

JT-60中性粒子入射加熱装置の解体

Disassembly of the NBI System on JT-60U for JT-60 SA

秋野 昇 遠藤 安栄 花田 磨砂也 河合 視己人 椛澤 稔 菊池 勝美 小島 有志 小又 将夫 藻垣 和彦 根本 修司 大島 克己 大関 正弘 大槻 信一 佐々木 駿一 関 則和 清水 達夫

Noboru AKINO, Yasuei ENDO, Masaya HANADA, Mikito KAWAI Minoru KAZAWA, Katsumi KIKUCHI, Atsushi KOJIMA, Masao KOMATA Kazuhiko MOGAKI, Shuji NEMOTO, Katsumi OHSHIMA, Masahiro OHZEKI Shinichi OHTSUKI, Shunichi SASAKI, Norikatsu SEKI and Tatsuo SHIMIZU

> 核融合研究開発部門 那珂核融合研究所 ITERプロジェクト部

Department of ITER Project Naka Fusion Institute Sector of Fusion Research and Development

February 2015

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構



本レポートは独立行政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。 本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。 なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ(http://www.jaea.go.jp) より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根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. Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to Institutional Repository Section,

Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department, Japan Atomic Energy Agency.

2-4 Shirakata Shirane, 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

© Japan Atomic Energy Agency, 2015

JT-60 中性粒子入射加熱装置の解体

日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門 那珂核融合研究所 ITER プロジェクト部

秋野 昇、遠藤 安栄*、花田 磨砂也、河合 視己人*1、椛澤 稔、菊池 勝美*2 小島 有志、小又 将夫、藻垣 和彦、根本 修司*、大島 克己*、大関 正弘** 大槻 信一*1、佐々木 駿一、関 則和*、清水 達夫*

(2014年11月21日受理)

日欧の国際共同プロジェクトである JT-60SA 計画に従い、JT-60 実験棟本体室・組立室及び周辺区域に設置されている中性粒子入射加熱装置(NBI 加熱装置)の解体・撤去及びその後の保管管理のための収納を、2009 年 11 月に開始し計画通りに 2012 年 1 月に終了した。本報告は、NBI加熱装置の解体・収納について報告する。

那珂核融合研究所:〒311-0193 茨城県那珂市向山 801-1

※ 技術開発協力員

*1 日本アドバンストテクノロジー(株)

*2 原子力エンジニアリング(株)

Disassembly of the NBI System on JT-60U for JT-60 SA

Noboru AKINO, Yasuei ENDO^{**}, Masaya HANADA, Mikito KAWAI^{*1}, Minoru KAZAWA, Katsumi KIKUCHI^{*2}, Atsushi KOJIMA, Masao KOMATA, Kazuhiko MOGAKI, Shuji NEMOTO^{**}, Katsumi OHSHIMA^{**}, Masahiro OHZEKI^{**}, Shinichi OHTSUKI^{*1}, Shunichi SASAKI, Norikatsu SEKI and Tatsuo SHIMIZU^{**}

Department of ITER Project

Naka Fusion Institute Sector of Fusion Research and Development

Japan Atomic Energy Agency

Naka-shi, Ibaraki-ken

(Received November 21,2014)

According to the project plan of JT-60 Super Advanced that is implemented as an international project between Japan and Europe, the neutral beam (NB) injectors have been disassembled. The disassembly of the NB injectors started in November, 2009 and finished in January, 2012 without any serious problems as scheduled. This report presents the disassembly activities of the NB injectors.

Keywords:

JT-60, P-NBI, N-NBI, Disassembly, 14Beamlines, JT-60SA Project, JT-60NBI, Negative-ion

Collaborating Engineer

^{*1} Nippon Advanced Technology Co., Ltd.

^{*2} Nuclear Engineering Co.,Ltd

目 次

1. はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••1
2. JT-60NBI 加熱装置の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••1
3. 解体・撤去の準備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 2
3.1 放射線管理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 2
3.2 工程管理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 3
4. NBI 加熱装置の解体 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • • 3
4.1 負イオン NBI 装置ソース部電源の解体 ・・・・・・・・・・・・	• • 9
4.2 正イオン NBI 装置ビームラインの解体 ・・・・・・・・・・・・	• • 13
5. 解体期間中の作業安全管理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 19
5.1 作業環境管理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 19
5.2 放射線被ばく管理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 21
5.3 運搬管理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 23
5.4 NBI タンクのトリチウム漏洩評価について ・・・・・・・・・・・	• • 26
6. 解体品の保管・管理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 30
6.1 再使用機器の管理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 30
6.2 放射化物解体品の管理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 40
6.3 SF ₆ ガスの回収 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 46
7. おわりに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 48
謝辞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 49
参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• • 49

Contents

1. Introduction · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2. Outline of NBI system in JT-60U · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
3. Outline of disassembly · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
3.1 Radiation control · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
3.2 Schedule control · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
4. Disassembly of JT-60 NBI system · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
4.1 Disassembly of power supply system for N-NBI system • • • • • • • • • • • 9
4.2 Disassembly of the beamline for JT-60 NBI system • • • • • • • • • • • 13
5. Safety control of working environment
5.1 Working environment management • • • • • • • • • • • • • • • • • 19
5.2 Control of radiation exposure • • • • • • • • • • • • • • • • • • •
5.3 Transportation control • • • • • • • • • • • • • • • • • • •
5.4 Results of assessment tritium leak of JT-60 NBI beamline • • • • • • • • • • • • • • • • • • •
6. Disassembly control · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
6.1 Control of reusable components · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
6.2 Control of radioactive components • • • • • • • • • • • • • • • • • • •
6.3 Recovery of SF6 gas · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
7. Conclusions • • • • • • • • • • • • • • • • • • •
Acknowledgement · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
References · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

JAEA-Technology 2014-042

図リスト

図 1	JT-60NBI 加熱装置全体の解体範囲 ・・・・・・・・・・・・・・48
図 2	SF6 ガスダクトの解体 ・・・・・・・・・・・・・・・49
図 3	保守ステージ解体・搬出 ・・・・・・・・・・・・・・・・・49
図 4	HVT 用吊り具溶接作業 ・・・・・・・・・・・・・・・50
図 5	HVT 吊上げ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・50
図 6	HVT を一括搬出 ・・・・・・・・・・・・・・・51
図 7	HVT 構内輸送 ・・・・・・・・・・・・・・・・51
図 8	発電機棟 MG 室内へ配置 ・・・・・・・・・・・・・・52
図 9	解体品の搬出サーベイ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・52
図 10	#13 入射ポート部の切り離し ・・・・・・・・・・・・・・・53
図 11	取付けボルトのギャップ測定、ケガキ確認・・・・・・・・・・・53
図 12	#4 タンクの吊り出し ・・・・・・・・・・・・・・・・・・54
図 13	タンクの移動準備・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・54
図 14	組立室出口のシャッターとのギャップ・・・・・・・・・・・55
図 15	#12 タンクを低床トレーラにて構内輸送・・・・・・・・・・・・55
図 16	ビームラインの搬入 ・・・・・・・・・・・・・・・・56
図 17	ビームライン保管状況 ・・・・・・・・・・・・・・・・・56
図 18	放射化物切断養生 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・57
図 19	プラズマ切断 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・57
図 20	ビームラインの切断 ・・・・・・・・・・・・・・・・・58
図 21	#11,12 タンク保管 (機器収納棟) ・・・・・・・・・・・・・・58
図 22	PIG 室の作業区画・・・・・・・・・・・・・・・・・・59
図 23	配管切断機 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・59
図 24	配管用ヤグラの解体・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・60
図 25	グリーンハウス内でのプラズマ切断(1) ・・・・・・・・・・・・60
図 26	グリーンハウス内でのプラズマ切断 (2) ・・・・・・・・・・・・61
図 27	TRT 配管切断図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・62
図 28	冷媒配管カラーチェック・・・・・・・・・・・・・・・・・・63
図 29	汚染防止のための防護・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・63
図 30	真空機器の解体・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・64
図 31	身体サーベイ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・64
図 32	NBI 機器解体範囲 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 65
図 33	P-NBI の解体範囲 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・66

JAEA-Technology 2014-042

図 34	NBI 入射ポート部の解体方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・69
図 35	真空機器の解体・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・70
図 36	放射化物の運搬 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
図 37	真空乾燥データ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・72
図 38	管理区域境界(イオン源室)・・・・・・・・・・・・・72
図 39	管理区域境界 (JT-60 加熱電源棟) ・・・・・・・・・・・75
図 40	管理区域境界(JT-60 発電機棟 MG 室) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

List of figures

Fig1 Disassembly of JT-60NBI system · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fig2 Disassembly of SF6 gas insulation duct · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fig3 Disassembly of support stage for negative ion source ••••••49
Fig4 Welding operation of the sling for high voltage table
Fig5 Lifting with a crane of high voltage table
Fig6 Transport of high voltage table51
Fig7 Transport of the premises of high voltage table ••••••••51
Fig8 Arrangement of the motor generator room
Fig9 Transportation survey of disassembled equipment
Fig10 Cutting of NBI port for #13 beamline55
Fig11 Clearance and scribe line measurement of mounting bolt • • • • • • • • • • • • • • • • • • •
Fig12 Lifting with a crane of #4 beamline
Fig13 Movement preparation of NBI tank
Fig14 Clearance of assembly room shutter
Fig15 Transportation in trailer for #12 tank58
Fig16 Transported to the MG room for #4 tank56
Fig17 Storage conditions of beamlines · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fig18 Cutting method work of radioactive components57
Fig19 Method for plasma cutting • • • • • • • • • • • • • • • • • • •
Fig20 Cutting method of beamline
Fig21 #11,12 Beamline (method storage building) · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fig22 Work division of PIG room · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fig23 Cut-off machine · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fig24 Disassembly of piping tower
Fig25 Cutuing of piping tower · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fig26 Plasma cutting of greenhouse61
Fig27 Cutting method of transfer tube · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fig28 Penetrant inspection · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fig29 Radiation contamination prevention measures65
Fig30 Disassembly of vacuum equipment · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fig31 Radiation survey · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fig32 Disassembly area of the NBI system ••••••••••68
Fig33 Disassembly area of the P-NBI · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

JAEA-Technology 2014-042

Fig34 Disassembly method of NBI drift duct	• • • •	• •	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	• 69
Fig35 Disassembly of vacuum system \cdot · ·		• •		•	•	•	•	•	•	•	•	• 70
Fig36 Transport of radioactive components				•	•	•	•	•	•	•	•	• 71
Fig37 Vacuum drying data in cooling pipe •				•	•	•	•	•	•	•	•	• 72
Fig38 Controlled area boundary for JT-60 ion \boldsymbol{s}	source room	·		•	•	•	•	•	•	•	•	• 72
Fig39 Controlled area boundary for JT-60 por	wer supply	buil	ding	g	•	•	•	•	•	•	•	• 73
Fig40 Controlled area boundary for JT-60 MG	room · ·											• 73

1. はじめに

日本原子力研究開発機構(以後「原子力機構」という。)那珂核融合研究所の臨界プラズマ試 験装置(JT-60U)は、1985 年 4 月にファーストプラズマの点火に成功し、約 23 年間炉心プラ ズマの研究開発を行ってきた。本装置は2008年9月に実験運転を終了し、核融合に関する幅広 い計画(BA計画)の一環として、欧州と共同で、超伝導コイルを有するJT-60SA(JT-60 Super Advanced)〜進化し、商業炉に向けた先進的なプラズマ研究及び国際熱核融合実験炉 ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) への支援研究を実施する予定である。 JT-60SA の建設に向けて、JT-60 実験棟本体室・組立室及び周辺区域に設置されている各種機 器は本体室から撤去される。JT-60U の主加熱装置であった JT-60 中性粒子入射加熱装置(以後 「NBI 加熱装置」という。)に関しては、JT-60SA で再使用されるため、本体装置の解体や据付 作業と干渉する機器を限定し、本体室から一時保管場所に移動する。移動対象となる NBI 機器は、 正イオン NBI 装置のビームラインタンク (以後、「P-NBI 装置」という。) 10 基、負イオン NBI 装置(以後、「N-NBI 装置」という。)の高電圧電源(以後、「N-NBI 用 HVT」という。)一式及 び負イオン源周辺機器一式であり、接線入射用 P-NBI 装置ビームライン(以後、「T-NBI 装置」 という。) 4 基と N-NBI 装置用ビームライン(以後、「N-NBI 装置」という。) は本体室内で保管 される。移動する P-NBI 装置は、新たに放射線管理区域に指定した保管場所で一時保管された後、 8 基の P-NBI 装置を JT-60SA 化のために 100 秒入射用に増力・改造を実施したものが、本体室 に再設置されてプラズマ加熱装置として運用される。JT-60SA では、再設置された P-NBI 装置 の8基と解体移動せず本体室に残っていたT-NBI装置の4基を合わせた12基と、1基のN-NBI 装置を用いて、最大 34MW の重水素ビームを、100 秒間プラズマへ入射する計画である。

NBI 加熱装置の解体・撤去作業は、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律(以後、「放射線障害防止法」という。)の規制を受けた核融合装置の中にあって、日本で最初に行われる解体・撤去作業であり、撤去する全ての機器を「放射化物」として取扱い、放射線レベルに応じて汚染拡大防止や作業員の被ばく防護を合理的に措置しながら解体作業を進めた。NBI 加熱装置の解体作業は、2009 年 11 月に始まり、当初の予定通り、2012 年 1 月に完遂した。本稿においては、NBI 加熱装置の解体及び収納作業について報告する。

2. JT-60NBI 加熱装置の概要

NBI 加熱装置は 14 基の P-NBI 装置、1 基の N-NBI 装置及び付帯設備で構成されている。付帯設備は、P-NBI 装置と N-NBI 装置に共通の一次冷却系、補助真空排気系、冷媒循環系、受配電設備及びこれらの設備を統括する制御系で構成されている。P-NBI 装置と N-NBI 装置のうち、本体室内には、プラズマ電流の向きに対して準垂直方向から中性粒子を入射する P-NBI 装置のビームラインが 10 基、中性粒子ビームを接線方向から入射する T-NBI 装置が 4 基、N-NBI 装置が

1基、それぞれ配置されている 1)2)。

各ビームラインは、内部にビーム受熱機器やクライオポンプを収納し、P-NBIには正イオン源が、N-NBIには負イオン源がそれぞれ 2 台ずつ接続されており、これらの各イオン源に電力を供給するための高電圧テーブルが設置されている 2° 。

JT-60SA 化改修に向けての、NBI 加熱装置の解体撤去機器は、P-NBI 装置のビームライン 10 基、負イオン源用高電圧テーブル及び保守ステージの解体・撤去である。

3. 解体・撤去の準備

JT-60U の解体・撤去作業は、放射線障害防止法の規制を受けた核融合装置では日本で初めて行われる作業であった。当初は、放射化物の処理に関する法律も十分に整理されていなかったため、JT-60 大電流化改造作業や他の事業所で実施した放射化機器の解体作業を参考にして「放射線管理」を検討し、保安管理課や関係課室と協議を重ね、機器の解体・収納要領を策定した。また、放射線管理に加えて、解体という大型プロジェクトを推進する上で重要な鍵を握る「工程管理」については、2009 年 6 月から立上げた JT-60 解体作業部会において、上下作業やクレーンの取り合いなどの工程調整を、グループ横断的に行い、本体室内の作業の干渉を未然に防いだ。さらに、同部会で、放射線管理状況の把握、放射化機器を収納するための保管容器の管理、並びに解体品の輸送・保管のための物流等を調整した。

これら「放射線管理」や「解体作業計画」は以下のとおり実施した。

3.1 放射線管理

JT-60U は放射線障害防止法によって規制される施設である。本施設は、1991 年度から重水素を用いたプラズマ実験を実施しており、核融合反応により発生した中性子により JT-60U 装置本体や周辺構造物の大部分は放射化している。また、真空容器に接している真空機器や配管類は、トリチウムに汚染されている可能性がある。JT-60U の解体作業においては、放射化した真空容器等を切断して解体し、放射化物として保管することになるので、工事や解体品の保管については、放射線障害防止法に基づいた放射線管理を含めた安全管理を行う必要がある。

また、JT-60U の解体作業は、長期に渡る大規模な解体作業となるため、一般的な工事の安全作業についても十分に配慮しつつ、再使用機器を考慮した解体作業を進める必要がある。そのため、解体開始の約2年前から各グループの代表者による解体検討会(ワーキンググループ)を発足させ、ユニット横断的に問題点や検討事項を議論し、解体作業要領を検討・作成し本格的な解体作業に備えた。NB 加熱開発グループ内においても、独自に解体検討会を発足させ、工程・クレーン作業・仮置き計画及び放射線管理等の一連の作業要領・手順書等を作成した。解体作業要領の作成にあたっては各々が役割分担して検討した結果を、解体検討会にて説明し、NB 加熱開発グループとしての解体要領書を完成させた。その結果、受注メーカとの解体作業要領打合わせ

の場で、より良い議論を交わすことに役立った。今回の解体作業で対象となる機器は真空機器、高電圧機器、精密機器等の多種多様な機器で構成されているとともに、一部の機器は 10m を超える大型の構造体や、100 トンを超える重量物も含まれる。さらに、それらの機器は、互いに他設備の機器と接続されており、機器間の取り合いは複雑であるため、機器の解体には多くの切断作業が必要となる。加えて、対象となる機器は、第一種管理区域に指定された JT-60 本体室に設置されている。そのため溶接/切断/保管容器への収納作業等の際には放射性物質の汚染や作業員の被ばく低減のための高度な品質管理が要求される。また JT-60SA 装置において再使用する機器類については、解体作業により機器の性能が低下しないよう当該設備の設計及び設置条件を十分に検討した上で解体撤去及び移設作業を行う必要がある。

そのための事前検討を十分に行って解体作業を実施した。

3.2 工程管理

解体作業実施前に、JT-60Uの解体計画(「JT-60 解体・収納にかかる一般安全について」)を策定し、「那珂核融合研究所一般使用施設等安全審査委員会」に諮った。そこでは、解体範囲、解体作業の進め方、解体スケジュール、解体作業における安全実施体制等を説明し、委員会の了承を得た。

解体工程は、大きく4つの工期に分けられる。第1期は、組立室内の作業スペースや解体品置場確保の観点から、負イオン NBI 装置用ソース部電源(HVT)の解体を実施する。第2期は、本体室と組立室の間に設置されている中性子遮蔽のための仕切り壁「Y3壁」と計測機器収納のための計測架台を撤去する。第3期はプラズマ加熱装置(NBI、RF)と計測装置等の本体周辺設備を解体するとともに、トロイダル磁場コイルを解体する。最後の第4期に、真空容器、下架台及び基礎架台等の本体装置の解体を実施し、全ての解体作業を2012年度10月末に完了した。

4. NBI 加熱装置の解体 ^{3) 4)}

NBI 加熱装置の解体機器は、大部分が JT-60SA でも再使用される。そのため、解体機器を長期間仮置きできる場所を、新たに放射線管理区域に設定して、そこで保管・管理することとした。また、再使用の可能性の低い機器については、放射化物とトリチウム汚染物に分別し、それぞれ別々の海上コンテナに収納し、トリチウム汚染物については、建屋内に、それ以外の放射化物については、屋外の管理区域で保管・管理することとした。NBI 加熱装置の解体範囲及び再使用計画を図1に、NBI 加熱装置全体解体作業項目の概要を表1~3に、NBI 加熱装置解体収納実績工程表を表4に、NBI 解体作業に要した期間と作業人工数を表5に示す。

JT-60U の中核プラズマ加熱実験に用いられた P-NBI 装置及び N-NBI 装置用ビームライン機器は、一部の改造は必要であるが、上記に示した通り、JT-60SA 装置においても、概ねそのままの形で再使用される。そのため、通常行われている解体作業と違って、再使用を考慮した解体・

保管作業を実施する必要がある。つまり、プラズマ加熱を効率よく行うために精度良く設計製作されたビームライン機器を、一定期間、別の建屋で保管した後、JT-60SA装置の周囲に再据付することとなるため、解体する際に、過大な衝撃や移動に伴う外力・振動による、機器への損傷を極力与えないようにすることが極めて重要である。

また、ビームラインに付随して多数設置されている遠隔操作バルブやカロリーメータ等の駆動機構を有する機器に対して、長期保管のための防塵対策が重要である。そのための養生は、ビニールシートでビームライン全体を覆うことで再使用に備える対策を講じた。

以下に解体作業の代表的な措置方法を示す。

(1) 配管解体後の措置

真空配管は、内部にトリチウム汚染の可能性があるため、全てフランジ部で解体・閉止した後、仮置き場所に保管した。また、冷却水及びガス配管類についても、可能な限りフランジ部での解体としたが、切断が必要な配管については、内部に切粉が入り込まないように、パイプカッターを使用した。切断した配管面の養生は、極力、閉止板を取り付けてテープ等で固定するような養生・保管とした。

(2) ケーブルの措置

再使用するケーブルとその端末等は、再配線や再接続を容易に行うために、完成図と照合可能な線番の取り付けや、仮置き場所での断線防止のための保護管の設置を行った。特に光ケーブルについては、コネクタや基板の双方に保護キャップを設置することと、ケーブル類を配管・配線用ヤグラに引戻したのち、現場保管となるものには通路にかからないような位置に仮置きし、全体をシートで養生して、防塵措置を施し接触不良等の不具合が起こらないよう対策を講じた。

(3) 合いマーク

P-NBI ビームラインタンクの解体前・上下タンク切り離し時に、再据付のための参考データとなるような罫書線(4箇所)を全てのタンクについて記入した。

表 1 N-NBI 装置解体作業の概要

	中国	0	0			0			()										0	0	0
	クレーン	30t			30t			30t			30t		7026	7007			30t					
	場所	\$\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	田子	電/組	本/組					組立室							本体室		収納棟	本/組	組立室	本体室
IN-INDI 衣目肝'冲'下未少'似安	作業内容	2 台のイオン源取外し	冷却配管内の水抜き・真空乾燥	加速第 1/第 2 出力ブッシング解体・搬出・保管	ガスダクト内 SF ₆ 回収	イオン源冷却ホース・ケーブル類の取外し	冷却ヘッダー撤去、保守ステージ3分割で搬出	トレイ上の配線配管撤去後、トレイ解体・搬出	光ケーブルをスプライスボックスで切断、HVT 内	保管	安全柵・状態表示盤等の周辺機器解体	・1 階、2~4 階、4 階シールドリングに3分割で搬	丑	・2、3 階収納盤類は碍子を補強し一体搬出	・4 階機器撤去、4 階部に吊耳溶接	・中間接続ベローズ再使用・リップ溶接部で切断	・残ったポート部は、密閉容器に収納	1~3階と4・5階も2分割、機器収納棟〜搬出	保管容器収納サイズに切断後、収納	各タンク内部のビームライン機器の点検	イオン源タンク内部の受熱機器配管内水抜き乾燥	中性化セル、イオンダンプタンク内部配管水抜き乾
衣 I IN	作業名	負イオン源取外し	配管内水抜・乾燥	ブッシング解体	SF_6 ガスダクト	大学、一十つ古り	ネゴヘーン単体	HVT~ステージ間トレ イ				HVT 解体				N-MBI 光一片解床	子世. CY TONI NI	P_2 計測ヤグラ解体	P2計測ヤグラ切断収納	ビームライン内部点検	組立室機器	本体室機器
	小分類	4、十、海田及1	「ゴムムノ原投グトワー	ブミシング版体	きせハノハハ	日年ファージ網体	本コ〜〜一/帯で	HVT~ステージ間 トレイ				HVT解体						一つでは、		ビームライン内部 点検	要権へ、バービ	トームノイン 転深 水抜き乾燥
	中分類							組立室										# #			半風	
	大分類											40 / *	生									

表2 P-NBI 装置解体作業の概要 (1)

画	0	0	0																0									
クレーン	30t						30t				250t 30t						30t							250t				
場所		本体室					本体室					- - - - - - - - - -	祖二二年		本体室	1	出工品	MG 室			₩ *	H \$ \$			組立室	本体室	組立室	MG 室
作業内容	正イオン源 28 基を取外し、養生後イオン源室で保管	タンク内部の受熱機器の	冷却配管内の水抜き・真空乾燥	カロメ差し込みロック、エアシリンダ外し、安全柵撤去	・イオン源~SB 端子箱間ケーブル解体、支持碍子解体	集合コネクタ~ヤグラ間ケーブル引き戻し	・カロメ用圧空、水配管、イオン源ホース、ケーブル解体	・5 階ステージ、階段の解体搬出、第3打消しコイル切断	ドリフト部外部配線、配管撤去、入射ポート切り離し	3 階歩廊及び TRT、真空、冷却配管等の撤去	ドリフト部と一体で組立室に吊り出し、井桁ベースに仮置き	後、ドリフト部を解体	接続ベローズ、絶縁スペーサ、GV1、入射ポート解体	ドリフト排気部その他開口部に閉止フランジ	GVI はキャットウォーク西側に仮置き	接続ベローズ、絶縁スペーサ、入射ポートは密閉容器	GV1 サポート、ポートサポートは保管容器に収納	発電機棟 MG 室で保管(#12 は機器収納棟)	カロメ引抜きロック、監視カメラ、Ar、N2 ガス供給系撤去	・イオン源~SB 端子箱間ケーブル解体、支持碍子解体	・タンク周辺の1階安全柵撤去	1 階歩廊、カロメエアシリンダ、圧空、水配管等の解体	3 階ステージ上の配管、配線等の解体	3階ステージの解体、搬出	#11 上スカート切断、気液分離器上部切断	ドリフト部階部配線、配管撤去、入射ポート切離し	タンクを組立室に吊り出し、井桁ベースに仮置き その後、ドリフト部を解体	1#
作業名	正イオン源取外し	ビームライン内部 点検	ビームライン水 抜・乾燥	クンク上部安全柵解体		と 別し 下一 、 独木	子生く・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・		ポート撤去、	3階歩廊外し	2	マノンモシ田つ			ドリフト部解体			タンク搬出、保管		1 贴井 配 体 級 休			3 階ステージ等の解	本	タンク搬出準備	ポート撤去	タンク吊り出し	タンク搬出、保管
小分類	正イオン源取外し	ビームライン内部点検	ビームライン水抜・乾燥	5階ステージ等解体				光像し、して	上ユニット解体 ドリフト部解体、搬出						下ユニット解体						ドリフト部解体、搬出							
中分類		州								1	1 × 1 × 1 × 1 × 1 × 1 × 1 × 1 × 1 × 1 ×						下 》 以 " 下 川											
大分類														解体														

表 3 P-NBI 装置解体作業の概要 (2)

大分類	中分類	小分類	作業名	作業内容	場所	クレーン	自営
				現場盤類、ヤグラ内機器類の配線解体			0
				イオン源ケーブル、トレイ、支持碍子、安全柵解体			
			十 葬 日 孝 二、田	GV1、FS 盤、データ収集盤、SB 解体搬出	1 1 1		
			同心骸倍便大っかにの保	5 階ステージ解体・保管容器収納	— 供 全 令	, ,	
	411/10		き歩くハー	3 階ステージ解体・保管容器収納		106	
	#11/17	#11/12 み アル 飽 米		1 階歩廊解体・保管容器収納			
	- 掉 \			ガスダクト内 SF6ガス回収	PIG 室		
- 427/木	<u>2</u> II		7、1、1、1、1、1、1、1、1、1、1、1、1、1、1、1、1、1、1、1	冷媒系 TRT の切断、閉止 (PIG 室中間ステージ)	PIG 室		
<u>+</u>			- KIC 供いて - 西郷古常・語よ	・冷却配管、真空配管、ガス類配管の切断、閉止	本体室		
				・ガスダクトを含む配線ダクト類と内蔵ケーブル切断	PIG 室		
			ヤグラ搬出	ヤグラを3階部で2分割し、機器収納棟へ搬出	本体室	30t	
			ヤグラ切断、収納	収納棟内で細断し保管容器に収納	収納棟		
				・絶縁スペーサ、接続ベローズ解体後密閉容器に収納			
	拉	接線入射ポート部	お館にしまる	・GV1 撤去後、キャットウォークに保管、ポート切離	· ************************************	30+	
	1英/	解体	1英版47 1. 7年7年		H ±	100	
				・GV1接続ポート、入射ポートは密閉容器に収納			

表 4 NBI 加熱装置解体収納実績工程表

	2009 2010 2011		2012
	9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7	8 9 10 11 12	1 2 3 4 5
		(
1. 負イオン源用HVT解体収納作業			
2. P-NBIタンク解体準備作業			
(1) #11/12配管配線用ヤグラ解体収納			
(2) P-NBI 5階ステージ解体収納			
3. P-NBIタンク解体収納作業			
(1) #4タンク解体収納			
(2) #6タンク解体収納			
(3) #12タンク解体収納			
(4) #14タンク解体収納			
(5) T-NBIポート/N-NBIポート解体収納			
(6) #2タンク解体収納			
(7) #11タンク解体収納			
(8) P2計測ヤグラ解体搬出			
(9) #13タンク解体収納			
(10) #5タンク解体収納			
(11) #1タンク解体収納			
(12) #3タンク解体収納			
4. N-NBI周辺機器解体収納作業			
(1) TMPステージ・安全柵解体収納			

表 5 NBI 装置の解体作業に要した期間と作業人工数

期間	解体工事名	主な内容	人工数
2000/11/0		・安全柵/階段解体	
2009/11/9	N-NBI	・HVT-ステージ間ケーブル解体	231 人
2000/12/4	周辺機器解体	・HVT 用光ケーブル引き戻し	(20 日)
2009/12/4		・保管場所への運搬/収納	
2009/11/16		・SF ₆ ガスダクト解体	
2009/11/16	N-NBI	・高電位テーブル解体	773 人
2010/1/16	HVT 解体	・イオン源保守ステージ解体	(51 日)
2010/1/16		・保管場所への運搬/収納	
2010/6/14		・P-NBI 5 階ステージ解体	
2010/6/14	P-NBI 装置	・#11/12 配管用ヤグラ解体	1,200 人
2010/9/14	周辺機器解体	・ヤグラ細断/保管容器収納・運搬	(65 日)
2010/9/14		・保管場所への運搬/収納	
2010/7/22	冷媒循環系配管	第一種管理区域相当の作業区画設定	109 人
~	切断・封止	・#11/12 用冷媒配管切断/封止	(12 日)
2010/8/6	97例 * 利亚	・高圧ガス検査(耐圧/気密/PT)	(12 日)
2010/12/20		・P-NBI(#4,6)解体/収納	1 222 1
~	#4,6 タンク解体・収納	・冷媒循環系 TRT 配管解体/収納	1,322 人 (70 日)
2011/4/28		・保管場所への運搬/収納	(/0 口)
		・P-NBI(#4,6 除く)解体/収納	
2011/5/6	P-NBI 装置解体収納	・NBI 入射ポート部解体	4 225 1
~		P₂計測ヤグラ解体	4,235 人 (179 日)
2012/1/31	(#4,6 除く)	・保管場所への運搬/収納	(1/9 口 <i>)</i>
		(#11/12 タンクは機器収納棟へ)	
1 1.3	ウツー/ニュ 加出! Ta	ル坐上へ、サコーク・トトーン・ルン・	

^{*}本表には、自営で行った解体人工や、作業立会い者は含まれていない。

4.1 負イオン NBI 装置ソース部電源の解体 5)

JT-60 実験棟本体室及び組立室内に設置されている N-NBI 装置のうち、組立室内に設置されている N-NBI 用 HVT、イオン源保守ステージ、SF6ガスダクト等の機器を、JT-60 本体設備の解体に先立って解体・撤去した。特に N-NBI 用 HVT の解体にあたっては、概略 13m (W) ×6m (L) ×10m (H)、総重量 130 トンの巨大機器であり、組立室のほぼ中央に横たわっているため、JT-60 本体装置(真空容器やコイル群)を初め周辺に設置されている加熱装置や計測装置等の大型機器を搬出するためには、本機器の解体を最優先に行わなければならない。N-NBI 用 HVT 本体の解体準備作業として、SF6 ガスダクト内のガス回収、ブッシング及びガスダクトの解体、イ

オン源保守ステージの解体を行う。

周辺機器の解体後に N-NBI 用 HVT 本体の解体を実施した。以下に解体作業の詳細を示す。

4.1.1 SF₆ ガスダクト内のガス回収

 SF_6 ガスダクト内には、電気絶縁ガスとして地球温暖化係数が最も高い SF_6 ガス(CO_2 ガスを 1 とした時、 SF_6 ガスは 22,200)が充填されている。N-NBI 装置の SF_6 ガス使用量は、 SF_6 ガス ダクト内に $107m^3$ 、ガスストレージタンク内に $30m^3$ 、合計 $137m^3$ である。 SF_6 ガスダクトの解体前に、ガスダクト内部に充填されているガスを全量回収する必要がある。

そこで、ガスストレージタンクに収納可能な量(タンク容量は $100 \,\mathrm{m}^3$ であるが、残留ガスが $30 \,\mathrm{m}^3$ あったため、 $70 \,\mathrm{m}^3$ を回収可能)を回収し、残りの $37 \,\mathrm{m}^3$ は、MeV 級試験装置用ストレージ タンクに移送した。また、ガス回収にあたっては、 SF_6 ガスダクトの設置場所が本体室から見通 せる場所に敷設されていることから、回収ガスの放射化レベルの評価を行い、問題ないことを確認してから、ガス回収を行った。(詳細は、6.3 節 SF_6 ガスの回収に示す。)

4.1.2 ブッシング及び SF6 ガスダクトの解体

- 4.1.2.1 ブッシング及び SF_6 ガスダクト解体の概略作業手順は以下のとおり。
- (1) SF6 ガスダクト内のガスを全量回収した後、ダクト内部を空気に置換しブッシング及びガス ダクト解体のために、本体室と組立室の間に設置されている中性子遮蔽壁 (Y3 壁) の周囲に 作業用足場を設置する。その後、SF6 ガスダクト加速出力用ブッシング頭部の外部配線(高電圧 架線)を取外す。
- (2) 加速出力用ブッシング頭部のハンドホールを開放し、ソース電源用難燃ケーブル(MLFC) 3本の接続端子を取外す。
- (3) 加速出力用ブッシング下部のハンドホールより、内部導体及びブッシング本体を切り離し、 ソース電源用 MLFC ケーブル (80mm²、約 20m) 3 本を抜きながらブッシングとシースを一 体で取外す。
- (4) リングシールドを撤去する。ブッシング本体を取外した箇所に閉止板(内部導体保護用ケース付)を取付ける。
- (5) 第 1 加速出力用及び第 2 加速出力用ブッシングも上記と同様手順(ただし、MLFC ケーブルは、なし)にて取外す。
- (6)解体範囲分の SF_6 ガスダクト及び内部導体を取外すと共にMLFCケーブル3本を抜き取る。
- (7) SF₆ ガスダクト取外し箇所にケーブル用保護ケースを取付ける。保護ケース内に既設ケーブル3 本を収納する。次項の真空引きの際に真空リークのないこと。
- (8) ブッシング、ガスダクトの解体品は、保護カバー、閉止板等を取付け、防錆のために内部 に窒素ガスを 0.01MPa 充填し保管場所に保管した。
- (9) 本体室に残ったガスダクトについて、内部を真空引き後、窒素ガスを 0.01MPa 程度充填し

て、保管管理した。

4.1.2.2 ブッシング及びガスダクトの搬出前後の準備

(1) 搬出前準備

解体品の搬出・保管は、機器の復旧を効率よく行えるように、作業手順及び仮置き場所等を考慮して保管作業を行う必要がある。保管品は機器単位で事前に放射線測定を行い、機器名・機器管理番号・保管場所等の必要事項を保管管理記録台帳に記録するとともに、管理タグを取り付けて搬出するための準備を行う。

(2) 搬出、保管

機器を運搬用車両へ積載後、運搬物及び車両の放射線測定を車両単位で行い、放射性物質による汚染のないことを確認後、放射線管理区域である JT-60 発電機棟 MG 室或いは JT-60 加熱電源棟 NBI 電源室 (I) の何れかの保管場所へ運搬する。機器の搬入後、予め指定した位置に機器を荷降ろしし、荷崩れしないように固縛した後、ビニールシートで養生した。荷降ろし後の車両は、保管場所建家から退出前に放射線検査で異常なしを確認後退出した。 Y3 壁の上部まで作業用足場を設置した後、加速ブッシングを解体撤去している様子を図 2 に示す。

4.1.3 イオン源保守ステージの解体

負イオン源2台、冷却系電気盤、同計装盤、N-NBI用HVT周囲の安全柵、状態表示盤、煙警報器盤等の周辺機器類、N-NBI用HVT~保守ステージ間のケーブルトレイ、及びケーブル、冷却水ヘッダー~イオン源間の冷却水ホース、及びイオン源保守ステージを解体しJT-60発電機棟MG室に搬出・保管した。

- (1) イオン源保守ステージ、冷却水ヘッダーの解体手順は以下のとおりである。
- イオン源部及び冷却水ヘッダー部のカップラ取り合い部にて各冷却配管を外した後、冷却水ヘッダーを解体、保管のための養生を行う。なお、冷却水ヘッダーに使用している流量計は、ガラス管式流量計であるため、移動・運搬時のガラス破損防止のために緩衝材にて養生した。
- (2) イオン源保守ステージ周囲に足場を組み、保守ステージ専用の吊冶具と吊天秤を使用して、 保守ステージを 2 分割する。
 - (3) 2 階ステージへのアクセス階段を分解する。
 - (4) ステージ1~2階を一体で吊出し、保管用ベースに固定する。
- (5) 保守ステージ関係の床面固定用アンカーボルト(ベース部~12 本、階段部 16 本)については、本来であれば再使用するため、そのままの状態で保管したいところではあるが、数年に及ぶ解体作業を考慮し、引き続き行われる解体作業における安全作業を担保するために、アンカーボルトを床面と同一となる高さで切断して平坦化した。よって、再使用する際には、別途固定用アンカーボルトの再設置が必要となる。また、本作業は、放射化物の加工作業に該当するため、切粉等の放射化物が周囲に飛散しないように養生し、切断部は十分除染をした後防錆処置を施す。

保守ステージの3階部と4階部を一括で解体・搬出している様子を図3に示す。

4.1.4 N-NBI 用 HVT の解体

N-NBI 用 HVT は、概略 $13m \times 6m \times 10m$ の筐体内に、負イオンを生成するためのソース電源 を内蔵した4階構成の架台である。HVT内に内蔵された電源機器の重量が約90トン、電源収納 筐体そのものの重量が約 40 トンで合計 130 トンの巨大機器であり、最大 500KeV の電位差を碍 子で絶縁している構造である。本 HVT は、この後に計画されている JT-60U 用本体機器や周辺 設備の解体撤去作業に大きく干渉するため、最優先で解体し、別の建屋に移動して保管する事が 不可欠である。N-NBI 装置を導入した時の、HVT の組み立ては、上記に示した通り超大型の構 造体であるため、一体で搬入することができず、電源を収納する筐体を現地で組み立てた後に、 各電源機器を据え付けた。今回の HVT 解体作業では、コスト削減や工期短縮及び再据付作業を 考慮し、撤去のための分割数は極力少なくする必要があり、ソース電源収納用筐体と絶縁柱を含 む支持筐体に2分割することとした。電源盤が収納された状態でソース電源収納用筐体を一括搬 出するための強度計算を実施し、その結果、4階下部のH鋼ブレス部の両端(14ヶ所)に補強金 具を溶接にて取り付けることで一体吊りを可能とした。 また、 HVT 吊り上げ時のバランスを考慮 して、筐体4階のコロナシールド撤去部に吊り金具を8箇所設置(図4参照)した。放射化物の 加工に対する作業員及び周囲の作業員への内部被ばく防止を含めた放射線防護の観点から、溶接 箇所の周りを養生シート等で区画化、局所排気用区画の設置、さらに本区画内を排気ダクトに接 続し排煙措置を講じて作業を実施した。溶接作業員の防護は、半面マスクを着用して内部汚染を 防いだ。また、溶接箇所の周囲には、難燃性の防炎シートにて火災予防措置を施し、終了後は掃 除機で切粉を除去後、作業員、床、工具等に汚染がないことを確認して作業を終了した。N-NBI 用 HVT の構造は、 $2\sim4$ 階が高電位となり、最大 500keV の電位差が生じるため、1 階と 2 階の 間に FRP 製の絶縁支柱(21 本)を設置し、本支柱で全重量を支持している。ソース電源収納用 **筐体と絶縁柱を含む支持筐体に2分割する際には、電源が収納された高電位部の重量をバランス** よく切離さないと、一部の FRP 柱に荷重が偏り、FRP を破損する可能性がある。そのため本筐 体の周囲に専用の架台を設置し、筐体を地切りする際は、1台当たり最大20トンの重量を支持 できる油圧ジャッキ14台により、均等・水平に持ち上げた後、天井クレーンにて移動用トレー ラに積載した。なお、総重量 130 トン、全長 13.1m の N-NBI 用 HVT をバランスよく吊り上げ るために、重量 30 トンの専用吊り天秤を使用した(図 5)。N-NBI 用 HVT の輸送は、全長 16m, 全巾 6.5m, 最大積載量 800 ton の超大型トレーラ (スーパーキャリアという。)を使用して移 動した。移動の際には、放射化物の落下防止の観点から、HVTの周囲をビニールシートで全周養 生した。放射線管理区域から N-NBI 用 HVT を搬出する際の手順は、スーパーキャリア及び N-NBI 用 HVT の表面汚染を測定し汚染が無い事を確認。時速 5km のスピードで JT-60 発電機 棟 MG 室に移送し長期保管した(図 6~8)。

4.2 正イオン NBI 装置ビームラインの解体

P-NBI 装置用ビームラインは、10 基の P-NBI 装置と 4 基の T-NBI 装置で構成される。このうち、P-NBI 装置は全て解体撤去し本体室から別の建屋に移動する。JT-60SA で再使用される 8 基は、JT-60 発電機棟 MG 室に収納保管、再利用する#11/12 の 2 基については JT-60 機器収納棟に保管した。

P-NBI 装置の解体にあたっては、主排気タンクそのものが保管容器として扱われるので、タンク内部に設置されている受熱機器等に、過大な衝撃や振動を与えずに作業を実施し、解体撤去後は防塵、防錆処理を含めて十分な養生を施してから移動・運搬・保管することとした。

主排気タンクの内部は、重水素ガスを用いたプラズマ実験によって、僅かながらトリチウムにより汚染されている箇所があるが、開口部をフランジ等の金属製閉止板で気密性の高い密閉構造とし、屋内の密封 RI に準ずる取扱い施設にて保管した。主排気タンクの気密性能の確認は、真空容器を真空ポンプにより真空引き、負圧維持、一定時間放置後に圧力変化がないことを確認して気密性能が保持できることを確認した。また、ビームライン受熱機器内部の錆の発生を防止するため、(1) 冷却水のエアーパージ、(2) 真空ポンプによる内部乾燥、(3) 窒素ガスを大気圧まで封入し長期保管後の再使用を可能とした。

JT-60SA 改修計画では、#11/12 ビームライン部に超伝導機器を設置する計画のため、配管・配線用ヤグラも含めて#11/12 ビームライン機器を解体・撤去する必要がある。これらの機器の解体撤去には、実験棟地下 PIG 室の C 型マニホールド部にて、ガス配管や冷却水配管等を切断封止する必要がある。

4.2.1 P-NBI 装置の概略解体手順

P-NBI 装置の主排気タンクは、 ϕ 2.5m (W) ×8m (H) の真空容器であり、内部にビームライン受熱機器等が収納されている。総重量は約 48 トンである。主排気タンクは、入射ダクトを介して JT-60U 本体真空容器に接続されている。

(1) 配管用ヤグラ部との接続切離作業

上ユニットの主排気タンクを解体撤去するために、主排気タンクに接続されている各種配管・ケーブル類及び配管用ヤグラの 5 階、3 階、1 階部に設置される保守ステージを解体撤去した。解体した配管類の養生・保管は、①冷媒循環系用配管(TRT)については、バイオネット継手部に専用保護管を取り付け、配管内部に窒素ガスを 0.01MPa 程度充填し、漏れのないことを確認して保管場所に保管した。②フランジ部で解体した配管類(真空配管及び一次冷却水配管の大部分)については、金属製の閉止フランジにて密閉構造として保管した。③やむなく配管切断により解体した機器(一次冷却系配管の一部)は、切断面をアルミテープで養生し、開口部はビニールシートで全体を養生して保管した。保管場所である JT-60 加熱電源棟又は JT-60 発電機棟 MG室に解体品を搬出するために、全ての搬出品をサーベイメータで汚染チェックし、汚染のないこ

とを確認した後に搬出した。汚染確認の様子を図9に示す。

(2) JT-60U 真空容器に接続された入射ダクトの切離作業

主排気タンクと JT-60U 真空容器を切り離すためには、入射ダクト部での切り離しが必要である。入射ダクトは、途中に溶接ベローズを組み込んだ構造となっており、このベローズに収縮用冶具を取付け、ベローズの寸法を短くする事で、JT-60U 真空容器と主排気タンクの切り離しを行った。また、JT-60U 真空容器からの戻りガスを抑制するために取付けられている高速シャッター(以後「FS」という。)は、設置スペースが無いため撤去する必要があり、主排気タンク搬出前に組立室にて第一仕切弁(以後「GV-1」という。)と一緒に解体した。主排気タンクの開口部には別途準備した閉止板を取付け、気密性能を確認した後、主排気タンク内部に窒素ガスを封入し長期保管に対応した。再利用品となる FS は、トリチウム汚染の可能性があるため、フランジ面をビニールシートで養生して密閉容器に収納した。GV-1 は、全て再使用するため、フランジ面を金属板で閉止し、外部と遮断した状態で、本体室のキャットウォークに荷崩れ防止処置を施して仮置きした。図 10 に入射ダクトの切り離し作業状況を示す。

(3) 主排気タンクの吊り出し作業

上ユニットと下ユニットの主排気タンクは、下ユニットの上スカートと ϕ 48mm のボルト 40 本で接続されている。上下タンクの切り離し前に、数年後に行われる主排気タンクの再据付を考 慮して、X-Y 方向の取付けボルト各 4 本について、ボルト穴とボルトの取付けギャップをそれぞ れ測定し、再据付時の調整代を予め確認した。また、主排気タンク解体前に上ユニットと下ユニ ットタンクの取り合いフランジ部にケガキ線を入れて、主排気タンク再据付時の軸心調整がスム ーズに行えるような対応をした(図11)。その後、全てのボルトを取り外し後、専用の吊りジグ を用いて、主排気タンクを吊り上げ組立室へ移動した(図 12、13)。組立室において、上記(2) 項に示したとおり、ドリフト部周辺の解体作業を行う必要があるため、主排気タンクの転倒防止 を考慮した輸送専用ベース上にタンクを固定し、搬出準備作業を実施した。輸送専用ベースは、 一般道路の移動にも対応できるように2分割構造とし、転倒防止や搬出シャッターの高さ制限の ために、4.0m×4.0m、高さ 200mm の寸法とした。JT-60 組立室から長期保管場所である JT-60 発電機棟 MG 室へ、運搬用トレーラにて輸送している様子を図 $14\sim16$ に示す。また、8基の $\mathrm{P-NBI}$ 装置主排気タンクが保管されている状況を図17に示す。図17の手前左に写っているのは、N-NBI 用 HVT である。また、JT-60SA で再使用しない#11/12 ユニットの主排気タンク 2 基は、JT-60 機器収納棟にて保管した。当初の予定では、JT-60 機器収納棟の搬入用シャッターの開口高さの 関係から、主排気タンクを横置きにして移動・仮置きする計画であったが、横置きにした時の、 内部のビームライン機器固定方法が複雑になることから、タンクを立てたままトレーラに載せて 移動させることとした。但し、立てたまま移動するためには、JT-60 機器収納棟搬入シャッター との干渉を避ける必要がある。そのため、主排気タンク部の干渉する配管やスカート部の一部を

組立室で切断する必要があり、グリーンハウスに準じた(防炎シートで汚染拡大防止)養生を実施して、プラズマ切断機を用いて切断した。(図 $18\sim20$)JT-60 機器収納棟での保管状況を図 21 に示す。

4.2.2 #11/12 ユニット用配管・配線用ヤグラの解体

JT-60SA 計画では、P-NBI 装置 10 基のうち#11/12 ユニットの 2 基の主排気タンクは、再利用品として使用する計画である。そのため、配管・配線用ヤグラ(以後「ヤグラ」という。)も含めビームライン機器全体を解体・撤去する必要がある。保管方法は、全てのフランジ部に金属閉止板を取り付けて密閉構造とする。また、ヤグラ内に設置されている現場盤等の解体品は、乱雑にならないように養生して保管容器又は密閉容器に収納した。ヤグラそのものの解体は、本体室内で2分割(ヤグラ 1~3 階、ヤグラ 4~6 階)して JT-60 機器収納棟に搬出・移動し、空調管理されたグリーンハウス内でプラズマ切断機又は機械式切断機により保管容器に収納可能な大きさに切断した後、汚染除去・サーベイ後に保管容器に収納した。放射化物を収納した保管容器は、放射線管理区域である保管用地1に移動し保管管理した。

(1) ヤグラ内 1FL の機器、現場盤、配管及び配線類の解体撤去

ヤグラの1階部には、制御盤・冷却水ヘッダー・主排気タンクと接続している配管・配線及びPIG電源室から本体室に貫通している配管・配線類が敷設されている。これらの機器を全て解体撤去した。また、トリチウム汚染の可能性がある真空配管類は密閉容器に、その他の配管・配線類は保管容器に収納保管した。それぞれの容器に収納する際はJT-60全体で管理する収納管理要領に従った管理番号のほかに、NBI独自の管理番号も付けて管理することとした。また、各機器の解体収納において以下のような管理の基に解体収納作業を実施した。

1) 現場盤(GV-1盤、FS盤、データ収集盤)の解体

現場盤を保管容器に収納する際に、内部機器・部品類が保管容器内で飛散して、解体品が判別不能にならないように個別に解体し金属容器等に収納した。また、個別に解体搬出が不可能な機器や盤面に残った計器・スイッチ類については、緩衝材などを使用して養生し、破損防止を図った。現場盤を固定していたアンカーボルト類は、電動工具(バンドソーやセーバーソー)を用いて切断し、床面をコーキング材で穴埋めしたのちエポキシ塗装を施した。切断したアンカーボルトは、切断面を防錆処理(アルミテープ養生)して金属容器にまとめて収納し、最終的に保管容器に収納した。

2) 冷却水ヘッダー・1 階ステージの解体撤去

冷却水ヘッダーの主要構成機器であるガラス管流量計の破損防止のため、ガラス管流量計を全て撤去し、緩衝材にて個々に養生したものを専用の金属容器(ドラム缶)にまとめ、この状態で保管容器に収納した。また、ヤグラと主排気タンク間に設置されているイオン源冷却水ホースやビームライン受熱機器冷却配管の保護・通路確保のためにステージが設置されており、これらす

べての配管類・ステージを解体撤去し保管容器に収納した。

3) SF₆ガスダクト・サージブロッカーの撤去

 SF_6 ガスダクト・サージブロッカーの撤去にあたり、電気絶縁ガスとして使用している SF_6 ガスを全量回収した後に解体作業を実施した。 SF_6 ガスは温室効果ガスであり、地球温暖化係数が極めて高いガスであるため、大気中に漏洩することは許されない。そのため、専門業者にガスの回収作業を依頼し専用のガスボンベに回収・収納した。その後、 SF_6 ガスダクトと内部のケーブルを別々に解体し、それぞれ保管容器に収納した。

4) PIG 電源室貫通配管

PIG 電源室から本体室 1F 部へ貫通している配管の切断は、PIG 電源室内の中間ステージで切断・封止作業を行った。PIG 電源室内の機器は、本体室貫通部からの中性子漏洩により僅かながら放射化している可能性がある。従って、放射化している機器を第2種管理区域で加工(配管切断や溶接等)することは、安全管理上できないため、加工のための作業エリアを区画して、第1種管理区域に準じた作業管理を行うことで、配管切断などの加工作業を可能とした(図22)。

つまり、PIG 電源室で放射化物の加工作業を行う際に、第1種管理区域と第2種管理区域の領域区分(作業区画)を明確に行い、加工作業時の空気が PIG 電源室(第2種管理区域)から、本体室(第1種管理区域)に流れるような養生方法とする。さらに、切粉等の飛散による汚染拡大防止及び内部被ばく防止に務め、作業領域をビニールシート及び足場パイプ等で囲うなどして、第1種管理区域の作業区画を行う。作業区画及び局所排気装置等は、汚染が作業区画外に拡大しないよう適宜設置する。特に、溶接作業やプラズマ切断のような空気汚染が発生する場合は、飛散防止のための養生とともに局所排気装置を設置し、仮設ダクト等により排気ガスを本体室へ導く措置を講じた。

作業区画には切粉等を作業エリアから出さないように前室を設置し、着替えスペースや汚染検査のための測定器、手洗いのためのウェットティシュー等を備えた。また、作業区画では、防護具(作業服、作業靴、ヘルメット、マスク等)も専用とし、第1種管理区域内作業に準じた方法で実施した。

(2) 2FL~6FL ヤグラ内機器、現場盤、配管・配線類の解体撤去

1) 2~5FL 現場盤類の撤去

2~5FL ヤグラ内に設置されている現場盤類の解体では、設置されている機器がクレーン可動範囲にないため、ヤグラ周囲に仮設足場を設置し、機器移動用の電動ホイストを追加設置し解体搬出作業を行った。電動ホイストの重量制限により一括搬出が難しい現場盤については、内部機器を撤去し軽量化を図った後に現場盤解体作業を行った。

2) 6FL 機器類の撤去

上ユニットのサージブロッカや HVT-1 の解体を実施し、それぞれ保管容器に収納した。

(3) 3 階、5 階ステージ部の解体撤去

ヤグラから主排気タンクへ接続している配線や配管類は、1階、3階、5階に設置された各ステージ上にそれぞれ敷設されているものが大部分である。1階ステージの解体撤去は、本項(1)に記載済みなので、以下に3階、5階ステージ部の解体撤去について記載する。

1)5階ステージの解体撤去

イオン源の保守作業や主排気タンク上部での点検作業のために5階ステージが設置されている。 5階ステージの解体撤去作業を容易に行うために、3階ステージ上に作業用足場を組み立てて解体作業を行った。5階ステージを解体する前に、主排気タンク周囲に取り付けられている第3打消コイル及び昇降梯子の一部をバンドソーにて切断・解体し、その後5階ステージ本体部を3分割~4分割に解体して保管容器に収納した。

2)3階ステージの解体撤去

3 階ステージ周囲に設置されている機器類のうち、特に真空排気系に使用している粗引き配管 及び TMP 背圧配管の解体作業については、配管内部にトリチウム汚染の可能性があるため、別 途定められている規定(放射線取扱手引き、JT-60 解体時における汚染物の取り扱い)に従い、 汚染拡大防止や、人体への影響を無くすために必要な防護措置を行って解体作業を実施した。解 体撤去した配管類は、配管内部の放射線量を確認した後、金属製の閉止板にて密閉し汚染拡大防 止措置を施して、最終的に密閉容器に収納した。

(4) 配管用ヤグラの搬出

ヤグラ全体の寸法は、15m (H) ×2.7m (L) ×2.7m (W) と超大型であり、クレーン揚程の制限から一体での吊り上げ搬出は不可能である。そのため、本ヤグラを設置場所である本体室で 2分割 (①1 階~3 階、②4 階~6 階) して組立室に搬出した。分割・切断に使用した工具は、配管寸法によってパイプ自動切断機や、バンドソー又はセーバーソー等を使用した。ヤグラ支柱の切断は、図 23 に示すパイプ自動切断機で行った。本切断機は外径 ϕ 300mm ϕ 500mm 配管の切断に適しており、比較的短時間に切断可能である。一方、開先加工機なので切断部への潤滑油供給と排煙処理が必要である。切断したヤグラ支柱配管の寸法は、300A(肉厚 10mm)である。

パイプ自動切断機を用いて支柱切断に要した時間は約1時間であり、機器の取り付けを習熟すれば安全で作業効率の良い切断工具である。このように、ヤグラを2分割して組立室に移動(図24)した。2分割にしたヤグラは、JT-60機器収納棟内に設けられた切断専用のグリーンハウスにて保管容器に収納できる大きさに細断し収納した。グリーンハウスは、負圧管理や養生等、空気汚染を伴う熱的切断に対応した専用の設備であり、切断部の多くはプラズマ切断機を用いて解体した。

(5) JT-60 機器収納棟グリーンハウス内でのヤグラ解体

NBI#11/12 ヤグラや P2 計測やぐら等の超大型機器の解体作業では、安全性を確保しつつ解体

作業効率を落とさないように保管容器・密閉容器に収納する必要がある。解体作業を効率良く行 うために使用する工具としては、熱的切断方法であるプラズマ切断機の使用が必須である。放射 化物の加工を伴う解体作業は、第1種管理区域以外ではできないため、JT-60 実験棟本体室・組 立室又は JT-60 機器収納棟の何れかとなる。本体室や組立室での解体は、その他の解体作業や物 流関係に大きな支障を及ぼすため、JT-60 機器収納棟内に専用のグリーンハウスを設けてプラズ マ切断機を用いて解体作業を行うこととした。本来、JT-60機器収納棟内の第1種管理区域は、 JT-60 実験棟本体室・組立室の第 1 種管理区域と異なり基本的に機器を収納するための管理区域 となっているため、空気汚染を伴う機器の収納や加工作業をするために設定した管理区域ではな いが、空気汚染を伴う切断作業を行うために、周辺環境や作業員等に影響を与えないように作業 エリアを区別してその中で解体作業を行った。作業環境管理としてグリーンハウス内では、切断 時に発生する汚染物が機器収納棟室内に飛散しないように、常に負圧状態を維持・管理しながら 作業を行った。負圧のダクトラインはメインフィルターが汚れないように前段にフィルターを設 け、このフィルターを適宜交換しながら作業を進めた。グリーンハウス内の空調停止時は、直ち に切断作業を中止し汚染の発生源を絶つことで、周囲への汚染物の拡散及び作業員等への内部被 ばくを防止している。グリーンハウス使用中の環境モニタリングは、排気ダクト及び機器収納棟 室内の空気を常にダストサンプラー取り込み集積・測定している。図 25、26 にグリーンハウス 内での#11/12 配管用ヤグラ切断作業を示す。プラズマ切断時に着用する安全保護具類は、放射線 内部被爆防止の観点から、直接、プラズマ切断を行う作業員以外に、グリーンハウス内で補助的 な作業を行う作業員や監督員についても、半面マスクの着用を義務づけた。また、第1種管理区 域用作業服とグリーンハウス内での専用つなぎを2重に着用することで、汚染区分を明確化した。 労働安全の面からは、遮光保護メガネ、革手袋、耐熱エプロン等を装備し、火災予防のための ノロ受けや火花防護用鉄板を対向面に配備し、火災予防を図った。

グリーンハウス内を開放し、解体機器を保管容器や密閉容器に収納する際は、予め解体機器・ 床・グリーンハウスのシート内面等を除染し、汚染のないことを確認してからグリーンハウスを 開放し天井クレーンを使用して収納作業を実施した。

4.2.3 冷媒循環系配管の解体

ヤグラ内に設置されている配管・配線類は、全て、実験棟地下 PIG 電源室の C 型マニホールドを経由して本体室に敷設されている。PIG 電源室内での配管敷設形態は、当初から配管の取り外しを想定していないため、フランジ接続ではなく、全て溶接による接続方式となっている。そのため、#11,12 ヤグラの撤去に際しては、C 型マニホールド上部での配管切断及び溶接作業による配管の閉止が必要となった。

クライオポンプに液体ヘリウムや液体窒素の低温液化ガスを供給・循環させるための冷媒循環系配管は、低温液化ガスの蒸発を抑制し、高い移送効率を実現するために多重真空断熱配管構造とし、最内管に-269℃の液体ヘリウム配管、その外側に-260℃程度の戻りガスヘリウム配管が、

さらにその外側に真空配管が設置されており、これらの配管には熱輻射を抑制するための断熱材 (スーパーインシュレーション) が設置される 3 重配管構造となっている。また、ガスヘリウム 配管の周囲にサーマルシールド用の液体窒素配管が設置されている。これらの配管の切断/封止 作業を、第 2 種管理区域である PIG 電源室内で行うために、4.2.2 (1) 4) 項に示すような措置 を行った後、配管切断・溶接作業を行い、最終的に溶接部の PT 検査 (カラーチェック) 及び気 密検査等の高圧ガス保安法に則った試験・検査を実施して JT-60SA の運転に備えた。配管の切断 方法の一例を図 27、28 に示す。

5. 解体期間中の作業安全管理

5.1 作業環境管理

NBI 装置の解体にあたり各種環境基準に基づく規制物質の調査を行い、その取扱い及び処分等について具体的な方法を検討し作業環境管理を行った。表 6 に NBI グループにおける規制物質の対象物品及び処分方法等を示す。

表 6 環境基準規制対象物品

解体時の処理	解体セず使用	ガスダクト内保管	ボンネに回収	リザーバタンク内保管	ガス遮断器内	ダイオード整流器	他グループへ移管	専用ケースで保管	不燃物廃棄処分	廃棄処分	廃棄処分	廃棄処分	解体せず使用
保管方法	压縮機內封入	P-NB ダクト内	P-NB ダクト内	N-NB ダクト内	ガス遮断器内	1,800kg ダイオード整流器	リザーバタンク内	専用保管ケース	組立室棚保管	組立室棚保管	ポート内設置	ポート内設置	塀の内壁に設置
使用量	3,500L	1,200kg	$200 \mathrm{kg}$	600 kg	320 kg	1, 800kg	200 kg	3kg	10 kg	80 kg	700kg	3kg	10,000kg
物品の用途	ポンプ潤滑油	電気絶縁	電気絶縁	電気絶縁	電気絶縁	電気絶縁	電気絶縁	フィラメント固定金具(予備品)	フィラメント固定金具(使用済み)	ビーム分布測定板	ビームリミタ	N-NB 再電離保護板	X 線シールド
使用場所	一般区域	第 1,2 種区域	第 1,2 種区城	第1種,一般区域	一般区域	一般区域	一般区域	本体室,組立室	本体室,組立室	組立室	本体室	本体室	一般区域
規制対象法律	消防法		14.14.14.14.14.14.14.14.14.14.14.14.14.1	四类值版化为展 (#海7. 晶十2		Ħ H			土壌汚染対策法	水質汚濁防止法	消防法		大気汚染防止法
名称	圧縮機潤滑油			7 F 21	3F6 A >					モリブデン			鉛板

5.2 放射線被ばく管理

5.2.1 切断・加工作業時の管理

放射化物の解体作業を行うにあたっての定義として、ボルト締結機器の解体撤去作業は放射化物の加工作業には含まれない。一方、切断、溶断、穿孔等の作業は切粉やヒューム等が発生するため、放射化物の加工作業と定義した。放射化物の加工作業時は、切粉の飛散等による汚染拡大の防止、ヒューム発生時の内部被ばく防護のための特別な放射線管理を行った上で作業を行う必要があり、以下のような対策を講じた。

5.2.2 放射化物加工作業の準備

(1) 作業計画の作成

NBI 機器の解体作業を効率良く行うための準備として、放射線管理が必要な放射化物の加工・ 汚染物を含んだ機器の解体作業、及び大型の再使用品運搬時の養生方法等について、放射線取扱 い手引きや収納保管要領に則って作業計画書を作成し、その内容について那珂核融合研究所放射 線取扱主任者と協議した。NBI 機器の解体作業において、放射化物の加工、汚染物の解体を伴う 作業項目一覧を表7に示す。具体的な防護器具及び放射線サーベイの様子を図29~31に示す。

図 29 は、真空容器内部で作業を行うために、汚染拡大防止と被爆防護の観点から防護機材を 具備しているところである。専用作業着を着用し半面マスク、ゴム手袋、ゴーグル等を装備して いる。また、真空容器には入らないが、トリチウム汚染の可能性のある真空配管取り外し作業に おいては、半面マスク、ゴム手袋を装備して作業を行った。これらの作業終了後は、身体サーベ イを実施し、汚染していないことを確認して作業終了とした。

表7 放射化物の加工、汚染物の解体を伴う作業項目一覧

Š	加工作業	領域	加工工具	養生	局所排氣	*核種濃度	村質	内部被ばく線量評価(マスク)	汚染拡大防止と防護
-	入射ポートベローズの切断	I	タガネ	周囲養生	熊	1.3	SUS304		専用作業衣、靴、手袋、半 面マスク
21	T-NBI ポート用サポート切断	П	バンドソー	足場、周囲養生	熊	0.3	11		半面マスク、ゴーグル、専 用作業衣、靴、手袋
3	N-NBI 入射ポート、NBI 側ベロ ーズ切断	П	ゲラインダー	エリア区画	有	0.3	ll	2.5µSv/40h	11
4	PIG 室 TRT 配管切断	IV	パイプカッタセーバーソー	BIG 室分岐部で 1 種相当の区域管理		0.05	$\begin{array}{c} \mathrm{SUS304} \\ \mathrm{SUS316} \\ \mathrm{L} \end{array}$		専用作業衣、靴、手袋
73	PIG 室 TRT 配管溶接	IV	Tig 溶接	同上排煙措置	排煙	0.05	11	0.18µSv/40h	半面マスク、溶接マスク、 専用作業衣、靴、手袋
9	PIG 室貫通口配管切断	IV	パイプカッタ セーバーソー	周囲養生	無	0.05	SUS304	-	半面マスク、専用作業衣、 靴、手袋
7	PIG 室貫通口配管溶接	IV	Tig 溶接	排煙措置	排煙	0.05	11	0.23µSv/40h	半面マスク、溶接マスク、 専用作業衣、靴、手袋
8	本体室でヤグラ 2 分割	Ш, IV	プラズマ切断	GH 同等養生	有	$\begin{array}{c} 0.05 \sim \\ 0.07 \end{array}$	$\begin{array}{c} \mathrm{SS400} \\ \mathrm{SUS304} \end{array}$	1.3µSv/40h	"
6	ヤグラ切断(収納棟 GH)		プラズマ切断	GH 内養生に準拠	有	$0.05 \sim 0.07$	11	2.6µSv/40h	ll
10	カロメ駆動部カバー切断 30	П	バンドソー	周囲養生	無	0.3	SS400	-	ゴーグル、専用作業衣、靴、 手袋
11	上部スカート、気液分離器切断	П	プラズマ切断	GH 同等養生	有	$0.3 \sim 0.55$	SUS304	31.5µSv/40h	半面マスク、溶接マスク、 専用作業衣、靴、手袋
12	気液分離器溶接	Π	Tig 溶接	排煙措置	有	0.3	11	$1.65 \mu \mathrm{Sv}/40 \mathrm{h}$	Л
13	P2 計測ヤグラ切断(本体室)	Π	プラズマ切断	GH 同等養生	有	0.55	11	$13.2\mu \mathrm{Sv}/40\mathrm{h}$	JJ
14	P2 計測ヤグラ切断 (収納棟 GH)	•	プラズマ切断	GH 内養生に準拠	有	0.55	11	$52.8\mu Sv/40h$	ll II
15	GV 周りの解体作業	I , II	加工無し	床面養生、エリア区 画	無	1.3	11	-	専用作業衣、靴、ゴム手袋
16	中性化セル冷却水配管切断	Ш	パイプカッタバンドソー	周囲養生	₩	0.07	11		ゴーグル、靴、手袋
17	アルゴンガス配管切断	Ш, IV	パイプカッタ バンドソー	周囲養生	無	0.07	11	-	11
18	真空配管サポート部切断	Ħ	メンドソー	周囲養生	無	0.07	11	•	J)

*核種濃度 (Bq/g) は、2009 年 6 月時点での真空容器からの距離による実測データ (SUS304) を使用した。 GH はグリーンハウス。

- 1) NBI機器の解体範囲を図32に、P-NBIタンク及び周辺機器の解体範囲を図33に示す。
- 2) NBI 入射ポートの切断・養生例を図 34 に示す。
- 3) 真空機器の解体に伴う養生例を図35示す。
- 4) 大型機器の事業所内運搬時の養生例と実際に運搬したときの養生を図36に示す。

5.3 運搬管理

解体品を保管容器又は密閉容器に収納し、管理区域である機器収納棟や保管用地 1 に運搬・管理するための要領を表 8 に示す。

表 8 解体品の運搬・保管時の物品管理方法 (1/3)

分類	再利用品収納保管要領	NBI 対象解体品
分類 収保準 納管備	1. 保管容器又は密閉容器へ収納するもの (1) 解体現場での収納準備 ア. 切粉の処置 ①切粉除去後、目視にて切粉の無いことを確認する。 ②鋼材等錆の発生する材質の加工品は、加工部とその周囲 に防錆処置を実施する。詳細は「汚染物取扱要領」を参照 ③ガラス等は破損防止対策等の養生を行う。 イ. 表面汚染物 ①トリチウム表面密度の測定。 ②配管開口部をビニールシートで養生する。 ウ. 収納準備 ①同一機器は固縛し拡散防止を図る。 ②規制物質は要領に従い養生する。 3.再利用品メモを貼付する。 エ. 測定エリアへ運搬	NBI 対象解体品 ア. 鋼材等発錆材 質の切断品全般 イ. 入射ポート部 部品、真空配管等 「再使用品」も一部 を除いて、そのま ま準拠する。
	③再利用品メモを貼付する。	ま準拠する。
	2. 機器収納棟に保管する再利用品(密閉容器以外) ア. JT-60 実験棟での準備作業 ①内部汚染品は、フランジ等で汚染部を密閉処置する。	
	②大型品で重量測定不可のものは計算で重量を算出する。	

表 8 解体品の運搬・保管時の物品管理方法 (2/3)

	1. 測定エリアでの収納準備	
	ア. 放射化物測定	
	①大型機器の測定範囲は保安管理課と協議により決定する。	 1 大型機器
確認	②測定結果を再利用品メモに記入する。	・#11/12 ヤグラ
測定	③金属容器収納品は、容器の表面を測定する。	垂直タンク
	④保安管理課に依頼し搬出許可を得る。	・P2 計測ヤグラ
	イ. 再利用品タグ	
	①タグ番号を再利用品メモに記入する。	
	① 運搬中に表面の塗装膜や錆の剥離により汚染物が飛散しな	
養生	いように、車両に汚染防止の養生を実施する。(図 37 参照)	
	②雨天運搬時は、機器が濡れないための養生を実施する。	
	1. 保管容器又は密閉容器への収納	
	①周辺に、汚染拡散の恐れのある作業時には、収納作業不可とす	
	る。	
	②再利用品の重量、容器番号は再利用品メモに記入する。	
	③収納の制限重量は、保管容器 20t、密閉容器 30t とする。	
	④再利用品メモに記入の全情報を、保管管理システムに登録す	
収納	る。	
12/1/1		
	2. 保管容器又は密閉容器の搬出準備	
	①収納完了後、上部から写真撮影する。	
	②密閉容器は溶接密閉処置後、浸透探傷検査等で健全性を確認す	
	る。	
	③保管容器は施錠の後、ゴムパッキンシール部にアルミテープを	
	貼付し遮光処置をする。	
	1. 保管容器又は密閉容器の搬出	
	ア. 組立室からの容器搬出	
	①保管管理台帳に必要事項を記入する。	NBI 解体品の「再
搬出	②「搬出放射性物質等運搬記録票」を作成する。	使用品」も一部を
	③容器を車両に積載し転倒防止処置を行う。	除き、準拠する。
	④放射線測定を行い、車両及び保管容器に標識と重量表示をす	
	3.	
	⑤「本体室等作業手引書」に従い搬出する。	

表8 解体品の運搬・保管時の物品管理方法 (3/3)

保管	①保管場所での保管管理方法は「放射化物保管管理要領(加熱電源棟、発電機棟、イオン源室)に従うこと。	
搬入	1. 保管用地(1) 又は機器収納棟への搬入 ①荷降ろし後の車両は、荷台等の表面密度を測定し、異常なしを 確認後、退出する。但し、測定については、区域管理者が必要 なしと判断した場合は省略できる。	
搬出	3. 機器収納棟内保管容器への収納 ア. 切断作業は「収納棟作業要領」に準拠する。 ①切断前に放射化物記録票を外し、作業中は周辺に明示する。 ②切断後、切粉の掃除、固縛や養生を実施する。 ③切断品の表面線量当量は放射化物記録票の値を使用する。表面密度測定は全切断部材毎に実施する。 ④保管容器に収納後、収納品重量を測定する。 ⑤再利用品タグを貼付、再利用品メモを作成、保管管理システムに登録する。 4. 機器収納棟に保管する再利用品(密閉容器以外) ア. 機器収納棟への運搬 ①再利用品リストを作成する。 ②運搬物の車両への積載時には、汚染物飛散車両汚染防止の養生、「運搬時汚染拡大防止対策」参照。車両に積載後、転倒等防止処置を実施する。 ③放射線測定後、車両に標識と重量を表示する。 ④「本体室等作業手引書」に従い、搬出する。 ⑤「安全取扱手引」に従い、運搬する。 1. 保管用地(1)又は機器収納棟への搬入	対象品 ・#11/12 ヤグラ ・P2 計測ヤグラ 対象品 ・#11、12 タンク
	2. 機器収納棟で切断し、保管容器へ収納する再利用品 ア. 機器収納棟への運搬 ①放射化物測定、放射化物記録票、放射化物確認測定記録票を作成する。 ②切断した機器は、切粉の清掃と目視で切粉の無いことを確認する。 ③運搬物を車両へ積載する時には、汚染物飛散防止のための養生を行うこと。「運搬時汚染拡大防止対策」参照	

5.4 NBI タンクのトリチウム漏洩評価について

JT-60 の解体計画では、NBI タンクや計測機器のような内部にトリチウム汚染のある又は可能性のある真空機器(フランジ密閉構造物)について、JT-60SA で再使用するために、管理区域を新たに設定し、そこで保管・管理することとした。真空機器を閉止フランジにて密閉し保管する機器については、フランジ継手部からのトリチウム漏洩の可能性と、トリチウムが漏えいした場合の保管区域への影響について、予め測定した真空機器内部の、トリチウム表面密度測定結果を基に以下のように評価した。

フランジ構造物の代表として、JT-60 プラズマに最も近く、かつ自らも真空排気を行い、フランジ継手が多数存在することから、最もトリチウム漏洩の可能性が大きいと想定される NBI タンクのトリチウム漏洩について評価した。

(1) NBI タンクのトリチウム表面密度測定データ

JT-60 実験運転期に NBI タンク外部及び内部のトリチウム表面密度(スミヤ法による)を測定した結果(2003 年及び 2005 年)を表 9 に、JT-60 実験運転終了後(2009 年)の測定結果を表 10 に示す。なお、JT-60 発電機棟 MG 室での保管は、JT-60SA 計画における再使用のための保管であり、また、JT-60 機器収納棟への保管は、展示機器として長期保管を目的としたものである。

表 9 NBI タンクのトリチウム表面密度測定結果 (2003 年及び 2005 年)

	<i>★</i>	枚タ NDIタノクのドン	ノンシンシン 7 女国的政政府部 (Z003 十次の Z003 十)	Y COO7	. C. 2002 +-)		
2	女		タンク内の測定位置 (単位:Bq/cm²)	: (単位: Bq/cm²)			垂
0 Z	4	内壁面又は配管	クライオポンプ	タンク内床面	ビームライン	倒作口	三
div iv	接線入射	ND	ND	ND	ターメーリロな:9:0	2003/9	十条 公田 耶
QNI-NI	(ダンプタンク内部)	1.5	2.7	89.0	ı	2005/3	4. 全年 生 化 自
T-NBI	书 L 邸 卒	ND	ND	1.02	1.75, GV:25	2003/7	十条 公田 耶
(#6/10)	[女際人物]	103	ı	1	32	2005/3	4. 全体生活 国
T-NBI	接線入射	<i>L</i> 8	6.0	1.7	0.5	2005/3	本体室据置
(0//#)							
‡ 13	無古公 上西丁群	Ę	Ę	2	0.52	7/2006	機器収納棟
£1#	垂 巨 が 上 円 入 約	Q	QV	IND	(GV:1.27)	2003/4	保管品

表 10 NBI タンクのトリチウム表面密度測定結果(平成 21年)

口签相正	木 目	発電機棟 MG 室	保管品	機器収納棟	保管品	発電機棟 MG 室	保管品
口 小 英	倒在工	7/0000	7/6007	L/000C	7/6007	L/000C	7/6007
外部	GV フランジ外部	ND	(内部 GV 付近:46)		QV.		QN
$/cm^2$)	タンク内床面	3 /	4.3	Q.	Q	di Z	N N
タンク内の測定位置(単位: Bq/cm^2)	クライオポンプ	2 50	0.72	36.0	67.0	0.4	4.0
タンク内の	第2ビームリミタ	L 3 C	53.7	9		Q.	QN.
美生		ガノぶ二カ批グで併用 公 1点	タイペーク 好入で反力・対上回	垂直公下台 1 肆	用同种一四人约	布耳公丁宁 計	用一样一三人名
N.	0.00	171	I #	C#	7 ‡	7#	‡

(2) 測定結果

- 1) JT-60 実験運転期に測定した、NBI タンク内外面のトリチウム表面密度の測定結果を表 9 に示す。その結果、運転停止期間により絶対値に違いはあるものの、接線入射用 NBI ユニット (TNBI) のトリチウム表面密度が P-NBI ユニットよりも高いことが言える。これは、プラズマ実験入射時における真空境界の状態が、T-NBI ユニットと P-NBI ユニットで違っているためである。P-NBI ユニットは、実験入射シーケンスに則って、プラズマ入射前に高速シャッターが全開となり、入射終了直後に全閉とすることで、JT-60 真空容器からのトリチウムガスの移動を防いでいる。一方、T-NBI ユニットは、JT-60 真空容器と T-NBI タンク接続部の空間的余裕がないため、高速シャッターが設置されていない。このことから、プラズマ入射に係らず常時真空容器内で発生するトリチウムをクライオポンプで排気している結果、T-NB タンク内のトリチウム表面密度が高いレベルにある。
- 2) JT-60 実験終了後、いわゆる SA に向けた解体前に NBI タンク内面及び外表面のトリチウム表面密度を測定した結果を表 9 に示す。真空容器外表面の測定結果は、全てのタンクにおいて検出限界以下である。外表面の測定箇所は、内部が最も汚染されているとみられる GV フランジ周辺部を測定した。
- 3) ダイバータ排気用 NBI(#1)ユニットは、接線ビーム入射用タンクの次にトリチウム表面密度が高い。この理由として、T-NBI ユニットと同様に、試験期間中(約8~10時間程度/実験日)継続して GV1 及び高速シャッターが開放されているためである。
- 4) ビーム入射時のみ高速シャッターが開放される NBI (#2/#4/#13) ユニットでは、JT-60 真空容器からの影響が少ないため、トリチウム表面密度が最も低い結果となっている。
- 5) 解体前に測定した 3 基 (#1/#2/#4) のトリチウム表面密度の結果を表 10 に示す。何れタンクについても、真空容器外部におけるトリチウム表面密度測定結果は検出感度以下であり、フランジ部等から外部へのトリチウム漏洩は無い。このことから、重水素実験が開始されてから、JT-60 解体開始までの約 17 年間の運転期間中に、真空容器や NBI タンクなどから大気中(外部)へトリチウム漏洩が無かったことを示しており、同様の管理を継続することで、保管場所である JT-60 発電機棟 MG 室及び JT-60 機器収納棟に NBI タンクを長期保管しても問題ないと言える。

(3) バイトン (フランジ部) からのトリチウム透過量の算出

NBI タンクの中で、タンク内部の表面汚染が最も高い#1 ユニット(表 10 参照)について、トリチウム透過量を評価する。 #1 ユニットの測定箇所で、その最大値を示した GV1 近傍値(46Bq/cm²)のトリチウムが、全タンク内面積(380m²)に存在すると仮定する(安全率を最大限考慮)。 この時のトリチウム量は、46Bq/ cm²×380 m² \Rightarrow 180MBq が存在することとなり、このトリチウムの分圧が NB タンクのバイトン O リング部から透過すると仮定して透過量を求める。計算式及び計算結果を以下に示す。

- 1) 透過流量を求める式は、透過流量 $Q=\Delta P \Sigma q A i/L i$ (透過部の断面積: $A i(m^2)$, 圧力差: $\Delta P(Pa)$, 透過部の厚さ: L i(m), 透過係数: $q(m^2/s)$
- 2) 水素のバイトン透過係数 q:3.5×10⁻¹² (m²/s) (プラズマ・核融合学会誌第 69 巻第 5 号[93 年 5 月 p465 参照])
- 3) O リングの透過量データ: ΣqAi/Li=1.73×10⁻¹⁰m³/s------①
- 4) NBI タンク中のトリチウム分圧 Pi: 1.5×10⁻⁵ (Pa) (以下の解説*1) 参照)

 $=1.7\times10^{-7}$ mol $\times22.4\times10^{-3}$ atm·m³

*1) 180MBq のトリチウムが、全量、タンク内部 (25 m³) に拡散**したと仮定した場合、

 $1Bq=T/1.78\times10^{-9} \ \text{L} \ \text{0} \ \text{.} \ 180MBq=1.0\times10^{17}/6.02\times10^{23} atm \cdot m^3$

$$=3.7\times10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3$$
 ---- ②

=Pi×25m³

よって、NBI タンク中のトリチウムの分圧 $Pi=1.5\times10^{-5}$ (Pa) ----③ (**実際には、室温レベルのトリチウムはタンク内構造物に付着したままと想定される。) 大気圧で NB タンクを閉止することより、トリチウムの分圧 Pi がタンク外部とのトリ

5) 大気圧 C NB タンクを闭止することより、トリテリムの分圧 P1 かタンク外部とのトリチウムの差圧 ΔP (Pa) となり、NBI タンクの O リング(47 個)からの合計トリチウム透過量 Q は、

 $Q=1.73\times10^{-10} \text{m}^{3}/\text{s}\times1.5\times10^{-5} \text{ Pa}=\underline{2.6\times10^{-15}Pam^{3}/\text{s}}=\underline{9.4\times10^{-12}Pa} \cdot \underline{\text{m}^{3}/\text{h}} \cdots \oplus \underline{9.4\times10^{-12}Pa} \cdot \underline{\text{m}^{3}/\text{h}} \cdots \oplus \underline{9.4\times10^{-12}Pa} \cdot \underline{9.4$

④及び⑤より、 $Q=9.4\times10^{-12}\times4.9\times10^{11}$ Bq/h=4.6Bq/h

(4) 発電機棟 MG 室でのトリチウム漏洩量の評価

NBI タンクを 10 年間、換気せずに発電機棟 MG 室に保管していたと仮定すると、(実際には、北側壁上部がガラリにより、自然換気状態であるが)

タンク 1 基の 10 年間におけるトリチウム透過量は・・4.6Bq×24h×2190d=0.24MBq

よって、発電機棟にて 10 年間保管される NBI タンク 8 基のトリチウム漏洩量は、減衰を無視して 8 基×0.24 MBq=1.9MBq

この時の、発電機棟 MG 室/補機室 (34,400m³) のトリチウム濃度は、

 $1.9 M B q/34,400 m^3=55 B q/m^3=5.5 \times 10^{-5} B q/c m^3$ (<8×10 $^{-1}$:法令によるトリチウム水の空気中濃度限度)

これらのことから、NB タンク 8 基を発電機棟 MG 室に 10 年間保管した場合、最も不安全側に評価してもトリチウム透過量は検出感度である 10⁻⁵ Bq/cm³程度である。保管場所では、室内の空気が自然換気されるため、減衰も考慮するとトリチウムが検出されることは全くない。

(5) 機器収納棟収納室でのトリチウム漏洩量の評価

JT-60 機器収納棟において、タンク 2 基を保管するときのトリチウム濃度は、換気やシャッターの開閉をしないと仮定して、10 年間同条件で収納室(28,000m³)に保管すると仮定すると、2 基×4.6 Bg/h×24h×3650d =0.8MBg

収納室内トリチウム濃度は、 $0.8 MBq / 28,000 m^3 = 28.6 Bq / m^3 = 2.86 Bq \times 10^{-5} / cm^3$

NB タンク 2 基を JT-60 機器収納棟収納室に 10 年間保管したとき、最も不安全側に評価しても、トリチウム透過量は検出感度程度である。よって、減衰も考慮するとトリチウムが検出されることはない。(実際には機器搬出入のためのシャッター開閉や、点検時には換気が行われるため、さらに不検出側となる。)

これらの結果から、NB タンクを JT-60 発電機棟 MG 室及び JT-60 機器収納棟収納室に 保管した時のトリチウム透過量は検出感度である 10^{5} Bq/cm 3 未満であり問題ないと言える。

6. 解体品の保管・管理

JT-60NBI機器の解体・収納作業を実施するにあたり、既に定められている「JT-60解体品の区分と収納保管施設」に準じてNBIの解体作業で発生した解体品を、JT-60SA装置に戻して再使用する機器(「再使用品」という)と、JT-60SAには戻さずに再利用を目的とした機器(「再利用品」という)に分類し、それぞれ定められた保管場所に収納・保管した。

6.1 再使用機器の管理

6.1.1 再使用のための養生

今回、解体・撤去した大部分の NBI 機器は、JT-60SA 装置で再使用する予定であり、解体作業にあたっては、再使用を考慮して過大な衝撃、振動等を与えず解体作業を実施した。また、仮置き場所で長期保管するために、防塵、防錆処理を含む十分な養生を施してから、保管場所への移動、搬出並びに、収納作業を実施した。P-NBI 主排気タンクやクライオポンプ及び N-NBI 用 SF6 ガスダクト等の内部管理については、機器の腐食防止のため、金属製フランジで密閉した後、主排気タンク内及び SF6 ガスダクト内は窒素ガスを、クライオポンプは真空引き後、窒素系配管内は窒素ガス、ヘリウム系配管内はヘリウムガスをそれぞれ充填し再使用に備えた。ビームライン受熱機器冷却水配管内は高圧空気にて水抜きした後に、真空ポンプにて水分を除去し、窒素ガスを大気圧まで封入密閉し保管した。但し、#11、12 ユニットの解体品については、原則として、再使用のための養生等は省略し作業の合理化に努めた。長期保管のための養生等については、4 章に示す通りである。

6.1.2 ビームライン受熱機器の保管管理(水抜き、乾燥)

JT-60SA において再使用されるビームライン機器を、再使用可能な状態で長期間保管する必要がある。特に、銅金属材を使用したビームライン受熱機器は、内面の腐食防止対策を講じる必要があり、解体・保管前に次のような措置をした。まず、ビームライン機器が据え付けられた状態で、概ね 0.5MPa の圧縮空気を使用して機器内部に溜まっている水分を排出する。本操作を繰り返し行い、排出される気液の量の大部分が空気分に切り替わったら、真空ポンプを用いて内部を真空乾燥する。さらに真空乾燥後に乾燥空気又は窒素ガス等のガスにて内部をガス置換・充填し機器内面の緑青発生等を防止した。水抜き・真空

乾燥を行ったビームラインタンクは、再使用予定の無い#2、#13 も含め、P-NBI、T-NBI、N-NBI の全ビームライン受熱機器について実施した。

代表的な真空乾燥データを図 37 に示す。X 軸に真空排気時間を、Y1 軸にビームリミタ内部の圧力を、Y2 軸に真空ポンプで排気した時の総排水量を示す。真空引き開始後に内部の水分が沸騰を開始し、水が蒸発、約 20 時間経過付近から蒸気の排気となり、圧力と水分排出が平衡になった所で真空乾燥の目役として作業終了とした。なお、ビームリミタの乾燥作業に要した時間は約 30 時間であった。

6.1.3 再使用品保管場所での管理要領

本体室及び組立室内から解体・撤去した NBI の再使用機器は、新たに放射線管理区域を設定した JT-60 実験棟イオン源室、JT-60 加熱電源棟 NBI 電源室 (I)、JT-60 発電機棟 MG 室内にて保管管理した。

以下は、那珂核融合研究所放射線安全取扱手引(2008年12月制定以下、「安全取扱手引」という。)に基づき制定した各建屋での物品の保管管理に関する要領を定めたものである。「放射化物の確認及び区分」、「放射化物の使用」、「放射化物の保管」、「放射化物の搬出」、「放射化物の廃棄」及び「放射化物の運搬」については安全取扱手引による。

(1) JT-60 実験棟イオン源室

JT-60 実験棟イオン源室に保管する保管物品リストを表 11 に示す。また、JT-60 実験棟イオン源室内の機器配置及び管理区域の区画を図 38 に示す。保管エリアは東側壁から「2m」、西側壁から「2m」、南側外壁から「1.5m」、北側フェンスから「1.5m」離れた幅 4m、長さ7m の領域内とする。保管方法は、合計 28 台の正イオン源をイオン源置き場内に配置し、各イオン源には放射化物記録票を見やすい場所に取り付けて、本体室に戻す場所を明記した。点検は、持ち込み後から再使用のために持ち出しするまで、毎月 1 回、荷崩れや異常がないことを定期的に確認し、点検用紙にその旨を記載する。

表 11 イオン源室保管物品リスト

系統名	機器名	放射化物番号	保管開始日	放射化物測定の記録	汚染の
	//1 / よい// A	056 21 1	2000 (1 (-0.15 C /L 0 < 0.4D -/2	可能性
P-NBI #1	#1 イオン源 A	056-21-1	2009.6.16	$\gamma = 0.15 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
	#1 イオン源 B	056-21-2	2009.6.16	$\gamma = 0.16 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #2	#2 イオン源 A	056-21-3	2009.6.16	$\gamma = 0.18 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
	#2 イオン源 B	056-21-4	2009.6.16	$\gamma = 0.21 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #3	#3 イオン源 A	056-21-5	2009.6.16	$\gamma = 0.18 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
r-NDI#3	#3 イオン源 B	056-21-6	2009.6.16	$\gamma = 0.14 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
T ND1 //4	#4 イオン源 A	056-21-7	2009.6.16	$\gamma = 0.21 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
T-NBI #4	#4 イオン源 B	056-21-8	2009.6.16	$\gamma = 0.20 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
	#6 イオン源 A	056-21-9	2009.6.16	$\gamma = 0.20 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #6	#6 イオン源 B	056-21-10	2009.6.16	$\gamma = 0.15 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
	#7 イオン源 A	056-21-11	2009.6.16	$\gamma = 0.15 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #7	#7 イオン源 B	056-21-12	2009.6.16	$\gamma = 0.18 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
	#8 イオン源 A	056-21-13	2009.6.16	$\gamma = 0.17 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #8	#8 イオン源 B	056-21-14	2009.6.16	$\gamma = 0.18 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
	#9 イオン源 A	056-21-15	2009.6.16	$\gamma = 0.18 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #9	#9 イオン源 B	056-21-16	2009.6.16	$\gamma = 0.20 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
D 31D4 #40	#10 イオン源 A	056-21-17	2009.6.16	$\gamma = 0.25 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #10	#10 イオン源 B	056-21-18	2009.6.16	$\gamma = 0.20 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
	#12 イオン源 A	056-21-19	2009.6.16	$\gamma = 0.20 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #12	#12 イオン源 B	056-21-20	2009.6.16	$\gamma = 0.25 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
	#13 イオン源 A	056-21-21	2009.6.16	$\gamma = 0.18 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #13	#13 イオン源 B	056-21-22	2009.6.16	$\gamma = 0.16 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
D 37D7 #4 :	#14 イオン源 A	056-21-23	2009.6.16	$\gamma = 0.20 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #14	#14 イオン源 B	056-21-24	2009.6.16	$\gamma = 0.25 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
D NIDI #5	#5 イオン源 A	056-21-25	2009.6.16	$\gamma = 0.13 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #5	#5 イオン源 B	056-21-26	2009.6.16	$\gamma = 0.12 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
D MDI #11	#11 イオン源 A	056-21-27	2009.6.16	$\gamma = 0.10 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無
P-NBI #11	#11 イオン源 B	056-21-28	2009.6.16	$\gamma = 0.13 \mu \text{Sv/h}$ $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$	無

(2) JT-60 加熱電源棟 NBI 電源室 (I)

JT-60 加熱電源棟電源室(I)に保管する保管物品リストを表 12 に示す。JT-60 加熱電源棟 NBI 電源室(I)放射化物保管配置を図 39 に示す。保管エリアは東側外壁から「1.2m」、西側シャッターから「1.2m」、南側外壁から「1.2m」、北側外壁から「1.2m」離れた幅約 25m、長さ約 24m の領域内とする。保管方法は、床に養生用コンパネ及びビニールシートで養生した上に保管機器を設置する。真空配管のフランジ面には、「開封厳禁」を表示し、取り付けボルトにはマーキングをして、緩みのチェックを確認できるようにした。積載する機器は結束バンド等を用いて荷崩れの起こらないようにした。また、各機器に放射化物

記録票を見やすい場所に取り付けて、本体室に戻す場所を明記した。毎月 1 回、定期的に 点検を行い荷崩れや異常がないことを確認し、記録に残している。

表 12 加熱電源棟 NBI 電源室 (I) 保管物品リスト (1/4)

ユニッ	W 88 6		ham Net		測定値γ	測定値 β
1	機器名	NBI 機器番号	個数	測定年月日	(µSv/h)	(Bq/cm ²)
	DC リアクトル	N4-1	1	2009/12/8	0.07	<0.4
	AC リアクトル	N4-2	5	2009/12/8	0.07-0.08	<0.4
	サージブロッカ	N4-3	7	2009/12/8	0.06-0.08	<0.4
	サージブロッカバイアス電源	N4-4	1	2009/12/8	0.08	<0.4
	セシウムオーブン温調盤 U,L	N4-5	2	2009/12/8	0.06-0.07	<0.4
	セシウム光変換器盤 U,L	N4-6,7	1	2009/12/8	0.06-0.07	<0.4
	ガス導入集合装置	N4-8	1	2009/12/8	0.07	<0.4
	パーテーション	N4-9	3	2009/12/8	0.06-0.08	<0.4
	SB ケーブルトレイ支持柱	N4-10	1	2009/12/8	0.06	<0.4
	コロナシールド (4F)	N4-11	13	2009/12/11	0.06-0.09	<0.4
	コロナシールド (2F)	N4-12	13	2009/12/16	0.06-0.08	<0.4
NNBI	コロナシールド (1F)	N4-13	7	2009/12/14	0.06-0.1	<0.4
ININDI	HVT パネル	N5	2	2009/12/11	0.08-0.09	<0.4
	長幹碍子	N7	1	2010/1/7	0.12-0.14	<0.4
	長幹碍子ベース,ロッド	N8	1	2010/1/12	0.06	<0.4
	HVT 周囲'フェンス 用付属品	N9	22	2009/11/19	0.07-0.1	< 0.4
	冷却系計装盤	N11	1	2009/11/19	0.07	< 0.4
	スプライスボックス (U) (L)	N12-1	2	2009/11/19	0.06	<0.4
	冷却系電気盤	N13	1	2009/11/19	0.06	<0.4
	NNBI 状態表示盤	N14	1	2009/11/19	0.07	<0.4
	NNBI 接地装置類	N15	6	2009/12/2	0.07-0.08	<0.4
	煙警報盤,センサー	N16	3	2009/11/19	0.08-0.09	<0.4
	水素ガス検知器盤	N32	1	2009/11/19	0.08	<0.4
	絶縁トランス(CS 用)	N35	2	2009/12/8	0.06-0.07	<0.4

表 12 加熱電源棟 NBI 電源室 (I) 保管物品リスト (2/4)

ユニッ	機器名	NBI 機器番号	個数	測定年月日	測定値γ	測定値 β
<u>۱</u>		NBI 機奋争方 	10数	側足年月日 	$(\mu Sv/h)$	(Bq/cm^2)
	WJ冷却配管	P15-#1-1,2	2	2011/7/27	0.11	< 0.4
	BD 冷却配管	P15-#1-3,4	5	2011/7/27	0.11-0.12	< 0.4
	圧空配管	P20-#1-1	1	2011/11/2	0.11	< 0.4
	リーク配管	P20-#1-2	1	2011/11/2	0.11	< 0.4
#1	粗引配管	P20-#1-3	3	2011/11/2	0.11-0.13	< 0.4
#1	TMP 背圧配管	P20-#1-4	3	2011/11/2	0.1-0.14	< 0.4
	カロメ圧空配管	P20-#1-7	1	2011/7/27	0.11	< 0.4
	3F ステージ安全柵	P22-#1-1	3	2011/10/28	0.08-0.1	< 0.4
	中性化セル冷却配管	P31-#1-1,2	4	2011/7/27	0.12-0.13	< 0.4
	カロメエアシリンダ	P32-#1	1	2011/11/16	0.09	< 0.4
	ケーブルトレイ	#2-14	1	2011/8/23	0.12	< 0.4
	カロメエアシリンダ	P6-#2	1	2011/6/29	0.06	< 0.4
	カバー上安全柵	P8-#2-1	3	2011/6/29	0.09	< 0.4
	5F ステージ	P9-#2	4	2010/8/18	0.1-0.13	< 0.4
	5F ステージ安全柵	P10-#2-1	6	2010/8/17	0.1-0.14	< 0.4
#2	粗引配管	P13-#2-2	2	2011/6/29	0.08-0.15	< 0.4
#2	TMP 背圧配管	P13-#2-3	2	2011/6/29	0.08-0.14	<0.4
	均圧配管	P13-#2-4	3	2011/6/29	0.08-0.1	< 0.4
	リーク配管	P13-#2-5	1	2011/6/29	0.14	<0.4
	圧空配管	P13-#2-6	1	2011/6/29	0.14	< 0.4
	BD 冷却配管	P15-#2-3,4	3	2011/8/22	0.18	<0.4
	WJ冷却配管	P15-#2-1,2	2	2011/8/23	0.17-0.28	< 0.4
	WJ冷却配管	P15-#3-1,2	2	2011/7/26	0.11-0.12	< 0.4
	BD 冷却配管	P15-#3-3,4	7	2011/7/26	0.09-0.11	< 0.4
	圧空配管	P20-#3-1	1	2011/11/16	0.14	< 0.4
	リーク配管	P20-#3-2	1	2011/11/16	0.14	< 0.4
	粗引配管	P20-#3-3	3	2011/11/16	0.11	<0.4
#3	TMP 背圧配管	P20-#3-4	3	2011/11/16	0.1-0.12	<0.4
	カロメ圧空配管	P20-#3-7	1	2011/7/26	0.11	<0.4
	ドレン配管	P20-#3-8	1	2011/11/16	0.13	<0.4
	3F ステージ安全柵	P22-#3-1	2	2011/11/17	0.130.15	<0.4
	中性化セル冷却配管	P31-#3-1,2	4	2011/7/26	0.1-0.12	<0.4
	カロメエアシリンダ	P32-#3	1	2011/12/13	0.05	< 0.4

表 12 加熱電源棟 NBI 電源室 (I) 保管物品リスト (3/4)

ユニッ					測定値γ	測定値 β
 	機器名	NBI 機器番号	個数	測定年月日	(μSv/h)	(Bq/cm ²)
	ケーブルトレイ	#4-14	1	2011/8/23	0.12	<0.4
	カロメエアシリンダ	P6-#4	1	2011/2/21	0.09	<0.4
		P8-#4-1	3	2011/2/21	0.12	<0.4
	5F ステージ	P9-#4	5	2010/7/12	0.11-0.15	<0.4
	5F ステージ安全柵	P10-#4-1	6	2010/7/9	0.12-0.15	<0.4
	粗引配管	P13-#4-2	2	2011/2/21	0.13-0.16	<0.4
#4	TMP 背圧配管	P13-#4-3	2	2011/2/21	0.13-0.18	<0.4
	均圧配管	P13-#4-4	3	2011/2/21	0.11-0.18	< 0.4
	リーク配管	P13-#4-5	1	2011/2/21	0.15	< 0.4
	圧空配管	P13-#4-6	1	2011/2/21	0.18	< 0.4
	WJ 冷却配管	P15-#4-1.2	1	2011/8/22	0.19-0.2	< 0.4
	BD 冷却配管	P15-#4-3,4	1	2011/8/22	0.19-0.22	<0.4
	ドレン配管	#5-27	1	2011/10/6	0.13	< 0.4
	WJ 冷却配管	P15-#5-1.2	1	2011/7/12	0.11	< 0.4
	BD 冷却配管	P15-#5-3,4	7	2011/7/12	0.1-0.11	<0.4
	圧空配管	P20-#5-1	2	2011/10/6	0.13	<0.4
	リーク配管	P20-#5-2	1	2011/10/6	0.13	<0.4
#5	粗引配管	P20-#5-3	3	2011/10/6	0.11-0.13	<0.4
	TMP 背圧配管	P20-#5-4	3	2011/10/6	0.1-0.13	<0.4
	カロメ圧空配管	P20-#5-7	1	2011/7/12	0.12	<0.4
	3F ステージ安全柵	P22-#5-1	3	2011/10/6	0.13-0.16	<0.4
	中性化セル冷却配管	P31-#5-1,2	4	2011/7/12	0.11-0.12	<0.4
	カロメエアシリンダ	P32-#5	1	2011/10/31	0.06	<0.4
	ケーブルトレイ	#6-13	1	2011/8/23	0.13	<0.4
	カロメエアシリンダ	P6-#6	1	2011/2/21	0.1	<0.4
	カバー上安全柵	P8-#6-1	3	2011/2/21	0.12-0.13	<0.4
	5F ステージ	P9-#6	6	2010/6/25	0.1-0.12	<0.4
	5F ステージ安全柵	P10-#6-1	6	2010/6/30	0.1-0.13	<0.4
#6	粗引配管	P13-#6-2	2	2011/2/21	0.13-0.18	<0.4
	TMP 背圧配管	P13-#6-3	2	2011/2/21	0.15-0.18	<0.4
	均圧配管	P13-#6-4	3	2011/2/21	0.1-0.16	<0.4
	リーク配管	P13-#6-5	1	2011/2/21	0.15	<0.4
	圧空配管	P13-#6-6	1	2011/2/21	0.15	<0.4
	WJ 冷却配管	P15-#6-1,2	1	2011/8/23	0.16-0.18	<0.4

表 12 加熱電源棟 NBI 電源室 (I) 保管物品リスト (4/4)

ユニッ	14% 111 27	NDI WELL	加米	测点欠月月	測定値γ	測定値 β
1	機器名	NBI 機器番号	個数	測定年月日	(µSv/h)	(Bq/cm ²)
#6	BD 冷却配管	P15-#6-4	4	2011/8/23	0.11-0.21	<0.4
	WJ冷却配管	P15-#13-1	2	2011/8/4	0.1-0.11	<0.4
	BD 冷却配管	P15-#13-3,4	6	2011/8/4	0.1-0.11	<0.4
	ドレン配管	P 20-#13	1	2011/9/16	0.14	<0.4
	圧空配管	P 20-#13-1	3	2011/9/16	0.09-0.16	<0.4
	リーク配管	P20-#13-2	1	2011/9/16	0.16	<0.4
#13	粗引配管	P 20-#13-3	3	2011/9/16	0.09-0.13	<0.4
	TMP 背圧配管	P 20-#13-4	3	2011/9/20	0.09-0.13	<0.4
	カロメ圧空配管	P20-#13-7	1	2011/8/4	0.11	<0.4
	3F ステージ安全柵	P 22-#13	5	2011/9/20	0.07-0.11	<0.4
	中性化セル冷却配管	P31-#13-1,2	4	2011/8/4	0.1-0.11	<0.4
	カロメエアシリンダ	P32-#13	1	2011/10/6	0.07	<0.4
	ケーブルトレイ	#14-13	1	2011/8/5	0.13	<0.4
	カロメエアシリンダ	P6-#14	1	2011/5/23	0.06	<0.4
	カバー上安全柵	P8-#14-1	3	2011/5/23	0.1-0.11	<0.4
	5F ステージ	P9-#14	6	2010/7/26	0.11-0.13	<0.4
	5F ステージ安全柵	P10-#14-1	6	2010/7/23	0.13-0.15	<0.4
#14	粗引配管	P13-#14-2	2	2011/5/23	0.1-0.14	<0.4
#14	TMP 背圧配管	P13-#14-3	2	2011/5/23	0.12	<0.4
	均圧配管	P13-#14-4	3	2011/5/23	0.09-0.13	<0.4
	リーク配管	P13-#14-5	1	2011/5/23	0.12	<0.4
	圧空配管	P13-#14-6	1	2011/5/23	0.11	<0.4
	WJ 冷却配管	P15-#14-1,2	2	2011/8/5	0.130.16	<0.4
	BD 冷却配管	P15-#14-3,4	3	2011/8/5	0.15-0.16	<0.4

(3) JT-60 発電機棟 MG 室

JT-60 発電機棟 MG 室に保管する保管物品リストを表 13 に示す。図 40 に JT-60 発電機棟 MG 室内の保管管理品機器配置を示す。保管エリアは東側壁から「0.3m」、西側シャッターから「0.3m」、南側フェンスから「1.2m」、北側壁から「0.4m」離れた幅約 15m、長さ約 68mの領域内に整然と配置した。保管方法は、床に養生用コンパネを敷設し、その上をビニールシートで養生し保管機器を設置した。JT-60 発電機棟 MG 室内には、NB 解体品のうちの P-NBI 用タンクや N-NBI 用高電位テーブル等の大型構造物を保管することとしたため、レーザー式火災報知器(減光式煙感知器)の光路を遮断しないように留意して各機器を配置した。NBI タンクは、新たに作った井桁の上に設置し、井桁とタンクを 8 本のボルトで固定して転倒防止を図った。NBI タンクは、各開口部に閉止板を取り付け、内部

を大気圧以下に減圧することで、外部へのトリチウム漏洩を防いだ構造とした。閉止板は、みだりに取り外しできないように「開封厳禁」表示を行った。さらに、閉止板の接続ボルトとナットにマーキングを施し、点検時に閉止板の緩みがないことを確認できるようにした。N-NBI 高電位テーブル(HVT)の保管方法は、吊天秤・使用ワイヤの長さ及びクレーンの揚程等を考慮の上、台木の高さを決定した。HVT 上部に保管する物品は、安全対策のため結束バンド等を用いて荷崩れ防止を行った。各種解体機器には放射化物記録票を見やすい位置に取り付けて、再据付時の移動が容易にできるような措置をした。

表 13 JT-60 発電機棟 MG 室保管物品リスト (1/3)

ユニ	LW 00 P2	1101 W 111 TO 1	业. 目		測定値γ	測定値 β
ット	機器名	NBI 機器番号	数量	測定年月日	(μSv/h)	(Bq/cm ²)
	HVT2F~4F(本体)	N1	1	2009/12/25	0.05	< 0.4
	HVT1F(本体,ベース金具等)	N2	3	2009/12/25	0.06-0.08	< 0.4
	HVT 昇降階段	N3	1	2010/1/7	0.06	<0.4
	イオン源タンク昇降階段1	N10-1	6	2009/12/2	0.07-0.08	< 0.4
	中性化セル昇降階段	N10-2	1	2009/12/2	0.07	<0.4
	ケーブルトレイ,コロナシールド	N17	11	2009/11/19	0.06-0.08	<0.4
	ケーブル	N17-1	95	2009/11/19	0.05-0.12	<0.4
	保守ステージ 1,2,3,4F	N18	5	2009/12/3	0.07	<0.4
	イオン源L用ケーブル	N18-10	3	2009/11/19	0.07-0.08	<0.4
NINIDI	FRP 筒/ライナー	N18-11	7	2009/12/3	0.07-0.09	< 0.4
NNBI	イオン源保守ステージ昇降階段	N19	3	2009/12/3	0.07	<0.4
	ホースサポート,イオン源ヘッダ	N20	2	2009/12/3	0.07	<0.4
	ヘッダー部配管	N21	3	2009/12/3	0.07-0.08	<0.4
	ガスシース 1,2 架台	N22	3	2009/11/25	0.07-0.08	<0.4
	加速ケーブル,ブッシング	N23	4	2010/1/7	0.08	<0.4
	一次加速ブッシング	N24	1	2009/11/25	0.07	<0.4
	二次加速ブッシング	N25	1	2009/11/25	0.07	<0.4
	加速ブッシングシールド	N26	4	2009/11/25	0.07	<0.4
	負イオン源リングリールド	N168	1式	2010/11/1	0.08	<0.4
	負イオン源部品	N169	3	2010/11/1	0.12	<0.4
	3F 歩廊	P18-#1-1	4	2011/3/2	0.11-0.13	<0.4
	トランスファーチューブ	P19-#1-1~4	4	2011/4/19	0.15	<0.4
#1	3F ステージ	P21-#1	2	2011/11/1	0.07-0.17	<0.4
#1	1F 歩廊	P 25-#1	5	2011/7/25	0.09-0.13	<0.4
	#1 タンク	P35-#1	1	2011/11/24	0.55	<0.4
	#1 タンク(取付けボルト)	P35-#1	1式	2011/11/16	0.11	<0.4

表 13 JT-60 発電機棟 MG 室保管物品リスト (2/3)

ユニ					測定値 γ	測定値 β
ット	機器名	NBI 機器番号	数量	測定年月日	$(\mu Sv/h)$	(Bq/cm ²)
	TMP ステージ	#1-28,29	4	2011/11/4	0.14	<0.4
#1	ドリフト部ステージ	#1-35	1	2011/11/17	0.2	<0.4
	中性化セル行冷却配管	P3-#2-1,2	1	2010/8/18	0.1-0.11	<0.4
	トランスファーチューブ	P12-#2-1~4	4	2011/3/2	0.12	<0.4
	3階取り合い部梯子	P14-#2	1	2011/7/21	0.17	< 0.4
#2	#2 タンク	P17-#2	1	2011/7/21	0.75	<0.4
#2	#2 タンク(取付けボルト)	P17-#2	1式	2011/7/21	0.26	<0.4
	TRTステージフェンス	#2-32	1式	2011/7/21	0.21	<0.4
	昇降梯子(TRT~TMP)	#2-33	1式	2011/7/21	0.17	<0.4
	ドリフト部ステージ	#2-34	1	2011/7/21	0.18	<0.4
	3F 歩廊	P18-#3-1	2	2011/3/3	0.12-0.15	<0.4
	トランスファーチューブ	P19-#3-1~4	4	2011/4/19	0.17	<0.4
	3F ステージ	P21-#3	5	2011/11/16	0.12-0.16	<0.4
#3	1F 歩廊	P 25-#3	5	2011/7/25	0.09-0.12	<0.4
#3	#3 タンク	P35-#3	1	2011/12/9	0.55	<0.4
	#3 タンク (取付けボルト)	P35-#3	1式	2011/12/13	0.06	<0.4
	TMP ステージ	#3-26,27	5	2011/11/16	0.15-0.16	<0.4
	ドリフト部ステージ	#3-28	1	2011/11/17	0.25	<0.4
	中性化セル行冷却配管	P3-#4-1,2	2	2010/7/14	0.12	<0.4
	ビームラインヘッダー	P11-#4	1	2011/4/21	0.17	<0.4
	トランスファーチューブ	P12-#4-1~4	4	2011/3/2	0.12	<0.4
	3階取り合い部梯子	P14-#4	1	2011/3/3	0.15	<0.4
	#4 タンク	P17-#4	1	2011/4/22	1.2	<0.4
#4	#4 タンク(取付けボルト)	P17-#4	1式	2011/4/21	0.23	<0.4
	カメラコントロールボックス	#4-32	2	2011/4/21	0.15-0.21	<0.4
	ドリフト部ステージ	#4-33	1	2011/4/21	0.2	<0.4
	ドリフト部梯子	#4-34	1	2011/4/21	0.21	<0.4
	TRT ステージフェンス	#4-35	1	2011/4/21	0.17	<0.4
	昇降梯子(TRT~TMP)	#4-36	1	2011/4/21	0.15	<0.4
	3F 歩廊	P18-#5-1	2	2011/3/2	0.13-0.15	<0.4
		P19-#5-1~4	4	2011/4/19	0.18	<0.4
	トランスファーチューブ	117 113 1				
#5	Fランスファーチューブ 3F ステージ	P21-#5	1	2011/10/6	0.11-0.19	<0.4
#5			1 6	2011/10/6 2011/7/12	0.11-0.19 0.1-0.13	<0.4

表 13 JT-60 発電機棟 MG 室保管物品リスト (3/3)

ユニ	L46 BB 67	31D1 48 111 15 11	₩. 目		測定値γ	測定値 β
ット	機器名	NBI 機器番号	数量	測定年月日	(μSv/h)	(Bq/cm ²)
	#5 タンク (取付けボルト)	P35-#5	1式	2011/10/31	0.08	<0.4
11.5	TMP ステージ	#5-26	6	2011/10/6	0.16-0.18	<0.4
#5	TMP ステージ安全柵	#5-25	3	2011/10/6	0.1-0.11	< 0.4
	ドリフト部ステージ	#5-33	1	2011/10/31	0.17	<0.4
	中性化セル行冷却配管	P3-#6-1,2	2	2010/6/25	0.12	<0.4
	トランスファーチューブ	P12-#6-1~4	4	2011/3/2	0.11	<0.4
	3階取り合い部梯子	P14-#6	1	2011/3/2	0.12	<0.4
	#6 タンク	P17-#6	1	2011/4/22	1.1	<0.4
#6	#6 タンク(取付けボルト)	P17-#6	1式	2011/4/21	0.23	<0.4
#6	カメラコントロールボックス	#6-34	2	2011/4/21	0.1-0.26	<0.4
	ドリフト部ステージ	#6-35	1	2011/4/21	0.29	<0.4
	ドリフト部梯子	#6-36	1	2011/4/21	0.22	<0.4
	TRT ステージフェンス	#6-37	1	2011/4/21	0.16	<0.4
	TMP ステージ	#6-38	1	2011/4/21	0.16	<0.4
	3F 歩廊	P18-#13-1	2	2011/3/3	0.13-0.16	<0.4
	トランスファーチューブ	P19-#13-1~4	4	2011/4/19	0.15	< 0.4
	3F ステージ	P 21-#13	5	2011/9/20	0.07-0.12	<0.4
ш12	1F歩廊	P 25-#13	5	2011/8/4	0.1-0.11	<0.4
#13	#13 タンク	P35-#13	1	2011/10/20	0.8	<0.4
	#13 タンク(取付けボルト)	P35-#13	1式	2011/10/31	0.1	<0.4
	TMP ステージ,安全柵	#13-28	6	2011/9/20	0.06-0.09	<0.4
	ドリフト部点検歩廊	#13-36	1	2011/10/6	0.22	<0.4
	中性化セル行冷却配管	P3-#14-1,2	2	2010/7/26	0.14	<0.4
	トランスファーチューブ	P12-#14-1~4	4	2011/3/2	0.14	<0.4
	3階取り合い部梯子	P14-#14	1	2011/6/22	0.19	<0.4
	#14 タンク	P17-#14	1	2011/6/22	1.25	<0.4
#14	#14 タンク(取付けボルト)	P17-#14	1式	2011/6/22	0.32	<0.4
	TRT ステージフェンス	#14-32	1	2011/6/22	0.22	< 0.4
	昇降梯子(TRT~TMP)	#14-33	1	2011/6/22	0.19	< 0.4
	ドリフト部ステージ	#14-34	1	2011/6/22	0.31	<0.4
	ドリフト部梯子	#14-35	1	2011/6/22	0.26	<0.4

6.2 放射化物解体品の管理

JT-60 の解体作業によって発生した解体品のうち、将来、資源として再利用するものについては、クリアランス制度を考慮した保管管理を行うこととした(再使用の可能性の低い機器)。解体品を収納する保管容器や密閉容器等に収納した機器の保管状況を確認することは困難なため、収納作業時にどのようなものが、どこに保管されているかを確実に押さえておくとともに、クリアランスに備えた情報管理が重要である。そのため、再使用の可能性の低い機器の収納保管作業要領に従い、機器の材質、重量、設置場所、放射線量測定値等の情報を登録して、機器毎に Tag を張り付けて、確実なる管理保管を実施した。

6.2.1 放射化物の収納保管

再利用品は、上記に示した通り解体機器の状態に応じて、専用の保管容器に収納して保管・管理した。保管容器への保管手順は、保管管理台帳と機器を照合し、放射化物記録票を起票、再利用品に貼付する。その後、必要な物品管理、及び放射線管理上の処置後、保管容器へ収納し、保管容器が定量になった後に、保管容器を指定場所へ運搬・転倒防止措置等を実施し、保管容器収納・移動作業が終了となる。

大型再利用品である P2 計測ヤグラ、P-NBI#11/12 配管用ヤグラは、そのままの状態では、保管容器に収納できない。また、組立室で保管容器に収納できる大きさに切断し、保管容器に収納することはできるが、効率よく解体品を移動及び収納するために、大型再利用品を解体するための特別の場所(JT-60 機器収納棟)に移動し、そこで、保管容器に収納可能な大きさに切断することとした。JT-60 機器収納棟の一部には、切断専用のグリーンハウスが設置されており、その中ではプラズマ切断機が使用できるため、機器の切断作業を効率よく行うことが可能である。また、収納に際しては、切粉等の汚染物を除去し、切断面にアルミテープで防錆養生したものを保管容器に順次収納した。20 フィートの保管容器に収納した NBI 解体品を表 14 に、40 フィートの保管容器に収納した NBI 解体品を表 15 に示す。

表 14 保管容器に収納した NBI 解体品 (20 フィート容器)(1/2)

		4		
容器番号	重量 (kg)	員数 (式)	主な収納機器名	発生場所 · 領域
20-0034	430	5	#12 冷却水流量計、ビームモニタ現場盤	本体室領域3、組立室
20-0052	3,080	38	#1 模擬負荷抵抗器、#11フェンス、#12ケーブル等	本体室領域3
20-0060	392	5	カロリーメータ交換品、圧力伝送器等	本体室領域 2、3
20-0067	138	1	TMP 用ステージ支柱	本体室領域3
20-0072	3	1	タンクベース保護カバー	本体室領域2
20-0106	181	2	#2 用第3打消コイル、#11/12 ヤグラ内ボルト	本体室領域3
20-0107	372	4	イオン源用冷却水ホース、ボルト類	本体室領域 2、組立室
20-0109	86	1	結束材	本体室領域3
20-0110	1,426	17	#13ゲート弁サポート、#5入射ポートサポート	本体室領域2
20-0118	1,510	6	#11/12 ヤグラ内ケーブル、ガスダクト	本体室領域3
20-0119	3,575	32	#11/12 ヤグラ内機器、#4 第3 打消しコイル	本体室領域3
20-0120	1,354	21	#11/12 結束材、NNBI-HVT 内プレート	本体室領域3、組立室
20-0121	1,552	26	#1,3 ドリフト部機器、グロー放電用端子箱、NNBI 電源ケーブル	本体室領域 2、組立室
20-0123	5,690	11	NNBI-P2 計測ヤグラ (ベース~5F) 手摺	本体室領域2
20-0124	1,790	43	#11/12 ヤグラ内機器	本体室領域3
20-0125	3,485	25	#11/12 ヤグラ内機器	本体室領域3
20-0128	801	16	真空排気設備機器(モータ、架台等)、NNBI ポート保温材	本体室領域 1、3、PIG 室
20-0132	2,554	39	#11/12 ヤグラ内機器	本体室領域3
20-0134	3,010	43	#11/12 ヤグラ内機器、#14 第3 打消しコイル	本体室領域3
20-0137	3,277	50	データ収集盤内機器、ゲート弁サポート等	本体室領域 2、4
20-0138	2,727	36	#11/12 ヤグラ内配管	本体室領域3
20-0139	3,364	40	#11/12 ヤグラ内ケーブル、ダクト等	本体室領域3

表 14 保管容器に収納した NBI 解体品 (20 フィート容器)(2/2)

容器番号	重量 (kg)	員数(式)	主な収納機器名 発生場所・領域	領域
20-0130	7,099	82	NNBI-P2 計測やぐら機器、PNB 第 3 打消しコイル等 本体室領域 1、2	1, 2
20-0141	2,351	27	#11/12 ヤグラ内ケーブル、ダクト等 本体室領域3	域 3
20-0143	2,254	30	#11/12 1 階、3 階ステージ、安全柵等 本体室領域3	域 3
20-0144	652	6	#11/12 ヤグラ内ケーブル、サポート碍子等 本体室領域3	域 3
20-0147	3,270	50	NNBI P2 計測やぐら 5 階張り出しステージ、TNB ステージ 本体室領域 2	域 2
20-0148	1,286	25	#11/12 ヤグラ内ケーブル、ダクト、配管等 本体室領域3	域 3
20-0151	2,924	38	#12 ビームライン機器、安全柵、イオン源磁気シールド等 本体室領域2、3	2, 3
20-0153	634	6	#1、5ゲート弁サポート、高速シャッター保護カバー 本体室領域2	域 2
	61,279	735		

表15 保管容器に収納したNBI解体品 (40フィート容器)

容器番号	重量 (kg)	員数(式)	主な収納機器名	発生場所・領域
40-0001	8,380	25	NNBI P2 計測やぐら床プレート、梁、#11 タンク上スカート	本体室領域2
40-0005	1,064	10	#11/12 5 階ステージ、安全柵、ヤグラ内配管	本体室領域3
40-0006	1,545	5	#11/12 ヤグラ内階段、手すり、ガスダクト等	本体室領域3
40-0007	8,400	1	NNBI P2 計測ヤグラ (1~3F)	本体室領域2
40-0008	2,960	1	#11/12 ヤグラ (1~3F)	本体室領域3
40-0009	4,430	1	#11/12 ヤグラ (4~6F)	本体室領域3
40-0013	6,010	1	#11/12 ヤグラ (4~6F)	本体室領域3
40-0014	3,920	1	#11/12 ヤグラ (1~3F)	本体室領域3
40-0015	130	2	#11/12 ガスダクト、架台	本体室領域3
40-0016	2,573	19	#11/12 用 TRT 配管、 1 階、3 階ステージ、ヤグラ内配管等	本体室領域3
40-0018	2,020	1	#11/12 ヤグラ (1~3F)	本体室領域3
中二	41,442	<i>L</i> 9		

6.2.2 真空配管等の収納保管

再利用機器のうち、真空配管等のトリチウム汚染の可能性のある機器については、可能な限りフランジ部での解体を優先したが、やむを得ず工具を用いて切断した配管類については、配管内部に保有されている可能性のある汚染物が、保管容器内で拡大しないような措置(開口部をビニールシート等で二重に養生)を講じた後に、密閉容器(保管容器を改良)へ収納・保管した。密閉容器に収納した NBI 解体品を表 16 に示す。

放射化物の収納保管については、別途規定されている再利用品の収納保管作業要領及び JT-60 解体時における汚染物の取り扱いを参照のこと。

表 16 密閉容器に収納した NBI 解体品 (20フィート容器)

容器番号	重量 (kg)	員数(式)	主な収納機器名	発生場所・領域
20-0084	171	1	ガスリミタ	本体室領域2
20-0105	1,630	1	#7/8 入射ポート	本体室領域1
20-0108	2,089	6	接続ベローズ、高速シャッター、真空配管、ブリキ板	本体室領域2、組立室
20-0111	096	22	#11/12 真空配管、NNBI 第 3 ビームリミタ	本体室領域 2、3
20-0112	4,204	10	油回転ポンプ (RP31A・B、21A・B) 、RP 用真空配管	PIG室
20-0113	3,463	17	PNBI 接続ベローズ、高速シャッター、二次元分布計測装置	本体室領域2
20-0117	1,323	13	#11/12 真空配管、MBP3 台、ガスリミタ	本体室領域2、3、PIG 室
20-0126	9/1/9	29	#11 気液分離器ポート、NNBI ベローズ保護板、入射ポート等	本体室領域1、2
20-0131	155	1	ドライポンプ	PIG室
20-0133	1,996	9	#1、3 高速シャッター、接続ペローズ等	本体室領域2
和	22,767	109		

6.3 SF₆ガスの回収

JT-60SA化改修に伴い、高電圧絶縁ガスとして使用しているP-NBI#11/12ユニット及び N-NBI装置内のSF₆ガスを、外部に漏らさず全量回収する必要がある。SF₆ガスが収納されているガスダクトは、いずれも放射線管理区域内にある。#11/12ユニット用ガスダクトは、実験棟本体室から地下のPIG室まで敷設されている。N-NBI装置用ガスダクトは、実験棟内の本体室と組立室の間に設けられた中性子遮蔽壁であるY3壁の上部から、本体室X1壁を貫通してN-NBI電源室まで敷設されている。N-NBI装置用SF₆ガスは、放射線管理区域と一般区域に跨って充填されているため、回収するSF₆ガスが放射化していた場合には、SF₆ガス回収後の保管方法や、その後のSF₆ガス運用方法を検討する必要が生じるため、予めこれらSF₆ガスの実験運転中における放射化の有無を検討し、その結果によって、SF₆ガス回収方法やSF₆ガス処分方法を決定する必要がある。そのため、解体に先立ちSF₆ガス放射化に関する評価計算を実施し、環境への影響がないことを確認してガス回収を実施した。

6.3.1 SF₆ガスの放射化評価と管理区域の必要性

(1) SF₆ガスの放射化評価

SF₆ガスが充填されている配管中のガスを、高圧ガス容器に回収した後、その容器表面でのy線による周辺線量を評価した。

N-NBI装置で使用している SF_6 ガス充填配管中に生ずる放射性核種と、放射能濃度を計算し。本体室内の被照射部を含む SF_6 ガスの全容積である $107m^3$ を全量回収したとして、これを点線源として1m離れた位置の週間実効線量を評価する。

実効線量率を求める式より、放電直後の SF_6 容器($107m^3$)中心から1mの位置における1週間(40時間)の実効線量は、容器を点線源として評価しても、 $1.25E^3\mu Sv/h \times 40h = 0.05\mu Sv/w$ (<<1mSv/w:常時立ち入り者の週間線量限度)であり、常時立入り者の週間線量限度を十分下回る。また、運転終了後1年経過時点では、 $0.0\mu Sv/w$ である。

1) 作業従事者の線量

実験放電直後に SF_6 ガスを回収したと仮定して、その容器中心から 1m の位置における 1 週間(40h)の実効線量は、容器を点線源と評価しても、運転直後 $1.25E-3\mu Sv/h \times 40h=0.05\mu Sv/w$ であり、常時立ち入るものの週間線量限度(1.0mSv/w:常時立ち入り者の週間線量限度)を充分下回る。

2) 管理区域設定基準

容器表面における 3 ヶ月(2,184h)の線量は、1.25E- $3\mu Sv/h×2$,184h= $2.73\mu Sv/3$ 月であり、管理区域境界の線量限度値(1.3mSv/3 月)を超えない。よって、放電直後に SF_6 ガスを回収した後の容器設置にあたっては管理区域設定の必要はない。

(2) 空気中濃度限度

SF6ガス配管中のガスが万一、空気中に漏れた場合の空気中濃度を評価した。

1) 空気中(作業従事者)及び排気(環境中)に対する濃度限度 作業従事者の濃度限度は、週間については、放射線を放出する同位元素の数量及び濃度の 第7条に規定する濃度限度となる。2種類以上の放射性同位元素がある場合は、それぞれの 核種毎の濃度限度比の和が1.0となる濃度限度をいい、第7条に規定する濃度限度比の和は

- ・P-NBI: 運転直後・・・1.3 ・運転後1年冷却後・・・1.5E-5
- ・N-NBI: 運転直後・・・0.064 ・運転後1年冷却後・・・7.9E-7 となる。

P-NBI については、運転直後に 1.0 を超えるが容器の保管場所は、実験棟地下のヘリウム液化気室 I (管理区域内) であり、さらに換気条件等を考慮すれば全く問題ないレベルにある。

N-NBI は、いずれの時点においても 1.0 以下となる。排気中濃度限度との比は、非管理 区域への移設を予定している運転後 1 年冷却後での N-NBI について評価すると、濃度限度 比の和は \cdot N-NBI: 運転後 1 年冷却後 1.6E-4 となる。

運転後1年以上を経過した現時点で十分に低く、環境中への影響は問題ない。

2) 管理区域設定基準

管理区域設定を必要とする空気中の放射性同位元素の濃度については、告示「放射線を 放出する同位元素の数量等を定める件」第4条第2項により以下となる。

「空気中の放射性同位元素の濃度については、3月間の平均濃度が第7条に規定する濃度限度の1/10」

第7条に規定する濃度限度の1/10との濃度限度比の和の結果は以下となる。

- P-NBI: 運転直後 • 13 運転後1年冷却後 • 1.5E-4
- ・N-NBI: 運転直後・・・0.64 ・運転後1年冷却後・・・7.9E-6

今回、SF₆ガス回収後のガス移設を予定しているN-NBIのタンクについては、運転直後及び停止後1年後において濃度限度比の和は1.0以下となる。よって、ガスの移設にあたって管理区域の設定の必要はない。

これらのことから、

- (1) SF₆ ガス回収後のボンベ周辺線量は常時立ち入り者の週間線量限度(1.0mSv/週: 常時立ち入り者の週間線量限度)を十分下回る。
- (2) SF_6 ガス回収後のボンベ周辺線量は管理区域境界の線量限度値(1.3mSv/3 月)を超えない。
- (3) SF_6 ガス回収後のボンベ中のガス濃度は、P-NBI については運転直後にて空気中濃度限度を超えるがボンベの保管場所は管理区域内にあり、さらに換気条件等を考慮すれば問題ないレベルにあると考えられる。N-NBI については濃度限度を超えない。
- (4) 移設を予定している N-NBI について、SF₆ ガス回収後のボンベ中のガス濃度は、運転後 1 年以上を経過した現時点で十分に低く、排気中濃度限度以下であり、環境中への影響は問題ない。
- ・移設を予定している N-NBI について、SF₆ガス回収後のボンベ中のガス濃度は、管理区域の設定基準以下となり、設置場所において管理区域とする必要はない。

6.3.2 SF₆ガスの回収要領

 SF_6 ガスの放射化評価により、管理区域を設定せずに回収及び保管作業が可能となり、以下の通り SF_6 ガス回収を行った。

(1) #11/12 ユニット用 SF₆ ガスの回収

JT-60SA化改修計画では、#11/12ユニットが設置されている場所に超伝導関連機器が設置される予定である。そのため、#11/12ビームラインや配管用ヤグラを撤去すると共に、高圧電源用SF₆ガスダクトも解体撤去する必要がある。JT-60Uの真空容器中心からSF₆ガスダクトまでの距離は、約7.3mの位置にあり、放射化レベルの計算については、SF₆ガスが全量この位置に存在することとして計算した。SF₆ガスダクト内には、約13m³のSF₆ガスが充填されており、このガスを外部に漏らすことなく回収する必要がある。ガス回収作業は、実験棟地下のPIG室が主な作業場所となる。PIG室にガスバック(バルーン)を用意し、その中にSF₆ガスを回収(約1.0m³/個)する。回収したSF₆ガスを加熱電源棟(第2種管理区域)に移動し、そこで、液化真空回収装置を用いて、47リッターボンベに液化SF₆として回収した。液化したSF₆ガスボンベは、第2種管理区域であるヘリウム液化機室(I)で保管管理している。

(2) N-NBI用SF₆ガスの回収

 SF_6 ガスダクトの内部に充填されている SF_6 ガスは約 $107m^3$ である。このガスを、NBI電源室に設置してある回収装置を用いて、ガス回収用リザーバタンクにガスを回収する。ガス回収用リザーバタンクの容積は $10m^3$ であり、回収できる最大圧力は1.0MPa以下であるため、回収量は約 $90m^3$ となる。残りのガスは、ITER用イオン源の開発試験装置であるMeV級試験装置用 SF_6 ガスタンクに回収した。

7. おわりに

NBI 加熱装置の解体保管作業は、当初の計画通り 2009 年 11 月に開始され、その後、本体機器・計測装置及び RF 加熱装置の解体撤去工事を無事故・無災害で進めることができ、2012 年 1 月に完了した。NBI 加熱装置の解体作業は、解体した大部分の機器を次期装置である JT-60SA においても再使用するため、一般的な解体撤去作業ではなく、数年後に行う再据付作業を考慮して解体作業を行う必要があった。そのため、解体作業により機器の性能が低下しないように当該設備の設計及び設置条件を十分に検討した上で移設を行うとともに、その後の保管管理でも日常点検や週間点検等で各部の点検を行い、必要に応じて機能維持のための保守等も随時行なっている。

謝辞

JT-60NBI 加熱装置の解体報告書をまとめるにあたり、ご指導を頂いた草間義紀 ITER プロジェクト部長、池田佳隆トカマクシステム技術開発部長及び NB 加熱開発グループ員に感謝致します。

参考文献

- 1) 栗山正明他:JT-60粒子入射加熱装置の設計及び技術開発,JAERI-M 87-169,1987,182p.
- 2)大賀徳道他 : 接線入射 NBI 装置の建設, JAERI-Tech 95-044, 1995,147p.
- 3) 小又将夫他:JT-60U 用 NBI 加熱装置解体作業の完遂,第 18 回分子科学研究所技術研究会要旨集 5-04, 2012.
- 4) 花田磨砂也他: JT-60SA に向けた NBI 装置の解体・改造計画, 第 26 回プラズマ核融合 学会予稿集 3pE04P, 2009.
- 5) 河合視己人他: JT-60U 用負イオン NBI 装置の建設, JAERI-Tech 2001-073, 2001, 98p.

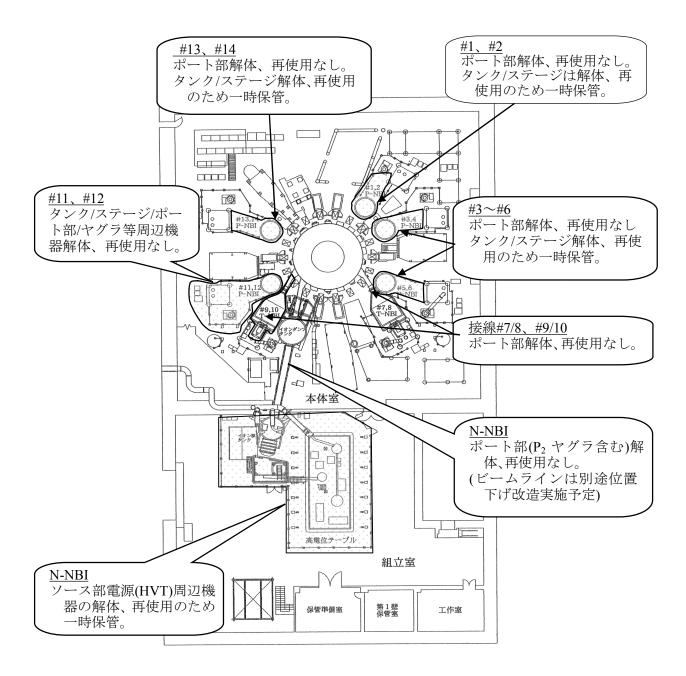


図 1 JT-60NBI 加熱装置全体の解体範囲

撮影日;2009.11.18

場 所;組立室

内 容;

加速第 1,2 ブッシン グ及び SF6 ガスダク トの解体を行うため に、 Y_3 壁の上部まで 足場を設置して解体 作業を実施。



図2 SF6 ガスダクトの解体

撮影日;2009.11.28

場 所;組立室

内 容;

冷却系ヘッダーを 撤去後、イオン源保守 ステージを三分割し て搬出。写真は、3 階・4階部を一体で吊 り出し、搬出している ところ。



図3 保守ステージ解体・搬出

撮影日;2009.12.16 場 所;組立室

内 容;

HVT (2~4 階)を 一括で搬出するため に、4階下部に補強板 を溶接し、吊り金具を 4 階上部に 8 箇所溶 接。写真は吊り金具を 示す。



図4 HVT 用吊り具溶接作業

撮影日;2010.1.6 場 所;組立室

内 容;

HVT は、1 階、2~4 階、4 階シールドリン グの三分割で搬出。 2、3 階収納盤類は碍 子補強。4 階機器は撤 去。4 階下の H 鋼に 補強金具(14 箇所) を溶接。HVT2 階~4 階の一体吊出し中。

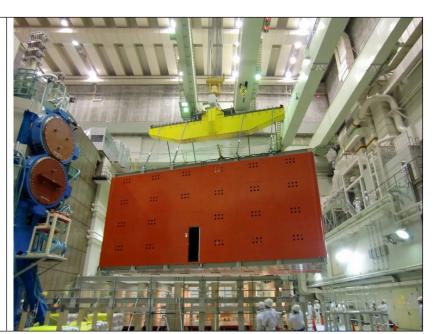


図 5 HVT 吊上げ

撮影日;2010.1.6

場 所;組立室

内 容;

HVT2~4階を全長 14mの特殊トレーラ (スーパーキャリア と呼ぶ)に載せて組立 室から一括搬出。



図 6 HVTを一括搬出

撮影日;2010.1.6

場 所;構内

内 容;

スーパーキャリアに て構内を慎重に移動 している様子。移動速

度は時速 5km。



図7 HVT 構内輸送

撮影日;2010.1.6

場 所;発電機棟

内 容;

HVTを発電機棟 MG室に搬入し、所定 の場所に配置した。



図8 発電機棟 MG 室内へ配置

撮影日;2011.8.22 場 所;組立室

内容;

NBIヤグラ3階ステージから解体した各種配管を、保管場所へ搬出する前に、線量当量率及び表面密度測定を実施。



図9 解体品の搬出サーベイ

撮影日;2011.9.27 場 所;#13 入射ポー ト付近

内 容;

伸縮ベローズに収縮ジグを取り付け、 NBI ビームラインと本体ポートを切り離す。NBI ビームライン を組立室へ吊り出した後、耐震用星型ベースに設置。その後、ドリフト部を解体し、搬出。



図 10 #13 入射ポート部の切り離し

撮影日;2011.7.8

場 所;#2スカート

内

内 容;

再据付に備えて、 M48 ボルトのギャッ プ測定及び、ケガキ確 認を実施。



図11 取付けボルトのギャップ測定、ケガキ確認

撮影日;2011.3.7

場 所; #4 タンク

内 容;

ビームラインをド リフト部と一体で組 立室へ吊り出し、運搬 用ベース上に設置。そ の後、ドリフト部を解 体する。



図 12 #4 タンクの吊り出し

撮影日;2011.5.30

場 所;組立室

内 容;

#12のタンクを組 立室へ吊り出し、保管 ベース上に仮置き。収 納棟へ搬出するため の準備作業。



図13 タンクの移動準備

撮影日;2011.4.26

場 所;組立室

内 容;

#6のタンクを搬出 している様子。写真 は、組立室遮蔽扉開口 部とのギャップ(計算 上約50mm)



図 14 組立室出口のシャッターとのギャップ

撮影日; 2011.6.23 場 所; 構內道路

内 容;

組立室へ吊出し、保 管ベース上に仮置き。 直立のまま搬出し、収 納棟で保管



図 15 #12 タンクを低床トレーラにて構内輸送

撮影日;2011.4.25 場 所;発電機棟

内 容;

#4タンクを発電機 棟MG室内へ搬入し ている様子。



図 16 ビームラインの搬入

撮影日;2011.12.16

場所;発電機棟

内 容;

正イオン NBI ビー ムラインタンク 8 基 を発電機棟 MG 室内 に仮置き

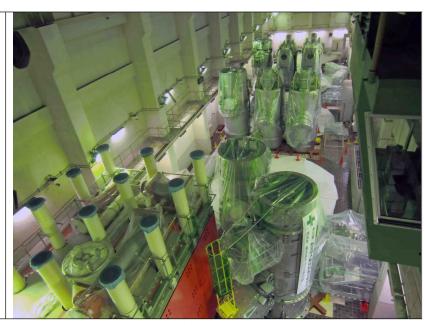


図 17 ビームライン保管状況

撮影日;2011.9.5 場 所;組立室

内 容;

機器収納棟へのタンク移動を直立搬入するために上スカート部を切断、冷媒系用気液分離器を切断、同気液分離器切断部封止を実施した。



図 18 放射化物切断養生

撮影日;2011.9.6 場 所;組立室

内 容;

#11タンクを機器収納棟へ移動する際、組立室シャッターと干渉するため、タンク上部にグリーンハウスを設置し、プラズマ切断機にて上スカートの一部を切断。



図 19 プラズマ切断

撮影日;2011.9.9 場 所;組立室

内 容;

プラズマ溶断にて 切断した上スカート を吊り出している様

子。



図 20 ビームラインの切断

撮影日;2011.11.30 場 所;機器収納棟

内 容;

JT-60SAで再使用 しない#11,12の2基を 機器収納棟に仮置き 保管している様子。



図 21 #11,12 タンク保管 (機器収納棟)

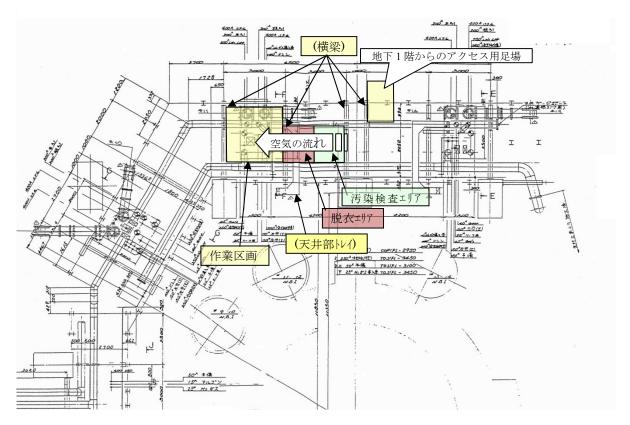


図 22 PIG 室の作業区画

撮影日;2010.7.23

場 所;#11,12ヤグ

ラ

内 容;

配管切断機を使用 して、300A(φ318) 配管を半自動で切断。

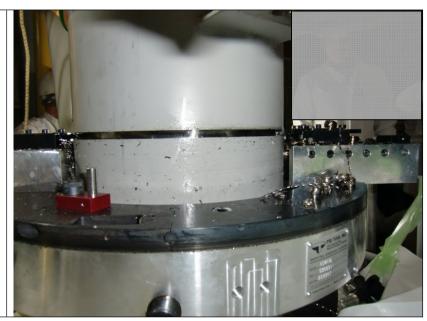


図 23 配管切断機

撮影日; 2010.8.11 場 所; #11,12 ヤグラ 内 容;

ヤグラ内の装置・機器、配線類の解体撤去後、ヤグラ支柱を切断し、2分割の状態で組立室へ。その後、機器収納棟へ搬出し細断の後、保管容器に収納。



図 24 配管用ヤグラの解体

撮影日;2010.8.20 場 所;機器収納棟

内 容;

機器収納棟内で保 管容器に収納できる 寸法に細断後、保管容 器に収納。



図 25 グリーンハウス内でのプラズマ切断 (1)

撮影日;2010.9.2

場 所;機器収納棟

内 容;

機器収納棟内のグ リーンハウス内にて 保管容器に収納でき る寸法に細断後、保管 容器に収納。



図 26 グリーンハウス内でのプラズマ切断(2)

冷媒循環系トランスファーチューブ(3重管)切断方法

(#11,#12)

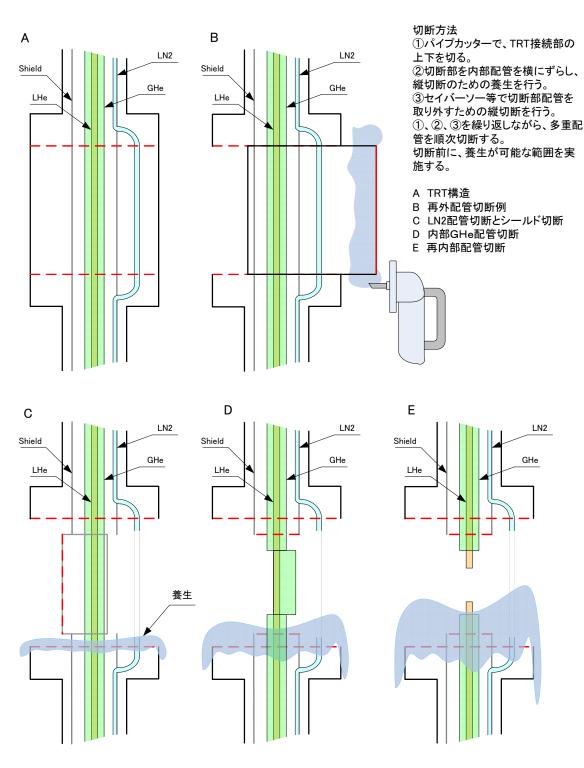


図 27 TRT 配管切断図

撮影日;2010.8.27 場 所;#11,12 ヤグラ (PIG 室)

内 容;

冷媒循環系配管の 切断後に溶接を実施。 その後、溶接部につい て、液体浸透探傷検査 を実施。



図28 冷媒配管カラーチェック

撮影日;2011.3.11 場 所;組立室

内 容;

タンク内部の受熱 機器等の目視点検

トリチウム雰囲気 下における作業のため、半面マスク、タイ ベックスーツ、ゴム手 袋、足カバー等の放射 線防護具を装着して 入域。



図 29 汚染防止のための防護

撮影日;2011.11.21 場 所;#3 入射ポート 付近

内 容;

ドリフト部に接続 されていた真空配管 の撤去作業(防護機材 は半面マスク、ゴム手 袋等)



図30 真空機器の解体

撮影日;2011.6.3 場 所;組立室

内 容;

NBIドリフト部周辺 作業を実施した際の 防護具装備及び作業 後のサーベイの様子。



図 31 身体サーベイ

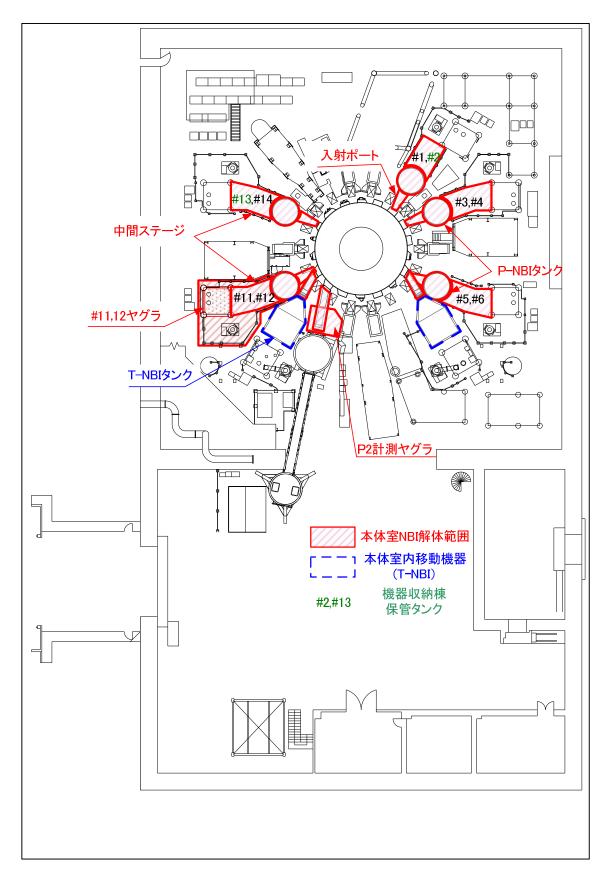


図 32 NBI 機器解体範囲

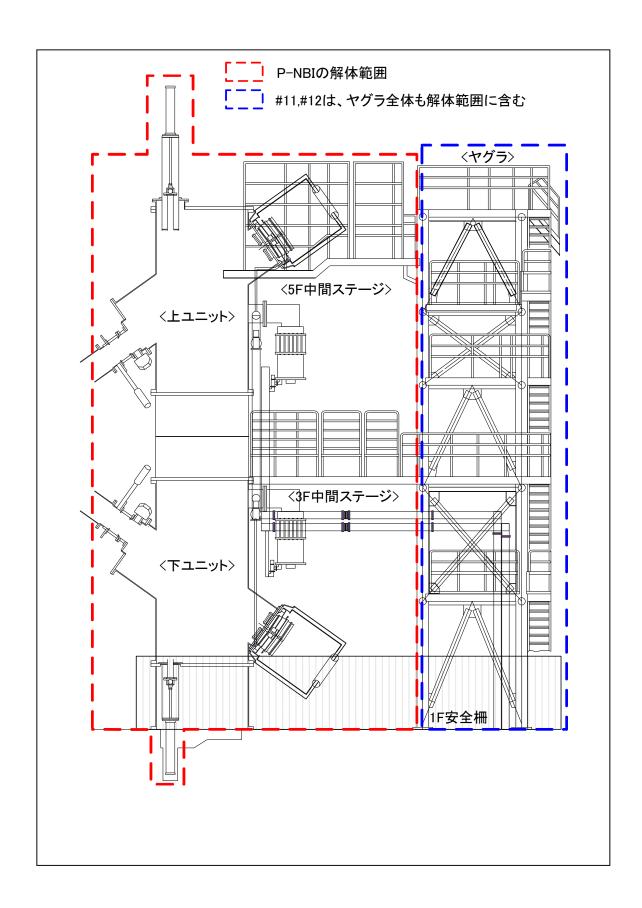


図 33 P-NBI の解体範囲

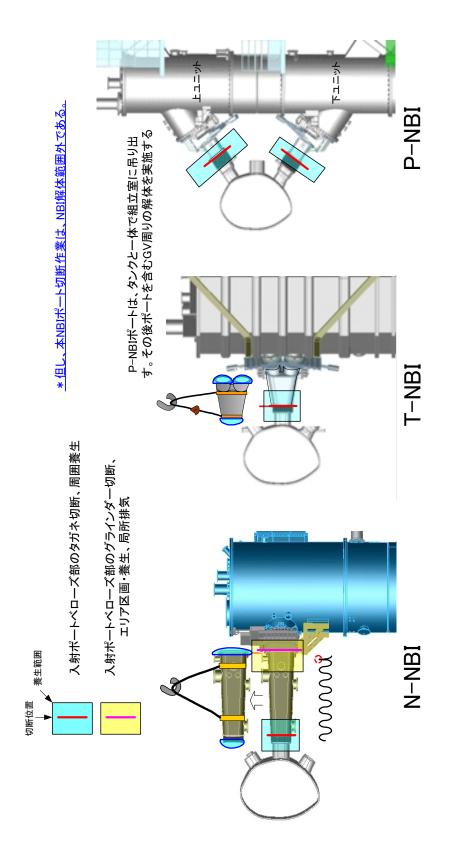
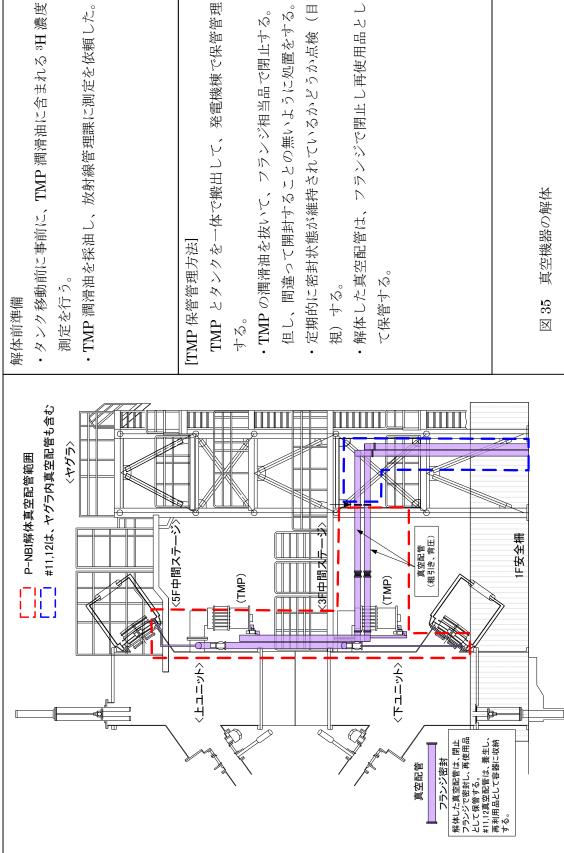


図34 NBI 入射ポート部の解体方法

フランジで閉止し再使用品とし



真空機器の解体



図36 放射化物の運搬

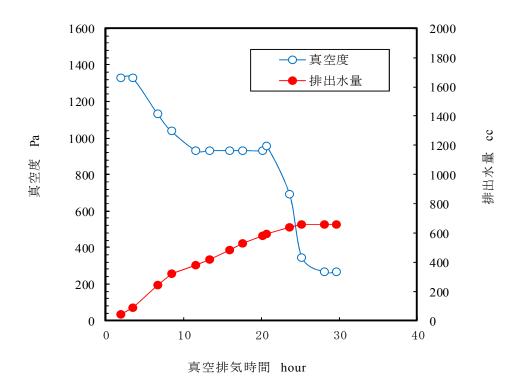


図 37 真空乾燥データ

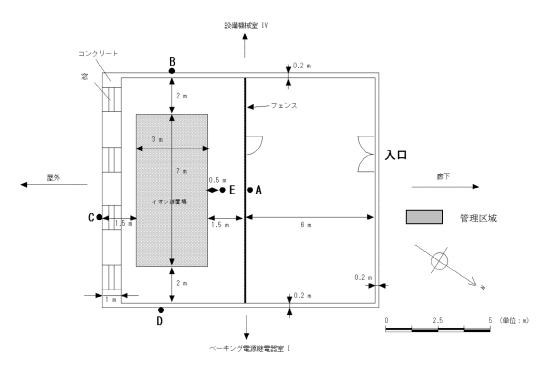


図38 管理区域境界 (イオン源室)

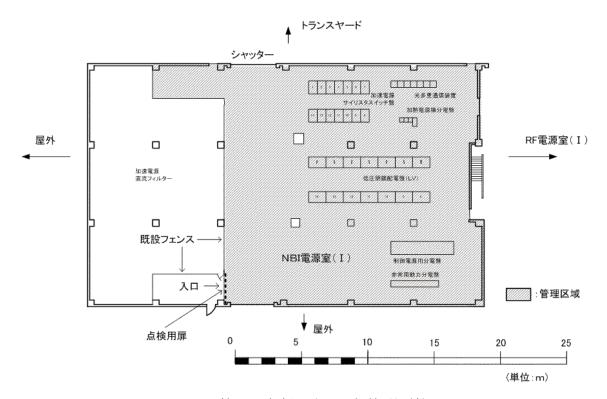


図 39 管理区域境界 (JT-60 加熱電源棟)

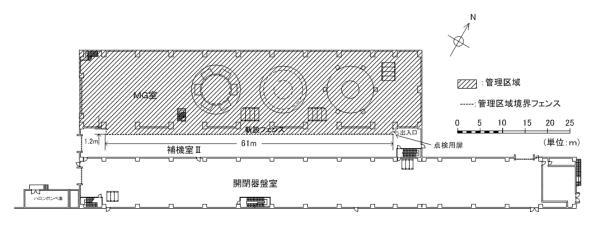


図 40 管理区域境界 (JT-60 発電機棟 MG 室)

This is a blank page.

国際単位系(SI)

表 1. SI 基本単位

基本量	SI 基本i	単位
左 半 里	名称	記号
長き	メートル	m
質 量	キログラム	kg
時 間	秒	s
電 流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光 度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量		
加工車	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体程	立法メートル	m ³
速 さ , 速 度	メートル毎秒	m/s
加 速 度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比 体 積	立方メートル毎キログラム	m³/kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) ,濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質 量 濃 度	キログラム毎立法メートル	kg/m ³
輝度		cd/m ²
屈折率 (b	(数丁=>>)	1
比 透 磁 率 (b	(数字の) 1	1

- (a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度
- (albatin Concentration) なお面が上げるプラス にもの質数で (substance concentration) ともよばれる。 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

衣 3.	固有の名称と記方で表されるSI組工単位					
	SI 組立単位					
組立量	名称	記号	他のSI単位による	SI基本単位による		
		記力	表し方	表し方		
	ラジアン ^(b)	rad	1 (p)	m/m		
	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²		
周 波 数	ヘルツ ^(d)	Hz		s^{-1}		
カ	ニュートン	N		m kg s ⁻²		
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²		
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²		
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³		
電荷,電気量	クーロン	C		s A		
電位差(電圧),起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹		
静 電 容 量	ファラド	F	C/V	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$		
	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²		
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$		
磁東	ウエーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹		
	テスラ	Т	Wb/m ²	$kg s^{-2} A^{-1}$		
	ヘンリー	Н	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²		
	セルシウス度 ^(e)	$^{\circ}$ C		K		
· ·	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd		
	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd		
放射性核種の放射能 (f)	ベクレル ^(d)	Bq		s^{-1}		
吸収線量, 比エネルギー分与,	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²		
カーマ		ч	o/Kg	m s		
線量当量, 周辺線量当量, 方向	S. S. J. (g)	Sv	I/lva	m ² s ⁻²		
性線量当量,個人線量当量	シーベルト (g)	SV	J/kg	m s		
酸 素 活 性	カタール	kat		s ⁻¹ mol		
(.) CT # 次元 (本) - (= ~ 40 + H H 1, 40 7. A	1- 11-7 3 E	と田一本キッ 1 3、1 4次元章:	キャートリ もみんしょう はめ		

- 酸素活性|カタール kat silmol
 (a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (e) 池外学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) へルソは周朔現象についてのみ、ペクレルは放射性接種の統計的過程についてのみ使用される。
 (a) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの増別な名称で、セルシウス温度開展を表す表慮に使用られる。セルシウス度とケルビンの地単位の大きなは同である。したがって、温度差や温度開展を表す表慮に使用られる。セルシウス度とケルビンの(b) 数料性核種の放射能(activity referred to a radionuclide)は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表 4 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

表 4. 単位 0	7甲に固有の名称と記号を含	むSI組エ単位	<u> </u>
	S	I 組立単位	
組立量	名称	記号	SI 基本単位による 表し方
粘	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
表 面 張 力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角 速 度	ラジアン毎秒	rad/s	m m 1 s 1=s 1
角 加 速 度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱流密度,放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
熱容量,エントロピー	- ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2 s^{-2}$
熱 伝 導 率	フット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電 荷 密 度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ sA
	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
電 束 密 度 , 電 気 変 位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
誘 電 率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
透 磁 率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ sA
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射 強 度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
放 射 輝 度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

乗数 接頭語 記号 乗数 接頭語 記号 10^{24} 3 Υ 10 d 10^{21} ゼ 7. 10-2 c 10^{18} サ Е $10^{\cdot 3}$ m 10^{15} Р 10⁻⁶ μ 10^{12} 5 Т 10⁻⁹ n 10^{-12} 10^{9} ギ ガ G p $10^{\cdot 15}$ 10^6 ガ Μ フェムト

k 口

h

 10^3 丰

 10^2

 10^1

10⁻¹⁸

 $10^{\cdot 21}$

 10^{-24}

ゼプ

ク

а

 \mathbf{z}

表 5.SI 接頭語

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位							
名称	記号	SI 単位による値					
分	min	1 min=60s					
時	h	1h =60 min=3600 s					
目	d	1 d=24 h=86 400 s					
度	۰	1°=(п/180) rad					
分	,	1'=(1/60)°=(п/10800) rad					
秒	"	1"=(1/60)'=(п/648000) rad					
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²					
リットル	L, l	1L=11=1dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³					
トン	t	1t=10 ³ kg					

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で

本される数値が美験的に待られるもの							
名称	記号	SI 単位で表される数値					
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J					
ダ ル ト ン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg					
統一原子質量単位	u	1u=1 Da					
天 文 単 位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m					

記号 SI 単位で表される数値 名称 1 bar=0.1MPa=100kPa=10⁵Pa bar 水銀柱ミリメートル nmHg 1mmHg=133.322Pa オングストローム 1 Å=0.1nm=100pm=10⁻¹⁰m 海 里 M 1 M=1852m 1 b=100fm²=(10⁻¹²cm)2=10⁻²⁸m² b

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

ツ kn 1 kn=(1852/3600)m/s ネ Np SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。 11 В ル dB -

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダ イ ン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	$1 \text{ St} = 1 \text{cm}^2 \text{ s}^{-1} = 10^{-4} \text{m}^2 \text{ s}^{-1}$
スチルブ	sb	1 sb =1cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガル	Gal	1 Gal =1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	$1 \text{ Mx} = 1 \text{G cm}^2 = 10^{-8} \text{Wb}$
ガ ウ ス	G	1 G =1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≙ (10³/4π)A m ⁻¹

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ♪ 」は対応関係を示すものである。

表10.	SIに属	はさない	いその	他の	単位の)例	
						-	=

	3	名利	ķ		記号	SI 単位で表される数値
+	ユ		リ	ĺ	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
ν	ン	卜	ゲ	ン	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$
ラ				ド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
ν				ム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガ		ン		7	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フ	æ.		ル	3		1フェルミ=1 fm=10-15m
メー	ートル	系	カラ:	ット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
卜				ル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標	準	大	気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
力	П		IJ	ĺ	cal	1cal=4.1858J(「15℃」カロリー),4.1868J (「IT」カロリー)4.184J(「熱化学」カロリー)
3	ク		口	ン	μ	1 μ =1μm=10 ⁻⁶ m