

本校蒸気タービン実験装置再生プロジェクト (第2報)

ダワァ ガンバット*・池田 篤**・木村 智弘***

Project to Restore a Steam Turbine Workshop at the College (2nd Report)

Ganbat DAVAA*, Atsusi IKEDA**, Tomohiro KIMURA***

Abstract

The steam turbine workshop at our college was built in 1969 for the purpose applying for graduation research works and for practices related with the engine course for the 4th year students of the Marine Technology Department. However the steam turbine was broken in 2002 and since then the workshop was out of service. A project to repair the turbine and to restore the workshop has started in 2008 with the aim to let the students to deepen their knowledge about each part of turbine and to practice their theory based knowledge. The present project has been carried out as graduate research works titled “Restoration Project of Our College Steam Turbine Workshop” and it is the second year of the project. This article describes the details of the current state of the project.

1. 緒言

本校実習工場蒸気タービン実験装置は昭和 44 年に設置され、商船学科の卒業研究及び 4 年生機関コースの実習や実験用として使用されていたが、故障のため平成 14 年より運転できない状態が続いている。現状では本校の学生が実習や実験に使用していたタービン船(北斗丸)が既に廃止されており、また平成 23 年度に航海訓練所のタービン船(大成丸)の廃止が決定している。このため本校の蒸気タービン実験装置を再生することはますます重要になってくる。そこで、平成 20 年度から「本校蒸気タービン実験装置再生プロジェクト」を設定し、学生に蒸気タービンの理論と各部の構造や作用について学ばせ、故障のため全く回転できない状態にある蒸気タービンの修理を行ってきた。

本稿では、卒業研究として昨年度取り組んだ蒸気タービンの修理状況について報告する。

2. 目的

発電所の仕組み、蒸気タービンの各部の構造と作

用について学び、実際に蒸気タービンの修理を行う。蒸気タービンや周りの装置の壊れている可能性がある部分を明らかにし、どのように修理していくかを考え、必要な部品などを揃える。破損箇所の他に錆や汚れがひどい部分は清掃する。

3. 発電所の仕組みと蒸気タービン

3.1 発電所の仕組み

発電所の基本設備を図 1 に示す。① はボイラー、② はタービン、③ は発電機、④ は復水器、⑤ は循環ポンプ、⑥ は復水ポンプ、⑦ は脱機器、⑧ は給水ポンプである。

給水ポンプから送られてきた高圧水を(石炭・石油・ガス等の化石燃料、或いはバイオマス・ゴミ等の廃棄物燃料を利用する)ボイラーで高温・高圧の蒸気に変換させる。次に、この蒸気をタービン内に導きノズルから噴出させ、その際に、蒸気は減圧(膨張)することによって高速流になり(圧力エネルギーを速度エネルギーに変換:ベルヌーイの定理)、さらに蒸気を羽根に衝突させることによって、その衝撃力で羽根車を回転させている(速度エネルギー

*電子機械工学科

**電子機械工学科 5 年生(現:JR 東海株式会社)

***電子機械工学科 5 年生(現:日栄動力株式会社)

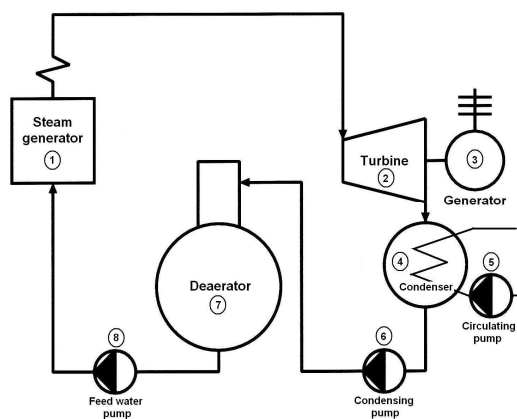


図1 発電所の仕組み

動力エネルギーに変換)。この回転力を利用して発電機により発電を行う。タービンを抜けた蒸気は復水器に行き、そこで冷却・低圧化され、また脱機器器を通して給水ポンプに戻る (図1 参照)。

3.2 蒸気タービン

蒸気タービンとは蒸気を持つ熱エネルギーを、羽根車を回す回転エネルギーに変換する装置で、原動機の一つである。簡単に言えば、水車が水の方で、風車が風の方で回転しているのと同じように、蒸気の方で羽根車を回転させようとするのが蒸気タービンの原理である。

蒸気タービンは、羽根付近での蒸気の挙動によって衝動式タービンと反動式タービンに大別される。

衝動式タービンは、ノズルから噴き出す高速の蒸気が羽根に衝突する際に、衝撃力を与え、羽根が前進するに連れて羽根車を回転させるものである。

根が大型になり段数は少なくなる。

一方、反動式タービンはノズルから噴き出す高速の蒸気が羽根に衝突し衝撃力を与える過程までは同じだが、羽根の中に流入した蒸気が羽根から流出する際に、膨張することによって反動で羽根の前進する力が発生し、羽根車を回転させるものである。主な特徴は、衝動式タービンとは反対に一段あたりの熱落差が小さくなり、羽根は小型になり段数は多くなる。他にも羽根車の段数、抽気、蒸気の流れ方向などによって細かく分類することができる。

本校の蒸気タービンは衝動式タービンである。

4. タービン設備の修理

4.1 循環水ポンプの試運転・修理

昨年度は稼働しなかった循環水ポンプを稼働させようと試みた。電源を入れ、稼働させ続けたが一向に水を循環させることができなかつたため、内部に原因があるのではないかと考え分解し原因を調査した (図2 参照)。ポンプ内部は錆がかなり進行していたが、運転には支障がないと考え (図3 参照)、もう一度組み立てなおして運転方法を工夫することにした。具体的には空回りしないように、はじめだけ弁1 (図4 参照) からホースでポンプ内部を水で満たした。すると水を循環させることができ、正常に駆動した。正常に駆動しなかつた原因は運転方法によるものだった。

循環ポンプの運転中、パイプの数ヶ所から水漏れがあることが確認された (図5 参照)。他にも穴が開いてないか確認する為にパイプを外し、取り外したパイプを金槌で叩いてみると、簡単に穴が開くほど腐敗が進んでいたためパイプを交換した (図6 参照)。



図2 循環水ポンプの分解

主な特徴は、一段あたりの熱落差を大きくでき、羽



図3 ポンプ内部

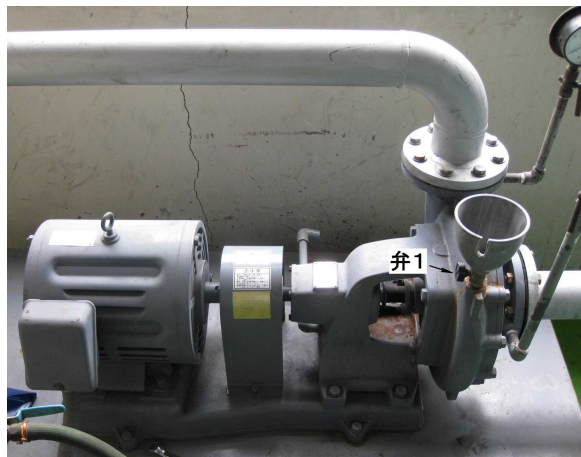


図4 循環水ポンプ



図7 蒸気を取り入れての試運転の様子



図5 水漏れしたパイプ



図8 バルブを取り外している様子



図6 腐敗して穴が開いたパイプ

4.2 蒸気タービンの試運転

次に循環水ポンプが正常に動くことが確認できたので、ボイラーから蒸気を取り入れて蒸気タービンの試運転を行った。パイプからの蒸気漏れは無かったが、本体の繋ぎ目やバルブから蒸気漏れが確認された（図7参照）。

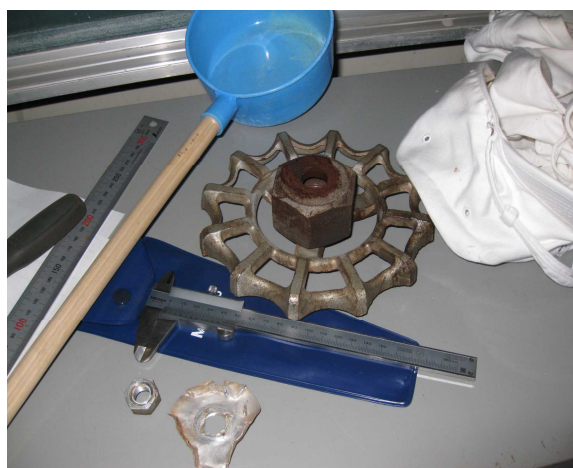


図9 取り外したバルブのハンドル



図10 パッキンを取り除いている様子



図11 硬化したグラウンドパッキン



図12 新たに詰めるパッキン

蒸気をタービンに送るパイプのバルブは試運転時に蒸気の漏れが激しかったため、パッキンの交換を行った(図8, 図9参照)。バルブを取り外した後、中

に入っているパッキンを取り除いた(図10参照)。取り除いたパッキンは熱や経年劣化のためかなり硬化していた(図11参照)。

新たに詰めるパッキンの概要(図12参照)

- 日本ピラー工業株式会社
- バルブ品番 6315 CH
- 名称: ピラーフォイル マーク V 低トルクタイプ
- 構造: 中芯に膨張黒鉛系を使用し、その表面をステンレス線で補強した膨張黒鉛の編系で被覆編組した後、特殊潤滑剤及び微粉末黒鉛で表面処理した膨張黒鉛パッキン
- 性能: 使用温度範囲: $-200\sim 600^{\circ}\text{C}$ (酸化性雰囲気の場合は 450 以下)
- 圧力限界: 25.9 MPa
- 主たる用途: 水, 蒸気, 油, 熱媒油, 溶接, ガス, 酸, アルカリ, 鋳鋼弁, 鍛鋼弁

4.3 オイルとガラス管交換

次に、タービンオイルタンク内のオイルの交換を行った。オイルを抜いていくと最初は黄金色であり汚れていなかったがでてくるにつれて泥や錆に似た粘度の高いものになった(図13, 図14参照)。抜いたオイルの量が4~5リットル程度と予想よりも少なかったため、まだゴミ等が残っていると考え、オイルとエアコンプレッサーを使用してオイルタンク内の清掃を行った。清掃後、新しいオイル(図15参照)に交換すると、約10リットル入ったので、オイルタンク内には、沈殿し、ゴミを含んだオイルが5~6リットル程度入っていたと考えられる。

新たに入れるオイルの概要

- 油種 シェル ターボオイル 68T



図13 最初の方に抽出されたオイルの様子



図 14 最後の方に抽出されたオイルの様子



図 15 使用したオイル

- 密度 0.869 [g/cm³] (15)
- 引火点 (開放式) 236
- 流動点 -10
- 色 淡黄色透明 (L 0.5)
- 動粘度 68 [mm²/s] (40), 8.9 [mm²/s] (100)
- 粘度指数 105

特徴

- 過酷な使用条件下でも長期間安定した熱・酸化安定性を維持できる
- 防錆力が優れている
- 水分離性および抗乳化性が優れている
- 放気性および消泡性が優れている

次に、タービンオイルタンク中に入っているオイルの量を確認する為のガラス管が破損していたため交換を行った (図 16 参照)。破損したガラス管の長さ・直径を測定し、サイズに合うように加工した (図

17 参照)。ガラス管は先端が鋭利なので熱処理により丸くした (図 18 参照)。



図 16 取り出したガラス管



図 17 ガラス管を切断している様子



図 18 先端を丸くしている様子

5. 結果

- 去年は稼働しなかった循環水ポンプを稼働することが出来た。
- 実際に蒸気タービン設備の修理を行い、いい経験になった。
- 今回の研究でタービンの仕組み等の基礎知識や修理技術を身に付けることが出来た。例えば、ナットを見ただけでおおよそのサイズがわかるようになったことや、工具の名前を学んだ。

6. 結言

去年成功しなかった蒸気タービン実験装置の試運転を行うことができた。負荷をかけて蒸気タービンの性能を測定する実験のかわりに、蒸気タービンの発電量を測定して性能を測定する実験を行おうとした。そのためには電動機から発電機に置き換える必要があり、大がかりな作業が予想されたので、これ以上の作業は来年度に持ち越すことを決定した。

謝辞

本プロジェクトは校長裁量経費の助成を受けて行われているものであり、ここに謝意を表します。本プロジェクトのタービン修理において予算、工具、情報を提供してくださいました落合敏邦校長、商船学科の松下邦幸教授、実習工場の職員の皆さまに深く感謝いたします。

参考文献

- 海文堂 (昭和 37 年 10 月)
- [9] 蒸気タービン要論, 角田 哲也, 斉藤 朗 共著 成山堂書店 (平成 17 年 3 月)
- [10] 小林作太郎: 蒸気タービン/ターボ機械協会編, (1990 年 4 月), 日本工業出版
- [11] 新日本造機株式会社
<http://www.snm.co.jp/j/recruit/lecture/turbines.html>
- [12] 株式会社ハセガワ
<http://www.fsinet.or.jp/~hasegawa/typelist.htm>
- [13] 圧力制御弁について
<http://www.ishinotec.com/Lecture/foundation/pressure.html>
- [14] <http://www.showa-shell.co.jp/products/lub/product/TurboOilT.pdf#search='ターボオイル'>
- [15] http://www.showa-shell.co.jp/products/msds/turbo_T32_T46_T56_T68.pdf#search='ターボオイル T68'
- [1] 15 kW 蒸気タービン取扱説明書, (昭和 46 年 3 月) 東京芝浦電気株式会社
- [2] 15 kW×600 rpm 実習用蒸気タービン見積仕様書, (平成 5 年 6 月 28 日) 新日本造機株式会社
- [3] 角田哲也, 斉藤朗: 蒸気タービン要論 (2005 年 2 月), 1, 成山堂書店株式会社
- [4] 兵動務, 石田雄三: タービンの設計 (昭和 49 年 11 月), pp.55, 東京パワー社
- [5] 古川守, 杉田英昭: 船用蒸気タービン (1984 年 7 月), pp.126-127, 成山堂書店株式会社
- [6] 山田廣中: 基本蒸気タービン (1976 年 5 月), pp.2-3, 海文堂
- [7] 船用蒸気タービン設計法, 編纂者 社団法人生産技術協会 (昭和 29 年 7 月)
- [8] 船用蒸気タービン講義, (増補版) 土居政吉著