

〔資料〕

微小粒子状物質捕集装置の遠隔監視について

石川県保健環境センター 環境科学部 牧野 雅英・河本 公威・野口 邦雅
初瀬 裕
石川県生活環境部 廃棄物対策課 橋場 久雄

〔和文要旨〕

微小粒子状物質捕集装置の稼働中、装置内のフィルタ自動交換の不具合等により、装置の停止が頻発したことから、遠隔監視等による装置の稼働状況の把握が必要となった。

そこで我々は、常時監視局では、大気汚染常時監視システムに捕集装置を接続することで、また、常時監視局以外の場所では、捕集装置のネットワーク化機能に着目し、捕集装置にパーソナルコンピュータ（PC）及び携帯電話を接続した遠隔監視システムを新たに構築することで、捕集装置の稼働状況の遠隔監視を行い、装置停止時の速やかな対応を可能とした。

キーワード：PM_{2.5}捕集装置、遠隔監視、ネットワーク化、Python

1 はじめに

「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」が平成22年3月31日に一部改定され¹⁾、微小粒子状物質（以下、「PM_{2.5}」という。）の成分分析を実施することが定められた。これを契機に、本県では、平成24年度より常時監視局の松任局、平成25年度より同じく輪島局において成分分析を開始した。

環境省の「微小粒子状物質（PM_{2.5}）の成分分析ガイドライン」²⁾（以下、「ガイドライン」という。）では、試料捕集期間は春夏秋冬の4季節において各季2週間程度の調査を実施することとしており、また、試料の捕集時間は24±1時間を基本としていることから、予備日、二重測定と合わせると捕集日数は各季20日、試料数は20件と考えられた。そこで本県は、試料の捕集装置として、最長2週間分の試料を捕集可能なThermo社製（東京ダイレック(株)取扱）2025-iD及び2025-i（以下、「捕集装置」という。）を導入した。

当該捕集装置の特徴は、24時間毎に試料捕集フィルタ交換を自動で行う機能であり、これにより石川県保健環境センター（以下、「当センター」という。）から離れた場所での試料の連続捕集を可能にすることとしていたが、実際には、捕集装置内にあるフィルタ自動交換部の調整具合などが原因で、フィルタ交換が停止し、試料の捕集が期間途中で行われないう事象が頻発した。

このような事象の発生は、例えば、担当者の1週間に1度の巡回直後にフィルタ交換が停止し、次回の巡回までの間試料捕集が行われないうなど、ガイドラインに沿った試料採取をしばしば困難なものとした。そこで、我々は、装置が停止したときに速やかに復旧が行えるよう捕集装置の稼働状況を遠隔で監視するという課題解決に着手した。

今回、我々は、大気汚染常時監視システム³⁾⁴⁾（以下、「監視システム」という。）に接続した方法と、捕集装置がネットワーク化対応であることに着目し、捕集装置をパーソナルコンピュータ（以下、「PC」という。）などに接続した方法により、捕集装置の稼働状況を遠隔監

A Remote Monitoring System for the Operating Situations of PM_{2.5} Air Samplers. by MAKINO Masahide, KAWAMOTO Tomotake, NOGUCHI Kunimasa and HATSHSE Yuh (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science), HASHIBA Hisao (Waste Management Division, Living and Environment Department, Ishikawa Prefecture)

Key words : PM_{2.5} air sampler, Remote Monitoring, Networking, Python

視し、この課題を概ね解決したので、報告する。

2 方法及び結果

2・1 監視システムによる捕集装置の遠隔監視

ガイドラインによれば、捕集装置は基本的にPM_{2.5}の常時監視局に設置することとされており、本県では常時監視局の松任局及び輪島局に捕集装置を設置した。常時監視局には監視システムの子局が設置されていることから、捕集装置と子局を接続し、監視システムを利用して捕集装置の稼働状況を遠隔監視することを試みた。

平成26年度末に、捕集装置取扱業者らの技術協力のもと、監視システムを改良した。今回改良した内容は、捕集装置と子局をアナログ接続し、捕集装置の状態情報として、捕集装置から子局側に一定のアナログ電圧信号を出力するように設定（停止時DC 0V、稼働時DC 1V）し、監視システムがこの数値を認識出来るようにした。これにより、当センターで捕集装置の稼働状況をリアルタイムで遠隔監視できるようになった。装置自身が誤った判断をするなどの誤作動はなく、子局が発する信号により捕集装置の正常／異常のリアルタイム監視が適正に行われた。

2・2 PCによる捕集装置の遠隔監視

我々は調査研究の一環として、金沢大学能登大気観測スーパーサイト（輪島市西二又）に捕集装置を移設、試料を捕集した。しかし、当該サイトには監視システムの子局を設置していないため、2・1の方法による捕集装置の遠隔監視は従来不可能であった。

捕集装置の説明書には、捕集装置のネットワーク接続の方法として、捕集装置にPCをポート9881でTCP/IP接続すれば装置は状態情報を一定間隔で出力するとの記述があり⁵⁾、捕集装置の状態情報を表すフラグについての説明もあった⁶⁾。そこでこれらに着目し、捕集装置の稼働状況をメールで送信することとし、図1のようなPCを用いた簡易な遠隔監視システムを考案した。PM_{2.5}捕集装置を常時監視局以外の観測地点にスタンドアロンで設置する場合の対応であり、本県独自の遠隔監視シ

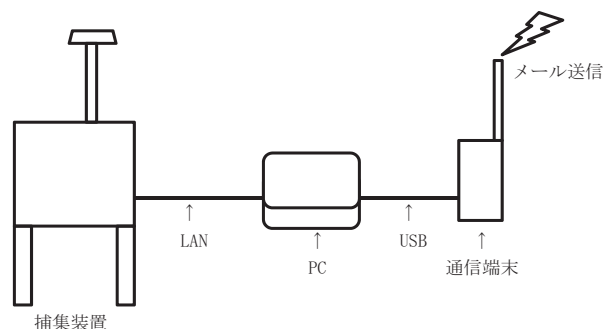


図1 遠隔監視システムの概略図

テムとなった。

PCはRaspberry Pi 3 Model Bを使用した。このPCは本体縦85.6mm横56.5mm重量45gの1つの基盤で構成されているものであり⁷⁾、捕集装置内に設置可能な大きさである。また、安価であり、USBなどの接続端子を備え、LinuxなどのOSを搭載できる特徴がある。今回、OSはLinux DebianベースであるRaspbian Jessieバージョン8.0を使用した。通信端末（携帯電話）はLG製のL-05Aを、通信プロバイダはソラコムを使用した。PCと通信端末はUSBで接続し⁸⁾、PCと捕集装置はクロスLANケーブルで接続した。なお、捕集装置からの状態情報の出力頻度は2秒に設定した。

遠隔監視システム稼働のためにリスト1のプログラムを作成した。言語はPythonバージョン3.4を使用した。Pythonは汎用のプログラミング言語であり、プログラマがすぐに使えるような標準ライブラリが充実しているため、プログラムを分かりやすく比較的少ない行数で書くことが可能であり、またRaspbianに標準で付属されている。これらの理由により、Pythonを採用した。プログラムの概要は、PCが捕集装置に接続、装置の状態情報を得た後⁹⁾¹⁰⁾、これを本文としたメールを担当者の

リスト1 遠隔監視システム用プログラム

```
#!/usr/bin/python

import telnetlib
from subprocess import call
from time import sleep
from email.mime.text import MIMEText
import smtplib

class send_status:
    def myconnect():
        host = "xxx.xxx.xxx.xxx" # your machine's ip
        myuntil = "%n"
        myexit = "exit" + "%n"
        myuntil = myuntil.encode(encoding='utf_8',errors='strict')
        myexit = myexit.encode(encoding='utf_8',errors='strict')
        try:
            tn = telnetlib.Telnet(host,port=9881)
            output = tn.read_until(myuntil)
            tn.write(myexit)
            myoutput= str(output)
        except:
            myoutput = '////error////'
        return myoutput

    def net_pon():
        call(["sudo", "pon", "プロバイダ名"])
        sleep(10) #wait 10sec

    def mymsg(fromadd, toadd, myoutput):
        msg = MIMEText(myoutput)
        msg['Subject'] = 'メール題名'
        msg['From'] = fromadd
        msg['To'] = ", ".join(toadd)
        return msg

    def mysendmsg(fromadd, toadd, msg):
        mysmtplib = 'SMTP サーバ名'
        mypass = 'password'
        s = smtplib.SMTP(mysmtplib, portNO)
        s.ehlo(mysmtplib)
        s.login(fromadd, mypass)
        s.sendmail(fromadd, toadd, msg.as_string())
        s.quit()

    def net_poff():
        call(["sudo", "poff", "プロバイダ名"])

myoutput = myconnect()
net_pon()
fromadd = '送信元アドレス'
toadd = ['送信先アドレス1', '送信先アドレス2']
msg = mymsg(fromadd, toadd, myoutput)
mysendmsg(fromadd, toadd, msg)
net_poff()
```

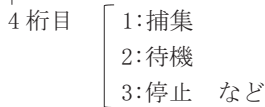
携帯電話等に送信するというものである¹¹⁾¹²⁾。なお、リスト 1 に記載したプログラムは、平成 30 年 2 月 28 日から 3 月 16 日までの PM_{2.5} 捕集期間に使用したものである。プログラムを PC に保存し、Linux の定時実行機能である cron で¹³⁾、フィルタ交換 10 分前の 9 時 50 分、フィルタ交換 10 分後の 10 時 10 分及びフィルタ交換から 3 時間後の 13 時に、当該プログラムを実行するように設定した。

その結果、設定した時刻に遠隔監視システムからリスト 2 に示す内容のメールが送信され、担当者の携帯電話で当該メールを受信することができた。下線部で示す数値が捕集装置の状態を示すフラグである。フラグの 4 桁目の値が 1 のときは捕集、2 のときは待機、3 のときは停止など⁶⁾、捕集装置の稼働状況を示している。フラグを確認することで捕集装置の稼働状況を把握することができた。

リスト 2 メール例

From: (テレメータのメールアドレス)
 Date: Fri, 15 Dec 2017 10:10:14 +0900
 To: (担当者の携帯電話のメールアドレス)
 Subject: nisifutamata

b' 10:09:42 12-15-2017 00210000 16.691 3.851 6.174 0.149¥r¥n'



捕集装置の状態を表すフラグ

メールの送受信結果は表 1 のとおりであり、送受信率は平成 29 年 11 月 30 日から 12 月 15 日までの期間は 98%、平成 30 年 2 月 28 日から 3 月 16 日までの期間は 81% であった。3 月の送受信率が 12 月の送受信率より低い原因は不明であるが、メールを複数人あてに送信するなどのプログラムの変更を実施したため、エラーが多く生じ

るようになったためと考えられた。しかしながら、当センターから車で約 2 時間半の距離にある遠隔地に設置された捕集装置の稼働状況を監視することができた。

当該遠隔監視システムについては、プログラミングしたメールが送信されないことが時々発生する障害が残り、また、停電時に動作できないなどの未解決な点があるため、今後さらなる改良が必要と考える。

3 まとめ

環境省のガイドラインに沿った PM_{2.5} の捕集、測定を行うに当たり、捕集装置の停止が頻発することから、捕集装置の稼働状況をリアルタイムで把握することにより、速やかな復旧のための一助とする目的でシステムを開発し、その運用を開始した。

常時監視局では、捕集装置を監視システムに接続し、装置が出力した自らの正常運転を意味する一定の電圧信号を、子局が数値化し発信するよう監視システムを改良し、また、常時監視局以外の場所では、捕集装置に PC 及び携帯電話を接続することにより、捕集装置の稼働状況を適宜把握してメールにて担当者の携帯電話等に送信することとした。これらにより、捕集装置停止時の復旧に要する時間を極力少なくすることが出来るようになった。

文 献

- 1) 環境省水・大気環境局:「大気汚染防止法第 22 条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」の一部改正について、平成 22 年 3 月
- 2) 環境省 水・大気環境局:微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析ガイドライン、平成 23 年 7 月
- 3) 河本公威, 牧野雅英, 野口邦雅, 橋場久雄:大気環境監視システムの更新について、石川県保健環境センター研究報告書, 53, 44-47 (2015)

表 1 メール送受信結果

平成 29 年 11 月 30 日～12 月 15 日

	11/30	12/1	12/2	12/3	12/4	12/5	12/6	12/7	12/8	12/9	12/10	12/11	12/12	12/13	12/14	12/15
9:50	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10:10	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13:00	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-

○: 44 回, ×: 1 回 → 送受信率 98%

平成 30 年 2 月 28 日～3 月 16 日

	2/28	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	3/6	3/7	3/8	3/9	3/10	3/11	3/12	3/13	3/14	3/15	3/16
9:50	-	○	○	×	○	○	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	○
10:10	-	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	×	×	×	○	○
13:00	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-

○: 39 回, ×: 9 回 → 送受信率 81%

凡例) ○: メールを送受信 ×: メールを送受信できず -: 捕集装置が作動していない

- 4) 山田 肇, 中山哲彦: 大気環境システムの更新について, 石川県保健環境センター研究報告書, **46**, 62-66 (2009)
- 5) Partisol 2025i Sequential Air Sampler/ Partisol 2025i-D Dichotomous Sequential Air Sampler Instruction Manual, <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/EPM-manual-Partisol-2025i-2025iD.pdf>, B-1, 2018年7月26日最終確認
- 6) Partisol 2025i Sequential Air Sampler/ Partisol 2025i-D Dichotomous Sequential Air Sampler Instruction Manual, <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/EPM-manual-Partisol-2025i-2025iD.pdf>, B-7, 2018年7月26日最終確認
- 7) 山本隆一郎: Interface **44**, 特別付録112-113 (2018)
- 8) akms道東, <http://akms.hateblo.jp/entry/2015/12/06/090000>, 2018年7月26日最終確認
- 9) Python 3.5.2ドキュメント, <http://docs.python.jp/3/library/telnetlib.html>, 2018年7月26日最終確認
- 10) oxdbのブログ, <http://oxdb.hateblo.jp/entry/20110704/1309789096>, 2018年7月26日最終確認
- 11) 池内孝啓, 鈴木たかのり, 石本敦夫, 小坂健二郎, 真嘉比愛: Pythonライブラリ厳選レシピ, 初版, 289, 技術評論社 (2015)
- 12) Pythonで電子メールする, <http://giraffe.topaz.ne.jp/wiki/doku.php/py:lesson17>, 2018年7月26日最終確認
- 13) 沓名亮典: Linuxシステム[実践]入門, 初版, 335-350, 技術評論社 (2013)