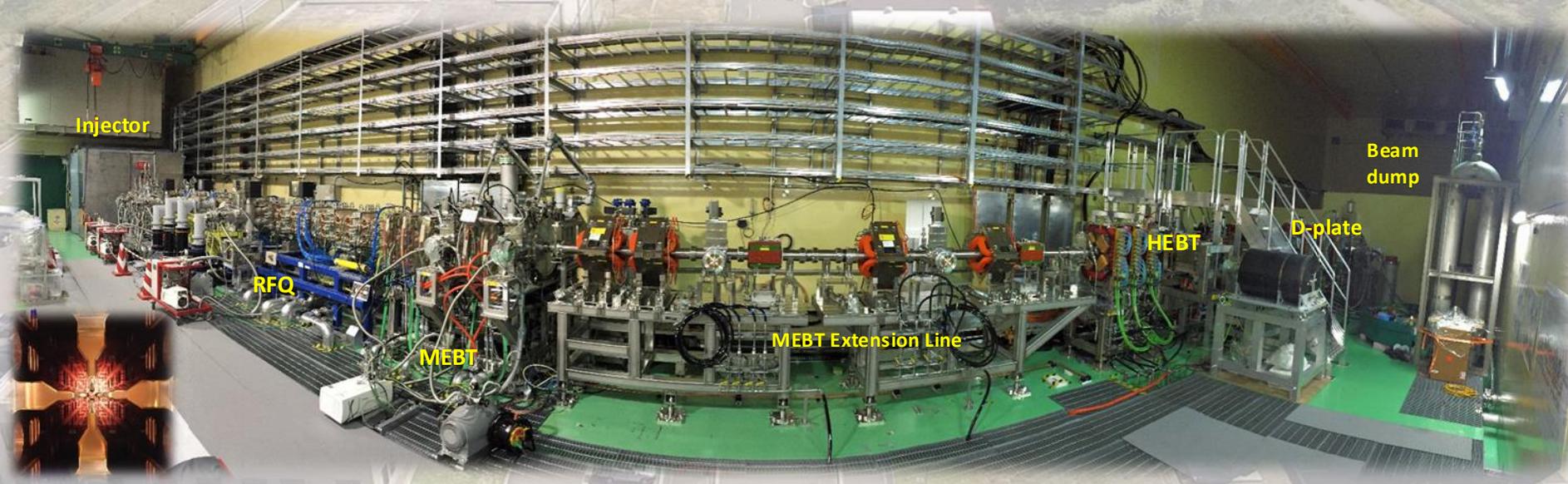


LIPAcにおけるBACnetベースの 二次冷却水監視システムのEPICS統合

金子尚実 小嶋聖樹 近藤恵太郎 中山尚英 坂本響 杉本昌義 宇佐美潤紀 (QST)
Yann Carin (IFMIF/EVEDA Project Team) IFMIF/EVEDA Integrated Project Team



Linear IFMIF Prototype Accelerator (LIPAc)

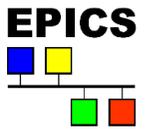
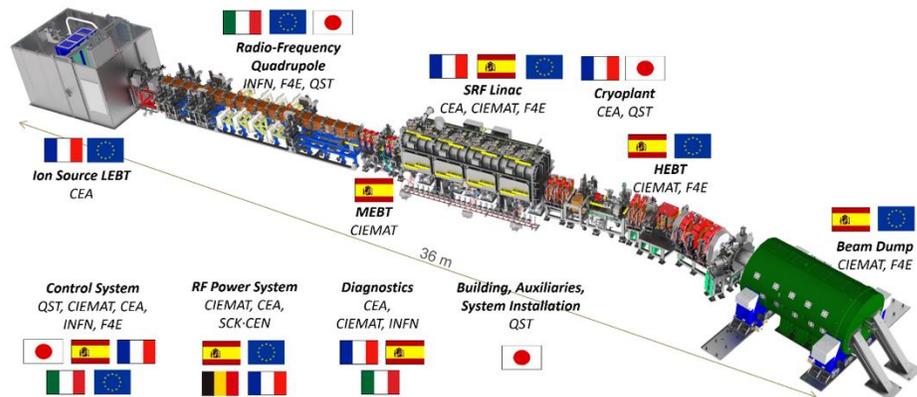
Rokkasho Institute for Fusion Energy (BA Site)

IFMIF (International Fusion Materials Irradiation Facility)

- 核融合炉材料開発のための重陽子加速器と液体リチウムによる強力中性子源施設

LIPAc (Linear IFMIF Prototype Accelerator)

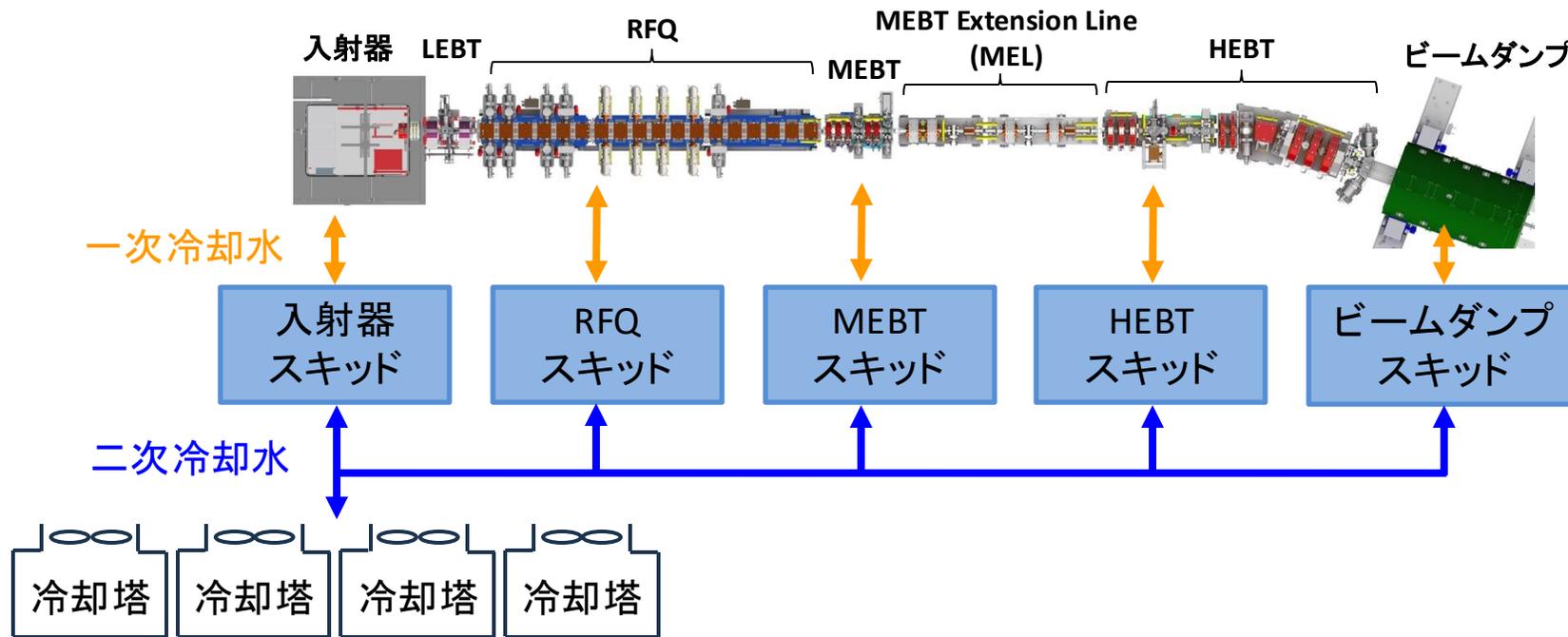
- IFMIF原型加速器の低エネルギー領域の実証試験用加速器
- 目標: 125 mA、9 MeVで重陽子ビームの連続運転(CW)
- 日欧の共同事業として開発中
- サブシステムを欧州で設計・製作→青森県六ヶ所村で組立・試験



LIPAcの監視制御・データ収集系

基本的にEPICSで構築しているが、一部例外あり。
そのひとつが二次冷却水設備。

EPICS: 加速器、大規模物理実験装置の制御システム構築用SWツール



- 加速器に近い側から一次冷却系、二次冷却系
- 二次冷却水設備の調達・保守担当は日本
- 研究所全体の放射線管理・換気システムの一部として、建屋と共に設計
 加速器の仕様決定前に設計されたため、EPICSでの制御が想定されず
 →サードパーティー製商用SWで温度、流量等を監視・制御(EPICSと互換性なし)

既設システムの問題点

1. 一次冷却水と二次冷却水のトレンドを同じ時系列上で見られない
→ 相関の比較・影響分析が困難
2. 制御室の一角にある専用端末1台からしか監視・制御できない
所外や他の建屋からの遠隔監視不可
→ 非効率的＋安全管理上のリスク
3. データのアーカイブが残らない
→ トラブル事後原因究明の妨げ



専用監視端末@制御室

LIPAcは大電流・大電力加速器なので、冷却水による除熱は不可欠
冷却水の温度変化は機器の特性に影響を与える可能性があり、システムの挙動理解は重要
加速器の実験段階が進み、デューティが上がればさらに必要性は増す

本開発の目標

- 二次冷却水設備のデータをEPICSから見られるようにする
- 目的は監視のみ、制御は不要

既存システムの改修を開発元メーカーに打診。

Q. 測定値をCSVファイルとして定期的に出力することはできないか？

A. 対応不可。理由：機能追加により動作が不安定になる可能性があるため。

機種も販売終了品でメーカーが保守に消極的



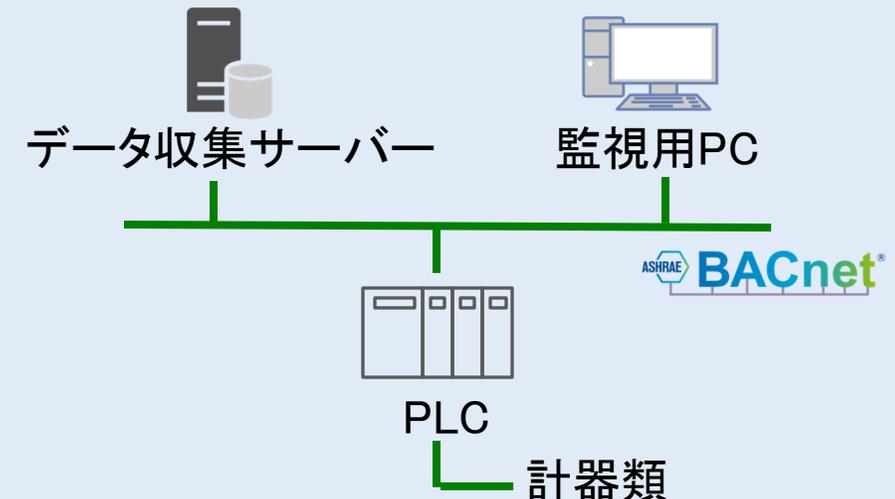
自前での開発のため調査を実行。既存システムのネットワークをWiresharkにより解析。

※Wireshark: ネットワーク上のパケットを可視化する解析ツール



調査結果

- 二次冷却水設備は、加速器ネットワークとは独立したクローズドなネットワークで運用
- 各計器類から取得したデータはPLC経由で周期的にデータ収集サーバーに集められる
- サーバーとクライアントとの間での測定値の要求・応答にはBACnetという通信規格が使われている



- Building Automation and Control Networking Protocolの略
- ビルのインフラ管理(例:空調、照明、電力消費、火災検知の管理など)に利用される産業用通信プロトコル
- EPICSレコードと類似した階層構造を持ち、各入出力点は
 - オブジェクト型…AI, AO, BI, BO, etc.
 - オブジェクトID…固有のデータ識別番号
 - 名称…例:「冷却塔出口温度」
 - 現在値…例:16.2
 - 単位…例:degC

などを持つ

```

Building Automation and Control Network APDU
  0011 .... = APDU Type: Complex-ACK (3)
  > .... 0000 = PDU Flags: 0x0
  Invoke ID: 3
  Service Choice: readPropertyMultiple (14)
  > ObjectIdentifier: analog-input, 142
  > listOfResults
    > {[1]
      > Property Identifier: present-value (85)
      > {[4]
        > Present Value (real): 16.2000007629395
    
```

← プロトコル名
← オブジェクト型
← オブジェクトID
← 現在値

Wiresharkで解析したパケットの例

プランA

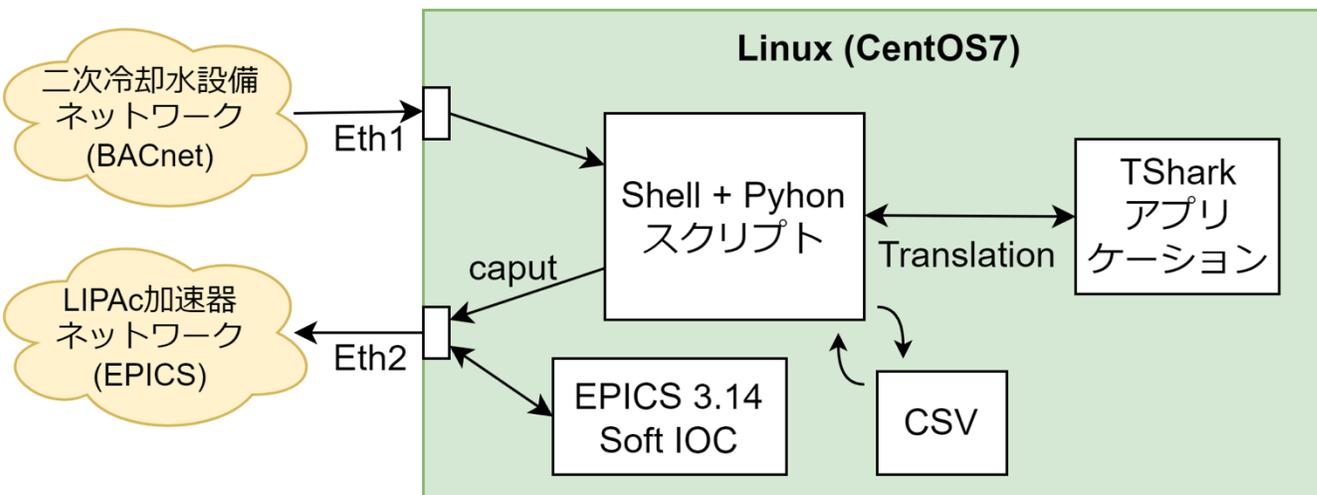
BACnet通信用EPICSドライバーを利用し、着目している入出力点のデータをサーバーに問い合わせる。受け取ったデータをEPICSに渡す。

サーバーにデータ要求コマンドを送るというシステム改修の許可交渉が難航
理由: 二次冷却水設備の所掌が加速器グループとは別
改修により開発元メーカーの保守対象外になるリスクを懸念

プランB

ネットワーク上で周期的に流れてくる計測データをWireshark※により捕捉。
そこから着目している入出力点のデータのみ抽出し、EPICSに渡す。

※正確にはTShark: WiresharkのCLI版。tcpdumpより細かな条件指定が可。



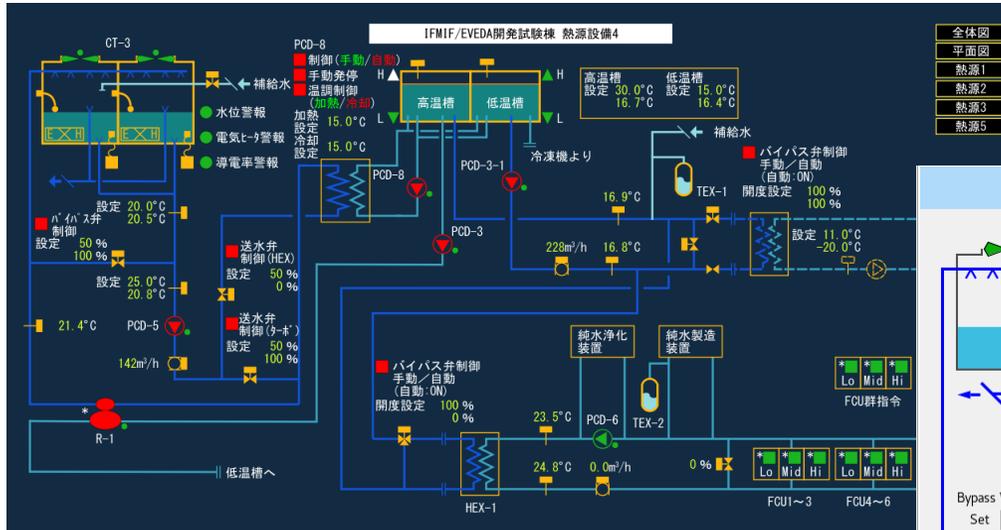
SWアーキテクチャー

1. 二次冷却水設備ネットワーク上のパケットを一定時間捕捉
2. 捕捉したパケットをCSVファイルに一旦保存
3. 保存したファイルから、知りたい入出力点のデータのみ抽出
4. 抽出したデータをcaputでEPICS CAネットワークに流す

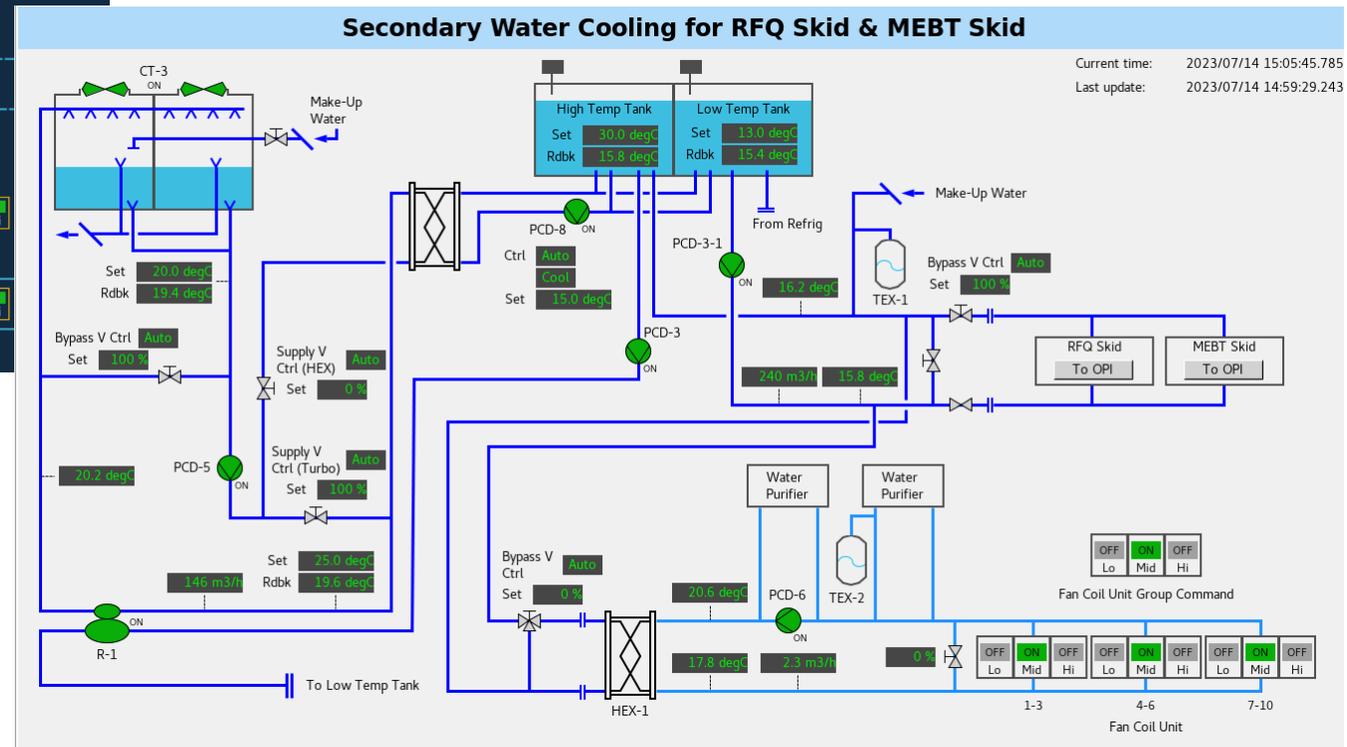
上記処理をループで実行

GUIはCS-Studioにより作成

既存画面を踏襲しつつ、色・アイコン・表示言語等をLIPAc基準に合わせる形でデザイン変更



既存の監視画面



CS-Studio (Eclipse版)による監視画面

CS|studio

- 開発元メーカーの協力が得られず、システムの設計情報が不透明
ネットワーク構成、ソフトウェア仕様、図面の情報が断片的または現状と一致していない
→リバースエンジニアリングしながら解明
- システムの管轄が加速器グループではないため、調査協力・承諾を得るのに難航
ネットワーク構成等を簡単に変更できない
→改修が既設システムに悪影響を与える恐れが無い点を理解してもらい、許可を得た

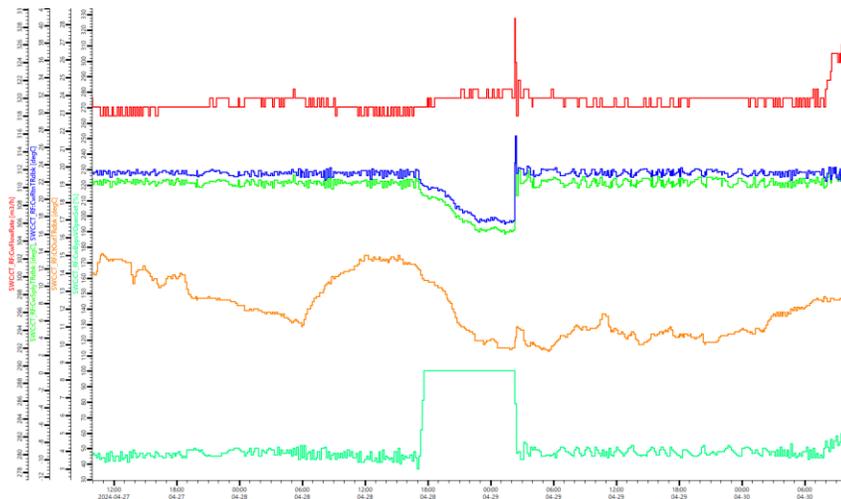
取得するデータはread-onlyであり

- ネットワークのトラフィックに過負荷をかける
- 機器を勝手に操作する
- セキュリティ上のリスク

などが技術的に起こりえないことを説明



二次冷却水設備のデータ収集をEPICSで行えるようになった。
 所外・異なる建屋からも遠隔監視が可能になった。
 利便性・柔軟性が向上し、迅速で正確な事象解析・トラブルシューティングが可能に。



EPICS統合後、流量制御がバグにより誤動作した際も原因究明に役立った



EPICSで閲覧可能になったトレンドグラフの例



この実装方法では、流れてくるデータを受動的に待ち構えているだけであり、任意のタイミングで能動的に問い合わせできない。
 既存システムの仕様に起因し、現在のデータ取得周期は10分間隔。
 それ以上短い間隔での取得ができない。