

JT-60 二次冷却設備ろ過装置の改良・更新

○西山友和、佐々木駿一、三代康彦、本田正男、坂井友了^{A)}

独立行政法人日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門

^{A)} アルテックアルト (株) ウォーター・ソリューション事業部

1 二次冷却設備の概要

1.1 二次冷却設備の役割と構成

臨界プラズマ試験装置 (JT-60) に設置されている二次冷却設備は、JT-60 の本体付属設備や大型コイル用電源設備、加熱装置及びその他の機器類に二次冷却水を供給し、被冷却機器で発生する熱を二次冷却水と熱交換し冷却塔を介して大気に放出させるものである。除熱し低温になった冷却水は、冷水槽に溜まり再び各ポンプで必要な流量だけ各設備に循環される、つまり自動車に例えれば、JT-60 のラジエターの役割を果たしている。図 1 に二次冷却設備系統図を示す。本設備の主要な装置は、冷却塔、冷却水ポンプ、水処理装置、配管、これらの監視、制御を行う制御装置、および機器類に電力を給電する電気設備である。

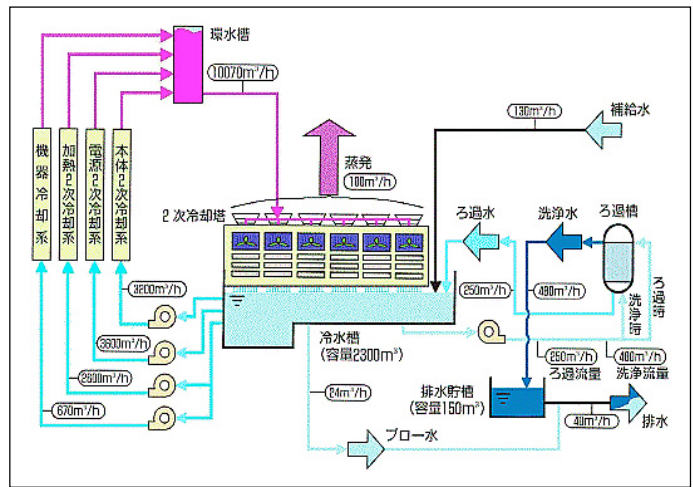


図 1. 二次冷却設備系統図

1.2 水処理装置の概要

二次冷却設備では、二次冷却水の水質維持管理を目的として水処理装置を設けている。水処理装置は、ろ過装置、冷却水のシリカ (SiO₂) 濃縮度調整のためのブロー装置、冷却水の水質を計測するサンプリング装置により構成される。ろ過装置は、冷却水中の浮遊物を除去するためのもので、ろ材に砂を用いたろ過槽、ろ過槽に冷却水を循環させるろ過ポンプ等から構成される。

2 ろ過槽の運転・保守に関する問題

ろ過槽では、砂槽に蓄積された浮遊物を除去し、ろ過能力を回復させるための逆洗工程が必要である。逆洗は、ろ過槽の差圧高警報の発報時と JT-60 運転期間については、定期的に週 3 回実施している。本工程は、ろ過槽中の水の流れを下から上にして、約 480 m³/hr の流量で約 15 分間通水し、砂槽から取り除かれた浮遊物を排水とともに除去するため、多量の冷却水が排水される。そのため、それを補うための給水や希釈された高価な水質管理用薬剤の投与が頻繁に必要となる。また、ろ過砂は消耗品であるため、定期的に交換するとともに、産業廃棄物として処理する必要がある。その結果、ろ過槽の運転保守は、多大なランニングコストと労力が必要である。更に、現在設計中で JT-60 を超伝導化改修する「JT-60SA」でも現有の二次冷却設備を引き続き再使用する計画になっている。そのため、今後の長期的な運転も考えると、コスト及び労力の低減を速やかに実施することにより、非常に大きなメリットが生じる。そこで、これらの課題を低減できるろ過器を調査した結果、フィルトレーション社が提供する自動洗浄式水処理フィルターの導入を検討すること

とした。

3 水処理フィルターの概要

3.1 水処理フィルターの特徴

自動洗浄式水処理フィルターの特徴の中で、我々の要求に関連する事項は、次の通りである。①差圧を検知して、自動でろ材の洗浄工程を開始する。②ノズル吸引式スポット洗浄により短時間での洗浄が可能で排水量が少ない。③ろ材にスクリーンメッシュを使用するため、定期的な交換が不要で、産業廃棄物の発生がないため環境にも優しい。④様々な目幅のスクリーンメッシュがあるため、冷却水の用途や性質に合ったろ過能力を実現できる。⑤形状がコンパクト且つ軽量であるため、据付場所の整備や設置工事に関わるコストを低減できる、等である。尚、ろ材洗浄に伴う排水量は、1回の洗浄で約0.3 m³で、JT-60 運転期の1週間の排水量（フィルター2台並列運転で1時間に1回の洗浄、1日10時間運転を週5日と仮定）にすると、約30 m³/週である。ろ過槽の排水量は、約360 m³/週であるため、約9割の排水量の削減が期待できる。また、ろ過能力については、事前確認として試験を行った。試験は、同じ冷却水（原水）に対して、実際にろ過槽でろ過された水と目幅50 μmのサンプル用スクリーンメッシュでろ過した後の水の浮遊物量（SS）を調査した。原水のSS [mg/l]は、5.7であったのに対して、ろ過後のSSは、ろ過槽が1.2、スクリーンメッシュでは、1.8であった。これらの結果、少ない排水量と自動洗浄によるコストと労力の低減が期待されるだけでなく、ろ過槽とほぼ同等のろ過性能を持ち合わせていると考察されるため、二次冷却設備に於いても、問題なく使用できると判断した。

3.2 水処理フィルターのろ過及び洗浄原理

図2に水処理フィルターの構成図を示す。通常の運転では、入り口から入った冷却水が、コーズスクリーンと呼ばれる保安用のスクリーンを通過した後、スクリーンメッシュを円筒状にしたファインスクリーンの内側から外側に抜けることにより、ろ過される。ファインスクリーンの内側に浮遊物が堆積すると、フィルター入口と出口に差圧が生じる。その差圧がある設定された値を超えると、自動的に洗浄が開始される。洗浄工程では、まず、一定の圧力がかかった状態で、ドレンバルブが開放される。すると、ダートコレクターの吸引ノズルの先端に急激な水流が発生し、吸引力が起きるため、浮遊物を吸い込みドレンラインから外部へ吐き出される。さらに、ダートコレクターは、前後2方向に動くドライブユニットにより螺旋運動をするため、吸引ノズルがファインスクリーンの全内面を吸引洗浄する。尚、この洗浄原理により自動洗浄中も、入り口から入った水は、常時ろ過され続ける特徴も持つ。

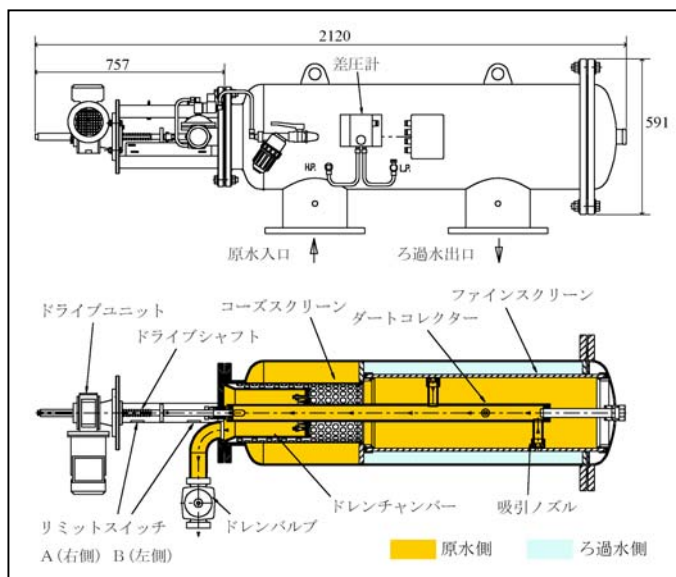


図2. 水処理フィルター構成図 (上) 外観 (下) 内部

3.3 水処理フィルターの仕様

新たに設置する自動洗浄式水処理フィルターは、現有設備の諸条件から以下に示す型式の水処理フィルターを2台並列設置することとした。表1に技術仕様を示す。

- ・品名；自動洗浄式水処理用フィルター「フィルトマット」

- ・型式；電動式 中流量自動洗浄ろ過装置
- ・型番；S-6000（スクリーンメッシュ式 S 型）
- ・ドライブユニット；0.33 kW 洗浄用吸引ノズル回転モーター
- ・ろ材；スクリーンメッシュ
ウェーブワイヤスクリーン 目幅 50 μ m- 300 メッシュ
- ・ドレンバルブ；空圧式

3.4 ランニングコストの事前評価

2 次冷却設備の運転実績から概略のランニングコストを評価した。平成 17 年度を例にとると、1 年間のろ過槽の運転時間は、約 1550 時間（JT-60 運転期 820 時間）で、その間、逆洗を 84 回実施している。よって、逆洗による排水量は、約 10,080 m³であった。この水量は、冷水槽へ補給した水量である 25,925 m³の約 4 割に匹敵する。また、この 1 年間、水処理フィルターで運転していたと仮定すると、排水量（洗浄間隔は、1 時間に 1 回で JT-60 運転期については、30 分に 1 回と仮定）は、約 710 m³である。この場合、補給水は 16560 m³で足りたことになり、約 35%削減できたこととなる。また、水質維持管理薬品の投薬量は、冷却水の水質サンプリングの条件等もあり、一概に排水の削減量では評価できないが、仮に 20%節約できるとすると、薬品代のみで約 3,500 千円/年のコスト削減ができる。また、ろ材のメンテナンスコストは、砂の交換で 5 年に 1 度、約 5,000 千円を費やしていたが、フィルターの内部点検を 2 年に 1 回実施すると仮定した場合、約 8 割のコストが削減できる。

4 水処理フィルターの設置等に関する検討

4.1 水処理フィルター設置位置の検討

ろ過槽を水処理フィルターに更新するに当たり、当初は、ろ過槽を撤去する方針でいたが、その費用が高いことから、今回は、ろ過槽を現状のまま維持し、予備としても使用できるように、設計することとした。水処理フィルターの系統は、設置スペースの観点からろ過ポンプとろ過槽間に設置する。併せて、フィルターのバイパス系統も設置した。図 3 に、水処理装置系統図を示す。フィルターの配置検討では、フィルター自身はコンパクトであるが、2 台の設置とフィルター間を含めたメンテナンススペースも考慮する必要があった。更に、設置場所には、以前使用していたスライム防止剤等の貯槽タンクや注入ポンプ用の基礎があるため、配管等との干渉を避けつつ、できる限り省スペースで配置できるようにした。図 4 に水処理フィルター設置配置図を示す。

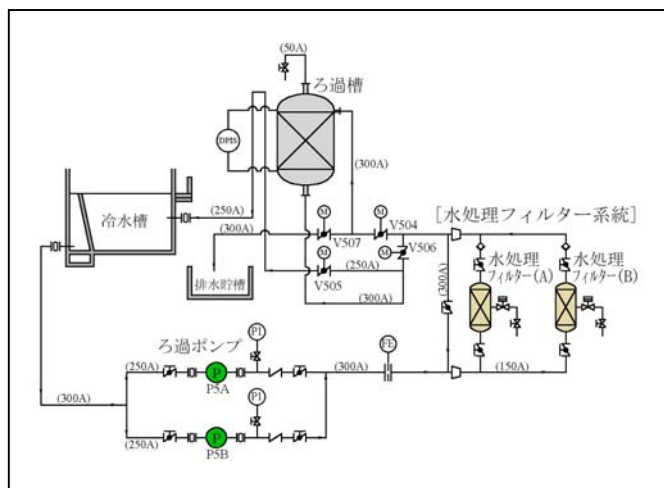


図 3. 水処理装置系統図

4.2 水処理フィルター制御系の設計、製作

水処理フィルターの運転や監視を行うための制御盤を製作した。この制御盤は、水処理フィルターの起動や状態表示、ドライブユニット等の付属機器へ電力供給を行う運転機能、洗浄方法を通常の自動洗浄の他に、メンテナンス用の手動洗浄、タイマー洗浄を切り替えできる洗浄機能、更に、水処理フィルターから出力さ

表 1. S-6000（2 台並列）技術仕様

概要	設計流量	250 m ³ /hr
	必要最低圧力	0.3 MPa
	最大稼働圧力	1 MPa
	ろ過面積	6000 cm ²
	入口・出口 フランジ	150 A
	乾燥重量	240 kg
	ボディ材質	SUS316 相当
洗浄 関連	洗浄時間	40 秒
	逆洗水量	280 l
	洗浄時 必要最低流量	25 m ³ /hr

れる高差圧警報やリミットスイッチ、サーマルリレーで検出する洗浄動作不良、ドライブユニットの過負荷等の警告を表示する警報機能を有する。尚、水処理フィルターを2台設置することから、同時に洗浄しないようにインターロック機構も設けた。更に、制御盤については、メンテナンス時を考慮して、水処理フィルターの近傍に設置することから、フィルターの運転状態（運転中、洗浄中）と警報を制御室で監視できるようにした。また、ろ過槽の通水方向を切り替える電動バルブの開閉制御を、水処理フィルターの通水経路に合わせて改造した。ろ過槽の使用時に於いては、通常運転で V504、V505、逆洗時は V506、V507 を開ける（図3参照）制御になっている。そこで、水処理フィルターの運転時は V505 と V506 を開けて、ろ過槽への通水をバイパスするようにした。尚、電動バルブの開閉制御は、スイッチによりろ過槽用とフィルター用に切り替えが出来るようにした。

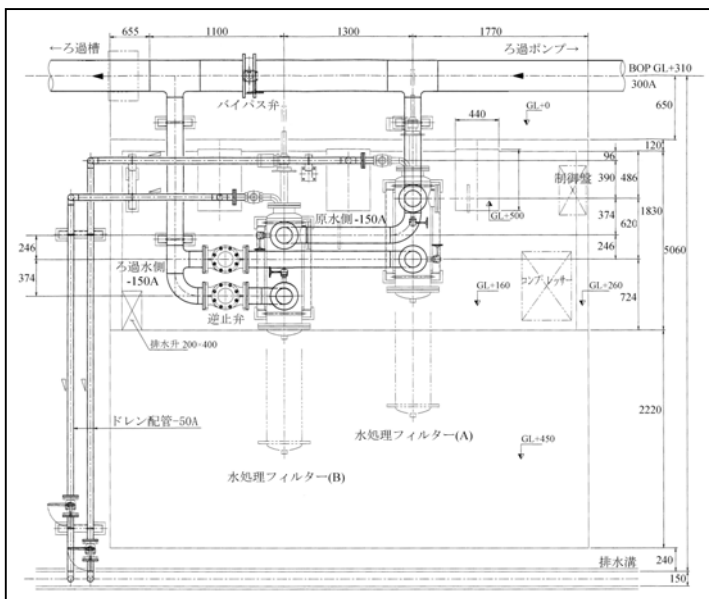


図4. 水処理フィルター配置図

4.3 ろ過ポンプの更新

水処理フィルターの仕様（表1参照）に示すように、水処理フィルターのろ過性能を満足させるためには、0.3 MPa の送水圧力が必要である。しかしながら、既設のろ過ポンプの吐出圧力は、約 0.16 MPa である。また、このポンプは、運転から 20 年以上が経過しており老朽化も懸念されることから、全揚程 16 m から 32 m のポンプに更新することとした。ポンプの仕様を表2に示す。既設配管との取り合いは、配管側を改造しないで接続できるように、ポンプの吸い込み及び吐き出しフランジの向きや口径を既設と同等のポンプを選択し、芯出しの高さ等の調整は架台ベースを改造することにより対応した。また、原動機の電気容量が 22 kW から 37 kW に増大することにより回路遮断器(MCB)、サーマルリレー、配線用電力ケーブル等の電気設備の更新を実施した。

表2. ろ過ポンプ仕様

形式	片吸込 フ・ロスタ [®] ンプ [®]
使用媒体	工業用水
口径	吸込側 200A 吐出側 150A
全揚程	32 m
吐出し量	4.17 m ³ /min
回転速度	1470 min ⁻¹
原動機出力	37 kW
員数	2 台

5 まとめ

JT-60 の 2 次冷却設備では、水質管理を行うために、ろ材に砂を用いたろ過槽を使用している。このろ過槽は、定期的に逆洗を実施するため、労力の負担や、ろ材の洗浄による排水量が多く、砂を定期的に交換するなど、メンテナンスに掛かるコストが課題とされていた。そこで、これらを解決するためにフィルトレーション社の自動洗浄式水処理フィルターを検討した。水処理フィルターは、自動でろ材の洗浄を行うとともに、洗浄水が極めて少なく、ろ材の交換が不要であるなど今後の長期的な運転も考慮すると、大幅なコスト及び労力の低減が図れる。また、ろ過性能に関しても、ろ過槽と同等の能力を維持できることも確認されたため、本フィルターを採用することとした。水処理フィルターの設置に際しては、ろ過槽との切り替え運転ができるように、設置位置や制御系を設計、製作するとともに、フィルターのろ過性能を満足するために、ろ過ポンプの更新を実施した。尚、設置状況や試運転結果等に関しては、現時点で終了していないため研究会にて報告することとする。今後は、実際の運転実績をみながら、水処理フィルターの効果を検証する予定である。