



JMTRの冷却設備の更新

Renewal of Cooling System of JMTR

尾上 龍次 川俣 貴則 大塚 薫 小池 須美男
西山 裕 深作 秋富

Ryuji ONOUE, Takanori KAWAMATA, Kaoru OTSUKA, Sumio KOIKE
Yutaka NISHIYAMA and Akitomi FUKASAKU

大洗研究開発センター

照射試験炉センター

原子炉施設管理部

Department of JMTR Operation

Neutron Irradiation and Testing Reactor Center

Oarai Research and Development Center

June 2011

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

JMTR の冷却設備の更新

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 原子炉施設管理部

尾上 龍次、川俣 貴則、大塚 薫、小池 須美男、西山 裕、深作 秋富

(2011年 3月 31日 受理)

JMTR (Japan Materials Testing Reactor, 材料試験炉) は、熱出力 50MW の軽水減速冷却タンク型の原子炉で、世界で現在稼働中の試験炉・研究炉の中で有数の高い中性子束を発生することができ、昭和 43 年 3 月の臨界から平成 18 年 8 月まで、原子炉の燃料、材料の耐久性、健全性の試験や基礎研究、RI (ラジオアイソトープ) の製造等に利用されてきた。

原子力機構は、この JMTR を原子力の基盤技術を支える原子炉と位置づけ、平成 19 年度より 4 年間で原子炉機器の更新を実施し、平成 23 年度から再稼働することとした。

更新にあたっては、全ての原子炉機器について、これまでの運転実績、経年変化の程度について調査し、継続使用する機器と更新する機器を選定した。この中で、保守用の交換部品の調達ができなくなるものについては優先的に更新することとし、再稼働後の保守、施設定期自主検査等の保全活動において、経年変化等の状態が把握できるものについては、重要度に応じて優先順位をつけた。

本報告は、JMTR 原子炉機器の更新のうち、冷却設備の更新についてまとめたものである。

Renewal of Cooling System of JMTR

Ryuji ONOUE, Takanori KAWAMATA, Kaoru OTSUKA, Sumio KOIKE, Yutaka NISHIYAMA and Akitomi FUKASAKU

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

(Received March 31, 2011)

The Japan Materials Testing Reactor (JMTR) is a light water moderated and cooled tank-type reactor, and its thermal power is 50 MW. The JMTR is categorized as high flux testing reactors in the world. The JMTR has been utilized for irradiation experiments of nuclear fuels and materials, as well as for radioisotope productions since the first criticality in March 1968 until August 2006.

JAEA decided to refurbish the JMTR as an important fundamental infrastructure to promote the nuclear research and development. The refurbishment work was started from 2007, and restart is planned in 2011. Renewal facilities were selected from evaluation on their damage and wear in terms of aging. Facilities whose replacement parts are no longer manufactured or not likely to be manufactured continuously in near future, are selected as renewal ones. Replacement priority was decided with special attention to safety concerns. A monitoring of aging condition by the regular maintenance activity is an important factor in selection of continuous using after the restart.

In this report, renewal of the cooling system within refurbishment facilities in the JMTR is summarized.

Keywords : JMTR, Testing Reactor, Refurbishment, Primary Cooling System, Secondary Cooling System, UCL (Utility Cooling Loop) System

目 次

1. はじめに	1
2. 更新機器、設備の概要	1
3. 更新状況	2
3.1 一次冷却系統	2
3.2 二次冷却系統	2
3.3 UCL (Utility Cooling Loop) 系統	3
4. 更新による改善	4
5. 今後の保守	4
6. まとめ	4
参考文献	4

Contents

1. Introduction	1
2. Outline of renewal equipments and facilities	1
3. Renewal condition	2
3.1 Primary Cooling System	2
3.2 Secondary Cooling System	2
3.3 UCL (Utility Cooling Loop) System	3
4. Improvement of renewal work	4
5. Maintenance plan in the future	4
6. Summary	4
References	4

This is a blank page.

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JMTR（Japan Materials Testing Reactor：材料試験炉）は、平成19年度より改修¹⁾工事に着手した。冷却設備の更新²⁾に関しては、設計及び工事の認可申請手続きが必要なものについては、平成21年3月に文部科学省への認可申請手続きを終了し、平成21年1月から更新を開始し、平成23年3月の使用前検査の合格をもって、全ての更新を完了した。

JMTRの冷却設備は、1968年（昭和43年）の初臨界以来、43年が経過している。これまでに、平成9年に圧力サージタンクの更新等が行われたが、それ以外の機器は、平成18年8月の運転停止まで使用されてきた。

今回の更新にあたっては、平成23年度の再稼働後20年の運転期間を考慮し、機器の経年変化、安全機能の重要度、保守経験等の安全確保の観点、及び交換部品の調達性等の稼働率向上の観点から基本設計は活かしつつ、一次冷却系統、二次冷却系統、UCL（Utility Cooling Loop）系統の更新を実施した。

本報告書は、原子炉冷却設備の更新についてまとめたものである。

2. 更新機器、設備の概要

JMTRの原子炉冷却設備は、一次冷却系統、二次冷却系統、UCL系統、プールカナル循環系統から構成されている。

更新は、一次冷却系統、二次冷却系統、UCL系統について実施し、それらの概略図及び更新範囲をFig. 1～3に示す。原子炉冷却設備のうち、更新した機器、設備は、次の通りである。

(1) 一次冷却系統

一次冷却系統は、主循環系統及び精製系統から構成される。主循環系統は炉心の熱除去のために一次冷却水を炉心と熱交換器との間を循環させるものであり、精製系統は、一次冷却水の脱気及び水質の維持を行うためのものである。なお、一次冷却系統の一部は、原子炉運転時の異常な過渡変化時及び事故時において適切な炉心冷却能力を確保する機能を持つ非常用冷却系統と兼用している。

(2) 二次冷却系統

二次冷却系統は、原子炉運転中に炉心内で発生した熱を一次冷却系統から熱交換器を介して受け、それを冷却塔から大気に放散するためのものである。

(3) UCL（Utility Cooling Loop）系統

UCL系統は、原子炉付属の設備に冷却水を供給し、設備で発生した熱を冷却塔を用いて大気に放散するためのものである。

3. 更新状況

機器の更新内容を以下に示す。また、更新工事の概略工程を Table 1 に示す。

3.1 一次冷却系統

一次冷却系統においては、主循環ポンプの電動機、充填ポンプ（電動機を含む。）、移送ポンプ（電動機を含む。）、主要電動弁の駆動部等の更新工事を実施した。更新した機器を Photo. 1～6 に示すと共に更新機器の状況を次に示す。

(1) 主循環ポンプ電動機の更新

JMTR の主循環ポンプは 4 台設置されており、2 台は商用電源駆動、他の 2 台は商用電源または非常用電源で駆動する。今回更新した主循環ポンプの電動機は、原子炉運転時は非常用電源で駆動しており、非常用冷却系統のポンプとしても用いられている。そのため、原子炉運転時の異常な過渡変化及び事故解析等におけるポンプの性能（コストダウン特性等）が満足できるよう電動機の形状、寸法、重量等を、既設の電動機と同仕様となるよう設計・製作した。

(2) 充填ポンプの更新

充填ポンプは、一次冷却系統の圧力を昇圧、維持するために必要なポンプであり、原子炉内の定常運転時の冷却性能を維持するための機器であることから、試験研究用原子炉施設に関する構造等の技術基準における第 3 種ポンプに該当する。そのため、更新にあたっては、耐圧強度、容量等の性能及び機能が要求されるため、材料、構造等の仕様を満足するよう、設計、製作を行った。

なお、更新にあたっては、ポンプ本体の更新に合わせて電動機についても更新した。

(3) 移送ポンプの更新

移送ポンプの更新にあたっては、信頼性、保守性の観点から、同形式のダブルメカニカルシール構造で同等の性能を有する既設ポンプの相当品である既製品のポンプ・電動機を選定した。

(4) 主要電動弁駆動部の更新

主要電動弁である主循環ポンプ入口弁、主循環ポンプ出口弁、緊急ポンプ入口弁、緊急ポンプ出口弁、主熱交入口弁、主熱交出口弁の駆動部は、信頼性、保守性の観点から、既設の駆動部の相当品である既製品を選定した。

3.2 二次冷却系統

二次冷却系統においては、循環ポンプ（電動機を含む。）、補助ポンプ（電動機を含む。）、主

要電動弁（駆動部を含む。）、冷却塔ファンの電動機等の更新工事を実施した。更新した機器を Photo. 7～11 に示すと共に更新機器の状況を次に示す。

(1) 循環ポンプの更新

循環ポンプの更新にあたっては、信頼性、保守性の観点から、同等の性能を有する既設ポンプの相当品である既製品のポンプ・電動機を選定した。

(2) 補助ポンプの更新

補助ポンプの更新にあたっては、信頼性、保守性の観点から、同等の性能を有する既設ポンプの相当品である既製品のポンプ・電動機を選定した。

(3) 主要電動弁の更新

主要電動弁である循環ポンプ出口絞り弁は、信頼性、保守性の観点から、同等の性能を有する既設弁の相当品である既製品の弁・駆動部を選定した。

(4) 冷却塔ファンの電動機及び減速機の更新

冷却塔ファンの電動機及び減速機は、信頼性、保守性の観点から、同等の性能を有する既設機器の相当品である既製品の電動機、減速機を選定した。

3.3 UCL (Utility Cooling Loop) 系統

UCL 系統においては、揚水ポンプ（電動機を含む。）、循環ポンプ（電動機を含む。）、主要電動弁（駆動部を含む。）、冷却塔ファンの電動機等の更新工事を実施した。更新した機器を Photo. 12～16 に示すと共に更新機器の状況を次に示す。

(1) 揚水ポンプの更新

揚水ポンプの更新にあたっては、信頼性、保守性の観点から、同等の性能を有する既設ポンプの相当品である既製品のポンプ・電動機を選定した。

(2) 循環ポンプの更新

循環ポンプの更新にあたっては、信頼性、保守性の観点から、同等の性能を有する既設ポンプの相当品である既製品のポンプ・電動機を選定した。

(3) 主要電動弁の更新

主要電動弁である揚水ポンプ出口弁は、信頼性、保守性の観点から、同等の性能を有する既設弁の相当品である既製品の弁・駆動部を選定した。

(4) 冷却塔ファンの電動機及び減速機の更新

冷却塔ファンの電動機及び減速機は、信頼性、保守性の観点から、同等の性能を有する既設機器の相当品である既製品の電動機、減速機を選定した。

4. 更新による改善

更新後の機器は、長期的に安定で堅牢な構造であると共に、操作、点検等保守性が容易な構造とした。設計にあたっては、今後、長期使用するにあたって、これまでの保全活動による維持管理の継続性を考慮すると共に、既設機器との整合性が損なわれないよう留意し、信頼性の向上、保守性の向上等を図った。

二次冷却系統及びUCL系統の一部の電動機の更新においては、原子力関連設備納入品製作に対応しない国内メーカーが多く、機種選定に制約があったが、製作メーカーの型式の集約による合理化を図ることにより、今後の保守を行うための見通しをつけた。

5. 今後の保守

更新した機器は、保守性の向上を図り、既設機器と同等の性能を有するものとした。保守用の交換部品等の調達が容易になったことで、長期にわたり、計画的な保守整備活動が可能となった。今後、JMTR 再稼働後の保守、施設定期自主検査等の保全活動において、これまでと同様、維持管理を継続的に実施していく。

6. まとめ

JMTR の改修に係る原子炉冷却設備の更新は、計画通り全て完了した。

更新した機器は、JMTR 設置以来 40 年間以上使用してきたものであり、機器の重要度や保守性等を勘案し、選定したものである。更新後の機器は、今後、長期使用するにあたって、これまでの保全活動による維持管理の継続性を考慮して、JMTR 再稼働後の安全・安定運転、保守用部品の調達の観点から既設機器と同等の性能を有するものとした。原子炉冷却設備の一部更新に必要な認可手続きは、平成 21 年 3 月末までに全て完了し、文部科学省が実施する使用前検査は、平成 23 年 2 月末までに全て完了した。

JMTR 再稼働後は、計画的な点検、整備等の保全活動を行うことにより、安全かつ合理的な維持管理を継続していく。

参考文献

- 1) 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).
- 2) 五来滋, 埜善雄, 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).

Table 1 原子炉冷却設備の更新概略工程

項目		年度						
		H19	H20	H21	H22	H23		
原子炉冷却設備	一次冷却系統	主循環ポンプの電動機		■			J M T R 再稼働	
		充填ポンプ		■				
		移送ポンプ		▼★	■	◎		◎
		主要電動弁の駆動部		■	▼★	◎		
	二次冷却系統	循環ポンプ		▼★	■	◎		
		補助ポンプ		▼★	■	◎		
		主要電動弁			■			
		冷却塔ファンの電動機及び減速機		■				
	UCL系統	揚水ポンプ		▼★	■	◎		
		循環ポンプ		▼★	■	◎		
		主要電動弁		■				
		冷却塔ファンの電動機及び減速機		■				

- : 設計、製作、入手、据付、検査等
- ▼ : 設計及び工事の方法の認可申請
- ★ : 設計及び工事の方法の認可
- ◎ : 使用前検査

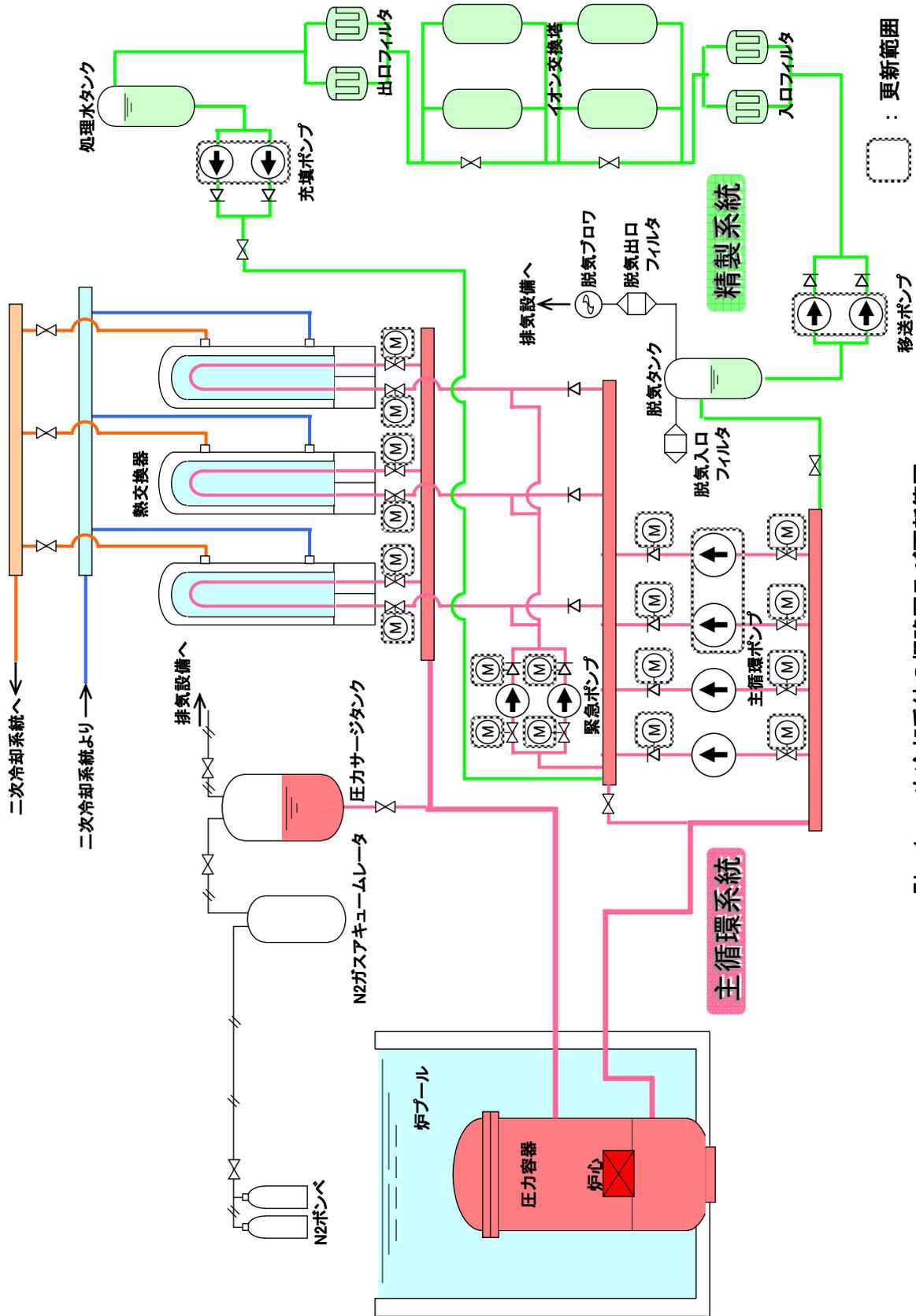


Fig. 1 一次冷却系統の概略図及び更新範囲

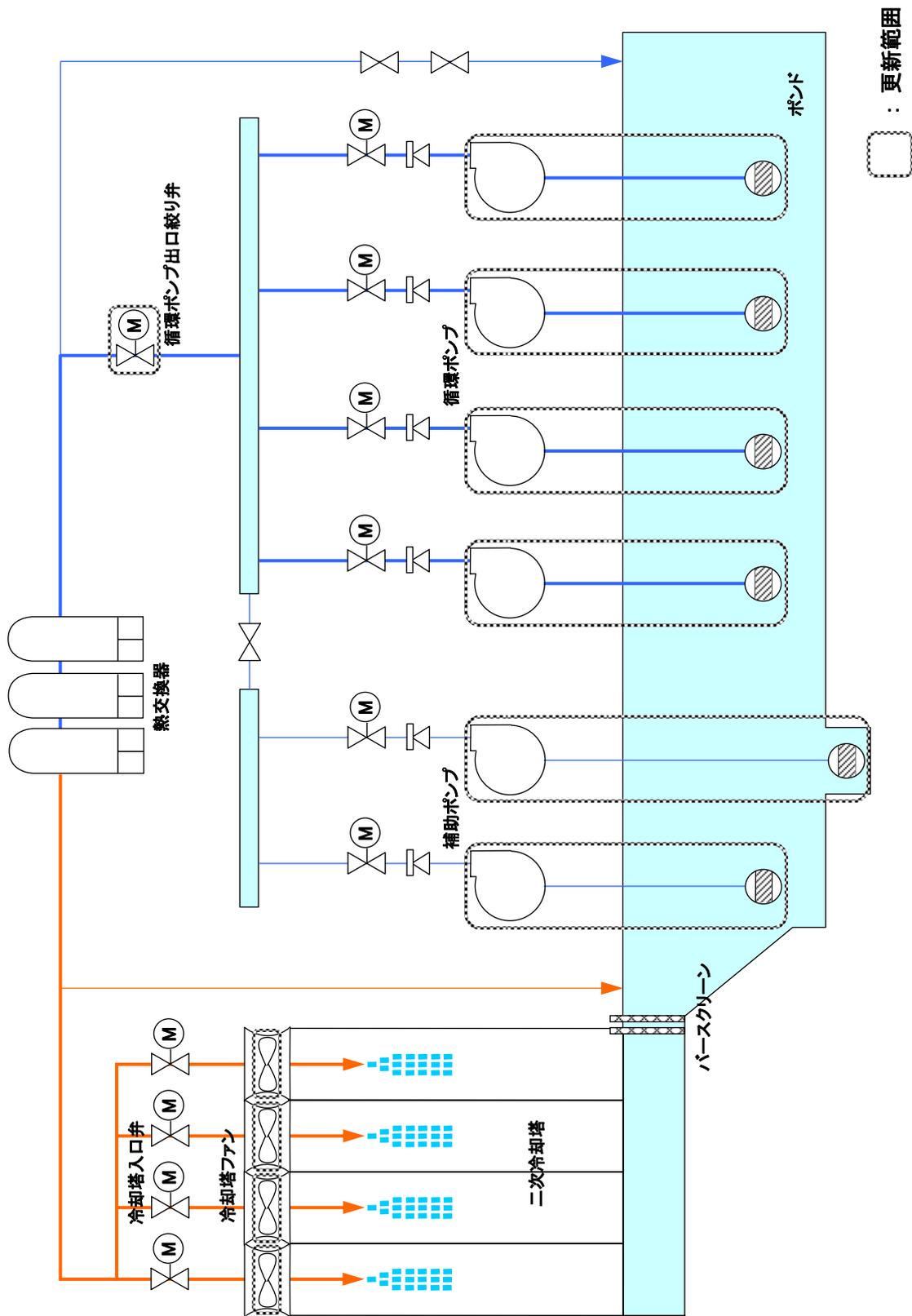


Fig. 2 二次冷却系統の概略図及び更新範囲

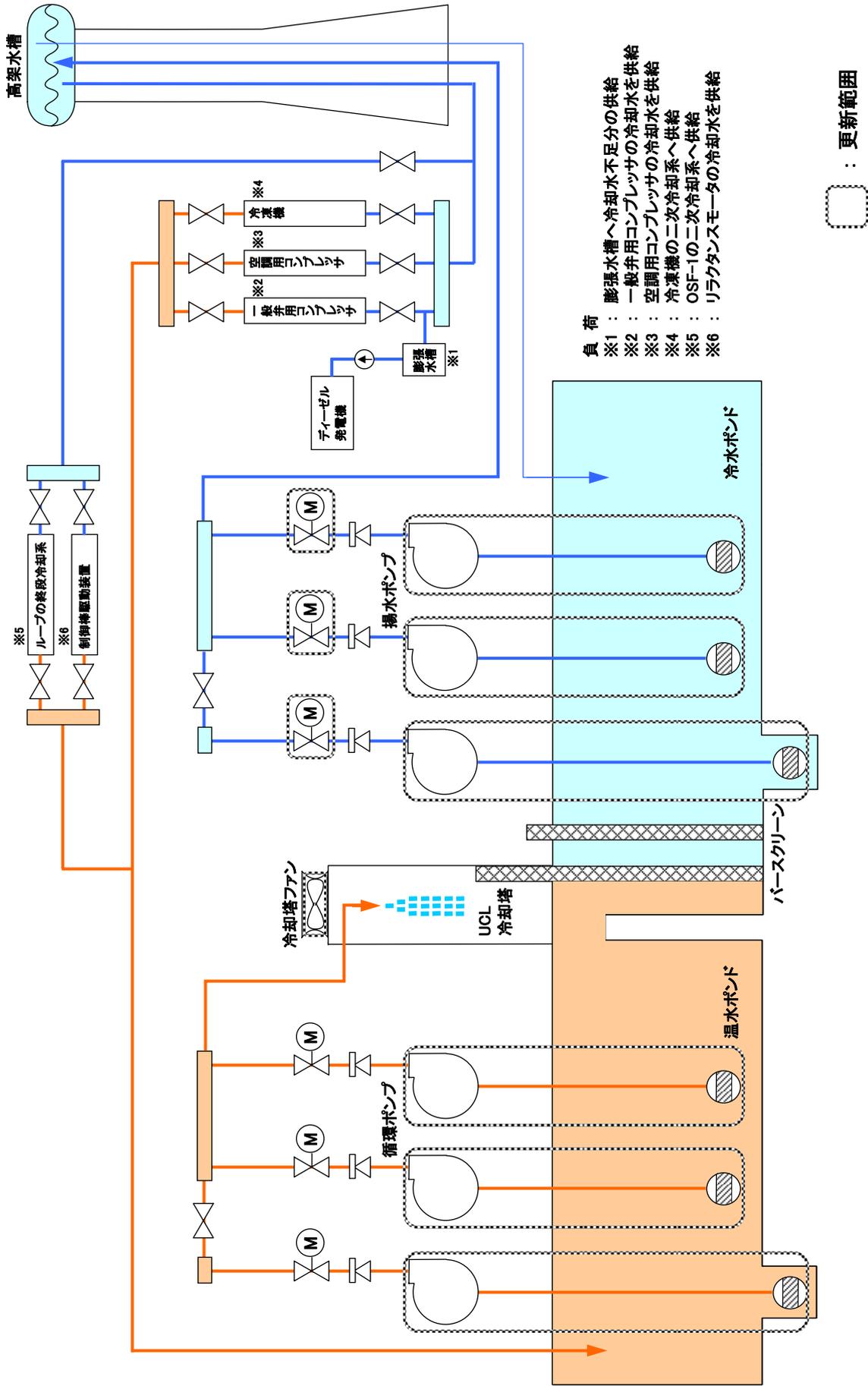


Fig. 3 UCL 系統の概略図及び更新範囲



Photo. 1 主循環ポンプの電動機

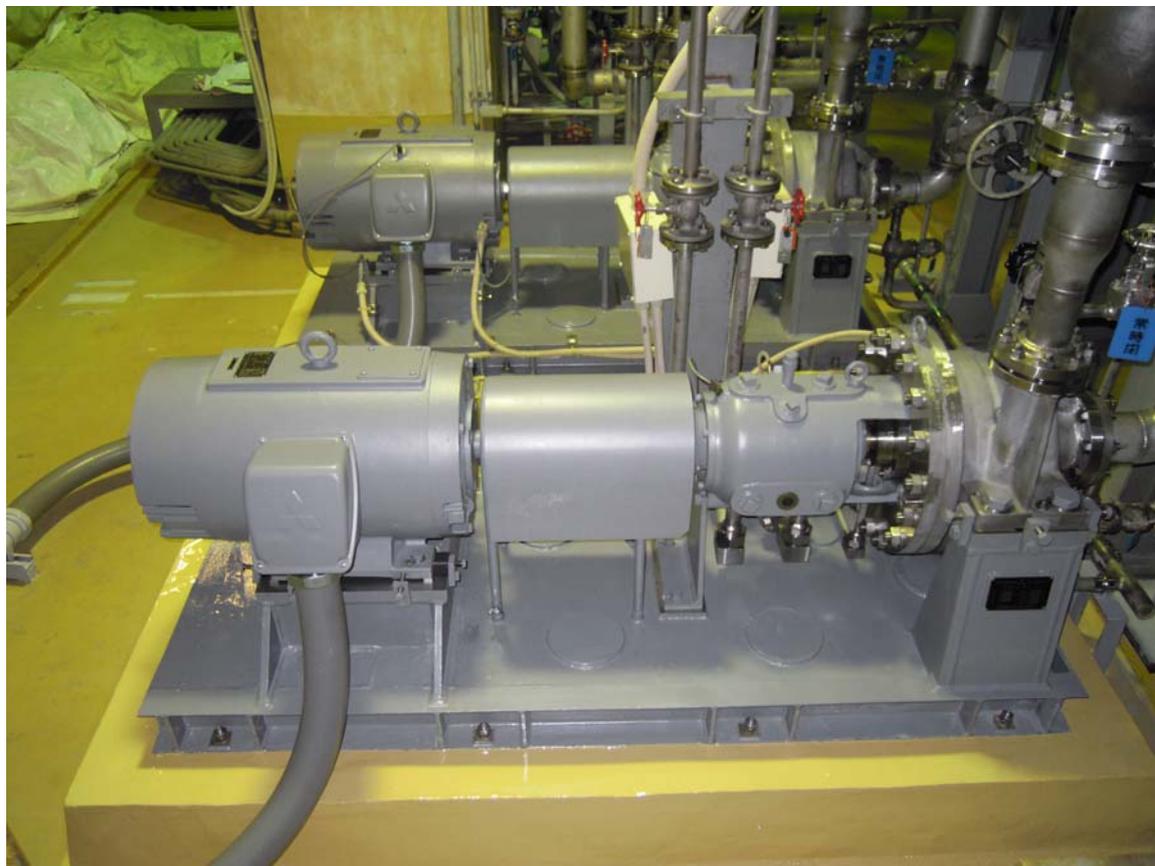


Photo. 2 充填ポンプ

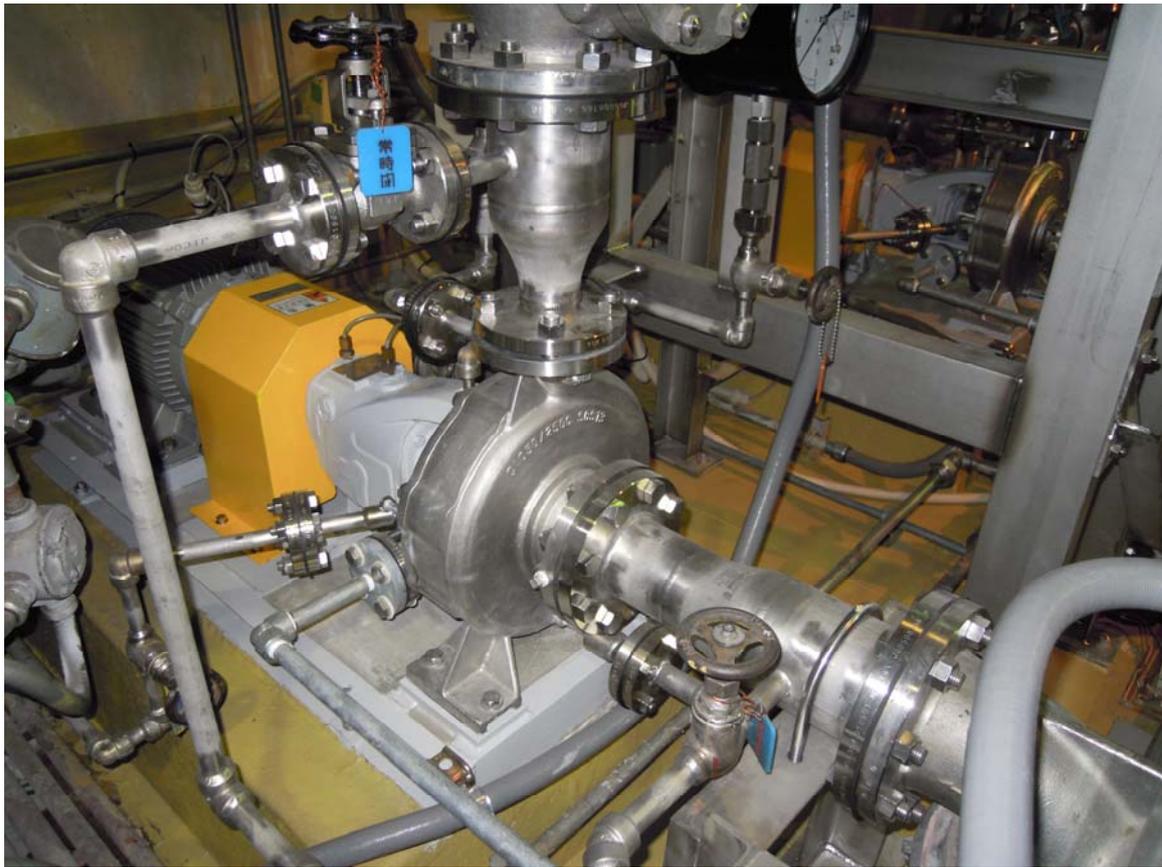


Photo. 3 移送ポンプ



Photo. 4 主循環ポンプ入口弁駆動部及び主循環ポンプ出口弁駆動部

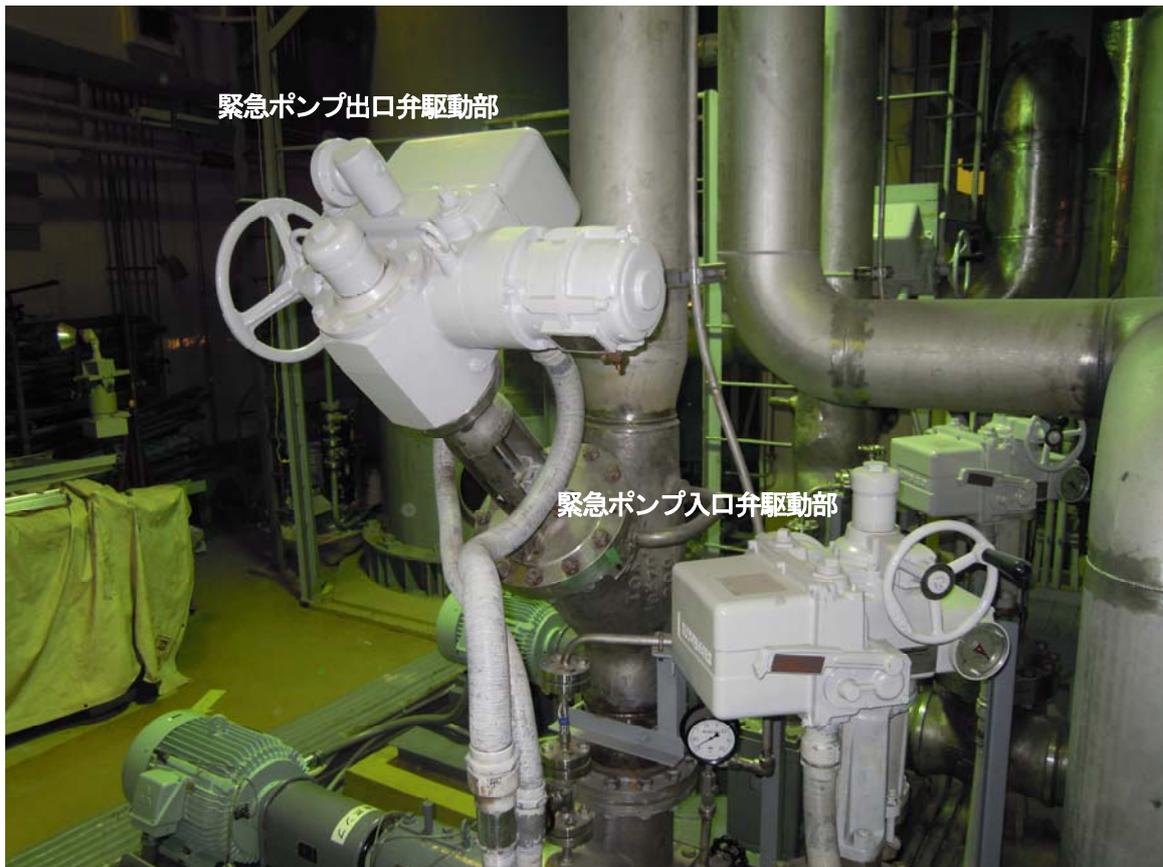


Photo. 5 緊急ポンプ入口弁駆動部及び緊急ポンプ出口弁駆動部

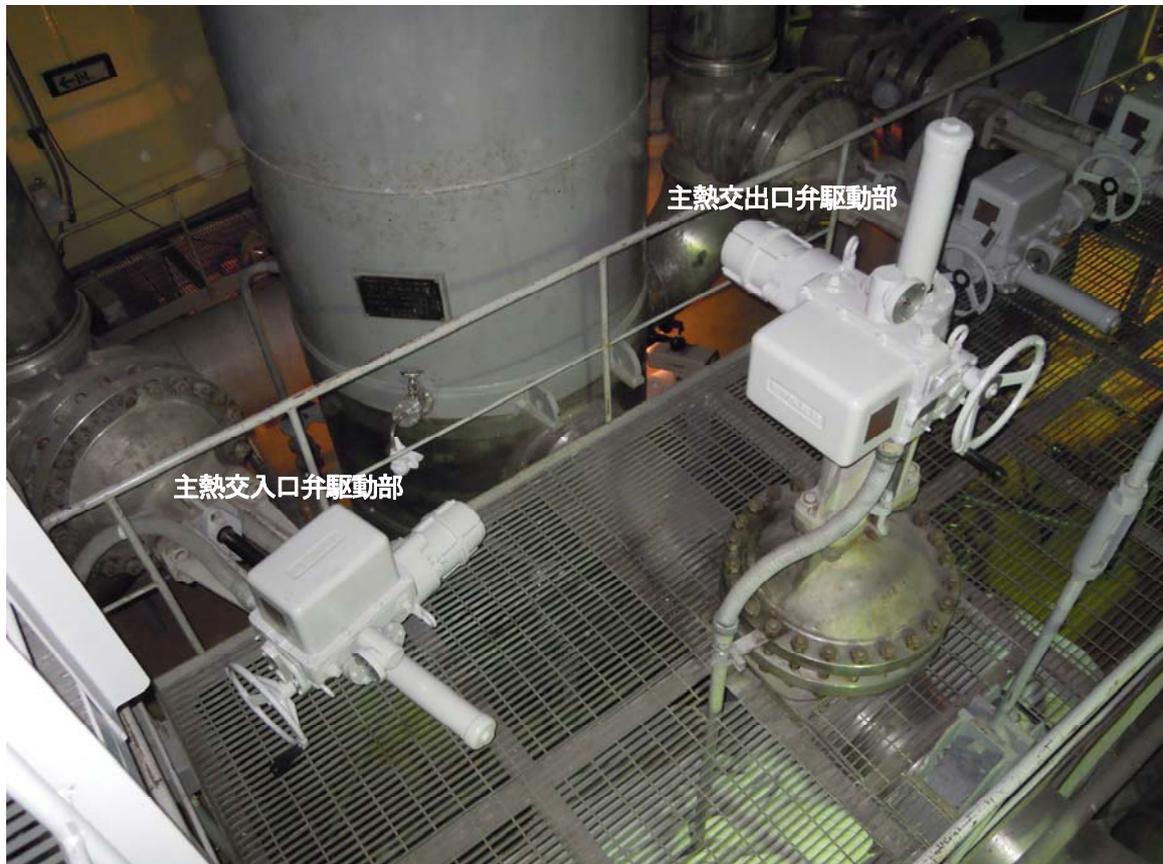


Photo. 6 主熱交入口弁駆動部及び主熱交出口弁駆動部



Photo. 8 補助ポンプ



Photo. 7 循環ポンプ



Photo. 9 循環ポンプ出口絞り弁



Photo. 10 冷却塔ファンの電動機



Photo. 11 冷却塔ファンの減速機



Photo. 13 循環ポンプ



Photo. 12 揚水ポンプ



Photo. 14 揚水ポンプ出口弁



Photo. 15 冷却塔ファンの電動機



Photo. 16 冷却塔ファンの減速機

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
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立法メートル	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
比透磁率 ^(b)	(数字の)	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
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)
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
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s
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
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	Vs
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C	K
光照射度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)
放射線量	グレイ	Gy	J/kg
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
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
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み、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (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間には1:1の関係がある。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
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s
表面張力	ニュートンメートル	N m
角速度	ニュートン毎メートル	N/m
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³
電荷密度	ジュール毎立方メートル	J/m ³
電表面電荷	ジュール毎立方メートル	J/m ³
電束密度, 電気変位	ジュール毎立方メートル	J/m ³
誘電率	ジュール毎立方メートル	J/m ³
透磁率	ジュール毎立方メートル	J/m ³
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol
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)
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎キログラム	J/kg
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s
放射線輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	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=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	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, 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単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベール	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	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 ^(c)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π) A m ⁻¹

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

表10. SIに属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=200 mg=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°C」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

