セントラルクーリングシステム配管設計指針*

機関第三研究委員会

Design Guidance for Central Cooling Piping System

By No.3 Machinery Engineering System Committee

This Paper shows the design guidance of Central cooling piping system.

1. はじめに

セントラルクーリングシステムは、通常用いわれている海水冷却方式に比べ初期投資が大きくなるにも拘らず、冷却海水系統（機器の構成や配管）が簡単なためシステムの保守費用を大幅に軽減でき、その信頼性も高いことから、省人化船や内航船に採用されるケースが多い。

配管設計の立場から見た本システムの特長は、冷却清水管が機関室のいたるところに張りめぐらされ、多数の分岐・集合を持つ複雑な並列回路を形成するところにある。

本委員会では、平成元年度テーマとして「セントラルクーリングシステムの配管設計指針」を取りあげ、本システムの要点である冷却清水の流量配分や温度制御等の諸問題について検討することとした。本紙は、本委員会所属の各造船所へのアンケートをもとにとりまとめたものである。

2. セントラルクーリングシステムの概要

一般に、セントラルクーリングシステムはセパレート型とミキシング型の二種類に大別される。

それぞれのシステムの特長と基本的な構成例を次に示すが、いずれの冷却清水系統も多くの並列回路から成っている。実際には、機器類が機関室内の随所に配置されるため、管路が非常に複雑になることが、冷却清水の適正な流量配分をむづかしいものと

している。

前述したように、セントラルクーリングシステムの設計の要点は、適正な流量を確保することと温度制御の安定性を維持することにある。従って、配管設計にあたっては、システムを理解することはもちろんのこと、個々の管路のみならず全体的視野での検討が必要である。

2.1 セパレート型セントラルクーリングシステム 一般機器の冷却水系統（低温循環水系統）と主機関や発電機関のジャケット冷却水系統（高温循環水系統）とを分離したシステムで、それぞれの系統に専用の冷却器を備えている。

ミキシング型に比べ高温循環水系統専用の冷却器を必要とするので高価となるが、システムとしては簡単で、高温循環水の温度制御性が良い。

2.2 ミキシング型セントラルクーリングシステム 高温循環水系統の温度制御を、高温循環水と低温循環水を混合する自動温度調節弁によって行うもので、高温循環水系統には専用の冷却器を必要としない。

本システムは、セパレート型に比べ主機関や発電機関の負荷変動時に高温循環水の温度制御性が若干劣る。また、配管の方法が高温循環水系統の温度制御や流量バランスに、微妙な影響を及ぼす場合がある。

3. 冷却水流量配分チェックについての調査結果

本委員会所属の各造船所を対象として、セントラ

*原稿受付 平成5年9月3日

図1 セパレート型セントラルクーリングシステムの構成例

ルクーリングシステムにおける流量配分チェックに
関し、その必要性の有無および実施状況を調査した。

その結果を表-1に示すが、要約すると、

- (1) 90%以上の造船所（12社中11社）が流量配分
チェックの必要性を感じており
- (2) 60%以上の造船所（13社中8社）で計算また
は（および）実測によって流量配分を確認して
いる。

このことは、セントラルクーリングシステムにおけ
る流量配分が設計上いかに重要な課題であるかを示
していると言える。

4. 配管設計指針

セントラルクーリングシステムの配管設計（諸管
系統図および配管詳細図の検討および作成等）にあ
たり、流量配分、温度制御および圧力バランスに関
し、特に注意しておかねばならない項目を以下に示
す。

4.1 諸管系統図について

4.1.1 一般事項

- (a) 系統図に表す配管経路は、その分岐・集合点
を含み、機関室配置図に基づき、実際配管に近

図2 ミキシング型セントラルクーリングシステムの構成例

表1 流量配分検討の実施状況

設 問		会 社	A 社	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	計算による検討を行なっている		×	×	×	○	○	○	○	×	×	○	○	×	○
	実測による検討を行なっている		×	×	×	×	×	○	×	×	○	×	○	×	○
2	計算による検討は必要であるとする		×	○	○	○	○	○	○	○	×	—	○	○	○
	実測による検討は必要であるとする		○	○	○	×	×	○	○	×	×	—	○	○	○

○：行っている / 必要
×：行っていない / 不要

＊：時々実施する

くなるよう考慮する。

- (b) 流量配分や温度制御に関する情報で、詳細設計時に反映しなければならないものは、明確に指示する。
- (c) ミキシング型システムでは、高温側温調弁が全閉又は全開しても冷却水の流れに不都合が生じないことを確認する。
- (d) 流量配分の初期チェックのために、系統図を作成した時点で、概略の抵抗計算を行うことが望ましい。必要な場合、管径の変更、オリフィス板等の追設、分岐・合流形状の指定、補機器の内部圧力損失値の指定等を行なう。
- (e) 停泊中のように、常用運転中に比べ、システムの使用条件が大きく異なる場合は、過流量あるいは過圧が生じやすいので注意する。必要に応じて、ポンプや大流量機器にバイパス弁を設け、流量調整が可能なよう配慮する。

4.1.2 配管口径について 各配管口径は、原則として「JIS F7101 一般巻巻ポンプ吸入及び吐出管（水）」によるが、次の点も考慮して決定する。

- (a) 抵抗計算による確認を実施しない場合、小口径管（65A以下）では、一般に圧力損失が大きくなるので、JISの標準流速以下であっても、口径を標準より一段大きくするなどの配慮が望ましい。

- (b) 機器や弁等による圧力損失は、管の圧力損失より大きな役割を占めるので、管内流速だけに注目して口径を決めることは避ける。

4.2 詳細配管設計について 詳細設計は本システム設計の最終段階であり、全体的視野に立って管路計画を行う必要がある。従って、あらかじめ機関室配置図を利用した配管装置図を作成しておくとし、種々の検討にも役立つ。

以下に配慮すべき事項を列記する。

- (a) 諸管系統図に従った接続を行なう。
系統図どおりにならない場合には、管口径の変更等の対策が必要となるので、系統図作成者との協議を行うことが肝要である。
- (b) 系統図や設計書等に指示ある事項を遵守する。
- (c) 複雑な配管（不要な曲がりや遠まわりの配管）を避ける。
- (d) 管口径が数段異なる分岐や合流については、一般に小口径管側の流れが悪いので、図3に示すような方法を採用する。
- (e) 空気閉塞による流量低下を防ぐため、空気の溜り難い配管を行う。必要ならば空気抜きを設けるなどの処置を行う。

4.3 自動温度調節弁について 温調弁は系の安定性に深くかわる重要な機器である。それ自体の能力（機能・特性）は優れていても、配管系と組み合わせることにより、能力の低下が生じる場

図3 大口径管と小口径管との接続方法

	現 象	対 策
配管の不具合	温調弁への冷却器バイパス側の配管方法が悪く(図中○部)、並列使用の2 台の冷却器に流量の不平衡を生じた。	温調弁バイパス側への分岐点を変更。
	ミキシング型システムで、低温循環水ポンプと高温循環水ポンプを、図の様な直列配管としたために、高温循環水系のジャケット圧力が上昇した。	対策例-1 高温循環水ポンプ入口側に減圧用オリフィス板を挿入し、ジャケット圧力を規定範囲内に抑えた。 対策例-2 高温循環水ポンプの羽根車を交換し吐出圧力を下げた。
循環水圧の不具合		

図 4 - 1. セントラルクーリングシステムのトラブル例 (1)

	現 象	対 策
温 調 弁 の リ ー ク	1 個の温調弁による主機関・発電機関兼用システムにおいて、主機関停止中で、かつ発電機関負荷、機関室温度とも低いとき、温調弁が冷却器側に全開位置であったにも拘らず、弁の内部リークにより低温水が流入し、発電機関のジャケット冷却水温度が上昇しなかった。	対策例-1 主機関ジャケット及び発電機関ジャケット冷却水系統に、それぞれ専用の温調弁を設置。
		対策例-2 温調弁の冷却器側全開位置検出により、強制的に冷却器側を遮断する自動弁を追設。

図 4 - 2. セントラルクーリングシステムのトラブル例 (2)

	現 象	対 策
そ の 他	下図のようなミキシング方式において、通常の流れ方向は、図中に示す通りであるが、機関低負荷時に高温側温調弁によって、図中[A]の流れが停止したとき、ディアレーションタンクから清水膨張タンクへの流れにより、[B]に、→の様な逆流が発生し、高温水系の温度維持ができなくなった。	[B]の配管に逆止弁を設けた。
	ミキシング型システムにおいて、発電機関の負荷変動により、ジャケット冷却水温調弁の制御不安定を生じた。	温調弁の温度センサーを、発電機関の近くに移動した。 (参考) 海水冷却方式のジャケット冷却清水システムでも、負荷変動が急激であれば、制御遅れによって、温度整定までの時間が長かったり、場合によっては、制御不安定となることがあるが、ミキシング型システムでは、低温水系 ↔ 高温水系の水の授受によって温調を行うため、管長さ・口径の大小が、更に追従性を悪化しやすいので注意を要する。

図 4 - 3. セントラルクーリングシステムのトラブル例 (3)

合がある。温調弁について配慮すべきことを次に述べる。

(a) 弁の口径は一般に配管径と同一として良い。
但し、計の流量が変化する場合（使用台数或使用機器が変化する等）は弁の発注に際し、常用流量の他に最大・最小流量を指定して適切な口径（Cv値、レンジバリティ）としなければならない。

(b) ダイアフラム式、又は、ロータリー式の使い分けは、特に必要ない。

但し、ロータリー式のものはダイアフラム式のものに比べ構造的に内部リーク量が多いので温調弁が全開あるいは全閉に近い状態で使用される場合には注意を要す。

(c) センサー（温度検出端）の管中挿入長さは、管内径の2/3以上とする。

センサーの感温部長さに比べ、管径が小さいばあいには、センサーを斜めに挿入したり、曲がり部に装着する等して接液長さを充分確保しなければならない。

(d) 混合後の温度を制御する場合は、センサーと混合点（温調弁自体又は配管の合流点）間の距離は、弁メーカーが指定する長さを守り、偏った温度を検出しないよう注意する。

4.4 その他

(a) 流量調整や圧力調整を手動弁で行う場合、その弁は開度を固定できるロック装置付とする。

また、これらの調整には仕切り弁は適当でない。特に厳密な調整が必要な場合、ニードル弁とするかオリフィス板による方法が望ましい。

(b) 空気圧縮機は、一般に機付ポンプ無しで良いが、機内圧力損失が高い場合もあるので、あらかじめ圧力損失値の確認が必要である。

5. セントラルクーリングシステムのトラブル例

流量配分や温度制御に関するトラブル例を図4-1から図4-3に紹介する。

いずれの例も特殊なケースではなく、本システムに内在する問題が、たまたま顕在化したものであることに注目すべきである。

以上が各造船所で経験した代表的な例であるが、この他にも、配管径の過小により流量配分不良を生じ、口径を大きくした例、温調弁の装備位置が悪く、ジャケット冷却水温度の制御不良を生じ、弁の配置を変更した例等がある。

6. おわりに

セントラルクーリングシステムは、運航者にとって大きなメリットを持つシステムであり、また確立されたシステムでもあるが、配管設計者にとっては、流量配分・温度制御あるいは圧力バランスなどの問題を抱えた（やっかいな）システムであるとも言える。

本試料は、現在までに蓄えられた経験にもとづいたものであり配管設計の指針としてご利用いただければ幸いである。

（担当者 佐世保重工業㈱ 里崎隆司）

~~~~~メッセージ~~~~~

里 崎 隆 司

機関艀装とは広範囲でかつ奥の深いもの、また古くて新しいものと常々感じています。処女航海への出発を見送るとき感激は何度経験しても新鮮です。