

温調機器の故障修理報告

永田, 貴大
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/7183609>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 6, pp.26-29, 2024-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

温調機器の故障修理報告

永田 貴大

要 旨

高温プラズマ理工学研究センターでは、球状トカマク装置を用いて核融合発電を目指したプラズマ実験を行っている。実験中において、真空機器や計測装置などを使用しているが、冷却しなければいけないものには温調機器（以下、チラー）を用いている。それらチラーの1台が故障したため、故障した原因を特定して修理し、今後の対策を検討したので報告する。

キーワード

温調機器 故障修理

1. はじめに

高温プラズマ理工学研究センターでは、SMC製の空冷冷凍式 HRS シリーズのチラーを導入している。本シリーズには、冷却能力や定格流量などによって複数の型式が展開されており、「純水用配管」「高揚程ポンプ」などのオプションを追加可能である。本センターでは、そのシリーズの中で「HRS050型」をより多く導入し、使用している。今回、故障したチラーも同型（図1、HRS050-A-20）であった。



【製品仕様】
仕様冷媒：R410A (HFC)
制御方式：PID 制御
冷却能力：5100W
定格流量：28L/min

図1 故障したチラー

2. 使用状況および故障状態

故障したチラーは、計測装置の冷却に用いられており、球状トカマク装置による特定の実験でのみ使用されていた。低頻度の使用であったが、チラー内部タンクの貯水や電源接続など使用可能な状態を維持していた。

チラーは、本体裏側のブレーカーを投入後、操作表示パネル（図2、以下、パネル）にある「RUN/STOP」スイッチ（以下、スイッチ）を押すことで起動する。しかし、故障したチラーにおいては、電源投入が可能（パネルにランプ点灯およびデジタル表示を確認）であるが、起動しない状態であった。



図2 電源投入後のパネル

3. 故障個所の特定

故障状態から、スイッチもしくはポンプの欠陥が考えられた。それぞれの状態を調査するため、チラーの正面向かって右側のサイドカバー（以下、サイドカバー）を取り外し、パネル用回路基板（以下、基板）とポンプを確認した（図3）。サイドカバーの取り外し作業手順を以下に示す。

1. チラー前面にある防塵フィルタ仕様のマグネット式カバーを上下どちらも取り外す
2. チラー上部のアップカバーを固定している左右後ろの計6本のボルトを緩めて抜き、カバーを後方に引き抜くようにして取り外す
3. サイドカバーを固定した計8本（作業手順1. および2. で取り外したカバーの下に各1本ずつボルトあり）のボルトを緩めて抜く
4. サイドカバーに設置された取手を持ち、上部に持ち上げるように取り外す

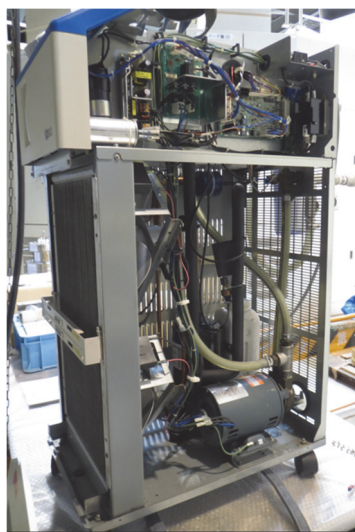


図3 サイドカバーを取り外したチラー

3-1. スイッチの欠陥調査

スイッチの欠陥調査として、基板を取り外さなければならなかった。基板の取り外し作業手順を以下に示す。

1. 基板に挿入された4線（青線3本、茶線1本）用コネクタ（図4、赤丸）を抜き取る
2. 基板用治具を固定した2本（図4、橙丸）のボルトを緩めて抜き、基板用治具を取り外す
3. 基板の四隅にあるボルト（図4、黄丸）を緩めて抜く

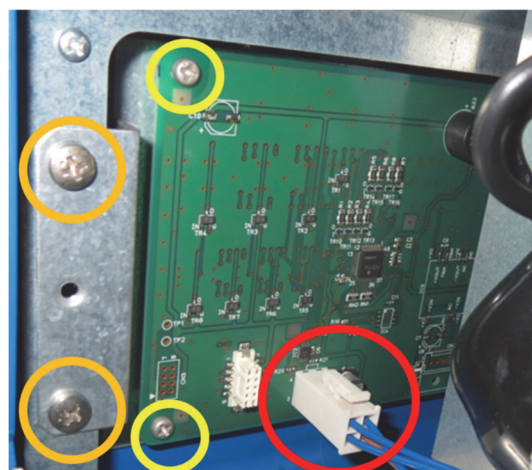


図4 チラー内部から見た基板

チラーのスイッチは、「タクトイルスイッチ」（図5、赤丸）であるため、テスターのテストピンを図5のAおよびBに接触させ、導通確認機能を用いて調査した。調査の結果、スイッチを押した状態で導通、押していない状態で不導通であり、欠陥ではなかった。

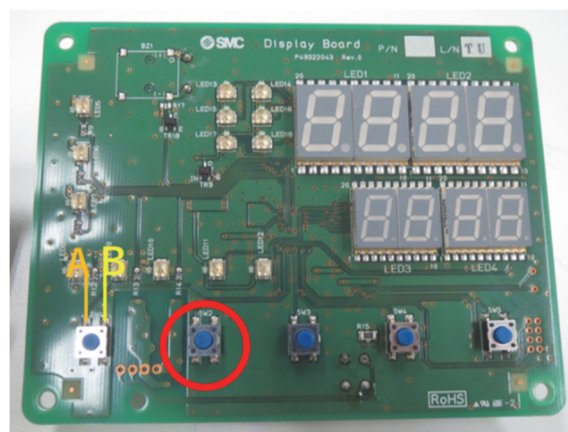


図5 パネル側から見た基板

3-2. ポンプの欠陥調査

ポンプの欠陥調査として、ポンプを取り外さなければならなかった。ポンプを取り外す作業手順を以下に示す。

1. 3本の送水用ホースを取り外す
2. コンデンサ（RUSH-P2）に接続した2線（図6、赤丸）、回路基板に挿入された2線用コネクタ（図6、橙丸）を抜き取る
3. ラベリング「G3」のアース線（図6、黄丸）を固定したボルトを緩めて抜く
4. ポンプを固定した4本のボルトを緩めて抜く

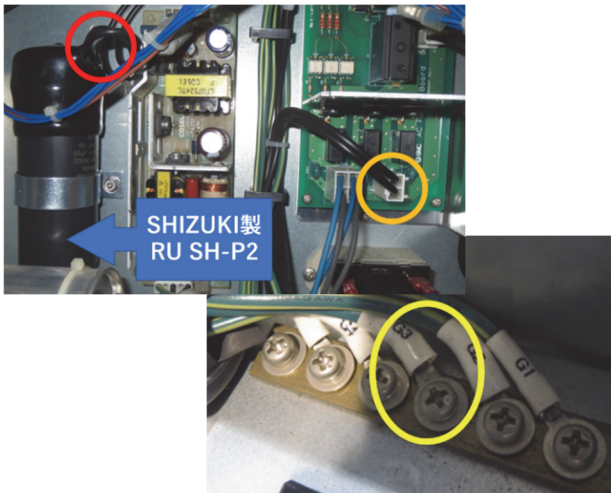


図6 ポンプと接続した配線先

次にポンプ内部の状態を調査するため、SMC株式会社が公開している「メカニカルシール交換手順書^[1]」に従って分解した（図7）。分解後、ポンプ内のモータシャフト（図8、以下、シャフト）が固着していることが判明した。シャフトに固定されたインペラが回転することで送水するため、シャフトの固着によって故障したと考えられた。

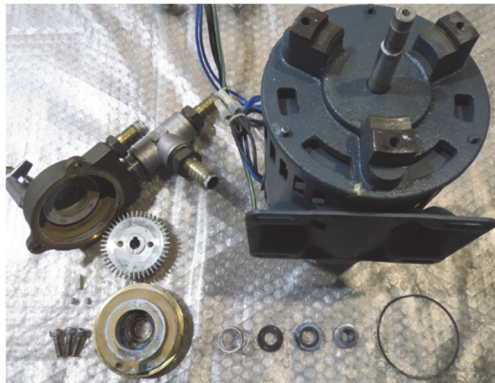


図7 分解後のポンプ

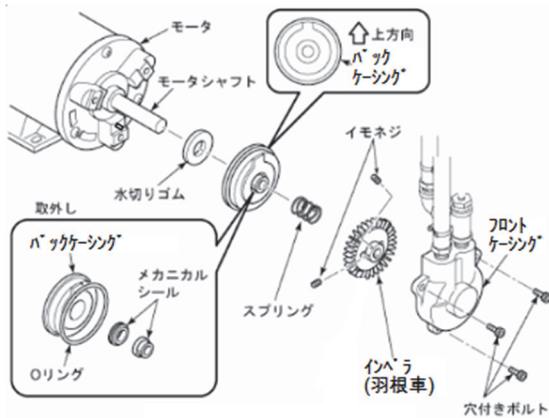


図8 ポンプの内部構造

4. シャフト固着の原因調査

シャフトは、モータ部とインペラ部を直結しているため、循環水がモータ内部に入水する可能性がある。それを防いでいるのがメカニカルシールおよび水切りゴムであるが、ポンプ分解時にそれらが劣化して亀裂が入っていることが判明した。それにより、貯水状態であったタンク内の循環水が徐々に入水し、モータ内部に錆が発生したと考えられた。また、使用のない状況が長期間続いたことで、より錆が広範囲に発生し、モータの初動時において過負荷状態に陥ってしまう程、シャフトが固着したと考察した。

5. 修理と今後の対策

モータには、マイナスインプラを用いてシャフトを手動的に回転させる機構が背面に備わっている（図9左）。若干の固着であれば、手動回転させることで改善することができるが、予備のチラーを所有していたため、修理することにした。修理方法としては、錆を完全に除去するのは難しく、入水しなくても残った錆が徐々に広まっていく可能性があるため、ポンプのスペアパーツ（図9右、HRS-S0089）と交換した。交換後、起動を確認して修理完了となった。

SMC製のチラーには、使用積算時間機能があり、推奨されるポンプメンテナンス時間の8,000時間毎にアラームが発生する。そのアラームを基準にメンテナンスパーツ（HRG-S0211）を用いてメカニカルシール（構造上、3cc/hrの漏れ量あり）や水切りゴムなどを交換しなければならない。また、長期間使用しない場合、ドレイン口から機器内の循環水を排水しなければならない。



図9 手動回転構造およびポンプのスペアパーツ

6. おわりに

本センターでの実験期間中（通常 2~3 ヶ月）において、毎日 24 時間稼働しているチラーが複数台あり、それらは 1 年半経過する前にポンプメンテナンスしなければならない。しかし、今回のように長期間使用しないチラーも存在する。そのため、各チラーにおける使用状況に合わせた機器の管理を徹底していくことで故障の頻度を低減することができると考えられる。

参考文献

[1] HRX-MM-U020 「メカニカルシール交換手順書」

謝辞

チラーを修繕する上で、予算のサポートをして頂いた出射浩センター長にお礼申し上げます。