

PCB 特別措置法に基づくコンデンサの掘り起こし調査と 取り扱い時の注意点

Precautions of Capacitor Inspection and Its Treatment
Based on the PCB Special Measures Law

小野 礼人 高柳 智弘 杉田 萌 植野 智晶
堀野 光喜 山本 風海 金正 倫計

Ayato ONO, Tomohiro TAKAYANAGI, Moe SUGITA, Tomoaki UENO
Koki HORINO, Kazami YAMAMOTO and Michikazu KINSHO

原子力科学研究部門
J-PARC センター
加速器ディビジョン

Accelerator Division
J-PARC Center
Sector of Nuclear Science Research

March 2023

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートはクリエイティブ・コモンズ 表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。
本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の
条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）
より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 JAEA イノベーションハブ 研究成果利活用課
〒 319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).
Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under
the same terms and conditions as CC-BY.
For inquiries regarding this report, please contact Institutional Repository and Utilization Section,
JAEA Innovation Hub, Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail: ird-support@jaea.go.jp

PCB 特別措置法に基づくコンデンサの掘り起こし調査と取り扱い時の注意点

日本原子力研究開発機構
原子力科学研究部門 J-PARC センター
加速器ディビジョン

小野 礼人、高柳 智弘、杉田 萌、植野 智晶*、堀野 光喜*、山本 風海、金正 倫計

(2022 年 12 月 2 日受理)

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」）は、原子力科学研究所の大強度陽子加速器施設（J-PARC）など、多くの研究施設を有している。これらの施設には、電力を扱う受電設備や電源装置等多くの電気設備が設置されている。しかし、製造されてから半世紀以上の年月を経ている設備があり、これらの設備において、製造当時は優れた性質を有することから使用されていた材料等が、現在では有害物質として定められ、廃棄をする場合には特別な管理を必要とするものが存在する。その一つとして、ポリ塩化ビフェニル（PCB）があげられる。

PCB は、熱に対して安定であり、電気絶縁性が高く耐薬品性に優れている。そのため、非常に幅広い分野に用いられた。しかし、PCB が難分解性の性状を有し、かつ、人の健康及び生活環境に係る被害を生じるおそれがある物質であることがわかり、国は「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（平成 13 年法律第 65 号、略称：PCB 特別措置法）」を制定した。

原子力機構において、令和 4 年 4 月に高濃度 PCB 廃棄物の該当品が新たに見つかる事象が発生したことを受け、令和 4 年 6 月に高濃度 PCB 廃棄物の掘り起こし再調査を実施した。現在は、低濃度 PCB 廃棄物について、掘り起こし調査を進めているところである。しかしながら、PCB 廃棄物の新たな発見は、PCB が使用されている可能性が高い設備や装置の見極めが非常に難しいことを示している。PCB は、変圧器やコンデンサ等の絶縁油に使用されている場合が多い。特にコンデンサは、使う材料や構造などによりサイズや形状が異なるなど多くの種類があり、見た目の判断だけではコンデンサであることを見逃してしまう可能性がある。そのため、対象とした設備の仕様の理解と、外観検査からも該当品を見つけ出す知見と能力が調査担当者に要求される。

本報告書では、PCB 廃棄物の掘り起こし調査で実施した電源装置の分解調査作業の事例を基に、PCB 廃棄物を外観検査で見つけ出すために必要な知見を紹介する。さらに、コンデンサを見つけた場合は、使用していない状態であっても充電されている可能性を認識し、焼損、感電、火災につながる危険性と取り扱い時に注意すべき点を報告する。

J-PARC センター：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4

*株式会社 NAT

Precautions of Capacitor Inspection and Its Treatment Based on the PCB Special Measures Law

Ayato ONO, Tomohiro TAKAYANAGI, Moe SUGITA, Tomoaki UENO*, Koki HORINO*,
Kazami YAMAMOTO and Michikazu KINSHO

Accelerator Division
J-PARC Center, Sector of Nuclear Science Research
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 2, 2022)

In the Japan Atomic Energy Agency (JAEA), many electrical facilities such as power receiving equipment and power supply units are installed in experimental facilities such as the Nuclear Science Research Institute (NSRI) and the Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC). However, some facilities have been in operation for more than half a century since they were manufactured, some have already been closed or deactivated, and others are still in operation while replacing parts and taking other aging measures. In these facilities, materials that were used because of their excellent properties at the time of manufacture are now designated as hazardous substances and require special management when disposed of. One of them is polychlorinated biphenyl (PCB).

PCB were used in a very wide range of fields because of their stability against heat, high electrical insulation, and chemical resistance. However, it was found that PCB have persistent properties and may cause damage to human health and the living environment, and the government has enacted the "Act on Special Measures for Promotion of Proper Treatment of PCB Wastes (PCB Special Measures Law)" to promote reliable and proper disposal.

JAEA has almost completed the excavation survey of high-concentration PCB waste and is in the process of excavating low-concentration PCB waste. However, there are still new relevant items to be discovered.

This report summarizes and reports the knowledge necessary for identifying PCB waste and points to be noted when handling capacitors, etc., based on examples of actual disassembly and investigation work conducted on power supply units and other electrical equipment, such as capacitors attached to power supply units, etc.

Keywords: PCB, High-concentration PCB Waste, Low-concentration PCB Waste, Capacitor

*NAT Corporation

目次

1.	はじめに.....	1
2.	ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物	2
2.1	ポリ塩化ビフェニル（PCB）の特徴.....	2
2.2	ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物の種類と処理に関する関係法令について	2
2.2.1	ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物の種類.....	3
2.2.2	ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物の処理に関する関係法令	5
2.3	ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物処理の現状と今後	6
3.	各施設建屋における PCB 廃棄物掘り起こし調査作業の事例.....	7
3.1	PCB 廃棄物の掘り起こし作業時の注意点について	7
3.2	リニアック建屋関連施設での実作業について	8
3.2.1	リニアック建屋内加速器室での実作業について	9
3.2.2	リニアック建屋外 40m 中性子測定室での実作業について	14
3.3	陽子加速器開発棟での実作業について	21
3.3.1	陽子加速器開発棟 地下 2 階 低エネルギー部加速器室での実作業	22
4.	コンデンサについて	25
4.1	コンデンサの種類と特徴について	25
4.2	コンデンサの用途について	26
4.3	コンデンサの取り扱い時の注意点について	27
5.	まとめ.....	30
	謝辞	31
	参考文献.....	31

Contents

1.	Introduction	1
2.	Polychlorinated biphenyl (PCB) waste	2
2.1	Characteristics of polychlorinated biphenyl (PCB).....	2
2.2	Types of polychlorinated biphenyl (PCB) waste and relevant regulations for disposal	2
2.2.1	Types of polychlorinated biphenyl (PCB) waste	3
2.2.2	Laws and regulations concerning the disposal of polychlorinated biphenyl (PCB) waste	5
2.3	Current status and future of polychlorinated biphenyl (PCB) waste disposal	6
3.	Examples of PCB waste excavation survey work in each facility building	7
3.1	Precautions when digging up PCB waste	7
3.2	Actual work at facilities related to the linac building	8
3.2.1	Actual work in the accelerator room in the linac building	9
3.2.2	Actual work in the 40m neutron measurement room outside the linac building	14
3.3	Actual work at the Proton Accelerator Development Building	21
3.3.1	Actual work in the accelerator room of the low-energy section, B2F, Proton Accelerator Development Building	22
4.	About capacitors.....	25
4.1	Types and characteristics of capacitors	25
4.2	On the use of capacitors	26
4.3	Precautions when handling capacitors.....	27
5.	Summary	30
	Acknowledgement.....	31
	References	31

1. はじめに

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」）には、研究開発を行う J-PARC などの実験施設が多くあり、電気を安定的に扱う電力設備を有している。これらの設備には、製造後 50 年以上経過した受電設備や電源装置があり、既に閉鎖や休止した設備や、部品交換などの老朽化対策を行いながら稼働している設備がある。

そして、これらの古い設備において、製造当時は優れた性質を有することから使用され、その後の調査や事件等をきっかけに有害物質として定められたポリ塩化ビフェニル（PCB）の使用が顕在化した。PCB は、国の「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（平成 13 年法律第 65 号、略称：PCB 特別措置法）」により、廃棄時には、期間内に確実かつ適正な処理が義務付けられている。原子力機構では、これに従った処理を推進している。

原子力機構において、令和 4 年 4 月に高濃度 PCB 廃棄物の該当品が新たに見つかる事象が発生したことを受け、令和 4 年 6 月に高濃度 PCB 廃棄物（PCB 濃度が、5,000 mg/kg を超えるもの）の掘り起こし再調査を実施した。現在は、低濃度 PCB 廃棄物（PCB 濃度が、0.5 mg/kg を超え 5,000 mg/kg 未満のもの、または 5,000 mg/kg を超え、100,000 mg/kg 未満の「可燃物」）の掘り起こし調査を進めている。しかしながら、PCB 廃棄物の新たな発見は、PCB が電気機器の変圧器やコンデンサの絶縁油など、外観検査だけでは確認が難しい箇所に使用されており、PCB 廃棄物の正確かつ確実な見極め調査を非常に難しくしている。

本報告書では、PCB 廃棄物の掘り起こし調査で実施した電源装置等の分解調査作業の実例を基に、PCB を使用している可能性が高いコンデンサの見極めに必要な知見や、取り扱いをする際に注意すべき点を報告する。

本報告書は、以下のように構成されている。2 章でポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物について述べ、3 章で施設建屋における PCB 廃棄物掘り起こし調査作業の内容を事例用いて紹介する。4 章では、コンデンサを安全に取り扱うための注意点について述べる。

2. ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物

この章では、ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物について述べる。2.1 では、ポリ塩化ビフェニル（PCB）の特徴について述べる。ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物の種類と処理に関する関係法令については 2.2 で述べる。ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物処理の現状と今後については 2.3 で述べる。

2.1 ポリ塩化ビフェニル（PCB）の特徴

PCB は Poly Chlorinated Biphenyl（ポリ塩化ビフェニル）の略称である。PCB は水に極めて溶けにくく、沸点が高いなどの物理的な性質を有している。熱で分解しにくい、不燃性、電気絶縁性が高いなど、化学的に安定した特徴を持つ合成油である。高圧・低圧の変圧器やコンデンサなどの電気機器の絶縁油や油圧オイルなどの潤滑油、加熱や冷却用熱媒体、可塑剤、塗料、ノンカーボン紙の溶剤など、非常に幅広い分野に用いられた。

PCB は、1881 年にドイツで初めて合成され、1929 年に米国で工業生産が始まった。日本では、1954 年（昭和 29 年）に製造が始まったが、1968 年（昭和 43 年）に PCB が食用油に混入して健康被害が出たカネミ油症事件が発生した。PCB が難分解性の性状を有し、かつ、人の健康及び生活環境に係る被害を生ずるおそれがある物質であることがわかった。1972 年（昭和 47 年）に、行政指導により生産・使用が中止され、1975 年（昭和 50 年）に、製造および輸入が原則禁止された。

2.2 ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物の種類と処理に関する関係法令について

PCB 廃棄物は、含有する PCB 濃度により、高濃度 PCB 廃棄物（PCB 濃度が、5,000 mg/kg を超えるもの）と低濃度 PCB 廃棄物（PCB 濃度が、0.5 mg/kg を超え 5,000 mg/kg 以下のもの、または 5,000 mg/kg を超え、100,000 mg/kg 以下の「可燃物」）に分けられる。この節では、「PCB 廃棄物の種類」「PCB 廃棄物の処理に関する関係法令」「PCB 廃棄物処理の現状と今後」の 3 つについて述べる。

2.2.1 ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物の種類

含有する PCB 濃度により、高濃度 PCB と低濃度 PCB に分けられた PCB 廃棄物を廃棄する時は、それぞれ異なる扱いが求められる。

① 高濃度 PCB 廃棄物

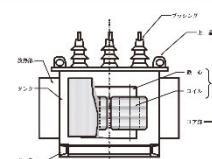
意図的に PCB を大量に使用した機器で、PCB 濃度が 0.5% (5,000ppm=5,000mg/kg) を超えるものを、高濃度 PCB 廃棄物に分類する。主に、変圧器（トランス）、コンデンサ、安定器がある。図 1 は、変圧器、コンデンサ、安定器の外観と特徴を示した図である。変圧器は、交流の電圧を昇圧（高い電圧に変える）、又は降圧（低い電圧に変える）する機器である。コンデンサは、電気（電荷）を一時的に蓄えたり放出したり、直流電流は遮り交流電流は通す、交流で位相を進める、といった効果を持つ機器である。安定器は、蛍光灯などの点灯に必要な装置で、安定した放電を得るために用いる機器である。これらの機器内部は高電圧が発生するため、高い電気絶縁性能が必要である。そこで、電気絶縁性に優れた PCB を絶縁油として使用した。機器は密閉された容器で覆われ、その内部が液体の PCB で満たされている。容器の外的破損や、溶接部分やシールのゴムパッキン等の経年劣化により、内部の液体が漏れ出し、周囲環境を汚染してしまう恐れがある。

変圧器

変圧器内は PCB とトリクロロベンゼンの混合液（重量比 3：2）で満たされています。例えば、50kVA の場合で約 115kg の PCB が入っています。



高圧変圧器の例

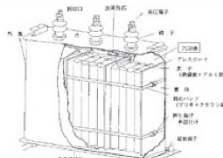


コンデンサー

コンデンサー内は PCB で満たされています。例えば、100kVA の場合で約 35kg の PCB が入っています。



高圧コンデンサーの例



安定器

業務用・施設用の蛍光灯、水銀灯等の照明器具の一部に、数十g程度のPCB油が含浸されたコンデンサーを使用した安定器があります。



コンデンサーを内蔵する安定器の例



図 1：変圧器（トランス）、コンデンサ、安定器の外観と特徴
(PCB 廃棄物処理対策のパフレット（令和 4 年 4 月版）[1]より抜粋)

② 低濃度 PCB 廃棄物

PCB 濃度が 0.5% (=5,000ppm) 以下で、意図しないで PCB に汚染された廃棄物および微量 PCB 汚染廃電気機器等（PCB を使用していないとする電気機器等であって、数 ppm から数十 ppm 程度の PCB に汚染された絶縁油を含むもの）が、低濃度 PCB 廃棄物に分類される。PCB を使用していないはずの電気機器であるにもかかわらず、意図せず低濃度 PCB 廃棄物となる過程について、一般社団法人日本電機工業会（JEMA）や環境省の原因調査報告書では、「1990 年（平成 2 年）まで行われた再生絶縁油の製造・流通・使用の過程で意図せずに汚染された可能性がある」と報告されている。PCB が使用中止となった 1972 年（昭和 47 年）以降に製造された高濃度 PCB 廃棄物に該当する製品は、機種や型式から製造したメーカーで特定できるため、銘板情報を見て判断が可能である。しかし、低濃度 PCB 廃棄物は、絶縁油中の PCB 濃度を測定しないと判断ができない。しかし、コンデンサに関しては、低濃度 PCB の混入の可能性に関する見解が製造したメーカーから提示されている。そのため、低濃度 PCB の不含証明の条件について、メーカーに問い合わせをすることで判断をすることが出来る。ただし、不含証明の条件は、製造年月だけで判断をしているところもあれば、絶縁油の受入時と機器への注油前に実施した PCB 濃度分析結果から証明しているところもあるため、条件の詳細確認が必要になる。例えば、2022 年 7 月 14 日の一般社団法人中部電気管理技術者協会の知らせでは、「従来、PCB の混入はないとされてきた 1991 年以降 2004 年 3 月までに生産された製品に、低濃度 PCB 混入の可能性があると判明」の報告があった。この様に、見解が改正されていることもあるため、最新の情報を入手しておく必要もある。

また、1972 年（昭和 47 年）以降に製造された機器において「非 PCB 製品」と印字された機器を確認することができる。しかし、意図的に PCB を使用していないことを示しているだけであり、意図せず汚染された可能性があるため、低濃度 PCB 廃棄物として取り扱う必要がある。図 2 に、ケースの表示に「No PCB'S」「Non PCB」と印字されている製品の例を 2 点示す。



図 2：「非 PCB 製品」表示の例

2.2.2 ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物の処理に関する関係法令

PCB は、1972 年（昭和 47 年）の行政指導により、製造・輸入・使用が原則として中止となった。翌 1973 年（昭和 48 年）には、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律が制定（発効は 1975 年）され、法的にも禁止となった。

PCB を含む廃棄物は、2001 年（平成 13 年）6 月に、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（以下「PCB 特別措置法」という。）が制定（同年 7 月 15 日に施行）された。当初は、2016 年までに処理する制度だったが、2016 年（平成 28 年）8 月に、PCB 特別措置法が改正施行され、PCB 廃棄物の保管事業者に対し、2027 年（令和 9 年）3 月までに処理することを義務づけた。また罰則（違反状況にもよるが、「3 年以下の懲役、1 千万円以下の罰金、若しくはその両方」などがある。）も規定された。

図 3 は、高濃度 PCB 廃棄物の処分期間について、環境省と経済産業省が発行しているパンフレット[1]からの抜粋である。高濃度 PCB 廃棄物の処分期間は、北海道と東京の事業エリアの安定器及び汚染物質等を除き終了している。低濃度 PCB 廃棄物の処分期間は、2027 年（令和 9 年）3 月 31 日となっている。

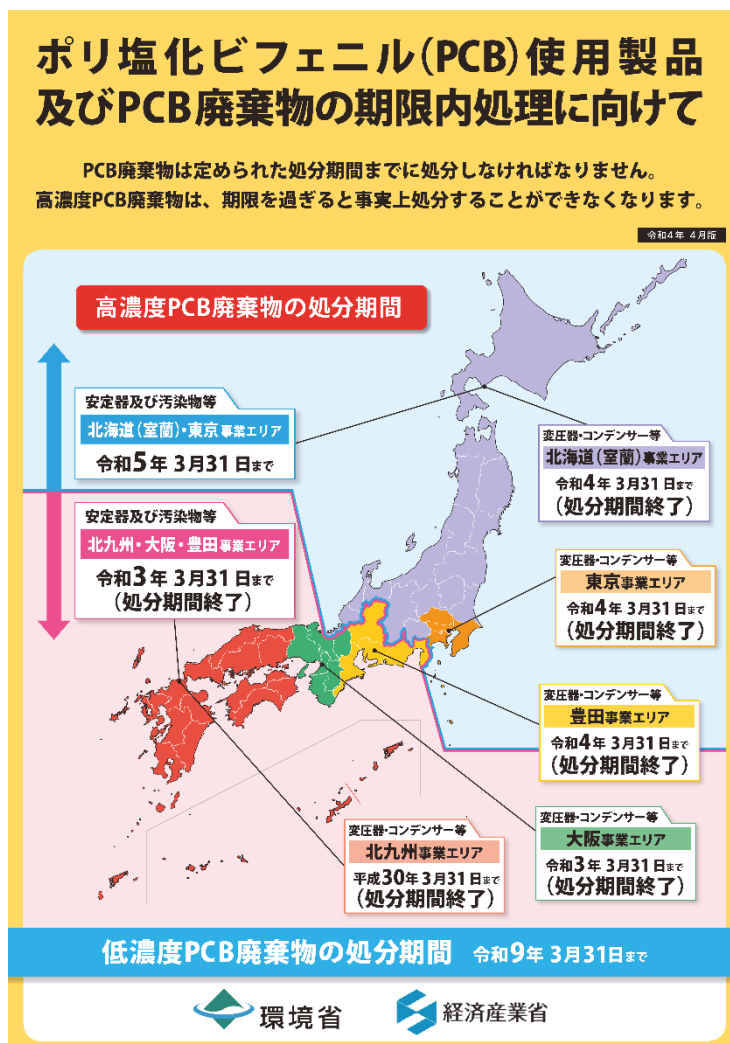


図 3 : PCB 廃棄物の処分期間について
(PCB 廃棄物処理対策のパンフレット（令和 4 年 4 月版）[1]より抜粋)

2.3 ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物処理の現状と今後

PCB 廃棄物の処分期間を制定し、処分を進めてきているが、PCB を使用した機器の見落としが危惧されている。原子力機構では、掘り起こし調査が終了した高濃度 PCB 廃棄物の該当品（進相コンデンサや変圧器や安定器）の新たな発見があった。調査時において、PCB 廃棄物が使用されている可能性が高い箇所や、機器の形状を担当者が見極めをするのに苦慮した様子がうかがえる。環境省と経済産業省のパフレットに、高濃度 PCB 廃棄物の発見事例が示されており、それらを参考にすることができる。しかし、事例の多くは、中型から大型の変圧器やコンデンサであり、見た目も一般的に認識された形状である。

図 4 は、変圧器・コンデンサ等の PCB 含有の有無を判別する方法がフローチャートで示されており、概要を掴むには分かり易い。

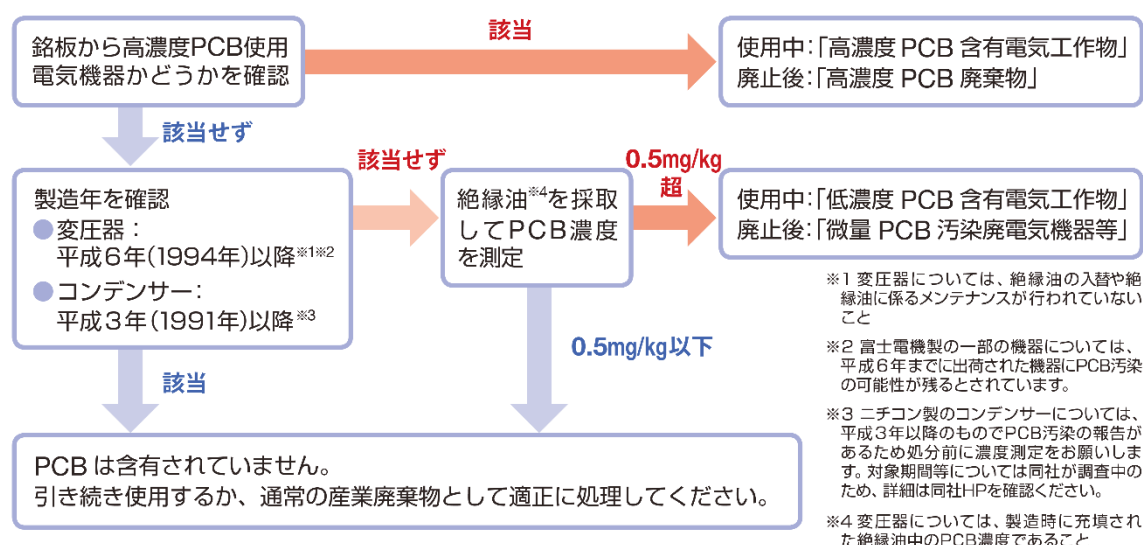


図 4：変圧器・コンデンサ等の PCB 含有の有無を判別する方法のフローチャート

（PCB 廃棄物処理対策のパフレット（令和 4 年 4 月版）[1]より抜粋）

現在行われている低濃度 PCB 廃棄物を中心とした掘り起こし作業において、PCB 廃棄物を漏れなく、かつ、効率的に掘り起こし、場合によっては、絶縁油のサンプリング作業を行う必要がある。サンプリング作業においては、環境省と経済産業省が作成した「低濃度 PCB に汚染された電気機器等の早期確認のための調査方法及び適正処理に関する手引き（技術者向け詳細版）」に示されている「電気機器からの絶縁油の採取方法及び PCB 濃度の測定方法」を参考にすることが出来る。しかし、サンプリング対象の機器に対し、製造したメーカーが異なり、構造や形状が異なる場合があるため、記載の方法で対応ができるとは限らない。その場合には、製造したメーカーに、サンプリングに関するマニュアル等の有無を確認し、より安全、より効率的に作業を進める。

3. 各施設建屋における PCB 廃棄物掘り起こし調査作業の事例

3.1 PCB 廃棄物の掘り起こし作業時の注意点について

高濃度 PCB 廃棄物の処分期間は、東日本と北海道の「安定器および汚染物等（2023 年（令和 5 年）3 月 31 日まで）」以外は終了している。低濃度 PCB 廃棄物についての処分期間は、2027 年（令和 9 年）3 月 31 日までとなっているが、残り 5 年の期間しかない。

高濃度 PCB 廃棄物の判別は、製造年月と型式からほぼ特定をすることができる。しかし、低濃度 PCB 廃棄物の判別については、製造したメーカーによって低濃度 PCB 不含証明の条件が異なっているため、低濃度 PCB 廃棄物の可能性がある場合には、絶縁油のサンプルを採取し、PCB 濃度の測定による判断が必要になる。コンデンサ等の密閉型の機器の場合、対象機器に穴等を開けて絶縁油のサンプルを採取しなければならない。そのため、サンプリング方法は、製造したメーカーに確認し、マニュアル等を見ながら実施することが望ましい。作業後は、採取時の穴はリベットなどで塞ぎ、さらに、コーキング等を行い PCB 廃棄物の可能性がある絶縁油が漏れないように保管をする。採取時に漏れた絶縁油を拭いたウエスや手袋、使用した器具に対しても、PCB 廃棄物になる可能性があることを注意しなければならない。

コンデンサ等の密封型の機器に対し、ドリル等で穴を空けて採取した場合や、ゴム栓から注射器で抜いた場合等は、容器内に空気や水分が入り込んでしまう。機器内部の絶縁性能が劣化し、爆発や火災が起こる可能性があるため、絶対に使用してはならない。

PCB 廃棄物の掘り起こし作業時は、感電に注意する必要がある。対象装置の銘板や型式を確認する際には、検電器を用いて無電圧であることを確認し、安全な作業により感電を防止する必要がある。特にコンデンサは、電気（電荷）を貯める特性があることから、電気を停止した後も電気が残っている可能性を考慮しなければならない。また、取り外し作業等でコンデンサに触れたり、接続された回路に近づいたりする可能性がある場合には、コンデンサに対し、事前に検電と接地放電を行い、確実に無電圧（無電荷）の状態にする処置を必要とする。

3.2 リニアック建屋関連施設での実作業について

リニアック建屋関連施設の全体平面図とリニアック建屋（旧リニアック建屋とも呼ばれる）の平面図を図5と図6に示す。

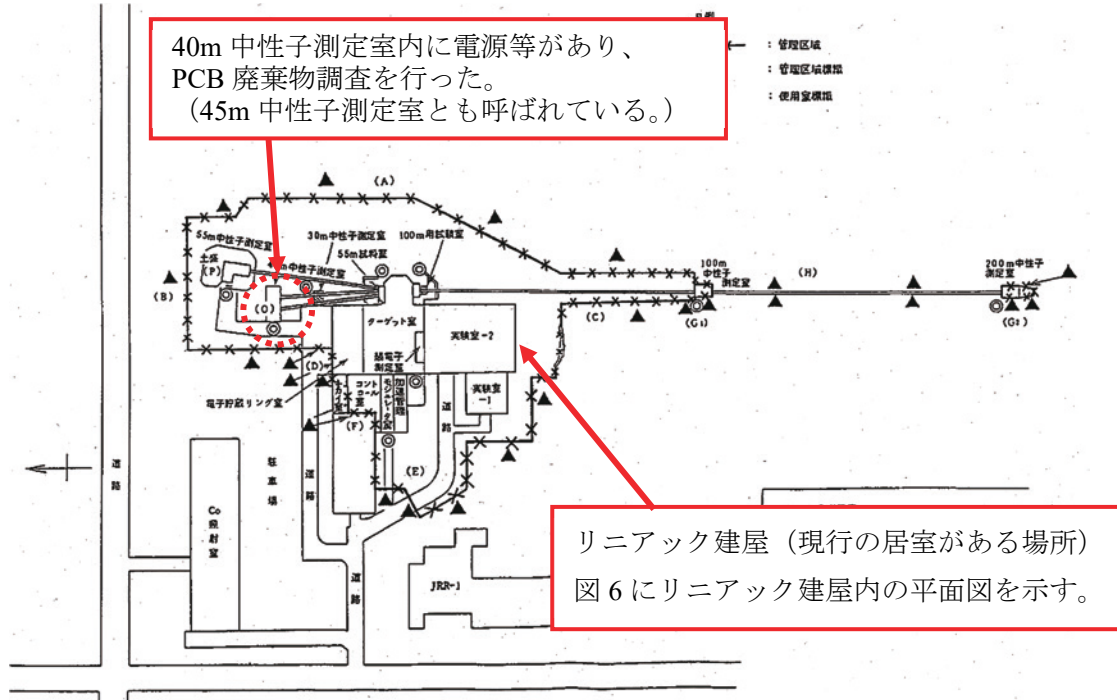


図5：リニアック建屋関連施設の全体平面図（赤点線の四角の囲みを図6に示す。）

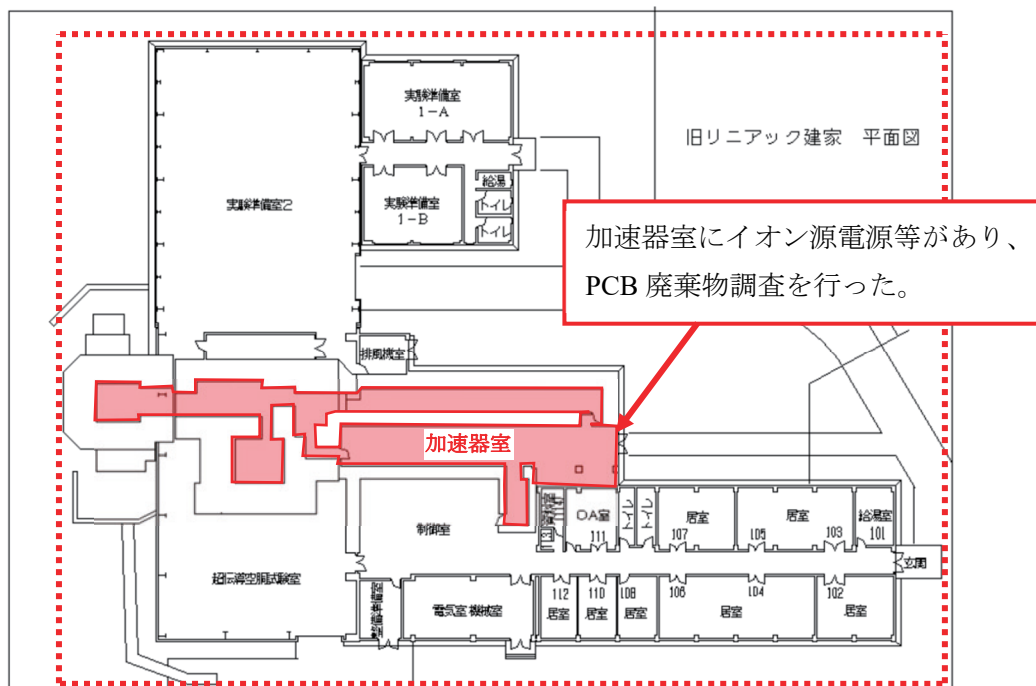


図6：リニアック建屋内の平面図（図5の赤点線の四角の囲みを左90度回転させている。）

図 6 のリニアック建屋には、放射線管理区域である加速器室がある。加速器室には、イオン源電源等（現在休止中）があり、PCB 廃棄物に該当する機器について調査を行った。調査の詳細を 3.2.1「リニアック建屋内加速器室での実作業について」で述べる。

図 5 のリニアック建屋関連施設の全体平面図において、図の左上に「40m 中性子測定室（45m 中性子測定室とも呼ばれている）」があり、その測定室に電源等が数台保管されており、PCB 廃棄物に該当する機器について調査を行った。調査の詳細を 3.2.2「リニアック建屋外 40m 中性子測定室での実作業について」で述べる。

3.2.1 リニアック建屋内加速器室での実作業について

リニアック建屋内加速器室で実施した、PCB 廃棄物の掘り起こし調査を述べる。写真にコメントを入れる形で説明を行う。

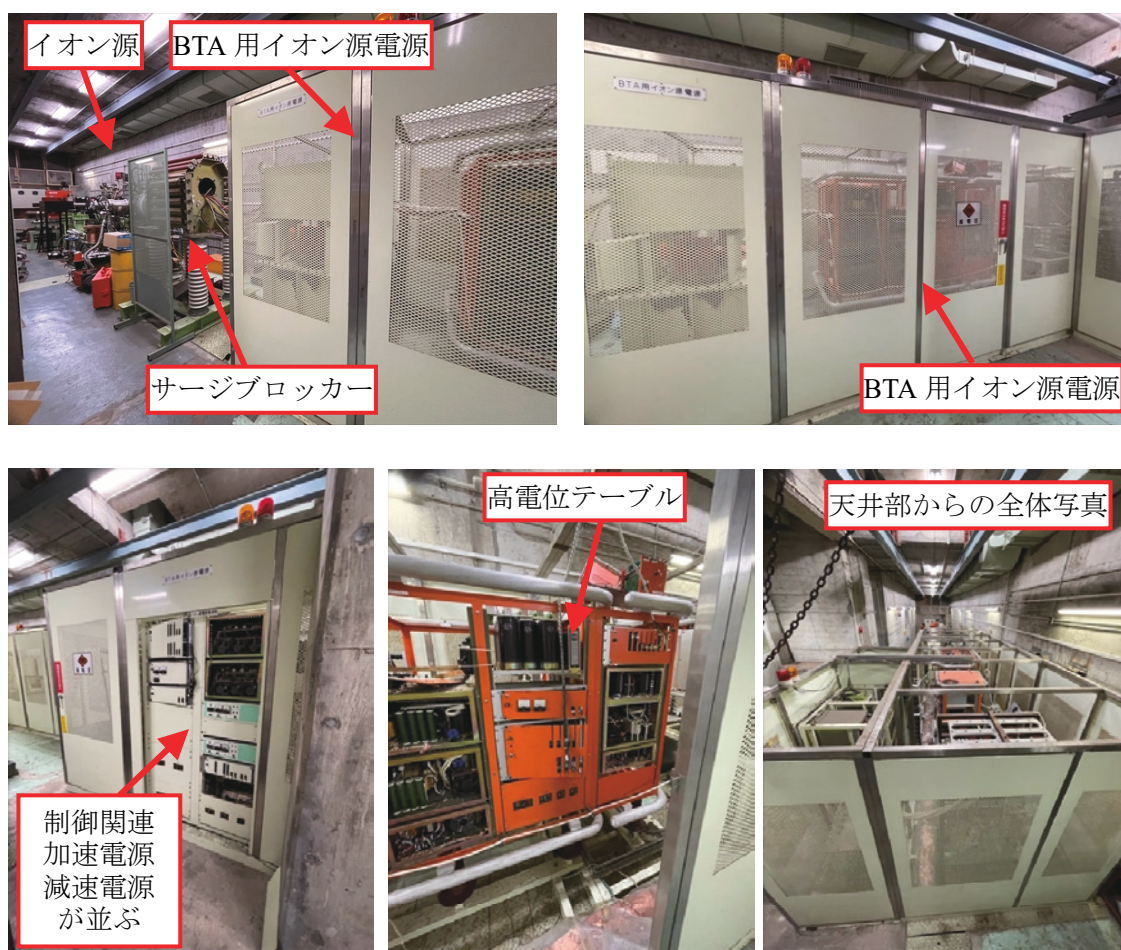


図 7：BTA 用イオン源電源の外観

BTA 用イオン源電源（図 7）は、高電圧になる装置があるため柵内に設置されている。柵外から見えラックに納められている機器は、制御関連と加速電源や減速電源等である。柵内には、筐体自身が高電圧になるためオレンジ色の塗装を施した機器（高電位テーブル）が並ぶ。また、油が入ったタンク類（図 8～11）も設置されている。これらの機器から PCB 廃棄

物に該当する可能性のある物の掘り起こしを行った。

① 絶縁油入りタンクの調査（調査対象 4 台：絶縁油タンク A～D と呼称する。）

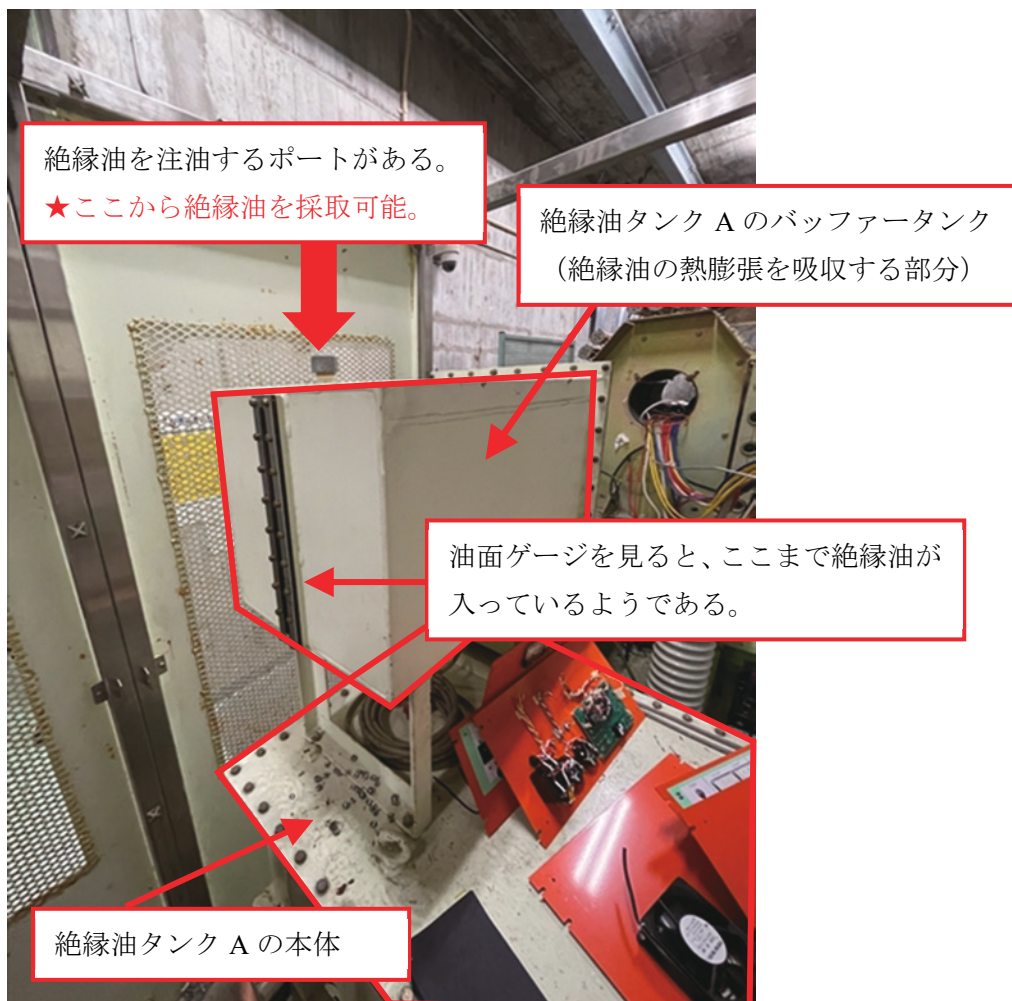


図 8：絶縁油タンク A の外観

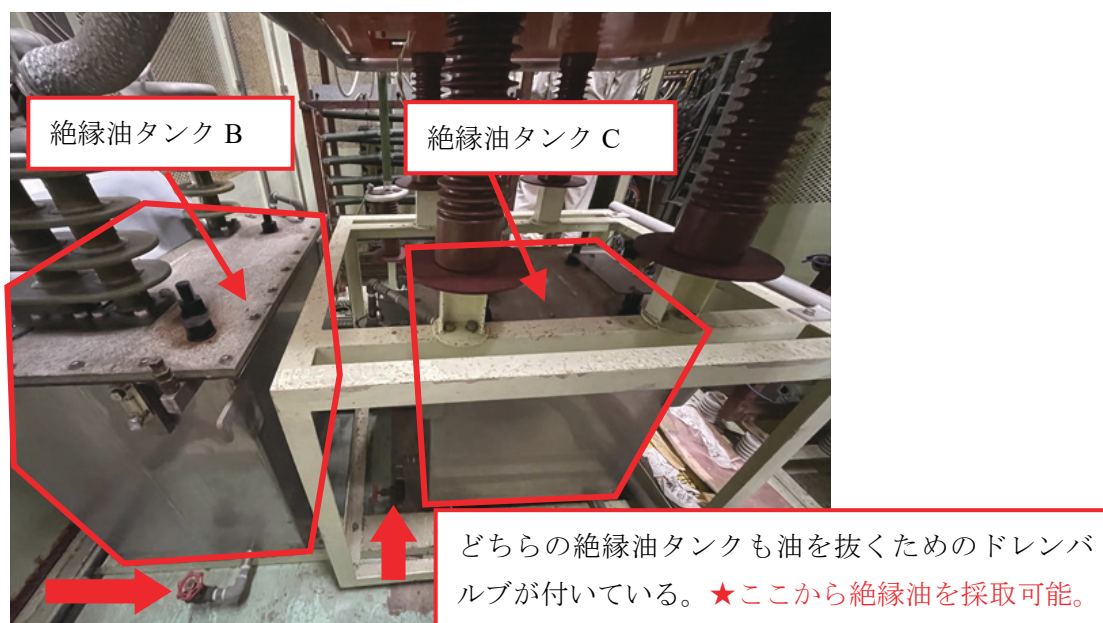


図 9：絶縁油タンク B および絶縁油タンク C の外観

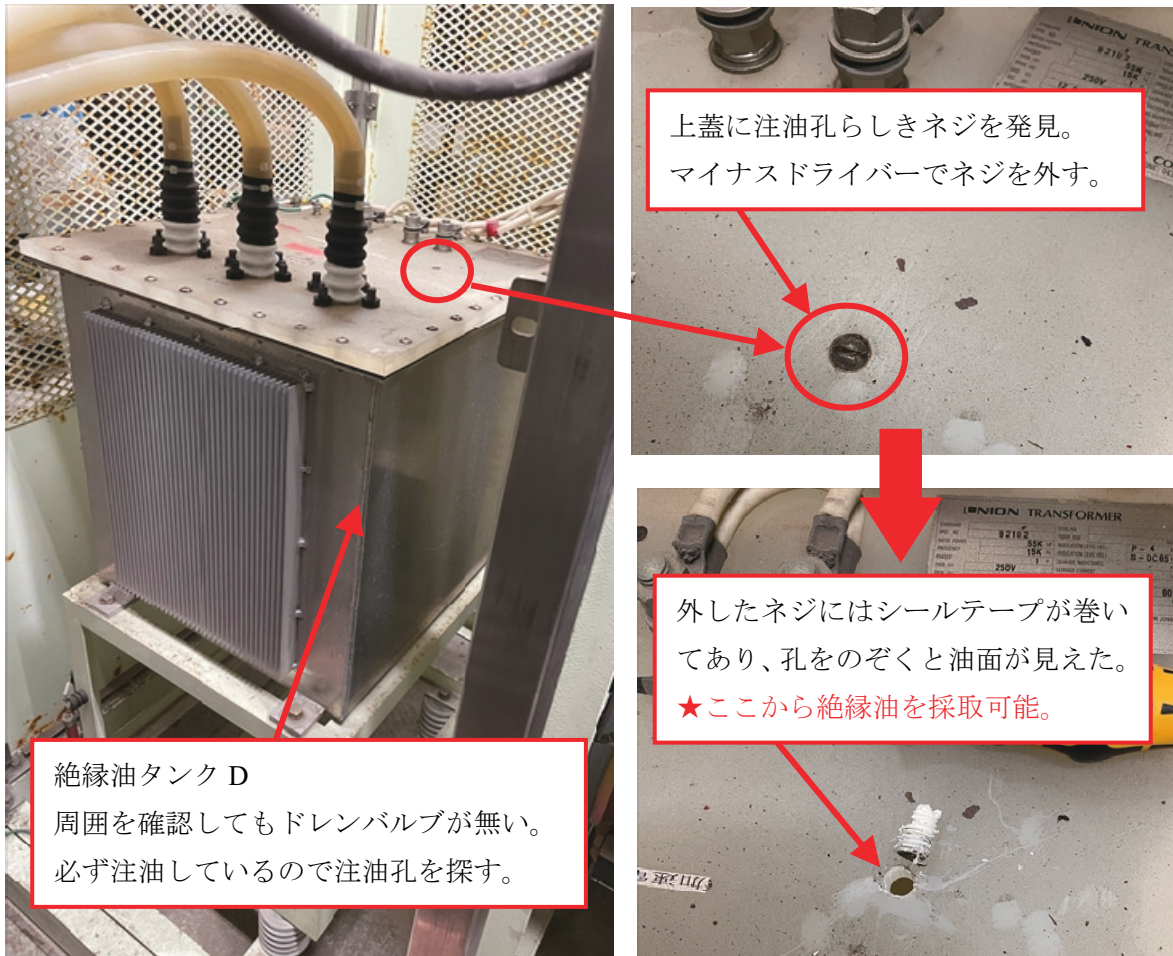


図 10：絶縁油タンク D の外観（左）と注油孔（右）

② 絶縁油タンク C 上部の高圧ステージの調査（フィルムコンデンサ：1 個有り）

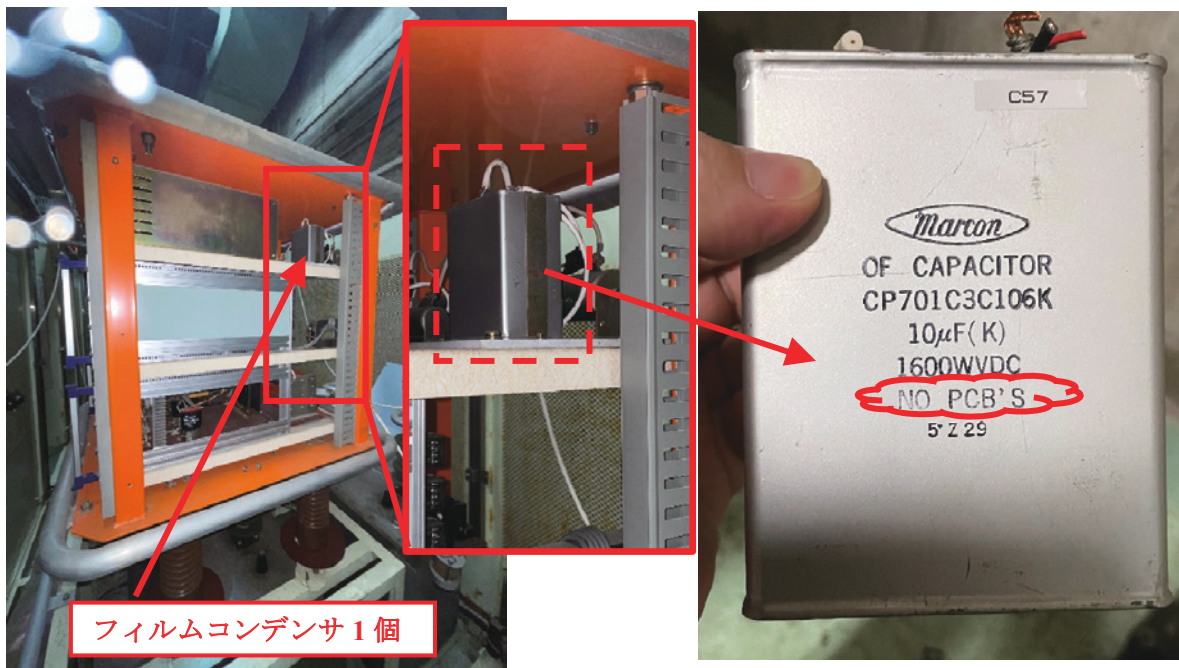


図 11：絶縁油タンク C 上部の高圧ステージの外観（左）とフィルムコンデンサ（右）

このフィルムコンデンサには、「NO PCB'S」と印字があるが、PCB を意図的に使用していないという意味で低濃度 PCB 不含を証明するものではない。よって、メーカー（マルコン電子と印字されているが、現在は日本ケミコンに吸収合併されている。）に問い合わせを行う。問い合わせ文と回答を下記に示す。

問い合わせ文	返信内容の要約
ケミコン山形株式会社 管理グループ 環境担当様 いつもお世話になっております。 本日発見された添付写真の オイルコンデンサにつきまして 微量 PCB 含有の有無を判断するために 製造年月をご教示願いたいです。 NO PCB'S とありますので 高濃度ではないと判断しております。 よろしくお願いいたします。 小野 礼人 (Ayato Ono)	製 造：マルコン電子株式会社 形 名：CP701C3C106K (OF CAPACITOR) 定 格：1600WVDC 10μF(K) ロット：5'Z29 製造年：1985 年 PCB : 不使用(分析必要) このコンデンサについて、絶縁油に高濃度 PCB の使用はない。しかし、微量 PCB 混 入の可能性を完全に否定できないので、低 濃度 PCB 廃棄物となる可能性がある。絶縁 油の分析による判断が必要。

メーカーへの問い合わせの結果、高濃度 PCB 廃棄物ではないが、低濃度 PCB 廃棄物の可能性があり、油分析が必要となった。

メーカーPCB 関連のサイトより、高濃度 PCB 廃棄物については、型式が公開されており判別可能だが、低濃度 PCB 廃棄物に関しては、メーカーの低濃度 PCB 不含証明が出ない限り、油分析が必要である。外観と型式の印字が見える写真を送るとメーカーとしては調べ易くなり返信が早くなると思われるので、写真添付を推奨する。

③ サージブロッカーコンデンサの発見（フィルムコンデンサ：1 個有り）

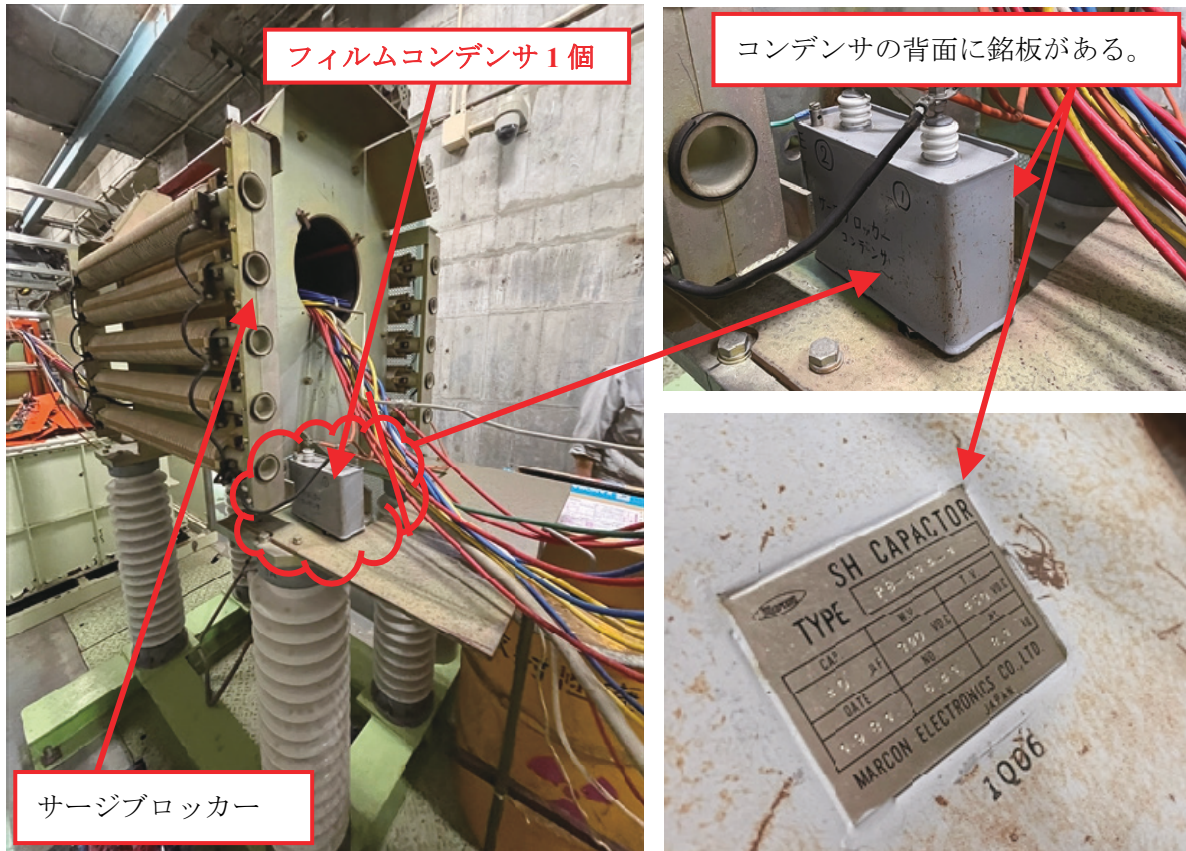


図 12：サージブロッカーの外観（左）とフィルムコンデンサと銘板（右）

図 12 にあるこのフィルムコンデンサには銘板があり、メーカーはマルコン電子（現在は日本ケミコンに吸収合併）であった。メーカーサイトで高濃度 PCB 廃棄物の確認が可能であり、確認の結果、高濃度 PCB 廃棄物には該当してはいなかった。しかしながら、銘板より 1981 年製であり、低濃度 PCB 廃棄物の可能性があるため、油分析が必要となった。日本ケミコンの低濃度 PCB 廃棄物の見解については、「コンデンサは 1989 年（平成元年）以前に生産されたもので PCB 以外の絶縁油が使用されていたもの。1990 年以降に製造された弊社製コンデンサの微量 PCB の混入については、日本電機工業会の見解に基づき、混入は無いものと判断されます。」となっている。

3.2.2 リニアック建屋外 40m 中性子測定室での実作業について

リニアック建屋外 40m 中性子測定室（45m 中性子測定室とも呼ばれている。）で実施した、PCB 廃棄物の掘り起こし調査を述べる。写真にコメントを入れる形で説明を行う。

図 13 は、40m 中性子測定室への通路および 40m 中性子測定室外観と内部の様子である。



図 13：40m 中性子測定室への通路および 40m 中性子測定室外観と内部の様子

図 14 は、調査対象電源（A と B）の外観である。調査対象電源は、2 台ありそれぞれを調査対象電源 A、調査対象電源 B と呼ぶこととする。3.2.2.1 で調査対象電源 A を 3.2.2.2 で調査対象電源 B について調査内容を述べる。

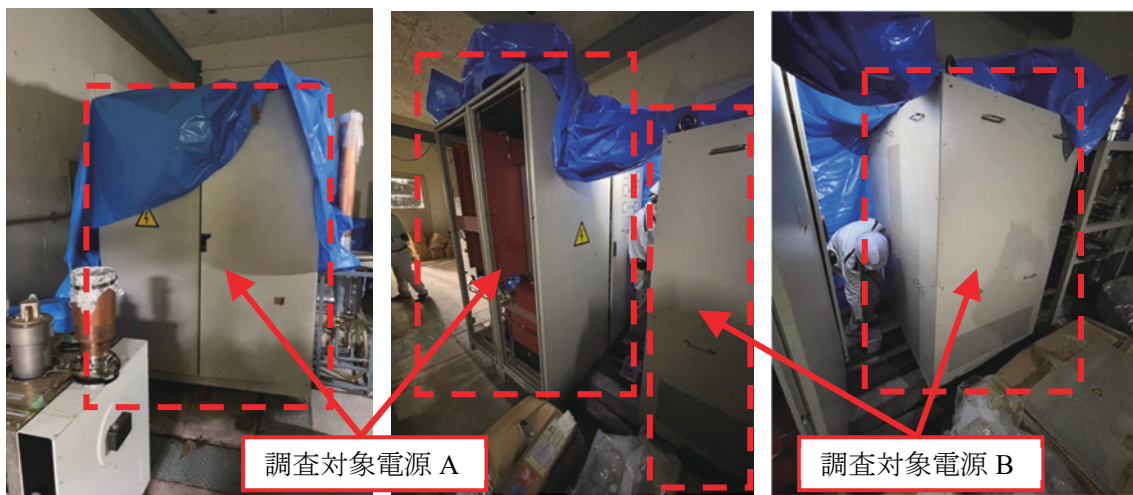


図 14：調査対象電源（調査対象 2 台：調査対象電源 A、B と呼称する。）

3.2.2.1 調査対象電源 A についての調査

調査対象電源 A について、メーカーのラベルが貼ってあり JEMA ベルギー（幅広い高圧電源を提供していると HP にはある。）と読み取れ、名称銘板（図 15）には「IOT POWER SUPPLY」と読み取れる。本電源に関しての仕様書や回路図が無く、自身の経験と知見を用い、現物を見て自力で回路と機器の種類を理解する必要があった。

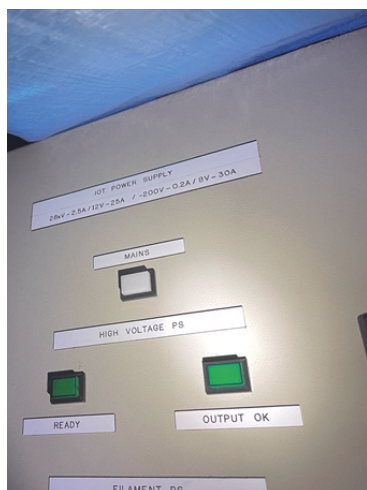


図 15：正面扉



図 16：背面扉開放



図 17：モールド式リアクトル

図 15 は、正面扉の名称銘板である。「IOT POWER SUPPLY」という名の電源であり、電源スペックは、28kV/2.5A, 12V/25A, -200V/0.2A, 8V/30A の 4 種類の出力が可能と思われる。

図 16 は、背面の観音開きの扉を開放した時の様子である。こちらを背面側とする。

図 17 は、背面側下部にあるのはモールド式の高圧リアクトルだと思われる。一見コンデンサのようにも見えるが、手前側の構造物は積層金属鋼板のコア（E I 型または EE 型）であり、上に突き出た端子付きのモールドされた巻線を貫通している。こちらには絶縁油が使われている様子はない。絶縁油が使われている場合、必ず注油孔があるが見当たらなかった。



図 18：モールド式リアクトル

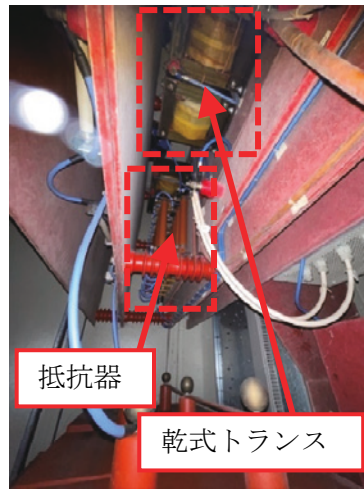


図 19：乾式トランス等

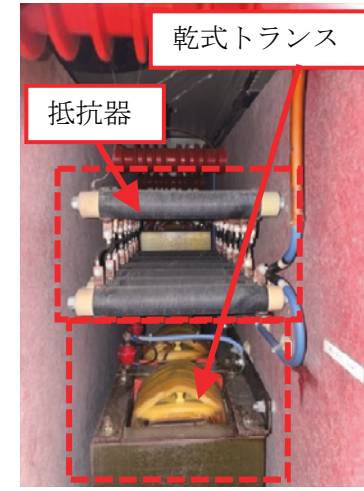


図 20：乾式トランス等

図 18 は、モールドされたリアクトルかコンデンサのようであり（私見ではリアクトルが濃厚）、注油孔もなく絶縁油が使われている様子はない。

図 19 は、抵抗器や乾式トランスであり、絶縁油が使われている様子はない。

図 20 は、抵抗器や乾式トランスであり、絶縁油が使われている様子はない。



図 21：抵抗器等

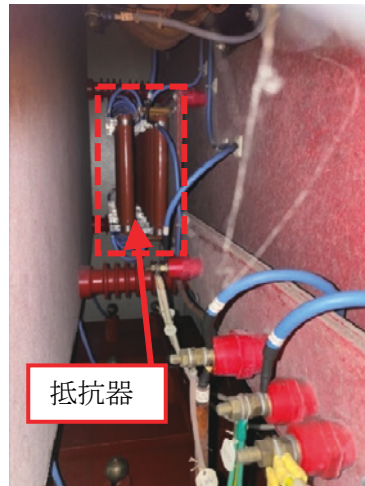


図 22：抵抗器等



図 23：高圧絶縁トランス

図 21 は、抵抗器であり、絶縁油が使われている様子はない。

図 22 は、抵抗器であり、絶縁油が使われている様子はない。

図 23 は、モールドされた高圧絶縁トランスであり、注油孔もなく絶縁油が使われている様子はない。



図 24：コンデンサ等



図 25：取り外したフィルムコンデンサ

デバイス名：C11
以下、コンデンサ表面の印字
メーカー：不明
253.623-11061
MPP 4.7 μ F $\pm$ 10%
Un 640V HSF
0560-12 SH
Made in Germany
10.97 → 1997.10 製造？

図 24 は、正面側の制御系の回路である。乾式トランスやサーキットプロテクタ等が並んでいる。フィルムコンデンサが 1 個ある（図 25）。正確な製造年月は、不明であるが PCB を意図的に使用していた時期からは離れているため低濃度 PCB 廃棄物として扱い、絶縁油検査を行う。青色の筒状の物は電解コンデンサである。電解コンデンサは全て絶縁油を使用していないため、PCB 廃棄物からは除外となる。



図 26：正面左側の平滑回路等



図 27：正面右側の平滑回路等

図 26 は、正面左側の平滑回路等であり、フィルムコンデンサはない。黒色の円筒状の物は電解コンデンサ（ネジ端子付き）であり、PCB 廃棄物からは除外となる。

図 27 は、正面右側の平滑回路等であり、フィルムコンデンサはない。黒色の電解コンデンサ（ネジ端子付き）と基板上的青色の電解コンデンサは、PCB 廃棄物からは除外となる。

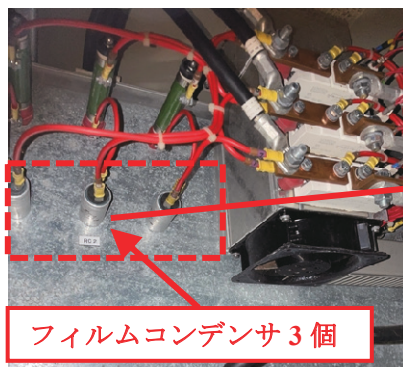


図 28：整流回路周辺



図 29：フィルムコンデンサ



図 30：取り外し品

図 28 は、正面側の主回路系の半導体モジュールの RC フィルター回路と思われる。フィルムコンデンサが 3 個ある（図 30）。正確な製造年月は、不明であるが PCB を意図的に使用していた時期からは離れているため低濃度 PCB 廃棄物として扱い、絶縁油検査を行う。

デバイス名が「RC2（図 29）」であることと図 28 の右にある空冷ヒートシンクに実装された白い半導体への接続を確認すると、各半導体素子の相間に RC フィルター回路として接続されていることが読み取れる。

デバイス名：RC2
以下、コンデンサ表面の印字
メーカー：不明
253.610-30450
MPP 0.47 μ F $\pm$ 10%
Un 930V HSF
0560-12 SH
Made in Germany
10.97 → 1997.10 製造？

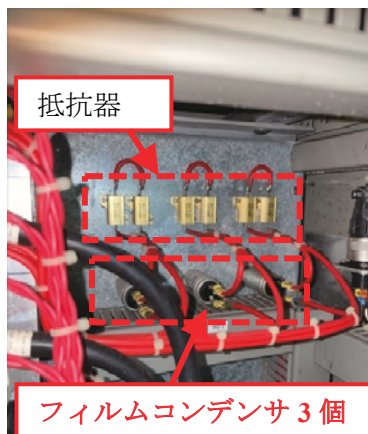


図 31 : RC フィルター回路



図 32 : フィルムコンデンサ



図 33 : 取り外し品

図 31 は、正面側の主回路系の半導体モジュールの RC フィルター回路と思われる。フィルムコンデンサが 3 個ある（図 33）。正確な製造年月は、不明であるが PCB を意図的に使用していない「Non PCB」の印字があるため高濃度 PCB 廃棄物ではないが、低濃度 PCB 廃棄物ではないことを否定できないので低濃度 PCB 廃棄物として扱い、絶縁油検査を行う。

デバイス名に「RC1（図 32）」とあることと図 31 の左にある空冷ヒートシンクに実装された白い半導体への接続を確認すると、各半導体素子の相間に RC フィルター回路として接続されていることが読み取れる。

デバイス名 : RC1
以下、コンデンサ表面の印字
メーカー : SIEMENS
B25834-J6224-M001
MKV 0.22 μ F $\pm$ 20%
Un=900V Ueff=640V
0560-12 HSF/LR
Non PCB Germany
11.94 →1994.11 製造？



図 34 : LC フィルター回路



図 35 : フィルムコンデンサ



図 36 : 取り外し品

図 34 は、正面側の主回路系の LC フィルター回路と思われる。デバイス名は、「C1（図 35）」。フィルムコンデンサが 3 個ある（図 36）。正確な製造年月は、不明であるが PCB を意図的に使用していた時期からは離れているため低濃度 PCB 廃棄物として扱い、絶縁油検査を行う。

デバイス名 : C1
以下、コンデンサ表面の印字
メーカー : 不明
253.633-30850
MPP 2.2 μ F $\pm$ 10%
Un=930V HSF
0560-12 SH
Made in Germany
8.96 →1996.8 製造？



図 37：調査対象電源 A で発見された PCB 廃棄物の疑いがあるコンデンサ

調査対象電源 A について、高濃度 PCB 廃棄物は発見されなかったが、低濃度 PCB 廃棄物を否定できないコンデンサが、4 種類で合計 11 個（図 37）発見された。

3.2.2.2 調査対象電源 B についての調査

調査対象電源 B について、メーカーのラベルや名称銘板はなく、また、本電源に関しての仕様書や回路図も無いため、調査対象電源 A と同様に自身の経験と知見を用い、現物を見て自力で回路と機器の種類を理解する必要があった。



図 38：電源 B 外観



図 39：側板外し



図 40：電源内部

図 38 は、調査対象電源 B の外観である。図 39 は、側面板等周囲の板を外し、内部を見やすくしている。図 40 に、モーター送風機らしきものが見える。



図 41：上部制御盤



図 42：上部制御盤内



図 43：下部制御盤

図 41 は、上部にある箱型の制御盤らしきものである。図 42 は、図 41 の中身を確認した写真である。フィルムコンデンサなど PCB 廃棄物を疑うものは無かった。

図 43 は、下部にある箱型の制御盤らしきものである。中身を確認したが、フィルムコンデンサなど PCB 廃棄物を疑うものは無かった。

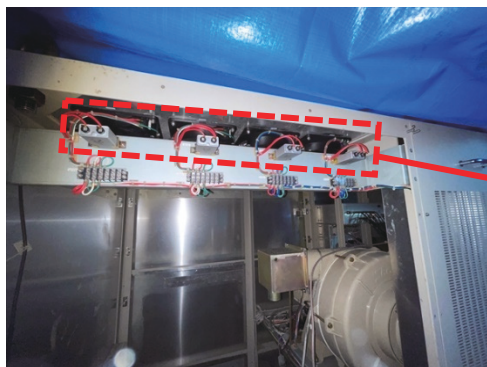


図 44：電源天井部のコンデンサ



図 45：取り外したコンデンサ

図 44 は、電源天井部の単相 AC モーターファン用のコンデンサである。フィルムコンデンサが 4 個ある（図 45）。製造年は 1997 年と読み取れ、PCB を意図的に使用していた時期からは離れているため低濃度 PCB 廃棄物として扱い、絶縁油検査を行う。

このように単相 AC モーターを決められた方向へ回転させるために、付属コンデンサを接続している製品もある。

調査対象電源 B についても、高濃度 PCB 廃棄物は発見されなかったが、低濃度 PCB 廃棄物を否定できないコンデンサが、1 種類で合計 4 個（図 45）発見された。

3.3 陽子加速器開発棟での実作業について

陽子加速器開発棟は、地上 2 階～地下 2 階からなる建屋となっている。今回の調査においては、地下 2 階の低エネルギー部加速器室に保管されている直流定電流電源について調査を行った。調査の詳細を 3.3.1「陽子加速器開発棟 地下 2 階 低エネルギー部加速器室での実作業」で述べる。陽子加速器開発棟 地下 2 階の平面図を図 46 に示す。

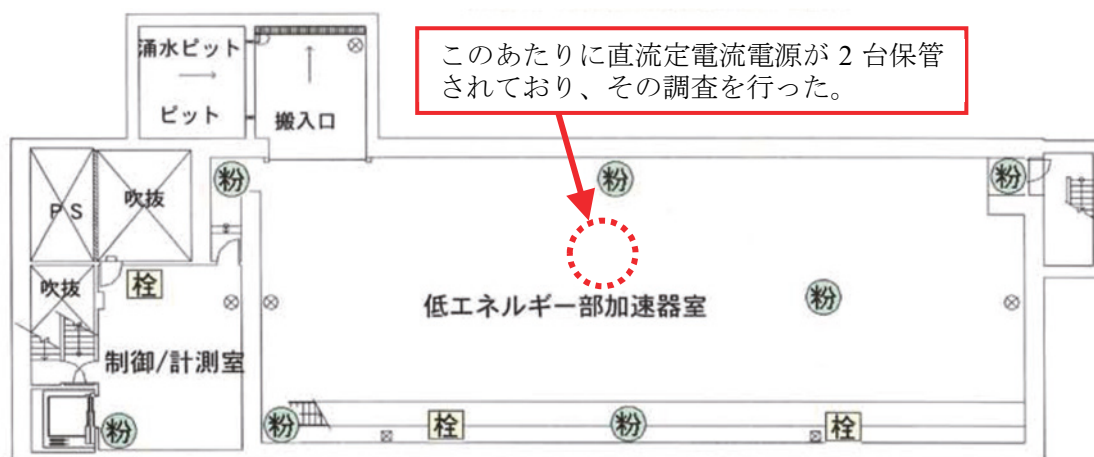


図 46：陽子加速器開発棟 地下 2 階の平面図

3.3.1 陽子加速器開発棟 地下2階 低エネルギー部加速器室での実作業

陽子加速器開発棟 地下2階 低エネルギー部加速器室で実施した、PCB 廃棄物の掘り起こし調査を述べる。写真にコメントを入れる形で説明を行う。



図 47：正面扉

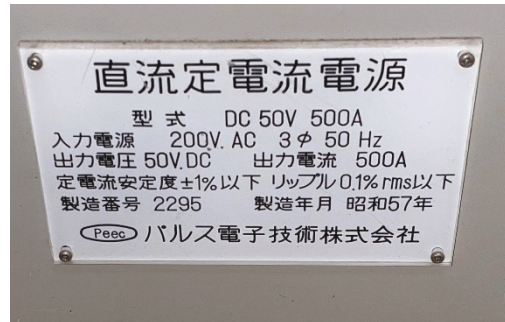


図 48：製造番号 2295



図 49：正面扉

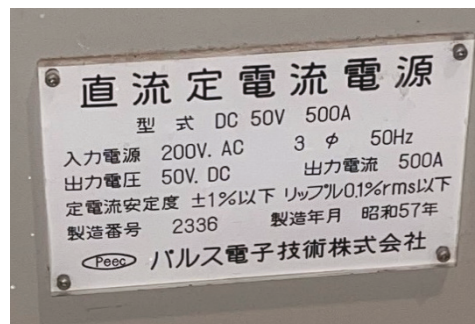


図 50：製造番号 2336

図 47 および図 49 は、対象電源 2 台の正面扉の写真である。また、図 48 および図 50 は、対象電源 2 台の銘板の写真である。電源メーカーは、パルス電子技術株式会社である。銘板より同じスペックの直流定電流電源であり製造年月は、昭和 57 年（1982 年）と記されており、PCB を意図的に使用していた時期からは離れているため高濃度 PCB 廃棄物を使用している可能性は低い、低濃度 PCB 廃棄物として取り扱われるものが、発見される可能性があるため、調査を行った。対象電源 2 台の製造番号が異なるため調査は、製造番号 2295 の電源と 2336 の電源に分けて記載した。

① 製造番号 2295 の電源について

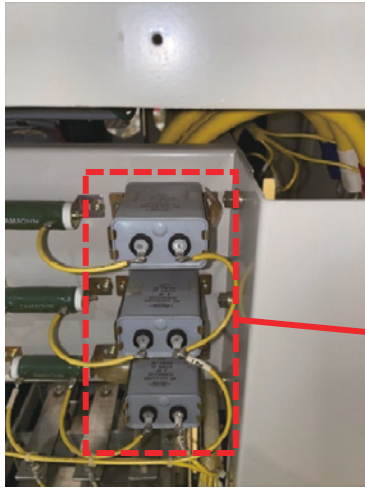


図 51 : RC フィルター回路

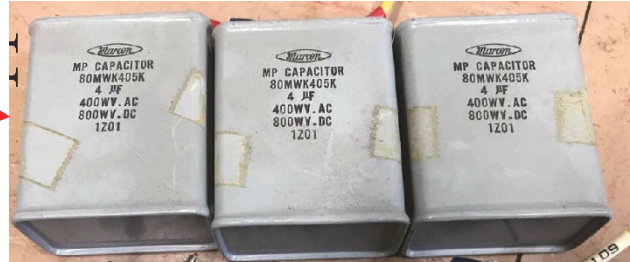


図 52 : 取り外したコンデンサ

図 51 は、主回路系の RC フィルター回路と思われる。フィルムコンデンサが 3 個ある（図 52）。メーカーはマルコン電子（現在は日本ケミコンに吸収合併）であった。製造年月は不明であるが対象電源の製造年月より、PCB を意図的に使用していた時期からは離れているため低濃度 PCB 廃棄物として扱い、絶縁油検査を行う。

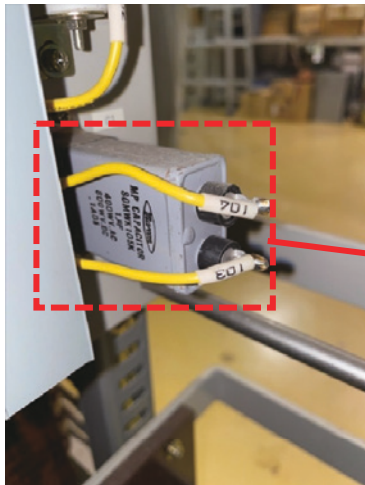


図 53 : RC フィルター回路



図 54 : 取り外したコンデンサ

図 53 は、主回路系の RC フィルター回路と思われる。フィルムコンデンサが 1 個ある（図 54）。メーカーはマルコン電子（現在は日本ケミコンに吸収合併）であった。製造年月は不明であるが対象電源の製造年月より、PCB を意図的に使用していた時期からは離れているため低濃度 PCB 廃棄物として扱い、絶縁油検査を行う。

製造番号 2295 の電源については、高濃度 PCB 廃棄物は発見されなかったが、低濃度 PCB 廃棄物を否定できないコンデンサが、2 種類で合計 4 個（図 52 と図 54）発見された。

② 製造番号 2336 の電源について

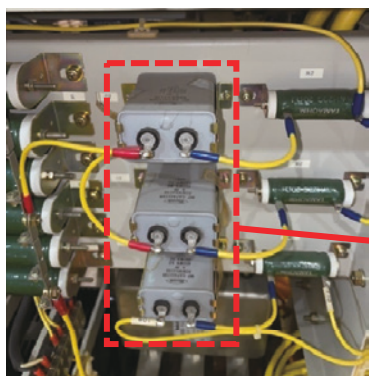


図 55 : RC フィルター回路



図 56 : 取り外したコンデンサ

図 55 は、主回路系の RC フィルター回路と思われる。フィルムコンデンサが 3 個ある（図 56）。メーカーはマルコン電子（現在は日本ケミコンに吸収合併）で、図 52 のコンデンサと同じ印字がされており同型のコンデンサだと思われる。製造年月は不明であるが対象電源の製造年月より、PCB を意図的に使用していた時期からは離れているため低濃度 PCB 廃棄物として扱い、絶縁油検査を行う。



図 57 : RC フィルター回路

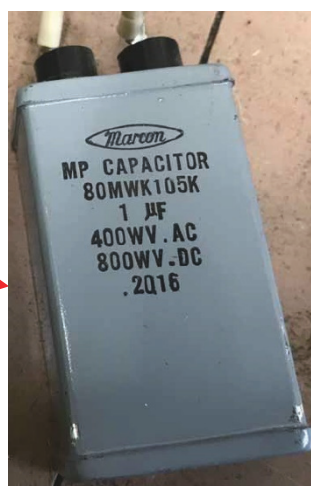


図 58 : 取り外したコンデンサ

図 57 は、主回路系の RC フィルター回路と思われる。フィルムコンデンサが 1 個ある（図 58）。メーカーはマルコン電子（現在は日本ケミコンに吸収合併）で、図 54 のコンデンサと同じ印字がされており同型のコンデンサだと思われる。製造年月は、不明である（2016 年と読み取れることもできるが、電源銘板の製造年月にある、昭和 57 年（1982 年）からは大きく離れており安易に決めつけずメーカー確認することを推奨する）が PCB を意図的に使用していた時期からは離れているため低濃度 PCB 廃棄物として扱い、絶縁油検査を行う。

製造番号 2336 の電源については、高濃度 PCB 廃棄物は発見されなかったが、低濃度 PCB 廃棄物を否定できないコンデンサが、2 種類で合計 4 個（図 56 と図 58）発見された。

4. コンデンサについて

この章では、3章で実施した PCB 廃棄物掘り出し作業での注意点で挙げた、コンデンサの取り扱いについて述べる。4.1 では、コンデンサの種類と特徴について述べる。コンデンサの用途については 4.2、コンデンサの取り扱い時の注意点については 4.3 の節で述べる。

4.1 コンデンサの種類と特徴について



図 59：セラミックコンデンサ

図 60：フィルムコンデンサ

図 61：電解コンデンサ

図 59～61 は、代表的なコンデンサの種類と形状を示している。図 59 は、セラミックコンデンサと呼ばれ、静電容量は小から中程度 ($\text{pF} \sim \mu\text{F}$)、小型で高耐電圧なものがある。図 60 は、フィルムコンデンサと呼ばれ、静電容量は小から中程度 ($\text{pF} \sim \mu\text{F}$)、高耐電圧なものを作る場合は大型となる。高電圧を維持するために、樹脂モールドのものや絶縁油（電気を通さない液体）に満たされた容器内に納められることがある。図 61 は、電解コンデンサと呼ばれ、静電容量は大容量 ($\mu\text{F} \sim \text{mF}$) だが、耐電圧は前記の 2 種類と比べると低い。電解コンデンサのケースの中は、電解液（電気を通しやすい液体）で満たされている。絶縁油（電気を通さない液体）と電解液（電気を通しやすい液体）の性質は、真逆である。また、電解コンデンサには、極性があり接続の際には、注意が必要である。図 61 の電解コンデンサには、端子部付近に+と-の印字がしてある。また、このメーカーの電解コンデンサには、マイナス側に色帯（白色や黒色やマイナスマーク等がある）で強調されている。

4.2 コンデンサの用途について

コンデンサは様々な機器に使用されており、主な性質として5つ挙げる。

- ① 電気（電荷）を貯める（充電）ことができる。
- ② 貯めた電気（電荷）を必要な時に、放出（放電）することができる。

上記①と②について、簡単な回路で説明すると図 62 の充放電回路と図 63 の平滑回路となる。

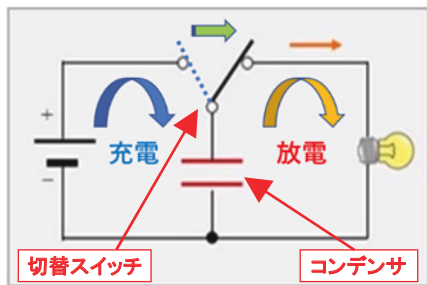


図 62：充放電回路

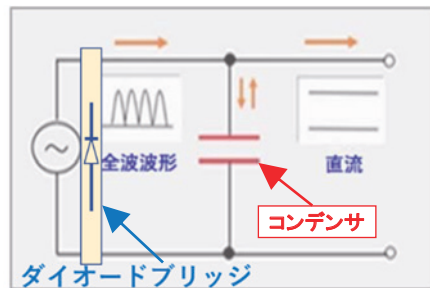


図 63：平滑回路

図 62 の充放電回路について、コンデンサに充電する際には、切替スイッチを左に倒すと、左の充電器とコンデンサが繋がりコンデンサを充電する（電気を貯める）ことができる。その後、切り替えスイッチを右側に倒すと電球（負荷抵抗）に繋がり、充電した（電気が貯まった）コンデンサから電球（負荷抵抗）に電気が流れ（放電）電球を光らせることができる。

図 63 の平滑回路について、交流を整流器（ダイオードブリッジ）などで整流すると、脈動を含んだ直流ができるが、整流器の出口にコンデンサを並列に接続しておくと、コンデンサは電気を貯める働きがあるので、電圧の高いところで電気を貯め（充電）て、低いところで放電し、電圧を平滑にするように働く。これを平滑コンデンサという。

他に下記③や④の特徴がある。

- ③ 直流は通さないが、交流は通す。
- ④ 交流は周波数が高いほど通しやすい。

上記③と④について、簡単な回路で説明すると図 64 のカップリング回路と図 65 のデカップリング回路となる。

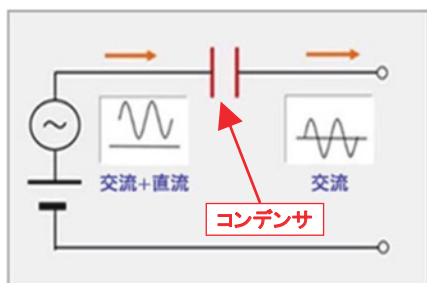


図 64：カップリング回路

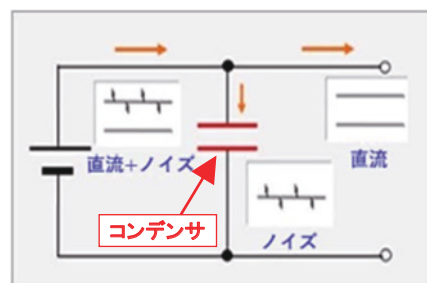


図 65：デカップリング回路

5 つ目に下記⑤の特徴がある。

⑤ 交流で 90 度位相が進む性質がある。

図 66 は、コンデンサに交流電源が接続された簡単な回路である。

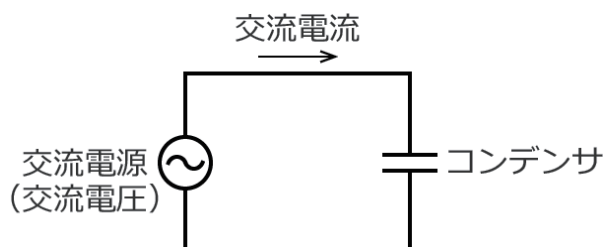


図 66：交流コンデンサ回路

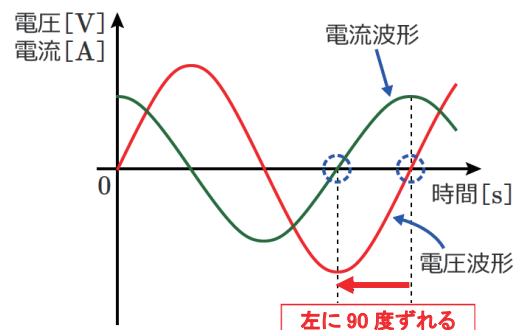


図 67：交流コンデンサ電圧電流波形

図 66 において、コンデンサにかかる電圧と流れる電流の波形は、図 67 のようになり、電圧波形に対して、電流波形は左に 90 度ずれる。一般的に電圧波形を基準とするので、電圧波形に対し電流波形が左にずれている（位相が進んでいる）ので、この場合を「進み位相（進相）」と呼ぶ。

受電設備においては、位相を進めるためのコンデンサ（進相コンデンサ）としての役割があり、交流回路において発生する、無効電流の割合を減らし、力率改善を狙う目的がある。これにより、力率割引制度により、一定の力率（85%）以上改善すると基本料金の割引を受けることができる。また、コンデンサの取り付けにより、構内の電圧降下や電圧変動が少なくなり質の良い電力が使える。

4.3 コンデンサの取り扱い時の注意点について

この節では、コンデンサの取り扱い時の注意点について述べる。コンデンサは、①残留電荷や②再起電圧という特有の注意点がある。

① 残留電荷

コンデンサに充電した電荷は充電を停止しても、放電しない限り、そのままコンデンサに電荷が残る。実際の電源装置には、その電荷を放電するために放電抵抗や接地器等が設置されている。

抵抗（R）への放電時のコンデンサ（C）の電圧時間変化は下記となる。

$$C(\text{F}) \times R(\Omega) = \tau \text{ (秒)} \quad \text{【} C \times R \text{ を時定数という} \text{】}$$

図 68 に、抵抗への放電時のコンデンサの電圧の時間変化を示す。Vo で充電されたコンデンサが τ 時間後に、 $0.37V_o$ となることを示している。

例：Vo=100V で充電されたコンデンサ（100μF）を 1kΩ の抵抗器で放電する場合、

$$\text{時定数 } \tau \text{ (秒)} = C(\text{F}) \times R(\Omega) = 100\mu\text{F} \times 1\text{k}\Omega = 0.1 \text{ (秒)} \text{ となる。}$$

この意味は、放電を開始して 0.1 秒後に 37V ($0.37V_o = 0.37 \times 100\text{V}$) に落ちるということである。コンデンサ容量が大きくなれば放電にも時間がかかる。

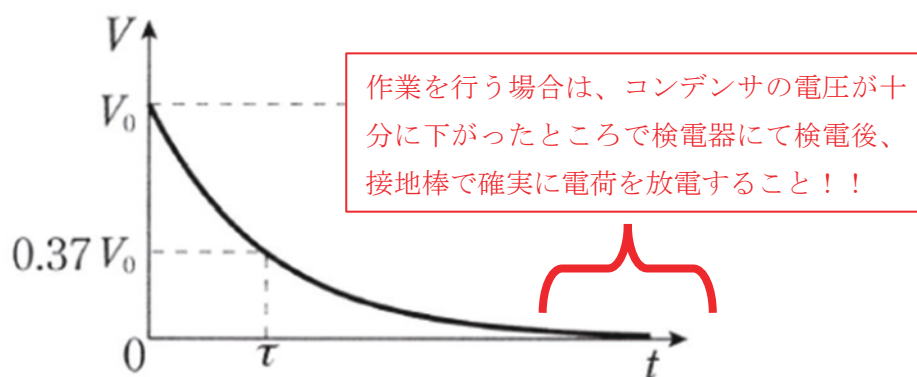


図 68：コンデンサの電圧の時間変化

実際の作業においては、コンデンサの電圧が十分に下がったところで、検電器にて検電し、放電棒で確実に電荷を放電して、無電圧の状態で作業を行わなければならない。

また、別な注意点として、新品のコンデンサには残留電荷対応（図 71）として導電端子間を細線で短絡している可能性が高い。（図 69, 図 70）使用前には必ず短絡線を確認し、確実に外す必要がある。

逆に、コンデンサ保管時には残留電荷が貯まらないように導電端子間を短絡する必要がある。



図 69：外観

図 70：端子部拡大

図 71：注意書きのタグ

② 再起電圧

電解コンデンサを充電し、端子間を放電抵抗にて短絡し放電させた後、開放状態にして放置しておくと、端子間の電圧がしばらくして、再び上昇する現象が起こる。この時の上昇した電圧のことを再起電圧と言う。原理の詳細は省略するが、誘電体内部の誘電分極のスピードにばらつきがあり、遅く誘電分極するものにより端子間に電圧が現れる。電解コンデンサ特有の現象である。この再起電圧が発生した状態で、端子間を金属など低い抵抗値のもので短絡すると、大電流が流れることによって火花（スパーク）が発生することがある。1k Ω 程度の抵抗器を電解コンデンサの両端子に接続し、電荷を徐々に放電させることが必要である。図 72 は、再起電圧を実際測定した

際の写真である。



箱から出したばかりの電解コンデンサの両端の電圧をテスターで測定し、**1.285V の再起電圧**を確認した。

1.285V 程度の電圧では、人の手で触れても（手がぬれていると NG）感電することはない。しかし、ネジを締める時など、**ドライバやネジなど金属によりコンデンサの両端子を短絡**すると火花が散る。再起電圧の大きさやコンデンサの容量によっては、金属が溶ける場合もあることを認識する必要がある。

図 72：再起電圧測定

メーカーから出荷された電解コンデンサの梱包品に、導電性段ボールがコンデンサ端子側にかぶさっていることがある。導電性段ボールの梱包状態を、図 73 に示す。導電性段ボールは、黒い部分に導電性の薬品コートがしてあり、メーカーにより違いはあるが、表面抵抗値が $2\text{k}\Omega/\text{cm}$ ($20^\circ\text{C} \cdot 35\%\text{Rh}$) の導電能力がある。



導電性段ボール（黒い方が導電性あり）

図 73：メーカー出荷梱包箱の内部構成

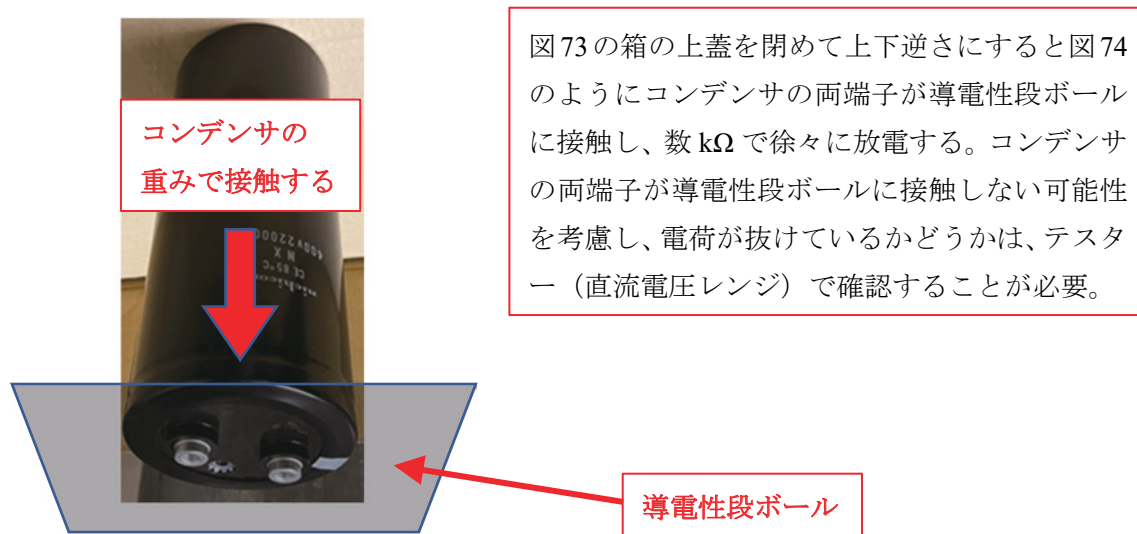


図 74：電解コンデンサと導電性段ボールの接触イメージ

5. まとめ

本報告書では、PCB 廃棄物の処置について、PCB 自身がどのような性質のものか、PCB 廃棄物の種類や区分けについて、法律でどのように規制されてどう処理するのか等、PCB に関連することをまとめた。これにより、いつまでに何をしなければならないかの明確な目標を立案でき、期限までに処理を完遂するための手助けになると考える。また、実際に行った作業事例を示すことにより、どの場所に PCB 廃棄物があるのかを認識し、今後の作業の模擬的な経験として活かすことができる。本報告書は、作業内容を理解し易いように、作業時の写真を多数盛り込んでいるので色々参考にしていただけると思われる。過去に稼働していた古い機器については、当時の担当者がいない場合、自力で作業に当たる必要があり、そのような場合でも基礎的な知見を持っていれば対処は可能となる。特にそのような場合は、多くの作業時間を有する可能性があり、後回しにはせず積極的に対応すべきだと考える。今なら定年退職される前に、担当者だった方々の知識や経験を引き継ぐことができる可能性もある。

作業に当たる際に注意すべきこととして、今回コンデンサの取り扱いについてスポットを当てた。コンデンサの性質として、電気（電荷）を貯めることができるということがある。コンデンサを取り扱う場合、この点について特に注意が必要だと今までの経験から感じている。コンデンサが充電されていることは、電圧計などの測定器を用いないと容易には判断できないからである。電源設備が停止しているからといって、コンデンサが接続されていた回路の電気（電荷）が必ずしもすぐには抜けてしまうとは限らないからである。このようにコンデンサの性質や用途を理解することにより、コンデンサ接続回路を扱う際のリスクアセスメントを実施でき、安全かつ効率的な作業ができるように知見をまとめた。コンデンサは電気が貯まり、感電する可能性があることを常に念頭に置き、対策をしっかりと行い安全に確信をもって作業を行うべきである。

作業において、少しでも不安を感じたならば、それは、何か安全対策に抜けあることにより無意識的に気付いているのかもしれない。そう不安を感じたならば、決して作業は行わず、作業現場の再点検や仕様書の読み直し、第三者（有識者が望ましい）の意見や立ち合いをしてもらうなど、色々な角度からの見直しを行うべきである。そうした無駄になるかもしれない見直しが、不安全箇所や不安全作業の発見につながり、事故等の防止につながると考える。また、このような危険を感じる感覚は、「危険感受性」といわれている。「危険感受性」は、危険に直面する経験が感受性の向上につながるが、安全性が高まった現在では、とても良いことなのだが作業員が危険に直面する機会が減少している。その反面「危険感受性」を高める機会が減少することとなっている。

「危険感受性」は、疑似的な体感や危険予知訓練（KYT）等により高めることも可能である。また、マニュアルにおいても、一つ一つの作業の意味合いを作業員がしっかりと認識し、わからなければ作成者に質問することや、マニュアルの作成者はワンポイントとして知見を盛り込み技術継承をすることも可能である。どちらも良好なコミュニケーション環境が必要と考え、安全に関して、皆が同じ土俵で話せるような環境であることが望ましいと考える。

謝辞

この報告書を作成するにあたり、多大なる助言を賜り、また様々な経験を与えてくださった多くの方々に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 環境省,「ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物の期限内処理に向けて」,
（環境省パンフレット 令和4年4月版）, <https://www.env.go.jp/content/900535227.pdf>,
（参照：2022年11月11日）.

This is a blank page.

