creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000238346

대기오염측정망 원격관리시스템 구축에 관한 연구

A Study on the Implementation of Remote Management System for Air Quality Monitoring Networks

2009년 8월 25日

朝鮮大學校 大學院

環境生命工學科

徐 光 燁

대기오염측정망 원격관리시스템 구축에 관한 연구

指導敎授　申 大 允

이 論文을 博士學位 申請論文으로 提出함

2009年　4月　17日

朝鮮大學校 大學院

環境生命工學科

徐　光　燁

Collection @ chosun

徐光燁의 博士學位論文을 認准함

委員長	朝鮮大學校	教授	田榮男 (印)
委員	朝鮮大學校	教授	崔炯一 (印)
委員	朝鮮大學校	教授	鄭京勳 (印)
委員	圓光保健大學	教授	姜公言 (印)
委員	朝鮮大學校	教授	申大允 (印)

2009年 6月 17日

朝鮮大學校 大學院

dCollection @ chosun

목 차

List of Tables ····· vi
List of Figures ····· viii
ABSTRACT ····· x

제1장 서 론 ····· 1
제1절 연구배경 ····· 1
제2절 연구목적 ····· 3

제2장 이론적 배경 ····· 4
제1절 대기오염의 영향 ····· 4
1. 대기오염의 정의 ····· 4
2. 대기오염의 인체 및 환경영향 ····· 5
가. 아황산가스(SO_2) ····· 5
나. 이산화질소(NO_2) ····· 6
다. 오존(O_3) ····· 7
라. 일산화탄소(CO) ····· 8
마. 총탄화수소(THC) ····· 8
바. 먼지(PM_{10}, $PM_{2.5}$) ····· 9
사. 납(Pb) ····· 10

제2절 대기환경기준 ····· 11
1. 환경기준의 필요성 ····· 11
2. 환경기준의 성격 ····· 11

dCollection @ chosun

3. 환경기준의 설정 목적 ····· 12
4. 환경기준의 설정 근거 ····· 12
5. 우리나라 대기환경기준 ····· 13

제3절 대기오염측정망 현황 및 종류 ····· 14
1. 대기오염측정망 현황 ····· 14
2. 대기오염측정망 종류 ····· 14

제4절 대기오염측정망의 측정원리 ····· 16
1. 대기환경기준 항목 측정방법 및 원리 ····· 16
가. 아황산가스(SO_2) 측정기 ····· 16
나. 이산화질소(NO_2) 측정기 ····· 16
다. 오존(O_3) 측정기 ····· 17
라. 일산화탄소(CO) 측정기 ····· 17
마. 미세먼지(PM_{10}) 측정기 ····· 17
2. 대기환경기준 이외 항목의 측정방법 및 원리 ····· 18
3. 항목별 측정주기 ····· 19

제5절 대기오염측정망 자료관리 ····· 20
1. 자료검색 ····· 20
2. 측정자료 관리 ····· 21
3. 유효 가동률 ····· 21
4. 대기오염 측정치 단위 및 유효 자리수 ····· 21

제6절 대기오염측정망 관리 ····· 22
1. 대기오염측정망 유지보수 위탁관리 ····· 22

dCollection @ chosun

2. 대기오염측정망 정도관리 ····· 24

제7절 국내 · 외 대기오염측정망 운영현황 ····· 38
1. 국내 ····· 38
가. 광주광역시 ····· 41
나. 전국 16개 광역자치단체 ····· 42
2. 국외 ····· 44
가. 일본, 중국 ····· 44
나. 미국 ····· 46
다. 유럽(영국, 프랑스, 독일) ····· 51

제3장 연구내용 및 방법 ····· 53
제1절 연구내용 ····· 53
제2절 연구방법 ····· 56

제4장 결과 및 고찰 ····· 59
제1절 측정소 측정환경 개선 ····· 59
1. large by pass in-line filter를 이용한 펌프 소음 저감 ····· 59
2. 전기배선의 개선 ····· 62
3. 시료채취관의 이중관 설치 ····· 63
4. 폐 가스 처리 환기장치 개발 ····· 64
5. 측정소 실내온도 센서 설치 ····· 66
6. 화재예방, 실내온도 유지 및 측정환경개선 ····· 67
7. 낙뢰 예방 ····· 68
8. 디지털 잠금장치를 이용한 측정소 출입 방법의 개선 ····· 68
9. 전기절전장치를 이용한 절전방안 ····· 69

Collection @ chosun

제2절 측정자료 신뢰성 향상 ····· 70
1. 먼지(PM_{10}, $PM_{2.5}$) 측정자료의 신뢰성 제고 ····· 70
2. 오존측정기기의 측정자료 신뢰성 제고 ····· 73
3. 표준시간 도입 ····· 73

제3절 원격관리시스템 구축 전 문제점 및 해결 방안 ····· 74
1. 혼합표준가스 공급 및 연결관 개선 ····· 74
가. 교정용 혼합표준가스통 메인 밸브 개선 ····· 74
나. 교정장치 가스 연결관 개선 ····· 76
2. air compressor 응축수의 원격 배출 장치 개발 ····· 78
3. 총탄화수소 측정기 응축수의 원격 배출 장치 개발 ····· 86
4. data logger reset module 개발 ····· 89

제4절 원격관리시스템 구축 ····· 92
1. 원격전원관리시스템 ····· 94
가. 전원장치 현재상태 보기 ····· 95
나. 전원장치 전원 On / Off 실행방법 ····· 95
다. 원격전원제어시스템 구축 ····· 97
라. 실내 환기 장치 활용 ····· 99
마. high volume air sampler 활용 ····· 99
2. 원격교정시스템 ····· 100
가. 제작사별 교정방법 ····· 100
1) TEI 대기측정장비 운영방법 ····· 100
2) Horiba 대기측정장비 운영방법 ····· 103
3) T-API 대기측정장비 운영방법 ····· 105
나. 통합형 원격 교정 명령어 개발 ····· 106

dCollection @ chosun

다. 원격 교정 방법 ····· 109
3. 원격측정기기모니터링시스템 ····· 118
가. 아황산가스(SO_2) 측정기 ····· 119
나. 이산화질소(NO_2) 측정기 ····· 122
다. 오존(O_3) 측정기 ····· 124
라. 일산화탄소(CO) 측정기 ····· 126
마. 총탄화수소(THC) 측정기 ····· 128
바. 먼지(PM_{10}, $PM_{2.5}$) 측정기 ····· 130
4. 원격관리시스템 구축 ····· 133

제5장 결 론 ····· 135

References ····· 137

dCollection @ chosun

List of Tables

Table 1. The classification of criteria, goal and standard ····· 12
Table 2. Modification of systems and details of intensification of air quality standard ····· 13
Table 3. The national status of installation of air quality monitoring networks ····· 15
Table 4. Methods of measuring the air quality standard items ····· 16
Table 5. Methods of measuring beyond the air quality standard items ····· 18
Table 6. The monitoring cycle of individual items ····· 19
Table 7. The standard of equipment holding in a air quality monitoring networks commission agency ····· 23
Table 8. Necessities of technical ability of accuracy test agency ····· 28
Table 9. Essential equipment and facilities of accuracy test agency ····· 29
Table 10. Methods of analyzing individual items ····· 30
Table 11. Standard of efficiency of automatic air quality measuring analyzer ····· 31
Table 12. Selection of the air quality standard and the measurement range ····· 32
Table 13. Standard gases for calibration ····· 36
Table 14. The status of national maintenance ····· 40
Table 15. The status of national implementation of air quality monitoring networks ····· 42
Table 16. The status of overseas maintenance ····· 44
Table 17. The status of analyzers maintenance in japan ····· 45
Table 18. Classification according to frequency of weekly checking analyzers in japan ····· 45
Table 19. General management ····· 51

dCollection @ chosun

Table 20. The status of air quality monitoring networks in Gwangju ····· 55
Table 21. The kind of air quality analyzer by makers ····· 55
Table 22. Materials and components in this study ····· 56
Table 23. Analyzers for implementation of remote management system ····· 56
Table 24. Noise level of the sampling pumps ····· 61
Table 25. Comparison of the amount of power usage and cost before and after installing power saver ····· 69
Table 26. Measuring individual items per five minutes and the time period of transmission ····· 72
Table 27. The result of a gas leak test on the connection tubes ····· 77
Table 28. The explanation on main parts in the figure ····· 82
Table 29. Variation of zero value of each manufacturer analyzers for a week ····· 107
Table 30. Dynamic gas calibrator(Model 146C) ····· 109
Table 31. Optimum range of internal factor of SO_2 analyzer ····· 120
Table 32. Optimum range of internal factor of NOx analyzer ····· 122
Table 33. Optimum range of internal factor of O_3 analyzer ····· 124
Table 34. Optimum range of internal factor of CO analyzer ····· 126
Table 35. Optimum range of internal factor of THC analyzer ····· 128
Table 36. Status codes of PM analyzer(BAM 1020) ····· 130
Table 37. Status codes of PM analyzer(R & P 1400a) ····· 130
Table 38. Expectations of reducing expense of maintenance and repair in Gwangju city ····· 133

dCollection @ chosun

List of Figures

Fig. 1. Table of the system related to the accuracy audit. ····· 26
Fig. 2. The system of cooperation between central and local governments. 26
Fig. 3. The system of calibration standard supply. ····· 36
Fig. 4. System of air quality analyzer in USA. ····· 46
Fig. 5. The map of air monitoring site in Gwangju. ····· 54
Fig. 6. The large by pass in line filter of PM analyzer. ····· 60
Fig. 7. Sampling pumps attached large by pass in line filter at exhaust. 60
Fig. 8. Measuring system for pump noise. ····· 61
Fig. 9. Electric wiring improvement. ····· 62
Fig. 10. Sampling tube having double structure. ····· 63
Fig. 11. Corrosion of the electrical wires of air compressors. ····· 65
Fig. 12. Purifier for the waste gas. ····· 65
Fig. 13. Ventilation and heating with timer concenting plug. ····· 67
Fig. 14. The collection tube and impaction plate in PM sample inlet. ····· 71
Fig. 15. Inlet for PM sampling. ····· 71
Fig. 16. The structure of air compressor. ····· 82
Fig. 17. The single tube in the air compressor air tank. ····· 83
Fig. 18. Emission of condensed water by the single tube in the air compressor air tank. ····· 83
Fig. 19. Air compressor for supply of THC analyzer. ····· 84
Fig. 20. Process of building emission device of remote condensed water and the complete products. ····· 85
Fig. 21. Connecting 2-way solenoid valve to the air compressor outlet. ····· 88
Fig. 22. Connecting 3-way solenoid valve to the auxiliary gas supply tube. ····· 88
Fig. 23. Structure of data logger reset module. ····· 91

dCollection @ chosun

Fig. 24. Data logger reset module. ····· 91
Fig. 25. Schematics of correspondence before implementation of remote management system. ····· 93
Fig. 26. Schematics of correspondence through remote management system. ····· 93
Fig. 27. Structure of remote power management system. ····· 96
Fig. 28. Remote power management system for air quality monitoring networks. ····· 97
Fig. 29. Remote power management system for air quality monitoring networks. ····· 98
Fig. 30. Program reset for remote power management system for air quality monitoring networks. ····· 98
Fig. 31. Structure of remote calibration system. ····· 108
Fig. 32. Real time data, remote power management system and remote calibration system. ····· 112
Fig. 33. Calibrator control. ····· 112
Fig. 34. Calibration. ····· 113
Fig. 35. Operator mode of analyzer. ····· 113
Fig. 36. Zero and span calibration. ····· 114
Fig. 37. SO_2 analyzer monitoring system. ····· 121
Fig. 38. NOx analyzer monitoring system. ····· 123
Fig. 39. O_3 analyzer monitoring system. ····· 125
Fig. 40. CO analyzer monitoring system. ····· 127
Fig. 41. THC analyzer monitoring system. ····· 129
Fig. 42. PM10 analyzer monitoring system(BAM1020). ····· 131
Fig. 43. PM10 analyzer monitoring system(R & P 1400a). ····· 132
Fig. 44. Structure of remote management system. ····· 134

dCollection @ chosun

ABSTRACT

A Study on the Implementation of Remote Management System for Air Quality Monitoring Networks

Seo Gwang-Yeob
Advisor : Prof. Shin Dae-yewn Ph.D.
Department of Environmental Bioengineering
Graduate School of Chosun University

Caused by air quality sampling pump networks, results of the studies on solutions of noise and improvement of the work environment, answers in advance for implementing a remote management system , air pollution and air quality monitoring networks time of the inspection and measurement of data reliability and effective management measures for study how to manage are the following.

By attaching Large by pass In-Line Filter in the PM analyzer(R&P, TEOM 1400AB) which is ordinarily thrown away when used for 6 months to one year to sampling extracting pumps and recycling it, the degree of noise has been reduced by 16.6dB(A). In result, suggestion of fundamental solutions of noise and improvement of work environment have been made. Furthermore, with the recycle of used materials, the budget could be reduced.

With gas ventilator idea production establishments of the used gas which is measured in the measurement machinery and tools and then is thrown away, it contributed to PVC(Polyvinyl chloride) material erosion shields which are caused by with ozone where comes out from the workplace improvement and the

Collection @ chosun

dioxide nitrogen measurement machinery and tools. And a devide has been developed in order to check the capability of the pumps with outlet tubes.

The Teflon tube and stainless steel pipe used for connection tube between mixture standard gas tank and correction equipment and stainless steel pipe have been tested for 6 months. As a result there was no leakage in the stainless steel pipe compared to the Teflon tube. This stainless steel pipe was used as mixture standard gas tank. So it could avoid leakage of mixture standard gas pipe. Also it reduced disturbance time period of mixture standard gas tank by shortening the length of the pipe.

For the prevention from wrong function of the system which is caused by software related problems but not by hardware related problems of data logger and the minimization of a measurement data discontinuation or being washed away, data logger reset module have been developed for the environment of 100% remote connection and control.

By employing 2-way solenoid valve, it is connected to the condensate issue of compressed air and remotely controlled. The compressed air supply which contains condensate exhaust function that makes condensate water automatically discharged has been developed. Therefore, it has made it possible to create an air pollution measurement network remote system construction environment. In addition, by making the air compressor outlet connected with the 2-way solenoid valve system double, connecting 3-way solenoid valve and having assisting characteristic gas in THC analyzer, the condensate water exhaust device has been developed in order for condensate water not to flow into the meter.

Constructing a remote management system will be able to control both the measuring range of the analyzer and the power of ventilator, which brought work place environment improvement, prevention of the loss of analyzer and finally made it possible to reduce budget.

With the construction of a remote measuring instrument monitoring system,

Collection @ chosun

and by monitoring measurement interior environment, the efficiency of analyzer, condition of the analyzer, diagnosis of the broken and its measures and the state of measurement meters at all times, the efficiency and the condition of analyzer are checked without any business trips. After the efficiency and condition of the analyzer and tools are checked, the reliability of measurement data and capability of measurement meter are available by having repair measurement in advance and timely changing the expendable and the degradation materials.

With the Constructed remote reform systems, zero/span drift problems cause by their long time uses are solved by checking zero and span at all times. This has improved the accuracy and a reliability of measurement data.

With remote management system implementation, the case of Gwangju city , it could bring decrease for business trip time for inspection. Generally, it used to take over 30 hours, 4 times a week for inspection. However, it reduced it into once a week and only 4 hours. It also reduced ₩47,000,000 to ₩58,000,000 Won every year. Furthermore, if they are installed in 262 measurement path in 16 cities nationwide, it could be reduced ₩982,000,000 Won or more annually.

dCollection @ chosun

제1장 서 론

제1절 연구배경

수도권, 대도시 및 석유화학단지 등의 대기오염은 지속적인 노력에도 불구하고 크게 개선되지 않고 있으며, 중국, 인도 등 신흥공업국에서 배출되는 배출가스의 장거리 이동 및 2차 오염물질의 영향이 증가하는 추세이다.[1, 2)]

미세먼지, 오존 등으로 인한 대기오염은 매우 심각한 수준이며, 이러한 대기오염은 국지적, 국가차원의 문제에서 벗어나 국제적, 광역적 내지는 범지구적인 문제로 확대되고 있다.[3, 4)]

이에 따라 지구환경을 보호하기 위한 많은 국제 환경협약들이 체결되고 무역규제도 강화되고 있다.[5 ~ 7)] WTO(세계무역기구, World Trade Organization), OECD(경제협력개발기구, Organization for Economic Cooperation and Development)와 같은 국제기구에서는 환경과 무역을 연계한 국제환경규제, CO_2배출량을 줄이기 위한 국가별 목표량 설정, 탄소세 · 에너지세 부과, 자동차 연비기준 등 각종 규제수단을 강구하고 있다.

우리나라도 1970년대 후반부터 대기오염 배출시설을 관리하고, 주변 지역의 영향을 분석하는 대기 모델링을 실시해오고 있으며, 사업장 배출시설의 TMS (원격자동감시시스템, Tele Monitoring System)설치, 민간전문기관 위탁운영 및 기업체가 자발적으로 에너지절약 등의 세부시행계획을 정부에 제출하는 voluntary agreement 등 대기환경 규제방식을 도입하고 있다. 또한 자동차의 저유황연료 사용 및 천연가스자동차 보급으로 배출가스를 저감하고, 사업장에 대한 규제기준 지도 · 감시를 강화하는 등 OECD 가입 국으로서 위상에 걸맞은 대기질을 유지하기 위해 노력하고 있다.[8 ~ 10)]

대기오염물질의 배출관리와 대기환경기준은 각각 대기환경보전법과 환경정책기본법으로 관리하는데, 배출허용기준 27종, 대기환경기준 7종 등 총 61종의 대기오염물질을 관리하고 있다.[11 ~ 12)] 이 중 일부 항목에 대해서는 대기오염실태를 파악하여 환경영향평가, 대기오염 방지계획 등 대기질 개선대책을 수립하기 위한 기초

dCollection @ chosun

자료로 활용하기 위해 대기오염측정망을 운영하고 있다.[11 ~ 13]

대기오염측정망은 환경부에서 운영하는 교외대기측정망, 국가배경농도측정망, 유해대기물질측정망, 광화학대기오염물질측정망, 산성강화물측정망, 지구대기측정망 등 국가측정망과 지방자치단체에서 운영하는 도시대기측정망, 도로변대기측정망, 대기중금속측정망, 시정거리측정망 등 지방측정망으로 구분된다.[11, 14]

또한 대기오염자동측정망에서 얻어진 자료는 매일 국민들에게 실시간으로 인터넷 및 전광판 등에 공개되고 이를 근거로 오존주의보, 미세먼지주의보 등 대기오염 예·경보제도를 발령하는 등 주민생활에 영향을 미치기 때문에 측정의 정확성을 기하고, 측정자료의 신뢰도를 확보하며, 관련문서와 측정 자료를 보존하기 위해서는 측정기기 및 측정소 실내 환경을 최적 상태로 유지하여야 한다.[13]

이와 같이 측정소의 유지관리가 매우 중요함에도 불구하고 대기오염측정망에서 사용하는 측정기기는 극미량 대기오염물질을 좁은 공간에서 동시에 24시간 연속 측정하기 때문에 주요 부품이 마모되거나 열화되어 성능이 저하되고 고장이 나는 등 여러 가지 문제점이 야기되고 있다.[15]

대기오염측정망은 "환경부, 대기오염측정망 설치운영 지침(2009.04)"에 의해 측정기의 부품관리, 측정기 정도관리 및 몇몇 점검서식을 관리하고 있다.[13] 외국에서는 대부분 당사국의 환경청이나 국립환경연구기관과 같은 기구에 등록된 공적인 전문기관 또는 업체가 유지관리를 수행한다.[16, 17] 특히 일본의 유지관리 전문회사는 환경측정기 분야에 전문적인 기술을 갖춘 환경 계량사를 기술책임자로 선임하도록 되어 있다.[18]

따라서 대기오염측정망의 효율적인 유지관리를 위해서는 표준화된 유지관리체계가 필요하며, 이를 위해서는 전국에 산재하는 대기오염측정망의 측정 장비에 대한 유지관리업무를 여러 곳의 민간업체에서 개별적으로 수행하기 보다는 공공전문기관에서 통합적으로 관리하여 수행하는 방안이 요구되고 있다.

dCollection @ chosun

제2절 연구목적

대기오염자동측정망은 장기간 좁은 공간에서 여러 가지 측정기기들이 연중 연속적으로 가동되고 다수 관리자의 출입에 따라 몇 가지 개선해야 할 문제점들이 대두되고 있다.[15] 그러한 문제점들을 열거하면, 측정소 환경개선, 측정기기의 효율 제고 및 원격관리 시스템 구축 등이라고 할 수 있다.

측정소의 시설개선을 위해서는 시료채취용 펌프작동으로 인하여 실내가 건조해지고 먼지와 소음이 발생하며, 측정기기에서 배출되는 오존 등 폐 가스가 축적되어 기기를 부식시키거나 고무와 접착제를 열화시켜 고장이 나고 측정값의 신뢰도가 저하하고, 제작사별로 다른 측정기기의 관리방법이 다른 문제점 등을 개선할 필요성이 있다.[15, 19, 20]

측정기기의 효율을 제고하기 위해서는 먼지측정기의 시료주입부와 자료의 전송 및 처리방법, 오존측정기의 교정, 공기압축기(air compressor)의 응축수 배출, 혼합표준가스의 공급, 자료수집장치(data logger)의 작동과 측정 자료의 송·수신체계 등을 개선하고, 기기별로 약간씩 다르게 적용되는 시각을 일치시킬 필요성이 있다.[20]

또한 원격관리 시스템을 구축함으로써 측정기기의 출장, 점검에 소요되는 시간을 줄이고, 기기들의 운전상태를 감시하여 상시 정상적으로 작동되도록 함으로써 측정 자료의 신뢰성을 향상시켜야 한다.[20]

본 연구에서는 대기오염측정망 측정소의 시료채취용 펌프로 인한 소음과 폐가스로 인한 기기손상을 예방하기위해 작업 및 측정환경을 개선하고, 측정자료의 신뢰성 확보를 위해 먼지측정기와 오존측정기기의 운영방법 개선과 측정자료의 표출시간을 동일하게 하기위해 표준시간도입방법과 대기오염측정망을 효율적으로 운영관리하기위해 교정용혼합표준가스 공급방법, 공기압축기의 응축수 원격배출방법, 자료수집장치 자동 리셋(reset) 방법을 연구하여 원격관리기반을 확보한 다음 측정기기 전원관리, 교정 및 모니터링시스템 등의 원격관리시스템 구축을 통해 출장시간 및 측정기기 점검시간을 단축하고, 측정 자료의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 방안을 연구하였다.

따라서 본 연구에서는 대기오염자동측정망 측정소의 환경을 개선하고, 측정기기의 효율을 제고하며 자동원격관리 시스템을 구축하여 성과를 평가하고자 한다.

Collection @ chosun

제2장 이론적 배경

제1절 대기오염의 영향

1. 대기오염의 정의

WHO(세계보건기구, World Health Organization)에서는 대기오염을 “대기 중에 인위적으로 배출된 오염물질이 한 가지 또는 그 이상 존재하여 오염물질의 양, 농도 및 지속시간이 어떤 지역의 불특정 다수인에게 불쾌감을 일으키거나 해당지역에 공중 보건상 위해를 끼치고, 인간이나 동·식물의 활동에 해를 주어 생활과 재산을 향유할 정당한 권리를 방해받는 상태”로 정의하고 있다.[14)]

대기오염물질은 크게 가스상 물질과 입자상 물질로 구분되는데, 가스상 물질은 물질의 연소, 합성 및 분해 등의 공정에서 발생하고, 입자상 물질은 물질의 연소, 합성, 분해공정과 파쇄, 선별, 이송 등 기계적인 처리과정에서 발생한다.[11)] 또 생성과정에 따라 1차와 2차 오염물질로 분류하는데 1차 오염물질은 공장 굴뚝이나 자동차 등에서 배출되는 오염물질, 2차 오염물질은 대기 중에 배출된 1차 오염물질이 물리화학적 또는 광화학반응을 통하여 생성된 물질을 말한다.[10)]

대기오염물질을 제어하기 위해서 대기환경보전법에 아황산가스(SO_2), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO_2), 악취물질 등 가스상 물질과 입자상물질(PM_{10}) 등 총 61종을 규정하여 관리하고 있다.[11)]

dCollection @ chosun

2. 대기오염의 인체 및 환경 영향

가. 아황산가스 (SO_2)

SO_2는 무색, 자극성 냄새를 갖는 불연성 기체이다. 물에 대한 용해도는 10.5g/100g(20℃)로서 대단히 잘 녹는 편이며 수용액은 아황산이다. 환원성이며 수분이 있으면 각 종 색소를 표백한다.

SO_2는 주로 황산의 제조 원료로 사용되고 짚, 비단, 양모 등의 표백 혹은 환원제, 냉매 등으로 사용되며, 사과 저장 시 갈변방지제로 사용되고, 선박에서 쥐, 빈데, 벼룩 등을 구제하거나 박멸하는데 사용되어 왔다.

SO_2발생원은 자연적으로 화산가스와 광천에 존재하고, 인위적으로는 황을 함유하고 있는 석탄과 석유의 연소공정에서 대부분 배출되는데, 석탄의 황 함량은 0.5 ~ 2.5%, 원유의 황 함량은 산지별로 다르나 동남아 지역은 0.15%, 이란 1.4%, 쿠웨이트 2.4% 등이다. 이 밖에 SO_2가 발생하는 산업공정은 용광로, 금속제련, 황산공장, 표백, 펄프, 사탕정제, 젤라틴 정제, 냉동기, 축전지, 알칼리염, 소독제, 살충제, 염료제조업 등이다.

SO_2의 인체 영향은 점막을 자극하며, 농도가 높은 경우 콧물, 담, 기침 등이 나오고 호흡곤란을 초래한다. 10 ~ 50ppm정도의 낮은 농도에서도 장기간 폭로될 경우 소변의 산성화, 호흡곤란, 호흡유량 저하, 상기도의 자극감, 후각 및 미각의 저하, 비염, 기관지염, 기침 및 객담의 증가 증상을 나타내고, 폐섬유증, 폐기종, 폐렴 등을 유발할 수 있다. 또한 같은 농도일지라도 먼지농도, 습도, 온도가 높을수록 장해가 증가한다.

SO_2농도 1ppm이상에 폭로되면 호흡수와 맥박수가 증가하고, 1 ~ 2ppm을 흡입하면 기도가 위축된다. 10 ~ 20ppm에 노출되면 인두의 자극감, 기침, 흉부의 압박감, 눈의 자극 및 눈물이 난다. 300 ~ 400ppm에서는 단시간에 중독증상을 나타내고 흉통, 호흡곤란, 두통, 폐부종, 의식곤란 등을 일으키고, 400 ~ 500ppm에서는 생명이 위험하다.

SO_2의 환경영향은 산성강하물의 주요 원인물질로서 토양, 호수, 하천 등을 산성화하고, 빌딩이나 기념물 등 각종 구조물을 부식시키거나 탈색하며, 시정장애를

dCollection @ chosun

일으키는 미세먼지(PM_{10})를 생성한다는 점이다.[14)]

식물에 미치는 영향은 잎 하부의 기공으로 침입하여 해면조직과 책상조직을 파괴함으로써 수분을 상실하고 건조되어 황갈색 또는 상아색으로 퇴색시킨다. 보리, 알팔파, 코스모스는 SO_2에 대한 저항력이 약하여 0.2ppm정도의 농도에 10일 이상 폭로되면 동화작용이 저하된다. 셀러리와 소나무는 SO_2에 대한 저항력이 비교적 강하여 0.2 ~ 0.3ppm정도에서 1일 8시간이상 폭로될 때 영향을 받는다.[21)]

나. 이산화질소(NO_2)

NO_2는 반응성이 강한 적갈색의 기체이고, 냉수 또는 알칼리 수용액과 반응하여 아질산, 질산 또는 그 염을 만든다. 대부분 NO가 대기 중에서 산화되어 생성되는데 탄화수소화합물이 촉매로서 작용한다.

질소산화물은 NO, NO_2, NO_3, N_2O, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5 등 7종이 있으며, 이 중에서 대기 중에서 휘발성유기화합물(VOCs: Volatile Organic Compounds)과 반응하여 O_3을 생성하는 광화학반응에 관여하는 NO와 NO_2를 NOx라고 한다. NOx는 생성메커니즘에 따라 1,100℃ 이상의 고온 연소공정에서 공기 중의 질소가 산화되어 생성되는 thermal NOx와 연소과정에서 연료 중의 질소가 산화되어 생성되는 fuel NOx로 구분된다.

NOx의 배출원은 토양세균에 의해 생성되는 자연 배출원과 인공 배출원으로 구분되나, 인공배출원에서 발생되는 양이 대부분이다. 인공 배출원 중 휘발유·디젤엔진 자동차와 파워 플랜트의 배출농도가 높고, 가스를 사용하여 난방하거나 취사하는 가정에서 발생량이 많으며, 폭약, 비료, 필름 등의 제조업과 금속부식, 사진건판, 아크등 작업 등에서 발생한다.

NO_2의 인체영향은 급성작용과 만성작용으로 구분하는데, 급성작용은 눈과 코를 강하게 자극하고 폐충혈, 폐수종, 폐색성 기관지염과 폐렴을 일으켜 결국 사망하게 한다.

가취농도는 1 ~ 3ppm이고, 13ppm에서 눈이 따갑고 코에 자극이 오며, 50ppm에서 코에 강한 자극을 느끼고, 80ppm에서는 가슴이 막힌 듯한 증상을 느낀다. 120 ~ 150ppm에서는 3 ~ 5주에 사망하며, 500ppm에서는 즉시 폐수종이 오고 1일 이내

dCollection @ chosun

에 사망한다.

만성작용은 10 ~ 40ppm에 장기간 노출될 경우 폐섬유화 및 폐수종을 일으킨다.

환경영향으로서는 NO_2의 빛 흡수력이 강해서 시정거리가 단축되는데 특히 미세먼지농도가 높을 때 더욱 현저하다. NO_2농도 0.6 ~ 2ppm에서 목면 및 나일론 섬유가 탈색되고, 섬유의 질이 저하된다. 식물에 미치는 영향은 오렌지가 NO_2농도 0.25ppm이하의 농도에 8개월간 폭로된 경우 잎이 떨어지고 결실이 감소하였으며, 25ppm에서는 급성 영향을 받아 고사하였다.[21)]

다. 오존(O_3)

O_3은 물에 난용성이며, 산화력이 강하고, 무색의 마늘 냄새 또는 생선냄새의 특이한 취기를 가지고 있으며, 악취제거의 산화제로도 이용된다.

자연적 오존에는 3가지 생성원이 있다. 첫째로 성층권에서는 산소와 자외선이 관여한 광화학반응으로 오존이 생성된다. 이 성층권 오존은 공기의 거대 흐름에 의해 지표면 가까이 까지 내려오며, 때로는 고농도의 오존이 지표에서 측정되기도 한다. 둘째로, 오존은 번개에 의해 생성되지만 많은 양은 아니다. 셋째로 대류권에서 자연적 오존은 질소산화물과 식물에서 방출된 탄화수소의 광화학반응으로 생성된다. 식물로부터 배출되는 탄화수소의 한 예로서 터펜(terpene)화합물은 소나무에서 생기며, 소나무향을 가진다. 평균적으로 대기 중 측정된 오존의 반 이상은 자연적으로 생성된 오존이다.[22)]

또한 대기 중에 배출된 질소산화물(NO_X)와 휘발성유기화합물(VOCs) 등이 자외선과 광화학 반응을 일으켜 생성된 PAN(Peroxy Acetyl Nitrate), 알데하이드, acrolein 등의 광화학 옥시던트의 일종으로 2차 오염물질에 속한다. 전구물질인 휘발성유기화합물은 자동차, 화학공장, 정유공장과 같은 산업시설과 자연적 생성 등 다양한 배출원에서 발생한다.

O_3에 반복 노출 시에는 폐에 피해를 줄 수 있는데, 가슴의 통증, 기침, 메스꺼움, 목 자극, 소화불량 등의 증상을 유발시키며, 기관지염, 심장질환, 폐기종 및 천식을 악화시키고, 폐활량을 감소시킬 수 있다. 특히 기관지 천식환자나 호흡기 질환자, 어린이, 노약자 등에게는 많은 영향을 미치므로 주의해야 할 필요가 있

dCollection @ chosun

다. 또한 농작물과 식물에 직접적으로 영향을 미쳐 수확량이 감소되기도 하며 잎이 말라 죽기도 한다.[14)]

라. 일산화탄소(CO)

CO는 무색, 무취, 무미의 유독성 가스로서 연료속의 탄소성분이 불완전 연소되었을 때 발생한다. 그 성상은 분자량이 28.01이고 비중은 0.967로서 공기보다 약간 가볍다. 융점은 -205.7℃이며, 액화점은 -190℃이다. 밀도는 공기의 96.5%이며 물에는 많이 녹지 않는다. 이것은 화염으로 푸른 불꽃을 내면서 타지만 연소를 지탱해 주지는 않는다. CO는 매우 안정한 가스이고 CO와 O_2의 혼합물을 일광에 쪼이면 7년간 방치하여도 변하지 아니하였다고 한다. CO의 생성은 산소의 공급이 불충분한 상태에서 탄소가 연소할 때 $2C + O_2 \rightarrow 2CO$와 같은 화학반응으로 발생한다.

CO는 대기를 오염시키는 유해가스 중 역사가 매우 길었던 가스 중의 하나라고 볼 수 있다. 그 이유는 고대 많은 화산의 폭발과 불의 사용시에 언제나 CO가 발생하였기 때문이다.[23)]

CO의 주요배출원은 주로 수송부문이 차지하며, 산업공정과 비수송부문의 연료연소 그리고 산불과 같은 자연발생원 및 주방, 담배연기, 지역난방과 같은 실내발생원이 있다.

CO의 인체 영향을 살펴보면, 혈액순환 중에서 산소운반 역할을 하는 헤모글로빈을 카르복실헤모글로빈(COHb)으로 변성시켜 산소의 운반기능을 저하시키며, 고농도의 CO는 유독성이 있어 건강한 사람에게도 치명적인 해를 입힌다.[14)]

마. 총탄화수소(THC)

THC(total hydrocarbon)는 탄소와 수소의 화합물로서 정유시설, 자동차 및 페인트 도장시설 등에서 발생되며 유기물질의 부패 시 메탄가스 상태로 발생되기도 한다. 그리고 화산작용, 산림의 화재 및 천연가스의 배출 등에서도 생성되어 대기중에서 발견되는 각종 탄화수소의 종류는 약 60여 가지에 이른다고 알려져 있으나 이러한 탄화수소의 종류는 수없이 많이 존재하며 실험방법에 따라 많은 차이를 보

dCollection @ chosun

이고 있다. 탄화수소의 주성분은 알칸(alkane)인데 이중에서도 메탄(CH_4)이 거의 대부분을 차지하며 총탄화수소의 거의 반을 점유하고 그 이외의 주요물질로는 아세틸렌 방향족 등이 있다.

특히 탄화수소 중에서 메탄은 매우 낮은 광화학 작용력을 가지고 있기 때문에 탄화수소의 농도 측정 시에 흔히 메탄계와 비메탄계의 탄화수소로 구별하여 측정한다. 탄화수소는 그 자체로서도 유해한 성분들이 있으나 광화학작용에 의하여 알데히드를 포함한 각종 산화성 물질을 생성하게 될 때 피해가 나타난다.[24)]

바. 먼지(PM_{10}, $PM_{2.5}$)

일반적으로 먼지는 공기 중 고체상태와 액적상태 입자의 혼합물을 말한다. 즉 흔히 입자(particle)라고 부를 때는 고체물질만을 의미하지만 에어로졸(aerosol)이라고 부를 때는 고체 및 액체상의 부유물을 통칭한다. 입자상 오염물질은 연무(mist), 먼지(dust), 연무(smoke), 훈연(fume), 안개(fog), 스모그(smog)등과 같은 상태로 존재하며, 이와 같은 입자상 오염물질은 불완전연소과정, 기계적 분쇄과정, 응축 및 고온화학적 과정을 통해 생성된다.[22)]

대부분의 먼지는 0.001 ~ 500㎛의 범위를 갖지만 그 대부분은 0.1 ~ 10㎛의 크기를 갖는다. 0.1㎛이하의 입자는 브라운 운동을 하므로 쉽게 가라앉지 않으며, 인체에 가장 유해한 입경은 0.5 ~ 5㎛범위이며, 특히 2 ~ 4㎛범위에서 침착률이 가장 크다. 따라서 천천히 흡입할 때 그 침착률은 증가한다. 1 ~ 10㎛정도의 입자는 침전, 빛의 분산현상 및 시야를 방해하는 역할이 커지는데 0.1 ~ 1㎛의 범위는 특히 시야에 방해를 준다. 매연 등의 입자상 물질은 SOx, NOx 등의 타 오염물질을 운반하는 작용을 하므로 피해의 양상은 더욱 가중된다.[23)]

이러한 입자들은 자연 배출원 뿐만 아니라 여러 종류의 고정배출원이나 이동배출 원으로부터 배출되므로 여러 형태의 모양과 크기를 가지고 있다. 먼지(PM_{10}, $PM_{2.5}$)는 배출 원으로부터 직접 배출되거나 아황산가스(SO_2)나 질소산화물(NO_X)과 같은 가스상 물질에 의해 2차적으로 생성된다.

먼지(PM_{10}, $PM_{2.5}$)는 천식과 같은 호흡기계 질병을 악화시키고, 폐 기능의 저하를 초래한다. 또한 먼지(PM_{10}, $PM_{2.5}$)는 시정을 악화시키고, 식물의 잎 표면에 침적

dCollection @ chosun

되어 신진대사를 방해하며, 건축물에 퇴적되어 조각된 유적물이나 동상 등에 부식을 일으킨다.[14)]

사. 납(Pb)

Pb은 무기납과 유기납으로 구분되며, 무기납에는 금속납, PbO, Pb_2O_3, Pb_3O_4 등 산화납, $PbNO_2$, $PbNO_3$, $PbClO_4$, $PbSO_4$, $PbCrO_4$, $Pb_3(PO_4)_2$, PbS, $Pb(OH)HCO_3$, $PbAsO_3$ 등의 납염이 있고, 유기납에는 4-에틸납과 4-메틸납 등이 있다.

Pb의 융점은 372.4℃, 비등점은 1,470℃이며, 공기 중에서 가열하면 330℃에서 PbO, 450℃부근에서 Pb_3O_4, 600℃부근에서 납증기를 발산한다.

Pb은 비행기와 자동차연료에 앤티노킹제(4-에틸납과 4-메틸납)로서 첨가되어 가솔린 내연기관이 주요 배출원이었으나, 1986년 이후 무연(non lead)휘발유를 사용함으로써 배출량이 크게 감소하였다.

Pb배출원은 납 및 납화합물을 취급하는 건전지, 축전지, 인쇄, 크레용, 그림물감, 안료, 에나멜, 페인트, 고무가공, 도가니 제조업 등이다.

Pb은 호흡하고 음식물을 섭취함으로써, 인체에 들어오며, 피 속이나 뼈 그리고 세포 속에 축적되어 간장, 신장, 신경계통 등 여러 신체기관들에 나쁜 영향을 미친다. Pb을 과다 흡입하게 되면 발작, 지적 성장력 부진, 행동장애 등 신경장애를 일으키는 것으로 알려져 있다.[14, 21)]

dCollection @ chosun

제2절 대기환경기준

1. 환경기준의 필요성

환경기준이란 오염되어 있는 현재의 대기, 수질 등을 보다 자연상태에 가깝도록 개선해 나가기 위해서 각 나라별로 그 시기에 달성 가능한 목표치를 설정하는 것으로 건강, 동·식물 및 재산상에 미치는 피해를 최소화하고 아울러 보다 자연상태에 가까운 환경 질로 회복할 수 있도록 하기 위한 것이다.[25)]

이렇게 하기 위해서는 환경기준이 건강, 동·식물 등에 피해를 줄 수 있는 최대의 허용농도가 되어서는 안 되며 또한 경제 · 기술 · 사회적 추진 가능성이 없어서도 안 된다. 따라서 환경기준이란 환경과 경제, 사회간의 균형을 이루는 행정목표로서 필요하며 궁극적으로는 자연환경상태로의 복귀를 말하는 것이다.[26)]

2. 환경기준의 성격

환경기준은 먼저 사회, 경제 및 기술적인 여건을 감안한 후 건강, 재산 보호 등 환경문제와 조화를 이루며 만들어져야 하는 것으로 특히 다음과 같은 내용이 포함되어야 한다.

첫째, 건강 · 재산 피해방지의 최대한계라고 할 수 있는 오염물질의 criteria보다는 낮게 한다.

둘째, 사회 · 경제 · 기술적 여건으로 조만간 달성 가능한 수준으로 보다 자연상태에 근접 할 수 있어야 한다.

셋째, 환경 상 문제가 예상되는 물질을 포함하여 점차 확대되도록 즉, 현재까지 대부분의 국가에서는 SO_2, NO_2, O_3, CO, PM10, Pb, benzene항목을 환경기준물질로 정하고 있다.

따라서 환경기준의 성격은 기준의 최종 추구목적인 권고치(Goal)와 건강, 재산 피해방지의 최대허용한계치인 criteria 사이에서 정해지는 달성 가능한 행정목표치라고 할 수 있다. 여기서 언급한 criteria, goal, standard를 좀 더 명확히 구분하면 Table 1과 같다.[25)]

dCollection @ chosun

Table 1. The classification of criteria, goal and standard

구 분	주 요 내 용
AQC (Air Quality Criteria)	◦ 인체의 건강피해, 영향 및 반응정도를 고려하여 결정 ◦ 오염물질별 농도, 노출시간에 따른 인체영향 관계를 양적으로 규명
AQG (Air Quality Goal)	◦ 건강과 복지에 하등의 부작용 없이 생존해갈 수 있는 공기의 질 ◦ 청정지역 농도와 거의 같은 수준임
AQS (Air Quality Standard)	◦ 행정목표치로 Goal보다는 다소 완화 된 수치로서 조만간 달성할 수 있어야 함 ◦ 환경기준에는 수치뿐만 아니라, 오염물질 측정방법과 그 영향의 측정법이 공정화되어야 함

3. 환경기준의 설정 목적

우리나라의 환경정책기본법(제10조, 환경기준의 설정)에 의해 설정된 환경기준은 사람의 건강을 보호하고, 쾌적한 생활환경을 유지하기 위해 설정되었다.[12] 환경기준은 우리나라 환경정책의 행정목표치로서, 환경개선을 위한 오염 정도를 판단, 예측하고 대책을 강구하는 척도로 사용된다.

4. 환경기준의 설정 근거

대기오염의 환경기준 설정은 수년 이래에 달성하고자 하는 단기목표치와 수십년 동안 달성하기 위한 장기목표치 양자를 포함할 수 있으며, 상황에 따라서는 대기오염에 감수성이 강한 집단의 질병을 예방하고 사망을 줄이기 위한 중간적 목표와 동시에 최소 허용수준에 관한 기준을 필요로 한다.[27]

단기목표치는 현 시점의 국가 오염도 수준, 사회·경제적 상태 및 건강문제의 중요성에 따라서 설정할 수 있으며, 지금까지 알려진 지식을 기초로 하여 대기오염으로 인한 건강문제가 발생하지 않도록 하는데 목적이 있다.

장기목표치는 건강문제보다 대기질의 악영향에 우선시하여 현재 지식으로는 잘

dCollection @ chosun

알려져 있지 않으나, 악영향을 일으킬 수 있는 가능성을 충분히 고려하여 낮게 설정하는 기준치이다.

반면 우리나라의 환경정책기본법에 제시되어 있는 대기환경기준은 현재의 우리나라의 오염도를 감안하여 설정한 중간적 목표치의 의미를 갖고 있다.[25)]

5. 우리나라 대기환경기준

1978년 아황산가스에 대한 기준을 최초로 설정한 이래 현재까지 5회에 걸쳐 항목추가 및 기준을 강화하였다. 그 내용은 다음 Table 2와 같다.[12, 14)]

Table 2. Modification of systems and details of intensification of air quality standard

Item		1978	1983	1991	1993	2001	2007
SO_2 (ppm)		0.05/year 0.15/day	0.05/year 0.15/day	0.05/year 0.15/day	0.03/year 0.14/day 0.25/hr	0.02/year 0.05/day 0.15/hr	0.02/year 0.05/day 0.15/hr
CO (ppm)		-	8/month 20/8hr	8/month 20/8hr	9/8hr 25/hr	9/8hr 25/hr	9/8hr 25/hr
NO_2 (ppm)		-	0.05/year 0.15/hr	0.05/year 0.15/day	0.05/year 0.08/day 0.15/hr	0.05/year 0.08/day 0.15/hr	0.03/year 0.06/day 0.1/hr
Dust (㎍/㎥)	TSP	-	150/year300/day	150/year 300/day	150/year 300/day	-	-
	PM_{10}	-	-	-	80/year 150/day	70/year 150/day	50/year 100/day
O_3 (ppm)		-	0.02/year 0.1/hr	0.02/year 0.1/hr	0.06/8hr 0.1/hr	0.06/8hr 0.1/hr	0.06/8hr 0.1/hr
Pb(㎍/㎥)		-	-	1.5/3month	1.5/3month	0.5/year	0.5/year
THC(ppm)		-	3/year 10/hr	3/year 10/hr	-	-	-
Benzene(㎍/㎥)		-	-	-	-	-	5/year

주 : 1. 1시간 평균치는 999천분위수의 값이 그 기준을 초과해서는 안 되고, 8시간 및 24시간 평균치는 99백분위수의 값이 그 기준을 초과해서는 안 된다.

2. 미세먼지(PM_{10})는 입자의 크기가 10㎛ 이하인 먼지를 말한다.

3. 1993년 아황산가스, PM_{10} 기준 신설 (1995년 적용)

4. 2007년 벤젠기준 신설 (2010년 적용)

dCollection @ chosun

제3절 대기오염측정망 현황 및 종류

1. 대기오염측정망 현황

대기오염실태를 파악하고 대기질 개선대책수립에 필요한 기초 자료를 확보하기 위하여 환경부 및 지방자치단체에서 총 11개 종류의 측정망(도시대기, 교외대기, 국가배경농도, 도로변대기, 유해대기물질, 대기중금속, 광화학오염물질, 산성강하물, 지구대기, 시정거리, 종합대기측정소)을 설치·운용하고 있으며, 2008년 12월 31일 기준 Table 3과 같이 전국 88개 시·군에 총 423개소의 측정소가 설치되어 있다.[11, 13, 14, 28)]

2. 대기오염측정망의 종류

Table 3에 우리나라에서 설치 운영 관리되고 있는 측정망의 종류를 나타내었다.

대기오염측정망은 운영주체에 따라 국가측정망과 지방측정망으로 나누어진다.

국가측정망은 환경부에서 운영 · 관리하며 교외대기측정망, 국가배경농도측정망, 유해대기물질측정망, 광화학대기오염물질측정망, 산성강화물측정망, 지구대기측정망이다.

광역자치단체 또는 지방자치단체에서 운영 · 관리하는 지방 측정망이라 함은 도시대기측정망, 도로변대기측정망, 대기중금속측정망, 시정거리측정망이다.

또한 종합대기측정소는 중앙정부와 지방정부가 공동으로 운영 · 관리하는 측정소이다.[29, 30)]

dCollection @ chosun

Table 3. The national status of installation of air quality monitoring networks(December 31, 2008)

측 정 망	측 정 항 목	측 정 목 적	측정주기	측 정 소 수		
				소 계	환 경 부	지 자 체
도시대기 측정망	SO_2, NOx, O_3, CO, PM_{10}, 풍향, 풍속, 온도, 상대습도	도시지역의 평균 대기질 농도를 파악하여 환경 기준 달성 여부 판정	연속/1시간	234 (70개 시·군)	-	234 (70개시·군)
도로변대기 측정망	SO_2, NOx, O_3, CO, PM_{10}, 풍향, 풍속, 온도	자동차 통행량과 유동 인구가 많은 도로변 대기질을 파악	연속/1시간	28 (13개 시)	-	28 (13개 시)
산성강하물 측정망	pH, 강수량, 전기 전도도, 이온농도	대기 중 오염물질의 건성 침착량 및 강우·강설 등에 의한 오염물질의 습성 침착량 파악	강수시	36 (34개 시·군)	36 (34개 시·군)	-
국가배경농도 측정망	SO_2, NOx, O_3, CO, PM_{10}, 풍향, 풍속, 온도	국가적인 배경농도를 파악하고 외국으로부터의 오염물질 유입, 유출상태 등을 파악	연속/1시간	6 (6개 시·군)	6 (6개 시·군)	-
교외대기 측정망	SO_2, NOx, O_3, CO, PM_{10}, 풍향, 풍속, 온도	도시를 둘러싼 교외 지역의 배경 농도를 파악	연속/1시간	15 (13개 시·군)	15 (13개 시·군)	-
대기중금속 측정망	Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni	도시지역 또는 공단 인근 지역에서의 중금속에 의한 오염 실태를 파악	월/5회	44 (17개 시)	-	44 (17개 시)
유해대기물질 측정망	VOCs 13개 항목 PAHs 7개 항목	인체에 유해한 VOCs, PAHs 등의 오염 실태 파악	월/1회	31 (23개 시·군)	31 (23개 시)	-
광화학오염 물질 측정망	VOCs 56개 항목	오존생성에 기여하는 VOCs에 대한 감시 및 효과적인 관리대책의 기초자료 파악	연속/1시간	24 (11개 시·군)	15 (11개 시·군)	9 (1개 시)
시정거리 측정망	시정(산란계수)	도시 대기의 시정 거리를 측정하여 체감 오염도를 파악	연속/1시간	4 (3개 시)	-	4 (3개 시)
지구대기 측정망	CO_2, CH_4, N_2O (CFCs)	지구 온난화 물질의 대기 중 농도 파악	연속/1시간	1 (1개 군)	1 (1개 군)	-
총 계				423 (88개 시·군)	104 (44개 시·군)	319 (70개시군)

dCollection @ chosun

제4절 대기오염측정망의 측정원리

1. 대기환경기준 항목 측정방법 및 원리

국가대기환경기준 항목 및 측정방법은 Table 4와 같다.[11, 13, 14, 31]

Table 4. Methods of measuring the air quality standard items

Item	Method
SO_2	Pulse U.V. fluorescence method
NO_2	Chemiluminescent method
O_3	U.V. photometric method
CO	Non-dispersive infrared method
PM_{10}	β-ray absorption method
Pb	Atomic absorption spectrophotometry

가. 아황산가스(SO_2) 측정기

1) 측정방법 : 자외선형광법(pulse ultra violate fluorescence method)
2) 측정원리 : 단파장영역의 자외선에 의해 여기되어진 SO_2 분자로부터 발생되는 형광강도를 측정하여 SO_2농도를 연속적으로 측정하는 방법이다.

나. 이산화질소(NO_2) 측정기

1) 측정방법 : 화학발광법(chemiluminescent method)
2) 측정원리 : 시료 중에 포함되어 있는 NO 또는 NOx(NO + NO_2)을 연속적으로 측정하는 방법이다. 먼저 시료 중의 NO와 O_3과의 반응에 의하여 NO_2가 생성

dCollection @ chosun

될 때 생기는 화학발광강도가 NO농도와 비례관계가 있는 것을 이용하여 NO 농도를 측정한다. 또한 시료 중의 NO_2를 converter를 통하여 NO로 변환시킨 후 NO농도를 구하는 방법과 동일하게 측정하여 얻은 NOx(NO + NO_2)에서 NO 농도를 뺀 값이 NO_2가 된다.

다. 오존(O_3) 측정기

1) 측정방법 : 자외선 광도법(ultra violate photometric method)
2) 측정원리 : 파장 254㎚ 부근에서 자외선 흡수량의 변화를 측정하여 환경대기 중의 O_3 농도를 연속적으로 측정하는 방법이다.

라. 일산화탄소(CO) 측정기

1) 측정방법 : 비분산 적외선 분석법(non-dispersive infrared method)
2) 측정원리 : 광원에서 방사된 적외선을 시료 cell에 통과시킬 경우 시료 중의 측정성분에 의해 적외선이 흡수되어 시료 통과 전과 후의 적외선 양에 차이가 생기는 원리를 이용하여 측정한다.

마. 미세먼지(PM_{10}) 측정기

1) 측정방법 : 베타선 흡수법(β-ray absorption method)
2) 측정원리 : 대기 중에 부유하고 있는 입자상물질을 일정시간 여과지 위에 포집한 후 베타선을 투과시켜 입자상물질의 중량농도를 측정하는 방법이다. 즉, 베타선을 방출하는 광원으로부터 조사된 베타선이 여과지 위에 포집된 먼지를 통과할 때 흡수, 소멸되는 베타선의 차이로서 측정되어진다.

dCollection @ chosun

2. 대기환경기준 이외 항목의 측정방법 및 원리

대기환경기준 이외 항목의 측정방법 및 원리는 Table 5와 같으며, 세부 측정방법은 대기오염공정시험방법을 따르고, 대기오염공정시험방법 상에 정의되어 있지 않는 방법은 아래 표를 우선 적용하고[13], 기상항목은 기상청 고시 『지상기상관측용 자동기상관측장비의 표준규격』을 준용한다.[32, 33]

Table 5. Methods of measuring beyond the air quality standard items

측 정 항 목			측 정 방 법
특수 항목	국가 배경	$PM_{2.5}$(자동)	베타선흡수법 (β-Ray Absorption Method)
	유해 대기	VOCs	자동연속측정방법, 고체흡착열탈착분석법
		PAHs	HPLC, GC/MSD
		수은	자동연속측정방법
		가스상물질	-
	중금속	Pb,Cd,Cr,Cu,Mn,Fe,Ni,Al,Ca,Mg	AA, UV
	광화학	VOCs	GC-FID 등
		NOy	화학발광법
		카르보닐화합물	HPLC
		저농도 CO	비분산적외선법
	산성 강하물	$PM_{2.5}$(수동)	Dust Sequential Sampler 등
		pH	Glass Electrode
		전기전도도	Conductivity Cell
		Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}	IC
		NH_4^+	IC, 인도페놀법
		Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}	IC, AA/Emission Spectrophotometry
	지구 대기	CO_2	NDIR-Method
		CFCs	GC-ECD
		N_2O	GC-ECD
		CH_4	GC-FID
	시정거리		Transmissometer, Nephelometer
기상 항목	풍향		전위차계 또는 그레이코드 방식
	풍속		광초퍼식 삼배풍속계
	온도		전기저항식
	습도 / 기압		정전용량식
	일사량		열전쌍에 의한 기전력
	자외선량		-
	강우량		전도형

dCollection @ chosun

3. 항목별 측정주기

1) 자동측정항목의 측정주기는 Table 6과 같이 측정장비에서 생산되는 자동측정주기와 측정자료 활용을 위한 통계처리용 자료 생성주기로 구분한다.
2) 수동측정항목은 해당 측정망의 목적에 따라 주기를 결정한다.
3) 풍향, 풍속, 온도 습도 등의 기상항목은 기상청 고시『지상기상관측용 자동기상장비의 표준규격』을 준용한다. 다만, 자료처리 시간간격은 5분으로 한다.

Table 6. The monitoring cycle of individual items

Item	Measuring period	
	Automatic measuring	Data
SO_2, CO, NO_2, O_3	5min	1hr
PM_{10}, $PM_{2.5}$	1hr (5min)	1hr
CFCs	1hr	1hr
CH_4, N_2O	1hr	1hr
CO_2	30sec	1hr
VOCs	2hr	2hr
Hg	2hr	2hr

dCollection @ chosun

제5절 대기오염측정망 자료관리

전국에 분포되어 있는 측정소를 관할하는 유역(지방)환경청과 지자체 보건환경연구원에서 측정목적에 따라 측정된 결과들을 1차 검색한 후, 국가대기오염 정보관리시스템(NAMIS, national ambient air monitoring information system)으로 전송한다. 국가대기오염 정보관리시스템에 수집된 자료들은 국립환경과학원의 전산시스템으로 다시 전송되어 최종확정 및 통계 처리되어 데이터베이스의 형태로 저장된다.

국립환경과학원에서는 통계자료의 신뢰성 제고를 위하여 통계 처리시 대상기간 중 75% 이상의 측정자료가 확보된 경우에만 유효한 자료로 인정하는 방법을 2001년 1월부터 적용하였다.[13)]

1. 자료 검색

측정망운영자 및 자료 확정자는 항상 측정자료의 신뢰도를 향상시키기 위해서 측정자료를 주기적으로 관리해야 한다.

가. 자료 선별

자료 선별(data screening)이라 함은 측정치에 대한 자동 및 수동에 의한 방법으로 이상치를 찾아내는 작업을 의미한다. 측정소 운영기관의 대기측정소 담당자는 매일 전일의 시간별 측정치를 선별하며, 선별작업은 담당자가 우선 측정기 이상 유무를 확인하고, 타 오염물질간의 관계 및 주변상황 등을 면밀히 조사한 후 자료의 이상표시(flags) 여부를 판단한다. 다만, 회선장애로 측정소의 자료를 회수하여 단말기로 수동 입력할 경우에는 입력 후 1일 안에 수행한다.[13)]

나. 자료 확정

자료 확정(data validation)이라 함은 선별되어진 자료에 대한 활용 여부의 승인작업을 의미한다.

환경부 관리 측정망 자료는 1차는 관할 유역(지방)환경청에서 수행하고, 시·도 관

dCollection @ chosun

리 측정망 자료는 1차는 관할 시·도에서 수행하고 매 익월10일까지 국가대기오염정보관리시스템에 전송하여, 2차(최종) 확정은 국립환경과학원에서 수행한다.[14)]

2. 측정자료 관리

측정소별 자료의 통계처리는 각 측정기간의 유효자료처리비율은 75% 이상인 자료로 한다. 즉 1시간 유효측정자료 는 1시간 중 5분 측정치가 9회 이상인 경우로 한다. 8시간 유효 측정 자료는 하루 24시간을 17등분하여(1 : 01 ~ 08시, 2 : 02 ~ 09시, ···, 17 : 17 ~ 24시) 각 구간별로 6시간 이상 측정한 경우를 유효측정 8시간으로 본다. 또한 유효 측정일이라 함은 하루 18시간 이상 측정한 경우로 본다.[13)]

3. 유효 가동률

유효 가동률은 1시간치를 기준으로 계산하며, 소수점 3째 자리에서 반올림하여 소수점 2째 자리수로 한다. 단, 측정기 미설치, 시험 가동 중, 불용처분, 측정소 이전, 측정소 및 주변 건축물 개보수·신축, 측정기 정도관리를 위한 정기점검(연간, 월간, 주간), 교정 및 전면보수, 정전, 천재지변(낙뢰, 강풍 등)으로 인한 가동중단인 경우 총 측정시간 수 산정에서 제외한다. 유효 측정시간수라 함은 국립환경과학원에 의해서 최종확정시, 유효 처리된 시간 측정치의 개수를 의미하며, 무효 측정시간수라 함은 국립환경과학원에 의해서 최종확정시, 무효 처리된 시간측정치의 개수를 의미하고, 결측 시간수라 함은 장비고장, 전원 단절 등에 의한 사유로 측정되지 않은 시간수를 의미한다.[13)]

4. 대기오염 측정치 단위 및 유효 자리수

대기오염측정치의 단위는 SO_2, NO_2, O_3, CO는 ppm, 먼지는 ㎍/㎥으로 하며, 최종 유효자리수는 SO_2, NO_2, O_3은 0.001ppm, CO는 0.1ppm, 먼지는 1㎍/㎥로 한다. 단, 유효자리수 다음(SO_2, NO_2, O_3은 소숫점 4째자리, CO는 소숫점 2째자리, 먼지는 소숫점 첫째자리)에서 반올림한다.[13)]

dCollection @ chosun

제6절 대기오염측정망 관리

1. 대기오염측정망 유지보수 위탁관리

측정 자료의 정확도 및 신뢰도를 위하여 대기오염측정망에 설치되어 있는 모든 측정 장비(대기오염 이동측정차량, 산성강하물측정기 등 포함)는 아래와 같이 정의된 기술인력 및 장비보유 기준을 충족하는 자에게 위탁 관리하여 측정자료의 정확도 및 신뢰도제고와 측정기기 가동률 향상을 하여야 하고 대기오염측정망에 설치되어있는 측정기기를 유지보수 업무를 위탁받은 자는 주간점검, 월간점검, 정기점검 및 측정망 운영담당자에 대한 정기교육을 성실히 수행하여야 한다.[13)]

기술 인력은 행정구역(광역 지자체)내 5개 이하 측정소를 기준으로 4인 필요하고, 고급기술자 1인, 중급기술자 2인, 초급기술자 1인이 필요하며, 1개 측정소 추가마다 이동거리 등을 고려하여 기술인력 추가를 개소 당 0.5인을 추가하여야 한다. 또한 기술자등급은 엔지니어링 사업대가의 기준 기술자의 등급 및 자격기준을 적용한다.[13, 34, 35)]

유지보수용역업체는 Table 7과 같이 장비를 구비하여야 한다. 특정제작사의 장비만 관리할 경우 전자저울, 오실로스코프, universal counter, 전압/전류 측정기, function generator, 전류/전압측정기는 필요하지 않을 수 있으며, 또한 지자체에서 대체장비를 보유한 경우에는 위탁관리기관에서는 확보하지 않아도 된다.[13, 34)]

dCollection @ chosun

Table 7. The standard of equipment holding in a air quality monitoring networks commission agency

구분	장 비 명	규 격	대수	비 고
1	SO_2	검출한계 : 0.1ppb 이하	1	대체 장비
2	CO	검출한계 : 0.05ppm 이하	1	
3	NO_X	검출한계 : 0.1ppb 이하	1	
4	O_3	검출한계 : 2ppb 이하	1	
5	PM10	검출한계 : 5㎍/㎥ 이하	1	
6	HC	검출한계 : 0.05ppm 이하	1	
7	Data logger	CPU : PentiumⅡ200MHz 이상 Main memory : 128MB, HDD 40GB 이상	2	
8	교정용 가스 희석장치	가스농도를 10% 간격 이하 희석할 수 있어야 한다	1	
9	영점 표준가스 발생장치 (CO, SO_2, NO, HC, NO_2)	CO, NO : 001ppm 이하, THC : 0.02ppm 이하 H_2O : 10ppm 이하, CO_2 : 1ppm 이하	1	
10	교정용 표준가스 (CO, SO_2, NO, HC, NO_2)	정확도 ± 2% 이내	1	교정 및 점검용
11	표준필름(Film)	-	1	
12	O_3 calibrator	주시험법에 의한 비교 검증이 가능한 것	1	
13	기준 유량계	최소 눈금 0.1㎖/min 이하	1	점검용
14	직류 전압 공급장치	최대눈금 : 100mV 이상, 분해능 : 0.001mV 이하	1	
15	전자저울	200g 이상 측정 가능하고, 최소눈금 0.1mg 이하	1	
16	자동기록 장치	분해능 : 10mV 이하	2	
17	오실로스코프	최대 샘플링 주파수 : 200MHz 이상, 분해능 : 8bit 이상	1	
18	Universal counter	-	1	
19	전압/전류 측정기	-	1	
20	Function generator	-	1	
21	전류/전압측정기	분해능 : 0.01mV이하, 0.001mA 이하	3	
22	측정장비 수리실 (17㎡,사무실과 분리)	-	1	
23	절연저항계	1kv 이상의 교류 전압을 1분 이상 가할 수 있는것	1	

dCollection @ chosun

2. 대기오염측정망 정도관리

대기오염자동측정기의 정도관리는 크게 정도검사, 표준물질 공급 등의 정확도 관리와 측정소 및 장비자체의 유지관리로 구분될 수 있다.[36, 37] 이 장에서는 국내외 정도관리 현황과 정도검사 및 표준물질 공급과 관련된 정도관리에 대해 설명할 것이다.

대기오염자동측정기는 1972년 보건사회부 위생국에서 서울시에 4대, 1973년 부산시에 2대를 설치· 운영한 것을 시작으로 현재 전국적으로 423개의 대기오염자동측정소에 설치·운영되고 있다.[28, 38]

측정결과에 대한 정밀도와 정확도를 확보하기 위한 정도관리는 국가에서도 중요성을 인식하여 환경분야 시험·검사 등에 관한 법률(2006.10.4)을 제정·공포하여 2007년 10월 5일부터 시행하고 있다.[39, 40]

환경분야 시험·검사 등에 관한 법률 제9조 제1항에는『측정기기의 정확성과 통일성을 기하기 위하여 환경부령이 정하는 측정기기를 제작 또는 수입하고자 하는 자는 당해 측정기기의 구조 · 규격 및 성능 등에 대하여 환경부장관의 형식승인을 얻어야 한다. 형식승인을 얻은 내용 중 환경부령이 정하는 사항을 변경하고자 하는 때에도 또한 같다.』

또 제11조 제1항에는『형식승인을 얻었거나 수입신고를 한 측정기기를 사용하는 자는 형식 승인한 내용대로 구조와 성능이 유지되는지 여부에 대하여 환경부장관이 실시하는 정도검사를 받아야 한다.』고 규정되어 있다. 환경기기를 사용하는 자, 즉 검사대상 기기라 함은 환경 오염도를 측정하여 그 결과를 행정목적에 사용하거나 제3자에게 제공 또는 외부에 알리기 위한 목적으로 사용되는 기기를 말한다.

환경부는 이 법규에 관련된 「환경측정기기의 형식승인·정도검사에 관한 고시(환경부고시 제1996-86호 : 1996. 07. 01.)」을 제정·공포하여 동 기기에 대한 형식승인 및 정도검사 제도의 본격적인 시행에 들어갔다.[41]

dCollection @ chosun

환경부는 국립환경과학원의 기술지원을 받아 지방 환경청 및 지자체 보건환경연구원을 중심으로 대기오염자동측정기를 설치·운영하고 있다. 국가에서 관리하는 대기오염자동측정기는 환경관리공단에서 업무를 수행하고 있으며, 지자체에서 관리하는 대기오염자동측정기는 시·도 보건환경연구원 또는 기초 자치단체에서 운영하고, 전문기관에서 유지관리 등의 지원을 받고 있다.

또한, 환경 분야 시험·검사 등에 관한 법률에 따라 대기오염자동측정기의 정도검사를 수행하고 있으며 표준물질도 공급하고 있다. Fig. 1은 정도검사 관련 업무를 체계도로 나타낸 것이다.

중앙 및 지방정부의 대기오염자동측정기에서 측정한 자료는 국가에서 운영중인 국가대기오염 정보관리시스템를 통하여 종합 관리 및 운영되고 있으며, 국립환경과학원에서 최종 확정하여 국가 통계자료로 활용하고 있다.

중앙정부는 대기오염자동측정기 운영에 필요한 각종 법령정비 및 기술규격 등을 개발하여 지방정부를 지원하고, 기후변화협약, 광역성 성격을 가진 국가배경농도, 지구대기 및 광화학오염물질 등의 측정망을 운영하고 있다. Fig. 2는 중앙정부와 지방정부간의 협력체계를 도식화하여 나타내었다.

dCollection @ chosun

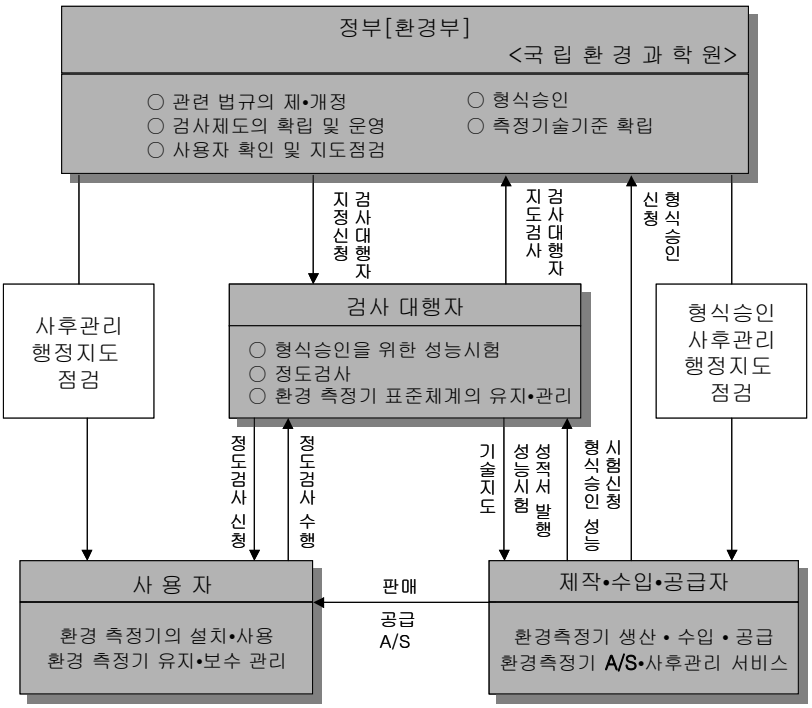


Fig. 1. Table of the system related to the accuracy audit.

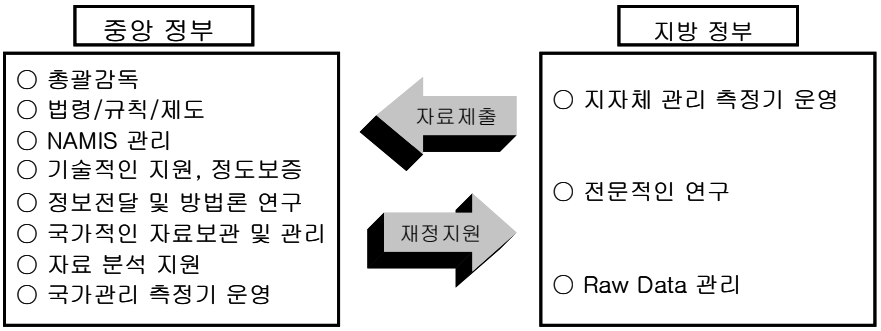


Fig. 2. The system of cooperation between central and local governments.

dCollection @ chosun

가. 대기오염자동측정기 정도검사

환경 분야 시험 · 검사 등에 관한 법률에 따른『환경측정기기 형식승인 및 정도검사에 관한 고시』에 규정되어 있는 정도검사 대상기기는 환경 오염도를 측정하여 그 결과를 행정목적에 사용하는 측정기기와 환경 오염도를 측정하여 그 결과를 제3자에게 제공하거나, 외부에 알리기 위한 목적으로 사용하는 측정기기이다.

정도검사는 사용 중인 환경측정기기에 대하여 형식승인을 받은 구조와 성능이 유지되는지 여부를 확인하는 검사이다. 정도검사 주기는 국립환경과학원장이 고시하는 기간에 따라 규정된다. 대기오염자동측정기는 정도검사 주기가 1년으로 규정되어 있으며, 신규로 구입된 측정기기의 최초 정도검사는 기기를 취득한 날부터 2년이 되는 날이 속하는 달에 받아야 한다.[39)]

정도검사는 국가 차원의 법적인 정도관리를 시행하고 있는 것으로 대기오염자동측정기에서 실시간으로 수집되는 측정 자료는 오존 및 먼지주의보 등의 대기오염 예 · 경보제, 환경기준과의 적합성 여부, 중요한 환경정책 수립에 이용되고 있다. 이와 같이 행정목적에 사용되는 측정 자료를 생산하는 측정기기에 대한 정도관리는 측정 자료의 신뢰성 차원에서 중요한 역할을 한다.

1) 정도검사 관련근거

대기오염자동측정기의 정도검사제도는 환경기술 및 지원에 관한 법률에서 1997년부터 도입· 시행되다가 환경 분야 시험 · 검사 등에 관한 법률을 제정하여 시행하고 있으며, 관련 조항은 아래와 같다. 대기오염자동측정기기의 정도검사 대상기기는 SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10} 측정기가 있다.[41)]

○ 환경 분야 시험 · 검사 등에 관한 법률 제11조 (환경측정기기의 정도검사)

○ 환경 분야 시험 · 검사 등에 관한 법률 시행규칙 제 7조 (정도검사의 기준과 주기)

○ 환경측정기기의 형식승인정도검사 등에 관한 고시 (국립환경과학원)

○ 대기오염측정망 설치 · 운영 지침 (2009, 환경부)

dCollection @ chosun

정도검사 대행자 지정은 환경 분야 시험·검사 등에 관한 법률 제13조 및 동법 시행규칙 제10조에 의거하여 기술능력, 장비 및 시설을 갖추고 국립환경과학원에 지정신청을 하여 요건이 충족된 경우 검사대행자로 지정받아 검사를 수행할 수 있다. 이러한 절차에 의해 대기오염자동측정기의 검사대행자로 지정받은 기관은 환경관리공단, 한국표준과학연구원, 한국산업기술시험원등 3개 기관으로 현재 검사를 수행 중에 있다.

또한 검사대행자는 2년에 한번씩 환경측정기기의 형식승인 · 정도검사 등에 관한 고시 제15조에 의거하여 국립환경과학원으로부터 사후관리를 받도록 되어 있으며, 이를 통하여 정도관리 및 검사결과의 적정성, 공정성, 합법성을 유지하고 있다.

대기오염자동측정기 검사대행자로 지정받기 위한 요건 중 기술능력은 기술직 3인, 기능직 2인을 갖추어야 한다. 기술능력 요건은 Table 8과 같으며 장비 및 시설 기준은 Table 9와 같다.[35, 41]

Table 8. Necessities of technical ability of accuracy test agency

기술인력	요 건
기술직	- 해당분야 박사 또는 기술사 - 관련분야 박사 또는 기술사 및 해당분야의 대학이상졸업자 또는 기사로서 실무 경력 1년 이상인 자 - 관련분야의 전문대학 이상 졸업자 또는 산업기사로서 해당분야 실무경력이 3년 이상 인자 - 대학이상 졸업자로 해당분야 실무경력 3년 이상인 자 또는 전문대학 졸업자로서 해당 분야 실무경력이 5년 이상인자
기능직	- 관련 분야의 고등학교 이상 졸업자로서 해당분야 실무경력이 3년 이상인 자 - 관련 분야의 기능사로서 해당분야 실무경력이 3년 이상인 자 - 고등학교 이상 졸업자로서 해당분야 실무경력이 5년 이상인 자

dCollection @ chosun

Table 9. Essential equipment and facilities of accuracy test agency

시 설 명	수 량
대기오염자동측정기 기준장비 성분별	각 1조
교정용 표준가스 및 희석장치	각 1조
해당측정항목의 영점교정용 표준가스발생장치	2조
전압전류측정기	3대
자동기록장치	3대
오존검사기	1대
표준입자발생장치	1조
옵티컬파티클카운터	1대
베타선검출기	1대
포텐셜메타	1대

2) 정도검사 기준 및 방법

정도검사 기준 및 방법은 환경측정기기의 형식승인·정도검사 등에 관한고시(국립환경과학원)에 정해져 있으며, 측정기기의 일반사항, 구조 및 기능, 성능기준으로 구분되어 있다.

가) 일반사항

○ 모양이 바르고 조립 및 각 부분의 마무리가 양호하고 또한 견고할 것
○ 운전상태에서 위험 발생 염려가 없고, 안전하며 또한 원활하게 동작
○ 기계적· 전기적 고장을 일으키지 않고, 위험이 생기지 않는 구조
○ 결로 등에 의해 측정기의 작동에 지장을 주지 않는 구조
○ 광원, 히터 등의 발열부에 접하는 부분은 열에 의한 변형 및 기능변화를 일으키지 않는 구조

dCollection @ chosun

나) 기능 및 구성

○ 측정기기의 형식은 Table 10과 같이 항목별 분석방법에 따라야 한다.

Table 10. Methods of analyzing individual items

Item	Method
SO_2	Conductivity method, Fluorometry, Pulse U.V. fluorescence method
NO_x	Chemiluminescent method, Absorption spectrophotometry
O_3	Chemiluminescent method, U.V. photometry Neutral buffered potassium iodide method
CO	Non-dispersive infrared method, Electrochemical cell
PM_{10}	Light scatterring method, Light transmission method, β-ray absorption method, Piezo balance method, Tapered element oscillating microbalance method

○ 측정기는 시료 채취부, 분석부, 지시· 기록부, 교정장치 등으로 구성되고, 원활하고 정확하게 작동되어야 하고, 취급이 용이하여야 한다.

○ 지시, 기록부 : 측정된 농도값을 ppb 또는 ppm으로 직접 지시하고 기록용 외부 출력단자를 갖추며 궁극적으로 대기오염 감시체제인 TMS에 정확하게 전송할 수 있도록 상태파악 Status와 함께 농도값을 외부로 출력하여야 한다.

○ 교정장치 : 지시부의 오차를 용이하게 교정할 수 있는 장치가 있어야 하며, 원격조절 장치로 조작할 수 있어야 한다.

○ 표시사항 : 표시사항은 측정성분 및 범위, 형식, 제조번호, 사용전압, 측정기사용상 주의사항 등이 표시되어 있어야 한다. 단, 이들의 표시는 측정기에 분산하여 표시하여도 좋다.

다) 성능기준 (최대 눈금값 기준)

성능 기준은 최대 눈금값 기준 Table 11과 같다.

dCollection @ chosun

Table 11. Standard of efficiency of automatic air quality measuring analyzer

Performance characteristics	SO_2	NOx	CO	O_3	PM_{10}
Reproducibility	± 2%	± 2%	± 2%	± 2%	± 2%
Zero drift	± 2%	± 2%	± 2%	± 2%	± 2%
Span drift	± 2%	± 2%	± 2%	± 2%	± 3%
Linearity (Indication error)	± 4%	± 4%	± 5%	± 2%	± 5%
Stability to power source variation	± 1%	± 1%	± 1%	± 1%	± 3%
Response time	5min below	4min below	2min 30sec below	2min below	-

라) 정도검사 방법

측정소에 현장 방문하여 설치상태 및 구조를 육안으로 확인검사하고, 현장에 비치된 매뉴얼 등의 참고자료를 검토하여 형식승인시의 구조 및 기능이 일치하는지 확인하여 검사를 진행한다.

대기오염자동측정기의 정도검사에서 기기의 정도와 신뢰성을 나타내는 주요 검사항목은 측정범위, 재현성(반복성), 응답시간, 제로 드리프트(zero drift), 스팬 드리프트(span drift), 직선성(지시오차) 및 전원변동에 대한 안정성 등이다. 다음은 자외선형광법의 아황산가스(SO_2) 자동측정기를 기준으로 정도검사 방법과 그 의미에 대해 설명하였다.

(1) 측정범위

측정범위는 0 ~ 0.05, 0 ~ 0.1, 0 ~ 0.2, 0 ~ 0.5 및 0 ~ 1ppm으로서, 이중에서 2 ~ 5측정단계(range)를 선택한다.

원칙적으로 측정범위를 선정하는 방법은 측정값과 드리프트를 구별할 수 있도록 하는 것이다. 측정범위를 높게 설정하면 측정값과 드리프트를 구별할 수 없고, 측정범위를 낮게 설정하면 측정값이 측정범위를 초과할 수 있으며, 기기 본래의 성능을 만족시키지 못하는 경우도 있다. 대기오염자동측정기의 유지관리 및 정도

dCollection @ chosun

관리에 있어서 측정범위의 선정은 측정되는 농도가 선택된 측정범위 20% 이상이 되도록 한다. Table 12는 대기환경기준과 대기측정망의 항목별 측정 범위를 비교한 것이다.

Table 12. Selection of the air quality standard and the measurement range

Item	Air quality standard		Selection of measurement range
SO_2	year	0.02ppm below	0 ~ 0.5ppm
	24hr	0.05ppm below	
	1hr	0.15ppm below	
CO	8hr	9ppm below	0 ~ 50ppm
	1hr	25ppm below	
NO_2	year	0.05ppm below	0 ~ 0.5ppm
	24hr	0.08ppm below	
	1hr	0.15ppm below	
PM_{10}	year	70㎍/㎥ below	0 ~ 1,000㎍/㎥
	24hr	150㎍/㎥ below	
O_3	8hr	0.06ppm below	0 ~ 0.5ppm
	1hr	0.1ppm below	

(2) 재현성(반복성)

측정기에 제로조정용 가스를 설정유량으로 도입하여 최종값을 기록지상에서 확인한 후, 스팬조정용 가스를 같은 방법으로 도입하여 최종값을 확인한다. 이의 조작을 3회 반복하여 제로값, 스팬값의 각각의 평균값을 산출하여 각 측정값과의 편차를 구한다. 편차는 각 측정단계마다 최대 눈금값의 ± 2% 이내이어야 한다.

재현성 검사는 기본적으로 정밀도에 관한 사항이다. 제로조정용 가스에 의한 농도 지시치와 스팬조정용 가스에 의한 농도 지시치가 각각 어느 일정한 점을 기준으로 산포되지 않고, 반복적으로 수렴하는 정도를 나타낸다.

(3) 응답시간

시료대기 도입구에 제로조정용 가스를 도입하여 지시가 안정된 후 유로를 스팬조정용 가스로 전환한다. 이 때의 지시·기록에서 스팬조정용 가스의 도입시점으로부터 최종 지시값의 90% 값에 도달하기까지의 시간(분)을 측정하여 응답시간으로

dCollection @ chosun

한다. 응답시간은 5분 이하 이어야 한다.

응답시간은 가급적 짧은 것이 좋다. 농도변화가 급변하는 곳에서 응답시간이 길게 되면 실시간의 농도변화에 대응할 수 없다. 유지보수 및 정도관리 업무에 있어서 응답시간과 관련된 항목은 측정기 유로부와 배관의 길이, sampling tube 등의 오염상태에 영향을 받는다. 또한, 측정기의 설정 유량 및 압력 등에 관계되는 측정 parameter를 모니터링하고, 측정기 내부 유로부의 orifice 또는 capillary 막힘에도 주의하여야 한다.

(4) 제로 드리프트(zero drift)

제로조정용 가스를 설정유량으로 도입하여 24시간 연속 측정한다. 그 사이에 제로지시의 설정값으로부터의 최대편차를 구한다. 필요한 경우 제로값을 최대 눈금값의 5% 정도로 설정하여도 좋다. 최대편차는 24시간 제로측정치에 대하여 각 측정단계마다에 최대 눈금값의 ± 2% 이내이어야 한다.

제로 드리프트의 대부분은 검출부, 증폭부 등의 온도변화에 의한 것이다. 일반적으로 대기오염자동측정기의 operation manual에 표기되는 사용온도는 0 ~ 45℃이지만, 미국 EPA(Environmental Protection Agency)에서 권장하는 사용온도는 20 ~ 30℃이다. 또 일본 JIS(Japan Industrial Standard)에서도 대기오염자동측정기에 대한 사용온도는 5 ~ 35℃ 사이의 임의의 온도에서 변화폭은 ± 5℃ 이하로 권장하고 있다. 기온의 일교차가 큰 우리나라에서 측정기의 정도관리를 원활하게 수행하기 위하여 측정소 냉난방 공조시설의 중요성이 강조되는 것도 이 때문이다.

(5) 스팬 드리프트(span drift)

제로 드리프트시험에서, 시험을 시작할 때에 스팬조정을 하여, 시험을 종료할 때(24시간 후) 및 중간에 2회 이상 제로가스를 스팬가스로 바꾸어 도입하여 최종값을 기록한다. 이들의 스팬 값에 제로 드리프트의 영향이 나타날 경우에는 그 변동을 보정한다. 최초 스팬조정시의 스팬 값과 다른 스팬 값을 비교하여 최대편차를 스팬 드리프트라 한다. 또한 각 스팬 측정점은 4시간 이상 떨어져 있어야 한다. 최대편차는 24시간 스팬측정치에 대하여 각 측정단계(range)마다 최대 눈금값의 ± 2% 이내이어야 한다.

dCollection @ chosun

스팬 드리프트는 설정된 측정기의 스팬에 대응하는 지시치가 어떤 기간에 있어서 변동을 나타낸 것이다. 발생 원인은 공급전원의 안정도, U.V. lamp intensity, 반응조와 유로부의 오염, 반응조의 압력과 유량, orifice 또는 capillary 막힘 등 복합적이다. 또 성능시험과 정도검사에서의 스팬 드리프트 항목은 24시간 동안 나타나는 성능특성만을 규정하고 있으나, 정도관리와 유지관리에 있어서는 측정기가 항상 본래의 성능을 유지해야 한다. 양자의 차이는 정도관리와 유지관리에 있어서 관리주체가 일상점검과 통상점검을 통하여 얼마나 체계적으로 자주 제로, 스팬 교정을 실시하는가에 달려있다.

(6) 직선성(지시오차)

제로, 스팬조정을 한 후 중간눈금 부근의 교정용가스를 도입하여 지시·기록한다. 이 지시값과 교정용 가스농도 표시값과의 차를 조사한다. 직선성은 각 측정단계마다에 최대 눈금값에 대한 백분율이 ± 4% 이내이어야 한다.

직선성은 측정기기의 제작 원리상 목적성분 농도와 전기적 출력신호와의 상관관계가 얼마나 직선적인 특성을 가졌는가를 검사하는 것이다. 지시농도와 출력신호와의 관계가 직선비례면 이상적이지만 제곱, 지수, 대수 및 양대수 관계이면 전자회로부에 log-amp 등 linearizer를 장착하여 출력의 상관관계를 직선화한다. 이 경우 linearizer의 성능이 측정기 전체의 성능을 좌우하게 된다.

(7) 전원변동에 대한 안정성

교정용가스 도입구에 스팬조정용 가스를 도입하여 지시가 안정되어 있음을 확인하고 그 값을 A라 한다. 다음에 전원전압을 정격전압의 +10% 전압으로 서서히 변화시킨다. 이 지시가 안정될 때의 값을 B라 한다. 다음에 정격전압의 -10% 전압으로 서서히 변화시켜 지시가 안정될 때의 값을 C라 한다. B-A, C-A의 측정단계의 최대 눈금값에 대한 비를 구한다. 전원전압이 정격전압의 ± 10% 이내에서 변동하여도 지시값의 변동은 측정단계 마다에 최대 눈금값의 ± 1% 이내로 되어야 한다.

현재 대기오염자동측정소에는 전원시설이 충분한 용량의 UPS(Uninterruptible Power Supplies), AVR(Automatic Voltage Regulator) 등의 설치로 비교적 안정된 상태로 운

dCollection @ chosun

영되고 있다. 그러나 측정소 주변에 전기로와 같은 소비전력이 큰 장치가 있어서 전원의 On / Off가 심한 경우 전원전압의 변동을 쉽게 받는다. 또 측정소의 제로가스 발생장치의 air compressor, PM_{10} sample pump 등 약간 고용량의 구동용 motor에는 정전압 장치가 부착되어 있지 않기 때문에 전원전압의 변동에 의해서 샘플(sample)유량 및 압력 등이 변할 가능성이 있다. 이런 경우 가급적 전원전압을 분리하여 사용한다.

3) 표준물질과 소급성

대기오염자동측정기에서 출력되는 측정값의 정확도는 측정기 교정 시 사용되는 표준물질의 정확도와 교정시기 및 주기에 큰 영향을 받는다. 따라서 측정기의 점검 및 교정에 사용되는 표준물질은 국제적 또는 국가적으로 통일되어야 한다.[42)]

최선의 방법은 국가가 유지관리하고 있는 공통의 표준물질에 의해 각 측정소에 설치된 각각의 측정기를 교정하는 것이지만, 이 방법은 현실성이 없으므로 중간에 표준물질 검사기관과 같은 체계를 구축하여 측정기 제조회사, 표준물질 제조회사, 교정장치(calibrator) 제조회사 및 대기오염자동측정소 유지관리 업무 등에서 사용하는 표준물질을 국가표준과 참조하여 Fig. 3과 같은 공급체계를 구축하여 공급한다.[43, 44)]

이와 같이하면, 현장에서 사용되는 표준물질은 중간의 표준을 매개로 하여 국가표준과 연결된다. 설치 가동 중인 각각의 측정기가 국가표준과 연결되고 있는 것을 표준소급성(traceability)이 있다고 한다.

지구온난화, 오존층 파괴 등의 대기오염 현상은 어느 특정한 지역이나 국가만을 한정하지 않고 국경을 초월하여 광역화되고 있으며, 전 지구적인 문제로 대두되고 있는 상황에서 대기오염 측정 자료도 국제적으로 비교 · 분석되기 위해서는 국제적인 표준소급성 체계가 구축되어야 하겠다.[38)]

dCollection @ chosun

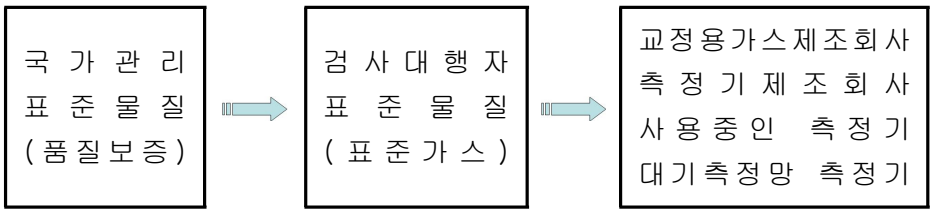


Fig. 3. The system of calibration standard supply.

가) 표준가스

환경측정기에 사용되는 표준가스 공급에 대한 표준소급성체계는, 『환경측정기기 형식승인 및 정도검사에 관한 고시』에 규정되어 있다.[41] Table 13과 같이 고시에는 성분농도와 사용용도에 따라 정도 및 유효기간이 정해져 있으며, 검사대행기관이 품질을 보증한 것만을 사용하도록 규정되어 있다. 또 국가 또는 국가 공인기관의 검정을 받은 교정용가스를 사용할 수 있도록 하고 있다. 사용 중인 표준가스가 유효기간을 초과될 때에는 다시 검정을 받아서 사용할 수 있도록 규정하고 있다.[41]

Table 13. Standard gases for calibration

Item	Range	Accuracy		The term of validity (month)
		For manufactured vehicle	For calibration	
NO/N_2	0.4ppm ~ 250ppm	± 1%	± 2%	6
	251ppm ~ 5,000ppm	± 1%	± 2%	12
CO_2/N_2	270ppm ~ 5%	± 1%	± 2%	12
CO/N_2	2.4ppm ~ 100ppm	± 1%	± 2%	6
	101ppm ~ 3,000ppm	± 1%	± 2%	12
C_3H_8/Air	2ppm ~ 20ppm	± 1%	± 2%	6
C_3H_8/N_2	21ppm ~ 5,000ppm	± 1%	± 2%	12

dCollection @ chosun

나) 오존 측정 표준기

오존은 먼지와 함께 예 · 경보제가 시행되는 측정항목으로서 특히 측정값에 대한 정확성이 강조되고 있다. 그러나 각 측정소에서는 오존이 발생되는 교정 장치의 검증 없이 오존측정기를 교정하여 사용 중에 있기 때문에 전국이 동일한 기준이 적용되지 않고 측정하게 되는 문제점이 발생하고 있다.

대기연속자동측정기 중 오존측정기에 대한 표준가스의 공급은 오존 자체의 불안정성 때문에 불가능하다. 현재까지 대기오염자동측정소에서 주로 사용되고 있는 오존측정기의 교정방법은 기상적정(GPT : Gas Phase Titration)방법이다. 그러나 최근 국립환경과학원 및 한국표준과학연구원 등에서는 오존 1차 측정 표준기를 보유·운용함으로서 기준 photometer로 표준공급 체계를 구축하고 있다. 유지관리 및 정도관리 주체들은 사용하는 교정용 오존발생기를 이들 기관으로부터 소급성이 확보된 표준을 공급받아 각각의 측정기에 다시 2차 표준을 공급하면 된다.[45, 46]

다) 미세먼지측정기

미세먼지측정기의 표준교정방법의 경우 원칙적으로 교정용입자를 사용해야 하지만, 현재까지 측정기 제조회사에서 공급하는 교정필름(등가입력)에 의한 것이 대부분이고 포집유량에 대한 검증도 없는 상태이다. 미세먼지측정기의 표준공급은 앞으로 체계적인 연구·검토가 필요하다고 사료된다. 참고로 영국에서는 미세먼지를 측정하기 위하여 자동과 수동샘플러 방식이 같이 사용된다.

자동측정기는 주로 TEOM(Tapered Element Oscillating Microbalance) 방식이 설치되어 있으며, 중량측정의 수동샘플링 기기는 새로이 측정망에 장착되고 있다.

이와 같이 미세먼지측정기에 대한 표준공급 체계가 구비될 때까지는 자동측정기와 수동 샘플링 기기를 병행 · 측정하여 비교하여 간접적으로 검증할 수 밖에 없다.

dCollection @ chosun

제7절 국내 · 외 대기오염측정망 운영현황

1. 국내

대기오염자동측정기의 유지관리는 정도검사 및 표준물질공급과 함께 대기오염측정기의 정도관리에서 중요한 역할을 하고 있다. 대기오염자동측정기의 유지관리는 측정소 및 각종 측정기기의 유지관리와 함께 관련문서의 관리, 측정 자료의 관리, 대기오염 경보의 발령과 업무 전반을 통한 안전관리 등 여러 가지 내용을 포함하고 있다.

또 상시측정에서 얻어진 측정 자료를 관리대상지역을 넘어서 광역적으로 활용할 수 있으며, 효과적인 정도관리 체계를 구축할 수 있다. 이러한 정도관리를 위해 유지관리 전문 section을 설치하는 것도 필요하며, 유지관리를 철저하게 하는 것은 세계적으로 통용되는 정도관리와도 연관성이 크다.[47, 48, 49]

대기환경보전법 제3조에 의해 환경부장관과 시 · 도지사는 대기 오염도를 상시측정하여야 하며, 그 측정결과를 현재 주요지점의 전광판이나 인터넷으로 실시간 제공하고 있다. 대기오염물질의 상시측정은 환경보전행정 중에서도 기본적인 역할을 담당하며 측정값은 대기환경보전법에 의해 대기오염경보나 환경기준의 평가에 이용되고, 환경영향평가, 광역오염 메커니즘(mechanism) 규명, 환경기본계획 결정 등을 위한 기초 자료로 사용된다.

이를 위해 지속적으로 신뢰성이 높은 측정값을 확보하는 것이 필요하며 측정기를 정상적으로 가동시키기 위한 유지관리가 중요하다.[15]

대기오염자동측정기는 전기, 전자, 물리, 화학 및 측정 등 각 분야의 전문기술이 복합된 고 정밀 측정기기로서 극미량(ppm, ppb, $\mu g/m^3$ 등)의 대기오염 물질을 24시간 연속 측정하는 장비이다. 상당히 가혹한 환경에서 운영되고 있기 때문에 가동부의 마모 및 주요부품의 열화로 장비의 고장이나 성능저하가 필연적으로 발생하게 된다.

따라서, 측정 자료의 정도와 신뢰성 확보를 위해서는 항상 측정기기의 정상가동이 요구되고 있다. 대기오염자동측정기에서 얻어진 자료는 매일 국민들에게 실

dCollection @ chosun

시간으로 공개되고 있을 뿐만 아니라 오존주의보, 먼지주의보 등의 대기오염 예·경보제도 실시로 주민들에게 직접적으로 영향을 미치고 있고, 환경영향평가나 대기오염 방지계획 등의 결정을 위한 기초 자료로 이용되는 등 다양하게 활용되고 있기 때문이다. 또 각 지점별, 전국적 및 국제적 측정 자료의 비교도 기기의 정상 가동을 전제하지 않고는 의미를 부여할 수 없다.

이와 같이 대기오염자동측정기에 대한 운영주체의 관리책임이 한층 증가되는 추세이지만 자체의 전문기술 인력을 확보하기는 쉽지 않다. 따라서 유지관리 업무의 일부를 외부의 전문기관에 위탁하고 있다.[38)]

국내의 유지관리 현황은 Table 14와 같다. 광역자치단체 이상에서는 대부분 환경분야 시험·검사 등에 관한 법률에 따라 정도검사 기관으로 지정된 한국산업기술시험원, 한국표준과학연구원 및 환경관리공단 등이 대부분 수행하고 있으나, 광역자치단체 중에서 서울특별시는 측정기를 공급한 3개의 외국 제조회사의 국내대리점을 통하여 수행하고 있다.

또한 시·군 자치단체에서도 대부분 정도검사 대행기관 또는 외국 제조회사 대리점을 통하여 측정기의 유지관리를 수행하고 있다. 지자체별 유지관리체계를 분석하면 연간점검(overhaul cleaning 포함)이 1 ~ 2회/년, 월간 또는 주간점검 등으로 12 ~ 52회/년 정도로 다양한 형태로 나타나고 있다. 이와 같은 유지관리체계는 예산상의 제약이나 표준화된 측정망 운영지침 등이 없기 때문인 것으로 사료된다.

대기오염 자동측정망의 효율적인 유지관리를 위해서는 주간점검, 월간점검, 연간점검 등에서 표준화된 유지관리체계가 필요하며 이를 위해서는 전국에 산재하는 대기측정망의 측정 장비에 대한 유지관리업무를 여러 곳의 민간업체에서 개별적으로 수행하기 보다는 공공전문기관에서 통합적으로 관리하여 수행하는 방안이 요구되고 있다.

dCollection @ chosun

Table 14. The status of national maintenance

지 역		유지관리 형태		연간점검 (회/년)	수시점검 (회/년)	주간점검 (회/년)
		자체관리	용역관리			
서 울		수시	동일그린시스	1	요구시	12
			JS에어텍	1	요구시	12
			KNJ	1	요구시	12
			APM	1	요구시	12
부 산		수 시	한국산업기술시험원	1	-	52
대 구		월2회	한국표준과학연구원	1	요구시	12
인 천		수 시	동일그린시스	1	40	42
광 주		수 시	한국산업기술시험원	1	5	42
대 전		수 시	한국표준과학연구원	1	요구시	36
울 산		수 시	환경관리공단	1	26	26
강 원		월2회	한국산업기술시험원	1	8	24
경기	파주,고양,김포,부천,안산,수원,구리	-	한국산업기술시험원	1	12	36
	광명, 성남,오산	-	KNJ	1	12	36
	의정부,남양주,하남,안양,과천	-	동일그린시스	1	12	36
	평택,이천,포천,화성,양주,동두천,안성,고양,군포,안양	-	JS에어텍	1	요구시	24 / 36
	의정부,의왕	-	텍코엔지니어링	1	12	36
충 북		수시	한국표준과학연구원	1	12	12
충 남		수시	한국표준과학연구원	1	요구시	36
전북	전주,군산,익산	-	한국표준과학연구원	1	25	24
	남원, 정읍	-	하림엔지니어링	1	요구시	24
전남	목 포	-	한국표준과학연구원	1	요구시	24
	여 수	-	한국산업기술시험원	1	6	48
	순 천	-	동일그린시스	1	24	36
	광 양	-	동일그린시스	1	12	48
	영 암	-	한국표준과학연구원	1	요구시	24
경북	포항,구미		한국표준과학연구원	1	수 시	24
	김천,영주,경주,안동		하림엔지니어링	1	요구시	24
경남	창원,마산,김해,진해,진주,양산,하동		한국표준과학연구원	1	수 시	12
	창원	-	JS에어텍	1	요구시	12
제 주		월2회	한국표준과학연구원	1	요구시	12

dCollection @ chosun

대기오염자동측정기의 운영주체가 국가와 지자체로 이원화되어 있어 설치·운영에 대한 역할이 모호하여 국가가 중심이 되어 설치·운영하고 있는 도시지역 측정기를 지자체로 이관하여 측정기 운영관리를 일원화함으로써 지자체의 대기질 관리에 관한 책임을 강화하고 있다.[11)]

현재 국내 대기오염자동측정기의 유지관리 기준은 "환경부, 대기오염측정망 설치운영 지침(2009.04)"을 따르고 있는데 유지관리를 위한 방법으로 측정기의 부품관리와 측정기 정도관리 및 몇몇 점검서식에 대해서만 정하고 있다. 따라서 대기오염자동측정기의 표준 유지관리 절차서 등의 표준화된 관리체계가 필요하다. 절차서에는 유지관리에 필요한 전문기술인력 및 시설·장비 확보 조건 등을 명시하여 사전에 검토하고, 적시에 원활한 유지관리 업무가 수행될 수 있도록 하여야 한다.

가. 광주광역시

광주광역시의 대기오염측정망은 도시대기측정망 7개소 즉, 건국동, 농성동, 두암동, 송정동, 오선동, 주월동, 충금동 측정소와 도로변대기측정망 2개소 즉, 운암동, 치평동측정소를 운영·관리하고 있다.[50)] 이 측정소의 측정은 무인자동화시스템으로 1년 365일 상시 측정하고 있다. 측정항목은 도시대기측정망의 경우 SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, WD, WS, AT, RH, SR 등 11개 항목을 측정하고, 도로변대기측정망은 SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, THC, WD, WS, AT, RH 등 11개 항목을 측정하고 있다. 대기환경기준의 5개 항목은 인터넷과 대기오염전광판에 실시간으로 제공하고 있다.

외국산 고가 장비인 대기오염자동측정기기의 성능저하 예방, 고장 및 이상이 발생한 경우 신속하게 대처하기 위하여 기기점검 및 유지·보수 업무를 전문기관인 한국산업기술시험원에 용역관리하고 있다. 점검횟수는 통상점검 42회, 수시점검 5회 이상, 정기점검 1회 및 정도검사를 실시한 후 정도검사 성적서를 제출하게 하고 있으며, 1년 유지보수 용역관리비는 111,500천원이다.

점검은 월간점검과 주간점검으로 나누어 실시하고 있는데 1일에 3개 측정소의 시료채취용 필터교체, 전원 및 통신상태 점검, 기기점검, 측정기기 제로 및 스팬교정과 청소 등을 실시하고 있다. 광주광역시의 대기오염측정망 9개 측정소를 점검하는데 1주일에 3일 ~ 4일 정도 소요되며, 1개 측정소당 적어도 3 ~ 4시간정도 소요된다.[15, 20)]

dCollection @ chosun

대기중금속측정망은 4개소 즉, 농성동, 두암동, 서동, 일곡동지점을 매월 둘째 주에 high volume air sampler를 이용 월 5회 시료를 채취하여 중금속인 7개 항목(Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni)을 측정하고 황사기간 중에는 여기에 3개 항목(Al, Ca, Mg)을 추가 측정한다.[13, 51] 도시대기측정망, 도로변대기측정망, 대기중금속측정망 등에서 생성되는 측정 자료는 대기환경 중장기 종합대책 등에 이용하고 있다.[52]

나. 전국 16개 광역자치단체

전국 16개 광역자치단체의 대기오염측정망은 도시대기측정망 234개소와 도로변대기측정망 28개소, 대기중금속측정망 44개소로서 Table 15와 같이 운영·관리하고 있다.[28]

Table 15. The status of national implementation of air quality monitoring networks

	도시대기 측정망	도로변대기 측정망	대기중금속	종합 대기측정소
총계	234	28	44	8
서울특별시	27	9	5	1
부산광역시	17	2	5	-
대구광역시	11	2	4	1
인천광역시	15	3	3	1
광주광역시	7	2	4	1
대전광역시	7	2	4	1
울산광역시	13	1	4	-
경 기 도	65	4	4	1
강 원 도	7	-	4	-
충 청 북 도	7	1	1	1
충 청 남 도	7	1	-	1
전 라 북 도	10	1	1	-
전 라 남 도	12	-	2	-
경 상 북 도	11	-	3	-
경 상 남 도	15	-	-	-
제 주 도	3	-	-	-

dCollection @ chosun

도시대기측정망, 도로변대기측정망 및 대기 중금속측정망의 측정항목은 광주광역시의 경우와 같으며, 각 시·도 보건환경연구원에서 대기오염측정망을 대부분 운영·관리하고 있으나 전남, 전북, 경기도 등 몇몇 지자체의 경우 측정소가 위치해 있는 각 시·군에서 운영·관리하고 있다.[15, 28]

각 시도보건환경연구원에서 직접 관리하는 경우 전문성이 있는 연구직이 담당하여 운영관리가 잘되고 있으나, 각 시 · 군의 경우 일반 행정직, 화공직, 공업직, 환경직, 기능직 등 비전문직이 담당하고 있고 담당기간 또한 짧아 전문성이 결여되어 있다.

전국 대기오염측정망의 유지보수 용역 업무를 정도검사 기관인 환경관리공단, 한국산업기술시험원, 한국표준과학연구원과, 측정기 납품회사 등이 유지보수용역을 담당하고 있으며, 1개 측정소당 유지보수 용역비는 10,500천원 ~ 13,500천이며 평균 12,500천원 정도이다. 전국 262개소의 대기오염측정망 유지보수 용역비는 매년 3,275,000천원 정도가 소요되고 있다.[20]

dCollection @ chosun

2. 국외

외국에서 설치·운영 중인 측정기에 대한 유지관리 업무는 대부분 환경청이나 국립환경연구기관과 같은 기구에 등록된 공적인 전문기관 또는 업체에서 이루어지고 있다.[16, 17, 38] Table 16에서 전문 업체는 측정기 제조업체를 말하는 것이 아니고 유지관리 업무를 본업으로 수행하는 업체를 말한다. 특히 일본의 경우 유지관리 전문회사의 기술책임자는 계량법에 의한 환경 계량사를 두고 있는데 환경측정기 분야에 전문적인 기술을 보유한 인력으로 알려져 있다.[38]

Table 16. The status of overseas maintenance

구 분	자주관리	위탁관리(전문기관, 전문업체)	
영 국	-	런던 : ERG(킹스대학) 기타 : Cassella stanger	주간, 긴급, 연간점검 (장비공급업체)
프랑스	-	파리 및 위성도시 : Airparif	주간, 긴급, 연간점검
스페인	-	공공전문기관	주간, 긴급, 연간점검
일 본	-	전문업체	주간, 긴급, 연간점검
중 국	해당공무원 주간점검	제조회사 또는 대리점	긴급, 연간점검

가. 일본, 중국

일본 대기오염자동측정기 유지관리 체계는 한국과 유사한 형태이다. Table 17과 같이 대부분의 유지관리 업무는 위탁관리로 이루어지고 있으며, Table 18과 같이 측정기의 운영주체에 의해 주간점검을 실시하고 있지만 연간점검, 긴급점검은 제조회사 등 전문회사에 의뢰하고 있다.

일본 오사카시의 경우 26개의 대기오염자동측정소(도로변측정소 11개소, 타워측정소 1개소 포함)에 대한 유지관리업무를 위탁용역의 형태로 전문기술자 3명이 1회/주 주간점검과 각종 점검을 수행한다.

정부가 직접 관리하는 경우라도 정기 및 긴급점검은 전문 업체에서 수행하고

dCollection @ chosun

있으며, 일본의 측정망은 주로 일반 환경 대기 측정국과 자동차 배출 가스 측정국으로 분류된다. 전자는 대기오염 방지법 제 22조에 근거하고, 환경 대기의 오염 상황을 상시 감시(24시간 측정)한다.

자동차 배출 가스 측정국은 대기오염 방지법 제 20조 및 제22조에 근거하고, 자동차 배출 가스에 의한 환경 대기의 오염 상황을 상시 감시하는 곳이다. 그 외, 기상국, 입체국, 백그라운드국 등이 있다.

유지관리 비용은 수리자재비를 제외하고 1000만원/개소 정도 소요되며, 수의계약으로 진행하고 있다.[18, 53 ~ 56)]

Table 17. The status of analyzers maintenance in japan

구 분		합 계	
		측정소수	%
직원이 상시가동 상황을 파악하고 있는 측정소		48	4.7
정기적으로 주간(순회)점검하는 측정소	직원이 주간점검	361	35.5
	주로 위탁업체가 주간점검	408	40.1
	직원·위탁업체가 교대로 주간점검	195	19.2
	소 계	964	94.8
형태불명의 측정소		5	0.5
합 계		1,017	100
담당직원이 자주 관리하는 경우라도 정기 및 긴급점검은 전문업체에서 수행			

Table 18. Classification according to frequency of weekly checking analyzers in japan

구 분	2회/주	1회/주	2회/월	1회/월	1회/월미만	합계
직원이 주간(순회)점검	143	197	13	3	5	361
주로 위탁기관이 주간(순회)점검	50	278	80	0	1	409
직원·위탁기관이 교대로 주간(순회)점검	124	64	7	0	0	195
합 계	317	539	100	3	6	965

dCollection @ chosun

중국, 호주, 뉴질랜드도 한국과 마찬가지로 정부에서 대기오염측정망 업무를 담당하고 있다. 측정기기 유지보수는 장비공급업체 또는 대리점에서 실시하고 긴급점검과 연간점검 등의 업무를 담당하고 있다.[17)]

나. 미국

미국 대기오염측정망의 목표는 국가 대기환경기준 초과억제 및 현상유지와 청정 지역에서의 대기질 악화방지이다. 미국의 대기오염측정망은 연방과 주정부(지방정부 포함)가 공동으로 운영하는 체계로 되어 있으며 관리체계는 다음 Fig. 4와 같다. 연방정부는 측정망 운영에 필요한 재원과 각종 법령 및 기술 규격 등을 개발하여 주정부를 지원하며, 주정부는 측정망을 운영하고 자료를 연방정부에 제출한다.[45, 46, 57 ~ 60)]

측정 관련 장비운영의 경우 측정방법은 기준 방법(reference method) 또는 동등 방법(equivalent method)을 사용하고 있다. 입고 된 측정 장비는 1년 동안 품질·보증되며, 주정부와 지방정부 기관은 완벽한 실험실 설비를 갖추고 모든 측정 장비와 부가장비의 시험, 수리, 문제해결과 교정에 필요한 장치가 비치되어 있는 실험실을 운영하고 있다.[38)]

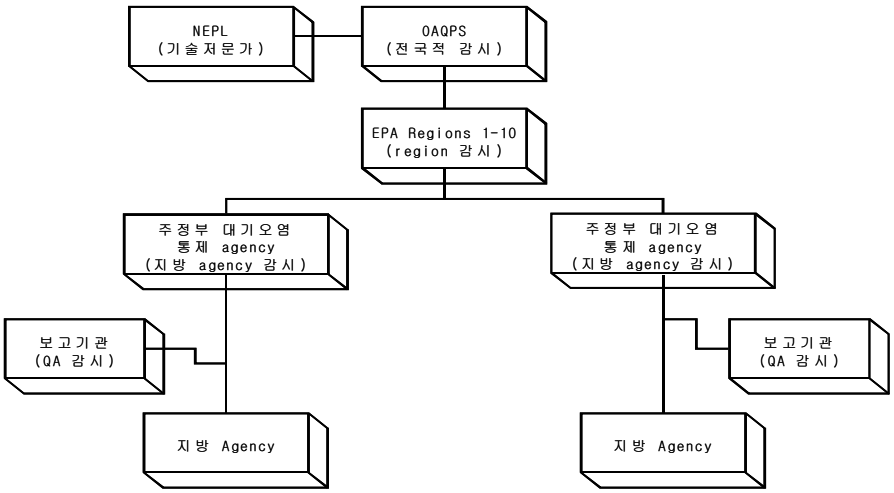


Fig. 4. System of air quality analyzer in USA.

Collection @ chosun

대기오염측정망에서 필요한 다양한 종류의 측정기기를 설치하여 운영하는 것은 쉬운 일이 아니다. 측정 자료를 생산하기 위해서 가동되는 모든 장비는 양호한 조건에서 시험되고 검사되고 유지관리 되어야 한다. 모든 장비들은 수명이 있기 때문에 적절한 시험, 검사, 유지관리 프로그램 및 운영조직 등이 구비될 때 적절한 성능수준에서의 측정기기 가동을 보장할 수 있다.

측정기기의 시험, 검사 및 유지보수를 수행하는 몇몇 방법들을 아래에 설명하였다. 수많은 종류의 측정기기들이 대기측정망에 사용되고 있기 때문에 각각의 장비들에 대한 모든 지침을 여기서 제공하지는 못한다. 일반적으로 유지관리와 검사에 대한 정보는 작동 매뉴얼에 기술되어 있다. 많은 운영 조직들은 대기측정을 위해 각각의 측정소에 대한 자세한 유지보수 문서를 작성하며, 시험, 검사 및 유지관리 문서 등은 아래의 사항들을 포함한다.

○ 장비 목록
○ 예비 장비/부품 목록
○ 검사/유지보수 빈도
○ 시험주기와 시험농도 및 장비
○ 장비교체 일정
○ 서비스 동의서
○ 월간 확인 일지와 시험, 검사 유지보수 수행을 기입하는 용지

1) 기기 사용

㉮ 측정기

미국 대기측정기에서 SLAMS(State and Local Air Monitoring Stations) 측정방법은 기준 방법(reference method)이나 동등의 측정방법(equivalent method)을 사용한다. 기준과 동등의 측정방법 사이에서 수많은 종류의 측정기의 사용이 가능하다. 몇몇 오염물질의 측정을 위해서는 다른 측정방법의 사용이 가능하고, 몇몇 측정기는 규격에는 적합하지만 낮은 수준의 성능을 나타내는 측정기보다 높은 수준의 측정성능을 나타낸다. 따라서 특정한 측정을 위하여 설계된 측정방법을 선정할 때는 다음의 측면을 고려한다.

○ 측정원리의 안정성
○ 측정기 감도
○ 측정소에서 나타나는 간섭 영향
○ 가스공급이나 다른 장비의 필요
○ 신뢰성
○ 유지보수 필요성
○ 초기비용과 운용비용

dCollection @ chosun

새로운 표준이나 동등의 성능을 가진 측정기를 구입할 때는 보증기간, 배송기간 및 입고검사 등의 문서 요구가 필요하다. 신규의 측정기를 받으면 사용자는 매뉴얼을 숙지해야 한다. 제작사의 매뉴얼은 다음의 정보나 지침을 담고 있어야 한다.

○ 배달되었을 때 모든 부품들의 확인
○ 배송 중 손상 확인
○ 전기 연결과 조임 상태 확인
○ 측정기 조립
○ 측정기 설치
○ 측정기 교정
○ 측정기 운용
○ 유지보수 일정과 방법
○ 문제사항 해결 방법
○ 소모품 목록

측정기 조립과 기기 교정을 포함한 초기검사가 완료되면 측정기를 정상적으로 작동시킨다. 응답시간, 노이즈, 제로 / 스팬 드리프트 그리고 정확성은 초기 교정으로 확인해야 한다. 기기의 입고는 이 성능검사 결과를 바탕으로 이루어져야 한다. 한번 입고하게 되면 측정기는 1년 동안 품질보증이 이루어진다.

㉯ 부가적인 기기사용

주나 지역 직원의 경험은 부가 장비의 선정에 중요한 영향을 미친다. 예비유지관리, 유지관리의 용이성, 신뢰성 등이 부가적 장비 선정에 결정적인 역할을 한다. 아래는 부가 장비 선택의 예이다.

○ 표준 교정기(calibration standards)는 보통 2가지 종류가 있다. 표준가스를 희석하여 사용하는 MFC(mass flow controlled) 방식이거나 permeation tube를 이용한 삼투압 방식의 교정 장비가 있다. 일반적으로 110 /220 VAC가 추천되며, 자동교정을 수행하기 위하여 TTL(true transistor-transistor logic) 입력으로 data logger에 적용이 가능
○ 자료 수집 장치는 16비트, 모뎀 연결가능, 원격 접근 및 제어, 교정이 가능
○ 아날로그 차트 레코더(멀티 펜, 프리볼트)
○ 기기 랙은 금속과 레일로 구성되어 공기의 순환이 잘되는 구조
○ zero air system은 분당 10L의 용량이 가능하여야 하며, 오존은 없어야 하고, NO, NO_2, SO_2는 0.01ppm, CO와 HC는 0.1ppm이어야 함

dCollection @ chosun

㉰ 실험실 지원

주와 지역 요원은 완벽한 실험실 설비를 사용해야 한다. 이들 설비는 SLAMS(State and Local Air Monitoring Stations) / NAMS (National Air Monitoring Stations) / PSD (Prevention of Significant Deterioration) 측정망과 모든 측정기와 부가 장비의 시험, 수리, 문제해결과 교정에 필요한 장치가 장착되어 있어야 한다. 어떤 경우에는 주나 지역 요원이 중앙 실험실을 가지고 있기도 한다.

실험실은 공기 질 실험실과 $PM_{2.5}$와 PM_{10} 필터 룸을 가지고 있어야 한다. 공기 질 실험실은 기기 랙이 설치되어 있어야 한다. 하나의 랙은 오존을 위해 사용되어야 한다. 다른 랙들은 교정과 수리를 위해 설계되어야 한다. 여기에는 대체부품이나 다른 측정기가 갖추어 있어야 한다. 교정가스의 여분은 대기로 배출되도록 한다. 펌프는 노이즈 방지를 위하여 방의 외부에 설치하도록 권유하고 있다.

측정기기의 아날로그 출력전압은 자료수집장치와 레코더에 연결되어야 한다. 때때로 중단되는 문제(이상상태가 연속적이지 않고 간헐적으로 나타나는 현상)가 발생하면 레코더로 기록·관찰한다. 비정상적인 문제가 다시 발생하면 수일 동안 연속 가동시킨다.

2) 예방적인 유지보수

모든 주나 지역 요원은 예방적인 유지관리 프로그램을 만들어야 한다. 이것은 유지관리 업무를 시작할 때 들어가는 비용이나 기기의 작동이 멈추는 시간을 방지하기 위함이다. 예방적인 유지관리는 품질관리(내부 정도관리)의 일부로 수행된다.

예방적인 유지관리는 측정소 운영자와 상급 직원에게 책임이 있다. 상급자가 예방적인 유지관리 작업을 확인하고 일정을 확인하는 것은 중요한 일이다. 예방적인 유지관리는 고정된 작업이 아니다. 절차서는 많은 원인으로 갱신된다. 각각의 장비에는 예방적인 유지 관리를 위하여 갱신이 가능한 절차서가 있다. 이 절차서는 항상 기기와 함께 있어야 한다. 예방적인 유지관리 일정은 활동이 변경되거나 완료될 때마다 변한다. 이를테면 멀티 포인트 교정이 3월이 아닌 2월에 이루어졌으면 다음 교정은 9월이 아닌 8월에 한다. 이 일정은 기기 수리가 교정이나 검증의 결과에 따라 일어나기 때문에 끊임없이 변한다.

dCollection @ chosun

㉮ 기기 일지

각각의 기기와 부가장치 등은 기기 수리일지를 가지고 있어야 한다. 이 일지는 수리와 교정 내역을 담고 있어야 한다. 멀티 포인트 교정, 기기 유지보수, 수리나 위치변경이 일어날 때마다 여기에 기입한다. 이 일지는 가장 최근의 멀티 포인트 교정, 예방적인 유지관리 일지, 입고 시험정보를 포함한다. 만약 기기가 제작회사에 수리를 위해 배송되면 이 일지도 같이 보낸다.

㉯ 측정소 유지관리

측정소 유지보수는 매월마다 확인하거나 수행이 필요하다고 요원이 판단할 때마다 수행된다.

○ 측정소 바닥청소
○ 측정소외관 조사
○ 에어콘/히터 수리
○ AC필터 교체
○ 잡초제거
○ 지붕수리
○ 일반적인 청소

㉰ 측정소 일지

측정소 일지는 사건이 발생한 시간에 따라 기입한다. 이 일지는 기술적인 사항보다 이야기 형태로 작성한다. 기술적인 사항은 기기 점검일지에 작성한다.

○ 날짜, 시간, 방문한 사람
○ 날씨
○ 바깥사항, 주변의 자동차의 주차 등
○ 비정상적인 소음, 진동
○ 측정소에서 한 작업(교정, 수리 등)

㉱ 일상의 운영

일상의 운영은 측정소를 방문하는 동안 정해진 기간에서 수행되는 점검이다. 또한 그 직무는 최적의 레벨에서 측정망을 가동하기 위하여 수행되어야 하는 운영을 말한다. 몇 가지 전형적인 일상의 운영은 Table 19와 같다.

이 항목에 추가로 건물 외관, 샘플 배관, 지붕의 기상장비와 타워, 출입문 및 전기선 등을 확인하며, 기타 마모, 부식 및 풍화 등으로 점검이 필요하다고 간주되는 항목을 점검한다. 이 과정은 수리를 제외하고 실시하는 작업이다.

dCollection @ chosun

Table 19. General management

Item check	Official tour check	Weekly check	Monthly check
Data print	○		
Recorder chart mark	○		
The external appearance of analyzer		○	
Sample filter change		○	
Compressor drain		○	
Leak test		○	
Dehumidifying agent check (Silicagel etc)			○
Flowing part check (Tubing etc)			○
Sample manifold check			○
Power line check			○

다. 유럽 (영국, 프랑스, 독일)

대기오염측정장비 유지관리는 국가에 등록된 공적인 전문기관 또는 전문업체가 수행하고 있으며, 전문업체라 함은 측정장비 제조업체를 의미하는 것이 아니라 유지관리 업무를 본업으로 수행하는 업체이다.

영국 대기오염자동측정기의 유지관리업무는 다수의 기관들이 관련되어 있다. 영국 중앙정부의 환경/식품/지역부(DEFRA : Department for Environment, Food and Rural Affair), 웨일즈정부, 스코틀랜드정부 및 북아일랜드 환경청 등에 의하여 투자·설치되어 있는 전국 120개 측정소는 측정망 관리주체인 Cassella stanger에 의하여 통합적으로 운영·관리되고 있다. 또 다른 측정망은 런던 및 그 위성도시 지역에 설치되어 있는 160개 측정소로 구성되어 있으며, 측정망 관리주체인 킹스대학 환경연구그룹(ERG : Environment Research Group)에 의하여 통합적으로 운영·관리되고 있다.[16, 38, 61]

이들 측정기의 관리주체는 유지관리 업무로서 다음의 사항을 실시한다.

○ 지역 측정소 운영자 선정

dCollection @ chosun

○ 영국 표준공급체계(UKAS 인증, United Kingdom Accreditation Service)에 따른 교정용 표준가스 공급

○ 운영자와 함께 1회/2주 수동의 표준교정

○ 측정기 공급업체와 함께 유지관리(주간, 긴급, 연간점검)

○ 시간 측정 자료를 취합하고 배포한다.

○ 영국 정부와 3년 단위로 위탁관리 계약

프랑스의 경우 파리 등 근교는 주간점검, 긴급점검, 연간점검을 Airparif와 유지보수용역을 체결하여 모든 업무를 위탁관리하고 있다.

또한 독일의 경우 대기오염측정망 업무를 해당관청에서 직접관리하고 수리점검 등 업무를 유지보수 용역업체에서 운영 · 관리하고 있다.

dCollection @ chosun

제3장 연구내용 및 방법

제1절 연구내용

광주광역시 대기오염측정망은 총 9개소를 운영관리하고 있으며, 지역별 대표성을 확보하기위해서 주거지역 3개소, 상업지역 4개소, 공업지역 2개소를 용도지역별로 Table 20과 같이 구분하여 설치하였으며, 대기환경기준 적용을 받는 도시대기측정망으로는 건국동, 농성동, 두암동, 송정동, 오선동, 주월동, 충금동측정소이며, 자동차배출가스를 측정하기위한 도로변대기측정망은 운암동, 치평동측정소이다.[14, 50]

각 측정소별 위치 및 지점을 Fig. 5에 나타냈으며, Table 20에서는 각 측정소의 용도지역, 주소, 위치 및 측정항목을 나타내었다.

측정항목은 가스상 물질인 SO_2, NO_2, O_3, CO, THC(total hydrocarbon)와 입자상 물질인 PM_{10}, $PM_{2.5}$이고, 기상항목으로는 풍향(WD, Wind direction), 풍속(WS, wind speed), 기온(AT, air temperature), 상대습도(RH, relative humidity), 일사량(SR, solar radiation)이다. 측정소 실내 적정 환경조건을 유지하기위해서 실내온도(INT, inner temperature)를 측정하고 있으며, 각 측정소별 현황 및 측정항목은 Table 20과 같다.

전국에서 사용되고 있는 대기오염측정망 측정기기가 Table 21와 같이 다양하여, 작동법 및 교정 등 사용방법 습득이 어려워 유지관리하기가 매우 어려운 현실이다.[15, 20]

그리고 무인 자동화로 1년 365일 상시 운영되고 있어 화재 등 안전관리문제와 현지출장을 가지 않고는 기기가 고장이 났는지 아니면 부품의 수명이 다되었는지, 부품은 언제 교체해야하는지, 먼지측정기 필터의 교체시기 등을 파악하기가 매우 어려워 점검을 위해 현지 출장일수 및 점검시간이 과다하게 소요되어 비효율적으로 운영되고 있는 현실이다.[20]

시료채취용 펌프의 소음으로 인한 민원과 측정기에서 측정되고 버려지는 폐가스로 인해 전기선등의 피복부식과 기기 손상으로 예산낭비와 작업환경이 열악한

Collection @ chosun

현실이다.[15, 19]

배기장치 개발로 작업환경개선과 근본적인 소음 민원해결방안, 측정기기 사용방법 등 원격교정 명령어를 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 명령어를 통일하고, 원격 전원제어, 원격교정, 원격측정기기 상시모니터링을 할 수 있는 원격관리시스템을 구축하여 출장일수 및 점검소요시간을 단축하고, 측정자료의 신뢰도 향상방안과 효율적인 운영관리방안을 연구하였다.

Fig. 5. The map of air monitoring site in Gwangju.

Collection @ chosun

Table 20. The status of air quality monitoring networks in Gwangju

구분	측정소명	주 소 (위 치)	용도지역	측 정 항 목
도시대기	건국동	북구 대촌동958-3 (테크노파크)	공업	SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, WD, WS, AT, RH, SR, INT
	농성동	서구 농성1동 329-1 (동사무소)	주거	SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10}, WD, WS, AT, RH, SR, INT
	두암동	북구 두암2동 829-8 (동사무소)	주거	SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, WD, WS, AT, RH, SR, INT
	송정동	광산구 송정1동 756-1 (동사무소)	상업	SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, WD, WS, AT, RH, SR, INT
	오선동	광산구 오선동 271 (삼성광주전자)	공업	SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, WD, WS, AT, RH, SR, INT
	주월동	남구 주월1동 493-13 (동사무소)	주거	SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, WD, WS, AT, RH, SR, INT
	충금동	동구 호남동 39-1 (광주세무서)	상업	SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, WD, WS, AT, RH, SR, INT
도로변대기	운암동	북구 운암동 99 (프린스호텔 건너편인도)	상업	SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10},THC, WD, WS, AT, RH, INT
	치평동	서구 치평동 1242 (롯데마트 건너편인도)	상업	SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, THC, WD, WS, AT, RH, INT

Table 21. The kind of air quality analyzer by makers

Maker	Manufactory nation	Gaseous matters	Particulate matters
TEI	USA	○	○
Horiba	Japan	○	-
T-API	USA	○	-
Ecotech	Australia	○	-
Seres	France	○	-
Environment SA	France	○	○
KIMOTO	Japan	○	○
Dasibi	USA	○	○
Monitor lab	USA	○	-
Dong an	Korea	○	○
Shimazu	Japan	○	-
Recordum	Austria	○	-
SIR	Spain	○	-
R & P	USA	-	○
Metone	USA	-	○
Verewa	Germany	-	○

dCollection @ chosun

제2절 연구방법

본 연구에서는 사용된 재료 및 부품과 폐 필터 재활용 시 소음 저감도를 측정하는 장비는 Table 22와 같으며, Table 23은 측정소별 원격관리 대상 장비의 제작사 및 모델을 나타내었다.

Table 22. Materials and components in this study

Names of goods	Part No or Model	Maker
Large by pass In Line Filter	57-002758	R&P
Oilless Air Compressor	1HAE-11T-M104X	GAST
Sampling Pump	C2688CHI44-010C	Thomas
2-Way Solenoid Valve	VDSL212	Korea controls Co
2-Way Solenoid Valve	AV21-02-2-A-KR	SAMIN
3-Way Solenoid Valve	AT21-02-2-A	SAMIN
Tygon tube	424490	Tygon
Teflon tube(1/4 inch)	PTFE-WSE 1/4× 1.2	
Stainless steel tube (1/8 inch)	SUS 316	
Sound level meter	NL-31	RION

Table 23. Analyzers for implementation of remote management system

Site name	Gaseous matters						Particulate matters		
	Maker	SO_2	NOx	O_3	CO	THC	Maker	PM_{10}	$PM_{2.5}$
Gunguk	T-API	100E	200E	400E	300E	-	Metone	BAM1020	BAM1020
Nongseong	TEI	43C	42C	49C	48C	-	R&P	1400a	-
Duam	TEI	43C	42C	49C	48C	-	R&P	1400a	1400a
Songjeong	TEI	43i	42i	49i	48i	-	R&P	1400a	1400a
Oseon	Horiba	APSA370	APNA370	APOA370	APMA370	-	Metone	BAM1020	BAM1020
Juwol	TEI	43C	42C	49C	48C	-	R&P	1400a	1400a
Chunggeum	TEI	43C	42C	49C	48C	-	R&P	1400a	1400a
Unam	TEI	43C	42C	49C	48C	55C	Metone	BAM1020	-
Chipyeong	TEI	43i	42i	49i	48i	55C	Metone	BAM1020	BAM1020

dCollection @ chosun

첫 번째로 측정소 작업 및 측정환경개선과 측정소 실내 환경상태를 감지하기위한 방안에 대해 연구하였다.

대기질을 측정하기 위해서 반드시 필요한 시료채취용 펌프에서 발생하는 소음을 저감시키기 위해 제작사에서 공급해준 소음장치와 미세먼지측정기기(R&P 1400a)에서 6개월 ~ 1년 정도 사용되고 버려지는 Large by pass In line Filter를 장착하여 압력 시험 등의 안전성을 검사하고 소음측정기기를 이용 소음저감 효과를 연구하였다.

벽면에 여러 개의 전기코드를 사용하는 현실에서는 점검 시 부주의로 인해 전기코드가 뽑아져 기기의 손상을 주거나 고장의 원인을 제공하고 있으며, 또한 미관상으로 보아도 굉장히 좋지가 않아 이러한 문제점을 개선하였다.

측정소에서는 대기질을 측정하기 위해서 측정소 건물 지붕에 반드시 3개 이상의 시료채취구를 뚫어야만 한다. 이때 실리콘으로 빗물 등이 새지 않도록 하나 이렇게 함으로써 시료채취관을 자주 청소해주지 못하는 점을 개선하였다.

각 측정기기에서 측정이 되고 버려지는 오존 등의 폐 가스를 처리하여 청정한 실내 환경조성과 장비보호를 위해 배기장치 개발을 연구하였다.

두 번째로 오존 및 먼지측정자료 신뢰성확보방안 및 표준시간 도입에 대해 연구하였다.

먼지 입자크기를 분류하는 Inlet장치는 대부분의 경우 1년에 한번씩 실시되는 정기 점검 시 청소를 실시하고 있거나 아니면 몇 년 동안 방치하는 경우도 있고, 특히 해안지방에 설치되어 있는 경우 해염입자에 의해서 Inlet 내부 수집관(collection tube)과 충돌판(impaction plate)을 부식 시켜 입자의 크기를 분류하지 못하는 경우가 발생되어 측정자료 신뢰에 문제가 되고 있다.

오존이라는 물질은 쉽게 산화되어 가스통에 표준가스를 보관하여 측정기기를 교정하기는 부적절하여 정확하게 교정하기가 어렵다 이를 개선하기 위해 교정 장치 오존발생량을 SRP(Standard Reference Photometer)로 인증된 오존발생장치를 이용 교정 장치인 Calibrator를 역 교정하여 측정자료 신뢰성확보방안에 대해서 연구하고, 측정소내에 있는 각종측정기의 시간과 표준시간과 동일하게 하여 동일시간의 자료가 인터넷 및 전광판에 실시간으로 전송될 수 있도록 표준시간 도입에 대해 연구하고자한다.

dCollection @ chosun

세 번째로 원격관리시스템 구축 시 먼저 해결해야 할 문제점에 대해서 연구하였다.

원격교정시스템을 구축하기 전에 반드시 해결해야 할 선행과제인 혼합표준가스의 밸브 On / Off에 대해서 연구였으며, 이때 가장 경제적인 면을 고려하여 혼합표준가스의 밸브를 상시 열어 놓고 혼합 표준가스의 안정적인 공급방안을 연구하였다. 또한 혼합표준가스통과 교정 장치사이의 연결 관을 테프론 관과 스테인레스 스틸관을 연결하여 누출시험을 하였다.

원격교정 및 THC측정 시 사용되는 air compressor의 응축수 유입방지 및 원격배출방법을 연구하였다.

원격교정 시 반드시 해결해야할 air compressor의 응축수 배출문제를 해결하기 위해 2-way solenoid valve를 이용하여 응축수를 원격으로 배출시키는 방법을 연구하였고, THC의 측정을 위해 반드시 필요한 조연성 가스인 공기를 안정적으로 공급해주기 위해서 air compressor를 사용하고 있는데, 이때 응축수가 압축공기탱크에 응축된 수분이 THC측정기기로 유입되어 기기손상과 이상 자료를 측정하게 하는 문제점을 해결하기 위해 2(3)-way solenoid valve를 이용 원격으로 전원제어를 통해 공기를 안정적으로 공급하고, 응축수를 원격으로 배출시키는 장치개발에 대해 연구하였다.

측정소 측정기기 및 부대장비를 원격으로 제어하기위해 중간 처리 역할을 하는 자료 수집 장치의 안정적 상시 가동방법을 연구하였다.

자료수집장치(data logger)의 상시 가동 중 운영체제의 오작동 발생과 이상요인으로 측정 자료를 저장 송 · 수신하지 못하게 하는 근본적인 대책을 강구하기 위해 data logger reset module 개발에 대해 연구하였다.

네 번째로 원격관리시스템 구축에 대해 연구하였다.

원격전원관리시스템을 구축하여 원거리에 있는 측정소 내 각종기기 및 대기중금속측정망의 high volume air sampler의 전원제어를 할 수 있는 방법과 제작사별로 다양하고 복잡한 사용방법 및 명령어를 단일 표준화하여 사용 및 관리· 운영의 편리성을 위해 연구하였다. 또한 출장 점검 소요시간 단축과 비과학적 원시적인 방법으로 관리되는 대기오염측정망을 과학적으로 관리하기 위해 원격교정시스템, 원격측정기기모니터링시스템 등의 원격관리시스템 구축에 대해서 연구하였다.

dCollection @ chosun

제 4 장 결과 및 고찰

제1절 측정소 작업환경 개선

1. large by pass in-line filter를 이용한 펌프 소음 저감

대기오염측정소에는 여러 종류의 시료채취용 펌프가 설치되어 최소 5 ~ 7개의 내장 또는 외장 펌프가 1년 365일 가동 중에 있다. 측정소 기기 점검을 위해서 1개 측정소당 최소 3시간 이상 측정소 내에서 기기 점검 및 교정 등을 실시하고 있다.

이때 시료채취를 위해 가동되고 있는 펌프의 소음으로 인한 정신적 신체적 피해가 예상되고 있는 현실이다. 여러 종류의 펌프 중 외장펌프를 사용하고 있는 먼지 시료채취용 펌프의 소음이 특히 크다.[19] 이를 개선하기 위해서 여러 방안을 연구한 결과 TEOM(Tapered Element Oscillating Microbalance)방식인 R & P사의 먼지측정기에 6개월 ~ 1년 정도 사용되고 버려지는 Fig. 6의 large by pass in line filter를 Fig. 7과 같이 미세먼지 시료채취용 펌프의 배기구(exhaust)에 연결한 후 압력변화시험으로 먼지측정기기의 유량변화 등을 검토한 결과 먼지측정기기에 전혀 이상을 주지 않고 소음이 저감되어 작업환경을 개선시킬 수 있었다. 버려지는 폐자재를 재활용함으로 예산도 절감된다.

미세먼지 시료채취용 펌프만을 가동하여 Fig. 8과 같이 1m거리에서 측정한 결과 Table 24와 같이 91.6dB(A)이었으며, 제작사에서 제공하는 소음기를 장착 시 84.1dB(A)이었다. 폐자재인 large by pass in line filter를 장착하고 소음을 측정한 결과 75.0dB(A)로 나타났다. 이들을 상호 비교해 보면 Table 24와 같이 제작사에서 제공하는 소음기보다 9.1dB(A)이 저감되고, 샘플링실 문을 닫고 측정한 결과 59.8dB(A)로 작업환경이 크게 개선되었다.

dCollection @ chosun

Fig. 6. The large by pass in line filter of PM analyzer.

Fig. 7. Sampling pumps attached large by pass in line filter at exhaust.

dCollection @ chosun

Fig. 8. Measuring system for pump noise.

Table 24. Noise level of the sampling pumps (unit : dB(A))

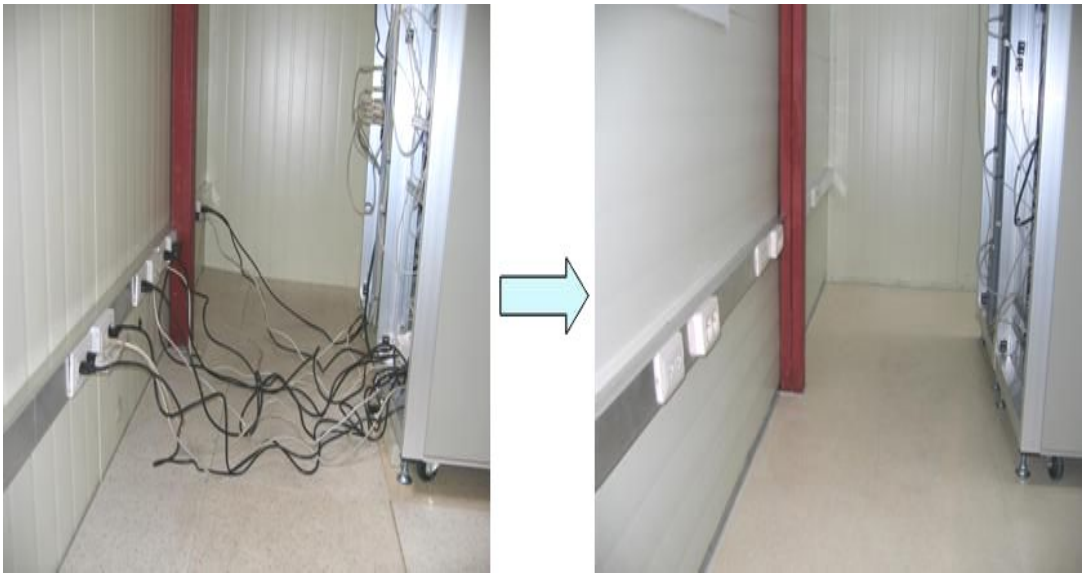
측정거리 / 방지장치	1m 거리에서 측정		샘플링실 문을 닫고 측정	
	측정소음	저감 소음	측정 소음	저감 소음
미세먼지 시료채취 펌프만 가동시	91.6	-	73.6	-
펌프 제작사 소음기 장착 시	84.1	7.5	67.3	6.3
폐 라지 바이 패스 인라인 필터 장착 시	75.0	16.6	59.8	13.8

dCollection @ chosun

2. 전기배선의 개선

측정소의 실내 전기배선은 Fig. 9의 (a) 개선전의 모습과 같이 사용되고 있다. 이 경우 측정소 실내 환경이 좋지 않으며, 또한 점검자의 이동시 발에 걸려 전원 코드가 빠져 측정기기의 손상을 줄 수 있다.[15)]

이러한 문제점을 개선하기 위해 UPS(무정전전원장치, Uninterruptible Power Supplies) 전원을 천정을 통해 직접 dual cabinet의 멀티 콘센트 전원에 연결하여 실수로 인한 전원 코드 빠짐 방지와 측정소 실내 미관을 Fig. 9의 (b)와 같이 개선하였다.



(a) Before (b) After

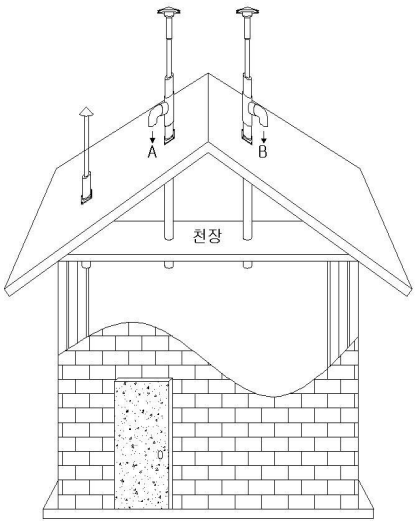
Fig. 9. Electric wiring improvement.

dCollection @ chosun

3. 시료채취관의 이중관 설치

대기오염측정망에서는 가스상 물질 시료채취와 입자상물질인 PM_{10}, $PM_{2.5}$측정을 위해 지붕의 구멍을 최소 3개 이상 뚫어 시료 채취관을 연결하여 사용하고 있다. 이 경우 지붕의 처리는 실리콘으로 마감처리를 하나 세월이 지남에 따라 마감처리 부분에서 빗물 등이 유입되어 측정소 실내 환경 악화와 측정기기 손상을 초래하고, 시료 채취관을 청소하기위해 실리콘을 제거하여 크리닝을 실시하고 있어, 시료 채취관 크리닝시 번거로움이 많아 자주 청소를 해주지 못하고 있는 실정이다.[15)]

시료채취관의 오염은 측정 결과 값에 미치는 영향이 아주 크다. 그래서 시료채취관청소를 쉽게 할 수 있는 방법과 빗물 등의 누수개선 방법을 연구한 결과 측정소 신축시부터 Fig. 10 의 (a)와 같이 시료채취 보호관을 설치하여 지붕부분에 용접하여 빗물 등의 유입을 원천 차단하고, Fig. 10 의 (a) 중 A, B 부분을 통해서 기상센서 출력선과 전기선등의 배선을 정리함으로써 미관을 좋게 하고, 보호관 내부에 설치되어있는 시료 채취관 청소를 쉽게 할 수 있도록 Fig. 10의 (b)와같이 개선하였다.



(a) The chart of structure

(b) Complete products

Fig. 10. Sampling tube having double structure.

dCollection @ chosun

4. 폐 가스 처리 환기장치 개발

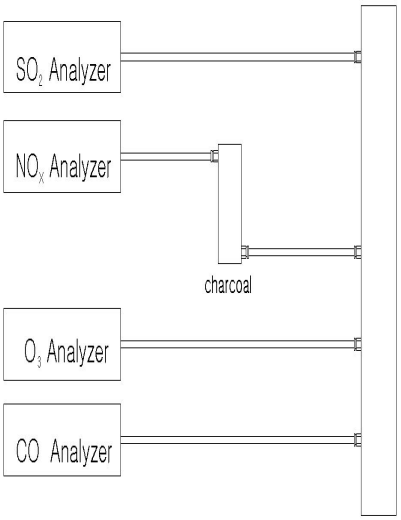
대기오염측정망에서는 기본적으로 아황산가스, 이산화질소, 오존, 일산화탄소 등의 가스상 물질을 측정한다. 이때 측정되고 버려지는 폐 가스를 바로 측정소 실내 배출시키면, 측정소 실내 환경 악화와 이산화질소측정기기에서 나오는 오존 등 오염물질로 인해 Fig. 11과 같이 PVC(polyvinyl chloride)피복인 전기배선 등을 부식시켜 훼손시키고 있고 또한 측정기기 손상을 주고 있다.[15)]

이러한 문제를 해결하기 위해 폐 가스 환기장치를 고안하여 제작설치를 Fig. 12 (a), (b)와 같이 하였다. 이 환기장치를 측정기기 폐 가스 배출관을 원터치 방식으로 연결하였다. 이때 전단에 활성탄, 모레큘러시브(molecular sieve), 실리카겔(silica gel) 등 흡착제 카트리지를 연결하여 폐 가스를 흡착 제거하고 환기통을 통해 실외로 배출하였다.

원터치 방식으로 연결된 각 측정기기 폐 가스 라인을 빼 Fig. 12의 (c)와 같이 손등에 측정기기 펌프성능을 확인할 수 있어 펌프의 고장 유무를 간이 판단하고 이 폐 가스 라인에 유량계를 연결하여 펌프성능 확인을 할 수 있도록 하였다.

dCollection @ chosun

Fig. 11. Corrosion of the electrical wires of air compressors.



(a) The chart of structure

(b) Complete products

(c) Flow checking

Fig. 12. Purifier for the waste gas.

dCollection @ chosun

5. 측정소 실내온도 센서 설치

측정소 실내 온도의 적정유지는 측정 자료의 신뢰도와 직접관련이 아주 크다. 측정소 건물은 대부분 조립식 샌드위치 판넬 건물로 여름철에 기온이 급격히 상승하고 겨울철에는 급격히 측정소 실내온도가 내려갈 수 있으나, 측정기 가동으로 인한 열 발생으로 적정하게 유지할 수 있다. 문제는 특히 여름철의 경우 에어컨을 가동하여 실내온도를 적정하게 유지하나 전원 등의 정전으로 인해 에어컨이 가동되지 않으면, 측정소 실내온도가 50 ~ 65℃이상까지 되어 측정기 고장과 이상 측정 결과 값이 실시간으로 인터넷 및 대기오염전광판에 표출된다.[15)]

측정소실내온도가 고온이 되면 일산화탄소 측정기 GFC(Gas Filter Correlation) wheel의 충진 물질이 리크(leak)가 되어 기기 고장이 되는 경우가 빈번하게 발생하고 있다.

특히 모든 대기오염측정소가 무인으로 상시 가동되어 에어컨정상 가동유무를 파악하기 힘들다. 대부분 측정 자료의 이상 값이 전달되고서야 측정소의 문제를 감지하여 출장하여 점검 조치하고 있는 실정이다. 이러한 문제를 해결하기위해 측정소 실내온도를 상시 감시하고 온도 변화 시 신속하게 조치를 할 수 있도록 모든 측정소의 실내온도 센서를 설치하여 측정소 실내상황 상시감시체제를 구축하는 것이 측정자료 신뢰성 향상과 측정기 고장방지에 기여할 것이다.

dCollection @ chosun

6. 화재예방, 실내온도 유지 및 측정환경개선

우리나라에서 운영되고 있는 모든 종류의 대기오염측정망은 무인으로 1년 365일 상시 가동되고 있으며, 대부분의 건물들이 조립식 판넬로 건축되어 기온에 따라 실내온도변화가 크게 된다.

특히 측정소 실내온도가 높으면 일산화탄소 농도가 낮게 측정되고 환풍기 및 히터 등의 상시가동으로 인한 과열에 의해 화재 등의 발생요인이 상시 존재하고 있다. 이러한 문제를 개선하기 위해 Fig. 13과 같이 Timer 콘센트를 설치하여 실내온도를 조절하고, 장시간 상시가동을 하지 않아 환풍기 및 전열기의 과열로 인한 화재발생을 근절할 수 있다.

(a) Ventilation fan (b) Electrical heater

Fig. 13. Ventilation and heating with timer concenting plug.

dCollection @ chosun

7. 낙뢰 예방

낙뢰는 직접 건물 또는 측정기에 피해를 주거나, 전원공급선을 통해 피해를 초래하는 경우가 있으며, 대부분의 경우 전용회선을 통해 DSU(Digital Service Unit), 자료수집 장치 및 측정기의 통신관련 부품을 손상시키는 사례가 빈번히 발생하고 있다.

측정소의 고가장비가 낙뢰로 인해 종종 피해를 받아 측정기의 고장과 측정을 할 수 없는 결측 시간이 장기화되는 문제들이 발생하고 있는데 측정소 건물에 직접낙뢰를 방지하기 위해서는 피뢰침을 설치하여야한다. 낙뢰가 전기선과 전용회선을 통해 DSU, 자료수집 장치 및 측정기에 직간접적으로 피해를 주고 있다.

특히 전용회선을 통해 DSU 및 자료수집 장치의 통신포트와 CPU(Central Processing Unit) 등에 피해를 주는 사례가 많이 발생하고 있는 실정이다.[37)]

전기분전함에 전기 써지프로텍션 디바이스(surge protection device) 설치와 DSU 유입선에 통신 써지 프로텍텍션 디바이스를 설치하여 이러한 문제를 해결할 수 있다.

자료수집 장치의 간섭을 방지하기위해서 전기, 통신선, 건물 및 측정기 접지가 반드시 필요하다.

8. 디지털 잠금장치를 이용한 측정소 출입 방법의 개선

각 지자체에서 운영 · 관리하고 있는 측정소는 3 ~ 70개소 정도이다.[28)] 이 많은 측정소 열쇠를 가지고 상시 다니는 것은 현실적으로 어렵고 불편하다. 또한 인근 출장 중에 측정소의 상태를 확인하기도 어렵다. 측정소 출입문을 2개로하고 한곳은 디지털 잠금장치 또 다른 한곳은 일반적인 잠금장치를 설치하는 것이 바람직하다.

출입문이 한 개인 경우는 디지털 잠금장치로 교체를 하되 반드시 보조키로 개폐 가능한 디지털 잠금장치를 추천한다. 이와 같이 출입문을 디지털 잠금장치로 교체하면 신속하게 측정기기 점검을 할 수 있을 뿐만 아니라 화재 등 문제점 발생시 신속하게 대처 할 수 있을 것이다.

dCollection @ chosun

9. 전기절전 장치를 이용한 절전방안

전국 대부분의 측정소에서 1년 전기료가 2,500,000원 ~ 3,000,000원/1개소 정도가 소요되고 있다.[15] 전기료를 절감하기 위해 다각도로 검토한 후 절전장치를 송정동 측정소에 2004년 12월에 설치하여 2005년 1, 2월과 2004년 1, 2월의 전기료를 비교분석해 본 결과 Table 25에서 보는 바와 같이 월 약 30,000원정도 절감할 수 있다.

절감효과는 업체주장의 경우 15 ~ 20%이었으나, 송정동측정소에 설치하여 비교해 본 결과 약 15 ~ 16% 수준이었다. 이 장치를 설치하기 위해서는 초기 투자비용이 크나 1년 6개월 정도가 지나면 순 전기료 절감 효과를 볼 수 있고 전기요금 인상 등을 고려한다면 전기료 절감효과는 증가할 것으로 기대된다.

Table 25. Comparison of the amount of power usage and cost before and after installing power saver

구분	월별	사 용 량			요 금		
		사용량 (KWH)	저감량 (KWH)	절감효과 (%)	요금 (원)	저감비용 (원)	절감효과 (%)
절전 장치 설치 전후	2004.01	1,801	340	18.88	200,100	32,210	16.09
	2005.01	1,461			167,890		
	2004.02	1,918	333	17.36	209,100	32,000	15.29
	2005.02	1,585			177,110		

dCollection @ chosun

제2절 측정자료 신뢰성 향상

1. 먼지(PM10, PM2.5) 측정자료의 신뢰성 제고

가. PM sample Inlet

제작사 운영 지침에 의하면 cyclone, impactor방식의 먼지 sample inlet은 3개월마다 inlet청소를 실시하여야한다.[62, 63]

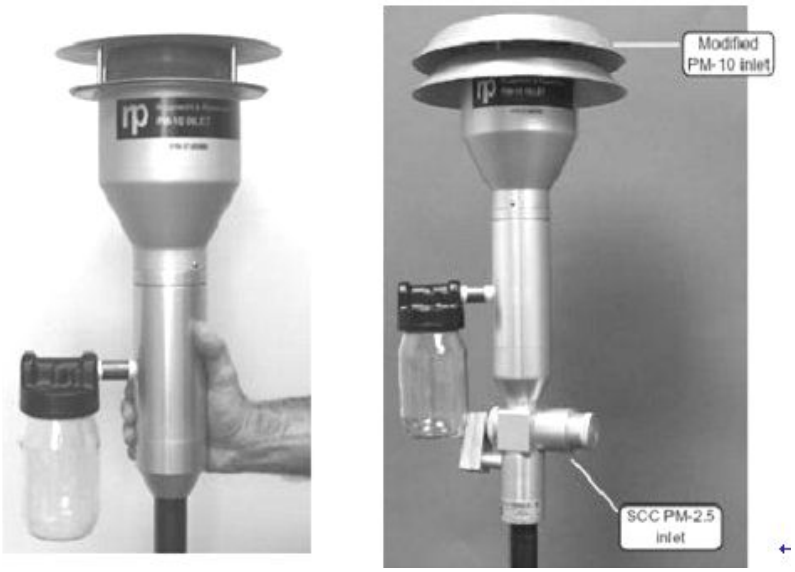
먼지 입자크기를 분류하는 Inlet장치는 대부분의 경우 1년에 한번씩 실시되는 정기 점검 시 청소를 실시하고 있거나 아니면 몇 년 동안 방치하는 경우도 있고, 특히 해안지방에 설치되어 있는 경우 해염입자에 의해서 Fig. 14의 Inlet 내부 수집관(collection tube)과 충돌판(impaction plate)을 부식 시켜 입자의 크기를 분류하지 못하는 경우도 있다. 오랫동안 Inlet 내부에 쌓여있는 먼지입자들을 제거시켜주지 않으면, 이 먼지들이 비산하여 미세먼지 측정값에 영향을 주어 실제 측정값보다 높게 나타나게 하는 악영향을 미치고 있다.[15]

설령 현장에서 inlet을 청소를 하여 재장착하여 사용하는 경우 깨끗하게 청소가 되지 않고 청소시간 등이 많이 소요되어 결측 자료 발생의 원인이 되기도 하다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 동일한 제작사의 inlet을 추가로 구입하여 설치하고 사용하고 있던 inlet은 사무실로 가지고와 초음파 세척을 하여 그늘에서 수분을 말리고 순수한 고 순도 질소가스를 이용 퍼지(purge)하여 보관하였다가 다시 이 inlet 교체하는 방법이 미세먼지 측정값 신뢰성향상과 결측 자료량을 줄일 수 있는 방안이다.

또한 Fig. 15의 (a) original PM sample inlet은 강우 시 바람의 방향에 따라 빗물이 inlet 내부를 통해 측정기기에 유입될 수 있어 Fig. 15의 (b)와 같이 이러한 Inlet은 개선된 inlet으로 교체하여 사용하는 것이 바람직할 것이다.

dCollection @ chosun

Fig. 14. The collection tube and impaction plate in PM sample inlet.



(a) Original inlet (b)Modified inlet

Fig.15. Inlet for PM sampler.

Collection @ chosun

나. 자료의 전송 및 처리방법 개선

대기오염측정망 측정항목 중 먼지 항목을 제외한 모든 측정 자료는 5분 자료를 누적시킨 후 1시간 동안의 자료를 산술평균하여 1시간 자료로 확정한다.[13] 그러나 먼지 측정기의 경우 1시간 동안 측정한 1시간 측정값을 5분 간격으로 동일 자료를 12회 전송하여 주전산기에서 이 12회 전송된 자료를 산술평균하여 1시간 자료로 확정하는데 자료수집장치와 먼지측정기 등의 시간이 상이하면 Table 26과 같이 이상한 값이 1시간 자료로 확정된다.[15]

이러한 문제를 개선하기 위해서는 먼지측정기, 자료수집장치 및 주전산기의 시간이 동일하면 문제를 개선할 수 있으나, 수시로 시간을 맞추어 주기가 매우 어려운 문제점이다. 가장 좋은 방법은 측정기의 시간과 1시간 측정값을 서로 비교하여 동일 측정값을 12회 전송하면 간단히 해결할 수 있다.

Table 26. Measuring individual items per five minutes and the time period of transmission

Date	The time of analyzer and Data Logger					
	Case of different			Case of same		
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2
200903231150	96	49	0.004	96	49	0.004
200903231155	96	49	0.005	96	49	0.005
200903231200	96	49	0.004	68	34	0.004
200903231205	96	49	0.005	68	34	0.005
200903231210	68	49	0.004	68	34	0.004
200903231215	68	34	0.005	68	34	0.005
200903231220	68	34	0.004	68	34	0.004
200903231225	68	34	0.005	68	34	0.005
200903231230	68	34	0.006	68	34	0.006
200903231235	68	34	0.004	68	34	0.004
200903231240	68	34	0.004	68	34	0.004
200903231245	68	34	0.004	68	34	0.004
200903231250	68	34	0.005	68	34	0.005
200903231255	68	34	0.004	68	34	0.004
20090323 12 Avg	73	38	0.005	68	34	0.005

dCollection @ chosun

2. 오존측정기 측정자료 신뢰성 제고

오존이라는 물질은 쉽게 산화되어 가스통에 표준가스를 보관하여 측정기기를 교정하기는 부적절한 방법이므로 대부분 GPT(Gas Phase Titration) 방법을 이용하여 오존측정기를 교정하거나 아니면 교정 장치에서 고전압을 이용 오존을 발생시켜 그때그때 교정하는데 이용되고 있다.[64] 교정 장치내의 ozonator lamp, ozonator heater, ozonator power supply등이 시간이 지나갈수록 오존발생량이 변한다.

또한 교정 장치 점검 시 램프의 위치 등이 변하여 오존발생량 또한 쉽게 변하여 정확한 오존의 농도를 알 수 없다.[15] 이렇게 변화 교정 장치를 이용 오존측정기를 교정하는 것은 측정 자료의 신뢰도에 문제가 아주 크게 있다.

이러한 경우 교정 장치 오존발생량을 SRP(Standard Reference Photometer)로 인증된 오존발생장치를 이용 교정 장치인 calibrator를 역 교정하여 사용하면 신뢰성있는 오존 측정 자료를 확보할 수 있다

3. 표준시간 도입

표준시간을 제공하는 한국표준과학연구원 표준시 서버[time.kriss.re.kr (210.98.16.100), time2. kriss.re.kr(210.98.16.101)][65] 또는 행정안전부 NTP Server (203.254.163.74), (203.254.167.74)와 전단처리장치를 연동시켜 1시간마다 자동 점검하여 상이한 경우 같게 한 다음, 전단처리장치와 각 측정소의 자료수집장치와 3분마다 자동 점검하여 자료수집장치 시간을 표준시간과 같게 하여 측정값이 같게 송·수신되게 하여 황사 예 · 특보제, 미세먼지 예 · 경보제, 오존 예 · 경보제 시행에 신속 정확하게 국민들에게 전파될 수 있도록 할 수 있다.

dCollection @ chosun

제3절 원격관리시스템 구축 전 문제점 해결 방안

1. 혼합표준가스 공급 및 연결관 개선

원격으로 span교정 시 혼합표준가스통의 밸브를 열어 희석장치에 공급을 해주어야하며, 표준가스와 희석장치 연결 시 누출문제 해결을 위해서 여러 방안을 강구하여 시도해 본 결과는 아래와 같다.

가. 교정용 혼합표준가스통 메인 밸브 개선

1) 원격으로 가스통의 밸브를 개폐 해줄 수 있는 장치를 설치하여 시험해 본 결과 선행조건으로 이 개폐장치의 전원을 On / Off하여 제어할 수 있도록 전원공급의 문제점이 있으며, 또한 먼 거리에서 이 개폐 밸브가 열렸는지 아니면 작동을 하지 않았는지를 확인할 수 있는 방법을 강구하여 보완하여야하는 문제점이 있다.

2) 접점 DIO(Digital Input Output)제어모듈을 설치하여 혼합표준가스를 공급하는 방법을 사용할 수 있다.

3) 혼합표준가스통에는 SO_2, NO, CO가 통에 담아져있으며, 이 가스들은 폭발성 가스가 아니므로 밸브를 상시 열어놓고 가스의 누출유무를 3단계 점검하여 사용하는 방법이 가장 경제적으로 사료되며, 가스누출 3단계 점검 방법은 다음과 같다.

혼합표준가스(cylinder gas)통에서부터 calibrator까지의 누출점검(leak check) 방법은 다음과 같이 3단계로 점검하여 혼합표준가스가 누출 되는지 점검한다.

(1) 1단계 - 혼합표준가스(cylinder gas)통에서부터 regulator 1차 측 압력 게이지 까지 leak check 방법

① 1차 압력게이지(cylinder pressure gauge)는 가스통에 혼합표준가스가 얼마나 있는지를 나타내는 것이고, 교정 장치인 calibrator에 얼마의 압력

dCollection @ chosun

으로 혼합표준가스가 공급되고 있는지를 2차 압력 게이지(delivery pressure gauge)에 나타낸다. 가스누출 실험을 진행하기 전에 미리 2차 압력게이지를 적절하게 공급량인 20PSI로 조정하여야한다.

② regulator middle valve를 Off 시키고 혼합표준가스(cylinder gas) 통의 main valve를 열었다가 다시 잠근다.

③ 일정한 시간이 지나도 regulator 1차측 압력 게이지의 눈금이 변하지 않았다면 혼합표준가스 leak가 없는 것으로 보면 된다.

(2) 2단계 - cylinder gas 통에서부터 regulator 2차측 압력 게이지 까지 leak check

① regulator 2차측 valve를 막고 regulator middle valve를 ON 시킨 다음 cylinder gas 통의 main valve를 열었다가 다시 잠근다.

② 일정한 시간이 지나도 regulator 1차측, 2차측 압력 게이지의 눈금변화가 없었다면 혼합표준가스의 leak가 없는 것으로 보면 된다.

③ 1차측 압력게이지가 조금이라도 움직였다면 2차측 압력게이지에서부터 2차측 valve 까지 중 어딘가에 leak가 있는 것으로 본다.

(3) 3단계 - 혼합표준가스(cylinder gas)통에서부터 calibrator까지 leak check

① 교정 장치의 전원을 off 한 후 내장되어 있는 2-way solenoid valve의 작동을 정지 시킨 후 regulator 2차측 valve를 열어 놓은 다음 cylinder gas 통의 main valve를 열었다가 다시 잠근다.

② 일정한 시간이 지나도 regulator 1차측, 2차측 압력 게이지의 눈금이 떨어 지지 않았다면 leak가 없는 것으로 보면 된다.

③ 1차 측 압력게이지가 조금이라도 움직였다면, 2차 측 valve 부터 calibrator 까지 중 어딘가에 leak가 있는 것으로 본다.

dCollection @ chosun

나. 교정장치 가스 연결관 개선

전국 대부분의 측정소에서 테프론 관(teflon tube)을 이용하여 표준가스를 측정 장비에 공급해주는데 사용되는 테프론 관의 미세한 공극으로 표준가스가 누출됨에 따라 측정소 실내작업환경 및 측정장비 손상 초래와 측정값의 방해 요인으로 작용하며, 원격으로 교정할 수 없게 하는 최대의 문제점 중의 하나이다.

표준가스의 누출 유무를 알기위해 테프론 관과 스테인레스 스틸관(stainless steel pipe)을 이용 약 6개월간 비교 시험 연구한 결과 Table 27에서 보는바와 같이 테프론 관 사용 표준가스통의 레귤레이터(regulator)의 압력게이지의 변화를 발견하였으며, 스테인레스 스틸관을 이용 시 전혀 레귤레이터의 압력게이지 변화를 볼 수가 없었다. 연결관의 누출문제를 해결하기위해서는 스테인레스 스틸관을 사용해야하며, 또한 표준가스 관의 길이가 길면 교정시간이 많이 소요된다는 것도 발견하였다. 교정시간을 단축하기 위해서는 혼합표준가스공급 관의 길이를 최대한 짧게 하여야 하며, 될 수 있으면 희석장치 바로 옆에 혼합표준가스통을 위치시키는 것이 원격으로 교정 시 균질하게 혼합가스를 희석장치를 통해 교정하고자하는 측정기기에 유입시킬 수 있다.

혼합표준가스 통내의 SO_2, NO, CO의 성분 비중이 서로 상이하여 무거운 SO_2가스가 가장 아래쪽에 그리고 다음으로 NO가스가 바로 위쪽에 가장 가벼운 CO가스가 혼합표준가스통 맨 위쪽에 존재한다.

혼합 표준가스통내에서 층이 생겨 바로 가스를 유입시키면 CO측정기가 바로 반응을 보이며, 다음에 NO 그 다음에 SO_2가 반응을 보인다. 이러한 문제점을 해결하여 균질 혼합 표준가스를 공급하기위해서는 공급관이 최대한 짧아야 하며, 최소 1시간정도 소요됨을 알 수 있었다.

dCollection @ chosun

Table 27. The result of a gas leak test on the connection tubes

Period	Teflon tube	Stainless steel pipe
The initial status of gas pressure	100kg$_f$/㎠	100kg$_f$/㎠
1 Day	100kg$_f$/㎠	100kg$_f$/㎠
1 Week	100kg$_f$/㎠	100kg$_f$/㎠
2 Week	100kg$_f$/㎠	100kg$_f$/㎠
1 Month	100kg$_f$/㎠	100kg$_f$/㎠
3 Month	99.9kg$_f$/㎠	100kg$_f$/㎠
6 Month	99.8kg$_f$/㎠	100kg$_f$/㎠

dCollection @ chosun

2. air compressor 응축수 원격 배출장치 개발

대기오염측정망에서 측정기의 zero / span 원격교정 시 사용되는 air compressor는 공기를 생산하여 제로교정과 혼합표준가스를 희석하여 스팬교정을 실시하는데, air compressor 내의 저장 탱크 내에 온도차 등에 의해서 응축수가 발생한다.

압축공기 중 응축수가 측정기로 유입되어 기기의 고장과 정확한 기기 교정을 불가능하게 하며, 원격교정시스템 구축 시 응축수를 원거리에서 배출시키고 순수 공기만 공급될 수 있도록 개선해야할 최대의 문제점을 해결하기 위해 응축수 배출 기능이 구비된 압축공기 공급장치(AIR COMPRESSOR WITH CONDENSED WATER DRAIN DEVICE)를 개발하였다

동작방식은 air compressor에서 필연적으로 발생되는 응축수를 배출시키기 위해 2-way solenoid valve밸브를 이용하여 응축수를 배출 시킬 수 있도록 특수 장치를 개발을 하였으며, 이때 air compressor를 경사(10 ~ 20도)지게 하여 탱크내의 응축수가 측정소 밖으로 쉽게 완전히 배출되도록 설계하였다.

또한, 에어탱크에 응축수의 수위를 감지하는 응축수 수위감지부가 더 구비되고, 상기 배출밸브에 의해 상기 압축공기 배출관이 차폐된 상태에서, 상기 콘트롤부가 상기 응축수 수위감지부로부터 수신된 상기 응축수의 수위값에 따라 상기 드레인 밸브의 On / Off를 자동으로 제어하게 할 수 있다.

Fig. 16에서는 공기를 압축하는 공기압축기(10)와, 압축된 공기를 저장하는 에어탱크(20)와, 압축공기를 관측기기로 이송하기 위해 에어탱크에 연결된 압축공기 배출관(30)과, 에어탱크에 발생된 응축수를 배출하기 위해 에어탱크에 구비된 드레인관(40)과, 압축공기 배출관과 드레인관에 각각 설치되어 압축공기 및 응축수의 배출을 제어하는 배출밸브(60) 및 드레인 밸브(70)와, 작업자에 의해 조작되고 상기 드레인 밸브의 On / Off를 제어하는 콘트롤부(80)로 이루어져 있다.

또한, 본 실시 예는 에어탱크(20)에 구비되어 응축수의 수위를 감지하는 응축수 수위 감지부(50)가 더 구비되고, 드레인 밸브(70)의 On / Off 제어가 응축수 수위 감지부(50)에 의해 감지된 응축수의 수위값을 수신 받은 콘트롤부(80)에 의해 자동으로 이루어지게 할 수 있다.

공기압축기(10)는 외부전원을 공급받아 회전력을 발생시키는 구동모터(11)에

dCollection @ chosun

의해 구동되는 에어펌프(12)에 의해 공기를 압축하게 된다.
에어펌프(12)에 의해 압축된 공기는 공급호스(13)를 통해 에어탱크(20)에 저장된다.

압축공기 배출관(30)은 에어탱크(20)의 상부에 연결되고, 드레인관(40)은 에어탱크(20)에서 발생되고 저수된 응축수가 배출되기 용이하도록 에어탱크(20)의 하부 측면에 위치된다.

응축수 수위 감지부(50)는 에어탱크(20)의 저면부위에 설치되고, 응축수의 수위를 감지하는 적외선 센서, 플로트 스위치가 사용될 수 있다.

배출밸브(60)와 드레인 밸브(70)는 콘트롤부(80)에 의해 원격제어가 가능하도록 솔레노이드에 의해 구동되는 솔레노이드밸브가 사용된다.

콘트롤부(80)는 작업자의 조작에 의해 드레인 밸브(70)의 On / Off를 제어하도록 한다. 물론, 콘트롤부(80)는 배출밸브(60)에 의해 압축공기 배출관(30)이 차폐된 상태에서 응축수 수위 감지부(50)로부터 응축수의 수위값에 따라 드레인 밸브(70)의 On / Off를 제어하도록 할 수 있다.

한편, Fig. 17, Fig. 18은 에어탱크(20)의 내부에는 드레인관(40)으로부터 연장되고 내부에 에어탱크(20)내의 압축공기가 이송되도록 이송로(91)가 형성된 편승관(90)이 구비된다.

편승관(90)은 에어탱크(20)의 저면을 따라 연장되되, 에어탱크(20)의 저면에 밀착되게 설치되고, 단부는 압축공기가 이송로(91)로 유입되도록 개구되어 있다. 그리고, 에어탱크(20)의 저면에 근접된 편승관(90)의 하측 외면에는 다수의 관통홀(92)이 형성되어 있다.

에어탱크(20)의 저면에 저수되는 응축수는 편승관(90)의 이송로(91)를 통해 드레인관(40)으로 배출되는 압축공기에 편승되어 배출된다. 편승관(90)이 에어탱크(20)의 저면을 따라 형성되어 있어, 에어탱크(20)의 저면에 고루 퍼져 있는 응축수가 용이하게 배출된다.

작용 및 효과는 공기압축기(10)의 구동으로 에어탱크(20)에는 압축공기가 저장되고, 압축공기는 콘트롤부(80)의 제어에 의해 배출밸브(60)의 온(ON)으로 관측기기에 공급된다.

그리고, 작업자의 조작에 의해 콘트롤부(80)의 제어로 드레인 밸브를 온(ON)시

dCollection @ chosun

켜 응축수가 배출되게 한다. 즉, 작업자가 콘트롤부(80)의 조작으로 드레인 밸브(70)를 원격 제어할 수가 있다.

또한, 에어탱크(20)내의 응축수가 응축수 수위 감지부(50)에 의해 그 수위가 감지되고, 응축수가 적정 수위로 저장되면, 응축수 수위 감지부(50)에 의해 감지신호를 콘트롤부(80)에 송신한다. 감지신호를 수신받은 콘트롤부(80)는 배출밸브(60)의 On / Off상태를 확인하고, 배출밸브(60)가 오프(OFF)상태일 때 드레인 밸브(70)를 제어하여 응축수가 배출되게 한다.

응축수는 에어탱크(20)내에 저장된 압축공기의 압력에 의해 드레인관(40)을 통해 배출된다. 특히, 편승관(90)에 의해 에어탱크(20)의 저면에 고루 퍼져있는 응축수가 빠짐없이 배출된다.

한편, 응축수 배출기능이 구비된 압축공기 공급 장치의 다른 실시 예를 첨부한 Fig. 19에 개략적으로 나타내 보였으며, 공기압축기 및 에어탱크를 다수 구비한 예이다.

Fig. 19에서는 공기를 압축하는 제1, 2공기압축기(110, 120)와, 제1,2공기압축기에 의해 압축된 공기가 각각 저장되는 제1,2에어탱크(210, 220)와, 제1,2에어탱크에 연결되어 저장된 압축공기를 배출하는 제1,2압축공기 배출관(310, 320)과, 제1,2압축공기 배출관이 합쳐져 제1,2압축공기 배출관을 통해 배출되는 압축공기가 공급될 관측기기에 연결되는 합류관(400)과, 제1,2압축공기 배출관과 합류관의 연결부위에 연결되는 삼방밸브(500)와, 제1,2에어탱크에 연결되어 저수된 응축수를 배출하는 제1, 2드레인관(610, 620)과, 제1,2드레인관에 설치되어 제1,2드레인관을 개폐하는 제1, 2드레인 밸브(710, 720)와, 삼방밸브의 스위칭동작에 따라 제1,2드레인 밸브를 선택적으로 On / Off 제어하는 콘트롤부(80)로 이루어져 있다.

제1, 2에어탱크(210, 220)에도 상기 본 고안의 실시 예에서 언급한 편승관(90)이 마련된다. 그리고 합류관(400)에는 관측기기로의 압축공기의 공급을 제어하는 제어밸브(800)가 마련된다.

삼방밸브(500)는 합류관(400)에 제1,2압축공기 배출관(310, 320)이 선택적으로 연통되게 하고, 원격제어가 가능하도록 솔레노이드에 의해 구동되는 솔레노이드 밸브가 사용된다. 물론, 제1,2드레인 밸브(710, 720), 제어밸브(800)도 솔레노이드 밸브가 사용된다.

dCollection @ chosun

이와 같이 삼방밸브(500)의 제어로 제1,2에어탱크(210, 220)내에 저장된 압축공기를 선택적으로 관측기기에 공급하게 된다. 즉, 제1에어탱크(210)에 저장된 압축공기의 소모로 저장된 공기의 압력이 낮아지게 되면 제2에어탱크(220)내에 저장된 압축공기가 관측기기에 공급되도록 삼방밸브(500)는 스위칭 동작에 의해 합류관(400)에 제2압축공기 배출관(320)이 연통되게 한다. 그리고, 제1에어탱크(210)에는 제1공기압축기(110)의 구동으로 압축공기가 충진된다.

제1,2드레인 밸브(710, 720)는 삼방밸브(500)의 스위칭 동작에 의해 합류관(400)에 제1,2압축공기 배출관(310, 320)이 선택적으로 연통될 때, 선택적으로 구동된다.

즉, 삼방밸브(500)의 스위칭 동작으로 합류관(400)에 제1압축공기 배출관(310)이 연통되어 제1에어탱크(210)에 저장된 압축공기가 관측기기로 공급되면, 콘트롤부(80)는 제2드레인 밸브(720)를 제어하여 제2에어탱크(220)에 저수된 응축수가 배출되게 한다.

물론, 합류관(400)에 제2압축공기 배출관(320)이 연통되면 그 반대이다.

삼방밸브(500)는 작업자의 조작에 의한 콘트롤부(80)의 제어로 스위칭 동작된다.

한편, 상기 본 고안의 실시 예 및 다른 실시 예에서 응축수 수위 감지부(50)에 의해 감지된 응축수의 수위값에 따라 자동으로 드레인 밸브(70), 제1,2드레인 밸브(710, 720)를 제어하여 응축수가 배출되게 할 수도 있고, 작업자가 드레인 밸브(70), 제1,2드레인 밸브(710, 720)를 직접 원격 제어하여 수동으로 응축수가 배출되게 할 수도 있다.

Table 28은 Fig.16 ~ 19의 주요 부분에 대한 부호의 설명이며, Fig. 16는 본 발명에 따른 응축수 배출기능이 구비된 압축공기 공급장치의 실시 예를 개략적으로 나타내었고, Fig. 17은 Fig. 16의 실시 예에서 에어탱크 내에 편승관이 구비된 상태를 나타냈으며, Fig. 18은 Fig. 19의 실시 예에서 편승관에 의해 응축수가 배출되는 상태를 나타내었다.

Fig. 19은 THC측정기기의 안정적인 공기를 공급하기위해 장치이다.

dCollection @ chosun

Table 28. The explanation on main parts in the figure

번호	명 칭	번호	명 칭	번호	명 칭
10	공기 압축기	20	에어탱크	30	압축공기 배출관
40	드레인관	50	응축수 수위 감지부	60	배출밸브
70	드레인 밸브	80	콘트롤부	90	편승관

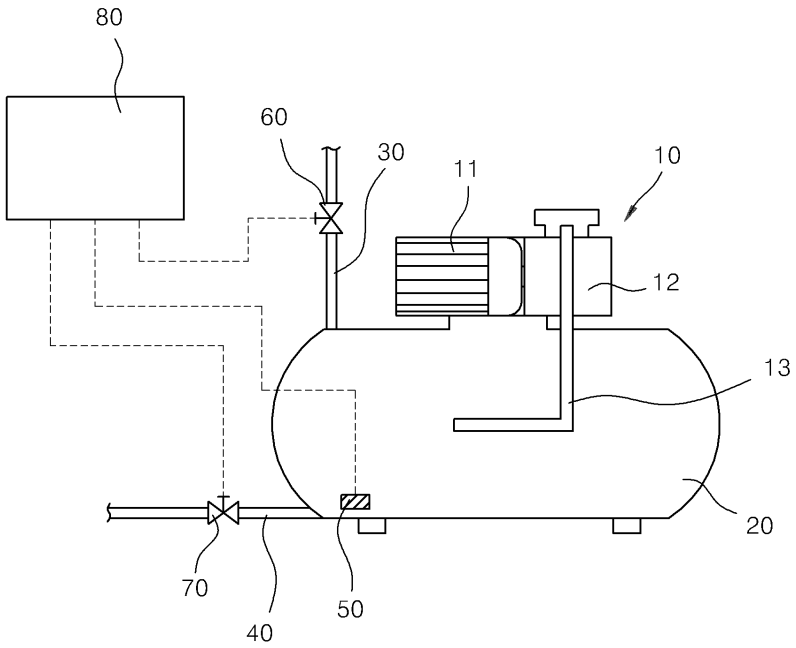


Fig. 16. The structure of air compressor.

dCollection @ chosun

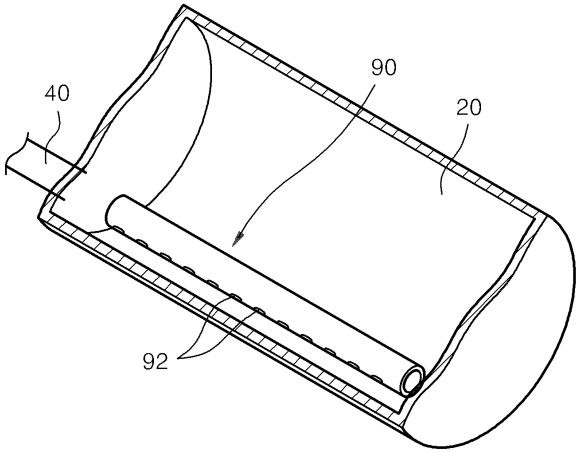


Fig. 17. The single tube in the air compressor air tank.

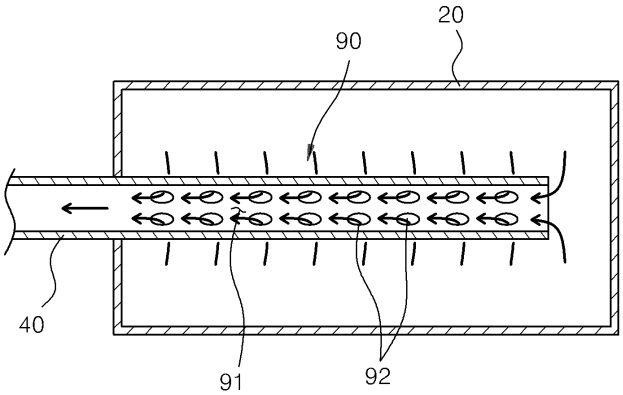


Fig. 18. Emission of condensed water by the single tube in the air compressor air tank.

Collection @ chosun

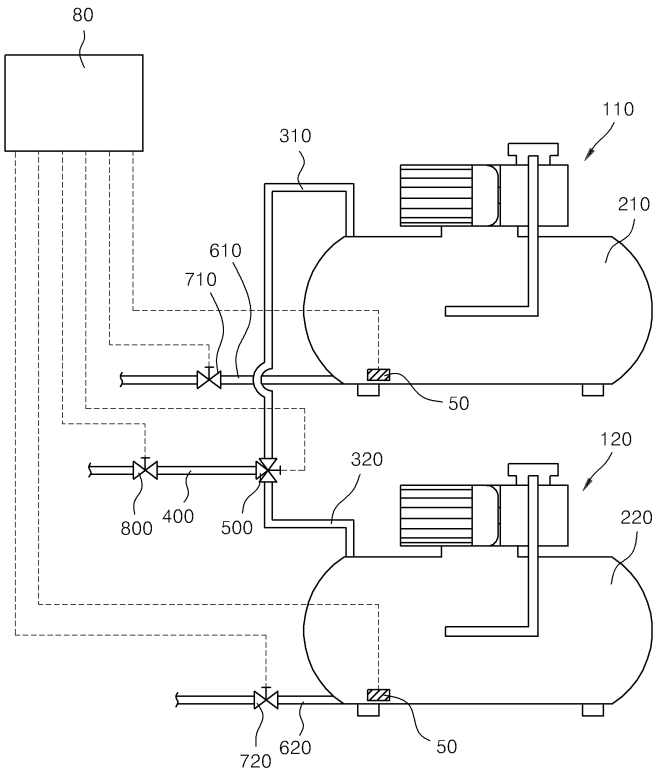


Fig. 19. Air compressor for supply of THC analyzer.

응축수 배출기능이 구비된 압축공기 공급 장치는 원거리에서도 에어탱크에 발생된 응축수를 간편하게 배출시킬 수가 있어 대기오염측정장비 원격교정 시 현지 출장 교정 등에 소요되는 소요시간 등 업무량을 감소시키고, 탱크내에 존재하는 응축수가 측정 장비에 유입되어 장비고장 발생원인을 제거시켜주며, 교정 시 정확히 실시할 수 있어 측정자료의 신뢰성 확보 등 작업자의 편의성을 향상시키는 장점이 있다. 제작과정 및 완성품은 Fig. 20과 같다.

dCollection @ chosun

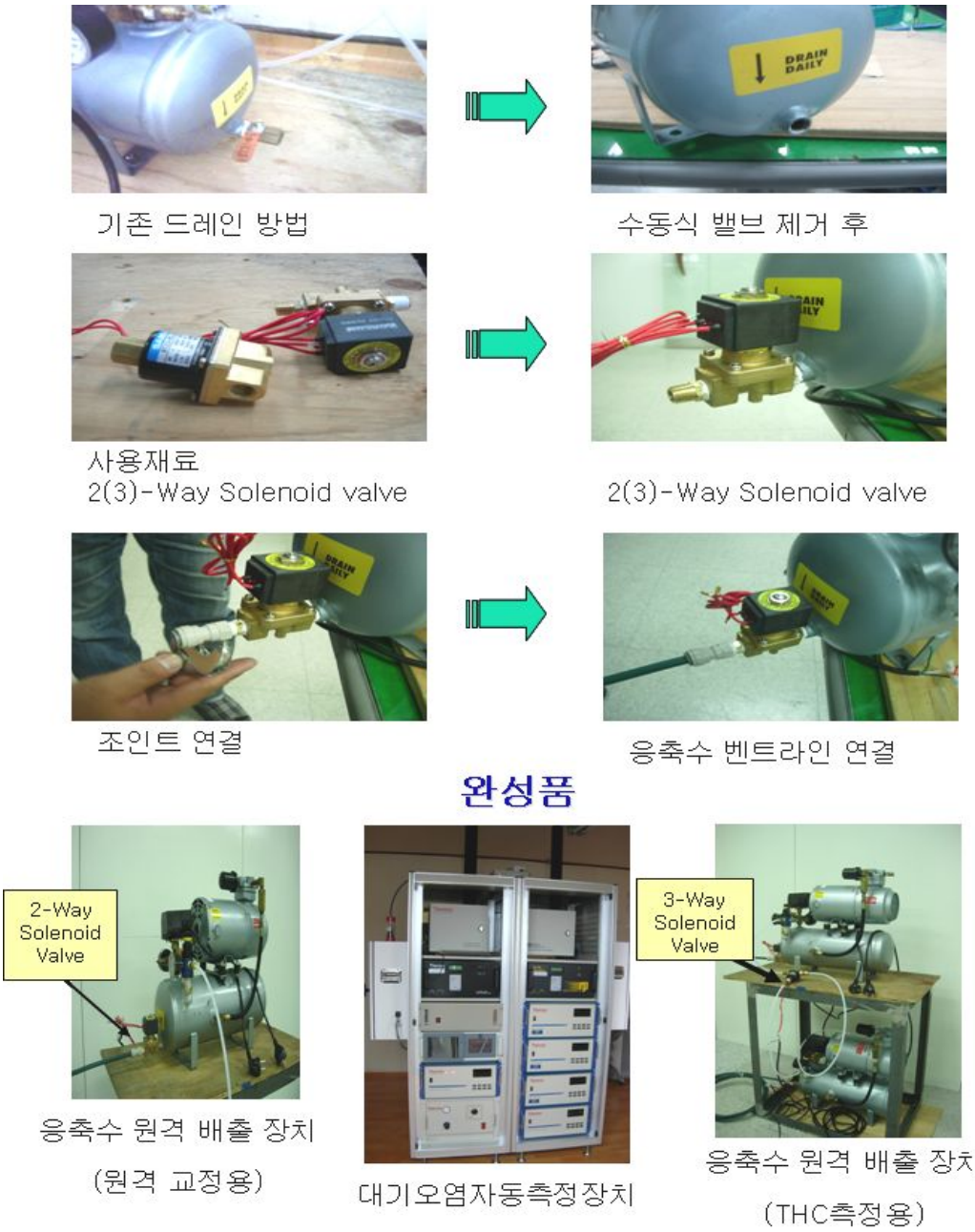


Fig. 20. Process of building emission device of remote condensed water and the complete products.

dCollection @ chosun

3. 총탄화수소 측정기 응축수 원격 배출 장치 개발

도로변대기오염측정망에서는 도시대기오염측정망의 5개 항목(SO_2, NO_2, O_3, CO, PM_{10})에 총탄화수소를 추가하여 측정하고 있다. 총탄화수소를 측정하기위해서는 조연성 가스인 공기와 가연성가스인 수소가 반드시 필요하다. 왜냐하면 총탄화수소 분석방법은 GC(Gas Chromatography) 중 FID(수소염이온화법, Flame Ionization Detector)방법으로 이 조연성 가스와 가연성가스가 상시 공급되지 않으면 측정을 할 수 없기 때문이다.

이 조연성 가스인 공기를 공급하기위해서는 air compressor를 상시 가동하여 공기를 공급하고 있다. 대기오염측정망 점검은 1주에 한번씩 기기점검을 주로 하고 있는데 이때 air compressor 압축공기저장탱크에 있는 응축수를 제거한다. 계절에 따라 발생량의 차이는 있겠지만 여름철에는 1주일에 응축수를 약1,000 ~ 1,500㎖를 압축공기저장탱크에서 배출을 시키고 있다. 담당자가 1주일에 2 ~ 3차례방문을 하여 응축수를 제거시켜 주어야하나 시간상 또는 거리상문제등으로 현실적으로는 자주측정소를 방문하여 응축수를 제거하지 못하는 현실이다. 이러한 문제점을 해결하기위해 연구 노력한 결과 원격으로 air compressor 응축수를 배출시키고 항상 조연성 가스인 공기를 공급할 수 있는 장치를 고안하게 되었다.

도로변대기오염측정망에 설치되어 있는 THC측정기기는 1년 365일 상시 가동되고 있다. 이측정기기를 가동하기 위해서는 가연성가스인 수소와 조연성 가스인 공기를 상시 공급하여 불꽃이 꺼지지 않도록 하여야한다. 그러기 위해서는 air compressor를 이용 조연성 가스인 공기를 상시 공급한다. 이때 조연성 가스생성을 위해 air compressor가 사용되는데 계절에 따라 다르지만 많은 양의 응축수가 발생하여 이 수분이 측정 장비에 유입되어 불꽃이 꺼지는 현상과 장비고장의 원인으로 작용하고 있다. 이 응축수를 제거시키기 위해서 담당자가 1주일 1회 이상 출장하여 배출시켜주어야 한다. 특히 여름철의 경우 1주일에 약 1,500㎖의 많은 양이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기위해서 총탄화수소 측정용 응축수 원격 배출장치를 개발하였다.

두 대의 air compressor 응축수 배출구에 각각 2-way solenoid valve를 배출구에 연결을 시키고 생성되는 조연성인 압축공기 공급관에 3-way solenoid valve를

dCollection @ chosun

연결시키고, 아래쪽에 위치해있는 air compressor를 가동하여 총탄화수소 측정기기에 상시공급하고 압축공기저장탱크에 응축수가 있다고 생각되면 바로 상단의 air compressor를 가동시키고 3-way solenoid valve의 전원을 On하여 작동시키고, 하단의 air compressor의 전원을 off시키고 하단의 2-way solenoid valve의 전원을 On하여 응축수를 배출시킨 후 바로 전원을 off한다. 2(3)-way solenoid valve에 전원을 장시간 공급하면, solenoid vale의 가열로 인한 valve 고장, 화재 발생 원인가능성이 존재하므로 반드시 하단의 air compressor 배출구에 있는 2-way solenoid vale의 전원을 off시키고, 다시 하단의 air compressor 전원을 On시켜 가동하고 3-way solenoid valve의 전원을 Off시키고 상단의 air compressor의 전원을 off 시킨 후 상단 air compressor의 배출구에 연결되어 있는 2-way solenoid vale의 전원을 Off하여 상단 air compressor 압축공기저장탱크내의 응축수를 배출시킨 후 2-way solenoid vale의 전원을 Off시킨다.

상기와 같은 방법을 1주일에 2 ~ 3회 시행함으로써 air compressor 응축수를 사전에 차단할 수 있고 총탄화수소 측정기기 수명을 연장 시킬 수 있으며, 또한 측정자료의 신뢰도 향상과 출장 및 소요시간 등 업무량을 감소시킬 수 있다. 제작 과정 및 완성품은 Fig. 21과 Fig. 22에 나타내었다.

dCollection @ chosun

Fig. 21. Connecting 2-way solenoid valve to the air compressor outlet.

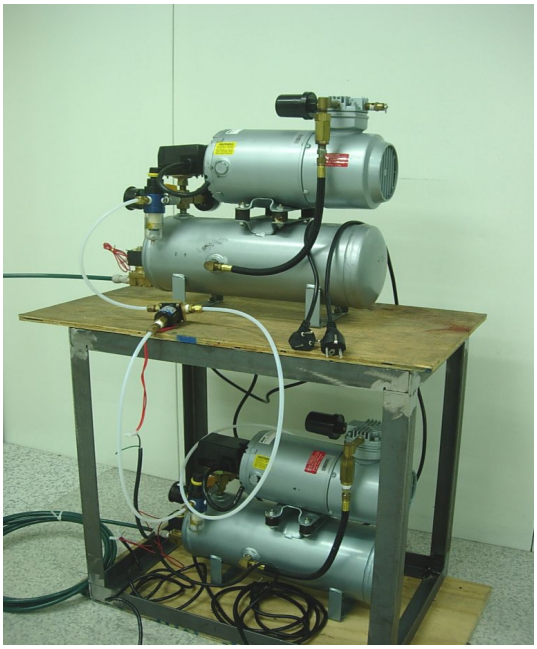


Fig. 22. Connecting 3-way solenoid valve to the auxiliary gas supply tube.

dCollection @ chosun

4. data logger reset module 개발

자료수집 저장과 실시간 전송을 위하여 컴퓨터가 광범위하게 사용되고 있다. 컴퓨터의 뛰어난 실시간성과 자료보존성은 자료수집 시스템이 의존할 수밖에 없는 기능이 되었다. 기존에는 ROM(Read Only Memory) 프로그램이라고 하여 운영체제 없이 특화된 기능만 수행하는 자료수집 기기들을 사용하였으나, 이제는 자료수집기기가 네트워크화 되고 기능이 다양해지면서 운영 체제에 기반을 둔 응용 프로그램으로 진화하게 되었다. 반면, 기능이 다양해지고 복잡해지는 기능들로 인하여 운영체제가 정지하여 기본적인 기능이 정지되거나 오류를 일으키는 가능성도 같이 높아졌고 실제로 빈번하게 발생하고 있다.[15)]

이러한 다양한 원인에 의하여 운영체제가 정지되고 자료 수집이 중단되면, 원격으로 조치할 수 있는 방법은 없다고 할 수 있다. 왜냐하면 모든 기능이 운영 체제에 기반을 두기 때문이다. 따라서 최소한의 원격 제어를 가능하게 하기 위해서는 운영 체제와는 무관한 작은 시스템이 동작하여 운영 체제가 비정상적일 때 전원 투입을 일시적으로 중단하고 다시 재개시킬 수 있는 어떤 장치가 필요하다.

각 측정소 자료 수집장치의 무인 시스템 이용 시 원인모른 이유로 인해 운영체제가 정상작동을 하지 않아 발생되는 측정 자료의 송수신 단절과 원격관리시스템의 서비스 단절방지하기 위해서 비정상적으로 자료 수집장치가 동작 시 자동으로 자료 수집장치를 재 부팅시키는 역할을 수행하며, 동작방식은 다음과 같다.

①운영 체계 비정상을 판단하는 로직:

- 운영 체제가 정상 작동시 리셋(reset) 시스템과 지속적 또는 정기적으로 통신하여 자신이 정상 동작하고 있음을 알려야 한다.

② Heart beat

- 이러한 정상신호가 일정시간 이상 없을 경우 Reset 시스템은 운영 체계가 비정상 동작상태로 판단하고 메인 전원을 제어한다.

③ 동작방식

- reset시스템은 운영 체계가 부팅하고 최초로 정상 신호를 보낼 수 있는 시간을 감안하여 대기하도록 프로그램 된다.

dCollection @ chosun

- reset시스템은 정상신호가 있을 때까지 대기시간을 줄여간다(count down).
- 정상신호가 수신되면 대기시간을 초기화한다.
- 대기시간을 초과할 때까지 정상신호가 없다면 메인 시스템의 전원을 일정 시간 중지하고 다시 투입한다. 사용자가 외부에서 리셋스위치를 작동시킨 것과 동일하게 작동한다.
- count 표출부 동작상태를 파악하기위해서 300초
- 사용자 On / Off 스위치를 장착하여 자료수집장치 외부에서 조작
- heart beat용 프로그램 (OS Res)

대기오염측정망은 무인으로 365일 상시 가동되고 있는 상태로 자료수집장치의 운영체제가 비정상 작동을 할 경우 반드시 현지 출장하여 자료수집장치를 재부팅 시켜 주어야 하나, 이 data logger reset module을 자료수집장치에 장착함으로써 현지 출장 및 점검에 소요되는 시간 등 업무량을 줄여줄 뿐만아나라, 하드웨어적 문제가 아닌 소프트웨어의 문제로 인한 시스템 오작동시 대기오염측정망 측정기기별 측정 자료의 단절 또는 데이터 유실을 최소화하고, 각 측정소 자료수집장치 및 측정기기를 100% 원격 접속이 가능한 환경제공으로 원격관리시스템구축을 위해서 반드시 필요한 장치이다.

data logger reset module 구성도는 Fig. 23과 같으며, 완성품은 Fig. 24와 같다.

dCollection @ chosun

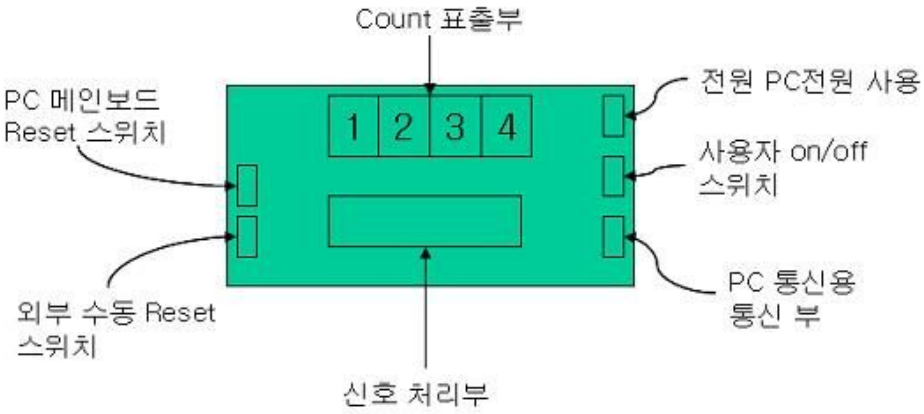


Fig. 23. Structure of data logger reset module.

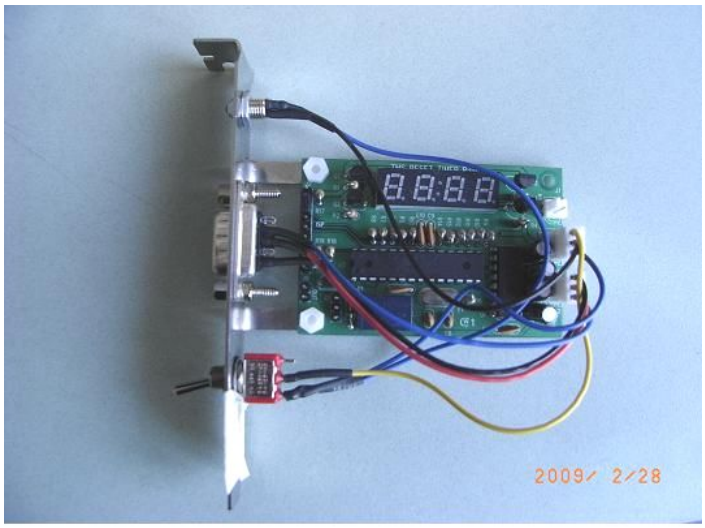


Fig. 24. Data logger reset module.

Collection @ chosun

제4절 원격관리시스템 구축

중앙정부 및 전국지자체에서 운영 관리하고 있는 대기오염측정망의 측정기기 측정 결과 값은 대부분 일방적으로 자료를 수신하여 연구원 등의 전산실 서버(server)의 DB(data base)에 저장되어 해당지역의 대기오염전광판, 지자체홈페이지 및 air korea (http://www.airkorea.or.kr/)에 실시간으로 표출되고 있는 실정이다. 양방향통신을 하여 측정기기의 상태 등을 파악할 수 없어 측정소 현장을 출장하지 않고는 측정기기의 고장유무를 쉽게 파악하기 힘들며, 또한 현장에서 고장원인을 파악하였다하더라도 수리자재 또는 소모품을 다시 가지러 사무실로 와서 재출장하여 조치를 하여야 한다. 최악의 경우는 수리자재가 없어 측정기기를 수리하지 못하여 측정을 할 수 없는 상황에 이르기가 쉽다. 국내에서 사용되고 있는 대부분의 측정기기가 외국산으로 수리자재 구입 시 시간이 많이 소요된다.[66, 67]

대부분의 경우 1주일에 한번씩 출장하여 시료채취 필터교체 기기점검, 전원상태점검, 통신 상태점검, 수소발생기 증류수보충 및 측정기기 제로 스팬 교정을 실시한다. 1개 측정소당 정확한 점검을 하기위해서는 3시간 ~ 4시간이 소요되고, 측정소가 무인으로 1년365일 상시가동 됨에 따라 화재등 문제로 담당자들은 대부분 항상 걱정과 스트레스에 노출되어있다. 적은수의 인력으로 대기오염측정망을 유지관리하기 때문에 자주 출장을 가지 못하는 실정이다.

대기오염측정망의 설치위치가 동사무소 등 주로 관공서옥상에 설치되어있다 또한 최적의 측정범위에서 측정되도록 측정범위를 설정하여 가동하고 있는 상황에서 갑작스런 황사 등의 발생으로 미세먼지 측정범위를 조정하여야하는 문제점등이 있을 때 주말 또는 휴일의 경우 출입을 할 수가 없어 측정범위조정의 어려움도 종종발생하고 있는 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 원격전원관리시스템, 원격교정시스템, 원격측정기기모니터링시스템 등의 원격관리시스템구축에 관한 연구를 실시하게 되었다.

원격관리시스템 구축 전 통신 흐름도는 Fig. 25와 같으며, 원격관리시스템 구축 후 통신흐름도 Fig. 26과 같다.

dCollection @ chosun

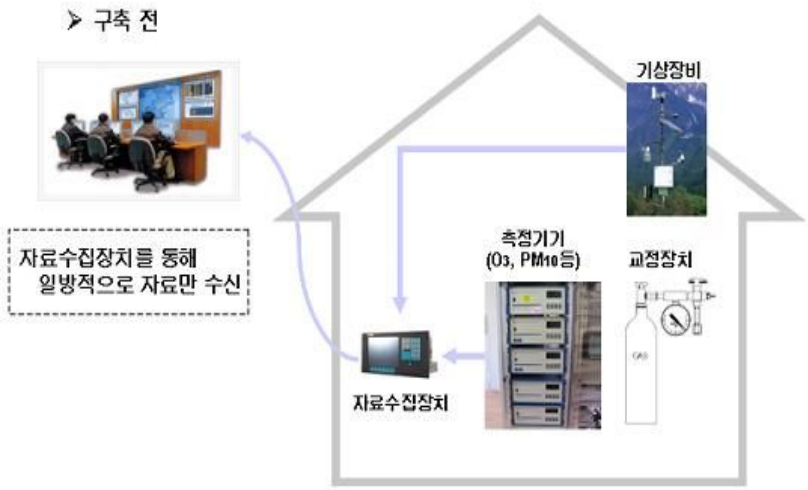


Fig. 25. Schematics of correspondence before implementation of remote management system.

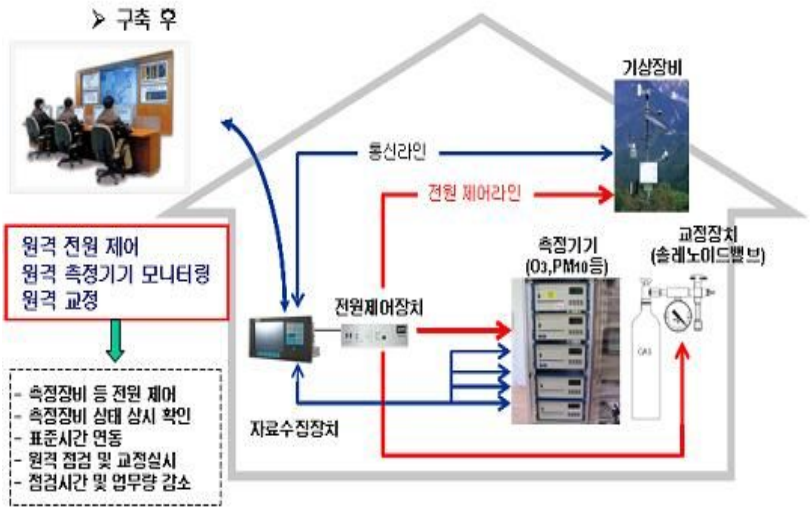


Fig. 26. Schematics of correspondence through remote management system.

Collection @ chosun

1. 원격전원관리시스템

원격전원관리시스템은 전원관리모듈을 현지 측정소에 설치하여 8개의 채널의 전원을 On / Off 시킬 수 있는 장치이다.

대기오염측정망에서는 수많은 종류의 측정기기 들이 상시 가동되고 있다. 이러한 측정기기들은 자체적으로 S/W가 내장되어있어 모든 작업 및 수행 동작을 S/W에 의해서 운영되고 측정 자료를 전송하여 자료수집 장치에 저장이 되고 있다. 또한 측정기기들은 그 지역 오염정도에 알맞게 측정범위가 설정되어 있다. 그러나 황사와 같이 갑작스럽게 오염농도가 높아지면 측정범위를 초과하여 측정값의 신뢰도에 악영향을 주고 있는 현실이다.

이러한 문제점 때문에 측정망 담당자들은 공휴일 근무일 관계없이 항상 대기하여 적정범위를 현지 출장하여 조정한 후 측정기기를 재 부팅한다. 먼지 측정기의 경우 측정범위를 조정한 후 반드시 재부 팅을 하지 않으면 인식이 되지 않아 측정범위 조정의 의미가 없다. 이때 전원관리시스템을 이용하여 측정기기를 재 부팅하므로 써 신속히 범위 조정을 할 수 있다.

또한 측정소 실내의 환기를 위해 환풍기를 설치하여 가동함으로써 실내온도 조절의 실패와 장기간 가동으로 인해 화재의 염려가 도사리고 있다. 이러한 측정기기 및 주변 장치들을 전원관리모듈에 연결하여 전원을 On / Off함으로써 해결할 수 있다.

채널이 8개 이상인 전원 관리 장치를 사용하여 채널1번에는 zero air supply장치를 연결하고, 2번 채널에는 calibrator장치, 채널3번에는 air compressor를, 채널4번에는 2-way solenoid 밸브를, 채널 5번에는 환풍기를, 채널 6번에는 먼지측정기, 마지막인 채널8번에는 DSU(Digital Service Unit)장치를 연결하여 사용하는 것이 가장 좋았다. 필요에 따라서는 채널연결측정기기 또는 장치 바꾸거나 추가하여 사용 할 수 있어 아주편리하고, 경제적이며, 출장 등 업무량 감소를 시킬 수 있으며, 원격전원관리시스템구성도는 Fig. 27과 같다.

dCollection @ chosun

가. 전원장치 현재상태 보기

전산실 FEP(Front End Processor) PC에서 전원장치의 현재상태를 보기위해서는 **L1Connector2 측정소IP 5300 "M_00000"**의 명령어를 입력하여 실행하면 8개 채널의 값이 1로 표시되면 전원이 On상태이고, 0으로 표시되면 전원이 Off상태이다. 각 측정소의 data logger에 접속하여 전원상태를 확인하기위해서는 전산실 FEP PC에서 사용하는 명령어 중 측정소 IP 부분만 빼고 사용하면 되고 사용 예는 다음과 같다.

```
[airhost@localhost airhost]$ L1Connector2 192.9.240.22 5300 "M_00000"
<<:L,M_0
>>:10110111
```

나. 전원장치 전원 On / Off 실행방법

전산실 FEP PC에서 전원장치의 채널제어를 하기위해서는 **L1Connector2 측정소IP 5300 "M_00002_on,채널번호,채널번호,채널번호 off,채널번호,채널번호"**의 명령어를 입력하여 실행하면 사용하고자 하는 전원채널을 제어할 수 있다. 또한 각 측정소의 Data Logger에 접속하여 전원 On / Off 실행방법은 전산실 FEP에서 사용하는 명령어 중 측정소 IP 부분만 빼고 사용하면 되고 그 사용 실 예는 다음과 같다.

```
[airhost@localhost airhost]$L1Connector2 192.9.240.15 5300 "M_00002_on,1 off,8"
 RPM:>
>>:on 0 1
>>:          ACK   ON 1
>>:
 RPM:>
>>:off 0 8
>>:          ACK   OFF 0 8
>>:
```


dCollection @ chosun

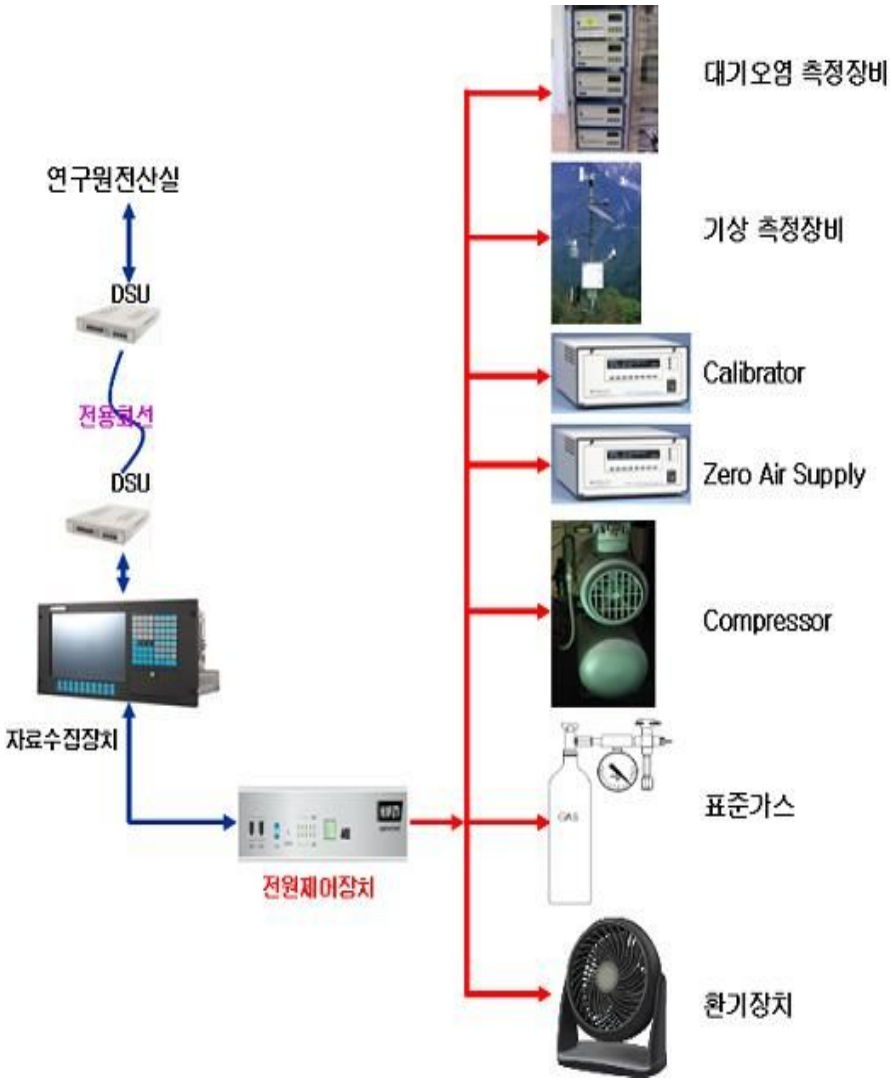


Fig. 27. Structure of remote power management system.

Collection @ chosun

다. 원격전원제어시스템 구축

전원제어모듈은 8개의 채널로 구성되어있으며, 상황에 알맞게 채널명을 변경하여 사용할 수 있다.

전산실 FEP PC에서 각 측정소에 설치되어있는 전원제어모듈의 현재 전원상태 보는 방법과 전원 On / Off시키는 방법은 각각 **L1Connector2 측정소IP 5300 "M_00000"**의 명령어와 **L1Connector2 측정소IP 5300 "M_00002_on,채널번호,채널번호,채널번호 off,채널번호,채널번호"**의 명령어를 사용하여 할 수 있으나, 이와 같은 명령어는 타이핑하기도 힘들고 담당자들이 사용하기가 불편하여 누구나 화면만 보면 알 수 있도록 사용자의 편리성을 위해서 단일 표준화를 Fig. 28 ~ 30과 같이 원격전원제어시스템을 구축하였다.

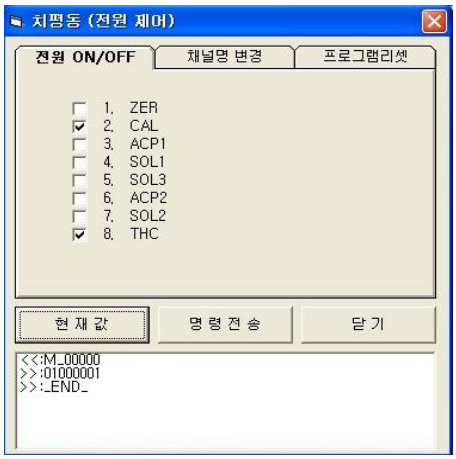
이 시스템의 전원 상태창 부분에 초록색이 표시되면 전원이 공급되고 있다는 의미이다. 또한 Fig. 29(a)와 같이 전원제어모듈의 전원공급 현재 상태를 점검할 수 있으며, Fig. 29(b)와 같이 채널명을 상황에 맞게 변경 가능하게 하였다. 또한 원격전원제어 프로그램이 원인모를 어떤 이유에서 정상작동이 되지 않는 경우를 대비하여 전산실 FEP와 측정소 자료 수집장치의 원격전원제어관련프로그램을 각각 리셋할 수 있도록 Fig. 30과 같이 구축하였다.

(a) Urban air quality monitoring network

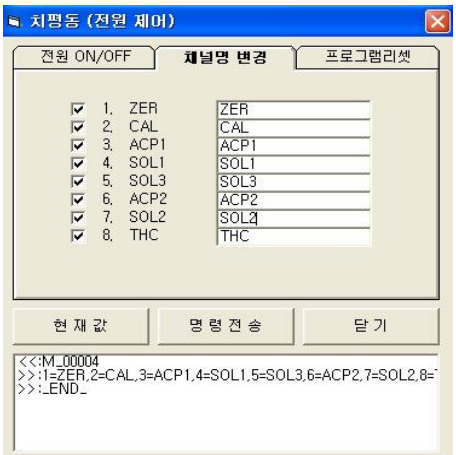
(b) Roadside air quality monitoring network

Fig. 28. Remote power management system for air quality monitoring networks.

dCollection @ chosun

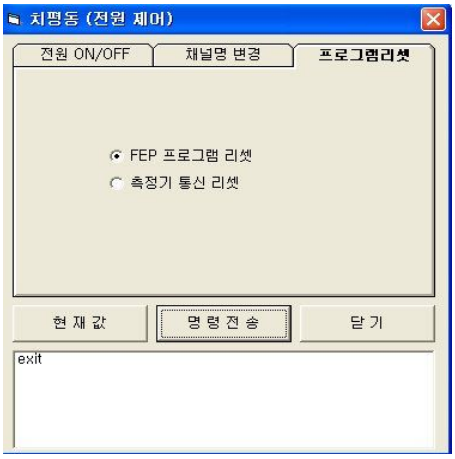


(a) Power On / Off

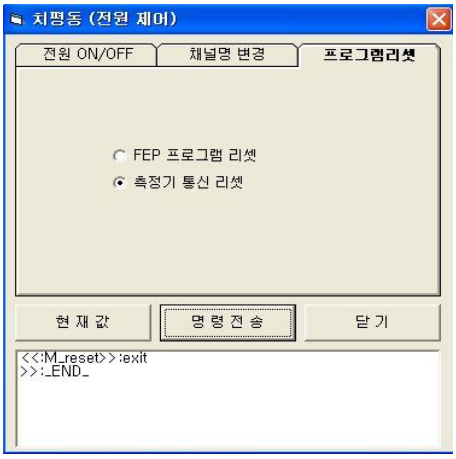


(b) Change of channel name

Fig. 29. Remote power management system for air quality monitoring networks.



(a)FEP program reset



(b) Data logger program reset

Fig. 30. Program reset for remote power management system for air quality monitoring networks.

Collection @ chosun

라. 실내 환기 장치 활용

측정소는 무인으로 가동되는 시스템으로 사람이 없어 자주 환기를 시켜줄 수 없는 상황이다. 또한 신규 설치된 측정소는 내장 벽지 및 페인트 등으로 인해 더욱더 자극적인 냄새가 있다. 이로 인해 담당자가 현지 출장하여 점검 시 작업환경이 아주 좋지 못하다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 원격전원제어모듈의 8개 채널 중 1개 채널을 환기장치인 환풍기에 연결하여 사무실에서 원격으로 전원을 제어하여 환풍기를 작동시켜 측정소 실내 환경을 개선시킬 수 있고, 측정자료의 신뢰성 향상과 작업환경 등을 개선할 수 있다.

마. high volume air sampler 활용

대기중금속측정망에서는 high volume air sampler를 이용하여 대기 중 TSP(Total Suspended Particles)를 측정하고 이 여지를 전처리하여 대기 중 중금속성분을 평상시 Pb, Cd, Cu, Mn, Fe, 등을 매월 둘째주에 시료를 5회 채취하여 분석한다.[13, 31] 또한 황사 등 고농도미세먼지가 발생한 경우 시료를 상시 채취하여 분석한다. 황사발생이 주말에 발생하는 경우 측정소가 있는 관공서의 휴무로 인해 보안장치가 작동되고 있어 자유롭게 출입하기가 곤란하여 신속하게 대처하기가 힘이 든다.

이러한 문제점을 해결하기위해 원격전원장치를 사용하여 해결이 가능하다. 원격전원제어장치 8개 채널 중 1개 채널을 high volume air sampler용으로 지정하고 황사발생가능이 있는 경우 미리 여지 무게를 측정하여 장착 시킨 후 사무실에서 원격으로 high volume air sampler를 동작시키고 정지시켜 황사발생시기만 시료가 채취되도록 할 수 있어 황사발생시 중금속농도를 정확하게 측정할 수 있어 황사로 인한 영향을 파악할 수 있다. 황사발생기간이 짧을 경우 시료를 채취하지 못하는 경우가 발생하였으나 이 전원제어장치를 사용함으로써 해결가능하다.

dCollection @ chosun

2. 원격교정시스템

현재 국내에서 수입 판매되어 사용 중인 장비는 미국 제품인 Dasibi, Thermo(Thermo environmental instrument, Thermo electron corporation), T-API(Teledyne API,Inc.), M/L(Monitor Lab), Met One instruments.inc, Rupprecht & Patashick co.inc, Anderson instruments, 호주의 Ecotech, 일본의 Kimoto electric co.inc, Horiba, Shimadsu corporation, Fuji, 스웨덴의 Opsis AB, 독일의 Verewa, 프랑스의 Environment SA, Seres, 스페인의 SIR(Sistemas instalaciones redes)와 국내제품인 우주환경기술, 동안정보산업 등 수많은 종류의 대기오염 측정 장비들이 사용 가동되고 있으며, 사용 및 작동법 또한 다양하여 담당자들이 기기 점검 및 제로 / 스팬 교정 시 어려움을 겪고 있다.

이러한 복잡 다양한 교정 등 사용법을 간단하고, 영어단어의 뜻만 알면 교정 등을 쉽게 할 수 있도록 작동 법을 간단명료하게 설정하여 원격 및 현지에서 기기 점검 및 교정을 할 수 있도록 체계화를 하였다.

가. 제작사별 교정방법

1) TEI(Thermo environmental instrument) 대기측정장비 운영방법[68 ~ 80]

□ 교정 전 준비작업

- CALIBRATOR, Zero AIR SUPPLY, COMPRESSOR 전원 연결
  ① CALIBRATOR POWER ON
  ② COMPRESSOR POWER ON :압력계 30 PSI 이상 올라가는지 확인
  ③ Zero AIR SUPPLY POWER ON : 온도조절기 온도 325℃설정 확인, 온도조절기 램프가 켜지는지 확인, 압력계가 20PSI이상 올라가는지 확인

□ 각 측정기 교정 방법

(1) CALIBRATOR

① ENTER버튼을 눌러 좌측상단의 “REMOTE”를 “LOCAL”로 표시되도록 한다.

dCollection @ chosun

② 방향키 ↑ ↓ 로 “GAS OFF” 선택 후 방향키 ← →로 “GAS A” 선택 후 ENTER 버튼을 누른다.(이때, “SPAN 0”, “OZON/PERM OFF” 확인)

(2) SO_2, NO_X, CO, O_3 측정기

① ENTER 버튼을 눌러 우측하단의 “REMOTE”를 “LOCAL”로 표시되도록 한다.

② RUN 버튼을 눌러 좌측하단의 “SAMPLE”을 “Zero”로 표시되도록 한다.

(3) SO_2, NO_X, CO, O_3 측정기 Zero 교정

① 20 ~ 30분간 기다리며 각 측정기의 값이 “0”근처에 도달하도록 기다린다.

② MENU 버튼을 누른 후 방향키↑ ↓로 “CALIBRATION”을 선택 후 ENTER

③ 방향키↑ ↓로 “CALIBRATION Zero”를 선택 후 ENTER

④ 다시 10분 이상 기다리면서 측정값이 “0”근처에 도달하는지 관찰한다.

⑤ 재 교정이 필요한 측정기는 2)~4)항을 반복 수행해준다.

⑥ 교정이 끝나면 RUN 버튼을 눌러 Main화면으로 돌아간다.

□ SPAN 교정

(1) CALIBRATOR

① 좌측상단 “LOCAL” 표시를 확인한다.

② 방향키↑ ↓로 “OZON OFF”를 선택한 뒤 방향키 ←→로 “OZON 1”을 선택하여 ENTER 버튼을 누른다. (이때, “GAS OFF”, “SPAN 0”확인)

(2) O_3 측정기 SPAN 교정

① 우측하단 “LOCAL”표시를 확인한다.

② 20 ~ 30분간 기다리며 O_3 측정기의 농도가 SPAN값 가까이 도달하도록 기다린다.(SPAN값은 각 측정소 점검표 참조)

③ MENU 버튼을 누른 후 방향키↑ ↓로 “CALIBRATION”을 선택 후 ENTER

④ 방향키↑ ↓로 “CALIBRATION SPAN”을 선택 후 ENTER 버튼을 누른다.

⑤ 방향키 ← → 로 “SET TO 000XXX.XX?”의 각 숫자위치에 커서를 위치시켜 SPAN수치를 방향키 ↑ ↓로 입력한 뒤 ENTER 버튼을 누른다.

⑥ 다시 10분 이상 기다리면서 SPAN값 근처에 도달하는지 확인한다.

⑦ 재 교정이 필요하면 2)~5)항을 반복 수행해준다.

⑧ CALIBRATOR 방향키↑ ↓로 “OZON 1”를 선택한 뒤 방향키 ← →로 “OZON OFF”를 선택하여 ENTER 버튼을 누른다.

dCollection @ chosun

(3) SO_2, NOX, CO SPAN 교정

① CALIBRATOR GAS OFF를 방향키 ← →로 GAS A로 바꿔준다.

② 표준 GAS OPEN : 1차 측 밸브와 2차 측 밸브를 반시계 방향으로 돌려 GAS를 OPEN시킨다. 이때, 2차 측 압력은 0.2 PSI정도로 맞추어 준다.

③ 방향키 ↑ ↓ 로 "SPAN 0"를 선택한 뒤 방향키 ←→로 "SPAN 1"이 표시되도록 하고 ENTER 버튼을 누른다.

④ SO_2, NOx, CO 측정기 우측하단 "LOCAL" 표시 확인한다.

⑤ RUN 버튼을 눌러 좌측하단에 "Zero"표시를 "SPAN"으로 바꾸어 준다.

⑥ 20 ~ 30분간 기다리며 각 측정기의 농도가 SPAN값 가까이 도달하도록 기다린다.(SPAN값은 각 측정소 점검표 참조)

⑦ MENU 버튼을 누른 후 방향키↑ ↓로 "CALIBRATION"을 선택 후 ENTER

⑧ 방향키↑ ↓로 "CALIBRATION SPAN"을 선택 후 ENTER 버튼을 누른다.

⑨ 방향키 ← → 로 "SET TO 000XXX.XX?"의 각 숫자위치에 커서를 위치시켜 SPAN수치를 방향키 ↑ ↓로 입력한 뒤 ENTER 버튼을 누른다.

⑩ 다시 10분 이상 기다리면서 SPAN값 근처에 도달하는지 확인한다.

⑪ 재 교정이 필요하면 2)~5)항을 반복 수행해준다.

⑫ 교정이 끝나면 RUN 버튼을 눌러 Main화면으로 돌아간 뒤 다시 RUN 버튼을 눌러 좌측하단의 "SPAN"표시를 "SAMPLE"로 바꾸어준다.

⑬ CALIBRATOR 방향키 ↑ ↓ 로 "SPAN 1"을 선택한 뒤 방향키 ← →로 "SPAN 0"가 표시되도록 하고 ENTER 버튼을 누른다.

⑭ 표준 GAS CLOSE : 1차 측 밸브와 2차 측 밸브를 시계 방향으로 돌려 GAS를 잠근다.

⑮ GAS A를 방향키 ← →로 GAS OFF로 바꿔준다.

※ COMPRESSOR 전원 OFF : 드레인 밸브를 열어서 탱크 속 물을 빼준다.

※ Zero AIR SUPPLY 전원 OFF

※ CALIBRATOR 전원 OFF

※ 각 측정기 우측하단의 "LOCAL"을 ENTER 버튼으로 "REMOTE"로 바꾸어 준다.

dCollection @ chosun

2) HORIBA 대기측정장비 운영방법[81 ~ 85]

□ 교정 전 준비작업

- CALIBRATOR , Zero AIR SUPPLY , COMPRESSOR 전원을 켠다.

① CALIBRATOR : POWER ON

② Zero AIR SUPPLY : POWER ON

□ 측정기 교정방법

(1) Calibration 준비하기

① Calibrator와 Zero Air Supply 전원을 ON 시킴.

② Zero Air Supply의 Pressure 압 을 20 PSIG 로 조정

③ Zero Air Supply의 CO Reactor의 온도가 100℃ 도달할 때까지 Warm UP 이 약 20분 필요함.

④ 필요시 Sample Filter 상태 확인 후 교체.

(2) 측정기의 Zero 교정하기

① Calibrator의 [Main Menu] → [Sequence] 선택 →[RUN] → [Operator Stepped] →교정 가스 항목 선택 /SO_2, NO_X, CO, O_3 → Run Point NO. 선택

* Parameter 값으로 이미 설정 저장됨.

* 1 번 선택 : 0 PPM /PPB

② 잠시 후에 Calibrator 좌, 우측 상단 화면에 가스 성분에 대한 농도 값 및 Zero 유량이 표시 되면서 각 측정기에 공급 된다.

③ 각 측정기의 [Main Menu] 에서 [Mode]를 [MEAS]에서 [ZERO]로 전환 시킨다.

④ 측정기가 안정된 값을 취 하면은 [ZERO]를 누른 후 에 [Zero Calibration Yes/ NO] 화면에서 [YES]를 누르면 측정기는 잠시 깜빡 이면서 Zero 교정에 대한 새로운 상수 값이 저장 된다.

(3) 측정기 Zero 교정 흐름도

Calibrator → RUN → Operator Stepped → Select a Sequence → 가스항목 선택 → Run Point Number → Enter → 측정기 Mode 전환(Meas → Zero) → 측정기 Zero Calibration Yes / No → 측정기 Yes → 측정기 Zero 값 저장

dCollection @ chosun

(4) 측정기의 SPAN 교정하기

① Calibrator의 Menu → [End Sequence] 선택 → 가스 성분 선택 /SO_2, NO_X, CO, O_3 → Run Point NO. 선택

* Parameter 값으로 이미 설정 저장됨.

* 각 측정기의 Span 가스 농도는 측정범위의 80% 혹은 90%의 가스 농도 선택 요망(400 PPB /8 PPM 혹은 450PPB /9PPM : EPA 권고 사항)

② 잠시 후에 Calibrator 좌, 우측 상단 화면에 가스 성분에 대한 농도 값, 가스 및 Zero 유량이 표시 되면서 각 측정기에 공급 된다.

③ 각 측정기의 [Main Menu] 에서 [Mode]를 [MEAS]에서 [SPAN]로 전환 시킨다.

④ 측정기가 안정된 값을 취 하면은 [SPAN]를 누른 후 에 [SPAN Calibration Yes/NO] 화면에서 [YES]를 누르면 SPAN 교정에 대한 새로운 상수 값이 저장된다.

*필요 시 Span 가스 농도를 [Span Set] 에서 입력

(5) 측정기 SPAN 교정 흐름도

Calibrator → RUN Point Number(원하는 항목 선택)→ Enter →측정기 Mode 전환(Meas → Zero) → 측정기 Span Calibration Yes/No → 측정기 Yes → 측정기 Span 값 저장 → Calibrator(End Sequence) → Calibrator(ESC ESC) → Calibrator YES or NO → YES Enter

(6) 측정기 정상 상태로 전환하기

① Calibrator의 Menu → [End Sequence] 선택 → [… Y/ N] [YES] 선택 후에 [STAND BY] 누른 후에 전원을 끈다.

② Zero Air Supply 의 스위치를 [Operator]에서 [Stand By]로 전환시킨 후에 Purge Drain 스위치를 사용하여 Compressor의 압을 배출 시킨 후에 전원을 끈다.

③ 각 측정기의 [Main Menu] 에서 [Mode]를 [Zero 혹은 Span]에서 [MEAS]로 전환 시킨다.

dCollection @ chosun

3) T-API(Teledyne API,Inc.) 대기측정장비 운영방법[86 ~ 91)]

□ 교정 전 준비작업

(1) 측정소 내부온도가 약 25℃로 유지되는지, 냉방 또는 난방중인가 확인

(2) UPS 전원 확인

- "SELECT" 버튼을 눌러 입력전압과 출력전압이 약 220V정도로 유지되는지 확인
- 전면 디스플레이에서 " UPS " 라 표시된 녹색등이 켜져 있는지 확인.
- 이 표시등이 켜져 있지 않으면 ON 버튼을 5초 정도 길게 눌러 켜지게 한다.

(3) CALIBRATOR , ZERO AIR SUPPLY 전원을 켠다.

① CALIBRATOR : POWER ON

② ZERO AIR SUPPLY : POWER ON

(4) 샘플 필터 교체 : 1 ~ 2주에 한번 교체

□ 측정기 교정방법

(1) Calibration 준비하기

① Calibrator와 Zero Air Supply 전원을 ON 시킴.

② Zero Air Supply의 Pressure 압 을 20 PSIG 로 조정

③ Zero Air Supply의 CO Reactor의 온도가 100℃ 도달할 때까지 Warm UP 이 약 20분 필요함.

④ 필요시 Sample Filter 상태 확인 후 교체.

⑤ Calibrator를 최초 "ON"시키면 error 메시지와 함께 오른쪽에 붉은 색등이 점멸된다. 표시창 상단에 error내용이 뜨는데 'reset' 메시지가 나올 것이다. Clear 버튼을 누르면 정상이 된다.

⑥ 정상상태에서 Gen 누름 ⇒ Auto 누름 오른쪽에서 세 번째 버튼은 Zero, O_3, NO, SO_2등을 선택할 수 있는 S/W이다. Zero 선택 후 Enter 누름. Zero 발생

(2) 측정기의 ZERO 교정하기

① 각 장비들은 (SO_2, NOx, CO, O_3) Calz 버튼을 눌러 장비에 Zero Air가 들

dCollection @ chosun

어 올수 있도록 valve를 열어준다.

② 20 ~ 30분 뒤 안정되면 zero 버튼을 두 번 눌러 zero 교정한다.

(3) 측정기의 SPAN 교정하기

① Calibrator : 메인 화면에서 다시 Gen 누르고 Auto 누르면 또다시 Gas 선택이 가능해짐, 여기서 NO를 누르고(NO에 setting되어 있음)농도 400PPB를 맞추어 Enter 누름. Gas 400PPB 발생됨.

② 각장비들은 (SO_2, NOx, CO) : Calz 상태를 풀기위해 Exit 누르고 메인화면에서 Calz 를 누름. Gas 값이 올라가서 안정되면 Span 두 번 눌러 교정.

③ O_3교정 : Calibrator 메인화면에 Gen 누르고 Auto 누르고 O_3선택하고 400PPB를 입력 후 Enter 누름. 400PPB 발생되어짐. O_3장비를 메인화면에서 Calz 를 눌러 Span값이 들어가도록 Valve를 열어 줌. 20 ~ 30 분후 안정되면 Span 버튼 두 번 눌러 교정.

(4) 측정기 정상 상태로 전환하기

① 교정이 끝나면 standard gas 잠그고 각 장비들은 Exit 를 눌러 메인화면 상태로 두고 calibrator는 Stand by 를 눌러 정지시키고 'off' zero Air 발생기 ' off'

나. 통합형 원격 교정 명령어 개발

상기와 같이 제작사에 따라 교정방법이 서로 상이하고 작동방법 또한 복잡하다. 광주광역시의 경우 대기오염 측정 장비의 종류가 5종 57대로 다양하게 보유하고 있을 뿐만 아니라 제작사별로 작동원리 및 사용법, 명령어가 서로 다르고 점검, 교정(zero / span)시 명령어가 복잡하여 담당자가 이러한 방법 등을 숙지하는데에는 적어도 1년 이상이 소요된다.[15, 20]

이러한 어려움을 극복하기 위해 2004년부터 노력한 결과 통일된 명령어를 사용하여 원격으로 관리할 수 있도록 개선하여, 건국동 측정소에 시범적용하여 가능성

dCollection @ chosun

을 확인하였으며, 표준명령어를 사용하여 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 아래와 같이 개선하였다.

예1) 제로 교정 시 제작사별로 상이한 명령을 단순하게 통일함.

· A사의 경우 모드변경(zero 교정) → A, B, E

· B사의 경우 모드변경(zero 교정) → A, C, B,

· C사의 경우 모드변경(zero 교정) → D, C, A

• 통일된 안 : 교정(zero 교정)선택 → A

원격으로 측정기기를 교정(zero / span)할 수 있도록 하여 주는 프로그램인 원격교정시스템을 구축하여 연구원 TMS실에서 성능 좋은 1대의 client PC로 동시에 10개소이상 측정소 측정 장비 교정을 4시간에 할 수 있다. 제로 교정이라 함은 오염물질이 전혀 없는 깨끗한 청정공기(가스)를 측정기기로 유입시켜 제로점(영점)을 맞추는 것이며, 스팬(span) 교정은 기지의 농도(표준값을 가지고 있는 가스)를 측정기기로 유입시켜 기준점을 맞추는 것이다.

광주광역시 대기오염측정망 1개 측정소당 점검에 필요한 시간은 3 ~ 4시간이 소요되어 9개 측정소를 점검하기위해서는 1주에 4일 정도가 소요된다. 점검시간은 27 ~ 36시간 소요되어 출장에 따른 업무량이 과다하고, 수억 원의 유지보수용역비용 예산확보 어려움이 존재한다.

이러한 문제점을 해결하기위해 Fig. 31과 같이 원격교정시스템을 구축하였다. Table 29와 같이 zero drift가 발생하는데 원격교정시스템을 이용하여 일주일에 2회 이상 실시함으로써 측정자료의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

Table 29. Variation of zero value of each manufacturer analyzers for a week

Maker	SO_2 (ppb)	NO (ppb)	NO_2 (ppb)	NOx (ppb)	O_3 (ppb)	CO (ppm)
TEI	0.2	0.2	0.2	0.4	0.1	0.070
T-API	0.1	0.4	0.3	0.7	0.1	0.010
Horiba	-0.2	-0.2	0.1	-0.1	0.4	-0.004
M/L	-0.2	-1.0	-0.4	-1.4	0.6	0.024

dCollection @ chosun

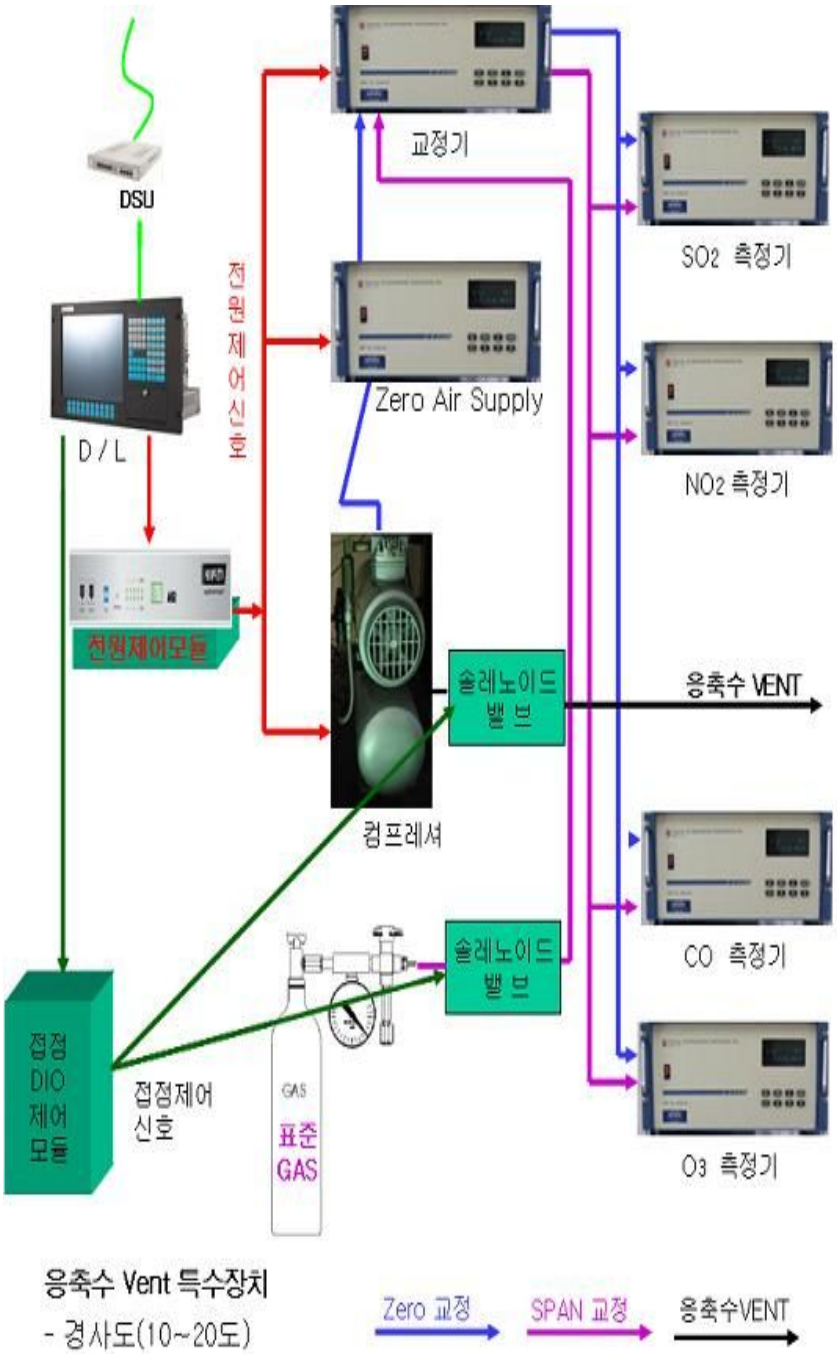


Fig. 31. Structure of remote calibration system.

Collection @ chosun

다. 원격 교정 방법

가스상 물질 측정기인 SO_2, NOx, O_3, CO의 제로교정은 zero air supply와 교정장치를 통해 순수공기를 공급하여 동시에 교정이 가능하며, 스팬교정은 동시에 하기가 곤란하다. 왜냐면 오존은 산화성이 강해 용기 보관이 어려워 별도로 발생장치를 통해 표준가스를 발생시켜 공급하여 스팬교정을 실시한다. 나머지항목은 용기에 보관된 표준가스를 공급하여 동시에 스팬교정을 실시한다.

Fig. 32는 실시간측정자료, 원격전원관리 및 원격교정시스템을 구축한 것이다. 여기서 각 항목옆에 표시된 상단의 SMP는 측정기 제어모드의 변경사항을 나타내고 하단의 SMP는 운영자모드의 변경사항을 나타낸다. 측정값전송의 flags는 이 둘 중 운영자모드인 하단의 SMP가 우선 적용된다. 여기에 표시되는 용어를 설명하면 SMP는 샘플링상태이고, ZER은 제로교정, SPN은 스팬교정, MTN은 보수중, EAN은 측정기오류, ECM은 통신단절, ESY는 시스템 오류를 나타낸다.

원격교정 시 기본원칙은 교정기 등 모든 측정기기의 모드는 service, local, remote가 있는데 원격으로 작업을 할려면 반드시 모드를 remote 상태로 바꾸어 작업을 실시하여야한다. 또한 교정기의 상태변경을 먼저하고, 다음에 각 측정기모드를 교정기와 동일하게 하여 제로교정, 스팬교정을 실시한다.

교정장치의 전원을 켜고 교정기의 menu선택 후 화면을 클릭하면 Table 30의 초기화면과 같이 표시된다. 이때 알람은 20분정도 지나면 Ozone UV lamp 예열과 측정기기 온도 등 제반조건을 만족하면 알람이 없어진다. Table 30은 제로 교정시, 스팬 교정시, 오존측정기 스팬 교정시 등의 상태를 나타내었다.

Table 30. Dynamic gas calibrator(Model 146C)

Initial screen	Zero calibration	Span calibration	O_3 Span calibration
REMOTE ALARM 00:02	REMOTE 00:50	REMOTE 01:02	REMOTE 01:30
GAS OFF TSCCM 0	NO TSCCM 8000	NO TSCCM 8939	GAS OFF TSCCM 7994
SPAN 0 PPM 0.000	SPAN 0 PPM 0.000	SPAN 1 PPM 0.401	SPAN 0 PPM 0.000
OZON/PERM OFF	OZON/PERM OFF	OZON/PERM OFF	OZON 1

dCollection @ chosun

TEI C 시리즈에 대한 원격 교정방법을 연구한 결과 사용방법은 다음과 같다.

1) 교정 전 준비 작업

Fig. 32에서 먼저 전원부분을 클릭 하여 zero air supply(ZER), calibrator(CAL), air compressor(ACP)을 선택하여 전원을 On시키고 난후 Fig. 32의 교정기부분을 클릭 하여 Fig. 33과 같은 화면을 열고 측정기 제어모드를 선택한 후 제어모드를 선택하여 명령전송을 하여 remote상태로 변경 시킨다.

2) 제로교정

Fig. 33의 측정기 제어모드의 제로교정시작을 선택한 후 명령전송을 클릭하면 각 측정기로 제로가스가 공급된다.

Fig. 32의 각 항목을 클릭 하여 Fig. 34의 측정기 제어모드의 제로교정을 선택한 후 명령전송을 한다.

Fig. 35의 측정기기 메뉴를 선택한 후 화살표를 이용 CALIBRATION선택한 후 엔터를 클릭하고, CALIBRATION ZERO를 선택 한 후 엔터를 클릭 한다.

3) 스팬교정

가) SO_2, NOx, CO 스팬교정

Fig. 33의 측정기 제어모드의 NO스팬교정시작을 선택한 후 명령전송을 클릭하면 SO_2, NOx, CO 측정기로 표준가스가 공급된다.

Fig. 32의 SO_2, NOx, CO를 클릭 하여 Fig. 34의 측정기 제어모드의 스팬교정을 선택한 후 명령전송을 한다.

Fig. 36의 측정기기 메뉴를 선택한 후 화살표를 이용 CALIBRATION선택한 후 엔터를 클릭하고, CALIBRATION SO_2, CALIBRATION NO_2, CALIBRATION NO, CALIBRATION NOx, CALIBRATION CO를 선택 한 후 엔터를 클릭 한다. 이렇게 하여 스팬교정을 실

dCollection @ chosun

시하고 반드시 Fig. 33의 측정기 제어모드 중 NO스팬교정종료를 선택하고 명령전송을 하여야한다.

나) O_3 스팬교정

Fig. 33의 측정기 제어모드의 O_3스팬교정시작을 선택한 후 명령전송을 클릭하면 O_3측정기로 표준가스가 공급된다.

Fig. 32의 O_3을 클릭 하여 Fig. 34의 측정기 제어모드의 스팬교정을 선택한 후 명령전송을 한다.

Fig. 36의 측정기기 메뉴를 선택한 후 화살표를 이용 CALIBRATION선택한 후 엔터를 클릭하고, CALIBRATION O_3를 선택 한 후 엔터를 클릭 한다. 이렇게 하여 스팬교정을 실시하고 반드시 Fig. 33의 측정기 제어모드 중 O_3스팬교정종료를 선택하고 명령전송을 하여야한다.

4) 교정 후 정리 작업

제로 및 스팬교정을 실시한 후 반드시 air compressor의 탱크내의 응축수를 배출시켜야한다. 이 응축수를 배출시키기 위해서는 먼저 Fig. 32의 전원부분을 클릭하여 ACP를 선택하고 전원을 Off시키고, SOL을 선택하여 전원공급하면 바로 응축수가 측정소실외로 배출된다. 이 작업이 끝나면 바로 SOL의 선택을 해제하여 전원공급을 중단시킨다.

Fig. 33의 측정기제어모드 중 대기모드를 선택한 후 명령전송을 하고, Fig. 34의 측정기 제어모드 중 샘플링을 선택하고 명령전송을 클릭 한다.

Fig. 32의 전원부분을 클릭 한 후 ZER과 CAL의 선택을 해제 시킨 다음 명령전송을 하여 전원공급을 중단시킨다.

Fig. 35는 사용자가 샘플링, 제로교정, 스팬교정, 보수 중, 측정기 오류, 통신단절, 시스템오류 등을 강제로 설정할 수 있으며, 측정기 제어 모드보다 우선 적용된다.

dCollection @ chosun

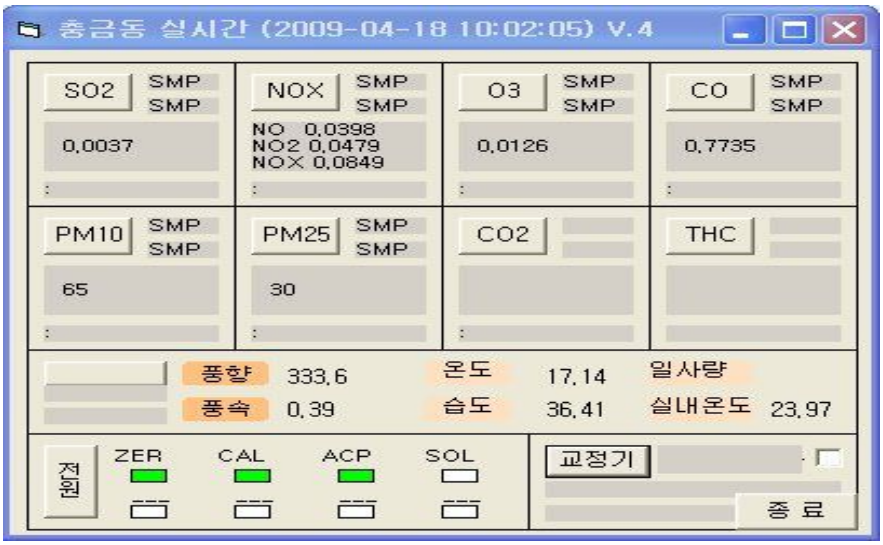
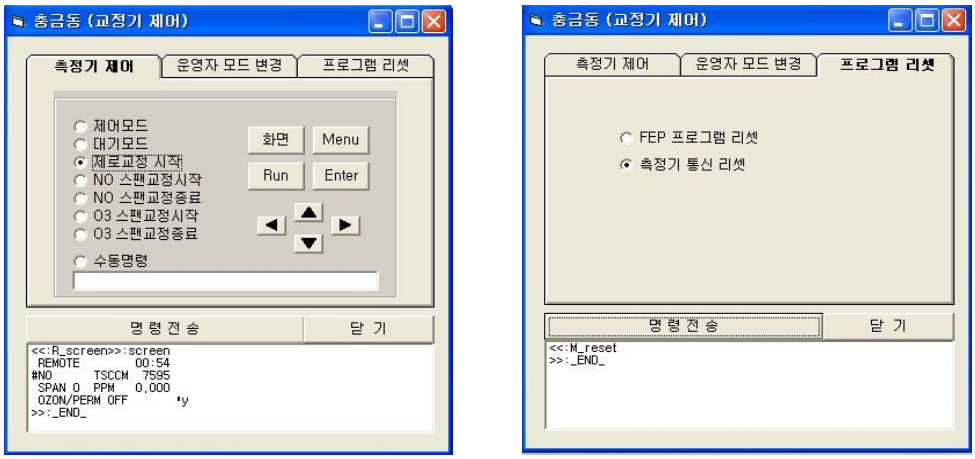


Fig. 32. Real time data, remote power management system and remote calibration system.



(a)Calibrator control (b)Program reset

Fig. 33. Calibrator control.

Collection @ chosun

(a)Zero calibration (b)Span calibration

Fig. 34. Calibration.

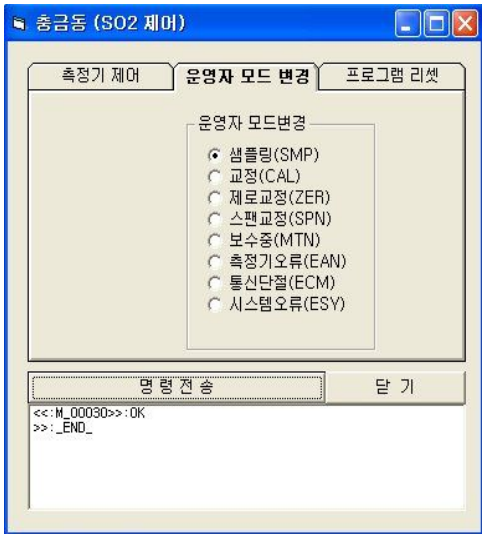


Fig. 35. Operator mode of analyzer.

Collection @ chosun

(a)Calibration menu

(b) Zero Span

Fig. 36. Zero and span calibration.

Fig. 33, Fig. 34, Fig. 36의 측정기제어모드 중 수동명령은 사용자가 타이핑을 하여 명령을 전송하고 그 결과값을 수시로 확인 할 수 있으며, 몇가지 사용 예는 아래와 같다.

예 1) so2

<<:R_so2>>:so2 2337E-3ppb

sum 040a

>>:_END_

예 2) gas mode

<<:R_gas mode>>:gas mode sample

sum 05a2

Collection @ chosun

```
>>:_END_
```

예 3) set sample

```
<<:R_set sample>>:set sample ok
sum 04e8
>>:_END_
```

예 4) set zero

```
<<:R_set zero>>:set zero ok
sum 0426
>>:_END_
```

예 5) set span

```
<<:R_set span>>:set span ok
sum 0418
>>:_END_
```

예 6) flow

```
<<:R_flow>>:flow 0.478l/m
sum 0401
>>:_END_
```

예 7) time

```
<<:R_time>>:time 14:04:09
sum 034e
>>:_END_
```

예 8) so2 bkg

```
<<:R_so2 bkg>>:so2 bkg 8.4ppb
sum 0484
>>:_END_
```


dCollection @ chosun

예 9) so2 coef

<<:R_so2 coef>>:so2 coef 0.837

sum 03f1

>>:_END_

예 10) avg time

<<:R_avg time>>:avg time 60sec

sum 04ee

>>:_END

예 11) react temp

<<:R_react temp>>:react temp 44.8deg C

sum 0686

>>:_END_

예 12) lamp int

<<:R_lamp int>>:lamp int 31384Hz

sum 051a

>>:_END_

예 13) lamp voltage

<<:R_lamp voltage>>:lamp voltage 867volts

sum 07d6

>>:_END_

예 14) pmt voltage

<<:R_pmt voltage>>:pmt voltage -567volts

sum 07aa

>>:_END_

예 15) flags

dCollection @ chosun

```
<<:R_falgs>>:flags 5c000000
sum 03e5
>>:_END_
```

예 16) lrec mem size

```
<<:R_lrec mem size>>:lrec mem size 2398 recs, 10 blocks
sum 0aee
>>:_END_
```

예 17) intenal temp

```
<<:R_internal temp>>:internal temp 31.4deg C, actual 31.4
sum 0b78
>>:_END_
```

예 18) perm gas temp

```
<<:R_perm gas temp>>:perm gas temp  0.00deg C
sum 0776
>>:_END_
```

예 19) pres

```
<<:R_pres>>:pres 709.1mmHg actual 709.1
sum 0887
>>:_END_
```

예 20) screen

```
<<:R_screen>>:screen
SO2 PPB  2.9
SAMPLE 14:39 REMOTE
sum 1070
>>:_END_
```


dCollection @ chosun

3. 원격측정기기모니터링시스템

원격으로 양방향통신을 할 수 있는 digital type의 자료수집장치(data logger)를 통해 측정 장비의 상태를 진단하고 이상요인 발견 시 해결할 수 있는 프로그램인 원격 측정기기 모니터링(진단 및 조치)시스템을 구축 시 아래와 같은 장점 있다.

대기오염측정망 측정 장비의 수천종류의 소모품 및 수리자재를 사전에 구매 확보하여 보관하기에는 수억 원의 예산확보 부담 등의 문제와 수명이 다할 때까지 사용 하지 않고 버리는 불필요한 수리자재 구입이 우려되고, 고가의 측정 장비가 외국산으로 고장 시 구매에 많은 시간이 소요되어 시기적절하게 수리자재를 공급 받는데 어려움 있다.[20)]

이러한 문제점을 해결하기위해서는 측정기기 모니터링 시스템을 구축하여 각 측정기기의 내부 흐름도를 도식화하여 쉽게 각 부분 요소 값을 일목요연하게 볼 수 있는 프로그램개발하고, 각 측정 장비의 각 부분의 성능을 상시 모니터링 하여 필요시기 등을 파악하여 시기적절하게 사전에 구입하여 신속하게 대처할 수 있다 예를 들자면 펌프의 경우 유량을 점검하여 정상범위를 벗어날 경우 사전에 파악하고 수리자재를 확보하여 시기적절하게 조치할 수 있다. 펌프의 적정유량범위가 1.2 ~ 1.6 ℓ/m 일때 새 제품의 시료채취용 펌프는 1.58 ℓ/m을 유지하다가 점차적으로 성능이 저하 될 것이다. 펌프의 유량이 1.4ℓ/m 일때 pump repair kit 인 다이아프렘 등의 부품을 사전에 구매하여 적기에 교체함으로서 신뢰성 있는 자료 확보 가능하고, 현장에서 측정 장비 모드를 분석모드(sample), 교정모드(zero / span)를 이용하여 교정 후 반드시 분석모드인 sample로 위치 시켜 놓고 사무실로 귀청하여야 하나 zero 모드로 놓고 오는 단순 착오의 경우가 아주 많다.

이를 해결하기 위해서는 다시 현지 출장하여 모드를 변경하여야 하나 전산실에서 원격관리시스템을 이용 분석모드인 sample모드 변경으로 불필요한 출장 및 점검시간을 절약할 수 있다. 또한 현지 출장을 하지 않고는 기기 성능저하 및 고장 유무, 고장원인을 알 수 가 없다. 이를 해결하기위해 이 원격측정기기모니터링시스템을 이용하여 Fig. 37 ~ Fig. 43과 같이 도식화된 자료를 이용하여 측정기기 성능을 현지출장을 가지 않고도 쉽게 파악하여 대처 할 수 있다.

모든 측정기기와 자료수집장치간 통신방법은 아날로그 방식 또는 디지털방식을

dCollection @ chosun

사용하고 있는데 아날로그 방식은 전압(0 ~ 5V) 또는 전류(4 ~ 20㎃)값을 전송하여 자료수집장치에서 이 값을 환산하여 수치로 표현한다. 전압 또는 전류는 통신과정에서 저항 등의 요인으로 인해서 동일 자료가 정확하게 전송되지 못하고 약간의 차이를 나타낼 뿐만 아니라 측정기기 측정정보를 제공하지 못한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 반드시 디지털방식을 사용해야한다.[15, 20]

SO_2측정기기와 자료수집장치(D/L)간 통신을 디지탈방식(RS232C)으로 하여 측정자료의 정확한 송·수신이 가능토록 환경을 조성하고 또한 측정자료 송·수신 시 측정기기의 정보(flags)가 포함 되도록 하고, 이 정보를 통해서 기기 이상유무 및 소모품, 수리자재성능 등을 예측토록 하여야 한다.

가. 아황산가스(SO_2) 측정기

SO_2측정기기 모니터링시스템에서는 Fig. 37과 같이 측정 흐름도를 표시하고 바로 밑에 측정기기 내부인자인 Internal temperature(intt), Chamber temperature(Rctt), Pressure(Pres), Sample flow(Smpfl), Intensity(PmtV), Lamp voltage(LmpV)등의 상태를 한눈에 알 수 있도록 표시하였다. 또한 Table 31의 적정범위를 벗어나면 내부인자 값인 글자의 색깔이 변하도록 하여 고장원인을 쉽게 알 수 있도록 하였으며, 내부 인자 값을 보고 성능을 파악하여 소모품 및 수리자재 교체시기를 미리 예측하여 고장으로 인한 가동 중지를 예방토록 하였다.

과거에는 현장에서 점검진단하고 필요한 자재를 사무실 부품창고에서 가지고 재출장하여 수리하는 번거로운 문제점등이 있었다.

이측정기기 모니터링 시스템을 이용 미리 사무실에서 원격으로 SO_2측정기기 상태를 파악하고 교체해야할 필수부품 등을 준비하여 출장함으로써 신속히 문제점을 해결할 수 있다.

측정자료 전송은 다음과 같다.

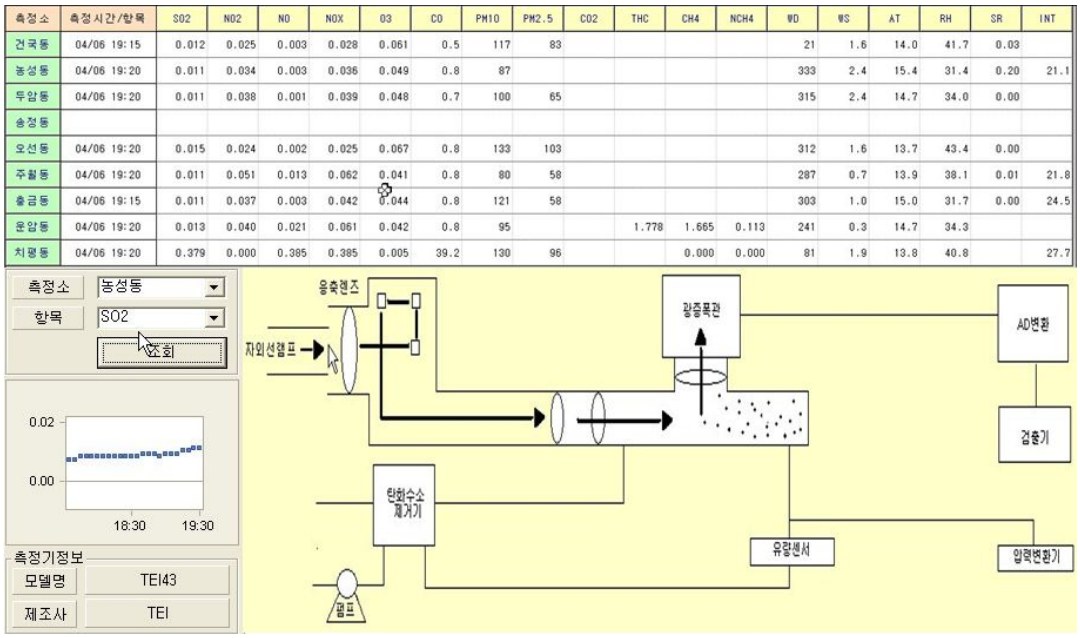
Time=18:55;Date=20090406;flags=;SO2=0.0083;lowSO2=7.98;Intt=29.20;Rctt=44.60;Pgast=0.00;Pres=711.30;Smpfl=0.48;PmtV=-567.00;LmpV=869.00;Lmpi=31090.00;LAMP=ON;FLAMP=ON;TEMPCOMP=ON;PRESCOMP=ON

dCollection @ chosun

Table 31. Optimum range of internal factor of SO_2 analyzer

Internal factor	Unit	Optimum range
Internal temperature	℃	15 ~ 45
Chamber temperature	℃	43 ~ 47
Pressure	mmHg	400 ~ 1,000
Flow	LPM	0.25 ~ 0.65
Intensity	Hz	20,000 ~ 50,000
Lamp voltage	V	750 ~ 1200
SO_2 concentration	ppb	0 ~ 500

dCollection @ chosun



측정소	측정시간/항목	SO2	NO2	NO	NOX	O3	CO	PM10	PM2.5	CO2	THC	CH4	NCH4	WD	WS	AT	RH	SR	INT
건국동	04/06 19:15	0.012	0.025	0.003	0.028	0.061	0.5	117	83					21	1.6	14.0	41.7	0.03	
농성동	04/06 19:20	0.011	0.034	0.003	0.036	0.049	0.8	87						333	2.4	15.4	31.4	0.20	21.1
두암동	04/06 19:20	0.011	0.038	0.001	0.039	0.048	0.7	100	65					315	2.4	14.7	34.0	0.00	
송정동																			
오선동	04/06 19:20	0.015	0.024	0.002	0.025	0.067	0.8	133	103					312	1.6	13.7	43.4	0.00	
주월동	04/06 19:20	0.011	0.051	0.013	0.062	0.041	0.8	80	58					287	0.7	13.9	38.1	0.01	21.8
충금동	04/06 19:15	0.011	0.037	0.003	0.042	0.044	0.8	121	58					303	1.0	15.0	31.7	0.00	24.5
운암동	04/06 19:20	0.013	0.040	0.021	0.061	0.042	0.8	95			1.778	1.665	0.113	241	0.3	14.7	34.3		
치평동	04/06 19:20	0.379	0.000	0.385	0.385	0.005	39.2	130	96			0.000	0.000	81	1.9	13.8	40.8		27.7

Date	VAL	Status	Int Temp	React Temp	PGas Temp	Pres	Sampl Flow	PMT Volt	Flash Volt	Flash Int
2009040619:00	0.0089	-----	29.30	44.60	0.00	711.30	0.48	-567.00	869.00	31720
2009040619:05	0.0094	-----	29.40	44.60	0.00	711.30	0.48	-567.00	869.00	31340
2009040619:10	0.0095	-----	29.50	44.70	0.00	711.30	0.48	-567.00	865.00	30600
2009040619:15	0.0099	-----	29.60	44.70	0.00	711.30	0.48	-567.00	868.00	31410
2009040619:20	0.0109	-----	29.80	44.70	0.00	711.30	0.48	-567.00	869.00	31700
2009040619:25	0.0096	-----	29.90	44.70	0.00	711.40	0.48	-567.00	869.00	30970
2009040619:30	0.0094	-----	30.00	44.70	0.00	711.40	0.48	-567.00	869.00	31410
2009040619:35	0.0091	-----	30.10	44.70	0.00	711.30	0.48	-567.00	866.00	31710
2009040619:40	0.0093	-----	30.20	44.70	0.00	711.30	0.48	-567.00	868.00	31360

Fig. 37. SO_2 analyzer monitoring system.

dCollection @ chosun

나. 이산화질소(NO_2) 측정기

NO_2측정기기 모니터링시스템에서는 Fig. 38과 같이 측정 흐름도를 표시하고 바로 밑에 측정기기 내부인자인 Internal temperature(intt), Reaction chamber temperature (rctt), Cooler temperature(ctt), NO_2 converter temperature(convt), Pressure(pres), Sample flow(smplf), Ozonator flow alarm(ozonf), NO, NO_2, and NOx concentration등의 상태를 한눈에 알 수 있도록 표시하였다. 또한 Table 32의 적정범위를 벗어나면 내부인자 값인 글자의 색깔이 변하도록 하여 고장원인을 쉽게 알 수 있도록 하였으며, 내부인자 값을 보고 성능을 파악하여 소모품 및 수리자재 교체시기를 미리 예측하여 고장으로 인한 가동 중지를 예방토록 하였다.

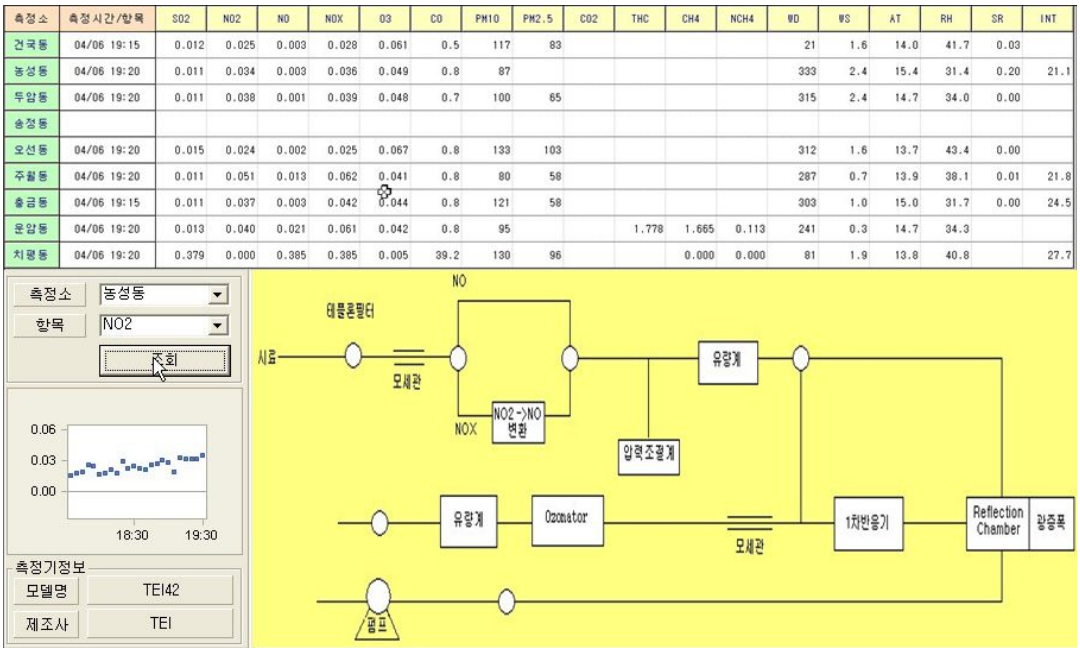
측정 자료전송은 다음과 같다.

Time=18:55;Date=20090406;flags=;NO=0.0436;NOx=0.1029:NO2=0.0595;Iono=34.86;Ionox=94.67;pres=232.90;pmtt=825.00;intt=29.00;rctt=49.70;convt=;smplf=;ozonf=;pmtv=LAMP=ON;FLAMP=ON;TEMPCOMP=ON;PRESCOMP=ON

Table 32. Optimum range of internal factor of NOx analyzer

Internal factor		Unit	Optimum range
Internal temperature		℃	15 ~ 45
Chamber temperature (Reaction chamber temperature)		℃	47 ~ 51
Cooler temperature		℃	-5 ~ -1
Converter temperature (NO_2 converter temperature)		℃	300 ~ 350
Pressure		mmHg	150 ~ 300
Sample flow		LPM	0.35 ~ 0.9
Ozonator flow alarm		LPM	
Concentration	NO	ppb	0 ~ 20,000
	NO_2	ppb	0 ~ 20,000
	NOx	ppb	0 ~ 20,000

dCollection @ chosun



Date	VAL			Status	Pres	PMT Temp	Int Temp	React Temp	Conv Temp	Sampl Flow	Ozon Flow	PMT Volt
	NO	NO2	NOx									
2009040619:00	0.0030	0.0334	0.0364	-----	232.90	-3.4	29.00	49.60	320	0.685	0.051	-825.00
2009040619:05	0.0029	0.0345	0.0374	-----	232.90	-3.4	29.10	49.70	320	0.684	0.054	-825.00
2009040619:10	0.0031	0.0349	0.0380	-----	232.90	-3.4	29.20	49.70	320	0.685	0.050	-825.00
2009040619:15	0.0030	0.0341	0.0371	-----	233.00	-3.4	29.30	49.80	320	0.685	0.050	-825.00
2009040619:20	0.0029	0.0335	0.0364	-----	233.00	-3.4	29.40	49.70	320	0.683	0.052	-825.00
2009040619:25	0.0029	0.0341	0.0370	-----	233.00	-3.4	29.50	49.70	320	0.685	0.050	-825.00
2009040619:30	0.0030	0.0339	0.0369	-----	233.10	-3.4	29.60	49.70	320	0.685	0.050	-825.00
2009040619:35	0.0031	0.0338	0.0369	-----	233.10	-3.4	29.70	49.70	320	0.684	0.053	-825.00
2009040619:40	0.0030	0.0337	0.0367	-----	233.10	-3.4	29.90	49.70	320	0.685	0.050	-825.00

Fig. 38. NOx analyzer monitoring system.

dCollection @ chosun

다. 오존(O_3) 측정기

O_3측정기기 모니터링시스템에서는 Fig. 39와 같이 측정 흐름도를 표시하고 바로 밑에 측정기기 내부인자인 Bench temperature(btmp), Bench lamp temperature(ltmp), Pressure(pres), Cell A flow(flowa), Cell B flow(flowb), Cell A intensity(inta), Cell B intensity(intb), O_3 concentration등의 상태를 한눈에 알 수 있도록 표시하였다. 또한 Table 33의 적정범위를 벗어나면 내부인자 값인 글자의 색깔이 변하도록 하여 고장원인을 쉽게 알 수 있도록 하였으며, 내부 인자 값을 보고 성능을 파악하여 소모품 및 수리자재 교체시기를 미리 예측하여 고장으로 인한 가동 중지를 예방토록 하였다.

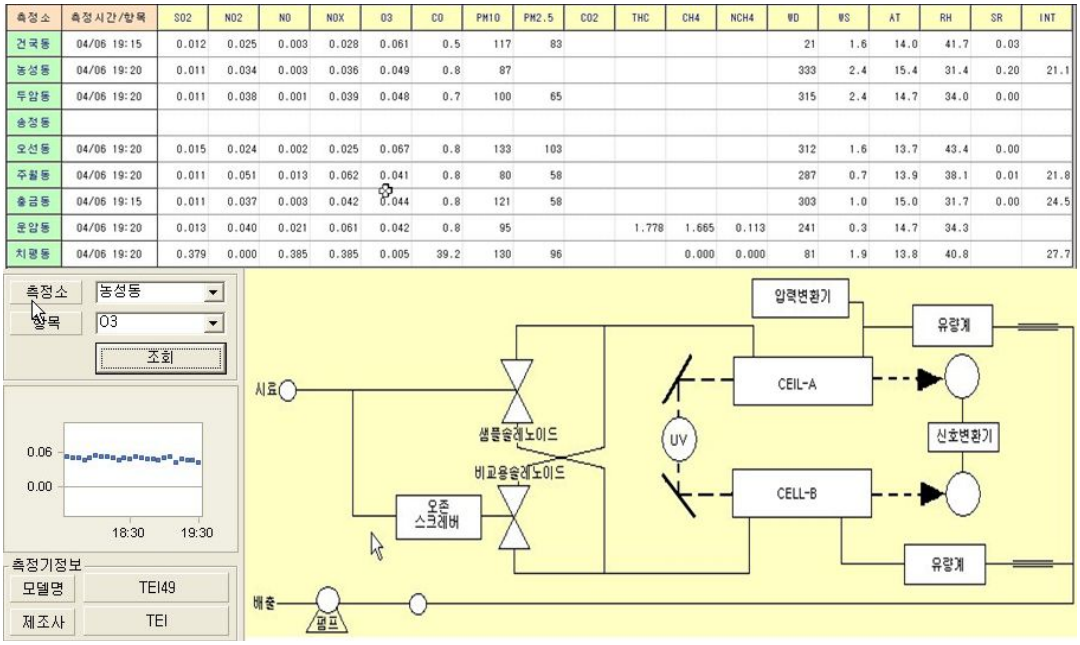
측정 자료전송은 다음과 같다.

Time=18:55;Date=20090406;flags=;o3=0.0062;inta=;intb=;flowa=0.69;flowb=0.69;btmp=;ltmp=;pres=751.40;03lt=;LAMP=ON;FLAMP=ON;TEMPCOMP=ON;PRESCOMP=ON

Table 33. Optimum range of internal factor of O_3 analyzer

Internal factor		Unit	Optimum range
Bench temperature		℃	15 ~ 40
Bench lamp temperature		℃	50 ~ 60
Pressure		mmHg	200 ~ 1,000
Flow	Cell A	LPM	0.4 ~ 1.4
	Cell B	LPM	0.4 ~ 1.4
Intensity	Cell A	Hz	45,000 ~ 150,000
	Cell B	Hz	45,000 ~ 150,000
O_3 concentration		ppb	0 ~ 2,000

dCollection @ chosun



측정소	측정시간/항목	SO2	NO2	NO	NOX	O3	CO	PM10	PM2.5	CO2	THC	CH4	NCH4	WD	WS	AT	RH	SR	INT
건국동	04/06 19:15	0.012	0.025	0.003	0.028	0.061	0.5	117	83					21	1.6	14.0	41.7	0.03	
농성동	04/06 19:20	0.011	0.034	0.003	0.036	0.049	0.8	87						333	2.4	15.4	31.4	0.20	21.1
두암동	04/06 19:20	0.011	0.038	0.001	0.039	0.048	0.7	100	65					315	2.4	14.7	34.0	0.00	
송정동																			
오선동	04/06 19:20	0.015	0.024	0.002	0.025	0.067	0.8	133	103					312	1.6	13.7	43.4	0.00	
주월동	04/06 19:20	0.011	0.051	0.013	0.062	0.041	0.8	80	58					287	0.7	13.9	38.1	0.01	21.8
충금동	04/06 19:15	0.011	0.037	0.003	0.042	0.044	0.8	121	58					303	1.0	15.0	31.7	0.00	24.5
운암동	04/06 19:20	0.013	0.040	0.021	0.061	0.042	0.8	95			1.778	1.665	0.113	241	0.3	14.7	34.3		
치평동	04/06 19:20	0.379	0.000	0.385	0.385	0.005	39.2	130	96			0.000	0.000	81	1.9	13.8	40.8		27.7

Date	VAL	Status	Inten A	Inten B	Flow A	Flow B	Bench Temp	Lamp Temp	Pres
2009040619:00	0.0480	-----	86357	111626	0.685	0.685	35.5	56.4	751.40
2009040619:05	0.0480	-----	86334	111614	0.689	0.689	35.7	56.3	751.38
2009040619:10	0.0480	-----	86361	111499	0.689	0.689	35.4	56.2	751.40
2009040619:15	0.0490	-----	86358	111527	0.689	0.689	35.9	56.4	751.30
2009040619:20	0.0490	-----	86367	111639	0.689	0.689	35.6	56.3	751.40
2009040619:25	0.0480	-----	86324	111609	0.689	0.689	35.7	56.2	751.47
2009040619:30	0.0490	-----	86339	111656	0.689	0.689	35.6	56.7	751.42
2009040619:35	0.0480	-----	86362	111648	0.689	0.689	35.8	56.6	751.43
2009040619:40	0.0480	-----	86356	111676	0.689	0.689	35.6	56.5	751.40

Fig. 39. O_3 analyzer monitoring system.

dCollection @ chosun

다. 일산화탄소(CO) 측정기

CO측정기기 모니터링시스템에서는 Fig. 40과 같이 측정 흐름도를 표시하고 바로 밑에 측정기기 내부인자인 Internal temperature(intt), Chamber temperature(cht), Pressure(pres), Flow(smplfl), Bias voltage(biasv), AGC intensity(intensity), Motor speed(speed), CO concentration등의 상태를 한눈에 알 수 있도록 표시하였다. 또한 Table 34의 적정범위를 벗어나면 내부인자 값인 글자의 색깔이 변하도록 하여 고장원인을 쉽게 알 수 있도록 하였으며, 내부 인자 값을 보고 성능을 파악하여 소모품 및 수리자재 교체시기를 미리 예측하여 고장으로 인한 가동 중지를 예방토록 하였다.

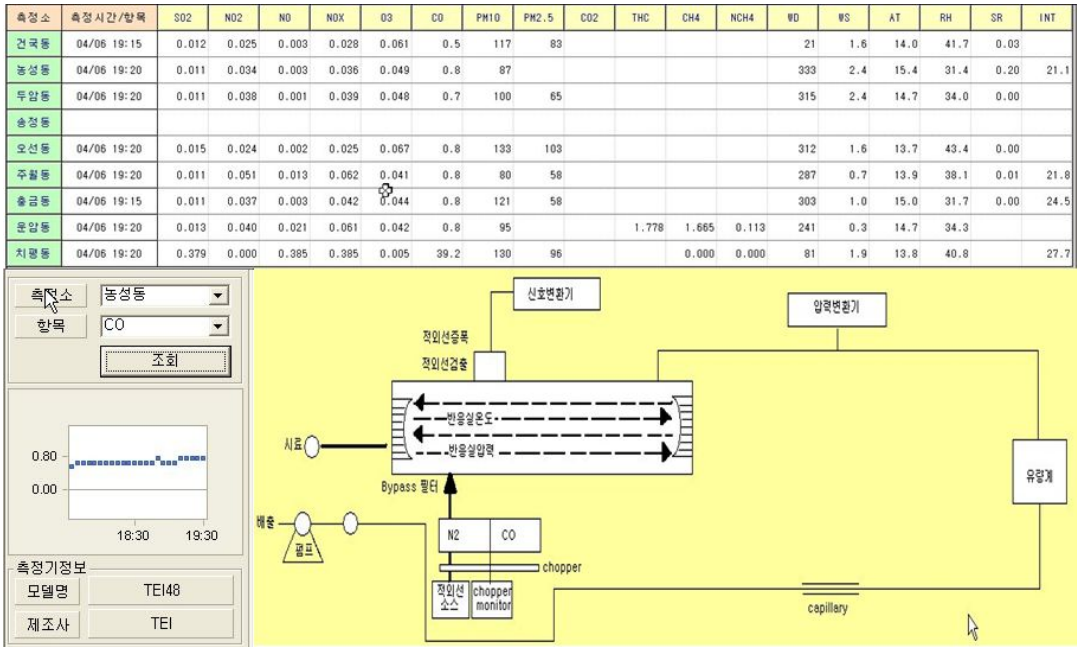
측정 자료전송은 다음과 같다.

Time=18:55;Date=20090406;flags=;co=1.5550;loco=1507.00;intt=32.70;cht=;pres=;smplfl=1.13;speed=100;biasv=;intensity=;LAMP=ON;FLAMP=ON;TEMPCOMP=ON;PRESCOMP=ON

Table 34. Optimum range of internal factor of CO analyzer

Internal factor	Unit	Optimum range
Internal Temperature	℃	8 ~ 47
Chamber Temperature	℃	40 ~ 52
Pressure	mmHg	250 ~ 1000
Flow	LPM	0.35 ~ 1.5
Bias Voltage	V	-130 ~ -100
AGC Intensity	Hz	150,000 ~ 300,000
Motor Speed	%	100
CO Concentration	ppm	0 ~ 10,000

dCollection @ chosun



Date	VAL	Status	Int Temp	Chmbr Temp	Pres	Sampl Flow	Motor speed	Motor Bias	Volt Intensity
2009040619:00	0.8334	-----	32.80	44.8	733.80	1.13	100	-115.6	199504
2009040619:05	0.8330	-----	32.90	44.6	733.70	1.13	100	-115.5	199513
2009040619:10	0.8340	-----	33.00	44.2	733.70	1.13	100	-115.4	199532
2009040619:15	0.8360	-----	33.00	44.9	733.70	1.13	100	-115.5	199574
2009040619:20	0.8431	-----	33.10	44.8	733.70	1.13	100	-115.6	199562
2009040619:25	0.8430	-----	33.20	44.6	733.80	1.13	100	-115.5	199552
2009040619:30	0.8360	-----	33.30	44.7	733.80	1.13	100	-115.4	199562
2009040619:35	0.8420	-----	33.40	44.5	733.70	1.13	100	-115.5	199519
2009040619:40	0.8430	-----	33.40	44.6	733.70	1.13	100	-115.6	199521

Fig. 40. CO analyzer monitoring system.

dCollection @ chosun

마. 총탄화수소(THC) 측정기

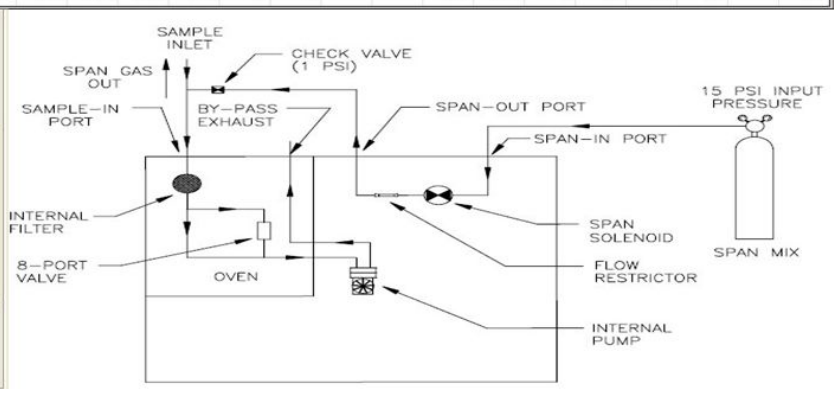
THC측정기기 모니터링시스템에서는 Fig. 41과 같이 측정 흐름도를 표시하고 바로 밑에 측정기기 내부인자인 Status, Operating mode, Fuel pressure, Carrier pressure, Column temperature, Detector temperature, Flame temperature 등의 상태를 한눈에 알 수 있도록 Table 35에 표시하였다. 적정범위를 벗어나면 내부인자 값인 글자의 색깔이 변하도록 하여 고장원인을 쉽게 알 수 있도록 하였으며, 내부인자 값을 보고 성능을 파악하여 소모품 및 수리자재 교체시기를 미리 예측하여 고장으로 인한 가동 중지를 예방토록 하였다.

Table 35. Optimum range of internal factor of THC analyzer

Internal factor	Unit	Optimum range
Flow	LPM	0.4 ~ 0.8
Air pressure	PSI	20 ~ 30
Fuel pressure	PSI	20 ~ 60
Carrier pressure	PSI	20 ~ 30
Column temperature	℃	60 ~ 75
Detector temperature	℃	175 ~ 200
Flame temperature	℃	225 ~ 300

dCollection @ chosun

측정소	측정시간/항목	SO2	NO2	NO	NOX	O3	CO	PM10	PM2.5	CO2	THC	CH4	NCH4	WD	WS	AT	RH	SR	INT
건국동	04/06 19:15	0.012	0.025	0.003	0.028	0.061	0.5	117	83					21	1.6	14.0	41.7	0.03	
농성동	04/06 19:20	0.011	0.034	0.003	0.036	0.049	0.8	87						333	2.4	15.4	31.4	0.20	21.1
두암동	04/06 19:20	0.011	0.038	0.001	0.039	0.048	0.7	100	65					315	2.4	14.7	34.0	0.00	
송정동																			
오선동	04/06 19:20	0.015	0.024	0.002	0.025	0.067	0.8	133	103					312	1.6	13.7	43.4	0.00	
주월동	04/06 19:20	0.011	0.051	0.013	0.062	0.041	0.8	80	58					287	0.7	13.9	38.1	0.01	21.8
충금동	04/06 19:15	0.011	0.037	0.003	0.042	0.044	0.8	121	58					303	1.0	15.0	31.7	0.00	24.5
운암동	04/06 19:20	0.013	0.040	0.021	0.061	0.042	0.8	95			1.778	1.665	0.113	241	0.3	14.7	34.3		
치평동	04/06 19:20	0.379	0.000	0.385	0.385	0.005	39.2	130	96			0.000	0.000	81	1.9	13.8	40.8		27.7



Date	VAL			Status	Flow	Air	Fuel	Carrier	Column	Detector	Flame
	THC	CH4	NCH4	(flags)	(l/m)	pressure	pressure	pressure	temp.	temp.	temp.
2009040619:00	1.687	1.678	0.009	-----	0.6	24.2	40.5	24.3	68	196	254
2009040619:05	1.689	1.652	0.037	-----	0.6	24.1	40.5	24.3	68	196	254
2009040619:10	1.687	1.687	0.000	-----	0.6	24.2	40.5	24.3	68	196	254
2009040619:15	1.667	1.659	0.008	-----	0.6	24.2	40.4	24.3	68	196	254
2009040619:20	1.778	1.665	0.113	-----	0.6	24.2	40.4	24.2	68	196	254
2009040619:25	1.671	1.656	0.015	-----	0.6	24.2	40.5	24.3	68	196	254
2009040619:30	1.655	1.634	0.020	-----	0.6	24.1	40.5	24.3	68	196	254
2009040619:35	1.700	1.688	0.012	-----	0.6	24.2	40.4	24.3	68	196	254
2009040619:40	1.680	1.679	0.013	-----	0.6	24.2	40.5	24.3	68	196	254

Fig. 41. THC analyzer monitoring system.

Collection @ chosun

바. 먼지(PM_{10}, $PM_{2.5}$) 측정기

BAM1020 먼지측정기기 모니터링시스템에서는 Fig. 42과 같이 측정 흐름도를 표시하고 바로 밑에 측정기기 내부인자인 Flow, Status codes, 시간 총 유량, 채널별 센서, 필터를 사용할 수 있는 잔여 량 등의 상태를 한눈에 알 수 있도록 표시하였고 또한 측정기기 에러가 발생 했을 때 Status codes에 Table 36의 기호가 표시 되도록 하여 고장원인을 신속히 파악할 수 있도록 하였고, 필터의 사용가능일수를 표시하여 시기적절하게 필터를 교체할 수 있도록 하였다.

R & P 먼지측정기기 모니터링시스템에서는 Fig. 43과 같이 측정 흐름도를 표시하고 바로 밑에 측정기기 내부인자인 Main flow, AUX flow, Case temperature, Air temperature, Cap temperature, Noise, Frequency, Mode, Loading %등의 상태를 한눈에 알 수 있도록 표시하였고 또한 측정기기 에러가 발생 했을 때 Status codes에 Table 37의 기호가 표시되도록 하여 고장원인을 신속히 파악할 수 있도록 하였다.

Table 36. Status codes of PM analyzer (BAM 1020)

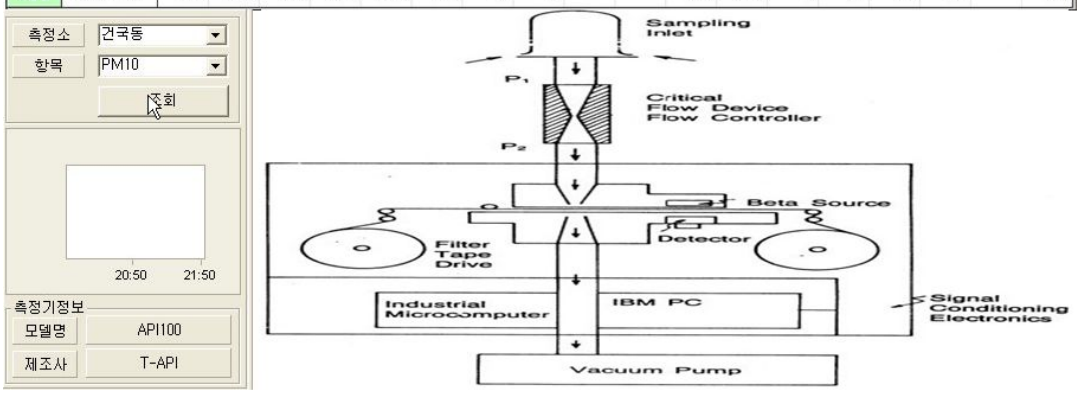
Symbol	Description	Symbol	Description
E	External reset	U	Telemetery fault
M	Maintenance	I	Internal CPU
L	power fail	R	Reference membrane
N	Nozzle stuck timeout (or Delta-T exceeded)	F	Flow error
P	Pressure drop excessive	D	Deviant membrane density
C	Count error	T	Tape break

Table 37. Status codes of PM analyzer (R & P 1400a)

Symbol	Description	Symbol	Description
OK	Normal operation	M	Frequency signal failure
T	Temperatures outside of operational bounds	F	Flows outside of operational bounds
X	Exchange filter	V	Voltage low

dCollection @ chosun

측정소	측정시간/항목	SO2	NO2	NO	NOX	O3	CO	PM10	PM2.5	CO2	THC	CH4	NCH4	WD	WS	AT	RH	SR	INT
건국동	04/06 19:15	0.012	0.025	0.003	0.028	0.061	0.5	117	83					21	1.6	14.0	41.7	0.03	
농성동	04/06 19:20	0.011	0.034	0.003	0.036	0.049	0.8	87						333	2.4	15.4	31.4	0.20	21.1
두암동	04/06 19:20	0.011	0.038	0.001	0.039	0.048	0.7	100	65					315	2.4	14.7	34.0	0.00	
송정동																			
오선동	04/06 19:20	0.015	0.024	0.002	0.025	0.067	0.8	133	103					312	1.6	13.7	43.4	0.00	
주월동	04/06 19:20	0.011	0.051	0.013	0.062	0.041	0.8	80	58					287	0.7	13.9	38.1	0.01	21.8
충금동	04/06 19:15	0.011	0.037	0.003	0.042	0.044	0.8	121	58					303	1.0	15.0	31.7	0.00	24.5
운암동	04/06 19:20	0.013	0.040	0.021	0.061	0.042	0.8	95			1.778	1.665	0.113	241	0.3	14.7	34.3		
치평동	04/06 19:20	0.379	0.000	0.385	0.385	0.005	39.2	130	96			0.000	0.000	81	1.9	13.8	40.8		27.7

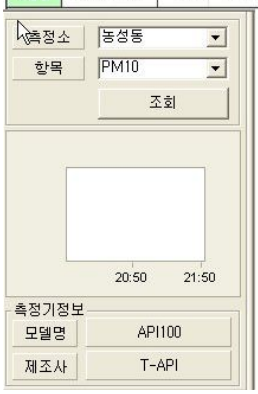


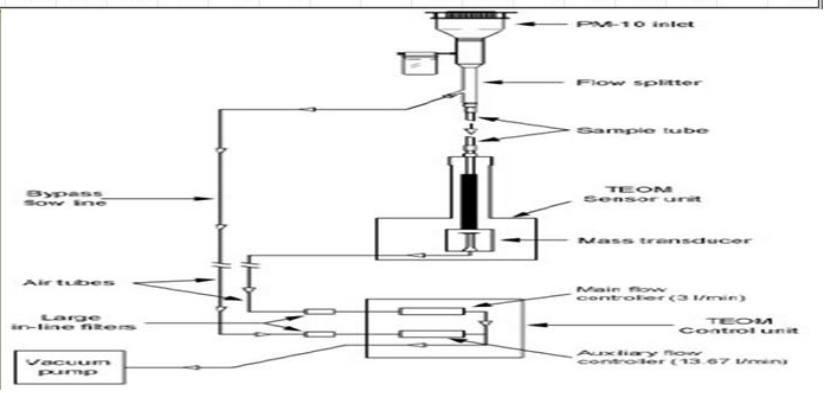
Channel / Sensor (Units)	VAL	Status (Error)	Flow (LPM)	Conc (mg)	Qtot (m^3)	01 no (V)	02 WS (MPS)	03 WS (MPS)	04 RH (%)	05 no (V)	06 AT (℃)	Filter (day)
2009040619:00	117	————	16.7	0.117	0.922	0.161	000.8	000.3	00020	0.985	-000.5	48
2009040619:05	117	————	16.7	0.117	0.922	0.161	000.8	000.3	00020	0.985	-000.5	48
2009040619:10	117	————	16.7	0.117	0.922	0.161	000.8	000.3	00020	0.985	-000.5	48
2009040619:15	117	————	16.7	0.117	0.922	0.161	000.8	000.3	00020	0.985	-000.5	48
2009040619:20	117	————	16.7	0.117	0.922	0.161	000.8	000.3	00020	0.985	-000.5	48
2009040619:25	117	————	16.7	0.117	0.922	0.161	000.8	000.3	00020	0.985	-000.5	48
2009040619:30	117	————	16.7	0.117	0.922	0.161	000.8	000.3	00020	0.985	-000.5	48
2009040619:35	117	————	16.7	0.117	0.922	0.161	000.8	000.3	00020	0.985	-000.5	48
2009040619:40	117	————	16.7	0.117	0.922	0.161	000.8	000.3	00020	0.985	-000.5	48

Fig. 42. PM10 analyzer monitoring system (BAM1020).

dCollection @ chosun

측정소	측정시간/항목	SO2	NO2	NO	NOX	O3	CO	PM10	PM2.5	CO2	THC	CH4	NCH4	WD	WS	AT	RH	SR	INT
건국동	04/06 19:15	0.012	0.025	0.003	0.028	0.061	0.5	117	83					21	1.6	14.0	41.7	0.03	
농성동	04/06 19:20	0.011	0.034	0.003	0.036	0.049	0.8	87						333	2.4	15.4	31.4	0.20	21.1
두암동	04/06 19:20	0.011	0.038	0.001	0.039	0.048	0.7	100	65					315	2.4	14.7	34.0	0.00	
송정동																			
오선동	04/06 19:20	0.015	0.024	0.002	0.025	0.067	0.8	133	103					312	1.6	13.7	43.4	0.00	
주월동	04/06 19:20	0.011	0.051	0.013	0.062	0.041	0.8	80	58					287	0.7	13.9	38.1	0.01	21.8
충금동	04/06 19:15	0.011	0.037	0.003	0.042	0.044	0.8	121	58					303	1.0	15.0	31.7	0.00	24.5
운암동	04/06 19:20	0.013	0.040	0.021	0.061	0.042	0.8	95			1.778	1.665	0.113	241	0.3	14.7	34.3		
치평동	04/06 19:20	0.379	0.000	0.385	0.385	0.005	39.2	130	96			0.000	0.000	81	1.9	13.8	40.8		27.7





Channel Sensor (Units)	VAL	Status Codes	Flow		Temperature			Noise	Frequency	Mode	Loading %
			Main	AUX	Case	Air	Cap				
2009040619:00	87	------	3.0	13.67	50	50	50	0.066	247.39880	AU	48
2009040619:05	87	------	3.0	13.67	50	50	50	0.066	247.39840	AU	48
2009040619:10	87	------	3.0	13.67	50	50	50	0.066	247.39860	AU	48
2009040619:15	87	------	3.0	13.67	50	50	50	0.066	247.39850	AU	48
2009040619:20	87	------	3.0	13.67	50	50	50	0.066	247.39860	AU	48
2009040619:25	87	------	3.0	13.67	50	50	50	0.066	247.39840	AU	48
2009040619:30	87	------	3.0	13.67	50	50	50	0.066	247.39850	AU	48
2009040619:35	87	------	3.0	13.67	50	50	50	0.066	247.39860	AU	48
2009040619:40	87	------	3.0	13.67	50	50	50	0.066	247.39850	AU	48

Fig. 43. PM10 analyzer monitoring system (R & P 1400a).

dCollection @ chosun

4. 원격관리시스템 구축

Fig. 44와 같이 원격관리시스템(원격전원관리시스템, 원격교정시스템, 원격측정기기모니터링시스템)을 구축하여[92 ~ 96] 대기오염측정망을 운영·관리함으로써 측정 자료의 신뢰도를 향상시킬 수 있으며, 시기적절하게 소모품 및 수리자재를 교체하여 측정기기 가동률을 향상시키고, 유지보수 용역업체의 출장점검일수를 줄여 예산을 절감할 수 있다.[20]

Table 38과 같이 광주광역시의 경우 매년 47,000천원 ~ 58,000천원을 절감시킬 수 있으며, 주4일 30시간 이상 소요되는 출장 점검시간을 주1일 4시간으로 줄여 업무량을 감소시킬 수 있다.

이 원격관리시스템을 전국 16개 지방자치단체의 262개(도시대기 : 234개소, 도로변대기 : 28개소) 측정소로 확대 시행하여 유지보수용역의 출장 및 점검횟수를 30%감소시키면 년 982,500천원을 시킬 수 있으며, 출장 및 점검횟수를 60% 감소시키면 년 1,965,000천원을 절감할 수 있을 것이다.

Table 38. Expectations of reducing expense of maintenance and repair in Gwangju city

(단위 : 천원)

구 분		2009년	2010년		2011년	
			적용 전	적용 후	적용 전	적용 후
절 감 액		-	-	**47,183**	-	**58,937**
산 출 총 계		111,500	134,267	87,084	143,133	84,196
직접인건비		35,790	41,250	26,893	43,452	25,658
직 접 경 비		21,315	30,317	19,314	33,634	19,538
제 경 비		39,365	45,375	29,582	47,797	28,224
기 술 료		15,030	17,325	11,295	18,250	10,776
점검 횟수	정기점검	1	1	1	1	1
	통상점검	42	47	26	47	19
	수시점검	5	5	7	5	10
	기술교육	1	1	1	1	1

dCollection @ chosun

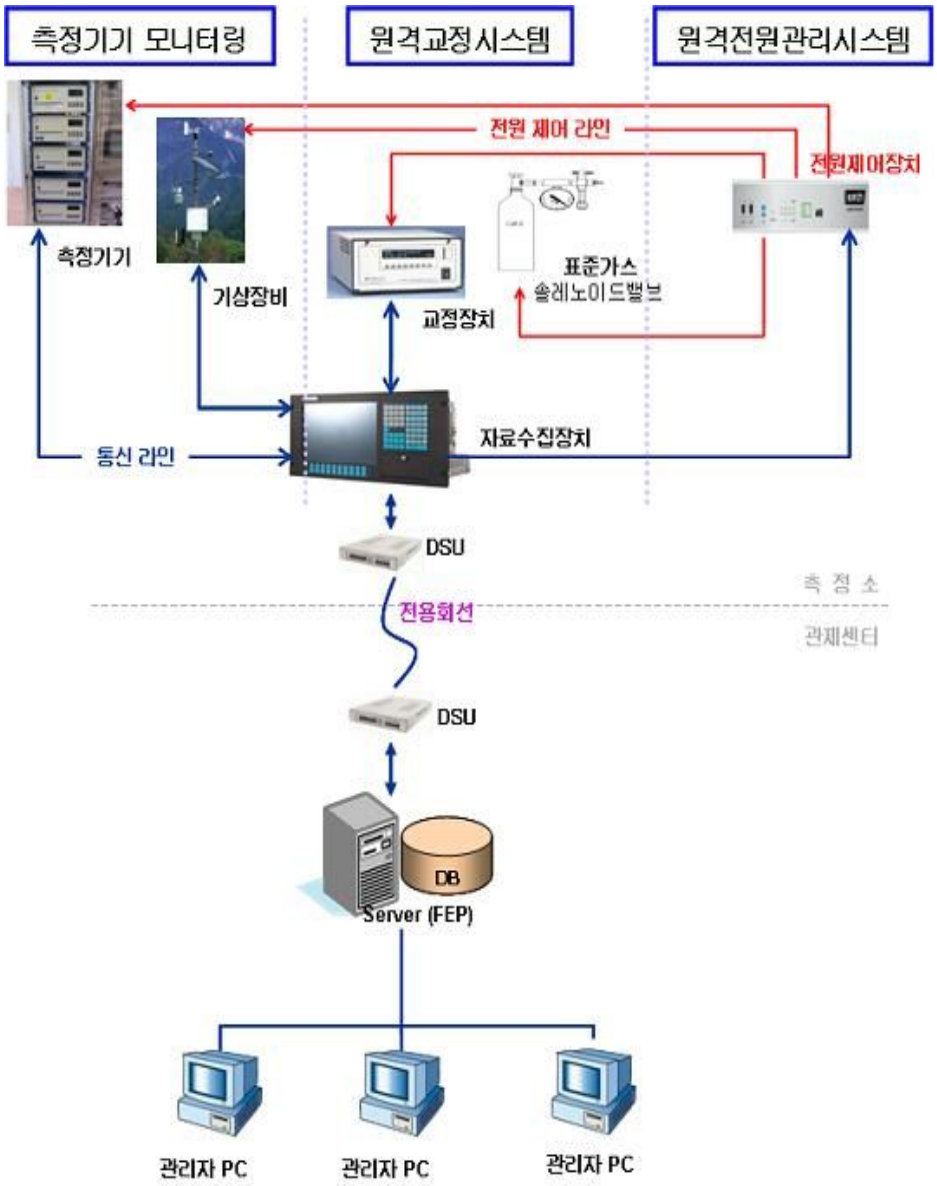


Fig. 44. Structure of remote management system.

Collection @ chosun

제 5 장 결 론

대기오염측정망의 시료채취용 펌프로 인한 소음민원해결방안과 작업환경개선, 원격관리시스템 구축을 위해 선행되어야하는 문제점 해결방안, 대기오염측정망의 점검 소요시간 단축과 측정자료 신뢰도 확보 등을 위한 효율적인 운영관리방안을 연구한 결과 얻은 결론은 다음과 같다

1) 미세먼지측정기기(R&P, TEOM 1400AB)에서 6개월 ~ 1년 정도 사용되고 버려지는 large by pass in-line filter를 시료채취용 펌프 배기구(exhaust)에 장착 재활용함으로써 소음을 16.6dB(A)를 저감시켜 소음민원 근본적인 해결방안제시와 작업환경 개선 및 폐자재를 재활용하여 예산을 절감시킬 수 있었다.

2) 측정기기에서 측정되고 버려지는 폐 가스의 환기장치 고안제작설치로 측정소 내 작업환경개선과 이산화질소측정기기에서 나오는 오존으로 인한 air compressor의 전기배선 등 PVC(polyvinyl chloride)물질 부식방지에 기여하였고, 배출 관을 이용 펌프의 성능을 점검할 수 있도록 장치를 개발하였다.

3) 혼합표준 가스통과 교정 장치를 연결해주는 관에 사용되는 테프론 관과 스테인레스 스틸 관을 6개월 동안 누출 실험하여 비교한 결과 스테인레스 스틸 관은 누출되지 않았다. 이 스테인레스 스틸 관을 혼합표준가스 공급 관으로 사용하여 표준가스가 누출되지 않도록 하였으며, 또한 연결 관의 길이를 최소한 짧게 하여 혼합표준가스가 균질하게 유입되는 소요시간을 단축하였다.

4) 자료수집 장치(D/L)의 하드웨어(H/W)문제가 아닌 소프트웨어(S/W)의 문제로 인한 시스템 오작동 방지와 측정자료 단절 또는 유실을 최소화하고 100% 원격접속 및 제어가 가능한 환경 제공을 위한 data logger reset module을 개발하였다.

dCollection @ chosun

5) 2-way solenoid valve를 이용 압축공기 발생장치의 응축수 배출구에 연결하여 원격으로 전원을 제어하여 응축수 배출과 일정수위에서 자동으로 응축수가 배출 되도록 하는 장치인 응축수 배출기능이 구비된 압축공기 공급 장치를 개발하여 대기오염측정망 원격교정시스템 구축환경을 조성하였다. 또한 air compressor 응축수 배출구에 2-way solenoid valve 연결한 장치를 2단으로 만들고 3-way solenoid valve을 연결하여 조연성 가스인 공기를 총탄화수소(THC) 측정기에 연결하여 응축수가 측정기기로 유입되지 못하게 하는 THC용 응축수 배출장치를 개발하였다.

6) 원격 전원 관리시스템을 구축하여 측정기기의 측정범위를 조정할 수 있으며, 환기장치인 환풍기의 전원 제어를 함으로써 측정소 작업환경 개선과 기기손실 방지와 소모품 예산절감을 가능하게 하였다.

7) 원격측정기기 모니터링 시스템을 구축하여 현지출장을 가지 않고 연구원 전산실에서 측정소 실내 환경, 기기의 성능, 고장유무, 고장 원인진단 및 조치와 측정기기의 상태를 상시 모니터링 하여 기기의 성능과 상태를 파악 후 사전에 수리자재를 확보함으로써 시기적절하게 소모품 및 성능저하 자재를 교체하여 측정자료의 신뢰도 향상과 측정기기 가동률을 향상시킬 수 있는 기반을 구축하였다.

8) 원격 교정시스템을 구축하여 측정기기를 상시 zero 및 span 교정을 실시하여 장시간 사용으로 인한 zero / span drift 문제를 해결함으로써 측정 자료의 정확도 및 신뢰도를 향상시켰다.

9) 원격관리시스템 구축으로 광주광역시의 경우 주 4일 출장 30시간 이상 소요되는 점검시간을 주 1일 출장 4시간으로 단축하여 업무량 감소와 유지보수 용역비를 매년 47 ~ 58백만원 절감가능 토록 개선하였고, 전국 16개 지방자치단체의 262개 측정소로 확대 시행하여 유지보수용역의 출장 및 점검횟수를 30%감소시키면 매년 982,500천원을 시킬 수 있으며, 60% 감소시키면 매년 1,965,000천원을 절감할 수 있을 것이다.

dCollection @ chosun

REFERENCES

1. 김용표, 서울의 미세먼지에 의한 대기오염, 한국대기환경학회지 제22권 제5호 pp.535 ~ 553, 2006
2. 한지현, 이미혜, 김영성, 전국 도시대기 측정망의 2000 ~ 2005년 PM10 농도 군집분석, 한국대기환경학회지 제24권 제3호 pp.300 ~ 309, 2008
3. 정창훈, 조용성, 황승만, 정용국, 유재천, 신동석, 비교 측정을 통한 PM-10 질량농도의 오차 분석, 한국대기환경학회지 제23권 제6호 pp.689 ~ 698, 2007
4. 유은철, 박옥현, GIS기반 의사결정지원시스템을 이용한 부산 대기질 측정망의 최적화, 한국대기환경학회지 제23권 제5호 pp.526 ~ 538, 2007
5. 장영기, 송동웅, 국내 대기오염모델링의 현황과 과제, 한국대기보전학회지, 제11권 제1호 pp. 1 ~ 14 , 1995
6. 전의찬, 우리나라 대기질 모델링의 현황과 발전방향, 한국대기환경학회지, 제15권 제3호 pp. 335 ~ 347, 1999
7. 이상득, 국지순환풍 모델을 이용한 광양만권 대기오염물질의 수치모델링, 한국대기환경학회지, 제19권 제1호 pp. 13 ~ 23, 2003
8. 홍성희 외 5인, 대구지역 대기질 특성 및 영향인자 pp. 1 ~ 66, 2003.05
9. 유은철 외 1인, GIS를 이용한 부산지역공간구조와 대기질 변화에 관한 연구(Ⅰ) : 배출량분포, 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집 pp. 318~319, 2003.
10. 이관희 외 7인, 2007년 충남지역 대기질 평가보고서 pp. 16 ~ 18, 2008.03
11. 환경부, 대기환경보전법, 2009
12. 환경부, 환경정책기본법, 2009
13. 환경부, 대기오염측정망설치·운영지침 pp. 8 ~ 402, 2009.04
14. 환경부, 대기환경연보(2007) pp. 11 ~ 16, 2008
15. 환경부, 대기오염측정망 운영과학화 및 발전방향모색을 위한 연찬회 pp. 3 ~ 81, 2005.11
16. 선진측정망 운영기법 습득을 위한 해외연수단, 유럽지역 대기오염측정망 운영관리실태 pp.1 ~ 43, 2004.10
17. 해외연수단, 오세아니아지역 대기오염측정망 운영관리실태 pp. 1 ~ 33, 2005.10

Collection @ chosun

18. 日本環境技術協會, 環境大氣常時監視 マニュアル pp. 1 ~ 4, 2004
19. 광주광역시, 혁신 그리고 1등 광주건설 pp. 129 ~ 132, 2005.05
20. 행정안전부, 생활공감 국민행복 우수제안, 2008년 국민·공무원중앙우수제안사례집 pp. 188 ~ 193, 2008.11.04
21. 임제빈 외 4인, 대기오염과 방지기술, pp.21 ~ 71, 동화기술, 1997.03
22. 김희강 외 9인, 인간과 환경, pp. 100 ~ 108, 동화기술, 2002.03
23. 윤오섭, 대기오염과 미기상학, pp. 22 ~ 51, 동화기술, 1990.02
24. 김기준 외 7인, 석유제품 저장시설에서의 THC 발생현황 조사, 한국대기환경학회 2008년 춘계학술대회논문집 pp. 244 ~ 245, 2008.04
25. 김종석, 대기환경 기준설정 배경에 관하여, 한국대기보전학회 제7권 제1호 pp. 67 ~ 71, 1991
26. 김민영, 환경 대기질 측정현황 및 과제, 한국환경위생학회지 제19권 제1호 pp. 1 ~ 12, 1993
27. 광주광역시, 광주광역시 지역환경기준(안)설정 pp. 3 ~ 43, 2002.12
28. 환경부, 2009년도 대기오염측정망 연찬회 pp.1 ~ 21, 2009.05
29. 환경부, 대기오염측정망 기본계획(2006 ~ 2010) pp.1 ~ 88, 2005
30. 환경부, 측정망설치운영실태평가 및 기본계획 조정을 위한 연구 pp. 3 ~ 198, 2004.12
31. 환경부, 대기오염공정시험방법 pp. 271 ~ 376, 2007.10
32. 기상청, 기상관측표준화법 pp. 1 ~ 32, 2008. 12
33. 기상청, 기상청고시 제2007-1호 지상기상관측용 자동기상관측장비의 표준규격 pp. 1139 ~ 1151, 2007.10
34. 환경부 · 환경관리공단, 대기오염측정망 적정 운영 관리를 위한 원단위 조사, pp. 1 ~ 93, 2003.09
35. 지식경제부, 고시 제2008-109호, 엔지니어링사업대가의 기준, 2008.06
36. 백성옥, 김기현, 허귀석, 대기환경측정과 정도관리(Ⅰ)- 원리와 방법론, 한국대기환경학회지 제20권 제2호 pp.237 ~ 249 , 2004
37. 백성옥, 허귀석, 김기현, 대기환경측정과 정도관리(Ⅱ)- 국내현황과 향후 과제, 한국대기환경학회지 제20권 제2호 pp. 251 ~ 261, 2004
38. 환경부 · 환경관리공단, 대기오염자동측정장비의 정도관리 개선방안 pp. 39 ~ 87, 2006.01
39. 환경부, 환경분야 시험·검사 등에 관한 법률, 2009
40. 환경부, 환경기술개발및지원에관한법률, 2005.07

dCollection @ chosun

41. 국립환경과학원, 환경측정기기의 형식승인 · 정도검사등에 관한 고시, 2008.12
42. 한국표준과학원, 대기오염 측정망 측정 신뢰성 향상 Workshop 발표자료 pp. 37 ~ 188, 2005.10
43. 한국표준과학연구원, 환경계측기기 기술자 과정교육 pp. 95 ~ 119, 2002.10
44. 한국표준과학연구원, 환경계측기기 기술자 과정교육 pp. 1 ~ 155, 2004.10
45. EPA, Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement System, 1999
46. EPA, Quality Assurance Project Plan(QAPP) Revision 2.0, 2003
47. 전의찬, 정진희, 조규탁, 이진순, 대기질 측정방법의 효율화 방안에 관한 연구, 서울시정개발연구원 pp. 3 ~ 49, 1994,
48. 환경관리공단 · 한국산업기술시험원 · 한국표준과학연구원, 대기오염측정망 정도검사 수행결과보고서 pp. 1 ~ 28, 2008.11
49. 정재학, 임호수, 김기현, 배위섭, 전의찬, 온실가스 기기 분석의 정도관리를 위한 고려사항 연구, 한국대기환경학회지 제22권 제5호 pp.712 ~ 718, 2006
50. 서광엽외 8인, 광주시 대기오염물질 배출량 변화추이에 관한 연구, 광주광역시 보건환경연구원보 제11권 pp. 61 ~ 92, 2008.03.
51. 서광엽외 7인, 광주지역 부유먼지 중 중금속 함량에 관한 연구, 광주광역시보건환경연구원보 제8권 pp. 81 ~ 98, 2005.03.
52. 자연을 사랑하는 사람들의 모임, 광주지역대기질의 효율적인 관리방안 pp. 1 ~ 72, 2000
53. 計量管理協会,新訂 公害計測技術指導書,コロナ社 pp. 229 ~ 498 , 1979.10.25
54. 環境廳大氣常時監視研究會, 環境大氣常視マニュアル 第4版, 日本環境技術協会 pp. 301 ~ 370, 1998.09
55. (社)日本電氣計測器工業会 公害對策技術同友会,環境計測器ガイドブック[第5版], 公協対策技術同友会 pp. 3 ~ 95, 2000.04.28
56. 浮遊粒子状物質対策檢討会, 浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル, 東洋館出版社 pp. 12 ~ 41, 1997.12.20
57. US EPA, Title 40CFR part 58, 1987
58. US EPA, The national ambient air monitoring strategy, 2004
59. US EPA, National air toxics monitoring strategy, 2004
60. 환경관리공단, 미국 캘리포니아주 대기관리기관 관련 정책 분석, pp. 5 ~ 76, 2003.10.24

dCollection @ chosun

61. European environment agency, Air pollution monitoring in Europe problems and trends, 1996
62. Metone instruments Inc., BAM1020 continuous particulate monitor operation manual, 2008
63. Rupprecht & Patashnick Co., Inc., Operating manual TEOM series 1400a ambient particulate monitor, 2005
64. 김영성, 오존 자동 측정망 자료 중의 이상치 점검, 한국대기환경학회지 제15권 제2호 pp.139 ~ 150, 1999
65. 한국표준과학연구원, http://www.kriss.re.kr/
66. 하림엔지니어링, AQM Program 대기오염측정장비 기술교육 pp. 5 ~ 130, 2007
67. 환경관리공단, 대기오염측정장비 기술교육 pp.3 ~ 20 , 2004.11
68. Thermo electron corporation, SO_2 analyzer model 43C instruction manual, 2005
69. Thermo scientific, Pulsed fluorescence SO_2 analyzer model 43i instruction manual, 2008
70. Thermo electron corporation, NO-NO_2-NOx analyzer model 42C instruction manual, 2005
71. Thermo scientific, Chemiluminescence NO-NO_2-NOx analyzer model 42i instruction manual, 2008
72. Thermo electron corporation, O_3 analyzer model 49C instruction manual, 2005
73. Thermo scientific, UV Photometric O_3 analyzer model 49i instruction manual, 2008
74. Thermo electron corporation, CO analyzer model 48C instruction manual, 2005
75. Thermo scientific, Trace level enhanced gas filter correlation CO analyzer model 48i instruction manual, 2008
76. Thermo electron corporation, THC analyzer model 55C instruction manual, 2005
77. Thermo electron corporation, Dynamic gas calibrator model 146C instruction manual, 2005
78. Thermo scientific, Dynamic gas calibrator model 146i instruction manual, 2008
79. Thermo scientific, Zero air supply model 111 instruction manual, 2005
80. Thermo scientific, iPort instruction manual, 2008
81. Horiba, Ambient SO_2 monitor APSA-370 operation manual, 2006
82. Horiba, Ambient NOx monitor APSA-370 operation manual, 2006
83. Horiba, Ambient O_3 monitor APSA-370 operation manual, 2006
84. Horiba, Ambient CO monitor APSA-370 operation manual, 2006
85. Sabio, Dynamic gas calibrator instruction manual, 2006

dCollection @ chosun

86. Teledyne advanced pollution instrumentation, UV fluorescence SO_2 analyzer model 100E instruction manual, 2007
87. Teledyne advanced pollution instrumentation, Chemiluminescence nitrogen oxides analyzer model 200E instruction manual, 2007
88. Teledyne advanced pollution instrumentation, ozone analyzer model 400E instruction manual, 2007
89. Teledyne advanced pollution instrumentation, carbon monoxide analyzer model 300E/EM instruction manual, 2007
90. Teledyne advanced pollution instrumentation, Dynamic dilution calibrator model 700E operator's manual, 2007
91. Teledyne advanced pollution instrumentation, Zero air module model 701 instruction manual, 2007
92. 김병곤, 김유준, 은승희, 지상원격관측(AERONET)을 통한 한반도 주변 에어로솔 광학특성 분석, 한국대기환경학회지 제24권 제6호 pp.629 ~ 640, 2008
93. 이권호, 김영준, 인공위성자료와 AERONET 관측자료를 이용한 러시아 산불시 발생한 에어로졸의 중장거리 모니터링, 한국대기환경학회지 제20권 제4호 pp.437 ~ 450, 2004
94. 김병곤, 권태영, 지상원격탐사를 이용한 에어로솔 간접효과 연구, 한국대기환경학회지 제22권 제2호 pp235 ~ 247, 2006
95. 이보경, 김영훈, 하재윤, 이동수, 자동연속측정시스템개발 및 이 시스템을 이용한 서울 대기 중 PM2.5의 화학적 조성과 특성에 관한 연구, 한국대기환경학회지 제21권 제4호 pp.439 ~ 458, 2005
96. 김학철, 하상민, 홍현수, 김경옥, 실시간 악취모니터링 및 자동 공기 포집 시스템, 한국대기환경학회지 제23권 제1호 pp.125 ~ 131, 2007

dCollection @ chosun

감사의 글

먼저 지금까지 이끌어 주신 하나님께 진정한 감사와 영광을 돌립니다.
길지 않은 시간이지만 논문이 나오기까지 많은 사랑과 격려를 아끼지 않으신 주위의 모든 분들께 깊은 감사의 말씀을 전해드리고자 합니다.

본 논문이 완성되기까지 아낌없는 지도와 관심을 가지고 이끌어 주셨던 지도교수님이신 신대윤 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 아울러 본 논문을 세심하게 심사하여 주시고 충실한 내용이 될 수 있도록 자상하게 검토하여 주신 전영남 교수님, 최형일 교수님, 정경훈 교수님과 원광보건대학 강공언 교수님께 진심으로 감사드립니다.
곁에서 배려와 학문적으로 지도해 주신 이성기 교수님, 정오진 교수님, 이인화 교수님께 진심으로 감사드립니다.

항상 자신의 일처럼 챙겨 주신 문옥란 선생님, 진영선 후배님, 대학원생실 학생들, 그리고 회산회(晦山會) 석 · 박사님들과 저를 곁에서 항상 응원해 준 환경연구회 문관식, 임관규, 김철중, 김병문, 심순섭, 송창영 형님들과, 몽우회 회원님과 사랑하는 친구인 최성수 목사님, 최홍철, 강훈일, 박대은, 한학규, 조동현 친구들께도 깊은 감사를 드립니다.

언제나 정으로 대해주시고 격려와 위로의 마음을 전해주신 박종태 원장님, 백계진 부장님, 김은선 부장님, 김재익 부장님, 정영두 과장님, 강영주 팀장님과 이 논문을 준비하고 완성하기까지 많은 도움을 주신 광주광역시 보건환경연구원 환경연구부 선생님 그리고 직장 동료 분들께도 감사의 마음을 전합니다. 또한 바쁘신 가운데 자료와 논문정리에 많은 협조를 하여준 김동수 박사님, 정재근 박사님, 송영일 박사님, 김현중 박사님, 이경석 선배님, 민경우, 이세행, 이재철, 김승호, 서희정 후배님께도 감사의 마음을 전합니다.

dCollection @ chosun

항상 많은 도움과 정보를 제공해 주신 한국산업기술시험원 홍종상 팀장님, 김덕승, 박진홍, 김충호, 이선우, 이기성 연구원과 엔솔티 시스템 정진기 사장님께 진심으로 감사드립니다.

그리고 본 논문의 영문초록 작성에 도움을 주신 문혜경 선생님, 산내중학교 박소영 선생님에게도 감사의 말씀드립니다.

나를 항상 염려해 주시고 기도해 주시는 이 세상에서 가장 소중하고 존귀하신 어머님과 장인, 장모님, 형님, 형수님, 누님, 자형, 새순교회 윤정중 담임목사님과 항상 우리가족을 위해 중보기도 해주시는 서정자 전도사님과, 김복기 장로님, 만포공동체 형제님들께 감사의 마음을 전합니다.

내게 항상 힘이 되어주고, 항상 기도해 주고, 항상 웃음 가득한 나의 사랑스럽고 소중한 아내와 논문 작성에 늘 힘이 되어준 나의 아들 지훈, 지성, 지민에게 한없는 사랑과 고마움을 전하며, 이 작은 결실의 기쁨을 함께 나누고자 합니다.

모든 사람이 건강하고 평안하기를 기도합니다.
마땅히 걸어야 할 길을 늘 최선을 다하여 걸어가고자 합니다.

2009년 6월
논문을 마치며...
서 광 엽 올림

dCollection @ chosun

저작물 이용 허락서

학 과	환경생명공학과	학 번	10141173	과 정	박 사
성 명	한글 : 서 광 엽 한문 : 徐 光 燁 영문 : Seo Gwang-Yeob				
주 소	광주광역시 북구 용봉동 976번지 중흥S-Class 103동 1103호				
연락처	E-MAIL : sky521@hanmail.net				
논문제목	(한글) 대기오염측정망 원격관리시스템 구축에 관한 연구				
	(영어) A Study on the Implementation of Remote Management System for Air Quality Monitoring Networks				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(○) 반대( )

2009년 6월 일

저작자 : 서 광 엽 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하

dCollection @ chosun