

照射試験開発棟における試験装置の設備整備 (2)

Establishment of Experimental Equipments in
Irradiation Technology Development Building (2)

柴田 裕司 中野 寛子 鈴木 善貴 大塚 紀彰
西方 香緒里 武内 伴照 広田 憲亮 土谷 邦彦

Hiroshi SHIBATA, Hiroko NAKANO, Yoshitaka SUZUKI, Noriaki OHTSUKA
Kaori NISHIKATA, Tomoaki TAKEUCHI, Noriaki HIROTA and Kunihiro TSUCHIYA

原子力科学研究部門
大洗研究開発センター
照射試験炉センター

Neutron Irradiation and Testing Reactor Center
Oarai Research and Development Center
Sector of Nuclear Science Research

January 2018

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。

国立研究開発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.
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, 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, 2018

照射試験開発棟における試験装置の設備整備 (2)

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門
大洗研究開発センター 照射試験炉センター

柴田 裕司、中野 寛子、鈴木 善貴、大塚 紀彰
西方 香緒里、武内 伴照、広田 憲亮、土谷 邦彦

(2017 年 9 月 22 日 受理)

JMTR の改修・再稼動後の利用性向上の一環として、照射試験開発棟において、炉外試験に使用する実験装置の整備を行った。当初、照射試験開発棟の設備整備にあたっては、照射キャプセルの組立て、照射前試料の材料試験や材料検査・分析などが行える装置の整備を行い、試験データの蓄積を進めていた。一方、東日本大震災以降、地震の影響による既存試験装置の改修や耐震対応を行った。さらに、経済産業省資源エネルギー庁が進める原子力分野における基礎基盤研究の充実を図るため、軽水炉安全対策高度化に係る研究開発やつくば特区に係る⁹⁹Mo/^{99m}Tc 製造技術開発を実施するための試験設備の整備を進めた。

本報告書は、照射試験開発棟において平成 23 年度から平成 28 年度にかけて、基礎基盤技術開発のために新たに整備した試験装置等について、装置の概要やその操作方法、並びに照射試験開発棟で安全に炉外試験が実施できるよう基本的な管理要領についてまとめたものである。

Establishment of Experimental Equipments in Irradiation Technology Development Building (2)

Hiroshi SHIBATA, Hiroko NAKANO, Yoshitaka SUZUKI, Noriaki OHTSUKA
Kaori NISHIKATA, Tomoaki TAKEUCHI, Noriaki HIROTA and Kunihiko TSUCHIYA

Neutron Irradiation and Testing Reactor Center
Oarai Research and Development Center
Sector of Nuclear Science Research
Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received September 22, 2017)

From the viewpoints of utilization improvement of the Japan Materials Testing Reactor (JMTR), the experimental devices have been established for the out-pile tests in the irradiation technology development building. The devices for the irradiation capsule assembly, material tests and inspections were established at first and experimental data were accumulated before the neutron irradiation tests. On the other hand, after the Great East Japan Earthquake, the repairs and earthquake-resistant measures of the existing devices were carried out. New devices and equipments were also established for the R&D program for power plant safety enhancement of the Agency for Natural Resources and Energy, Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) and $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ production development under the Tsukuba International Strategic Zone.

This report describes the outline and basic operation manuals of the devices established from 2011 to 2016 and the management points for the safety works in the irradiation technology development building.

Keywords: Irradiation Technology Development Building, Out-pile Tests

目 次

1. はじめに	1
2. 実験施設の利用目的と整備計画	1
3. 実験装置の設計及び設置	6
3.1. 既設試験装置の基本仕様と改良	6
3.1.1. 排気ブース	6
3.1.2. 化学実験フード	7
3.1.3. FP ガス圧力計確証試験用電気炉	9
3.1.4. 熱定数測定装置	11
3.1.5. 高性能表面観察装置 (SEM/EPMA)	11
3.1.6. 真空蒸着装置	13
3.1.7. 引張試験装置	14
3.2. 新規試験装置の基本仕様と設置	15
3.2.1. 試料作製装置 (切断装置・研磨装置)	15
3.2.2. $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製造試験用試験装置群	17
3.2.3. 水素センサー特性試験装置	21
3.2.4. X線回折装置	23
3.2.5. 天秤 (3種類)	24
3.2.6. 水中無線伝送試験装置	25
3.2.7. 炉外高温高圧水試験装置	27
3.2.8. 金属顕微鏡	32
3.2.9. TG-MASS/TG-DTA	33
4. 実験装置の操作方法	35
4.1. 既設試験装置	35
4.1.1. 排気ブース	35
4.1.2. 化学実験フード	35
4.1.3. FP ガス圧力計確証試験用電気炉	35
4.1.4. 熱定数測定装置	39
4.1.5. 高性能表面観察装置 (SEM/EPMA)	45
4.1.6. 真空蒸着装置	47
4.1.7. 引張試験装置	48
4.2. 新規試験装置	51
4.2.1. 試料作製装置 (切断装置・研磨装置)	51
4.2.2. $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製造試験用試験装置	56
4.2.3. 水素センサー特性試験装置	57

4.2.4. X線回折装置	57
4.2.5. 天秤（3種類）	60
4.2.6. 水中無線伝送試験装置	62
4.2.7. 炉外高温高圧水試験装置	62
4.2.8. 金属顕微鏡	63
4.2.9. TG-MASS／TG-DTA	64
5. 照射試験開発棟の基本的管理	68
5.1. 実験室の利用	68
5.2. 電源系統の増設及び定期点検（プルボックスを含む）	68
5.3. 化学薬品の管理	69
5.4. 作業環境測定	71
5.5. 熱定数測定装置の管理	71
6. まとめ	72
謝 辞	72
参考文献	72
付録 1 照射試験開発棟に整備された主な試験装置及び設備の操作方法について	75
付録 2 照射試験開発棟における定期点検について	125

Contents

1. Introduction	1
2. Purpose and Maintenance Plan of Experiment Facilities	1
3. Design and Setting of Experiment Devices.....	6
3.1. Specification and Improvement of Existing Devices.....	6
3.1.1. Exhaust Booth	6
3.1.2. Chemistry Experiment Hood.....	7
3.1.3. Electric Furnace for Qualification Test of FP Gas Pressure Gauge	9
3.1.4. Thermal Constant Measuring Device	11
3.1.5. High Performance Surface Observer (SEM/EPMA)	11
3.1.6. Vacuum Vapor Deposition Device.....	13
3.1.7. Tensile Testing Device	14
3.2. Specification and Improvement of New Devices	15
3.2.1. Sample Manufacture Devices (Cut-off and Polishing Device)	15
3.2.2. Device Group for $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ Manufacturing Test	17
3.2.3. Characteristic Testing Device for H_2 Detector	21
3.2.4. X-ray Diffractometer.....	23
3.2.5. Electronic Weighing Instruments (three types)	24
3.2.6. Under-water Wireless Transmission Testing Device	25
3.2.7. Out-pile High Water Pressure and Temperature Testing Device.....	27
3.2.8. Metallurgical Microscopes.....	32
3.2.9. TG-MASS/TG-DTA.....	33
4. Operation Method of Experimental Equipments.....	35
4.1. Specification and Improvement of Existing Devices.....	35
4.1.1. Exhaust Booth	35
4.1.2. Chemistry Experiment Hood.....	35
4.1.3. Electric Furnace for Qualification Test of FP Gas Pressure Gauge	35
4.1.4. Thermal Constant Measuring Device	39
4.1.5. High Performance Surface Observer (SEM/EPMA)	45
4.1.6. Vacuum Vapor Deposition Device.....	47
4.1.7. Tensile Testing Device	48
4.2. Specification and Improvement of New Devices	51
4.2.1. Sample Manufacture Devices (Cut-off and Polishing Device)	51
4.2.2. Device Group for $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ Manufacturing Test	56
4.2.3. Characteristic Testing Device for H_2 Detector	57
4.2.4. X-ray Diffractometer.....	57

4.2.5. Electronic Weighing Instruments (three types)	60
4.2.6. Under-water Wireless Transmission Testing Device	62
4.2.7. Out-pile High Water Pressure and Temperature Testing Device.....	62
4.2.8. Metallurgical Microscopes	63
4.2.9. TG-MASS/TG-DTA.....	63
5. Basic Management of Irradiation Technology Development Building	68
5.1. Utilization	68
5.2. Enlargement of Power System and Periodic Check (Pull Box)	68
5.3. Management of Chemicals	68
5.4. Working Environment of Experimental Rooms	71
5.5. Management of Thermal Constants Measuring Equipment	71
6. Summary	72
Acknowledgements.....	72
References	72
Appendix 1. Operation procedures of maintained examination devices and facilities in Irradiation Technology Development Building	75
Appendix 2. Inspection of maintained examination devices and facilities in Irradiation Technology Development Building	125

1. はじめに

RI 利用開発棟は昭和 41 年 12 月に竣工され、大洗研究開発センターの北門警備所から南へ約 360 メートル、国道 51 号から西へ約 130 メートルに位置している。許可申請上の名称「RI 利用開発棟」は、RI 利用開発棟及び FP 利用実験棟の 2 棟から構成されていた。本施設の放射性同位元素及び核燃料物質の使用に係る許可を計画的に廃止し、RI 利用開発棟は平成 14 年 3 月までに使用設備、貯蔵設備及び廃棄設備等の解体・撤去工事が完了、FP 利用実験棟は平成 22 年 3 月までに廃液貯蔵タンクの撤去工事を完了した。現在、「応用工学建屋」として、高温ガス炉水素・熱利用研究センターの管轄である「応用実験棟」と「旧廃液貯蔵室」、照射試験炉センターの管轄である「照射試験開発棟」で管理されている。

このような背景の中、照射試験開発棟は JMTR の改修・再稼動後の利用性向上の取組みの一環として、平成 20 年 3 月から実験室改修工事、電気設備工事及び機械設備工事の 3 つに分けて行い、平成 20 年 9 月から試験装置の整備を計画的に行った。当初、照射試験開発棟の設備整備にあたっては、照射キャプセルの組立て、照射前試料の材料試験や材料検査・分析などが行える装置の整備を行い、試験データを蓄積してきた。一方、東日本大震災以降、大震災による試験装置の整備や耐震対応を行いつつ、原子力分野における基礎基盤研究の充実を図るため、軽水炉安全対策高度化に係る研究開発¹⁾やつくば特区に係る $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製造技術開発²⁾を実施するための試験設備の整備を進めた。

本報告書は、前回まとめた JAEA-Testing 2011-001³⁾ に引続き、照射試験開発棟において平成 23 年度から平成 28 年度にかけて、基礎基盤技術開発のために新たに整備した試験装置等の操作方法、並びに照射試験開発棟で安全に炉外試験が実施できるよう基本的な管理要領についてまとめたものである。

2. 実験施設の利用目的と整備計画

平成 20 年 9 月に改修工事が終了した後、照射試験開発棟には 8 室の実験室が整備され、利用目的に基づいて、試験装置の整備を行った。

実験室の整備にあたっては、照射試験開発で必要な照射キャプセルの開発を行うためのキャプセル開発室、照射前試料の材料試験や材料検査・分析などが行える実験装置を設置するための実験室にそれぞれ区分けし、試験装置の整備を進めた。なお、流し台の整備にあたっては、水質汚濁防止法に基づいて、茨城県県北地方総合事務所長への特定施設設置の届出（平成 20 年 12 月 24 日、平成 21 年 1 月 9 日及び平成 27 年 8 月 28 日）を行い、有害物質使用特定施設に該当する化学実験室の流し台については、毎年定期点検記録を提出している。また、実験室内の整理整頓にあたっては、整理ラックやキャビネットの整備や精密機器を保管するためのデンシケータや乾燥機なども整備した。

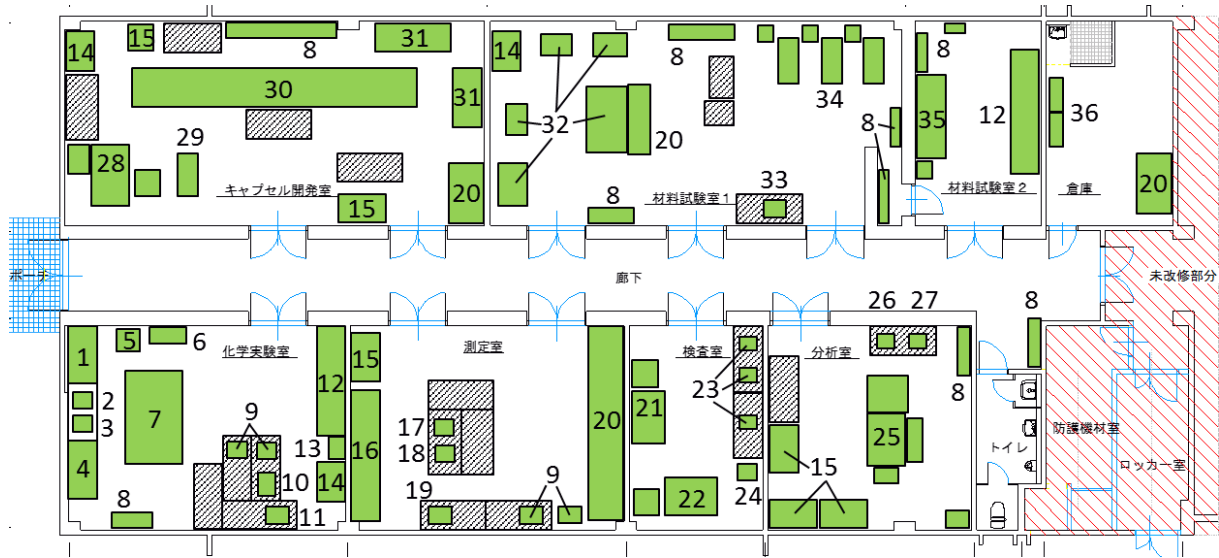
以下に、各実験室の概要を記述する。整備計画に従って整備した試験装置及び設備の整備状況を表 2.1 及びこれらの配置図を図 2.1 に示す。

表 2.1 照射試験開発棟の試験装置及び設備の整備状況 (1/2)

実験室名	装置名・設備	整備 (済・未)	備 考
化学実験室	・化学実験フード ・トキシノメーター ・微量浸透圧計 ・排気ブース ・オートクレープ ・薬品庫・デシケータ ・Mo/Tc 分離・抽出装置 ・ポンベスタンド ・恒温槽 ・精密切断機・研磨装置 ・化学実験台 ・純水製造装置 ・流し台	済 済 済 済 済 済 済 済 済 済 済 済 済	
測定室	・ビッグドライ ・キャビネット ・実体顕微鏡 ・硬さ試験装置 ・シャルピー式衝撃試験機 ・恒温槽 ・ラック	済 済 済 済 済 済 済	
検査室	・熱定数測定装置 ・X 線回折装置 ・共鳴除振装置付防振天秤台 ・ウルトラマイクロ天秤 ・電子天秤 ・超純水製造装置	済 済 済 済 済 済	
分析室	・ビッグドライ ・高性能表面観察装置 ・小型真空蒸着装置 ・顕微鏡観察装置 ・ポンベスタンド	済 済 済 済 済	

表 2.1 照射試験開発棟の試験装置及び設備の整備状況 (2/2)

実験室名	装置名・設備	整備 (済・未)	備 考
キャプセル開発室	・ 流し台 ・ ビッグドライ ・ 引張試験機 ・ 大型真空蒸着装置 ・ 水中無線伝送試験装置 ・ ボンベスタンド ・ 水素センサー試験装置 ・ ラック	済 済 済 済 済 済 済 済	JMTR から移設
材料試験室 1	・ 流し台 ・ 高温高圧水試験装置 ・ ラック ・ ボンベスタンド ・ 電気炉 ・ FP ガス圧力計確証試験用電気炉	済 済 済 済 済 済	
材料試験室 2	・ ボンベスタンド ・ TG/DTA 試験装置 ・ 化学実験台	済 済 済	JMTR から移設
倉 庫	・ ラック ・ ロッカー	済 済	



No.	装置名・設備	No.	装置名・設備	No.	装置名・設備
1	化学実験フード	13	純水製造装置	25	高性能表面観察装置
2	トキシノメーター	14	流し台	26	小型真空蒸着装置
3	微量浸透圧計	15	ビッグドライ	27	顕微鏡観察装置
4	排気ブース	16	キャビネット	28	引張試験装置
5	オートクレーブ	17	実体顕微鏡	29	大型真空蒸着装置
6	薬品庫・デシケータ	18	硬さ試験装置	30	水中無線伝送試験装置
7	Mo/Tc 分離・抽出装置	19	シャルピー式衝撃試験機	31	水素センサー試験装置
8	ボンベスタンド	20	ラック	32	高温高圧水試験装置
9	恒温槽	21	熱定数測定装置	33	電気炉
10	研磨装置	22	X線回折装置	34	FP ガス圧力計 確証試験用電気炉
11	精密切断機	23	電子天秤	35	TG/DTA 試験装置
12	化学実験台	24	超純水製造装置	36	ロッカー

図 2.1 実験装置・設備の配置図

(1) 化学実験室

化学実験室は、各種薬品などを用いた化学実験、試薬調整などができる実験室とした。このため、有機溶剤、特定化学物質または酸・アルカリ溶液を使用することを想定して、局所排気装置（以下「化学実験フード」という）を整備した。化学実験フードは、ステンレス製フード及びPVC製フードをそれぞれ1台ずつ化学実験室に設置し、スクラバーと排気ファンは建屋2階の機械室に設置した。また、化学実験に必要な薬品庫、化学実験台、流し台、恒温乾燥器なども整備した。さらに、 ^{99}Mo 製造技術開発のためのコールド試験装置を収納できる排気ブースを設置した。

また、化学実験室では、精密切断機、研磨装置及び真空デシケータを整備し、高性能表面観察装置または顕微鏡観察装置用試料の作製も行えるようにした。

付帯設備として、実験データを居室で常時監視するため排気ブース内に LAN ケーブルを敷設した。

(2) 測定室

測定室は、材料の機械的特性、表面観察及び試験体系の構築や得られた測定データを解析できる実験室とした。このため、材料の機械的特性を評価するシャルピー式衝撃試験機、材料の表面観察を行う顕微鏡観察装置を整備した。測定室の床は、電源やパーソナルコンピュータ (PC) 設置の自由度を確保するためフリーアクセスフロアとし、データ解析用 PC 等が整備できるようにした。

測定室には、顕微鏡観察装置用試料の作製に使用する研磨装置の研磨用消耗品、樹脂製作用資材などを保管するためのキャビネット、計測機器を保管できる乾燥機や資材等を整理するためのラックも設置した。

(3) 検査室

検査室は、照射前試料の熱物性値、金属材料組成の同定や集合組織評価ができ装置を整備するとともに、材料試験片等の重量が測定できる実験室とした。このため、材料の熱定数（熱拡散率、比熱、熱伝導率）を測定できるレーザフラッシュ法を用いた熱定数測定装置、材料表面の結晶構造を調べるための X 線回折装置を整備した。レーザフラッシュ装置は、クラス 4 のレーザー機器であり、労働安全衛生法の対象となるため、検査室をレーザー管理区域に設定している。

材料試験片等の重量測定のためには、ウルトラマイクロ天秤、電子天秤及び防振や共鳴除振機能を有する天秤台を設置した。

(4) 分析室

分析室は、材料の微細構造観察及び金属材料組成の同定や集合組織評価ができる高性能表面観察装置を整備している。高性能表面観察装置は超真空状態を維持するために連続運転を行い、室内の換気空調は常時行っている。また、高性能表面観察装置の空気弁の開閉、鏡筒を大気圧状態にする時に用いる高圧窒素ガスボンベ、X 線検出器（ガスフロー比例計数管）用の PR ガスボンベも同室に設置した。

また、同室には、測定試料等を保管するための大型のデシケータを 3 台設置した。

(5) キャプセル開発室

キャプセル開発室は、キャプセルの組立て及び各種模擬試験、材料の機械加工などを行うための実験室である。模擬試験では材料の機械的特性を評価する引張試験機、機械加工に必要なボール盤、溶接機、作業台、流し台、ボンベスタンド、棚などを整備した。

化学実験室の研磨装置で研磨した高性能表面観察装置用試料に対しては、帯電を防止するため試料表面に炭素または金蒸着できる真空蒸着装置も設置することとした。

また、軽水炉の安全性向上・炉内監視技術の開発に向けて、水素センサーの特性試験装置や水中無線伝送試験装置の整備も行い、キャプセルの組立て以外にも多様な実験が行えるようにした。

(6) 材料試験室 1

材料試験室 1 は、材料の両立性試験、耐久性試験及び健全性確認などを行うための実験室である。このため、FP ガス圧力計確証試験用電気炉の他、PWR・BWR 環境を模擬できる高温高压水試験装置などを整備した。また、FP ガス圧力計の試験用、高温高压水試験装置の循環水の水質維持のために各種高压ガスポンプが必要となるので適切な位置にポンプスタンドを設置した。

(7) 材料試験室 2

材料試験室 2 は、材料試験及び化学実験の準備をするための実験室とした。このため、化学実験室における実験が重なった場合を想定し、材料試験室 2 でも化学実験ができるように化学実験台を整備した。また、材料の高温環境における熱化学的変化が測定できるよう熱重量測定装置及びガス質量分析装置の整備も行い、高温での材料の酸化による変化や発生ガスの推移が評価できるようになった。

(8) 倉庫

倉庫は、実験装置、資材、予備品などの保管管理を行うために、鋼製棚及びロッカーを設置した。

3. 実験装置の設計及び設置

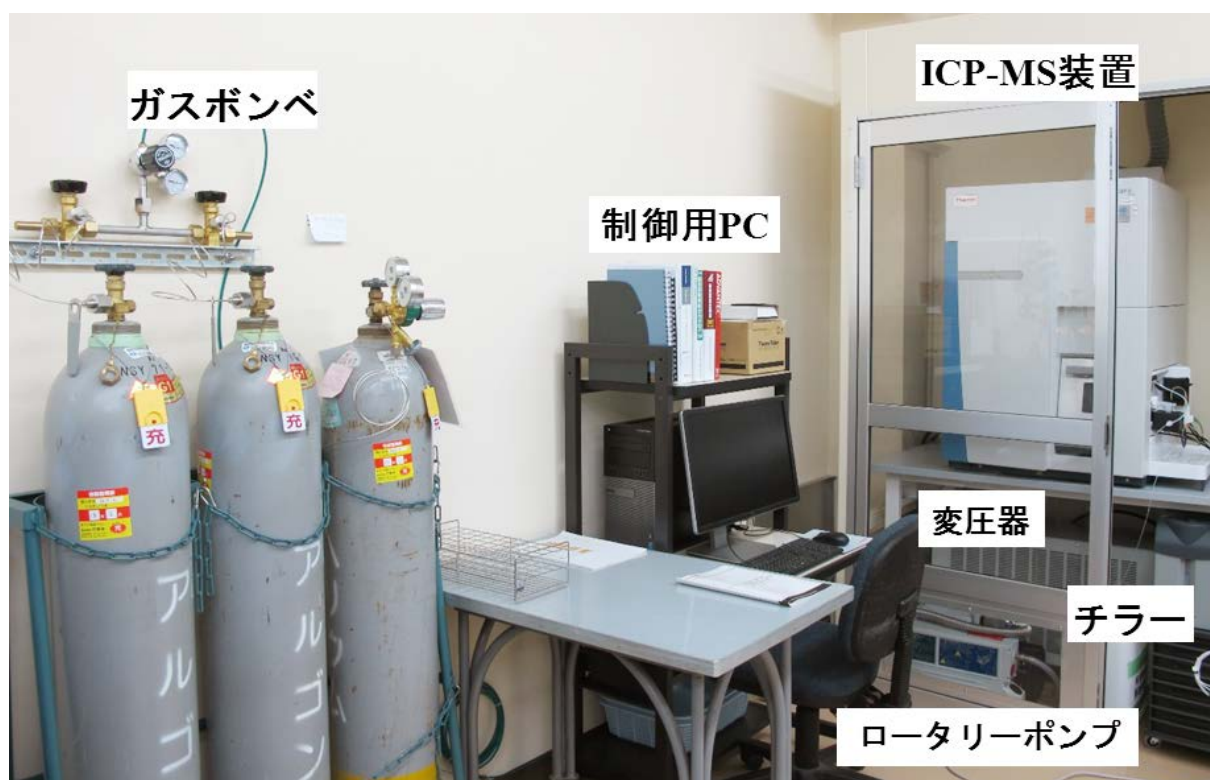
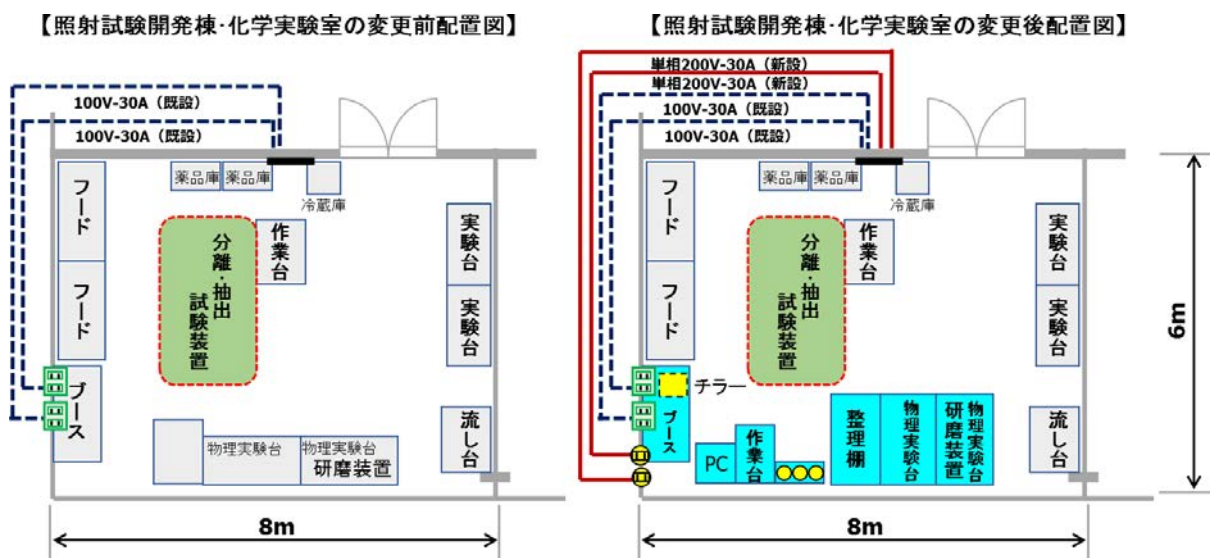
照射試験開発棟に整備した主な試験装置及び設備について、設計及び仕様を本章に記載する。

3.1. 既設試験装置の基本仕様と改良

3.1.1. 排気ブース

核医学検査薬として最も多く用いられているテクネチウム-99m (^{99m}Tc) の親核種モリブデン-99 (^{99}Mo) の国産化技術開発を行っている⁴⁾。このため、Mo 吸着剤の Mo 吸着特性や ^{99m}Tc 溶液の品質等を調べる必要がある。照射試験開発棟では、この予備試験として、非放射性の Mo や ^{99m}Tc の代替物質として Re を用いたコールド試験を行っている。そこで、試験の評価に必要な ICP-MS 装置を JMTR ホットラボから一時的に廃棄ブース内に移設している。なお、本装置の設置にあたっては、排気ブースの排気ファン及び排気ダクトが ICP-MS 装置に必要なプラズマ排気へ適用可能であることを確認するとともに、設置に必要な電源工事及びガス供給系の整備等も行った。まず、電源工事では、ICP-MS 装置本体用及びチラー用に 200V-30A コンセント 2 口を増設した。また、ガス供給系の整備では ICP-MS 装置に用いる Ar ガスおよび He ガス用にガスポンプ台を設置した。化学実験室内排気ブース電源系統の変更概略図及び排気

ブース内に設置した試験装置の外観写真を図 3.1 および図 3.2 に示す。



3.1.2. 化学実験フード

化学実験を行うにあたり、有機溶剤及び特定化学物質などを安全に取り扱えるように、化学実験室には化学実験フード（産業科学社製 SK-424S 及び SK-424P）を設置した。化学実験フードは、オークリッジ型フード 2 種（SUS304 製、硬質塩化ビニル製）、スクラバー、排気ファン、

配管などから構成されている。主な仕様は以下の通りである。また化学フードの系統を図 3.3、化学フード、スクラバー及び排気ファンの外観写真を図 3.4 及び図 3.5 に示す。

(1)オークリッジ型フード

化学実験室の南西側には排気ブースが設置されているため、オークリッジ型フード 2 台を据付けた場所は、化学実験室の西側で幅 3,640×奥行き 900×高さ 3,000 (mm) とした。フード内装は、有機溶剤、特定化学物質を取扱う SUS304 製及び強酸性ガスや腐食性ガスに対して優れた耐蝕性の優れた硬質塩化ビニル製の 2 種類を設置した。

(2)スクラバー

照射試験開発棟 2 階機械室にオークリッジ型フード内で発生した気体、蒸気などを含む排ガスを水洗シャワーで水中に捕集し、空気を洗浄できるスクラバーを 1 台設置した。

(3)排気ファン

排気ファンの能力は、化学実験フードの前面扉を 500mm 開けた状態で、開口部の面速が 0.5m/s 以上を確保できることとした。

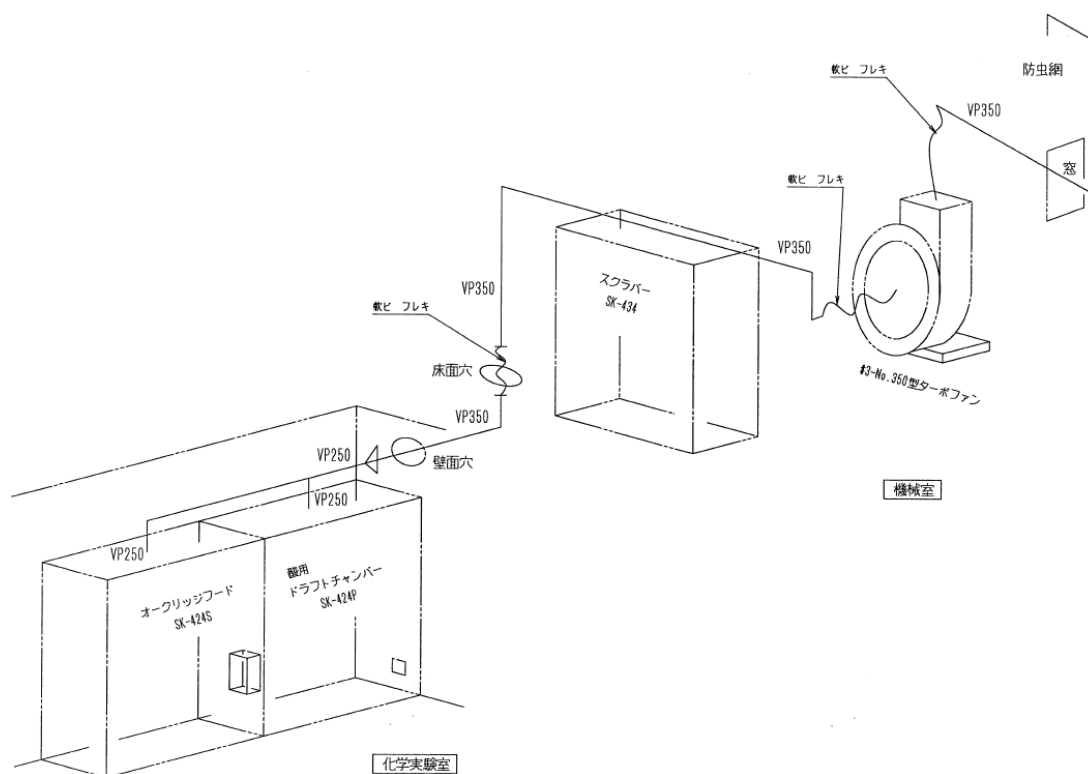


図 3.3 化学フードの系統図



図 3.4 化学フード（化学実験室）の外観写真



図 3.5 スクラバー及び排気ファン（機械室）の外観写真

3.1.3. FP ガス圧力計確証試験用電気炉

電気炉（ユーロシステム社製 ES-1400-3Z）は、炉芯管の周囲にヒータを配置し、真空またはガススイープ状態で炉芯管内の温度を調整可能な電気炉で、主に加熱系、真空系、冷却系及び制御系等から構成されている。

加熱系は、炉芯管の周囲にヒーター及び断熱材を配置し、その炉芯管両端を真空フランジで閉止する構造となっている。真空系は、配管、真空バルブ、ロータリーポンプ及び空冷式ターボ分子ポンプから構成され、真空度はピラニ真空計及び冷陰極電離真空計を用いて計測する。冷却系は、1 台の電気炉に専用の冷却水循環装置によって炉芯管両端部を冷却し、真空フランジ用 O リングを保護する構造となっている。制御系は、温度調節計、安全保護系及びデータ収集装置などから構成されている。温度調節計の制御用熱電対は、電気炉の中心部で炉芯管の外側に配置されている。安全保護系は、電源、冷却水及び圧縮空気喪失時に電気炉本体を安全に停止させ、真空系の健全性を担保できるようになっている。材料試験室 1 に設置された FP ガス圧力計確証試験用電気炉の外観写真及び各部の名称を図 3.6 に示す。なお、圧縮空気はコンプレッサで供給し、配管を通して真空バルブの開閉に使用する。主な仕様を以下に示す。

- ・ 電気炉概略寸法 : 縦 1,500×横 550×高さ 1,200 mm
- ・ 炉芯管寸法 : 約 $\phi 50$ ×長さ 1,200 mm
- ・ 炉芯管材質 : アルミナ
- ・ 常用温度 : $1,200 \pm 3^{\circ}\text{C}$ (最高温度 $1,400^{\circ}\text{C}$)
- ・ 均熱部寸法 : 約 300 mm
- ・ 到達真空度 : $< 1 \times 10^{-3} \text{ Pa}$
- ・ 電 源 : ヒーター用 (200V)、その他 (100V)

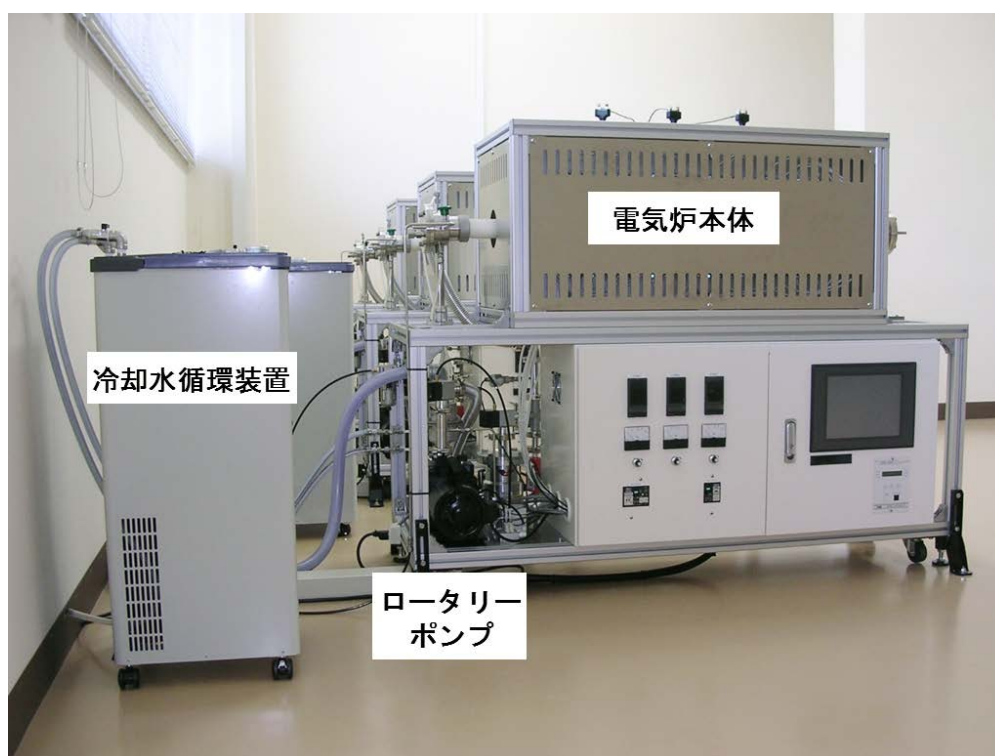


図 3.6 FP ガス圧力計確証試験用電気炉の外観写真

3.1.4. 熱定数測定装置

熱定数測定装置（真空理工社（現、アルバック理工社）製 TC-7000SP）は、セラミックス、カーボン、金属など均質な固体材料の熱拡散率及び比熱容量レーザフラッシュ法により測定する装置である。また、本装置を用いて測定した熱拡散率及び比熱容量の結果から、材料の密度を乗ずることにより熱伝導率も算出することができる。

本装置は、高温加熱炉及び試料系、レーザー発振系、非接触測定系、計測回路系、温度制御系、データ処置装置、真空排気系、エアコンプレッサー及び冷却水循環器から構成されている。なお、レーザー発振系には、Nd ガラスレーザが使用されている。

測定温度は室温から 1,500℃であり、ディスク状試料の片面にレーザーを瞬間照射し、それによる試料裏面の温度上昇から熱拡散率や比熱容量を測定する。本装置は、制御用パソコンにより、測定試料、測定温度などの測定条件を入力することにより、自動運転ができる。検査室に設置された熱定数測定装置の外観写真及び各部の名称を図 3.7 に示す。また、主な仕様を以下に示す。

- ・ガラスロッド : $\phi 10 \times 100$ mm ビーム径 $\phi 10$ mm
- ・ガラスロッド冷却水 : 約 1 l/min
- ・入射エネルギー : 最大 2.5kV 800 μ F
- ・出力エネルギー : >12 J/Pluse
- ・発振波長 : 1.07 μ m

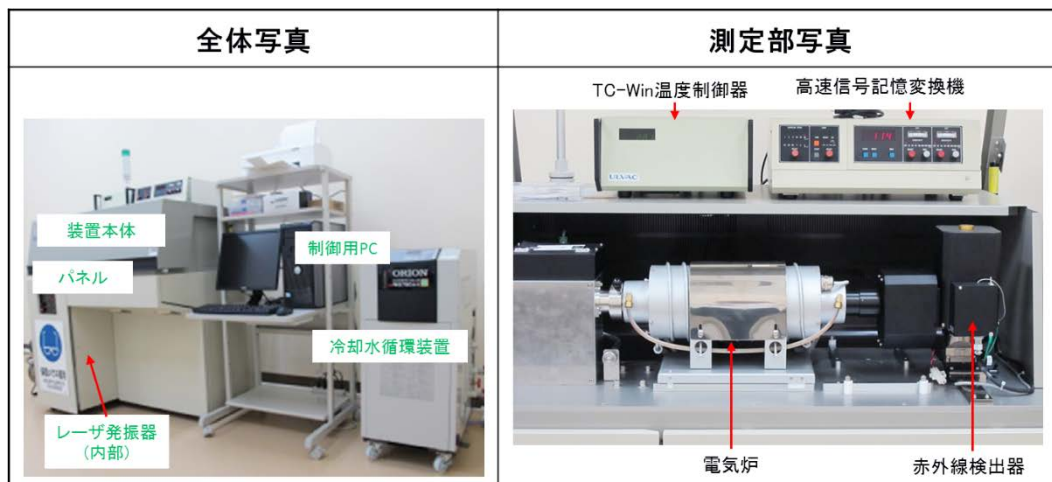


図 3.7 熱定数測定装置の外観写真

3.1.5. 高性能表面観察装置（SEM/EPMA）

既設の高性能表面観察装置（日本電子社製 JXA-8530F）は、非常に細く集束された電子ビーム（電子プローブ）を試料の表面に照射、そこから特性 X 線の波長や強度、二次電子や反射電子が発生する。その量などを測定することによって、試料の構成元素や化合物の濃度、分布状態、形状などをマイクロからマクロの領域まで、非破壊で多面的かつ広範囲に調べることができる装置である。本装置を用いることで、SEI 像（二次電子像）、BEI 像（反射電子像：組成像・凹凸像）、X 線像といった各種像の観察、定性分析、点分析、線分析、面分析及び定量分析が可能である⁵⁾。

既設の高性能表面観察装置の外観写真を図 3.8 に示す。既設装置の鏡筒は、電子銃、レンズ、偏向コイル、試料ステージ及び検出器で構成される。電子銃はショットキー電界放射電子銃であり、先端を尖鋭化した表面にジルコニウムを塗布したタングステンチップ (ZrO/W) が陰極として使用される。レンズは、電子線を細く絞ることと、試料に照射される電子線の量を調整する役目があり、EPMA の電子レンズには、磁界型レンズを使っているが、働きは光学レンズと同様である。偏向コイルによって二次電子像、反射電子像、X 線像等の走査像が得られる。また、検出器として二次電子検出器、反射電子検出器及び X 線分光器がそれぞれ設置されており、既設装置には波長分散型 X 線分光器 (WDS) を取り付けた。WDS は Bragg の回折条件を利用した分光器で、エネルギー分解能と検出限界が優れている⁶⁾。一方で、より技術的価値の高いデータを得るために、窒素 (N) と酸素 (O) の元素分析が可能な WDS を兼ね備える必要性が生じたため、平成 23 年度に X 線分光器を新たに設置した。本分光器は、以下に示す機器から構成される。

(1) H 形 X 線分光器

- ・方式 :波長分散形直進集光式
- ・X 線取出角 :40°
- ・ローランド円半径 :100 mm
- ・分光結晶 :分光器用の分光結晶のうち、2 種類装備可能
- ・分光範囲 :角度範囲 (2 θ) 36~118.5°
- ・分光結晶交換 :遠隔自動交換可能
(分光範囲のうちの 90% の領域では、その場交換可能)
- ・分光器駆動 :駆動モーター 5 相パルスモータ
最小ステップ 1 μ m/step (R=140 mm 換算値)

(2) TAP 結晶 H

- ・分光結晶 :Thallium Acid Phthalate (100) 面
- ・面間隔 :2d=2.575 nm
- ・分光範囲 :H 形 X 線分光器に装着時
K α 線 9^F~13^{Al}
L α 線 24^{Cr}~35^{Br}

(3) LDE1H 分光素子

- ・面間隔 :2d $\approx$ 6.0 nm
- ・分光範囲 :CK α ~OK α

(4) H 形ガスフロー比例計数管

- ・X 線検出器 :ガスフロー形比例計数管
- ・X 線検出範囲 :BeK α ~SiK α にほぼ対応する波長範囲の X 線の検出に適している。

(5) 分光器コントローラドライバ

①WDS 駆動制御及びドライバ

- ・最小駆動ステップ :1 $\mu\text{m}/\text{step}$
- ・最小駆動速度 :5 mm/s
- ・適用モーター :5 相パルスモータ

②X 線測定計制御

- ・プリアンプ :チャージセンシティブタイプ
- ・検出器高圧 :1500～2000 VDC (2 V/step)
- ・リニアアンプゲイン :4～128 (6 段切換え)

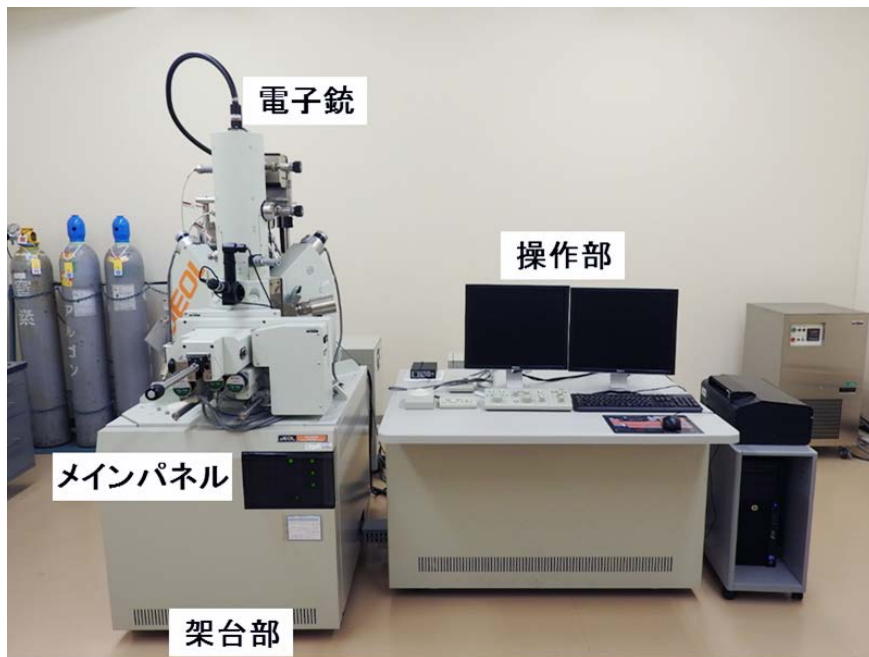


図 3.8 高性能表面分析装置の外観写真

3.1.6. 真空蒸着装置

真空蒸着装置は、高性能表面観察装置で扱う試料に金属または炭素のコーティングを施して、試料のチャージアップを防止し、二次電子の発生効率を向上させることにより、観察画像の画質を改善する装置である。真空蒸着装置（日本電子社製 JEE-420）では金および炭素、真空蒸着装置（日本電子社製 DII-29010SCTR）では金及び白金の蒸着が可能である。

真空蒸着装置（日本電子社製 JEE-420）の主な仕様は以下の通りである。

- ・概略寸法 : 縦 750×横 460×高さ 1,220 mm
- ・ベルジャ : 高さ 250×外径 250 mm・ガラス製
- ・到達圧力 : $< 3 \times 10^{-4} \text{ Pa}$
- ・真空系操作 : 自動
- ・圧力測定 : ペニング真空計
- ・油拡散ポンプ (DP) : 420 L/s・冷水バッフル付
- ・油回転ポンプ (RP) : 100 L/min

分析室に設置された真空蒸着装置（日本電子社製 DII-29010SCTR）の外観写真を図 3.9 に示

す。真空蒸着装置（日本電子社製 DII-29010SCTR）は、真空蒸着装置本体とロータリーポンプから構成される。主な仕様は以下の通りである。

- ・使用真空度 : $\sim 4\text{Pa}$
- ・試料室サイズ : 86ϕ (ID) $\times 100$ (D) mm
- ・試料室カバー : 硬質ガラス製
- ・ターゲットサイズ : 49ϕ (D) $\times 0.1$ (T) mm
- ・ターゲット電極 : 20ϕ mm
- ・試料台サイズ : 70ϕ mm
- ・試料台高さ : ターゲットに対して、距離を $10\sim 50\text{mm}$ まで連続可変可能。
- ・スパッタ時間 : $0.5\text{min}/1\text{min}/2\text{min}$ (固定)
- ・排気速度 : $30\text{L}/\text{min}$



図 3.9 真空蒸着装置の外観写真

3.1.7. 引張試験装置

引張試験装置（島津製作所社製 AG-5000B）は、引張試験機本体と制御盤、恒温槽と制御ユニット及びデータ収集装置からなり、室温～高温で大気中における引張、圧縮及び曲げ試験ができる。キャプセル開発室に設置された引張試験装置の外観写真を図 3.10 に示す。引張試験装置の主な仕様は以下の通りである。

- ・引張試験機寸法 : 奥行き 690 $\times$ 幅 $1,100$ $\times$ 高さ $2,480$ mm
- ・荷重容量 : 50 kN
- ・試験速度 : $0.5\sim 500$ mm/ min
- ・恒温槽寸法 : 奥行き 990 $\times$ 幅 530 $\times$ 高さ 775 mm
- ・試験温度 : 室温～ 300°C



図 3.10 引張試験装置の外観写真

3.2. 新規試験装置の基本仕様と設置

3.2.1. 試料作製装置（切断装置・研磨装置）

切断装置は、図 3.11 に示す精密ファインカッター（Buehler 社製）であり、試験片の組織観察を行う際に、研磨が行える適当な大きさに試料を切断するために用いている。まず、治具を用いて、試料を固定し、その後、液相に潤滑剤（Buehler 社製 ISOCUT PLUS CUTTING FLUID）を混ぜた水を貯める。その後、ダイヤモンドカッター（Buehler 社製 IsoMet Diamond Wafering Blades）を用いて、切断を行う。この際、切刃の切削性能向上のため、砥石によるカッター研ぎを行う。これにより、カッター刃の振動を抑えることができ、試料に対して、良好な切断が行える。この装置の主な仕様を以下に示す。

- ・概略寸法 : 縦 750×横 460×高さ 1,220 mm
- ・左右方向試料最大移動距離 : 16mm
- ・回転数 : 100～975rpm
- ・設置可能な最大カッター刃径 : 152mm (6inch)

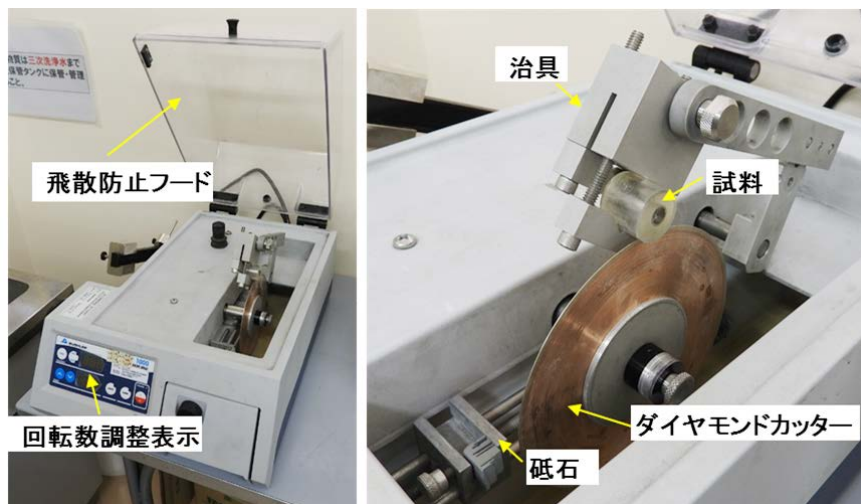


図 3.11 精密ファインカッターの外観写真

図 3.12 に示す自動研磨装置（Buehler 社製）は、試験片の研磨を行う装置で、炭化ケイ素の微粉末を台紙に固着したペーパーを回転体に貼り、そこに試料を押し付ける形で研磨を行う。例えば、金属試料の研磨の際は、ペーパーの粒度を#400, #800, #1200 とすることで、表面を徐々に鏡面に近づける。その後、回転体に琢磨布（バフ）をはり、アルミナ $3\mu\text{m}$ 懸濁液で粗研磨をし、最後にコロイダルシリカ $0.01\mu\text{m}$ を回転体に定常的に垂らすことで、精研磨を行う。本装置の仕様を以下に示す。

- ・ 回転速度 : 30～600rpm
- ・ 時間設定 : 0～99min
- ・ 試料セット数 : 4 個
- ・ 回転方向 : 時計回り、反時計回り



図 3.12 自動研磨装置の外観写真

3.2.2. $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製造試験用試験装置群

核医学診断用医薬品 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の原料である ^{99}Mo の放射化法による研究開発に必要となる装置を新たに照射試験開発棟に設置した。これらの装置は、平成 23～25 年度に実施した原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ「JMTR を用いた放射化法による $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 国産化技術開発⁷⁾」において整備したものである。

(1) オートクレーブ

オートクレーブ（トミー精工社製、SX-500、図 3.13）は、上下開閉式ドアによる小型圧力容器、排気バルブ及び冷却ファン等から構成されており、飽和蒸気による高温高圧により、試験器具の滅菌作業等を行うための装置である。本装置は、乾熱滅菌を行うことのできない実験器具等について、滅菌操作を行うための装置である。装置の主な仕様は以下の通りである。

- ・外形寸法 : W477×D410×H970 mm
- ・温度範囲 : 滅菌 105 ～ 135℃
溶解 45 ～ 104℃
保温 45 ～ 95℃
- ・時間設定範囲 : 滅菌 0 : 01 ～ 9 : 59
溶解 0 : 01 ～ 9 : 59
保温 0 ～ 99 h
- ・最高使用圧力 : 0.263 MPa
- ・熱源 : 電気ヒーター 2 kW
- ・缶体有効寸法 : $\phi 315 \times 638$ mm
- ・有効缶体容積 : 50 L



図 3.13 オートクレーブの外観写真

(2) 超純水製造装置

図 3.14 に示す超純水製造装置（ADVANTEC 社製、RFU685DA）は、分子生物学、遺伝子実験等を行う際に必要となる超純水を精製するための機器である。

本装置は、複合カートリッジ、後段複合カートリッジ、UF 膜カートリッジ、UV ランプ、最終フィルター（中空糸フィルター、 $0.04\mu\text{m}$ ）及び専用タンクからなる。専用タンクに入れた一次処理水について、各種フィルターを通すことで、Na や Ca 等の元素、陰イオン、環境ホルモン、シリカ及び VOC（揮発性有機化合物）等の不純物加え、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製剤化試験において溶液中への混入が問題となるエンドトキシンが除去された水を精製することが可能である。装置の主な使用は以下の通りである。

・外形寸法	: W566×D290×H574 mm
・精製水	: 超純水
・TOC	: <3 ppb
・エンドトキシン	: <0.001 EU/mL
・パーティクル	: <1 個/mL ($0.2\mu\text{m}$)
・分画分子量	: 6,000
・採水速度	: Max.2 L/min（採水速度可変機能付き）
・採水量設定範囲	: 0.1 ～ 99.9 L
・タンク容量	: 20 L



図 3.14 超純水製造装置の外観写真

(3) トキシノメーター

トキシノメーター（和光純薬工業社製、ET-6000）は、微生物細胞壁成分であり血中に混入することで発熱等の生体反応を引き起こすエンドトキシンを測定するための装置である。装置の外観写真を図 3.15 に示す。本装置は、ET-6000/J 本体及び制御用パソコンで構成されており、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製剤化試験にて抽出した $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 溶液について、日本薬局方及び生物学的製剤基準に基づい

た測定を行う。ET-6000 でのエンドトキシン測定方法にはゲル化法、比濁法及び比色法の 3 法があり、測定溶液や求める製品純度に応じて様々な試薬が選択可能である。測定結果の解析には、専用の制御・解析用ソフトウェアである Toximaster QC7 を使用する。主な使用は以下の通りである。

- ・外形寸法 : W420×D190×H130 mm
- ・光源 : 超高輝度青色 LED (中心波長 430 nm)
- ・温度設定 : 30/37℃切り替え
- ・測定時間 : 最大 200 分
- ・処理検体数 : 16 (拡張により 128 まで可)
- ・解析ソフトウェア : Toximaster QC7



図 3.15 トキシノメーター本体及び操作・解析用 PC の外観写真

(4) 電気炉

図 3.16 に示す電気炉（ヤマト科学社製、FO610）は、1,150℃まで到達可能な箱型電気炉である。本装置は、照射試料である MoO_3 ペレットについて、加温処理を行うために整備した。本装置を用いて MoO_3 ペレットを高温加熱（250℃、30min 以上）することで、ペレットに対し酸化処理及びエンドトキシンの失活を行うことが可能である。

- ・外形寸法 : W605×D506×H677 mm
- ・内径寸法 : W350×D250×H200 mm
- ・内容積 : 17.5 L
- ・使用温度範囲 : 100～1,150℃
- ・温度調節精度 : $\pm 2^\circ\text{C}$ (at 1,500℃)



図 3.16 電気炉の外観写真

(5) 微量浸透圧計

微量浸透圧計マイクロオズモマスターオート（VOGEL 社製、OM-815）は、氷点降下法により溶液の浸透圧を測定する装置である。 ^{99m}Tc 溶液を製薬メーカーに引き渡す際の受入れ基準として、残留有機溶媒（MEK）、エンドトキシン濃度及び浸透圧が定められている。そこで、本装置にて ^{99m}Tc 製剤化試験で回収された製品の浸透圧を測定し、製薬メーカーの受入れ基準、延いては放射性医薬品基準及び日本薬局法に準じているか検査を行う。本装置の外観写真を図 3.17 に示す。

- ・外形寸法 : W220×D180×H280 mm
- ・測定範囲 : 0～2500 mosm/kg H₂O
- ・測定サンプル量 : 50 又は 100 μL
- ・測定時間 : 約 1 分 30 秒（100 μL 時）
- ・再現性 : $\pm 0.5 \%$ （100 μL 時）、 $\pm 1.0 \%$ （50 μL 時）



図 3.17 微量浸透圧測定装置の外観写真

3.2.3. 水素センサー特性試験装置

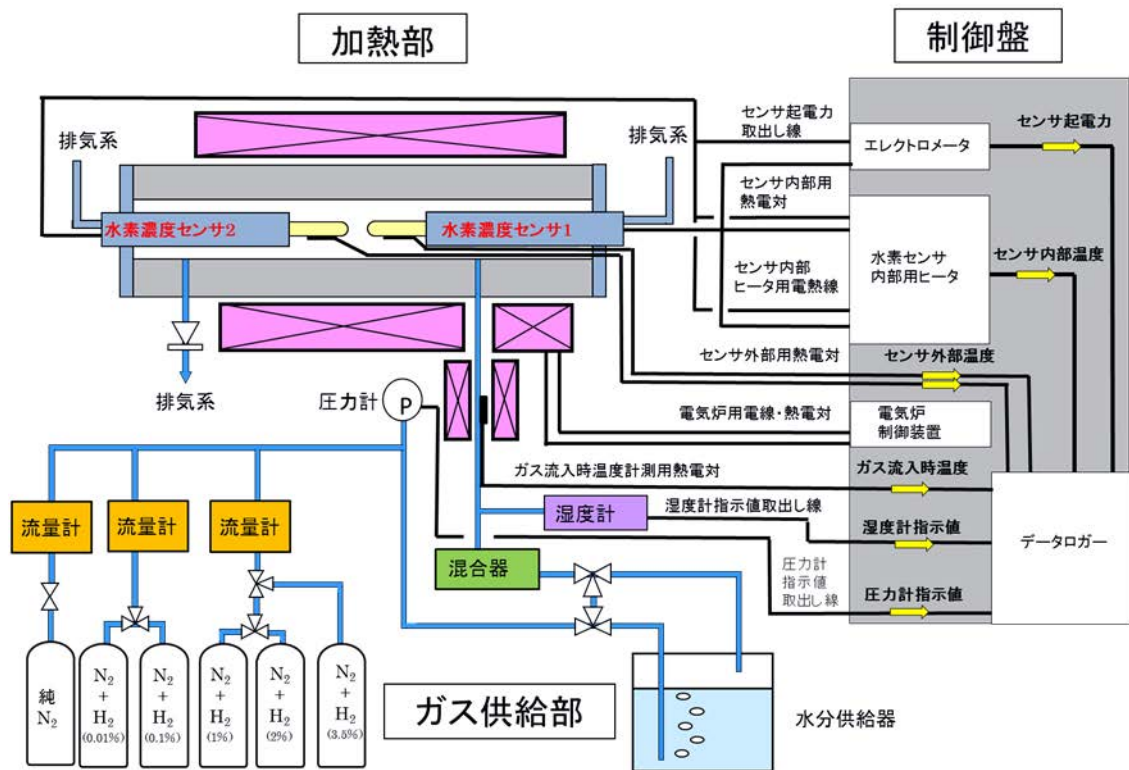
固体電解質型水素センサー特性試験装置は、高温・高圧・水蒸気環境下における固体電解質型水素濃度センサー（以下、水素センサー）の起電力特性⁸⁾を評価するための装置である。キャプセル開発室に設置された水素センサー特性試験装置の構造の概要及び外観写真を図 3.18 に示す。

当該試験装置は電気炉、マスフローコントローラ（以下、MFC）、加湿器、ガス分析装置及び PC 等によって構成される。各機器の主な仕様を下記に示す。電気炉は 2 本の水素センサーを装荷可能な構造を有し、各センサーを 700℃まで加熱可能である。水素センサー周囲の雰囲気は、MFC 及び加湿器により制御される。MFC は水素、酸素を含む試料ガス（窒素ベース）の流量を制御し、さらに当該試料ガスを加湿器中にてバブリングすることで、水素センサーの周囲に任意濃度の水素、酸素及び水蒸気を供給することが可能である。これら試料ガスを制御する機器類及び配管は全て 1MPa までの耐圧性を有している。

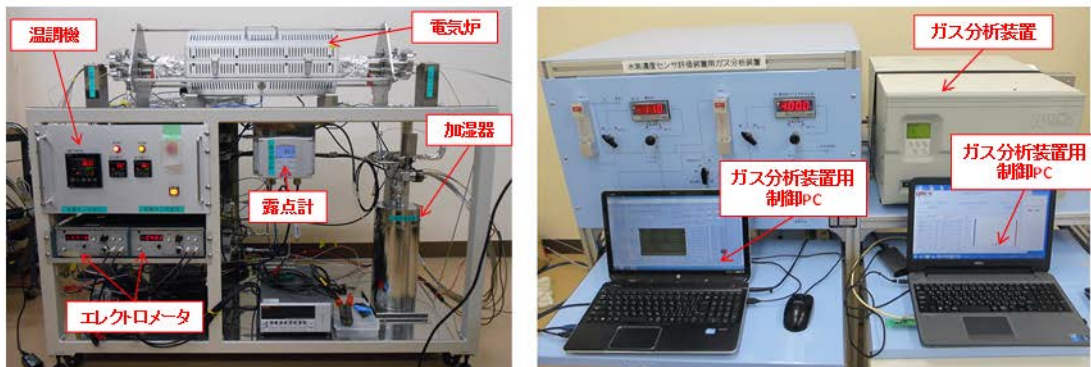
ガス分析装置は、水素センサーに給気する前及び排気された直後の試料ガスに含まれる水素及び酸素等をオンラインによる成分分析が可能な装置である。本水素センサーは、雰囲気中の水素濃度に対して対数的に比例した起電力を出力するが、水素と反応するガス種（例えば酸素）が混在する環境では、異なる起電力特性を示す。一方、本ガス分析装置を用いることで水素センサー供給前後の水素濃度等を分析・比較することが可能となるとともに、センサー起電力と雰囲気中ガス種の関係性を正確に評価することが可能となる。

なお、本評価試験装置は固体電解質型水素濃度センサー評価のために整備した装置であるが、電気炉内に装荷可能な試料及び不活性のガス種であれば、温度制御・雰囲気制御・圧力制御・ガス分析を並列に実行し、試料の評価試験を行うことも可能である。

- | | |
|-------------|---------------------|
| ・試験温度 | : 室温～700℃ |
| ・使用圧力 | : 最大 1MPa |
| ・雰囲気ガス流量 | : 最大 200mL/min |
| ・水蒸気濃度 | : 最大 50% |
| ・試験計測項目 | : 窒素、水素、酸素、その他不活性ガス |
| ・ガス濃度測定所要時間 | : 約 30s |



(a) 概略図



(b) 外観図

図 3.18 固体電解質型水素濃度センサー評価試験装置の外観写真

3.2.4. X 線回折装置

X 線回折装置（リガク社製 Ultima IV 285mm システム）は、X 線管球に高電流・高電圧を負荷することで発生した X 線を様々な角度から試料に照射し、回折された X 線のパターンから未知試料の同定や結晶構造及び結晶の配向状態等を調べるための装置である。本装置で可能な主な分析方法は以下の通りである。

[標準測定]

- ・ 集中法
- ・ 平行ビーム法

[正極点測定]

- ・ 透過法
- ・ 反射法

本装置は、光学系部（ゴニオメータ部、X 線発生部、スリット部、検出器部）、防 X 線カバー部、チラー、制御及びデータ処理用 PC 等から構成される。ゴニオメータ部には、試料台、X 線発生部および検出器部等が取り付けられており、X 線発生部と検出器部がゴニオメータのアームにより走査する。X 線発生部には X 線管球が取り付けられており、X 線源を Cu または Co に付け替えることが出来る。スリット部では、スリットの変更により X 線の幅や量の調整が可能である。検出器部にはシンチレーションカウンタが装備されており、これにより回折された X 線を検出する。シンチレーションカウンタは、半導体素子を用いた高速 1 次元 X 線検出器（D/tex Ultra）に変更が出来る。ゴニオメータ部、X 線発生部、スリット部、検出器部等を併せて光学系部と呼び、これらの組み合わせにより各種光学系の設定が可能である。防 X 線カバー部は散乱 X 線の外部への漏洩を遮蔽しており、チラーは高温になる X 線管球を冷却する役割を担っている。

制御及びデータ処理用 PC では、X 線回折装置の制御をすべてこの PC に内蔵されたソフトウェアによって行う。また、標準測定で測定されたデータは PDXL で読み込み、国際回折データセンター（ICDD）のデータと照らし合わせて、未知試料の同定が可能である。検査室に設置された X 線回折装置（リガク社製 Ultima IV 285mm システム）の写真を図 3.19 に示す。

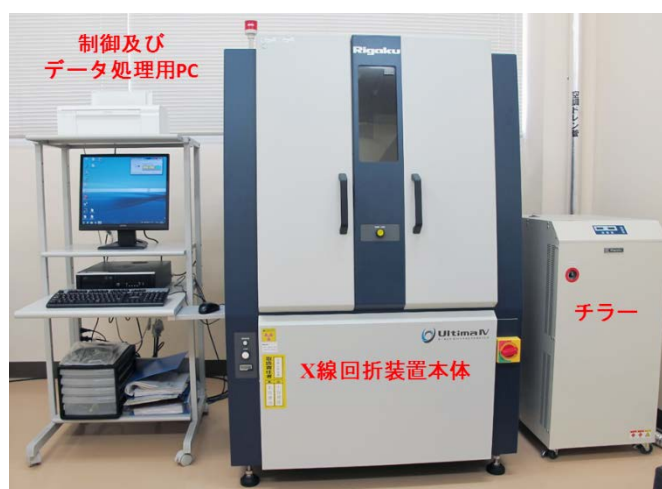


図 3.19 X 線回折装置の外観写真

3.2.5. 天秤（3種類）

各種材料試験において、試験片や薬品等の重量を測定するために天秤が必要となる。そこで、当照射試験開発棟では幅広い範囲（0.1 μ g～6.2kg）の重量測定が行えるようにするため、3種類の電子天秤を検査室に設置した。それぞれの主な仕様を下記に、外観写真を図 3.20 に示す。

(1) 島津製作所 UW6200H

- ・秤量 :6200g
- ・最小表示 :0.01g
- ・応答時間 :1.5～2.5s
- ・使用温度範囲 :5～40℃
- ・皿の大きさ :170mm×180mm
- ・本体寸法 :W190mm×D317mm×H78mm

(2) 島津製作所 AUX120

- ・秤量 :120g
- ・最小表示 :0.1mg
- ・応答時間 :3s
- ・使用温度範囲 :5～40℃
- ・皿の大きさ : ϕ 80mm
- ・本体寸法 :W220mm×D330mm×H310mm

(3) METTLER TOLEDO XP2U

- ・秤量 :2.1g
- ・最小表示 :0.0001mg
- ・応答時間 :約 10s
- ・使用温度範囲 :5～40℃
- ・皿の大きさ : ϕ 16mm
- ・本体寸法 :W128mm×D287mm×H113mm



島津製作所
UW6200H

島津製作所
AUX120

METTLER TOLEDO
XP2U

図 3.20 各種電子天秤の外観写真

3.2.6. 水中無線伝送試験装置

水中無線伝送試験装置は、水中下における光信号による情報伝送技術開発⁹⁾を行うための装置である。キャプセル開発室に設置された水中無線伝送試験装置の外観写真を図 3.21 に示す。当該試験装置はパイプユニット、気泡供給装置、濁り/障害物調整治具、LED マトリックス、デジタルカメラ及び PC によって構成される。その主な仕様を下記に示す。

パイプユニットの最大の特徴は、プールのような広域な空間を光学的に模擬できることである。広域な空間内では光の反射が無いため、明るさが均一な像を得ることが可能であるが、図 3.22 のように金属、樹脂等で製作した水槽を構築すると内壁によって光が反射し、明るさが不均一な像となる。そこで本試験装置では図 3.23 のように、内部に楔状の透明体及び不透明体を交互に重ねた構造とし、直進成分以外の光は透明体にて屈折し、さらに不透明体にて吸収することにより、光の直進成分のみが抽出され、明るさが均一な像を得ることを可能とした（図 3.23 参照）。これらのユニットは連結することで、長さを 1～6m の範囲で調整することも可能である。

本試験装置を使用する際は、同ユニットの軸方向上に LED マトリックス及びデジタルカメラを設置することで、気泡・濁り等が光信号の伝送に与える影響を評価する。気泡等の試験パラメータは、併設した気泡供給装置及び濁り/障害物調整治具によって調整する。図 3.24 に水質を調整した後に撮影した LED マトリックス像を示す。図 3.24 (b)、(c) 及び (d) のように、水中の気泡数等を調整することで、撮影対象の像に乱れを与えること、明るさを低下させること及び一部を遮蔽することが可能である。

なお、本評価試験装置に併設した LED マトリックス及びデジタルカメラ等は、遠方に情報を伝送することに特化した設計ではあるが、パイプユニットはプールのような広い空間を光学的に模擬できるものであり、注水せずに使用することも可能である。そのため、パイプユニットについては、光源及びそれを受信する機材を設置することで、気中或いは水中における光源或いは受信側の特性を評価する試験に応用することも可能である。

本試験装置は、経済産業省資源エネルギー庁の受託事業として実施した「発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業（特殊環境下で使用可能な監視システムの高度化）」で整備したものである。

- ・ 光路長 : 1～6m
- ・ 撮影速度 : 300fps
- ・ 気泡供給数 : 0～150 個/min
- ・ 光学濃度（OD 値） : 0～1.2
- ・ 遮蔽率 : 最大 30%

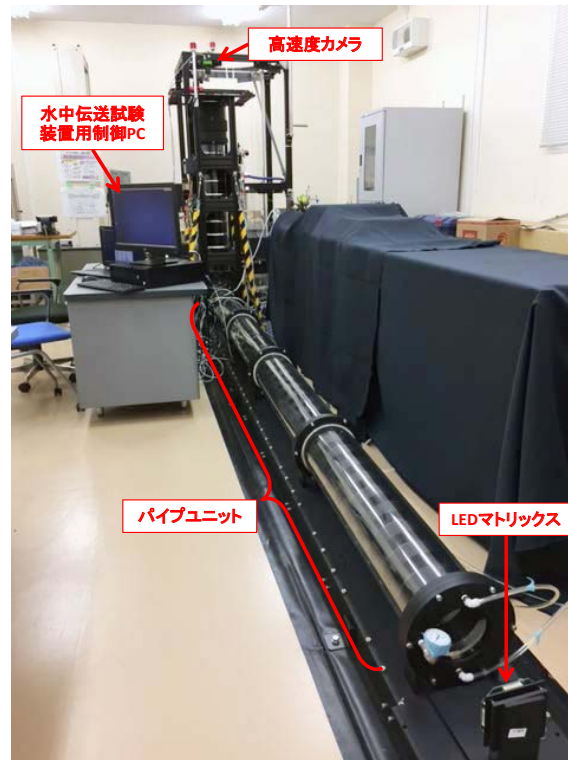


図 3.21 水中無線伝送試験装置の外観写真

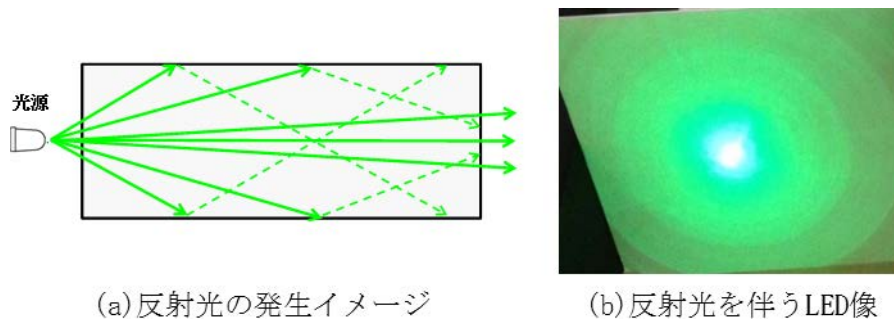


図 3.22 アクリル・金属等を用いた場合における LED 像

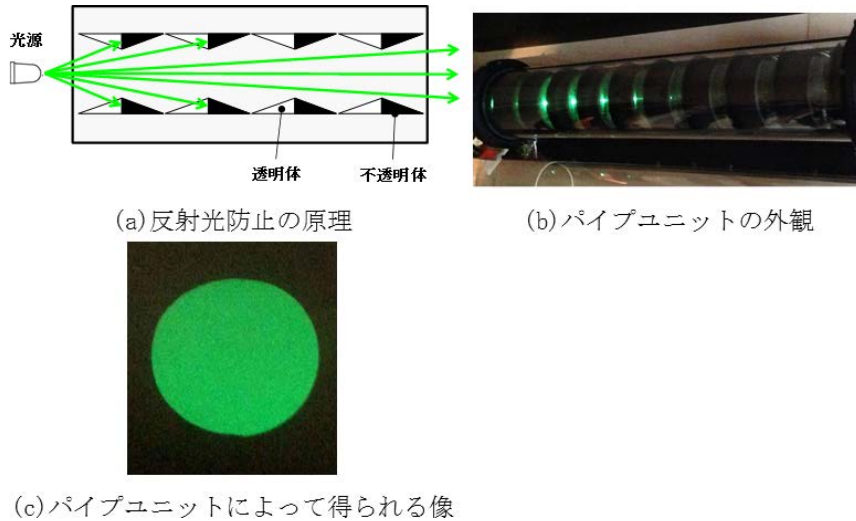


図 3.23 パイプユニット内反射防止機構による効果

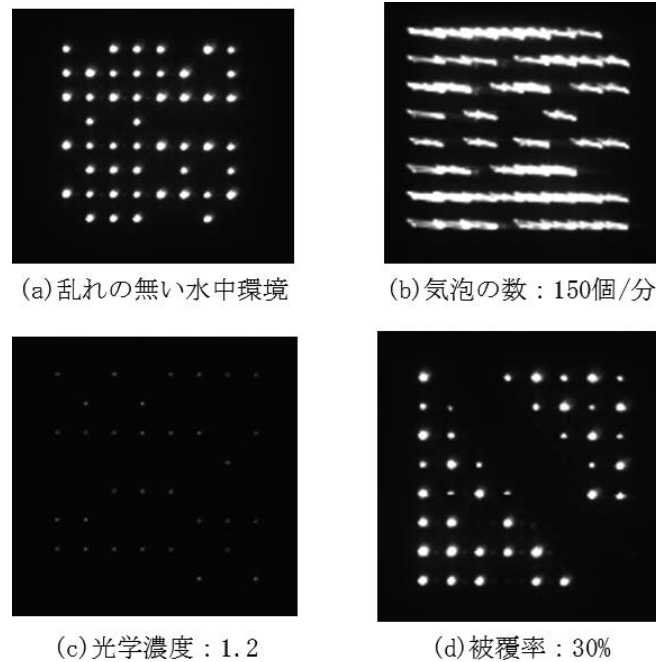


図 3.24 気泡、濁り、遮蔽率操作後の LED マトリクス

3.2.7. 炉外高温高圧水試験装置

経済産業省資源エネルギー庁からの受託事業として実施した「発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業（特殊環境下で使用可能な監視システムの高度化）」の一環として、炉外高温高圧水試験装置を材料試験室 1 に整備した¹⁰⁾。本装置は、原子力施設でシビアアクシデントが発生した際に、プラントの状態を監視し、正確な状況把握能力の向上を図るため、原子炉内計測データを着実に取得できる計測システム等の高度化に向けた要素技術の基盤整備として、信号線や信号線を構成する芯線、絶縁材及び被覆材の選定に必要な試験データを取得するためのものである¹¹⁾。

材料試験室 1 に設置された炉外高温高压水試験装置の外観写真を図 3.25 に示す。また、炉外高温高压水試験装置の主要循環系概略図を図 3.26 に示す。本装置は、2 基の小型压力容器（オートクレーブ）、水質調整タンク、高压定量ポンプ、予熱器、熱交換器、純水精製装置などから構成されている。オートクレーブは、BWR 及び PWR の炉内水環境条件を模擬できるものであり、最高使用温度を 350℃及び最高使用圧力を 18MPa である。また、高压定量ポンプを設置し、オートクレーブに高温高压水を安定して供給可能である。炉外高温高压水試験装置の詳細図を図 3.27 及び図 3.28 に示す。オートクレーブに供給する循環水の水質を制御するため、必要に応じて循環水中に酸素、水素、窒素、ヘリウム等のガスを注入し、循環水の溶存酸素濃度や溶存水素濃度を制御できる機能を有する。さらに、水質を一定に維持するため、循環水を精製するとともに、腐食生成物を除去できるようにし、水質を測定するための測定器や循環水サンプリングラインを設置している。

本装置の主な仕様は以下の通りである。

- ・試験温度 : 室温～350℃
- ・使用圧力 : 最大 18MPa
- ・循環流量 : 最大 30L/h （各オートクレーブ 15L/h）
- ・水質計測項目 : 溶存酸素濃度、溶存水素濃度、pH、電気伝導率
- ・試験計測項目 : 温度、圧力、腐食電位、荷重、変位
- ・試験試料 : オートクレーブ 1：引張試験片、CT 試験片、等
オートクレーブ 2：MI ケーブル、ECP センサー、等

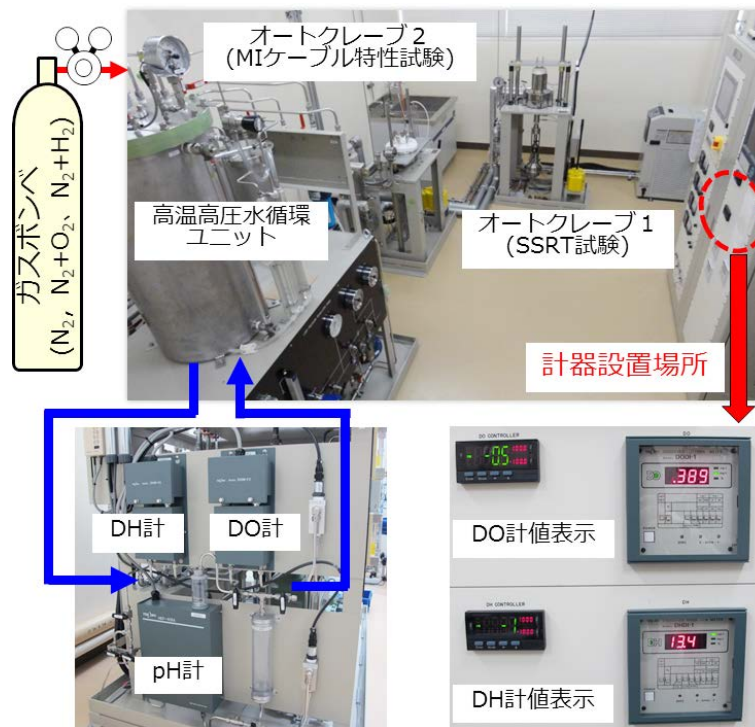


図 3.25 炉外高温高压水試験装置の外観写真

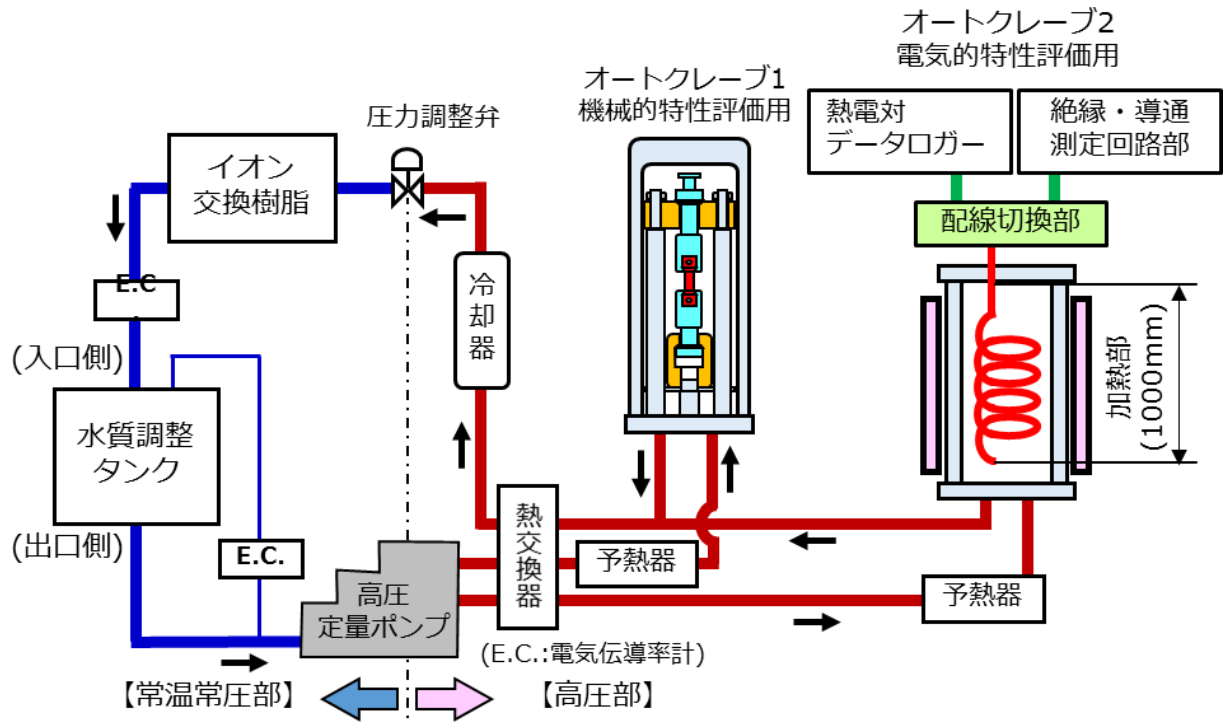


図 3.26 炉外高温高圧水試験装置の主要循環系概略図

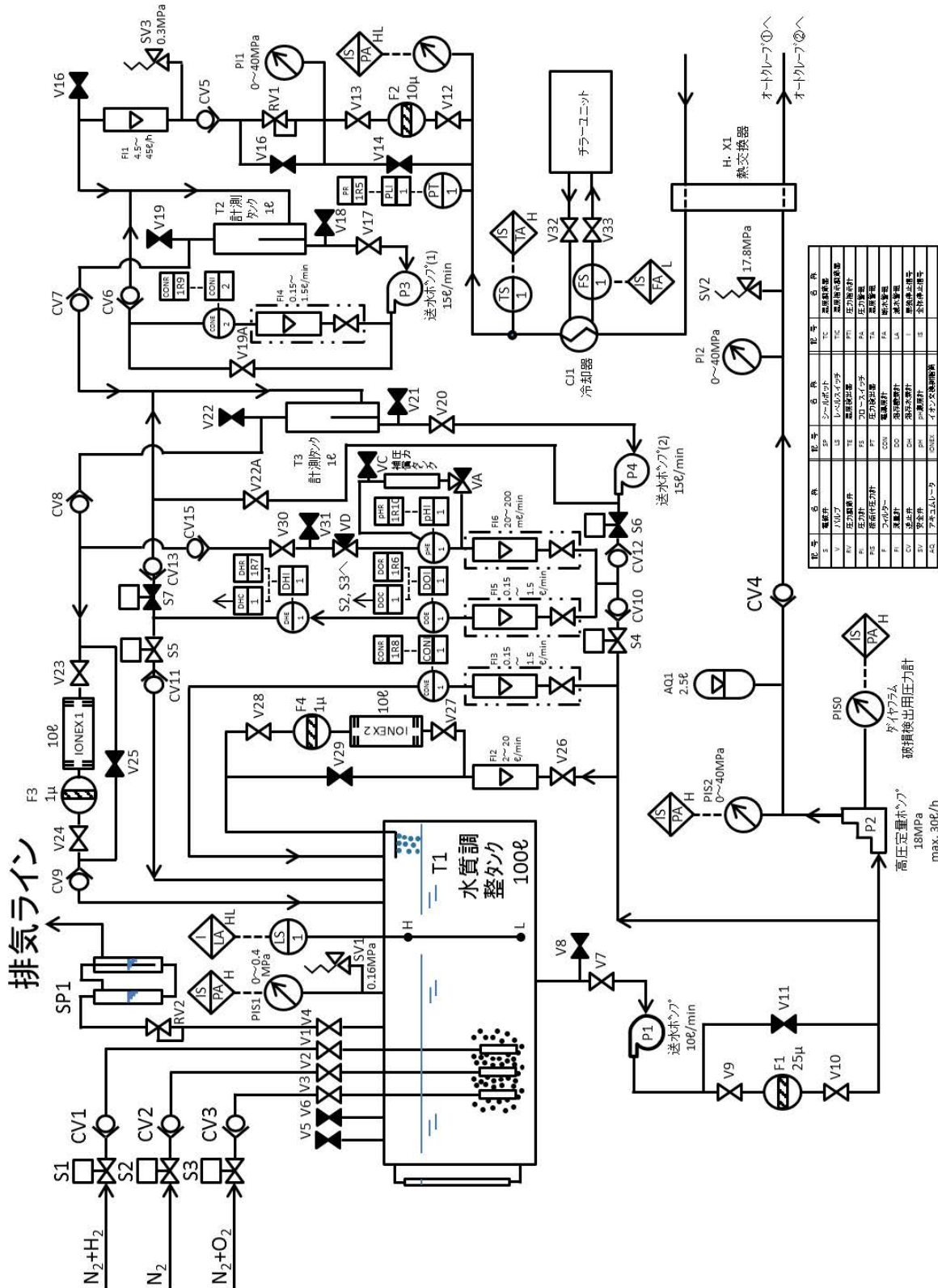


図 3.27 炉外高温高圧水試験装置の詳細図 (常圧部)

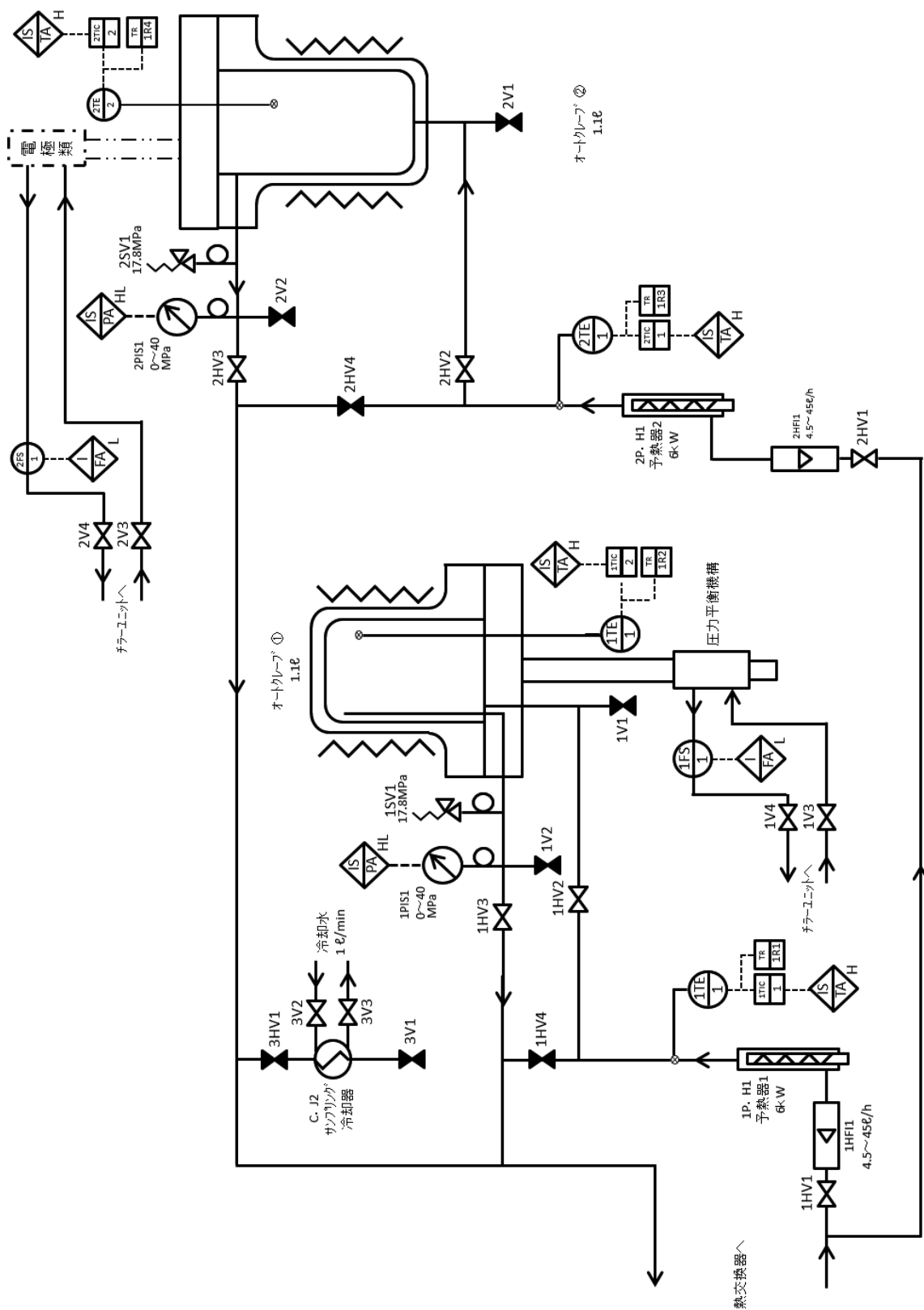


図 3.28 炉外高温高圧水試験装置の詳細図 (高圧部)

3.2.8. 金属顕微鏡

倒立金属顕微鏡（ニコン社製 ECLIPSE MA200）は、主にエッチングされた試料を観察する際に用いる。この顕微鏡には通常の接眼レンズの他に DS カメラコントロールユニットが装備されており、これにより観察試料を撮影し、USB メモリ等の記憶装置に保存することができる。本装置の外観写真を図 3.29 に示す。

- ・ 大きさ : W413×D337×H308 mm
- ・ 質量 : 20kg
- ・ 光学系 : 対物レンズ CFI60 システム（無限遠補正 CF 光学系）
接眼レンズ ニコン LU PLAN FLUOR BD 5x,10x,20x,50x,100x
視野数 22,25 ニコン CFI UW 10x
レボルバ 5 個穴（MA2-NUI5）
- ・ 照明装置 : ニコン LV-LH50PC 12V50W
- ・ 鏡筒 : ニコン MA2-TI3 三眼鏡筒 TI3
- ・ ステージ : ニコン MA2-SR タテハンステージ
- ・ カメラ : ニコン DS-Fi1-L2



図 3.29 倒立金属顕微鏡の外観写真

3.2.9. TG-MASS/TG-DTA

TG-MASS/TG-DTA 装置（Bruker AXS 社（現、NETZSCH 社）製示差熱天秤・質量分析同時測定システム）は、試料を高温に加熱した際の重量変化及び発生ガスを同時に測定することができる。また、試料温度だけではなくガス雰囲気も制御することができ、TG-DTA2200SA については He, He-O₂ 及び N₂、TG-DTA2000SA については N₂, N₂-O₂, Ar, Ar-O₂ 及び水蒸気（露点～90℃）を試料室に導入することが可能である。

本装置は主に示差熱天秤装置（TG-DTA2200SA, 2000SA）、四重極型質量分析装置（MS9610）、水蒸気発生供給装置（HC9700）、その他、冷却水循環装置、自動ガス切換装置（GC9120）、真空置換装置（GVC9240）、恒温槽、ヒーター制御器等から構成されており、主要な各装置の様子は下記の通りである。また装置体系の全体写真を図 3.30 に示す。

(1) 示差熱天秤装置（TG-DTA2200SA）

- ・天秤方式 : 上皿式差動型
- ・測定温度範囲 : RT～1700℃
- ・昇温速度 : 1℃/h～100℃/min
- ・測定雰囲気 : Air, N₂, O₂, 不活性ガス, 真空
- ・測定試料重量 : max 1g（試料容器含）
- ・測定試料容器 : 材質 アルミニウム、白金、アルミナ、石英、銀
形状 φ 5.2mm×H2.6mm、φ 5.2mm×H5.1mm
- ・TG 測定範囲 : ±200mg
- ・DTA 測定範囲 : ±1000 μV
- ・備考 : Mo 電気炉のヒーター線酸化防止のため、炉内に He-H₂ ガスを流す必要がある。また別途水冷設備も必要。

(2) 示差熱天秤装置（TG-DTA2000SA）

- ・天秤方式 : 上皿式差動型
- ・測定温度範囲 : RT～1500℃（水蒸気導入時は max 1000℃）
- ・昇温速度 : ～20℃/min
- ・測定雰囲気 : Air, N₂, 水蒸気, 不活性ガス
- ・測定試料重量 : max 1g（試料容器含）
- ・測定試料容器 : 材質 アルミニウム、白金、アルミナ、石英、銀
形状 φ 5.2mm×H2.6mm、φ 5.2mm×H5.1mm
- ・TG 測定範囲 : ±200mg
- ・DTA 測定範囲 : ±1000 μg
- ・備考 : 水蒸気を導入する場合は台座部分を加熱し、排気管の途中に水溜を設ける。

(3) 四重極型質量分析装置 (MS9610)

- ・マスフィルタ型式 : M-400QA-M
- ・測定可能質量数範囲 : 1～410amu
- ・二次電子増倍管型式 : R6985
- ・ターボ分子ポンプ : TMU071P
- ・オイルポンプ型式 : GLD-051
- ・電離真空計型式 : MG-2 (ICF34)、M-310HG、M-391
- ・備考 : 0.4mT を超える磁場環境では、使用しない。

(4) 水蒸気発生供給装置 (HC9700)

- ・水蒸気発生方式 : 分流法
- ・発生露点範囲 : -20℃～90℃
- ・露点制御安定性 : ±0.5℃
- ・供給可能ガス流量 : max 500mL/min
- ・水蒸気キャリアガス : Air, N₂
- ・ボイラー加熱方式 : 外部恒温槽からの温水循環
- ・連続使用時間 : 測定中の水補充可能につき、半永久的に使用可能

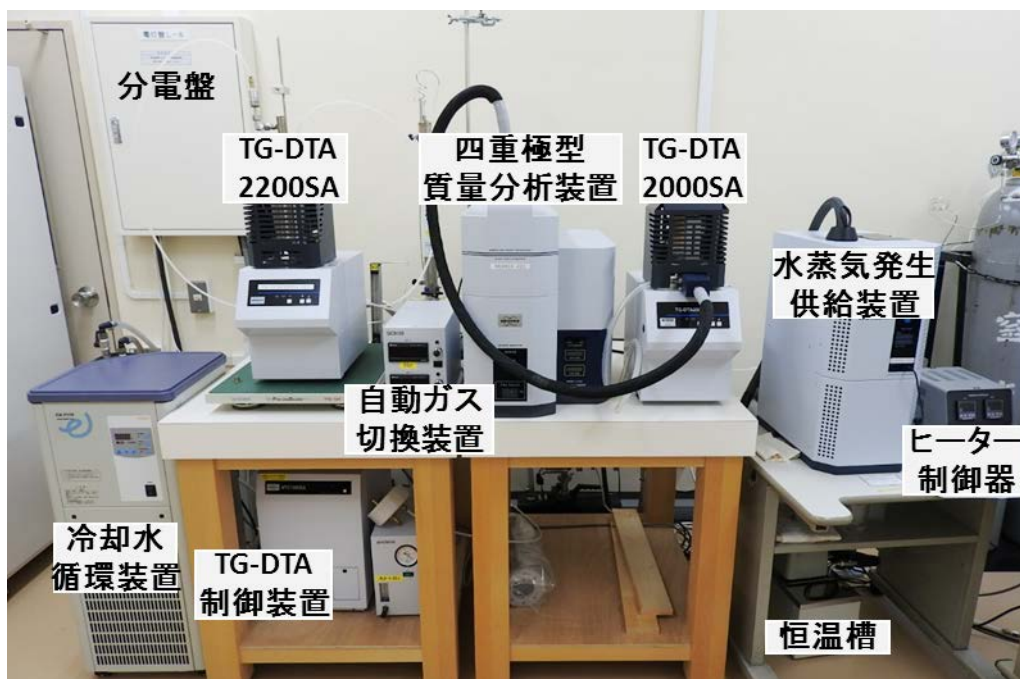


図 3.30 TG-MASS/TG-DTA 装置体系の外観写真

4. 実験装置の操作方法

4.1. 既設試験装置

4.1.1. 排気ブース

本装置の排気ファン及び排気ダクトは ICP-MS 装置の設置に伴い、ICP-MS 装置へ直接接続されており、プラズマによって生成されたガスや熱の除去を行っている。排気ブース正面右側の「送風機スイッチ」を ON にすることで排気ファンが作動し、排気ダクトを通して外部へ排気される。ICP-MS 装置運転中に排気圧力が低下すると、加熱によって装置にダメージを与える可能性がある。このため、ICP-MS 装置を運転中は常時、排気ファンを運転させる。

4.1.2. 化学実験フード

照射試験開発課で進めている $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 国産化技術開発では、メチルエチルケトン (MEK) を用いた溶媒抽出法による $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の濃縮技術開発も行っている¹²⁾。MEK は有機溶媒であるため、使用の際には実験者の安全確保のために必ず化学フードを運転する。また、ICP-MS 分析で用いる硝酸溶液の調製や金属試料のエッチング等で濃硝酸や濃塩酸等を使用する際にも稼働させるよう注意する。

化学実験フードの運転の際は、2 階機械室のスクラバータンク内の水位が基準範囲内にあることを確認し、化学実験室ドア下部のドアガラーを外してから SUS フード右下の運転スイッチを ON にする。

本装置は、毒劇物の取扱を行う局所排気装置に位置付けられる。毒物及び劇物管理規則第 12 条 (4) において、課長等は毒劇物の取扱を行う局所排気装置に対して、毎年度 1 回以上の定期自主点検を実施し、その結果を部長等へ報告するよう定められている。

化学実験フードの定期自主点検方法を付表 2-1 に、これに用いる記録様式を付表 2-2 に示す。

4.1.3. FP ガス圧力計確証試験用電気炉

FP ガス圧力計確証試験用電気炉の基本的な操作手順については、前報³⁾を参照していただき、本節では長尺の試験体の設置方法について記載することとする。本装置の詳細な仕様・使用方法についてはマニュアルを参照のこととする。

(1) 試験体の準備

長尺試験体として、照射試験に使用する MI ケーブルを 1 本挿入する場合を例にとり、長尺試験体を設置する模式図を図 4.1 に示す。炉内温度計測用の熱電対を 1 本及び長尺試験体の温度分布を測定するための熱電対を 6 本設置する。これは、電気炉内の均熱部分に試験体を設置する場合は不要であるが、長尺試験体のように電気炉内で加熱すると温度分布が現われる試験体については、温度分布を測定することが必要である。また、位置がずれないようにするため、温度分布を測定する熱電対をステンレスワイヤーで固定する。

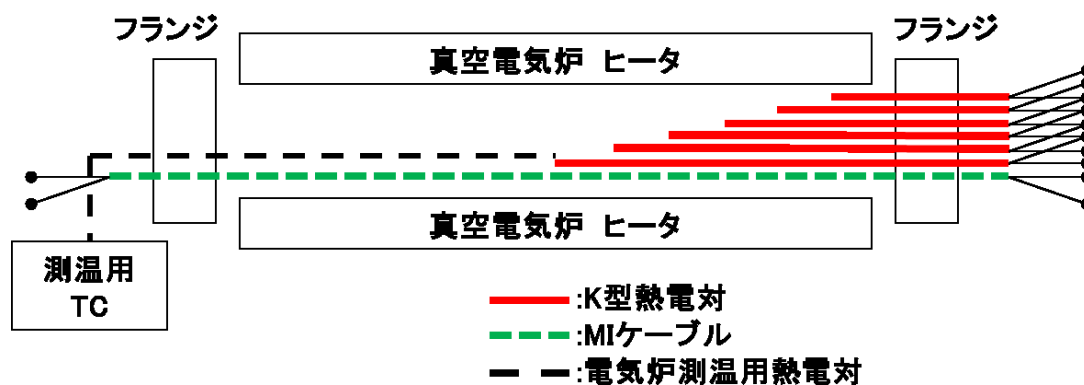


図 4.1 長尺試験体の設置模式図

(2) 電気炉への設置方法

長尺試験体を電気炉へ挿入する際は、フランジを仮止めし、試験体の挿入した後、フランジの固定を行う。通常、電気炉本体にある炉芯管は、保全のため真空状態にあるが、フランジの交換または加熱試験実施のために試験体を設置する際には、炉芯管を大気開放する。

両端のフランジを仮止めし、熱電対及び長尺試験体の挿入を行う。このとき、径が小さく、しなりやすい長尺試験体は、フランジをねじ止めし、固定するまでビニル管等で支持することが望ましい。長尺試験体の設置概要を図 4.2 に示す。ビニル管等を抜き取った後、計測線が断線していないことをテスターを用いて確認する。長尺試験体の設置完了後、図 4.3 に示す部品を図 4.4 に示すようにフランジに設置し、試験体と電気炉の位置を固定する。

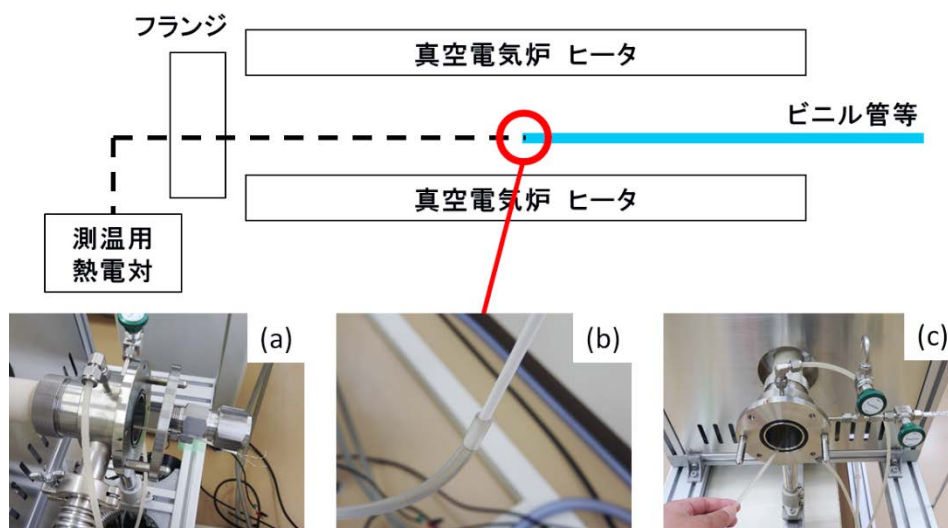


図 4.2 長尺試験体の設置概要 (a) 電気炉両端のフランジの仮止め、(b) 長尺試験体の挿入時に必要に応じてビニル管等を使用、(c) ビニル管等の抜き取り

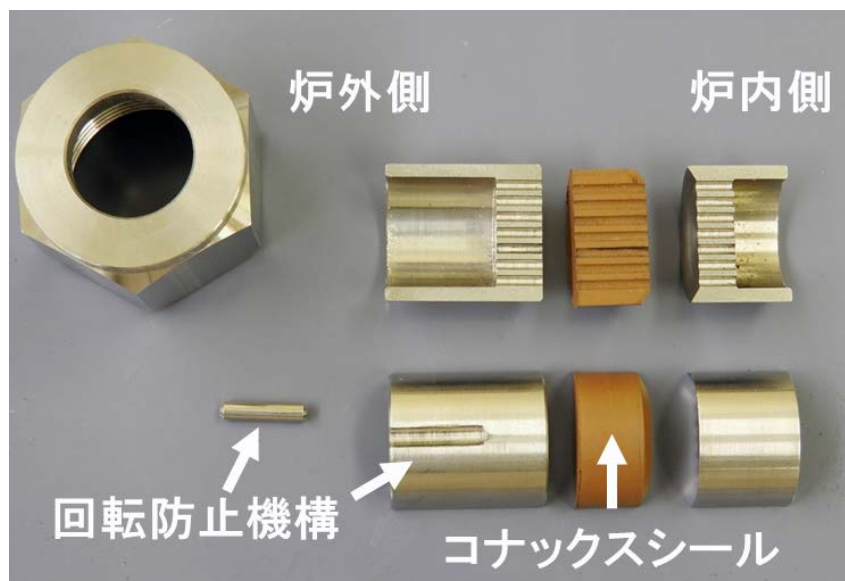


図 4.3 炉芯管の端処理部品の外観写真

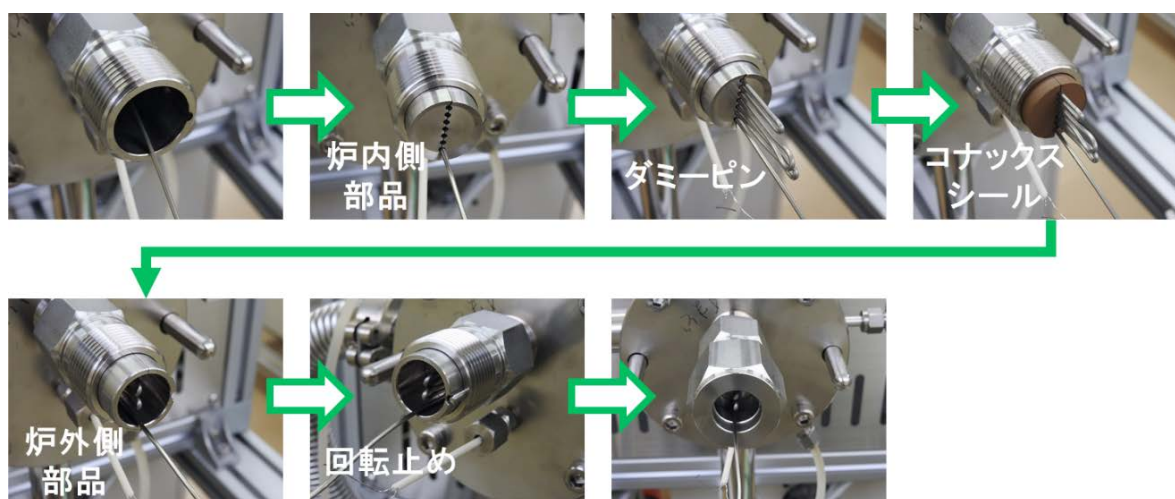


図 4.4 フランジの部の処理手順

(3) タッチパネルの操作方法

電気炉の制御パネルの写真を図 4.5 に示す。図中では、この画面で主に操作するボタンを太枠で示す。最初に起動すると、冷却水と空圧の警告が表示されているので、冷却水循環装置とコンプレッサを動作させた後、右下の「警報」ボタンを押し、図 4.5 (2) に示す警報履歴画面に移り警報のリセットを行う。この際、図中の下線にあるように画面の真ん中をタッチしてからでないと履歴の削除ができない。

警報のリセット後は前の画面に戻り、温度の制御や真空排気動作等を行う。この詳細な操作方法については装置のマニュアルを参照することとする。

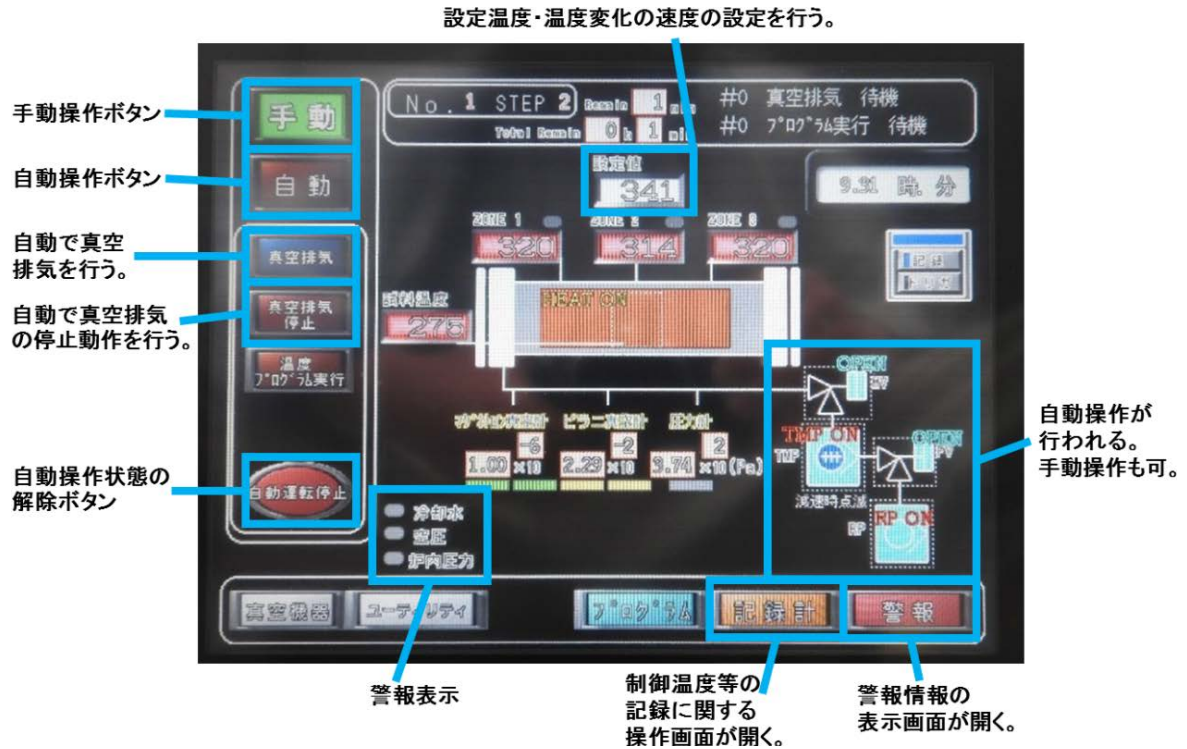


図 4.5 電気炉の制御用タッチパネル (1)



図 4.5 電気炉の制御用タッチパネル (2)

4.1.4. 熱定数測定装置

熱定数測定装置の基本的な起動及び停止の操作手順は、前報¹⁾を参照されたい。本項では、測定試料の作製方法、測定手順について記載することとする。測定のための熱定数測定装置の基本的操作方法については付表 1-1 にまとめた。なお、詳細な操作方法については、操作マニュアルを参照することとする。

(1) 測定試料の準備

標準的な試料の寸法は、 $\phi 10\text{mm} \times 1 \sim 3\text{mm}$ のディスクである。なお、V 型アルミナスペーサを使用することにより、 $\phi 8\text{mm} \times 1 \sim 3\text{mm}$ の寸法でも測定は可能である。厚さ $1 \sim 3\text{mm}$ は、測定試料の熱拡散率により選定する。例えば、アルミニウム合金、銅合金など熱拡散率が大きい試料は $1.5 \sim 2.0\text{mm}$ 程度に厚くし、測定時間の誤差を小さくすることが望ましく、熱拡散率が小さい試料は、 1mm 程度が適当である。試料の両端の平行度は極力高い方がよい。

標準試料もしくは測定試料には、R 熱電対を取り付ける。R 熱電対には、白金ロジウム（+線）及び白金（-線）があるので、準備の際には確認することが重要である。その取付方法は図 4.6 に示すように、スポット溶接による方法とペーストによる方法の 2 種類がある。ステンレス鋼などのような金属試料の場合、スポット溶接機で熱電対を取り付けることが可能である。銅やアルミニウムなどのような金属やセラミックスなどの非金属試料の場合は、銀、白金、金もしくはアルミナペーストにより取り付けることが必要である。この場合、熱電対は予め素線先端をアーク溶接機で溶接しておき、選定したペーストの硬化法に基づいて、熱電対を測定試料に取り付けて準備する。

熱拡散率を測定する場合、レーザー光が透過する試料ではグラファイトスプレーで表面を黒化する必要がある。

(2) 測定の準備

熱定数測定装置を長期間運転していない場合は、装置の確認を行ってから試料の測定をすることが望ましい。まず、簡単な装置の確認方法として、レーザパターンの測定を行う。黒い印画紙または名刺などの紙に黒マジックを塗った紙を試料ホルダの前に置き、レーザーを発振させる。丸い焼き跡が得られれば、特に問題はない。焼き跡の形が楕円や半月状であれば、測定試料に均一にレーザーが照射されていないため、正確な測定が困難となる。この場合は、メーカに問合せプリズムの位置等の調整が必要である。

レーザー形状を確認した後、測定試料を装置にセットする。測定試料のセットの方法は、室温もしくは高温における比熱測定、熱拡散率測定で異なるので注意が必要である。

(3) 比熱の測定方法

比熱の測定は、下記の 2 段階の手順で測定する。まず、室温において大気中で測定試料と基準試料との比較測定をして、測定試料の比熱の絶対値を求める。次に、測定試料について室温時の最高上昇温度と高温時の最高上昇温度を測定比較して、室温時比熱に対する高温時の相対値を求める。この相対値に室温で得た絶対値を掛け合わせて、高温時の比熱を算出する。

①室温時の比熱測定

まず、測定試料、サファイア（標準試料）及びグラッシーカーボンの重量を電子天秤等で精密に測定する。グラッシーカーボンは片面を重量測定前に、細かいサンドペーパーで軽く磨き、フレッシュな表面としておく。次に R 熱電対の素線の先端を溶接し、熱電対を測定試料に取り付ける。測定試料の片面にシリコングリースを薄く塗り、グラッシーカーボンを標準試料に貼り付ける。貼り付ける際に、シリコングリースを使用するが、試料に均一にシリコングリースいきわたるようにするが、多くつけすぎないように注意する。なお、貼り付けた後、グラッシーカーボン表面は、手を触れないようにする。

標準試料を装置の試料系に固定した後、測定試料に付けた熱電対（ $\phi 0.1\text{mm}$ ）と試料系の熱電対（ $\phi 0.3\text{mm}$ ）を同じ極性の素線に接続する。測定準備が完了した後、パソコンに組み込まれているソフトを立ち上げ、自動測定にてレーザーを照射し、標準試料の吸収熱量を測定することとなる。この吸収熱量の測定は、装置を長期に停止している場合は、測定前に必ず測定しておくことが重要である。

標準試料を測定した後、測定試料について同様の手順で比熱測定を行うことにより、目的の測定試料の熱特性を測定することができる。比熱の算出は、下記の式に基づいて計算できるようにソフトの中にインストールされている。

$$(M_1 C_1 + M_0 C_0) \cdot \Delta T_1 = a \cdot Q_1 = a \cdot b \cdot P_1 \quad (4.1)$$

$$(M_2 C_2 + M_0 C_0) \cdot \Delta T_2 = a \cdot Q_2 = a \cdot b \cdot P_2 \quad (4.2)$$

M_1, M_2, M_3 : グラッシーカーボン、サファイア（標準試料）、測定試料の重量（g）

C_1, C_2, C_3 : グラッシーカーボン、サファイア（標準試料）、測定試料の比熱（J/g/K）

但し、 C_1 及び C_2 は文献値。

$\Delta T_1, \Delta T_2$: サファイア（標準試料）、測定試料の温度上昇（K）

a : グラッシーカーボンの吸収係数

Q : レーザーの照射エネルギー（J）

P_1, P_2 : レーザエネルギーモニタの読み値

b : レーザエネルギーモニタの比例係数（ $Q = b \cdot P$ ）

式（4.1）及び式（4.2）より、

$$\frac{(M_1 C_1 + M_0 C_0) \cdot \Delta T_1}{(M_2 C_2 + M_0 C_0) \cdot \Delta T_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1}{P_2} \quad (4.3)$$

従って、測定試料の比熱は下記の式で計算されている。

$$M_2 C_2 = \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \cdot \frac{P_2}{P_1} - 1 \right) \cdot M_0 C_0 + \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \cdot \frac{P_2}{P_1} \right) \cdot M_1 C_1 \quad (4.4)$$

②高温時の比熱測定

まず、室温の比熱を測定した試料に熱電対を取り付け、表面を黒化处理する。電気炉をかぶせます。このとき保護管が熱電対に接触していないかどうか確認する。試料系の排気を行った後、測定試料にレーザーを照射し、室温における温度上昇度 ΔT (RT) を求める。次に、昇温を行い、測定を行う温度まで試料を加熱した後、レーザーを照射し、その温度における温度上昇度 ΔT (T) を測定する。 ΔT (RT) と ΔT (T) の比から、室温の比熱容量に対する高温の比熱容量の相対値を求める。この相対値に室温で測定した比熱の絶対値を掛けて、高温の比熱を算出する。算出方法は以下の式に行われ、ソフトにインストールされている。

$$M_2 C_2^{(RT)} \cdot \Delta T^{(RT)} = a \cdot Q^{(RT)} \quad (4.5)$$

$$M_2 C_2^{(T)} \cdot \Delta T^{(T)} = a \cdot Q^{(T)} \quad (4.6)$$

$\Delta T^{(RT)}, \Delta T^{(T)}$: 室温及び測定温度 T℃における測定試料の温度上昇 (K)

$C^{(RT)}, C^{(T)}$: 室温及び測定温度 T℃における測定試料の比熱 (J/g/K)

式 (4.5) 及び式 (4.6) より、

$$\frac{M_2 C_2^{(T)}}{M_2 C_2^{(RT)}} \cdot \frac{\Delta T^{(T)}}{\Delta T^{(RT)}} = \frac{Q^{(T)}}{Q^{(RT)}} \quad (4.7)$$

レーザーの照射エネルギーは、室温及び高温測定時で同じであるので、

$$M_2 C_2^{(T)} = \frac{\Delta T^{(RT)}}{\Delta T^{(T)}} \cdot M_2 C_2^{(RT)} \quad (4.8)$$

(4) 熱拡散率の測定方法

熱拡散率の測定は、高温時の比熱測定と同時に測定する。測定に際しては、下記の仮定のもと測定することとなる。

- 1) 測定試料が断熱的に保持されており、試料から熱放射および熱伝導により周囲に熱損失がない。
- 2) パルス光の照射時間が試料裏面の温度上昇に要する時間にくらべて十分に短い。
- 3) 測定試料に照射されるパルス光のエネルギー分布及び試料表面での光の吸収も一様である。
- 4) 測定試料は均質で、熱定数は試料の温度上昇区間で変化せず一定値を保つ。

(5) 熱伝導率の算出方法

熱伝導率は、熱拡散率と熱容量と密度との関係から、計算により求める。熱伝率の計算式は以下の通りである。

$$\lambda = \alpha \cdot C_p \cdot \rho \quad (4.9)$$

λ	: 試料の熱伝導率 (W/cm/K)
α	: 熱拡散率 (cm ² /s)
C_p	: 定圧比熱容量 (J/g/K)
ρ	: 密度 (g/cm ³)

(6) タンタル (Ta) 試料の測定結果

本装置は、平成 21 年 12 月に設置された装置であり、納入後約 8 年が経過している。その間、MoO₃ペレット、ステンレス鋼、ジルカロイ等の熱特性などを測定してきた。平成 28 年 6 月に既知材料である Ta 試料を用いて、装置の性能を調べた結果を以下に記す。なお、試験片の調整は前項に記載した手順で行った。

まず、レーザーパターンの測定結果の例を図 4.7 に示す。レーザー出力の違いにより、焼け跡の状態が異なるが、ほぼ丸い焼け跡を示しており測定は可能であった。

次に、室温における Ta の比熱測定を行った。その結果を図 4.8 に示す。納品当時の試験結果と平成 28 年に測定した結果を比較すると、最高温度上昇が納品時の 4.9160℃に対し、3.9461℃と低下が見られた。これは、レーザー出力が若干低下しているものと考えられる。このため、サファイアを用いて吸収熱量の測定を行った結果、納品時 4.0173J に対し、3.0701J であった。なお、吸収熱量が 2J 以下の場合は、レーザー劣化もしくはレーザー出力が十分に伝わっていない可能性がある。

最後に、高温時における比熱及び熱拡散率の同時測定を行った。昇温条件は、室温及び 150～400℃ (50℃間隔) で行った。室温における Ta の熱拡散率の結果を図 4.9 に示す。多少の波形の違いは見られたものの、 ΔT_{max} 到達後、急激な温度低下もなく、熱拡散率の値も大きく変化していないことから、測定は良好であった。

今回得られた比熱、熱拡散率及び熱伝導率の測定結果を表 4.1 に示す。この結果、Ta の測定結果は、文献値に対して±5%以内の精度で測定可能であることが確認できた。

(7) パワーメータの交換

レーザー出力を設定するデジタルメタリレーが、平成 28 年 8 月に故障したため、交換を行った。交換にあたって、設置されていた従来品が生産中止となったため、同じ性能を有する代替品を選定した。本装置に新たに設置したデジタルメタリレーの外観写真及び各部機能を図 4.10 に示す。設定は、「④モニター表示部 1」のみで行い、使用するキーは「⑦比較値設定キー」及び「⑥操作キー “E”」のみであり、その他のキーは使用しない。

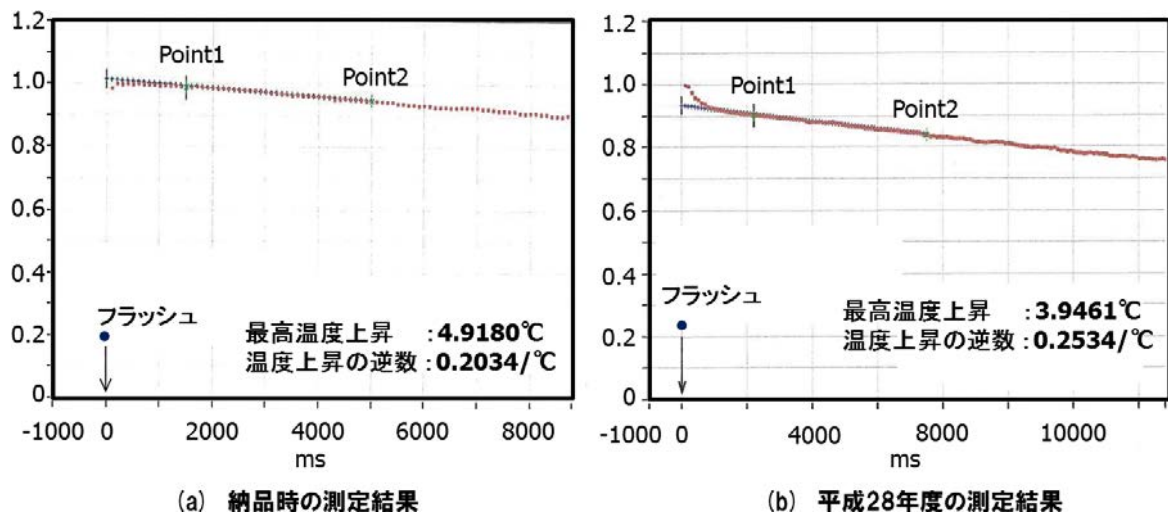
デジタルメタリレー交換後のレーザーパターンの測定結果を図 4.11 に示す。この結果、これまでと同様に均一にレーザーが照射されることが確認できた。

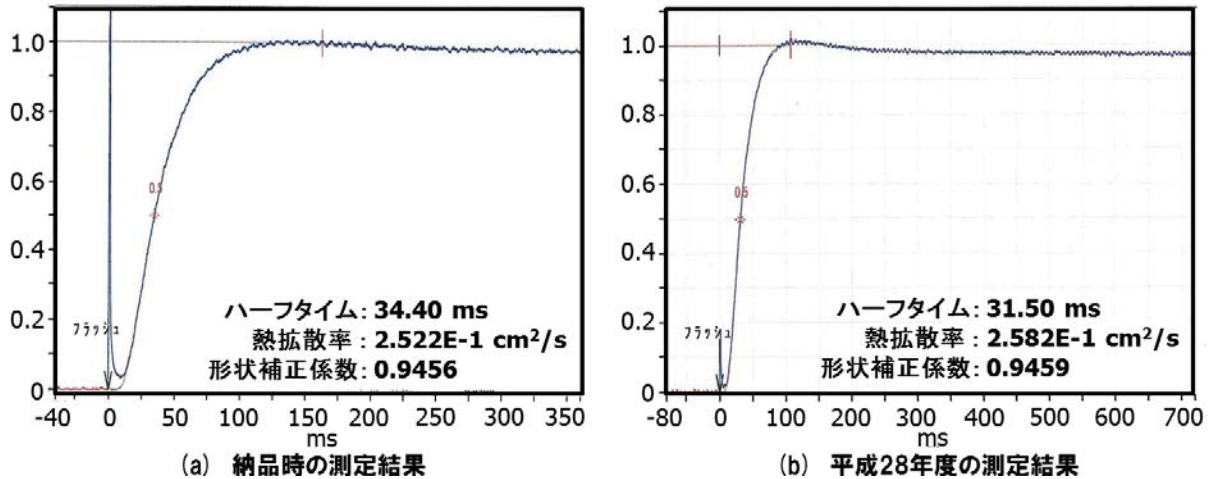
手順	①熱電対の作製	②熱電対の取付け	③測定試料の作製
図示	白金ロジウム (+線) 白金 (-線) ①アーク溶接機にて 素線を溶接 ②先端を漬す	竹串 熱電対 標準試料 (サファイア) :瞬間接着剤 測定試料 (非鉄金属等) :ペースト (銀、白金、金もしくはアルミナ)	熱電対 標準試料 測定試料 グラツシーカーボン シリコングリス
備考	各素線の長さは3~5cm程度。	熱処理条件は、ペーストの種類により異なる。	シリコングリスは隙間が生じないように均一に適度な量とする。

図 4.6 室温における比熱測定用試料の作製 (例)

測定 \ レーザ出力	1.5kV	1.8kV	2.0kV	2.1kV	2.3kV
第1回目測定	—				
第2回目測定	—				
第3回目測定					—

図 4.7 レーザパターンの測定結果 (例)

図 4.8 室温における T_a の比熱測定結果

図 4.9 室温における T_a の熱拡散率測定結果表 4.1 T_a の比熱、熱拡散率及び熱伝導率の測定結果

温度 (°C)	温度 (K)	温度上昇逆数 (1/°C)	比熱 (J/g/K)	熱拡散率 (cm²/s)	熱伝導率 (W/cm/K)
29.6	302.6	0.174	0.1409	-	-
29.1	302.1	0.252	0.141	0.2590	0.6076
149.3	422.3	0.2553	0.143	0.2505	0.5954
200.5	473.5	0.255	0.143	0.2485	0.5899
251.2	524.2	0.2557	0.143	0.2467	0.5873
300.2	573.2	0.2538	0.142	0.2472	0.5841
349.0	622.0	0.2568	0.144	0.2460	0.5881
400.6	673.6	0.2512	0.140	0.2440	0.5706

全体写真	各部機能
※: 設定値は、「④モニター表示部1」のみで行う。「⑦比較値設定キー」を押し、所定の設定値にセットした後、「⑥操作キー“E”」キーを押す確定する。なお、設定途中で10秒以上キー操作がない場合は、設定値は無効となる。	①メイン表示部: 測定値、エラー表示、設定モード表示 ②比較出力表示: 比較出力の出力状態を表示 (HI: 赤, GO: 緑, LO: 橙) ③機能表示 PH: ピークホールド機能 動作時点灯 (表示色: 赤) DZ: デジタルゼロ機能 動作時点灯 (表示色: 赤) ME: バックアップ機能を“ON”にした場合点灯 ④モニター表示部1: 上限設定値、メッセージ及びピーク置表示 (表示色: 緑、切替不可) ⑤モニター表示部2: 下限設定値、メッセージ及びピーク置表示 (表示色: 緑、切替不可) ⑥操作キー E: ダブルファンクション操作及びデータ確定 測定状態復帰に使用 M: 各データ設定の項目選択、シフト値の確定、スケーリング データのチェック及びピーク値バレー値の表示形態の設定 ▶: コンディションデータ項目設定及びシフトデータ項目選定 ▲: コンディションデータ項目設定及びデジタルゼロの設定 ⑦比較値設定キー: 上下限の設定値及び各種データ設定に使用

図 4.10 デジタルメタリレーの外観写真及び各部機能

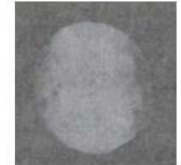
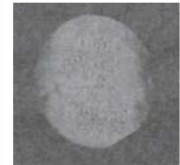
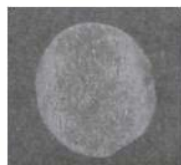
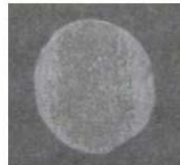
レーザ出力	1.5kV	1.6kV	1.7kV	1.8kV
レーザ形状				
レーザ出力	1.9kV	2.0kV	2.2kV	2.4kV
レーザ形状				

図 4.11 デジタルメータリレー交換後のレーザパターンの測定結果

4.1.5. 高性能表面観察装置（SEM/EPMA）

既設の高性能表面観察装置の停止/起動の通常使用時、完全停止、非常時の緊急停止によって操作方法が異なるが、これらについては前回の報告書に記述している³⁾。本報告書では、電子プローブマイクロアナライザ（EPMA）による分析のため①試料ホルダの取り出し、②試料ホルダの装填、③定性分析の各操作方法について記載する。

① 試料ホルダの取り出し

試料交換作業は、加速電圧の印加（ON）状態でも実行可能である。試料ホルダの取り出し操作の方法を付表 1-2（1）に示す。

② 試料ホルダの装填

上記と同様に、加速電圧の印加（ON）状態でも実行可能である。試料ホルダの装填の操作方法を付表 1-2（2）及び図 4.12 に示す。

③ 定性分析（WDS）

定性分析とは、通常 4～5 枚の面間隔の異なる分光結晶を同時あるいは連続にスキャンさせて、(Be) B～U の元素の存在を調べる手法で、分析試料の構成元素を把握し、簡易定量により試料のおおよその定量分析値も同時に調べることができる。

WDS は分析に比較的大電流（数 nA から μ A 程度）を必要とし、また、各元素の特性 X 線のエネルギーは、100eV から 10keV 程度の広い範囲に及ぶので、全元素の検出に効率的な定性分析条件を設定するのは容易ではない。微量成分に対して効率よく分析を行なうためには、材料によって最適な条件（加速電圧、照射電流）を設定する必要がある。

●加速電圧

軽元素主体 : 10～15kV
重元素主体 : 20～30kV

●照射電流

金属、合金、セラミックス : 10～数 100nA
金属中の微量成分 : 数 100nA～数 μ A
樹脂などビームダメージを受けやすい試料 : 数 nA～数 10nA

また、定性分析には、点分析、線分析、面分析（カラーマッピング含む）の三つの分析手法があり、試料の分析目的と分析箇所を明確にしたうえで、これらの手法を組み合わせる分析を行なう。

点分析：試料上の 1 点の定性分析、定量分析

線分析：試料上の 1 方向の元素分布測定

面分析：試料の構成元素の面内分布観察

定性分析後に得られる画像データの一例を図 4.13 に示す¹³⁾。図 4.13 (a) はセラミックの反射電子組成像であり、EPMA 分析を行う際の分析場所を探す上で適している取得画像の一つとして、試料の大まかな組成分布を知ることができる。反射電子組成像において、信号量が多くて明るい部分は暗い部分より原子番号の大きい元素が構成されていることを示す。図 4.13 (b) にセラミックの定性分析を示す。定性分析の結果、検出した特性 X 線の波形から含有する元素が示される。今回の場合、Al、Si、Fe、Zr、Sn が含まれていることが分かる。図 4.13 (c) に、図 4.13 (a) で得られた反射電子組成像に図 4.13 (b) で検出された Sn、Si の面分析の結果を示す。カラーバーの赤色に近づくほど濃度が高いことを意味している。図 4.13 (c) より、Sn 及び Si を比較すると、分布濃度に差があることが分かる。

以上のようなデータを得る操作方法は複数あり、同一の機能の操作に対しては一部を除いて互いに連動しているため、状況に応じた方法で操作することが可能である。今回は、操作パネルなどのつまみ、スイッチを用いた基本的な操作方法を付表 1-2 (3) に示す。

試料交換手順

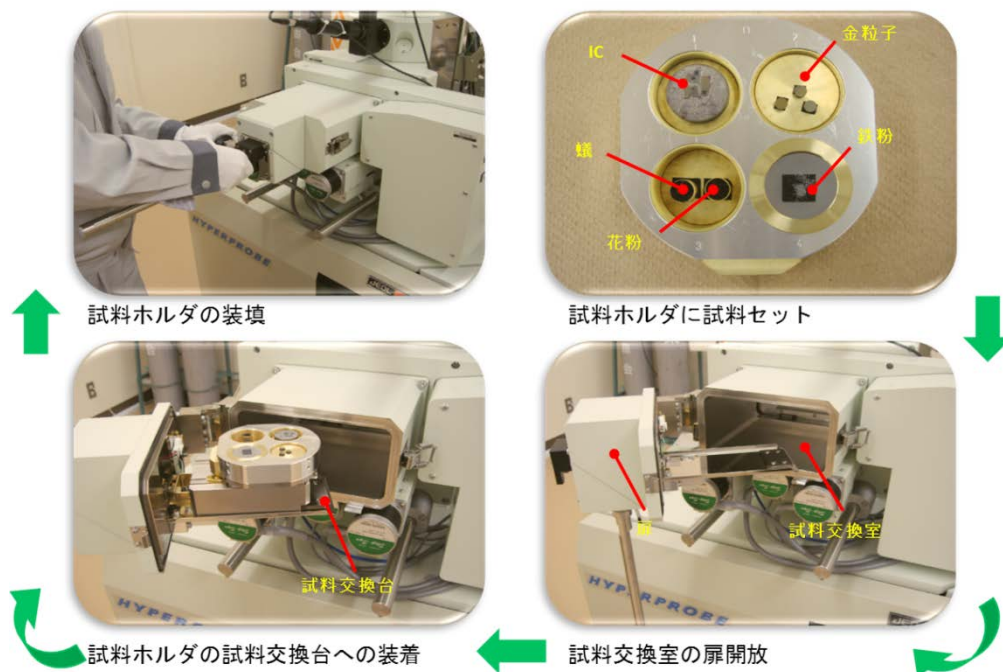


図 4.12 試料交換手順

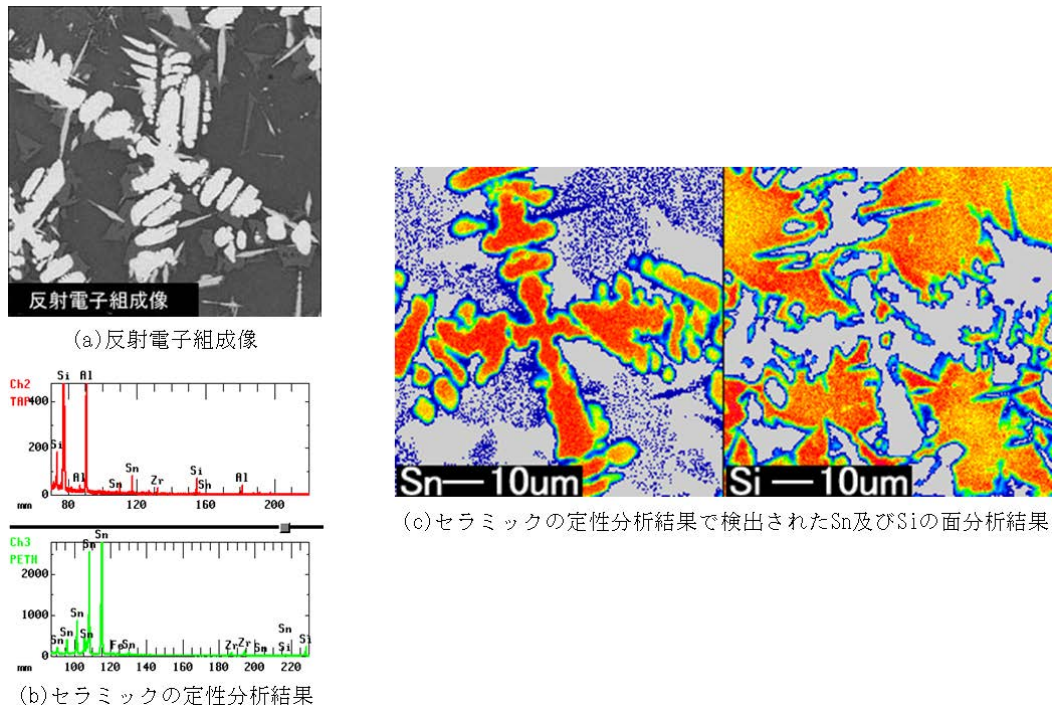


図 4.13 SEM 装置を用いた観察結果

4.1.6. 真空蒸着装置

真空蒸着装置（日本電子社製 JEE-420）は、平成 27 年度に冷却水の水交換不足が原因で配管内にぬめりが発生し、それらが電磁弁に蓄積されたことにより一時的に運転不可となった。このため、メーカーによる修理を実施し、配管及び電磁弁を交換した。従って、チラー内の水は定期的に交換を行い不純物が発生しないように注意する。

また、真空蒸着装置のヒーター（日本電子社製 DII-29010SCTR）は、高性能表面観察装置で扱う試料の製作時間短縮のために新たに導入されたものである。既設の真空蒸着装置（日本電子社製 JEE-420）に比べて蒸着膜の純度が劣るものの、短時間での蒸着が可能である。

真空蒸着装置（日本電子社製 DII-29010SCTR）の各部名称を図 4.14、操作方法を付表 1-3 に示す。

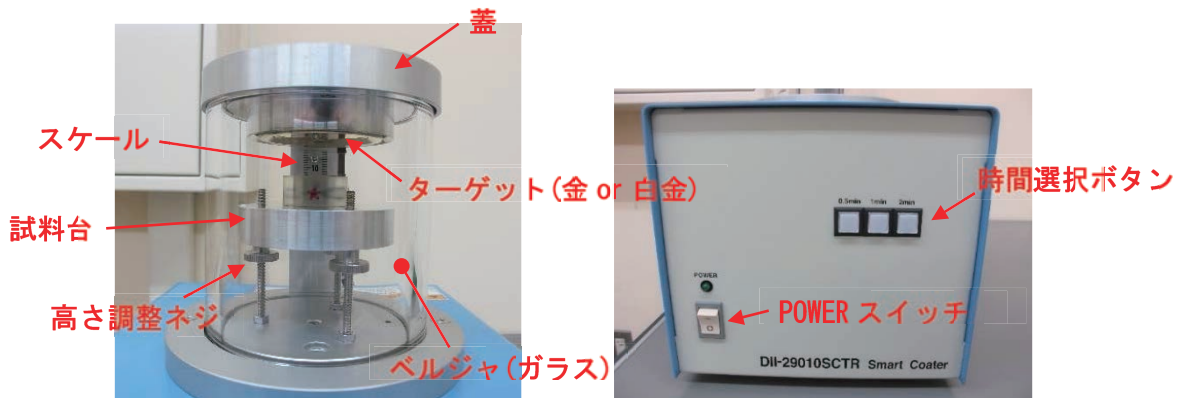


図 4.14 真空蒸着装置 各部名称

4.1.7. 引張試験装置

引張試験装置はネジ式の機械駆動の試験機、コントローラと小型の操作卓及び試験荷重、伸び、外部変位計で構成されている。試験時には、操作卓により、試験荷重、試験速度、試験片伸びなどの測定範囲が選択できるように自動化されている。温調槽は、ヒーターと送気ファンを用いた温調槽本体及び測温接点を槽内に設置した熱電対が接続された温度制御ユニットからなる。温調槽本体は引張試験機の後部に設置されており、レール上をスライドすることによって温調槽内に荷重軸が入るように配置されている。また、高温試験時には、試験治具のプルロッドを流れる冷却水によって、ロードセルの温度上昇を防止する構造となっている。試験データは、付属する装置を用いて収集及び解析ができる。引張試験における同装置の基本操作方法を付表 1-4 (1) に示す。一方、他の試験機等による試験結果と詳細な比較を行う際には、試験片の形状が同一であることが重要である。そこで、より多くの試験片形状に対応するために、新たに丸棒及び小型引張試験に対応可能な引張試験治具を準備した。図 4.15 にそれぞれの試験治具の外観写真を示す。



図 4.15 丸棒引張試験片対応型の試験治具

(1) 引張試験装置の基本的操作

引張試験装置の起動・停止に係る基本操作方法を付表 1-4 (1) に、制御用パソコンにインストールされている測定ソフトの操作方法を付表 1-4 (2) に示す。なお、詳細な操作方法については、装置に付属のマニュアルを参照することとする。

引張試験装置はネジ式の機械駆動の試験機、コントローラと小型の操作卓及び試験荷重、伸び、外部変位計で構成されている。試験時には、操作卓により、試験荷重、試験速度、試験片伸びなどの測定範囲が選択できるように自動化されている。温調槽は、ヒーターと送気ファンを用いた温調槽本体及び測温接点を槽内に設置した熱電対が接続された温度制御ユニットからなる。温調槽本体は引張試験機の後部に設置されており、レール上をスライドすることによって温調槽内に荷重軸が入るように配置されている。また、高温試験時には、試験治具のプルロッドを流れる冷却水によって、ロードセルの温度上昇を防止する構造となっている。試験データは、付属する装置を用いて収集及び解析ができる。

(2) 弾性変形領域の引張試験

本装置のような大型の引張試験装置は、試験片が破断に至るまでの応力と塑性ひずみとの関係を取得するのが一般的である。こうした用途では、試験中に生じる装置自身のわずかな弾性変形が取得データに含まれても無視できる。しかし、物性値のひとつであるヤング率を得るには、引張試験開始直後の試験片の弾性ひずみ領域を精度良く計測する必要がある¹⁴⁾。この場合には、上述の装置自身の弾性変形がデータに与える影響を無視できない。そこで、弾性ひずみ領域の計測を行うため、ひずみゲージを用いたデータ取得が可能な試験方法を整備した¹⁵⁾。引張試験時には、弾性ひずみ領域は比較的短時間で通過するため、ひずみ及び荷重（応力）のデ

ータは同期がなされていないと精度のよい計測とならないことから、引張試験装置から荷重（応力）のアナログデータを外部出力して、ひずみゲージの出力を収集するデータロガーに入力して同期させた。これにより、材料のヤング率測定等の弾性ひずみ領域における精密測定が可能となった。図 4.16 に引張試験装置データ収集制御ユニット背面の荷重（応力）データ外部出力コネクタ部を示す。



図 4.16 荷重（応力）データ外部出力コネクタ部（引張試験装置データ収集制御ユニット背面）

（3）試験片形状

また、他の試験機等による試験結果と定量的な比較を行う際には、試験片の形状が同一であることが重要である。そこで、より多くの試験片形状に対応するために、新たに丸棒及び小型平板引張試験片に対応可能な引張試験治具を準備し、試験を行うことができるようにした。図 4.17～図 4.18 にそれぞれの試験治具の外観写真を示す。



図 4.17 丸棒引張試験片対応型の試験治具



図 4.18 小型引試験片対応型の試験治具

4.2. 新規試験装置

4.2.1. 試料作製装置（切断装置・研磨装置）

切断装置を使用する場合は、電源ケーブルの接続及び電源スイッチを ON にした後、図 4.19 に示す水受けにカッターの刃が浸かる程度まで、水を入れ装置に設置する。その後、図 4.20 に示すようにカッター刃及び固定用治具を設置する。また、切断する試料の設置の流れは図 4.21 に示す通りである。

試料の設置後、切断を開始する前に図 4.22 に示すドレッシングスティック送りアームを調節し、ダイヤモンドカッターの刃のドレッシングを行う。ドレッシング後、試料を固定しているアームを下げてカッター刃に接触させ切断を開始する。この際、難削材の切削性能をさらに向上させるべく、潤滑剤を水の中に溶解させ、試料の切断時間を短縮させる方法もある。



図 4.19 切断装置への水の供給

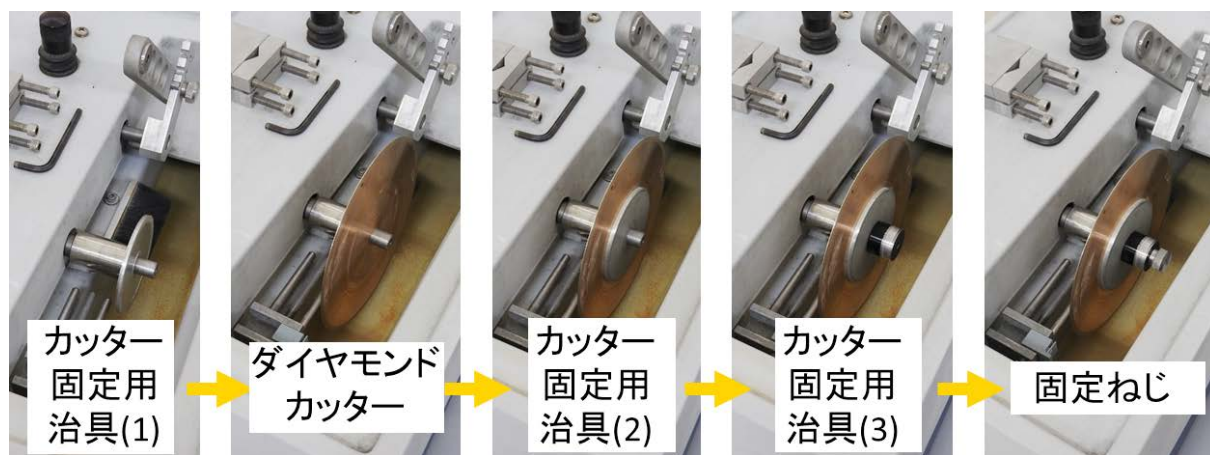


図 4.20 ダイヤモンドカッターの設置

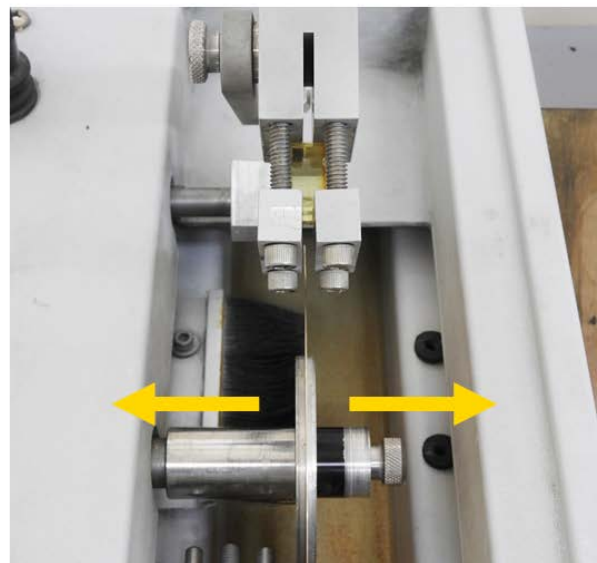


図 4.21 切断試料の設置



ドレッシング

潤滑剤

図 4.22 切断補助用品

次に切断した樹脂試料の研磨について記す。研磨では図 4.23 に示すように専用研磨紙あるいはバフ板を回転体に張る。この際、バフ板は強力な磁石によって、固定されるため、指を挟まないように注意する。また研磨終了後の取り外しには、専用の器具を用い、梃で持ち上げる。

研磨装置の使用準備にかかる操作方法を図 4.24 に示す研磨を行う樹脂試料は、回転研磨機の 4 つ穴に差し込み、試料固定のために用いる空気圧を確保するため、BEBICON（日立産機システム社製）の電源を ON にする。その後、操作パネルの TIME で時間を設定し、FORCE APPLICATION で全体荷重、個別荷重、手研磨の設定を行う。また、FORCE UNIT で 4～60 ポンドで適切に試料を回転体に押し付け、COMP/CONTRA で回転方向を設定する。研磨中に水供給を行う場合は WATER で設定を行う。全ての設定を行い、実行操作を行うと、4 つの試料上部より押さえ治具が現れ、試料が回転体に密着される。その後、下架台のパネルを操作し、回転体を適当な回転速度にし、試料の研磨を行う。

研磨を行う際は、ペーパーの粒度を #400, #800, #1000, #1200 とすることで、試料表面を徐々に鏡面に近づける。その後、回転体に琢磨布（バフ）を張り、図 4.25 に示すダイヤモンドサスペンション $3\mu\text{m}$ 懸濁液で粗研磨をし、最後にコロイダルシリカ $0.01\mu\text{m}$ を回転体に定常的に垂らし、精研磨を行う。

研磨終了後は、バフ板取り外しを行うとともに、BEBICON に溜まった空気を開放するため、エア抜きを行う。

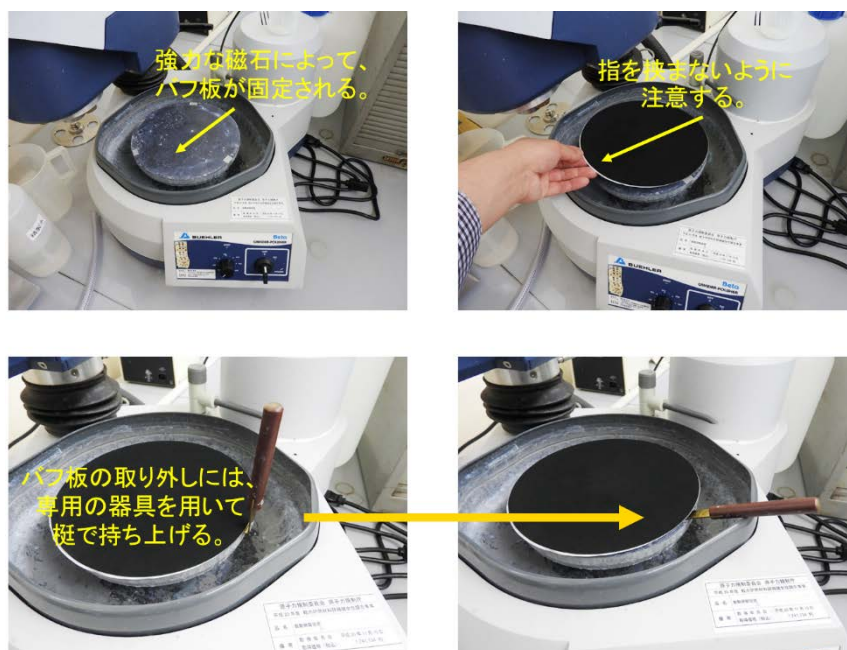


図 4.23 バフ板の設置及び取り外し

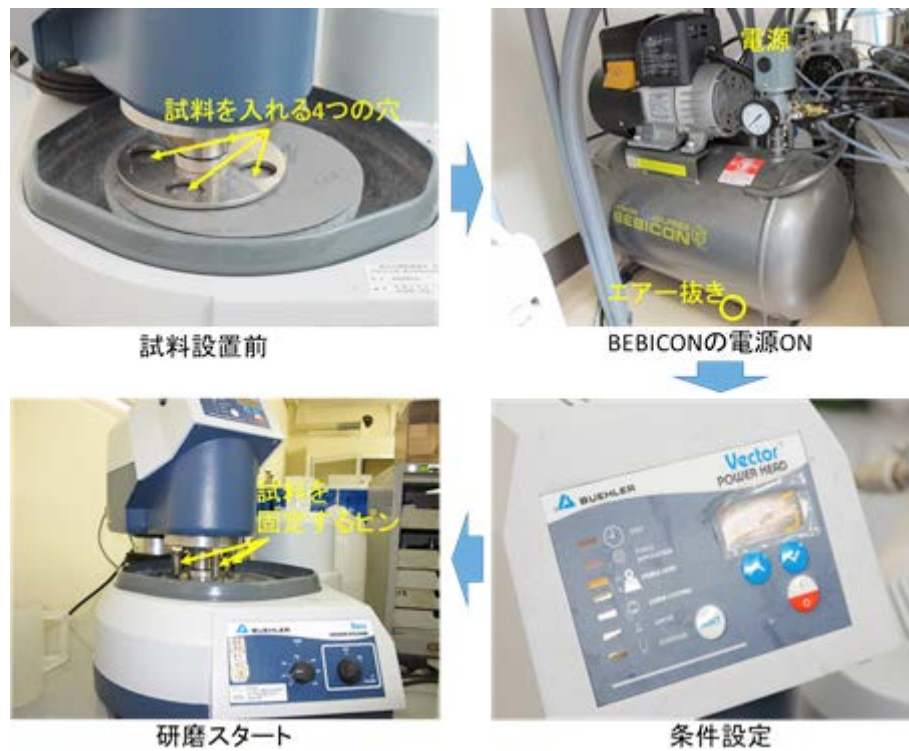


図 4.24 研磨装置の使用準備にかかる操作方法



図 4.25 研磨剤

4.2.2. $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製造試験用試験装置

(1) オートクレーブ

オートクレーブは、装置上部に設置された操作パネルにて、滅菌等の条件設定を行う。設定後、運転を開始することで缶体内下部のヒーターが作動し、缶体内の滅菌用水が加熱されることで蒸気が発生し、滅菌操作を行う。運転の開始前には、缶体内の水量及び装置下部に設置されている回収ボトル内の水量が、最低水位以上最高水位未満であることを確認し、場合によっては水量を調整する。また、装置下部に設置されている蒸気排出口より高温の水蒸気が排出されるため、引火性・腐食ガス等の化学薬品保管場所からは遠ざけた位置で使用する。操作方法は付表 1-5 に示す。

(2) 超純水製造装置

超純水製造装置は、本体前面に設置された操作パネルにて採水量、採水速度等の設定や Menu 画面を開くことでアラームの確認、初期設定等を行うことができる。また本装置は、Menu 画面の初期設定内にあるプログラム運転を設定することで、使用頻度が少ない場合でも、特定の曜日や時間に循環ポンプ及び UV ランプ等を作動させ、装置内部の水の滞留を防ぐことが可能であり、その際には、循環モードを自動循環モードに設定しておく必要がある。また、循環モードでの作動中には、一定時間ごとに排出ラインから 50mL 程度が排水されるため、供給タンク内の水量を定期的に確認する必要がある。操作方法については、付表 1-6 に示す。

まず、貯水タンク（20L 容量）に 1 次処理水（蒸留水）を入れる。電源を入れ、TOC 数値の安定を待つ（2 分程度）。操作パネルにあるプッシュスイッチ付ダイヤルで採水量を設定し採水する。

(3) トキシノメーター

トキシノメーターは、パソコン内にインストールされているトキシノメーター専用ソフトウェアであるトキシマスターQC7にて測定条件の設定操作を行う。 $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製造試験では、日本薬局方に準じた測定を行うため、ソフトウェアメイン画面リボン内のグループ設定より、局方試験を選択する。次いで、リボンよりサンプル配置編集を選択し、測定条件を入力していく。その後、サンプルを調製し、ET-6000 にてインキュベート（37℃）及び分析を行う。なお、分析試薬にはエンドトキシン特異的試薬であり、日本薬局方のエンドトキシン試験法に準拠している試薬であるリムルス ES-II シングルテスト（表示感度 0.015 EU/mL）を用いている。また、分析試験を行う際は室温（10–30℃）で行うこと。これらの操作方法については、付表 1-7 に示す¹⁶⁾。

(4) 電気炉

電気炉は、装置全面下部に設置されている操作パネルにて運転モード・条件等の設定を行う。運転モードには、定値運転、クイックオートストップ運転、タイマー運転（オートストップ、オートスタート）及びプログラム運転がある。 MoO_3 ペレットの加温処理では、プログラム運転を用いている。本装置は運転により炉体等が高温となるため、周囲に紙等燃えやすい物は置

かない。また、本装置においては、爆発・火災の原因となりえる爆発性物質、可燃性物質及びそれらを含有する物質が使用しない。本装置の基本的操作方法を付表 1-8 (1) に、本装置で使えない危険物一覧を付表 1-8 (2) に示す。なお、本装置は、プログラム制御も可能であり、プログラムの設定方法についてはマニュアルを参照して行うこととする。

(5) 微量浸透圧計

微量浸透圧計は、専用のサンプルチューブに測定試料を分取後、装置にセットし測定ボタンを押すことで、オート測定を行う。測定前には、蒸留水及び標準液（300mosm、900mosm）を用いた較正を行う。なお、900mosm 標準液による較正は、測定サンプルの浸透圧が 600mosm を超えると推定される場合に必要である。⁹⁹Mo/^{99m}Tc 製造試験での推定浸透圧は、生理食塩水の浸透圧である 285mosm である。操作方法は付表 1-9 に示す¹⁷⁾。

4.2.3. 水素センサー特性試験装置

固体電解質型水素濃度センサー特性試験装置は、加熱系統・ガス供給系統・ガス分析系統・制御系統の 4 系統によって構成される。各系統の運転及び構成機器へのパラメータ入力等は、制御系統の PC によって行われる。そのため、本試験装置は各種機器への電源投入に加えて、制御用 PC-試験装置間の通信の確立及び運転パラメータの設定が必要となる。基本的な起動/停止及びパラメータ設定の手順を付表 1-10 (1) 及び付表 1-10 (2) に示す。

4.2.4. X 線回折装置

X 線回折装置は、PC に内蔵されたソフトウェアにより、X 線管球への負荷を抑えて X 線を発生できるように自動化されている。一方、光学系を変更する場合は、手動でハードウェアを付け替える必要がある。

主に使用する集中法における X 線回折装置の操作方法を付表 1-11 (1) に示す。また、ソフトウェア「PDXL」のメインウィンドウの各部名称及び[元素フィルター]タブの表示項目を図 4.26 及び図 4.27 にそれぞれ示す。このソフトウェアにより XRD パターンから結晶相を同定する簡易手順を付表 1-11 (2) に示す。なお、結晶相候補リストの表示項目は表 4.2 に示す通りである。

X 線装置に関しては「エックス線装置保安規則」に規則が定められている。しかし、本装置は管理区域が X 線装置の外側に存在しないため、エックス線作業主任者を必要とせず、装置の適正な使用に必要な知識を有した管理責任者を選定すれば良い。また、本装置設置の際、放射線管理第 2 課と打合せを実施し、本装置の管理について以下の通りで合意した。

1. 管理区域

- ・ 本装置の外側には管理区域が存在しないものとする。
- ・ 本装置内部には管理区域が存在するので、標識によって明示する。

2. 放射線管理について

- ・ ガラスバッチは不要とする。
- ・ 半年に一度、本装置表面からの漏洩放射線を測定し、その測定結果を記録する。

- ・放射線測定は照射試験開発課が実施し、その測定結果は装置付近に備え付ける。
ただし、放射線管理第2課への報告は不要とする。
- ・測定に使用する放射線測定器は、放射線管理第2課から借用する。

放射線測定位置を図 4.28 に示す。

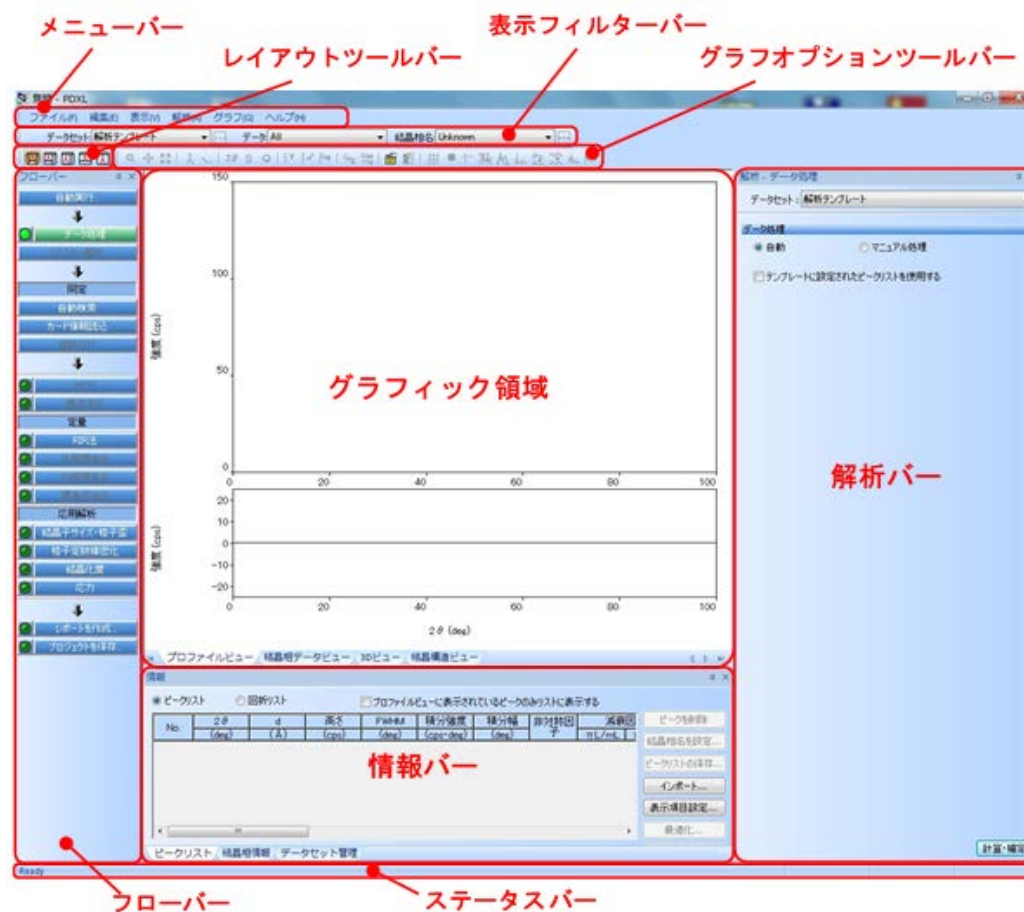


図 4.26 「PDXL」のメインウィンドウの各部名称



図 4.27 [元素フィルター]タブ

表 4.2 結晶相候補リストの表示項目

表示項目	表示内容
結晶相名	物質の名称
化学式	物質の化学式
QM	カードに保存されている回折データの質 (Quality Mark) S (Star Patterns) : 極めて良質なデータ I (Indexed Patterns) : 指数付けされた質の良いデータ O (Low-Precisions) : 質の悪いデータ (多相または指数付け不可) B (Blank Patterns) : 上記以外のデータ C (Calculated Patterns) : 計算データ
FOM	測定データと物質のカード情報との一致度を表す指数 (Figure of Merit) この値が小さいほど、一致度が大きい
格子定数	物質の格子定数
RIR	物質の RIR (Reference Intensity Ratio: 参照強度比) 値
空間群	物質の空間群
DB カード番号	物質のカード番号
配向度パラメータ	その物質で同定した場合の、測定した試料の配向度
Z 値	単位格子に含まれる非対称単位の個数
体積	単位格子の体積
密度 (g/cm ³)	物質の密度

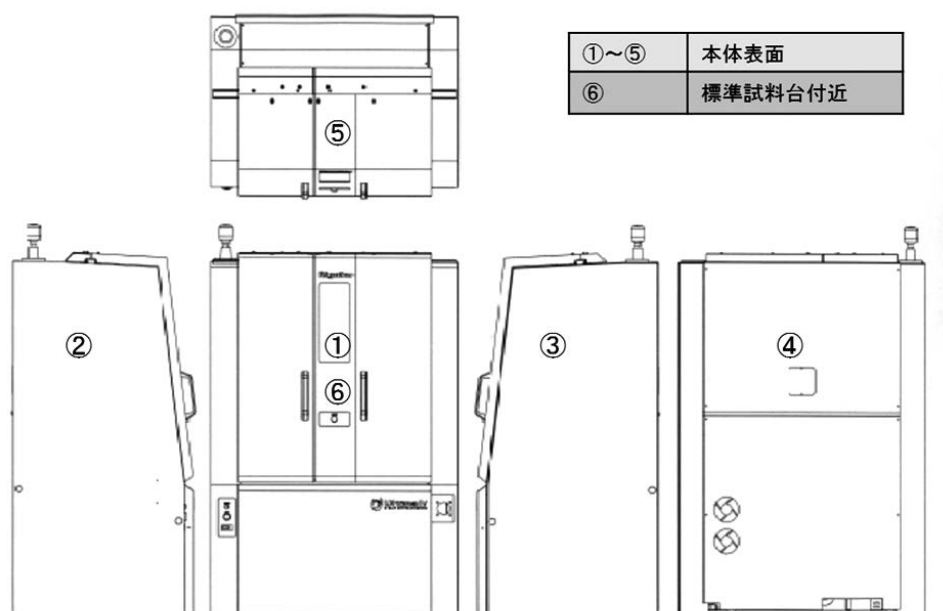


図 4.28 X線回折装置 測定位置

4.2.5. 天秤（3 種類）

天秤については特段の取り扱い上の注意事項はなく、特別な操作（内蔵時計の設定等）についてはそれぞれのマニュアルを参照の事とする。共通事項については下記の通りである。

- ・天秤が水平になるように調整する。
- ・皿の上に薬包紙等を置き、薬剤等がこぼれても大丈夫な状態にする。
- ・慎重に試料を皿に載せ、測定を行う。
- ・測定後は皿に何も載せない。
- ・電源は常時 ON とする。

(1) 島津製作所 UW6200H

本天秤の水平器は図 4.29 に示すように天秤の後方部に水平器が取り付けられており、ねじ式の足を回転させて水平になるように調節する。未使用時はアクリルケースが被せられているので、使用後はこれを元の位置に戻す。また、皿の部分がむき出しなので、エアコンの風の影響を受け正確で安定した測定ができなくなるので、使用時はエアコンを停止する。



図 4.29 島津製作所 電子天秤 UW6200H

(2) 島津製作所 AUX120

この天秤の外観写真を図 4.30 に示す。本天秤は、試料皿の周囲がガラスで完全に覆われており、3 箇所の窓から試料の出し入れが可能である。また先と同様に水平器と調整用の足も設けられている。



図 4.30 島津製作所 電子天秤 AUX120

(3) METTLER TOLEDO XP2U

本天秤は前項の天秤と同様に試料皿の周囲が完全に覆われており、水平器と調整用の足が備えられている。図 4.31 に外観写真を示す。s 試料を設置する時は、図 4.32 に示すように表示器のセンサー部に手をかざすとカバーが回転して、窓が開き試料の出し入れが可能となる。未

使用時は表示器にはホコリよけのタオル、天秤部にはアクリルカバーを被せておく。

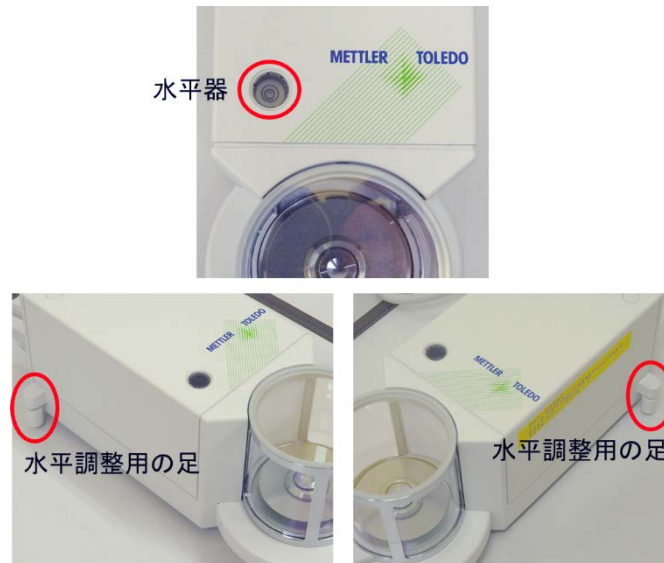


図 4.31 METTLER TOLEDO 電子天秤 XP2U



図 4.32 試料窓の開閉

4.2.6. 水中無線伝送試験装置

水中無線伝送試験装置は、水を貯めるパイプユニットを中心として、水質調整用機器・デジタルカメラ・LED マトリックス等が設置されている。パイプユニットへの注水・水質調整用機器の操作は各種バルブ操作及びコンプレッサによって実行される。デジタルカメラ及びLED マトリックス間の光伝送は PC を介して処理される。従って、本試験装置の起動は①パイプユニット等の準備作業、②PC 操作によるデジタルカメラ等の準備をそれぞれ実行する必要がある。

水中無線伝送試験装置の基本的な操作、本装置に設置している水質調整器の操作及び測定ソフトの操作に係る方法・手順をそれぞれ付表 1-12 (1)、付表 1-12 (2) 及び付表 1-12 (3) に示す。

4.2.7. 炉外高温高圧水試験装置

炉外高温高圧水試験装置の計測制御系統は、制御盤に、記録計、計測装置、制御装置、警報装置、各種操作スイッチ等が設置されており、試験データは記録計を介してデータ収集用の PC

に保存される。また、循環水の水質を測定するための pH 計、電気伝導率計、溶存酸素濃度計及び溶存水素濃度計の計測系も本制御盤に内蔵され、水質測定結果を出力することができるようになっている。

循環水の圧力調整系は、水質調整タンク、高圧定量ポンプ等が配置されている配管系等に設置されている。ここでは、弁により試験圧力を手動で調整するほか、循環水の総流量の調整は高圧定量ポンプのストロークを自動又は手動で調節することにより行う。

本試験装置には、2基の小型圧力容器（オートクレーブ 1 及びオートクレーブ 2）が設置されている。オートクレーブ 1 では、き裂進展試験及び低ひずみ速度引張試験（SSRT）が可能であり、信号線の被覆材における応力腐食割れ特性を評価可能であり、オートクレーブ 2 では、信号線の電气的特性を評価可能である。

オートクレーブ 1 を用いて、き裂進展試験及び SSRT を行なう際の操作方法を付表 1-13（1）～付表 1-13（4）に示す。また、高温高圧水試験装置の起動前点検表及び日常点検表を付表 2-3 及び付表 2-4 に示す。

4.2.8. 金属顕微鏡

倒立金属顕微鏡（ニコン社製）は、主にエッチングされた試料を観察する際に用いる。その手順は、電源を ON にした後、調光ダイヤルを回す。その後、ステージの上に試料を載せ、粗動焦準ハンドル、微動焦準ハンドルを用いて、ピントを合わせる。特にこの顕微鏡は、DS カメラコントロールユニットがついており、これにより、リアルタイムで電子的に写真を撮影できる。この際、スケールを自動的に写真の横に表示することが可能であり、組織中の結晶粒径、析出物の大きさ等を把握することができる。なお、以下の顕微鏡倍率は、 $\times 10$ 、 $\times 50$ 、 $\times 100$ 、 $\times 200$ 、 $\times 500$ となっており、低倍から高倍の観察が行える。金属顕微鏡の基本操作を図 4.33 に示す。



図 4.33 金属顕微鏡の基本操作

4.2.9. TG-MASS／TG-DTA

本装置は設置後、水蒸気環境下における測定が行えるように改造を実施した。本節では、水蒸気を導入して試験を実施する際の操作方法について重要な事柄について記載し、詳細な操作については付表 1-14 (1)、付表 1-14 (2) に示す¹⁸⁾。

(1) 事前準備及び装置の起動

本装置は、示差熱天秤装置、四重極型質量分析装置といった衝撃に弱い装置等から構成されているため、取扱い時は一つ一つの操作を丁寧に行う。

試験に用いる試験片の重量測定等は、事前に 4.2.5 節に記載している天秤を用いて行う。水蒸気を導入して試験を実施する際には、まず、水蒸気発生供給装置に接続されたサブタンクのコックを開き、基準面まで精製水を入れる。精製水をサブタンクに入れた後、蒸気の圧力で水がサブタンクに逆流することを防ぐためコックを閉じる。次に、恒温槽の設定温度を露点温度より 10℃高い温度に設定し、加温を開始する。加温が不十分となった場合、供給される水蒸気の露点が設定値よりも低くなる。また、キャピラリーチューブと TG 装置の台座部分のヒーターを ON にし、設定温度を露点温度よりも 30℃高い温度に設定する。これは、露点センサーや TG 装置の天秤部分を結露するのを防ぐためである。

(2) 制御・測定ソフトの操作

水蒸気を導入して試験を実施する際は、それぞれの装置を制御するためのソフトウェアを起動し、各種設定を行う。設定の順番は①TG 装置、②ガス質量分析装置、③水蒸気発生供給装置であり、簡易的な操作方法を図 4.34～図 4.36 に示す。各設定画面の詳細についてはマニュアルを参照のこととする。

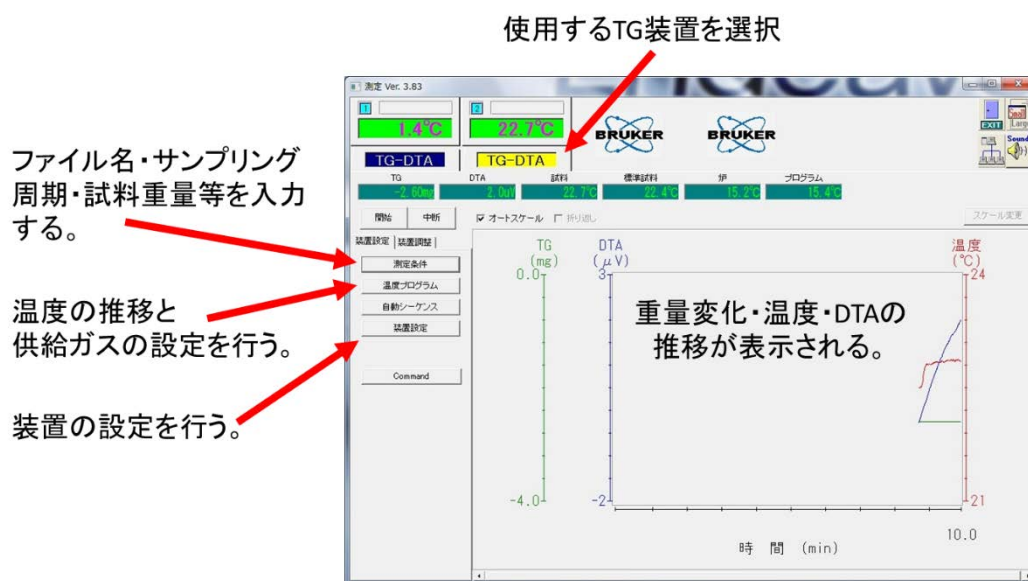


図 4.34 TG 装置の設定画面 (1)

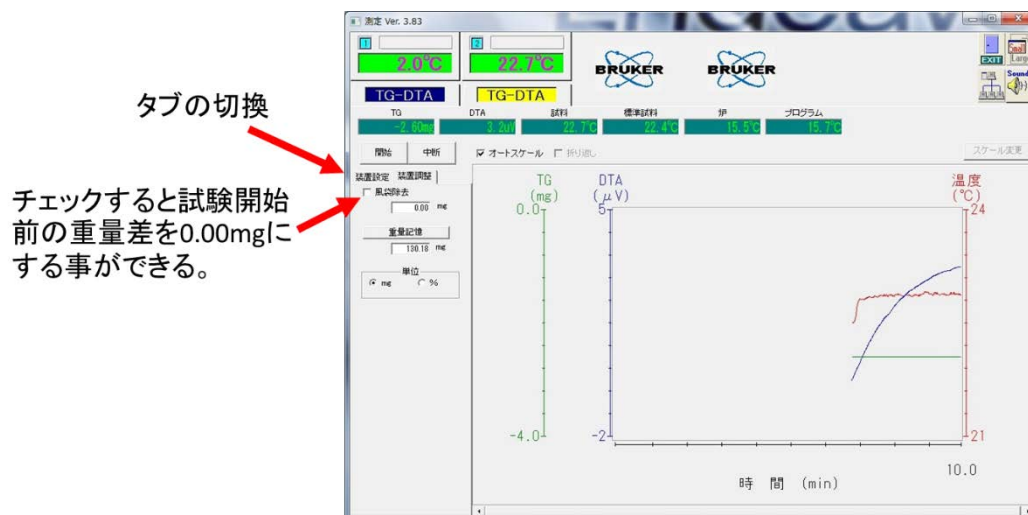
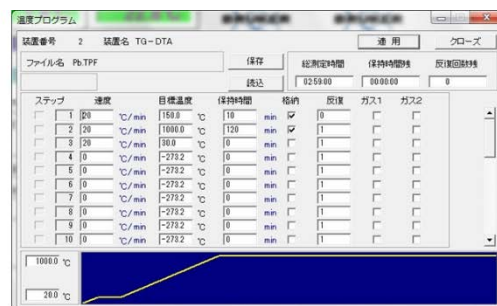


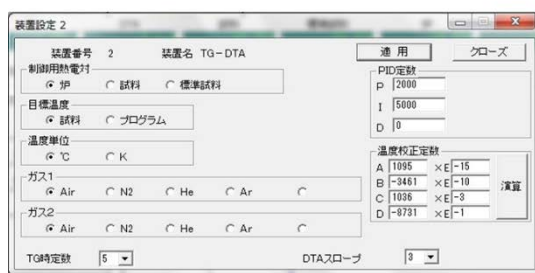
図 4.34 TG 装置の設定画面 (2)



(a) 「測定条件」ウィンドウ



(b) 「温度プログラム」ウィンドウ



(c) 「装置設定」ウィンドウ

図 4.34 TG 装置の設定画面 (3)

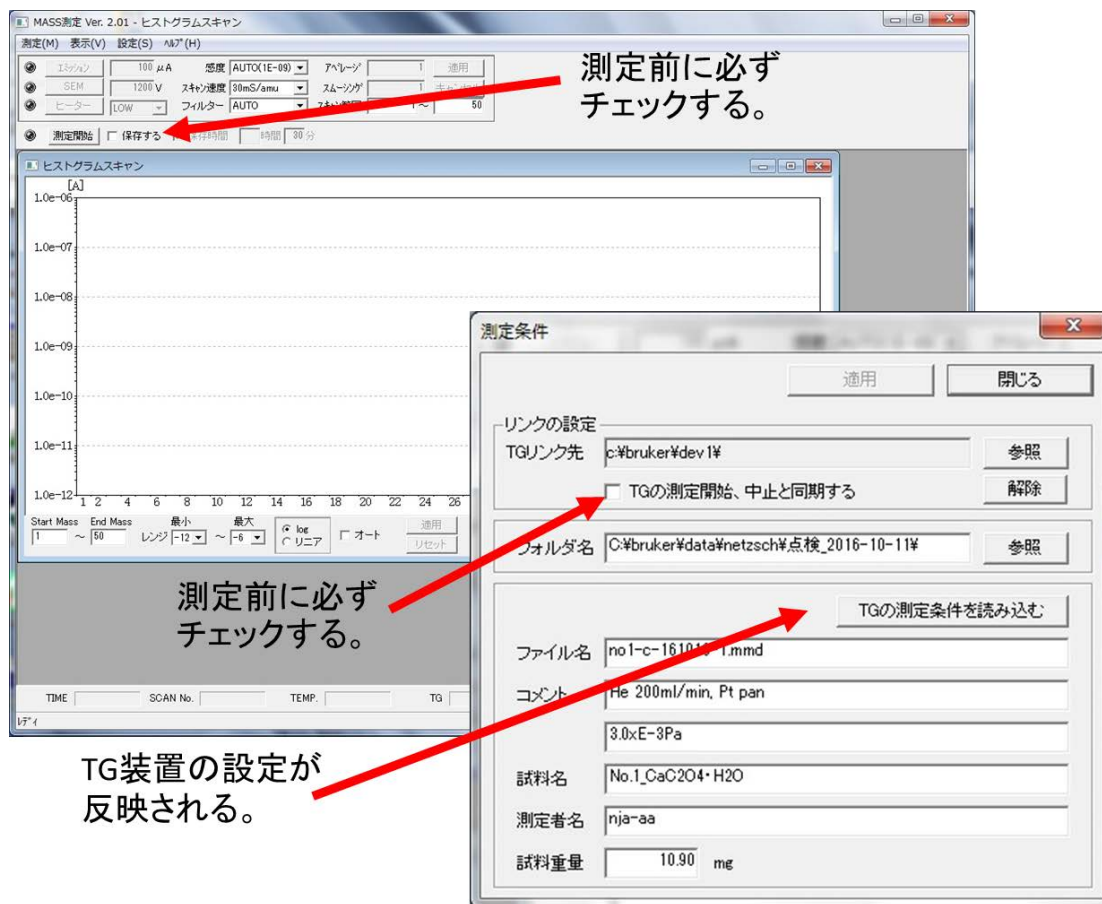


図 4.35 ガス質量分析装置の設定画面



図 4.36 水蒸気発生供給装置の設定画面 (1)

これらのタブを開き、各モニタを開始動作させる。

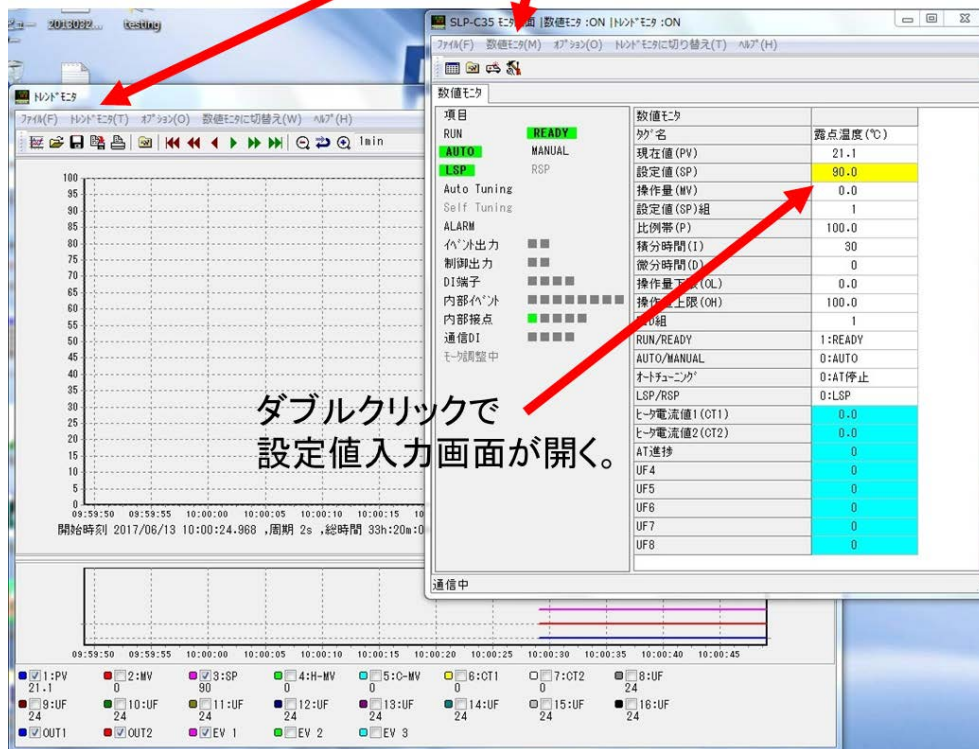


図 4.36 水蒸気発生供給装置の設定画面 (2)

(3) 試験終了時の操作

終了作業の詳細なマニュアルは、前述の通り付表 1-14 (1)、付表 1-14 (2) に示しているため、本項では、終了操作時の注意点について記載する。

まず、装置内部の精製水の冷却に掛かる時間を短縮するため、水蒸気の導入過程が完了し、今後使用しない場合は恒温槽の温度を 20℃に設定し、水を循環させる。

さらに、測定後は、TG 装置の台座部が結露することを防止するため加熱されており、試料温度が室温まで下がらない場合がある。従って、不活性ガスを流したまま台座部周囲にあるヒーターの設定温度を 40℃程度に設定し、試料温度が室温まで下がったことを確認した後、試料の取り出し作業を行う。

また、水蒸気発生装置の中には加温された水が存在したまま、装置の終了操作を行うと装置内部で結露が生じセンサー部分を傷めてしまう可能性がある。このため、水蒸気発生装置について、しばらくの間、不活性ガスを流し、キャピラリーチューブのヒーターを OFF にし、TG 装置の台座から外して恒温槽の水温が 40℃程度になるまで放置する。その後全ての装置の終了操作を行う。

5. 照射試験開発棟の基本的管理

5.1. 実験室の利用

照射試験開発棟を利用するにあたっては、基本的に以下の規則を遵守して、実験等を行うものとする。

実験者は、労働基準法、労働安全衛生法及び原子力機構が定める諸規定を遵守し、利用する際は、試験要領書及びリスクアセスメントシートを作成し、施設管理者の承認を得るものとする。また、有機溶剤や特定化学物質等の薬品・材料の取扱い、熱定数測定装置・エックス線回折装置及び電気炉を用いた試験を行う場合は、安全上の問題について施設管理者と相談する。

照射試験開発棟への立ち入りは、精密装置が設置されていることから、土埃等の侵入を防止するため土足厳禁とし、建屋入口で靴を履き替えるものとする。また、重量物の搬入等では、備え付けの安全靴を使用する。

18 時以降の照射試験開発棟の利用は極力避ける。また、18 時から翌日 8 時までの夜間及び休日の実験は原則行わない。なお、連続で行っている試験のデータ確認・点検等で 18 時以降または休日にやむを得ず照射試験開発棟に立ち入る場合は、この限りではない。

当課職員は照射試験開発棟の日常点検を 1 日 1 回、照射試験炉センターとして月例点検を月 1 回実施し、各実験室の安全状況をチェックする。この際、問題が指摘された場合は、早急に改善を行う。

緊急時・異常時の対応については下記の通りとする。

(1) 実験中に火災、事故等の異常が発生した場合は、実験者は人命を最優先にすると共に公衆の安全を確保するための措置を行うこと。

(2) 異常を発見した者は直ちに電話若しくは口頭で、照射試験開発課長に連絡し、その指示に従うこと。

(3) 実験者は、有機溶剤、引火性物質等を使用する時は、電気機器からの漏電・スパーク、静電気火花等による火災・爆発を防止するための措置を講じること。

5.2. 電源系統の増設及び定期点検（プルボックスを含む）

照射試験開発棟では、さらなる設備の設置や試験環境の向上のため、適宜コンセント・接地線の増設等を行ってきた。平成 25 年から平成 28 年までに実施された主な増設作業は下記の通りである。これらの電気工事の実施後は適宜関係分電盤の記録を更新し、必要があれば工務課にも連絡を行っている。

○照射試験開発棟 A 種接地工事

精密な計測のために各部屋に設置。

○照射試験開発棟試験装置用コンセント設置工事

水素センサー試験用コンセントの設置。電灯動力盤 LP-1 に単相 100・200V コンセントを接続。

○真空蒸着装置用コンセント

真空蒸着装置は大電流を必要とするため、電灯動力盤 LP-1 の下に専用コンセント

(100V,20A)を設置。

○炉外試験用高温高压水ループ試験装置の設置

電灯盤 L-5 の主幹ブレーカー直下に単相 200V 負荷、動力盤 P-1 に三相 200V 負荷 (小ブレーカー2 個) を接続。

○モリブデン用電気炉コンセント

電灯盤 L-2 に電気炉用の単相 200V コンセントを設置。

○ICPMASS 用コンセント

電灯動力盤 LP-2 に ICPMASS 用の単相 200V 専用コンセントを接続。

○オートクレーブ用コンセント

電灯動力盤 LP-2 にオートクレーブ用の単相 100V 専用コンセントを接続。

○試験室内壁コンセント増設

6 か所に設置極付単相 100V コンセントを設置。

照射試験開発棟では、年に一度実施される大洗研究開発センター北地区の計画停電に合わせて、全ての分電盤のボルトの増し締め・絶縁検査及び清掃を行っており、これらの点検結果をまとめ工務課への報告を行っている。付表 2-5 に点検表の例を示す。また、建屋の電気関連設備についてはプルボックスという電線の接続端を格納した小型のケースが各所に設置されており、これらが汚損していないかの確認も行っている。付表 2-6 にプルボックスの点検表の例を示す。

5.3. 化学薬品の管理

化学薬品の管理に関して、環境保全上の支障および労働者の健康障害の予防を目的として、化学物質については「化学物質管理規則」に、毒物および劇物については「毒物及び劇物管理規則」に規則が定められている。

また、平成 28 年 6 月 1 日より労働安全衛生法が改正され、労働安全衛生法施行令別表第 9 に掲げられた化学物質について、新たに取り扱う作業を実施する場合、あるいは過去にリスクアセスメントを実施したことがない作業を実施する場合に、当該作業の担当者を定め化学物質リスクアセスメントを実施するよう義務付けられた。これらの実施方法については、「化学物質リスクアセスメント実施要領」に定められている。

一方、化学実験室では「水質汚濁防止法」及び「排水基準を定める条例」で定められている有害物質（硝酸化合物 等）を取り扱うため、平成 27 年度に化学実験室の洗浄用流し台が有害物質使用特定施設として申請・受理された。有害物質使用特定施設の管理に関しては、「公害防止に関する施設の管理要領」に規則が定められている。

主な化学物質管理に関する記録及び報告事項を表 5.1 に、これらに用いる様式を付表 2-7～付表 2-9 に示す。

有害物質使用特定施設として申請するにあたり、照射試験炉センターでも「有害物質使用特定施設の管理要領」を定めた。有害物質の廃棄には、検出限界値以下の廃液のみを流し台に排水しなければならない。このため、有害物質を使用した際は、まず原液を有害物質用廃液タンクへ保管し、さらに有害物質に接触した器具類は精製水で洗浄を行い、三次洗浄水まで廃液タ

項 目	必要書類等		頻 度	備 考
化学物質	・ 使用量、廃棄移動量、排出量を記録する （PRTR システムへの入力）		年度毎	5 年間保管 記録を保管庫等に 具備
	回付経路	課室長→部長→（環境計画課）→化学物質管理者 提出 →所長→（環境計画課）→各課室 写し保管 原紙保管		
毒物及び劇物	・ 取扱量の記録及び作業終了後に巡視点検を行う 「医薬用外毒物・劇物受入及び使用記録」 「医薬用外毒物・劇物の巡視点検記録」		取扱の つど	3 年間保管
	回付経路	取扱者→課長		
	・ 所管する保管庫等について巡視点検および在庫量確認を行う 「医薬用外毒物・劇物の巡視点検記録」「医薬用外毒物・ 劇物在庫数量」		毎月 1 回 以上	3 年間保管 写しを保管庫等に 具備
	回付経路	薬品管理責任者→課長		
	・ 在庫量を通知する 「医薬用外毒物・劇物在庫数量」		半年毎	3 年間保管
	回付経路	課長→部長		

表 5.1 化学物質管理に関する記録および報告事項 (2/2)

項 目	必要書類等		頻 度	備 考
毒物及び劇物	巡視を行う 「医薬用外毒物・劇物の巡視点検」		毎年度 2 回 以上	3 年間保管
	回付経路	毒劇物責任者→部長		
	購入、持込等をしようとする場合に承認を得る 「毒劇物の購入について」		購入時	
	回付経路	課長→毒劇物責任者		
	取扱者等に対して化学薬品の性状、取扱知識等について必要な教育を実施 「毒物及び劇物教育記録」		就業前 1 回/年以上	
	回付経路	課長→部長		
有害物質使用 特定施設	有害物質特定施設の破損・漏えい等について、構造や設備に応じて目視等により点検 「点検結果記録簿」		年度毎	3 年間保管
	回付経路	担当者→マネージャー→課長→環境計画課 写し提出		

5.4. 作業環境測定

安全衛生管理規則第 33 条において、有機溶剤または特定化学物質等を使用する有害な業務を行う作業場では、必要な作業環境の測定を行い、その結果を評価することが定められている。照射試験開発棟では、化学実験室およびキャプセル開発室がこの作業場に該当する。化学実験室では、アセトン、メチルエチルケトン、ベリリウムおよびその化合物の測定、キャプセル開発室では、アセトン、ベリリウムおよびその化合物の測定を実施する。作業環境測定は、安全対策課を通して作業環境測定士に依頼し、測定は半年に 1 度行う。

作業環境測定の際は、実際の作業状態に近づけるため、アセトンおよびメチルエチルケトン各 10mL 程度入れたビーカーを使用予定場所に静置し、化学実験室では化学実験フードを運転させて測定を行う。

5.5. 熱定数測定装置の管理

熱定数測定装置は、労働安全衛生法に基づき、レーザー業務従事者等の障害を防止し、試験の円滑な遂行を図っている。当該装置は、クラス 4 のレーザー機器であり、レーザー管理区域を設け、管理している。当該機器の使用にあたっては、使用計画書、点検記録等の記録を残すこととしている（付表 2-10 参照）。

6. まとめ

平成 20 年 9 月から照射試験開発棟の改修工事終了後、JMTR の再稼動後の利用性向上の取組み等に必要な試験装置及び設備の整備を計画的に行った。また、東日本大震災（平成 23 年 3 月 11 日）以降、大震災による試験装置の整備や耐震対応を行いつつ、原子力分野における基礎基盤研究の充実を図るため、軽水炉安全対策高度化に係る研究開発やつくば特区に係る⁹⁹Mo/^{99m}Tc 製造技術開発を実施するための試験設備の整備も完了した。現在、各種試験の実施にあたっては、安全を確保するために、各種法令に基づき、管理要領を策定し、運用している。

今後は、整備した試験装置を有効に活用し、原子力に係る基礎基盤技術開発を行うとともに、JMTR 廃炉措置に係る技術開発にも活用していく。

謝 辞

本報告書をまとめるにあたり、大洗研究開発センター 神永雅紀副所長（照射試験炉センター長兼務）及び材料試験炉部 斎藤順市特別嘱託に有意義なご指導及びご助言を頂きました。また、照射試験開発棟の整備にあたっては、化学実験フード、流し台の設置及び環境測定などの管理にあたっては、水戸労働基準監督署長及び茨城県県北地方総合事務所長への届出など安全管理部安全対策課及び環境保全部環境計画課の職員の適切なご指導及びご協力を頂きました。以上の方々に、深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 土谷邦彦, 武内伴照, 駒野目裕久, 三浦邦明, 荒木政則, 石原正博, 「特殊環境下で使用可能な監視システム高度化開発の現状」, 日本保全学会第13回学術講演会要旨集, pp.375 - 378, (2016).
- 2) つくば国際戦略総合特区 「Project 6 核医学検査薬（テクネチウム製剤）の国産化」, <http://www.tsukuba-sogotokku.jp/project/project6/> (accessed 2017.10.19).
- 3) 石田卓也, 谷本政隆, 柴田 晃, 北岸 茂, 斉藤 隆, 近江正男, 中村仁一, 土谷邦彦, “照射試験開発棟における試験装置の設備整備”, JAEA-Testing 2011-001 (2011).
- 4) K. Tsuchiya, K. Nishikata, M. Tanase, T. Shiina, A. Ohta, M. Kobayashi, A. Yamamoto, Y. Morikawa, N. Takeuchi, M. Kaminaga, H. Kawamura, “⁹⁹Mo-^{99m}Tc Production Process by (n, γ) Reaction with Irradiated High-density MoO₃ Pellets”, Proceedings of the 6th International Symposium on Material Testing Reactors (ISMTR-6), (2013).
- 5) 日本電子株式会社, JXA-8530F フィールドエミッション電子プローブマイクロアナライザ取扱説明書.
- 6) JEOL 日本電子ハイテック, やさしいEPMAの手引き.

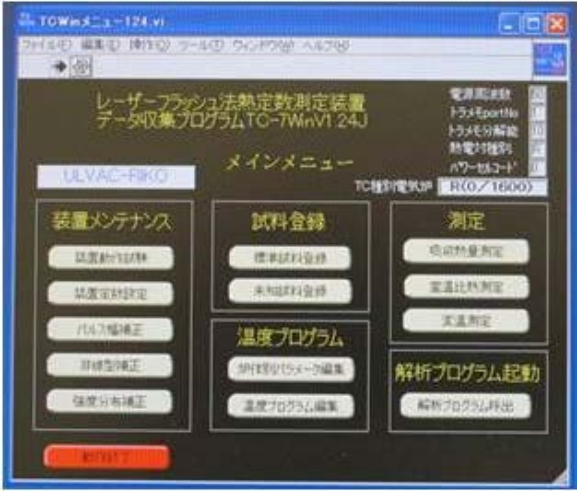
- 7) K. Tsuchiya, M. Tanase, N. Takeuchi, M. Kobayashi, Y. Hasegawa, H. Yoshinaga, M. Kaminaga, M. Ishihara, H. Kawamura, “Development of ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ Domestic Production with High-Density MoO_3 Pellets by (n,γ) Reaction”, Proceedings of the 5th International Symposium on Material Testing Reactors, (2012).
- 8) N. Otsuka, Y. Matsui, K. Tsuchiya, T. Matsui, S. Arita, S. Wada, “Development of Instrumentation Systems for Severe Accidents - [5] Basic Properties of Hydrogen Sensor with Solid Electrolyte for Safety Measures of LWRs”, Proceedings of The 23rd International Conference on Nuclear Engineering (ICONE 23), May 17-21, 2015, Chiba, Japan, (DVD-ROM).
- 9) 武内伴照, 大塚紀彰, 柴垣太郎, 駒野目裕久, 上野俊二, 土谷邦彦, 「耐放射線性を有する水中無線伝送システムの開発」, 日本保全学会第13回学術講演会要旨集, pp.379 – 386, (2016).
- 10) 中野 寛子, 上原 聡明, 武内 伴照, 柴田 裕司, 中村 仁一, 松井 義典, 土谷 邦彦, “炉外高温高压水ループ試験装置の性能試験 (受託研究)” JAEA-Technology 2015-049, 2015, 61p.
- 11) T. Takeuchi, H. Nakano, T. Uehara, K. Tsuchiya, “Effect of Dissolved Gas on Mechanical Property of Sheath Material of Mineral Insulated Cables under High Temperature and Pressure Water”, Nuclear Materials and Energy (Internet), 9, pp.451 – 454 (2016).
- 12) 棚瀬正和, 藤崎三郎, 太田朗生, 椎名孝行, 山林尚道, 竹内宣博, 土谷邦彦, 木村明博, 鈴木善貴, 石田卓也, 小林正明, 河村 弘, 「 (n, γ) 法で得られる ^{99}Mo からの高濃度 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 溶液の大量製造技術の評価 — $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の代わりに非放射性 Re を用いた基礎的検討 —」, RADIOISOTOPES, 65, pp.237–245 (2016).
- 13) 日本電子株式会社, 「電子プローブマイクロアナライザとは」, <https://www.jeol.co.jp/science/epma.html> (accessed 2017.08.17).
- 14) 日本機械学会, 「技術資料 金属材料の弾性係数」, (1991).
- 15) 渡辺 理, ひずみゲージとその応用 [改訂版], 日刊工業新聞社 (1977).
- 16) 和光純薬工業株式会社, Toxinometer ET-6000 制御用ソフト Toximaster CQ7 操作簡易マニュアル (2011/12/01 改訂).
- 17) 株式会社バイオメディカルサイエンス, 微量浸透圧計「氷点降下方式」 マイクロオズモマスターOM-815 操作マニュアル (2013/02 版).
- 18) NETZSCH Japan 株式会社, 露点制御ガス導入 TG-DTA 取扱説明書.

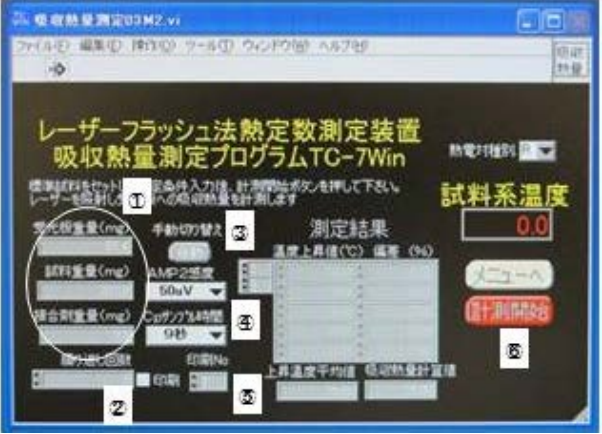
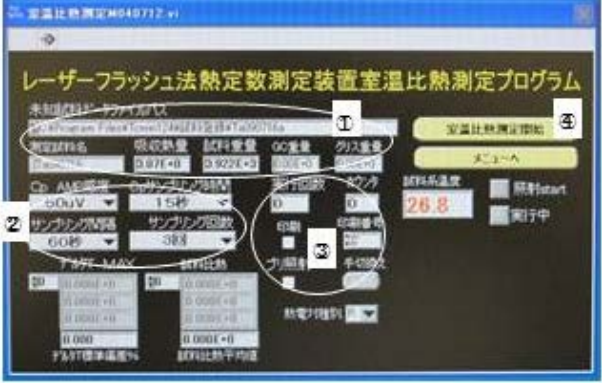
This is a blank page.

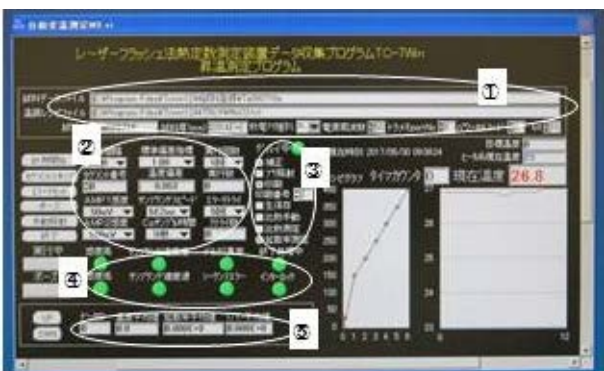
付録 1 照射試験開発棟に整備された主な試験装置及び設備の操作方法について

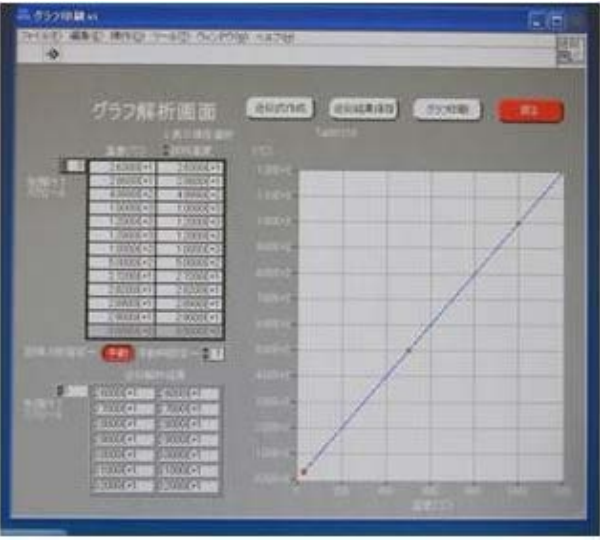
- 付表 1-1 熱定数測定装置の基本的操作方法
- 付表 1-2 (1) 高性能表面観察装置 (SEM/EPMA) の操作方法—試料ホルダの取出し操作—
- 付表 1-2 (2) 高性能表面観察装置 (SEM/EPMA) の操作方法—試料ホルダの装填操作—
- 付表 1-2 (3) 高性能表面観察装置 (SEM/EPMA) の操作方法—定性分析 (WDS) の基本的操作—
- 付表 1-3 真空蒸着装置の操作方法
- 付表 1-4 (1) 引張試験装置の基本的操作方法—装置本体の操作—
- 付表 1-4 (2) 引張試験装置の基本的操作方法—測定ソフトの操作—
- 付表 1-5 オートクレープの操作方法
- 付表 1-6 超純水製造装置の操作方法
- 付表 1-7 トキシノメーターの操作方法
- 付表 1-8 (1) 電気炉の基本的操作方法
- 付表 1-8 (2) 電気炉で使用できない危険物一覧
- 付表 1-9 微量浸透圧計の操作方法
- 付表 1-10 (1) 水素濃度センサー特性評価試験装置の操作方法—装置本体の操作—
- 付表 1-10 (2) 水素濃度センサー特性評価試験装置の操作方法—測定ソフトの操作—
- 付表 1-11 (1) X 線回折装置の操作方法—本体装置の操作—
- 付表 1-11 (2) X 線回折装置の操作方法—結晶相同定 (PDXL) の操作—
- 付表 1-11 (3) X 線回折装置の操作方法—結晶相候補リストの表示項目—
- 付表 1-12 (1) 水中無線伝送試験装置の操作方法—本体装置の操作—
- 付表 1-12 (2) 水中無線伝送試験装置の操作方法—水質調整機器の操作—
- 付表 1-12 (3) 水中無線伝送試験装置の操作方法—測定ソフトの操作—
- 付表 1-13 (1) 高温高圧水試験装置の操作方法—電源投入操作—
- 付表 1-13 (2) 高温高圧水試験装置の操作方法—き裂進展試験及び SSRT 試験開始準備操作—
- 付表 1-13 (3) 高温高圧水試験装置の操作方法—き裂進展試験及び SSRT 試験終了操作—
- 付表 1-13 (4) 高温高圧水試験装置の操作方法—電源遮断操作—
- 付表 1-14 (1) TG-MASS/TG-DTA の操作方法—起動方法—
- 付表 1-14 (2) TG-MASS/TG-DTA の操作方法—終了方法—

付表 1-1 熱定数測定装置の基本的操作方法

項目	制御用パソコン画面	操作概要
プログラム立ち上げ		・アイコンをダブルクリックして、ソフトを立ち上げる。 ※装置メンテナンス部分に配置されているボタンは調整済み。装置動作試験以外のボタンには触れない。
試料の登録	標準試料の登録 	・吸収熱量（レーザのエネルギーが比熱測定用の受光板に吸収される熱量）を測定するために用いる標準試料を登録する。 ・サファイアと受光板として用いられているグラシーカーボンの重量を登録する。 ※受光板やサファイアを破損または紛失しない限り、新たな登録は必要ない。
	測定試料の登録 	・測定試料の登録前に重量 (mg)、厚さ (mm)、直径 (円形試料の場合) または、幅・長さ (矩形試料の場合) を測定する。 ・試料名、登録 No、重量、厚さ、試料形状、直径または幅、長さ等を入力する。 ・登録後、メニューに戻る。 ※既存ファイルを修正する場合は、「登録ファイル呼び出し」から行う。

項目	制御用パソコン画面	操作概要
吸収熱量の測定画面		①標準試料パラメータ表示 ②繰り返し回数の設定窓 ③手動・自動の選択 ④AMP2 感度とサンプル時間の設定 (通常 10μV、通常 9 秒) ⑤印刷ボタン。全てのデータをプリントする際は、印刷 No を「-1」にする。 ⑥計測開始ボタン。計測を開始する。 測定結果の再現性に問題がなければ、“結果保存” ボタンを押す。セーブされた値は、以後の道試料の比熱測定に使用される。 ※吸収熱量が 2J 以下の場合には、メンテナンスが必要。
室温比熱測定画面		メニュー画面で“室温比熱測定”ボタンを押すと未知試料ファイルを選択する表示がされ、未知試料のファイルを選択する。 ①試料パラメータ表示部 ②CP AMP 感度 CH2 比熱の感度設定 (基準は 100μV)。CP サンプリング時間、サンプリング感覚及びサンプリング回数を設定。 ③実行回数、カウンタ、プリ照射、手動切替等の表示画面 ④室温比熱測定開 測定終了後、結果がよければ“メニューへ” ボタンを押す。

項目	制御用パソコン画面	操作概要
温調プログラムの作成画面		① “新規” ボタンを押し、レシピ名を入力する。 ② “読み込み” ボタンを押すと、ファイルダイアログが表示され、編集を行うファイルを選択する。 ③ 目標温度のらんの上に上部から順に室温を除いた目標温度を入力する。 ④ 作成または編集した温度レシピの“チェック” ボタンを押すことで有効にする。 ⑤ レシピファイルの作成、編集が終了したら“終了” ボタンを押す。
変温測定画面（比熱・熱拡散率）		レシピファイルの作成、編集が終了したら“終了” ボタンを押し、「未知試料データファイル」及び「温度レシピ」を選択する。 ① データ情報表示画面 ② 測定条件を設定 ③ チェックボックスにて所定の測定条件を設定 ④ 装置状態表示画面 ⑤ 測定結果表示画面 ※昇温前に、室温の基礎データを取得し、現在の室温試料系温度が安定していることを確認する。

項目	制御用パソコン画面	操作概要
解析ソフト画面	解析表示画面 	“解析プログラム呼び出し” ボタンを押し、解析画面を表示させる。 ① “データロード” ボタンを押すと、ファイルダイアログが表示され、解析を行う試料ファイルを指定する。 ② “熱定数計算” ボタンを押し、解析データ表示部に演算結果が表示される。 ③ “グラフ表示解析” ボタンを押すと、グラフ表示及び各熱定数の温度依存性の解析とグラフを表示する。 ④ “データセーブ” ボタンを押し、解析結果を別名で保存する。 ⑤ “終了” ボタンを押し、解析を終了する。
	グラフ表示画面 	① “表示項目選択” ▲▼をクリックし、解析を行う熱定数項目を選択する。 ② “回帰次数指定” を行う。 ③ “近似式作成” ボタンを押し、回帰次数指定で設定した次数で生データと近似グラフをプロットする。 ④ “近似結果保存” ボタンを押し、任意のファイル名で保存する。 ⑤ “終了” ボタンを押し、解析を終了する。

付表 1-2 (1) 高性能表面観察装置 (SEM/EPMA) の操作方法—試料ホルダの取出し操作—

項 目	操 作 内 容
試料交換位置への移動	観察用画面の左下部の[観察条件]タブをクリックし、画面右端の SEM モニタ[試料交換位置]ボタンをクリックする。
試料交換室への移動	[試料交換位置]ボタンが緑色であること、または試料交換室右側面の制御パネル上の EXCH POSN ランプが点灯していることを確認し、試料交換棒のハンドルを持って水平状態に起こす。
	試料交換棒のハンドルを止まるところまで挿入し、ガイドに沿って時計方向に 90° 回転する。
	試料交換棒のハンドルを引き出し、試料ホルダを試料交換室に移動する。
試料交換室の大気圧調整	試料交換室右側面の制御パネル上の VENT スイッチを約 2 秒間押す。
試料交換室扉の開閉	試料交換室の扉の止め金具（クランプ）を外し、扉を開き、試料ホルダを搭載したアダプタを取り出す。
	必要に応じ、空の試料ホルダ/アダプタを試料交換台に戻して載せる。
	扉の O リングおよび接触面に、ホコリなどの異物が付着していないことを確認する。
試料交換室の真空引き	扉を閉めて止め金具（クランプ）で固定し、試料交換室右側面の制御パネル上の EVAC スイッチを約 2 秒間押す。
	仕切弁 V2 が開き、EVAC スイッチが常時点灯状態になったことを確認する。

付表 1-2 (2) 高性能表面観察装置 (SEM/EPMA) の操作方法—試料ホルダの装填操作—

項 目	操 作 内 容
試料交換室の 大気圧調整	試料交換室右側面の制御パネル上の VENT スイッチを約 2 秒間押す。
試料交換室の 扉の開	試料交換室の扉の止め金具（クランプ）を外し、扉を開き、試料ホルダを搭載したアダプタを取り出す。
試料ホルダの装填	試料を試料ホルダに装着する。
	試料交換室の扉を開け、試料交換棒先端部を試料ホルダアダプタ後方の交換棒先端接続口にはめ込み、試料ホルダ/アダプタを試料交換台に載せる。
試料交換室の 扉の閉	扉の O リングおよび接触面に、ホコリなどの異物が付着していないことを確認する。
試料交換室の 真空引き	扉を閉めて止め金具（クランプ）で固定し、試料交換室右側面の制御パネル上の EVAC スイッチを約 2 秒間押す。
	仕切弁 V2 が開き、EVAC スイッチが常時点灯状態になったことを確認する。
試料ステージの 移動	試料交換棒のハンドルを止まるところまで挿入し、ガイドに沿って反時計方向に 90° 回転する。
	試料交換棒のハンドルをいっぱい引き出し、ハンドルを手で支えながら、試料交換棒のロック機構のつまみを引き、ハンドルを引き下げる。
	試料ホルダ選択画面上で、試料ステージに装着した試料ホルダの種類を選択し、[OK]ボタンをクリックする。

付表 1-2 (3) 高性能表面観察装置 (SEM/EPMA) の操作方法—定性分析 (WDS) の基本的操作—

項 目	操 作 内 容
分析パターンの選択	分析用画面の[クイック]アイコンをクリックする。
分析条件の設定	ユーザーレシピや最近使ったレシピに既存の分析条件があれば、その条件をダブルクリックする。無い場合は[定性]アイコンをクリックし、新規分析条件を設定する。
	プロジェクト名、データの保存パスを確認し、必要に応じて変更する。
	[スペクトル追加]ボタンを 5 回クリックし、5 つの分析器条件リストを仮作成する。
	[詳細]チェックボックスをクリックする。
	分光条件をリストから 1 つずつマウスで選択し、左下の「詳細設定」でチャンネル、分光結晶、始点、終点などを入力する。分光器チャンネルごとに[適用]ボタンを押して決定する。
	全ての分光器の分光条件を入力したら、[詳細]チェックボックスのチェックを外す。
	「簡易定量を実行」チェックボックスをチェックする。
	電子光学系の設定を行なう。
	試料ステージを試料ホルダ位置に移動した後、OM 画面で試料高さをチェックする。
電子光学条件の設定	操作パネルの PCD を「OUT」にして、二次電子像などでフォーカスをあわせた後、PCD を「IN」にする。
	「定性分析条件設定」画面の、電子光学条件にある[読み込み]ボタンをクリックする。
分析条件の保存	[分析レシピへ登録]ボタンをクリックする。
	レシピ名、コメントを入力し、ユーザーレシピの保存先を指定し[OK]をクリックする。
分析視野の調整	観察用画面の「ステージマップ」画面、あるいは「トラックボール」で視野を粗く決め、OM モニタで試料高さ調節を行なった後、倍率に応じて SEI、BEI 観察しながら分析位置をステージで微調節し、定性分析視野を観察画面の中心に移動させる。
	分析位置条件 (簡易画面) の「Stage」ボタンが押されていることを確認して、「No.」、「コメント」を入力し、[現在位置の読み込み]—[適用]ボタンをクリックし、分析位置を登録する。
	[詳細]チェックボックスをチェックする。
分析開始	分析開始画面に戻り、[分析開始]ボタンをクリックする。

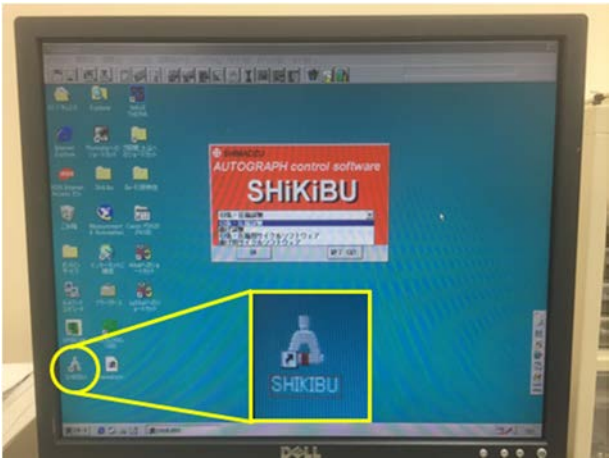
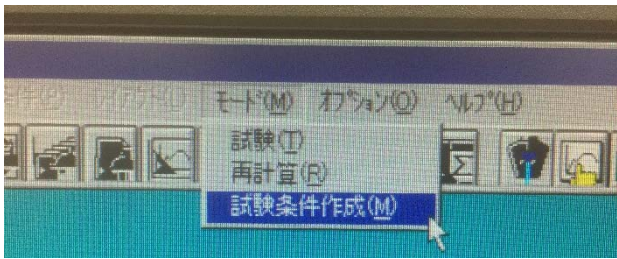
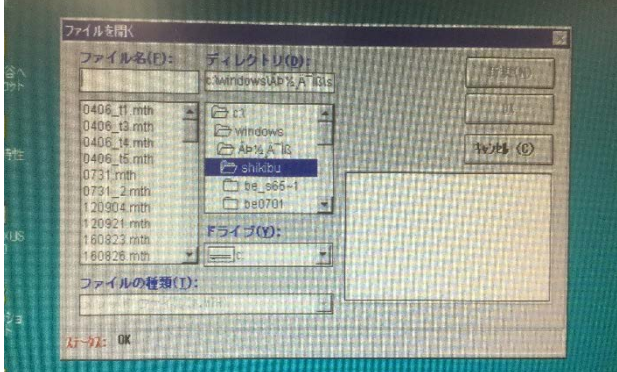
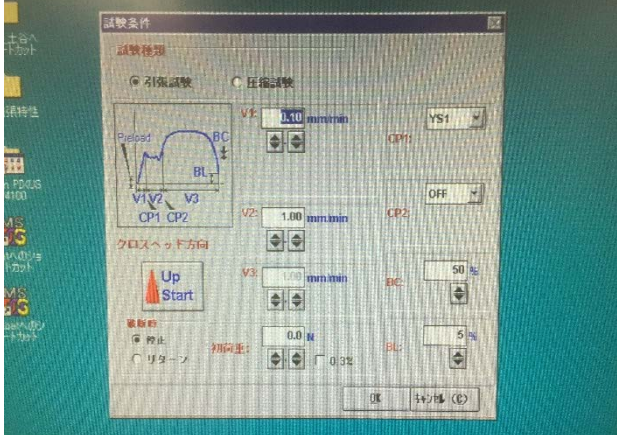
付表 1-3 真空蒸着装置の操作方法

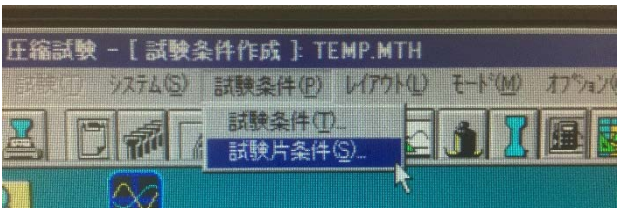
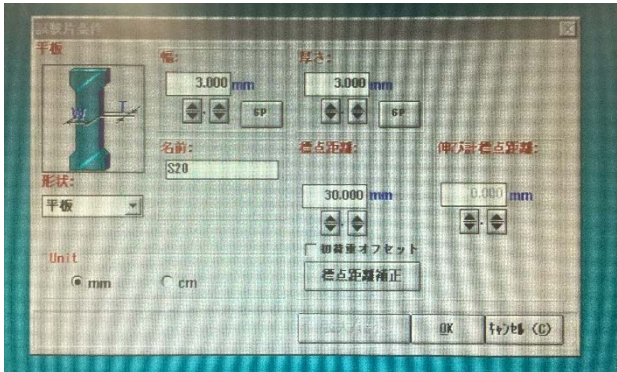
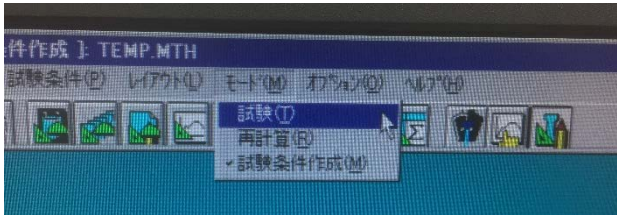
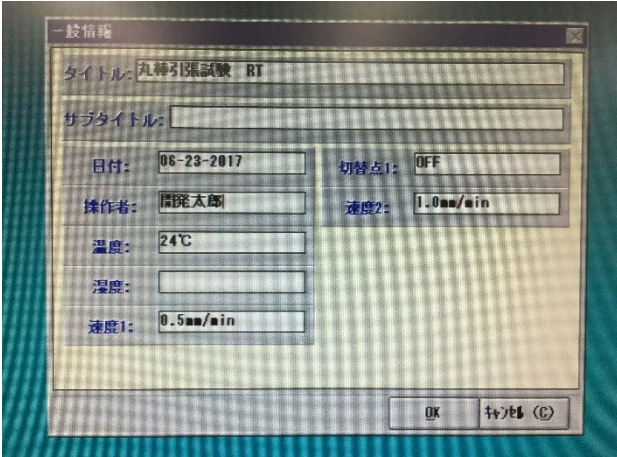
項 目	操 作 内 容	備 考
試料台の設定	蓋を開けて、ベルジャを外す。	ベルジャはガラス製のため、取扱いに注意する。
	ベルジャ背面のスケールに従って、3つの高さ調節ネジで試料台の高さと平行度を調整する。	試料とターゲット間の標準距離は20mm、厚さに応じて高さを変える。
	ベルジャを戻して蓋を閉じる。	隙間がないことを確認。
事前準備	POWER スイッチを ON にする。	緑色 LED が点灯。
	試料をセットせずに 0.5min のコーティングを実施する。	2分間の立上げ後、初期設定 0.5min でスパッタリングが開始される。
	スパッタリング開始	配管内のゴミ等による試料表面への汚染を原因とするコーティング膜への影響を防ぐ。
	スパッタリング終了 3 個の時間選択ボタンが点滅する。	
	POWER スイッチを OFF にする。	緑色 LED が消灯
試料セット	蓋を開けて、試料を試料台にセットする。	
	蓋を閉める。	隙間がないことを確認
蒸着	POWER スイッチを ON にする。	緑色 LED が点灯
	時間選択ボタンが点滅するので、希望の時間選択ボタンを押す。	初期設定は 0.5min、必要に応じて 1min, 2min を選択する。
	スパッタリング開始	時間選択ボタン点灯
	スパッタリング終了 3 個の時間選択ボタンが点滅する。	
(連続蒸着)	継続する場合は、再度、希望の時間選択ボタンを押す。	
終了操作	POWER スイッチを OFF にする。	緑色 LED が消灯
	蓋を開けて、試料を取出す。	
清掃	ベルジャやステージ等をよく拭き取る。	発火の恐れがあるため、エタノール等の有機溶剤は使わない。

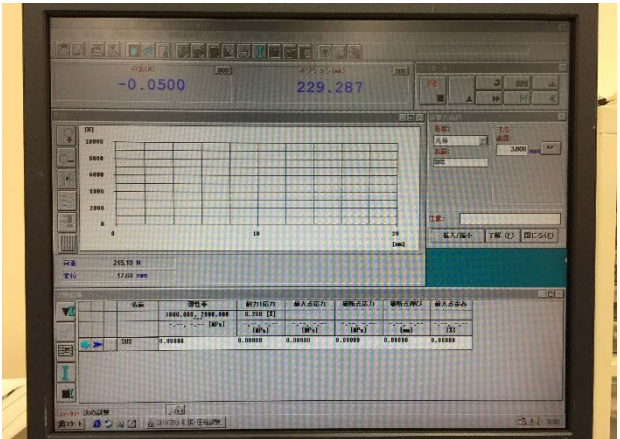
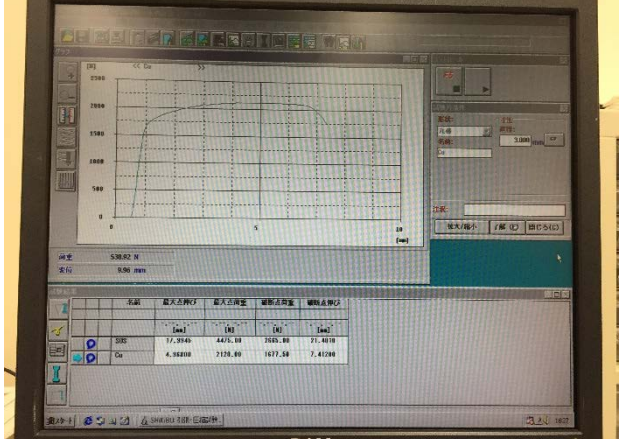
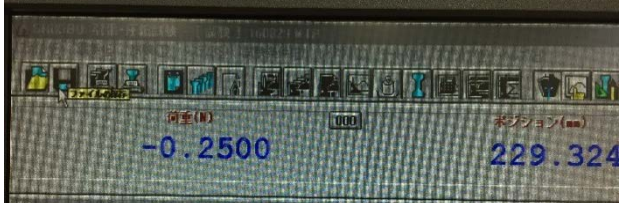
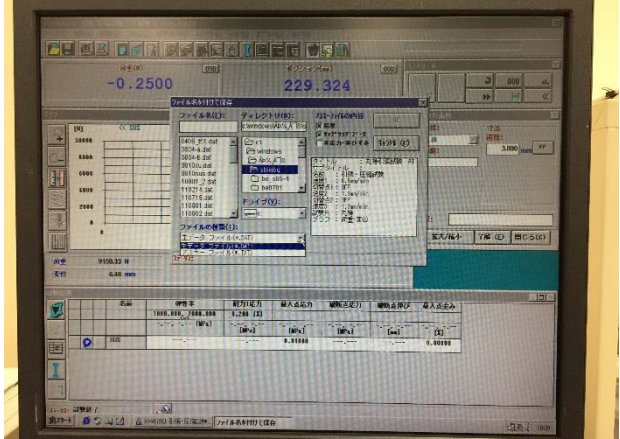
付表 1-4 (1) 引張試験装置の基本的操作方法—装置本体の操作—

項 目	操 作 内 容	結 果	備 考
電源投入	電灯動力盤 (LP-1) 3 φ 200V (主幹) OFF→ON	ON	主幹 1 箇所
	引張試験装置のブレーカ 3 φ 200V OFF→ON	ON	
	恒温槽を使用する場合は 恒温槽のブレーカ 3 φ 200V OFF→ON	ON	試験温度は、ヒーターにより 50～300℃
電源 ON	計測制御装置の電源スイッチ OFF→ON	ON	POWER LED 点灯 RUN LED 点滅確認 スタンダード画面の確認 ウォームアップ 15 分程度
	計測制御装置のセットスイッチを押す		SET LED 点灯
システム設定	オペレーションユニットの SYSTEM キーを押す。		SYSTEM 画面が表示
	1.荷重アンプの校正 ・ゼロチェック ・C バランス調整 ・電気式荷重校正 2.荷重極性 (引張/圧縮) の設定 3.負荷方向 (クロスヘッドの動作方向) の設定		詳細は取扱説明書参照 ・極性の切換え時 ・ロードセル、治具交換時 ・1 日 1 回、試験開始前
本体の セットアップ	引張試験治具の取付け		
測定			詳細は「島津オートグラフ取扱説明書」参照
電源 OFF	計測制御装置の電源スイッチ ON→OFF	OFF	POWER LED RUN LED
SET OFF	試験機本体の EMERGENCY SW を押す		モータ用電源が遮断
電源遮断	恒温槽を使用した場合は 恒温槽のブレーカ 3 φ 200V ON→OFF	OFF	
	引張試験装置のブレーカ 3 φ 200V ON→OFF	OFF	
	電灯動力盤 (LP-1) 3 φ 200V (主幹) ON→OFF	OFF	主幹 1 箇所

付表 1-4 (2) 引張試験装置の基本的操作方法—測定ソフトの操作—

No.	制御用パソコン	操作手順
1		・制御用パソコンを起動する。 ・デスクトップ画面左下にある“SHiKiBU”アイコンをダブルクリックして引張試験ソフトを立ち上げる。
2		試験開始に先立って、画面上部の“モード”タブから試験条件を作成する。
3		既に作成済みの試験条件を修正するか、新規に作成するか選択する。
4		応力ひずみ曲線の各パラメータに関して試験時の数値を設定する。

No.	制御用パソコン	操作手順
5		次に、画面上部の“試験条件”タブから試験片の条件を作成する。
6		- 測定対象の試験片形状を選択する（左図は平板形状を選択時） - 試験片の幅、厚さ、標点距離を入力する。
7		上述の試験条件、試験片条件の設定が完了後、画面上部の“モード”タブから試験を開始する。
8		試験名や試験時の環境条件、操作者の情報を入力する。

No.	制御用パソコン	操作手順
9		・情報等の入力が完了すると左図の画面が立ち上がる。 ・画面右上の“コントロール”ウィンドウの黒三角印のアイコンをクリックして試験を開始する。
10		・試験片の破断等で試験が終了したら、画面左下の黒四角印のアイコンをクリックし、測定を停止する。
11		・収集したデータは、画面左上のファイル保存アイコンをクリックして保存する。
12		・保存時には左図のウィンドウが開く。 ・保存先フォルダとファイル名を決めて保存する。 ・保存ファイルは、本ソフトで再度読み込んでグラフ等を表示可能な“生データファイル”形式と、他のパソコン等でグラフ化が可能な“アスキーファイル”形式があるので、適宜選択して保存する。

付表 1-5 オートクレーブの操作方法

項目	操 作 内 容	備考
起動・使用前準備	回収ボトル内の水量を確認する。	※最低水位以下の場合は給水 ※最高水位以上の場合は排水 ※回収ボトルの取出し及び設置は静かに行い、設置の際には排気ホースが折れ曲がっていないことを確認する。
	本体右側にある電源スイッチを入れる。	※約 5 秒後、操作パネルに前回の運転条件が表示される。
	本体ドア取手部を軽く押下げながらドアロック解除ペダルを踏む。	
	圧力計の指針が 0 MPa を指示していることを確認する。	※異常が見られた際は、使用を中止する。
	缶体内部滅菌用水の水位、汚れ等を確認する。	※水位は缶体内のスノコ部分（底板）が、液体滅菌の際は専用カゴの底 5 cm が浸かる程度とし、汚れが見られる場合は排水ホースより排水し、新しい水を給水する。 ※滅菌水には水道水を用いること。
被滅菌物の収納	標準付属のステンレスカゴに被滅菌物を収納する。	※引火性・爆発性のもの、密閉されたもの、ヒビ・キズのあるガラス器具は不可。
	缶体内に被滅菌物を収納したカゴを入れる。	※非滅菌物がドアフック上面を超えないように収納する。 ※温度センサーにぶつけないように注意。
	本体ドアを閉める。	

項目		操 作 内 容	備 考
運転条件の設定	滅菌運転	1.操作パネルの滅菌キーを押す。 2.温度設定キーを押し、滅菌温度を設定する。 3.時間設定キーを押し、滅菌時間を設定する。 4.排気レベル設定キーを押し、降温降压工程の排気レベルを設定する。 5.冷却ファンキーを押し、降温降压工程及び降温工程に作動するファンの数を選択する。	
	液体滅菌運転	1.操作パネルの液体滅菌キーを押す。 2.温度設定キーを押し、滅菌温度を設定する。 3.時間設定キーを押し、滅菌時間を設定する。	
	滅菌・保温運転	1.操作パネルの滅菌・保温キーを押す。 2.温度設定キーを押し、滅菌温度を設定する。 3.時間設定キーを押し、滅菌時間を設定する。 4.保温予約設定キーを押し、保温温度を設定する。 5.排気レベル設定キーを押し、降温降压工程及び降温工程の排気レベルを設定する。 6.冷却ファンキーを押し、降温降压工程及び降温工程に作動するファンの数を設定する。	※保温時間の変更方法 1.運転中表示灯消灯中に機能キー長押し。 (温度表示部に F01 と表示される) 2.スタートキーを押す。 3.時間設定キーを押し、保温時間を設定する。 4.スタートキーを押し、保温時間を確定する。
	溶解・保温運転	1.操作パネルの溶解・保温キーを押す。 2.温度設定キーを押し、溶解温度を設定する。 3.時間設定キーを押し、溶解時間を設定する。 4.保温予約設定キーを押し、保温温度を設定する。 5.排気レベル設定キーを押し、降温降压工程及び降温工程の排気レベルを設定する。 6.冷却ファンキーを押し、降温降压工程及び降温工程に作動するファンの数を設定する。	※溶解及び保温工程の温度を下げ「-」と設定することで、溶解及び保温工程の取消が可能。
	お好み運転	1.操作パネルお好みコースキーを押す。 2.各種操作ボタンにて条件を設定する。 3.お好みコースキーを長押しする。	※お好みコースキーの長押しで、運転条件が記憶される。
	予約運転	1.操作パネル予約キーを押す。 2.予約表示灯点灯中に保温/予約設定キーを押し、待機時間を設定する。 3.予約表示灯点灯中にスタートキーを押す。	※ストップキーを押すことで、運転の中断が可能。

項目	操 作 内 容	備考
運転開始	操作パネルのスタートキーを押す。	※運転中の工程は、表示灯が赤色点滅となり、終了した工程は赤色点灯となる。 ※運転中に圧力計の指針が赤線部を超えた場合、運転を直ちに中止する。 ※運転中、安全弁周辺をふさがない。
運転終了	設定した滅菌工程終了の際、ブザーが3回鳴る。	
	缶体内圧力が大気圧に戻ると運転表示灯が赤色→黄色となる。	
	インタロック解除温度まで降温すると、ブザーが鳴り（6回）本体ドアのインタロックが解除される。	
	降温工程が終了するとブザーが鳴り（10回）、運転が完了する。	
	ストップキーを押す。	※ドア表示灯が点灯し、本体ドアの開閉が可能となる。
滅菌物取出	缶体内圧力が「0MPa」であることを確認	
	ワークモニタの完了表示灯が点滅又は点灯していることを確認する。	
	本体ドアを開け、被滅菌物を取り出す。	※温度センサー等にぶつけないよう注意。 ※缶体内又は滅菌用水に汚れが見られた場合、清掃を行う ※本体ドアを開ける際には、内部からの蒸気に注意。
滅菌用水の排水	本体ドアを開ける。	
	回収ボトルを外し、排水ホースを引出す。	
	排水容器をホースの下に置き、排水コックをゆっくりと開け排水する。	※滅菌用水が排出されない場合、針金等を用いて排水口のつまりを取り除く。
	滅菌用水を完全に排水したら排水コックを戻し、排水口を戻す。	
	排水ホースを元に戻し、次いで回収ボトルを元に戻す。	
停止	本体ドアを押下げて閉め、本体右側面にある電源スイッチを切る。	

付表 1-6 超純水製造装置の操作方法

項目	操 作 内 容	備考
準備・起動	給水タンク内の水量を確認する。	※残量により、精製水を適宜追加
	装置本体裏側にある電源スイッチを「入 ()」にする。	
	本体前面操作パネルにある Start/Sleep キーを押す。	※循環が開始されるので、TOC が安定するまで待つ。
採水	操作パネル<・>キーで採水速度を設定	
	操作パネル∧・∨キー又はプッシュスイッチ付ダイヤルで採水量を設定	※ダイヤルスイッチの長押しで一滴採水が可能。
	中空糸フィルターのカバーを外す。	
	ダイヤルスイッチを押す。	※採水を中止したい場合は、ダイヤルスイッチ又は Escape キーを押す。
停止	中空糸フィルターのカバーを付ける。	
	Start/Sleep キーを押す。	※主電源は装置に異常がない限り「入 ()」としておくこと。

付表 1-7 トキシノメーターの操作方法

項目	操 作 内 容	備考
起動・準備	本体の電源を入れる。	ヒーターを安定させるため、測定 の 10～20 分前には入れておく。
	PC を立ち上げ、トキシマスターQC7 を開く。	
	ライセート試薬一式を冷蔵庫より取り出す。	室温にしておく。
トキシマスター QC7 の設定	「サンプル配置し測定を開始する」をクリック	
	メイン画面リボンの「データ設定」グループ→「グループ編集」を選択	
	グループ設定画面で「局方試験」→「全般」を選択	
	目的に合わせ、各パラメータを編集し、「OK」をクリック	
	「局方試験」→「スパイク設定」を選択	
	各スパイク濃度を設定し「OK」をクリック	
	「局方試験」→「試薬設定」を選択	
	ライセート設定画面及び標準品設定画面で試薬名、 Lot 番号等を入力	
	メイン画面リボンの「サンプル配置」グループ→「編 集」を選択	
	サンプル配置画面の「登録グループ」→「局方試験」 を選択	
	サンプル種別選択画面より、「サンプル種別」→「ポ ジティブコントロール」を選択	
	サンプル配置画面左下の「個別割り当て」ボタンを 2 回選択	ネガティブコントロール数 n=2 となる。
	「サンプル種別」→「標準サンプル」を選択	
	サンプル配置画面左下の[一括割り当て] ボタンを選 択	
	表示された標準サンプル用一括画面に別表①の様に 入力し「OK」をクリック	
	サンプル配置画面に表示された標準サンプル配置を 確認	
	「サンプル種別」→[定量試験サンプル] を選択	
	「一括割り当て」 ボタンをクリック	
	定量試験サンプル用一括画面に別表②を基に入力し 「OK」をクリック	
	サンプル配置画面に表示された標準サンプル配置を 確認表示された定量試験サンプルを確認	
	サンプル配置画面中央下の薬剤管理を選択	
	日常定量試験-1 が選択されていることを確認	
	必要に応じて薬剤コード、薬剤名等を入力し、割り当 てをクリック	
	サンプルに薬剤情報が設定されたことを確認し、 「OK」をクリック	
	サンプル配置画面中央下部にある「詳細 ID 設定」を 選択	
	必要に応じて、各サンプルのコメントを入力	
	サンプル配置画面右下にある「確定」をクリック	
	メイン画面のサンプル配置が設定されたことを確認	

項目		操 作 内 容	備考
トキシスター QC7 の測定準備		メイン画面リボンの「装置制御」→「測定開始」を選択	
		表示された測定開始画面に測定時間、オペレータ名、測定コメントを入力	
		「測定開始前に光量チェックを実施」にチェックされていることを確認	
		測定開始画面下部の測定開始をクリック	
検量線の作成	CSEの溶解	CSE を 1000EU/mL となるようエンドトキシンフリー水（超純水）を添加	
		数回転倒混和し、ボルテックスミキサーを用いて 2 分間激しく攪拌	
	検量線用希釈液の調製	リムルステストチューブs（試験管）を準備	適宜
		試験管に超純水を分注	希釈濃度に合わせ適宜
		CSE（1000EU/mL）を攪拌し、超純水（900μL）の入った試験管に 100μL 添加（100EU/mL）	
		ボルテックスミキサーを用いてよく攪拌	
		同様に、エンドトキシン濃度が 10EU/mL、1.0EU/mL、0.1EU/mL、0.01EU/mL となるよう希釈を行う。	リムルス ES- II シングルテストでは、1.0、0.1、0.01EU/mL を検量線用濃度として用いる。
（スパイク有試料の調製（例））	測定試料の調製 （例）	試験管に超純水 800μL を分取	
		CSE 溶液（1.0EU/mL）200μL を添加しボルテックスミキサーを用いてよく攪拌	0.2EU/mL CSE 溶液
		測定試料をボルテックスミキサーを用いてよく攪拌	
		攪拌した測定試料を試験管に 200μL 分取	
		試料を分取した試験管に等量（200μL）の CSE 溶液（0.2EU/mL）を添加	攪拌してから添加
		ボルテックスミキサーを用いてよく攪拌	
	希釈倍率 2 倍	測定試料をボルテックスミキサーを用いてよく攪拌	
		攪拌した測定試料を試験管に 50μL 分取	
		超純水 400μL を添加	
		CSE 溶液（1EU/mL）50μL を添加	検量線の作製日と同日であれば、転用可。翌日以降の場合、再調製
		ボルテックスミキサーを用いてよく攪拌	
（スパイク無試料の調製（例））	測定試料の調製 （例）	測定試料をボルテックスミキサーを用いてよく攪拌	
		攪拌した測定試料を試験管に 200μL 分取	
		等量の超純水を添加	
		ボルテックスミキサーを用いてよく攪拌	
	希釈倍率 10 倍	測定試料をボルテックスミキサーを用いてよく攪拌	
		攪拌した測定試料を試験管に 50μL 分取	
		超純水 450μL を添加	
		ボルテックスミキサーを用いてよく攪拌	

項目	操 作 内 容	備考
測定	リムルス ES-II シングルテストのライセート試薬を必要本数取出す。	光を通す容器下部には触れないこと 操作を行う際は容器上部を持ち行う。
	アルミキャップを取り、中のゴム栓を抜き、軽く乗せておく。	ゴム栓開封の際には、中の凍結乾燥体が飛散らないよう、注意して開封する。
	※以降の操作は素早く行うこと	
	添加する試料溶液をボルテックスミキサーを用いてよく攪拌	
	200 μ L を分取し、ライセート試薬に添加	
	ボルテックスミキサーを用いて約 5 秒攪拌	
	気泡が無いことを確認し、トキシノメーターにセット	オートスタートにより、測定が開始される。
	サンプル配置画面にて設定した試料順に基づき、同様の手順を繰り返す。	
終了・結果確認	メイン画面リボンの「装置制御」グループ→「測定終了」を選択	
	メイン画面「日常定量試験」を選択	各項目の判定結果を確認
	ET-6000 本体及びパソコンの電源を OFF	

付表 1-8 (1) 電気炉の基本的操作方法

項目		操 作 内 容	備考
起動		本体前面にあるブレーカを ON にし、電源を入れる。	※約 4 秒後、初期設定画面となる。
設定	定値運転	1) 操作パネルの定値キーを押すし、「Fix」を表示 2) 再度定値キーを押し、「SV」を表示 3) ▼・▲キーを使い温度を設定	
	クイックオートストップ運転	1) 定値運転ランプの点灯を確認 2) タイマーキーを押す。 3) ▼・▲キーを押し、時間を設定	
	オートストップ運転	1) タイマーキーを押し、「AstP」を表示 2) 確定キーを押し、「SV」を表示 3) ▼・▲キーを使い温度を設定 4) 確定キーを押し、「tim」を表示 5) ▼・▲キーを使い時間を設定	
	オートスタート運転	1) タイマーキーを 2 回押し、「Astr」を表示 2) 確定キーを押し、「SV」を表示 3) ▼・▲キーを使い温度を設定 4) 確定キーを押し、「tim」を表示 5) ▼・▲キーを使い時間を設定	
	プログラム運転	1) プログラムキーを押し、希望のプログラムモードを選択 PrG1 選択では End 表示がでる。 PrG2 及び PrG3 では▼・▲キーで更に PAT1-3 を選択し、確定キーを押す。 2) 使用するプログラムステップ合計数を▼・▲キーで入力 3) 確定キーを押すと、SV-1 が表示される。 4) ▼・▲キーで温度を設定 5) 確定キーを押すと、t-1 が表示される。 6) ▼・▲キーで時間を設定 7) 確定キーを押すと、2 ステップ目の温度設定表示である SV-2 が表示される。 8) 上記 4) -7) を繰り返し、プログラムを設定	※取扱い説明書 p.26 装置 (F610) の温度上昇能力及び温度下降能力データを基に、時間を設定 ※最終ステップの温度及び時間設定が完了すると、初期の設定画面に戻る。
運転		本体ドアを開け、試料を入れる。	
		起動/停止キーを長押し (約 1 秒) する。	※運転開始

項目		操 作 内 容	備考
停止	定値運転 オートスタート 運転	起動/停止キーを長押し（約 1 秒）し、運転を停止	
	クイックオート ストップ運転 オートストップ 運転 プログラム運転	所定の運転設定が終了すると自動的に停止 起動/停止キーを押し、初期画面に戻す。	

付表 1-8 (2) 電気炉で使用できない危険物一覧

分類		物 質
爆発性物質	爆発性の物	ニトログリコール、ニトログリセリン、ニトロセルローズその他の爆発性の硝酸エステル類
		トリニトロベンゼン、トリニトロトルエン、ピクリン酸その他の爆発性のニトロ化合物
		過酢酸、メチルエチルケトン過酸化物、過酸化ベンゾイルその他の有機過酸化物
		アジ化ナトリウムその他の金属のアジ化物
可燃性物質	発火性の物	金属「リチウム」、金属「カリウム」、金属「ナトリウム」、黄りん、硫化りん、赤りん、セルロイド類、炭化カルシウム（別名カーバイド）、りん化石灰、マグネシウム粉、アルミニウム粉、マグネシウム粉及びアルミニウム粉以外の金属粉、重二チオン酸ナトリウム（別名ヒドロサルファイト）
	酸化性の物	塩素酸カリウム、塩素酸ナトリウム、塩素酸アンモニウムその他の塩素酸塩類
		過塩素酸カリウム、過塩素酸ナトリウム、過塩素酸アンモニウムその他の過塩素酸塩類
		過酸化カリウム、過酸化ナトリウム、過酸化バリウムその他の無機過酸化物
		硝酸カリウム、硝酸ナトリウム、硝酸アンモニウムその他の硝酸塩類
		亜塩素酸ナトリウムその他の亜塩素酸塩類
		次亜塩素酸カルシウムその他の次亜塩素酸塩類
	引火性の物	エチルエーテル、ガソリン、アセトアルデヒド、酸化プロピレン、二硫化炭素その他の引火点が零下三〇度未満の物
		ノルマルヘキサン、エチレンオキシド、アセトン、ベンゼン、メチルエチルケトンその他の引火点が零下三〇度以上零度未満の物
		メタノール、エタノール、キシレン、酢酸ノルマル-ペンチル（別名酢酸ノルマル-アミル）その他の引火点が零度以上三〇度未満の物
		燈油、軽油、テレピン油、イソペンチルアルコール（別名イソアミルアルコール）、酢酸その他の引火点が三〇度以上六五度未満の物
	可燃性のガス	水素、アセチレン、エチレン、メタン、エタン、プロパン、ブタンその他の温度一五度、一気圧において気体である可燃性の物をいう。

付表 1-9 微量浸透圧計の操作方法

項目		操 作 内 容	備考
起動		電源ケーブルを接続	
		本体前面にある電源を入れる。()	
		つまみを押しながら測定ヘッドを上げる。	※ブザーが鳴り「Ready」状態になるまで待つ。(約3分間)
		空のサンプルチューブを外し、サーミスタをキムワイプで拭う。	※電極のガラス部分にキズが付かないよう、気を付けること。
		冷却針を持ち上げ、キムワイプで拭う	
準備 (基準測定)	0 点	サンプルチューブに精製水 100 μ L を入れ、測定位置に取付ける。	※測定結果が+1～-1mOsm の範囲外の場合は校正を行う。 方法は別途下記記載
		つまみを押しながら測定ヘッドを上げる。	
		ブザーが鳴ったら「Enter」キーを押す。	
		測定が終了し、結果が表示され、画面に「push measure head up」の表示が出たら、つまみを押しながら測定ヘッドを上げる。	
		サンプルチューブを取外す。	
		サーミスタと冷却針をキムワイプで拭う。	
	300 点	300mOsm 標準液を用いて 0 点と同様の操作を行う。	※測定結果が、302～298mOsm の範囲外の場合、校正を行う。
	900 点	900mOsm 標準液を用いて 0 点と同様の操作を行う。	※測定結果が、904～896mOsm の範囲外の場合、校正を行う。
測定		サンプルチューブに測定サンプルを入れる。(50-100 μ L)	※気泡が混入しないよう、チューブの底に入れる。
		チューブを測定位置に取付ける。	
		つまみを押しながら測定ヘッドを下げ、冷却口にチューブを挿入	
		ブザーが鳴ったら「Enter」キーを押す。	
		測定が終了し、結果が表示され、画面に「push measure head up」の表示が出たら、つまみを押しながら測定ヘッドを上げる。	
		サンプルチューブを取外す。	
		サーミスタと冷却針をキムワイプで拭う。	
		他の測定サンプルがある場合、同様に操作を行う。	

項目		操 作 内 容	備考
測定結果の表示		「Menu」キーを押す。	
		上下キーで「Value output」を選択し、「Enter」キーを押す。	
		上下キーで「Value-display」を選択し、「Enter」キーを押す。	※100 回分の測定値が記録されている。
終了		サーミスタと冷却針をキムワイプで拭う。	
		空のサンプルチューブを取付ける。	
		電源を切る。(○)	※測定ヘッドは上げた状態
		ブザーが鳴り「Switch off with menu」と表示されたら「Menu」キーを押す。	※冷却チャンバの解凍
		LED 表示が消え、電源が切れたらつまみを押しながら測定ヘッドを下げる。	
較正	準備	前記 0 点・300 点・900 点測定にて、測定数値が範囲外であった場合は、以下の手順を行い、それぞれの測定値を 0 点・300 点・900 点として登録する。	
	0 点	「Menu」より「Calibration」を選択し、「Enter」キーで決定する。	
		上下キーで「Calibration 0」を選択する。	
		「Enter」キーを押して 0 点を設定する。	「Calibration o.k.」が表示され、メモリ内でサンプル番号[Cal 0]として記憶される。
	300 点	「Menu」より「Calibration」を選択し、「Enter」キーで決定する。	
		上下キーで「Calibration 300」を選択	
		「Enter」キーを押して 300 点を設定する。	
		「Menu」より「Calibration」を選択し、「Enter」キーで決定する。	
	900 点	上下キーで「Calibration 900」を選択する。	
		「Enter」キーを押して 900 点を設定する。	

その他
注意点

※冷却口（針が収納されている部分）の洗浄は、精製水で行うことを推奨している。

キットについている洗浄剤には界面活性剤が含まれており、針が錆びる可能性がある。

※装置の較正は、使用頻度にもよるが、1 週間に 1 回程度行う。

※測定値が検査成績書記載の誤差範囲外であった場合、較正を行う。改善又は数値が安定しない場合は、サーミスタのキズが考えられるため、交換が必要

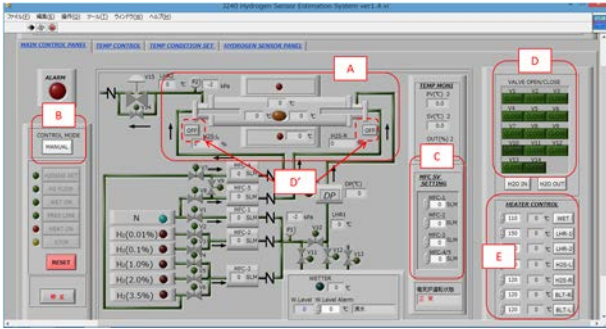
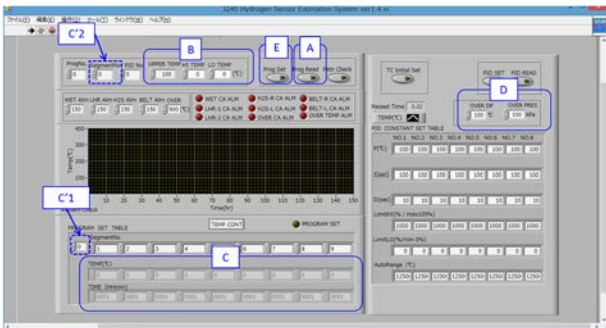
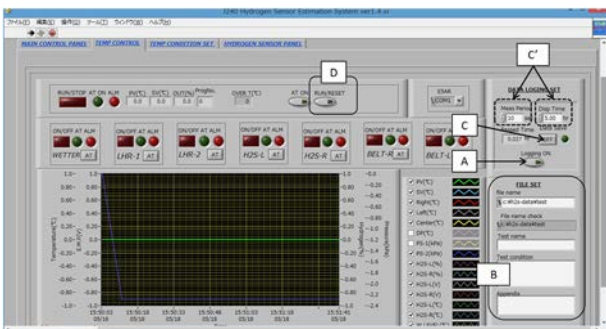
付表 1-10 (1) 水素濃度センサー特性評価試験装置の操作方法—装置本体の操作—

項目	操 作 内 容	備考
水素濃度センサーの 取付	取付用フランジに水素濃度センサーを取付ける。	
	評価試験装置炉内管に水素濃度センサーを装荷する。	
水素濃度センサーの 接続	水素濃度センサー出力線をエレクトロメータに接続する。	
	水素濃度センサー ヒーター線及び熱電対を評価試験装置端子箱に接続する。	
起動前点検 - 電気 系統	以下の箇所について、異常が無いことを確認する。また、1.～5.における機器が非通電状態であることを確認する。 1. 管状電気炉 2. 熱電対 3. 各種ヒーター 4. 電磁バルブ 5. 気泡供給用コンプレッサ	断線等の異常が認められた場合、速やかに作業を停止する。
電源投入-評価試験 装置	伝統動力盤 (LP-1) 3 φ 200V (主幹) OFF → ON	
	評価試験装置用 3 φ 200V OFF → ON	
	評価試験装置用 1 φ 100V OFF → ON	
電源 ON-評価試験 装置	200V 背面電源スイッチ OFF → ON	
	100V 背面電源スイッチ OFF → ON	
	温調機電源スイッチ OFF → ON	
エレクトロメータ 起動	エレクトロメータ OFF → ON	「OVER」が点灯した場合、速やかにエレクトロメータの電源を切り、作業を停止する。
電源投入-ガス分析装 置	主電源 OFF → ON	
電源 ON-ガス分析 装置	電源スイッチ OFF → ON	
制御用 PC の起動	評価試験装置制御用 PC OFF → ON	
	ガス分析装置制御用 PC OFF → ON	

項目	操 作 内 容	備考
評価試験装置制御用ソフトの起動	評価試験装置制御用 PC 上の「H2 measurement」を起動する。	「H2 measurement」の詳細は取扱説明書に準ずる。
ガス分析装置制御用ソフトの起動	ガス分析装置制御用 PC 上の「MASsoft7 Professional」を起動し、ガス分析装置との通信を実行する。	「MASsoft7 Professional」及び「QGA Professional」の詳細は取扱説明書に準ずる。
	次に「QGA Professional」を起動させる。	
給気系及び排気系の開放	評価試験装置のマスフローコントローラ・電磁弁及びガス分析装置の各バルブを開放する。	
試料ガスの供給	ガスボンベに取付けたレギュレータの一次圧弁を開放する。	
	二次圧弁を開放する。	
	流量調整弁を開放する。	
ガス漏れの点検	ガス漏れ用テスター等を用いて、各配管におけるガス漏れの有無を調べる。	
	マスフローコントローラより 200mL/min の純窒素を評価試験装置及びガス分析装置給排気系に供給し、配管内を置換する。	
	マスフローコントローラ及び電磁弁を閉鎖する。	
試験		評価試験装置及びガス分析装置の詳細は、各取扱説明書を参照
残留試料ガスの排出	純窒素をガス分析装置給気系及び排気系にそれぞれ 100mL/min 供給する。	
電気炉の停止	「H2 measurement」より、電気炉を停止させ、電気炉が 100℃以下になるまで待機する。	
試料ガスの供給停止	マスフローコントローラを閉止させる。	
	ガスボンベレギュレータの各バルブを閉鎖する。	
	評価試験装置の各バルブを閉鎖する。	
	ガス分析装置の各バルブを閉鎖する。	
電源 OFF	評価試験装置制御用 PC ON → OFF	
	ガス分析装置制御用 PC ON → OFF	
電源 OFF-ガス分析装置	電源スイッチ ON → OFF	
電源遮断-ガス分析装置	主電源 ON → OFF	

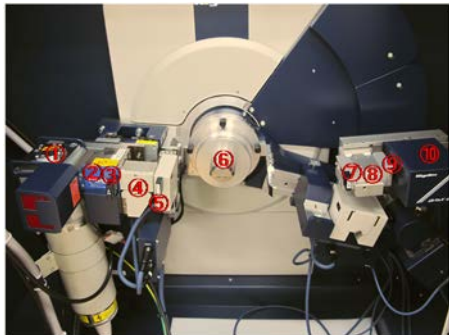
項目	操 作 内 容	備考
エレクトロメータ 停止	エレクトロメータ ON → OFF	
電源 ON-評価試験 装置	温調機電源スイッチ ON → OFF	
	200V 背面電源スイッチ ON → OFF	
	100V 背面電源スイッチ ON → OFF	
電源投入-評価試験 装置	伝統動力盤 (LP-1) 3 φ 200V (主幹) OFF → ON	
	評価試験装置用 3 φ 200V OFF → ON	
	評価試験装置用 1 φ 100V OFF → ON	
水素濃度センサーの 接続解除	水素濃度センサー 出力線をエレクトロメータ より外す。	
	水素濃度センサー ヒーター線及び熱電対を評 価試験装置端子箱より外す。	

付表 1-10 (2) 水素濃度センサー特性評価試験装置の操作方法—測定ソフトの操作—

	制御用パソコン画面	操作内容
試料ガスの操作		①アイコンをダブルクリックしてソフト立上げ。なお、立ち上がりまで数十秒要することを留意する。 ②赤枠 A 内の熱電対指示値に異常が無いことを確認する。 ③赤枠 B 内のボタンを押し、「AUTO」から「MANUAL」に切り替える。 ④赤枠 C 内に任意の数値を入力し、マスフローコントローラの流量を設定する。(最大流量 200mL/min) *1 : MFC4/5 は 20mL/min 以下にすること。 ⑤赤枠 D 内のボタンをクリックし、任意のバルブを開閉する。 *2 : スイープガスを供給する際は、破線赤枠 D'内のボタンを押すこと。 ⑥赤枠 E 内に目標温度を入力及びボタンを押し、各種ヒーターを使用する。 *3: 水蒸気供給中は全ヒーターを 120℃ 以上に設定し、使用すること。
温調機の設定		① TEMP CONDITION SET を押す。 ②青枠 A を押し、初期設定を読み出す。 ③青枠 B に任意の最大温度、許容最大誤差及び許容最小誤差を入力する。 ④青枠 C 内の各セグメントに目標温度、保持時間を入力する。 *1 : 入力時に数字の多いセグメントを表示する場合は、C'1 をクリックする。 *2 : セグメント数が不足している場合は、C'2 をクリックする。(最大セグメント数は 20) ⑤青枠 D に最大圧力、最大露点を設定する。 ⑥青枠 E のボタンをクリックし、上記の設定を温調機へ書き込む。
試験の開始		① TEMP CONTROL を押す。 ②A のボタンを押し、データロガーを一時停止する。 ③黒枠 B に試験ファイル名、試験名、試験条件等を入力する。 ④再度 A を押し、データロガーを起動する。 ⑤C を押し、試験データの収集を次項する。 ⑥D を押し、温調機等を作動させる。

付表 1-11 (1) X 線回折装置の操作方法—本体装置の操作—

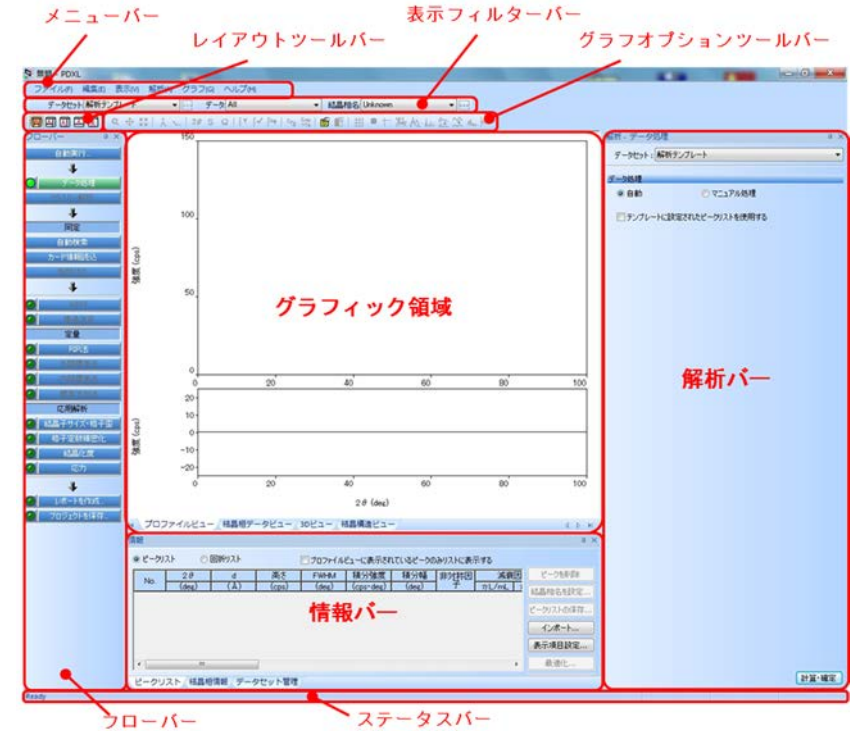
項 目	操 作 内 容	備 考
起動前点検	送水装置の水量及び冷却ホースの確認	
電源投入	電灯動力盤 (LP-3) 3φ200V (主幹、X 線発生装置本体及び送水装置) OFF→ON	主幹 1 箇所、2 箇所
	送水装置メインブレーカ OFF→ON	1 箇所
	PC、モニタ、プリンタ電源スイッチ OFF→ON	3 箇所
	本体メインブレーカ (EMO スイッチ) OFF→ON (右回し)	OPERATE ランプが点滅 後、緑色点灯
X 線発生	デスクトップの[Rigaku]フォルダを選択	
	[装置制御]フォルダを選択	
	 [XG 操作]を開く。	
	ウィンドウ上部にある  [XG 操作]ボタンを押す。	
	 X 線マークを押す。 黒 → 赤	送水開始 警告灯が点灯 (X 線発生)
	ウィンドウ上部にある  [XG プロパティ]ボタンを押す。	
	エージングデータのプルダウンから「通常立上げ」を選択して、OK を押す。	管電圧 40kV×管電流 40mA まで上げる。 必要に応じて、エージングデータは変更する。
	 フライパンマークを押す。 黒→赤	
	エージング終了するまで、20 分程度待つ。	フライパンマーク 赤→黒

項 目	操 作 内 容	備 考
光学系設定 (装置)	 集中法（基本光学系） 集中法の装置構成と設定 ③④⑤⑦⑧に二重下線で記されているものを設定する。	①X線管球 ②多層膜ミラー ③選択スリット：BB ④入射側ソーラースリット：5° ⑤入射スリットボックス＋発散縦制限スリット 10mm ⑥標準試料台 ⑦受光スリットボックス SS （Kβ フィルター・吸収板挿入部） ：Kβ フィルター ⑧受光側ソーラースリット：5° ⑨受光スリットボックス RS （Kβ フィルター・吸収板挿入部） ⑩D/tex Ultra
光学系設定 (PC)	[Rigaku]フォルダを選択	
	[装置制御]フォルダを選択	
	 [理学コントロールパネル]を開く。	
	 [RINT2200 右システム]を開く。	
	[システムの構成] ・アタッチメント 標準試料台 ・フィルター Kβ フィルター ・検出器 D/tex Ultra ・スリット D/tex 用スリット (285mm) * ・モノクロメータ なし [光学系] ・集中法 OK	
測 定	試料をサンプルホルダーにセットし、標準試料台に挿入する。	試料表面が基準面に一致するように成形する。
	[Rigaku]フォルダを選択	

項 目	操 作 内 容	備 考																																													
	[右測定]フォルダを選択																																														
	 標準測定を開く。																																														
	[参照...]ボタンを選択し、ファイル名とデータ保存先を指定する。																																														
	測定する No.の[使用]欄を選択し、×から○にする。 [測定条件]欄に番号（1～100）を入力する。																																														
	 測定条件入力画面を開く。																																														
	[測定条件]欄に入力した番号の[使用]欄を選択し、×から○にする。 下表を参照して測定条件を入力する。																																														
	<table><tr><th>設定項目</th><th>無機物質</th><th>有機物質</th></tr><tr><td>走査軸</td><td>2θ/θ</td><td>2θ/θ</td></tr><tr><td>測定法</td><td>連続</td><td>連続</td></tr><tr><td>単位</td><td>cps</td><td>cps</td></tr><tr><td>開始角度</td><td>3°</td><td>2°</td></tr><tr><td>終了角度</td><td>90°</td><td>60°</td></tr><tr><td>サンプリング</td><td>0.02°/step</td><td>0.02°/step</td></tr><tr><td>スキャンスピード</td><td>2~4 step /s</td><td>2~4 step /s</td></tr><tr><td>管電圧</td><td>40kV</td><td>40kV</td></tr><tr><td>管電流</td><td>40mA</td><td>40mA</td></tr><tr><td>発散スリット</td><td>2/3°</td><td>1/3°</td></tr><tr><td>発散縦...</td><td>10mm</td><td>10mm</td></tr><tr><td>散乱スリット</td><td>2/3°</td><td>1/3°</td></tr><tr><td>受光スリット</td><td>0.45mm</td><td>0.3mm</td></tr><tr><td>ワザット角度</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr></table>	設定項目	無機物質	有機物質	走査軸	2θ/θ	2θ/θ	測定法	連続	連続	単位	cps	cps	開始角度	3°	2°	終了角度	90°	60°	サンプリング	0.02°/step	0.02°/step	スキャンスピード	2~4 step /s	2~4 step /s	管電圧	40kV	40kV	管電流	40mA	40mA	発散スリット	2/3°	1/3°	発散縦...	10mm	10mm	散乱スリット	2/3°	1/3°	受光スリット	0.45mm	0.3mm	ワザット角度	0.000	0.000	
	設定項目	無機物質	有機物質																																												
走査軸	2θ/θ	2θ/θ																																													
測定法	連続	連続																																													
単位	cps	cps																																													
開始角度	3°	2°																																													
終了角度	90°	60°																																													
サンプリング	0.02°/step	0.02°/step																																													
スキャンスピード	2~4 step /s	2~4 step /s																																													
管電圧	40kV	40kV																																													
管電流	40mA	40mA																																													
発散スリット	2/3°	1/3°																																													
発散縦...	10mm	10mm																																													
散乱スリット	2/3°	1/3°																																													
受光スリット	0.45mm	0.3mm																																													
ワザット角度	0.000	0.000																																													
測定条件入力画面を閉じる。																																															
	 測定実行を選択する。 → 測定が開始される。																																														
	※ 初回のみ、"発散縦スリットを○○に変更してください"、"開放にしてください"等のメッセージが表示される。 → 確認後[OK]ボタンをクリック																																														
データ出力 (テキスト形式)	 [アスキー変換]をクリック																																														
	[入力ファイル名...]をクリック																																														
	[入力ファイル名の指定]ダイアログボックスが表示されるので出力したいデータを選択	拡張子[.raw]																																													
	[OK]をクリック																																														
	出力ファイル名、変換条件、変換内容を必要に応じて変更																																														

項 目	操 作 内 容	備 考
	[変換実行]をクリック	
停止	 [XG 操作] ウィンドウ上部にある  [XGプロパティ]ボタンを押す。	
	エージングデータのプルダウンから「X 線停止」を選択して、OK を押す。	管電圧 20kV×管電流 2mA まで下げる。 必要に応じて、エージングデータは変更する。
	 フライパンマークをクリック 黒 → 赤	
	エージング終了するまで、5 分程度待つ。	フライパンマーク 赤→黒
	 X 線マークをクリック 赤 → 黒	警告灯が消灯 (X 線停止) 3 分後に自動的に送水が 停止する。
	 [電源のOFF]ボタンを選択 黄 → 黒	
	PC、モニタ、プリンタ電源スイッチ ON→OFF	3箇所
	本体メインブレーカ (EMOスイッチ) ON→OFF (左回し)	OPERATEランプ消灯
	送水装置メインブレーカ ON→OFF	1箇所
	電灯動力盤 (LP-3) 3φ200V (主幹、X線発生装置本体及び送水装置) ON→OFF	主幹1箇所、2箇所
停止後点検	送水装置の水量及び冷却ホースの確認	

付表 1-11 (2) X 線回折装置の操作方法—結晶相同定 (PDXL) の操作—

No.	項 目	操 作 内 容	備 考
1	PDXL の起動	 [PDXL2]アイコンをクリック	
		ログイン名・パスワード入力ウィンドウが表示 ログイン名 : a パスワード : a 入力	
 「PDXL」のメインウィンドウの各部名称			
2	測定データ読み込み	メニューバーの[ファイル] → [測定データを読み込む]を選択	
		ファイル選択画面が表示されるので、同定したい XRD パターンを選択	拡張子「.raw」
		グラフィック領域の[プロファイルビュー]タブに、XRD パターンが表示される。	測定データ : 赤線 計算データ : 青線 BG データ : 緑線
3	計算データの編集	※ 測定データと計算データが一致していないと正確な同定が行えないため、必要に応じて実行する。	
		≪ピークの追加≫ グラフオプションツールバーの  をクリック	
		追加したいピークの頂点でクリック → ピークが追加される。	
		 を再びクリックしてオフにした後、追加したピークをクリック	

No.	項 目	操 作 内 容	備 考
		測定データのピーク形状に合うように、3つの□マーカをドラッグして移動	
		《ピークの削除》 情報バーの[ピークリスト]タブをクリックし、ピークリストを表示	
		削除したいピークの[No.]チェックボックスにチェックを入れる。	
		[ピークを削除]をクリック	
		《バックグラウンドの編集》 グラフオプションツールバーの  をクリック	
		□マーカをドラッグして、バックグラウンド形状を編集	
		BG データ上で右クリック→□マーカ追加 □マーカ上で右クリック→□マーカ削除	
		[ピークリスト]タブの[最適化]をクリック → [最適化]ダイアログボックスが表示	
		[バックグラウンドを精密化する]チェックボックスにチェックを入れて、[実行]をクリック	
		[OK]をクリックして、ダイアログボックスを閉じる。	
4a	結晶相の同定 (自動検索)	グラフィック領域の[結晶相データビュー]タブをクリック	
		フローバーの[自動検索]をクリック	
		解析バーの[自動検索]をクリック →自動検索ダイアログボックスが開く。	
		[サブファイル]タブで、全サブファイルまたは必要に応じてサブファイルを指定する。	
		[元素フィルター]タブで、試料に含まれていると思われる元素を選択 元素記号をクリックするごとに、「わからない (灰)」、「含まれない (赤)」、「含まれる (青)」、「最低1種類は含まれる (緑)」に変化する。 ※ 上部の説明が書かれたボタン及び矢印ボタン (→、↓) で一度に変更も可能	※ 「含まれる」を選んだ場合、その元素を必ず含む結晶相のみ検索されることに注意

No.	項 目	操 作 内 容	備 考
		 [元素フィルター]タブ	
		[その他]タブで、必要に応じて検索条件を変更	
		[実行]をクリック	
		解析バーの結晶相候補リストに測定データのXRDパターンに1番近い結晶相が表示される。	※ リストに表示される項目の説明を付表 1- 11 (3) に示す。
		解析バーの結晶相候補リストまたは結晶相検索結果リスト中の結晶相をクリック	
		グラフィック領域にクリックした結晶相のXRDパターン（緑棒グラフ）が表示されるので、測定データと比較	マウスのホイールボタンでピーク強度の大小を変更可能
		一番良く合致する結晶相を選択して[確定]をクリック	
		必要に応じて、結晶相を選んで、解析バー下部[印刷]ボタンで結晶相データの出力が可能	
4b	結晶相の同定 (カード情報読込)	※ 自動検索で上手く結晶相が検索されない場合や、特定の結晶相を参照したい場合に使用	
		フローバーの[カード情報読込]をクリック	
		解析バーの[カード情報...]をクリック →[カード情報を追加]ウィンドウが開く。	
		検索条件欄の検索したい条件にチェックを入れ、それぞれ条件を入力	※ 元素で検索する場合、元素にチェックを入れて

No.	項 目	操 作 内 容	備 考
			[元素指定...]をクリック → 自動検索と同様
		[検索]をクリック	
		追加したい結晶相の[No.]チェックボックスにチェックを入れる。	※ リストに表示される項目の説明を付表 1- 11 (3) に示す。
		[追加]をクリック	
		解析バーの結晶相検索結果リストに、選んだ結晶相が追加される。	
		解析バーの結晶相検索結果リスト中の結晶相をクリック	
		グラフィック領域をクリックした結晶相の XRD パターン（緑棒グラフ）が表示されるので、測定データと比較	マウスのホイールボタンでピーク強度の大小を変更可能
		一番良く合致する結晶相を選択して  をクリック → 結晶相候補リストに移動	
		移動した結晶相を選択して、[確定]をクリック	
		必要に応じて、結晶相を選んで、解析バー下部[印刷]ボタンで結晶相データの出力が可能	
5a	データ出力 (レポートを作成)	フローバーの[レポートを作成..]をクリック →[レポートを作成]ダイアログボックスが開く。	
		テンプレート欄のプルダウンを開き、適したテンプレートを選ぶ。	
		[レポート作成]をクリック	
5b	データ出力 (CSV 形式)	メニューバーの[ファイル]→[グラフをエクスポート]→[CSV 形式 (C) ...]をクリック	

付表 1-11 (3) X 線回折装置の操作方法—結晶相候補リストの表示項目—

表示項目	表 示 内 容
結晶相名	物質の名称
化学式	物質の化学式
QM	カードに保存されている回折データの質 (Quality Mark) S (Star Patterns) : 極めて良質なデータ I (Indexed Patterns) : 指数付けされた質の良いデータ O (Low-Precisions) : 質の悪いデータ (多相または指数付け不可) B (Blank Patterns) : 上記以外のデータ C (Calculated Patterns) : 計算データ
FOM	測定データと物質のカード情報との一致度を表す指数 (Figure of Merit) この値が小さいほど、一致度が大きい
格子定数	物質の格子定数
RIR	物質の RIR (Reference Intensity Ratio:参照強度比) 値
空間群	物質の空間群
DB カード 番号	物質のカード番号
配向度 パラメータ	その物質で同定した場合の、測定した試料の配向度
Z 値	単位格子に含まれる非対称単位の個数
体積	単位格子の体積
密度 (g/cm ³)	物質の密度

付表 1-12 (1) 水中無線伝送試験装置の操作方法—本体装置の操作—

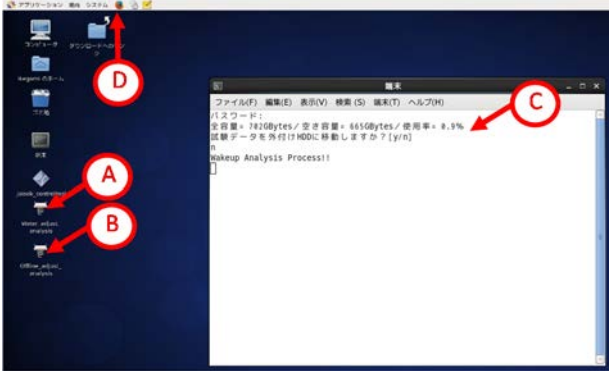
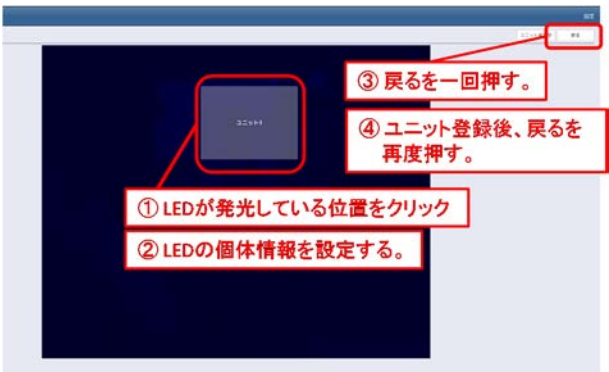
No.	項目	操 作 内 容	備考
1	注水前点検 電気系統	以下の箇所について、異常が無いことを確認する。また、1.～6.における機器が非通電状態であることを確認する。 1. PC 2. デジタルカメラ 3. 排水ポンプ 4. ルータ 5. 電磁バルブ 6. 気泡供給用コンプレッサ 7. 上記機器の電源 ケーブル 8. PC-デジタルカメラ間の LAN ケーブル	断線等の異常が認められた場合、速やかに作業を停止する。
2	注水前点検 給水系統	以下の箇所について異常が無いことを確認する。 1. パイプユニット (連結部を含む) 2. 給水系統のバルブ・配管 3. 排水系統のバルブ・配管	キズ等の異常が認められた場合、速やかに作業を停止する。
3	給水系及び 排水系の 準備	上部排水管及び下部排水管の各パイプをシンクに設置する。 給水管のパイプを水道管に接続する。	
4	排水ポンプ の動作確認	排水ポンプに電源を投入し、試運転を行う。 異常が無ければ、排水ポンプの電源を落とす。	
5	給水	水道管元栓の開放 電磁弁の運転スイッチ ON にする。 給水系統の各バルブを開放する。 給排水切替バルブを給水方向に切換え、パイプユニット内に給水を行う。 給水系統及びパイプユニットより漏水が無いことを確認する。	漏水が認められた場合、No.14～15 に示す排水作業を速やかに実施する。
6	水量調整	レギュレータを用いて、給水系統圧力計が $0.15 \pm 0.01 \text{MPa}$ となるように給水量を調整する。 給水中は常時監視を行い、漏水が無いことを確認する。	漏水が認められた場合、No.14～15 に示す排水作業を速やかに実施する。
7	給水停止	水面が上部排水口に到達後は水道管を閉鎖し、給水作業を終了する。	
8	各種機器の 起動	以下の機器に電源を投入する。 1. PC 2. デジタルカメラ 3. ルータ 4. 気泡供給用コンプレッサ	

No.	項目	操 作 内 容	備考
9	撮影位置の調整	LED マトリックスを点灯させ、試験位置に設置する。	「jaidsk-controltool」の詳細な操作方法は、取扱説明書を参照。
		PC 上より、「jaidsk- cotroltool」を起動する。	
		「SP-5000M」をクリックし、「Connected」状態にする。	
		「Feature Properties」→「Image Format Control」より以下の設定を行う。 • Wight : 1500 • Height : 640 • Offset X : 650 • Offset Y : 700	
		「▷」より、「Frame Window」を開き、LED マトリックスが撮影可能となるように位置を調整する。	
		「□」→「Disconnect the Selected Camera」のアイコンを押し、「Frame Window」を閉じる。	
		「jaidsk-cotroltool」を終了する。	
10	画像解析ソフトの起動	「water analysis」「offline analysis」を起動させる。また、アクティブ状態とするため、パスワードを入力する。	
11	試験	ブラウザを起動し、試験を実施する。	ブラウザの詳細な操作方法は、取扱説明書を参照。
12	画像解析ソフトの停止	ブラウザを終了する。	
13	各種機器の停止	以下の機器の電源を遮断する。 • PC • デジタルカメラ • ルータ • 電磁バルブ • 気泡供給用コンプレッサ	
14	排水	給排水切替バルブを排水方向に切り替える。	排水中は常時監視を行い、漏水が無いことを確認する。
		排水ポンプに電源を投入し、パイプユニットより水を排出する。	
15	給水系及び排水系の撤去	排水ポンプの電源を遮断する。	
		上部排水管及び下部排水管の各パイプをシンクより撤去する。	
		給水管のパイプを水道管より撤去する。	
16	試験後点検	パイプユニット、シンク、ポンプ及び各配管を点検し、漏水等の有無を確認する。	漏水が認められた場合はウエス等で拭きとり、漏水箇所の修繕措置を実施すること。

付表 1-12 (2) 水中無線伝送試験装置の操作方法 —水質調整機器の操作—

項目	操 作 内 容
水及び空気供給の準備	①給水用開閉バルブ 1 を開放する。 ②給水用電磁弁スイッチを「AUTO」にし、給水用電磁弁を開放する。 ③給水用流量バルブ 1、給水用開閉バルブ 2 を開放する。 ④給排水切替 3 方向バルブを給水方向に切換え、パイプユニット内に給水を行う。 ⑤給水用レギュレータ 1 のダイヤルを調整し、指示値 0.15MPa となるようする。
泡制御ユニットの調整	①給水用開閉バルブ 3、給水用流量バルブ 2 を開放する。 ②泡制御ユニットに電源を投入する。 ③空気用開閉バルブ、空気用流量バルブを開放する。 ④泡制御ユニットの「連続」を押し、気泡の供給を開始する。 ⑤泡制御ユニット上のカウンターを参考に、空気用流量バルブを操作して気泡供給数を調整する。

付表 1-12 (3) 水中無線伝送試験装置の操作方法—測定ソフトの操作—

項目	操 作 内 容
制御プログラムの立ち上げ	 ①A 及び B を押し、C の画面を立ち上げる。 ②C の画面において、パスワード及び外付ハードディスク使用の有無を入力し、解析プログラムの立ち上げ作業を行う。 ③制御プログラムを立ち上げるため、D (Firefox) をクリックする。 ④起動後  をクリックし、さらに OK をクリックする。 ⑤  をクリックし、ユニット登録画面に移行する。
LEDマトリックスの初期設定	 ①LED の発光点近傍をクリックする。 ②識別名称等の LED の個体情報を入力する。 ③  を一回押し、選択した LED をプログラム内に認識させる。 * :LED の認識には約 30 秒要する。 ④LED の認識成功後は、 を再度押して、前画面に戻る。
試験条件等の入力	 ①  をクリックする。 ②試験開始確認ダイアログに試験名等の緒元を入力する。 ③  を押し、解析を実行する。

付表 1-13 (1) 高温高圧水試験装置の操作方法—電源投入操作—

No.	項目	操 作 内 容	備考
1	起動前確認	水質調整タンクの水位確認	・水位がレベル計の半分未満の場合には V5 バルブより精製水を給水する。 ・給水時は V4 を「開」にする。
		バルブの開閉確認	開 : V1、V2、V3、V4、V7、V9、V10、V12、V13、V17、V20、V23、V24、V26、V27、V28、V30、V32、V33、1HV1、1HV2、1HV3 閉 : V5、V6、V8、V11、V14、V15、V16、V18、V19、V21、V22、V25、V29、V31、1HV4、2HV1、2HV2、2HV3、2HV4、3HV1、1V1、1V2、2V1
		IN/OUT バルブ「開」	チラーユニットの起動前確認
		水槽内の水量の確認	
2	電源投入	電灯盤 L-5 : メインブレーカ OFF→ON	
		動力盤 P-1 : メインブレーカ「高温高圧ループ」 OFF→ON 「高温高圧ループ用チラー」 OFF→ON	
3	電源 ON	高温高圧水試験装置制御操作盤の漏電ブレーカ OFF→ON	主電源表示灯の「点灯」を確認する。
		高温高圧水試験装置制御操作盤の電源スイッチ ON	・操作パネル「ON」 ・荷重負荷制御・計測パネル「ON」 ・電源表示灯の「点灯」を確認する。
4	チラーユニットの起動	「SET」ボタンを長押しして設定温度を確認 起動スイッチ「ON」	設定温度「23℃」
5	記録計の起動	ペーパーレス記録計の電源「ON」 記録項目、チャート速度を確認する。 記録「REC」スイッチ「ON」、記録の開始	・通常、ペーパーレス記録計の電源スイッチは常時「ON」
6	データ処理用 PC 起動	PC の起動、パスワードの入力 ペーパーレス記録計と PC 間の LAN ケーブル接続の確認	記録計を「ON」にしていないとデータ処理を行なうことができない。

No.	項目	操 作 内 容	備考
7	データ処理 ソフト起動	DAQLOGGER ソフト「マネージャ」をダブルクリックし、ソフトの起動	
8	データ取得 準備	データ処理ソフトの「ロガー」をクリック 「設定 (S)」をクリック	
		サンプリング速度、インターバル、データの ファイル名をクリックする。	
		「レコード開始」をクリックし、データ取得 を開始する。	
		記録アイコンの反転を確認	
9	グラフの 表示	「MONITOR」アイコンをクリック	グラフ等を立ち上げる。
10	通水確認	各フロースイッチを確認し、通水の有無を確認する。	

付表 1-13 (2) 高温高压水試験装置の操作方法—き裂進展試験及び SSRT 試験開始準備操作—

No.	項目	操 作 内 容	備考
1	試験圧力 水質確認	試験圧力、水質 (CON、pH) の確認	値が安定しているか確認する。
2	試験片の 定荷重保持	定荷重「0.1 kN」にて保持	昇温時の試験片保護のため
3	試験片の 取り付け	圧力計 (1PIS1) が 0MPa であることの確認	
		バルブ (1HV2) と (1HV3) を全開にする。	
		ドレンバルブ (1V1) の下にバケツ等を用意し、バルブを「開」、パージバルブ (1V2) を「開」にして排水を開始する。	
		ボルトをレンチで少しずつ緩める。	ボルトの対角線同士を緩める。
		油圧ポンプのリリースバルブを右側に止まるまで倒し、ハンドルを前後に動かして、ゆっくりオートクレーブ上部容器を試験片を取り付けることのできる位置まで上げる。	上部容器の落下防止のため、左右セパレートカラーで固定する。
		試験片を取り付ける。	
4	ヒーターの 操作	タッチパネルの「ヒーター操作」画面で予熱器ヒーターを「ON」にする。	温度調節器プログラム「RAN」を確認する。
		タッチパネルの「ヒーター操作」画面で A/C ヒーターを「ON」にする。	高圧定量ポンプを起動していないと操作できない。
5	試験温度の 確認	試験温度に到達したことを確認する。	
		試験温度が安定していることを確認する。	
6	圧力計の 設定	上下限設定圧力計「PIS3」、「1PIS1」、「2PIS1」の警報指針を試験圧力から 1 引いた値に設定する。	試験圧力から 10%減でも可
7	伸び計の 粗調整	伸び計のスピンデルを調節して (0) 近辺に粗調整する。	

No.	項目	操 作 内 容	備考
8	荷重・変位計の設定	制御/計測ソフトで荷重、変位を (0) kN、(0) mm にし、定荷重制御を中止する。	
		制御/計測ソフトに試験条件及びデータ収集の設定を入力する。	
9	試験の開始	プログラムを「START」させて試験を開始する。	試験開始後、荷重・変位が変化していることを確認する。

付表 1-13 (3) 高温高圧水試験装置の操作方法—き裂進展試験及び SSRT 試験終了操作—

No.	項目	操 作 内 容	備考
1	試験終了	取得データの確認	定量的に試験温度、圧力、水質、荷重、変位を確認する。
		上下限接点圧力計「PIS3」、「1PIS1」、「2PIS1」の下限警報指針を (0) MPa 以下に設定する。	
		予熱器及びオートクレーブの温度調整器プログラムを「STEP」させ、高温プログラム「V」に移行したことを確認する。	やけど防止のため、オートクレーブ内の温度を室温まで下げる。 各温度調節器のプログラム「END」を確認する。
		ヒータスタートを再度「ON」にする。	
2	ヒーター操作	タッチパネルのオートクレーブヒータ操作画面にて「OFF」をタッチする。	温度調節器のプログラム「RESET」を確認する。
		タッチパネルの予熱器ヒーター操作画面にて「OFF」をタッチする。	
3	降圧	高圧保圧弁を「反時計回り」にゆっくりと回し、大気圧 (0MPa) にする	圧力を確認しながら少しずつ回す。
4	ポンプ操作	タッチパネルのポンプ操作画面「計測ポンプ (1)」、「計測ポンプ (2)」の「OFF」をタッチし停止する。	ポンプの運転音と流量計 (FI5) の流量が 0L/min であることを確認する。
		タッチパネルのポンプ操作画面「高圧定量ポンプ」の「OFF」をタッチし停止する。	ポンプの運転音で確認する。
		タッチパネルのポンプ操作画面「送水ポンプ」の「OFF」をタッチし停止する。	ポンプの運転音と流量計 (FI1、FI2、FI3) の流量が 0L/min であることを確認する。

No.	項目	操 作 内 容	備考
5	データ処理 ソフトの操作	「フロッピーマーク」をクリック	データを保存する。
		「STOP」をクリックし、データ取得の停止	
		「RECORD」アイコンに色が戻ったことの確認	
		DAQLOGGER マネージャの「ファイル」→「終了」	ソフトの終了
6	PCのシャット ダウン	Windows アイコン→「シャットダウン」	PCのシャットダウン
7	チラーユニット の停止	「ON/OFF」スイッチを押して停止する。	水槽内の水量を確認する。 フロースイッチにて流量が流れていないことを確認する。

付表 1-13 (4) 高温高圧水試験装置の操作方法—電源遮断操作—

No.	項目	操 作 内 容	備考
1	電源遮断	操作パネル主電源スイッチとタッチパネルホーム画面電源スイッチを押して「OFF」	制御操作盤の各電源「OFF」
		3 相 200V の漏電ブレーカを「OFF」	制御操作盤の漏電ブレーカ「OFF」
		動力盤「P-1」と電灯盤「L-5」内のブレーカを「OFF」にし、作業を終了する。	分電盤のブレーカ「OFF」

付表 1-14 (1) TG-MASS/TG-DTA の操作方法—起動方法—

No.	項目	操 作 内 容	備考
1	分電盤の 操作	電灯盤 (L-6) の主幹ブレーカを OFF→ON TG-DTA、MS9610、HC9700 のブレーカを OFF→ON	
2	各装置の 起動	各装置 (MTC-1000SA、MS9610、HC9700、恒 温槽) の主電源を OFF→ON	
3	各水量の 確認	水蒸気供給装置 (HC9700) 横の透明タンクの 水量が不足していないか確認する。水位が十分 な場合は、透明タンク下のコックを閉にする。	HC9700 の水が不足し ている場合はタンク の水位目印まで精製 水を追加する。
		恒温槽の水量が不足していないか確認する。	恒温槽のヒーター部 が十分水面に浸かる まで精製水を追加す る。 ※水不足になると安 全装置が働き、供給水 蒸気の加温が自動的 に停止する。
4	ガスボンベ・ ガスライン等の 操作	ガス排気ラインのホースを壁の穴から外へ接 続する。	
		窒素ボンベの元栓を開き、レギュレータを操作 して二次側圧力を 0.1MPa に設定する。	二次側圧力が生じた 時 点 で HC9700 は 200mL/min の流量で ガスの供給を開始す る。
		HC9700 のキャピラリーチューブ (黒色の太い 配管) を TG-DTA2000SA の台座の裏側に接続 する。	TG 装置を使用してい ない場合は、台座の裏 側に目隠し用のピン を差し込む。
		TG-DTA2000SA の台座正面に MS9610 のキャピ ラリーチューブと通常排気ラインを接続する。	
		通常排気ラインのホースがポリタンクに接続 されている事を確認する。	このポリタンクに水 蒸気の結露によって 生じる水が溜まる。溜 まった水は適宜廃棄 する。

No.	項目	操 作 内 容	備考
5	各装置の 操作	恒温槽の水を加温する。	試験に用いる水蒸気の露点温度より、10℃高い温度を設定する。
		温度コントローラ (MTCD) の 2 つのスイッチを OFF→ON	設定温度は試験に用いる水蒸気の露点温度より 30℃高い温度とする。
		MS9610 のキャピラリーチューブ及びインレットを加熱する。	設定温度は 350℃で、特段の操作を要しない。
6	試料のセット及び測定条件の設定 (PC 操作)	TG-DTA2000SA の電気炉部を上げ天秤部に試料をセットし、電気炉を閉じる。	天秤部は非常に繊細なので、取扱いに注意する。
		恒温槽の水温が安定するまで待機する。	HC9700 内の水蒸気として供給される温水が目標温度に達するには時間が掛かるので、水蒸気雰囲気での試験を行う場合は早めの準備が必要となる。
		PC 操作 (TG-DTA2000SA,MS9610,HC9700 の設定)	ここで初めて PC を起動する。なお、PC の起動前には MTC-1000SA のリセットボタンを押し、30 秒程待ってから行う。
7	測定開始	PC の設定が終了した後、MS9610 の設定画面にある「測定開始」ボタンを押す。	

付表 1-14 (2) TG-MASS/TG-DTA の操作方法—終了方法—

No.	項目	操 作 内 容	備考
1	試験終了後	試験終了後、TG-DTA 装置内部の温度が室温になるまで待機する。	
		恒温槽の設定温度を 20℃にする。	恒温槽の電源を切ってしまうと、HC9700 内の水が冷却されにくくなり、かつ水温が分からなくなる。
2	試料の取出し	試料の取出しを行う。	結露防止のため、台座が加熱されているので、温度指示値が 90℃程度で安定してしまう事がある。この場合は、その温度で試料の取出しを行う。
		通常、試料取り出し後も HC9700 内の水温は高いままなので、キャピラリーチューブ等での結露を防止するため、しばらく窒素ガスを流したままにする。	TG-DTA2000SA の電気炉は下ろしたままにする。
3	各装置の操作 (1)	恒温槽の水温が 40℃～50 度程度になったら、MS9610 のキャピラリーチューブ及びインレットの加熱を停止する。	
		HC9700 のキャピラリーチューブの加熱を停止する。	
		温度コントローラ (MTCD) の電源を ON→OFF	
4	各装置の操作 (2)	MS9610 のインレットの温度が 100℃未満になったら、装置の真空引きを停止する。	真空引きを停止後、ターボ音が消えたら、当装置は完全に停止した事になる。
		恒温槽の温度制御を停止し、主電源を ON→OFF にする。	
		HC9700 のキャピラリーチューブを TG-DTA から外し、目隠し用のピンを差し込む。	
		窒素ガスポンベの元栓を閉める。	自然に残圧を減少させる。
		ガス排気ラインのホースを壁の穴から外し、穴に栓をする。	
5	各装置の終了操作	全ての装置の電源を ON→OFF	
		分電盤のブレーカを ON→OFF	

付録 2 照射試験開発棟における定期点検について

付表 2-1	化学実験フードの定期点検方法
付表 2-2	化学実験フードの定期点検記録様式
付表 2-3	高温高圧水試験装置の起動前点検表
付表 2-4	高温高圧水試験装置の日常点検表
付表 2-5	分電盤点検記録用紙
付表 2-6	プルボックス点検記録用紙
付表 2-7	医薬用外毒物・劇物受入の使用記録表及び巡視点検記録
付表 2-8	医薬用外毒物・劇物在庫数量点検記録用紙及び毒劇物の購入に関わる書類
付表 2-9	毒物及び劇物教育記録用紙及び点検結果記録用紙
付表 2-10	熱定数測定装置の記録（例）

付表 2-1 化学実験フードの定期点検方法

No.	項 目	操 作 内 容	備 考
1	スクラバー タンク水の 水質確認	水の採取	スクラバータンク水および 水道水を容器に採取
		水中の含有元素分析	ICP 分析し、スクラバータ ンク水と水道水の含有元素 を比較
		水の pH 分析	排水基準 "pH 5.8-8.6"
2	フードの点検	フード内収納物の移動	
		フードの清掃・外観検査	濡れウエス等で拭き掃除 し、傷、サビ等の有無を確 認
		基礎ボルト増し締め	底板を外し、8 本 (4 ヶ所×2 フード) のボルトを増し締 め
		制御盤の検査	各端子の増し締め、サーマ ルリレー動作テスト
		分電盤の点検	動力系一次電圧 (配電盤内: 右側)、電灯系一次電圧 (PVC フード奥コンセント) を確認
		ガラス扉の外観・開閉検査	異音、扉の重さ、左右のバ ランス、ストッパーの確認
		照明の点灯テスト	照明が切れていないこと
		ダンパの開閉検査	開閉位置に印を付けてお き、動作確認後に元に戻す。
3	スクラバーの 点検 (1)	上部フランジボルトの増し締め	上部フランジのボルト及び 配管支持架台のボルトを増 し締め
		化学実験室の分電盤を開放	
		スクラバー正面の亚克力板固定用ボルトを増し締め	締めすぎに注意
		スクラバーの基礎ボルトを増し締め	
4	排気ファンの 点検	吐出口フランジ、入口フランジ、配管支持架台ボルトを増し締め	
		排気ファンのベルトカバーを取り外す	
		基礎ボルト、モーター固定用ボルトを増し締め	
		排気ファンの古いグリスをキムタオル等で除去	

No.	項 目	操 作 内 容	備 考
		手でモーターを回しながら、グリスガンを用いてグリスアップ	少しにじみ出る程度にグリスニップルから注入、グリスガンは応用工学建屋 機械室から借用
		モーター端子のカバーを外して、端子を増し締め	
		テンションメーターで V ベルトのたわみ確認 	たわみ量 8.16mm の時のたわみ荷重 ≥ 6.8 N /本。テンションメーターは応用工学建屋 機械室から借用
		排気ファンのベルトカバーを清掃	
5	スクラバーの点検 (2)	制御盤の亚克力カバーを外し、端子の増し締め	
		サーマルリレー動作テスト、過負荷/漏電トリップテスト	
		化学実験室の分電盤を投入	
		制御盤の電圧測定	R-S-T 間、R1-S1-T1 間
		スクラバー前後の配管フランジボルトを増し締め	脚立は応用工学建屋 機械室から借用
6	スクラバータンクの清掃	スクラバー左下の切替えスイッチを AUTO → MANUAL	
		スクラバー内部の 3 方弁の赤いハンドルを縦向きに変更 	排水準備 (通常運転から排水系に変更)
		スクラバー内部電源盤にあるスナップスイッチ (No.1) OFF → ON	No.1 循環・排水ポンプが運転、排水開始
		スクラバー脇のホースから出る水をポリタンクに溜め、外に排水	スクラバータンク水の水質 (濃度、pH) が基準値内であること。
		化学実験室の水道からホースを引き、スクラバータンクまで伸ばす。	建物入口から外を通して、ビニル紐でホースを引き上げる。
		スポンジ等でスクラバータンクの汚れを落とし、水を溜めて排水	タンク内が綺麗になるまで繰り返す。
		スクラバー左下の切替えスイッチを MANUAL → AUTO	

No.	項 目	操 作 内 容	備 考
		スクラバー内部の3方弁の赤いハンドルを横向きに変更 	運転準備（排水系から通常運転に変更）
		タンクに水を溜めて、フードを運転させ、スクラバー内を洗浄・排水	フードは化学実験室から電源をONにする。
		水位上限付近まで水を張る	
7	総合試験	フード開口部の寸法を測定する（幅・高さ）	
		ガラス扉を半分まで閉め、ビニル紐で開口部を12分割する 	
		スモークテスターで気流状態を確認 	煙が十分フード内に吸い込まれていること
		風速計で面風速を測定 $\geq 0.4\text{m/s}$ 	風速計は安全対策課から借用

局所排気装置の定期自主検査記録

3 年間保存

検査日	検査者	検査場所	型式	メーカー名	計器名	メーカー名	型式
検査日	検査者	化学実験室	SK-424S	産業科学	風速計		
検査日	検査者	機械室	SK-434	産業科学	デスター		
検査日	検査者	排気ファン	No. 350	総務課	ふらかい機	総務課	

	検査項目	判定	検査方法	備考
1 総合試験	a.音・振動の確認	良 否 []	目視・触手・聴覚	
	b.面風速の測定	良 否 []	目視・計測	
	c.気流状態の確認	良 否 []	目視	
	d.実用開口の寸法測定	H: m	計測	
2 アード		W: m		
	a.外装部の外観検査	良 否 []	目視・触手	
	b.内装部の外観検査	良 否 []	目視・触手・聴覚	
	c.作業面の外観検査	良 否 []	目視・触手	
	d.ガラス扉の外観検査	良 否 []	目視・触手	
	e.ガラス扉の開閉検査	良 否 []	触手・操作・聴覚	
	f.ガラス扉の開閉検査	良 否 []	触手・操作・聴覚	
	g.外観の清掃	良 否 []	操作・目視	
	a.外装部の外観検査	良 否 []	目視・触手	
	b.内装部の外観検査	良 否 []	目視・触手・聴覚	
	c.作業面の外観検査	良 否 []	目視・触手	
	d.ガラス扉の外観検査	良 否 []	目視・触手	
	e.ガラス扉の開閉検査	良 否 []	触手・操作・聴覚	
	f.ガラス扉の開閉検査	良 否 []	触手・操作・聴覚	
	g.外観の清掃	良 否 []	操作・目視	
	3 スクラパー	a.水分析(元素・pH)	計測	
b.停止状態の外観検査		良 否 []	目視・触手	
c.水抜き作業		良 否 []	目視・操作	
d.ミストキャッチャーの外観検査		良 否 []	目視・触手	
e.充填材の外観検査		良 否 []	目視・触手	
f.水張り作業		良 否 []	目視・操作	
g.水位の調整		良 否 []	目視・操作	
高水位			フワード停止中	
低水位			フワード運転中	
4 排気ファン		h.運転状態の外観検査	良 否 []	目視・触手・聴覚
	a.停止状態の外観検査	良 否 []	目視・触手	
	b.電圧の測定	良 否 []	目視・計測	
	c.Vベルトの検査	良 否 []	目視・触手	
	d.グリスアップ検査	良 否 []	目視・触手	
5 排気ファン	e.運転状態の外観検査	良 否 []	目視・触手・聴覚	

	検査項目	判定	検査方法	備考
5 電気関係	a. 動力系一次電圧の測定	V	目視・計測	
	b. 電力系一次電圧の測定	V	目視・計測	
	c. サーマル動作テスト	良 否 []	目視・操作	
	d. 排気ファンの動作テスト	良 否 []	目視・操作	
	e. 照明の点灯テスト	良 否 []	目視・操作	
	f. 制御盤内の清掃	良 否 []	目視・触手	

1. 総合試験

[illegible]

フード (塩化ビニル) の面風速の測定及び気流状態の確認

面風速 風速測定結果

・タンク内の水分分析(元素・pH)の結果は、別紙の「分析結果報告書」を参照のこと

3. 定期自主検査の判定

検査により「否」と判定される場合、その程度の判断は次の基準に従う。

1. 少し損傷等があるが、性能に問題ない。
2. 少し損傷等があり、補修・部品交換を要する。
3. 中度の損傷等があり、将来使用できなくなる恐れがある。
4. 重大な損傷等があり、使用に使用できない恐れがある。
5. 重大な損傷等があり、使用できない。(使用すると問題が発生する)

付表 2-3 高温高圧水試験装置の起動前点検表

年 月 日 :

高温高圧水ループ起動前点検

課長	マネージャー	点検者

装 置		点 検 内 容	確 認 欄	備 考
全体		装置付近の漏水を確認		
電灯盤 L-5	メインブレーカ	分電盤内のブレーカ ON		
動力盤 P-1	メインブレーカ			
	高温高圧ループ			
	高温高圧ループ用チラー			
制御操作盤	3 相 200V メイン漏電ブレーカ	漏電ブレーカ ON		ランプ点灯確認
	単相 200V メイン漏電ブレーカ			ランプ点灯確認
	操作パネル	電源スイッチ ON		ランプ点灯確認
	荷重負荷制御・計測パネル			ランプ点灯確認
チラーユニット	IN バルブ/OUT バルブ	開		
	水槽	水位		
装置	V1□、V2□、V3□、V4□、V7□、V9□、 V10□、V12□、V13□、V17□、V20□、 V23□、V24□、V26□、V27□、V28□、 V30□、V32□、V33□	バルブ「開」		
	V5□、V6□、V8□、V11□、V14□、V15□、 V16□、V18□、V19□、V21□、V22□、 V25□、V29□、V31□、	バルブ「閉」		
オートクレープ 1	1HV1□、1HV2□、1HV3□、1V3□、1V4□	バルブ「開」		
	1HV4□、1V1□、1V2□	バルブ「閉」		
オートクレープ 2	2HV1□、2HV2□、2HV3□、2V3□、2V4□、 3V2□、3V3□	バルブ「開」		
	2HV4□、2V1□、2V2□、3HV1□、3V1□	バルブ「閉」		

付表 2-4 高温高圧水試験装置の日常点検表

年 月 日 :			
炉外高温高圧水試験装置の運転時チェック項目			
項目	制御値	確認欄	備考
①装置運転条件			
運転温度 (設定温度)	℃		
運転圧力 (設定圧力)	MPa		
運転流量 (F1指示値)	m ³ /min		
漏水			
a) A/C1		□	
b) A/C2		□	
項目	測定値	確認欄	備考
①データ収集装置内の試験データ			
(1) 温度			
a) A/C1]予熱器	℃		設定温度±2℃
b) A/C1]内部	℃		設定温度±2℃
c) A/C2]予熱器	℃		設定温度±2℃
d) A/C2]内部	℃		設定温度±2℃
(2) 循環圧力	MPa		<試験圧力+1MPa
(3) 溶存酸素濃度	g/l		
(4) 溶存水素濃度	μg/l		
(5) 電気伝導率			
a) 入口側	μS/cm		目標 : 0.06μS/cm
b) 出口側	μS/cm		目標 : <0.15μS/cm
(6) pH			
(7) 荷重	kN		
(8) 変位	mm		
(9) DOレンジ	V		20μg/l、200μg/l、2mg/l、20mg/l
(10) DHレンジ	V		20μg/l、200μg/l、2mg/l、20mg/l
②実験装置の計測機器指示値			
(1) 温度			
a) A/C1]予熱器	℃		設定温度±2℃
b) A/C1]内部	℃		設定温度±2℃
c) A/C2]予熱器	℃		設定温度±2℃
d) A/C2]内部	℃		設定温度±2℃
e) A/C1]予熱器output	%		
f) A/C1]内部output	%		

g) A/C2]予熱器output	%		
h) A/C2]内部output	%		
(2) 循環圧力			
a) 循環圧力	MPa		<試験圧力+1MPa
b) PI1	MPa		<試験圧力+1MPa
c) PIS2	MPa		<試験圧力+1MPa
d) PIS3	MPa		<試験圧力+1MPa
e) PIS1	MPa		<試験圧力+1MPa
f) 47751破損検出用	MPa		
g) PI2	MPa		<試験圧力+1MPa
h) 1PIS1	MPa		<試験圧力+1MPa
i) 1PIS2	MPa		<試験圧力+1MPa
(3) 流量			
a) FI1	m ³ /min		目標 : 500m ³ /min
b) FI3	ℓ/min		
c) FI4	ℓ/min		
d) FI5	ℓ/min		
e) FI6	m ³ /min		
f) FI2	ℓ/min		
g) 1HF11	ℓ/h		
h) 1HF12	ℓ/h		
(4) 電気伝導率			
a) CON (IN)	μS/cm		目標 : 0.06μS/cm
b) CON (OUT)	μS/cm		目標 : <0.15μS/cm
(5) pH			
(6) 溶存酸素濃度	g/l		
(7) 溶存水素濃度	μg/l		
(8) イオン交換樹脂			1μS/cm以上で交換
a) 1	μS/cm		<1μS/cm
b) 2	μS/cm		<1μS/cm
(9) 冷却水チラー	℃		<50℃

付表 2-5 分電盤点検記録用紙

分電盤点検記録

照射試験開発課	
課 長	担当者

設置場所		分電盤No.または名称	
点検年月日	平成 年 月 日		

点 検 項 目	点検結果	点検頻度	備 考
分電盤の損傷、過熱、腐食、ゆるみ、発錆、汚損がないこと		毎年	
回路表示、ヒューズ容量表示がされていること		毎年	
配管、配線、ボックス、ダクト及び配線器具露出部の損傷、腐食、発錆、ゆるみ、過熱がないこと		毎年	
絶縁抵抗測定		毎年	

絶縁抵抗測定記録		絶縁抵抗測定器：				
回路名または負荷名	測定値（対大地間 MΩ）			電路電圧	使 用 絶縁計	備 考
	R	S	T			
絶縁抵抗判定基準 (電気設備技術基準第 58 条)	電路の使用電圧が 3 0 0 V 以下		対地電圧が 1 5 0 V 以下の場合 : 0.1MΩ 以上			
			その他の場合 : 0.2MΩ 以上			
	電路の使用電圧が 3 0 0 V を超えるもの		: 0.4MΩ 以上			

付表 2-6 プルボックス点検記録用紙

プルボックス等の設置箇所の環境（状況）確認用チェックシート《屋外用》

照射試験炉センター 照射試験開発課

--	--	--	--

建物名称：照射試験開発棟

プルボックス・照明スイッチ・壁コンセント No.	確認 年月日	確認者	当該プルボックス等は、雨水が滲入しにくい材質、構造か 注1)	当該プルボックス等は、健全な状態で維持されているか 注2)	処置・判断結果 注3)	備考
			Yes・No	Yes・No		
			Yes・No	Yes・No		
			Yes・No	Yes・No		
			Yes・No	Yes・No		
			Yes・No	Yes・No		
			Yes・No	Yes・No		
			Yes・No	Yes・No		
			Yes・No	Yes・No		
			Yes・No	Yes・No		
			Yes・No	Yes・No		
			Yes・No	Yes・No		

注1：雨水が滲入しにくい材質、構造とは、金属製、密封性の高い構造等をいう（排水機能がある場合はその旨を記載）。

注2：健全な状態とは、金属部分のさび、塗装のはく離、プラスチックやパッキンの劣化などが生じていないことをいう。

注3：確認結果を踏まえ、補修、経過観察、点検頻度の増加等、どのように対応するかを記載のこと。

付表 2-7 医薬用外毒物・劇物受入の使用記録表及び巡視点検記録

[illegible]

付表 2-8 医薬用外毒物・劇物在庫数量点検記録用紙及び毒劇物の購入に関わる書類

(様式3) 医薬用外毒物・劇物在庫数量点検記録		
課長		薬品管理責任者
部名：課名： 建屋名：室名： 承認日：保管庫名： 薬品名在庫量* 本数数量		
*数量の単位は「□」又は「g」とする。 注：使用中の薬品については、風袋込み重量を記入する。		

承認	
毒劇物責任者	
/	/

毒劇物責任者 殿

平成 年 月 日 課

毒劇物の購入について
標記の件につきまして、以下の毒劇物を購入したいので承認お願い致します。

名称	数量	仕様・規格	備考
	本		
	本		

以上

付表 2-9 毒物及び劇物教育記録用紙及び点検結果記録用紙

毒物及び劇物教育記録										平成 年 月 日 課										別添1									
毒物及び劇物教育記録簿																													
講師：										部 長										課 長									
教育資料										/ /										/ /									
(1)																													
(2)																													
(3)																													
(4)																													
点検結果記録簿																													
施設名称										照射試験開発棟 洗浄施設																			
点検年月日										平成 年 月 日										点検実施責任者									
点検頻度										1回/年										点検実施者									
点検項目										点検事項										点検方法									
流し台										ひび割れ、亀裂、損傷、その他の異常の有無										目 視									
										漏えいの有無										目 視									
床面及び周囲										床面のひび割れ、被覆の損傷、その他の異常の有無										目 視									
地上配管										ひび割れ、亀裂、損傷、その他の異常の有無										目 視									
										配管の漏えい										目 視									
廃液保管タンク										廃液保管タンクのひび割れ、破損、その他の異常の有無										目 視									
使用の方法										仕様の方法に関する管理要領からの逸脱及びそれに伴う飛散、流出、地下浸透の有無										目 視									
補修その他必要な措置の内容：																				教育記録等の確認									
水質汚濁防止法第14条第5項に基づく記録																													
(3年保存)																													

付表 2-10 熱定数測定装置の記録（例）

別添 1

レーザー機器使用計画書

作業後		作業前		
統括責任者	統括責任者	管理者	業務責任者	業務従事者

作業前

1	作業（試験）件名		Mo03 の熱拡散率測定
2	作業期間	①レーザー管理区域の設定日	平成 24 年 1 月 24 日～2 月 29 日
		②レーザー管理区域の解除予定日	平成 24 年 2 月 29 日
3	作業（試験）場所		照射試験開発課
4	作業（試験）目的		熱物性測定
5	作業（試験）実施計画	①レーザー機器の概要	熱定数測定装置（クラス 4）
		②作業（試験）体制	レーザー機器取扱作業管理要領に基づいて実施する。
		③作業（試験）要領	試料セット⇒室温測定⇒高温（150～400℃）測定⇒終了（別添試料参照）
		④障害防止対策に関する事項	障害防止対策要綱（クラス 4）に基づいて実施 1. レーザー管理区域の設定 2. レーザー機器の確認 3. 作業管理・健康管理等 4. その他
		⑤レーザー管理区域図	レーザー機器取扱作業管理要領 別添 2 参照
作業後			
1	終了時	レーザー管理区域の解除日	

レーザー機器の点検記録

平成 年 月 日

照射試験開発課

機器管理者	業務責任者	業務従事者

機器名称		使用場所	
年月日	平成 年 月 日	機器クラス	
年毎の点検項目	1. レーザー光線の出力、モード、ビーム径、 広がり角、発振波長等の異常	有 ☐ ・ 無 ☐	
	2. 入力電力、励起電圧・電流、絶縁、接地等 の異常	有 ☐ ・ 無 ☐	
	3. 安全装置、自動表示灯、シャッター、イン ターロック機能の動作状態の異常	有 ☐ ・ 無 ☐	
	4. パワーメーター、パワーモニター等の異常	有 ☐ ・ 無 ☐	
	5. ファン、シャッターその他の稼動部分の異 常	有 ☐ ・ 無 ☐	
	6. 冷却装置、ガス供給装置、有害ガス除去装 置、粉じん除去装置等の異常	有 ☐ ・ 無 ☐	

国際単位系（SI）

表 1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	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량	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	SI 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	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	m ³ /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	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	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 (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

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	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
力	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
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光束度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
照射度	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, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(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。

(c) 測光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) ヘルツは周期現象についてののみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてののみ使用される。

(e) 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単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。

(f) 放射性核種の放射能 (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

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘着力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
角速度	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	ワ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 s A
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
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 s A
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

表 5. SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

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=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	′	1′=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表 7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表 8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	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 =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオト	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe ≡ (10 ³ /4 π) A m ⁻¹

(a) 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に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15℃」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ =1 μm=10 ⁻⁶ m

