

## JMTR 純水設備の更新

Refurbishment of JMTR Pure Water Facility

浅野 典一 花川 裕規 楠 秀彦 佐藤 信一

Norikazu ASANO, Hiroki HANAKAWA, Hidehiko KUSUNOKI and Shinichi SATOU

大洗研究開発センター  
照射試験炉センター  
材料試験炉部

Department of JMTR  
Neutron Irradiation and Testing Reactor Center  
Oarai Research and Development Center

May 2012

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

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

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,  
Japan Atomic Energy Agency  
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2012

## JMTR 純水設備の更新

日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター  
照射試験炉センター 材料試験炉部  
浅野 典一、花川 裕規、楠 秀彦、佐藤 信一

(2012年3月2日受理)

JMTR の更新工事では、これまで保全活動により実施されてきた保守実績、交換部品の調達性、交換機器に関する最新技術の反映状況等を考慮し、設備・機器を(1)全更新する設備・機器、(2)部分更新する設備・機器、(3)継続使用する設備・機器に分類した。本報告書は、(1)全更新する設備・機器に分類され、2007年度(平成19年度)から2008年度(平成20年度)にかけて実施した、JMTR 純水設備の更新工事についてまとめたものである。

## **Refurbishment of JMTR Pure Water Facility**

Norikazu ASANO, Hiroki HANAKAWA,  
Hidehiko KUSUNOKI and Shinichi SATOU

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

(Received March 2, 2012)

In the refurbishment of JMTR, facilities were classified into which (1) were all updated, (2) were partly updated, and (3) were continuance used by the considerations of the maintenance history, the change parts availability and the latest technology. The JMTR pure water facility was classified into all updated facility based on the consideration. The Update construction was conducted in between FY2007 and FY2008. The refurbishment of JMTR pure water facility is summarized in this report.

Keywords: JMTR, Facilities, Pure Water Facility, Update Construction

## 目 次

1. はじめに	1
2. 純水設備の概要	2
3. 更新範囲	3
3.1 更新範囲の概要	3
3.2 更新範囲	3
4. 設備・機器の仕様	5
4.1 設計条件	5
4.2 機器仕様	5
5. 更新工事	10
5.1 事前調査	10
5.2 工事期間	11
5.3 仮設純水装置	12
5.4 試験・検査	12
5.5 まとめ	13
6. あとがき	14
謝辞	15
参考文献	15

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Outline of Pure Water Facility .....	2
3. Refurbishment Range .....	3
3.1 Outline of Refurbishment Range .....	3
3.2 Refurbishment Range .....	3
4. Specification of Facility and Device .....	5
4.1 Design Condition .....	5
4.1 Device Specification .....	5
5. Refurbishment Construction .....	10
5.1 Preliminary Survey .....	10
5.2 Construction Period .....	11
5.3 Makeshift Pure Water Facility .....	12
5.4 Examination and Inspection .....	12
5.5 Summary .....	13
6. Afterword .....	14
Acknowledgement .....	15
References .....	15

## 1. はじめに

日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターの材料試験炉（以下「JMTR」という。）は、動力炉国産化技術の確立と国産動力炉の開発のための原子炉材料及び燃料の照射試験と、放射性同位元素の生産を主な目的として、1965年（昭和40年）に建設を開始された。

1968年（昭和43年）3月に初臨界を達成し、1970年（昭和45年）より共同利用運転が開始され、2006年（平成18年）8月までに延べ165サイクルの共同利用運転に寄与してきた。JMTRは2006年（平成18年）に一旦停止し、その後、JMTRの利用者等によるJMTR将来計画の検討が行われ、JMTRの改修と再稼動の方向付けがなされた。その結果を受けて、2007年（平成19年度）から本格的な改修工事を行い、再稼動後に施設共用を開始することが決定された。

JMTRの更新工事における設備・機器の更新範囲については、これまで保全活動により実施してきた保守実績、交換部品の調達性、交換機器に関する最新技術の反映状況等を考慮し、(1)全更新する設備・機器、(2)「部分更新する設備・機器」、(3)「継続使用する設備・機器」に分類した。

本報告書は、(1)全更新する設備・機器に分類された、純水設備の更新工事についてまとめたものである。

## 2. 純水設備の概要

純水設備は、原子炉施設の一次冷却系、炉プール、カナル等に供給する一般純水と照射施設等に脱気純水を供給する設備である。

設備は、純水装置、空気設備、一般純水系、脱気純水系から構成される。純水装置は原水（浄水）を装置内の各樹脂塔内に通し、純水の製造を行う。空気設備は、純水装置用の弁操作等に使用する空気を供給する設備である。製造された純水は、一般純水と脱気純水の貯留タンク（一般純水貯槽 25m<sup>3</sup>）、（脱気純水貯槽 10m<sup>3</sup>）にそれぞれ貯留される。貯留された純水は、補給ポンプによって原子炉施設、照射施設へ供給され、一般純水は主として一次冷却系統、炉プール、カナル等に使用され、脱気純水は照射施設等及び制御棒フラッシング水に使用される。

Fig.1 に純水設備の全体構成図を示す。

### 3. 更新範囲

#### 3.1 更新範囲の概要

予算上の制約や、更新期間中における純水供給を配慮し、更新作業を大きく次の 5 つに分割した。純水設備の更新範囲を Fig.2、純水設備の更新後の構成を Fig.3 に示す。

- (1) 脱気純水製造設備の更新
- (2) 一般純水製造設備の更新
- (3) 純水製造設備の附帯機器の更新
- (4) 解体・撤去作業
- (5) 基礎工事

#### 3.2 更新範囲

##### (1) 脱気純水製造設備の更新

###### ① 照射試験用脱気純水製造設備の一部更新 2008 年（平成 20 年 3 月）

- |            |       |
|------------|-------|
| (a) 脱気純水貯槽 | : 1 基 |
| (b) 真空脱気塔  | : 1 基 |

###### ② 照射試験用脱気純水製造設備の更新 2009 年（平成 21 年 2 月）

- |                         |       |
|-------------------------|-------|
| (a) 純水装置一式（脱気純水系）       | : 一式  |
| (b) 真空ポンプ               | : 2 基 |
| (c) 脱気純水補給ポンプ           | : 2 基 |
| (d) 脱気純水加圧補給ポンプ         | : 1 基 |
| (e) 純水装置制御盤、付随配管、弁、計器類等 | : 一式  |

##### (2) 一般純水製造設備の更新 2008 年（平成 20 年度）

- |                         |       |
|-------------------------|-------|
| (a) 純水装置（一般純水系）         | : 一式  |
| (b) 一般純水貯槽              | : 1 基 |
| (c) 再生水貯槽               | : 1 基 |
| (d) 再生水ポンプ              | : 2 基 |
| (e) 純水装置制御盤、付随配管、弁、計器類等 | : 一式  |

##### (3) 純水製造設備の附帯機器の更新 2008 年（平成 20 年度）

- |                 |       |
|-----------------|-------|
| (a) 制御用空気貯槽     | : 1 基 |
| (b) 空気圧縮機       | : 2 基 |
| (c) 空気冷却器       | : 2 基 |
| (d) 空気脱湿器       | : 1 基 |
| (e) 一般純水補給ポンプ   | : 2 基 |
| (f) 付随配管、弁、計器類等 | : 一式  |

(4) 解体・撤去作業 2008年（平成20年度）

Fig.4 に示すとおり、純水設備全面を撤去した。

(5) 基礎工事 2008年（平成20年度）

Fig.5 に示すとおり、流用するものと新規製作するものに分類した。尚、担当所掌は工事契約となり工務課に依頼した。

(6) 純水設備の更新後の配置図を Fig.6 に示す。



員 数 1 基

(3) 陰イオン交換樹脂塔 (A 塔)

形 式 鋼板製円筒型  
 主要材料 SS400 内面処理 3mm 厚ゴムライニング  
 主要寸法 約 φ850mm×H3000mm  
 員 数 1 基

(4) カチオンポリッシャー (KP 塔)

形 式 鋼板製円筒型  
 主要材料 SS400 内面処理 1.5mm ポリエチレンライニング  
 主要寸法 約 φ650mm×H700mm  
 員 数 1 基

(5) 中間ポンプ

型 式 電動機直結型渦巻ポンプ  
 吐 出 量 25m<sup>3</sup>/h  
 揚 程 40m  
 電 動 機 全閉外扇屋外型  
 出 力 7.5kW  
 員 数 1 台

(6) 脱炭酸塔 (D 塔) ブロワ

型 式 ターボファン  
 吐 出 量 7.7Nm<sup>3</sup>/min  
 吹出圧力 0.4kPa  
 出 力 0.4kW  
 員 数 1 台

(7) 配管、弁、計器類 : 一式

蒸気配管 SGP  
 空気配管 SGP (白)  
 各塔前配管 SGP(PEL)  
 加温苛性ソーダ配管 SUS304  
 原水配管 VP  
 薬品配管 VP  
 廃液配管 VP  
 その他 VP

(8) 電気・計装機器類 : 一式

操作盤：鋼板製閉鎖屋外形 タッチパネル方式

イ) 電源仕様

動力回路 AC200V×50Hz×3 相×3 線

制御回路 AC200V×50Hz×単相、DC24V

ロ) 主幹 ELB 遮断容量 30kA 以上、感度電流 30mA

ハ) 動力回路

ブレーカ MCB 遮断容量 2.5kA 以上

サーマル 手動リセット

スイッチ 液晶タッチパネルにて操作

起動方式 11kW 未満直入れ、11kW 以上スターデルタ

ケーブル (動力) 600V CV 2Sq 以上

ケーブル (制御) 600V CVV 1.25Sq 以上

ケーブル (計測) 600V CVV-S 1.25Sq 以上

専用ケーブル 計測機器標準品使用

制御空気母管 SGP (白) 15A 以上

制御空気導管 ナイロンチューブ 6mmOD、ワンタッチ継ぎ手

電線管 PF 管

ケーブルコネクタ 防水コネクタ

4.2.2 塔・貯槽

(1) 真空脱気塔

形 式 円筒堅形

主要材料 炭素鋼板 3mm 厚ゴムライニング

主要寸法 約 φ1200mm×H3000mm×6t (内部：テラレットパッキン充填)

員 数 1 基

(2) 脱気純水貯槽

形 式 円筒横型

主要材料 炭素鋼板 3mm 厚ゴムライニング

主要寸法 約 φ2400mm×L3000mm×12t

員 数 1 基

容 量 約 10m<sup>3</sup>

(3) 一般純水貯槽

形 式	鋼板製円筒横型
主要材料	SS400 内面処理 3mm 厚ゴムライニング
主要寸法	約 φ2600mm×L5330mm×6t
容 量	約 25m <sup>3</sup>
員 数	1 基

(4) 再生水貯槽

形 式	鋼板製円筒縦型
主要材料	SS400 内面処理 3mm 厚ゴムライニング
主要寸法	約 φ2500mm×H3700mm
容 量	約 15m <sup>3</sup>
員 数	1 基

4.2.3 ポンプ

(1) 真空ポンプ

型 式	油回転式
排 気 量	6500ℓ/min
真 空 度	15mmHg abs
出 力	7.5kW
電 動 機	全閉外扇屋外型
員 数	2 基

(2) 脱気純水補給ポンプ

型 式	電動機直結型渦巻ポンプ
吐 出 量	1m <sup>3</sup> /h
揚 程	30m
出 力	2.2kW
電 動 機	全閉外扇屋外型
員 数	2 基

(3) 脱気純水加圧補給ポンプ

型 式	電動機直結型渦巻ポンプ
吐 出 量	800ℓ/h
揚 程	200m
出 力	11kW
電 動 機	全閉外扇屋外型
員 数	1 基

(4) 一般純水補給ポンプ

型 式	電動機直結型渦巻ポンプ
吐 出 量	25m <sup>3</sup> /h
揚 程	30m
電 動 機	全閉外扇型
出 力	5.5kW
員 数	2 基

(5) 再生水ポンプ

型 式	電動機直結型渦巻ポンプ
吐出量	12m <sup>3</sup> /h
揚 程	30m
電 動 機	全閉外扇屋外型
出 力	3.7kW
員 数	2 基

## 5. 更新工事

### 5.1 事前調査

更新工事に先立ち、既設純水設備の現状確認を行い、最適システムの導入による更新範囲及び工事手順等を検討する目的で2007年（平成19年）4月に事前調査を行った。

#### (1) 最適システムの選定

以下の3システムについて、特にライニングコスト及び樹脂再生時間の観点から検討し、最新式の②樹脂法：向流（上向流）再生方式を選定した。

尚、既設システムは①樹脂法：並流（下降流）再生方式である。

##### ① 樹脂法：並流（下降流）再生方式

既設設置時に主流となっていたシステムであり、再生時、塔上部から下部にむけて通薬を行う並流（下降流）再生方式を採用し、塔内部品が少なく構造がシンプルである。しかし、再生薬品量や排水量が多くなり、ライニングコストが高くなる点や再生時間が長い。

##### ② 樹脂法：向流（上向流）再生方式

再生時、塔下部から上部に向けて通薬を行う向流（上向流）再生方式を採用し、高純度の純水を製造する。また、塔内部に仕切板を設け、樹脂を流動させずに固定させた状態で通薬を行い、効率良く樹脂を再生させることで再生薬品量や排水量を少量で済ませ、ライニングコストが低くなる点や再生時間が短くなるなど、既設システムを補ったシステムとなっている。

##### ③ 膜法：逆浸透膜システム

逆浸透膜（RO膜）によって脱塩を行い、純水製造を行うシステムである。樹脂法と比べて薬品使用量が少ないという利点があるが、水中のシリカの除去効率を高めるために水を加温したり、排水量が増加するなど、ライニングコストが高くなる。また、この方式を採用する場合、脱気膜の凍結等による劣化防止のため、屋内設置が必要となるが、設置スペースの確保ができない。

#### (2) 原水調査

原水（浄水）のデータを分析し、設計条件の参考とした。

#### (3) 工事範囲

流用範囲、新設範囲、解体・撤去範囲、基礎工事範囲に分類した。

#### (4) 工事手順

解体・撤去及び設置の順序を決定し、その際に使用する重機の設置場所等を選定した。

#### (5) 仮設純水装置

工事期間中の純水供給の検討を行い、一般純水は、仮設純水装置を設置し、脱気純水

貯槽に貯留し、既設一般純水補給ポンプで送水することにした。尚、脱気純水は供給停止とした。

(6) 搬入時の改造

純水装置が搬入時に純水室シャッター、照明、ダクトに接触することがわかり、それぞれ改造することを決定した。

(7) 樹脂活性化装置

既設同様に樹脂を樹脂活性化装置で活性化させて使用するか、活性化済み樹脂を使用するか検討した。現在は既製品にて活性化済み樹脂が販売されており、装置の稼働率やコスト面を考慮した結果、活性化済み樹脂を使用することとし、撤去を決定した。

## 5.2 工事期間

工事期間は 2008 年（平成 20 年）1 月から 2009 年（平成 21 年）3 月の期間で以下の順序にて行った。全体工程を Table 1 以下に示す。

(1) 脱気純水貯槽及び真空脱気塔の更新（2008 年 1 月～3 月）

Photo. 1.1～Photo. 1.16 に示す。

(2) 解体・撤去作業（2008 年 8 月～10 月）

Photo. 2.1～Photo. 2.32 に示す。

(3) 仮設純水装置設置（2008 年 9 月）

Photo. 3.1～Photo. 3.2 に示す。

(4) 基礎工事（2008 年 9 月～10 月）

Photo. 4.1～Photo. 4.14 に示す。

(5) 純水装置一式（脱気純水系）、真空ポンプ 2 基、脱気純水補給ポンプ 2 基、脱気純水加圧補給ポンプ 1 基の更新（2008 年 11 月～2009 年 3 月）

Photo. 5.1～Photo. 5.8 に示す。

(6) 純水装置一式（一般純水系）、一般純水貯槽、再生水貯槽、再生水ポンプ 2 基、制御盤付随配管、弁、計器類等の更新（2008 年 11 月～2009 年 3 月）

Photo. 6.1～Photo. 6.20 に示す。

(7) 制御用空気貯槽、空気圧縮機 2 基、空気冷却器 2 基、空気脱湿器、一般純水補給ポンプ 2 基、付随配管、弁、計器類等の更新（2008 年 11 月～2009 年 3 月）

Photo. 7.1～Photo. 7.12 に示す。

(8) 試験・検査 (2009年2月～2009年3月)

Photo. 8.1～Photo. 8.8 に示す。

5.3 仮設純水装置

一般純水は工事期間中も供給するため、Fig.7 に示すように、仮設純水装置 (1000L/h) を設置し、製造された純水を脱気純水貯槽 (10m<sup>3</sup>) に貯留し、既設一般純水補給ポンプを使用し原子炉施設へ供給を行った。尚、この期間中、脱気純水は供給停止とした。

5.4 試験・検査

(1) 外観・据付検査

新規設置された機器・配管等について図面通り、据付られていることを確認した。

(2) 耐圧・漏洩試験

貯槽、配管について耐圧・漏洩試験を行い、規定圧力昇圧後 10 分以上放置し、圧力計の変化量が 0.05Mpa 以内であること及び変形や漏れがないことを確認した。

(3) 浸透探傷検査

配管の溶接部において浸透探傷検査を行い、ひび、割れ等がないことを確認した。

(4) 導通・絶縁抵抗試験

各機器に布設したケーブルに導通テストを用いて、配線が正しいことを確認した。また、絶縁抵抗計を用いて、1M $\Omega$  以上あることを確認した。

(5) 機器単体試験

ポンプ類 (9 台) を寸動運転し回転方向が正しいことを確認した。その後、連続運転を行い、異音、異臭が無いことを確認した。また、自動弁 (2 個) について開閉が正しく動作することを確認した。

(6) 送水試験

送水ポンプにより、純水が送水先に正常に補給できることを確認した。

(7) 性能試験

純水装置の処理量 600m<sup>3</sup>/day、電気伝導度 0.2 $\mu$ S/cm 以下 (KP 塔出口)、イオン状シリカ 20.0 $\mu$ gSiO<sub>2</sub>/l 以下 (KP 塔出口) であることを確認した。

(8) 総合試験

純水設備を定常に運転し、異常のないことを確認した。

## 5.5 まとめ

### (1) 工事期間中

- ① 仮設純水装置の設置は、原水ラインに仮設純水装置用フランジを接続し、脱気純水貯槽に貯留し、既設一般純水補給ポンプを使用し、送水することとした。
- ② 純水室シャッター、照明、ダクトは、事前調査の結果において、純水装置が搬入時に接触することがわかり、それぞれ改造を行った。
- ③ 樹脂活性化装置は、更新後は活性化済み樹脂を使用することにより薬品計量槽、活性化塔が不要となったため撤去した。
- ④ クレーンは、作業半径等の関係から Photo. 1.3 に示す、300 トンクレーンの大型重機を使用した。
- ⑤ 撤去作業は、屋内・屋外とも Photo. 2.2、2.23 に示す、作業性のよいカニクレーンを使用した。また、切断作業はゴムライニングタンク等は火気を考慮しバンドソーを使用した。スクラップは原子力機構スクラップ置き場に処理した。樹脂は産業廃棄物として処理した。

### (2) 今後の留意点

- ① MCC 盤は更新範囲外であったが、保守管理の中で劣化傾向を把握し、必要に応じて更新を計画する。
- ② 樹脂運搬台車は、活性化塔と台車をカップリング付ホースで接続し、樹脂を充填していたが、今後は、袋詰めの活性化済み樹脂を直接台車に充填するため、充填の方法を検討し改造を行う必要がある。
- ③ 再生時には蒸気、薬品が必要となるので注意すること。特に薬品加温用の蒸気ラインは再生時のみ使用するため、十分に蒸気ブローを行い蒸気ラインの温度を保つこと。
- ④ タンクの貯留水は定期的にブローし、純水を貯留すること。特に使用頻度の低い再生水貯槽は再生時のみの使用になるため、再生前にブローし貯留すること。
- ⑤ 各ポンプ、特に再生水ポンプは使用頻度が少ないため、試運転を行う等、運転管理を行うこと。

### (3) 図書の管理

以下の図書を閲覧することにより、本更新の全体、詳細内容が確認できる。

- ① 純水製造設備現地報告及び更新提案書
- ② JMTR 照射試験用脱気純水製造設備の一部更新
- ③ JMTR 照射試験用脱気純水製造装置の購入
- ④ JMTR 一般純水製造設備の更新
- ⑤ JMTR 純水製造設備の付帯機器の更新
- ⑥ 純水製造設備の解体作業
- ⑦ 基礎工事：工務課保管

## 6. あとがき

更新工事計画に伴い、純水設備の更新工事は、計画通りすべて完了した。工事は解体、基礎工事、設置とそれぞれ異なる業者が行ったため、工程管理及び工事範囲の区分に留意することにより、業務を円滑に進めた。各業者の全体打合わせを綿密に行い、各業者の範囲区分を明確にし、工程を作成した。工事期間中は、事前調査にて明らかになった、クレーンの設置場所の課題に取り組みこれを解決した。当初の計画では、屋外の貯槽類の解体・設置は、Cトレンチ上に25トンクレーンを設置し、作業する計画を立てた。しかし、トレンチ上にクレーンを設置した場合の重量等を検討した結果、安全性を第一に考え、中和層脇に設置することにした。これにより、予定より作業範囲の距離が長くなり、作業半径の関係から300トンクレーンの大型重機を使用しないと、作業ができないことがわかった。このクレーンは自走ができず、各パーツをトラックで運び、現地で組立てるといったものだった。この際、原子力機構内での搬送の時間帯や正門の通過方法などの問題が発生したが、職員並びに守衛の方々の協力を得て、無事に作業を行うことができた。

また、工事期間中の純水供給は、事前調査に基づき仮設純水装置を設置することを計画し、各課室協力のもと、純水供給を実現できた。更新後の機器は、ユニットタイプとなり既設機器と比べ、再生薬品量、排水量も少なく、運転管理が容易となった。設置後約2年半を経過しているが、大きなトラブルも無く順調に稼動している。今後も、計画的な点検・整備等の保全活動を行い、安全かつ合理的な維持管理を継続して行く。

## 謝辞

本報告書の編集にあたり、貴重なご意見、ご助言を頂きました小森材料試験炉部長、楠材料試験炉部次長、中川材料試験炉部次長に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 中島照夫、齋藤順市、石塚悦男、菅野勝、近江正男、松井義典、早川一樹、竹本紀之、綿引俊介：“JMTR のあゆみ”（2006）
- 2) 出雲寛互、長尾美春、新見素二、河村弘、深作秋富：“JMTR 改修の全体概要” UTNL-R0466（2008）
- 3) 五来滋、埴善雄、海老沢博幸、大戸勤、深作秋富：“原子炉機器の更新計画” UTNL-R0466（2008）



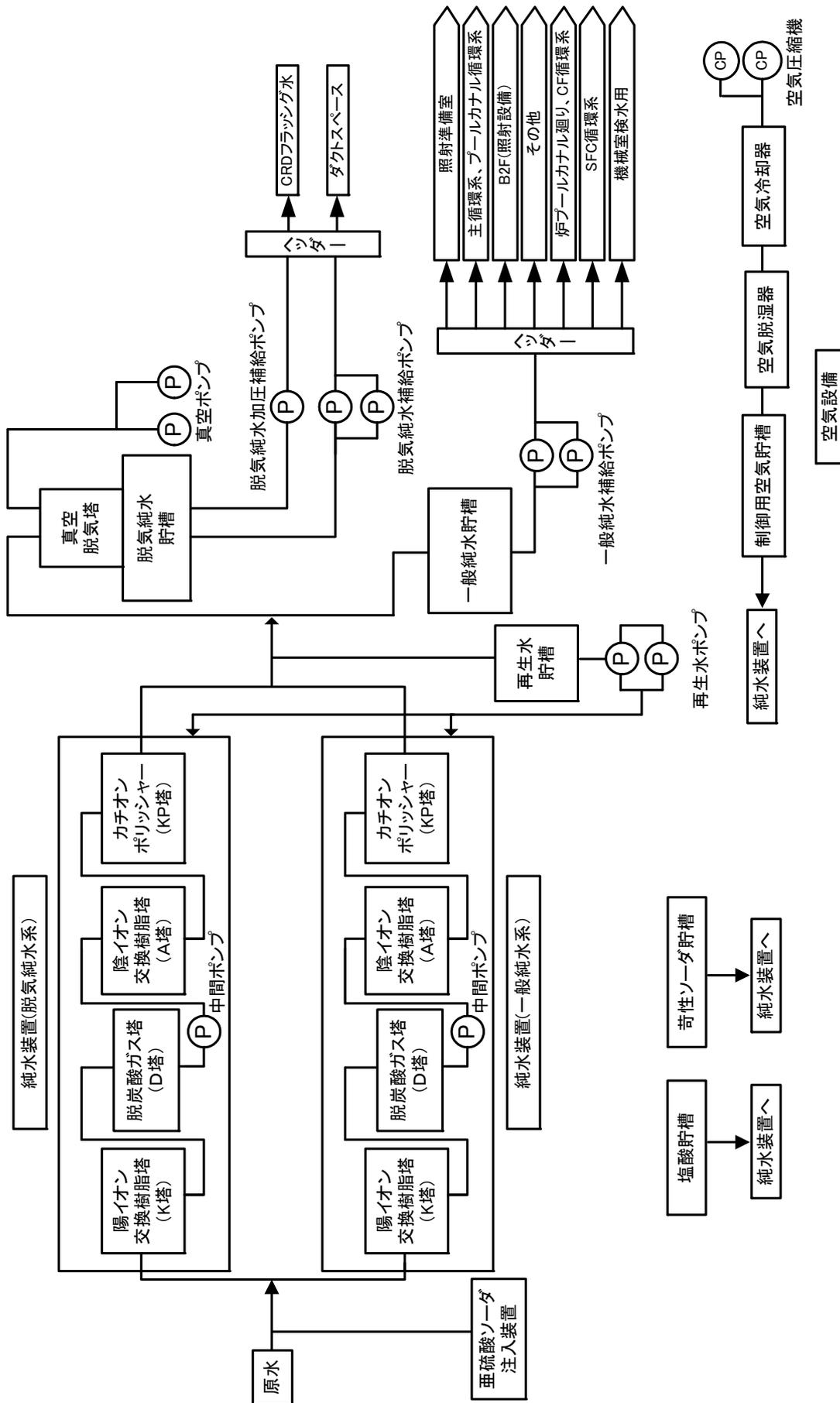


Fig.1 純水設備の全体構成図

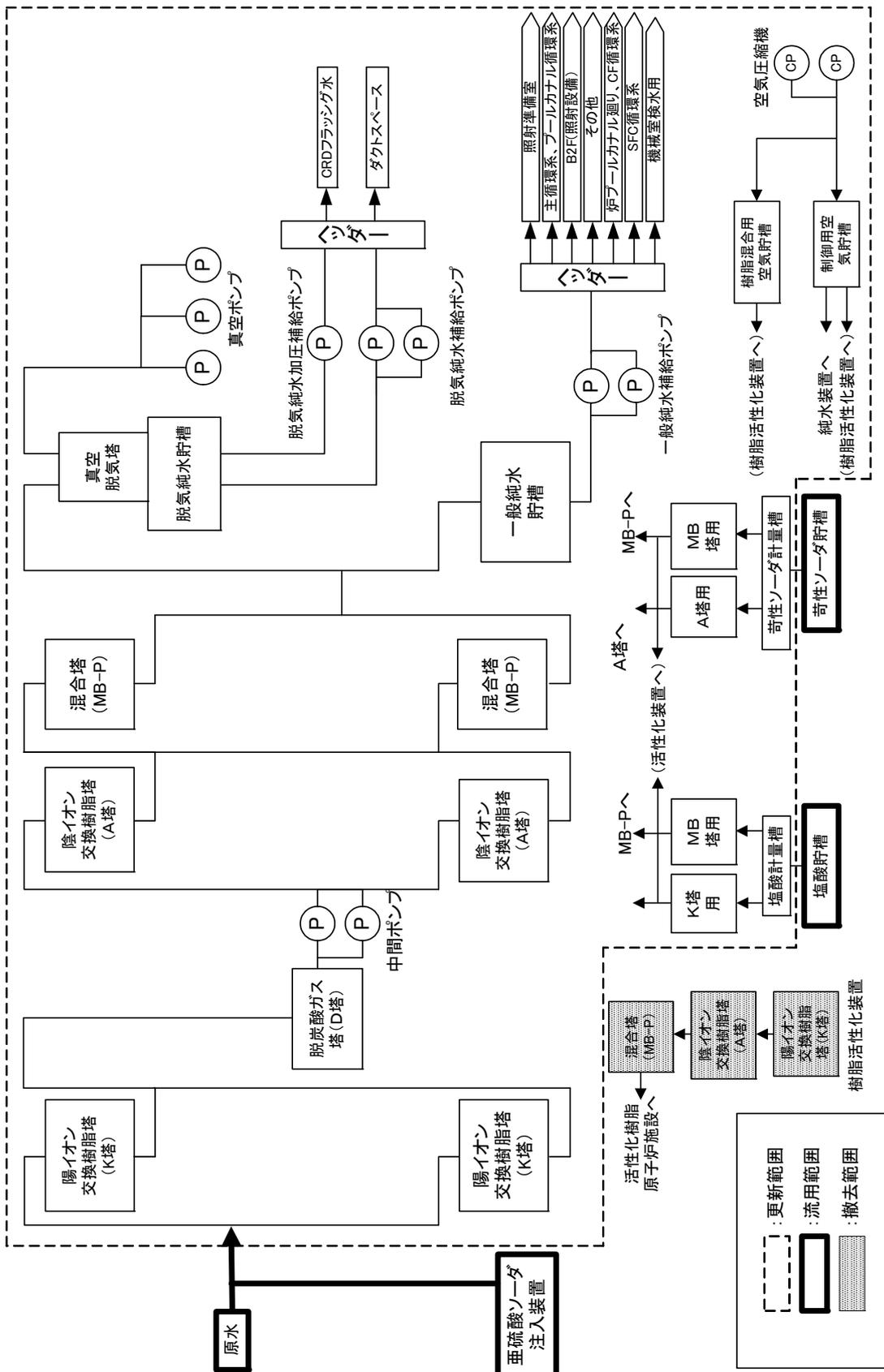


Fig.2 純水設備の更新範囲

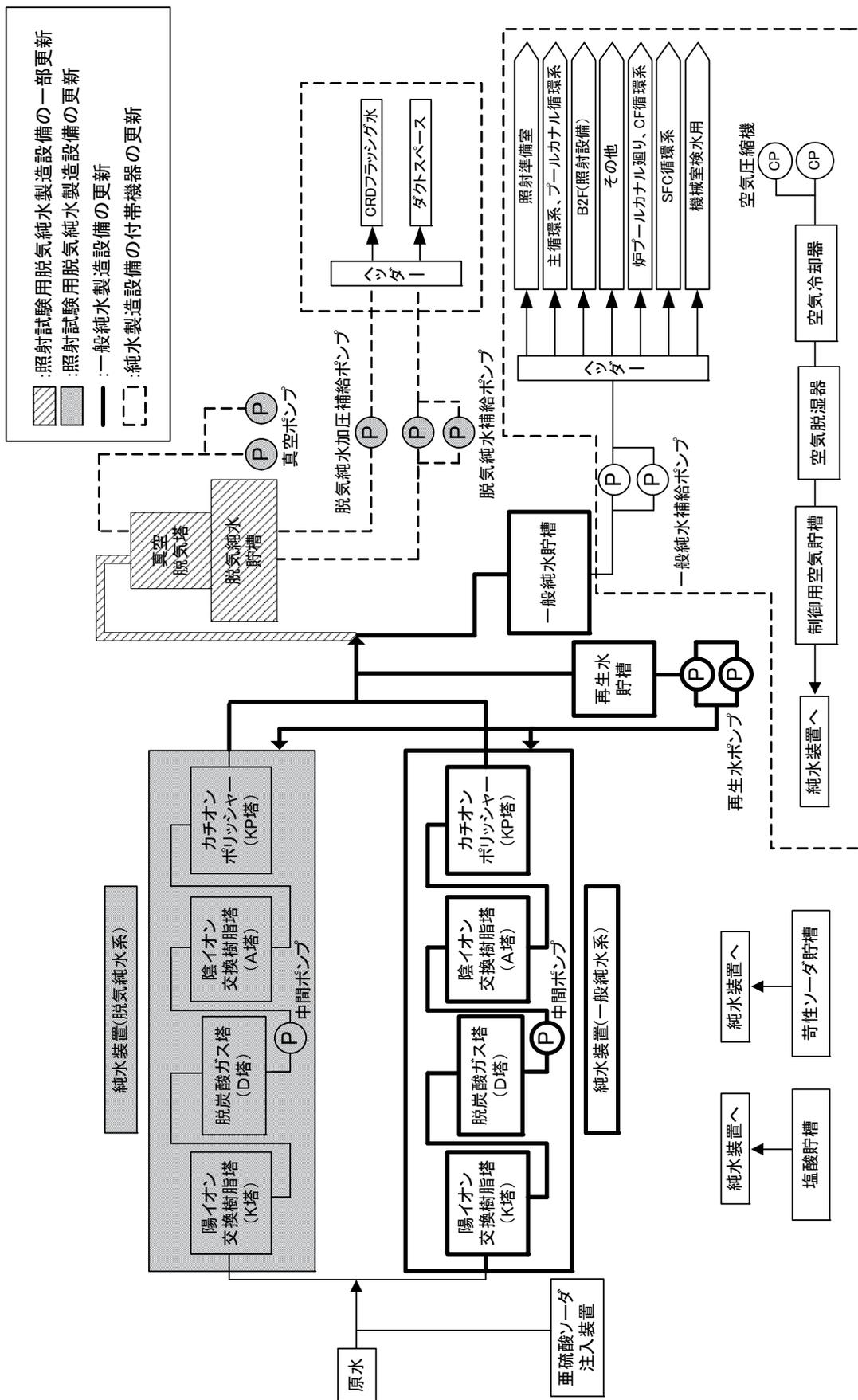


Fig.3 純水設備の更新後の構成







Fig. 6 純水設備の更新後の配置図

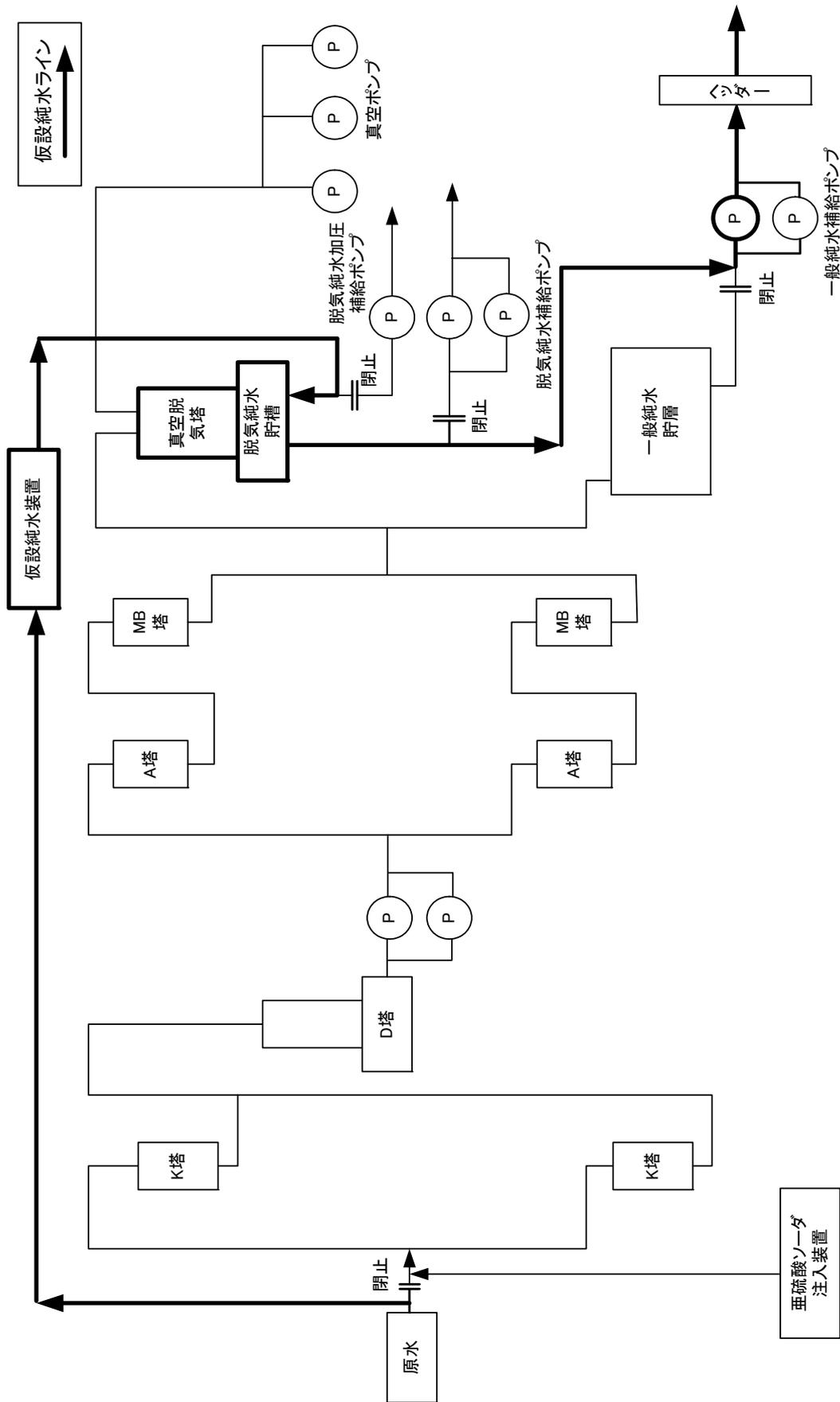


Fig. 7 仮設純水装置



Photo. 1.1 脱気純水貯槽解体前



Photo. 1.2 足場組立



Photo. 1.3 クレーン車



Photo. 1.4 解体1



Photo. 1.5 解体2



Photo. 1.6 解体3



Photo. 1.7 解体4



Photo. 1.8 旧充填材(ラシヒリング)



Photo. 1.9 設置 1



Photo. 1.10 設置 2



Photo. 1.11 設置 3



Photo. 1.12 設置 4



Photo. 1.13 設置 5



Photo. 1.14 設置 6



Photo. 1.15 新充填材 (テラレットパッキン)



Photo. 1.16 更新後



Photo. 2.1 一般純水貯槽解体前



Photo. 2.2 解体1



Photo. 2.3 解体2



Photo. 2.4 解体3



Photo. 2.5 基礎はつり1



Photo. 2.6 基礎はつり2



Photo. 2.7 脱炭酸ガス塔



Photo. 2.8 解体後



Photo. 2.9 真空ポンプ



Photo. 2.10 解体後



Photo. 2.11 ポンプ類 1



Photo. 2.12 ポンプ類 2



Photo. 2.13 解体後 1



Photo. 2.14 解体後 2



Photo. 2.15 純水装置



Photo. 2.16 薬品計量槽



Photo. 2.17 制御盤 1



Photo. 2.18 制御盤 2



Photo. 2.19 空気槽 1



Photo. 2.20 空気槽 2



Photo. 2.21 空気圧縮機



Photo. 2.22 ダクト



Photo. 2.23 解体 1



Photo. 2.24 解体 2



Photo. 2.25 解体 3



Photo. 2.26 解体 4



Photo. 2.27 樹脂 1



Photo. 2.28 樹脂 2



Photo. 2.29 解体後 1



Photo. 2.30 解体後 2



Photo. 2.31 シャッター1



Photo. 2.32 シャッター2



Photo. 3.1 仮設純水装置 1



Photo. 3.2 仮設純水装置 2



Photo. 4.1 再生水貯槽基礎 1



Photo. 4.2 再生水貯槽基礎 2



Photo. 4.3 制御用空気貯槽基礎



Photo. 4.4 コンクリート車



Photo. 4.5 床排水溝穴埋め



Photo. 4.6 ポンプ基礎 1



Photo. 4.7 ポンプ基礎 1



Photo. 4.8 ポンプ基礎 2



Photo. 4.9 ポンプ基礎 3



Photo. 4.10 ポンプ基礎 4



Photo. 4.11 床基礎 1



Photo. 4.12 床基礎 2



Photo. 4.13 床基礎 3



Photo. 4.14 床基礎 4



Photo. 5.1 純水装置 1 (脱気純水系)



Photo. 5.2 純水装置 2 (脱気純水系)



Photo. 5.3 純水装置 3 (脱気純水系)



Photo. 5.4 純水装置 4 (脱気純水系)



Photo. 5.5 真空ポンプ 1



Photo. 5.6 真空ポンプ 2



Photo. 5.7 脱気純水加圧補給ポンプ



Photo. 5.8 脱気純水補給ポンプ



Photo. 6.1 一般純水貯槽 1



Photo. 6.2 一般純水貯槽 2

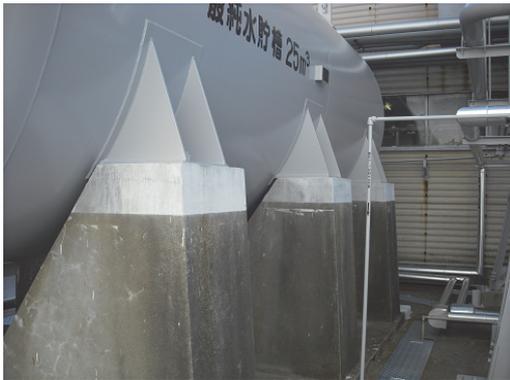


Photo. 6.3 一般純水貯槽 3



Photo. 6.4 一般純水貯槽 4



Photo. 6.5 再生水貯槽 1



Photo. 6.6 再生水貯槽 2



Photo. 6.7 再生水貯槽 3



Photo. 6.8 再生水貯槽 4



Photo. 6.9 純水装置 1 (一般純水系)



Photo. 6.10 純水装置 2 (一般純水系)



Photo. 6.11 純水装置 3 (一般純水系)



Photo. 6.12 純水装置 4 (一般純水系)



Photo. 6.13 純水装置 5 (一般純水系)



Photo. 6.14 純水装置 6 (一般純水系)



Photo. 6.15 純水装置 7 (一般純水系)



Photo. 6.16 純水装置 8 (一般純水系)



Photo. 6.17 制御盤 1



Photo. 6.18 制御盤 2



Photo. 6.19 再生水ポンプ 1



Photo. 6.20 再生水ポンプ 2



Photo. 7.1 一般純水補給ポンプ 1



Photo. 7.2 一般純水補給ポンプ 2



Photo. 7.3 空気設備 1



Photo. 7.4 空気設備 2



Photo. 7.5 空気設備 3



Photo. 7.6 空気設備 4



Photo. 7.7 空気設備 3



Photo. 7.8 空気冷却器



Photo. 7.9 空気脱湿器



Photo. 7.10 空気圧縮機



Photo. 7.11 制御用空気貯槽



Photo. 7.12 空気設備



Photo. 8.1 試験・検査 1



Photo. 8.2 試験・検査 2

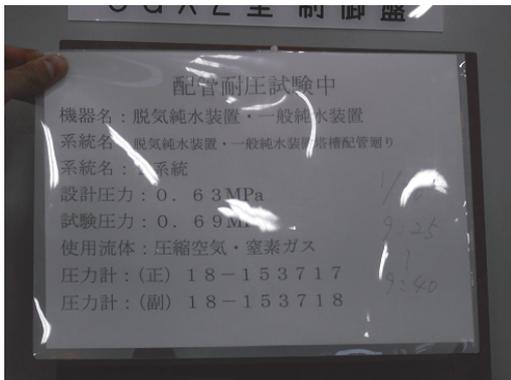


Photo. 8.3 試験・検査 3



Photo. 8.4 試験・検査 4

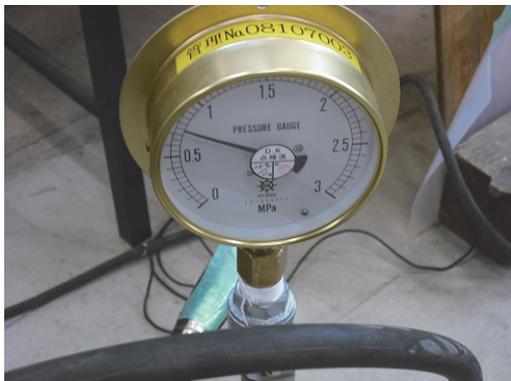


Photo. 8.5 試験・検査 5



Photo. 8.6 試験・検査 6



Photo. 8.7 試験・検査 7



Photo. 8.8 試験・検査 8

This is a blank page.

# 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	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基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m <sup>2</sup>
体積	立方メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	数メートル	m <sup>-1</sup>
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立法メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の) 1	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(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 <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m
立体角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
周波数	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz	1	s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N		m kg s <sup>-2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
仕事率, 工率, 放射	ワット	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
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 <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
静電容量	ファラド	F	C/V	m <sup>-2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m <sup>-2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>3</sup> A <sup>2</sup>
磁束密度	ウェーバ	Wb	Vs	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
磁束	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K
光照射度	ルーメン	lm		cd sr <sup>(c)</sup>
放射線核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq		s <sup>-1</sup>
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
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 <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
酸素活性	カタール	kat		s <sup>-1</sup> 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み、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみに使用される。  
 (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 (CF-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	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> =s <sup>-1</sup>
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>	m m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> =s <sup>-2</sup>
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-3</sup>
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
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 <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
比エントロピー	ジュール毎キログラム	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> s A
電表面積電荷	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> s A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m <sup>-3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> mol <sup>-1</sup>
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 <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup>
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg <sup>-1</sup> s A
吸収線量	グレイ毎秒	Gy/s	m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> =m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> sr)	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> =kg s <sup>-3</sup>
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup> mol

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 <sup>24</sup>	ヨタ	Y	10 <sup>1</sup>	デシ	d
10 <sup>21</sup>	ゼタ	Z	10 <sup>2</sup>	センチ	c
10 <sup>18</sup>	エクサ	E	10 <sup>3</sup>	ミリ	m
10 <sup>15</sup>	ペタ	P	10 <sup>6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>12</sup>	テラ	T	10 <sup>9</sup>	ナノ	n
10 <sup>9</sup>	ギガ	G	10 <sup>12</sup>	ピコ	p
10 <sup>6</sup>	メガ	M	10 <sup>15</sup>	フェムト	f
10 <sup>3</sup>	キロ	k	10 <sup>18</sup>	アト	a
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h	10 <sup>21</sup>	ゼプト	z
10 <sup>1</sup>	デカ	da	10 <sup>24</sup>	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=60s
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/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1ha=1hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1L=11=1dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1t=10 <sup>3</sup> 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	1eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> 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=0.1MPa=100kPa=10 <sup>5</sup> Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>-12</sup> cm <sup>2</sup> )=10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
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。
ベベル	B	
デジベル	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 <sup>-7</sup> J
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
ストルブ	sb	1 sb=1cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> cd m <sup>-2</sup>
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm <sup>-2</sup> 10 <sup>4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1G cm <sup>2</sup> =10 <sup>8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> T
エルステッド <sup>(c)</sup>	Oe	1 Oe ≡ (10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>-1</sup>

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

表10. SIに属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 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1 f=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
メートル系カラット		1メートル系カラット=200 mg=2×10 <sup>-4</sup> 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	1cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 <sup>-6</sup> m

