再生絶縁油を使用する機器製造設備を共用していた。これらのため、再生絶縁油に P C B が含有されていた場合、それぞれの過程において汚染が拡大した可能性がある。

各ライフサイクル別に P C B の混入原因及び P C B の汚染拡大原因について整理すると次のとおりである。

(1) 絶縁油メーカーによる混入・汚染拡大

イ. 油への P C B 混入

- ① 再生絶縁油事業は 1941 年から 1990 年まで行われたことから、当然ながら使用済み絶縁油の回収ルートがあったと考えられる。その間、P C B の使用が禁止されていなかった 1972 年までは、P C B は各方面で広く使用されており、その有害性は認識されていなかったため、使用済み絶縁油の抜油・回収過程で一部の再生絶縁油メーカーにおいて再生用として回収した使用済み絶縁油に P C B が混入した可能性がある。

なお、鉱油成分の新油絶縁油及び再生絶縁油を製造する工程では P C B を使用していないことから、新油絶縁油及び再生絶縁油に P C B そのものが直接混入した可能性はない。

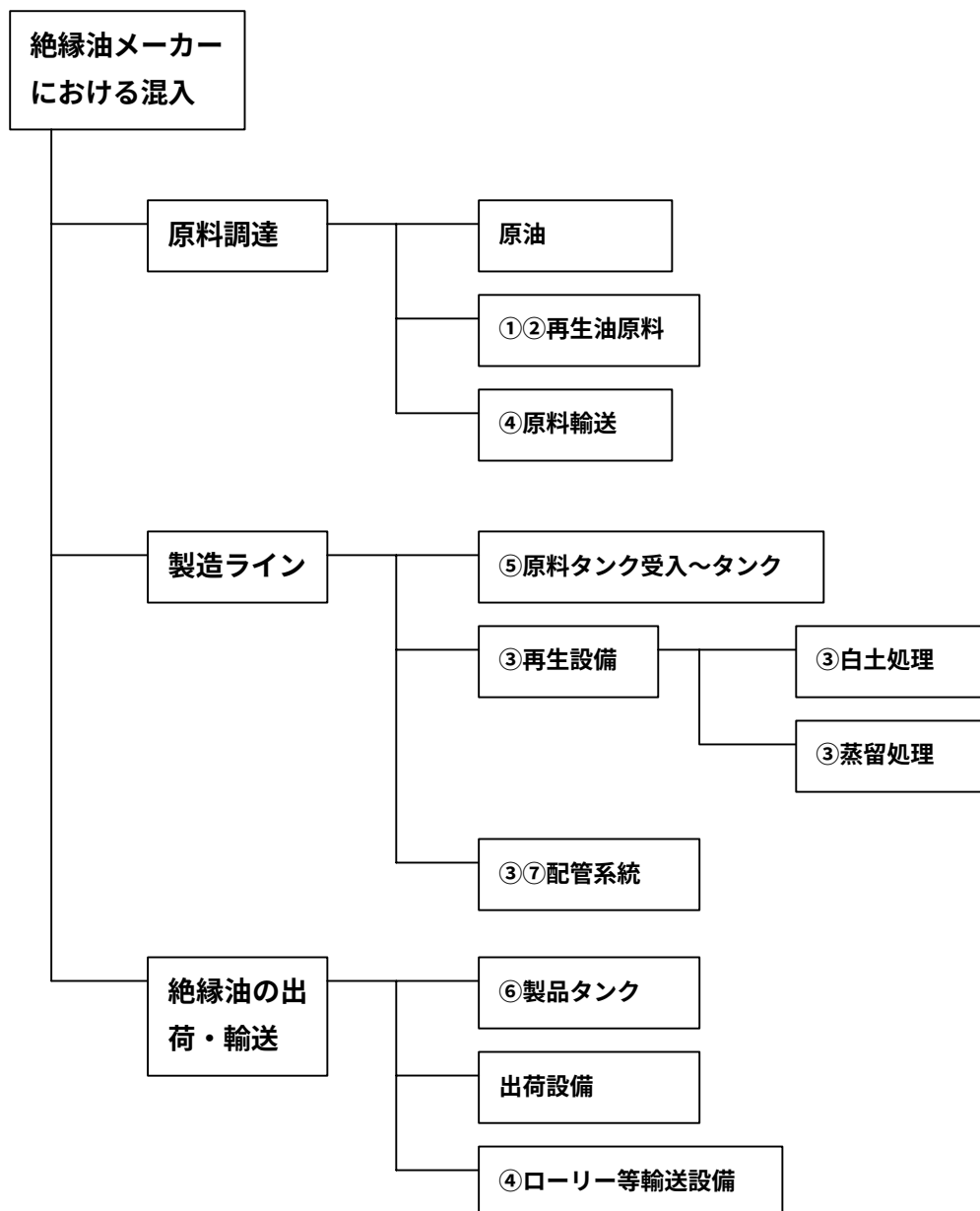
また、一部メーカーでは潤滑油に P C B を添加剤として使用していたが、絶縁油製造ラインが別ラインであるとの現地説明があった。

ロ. P C B 汚染の拡大

- ② 1975 年(昭和 50 年)に通商産業省(当時)から全国石油工業協同組合等に対して廃油の再生事業における P C B による汚染防止について通知が発出されたが、受領した当該メーカーは、過去に絶縁油として P C B を使用しなかったこともあって対象外であると認識していたこと、また、当時一般

に認知されていたP C B分析方法がなかったとは言え原料受入時にP C B有無について代替分析確認等実施されていなかった事業場があったこと、また、大半は受託再生であったが、再生絶縁油メーカーが再生原料へのP C Bの混在を確認しなかったことから、再生絶縁油への汚染が拡大（P C Bの混入を含む）した可能性がある。

- ③ 一部の絶縁油メーカー（1955年～1965年で1社、1966年～1973年で1社、1980年～1988年で1社）では新油絶縁油と再生絶縁油の製造ラインが共有されていたため、仮にP C Bが混入していた場合、再生絶縁油から新油絶縁油へ、汚染が拡大した可能性がある。また、1973年以降に製造された検出事例機器の追跡調査において、機器メーカーには混入の原因がなく、納入された絶縁油に遡って調査したところ、新油絶縁油を納入した当該絶縁油メーカーにおいて新油絶縁油と再生絶縁油の製造ラインを共用していたことが否定出来ないことから当該絶縁油メーカーにおいてP C B汚染の可能性が否定出来なかった事例1件があった。
- ④ 一部の輸送会社あるいは再生絶縁油メーカーでは、再生絶縁油を輸送した後必ずしも洗浄をしていなかったため（6社）、ローリー車に残っていた再生絶縁油等にP C Bが混入していた場合、次に輸送した絶縁油に汚染が拡大した可能性がある。
- ⑤ 再生絶縁油の原料として受け入れた一部の使用済み絶縁油にP C Bが混入していた場合、受け入れタンク内等においてP C Bが混入していない使用済み絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。
- ⑥ 一部の絶縁油メーカーでは新油絶縁油と再生絶縁油の製品貯槽が共用されていた（1955年～1965年まで1社）ため、仮に再生絶縁油にP C Bが混入していた場合、新油絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。
- ⑦ 一部の絶縁油メーカー（1社）では、P C B添加潤滑油（P C B濃度は数パーセント程度）も製造していたが、P C B使用禁止時期以前に添加剤として使用していたことから、当該製品にP C Bが添加されているとの表示をしていなかった。一方、絶縁油等の一部再生事業者（1971年～1986年まで1社）では、再生絶縁油と再生潤滑油の製造ラインが洗浄の上共用されていたが、P C B添加の使用済み潤滑油から再生絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。



注) 図中の①～⑦は本文中の当該項目をいう。

(2) 合成絶縁油メーカーによる混入・汚染拡大

イ. 油へのPCB混入

PCB混入の可能性は確認するに至らなかった。

ロ. PCB汚染の拡大

- ① 再生合成絶縁油メーカー（1社）では、新油絶縁油の製造設備で再生合成絶縁油（2種1号）を製造していたが、新油絶縁油と再生絶縁油の半製品送油ラインが繋がっていた可能性は否定できないとの説明があったことから、仮に再生絶縁油にPCBが混入していた場合、再生合成絶縁油及び再生合成絶縁油の貯蔵タンク等が汚染され再生合成絶縁油へ汚染が拡大した

可能性がある。

- ② 合成絶縁油メーカー（１社）では、再生絶縁油の蒸留製造設備で新油合成絶縁油（２種４号）も製造しており、仮に再生絶縁油にＰＣＢが混入していた場合、新油合成絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。

（３）電気機器メーカーによる混入・汚染拡大

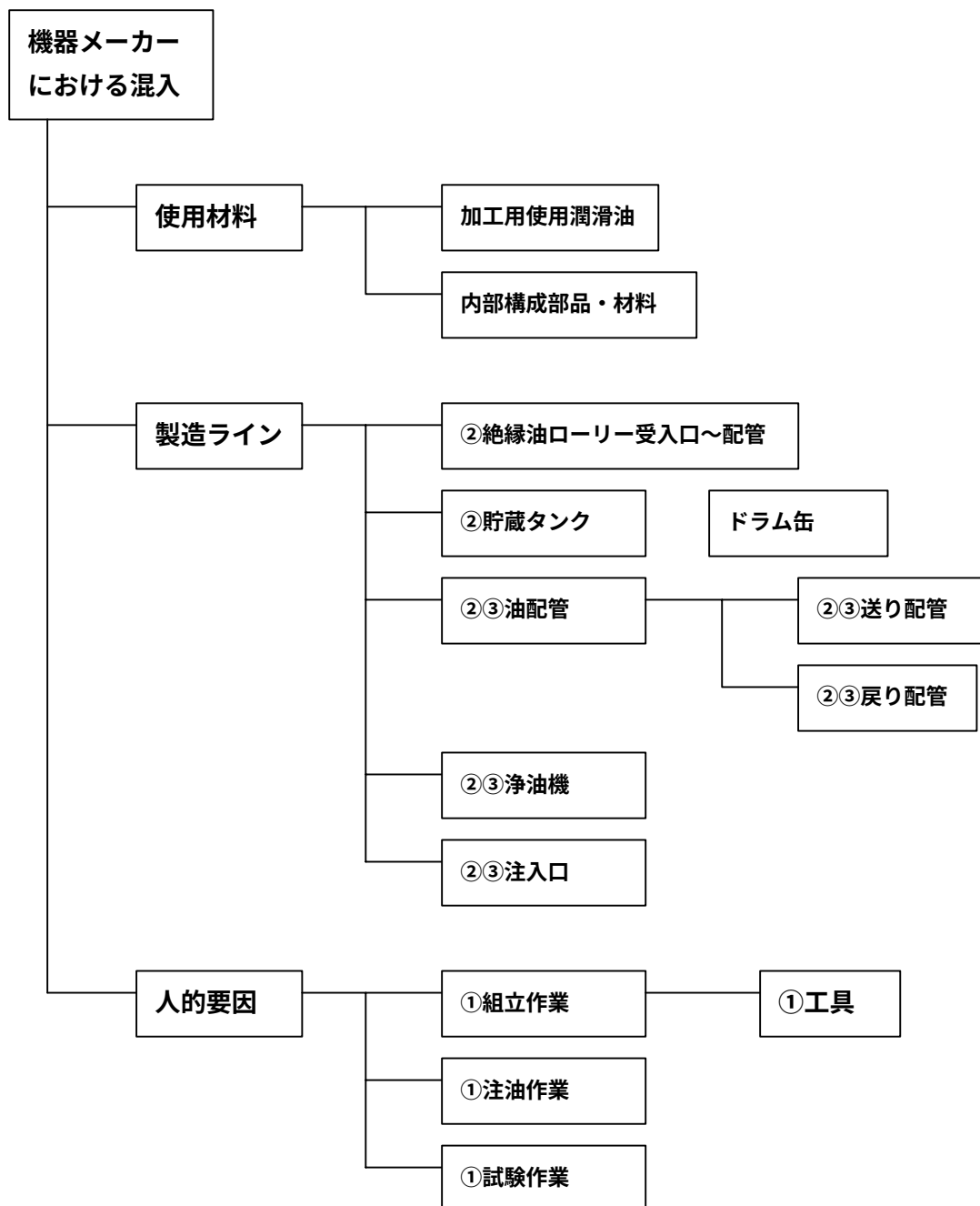
イ．油へのＰＣＢ混入

- ① 1972 年以前にはＰＣＢを使用（26 社中 22 社）しており、その有害性は認識されてなかったため、機器組立、注油、試験作業等の作業上の不注意に起因して新油絶縁油及び再生絶縁油並びに合成絶縁油にＰＣＢが混入した可能性がある。

なお、ＰＣＢと新油絶縁油、ＰＣＢと再生絶縁油の製造ラインは分離されており、ＰＣＢ製造ライン撤去後に合成絶縁油の製造ラインを設置したとＪＥＭＡ報告書で報告されている。

ロ．ＰＣＢ汚染の拡大

- ② 絶縁油メーカーの再生絶縁油製造は 1941 年から行われ、日本工業規格 C 2320（電気絶縁油）に再生絶縁油についての概念が盛り込まれたのは 1955 年である。一方、機器メーカーが再生絶縁油を使用開始したと認識したのは 1968 年であることから、それ以前においては、絶縁油の委託再生を行っていなかった機器メーカーでは再生絶縁油と新油絶縁油の区分認識がなかったと考えられる。このため、再生絶縁油として製造された絶縁油であったとしてもその特性が日本工業規格を満たしていれば新油絶縁油と認識し、受け入れタンクを区分することなく受け入れたと考えられ、再生絶縁油にＰＣＢが混入していた場合、タンクおよび機器製造ラインで新油絶縁油に汚染が拡大した可能性がある。
- ③ ＪＩＳ電気絶縁油にはＰＣＢが混入しているとの認識がないことから、一部の電気機器メーカー（７工場）では 1968 年から 1989 年までの間（1968 年～1969 年 1 社、1974 年～1984 年 1 社、1977 年～1984 年 1 社、1978 年～1988 年 1 社、1978 年～1989 年 1 社、1982 年～1986 年 1 社、1984 年～1989 年 1 社）、新油絶縁油と再生絶縁油使用の機器製造ラインが共有されていたため（油タンクは分離されていた）、再生絶縁油にＰＣＢが混入していた場合、新油絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。



(4) OFケーブルメーカーによる混入・汚染拡大

イ．油へのPCB混入

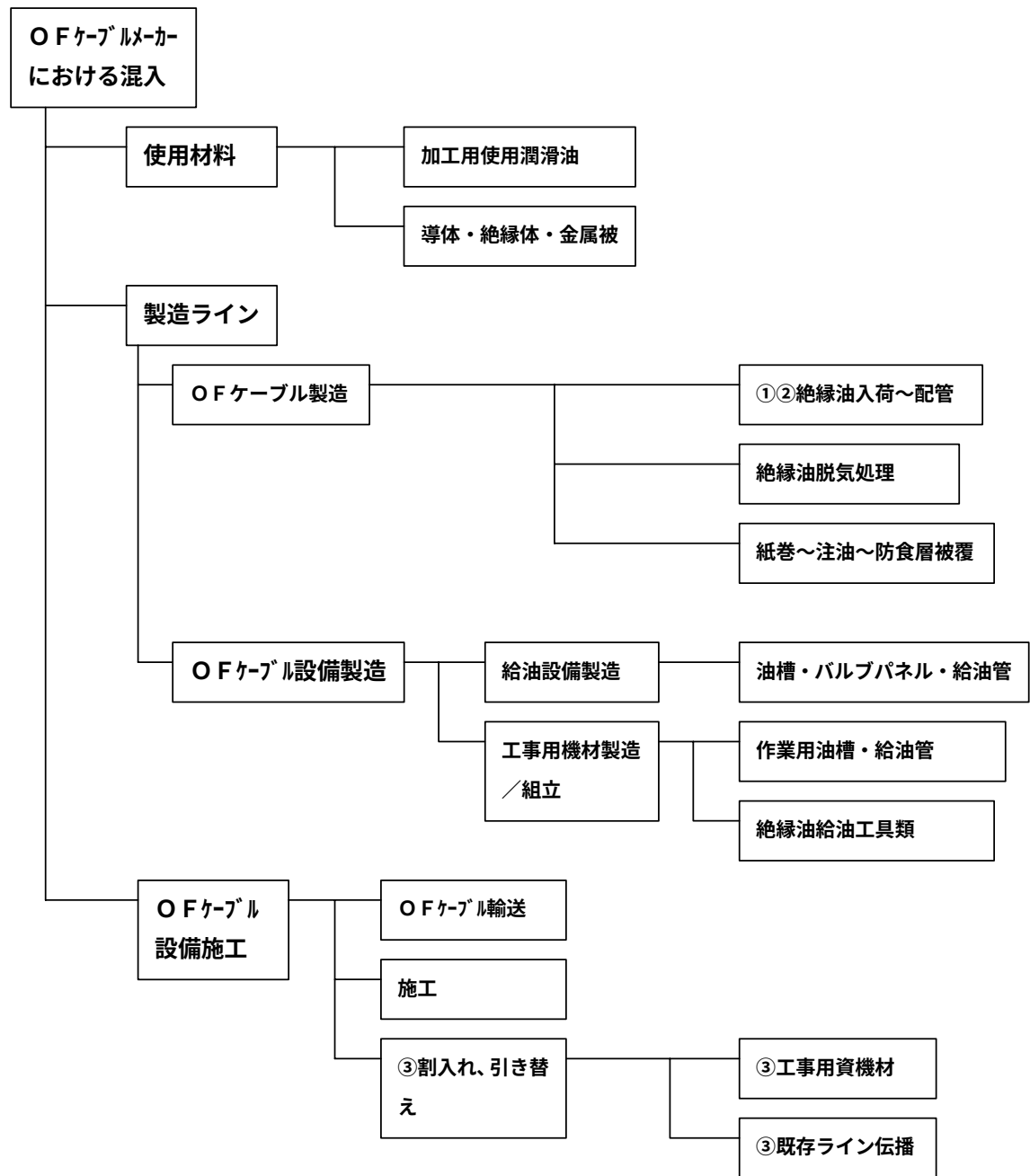
PCB混入の可能性は確認するに至らなかった。

ロ．PCB汚染の拡大

- ① 絶縁油メーカーの再生絶縁油製造は 1941 年から行われ、日本工業規格 C 2320 (電気絶縁油) に再生絶縁油についての概念が盛り込まれたのは 1955 年である。一方、OFケーブルメーカーは全年代で新油絶縁油のみの使用

であったと認識している。このことから、1955 年以前は、再生絶縁油メーカーにおいて再生絶縁油として製造された絶縁油であったとしてもその検査成績値が各社の購入仕様を満たしていれば新油絶縁油と認識し、受け入れたと考えられ、その場合タンクおよび機器製造ラインでPCBが混入した再生絶縁油から新油絶縁油に汚染が拡大した可能性がある。

- ② 1955 年以降 1972 年までの間において、PCBは広く使用されその有害性は認識されておらず、何らかの原因でPCBに汚染された新油絶縁油がOFケーブルメーカーに入荷した場合、その製品性能が各社の購入仕様を満足すれば通常の新油として受け入れたと考えられ、その場合、タンク及び製造ラインにPCBが混入し、汚染が拡大した可能性がある。
- ③ 新油絶縁油がPCBに汚染されていた場合、ケーブル増設による割入れやケーブル引き替えの際に、汚染新油絶縁油に使用された工事用油槽等を通じて他の新油絶縁油に汚染が拡大した可能性がある。また、汚染されていた既設ラインとの接続により汚染が伝播した可能性がある。



(5) 機器ユーザーによる混入・汚染拡大

イ．油へのPCB混入

PCB混入の可能性は確認するに至らなかった。

ロ．PCB汚染の拡大

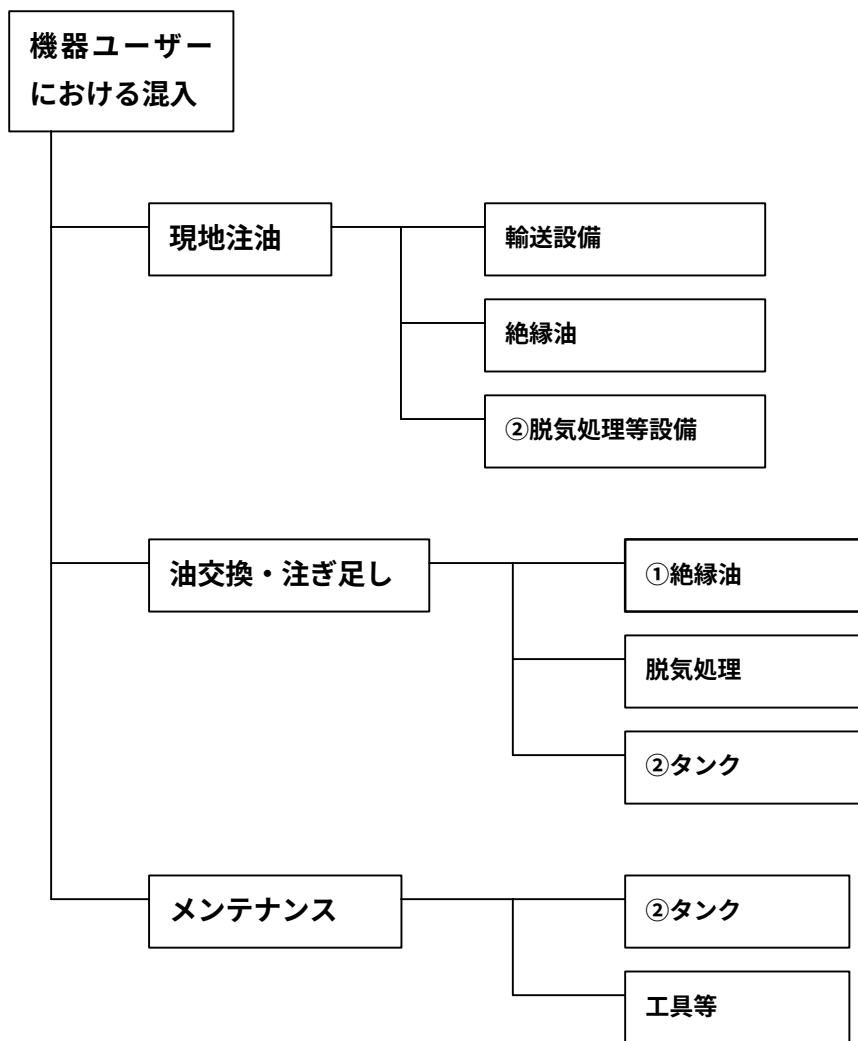
- ① 絶縁油メーカーの再生絶縁油製造は 1941 年から行われていたが、日本工業規格 C 2320 (電気絶縁油) に再生絶縁油についての概念が盛り込まれた

のは 1955 年である。このため 1955 年以前において機器ユーザーでは、委託再生を行っていなかった絶縁油について、日本工業規格を満たしている絶縁油であれば再生絶縁油と新油絶縁油の区分認識がなく受入使用したと考えられる。その場合、封じ切り機器以外の機器に対して注油した再生絶縁油に PCB が混入していれば、結果的に既に充填されていた新油絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。

また 1955 年以降においても、機器ユーザーは絶縁油メーカーから直接購入したり、または電気機器メーカー等に対して絶縁油メーカー・製品名を指定購入してきた。従って封じ切り機器以外の機器に対して結果的に注油した再生絶縁油に PCB が混入していれば既に充填されていた新油絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。

- ② 機器ユーザーでは、一部の機器において電気絶縁油が劣化した場合、電気絶縁油の交換を行い、機器トラブルがある場合、補修作業等を行っている。機器中の新油絶縁油を抜き出し機器をメンテナンスする際、機器ユーザーは J I S を満たしている絶縁油を電気機器メーカー等に対し指定して購入しており、仮に PCB が混入した再生絶縁油を入れたことのあるタンク等を使用したとすれば結果的に新油絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。

なお、電力用コンデンサ等、ユーザーがメンテナンスを行わない封じ切り機器では、ユーザーによる汚染の可能性はない。



(6) 機器廃棄及び廃油回収等における混入・汚染拡大

イ. 油へのPCB混入

- ① PCBが使用禁止になる 1972 年まで、PCBは各方面で広く使用されており、その有害性は認識されていなかったため、PCBを使用した電気機器メーカー、PCB電気機器ユーザー、その他PCB使用メーカー等においては廃棄時に必ずしも廃油種類毎に区分することなく収集保管をし、廃油処理業者または廃油回収業者に委託していたと考えられる。また廃油回収業者においても、特に小口の廃油排出メーカー等からの回収については数カ所の事業所からの混合回収がされたと推定されることから、再生絶縁油メーカーに原料油として販売された使用済み絶縁油には廃棄されたPCBが混入していたことが想定される。
- ② PCBが使用禁止された 1973 年以降においても、使用済みとなったPCB使用電気機器が機器銘板の脱落等PCB入の有無が判別出来なかった理

由により解体業者に廃棄委託したと考えられる。また機器から絶縁油を抜油して廃油回収業者に委託する際、排出メーカー・ユーザーが廃棄する廃油のPCB分析や内容確認のないまま委託したと考えられる。一方、廃油回収業者においても、特に小口の廃油排出メーカー等からの回収については数カ所の事業所からの混合回収がされたと推定されることから、再生絶縁油メーカーに原料油として販売された使用済み絶縁油中に廃棄されたPCBが混入していたことが想定される。

ロ. PCB汚染の拡大

- ③ 機器メーカー、機器ユーザー及び再生絶縁油メーカーにはPCBが混入しているという認識はなかったものの、仮に再生絶縁油にPCBが混入していた場合、PCBが混入した再生絶縁油から新油絶縁油に汚染が拡大した可能性は否定できない。その場合には、機器メーカー及び機器ユーザー等から廃棄された新油絶縁油の使用機器から回収・製造された再生絶縁油にもPCBが混入していたことになり、結果的に1990年までは再生絶縁油メーカーの原料から汚染が拡大した可能性がある。

3.4 汚染範囲の特定について

アンケート調査、現地ヒアリング、検出事例等によって確認された混入原因から、PCBが混入していない絶縁油等は以下のとおりと考えられる。

3.4-1 電気絶縁油の製造年代について

- 1) 再生絶縁油について、PCB国内生産が開始されていない1953年以前に製造された再生絶縁油は、原料としての使用済み絶縁油に廃PCB等が回収・混入されることもないことから混入の可能性はない。
- 2) 新油絶縁油について、PCB国内生産が開始されていない1953年以前に製造された新油絶縁油および再生絶縁油が生産停止された1990年2月以降に製造された新油絶縁油は、製造段階においてPCBが混入する可能性はない。
- 3) 合成絶縁油について、合成絶縁油メーカーが1974年から1990年までの間、再生絶縁油の製造設備と新油合成絶縁油の製造設備を共用しており、また再生絶縁油メーカーは1971年頃から1975年頃までの間、新油絶縁油の製造設備で再生合成絶縁油を製造していたが、新油絶縁油と再生絶縁油の半製品送油ラインが繋がっていた可能性は否定できないとの説明があったことから、仮に再生絶縁油にPCBが混入していた場合、再生合成油の貯蔵タンク等が汚染され再生合成絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。

これら2社の合成絶縁油メーカー以外で輸送においても合成絶縁油専用車で輸送していたメーカーが製造した合成絶縁油にはPCB混入の可能性はない。

3.4-2 電気機器の製造年代について

- 1) P C Bが製造されていなかった 1953 年以前に製造された国内メーカー製の電気機器の新油絶縁油、再生絶縁油に P C Bが混入する可能性はないことから、混入の可能性はない。
- 2) 1990 年以降に製造された機器については、全て新油絶縁油により製造された機器であるが、そのうち 1990 年以前から新油絶縁油（再生絶縁油も製造していたメーカーからの調達を除く）のみを購入していた機器メーカー・事業場の機器には混入の可能性はない。
- 3) 1990 年以前において、再生絶縁油を購入していた機器メーカー・事業場、あるいは再生絶縁油も併産していたメーカーから調達された新油絶縁油を購入していた機器メーカー・事業場において、1990 年時点で新油絶縁油の受入タンクが P C Bに汚染されていた可能性があると想定し、その後の新油絶縁油受入によってタンク内で 0.5ppm 以下に入れ替わると想定される年数を加えた時期以降に製造された機器には混入の可能性はない。
- 4) 1990 年 2 月以降に製造された新油絶縁油を購入し、絶縁油メーカーから直接現地に運搬し、現地注油した機器には混入の可能性はない。

ただし、輸送時における混入の可能性については今後の議論が必要である。また、機器製造後において確実に混入の可能性が否定できるのは封じきり機器であり、封じきり機器以外の機器のその後の油交換やメンテナンスによる混入の可能性については、その確認方法について今後の議論が必要である。

既に述べたように、1990 年以降に製造された機器からの P C B検出事例が著しく減少していることは、上記の事実と整合的である。

なお、現地ヒアリングの結果を受け、現在も使用されている再生潤滑油への P C B混入の可能性についてあらためて経済産業省より潤滑油協会等に確認した結果は以下のとおりである。

一般に潤滑油そのものが使用時に酸化、熱劣化により数年程度の寿命しかなく、繰り返し再生されることが殆どないこと、再生潤滑油そのものは基本的に受託再生であることなどから、仮に過去 P C B添加の潤滑油が一般潤滑油に混入する可能性があったとしても、30 年以上経過した現在、再生潤滑油への P C B混入はないと言える。

低濃度P C B汚染物対策検討委員会・原因究明ワーキンググループ 委員名簿

委員

主査	宮崎 章	産業技術総合研究所 環境管理技術研究部門 計測技術研究グループ テクニカルスタッフ
副主査	酒井伸一	京都大学 環境保全センター教授
	井上 隆	(社)日本経済団体団体連合会 環境・技術本部環境・エネルギーグループ長
	竹内正雄	産業技術総合研究所 エネルギー利用研究部門 燃焼反応制御研究グループ 主任研究員
	平井康宏	国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター 研究員
	浜田康敬	(財)産業廃棄物処理事業振興財団 専務理事

専門委員

	田和健次	石油連盟 技術環境安全部 技術環境安全部グループ長
	島崎敏郎	(社)潤滑油協会 事業部長
	小林昌三	(社)日本電機工業会 PCB 処理検討委員会 原因究明対応WG 主査((株)日立製作所 電力グループ 電機システム事業部 企画本部 業務部 部長)
	亀井英次	電気事業連合会 工務部長
	中西英夫	(社)日本自動車工業会 環境委員会工場環境部会 廃棄物分科会長(本田技研工業(株)四輪生産企画室 グリーンファクトリー推進センター 生産技幹)
	吉田 言	(社)日本鉄鋼連盟 化学物質分科会主査(新日本製鐵(株) 環境部 環境防災技術グループリーダー)
	宮城利久	東日本旅客鉄道(株) 総合企画本部 経営管理部次長
	高山芳郎	(社)日本電線工業会 技術部長

(注) 敬称略、順不同

原因究明調査報告書（案）

目 次

1. はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
2. 調査の目的及び調査概要・・・・・・・・・・・・・・・・	5
2.1 調査の目的	
2.2 調査項目及び調査方法	
3. 調査前提の確認・・・・・・・・・・・・・・・・	7
3.1 これまでのPCB関連行政措置	
3.2 日本工業規格（JIS）C 2320「電気絶縁油」の変遷	
3.3 日本工業規格（JIS）C 2321「不燃性絶縁油」の変遷	
3.4 新油電気絶縁油と再生電気絶縁油の定義	
3.5 電気絶縁油の製造方法	
3.6 電気絶縁油の使用電気機器	
3.7 潤滑油の製造方法	
3.8 検出・不検出事例の収集	
4. アンケート調査と調査結果・・・・・・・・・・・・・・・・	19
4.1 電気絶縁油メーカーアンケート	
4.2 合成電気絶縁油メーカーアンケート	
4.3 電気機器メーカーアンケート	
4.4 機器ユーザーアンケート	
4.5 PCB含有製品メーカー及び潤滑油等の再生事業メーカーアンケート	
4.6 PCBメーカーアンケート	
5. 現地ヒアリング結果・・・・・・・・・・・・・・・・	46
5.1 電気絶縁油メーカー	
5.2 電気機器メーカー	
5.3 OFケーブルメーカー	
6. 低濃度PCB混入原因が限定される検出事例における 混入原因の追跡調査結果・・・・・・・・	69
6.1 選定した検出事例の電気機器メーカー及び OFケーブルメーカーにおけるPCB混入原因の追跡調査	
6.2 選定した検出事例の電気絶縁油メーカーにおける PCB混入原因の追跡調査	
7. 検出事例・NDデータ整理・解析・・・・・・・・	79
7.1 PCB分析データの収集目的とデータの種類	
7.2 各種データの概要	

7.3	検出及び ND データの整理結果	
8.	検出事例の再分析結果	101
8.1	再分析の目的と対象サンプル	
8.2	再分析の分析方法と分析値の評価	
8.3	再分析の結果	
9.	同族体分析データ解析	110
9.1	PCB製品及び各種電気機器における	
	電気絶縁油中の PCB 同族体分布	
9.2	機種別の低濃度 PCB 汚染電気機器における	
	電気絶縁油中の PCB 同族体分布	
9.3	製造年代時期別の低濃度 PCB 汚染電気機器における	
	電気絶縁油中の PCB 同族体分布	
9.4	濃度別の低濃度 PCB 汚染電気機器における	
	電気絶縁油中の PCB 同族体分布	
9.5	電気絶縁油メーカー別の低濃度 PCB 汚染電気機器における	
	電気絶縁油中の PCB 同族体分布	
9.6	電気機器メーカー別及び工場別の低濃度 PCB 汚染電気機器	
	における電気絶縁油中の PCB 同族体分布	
9.7	機器ユーザー別の低濃度 PCB 汚染電気機器における	
	電気絶縁油中の PCB 同族体分布	
9.8	原因究明ワーキンググループで実施した	
	再分析結果における PCB 同族体分布	
10.	原因究明結果と考察	131
10.1	原因究明について	
10.2	汚染範囲の特定について	

1. はじめに

平成 12 年 7 月、(社)日本電機工業会(以下「JEMA」という)会員企業の 3 社に対して、ユーザーからポリ塩化ビフェニル(以下「PCB」という)を使用していないとする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があった。これを受け JEMA では、会員企業に対して過去における PCB 検出事例の有無を確認した結果、6 社が製造した変圧器等で微量の PCB 検出事例が存在することが判明した。さらに JEMA では、電気機器の製造工程及び当該機器に使用した電気絶縁油についても調査した結果、6 社が製造した一部の電気機器には PCB 不含見解の得られない再生電気絶縁油(以下、「再生絶縁油」という)が使用されており、微量 PCB 混入の可能性が否定できないことが判明したため、この調査結果を平成 14 年 7 月に経済産業省及び環境省に対して「微量 PCB 検出にかかる調査について」として報告した。

この報告に対し、環境大臣及び経済産業省製造産業局長は、平成 14 年 7 月 12 日付け通達により、JEMA 及び微量の PCB 検出事例等があった 10 社に対して、① PCB 含有の判別を行う調査、②原因の解明、③関連ユーザーへの情報提供等の指示をしたことから、JEMA では電気機器を製造する会員企業 26 社で構成する「微量 PCB 検出変圧器等対策検討委員会」を設置し、電気絶縁油及び PCB の使用状況を調査するほか、電気機器ユーザー及び経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部長から(社)潤滑油協会を通じて JEMA が実施する調査への協力を要請された電気絶縁油メーカーの協力を得て微量 PCB 混入原因の解明調査を実施し、平成 15 年 11 月に「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」(以下「JEMA 報告書」という)として、経済産業省及び環境省に報告した。

JEMA 報告書における調査は電気機器メーカーにおける使用電気絶縁油の状況、PCB 不含確認状況、電気絶縁油入り電気機器の種類と生産台数、製造工程での混入の可能性、製造工程における人的要因の調査、電気機器に使用した部品・材料等の調査、微量 PCB 検出事例のあった機器メーカーが自社の製造機器に対して新たに充填されている電気絶縁油の PCB を分析したサンプル調査、ユーザーからの検出事例連絡を基にした調査、並びに電気絶縁油メーカーの原料調達・精油工程・輸送から機器メーカーの製造工程等を経て納入後の機器における混入の可能性まで広範囲に実施されたものの、電気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の原因解明と汚染範囲の特定には至らなかった。

経済産業省及び環境省は、JEMA 報告書による電気絶縁油中の低濃度 PCB は変圧器等電気機器内部に密閉された状態にあり、直ちに生活環境への影響が懸念されるものではないが、このような低濃度 PCB 汚染電気絶縁油が充填している変圧器等電気機器(以下、「低濃度 PCB 汚染電気機器」という)については、その実態を踏まえ PCB 廃棄物として確実かつ適正に対応する必要があると判断し、電気絶縁油のライフサイクルに係わる全ての関係者の協力を得て追加調査を行い、原因

究明を図るとともに、低濃度P C B汚染電気機器に対する特定や対応の基本的方向を検討するために、共同して平成15年12月26日、専門家8名からなる「低濃度P C B汚染物対策検討委員会」（委員長：永田勝也 早稲田大学理工学部機械工学科教授）を設置した。

また、同委員会のもとで関係業界等の協力を得て汚染原因究明に係わる情報の収集、整理等を行うために、「原因究明ワーキンググループ」（主査：宮崎 章 産業技術総合研究所つくばセンター西事業所管理監、副主査：酒井 伸一 国立環境研究所循環型社会形成推進・廃棄物研究センター長）を平成16年2月9日に設置した。

なお、調査を進める過程の平成16年2月には、電気絶縁油を用いる地中送電線として設置されているO Fケーブルの電気絶縁油からも低濃度のP C Bが検出され、明確な混入原因が究明できなかったとする内容の報告「O Fケーブル設備からの微量P C B検出とその対応について」（以下「O Fケーブル報告書」という）が電線メーカー9社から経済産業省に対して行われたため、O Fケーブル中の電気絶縁油の低濃度P C B混入原因についても併せて調査を進めることとした。

本報告書は、以上のような経緯に基づく、原因究明ワーキンググループによる電気機器に使用されている電気絶縁油への低濃度P C B混入の原因究明に関する調査報告書である。

原因究明調査は、J E M A報告書及びO Fケーブル報告書を参考とした上で、電気絶縁油のライフサイクルに係わる関係業界等の協力を得てアンケート及びアンケートに基づく現地ヒアリング及び低濃度P C B検出事例における追跡調査を実施するとともに各電気機器の電気絶縁油のP C B分析情報を収集し、これらを通して得たデータ及び資料等を整理・解析することにより原因究明結果としての原因者特定、汚染機器種類の特定、製造年代の特定等を行った。

また、原因究明を行うにあたっては、国内でP C Bが製造されていなかった1953年以前、P C Bが優れた特性と安定した品質を有することから国内で製造され、電気絶縁油として使用され、取扱い者に有害性の認識がなかった1954～1972年、カネミ油症事件（1968年）をきっかけにP C Bの有害性が明らかになり製造が中止となった1973年以降、再生絶縁油の使用が中止となった1990年以降とそれぞれの年代におけるP C Bに関する取扱い者の認識やその取扱いの差異についても明らかにしよう試みた。

なお、調査を進める中で一部の電気絶縁油メーカーにおいてP C B規制以前にP C B添加潤滑油の製造が行われていたことが判明したため、潤滑油メーカーに対する潤滑油の製造・リサイクル等におけるP C B管理状況等について経済産業省が行った調査結果等も含めて報告書となった。

2. 調査の目的及び調査概要

2.1 調査の目的

J E M A 報告書及びO F ケーブル報告書の検証並びに変圧器等及びO F ケーブルに係わる電気絶縁油のライフサイクル関係者に対する調査等により、変圧器等及びO F ケーブルに使用されている電気絶縁油の低濃度P C B 汚染の原因究明を行うとともに、変圧器等及びO F ケーブルに使用されている電気絶縁油の低濃度P C B 汚染範囲の特定やその処理に必要な基礎的情報を収集することを目的とした。

2.2 調査項目及び調査方法

調査に先立ち、J E M A 報告書及びO F ケーブル報告書並びにそれらの関連データ等を基礎資料として活用した。

その上で、電気絶縁油のライフサイクルの観点で調査が不十分であったとされる内容を中心に、電気絶縁油メーカー、電気機器メーカー及び機器ユーザーを対象とするアンケート及びアンケートに基づく現地ヒアリングを実施した。併せて、変圧器等及びO F ケーブルに使用されている電気絶縁油のP C B 分析情報を収集し、整理・解析した。

また、委員、専門委員の共有情報としてその調査の背景となる調査前提（3. の章で述べる）についても事前に極力収集、整理した上で調査を実施した。

なお、平成元年の石油部精製課長通達以前はライフサイクル関係者のほとんどが電気絶縁油中のP C B 分析を実施しておらず、当時の資料も少ないことに加え、P C B の検出事例は複数の汚染原因が想定され、汚染原因の特定には困難を極めたことから、追加的に汚染想定原因が少ない検出事例データを抽出し、その対象機器の混入原因を究明する追跡調査を行った。

同じく調査を進めるなかで一部の電気絶縁油メーカーにおいてP C B 規制以前にP C B 添加潤滑油の製造が行われていたことが判明し、潤滑油の製造及びリサイクルの工程で電気絶縁油等へのP C B 混入の可能性が懸念されることとなった。

このため経済産業省では、P C B を含有した電気絶縁油以外の潤滑油等の製造・再生状況並びに昭和 50 年及び平成元年に通商産業省（当時）が全国石油工業協同組合等に対して発出した廃油の再生処理を行う場合はP C B 等が混在しないことを確認した上で行うこと等を内容とする通知に対する対応状況等について確認する調査を実施した。

さらに、J E M A 報告書提出時点ではP C B が検出されていなかったコンデンサ等に充填された合成電気絶縁油（以下、「合成絶縁油」という）からも低濃度P C B の検出事例が報告されたことから、合成絶縁油メーカーに対してのアンケートも行うこととなった。

原因究明のために実施した調査及びデータ収集は以下のとおりである。

- (1) 原因究明アンケート調査（実施時期：平成 16 年 3 月）
 - イ．電気絶縁油メーカーアンケートー 1
 - ロ．電気絶縁油メーカーアンケートー 2
 - ハ．電気機器メーカーアンケート
 - ニ．機器ユーザーアンケート
- (2) 現地ヒアリング（実施時期：平成 16 年 3～7 月）
 - イ．電気絶縁油メーカーヒアリング
 - ロ．電気機器メーカーヒアリング
 - ハ．OF ケーブルメーカーヒアリング
- (3) 低濃度 PCB 混入原因が限定される検出事例における混入原因の追跡調査（実施時期：平成 16 年 8 月～平成 17 年 1 月）
 - イ．電気機器メーカーにおける PCB 混入原因の追跡調査及び検証ヒアリング
 - ロ．OF ケーブルメーカーにおける PCB 混入原因の追跡調査
 - ハ．電気絶縁油メーカーにおける PCB 混入原因の追跡調査
- (4) 経済産業省アンケート等（実施時期：平成 16 年 8～9 月）
 - イ．PCB 含有製品メーカー及び潤滑油等の再生事業メーカーアンケート
 - ロ．PCB メーカーアンケート
- (5) 合成電気絶縁油アンケート（実施時期：平成 16 年 12 月～）
- (6) 検出事例サンプル再分析（実施時期：平成 16 年 8 月～）
- (7) 検出事例・ND データ収集（実施時期：平成 16 年 9 月～）
- (8) 同族体分析データ収集（実施時期：平成 16 年 8 月）

3. 調査前提の確認

3.1 これまでのPCB関連行政措置

昭和 47 年 3 月、関係団体に対する通商産業省局長通知による PCB 使用電気機器の生産自粛、輸入自粛、使用自粛の要請から始まった PCB 関連の各種行政対応は、新たな事実確認等に対応して、PCB 使用電気機器にとどまらず、PCB、PCB 廃棄物等について所管の官庁から法規制や関係団体等に対する通知等が適時措置されてきた。

また、JEMA 報告書が経済産業省及び環境省へ提出された以降も新たな事実確認等に対応して、適時行政対応が措置されてきた。

主な行政措置は以下のとおりである。

(1) PCB 使用電気機器関係

昭和 47 年 3 月 通商産業省重工業局長 「PCB を使用する機器の生産自粛について」(PCB を使用するトランス、コンデンサ等閉鎖系機器のメーカーに対する生産中止要請)

通商産業省重工業局長・通商局長通知 「PCB 使用機器の輸入自粛について」(PCB を使用する閉鎖系機器の輸入中止要請)

通商産業省公益事業局長通知 「PCB 使用電気機器の使用自粛について」(PCB を使用したトランス、コンデンサ等の使用自粛)

昭和 51 年 10 月 「電気設備に関する技術基準を定める省令」の改正
(PCB 使用電気機械器具の電路への新たな施設禁止)

昭和 51 年 11 月 通商産業省機械情報産業局長による「PCB 使用重電器の使用保管状況監視指導要綱」の策定

平成 13 年 10 月 「電気関係報告規則」の改正
(使用中の PCB 使用電気機器の報告制度の創設)

(2) PCB 関係

昭和 48 年 10 月 「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」の制定
(PCB の製造・使用・輸入の事実上の禁止)

(3) PCB 廃棄物関係

昭和 48 年 8 月 厚生省環境衛生局長、通産省機械情報産業局長通知 「PCB 使用部品を含む廃棄家電製品に関する協力要請について」

昭和 48 年 8 月 厚生省環境衛生局環境整備課長通知 「PCB 使用部品を含む廃棄家電製品の処理について」
(PCB 使用部品の取外し及びメーカー保管等)

- 昭和 50 年 12 月 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令」改正
(PCB を有害物質に指定)
- 昭和 51 年 3 月 厚生省水道環境部整備課長通知 「PCB を含む廃棄物の処理
対策について」(PCB 使用部品を含む廃家電製品、PCB 使用
機器、PCB 入り廃感圧複写紙の処理)
- 昭和 51 年 3 月 環境庁水質保全局長、厚生省水道環境部長
「廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正す
る政令の施行について」
(廃家電製品の処分基準、廃 PCB 等の処分基準)
- 平成 3 年 10 月 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」改正
(特別管理産業廃棄物定義、処理基準、保管基準、管理責
任者等)
- 平成 13 年 6 月 「ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特
別措置法」(PCB 廃棄物の届出)
- (4) 潤滑油、電気絶縁油製造等の PCB 関係
- 昭和 50 年 10 月 通商産業省資源エネルギー庁石油部精製課長から全国石油工
業協同組合等に対する通知 「PCB による汚染防止につい
て」
(①潤滑油、工作油剤等の用途への PCB 使用禁止、②廃油
再生を行う場合は、PCB 等有害物質が混在しないことを
確認)
- 平成元年 11 月 通商産業省資源エネルギー庁石油部精製課長から全国石油工
業協同組合等に対する通知 「PCB による汚染防止につい
て」
(①潤滑油の製造又は廃油の再生処理に当たっては PCB
使用禁止。②現在、廃油の再生処理を行っている場合は、
再生処理工程において PCB が混在しないことを確認。③
廃油の再生処理を行う場合は、PCB が混在しないことを
確認。)
- (5) JEMA 報告書、OF ケーブル報告書関係
- 平成 14 年 7 月 経済産業省原子力安全・保安院通達 「微量の PCB 混入
の可能性が否定できない変圧器等電気機械器具に係る対
応について」
- 平成 14 年 7 月 環境大臣「変圧器等の微量 PCB 検出に関する調査及び情
報提供について」
- 平成 14 年 7 月 環境省廃リ部長 「変圧器等重電機器からの微量の PCB が
検出された事案について」

- 平成 15 年 11 月 経済産業省原子力安全・保安院電力安全課長から関係団体及び電気事業者に対する通知
(平成 14 年 7 月に求めた対応の周知徹底)
- 平成 15 年 11 月 環境省廃リ部長 「変圧器等の微量 PCB 検出に関する情報提供等について」
環境省廃リ部長 「変圧器等重電機器からの微量の PCB が検出された事案について」
- 平成 16 年 2 月 経済産業省原子力安全・保安院長通達「微量の PCB 混入の可能性が否定できない OF ケーブル設備に係る対応について」
- 平成 16 年 2 月 環境省廃リ部長 「重電機器等から微量の PCB が検出された事案について」・「OF ケーブルから微量の PCB が検出された事案について」
- 平成 16 年 3 月 「電気関係報告規則」の改正
電気関係報告規則に基づき使用中の PCB 使用機器として届出を要する電気工作物を定める告示
(微量 PCB を含有する絶縁油を使用する電気工作物の届出を確実にするため、届出対象を拡大)

3.2 日本工業規格 (JIS) C 2320 「電気絶縁油」の変遷

電気絶縁油は昭和 25 年 7 月、JIS C 2320 で「油入コンデンサ、油入ケーブル、油入変圧器及び油入遮断器に用いる絶縁油に適用。絶縁油は、精製した淡黄色透明の鉱油で、水分、浮遊物その他の有害なるものを含んでいてはならない」ものとして規定化された。その後、昭和 53 年には JIS C 2320 に 5 種類の合成絶縁油が追加された。詳細は表 3.2-1 のとおりである。

再生絶縁油が JIS C 2320 の解説において初めて記載されたのは、昭和 30 年の改正であり、解説の適用範囲の項に、「なお、再生絶縁油は、この規格項目の条件をみたすかぎり、別段除外されない」とされた。その後、昭和 53 年 (1978R) の改正において当該記述は削除され、平成 5 年の改正においては使用範囲の項に、「この規格は、油入コンデンサ、油入ケーブル、油入変圧器、油入遮断器などに用いる使用前の電気絶縁油について規定する」とされた。

一方、外観、動粘度、引火点等の品質の検査については、昭和 57 年の改正において「検査は受渡し時におこなうもの」と記載され、平成 11 年の改正においても当該記述は記載されている。また、平成 11 年の改正では、配送及び引渡しの一般的な要求事項として、「電気絶縁油は特別に洗浄されたタンクローリー車、タンク車又はドラムで配送し引き渡される」と記載された。

表3.2-1 JIS C 2320 電気絶縁油における絶縁油の種類の変遷

種類	主な成分	適用または (主な) 用途	1950年7月～1966年5月	1966年6月 ～1978年11月	1978年12月 ～1988年2月	1988年3月 ～1993年6月	1993年7月 ～1999年2月
1号	鉱油	油入コンデンサ、油入ケーブルなどに用いるもの	>	>	>	>	>
2号		主として大容量の油入変圧器、油入遮断器などに用いるもの	>	>	>	>	>
3号		主として小容量の油入変圧器、油入遮断器などに用いるもの	>	>	>	>	>
4号		主として厳寒地以外の所で用いられる小容量の油入変圧器、油入遮断器に用いるもの	>	>	>	>	>
1号	鉱油	油入コンデンサ、油入ケーブルなどに用いるもの	>	>	>	>	>
2号		主として油入変圧器、油入遮断器などに用いるもの	>	>	>	>	>
3号		主として厳寒地以外の場所で行う (小容量の) 油入変圧器、油入遮断器などに用いるもの	>	>	>	>	>
1号	鉱油	(主として) 油入コンデンサ、油入ケーブル (などに用いる。)	>	>	>	>	>
2号		(主として) 油入変圧器、油入遮断器 (などに用いる。)	>	>	>	>	>
3号		(主として) 厳寒地以外の場所で行う油入変圧器、油入遮断器 (などに用いる。)	>	>	>	>	>
4号		(主として) 高電圧大容量油入変圧器 (に用いる。)	>	>	>	>	>
1号	アルキルベンゼン	主として 油入コンデンサ、油入ケーブル (などに用いる。)	>	>	>	>	>
2号			>	>	>	>	>
3号			>	>	>	>	>
4号			>	>	>	>	>
1号	ポリブテン	主として 油入コンデンサ、油入ケーブル (などに用いる。)	>	>	>	>	>
2号			>	>	>	>	>
3号			>	>	>	>	>
4号			>	>	>	>	>
1号	アルキルナフテン	主として 油入コンデンサ (などに用いる。)	>	>	>	>	>
2号			>	>	>	>	>
3号			>	>	>	>	>
4号			>	>	>	>	>
1号	アルキルジフェニルアルカン	主として 油入コンデンサ (などに用いる。)	>	>	>	>	>
2号			>	>	>	>	>
3号			>	>	>	>	>
4号			>	>	>	>	>
1号	シリコーン油	主として 油入変圧器 (などに用いる。)	>	>	>	>	>
2号			>	>	>	>	>
3号			>	>	>	>	>
4号			>	>	>	>	>
1号	鉱油、アルキルベンゼン	主として 厳寒地以外の場所で行う油入変圧器、油入遮断器 (などに用いる。)	>	>	>	>	>
2号			>	>	>	>	>
3号			>	>	>	>	>
4号			>	>	>	>	>

JIS C 2320-1955 (1955年6月改正) 絶縁油の解説で、「再生絶縁油は、この規格項目の条件をみたすかぎり、別段除外されないものである。」と記載。

JIS C 2320-1982 絶縁油 (1982年11月改正) 以降、品質の規定に関する適合検査は、「受渡し時に行うものとする。」と記載。

JIS C 2320-1993 (1993年7月改正) 絶縁油で、規格の対象となる絶縁油は、「使用前の絶縁油を対象」となった。

3.3 日本工業規格（JIS）C 2321「不燃性絶縁油」の変遷

昭和 32 年に制定され、昭和 47 年に廃止となった JIS C 2321「不燃性絶縁油」の変遷（表 3.3-1）について、適用範囲は JIS 制定時から廃止まで変化はなく、種類については、昭和 35 年に 1 号が 1 号 300 と 1 号 500 に区分され、昭和 45 年には 1 号 300 が低粘度のもの、1 号 500 は高粘度のものと追記された。2 号 A 及び B については JIS 制定時から廃止まで変化はない。材料及び品質（加工方法）については種類の増加に伴って変化している

なお、鐘ヶ淵化学工業（株）のパンフレットによるとコンデンサ油の用途にはカネクロール 300（三塩素化ジフェニル）、400（四塩素化ジフェニル）、500（五塩素化ジフェニル）が用いられ、トランス油にはカネクロール 1000（カネクロール 500 と三塩素化ベンゼンの混合物）が用いられていると記載されている。

表 3.3-1 不燃性絶縁油の適用範囲等

	JIS C 2321-1957	JIS C 2321-1960	JIS C 2321-1963	JIS C 2321-1970
適用範囲	この規格は、コンデンサ、変圧器などに用いる不燃性絶縁油について規定する。			
種類	1号;おもにコンデンサに用いるもの	1号300;おもにコンデンサに用いるもの	1号300;おもにコンデンサに用いるもの	1号300;おもにコンデンサに用いる低粘度もの
		1号500;おもにコンデンサに用いるもの		1号500;おもにコンデンサに用いる高粘度もの
	2号A;おもに変圧器に用いるもので安定剤を含まないもの			
	2号B;おもに変圧器に用いるもので安定剤を加えたもの			
材料および品質 (加工方法)	不燃性絶縁油は精製した無色ないし淡黄色透明の合成油で、1号は塩化ジェフェニルを、2号は塩化ジェフェニルと塩化ベンゼンをそれぞれ主成分とし、水分・浮遊物その他の害になるものを含んでいないものとする	不燃性絶縁油は精製した無色ないし淡黄色透明の合成油で、1号300は三塩素化ジェフェニルを、1号500は五塩素化ジェフェニルを、2号は塩化ジェフェニルと塩化ベンゼンをそれぞれ主成分とし、水分・浮遊物その他の害になるものを含んでいない		不燃性絶縁油は精製した無色ないし淡黄色透明の合成油で、1号300は三塩素化ジェフェニルを、1号500は五塩素化ジェフェニルを、2号は塩化ジェフェニルと塩化ベンゼンの混合物で、いずれも水分・浮遊物その他の害になるものを含んでいない

3.4 新油電気絶縁油と再生電気絶縁油の定義

JIS C 2320 電気絶縁油では、昭和 30 年に J I S 解説において、「なお、再生絶縁油は、この規格項目の条件をみたまきり、別段除外されないものである」と記載され、新油電気絶縁油（以下、「新油絶縁油」という）及び再生絶縁油に関する電気絶縁油の区分の定義はなく、規定されている特性及び品質を満たせば何れも同じ電気絶縁油であった。

一方、J E M A 及び（社）潤滑油協会における新油絶縁油及び再生絶縁油の定義は、表 3.4-1 のとおりであり、再生絶縁油の定義については、J E M A と（社）潤滑油協会では差異があった。

なお、本原因究明ワーキンググループでは、新油絶縁油及び再生絶縁油はそれぞれ次のように定義する。

新油絶縁油：JIS C 2320-1999 に定義されている原油を精製した炭化水素を主成分とする鉱油からなる未使用の電気絶縁油

再生絶縁油；使用済み絶縁油を原料として、J I S 規格に適合する特性及び品質に再精製・加工した電気絶縁油

表 3.4-1 各業界の新油絶縁油及び再生絶縁油の定義と J I S 定義の比較表

	新油電気絶縁油	再生電気絶縁油	電気絶縁油
(社) 日本電機工業会	JIS C 2320-1999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	JIS C 2320-1974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、再生電気絶縁油という) を指し、市販再生電気絶縁油と電力会社から支給された再生電気絶縁油がある。	
(社) 潤滑油協会	原油から蒸留・精製した鉱油を用いて製造された未使用の絶縁油でドラム缶又は専用タンクローリー等で出荷された製品である。一度、需要家側のタンク、製品に充填されたものは使用された油として区別される。	特定需要家の所有する使用済み絶縁油を精製処理工程にかけ、JIS規格に適合する特性に加工し需要家に戻す作業を受託再生と称していたものであり、その再生された絶縁油を意味する。使用済み絶縁油は廃油ではなく、特定需要家からの「預かり油」という位置づけ。	
JIS C 2320 電気絶縁油 (年代別)			<1950年7月～1955年6月> 油入コンデンサ、油入ケーブル、油入変圧器および油入遮断器に用いる絶縁油に適用。 絶縁油は、精製した淡黄色透明の鉱油で、水分、浮遊物その他の有害なるものを含んでいてはならない。
注) JIS C 2320 では、新油電気絶縁油及び再生電気絶縁油の定義はなく、電気絶縁油としての適用範囲・品質が規定されている	<1955年6月～1993年6月> 油入コンデンサ、油入ケーブル、油入変圧器、油入遮断器などに用いる (添加物を含まない) (電気) 絶縁油。 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。 <1955年6月～1978年2月> <u>なお、再生絶縁油は、この規格項目の条件をみたすかぎり、別段除外されないものである。</u>		
			<1993年7月～> 油入コンデンサ、油入ケーブル、油入変圧器、油入遮断器などに用いる 使用済 (未使用) の電気絶縁油 なお、JIS C 2320-1982電気絶縁油以降、品質の規定に関する適合検査は、 「受渡し時に行うものとする。」 と記載。

注) (社) 潤滑油協会に加盟していない一部の電気絶縁油メーカーにおいて再生電気絶縁油の原料に不特定の購入先があった。

3.5 電気絶縁油の製造方法

電気絶縁油は変圧器等電気機器の絶縁及び発生熱の冷却を役目としていることは言うまでもないが、特に変圧器用電気絶縁油は①絶縁破壊電圧、体積抵抗率等電気特性が高いこと ②酸化安定性が高いこと の性能が要求されることから製造にあたっては、水分・不純物等を排除することがポイントである。また、低温流動性に優れていることも重要なポイントであるため、鉱油系の電気絶縁油にあっては、原料を流動点の低いナフテン系原油（ナフテン系炭化水素（1分子中に少なくとも1個の飽和環を含む化合物）を多量に含んだ原油）からのみ製造されていた時期もあったが、1980年代頃から製造技術の進展により、鉱油系ではパラフィン系原油（飽和鎖状炭化水素を多量に含み粘度指数の高い高級潤滑油と固体パラフィンの製造に適している原油）からも製造されている。

（1）鉱油系電気絶縁油（新油）の製造方法

ナフテン系電気絶縁油及びパラフィン系電気絶縁油の製造工程図は図3.5-1及び図3.5-2のとおりである。（(社)潤滑油協会による）

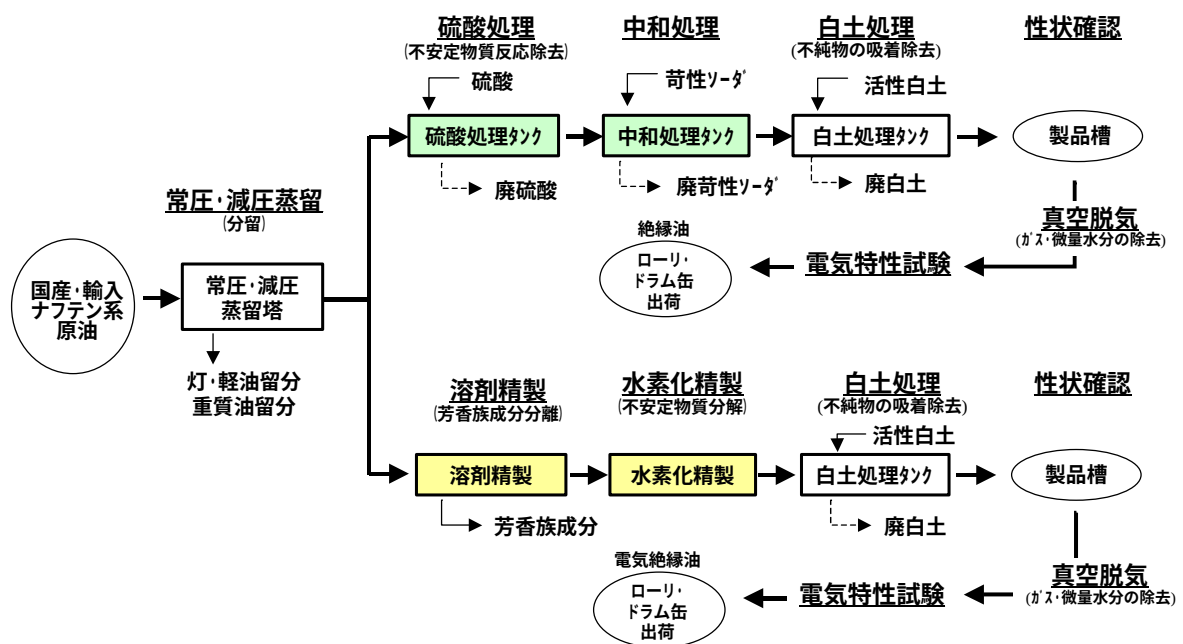


図 3.5-1 新油（鉱油—ナフテン系）絶縁油の製造工程

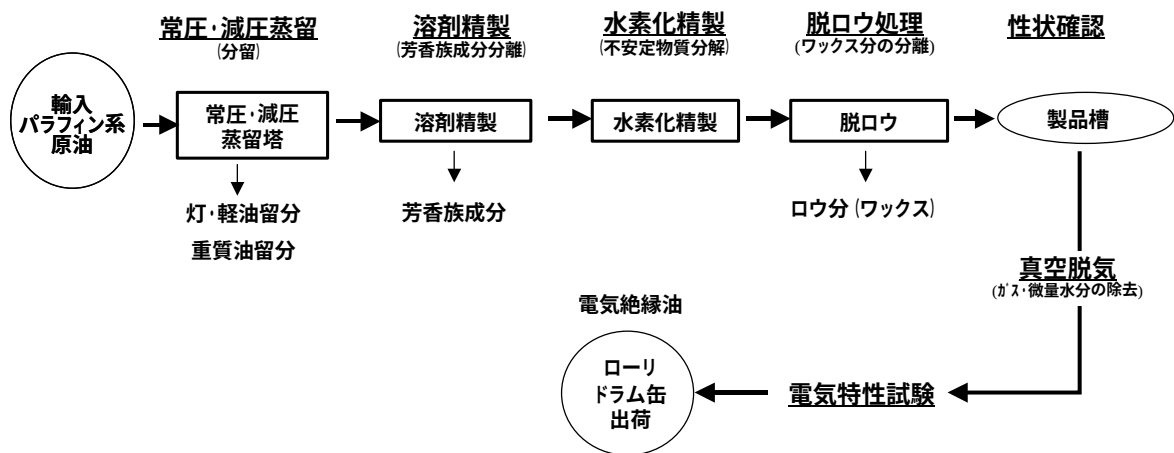
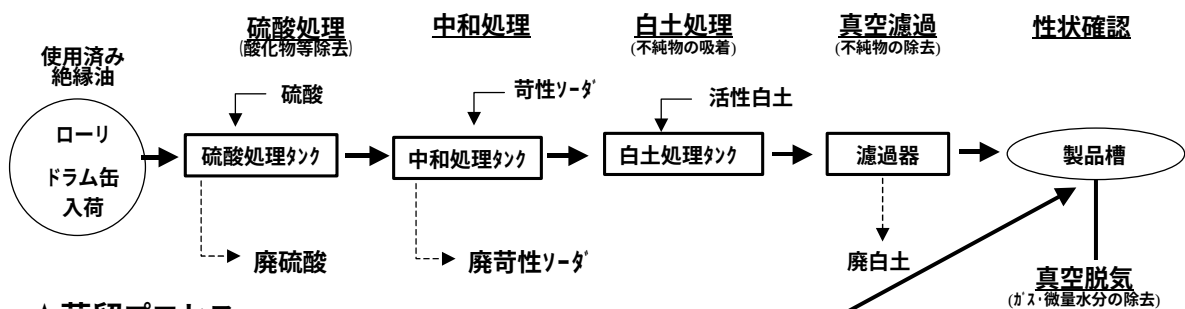


図 3.5-2 新油（鉱油—パラフィン系）絶縁油の製造工程

(2) 鉱油系再生絶縁油の製造方法

使用済絶縁油を原料とする再生絶縁油は、酸化物及び不純物の除去処理が必要であり、その処理方法として硫酸・白土処理プロセスと蒸留プロセスの2方法がある。大きなプロセスの差は酸化物除去の方法として硫酸処理・中和処理に替えて蒸留で除去する点にある。なお、製造工程図は図 3.5-3 再生絶縁油の製造工程のとおりである。（(社)潤滑油協会による）

★硫酸・白土処理プロセス



★蒸留プロセス

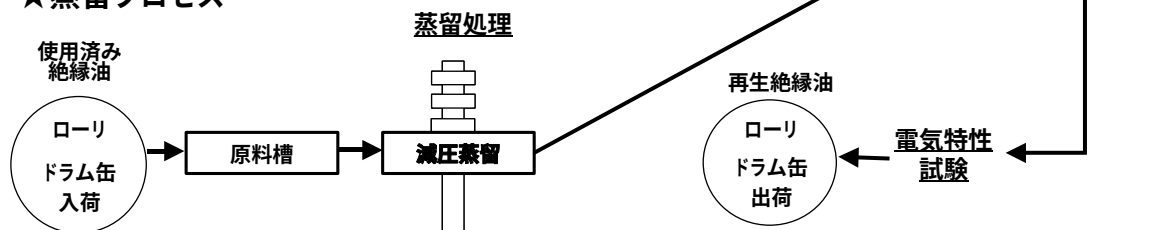


図 3.5-3 再生絶縁油の製造工程

3.6 電気絶縁油の使用電気機器

(1) 鉱油電気絶縁油

電気絶縁油の適用（主な用途）は、表 3.2-1 JIS C2320 の電気絶縁油における電気絶縁油の種類の変遷に示したように、J I Sで油種毎に適用機器が規定されている。一方、J E M Aによると電気機器メーカーで電気絶縁油を充填した機器及び油種は表 3.6-1 電気機器別電気絶縁油使用実績一覧表のとおりである。

両者を比較すると概ねJ I Sの適用機器に該当の油種が使用されているが、1978年（JIS C 2320-1978R 改正）以降については、J I Sの適用の項に、1種1号は「主として油入コンデンサ、油入ケーブルなどに用いる」とされ、1種2号は「主として油入変圧器、油入遮断器などに用いる」とされているが、実際には、コンデンサにも1種2号が使用されていた。また、計器用変成器及びブッシングについて、1978年以前（JIS C 2320-1978R 改正）には2号のみを使用していたが、1978年以降は1種1号及び2号の両者を使用していた。これまでに、1種3号の使用実績はなかった。

4章で記述する電気絶縁油メーカーアンケートによれば、1号、2号は同一設備、同一原料で製造された同一の製品であり、それぞれの規格値を満足するため用途に応じて種類を区分して供給しているとしていたメーカーも一部あった。

なお、電気機器のうち、コンデンサ及び一部の計器用変成器は「封じ切り機器」、または「密封型機器」と称され、機器の構造上、電気絶縁油の交換が出来ない機器であり、一方、変圧器等その他機器は電気絶縁油の交換が可能な構造で、一部の機器で電気絶縁油の劣化状態によっては電気絶縁油交換が実施されている場合がある。

(2) 合成絶縁油

合成絶縁油は主としてコンデンサに、2種3号、4号、3種2号、3号、4種1号、2号、5種2号、6種、7種1号、7種4号が使用されていた。また、6種では変圧器、計器用変成器、リアクトルにも、7種2号では変圧器、リアクトル、中性点（接地）抵抗器にも、7種4号では変圧器、リアクトル、中性点（接地）抵抗器にも使用されていた。

また、油入ケーブルでは、2種1号が使用されていた。

表3.6-1 電気機器別電気絶縁油使用実績一覧表

油入電気機器名	同様の機器名称 (注1)	検出事例 報告あり	検査事例	1978年以前の JIS規格 (注2)		1978R以降のJIS規格 (注3)																			
				1号	2号	3号	1種 1号	1種 2号	1種 3号	1種 4号 (注4)	2種 1号	2種 2号	2種 3号	2種 4号 (注4)	3種 1号	3種 2号	3種 3号	4種 1号	4種 2号	5種 1号	5種 2号	6種	7種 1号	7種 2号	7種 3号
変圧器	変圧器	●			○																○		○		○
	パルス変調器<注:油種不明>	●																							
	直流高圧発生器	●						○																	
	誘導電圧調整器	●						○																	
コンデンサ		●			○		○	(注5)												○	○	○	○	○	○
計器用変成器	計器用変圧器、計器用変流器含む	●			○		○	○													○				
リアクトル		●			○			○													○		○		○
放電コイル		●						○																	
遮断器	遮断器	●			○			○																	
	油入開閉器	●						○																	
	ガス遮断器用ダッシュポット		○		○			○																	
	空気遮断器用分圧コンデンサ	●			○																				
整流器	整流器	●			○			○																	
	フリッカ抑制装置用SCR装置							○																	
	無効電力補償装置							○																	
	ブッシング	<変圧器に含入の例あり>	●			○		○	○																
避雷器								○																	
中性点 (接地) 抵抗器								○															○		○

(注1)：用途等により、これらの名称が使われていることがあるため、名称を重複記載

(注2)：対象JIS C 2320、-1950、-1955、-1974、-1978

(注3)：対象JIS C 2320-1978R、1982、1988、1993、1999

(注4)：JIS C-1978Rを除く

(注5)：1種2号をコンデンサに使用することがあります。

例) 高圧コンデンサ (完成した缶タイプコンデンサ) を複数台集合して使う際に、冷却、対地絶縁アップの為に絶縁油中に浸漬して使用する場合があります。この場合の浸漬絶縁油に1種2号を使用します。

3.7 潤滑油の製造方法

潤滑油の製造工程は図 3.7-1 のとおりである。常圧蒸留、減圧蒸留、精製工程（溶剤抽出、溶剤脱ろう、水素化仕上げ）で構成されており、製造する潤滑油製品の種類に応じて精製工程が適切に組み合わせられる。溶剤抽出では不安定な成分の除去と粘度指数の向上を図り、また、溶剤脱ろうでは低温性能の改善を図り、さらに水素化仕上げは色相の改善、残留炭素分の減少、酸化安定性等の向上を目的として行われている。

なお、電気絶縁油は潤滑油製品の 1 つであり、潤滑油工程で製造された基油を更に白土処理等を経て製品となる。

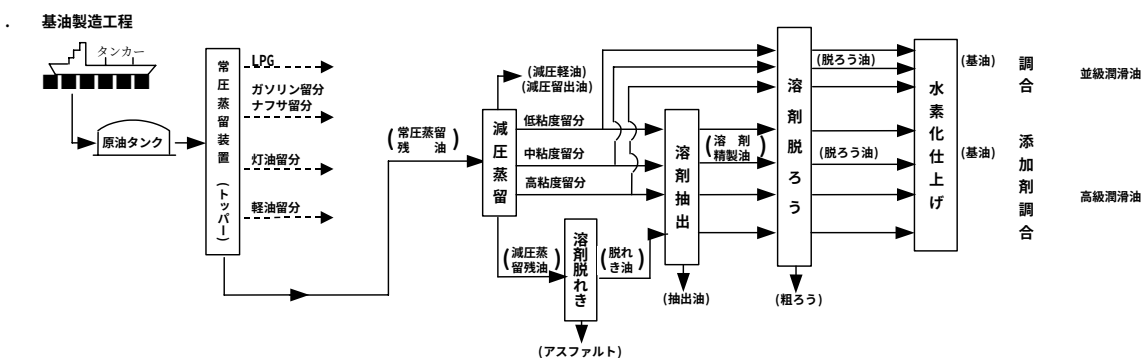


図 3.7-1 潤滑油の製造工程図

再生潤滑油の製造方法

なお、この他に使用済み潤滑油から潤滑油を再生する技術がある。潤滑油の再生は、水分、きょうごつ物、劣化物等を高精度に除去することによって潤滑油として再利用可能にするものである。

図 3.7-2 に再生潤滑油の製造工程の概要を示す。

その工程は、再生する潤滑油の種類、要求品質及び劣化・汚染の状態等によって異なる。一般的には脱水工程で水分を分離した後、必要に応じて硫酸処理や中和処理工程を経、又は蒸留操作等により劣化物や軽・重質油分等を分離除去し、その後、白土処理により脱色や不純物の除去を行う方法が採用されている。油種によっては必要に応じて添加剤を調整する場合がある

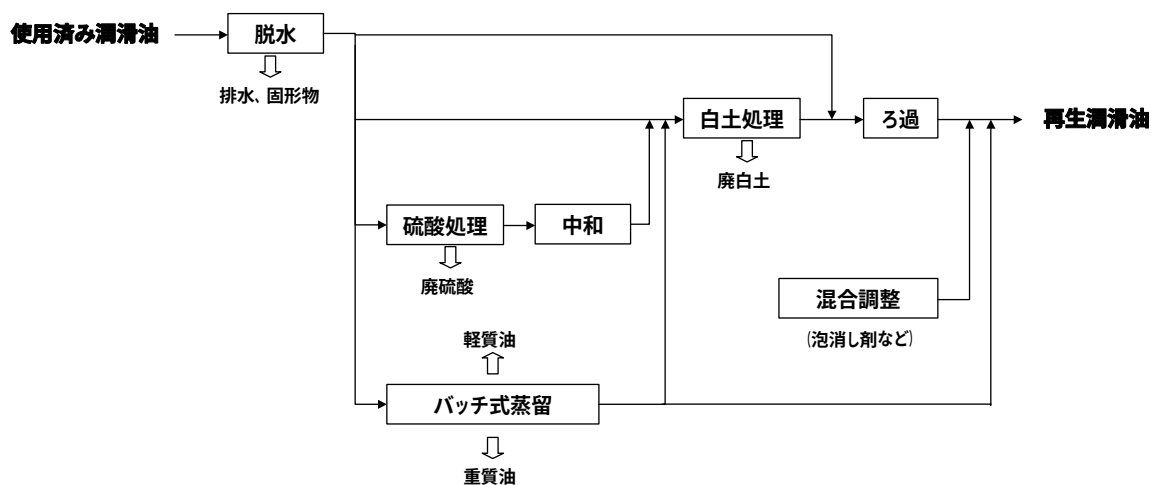


図 3.7-2 再生潤滑油の一般的製造工程図

3.8 検出・不検出事例の収集

J E M A 報告書に基づく電気機器の電気絶縁油中の P C B 検出 (0.5ppm 超) ・不検出 (0.5ppm 以下) のデータ (4130 件) に加え、その後 (平成 15 年 8 月～平成 16 年 4 月) J E M A より追加報告のあったデータ (1724 件)、さらに、機器ユーザーが自ら分析し、保有しているデータ (18174 件) を収集し、整理・解析等を行った。

収集されたデータ総数は 24,028 件 (詳細については、表 7.3-1 参照) であった。

なお、P C B 検出事例のうち同族体分析データについても収集した。

4. アンケート調査と調査結果

原因究明ワーキンググループでは、①PCB混入原因者と混入要因の特定、②PCB混入汚染機器の種類の特定、③PCB汚染機器製造年代の特定、④PCB混入電気絶縁油の特定、を行うために必要となる情報を収集・整理するために電気絶縁油メーカー、電気機器メーカー、機器ユーザーを対象としてアンケート調査等を実施した。また、JEMA報告書時点ではPCBが検出されていなかったコンデンサ等に充填された合成絶縁油からも低濃度PCBの検出事例が報告されたことから、合成絶縁油メーカーを対象としてのアンケート調査も追加で実施した。

なお、5. に示す原因究明ワーキンググループで電気絶縁油メーカーへの現地ヒアリングを実施した結果、一部の電気絶縁油メーカーにおいてPCB規制以前にPCB添加潤滑油の製造が行われていたことが判明したことから、経済産業省では電気絶縁油メーカーを対象として、PCBを含有した潤滑油等電気絶縁油以外の製品・再生状況等に関してアンケート調査を実施するとともに、原因究明に資することを目的に電気絶縁油のライフサイクルの関係者として、PCBメーカーについてもその当時の販売先、製品特性と使用用途、出荷荷姿、回収等についてアンケート調査を実施したことから、その結果についても記載した。

アンケート調査の配布先一覧は表 4-1、アンケート別の記載項目一覧は表 4-2 のとおりである。

表 4-1 アンケート調査配布先一覧表

アンケート種類	団体名	会社数 (事業場数)	会社名 (事業場名)
電気絶縁油メーカーアンケート 1、 2 / 潤滑油等再生事業メーカーアンケート	(1) 石油連盟	6 社	(株)ジャパンエナジー、昭和シェル石油(株)、出光興産(株)、新日本石油(株)、コスモ石油ルブリカンツ(株)、エクソンモービル(有)
	(2) (社) 潤滑油協会	7 社	富士興産(株)、(株)関西テック、谷口石油精製(株)、松村石油(株)、新日本油脂工業(株)、中国興業(株)、歴世礦油(株)
	(3) 非加盟	5 社	興和油化工業(株)、(株)ダイセキ、中部油研(株)、(有)富山精油所、ユカインダストリーズ(株)、
合成電気絶縁油アンケート / シリコン油アンケート	(1) シリコン工業会	3 社	東レ・ダウコーニング・シリコン(株)、ジーイー東芝シリコン(株)、信越化学工業(株)
	(2) その他	7 社	新日本石油化学(株)、出光興産(株)、新日本石油(株)、呉羽化学工業(株)、(株)関西テック (現 (株)かんでんエンジニアリング)、三菱化学(株)、新日本理化学(株)
電気機器メーカーアンケート	(社) 日本電機工業会	19 社	愛知電機(株)、北芝電機(株)、(株)キューヘン、(株)指月電機製作所、(株)ダイヘン、(株)高岳製作所、中国電機製造(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、日新電機(株)、(株)日立製作所、富士電機ホールディングス(株)、北陸電機製造(株)、松下産業機器(株)、三菱電機(株)、(株)明電舎
機器ユーザーアンケート	(1) 電気事業連合会	12 社	北海道電力(株)、東北電力(株)、東京電力(株)、中部電力(株)、北陸電力(株)、関西電力(株)、中国電力(株)、四国電力(株)、九州電力(株)、沖縄電力(株)、日本原子力発電(株)、電源開発(株)
	(2) (社) 日本鉄鋼連盟	11 社	新日本製鐵(株)、(株)神戸製鋼所、住友金属工業(株)、JFE スチール(株)、日新製鋼(株)、愛知製鋼(株)、大同特殊鋼(株)、トピー工業(株)、中山製鋼所、日本金属工業(株)、日本冶金工業(株)、
	(3) (社) 日本自動車工業会	14 社	いすゞ自動車(株)、川崎重工(株)、スズキ(株)、ダイハツ工業(株)、トヨタ自動車(株)、日産自動車(株)、日産ディーゼル工業(株)、日野自動車(株)、マツダ(株)、三菱自動車工業(株)、三菱ふそうトラック・バス(株)、ヤマハ発動機(株)、富士重工業(株)、本田技研工業(株)
	(4) JR	7 社	北海道旅客鉄道(株)、東日本旅客鉄道(株)、東海旅客鉄道(株)、西日本旅客鉄道(株)、四国旅客鉄道(株)、九州旅客鉄道(株)、日本貨物鉄道(株)
PCBメーカーアンケート		2 社	鐘淵化学工業(株) (現 (株)カネカ)、三菱化学(株) (旧 三菱モンサント化成(株))

表 4-2 アンケート別記載項目一覧 (1)

			JEMA 報告書	電気 絶縁油 メーカー アンケート1	電気 絶縁油 メーカー アンケート2	合成 電気 絶縁油 メーカー アンケート	電気 機器 メーカー アンケート	機器 ユーザ アンケート	潤滑油等 再生事業 メーカー アンケート	PCB メーカー アンケート	現地 ヒアリング 等
新油 電気 絶縁油 メーカー	原料	使用済み絶縁油		○							○
				○							○
	製品	JIS		○							
		社内規格		○							○
		商品名		○							
	製造	専用・共用		○							○
		マニュアル		○	○						○
	出荷	製品貯槽		○							○
		PCB分析		○	○						○
		その他分析			○						
	輸送	荷姿		○							○
		専用設備区分		○							○
		洗浄等マニュアル		○							
		業者名		○							
	委託生産	JIS		○							
		規格		○							○
		生産マニュアル		○							○
	バーター販売			○							
	JIS 1. 2号併産	設備区分		○							
	PCB使用	有無		○							○
	不含証明	発行時期			○						
		サンプル箇所			○						
		宛先ユーザー名			○						
再生 電気 絶縁油 メーカー	原料	購入先		○							
		購入荷姿		○							○
		受入品質		○							
		受入分析		○							
		トラブル有無		○							
	製品	JIS		○							○
		社内規格		○							
		商品名		○							
	製造	専用・多目的		○	○						○
		マニュアル		○	○						○
		製造品目									
		稼働率			○						
	出荷	製品貯槽		○							○
		PCB分析		○	○						○
		その他分析			○						
		販売先		○							
	輸送	用途		○							
		荷姿		○							○
		専用設備区分		○							○
		洗浄等マニュアル		○							
	委託生産	業者名		○							
		JIS		○							
		規格		○							○
	生産形態	生産マニュアル		○							
		再生形態		○	○						
	JIS 1. 2号併産	設備区分		○							
	バーター販売			○							
	PCB使用	有無		○							○
	再生油生産量			○							
	購入 再生油 中止	中止時期			○						
		保管量			○						
		原料保管量			○						
		設備滞留量			○						
		設備処分方法			○						
		再生油処分方法			○						
		原料処分方法			○						
		原料供給会社			○						

表 4-2 アンケート別記載項目一覧 (2)

			JEMA 報告書	電気 絶縁油 メーカー アンケート1	電気 絶縁油 メーカー アンケート2	合成 電気 絶縁油 メーカー アンケート	電気 機器 メーカー アンケート	機器 ユーザー アンケート	潤滑油等 再生事業 メーカー アンケート	PCB メーカー アンケート	現地 ヒアリング 等
電気 機器 メーカー	購入新油	JIS	☐				☐				
		社内規格					☐				☐
		購入区分					☐				☐
	購入再生油	JIS	☐				☐				
		社内規格					☐				☐
		購入区分					☐				☐
	購入PCB 受入	使用有無					☐				☐
		荷姿									☐
		PCB分析					☐				☐
		その他マニュアル					☐				☐
	製造	不含証明					☐				
		PCBとの専用・共用	☐								☐
		再生油との専用・共用	☐								☐
		JIS別専用・共用									☐
	出荷	マニュアル									☐
		PCBライン処分					☐				☐
		試験と注油	☐								
	機器廃棄	PCB不含確認					☐				
		機器処分					☐				
		機器処分					☐				
	委託再生	有無					☐				
		委託事業者					☐				
		品質管理					☐				
	機器別生産台数		☐								
	PCB検出事例	機器メーカー別	☐								
		新油・再生油別	☐								
		機器別	☐								
		濃度別	☐								
		保守履歴	☐								☐
	購入再生油中止	絶縁油メーカー区分	☐								
		中止時期					☐				
		保管量					☐				
	機器購入	処分方法					☐				
		PCB不含確認						☐			
		絶縁油指定規格						☐			
機器 ユーザー	機器購入	新・再生油区分						☐			
		再生油機器						☐			
		注油有無						☐			
	保守	調達方法						☐			
		新・再生油区分						☐			
		再生油使用機器						☐			
		規格						☐			
	機器廃棄	PCB不含確認						☐			
		分析法						☐			
		廃棄処分方法						☐			
	委託再生	有無						☐			
		委託事業者						☐			
		品質管理						☐			
	購入再生油中止	中止時期						☐			
		保管量						☐			
		処分方法						☐			

表 4-2 アンケート別記載項目一覧 (3)

			JEMA 報告書	電気 絶縁油 メーカー アンケート1	電気 絶縁油 メーカー アンケート2	合成 電気 絶縁油 メーカー アンケート	電気 機器 メーカー アンケート	機器 ユーザ アンケート	潤滑油等 再生事業 メーカー アンケート	PCB メーカー アンケート	現地 ヒアリング 等	
潤滑油 メーカー	PCB含有製品	製品名							☐			
		生産量							☐			
		PCB添加量							☐		☐	
		商品名							☐			
		PCB購入規格							☐			
		販売先							☐			
		販売量							☐			
		用途							☐		☐	
		設備	受入・貯蔵						☐		☐	
		生産・出荷							☐		☐	
		現状保有 再生製品	保有量							☐		☐
	種類								☐			
	製品別再生量								☐			
	再生原料 再生設備 含有確認	再生品販売先							☐			
		調達先							☐			
		検査							☐		☐	
	通産省通知	再生品含有状況							☐			
		50年通知対応							☐			
		平成元年対応							☐			
	絶縁油	販売先							☐			
		販売量							☐			
		用途							☐			
	PCB メーカー	商品	商品名								☐	
			生産量								☐	
販売先・量										☐		
用途										☐		
出荷		荷姿								☐		
設備貸与 禁止後のユーザー対応		仕様								☐		
										☐		
合成 絶縁油 メーカー	商品	JIS			☐							
		用途			☐							
	原料	原料			☐							
		調達先			☐							
		荷姿			☐							
		ローリー洗浄等			☐							
	製造	PCB使用有無			☐							
		ライン共用			☐							
	品質管理	純度			☐							
		管理方法			☐							
	出荷	荷姿			☐							
		ローリー管理			☐							
共通	生産形態				☐							
		消防法届出資料拝見									☐	
		PCB廃棄物保管管理状況見学									☐	
	輸送形態見学									☐		

4.1 電気絶縁油メーカーアンケート

変圧器等及びOFケーブルに使用されている電気絶縁油の低濃度PCB汚染の原因究明及び汚染範囲の特定等を行うためにポイントとなる電気絶縁油メーカーでの原料油購入先（委託生産等も含む）、製造工程、出荷、輸送、製品納入先等について設備の共用や品質管理（各種規格、マニュアル、PCB不含の確認の有無等）も含めた情報を収集・整理するとともに特に再生絶縁油メーカーについては、再生絶縁油の製造中止時期、中止後の原料油、設備、再生絶縁油の取り扱い等についても情報を収集することを目的として、平成16年3月に石油連盟加盟6社、（社）潤滑油協会加盟会社7社及び両団体に非加盟の5社、計18社を対象として、新油絶縁油メーカーと再生絶縁油メーカーに分類して、アンケート調査を行った。

なお、対象18社中、新油のみの電気絶縁油メーカーは8社、新油及び再生油の電気絶縁油メーカーは7社、再生油のみの電気絶縁油メーカーは3社であり、以下のとおりである。

<新油のみの電気絶縁油メーカー；8社>

a社、b社、c社、d社、e社、f社、g社、i社

<新油及び再生油の電気絶縁油メーカー；7社>

k社、l社、m社、n社、o社、p社、q社

<再生油のみの電気絶縁油メーカー；3社>

r社、s社、t社

アンケートの結果をまとめると以下のようになる。

（1）新油絶縁油メーカーについて

① 原料について

- 15社中14社は、1974年以前に使用済み絶縁油を原料とした再生絶縁油を新油絶縁油として販売したことはなかったが、1社が無回答であった。
- 電気絶縁油の原料として、PCBの受入・使用をしていたと回答した会社はなかった。

② 製品について

- 新油のみの電気絶縁油メーカー8社のうち、自社生産のみは2社であった。2社は自社生産に加えて、他社からの購入品（会社が購入規格に基づき購入先から購入する製品）を、1社は他社からの仕入れ品（電気絶縁油専業メーカーよりJIS規格やユーザー規格に厳格に合致した完成品を仕入れた製品）を使用していた。また、3社は自社生産の実績はなく、委託生産品（通常、委託元が委託先に原料、製造方法及び製造規格等を指示して製品の製造をした製品）を使用していた。また、新油及び再生油の電気絶

縁油メーカー7社は全て自社生産のみであり、委託生産等はなかった。

- 新油絶縁油の定義については、原油から蒸留・精製した鉱油を新容器（未使用ドラム缶）や専用タンクローリーに充填・出荷した製品としているのが3社、原油から蒸留・精製した未使用の電気絶縁油としているのが8社、新油のベースオイルをもとに高度に精製した電気絶縁油としているのが1社で特に定義がなかったのが2社、無回答が1社であった。

③ 製造について

- 自社生産をしていない3社を除いた12社のうち、生産設備において、新油絶縁油専用が9社、再生絶縁油設備と共用していたのが3社であり、共用部は1社が充填口、1社が白土処理設備、1社が硫酸洗浄槽・中和槽他であった。
- PCBの混入防止マニュアルの有無と設定時期について、1972年以前にマニュアルがあったのは0社、1989年以前は1社、1990年以降は7社であり、主なマニュアル名は製品規格、タンクローリー車洗浄作業手順書、品質マニュアル等であった。

④ 出荷について

- 自社生産をしていない3社を除いた12社のうち、製品貯槽について、新油絶縁油専用であったのは10社、共用であったのは2社であり、そのうち1社は、新油絶縁油である1種と新油合成絶縁油である7種を洗浄後共用、1社は2号再生絶縁油と共用であった。
- 1970年以降、新油絶縁油の生産を行っていない2社を除いた13社について、出荷時にPCB分析を開始した時期は1973年～が1社、1975年～が1社、1988年あるいは1989年～が10社、1991年～が1社であり、定期的に分析するようになったのは1989～1991年であった。

⑤ 輸送について

- 自社専用タンクローリーを使用していたのは15社中7社であり、何れも電気絶縁油専用（1社のみ極例外的に自社タンクローリー（前荷は灯油に限定）を洗浄）であった。一方、タンクローリーを調達していたのは15社中10社であり、5社が電気絶縁油専用、1社が専用車と兼用車（ケミカル品）、1社が白油使用車のみ転用、2社が不明、1社が無回答であった。タンクローリー調達には自社調達が5社、仕入れ先（購入先を含む）から調達が5社であった。タンクローリーによる出荷がなかったのが1社あった。
- タンクローリーに関する洗浄等のマニュアルについて、自社専用タンクローリーを所有していた7社中5社はマニュアルで実施を規定しており、2社は実施について規定がなかった。タンクローリーを調達していた10社中4社はマニュアルで実施を規定しており、2社は新油絶縁油専用車につ

いては実施を規定していないが、白油使用車の転用時あるいはケミカル品との兼用車は洗浄を実施していた。また、3社は不明で、1社は無回答であった。

⑥ その他について

- JIS 1号及び2号を併産していたのは6社あり、1969年に自社生産を中止した1社を除いた5社のうち、生産設備及び輸送設備については5社全てが区分なしとしており、貯蔵設備については4社が区分ありとしていた。
- 1965年に新油絶縁油の生産を中止した1社を除く14社の不含証明の発行時期は、1988年が3社、1989年が4社、1990年が2社、1991年が2社、2001年が2社、2002年が1社であった。これらPCB分析のサンプリング箇所は出荷用製品タンクが主で、何れも輸送前でのサンプリングであった。

(2) 再生絶縁油メーカーについて

① 原料について

- 再生絶縁油の原料として、PCBの受入・使用をしていたと回答した会社はなかった。
- 10社中9社で原料の特定の預かり先があった（1社は無回答で1969年に再生絶縁油の製造を中止）。このうち預かり先が特定の電気機器メーカーのみであったのは1社、機器ユーザーのみであったのは6社、特定の電気機器メーカー及び特定の機器ユーザーであったのは、2社であった。
- 不特定の原料油の購入先があったのは2社で、無回答が2社、残りの6社はなかった。不特定の原料の購入先があった2社の購入先は不明である。
- 受託再生時の使用済み絶縁油及び原料油として購入した場合の荷姿には、タンクローリーとドラム缶の場合があった。
- 再生絶縁油の原料となった使用済み絶縁油の受入品質について、PCBを混入しないための規格があったのは、10社中1社であり、受入時に炎色反応試験（塩素量として数%オーダーのPCB濃度であれば検出可能）を実施していた。残りの9社中2社はPCB以外の受入規格があり、2社は受け入れ先より発生由来等の確認を行っており、2社はPCB以外の受入規格及び受け入れ先より発生由来等の確認を行っていた。残りの3社については受入条件がなかった。

② 製品について

- 再生絶縁油メーカー10社は全て自社生産のみであり、JIS 1号及び2号を製造していたのは1社で、残りの9社については、JIS 2号のみ製造していた。製造開始時期は、最も早いメーカーで1941年であり、中止時期は最も遅いメーカーで1990年1月であった。

- 再生絶縁油の定義については、委託元から預かった使用済み絶縁油を再精製仕上げた電気絶縁油が3社、受託による顧客からの再生依頼用劣化油または一度使用された油を再精製した油が1社、特定需要家の支給使用済み絶縁油を受託再生後納入する電気絶縁油が1社、使用済み絶縁油を再精製した開封前の製品が2社、無回答が3社であり、特定の顧客からの再生委託の電気絶縁油を再生絶縁油としているメーカーが6社あった。
- ③ 製造について
 - 生産設備において再生絶縁油専用が7社、新油絶縁油設備と共用していたのが3社であり、共用部は1社が充填口（1966～1973年）、1社が白土処理設備（1980～1988年）、1社が硫酸洗浄槽・中和槽他（1955～1965年）であった。
 - PCBの混入防止マニュアルの有無と設定時期について、1972年以前にマニュアルがあったのは0社、1989年以前は2社であり、マニュアル名は不明であった。
- ④ 出荷について
 - 製品貯槽について、再生絶縁油専用が9社、新油絶縁油との共用は1社（1980～1988年）であった。
 - 出荷時にPCB分析をしていたのは1社のみであり、この1社は分析開始時期を1989年11月としているが、再生絶縁油の生産を中止する際に分析していた。
 - 10社中9社で原料の特定の納品先（再生委託先）があった（1社は無回答で1969年に再生絶縁油の製造を中止）。このうち納品先が特定の機器メーカーのみであったのは1社、機器ユーザーのみであったのは4社、特定の電気機器メーカー及び特定の機器ユーザーであったのは4社であった。
- ⑤ 輸送について
 - 自社専用タンクローリーを使用していたのは10社中7社（無回答1社）であり、何れも電気絶縁油専用（1社は再生絶縁油専用）であった。また、タンクローリーを調達していたのは10社中1社であり、再生絶縁油専用であった。タンクローリーによる出荷がなかったのが1社あった。
 - タンクローリーに関する洗浄等のマニュアルについて、マニュアルで実施を規定していたのが3社、実施について規定がなかったのが5社、無回答が1社であった。
 - 出荷の使用ドラム缶については、新品のドラム缶が1社、再生ドラム缶が7社、委託元専用流通缶が1社、無回答が1社であった。
- ⑥ 製造形態について
 - 製造形態について、特定需要家からの受託再生が10社中9社、特定業者

または不特定業者から使用済み絶縁油を購入して再生した油を特定需要家（機器メーカーまたは機器ユーザー）に販売するための生産が3社、無回答が1社あり、特定業者または不特定業者から使用済み絶縁油を購入して一般需要家に販売するための生産はなかった。（なお、複数回答のため合計は10社を超えている）

⑦ その他について

- JIS 1号及び2号を併産していたのは1社であり、生産設備及び輸送設備は区分なしとしており、貯蔵設備は区分ありとしていた。
- 4社の再生絶縁油の生産量を合計すると84,000～95,000KLであった。
- 再生絶縁油の製造中止時点において、原料油及び再生絶縁油の保管量が不明であったのが6社、製造・輸送設備の滞留量が不明であったのが7社であった。また、再生絶縁油設備の処分方法について、撤去したのが3社、撤去及び一部洗浄して転用したのが4社、洗浄して転用したのが1社、無回答が2社であった。再生絶縁油の処分方法については、使い切った2社を除いた8社のうち、処分した（再生委託元あるいは再生受託元が全量引き取り）のが4社、販売したのが2社、燃料油として処分したのが1社、無回答が1社であり、PCB不含を確認していたのは販売した2社のうちの1社のみであった。原料油の処分方法については、使い切った2社を除いた8社のうち、処分した（再生委託元あるいは再生受託元が全量引き取り）のが2社、販売したのが1社、燃料油として処分したのが2社、無回答が1社であり、PCB不含を確認していたのは販売した1社のみであった。

以上のアンケート結果のまとめから新油絶縁油及び再生絶縁油へのPCB混入の可能性について次のように整理出来る。

<新油絶縁油メーカーについて>

- 新油のみの電気絶縁油メーカー8社のうち、自社生産を除く6社で、購入先、仕入れ先、委託生産先には新油絶縁油と再生絶縁油を製造していたメーカーがあり、仕入れ品を使用していた1社は、仕入れ先で新油絶縁油と再生絶縁油の製造設備を一部共用していた期間にこのメーカーから新油絶縁油を仕入れていた。このことから、仕入れ先で仮に再生絶縁油にPCBが混入していた場合、新油絶縁油を汚染した可能性がある。
- 1970年以降に新油絶縁油の生産を行っていた13社が出荷時のPCB分析をほぼ定期的に実施するようになったのは、1989～1991年であり、現在までにPCBを検出していないことから、1992年以降に製造された出荷時の新油絶縁油にはPCBが含まれている可能性は極めて低いと考え

られる。

- 輸送について、タンクローリーを調達した場合のタンクローリーの共用、洗浄等のマニュアルの有無について一部不明なメーカーがあることから、これらタンクローリーの新油絶縁油と再生絶縁油の共用による新油絶縁油へのPCB混入の可能性がある。

<再生絶縁油メーカーについて>

- 新油絶縁油及び再生絶縁油を製造していた7社中3社の生産設備について新油絶縁油と再生絶縁油との一部共用があり、この3社の中には製品貯槽についても新油絶縁油と再生絶縁油の共用が1社あったことから、仮に再生絶縁油にPCBが混入していた場合、新油絶縁油及び新油絶縁油の貯蔵・出荷・輸送設備を汚染した可能性がある。
- 昭和50年に通商産業省（当時）から、全国石油工業協同組合 理事長等宛に、「廃油の再生を行う場合は、PCB等有害物質が混在しないことを確認した上で行うことを加盟会社に周知徹底するとともにPCBによる汚染防止のため万全の措置を講じるよう」との通知が出されていたが、各社は電気絶縁油の原料としてPCBの受入、使用をしていなかったことから、原料受入時及び出荷時のPCB分析は実施されていなかった（1社は受入時に炎色反応試験（塩素量として数%オーダーのPCB濃度であれば検出可能）を実施）。このため、仮に再生原料にPCBが混入していた場合には、これを精製したために再生絶縁油にPCBが混入し、汚染が拡大した可能性がある。
- ほとんどが特定需要家からの再生委託であり、受託再生以外に特定業者または不特定業者から使用済み絶縁油を購入して再生した油を特定需要家（機器メーカーまたは機器ユーザー）に販売するための生産としているのが3社、不特定の原料の購入先があったのは2社であった。これらは、原料受入時及び製品出荷時のPCB分析が実施されていなかった（1社は受入時に炎色反応試験を実施）ことから、仮に再生原料にPCBが混入していた場合には、これを精製したために再生絶縁油にPCBが混入し、汚染が拡大した可能性がある。
- 再生絶縁油の製造中止時点において、原料油及び再生絶縁油の処分方法について、一部無回答や、PCB不含を確認せずに販売したメーカーがあり、これらにより汚染が拡大した可能性は否定できない

4.2 合成電気絶縁油メーカーアンケート

原因究明調査の過程において(社)日本電機工業会よりコンデンサに使用されていた合成絶縁油から低濃度PCBが新たに検出されたとの報告を受け、平成16年12月、電気機器メーカーおよびOFケーブルメーカーに電気絶縁油を供給していたシリコン工業会加盟会社でシリコン油を供給していた3社および合成絶縁油を供給していた石油および化学メーカー7社の合計10社を対象として、PCBの混入可能性について調査することとし、合成絶縁油の原料、製造、出荷、輸送設備および品質管理等に関するアンケート調査を行った。

1) 調査対象企業

イ. シリコン工業会加盟のシリコン油メーカー；3社

v社、w社、x社

ロ. 合成絶縁油メーカー；7社

y社、f社、g社、z社、k社、z1、z2

2) 調査時期

平成16年12月～平成17年1月

3) 調査結果概要

イ. シリコン油メーカー

(1) シリコン油の生産形態と時期

○生産形態は3社いずれもシリコン油そのものの製造であり、そのうち2社は委託生産もない。(1社は調査困難で回答なし)

○生産開始時期は1961年でありJIS合成絶縁油が規定された1978年より早く、JEMAによる調査で電気機器に使用したとする1970年より早い。

(2) シリコン油用途

○シリコン油の主な用途は、消泡剤、つや出し、離型剤、化粧品等であるが、電気絶縁油では3社がトランス用に、2社がコンデンサ用に、1社がケーブル用に供給している。

(3) 原料

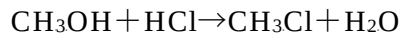
○シリコン油の原料は2社が金属珪素、メタノール、塩酸で1社が塩化メチルを追加している。金属珪素は布製のバッグで輸送され、その他はローリー輸送であるが、1社は品目指定の専用車を使用している。

(4) 製造設備

○メタノールと塩酸を反応させ生成した塩化メチルと金属珪素を反応器に投入し、銅触媒下で合成させる。生成したシリコン油の中間体となるモノマーシランを蒸留・精製したメチルクロロシランを分解槽で加水分解し、更に重合槽で触媒を使用し重合させシリコン油が製造される。

反応式は次のとおりである。

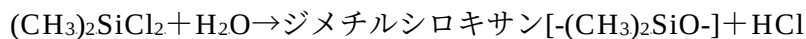
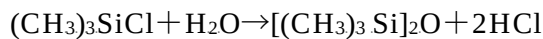
- ①メタノールから塩化メチルを得る反応



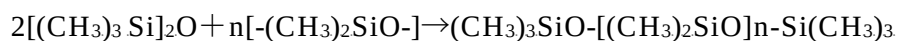
- ②塩化メチルと金属珪素との反応（銅触媒使用）（反応温度は最高 300℃）



- ③メチルクロシランの加水分解反応



- ④重合反応



○製品は品質検査を経て出荷する。

○製造工程での熱媒体の使用はなく、3社とも同製造設備で他製品製造の共用もない。

（5）品質管理

○製品としてのシリコーン油の品質は2社の回答があり、シリコーン油として 99.9%以上、オルガノシロキシンとして 100%とのことであった。品質管理のために粘度、屈折率、水分量等品質管理項目を定めている。

（6）出荷

○出荷荷姿は3社ともドラム缶があり、1社は品目指定専用のローリー輸送もあった。ドラム缶は3社が新品ドラムで1社が再生ドラムも使用している。

○出荷製品の品質については出荷ロットごとに分析を実施していると2社の回答があった。

ロ．合成絶縁油メーカー

以下は回答のあった6社（アンケート7社）について整理した結果である。

（1）合成絶縁油の種類

○2種アルキルベンゼンを製造は3社、3種ポリブテンは2社、4種アルキルナフタレン、5種アルキルフェニルアルカンおよび7種鉱油+アルキルベンゼンは各1社が製造しており、6社中の1社のみが3種類の合成絶縁油を製造している。

○生産形態については4社が合成絶縁油そのものの製造であるが、残り2社は合成油を購入し、それに自社で添加・加工処理して製品としている。

○2種アルキルベンゼンの生産開始時期は1962年でありJ I S 合成絶縁油が規定された1978年より早く、J E M Aによる調査で電気機器に使用したとする1970年より早い。3種ポリブテンの生産開始時期は1966年でありJ I S 合成絶縁油が規定された1978年より早く、J E M Aに

よる調査で電気機器に使用したとする 1966 年と同じであった。4 種アルキルナフタレンの生産開始時期は 1971 年、5 種アルキルジフェニルアルカンの生産開始時期は 1973 年でありいずれも J I S 合成絶縁油が規定された 1978 年より早い。7 種鉱油+アルキルベンゼンの生産開始時期は 1965 年であり J I S 合成絶縁油が規定された 1978 年より早く、J E M A による調査で電気機器に使用したとする 1965 年と同じであった。

委託生産については 1 社が 2 種アルキルベンゼンと 5 種アルキルフェニルアルカンを 1 社が 5 種アルキルフェニルアルカンの委託生産があった。

(2) 合成絶縁油用途

- 2 種アルキルベンゼンの主な用途は洗剤、電気絶縁油であり、電気絶縁油として 3 社が O F ケーブル用、1 社がコンデンサ用に供給している。
- 3 種ポリブテンの主な用途は潤滑油、粘着剤であり、電気絶縁油としてコンデンサ用、O F ケーブル用に供給している。
- 4 種アルキルナフタレンの主な用途は感圧紙、熱媒体であり、電気絶縁油としてトランス、コンデンサ用に供給している。
- 5 種アルキルジフェニルアルカンの主な用途は感圧紙インキ、電気絶縁油であり、2 社が電気絶縁油としてコンデンサ用に供給している。
- 7 種鉱油+アルキルベンゼンの主な用途は電気絶縁油であり、トランス、コンデンサ、O F ケーブル用に供給している。

(3) 原料

- 4 種アルキルナフタレンを除いた合成絶縁油の原料は石油精製会社のナフサまたは石油製品であり、4 種ナフタレンはナフタレンとナフサを原料としたプロピレンである。
- 原料の輸送は 4 社がローリーであり、そのうち 2 社がタンク車または船輸送を併用している。1 社はパイプ輸送と船輸送、残り 1 社はパイプ輸送のみである。ローリーは 3 社が品目指定専用車で 1 社が危険物類別専用車である。

(4) 製造設備

- 合成絶縁油そのものの製造する 4 社は異なる油種を製造し、原料も異なるが、反応、蒸留等を主体とする製造工程はほぼ同じである。いずれも製造にあたって P C B 熱媒体の使用はない。
- 自社で添加・加工する 2 社のうち 1 社は合成絶縁油に鉱油を添加・混合し製品とする。もう 1 社は合成油製造時のボトム留分を原料として蒸留設備で合成絶縁油を製造するとしている。2 社とも製造にあたっ

てPCB熱媒体の使用はない。

- 製造設備の他製品との共用については1社が鉱油生産設備、1社が再生絶縁油（1974年～1990年）と共用していた。

（5）品質管理

- 7種鉱油+アルキルベンゼンの製品純度についてはアルキルベンゼンの混合量5～50%であるが、2種アルキルベンゼンは99%以上、3種ポリブテンは100%、4種アルキルナフタレンは95%、アルキルジフェニルアルカンは95%となっている。また5社とも製造時の品質管理や製造作業要領、受入原料規格、製品規格等何らかの品質管理方法がある。

（6）出荷

- 出荷荷姿は6社がドラム缶、そのうち2社はローリーとタンク車も使用、2社がローリー併用となっている。ローリー輸送の4社はいずれも品目指定専用車である。そのうち1社は危険物類別専用車も併用使用しているが、前荷が異なる場合は洗浄している。またドラム缶は6社いずれも新品ドラムを使用している。
- 出荷製品の品質については4社が出荷タンクでの分析と併せ出荷ロットごとの分析を実施しており、1社は出荷タンク分析をもう1社は充填ロットごとの分析を実施している。ただし分析項目についての記載はなかった。

以上のアンケート結果のまとめからシリコン油及び合成絶縁油へのPCB混入の可能性について次のように整理出来る。

<シリコン油メーカーについて>

- シリコン油の原料は金属珪素とメタノール、塩酸の汎用化学製品である。また危険物分類がPCBあるいは電気絶縁油（第4類第3石油類）とは異なることからローリー輸送においてもこれらとの混載はない。製造工程では3社とも熱媒体の使用はなく、他製品製造の設備共用もない。
- 出荷荷姿はドラム缶であり、ローリー輸送が1社あるが品目指定の専用車であることから混入の可能性はないと考えられる。

<合成絶縁油メーカーについて>

- 合成絶縁油の原料は原油を原料とした石油製品またはそれらを原料として生成された有機化学製品でありPCBが混入される可能性はない。原料輸送のローリーについては1社が危険物類別専用車ではあるが、ロ

ーリー調達先が鉱油電気絶縁油等の製造・使用と無関係の化学会社であることからP C Bの混入可能性は極めて少ないと考えられる。

- 全てのメーカーにおいて、製造工程でP C Bを熱媒体として使用したことはなく、塩素を使用することもないことからP C Bが副生成されることもない。ただし1社が再生絶縁油との設備共用をしていたことから再生絶縁油にP C Bが混入していた場合、合成絶縁油にもP C Bが混入する可能性がある。

4.3 電気機器メーカーアンケート

変圧器等及びOFケーブルに使用されている電気絶縁油の低濃度PCB汚染の原因究明及び汚染範囲の特定等を行うためにポイントとなる電気機器メーカーでの電気絶縁油購入時の品質管理（購入電気絶縁油の油種、各種規格、マニュアル、PCB不含の確認の有無）、電気機器廃棄時の扱い、PCB使用中止後のPCBラインの扱い、購入・使用再生絶縁油の中止・保管等に関する情報を収集・整理することを目的として、平成16年3月に以下のJEMA加盟の19社32工場を対象として、アンケート調査を行った。なお、電気機器メーカーアンケートについては、既にJEMA報告書において7工場で、新油絶縁油と再生絶縁油の製造ラインの一部共用が報告されている等、電気絶縁油の低濃度PCB汚染の原因究明や汚染範囲の特定等に関連した調査結果が報告されていることから、この報告書を補完する内容に重点を置いた。

A社（A11・A14工場、A12・A13工場、A2工場）、B社（B工場）、C社（C工場）、D社（D工場）、F社（F1工場、F2工場、F3工場、F4工場、F5工場）、G社（G1工場、G2工場）、H社（H工場）、I（I1工場、I2工場）、J社（JH工場、JM工場）、W（W工場）、K社（K工場）、X社（X工場）、M社（MC・MH・MT工場、ML・MV工場）、N社（N工場）、P社（PA工場）、Q社（Q工場）、RS社（R工場、S工場）、U社（UI工場、U2工場、U3工場）、V社（V1工場、V2工場）

アンケートの結果をまとめると以下ようになる。

（1）電気絶縁油購入時の品質管理について

- 購入電気絶縁油が全て新油絶縁油であった工場は8工場、新油絶縁油及びPCBであったのは11工場、新油絶縁油及び再生絶縁油であったのは4工場、新油絶縁油、再生絶縁油及びPCBであったのは9工場であった。
- 機器メーカーが購入した電気絶縁油の種類（JIS C 2320の規格）について、新油絶縁油では、1種1号のみを購入していたのは1工場、2号のみを購入していたのは17工場、1号及び2号を購入していたのは5工場、2号及び4号を購入していたのは8工場、1、2及び4号を購入していたのは1工場であった。一方、再生絶縁油では、再生絶縁油を購入していた13工場全てが1種2号のみであった。また、再生絶縁油の購入開始時期は1972年以前が2工場、1973年以降が11工場（2工場についてはJIS以外に指定していた社内規格なし）であった。
- 再生絶縁油を購入していた13工場全てにおいて、新油絶縁油と区別して再生絶縁油を指定しており、その指定のもとで市販再生絶縁油を購入していた。

- P C Bを使用していた工場におけるP C B混入防止のために実施された品質管理項目について、1972 年以前にP C B混入防止マニュアルがあったのは、20 工場中2工場であった。また、全ての工場でP C B使用中止後のP C B製造設備の洗浄保管及び洗浄廃棄等は適正に実施され、残P C BはP C Bメーカーに返却、または保管されていた。1990 年以降もP C B混入防止のための品質管理マニュアルが存在しないのは2工場であった。
- 新油絶縁油及び再生絶縁油の受入時について、新油絶縁油についてP C B分析を実施していたのは26 工場で、その開始時期は、1989～1992 年が17 工場、1998 年～2003 年が9 工場であり、2003 年時点で受入時のP C B分析を実施していないのは4工場であった。一方、再生絶縁油について、P C B分析を実施していたのは1工場（開始時期：1977 年～）のみであった。
- 再生絶縁油が中止された1990 年頃以降における機器から抜油した油の管理は、P C Bの分析によりP C B不含確認をせず、廃油業者に出荷していた工場が半数以上あり、この中には再生油を使用していた工場も少数あった。

（2）電気機器の廃棄時の取扱いについて

- 2000 年以前に閉鎖した工場及び機器廃棄をしていない工場を除いた全ての工場で電気機器廃棄時のP C B不含確認を実施していた。実施時期は2001～2003（1990 年の1工場を除く）の間であった。

（3）その他について

- 使用済み絶縁油の委託再生を行っていたのは、1工場であり、不明が1工場あった。
- 1990 年までに電気機器メーカーでは再生絶縁油の購入・使用を中止していた。また、その際の再生絶縁油の保管量及び処分方法について、5工場が不明であった。

以上のアンケート結果のまとめから新油絶縁油及び再生絶縁油へのP C B混入の可能性について次のように整理出来る。

- 1972 年にP C B使用電気機器の生産自粛、輸入自粛、使用自粛の要請が行われる以前は、P C B混入の防止マニュアルがあったのは、2工場であった。それ以外の工場ではP C B混入防止マニュアルがないため、仮に人為的ミスがあった場合、新油絶縁油及び再生絶縁油にP C Bが混入した可

能性がある。

- P C B使用電気機器の生産自粛、輸入自粛、使用自粛の要請が行われる1973年以降については、P C B機器製造設備の廃棄・保管は適切になされており、鉱油使用機器製造設備への影響は無いと考えられる。
- 電気機器メーカーは「新油絶縁油や再生絶縁油に微量P C Bが混入している」といった認識がないため、1989年以前は電気絶縁油受入時にP C B分析を実施していなかった。このことから、仮に電気絶縁油メーカーから購入した電気絶縁油にP C Bが混入していた場合、結果的に汚染を拡大した可能性がある。また、柱上変圧器で使用された再生絶縁油に微量P C Bの混入が明らかとなり、再生絶縁油の使用が中止となった1989年においても、新油絶縁油に対しては微量P C B混入の認識はなかったため、各社でのP C Bの受入分析の実施状況にバラツキがあり、2003年時点においても、電気絶縁油メーカーのP C B不含証明書を入手するのみで、自社では分析を実施していない工場が4工場あった。従って1989年以降においても、各社受入分析を実施する以前に電気絶縁油メーカーから購入した新油絶縁油に、仮にP C Bが混入していた場合、結果的に汚染が拡大した可能性がある。
- 機器メーカーでは1工場を除いて、2000年以前は機器廃棄時に電気絶縁油のP C B不含確認を実施していなかったことから、再生絶縁油が製造されていた時代には、仮にこれら電気絶縁油にP C Bが混入していた場合、結果的に廃油へP C Bが混入した可能性がある。

4.4 機器ユーザーアンケート

変圧器等及びOFケーブルに使用されている電気絶縁油の低濃度PCB汚染の原因究明及び汚染範囲の特定等を行うためにポイントとなる機器ユーザーでの機器購入時のPCB不含確認等、使用中機器の保守時の扱い、機器廃棄時のPCB不含確認等について情報を収集・整理することを目的として、平成16年3月に以下の電気事業連合会加盟会社、(社)日本鉄鋼連盟加盟会社、(社)日本自動車工業会加盟会社及びJRの44社を対象として、アンケート調査を行った。なお、1社については回答がなく、1社については4事業場からの回答があり、計46事業場として整理した。

<電気事業連合会>

あ社、い社、う社、え社、お社、か社、き社、く社、け社、こ社、さ社、し社

<(社)日本鉄鋼連盟>

す社、せ社、そ社、た社、ち社、つ社、て社、と社、な社、に社、ぬ社

<日本自動車工業会>

ね社、の社、は社、ひ社(ひ1工場、ひ2工場、ひ3工場、ひ4工場)、ふ社、へ社、ほ社、ま社、み社、む社、め社、も社、や社

<JR>

ゆ社、よ社、ら社、り社、る社、れ社、ろ社

アンケートの結果をまとめると以下ようになる。

(1) 電気機器購入時の取扱いについて

- 電気機器購入時においてPCB不含を確認して機器購入をしている事業場は46事業場中の35事業場であり、不含確認開始時期は2001～2004年であり、2002年が最も多く26事業場であった。確認方法は2事業場を除き、電気機器メーカーに確認していた。
- 電気絶縁油に関して規格を指定していたのは34事業場で、全てJIS規格であった。新油絶縁油及び再生絶縁油の区分をして購入していたのは9事業場であり、指定していなかった事業場のほとんどは電気機器に封入されている電気絶縁油は新油絶縁油との認識であった。但し、2事業場については新油絶縁油あるいは再生絶縁油を使用するかについては電気機器メーカーあるいは電気絶縁油メーカーに委ねていた。

(2) 使用中機器の保守時の扱いについて

- 電気機器の保守(封じきり機器以外)のために、全ての事業所で電気絶縁油を入れ替えたり、注ぎ足したりした実績があった。
- 保守に使用していた電気絶縁油(保守油)は、電気絶縁油メーカー、納入

機器メーカー、保守受託会社から購入がほとんどであったが、一部、保管品の社給、工事請負会社による調達、点検修理業者の持ち込み等があった。

- 保守油に対して規格を指定していたのは 37 事業場で、全て J I S 規格であった。新油絶縁油及び再生絶縁油の区分を指定して購入していたのは、11 事業場であり、指定していなかった事業場のほとんどは電気機器に封入されている電気絶縁油は新油絶縁油との認識であった。また、新油絶縁油と再生絶縁油の区分を指定していない事業場もあり、そのうち 1 事業場は「性能を満足していれば問題ない」としていた。
- 保守油購入時において P C B 不含を確認して機器購入をしている事業場は 46 事業場中の 28 事業場であり、不含確認開始時期は 2001～2004 年であり、2002 年が最も多く 24 事業場であった。確認方法は全ての事業場で電気機器メーカーに確認しており、それに加えて一部、自社等で分析や電気絶縁油メーカーに確認していた。

(3) 廃棄時について

- 電気機器廃棄時に P C B の不含を確認していたのは、46 事業場中 42 事業場であった。不含確認開始時期は 2000～2004 年であり、2002 年が最も多く 31 事業場であった。確認方法は電気機器メーカー、自社等で分析して確認及び他社に分析を依頼して確認していた。また、ほぼ全ての機器ユーザーにおいて、電気機器廃棄時に不含確認後、適正に保管・処分がなされていたが、ごく一部のユーザーにおいては、不含確認を行わずに機器を解体業者に廃棄委託し、または、機器から電気絶縁油を抜油して廃油業者に廃棄委託し、容器は鉄屑として廃棄処分していた。

(4) その他について

- 1 事業場において、電気絶縁油として所内の電気機器に再利用することを目的として電気絶縁油の再生を委託していた。

以上のアンケート結果のまとめから新油絶縁油及び再生絶縁油への P C B 混入の可能性について次のように整理出来る。

- 機器ユーザーでは、電気絶縁油には微量 P C B が混入しているといった認識がないため、2000 年以前は電気機器購入時及び保守油購入時において電気絶縁油の P C B 不含を確認していなかった。また、大多数の機器ユーザーでは電気機器に封入されている電気絶縁油は新油絶縁油との認識であったため、ほとんどが新油絶縁油と再生絶縁油を区分しておらず、JIS 規格のみを指定していたので、多くの電気機器及び保守油で再生絶縁油を

使用したかどうかは確実に把握できない。従って仮にこれらの再生絶縁油にPCBが混入していた場合、新油絶縁油にPCBが混入していないとの認識のもと、保守等の油交換を行ったとすると、結果的にタンクや器具の共用によって汚染を拡大した可能性がある。

- また、上記認識の下、アンケート実施時点で電気機器購入時及び保守油購入時において、電気絶縁油のPCB不含を確認していない機器ユーザー事業場もあり、保守油については、電気絶縁油メーカー、納入機器メーカー、保守委託会社からの購入がほとんどであったが、一部、保管品の社給、工事請負会社による調達、点検修理業者の持ち込み等があったことから、これらの保守油に仮にPCBが混入していた場合、結果的に汚染が拡大した可能性がある。
- 機器ユーザーでは、電気絶縁油には微量PCBが混入しているといった認識がないため、1999年以前は機器廃棄時に電気絶縁油のPCB不含確認を実施していなかったことから、再生絶縁油が製造されていた時代には、仮にこれら電気絶縁油にPCBが混入していた場合、結果的に廃油へPCBが混入した可能性がある。

4.5 P C B含有製品メーカー及び潤滑油等の再生事業メーカーアンケート

本アンケート調査は、現地ヒアリング結果から判明した一部電気絶縁油製造企業におけるP C B含有製品製造の実態を受け、P C Bを含有した潤滑油等電気絶縁油以外の製品の製造・再生状況等に関して平成16年8月、電気絶縁油製造企業を対象に、資源エネルギー庁資源・燃料部石油精製備蓄課が調査を実施したものであり、結果の概要は以下のとおりである。

1) 調査対象企業

電気絶縁油の製造・販売、再生業務を行っている／行っていた企業 計18社
内訳 精製元売り：6社
潤滑油製造／電気絶縁油製造専業：12社

2) 調査結果概要（18社中17社より回答）

(1) P C B含有製品を製造していた企業 計1社

①c社

- ・製造品目(PCB含有量)：3品目 工業用汎用油(3.0mass%)
油圧作動油(0.5mass%)
トルクコンバーター専用油(4.0mass%)
- ・製造量：不明
- ・P C B購入量：23社 KC-500
92,100kg(昭和40年～46年の合計)
- ・1971年10月20日付けでP C B使用中止
- ・電気絶縁油は専用設備で製造しており、一般潤滑油との共用部分なし

(2) 潤滑油等の再生事業を行っていた企業 計6社

○事業内容：潤滑油の受託再生・・・4社
廃油の燃料油への再生・・・1社
詳細不明・・・1社

○ラインの状況：専用ライン・・・4社
一部共用・・・1社
詳細不明・・・1社

○P C B検査：受入時、再生品共に未実施・5社
詳細不明・・・1社

①l 社

- ・ 事業内容：工業用潤滑油の受託再生
- ・ 再生量　：約 860kl／年～2,100kl／年（平成元年度以前のデータなし）
- ・ 専用ラインを利用。
- ・ PCB含有の確認検査は行っていない。

②m 社

- ・ 事業内容：潤滑油（ディーゼルエンジン油・タービン油）、トルエン・キシレン、流動パラフィンの受託再生
- ・ 再生量　：潤滑油　　　　　570kl／年（昭和 50 年事業撤退）
トルエン等　　　500kl／年（平成 13 年事業撤退）
流動パラフィン　70kl／年（平成 13 年事業撤退）
- ・ 再生方法が異なり、装置施設の共用はなし。
- ・ PCB含有の確認検査は行っていない。

③p 社

- ・ 事業内容：タービン油、エンジン油、油圧作動油、ギヤー油の受託再生
- ・ 再生量　：昭和 40～49 年　　3,600kl／年
昭和 50～55 年　　2,400kl／年
昭和 56～60 年　　1,200kl／年
昭和 61～平成元年　360kl／年（平成 2 年事業撤退）
- ・ 再生絶縁油と硫酸及び白土処理装置を共用（昭和 46～61 年）
- ・ PCB含有の確認検査は行っていない。

④t 社

- ・ 事業内容：工業用潤滑油の受託再生
- ・ 再生量　：不明
- ・ 電気絶縁油は専用ラインであり、共用はなし。
- ・ PCB含有の確認検査は行っていない。

⑤s 社

- ・ 事業内容：廃油として収集した工業潤滑油（タービン油等）を産業廃棄物として引き取り、燃料油として再生・販売
- ・ 再生量　：15kl／年程度
- ・ 電気絶縁油と潤滑油の処理設備は完全に分離されている。

- ・ P C B 含有の確認検査は行っていない。

⑥q 社

- ・ 1969 年に事業撤退しており、詳細資料なし

(3) 資源エネルギー庁からの通知（昭和 50 年及び平成元年）への対応

＊両通知は、資エ庁から直接伝達された一部専門企業を除き、潤滑油専門企業の団体である全国石油工業協同組合に対して行われており、石油連盟及び精製元売企業には送付されていない。

○潤滑油等の製造に P C B を使用していた企業（1 社）

- ・ 通知以前に使用を停止（c 社:昭和 46 年）

○潤滑油等の再生事業を行っていた企業（6 社）

- ・ 通知以前に再生事業から撤退（q 社:昭和 44 年・m 社:昭和 50 年）
- ・ 再生受託製品名の確認、鉱物油の再生事業の中止（p 社）
- ・ 顧客先情報及び製品情報による P C B 含有の有無の確認、P C B 含有可能性のある油種の受入れ中止（l 社）
- ・ 潤滑油に P C B が使用されていたとの認識がなかったことから特段の対応せず（t 社・s 社）

○潤滑油等の製造に P C B を使用しておらず、潤滑油等の再生事業を行っていない企業（8 社）

- ・ 特段の対応は行っていない（f 社・e 社・d 社）
- ・ 関係部署に注意喚起（i 社）
- ・ 自主的に不混入を確認（g 社）
- ・ 電気絶縁油に関する P C B 検査を実施（a 社）
- ・ 特定取引先企業との間に新たに基本契約を締結し、契約先企業以外との受託再生は行わないことを徹底（昭和 50 年通知）、電気絶縁油の再生事業から撤退、電気絶縁油の製品検査規定中に P C B 分析項目を追加（平成元年通知）（n 社）
- ・ 詳細不明（b 社）

○電気絶縁油のみの製造／再生事業を行っていた企業（2 社）

- ・ 電気絶縁油の委託再生加工受入れ時に確認試験を実施（k 社）
- ・ 詳細不明（r 社）

4.6 P C Bメーカーアンケート

本調査は電気絶縁油のライフサイクルの関係者としてP C Bメーカーについてもその当時の販売先、製品特性と使用用途、出荷荷姿、回収等を調査し原因究明に資することを目的に平成 16 年 8 月、経済産業省環境指導室がアンケートを実施したものである。結果の概要は以下のとおりである。

1) 調査対象企業

P C Bメーカーの 2 社 (z3 社、z4 社)

2) 調査時期

平成 16 年 8 月～9 月

3) 調査結果概要

(1) P C Bの販売先等

○メーカーでは電気用、開放系用、熱媒体用、感圧紙用と区分して把握しており、電気用ではJ E M A加盟の変圧器、コンデンサメーカー等へ、熱媒体用についても電気機器メーカー、電気絶縁油メーカーへの販売があった。

(2) P C Bに係る生産品目毎の特性及び用途

○z3 社の P C B生産は 1954 年から 1972 年までの間、56,320 トンであり、z4 社の生産は 1969 年から 1972 年までの間、2,455 トンであった。また当時の通産省の回収指示に基づき z3 社は 1972 年から 1975 年までの間、約 5,500 トンを回収し、z4 社は 1969 年から 1981 年までの間に回収し、回収油には P C B機器、設備を洗浄した油も含まれている。(z4 社 z4 あ事業所が作成したパンフレット「タンク保管 P C Bの無害化処理について」によれば、回収量は 968 トンとなっている)

○P C B用途別の生産商品名については次表のとおり整理できる。

用 途	z 3 社		z 4 社	
	生産商品名	塩素化度	生産商品名	塩素化度
変圧器用	KC-1000	5	アロクロール T-100	5
コンデンサ用	KC-300	3	アロクロール 1242	3
	KC-400	4	アロクロール 1248	4
	KC-500	5	アロクロール 1254	5
熱媒体	KC-300	3	サントサーム FR1	3
	KC-400	4	サントサーム FR2	4
潤滑油	KC-300	3	アロクロール 1232	2
	(極圧添加剤)		アロクロール 1242	3
			アロクロール 1248	4

			アロクロール 1260 (作動油)	6
			アロクロール 1254 (切削油)	5

(3) PCBの出荷荷姿

- z3 社では出荷荷姿の 70～80%はドラム缶で変圧器、熱媒体用途。ローリー車は残り 20～30%の大半はコンデンサ用途であった。(※)
- z4 社では出荷荷姿でローリー車は感圧紙向けのみ。U 変圧器用は専用の通いステンレスコンテナ（2～4 KL）使用であった。その他はドラム缶。(※)

(4) PCB貯槽等の設備貸与

- 一部のユーザーが貯槽等の施設を設置していた模様だが、PCBメーカーによる設備貸与があったかは不明。(※)

※ 資料は残っていないが、当時の関係者にヒアリング調査した結果による。

5. 現地ヒアリング結果

5.1 電気絶縁油メーカー

原因究明ワーキンググループの委員及び専門委員が現地設備等を確認することにより、新油絶縁油及び再生絶縁油の製造に対して正しく認識し、PCB使用時期、再生絶縁油使用時期等の当時の製造状況（原料受入、製造、貯蔵、製品出荷、輸送、品質管理等）を示す資料等を確認することにより各社アンケートの検証と電気機器へのPCB混入の原因を究明するために、平成16年5～7月に電気絶縁油メーカーに対して現地ヒアリングを行った。

現地ヒアリングの対象メーカーの選定にあたっては、新油のみの電気絶縁油メーカー、新油及び再生油の電気絶縁油メーカー、再生油のみの電気絶縁油メーカーに分類し、アンケート結果を参考に石油連盟加盟会社及び（社）潤滑油協会加盟会社を主として、その代表例を選定した。

選定したメーカー・事業場及び主な確認事項は以下のとおりである。

○選定メーカー

- ① 新油のみの電気絶縁油メーカー（自主生産のみ）
・・・c社・c1事業場
- ② 新油のみの電気絶縁油メーカー（自社生産及び他社調達）
・・・g'社・g'1工場
- ③ 新油及び再生油の電気絶縁油メーカー
・・・p社・p1工場、n社、k社・k1工場
- ④ 再生油のみの電気絶縁油メーカー・・・s社

○現地ヒアリングにおける現地設備確認を含む主な確認事項

- ① 電気絶縁油関係設備（原料油受入、製造、貯蔵、出荷設備等）確認
- ② PCB使用及び低濃度PCB混入機器、関係設備撤去保管状況等確認
- ③ 関係資料の提示、各社アンケート回答に対する質問等
 - ・ PCB使用、再生絶縁油使用及び新油絶縁油使用時期の各種マニュアル、社内基準・規格、契約書・注文書
 - ・ 受入輸送、受入設備、製造設備等フローシート、図面、設備設置許可書、届出書等
 - ・ 不含証明書及び不含証明書の元となった分析結果表
 - ・ アンケートの回答に対する確認等

現地ヒアリングの結果、主に以下のことを確認した。

1) c 社・c1 事業所

工場の概要説明及び関係資料の提示・説明、電気絶縁油関係設備（受入タンク、旧溶剤精製装置跡地、旧溶剤脱蠟装置跡地、過去に使用していた減圧・蒸留装置跡地、貯蔵設備、タンクローリー出荷設備、ドラム缶充填設備）、潤滑油関係設備（一般潤滑油設備（調合室）、PCB使用及び低濃度PCB混入機器、関係設備撤去保管状況等について現地確認した。

① 電気絶縁油関係及び潤滑油設備確認

- ・ 昭和 40～46 年に PCB を購入し、潤滑油（工作機械油）に極圧添加剤として PCB を添加していたとの説明があった。PCB が電気絶縁油に混入する可能性については、潤滑油と電気絶縁油のライン及びタンクは全く別個のもので、また電気絶縁油の製造場所と PCB 添加（調合）の作業場が離れていることから、あり得ないことについてフロー図での説明及び現場での説明があった（当時の消防への提出書類として、昭和 34 年の届出書「危険物取扱所既存届出書」の提示があったが、書類ではタンク、配管図、フローシート等の証明となる資料は確認できなかった）。

② PCB使用及び低濃度PCB混入機器、関係設備撤去保管状況等確認

- ・ 専用の建家に高圧変圧器 6 台、低圧変圧器 35 台及び当時 PCB を添加した潤滑油等が 682 個のドラム缶に保管してあった。

③ 関係資料の確認、各社アンケート回答に対する質問等

- ・ 電気絶縁油生産の歴史及び電気絶縁油製造工程の変遷について説明があり、その概要は以下のとおりであった。

- 1951～1975 年 5 月（c2 製油所一貫生産－ア県内の国産原油使用）；
常圧蒸留→（残査）→減圧蒸留→溶剤精製→溶剤脱蠟→硫酸洗浄・白土処理
- 1975 年 6 月～1998 年 9 月（c3 製油所；中間原料・c2 製油所；仕上げ－中東系原油使用）；
（c3 製油所）常圧蒸留→減圧蒸留→水素化精製・（c2 製油所）溶剤精製→溶剤脱蠟→白土処理（1985 年 3 月から水素化精製の技術の進歩により、溶剤精製の工程はない）
- 1998 年 10 月以降（c3 製油所一貫生産－中東系原油使用）；
常圧蒸留→減圧蒸留→水素化脱蠟→水素化精製
なお、現在、c1 事業所では c3 製油所からタンカーで輸送された変圧器用電気絶縁油を脱水塔で水分を除去し、ごみを MF で濾過除去後（一部特殊グレードで添加剤（BTA 等）を使用）、タンクローリー、ドラム缶で製品出荷。

- ・ アンケートの回答の根拠となる資料として、原料受入規格（1973 年以降～現在）、製造マニュアル・製品規格（1972 年以前～現在）、製品検査標準（1973 年以降～現在）、不含証明書及び不含証明書の元となった分析結果表について提示があり、不含証明は平成 2 年から発行していた。P C B の分析は平成 2 年に 2 件、平成 3 年に 25 件、平成 3 年以降は年に 10 件以上行っている（主に客先の要望）とのことであった。定期的（1 回／月）に P C B 分析を実施したのは平成 13 年以降で、サンプリング箇所はタンクローリーの放油管で行っているとのことであった。
- ・ 自社専用タンクローリーは自社製の新油絶縁油のみに使用しているが、極例外的に前荷を灯油に限定して洗浄して使用（灯油ローリーの格上げは容器検査標準に規定）しており、その際には共油（新油絶縁油）で洗浄、電気特性を満足することを確認し、製品積み込みを行い、洗浄油は廃油として処理しているとの説明があった。
- ・ P C B 検出時の措置規定として P C B 管理手順書等はないとの説明があった。
- ・ 1951～1975 年にア県内の国産原油をタンク車で輸送していたことによる P C B 混入の可能性について、タンク車は輸送会社の所有、近距離輸送であることから、他の用途に使い回されたとは考えにくいと説明があった。
- ・ 万が一、原料である国産原油に P C B が混入していたと仮定した場合、KC-300 及び 400 は沸点範囲から軽油留分となるはずであり、電気絶縁油への混入の可能性はない。一方、KC-500 については電気絶縁油留分になる。その後の精製工程で除去できるかどうかについては知見がないので電気絶縁油に混入するかどうかは不明であるとの説明があった。
- ・ 特約店の販売について、電気絶縁油は、現在末端ユーザーまで分かるが、過去については不明である。潤滑油については小口であり、過去から現在まで不明であるとの説明があった。

2) g'社・g'1 工場

工場の概要説明及び関係資料等の提示・説明、電気絶縁油関係設備（アルキルベンゼンの受入設備、ソルベント蒸留装置、ノンアロマソルベント製造装置（NASU）、接触脱蠟装置（MLDW）、白土処理装置、ドラム缶出荷現場、タンクローリー出荷現場）、P C B 使用及び低濃度 P C B 混入機器、関係設備撤去保管状況等について現地確認した。

① 電気絶縁油関係設備確認

- ・ 白土処理は窒素化合物を除去しているとの説明があった。白土処理タンクは 5 基あり、1 基当たり約 40KL の逆円錐型で、3 基は洗浄槽で 2 基は別な調合に用いているとのことであった。白土一濾過器は、フィルターが 30 枚あ

り、白土を掻き落とす用途として用いられていた。掻き落とされた白土は産廃として処理しているとのことであった。

- ② P C B使用及び低濃度 P C B混入機器、関係設備撤去保管状況等確認
 - ・ 鉄筋コンクリートの専用保管場所に、高圧コンデンサ、蛍光灯安定器、水銀灯安定器（ドラム缶入）が保管されており、変圧器はなかった。この中には g'1 工場の機器だけでなく、g'2 工場の機器も保管されているとのことであった。
- ③ 関係資料の確認、各社アンケート回答に対する質問等
 - ・ g1 製油所の製造工程管理基準、製造工程における品質管理状況の概要及び g1 製油所時代からの電気絶縁油製造工程の変遷について説明があった。電気絶縁油製造工程の変遷は以下のとおりであった。
 - 1967 年以前（硫酸洗浄時代－ナフテン系の国産であるイ原油、イ原油とナフテン系南方原油併用、ナフテン系南方原油）；
原油タンク→減圧蒸留→原料タンク→硫酸洗浄槽→ソーダ洗浄槽→湯洗槽→白土洗浄槽→濾過装置→製品タンク→フィルター→製品出荷
 - 1967～1983 年（水素化精製時代－ナフテン系南方原油）；
原油タンク→減圧蒸留→原料タンク→水素化精製→半製品タンク→白土洗浄槽→濾過装置→製品タンク→フィルター→製品出荷
なお、電気絶縁油の性能向上のため、y 社製のアルキルベンゼンを白土処理して混合していた。
 - 1983 年以降（中東系原油使用）；
常圧蒸留の重質分を受入→減圧蒸留→原料タンク→接触脱蠟（流動点を下げる）→半製品タンク→白土洗浄槽→濾過装置→製品タンク→フィルター→製品出荷
なお、場合によって白土洗浄槽の前に y 社製のアルキルベンゼンを添加していた。
 - ・ 原料油受入規格票、原料油規格（2004.4.7）、製品規格、仕入れ商品規格、試験検査成績表、不含見解書、不含証明書等の提示があった。なお、1975 年付けの試験成績表によると製品 17 種類について P C B を分析し、全て不含であった。
 - ・ 他社からの購入品については、購入先から直接出荷しており、自社工場を経由しての出荷はないとのことであった。
 - ・ 生産設備において、JIS 1・2 号以外に JIS 7 種 4 号（1982 年～）及び外国規格（IEC、BS、ASTM 等）を同一のラインで使用していたとの説明があった。

- ・ 調達タンクローリーについて、電気絶縁油専用車と電気絶縁油・ケミカル品の兼用車を使用しており、ケミカル品とは y 社で製造している商品（アルキルベンゼン等）であるとの説明があった。専用車は洗浄せず、兼用車は洗浄を実施しており、洗浄には灯油と洗剤を使用し、洗浄後の廃油は産業廃棄物として処理されているとのことであった。
- ・ 不含見解と不含証明についての違いについて、J E M A 報告書における不含見解書は PCB を取り扱っていないなどの状況証拠から不含であることを示したもので、不含証明とは電気絶縁油中の PCB 分析結果に基づき不含であることを示したものであると理解しているとの説明があった。
- ・ 電気絶縁油の納入時に発行する試験成績書に、PCB 分析結果に基づき PCB 不含であることを記載するようになったのは 2002 年 11 月以降であり、発行先は電気絶縁油の納入時に試験成績書を提出している主要機器メーカー、ユーザーであるとの説明があった。
- ・ 購入品の管理について、購入先 4 社のうち現在購入している m 社の製品のみ自社で PCB 分析を実施しているとの説明があった。l 社、p 社については、不含見解を入手しているが、不含証明は入手できておらず、a 社からは不含証明を入手しているが平成 2 年のみであるとのことであった。購入品の輸送についての管理についても、m 社のみ把握しており、g 社と同等に行っているが、その他の購入先については把握していない。
- ・ 潤滑油と電気絶縁油の製造工程の共用について、アロマフリーソルベント及び圧延油については、減圧蒸留装置は共用、原料タンクは別である。また、冷凍機油については、全ての製造工程が別である。
- ・ 購入品については仕入れ商品規格を満たすように指示しており、1 号油と 4 号油は自社生産品のみである。自社生産品と購入品では用途などによって納入先を区別しており、大型機器に対しては g 社製造のものを、m 社のものは小型、汎用品用に販売したとの説明があった。
- ・ 商流としては特約店を経由した販売がほとんどであるが、出荷は直送が多い。一部特約店の倉庫に納品した製品についてはどこに売られているかまではわからないとの説明があった。

3) p 社・p1 工場

工場の概要説明及び関係資料等の提示・説明、電気絶縁油関係設備（原料油受入設備、新油の製造設備である硫酸処理、白土処理、脱気装置等、新油絶縁油及び再生絶縁油製造時代の貯蔵及び出荷設備）、PCB 使用及び低濃度 PCB 混入機器、関係設備撤去保管状況等について現地確認した。なお、再生絶縁油の製造設備は現存していなかった。

① 電気絶縁油関係設備確認

- ・ 当時の再生絶縁油原料受入タンクは再生潤滑油用と再生絶縁油用を合わせて6基あり、この内2～3基を再生絶縁油用に使用しており、これらは現在洗浄して新油絶縁油及び潤滑油の受入タンクに転用しているとの説明があった。再生絶縁油の原料油はドラムとタンクローリーを使用し、変圧器用電気絶縁油のみを受入れていたが受入れ基準や製品の規格等が残っていないとのことであった。
 - ・ 新油絶縁油の原料受入タンクはコーンルーフ型の1基で、1979年～現在まで新油絶縁油に使用しているとの説明があった。新油絶縁油の原料は、1960年以前は鉄道で、1960年以降は船で工場外の油槽所に搬入しており、現在はタンクローリー車を用いているとのことであった。当時の新油絶縁油の原料は主にナフテン系であり、石油会社から比較的重質なものを購入しているとのことであった。
 - ・ 電気絶縁油に限らず、過去に遡ってPCBを原料として仕入れたことや製品として使用したことはないとのことであった。
 - ・ 電気絶縁油の製造設備で製造している製品はJIS 1種、6種、7種、ASTM規格電気絶縁油、BS規格電気絶縁油、IEC規格電気絶縁油であるとのことであった。
 - ・ 製品の出荷は自社専用タンクローリーであり、3台(2台は電気絶縁油専用、1台は潤滑油専用)所有していた。タンクローリーの洗浄は自社で行っているとのことであった。
- ② PCB使用及び低濃度PCB混入機器、関係設備撤去保管状況等確認
- ・ 変電室に、過去に電路に使用していたコンデンサ3台が保管してあった。
- ③ 関係資料の確認、各社アンケート回答に対する質問等
- 電気絶縁油の生産管理工程図、消防法の届出書(1971年以降の新油絶縁油及び再生絶縁油の配管図面(变更后配管系統図(1)送油配管、ウ市昭和49年6月21日、消防局)、受入規格、不含証明書等について提示・説明があった。電気絶縁油製造工程は以下のとおりであった。なお、新油絶縁油と再生絶縁油のラインは分離していた。

<新油絶縁油>

➤ 昭和26年～；

硫酸処理(中和処理含む)→白土処理→濾過処理

＊硫酸処理は原料油の品質向上により、1974年に中止

➤ 現在；白土処理→半製品貯蔵タンク→真空・ろ過(水分除去と脱気する)→製品タンク

<再生絶縁油>

➤ 昭和 26 年～昭和 60 年；

硫酸処理（中和処理含む）→白土処理→濾過処理

なお、1971～1985 年は電気絶縁油以外の潤滑油の受託再生を行っており、硫酸処理及び白土処理装置は洗浄で切替えて共用（原料と貯槽は専用）していた。

- ・ 「再生アルケン」は、合成油（2 種 1 号）の納入先であるケーブルメーカーとの間の製品名称であり、この納入メーカー 1 社だけで用いているとの説明があった。なお、ケーブルメーカーからの委託内容は「自社内 O F ケーブル製造時オーバーフロー等で生じた O F 油に限定した精製委託」である。
- ・ 新油絶縁油の生産設備について、製造ラインは JIS 1～4 号、BS、ASTM、IEC は共用、7 種 2 号、4 号については、タンクは別、その他については一部共用、6 種についてはシリコン油なので、製造ライン、処理装置は専用であるとの説明があった。
- ・ 再生絶縁油の輸送について、自社専用タンクローリーで原料と製品の両方を運搬しており、製品を輸送する場合には洗浄していたとの説明があった。洗浄油は電気特性を考慮して、タンクローリーに積み込む製品を共洗いに使用し、洗浄油については、全て自家燃料にしていたとのことであった。
- ・ 受託再生は歩留まりがあるので、最初の契約で預かった油の、例えば 80%を戻すと取り決めて再生していた。従って歩留まりの補充はしていないとの説明があった。
- ・ 1971 年以降の新油及び再生油の配管図面より、詳細な配管の繋がりが確認できなかったことから、新油絶縁油と再生絶縁油の半製品送油ラインが繋がっていた可能性は否定できないとの見解があった。

4) n 社

工場の概要説明及び関係資料等の提示・説明、電気絶縁油及び潤滑油関係設備（再生絶縁油製造時の原料（廃油）タンク、廃油入りドラム缶の収集跡地、硫酸タンク、中和槽、フィルタープレス、温湯洗浄装置、タンクローリー出荷場所、新油絶縁油の原料タンク、白土処理槽、濾過機、脱水槽、製品タンク、脱水塔、ドラム缶充填設備、一般潤滑油の製造設備）について現地確認した。なお、P C B 使用及び低濃度 P C B 混入機器の保管、関係設備の撤去保管はなかった。

① 電気絶縁油関係設備確認

- ・ 再生絶縁油及び新油絶縁油の原料受入れタンクはそれぞれ 1 基であった。再生絶縁油の原料油（廃油）の受入れについては、ガラス管を用いて簡易に品質をチェックし、合格した油のみを受入れていたとの説明があった。また、廃油タンクのまわりに原料油（廃油）の入ったドラム缶を在庫し、ドラム缶

の在庫量と原料タンク内の在庫量で生産量を調整していたとのことであった。

- ・ 新油絶縁油及び再生絶縁油の製造設備について、白土処理装置は2基所有しており、新油絶縁油及び再生絶縁油の併産時は新油絶縁油に1基、再生絶縁油に1基使用していたが、新油絶縁油のみになり、新油絶縁油に2基使用しているとの説明があった。また、新油絶縁油及び再生絶縁油の製造ラインは全て分離されていた。
 - ・ 輸送には、自社専用タンクローリーを1台（出荷用）を使用しており、再生絶縁油はタンクローリー出荷のみとのことであった。
- ② P C B使用及び低濃度 P C B混入機器、関係設備撤去保管状況等確認
- ・ P C B使用及び低濃度 P C B混入機器の保管、関係設備の撤去保管はないとの説明があった。
- ③ 関係資料の確認、各社アンケート回答に対する質問等

絶縁油再生委託加工契約書（昭和 43 年 10 月 1 日～）、受入検査規定（1964 年 6 月 1 日 決定実施、1988 年 8 月 1 日 改正）、原材料規格（1986 年 8 月 1 日 決定実施）、特別作業標準 絶縁油（再）、硫酸洗浄作業・中和処理作業・水洗作業・白土処理作業・濾過及び脱気作業・脱水処理及び納入作業（昭和 50 年 11 月 1 日 決定実施）、特別作業標準 絶縁油、白土処理作業・濾過及び脱気作業・脱水及び充填作業（昭和 39 年 6 月 1 日 決定実施）、規格・代表性状表、材料部品基準 材料 再生油（制定；昭和 45 年 1 月 30 日）、共通作業標準（製品出荷）（1964 年 6 月 1 日 決定実施）、中間検査規定 絶縁油（1964 年 6 月 1 日 決定実施）、製品検査規定 絶縁油（1964 年 6 月 1 日 決定実施）、契約書（昭和 54 年 4 月 1 日～昭和 55 年 3 月 31 日）、品質管理規定（1964 年 6 月 1 日 決定実施）、計量証明書等について提示及び説明があった。また、変圧器用電気絶縁油生産工程配管図により、電気絶縁油製造工程について説明があり、その概要は以下のとおりであった。

<新油絶縁油>

原料タンク→白土処理→濾過機→脱気槽→製品タンク→脱水槽→容器詰

<再生絶縁油>

廃油タンク→硫酸洗浄タンク→中和槽→水洗槽→白土処理→フィルタープレス→脱気槽→冷却槽→タンクローリー出荷

- ・ 新油絶縁油の原料は、原油から精製されたベースオイルで石油精製元売りより購入しており、購入先は時期によって異なり、複数社から購入しているとの説明があった。1992 年 11 月以前はナフテン系、1992 年 11 月以降はナフ

テン系＋パラフィン系（一部）、2000年4月より、パラフィン系であるとのことであった。また、平成10年6月4日にエ社に、受入れ原料（一般潤滑油ベースオイル、電気絶縁油ベースオイル、電気絶縁油製品の3サンプル）についてPCB分析を依頼したところ、全てN.Dであったとのことであった。

- ・ 再生絶縁油の輸送タンクローリーの洗浄について、年に約2回をめぐりに実施し、灯油約100～200Lで洗浄後、新油絶縁油約200Lで友洗をし、洗浄油は、自家ボイラー燃料として使用したとの説明があった。
- ・ 再生絶縁油を中止した時点での再生絶縁油設備は、設備によって灯油、新油絶縁油及びクリーニング用アルカリ洗浄剤で洗浄し、洗浄後の油については、灯油、新油絶縁油は、自家ボイラー燃料として使用、洗浄剤は業者で処分したとの説明があった。
- ・ 潤滑油の製造工程と再生絶縁油の製造工程の違いは、硫酸処理であり、潤滑油の製造は、硫酸処理は行わない。
- ・ 受託再生時の歩留まりは、90～92%（8～10%の減耗）であり、精製減耗について補充は行わず、例えば10の原料油を預かって、9の製品が出来上がれば、9を受託再生元に納めていたとの説明があった。
- ・ 昭和43年10月1日にH社と取り交わした絶縁油再生委託加工契約書で、「H社から引渡を受けた廃油、再生油等は他社との混同を避けるため専用タンクに収納し、帳簿上も区分整理するものとする。」としていた。n社ではH社以外の電気絶縁油の再生を手がけた記録はないが、仮に当時他社の再生を同時期に行っていたと仮定すれば、受入れタンクは1つだったので、製造ラインは区分されていなかったと考えられるとの説明があった。
- ・ PCBを添加剤として受入れたことはないとの説明があった。
- ・ 新油絶縁油の販売は特約店経由であり、ドラム缶は小口販売で新品のドラム缶を使用していたとの説明があった。
- ・ 昭和54年4月1日のH社との（委託）契約書で、「H社以外の廃絶縁油は一切取り扱わない」としており、昭和54年4月以降の再生電気絶縁油の生産はH社との受託再生のみであった。なお、この契約書は昭和50年のエネルギー庁通達に関連して取り交わしたものであるとの説明があった。

5) k社・k1工場

工場の概要説明及び関係資料等の提示・説明、電気絶縁油関係設備（蒸留塔、白土処理、制御室、新油絶縁油貯蔵タンク、新油絶縁油原料タンク、再生絶縁油専用原料タンク及び製品タンク、タンクローリー充填設備、ドラム充填設備）について現地確認した。なお、PCB使用及び低濃度PCB混入機器の保管、関係設備の撤去保管はなかった。

① 電気絶縁油関係設備確認

- ・ タンクヤードは昭和 46 年に設置して以降、現在まで変更はないとの説明があった。新油絶縁油の原料タンクは複数あり、再生絶縁油使用当時の再生絶縁油の原料タンクは 150KL が 2 基あった。配管は既に処分され、タンクのみが現存していた。
 - ・ 再生絶縁油の減圧蒸留塔はメタノール・水酸化カリウム方式の連続蒸留装置であり、真空状態で温度を約 270℃にして、蒸留していたとの説明があった。この際のトップ（低沸点：70℃以下）は主にメタノール成分であることから蒸発し、ボトムはタンクに抜き、別途処分し、これらを除いた 4 段の留分を再生絶縁油として回収していたとのことであった。生産量は約 90KL／日（4KL／h）とのことであった。
 - ・ 新油の貯蔵タンクは複数あり、客先毎の微妙な規格の違いによって区分して貯蔵していた。微妙な規格の違いとは、ベンゾトリアゾール添加量、流動点であるとの説明があった。タンクローリーは、自社専用タンクローリーに加えて、繁忙期は自社専用のタンクローリーを調達しているとのことであった。
- ② P C B 使用及び低濃度 P C B 混入機器、関係設備撤去保管状況等確認
- ・ P C B 使用及び低濃度 P C B 混入機器の保管、関係設備の撤去保管はないとの説明があった。
- ③ 関係資料の確認、各社アンケート回答に対する質問等
- 製品規格（P C B）QC 工程図（工程管理図（3）（作業名：製品調整、製品充填工程、運搬搬入））（1993 年 8 月）、製品の P C B 分析結果 分析試験報告書（昭和 60 年 7 月 15 日）、分析試験報告書（平成元年 11 月 29 日）、年代別 P C B 測定実績、P C B 分析ガスクロマトグラム測定記録について提示・説明があった。電気絶縁油の製造工程は以下のとおりであった。

<新油絶縁油>

原料油タンク→白土処理（～80℃）→濾過→製品タンク→出荷（ガロン缶、ドラム缶及びタンクローリー）

原料油は特定の石油会社 1 社から原油を蒸留精製した基油を専用船で輸送（一部、タンクローリー）し、k1 工場内の原料油タンクに受入れていたとの説明があった。

<再生絶縁油>

- 1941 年 12 月～1972 年 3 月（k2 工場及び k3 工場）；

専用廃油タンク→硫酸処理→白土処理→製品タンク

- 1974 年 4 月～1990 年 1 月（k1 工場）

専用廃油タンク→蒸留→製品タンク

原料油はか社から専用のタンクローリーまたはドラム缶で原料油（柱上変

圧器の油)を輸送しており、製品は専用のタンクローリーまたはドラム缶でか社の指定場所(柱上変圧器メーカーの工場等)に納品していたとの説明があった。

- ・ 新油絶縁油におけるPCBの分析頻度は、1985年：1回、1988年：2回、1989年：18回、1990年：68回、1991年：95回、1992年：99回、1993年：88回、1994年：99回、1995年：95回、1996年：120回、1997年：96回、1998年：99回、1999年：86回、2000年：85回であった。
- ・ 新油絶縁油における輸送タンクローリーの洗浄について、白油使用車転用時のみ新油で洗浄・油試験を実施し、洗浄後の油は燃料用として売却していたとの説明があった。
- ・ か社の受託再生のみであり、歩留まりの補充はしていなかったとの説明があった。蒸留によって、トップ(1%程度)とボトム(5%程度)を除くので、仕上がりは預油の93%程度とのことであった。
- ・ 再生絶縁油を中止した時点で再生絶縁油設備を洗浄した後の洗浄油及び預油・再生絶縁油とも全量をか社に引き取ってもらったとの説明があった。
- ・ 原油について、昔はナフテン系であったが、現在は徐々にパラフィン系にシフトしているとの説明があった。
- ・ 新油絶縁油と再生絶縁油のラインは繋がっており、38カ所をバルブで封印(系統隔離)して、新油絶縁油と再生絶縁油が混合しないようにしており、封印の詳細は不明であった。また、k1工場での再生絶縁油の生産開始が1974年4月～で、封印したのが1974年8月～であることから、この4ヶ月間には新油絶縁油と再生絶縁油の生産ラインは共用していたと考えられるが、実際にこの間に再生絶縁油が製造されていたかどうかは不明との説明があった。

6) s 社

工場の概要説明及び関係資料等の提示・説明、電気絶縁油及び関係設備(屋外原油及び製品貯蔵タンク、真空浄油機、硫酸処理タンク、中和処理タンク、白土処理タンク、フィルタープレス、半製品タンク、潤滑油再生設備(濾過のみ))、PCB使用及び低濃度PCB混入機器、関係設備撤去保管状況等について現地確認した。

① 電気絶縁油及び潤滑油関係設備確認

- ・ s 社では、再生絶縁油製造当時に自社タンクローリーを2台所有しており、1台は回収した変圧器からの抜油の輸送用、1台は再生した電気絶縁油の出荷(輸送)用に使用していたとの説明があった。
- ・ 当時使用していた原料タンク(屋外)は100KLが2基、製品貯蔵タンク(屋外)は20KLが3基あり、同じ防油堤内に設置されており、現在は洗浄して

新油絶縁油等の貯蔵に使用しているとの説明があった。なお、その他に屋外ドラム缶貯蔵所があり、ドラム缶で 100KL 分の貯蔵能力があるとのことであった。タンクローリーノズルは原料と製品は別個の 2 個を確認した。また、タンクへの注油はタンクローリーからする場合とドラム缶からポンプアップする場合があるとの説明があった。原料タンクから再生設備へのラインと再生後から製品貯蔵タンクまでの戻り配管が一部共用となっており、配管に残った油などは混合していたとのことであった。

- ② P C B 使用及び低濃度 P C B 混入機器、関係設備撤去保管状況等確認
 - ・ 再生絶縁油製造設備そのものが P C B に汚染されているため、コストの関係で解体せず、そのまま保管されていた。
- ③ 関係資料の確認、各社アンケート回答に対する質問等

絶縁油規格書（昭和 51 年 2 月 2 日）、絶縁油試験成績書（昭和 58 年 10 月 28 日）、絶縁油再生加工（昭和 57 年 4 月）、品質管理工程図、管理マニュアル等（内容；資材の受入管理、絶縁油再生工程管理、タンクローリー車・ドラム缶充填時の管理、検査・試験体制、クレーム発生時の対応、絶縁油再生加工工程図）について提示・説明があった。電気絶縁油の製造工程は以下のとおりであった。

<再生絶縁油>

原料油貯蔵タンク→硫酸処理タンク→中和処理タンク→白土処理タンク→フ
ィルタープレス→半製品タンク→真空浄油機→製品貯蔵タンク

- ・ 再生絶縁油の製造形態は、お社、え社、Q 社からの受託再生であり、再生処理で 9 割は回収、1 割は硫酸ピッチとなっていたとの説明があった。1 割の補充については、主に上記 3 社の紹介によって、紹介先から、原料油を回収していたとのことであった。原料油について、受託再生先のお社及び Q 社では、s 社の社員が現地に行って、原則として柱上変圧器及び変圧器からタンクローリー（ポンプ搭載）で油を抜いて回収（納品もタンクローリー）し、え社（オ支店管轄資材センター）の場合はドラム缶で回収し、ドラム缶で納品しており、ドラム再生は外注をしていたとのことであった。販売先については、お社、Q 社、え社のみであったとのことであった。
- ・ 当時の新油絶縁油の値段は 130～140 円、受託再生は約 40 円（新油の約 1/3）、紹介先で調達した場合には約 77 円（新油の約 1/2）であり、当時の背景として納入メーカーから 1 円でも安い油を欲しいと要求されていたので、一般的に歩留まりを新油絶縁油で補充することは考えられないとの見解があった。
- ・ 昭和 48～49 年以降は、再生絶縁油の原料として変圧器から抜油する時、機器メーカーから提供された「P C B 使用電気機器表示記号便覧」と変圧器とを照合し、P C B が使用されていないことを確認していたとの説明があった。

以上をまとめると、電気絶縁油関係設備、P C B使用及び低濃度P C B混入機器、関係設備撤去保管状況等について現地確認を行い、また、当時の電気絶縁油の製造状況（原料受入、製造、貯蔵、製品出荷、輸送、品質管理）を示す資料やアンケートの根拠となった関係資料を確認した結果、新油絶縁油及び再生絶縁油にP C Bが混入する可能性について次のように整理出来る。

- ・ 新油絶縁油の原料にはP C Bが使用されていないことが確認された。また、再生絶縁油の原料には、P C Bが混入している可能性があるという認識がなかったことが確認された。
- ・ 新油のみ（自主生産のみ）の電気絶縁油メーカーの1工場において昭和 40年から 46年にP C Bを購入し、一部の潤滑油に添加剤としてP C Bを添加していたことが明らかとなった。なお、潤滑油と電気絶縁油のライン及びタンクは全く別個のもので、また電気絶縁油の製造場所とP C B添加（調合）の作業場が離れていることから、製造工程でP C Bが電気絶縁油に混入する可能性はないことについてフロー図での説明及び現場での説明があった（それを証明する当時の図面等は確認できなかった）。
- ・ P C Bを添加剤として潤滑油に添加していた1工場では、P C B添加潤滑油はP C Bが使用禁止となった時点で回収し、回収したP C B添加潤滑油は専用倉庫で適切に保管していることを確認したが、回収しきれなかった製品については、製品にP C B添加の表示がなかったことから、再生潤滑油の原料となった可能性がある。
- ・ 新油及び再生油の電気絶縁油メーカー1社で1971～1985年に再生絶縁油と再生潤滑油の製造設備で一部共用（硫酸処理、白土処理）があった。従ってこのメーカーに関しては仮に再生潤滑油の原料にP C Bが混入していた場合、再生絶縁油及び再生絶縁油の製造設備、輸送設備等が汚染された可能性があり、また輸送において、原料と製品の両方を運搬（製品を輸送する場合は洗浄）していたことから、再生原料及び受入設備についても汚染された可能性がある。また、さらに新油絶縁油と再生絶縁油の半製品送油ラインが繋がっていた可能性は否定できないとの見解があったことから、仮に再生絶縁油にP C Bが混入していた場合、新油絶縁油及び新油絶縁油の貯蔵タンク、輸送設備等が汚染された可能性がある。
- ・ 新油及び再生油の電気絶縁油メーカー1社で1974年4月～1974年8月の間、新油絶縁油と再生絶縁油のラインを共用していた可能性が否定できないことから、このメーカーに関しては、仮に再生絶縁油の原料にP C Bが混入していた場合、新油絶縁油及び新油絶縁油の製造設備、輸送設備等が汚染された可能性がある。

- ・ 再生油のみの電気絶縁油メーカーで歩留まりの補充をするために、原料を受託再生先の紹介先から回収していたことがあり、昭和 48～49 年以降は変圧器から抜油する時、機器メーカーから提供された「P C B使用電気機器表示記号便覧」と変圧器とを照合し、P C Bが使用されていないことを確認していたことから、仮にこの便覧に記載していないP C B使用機器があった場合、P C B使用電気機器でないとの認識のもと再生絶縁油の原料となった可能性がある。

5.2 電気機器メーカー

原因究明ワーキンググループの委員及び専門委員が現地設備等を確認することにより機器製造に対して正しく認識し、P C B使用時期、再生油使用時期等の当時の製造状況を示す資料等を確認することにより、J E M A報告書の検証と電気機器へのP C B混入の原因を究明するために、平成 16 年 3～4 月に電気機器メーカーに対して現地ヒアリングを行った。

現地ヒアリングの対象事業場の選定にあつたは、P C B使用変圧器等電気機器を製造していた事業場であることを前提として、新油絶縁油のみを使用している変圧器等電気機器を製造している事業場、新油絶縁油及び再生絶縁油を使用した変圧器等電気機器を製造している事業場に分類し、製造ラインの共用やアンケート結果を参考にその代表例を選定した。

選定した事業場及び主な確認事項は以下のとおりである。

○選定事業所

- ① 新油絶縁油のみ使用・・・N 社・N 工場、V 社・V1 事業所
- ② 新油絶縁油及び再生絶縁油使用（製造ライン分離）・・・P 社・PA 工場
- ③ 新油絶縁油及び再生絶縁油使用（製造ライン一部共用）・・・J 社・JM 工場

○現地ヒアリングにおける現地設備確認を含む主な確認事項

- ① 電気絶縁油関係設備（受入設備、製造ライン等）確認
- ② P C B使用、製造及び低濃度 P C B混入機器等保管状況確認
- ③ 関係資料の提示、各社報告書に対する質問等
 - ・ P C B使用、再生絶縁油使用及び新油絶縁油使用時期の各種マニュアル、社内基準・規格、設備設置許可書、届出書等の提示・説明
 - ・ 各社報告書及びホームページ等の報告に対する質問
 - ・ アンケートの回答に対する確認等

現地ヒアリングの結果、主に以下のことを確認した。

1) N 社・N 工場

工場の概要説明及び関係資料等の提示・説明、電気絶縁油関係設備（受入設備、製造ライン、変圧器試験方法及び試験設備）、P C B使用及び低濃度 P C B混入機器等保管状況について現地確認した。

- ① 電気絶縁油関係設備確認
 - ・ 新油絶縁油使用機器と P C B使用機器の電気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いたとの説明があった（但し、消防法届出書等の証明となる当時の資料はなかった）。

- ・ 変圧器の製造工程には、大きく分けて2種類あり、一般の変圧器製作フローは、全てを工場内で組立・試験を行い、注油のまま現場に輸送し、大型変圧器の製作フローは、全てを工場内で組立、試験を行い、その後機器から抜油した後、現地に輸送し、機器の現地据付時に注油するとの説明があった。なお、N社では現地注油をする場合には、新油絶縁油を電気絶縁油メーカーから手配購入し、タンクローリーで現地に直送した油を注油しているとのことであった。
 - ・ 当時のPCB受入場には、3klの保管タンクが設置されており、PCB購入はドラム缶で行われていたとの説明があった。現在は、PCB受入タンク及び配管等は全て撤去されていた。
 - ・ 新油絶縁油については、3社から購入しており、2003年1月より、新油絶縁油は電気絶縁油メーカーからタンクローリーで輸送され、ホースで仮タンクに注油、PCBを測定後、PCB不含を確認して本タンクに移送しているとの説明があった。
- ② PCB使用及び低濃度PCB混入機器等保管状況確認
- ・ 当時のPCBに使用していた受入タンク及び配管等はコンクリート建家の地下室の保管場所に保管されていた。機器保管については高濃度PCBが充填されたコンデンサを約800台保管しており、高濃度PCBが充填された変圧器の保管はなかった。低濃度PCB混入機器は、ユーザーが保管しているとのことであった。
- ③ 関係資料の提示、各社報告書に対する質問等
- ・ 作業手配仕様書の例（昭和61年）の提示があり、動粘度、腐食性等について電気絶縁油購入規格の記載があった。なお、2003年以降は納入時に不含証明書を添付しているとのことであった。
 - ・ LTC来歴表の提示があり、これによって「油交換あり」が確認出来るとのことであった。
 - ・ 購入品標準仕様書の提示があり、購入品一般契約要綱（1970年2月21日制定）に従って電気絶縁油購入仕様書があり、昭和46年9月23日付けで電気絶縁油カ1号を昭和41年6月のJIS 2320に対する規格として定めていた。
 - ・ ドラム缶入りPCBの受入法（昭和37年3月13日制定）、不燃性油取扱法（昭和33年10月4日制定）等の提示があった。
 - ・ 不含見解書、不含証明書、試験成績書の一部提示があった。
 - ・ N社では1929年製造の変圧器におけるPCB検出事例(39ppm)について、PCB使用機器の製造は1955年に開始しているので、出荷段階でのPCB混入はないと判断し、当該機器の製造年が1929年と古いことから、製品出荷後に油交換または補充により混入したものと推定していると説明があった。

- ・ P C B検出事例 115 件中、計器用変成器 12 台及び空気遮断器用分圧コンデンサ 12 台の計 24 台については、封じ切り機器であるとの説明があった（油弁がなく現場での油交換は困難）。

2) V 社・V1 事業所

工場の概要説明及び関係資料等の提示・説明、電気絶縁油関係設備（変圧器工場、貯蔵タンク）、P C B使用及び低濃度 P C B混入機器等保管状況について現地確認した。

① 電気絶縁油関係設備確認

- ・ 変圧器の製造について、1961 年 3 月以前は V2 工場、1961 年 4 月以降現在までは V1 工場で製造していたとの説明があった。
- ・ P C B機器生産ラインの P C B受入設備、配管ラインは新油絶縁油機器生産ラインと完全に独立（昭和 44 年の作業マニュアル「不燃性絶縁油入変圧器組立・注油作業方法」に分離の記載あり）していたとの説明があった。但し、消防法届出書（昭和 46 年）による確認は出来なかった。
- ・ 当時使用していた P C B専用タンクは、容量 8,000kl の z3 のタンクであり、P C Bはこのタンクから専用ホースで機器に充填していたとの説明があった。このタンクは P C B使用禁止時に z3 に返却したとのことであった。

② P C B使用及び低濃度 P C B混入機器等保管状況確認

- ・ P C Bを使用していた当時の変圧器、試験使用機器、タンク、配管（ホース）等は工場敷地内の防油提設備のスレート倉庫内に保管しており、台帳によって管理されていた。

③ 関係資料の提示、各社報告書に対する質問等

- ・ P C Bの取扱い手順書として「不燃性絶縁油入変圧器の組立・注油作業法」、「不燃性絶縁油入変圧器組立作業上の注意事項」、「不燃性絶縁油貯蔵タンクの取扱い」、「ミュークロール（V 社の商品名）の注油方法」についての提示があった。また、新油絶縁油の取扱い手順書として「油入変圧器類の乾燥、油含浸及び真空注油方法」、「油入変圧器類の油含浸後の静置及び真空注油方法」の提示があった。
- ・ 購入電気絶縁油の社内規格（昭和 56 年 7 月）の提示があった。
- ・ P C B混入防止の作業マニュアル（昭和 56 年制定の絶縁油注文仕様書の平成 3 年改訂版）の提示があった。
- ・ 新油絶縁油受入マニュアルとして、2 つの作業標準書（油入変圧器の乾燥、油含浸及び真空注油方法、変圧器類含浸後の静置及び真空注油方法）の提示があった。
- ・ 1992 年 4 月以降の P C B分析試験成績書の提示があった。

3) P 社・PA 工場

工場の概要説明及び旧資料等の提示・説明、電気絶縁油関係設備（廃油処理場、常備油貯蔵タンク、再生絶縁油貯蔵タンク及び配管、旧 P C B 使用機器作業域、旧再生絶縁油使用機器作業域、大型変圧器試験場）、P C B 使用及び低濃度 P C B 混入機器等保管状況について現地確認した。

① 電気絶縁油関係設備確認

- ・ 当時使用していた再生絶縁油受入タンクは 93kl で、再生絶縁油はタンクローリーからホースで受入れ、配管ライン（使用したポンプも含めて）は独立しており、また、当時使用していた P C B 受入タンクは 10kl で、タンクローリーで受入れていた（昭和 44 年 12 月 23 日付「P C B タンク管理基準」より）との説明があった。
- ・ 当時の P C B 使用作業域と鉱油使用作業域は別の離れた場所であったとの説明があった。
- ・ 1937 年～現在までの何れに時期においても、新油絶縁油使用機器と P C B 使用機器の電気絶縁油処理ラインは、受入場から注油場まで完全に分離されており、また、新油絶縁油使用機器と再生絶縁油使用機器の電気絶縁油処理ラインについても受入場から注油場まで完全に分離されているとの説明があった（自社報告書及び配管図により確認）。
- ・ P 社が購入していた電気絶縁油の区分は P C B（キ シンクロール）、新油絶縁油 JIS 油(1 種 2 号)、再生絶縁油（q 社製）、AS 油（現地で注油する油）であり、再生絶縁油は銅腐食性が 2b を満足しないため、負荷時タップ切換器（裸銅電極が露出する部分があり、硫黄分の多い再生絶縁油を使用すると硫化銅が生成され短絡事故を起こす可能性がある）を付属しない小型変圧器の封送油にのみ使用していたとの説明があった。現存する購入規格は 1979 年 1 月 31 日以降とのことであった。

② P C B 使用及び低濃度 P C B 混入機器等保管状況確認

- ・ 廃 P C B 使用機器保管倉庫（テントハウス）にて、廃 P C B 使用機器（変圧器、コンデンサ）及び P C B 製造時の設備（タンク、油脱気装置、ろ過機、ホース、ウエス等）の保管状況を確認した。

③ 関係資料の提示、各社報告書に対する質問等

- ・ 最終報告書の内容を検証する資料として J I S 規格、設計基準書、製造基準書、試験成績書、取扱い説明書、図面、不含証明書、油の購入仕様書、O E M 先への製造依頼書、再生油使用変圧器(825 台)全ての納入先リスト及び社内通達文書等について、閲覧及び説明があった。
- ・ 自社生産及び販売した油入り電気機器毎に充填した J I S 油の種類は、J I S 1 種 2 号、4 号、7 種 2 号、4 号（実施開始 1979 年 1 月 31 日）であり、これらの使い分けについては、規格の油種別に製品および工程毎での電気絶

緑油使用を規定した社内規定「使用油の種類と使い分け」があった。

- ・ P 社が O E M で販売した油入り電気機器について発注時の電気絶縁油スペックは、P C B は、「キ シンクロール」と指定し O E M 先に P C B を使用するよう製造依頼しており、鉱油は「普通鉱油 J I S」と指定し、再生絶縁油の指定はしていない（その他に酸化防止剤を添加したキ ノックスがある）との説明があった。
- ・ P C B 使用機器の製造現場における P C B の取扱いを定めた作業基準である技術基準、顧客へ P 社の P C B 使用機器の取扱いを説明した技術資料の提示・説明があった。
- ・ 取引のあった油メーカーから入手した不含証明の提示があった。
- ・ 1989 年 10 月 25 日付通産省提出文書にて、当時 1989 年 6 月と 7 月に分けて 20000L の再生絶縁油を購入し、1989 年 10 月 2 日最終出荷製品をもって再生絶縁油を全て使い切ったことを報告した資料の提示があった。
- ・ 油受入れ管理に関する社内基準として 2002 年 7 月以降実施している管理基準の提示があり、油の受入、貯蔵タンクへの注油、機器への注油等の作業方法、チェック検査等について明記している手順の説明があった。
- ・ P 社より、2003 年 7 月以降製造した変圧器は、P C B 不含を証明出来る。及びサンプル調査結果（1990 年から 2002 年まで、現地別送油変圧器について調査）が全て N D であったことにより、1990 年以降製造の現地別送油変圧器から P C B が検出される可能性はないものと判断するとの見解があった。同時に、1990 年以降の P C B 不含証明付電気絶縁油には P C B の混入はなかったものと判断しているが、1989 年以前に購入した工場貯蔵油(新油絶縁油)が完全に 1990 年以降購入の新油絶縁油と入れ替わり、P C B 検出下限値(0.2ppm)以下になるには約 5 年を要するので、90 年から 95 年までに製作した、封送油変圧器、特殊封送油機器(直流電源、CT)からは、微量 P C B が検出される可能性があるとのことであった。また、微量 P C B が検出される可能性のある上記機器は、90～95 年の P A 工場製作量(kVA ベース)の 3%以下であり、97%以上を占める別送油変圧器は P C B が検出されないとの説明があった。
- ・ P 社は廃油を 100L q 社に渡して再生絶縁油を 75L 戻すといった取引をおこなっており、再生絶縁油を購入する際に廃油を下取価格としていた。種あり*なし**で価格が設定されており、100L 下取りで 200L 購入するケースなどがあるが、P 社は下取りの廃油を再生して引取るという考えではなかったことから委託再生絶縁油という扱いをしていない。あくまでも再生絶縁油は市販されている再生絶縁油を購入したものである（注記：種あり*；廃油を下取りとして拠出して応分の再生絶縁油を購入、種なし**下取り廃油の拠出がなく再生絶縁油を購入）との説明があった。

4) J 社・JM 工場

工場の概要説明及び旧資料等の提示・説明、電気絶縁油関係設備、P C B 使用及び低濃度 P C B 混入機器等保管状況について現地確認した。

① 電気絶縁油関係設備確認

- ・ 新油絶縁油と再生絶縁油受入タンクへの受入ライン及びタンク出口から脱気装置までのラインは共用であり、タンク受入はタンク 10% 残油程度でタンクローリーから注油していたとの説明があった。また、再生絶縁油タンクは洗浄後、新油絶縁油タンクとして転用していた。
- ・ 油処理概略レイアウト図により P C B 配管と新油絶縁油配管（防油堤は共通）及び作業エリアは区分されていたと説明があった。

② P C B 使用及び低濃度 P C B 混入機器等保管状況確認

- ・ 機器の保管状況を確認した。P C B を使用した設備は洗浄後、廃棄したと説明があった。

③ 関係資料の提示、各社報告書に対する質問等

- ・ 再生絶縁油受入時期（1977～1980 年）の新油絶縁油及び再生絶縁油使用の製品の区分は出来ない。ただし、再生絶縁油は、特別高圧級のものには使用していない。見込み生産の比較的容量の小さい機器、高圧級の機器に使用していたと思われるとの説明があった。
- ・ 再生絶縁油中止時点での再生絶縁油は、全量再生絶縁油メーカーに引き取らせたとの説明があった。
- ・ 1990 年以降の分析に基づいた P C B 不含を時系列に示した資料の提示があった。
- ・ 受入標準（昭和 52 年）、購入仕様書（昭和 56 年）等により、購入電気絶縁油の規格の提示があった。
- ・ 絶縁油管理通達（平成元年、平成 8 年）の提示があった。

以上をまとめると、電気絶縁油関係設備、P C B 使用及び低濃度 P C B 混入機器等の保管実態等について現地確認を行い、何れの機器メーカーでも P C B と新油絶縁油の受入設備や製造ライン等は完全に分離しているとの説明（1 社、作業マニュアルに分離の記載あり）があったが、P C B が危険物扱いとなっていなかったため、消防法届出書による P C B の製造ラインと新油絶縁油の製造ラインの分離を確認することが出来なかった。P C B 使用及び低濃度 P C B 混入機器等の保管は適正になされていた。

また、関係資料（受入輸送、受入設備、製造設備等のフローシート及び図面、電気絶縁油受入規格、製造マニュアル、出荷テスト、不含証明等）の提示・説明により、各社の報告書及び機器メーカーアンケート結果の内容について根拠とな

る資料を確認した範囲では、報告書やアンケートと異なる点はなかった。さらに、アンケートにおいて一部不明であった点についても現地ヒアリングによって明らかとなった。

5.3 OFケーブルメーカー

OFケーブル報告書に基づき、原因究明ワーキンググループの委員及び専門委員が現地設備等を確認することによりOFケーブルの製造工程及びOFケーブル設備の施工工程等に対して正しく認識するとともに、当時の資料である品質管理や工程管理に関するマニュアルやPCBの分析に関する記録、昭和50年以前に製造された既設ケーブル設備との割入れ接続や引き替え等の履歴に関する記録を確認することによりOFケーブル報告書の検証とOFケーブルへのPCB混入の原因を究明するために、平成16年4月にOFケーブルメーカーに対して現地ヒアリングを行った。

現地ヒアリングの対象事業場の選定にあたって、全てのOFケーブルメーカーでは鉱油（新油絶縁油）と合成絶縁油を使用していることから、OFケーブル報告書の中で検出事例の最も多かったY社を代表例として、現在、OFケーブルを製造しているY1事業所を対象にした。

現地設備確認を含む主な確認事項は以下のとおりである。

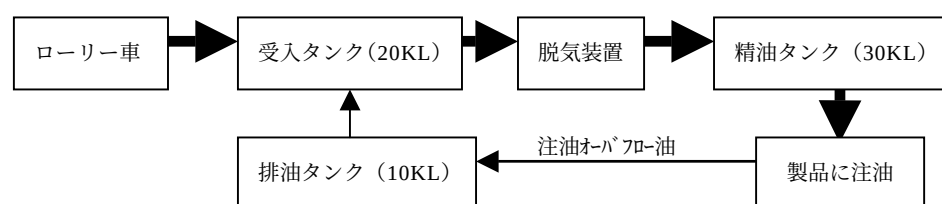
- ① 電気絶縁油関係設備（OFケーブルの製造工程及び設備の施工工程等）確認
- ② 低濃度PCB混入機器等保管状況確認
- ③ 関係資料の提示・説明及びOFケーブル報告書に対する質問等
 - ・ OFケーブル報告書における調査データと関係資料、各種マニュアル、社内基準・規格、不含証明書の提示・説明
 - ・ OFケーブルの製造工程及びOFケーブル設備の施工工程等に関する過去から現在までのフローシート・図面及び当時の設備設置許可書、届出書の提示
 - ・ OFケーブル報告書等に対する質問

現地ヒアリングの結果、主に以下のことを確認した。

1) Y社・Y1事業所

工場の概要説明及び関連資料等の提示・説明、電気絶縁油関係設備（OFケーブルの製造工程及び設備の施工工程等）について現地確認した。

- ① 電気絶縁油関係設備確認
 - ・ OFケーブル製造工程における電気絶縁油使用フローは以下のとおりであり、独立した設備が2系統あった。



- ・ 受入油は、過去は鉱油と合成絶縁油（ハード DDB：ハード型アルキルベンゼン）の 2 種類を使用していたが、現在は鉱油ラインをソフト DDB（合成油でソフト型アルキルベンゼン）に切替え、ハード DDB とソフト DDB（いずれも合成絶縁油）の 2 種類を使用。これらの受入タンク、配管ライン等は分離していた（消防法届出書で確認）。
- ② 低濃度 P C B 混入機器等保管状況確認
- ・ 納品後の低濃度 P C B 混入機器等については、全て客先管理となっているため、Y1 事業所を含め Y 社では保管していないとの説明があった。
 - ・ 低濃度 P C B 混入機器等（コンデンサ、安定器、P C B を含んだウエス類）については、別の場所に適正に保管・管理を行っている写真により説明があった。
- ③ 関係資料の提示・説明及び O F ケーブル報告書に対する質問等
- ・ O F ケーブル報告書に記載の 138 件の検出事例について、「電線メーカー納入設備からの微量 P C B 検出詳細データ」の提示・説明があった。
 - ・ 不含証明書に関して、現時点で電気絶縁油メーカーから入荷毎の分析・不含証明の入手は出来ておらず、調整中であり、そのため、2002 年 12 月から工場内の分析を開始し、それ以降は複数回／年度（2003 年 5 月／2004 年 2 月）検査を実施し、いずれも P C B は不含であることが証明され、2003 年 10 月以降客先から要求があったものは全数検査を行っているとのことであった。なお、サンプリング箇所は、ケーブルへ油詰めをする工程の工場配管給油口であるとのことであった。
 - ・ 作業条件書「O F ケーブル油入れ条件」（昭和 59 年 4 月 5 日制定）等の提示により、施工、注油等について説明があった。
 - ・ 1970 年以降、新油購入の仕様変更はなかったとの説明があった。

以上、O F ケーブルの製造工程等について現地確認を行い、O F ケーブルの製造工程及び O F ケーブル設備の施工工程等に関する関係資料、O F ケーブル報告書の内容について根拠となる資料及び報告書の不明な点等について確認したが、O F ケーブル報告書と異なる事実や、O F ケーブル報告書にケーブル電気絶縁油に P C B 混入要因の可能性が否定できないと記載している以外の P C B が混入する原因となる事実は確認できなかった。

6. 低濃度P C B混入原因が限定される検出事例における混入原因の追跡調査結果

機器ユーザーで電気絶縁油の交換が可能な変圧器等電気機器のP C B混入原因を究明する場合、電気絶縁油のライフサイクル関係者（機器ユーザー、電気機器メーカーまたはO Fケーブルメーカー、電気絶縁油メーカー）において各々原因究明を行う必要がある。しかし、変圧器等電気機器を所有している機器ユーザーから電気機器メーカーまたはO Fケーブルメーカー及び電気絶縁油メーカーに遡及して原因究明を行うことは、電気絶縁油メーカーまで遡るほど、複数の混入可能性の原因が生じる等の理由により、P C B混入原因の特定が困難となる。このため、個別の検出事例から機器ユーザーで電気絶縁油交換等のメンテナンスが物理的に不可能な電気機器（「封じきり機器」または「密封型機器」）やO Fケーブル等の混入可能な経路が極力排除されたケースで、P C B混入原因の特定を図り、機器メーカーまたはO Fケーブルメーカー及び電気絶縁油メーカーにおける原因の究明追跡調査を行った。選定したのは以下の5ケースである。

① 電気機器検出データの追跡調査（1）

・・・P C B及び再生絶縁油が使用されることがなく新油絶縁油のみを使用した事業場で製造された封じ切り機器から検出された事例

② 電気機器検出データの追跡調査（2）

・・・P C B使用の事業場であったが、P C B使用禁止以降、新油絶縁油のみを使用した事業場でP C B使用禁止以降の期間に製造された封じきり機器から検出された事例

③ 電気機器検出データの追跡調査（3）

・・・P C B使用禁止以降に事業場が設置され、新油絶縁油のみを使用した事業場で製造された機器で製造された事業場で試験用に使われた機器から検出された事例

④ O Fケーブル検出データの追跡調査（1）

・・・P C B使用禁止以前に製造されたO Fケーブルと接触履歴のないP C B使用禁止以降に製造されたO Fケーブルに使用された電気絶縁油からの検出事例

⑤ O Fケーブル検出データの追跡調査（2）

・・・O Fケーブルに使用された電気絶縁油からの検出事例において、比較的高濃度であり、当該O Fケーブル路線における割入れ接続（従来路線に増設すること）や引き替え（ケーブル交換）履歴がない検出事例

以上のケースに該当する機器及びO Fケーブルメーカーの事業場における検出事例を選定し、それぞれの事業場における検出事例において、電気機器メーカー及びO Fケーブルメーカーに対してP C B混入の可能性の有無とそれを裏付ける機

器製造年代における消防法届出書、契約書、マニュアル等の資料を調査・提出頂き、これら資料が十分に整った場合に、現地ヒアリングによって、委員及び専門委員で確認することとした。

なお、現地ヒアリングで委員及び専門委員によって該当する検出事例について、機器及びOFケーブルメーカーでのPCB混入の可能性がないと判断した場合には、該当する検出事例に充填された電気絶縁油の納入メーカーに同様の追跡調査を実施することとした。

6.1 選定した検出事例の電気機器メーカー及びOFケーブルメーカーにおけるPCB混入原因の追跡調査

選定したケース毎の追跡調査対象事業場及び検出事例の概要を表 6.1-1 に整理した。

選定した事業場は表 6.1-1 に示したとおりの 5 事業場であった。電気機器メーカーである D 社・D 工場は、クの際に多くの保管記録を紛失しており、残存している記録の中で可能な限り調査対象事例に関する資料を提出して頂いたが、該当する検出事例について PCB 混入の可能性の有無を証明する資料は揃わなかった。また、OF ケーブルメーカーの Z 社・Z1 工場及び ZA・ZA1 工場においても残存している記録の中で可能な限り調査対象事例に関する資料を提出して頂いたが、該当する検出事例がそれぞれ、1974 年、1966 年と 30 年以上も前の事例であることから資料の社内保管期間を過ぎていたりする等の理由により、PCB 混入の可能性の有無を証明する資料は揃わなかった。

このような調査過程での経緯もあり、該当する検出事例について PCB 混入の可能性の有無を証明する資料が揃った U 社・U2 工場及び M 社・MLV 製作所の 2 事業場について、平成 16 年 10 月に主査または副主査、委員及び専門委員で現地ヒアリングを実施した。

現地ヒアリングの結果、主に次のことを確認した。

1) U 社・U2 工場

U 社・U2 工場における追跡調査結果の概要は表 6.1-2 のとおりであり、ヒアリング結果に基づき、副主査同席の上、当日参加した委員及び専門委員において U 社・U2 工場で製造・使用されている 3 台の検出事例については、当時 U2 工場での機器製造工程等における PCB 混入はなく、納入時点までの電気絶縁油に PCB が混入していた可能性が考えられることから納入された電気絶縁油メーカーに遡及してこの検出事例に該当する電気絶縁油の追跡調査依頼を行った。

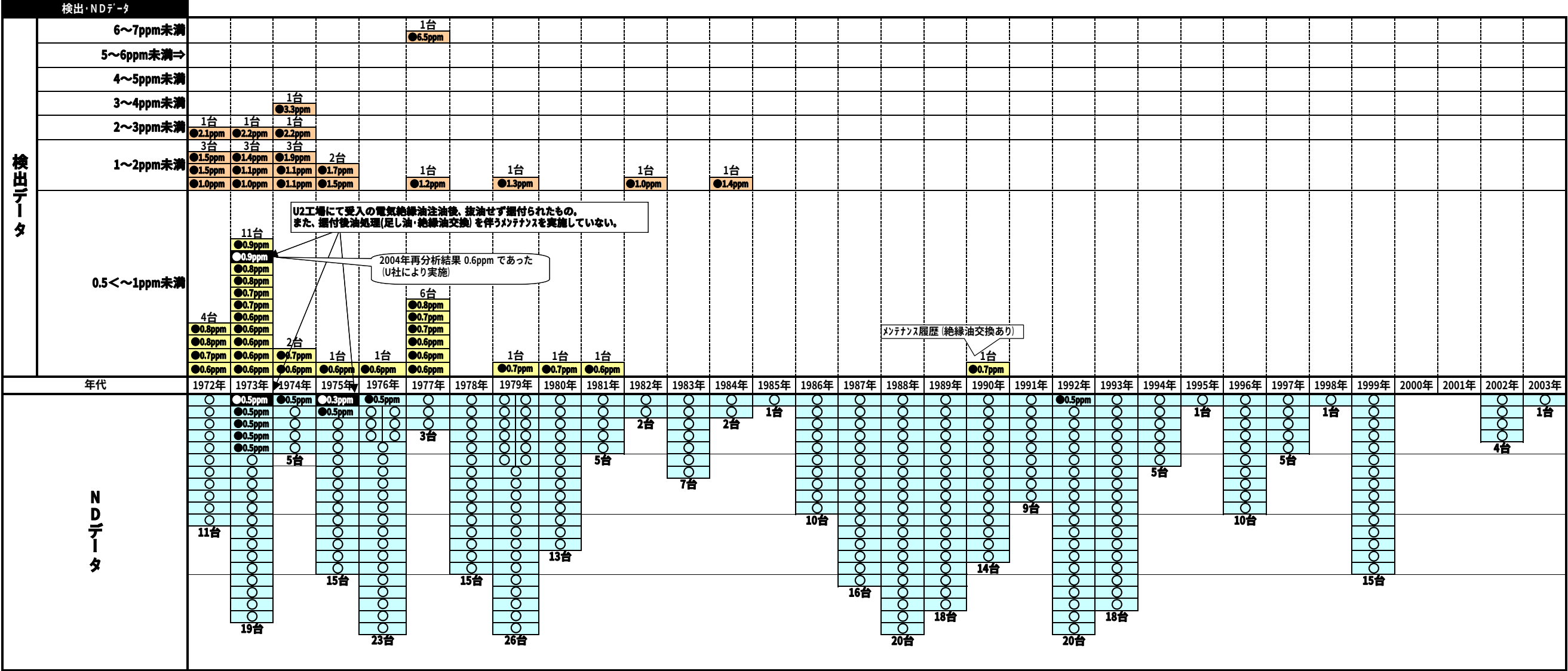
2) M 社・MLV 製作所

M 社・MLV 製作所における追跡調査結果の概要は表 6.1-3 のとおりであり、ヒアリング結果に基づき、主査同席の上、当日参加した委員及び専門委員において M 社・MLV 製作所で製造された当該機器の検出事例については、当時、MLV 製作所での機器製造工程等における PCB 混入はなく、納入時点までの電気絶縁油に PCB が混入していた可能性が考えられることから納入された電気絶縁油メーカーに遡及して、この検出事例に該当する電気絶縁油の追跡調査依頼を行った。

表6.1.1-1 選定ケース別追跡調査対象事業場及び検出事例

選定ケース	一般機器	電気機器検出データの追跡調査(1)	電気機器検出データの追跡調査(2)	電気機器検出データの追跡調査(3)	OFケーブル検出データの追跡調査(1)	OFケーブル検出データの追跡調査(2)
		新油絶縁油のみ使用工場(PCB・再生油不使用)で製造された封じきり機器の検出事例	PCB使用禁止以降、新油絶縁油のみ使用工場で、1973年以降製造された封じきり機器の検出事例	新油絶縁油のみ使用工場で製造され、製造工場で試験用に使用している機器の検出事例	1973年以降に製造されたOFケーブルで、1973年以前に製造のケーブルと接触履歴がない検出事例	比較的高濃度で、且つ当該路線における割入れや引き替え履歴がない検出事例
原因究明フロー	検出事例	検出事例	検出事例	検出事例	検出事例	検出事例
	機器ユーザー					
	電気機器メーカー	電気機器メーカー	電気機器メーカー	電気機器メーカー	OFケーブルメーカー	OFケーブルメーカー
	電気絶縁油メーカー	電気絶縁油メーカー	電気絶縁油メーカー	電気絶縁油メーカー(現地注油含む)	電気絶縁油メーカー	電気絶縁油メーカー
	原料油調達	原料油調達	原料油調達	原料油調達	原料油調達	原料油調達
対象電気機器メーカー・工場	M社・MLV製作所					
メーカー数	6					
機種	計器用変成器					
PCB検出値	0.6～9.9ppm					
製造年	1972～1999年					
電気絶縁油メーカー	g社					
油種	新油絶縁油 (1種2号 or 7種1号)					
	新油絶縁油 (1種1号)					

表6.1-2 U社・U2工場 (PCB及び再生絶縁油の使用はなく、新油絶縁油のみを使用していた) における微量PCB検出状況と追跡調査に関する現地ヒアリング結果概要



データカバー率	1972年	1973年	1974年	1975年	1976年	1977年	1978年	1979年	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	合計
データ総数	19	34	12	18	24	11	15	28	14	6	3	7	3	1	10	16	20	18	15	9	20	18	5	1	10	5	1	15	0	0	4	1	363
検出データ数	8	15	7	3	1	8	0	2	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	
NDデータ数	11	19	5	15	23	3	15	26	13	5	2	7	2	1	10	16	20	18	14	9	20	18	5	1	10	5	1	15	0	0	4	1	314
(検出+NDデータ) / 国内生産台数	40%	31%	20%	44%	57%	33%	18%	30%	33%																							32%	

経緯・イベント	1972年	1973年	1974年	1975年	1976年	1977年	1978年	1979年	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年
U2工場での出来事	▲'72年：U2工場設立高電圧・大容量外鉄形変圧器の生産開始															▲'87年：U1工場で製作の中容量内鉄形変圧器を統合																
社会の動き	▲'90年：電気絶縁油のPCBに対する管理強化																															
	○'72年：PCB機器の製造中止の通達 ○'73年：化審法制定（翌年よりPCB製造・輸入・使用を法的に禁止） ○'75年：全国石油工業協同組合等へPCB混入防止の通達文書発行 ○'76年：電気事業法改正（PCB入り機器の電路への設置禁止） ○'76年：廃棄物処理法改正（PCB関係廃棄物処理基準設定）																															

現地ヒアリングの結果 (資料で確認したこと)	<PCB不使用工場であることについて> ・電気絶縁油の屋外貯蔵タンク所の完成検査が国からのPCB入り機器生産終了の通達命令の後で行われており、常識的にPCB購入のは考えられない。また、これまでのアンケート結果で再生絶縁油の使用はないことが明らかとなっている。 ・U2工場の生産機器は、高電圧（14.5万V以上）、大容量（6万KVA以上）の大型変圧器（外鉄型）の工場であり、このような大型の高電圧用変圧器にはPCBの使用が適していないことが、資料によって明らかである。 ・U2工場での変圧器製造プロセスでは、資料によって油密部のシール用としてグリース等油脂性の物質は使用しておらず、機器加工品については、脱脂処理が行われていることが明らかである。 ・U社 ケ地区統括事務所がコ県知事に平成16年6月28日付けで提出したPCB廃棄物の保管状況及び処分状況等届出書で、PCB油を取り扱うための製造設備や製造残油としてのPCBの保管は一切ないことがわかる。 <U2工場の検出事例詳細> ・U2工場で製造、電気絶縁油を注油して試験用に使用している変圧器3台に検出事例があり、この3台については、据付後油処理を伴うメンテナンスを行っていないことが資料によって明らかである。 <購入電気絶縁油メーカーについて> ・1970年代はk社、1980年以降は、k社及びc社、現地注油については客先指定（口答で説明あり） ☆以上のヒアリング結果に基づき、副主査同席の上、当日参加した委員及び専門委員においてU2工場で製造・使用されている3台の検出事例については、当時U2工場での機器製造工程等におけるPCB混入はなく、納入時点までの電気絶縁油にPCBが混入していた可能性が考えられることから、納入された電気絶縁油メーカーに遡及して、この検出事例に該当する電気絶縁油の追跡調査依頼を行った。
---------------------------	--

表6.1-3 M社・MLV製作所(PCB及び再生熱媒油の使用はなく、新油絶縁油のみを使用)における封じきり機器(計器用変成器)の微量PCB検出状況と追跡調査に関する現地ヒアリング結果概要

[illegible]

データカバー率	1970年	1971年	1972年	1973年	1974年	1975年	1976年	1977年	1978年	1979年	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	合計
データ総数	20	20	17	87	17	10	12	24	33	74	23	4	10	11	14	13	21	7	18	21	6	9	8	7	7	3	1	2	3	3	1	0	1	1	508
検出データ数	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	
NDデータ数	20	20	16	86	16	10	12	24	33	74	22	4	10	11	14	13	20	7	18	21	6	9	8	7	7	3	1	2	3	2	1	0	1	1	502
(検出+NDデータ)/国内生産台数	1.6	1.7	1.2	7.1	3.1	1.2	0.8	1.3	2.0	3.9	1.4	0.3	0.7	0.9	0.8	0.7	1.0	1.4	1.2	1.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.2	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.0	0.2		

経緯・イベント	1970年	1971年	1972年	1973年	1974年	1975年	1976年	1977年	1978年	1979年	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年
MLV工場での出来事	▲'70年:計器用変成器を本社工場から移管し生産開始																																	
社会の動き	○'72年:PCB機器の製造中止の通達																																	
	○'73年:化審法制定(翌年よりPCB製造・輸入・使用を法的に禁止)																																	
	○'75年:全国石油工業協同組合等へPCB混入防止の通達文書発行																																	
	○'76年:電気事業法改正(PCB入り機器の回路への設置禁止)																																	
	○'76年:廃棄物処理法改正(PCB関係廃棄物処理基準設定)																																	
	▲'90年:PCB分析により電気絶縁油のPCB不含の確認 02年:PCB分析により電気絶縁油のPCB不含の確認開始▲																																	

現地ヒアリングの結果 (資料で確認したこと)	・＜PCB不使用工場であることについて＞ ・JEMA報告書及びこれまでのアンケート結果により、PCB及び再生絶縁油を使用した機器を製造していないことは明確である。 ・＜購入電気絶縁油メーカーについて＞ ・昭和53年3月27日の時点で、h社と蓄電器に標準として使用する電気絶縁油の品質について詳細な協定がなされている。 ・昭和58年2月28日の時点で、h社及びz5社と変圧器及び遮断器等に標準として使用する電気絶縁油の品質について詳細な協定がなされている。 ・昭和60年1月時点でのM社のコンデンサ形計器用変成器の品質保証計画書で、品質管理が詳細に決められおり、電気絶縁油の購入先としてh社（z5社）1社のみが明示されている。 ・＜当該機器の検出事例詳細＞ ・資料及び現地見学により、当該機器は封じきり機器であり、修理・メンテナンスをする場合はM社が必ず行っている。M社での修理・メンテナンスの記録はなかったことから、ユーザーにおける絶縁油交換はないと考えられる。 ・＜その他＞ ・昭和60年1月時点でのM社のコンデンサ形計器用変成器の品質保証計画書で、品質管理が詳細に決められており、その中の「外注・購入先一覧表」に主たる発注品目と購入先が明示されている。また、コンデンサ形計器用変成器品質管理工程図に作業工程と使用部品が明示してある。 ・品質保証計画書の調達品目について切削油等を使用したものがあるが、変成器の調達部材に油が付着していた場合、絶縁油特性が劣化するので脱脂等前処理のあとサ社でリン酸被覆の表面処理を行っているとの説明があった。 ☆以上のヒアリング結果に基づき、主査同席の上、当日参加した委員及び専門委員でMLV製作所で製造された当該機器の検出事例については、当時MLV製作所での機器製造工程等におけるPCB混入はなく、納入時点までの電気絶縁油にPCBが混入していた可能性が考えられることから、納入された電気絶縁油メーカーに遡及して、この検出事例に該当する電気絶縁油の追跡調査依頼を行った。
--	--

6.2 選定した検出事例の電気絶縁油メーカーにおけるPCB混入原因の追跡調査

選定した検出事例のうち、U社・U2工場及びM社・MLV製作所の該当する検出事例については、現地ヒアリングによって、当時工場に納入された時点までに電気絶縁油にPCBが混入していた可能性があることを確認したことから、該当機器に充填されている電気絶縁油メーカーにおけるPCB混入原因の究明に関する追跡調査を実施した。調査対象となった電気絶縁油メーカー（表6.1-1参照）は、U社・U2工場の検出事例についてはk社、M社・MLV製作所についてはg社である。

1) k社における追跡調査結果

U社・U2工場における3件の検出事例機器に充填された当該電気絶縁油の追跡調査に先立ち、k社はU社に対し3件の当該電気絶縁油の商品名及びロット番号（不明の場合には、注油年月日等のデータ）の確認を行った。これに対して、U社で調査をしたが、商品名及びロット番号等については確認できず、そこで、k社では3件の検出事例のあった1973～1975年当時の電気絶縁油の製造工程及び物流過程等に範囲を広げPCB混入原因の究明に関する追跡調査を実施した。

以下はk社が調査提示した資料に基づく結果の概要である。

- ① 検出事例3件の当該期間である1973～1975年当時の電気絶縁油に関する製造記録は全て廃棄済みであるとの報告があり、また当時製造された電気絶縁油のPCB分析結果等の資料も確認出来なかった。
- ② 1973年製造の検出事例2件について、現k1工場（新油絶縁油の生産は1971年4月～現在、再生絶縁油の生産は1974年4月～1990年1月）は1971年3月に竣工し、1971年4月から鉱油系新油絶縁油の精製事業を開始し、再生絶縁油の精製事業は1974年4月から開始していたことから、1971年4月から1974年3月に製造した電気絶縁油について、新油絶縁油と再生絶縁油が接触する可能性はなかったとの報告があった。
- ③ 1975年製造の検出事例1件について、現k1工場で電気絶縁油委託再生事業を開始した時期は1974年4月であり、再生絶縁油と新油絶縁油の製造ラインのバルブ封印による系統隔離は1974年8月であった。従って1974年4月～8月の間に新油絶縁油と再生絶縁油の製造ラインが共用していた可能性がある。しかし、電気絶縁油委託再生事業をk1工場で開始するにあたり、同時期にバルブ封印を行った理由は、人為的ミスによる新油絶縁油への再生絶縁油のコンタミによる特性低下を防止するためであった可能性が高く、実際に再生絶縁油の製造を開始したのはバルブ封印以降であったと推定され、新油絶縁油への再生絶縁油のコンタミはなかったものと考えたとの報告があった。

- ④ 1973 年製造の検出事例 2 件の当時、現 k1 工場(1971 年から)は竣工後、1974 年 3 月までは新油絶縁油のみを製造していた。再生絶縁油事業を再開した 1974 年 4 月以降となる 1975 年製造の検出事例 1 件における当時の出荷について、新油絶縁油はドラム缶またはタンクローリー車で行っており、常時取引(開始時期不明)を行っていた運送会社 1 社に電気絶縁油出荷業務を委託し、新油絶縁油専用のタンクローリー車(資料で確認は出来なかった)を使用していた。ただし、繁忙期には一部軽油等の燃料を運搬しているタンクローリー車を備車し、新油絶縁油にて洗浄後、洗浄油試験にて確認後、充填・出荷する場合もあった。1974 年 4 月以降の委託再生事業再開後は、再生絶縁油は新油絶縁油とは別系統の設備にて受入れ、製造、保管をし、再生絶縁油専用のドラム缶(1976 年以降は再生絶縁油専用タンクローリー車(固定)を併用)に充填し、か社の指定場所に納品していたとの報告があった。

以上、k 社の調査及び提示資料に基づきワーキンググループ委員の現地ヒアリングで追跡調査結果の確認を実施すべきである。現段階では、1975 年製造の検出事例 1 件については、1974 年 4 月～8 月の間に新油絶縁油と再生絶縁油の製造ラインが共用していた可能性があること、当時製造した新油絶縁油及び再生絶縁油の PCB 分析結果を確認出来なかったこと、出荷に使用したタンクローリーの運行記録等により、使用したタンクローリーが自社専用の新油絶縁油のみを輸送していたことが確認出来なかったことにより、当時製造された電気絶縁油に、製造工程及び物流過程で PCB が混入する可能性は否定できないと考えられる。1973 年製造の検出事例 2 件については、出荷に使用したタンクローリーの運行記録等により、使用したタンクローリーが自社専用の新油絶縁油のみを輸送していたことが確認出来なかったことにより、当時製造された電気絶縁油に物流過程で PCB が混入する可能性は否定できないと考えられる。

また、U 社・U2 工場における 3 件の検出事例である 1973 年及び 1975 年製の変圧器に充填されている電気絶縁油について、原因究明ワーキンググループにおいて GC-MS (定量下限値：0.01mg/kg) 及び GC-ECD (定量下限値：0.1mg/kg) を用いて再分析を実施した結果(詳細については 8 章に記載)、全て 0.5mg/kg 超の PCB が検出され、その濃度は 2.6～3.6mg/kg の範囲であったことから該当の 3 件の検出事例についての変圧器に充填された電気絶縁油には PCB が混入していることが明らかとなった。

2) g 社における追跡調査結果

M 社・MLV 製作所における 6 件の検出事例機器に充填された当該電気絶縁油の追跡調査に先立ち、g 社は M 社に対し、6 件の当該電気絶縁油の商品名とロ

ット番号（不明の場合には、注油年月日等のデータ）の確認を行った。これに対して M 社より、1999 年製の計器用変成器（P C B 濃度：0.7ppm）のみ注油年月日は 1999 年 3 月 16 日、ロット番号は TG9B4（3 月 1 日入荷、10KL）、TG9C1（3 月 9 日・11 日入荷、各 10KL）、TG9C2（3 月 15 日入荷、10KL）の何れかであるとの回答があったことから、g 社では、検出事例 6 件中の 1 件ではあるが、このロットの電気絶縁油の製造工程及び物流過程等について P C B 混入原因の究明に関する追跡調査を実施した。

以下は g 社が調査提示した資料に基づく結果の概要である。

- ① TG9C1 及び TG9C2 と同一製品についての P C B 分析結果が記載されている平成 11 年 3 月 19 日付けの濃度計量証明書の提示があり、これによると JEAC 1201-1991（定量下限値 2 mg/kg）で分析した結果、P C B は不検出となっていた。
- ② TG9B4 と同じ 2 月中に製造された TG9B1 についての P C B 分析結果が記載されている平成 11 年 2 月 24 日付けの濃度計量証明書の提示があり、これによると JEAC 1201-1991（定量下限値 2 mg/kg）で分析した結果、P C B は不検出となっていた。
- ③ 該当ロット番号の電気絶縁油を M 社・MLV 製作所に納入した際に使用したタンクローリー（新油絶縁油専用）の 1999 年 2 月 16 日～3 月 15 日の間の詳細な運行日報の提示があり、これによると全て自社の新油絶縁油を扱っていた。
- ④ なお該当ロット以外について 1972～1986 年製造の 5 件の検出事例機器に該当する電気絶縁油ロットに関して、g 社が M 社・MLV 製作所に納入したシ蓄電器油（7 種 1 号相当）の P C B 分析結果が記載されている昭和 50 年 9 月 16 日付けの試験検査成績書の提示があり、これによると P C B は不検出（分析方法は不明、検出限界 0.05ppm）となっていた。

以上、g 社の調査及び提示資料に基づきワーキンググループ委員の現地ヒアリングによって追跡調査結果の確認を実施すべきである。現段階では、1999 年製の計器用変成器（P C B 濃度：0.7ppm）に充填されている電気絶縁油には、製造工程及び物流過程で P C B が混入する可能性はないと考えられる。

また、M 社・MLV 製作所における 6 件の検出事例のうち 2 件である 1974 年製の計器用変成器（P C B 濃度：9.9ppm）及び 1986 年製の計器用変成器（P C B 濃度：0.6ppm）に充填されている電気絶縁油について、原因究明ワーキンググループにおいて G C - M S（定量下限値：0.01mg/kg）及び G C - E C D（定量下限値：0.1mg/kg）を用いて再分析を実施した結果（詳細については 8 章に記載）、何れも定量下限値未満であった。従って、M 社・MLV 製作所における 1999

年製の計器用変成器も含めた6件の検出事例については、分析値の信頼性に問題があり、実際にはP C Bが混入していない可能性もあり、原因究明ワーキンググループで再分析を実施した2件を除く4件についても再分析をする必要性があり、再分析が不可能であれば、同一時期に同一電気絶縁油を注油した計器用変成器が数百台は存在する（今回納入したされる電気絶縁油量から推定）と推定されることから、これらについてP C B混入の有無を確認する必要がある。

7. 検出事例・NDデータ整理・解析

7.1 PCB分析データの収集目的とデータの種類

原因究明ワーキンググループでは、電気機器に使用されている電気絶縁油の低濃度PCB汚染の原因究明及び汚染範囲の特定や処理に必要な基礎的情報を収集することを目的として、電気絶縁油のライフサイクル関係者の協力を得て、電気機器に充填されている電気絶縁油中のPCBの分析データを収集した。収集したデータは大別すると下記の3種類である。

- ① JEMA報告書に記載されている検出及びNDデータ（以下「JEMA報告書データ」とする）
- ② JEMA報告書以降、JEMAより提出された追加の検出及びNDデータ（2003年8月～2004年4月）（以下「JEMA追加報告データ」とする）
- ③ 平成16年5月28日付けで機器ユーザーである各業界（電気事業連合会、JR、（社）自動車工業会、（社）日本鉄鋼連盟）宛に原因究明ワーキンググループ主査より依頼した「PCB分析データ提供に係わる件お願い」に対して提出のあった各業界が保有している検出及びNDデータ（電気事業連合会のデータの一部を除き、①及び②に記載のデータとは重複しないデータ）（以下「ユーザー業界データ」とする）

なお、上記データのPCB分析値については、「8. 検出事例のサンプル再分析結果」は反映していない。

7.2 各種データの概要

- 1) JEMA報告書データ及びJEMA追加報告データ（以下「JEMA報告全データ」とする）

JEMA報告全データは、以下の4つの調査により得られたデータである。

- ① 微量PCB混入可能性に関するサンプル調査

PCB不含見解書または不含証明書が得られていない再生絶縁油を使用した電気機器メーカー6社に対して行われた調査。上記不含見解等の得られていない再生絶縁油を使用した期間に製造した機器について、電気機器の種類、製造年、機器メーカー名、製造工場、型式、製造時に使用した電気絶縁油のルートに応じた適切なロットについての調査を実施した。

- ② 微量PCB検出事例の原因究明に関するサンプル調査

検出事例があった電気機器メーカー18社に対してJEMAとりまとめのもとに行われた調査。検出事例があった製造年及びその前後年に製造された機器からサンプルを抽出し、過去の検出事例期間で電気機器の種類毎、メーカー名毎、製造工場毎に1検体以上／年の検体数を目標のもと、PCB検出濃度、機種、製造年、電気機器メーカー名、製造工場、型式、電気絶縁油メーカーについての調査を実施した。

③ 自主調査

上記②に加えて、必要に応じて電気機器メーカー各社が行った自主調査。

④ ユーザーからの連絡調査（ユーザー調査）

ユーザーから連絡があった事例について電気機器メーカーが実施した調査。

以上より、J E M A 報告全データの調査項目は、P C B 分析値、販売メーカー、機種、客先、製造年、製造工場、電気絶縁油メーカー、油種、電気絶縁油交換の有無等となっている。なおデータは全て J E M A 加盟会社の製造機器となっている。

2) ユーザー業界データ

各業界が平成 16 年 5 月 28 日付け原因究明ワーキンググループ主査より依頼のあった「P C B 分析データ提供に係わる件お願い」に対して、その時点で可能な限り調査し、得られた検出及び N D データ（電気事業連合会のデータの一部を除き、J E M A 報告全データとは重複しないデータ）である。

ユーザー業界データについては、機器ユーザー業界で保有している P C B 分析データを全て提出して頂いた結果、機器ユーザー業界毎に調査項目が異なるケースが発生し、一部データの不足のため機器の特定が不可能な事例が存在することとなった他、一部 J E M A 報告全データとの重複も存在することとなった。

そこで汚染電気機器の特定に重要であるデータの不足等を補う措置として、1980 年以降に製造された全機種及び 1979 年以前については、J E M A 報告全データでデータが少ない変圧器以外の機種について J E M A に追加の調査を依頼し、少なくとも販売メーカー、機種、客先、製造年、製造工場について整理した。

最終的にユーザー業界データについては、J E M A に非加盟会社の製造機器も含めて P C B 分析値、販売メーカー、客先、製造年が記載されている全データを採用した。重複については J E M A の調査によって判明した 1980 年以降に製造された全機種及び 1979 年以前に製造された変圧器以外の機種のデータについては除いた。但し、1979 年以前に製造された変圧器については J E M A 報告書全データとの重複を含む。なお、以下の整理・解析についてはこれらデータのうち適宜、情報が明らかとなっているデータを抽出して使用した。

7.3 検出及び N D データの整理結果

1) 製造年代及び機種別の整理

全データ（24,028 件）について、検出及び N D データを機種毎に年代別に整

理した一覧表を表 7.3-1 に、製造年代別の検出・ND データ数及び検出率を図 7.3-1 に示す。

全データにおける 1972 年以前（PCB、新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期）製造機器の検出率は 58.1%、1973～1989 年（新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期）製造機器は 24.4%、1990 年以降（新油絶縁油使用時期）製造機器は 1.8%であり、再生絶縁油の使用が中止となった（新油絶縁油のみ）1990 年以降の製造機器の検出率は著しく低下した。

また、国内で PCB の製造が開始された 1954 年以降について製造年代毎の検出率を単年度毎に見ると、1958 年の約 75% をピークとして減少傾向にあり、PCB の使用が禁止された 1972 年から 1973 年にかけて、検出率が 51% から 36% に、再生絶縁油の使用が中止となった 1989 年から 1990 年にかけて、検出率が 23% から 5% になり、他の年代と比較して 1 年間で検出率が著しく減少した。

この 1989 年から 1990 年にかけて検出率が著しく減少したのは、1990 年以降は再生絶縁油の使用が中止されたことにより、ライフサイクル関係者の間で再生絶縁油の流通が激減したことが主な理由として挙げられる。仮に PCB 検出事例全体の主な混入原因が電気絶縁油の交換・注ぎ足し及びメンテナンス等によるものであるとすると、1989 年以前に製造された多くの機器についても電気絶縁油の交換・注ぎ足し及びメンテナンス時には 1990 年以降に購入した電気絶縁油（PCB に汚染されていない新油絶縁油）を使用していることから、再生絶縁油が中止となった年代を境に検出率が著しく減少することはない。従って、PCB 検出事例の主要因は電気絶縁油の交換・注ぎ足し及びメンテナンス等によるものではない。

機種別に見ると、変圧器、パルス変調器、直流高圧発生器、誘導電圧調整器、コンデンサ、計器用変成器、リアクトル、放電コイル、油遮断器、油入開閉器、空気遮断器用分圧コンデンサ、整流器、ブッシングと非常に多くの機器で検出事例が認められ、コンデンサのように機器ユーザーが使用中に電気絶縁油の交換等のメンテナンスをしない封じきり機器にも検出事例があった。

機種毎の全年代の調査事例数が 500 を超える変圧器、誘導電圧調整器、コンデンサ、計器用変成器、リアクトル、油遮断器について、製造年代別の検出・ND データ及び検出率を図 7.3-2 に示す。

この中で調査事例数に差異があるものの、1990 年以降製造機器における調査事例があり、検出事例がなかったのが、コンデンサ、リアクトルであった。

コンデンサは前述のとおり、機器ユーザーが使用中に電気絶縁油の交換及びメンテナンスをしない封じきり機器であることから、コンデンサの PCB 検出状況は電気機器メーカーでの出荷時に充填された電気絶縁油の PCB 汚染状況を示している。従って、コンデンサについて 1990 年以降機器に検出事例がなく、

他の電気機器において検出事例があることから、1990 年以降製造機器についての検出事例については、電気絶縁油交換及びメンテナンス時に使用された電気絶縁油やタンク等に P C B が混入していた可能性がある。なお、計器用変成器についても一部封じきり機器があるが、表 7.3-1 の 1990 年製造の検出事例 7 件については、非封じきり機器であることが確認されている。一方、1999 年製造の検出事例 1 件については封じきり機器であることが確認されているが、6 章の追跡調査結果によると該当機器に充填された絶縁油の製造工程及び物流過程、機器メーカーでの製造工程等において P C B が混入する可能性はないとの結論が得られていることから、分析値の信頼性に問題があり、該当機器には実際には P C B が混入していない可能性が高い。また、電気機器メーカーにおける現地ヒアリングによって、1990 年以降製造機器の一部の検出事例については、電気機器メーカー 1 社において 1989 年以前に購入した新油絶縁油に微量 P C B が混入しており、これを機器に封入したために検出されたと推定される検出事例のあることが確認されている。

表7.3-1 検出事例・NDデータ整理表

[illegible]

＜データの前提＞

このデータは2004年4月までにJEMAから報告されたデータと各機器ユーザー業界から委員会の要望により自主的に提供されたデータの合計である。

各機器ユーザー業界から提供されたデータについては、機器製造メーカー、製造年、PCB濃度が判明しているデータのみ採用した（1979年以前の変圧器を除くデータについては、既にJEMAで報告されたデータとの重複は原則として除去）。

・各機器ユーザー業界のデータについては、機種等の情報に間違っているデータが含まれている可能性がある。

・JEMA報告全データについては、一部、電圧調整器や計器用変成器を変圧器として、記載しているデータがある。

・各機器ユーザー業界から提供されたデータの一部には、検出台数の欄に「-」あるいは「空欄」が存在しており、それらのデータについては「検出台数;1件」とみなして整理した。

各機器ユーザー業界からの提供されたデータの一部には検出台数が1件で製造番号が3つある場合、検出台数3件で製造番号が3つある場合等が存在していたが、これらについては、記載されている検出台数を採用した。

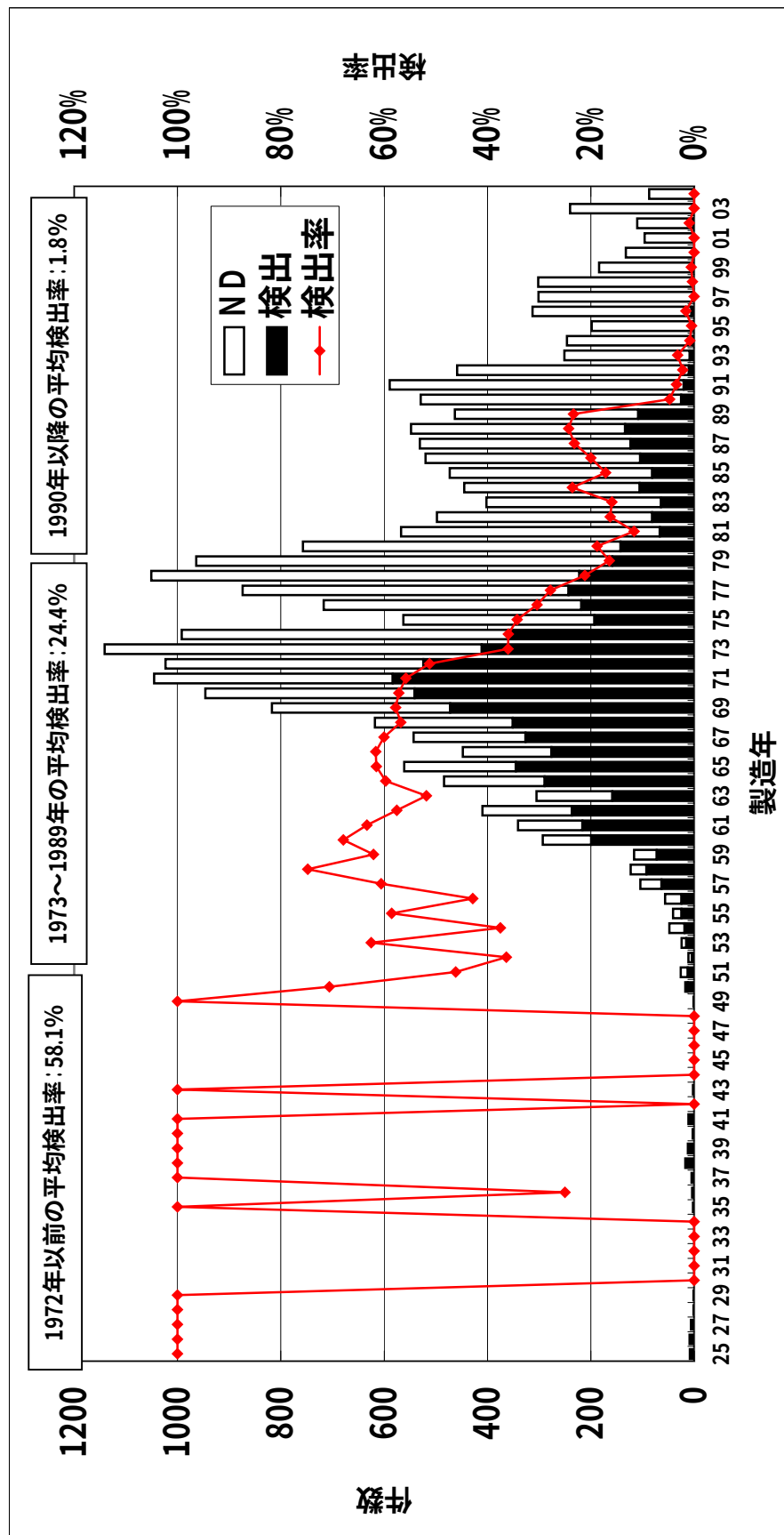


図7.3-1 全データ (24,028件) における製造年代別の検出・NDデータ数及び検出率

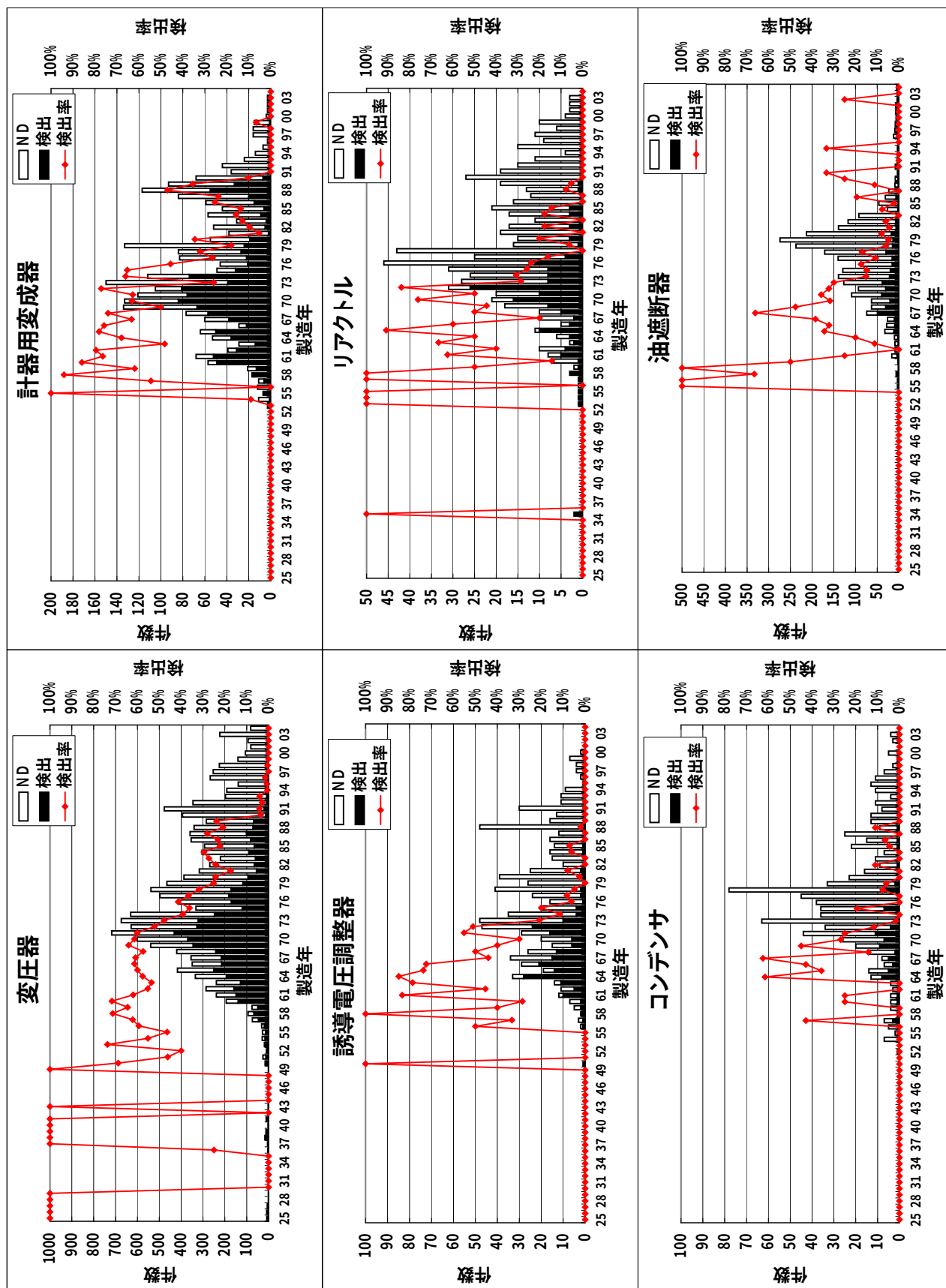


図7.3-2 機種毎の製造年代別の検出・NDデータ及び検出率

2) 製造年代別の濃度分布整理

全データ（24,028 件）を対象として、製造年代毎の平均 P C B 検出濃度分布を図 7.3-3 に示す。

全データにおける平均 P C B 検出濃度について、1972 年以前（P C B、新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期）製造機器は 17.3ppm、1973～1989 年（新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期）製造機器は 7.4ppm、1990 年以降（新油絶縁油使用時期）製造機器は 1.5ppm であり、再生絶縁油が使用中止となった 1990 年以降の P C B 検出濃度は減少した。

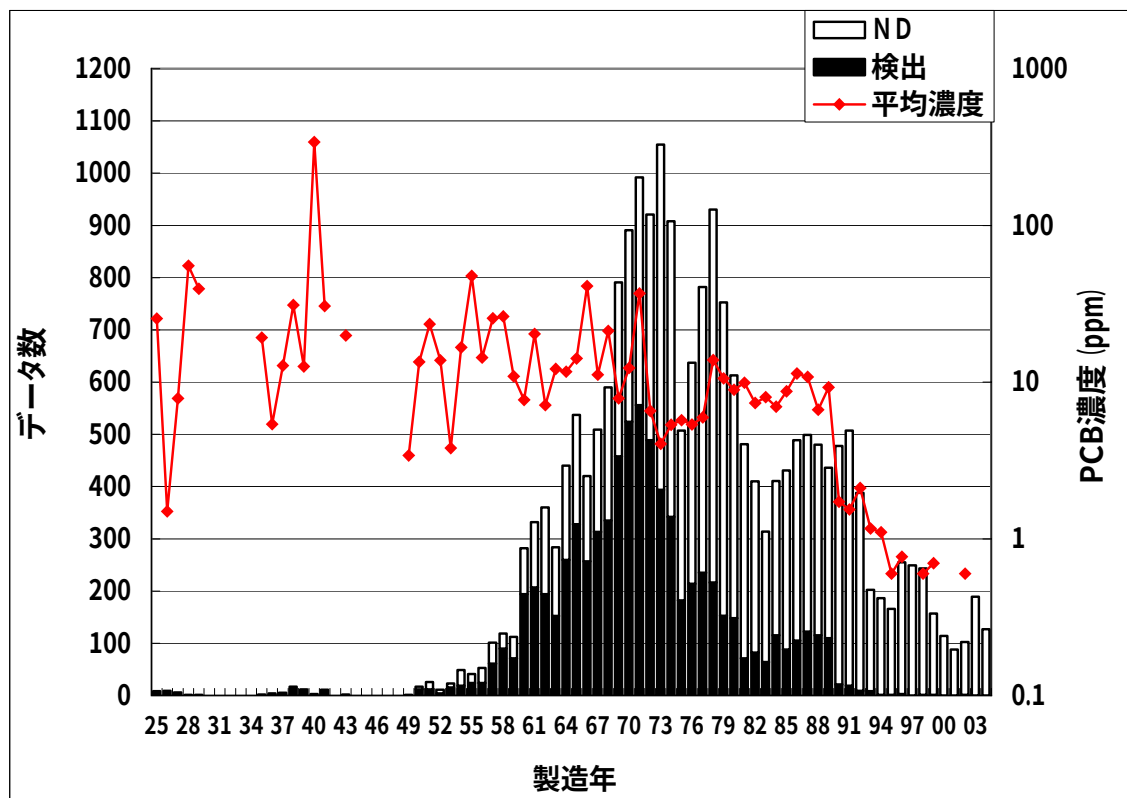


図 7.3-3 全データ（24,028 件）における製造年代別の P C B 濃度分布

3) 検出濃度別の検出台数の整理

検出事例をP C B濃度別に整理した結果を表 7.3-2 及び図 7.3-4 に示す。検出事例は、全体に対して、50ppm 以下が 97.2%、20ppm 以下が 87.4%、10ppm 以下が 76.6%、5 ppm 以下が 65.0%、2 ppm 以下が 44.6%、1 ppm 以下が 23.4%を占めていた。また、100ppm 超～1000ppm 以下は 1.3%、1000ppm 超は 0.1%であった。

表 7.3-2 検出事例の濃度別分布

濃度区分 (ppm)	0.5< ～1	1.0< ～2.0	2.0< ～5.0	5.0< ～10	10< ～20	20< ～30	30< ～40	40< ～50	50< ～60	60< ～70	70< ～80	80< ～90	90< ～100	100< ～1000	1000<	合計
検出台数	1831	1654	1591	912	846	457	218	92	52	29	12	9	6	100	8	7817
構成比 (%)	23.4	21.2	20.4	11.7	10.8	5.8	2.8	1.2	0.7	0.4	0.2	0.1	0.1	1.3	0.1	100
台数累積 割合 (%)	23.4	44.6	65.0	76.6	87.4	93.3	96.1	97.2	97.9	98.3	98.4	98.5	98.6	99.9	100	-

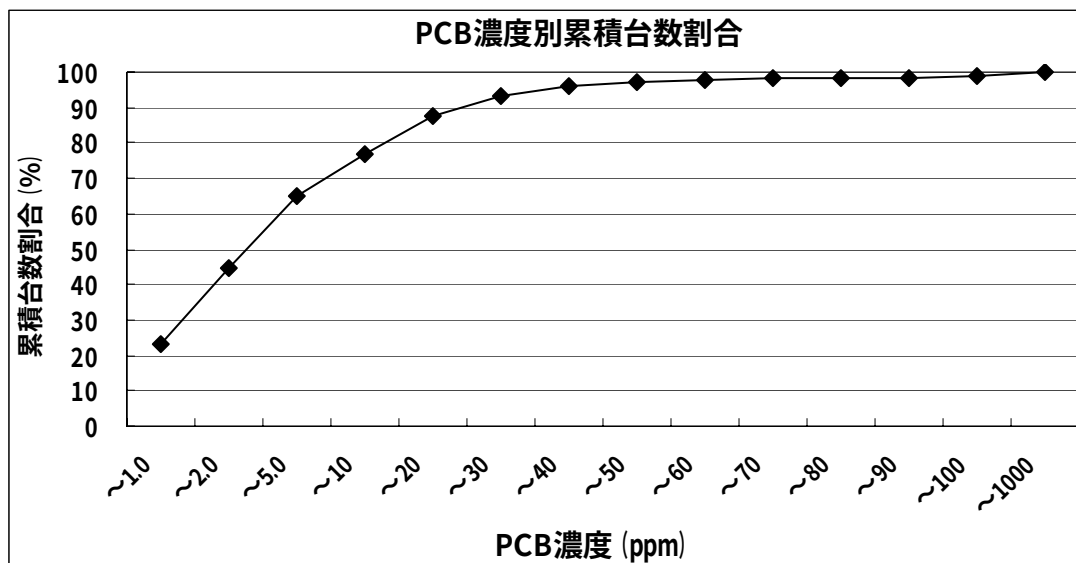


図 7.3-4 検出事例濃度別の累積台数割合

4) 電気絶縁油メーカー別の整理

JEMAによって電気絶縁油メーカーが特定できているデータ（JEMA報告全データ）を対象として、電気絶縁油メーカー別にPCB検出状況を整理した一覧表を図7.3-5に示す。但し、電気機器ユーザーにおける電気絶縁油交換の有無、現地注油の有無については、考慮していない。

図7.3-5の結果を整理すると主に以下のような特徴があった。

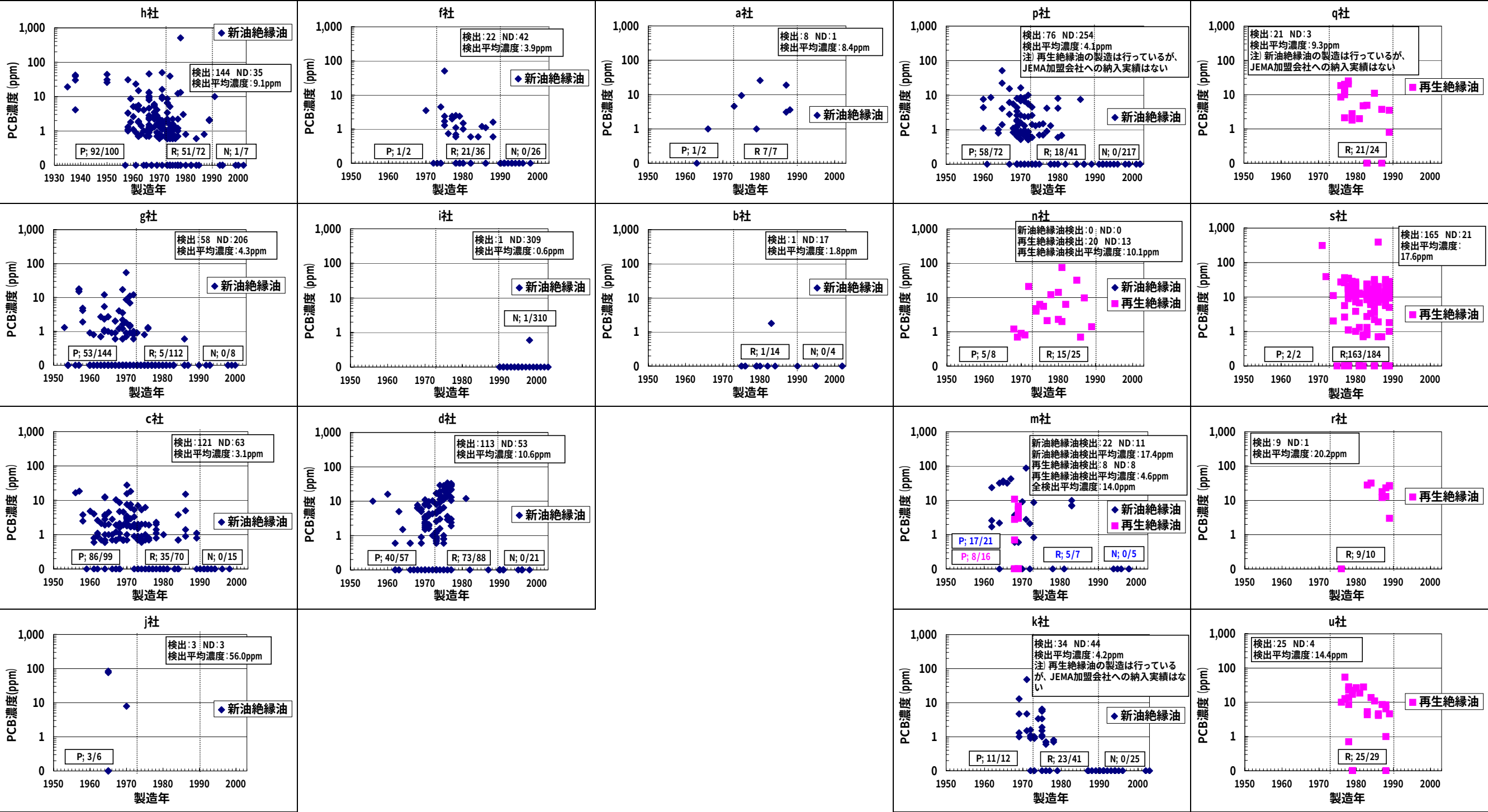
<新油絶縁油について>

- ① 100ppm以上のデータあり：h社
- ② 1972年以前の検出事例が60%以上：g社、h社、c社、p社、m社
- ③ 1972年以前の検出率が70%以上：h社、c社、d社、p社、m社、k社
- ④ 1972年前後に検出事例が集中：d社、k社
- ⑤ 1973～1989年の検出事例が60%以上：f社、d社、a社、k社
- ⑥ 1973～1989年の検出率が70%以上：h社、d社、a社、m社
- ⑦ 1990年以降の検出事例あり：h社、i社（ただし、検出事例は1件であり、本ワーキングによる再分析で0.5mg/kg以下が確認されている）

<再生絶縁油について>

- ① 100ppm以上のデータあり：s社
- ② 1972年以前の検出事例が60%以上：m社
- ③ 1972年以前の検出率が70%以上：s社
- ④ 1973～1989年の検出事例が60%以上：n社、q社、s社、r社、u社
- ⑤ 1973～1989年の検出率が70%以上：q社、s社、r社、u社

注）下線は再生絶縁油（新油絶縁油併産も含む）メーカーを示し、その他は新油絶縁油のみのメーカーを示す。



補足説明：－

①対象データ：JEMA報告全データの中で、電気絶縁油メーカーが1社に特定されたデータ

②各グラフの□の中のP；は1972年以前、R；は1973～1989年、N；は1990年以降を示し、○／△の○は該当期間における検出数、△は該当期間における調査全数を示す

③m社のグラフの中の□の中の青字は新油絶縁油、赤字は再生絶縁油を示す

④PCB濃度は0.5ppm以下をND扱いとし、グラフは”0”としてプロットした

⑤PCB濃度は調査報告時の値であり、本ワーキングによる再分析の結果は反映していない

図7.3-5 電気絶縁油メーカー別のPCB検出状況

5) 電気機器メーカー工場毎の整理

変圧器等電気機器に使用されている電気絶縁油の低濃度PCB汚染範囲の特定を行うために、製造工場が特定出来たデータを対象として、電気機器メーカーの製造工場別にPCB検出状況を整理した一覧表を図7.3-6に示す。

図7.3-6の結果を整理すると主に以下のような特徴があった。

<新油絶縁油について>

- ① 100ppm以上のデータあり：D社D工場、F社F1、F4工場、J社JM、JT工場、M社MC、MT工場、Q社Q工場、U社U1工場
- ② 1972年以前の検出事例が60%以上：A社A11、A12工場、B社B工場、C社C工場、E社E工場（全検出事例は1件）、F社F1工場、G社G2工場、J社JM、JT工場、M社MC、MT、MV工場、N社N工場、P社PF、PK工場、U社U1工場、V社V2工場
- ③ 1972年以前の検出率が70%以上：A社A11、B社B工場、C社C工場、F社F1工場、G社G1、G2工場、I社I1工場、J社JM、JT工場、N社N工場、P社PA、PK工場、Q社Q工場、V社V1、V2工場
- ④ 1972年前後に検出事例が集中：A社A14工場
- ⑤ 1973～1989年の検出事例が60%以上：A社A13、A14工場、F社F3（全検出事例は1件）、F4工場、H社H工場、I社I2工場、J社JH工場、Q社Q工場、S社S工場、U社U2、U3工場、W社W工場、X社X工場
- ⑥ 1973～1989年の検出率が70%以上：A社A14工場、B社B工場、G社G1工場、I社I2工場、Q社Q工場
- ⑦ 1990年以降の検出事例あり：A社A13工場、F社F4工場、G社G1（1994年の1件は本ワーキングによる再分析で0.5mg/kg以下を確認）、G2工場、I社I2工場、J社JH工場、JM工場（1990年の1件を除く4件は本ワーキングによる再分析で0.5mg/kg以下を確認）、M社ML工場、N社N工場、O社O2工場（1994年の1件は本ワーキングによる再分析で0.5mg/kg以下を確認）、P社PA工場、U社U2、U3工場（本ワーキングによる再分析で0.5mg/kg以下を確認）、V社V1工場

<再生絶縁油について>

- ① 100ppm以上のデータあり：Q社Q工場
- ② 1972年以前の検出事例が60%以上：G社G2工場
- ③ 1972年以前の検出率が70%以上：該当なし
- ④ 1973～1989年の検出事例が60%以上：A社A11、A14、A2工場、H社H工場、K社K工場、P社PA工場、Q社Q工場、U社U3工場、

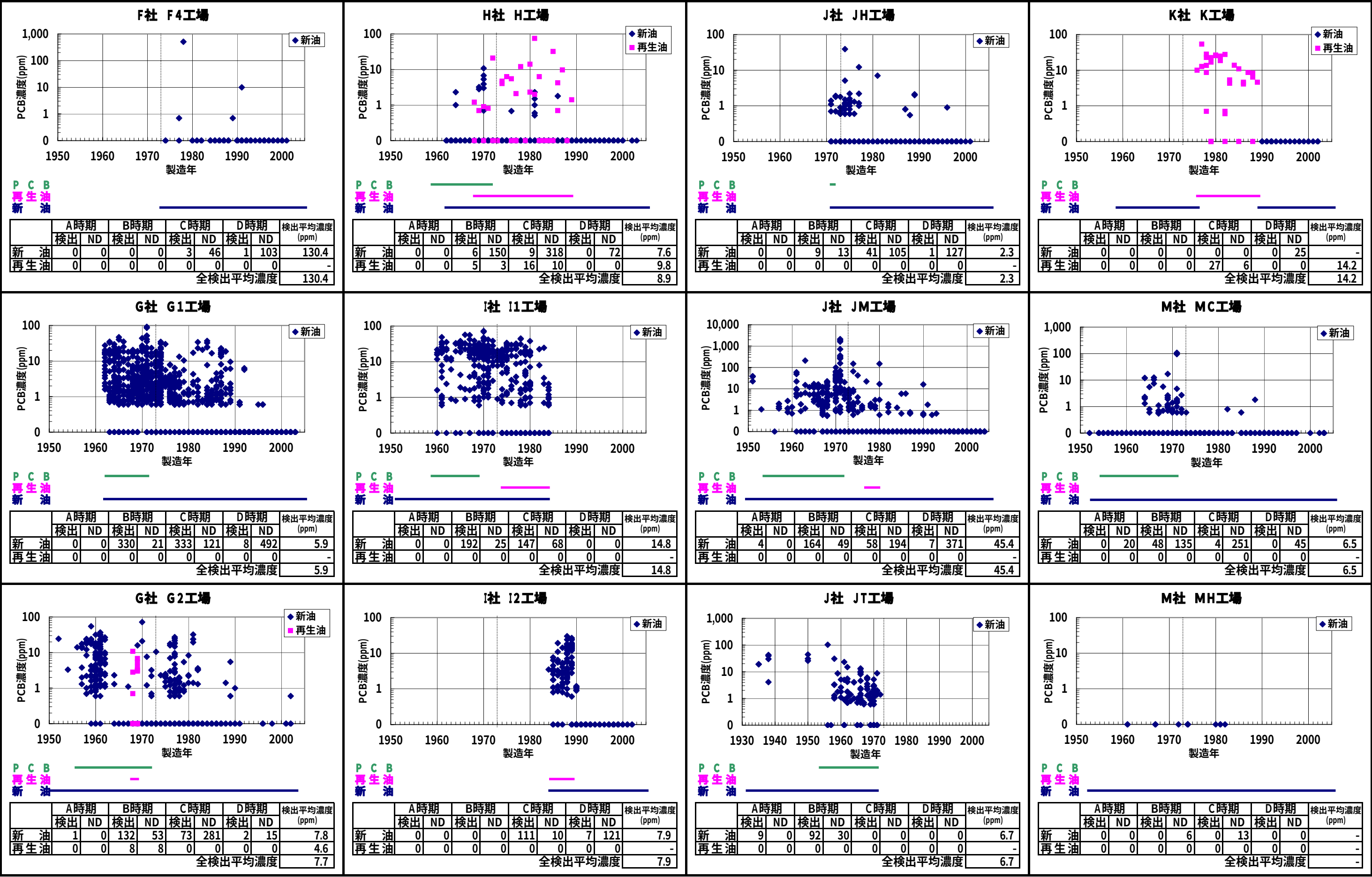
W 社 W 工場

- ⑥ 1973～1989 年の検出率が 70%以上：A 社 A11、A14、A2 工場、K 社 K 工場、P 社 PA 工場、Q 社 Q 工場、W 社 W 工場

また、調査事例があり、全ての製造年代で検出事例のなかった工場は全て再生絶縁油を使用していない工場であり、F 社 F2 工場（ND 事例：10）、M 社 MH 工場（ND 事例：19）、R 社 R 工場（ND 事例：1）であった。

調査事例があり、1973 年以降検出事例のなかった工場は、再生絶縁油を使用していない工場であり、E 社 E 工場（ND 事例：143）であった。

新油絶縁油と再生絶縁油を使用しており、調査事例があり、全ての製造年代で新油絶縁油に検出事例がなかった工場は、A 社 A2 工場（ND 事例：11）、K 社 K 工場（ND 事例：25）であった。一方、新油絶縁油と再生絶縁油を使用しており、調査事例があり、全ての製造年代で再生絶縁油に検出事例がなかった工場は、U 社 U1 工場（ND 事例：1）であった。



K社 K工場

P C B

再生油

新油

	A時期		B時期		C時期		D時期		検出平均濃度 (ppm)
	検出	ND	検出	ND	検出	ND	検出	ND	
新油	0	0	0	0	0	0	0	25	-
再生油	0	0	0	0	27	6	0	0	14.2
全検出平均濃度									14.2

G社 G1工場

P C B

再生油

新油

	A時期		B時期		C時期		D時期		検出平均濃度 (ppm)
	検出	ND	検出	ND	検出	ND	検出	ND	
新油	0	0	330	21	333	121	8	492	5.9
再生油	0	0	0	0	0	0	0	0	-
全検出平均濃度									5.9

I社 I1工場

P C B

再生油

新油

	A時期		B時期		C時期		D時期		検出平均濃度 (ppm)
	検出	ND	検出	ND	検出	ND	検出	ND	
新油	0	0	192	25	147	68	0	0	14.8
再生油	0	0	0	0	0	0	0	0	-
全検出平均濃度									14.8

J社 JM工場

P C B

再生油

新油

	A時期		B時期		C時期		D時期		検出平均濃度 (ppm)
	検出	ND	検出	ND	検出	ND	検出	ND	
新油	4	0	164	49	58	194	7	371	45.4
再生油	0	0	0	0	0	0	0	0	-
全検出平均濃度									45.4

M社 MC工場

P C B

再生油

新油

	A時期		B時期		C時期		D時期		検出平均濃度 (ppm)
	検出	ND	検出	ND	検出	ND	検出	ND	
新油	0	20	48	135	4	251	0	45	6.5
再生油	0	0	0	0	0	0	0	0	-
全検出平均濃度									6.5

G社 G2工場

P C B

再生油

新油

	A時期		B時期		C時期		D時期		検出平均濃度 (ppm)
	検出	ND	検出	ND	検出	ND	検出	ND	
新油	1	0	132	53	73	281	2	15	7.8
再生油	0	0	8	8	0	0	0	0	4.6
全検出平均濃度									7.7

I社 I2工場

P C B

再生油

新油

	A時期		B時期		C時期		D時期		検出平均濃度 (ppm)
	検出	ND	検出	ND	検出	ND	検出	ND	
新油	0	0	0	0	111	10	7	121	7.9
再生油	0	0	0	0	0	0	0	0	-
全検出平均濃度									7.9

J社 JT工場

P C B

再生油

新油

	A時期		B時期		C時期		D時期		検出平均濃度 (ppm)
	検出	ND	検出	ND	検出	ND	検出	ND	
新油	9	0	92	30	0	0	0	0	6.7
再生油	0	0	0	0	0	0	0	0	-
全検出平均濃度									6.7

M社 MH工場

P C B

再生油

新油

	A時期		B時期		C時期		D時期		検出平均濃度 (ppm)
	検出	ND	検出	ND	検出	ND	検出	ND	
新油	0	0	0	6	0	13	0	0	-
再生油	0	0	0	0	0	0	0	0	-
全検出平均濃度									-

図7.3-6 電気機器メーカーの製造工場別PCB検出状況(2)

6) 保守履歴別の整理

J E M Aによって保守履歴（電気絶縁油の交換の有無）が確認出来たデータ（J E M A報告全データ）を対象として、保守履歴別にP C B検出状況を整理した結果を図 7.3-7 に示す。

電気絶縁油交換あり（記録あり、記録なし）の検出事例は 1960～1980 年に集中しており、一方、電気絶縁油交換なし（記録あり、記録なし）の検出事例は 1960～1990 年までほぼ均一に分布していた。

電気絶縁油交換ありの検出事例が 1980 年以降少ない理由の 1 つとして、1980 年以降製造機器は総じて電気絶縁油を交換している事例が少なくなっていることによるものと推察できる。

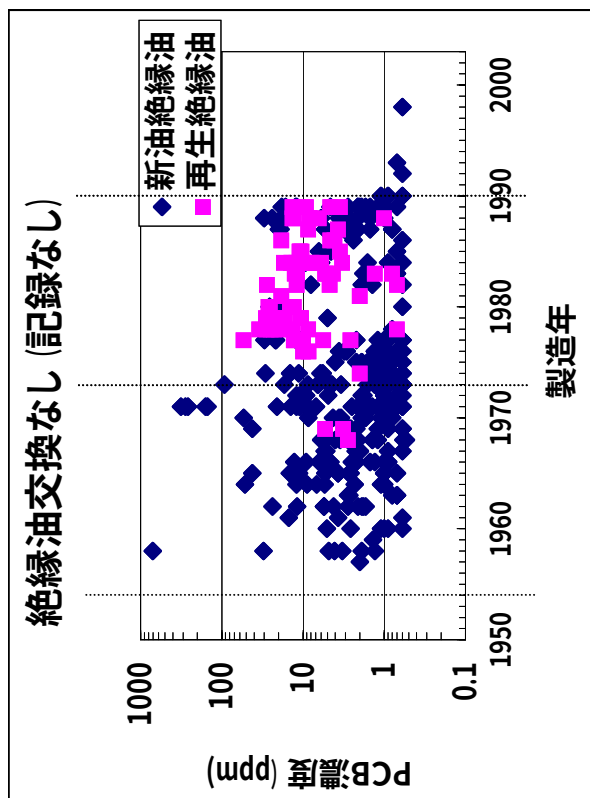
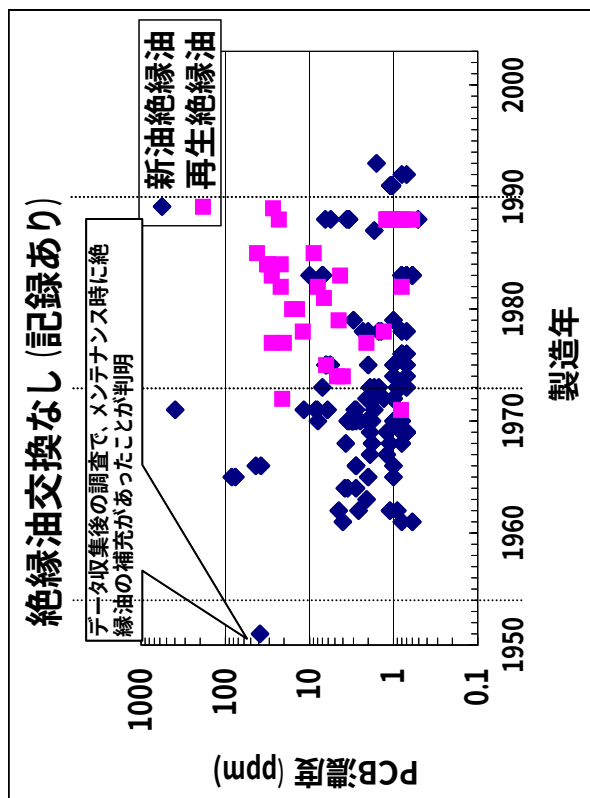
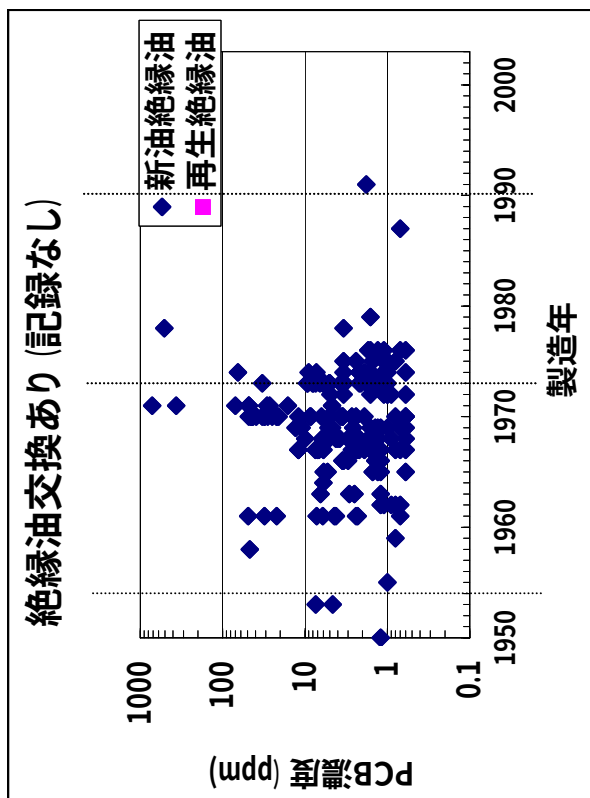
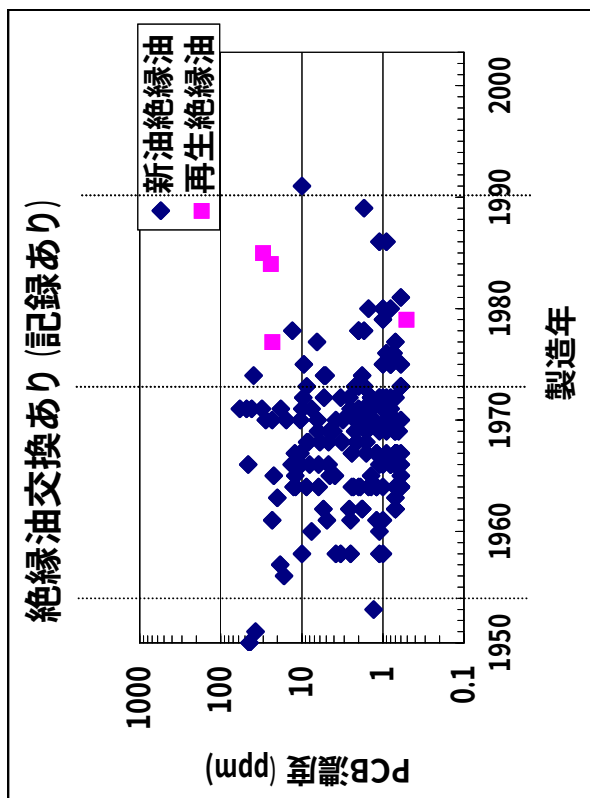


図7.3-7 保守履歴ごとのPCB検出状況

8. 検出事例の再分析結果

8.1 再分析の目的と対象サンプル

1990 年以降は再生絶縁油の製造及び使用が中止され、その当時から電気絶縁油メーカーでの製品出荷時における PCB の自社分析が実施される等、電気絶縁油メーカー、電気機器メーカー及び機器ユーザーで PCB 混入に対する管理が強化されたにもかかわらず、少数ながら検出事例がある。一方、これまでの検出事例における PCB の分析法は主に底質調査法、J E A C 法等の G C - E C D 法が用いられているが、油中の PCB を G C - E C D 法によって、現状における PCB 含有の有無の判定基準である 0.5mg/kg を定量するのは困難であるため、分析法や分析機関でバラツキがあると考えられる。そこで原因究明ワーキンググループでは、低濃度 PCB 汚染電気機器の特定（機種、製造年代等）を明確にするにあたって、測定法ワーキンググループ指導のもと、検出事例の PCB 分析値を確実な精度で確認するために、現時点における最も精度の高い分析方法である H R G C - H R M S 法を用いて J E M A 報告全データの 1990 年以降製造機器における検出事例の再分析を実施した。この再分析の結果、1990～1993 年製造機器において 0.5mg/kg 超の PCB が検出された（1994 年以降製造機器について検出事例はなかった）ことにより、少なくとも 1993 年までに製造された機器については 0.5mg/kg 超の検出事例があると判断されたことから、その後、収集したユーザー業界データについては同様の観点から 1994 年以降製造機器について再分析を実施した。

また、追跡調査の対象となった検出事例についてもその分析値が原因究明を行う上で非常に重要となることから、これら検出事例の一部について PCB 分析値を再確認するために、上記と同様、現時点における最も精度の高い分析方法である H R G C - H R M S 法によって再分析を実施した。

なお、これら全ての再分析については、塩素分布のパターンが今後何らかの原因究明の一助となる可能性を期待し、同族体分析を実施した。

再分析の対象となったサンプルは次の 3 通りであり、詳細は表 8.1-1 に示す。

- ① 1990 年以降製造機器の検出事例（J E M A 報告全データを対象）について
- ② 1994 年以降の製造機器の検出事例（J E M A 報告全データ及びユーザー業界データを対象）（採油が不可能であった事例を除く）について
- ③ 原因究明のために追跡調査対象となった検出事例の一部について

表8.1-1-1 検出事例の再分析サンプル対象一覧表(1)

1. 1990年以降製造機器の検出事例 (JEMA報告全データを対象)

サンプルNo.	ユーザー名	製造メーカー	機器種別	製造年 (西暦)	PCB検出値 (ppm)	検査年 (西暦)	電圧 (kV)	容量	絶縁油 メーカ	交換等	調査のきつ かけ
自工会-①	U社	U社	変圧器	1998	0.6	2002	-	50KVA	i	△	ユーザー
自工会-②	自動車メーカー	J社	変圧器	1993	0.7	2002	-	-	chkm	△	ユーザー
自工会-③	自動車メーカー	J社	変圧器	1992	0.6	2002	-	-	chkm	△	ユーザー
自工会-④	自動車メーカー	J社	変圧器	1991	1.8	2003	-	-	chkm	○	ユーザー
自工会-⑤	自動車メーカー	J社	変圧器	1990	0.6	2002	-	-	chkm	△	ユーザー
自工会-⑥	自動車メーカー	J社	変圧器	1990	0.6	2002	-	-	chkm	△	ユーザー
電事連-①	電力会社	P社	変圧器	1991	1.0	1999	-	-	cdfhi	×	ユーザー
電事連-②	電力会社	P社	変圧器	1991	1.1	1999	-	-	cdfhi	×	ユーザー
電事連-③	電力会社	P社	変圧器	1991	1.1	1999	-	-	cdfhi	×	ユーザー
電事連-④	電力会社	P社	変圧器	1991	1.0	1999	-	-	cdfhi	×	ユーザー
電事連-⑤	電力会社	P社	変圧器	1991	1.0	1999	-	-	cdfhi	×	ユーザー
電事連-⑥	電力会社	P社	変圧器	1991	1.1	1999	-	-	cdfhi	×	ユーザー
電事連-⑦	電力会社	I社	計器用変成器	1990	1.0	2003	-	-	em	△	ユーザー
電事連-⑧	電力会社	I社	計器用変成器	1990	1.0	2003	-	-	em	△	ユーザー
電事連-⑨	電力会社	I社	計器用変成器	1990	1.1	2003	-	-	em	△	ユーザー
電事連-⑩	電力会社	I社	計器用変成器	1990	1.1	2003	-	-	em	△	自主
電事連-⑪	電力会社	F社	変圧器	1991	10.0	2003	-	-	h	●	ユーザー
電事連-⑫	電力会社	P社	1B-電気集塵機	1993	1.6	2002	-	-	cdfhi	×	ユーザー
電事連-⑬	電力会社	P社	変圧器	1992	0.8	2004	-	-	cdfhi	×	ユーザー
電事連-⑭	電力会社	P社	変圧器	1992	0.7	2004	-	-	cdfhi	×	ユーザー

注) 交換等の欄は●;絶縁油交換等あり(記録なし)、○;絶縁油交換等なし(記録なし)、△;絶縁油交換等なし(記録あり)を示す。

注) P社製造機器については、1989年以前に購入し貯蔵されていた電気絶縁油(新油)を封入したものであることが明らかとなっている。

2. 1994年以降製造機器の検出事例 (JEMA報告全データ及びユーザー業界データを対象)

サンプルNo.	ユーザー名	製造メーカー	機器種別	製造年 (西暦)	結果 (ppm)	検査年 (西暦)	電圧 (kV)	容量	絶縁油 メーカー	交換等	調査のきつ かけ	
電事連94'-①	電力会社	O社	変圧器	1994	0.8	2004	-	800KVA	cik	△	ユーザー(業界)	
電事連94'-②	電力会社	G社	変圧器	1996	0.6	2003	64.5/6.9	20MVA	fh	●(補充)	ユーザー(業界)	
電事連94'-③	電力会社	G社	変圧器	1996	0.6	2003	64.5/6.9	20MVA	fh	●(補充)	ユーザー(業界)	
電事連94'-④	電力会社	G社	変圧器	1995	0.6	2003	66/6.9	20MVA	fh	●(補充)	ユーザー(業界)	
—	電力会社	ZB社	変圧器	1996	0.8	2002	-	290	-	△	ユーザー(業界)	
—	電力会社	J社	ブッシング	1996	0.9	2003	287.5/-/-	8000A	h	×	ユーザー(業界)	
—	電力会社	ZB社	変圧器	1996	1.0	2002	-	260	-	△	ユーザー(業界)	
—	電力会社	M社	計器用変成器	1999	0.7	2003	-	0.04	110	g	△	ユーザー(業界)
電事連94'-⑤	電力会社	G社	遮断器	2002	0.6	2004	33kV	600A	fh	●	ユーザー(業界)	
電事連94'-⑥	電力会社	ZC社	遮断器	1994	1.4	2003	77kV	800A	-	●	ユーザー(業界)	

注) は保管場所が狭隘、消防指導により抜油後、他の油と混合保管の理由により、再分析が不可能であった。

注) 上記の1996年J社製造のフッシングについては、現在使用中であり、今後再分析を行う予定である。

注) 交換等の欄は●;絶縁油交換等あり(記録なし)、○;絶縁油交換等なし(記録なし)、△;絶縁油交換等なし(記録あり)を示す。

表8.1-1 検出事例の再分析サンプル対象一覧表(2)

3. 原因究明のために追跡調査対象となった検出事例の一部について

No	ユーザー名	製造メーカー	機器種別	製造年 (西暦)	結果 (ppm)	検査年 (西暦)	電圧 (kV)	容量	絶縁油 量 (L)	絶縁油 メーカー	交換等	調査のき かけ
OF-①	電力会社	ZA社	OFケーブル (外油)	1966	4.0	2003	-	-	630	-	×	-
OF-②	電力会社	Z社	OFケーブル (終端部、接続部)	1974	0.8 0.6	2003	-	-	6,464	-	○(補充)	-
JEMA追跡-①	電力会社	M社 MLV製作所	計器用変成器	1974	9.9	2004	77	50VA	30	g	△	ユーザー - (業界)
JEMA追跡-②	電力会社	M社 MLV製作所	計器用変成器	1986	0.6 トランス部	2002	110	0.002μF 50VA	190	g	△	ユーザー -
JEMA追跡-③	U社U2工場	U社U2工場	変圧器	1974.3	0.5	2004.9	13.2/24 ～166	70MVA TR (No7)	27,300	k	●	(自主)
JEMA追跡-④	U社U2工場	U社U2工場	変圧器	1973.12	0.9 0.6	2004.9	13.2/24 ～166	20MVA TR(No8)	18,000	k	●	ユーザー
JEMA追跡-⑤	U社U2工場	U社U2工場	変圧器	1975.1	0.3	2004.9	13.2/24 ～166	70MVA TR(No9)	29,000	k	×	(自主)
JEMA追跡-⑥	U社U1工場	U社U2工場	変圧器	1977	6.5	2000	75	60MVA	10,700	k	●	ユーザー

注) 交換等の欄は●;絶縁油交換等あり(記録なし)、○;絶縁油交換等あり(記録なし)、△;絶縁油交換等なし(記録なし)、×

8.2 再分析の分析方法と分析値の評価

原因究明ワーキンググループでの再分析については、低濃度PCB汚染物対策検討委員会の下部組織である測定法ワーキンググループ指導のもと対象となるサンプルの採油、輸送及び分析においてコンタミ等のないよう細心の注意を払って実施した。また、分析結果についても分析値の正確さを評価するために、HRGC-HRMS法（厚生省告示第192号別表第2、定量下限値0.01mg/kg）とGC-ECD法（厚生省告示192号別表第3の第1準拠、定量下限値0.1mg/kg）を用いて分析を実施し、測定法ワーキンググループによって分析に関するクロマトグラフ等の生データの確認を行い、分析値の評価を行った。

なお、HRGC-HRMSにおける分析については同族体分析も実施した。

8.3 再分析の結果

1) 1990年以降製造機器の検出事例（JEMA報告全データを対象）

JEMA報告全データにおける1990年以降製造機器の検出事例における再分析結果について、表8.3-1に示す。ユーザー分析値とはJEMA報告全データの中で、ユーザーからの連絡の検出事例を示す。また、ワーキングGC-ECD値は今回ワーキンググループで実施したGC-ECD分析の結果を、ワーキングGC-MS値はHRGC-HRMSによる分析結果を表している。

サンプル電事連-①～⑭については、ワーキンググループで実施したGC-ECD値及びGC-MS値の両者で0.5mg/kg超のPCBが検出され、両者の値はほぼ一致していた。一方、サンプル自工会-①～⑥について、ワーキンググループで実施したGC-ECD値及びGC-MS値は何れも定量下限値未満（ただし、サンプル自工会-⑥のGC-MS値のみ0.014mg/kg）で一致していたのに対し、ユーザー分析値は0.6～1.8mg/kgであった。これらの結果について測定法ワーキンググループで評価したところ、分析に関するクロマトグラフ等の生データのチェックにおいても問題がなかったことから、ワーキンググループの分析結果は正確な分析値であるとの結論に至った。また、ワーキンググループの分析値とユーザー分析値との差異について、サンプル電事連-①～⑭については、両者が同時サンプルで分析された結果でないことや前処理方法等が異なることを考慮すると許容できる濃度値の範囲内であり、自工会-①～⑥については、許容できる濃度値の範囲内であるとは考えにくく、ユーザー分析値は、そのサンプルの採油、輸送及び分析などのいずれかの過程において問題があった可能性が高いと判断された。

表8.3-1 1990年以降製造機器のPCB検出事例 (JEMA報告全データを対象) に対する再分析結果一覧

サンプル名	電事連 -①	電事連 -②	電事連 -③	電事連 -④	電事連 -⑤	電事連 -⑥	電事連 -⑦	電事連 -⑧	電事連 -⑨	電事連 -⑩	電事連 -⑪	電事連 -⑫	電事連 -⑬	電事連 -⑭
機器種別 製造年	変圧器 1991年	変圧器 1991年	変圧器 1991年	変圧器 1991年	変圧器 1991年	変圧器 1991年	変成器 1990年	変成器 1990年	変成器 1990年	変成器 1990年	変圧器 1991年	変圧器 1993年	変圧器 1992年	変圧器 1992年
ユーザー分析値 (mg/kg)	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	10.0	1.6	0.8	1.7
7-キタ'GC-ECD値 (mg/kg)	1.9	1.6	2.2	1.6	1.9	2	1.3	1	1.3	1.2	6.8	0.9	0.9	0.8
7-キタ'GC-MS値 (mg/kg)	1.8	1.7	1.9	1.7	1.7	1.7	1.2	1.2	1.3	1.3	6.6	0.94	0.88	0.88

サンプル名	自工会 -①	自工会 -②	自工会 -③	自工会 -④	自工会 -⑤	自工会 -⑥
機器種別 製造年	変圧器 1998年	変圧器 1993年	変圧器 1992年	変圧器 1991年	変圧器 1990年	変圧器 1990年
ユーザー分析値 (mg/kg)	0.6	0.7	0.6	1.8	0.6	0.6
7-キタ'GC-ECD値 (mg/kg)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
7-キタ'GC-MS値 (mg/kg)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.014

- 注 1. ユーザー分析値は全てGC-ECD法による分析値であり、回収率補正は行っていない。
 2. 原因究明ワーキングの分析におけるGC-ECD法による測定値は回収率補正は行っていない。但し、平均回収率は87%であった。
 3. GC-MS法は、C13ラベル体を用いた同位体希釈分析法を用い、内部標準による回収率補正を行っている。

2) 1994 年以降製造機器の検出事例（J E M A 報告全データ＋ユーザー業界データを対象）（採油が不可能であった事例を除く）

J E M A 報告全データ＋ユーザー業界データにおける 1994 年以降製造機器の検出事例における再分析結果について、表 8.3-2 に示す。ユーザー分析値とはユーザー業界データの中で、ユーザーが自主的に測定し、原因究明ワーキンググループに報告した値を示す。また、ワーキング G C－E C D 値は今回実施した G C－E C D 分析の結果を、ワーキング G C－M S 値は H R G C－H R M S による分析結果を表している。

サンプル電事連 94'-②、④、⑤、⑥については、ワーキンググループで実施した G C－E C D 値及び G C－M S 値の両方で 0.5mg/kg 超の P C B が検出され、両者の値はほぼ一致していた。また、サンプル電事連 94'-③については、ワーキング G C－E C D 値 (0.4mg/kg) 及びワーキング G C－M S 値 (0.44mg/kg) の両方で 0.5mg/kg 未満であり、両者の値はほぼ一致していた。これらの結果について測定法ワーキンググループで評価したところ、分析に関するクロマトグラフ等の生データのチェックにおいても問題がなかったことから、ワーキンググループの分析結果は正確な分析値であったとの結論に至った。また、ワーキンググループの分析値とユーザー分析値を比較すると、電事連 94'-②、④、⑤、⑥については良く一致しており、電事連 94'-③についての差異は、両者が同時サンプルで分析された結果でないことや前処理方法等が異なることを考慮すると許容できる濃度値の範囲内であると判断された。

一方、サンプル電事連 94'-①については、ワーキンググループで実施した G C－E C D 値及び G C－M S 値は何れも定量下限値未満で一致していたのに対し、ユーザー分析値は 0.8mg/kg であった。この結果について測定法ワーキンググループで評価したところ、分析に関するクロマトグラフ等の生データのチェックにおいても問題がなかったことから、ワーキンググループの分析結果は正確な分析値であり、P C B は不含であると判断され、ユーザー分析値は、そのサンプルの採油、輸送及び分析などのいずれかの過程において問題があった可能性が高いとの結論に至った。

以上の結果から、1994 年以降の製造機器についても、検出事例数は非常に少ないものの、0.5mg/kg 超の検出事例が存在していた。

表8.3-2 1994年以降製造機器のPCB検出事例 (JEMA報告全データ及びユーザー業界データを対象) に対する再分析結果一覧

サンプル名	電事連94'-①	電事連94'-②	電事連94'-③	電事連94'-④	電事連94'-⑤	電事連94'-⑥
機器種別 製造年	変圧器 1994年	変圧器 1996年	変圧器 1996年	変圧器 1995年	遮断器 2002年	遮断器 1994年
ユーザー分析値 (mg/kg)	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	1.4
ワーキングGC-ECD値 (mg/kg)	<0.1	0.6	0.4	0.6	0.6	1.4
ワーキングGC-MS値 (mg/kg)	<0.01	0.56	0.44	0.63	0.64	1.5

注 1. ユーザー分析値は全てGC-ECD法による分析値であり、回収率補正は行っていない。

2. 原因究明ワーキングの分析におけるGC-ECD法による測定値は回収率補正は行っていない。但し、平均回収率は87%であった。

3. GC-MS法は、C13ラベル体を用いた同位体希釈分析法を用い、内部標準による回収率補正を行っている。

3) 原因究明のために追跡調査対象となった検出事例について

電気機器メーカー及びOFケーブルメーカーの追跡調査における検出事例についての再分析結果一覧を表 8.3-3 に示す。ユーザー分析値とはユーザーが自主的に測定し、原因究明ワーキンググループに報告した値を示す。また、ワーキングGC-ECD値は今回実施したGC-ECD分析の結果を、ワーキングGC-MS値はHRGC-HRMSによる分析結果を表している。

サンプルOF-①については、ワーキンググループで実施したGC-ECD値及びGC-MS値の両方で 0.5mg/kg 超のPCBが検出され、両者の値はほぼ一致していた。一方、サンプルOF-②（ワーキンググループでの測定時にはユーザー分析値が 0.8mg/kg と 0.6mg/kg である 2 つがドラム缶に混合保管されていたサンプルを採取）については、ワーキンググループで実施したGC-ECD値及びワーキングGC-MS値の何れも 0.1mg/kg 未満で一致していた。また、サンプルJEMA追跡-①及び②については、ワーキンググループで実施したGC-ECD値及びGC-MS値は何れも定量下限値未満で一致していたのに対し、ユーザー分析値はそれぞれ 9.9mg/kg、0.6mg/kg であった。一方、サンプルJEMA追跡-③～⑥については、ワーキンググループで実施したGC-ECD値及びGC-MS値の両方で 0.5mg/kg 超のPCBが検出され、両者の値はほぼ一致していた。これらの結果について測定法ワーキンググループで評価した結果、分析に関するクロマトグラフ等の生データのチェックにおいても問題がなかったことから、ワーキンググループの分析結果は全て正確な分析値であるとの結論に至った。また、ワーキンググループの分析値とユーザー分析値との差異について、OF-①については、両者が同時サンプルで分析された結果でないことや前処理方法等が異なることを考慮すると許容できる濃度値の範囲内であり、OF-②及びJEMA追跡-①～⑥については、許容できる濃度値の範囲内であるとは考えにくく、何れもユーザー分析値は、そのサンプルの採油、輸送及び分析などのいずれかの過程において問題があった可能性が高いと判断された。

以上のことから、OFケーブルの追跡調査検出事例については、OF-①のみが 0.5mg/kg 超のPCBが検出された。また、M社・MLV製作所の追跡調査検出事例については、JEMA追跡-①及び②の両者ともにPCBは検出されなかった。一方、U社・U2工場の追跡調査検出事例については、JEMA追跡③～⑥の何れも 0.5mg/kg 超のPCBが検出された。

従って、追跡調査検出事例のうち、現地ヒアリングを実施したU社・U2工場の該当する検出事例については、何れも 0.5mg/kg 超のPCBが含まれていることを原因究明ワーキンググループで確認した。

表8.3-3 原因究明のために追跡調査対象となったPCB検出事例の再分析結果一覧

サンプル名	OF-①	OF-②	JEMA追跡-①	JEMA追跡-②	JEMA追跡-③	JEMA追跡-④	JEMA追跡-⑤	JEMA追跡-⑥
機器種別 製造年	油槽外油 1966年	終端部及びケー ブル・接続部 1974年	計器用変成器 1974年	計器用変成器 1986年	変圧器 1974年	変圧器 1973年	変圧器 1975年	変圧器 1977年
ユーザー分析値 (mg/kg)	4.0	0.8, 0.6※	9.9	0.6	0.5	0.9	0.3	6.5
ワーキングGC-ECD値 (mg/kg)	5.3	<0.1	<0.1	<0.1	3.9	3.7	2.4	22
ワーキングGC-MS値 (mg/kg)	5.0	0.038	<0.01	<0.01	3.6	3.3	2.6	24

- 注 1. ユーザー分析値は全てGC-ECD法による分析値であり、回収率補正は行っていない。
 2. 原因究明ワーキングの分析におけるGC-ECD法による測定値は回収率補正は行っていない。但し、平均回収率は87%であった。
 3. GC-MS法は、C13ラベル体を用いた同位体希釈分析法を用い、内部標準による回収率補正を行っている。
 ※: ユーザー分析が実施された当時は2サンプルであったが、ワーキング分析時には両者が1つのドラム缶に混合して保管されていた。

9. 同族体分析データ解析

低濃度PCB汚染電気機器とPCB製品の同族体分布を比較することにより、低濃度PCB汚染電気機器のPCB混入原因を明らかにすることを目的として、同族体分布の解析を行った。同族体分析データの解析については、電気事業連合会から提供して頂いたユーザー業界データのうち、同族体分析を行った360件のデータ及び本委員会で再分析を実施したデータを用いた。

9.1 PCB製品及び各種電気機器における電気絶縁油中のPCB同族体分布

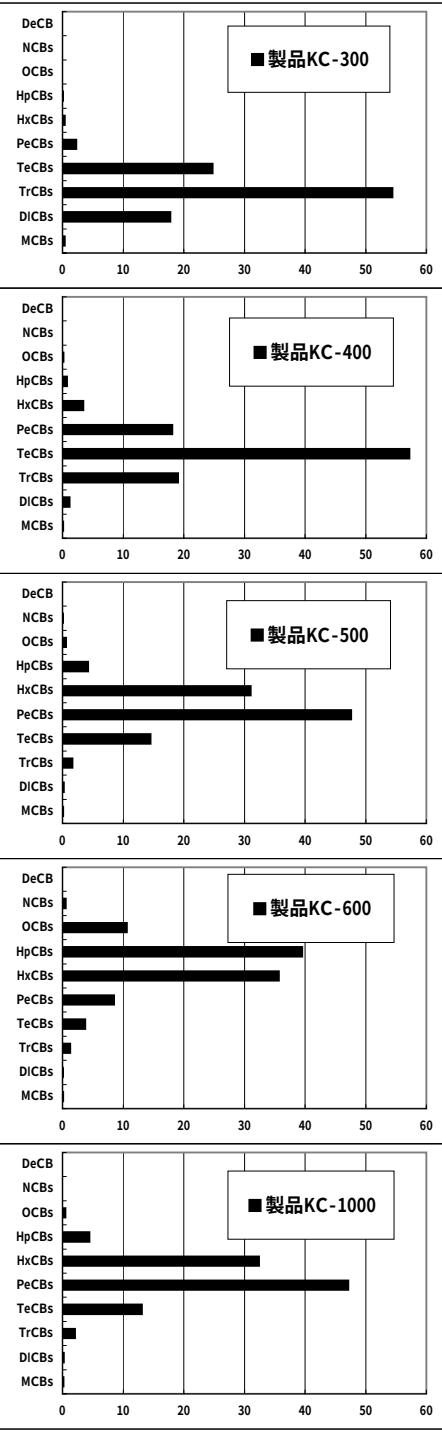
図9.1-1に「平成14年度 保管PCB廃棄物の化学的性状等に関する調査業務報告書、平成15年3月 環境事業団」より引用したPCB製品及び各種電気機器における電気絶縁油中のPCB同族体分布結果を示す。

この表より、製品KC-300は塩素数3が全体の50%以上を占め、KC-400は塩素数4が全体の50%以上を占め、KC-500は塩素数5が全体の50%程度、塩素数6が全体の30%程度を占め、KC-600は塩素数6と7が全体のそれぞれ40%ずつを占め、KC-1000は、KC-500と同様、塩素数5が全体の50%程度、塩素数6が全体の30%程度を占めていることがわかる。

また、PCB高圧変圧器には、一般的にKC-1000が用いられており、PCBの同族体分布の特徴は塩素数5が全体の50%程度、塩素数6が全体の30%を占めており、PCB高圧コンデンサには、一般的にKC-300と400の2種類が用いられており、PCB蛍光灯安定器には、一般的にKC-300とKC-500が用いられていることがわかる。

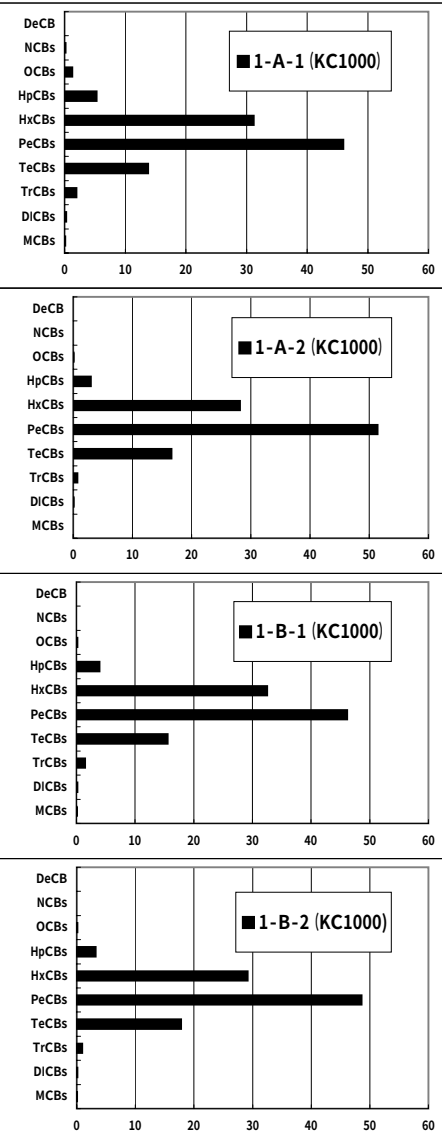
なお、「4.6 PCBメーカーアンケート」の結果、PCBの用途として、熱媒体には塩素数3または4のPCBが、潤滑油には塩素数2、3、4、5、6のPCBが商品として推奨されていた。なお、「4.5 PCB含有製品メーカー及び潤滑油等の再生事業メーカーアンケート」により、潤滑油添加剤としてはKC-500（塩素数5）のみの販売であったことが確認されている。

○PCB製品の同族体分布※



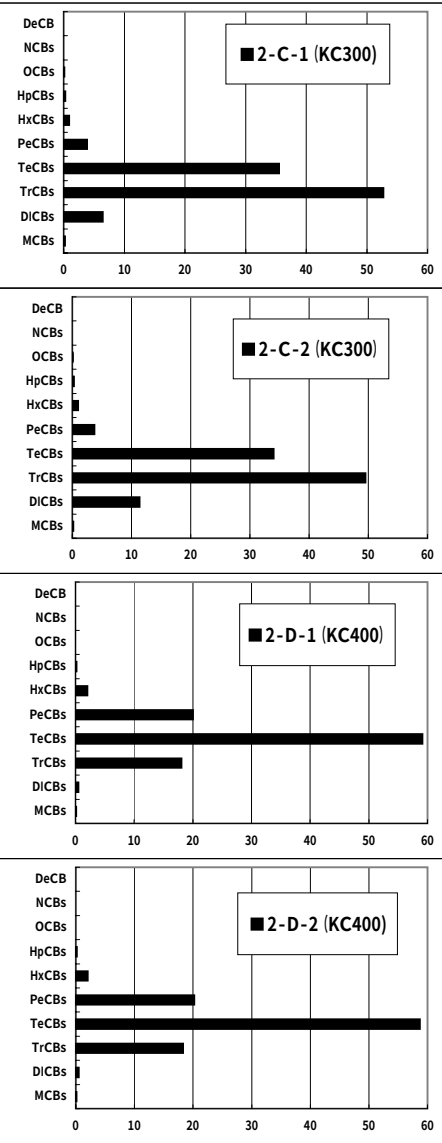
製品KC-300は塩素数3が全体の50%以上を占め、KC-400は塩素数4が全体の50%以上を占め、KC-500は塩素数5が全体の50%程度、塩素数6が全体の30%程度を占め、KC-600は塩素数6と7が全体のそれぞれ40%ずつを占め、KC-1000は、KC-500と同様、塩素数5が全体の50%程度、塩素数6が全体の30%程度を占めていた。

○PCB高圧変圧器の同族体分布例※



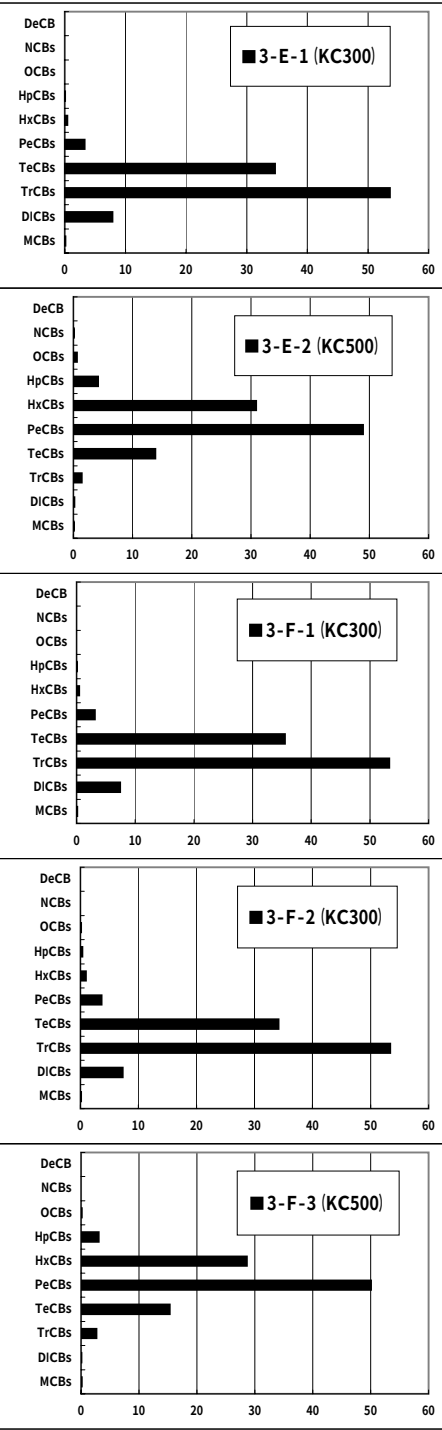
PCB高圧変圧器には、PCBは一般的にKC-1000が用いられており、従って、PCB高圧変圧器の同族体分布の特徴は塩素数5が全体の50%程度、塩素数6が全体の30%程度を占めていた。

○PCB高圧コンデンサの同族体分布例※



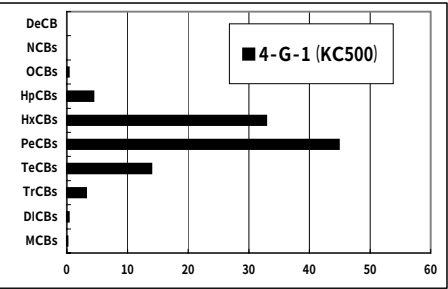
PCB高圧コンデンサには、PCBは一般的にKC-300と400の2種類が用いられている。、従って、KC-300を用いたコンデンサの同族体分布は、製品KC-300と同様の傾向を示しており、KC-400を用いたコンデンサは、製品KC-400と同様の傾向を示していた。

○PCB蛍光灯安定器の同族体分布例※



PCB蛍光灯安定器には、PCBは一般的にKC-300と500の2種類が用いられている。、従って、KC-300を用いた蛍光灯安定器の同族体分布は、製品KC-300と同様の傾向を示しており、KC-400を用いた蛍光灯安定器は、製品KC-500と同様の傾向を示していた。

○PCBナトリウム灯安定器の同族体分布例※



PCBナトリウム安定器には、PCBは一般的にKC-500が用いられている。、従って、蛍光灯安定器の同族体分布は、製品KC-500と同様の傾向を示していた。

※;平成14年度 保管PCB廃棄物の化学的性状等に関する調査業務報告書、平成15年3月、環境事業団より、引用

図9.1-1 PCB製品及び各種電気機器における電気絶縁油中のPCB同族体分布

9.2 機種別の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分布

360件の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分析結果を機種別に整理した結果を図9.2-1に示す。

何れの機種にも本来使用されていたP C B油種のための同族体分布ではなく（例えば変圧器ではKC-500のみの分布とはならずコンデンサ等で使用されたKC-300の分布と重なっている）、変圧器、コンデンサ、熱媒体等多様な用途に使用されたP C Bが混合あるいは混在した分布を示していた。

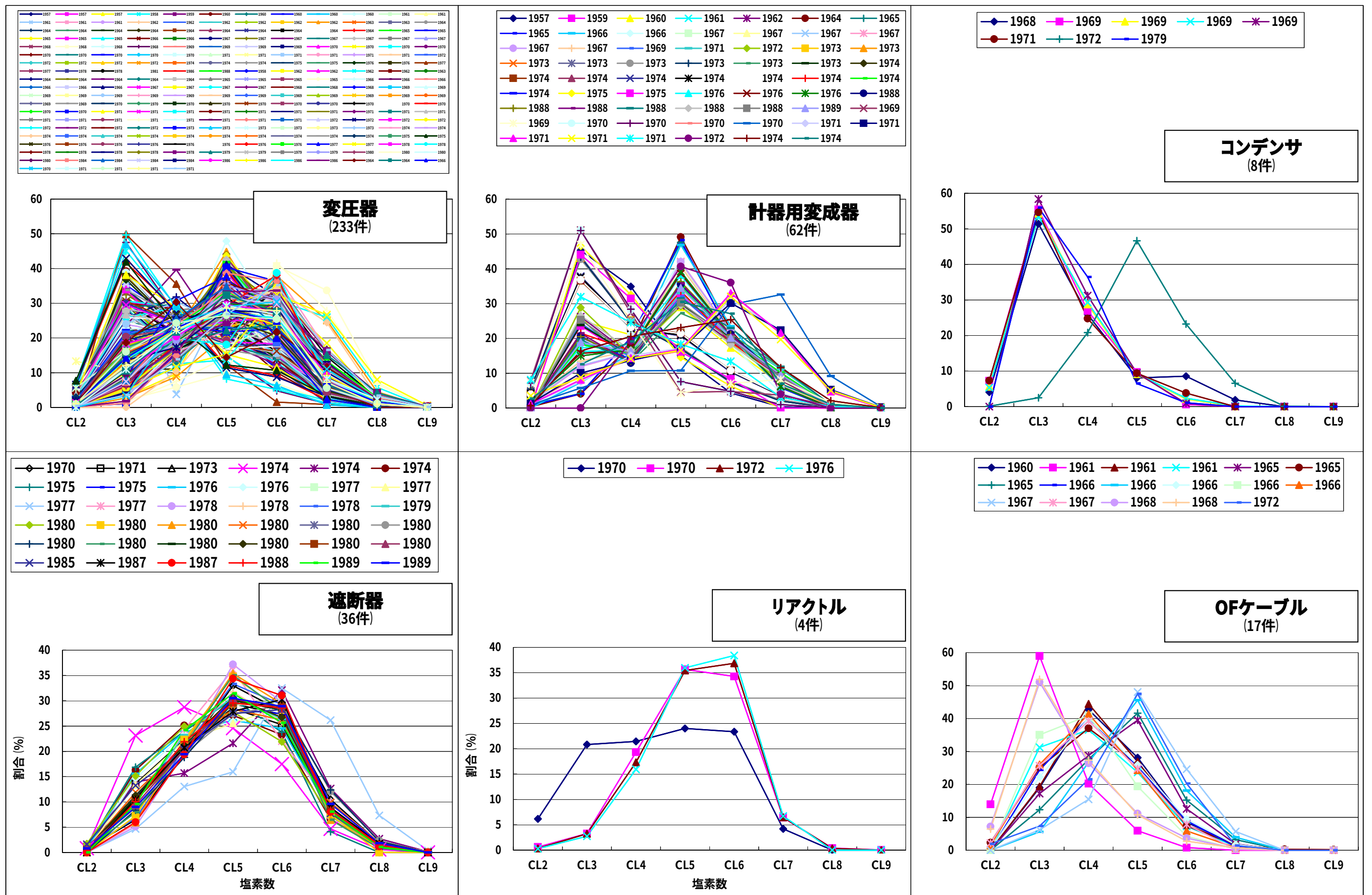


図9.2-1 機種別の低濃度PCB汚染電気機器における電気絶縁油中のPCB同族体分布

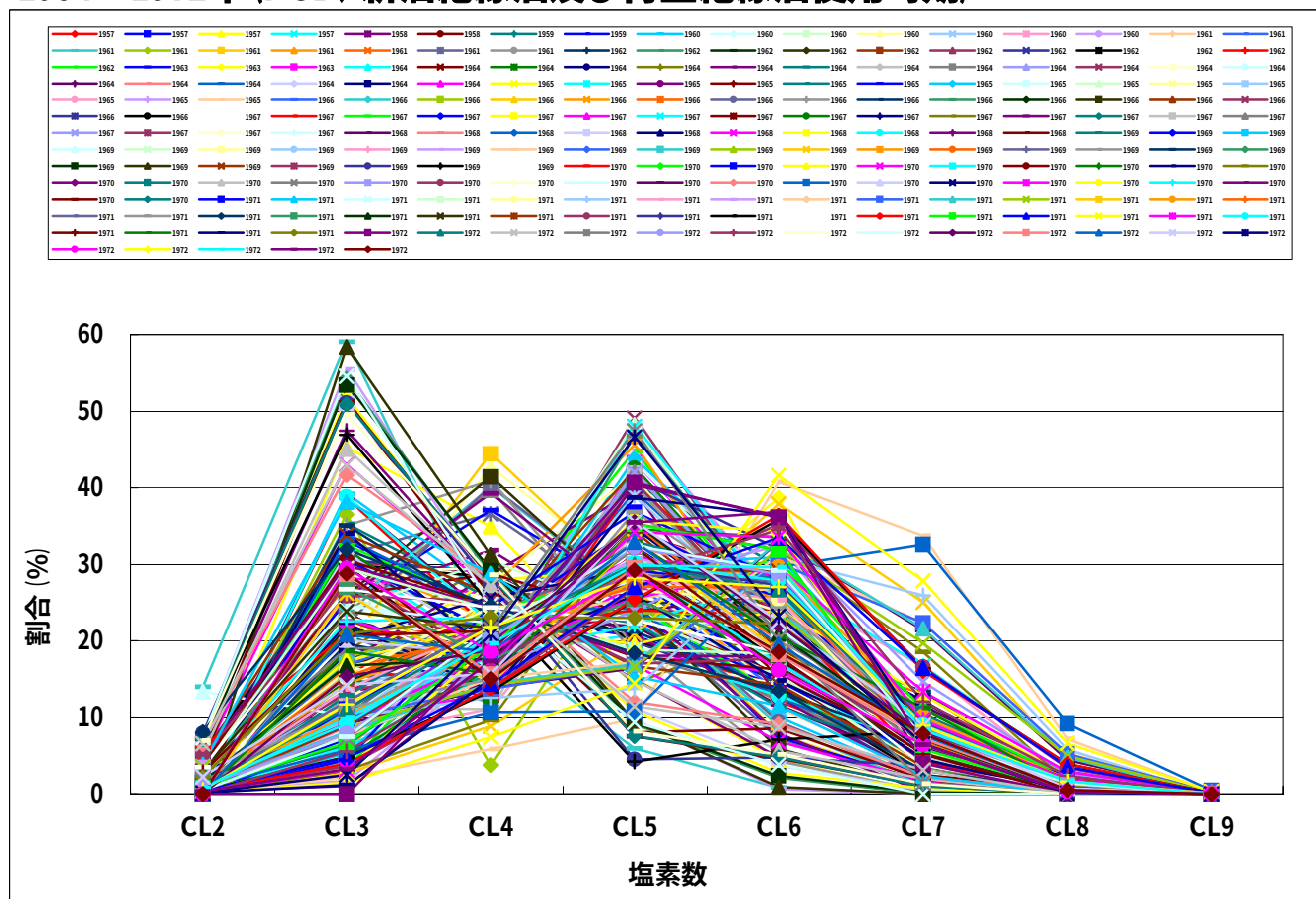
9.3 製造年代時期別の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分布

360件の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分析結果を製造年代時期別に整理した結果を図9.3-1に示す。

P C B、新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期である1954～1972年と新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期である1973～1989年に製造された低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分布を比較したところ、何れの時期にも3塩素化、5塩素化及び6塩素化にピークがあった。

また、1954年～1972年には4塩素化及び7塩素化のピークがあったが、1973年～1989年にはなかった。

1954～1972年 (PCB、新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期)



1973～1989年 (新油絶縁油及び再生絶縁油使用時期)

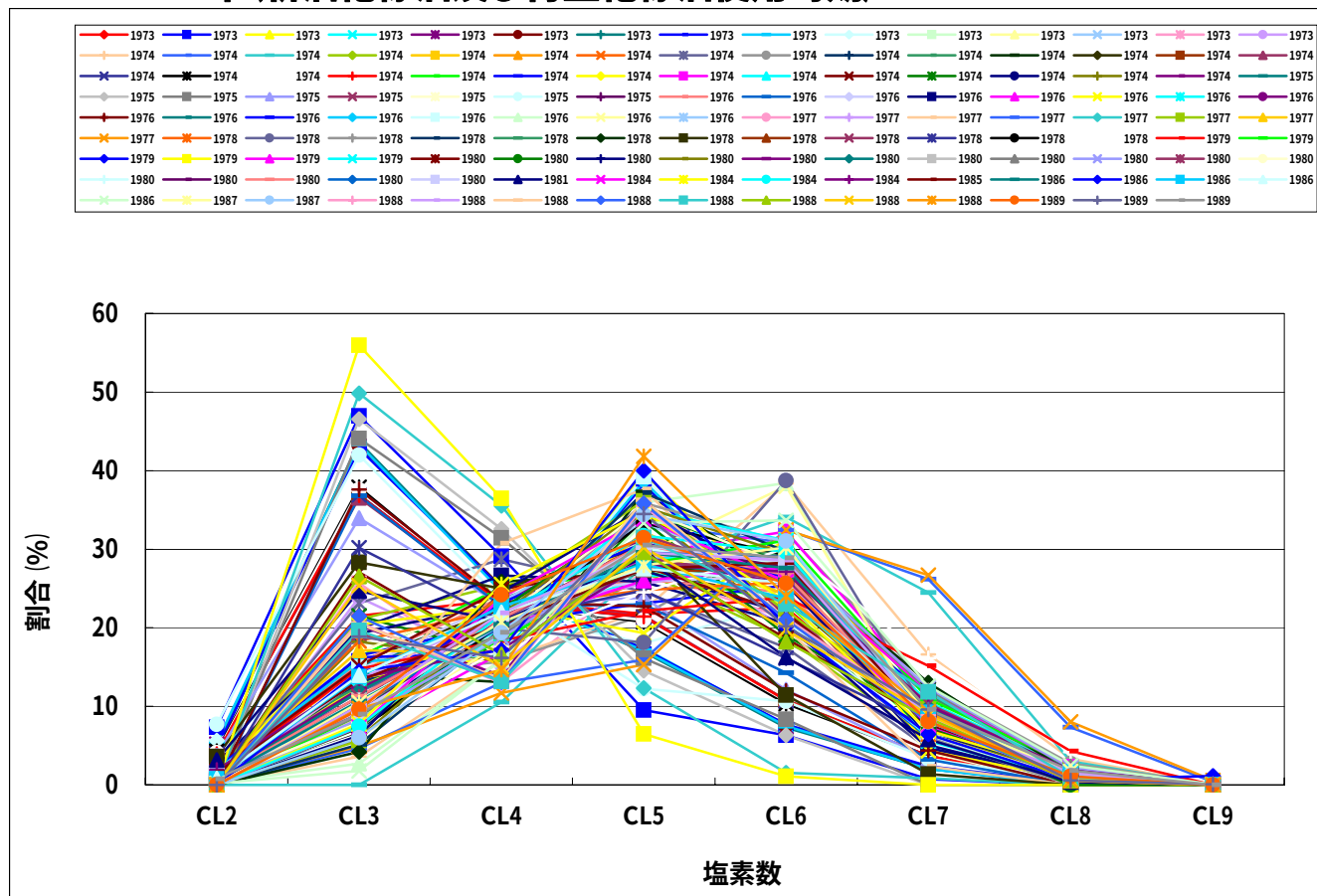


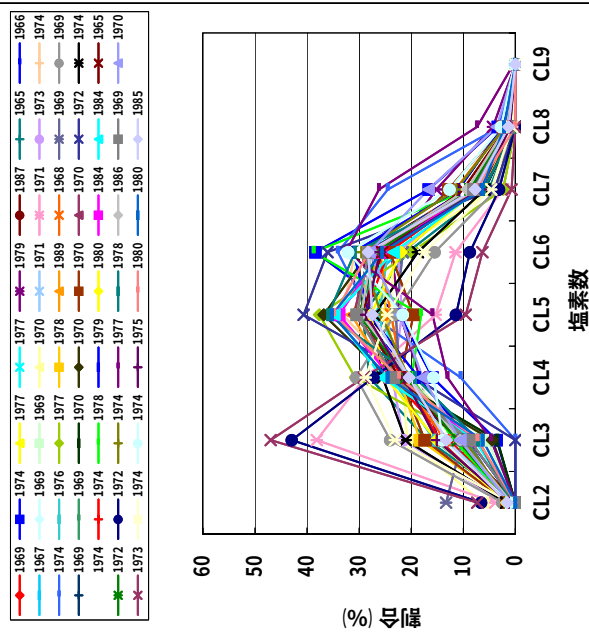
図9.3-1 製造年代時期別の低濃度PCB汚染電気機器における電気絶縁油中のPCB同族体分布

9.4 濃度別の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分布

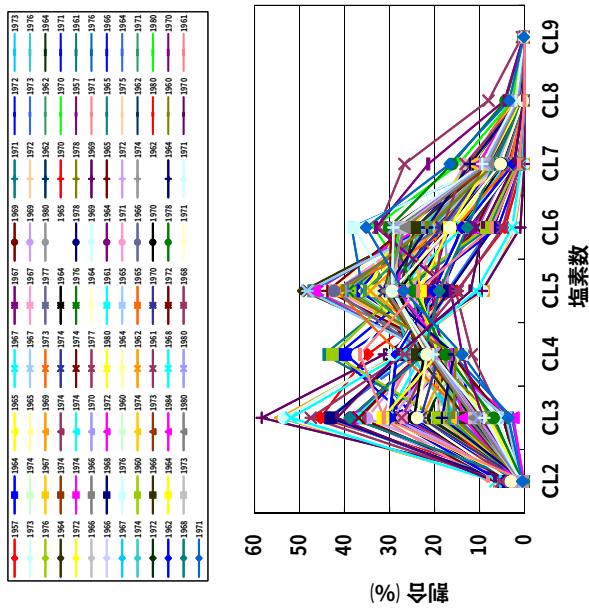
低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B濃度の違いによって、混入原因が異なる可能性があることから、濃度別で同族体分布に違いがあるかどうか整理した。360件の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分析結果を濃度別に整理した結果を図9.4-1に示す。

何れの濃度群においても変圧器、コンデンサ、熱媒体等多様な用途に使用されたP C Bが混合あるいは混在された同族体分布となっており、濃度の違いによって特徴的な差異は認められなかった。

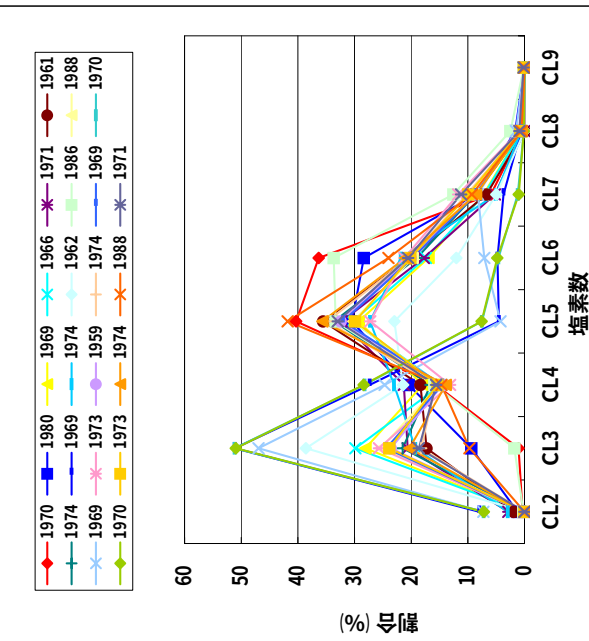
0.5ppm以上1.0ppm未満



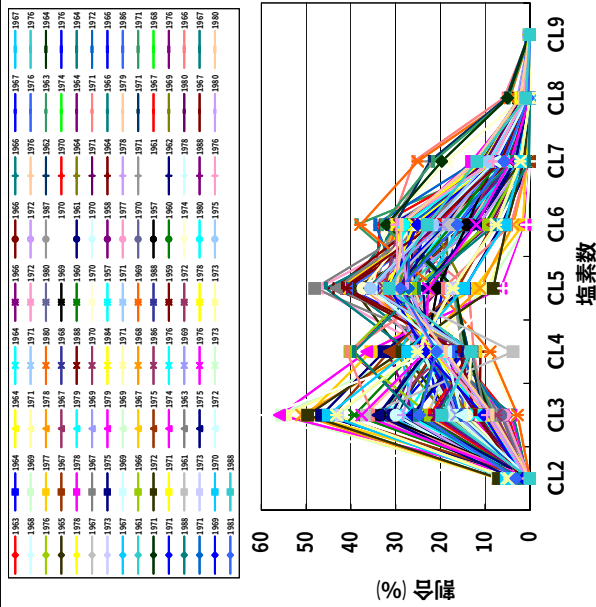
2.0ppm以上5.0ppm未満



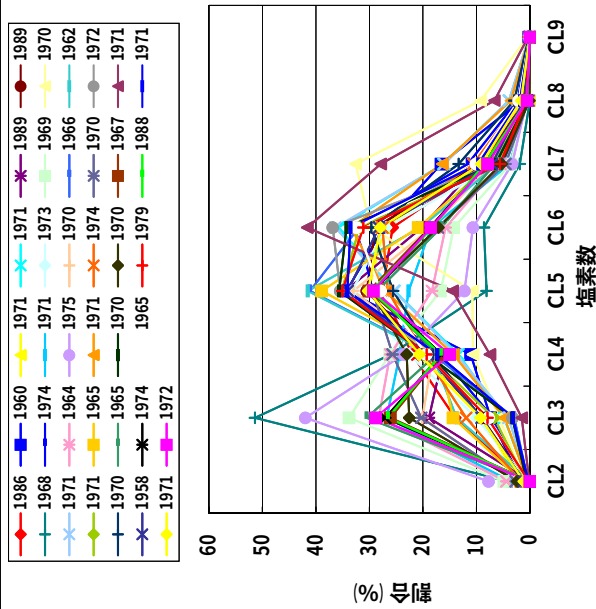
10ppm以上20ppm未満



1.0ppm以上2.0ppm未満



5.0ppm以上10ppm未満



20ppm以上

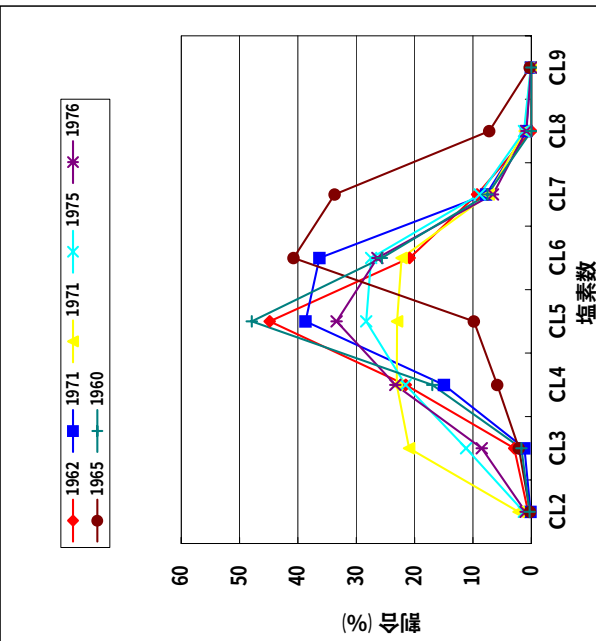


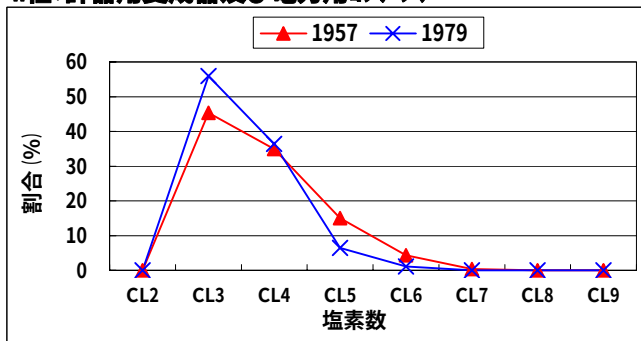
図9.4-1 濃度別の低濃度PCB汚染電気機器における電気絶縁油中のPCB同族体分布

9.5 電気絶縁油メーカー別の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分布

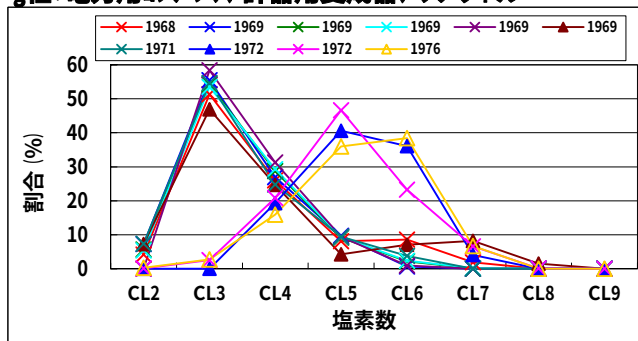
360 件の同族体分析結果のうち、J E M Aによって該当機器に充填された電気絶縁油メーカーが1社に特定できているデータを対象にして、図 9.5-1 に電気絶縁油メーカー別の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分布を示す。ただし、メンテナンスによる電気絶縁油の交換の有無については考慮していない。

h 社の電気絶縁油を充填したとされる電気機器中の同族体分布は、全て塩素数3にピークがあり、割合に差があるもののKC-300にKC-400がわずかに混合していると推定される分布を示していた。g社の電気絶縁油を充填したとされる電気機器の絶縁油中の同族体分布は、塩素数3にピークがある分布、塩素数5にピークがある分布、塩素数6にピークがある分布が存在し、1971年以前の製造機器は全て塩素数3にピークがあり、KC-300のP C Bに類似していた。また、機種別ではコンデンサにKC-500のP C Bに類似した分布が、計器用変成器にKC-300に類似した分布が存在し、本来使用されたとされるP C B油種以外のP C Bと類似した分布が存在していた。c社の電気絶縁油を充填したとされる電気機器の絶縁油中の同族体分布は、塩素数3あるいは塩素数5にピークがあり、ほとんどがKC-300にKC-500が、あるいはKC-500にKC-300がわずかに混合していると推定される分布を示していた。また、塩素数3にピークを示していた分布は全て1973年及び1974年製造機器の電気絶縁油であった。機種別では電圧調整器のみKC-500にKC-600が混合していると推定される分布を示していた。m社の電気絶縁油を充填したとされる電気機器の絶縁油中の同族体分布は、全て塩素数3及び5の2つのピークがあり、KC-300とKC-500をほぼ均等に混合したと推定される分布を示していた。p社の電気絶縁油を充填したとされる電気機器の絶縁油中の同族体分布は、概ね塩素数5にピークがあり、KC-500にKC-400及びKC-600が混合していると推定される分布を示していた。また、これら全てが1980年製造の遮断器のデータであることから同一ロットであった可能性がある。

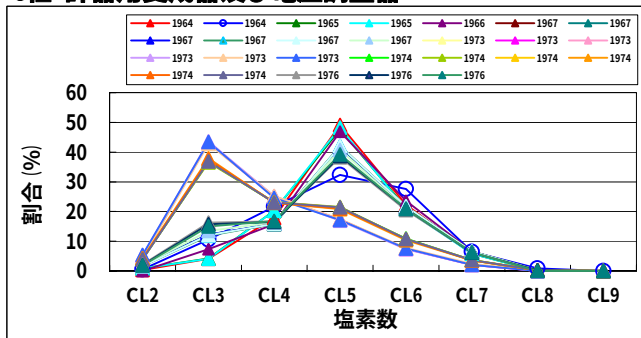
h社:計器用変成器及び電力用コンデンサ



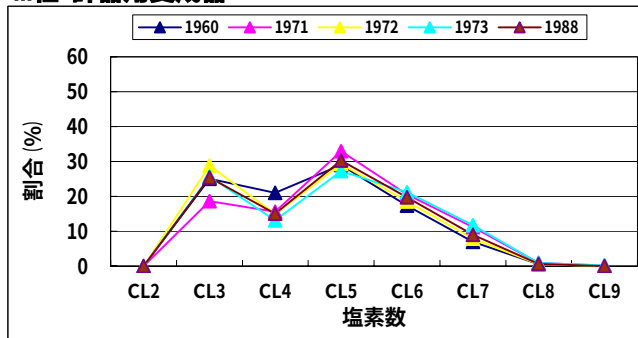
g社:電力用コンデンサ、計器用変成器、リアクトル



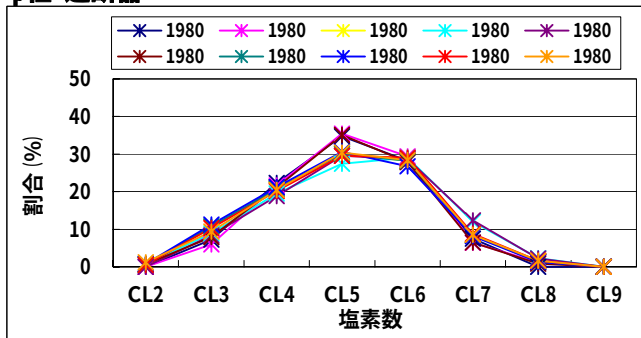
c社:計器用変成器及び電圧調整器



m社:計器用変成器



p社:遮断器



凡例;電圧調整器:○
 コンデンサ:×
 計器用変成器:▲
 遮断器:*
 リアクトル:△

図9.5-1 電気絶縁油メーカー別の低濃度PCB汚染電気機器における電気絶縁油中のPCB同族体分布

9.6 電気機器メーカー別及び工場別の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分布

360 件の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分析結果を電気機器メーカー別に整理した結果を図 9.6-1 に示す。何れの電気機器メーカーにおいても、特徴的な同族体分布の傾向は認められなかった。

次に 360 件の同族体分析結果のうち、該当機器を製造した電気機器メーカーの工場が特定できているデータを対象にして、図 9.6-2 に電気機器メーカー工場別の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分布を示す。

データ数は少ないものの、ほとんどの工場において工場毎にかなり類似した同族体分布を示していた。

A 社 A11 工場及び A13 工場で製造された電気機器中の同族体分布は類似しており、何れも塩素数 5 あるいは 6 にピークがあり、割合に差があるものの KC-500 に KC-300、KC-400、KC-600 が混合したと推定される分布を示していた。G 社 G1 工場で製造された電気機器中の同族体分布は、塩素数 5 にピークがある分布、あるいは塩素数 3 及び 5 の 2 つにピークがある分布が存在しており、そのほとんどが割合に差があるものの KC-500 に KC-300 が混合したと推定される分布を示していた。また、機種別では 1966 年製造を除く全ての計器用変成器は塩素数 3 及び 5 の 2 つにピークがあり、変圧器は全て塩素数 5 にピークがあった。一方、G 社 G2 工場では、G1 工場と比較して傾向は類似していたが、一部 G1 工場と比較して KC-500 に KC-400 及び KC-600 が混合していると推定される分布が存在していた。また、機種別では遮断器が全て塩素数 5 にピークがあった。I 社 I1 工場で製造された電気機器中の同族体分布は、塩素数 3 にピークがある分布、あるいは塩素数 3 及び 5 の 2 つにピークがある分布が存在しており、前者は KC-300 にわずかに KC-400 が混合していると推定され、後者は KC-500 に KC-300 が比較的多く混合していると推定される分布を示していた。一方、I2 工場では、全て塩素数 3 及び 5 の 2 つにピークがある分布が存在しており、KC-500 に KC-300 が比較的多く混合していると推定される分布を示していた。P 社 PA 工場で製造された電気機器中の同族体分布は、塩素数 5 にピークがある分布、あるいは塩素数 3 及び 5 の 2 つにピークがある分布が存在しており、前者は KC-500 に KC-300 及び KC-400 が混合していると推定され、後者は KC-500 に KC-300 が混合していると推定される分布を示していた。また、塩素数 3 及び 5 の 2 つにピークがある分布は全て 1988 年製造の計器用変成器のデータであることから同一ロットであった可能性がある。J 社 JM 工場で製造された電気機器中の同族体分布は、全て塩素数 3 にピークがあり、割合に差があるものの KC-300 に KC-400 がわずかに混合していると推定される分布を示していた。M 社 MT 工場及び ML 工場で製造された電気機器中の同族体分

布は、塩素数 5 あるいは塩素数 6 にピークがあり、KC-500 に KC-600 が混合していると推定される分布を示していた。MV 工場では塩素数 5 あるいは塩素数 6 にピークがあり、KC-500 に KC-400 及び KC-600 が混合していると推定される分布を示していた。MC 工場では塩素数 3 にピークがある分布、塩素数 5 にピークがある分布が存在し、1971 年以前の製造機器は全て塩素数 3 にピークがあり、KC-300 の PCB に類似していた。また、コンデンサに本来使用されたとされる PCB 油種以外の PCB（KC-500）と類似した分布が存在していた。V 社 V1 工場で製造された電気機器中の同族体分布は、概ね塩素数 5 にピークがあり、KC-500 に KC-400 及び KC-600 が混合していると推定される分布を示していた。また、これら全てが 1980 年製造の遮断器のデータであることから同一ロットであった可能性がある。N 社 N 工場で製造された電気機器中の同族体分布は、塩素数 3 にピークがある分布、塩素数 5 にピークがある分布、塩素数 6 にピークがある分布が存在しており、KC-300 あるいは KC-500 の PCB に類似している分布やこの両者が混合していると推定される分布あるいはこの両者に KC-400 及び KC-600 が混合していると推定される分布等、多様な分布を示していた。また、機種別では計器用変成器に KC-300 に類似した分布が存在し、本来使用されたとされる PCB 油種以外の PCB と類似した分布が存在していた。O 社で製造された電気機器中の同族体分布は、全て塩素数 3 にピークがあり、KC-300 に KC-400 及び KC-500 を混合したと推定される分布を示していた。また、これら全てが 1962 年製造の変圧器のデータであることから同一ロットであった可能性がある。U 社 U1 工場で製造された電気機器中の同族体分布は、塩素数 3、4、5、6、7 それぞれにピークがある分布が存在しており、非常に多様な分布を示していた。

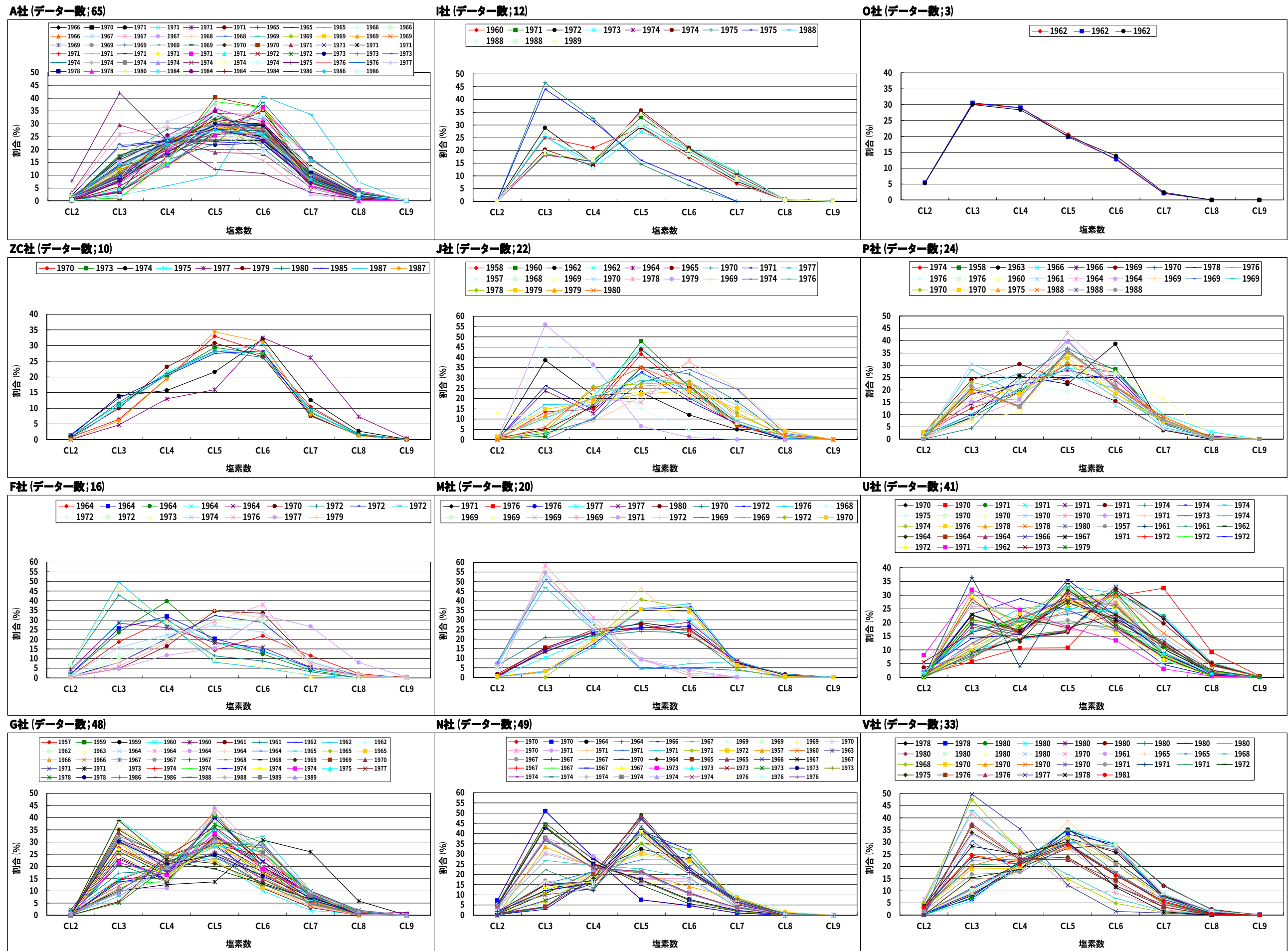


図9.6-1 電気機器メーカー別の低濃度PCB汚染電気機器における電気絶縁油中のPCB同族体分布

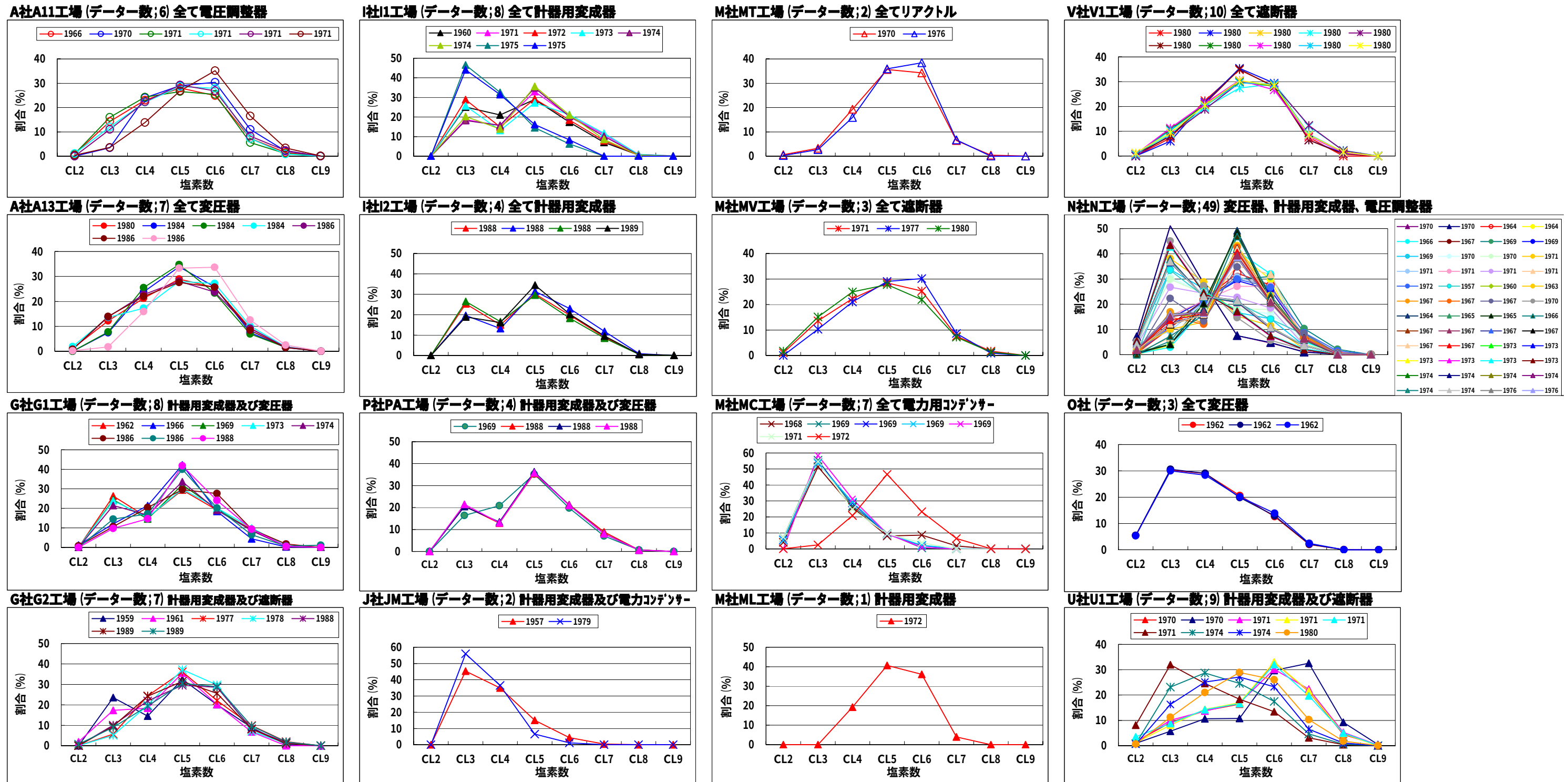
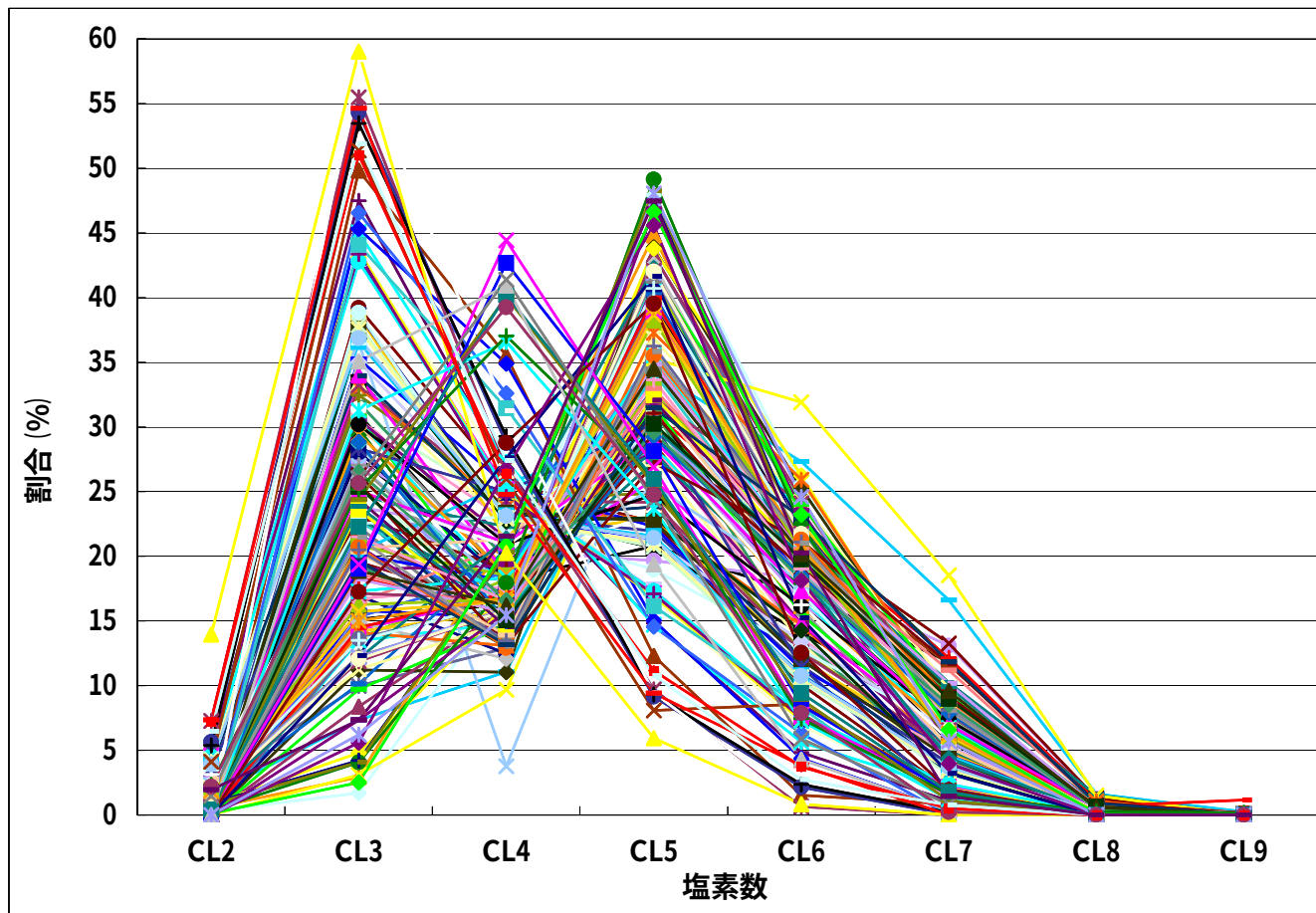


図9.6-2 電気機器メーカー工場別の低濃度PCB汚染電気機器における電気絶縁油中のPCB同族体分布

9.7 機器ユーザー別の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分布

図 9.7-1 に機器ユーザー別の低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分布を示す。う社から提供された分析事例では主に塩素数3、4、5のそれぞれピークがある同族体分布か、あるいはこれらの組み合わせからなる同族体分布で構成されていたが、え社から提供された分析事例では、塩素数3、4、5に加えて、塩素数6及び7の割合が多い同族体分布が存在していた。これらの結果はえ社から提供された分析事例の電気機器に充填された電気絶縁油に塩素数7にピークがある KC-600 等が混入したことを示唆しているが、通常、変圧器等の電気機器に使用されていない KC-600 等がどの過程で混入したのかは不明である。

う社



え社

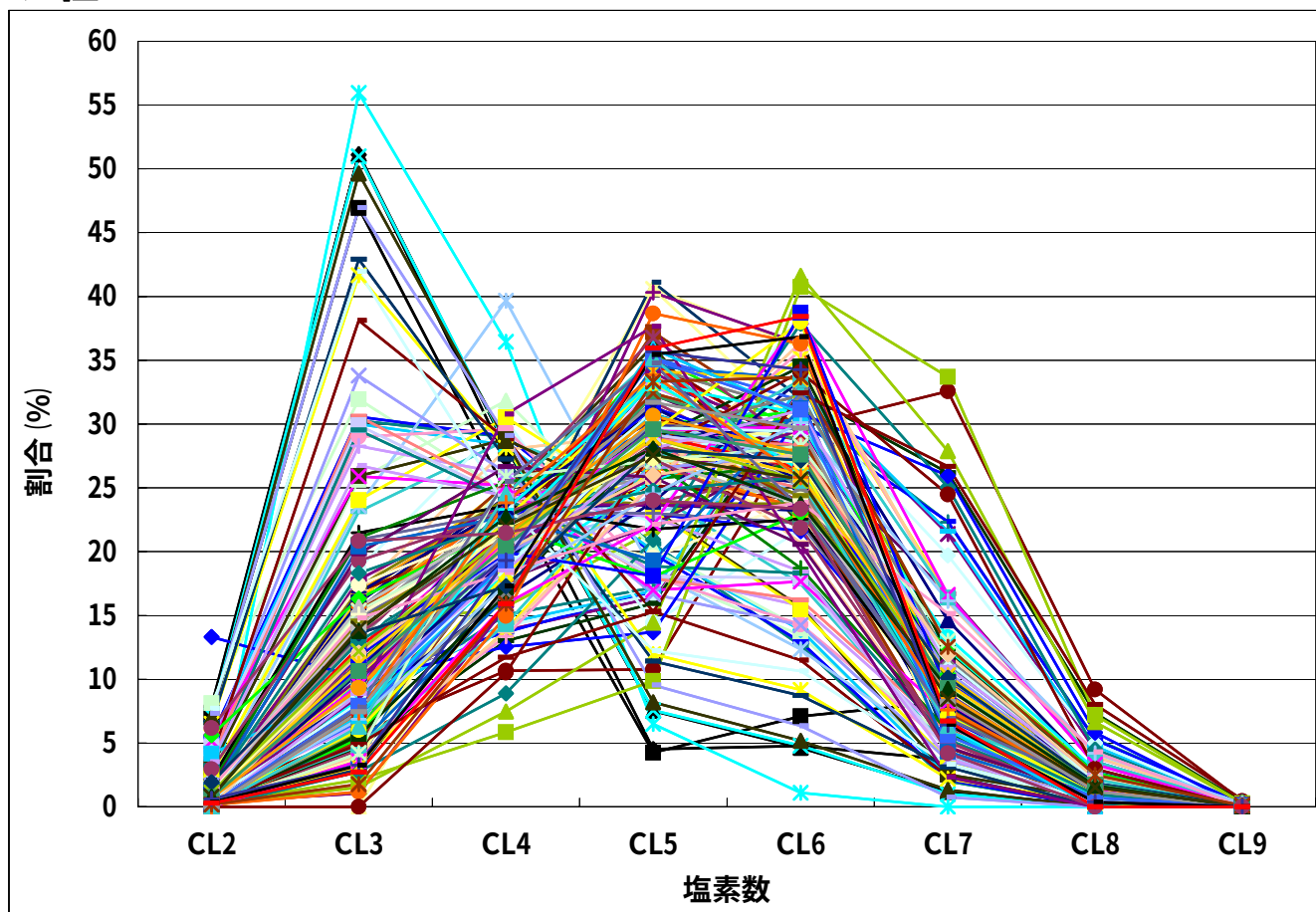


図9.7-1 機器ユーザー別の低濃度PCB汚染電気機器における電気絶縁油中のPCB同族体分布

9.8 原因究明ワーキンググループで実施した再分析結果におけるP C B同族体分布

図 9.8-1 に原因究明ワーキンググループで実施した低濃度P C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B再分析結果の同族体分布を示す。1990 年以降に製造されたP C B汚染電気機器における電気絶縁油中のP C B同族体分布は、全て塩素数5にピークがあり、KC-500 (KC-1000) の製品の同族体分布に類似していた。

また、電気機器メーカーの追跡調査における1966 年～1977 年製のP C B検出事例再分析結果について、変圧器のP C B同族体分布は全て塩素数5にピークがあり、KC-500 (KC-1000) の製品の同族体分布に類似していた。一方、O F ケーブルのP C B同族体分布は塩素数4にピークがあり、KC-400 の製品の同族体分布に類似していた。

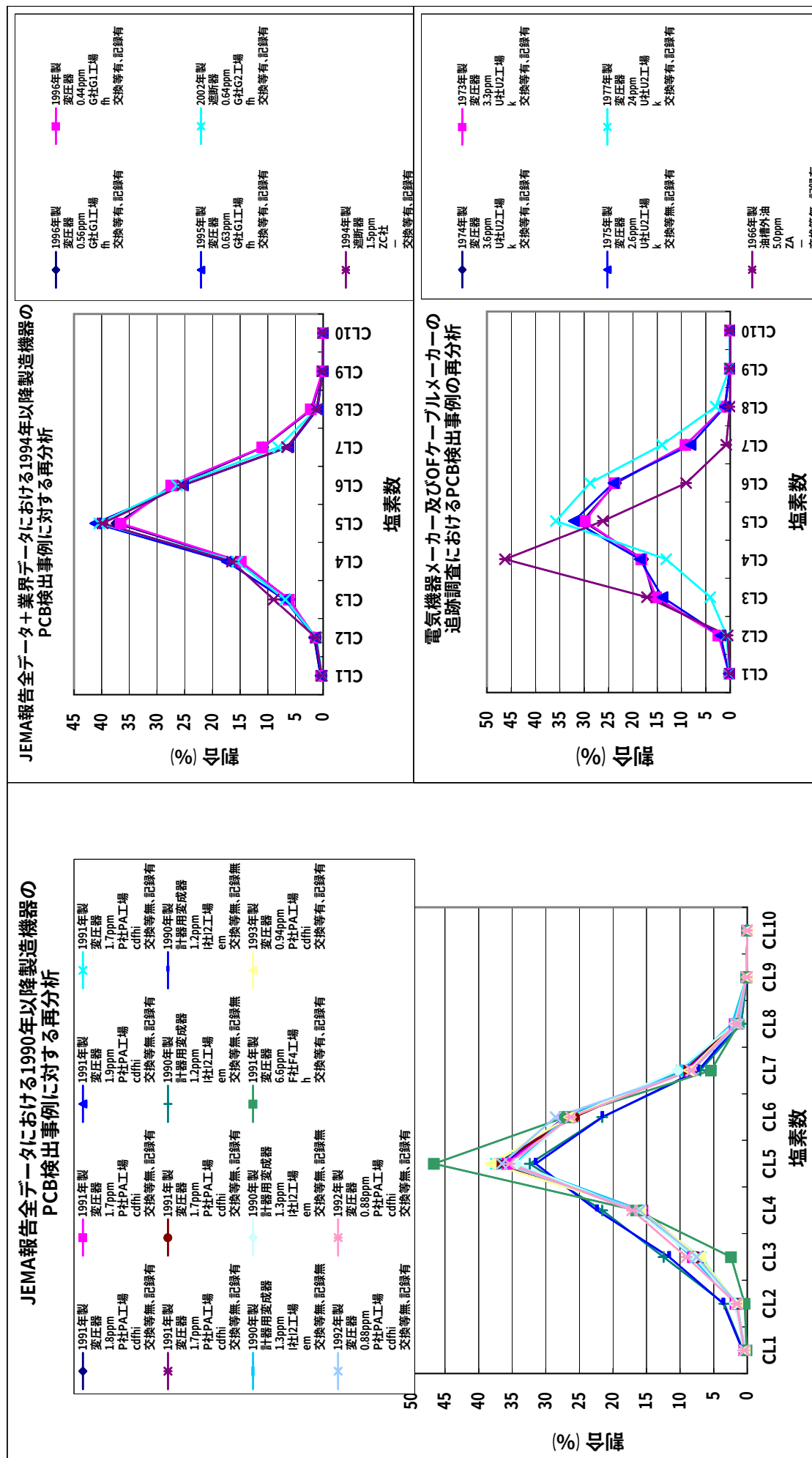


図9.8-1 原因究明ワーキンググループで実施した再分析結果におけるPCB同族体分布

10. 原因究明の結果と考察

10.1 原因究明について

アンケート調査、現地ヒアリング等によって確認されたP C Bの絶縁油への主な混入原因は以下のとおりである。

なお、1989年（平成元年）、柱上変圧器の再生絶縁油の一部にP C B混入が認められたことから通商産業省（当時）が全国石油工業協同組合等に対して廃油の再生事業におけるP C B不使用と不含確認による汚染防止を通知した以前においては、ほとんどの関係者が電気絶縁油中のP C B分析を行っておらず、また当時の製造、流通等関係資料も少ないことが明らかとなった。これらの情報の欠落を補完するため一部は当時の関係者への聞き取りや主として関係団体を通じて各企業の協力のもとでのアンケート調査等も行ったが関係者が多岐にわたっているため、原因究明には困難をともなった。以下の内容は現時点において可能な限りの範囲においての調査結果に基づいて取りまとめたものである。

- 1) P C Bの製造が中止された1972年以前にはP C Bは各方面で広く使用されており、その有害性は認識されていなかったため、既にあった再生絶縁油の回収ルートにのって使用済み絶縁油の抜油・回収過程で一部P C Bが誤って混合回収され、再生絶縁油原料にP C Bが混入した可能性があり、また機器組立等の作業上の不注意に起因してP C Bが誤って新油絶縁油、再生絶縁油、合成絶縁油に混入した可能性がある。
- 2) 1973年以降はP C Bの使用が制限され、その有害性は各方面で認識されたが、使用済み絶縁油の抜油・回収過程で一部P C B使用機器と認識出来なかった機器からP C Bが誤って混合回収され、1989年の再生絶縁油が使用されなくなるまでの間、再生絶縁油の回収ルートにのって再生絶縁油原料にP C Bが混入した可能性があり、また1975年（昭和50年）に一部潤滑油中にP C Bが混入していた疑いから通商産業省（当時）から全国石油工業協同組合等に対して廃油再生事業におけるP C B不含確認による汚染防止について通知が発出されたが、廃油再生事業を行う事業場内でP C Bを取り扱っていないことから対象外と認識した事業場があったこと、また当時一般に認知されていたP C B分析方法がなかったとは言え原料受入時にP C B有無について代替分析確認等実施されていなかった事業場があったこと等から、再生絶縁油への汚染が拡大（P C B混入を含む）した可能性がある。
- 3) 再生絶縁油事業は1941年から行われ、1955年には日本工業規格C 2320（電気絶縁油）に再生絶縁油の概念が盛り込まれたが、機器メーカーにおいては、再生絶縁油を使用したのは1968年からとの認識がある。このため、機器メーカーおよびO Fケーブルメーカーは、この年次以前に製造された再生絶縁油について日本工業規格を満たせば新油絶縁油と区分しておらず、P C Bの混入については全く念頭になかった可能性があり、一方再生絶縁油メーカーは再生絶縁油と新油絶縁油についての認識はあったとは言え、再生絶縁油へのP C B混入については全く念頭になかった可能性があり、

そのため機器メーカーおよびＯＦケーブルメーカーにおいては受入タンク等の区分がなく、再生絶縁油メーカーにおいては新油絶縁油と再生絶縁油のライン共用や製品タンクの共用があったことからＰＣＢが混入した再生絶縁油から新油絶縁油等へ汚染が拡大した可能性がある。

- ４）ＰＣＢが使用制限された１９７３年から再生絶縁油の使用がなくなった１９８９年までの間、再生絶縁油を製造する業界の一部では原料となる使用済み絶縁油にＰＣＢが混入していないとの認識であったため分析等で不含確認しないまま使用し、１９８８年まで新油絶縁油と再生絶縁油の製造設備を共用しており、また当時、輸送再生絶縁油のローリー洗浄も不十分であった。一方再生絶縁油を使用した機器を製造する業界の一部ではＪＩＳ鉱油にはＰＣＢが含有されていないという認識があり、１９８９年まで新油絶縁油と再生絶縁油を使用する機器製造設備を共用していた。これらのため、再生絶縁油にＰＣＢが含有されていた場合、それぞれの過程において汚染が拡大した可能性がある。

各ライフサイクル別にＰＣＢの混入原因及びＰＣＢの汚染拡大原因について整理すると次のとおりである。

（１）絶縁油メーカーによる混入・汚染拡大

イ．油へのＰＣＢ混入

- ① 再生絶縁油事業は１９４１年から１９９０年まで行われたことから、当然ながら使用済み絶縁油の回収ルートがあったと考えられる。その間、ＰＣＢの使用が禁止されていなかった１９７２年までは、ＰＣＢは各方面で広く使用されており、その有害性は認識されていなかったため、使用済み絶縁油の抜油・回収過程で一部の再生絶縁油メーカーにおいて再生用として回収した使用済み絶縁油にＰＣＢが混入した可能性がある。

なお、鉱油成分の新油絶縁油及び再生絶縁油を製造する工程ではＰＣＢを使用していないことから、新油絶縁油及び再生絶縁油にＰＣＢそのものが直接混入した可能性はない。

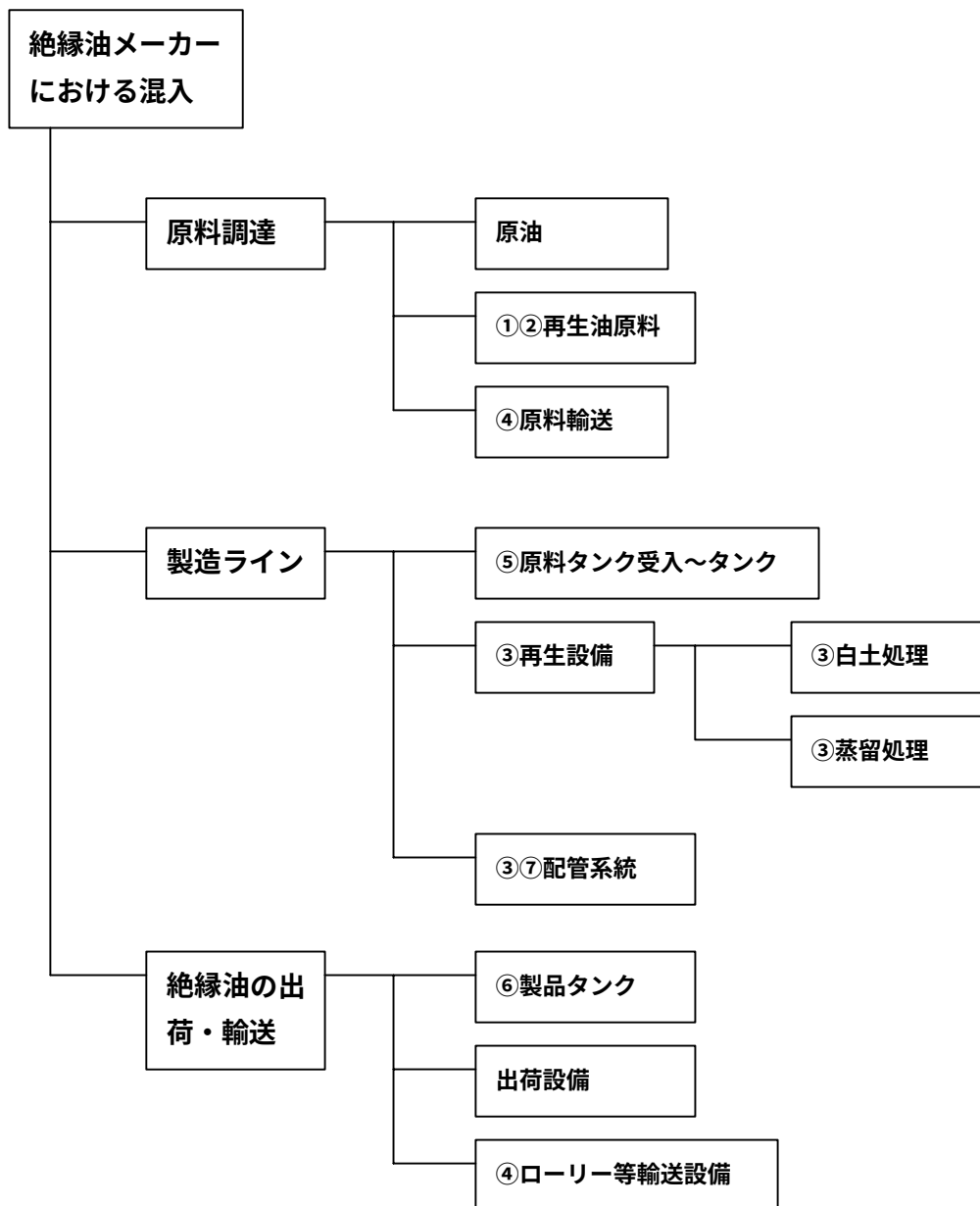
また、一部メーカーでは潤滑油にＰＣＢを添加剤として使用していたが、絶縁油製造ラインが別ラインであるとの現地説明があった。

ロ．ＰＣＢ汚染の拡大

- ② １９７５年（昭和５０年）に通商産業省(当時)から全国石油工業協同組合等に対して廃油の再生事業におけるＰＣＢによる汚染防止について通知が発出されたが、受領した当該メーカーは、過去に絶縁油としてＰＣＢを使用しなかったこともあって対象外であると認識していたこと、また、当時一般に認知されていたＰＣＢ分析方法がなかったとは言え原料受入時にＰＣＢ有無について代替分析確

認等実施されていなかった事業場があったこと、また、大半は受託再生であったが、再生絶縁油メーカーが再生原料へのP C Bの混在を確認しなかったことから、再生絶縁油への汚染が拡大（P C Bの混入を含む）した可能性がある。

- ③ 一部の絶縁油メーカー（1955年～1965年で1社、1966年～1973年で1社、1980年～1988年で1社）では新油絶縁油と再生絶縁油の製造ラインが共有されていたため、仮にP C Bが混入していた場合、再生絶縁油から新油絶縁油へ、汚染が拡大した可能性がある。また、1973年以降に製造された検出事例機器の追跡調査において、機器メーカーには混入の原因がなく、納入された絶縁油に遡って調査したところ、新油絶縁油を納入した当該絶縁油メーカーにおいて新油絶縁油と再生絶縁油の製造ラインを共用していたことが否定出来ないことから当該絶縁油メーカーにおいてP C B汚染の可能性が否定出来なかった事例1件があった。
- ④ 一部の輸送会社あるいは再生絶縁油メーカーでは、再生絶縁油を輸送した後に必ずしも洗浄をしていなかったため（6社）、ローリー車に残っていた再生絶縁油等にP C Bが混入していた場合、次に輸送した絶縁油に汚染が拡大した可能性がある。
- ⑤ 再生絶縁油の原料として受け入れた一部の使用済み絶縁油にP C Bが混入していた場合、受け入れタンク内等においてP C Bが混入していない使用済み絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。
- ⑥ 一部の絶縁油メーカーでは新油絶縁油と再生絶縁油の製品貯槽が共用されていた（1955年～1965年まで1社）ため、仮に再生絶縁油にP C Bが混入していた場合、新油絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。
- ⑦ 一部の絶縁油メーカー（1社）では、P C B添加潤滑油（P C B濃度は数パーセント程度）も製造していたが、P C B使用禁止時期以前に添加剤として使用していたことから、当該製品にP C Bが添加されているとの表示をしていなかった。一方、絶縁油等の一部再生事業者（1971年～1986年まで1社）では、再生絶縁油と再生潤滑油の製造ラインが洗浄の上共用されていたが、P C B添加の使用済み潤滑油から再生絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。



注) 図中の①～⑦は本文中の当該項目をいう。

(2) 合成絶縁油メーカーによる混入・汚染拡大

イ. 油へのPCB混入

PCB混入の可能性は確認するに至らなかった。

ロ. PCB汚染の拡大

- ① 再生合成絶縁油メーカー（1社）では、新油絶縁油の製造設備で再生合成絶縁油（2種1号）を製造していたが、新油絶縁油と再生絶縁油の半製品送油ラインが繋がっていた可能性は否定できないとの説明があったことから、仮に再生絶縁油にPCBが混入していた場合、再生合成絶縁油及び再生合成絶縁油の貯蔵タンク等が汚染され再生合成絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。
- ② 合成絶縁油メーカー（1社）では、再生絶縁油の蒸留製造設備で新油合成絶縁油（2種4号）も製造しており、仮に再生絶縁油にPCBが混入していた場合、

新油合成絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。

(3) 電気機器メーカーによる混入・汚染拡大

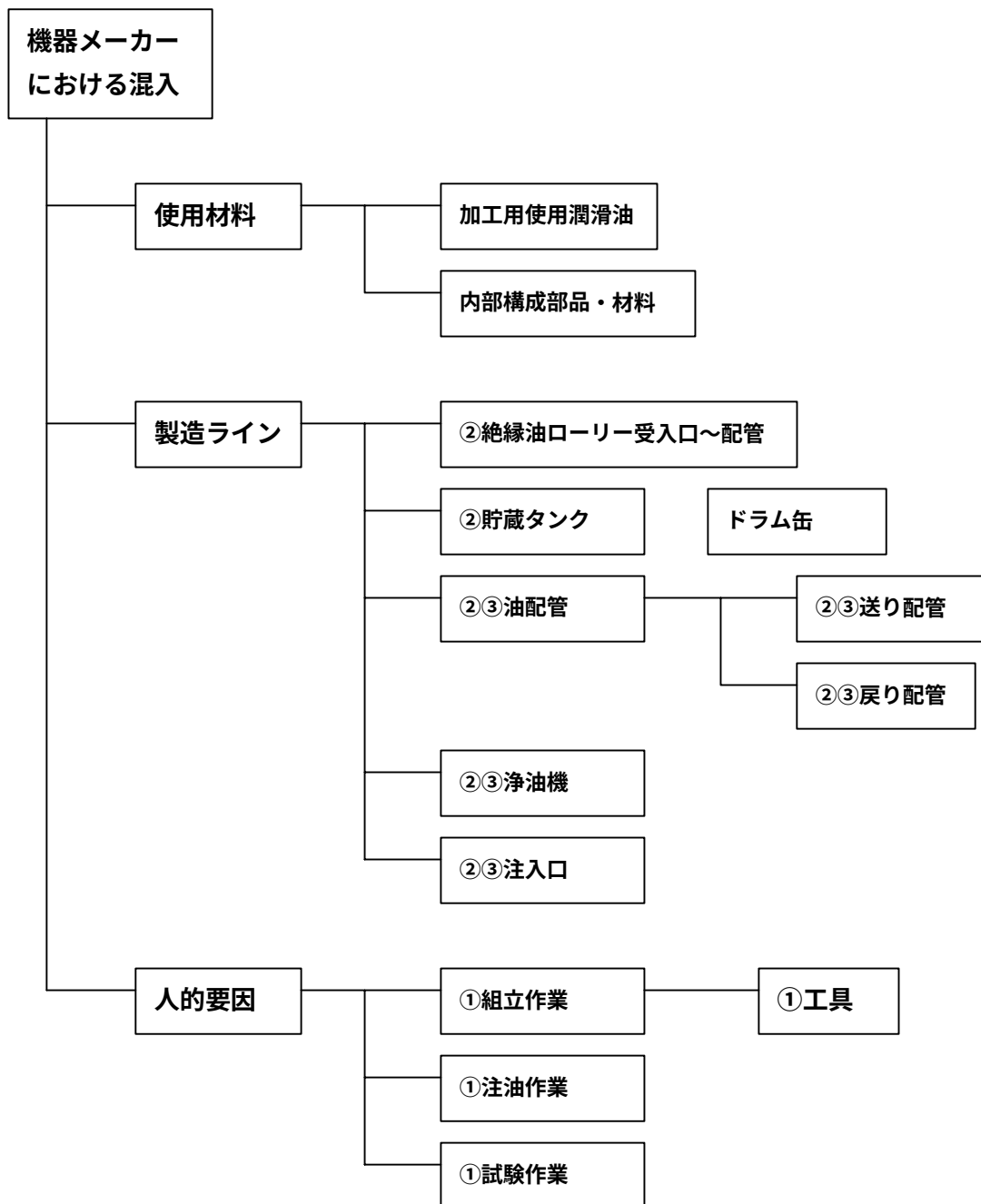
イ. 油へのP C B混入

- ① 1972年以前にはP C Bを使用（26社中22社）しており、その有害性は認識されてなかったため、機器組立、注油、試験作業等の作業上の不注意に起因して新油絶縁油及び再生絶縁油並びに合成絶縁油にP C Bが混入した可能性がある。

なお、P C Bと新油絶縁油、P C Bと再生絶縁油使用の機器製造ラインは分離されており、P C B製造ライン撤去後に合成絶縁油使用の機器製造ラインを設置したとJ E M A 報告書で報告されている。

ロ. P C B汚染の拡大

- ② 絶縁油メーカーの再生絶縁油製造は1941年から行われ、日本工業規格C 2320（電気絶縁油）に再生絶縁油についての概念が盛り込まれたのは1955年である。一方、機器メーカーが再生絶縁油を使用開始したと認識したのは1968年であることから、それ以前においては、絶縁油の委託再生を行っていなかった機器メーカーでは再生絶縁油と新油絶縁油の区分認識がなかったと考えられる。このため、再生絶縁油として製造された絶縁油であったとしてもその特性が日本工業規格を満たしていれば新油絶縁油と認識し、受け入れタンクを区分することなく受け入れしたと考えられ、再生絶縁油にP C Bが混入していた場合、タンクおよび機器製造ラインで新油絶縁油に汚染が拡大した可能性がある。
- ③ J I S 電気絶縁油にはP C Bが混入しているとの認識がないことから、一部の電気機器メーカー（7工場）では1968年から1989年までの間（1968年～1969年1社、1974年～1984年1社、1977年～1984年1社、1978年～1988年1社、1978年～1989年1社、1982年～1986年1社、1984年～1989年1社）、新油絶縁油と再生絶縁油使用の機器製造ラインが共有されていたため（油タンクは分離されていた）、再生絶縁油にP C Bが混入していた場合、新油絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。



(4) OFケーブルメーカーによる混入・汚染拡大

イ. 油へのPCB混入

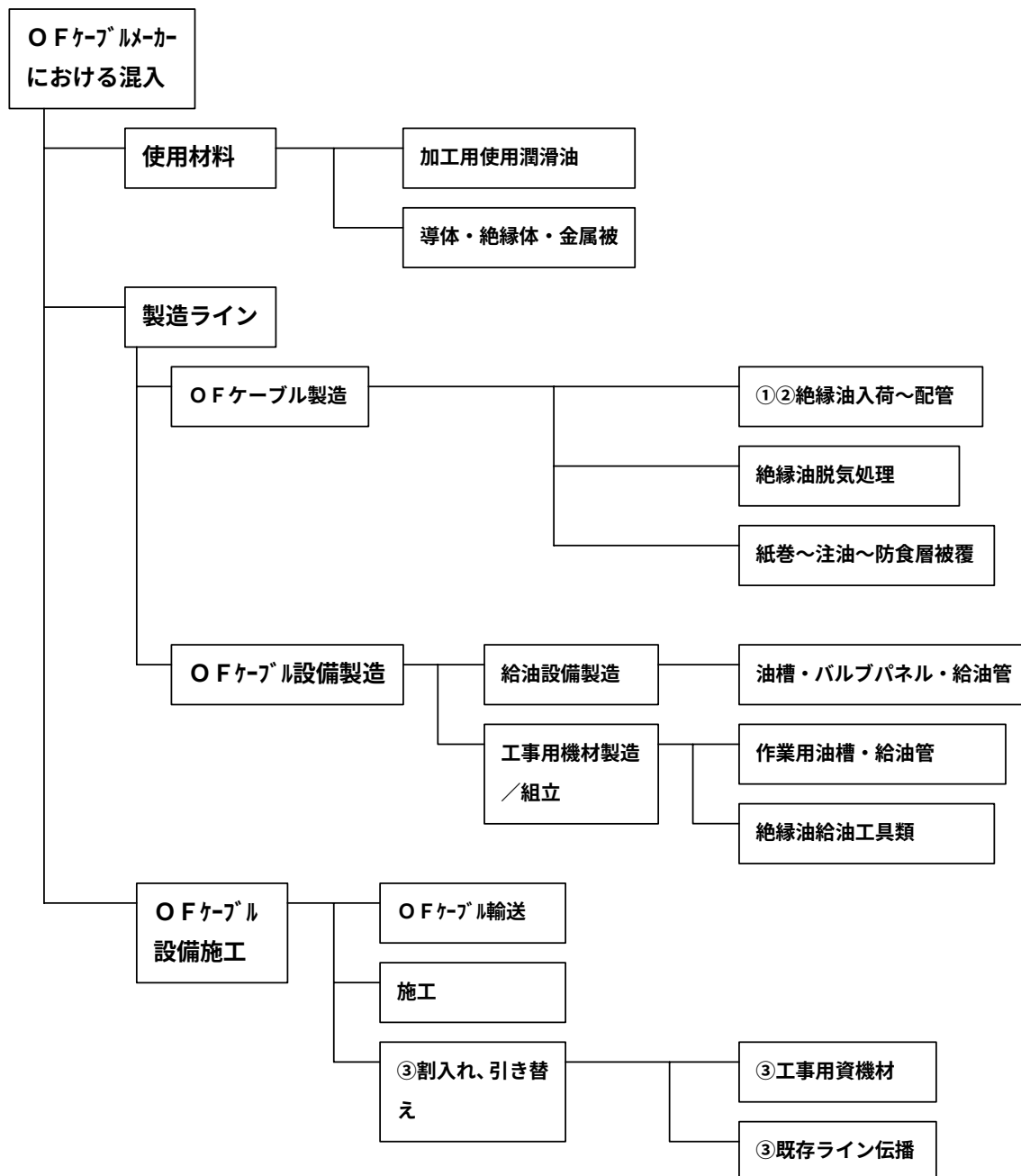
PCB混入の可能性は確認するに至らなかった。

ロ. PCB汚染の拡大

- ① 絶縁油メーカーの再生絶縁油製造は1941年から行われ、日本工業規格C 2320（電気絶縁油）に再生絶縁油についての概念が盛り込まれたのは1955年である。一方、OFケーブルメーカーは全年代で新油絶縁油のみの使用であったと認識している。このことから、1955年以前は、再生絶縁油メーカーにおいて再生絶縁油として製造された絶縁油であったとしてもその検査成績値が各社の購入仕

様を満たしていれば新油絶縁油と認識し、受け入れたと考えられ、その場合タンクおよび機器製造ラインでP C Bが混入した再生絶縁油から新油絶縁油に汚染が拡大した可能性がある。

- ② 1955年以降1972年までの間において、P C Bは広く使用されその有害性は認識されておらず、何らかの原因でP C Bに汚染された新油絶縁油がO Fケーブルメーカーに入荷した場合、その製品性能が各社の購入仕様を満足すれば通常の新油として受け入れたと考えられ、その場合、タンク及び製造ラインにP C Bが混入し、汚染が拡大した可能性がある。
- ③ 新油絶縁油がP C Bに汚染されていた場合、ケーブル増設による割入れやケーブル引き替えの際に、汚染新油絶縁油に使用された工事用油槽等を通じて他の新油絶縁油に汚染が拡大した可能性がある。また、汚染されていた既設ラインとの接続により汚染が伝播した可能性がある。



(5) 機器ユーザーによる混入・汚染拡大

イ．油へのPCB混入

PCB混入の可能性は確認するに至らなかった。

ロ．PCB汚染の拡大

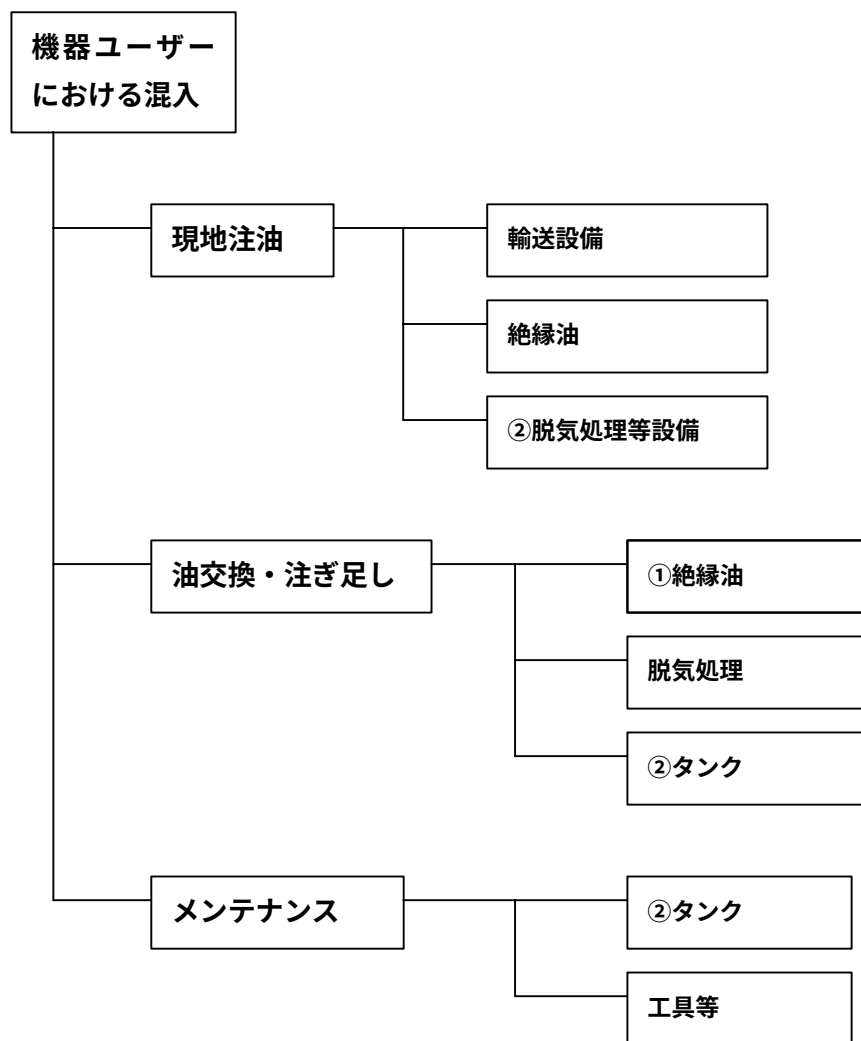
- ① 絶縁油メーカーの再生絶縁油製造は1941年から行われていたが、日本工業規格 C 2320（電気絶縁油）に再生絶縁油についての概念が盛り込まれたのは1955年である。このため1955年以前において機器ユーザーでは、委託再生を行っていなかった絶縁油について、日本工業規格を満たしている絶縁油であれば再生絶

縁油と新油絶縁油の区分認識がなく受入使用したと考えられる。その場合、封じ切り機器以外の機器に対して注油した再生絶縁油にP C Bが混入していれば、結果的に既に充填されていた新油絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。

また1955年以降においても、機器ユーザーは絶縁油メーカーから直接購入したり、または電気機器メーカー等に対して絶縁油メーカー・製品名を指定購入してきた。従って封じ切り機器以外の機器に対して結果的に注油した再生絶縁油にP C Bが混入していれば既に充填されていた新油絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。

- ② 機器ユーザーでは、一部の機器において電気絶縁油が劣化した場合、電気絶縁油の交換を行い、機器トラブルがある場合、補修作業等を行っている。機器中の新油絶縁油を拔出し機器をメンテナンスする際、機器ユーザーはJ I Sを満たしている絶縁油を電気機器メーカー等に対し指定して購入しており、仮にP C Bが混入した再生絶縁油を入れたことのあるタンク等を使用したとすれば結果的に新油絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。

なお、電力用コンデンサ等、ユーザーがメンテナンスを行わない封じ切り機器では、ユーザーによる汚染の可能性はない。



(6) 機器廃棄及び廃油回収等における混入・汚染拡大

イ. 油へのPCB混入

- ① PCBが使用禁止になる1972年まで、PCBは各方面で広く使用されており、その有害性は認識されていなかったため、PCBを使用した電気機器メーカー、PCB電気機器ユーザー、その他PCB使用メーカー等においては廃棄時に必ずしも廃油種類毎に区分することなく収集保管をし、廃油処理業者または廃油回収業者に委託していたと考えられる。また廃油回収業者においても、特に小口の廃油排出メーカー等からの回収については数カ所の事業所からの混合回収がされたと推定されることから、再生絶縁油メーカーに原料油として販売された使用済み絶縁油には廃棄されたPCBが混入していたことが想定される。
- ② PCBが使用禁止された1973年以降においても、使用済みとなったPCB使用電気機器が機器銘板の脱落等PCB入の有無が判別出来なかった理由により解体業者に廃棄委託したと考えられる。また機器から絶縁油を抜油して廃油回収業者に委託する際、排出メーカー・ユーザーが廃棄する廃油のPCB分析や内容確認のないまま委託したと考えられる。一方、廃油回収業者においても、特

に小口の廃油排出メーカー等からの回収については数カ所の事業所からの混合回収がされたと推定されることから、再生絶縁油メーカーに原料油として販売された使用済み絶縁油中に廃棄されたPCBが混入していたことが想定される。

ロ．PCB汚染の拡大

- ③ 機器メーカー、機器ユーザー及び再生絶縁油メーカーにはPCBが混入しているという認識はなかったものの、仮に再生絶縁油にPCBが混入していた場合、PCBが混入した再生絶縁油から新油絶縁油に汚染が拡大した可能性は否定できない。その場合には、機器メーカー及び機器ユーザー等から廃棄された新油絶縁油の使用機器から回収・製造された再生絶縁油にもPCBが混入していたことになり、結果的に1990年までは再生絶縁油メーカーの原料から汚染が拡大した可能性がある。

10.2 汚染範囲の特定について

10.2-1 電気機器の製造年代について

アンケート調査、現地ヒアリング、検出事例等によって確認された混入原因からPCBが混入していないと考えられる製造年代および電気機器の範囲は以下のとおりである。

- 1) PCBが製造されていなかった1953年以前に製造された国内メーカー製の電気機器の新油絶縁油、再生絶縁油にPCBが混入する可能性はないことから、封じきり機器（コンデンサ、変成器のコンデンサ部分）については、その後の油入替え、メンテナンスの実施もないことから混入の可能性はない。
- 2) 1953年以前に製造された機器で封じきり機器以外については、製造後に油交換が行われておらず、かつ機器を開放した状態でのメンテナンスも実施されなかったことが明確なものについては混入の可能性はない。
- 3) 1990年以降に製造された機器については、全て新油絶縁油により製造された機器であるが、そのうち次記に該当する機器については混入の可能性はない。

イ. 1990年以前から新油絶縁油（再生絶縁油も製造していたメーカーから調達された新油絶縁油及び輸送時における再生絶縁油との接触の可能性のある新油絶縁油を除く）のみを購入していた機器メーカー・事業場の機器であって

- ① 封じきり機器
- ② 封じきり機器以外であって、製造後の油交換が行われておらず、かつ機器を開放した状態でのメンテナンスも実施されなかったことが明確な機器
- ③ 封じきり機器以外であって、製造後の油交換はあったが、事前に交換油のPCB分析を行い混入のないことを確認しており、かつ機器開放した状態でのメンテナンスも実施されなかったことが明確な機器

また、機器開放した状態でのメンテナンスを実施したが、メンテナンスで使用するタンクや浄油機等使用資機材について事前に洗浄した結果、PCBの存在が確認されなかったことが明確である機器

ロ. 1990年以前において、再生絶縁油を購入していた機器メーカー・事業場、あるいは再生絶縁油も併産していたメーカーから調達された新油絶縁油を購入していた機器メーカー・事業場において、1990年時点で新油絶縁油の受入タンクがPCBに汚染されていた可能性があると想定し、その後の新油絶縁油受入によってタンク内で0.5ppm以下に入れ替わると想定される年数を加えた時期以降に製造された機器であって

- ① 封じきり機器
- ② 封じきり機器以外であって、製造後の油交換が行われておらず、かつ、機器を開放した状態でのメンテナンスも実施されなかったことが明確な機器
- ③ 封じきり機器以外であって、製造後の油交換はあったが、事前に交換油のPCB分析を行い混入のないことを確認しており、かつ、機器開放した状態でのメンテナンスも実施されなかったことが明確な機器

また、機器開放した状態でのメンテナンスを実施したが、メンテナンスで使用するタンクや浄油機等使用資機材について事前に洗浄した結果、P C Bの存在が確認されなかったことが明確である機器

ハ、1990年2月以降製造された新油絶縁油を購入し、従来から新油絶縁油専用車として使用されている輸送車を使用する等輸送時での混入がなく、絶縁油メーカーから直接現地に運搬し、現地注油した機器であって、

- ① 現地注油後の油交換が行われておらず、かつ、機器を開放した状態でのメンテナンスも実施されなかったことが明確な機器
- ② 現地注油後の油交換はあったが、事前に交換油のP C B分析を行い、混入のないことを確認しており、かつ、機器開放した状態でのメンテナンスも実施されなかったことが明確な機器

また、機器開放した状態でのメンテナンスを実施したが、メンテナンスで使用するタンクや浄油機等使用資機材について事前に洗浄した結果、P C Bの存在が確認されなかったことが明確である機器

ただし、輸送時においてP C Bが混入しないこと及び過去の油交換やメンテナンス等の確認方法については、今後の議論が必要である。

一方、1954年以降1989年までの製造年代の機器についてはP C B使用電気機器、再生絶縁油使用電気機器が存在していた年代であるため、いちがいに新油絶縁油使用機器と言えども混入の可能性がないとは言い切れず電気機器メーカー・事業場における使用絶縁油の種類、購入先等確認し、検出事例実態も踏まえて今後の議論が必要である。

10.2-2 電気絶縁油の製造年代について

アンケート調査、現地ヒアリング、検出事例等によって確認された混入原因から、P C Bが混入していない電気絶縁油は以下のとおりである。

- 1) 再生絶縁油について、P C B国内生産が開始されていない1953年以前に製造された再生絶縁油は、原料としての使用済み絶縁油に廃P C B等が回収・混入されることもないことから混入の可能性はない。
- 2) 新油絶縁油について、P C B国内生産が開始されていない1953年以前に製造された新油絶縁油および再生絶縁油が生産停止された1990年2月以降に製造された新油絶縁油は、製造段階においてP C Bが混入する可能性はない。

上記以外の新油絶縁油について、単独設備で新油絶縁油を製造する場合、原料および製造工程でP C Bが生成され、あるいはP C Bが混入する可能性はない。

しかし、P C Bが生産開始された1954年以降から再生絶縁油が生産停止された1990年までの間、新油絶縁油メーカーにおいては、P C B混入の可能性のある再生絶縁油製造設備との設備共用（1955年～1965年で1社、1966年～1973年で1社、1980年～1988年で1社）や機器メーカーにおいては、再生絶縁油使用機器との製造ライン共用（7事業場）がある。また再生絶縁油を製造しているメーカーから調達していた新油絶縁油メーカーもある。再生絶縁油にP C Bが混入していた場合は、これらメーカーで製造あるいは使用された新油絶縁油に、P C B混入の可能性はある。

- 3) 合成絶縁油について、合成絶縁油メーカー（1社）が1974年から1990年までの間、再生絶縁油の製造設備と新油合成絶縁油の製造設備を共用しており、また再生合成絶縁油メーカー（1社）は1971年頃から1975年頃までの間、新油絶縁油の製造設備で再生合成絶縁油（2種1号）を製造していたが、新油絶縁油と再生絶縁油の半製品送油ラインが繋がっていた可能性は否定できないとの説明があったことから、仮に再生絶縁油にP C Bが混入していた場合、再生合成油の貯蔵タンク等が汚染され再生合成絶縁油へ汚染が拡大した可能性がある。

これら2社の合成絶縁油メーカー以外で輸送においても合成絶縁油専用車で輸送していたメーカーが製造した合成絶縁油にはP C B混入の可能性はない。

なお、現地ヒアリングの結果を受け、現在も使用されている再生潤滑油へのP C B混入の可能性についてあらためて経済産業省より潤滑油協会等に確認した結果は以下のとおりである。

一般に潤滑油そのものが使用時に酸化、熱劣化により数年程度の寿命しかなく、繰り返し再生されることが殆どないこと、再生潤滑油そのものは基本的に受託再生であることなどから、仮に過去P C B添加の潤滑油が一般潤滑油に混入する可能性があったとしても、30年以上経過した現在、再生潤滑油へのP C B混入はないと言える。

（以上の結果より、潤滑油アンケートで、再生潤滑油と再生絶縁油の製造設備を1971年から1986年まで共用し、1990年まで再生潤滑油を製造していたメーカーがあったが、このメーカーの再生潤滑油は受託再生であり、仮に設備共用以降の1990年の再生潤滑油にP C Bが混入していた場合でも、既に潤滑油の機能を維持出来ず現在廃棄されているものと思われる。）