

名古屋大学工学研究科における排水監視の自動化

名古屋大学 工学部・工学研究科 技術部

増田俊雄、佐々木敏幸

1. はじめに

名古屋大学東山キャンパスの実験系建物からの実験排水は、構内43ヶ所(工学部関係分は16ヶ所)の水質モニタ槽を経て名古屋市公共下水道に流している。モニタ槽には水質監視のためにpH測定装置を常設し、測定されたpH値は各々の建物内のモニタ盤により常時表示されている。異常発生時は、警報信号のみが構内通信回線により学内の廃棄物処理施設の集中監視盤に送られ、所定の処置が行われる。また、各モニタ槽のpH値の記録は、毎日1回定時刻に人力により行ってきた。

今回工学研究科では、この記録と警報監視作業の省力化を図るため、pH値も廃棄物処理施設へ送信、集中化し、現システムの機能を残しつつ、pH値の常時自動記録・グラフの作成・Webによる遠隔モニタおよび異常時の管理者への自動通報など、モニタシステムの改良を行ったので報告する。

当初の目的である監視、記録の省力化の他に、時系列データが取得出来る様になった事により、現在技術部が行っているpHセンサの保守業務上有用な知見が得られることも期待されている。

2. システム概要

工学部関係分16ヶ所の各pHセンサの信号は、建物外壁に設置されたph計回路にて4~20mAの直流電流信号(IEC902規格)に変換され、建物内設置のモニタ盤に送られる。モニタ盤では、ph値をデジタルパネルメータで表示すると共に、ph値が基準内であるかどうかの判別を行う。基準値を越えた場合(ph値が30秒間継続して5.0以下または9.0以上の場合)には、警報ランプが点灯し1分間警告ブザーが鳴動するとともに警報用自己保持リレーが作動する。このリレーの接点信号は、廃棄物処理施設実験棟に送られ集中監視盤内の自己保持リレーがONとなる。これにより、集中監視盤の当該特定施設の警報ランプが点灯し、警報ブザーが鳴動する。

今回の改良では、工学部関係分16ヶ所の特定施設モニタ盤内に、pHデータの取得と送信のための回路および所要電源を加えた。

各建物側モニタ盤と廃棄物処理施設側とのデータ転送には、費用・作成の容易さを勘案し、これまで警報接点信号を送っていた構内電話用回線をそのまま利用する電流ループのシリアル通信方式を採用した。また、信号処理の主要部は、チップマイクロコンピュータを搭載したボードを使用した。廃棄物処理施設側では、同じマイコンボードにより集信した信号を、従前通りに機能させる集中警報表示盤につなぐと共に、記録用パソコンに送る。パソコンでは、データの収集・記録等とpH値監視専用WEBページの作成、警報発生時の管理者への電子メールによる通報などを自動的に行う。

3. 特定施設モニタ盤内の付加回路と制御ソフト

pH値表示や警報ランプ点灯など、既設置のモニタ盤のこれまでの機能は全て残し、データ伝送に必要な回路を接地した。システム変更に対する柔軟な対応や、部品点数を削減し障害時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(以後CPUと表記する)を使用した。CPUには、価格と仕様から日立製H8/3048Fを選択し、これを搭載したイエローソフト社製CPUボードYH48-1を使用した。また制御用ソフト開発には、同社製デバッグボードとANSI-Cコンパイラを使用した。

CPUへの入力信号は、

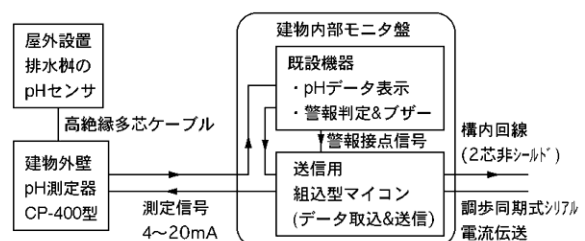
1. 測定されたpHデータ(CPU入力端子番号:A/D PortのAD0)

pH0~pH14に比例した4~20mAの電流を1~5Vの電圧に変換後、10bit(1024)のA/D変換を行う。

2. 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

各特定施設(工学部16ヶ所)



警報信号（リレー接点信号～集中監視盤側で、従来の警報機能の残すために使用）

3. 施設別のデータ識別用 ID 番号

集信（廃液処理施設）側で正確なデータ受信を行うために、施設毎にデジタルおよびアナログ値両方の識別番号を設け、識別信号とした。尚、アナログ値は A/D 変換器の動作チェックにも利用できる。

- ・デジタル信号：基板上的 DIP スイッチにて設定（2 進法） CPU 入力端子番号：Port4 の 0 ～ 3bit 目
- ・アナログ信号：基板上的トリマ抵抗で電圧を設定 CPU 入力端子番号：A/D Port の AD1

以上である。これらの信号は、順次 CPU のプログラムで処理した後、TXD 端子より EIA574 規格（非同期式シリアル通信規格）準拠の信号に変換される。長距離伝送の信頼性の観点から、シリアルの速度は 2400bps と低めに抑えた。CPU の TXD 端子と構内回線の接続は、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した。また線路抵抗の影響を避けるため定電流ループとした。この定電流回路は、3 端子レギュレータ 78M05 と分圧抵抗による簡易回路とした。

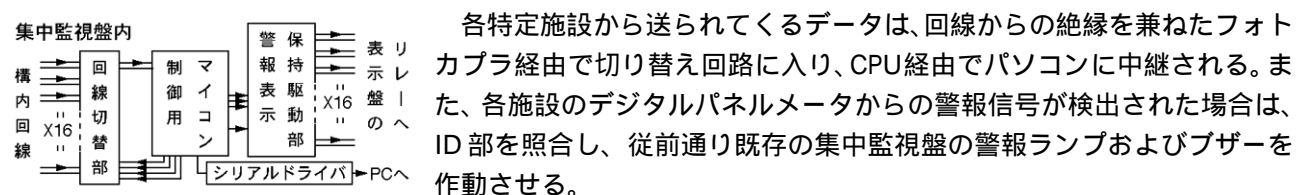
送信側 CPU による処理の概略を以下に示す。

0. リセット後の初期化（Power ON 直後 または Watch-Dog-Timer 経由）
各種レジスタ設定（入出力モード・通信速度等）
1. Analog ID 入力： A/D 変換入力選択 10bit A/D 変換 5bit ずつ 2byte に分轄
2. pH 値 入力： A/D 変換入力選択 10bit A/D 変換 5bit ずつ 2byte に分轄
3. digital (1byte) 入力： 入力ポート選択 ID 設定 SW データと警報接点 1byte 読取り
4. シリアルデータ送信(計 6byte):
(1) 区切り符号(0x7a) (2) Analog ID 上位 byte (3) Analog ID 下位 byte (4) pH データ 上位 byte
(5) pH データ 下位 byte (6) ID SW (第 0 ～ 3 bit) と 警報接点状態(第 5 bit)
5. ループ： 1. に戻る ...

なお、試験運転開始数週間後の昨年 8 月に、落雷の誘導により、1 特定施設においてモニタ盤内の CPU 基板他が破損した。対策としてサージアブソーバ素子を各通信線間に挿入した。その後大きな雷を経験していないため、その効果はまだ確認できていない。

4. 廃棄物処理施設集中監視盤の付加回路

集信側の回路とは、データの切替受信部・パソコン側シリアルインターフェース・既存の警報表示盤との接続用リレー回路、およびそれらを制御する送信側と同様のマイコン部で構成した。



各特定施設から送られてくるデータは、回線からの絶縁を兼ねたフォトカプラ経由で切り替え回路に入り、CPU 経由でパソコンに中継される。また、各施設のデジタルパネルメータからの警報信号が検出された場合は、ID 部を照合し、従前通り既存の集中監視盤の警報ランプおよびブザーを動作させる。

全ての仕事をパソコンと I/O ボードで賄う事も考えたが、既設の集中監視盤との配線の煩雑さなどの点で、一旦前述のマイコンで受信した後、シリアルポート経由でパソコンに配信し、パソコン側ではデータの記録・閲覧等をのみを行わせる様にした。

集信側 CPU による処理の概略を以下に示す。

0. リセット後の初期化（Power ON 直後 または Watch-Dog-Timer 経由）：
各種レジスタ設定 データセクタ番号初期化(0= 最初のモニタ槽)
1. データセクタ切替（データセクタ番号が最大値(15)を 超えていたら 0 に）
2. データ受信ループ：
5 byte 以上受信し 区切り符号(0x7a)が来るまで 順次保存しながら待機
10byte 分以上の時間の無信号時はあきらめて 4. へ 飛ぶ
3. 各データ取り出し：
digital 部下位 4bit で ID 取り出し(0 ～ 15 !)
アナログデータ用 4byte は第 6bit を Set（PC 向け送信時制御コード領域から外すため）
digital 部第 6bit で 警報接点状態取出し On なら対応する集中表示盤用接点閉 Off なら 開
4. P C に中継データ送信：

- ID(下4bit) と 警報接点(第7bit)(第6bitは常時Set)
- アナログデータ用 計4byte(第6bitはすべてSet)
- 区切り符号(0x0d)
- (取りこぼしを防ぐため)以上6byteのシーケンスを2回繰り返し
- 5. ループ: データセクタ番号を1増加 1. に戻る ...

5. 記録用パソコン

Microsoft Visual Basic Ver.6により記録・WEBページ作成・警報メール送信のためのプログラムを作成した。集信側マイコンボードからの信号は、Windows2000搭載のパソコン(Dell社製 Optiplex GX150)にて受信し、このプログラムで処理される。

プログラムの主要モジュールの概略を以下に示す。

Main: 各種定義・大域変数初期化・各種API用宣言 処理開始

Configure: 動作設定初期化 各種設定変更&設定ファイル更新
(設定内容: 通信ポート・ログ書き出し間隔・グラフ表示更新間隔・
警報リセットモード・警報メール有無)

Acquire: 通信ポート設定

データ取得(タイマ駆動)

モニタID, ID電圧, データ長確認

各モニタ毎リングバッファに保存 警報発生監視・キュー管理

Monitor: グラフ&現在のPH値一覧表示(タイマ駆動)

リングバッファ確認後グラフ化・警報表示 WEBモニタ用HTML,JPEGファイル書き出し

各種メニュー&ウィンドウリサイズ処理

MonitorL: 個別モニタのグラフ表示

現在までの1440点9通常1日分・タイマで更新)または、指定のログファイルを読み込み表示

モニタ槽選択&ファイルオープン等メニュー処理

MonitorLB: WEBモニタ用個別モニタのJPEGファイル書き出し 現在までの1440点(通常1日分)

Logging: ログ書き出し(タイマ駆動)

必要に応じ年・月のDirectory作成 リングバッファ確認後最大8点の平均値記録 警報レベル判定

Announce: 警報メール通知(タイマ駆動でキュー監視) 定型メールを各監視担当者に送信



受信と記録

構内回線を使った通信は2400bpsで行っており、16ヶ所のデータは前述の前提で約2秒に1回の割合で取得できる。パソコンでは、これらのデータを連続して読みとり、正常受信ができた連続した8回のデータを平均し、その値を1分に1回の割合でハードディスクにCSV形式で記録している。

現状の設定では、ファイルは、最近1日分のデータ(1440点)用と日替わり用(毎日00:00~23:59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、後者は追記保存される。

日付の変わり目毎に、前日を加えたその月のグラフと14時現在(他部局で日1回手記録している時刻)のpH値をA4用紙一枚で印刷できる体裁のhtmlファイルが作成される。

データの閲覧

パソコンは学内LANに接続し、WEBサーバ(AN HTTPD)も稼働させている。各所の担当者は各特定施設毎のpHの現在値、警報の状態および最近1時間の変化のグラフをWEBブラウザで見ることができる。特定施設のウィンドウをクリックすることで最近24時間の変動も確認できる。また警報発生後など必要に応じて最近の記録ファイルの取得したり、各施設毎・一ヶ月毎の一覧表も取得できる。

警報発生時の措置

pHの異常値を受信した時には、同じく学内LAN経由で電子メールにより当該特定施設の管理者にその旨を知らせている。(メールでは即時性が無いので、電話回線による自動通報システムを考慮中である。)



ブラウザから印刷した月間記録の例

その他

- ・パソコン内の時計の校正：内蔵時計の精度が余り良くないので学内の ntp サーバに同期させている。
- ・停電対策：無停電電源装置を備え、復電後には必要なソフトはすべて自動起動する。
- ・リモートメンテナンス：廃棄物処理施設に立ち入れない時があるため、パソコンのソフトの保守のために VNC サーバを利用している。
昨年7月に試験稼働開始以来の機能追加・バグ修正はこれと ftp によるファイル転送で対応できている。
- ・定期的な再起動：Windows 上での長期間の連続運転でまれにシステムが不安定になることがあるため、システム再起動専用の小プログラムを毎月曜日未明に作動させることでこれを回避している。

6 . まとめ

当初の目的である監視・記録の省力化は達成された。今回のシステム改良で、時系列の細かいデータの蓄積ができることにより、高絶縁が要求される pH センサ側配線まわりの絶縁劣化やセンサの汚損状況等の判断材料として、現在技術部で定期的に行っているセンサの洗浄・交換などのメンテナンス作業上有用な情報源となることが期待される。

なお今回は、パソコンの OS・プログラム開発環境として Windows & Visual Basic を採用したが、今後同様な連続データ収集システムが要求される時には、システムの安定性の観点からは UNIX 系の OS が良いかもしれない。

謝辞

核融合科学研究所 技術部 計測技術課 山内健治課長ならびに名大 工 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。ありがとうございました。

関連 URL

AN HTTPD : <http://www.st.rim.or.jp/nakata/>

(Windows95 ~ NT, 2000 用 http サーバのひとつ)

CMAIL WRITER: <http://mikilab.doshisha.ac.jp/kawasaki/>

(メール送信用外部プログラムに使用)

VNC : <http://www.uk.research.att.com/vnc/>

(VNS:Virtual Network Computing Windows / MacOS / UNIX 系の混成環境でも、ネット経由で相手デスクトップを操作)

イエローソフト社 : <http://www.yellowsoft.com/>

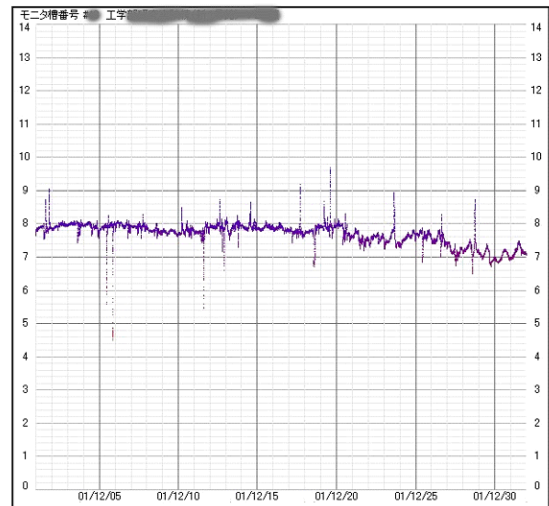
(今回使用した CPU ボードと開発システムのメーカー)

排水 pH 監視記録 2001年12月
モニタ槽番号 # 工学部

午後2時の値

日	月	火	水	木	金	土
						01 7.75
02 7.99	03 8.04	04 7.85	05 8.04	06 7.91	07 7.87	08 7.89
09 7.78	10 7.86	11 5.6	12 8.07	13 7.82	14 8.55	15 7.98
16 7.87	17 7.78	18 6.87	19 7.65	20 8.18	21 7.48	22 7.63
23 7.78	24 7.65	25 7.69	26 7.64	27 7.11	28 6.5	29 7.23
30 7.17	31 7.36					

連続記録



各特定施設側内付加回路 (上) と
集中監視盤内付加回路 (下) の様子

