

EPICS-BASED SURVEILLANCE OF COOLING WATER FOR J-PARC MR-RF USING PLC/LINUX

Kenichi C. Sato^{*A)}, Susumu Yoshida^{B)}, Masahito Yoshii^{A)}, Norihiko Kamikubota^{A)}, Noboru Yamamoto^{A)}

^{A)} J-PARC Center, KEK and JAEA

2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Ibaraki, Japan, 319-1195

^{B)} Kanto Information Service (KIS)

8-21 Bunkyo, Tsuchiura, Ibaraki, Japan, 300-0045

Abstract

In J-PARC MR, Magnet and RF used common cooling water. However, the copper ion (Magnet origin) in cooling water had a bad influence on RF apparatus. In order to make the cooling-water lines of both groups independent, a new cooling-water line was prepared for RF. Then, supervising system for the line was developed using PLC/Linux, which is used in MR control system (EPICS). Using PLC/Linux has the merit of building systems quickly and reducing the cost.

PLC/Linuxを用いたJ-PARC MR-RF冷却系のEPICS監視システム

1. はじめに

J-PARC(Japan Proton Accelerator Research Complex)とは日本原子力研究開発機構(JAEA)と高エネルギー加速器研究機構(KEK)が共同で計画及び運営を行っている加速器研究施設である。リニアック、RCS(Rapid Cycling Synchrotron)、MR(Main Ring)の3つの加速器で構成されている。MRは2008年にビーム運転を開始した^[1]。

2011年夏季に、MR冷却水システムの拡充が行われた。もとの冷却水システムでは、電磁石グループと高周波(RF, Radio Frequency)グループで共通の冷却水系を使用していた。しかし、冷却水に蓄積される電磁石からの銅イオンがRF機器に悪影響を及ぼすと懸念された。2つのグループの冷却水系を独立させるため、RF用に新設の冷却水系を用意した。

J-PARCでは、加速器制御機器にEPICS(Experimental Physics and Industrial Control System)と呼ばれるツールキットを用いている^{[2][3]}。一方MR冷却水システムは、MR建設期に整備した業者独自の監視システムを利用している。ただし、そのデータを加速器でも利用できるように、EPICS系とのGateway装置を建設期に開発した。これにより、冷却水システム(非EPICS)のデータを、MR制御システム(EPICS)から読むことができる。

今回取り組んだことは、既存の冷却水監視システムの拡張ではなく、新設したRF用の冷却水系の監視システムをEPICSベースで新設したことである。もとのシステムは拡張することを考えて設計されていないため、拡張には高いコストが必要と予想された。EPI¹CSベースでシステム構築することで、短期間の開発および低コストを狙った。

2. システム概要

2.1 信号の種類

今回のRF冷却水監視システムに必要な信号線の本数は11本であった。各信号の名前を表1に示す。大きく分けて、循環ポンプ、脱酸素装置、循環ラインという3種類の監視対象装置がある。表1の表示名は、監視画面上での名称であり、少ない文字数で意味を伝えるために定義した名前である。(F)はForward、(R)はReverseの意味である。

表1 RF冷却水システムの種類

	信号名	表示名
1	循環ポンプ 自動運転中	RUN
2	循環ポンプ 一括警報	FALUT
3	脱酸素装置 溶存酸素量 (往)	DO(F)
4	脱酸素装置 水温 (往)	TEMP DO(F)
5	脱酸素装置 溶存酸素量 (復)	DO(R)
6	脱酸素装置 水温 (復)	TEMP DO(R)
7	循環ライン 導電率 (往)	1/OHM(F)
8	循環ライン 圧力 (往)	PRES(F)
9	循環ライン 流量	FLOW
10	循環ライン 温度 (往)	TEMP(F)
11	循環ライン 温度 (復)	TEMP(R)

※ DO = Dissolved Oxygen (溶存酸素)

2.2 PLC-moduleについて

冷却水監視システムを構成するハードウェアとして、MR制御グループで標準的に使用しているYOKOGAWA社PLCを用いた^{[4][5]}。選定したmodule及びベース・電源の型番を表2に示す。今回使用したベースにはmoduleを最大6台接続できるため、今後

* E-mail: kenichi.sato@j-parc.jp

の拡張性が残されている。各 module は、slot2 の Digital Input には 24V 接点が、slot3・4 の Analog Input は 4-20mA の電流入力が必要だった。「F3AD08-4V」 module は、入力信号レンジの切換とスケールリングを正しく行う必要がある。

表 2 冷却水監視システムに使う PLC module 表

slot	module 型番	用途
1	F3RP61-2F	CPU/Linux
2	F3XC08-6F	Digital Input
3	F3AD08-4V	Analog Input
4	F3AD08-4V	Analog Input
-	F3BU06-0N	ベース
-	F3PU10-0S	電源

2.3 現場組み込み

RF 冷却水監視システムは J-PARC MR の第 2 機械棟 (MR トンネル内の RF 機器に一番近い) にセッティングする。ただし、機械棟は放射線管理区域で、制御ネットワークは用意されていなかった。

第 2 機械棟における制御盤などの位置関係を図 1 に示す。ネットワーク集約箱にはインフラとしてシングルモード光ケーブルが敷設されていたため、そこから冷却水制御盤まで延伸した。インフラの反対側、第 3 電源棟の先は、MR 制御ネットワークに接続する。これにより冷却水監視システムを制御ネットワークに接続できた。

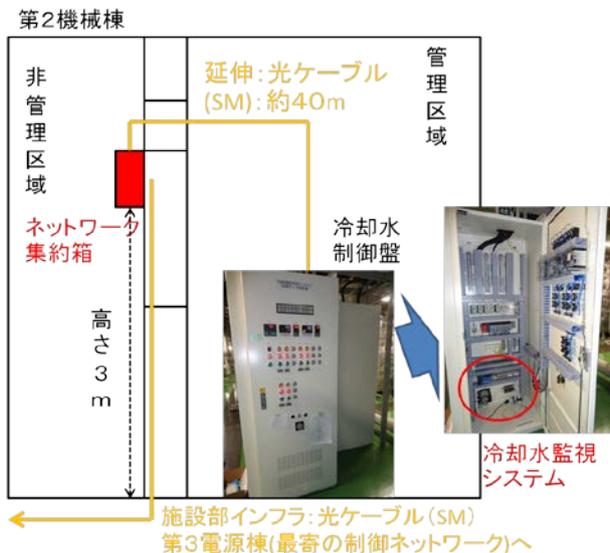


図 1 現場とネットワークの位置関係

2.4 冷却水監視システム概観

完成した冷却水監視システムを図 2 に示す。これは図 1 の制御盤内の拡大図でもある。図 2 の左上部に PLC を置き、右の端子台から必要な信号を PLC の各入力 module に接続する。ネットワークは制御盤まで延伸したシングルモード光ケーブルをメディアコ

ンバータ (MC201FSSC15 : FXC) によって電気に変換する。メディアコンバータを図下部に据え付けて LAN ケーブルを最短にする。

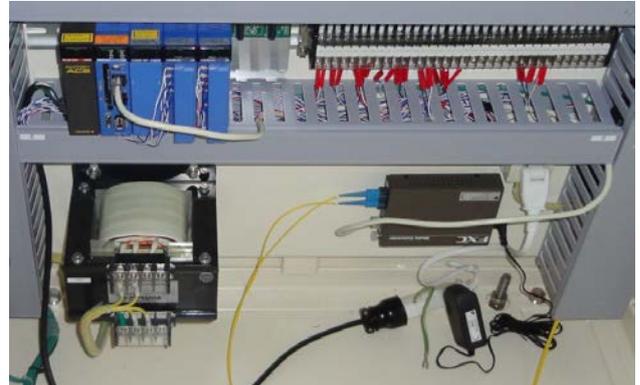


図 2 冷却水監視システム設置

3. システム開発

3.1 PLC-Based EPICS database の構築

冷却水監視システムを構成する信号を EPICS database で記述した。図 3 に示した行数で 1 信号分であるが、適用の際にマクロを使用して 9 信号を定義して動作させている。

```

### 1: get raw value #####
record(ai, "MRRF-WTR_M2-VAL-${names}_mA")
{
  field(DTYP, "F3RP61")
  field(INP, "@U${(U)}S${(S)}A${(C)}")
  field(LINR, "LINEAR")
  field(ASLO, "0.002") # Digital to Analog(mA)
  field(HOPR, "20.0") # MAX current of INPUT
  field(LOPR, "4.0") # MIN current of INPUT
  field(SCAN, "${scan}")
  field(FLNK, "MRRF-WTR_M2-CALC-${names}")
}

### 2: calculate each channel #####
record(calc, "MRRF-WTR_M2-CALC-${names}")
{
  field(CALC, "${calc}") # st.cmd
  field(INPA, "MRRF-WTR_M2-VAL-${names}_mA")
  field(FLNK, "MRRF-WTR_M2-VAL-${names}")
}

### 3: display calculate value by ai record #####
record(ai, "MRRF-WTR_M2-VAL-${names}")
{
  field(INP, "MRRF-WTR_M2-CALC-${names}")
  field(EGU, "${EGU}")
  field(SMOO, "0.95")
  field(MDEL, "${MDEL}")
}

```

図 3 EPICS Database ファイルの一部

3.2 MEDM 画面

冷却水のステータスを監視するための画面を MEDM (Motif Editor and Display Manager, EPICS 標準の画面エディター) を用いて作成した (図 4)。

画面の①は、循環ポンプのステータスを表している。「循環ポンプ自動運転中」を表す値が 0 の場合「RUN」、値が 1 の場合「STOP」が表示される。ただし、「循環ポンプ一括警報」を表す値が 1 の場合は優先して「FAULT」が表示される。

画面の②は、脱酸素装置に関する 4 つの値 (表 1 の 3 ~ 6) が表示されている。

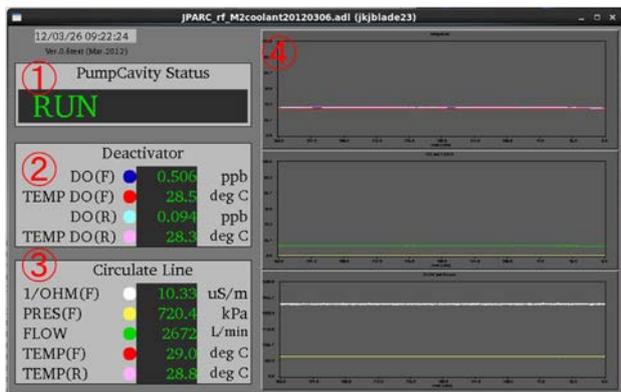


図4 MEDMによる監視画面

画面の③は、循環ラインに関する5つの値(表1の7～11)が表示されている。

画面の④のグラフは、MEDMの機能「Stripchart」を用いて描画している。グラフの線の色は②③の信号名の後についている丸の色が対応している。スケールを考慮して上段を温度4種、中段を酸素溶存度と導電率、下段を流量と圧力のグラフと定める。約3時間分のトレンドを表示している。

3.3 Archiveシステム

Archiveシステムとは、各種信号値を継続して保存する仕組みで、MRではEPICSの標準ツール「Channel Archiver」を採用している。データサーバ経由で過去履歴を参照することが出来る^[6]。

MR-RF冷却水の監視信号は2012年4月4日をもってArchiveに登録された。履歴表示の例として、2012年6月20日の冷却水流量(表1の9)の値のグラフを図5に示す。

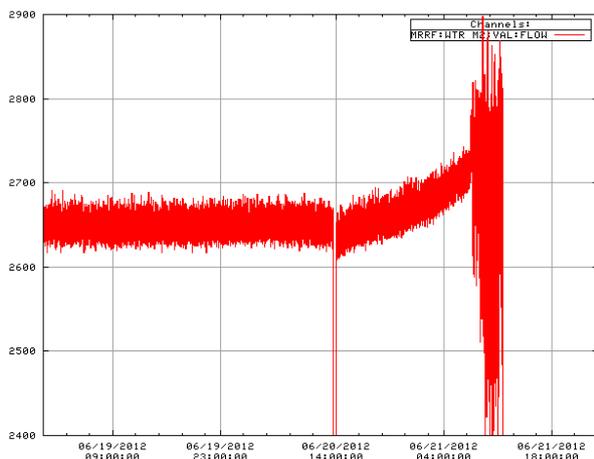


図5 2012年6月20日前後 冷却水流量

4. 運用経験

2012年4月ごろから、冷却水監視システムは実用に入った。既存の冷却水監視システムの隣にも、本システム監視画面を開けるPCを持ち込んでいる。

2012年6月21日、RF8号機で水漏れがあった。

Archiveシステムにより、メンテナンス日であった20日に問題が生じていたことがわかる(図5)。

5. 結論

既存の冷却水システムの拡張ではなく、MR加速器制御グループの標準的な監視システムを新設することで、迅速なシステム構築、必要な情報を網羅し、現行のシステムの拡張に比べてコストを抑えることができたと考えられる。

冷却水の水漏れが発生した際に、監視している信号値に異常が見受けられることから、今回の記録から水漏れに対しアラームを発生させることもできるかもしれない。

参考文献

- [1] 佐藤洋一 他、”J-PARC Main Ring における大強度運転”、this meeting
- [2] N.Kamikubota, “J-PARC Control toward Future Reliable Operation”, ICALEPCS2011(Grenoble, France, October 2011), p.378-381
- [3] <http://www.aps.anl.gov/epics/>
- [4] <http://www.yokogawa.co.jp/rtos/rtos-index-ja.htm>
- [5] 小田切淳一、“F3RP61-2L をターゲットとした組込みEPICSの開発”、第5回加速器学会、東広島、2009年8月、p.240-242
- [6] N.Kamikubota, “Data archive system for J-PARC main ring”, IPAC10(Kyoto, Japan, May 2010), p.2680-2682