

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 油種のみと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よ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よ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O F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。

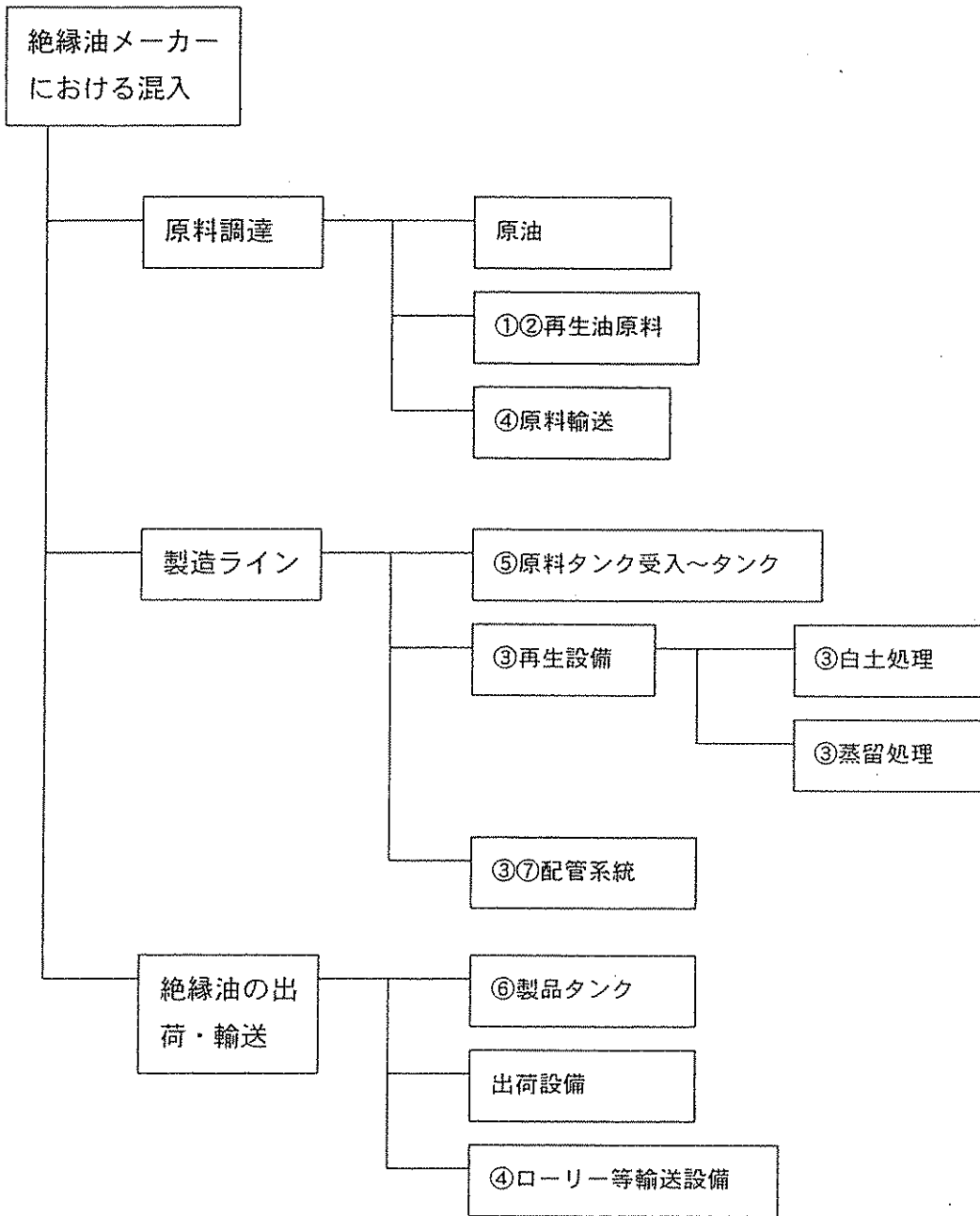
また、一部メーカーでは潤滑油にP C Bを添加剤として使用していたが、絶縁油製造ラインが別ラインであるとの現地説明があった。

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PCB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(PCB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PCB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PCB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PCB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PCBが混入していた場合、受け入れタンク内等においてPCB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。
- ⑦ 一部の絶縁油メーカー（1社）では、PCB添加潤滑油（PCB濃度は数パーセント程度）も製造していたが、PCB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PCB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、PCB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

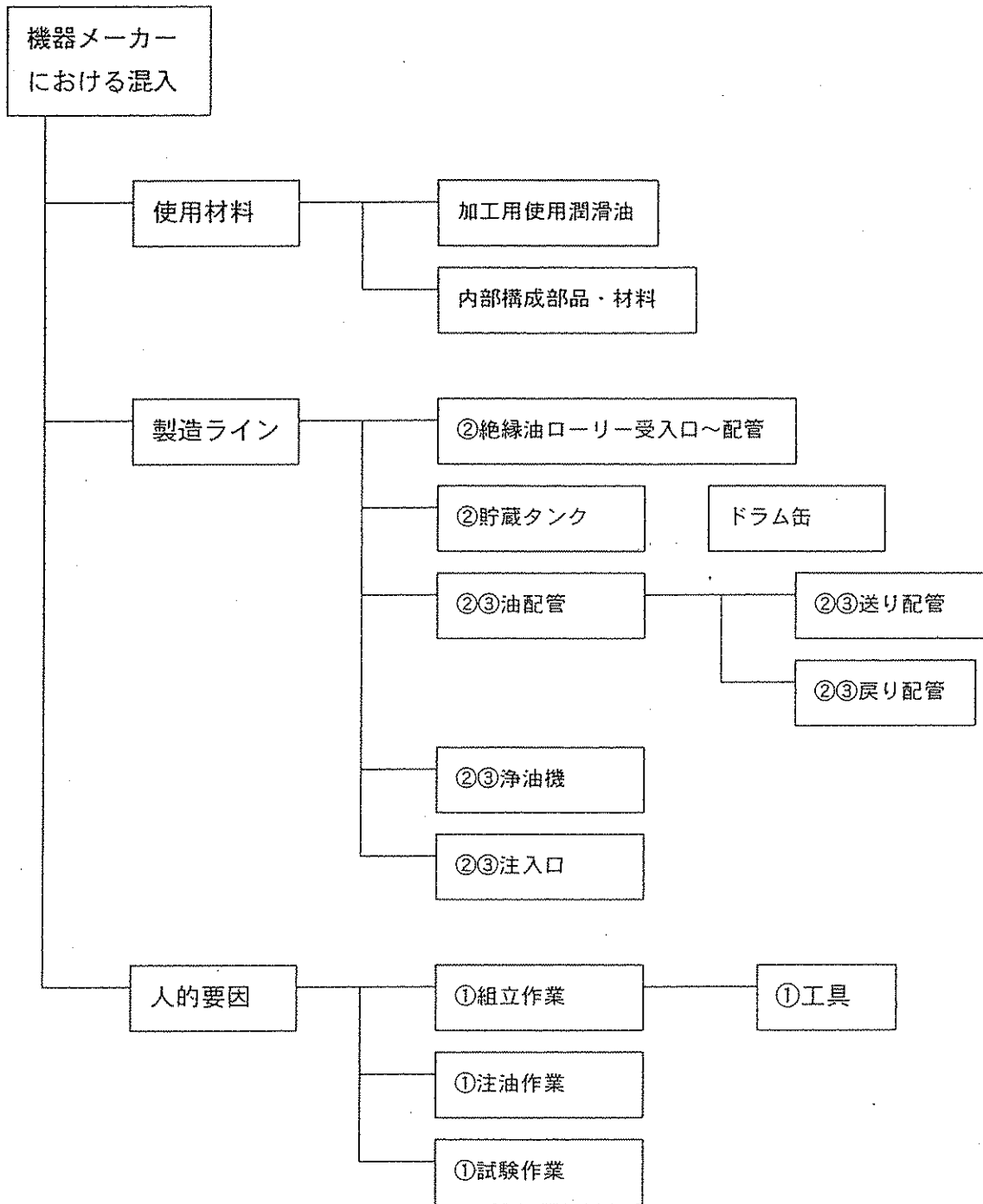
イ. 油へのPCB混入

- 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C2320（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