

寒剤システムの経年劣化や陳腐化によるトラブルとその対応と対策

○西崎 修司、多田 康平
京都大学 大学院工学研究科 技術部

1. はじめに

京都大学桂キャンパスは 2003 年に開学し、大学院工学研究科の吉田キャンパスからの順次移転に伴って、2003 年には A クラスターに液体窒素供給設備、2006 年には B クラスターに液体窒素供給設備およびヘリウム液化設備、2013 年には C クラスターに液体窒素供給設備をそれぞれ設置して、寒剤供給体制を充実させてきた。これらを設置してすでに 10-20 年が経過し、これらの設備の稼働や管理を担うシステムの経年劣化や陳腐化が深刻化している。特に、ヘリウム液化設備や液体窒素供給設備で生じたトラブルは、制御用パソコン (PC) のオペレーティングシステム (OS) のサポート終了と相まって、現システムでは修理不能、高額なシステム更新が必要とされ、これらの設備の維持管理に多大な影響を及ぼしている。これまでに生じたトラブルとそれらに対して実施してきた対応、および、今後の対策について発表する。

2. 計画停電後のヘリウム液化設備のトラブル^[1]

2018 年 12 月 23 日 (日) に京都大学桂キャンパスにて実施された、自家用電気工作物定期点検に伴う計画停電の際、復電作業時のミスにより、ヘリウム液化設備制御用 PC に高電圧負荷がかかり、制御用 PC が破損して起動できなくなった。そこで、制御用 PC からではなく、ヘリウム液化機 (リンデ、L140) のプログラマブルロジックコントローラ (PLC) の制御盤面 (シーメンス、OP270) の直接操作によってヘリウム液化機を制御する方法で対処しようとしたが、PLC と冷却塔制御盤との連携を十分に確認していなかったため、冷却水温異常によって冷却水の流量センサーが破損するなど被害が拡大した。このトラブルの数年前よりヘリウム液化機の膨張タービンの温度センサーも正常に機能しない状態であったため、制御用 PC の修理までの 3 ヶ月間、膨張タービン異常時に緊急自動停止できない状態で、液化運転をせざるを得なくなった。膨張タービン外装を手で触って異常な高温になっていないことを逐次確認するなどしてヘリウム液化機の経過観察をこまめに行いながら、液化運転を行った。

ヘリウム液化機制御用 PC の OS は Windows XP であり、この当時すでにサポートが終了していたため、システム納入業者では制御用 PC を用意できないということであった。そのために我々の側で Windows XP 搭載の中古 PC 2 台とそれらに対応する Microsoft Office を調達しなければならなかったことは、やや煩雑な作業だった。2019 年 3 月までに制御用 PC、冷却水の流量センサー、および膨張タービンの温度センサーをすべて復旧し、トラブルを解消した。

3. 液化用ヘリウム圧縮機およびヘリウム液化監視プログラムのトラブル

2020 年 1 月 14 日 (火) に、液化用ヘリウム圧縮機 (ケーザー、DSD201) の制御コントローラ (シグマコントロール) に「critical error」というエラーメッセージが表示され、液化用圧縮機が突然停止、操作不能状態に陥った。設備納入業者から助言を受け、暫定的な措置として停電復旧作業を行うことにより一時的に復旧させることができ、次のエラーメッセージ発出までの間は液化運転ができたので、約 1 ヶ月の間、短時間での液化運転を繰り返して対処した。2 月 13 日 (木) に設備納入業者とメーカーの調査の結果、制御コントローラの異常が原因であったことが判明し、同日のうちに制御コントローラの交換によって復旧した。

同じころの 2020 年 1 月 1 日 (水) の 9 時以降、ヘリウム液化機制御用 PC 上で、ヘリウム液化設備のトレンドデータをグラフ表示することが出来なくなった。システム納入業者に確認したところ、ヘリウム液化監視プログラムのタイムスタンプデータ範囲最大値の初期値が 2020 年 1 月 1 日 9:00 となっていたため、監視プログラムがデータエラーと判定したことが原因だった。この監視プログラムの制作者は、2020 年までこのシステムを利用することを想定していなかったようにも思われる。2020 年 2 月に設備納入業者からパッチファイルの無償での作成および提供を受けたことで、このトラブルは解消した。

4. 液体窒素供給設備のトラブル

上述のとおり桂キャンパスの A、B、C クラスターにそれぞれ液体窒素供給装置が導入されているが、制御用 PC の OS はいずれも Windows XP である。スタンドアロンで液体窒素および窒素ガスの供給をしている A クラスターおよび C クラスターの制御用 PC に搭載されているプログラムと、ヘリウム液化設備と接続されている B クラスターのそれとは、外見上は同じだが、設備納入業者内の別部門で異なる時期に別個に製作されたもののため、互換性がなく、PC 破損時にも互いにバックアップとすることができない。

化学系、生物系、電気系の専攻が入居し窒素使用量が桂キャンパスで最大の A クラスターにおいては、液体窒素供給装置の制御用 PC は幸いにも今まで破損したことはなく、稼働しつづけている。

B クラスターの制御用 PC は、2020 年 8 月に破損した際に、我々か納入業者の少なくともどちらかが保管しているバックアップを使用して復旧できれば良かったのだが、両者ともバックアップを保管しておらず、再度システム開発しなくては復旧が不可能となった。B クラスターの制御プログラムは、パラレルポートに挿すドングルによってのライセンス認証を要求するため、OS の陳腐化やバックアップが無い問題と相まって、復旧を一層困難にしている。現在は PC 上の操作ではなく、制御盤内のスイッチを手動操作することで対応している。

2022 年 10 月には C クラスターの制御用 PC も破損した。設備納入業者からは、屋外環境（気温や直射日光など）が設備にとって良くないという指摘も受けている。復旧に関しては、設備納入業者からは動作保証はできないものの復旧を試みることは可能との回答を得ているが、利用者が少ないため復旧の優先順位が低く、現在のところ B クラスターと同様に手動操作で対応している。

5. 今後の対策

近年、桂キャンパスの寒剤供給設備では、経年劣化や陳腐化により、様々なトラブルが発生している。とりわけ OS や制御用プログラムの陳腐化の問題は、物理的なトラブルと重なると設備に重大な影響を及ぼしかねないうえに、自分で改造したり新たに開発したりすることが困難な場合も多い。そこで、この問題に対しては、以下に述べる対策を講じることが必要と考えられる。外部と接続しない前提で、すでにサポートが終了している OS を搭載した制御用 PC によって現有設備を今後も維持管理していくためには、平時からバックアップ PC を用意しておく。今後、設備を更新、導入する場合には、制御用プログラムが特定の OS に依存しないこと（OS が更新されても従前のプログラムで引き続き対応可能であること）を仕様として要求できるのであれば要求する。特定の OS に依存することが避けられないのであれば、できるだけ最新の OS を選択し、平時からバックアップ PC を用意しておく。制御用プログラムについては、我々（調達側）だけでなく納入業者（供給側）でも相当の年数にわたってバックアップを保管することを仕様により義務付け、少なくともどちらかのバックアップによって復旧できる体制を確保しておく。また、制御用 PC の OS が陳腐化し外部と接続できなくなることも想定して、制御プログラムの制御用 PC へのインストールおよびセットアップは、完全にオフラインの状態でも可能なものとする。ライセンス認証に関しては、ユーザ数限定ライセンスでなく時限ライセンスでもないものとする。桂キャンパス付近では、冬の時季には 10 cm を超える積雪も珍しくなく、寒波が到来するときなどは -10℃ 近くまで気温が下がる。その一方で夏の時季には 40℃ 近くまで気温が上昇する。屋外に設備を設置する場合には、このような屋外環境も考慮しなければならない。これらの対策を講じながら、長期的な設備の維持を目指したい。

参考文献

- [1] 西崎 修司、多田 康平、技術研究会 2020 千葉大学報告集（KEK Proceedings 2019-13）121-125 (2020).