



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](#)

2011年 2月
碩士學位論文

江原地域 郊外 大氣質에
關한 研究

朝鮮大學校 大學院

環境生命工學科

尹 强 一

江原地域 郊外 大氣質에
關한 研究

A Study on Local Ambient Air Quality
in Gangwon

2011年 2月

朝鮮大學校 大學院

環境生命工學科

尹 强 一

江原地域 郊外 大氣質에
關한 研究

指 導 教 授 申 大 允

이 論 文 을 工 學 碩 士 學 位 申 請 論 文 으 로 提 出 함 .

2010 年 10 月

朝 鮮 大 學 校 大 學 院

環 境 生 命 工 學 科

尹 强 一

尹强一の 碩士學位論文을 認准함

委員長 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 朝鮮大學校 教授 申 大 允 印

2010 年 11 月

朝鮮大學校 大學院

목 차

List of Tables	iv
List of Figures	vi
ABSTRACT	vii
제1장 서론	1
제2장 이론적 배경	3
제1절 대기오염의 영향	3
1. 대기오염의 정의	3
2. 대기오염의 영향	4
가. SO ₂	4
나. NO ₂	6
다. O ₃	7
라. CO	8
마. 미세먼지(PM10)	9
바. 그 밖의 대기오염물질의 영향	10
제2절 대기환경기준	11
1. 환경기준의 설정 목적	11
2. 환경기준의 설정 및 근거	11
3. 우리나라 대기환경기준	12

제3절 대기오염측정망의 현황 및 종류	13
1. 대기오염측정망의 현황 및 종류	13
2. 교외대기 측정망	13
제4절 대기오염 측정기의 원리	15
1. SO ₂ 측정기의 원리	16
2. NO ₂ 측정기의 원리	18
3. O ₃ 측정기의 원리	19
4. CO 측정기의 원리	20
5. 먼지(PM10) 측정기의 원리	21
제5절 기상인자	22
1. 기 온	22
2. 습 도	22
3. 바 람	22
4. 일 사 량	22
제3장 연구내용 및 방법	23
제1절 연구내용	23
제2절 연구방법	25
제4장 결과 및 고찰	27
제1절 지역별 기상인자	27
1. 고성	27
2. 양구	30
3. 정선	32
4. 횡성	35

제2절 측정소의 지역별 농도변화	37
1. 고성 측정소	37
2. 양구 측정소	39
3. 정선 측정소	41
4. 횡성 측정소	43
제3절 측정소의 항목별 농도변화	45
1. SO ₂	45
2. O ₃	46
3. CO	47
4. NO ₂	48
제4절 측정소별 환경기준 초과횟수	49
제5절 대기오염도와 기상인자의 상관성 분석	51
1. 고성 측정소	51
2. 양구 측정소	52
3. 정선 측정소	53
4. 횡성 측정소	54
제5장 결론	55
References	57

List of Tables

Table 1. Modification of systems and details of intensification of	11
Table 2. Modification of systems and details of intensification of air	13
Table 3. Methods of measuring the air quality standard items	14
Table 4. The status of local ambient air monitoring networks	23
Table 5. Analyzers for implementation of remote management system	25
Table 6. Frequency of rain day in Goseong	26
Table 7. Temperature changes in Goseong	27
Table 8. Precipitation changes in Goseong	27
Table 9. Wind velocity changes in Goseong	28
Table 10. Solar irradiance changes in Chuncheon	28
Table 11. Frequency of rain day in Yanggu	29
Table 12. Temperature changes in Yanggu	29
Table 13. Precipitation changes in Yanggu	30
Table 14. Wind velocity changes in Yanggu	30
Table 15. Frequency of rain day in Jeongseon	31
Table 16. Temperature changes in Jeongseon	31
Table 17. Precipitation changes in Jeongseon	32
Table 18. Wind velocity changes in Jeongseon	32
Table 19. Solar irradiance changes in Wonju	33
Table 20. Frequency of rain day in Heongseong	34
Table 21. Temperature changes in Heongseong	34
Table 22. Precipitation changes in Heongseong	35
Table 23. Wind velocity changes in Heongseong	35
Table 24. Frequencies in excess of O3 environmental standards	49
Table 25. Coefficient of correlation between a degree of air pollution and meteorological factors in Goseong	50
Table 26. Coefficient of correlation between a degree of	

air pollution and meteorological factors in Yanggu.....	51
Table 27. Coefficient of correlation between a degree of air pollution and meteorological factors in Jeongseon	52
Table 28. Coefficient of correlation between a degree of air pollution and meteorological factors in Heongseong.....	53

List of Tables

Fig. 1. Figure 10-2: UV Light Path.....	15
Fig. 2. Gas Flow and Location of Critical Flow Orifice.....	16
Fig. 3. NO ₂ Principle Conversion.....	17
Fig. 4. Absorption Path.....	18
Fig. 5. Reference / Measurement Gas Cycle.....	18
Fig. 6. Measurement Fundamentals.....	19
Fig. 7. The map of local ambient air monitoring site	22
Fig. 8. Type of Analyzer.....	25
Fig. 9. Air quality changes of Goseong observatory.....	37
Fig. 10. Air quality changes of Yangggu observatory.....	39
Fig. 11. Air quality changes of Jeongseon observatory.....	41
Fig. 12. Air quality changes of Heongseong observatory.....	43
Fig. 13. Annual average of SO ₂ concentration changes by region.....	44
Fig. 14. Annual average of O ₃ concentration changes by region.....	45
Fig. 15. Annual average of CO concentration changes by region.....	46
Fig. 16. Annual average of NO ₂ concentration changes by region.....	47

ABSTRACT

A Study on Local Ambient Air Quality in Gangwon

Yoon Kang Il

Advisor : Prof. Shin Dae-Yewn Ph. D.

Department of Environmental Bioengineering

Graduate School of Chosun University

The main objectives of this thesis were to investigate the properties of air quality in a suburb of Gangwon area for five years, from Jan. 2005 to Dec. 2009.

The thesis is based on analysis of monthly distribution of concentration and annual changes of SO₂, O₃, CO and NO₂ at Goseong, Yanggu, Jeongseon and Heongseong observatory in Gangwon area.

BY each observatory, items and frequencies which exceeds atmosphere environmental standards have been analyzed.

Simple-correlation-analysis about relevance between the degree of air pollution and meteorological factors has been conducted by using measurements from the nearby Meteorological Administration.

Some of the measurement series carried out indicate that annual average air pollution level of SO₂ has been kept constant without significant annual changes.

Annual average distribution of SO₂ concentration in different localities was measured between 0.0014–0.0033ppm for five years.

Compare to other observatories, low SO₂ concentration has been shown at Yanggu observatory and high SO₂ concentration shown at Jeongseon observatory.

It is also shown that concentration of SO₂ has been decreased steadily at most observatories.

There is no considerable concentration changes in O₃ depending on each observatory and a certain degree of O₃ concentration is maintained.

O₃ concentration has been above average of Gangwon urban air quality.

Annual average distribution of O₃ concentration in different localities has been observed between 0.0014–0.0033ppm for five years.

For the comparison with other observatories, Yanggu observatory showed high O₃ concentration while Goseong observatory showed high concentration.

Observed concentration of CO has shown a gradual decrease without significant annual changes.

Annual average distribution of CO concentration in different localities has been observed between 0.3–0.5ppm for five years.

As compared with other observatories, low concentration of CO at Heongseong observatory is analyzed.

Concentration of NO₂ has been kept constant without significant annual changes, but concentration gap among observatories is wide.

Annual average distribution of NO₂ concentration in different localities is measured between 0.0034–0.0096ppm for five years.

In contrast with other observatories, measurement at Goseong and Yanggu observatory has shown low NO₂ concentration but Heongseong observatory shown high concentration.

Observed data indicate that items of SO₂, CO and NO₂ of Local Ambient Air Quality observatories in Gangwon area meet all standards for hour, day and year, whereas O₃ concentration exceeds a hour and eight hours Standard for concentration.

Results from the Simple-correlation-analysis and correlation of each item between meteorological factors and air pollution have been shown inverse-relationship except O₃.

The measurements also show that O₃ has high correlation with solar irradiance and high interrelationship according to items of O₃, CO and NO₂ has been analyzed.

제1장 서론

강원도는 수도권에 위치한 한강의 발원지로 많은 산악지역으로 이루어져 있고 면적은 넓은데 비해 인구와 산업활동이 적어 다른 도시에 비해 청정한 대기질 상태를 유지하고 있다.

1970년 이후 경제발전 우선정책으로 인하여 급격한 산업화와 도시로 인구가 집중되는 것을 가중시켰다. 이로 인하여 환경보전에는 관심을 기울이지 못하여 대기오염도가 급격히 증가하였으며 그 피해는 점점 심해지고 있다.

1980년대부터 청정연료 및 저황유의 공급확대 등 정부의 지속적인 연료정책에 힘입어 이산화황 배출량은 감소되어 1차 오염물질인 이산화황의 대기중 농도는 계속 낮아지고 있으나 자동차의 급격한 증가로 인하여 질산화물과 탄화수소 등의 배출량은 계속 증가하고 있다.¹⁾

1995년부터 오존 경보제와 1997년부터 오존 예보제가 시행되고 있다. 또한 미세먼지와 오존에 따른 시정장애현상 등 인체에 미치는 체감오염은 개선되지 않고 있으며 오염형태가 선지국형으로 변화하고 있다.²⁾

배출조건이 동일한 경우에도 대기오염도는 그날의 기상조건 즉 바람의 방향과 세기, 변동특성, 대기안정도, 혼합층의 발달형태 등에 따라 큰 차이를 나타낸다. 일반적으로 바람은 오염물질이 대기중으로 퍼져 나가는데 결정적인 역할을 한다. 따라서 수용점에서의 대기오염도를 분석하기 위해서는 배출된 오염물질이 수용점까지 이동하는 과정에 지대한 영향을 미치는 기상조건, 바람장에 대한 정확한 파악이 요구된다. 또한 풍향, 풍속이나 대기 혼합고 등의 기상조건은 끊임없이 변화할 뿐 아니라 그 변화특성이 지형조건에 매우 민감한 영향을 받는다.

겨울철 기압배치를 통해 기온과 풍속은 상당한 역상관을 보여 기온이 낮으면 배출량이 증가하여 농도가 높을 것으로 예상되었으나 오히려 낮게 나타났는데 이는 기온이 낮을 때 풍속의 증가로 인한 환기효과의 강화로 농도를 감소 시키는 것으로 판단되어 겨울철 아황산가스의 농도는 배출량보다 기상

요소에 더 지배를 받는 것으로 알려졌다.³⁾

우리나라의 대부분의 대기 측정망은 오염원이 다량으로 존재하는 대도시에 존재한다. 대기오염의 특성 및 오염도 변화에 영향을 주는 요소들에 대한 상관관계 자료는 많이 축적이 되었다. 그러나 청정한 교외지역에 대한 대기질의 분석은 부족한 실정이다.⁴⁾

본 연구에서는 강원도의 교외대기 자동측정망이 설치되어 있는 고성, 양구, 정선, 횡성지역의 최근 5년간의 대기오염농도와 기상인자와의 상호관련성을 조사하고 월별, 연도별 변화 경향과 강원도 도시대기, 타도시의 교외대기와의 변화경향을 조사함으로써 강원도의 교외 대기질을 이해하는 것이 연구의 목적이다.

제2장 이론적 배경

제1절 대기오염의 영향

1. 대기오염의 정의

세계보건기구 (WHO)에서는 대기오염을 “대기 중에 인위적으로 배출된 오염 물질이 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.

대기오염물질은 크게 가스상 물질과 입자상 물질로 나누어 볼 수 있다. 가스상 물질은 물질의 연소, 합성 및 분해 등의 공정에서 발생하고, 입자상 물질은 물질의 연소, 합성, 분해공정과 파쇄, 선별, 이송 등 기계적인 처리과정에서 발생한다. 대기오염물질을 생성과정에 따라 분류할 경우에는 공장의 굴뚝이나 자동차 등에서 대기 중으로 직접 방출된 1차 오염물질과 1차적으로 배출된 오염물질이 대기 중에서 광화학반응 등을 통해 발생하는 2차 오염물질로 구분할 수 있다.

우리나라는 대기오염물질을 대기환경보전법에서 아황산가스(SO₂), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO₂), 악취물질 등 가스상 물질(악취물질 포함)과 먼지 등 입자상물질을 포함한 총 61종의 물질로 정하고 있으며, 이 중 카드뮴 등 35종을 특정대기유해물질로 정하여 관리하고 있다.⁶⁾

2. 대기오염의 영향

가. SO₂

아황산가스(SO₂)는 공장 배기가스 중에 보편적으로 함유되어 있어 대기를 오염시킴으로써 인체의 건강에 미치는 영향은 물론 특히 식물에 미치는 영향은 더욱 크다. 각종 생활용품을 부식시킴으로써 경제적 손실도 큰 것으로 알려졌다.

SO₂는 비가연성인 폭발성 있는 무색의 자극성 냄새를 가지고 있는 기체로서 분자량 64.07, 융점 -75.5℃, 비등점 -10.02℃, 비중 2.2226(공기=1)이며 물에 대한 용해도는 10.5g(20℃)이며 수용액은 아황산을 함유한다. 환원성이 있으며 수분이 있으면 아황산으로 각종 색소를 표백한다.

공업적으로는 다량으로 황산제조의 원료로 사용되며 짚, 비단, 양모 등의 표백 혹은 환원제, 냉동제 등에 사용된다. 또한 사과와 건조저장 중에 갈변방지를 위하여 황을 연소시켜 이산화황으로 훈증하기도 하는데 사과 1ton에 황 3kg을 쓴다. 과거에는 선박내의 쥐를 구제하는 목적으로 SO₂가스를 이용하였으며 빈대나 벼룩 등 위생 해충의 박멸을 위하여서도 이 가스가 이용되었다.

발생원은 자연적으로는 화산가스과 광천에서 SO₂가스가 존재하며, 인위적인 SO₂의 발생은 산업장, 화력발전소의 보일러 및 가정난방시 석탄과 중유 혹은 석유를 연료로 이용함으로써 연소과정에서 SO₂가스를 발생케 한다. 석탄 중 0.5~2.5%의 황성분이 함유되어 있으며, 산지별 원유의 황 함유량을 보면 동남아지역의 경우 0.15%, 이란 1.4%, 쿠웨이트 2.4%로 되어 있다.

산업장 내에서 아황산가스가 발생하는 작업공정을 보면 용광로, 황산공장, 표백, 펄프, 설탕정제, 젤라틴의 정제, 냉동기, 축전지, 알칼리염, 소독제, 알칼리염, 소독제, 살충제, 염료의 제조와 관련된 작업장에서 SO₂가 발생되어 급성중독 및 대기오염을 초래하게 된다.

식물의 경우, 잎의 하부에서 기공이 열려져 있어 기공으로 침입한 SO₂는 해면조직과 책상조직을 파괴한다. 그러므로 광택이 없는 건조한 오점이 잎의

주변과 잎맥에 형성되며 이러한 결과로서 수분이 상실되고 건조되어 황갈색 또는 상아색으로 퇴색하며 고갈된다. 보리와 알팔파, 코스모스는 SO₂에 저항력이 약하며, 0.2ppm 정도의 농도에 10일 이상 폭로되면 동화작용이 저하된다. 셀러리와 소나무는 식물 중에서 SO₂에 비교적 강한 부류에 속하나 0.2~0.3ppm 농도에서 1일 평균 8시간 이상 폭로할 때 영향을 받는다.

10~50ppm의 SO₂에 폭로될 가능성이 있는 직업에 종사하는 사람이 장해를 나타내지 않는 경우도 있으나 일반적으로는 폐섬유증, 폐기종, 천식 등의 장해를 받는 사람이 많다.

같은 농도에서도 습도가 적은 경우는 장해가 적지만 미립자 및 황산 등의 흡입성 물질이 혼재하여 있는 경우는 장해성도 증가한다. 이와 같은 직업에 종사하고 있는 사람의 증상으로 노의 산성화, 호흡곤란, 호흡유량저하, 상기도의 자극감, 후각 및 미각의 저하, 비염, 기관지염, 기침 및 객담량의 증가 또는 감기와 폐렴이 이환되어 있는 경우 그 지속시간이 연장된다.

한편 1ppm 또는 그 이상의 SO₂를 흡입하면 호흡수와 맥박수가 증가하는 경우가 있다. 건강인에게도 1~2ppm의 SO₂가스를 흡입하면 기도에 위축증상이 나타난다.

건강인에게 SO₂가스를 흡입시키면 기도 폐쇄성의 변화를 초래하는 경우도 있으며 기관지천식환자에 있어서는 특히 예민하다. 정상인의 경우, 10~20ppm으로서 인후의 자극감, 기침, 흉부의 압박감, 눈의 자극 및 눈물이 난다. 300~500ppm의 농도에서는 단시간내에 중독증상을 나타내고 흉통, 호흡곤란, 두통, 폐부종, 의식혼란 등을 일으킨다. 그러므로 400~500ppm 이상일 때 생명이 위험하다.⁸⁾

나. NO₂

자연적으로 상당량의 질소산화물이 생물 반응에 의해 발생하나 그것에 의한 환경오염은 무시해도 좋다. 그러나 인공적으로 중요한 발생은 현재 휘발유나 디젤엔진에서의 일산화질소의 발생인데 최고 4000ppm의 일산화질소를 함유한다.

가스터빈의 배기가스는 최고 2,000ppm의 일산화질소를 함유하고, 석탄을 연료로 하는 공정에서의 배기가스는 가열로의 형식에 영향을 미치기도 하나 200~1,200ppm의 일산화질소를 함유한다. 그러므로 환경오염물질로서의 질소산화물은 인간의 활동에 의하여 먼저 NO가 환경 중에 나타나며 NO는 공기 중의 산소에 의하여 산화되어 NO₂가 된다. 이때 탄화수소의 공존과 빛이 필요하다.

NO가 배출되어진 직후 NO의 NO₂로의 전환은 늦으나 1ppm 저농도에서도 탄화수소와 공존하며 광화학적 반응에 의하여 NO의 NO₂로 전환하는 속도가 빨라진다.

질소산화물의 발생이 있는 작업공정으로는 폭약·비료·필름의 제조, 금속의 부식, 사진건판, 아크등의 작업 등이 있다.

NO₂는 미립자상 물질의 공존에서 강하게 나타나며 이것은 지역주민에 대하여 공해가 된다. 목면 및 나일론 섬유는 NO₂가 0.6~2.0ppm 정도로서 그 염색이 탈색되며 또 그 섬유자체의 질도 저하된다. 질소산화물이 식물에 미치는 영향으로 NO₂가 25ppm에서 급성의 영향을 받아 고사한다.

NO₂의 급성작용을 보면 자극성 가스로서 눈과 코를 강하게 자극하고 폐충혈과 폐수종, 섬유성 폐쇄성 기관지염과 폐암을 일으켜 결국 사망 한다.

냄새를 맡을 수 있는 농도는 1~3ppm이며 500ppm에서 즉시 폐수종이 오고 1일 이내에 사망한다. 또한, 150~200ppm에서는 3~5주에 사망한다고 보고되어 있다. 13ppm에서 눈이 따갑고 코에 자극이 오며, 50ppm에서 코에 강한 자극을 느끼며 가슴이 거북함을 느낄 수 있고, 80ppm 농도에서는 가슴이 막힌 것 같은 증상을 느낄 수 있다.⁸⁾

다. O₃

오존은 대기 중에서 2차 광화학 오염물질로 분류되어 주로 NO_x 및 VOCs 등의 1차 오염물의 농도와 수직·수평적 기상조건에 따른 물질의 이동과 기온, 일사량 등에 의하여 생성·소멸되는 것으로 알려지고 있다.⁹⁾

분자식 O₃이며 산소의 동소체이다. 분자량은 48.00, 녹는점 -193℃, 끓는점 -112℃, 0℃ 1atm에서 밀도는 2.144g/ℓ, 용해도는 49.4mℓ/100mℓ이며, 액체일 때 비중은 1.57(측정온도 -183℃)이다. 기체일 때는 독특한 냄새가 나는 담청색이며, 액체일 때는 청색이며, 고체일 때는 암자색이다.

건조한 산소나 공기 중에서 고압방전이나, 물을 플루오르로 분해할 때, 자외선, X선, 음극선 등이 공기 속을 통과할 때, 또는 황산의 전기분해 등에서도 산소에 수반해서 발생한다. 많은 양을 제조할 때에는 방전을 이용한 오존 발생기 등을 사용한다. 세균·바이러스의 제거를 위해 공기의 정화, 상수도의 살균, 폐수처리에 사용되는 외에 향료의 합성, 탈취, 유기물의 구조 결정 등에 쓰인다.¹⁸⁾

오존이 인체에 미치는 영향은 만성 호흡질환, 천식 악화, 폐활량 감소, 폐렴, 생체 면역능력의 감소와 같은 현상이 일어나며 오존이 기관지를 통해 인체 내부로 유입되어 기관지의 세포 및 조직에 영향을 미쳐 기관지 질환과 폐기능의 악화를 초래한다.¹⁹⁾

라. CO

일산화탄소의 분자량은 28.01이고 비중은 0.0967로서 공기보다 약간 가볍다. 융점은 -205.7°C 이며 액화점은 -190°C 이다. 일산화탄소의 생성은 산소의 공급이 불충분한 상태에서 발생한다.

코크스 연소로, 제철, 자동차배기, 탄광갱, 기관실, 석유화학, 야금, 유기합성, 주물공장, 암모니아제조, 보일러실 등 많은 작업장에서 발생된다.

CO의 급성적인 피해는 역시 CO오염도와 노출시간이 문제된다. 그러나 환경농도와 노출시간은 어디까지나 추정에 필요한 사항에 불과하며 실제로는 헤모글로빈(Hb)과 결합된 CO의 정도, 즉 혈중 일산화탄소의 포화도에 의해 증상에 나타난 것이 원칙이다. Hb이 O_2 와 결합하는 힘보다 CO와의 결합력이 약 210~250배 정도 강하므로 O_2 보다 훨씬 적은 농도의 CO일지라도 쉽게 Hb과 결합하여 조직에 충분한 O_2 의 공급을 방해하므로 조직에 산소결핍증을 유발하게 된다.

혈중에 HbCO의 농도가 2~5%이면 시간간격을 확실히 모르게 되고, 시력이 둔해지며, 5% 이상이면 심장과 폐에 기능변화가 생긴다. CO의 급성중독은 뇌조직과 신경계통에 가장 많은 피해를 가져온다.

마. 미세먼지(PM10)

미세먼지는 공기 중의 고체상태의 입자와 액적상태의 입자의 혼합물을 말한다. 미세먼지는 수많은 오염물질로 가득한 도심의 대기를 무겁게 짓누르는 주범이며, 대기 중의 빛을 산란시켜 가시거리를 감소시킨다. 낮 동안 발생한 인위적인 미세먼지가 만들어내는 거대한 오염 띠는 찬 공기와 더운 공기의 순환을 막아 도시에 항상 오염물질이 떠다니게 한다. 미세먼지는 크기가 작아 한번 발생하면 쉽게 사라지지 않으며, 연소 과정을 통해서 발생한 미세먼지는 대부분 1/10,000~1/1,000분의 1mm 사이의 크기이며 다양한 독성물질로 구성되어 있기 때문에 건강 위해성과 관련하여 많은 관심을 받고 있다.¹⁰⁾

미세먼지는 1/100mm이하의 작은 먼지이며, 우리 눈에 보이지 않을 뿐 밤에도 낮에도 대기 중에 떠다닌다. 대부분의 미세먼지는 물질이 연소될 때 발생하는 눈에 보이지 않는 작은 알갱이다.

대기 중 PM10은 일차적 또는 이차적으로 생성된다. 일차적 분진은 대기 중으로 직접 방출되고 이차적 분진은 대기 중에서 아황산가스, 이산화질소, 암모니아 및 휘발성 유기물질과 같은 가스 오염 물질의 광화학적 반응에 의해서 생성되며 이러한 이차적 분진은 주로 미세분진에 해당한다.¹¹⁾ 연소시 및 산업공정시 방출되는 분진들이 주요 인위적 분진오염원으로 알려져 있다.¹²⁾

미세먼지는 호흡기관을 통해 기관지나 폐포까지 침투할 수 있고 주로 연소 및 광화학적 과정에 의해서 생성되며 독성이 강한 물질을 많이 포함하기 때문에 인체에 더욱 유해한 것으로 알려져 있다.^{13,14)}

높은 농도의 PM10에 노출될 때 치사율과 같은 급성영향과 만성적인 호흡기 질병이 유발된다.^{15~17)}

또한, 미세먼지는 시정을 악화시키고, 식물의 잎 표면에 침적되어 신진대사를 방해하며, 건축물에 퇴적되어 유적물이나 도상 등에 부식을 일으킨다.¹⁸⁾

마. 그 밖의 대기오염물질의 영향

(1) 납(Pb)

1986년까지는 자동차 연료인 유연휘발유 중의 사에틸납(Tetra Ethyl Lead)이 대기 중 납(Pb)의 주요 배출원이었으나, 1986년부터 무연휘발유를 사용하면서 배출량이 감소하였다. 대신, 최근에는 금속공정(철 제련공장, 비철 제련공장, 배터리 제조업체 등)이 대기 중 납의 주요 배출원이 되고 있다.

호흡이나 음식물, 음료수, 토양 또는 먼지 속에 있는 납이 경구로 통하여 몸속으로 들어오게 되며, 피 속이나 뼈 그리고 세포 속에 축적되어 간장, 신장, 신경계통 등 여러 신체기관들에 나쁜 영향을 미친다. 납을 과다 흡입하게 되면 발작, 지적 성장력 부진, 행동장애 등 신경장애를 일으키는 것으로 알려져 있다.

(2) 벤젠(Benzene)

무색으로 특유한 냄새가 나며 휘발성이 강하고 알코올, 클로로포름, 아세톤 등 유기용매에 잘 녹는다. 안정적인 분자구조로 반응성이 약하다. 합성고무, 유기안료, 합성수지, 방충제, 방부제 등의 주원료로 사용되며 오일과 석유에도 함유되어 있다. 과거에는 세정제 등 용제로 널리 사용되었으나, 현재는 상당수 다른 비독성 유기용제로 대체되고 있다. 유기물질과 화석연료의 연소시 발생하며 주된 배출원으로 자동차의 배출가스, 석유의 저장과 운송 중 증발 등이 있다. 대기 중 반감기는 24시간 미만이며 대기 중으로 배출된 벤젠은 희석 또는 제거되거나 높은 증기압으로 인해 재증발된다.

호흡을 통해 약 50%가 인체에 흡수되며 아주 작은 양이지만 피부를 통해 침투되기도 한다. 체내에 흡수된 벤젠은 주로 지방조직에 분포하게 되며, 급성중독일 경우 마취증상이 강하게 나타나며 호흡곤란, 불규칙한 맥박, 졸림 등을 초래하여 혼수상태에 빠진다. 만성중독일 경우 혈액장애, 간장장애를 일으키고 재생불량성 빈혈, 백혈병을 일으키기도 한다. WHO, 국제암연구센터(IARC) 등에서 벤젠은 발암물질로 규정하거나 분류하고 있다.⁶⁾

제2절 대기환경기준

1. 환경기준의 설정 목적

우리나라의 환경정책기본법(제10조, 환경기준의 설정)에 의해 설정된 환경기준은 사람의 건강을 보호하고, 쾌적한 생활환경을 유지하기 위해 설정되었다. 환경기준은 우리나라 환경정책의 행정목표치로서, 환경개선을 위한 오염 정도를 판단, 예측하고 대책을 강구하는 척도로 사용된다. 환경보전에 관한 국민의 권리·의무와 국가의 책무를 명확히 하고 환경정책의 기본이 되는 사항을 정하여 환경오염과 환경훼손을 예방하고 환경을 적정하고 지속가능하게 관리·보전함으로써 모든 국민이 건강하고 쾌적한 삶을 누릴 수 있도록 함을 목적으로 한다.⁵⁾

2. 환경기준의 설정 및 근거

대기오염의 환경기준 설정은 수년 이내에 달성하고자 하는 단기목표치와 수 십년동안 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.

단기목표치는 현시점의 국가오염도 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 악영향을 우선시하여 현재 지식으로는 잘 알려져 있지 않으나, 악영향을 일으킬 수 있는 가능성을 충분히 고려하여 낮게 설정한 기준치이다.

반면 우리나라의 환경정책기본법에 제시되어 있는 대기환경기준은 현재의 우리나라의 오염도를 감안하여 설정한 중간적 목표치의 의미를 갖고 있다.⁶⁾

3. 우리나라 대기환경기준

1978년 이산화황에 대한 기준을 최초로 설정한 이래 현재까지 5회에 걸쳐 항목 추가 및 기준을 강화하였다. 그 내용은 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Modification of systems and details of intensification of air quality standard

항목		1978	1983	1991	1993 ^{주)}	2001 ^{주)}	2007 ^{주)}
이산화황 (ppm)		0.05/년 0.15/일	0.05/년 0.15/일	0.05/년 0.15/일	0.03/년 0.14/일 0.25/시간	0.02/년 0.05/일 0.15/시간	0.02/년 0.05/일 0.15/시간
일산화탄소 (ppm)		-	8/월 20/8시간	8/월 20/8시간	9/8시간 25/시간	9/8시간 25/시간	9/8시간 25/시간
이산화질소 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		-	0.05/년 0.15/시간	0.05/년 0.15/시간	0.05/년 0.08/일 0.15/시간	0.05/년 0.08/일 0.15/시간	0.03/년 0.06/일 0.1/시간
먼지 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	총먼지	-	150/년 300/일	150/년 300/일	150/년 300/일	-	-
	미세 먼지 (PM10)	-	-	-	80/년 150/일	70/년 150/일	50/년 100/일
오존 (ppm)		-	0.02/년 0.1/시간	0.02/년 0.1/시간	0.06/8시간 0.1/시간	0.06/8시간 0.1/시간	0.06/8시간 0.1/시간
납 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		-	-	1.5/3개월	1.5/3개월	0.5/년	0.5/년
탄화수소 (ppm)		-	3/년 10/시간	3/년 10/시간	-	-	-
벤젠 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		-	-	-	-	-	5/년

- 주 : 1. 1시간 평균치는 999천분위수의 값이 그 기준을 초과해서는 안 되고,
8시간 및 24시간 평균치는 99백분위수의 값이 그 기준을 초과해서는 안된다.
2. 미세먼지는 입자의 크기가 $10\mu\text{m}$ 이하인 먼지를 말한다.
3. 1993년 이산화황, 미세먼지(PM-10) 기준 신설 (1995년 적용)
4. 2007년 벤젠기준 신설 (2010년 적용)

제3절 대기오염측정망의 현황 및 종류

1. 대기오염측정망의 현황 및 종류

Table 2는 우리나라 측정망의 현황을 나타낸 것이다. 대기오염 실태를 파악하고 대기질 개선 대책수립에 필요한 기초자료를 확보하기 위하여 환경부 및 지방자치단체에서 총 10개 종류의 측정망(도시대기, 도로변대기, 산성강하물, 국가배경농도, 교외대기농도, 대기중금속, 유해대기물질, 광화학오염물질, 시정거리 및 지구대기측정망)을 설치·운영하고 있으며, 이 중 행정코드가 부여된 곳은 2010년 2월 기준 전국 89개 시·군에 총 438개소이다.⁷⁾

2. 교외대기 측정망

교외대기측정망의 기본 목적은 지역의 토지이용 상황이나 기타 인위적 활동의 변화와 관련된 장기적 대기조성의 변화를 파악하는 것으로 위치선정은 국가 배경농도 측정망보다 덜 엄격하다

설치장소는 도시지역 또는 도시근교 지역에서 측정된 자료는 도시의 오염물질에 의한 영향으로 해당 지역의 배경농도를 대표하지 못하므로 측정소 설치지역에서 제외해야한다.

또한 측정소가 점오염원으로부터 오염의 영향을 받지 않도록 인위적인 시설에서 상당히 떨어져 있어야한다. 거리를 지키기 어려운 경우에는 근거리 지역의 오염원을 감내하되 측정치중 지역 대표성이 없는 측정자료를 배제하기 위해 적정한 기상 관측기록을 유지해야한다⁶⁾

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

측 정 망	측 정 항 목	측 정 목 적	측 정 주기	측 정 소 수		
				소 계	환 경 부	지 자 체
도시대기측정망	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM-10, 풍향, 풍속, 온도, 상대습도	도시지역의 평균 대기질 농도를 파악하여 환경 기준 달성 여부 판정	연속/1시간	236 (71개 시·군)	-	236 (71개 시·군)
도로변대기측정망	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM-10, 풍향, 풍속, 온도,	자동차 통행량과 유동 인구가 많은 도로변 대기질을 파악	연속/1시간	33 (16개 시)	-	33 (16개 시)
산성강하물측정망	pH, 강수량, 전기 전도도, 이온농도	대기 중 오염물질의 건성 침착량 및 강우·강설 등에 의한 오염물질의 습성 침착량 파악	강수시	39 (36개 시·군)	39 (36개 시·군)	-
국가배경농도측정망	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM-10, 풍향, 풍속, 온도	국가적인 배경농도를 파악하고 외국으로부터의 오염물질 유입, 유출상태 등을 파악	연속/1시간	5 (5개 시·군)	5 (5개 시·군)	-
교외대기측정망	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM-10, 풍향, 풍속, 온도	도시를 둘러싼 교외 지역의 배경 농도를 파악	연속/1시간	16 (16개 시·군)	16 (16개 시·군)	-
대기중금속측정망	Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni	도시지역 또는 공단 인근 지역에서의 중금속에 의한 오염 실태를 파악	월/5회	49 (21개 시)	-	49 (21개 시)
유해대기물질측정망	VOCs 13개 항목 PAHs 7개 항목	인체에 유해한 VOCs, PAHs 등의 오염 실태 파악	월/1회	31 (23개 시·군)	31 (23개 시)	-
광화학오염물질측정망	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)
시정거리측정망	시정(산란계수)	도시 대기의 시정 거리를 측정하여 체감 오염도를 파악	연속/1시간	4 (3개 시)	-	4 (3개 시)
지구대기측정망	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (CFCs)	지구 온난화 물질의 대기 중 농도 파악	연속/1시간	1 (1개 군)	1 (1개 군)	-
총 계				438 (89개 시·군)	107 (44개 시·군)	331 (71개 시·군)

※ 국가배경농도측정소로 운영되던 인천 석모리측정소는 수도권에 인접하여 배출원과 주변 농업활동의 영향을 지속적으로 받으므로 '10년 1월부터 교외대기측정소로 전환함

제4절 대기오염 측정기의 원리

대기환경기준 항목의 측정방법은 Table 3과 같다.

Table 3. Methods of measuring the air quality standard items

측정 항목	측정 방법
아황산가스 (SO ₂)	자외선형광법 (Pulse U.V Fluorescence Method)
일산화탄소 (CO)	비분산적외선법 (Non-Dispersive Infrared Method)
이산화질소 (NO ₂)	화학발광법 (Chemiluminescent Method)
오존 (O ₃)	자외선광도법 (U.V Photometric Method)
미세먼지 (PM-10)	베타선흡수법 (β-Ray Absorption Method)
납 (Pb)	원자흡광광도법 (Atomic Absorption Spectrophotometry)

1. SO₂ 측정기의 원리

단파장 영역의 자외선에 여기 되어진 아황산가스로부터 발생하는 형광감도에 의해 시료 대기 중에 포함되어있는 아황산가스를 연속적으로 측정하는 방법이다. Fig. 1은 SO₂의 측정원리를 나타냈다.

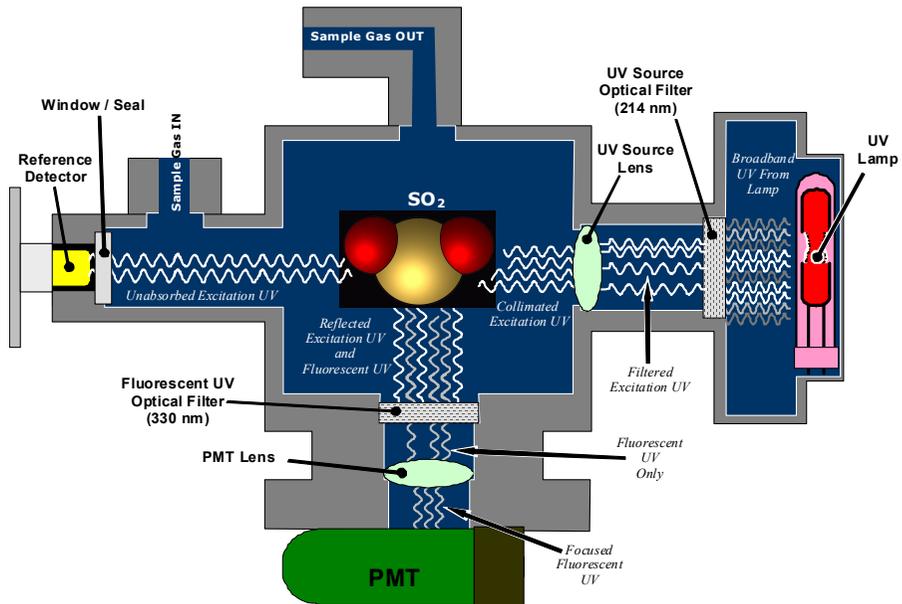


Fig. 1. Figure 10-2: UV Light Path.

자외선 형광법은 단파장 영역(200~300nm)의 자외선 빛이 시료가스 중의 SO₂분자와 반응하면 SO₂ 가스분자가 빛을 흡수하여 여기상태의 SO₂* 분자가 생성되고 다시 안정상태로 회귀하면서 2차 형광을 발생하게 된다. 이때 발생되는 형광복사선의 세기가 SO₂의 농도와 비례하게 된다.¹¹⁾

Fig. 2는 SO₂의 모식도를 나타낸 것이다.

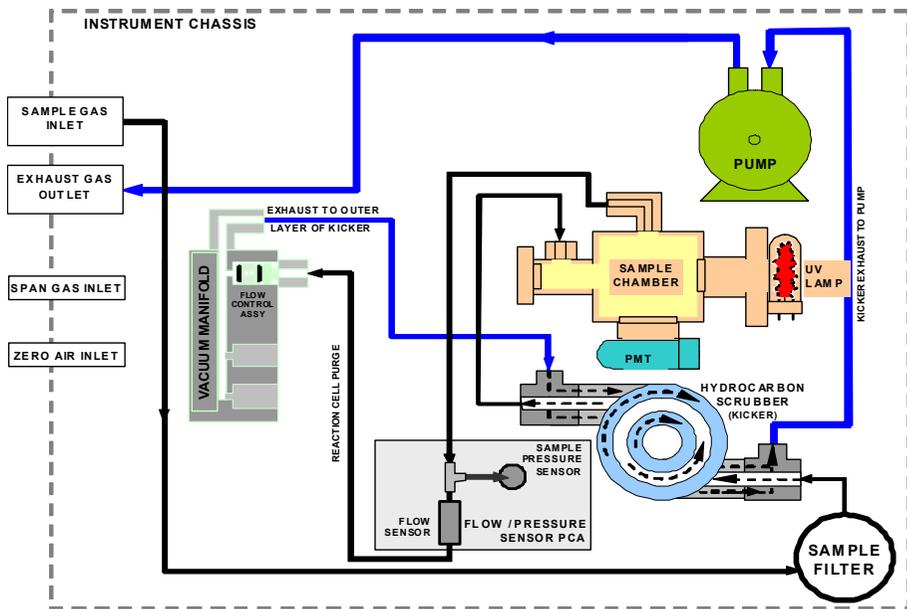


Fig. 2. Gas Flow and Location of Critical Flow Orifice.

2. NO₂ 측정기의 원리

Fig. 3은 화학발광법에 의하여 시료 공기 중에 포함되어 있는 일산화질소 또는 질소산화물(NO+NO₂)을 연속 측정하는 원리이다. 시료 공기중의 일산화질소와 오존과의 반응에 의해 NO₂가 생성된 후 안정된 NO₂로 될 때 생기는 화학발광광도가 일산화질소농도와 비례관계가 있는 것을 이용해서 시료 공기 중에 포함되는 일산화질소 농도를 측정한다. 또한 질소산화물(NO+NO₂)을 측정할 경우 시료 공기 중의 이산화질소를 컨버터를 통하여 일산화질소로 변환시킨 후 일산화질소의 측정도 같은 방법으로 측정하여 질소산화물에서 일산화질소를 뺀 값이 이산화질소가 된다.²⁰⁾

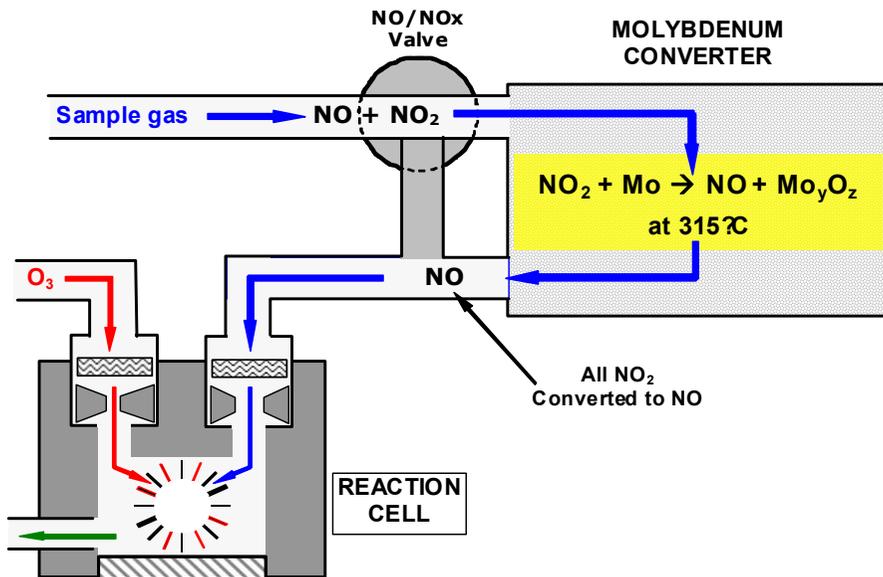


Fig. 3. NO₂ Principle Conversion.

3. O₃ 측정기의 원리

오존 자동측정 방법에 적합하고 농도에 따른 직선적 응답성을 갖는 자외선 흡수법이 주 시험법으로 적용된다. Fig. 4는 오존의 측정원리를 나타낸 것이고 Fig. 5는 측정 사이클을 모식화 하였다.

분자가 자외선의 조사를 받으면 고유 주파수 영역에서 스펙트럼선의 흡수가 일어난다. 이와 같이 자외선 흡수법은 자외선 파장영역 254nm 부근에서 오존의 자외선 흡수량의 변화를 측정하여 환경대기중의 오존농도를 연속적으로 측정하는 방법이다.²¹⁾

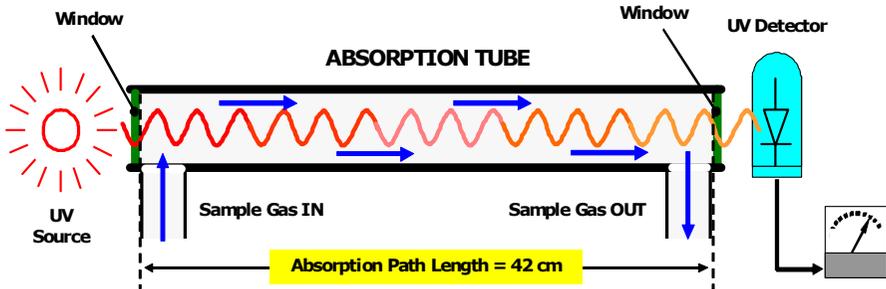


Fig. 4. Absorption Path

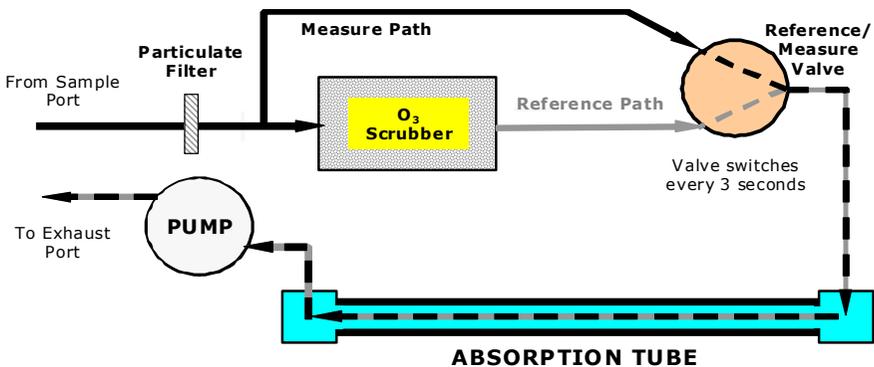


Fig. 5. Reference / Measurement Gas.

4. CO 측정기의 원리

일산화탄소에 의한 적외선 흡수량의 변화를 선택성 검출기로 측정해서 환경 대기 중에 포함되어 있는 일산화탄소의 농도를 연속 측정하는 방법으로 Fig. 6과 같다. CO 분자는 $4.68\mu\text{m}$ 파장대의 적외선 흡수하는 성질을 갖고 있어 적외선을 CO 기준농도를 갖는 기준 CELL과 측정 CELL을 교차시켜 이를 IR 검출기에 닿게 함으로서 CO 기준값과 CO 측정값에 해당되는 전기적 신호를 얻을 수 있고 이를 상호 비교 하여 램버트-비어 법칙에 적용시킴으로서 CO 측정농도를 구한다.

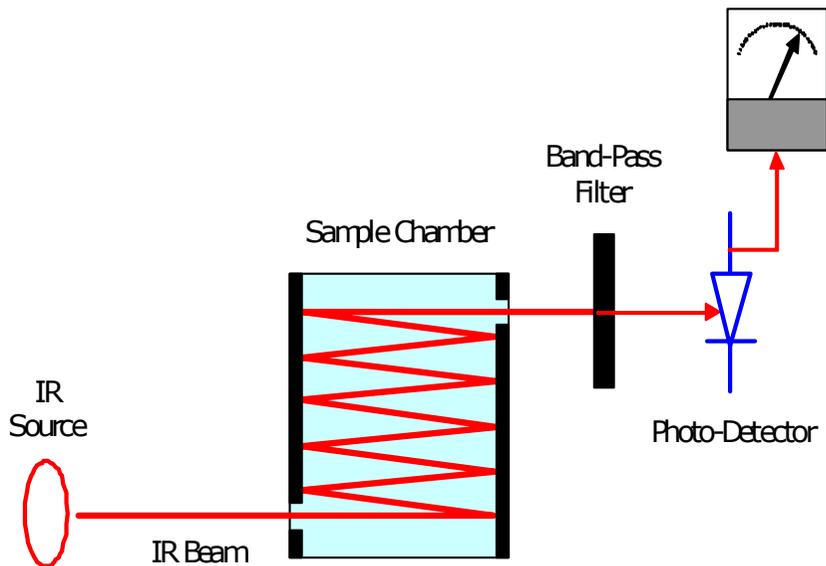


Fig. 6. Measurement Fundamentals.

5. 먼지(PM10) 측정기의 원리

이 방법은 대기 중에 부유하고 있는 $10\mu\text{m}$ 이하의 입자상의 물질을 일정시간 일정량으로 정량을 여과지위에 포집하여 베타선을 투과시켜 대기의 단위체적당 입자상 물질의 중량농도를 연속적으로 측정하는 방법이다.

이 측정방법은 베타선을 방출하는 광원으로부터 조사된 베타선이 여과지위에 포집된 분진을 통과할 때 흡수 소멸되는 베타선의 세기를 비교하여 측정되어진다.

제5절 기상인자

1. 기 온

물체의 차고 더운 정도를 수량적으로 표시한 것으로 지상의 기온이라 함은 일반적으로 인간의 주요 감각기관인 얼굴의 지상 높이를 기준으로 지면상 1.2~1.5m 높이의 공기온도를 말한다.

2. 습 도

공기의 건습 정도를 가늠하는 것으로 공기 중 수증기의 절대량은 혼합비나 비습으로 나타낸다. 건습의 가늠으로는 현재의 수증기량과 그 온도에 있어서의 포화수증기량의 비로 나타내며 상대습도라고 한다. 대기 1kg에 대하여 수증기는 0~35kg 포함되어 있다.

3. 바 람

공기의 지표면에 대한 상대적 운동 즉 일사에 의한 지표의 부등가열에 의해 생긴 지역간의 수평 기압경도력 차에 의해 공기가 수평으로 이동함으로써 발생하며 풍향과 풍속에 따라 벡터량으로 나타내며, 풍향은 통상 16방위를, 지상 10m 위치의 풍속을 표준으로 하고 있다.

4. 일 사 량

태양으로부터 복사되는 전자파의 총칭을 일사라 하며 파장범위는 0.3~4 μ m이다. 태양상수는 1.96cal/cm.min이나 지표에 도달할 때까지 일사의 감쇠요인 등으로 실제적인 지표도달 복사는 1.4~1.5cal/cm.min이다.

제3장 연구내용 및 방법

제1절 연구내용

본 연구 대상은 강원지역의 교외대기 측정소 4개소로 고성 간성읍, 양구 방산면, 정선 북평면 및 횡성 치악산에 위치하고 있다. Fig. 7은 각 측정소별 위치, Table 4는 측정소 제원을 나타내었다.

교외대기 측정소의 측정항목은 가스상 물질인 SO_2 , NO_2 , O_3 , CO 와 입자상물질인 PM_{10} 등을 측정한다. 본 연구에서는 가스상 물질을 대상으로 연구하였다.

기상인자와 대기오염도를 조사하여 측정소별로 월별, 연도별 특성을 분석하였고 환경기준치 초과 항목과 초과 횟수를 조사하였다. 기상인자와 대기오염 항목의 상관성을 분석하였다.

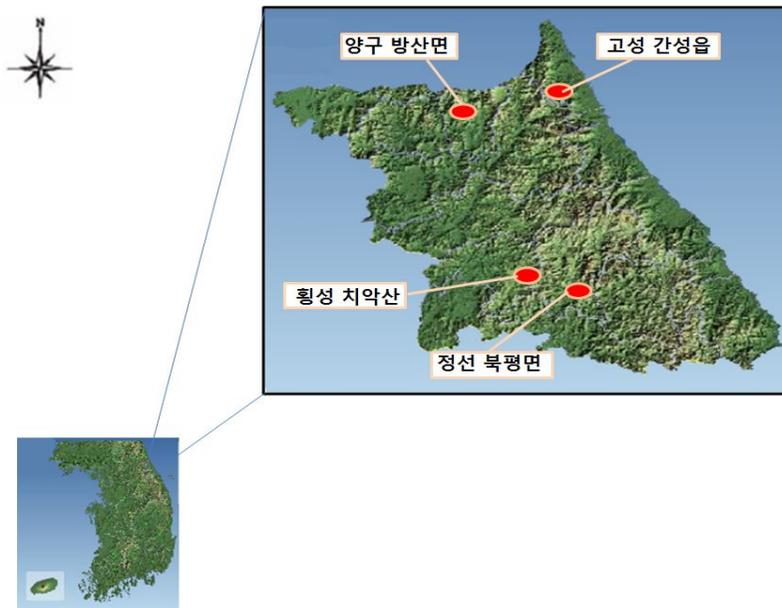


Fig. 7. The map of local ambient air monitoring site in Gangwon.

Table 4. The status of local ambient air monitoring networks
in Gangwon

측 정 소	위 치	경위도 좌표	
		경도(도분초)	위도
고성 간성읍	강원도 고성군 632421 간성읍 간성읍 흘리 산 1-92	128 23 08.34	38 17 16.98
양구 방산면	양구군 132401 방산면 방산면 송현리547-8(송현교회 뒤 배수지)	127 57 30.90	38 13 27.96
정선 북평면	정선군 632371 북평면 남평리 412-1번지 (농업기술센터)	128 39 52.98	37 25 48.18
횡성 치악산	횡성군 632431 치악산 강원도 횡성군 강림면강림리(강림면사무소)	128 07 31.98	37 21 37.78

제2절 연구방법

기상인자인 강수량, 강수일, 온도, 풍속, 일사량을 2005년부터 2009년까지 조사하였다. 횡성지역은 2008년부터 2009년까지 자료를 수집하였다. 기상인자의 자료 수집은 측정소에서 가까운 기상청의 자료를 이용하였다. 고성, 양구, 정선, 횡성 측정소의 경우 각각 기상청 간성, 방산, 정선, 안흥 측정소의 월별자동기상관측자료를 이용하였다. 일사량의 경우 인접측정소에서 측정이 불가하여 고성과 양구는 춘천 기상관측소를 정선과 횡선은 원주 관측소의 자료를 이용하였다.

Fig. 8은 대기오염을 측정하는 측정기기를 나타낸 것이다. API와 TEI사의 2가지제작사의 장비를 가지고 측정하였다. 측정 데이터는 2005년 1월 1일부터 2009년 12월 31일 자료를 이용하였다. 고성과 양구 측정소는 2007년 10월~2008년 3월까지 기기교체로 인해 측정이 불가하였고, 횡성 측정소는 2007년 10월에 신설되어 2008년~2009년 데이터를 이용하였다. Table 5는 각 측정소 장비의 제작사와 모델명을 나타내었다. 고성, 양구, 정선 측정소는 TEI 제작사로 고성과 양구는 같은 모델로 측정하였으며 횡성의 경우 API 장비로 측정하였다.

각 측정소별로 2005년~2009년의 월간 및 연간 자료를 분석하였다. 횡성측정소의 경우 2007년에 신설되어 2007년 10월부터 측정 되었으나 2008년 자료부터 2009년까지 2년간 자료를 이용하였다.

측정소별 농도변화는 각 측정소별로 월별 농도를 분석하여 각 항목의 특성을 파악하였다. 측정소별 항목별 농도변화는 강원도 도시대기와 비교하여 강원지역의 교외 대기의 대기질 특성을 파악하였다. 도시대기의 자료는 춘천시의 석사동과 중앙로, 원주시의 명륜동과 중앙동, 강릉시 옥천동, 동해시 천곡동, 삼척시 남양동의 7곳 측정소의 도시대기 평균을 가지고 분석하였다.

대기환경기준을 항목별 환경기준을 초과한 항목과 횡수를 조사하여 각 측정소의 특성을 파악하였다.

각각의 대기오염도와 기상인자들의 상관계수를 2005년~2009년까지 자료를 이용하여 단순상관분석을 실시하였다. 각 자료를 분석하여 기상인자와 대기오염항목의 관련성과 대기오염항목 간의 상관성을 알아보았다.



(a) API



(b) TEI

Fig. 8. Type of Analyzer

Table 5. Analyzers for implementation of remote management system

측정소	제작사	모델명			
		SO ₂	O ₃	CO	NO _x
고성	TEI	43i-TLE	49i	48i-TLE	42i-TL
양구	TEI	43i-TLE	49i	48i-TLE	42i-TL
정선	TEI	43C	49C	48C	42C
횡성	API	100A	300E	400E	200AU

제4장 결과 및 고찰

제1절 지역별 기상인자

1. 고성

Table 6은 고성지역의 2005년~2009년 까지 5년의 강수일 변화를 나타낸 것이다. 2005년이 94일로 강수횟수가 가장 적었고, 2007년이 118일로 가장 많은 횟수를 나타냈다. 또한 계절별로는 대부분의 강수 횟수가 7월~8월에 각각 75회, 64회로 여름철에 많았으며 12월~2월에 13회, 22회, 19회로 겨울철에 적게 나타났다.

Table 6. Frequency of rain day in Goseong

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
강수일 (일)	2005	4	6	9	7	8	10	14	11	14	6	4	1	94
	2006	5	3	4	9	10	13	19	11	8	8	9	3	102
	2007	3	4	12	10	12	8	16	16	18	10	8	1	118
	2008	8	1	10	5	9	13	12	15	5	9	6	4	97
	2009	2	5	12	8	10	12	14	11	6	5	10	4	99
	계	22	19	47	39	49	56	75	64	51	38	37	13	510

Table 7은 고성지역의 2005년~2009년 까지 5년의 온도 변화를 나타낸 것이다. 2005년부터 2009년까지 연평균 온도는 11.3°C~12.1°C로 큰 변화 없이 거의 일정하게 나타났으며 2005년에 11.3°C로 가장 낮았고 2006년과 2007년에 12.1°C로 가장 높게 나타났다. 또한 계절별로는 여름철인 7월~8월이 22.5~23.8°C로 가장 높고 겨울철인 12월~2월이 -0.9~0.9°C로 낮게 나타났다.

Table 7. Temperature changes in Goseong

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
온도 (°C)	2005	-1.2	-1.8	3.4	12.1	14.1	20.9	23.7	24.8	19.1	13.9	8.4	-2.3	11.3
	2006	-1.1	0.6	5.2	9.0	14.7	18.1	20.8	24.9	18.0	25.8	7.6	1.2	12.1
	2007	0.6	3.1	5.2	10.5	16.3	20.3	21.8	24.5	19.7	14.0	6.6	2.1	12.1
	2008	-1.6	-0.3	5.9	12.1	16.6	18.4	25.0	22.7	19.6	15.3	7.2	1.9	11.9
	2009	-1.4	3.0	5.7	11.8	17.3	19.8	21.3	22.3	18.6	14.8	7.0	0.8	11.8
	평균	-0.9	0.9	5.1	11.1	15.8	19.5	22.5	23.8	19.0	16.8	7.4	0.7	11.8

Table 8은 고성지역의 2005년~2009년 까지 5년의 강수량 변화를 나타낸 것이다. 2005년이 1,266mm로 강수량이 가장 적었고, 2008년이 1,710mm로 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 계절별로는 대부분의 강수량이 7월~9월인 여름철에 많았으며 12월~2월인 겨울철에 적게 나타났다.

Table 8. Precipitation changes in Goseong

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
강수량 (mm)	2005	26.5	42.0	114.5	50.5	113.0	133.0	199.0	183.0	295.0	82.0	26.5	1.0	1266
	2006	23.0	8.5	12.5	69.0	113.5	123.5	462.0	79.5	107.5	275.5	76.0	55.5	1406
	2007	19.5	8.0	95.5	29.0	104.0	53.5	267.0	291.5	456.5	101.0	41.0	2.5	1469
	2008	96.5	1.0	98.5	14.5	94.5	119.5	410.5	462.5	148.0	152.5	79.0	33.0	1710
	2009	24.5	44.0	71.5	134.0	66.5	122.0	428.0	340.0	12.5	39.0	94.5	14.5	1391
	평균	38.0	20.7	78.5	59.4	98.3	110.3	353.3	271.3	203.9	130.0	63.4	21.3	

Table 9는 고성지역의 2005년 ~ 2009년 까지 5년의 풍속변화를 나타낸 것이다. 2005년을 제외하고 2006년부터 2009년까지 연평균 2005년을 제외하고 2006년~2009년의 풍속은 1.1~1.2m/s로 큰 변화 없이 거의 일정하게 나타났으며 2007년과 2008년에 1.1m/s로 가장 낮았고 2005년에 2.4m/s로 가장 높게 나타났다. 또한 계절별로 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

Table 9. Wind velocity changes in Goseong

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
풍속 (m/s)	2005	2.1	3.7	2.8	2.9	2.0	1.5	1.5	2.1	1.4	1.9	2.8	3.8	2.4
	2006	0.9	1.3	1.6	1.5	1.4	1.2	0.7	1.0	1.0	1.1	1.2	1.0	1.2
	2007	1.0	1.2	1.4	1.5	1.5	1.2	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9	1.1	1.1
	2008	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.3	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	1.1	1.1
	2009	1.1	1.0	1.4	1.5	1.4	1.3	1.1	0.9	0.8	1.5	1.1	1.3	1.2
평균	1.2	1.7	1.7	1.8	1.5	1.3	1.1	1.2	1.0	1.3	1.4	1.7		

Table 10은 춘천지역의 일사량을 나타낸 것이다. 고성지역에는 일사량 변화를 측정하는 측정소가 없는 관계로 고성에서 가까운 춘천 지역의 일사량을 2005년 1월부터 2009년 12월 까지 5년의 일사량을 나타낸 것이다. 5년간 큰 변화는 없었고 2007년이 155.36MJ/m²로 일사량이 가장 적었고 2005년이 167.95MJ/m²로 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 계절별로는 4월, 5월, 8월에 높게 나타났으며 11월~1월인 겨울철에 적게 나타났다.

Table 10. Solar irradiance changes in Chuncheon

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
일사량 (MJ/m ²)	2005	9.87	12.05	15.83	18.10	20.42	17.98	15.22	14.29	13.28	12.56	9.31	9.05	167.95
	2006	9.32	6.58	15.94	14.27	18.98	18.53	11.45	18.87	16.61	11.99	8.73	7.26	158.53
	2007	8.69	11.05	12.57	17.04	18.40	20.27	15.74	13.32	10.94	11.82	8.81	6.72	155.36
	2008	8.39	12.71	13.72	17.62	19.41	20.26	14.08	18.48	14.48	11.60	8.50	7.14	166.40
	2009	9.09	10.01	14.35	17.27	19.54	19.18	17.55	17.51	16.43	12.57	7.38	6.99	167.87
	평균	9.07	10.48	14.48	16.86	19.35	19.24	14.81	16.49	14.35	12.11	8.55	7.43	

2. 양구

Table 11은 양구지역의 2005년~2009년 까지 5년의 강수일 변화를 나타낸 것이다. 2009년이 78일로 강수횟수가 가장 적었고, 2007년이 111일로 가장 많은 횟수를 나타냈다. 또한 계절별로는 대부분의 강수 횟수가 7월~8월인 여름철에 많았으며 1월~2월인 겨울철에 적게 나타났다.

Table 11. Frequency of rain day in Yanggu

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
강수일 (일)	2005	3	6	7	8	7	8	13	18	10	4	6	4	94
	2006	3	3	7	10	8	9	18	10	7	4	6	3	88
	2007	3	2	12	7	11	8	14	20	16	9	6	3	111
	2008	2	1	11	7	6	10	13	13	5	4	5	8	85
	2009	-	2	8	5	7	13	12	11	4	5	5	6	78
	계	11	14	45	37	39	48	70	72	42	26	28	24	456

Table 12는 양구지역의 2005년~2009년 까지 5년의 온도 변화를 나타낸 것이다. 2005년~2009년까지 연평균 온도는 8.6~9.9℃로 큰 변화 없이 거의 일정하게 나타났으며 2005년에 8.6℃로 가장 낮았고 2007년에 9.9℃로 가장 높게 나타났다. 또한 계절별로는 여름철인 7월~8월이 가장 높고 겨울철인 12월~2월이 낮게 나타났다.

Table 12. Temperature changes in Yanggu

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
온도 (℃)	2005	-7.0	-6.2	0.9	10.5	14.7	20.9	23.4	22.9	18.2	10.5	3.4	-8.6	8.6
	2006	-5.3	-3.2	1.9	8.4	15.7	19.9	21.6	24.5	16.6	13.2	3.9	-3.7	9.5
	2007	-4.3	-0.6	2.8	8.5	15.5	20.4	22.4	24.1	19.1	11.5	2.5	-3.2	9.9
	2008	-6.4	-5.4	3.6	10.9	15.4	18.6	23.9	22.4	18.0	11.8	3.1	-3.1	9.4
	2009	-6.9	1.0	3.5	9.9	16.4	19.5	22.1	22.3	17.4	11.1	3.0	-4.7	9.6
	평균	-6.0	-2.9	2.5	9.6	15.5	19.9	22.7	23.2	17.9	11.6	3.2	-4.7	9.4

Table 13은 양구지역의 2005년~2009년 까지 5년의 강수량 변화를 나타낸 것이다. 2008년 1,121mm로 강수량이 가장 적었고, 2009년 1,455mm로 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 계절별로는 대부분의 강수량이 7월~8월인 여름철에 많았으며 12월~2월인 겨울철에 적게 나타났다.

Table 13. Precipitation changes in Yanggu

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
강수량 (mm)	2005	4.0	16.5	18.5	68.0	66.0	154.0	271.5	322.0	186.0	18.0	42.0	3.5	1170
	2006	28.0	9.0	15.0	109.5	125.0	192.0	703.5	75.0	31.0	122.5	31.0	9.5	1451
	2007	3.5	3.5	75.0	36.0	127.0	59.5	166.5	601.5	238.0	21.5	9.0	5.5	1346
	2008	7.5	3.0	5.0	21.5	76.0	113.5	396.0	361.5	74.0	28.0	12.0	23.0	1121
	2009	-	26.5	48.5	70.0	82.5	254.0	468.5	376.5	20.0	50.5	45.0	13.0	1455
	평균	10.8	11.7	32.4	61.0	95.3	154.6	401.2	347.3	109.8	48.1	27.8	10.9	

Table 14은 양구지역의 2005년~2009년 까지 5년의 풍속 변화를 나타낸 것이다. 2005년을 제외하고 2006년~2009년까지 연평균 풍속은 0.9~1.0m/s 큰 변화 없이 거의 일정하게 나타났다. 또한 계절별로 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 봄철인 3월~5월에 1.2~1.5m/s로 강하게 나타났다.

Table 14. Wind velocity changes in Yanggu

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
풍속 (m/s)	2005	0.9	1.1	1.2	1.4	1.0	0.7	0.4	0.5	0.5	0.7	1.0	1.1	0.9
	2006	0.8	1.2	1.6	1.4	1.2	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9	1.1	0.7	1.0
	2007	0.9	1.0	1.5	1.3	1.3	1.0	0.9	0.8	0.9	0.8	1.0	0.9	1.0
	2008	0.8	1.2	1.0	1.4	1.3	1.2	0.8	0.9	0.7	0.9	1.0	1.0	1.0
	2009	0.9	0.9	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7	1.0	1.0	0.9	1.0
	평균	0.9	1.1	1.3	1.3	1.2	1.0	0.8	0.8	0.7	0.9	1.0	0.9	

3. 정선

Table 15은 정선지역의 2005년~2009년 까지 5년의 강수일 변화를 나타낸 것이다. 2009년이 91일로 강수횟수가 가장 적었고, 2007년이 117일로 가장 많은 횟수를 나타냈다. 또한 계절별로는 대부분의 강수 횟수가 7월~8월인 여름철에 많았으며 12월~1월인 겨울철에 적게 나타났다.

Table 15. Frequency of rain day in Jeongseon

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
강수일 (일)	2005	2	5	7	8	7	9	15	15	15	6	4	-	93
	2006	4	4	3	11	10	9	25	13	5	2	8	3	97
	2007	4	5	10	6	12	10	16	17	20	8	5	4	117
	2008	4	4	9	8	5	9	14	12	8	4	4	7	88
	2009	3	2	10	8	7	10	18	8	5	7	8	5	91
	계	17	20	39	41	41	47	88	65	53	27	29	19	486

Table 16는 정선지역의 2005년~2009년 까지 5년의 온도를 나타낸 것이다. 2005년~ 2009년까지 연평균 온도는 8.9~10.3℃로 큰 변화 없이 거의 일정하게 나타났으며 2005년에 8.9℃로 가장 낮았고 2007년에 10.3℃로 가장 높게 나타났다. 또한 계절별로는 여름철인 7월~8월이 가장 높고 겨울철인 12월~2월이 낮게 나타났다.

Table 16. Temperature changes in Jeongseon

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
온도 (℃)	2005	-6.4	-6.0	0.9	11.0	14.5	20.8	22.9	22.3	17.8	10.5	4.6	-6.0	8.9
	2006	-3.2	-1.9	3.5	9.7	15.5	19.6	20.6	23.4	16.3	13.6	5.2	-1.8	10.0
	2007	-2.5	0.6	3.8	9.5	15.4	19.2	20.9	23.0	18.5	12.1	3.9	-1.1	10.3
	2008	-3.8	-3.9	4.1	10.5	15.4	17.5	23.7	21.5	17.9	12.6	4.6	-0.7	10.0
	2009	-5.1	1.3	4.4	9.9	16.1	19.6	21.2	21.2	17.5	11.9	4.7	-2.4	10.0
	평균	-4.2	-2.0	3.3	10.1	15.4	19.3	21.9	22.3	17.6	12.1	4.6	-2.4	9.8

Table 17은 정선지역의 2005년~2009년 까지 5년의 강수량 변화를 나타낸 것이다. 2008년이 1,062mm로 강수량이 가장 적었고, 2006년이 1,548mm로 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 계절별로는 대부분의 강수량이 7월~8월인 여름철에 많았으며 12월~1월인 겨울철에 적게 나타났다.

Table 17. Precipitation changes in Jeongseon

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
강수량 (mm)	2005	14.5	28.0	59.5	72.0	60.5	174.5	326.5	181.0	300.5	68.5	21.5	-	1307
	2006	20.5	22.5	10.5	60.0	121.0	114.5	975.5	75.0	24.0	56.0	60.0	8.5	1548
	2007	3.5	28.0	127.5	21.5	138.0	176.0	294.5	347.0	329.0	25.5	28.0	5.5	1524
	2008	18.5	3.0	52.5	41.5	57.5	149.5	363.0	250.5	64.5	20.0	10.5	31.0	1062
	2009	8.5	34.5	66.0	59.0	129.0	100.0	627.5	222.0	49.0	38.0	51.5	28.5	1413
	평균	13.1	23.2	63.2	50.8	101.2	142.9	517.4	215.1	153.4	41.6	34.3	18.4	

Table 18은 정선지역의 2005년~2009년 까지 5년의 풍속변화를 나타낸 것이다. 2005년을 제외하고 2006년~2009년까지 연평균 풍속은 1.5~1.7m/s변화 없이 거의 일정하게 나타났으며 2005년 1.7m/s로 가장 높았고 2006년~2009년까지는 1.5m/s로 나타났다. 또한 계절별로 큰 차이는 없는 것으로 나타났고 봄철인 3월~4월에 강하게 나타났다.

Table 18. Wind velocity changes in Jeongseon

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
풍속 (m/s)	2005	2.1	1.8	1.9	2.3	1.7	1.5	1.1	1.4	1.3	1.3	1.4	2.1	1.7
	2006	1.2	1.7	2.2	2.1	1.5	1.3	1.1	1.3	1.3	1.2	1.4	1.1	1.5
	2007	1.3	1.5	1.9	1.8	1.8	1.4	1.2	1.3	1.2	1.2	1.4	1.7	1.5
	2008	1.4	1.7	1.5	1.8	1.6	1.7	1.4	1.2	1.0	1.2	1.5	1.8	1.5
	2009	1.6	1.5	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0	1.4	1.6	1.9	1.5
	평균	1.5	1.6	1.9	1.9	1.6	1.5	1.2	1.3	1.2	1.3	1.5	1.7	

Table 19는 원주지역의 일사량 변화를 나타낸 것이다. 정선 지역에는 일사량을 측정하는 측정소가 없는 관계로 정선에서 가까운 원주지역의 일사량을 2005년~2009년 까지 5년의 일사량을 나타낸 것이다. 5년간 큰 변화는 없었고 2007년이 151.82MJ/m²로 일사량이 가장 적었고, 2005년이 163.33MJ/m²로 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 계절별로는 4월~6월에 높게 나타났으며 11월~1월인 겨울철에 적게 나타났다.

Table 19. Solar irradiance changes in Wonju

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
일사량 (MJ/ m ²)	2005	9.20	11.36	15.49	17.91	19.97	18.08	15.41	13.47	12.95	11.86	9.19	8.43	163.33
	2006	7.82	10.73	15.22	14.32	18.29	17.84	10.33	17.88	15.46	12.19	8.00	6.94	155.03
	2007	8.62	11.07	11.75	17.32	18.72	18.78	14.38	13.51	10.14	12.10	9.03	6.40	151.82
	2008	7.88	12.29	12.99	16.51	19.33	18.09	13.95	17.10	15.17	11.71	7.13	7.46	159.63
	2009	8.86	9.32	14.05	17.03	19.07	19.39	15.17	16.83	15.83	12.49	7.41	7.03	162.48
	평균	8.48	10.95	13.90	16.62	19.08	18.44	13.85	15.76	13.91	12.07	8.15	7.25	

4. 횡성

Table 20은 횡성지역의 2008년~2009년 까지 2년의 강수일 변화를 나타낸 것이다. 2009년이 90일로 강수횟수가 가장 적었고, 2008년이 91일로 가장 많은 횟수를 나타냈다. 또한 계절별로는 대부분의 강수 횟수가 7월~8월인 여름철에 많았으며 1월~2월인 겨울철에 적게 나타났다.

Table 20. Frequency of rain day in Heongseong

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
강수일 (일)	2008	4	3	12	9	7	7	14	13	5	4	7	6	91
	2009	1	2	11	9	9	9	20	9	5	4	6	5	90
	계	5	5	23	18	16	16	34	22	10	8	13	11	181

Table 21은 횡성지역의 2008년~2009년 까지 2년의 온도 변화를 나타낸 것이다. 2008~2009년까지 연평균 온도는 9.0~9.2℃로 큰 변화 없이 거의 일정하게 나타났으며 2008년에 9.0℃로 가장 낮았고 2009년에 9.2℃로 가장 높게 나타났다. 또한 계절별로는 여름철인 7월~8월이 가장 높고 겨울철인 12월~2월이 낮게 나타났다.

Table 21. Temperature changes in Heongseong

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
온도 (℃)	2008	-6.2	-6.5	2.9	9.7	14.5	18.4	23.6	22.1	17.8	11.4	2.9	-2.6	9.0
	2009	-7.5	-0.3	3.3	9.2	15.6	19.6	21.7	22.1	17.4	10.5	3.4	-4.5	9.2
	평균	-6.9	-3.4	3.1	9.5	15.1	19.0	22.7	22.1	17.6	11.0	3.2	-3.6	9.1

Table 22는 횡성지역의 2008년~2009년 까지 2년의 강수량 변화를 나타낸 것이다. 2008년이 1,034mm로 강수량이 가장 적었고, 2009년이 2,017mm로 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 계절별로는 대부분의 강수량이 7월~8월인 여름철에 많았으며 1월~2월인 겨울철에 적게 나타났다.

Table 22. Precipitation changes in Heongseong

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
강수량 (mm)	2008	16.0	8.0	73.0	47.5	61.5	91.0	335.5	236.0	90.5	20.5	15.5	39.5	1034
	2009	7.0	27.0	79.0	545.0	111.0	128.5	736.5	201.5	41.5	61.0	53.0	26.5	2017
	평균	11.5	17.5	76.0	296.3	86.3	109.8	536.0	218.8	66.0	40.8	34.3	33.0	

Table 23는 횡성지역의 2008년~2009년 까지 2년의 풍속 변화를 나타낸 것이다. 연평균 풍속은 1.5~1.6m/s로 큰 변화 없이 거의 일정하게 나타났으며 2008년 1.6m/s로 높았고 2006년부터 2009년까지는 1.6m/s로 나타났다. 또한 계절별로 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

Table 23. Wind velocity changes in Heongseong

항목	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
풍속 (m/s)	2008	1.3	1.7	1.6	2.0	1.8	1.7	1.4	1.8	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6
	2009	1.2	1.1	0.9	2.0	1.7	1.6	1.7	1.5	1.2	1.5	1.6	1.6	1.5
	평균	1.3	1.4	1.3	2.0	1.8	1.7	1.6	1.7	1.3	1.5	1.6	1.6	

제2절 측정소의 지역별 농도변화

1. 고성 측정소

고성 측정소는 간성읍에 위치하고 있으며 최근 2005년~2009년까지의 SO₂, O₃, CO, NO₂의 농도 변화를 조사하였다. 2007년 10월부터 2008년 3월 까지 측정기기 교체로 인해 측정이 불가하였다. Fig. 9은 고성 측정소의 대기질의 변화를 나타냈다.

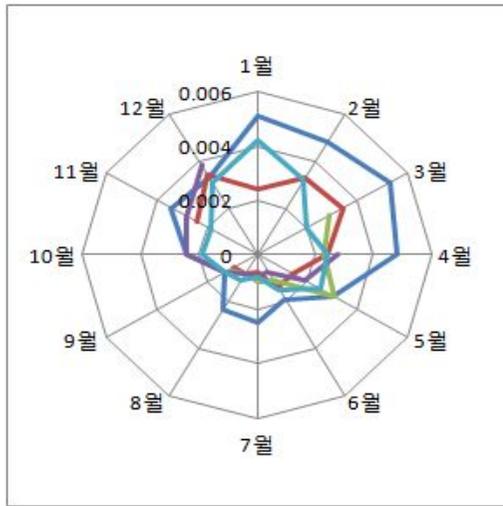
SO₂는 대체적으로 12월~3월인 겨울철의 농도가 높고 6월~9월인 여름철에는 감소하는 전형적인 1차 오염물질의 변화경향을 보였다. 겨울철에 농도가 높은 이유는 난방연료 등의 사용으로 인해 농도 증가한 것으로 사료된다. 2005년 평균 농도가 가장 높게 나타났으며 2008년이 가장 낮게 나타났다. 5년간 연평균 농도 분포는 0.0019~0.0033ppm을 보였고, 2006년 7월 0.0006ppm으로 가장 낮게 나타났으며, 2005년 3월이 0.0053ppm으로 가장 높게 나타났다.

O₃는 대체적으로 봄철부터 점차 증가하여 4월~5월에 가장 높았으며 7월부터 낮아지기 시작하다가 가을철인 10월에 증가하다가 낮게 나타났다. 여름철인 6월~9월이 낮게 나타나는 이유는 장마철 강수에 영향을 받은 것으로 사료된다. 2005년부터 2009년까지 월별 농도 변화는 비슷하게 나타났다. 5년간 연평균 농도의 분포는 0.037~0.048ppm을 보였고, 2005년 12월 0.028ppm으로 가장 낮게 나타났으며, 2008년 4월 0.069ppm으로 가장 높게 나타났다.

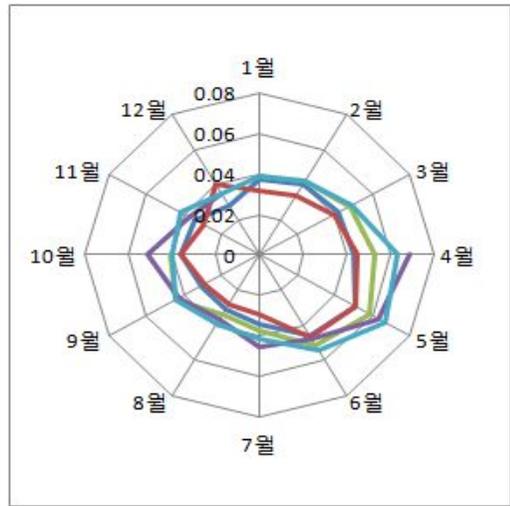
CO는 월평균농도 변화 경향은 강수가 많은 여름철에 감소하고 겨울철에 농도가 높아지는 전형적인 1차 오염물질의 형태를 보이고 있고, 연중 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 2005년부터 2009년까지 5년간 연평균 농도의 분포는 0.3~0.4ppm을 보였고, 월평균 농도 분포 또한 0.2~0.6ppm의 분포가 나타났다.

NO₂의 월평균 농도 변화는 8월 이전까지는 서서히 감소하다가 8월 이후 증가하는 SO₂와 비슷한 경향을 나타내었다. 2005년부터 2009년까지 5년간 연평균 농도의 분포는 0.0034~0.0040ppm을 보였고, 2007년 7월 0.0014ppm으로

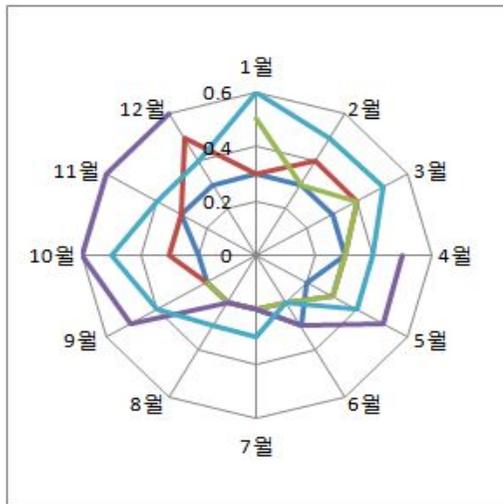
가장 낮게 나타났으며, 2009년 2월이 0.0067ppm으로 가장 높게 나타났다.



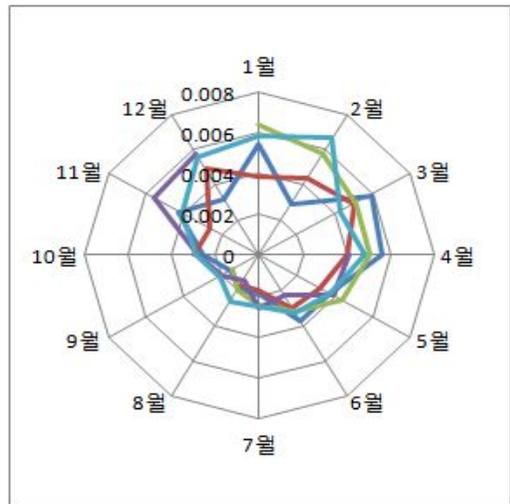
(a) SO₂



(b) O₃



(c) CO



(d) NO₂

— 2005 — 2006 — 2007 — 2008 — 2009

Fig. 9. Air quality changes of Goseong observatory.

2. 양구 측정소

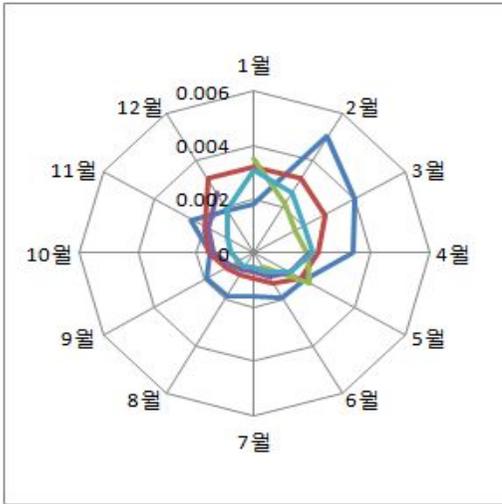
양구 측정소는 방산면에 위치하고 있으며 최근 2005년~2009년12월까지의 SO₂, O₃, CO, NO₂의 농도 변화를 조사하였다. 2007년 10월부터 2008년 3월까지 측정기기 교체로 인해 측정이 불가하였다. Fig. 10은 양구 측정소의 대기질의 변화를 나타냈다.

SO₂는 대체적으로 12월~3월인 겨울철의 농도가 높고 6월~9월인 여름철에는 감소하는 전형적인 1차 오염물질의 변화경향을 보였다. 겨울철에 농도가 높은 이유는 난방연료 등의 사용으로 인해 농도 증가한 것으로 사료된다. 2005년 평균 농도가 가장 높게 나타났으며 2008년이 가장 낮게 나타났다. 5년간 연평균 농도 분포는 0.0014~0.0024ppm을 보였고, 2009년 7월 0.0005ppm으로 가장 낮게 나타났으며, 2005년 2월이 0.005ppm으로 가장 높게 나타났다.

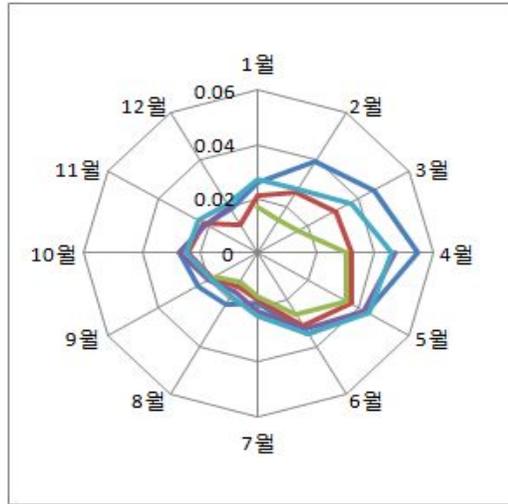
O₃는 대체적으로 봄철부터 점차 증가하여 3월~5월에 가장 높았으며 7월부터 낮아지기 시작하다가 가을철인 10월에 증가하다가 낮게 나타났다. 여름철인 6월~9월이 낮게 나타나는 이유는 장마철 강수에 영향을 받은 것으로 사료된다. 2005년부터 2009년까지 월별 농도 변화는 비슷하게 나타났다. 5년간 연평균 농도의 분포는 0.020~0.031ppm을 보였고, 2007년 8월 0.012ppm으로 가장 낮게 나타났으며, 2005년 4월 0.055ppm으로 가장 높게 나타났다.

CO는 월평균농도 변화 경향은 강수가 많은 여름철에 감소하고 겨울철에 농도가 높아지는 전형적인 1차 오염물질의 형태를 보이고 있고, 연중 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 2005년부터 2009년까지 5년간 연평균 농도의 분포는 0.4~0.5ppm을 보였고, 월평균 농도 분포 또한 0.2~0.7ppm의 분포가 나타났다.

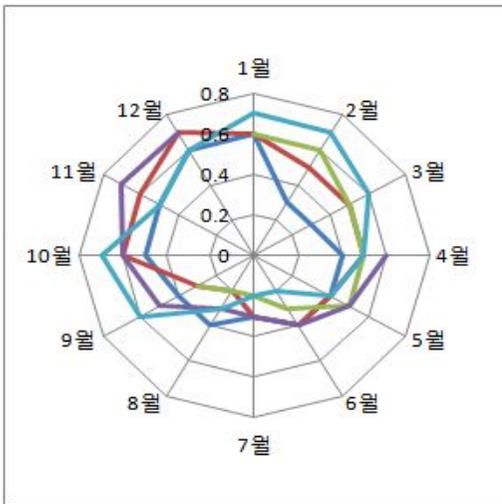
NO₂의 월평균 농도 변화는 8월 이전까지는 서서히 감소하다가 8월 이후 증가하는 SO₂와 비슷한 경향을 나타내었다. 2005년부터 2009년까지 5년간 연평균 농도의 분포는 0.0034~0.0042ppm을 보였고, 2006년 8월 0.0013ppm으로 가장 낮게 나타났으며, 2009년 2월이 0.0065ppm으로 가장 높게 나타났다.



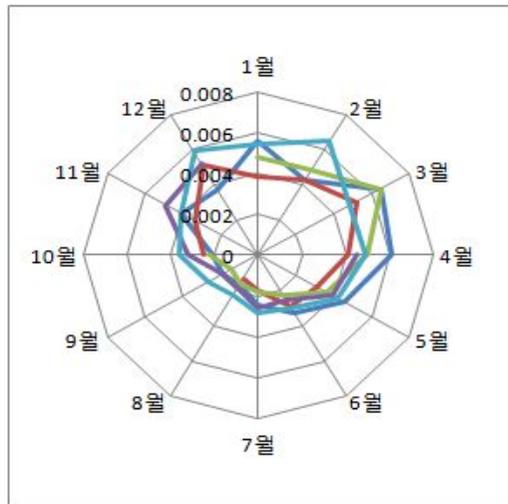
(a) SO₂



(b) O₃



(c) CO



(d) NO₂

— 2005 — 2006 — 2007 — 2008 — 2009

Fig. 10. Air quality changes of Yanggu observatory.

3. 정선 측정소

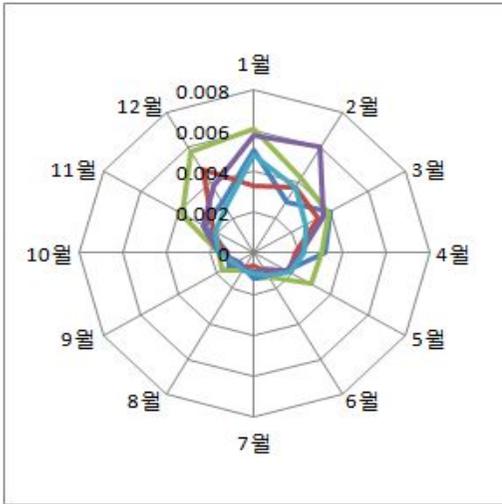
정선 측정소는 북평면에 위치하고 있으며 최근 2005년부터 2009년 12월까지의 SO₂, O₃, CO, NO₂의 농도 변화를 조사하였다. Fig. 11은 정선 측정소의 대기질의 변화를 나타냈다.

SO₂는 대체적으로 12월~3월인 겨울철의 농도가 높고 6월~9월인 여름철에는 감소하는 전형적인 1차 오염물질의 변화경향을 보였다. 겨울철에 농도가 높은 이유는 난방연료 등의 사용으로 인해 농도 증가한 것으로 사료된다. 2007년 평균 농도가 가장 높게 나타났으며 2006년과 2009년이 가장 낮게 나타났다. 5년간 연평균 농도 분포는 0.0019~0.0030ppm을 보였고, 2006년 7월 0.0006ppm으로 가장 낮게 나타났으며, 2007년 1월이 0.0061ppm으로 가장 높게 나타났다.

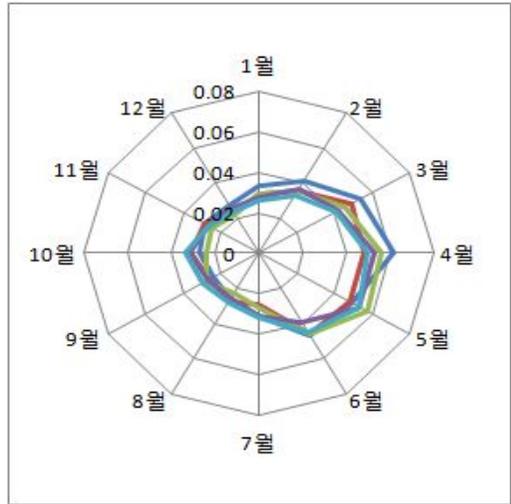
O₃는 대체적으로 봄철부터 점차 증가하여 3월~5월에 가장 높았으며 7월부터 낮아지기 시작하다가 가을철인 10월에 증가하다가 낮게 나타났다. 여름철인 6월~9월이 낮게 나타나는 이유는 장마철 강수에 영향을 받은 것으로 사료된다. 2005년부터 2009년까지 월별 농도 변화는 비슷하게 나타났다. 5년간 연평균 농도의 분포는 0.035~0.038ppm을 보였고, 2007년 12월 0.022ppm으로 가장 낮게 나타났으며, 2005년 4월 0.062ppm으로 가장 높게 나타났다.

CO는 월평균농도 변화 경향은 강수가 많은 여름철에 감소하고 겨울철에 농도가 높아지는 전형적인 1차 오염물질의 형태를 보이고 있고, 연중 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 2005년부터 2009년까지 5년간 연평균 농도의 분포는 0.4~0.5ppm을 보였고, 월평균 농도 분포 또한 0.2~0.9ppm의 분포가 나타났다.

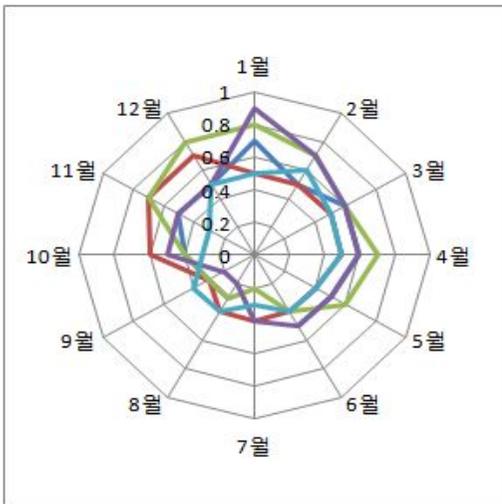
NO₂의 월평균 농도 변화는 8월 이전까지는 서서히 감소하다가 8월 이후 증가하는 SO₂와 비슷한 경향을 나타내었다. 2005년부터 2009년까지 5년간 연평균 농도의 분포는 0.0061~0.0067ppm을 보였고, 2005년 9월 0.0026ppm으로 가장 낮게 나타났으며, 2007년 12월이 0.0113ppm으로 가장 높게 나타났다.



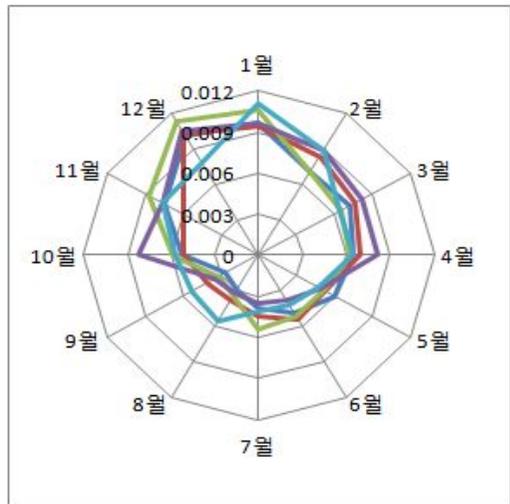
(a) SO₂



(b) O₃



(c) CO



(d) NO₂

— 2005 — 2006 — 2007 — 2008 — 2009

Fig. 11. Air quality changes of Jeongseon observatory.

4. 횡성 측정소

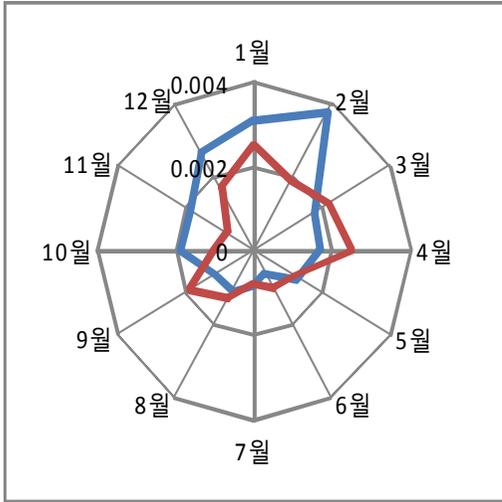
2007년 신설된 횡성 측정소는 치악산에 위치하고 있으며 최근 2007년 10월부터 측정이 시작되었다. 본 연구에서는 2008년 1월부터 2009년 12월까지의 SO₂, O₃, CO, NO₂의 농도 변화를 조사 하였다.

Fig. 12는 횡성 측정소의 대기질의 변화를 나타냈다. SO₂는 대체적으로 12월~3월인 겨울철의 농도가 높고 6월~9월인 여름철에는 감소하는 전형적인 1차 오염물질의 변화경향을 보였다. 겨울철에 농도가 높은 이유는 난방연료 등의 사용으로 인해 농도 증가한 것으로 사료된다. 2년간 연평균 농도의 분포는 0.0016~0.0018ppm을 보였고, 2008년 6월 0.0006ppm으로 가장 낮게 나타났으며, 2008년 2월이 0.0038ppm으로 가장 높게 나타났다.

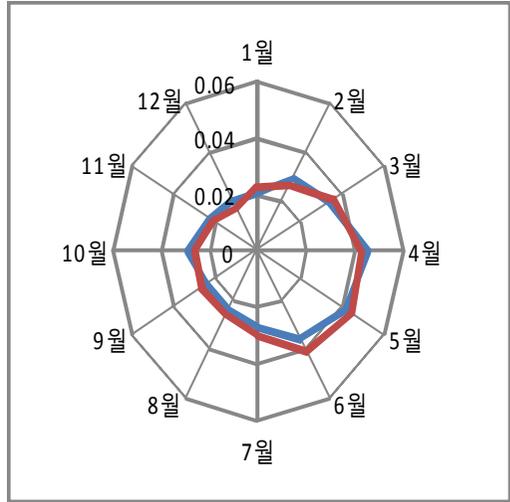
O₃는 대체적으로 봄철부터 점차 증가하여 3월~6월에 가장 높았으며 7월부터 낮아지기 시작하다가 가을철인 10월에 증가하다가 낮게 나타났다. 여름철인 7월~9월이 낮게 나타나는 이유는 장마철 강수에 영향을 받은 것으로 사료된다. 2008년부터 2009년까지 월별 농도 변화는 비슷하게 나타났다. 2년간 연평균 농도의 분포는 0.030ppm을 보였고, 2009년 12월 0.017ppm으로 가장 낮게 나타났으며, 2008년 4월 0.046ppm으로 가장 높게 나타났다.

CO는 월평균농도 변화 경향은 강수가 많은 여름철에 감소하고 겨울철에 농도가 높아지는 전형적인 1차 오염물질의 형태를 보이고 있고, 연중 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 2008년부터 2009년까지 2년간 연평균 농도 분포는 0.3ppm을 보였고, 월평균 농도 분포 또한 0.1~0.6ppm의 분포가 나타났다.

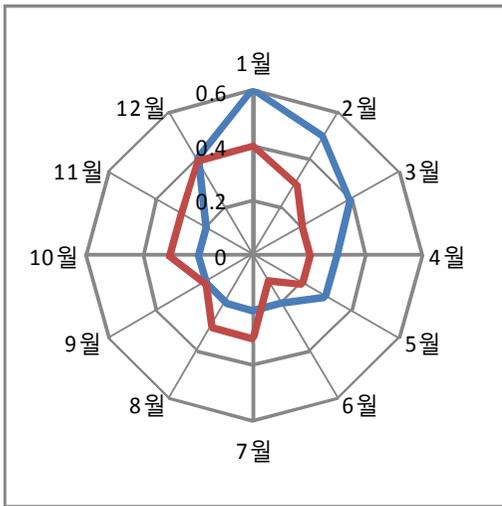
NO₂의 월평균 농도 변화는 8월 이전까지는 서서히 감소하다가 8월 이후 증가하는 SO₂와 비슷한 경향을 나타내었다. 2008년부터 2009년까지 2년간 연평균 농도의 분포는 0.0074ppm을 보였고, 2008년 9월 0.003ppm으로 가장 낮게 나타났으며, 2009년 12월이 0.0125ppm으로 가장 높게 나타났다.



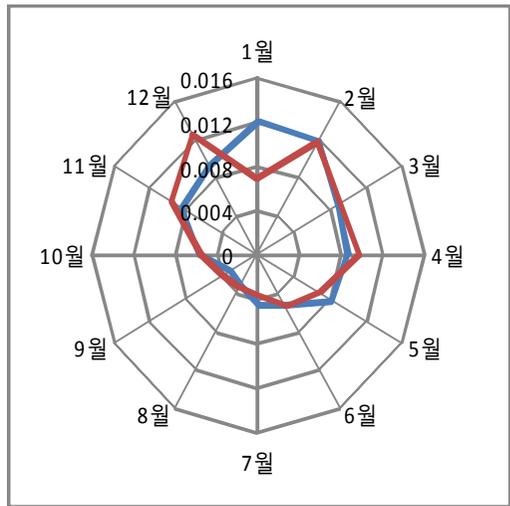
(a) SO₂



(b) O₃



(c) CO



(d) NO₂

— 2008 — 2009

Fig. 12. Air quality changes of Heongseong observatory.

제3절 측정소의 항목별 농도변화

1. SO₂

Fig. 13은 SO₂의 지역별 연평균 농도변화를 나타내었다.

SO₂의 경우 연도별 평균오염도는 대체로 연간 큰 변화가 없이 일정한 농도를 유지하는 것으로 분석되었다. 5년간 지역별 연평균 농도 분포는 0.0014~0.0033ppm을 보였다. 다른 측정소들과 비교 하였을 때 양구 측정소는 낮은 농도를 보였고, 정선 측정소가 높은 농도를 보였다. 대부분 측정소에서는 꾸준히 감소하는 추세를 보였다. 이는 황합유 기준제도, 고체연료사용금지제도, 청정연료사용 의무화제도 등 SO₂의 저감 정책의 결과로 사료된다. 강원 지역 도시대기의 농도와 비교 했을 때 2~3배 정도 낮은 농도를 유지하였다.

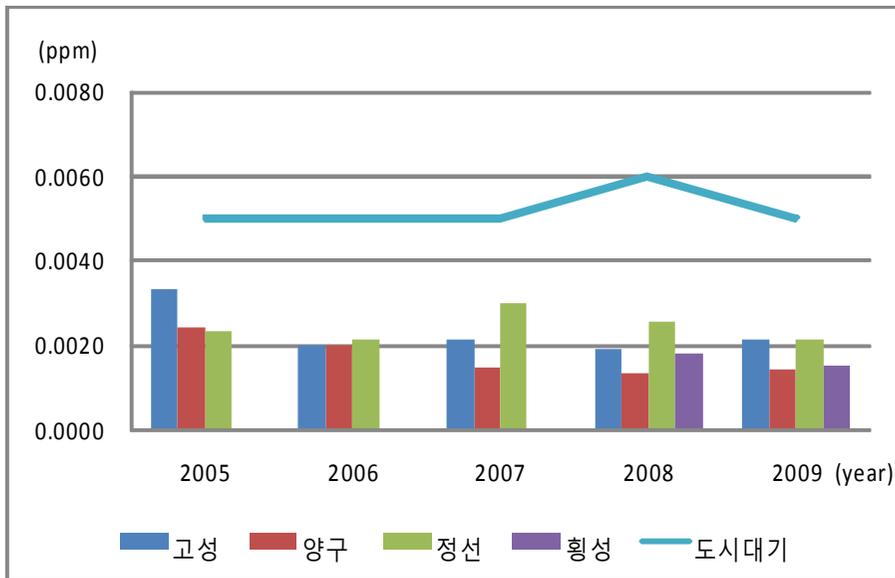


Fig. 13. Annual average of SO₂ concentration changes by region.

2. O₃

Fig. 14는 O₃의 지역별 연평균 농도변화를 나타내었다.

O₃의 경우 측정소별 농도는 대체로 연간 큰 격차를 보이지 않고 일정한 농도를 유지하는 것으로 분석되었다. 강원 도시대기 농도에 비해 높게 나타났다. 5년간 지역별 연평균 농도 분포는 0.020~0.048ppm을 보였다. 다른 측정소들과 비교 하였을 때 양구 측정소는 낮은 농도를 보였고, 고성 측정소는 높은 농도를 보였다. 고성 측정소 산악지역으로 지면의 안정으로 혼탁도가 낮아 일사량이 많고, 혼합층이 낮아서 지면에서 발생된 오염물질이 상층까지 확산되지 않을 가능성이 많다. 또한 도시지역에 비해 O₃을 소멸시킬 수 있는 NO 농도가 상대적으로 적고, O₃ 생성의 전구물질인 NO₂ 또한 적어 고농도의 O₃이 발생한 것으로 사료된다.

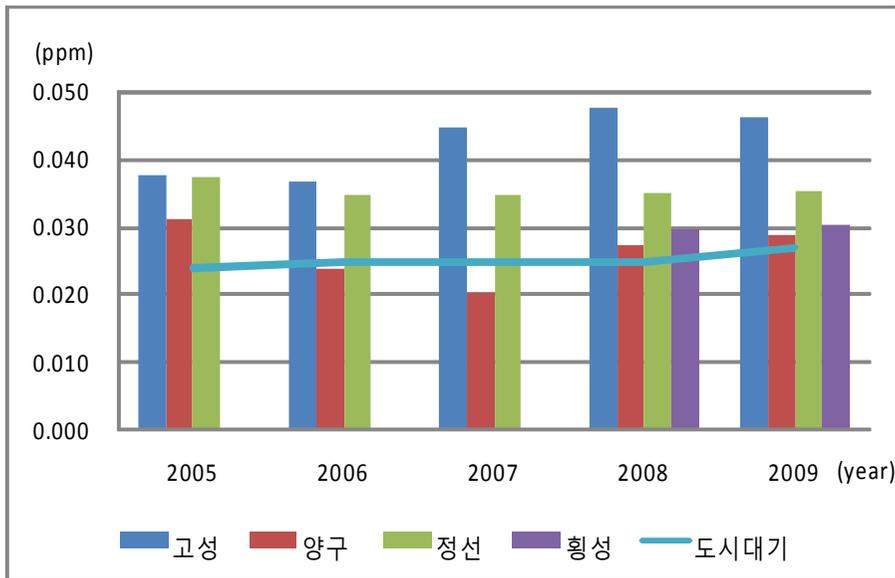


Fig. 14. Annual average of O₃ concentration changes by region.

3. CO

Fig. 15는 CO의 지역별 연평균 농도변화를 나타내었다.

CO의 경우 측정소별 농도는 대체로 연간 큰 격차를 보이지 않고 서서히 감소하는 것으로 분석되었다. 5년간 지역별 연평균 농도 분포는 0.3~0.5ppm 을 보였다. 다른 측정소들과 비교 하였을 때 횡성 측정소는 낮은 농도를 보였다. 도시대기와 비교 했을 때 낮은 농도를 나타냈다.

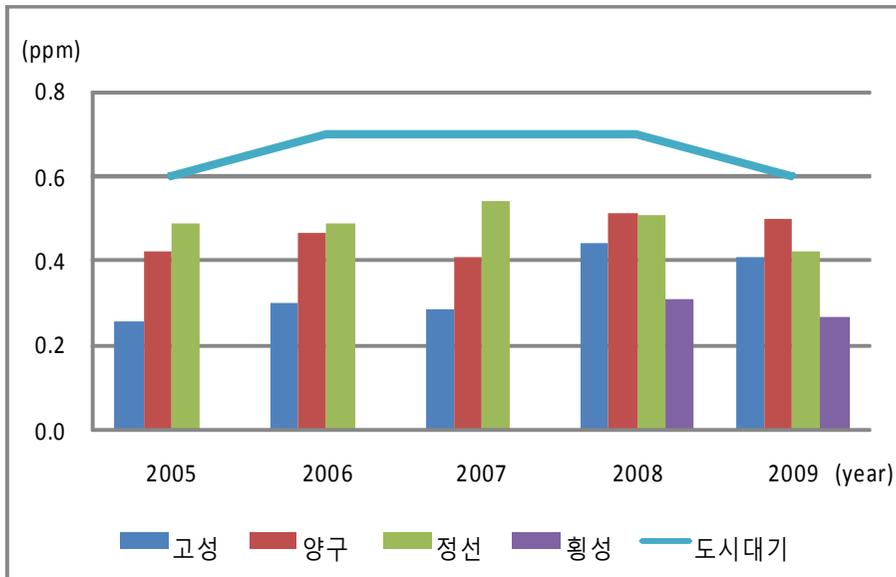


Fig. 15. Annual average of CO concentration changes by region.

4. NO₂

Fig. 16은 NO₂의 지역별 연평균 농도변화를 나타내었다.

NO₂의 경우 연도별 평균 오염도는 대체로 연간 큰 변화가 없이 일정한 농도를 유지하는 것으로 분석 되었지만, 측정소간의 격차는 큰 편이었다. 5년간 지역별 연평균 농도의 분포는 0.0034~0.0096ppm을 보였다. 다른 측정소들과 비교 하였을 때 고성과 양구 측정소는 낮은 농도를 보였고, 횡성 측정소에서 높은 농도를 보였다. 도시대기에 비해 매우 낮은 농도를 유지하였다. NO₂는 자동차 배기가스에서 배출되는 NO_x에 영향을 많이 받는다. 이는 교외대기 측정소가 자동차의 운행이 많은 도시에서 멀리 떨어져 있기 때문으로 판단된다.

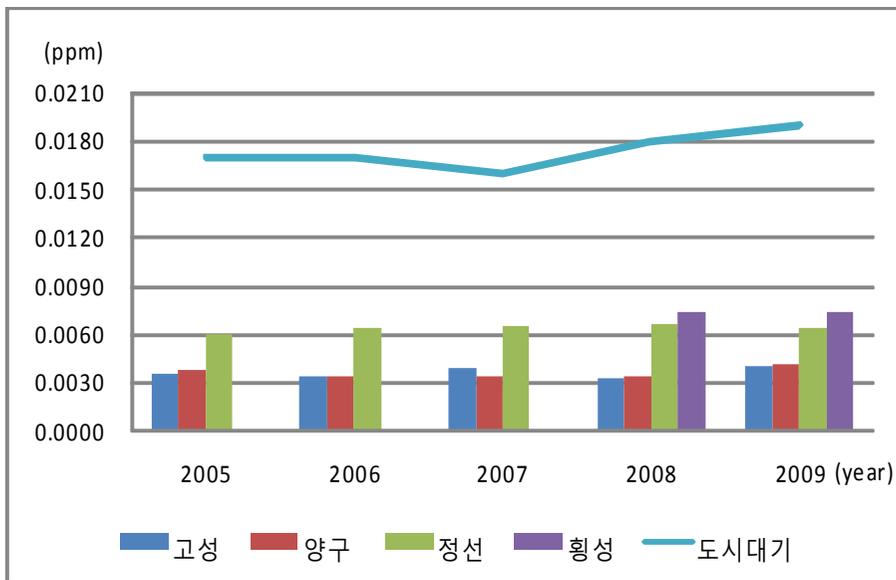


Fig. 16. Annual average of NO₂ concentration changes by region.

제4절 측정소별 환경기준 초과횟수

대기 환경기준은 1978년부터 설정되어 Table 1과 같이 5회에 걸쳐 강화되었다. 강원지역 교외대기 측정소에서 SO₂, CO, NO₂ 항목은 시간, 일, 년, 기준치를 모두 만족 하였으며 O₃ 항목에 있어서 1시간과 8시간 기준농도에서 초과되는 현상이 나타났다.

SO₂의 경우 환경기준치가 0.1ppm/시간, 0.06ppm/일, 0.03ppm/년인 반면 교외대기 연평균 농도는 0.0021ppm로 나타났다. 최근 5년간 초과횟수가 한 차례도 발생되지 않을 만큼 대기환경기준치에 비해 실제 농도가 낮았다.

CO의 경우 역시 환경기준치가 25ppm/시간, 9ppm/8시간 반면 교외대기 연평균 농도는 0.4ppm로 나타났다. 최근 5년간 초과횟수가 한 차례도 발생되지 않을 만큼 대기환경기준치에 비해 실제 농도가 낮았다.

NO₂의 경우 환경기준치가 0.1ppm/시간, 0.06ppm/일, 0.03ppm/년인 반면 교외대기 연평균 농도는 0.0052ppm로 나타났다. 최근 5년간 초과횟수가 한 차례도 발생되지 않을 만큼 대기환경기준치에 비해 실제 농도가 낮았다.

Table 24는 O₃ 항목의 2005~2009년의 1시간과 8시간 기준농도에서 초과횟수를 나타내었다. 2008년과 2009년도에 기준치를 초과하는 횟수가 가장 많았다. Table 6~23에서 보았듯이 일사량이 많고 강수일자가 적었기 때문으로 판단된다.

Table 24. Frequencies in excess of O₃ environmental standards

연도	측정소	고성	양구	정선	횡성
	기준농도	초과횟수			
2005	0.1 ppm/1h	0	19	46	-
	0.06 ppm/8h	17	63	87	
2006	0.1 ppm/1h	0	0	7	-
	0.06 ppm/8h	24	15	65	
2007	0.1 ppm/1h	11	0	45	-
	0.06 ppm/8h	56	12	71	
2008	0.1 ppm/1h	28	6	18	3
	0.06 ppm/8h	78	40	65	67
2009	0.1 ppm/1h	79	20	46	17
	0.06 ppm/8h	74	38	72	60

제5절 대기오염도와 기상인자의 상관성 분석

1. 고성 측정소

2005년 1월부터 2009년 12월까지 고성 측정소에서 측정된 대기오염도와 기상인자의 관련성을 검토하기 위해 단순상관분석을 실시하였다. Table 25는 대기오염도와 기상인자들 사이의 관계를 상관계수로 나타낸 표이다. Table 25에서 보는 바와 같이 SO₂와 NO₂는 비교적 같은 경향을 보이고 O₃를 제외한 가스상 물질들은 기상인자 대부분 대해서 상관계수가 0.5이상으로 비교적 높은 역상관성을 보였다. O₃은 일사량에만 0.54로 상관을 보였다. 오염물질간의 상관성은 오존을 제외하고 SO₂와 NO₂가 0.76으로 나타났고 CO와 NO₂가 0.56으로 높은 상관성을 보였다. 기상 인자중 가스상 물질에 영향을 미치는 요소는 강수일과 온도로 연구 되었다.

Table 25. Coefficient of correlation between a degree of air pollution and meteorological factors in Goseong

	강수량	강수일	온도	풍속	일사량	SO ₂	O ₃	CO	NO ₂
강수량	1.00								
강수일	0.78	1.00							
온도	0.68	0.71	1.00						
풍속	-0.29	-0.26	-0.29	1.00					
일사량	0.24	0.46	0.65	0.05	1.00				
SO ₂	-0.60	-0.66	-0.79	0.57	-0.41	1.00			
O ₃	-0.15	0.06	0.10	-0.05	0.54	-0.01	1.00		
CO	-0.46	-0.56	-0.51	-0.16	-0.40	0.41	0.26	1.00	
NO ₂	-0.63	-0.63	-0.75	0.15	-0.34	0.76	0.19	0.56	1.00

2. 양구 측정소

2005년 1월부터 2009년 12월까지 양구 측정소에서 측정된 대기오염도와 기상인자의 관련성을 검토하기 위해 단순상관분석을 실시하였다. Table 26은 대기오염도와 기상인자들 사이의 관계를 상관계수로 나타낸 표이다. Table 26에서 보는 바와 같이 SO₂는 강수량과 온도에 대해서 -0.50과 -0.73으로 높은 역상관성을 나타냈다. CO는 풍속을 제외한 강수량, 강수일, 온도, 일사량과의 높은 역상관성을 나타내었다. NO₂는 일사량을 제외한 나머지 기상인자에 비교적 높은 역상관성을 보였다. O₃은 풍속에만 0.50로 상관을 보였다. 오염물질간의 상관성은 오존을 제외하고 SO₂와 NO₂가 0.66으로 나타났고 CO와 NO₂가 0.57로 높은 상관성을 보였다. 대기오염도에 영향을 미치는 기상인자들은 O₃을 제외하고 강수량과 온도가 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타났다.

Table 26. Coefficient of correlation between a degree of air pollution and meteorological factors in Yanggu

	강수량	강수일	온도	풍속	일사량	SO ₂	O ₃	CO	NO ₂
강수량	1.00								
강수일	0.81	1.00							
온도	0.67	0.70	1.00						
풍속	-0.31	-0.14	-0.26	1.00					
일사량	0.27	0.38	0.71	0.21	1.00				
SO ₂	-0.50	-0.45	-0.73	0.25	-0.37	1.00			
O ₃	-0.27	-0.18	-0.04	0.50	0.48	0.35	1.00		
CO	-0.63	-0.72	-0.70	0.11	-0.58	0.37	0.00	1.00	
NO ₂	-0.57	-0.54	-0.76	0.51	-0.29	0.66	0.39	0.57	1.00

3. 정선 측정소

2005년 1월부터 2009년 12월까지 정선 측정소에서 측정된 대기오염도와 기상인자의 관련성을 검토하기 위해 단순상관분석을 실시하였다. Table 27은 대기오염도와 기상인자들 사이의 관계를 상관계수로 나타낸 표이다. Table 27에서 보는 바와 같이 SO₂는 강수일, 온도, 일사량에 대해서 각각 -0.58, -0.86과 -0.54로 높은 역상관성을 나타냈다. CO는 강수일과 온도에 높은 역상관성을 나타내었다. NO₂는 풍속을 제외한 나머지 기상인자에 비교적 높은 역상관성을 보였다. O₃은 풍속과 일사량에 0.54와 0.67로 높은 상관성을 보였다. 오염물질간의 상관성은 오존을 제외하고 SO₂와 CO가 0.82로 나타났고, SO₂와 NO₂가 0.84로 매우 높은 상관성을 나타냈고, CO와 NO₂가 0.69로 높은 상관성을 보였다. 대기오염도에 영향을 미치는 기상인자들은 O₃을 제외하고 강수일, 온도가 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타났다.

Table 27. Coefficient of correlation between a degree of air pollution and meteorological factors in Jeongseon

	강수량	강수일	온도	풍속	일사량	SO ₂	O ₃	CO	NO ₂
강수량	1.00								
강수일	0.86	1.00							
온도	0.58	0.69	1.00						
풍속	-0.34	-0.28	-0.48	1.00					
일사량	0.16	0.28	0.69	0.02	1.00				
SO ₂	-0.49	-0.58	-0.86	0.42	-0.54	1.00			
O ₃	-0.17	-0.08	0.07	0.54	0.67	0.02	1.00		
CO	-0.44	-0.56	-0.68	0.38	-0.35	0.82	0.19	1.00	
NO ₂	-0.54	-0.68	-0.89	0.38	-0.64	0.84	-0.10	0.69	1.00

4. 횡성 측정소

횡성지역의 경우 2007년도에 신설되어 2008년 1월부터 2009년 12월까지 정선 측정소에서 측정된 대기오염도와 기상인자의 관련성을 검토하기위해 단순상관 분석을 실시하였다. Table 28은 대기오염도와 기상인자들 사이의 관계를 상관 계수로 나타낸 표이다. Table 28에서 보는 바와 같이 SO₂는 온도, 일사량에 대해서 각각 -0.76과 -0.51로 높은 역상관성을 나타냈다. CO는 온도와 일사량에 높은 역상관성을 나타내었다. NO₂는 온도와 일사량에 비교적 높은 역상관성을 보였다. O₃은 일사량에 0.78로 높은 상관성을 보였다. 오염물질간의 상관성은 오존을 제외하고 SO₂와 CO가 0.64로 나타났고, SO₂와 NO₂가 0.70로 매우 높은 상관성을 나타냈고, CO와 NO₂가 0.63로 높은 상관성을 보였다. 대기오염도에 영향을 미치는 기상인자들은 O₃을 제외하고 온도가 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타났다.

Table 28. Coefficient of correlation between a degree of air pollution and meteorological factors in Heongseong

	강수량	강수일	온도	풍속	일사량	SO ₂	O ₃	CO	NO ₂
강수량	1.00								
강수일	0.76	1.00							
온도	0.52	0.60	1.00						
풍속	0.19	0.21	0.22	1.00					
일사량	0.40	0.45	0.79	0.27	1.00				
SO ₂	-0.31	-0.45	-0.76	-0.28	-0.51	1.00			
O ₃	0.26	0.31	0.38	0.26	0.78	-0.21	1.00		
CO	-0.26	-0.33	-0.73	-0.17	-0.56	0.64	-0.38	1.00	
NO ₂	-0.37	-0.41	-0.86	-0.11	-0.61	0.70	-0.13	0.63	1.00

제5장 결론

강원도지역 교외대기 자동측정망이 설치되어 있는 고성, 양구, 정선, 횡성 지역의 최근 5년간의 월별, 연도별 변화 경향과 강원도 도시대기 변화경향을 조사하고 대기오염농도와 기상인자와의 상호관련성을 조사함으로써 강원도의 교외 대기질을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

SO₂의 경우 연도별 평균오염도는 대체로 연간 큰 변화가 없이 일정한 농도를 유지하는 것으로 분석되었다. 5년간 지역별 연평균 농도의 분포는 0.0014~0.0033ppm을 보였다. 다른 측정소들과 비교 하였을 때 양구 측정소는 낮은 농도를 보였고, 정선 측정소가 높은 농도를 보였다. 대부분 측정소에 서는 꾸준히 감소하는 추세를 보였다.

O₃의 경우 측정소별 농도는 대체로 연간 큰 격차를 보이지 않고 일정한 농도를 유지하는 것으로 분석되었다. 강원 도시대기 농도에 비해 높게 나타났다. 5년간 지역별 연평균 농도의 분포는 0.020~0.048ppm을 보였다. 다른 측정소들과 비교 하였을 때 양구 측정소는 낮은 농도를 보였고, 고성 측정소는 높은 농도를 보였다.

CO의 경우 측정소별 농도는 대체로 연간 큰 격차를 보이지 않고 서서히 감소하는 것으로 분석되었다. 5년간 지역별 연평균 농도의 분포는 0.3~0.5ppm을 보였다. 다른 측정소들과 비교 하였을 때 횡성 측정소는 낮은 농도를 보였다.

NO₂의 경우 연도별 평균 오염도는 대체로 연간 큰 변화가 없이 일정한 농도를 유지하는 것으로 분석 되었지만, 측정소간의 격차는 큰 편이었다. 6년 동안 지역별 연평균 농도의 분포는 0.0034~0.0096ppm을 보였다. 다른 측정

소들과 비교 하였을 때 고성과 양구 측정소는 낮은 농도를 보였고, 횡성 측정소에서 높은 농도를 보였다.

강원지방 교외대기 측정소에서 SO₂, CO, NO₂ 항목은 시간, 일, 년, 기준치를 모두만족 하였으며, O₃ 항목에 있어서 1시간과 8시간 기준농도에서 초과되는 현상이 나타났다.

단순상관분석 결과 기상인자와 대기오염 항목별 상관성은 O₃을 제외한 나머지 항목 모두 온도에 높은 역상관성을 나타냈고, O₃의 경우 일사량에 높은 상관성을 나타냈다. 대기오염 항목별 상관성은 O₂, CO, NO₂ 항목이 높은 상관성이 있는 것으로 분석되었다.

References

- 1) 환경부, 환경백서, 2008
- 2) 이동범, 청정지역과 도시지역의 겨울철 O₃-NO-NO₂의 광화학반응에 관한 연구, 용인대학교 대학원 석사 학위 논문, 2000
- 3) 임성달, 원주의 대기오염변화와 기상인자의 관련성분석, 연세대학교 관리과학대학원 석사 학위 논문, 2002
- 4) 윤중섭, 어수미, 김광진, 김민영, 신재명, 강원도 산악지역에서의 대기오염 특성에 관한 연구, 한국대기환경학회 학술대회논문집, pp302~304, 1999
- 5) 환경부, 환경정책기본법, 2010
- 6) 환경부, 대기환경연보(2009) pp3~6, 119~120, 2010
- 7) 환경부, 대기환경월보2월
- 8) 이성호, 대기오염방지시설, pp22~28, 동화기술, 1999.08
- 9) 신찬기, 한진석, 김윤신, 대기오염농도와 기상인자의 관련성 연구, 한국대기보전학회지, Vol. 8, No 4, pp213~220, 1992
- 10) Dockery, D. W., C. A. Pope, X. Xu, J. D. Spengler, J. H. Ware, M. E. Fay, B. G. Ferris and F. E. Speizer, 1993, An association between air pollution and mortality in six U.S. cities, New England J. Med., 329, 1753-1759.
- 11) 조완근, 권기동, 대구지역 PM10 오염 관리를 위한 시간적 및 공간적 오염 특성 평가, 한국환경과학회지, Vol.13, No.1, pp27~36, 2004
- 12) Baltensperger, U. and S. Nyeki, 1998, Atmospheric aerosols. In: colbeck, I. (Ed), Physical and Chemical Properties of Aerosols. Blackie Academic & Prpfessional, London, 280-329pp.
- 13) John, w., S. M. Wall, J. L. Ondo and W. Winklmay, 1990, Modes in the size distribution of atmospheric inorganic aerosol, Atmos. Environ., 24, 2349-2359.

- 14) Simpson, R. W., 1992, A statistical analysis of particulate data sets in Brisbane, Australia Atmos. Environ., 26, 99-105.
- 15) 이해문, 김동술, 이진홍, 1996, PM10 내 중금속의 장기간 평균농도 및 위해도 평가, 한국대기보전학회지, 12, 555-566.
- 16) Schwartz, J., 1994, Air pollution and daily mortality: a review and meta-analysis, Environ. Res., 64, 36-52.
- 17) Schwartz, J., D. W. Dockery and L. M. Neas, 1996, Is daily mortality associated specifically with fine particles?, J. Air and Waste Manage. Assoc., 46, 2-14.
- 18) 전라남도보건환경연구원, 2008년 전라남도 대기질 평가보고서, pp22~pp25,2009
- 19) 허정숙, 김태오, 김동술, 오존 대기 환경기준의 비교연구, 한국대기환경학회지, Vol. 15, No. 2, pp 159~173, 1999
- 20) 박상찬, 대기오염측정 및 분석, pp458~459, 동화기술, 2008.9
- 21) 국립환경연구원, 대기오염측정망의 측정 및 정도관리 기준 절차(안) pp24~111, 2003.10

저작물 이용 허락서

학 과	환경생명공학과	학 번	20097377	과 정	석 사
성 명	한글 : 윤강일 한문 : 尹 强 一 영문 : Yoon kang il				
주 소	광주광역시 서구 쌍촌동 1001-13번지 현대연립 가동 201호				
연락처	E-MAIL : noble0322@hanmail.net				
논문제목	한글 : 강원지역 교외 대기질에 관한 연구 영어 : A Study on Local Ambient Air Quality in Gangwon				

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(O) 반대()

2010 년 11 월

저작자: 윤 강 일 (인)

조선대학교총장 귀하

감사의 글

지난 2년동안 부족한 저에게 소중한 결실을 맺기까지 주변에서 항상 도와주신 분들께 감사의 마음을 전하려 합니다.

논문이 완성되기까지 아낌없는 지도와 격려를 해주신 신대운 교수님께 진심으로 감사드립니다. 바쁘신 가운데서도 논문심사과정에서 많은 조언과 가르침을 주신 최형일 교수님, 정경훈 교수님께도 감사드립니다. 아울러 학교 올 때 마다 인자한 웃음으로 반겨주신 정오진 교수님, 이성기 교수님, 이인화 교수님께도 감사드립니다.

한국환경공단에서 2년 근무하면서 많은 도움을 주신 분들께도 감사드립니다. 먼저 제가 공단에서 가장 존경하는 대기관리팀 옥승철 팀장님, 바쁘신 중에도 많은 조언을 주신 이창호 차장님, 같은 조로 논문을 쓸 수 있게 작은 것 하나도 배려 해주신 최철환 과장님께 진심으로 감사드립니다. 항상 관심과 격려를 해주신 박병근 과장님, 강경옥 과장님, 유재진 과장님, 하기연 대리님, 우제형 대리님께도 감사드립니다. 학업이나 회사 생활에서 애로사항도 친절하게 상담 해주신 정용진 대리님, 논문이 막힐 때마다 항상 도움 요청하면 자기 일처럼 도움을 준 대기팀 에이스인 김선엽 대리에게도 감사드립니다. 친누나처럼 잘 챙겨주는 경희누나, 성격 좋은 영규, 일 잘하는 강남맨 범원에게도 감사의 마음을 전합니다.

회사 생활하며 알게 되었던 소중한 친구 순석, 힘든 생활을 함께하며 하루라도 안보면 보고 싶을 만큼 든든한 쉽사빠 클럽 검사분석팀 진욱, 미선이에게 감사의 마음을 전합니다.

논문 쓸 때 오타 하나하나 까지도 세밀히 봐주면서 도와준 김작가님, 힘들고 지칠때 항상 곁에서 지켜봐주고 진심으로 걱정해주신 김사장님, 솜사를 너무나도 좋아하는 뽕기님, 얼굴도 이쁘고 마음씨도 착한 항상 함께 하고픈 김아마, 제 이름과 의미가 같은 사랑하는 김구이님께 진심으로 감사의 마음을 전합니다.

진로에 대한 고민 상담과 많은 응원을 보내준 원주지방환경청 유리누나,
일본에서 유학 중인 왕까칠 경은누나에게도 감사에 마음을 전합니다.

학부생 때부터 많이 예뻐해 주시고 논문 쓰는데 많은 도움을 주신 경란
씨부님, 제가 가장 닮고 싶고, 친형이었으면 하는 정말 멋진 과학원
재홍이형에게 진심으로 감사의 마음을 전합니다. 실험실의 기둥 우리 익현이,
항상 열심히하는 모습이 좋은 이슬, 파워포인트에 달인 귀염둥이 현지에게
감사의 마음을 전합니다.

우리 패밀리들, 열공 중인 화공과 석사 윤수, 산림조합에서 엄청난 돈을 벌고
있는 성민, 취업준비 중인 순시, 경기도의 치안을 담당하는 근호, 수학선생
광식이게도 감사의 마음을 전합니다.

마지막으로 항상 응원을 보내주시는 셋째 큰아버지, 오빠 일이라면 앞장서서
도와주는 하나뿐인 동생 정희, 항상 저를 믿고 한결 같은 사랑으로 감싸주시는
사랑하는 아버지, 어머니께 진심으로 감사드립니다.

저를 아껴주시고 석사 과정을 무사히 마칠 수 있도록 도와주신 모든 분들께
다시 한번 진심으로 감사드리며, 살아가면서 좋은 모습으로 보답 하겠습니다.

2011년 1월

윤 강 일