

排水データの集中化と自動処理

佐々木敏幸*、増田俊雄**
名古屋大学工学部・工学研究科技術部

1. はじめに

平成 11 年 4 月 1 日から名古屋大学東山キャンパスの特定排水（実験排水）は名古屋市公共下水道への放流方式となり、大学内の 58 ヶ所の特定施設（実験系建物）からの実験排水は、構内 43 ヶ所に新たに設置された水質モニタ槽を経て名古屋市公共下水道に放流されている。現在、公共下水道と連結する全ての貯水槽（モニタ槽）において年 1 回水質監視全項目の計測を専門の指定業者に依頼し、その結果を名古屋市に報告している。

法定水質監視項目の内、pH については自動測定システムが設置され、その測定 pH データ値はそれぞれの実験系建物においてそれぞれ常時表示されている。このシステムでは中央の廃棄物処理施設では異常値を示した場合に限り各施設から警報信号が送られてくるのみで、実際の pH 値は把握できない。即ち、pH 値自体を集中監視・記録する機能はないので、pH データの取得は各モニタ槽毎に担当者が毎日午後 2 時に各施設に設置されているメータ（pH 値）を読みに行き、水質監視記録をつけている。

平成 13 年 3 月に平成 12 年度の教室安全委員長会議（議長 正嶋宏祐教授）より、省力化の観点から排水データ（pH 値）を集中化し、自動的に記録するシステムの製作依頼が技術部宛にあり、技術部ではこれを受け、表記 2 名がこれに従事する事になった。早速、システムの検討に入り、4 種類のシステムについて提案を行い、当該会議によりその中の一つが協議決定され、その他の関係委員会の承認を経て、平成 13 年 4 月、技術部に対して正式に製作依頼があった。システムは 7 月 20 日に完成し、8 月、9 月の試験期間を過ぎ、途中、誘導雷による基板の損傷破壊などもありましたが、現在、正常に作動しているので報告する。

2. 従来のシステム

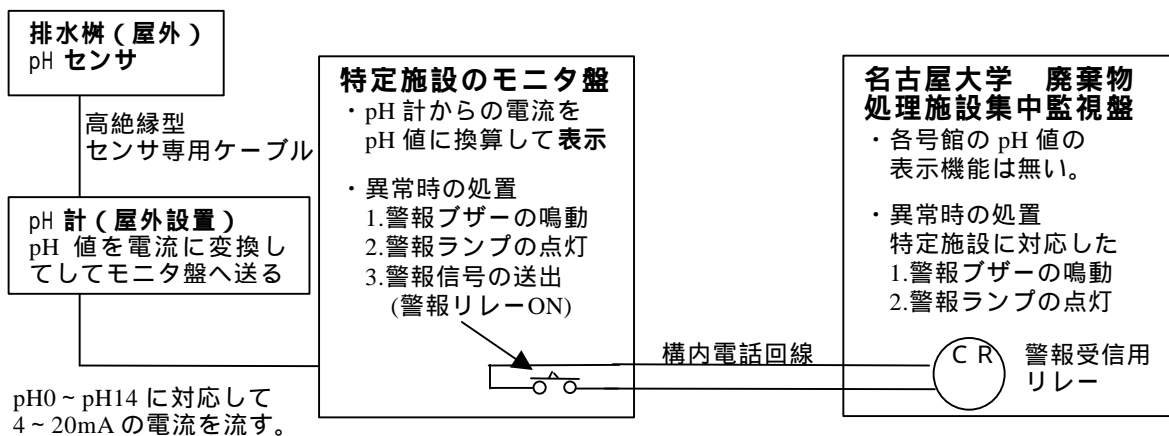


図 1 これまでの pH 測定システム

* 機器・システム技術系、** 構造・安全技術系

これまでのシステムは、名古屋大学構内の特定施設（指定された実験系建物）毎に設けられた 43 ヶ所の排水柵（水質モニタ槽、工学部関係分は 16 ヶ所）の中に、pH センサが、常時、排水に浸かっている状態で設置されている。このセンサからの信号を高絶縁型信号専用ケーブルにて特定施設建物外壁に設置された pH 計に導いている。pH 計では、pH0～pH14 の値を 4～20mA の直流電流に変換し、特定施設内に設置されているモニタ盤に送っている。モニタ盤では、デジタルパネルメータにより、逆に電流値を pH 値に換算してデジタル表示すると共に、データが基準値内であるかどうかの判別を行っている。もし、基準値を越えた場合（モニタ槽の pH が 30 秒間継続して 5.0 以下または 9.0 以上の場合）には、pH 警報ランプが点灯し、1 分間警告ブザーが鳴動する。同時に警報用リレーが ON となり、電話用構内ケーブルを通して名古屋大学廃棄物処理施設実験棟に設置されている集中監視盤内のリレーが ON となる。これにより、集中監視盤の被特定施設の警報ランプが点灯し、警報ブザーが鳴動する。一旦点灯した警報ランプは、管理者により異常原因が排除され、モニタ盤上の表示復帰の釦が押されるまで点灯し続ける。

図 1 の様に、同集中監視盤には各特定施設から pH データそのものは送信されてこないで、pH データの表示機能は無く、特定施設の pH 異常の有無が監視出来るのみである。従って、pH 値の記録は特定施設毎に人力により行わなければならない。工学部・工学研究科では、技術部が毎日 1 回午後 2 時頃の値を記録している。また、上述の様に pH センサは常に廃水に浸かっているため、定期的な洗浄と校正が必要であり、この保守管理も技術部が行っている。

メモ： 文中「pH の 0～14 の値を電流の 4～20mA に変換」の説明

或る物理量を、対応した電流量に変換して伝送する事は、データ伝送の国際統一規格 IEC902 (International Electrical Commission) で定められている。通常 4～20mA カレント・ループ (4-20mA current loop) とよばれ、工業用計測機器用データ出力の標準の一つとなっている。直流定電流駆動なので線路抵抗やノイズの影響を受けにくく、長距離伝送が可能である。また、最低電流を 4mA と定めてあるので、断線などのチェックやこの電流を電源として利用することも可能である。受信側ではループ中の受信抵抗により、例えば 250 の場合、1～5VDC を得る。尚、この規格は米国 Honeywell 社が 1959 年に発表し、数年後にトランスミッターの工業規格となった経緯がある。

3 . 製作依頼の内容・条件

現在、工学部・工学研究科では、当該特定施設 16 ヶ所のモニタ槽の午後 2 時現在の pH 値を 16 人の技官によって毎日記録している。この労力の解消と合理化をはかるため、また、休日を含む年間を通じたデータ収集ができるよう、下記のようにシステムの改良を行う。

- 1 . pH データを 1 ヶ所に集中させる。

構内回線の関係から、廃棄物処理施設実験棟が妥当である。

- 2 . 集中された pH データは、パソコンにより収集・記録する。
- 3 . 管理者は環境安全管理室 (案) や居室にて、いつでも特定施設 16 ヶ所の pH の現在値を監視でき、必要に応じてデータをダウンロードできる。

4. 異常時には、管理者宛に自動的にその旨をメール及び電話にて知らせる。
5. データ送信用回線は、費用、信頼性、他部局との整合性などの観点から、現在、警報信号送信に使用している既存の構内電話ケーブルをそのまま使用し、新たな専用線の敷設は行わない。

上記条件を元に、伝送方法の違いにより4種類の提案を行った結果、提案1が採択された。

提案した伝送方法別 pH データ集中化システム (4 種類)		
番号	伝送方法	特徴
提案 1	pH 値に対応した 4 ~ 20mA の測定電流を電圧に変換し、この電圧をデジタル化して規格化された定周期のパルス列で伝送する。 例) RS232C, EIA232, EIA574	デジタルパルス伝送でなので耐ノイズ性など信頼性は良い。また、新たにデータを加えることが容易なので、システムの変更が可能で発展性がある。
提案 2	pH 値に対応した 4 ~ 20mA の測定電流を電圧に変換し、この電圧に比例した周期のパルス列で伝送する。 (Volt Frequency 変換)	パルス伝送でなので信頼性は良いが、今後、送信データの種類を増やすことが容易でなく、発展性がない。
提案 3	pH 値に対応した 4 ~ 20mA の測定電流そのものを通信線に流し、廃棄物処理施設側に設置した受信抵抗により、データを取得する。	回路は簡単だが、提案 2 と同様、今後、送信データの種類を増やすことが容易でなく、発展性がない。
提案 4	pH 値に対応した 4 ~ 20mA の測定電流を電圧に変換し、イーサネットにより学内 LAN により伝送する。	信頼性もあり、データの種類を増やすことも容易、システムの変更も可能で、提案の中では最も発展性が良いが、費用の点で難がある。

4 . システム

1) システムの概要

新システムは、図 2 のように、16 ヶ所の特定施設 pH モニタ盤内に、新たに pH データの取得と廃棄物処理施設集中監視盤へのデータ送信のための回路およびこれらの回路に必要な電源 (DC24V と DC5V) を加える。また、廃棄物処理施設実験棟側では、受信回路と既存の警報表示回路などとのインターフェース回路を加えるとともに、記録用のパソコンを置いて、データの収集・記録と専用ホームページの作成、報告書の自動作成、異常時の排水管理者への連絡などを自動的に行う。将来、環境安全管理室 (案) へもデータの送信を行う。

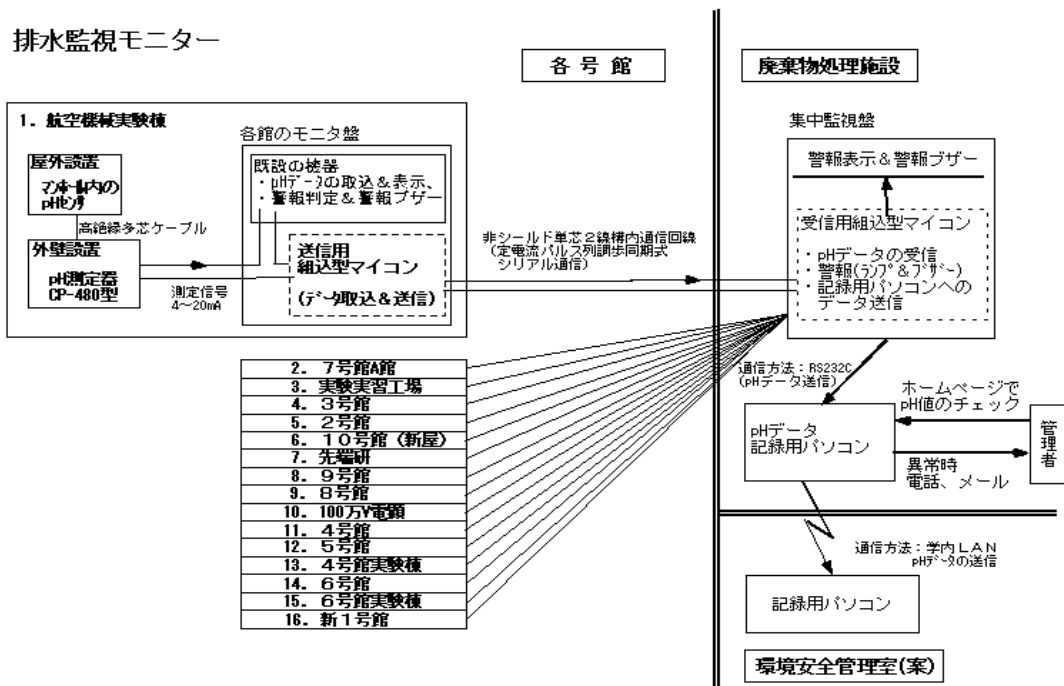


図2 今回の pH 監視・記録システム

2) 特定施設内モニタ盤の付加回路

回路の概要

pH 値表示や警報ランプ点灯など、既設置モニタ盤のこれまでの機能は全て残して、新たにデータ伝送のための付加回路 (CPU 基板 + 自作基板) および電源を設置する。

付加回路は、マイコン部、電圧レベル変換部、定電流パルス信号変換部、電源部 (DC5V & 24V) で構成されている。全て個々の電子部品を組み合わせる必要な回路を製作しようと思ったが、後々のシステム変更に対する柔軟な対応や、回路に支障が生じた場合の速やかな処置が行えるよう、CPU、Memory、A/D & D/A 変換器、通信回路等が一つのチップに収まっているシングルチップマイクロコンピュータを使用することにした。マイコンは価格と仕様の関係で日立製 H8/3048F を選択した。マイコンの詳細は、平成 13 年度名古屋大学技術職員研修技術発表報告集を参照。

マイコン部

マイコンへの入力信号

- ・測定された pH データ (マイコン入力端子番号: A/D Port の AD0)

pH = 0 ~ pH = 14 に比例した 4 ~ 20mA の電流を受信抵抗の 250 Ω で受け、1 ~ 5V の電圧に変換後、10bit (1024) の A/D 変換を行う。分解能は A/D 変換の誤差 ± 2 digit として、pH 換算値で約 0.07 である。また、pH = 0 で 4mA (1V) なので、断線などの障害が生じた場合は、容易に検出できる。

pH 値に対する電流、電圧、デジタル値の換算表

pH 値	0.0	5.0	7.0	9.0	14.0
pH に対応した測定電流 (mA)	4.0	9.7	12.0	14.3	20.0
受信抵抗(250)両端の電圧 (V)	1.0	2.4	3.0	3.6	5.0
A/D 変換値 (10bit 換算値)	205	491	614	737	1024

・ 警報信号 (マイコン入力端子番号: Port4 の5bit 目)

これまで異常時に廃棄物処理施設集中監視盤に送信していた、モニタ盤内のデジタルパネルメータからの警報信号 (リレー接点信号)

* * 集中監視盤側では、この信号を受けて、従来通り、警報ブザー鳴動と警報ランプが点灯し、これまで通りのシステムを継続する。

・ 特定施設識別用 ID 番号 (下表参照)

廃棄物処理施設側で各特定施設からの正確なデータの受信を行うため、特定施設毎にデジタルおよびアナログの識別番号を設け、識別信号とした。尚、アナログ値の方は、A/D 変換器の動作チェックにも利用している。

・ デジタル信号: 基板上の 4bit の DIP スイッチにて特定施設毎 ID 番号を指定

[マイコンの入力端子番号: Port4 の 0 ~ 3bit 目]

・ アナログ信号: 特定施設別に電圧を指定 (ID 電圧 = 1V + 建物 ID 番号 × 0.2V)

電圧調整は基板上のボリュームで行う。

[マイコンの入力端子番号: A/D Port の AD 1]

・ 各施設別 モニタ槽番号、ID 番号、ID 電圧一覧

特定施設名 (建物名)	モニタ 槽番号	特定施設 識別信号		特定施設名 (建物名)	モニタ 槽番号	特定施設 識別信号	
		ID 番号	ID 電圧 (V)			ID 番号	ID 電圧 (V)
航空機械実験棟	1	0	1.0	8号館	9	8	2.6
7号館 A 館	2	1	1.2	100万V電頭	10	9	2.8
実験実習工場	3	2	1.4	4号館南館	11	10	3.0
3号館	4	3	1.6	5号館	12	11	3.2
2号館	5	4	1.8	4号館実験棟	13	12	3.4
新2号館	6	5	2.0	6号館	31	13	3.6
先端研	7	6	2.2	6号館実験棟	32	14	3.8
9号館	8	7	2.4	新1号館	43	15	4.0

これらの信号は、順次マイコンで処理され、EIA574 規格 (非同期式シリアル通信規格) により、マイコンの TXD 端子からデジタル信号として後段の電圧レベル変換部に送られる。

EIA574 規格による送信パラメータは、2400bps、Data 8bit、Start Bit 1bit、Stop Bit 1bit

この規格で 1 区切りとして送信できるデータ長は、8bit であるので、A/D 変換後の 10bit のデータは 5bit 毎に分割する必要がある。後述のフォトカプラの応答性や長距離ベースバンド (直流) 伝送の確実を期するために、通信速度は 2400bit / sec とした。

電圧レベル変換部

マイコン部から出てきた EIA574 規格の信号は ±10V 前後の負論理の信号である。この信号を後段の回路で使えるように TTL レベルに変換する必要がある。回路構成はダイオードと抵抗による簡単なクランプ回路による簡易変換回路でも良いが、正式に行うため、専用 IC (MAX233) を使用。

定電流パルス信号変換部

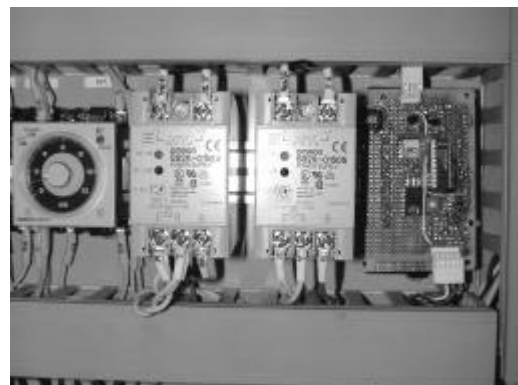
CPU 部でデジタル化された各種データを、構内電話回線を使用して、安全確実な伝送を行うために定電流パルスに変換する。まず、前段のマイコン部とは、ノイズ除去および連鎖故障排除のためフォトカプラによる光結合とし、電氣的に遮断 (絶縁) する。次に伝送時の線路抵抗の影響を避けるべく、定電流送信を行うために、3 端子レギュレータの 7805 を用いて、簡易定電流回路を構成した。

定電流値は、(定電圧素子 7805 の定電圧出力 5V / 470 Ω) + (7805 のドライブ電流) = 約 15.5mA となる。この定電流を、トランジスタ 2SA1015 によりフォトカプラを経由したマイコンからのデータパルス列に順って継断し、定電流パルス列を作り、廃棄物処理施設に送る。廃棄物処理施設側でも受信用フォトカプラにより電氣的に遮断 (光結合) し、電氣的ノイズの混入を避ける。また、この回路の電源電圧は、線路抵抗を最大 1000 Ω と想定して、約 24V とした。



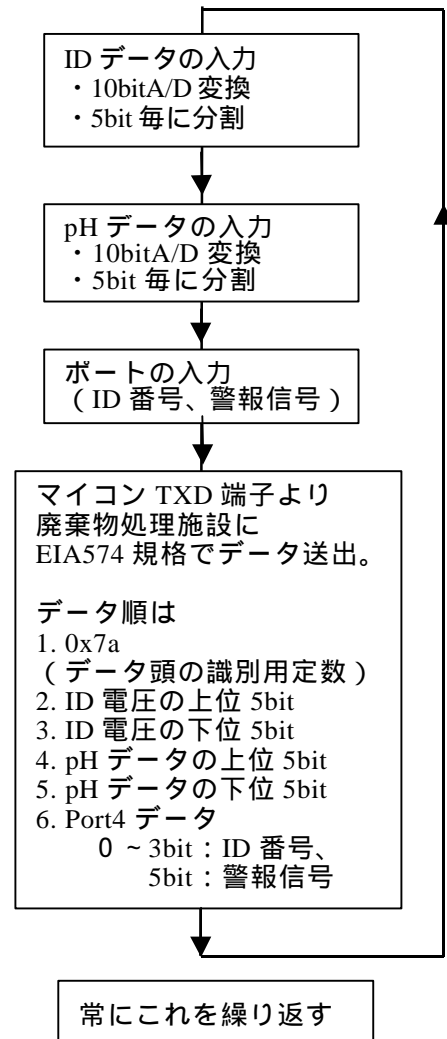
モニタ盤外観 (上)

モニタ盤内部 (下図左側)



新設したデータ送信回路部 (下図右側)

マイコン内のプログラムの流れ



3) 廃棄物処理施設集中モニタ盤の付加回路

回路の概要

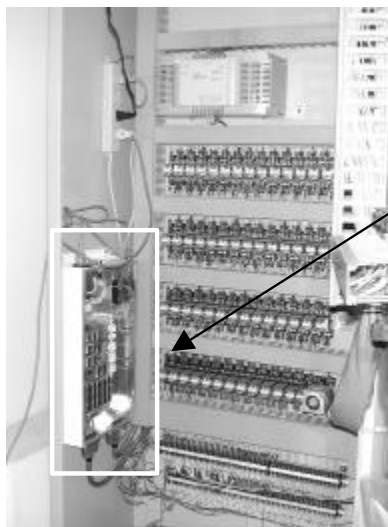
回路は、データの受信部、各特定施設の弁別部、既存の警報装置駆動用のリレー部、それらを操るチップマイコン部、電源部(DC5V)で構成されている。

機能としては、工学部・工学研究科の各特定施設 16 ヶ所から送られてくるパルス列データをフォトカプラにより受信し、決められた順番に特定施設を切り替えてデータ読みとり、そのまま、記録用パソコンに送出する。特定施設にある既存のデジタルパネルメータの異常値(警報リレーのON)を検出した場合は、コントロールリレーを駆動し、従前の様に既存の集中監視盤の警報ランプ点灯およびブザーを鳴動させる。

以上のことを全て記録用パソコンで行わせることも可能であるが、集中監視盤との配線の煩雑さや将来のパソコンの移動なども考慮し、受信関係の処理は全てシングルチップマイコンに行わせ、記録用パソコンではデータの表示・記録・加工のみを行わせる。マイコンと記録用パソコンとはEIA574 ケーブル1本で接続している。

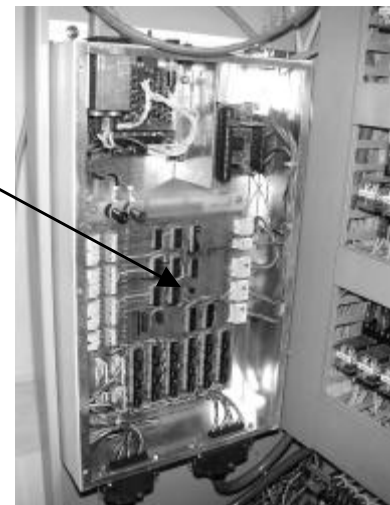


廃棄物処理施設実験室のモニタ盤外観



廃棄物処理施設実験室内の集中モニタ盤内部

新設回路



新設したデータ受信回路

4) 記録用パソコン

記録用パソコン

機種名 Dell Optiplex GX150 :

800MHz Celeron chip, 40GB HD, 128MB RAM,

Windows 2000, MS Office2000,

15inch TFT Display

Visual Basic Ver.6 によりプログラムを開発した。

その他、www サーバ、VNC サーバを搭載

廃棄物処理施設内の記録用パソコン外観



パソコンの役割：

pH データの受信と記録

構内電話回線を使った通信は 2400bps で行っており、16ヶ所分のデータは約3秒に1回の割合で受信できる。パソコンでは、これらのデータを特定施設毎にリングバッファに保存し、連続して正常受信ができた8回分のデータを平均し、その値を1分毎にハードディスクに記録している。ファイルは、現時点から1日分遡ったデータ(1440点)用と日替わり用(一日に一つのファイル)の2種類有り、前者は、新しいデータの入力毎に全てを書き換え、後者は追記している。所要メモリサイズは、1日分として169kB、従って1年分は62MB程度になる。

pH データの閲覧

パソコンは学内 LAN に接続してあるので、www ブラウザを用いて、各施設の pH の現在値および最近1時間の一覧、施設毎の1日のデータのグラフ表示を行うとともに、表示画面上の釦により直近の24時間、ならびに日ごと・月ごとの全施設の記録ファイルのダウンロードができる。

尚、グラフはWindowsのVisual Basicで作成されるBit Map Fileを、パソコンの機種に依存せず、どのパソコンでも見る事のできるjpg Fileに変換して表示。また、廃棄物処理施設に報告するデータ書式の自動作成機能も追加した。

pH 異常時の措置

異常値を取得した時は、ブラウザ表示と共に電子メールにより特定施設の管理者にその旨を知らせる。今後、メールでは即時性が無いので、電話回線により自動通報システムを検討中である。

その他

パソコン内の作業管理： データの読込、ファイルへの書出、グラフの表示は、各々に専用のタイムを設け、Visual Basicのタイマ割込動作により、定時刻毎に円滑な作業を進めている。

パソコン内時計の自動校正： パソコン内の時計は3時間で平均0.5秒遅れるので、ネットワークを通じて、1時間毎に絶えず標準時との校正を行い、最大でも0.1秒以内の精度を保っている。

停電対策について： 記録用パソコンにはバッテリーバックアップ装置(無停電電源装置)を備え、10分程度の停電には対処できる。因みに、パソコンは自動的にプログラムが起動するモードにしてあるので、停電後再び電源が入った場合、自動的にpHデータの取得が開始される。シングルチップマイコンはウォッチドッグタイマをセットしてあるので、停電を含め、何かの異常が生じた場合には、自動的に最初からプログラムが開始するようになっている。

雷対策について： 雷の被害として、8月下旬に特定施設(6号館実験棟)に設置してあるモニタ盤内のマイコン基板、自作回路基板が誘導雷により破損した。対策としてサージアブソーバ素子を通信線間に挿入した。その後、大きな雷を経験していないので、その効果は不明。

おわりに

当初の目的である監視・記録の省力化の他に、連続したデータを取得できる様になったので、現在技術部で定期的に行っているpHセンサの洗浄・交換などの保守作業における有用な知見が得られることも期待される。

謝辞

核融合科学研究所・技術部・山内健二技術課長並びに工学研究科・技術部・小林勝司技術長の両氏には、データ伝送について有用な助言を頂きました。感謝申し上げます。

