

# 復水器の機能と構造

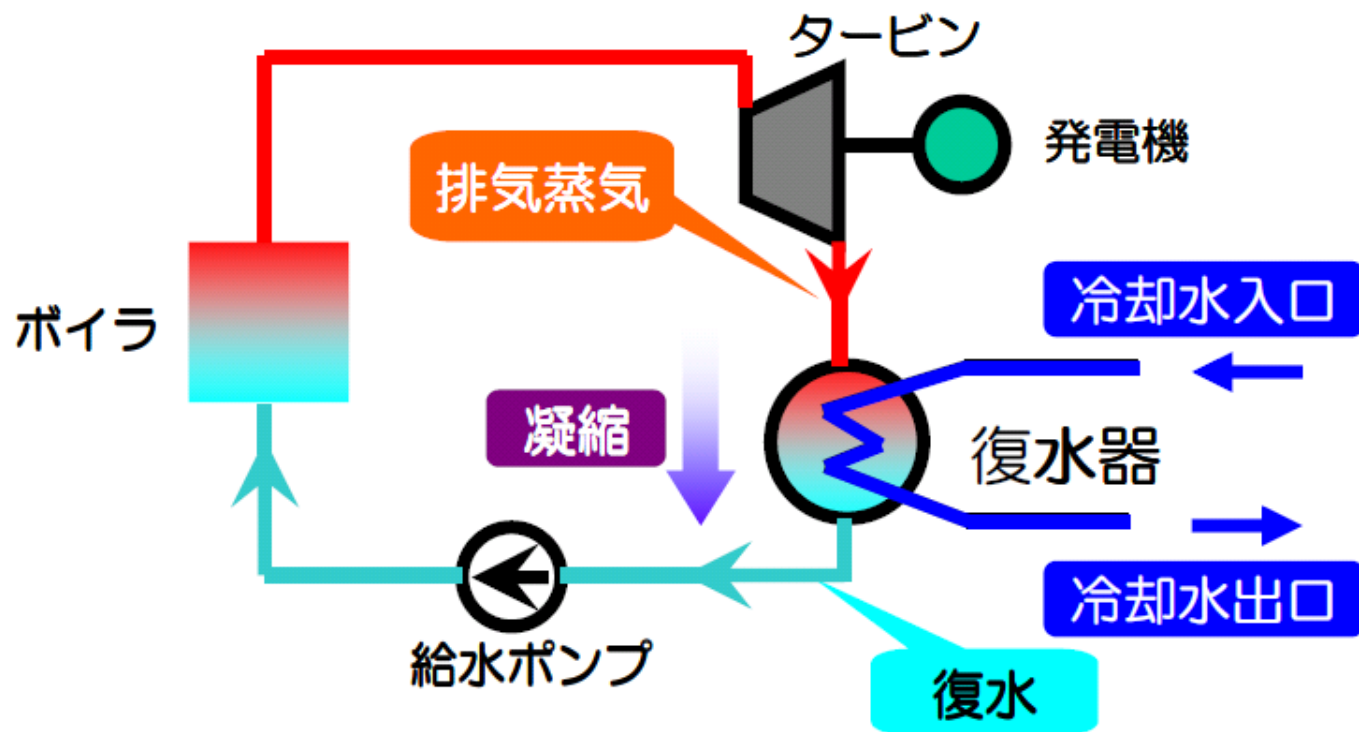
三菱日立パワーシステムズ株式会社  
エンジニアリング本部 エンジニアリング総括部  
機器設計部 長崎熱交換器設計課  
橋本 貴嗣

平成29年9月9日(土)  
大学講座

# 復水器の概要

## ■ 復水器…蒸気プラントの基本的な構成要素

### 蒸気動力サイクルの構成

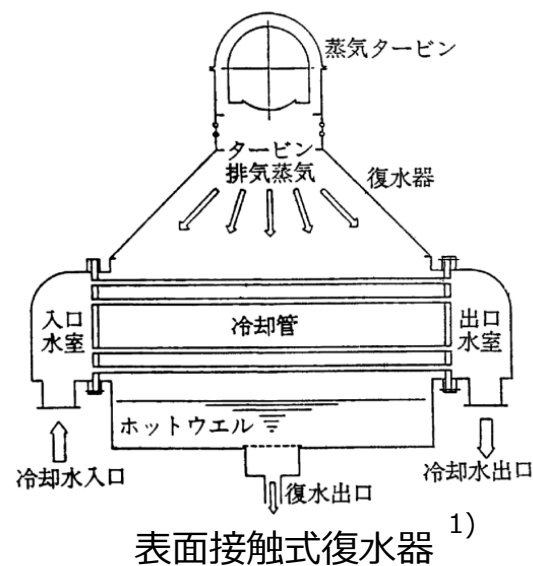
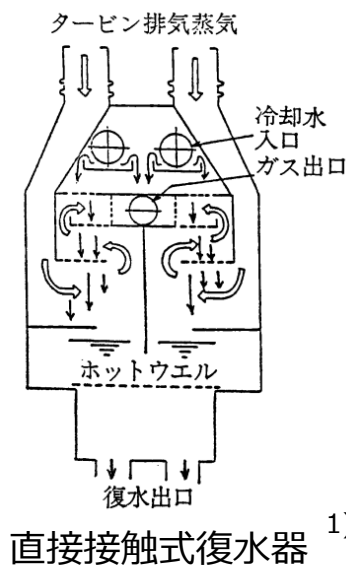


- 役割 :
1. タービンからの排気蒸気を凝縮させ復水をボイラへ供給する
  2. タービン背圧を真空に保ちプラント熱効率の向上を図る

# 復水器の概要

## ■ 冷却方式…蒸気と冷却水の関係で決定する

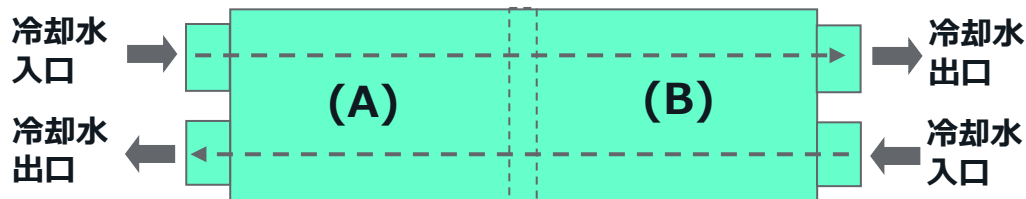
- 冷却方式
- 直接接触式 (Direct Contact Condenser)
    - 冷却水を散水して蒸気に直接接触させる
    - 地熱発電所などの復水器で使用
  - 表面接触式 (Surface Condenser)
    - 冷却管の伝熱面を通して熱交換する
    - 火力・原子力発電所の復水器で使用



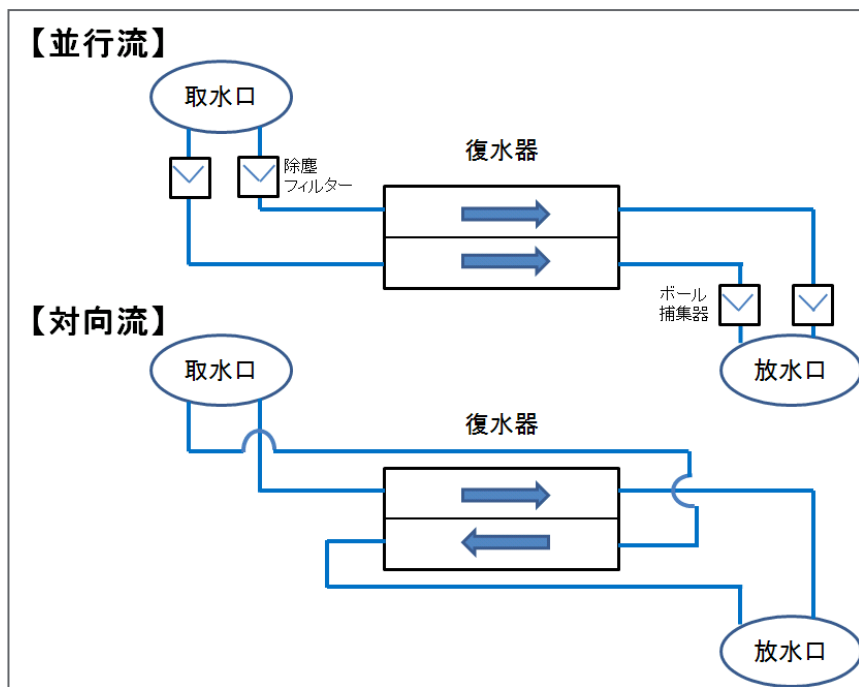
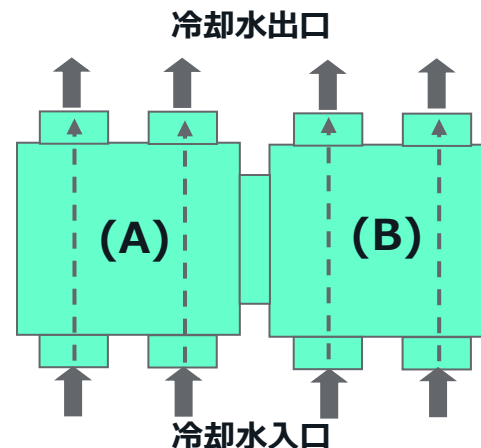
# 復水器の概要

## ■ 向流…冷却水の流れの向きで決定する

対向流



並行流



- 並行流の場合、対向流に比べて冷却水配管の引廻し計画が容易
- 復水器周辺の機器を並べて配置すれば計器監視やメンテナンスが容易

# 復水器の機能

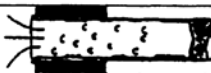



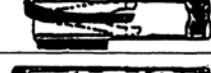

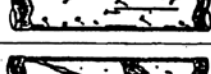



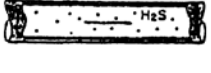

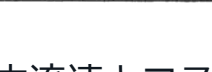

## ■ 管内流速

銅合金…管内流速が速いと内面が浸食  
通常、2.0m/s程度を採用

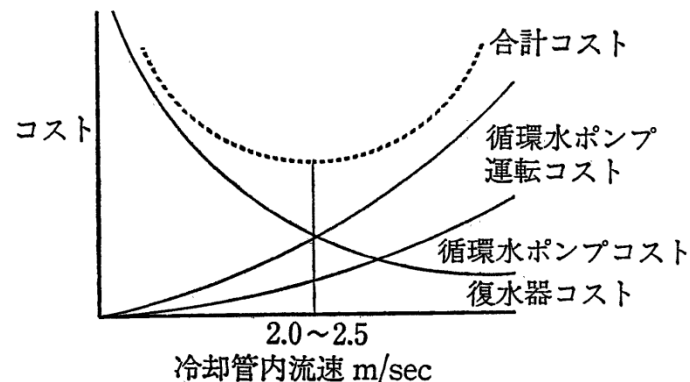
チタン管…耐食性に優れ高い流速も対応  
復水器や循環水ポンプなどの  
コストを総合的に評価すると  
最適流速は2.0～2.5m/s程度

ステンレス管…チタン管と同様に2.0～  
2.5m/s 程度が多い

### 流動海水中における銅合金間の腐食現象と機構

腐食現象	主なメカニズム	腐食形態模式図		
潰食	インレットアタック	入口端管表面における増大した冷却水のせん断応力による皮膜の破壊・剥離		
	固形物閉塞による局部潰食	閉塞部の過大流速に起因するせん断応力による皮膜の局部破壊		
	振動状態の異物による局部潰食	管内を閉塞した繊維状異物の、海水流れに伴う振動による繰り返し皮膜損傷		
	サンドエロージョン	漂砂の衝突による皮膜の破壊・剥離		
汚染 海水腐食 (孔食)	異常(悪性)潰食	マンガン2価イオンと塩素処理による富マンガン活性皮膜の形成とその剥離		
	一時的汚染	保護性皮膜の不在化における硫化物皮膜の形成		
	継続的汚染	硫化物皮膜の優先的形成		

### チタン管復水器管内流速とコスト



# 復水器の据付および試験

## ■ 復水器の据付作業（例）

参考（原子力蒸気タービン復水器の大ブロック工法）<sup>4)</sup>



大型移動式クローラクレーンによる、下部胴大ブロック（左）と上部胴大ブロック（右）のタービン建屋架台内への吊込作業

# 復水器の運転および保守点検

## ■ 運転中の点検

### 運転中の点検項目

項目	目的または方法	点検周期	点検方法	対策／改善
1 真空度	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測値を記録</li> <li>真空度低下がないか確認</li> </ul>	常時	記録確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>スポンジボールの交換または特殊ボールによる洗浄</li> <li>片肺運転または停止時のブラシ洗浄</li> <li>各部の空気吸込み調査</li> </ul>
2 ホットウェル水位	<ul style="list-style-type: none"> <li>制限値内であることを確認</li> </ul>	常時	目視点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>水位調節系統の調査</li> </ul>
3 復水電導度	<ul style="list-style-type: none"> <li>制限値内であることを確認</li> </ul>	常時	記録確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>片肺運転または停止時に調査対策</li> </ul>
4 異音／振動	<ul style="list-style-type: none"> <li>異音／振動がないかを確認</li> </ul>	常時	聴診点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>できるだけ早く運転を停止し</li> <li>内部点検</li> </ul>
5 外観	<ul style="list-style-type: none"> <li>焼損箇所等を確認</li> </ul>	常時	目視点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>停止時対策</li> </ul>
6 各部の空気吸込み	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏洩空気量の計測</li> <li>空気漏洩部調査</li> </ul>	常時	目視点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>パテ等で応急対策</li> <li>停止時恒久対策実施</li> </ul>
7 水室空気留り	<ul style="list-style-type: none"> <li>水室が満水であることを確認</li> </ul>	常時	目視点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>水室空気抜きポンプ起動</li> <li>循環水系統調査</li> </ul>
8 冷却水温度上昇	<ul style="list-style-type: none"> <li>制限値内であることを確認</li> </ul>	常時	記録確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>循環水系統調査</li> </ul>
9 ボール洗浄装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>スポンジボールの磨耗</li> <li>交換時期の記録確認 (累積運転時間)</li> </ul>	定期	記録確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>スポンジボールの交換</li> </ul>



# 復水器の運転および保守点検

## ■ 真空低下時の調査

### 真空度低下時の調査内容

現象	調査内容
1 冷却管の汚れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冷却水温度と真空度を記録し定期的に清浄度を計算</li> <li>・ボール洗浄装置の運用およびスポンジボール磨耗の確認</li> </ul>
2 水室上部の空気溜り	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水室水面計にて満水状態を確認</li> <li>・水室空気抜きポンプ配管の詰り調査</li> </ul>
3 計測不良	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検出配管の漏れおよびドレン滞留</li> <li>・計器校正および精度の良いマノメータで計測</li> <li>・大気圧補正</li> </ul>
4 復水器負荷が高い	<ul style="list-style-type: none"> <li>・蒸気タービン排気量増加</li> <li>・高温蒸気、ドレン弁の開放</li> </ul>
5 冷却水流量減少	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冷却水の復水器出入口温度差が大となる</li> <li>・循環水ポンプ性能低下、電源サイクルの点検</li> <li>・スクリーン、水路、各弁の開閉状態等の点検</li> <li>・水室水面計水位、復水器出入口圧力等の点検</li> </ul>
6 漏洩空気量増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>・復水器への接続システムのフランジ締結不良、割れ、破損、穿孔、腐食等の調査</li> </ul>
7 空気抽出装置性能低下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・空気抽出器：作動蒸気圧力低下、ノズルの詰り、冷却管の汚れ等</li> <li>・真空ポンプ：封水温度上昇、封水量不足、グランド漏洩、冷却器温度上昇等</li> </ul>

### 真空度低下チェックフロー

