

발 간 등 록 번 호

11-1240000-000840-01

2015년 국가통계 품질개선 컨설팅 연구용역

『기후변화감시통계』

품질개선 컨설팅 최종결과보고서

2015. 12.

주 의

1. 이 보고서는 통계청에서 수행한 국가통계 품질개선 컨설팅 연구용역 결과보고서입니다.
2. 이 보고서에 대한 지식재산권 귀속 등에 대하여는 「용역계약 일반조건」 제35조의 2(계약목적물의 지식재산권 귀속 등) 및 「일반용역계약특수조건」 제16조(계약목적물의 지식재산권 귀속 등)에 의합니다.

제 출 문

제 출 문

통계청장 귀하

본 보고서를 「기후변화감시통계」 품질개선 컨설팅의 최종
결과 보고서로 제출합니다.

2015년 12월

(사)한국통계학회 ㉸



연구진

책 임 연구원	이영섭, 동국대학교 통계학과 교수
연구원	홍진규, 연세대학교 대기과학과 교수
연구원	김주성, 안양대학교 정보통계학과 겸임교수
연구보조원	동경진, 김하빈, 홍승우

요 약 문

최종결과보고서요약문

연구과제명	「기후변화감시통계」 품질개선 연구
주제어	기후변화감시통계, 기상청, 관측요소, WMO, GAW
연구기간	2015년 9월 16일 - 2015년 12월 15일
연구기관	(사)한국통계학회
연구진구	책임연구원: 이영섭 동국대학교 통계학과 교수 연구원 : 홍진규 연세대학교 대기과학과 교수 김주성 안양대학교 정보통계학과 겸임교수
<p>본 연구에서는 기후변화감시 관측요소 및 통계산출 방법에 대한 주요 세계자료센터 소재 국가의 현황 자료수집과 국내 기후변화감시통계 주 이용기관들을 대상으로 설문 조사를 실시하여 기후변화감시 관측요소에 대한 적정성 검토와 향후 개선방안을 제안하였다.</p> <p>현재 기상청에서 국가승인통계로 공표하여 제공 중인 21가지 기후변화감시통계 관측요소는 지구 대기감시(GAW)에서 권고하는 가이드라인을 따르고 있다. 또한 우리나라와 해외 주요 국가들의 지구급 관측소의 통계 제공 현황의 비교분석과 기후변화감시통계 적극사용자들을 대상으로 진행한 설문 조사의 결과, 현재 기상청에서 국가통계로 공표하여 제공 중인 기후변화감시통계 관측요소들은 이용자가 원하는 필수 요소들을 제공하고 있으므로 대체로 적정하다고 사료된다. 다만, 통계 활용성 제고를 위하여 통계자료 제공 단위 확대, 미공표 항목 중 활용가능성이 높은 항목에 대한 추가 공표를 한다면 적정성은 더욱 향상 될 것이라 본다.</p> <p>한편, 관측요소들의 통계제공 단위에 대해서 살펴보면, 주요 세계자료센터 소재 국가 지구급 관측소의 통계는 대부분 시/일/월/연 단위까지 제공하고 있었다. 그러나 현재 우리나라는 통계생산은 시/일/월/연 단위로 하고 있지만, 통계공표는 월/연 단위로 제공하고 있었다. 기후변화감시통계 적극사용자를 대상으로 관측요소의 제공주기에 대한 설문 조사에서도 온실가스 분야의 경우 시/일/월/연 단위로, 반응가스 분야 및 에어로졸 분야의 경우 시간단위로 통계자료를 제공받기 원하였다. 따라서 각 나라마다 관측소의 특성(관측방법 등)이 다르기 때문에 일률적으로 주요선진국과 우리나라를 비교하기에는 한계가 있으나, 통계활용성 제고를 위하여 설문조사 결과 및 해외 사례를 참고하여 우리나라 국가승인통계로 공표하고 있는 관측요소들에 대해서는 시/일 단위까지의 통계자료 제공에 대한 검토가 필요하다.</p> <p>또한, 우리나라에서 기후변화감시 관련 승인통계로 공표하고 있지 않은 19가지 관측요소를 해외 주요 선진국의 지구급 자료와 비교해보면 ‘수농도’ 등 14개 요소에 대하여 나라별 차이는 있으나 주요 선진국에서는 통계자료를 제공하고 있음을 알 수 있다. 기후변화 감시통계 적극 사용자를 대상으로 한 설문조사에서도 기상청에서 공표하여 제공하고 있는 21가지 측정요소를 제외하고 제공받고 싶은 관측 요소에 대해 조사한 결과, ‘파장별 일사’, ‘PM_{2.5}’, ‘성층권오존 연직분포’, ‘PM_{1.0}’ 등의 순으로 제공받고 싶은 의향이 높은 것으로 나타났다. 따라서 통계의 활용성 제고를 위하여 미공표 항목 중 활용가능성이 높은 항목에 대한 추가 공표 검토가 필요하다. 특히 해외 주요 선진국에서 제공하고 있는 주요 항목인 ‘수농도’, ‘광학깊이’ 와 국내 설문조사에서 나타난 ‘PM_{1.0}’, ‘PM_{2.5}’ 등 주로 에어로졸 분야의 관측요소를 향후 우리나라 국가승인통계로 우선 추진하는 방안을 제안하였다.</p>	

차 례

- 제 1 장 서론 1
 - 제 1 절 연구 배경 및 목적 1
 - 제 2 절 연구의 주요 내용과 방법 2

- 제 2 장 국내외 주요 국가 기후변화감시 관측 및 통계처리방법 사례조사 4
 - 제 1 절 전 세계 기후변화 감시 현황 4
 - 1. 전 세계 기후 변화 감시 프로그램 4
 - 2. GAW 온실가스 지구 분석 및 통계 처리 가이드라인 7
 - 제 2 절 국내 기후변화감시 현황 8
 - 1. 개관 8
 - 2. 안면도 15
 - 3. 고산 16

- 제 3 절 국외 주요국 지구급 온실가스 측정 기술 및 통계 처리 현황 17
 - 1. 일본 17
 - 2. 캐나다 24
 - 3. 미국 37
 - 4. 독일 47
 - 5. 노르웨이 52

- 제 4 절 국외 주요국 지구급의 기후변화 통계 자료 제공 현황 59
 - 1. 일본 60
 - 2. 캐나다 62

3. 미국	64
4. 독일	66
5. 노르웨이	68
제 5 절 연구 요약	70
제 3 장 기후변화감시 관측(통계)요소 중요도 및 만족도 설문조사	73
제 1 절 국내 기후변화감시 관측자료 서비스 현황	73
제 2 절 조사 개요	76
1. 조사 개요	76
2. 조사 진행 방법	77
3. 조사 내용	80
4. 분석 방법	82
5. 설문 응답 현황	83
제 3 절 적극 사용자 설문조사 결과	84
1. 기후변화감시 관측요소의 이용실태	84
2. 기후변화감시 관측요소의 중요도와 만족도	112
3. 기후변화감시 관측요소의 개선방향	126
4. 기후변화감시 관측요소의 향후 활용	132
제 4 절 잠정 사용자 설문조사 결과	140
1. 기후변화감시 관측요소의 이용경험	140
2. 기후변화감시 관측요소 향후 활용	147
제 5 절 소결	152
제 4 장 결론 및 개선방안	156
제 1 절 서론	156
제 2 절 통계공표항목에 대한 적정성 검토 및 개선방안	156

1. 적정성 검토	157
2. 개선방안	157
제 5 장 기타 개선 의견	164
참고문헌	169

표 차례

<표 2-1> 국내 기후변화감시 기본 및 보조관측소 현황	10
<표 2-2> 국내 기후변화감시 관측 요소 및 통계 현황	11
<표 2-3> 일본 Minamitorishima 관측소 (Global station)	18
<표 2-4> 일본 Minamitorishima station (Global station) 관측 현황	22
<표 2-5> 캐나다 Alert 관측소 (Global station) 관측 현황	34
<표 2-6> 미국 마우나 로아 관측소 (Global station) 관측 현황	44
<표 2-7> 독일 Zugspitze-Schneefernerhaus 관측소 (Global station) 관측 현황	51
<표 2-8> 노르웨이 Ny Ålesund 지구급 관측소 (Global station) 관측 현황	55
<표 2-9> 우리나라 관측요소와 일본 기후변화감시통계 현황 비교	60
<표 2-10> 우리나라 관측요소와 캐나다 기후변화감시통계 현황 비교	62
<표 2-11> 우리나라 관측요소와 미국 기후변화감시통계 현황 비교	64
<표 2-12> 우리나라 관측요소와 독일 기후변화감시통계 현황 비교	66
<표 2-13> 우리나라 관측요소와 노르웨이 기후변화감시통계 현황 비교	68
<표 3-1> 기후변화감시통계 현황	75
<표 3-2> 조사개요	76
<표 3-3> 설문 조사 진행 방법	77
<표 3-4> 주요 조사 내용	81
<표 3-5> 분석 방법	82
<표 3-6> 설문 조사 응답자 리스트	83
<표 3-7> 기후변화감시관측요소의 이용여부 및 수집 매체	86
<표 3-8> 이산화탄소의 이용여부 및 수집 매체	87
<표 3-9> 메탄의 이용여부 및 수집 매체	88

<표 3-10> 아산화질소의 이용여부 및 수집 매체	89
<표 3-11> 염화불화탄소-11의 이용여부 및 수집 매체	90
<표 3-12> 염화불화탄소-12의 이용여부 및 수집 매체	91
<표 3-13> 염화불화탄소-113의 이용여부 및 수집 매체	92
<표 3-14> 불화황의 이용여부 및 수집 매체	92
<표 3-15> 일산화탄소의 이용여부 및 수집 매체	93
<표 3-16> 오존의 이용여부 및 수집 매체	94
<표 3-17> 이산화황의 이용여부 및 수집 매체	95
<표 3-18> 질산화물의 이용여부 및 수집 매체	96
<표 3-19> PM_{10} 질량농도의 이용여부 및 수집 매체	97
<표 3-20> 오존전량(DU)의 이용여부 및 수집 매체	98
<표 3-21> 자외선-A의 이용여부 및 수집 매체	99
<표 3-22> 자외선-B의 이용여부 및 수집 매체	100
<표 3-23> 직달일사의 이용여부 및 수집 매체	101
<표 3-24> 산란일사의 이용여부 및 수집 매체	102
<표 3-25> 태양 상하향복사의 이용여부 및 수집 매체	103
<표 3-26> 지구 상하향복사의 이용여부 및 수집 매체	104
<표 3-27> 순복사의 이용여부 및 수집 매체	105
<표 3-28> 산성도의 이용여부 및 수집 매체	106
<표 3-29> 기후변화감시 관측요소의 이용목적 [중복응답]	108
<표 3-30> 기후변화감시 관측요소의 이용분야 응답 내용	109
<표 3-32> 기후변화감시 관측요소 제공 방법에 대한 만족도	111
<표 3-33> 기후변화감시 관측요소의 중요도 및 만족도	115
<표 3-34> 기후변화감시 관측요소의 우선개선 관측요소	118
<표 3-35> 응답자 소속별 기후변화감시 관측요소의 중요도	121
<표 3-36> 응답자 소속별 기후변화감시 관측요소의 만족도	124

<표 3-37> 기상청 제공 21가지 외에 향후 제공받고 싶은 관측요소 [중복응답]	125
<표 3-38> 국민들이 기후변화에 대응하기 위해 가장 필요한 요소 [중복응답]	127
<표 3-39> 40가지 요소 외에 추가적으로 필요한 관측요소	128
<표 3-40> 이해하기 어려운 용어(명칭) 및 개선방향	129
<표 3-41> 관측요소의 제공주기와 통계값의 개선사항	131
<표 3-42> 유용한 관측요소와 활용 가능 분야	132
<표 3-43> 장기적 변동 분석이 필요한 관측요소와 그 이유	134
<표 3-44> 장기 변동 분석 자료의 적절한 발간 주기	136
<표 3-45> 주로 사용하는 정보매체 [중복응답]	137
<표 3-46> 향후 정보를 제공받기 원하는 정보매체 [중복응답]	137
<표 3-47> 기타 의견	139
<표 3-48> 기후변화와 관련된 자료의 이용경험 및 수집경로	141
<표 3-49> 기후변화와 관련된 자료의 이용경험이 없는 이유	143
<표 3-50> 사용하거나 필요했었던 기후변화감시 관측요소 [중복응답]	144
<표 3-51> 이해하기 어려운 용어(명칭) 및 개선방향	146
<표 3-52> 기후변화와 관련된 자료들이 향후 유용하게 활용될 분야 [중복응답]	147
<표 3-53> 주로 사용하는 정보매체 및 향후 원하는 정보매체 [중복응답]	149
<표 3-54> 기타 의견	151
<표 4-1> 우리나라에서 공표하고 있는 관측요소와 해외 공표 현황 비교	161
<표 4-2> 우리나라에서 공표하고 있지 않은 관측요소와 해외 공표 현황 비교	163

그림 차례

<그림 1-1> 연구추진체계도	3
<그림 2-1> WDCGG (World Data Center for Greenhouse gases)에 기여 하고 있는 지구 관측 현황	5
<그림 2-2> WDCGG의 기능과 자료 배분 흐름	7
<그림 2-3> 국내 기후변화감시 기본 및 보조관측소 현황	9
<그림 2-4> 일본 Minamitorishima 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화	20
<그림 2-5> 캐나다 Alert 관측소 (Global station)	24
<그림 2-6> 캐나다 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화	31
<그림 2-7> 미국 Mauna Loa 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화	38
<그림 2-8> 미국 기후변화감시 지구급 관측소	39
<그림 2-9> 독일 Zugspitze-Schneefernerhaus 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화	47
<그림 2-10> 독일 기후변화감시 지구급 관측소	48
<그림 2-11> 노르웨이 Ny Ålesund 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화	52
<그림 2-13> 일본	60
<그림 2-14> 캐나다	62
<그림 2-15> 미국	64
<그림 2-16> 독일	66
<그림 2-17> 노르웨이	68
<그림 3-1> 지구대기감시보고서	73
<그림 3-2> 통계청 국가통계포탈(http://kosis.kr)	74

<그림 3-3> 통계청 e-나라지표(http://www.index.go.kr)	74
<그림 3-4> 스크린 문항(응답 설문 유형 선정 질문지)	79
<그림 3-5> 조사절차	80
<그림 3-6> 기후변화감시 관측요소 이용 비율	84
<그림 3-7> 기후변화감시 관측요소의 이용목적 [중복응답]	107
<그림 3-8> 기후변화감시 관측요소 제공 방법에 대한 만족도	110
<그림 3-9> 기후변화감시 관측요소의 중요도 및 만족도	113
<그림 3-10> 기후변화감시 관측요소의 중요도 및 만족도 도식화	116
<그림 3-11> 기후변화감시 관측요소의 중요도-소속별	119
<그림 3-12> 기후변화감시 관측요소의 만족도-소속별	122
<그림 3-13> 장기 변동 분석 자료의 적절한 발간 주기	135
<그림 3-14> 주로 사용하는 정보매체 및 향후 원하는 정보매체[중복응답]	137
<그림 3-15> 기후변화와 관련된 자료의 이용경험 및 수집경로	140
<그림 3-16> 기후변화와 관련된 자료의 이용경험이 없는 이유	142
<그림 3-17> 사용하거나 필요했었던 기후변화감시 관측요소[중복응답]	143

제 1 장 서론

제 1 절 연구 배경 및 목적

통계청에서는 2011년부터 통계작성기관 소관 통계를 대상으로 전문성이 요구되는 품질개선 필요사항에 대해 효율적 개선을 위한 지원 하고 있으며, 이와 관련하여 통계작성기관에서 생산하는 통계자료에 대한 품질개선 컨설팅을 실시하고 있다. 한편, 지구온난화에 따른 기후변화, 오존층 파괴, 산성비 등 지구환경문제가 심각해지자 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)에서는 1992년부터 지구환경의 실태를 정확히 파악하고 과학적 기초 자료를 산출하기 위한 전지구적 차원의 지구대기감시(Global Atmosphere Watch, GAW) 국제프로그램을 시작하였고, 우리나라 기상청도 본격적으로 참여하고 있다.

이러한 참여의 일환으로 본 연구에서는 기후변화 감시 관측요소별 현황과 통계산출방법에 대한 국제적인 현황과 우리나라와의 비교분석을 하여 우리나라 기후변화 감시통계의 위치와 방향성을 검토하고자 한다.

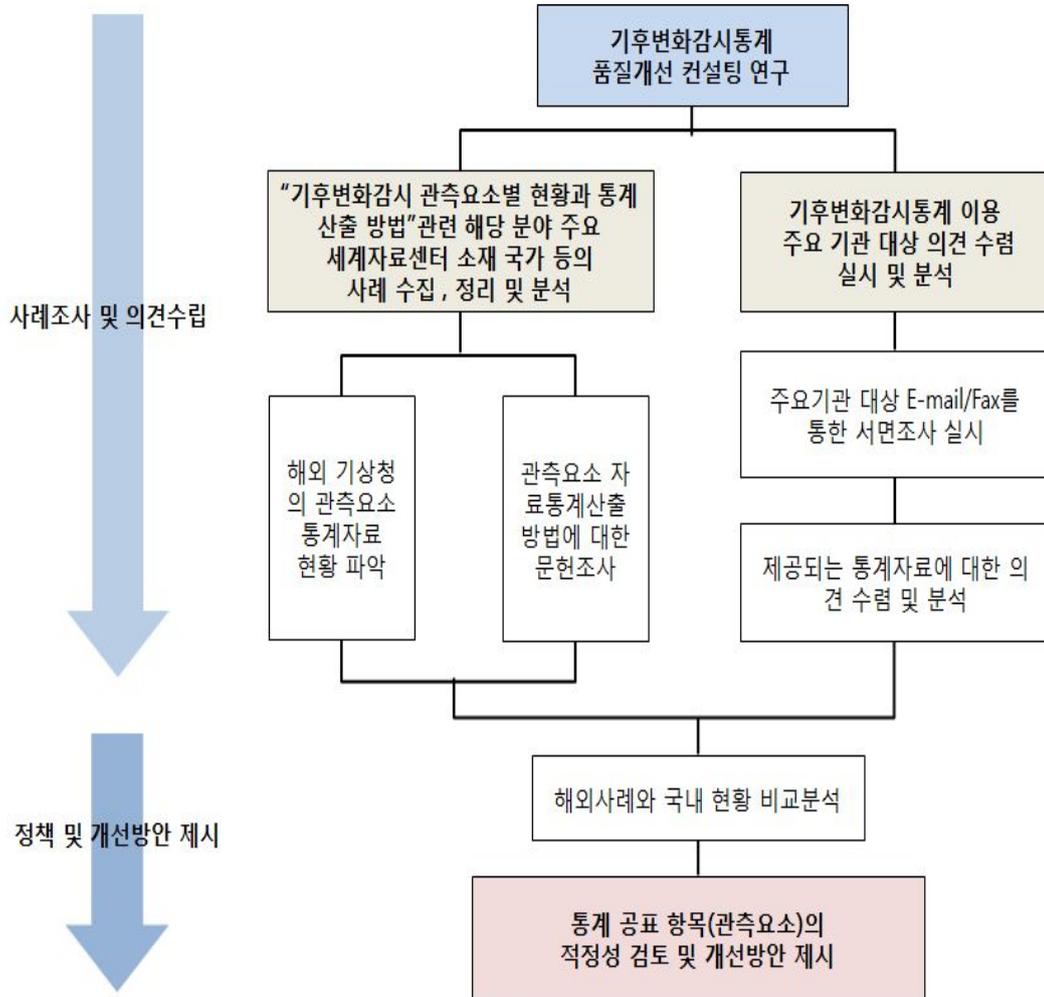
한편, 기상청은 기후변화의 원인물질에 대한 측정 자료와 분석결과를 통계법 제18조에 의한 기후변화감시통계로 현재 총 40가지 “기후변화감시 관측요소” 중 연구 성격이 강하고 이해하기 어려운 관측요소를 제외하고 온실가스, 반응가스, 에어로졸, 오존전량, 대기복사, 강수화학 관측요소별로 21가지 기후변화 감시요소를 지구대기감시보고서나 관보 등의 책자, 기후변화정보센터(<http://www.climate.go.kr>), 통계청 국가통계포털(<http://kosis.kr>), 통계청 e-나라지표(<http://www.index.go.kr>) 등의 웹사이트를 통하여 국민들에게 제공해 오고 있다. 이 정보는 기후변화에 대한 과학적 이해의 폭을 넓여 기후변화 대응을 위한 중요한 자료이자 기후변화가 사회·경제적으로 미칠 수 있는 영향을 파악하는 국가정책 자료로 활용되고 있다.

그러나 현재까지 기상청에서 제공하고 있는 21가지 관측요소에 대한 이용자들의 중요도 및 만족도와 향후 제공되어야 할 관측요소 및 장기적 변동 분석을 위하여 필요한 자료에 대한 전반적인 조사가 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 기후변화 감시 관측요소의 사용여부에 따라 적극적 사용자와 잠정적 사용자로 나누어서, 기후변화감시 관측요소의 이용실태, 기후변화 감시 관측요소의 중요도와 만족도, 기후변화감시 관측요소의 개선방향, 기후변화 감시 관측요소의 향후 활용 등에 관한 전반적인 조사를 통하여 GAW가 권고하는 지구대기감시 관측요소 중 통계 항목으로 공표하고 있는 관측자료에 대한 적정성 검토와 이용자들의 의견을 수렴하여 우리 현실에 적합한 개선 방안을 도출하고자 한다.

제 2 절 연구의 주요 내용과 방법

본 연구는 크게 다음의 세 가지로 나누어서 수행하고자 한다. 첫째, 주요 세계자료센터 소재 국가 지구대기감시 관측요소별 현황과 통계산출 방법에 대한 문헌 조사를 통한 사례 수집 및 정리를 하고, 둘째, 수요자 및 정보 활용 측면에서 기후변화감시 통계 이용 주요기관 대상 의견 수렴 및 분석 실시하고, 마지막으로, 자료 수집의 문제, 연구 기간 등을 고려하여 세계자료센터 소재 국가의 지구급 관측소에 대한 사례 연구와 우리나라 기후변화 감시 통계 이용자의 의견 수렴 결과의 비교분석을 통한 통계공표항목의 적정성 검토 및 개선방안 제시하고자 한다. 이에 대한 상세한 추진체계를 그림으로 나타내면 다음과 같다.

<그림 1-1> 연구추진체계도



제 2 장 국내외 주요 국가 기후변화감시 관측 및 통계처리방법 사례조사

제1절. 전 세계 기후 변화 감시 현황

1. 전 세계 기후 변화 감시 프로그램

세계기상기구 (WMO)는 지구 대기 감시 프로그램 (Global Atmosphere Watch; GAW)을 통하여 지구 대기 화학 관측, 대기 조성 변화와 관련된 과학적 평가 및 이러한 변화가 날씨, 기후, 대기 환경에 미치는 영향을 감시하고 있다. <그림 2-1>은 WDCGG (World Data Center for Greenhouse gases)에 기여하고 있는 지구급 관측 현황을 보여주고 있다. GAW 프로그램은 지역급 지구 관측 시스템의 시스템 (Global Earth Observation Systems of Systems)의 핵심 프로그램으로 지구 대기 화학 관측과 온실가스, 오존, 에어로졸, 반응성 기체 및 강수 화학과 관련된 연구를 조정하고 있다.

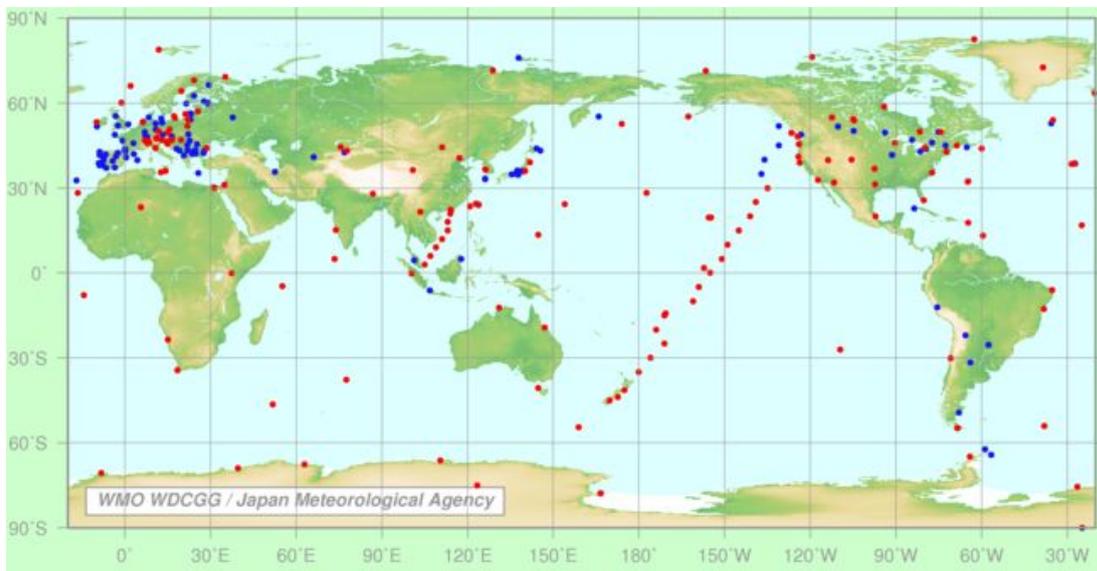
GAW 프로그램의 미션은 다음과 같다.

- 사회에 미치는 환경 리스크를 줄이고 환경 협상의 필요조건을 만족
- 기후, 일기 및 대기 오염을 예측할 수 있는 능력 강화
- 환경 정책을 지원할 수 있는 과학적 평가에의 기여

이러한 미션을 위하여 GAW 프로그램은 세계 자료 센터 (World Data Center; WDC)를 운영하고 있으며, WDC를 통하여 자료를 측정하고, 저장하며, 일반인들에게 자료를 제공할 수 있도록 하고, 과학의 진전과 정책 결정을 위해 이러한 자료들의 품질 검증, 분석 및 해석을 지원할 수 있도록 하였

다. <그림 2-2>는 WDCGG의 기능과 자료 배분 흐름을 보이고 있다. WDCGG (World Data Center for Greenhouse gases)는 WDC 중에서 온실가스 관련 관측 자료를 전담하는 곳으로 1990년 일본 기상청이 운영기관으로서 운영되기 시작했으며, 2002년에 노르웨이에서 수행하고 있던 지표 오존 관측 세계 자료 센터 (World Data Center for Surface Ozone; WDCSO)의 업무도 인수하였다.

<그림 2-1> WDCGG (World Data Center for Greenhouse gases)에 기여하고 있는 지구급 관측 현황



*출처 : World Data Centre for Greenhouse Gases

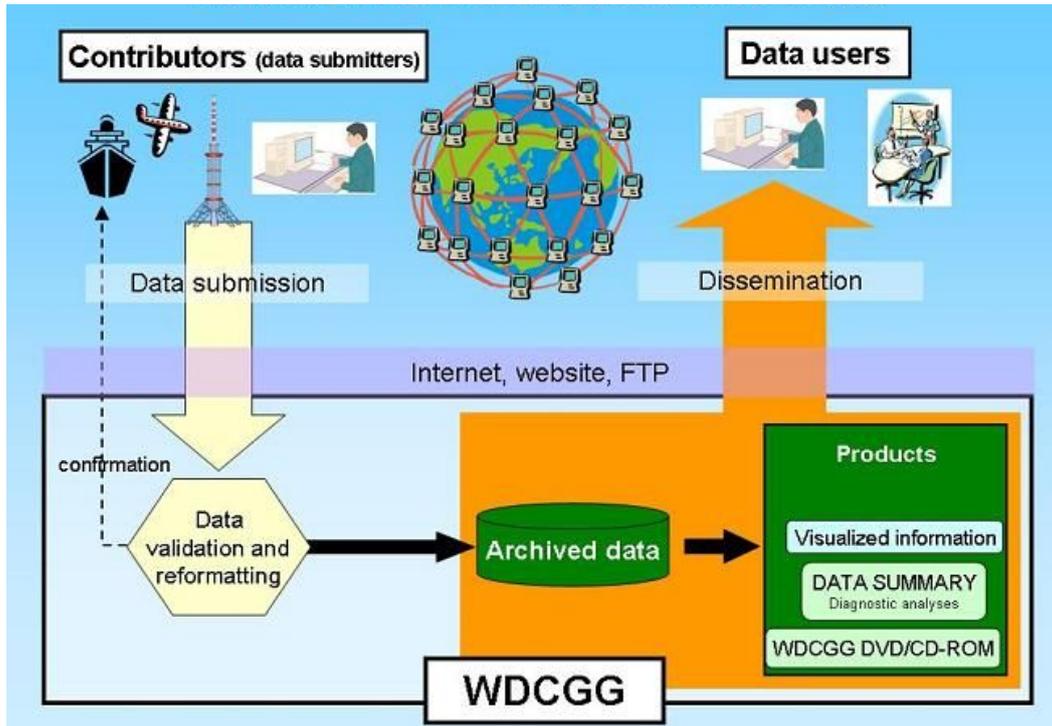
WDC는 온실가스 및 대기와 해양과 관련된 가스들의 측정 결과들을 저장하고 있으며 관측 방법 및 관측 플랫폼의 종류에 따라 아래와 같이 6개로 분류하여 자료를 저장하고 있다.

- 고정 플랫폼에서의 대기 관측
- 모바일 플랫폼에서의 대기 관측
- 대기의 연직 관측

- 선박을 이용한 수로학적 관측
- 아이스 코어 관측
- 해양 지표수 및 해양 지표수 위의 대기 관측

기후변화 감시는 과학적인 목적뿐만 아니라 기후변화 협상 대응을 위한 기초자료로서 중요성이 부각된다. 기후변화 측정 기술의 향상은 기상학 기술 뿐만 아니라, 물리, 화학, 통계학의 고른 과학 기술에 의존하고 있다. 따라서 국내 기후 변화 측정 기술의 향상은 기초 과학 기술 저변 확대와도 밀접한 관련이 있다. 국내의 경우 기후 관련 연구의 양과 질적인 측면에서 국제적으로 수준이 높지만 기후 변화 감시를 위한 측정 분야는 전문가 부족과 자료 처리와 관련된 통계 전문가의 부족으로 인하여 상대적으로 낙후되어 있는 편이다. 향후 국제무대에서의 기후 과학 관련 기술 지원을 통한 국가 인식의 제고와 새로운 연구 및 산업 분야 창출을 위한 분야로 기후 변화 감시는 큰 의의를 가지게 될 것이다. 기후 감시 측정 자료의 활용을 증진시키고 국내외 기후변화 측정 기술의 향상을 위한 다양한 노력이 필요하다.

<그림 2-2> WDCGG의 기능과 자료 배분 흐름



*출처 : World Data Centre for Greenhouse Gases

2. GAW 온실가스 지구급 분석 및 통계 처리 가이드라인

세계기상기구 (WMO)의 지구 대기 감시 프로그램 (Global Atmosphere Watch; GAW)는 2007년 GAW Strategic Plan을 통하여 다음 네 가지 활동을 장려한다.

- 표준화된 자료 품질 관련 처리 및 과정
- 추적가능한 측정 스케일
- 알려진 자료 품질
- 관측 자료의 쉬운 접근성

우리나라를 포함하여 세계 각국에서 자료의 통계산출방법은 GAW가이드라

인이 기준을 일반적으로 따르고 있으며 상세적인 통계산출방법은 각 나라별로 다르다. 이에 따라 일관되고 조직적인 지구 대기 환경 관측들을 장려하고 있다.

세계 온실가스 자료센터 (World Data Center for Greenhouse gases; WDCGG)에서는 WMO 표준 스케일에 따라 추적가능하고 갭이 없는 일정한 품질의 자료를 생산하고 있으며, 이를 바탕으로 WDCGG는 지구급 분석을 수행하고 있다. 이러한 자료는 관측지에서 월평균 자료를 사용하여 적어도 1년에 한번 보고되도록 생산되고 있는 것이다. 관측은 연속 측정 (매 시간 측정)이나 플라스크 샘플링 (일주일 한번 측정)으로 가능하나 배경 조건이 적절할 경우에는 연속 관측이 보다 좋은 대표성을 가진다고 생각된다. 따라서 WDCGG에서는 연속 측정 자료의 결측 자료를 플라스크 샘플링 결과를 활용하여 채우고 있다.

지구급 분석을 위해서 WDCGG는 배경 조건뿐만 아니라 위도별 대표성을 고려하도록 nearest-neighbour local-quadratic regression을 사용하는 Loess 모델을 이용한다. 이때 정규화된 관측값이 표준편차의 3배보다 크면 회귀모형에 사용하지 않는다. 개별 관측지에서 측정된 자료는 선형 회귀와 푸리에 분석을 통하여 장기 경향 (long-term trend)와 평균 계절 변동 (average seasonal variation)으로 나누어진다. 장기 경향 자료의 결측은 선형 회귀로 interpolation되며, 다시 평균 계절 변동을 포함시킴으로써 결측 자료가 복원된다.

제2절. 국내 기후변화감시 현황

1. 개관

국내에서도 기상청 주관의 기후변화감시 관측이 수행되고 있으며 주요 관측

자료는 분야별 세계자료센터에 보고되고 있다. <그림 2-3>은 국내 기후변화감시 시 기본 및 보조관측소를 보여주고 있다.

<그림 2-3>국내 기후변화감시 기본 및 보조관측소 현황



*출처 : 기상청 제공

<표 2-1> 국내 기후변화감시 기본 및 보조관측소 현황

기본관측소	안면도 기후변화감시소*	고산 기후변화감시소*	울릉도독도 기후변화감시소	독도 무인 기후변화감시소
전경				
위도/경도	36.53 N/126.32 E	33.30 °N / 126.21 E	37.48 N / 130.90 E	37.23 N / 131.86 E
고도	47.0 m	52.0 m	220.9 m	24.0 m
관측분야 시작연도	온실가스(1999) 반응가스(1998) 에어로졸(1999) 강수화학(1997) 성층권 오존(1994) 자외선(1999) 복사(1999)	온실가스(2009) 에어로졸(2009) 강수화학(1998) 성층권 오존(2009) 자외선(1999) 복사(2008)	온실가스(2012) 에어로졸(2012) 강수화학(1997) 자외선(2012)	온실가스(2011)
주소	충남 태안군 안면읍 해안관광로 393-17	제주시 한경면 고락로 200-58	경북 울릉군 울릉읍 무릉길 227-75	경북 울릉군 울릉읍 독도리 30-3
보조관측소	포항*(대구기상지청)	강원지방기상청	울진(대구기상지청)	목포기상대
위도/경도	36.02 N / 129.37 E	37.80 N / 128.85 E	36.98 N / 129.42 E	34.80 N / 126.37 E
고도	2.5 m	79.0 m	49.4 m	37.4 m
관측분야 시작연도	성층권 오존(1994) 자외선(1999)	자외선(2001)	강수화학(1998)	자외선(2001)
주소	경북 포항시 남구 송도로 170	강원도 강릉시 사천면 방동리 501	경북 울진군 울진읍 현내항길 155	전남 목포시 고하로 60-1

※ 안면도 기후변화감시소, 고산 기후변화감시소, 포항(대구기상지청)은 WMO 지구대기감시 지역급 관측소임
*출처 : 기상청 제공

국내 위탁관측소를 포함하여 기본 및 보조관측소에서는 온실가스, 반응 가스, 에어로졸, 성층권 오존/자외선, 대기 복사, 강수 화학 6분야와 라돈 및 중층 대기 수증기 등 40개 요소를 관측하고 있다. <표 2-2>는 국내 기후변화감시 관측 요소 및 통계현황을 보여주고 있다.

<표 2-2>국내 기후변화감시 관측 요소 및 통계 현황

분야	연번	기후변화감시 관측요소	생산주기/통계	외부에 서비스되고 있는 국가통계 요소 /기후변화감시소
온실가스 (7)	1	CO ₂ (ppm)	시·일·월·연/평균	○/안면도
	2	CH ₄ (ppb)	시·일·월·연/평균	○/안면도
	3	N ₂ O(ppb)	시·일·월·연/평균	○/안면도
	4	CFC-11(ppt)	시·일·월·연/평균	○/안면도
	5	CFC-12(ppt)	시·일·월·연/평균	○/안면도
	6	CFC-113(ppt)	시·일·월·연/평균	○/안면도
	7	SF ₆ (ppt)	시·일·월·연/평균	○/안면도
반응가스 (4)	8	CO(ppb)	시·일·월·연/평균	○/안면도
	9	O ₃ (ppb)	시·일·월·연/평균	○/안면도
	10	SO ₂ (ppb)	시·일·월·연/평균	○/안면도
	11	NO _x (ppb)	시·일·월·연/평균	○/안면도
에어로졸 (14)	12	PM ₁₀ 질량농도(μg m ⁻³)	시·일·월·연/평균·연표준편차	○/안면도
	13	부피농도(0.5~20μm)(μm ³ m ⁻³)	시·일·월·연/자료수,평균,표준편차,최대값,최소값	
	14	수농도(0.01~0.5μm)(개 m ⁻³)	"	
	15	총수농도(0.01~3μm)(개 m ⁻³)	"	
	16	TSP Mass/Ion	월·연/평균	
	17	PM ₁₀ Mass/Ion	월·연/평균	
	18	PM _{2.5} Mass/Ion	월·연/평균	
	19	연직분포	시/평균	
	20	광산란계수(Mm ⁻¹)	시·일·월·연/자료수,평균,표준편차,최대값,최소값	
	21	광흡수계수(Mm ⁻¹)	"	
	22	광학PM ₁₀	시·일·월·연/평균	
	23	광학PM _{2.5}	시·일·월·연/평균	
	24	광학PM _{1.0}	시·일·월·연/평균	
	25	광학깊이	시·일·월·연/평균	
성층권오존/자외선 (3)	26	오존전량(DU)	월·연/평균·연표준편차	○/포항
	-	성층권오존 연직분포	일·월·연/평균	
	27	UV-A(mW m ⁻²)	월·연/평균	○/안면도
	28	UV-B(mW m ⁻²)	월·연/평균	○/안면도
대기복사 (6)	29	파장별 일사	시·일·월·연/평균	
	30	직달일사(W m ⁻²)	월·연/평균	○/안면도
	31	산란일사(W m ⁻²)	월·연/평균	○/안면도
	32	태양 상하향복사(W m ⁻²)	월·연/평균	○/안면도
	33	지구 상하향복사(W m ⁻²)	월·연/평균	○/안면도
	34	순복사(W m ⁻²)	월·연/평균	○/안면도
강수화학 (3)	35	산성도(pH)	월·연/자료수,평균	○/안면도
	36	전기전도도(μScm ⁻¹)	월·연/자료수,평균	
	37	이온성분(9)(μeqL ⁻¹)	월·연/자료수,평균	
기타	-	라돈(²²² Rn)	시·일·월·연/평균	
	-	중층대기 수증기	시·일·월·연/평균	
계	40	-	-	21

*출처 : 기상청 제공

한반도에서 지구대기감시 관측은 세계기상기구 배경대기오염감시망(BAPMoN)의 일환으로 1987년 1월에 충북 단양군 단양읍에 위치한 소백산기상관측소에서 출발하였다. 여기서는 대기질, 산성비, 복사 등이 관측되었다. 1990년부터 기상연구소는 제주 고산에서 플라스크 샘플링 방법으로 온실가스를 관측하기도 하였다. 이후에 기후변화 원인물질의 감시 필요성이 대두되면서 1992년부터 무안기상대에서 온실가스를 관측하기 시작하였고, 1994년부터 포항기상대에서 성층권 오존과 자외선 관측도 시작되었다.

기후변화가 세계적인 관심사로 떠오르면서 1995년 12월에 소백산기상관측소를 배경대기관측소로 개편하고 1996년 9월에 현재의 안면도 기후변화감시소 위치로 배경대기관측소를 이전하였다. 또한 효율적인 배경대기감시를 위하여 1998년부터 무안기상대의 온실가스 관측을 배경대기관측소로 통합·운영하게 되었다. 1998년 5월에 배경대기관측소는 세계기상기구에 지역급 지구대기감시관측소로 등록되었고, 2000년 8월에 지구대기감시관측소로 명칭이 변경되었다. 이때까지 기상연구소 소속이었던 지구대기감시관측소는 2008년 3월에 기상청 기후변화감시센터로 소속과 명칭이 변경되었다.

빠른 속도의 기후변화로 지구 온난화가 사회·경제적인 이슈가 되면서 기상청도 한반도에서 기후변화 원인물질의 유출입을 감시하기 위한 지구대기감시관측망의 확대가 추진되었다. 한반도에서 기후변화 원인물질의 유입 지역에 해당하는 중부 서해안에 안면도 기후변화감시소가 위치하고 있다. 그리고 제주도 서부에 고산 기후변화감시소가 2008년 11월에 신설되었다. 또한 2011년 10월에 기후변화 유발물질의 유출 지역에 해당하는 최동단인 독도에 온실가스를 관측하기 시작하였고, 2013년 11월에 울릉도에 울릉도독도 기후변화감시소가 신설되었다. 이로서 한반도를 삼각형으로 감시하는 기후변화감시 관측망이 구축되었다.

현재 기후변화감시 기본관측소로 안면도 기후변화감시소, 고산 기후변화감시소, 울릉도독도 기후변화감시소가 운영되고 있다. 그리고 성층권 오존, 강

수화학, 자외선의 전국 분포를 관측하기 위한 보조관측소가 포항, 목포, 울진 및 강릉의 4소에 운영되고 있다. 또한 오래전부터 기후변화감시를 수행해 오거나 최신 감시기술로 관측을 수행하고 있는 대학이나 기관과 연계하여 기후변화감시망을 보강하기 위하여 위탁관측소¹⁾ 6소가 운영되고 있다.

충청남도 태안군 안면도에 위치한 안면도 기후변화감시소는 편서풍대의 풍상측인 서해안 있고 주위 수십 km 이내에 대도시, 산업시설 등 국지적 오염원이 없는 청정지역이다. 그리고 주변에 있는 국지적인 오염원으로부터 영향을 줄이기 위하여 2003년 1월에 40 m 관측탑을 설치하였다. 이곳에서는 온실가스, 반응가스, 에어로졸, 강수화학, 성층권 오존 및 자외선, 대기복사 등의 분야에서 37종의 감시요소를 관측하고 있다. 온실가스분야로는 1998년 4월에 무안기상대에서 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 염화불화탄소 CFC-11, 12 등의 측정이 이관되었고 2007년 1월에 염화불화탄소 (CFC-113)와 육불화황(SF₆)의 측정이 추가되었다. 반응가스분야로는 1998년 3월에 이산화황(SO₂), 일산화탄소(CO), 질산화물(NO_x), 오존(O₃)의 측정이 시작되었다.

에어로졸 분야로는 1999년 4월에 광산란, 광흡수를 측정하기 시작하여 2001년 1월에 에어로졸 연직분포에 대한 에어로졸 라이다 측정, 2002년 11월에 에어로졸 질량 농도에 대한 β-ray PM₁₀ 측정, 2003년 2월에 에어로졸 수 농도에 대한 광학입자계수기(OPC) 측정, 2004년 12월 전자유도입자계수기(SMPS) 측정, 2005년 9월 공기역학입자계수기(APS) 측정, 2007년 12월 광학 PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{1.0} 측정이 도입·운영되었다. 강수화학 분야로는 1997년 1월부터 산성도(pH), 전기전도도(EC) 및 강수의 이온성분을 관측하기 시작하였고, 1997년 PM₁₀, 1999년 PM_{2.5}, 1998년 1월부터 중금속 성분 분석, 2001년 총미세먼지(TSP)를 추가하여 성분을 관측하고 있으며, 2004년 1월부터 건성강하물의 단위면적당 침적량 및 이온성분을 분석하고 있다. 성층권 오존 및 자외선 분야로는 1994년 3월부터 오존전량을 측정하기 시작하여 2002년 1월 오존연

1) 연세대학교(성층권 오존, 자외선), 광주과학기술원(에어로졸), 서울대학교(산림의 이산화탄소플럭스), 남극세종과학기지(이산화탄소), 제주대학교(라돈), 숙명여자대학교(중층대기 수증기, 성층권 오존)

직분포, 2007년 1월 UV-B, 9월에 UV-A가 추가되었다. 대기복사분야로는 1999년 3월에 직달/산란태양복사, 태양/지구복사, 순복사 측정이 시작되었다. 1998년부터 측정해온 파장별 태양복사계는 2010년에 4파장(862, 500, 412, 368 nm) 일사태양복사계로 교체되었다. 또한 2010년에 1064 nm 파장과 532 nm 파장의 레이저 펄스를 대기에 주사하여 산란되는 신호비를 측정하는 다파장 편광 라이다(MPoLAR)가 운영되기 시작하였다.

제주특별자치도 제주시 환경면에 위치한 고산 기후변화감시소는 고산 수월봉 인근에 위치하고 있고 고산슈퍼사이트와는 인접하여 있다. 2009년 1월에 지구대기감시관측을 시작하여 현재는 6개 분야 19종의 감시요소를 측정하고 있다. 온실가스분야로는 2011년 12월에 고산기상대로, 공기역학입자계수기(APS)와 응결핵계수기(CPC)는 2013년 12월에 고산슈퍼사이트로 옮겨서 측정하고 있다. 반응가스분야로는 환경부와 함께 공동으로 2011년 12월 고산기상대에 측정장비를 설치 운영하고 있다. 또한 고산 기후변화감시소는 오존, 자외선, 에어로졸 광학깊이(AOD), 강수화학 4요소에 대하여 2013년 7월에 세계기상기구 지구대기감시 지역급 관측소로 등록되었다.

울릉도 사동에 있는 울릉도독도 기후변화감시소는 북서쪽으로 해발고도 984 m의 성인봉이, 남동쪽으로 해발고도 327 m의 망향봉이 있으며 전형적인 해양기후 특성을 보인다. 울릉도독도 기후변화감시소는 2011년에 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 에어로졸 광학깊이(AOD), 자외선 A·B, 강수 이온성분, 산성도(pH), 전기전도도(EC) 등의 9종 감시요소를, 2012년에 에어로졸광학 PMx(PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{1.0}), 대기복사시스템(상·하향 태양복사, 상·하향 지구복사)을 설치하고 있다. 독도 무인 기후변화감시소는 2011년부터 이산화탄소(CO₂)와 메탄(CH₄)을 감시하고 있다. 2015년부터 육불화황(SF₆)을 관측하기 시작하였고, 에어로졸 관측을 위해 PM₁₀, 공기역학입자계수기(APS)를 설치하였다.

기상청은 성층권 오존과 산성비 분야 등에서 보조관측소를 운영하여 관측

하고 있다. 성층권 오존은 1994년 3월부터 포항기상대에서 성층권 오존 및 오존전량, 오존 연직분포를 관측하였다. 산성비는 1997년부터 울릉도기상대, 1998년부터 울진기상대와 고산기상대에서 관측하였다. 1996년부터 무안기상대, 지구대기감시관측소, 제주고층레이더기상대, 강원지방기상청에서 자외선을 관측하였으며, 1997년에 목포기상대에서 자외선을 관측하기 시작하였다. 이 당시에는 기상연구소도 서울 중앙기상대와 고산기상대에서 대기혼탁도와 에어로졸을 관측하였다.

기후변화감시를 위해서는 오랜 기간 동안 얻은 관측자료 뿐만 아니라 기후변화 원인물질을 관측하기 위한 첨단 분석 기술이 필요하다. 기상청은 이러한 측정시설을 보유한 대학이나 기관을 위탁관측소로 지정하여 한반도 기후변화감시망을 보완하고 있다.

2. 안면도

안면도는 북반국 편서풍대인 한반도 서해안 중심에 있을 뿐만 아니라 주변 수십km 이내에 큰 도시나 산업시설 등 국지적 오염원이 없는 깨끗한 청정지역에 위치하고 있다. 쾨펜 기후대에 따르면 Cfa로, 온난 기후로 덥고 습한 여름을 특징적으로 나타낸다. 위도와 경도는 각각 36.53833°N, 126.33000°E이며, 해발고도(m asl.)는 46m이다.

관측 기간은 1999년부터 현재까지 지속되고 있다. 기후변화에 관한 심각성이 대두되면서 우리나라 지구대기감시 업무가 시작되었다. 1987년 1월 충북 단양읍 소백산에 소백산기상관측소(36.93°N, 128.45°E, 해발고도 1,340m)를 신설하여 1995년 12월에 배경대기관측소로 명칭을 변경하고 1996년 9월에 충남 태안군 안면읍에 청사를 신축하고 이전하였다. 2008년 3월에 기상연구소 지구대기감시센터에서 기상청 직할 기후변화감시센터(36.53°N, 128.32°E, 해발고도 45.7m)로 변경하여 지구대기 감시 업무의 급속한 발전과 함께 배

경대기 관측업무를 수행하여 왔다. 기후변화감시센터는 WMO GAW 프로그램 활동에 적극 참여해왔으며, 1998년 5월에 지역급 관측소(지점번호: 47132)로 승인받았다. 온실가스를 포함한 에어로졸, 반응가스, 강수화학, 성층권 오존 및 자외선, 복사 등 다양한 기후변화 감시요소를 관측하고 있다.

기후변화감시센터는 WMO GAW 회원국이자 지역급 관측소로 GAW의 국제활동에 참여하고, 세계자료센터와 자료를 공유하고 있다. 관측 변수는 이산화탄소, 메탄, Ozone, Aerosol, 아산화질소, 육불화황, 염화불화탄소-13, 염화불화탄소-12, 염화불화탄소-11을 비롯하여, 대기복사, 강수화학, 등 6개 분야 총 37종의 기후변화 감시 요소를 관측한다. 1998년 4월에 무안기상대로부터 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 염화불화탄소-11, 염화불화탄소-12등 온실가스 관측업무가 이전되었으며, 2007년 1월에 염화불화탄소-113과 육불화황이 추가되었다. 1998년 3월에 이산화황, 일산화탄소, 질소화합물, 지표 오존 등 반응가스 관측업무가 시작되었다. 2002년 2월부터 한반도 배경대기의 온실가스 감시를 위하여 청정지역에서 플라스크 관측을 수시로 수행하여 자료분석을 하고 있다. 2003년 1월에는 40m 관측타워를 설치하여 시료공기 흡입구를 나무와 같은 식생 높이보다 높은 곳으로 올리고 연속 샘플링이 가능하게 하여, 지상에서 발생하는 국지 오염원의 영향을 최소화함으로써 자료품질을 향상시켰다. 기후변화감시센터에서는 현재 온실가스 7종, 즉 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 염화불화탄소 3종(염화불화탄소-11, 염화불화탄소-12, 염화불화탄소-113), 육불화황을 관측하고 있다. 관측 기기 정보는 다음과 같다. 이산화탄소농도의 측정 방식은 최근 NDIR 방식에서 CRDS 방식으로 변경되었다.

3. 고산

고산기후변화감시소는 한국 제주도의 서쪽 해안가에 위치하고 있으며, 한

반도로부터 남쪽으로 약 100km, 중국 상해로부터 북동쪽으로 약 500km, 일본 큐슈로부터 서쪽으로 약 250km 떨어진 곳에 있다. 한국에서 대기오염 물질의 농도가 가장 낮은 청정지역이다. 기후대는 안면도와 동일하다. 특히 고산기후변화감시소는 제주시 수월면 고산리에 있으며 제주도 서부 해안가에 솟은 수월봉에 위치한 고산기상대 및 고산 슈퍼사이트와는 동쪽으로 약 4km 정도 떨어져 있다. 위도와 경도는 각각 3.28000°N, 126.17000°E 이며, 해발고도(m asl.)는 72m이다.

관측 기간은 1994년부터 현재까지 이어지고 있으며, 관측 변수는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 염화불화탄소-11, 염화불화탄소-12 등이다. 고산 관측지의 대표적인 참고 자료로는 Bush and Valero (2003, JGR), Stohl et al. (2010, ACP), Jung and Kawamura (2011, ACP), Lim et al. (2011, ACP) 등을 예로 들 수 있다.

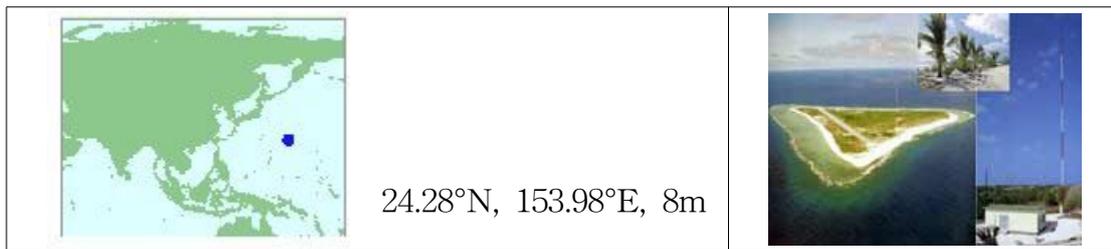
제3절. 국외 주요국 지구급 온실가스 측정 기술 및 통계처리 현황

기상 선진국은 기후 변화 협상의 국가 이익 극대화 및 기후 변화 연구력 증대 등을 위한 기후변화 감시 체계를 오래전부터 구축하고 전문가를 양성해왔다. 이와 더불어 관측 자료의 중요성을 인식하고, 빅데이터의 대표적인 자료인 기상 측정 자료를 저장하고 배포할 수 있는 세계자료센터를 유치하고 있다.

1. 일본

일찍부터 기후변화 측정의 중요성을 인식하고 GAW 도쿄 사무소를 유치하고 있으며, 1990년부터 WDCGG를 유치 운영하고 있다. <표 2-3>는 일본 Minamitorishima 관측소를 보여주고 있다. 2010년에 대대적인 기기 변경 작업이 이루어졌으나, 측정 원리는 변화시키지 않은 상태로 제조사 변경하였다.

<표 2-3> 일본 Minamitorishima 관측소 (Global station)



일본기상청뿐만 아니라 Aichi Air Environmental Division, 사이타마현 환경과학 센터, 수산부, 개인유동성 및 환경 수성 증진 재단, 일본 항공청, 일본 기상연구소 등등 다수의 기관이 측정에 기여하고 있다. 홈페이지 <http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/cgi-bin/wdcgg/contributor.cgi>를 참조하면 더 많은 정보를 얻을 수 있다.

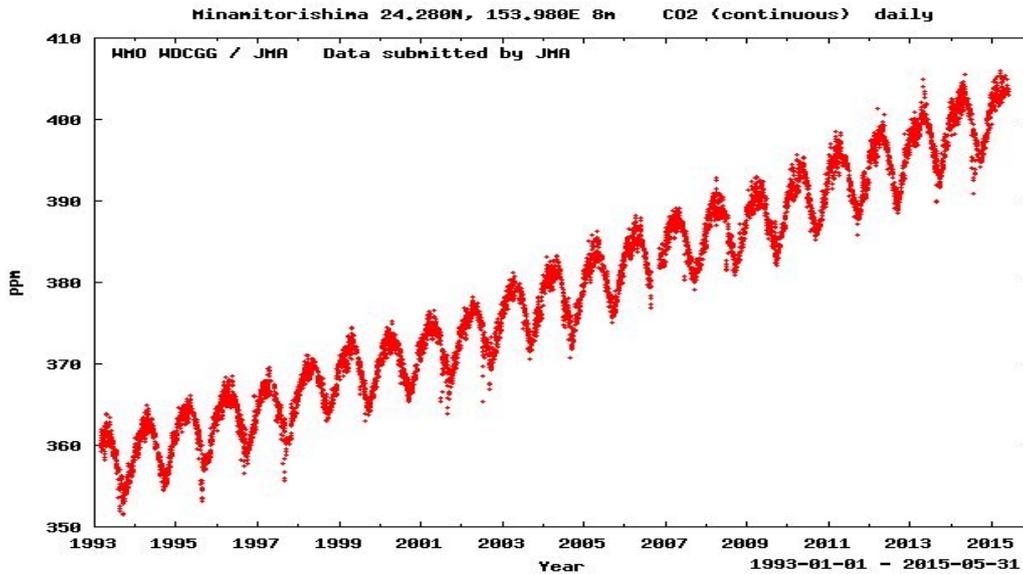
태평양에 위치한 섬인 Minamitorishima (24.28°N, 153.98°E)에 global station을 포함하여 다수의 지역급 관측소를 운영하고 있으며 Minamitorishima의 global station에서는 25종의 각종 가스 및 대기 화학 변수들을 측정하고 있다. <표 2-4>에서 일본 Minamitorishima station (Global station) 관측 현황을 보여주고 있다. 온실 가스는 메탄, 일산화탄소, 이산화탄소, 오존을 풍속, 풍향, 상대습도, 기온 자료와 함께 연속 측정 방식으로 측정하고 1993년 1월1일부터 현재까지 자료를 제공하고 있다.

이산화탄소 측정은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센

터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 NDIR (non-dispersive infra-red radiation) 방법으로 측정한다. NDIR 방법은 관측법은 가스를 측정할 때 사용되는 분광기로 선택성 검출기를 이용하여 시료중의 특정 성분에 의한 적외선의 흡수량 변화를 측정하여 시료 중에 들어있는 특정 성분의 농도를 구하는 방법으로 2010년부터는 폐회로 가스 분석기인 미국 LiCor사의 LI7000을 사용하고 있다. 대기 중 수증기 제거를 위하여 Perma Pure dryer와 마그네슘 퍼클로라이드를 사용하고, 이 때 섭씨 5도, -50도, -70도에서의 이슬점에서 건조화 수행한다. 1차 (primary) 표준 가스는 WMO 표준 가스에 의해서 2년마다 보정하고, 2차 표준 가스는 1차 보정 가스로 6개월마다 보정한다. 작업 표준 가스는 2차 보정 가스로 6개월 마다 보정한다.

이산화탄소 측정 자료에 대한 통계처리 방법은 5개의 작업 표준 가스를 이용하여 2시간마다 2차 함수에 의한 보정식을 산출한다. 분당 0.5 리터의 속도로 연속적으로 공기를 흡입하여 30초마다 측정하고, 측정 장비로부터 데이터 수집 시스템에 따라 원시데이터를 수집하고, 수집된 데이터는 30초마다 시스템에 저장된다. 이산화탄소 측정은 장비 담당자가 매일 현장에서 확인하는 방식이며 모든 불규칙한 측정과 정보들은 로그파일에 기록된다. 측정된 데이터는 매달 자료센터본부로 전송되어 다시 확인하고, 마지막으로 자료센터 본부 담당자는 측정된 데이터를 확인하고 평가한다. 작동 표준 가스와 시료 공기의 경우 초당 측정 분석기 자료를 30초 동안 평균하여 자료를 산출한다. <그림 2-4>은 일본 Minamitorishima 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화를 보여주고 있다.

<그림 2-4> 일본 Minamitorishima 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화



메탄 측정은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 GC-FID (Gas Chromatography-Flame Ionizer Detector) 방법으로 측정한다. GC-FID 방법은 불꽃 이온화 검출기 또는 GC-FID에서 FID는 일반적으로 시료를 수소/공기 화염에 통과시켜 유기 분자를 산화시키고 하전 입자(이온)를 만들고 이온을 포집해 전기 신호를 생성한 다음 이를 측정하는 방식이다. 2010년부터 Round Science사의 RGC-1을 이용하여 측정하였다. 대기 중 수증기 제거를 위하여 Perma Pure dryer와 마그네슘 퍼클로라이드를 사용하고, 이 때 섭씨 5도, -50도, -70도에 서의 이슬점에서 건조화를 수행한다. 1차 (primary) 표준 가스는 WMO 표준 가스에 의해서 6년마다 보정하며 작업 표준 가스는 1차 보정 가스로 6개월마다 보정한다. 메탄 보정에 관한 보다 자세한 사항은 GAW 웹사이트 <http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wcc/ch4/comparison.html>에서 확인이 가능하다.

메탄 측정 자료에 대한 통계 처리 방법으로는 4개의 작업 표준 가스를 이용하여 8시간 간격으로 2차 회귀 곡선에 의한 보정식 결정한다. 시료채취 및 분석 주파수 즉, 디지털 신호로 샘플링하여 분석기로 샘플링하여 10분마다

분석한다. 관측기기로부터 측정된 원자료들을 데이터 수집 시스템에 따라 수집하고, 원자료(혹은 30초 평균 자료, 1994년 1월 - 2009년 12월)를 10분 간격으로 시스템에 저장하는 방식이다. 메탄 측정은 장비 담당자가 매일 현장에서 확인하며, 모든 불규칙한 측정과 정보들은 로그파일에 기록하도록 한다. 측정된 자료는 매달 자료센터본부로 전송되며 그곳에서 다시 확인하고, 마지막으로 자료센터 본부 담당자는 측정된 데이터를 확인하고 평가 후 배포하도록 하고 있다.

일산화탄소 측정은 GC-RGD (Gas Chromatography-Reduction Gas Detector) 방법으로 측정하며, 2010년부터 Round Science사의 TRA-1을 사용하여 측정하였다. 대기 중 수증기 제거를 위하여 Perma Pure dryer와 마그네슘 퍼클로라이드를 사용하였고, 이 때 섭씨 5도, -50도, -70도에서의 이슬점에서 건조화를 수행 하였다. 2010년부터는 WMO 스케일을 사용한다. 1차 (primary) 표준 가스는 WMO 표준 가스에 의해서 3년마다 보정하고 작업 표준 가스는 1차 보정 가스로 보정한다.

일산화탄소 측정 자료에 대한 통계 처리 방법으로는 시료채취 및 분석 주파수 즉, 디지털 신호로 샘플링하여 분석기로 샘플링하여 10분마다 분석한다. 관측기기로부터 측정된 원자료들을 데이터 수집 시스템에 따라 수집하고, 원자료(혹은 30초 평균 자료, 1994년 1월 - 2009년 12월)를 10분 간격으로 시스템에 저장하도록 한다. 4개의 작업 표준 가스를 이용하여 8시간 간격으로 2차 회귀 곡선에 의한 보정식 결정하도록 한다. 일산화탄소 측정은 장비 담당자가 매일 현장에서 확인하고, 모든 불규칙한 측정과 정보들은 로그파일에 기록된다. 측정된 자료는 매달 자료센터본부로 전송되며 그곳에서 다시 확인하며, 마지막으로 자료센터 본부 담당자는 측정된 데이터를 확인하고 평가 후 배포하게 된다.

오존 측정은 오존에 의한 자외선 흡수량을 이용한 측정 방법을 이용하여, 2010년부터 Thermo Fisher Scientific사의 49i 장비를 사용하여 측정한다. 관

측 높이는 다른 온실가스와는 다르게 4m이며 Teflon 튜브를 이용하여 분당 10리터의 속도로 흡입 후 전기 냉각기를 이용하여 섭씨 5도에서 대기 중 수증기 제거한 후에 매 10초마다 측정한다. 50, 100, 150ppb 오존 농도를 오존 생성기 (TEI model 49C-PS)를 이용하여 만들고, 이를 사용하여 제로 보정과 스펠 보정을 일년에 2번 수행하고, 오존 생성기는 2년마다 WMO 표준을 이용하여 보정하도록 한다.

오존 측정 자료에 대한 통계 처리 방법으로는 시료채취 및 분석 주파수 즉, 디지털 신호로 샘플링하여 분석기로 샘플링하여 10분마다 분석하게 된다. 관측기기로부터 측정된 원자료들을 데이터 수집 시스템에 따라 수집하고, 원자료(혹은 30초 평균 자료, 1994년 1월 - 2009년 12월)를 10분 간격으로 시스템에 저장하며, 일산화탄소 측정은 장비 담당자가 매일 현장에서 확인하도록 한다. 모든 불규칙한 측정과 정보들은 로그파일에 기록된다. 측정된 자료는 매달 자료센터본부로 전송되며 그곳에서 다시 확인하도록 한다. 마지막으로 자료센터 본부 담당자는 측정된 데이터를 확인하고 평가 후 배포하도록 한다.

<표 2-4> 일본 Minamitorishima station (Global station) 관측 현황

관측분야	관측요소	관측방법	
오존 (Ozone)	지표오존 (Surface ozone)		- 샘플링 높이 : 8m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 매 10초마다 분석. 분당 1.5리터의 연속 흐름을 15초마다 분석.
	오존전량 (Total column ozone)	Dobson	
		Brewer	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Umkehr method	
에어로졸 (Aerosol)	다중파장 광학깊이 (Multiwavelength	Sunphotometry /Filter Radiometry	

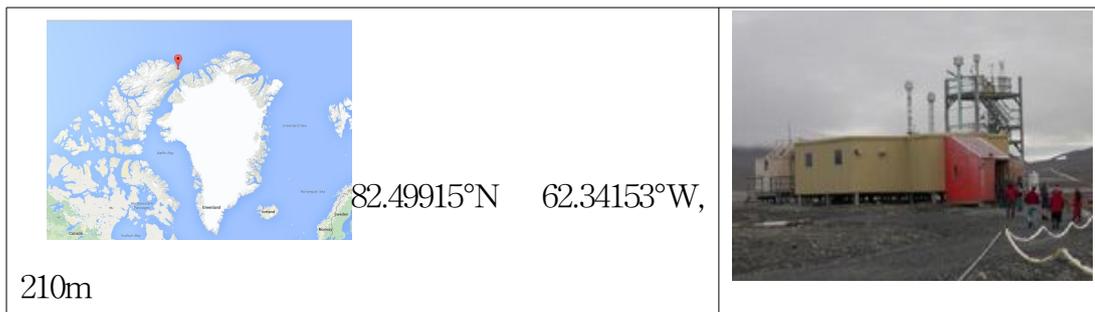
	optical depth, total aerosol)		
온실가스 (Greenhouse Gas)	메탄(CH ₄)	GC-FID	
	이산화탄소(CO ₂)	Non-dispersive IR(NDIR)	
반응가스 (Reactive Gas)	일산화탄소(CO)	GC-HgO reduction /UV absorption	- 샘플링 높이 : 20m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 10분마다 분석. 분당 3.5리터의 연속 흐름을 30초마다 분석
강수화학 (Precipitation Chem)	산성도/알칼리도 (Acidity/Alkalinity)	unknown/unspecified ²⁾	
	암모늄(NH ₄ ⁺) (Ammonium)	unknown/unspecified	
	카드뮴(Cd) (Cadmium)	unknown/unspecified	
	칼슘(Ca ⁺⁺) (Calcium)	unknown/unspecified	
	염화(Cl ⁻) (Chloride)	unknown/unspecified	
	전기 전도도 (Electric conductivity)	unknown/unspecified	
	수소이온(H ⁺) 또는 산도 (Hydrogen ion or pH)	unknown/unspecified	
	마그네슘(Mg ⁺⁺) (Magnesium)	unknown/unspecified	
	수은(Hg) (Mercury)	unknown/unspecified	
	질산염(NO ₃ ⁻) (Nitrate)	unknown/unspecified	
	아질산염(NO ₂ ⁻) (Nitrite)	unknown/unspecified	
	칼륨(K ⁺) (Potassium)	unknown/unspecified	
	나트륨(Na ⁺) (Sodium)	unknown/unspecified	

	황산염(SO ₄ ⁻),전체 (Sulphate, total)	unknown/unspecified	
대기복사 (Radiation)	태양복사확산 (Diffuse solar radiation)	Pyranometer(global solar, broadband)	
	직달태양복사 (Direct solar radiation)	Pyranometer(global solar, broadband)	
	지구태양복사 (Global solar radiation)		
	하향장파복사 (Long-wave radiation (downwelling))	Pyranometer(global solar, infrared)	

2. 캐나다

세계 오존 및 자외선 자료 센터 (World Ozone and Ultraviolet Data Center; WOUDC)를 캐나다의 토론토에 유치하고 있으며 캐나다 Alert 지역 (82.49915°N 62.34153°W)에 global station을 1986년부터 운영하고 있다. <그림 2-5>에서 캐나다 Alert 관측소를 보여주고 있다.

<그림 2-5> 캐나다 Alert 관측소 (Global station)



2) unknown/unspecified : 자료수집시 명시되어있지 않거나 사례조사범위 내에서 알려지지 않음.

Environmental Canada를 중심으로 몇 개의 연구 기관이 다수의 지역에서 지역급 관측소 운영에 기여하고 있다. 지구급 관측소인 캐나다 Alert 관측소에서는 이산화탄소, 메탄, 이산화탄소 뿐만 아니라 아산화질소와 육불화황도 플라스크를 이용한 관측이 수행되고 있으며, 이산화탄소의 탄소 및 산소 동위원소 관측도 플라스크를 이용하여 수행되고 있다. <표 2-4>에서 캐나다 Alert 관측소 (Global station) 관측 현황을 보여주고 있다. 이산화탄소는 1975년부터 그 이외 다른 온실 가스는 1990년대 후반부터 측정 자료를 제공한다. <표 2-5>에서 캐나다 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화를 보이고 있다.

이산화탄소 측정 및 통계 처리 방법 부분에서 이산화탄소 측정은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 NDIR (non-dispersive infra-red radiation) 방법과 플라스크에 샘플링 후 NDIR을 이용하는 2가지 방법으로 동시 측정하고 있다. NDIR 방법은 관측법은 가스를 측정할 때 사용되는 분광기로 선택성 검출기를 이용하여 시료중의 특정 성분에 의한 적외선의 흡수량 변화를 측정하여 시료중에 들어있는 특정 성분의 농도를 구하는 방법으로 1998년부터는 현재까지 장비 변경 없이 폐회로 가스 분석기인 미국 LiCor사의 LI6252를 사용하고 있다.

플라스크 샘플링을 이용하는 방법은 다음과 같이 매주 측정하는 방법이 있다.

- 흐름 선택 밸브는 표준가스의 포트 하나로 설정한다.
- 표준가스는 시스템을 통해서 $300\text{cm}^3/\text{min}$ 씩 140초 동안 흘러내리게 한다.
- 샘플 셀 윗부분의 솔레노이드 밸브를 잠그고, 샘플 셀에서 25초동안 가스를 주변 기압과 똑같이 맞춘다.

- 신호와 신호(볼트)의 표준편차는 15초마다 평균이 되고 데이터로거에 저장한다.
- 흐름 선택 밸브는 다음 포트로 옮긴다.
- 캘리브레이션 가스, 표본 가스, 대상 가스 그리고 8개의 플라스크에는 같은 유량, 평형 그리고 평균 과정이 사용됨.
- 주변 기압 플라스크를 위해, 공기는 진공 펌프(자료 집록기인 CR21X가 펌프의 전원을 조정)로 플라스크에서 뽑아낸다.
- 압력이 일정한 플라스크를 위해, 플라스크로부터의 공기가 펌프를 그냥 지나가더라도 펌프가 작동하지 않도록 수동으로 설정한다.

이산화탄소 측정 자료에 대한 통계 처리 방법으로는 지리적으로 고정된 관측지에서 자료는 Thoning et al. (1989)에서 설명된 curve-fitting routines 방법으로 구해진 부드러운 곡선으로부터 구한 일 평균값으로부터 월 평균값을 계산 후 제공한다. 시간 별, 일 별, 월 별 그리고 연간 자료 기록은 각각의 유효한 5분 주변 자료 값으로부터 처리하도록 한다. 월 별 데이터 처리 방법으로는 월 별 평균은 각 관측지에서 고유한 샘플의 날짜와 시간을 포함한 이벤트 파일의 모든 유효한 관측값의 평균으로부터 계산하고, 평균값과 주의 값에 맞춰진 부드러운 곡선 (Thoning et al., 1989)에서 구해진 주 간격의 값들로부터 각 달의 평균값을 계산한다. 플래그 된 파일은 곡선을 만드는 과정에서 제외한다. 특정 사이트는 자료의 부족이나 기록기간이 짧기 때문에 적절한 곡선을 맞출 수 없기 때문에 월 평균 디렉토리에서 제외시킨다. 만약 3달 혹은 그 이상의 연속적인 달의 데이터가 없을 경우 그 달의 월 평균값은 계산하지 않는다. NDIR 방법을 이용한 이산화탄소의 연속 관측인 경우에 1차 표준 가스의 사용 기간을 늘이고, 장기간의 이산화탄소 측정의 일관성을 위하여 보정 과정 과정과 통계 처리 과정을 최적화하는 방안을 사용한다. 최종주변 농도의 이산화탄소 혼합비 값을 계산하기 위한 4개의 별도 처리 모

들(in MS Visual Basic)을 소개하고, 모듈은 데이터 컬렉션 서버에서 순차적으로 수행되고, 다음 과정을 실행한다.

가. Module 1

- 가장 최근에 수집된 자료를 이전에 수집된 자료와 덧붙인다.
- 모든 관측지에서는 데이터 수집은 매 6시간마다 수행한다.
- 각각 관측지에서 매해 로거로 수집된 모든 원자료의 정보를 포함한 하나의 원자료 파일이 있다.
- 이 모듈은 또한 모든 파일을 살펴보고 모든 작업(매 11일 마다 보정)과 관측소 탱크 보정 자료를 추출한다.

나. Module 2

- 5개의 관측소 탱크(각 관측소에서 전송 보정을 한 이후 6달마다 업데이트)의 보정 식과 대상 탱크와 4개의 업무의 개별적인 보정을 자동으로 수행(매 11일마다 수행)한 시스템의 과거와 현재의 탱크의 일련 번호(탱크의 날짜, 시간 범위 포함)를 포함한 관측소의 초기설정 식을 사용한다.
- 이 모듈은 최종적으로 유효한 보정 값을 포함한 보정 연혁 표를 생산한다.
- 각 사이트 마다 하나의 보정 table 파일이 존재한다.
- 각 데이터의 수집 기간 이후에는 모든 수행된 보정 파일과 켈리브레이션 연혁 table 파일을 지운 뒤 재생산한다.
- 이 지점에서 사용자에게 유일하게 요구되는 입력사항은 차후의 재처리 수행이 포함된 보정 초기설정 표에서 플래그를 설정하는 것이다.
- 보정 파일의 삭제와 재생성은 가장 최근의 보정 정보를 포함할 수 있게 한다.

다. Module 3

- 이 모듈은 각각의 업무와 대상 탱크(보정 연혁 표 파일로부터) 모든 보정 연혁에서 분리시키고 각 탱크의 모든 유효한 개별 보정 값을 통해 2차방정식 함수에 맞춘다.
- 이 모듈은 또한 2차 함수의 곡선을 포함한 새로운 도표(일련번호에 따라 각 탱크마다 하나)와 각각의 유효한 보정 값을 만들어 낸다.
- 새로운 탱크를 시스템에 가동시킬 때 인식시키기 위해 코드를 사용하거나 코드로 그 탱크의 새로운 보정 플롯과 식을 자동적으로 만들어낸다.
- 보정 탱크 도표가 생성된 이후, 모듈은 관측소의 업무와 초기설정 파일에서 탱크의 연혁을 포함한 대상 탱크 식의 2차 계수를 업데이트(덮어쓰기)한다.
- 이 모듈은 다른 것들 보다 보정 플롯을 볼 때 유저의 개입이 불필요하며 만약 필요하다면 플래그 불량 보정이 다음 재생산 단계에서 사용되지 않도록 하게 한다.

라. Module 4

- 이 모듈은 피팅된 곡선으로부터 나온 보정 된 4개의 업무 탱크를 기반으로 외부와 대상 탱크의 혼합비를 계산한다.
 - 혼합비는 작업 탱크의 스위프 사이의 5시간의 블록으로 계산한다.
 - 연속 측정된 혼합비는 다음과 같은 측정 방법과 통계 처리를 이용하여 계산한다.
- ① 5시간 간격내의 모든 원 전압은 먼저 체로 보정이 되고(5시간 간격의 체로 탱크 유입을 빠져나가는 것을 통한 선형화를 기반) 그리고 작업

탱크의 첫 스위치의 시작 때 구한 초기 압력과 온도에 대해 압력과 온도 보정을 한다.

② 분석기의 2차 시스템 반응 함수는 다음의 경우에서 5시간 간격으로 매 5분마다 정해진다.

- 농도-시간 곡선으로부터의 작업 탱크에서 혼합비 값을 추출한다.
- 5시간 스위치와 그 다음 5시간 스위치에서의 전압-시간 선형 식으로부터 보간된 작업 탱크 전압을 추출한다.
- 매 5분마다 분석기의 혼합비-전압의 2차 반응식을 계산한다.
- 매 5분마다, 5시간을 주기의 주변이나 탱크의 혼합비는 온도와 압력으로 보정한 전압과 적절한 반응식으로부터 결정한다.

③ 다음 5시간의 블록에서 첫 스위치로 사용될 2번째 작업 탱크 주입의 스위치와 작업 탱크 스위치의 매 5시간 블록마다 위의 과정을 반복한다.

- 각 사이트에서 그들의 모든 탱크와 주변 유입(5분 해상도)에서 구해진 혼합비가 포함된 연간 파일을 생성한다.
- 매 5분마다의 자료 기록은 원 전압, 보정/수정 전압, 플래그 정보, 반응 곡선에 대한 나머지 정보(4개의 작업 탱크에서 마이너스로 할당된 값), 그리고 모든 측정된 보조 정보를 포함한다.
- 주위 데이터는 품질제어 루틴으로 나중에 플래그 된다.
- 시간 별, 일 별, 월 별 그리고 연간 자료 기록은 유효한 외부 값으로부터 진행된다.
- 이 진행된 자료 파일은 각 자료 수집단계 이전에 지워지고 연간 기록이 시작될 때 재생산된다. 그러나 주입 이전의 과거의 플래그는 항상 보존되기 때문에 자료를 다시 재플래그 하지 않아도 된다.
- 이렇게 복잡한 전체적인 분석 과정은 자료는 늘 재생산되기 때문에 실시간에 가깝게 더 정확한 데이터를 제공하기 위한 능력을 제공하며, 자료가 최근 표준 탱크 보정이나 관측 척도로 수행하기 위한 변경이 일어나거나

어떤 최근 변화를 항상 반영하고 있다는 것을 확실하게 하기 위한 것이다.

- 플라스크 샘플링을 통한 플라스크 혼합비는 다음에 따라 정해진다.
 - ① 전압-시간의 2차 함수는 4개의 표본가스 반응을 이용하여 계산된다.
 - ② 플라스크, 캘리브레이션, 대상 전압은 위의 2차 함수로 표준화된다.
 - ③ 각각 5개의 캘리브레이션 가스에서 플라스크 전압의 전후를 이용하여 전압시간의 선형 반응 함수를 계산한다.
 - ④ 각 플라스크와 대상, 샘플 시간은 C1-C5의 보간 전압을 결정하는 캘리브레이션 가스를 통해 각 5개의 선형 반응함수로 대체된다.
 - ⑤ 전압-혼합비의 2차 반응 함수는 5개의 보간 캘리브레이션 전압 그에 할당된 혼합비를 이용한 각 플라스크로 계산된다.
 - ⑥ 각 플라스크와 대상 샘플의 혼합비는 2차 함수에 대한 그들 각각의 전압으로 대체됨으로써 결정된다.

플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리 방법으로는 플라스크 데이터는 폐기할 것과 사용할 것을 구분하는 플래그로 분류된다. 자료 폐기의 원인은 3가지 범주로 나누어진다.

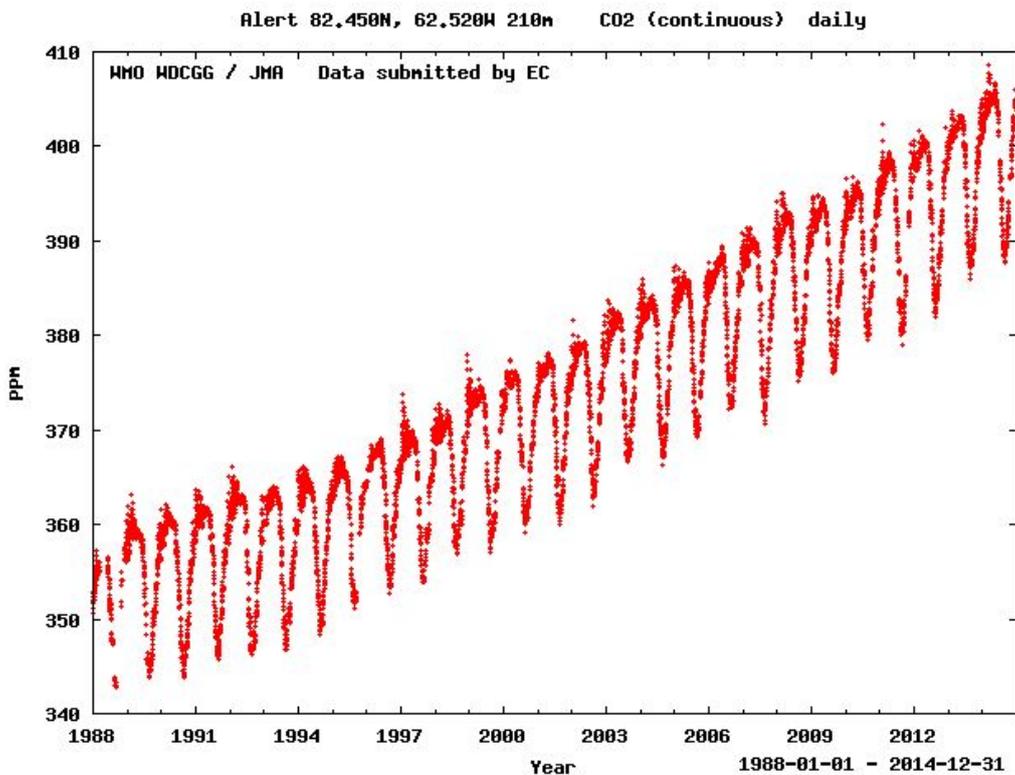
첫 째, 확인되고 추론된 샘플링 혹은 분석적인 문제(예를 들어 샘플오염, 잘못된 분석)로 인해 대기의 시간과 공간을 대표하지 못한다고 고려되는 샘플인 경우

둘 째, 샘플링 된 시점에서의 기상 조건에 있어서 “non-baseline” 인 것으로 고려되는 샘플의 경우

셋 째, 3-시그마 필터를 기반으로 플래그로 표시된 남아있는 특이값(지리적으로 고정된 관측지에서만)의 경우이며, 완성도를 위해서, 데이터의 폐기 유무에 상관없이 모든 데이터가 이곳에 포함된다. 어떤 폐기된 데이터는 주어진 데이터세트로부터 반드시 제외되어야하는데 위의 두 번째와 세 번째의

경우 플래그가 된 “non-baseline” 적용 데이터는 생화학적인 정보를 지니고 있을 수도 있기 때문에 반복적인 “baseline” 적용 시에는 주의하여야 한다. 또한, 상기 데이터 선택은 3-시그마 필터에 의해 가릴 수 없는 데이터에 있어서 바람직할 수 있다.

<그림 2-6> 캐나다 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화



메탄 측정에는 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 GC-FID (Gas Chromatography-Flame Ionizer Detector) 방법으로 측정하되 연속 관측과 플라스크를 이용한 2가지 관측을 동시에 수행하고, GC-FID 방법은 불꽃 이온화 검출기 또는 GC-FID에서 FID는 일반적으로 시료를 수소/공기 화염에 통과시켜 유기 분자를 산화시키고 하전 입자(이온)를 만들고 이온을 포집해 전기 신호를 생성한 다음 이를 측정한다. 1999년부터 Agilent 6890N을 이용하여 측정하도록 하였다.

플라스크 샘플링을 통한 측정방법으로는 GC 플라스크 분석 시스템의 자동화된 컨트롤이다. 샘플링 프로토콜은 ChemStation 소프트웨어 내의 방법과 순서대로 프로그램 되어 있다. 유입 프로토콜은 일반적으로 시스템의 안정화를 위한 교류 표준탱크 (고저) 유입 시리즈(~15)로 구성한다. 플라스크 샘플 분석의 시작은 두 개의 작업용 탱크에서 한번 추출된 하나의 플라스크에서의 두 번의 유입을 포함한다. 그 후 다음 플라스크에서 두 번의 유입을 하고 모든 플라스크가 분석될 때까지 계속 해서 반복한다. 8에서 12개의 플라스크는 단일 수행 동안 시스템에 연결되어 있다. 종종 4개 각각의 샘플의 제공을 반복하는 경우 모든 시퀀스는 각각의 플라스크를 분석한다. 대상 플라스크(농도가 알려진) 또한 가능한 편향과 시스템 에러를 추적하기 위해 시퀀스에 포함된다.

메탄 측정 연속관측 자료를 위한 통계 처리 방법으로는 모든 관측지에서 자동화된 컨트롤과 샘플링 프로토콜은 Chemstation 소프트웨어 내의 방법과 순서대로 프로그램 되어 있다. 6시간 시퀀스는 각각의 관측지에서 사용된 표준, 주변에서의 유입 프로그램의 시리즈로 구성한다. 유입 프로토콜은 일반적으로 5번의 주변에서의 유입을 매 시간 반복하는 표준을 가진다. 매 3번째 시간(6시간 시퀀스에서)에 두 번의 주변에서의 유입은 대상으로 한 탱크에서의 유입으로 대체한다. 6시간 간격의 끝에 파일은 복사되고, 유입된 시간과 날짜에 따라 파일명을 재설정한다. 이는 각 유입에서 차후의 유입시 중복되지 않는 유일한 이름을 부여하게 해준다. 후속처리를 위해 파일은 압축된 후 토론토로 전송(매 6시간마다)한다. 시간별 평균값은 각 관측지에서 시간 내의 유효한 관측값을 평균하여 계산(최대 각각 5번의 주입)한다.

일평균 방법은 이산화탄소 방법과 동일하다. 월별 평균 자료 처리는 플라스크로 샘플링된 이산화탄소 농도 자료의 통계처리와 동일하다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리 이산화탄소 플라스크 자료 처리 방법과 동일하다.

일산화탄소 측정 및 통계 처리 방법 부분에서 일산화탄소 측정은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하여 사용한 GC-FID (Gas Chromatography-Flame Ionizer Detector) 방법으로 연속 측정한다. 기타 측정 방법은 이산화탄소 측정 방법과 동일하다.

일산화탄소 측정 자료의 통계 처리 방법으로는 시간별 평균값은 각각 10분마다의 주변으로부터의 유입 모두의 평균이다. 일평균 방법은 이산화탄소 측정 방법과 동일하다. 월별 평균 자료 처리는 플라스크로 샘플링된 이산화탄소 농도 자료의 통계처리와 동일하다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계 처리 이산화탄소 플라스크 자료 처리 방법과 동일하다. 이산화탄소의 탄소동위원소 및 산소 동위원소 관측 (이산화탄소 및 $C^{18}O_2$) 측정 및 통계 처리 부분에서 이산화탄소의 탄소동위원소 및 산소 동위원소 측정은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하여 사용한 질량 분석기를 이용하여 플라스크로 샘플링하여 측정한 것이다. 측정에 대한 자세한 내용은 아래 논문 참조 (Huang et al., 2013, Maintaining consistent traceability in high-precision isotope measurements of CO_2 : a way to verify atmospheric trends of $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$, Atmos. Measure. Tech., 6,1685-1705) 기타 측정 방법은 이산화탄소 측정 방법과 동일하다.

이산화탄소의 탄소동위원소 및 산소 동위원소 측정 자료의 통계 처리 방법에는 월별 평균 자료 처리는 플라스크로 샘플링된 이산화탄소 농도 자료의 통계처리와 동일하다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리 이산화탄소 플라스크 자료 처리 방법과 동일하다.

아산화질소 측정 및 통계 처리 부분에서 아산화질소 측정은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하여 사용한 GC-ECD (Gas Chromatography-Electron Capture Detector) 방법

으로 플라스크 샘플링을 이용하여 측정하였다. GC-ECD 방법은 할로젠 화합물을 분석하는 데 사용되는 기법으로 ECD를 사용할 때 특정 분자가 검출기를 통과할 때 샘플의 일부 전자를 포획하므로 측정되는 전류가 감소되는 것을 측정하였다. 기타 측정 방법은 메탄 측정 방법과 동일하다.

아산화질소 측정 자료의 통계 처리 방법에서는 월별 평균 자료 처리는 플라스크로 샘플링된 이산화탄소 농도 자료의 통계처리와 동일하다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리 이산화탄소 플라스크 자료 처리 방법과 같다.

육불화황 측정 및 통계 처리부분에서 육불화황 측정은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하여 사용한 GC-ECD (Gas Chromatography-Electron Capture Detector) 방법으로 플라스크 샘플링을 이용하여 측정한다. GC-ECD 방법은 할로젠 화합물을 분석하는 데 사용되는 기법으로 ECD를 사용할 때 특정 분자가 검출기를 통과할 때 샘플의 일부 전자를 포획하므로 측정되는 전류가 감소되는 것을 측정한 것이다. 기타 측정 방법은 메탄 측정 방법과 동일하다.

육불화황 측정 자료의 통계 처리 방법은 월별 평균 자료 처리는 플라스크로 샘플링된 이산화탄소 농도 자료의 통계처리와 동일하게 되었다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리 이산화탄소 플라스크 자료 처리 방법과 동일하다.

<표 2-5> 캐나다 Alert 관측소 (Global station) 관측 현황

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone		
	Total column ozone	Brewer	
		Dobson	
	Vertical ozone profile	## Sonde	
ECC Sonde			
Aerosol	Carbonaceous/organic material (coarse), PM ₁₀	Thermo-optical analyzer (Sunset Labs)	

	Carbonaceous/organic material (fine)	Thermo-optical analyzer (Sunset Labs)	
	Light absorption coefficient, total aerosol	Filter + light attenuation (aethalometer)	
		Light absorption photometry	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Light scattering	
		Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Light scattering	
		Nephelometry, integrating	
	Major inorganic components (fine)	Filter sampling + extraction + IC	
	Major inorganic components (TSP)	Filter sampling + extraction + IC	
	Mass concentration (total aerosol) or Mass TSP	Filter sampling + gravimetry	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
		Optical particle counter (OPC)	
	Number size distribution, total aerosol	Differential mobility particle sizer (DMA, DMPS)	
	Other chemical components (coarse)	Filter sampling + extraction + other	
	Vertical distribution of properties	Aerosol backscatter sonde	
Greenhouse Gas	Vertical distribution of properties	Aerosol backscatter sonde	
	C ₂ Cl ₃ F ₃ (1,1,2-trichloro-1,1,2-trifluoroethane, CFC-113)	## Flask sampling	
	C ₂ H ₂ F ₄ (1,1,1,2-tetrafluoroethane, HFC-134a)	GC-MS	
	C ₂ H ₃ Cl ₂ F (1,1-dichloro-1-fluoroethane, HCFC-141b)	## Flask sampling	
	C ₂ H ₃ ClF ₂ (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	## Flask sampling	
	C ₂ H ₄ F ₂ (1,1-difluoroethane, HFC-152a)	GC-MS	
	CBrClF ₂ (Halon 1211)	GC-MS	
	CBrF ₃ (bromotrifluoride)	GC-ECD	

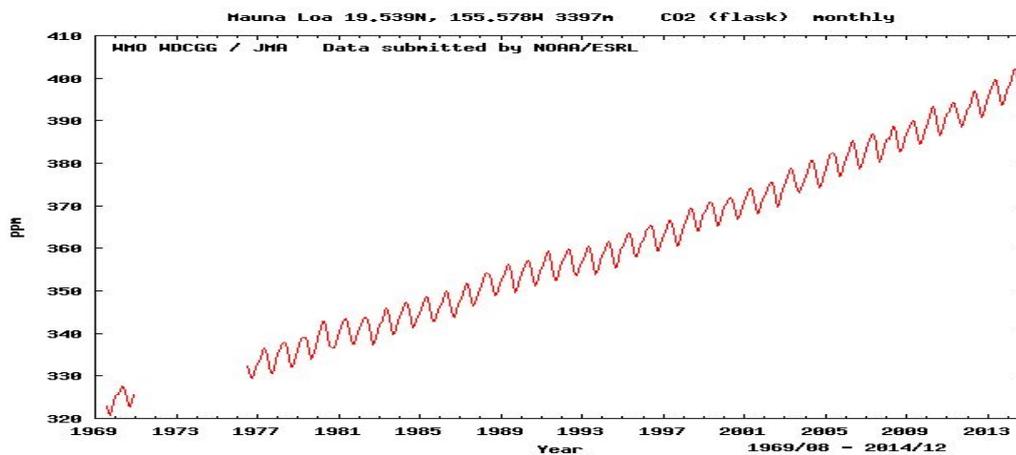
	omethane, Halon 1301)		
	CCl ₂ F ₂ (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	## Flask sampling	
	CCl ₃ F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	## Flask sampling	
	CCl ₄	## Flask sampling	
	CH ₃ CCl ₃ (1,1,1-trichloroethane)	## Flask sampling	
	CH ₄	## Flask sampling	
		GC-FID	
		Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)	
	¹³ CH ₄	## Flask sampling	
	CHClF ₂ (chlorodifluoromethane, HCFC-22)	## Flask sampling	
	CO ₂	## Flask sampling	측정전 3L 가스로 씻어냄 / 15psi로 공기 흡입 / 수증기 제거 / 집록기를 이용한 자동 제어
		Non-dispersive IR (NDIR)	Li6252 (closed-path IRGA)/ 집록기를 사용한 자동제어
		Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)	
	¹³ CO ₂	## Flask sampling	
	C ¹⁸ O ₂	## Flask sampling	
	N ₂ O	## Flask sampling	
		GC-ECD	
		Cavity-enhanced absorption spectroscopy (CEAS)	
	SF ₆	## Flask sampling	
		GC-ECDV	
Reactive Gas	C ₂ Cl ₄	## Flask sampling	
	C ₂ H ₆ (ethane)	GC-FID	
	C ₃ H ₈ (propane)	GC-FID	
	CH ₂ Cl ₂ (dichloromethane)	## Flask sampling	
	CH ₃ Br (methylbromide)	GC-MS	
	CH ₃ Cl (methylchloride)	GC-MS	
	CO	## Flask sampling	
		GC-FID	
		Cavity-enhanced absorption spectroscopy (CEAS)	
	i-C ₄ H ₁₀ (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C ₅ H ₁₂ (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	

	n-C ₄ H ₁₀ (n-butane)	GC-FID	
	n-C ₅ H ₁₂ (n-pentane)	GC-FID	
	NMHC	## Flask sampling	
Other Gas	H ₂	## Flask sampling	
Radiation	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	UV Spectral	Brewer	
Radio Nuclide	¹⁴ CO ₂	Mass Spectrometry (MS) [general]	
	Radon [²²² Rn]	Filter sampling + alpha counting	
Meteo	Humidity	Hygrometer	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Wind direction	Wind vane	
	Wind speed	Anemometer [general]	

3. 미국

세계 강수 화학 자료 센터 (World Data Center for Precipitation Chemistry; WDCPC)를 미국의 Silver Spring에 유치하고 있으며 총 5곳에서 global station 운영하고 있다. <그림 2-8>은 미국 기후변화감시 지구급 관측소를 보여주고 있다. 미국이 운영하고 있는 지구급 기후변화감시 관측소는 비슷한 측정 원리와 통계 자료 처리 방법을 사용하고 있으며, 따라서 가장 일반인들에게 유명하게 알려진 대표적 기후변화감시 측정소인 하와이의 마우나 로아 관측지를 본문에서 예로 들어 설명한다. 미국이 운영하는 다른 지구급 관측소는 부록에 따로 정리하였다. 하와이의 마우나 로아 global station에서는 일본이나 캐나다에서 운영하고 global station에 비하여 매우 다양한 온실 가스 및 대기 화학 변수들을 측정하고 있다. <표 2-6>는 미국 마우나 로아 관측소 (Global station) 관측 현황을 나타내고 있다. 이산화탄소의 경우 1969년부터 측정 자료를 확보하고 있다. <그림 2-7>는 미국 Mauna Loa 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화를 나타내고 있다.

<그림 2-7> 미국 Mauna Loa 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화



<그림 2-8>미국 기후변화감시 지구급 관측소

 <p>Barrow (AK) global station: 71.32301°N 156.61147°W, 11m</p>	
 <p>Trinidad Head (CA) global station: 41.05410°N 124.15100°W, 107m</p>	
 <p>Mauna Loa (HI) global station: 19.53623°N 155.57616°W, 3397m</p>	
 <p>Cape Matatula global station: 14.24747°S 170.56451°W, 77m</p>	
 <p>South pole global station: 89.99695°S 24.80000°W, 2841m</p>	

이산화탄소 측정 및 통계 처리 방법은 다음과 같다. 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 NDIR (non-dispersive infra-red radiation) 방법과 플라스크에 샘플링 후 NDIR을 이용하는 2가지 방법으로 동시 측정한다. NDIR 방법은 관측법은 가스를 측정할 때 사용되는 분광기로 선택성 검출기를 이용하여 시료중의 특정 성분에 의한 적외선의 흡수량 변화를 측정하여 시료 중에 들어있는 특정 성분의 농도를 구하는 방법이다. WDCGG에는 자세한 관측 정보는 제시되어 있지 않다. 연속관측을 위한 NDIR 장비는 과거 우리나라 안면도에서 측정시 사용해왔던 Siemens 장비이다. 이산화탄소 측정 자료 통계처리 방법은 다음과 같다. 선별 과정은 지역에서 발생하거나 소멸하는 이산화탄소에 의해 오염되지 않았다고 생각되는 배경 혼합비를 구별하기 위해 수행한다. 선별 과정은 관측소에 의존한다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리는 캐나다와 동일하다.

월 별 자료 처리 방법으로 월 별 평균은 각 관측지에서 고유한 샘플의 날짜와 시간을 포함한 이벤트 파일의 모든 유효한 관측값의 평균으로부터 계산한다. 그리고 평균값과 주의 값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 구해진 주 간격의 값들로부터 각 달의 평균값을 계산한다. 플래그된 파일은 곡선을 만드는 과정에서 제외한다. 특정 사이트는 자료의 부족이나 기록기간이 짧기 때문에 적절한 곡선을 맞출 수 없기 때문에 월 평균 디렉토리에서 제외한다. 만약 3달 혹은 그 이상의 연속적인 달의 데이터가 없을 경우 그 달의 월 평균값은 계산하지 않는다. QC 플래그의 처음의 두 칼럼에서의 배경 시간별 평균으로부터 일 평균값을 계산한다. 평균값을 구하는데 하나의 시간 값만이 사용된 날에는 디폴트(-9.99) 표준편차로 할당한다. 월 별 자료 처리 방법으로는 월 평균 값은 일 평균값으로부터 계산한다.

메탄 측정 및 통계 처리 방법중 메탄 측정은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 GC-FID

(Gas Chromatography-Flame Ionizer Detector) 방법으로 측정하되 연속 관측과 플라스크를 이용한 2가지 관측을 동시에 수행한다. GC-FID 방법은 불꽃 이온화 검출기 또는 GC-FID에서 FID는 일반적으로 시료를 수소/공기 화염에 통과시켜 유기 분자를 산화시키고 하전 입자(이온)를 만들고 이온을 포집해 전기 신호를 생성한 다음 이를 측정한다. WDCGG에는 자세한 관측 정보는 제시되어 있지 않다. 연속관측을 위한 장비는 EG&G사의 CarleSeeries 400이다.

메탄 측정 자료 통계처리 방법은 분석용 관측 기기가 최상으로 작동하지 않았을 때 얻어진 관측 값을 제외하기 위해서 데이터는 먼저 규칙-기반 편집 알고리즘(Masarie et al., 1991)에 의해 편집된다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리는 이산화탄소와 동일하다. 유효한 관측이 없는 시간은 디폴트 몰분율(-9999999)과 플래그(*..)로 표시한다. 자세한 사항은 Dlugokencky et al. (1995) 참고하길 바란다.

월 별 데이터 Flag 처리 방법은 이산화탄소 처리 방법과 동일하다. 시간 별 데이터 처리 방법은 개별의 측정(주로 시간당 4번)으로부터 각 시간별 평균을 계산한다. 그리고 유효한 시간별 평균 자료는 지역에서 생성되고 소멸되는(비배경값)것으로부터 지역을 대표할 수 있는 공기(배경값)으로 구분하기 위해 선별한다. 시간별 배경 값은 선택 플래그 “..”으로 구별한다. “.C.” 플래그는 비배경값에 할당한다. 배경 조건을 결정하기 위한 기준은 관측지의 특성이다. Barrow에서의 배경 기준은 바람이 깨끗한 지역(020~110도)에서 불어올 때와 풍속이 적어도 한 시간 전의 값이 포함되어 1m/s보다 빠를 때이다. 자세한 사항은 Dlugokencky et al. (1995) 참조하길 바란다.

일 별 데이터 처리 방법으로 QC 플래그의 처음의 두 칼럼에서의 배경은 시간별 평균으로부터 일 평균값을 계산하며, 평균값을 구하는데 하나의 시간 값만이 사용된 날에는 디폴트(-9.99) 표준편차로 할당한다.

월 별 데이터 처리 방법으로 일 별 평균값에 맞춰진 부드러운 곡선

(Thoning et al., 1989)에서 하루 간격으로 추출된 값을 이용하여 월 별 평균을 계산한다.

일산화탄소 측정 및 통계 처리 방법 중에서 일산화탄소 측정 방법으로 GC-HgO (Gas Chromatography-Mercury oxide Reduction Detection) 방법으로 연속 측정한다. HgO가 일산화탄소와 반응하여 수은 증기를 발생시키는데, 이를 자외선으로 탐지하여 농도를 측정하는 방법이다. GC-HgO를 사용하는 경우 비선형성을 고려하기 위하여 다중 지점을 이용한 보정을 수행한다.

일산화탄소 측정 자료의 통계 처리 방법은 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리는 이산화탄소와 동일하다. 시간별 평균값은 각각 10분마다의 주변으로부터의 유된 모든 자료의 평균을 구한다. 월평균 데이터 통계 처리 방법은 이산화탄소 방법과 동일하다. 월별 평균 자료 처리는 플라스크로 샘플링된 이산화탄소 농도 자료의 통계처리와 같은 방법이다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리 이산화탄소 플라스크 자료 처리 방법과 동일하다.

이산화탄소의 탄소동위원소 및 산소 동위원소 관측 ($^{13}\text{CO}_2$ 및 C^{18}O_2) 측정 및 통계 처리 방법 중 이산화탄소의 탄소동위원소 및 산소 동위원소 측정 방법은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어 왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하여 사용한 질량 분석기를 이용하여 플라스크로 샘플링하여 측정한다. 측정에 대한 보다 자세한 내용은 아래 웹사이트를 통해 정보를 얻을 수가 있다.

(ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2c13/flask/README_surface_flask_co2c13.html)

이산화탄소의 탄소 동위원소 및 산소 동위원소 측정 자료의 통계 처리 방법으로 월별 평균 자료 처리는 플라스크로 샘플링된 이산화탄소 농도 자료의 통계처리와 동일하다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리 이산화탄소 플라스크 자료 처리 방법과 동일하다.

아산화질소 측정 및 통계 처리 방법중에서 아산화질소 측정 방법은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하여 사용한 GC-ECD (Gas Chromatography-Electron Capture Detector) 방법으로 연속 측정과 플라스크 샘플링을 이용하여 측정한다. GC-ECD 방법은 할로젠 화합물을 분석하는 데 사용되는 기법으로 ECD를 사용할 때 특정 분자가 검출기를 통과할 때 샘플의 일부 전자를 포획하므로 측정되는 전류가 감소되는 것을 측정한다. 보다 자세한 보정 방법은 웹사이트를 통하면 더 정확한 정보를 얻을 수가 있다.

(ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2c13/flask/README_surface_flask_co2c13.html)

아산화질소 측정 자료의 통계 처리 방법은 각각의 시간 평균 자료 처리는 산술 평균으로 한다. 자료 품질 관리 기준은 WDCGG에는 명확하게 기술되어 있지 않는다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리 이산화탄소 플라스크 자료 처리 방법과 동일하다.

육불화황 측정 및 통계 처리 방법 중에서 육불화황 측정 방법은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하여 사용한 GC-ECD (Gas Chromatography-Electron Capture Detector) 방법으로 연속 측정과 플라스크 샘플링을 이용하여 측정한다. GC-ECD 방법은 할로젠 화합물을 분석하는 데 사용되는 기법으로 ECD를 사용할 때 특정 분자가 검출기를 통과할 때 샘플의 일부 전자를 포획하므로 측정되는 전류가 감소되는 것을 측정한다.

육불화황 측정 자료의 통계 처리 방법으로 각각의 시간 평균 자료 처리는 산술 평균을 사용한다. 플라스크 자료의 품질 확인은 다음과 같이 결정한다.

- flag1 0: normal (this also applies to all flags that follow)
- flag1 1: a single reference gas was used for calibration
- flag2 1: one or more sample injections occurred at subambient pressure

- flag3 1: precision > 2.5% of estimated concentration
- flag4 1: marked suspect by a loess-based statistical outlier algorithm
- flag5 1: single flask with missing paired partner
- flag6 1: paired partners disagree by more than twice their summed precisions
- flag7 1: sample excluded from monthly mean computations

기타 온실가스 측정 자료의 통계 처리 방법은 다음과 같다.

CBrClF₂ 측정 자료의 통계 처리 방법으로 시간 별 데이터 처리 방법으로 시간마다 원자료를 측정하고, 매 시간마다 하나의 공기 샘플을 측정하고, 일 별 데이터 처리 방법으로 시간별 자료로부터 일 중간값을 계산한다. 월 별 데이터 처리 방법으로 시간별 자료로부터 월 중간값을 계산한다. CFCs / CH₃Cl / CH₃CCl₃ / HFCs 측정 자료의 통계 처리 방법은 아산화질소 및 육 불화황과 통계 처리 방법이 동일하다.

<표 2-6> 미국 마우나 로아 관측소 (Global station) 관측 현황

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	ECC Sonde	
		UV spectrometry/radiometry	
	Total column ozone	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		Brewer	
		Dobson	
	Vertical ozone profile	Light detection and ranging (LIDAR)	
		Microwave radiometry	
Umkehr method			
## Sonde			
Aerosol	Light absorption coefficient, PM _{1.0}	Filter+light attenuation (aethalometer)	
	Light absorption coefficient, PM ₁₀	Filter+light attenuation (aethalometer)	
	Light absorption coefficient, total aerosol	Filter+light attenuation (aethalometer)	
		Light absorption photometry	
	Light backscattering coefficient, PM _{1.0}	Nephelometry, integrating	
	Light backscattering coefficient, PM ₁₀	Nephelometry, integrating	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
Light scattering coefficient, PM _{1.0}	Nephelometry, integrating		

	Light scattering coefficient, PM_{10}	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Major inorganic components (coarse)	Filter sampling + extraction + IC	
	Multiwavelength optical depth, total aerosol	Sun-tracking photometry	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
	Vertical distribution of properties	Light detection and ranging (LIDAR)	
Greenhouse Gas	$C_2Cl_3F_3$ (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	$C_2H_2F_4$ (1,1,1,2-tetrafluoroethane, HFC-134a)	GC-MS	
	$C_2H_3Cl_2F$ (1,1-dichloro-1-fluoroethane, HCFC-141b)	## Flask sampling	
	$C_2H_3ClF_2$ (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	$C_2H_4F_2$ (1,1-difluoroethane, HFC-152a)	GC-MS	
	CBrClF ₂ (Halon 1211)	GC-ECD	
		GC-MS	
	CBrF ₃ (bromotrifluoromethane, Halon 1301)	GC-ECD	
	CCl ₂ F ₂ (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CCl ₃ F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	CCl ₄	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CH ₃ CCl ₃ (1,1,1-trichloroethane)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	CH ₄	## Flask sampling	
		Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		GC-FID	
	¹³ CH ₄	## Flask sampling	
CHClF ₂ (chlorodifluoromethane, HCFC-22)	GC-ECD		
	## Flask sampling		
CO ₂	## Flask sampling		
	Non-dispersive IR (NDIR)		
¹³ CO ₂	Mass Spectrometry (MS) [general]		
	## Flask sampling		
C ¹⁸ O ₂	## Flask sampling		
N ₂ O	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)		
	## Flask sampling		
SF ₆	GC-ECD		
	## Flask sampling		
Reactive Gas	C ₂ H ₆ (ethane)	## Flask sampling	
		Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	

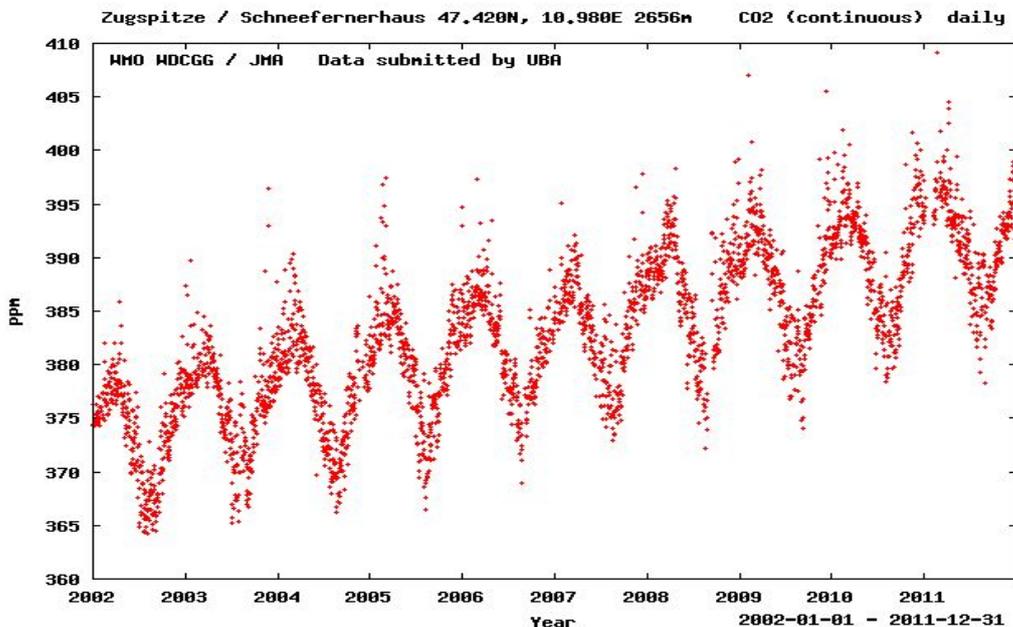
	C ₃ H ₈ (propane)	GC-FID	
		GC-FID	
	CH ₂ Cl ₂ (dichloromethane)	## Flask sampling	
	CH ₂ O (formaldehyde)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CH ₃ Br (methylbromide)	GC-MS	
	CH ₃ Cl (methylchloride)	GC-ECD	
	ClONO ₂ (chlorine nitrate)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CO	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		## Flask sampling	
	COF ₂ (difluoromethanal, carbonyl fluoride)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HCl (hydrochloric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HCN (formonitrile, hydrogen cyanide)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HF (hydrofluoric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HNO ₃ (nitric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	i-C ₄ H ₁₀ (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C ₅ H ₁₂ (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	n-C ₄ H ₁₀ (n-butane)	GC-FID	
	n-C ₅ H ₁₂ (n-pentane)	GC-FID	
	NO ₂	UV/vis spectrometry/radiometry	
	SO ₂	Fluorescence [general]	
Other Gas	H ₂	## Flask sampling	
Precipitation Chem	Electric conductivity	Electric conductivity (EC meter)	
	Hydrogen ion (H ⁺) or pH	Potentiometry (pH meter)	
Radiation	Diffuse solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Direct solar radiation	Pyrheliometer (direct solar, broadband)	
	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Long-wave radiation (direction unspecified)	Pyrgeometer (global, infrared)	
	UV Broadband	Pyranometer (global solar, broadband)	
	UV Erythemally weighted	UV spectrometry/radiometry	
	UV Multiband	Sunphotometry/Filter Radiometry	
Pyranometer (global solar, broadband)			
UV Spectral	Brewer		
Radio Nuclide	¹⁴ C[CO ₂]	## Flask sampling	
	Radon [Rn-222]	## Filter sampling [general]	
Meteo	Humidity	Hygrometer	
	Precipitation	Tipping bucket rain gauge	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Temperature profile	Light detection and ranging (LIDAR)	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	## Numerical Model	
		Flextra	
	Watervapor profile	Microwave radiometry	
Wind direction	Wind vane		
Wind speed	Anemometer [general]		

4. 독일

세계 대기 원격 탐사 자료 센터 (World Data Center for Remote Sensing of the Atmosphere; WDC-RSAT)를 독일의 Wessling에 유치하고 있으며 다수의 global station 운영하고 있다. <그림 2-10>는 독일 기후변화감시 지구급 관측소를 보여주고 있다. 독일이 운영하고 있는 지구급 기후변화감시 관측소는 비슷한 측정 원리와 통계 자료 처리 방법을 사용하고 있으며, 따라서 본문에서는 Zugspitze-Schneefernerhaus 지구급 관측소를 본문에서 예로 들어 설명한다. 독일이 운영하는 다른 지구급 관측소는 부록에 따로 정리하였다.

Zugspitze-Schneefernerhaus 지구급 관측소에서는 대략 10가지 정도의 온실가스를 관측하고 있다. <표 2-7>에서 독일 Zugspitze-Schneefernerhaus 관측소 (Global station) 관측 현황을 보이고 있다. <그림 2-9>는 이산화탄소의 경우 2002년부터 측정 자료를 확보하고 있다.

<그림 2-9> 독일 Zugspitze-Schneefernerhaus 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화



<그림 2-10> 독일 기후변화감시 지구급 관측소

 <p>Zugspitze-Gipfel Global Station: 47.42108°N 10.98590°E, 2962m</p>	
 <p>Zugspitze-Schneefernerhaus Global Station: 47.41650°N 10.97964°E, 2671m</p>	
 <p>Hohenpeissenberg Global Station: 47.80150°N 11.00962°E, 985m</p>	
 <p>Neumayer Global Station: 70.66600°S 8.26600°W, 42m</p>	

이산화탄소 측정 및 통계 처리 방법중에서 이산화탄소 측정 방법은 다른 주요 국가와는 다르게 이산화탄소 농도를 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 GC-FID (Gas Chromatography-Flame Ionizer Detector) 방법으로 연속 관측을 수행한다. GC-FID 방법은 불꽃 이온화 검출기 또는 GC-FID에서 FID는 일반적으로 시료를 수소/공기 화염에 통과시켜 유기 분자를 산화시키고 하전 입자(이온)를 만들고 이온을 포집해 전기 신호를 생성한 다음 이를 측정한다. WDCGG에는 자세한 관측 정보는 제시되어 있지 않다. 연속관측을 위한 장비는 Modified HP 6890 Chem. station이다. NOAA의 1차 표준 가스를 사용하여 보정된 2차 표준 가스를 사용하여 매 15분마다 보정 수행한다.

이산화탄소 시간 별 자료 통계 처리 방법으로는 데이터 수득 시스템은 1분 평균 원자료를 제공한다. 제로 및 보정 인자들과 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용한다. 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생한다. 30분 평균 자료는 15개 이상의 남아있는 자료로부터 산술평균으로 계산한다. GAW에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산한다. 월 별 자료 처리 방법으로는 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균을 계산한다. 일 별 자료 처리 방법으로는 31개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균을 계산한다.

메탄 측정 방법은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 GC-FID (Gas Chromatography-Flame Ionizer Detector) 방법으로 측정하되 연속 관측과 플라스크를 이용한 2가지 관측을 동시에 수행한다. GC-FID 방법은 불꽃 이온화 검출기 또는 GC-FID에서 FID는 일반적으로 시료를 수소/공기 화염에 통과시켜 유기 분자를 산화시키고 하전 입자(이온)를 만들고 이온을 포집해 전기 신호를 생성한 다음

이를 측정한다. WDCGG에는 자세한 관측 정보는 제시되어 있지 않다. 연속 관측을 위한 장비는 Modified HP 6890 Chem. station이 있다. 메탄 측정 자료 통계 처리 방법은 이산화탄소 자료 통계 처리 방법과 동일하다.

일산화탄소 측정 및 통계 처리 방법은 일산화탄소 측정 방법은 WDCGG에 연속 관측을 수행한다고 언급되어 있으나 자세한 측정 방법이나 원리는 제공하고 있지 않다. 일산화탄소 측정 자료의 통계 처리 방법은 통계 처리 방법은 이산화탄소 자료 통계 처리 방법과 동일하다.

육불화황 측정방법은 다른 나라와 다르게 GC-FID (Gas Chromatography-Flame Ionizer Detector) 방법으로 측정하되 연속 관측 수행한다. GC-FID 방법은 불꽃 이온화 검출기 또는 GC-FID에서 FID는 일반적으로 시료를 수소/공기 화염에 통과시켜 유기 분자를 산화시키고 하전 입자(이온)를 만들고 이온을 포집해 전기 신호를 생성한 다음 이를 측정한다. WDCGG에는 자세한 관측 정보는 제시되어 있지 않다. 연속관측을 위한 장비는 Modified HP 6890 Chem. station 이다.

육불화황 측정 자료의 시간 별 자료 통계 처리 방법은 다음과 같다. 데이터 수득 시스템은 매 10분마다 하나의 크로마토그램을 제공한다. 정체 기간 동안 플롯, 테스트, 보정이 된 크로마토그램 자료가 변동을 보여주고 만약 스프레드시트와 프로그램 된 절차의 표준화가 필요하면 재처리한다. 이 방법으로 보정된 자료를 이용하여 생산한다. 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생한다. 30분 평균 자료는 전체 자료 중 남아있는 2/3 이상의 자료로부터 산술평균으로 계산한다. WDCGG에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산한다. 월 별 자료 처리 방법으로 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균을 계산한다. 일 별 자료 처리 방법으로 31개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균을 계산한다.

기타 온실가스 측정 자료의 통계 처리 방법은 대부분 이산화탄소 측정 자료의 통계 처리와 유사한 방법이며 보다 자세한 내용은 부록을 참조하면 더 정확한 정보를 얻을 수 있다.

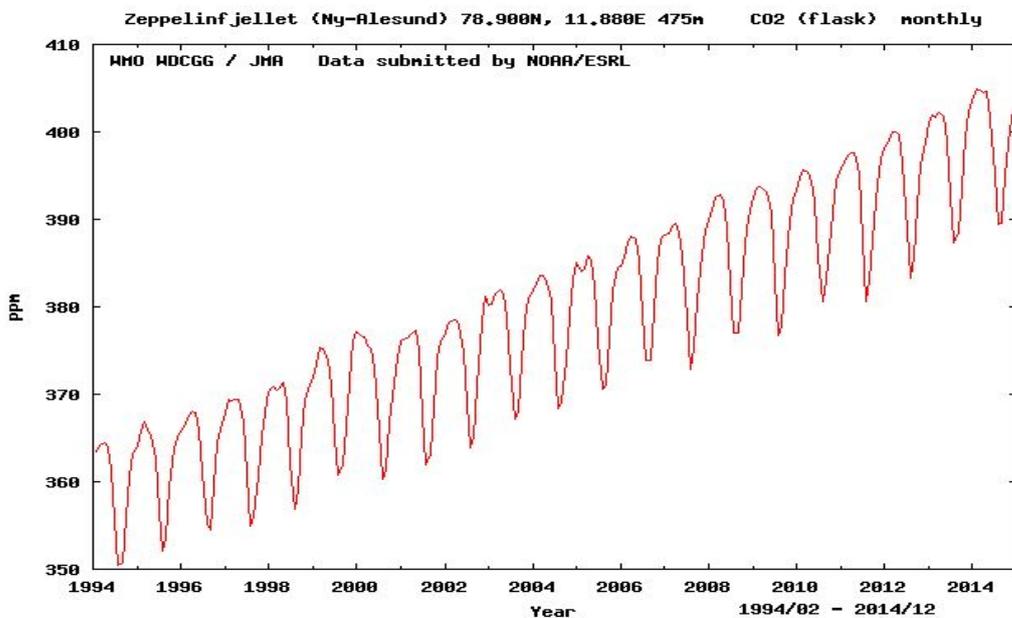
<표 2-7> 독일 Zugspitze-Schneefernerhaus 관측소 (Global station) 관측 현황

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone		
Aerosol	Carbonaceous/organic material (fine)	Multiangle absorption photometry (MAAP)	
	CCN concentration at single supersaturation	Cloud condensation nuclei (CCN) counter	
	Light absorption coefficient, total aerosol		
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Mass concentration (coarse) or Mass PM ₁₀	Filter + beta attenuation (betameter, beta gauge)	
	Number size distribution, total aerosol	Scanning mobility particle sizer (SMPS) Aerodynamic particle sizing spectrometer (APS)	
Greenhouse Gas	CH ₄	GC-FID	
	CO ₂	GC-FID	
	N ₂ O	GC-FID	
	SF ₆	GC-FID	
Reactive Gas	Ammonia (NH ₃)	## Filter sampling [general]	
	C ₂ H ₃ O ₅ N (peroxyacetyl/nitrate, PAN)	GC-ECD	
	CO	Non-dispersive IR (NDIR)	
		VUV fluorescence	
		GC-HgO reduction/UV absorption	
	NMHC	GC-FID	
	NO	Chemiluminescence (CL) [general]	
	NO ₂	Chemiluminescence (CL) [general]	
	NO _x	Chemiluminescence (CL) [general]	
	NO _y	Chemiluminescence (CL) [general]	
SF ₆	Fluorescence [general]		
Other Gas	H ₂	GC-HgO reduction/UV absorption	

5. 노르웨이

세계 에어로졸 자료 센터 (World Data Center for Aerosol; WDCA)를 노르웨이의 Kjeller에 유치하고 있으며 Ny Ålesund 지역에서 2곳의 global station 운영하고 있다. <그림 2-12>는 노르웨이 기후변화감시 지구급 관측소를 나타내고 있다. 노르웨이의 경우 미국 해양대기기국의 도움을 받아 온실가스 농도를 관측하고 있다. 본문에서는 Ny Ålesund의 Zeppelin Mountain 지구급 관측소를 예로 들어 설명하고 있다. 다른 지구급 관측소는 부록에 따로 정리하였다. 하와이의 마우나 로아 global station에서는 일본이나 캐나다에서 운영하고 global station에 비하여 매우 다양한 온실 가스 및 대기 화학 변수들을 측정하고 있다. <표 2-8>은 노르웨이 Ny Ålesund 지구급 관측소 (Global station) 관측 현황을 보여주고 있다. <그림 2-11>은 이산화탄소의 경우 1994년부터 측정 자료를 확보하고 있다.

<그림 2-11> 노르웨이 Ny Ålesund 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화



<그림 2-12> 노르웨이 기후변화감시 지구급 관측소

 <p>Ny Ålesund Global Station: 78.92358°N 11.92366°E, 0m</p>	
 <p>Zeppelin Mountain (Ny Ålesund) Global Station: 78.90669°N 11.88934°E, 475m</p>	

이산화탄소 측정 방법으로 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계 자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 NDIR (non-dispersive infra-red radiation) 방법으로 플라스크에 샘플링 후 측정하였다. NDIR 방법은 관측법은 가스를 측정할 때 사용되는 분광기로 선택성 검출기를 이용하여 시료중의 특정 성분에 의한 적외선의 흡수량 변화를 측정하여 시료 중에 들어있는 특정 성분의 농도를 구하는 방법이다. NDIR 방법에 사용되는 장비는 미국 LiCor사의 폐회로 장비인 LI7000으로 일본 지구급 관측소와 동일하다. 작업 표준은 사용 전후에 수시로 보정. 연구실 표준 가스는 6개의 NOAA 표준으로 보정한다.

이산화탄소 측정 자료 시간 별 자료 처리 방법은 2002년까지는 관측기기가 1분 평균값을 전달, 시간별로 보고되는 값은 적어도 5개의 1분 평균의 중간값, 시간별로 편차가 0.2 ppm 이하일 때의 자료만 보고, 1분 사용이 불가능한 일부 기간에는, 스트립 차트로부터의 자료를 대신 읽어온다. 이 경우에

는 표준편차가 보고되지 않고, 값이 더 높은 불확실성을 갖게 된다. 하지만 2004년부터는 시간 자료는 1분 평균으로부터 계산, 잘못된 데이터는 제거된다(예를 들면 확인된 기기 에러, 오염, 캘리브레이션 혹은 다른 점검). 일 별 자료 처리 방법으로는 일 별 자료로 시간 별 데이터 때 사용 된 일분 평균 값으로부터 계산하며, 월 별 자료 처리방법으로는 월 별 데이터로 시간 별 데이터 때 사용 된 일분 평균값으로부터 계산한다.

메탄 측정 및 통계 처리 방법은 다음과 같다. 메탄 측정 방법으로 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 GC-FID (Gas Chromatography-Flame Ionizer Detector) 방법으로 플라스크를 이용한 관측을 수행한다. GC-FID 방법은 불꽃 이온화 검출기 또는 GC-FID에서 FID는 일반적으로 시료를 수소/공기 화염에 통과시켜 유기 분자를 산화시키고 하전 입자(이온)를 만들고 이온을 포집해 전기 신호를 생성한 다음 이를 측정한다. WDCGG에는 자세한 관측 정보는 제시 되어 있지 않고 있다.

메탄 측정 자료 통계 월 별 데이터 처리 방법은 월 별 평균은 각 관측지에서 고유한 샘플의 날짜와 시간을 포함한 이벤트 파일의 모든 유효한 관측 값의 평균으로부터 계산한다. 평균값과 주의 값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 구해진 주 간격의 값들로부터 각 달의 평균값을 계산한다. 플래그 된 파일은 곡선을 만드는 과정에서 제외한다. 특정 사이트는 자료의 부족이나 기록기간이 짧기 때문에 적절한 곡선을 맞출 수 없기 때문에 월 평균 디렉토리에서 제외한다. 만약 3달 혹은 그 이상의 연속적인 달의 데이터가 없을 경우 그 달의 월 평균값은 계산하지 않는다.

일산화탄소 측정 방법은 GC-HgO (Gas Chromatography-Mercury oxide Reduction Detection) 방법으로 연속 측정한다. HgO가 일산화탄소와 반응하여 수은 증기를 발생시키는데, 이를 자외선으로 탐지하여 농도를 측정하는 방법이다. Trace Analytical 사의 제품을 사용한다. 일산화탄소 측정 자료의

통계 처리 방법은 메탄 측정 자료의 통계 처리 방법과 동일하다. 기타 온실 가스 측정 자료의 통계 처리 방법은 다음과 같다. 대부분 이산화탄소 측정 자료의 통계 처리와 유사한 방법이며 보다 자세한 내용은 부록을 참조하면 된다.

<표 2-8> 노르웨이 Ny Ålesund 지구급 관측소 (Global station) 관측 현황

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	UV spectrometry/radiometry	
Aerosol	Ammonium (NH ₄ ⁺), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Arsenic (As), total aerosol	ICP-MS	
	Cadmium (Cd), total aerosol	ICP-MS	
	Calcium (Ca ⁺⁺), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Chloride (Cl ⁻), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Chromium (Cr), total aerosol	ICP-MS	
	Cobalt (Co), total aerosol	ICP-MS	
	Copper (Cu), total aerosol	ICP-MS	
	Lead (Pb), total aerosol	ICP-MS	
	Light absorption coefficient, total aerosol	Particle soot absorption photometer (PSAP)	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Magnesium (Mg ⁺⁺), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Manganese (Mn), total aerosol	ICP-MS	
	Mass concentration (size fractionated)	Multistage impactor	
	Mercury (Hg), total aerosol		
	Multiwavelength optical depth, total aerosol	Sunphotometry/Filter Radiometry	
	Nickel (Ni), total aerosol	ICP-MS	
	Nitrate (NO ₃ ⁻), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	

	Number size distribution, total aerosol	Differential mobility particle sizer (DMA, DMPS)		
	Potassium (K+), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]		
	Sodium (Na+), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]		
	Sulphate (SO4=), corrected	Ion Chromatography (IC) [general]		
	Sulphate (SO4=), total	Ion Chromatography (IC) [general]		
	Sum of ammonia (NH ₃) and ammonium (NH ₄ ⁺), in air and aerosol	Capillary electrophoresis (CE)		
		Colorimetry (indophenol, Bertholet)		
		Ion Chromatography (IC) [general]		
	Sum of nitric acid (HNO ₃) and nitrate (NO ₃ ⁻), in air and aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]		
	Vanadium (V), total aerosol	ICP-MS		
	Zinc (Zn), total aerosol	ICP-MS		
Greenhouse Gas	C ₂ Cl ₂ F ₄ (1,2-dichlorotetrafluoroethane, CFC-114)	GC-MS		
	C ₂ Cl ₃ F ₃ (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	GC-MS		
	C ₂ ClF ₅ (1-chloro-1,1,2,2,2-pentafluoroethane, CFC-115)	GC-MS		
	C ₂ F ₆ (hexafluoroethane, PFC-116)	GC-MS		
	C ₃ F ₈ (octafluoropropane, PFC-218)	GC-MS		
	CCl ₂ F ₂ (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	Gas Chromatography (GC) [general]		
	CCl ₃ F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	GC-ECD		
	CCl ₄	GC-ECD		
	CF ₄ (tetrafluoromethane, carbon tetrafluoride, perfluoromethane, PFC-14)	GC-MS		
	CH ₃ CCl ₃ (1,1,1-trichloroethane)	GC-ECD		
	CH ₄	## Flask sampling		
		Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)		
GC-FID				

	$^{13}\text{CH}_4$	## Flask sampling	
	CO_2	Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)	
		## Flask sampling	
		Non-dispersive IR (NDIR)	
	$^{13}\text{CO}_2$	## Flask sampling	
	C^{18}O_2	## Flask sampling	
	N_2O	GC-ECD	
	SF_6	GC-MS	
	SO_2F_2 (sulphuryl fluoride)	GC-MS	
Reactive Gas	Ammonia (NH_3)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	C_2H_2 (ethyne, acetylene)	GC-FID	
	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$ (oxaldehyde, ethanedial)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C_2H_4 (ethene)	GC-FID	
	C_2H_6 (ethane)	GC-FID	
	C_3H_6 (propene)	GC-FID	
	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ (acetone, propanone)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ (propanal)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C_3H_8 (propane)	GC-FID	
	C_4H_6 (1,3-butadiene, butadiene)	GC-FID	
	C_4H_8 (1-butene)	GC-FID	
	C_4H_8 (sum of butenes)	GC-FID	
	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ (butan-2-one, methylethylketone)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ (butanal isomers)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C_5H_{10} (sum of pentenes)	GC-FID	
	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ (pentanal, valeraldehyde)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C_5H_8 (2-methyl-1,3-butadiene, isoprene)	GC-FID	
	C_6H_{12} (cyclohexane)	GC-FID	
	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ (hexanal isomers)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C_6H_{14} (2-methylpentane)	GC-FID	
C_6H_{14} (3-methylpentane)	GC-FID		
C_6H_{14} (n-hexane)	GC-FID		

	C ₆ H ₆ (benzene)	GC-FID	
	C ₇ H ₆ O (benzene carbaldehyde)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C ₇ H ₈ (toluene)	GC-FID	
	C ₈ H ₁₀ (ethylbenzene)	GC-FID	
	C ₈ H ₁₀ (o-xylene)	GC-FID	
	C ₈ H ₁₀ (p,m-xylene)	GC-FID	
	c-C ₄ H ₈ (cis-2-butene)	GC-FID	
	CH ₂ O (formaldehyde)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	CH ₃ CHO (acetaldehyde, ethanal)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	CO	GC-HgO reduction/UV absorption	
		## Flask sampling	
	HNO ₃ (nitric acid)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	i-C ₄ H ₁₀ (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C ₅ H ₁₂ (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	i-C ₇ H ₁₆ (2-methylhexane, isoheptane)	GC-FID	
	n-C ₄ H ₁₀ (n-butane)	GC-FID	
	n-C ₅ H ₁₂ (n-pentane)	GC-FID	
	n-C ₇ H ₁₆ (n-heptane)	GC-FID	
	NO ₂	Colorimetry (Griess)	
		Impregnated filter	
	SO ₂	Ion Chromatography (IC) [general]	
		Impregnated filter	
	t-C ₄ H ₈ (trans-2-butene)	GC-FID	
Other Gas	H ₂	## Flask sampling	
Radio Nuclide	Lead [²¹⁰ Pb]		
	Radon [²²² Rn]	GC-MS	
POPs	¹³ CH ₁₀ (³ H-fluorene, fluorene), in air	GC-MS	
	¹⁴ CH ₁₀ (anthracene), in aerosol and air	GC-MS	
	¹⁴ CH ₁₀ (anthracene), in air	GC-MS	
	¹⁴ CH ₁₀ (phenanthrene), in air	GC-MS	
	C ¹⁴ H ₁₀ (phenanthrene), in air and aerosol	NILU_O_3	

	C ¹⁶ H ₁₀ (pyrene), in air and aerosol	NILU_O_3	
	C ₁₈ H ₁₂ (Benz(a)anthracene), in air	GC-MS	
	C ₁₈ H ₁₂ (Benz(a)anthracene), in air and aerosol	NILU_O_3	
	C ₆ Cl ₆ (hexachlorobenzene, HCB), in air	GC-MS	
	C ₆ H ₆ Cl ₆ (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, alpha-lindane, alpha-HCH), in air	GC-MS	
	C ₆ H ₆ Cl ₆ (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, gamma-lindane, gamma-HCH), in air	GC-MS	
Meteo	Humidity	Hygrometer	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Electric conductivity (EC meter)	
		Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Wind direction	Wind vane	
Wind speed	Cup anemometer		

제 4 절. 국외 주요국 지구급의 기후변화 통계자료 제공 현황

주요 선진국들은 기후변화 측정 및 자료 처리 뿐만 아니라 일반인들이 쉽게 자료에 접근할 수 있도록 자료를 제공하고 있다. 연속 측정이 이루어지는 경우에는 시간별 자료로부터 일평균, 월평균, 연평균 자료를 제공하고 있다. 플라스크 샘플링 경우에는 측정 간격이 일주일이기 때문에 일반적으로 월평균 및 연평균 자료를 제공한다.

1. 일본

<그림 2-13> 일본

기본관측소	Minamitorishima	
전경		
위도/경도 고도	24.28 N/153.98 E 8 m	
관측분야 시작연도	온실가스(1993) 반응가스(1994) 에어로졸(2003) 강수화학(1996) 오존(1958) 복사(1969)	

<표 2-9> 우리나라 관측요소와 일본 기후변화감시통계 현황 비교

분야	연번	우리나라 기후변화감시 관측요소	일본 지구급 기후변화감시통계 현황	
			제공주기/통계	외부에 서비스되고 있는 국가통계 요소 /기후변화감시소
온실 가스 (7)	1	이산화탄소(ppm)	시.일.월.연/평균	O/Minamitorishima
	2	메탄(ppb)	시.일.월.연/평균	O/Minamitorishima
	3	아산화질소(ppb)	-	
	4	염화불화탄소-11(ppt)	-	
	5	염화불화탄소-12(ppt)	-	
	6	염화불화탄소-113(ppt)	-	
	7	육불화황(ppt)	-	
반응 가스 (4)	8	일산화탄소(ppb)	시.일.월.연/평균	O/Minamitorishima
	9	오존(ppb)	시.일.월.연/평균	O/Minamitorishima
	10	이산화황(ppb)	-	-
	11	질산화물(ppb)	-	-
에어 졸 (14)	12	PM ₁₀ 질량농도($\mu\text{g m}^{-3}$)	-	-
	13	부피농도($0.5\sim 20\mu\text{m})(\mu\text{m}^3\text{m}^{-3})$	-	-
	14	수농도($0.01\sim 0.5\mu\text{m})(\text{개 m}^{-3})$	-	-
	15	총수농도($0.01\sim 3\mu\text{m})(\text{개 m}^{-3})$	-	-

분야	연번	우리나라 기후변화감시 관측요소	일본 지구급 기후변화감시통계 현황	
			제공주기/통계	외부에 서비스되고 있는 국가통계 요소 /기후변화감시소
	16	TSP Mass/Ion	-	-
	17	PM ₁₀ Mass/Ion	-	-
	18	PM _{2.5} Mass/Ion	-	-
	19	연직분포	-	-
	20	광산란계수(Mm ⁻¹)	-	-
	21	광흡수계수(Mm ⁻¹)	-	-
	22	광학 PM ₁₀	-	-
	23	광학 PM _{2.5}	-	-
	24	광학 PM _{1.0}	-	-
	25	광학깊이	시.일.월.연/평균	O/Minamitorishima
성층권 오존/자외선 (3)	26	오존전량(DU)	월.연/평균	O/Minamitorishima
	-	성층권오존 연직분포	-	-
	27	자외선-A(mWm ⁻²)	-	-
	28	자외선-B(mWm ⁻²)	-	-
대기 복사 (6)	29	파장별 일사	-	-
	30	직달일사(Wm ⁻²)	시.일.월.연/평균	O/Minamitorishima
	31	산란일사(Wm ⁻²)	시.일.월.연/평균	O/Minamitorishima
	32	태양 상향복사(Wm ⁻²)	-	-
		태양 하향복사(Wm ⁻²)	시.일.월.연/평균	O/Minamitorishima
	33	지구 상하향복사(Wm ⁻²)	-	-
34	순복사(Wm ⁻²)	-	-	
강수 화학 (3)	35	산성도(pH)	일.월.연/평균	O/Minamitorishima
	36	전기전도도(μScm ⁻¹)	일.월.연/평균	O/Minamitorishima
	37	이온성분(9)(μeqL ⁻¹)	일.월.연/평균	O/Minamitorishima
기타	-	라돈(²²² Rn)	-	-
	-	중층대기 수증기	-	-
계	40	-		

* “-”는 동 자료는 지구급 자료이고, 지역급 감시소에서 측정 및 통계 제공 가능

2. 캐나다

<그림 2-14> 캐나다

기본관측소	Alert
전경	
위도/경도	82.50 N/62.34 E
고도	210 m
관측분야 시작연도	온실가스(1977) 반응가스(1990) 에어로졸(2004) 오존(1957) 복사(1964)

<표 2-10> 우리나라 관측요소와 캐나다 기후변화감시통계 현황 비교

분야	연번	우리나라 기후변화감시 관측요소	캐나다 지구급 기후변화감시통계 현황	
			제공주기/통계	외부에 서비스되고 있는 국가통계요소 /기후변화감시소
온실 가스 (7)	1	이산화탄소(ppm)	시.일.월.연/평균 이벤트	○/Alert
	2	메탄(ppb)	"	○/Alert
	3	아산화질소(ppb)	월/평균, 이벤트	○/Alert
	4	염화불화탄소-11(ppt)	"	○/Alert
	5	염화불화탄소-12(ppt)	"	○/Alert
	6	염화불화탄소-113(ppt)	"	○/Alert
	7	육불화황(ppt)	"	○/Alert
반응 가스 (4)	8	일산화탄소(ppb)	시.일.월.연/평균	○/Alert
	9	오존(ppb)	시.일.월.연/평균	○/Alert
	10	이산화황(ppb)	-	
	11	질산화물(ppb)	-	
에어 로졸 (14)	12	PM ₁₀ 질량농도($\mu\text{g m}^{-3}$)	-	
	13	부피농도(0.5~20 μm)($\mu\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	-	
	14	수농도(0.01~0.5 μm)(개 m^{-3})	시.일.월.연/평균	○/Alert
	15	총수농도(0.01~3 μm)(개 m^{-3})	-	

분야	연번	우리나라 기후변화감시 관측요소	캐나다 지구급 기후변화감시통계 현황	
			제공주기/통계	외부에 서비스되고 있는 국가통계요소 /기후변화감시소
	16	TSP Mass/Ion	월.연/평균	○/Alert
	17	PM ₁₀ Mass/Ion	-	
	18	PM _{2.5} Mass/Ion	-	
	19	연직분포	-	
	20	광산란계수(Mm ⁻³)	시.일.월.연/평균	○/Alert
	21	광흡수계수(Mm ⁻³)	시.일.월.연/평균	○/Alert
	22	광학 PM ₁₀	-	
	23	광학 PM _{2.5}	-	
	24	광학 PM _{1.0}	-	
	25	광학깊이	-	
오존층권 /자외선 (3)	26	오존전량(DU)	일.월.연/평균	○/Alert
	-	성층권오존 연직분포	-	
	27	자외선-A(mWm ⁻²)	-	
	28	자외선-B(mWm ⁻²)	-	
대기복사 (6)	29	파장별 일사	일.월.연/평균	○/Alert
	30	직달일사(Wm ⁻²)	-	
	31	산란일사(Wm ⁻²)	-	
	32	태양 상향복사(Wm ⁻²)	-	
		태양 하향복사(Wm ⁻²)	-	
	33	지구 상하향복사(Wm ⁻²)	-	
	34	순복사(Wm ⁻²)	-	
강수화학 (3)	35	산성도(pH)	-	
	36	전기전도도(μScm ⁻¹)	-	
	37	이온성분(9)(μeqL ⁻¹)	-	
기타	-	라돈(²²² Rn)	시.일.월.연/평균	○/Alert
	-	중층대기 수증기	-	
계	40	-		16

*“-”는 동 자료는 지구급 자료이고, 지역급 감시소에서 측정 및 통계 제공 가능

3. 미국

<그림 2-15> 미국

기본관측소	Barrow	Trinidad Head	Mauna Loa	Samoa
전경				
위도/경도 고도	71.32°N/156.61°E 11.0 m	41.05°N / 124.15°E 107.0 m	19.54°N / 155.58°E 3397 m	14.25°N / 170.56°E 77 m
관측분야 시작연도	온실가스(1971) 반응가스(1993) 에어로졸(1997) 오존(1973) 복사(1964)	온실가스(1995) 반응가스(1995) 에어로졸(2002) 오존(1999)	온실가스(1969) 반응가스(1989) 에어로졸(1974) 오존(1957) 자외선(1995)	온실가스(1972) 반응가스(1988) 에어로졸(1977) 오존(1975)

<표 2-11> 우리나라 관측요소와 미국 기후변화감시통계 현황 비교

분야	연번	우리나라 기후변화감시 관측요소	미국 지구급 기후변화감시통계 현황	
			제공주기/통계	외부에 서비스되고 있는 국가통계 요소 /기후변화감시소
온실 가스 (7)	1	이산화탄소(ppm)	시.일.월.연/평균	○/Tutuila.Mauna Loa.Trinidad Head.Barrow
	2	메탄(ppb)	월.연/평균	○/Tutuila.Mauna Loa.Trinidad Head.Barrow
	3	아산화질소(ppb)	시.일.월.연/평균	○/Tutuila.Mauna Loa.Trinidad Head.Barrow
	4	염화불화탄소-11(ppt)	시.일.월.연/평균	○/Tutuila.Mauna Loa.Trinidad Head.Barrow
	5	염화불화탄소-12(ppt)	시.일.월.연/평균	○/Tutuila.Mauna Loa.Trinidad Head.Barrow
	6	염화불화탄소-113(ppt)	시.일.월.연/평균	○/Tutuila.Mauna Loa.Trinidad Head.Barrow
	7	육불화황(ppb)	시.일.월.연/평균	○/Tutuila.Mauna Loa.Trinidad Head.Barrow
반응 가스 (4)	8	일산화탄소(ppb)	월.연/평균	○/Tutuila.Mauna Loa.Trinidad Head.Barrow
	9	오존(ppb)	시.일.월.연/평균	○/Tutuila.Mauna Loa.Trinidad Head.Barrow
	10	이산화황(ppb)	-	
	11	질산화물(ppb)	-	
에어 로졸 (14)	12	PM ₁₀ 질량농도(μg m ⁻³)	-	
	13	부피농도(0.5~20μm)(μm ³ m ⁻³)	-	
	14	수농도(0.01~0.5μm)(개 m ⁻³)	시.일.월.연/평균	○/Tutuila.Mauna Loa.Barrow
	15	총수농도(0.01~3μm)(개 m ⁻³)	시.일.월.연/평균	○/Mauna Loa.Trinidad Head.Barrow
	16	TSP Mass/Ion	-	

분야	연번	우리나라 기후변화감시 관측요소	미국 지구급 기후변화감시 통계 현황	
			제공주기/통계	외부에 서비스되고 있는 국가통계 요소 /기후변화감시소
	17	PM ₁₀ Mass/Ion	시.일.월.연/평균	○/Mauna Loa
	18	PM _{2.5} Mass/Ion	-	
	19	연직분포	-	
	20	광산란계수(Mm ⁻³)	-	
	21	광흡수계수(Mm ⁻³)	-	
	22	광학 PM ₁₀	-	
	23	광학 PM _{2.5}	-	
	24	광학 PM _{1.0}	시.일.월.연/평균	○/Mauna Loa.Barrow
	25	광학깊이	-	
성층권 오존/자외선 (3)	26	오존전량(DU)	일.월.연/평균	○/Tutuila.Mauna Loa.Barrow
	-	성층권오존 연직분포	-	
	27	자외선-A(mWm ⁻²)	-	
	28	자외선-B(mWm ⁻²)	-	
대기복사 (6)	29	파장별 일사	-	
	30	직달일사(Wm ⁻²)	-	
	31	산란일사(Wm ⁻²)	-	
	32	태양 상향복사(Wm ⁻²)	-	
		태양 하향복사(Wm ⁻²)	일월연누적	○/총 79개소
	33	지구 상하향복사(Wm ⁻²)	-	
34	순복사(Wm ⁻²)	-		
강수화학 (3)	35	산성도(pH)	-	
	36	전기전도도(μScm ⁻¹)	-	
	37	이온성분(9)(μeqL ⁻¹)	-	
기타	-	라돈(²²² Rn)	-	
	-	중층대기 수증기	-	
계	40	-		

* “-”는 동 자료는 지구급 자료이고, 지역급 감시소에서 측정 및 통계 제공 가능

4. 독일

<그림 2-16> 독일

기본관측소	Zugspitze-Gipfel	Hohenpeissenberg
전경		
위도/경도 고도	47.42°N/10.99°E 11.0 m	47.80°N / 11.01°E 985 m
관측분야 시작연도	온실가스(1981) 반응가스(1995) 에어로졸(2003) 오존(1987) 자외선(1995)	온실가스(2006) 반응가스(1994) 에어로졸(1993) 강수화학(1995) 오존(1966) 복사(1953)

<표 2-12> 우리나라 관측요소와 독일 기후변화감시통계 현황 비교

분야	연번	우리나라 기후변화감시 관측요소	독일 지구급 기후변화감시통계 현황	
			제공주기/통계	외부에 서비스되고 있는 국가통계 요소 /기후변화감시소
온실 가스 (7)	1	이산화탄소(ppm)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
	2	메탄(ppb)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
	3	아산화질소(ppb)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
	4	염화불화탄소-11(ppt)	-	
	5	염화불화탄소-12(ppt)	-	
	6	염화불화탄소-113(ppt)	-	
	7	육불화황(ppt)	-	
반응 가스 (4)	8	일산화탄소(ppb)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
	9	오존(ppb)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
	10	이산화황(ppb)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
	11	질산화물(ppb)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
에어 졸 (14)	12	PM ₁₀ 질량농도(μg m ⁻³)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg
	13	부피농도(0.5~20μm)(μm ³ m ⁻³)	-	
	14	수농도(0.01~0.5μm)(개 m ⁻³)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg
	15	총수농도(0.01~3μm)(개 m ⁻³)	-	
	16	TSP Mass/Ion	-	
	17	PM ₁₀ Mass/Ion	-	

분야	연번	우리나라 기후변화감시 관측요소	독일 지구급 기후변화감시통계 현황	
			제공주기/통계	외부에 서비스되고 있는 국가통계 요소 /기후변화감시소
	18	PM _{2.5} Mass/Ion	-	
	19	연직분포	일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg
	20	광산란계수(Mm ⁻³)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg
	21	광흡수계수(Mm ⁻³)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg
	22	광학 PM ₁₀	-	
	23	광학 PM _{2.5}	-	
	24	광학 PM _{1.0}	-	
	25	광학깊이	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
성층권 오존/자외선 (3)	26	오존전량(DU)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
	-	성층권오존 연직분포	일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg
	27	자외선-A(mWm ⁻²)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
	28	자외선-B(mWm ⁻²)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
대기 복사 (6)	29	파장별 일사	-	
	30	직달일사(Wm ⁻²)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
	31	산란일사(Wm ⁻²)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg
	32	태양 상향복사(Wm ⁻²)	-	
		태양 하향복사(Wm ⁻²)	-	
	33	지구 상하향복사(Wm ⁻²)	-	
34	순복사(Wm ⁻²)	-		
강수 화학 (3)	35	산성도(pH)	일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg
	36	전기전도도(μScm ⁻¹)	-	
	37	이온성분(9)(μeqL ⁻¹)	-	
기타	-	라돈(²²² Rn)	시.일.월.연/평균	○/Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel
	-	중층대기 수증기	-	
계	40	-		

* “-”는 동 자료는 지구급 자료이고, 지역급 감시소에서 측정 및 통계 제공 가능

5. 노르웨이

<그림 2-17> 노르웨이

기본관측소	Ny Ålesund	Zeppelin Mountain
전경		
위도/경도 고도	78.92°N/11.92°E 0 m	78.90°N / 11.89°E 475 m
관측분야 시작연도	온실가스(1992) 반응가스(1992) 에어로졸(1991) 오존(1991)	온실가스(1990) 에어로졸(1993) 오존(1989)

<표 2-13> 우리나라 관측요소와 노르웨이 기후변화감시통계 현황 비교

분야	연번	우리나라 기후변화감시 관측요소	노르웨이 지구급 기후변화감시통계 현황	
			제공주기/통계	외부에 서비스되고 있는 국가통계 요소 /기후변화감시소
온실가스 (7)	1	이산화탄소(ppm)	시.일.월.연/평균	O/Zeppelin Mountain
	2	메탄(ppb)	시.일.월.연/평균	O/Ny Ålesund,Zeppelin Mountain
	3	아산화질소(ppb)	시.일.월.연/평균	O/Ny Ålesund
	4	염화불화탄소-11(ppt)	-	
	5	염화불화탄소-12(ppt)	-	
	6	염화불화탄소-113(ppt)	-	
	7	육불화황(ppb)	-	
반응가스 (4)	8	일산화탄소(ppb)	시.일.월.연/평균	O/Ny Ålesund,Zeppelin Mountain
	9	오존(ppb)	시.일.월.연/평균	O/Ny Ålesund,Zeppelin Mountain
	10	이산화황(ppb)	-	
	11	질산화물(ppb)	시.일.월.연/평균	O/Ny Ålesund
에어로졸 (14)	12	PM ₁₀ 질량농도($\mu\text{g m}^{-3}$)	-	
	13	부피농도(0.5~20 μm)($\mu\text{m}^3\text{m}^{-3}$)	-	
	14	수농도(0.01~0.5 μm)(개 m^{-3})	-	
	15	총수농도(0.01~3 μm)(개 m^{-3})	일.월.연/평균	O/Zeppelin Mountain
	16	TSP Mass/Ion	-	

분야	연번	우리나라 기후변화감시 관측요소	노르웨이 지구급 기후변화감시통계 현황	
			제공주기/통계	외부에 서비스되고 있는 국가통계 요소 /기후변화감시소
	17	PM ₁₀ Mass/Ion	-	
	18	PM _{2.5} Mass/Ion	-	
	19	연직분포	일.월.연/평균	O/Ny Ålesund
	20	광산란계수(Mm ⁻³)	-	
	21	광흡수계수(Mm ⁻³)	-	
	22	광학 PM ₁₀	-	
	23	광학 PM _{2.5}	-	
	24	광학 PM _{1.0}	-	
	25	광학깊이	시.일.월.연/평균	O/Ny Ålesund.Zeppelin Mountain
오존/자외선 (3)	26	오존전량(DU)	시.일.월.연/평균	O/Ny Ålesund
	-	성층권오존 연직분포	일.월.연/평균	O/Ny Ålesund
	27	자외선-A(mWm ⁻²)	-	
	28	자외선-B(mWm ⁻²)	-	
대기복사 (6)	29	파장별 일사	-	
	30	직달일사(Wm ⁻²)	-	
	31	산란일사(Wm ⁻²)	-	
	32	태양 상향복사(Wm ⁻²)	-	
		태양 하향복사(Wm ⁻²)	시.일.월.연/평균	O/Ny Ålesund
	33	지구 상하향복사(Wm ⁻²)	-	
34	순복사(Wm ⁻²)	-		
강수화학 (3)	35	산성도(pH)	-	
	36	전기전도도(µScm ⁻¹)	-	
	37	이온성분(9)(µeqL ⁻¹)	-	
기타	-	라돈(²²² Rn)	-	
	-	중층대기 수증기	-	
계	40	-		

“-”는 동 자료는 지구급 자료이고, 지역급 감시소에서 측정 및 통계 제공 가능

제 5 절 연구 요약

1. 전 세계 기후 변화 감시 현황

세계기상기구(WMO)에서는 지구급 대기 감시 프로그램 (Global Atmosphere Watch; GAW)을 통하여 대기 화학, 대기 조성 변화가 날씨, 기후, 대기 환경에 미치는 영향을 감시한다. GAW프로그램은 사회에 미치는 환경 리스크를 줄이고 기후, 일기 및 대기 오염을 예측할 수 있도록 능력을 강화하며, 환경 정책을 지원할 수 있는 과학적 평가에 기여하고 있다.

세계 자료 센터 (WDC)는 온실가스 및 대기, 해양과 관련된 가스들의 측정 결과를 6개로 분류하여 저장하고 있다. 첫째, 고정 플랫폼에서의 대기 관측, 둘째, 모바일 플랫폼에서의 관측, 셋째, 대기의 연직 관측, 넷째, 선박을 이용한 수로학적 관측, 다섯째, 아이스 코어 관측, 여섯째, 해양 지표수 및 해양 지표수 위의 대기관측이 있다.

2. 국내 기후변화 감시 현황

국내에서도 기후변화감시센터에서 관련 관측들을 수행하여 WDCGG에 보고하고 있다. 국내 GAW급 관측소에서는 7가지의 온실가스, 4가지 반응 가스, 14가지의 에어로졸 관련 변수, 3가지의 성층권 오존/자외선 관련 변수, 6개의 대기 복사 변수, 3종의 강수 화학 변수와 라돈 및 중층 대기 수증기 등 40개 변수에 대하여 지속적으로 관측하고 있다. 안면도 기후변화감시소에서는 온실가스를 포함한 에어러졸, 반응가스, 강수화학, 성층권 오존 및 자외선, 복사 등 다양한 기후변화 감시요소를 관측하고 있다. 고산기후변화감시소에서의 관측 변수는 관측 변수는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 염화불화탄소-11, 염화불화탄소-12 등이다.

3. 국외 지구급 기후변화 측정자료 제공 현황

기상 선진국은 기후변화 감시 체계를 구축하고 관측자료의 중요성을 인식하여 기상 측정 자료를 저장하고 배포할 수 있는 세계자료센터를 유치하고 있다. 기상 주요 선진국에 해당하는 일본의 경우 대표적인 지구급 기후변화 관측소인 Minamitorishima 관측소를 보여준다. 이 관측소에서는 온실 가스는 메탄, 일산화탄소, 이산화탄소, 오존을 풍속, 풍향, 상대습도, 기온 자료와 함께 연속 측정 방식으로 측정하고 1993년 1월1일부터 현재까지 자료를 제공하고 있다. 캐나다의 경우 지구급 Alert 관측소를 나타내고 있다. 이 관측소의 관측요소로는 이산화탄소, 메탄, 이산화탄소 뿐만 아니라 아산화질소와 육불화황도 플라스크를 이용한 관측이 수행되고 있으며, 이산화탄소의 탄소 및 산소 동위원소 관측도 플라스크를 이용하여 수행되고 있다. 미국의 경우 운영하고 있는 지구급 기후변화감시 관측소는 비슷한 측정 원리와 통계 자료 처리 방법을 사용하고 있으며, 따라서 가장 일반인들에게 유명하게 알려진 대표적 기후변화감시 측정소인 하와이의 마우나로아 관측소를 소개한다. 하와이의 마우나로아 global station에서는 일본이나 캐나다에서 운영하고 global station에 비하여 매우 다양한 온실 가스 및 대기 화학 변수들을 측정하고 있다. 독일의 경우에는 Zugspitze-Schneefernerhaus 지구급 관측소를 예로 들고 있고, 대략 10가지 정도의 온실가스를 관측하고 있다.(<표 2-8> 참조)

노르웨이는 미국 해양대기기국의 도움을 받아 온실가스 농도를 관측하고 있다. 기후변화감시 지구급 관측소의 예로 Ny Ålesund의 Zeppelin Mountain 지구급 관측소를 예로 들어 설명한다. 일본이나 캐나다에 비하여 다양한 관측요소들이 측정 되어진다.(<표 2-9> 참조)

4. 국외 선진국의 기후변화 통계자료 제공 현황

주요 선진국에서는 기후변화 측정 및 자료 처리뿐만 아니라 일반인들에게 자료에 대한 접근성을 용이하게 제공하고 있다. 연속 측정이 이루어지는 경우에는 시간별 자료로부터 일평균, 월평균, 연평균 자료를 제공하고 있다. 플라스크 샘플링 경우에는 측정 간격이 일주일이기 때문에 일반적으로 월평균 및 연평균 자료를 제공한다.

일본의 경우 대표적인 지구급 기후변화 관측소인 Minamitorishima 관측소를 예로 들어 보여준다. 제공주기는 시간별로 일평균, 월평균, 연평균 자료를 제공하고 있다. 캐나다의 경우 지구급 Alert 관측소를 나타내고 있다. 이 관측소에서는 우리나라 기후변화감시 관측요소 40가지중 16가지를 제공하고 있다.(<표 2-9>참조) 미국의 경우 대표적 기후변화감시 측정소인 하와이의 마우나로아 관측소를 소개한다. 이 관측소에서는 시간별 자료로부터 일평균, 월평균, 연평균 자료를 제공하고 있다. 독일의 경우에는 Zugspitze-Schneefernerhaus 지구급 관측소를 예로 들고 있고, 대략 10가지 정도의 관측요소를 제공하고 있다.

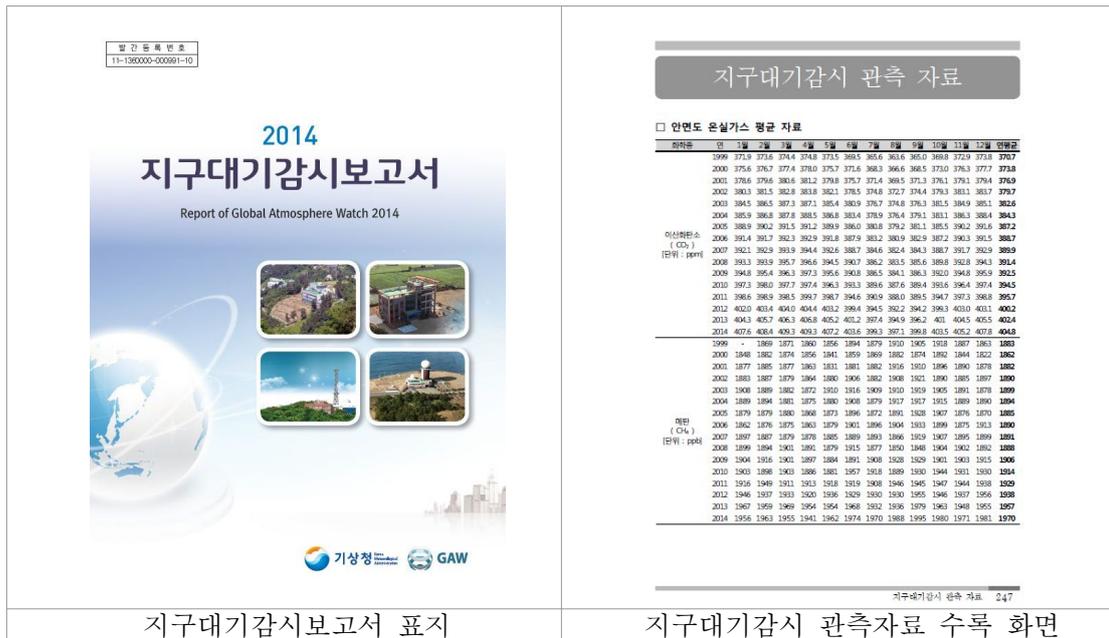
노르웨이의 기후변화감시 지구급 관측소의 예로 Ny Ålesund의 Zeppelin Mountain 지구급 관측소를 설명한다. 일본이나 캐나다에 비하여 다양한 관측요소들이 측정 되어진다. 관측요소는 대략 10가지를 제공하고 있다.

제 3 장 기후변화감시 관측(통계)요소 중요도 및 만족도 설문조사

제 1 절. 국내 기후변화감시 관측자료 서비스 현황

현재 우리나라에서 제공하고 있는 관측요소들은 여러 경로를 통하여 서비스하고 있는데, 대표적으로 지구대기감시보고서, 관보, 기상청기후변화정보센터, 통계청 국가통계포털, 통계청 e-나라지표에 공표하고 있다. <그림 3-1>는 지구대기감시보고서³⁾와 보고서 안에 수록되어 있는 통계자료를 보여주고 있다.

<그림 3-1> 지구대기감시보고서



출처: 2014 지구대기감시보고서(기상청)

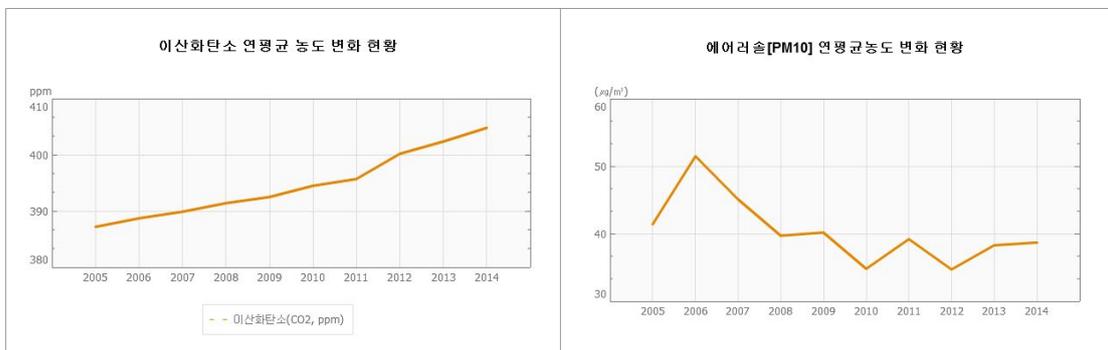
3) 2001년부터 매년 정기적으로 기후변화 원인물질 파악으로 기후변화 대책 수립과 기후변화에 대한 과학적 이해 확산에 기여하기 위해 한반도 대기 조성변화에 대한 종합정보를 수록하여 지구대기감시보고서로 발간하고 있음

<그림 3-2>와 <그림 3-3>은 각각 통계청 국가통계포털, 통계청 e-나라지표 홈페이지를 나타내고 있는데 기후변화 관련 자료를 제공받을 수 있다. 기상청에서는 기후변화감시 관측요소 40개 중에서 연구 성격이 강한 요소는 제외하고, 사회·환경적으로 국민의 관심이 높은 21개의 기후변화감시 관측요소를 국가통계인 기후변화감시통계로 공표하고 있다. <표 3-1>은 기상청에서 제공하고 있는 21가지 기후변화감시 관측요소들을 소개하고 있다.

<그림 3-2> 통계청 국가통계포털(http://kosis.kr)

온실가스유형별	2013. 12	2013. 11	2013. 10	2013. 09	2013. 08	2013. 07
이산화탄소 (ppm)	405.5	404.5	401.0	396.2	394.9	397.4
메탄 (ppb)	1,955.0	1,948.0	1,963.0	1,979.0	1,996.0	1,932.0
아산화질소 (ppb)	327.5	326.7	326.2	327.2	326.7	324.6
염화불화탄소11 (ppt)	234.1	234.9	235.6	236.2	236.7	237.0
염화불화탄소12 (ppt)	508.8	509.7	510.8	511.9	512.9	514.0
염화불화탄소113 (ppt)	72.5	72.7	72.9	73.1	73.4	73.7
육불화황 (ppt)	8.7	8.7	8.7	8.8	8.6	8.5

<그림 3-3> 통계청 e-나라지표(http://www.index.go.kr)



<표 3-1>기후변화감시통계 현황

분야	연번	기후변화감시 관측요소	제공주기/통계	기후변화감시소
온실가스 (7)	1	CO ₂ (ppm)	월·연/평균	안면도
	2	CH ₄ (ppb)	월·연/평균	안면도
	3	N ₂ O(ppb)	월·연/평균	안면도
	4	CFC-11(ppt)	월·연/평균	안면도
	5	CFC-12(ppt)	월·연/평균	안면도
	6	CFC-113(ppt)	월·연/평균	안면도
	7	SF ₆ (ppt)	월·연/평균	안면도
반응가스 (4)	8	CO(ppb)	월·연/평균	안면도
	9	O ₃ (ppb)	월·연/평균	안면도
	10	SO ₂ (ppb)	월·연/평균	안면도
	11	NO _x (ppb)	월·연/평균	안면도
에어로졸 (1)	12	PM ₁₀ 질량농도 (μg m ⁻³)	월·연/평균	안면도
성층권 오존/자외선 (3)	13	오존전량(DU)	월·연/평균	포항
	14	UV-A(mW m ⁻²)	월·연/평균	안면도
	15	UV-B(mW m ⁻²)	월·연/평균	안면도
대기복사 (5)	16	직달일사(W m ⁻²)	월·연/평균	안면도
	17	산란일사(W m ⁻²)	월·연/평균	안면도
	18	태양 상하향복사(W m ⁻²)	월·연/평균	안면도
	19	지구 상하향복사(W m ⁻²)	월·연/평균	안면도
	20	순복사(W m ⁻²)	월·연/평균	안면도
강수화학 (1)	21	산성도(pH)	월·연/평균	안면도
계	21	-	-	-

제 2 절 조사개요

1. 조사개요

기후변화감시통계가 2006년 9월에 국가승인통계로 지정된 이래 전문가를 통한 통계 공표 항목의 개선을 하고자 기후변화감시통계의 기관 수요자 설문을 통해 통계 공표항목 개선과 통계 서비스를 발굴 및 개선하여 수요자 중심의 기후변화감시정보 이용을 활성화 하고자 하였다.

설문조사 대상 통계는 기후변화감시통계이며 조사 대상은 기후변화감시 측정자료를 이용하여 국가기후변화 정책수립이나 업무활용 관련성이 있는 기관들을 대상으로 하였다. 기관의 선정은 기상청에서 기후변화감시 관측요소에 대해 매년 보고서로 발간하여 유관기관에 제공 및 배포하는 ‘지구대기감시 보고서’의 배포 대상을 조사 대상 기관으로 선정하였다. 선정된 기관에 협조를 요청하여 기관 내에 기후변화 관련 전문가들을 대상으로 기후변화감시통계 관측요소를 이용 및 이용한 경험이 있는 ‘적극 사용자’와 기후변화감시 관측요소에 대해 알고있는 ‘잠정 사용자’로 구분하여 E-mail과 Fax를 통한 서면조사를 진행하였다.

<표 3-2> 조사 개요

구 분	세부 내용
조사대상	기후변화 관련 전문가 대상 - "적극 사용자"와 "잠정 사용자"로 구분하여 각기 다른 설문을 작성
	대상자 분류 기준 - 적극 사용자 : 최근 1년 이내 기후변화관측요소 혹은 기후변화감시 통계요소를 업무에 사용한 경험이 있는 전문가 (설문A형 작성) - 잠정 사용자 : 그 외 전문가 (설문B형 작성)
	조사결과 적극 사용자는 33명, 잠정 사용자는 49명이 참여함 (총 82명)
조사방법	E-mail/Fax를 통한 서면조사
조사기간	2015년 11월 중

2. 조사 진행 방법

설문조사를 실시하기에 앞서 바람직한 설문조사 진행이 되기 위해 본 조사의 상황과 고려되어야 점들을 반영하여 다음의 <표 3-3>와 같이 조사 진행 방법을 구성하여 본 설문 조사를 실시하였다.

<표 3-3> 설문 조사 진행 방법

세부 내용	
협조공문 발송	- 선정된 설문 조사 대상에 설문 협조공문 발송
설문지 제작	- 설문 내용 및 설문 문항 응답률을 고려한 설문 문항 선정 - 잠정 사용자와 적극 사용자 두 그룹으로 구분하여 설문지 제작 - 잠정 사용자 및 적극 사용자 그룹에 맞춰 문항별 첨부 자료 제작 - 설문조사시 잠정 사용자와 적극 사용자의 구분을 위한 스크린 문항 제작
답례품 선정	- 설문 응답자 확보를 위한 설문조사 협조 답례품 선정
설문조사 실시	- 협조공문 발송 수신자 및 기관별 문의 전화를 실시하여 설문조사 대상자를 섭외 - 응답률을 높이기 위한 설문 협조 대상자와 연락을 통한 설문 조사 일정 관리 실시 - 설문조사 실시를 통한 의견수렴

먼저 설문조사의 신뢰도와 명확한 조사 결과를 얻기 위해 선정된 설문 대상 기관에 설문 협조공문을 발송하여 설문 목적에 부합하는 대상자를 찾고, 설문지 제작시에 설문 조사의 응답률을 높이고 기후변화감시 관측요소에 대한 전문가들의 다양한 의견을 얻고자 ‘적극 이용자’와 ‘잠정 이용자’를 구분하여 설문지 제작을 진행하였으며. 추가로 응답자의 설문 문항에 대한 이해도를 높이기 위한 문항별 첨부 자료(첨부2 참고) 를 제작하였다. 또한 설문조

사 진행시 설문 대상자를 ‘적극 이용자’와 ‘잠정 이용자’로 구분하기 위해 <그림 3-4>과 같이 스크린 문항(응답 설문 유형 선정 질문지)을 제작하여 응답자에게 먼저 이 스크린 문항지를 보여주고 응답하는 패턴에 따라 적극 사용자와 잠정사용자로 구분하여 서로 다른 설문지(A 또는 B)에 응답하도록 하였다.

<그림3-4>의 스크린 문항지를 자세히 살펴보면, 기상청에서 매년 발간하는 “기후변화감시보고서” 책자나 기상청에서 운영 중인 “기후변화정보센터(CCIC)” 중 하나라도 최근 1년 이내에 업무에 사용한 경험이 있는 응답자는 적극 사용자로, 그 외에는 잠정 사용자로 분류하였다. 따라서 잠정 이용자는 기후변화 감시요소에 대해서 1년이내에는 전혀 사용하지 않았거나 모르는 응답자로 정의하여 따로 작성한 설문지(B)에 응답하도록 하였다.

설문조사 진행에 있어서 항상 언급되는 응답률이 낮은 문제의 해결 방안으로써 협조공문 발송과 설문지 제작시 응답률을 고려하여 제작하였다. 추가 방안으로 설문의 응답률을 높이기 위해 설문 협조 답례품을 선정하였다. 또한 설문 대상자와 일대일 관리를 통해 설문의 응답률 높였으며, 이외에도 설문 문항에 대한 응답 확인을 통해 문항별 응답률 또한 향상 되었다.

<그림 3-5> 조사 절차



3. 조사 내용

설문은 총 두 가지 유형으로 ‘적극 사용자’와 ‘잠정 사용자’를 구분하여 진행되었다. 이에 따라 설문지 유형별 문항과 포함하는 내용도 다르게 작성되었으며 각 설문지를 통해 얻고자 하는 조사 내용이 다르게 진행되었다.

“적극 사용자”(설문A)의 경우 조사 내용은 ‘A. 응답자 정보’, ‘B. 기후변화감시 관측요소의 이용실태’, ‘C. 기후변화감시 관측요소의 중요도와 만족도’, ‘D. 기후변화감시 관측요소의 개선방향’, ‘E. 기후변화감시 관측요소의 향후 활용’ 5개로 구분하여 조사하였으며, “잠정 사용자용”(설문B)의 경우에는 공통적 조사 내용인 ‘A. 응답자 정보’와 ‘C. 기후변화감시 관측요소 향후 활용’ 외에 ‘B. 기후변화감시 관측요소의 이용경험’에 대한 조사 내용 3개로 구분하였다. 각 설문유형별 세부 조사 내용은 다음의 <표 3-4>에 제시하였다.

<표 3-4> 주요 조사 내용

설문 유형	구분	세부 내용
적극 사용자 (설문A)	A. 응답자 정보	- 소속기관 및 부서 - 성명 및 연락처
	B. 기후변화감시 관측요소의 이용 실태	- 21가지 기후변화감시 관측요소 이용여부 및 수집매체 - 기후변화감시 관측요소 이용 목적 및 이용 분야 - 기후변화감시 관측요소의 제공 방법에 대한 만족도 및 불만족 이유/개선사항
	C. 기후변화감시 관측요소의 중요도와 만족도	- 21가지 기후변화감시 관측요소의 중요도 및 만족도 - 기상청 제공 21가지 관측요소 외 19가지 미제공 관측요소 중 향후 제공받고 싶은 관측요소
	D. 기후변화감시 관측요소의 개선방향	- 40가지(미제공 19가지 포함) 관측요소 중 국민들이 기후변화에 대응하기 위해 가장 필요한 요소 - 40가지 관측요소 외 기후변화 유발 원인물질 감시를 위해 추가적으로 측정 및 제공이 필요한 관측요소 - 이해하기 어려운 용어의 개선 방법, 제공주기 및 통계값의 적절성 및 개선방향
	E. 기후변화감시 관측요소의 향후 활용	- 40가지 관측요소 중 유용한 관측요소와 활용 가능 분야 - 장기적인 변동 분석이 필요한 관측요소와 그 이유 - 기후변화감시 관측요소의 장기 변동 분석 자료의 적절한 발간 주기 - 주로 이용하는 정보 매체 및 향후 제공받기 원하는 정보 매체
잠정 사용자 (설문B)	A. 응답자 정보	- 소속기관 및 부서 - 성명 및 연락처
	B. 기후변화감시 관측요소의 이용경험	- 기후변화와 관련된 자료 이용 경험 및 수집경로 - 기상청 제공 21가지 관측요소 중 사용해 보았거나 필요했던 관측요소 - 이해하기 어려운 용어의 개선 방법
	C. 기후변화감시 관측요소 향후 활용	- 기후변화 관련 자료들이 향후 유용하게 활용될 분야 - 장기적인 변동 분석이 필요한 기후변화 관련 자료와 그 이유 - 주로 이용하는 정보 매체 및 향후 제공받기 원하는 정보 매체

4. 분석 방법

설문조사를 통해 입력된 자료는 통계 패키지인 SPSS18.0 프로그램을 사용하여 통계처리를 실시하였으며, 통계 처리된 결과를 보고서로 작성하였다. 또한 중요도와 만족도 관련 문항은 IPA(Importance Performance Analysis) 분석 방법을 적용하여 진행하였다. <표 3-5>에 제시된 IPA 분석방법은 상대적 중요도와 만족도를 동시 비교하여 평가하는 방법으로 ‘적극 사용자’의 설문에서 기후변화감시 관측요소의 중요도와 만족도를 평가하여 문제점을 제시하기 위해 본 조사에 적용 하였다.

<표 3-5> 분석 방법

분석 방법	설명	본 조사 적용
<p>IPA 분석 (Importance Performance Analysis)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 중요도와 만족도를 평가하여 각 속성의 상대적 중요도와 만족도를 동시에 비교 분석하는 평가기법 - 아래 그림과 같이 표현하여 문제점을 제시 	<ul style="list-style-type: none"> - 적극사용자용 설문(설문A) 중 기후변화감시 관측요소의 중요도와 만족도 문항(문5)

5. 설문 응답 현황

조사 준비 단계에서 선정된 조사 대상 기관을 대상으로 설문조사를 실시한 결과, ‘적극 사용자’와 ‘잠정 사용자’ 각각의 설문지에 응답한 응답자의 소속 기관에 따라 구분하여 설문 응답 현황을 <표 3-6>로 제시 하였다.

‘적극 사용자’ 설문의 경우 총 15개 기관에서 33명이 응답하였으며, ‘잠정 사용자’ 설문의 경우에는 17개 기관에서 49명이 응답하였다. 기관의 중복을 제외하면 총 설문에 응답한 기관은 26개의 기관으로 나타났다.

<표 3-6> 설문 조사 응답자 리스트

구 분	적극 사용자		잠정 사용자	
	기관명	응답 자수	기관명	응답 자수
1	국립환경과학원	3	국립환경과학원	7
2	온실가스종합정보센터	1	온실가스종합정보센터	3
3	농림축산식품부	1	농림축산식품부	1
4	국립수산과학원	1	국립수산과학원	5
5	국립축산과학원	1	국립축산과학원	3
6	국립농업과학원	2	국립농업과학원	3
7	농촌진흥청 국립축산과학원	1	한국환경공단	4
8	광주과학기술원	2	환경부	3
9	제주대학교	1	미래창조과학부	1
10	숙명여자대학교	7	KEA	1
11	연세대학교	7	국토연구원	1
12	서울대학교	2	에너지경제연구원	2
13	국가농림기상센터	2	교육부	2
14	극지연구소	1	SK플래닛	1
15	한국생산기술연구원	1	국무조정실	1
16	-	-	기후변화행동연구소	1
17	-	-	한국에너지공단	10
합 계	15	33	17	49

제 3 절 적극 사용자 설문조사 결과

1. 기후변화감시 관측요소 이용실태

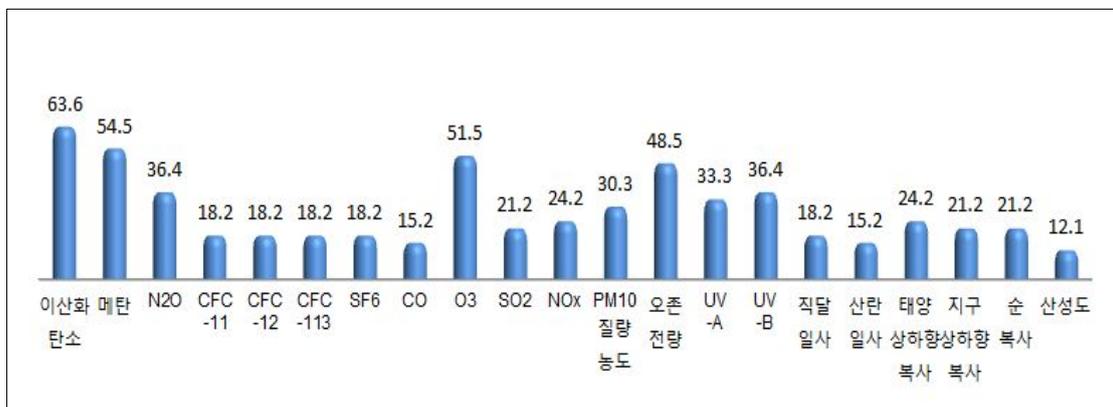
가. 기후변화감시 관측요소의 이용여부 및 수집 매체

(1) 전 체

기상청에서 제공하는 21가지 기후변화감시 관측요소 중 응답자들이 주로 이용하는 관측요소에 대해 조사한 결과를 <그림 3-5>과 같이 나타내었다. 응답자들이 높은 비율로 이용하는 관측요소는 ‘이산화탄소’로 전체 응답자 33명 중 21명(63.6%)이 이용한 적이 있는 것으로 조사되었다. 그 다음으로는 ‘메탄’(54.5%), ‘오존’(51.5%), ‘오존전량’(48.5%) 등의 순으로 이용 비율이 높게 나타났다. 이와 달리 이용 비율이 가장 낮은 관측요소는 ‘산성도’(12.1%)로 나타났으며, ‘일산화탄소’와 ‘산란일사’도 15.2%로 상대적으로 낮은 이용 비율을 보이고 있다.

<그림 3-6> 기후변화감시 관측요소 이용 비율

(단위: %)



* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

한편, 응답자들이 관측요소를 주로 수집하는 매체를 알아보기 위해 “지구 대기 감시보고서”, “기후변화정보센터 홈페이지”, “국가통계포탈 홈페이지”, “그 외 수집매체” 로 수집 매체를 구분하여 조사를 진행하였다. <표 3-8>를 살펴보면, 수집 매체에 대한 조사 결과 대부분의 관측요소들은 ‘지구대기감시보고서 책자’를 통해 주로 수집되어 이용되고 있었으나 ‘이산화탄소’와 ‘아산화질소’의 경우 ‘기후변화정보센터 홈페이지’를 이용한 수집 비율이 높게 나타났다.

<표3-7>의 수집 매체에 대한 조사 결과 대부분의 관측요소들은 ‘지구대기 감시보고서 책자’를 통해 주로 수집되어 이용되고 있었으나, ‘이산화탄소’와 ‘아산화질소’의 경우 ‘기후변화정보센터 홈페이지’를 이용한 수집 비율이 높게 나타났다. 향후에는 기후변화센터 홈페이지에 지구대기감시책자의 내용들도 반영될 수 있는 방안을 고려할 필요가 있다.

<표 3-7> 기후변화감시 관측요소의 이용여부 및 수집 매체

(단위: %)

연번	관측요소	이용비율	이용자수(명)	수집 매체 [중복응답]			
				지구대기 감시보고서 책자	기후변화 정보센터 홈페이지	국가 통계포탈 홈페이지	그 외 수집매체
1	이산화탄소	63.6	21	42.9	47.6	28.6	9.5
2	메탄	54.5	18	55.6	50.0	22.2	5.6
3	아산화질소	36.4	12	50.0	58.3	25.0	8.3
4	염화불화탄소-11	18.2	6	66.7	33.3	16.7	0.0
5	염화불화탄소-12	18.2	6	66.7	33.3	16.7	0.0
6	염화불화탄소-113	18.2	6	66.7	33.3	16.7	0.0
7	육불화황	18.2	6	66.7	33.3	16.7	0.0
8	일산화탄소	15.2	5	60.0	20.0	20.0	20.0
9	오존	51.5	17	64.7	29.4	5.9	5.9
10	이산화황	21.2	7	42.9	42.9	14.3	14.3
11	질산화물	24.2	8	62.5	37.5	25.0	12.5
12	PM ₁₀ 질량농도 (μgm^{-3})	30.3	10	80.0	10.0	10.0	20.0
13	오존전량 (DU)	48.5	16	81.3	25.0	6.3	6.3
14	자외선-A(mWm^{-2})	33.3	11	90.9	18.2	9.1	0.0
15	자외선-B(mWm^{-2})	36.4	12	91.7	16.7	8.3	0.0
16	직달일사 (Wm^{-2})	18.2	6	66.7	16.7	33.3	16.7
17	산란일사 (Wm^{-2})	15.2	5	60.0	20.0	40.0	0.0
18	태양 상하향복사 (Wm^{-2})	24.2	8	50.0	25.0	37.5	0.0
19	지구 상하향복사 (Wm^{-2})	21.2	7	42.9	28.6	42.9	0.0
20	순복사 (Wm^{-2})	21.2	7	42.9	28.6	42.9	0.0
21	산성도 (pH)	12.1	4	75.0	25.0	25.0	0.0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 기타 : 세계온실가스자료센터, 기상청 홈페이지 등

(2) 관측요소별

다음은 기상청에서 제공하는 21가지 기후변화감시 관측요소에 대해 응답자들의 이용여부 및 수집 매체에 대한 조사 결과를 더욱 세분화하여 관측요소별로 분석을 진행한 결과이다.

① 이산화탄소(CO₂)

전체 응답자 중 ‘이산화탄소’를 이용한 응답자는 21명으로 63.6%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 21명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-8>로 나타내었다.

<표 3-8> 이산화탄소의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체	33	63.6	21	42.9	9	47.6	10	28.6	6	9.5	2	
소 속	학계	19	47.4	9	44.4	4	33.3	3	33.3	3	11.1	1
	기관	14	85.7	12	41.7	5	58.3	7	25.0	3	8.3	1

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 기타 : 세계온실가스자료센터, 기상청 홈페이지

학계에서는 47.4%(9명)가 이용 경험이 있었던 반면, 기관에서는 85.7%(12명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 주로 ‘기후변화정보센터 홈페이지’(47.6%)와 ‘지구대기감시보고서 책자’(42.9%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었으며, 학계와 기관 간의 차이가 다소 있는 것으로 나타났다, 학계의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(44.4%)의 활용 비율이

높은 반면, 기관에서는 ‘기후변화정보센터 홈페이지’(58.3%)의 활용 비율이 높았다. 또한 학계에서는 기타 수집 매체로 ‘세계온실가스자료센터’를 기관에서는 기타 수집 매체로 ‘기상청 홈페이지’를 이용하는 것으로 나타났다.

② 메탄(CH₄)

전체 응답자 중 ‘메탄’을 이용한 응답자는 18명으로 54.5%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 18명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-9>로 나타내었다.

<표 3-9> 메탄의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답자 수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체	33	54.5	18	55.6	10	50.0	9	22.2	4	5.6	1	
소속	학계	19	31.6	6	83.3	5	33.3	2	16.7	1	0.0	0
	기관	14	85.7	12	41.7	5	58.3	7	25.0	3	8.3	1

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 기타 : 세계온실가스자료센터

학계에서는 31.6%(6명)가 이용 경험이 있었던 반면, 기관에서는 85.7%(12명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 주로 “지구대기감시 보고서 책자”(55.6%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었다. 학계의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(83.3%)의 활용 비율이 높은 반면, 기관에서는 ‘기후변화정보센터 홈페이지’(58.3%)와 ‘지구대기감시보고서 책자’(41.7%)의 활용 비율이 높았다.

③ 아산화질소(N₂O)

전체 응답자 중 ‘아산화질소’를 이용한 응답자는 12명으로 36.4%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 12명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-10>로 나타내었다.

<표 3-10> 아산화질소의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체	33	36.4	12	50.0	6	58.3	7	25.0	3	8.3	1	
소 속	학계	19	10.5	2	100.0	2	50.0	1	0.0	0	0.0	0
	기관	14	71.4	10	40.0	4	60.0	6	30.0	3	10.0	1

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 기타 : 세계온실가스자료센터

학계에서는 10.5%(2명)가 이용 경험이 있었던 반면, 기관에서는 71.4%(10명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타나 기관의 이용률이 높게 나타났다. 이용자들은 주로 ‘기후변화정보센터 홈페이지’(58.3%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었으며, 학계와 기관 간의 차이가 다소 있는 것으로 나타났다, 학계의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(100.0%)의 활용 비율이 높은 반면, 기관에서는 ‘기후변화정보센터 홈페이지’(60.0%)의 활용 비율이 높았다.

④ 염화불화탄소-11(CFC-11)

전체 응답자 중 ‘염화불화탄소-11’을 이용한 응답자는 6명으로 18.2%의 이

용 비율을 차지하고 있다. 응답자 6명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-11>로 나타내었다.

<표 3-11> 염화불화탄소-11의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체	33	18.2	6	66.7	4	33.3	2	16.7	1	0.0	0	
소 속	학계	19	10.5	2	100.0	2	50.0	1	0.0	0	0.0	0
	기관	14	28.6	4	50.0	2	25.0	1	25.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계에서는 10.5%(2명)가 이용 경험이 있었던 반면, 기관에서는 28.6%(4명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 주로 ‘지구대기감시 보고서 책자’(66.7%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었으며, 학계와 기관 모두 ‘지구대기감시보고서 책자’의 활용 비율이 높게 나타났다.

⑤ 염화불화탄소-12(CFC-12)

‘염화불화탄소-12’를 이용한 응답자는 전체 응답자 33명 중 6명으로 18.2%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 6명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-12>로 나타내었다.

<표 3-12> 염화불화탄소-12의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	18.2	6	66.7	4	33.3	2	16.7	1	0.0	0
소 속	학계	19	10.5	2	100.0	2	50.0	1	0.0	0	0.0	0
	기관	14	28.6	4	50.0	2	25.0	1	25.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계에서는 10.5%(2명)가 이용 경험이 있었으며, 기관에서는 28.6%(4명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 ‘지구대기감시보고서 책자’(66.7%)와 ‘기후변화정보 센터 홈페이지’(33.3%)를 통해 주로 자료를 수집한 것으로 조사되었으며, 학계의 기관 모두 ‘지구대기감시보고서 책자’의 활용 비율이 높았다.

⑥ 염화불화탄소-113(CFC-113)

전체 응답자 중 ‘염화불화탄소-113’을 이용한 응답자는 6명으로 18.2%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 6명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-13>로 나타내었다

<표 3-13> 염화불화탄소-113의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	18.2	6	66.7	4	33.3	2	16.7	1	0.0	0
소 속	학계	19	10.5	2	100.0	2	50.0	1	0.0	0	0.0	0
	기관	14	28.6	4	50.0	2	25.0	1	25.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계에서는 10.5%(2명)가 이용 경험이 있었으며, 기관에서는 28.6%(4명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 주로 ‘지구대기감시보고서 책자’(66.7%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었다.

⑦ 육불화황(SF₆)

‘육불화황’을 이용한 응답자는 전체 응답자 33명 중 6명으로 18.2%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 6명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-14>로 나타내었다.

<표 3-14> 육불화황의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	18.2	6	66.7	4	33.3	2	16.7	1	0.0	0
소 속	학계	19	10.5	2	100.0	2	50.0	1	0.0	0	0.0	0
	기관	14	28.6	4	50.0	2	25.0	1	25.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계에서는 10.5%(2명)가 이용 경험이 있었으며, 기관에서는 28.6%(4명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 주로 ‘지구대기감시보고서 책자’(66.7%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었으며, 학계와 기관 모두 ‘지구대기감시보고서 책자’의 활용 비율이 높았다

⑧ 일산화탄소(CO)

전체 응답자 33명중 ‘일산화탄소’를 이용한 응답자는 5명으로 15.2%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 5명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-15>로 나타내었다.

<표 3-15> 일산화탄소의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시보고서 책자		기후변화정보센터 홈페이지		국가통계포털 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체	33	15.2	5	60.0	3	20.0	1	20.0	1	20.0	1	
소속	학계	19	15.8	3	66.7	2	33.3	1	0.0	0	33.3	1
	기관	14	14.3	2	50.0	1	0.0	0	50.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)
 * 기타 : 기상청 홈페이지

학계에서는 15.8%(3명)가 이용 경험이 있었으며, 기관에서는 14.3%(2명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타나 소속별 이용 비율의 수준이 비슷하게 보인다. 이용자들은 주로 ‘지구대기감시보고서 책자’(60.0%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었다.

⑨ 오존(O₃)

‘오존’을 이용한 응답자는 전체 응답자 33명 중 17명으로 51.5%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 17명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-16>로 나타내었다.

<표 3-16> 오존의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포털 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	51.5	17	64.7	11	29.4	5	5.9	1	5.9	1
소 속	학계	19	57.9	11	81.8	9	18.2	2	0.0	0	9.1	1
	기관	14	42.9	6	33.3	2	50.0	3	16.7	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 기타 : 기상청 홈페이지

학계에서는 57.9%(11명)가 이용 경험이 있었지만, 기관에서는 절반에 못 미치는 42.9%(6명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 “지구대기감시보고서 책자”(64.7%)를 통해 자료를 주로 수집한 것으로 조사되었다. 학계의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(81.8%)의 활용 비율이 높은 반면, 기관에서는 ‘기후변화정보센터 홈페이지’(50.0%)의 활용 비율이 높았다.

⑩ 이산화황(SO₂)

‘이산화황’을 이용한 응답자는 전체 응답자 33명 중 7명으로 21.2%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 7명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-17>로 나타내었다.

<표 3-17> 이산화황의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	21.2	7	42.9	3	42.9	3	14.3	1	14.3	1
소 속	학계	19	26.3	5	40.0	2	60.0	3	0.0	0	20.0	1
	기관	14	14.3	2	50.0	1	0.0	0	50.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 기타 : 기상청 홈페이지

학계에서는 26.3%(5명)가 이용 경험이 있었으며, 기관에서는 14.3%(2명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 “지구대기감시보고서 책자”와 “기후변화정보센터 홈페이지” 각각 42.9%로 주로 두 수집 매체를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었다.

① 질산화물(NO_x)

전체 응답자 중 ‘질산화물’을 이용한 응답자는 8명으로 24.2%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 8명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-18>로 나타내었다.

<표 3-18> 질산화물의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	24.2	8	62.5	5	37.5	3	25.0	2	12.5	1
소 속	학계	19	31.6	6	66.7	4	50.0	3	16.7	1	16.7	1
	기관	14	14.3	2	50.0	1	0.0	0	50.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 기타 : 기상청 홈페이지

학계에서는 31.6%(6명)가 이용 경험이 있었던 반면, 기관에서는 14.3%(2명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타나 기관의 이용률이 높게 나타났다. 이용자들은 주로 ‘지구대기감시보고서 책자’(62.5%)와 ‘기후변화정보센터 홈페이지’(32.5%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었으며, 학계의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(66.7%)의 활용 비율이 높은 반면, 기관에서는 ‘지구대기감시보고서 책자’(50.0%)와 ‘국가통계포탈 홈페이지’(50.0%)가 활용된 것으로 나타났다.

⑫ PM₁₀ 질량농도(μgm-3)

‘PM₁₀ 질량농도’을 이용한 응답자는 전체 응답자 33명 중 10명으로 30.3%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 10명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-19>로 나타내었다.

<표 3-19> PM₁₀ 질량농도의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	30.3	10	80.0	8	10.0	1	10.0	1	20.0	2
소 속	학계	19	36.8	7	85.7	6	14.3	1	0.0	0	14.3	1
	기관	14	21.4	3	66.7	2	0.0	0	33.3	1	33.3	1

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 기타 : 기상청 홈페이지, 기상청에 직접 요청

학계에서는 36.8%(7명)가 이용 경험이 있었으며, 기관에서는 21.4%(3명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 주로 ‘지구대기감시보고서 책자’(80.0%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었다. 학계의 경우 ‘지구대기감시보고서 책자’(85.7%)를 이용해 자료를 주로 수집하며, 기관의 경우에도 ‘지구대기감시보고서 책자’(66.7%)를 주로 이용하는 것으로 나타났다. 또한 학계의 경우 기타 수집 매체로 ‘기상청 홈페이지’를 이용하며, 기관에서는 ‘기상청에 직접 요청’을 통해 자료를 수집하는 것으로 보인다.

⑬ 오존전량(DU)

‘오존전량’을 이용한 응답자는 전체 응답자 33명 중 16명으로 48.8%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 16명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-20>로 나타내었다.

<표 3-20> 오존전량(DU)의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	48.5	16	81.3	13	25.0	4	6.3	1	6.3	1
소 속	학계	19	73.7	14	92.9	13	21.4	3	0.0	0	0.0	0
	기관	14	14.3	2	0.0	0	50.0	1	50.0	1	50.0	1

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 기타 : 기상청에 직접 요청

학계에서는 73.7%(14명)가 이용 경험이 있었으며, 기관에서는 14.3%(2명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 소속에 따라 이용 경험의 차이가 다소 있는 것으로 나타났다. 이용자들은 주로 '지구대기감시보고서 책자'를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었다.

⑭ 자외선-A(mWm⁻²)

전체 응답자 중 '자외선-A'를 이용한 응답자는 11명으로 33.3%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 11명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-21>로 나타내었다.

<표 3-21> 자외선-A의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	33.3	11	90.9	10	18.2	2	9.1	1	0.0	0
소 속	학계	19	47.4	9	100.0	9	22.2	2	0.0	0	0.0	0
	기관	14	14.3	2	50.0	1	0.0	0	50.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계에서는 47.4%(9명)가 이용 경험이 있었던 반면, 기관에서는 14.3%(2명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 소속에 따라 ‘자외선-A’의 이용 경험이 다소 차이가 있어 보인다. 이용자들은 주로 ‘지구대기감시보고서 책자’(90.9%)와 ‘기후변화정보센터 홈페이지’(18.2%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었으며, 학계의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(100.0%)의 활용 비율이 높게 나타났다.

⑮ 자외선-B(mWm⁻²)

‘자외선-B’을 이용한 응답자는 전체 응답자 33명 중 12명으로 38.4%의 이용 비율을 보이고 있다. 응답자 12명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-22>로 나타내었다.

<표 3-22> 자외선-B의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체	33	36.4	12	91.7	11	16.7	2	8.3	1	0.0	0	
소 속	학계	19	52.6	10	100.0	10	20.0	2	0.0	0	0.0	0
	기관	14	14.3	2	50.0	1	0.0	0	50.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계에서는 52.6%(10명)가 이용 경험이 있었으며, 기관에서는 14.3%(2명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 주로 지구대기감시보고서 책자'(91.7%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었다.

⑩ 직달일사(Wm-2)

전체 응답자 중 '직달일사'를 이용한적 있는 응답자는 6명으로 18.2%의 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 6명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-23>로 나타내었다.

<표 3-23> 직달일사의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	18.2	6	66.7	4	16.7	1	33.3	2	16.7	1
소 속	학계	19	26.3	5	80.0	4	20.0	1	20.0	1	0.0	0
	기관	14	7.1	1	0.0	0	0.0	0	100.0	1	100.0	1

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 기타 : 기상청에 직접 요청

학계에서는 26.3%(5명)가 이용 경험이 있었던 반면, 기관에서는 7.1%(1명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 주로 ‘지구대기감시보고서 책자’(66.7%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었으며, 학계의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(100.0%)의 활용 비율이 높은 반면, 기관의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(00.0%)를 활용하지 않는 것으로 나타났지만 ‘기타(기상청에 직접 요청)’를 활용한다는 응답을 보였다.

⑰ 산란일사(Wm-2)

‘산란일사’을 이용한 응답자는 전체 응답자 33명 중 5명으로 15.2%의 낮은 이용 비율을 차지하고 있다. 응답자 5명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-24>로 나타내었다.

<표 3-24> 산란일사의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	15.2	5	60.0	3	20.0	1	40.0	2	0.0	0
소 속	학계	19	21.1	4	75.0	3	25.0	1	25.0	1	0.0	0
	기관	14	7.1	1	0.0	0	0.0	0	100.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계에서는 21.1%(4명)가 이용 경험이 있었지만, 기관에서는 7.1%(1명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 ‘지구대기감시보고서 책자’(60.0%), ‘국가통계포탈 홈페이지’(40.0%), ‘기후변화정보센터 홈페이지’(20.0%) 수집 매체 순으로 자료를 주로 수집한 것으로 조사되었다. 학계의 경우 ‘지구대기감시보고서 책자’(75.0%)의 활용 비율이 높게 나타난 반면, 기관의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(00.0%)의 활용하지 않는 것으로 나타났다.

⑱ 태양 상하향복사(Wm-2)

전체 응답자 중 24.2%(8명)가 ‘태양 상하향복사’를 이용 경험이 있는 것으로 나타났다. 응답자 6명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-25>로 나타내었다.

<표 3-25> 태양 상하향복사의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	24.2	8	50.0	4	25.0	2	37.5	3	0.0	0
소 속	학계	19	31.6	6	66.7	4	16.7	1	33.3	2	0.0	0
	기관	14	14.3	2	0.0	0	50.0	1	50.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계에서는 31.6%(6명)가 이용 경험이 있었던 반면, 기관에서는 14.3%(2명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 ‘지구대기감시보고서 책자’(50.0%), ‘국가통계포탈 홈페이지’(37.5%), ‘기후변화정보센터 홈페이지’(25.0%) 수집 매체 순으로 자료를 주로 수집한 것으로 조사되었다. 학계의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(60.0%)의 활용 비율이 높은 반면, 기관의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(00.0%)의 활용하지 않는 것으로 나타났다.

⑱ 지구 상하향복사(Wm-2)

전체 응답자 중 24.2%(8명)가 ‘태양 상하향복사’를 이용 경험이 있는 것으로 나타났다. 응답자 6명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-26>로 나타내었다.

<표 3-26> 지구 상하향복사의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	21.2	7	42.9	3	28.6	2	42.9	3	0.0	0
소 속	학계	19	26.3	5	60.0	3	20.0	1	40.0	2	0.0	0
	기관	14	14.3	2	0.0	0	50.0	1	50.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계에서는 31.6%(6명)가 이용 경험이 있었던 반면, 기관에서는 14.3%(2명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 ‘지구대기감시보고서 책자’(50.0%), ‘국가통계포탈 홈페이지’(37.5%), ‘기후변화정보센터 홈페이지’(25.0%) 수집 매체 순으로 자료를 주로 수집한 것으로 조사되었다. 학계의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(60.0%)의 활용 비율이 높은 반면, 기관의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(00.0%)의 활용하지 않는 것으로 나타났다.

㉑ 순복사(Wm-2)

‘순복사’을 이용한 응답자는 전체 응답자 33명 중 7명으로 21.2%의 이용 비율을 보이고 있다. 응답자 7명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-27>로 나타내었다.

<표 3-27> 순복사의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	21.2	7	42.9	3	28.6	2	42.9	3	0.0	0
소 속	학계	19	26.3	5	60.0	3	20.0	1	40.0	2	0.0	0
	기관	14	14.3	2	0.0	0	50.0	1	50.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계에서는 26.3%(5명)가 이용 경험이 있었으며, 기관에서는 14.3%(2명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 주로 ‘지구대기감시보고서 책자’(42.9%)와 ‘국가통계포탈 홈페이지’(42.9%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었다. 학계의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(60.0%), ‘국가통계포탈 홈페이지’(40.0%), ‘기후변화정보센터 홈페이지’(20.0%) 순으로 활용 비율이 높은 반면, 기관의 경우에는 ‘국가통계포탈 홈페이지’(50.0%), ‘기후변화정보센터 홈페이지’(50.0%)를 활용하는 것으로 나타났다.

㉑ 산성도(ph)

전체 응답자 중 12.1%(4명)가 ‘산성도’를 이용 경험이 있는 것으로 나타났다. 응답자 4명에 대한 소속을 구분하여 분석한 결과를 <표 3-28>로 나타내었다.

<표 3-28> 산성도의 이용여부 및 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용 여부		(2) 수집 매체 [중복응답]								
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포탈 홈페이지		기타		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체		33	12.1	4	75.0	3	25.0	1	25.0	1	0.0	0
소 속	학계	19	10.5	2	100.0	2	50.0	1	0.0	0	0.0	0
	기관	14	14.3	2	50.0	1	0.0	0	50.0	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계에서는 10.5%(2명)가 이용 경험이 있었으며, 기관에서는 14.3%(2명)가 이용 경험이 있었던 것으로 나타났다. 이용자들은 주로 ‘지구대기감시보고서 책자’(75.0%)를 통해 자료를 수집한 것으로 조사되었다. 학계의 경우에는 ‘지구대기감시보고서 책자’(100.0%)와 ‘기후변화정보센터 홈페이지’(50.0%)의 활용 비율이 높은 반면, 기관의 경우에는 지구대기감시보고서 책자’(50.0%)와 ‘국가통계포탈 홈페이지’(50.0%)를 활용하는 것으로 나타났다.

나. 기후변화감시 관측요소의 이용목적 및 이용분야

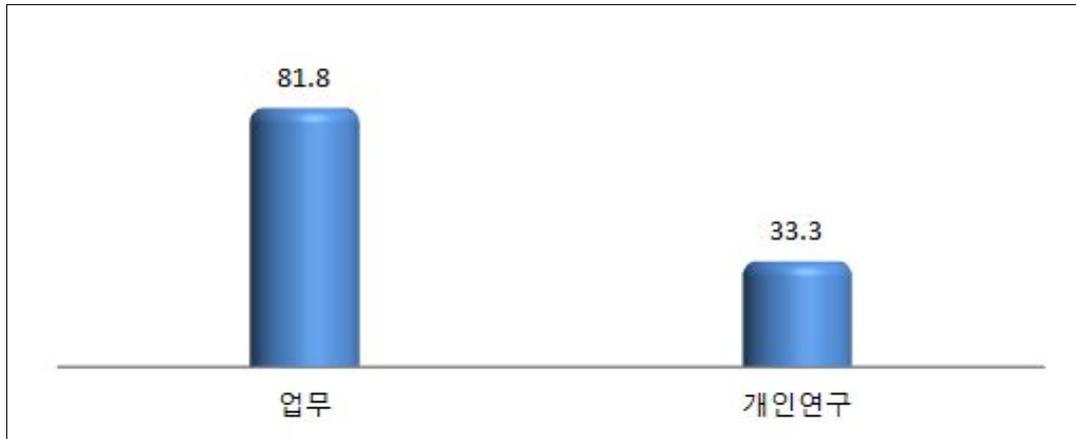
기후변화감시 관측요소는 지구의 기후변화와 관련되어 수많은 분야 및 직종에서 다양한 목적으로 이용되고 있다. 기후변화감시 관측요소를 이용하는 국내 이용자들의 이용목적과 이용분야에 대해 알아보하고자 설문을 실시하였다.

(1) 이용목적

기후변화감시 관측요소를 이용하는 목적을 알아보고자 관측요소의 이용 목적을 ‘업무’, ‘개인연구’, ‘기타’ 세 가지로 구분하여 설문을 실시하였다. 설문 조사 결과 <그림 3-7>과 같은 결과가 나타났다.

<그림 3-7> 기후변화감시 관측요소의 이용목적 [중복응답]

(단위: %)



* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

기후변화감시 관측요소의 주된 이용 목적은 ‘업무’(81.8%)인 것으로 나타났으며, 다음으로 ‘개인연구(33.3%)’를 목적으로 사용하는 것으로 나타났다. ‘업무’와 ‘개인연구’ 외에 ‘기타’ 이용목적은 위해 활용되지 않는 것으로 나타났다. 또한 소속을 학계와 기관으로 구분하여 이용목적 분석한 결과 <표 3-29>와 같이 나타났다.

<표 3-29> 기후변화감시 관측요소의 이용목적 [중복응답]

구 분	응답자 수	업무		개인연구	
		%	N	%	N
전 체	33	81.8	27	33.3	11
소속	학계	78.9	15	47.4	9
	기관	85.7	12	14.3	2

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

학계의 경우 주로 ‘업무’(78.9%)의 목적으로 활용되고 있었으며, 기관의 경우에도 ‘업무’(85.7%)를 위한 활용 비율이 높게 나타났다. 한편, ‘개인연구’ 목적으로 활용하는 비율은 상대적으로 기관(14.3%)보다 학계(47.4%)에서 더 높게 나타났다.

(2) 이용분야

기후변화 관련 전문가들이 관측요소를 주로 이용하는 분야에 대해 의견을 수렴한 결과 <표 3-30>와 같이 ‘기후변화 감시 및 평가’, ‘대기분석’, ‘축산’, ‘농업’, ‘자료 비교’ 등의 분야에서 이용되고 있었다.

<표 3-30> 기후변화감시 관측요소의 이용분야 응답 내용

구 분	이용분야
기후변화 감시 및 평가 (12개)	극지기후변화 연구
	기후변화 감시
	기후변화 감시
	기후변화 감시
	기후변화 대응 가속유전자원 생식기능 분석 등
	기후변화 모니터링
	기후변화 모니터링
	기후변화 영향 평가
	기후변화 취약성 평가
	기후변화감시, 대기복사
	기후변화와 대기 에어로졸 영향
	기후변화요소 측정
대기분석 (13개)	국가배경지역 대기질 현황 파악
	대기복사
	대기분석
	대기분석
	대기분석, 구름과 운량에 대한 자외선 분석
	대기화학
	미세먼지 장거리 이동에 관한 연구
	오존, 자외선, 아산화질소
	온실가스 배출량 산정
	온실가스 배출량 측정
	온실기체 및 오존 농도변화 분석
	중층대기 변화 감시
	지면-대기간 탄소순환 감시
축산 (1개)	축산분야 기후변화 영향 예측평가 및 온실가스 산정 등
농업 (1개)	농업분야 온실가스 인벤토리 작성 및 정책 수립시 활용
자료 비교 (4개)	MAXDOAS 아산화질소 산출물과의 비교
	결측자료 메꾸기
	관측값 비교
	환경부 지구대기측정망 자료와의 비교

* 응답자 Base : 이용분야 응답자(n=31)

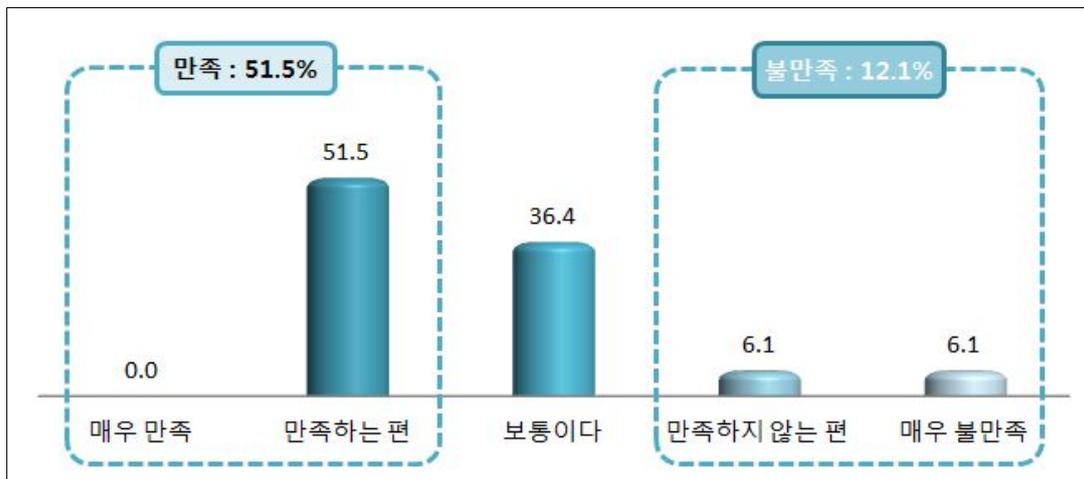
전체 33명 중 31명의 응답자의 의견을 수렴한 결과 '대기분석'(13명), '기후 변화 감시 및 평가'(12명), '자료 비교'(4명) 순으로 기후변화감시 관측요소 이용분야의 활용 비율이 높은 것으로 나타났다.

다. 기후변화감시 관측요소 제공 방법에 대한 만족도

기후변화감시 관측요소의 제공 방법에 대한 이용자들의 만족도를 조사하기 위해 만족도를 '매우 만족', '만족하는 편이다', '보통이다', '만족하지 않는 편이다', '매우 불만족스럽다'로 구분하여 설문조사를 진행한 결과를 분석하여 다음 <그림 3-8>과 같이 나타내었다. 여기서 만족도는 관측 자료의 이용자가 자료를 제공 받을 경우, 자료의 형태나 자료를 제공받는 경로 등 전반적인 자료 제공에 대해 만족하였는지 여부를 알고자 조사한 것이다.

<그림 3-8> 기후변화감시 관측요소 제공 방법에 대한 만족도

(단위: %)



* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

전체 응답자 33명 중 제공 방법에 만족하는 응답자는 51.5%(17명)으로 나타났으며, 제공 방법에 불만족하는 응답자는 12.2%(4명)으로 나타났다.

기후변화감시 측정요소의 제공 방법에 대한 만족도를 소속에 따라 구분하여 분석한 결과를 <표 3-32>로 제시하였다.

<표 3-32> 기후변화감시 관측요소 제공 방법에 대한 만족도
(단위: %, 점)

구 분		응답자 수	매우 만족	만족하는 편	보통	만족하지 않는 편	매우 불만족	5점 평균
전 체		33	0.0 (0)	51.5 (17)	36.4 (12)	6.1 (2)	6.1 (2)	3.33
소속	학계	19	0.0	52.6	26.3	10.5	10.5	3.21
	기관	14	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	3.50

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* ()의 수는 응답자 수를 의미하며, 5점 평균 점수가 클수록 만족도가 큼

학계와 기관 모두 50% 이상이 기후변화감시 측정요소의 제공 방법에 대해 만족하는 것으로 나타났으며, 만족하지 못한다는 의견(4명)은 학계에서만 나타난 것으로 조사되었다.

측정요소에 대한 제공 방법이 불만족스러운 이유에 대해 응답자의 의견을 수렴한 결과, ‘측정요소가 장기간에 대한 평균 자료만 제공될 뿐 일별/실시간 자료가 제공되지 않는다’는 의견과 ‘측정요소를 어떠한 방식으로 이용할 수 있는지에 대한 설명이 부족하다는 의견’이 제시되었으며, 또한 ‘제공 가능한 자료 항목과 기간, 자료형태를 제시하고 신청 방법을 공지할 필요가 있다’는 의견과 ‘이들 측정요소를 어디서 수집할 수 있는지에 대한 정보가 부족하다’는 의견이 제시되었다.

전체 33명의 응답자 중 대부분 기후변화 감시 관측요소의 제공 방법에 대해서 만족한다고 응답하였다. 만족하지 못한다고 응답한 4명은 모두 학계에서 나왔다. 이들은 주기가 단축되어 제공되는 최신의 자료들을 연구에 신속하게 반영하여 향후 지구 온난화 등의 문제에 슬기롭게 대처하고자하는 학

문적인 목적의식이 강하다고 사료된다. 따라서 이러한 요구를 충족시키기 위해서는 기후변화 감시 관측요소 제공 주기의 변화(짧은 주기를 원함)를 고려한다면 만족도면에서 향상될 것으로 기대된다.

관측 요소의 전반적인 만족도를 높이기 위한 방안으로 자료 이용자의 요구를 반영한 관측요소의 제공방법(예: 자료 제공 주기, 접근의 용이성, 다양한 제공매체 등)의 개선이 사료된다.

2. 기후변화감시 관측요소 중요도와 만족도

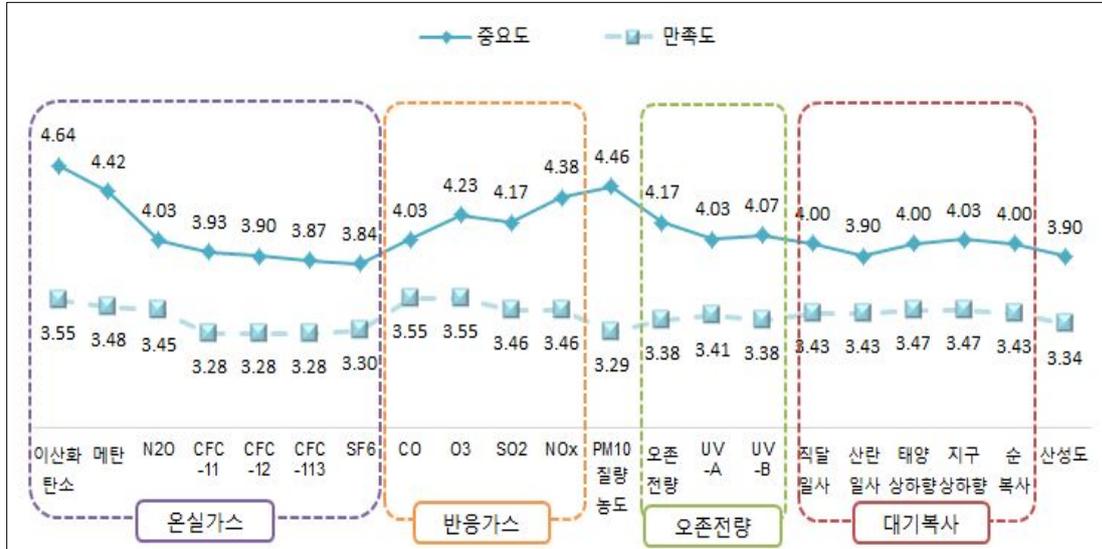
가. 기후변화감시 관측요소의 중요도와 만족도

(1) 전체

기후변화감시 측정요소의 중요도와 제공 정보에 대한 이용자의 만족도를 조사한 결과를 5점 만점의 점수로 환산하여 측정요소별로 비교 분석을 진행하였다. 본 설문에서 조사된 만족도는 기상청에서 제공하는 21가지 관측요소에 대한 제공 정보가 만족스러운지에 대해 알고자 관측요소별로 조사하였다. 앞서 조사된 만족도는 관측요소의 제공 방법에 대한 만족 여부가 조사된 반면에, 부록에 있는 설문지 문항 5번과 6번에서 조사하는 만족도는 21가지 측정요소별로 제공되는 정보에 대해 사용자들이 만족하였는가를 알고자 조사한 것이므로 해석 시 유의가 필요하다. 기후변화감시 측정요소의 중요도 및 만족도에 대한 분석 결과 <그림 3-9>와 같이 나타났다.

<그림 3-9> 기후변화감시 관측요소의 중요도 및 만족도

(단위: 점/5점)



*응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

우선 중요도부터 살펴보면, 전문가들이 가장 중요하다고 생각하는 측정요소는 ‘이산화탄소’(4.64점)로 나타났으며, 그 다음으로는 ‘PM₁₀ 질량농도’(4.46점)와 ‘메탄’(4.42점), ‘질산화물’(4.38점), ‘오존’(4.23점) 등의 순으로 중요도를 높게 인식하고 있는 것으로 나타났다. 또한 가장 중요도가 낮다고 인식되는 측정요소로는 ‘육불화황’(3.84점)과 ‘염화불화탄소-113’(3.87점) 등으로 나타났다.

만족도의 경우 측정요소별 만족도의 점수는 3점대로 비슷하며, 전문가들이 제공 정보에 대해 만족도가 높은 측정요소는 ‘이산화탄소’와 ‘오존’, ‘이산화탄소’(각 3.55점)로 나타났다. 반면, 가장 낮은 만족도를 보이는 측정요소는 3.28점의 ‘염화불화탄소-11’과 ‘염화불화탄소-12’, ‘염화불화탄소-113’으로 비교적 다른 측정요소에 비해 다소 낮은 점수를 보였다. 한편, 중요도와 만족도의 차이가 큰 측정요소는 ‘PM₁₀ 질량농도’와 ‘이산화탄소’로 1점 이상의 차이를 나타냈으며, 이는 해당 측정요소의 중요성에 비해 제공되는 정보의 만족도는 상대적으로 떨어지는 것을 의미하므로 이에 대한 우선 보완이 필요

하다. 아래의 <표 3-33>는 측정요소별 중요도와 만족도에 대한 점수와 ‘매우 높음’과 ‘높음’의 응답 비율을 함께 나타낸 표이다.

설문조사에 포함된 기후변화감시 관측요소 21가지 항목은 WMO에서 중요한 관측요소로 권고하는 사항이다. 조사 결과를 보면 중요도 부문에서 낮은 점수를 보이는 관측요소 ‘육불화황’와 ‘염화불화탄소-113’ 역시 기후변화감시에 있어 중요한 관측요소에 해당한다. 그러므로 현 조사에 의하면 두 관측요소의 중요도가 낮게 평가되었지만 향후 기후변화감시 연구에서의 활용적 측면에서 중요성이 대두될 수 있음을 유의하여 해석할 필요가 있다.

<표 3-33> 기후변화감시 관측요소의 중요도 및 만족도

(단위: 점/5점, %)

구분	연번	관측요소	중요도		만족도	
			점수	'매우 높음' + '높음' 비율	점수	'매우 높음' + '높음' 비율
온실가스 관측요소	1	이산화탄소	4.64	93.9	3.55	51.5
	2	메탄	4.42	87.9	3.48	45.5
	3	아산화질소	4.03	75.8	3.45	39.4
	4	염화불화탄소-11	3.93	60.6	3.28	24.2
	5	염화불화탄소-12	3.90	57.6	3.28	24.2
	6	염화불화탄소-113	3.87	57.6	3.28	24.2
	7	육불화황	3.84	63.6	3.30	27.3
반응가스 관측요소	8	일산화탄소	4.03	66.7	3.55	42.4
	9	오존	4.23	72.7	3.55	42.4
	10	이산화황	4.17	66.7	3.46	39.4
	11	질산화물	4.38	75.8	3.46	39.4
에어로졸 관측요소	12	PM ₁₀ 질량농도 (µgm-3)	4.46	69.7	3.29	27.3
오존전량 관측요소	13	오존전량 (DU)	4.17	63.6	3.38	30.3
	14	자외선-A (mWm-2)	4.03	57.6	3.41	33.3
	15	자외선-B (mWm-2)	4.07	60.6	3.38	30.3
대기복사 관측요소	16	직달일사 (Wm-2)	4.00	60.6	3.43	36.4
	17	산란일사 (Wm-2)	3.90	57.6	3.43	36.4
	18	태양 상하향복사 (Wm-2)	4.00	63.6	3.47	39.4
	19	지구 상하향복사 (Wm-2)	4.03	66.7	3.47	39.4
	20	순복사 (Wm-2)	4.00	66.7	3.43	36.4
강수화학 관측요소	21	산성도 (pH)	3.90	54.5	3.34	30.3

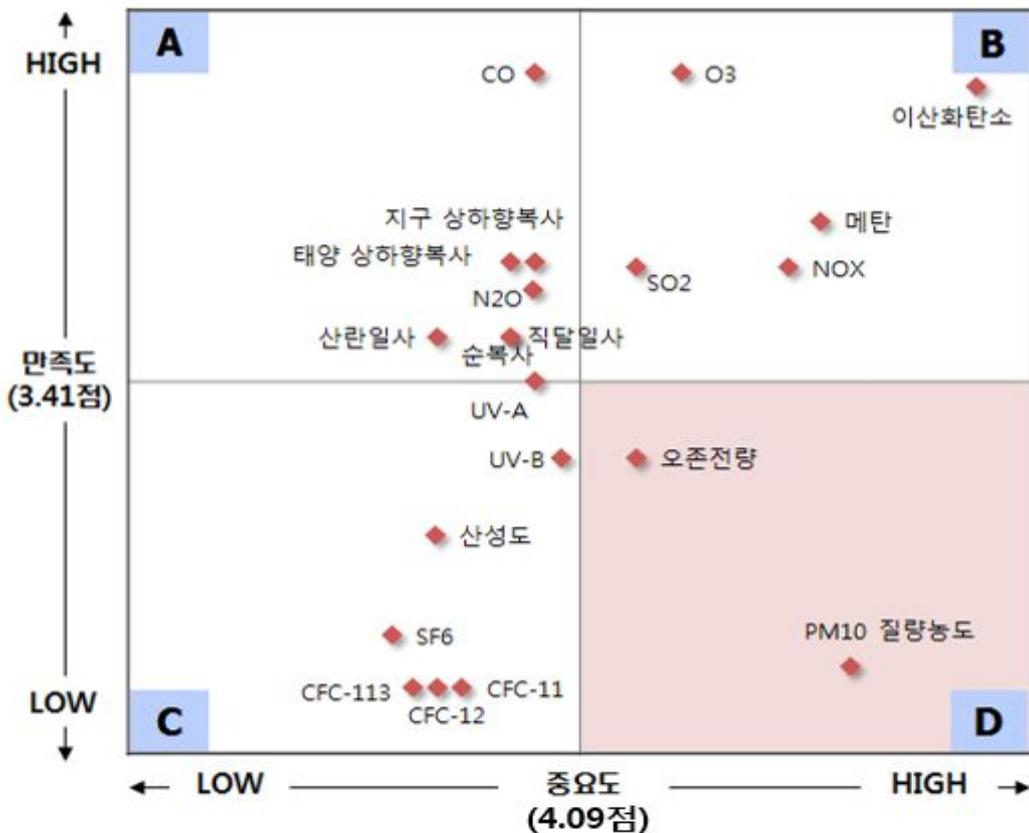
* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 점수가 클수록 중요도 및 만족도가 큼

다음은 21개의 기후변화감시 관측요소에 대한 중요도와 만족도 평가를 위해 IPA 분석(Importance Performance analysis)을 적용하여 <그림 3-10>과 같이 도식화 하여 나타내었으며, 도식화한 결과를 통해 우선적으로 개선이 필요한 관측요소를 도출하고자 하였다.

IPA 분석 방법은 중요도와 만족도를 이용하여 각 속성의 상대적 중요도와 만족도를 동시에 비교 분석하는 평가기법으로써 본 조사의 각 관측요소별 중요도와 만족도 결과를 이용하여 관측요소에 대해 ‘A:현행유지 관측요소’, ‘B:유지 및 강화가 필요한 관측요소’, ‘C:장기개선이 필요한 관측요소’, ‘D:긴급개선이 필요한 관측요소’ 네 가지 유형으로 평가하여 제시하였다.

<그림 3-10> 기후변화감시 관측요소의 중요도 및 만족도 도식화



A : 현행유지 관측요소	B : 유지/강화 관측요소
C : 장기개선 필요 관측요소	D : 긴급개선 관측요소

분석결과 관측요소 중 중요도와 만족도가 동시에 높은 관측요소는 ‘이산화탄소’, ‘메탄’, ‘오존’, ‘이산화황’, ‘질산화물’로 이들은 지속적으로 유지 및 강화를 해나가야 할 관측요소로 나타났다. 반면, 중요도는 높으나 만족도는 낮은 관측요소는 ‘오존전량’과 ‘PM₁₀ 질량농도’ 2개로, 만족도를 높이기 위해 관측요소 정보에 대한 문제점을 파악하여 개선할 필요가 있는 것으로 나타났다. 나머지 관측요소에 대한 평가 구분은 다음의 <표 3-34>에 제시하였다. 또한, 중요도 및 만족도가 높은 측정요소인 ‘이산화탄소’, ‘메탄’, ‘오존’, ‘이산화황’, ‘질산화물’와 중요도는 높으나 만족도가 낮은 측정요소인 ‘오존전량’과 ‘PM₁₀ 질량농도’의 만족도를 높이기 위해서는 관측요소의 제공방법(예: 자료 제공 주기, 접근의 용이성, 다양한 제공매체 등)을 변화를 준다면 만족도면에서 높아질 것으로 기대된다.

<표 3-34> 기후변화감시 관측요소의 우선개선 관측요소

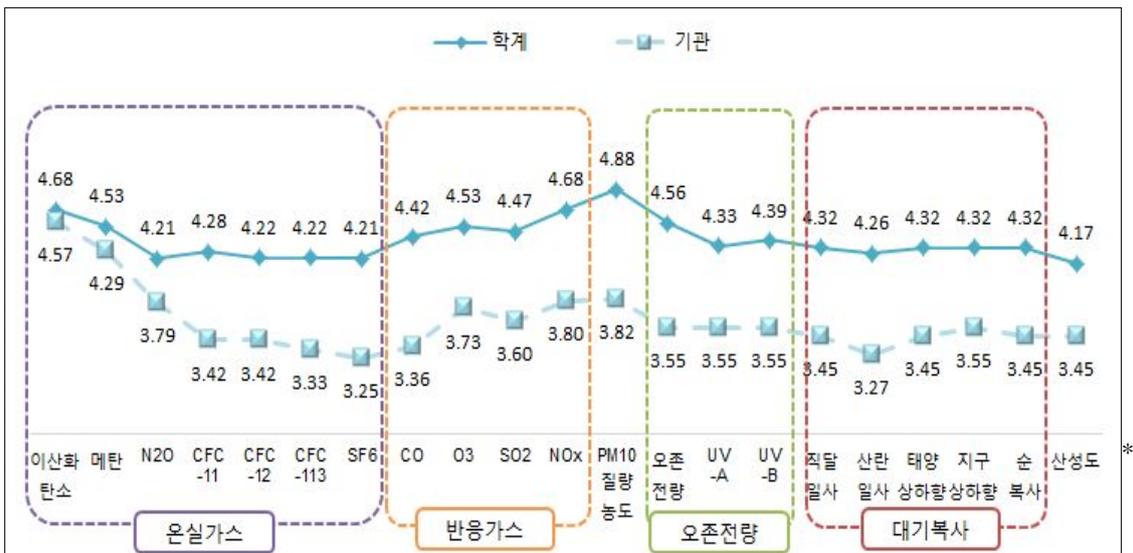
구분	중요도	만족도	관측요소	원인물질 분야
A. 현행유지 관측요소	LOW	HIGH	아산화질소	온실가스
			일산화탄소	반응가스
			자외선-A(mWm-2)	오존전량
			직달일사(Wm-2) 산란일사(Wm-2) 태양 상하향복사(Wm-2) 지구 상하향복사(Wm-2) 순복사(Wm-2)	대기복사
B. 유지/강화 관측요소	HIGH	HIGH	이산화탄소 메탄	온실가스
			오존 이산화황 질산화물	반응가스
C. 장기개선 필요 관측요소	LOW	LOW	염화불화탄소-11 염화불화탄소-12 염화불화탄소-113 육불화황	온실가스
			자외선-B(mWm-2)	오존전량
			산성도	강수화학
D. 긴급개선 관측요소	HIGH	LOW	PM ₁₀ 질량농도(µgm-3)	에어로졸
			오존전량(DU)	오존전량

(2) 응답자 소속별 중요도

기후변화감시 관측요소의 중요도를 응답자의 소속에 따라 구분하여 분석한 결과를 다음 <그림 3-11>과 같이 나타냈다.

<그림 3-11> 기후변화감시 관측요소의 중요도 - 소속별

(단위: 점/5점)



응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

전반적으로 기관보다는 학계에서 관측요소들의 중요도 점수가 높게 나타나는 것으로 보인다. 학계의 경우 ‘PM₁₀ 질량농도’(4.88점)를 가장 중요하게 생각하고 있는 반면, 기관의 경우에는 ‘이산화탄소’(4.57점)를 가장 중요하게 생각하는 것으로 나타났다. 이와 달리 중요도의 점수가 가장 낮은 관측요소는 학계의 경우 ‘산성도’(4.17점)를, 기관의 경우에는 ‘육불화황’(3.25점)로 나타났다. 아래의 <표 3-35>는 관측요소별 중요도에 대한 소속별 점수와 ‘매우 높음’과 ‘높음’의 응답 비율을 함께 나타낸 표이다.

학계는 모든 관측요소의 중요성이 높으나, 기관은 몇 가지 관측요소(‘이산화탄소’, ‘메탄’, ‘아산화질소’, ‘질산화물’, ‘PM₁₀ 질량농도’)외에는 중요도가

낮음을 알 수 있다. 이는 본 조사의 경우 학계의 응답자가 기관의 응답자수보다 더 많으며, 학계는 주로 연구목적을 위해서 모든 관측요소를 사용하지만, 기관은 관측요소를 실질적으로 일부만 사용하므로 학계와 기관이 다르게 나타난 것으로 사료된다.

<표 3-35> 응답자 소속별 기후변화감시 관측요소의 중요도

(단위: 점/5점, %)

구분	연번	관측요소	중요도		만족도	
			점수	'매우 높음' + '높음' 비율	점수	'매우 높음' + '높음' 비율
온실가스 관측요소	1	이산화탄소	4.68	94.7	4.57	92.9
	2	메탄	4.53	89.5	4.29	85.7
	3	아산화질소	4.21	89.5	3.79	57.1
	4	염화불화탄소-11	4.28	84.2	3.42	28.6
	5	염화불화탄소-12	4.22	78.9	3.42	28.6
	6	염화불화탄소-113	4.22	78.9	3.33	28.6
	7	육불화황	4.21	84.2	3.25	35.7
반응가스 관측요소	8	일산화탄소	4.42	89.5	3.36	35.7
	9	오존	4.53	89.5	3.73	50.0
	10	이산화황	4.47	84.2	3.60	42.9
	11	질산화물	4.68	94.7	3.80	50.0
에어로졸 관측요소	12	PM ₁₀ 질량농도 (µgm-3)	4.88	89.5	3.82	42.9
오존전량 관측요소	13	오존전량 (DU)	4.56	78.9	3.55	42.9
	14	자외선-A (mWm-2)	4.33	73.7	3.55	35.7
	15	자외선-B (mWm-2)	4.39	78.9	3.55	35.7
대기복사 관측요소	16	직달일사 (Wm-2)	4.32	73.7	3.45	42.9
	17	산란일사 (Wm-2)	4.26	73.7	3.27	35.7
	18	태양 상하향복사 (Wm-2)	4.32	78.9	3.45	42.9
	19	지구 상하향복사 (Wm-2)	4.32	78.9	3.55	50.0
	20	순복사 (Wm-2)	4.32	78.9	3.45	50.0
강수화학 관측요소	21	산성도 (pH)	4.17	68.4	3.45	35.7

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

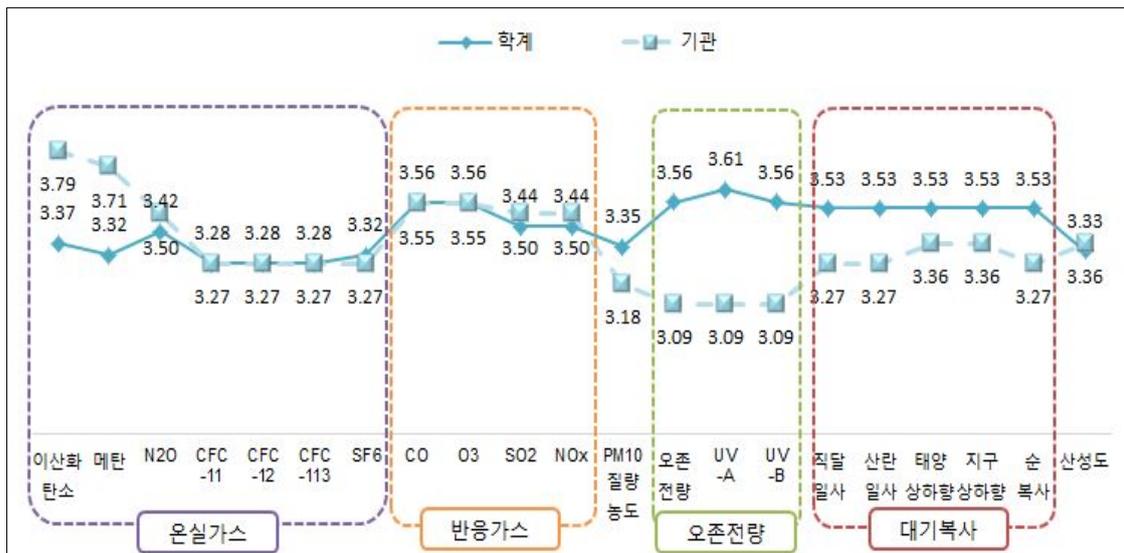
* 점수가 클수록 중요도가 큼

(3) 응답자 소속별 만족도

기후변화감시 관측요소의 제공 만족도를 응답자의 소속에 따라 구분하여 분석한 결과를 다음 <그림 3-12>과 같이 나타냈다.

<그림 3-12> 기후변화감시 관측요소의 만족도 - 소속별

(단위: 점/5점)



* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

전반적으로 학계와 기관의 측정요소별 만족도 점수는 3점대로 보이지만 측정요소에 따라 만족도가 다소 차이가 있어 보인다.

학계에서는 ‘자외선-A’(3.61점)의 만족도가 높았으며, 기관에서는 ‘이산화탄소’에 대한 만족도가 가장 높은 것으로 나타났다. 반면, 학계의 경우 ‘염화불화탄소-11’과 ‘염화불화탄소-12’, ‘염화불화탄소-113’에 대한 만족도가 3.27점으로 가장 낮으며, 기관의 경우에는 오존전랑과 관련된 ‘오존전랑’과 ‘자외선-A’, ‘자외선-B’에 대한 만족도가 3.09점으로 가장 낮게 나타났다. 아래의 <표 3-36>는 측정요소별 만족도에 대한 소속별 점수와 ‘매우 높음’과 ‘높음’의 응답 비율을 함께 나타낸 표이다.

전반적으로 학계와 기관의 모든 측정요소가 만족도가 중요도보다 더 낮은 점수를 가짐을 알 수 있다. 또한, 예를 들면, 앞서 언급한 바와 같이 육불화황의 이용여부를 묻는 문 1 문항에서 이용경험이 있는 응답자가 6명(학계 2명, 기관4명)이었고(<표 3-14> 참조), 응답자 데이터를 살펴본 결과 이들 중 1명만이 만족도가 낮다(17%)고 응답하여 육불화황은 만족도가 높은 측정요소임을 알 수 있었다. 학계와 기관을 분리해서 비교한다면 학계에서 응답한 경우(2명) 만족도에서는 만족(1명)과 불만족(1명)이 응답하였으며, 기관에서 응답한 경우(4명) 중에서 만족(2명)과 보통(2명)으로 응답하였다.

본 조사에서 이용경험이 있는 경우 표본수가 너무 적기 때문에 대표성을 갖기는 어렵지만 응답한 경우의 결과만을 본다면 만족도는 낮다고 할 수 없다. 만족도를 높일 수 있는 방안으로는 자료 제공 주기(학계는 짧은 주기를 원함)와 제공 받는 자료에 대한 처리 방법 및 관측 자료에 대한 정보 등을 자세히 제공한다면 학계와 기관의 사용자 모두 관측요소별 제공 방법에 대한 만족도가 높아 질 것으로 보여진다.

<표 3-36> 응답자 소속별 기후변화감시 측정요소의 만족도

(단위: 점/5점, %)

구분	연번	측정요소	학계		기관	
			점수	'매우 높음' + '높음' 비율	점수	'매우 높음' + '높음' 비율
온실가스 측정요소	1	이산화탄소	3.37	42.1	3.79	64.3
	2	메탄	3.32	36.8	3.71	57.1
	3	아산화질소	3.42	36.8	3.50	42.9
	4	염화불화탄소-11	3.28	26.3	3.27	21.4
	5	염화불화탄소-12	3.28	26.3	3.27	21.4
	6	염화불화탄소-113	3.28	26.3	3.27	21.4
	7	육불화황	3.32	31.6	3.27	21.4
반응가스 측정요소	8	일산화탄소	3.56	47.4	3.55	35.7
	9	오존	3.56	47.4	3.55	35.7
	10	이산화황	3.44	47.4	3.50	28.6
	11	질산화물	3.44	47.4	3.50	28.6
에어로졸 측정요소	12	PM ₁₀ 질량농도 (µgm-3)	3.35	31.6	3.18	21.4
오존전량 측정요소	13	오존전량 (DU)	3.56	42.1	3.09	14.3
	14	자외선-A (mWm-2)	3.61	47.4	3.09	14.3
	15	자외선-B (mWm-2)	3.56	42.1	3.09	14.3
대기복사 측정요소	16	직달일사 (Wm-2)	3.53	47.4	3.27	21.4
	17	산란일사 (Wm-2)	3.53	47.4	3.27	21.4
	18	태양 상하향복사 (Wm-2)	3.53	47.4	3.36	28.6
	19	지구 상하향복사 (Wm-2)	3.53	47.4	3.36	28.6
	20	순복사 (Wm-2)	3.53	47.4	3.27	21.4
강수화학 측정요소	21	산성도 (pH)	3.33	31.6	3.36	28.6

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

* 점수가 클수록 만족도가 큼

나. 기상청 제공 승인통계 21가지 외에 향후 제공받고 싶은 관측요소

기상청에서는 21가지 관측요소 외에도 19가지 기후변화감시 관측요소도 측정하고 있으나, 연구 성격이 강하고 이해하기 어렵다고 판단되어 현재 제공을 하고 있지는 않고 있다. 향후 21가지 관측요소 외에 19가지의 기후변화감시 관측요소 중 이용자들의 제공받고자하는 관측요소를 알아보고자 설문 조사를 실시하였다. 다음의 <표 3-37>는 19가지 관측요소 중 향후 제공받고 싶은 요소에 대한 응답 결과를 나타냈다.

<표 3-37> 기상청 제공 21가지 외에 향후 제공받고 싶은 관측요소 [중복응답]

구분		전체		학계		기관	
		%	N	%	N	%	N
응답자 수		-	33	-	19	-	14
에어로졸 (13종)	부피농도	24.2	8	36.8	7	7.1	1
	수농도	33.3	11	42.1	8	21.4	3
	총수농도	15.2	5	26.3	5	0.0	0
	TSP	15.2	5	21.1	4	7.1	1
	PM ₁₀	36.4	12	52.6	10	14.3	2
	PM _{2.5}	42.4	14	63.2	12	14.3	2
	연직분포	33.3	11	42.1	8	21.4	3
	광산란계수	21.2	7	26.3	5	14.3	2
	광흡수계수	30.3	10	42.1	8	14.3	2
	광학 PM ₁₀	18.2	6	26.3	5	7.1	1
	광학 PM _{2.5}	21.2	7	31.6	6	7.1	1
	광학 PM _{1.0}	27.3	9	42.1	8	7.1	1
	광학깊이	33.3	11	52.6	10	7.1	1
대기복사 (1종)	파장별 일사	48.5	16	57.9	11	35.7	5
성층권 오존/자외선 (1종)	성층권오존 연직분포	42.4	14	63.2	12	14.3	2
강수화학 (2종)	전기전도도	3.0	1	5.3	1	0.0	0
	이온성분(9)	18.2	6	15.8	3	21.4	3
기타 (2종)	라돈	15.2	5	10.5	2	21.4	3
	중층대기 수증기	27.3	9	42.1	8	7.1	1
무응답		15.2	5	5.3	1	28.6	4

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

향후 제공받고 싶은 요소가 있는지 조사한 결과, 전체적으로 ‘과장별 일사’(48.5%), ‘PM_{2.5}’(42.4%), ‘성층권오존 연직분포’(42.4%), ‘PM_{1.0}’(36.4%) 등의 순으로 제공받고 싶은 의향이 높은 것으로 나타났다.

소속에 따라 구분하여 분석한 결과 학계의 경우에는 ‘PM_{2.5}’와 ‘성층권오존 연직분포’의 관측요소를 추가로 제공받고자하는 의향이 높았으며, 기관의 경우에는 ‘과장별 일사’ 관측요소를 제공받고자하는 의향이 높게 나타났다.

설문조사로 결과로부터 기상청에서 제공하는 21가지 기후변화감시 관측요소 외에 향후 제공받고 싶은 관측요소가 소속별(학계, 기관)로 다른 것을 확인할 수 있다. 따라서 학계와 기관에서 필요로 하는 각각의 관측요소를 파악하여 제공한다면 기상학적 측면에서 많은 연구에 기여할 것으로 보인다.

3. 기후변화감시 관측요소의 개선방향

가. 국민들이 기후변화에 대응하기 위해 가장 필요한 요소

40가지(기후변화 관측요소 21가지와 미제공 관측요소 19가지 포함) 기후변화감시 관측요소 중 국민들이 기후변화에 대응하기 위해 가장 필요한 요소로 ‘이산화탄소’(66.7%)가 가장 높은 빈도를 보였다. 관측요소 ‘PM_{2.5}’와 ‘PM₁₀’도 각각 48.5%, 45.5%로 이산화탄소와 더불어 많은 빈도를 나타내고 있다. 한편, 학계에서는 ‘PM_{2.5}’(73.7%), 기관에서는 ‘이산화탄소’(100.0%)에 대한 정보가 국민들이 기후변화에 대응하기 위해 가장 필요한 요소라고 생각하는 것으로 조사되었다.

전반적으로 이산화탄소가 기후변화 대응에 가장 필요한 요소라고 응답한 이유는 메스컴이나 신문 등에서 기후변화와 이산화탄소를 같이 언급하는 경우가 많고, 21개 관측요소 중에서 가장 익숙한 관측요소이기 때문이다. 한편,

보다 전문적인 지식을 가진 학계에서는 에어로졸이나 미세먼지의 심각성을 학문적 연구를 통해서 인식하고 있기 때문에 에어로졸과 미세먼지의 PM₁₀과 PM_{2.5}를 기후변화 대응에 가장 필요한 요소라고 응답한 것으로 사료된다. 또한 향후에는 대중매체(TV, 인터넷, 모바일 등)를 통하여 PM₁₀과 PM_{2.5}의 중요성과 심각성에 대한 보다 적극적인 홍보가 필요할 것이다.

<표 3-38> 국민들이 기후변화에 대응하기 위해 가장 필요한 요소 [중복응답]

구분	전체		학계		기관	
	%	N	%	N	%	N
응답자 수	-	33	-	19	-	14
이산화탄소	66.7	22	42.1	8	100.0	14
메탄	27.3	9	5.3	1	57.1	8
아산화질소	18.2	6	0.0	0	42.9	6
육불화황	3.0	1	0.0	0	7.1	1
일산화탄소	9.1	3	0.0	0	21.4	3
오존	18.2	6	10.5	2	28.6	4
이산화황	9.1	3	5.3	1	14.3	2
질산화물	9.1	3	5.3	1	14.3	2
PM _{1.0} 질량농도(μgm-3)	3.0	1	0.0	0	7.1	1
오존전량(DU)	24.2	8	31.6	6	14.3	2
자외선-A(mWm-2)	15.2	5	21.1	4	7.1	1
자외선-B(mWm-2)	15.2	5	21.1	4	7.1	1
직달일사(Wm-2)	3.0	1	0.0	0	7.1	1
산성도(pH)	12.1	4	10.5	2	14.3	2
수농도	3.0	1	0.0	0	7.1	1
TSP	3.0	1	0.0	0	7.1	1
PM ₁₀	45.5	15	68.4	13	14.3	2
PM _{2.5}	48.5	16	73.7	14	14.3	2
광학 PM ₁₀	3.0	1	5.3	1	0.0	0
광학 PM _{2.5}	3.0	1	5.3	1	0.0	0
광학 PM _{1.0}	3.0	1	5.3	1	0.0	0
광학깊이	3.0	1	0.0	0	7.1	1
성층권오존 연직분포	9.1	3	15.8	3	0.0	0
무응답	3.0	1	5.3	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

나. 40가지 요소 외에 추가적으로 필요한 관측요소

40가지 기후변화 관련 관측요소 외에 기후변화를 유발하는 원인물질 감시를 위해 추가적으로 측정 및 제공이 필요하다고 의견을 제시한 응답자는 7명으로 세부 의견에 대한 내용은 <표 3-39>에서 제시하고 있다. 성층권 및 오존 등에 관한 의견을 보이고 있다.

<표 3-39> 40가지 요소 외에 추가적으로 필요한 관측요소

연번	응답 내용
1	NH ₃ , H ₂ S
2	파장별 직달 및 산란일사 (장비 예: MRFRSR, 또는 자외선/가시광/적외선으로 구별된 직달 및 산란일사)
3	NMHC, VOCs등 (환경부와 협업체제구축필요)
4	성층권 이상 영역에 대한 기온/풍향/풍속 등의 기상정보
5	성층권 오존, 수증기, 자외선, 에어로졸
6	오존, 수증기, 자외선
7	에어로졸로 인한 복사강제력 정보

* 응답자 Base : 해당질문 응답자(n=7)

다. 이해하기 어려운 용어(명칭) 및 개선방향

기후변화 관측요소들 중 용어에 대하여 이해하기 어렵거나 다른 연구자들이 연구를 하기에 이해하기 어려울 것이라고 생각되는 관측요소에 관한 용어 및 개선방향에 대해 의견을 제시한 응답자는 8명으로 다음 <표 3-40>에서 나타내고 있다. 8명중 4명이 직달일사라는 용어에 대한 개선이 필요하다고 의견을 제시하였고, 그 외에 생소하거나 어려운 기상 용어들도 쉬운 용

어로의 변환이 필요하다고 응답하였다.

따라서 국민들이 이해하기 어려운 관측 용어들을 쉽게 표현하고, 전문가 집단에서 사용되는 관측요소들에 대해서는 부록이나 용어집 등을 제공할 수 있도록 해야 할 것이다.

<표 3-40> 이해하기 어려운 용어(명칭) 및 개선방향

연번	어려운 용어(명칭)	개선방향
1	자외선-A, 자외선-B	세계적으로 쓰는 용어라 바꾸기 어렵지만 일반인들은 이해하기 어려울 것 같음
2	직달일사 등 일반기상학 용어 전반	특히 일본어 잔재로 되어 있는 한자어를 풀어서 국민 용어로 순화할 필요가 있음
3	직달일사	쉬운 용어로 바꿀 필요가 있음
4	직달일사	지표도달일사
5	직달일사	직접일사량
6	대부분 생소하고 어려움	-
7	어려운 용어들이 있기는 할 것	하지만, 항상 부록 또는 별도의 용어 설명이 따르면 괜찮을 것으로 생각됨
8	반응가스 중 오존	지표면오존 (관측요소가 어느 영역에 대한 값인지에 대한 설명이 필요함)

* 응답자 Base : 해당질문 응답자(n=8)

라. 관측요소의 제공주기와 통계값의 개선사항

현재 제공되고 있는 기후변화감시 관측요소들의 제공주기와 통계값에 대한 개선방향에 대해 의견을 남긴 응답자는 12명으로 세부 내용은 다음 <표 3-41>와 같다. 응답자는 관측요소의 주기를 월/연 뿐만 아니라 시간/일 단위의 실시간으로 측정되는 값을 제공받기를 원한다고 응답하였다. 그리고 정확한 연구수행을 위하여 평균값 자료의 전처리 방법이나 가공되어지지 않은

원자료 값에 대한 자료를 원하는 응답자도 있음을 알 수 있다.

따라서 향후 제공되는 자료에 대하여 단축된 주기의 최신자료를 제공하는 방법, 자료를 업무 및 연구에 바로 이용할 수 있도록 가공하여 제공하는 방법, 관측 자료에 대한 상세한 정보를 제공하는 방법 등 다양한 측면에서 개선할 수 있다. 통계값의 개선사항에 대한 의견은 제시되지 않은 것으로 보아 현재 제공되고 있는 통계값이 적절하다고 판단된다.

<표 3-41> 관측요소의 제공주기와 통계값의 개선사항

연번	개선대상	개선사항
1	온실가스 6종	- 시간/일/월/연 평균값으로 제공받길 원함 - 또한 자료처리 방법에 대해서도 상세히 알고 싶음
2	반응가스 4종 (일산화탄소, 오존, 이산화황, 질산화물)과 에어로졸 (PM ₁₀ , PM _{2.5})	- 관련분야의 연구자들을 위해 시간별 관측 데이터가 필요함 - 실시간 데이터가 아니고 QA/QC가 이루어진 사후 데이터 공개
3	오존전량	- 주별 평균 또는 일 평균값으로 제공받길 원함 - 오존 연직분포자료도 제공받길 원함
4	메탄	- 일별 평균값으로 제공받기를 원함
5	이산화탄소, 메탄, 아산화질소	- 30분 평균값 내지 1시간 평균값을 제공받기를 원함
6	PM ₁₀ , PM _{2.5}	- 해당 요소의 측정결과의 경우 환경부 측정망의 자료로 충분하므로 기상청의 중복적인 측정은 의미 없음
7	- 측정자료의 불확도 값	
8	- 일별 관측되는 자료는 일별 관측자료가 필요함	
9	- 현재의 제공주기 및 제공되는 자료의 형태로는 감시 결과의 제시에는 문제가 없을지 모르나, 연구수행에서는 활용이 어려움 - 적어도 위탁관측소 기관에 대해서는 관측자료에 대한 접근성을 높여 자료가 빠른 시간 내에 다른 연구에도 활용될 수 있도록 하는 것이 필요함	
10	- 자료 측정에 대한 일별 평균값 또는 더 세밀한 측정이 가능할 경우, 하루 2회(낮과 밤)의 측정 자료에 대한 정보 제공이 필요함 - 자료가 낮에만 측정되는 경우는 측정 시간을 명시해주는 것이 필요함 - 월별 평균 자료으로는 측정 데이터를 검증하는데 사용할 수 없음	
11	- 일별 평균자료가 가능한 항목은 일별 평균자료 또는 주별 평균자료 수준으로 제공이 되어야 한다고 생각함	
12	- 일 평균값도 학술적으로 의미가 있지만 시간별 자료가 필요한 경우가 더 많은데 제공되는 자료가 연/월/일평균 값만 있어서 곤란할 수가 있음 - 따라서 다소 자료의 정확도가 떨어지더라도 평균되지 않은 자료를 제공받길 원함	

* 응답자 Base : 해당질문 응답자(n=12)

4. 기후변화감시 관측요소 향후 활용

가. 유용한 관측요소와 활용 가능 분야

40가지(기후변화 관측요소 21가지와 미제공 관측요소 19가지 포함) 관측요소들 중 향후 유용하게 활용될 관측요소와 그 활용분야에 대한 조사 결과, 대체로 온실가스(이산화탄소, 메탄)와 성층권 오존/자외선, 에어로졸 관측요소들이 유용한 관측요소로 많이 나타났고, 활용 분야에서는 농업, 환경 등 산업 전반에 걸쳐 유용하게 활용될 것으로 전망하고 있다.

<표 3-42> 유용한 관측요소와 활용 가능 분야

연번	관측요소	활용분야
1	이산화탄소, 메탄	한국 정지궤도 환경위성 검증
2	이산화탄소, 메탄, 아산화질소	농업
3	이산화탄소, 메탄, 아산화질소	농업, 환경
4	이산화탄소, 메탄, 아산화질소	온실가스 모델구동
5	이산화탄소, 메탄, 오존	기후/기상 모델 입력자료 활용
6	이산화탄소, 오존, PM ₁₀	CO-BENEFIT 정책 수립
7	이산화탄소, 오존	생태
8	이산화탄소	기후변화 정책, 기업동향 파악
9	메탄	농림지역의 온난화 지수 연구분야
10	온실가스(직간접)	적응, 보건, 환경, 보안 등
11	자외선, 오존, 라돈	환경탐재체(GEMS)와의 연계 오염물질의 장거리 이동 연구에 활용
12	성층권오존, 오존, 라돈	환경
13	성층권오존, 오존, 수증기	기후변화 모델링
14	성층권오존, 오존, 수증기	기후변화 모델링, 대기화학반응
15	성층권오존, 오존	환경, 기후변화 적응
16	PM _{1.0}	대기환경
17	PM ₁₀	보건, 환경
18	PM ₁₀ , 오존농도	보건, 환경
19	PM ₁₀ , 오존농도	보건, 환경
20	PM ₁₀ , PM _{2.5}	보건, 환경
21	PM ₁₀ , PM _{2.5} , 오존, 수증기, 자외선	보건, 기후과학
22	PM _{2.5} , 라돈(²²² Rn)	대기화학(장거리 수송 오염물질)
23	오존, 자외선	보건
24	오존, 수증기, 에어로졸, 지표오존	기후변화 과학, 보건
25	자외선	보건, 환경 등

* 응답자 Base : 해당질문 응답자(n=25)

나. 장기적 변동 분석이 필요한 관측요소와 그 이유

기상청은 앞으로의 기후변화에 대응하기 위하여 이산화탄소, 오존, 자외선 등 주요 기후변화감시 측정요소의 장기적 변동을 분석하여 국민들에게 서비스하고자 계획하고 있다. 응답자들에게 장기적 변동 분석이 필요한 측정요소와 그 이유에 대해 조사한 결과, 20명의 응답자가 의견을 제시하였다. 예를 들어, 오존두께나 농도에 대한 분석이 필요하다고 응답한 사람은 오존층이 지구에서 매우 중요한 역할을 하고 농도는 계절별로 다르기 때문이라고 의견을 말하고 있다.

대부분의 응답자들이 '이산화탄소', '메탄' 등 측정요소에 관해서 장기적 변동 분석이 필요함을 응답하였으며 그 이유는 '이산화탄소'와 '메탄'이 다른 측정요소들 보다 중요도가 높기 때문일 것으로 판단된다.

<표 3-43> 장기적 변동 분석이 필요한 관측요소와 그 이유

연번	장기적 변동 분석이 필요한 관측요소	그 이유
1	이산화탄소, 메탄	-
2	이산화탄소, 메탄, 아산화질소	-
3	이산화탄소, 메탄, 오존전량, 에어로솔, 오존층 파괴물질	-
4	이산화탄소, 메탄, 자외선, 오존	-
5	이산화탄소	-
6	국내 및 국외의 온실가스 6종에 대한 장기변동	기후변화감시 및 배출량 완화 정책의 효과
7	온실가스 농도	-
8	온실가스 농도	국가 온실가스 인벤토리 산정방법 개선에 활용
9	온실가스 농도	-
10	이산화황, 질산화물, PM ₁₀ , PM _{2.5} , 라돈(²²² Rn)	중국에서 발생하여 장거리 수송되는 대기오염물질이 한반도 대기질에 미치는 영향 연구
11	오존, 자외선, PM ₁₀ , PM _{2.5}	-
12	자외선, 성층권 오존	-
13	자외선 관측요소	대기중의 운량과 에어로졸광학두께에 따라서 값이 다르게 나타나기 때문에
14	오존두께	오존층은 지구에서 매우 중요한 역할을 하므로
15	오존농도	계절별로 달라지기 때문에
16	이산화탄소, 오존, 자외선, 에어로졸	에어로졸의 경우, 미세먼지 자료를 장기간 관측하고 있으나 그것의 화학적 조성은 이벤트성으로만 관측되어왔음. 이를 장기적으로 살펴보면 분명 큰 도움이 될 것이라 생각됨
17	미세먼지를 포함한 미량물질 농도	-
18	온도	따로따로 찾아서 보기 힘들어서
19	대류권 오존	-
20	측정기간이 충분한 자료에 대해서는 측정기간이 충분한 자료에 대해서는 가능한 많은 데이터에 대해 장기적 변동 분석을 수행하는 것이 필요함, 또는 대국민 서비스가 아니라도 논문을 통해 발표하는 방법도 필요함	가능한 많은 데이터에 대해 장기적 변동 분석을 수행하는 것이 필요함, 또는 대국민 서비스가 아니라도 논문을 통해 발표하는 방법도 필요함

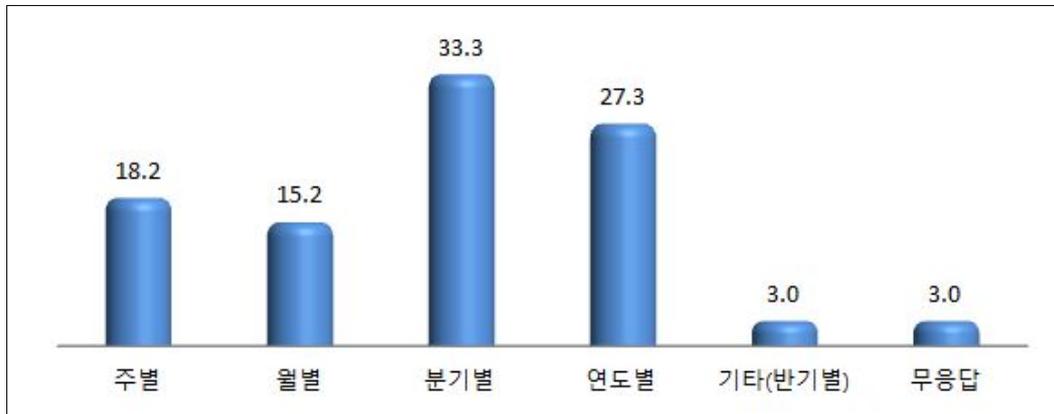
* 응답자 Base : 해당질문 응답자(n=20)

다. 장기 변동 분석 자료의 적절한 발간 주기

향후 기후변화감시 관측요소의 장기 변동 분석에 대한 자료가 발간될 경우, 적절한 발간 주기로 ‘분기별’(33.3%)이 가장 많이 선호되었다. ‘연도별’ 발간을 선호하는 의견도 27.3%로 분기별 다음으로 나타났다. 그 외에 주별/월별에 대한 선호 의견도 각각 18.2%, 15.2%를 보이고 있다.

<그림 3-13> 장기 변동 분석 자료의 적절한 발간 주기

(단위: %)



* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

응답자 소속별로 살펴보면, 학계의 경우 기관보다 ‘주별’ 혹은 ‘월별’과 같이 비교적 짧은 주기에 대한 응답 비율이 더 높고, 기관의 경우에는 이와 달리 ‘분기별’, ‘연도별’과 같이 상대적으로 긴 주기에 대한 응답 비율이 더 높게 나타났는데 이유는 학계의 경우에는 연구 목적이 강하기 때문이라 판단되어 진다. 소속별로 추구하는 목적이 다르기 때문에 장기 변동 분석 자료에 대한 적절한 발간 주기가 다르게 나타났다고 보인다. 향후 학계 및 기관의 원하는 발간 주기가 다르므로 주기를 달리하여 제공할 필요가 있다.

<표 3-44> 장기 변동 분석 자료의 적절한 발간 주기

구 분	응답자 수	주 별		월 별		분기 별		연도 별		기타 (반기 별)		무응답		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체	33	18.2	6	15.2	5	33.3	11	27.3	9	3.0	1	3.0	1	
소 속	학 계	19	26.3	5	21.1	4	26.3	5	21.1	4	0.0	0	5.3	1
	기 관	14	7.1	1	7.1	1	42.9	6	35.7	5	7.1	1	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

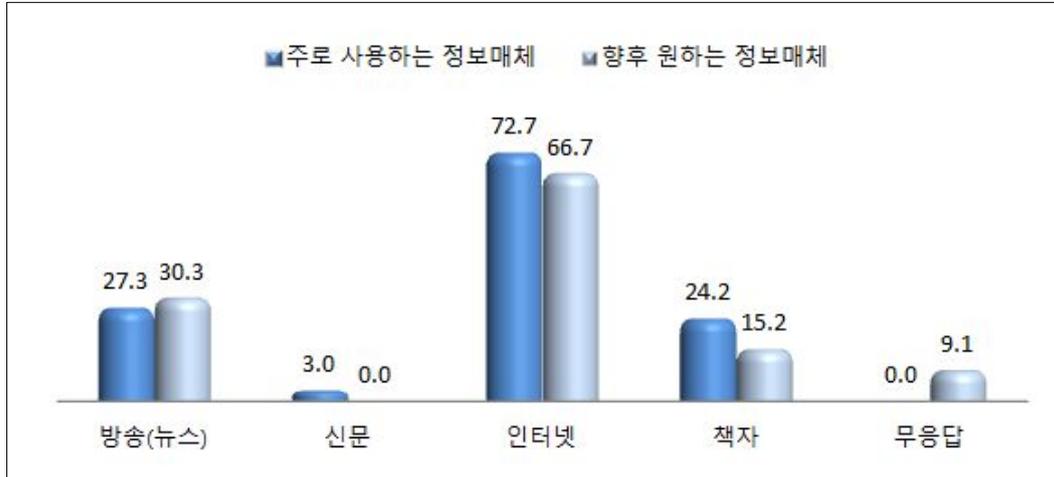
라. 주로 사용하는 정보매체 및 향후 원하는 정보매체

본 조사에 참여한 전문가들은 주로 ‘인터넷’(72.7%)을 통해 관측요소에 대한 정보를 접하고 있으며, 향후에도 정보 제공방법은 ‘인터넷’(66.7%)을 통해 제공받기를 원한다. 그 다음으로 제공 방법 매체로는 ‘방송(뉴스)’, ‘책자’, ‘신문’ 순으로 현재와 미래 모두 선호되는 정보매체임을 알 수 있다.

따라서 학계 및 기관에서 주로 이용하고 있거나 제공 받기를 원하는 정보매체는 인터넷을 선호함을 알 수 있다. 향후 인터넷을 이용하여 자료를 편리하게 접근할 수 있도록 홍보 및 정보를 제공해야 할 필요가 있다.

<그림 3-14> 주로 사용하는 정보매체 및 향후 원하는 정보매체 [중복응답]

(단위: %)



* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

<표 3-45> 주로 사용하는 정보매체 [중복응답]

구 분	응답자 수	방송 (뉴스)		신문		인터넷		책자		무응답		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체	33	27.3	9	3.0	1	72.7	24	24.2	8	0.0	0	
소 속	학계	19	26.3	5	0.0	0	73.7	14	26.3	5	0.0	0
	기관	14	28.6	4	7.1	1	71.4	10	21.4	3	0.0	0

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

<표 3-46> 향후 정보를 제공받기 원하는 정보매체 [중복응답]

구 분	응답자 수	방송 (뉴스)		신문		인터넷		책자		무응답		
		%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
전 체	33	30.3	10	0.0	0	66.7	22	15.2	5	9.1	3	
소 속	학계	19	36.8	7	0.0	0	68.4	13	15.8	3	5.3	1
	기관	14	21.4	3	0.0	0	64.3	9	14.3	2	14.3	2

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=33)

마. 기타 의견

설문문항 외에 관측요소에 대한 추가적인 의견은 <표 3-47>와 같다. 응답자중 대다수가 기후변화감시 관련 자료에 대한 홍보 및 접근 용이성을 요구하는 의견을 제시하였다. 학계나 기관에서 연구나 업무의 목적으로 자료에 대한 접근성을 편리하게 원하는 의견과 국민들이 기후변화에 대한 경각심을 알게 하도록 해야 한다는 의견이 나타나 있음을 알 수 있다. 또한, 홈페이지를 한 눈에 볼 수 있게 개선해야 한다는 의견도 보이고 있다.

<표 3-47> 기타 의견

구분	기타 의견
자료 접근성 및 활용성 향상 필요	- 자료 및 관측요소, 자료 처리방법에 대해 유관기관 간 긴밀한 공조가 이뤄지면 좋겠음
	- 자료의 신뢰도를 파악할 수 있는 정보를 제공하여 자료 활용성을 더 높이면 좋겠음
	- 관측되는 자료가 최대한 활용될 수 있도록 자료 이용방법에 대한 안내가 필요
	- 관측자료 이용이 최대한으로 가능하면 좋겠음. 위탁관측소 기관 간에 연구 자료를 공유할 수 있는 센터나 공유 서버가 마련되었으면 함
	- 정보를 제공받을 수 있는 방법(관련 사이트/오프라인 절차 등)을 모은 책자나 문서가 있으면 자료의 활용도가 더 많아질 것
	- 이것들의 존재도 모르거나 자료를 구할 수 없어 활용되지 못하는 경우가 많은 것으로 생각됨. 가능하면 실시간, 아니면 최소한 측정 한 달 이내에 모든 자료를 활용할 수 있도록 힘써 주시길 바람
	- 또한 공개 자료는 인터넷을 통해 바로바로 접근이 가능해야 한다고 생각함. 전화, 공문 등의 복잡한 절차가 아니라 언제 어디서든 바로 접근 가능하도록 개선이 필요하다고 생각함
추가 필요한 자료 및 공개 방법	- 홍보가 안 되는 것 같음
	- 국민들이 기후변화를 피부로 느끼고 기후변화에 대응해야한다는 경각심을 느끼도록 감시결과를 비롯한 관련성과들을 보다 적극적으로 홍보했으면 함
	- 자료의 활용에 있어 일반 국민들과 연구자들이 이용하는 자료와 이용목표 등이 확연한 차이가 남. 연구자들은 많은 데이터가 필요한데 접근하는데 많은 한계가 있는데, 이 부분을 고려하여 활용도를 높이는 것에 고민이 필요함
	- 대기 에어로졸의 화학조성 변화에 따른 기후변화 기여도 평가를 위해 에어로졸 조성분석 데이터 축적이 필요함
	- 특히 최근에 심화되고 있는 중국의 고농도 연무 에어로졸이 한반도 기후변화에 미치는 영향을 평가하기 위한 연구가 필요함. 중국은 장기적으로 총 188기의 원전 건설을 계획하고 있으며, 방사능물질 상시 모니터링시스템 구축을 검토해 볼 필요가 있음.
기타	- 최근 기상위성의 발사와 더불어, 위성자료의 장기자료와 그 추세 변동 자료도 같이 포함되면 좋겠음
	- 감시자료 및 변화가 기상청 홈페이지를 통해 한눈에 볼 수 있으면 함
	- 관측환경개선을 통한 더욱 정확한 데이터 수집 후 배포
	- 기후변화 감시 관측소의 수와 측정장비를 지속적으로 확대하기를 바람
	- 감시방법론에 대해 정확한 명시가 필요

* 응답자 Base : 해당질문 응답자(n=14)

제 4 절. 잠정 사용자 설문조사 결과

1. 기후변화감시 관측요소의 이용경험

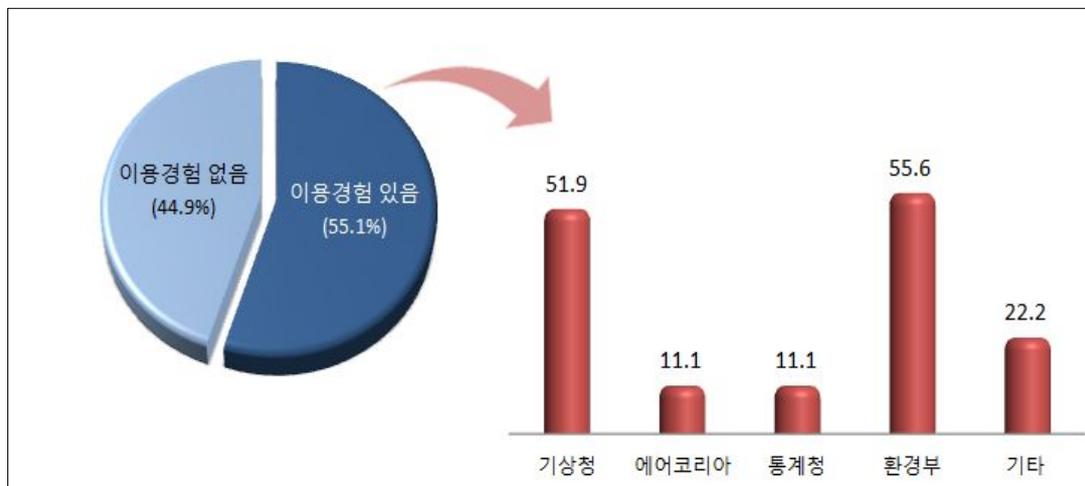
가. 기후변화와 관련된 자료의 이용경험

(1) 기후변화와 관련된 자료의 이용경험

기후변화와 관련된 자료를 이용해 본 응답자는 전체 49명 중 27명(55.1%)으로 조사 되었다. <그림 3-15>은 이용경험이 있는 응답자들은 주로 ‘환경부’(55.6%)와 ‘기상청’(51.9%)을 통해 자료를 수집하는 것으로 나타난 비율을 보여주고 있다. 기타 자료 수집 경로의 대상으로는 에너지경제연구원, 농촌진흥청, 국가기후변화적응센터, 산림청 등이 있다.

<그림 3-15> 기후변화와 관련된 자료의 이용경험 및 수집경로

(단위: %)



* 응답자 Base : 전체 응답자(n=49)

* 기타 : 에너지경제연구원, 농촌진흥청, 국가기후변화적응센터, 산림청

<표 3-48> 기후변화와 관련된 자료의 이용경험 및 수집경로

구분		전체	
		%	N
응답자 수		100.0	49
이용경험 없음		44.9	22
이용경험 있음		55.1	27
수집 경로 [중복응답]	기상청	51.9	14
	에어코리아	11.1	3
	통계청	11.1	3
	환경부	55.6	15
	기타	22.2	6

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=49)

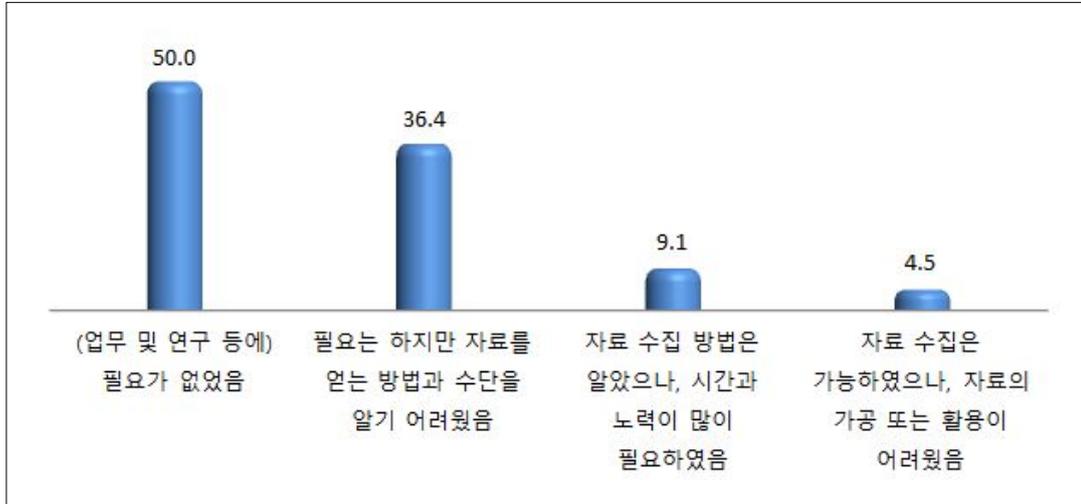
* 기타 : 에너지경제연구원, 농촌진흥청, 국가기후변화적응센터, 산림청

(2) 기후변화와 관련된 자료의 이용경험이 없는 이유

기후변화와 관련된 자료를 이용해 본 적이 없는 22명을 대상으로 그 이유에 대해 조사한 결과, 50.0%가 ‘필요가 없어서’ 이용해 본 적이 없다고 응답하였다. 또한, <그림 3-16>에서는 ‘필요는 하지만 자료를 얻는 방법과 수단을 알기 어려웠음’의 이유가 36.4%로 높게 나타나며, 이와 관련한 적극적인 홍보 및 안내가 필요함을 볼 수 있다. 자료 수집은 하였지만 자료의 활용면에서 어려움을 겪는 이용자도 존재함을 알 수 있다.

<그림 3-16> 기후변화와 관련된 자료의 이용경험이 없는 이유

(단위: %)



* 응답자 Base : 기후변화와 관련된 자료의 이용경험이 없는 응답자(n=22)

다음 <표 3-49>에서는 ‘자료를 얻는 방법과 수단을 알기 어려웠거나(8명), ‘자료 수집 방법은 알았으나, 시간과 노력이 많이 필요해서(2명),‘ 이용경험이 없었던 경우의 응답자 수를 나타내고 있으며, 만약 기후변화 관련 자료의 수집이 용이해진다면 향후 업무나 연구 등에 사용할 의향이 100% 있는 것으로 조사되었다. 기후변화감시통계는 WMO 지구대기감시 과학 프로그램의 일환으로 수행되고 있다. 현재 제공되고 있는 관측자료를 적극 업무나 연구에 활용하는 사용자 수는 적지만, 향후 다양한 대중매체(TV, 인터넷, 신문, 모바일 등)에 의해 관측요소에 대한 홍보가 많아진다면 업무 및 연구에 필요 없다고 응답하는 사용자들의 수가 줄어들 것으로 보인다. 관측요소가 필요하지만 자료에 대한 접근방법이나 수단을 몰라서 사용하지 못한 경우에는 사용자들이 쉽게 자료에 접근을 할 수 있도록 홍보를 한다면 사용자 수도 증가 할 것으로 사료된다.

<표 3-49> 기후변화와 관련된 자료의 이용경험이 없는 이유

구분	전체	
	%	N
응답자 수	100.0	22
(업무 및 연구 등에) 필요가 없었음	50.0	11
필요는 하지만 자료를 얻는 방법과 수단을 알기 어려웠음	36.4	8
자료 수집 방법은 알았으나, 시간과 노력이 많이 필요하였음	9.1	2
자료 수집은 가능하였으나, 자료의 가공 또는 활용이 어려웠음	4.5	1

* 응답자 Base : 기후변화와 관련된 자료의 이용경험이 없는 응답자(n=22)

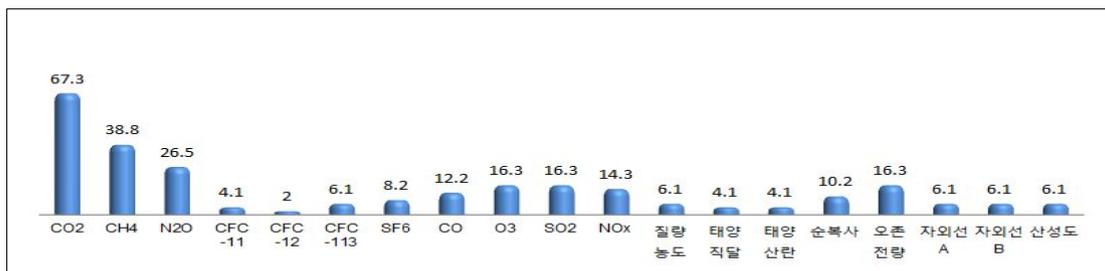
나. 사용하거나 필요했었던 기후변화감시 관측요소

현재 기상청에서 제공하고 있는 21가지 기후변화감시 관측요소 중 업무 또는 연구 등의 목적으로 사용하거나, 필요했던 관측요소로 ‘이산화탄소’(67.3%)가 가장 많이 차지하고 있으며. 그 다음으로는 ‘메탄’, ‘아산화질소’ 순으로 온실가스에 대한 수요가 많은 편을 보이고 있다. ‘오존’, ‘이산화황’, ‘오존전량’은 16.3%의 비율을 보이고 있다.

현재 연구나 업무의 목적으로 ‘이산화탄소’, ‘메탄’의 이용률이 제일 높게 나타났는데, 이산화탄소나 메탄 뿐만 아니라 다른 측정요소에 대한 정보를 제공하여 관심도를 높일 필요가 있다고 사료된다.

<그림 3-17> 사용하거나 필요했었던 기후변화감시 관측요소 [중복응답]

(단위: %)



* 응답자 Base : 전체 응답자(n=45)

* 무응답(14.3%)은 그래프에 표시하지 않음

<표 3-50> 사용하거나 필요했었던 기후변화감시 관측요소 [중복응답]

구분		전체	
		%	N
응답자 수		-	49
온실가스	이산화탄소	67.3	33
	메탄	38.8	19
	아산화질소	26.5	13
	염화불화탄소-11	4.1	2
	염화불화탄소-12	2.0	1
	염화불화탄소-113	6.1	3
	육불화황	8.2	4
반응가스	일산화탄소	12.2	6
	오존	16.3	8
	이산화황	16.3	8
	질산화물	14.3	7
에어로졸	질량농도	6.1	3
대기복사	태양직달	4.1	2
	태양산란	4.1	2
	태양상하향	0.0	0
	지구상하향	0.0	0
	순복사	10.2	5
오존전량	오존전량	16.3	8
	자외선-A	6.1	3
	자외선-B	6.1	3
강수화학	산성도	6.1	3
무응답		14.3	7

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=49)

다. 이해하기 어려운 용어(명칭) 및 개선방향

기후변화감시 관측요소에 대한 정보는 일반인들에게는 어렵게 느껴질 것이라는 의견이 대다수였다. 이는 관측요소의 화학식 표기 및 ‘태양 상하량’, ‘태양직달’ 등 직관적으로 이해하기 힘든 용어를 사용하기 때문이다. 이에 대해 관측요소에 대한 한글로의 표기와 함께 용어에 대한 설명이 함께 주어져야 한다는 많은 의견이 제시되어 있다. 향후 일반인들이 관측요소에 대한 용어를 쉽게 이해할 수 있도록 대중매체(인터넷, 신문, TV 등)를 활용한 홍보가 이루어져야한다. 관측요소 표기를 화학식으로 제공할 수밖에 없는 경우에는 용어에 대한 주석을 이용하거나 설명집을 따로 제작하여 제공하는 방안도 검토할 필요가 있다. 예를 들면, 기후변화감시 관측요소명 중에서 대기복사 상하향이란 단어는 상향과 하향의 줄임말 표현인지 정확한 의미가 기술되어야 한다고 사료된다.

<표 3-51> 이해하기 어려운 용어(명칭) 및 개선방향

연번	어려운 용어(명칭)	개선방향
1	- 태양직달 - 태양 상하향	- 직달태양 복사 - 태양 상하향 복사
2	- 순복사	- 태양/지구복사
3	- 에어로졸 - 강수화학	- 고액체 미세입자 분산층 - 강수화학은 무슨 뜻인지 모르겠음
4	- 질량농도, 태양직달, 태양 상하향, 지구 상하향, 오존전량	- 주석을 삽입하여 용어 설명 필요
5	- 자외선-A, 자외선-B	- 개선할 필요 있음
6	- 태양 상하량, 지구 상하량, 오존전량	- 개선할 필요 있음
7	- 태양 상하량, 지구 상하량	- 개선할 필요 있음
8	- 태양 상하량	- 개선할 필요 있음
9	- 태양직달, 태양산란, 자외선-A, 자외선-B	- 개선할 필요 있음
10	- 태양직달, 태양산란 등	- 공무원 및 국민들이 이해하기 쉽게 용어 수정
11	- 대기복사 상하향	- 대기복사에서 상하향의 개념은 상향과 하향을 같이 표기하는 용어인지 혼돈
12	- 화학식이 일반인들에게는 어려움	- 화학식과 화학물질명 동시제시
13	- 화학식이 일반인들에게는 어려움	- 화학식으로 기재된 화학물질의 경우 한글명을 병행 표기
14	- 화학식이 일반인들에게는 어려움	- 일반인이 원소기호를 알지 못하므로 알기 쉽게 한글로 풀어서 표현해주면 이해하기 쉬울 듯 함
15	- 화학식이 일반인들에게는 어려움	- 용어 옆에 간단한 설명 필요
16	- 모든 용어가 일반인들에게는 어려움	- 첨부에 보다 구체적인 설명을 추가하면서 용어에 추가적인 단어를 하나씩 부가하는 것이 좋겠음 - 예를 들면 "온실가스(기후변화 유발물질)"등으로 개선
17	- 온실가스와 반응가스를 제외하고는 전부 이해하기 어려움	- 개선할 필요 있음

* 응답자 Base : 해당질문 응답자(n=17)

2. 기후변화감시 관측요소 향후 활용

가. 향후 유용하게 활용될 분야

기후변화와 관련된 자료들이 향후 ‘환경분야(배출권거래 등)’에 유용하게 활용될 것이라는 의견이 59.2%를 보이고 있다. 그 외에도 ‘보건분야’, ‘농어업 및 산림분야’ 등 여러 산업 전반에 유용한 영향을 끼칠 것으로 기대하고 있다는 의견이 제시 되었다. 그 외에 ‘축산분야’, ‘레저분야’ 등에서 활용이 가능하다고 응답하였다.

<표 3-52> 기후변화와 관련된 자료들이 향후 유용하게 활용될 분야 [중복응답]

구분	전체	
	%	N
응답자 수	-	49
환경분야(배출권거래 등 포함)	59.2	29
보건분야	18.4	9
농어업 및 산림분야	10.2	5
축산분야	2.0	1
레저분야	2.0	1
방재분야	2.0	1
과학분야	2.0	1
금융분야	2.0	1
산업전반	2.0	1
무응답	18.4	9

* 응답자 Base : 전체 응답자(n=49)

나. 장기적 변동 분석이 필요한 관측요소와 그 이유

기상청은 앞으로의 기후변화에 대응하기 위하여 이산화탄소, 오존, 자외선

등 주요 기후변화감시 관측요소의 장기적 변동을 분석하여 국민들에게 서비스하고자 계획하고 있다. 응답자들에게 장기적 변동 분석이 필요한 관측요소와 그 이유에 대해 조사한 결과, 대부분의 응답자들이 생태계 보호 및 보전적 측면 등의 이유로 온실가스 관측요소들을 장기적으로 분석할 필요가 있다고 의견을 제시하였다. 또한 산성화 정도 및 산성비 일수에 대한 의견도 다수 나타난 것을 볼 수 있다. 기후변화에 대한 관심이 높아지는 상황에서 향후 장기 변동 분석에 필요한 관측요소를 제공하는 방법으로 다양한 대중매체(방송, 인터넷, 모바일 등)를 이용하도록 권장한다. 생태계 보호 및 온실가스 등에 대한 관측요소들은 장기적인 자료 수집이 이루어지고 난 후에 분석되어야 한다. 그 이유는 축적된 관측자료를 통해 향후 기후변화의 변동에 대비할 수 있는 방안을 미리 준비할 수 있기 때문으로 사료된다.

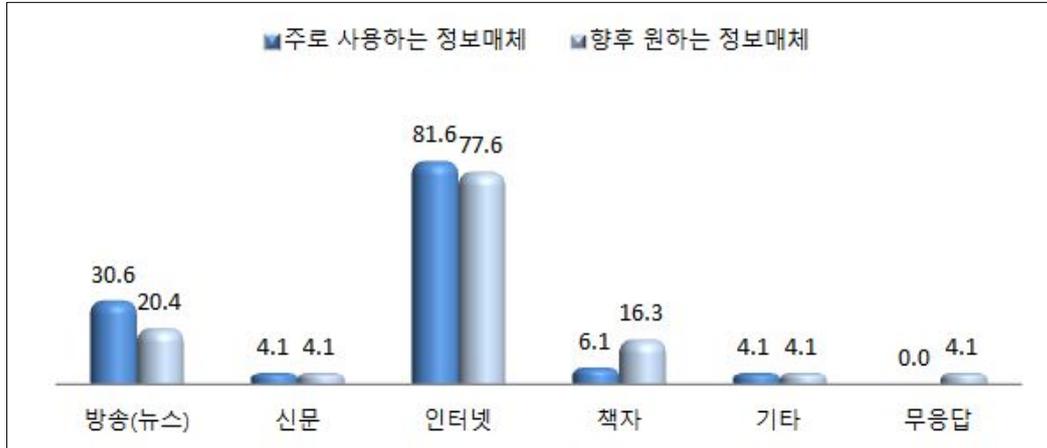
다. 주로 사용하는 정보매체 및 향후 원하는 정보매체

본 설문 조사에 참여한 전문가들은 주로 ‘인터넷’(81.6%)을 통해 정보를 접하고 있으며, 향후에도 대다수의 응답자들은 ‘인터넷’(77.6%)을 통해 정보를 제공받기를 원하고 있음을 알 수 있다. 그 다음으로는 ‘방송(뉴스)’, ‘책자’, ‘신문’ 순으로 현재와 미래 모두 정보 제공 방법으로 선호되는 정보매체를 보이고 있다. 한편 기타 의견으로는 스마트 기기의 사용 증가량에 따라서 모바일을 이용한 정보매체를 원하는 의견도 나타내고 있다.

따라서 학계 및 기관에서 주로 이용하고 있거나 제공 받기를 원하는 정보매체는 인터넷을 선호함을 알 수 있다. 향후 인터넷을 이용하여 자료를 편리하게 접근할 수 있도록 홍보 및 정보를 제공해야 할 필요가 있다.

<그림 3-14> 주로 사용하는 정보매체 및 향후 원하는 정보매체 [중복응답]

(단위: %)



- * 응답자 Base : 전체 응답자(n=49)
- * 기타 : API, 트위터, 모바일 디바이스

<표 3-53> 주로 사용하는 정보매체 및 향후 원하는 정보매체 [중복응답]

구분		전체	
		%	N
응답자 수		-	49
(1) 주로 사용하는 정보매체	방송(뉴스)	30.6	15
	신문	4.1	2
	인터넷	81.6	40
	책자	6.1	3
	기타	4.1	2
(2) 향후 정보를 제공받기 원하는 정보매체	방송(뉴스)	20.4	10
	신문	4.1	2
	인터넷	77.6	38
	책자	16.3	8
	기타	4.1	2.0
	무응답	4.1	2

- * 응답자 Base : 전체 응답자(n=49)
- * 기타 : API, 트위터, 모바일 디바이스

라. 기타 의견

설문문항 외에 추가적으로 제시한 의견은 아래와 같이 나타내고 있다. 기후변화감시 관련 자료에 대한 적극적인 홍보가 필요하고, 기후변화 관련자료를 활용하기 위해 이용자들의 접근성을 향상 시킬 필요가 있으며, 기후변화에 대한 국민들의 경각심 및 대처방안에 대한 홍보가 필요하다고 제시하였다. 그 외에 자료에 대한 정확도 향상 및 기관끼리의 협력이 필요하다는 의견도 보여주고 있다.

<표 3-54> 기타 의견

구분	기타 의견
적극적인 홍보 필요	<ul style="list-style-type: none"> - 적극적인 홍보가 필요 - 홍보 필요 - 통계라고 하면 기본적으로 통계청 또는 관련 정부부처 홈페이지 부터 검색하게 됨 - 온실가스 또는 기후 변화측정 자료를 기상청에서 별도의 사이트를 이용하여 관리하고 있다는 것을 금번 설문을 통해 알게 되었음 - 온실가스 또는 기후변화 관련 방대한 측정자료가 잘 관리되고 있다는 것을 국민들에게 잘 홍보하였으면 함
자료의 접근성 향상 필요	<ul style="list-style-type: none"> - 책자와 함께 인터넷으로 원본 파일 제공 필요 - 기후변화감시 관련 자료를 일반 국민들이 이해하거나 쉽게 모바일 앱 등을 개발하는 노력이 필요함 - 기상청 및 관계기관의 다양한 홈페이지들에서 기후변화감시 관련 자료 및 관측요소 자료들을 쉽게 접할 수 있도록 접근성을 높였으면 함 - 좀 더 정보에 접근이 쉬워야 많은 사람들이 활용할 수 있지 않을까 싶음 - 자주 찾아보기 힘들고 자료 활용에 어려움을 주는 요소가 무엇인지 파악하여 대중적으로 노출이 잘되는 형태면 좋겠음 - 기후변화 정보센터의 홈페이지가 국립환경과학원 외부망에서 원활하게 사용되지 않았고 현재도 원활하지 않음 - 홈페이지를 원활하게 할 필요성이 있으며, 국립환경과학원과 원활한 업무 협조 필요
기후변화에 대한 경각심 및 대처방안 홍보	<ul style="list-style-type: none"> - 일반인 입장에서는 기후변화에 대한 인지도가 그렇게 높지 않기 때문에 많은 홍보 및 안내로 심각성을 알려야 할 듯 함 - 기후변화에 따른 개인행동 외출시 주의사항 등 적극알림이 필요 - 방송이나 신문을 통해서 기후변화 측정결과를 정기적으로 발표 하는 장을 만들면 국민들로 하여금 기후변화를 보다 피부로 느낄 수 있는 계기가 될 것 같음 - 기후변화가 인류에게 미치는 영향을 흥미롭게 작성한 자료를 많이 보고 싶음 - 기후 경보상황(황사, 미세먼지 고농도)에서 어떻게 대처하면 좋은지 잘 알려주길 바람
추가 필요 자료	<ul style="list-style-type: none"> - 미세입자에 관한 자료가 추가되면 보건 분야에 더 많은 정보 제공이 가능 할 것임 - 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs) 추가 조사검토 - 보다 면밀한 자료 분석을 통해 예보의 정확도 향상에 조금 만 더 노력해주시길 바람
기타	<ul style="list-style-type: none"> - 기후변화정보센터(CCIC)는 대기 중 정보 외에도 해양, 토양 등을 망라 하는 전 지구적 또는 국내지역 기후변화 정보센터로 변모하길 바람 - 국립환경과학원과 중복되는 업무가 많아 협의를 통해 협력 혹은 분담이 필요함 - CCIC 외에 기후변화 감시센터 홈페이지도 원활히 운영되면 좋겠음 - 온실가스 배경농도 측정에 관한 기술 노트가 보급되면 좋겠음

* 응답자 Base : 해당질문 응답자(n=19)

제 5 절 소결

본 조사에서는 설문지 제작시에 설문 조사의 응답률을 높이고 기후변화감시 관측요소에 대한 전문가들의 다양한 의견을 얻고자 ‘적극 이용자’와 ‘잠정 이용자’를 구분하여 설문지 제작을 진행하였으며, 추가로 응답자의 설문 문항에 대한 이해도를 높이기 위한 문항별 첨부 자료를 제작하였다. 또한 설문 조사 진행시 설문 대상자를 ‘적극 이용자’와 ‘잠정 이용자’로 구분하기 위해 <그림 3-4>과 같이 스크린 문항(응답 설문 유형 선정 질문지)을 제작하여 응답자에게 먼저 이 스크린 문항지를 보여주고 응답하는 패턴에 따라 적극 사용자와 잠정사용자로 구분하여 서로 다른 설문지(A 또는 B)에 응답하도록 하였다.

<그림3-4>의 스크린 문항지를 자세히 살펴보면, 기상청에서 매년 발간하는 “기후변화감시보고서” 책자나 기상청에서 운영 중인 “기후변화정보센터(CCIC)” 중 하나라도 최근 1년 이내에 업무에 사용한 경험이 있는 응답자는 적극 사용자로, 그 외에는 잠정 사용자로 분류하였다. 따라서 잠정 이용자는 기후변화 감시요소에 대해서 1년 이내에는 전혀 사용하지 않았거나 모르는 응답자로 정의하여 따로 작성한 설문지(B)에 응답하도록 하였다.

설문조사 대상 통계는 기후변화감시통계이며 조사 대상은 기후변화감시 측정자료를 이용하여 국가기후변화 정책수립이나 업무활용 관련성이 있는 기관들을 대상으로 하였으며, 그 결과 적극 사용자는 15개의 학계와 기관에서 33명이 응답하였으며, 잠정사용자는 17개의 학계와 기관(민관기관 1개 포함)에서 49명이 응답하였다.

한편, 본 설문조사는 기후변화 감시 측정요소의 이용실태, 기후변화 감시 측정요소의 중요도 및 만족도, 기후변화감시 측정요소의 개선방향을 알고자 하였으며, 사용자별 설문조사 결과에 대한 시사점은 다음과 같다.

먼저, 본 설문에서 조사된 만족도는 기상청에서 국가승인통계로 제공하는 21가지 관측요소에 대한 제공 방법이 만족스러웠는지 여부와 관측요소별 제공 정보가 다양하게 사용자들에게 만족을 주었는지 여부에 대하여 조사되었다. 기후변화감시 관측요소의 제공 방법에 대한 만족 여부 조사는 부록에 있는 설문지 문항 3번, 만족도는 국가승인통계로 제공하는 21가지 관측요소별로 제공되는 정보에 대해 사용자들이 만족하였는가를 알고자하는 설문지 문항은 5번과 6번 문항에 해당한다. 따라서 만족도에 대한 설문 결과를 해석 시 기후변화감시 관측자료의 제공방법의 만족도(문3)와 승인통계로 제공하는 21가지 관측요소별 제공정보에 대한 만족도(문5)로서 제공방법과 제공정보로 나누어서 관측요소의 만족도를 조사한 것으로 다음과같이 해석상의 약간의 차이가 있음을 유의해야한다.

관측요소별 제공정보에 대한 중요도와 만족도(문5)에서는 ‘이산화탄소’, ‘메탄’, ‘오존’, ‘이산화황’, ‘질산화물’은 중요도와 만족도가 모두 높은 것으로 나타났다. 적극사용자를 대상으로 조사한 결과를 살펴보면 중요도 부문에서 낮은 점수를 보이는 관측요소 ‘육불화황’과 ‘염화불화탄소-113’는 국가승인통계 21가지 항목에서 중요한 관측요소에 해당한다. 본 설문조사의 기후변화감시 관측요소 21가지 항목은 세계기상기구(WMO)에서 권고하는 관측요소이기 때문에 이미 중요도가 높은 관측요소들이다. 그러므로 설문에 응답한 이용자를 대상으로 조사한 결과 일부 관측요소의 중요도가 낮게 평가되었지만 본 설문조사에서의 중요도는 관측요소 활용도에 기반한 해석임을 유의하여야 한다. 한편, 중요도는 높으나 만족도가 낮은 측정요소인 ‘오존전량’과 ‘PM₁₀ 질량농도’의 만족도를 높이기 위해서 자료 제공 주기, 접근의 용이성, 다양한 제공매체 등 관측요소의 제공 방법에 대한 변화를 준다면 만족도면에서 높아질 것이다.

또한, 기후변화감시 관측요소의 제공 방법(문3)에 대한 만족도에서는 전체 33명의 응답자 중 대부분인 29명은 만족한다고 응답하였다. 만족하지 못한다

고 응답한 4명은 학계에 소속되어 있었는데 이들은 주기가 단축되어 제공되는 최신의 자료들을 연구에 신속하게 반영하여 향후 지구 온난화 등의 문제에 슬기롭게 대처하고자하는 학문적인 목적의식이 강하다고 사료된다. 따라서 이러한 요구를 충족시키기 위해서는 설문 내용을 반영하여 더 짧은 주기의 기후변화 감시 관측요소를 제공할 수 있다면 만족도면에서 향상될 것으로 기대된다. 그 외 추가적으로 자료를 업무 및 연구에 바로 이용할 수 있도록 가공하여 제공하는 방법, 관측 자료에 대한 상세한 정보를 제공하는 방법 등을 통해 사용자 만족도를 개선하는 방안을 고려해 볼 수 있다.

기후변화감시통계는 세계기상기구(WMO) 지구대기감시 과학 프로그램의 일환으로 수행하여 제공하고 있으나 이를 적극 업무나 연구에 활용하는 사용자 수는 적은 것으로 조사되었다. 또한 기후변화감시통계가 필요하지만 자료에 대한 접근방법이나 수단을 몰라서 사용하지 못한 경우도 많은 것으로 조사되었다. 이에 대해 향후 다양한 대중매체(TV, 인터넷, 신문, 모바일 등)를 통한 홍보가 이루어지면 업무 및 연구에 기후변화감시통계를 적극 활용하는 사용자의 수가 증가 할 것으로 보인다. 기후변화감시통계를 적극 활용하는 사용자 사이에서는 현재 연구나 업무의 목적으로 ‘이산화탄소’, ‘메탄’의 이용률이 제일 높게 나타났는데, 다른 측정요소에 대한 양질의 자료제공을 통해서도 관련 분야의 연구를 활성화 할 수 있을 것이다. 따라서 기상청에서 제공하는 기후변화감시 통계자료 및 관측자료에 대한 활용도를 높이기 위해서는 자료의 이용 및 접근 방법에 대한 홍보를 확대할 필요가 있다. 또한 활용도가 높은 사용자 및 연구자들의 자료 이용목적과 연구 활용 방향을 수집하고, 이에 맞추어 기후변화감시 통계자료 및 관측자료의 제공 방법을 개선할 필요가 있다고 사료된다.

한편, 본문 제 3 장 <표 3-37>에서 설문조사 결과 향후 기상청에서 국가승인통계로 제공하는 기후변화감시 관측요소 21가지 외에 제공을 원하는 관측요소로는 에어로졸 분야의 ‘PM_{2.5}’와 ‘PM₁₀’이었다. 응답자의 소속별 학계와

기관 모두에서 'PM_{2.5}'와 'PM₁₀'의 관측요소에 대한 추가로 제공 받고자 하는 의견이 높게 나타났다. 그러므로 국가승인통계로 제공되고 있는 21가지 관측요소 외에 추가로 에어로졸 분야의 관측요소 중 'PM_{2.5}'와 'PM₁₀'을 국가승인통계로 지정하는 방안에 대한 검토가 필요할 것이라 사료된다.

또한 기후변화 관측요소의 개선방향에 대한 의견으로는 기후변화감시 관측요소에 대한 정보가 일반인들에게는 어렵게 느껴질 것이라는 의견이 대다수였다. 이는 관측요소의 복잡한 화학식 표기 및 '태양 상하량', '태양직달' 등 직관적으로 이해하기 힘든 용어를 사용하기 때문이며 이를 개선하기 위해 관측요소에 대한 한글표기와 함께 용어에 대한 설명이 함께 주어진다면 좋을 것이다. 또한 제공되는 요소에 대한 자세한 설명이 덧붙여져야 하는데, 예를 들어 기후변화감시 관측요소명 중 '대기복사 상하량'이란 단어는 상향과 하향의 줄임말 표현인지 정확한 의미를 기술하는 방안을 검토해볼 필요가 있다.

제 3 장 결론 및 개선방안

제 1 절 서론

본 연구에서는 기후변화 감시 관측요소별 현황과 통계산출방법에 대한 국제적인 현황과 우리나라와의 비교분석을 하여 우리나라 기후변화 감시통계의 위치와 방향성을 검토하기 위하여 다음의 세 가지로 나누어서 연구를 수행하였다.

첫째, 기후변화감시 관련 주요 세계자료센터 소재 국가의 기후변화감시 관측요소별 현황과 통계산출 방법에 대한 문헌 및 사례를 수집하고 정리 분석하였다.

둘째, 기후변화감시통계 수요자 및 정보 활용 측면에서 우리나라의 기후변화감시 통계를 이용하는 주요기관 및 학계를 대상으로 실시한 설문 조사를 통하여 기후변화감시통계 요소의 활용빈도 및 향후 업무나 연구에 필요한 신규 기후변화감시통계 요소, 장기적 변동 분석이 필요한 통계요소에 대한 의견을 종합하여 분석하였다.

마지막으로, 주요 세계 자료 센터 (World Data Center; WDC) 기후변화감시 관측요소별 현황과 통계산출 방법의 비교분석과 국내의 기후변화 감시통계 이용자의 의견 수렴을 통한 통계공표항목(관측요소)의 적정성 검토 및 개선방안을 다음 절에서 제안하고자 한다.

제 2 절 통계공표항목에 대한 적정성 검토 및 개선방안

주요 세계자료센터 소재 국가의 기후변화감시 관측요소별 통계산출방법 현

황에 대한 사례 수집 결과와 국내 기후변화감시 관측자료를 사용하는 적극 사용자와 잠정사용자를 대상으로 의견을 수렴하여 분석한 결과를 통하여 현재 통계 공표 항목(관측요소)의 적정성 검토 및 개선방안을 제시하고자 한다.

1. 적정성 검토

현재 기상청에서 국가승인통계로 공표하여 제공 중인 21가지 기후변화감시 통계 관측요소는 지구대기감시(GAW)에서 권고하는 가이드라인을 따르고 있다.

또한 국내와 해외 주요 국가들의 지구급 관측소의 통계 제공 현황(<표 4-1> 참고)과 국내 기후변화 전문가들을 대상으로 진행한 설문조사의 결과를 통해 알 수 있듯이, 우리나라에서 국가승인통계로 공표하여 제공하는 기후변화감시통계 관측요소들은 이용자가 원하는 필수요소들을 제공하고 있으므로 대체로 국가통계 공표 항목으로써 적정하다고 사료된다.

다만, 통계 활용성 제고를 위하여 통계자료 제공 단위 확대, 미공표 항목 중 활용가능성이 높은 항목에 대한 추가 공표를 한다면 적정성은 더욱 향상될 것이라 본다.

2. 개선방안

가. 통계자료 제공 단위 확대

우리나라와 주요 세계자료센터 소재 국가의 기후변화감시 관측요소별 통계자료 제공을 살펴보면, 우리나라는 기상청의 기본관측소(안면도, 고산, 울릉도기후변화감시소)의 관측자료를 기초로 하여 기후변화감시 통계자료 생산과 공표를 하고 있으며, 주요 세계자료센터 소재 국가(일본, 캐나다, 미국, 독일, 노르웨이)들의 지구급 관측소에서는 지구대기감시(GAW) 프로그램의 세계자

료센터(World Data Center; WDC)를 통하여 통계자료를 제공하고 있었다.⁴⁾

<표4-1>은 우리나라 국가승인통계로 제공하고 있는 관측요소 21가지를 기준으로 하여 주요 세계자료센터 소재 국가의 지구급 관측소에서 통계자료 제공 현황을 비교한 표이다. <표4-1>에 의하면 주요 세계자료센터 소재 국가 지구급 관측소에서 통계자료 제공은 대부분 시/일/월/연 단위까지 제공하고 있었다. 그러나 현재 우리나라는 통계생산은 시/일/월/연 단위로 하고 있지만, 통계공표는 월/연 단위로 제공하고 있었다. 주요 세계자료센터 소재 국가의 지구급 관측소와 우리나라 안면도 기후변화감시소에서 공통적으로 통계자료를 제공하는 관측요소인 ‘이산화탄소’, ‘메탄’, ‘일산화탄소’, ‘오존’, ‘오존전량’에 대하여 관측요소별로 좀 더 살펴보면, ‘일산화탄소’의 경우 우리나라와 캐나다, 미국의 관측소에서는 월/연 단위로 제공하고 있으나, 일본, 독일, 노르웨이의 지구급 관측소에서는 시/일/월/연 단위의 자료를 제공하고 있는 것으로 나타났다. ‘메탄’의 경우 우리나라와 미국의 관측소에서는 월/연 단위로 제공하고 있고, 미국을 제외한 주요 선진국의 지구급 관측소에서는 시/일/월/연 단위의 자료를 제공하고 있다. ‘일산화탄소’의 경우 우리나라와 캐나다, 미국의 관측소에서는 월/연 단위로 제공하고 있고, 일본, 독일, 노르웨이의 지구급 관측소에서는 시/일/월/연 단위의 자료를 제공하고 있다. ‘오존’의 경우 우리나라에서 월/연 단위로 제공하고 있고, 주요 선진국의 지구급 관측소에서는 시/일/월/연 단위의 자료를 제공하고 있다. ‘오존전량’은 우리나라는 월/연 단위로 제공하고 있고 일본과 캐나다의 관측소에서는 일/월/연 단위로 제공을 하고 있으며 미국과 독일의 관측소에서는 시/일/월/연 단위의 자료를 제공한다.

-
- 4) 주요선진국의 경우 지구급 관측소 뿐만 아니라 일부 지역급 관측소도 조사하였으나, 본문에는 지구급관측소에 대한 자료만 수록하였고 지역급 관측소에 대한 조사 현황은 부록에 수록하였다.
 - 4) 주요선진국도 지역급 관측소에서 우리나라에서 제공하는 대부분의 관측요소를 제공하고 있다. 다만 본 연구에서는 주요 선진국의 지구급 관측소에서 제공되는 관측요소들과 우리나라 기후변화감시 기본관측소에서 제공하는 관측요소와 비교하였기 때문에 국가별 대표성에는 한계가 있다.

한편 우리나라의 기후변화감시통계 적극사용자를 대상으로 한 설문조사에서 측정요소의 제공주기에 대한 조사결과를 살펴보면, 응답자들은 온실가스 분야의 경우 시/일/월/연 단위로, 반응가스 분야 및 에어로졸 분야의 경우 시간단위의 통계자료를 제공받기를 희망하였다.

따라서 각 나라마다 관측소의 특성(관측방법 등)이 다르기 때문에 일률적으로 주요선진국과 우리나라를 비교하기에는 한계가 있으나, 통계활용성 제고를 위하여 설문조사 결과 및 해외 사례를 참고하여 우리나라에서 국가승인통계로 공표하고 있는 관측요소들의 통계자료를 시/일 단위까지 제공하는 것을 검토할 필요가 있다.

나. 활용가능성이 높은 미공표 항목 통계 추가방안

<표 4-2>는 기후변화감시 관련 총 40가지의 관측요소 중 우리나라에서 국가승인통계로 지정되어있는 기후변화감시 관련 21가지 관측요소를 제외한 현재 승인통계가 아닌 19가지 관측요소를 기준으로 하여 주요 세계자료센터 소재 국가 지구급 관측소에서의 통계자료 제공 현황을 비교하여 요약한 표이다. <표4-2>에 의하면 우리나라에서 기후변화감시 관련 승인통계로 공표하고 있지 않은 19가지 관측요소 중 에어로졸 분야의 관측요소인 ‘수농도’ 등 14개 요소에 대하여 나라별 차이는 있으나 주요 선진국의 지구급 관측소에서는 통계자료를 제공하고 있음을 알 수 있다. 그 중 ‘수농도’는 캐나다, 미국, 독일 등 3개국에서, ‘광학깊이’는 일본, 독일, 노르웨이 등 3개국에서 통계자료를 제공하고 있었다. 또한 제3장의 설문조사를 통해 우리나라 기후변화 감시통계 적극 사용자를 대상으로 하여 ‘기상청에서 공표하여 제공하고 있는 21가지 측정요소를 제외하고 제공받고 싶은 관측 요소’에 대해 조사한 결과를 살펴보면, ‘과장별 일사’, ‘PM_{2.5}’, ‘성층권오존 연직분포’, ‘PM_{1.0}’ 등의 순으로 통계자료를 제공받고 싶은 의향이 높은 것으로 나타났다.

따라서 통계의 활용성 제고를 위하여 미공표 항목 중 활용가능성이 높은 항목에 대한 추가 공표하는 것을 검토할 필요가 있다. 특히, 주요 세계자료 센터 소재 국가 지구급 관측소에서의 통계자료로 제공하고 있는 주요 항목인 ‘수농도’, ‘광학깊이’와 국내 설문조사에서 나타난 ‘PM_{1.0}’, ‘PM_{2.5}’ 등 주로 에어로졸 분야의 관측요소를 향후 우리나라 국가승인통계로 추진하는 방안 에 대한 검토가 우선 필요하다고 사료된다.

<표 4-1> 우리나라 기후변화감시통계 기준 해외 비교(계속)

분야	기후변화감시 관측요소	우리나라 ⁵⁾ 기후변화감시 관측요소 기준 해외 지구급 관측소 ⁶⁾ 기후변화감시 현황 [통계자료제공단위/통계/(관측소)]						
		우리나라		일본	캐나다	미국	독일	노르웨이
		통계자료 생산	통계자료 공표					
온실가스 (7)	CO ₂ (ppm)	시.일.월.년.연/ (안면도)	월.연/평균 (안면도)	시.일.월.년.연/ (Minamitorishima)	시.일.월.년/ (Alert)	시.일.월.년/평균 (Tutuila, Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	시.일.월.년/평균 (Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	시.일.월.년/평균 (Zeppelin Mountain)
	CH ₄ (ppb)	시.일.월.년.연/ (안면도)	월.연/평균 (안면도)	시.일.월.년.연/ (Minamitorishima)	시.일.월.년/평균 (Alert)	월.연/평균 (Tutuila, Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	시.일.월.년/평균 (Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	시.일.월.년/평균 (Ny Alesund, Zeppelin Mountain)
	N ₂ O (ppb)	시.일.월.년.연/ (안면도)	월.연/평균 (안면도)	-	월/평균 (Alert)	시.일.월.년/평균 (Tutuila, Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	시.일.월.년/평균 (Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	시.일.월.년/평균 (Ny Alesund)
	CFC-11 (ppt)	시.일.월.년.연/ (안면도)	월.연/평균 (안면도)	-	월/평균 (Alert)	시.일.월.년/평균 (Tutuila, Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	-	-
	CFC-12 (ppt)	시.일.월.년.연/ (안면도)	월.연/평균 (안면도)	-	월/평균 (Alert)	시.일.월.년/평균 (Tutuila, Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	-	-
	CFC-113 (ppt)	시.일.월.년.연/ (안면도)	월.연/평균 (안면도)	-	월/평균 (Alert)	시.일.월.년/평균 (Tutuila, Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	-	-
	SF ₆ (ppt)	시.일.월.년.연/ (안면도)	월.연/평균 (안면도)	-	월/평균 (Alert)	시.일.월.년/평균 (Tutuila, Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	-	-
반응가스 (4)	CO (ppb)	시.일.월.년.연/ (안면도)	월.연/평균 (안면도)	시.일.월.년.연/ (Minamitorishima)	월/평균 (Alert)	월.연/평균 (Tutuila, Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	시.일.월.년/평균 (Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	시.일.월.년/평균 (Ny Alesund, Zeppelin Mountain)
	O ₃ (ppb)	시.일.월.년.연/ (안면도)	월.연/평균 (안면도)	시.일.월.년.연/ (Minamitorishima)	시.일.월.년/평균 (Alert)	시.일.월.년/평균 (Tutuila, Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	시.일.월.년/평균 (Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	시.일.월.년/평균 (Ny Alesund, Zeppelin Mountain)
	SO ₂ (ppb)	시.일.월.년.연/ (안면도)	월.연/평균 (안면도)	-	-	-	시.일.월.년/평균 (Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	-
	NO _x (ppb)	시.일.월.년.연/ (안면도)	월.연/평균 (안면도)	-	-	-	시.일.월.년/평균 (Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	시.일.월.년/평균 (Ny Alesund)

5) 우리나라는 WMO 지구대기감시 프로그램 권고에 따라 기후변화 원인물질의 감시업무를 수행하고 있으며 관측요소별 통계생산 및 공표를 수행하고 있음

6) 위 표에 제시한 해외(일본, 캐나다, 미국, 독일, 노르웨이) 지구급 관측소 기후변화감시 현황은 우리나라 기후변화감시 관측요소를 기준으로 해외 지구급 관측소에서 WMO 세계자료센터에 제공하는 통계생산 자료임. 다만 해외 국가별로 빈칸 처리된 요소들은 해당 국가의 타 관측소에서 관측이 수행될 수 있음

<표 4-1> 우리나라 기후변화감시 통계 기준 해외 비교

분야	기후변화감시 관측요소	우리나라 기후변화감시 통계 관측요소 기준 해외 지구급 관측소 기후변화감시 현황 [통계자료제공단위/통계/관측소]						
		우리나라		일본	캐나다	미국	독일	노르웨이
		통계자료 생산	통계자료 공표					
예어졸 (1)	PM ₁₀ 질량농도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	월·연/평균 /(안면도)	월·연/평균 (안면도)	-	-	-	시·일·월·연/평균 /(Hohenpeissenberg)	-
성층권/ 자외선 (3)	오존전량 (DU)	월·연/평균· 연표준편차 /(포항)	월·연/평균 /(포항)	일·월·연/ 평균 /(Alert)	일·월·연/평균 /(Tutuila, Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	시·일·월·연/평균 /(Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	시·일·월·연/평균 /(Ny Alesund)	-
	UV-A (mW/m^2)	월·연/평균 /(안면도)	월·연/평균 /(안면도)	-	-	-	시·일·월·연/평균 /(Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	-
	UV-B (mW/m^2)	월·연/평균 /(안면도)	월·연/평균 /(안면도)	-	-	-	시·일·월·연/평균 /(Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	-
대기 복사 (5)	직달일사 (W/m^2)	월·연/평균 /(안면도)	월·연/평균 /(안면도)	시·일·월· 연/평균 /(Minamit orishima)	-	-	시·일·월·연/평균 /(Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	-
	산란일사 (W/m^2)	월·연/평균 /(안면도)	월·연/평균 /(안면도)	시·일·월· 연/평균 /(Minamit orishima)	-	-	시·일·월·연/평균 /(Hohenpeissenberg)	-
	태양 상하향복사 (W/m^2)	월·연/평균 /(안면도)	월·연/평균 /(안면도)	시·일·월· 연/평균 /(Minamit orishima)	-	일·월·연/누적 평균(중 79개소)	-	시·일·월·연/평균 /(Ny Alesund)
	지구 상하향복사 (W/m^2)	월·연/평균 /(안면도)	월·연/평균 /(안면도)	-	-	-	-	-
	순복사 (W/m^2)	월·연/평균 /(안면도)	월·연/평균 /(안면도)	-	-	-	-	-
강화학 (1)	산성도 (pH)	일·월·연/ 자료수/평균 /(안면도)	월·연/평균 /(안면도)	일·월·연/ 평균 /(Minamit orishima)	-	-	일·월·연/평균 /(Hohenpeissenberg)	-
계	21	21	21	9	10	11	14	8

<표 4-2> 우리나라에서 공표하고 있지 않은 관측요소 기준 해외 비교

분야	기후변화감시 관측요소	우리나라에서 기후변화감시통계로 공표하고 있지 않은 관측요소 기준 해외 지구급 관측소 현황 [통계자료제공단위/통계/관측소]						
		우리나라		일본	캐나다	미국	독일	노르웨이
		자료생산	자료제공					
에어로졸 (13)	부피농도 (0.5~20 μm) (μm^3)	월.연/자료수, 평균,표준편차 최대값,최소값	-	-	-	-	-	-
	수농도 (0.01~0.5 μm) (개 m^{-3})	월.연/자료수, 평균,표준편차 최대값,최소값	-	-	시.일.월.연/평균 (Alert)	시.일.월.연/평균 (Tutuila, Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	시.일.월.연/평균 (Hohenpeissenberg)	-
	총수농도 (0.01~3 μm) (개 m^{-3})	월.연/자료수, 평균,표준편차 최대값,최소값	-	-	-	시.일.월.연/평균 (Mauna Loa, Trinidad Head, Barrow)	-	일.월.연/평균 (Zeppelin Mountain)
	TSP Mass/Ion	월.연/평균	-	-	월.연/평균 (Alert)	-	-	-
	PM ₁₀ Mass/Ion	월.연/평균	-	-	-	시.일.월.연/평균 (Mauna Loa)	-	-
	PM _{2.5} Mass/Ion	월.연/평균	-	-	-	-	-	-
	연직분포	시/일/평균	-	-	-	-	일.월.연/평균 (Hohenpeissenberg)	일.월.연/평균 (Ny Alesund)
	광산란계수 (Mm ⁻¹)	월.연/자료수, 평균,표준편차 최대값,최소값	-	-	시.일.월.연/평균 (Alert)	-	시.일.월.연/평균 (Hohenpeissenberg)	-
	광흡수계수 (Mm ⁻¹)	월.연/자료수, 평균,표준편차 최대값,최소값	-	-	시.일.월.연/평균 (Alert)	-	시.일.월.연/평균 (Hohenpeissenberg)	-
	광학PM ₁₀	월.연/평균	-	-	-	-	-	-
	광학PM _{2.5}	월.연/평균	-	-	-	-	-	-
	광학PM _{1.0}	월.연/평균	-	-	-	시.일.월.연/평균 (Mauna Loa, Barrow)	-	-
	광학깊이	월.연/평균	-	시.일.월.연/ 평균 (Minamit orishima)	-	-	시.일.월.연/평균 (Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	시.일.월.연/평 균 (Ny Alesund, Zeppelin Mountain)
성층권 자외선 (1)	성층권오존 연직분포	월.연/ 평균	-	-	-	-	일.월.연/평균 (Hohenpeissenberg)	일.월.연/평균 (Ny Alesund)
대기 복사 (1)	파장별 일사	시.일.월.연/평 균	-	-	일.월.연/평균 (Alert)	-	-	-
강수 화학 (2)	전기전도도 (μScm^{-1})	일.월.연/자료 수,평균	-	일.월.연/ 평균 (Minamit orishima)	-	-	-	-
	이온성분(9) (μeqL^{-1})	일.월.연/자료 수,평균	-	일.월.연/ 평균 (Minamit orishima)	-	-	-	-
기타 (2)	라돈 (²²² Rn)	-	-	-	시.일.월.연/ 평균/Alert	-	시.일.월.연/평균 (Hohenpeissenberg, Zugspitze-Gipfel)	-
	중층대기 수증기	-	-	-	-	-	-	-
계	19	19	-	3	6	4	7	4

* 단, 우리나라에서 기후변화감시통계 자료로 공표하지 않는 관측요소는 기본·보조·위
탁관측소 중 1개소 이상에서 관측한 요소임

제 5 장 기타 개선 의견

기후변화가 지구촌의 주요한 이슈가 되면서 기후변화 감시요소 관측에 대한 관심도 그 어느 때 보다 높다. 한국은 온실가스 배출량이 전세계 7위에 해당하며, 지정학적으로 세계 1위 배출국가인 중국과 한국의 2배에 가까운 배출량을 보이는 일본이 위치하여, 기후변화 감시요소의 관측 결과 효용성이 높은 환경을 갖추고 있다. 특히 우리나라 안면도 기후변화감시센터와 제주도 고산 관측소는 다량의 온실가스 배출 국가인 중국과 일본의 배출량을 감시할 수 있는 지정학적으로 매우 중요한 위치에 입지하고 있다. 따라서 그 자료를 활용한 연구를 보다 활성화시키고, 해외 주요국가의 기후변화 감시 자료센터와 비교분석하여 관측 과학 분야의 향상에서 몇 가지 개선할 여지가 있다.

1. 측정 과학의 중요성 인식 제고

측정 방법이나 자료 처리에 있어서 국내에서도 국제 표준을 따르고 있으나 관측 및 측정 자료 전문가의 부족으로 인하여 그 활용은 미비하다. 아울러 특히 대기과학 분야에서 관측 과학의 중요성을 간과하는 사회적 분위기를 일신해야할 필요성이 있다. 측정 과학은 물리, 화학과 기상학이 융합해야하는 대표적 학제간 연구 분야임과 동시에 자료 분석에 있어서 통계학과 수학이 대기과학과의 접목되어야하는 특성을 가지고 있다. 국내의 기후 자료 분석 및 해석 능력은 매우 높아 논문의 양과 질에서 세계적 수준이다. 하지만 기후 변화 과학의 기초 자료인 기후변화 감시를 위한 측정 과학은 상대적으로 매우 낙후되어 있기 때문에 온실가스 측정기기를 이해하고, 자료 처리에 대한 경험을 가진 전문가가 매우 부족한 상황이다. 미국은 1960년대 시작된

온실가스 측정으로 전 세계 온실가스 측정분야를 선도하고 있으며, 이를 기후변화 협상의 자국 이익 극대화를 위한 기초 자료로 활용하고 있다. 우리나라는 현재 이렇게 기후 분야 측정 분야의 낙후성으로 인하여 기후자료센터의 유치하지 못하고 지난 과거동안 기후 변화 과학을 주도하지 못하고 있다. 기후예측모형의 검증, 원격탐사의 검증과 지속가능한 사회 건설을 위한 대기환경의 주도권이 항상 직접 측정 자료에 있으며 고품질 자료의 확보가 매우 중요한 상황이다. 이러한 인식을 바탕으로 단기간의 경제성을 제공하지 않는다는 이유로 기후변화 측정 기술에 대한 지원 중단이 없어야 할 것이며, 장기적인 관점에서의 국가적 지원이 요구된다. 장기 기후 예측을 위한 전문가 회의와 같이, 기후변화 측정 전문가들이 정기적으로 모여 국내외 관측 현황과 전망 등을 논의할 수 있는 관학연 협의체의 발족이 필요하다.

2. 시공간 대표성 정량화

관측값의 공간 대표성을 정량화하는 연구 및 투명한 공개가 필요하며 지상의 기체농도 관측은 행성경계층의 고도와 주변 지표 환경의 대기와의 상호작용 변화에 민감하게 반응하므로, 관측소별 자료의 시공간 대표성 정보는 자료의 신뢰도 향상에 직결된다. 이는 발자국 모형 (footprint model)이나 입자 확산 모형을 통해서 가능할 것이며, 국외 연구 사례처럼 우리나라 관측망 전체의 공간 대표성을 정량화하여 측정에 영향을 주는 지역에 대한 정량화가 우선되어야 할 것이다. 아울러 향후 추가될 관측소에 대비하여 추가 관측지의 최적 장소 선정을 위한 시공간 대표성 연구가 필요하다. 국내 연구의 한 예로, 국립산림과학원은 운영하고 있는 6개 미기상관측 타워의 공간 대표성 연구를 수행하였다.

3. 관측 보장

국외 관측 선진국들은 이산화탄소 및 메탄 농도 관측뿐만 아니라 이산화탄소의 탄소 및 산소 동위 원소 관측을 오래전부터 수행하고 있다. 탄소 동위원소는 온실가스 배출원의 특성을 규명해줄 수 있는 매우 귀중한 자료로서 그 활용가치가 매우 크다. 하지만 국내에서는 대기 중 이산화탄소의 ^{13}C 장기 관측이 1990년대 이화여대에서 약 1년 6개월 정도 일별 관측이 시도된 바가 있으며, 2014년 수개월 동안 연세대학교에서 측정한 사례가 유일하다. 이에 따라 국가적으로 체계적인 지원하에 탄소동위원소 관측이 이루어져야 온실가스 배출원이 무엇인지 규명이 가능해질 것이다. 국외에서 대부분 이산화탄소의 ^{13}C 관측이 주로 다루어지고 있고, 앞선 사례 조사에서 확인된 것처럼 일부 관측소에서 이산화탄소의 ^{18}O 가 측정되고 있다. 기후측정의 최전선에서 측정 과학을 주도하고 있는 미국의 경우, ^{14}C 동위원소 관측을 시도하고 있다. 특히 ^{14}C 는 매우 측정하기 어려운 성분으로 기후 측정 과학의 최첨단 기술이 집약되어야 할 뿐만 아니라 온실가스 배출원의 정확한 탐지에 가장 적절한 동위원소라는 점에서 향후 우리나라가 측정과학의 주도권을 위해서 ^{14}C 측정을 준비해야 할 것으로 보인다. 아울러, 동위원소 관측은 측정 기술의 발달과 함께 이산화탄소의 동위원소뿐만 아니라 메탄의 동위원소로도 확대될 것으로 보이며, 국내에서도 이런 관측에 장기적으로 선제적으로 대비해야 할 것으로 판단된다.

고층타워 관측은 매우 큰 공간대표성으로 인하여 활용가치가 매우 크다. 미국 해양대기국은 이러한 중요성 인식에 근거하여 고층타워 네트워크를 구축하여 운영하고 있으며, 이를 활용한 다양한 기후학적, 대기 환경적 연구를 수행하고 있다. 우리나라도 전라남도 보성에 300 m 높이의 고층타워를 기상청에서 운영하고 있으며, 선행 연구 결과에 따르면 보성 고층탑은 안면도 및 고산 관측소의 중간 지점으로 한반도 유입 공기의 특성을 잘 잡을 수 있는

지정학적으로 매우 중요한 위치이다. 이에 고층타워의 장점을 극대화할 수 있는 기후변화 감시 체계를 운영하는 것이 필요하다고 판단된다.

최근 국내에서는 세계 주요 선진국이 주로 사용하고 있는 NDIR 방식에서 레이저를 이용하는 CRDS 방식으로 이산화탄소 측정 방법을 변경하였다. CRDS 관측은 관측의 정확성, 보정의 편리성, 동위원소 관측으로의 확대성에서 매우 우수한 방법으로 알려져 있으나, 상용화된 기간이 짧아 다양한 환경에서의 연구가 수행된 역사가 상대적으로 짧다. 주요 선진국에서는 NDIR 방식을 고수하고 있으며, 플라스크 샘플링 측정으로 이를 보완하고 있다. 국내에서도 CRDS 측정을 보완할 수 있는 플라스크 샘플링을 통한 GC 분석 기법을 동시에 사용하여 측정을 보완하고 결측 자료를 복원하는데 사용해야 한다. 앞선 국외 사례 조사에서도 언급된 것처럼, 대기 조건이 배경대기 상태를 대표하는 상황이라면 연속 관측이 보다 더 유용하고 정확할 것으로 추정되지만, 연속 관측의 결측 자료 복원과 향후 정확도 검증을 위해서 플라스크 샘플링 기법을 계속 유지하고 있음에 주목해야 한다.

4. 자료 분배 센터 설립

전 세계적으로 자료의 중요성이 크게 인식됨에 따라 자료 전쟁이라고 부를 정도로 자료의 측정뿐만 아니라 보관 및 분배 과정을 매우 조직적으로 운영하고 있다. 자료 사용 정책 (Data Use Policy)를 만들어, 향후 자료 사용 문제로 발생할 수 있는 다양한 상황에 대한 대비가 필요하다. 한국의 관측소뿐만 아니라 전 세계 배경대기 감시 네트워크에 포함된 관측소들의 관측 기기 및 특히 그 기기의 보정 정보는 구하기가 어렵다. 모든 관측기기는 시간이 지남에 따라서 센서의 감도 변화에 따라 오차가 발생하기 마련인데, 기기 관리 및 보정 정보의 공개는 관측 지점의 자료 신뢰도를 높이는 중요한 방법이다. 일례로 Keeling curve으로 유명한 미국의 Mauna Loa 관측소의

경우는 관측 기기 명칭뿐만 아니라 기기의 보정 정보도 상세하게 설명하고 있다. 우리나라 기후변화감시센터에서 사용하는 탄소동위원소 측정 장비는 특별한 보정 체계에 대한 매뉴얼이 마련되어있지 않으며, 기기 보정에 대한 기록과 보정 전후 값의 변동에 관한 기록이 없다. 이런 보정 관련 정보가 없을 때 전 세계적인 인증을 받기 위하여 보다 체계적인 보정 관리가 필요하다. 자료 보정은 이산화탄소의 경우에 4~5가지의 서로 다른 농도의 표준가스를 사용하여 다차 함수를 사용한 보정식을 사용하는 것이 측정의 정확도를 향상시키게 되며, 선진 주요국가에서는 이러한 방법을 사용하고 있다. 국내에서도 보정 가스의 종류를 늘이고 선형회귀식을 넘어서는 보정식 적용 및 문서의 체계화가 요구된다. 보정과 관련하여 측정 기기의 공장 보정 주기 및 1차 표준 가스, 2차 표준 가스, 작업 표준 가스에 대한 모든 정보를 기록하고 체계적으로 관리해야한다.

기상청 외의 국가 기관 및 대학 또는 민간 기관 등에서 운영 중인 관측 정보의 통합이 필요하다. 대표적인 예로, 환경부는 AirKorea라는 이름으로 전국에 수백 곳의 대기질 관측망을 운영하고 있으며, 국립산림과학원은 국내 약 10여 곳의 한국 산림 생태계에서 이산화탄소 농도를 포함한 관측망을 구축하고 있다. 이들 자료들은 기존의 안면도, 고산의 관측 자료를 보조할 수 있는 관측 자료를 제공할 수 있다. 관측 자료의 접근성을 높일 필요가 있으며, 기상 관측 자료의 경우 정부 3.0 시대를 맞아 국가기후데이터센터를 통해서 일반인도 편리하게 원하는 지점의 시계열 자료를 유저가 원하는 형식으로 쉽게 구할 수 있는 반면, 배경대기 및 대기질 관측 자료의 접근과 획득은 아직까지 불편한 수준이다.

본 연구에서는 기후변화 관련 문헌자료 연구, 해외 주요국가들의 현황 조사 및 수집, 통계자료분석 및 재개념화, 시행기관과의 회의 및 방문을 이용하였다.

참고문헌

- 통계청 e-나라지표, <http://index.go.kr>
- 통계청 국가통계포털, <http://kosis.kr>
- 기상청(2014), 「2013 지구대기감시 보고서」 기상청
- 기상청(2015), 「2014 지구대기감시 보고서」 기상청

- Canadell, J.G., C. Le Quere, M.R. Raupach, C.B. Field, E.T. Buitenhuis, P. Ciais, T.J. Conway, N.P. Gillett, R.A. Houghton, and G. Marland (2007), Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks, Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 104, 18866-18870.
- Cleveland, W. S., S. J. Devlin (1988), Locally-weighted regression: an approach to regression analysis by local fitting, J. Amer. Statist. Assn., 83, 596-610.
- Conway, T.J., P.P. Tans, L.S. Waterman, K.W. Thoning, D.R. Kitzis, K.A. Masarie, and N. Zhang (1994), Evidence for interannual variability of the carbon cycle from the National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory global air sampling network, J.Geophys.Res., 99, 22831-22855.
- Dlugokencky, E.J., L.P. Steele, P. M. Lang and K.A. Masarie (1994), The growth rate and distribution of atmospheric methane. J. Geophys. Res., 99, 17021-17043.
- Dlugokencky, E. J., R. C. Myers, P. M. Lang, K. A. Masarie, A. M. Crotwell, K. W. Thoning, B. D. Hall, J. W. Elkins, and L. P. Steele

(2005), Conversion of NOAA atmospheric dry air CH₄ mole fractions to a gravimetrically prepared standard scale, *J. Geophys. Res.*, 110, D18306, doi:10.1029/2005JD006035.

- Duchon, C. E. (1979), Lanczos filtering in one and two Dimensions. *J. Appl. Meteor.*, 18, 1016–1022. Hall, B. D., G. S. Dutton, and J. W. Elkins (2007), The NOAA nitrous oxide standard scale for atmospheric
- Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. 12
- Keeling, C. D., T. P. Whorf, M. Wahlen and J. van der Plicht, (1995) Interannual extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980, *Nature*, 375, 666–670.
- Komhyr, W. D.; R. H. Gammon, T.B. Harris, L.S. Waterman, T.J. Conway, W.R. Taylor, K.W. Thoning (1985), Global atmospheric CO₂ distribution and variations from 1968–1982 NOAA/GMCC CO₂ flask sample data, *J. Geophys. Res.*, 90, 5567–5596.
- Masarie, K.A., and P.P. Tans (1995), Extension and integration of atmospheric carbon dioxide data into a globally consistent measurement record, *J. Geophys. Res.*, 100, 11593–11610.
- Masarie, K.A., R.L. Langenfelds, C.E. Allison, T.J. Conway, E.J. Dlugokencky, R.J. Francey, P.C. Novelli, L.P. Steele, P.P. Tans, B. Vaughn, and J.W.C. White (2001), The NOAA/CSIRO Flask–Air Intercomparison Programme: A strategy for directly assessing

consistency among atmospheric measurements derived from independent laboratories. *J. Geophys. Res.*, 106, D17, 20445–20464.

- Nakazawa, T., K. Miyashita, S. Aoki, and M. Tanaka (1991), Temporal and spatial variations of upper tropospheric and lower stratospheric carbon dioxide, *Tellus*, 43B, 106–117.
- Observations, *J. Geophys. Res.*, 112, D09305, doi:10.1029/2006JD007954.
IPCC, 2007: Climate Change (2007), The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the
- Onogi, K., J. Tsutsui, H. Koide, M. Sakamoto, S. Kobayashi, H. Hatsushika, T. Matsumoto, N. Yamazaki, H. Kamahori, K. Takahashi, S. Kadokura, K. Wada, K. Kato, R. Oyama, T. Ose, N. Mannoji, and R. Taira (2007), The JRA-25 Reanalysis, *J. Meteorol. Soc. Japan*, 85, 369–432.
- Tans, P., K. Thoning, W. Elliott, and T. Conway (1990). Error estimates of background atmospheric CO₂ patterns from weekly flask samples. *J. Geophys. Res.*, 95, 14063–14070.
- WMO (1992), Executive Council, forty-fourth session, Geneva, 22 June – 4 July 1992: abridged report with resolutions, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
- WMO (2006), 13th WMO/IAEA Meeting of Experts on Carbon Dioxide Concentration and Related Tracers Measurement Techniques, Boulder, Colorado, USA, 19–22 September 2005, GAW Research and Monitoring Reports, No. 168. (WMO TD No. 1359).
- WMO (2007a), WMO/GAW Strategic Plan: 2008–2015 – A Contribution to the Implementation of the WMO Strategic Plan: 2008–2011, GAW Research and Monitoring Reports No. 172, (WMO TD No. 1384).

- WMO (2007b), World Data Center for Greenhouse Gases Data Submission and Dissemination Guide, GAW Research and Monitoring Reports No. 174, (WMO TD No. 1416).
- WMO (2007c), WMO WDCGG DATA SUMMARY, GAW DATA Volume IV-Greenhouse Gases and Other Atmospheric Gases, Japan Meteorological Agency in co-operation with World Meteorological Organization, March 2007.

부 록

부록 차례

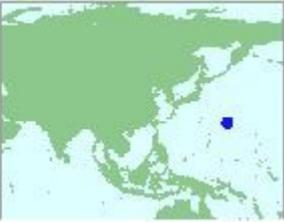
부록1. 국외 주요 5개국 지구급 기후변화감시 측정 및 통계 처리 현황	1
부록2. 국외 기타 국가 지구급 기후변화감시 측정 및 통계 처리 현황	60
부록3. 국외 국가 지역급 기후변화감시 측정 및 통계 처리 현황	81
부록4. 관측 방법 개요	97
부록5. 조사표	100
부록6. 기후변화감시 측정자료 제공 현황	113
부록7. 기후변화감시 측정요소 현황 및 측정요소 설명	115
부록8. 기후변화감시 측정요소 자료의 활용 예시	122
부록9. 기후변화감시 측정요소의 장기적 변동 예시	124

부록1. 국외 주요 5개국 지구급 기후변화감시 측정 및 통계 처리 현황

1. 일본 지구급 관측소 관측 현황

1.1 Japan Minamitorishima station (Global station)

- 관측소 위치정보

<Minamitorishima Global station>	
 <p style="margin-top: 10px;">24.28°N, 153.98°E, 8m</p>	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
오존 (Ozone)	지표오존 (Surface ozone)		- 샘플링 높이 : 8m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 매 10초마다 분석. 분당 1.5리터의 연속 흐름을 15 초마다 분석.
	오존전량 (Total column ozone)	Dobson	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Brewer	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Umkehr method	
에어로졸 (Aerosol)	다중파장 광학 깊이 (Multiwavelength optical depth, total aerosol)	Sunphotometry/Filter Radiometry	

온실가스 (Greenhouse Gas)	메탄 (CH ₄)	GC-FID	- 샘플링 높이 : 20m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 10분마다 분석. 분당 3.5리터의 연속 흐름을 30초마다 분석.
	이산화탄소 (CO ₂)	Non-dispersive IR(NDIR)	- 샘플링 높이 : 20m - 시료채취 및 분석 주파수 : 분당 0.5리터의 연속 흐름을 30초마다 분석
반응가스 (Reactive Gas)	일산화탄소 (CO)	GC-HgO reduction/UV absorption	- 샘플링 높이 : 20m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 10분마다 분석. 분당 3.5리터의 연속 흐름을 30초마다 분석
강수화학 (Precipitation Chem)	산성도/알칼리도 (Acidity/Alkalinity)	unknown/unspecified	
	암모늄(NH ₄ ⁺) (Ammonium)	unknown/unspecified	
	카드뮴(Cd) (Cadmium)	unknown/unspecified	
	칼슘(Ca ⁺⁺) (Calcium)	unknown/unspecified	
	염화(Cl ⁻) (Chloride)	unknown/unspecified	
	전기 전도도 (Electric conductivity)	unknown/unspecified	
	수소이온(H ⁺) 또는 산도 (Hydrogen ion or pH)	unknown/unspecified	
	마그네슘(Mg ⁺⁺) (Magnesium)	unknown/unspecified	
	수은(Hg) (Mercury)	unknown/unspecified	
	질산염(NO ₃ ⁻) (Nitrate)	unknown/unspecified	
	아질산염(NO ₂ ⁻) (Nitrite)	unknown/unspecified	
	칼륨(K ⁺) (Potassium)	unknown/unspecified	
	나트륨(Na ⁺) (Sodium)	unknown/unspecified	
황산염(SO ₄ ⁻), 전체 (Sulphate, total)	unknown/unspecified		
대기복사	태양복사확산	Pyranometer(global solar, broadband)	

(Radiation)	(Diffuse solar radiation)		
	직달태양복사 (Direct solar radiation)	Pyranometer(global solar, broadband)	
	지구태양복사 (Global solar radiation)		
	하향장파복사 (Long-wave radiation (downwelling))	Pyranometer(global solar, infrared)	

* unknown/unspecified : 자료수집시 명시되어있지 않거나 사례조사범위 내에서 알려지지 않음.

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	CH ₄	<ul style="list-style-type: none"> · 관측기기로부터 측정된 원자료들을 데이터 수집 시스템에 따라 수집하고, 원자료 (혹은 30초 평균 자료, 1994년 1월 - 2009년 12월)를 10분 간격으로 시스템에 저장. · 메탄(CH₄) 측정은 장비 담당자가 매일 현장에서 확인함. · 모든 불규칙한 측정과 정보들은 로그파일에 기록됨. · 측정된 자료는 매달 자료센터본부로 전송되며 그곳에서 다시 확인함. · 마지막으로 자료센터 본부 담당자는 측정된 데이터를 확인하고 평가함.
	CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> · 측정장비로부터 데이터 수집 시스템에 따라 원시데이터를 수집하고, 수집된 데이터는 30초마다 시스템에 저장됨 · 이산화탄소 측정은 장비 담당자가 매일 현장에서 확인함 · 모든 불규칙한 측정과 정보들은 로그파일에 기록됨 · 측정된 데이터는 매달 자료센터본부로 전송되어 다시 확인함 · 마지막으로 자료센터 본부 담당자는 측정된 데이터를 확인하고 평가함 · 작동 표준 가스 및 시료 공기의 경우 초당 측정 분석기 자료를 30초 동안 평균함.
	CO	<ul style="list-style-type: none"> · 관측기기로부터 측정된 원자료들을 데이터 수집 시스템에 따라 수집하고, 원자료 (혹은 30초 평균 자료, 1994년 1월 - 2009년 12월)를 10분 간격으로 시스템에 저장. · 일산화탄소(CO) 측정은 장비 담당자가 매일 현장에서 확인함. · 모든 불규칙한 측정과 정보들은 로그파일에 기록됨. · 측정된 자료는 매달 자료센터본부로 전송되며 그곳에서 다시 확인함. · 마지막으로 자료센터 본부 담당자는 측정된 데이터를 확인하고 평가함.

	O3	<ul style="list-style-type: none"> · 관측기로부터 측정된 원자료들을 데이터 수집 시스템에 따라 수집하고, 원자료를 10초(혹은 15초, 1994년 1월 - 2009년 12월) 간격으로 시스템에 저장. · 일산화탄소(CO) 측정은 장비 담당자가 매일 현장에서 확인함. · 모든 불규칙한 측정과 정보들은 로그파일에 기록됨. · 측정된 자료는 매달 자료센터본부로 전송되며 그곳에서 다시 확인함. · 마지막으로 자료센터 본부 담당자는 측정된 데이터를 확인하고 평가함.
평균 처리	CH4 CO ₂ CO	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : 시간당 데이터는 불규칙하고 분명한 에러 데이터를 제외한 후 한 시간 동안 관측된 자료를 산술 평균하여 산출 · 일 별 데이터 처리 : 일 별 데이터는 배경 시간 별 데이터들의 산술평균을 사용하여 산출 · 월 별 데이터 처리 : 월 별 데이터는 배경 시간 별 데이터들의 산술평균을 사용하여 산출
	O3	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : 시간당 데이터는 불규칙하고 분명한 에러 데이터를 제외한 후 한 시간 동안 관측된 자료를 산술 평균하여 산출 · 일 별 데이터 처리 : 오존의 농도는 시시각각 변화하기 때문에 일 별 데이터는 시간당 관측할 수 있는 절반 혹은 그 이상의 관측 값을 포함한 시간 별 데이터를 통해 계산. · 월 별 데이터 처리 : 오존의 농도는 시시각각 변화하기 때문에 월 별 데이터는 시간당 관측할 수 있는 절반 혹은 그 이상의 관측 값을 포함한 시간 별 데이터를 통해 계산.

- 메탄, 이산화탄소, 일산화탄소, 오존에 대한 플래그

: 플래그는 데이터 선택을 나타내는 것. (시간별 데이터)

Table 1b. Selection by the flag number

Flag number	Insufficient number of data (less than the value A)	High standard deviation (exceeding the value B)	Large discrepancy with an adjacent measure (exceeding the value C)	Selection result o: It is used for calculation of daily and monthly data. x: It is not used for calculation of daily and monthly data.			
				CO ₂	CH ₄	CO	O ₃
flag 0	yes	yes	yes	x	x	x	x
flag 1	no	yes	yes	x	x	x	o
flag 2	yes	no	yes	x	x	x	x
flag 3	no	no	yes	x	x	x	o
flag 4	yes	yes	no	x	x	x	x
flag 5	no	yes	no	x	x	x	o
flag 6	yes	no	no	x	x	x	x
flag 7	no	no	no	o	o	o	o
flag 9	Missing due to unknown reasons						

2. 캐나다 지구급 관측소 관측 현황

2.1 Canada Alert (Canada) (Global station1)

- 관측소 위치정보

<Canada Alert Global station>	
 <p>82.49915°N 62.34153°W, 210m</p>	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone		
	Total column ozone	Brewer Dobson	
	Vertical ozone profile	## Sonde ECC Sonde	
Aerosol	Carbonaceous/or ganic material (coarse), PM10	Thermo-optical analyzer (Sunset Labs)	
	Carbonaceous/or ganic material (fine)	Thermo-optical analyzer (Sunset Labs)	
	Light absorption coefficient, total aerosol	Filter + light attenuation (aethalometer)	
		Light absorption photometry	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Light scattering	
		Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Light scattering	
		Nephelometry, integrating	
	Major inorganic components (fine)	Filter sampling + extraction + IC	
Major inorganic components (TSP)	Filter sampling + extraction + IC		
Mass concentration (total aerosol) or Mass TSP	Filter sampling + gravimetry		
Number concentration	Condensation particle counter (CPC)		
	Optical particle counter (OPC)		

	Number size distribution, total aerosol	Differential mobility particle sizer (DMA, DMPS)		
	Other chemical components (coarse)	Filter sampling + extraction + other		
	Vertical distribution of properties	Aerosol backscatter sonde		
Greenhouse Gas	Vertical distribution of properties	Aerosol backscatter sonde		
	C2Cl3F3 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	## Flask sampling		
	C2H2F4 (1,1,1,2-tetrafluoroethane, HFC-134a)	GC-MS		
	C2H3Cl2F (1,1-dichloro-1-fluoroethane, HCFC-141b)	## Flask sampling		
	C2H3ClF2 (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	## Flask sampling		
	C2H4F2 (1,1-difluoroethane, HFC-152a)	GC-MS		
	CBrClF2 (Halon 1211)	GC-MS		
	CBrF3 (bromotrifluoroethane, Halon 1301)	GC-ECD		
	CCl2F2 (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	## Flask sampling		
	CCl3F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	## Flask sampling		
	CCl4	## Flask sampling		
	CH3CCl3 (1,1,1-trichloroethane)	## Flask sampling		
	CH4	## Flask sampling		
		GC-FID		
		Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)		
	CH4 [C-13]	## Flask sampling		
	CHClF2 (chlorodifluoromethane, HCFC-22)	## Flask sampling		
	CO2	## Flask sampling		측정전 3L 가스로 씻어냄 / 15psi로 공기 흡입 / 수증기 제거 / 집록기를 이용한 자동 제어
		Non-dispersive IR (NDIR)		Li6252 (closed-path IRGA)/ 집록기를 사용한 자동제어
		Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)		
	CO2 [C-13]	## Flask sampling		
	CO2 [O-18]	## Flask sampling		
	N2O	## Flask sampling		
GC-ECD				
Cavity-enhanced absorption spectroscopy (CEAS)				
SF6	## Flask sampling			

		GC-ECDV	
Reactive Gas	C2Cl4	## Flask sampling	
	C2H6 (ethane)	GC-FID	
	C3H8 (propane)	GC-FID	
	CH2Cl2 (dichloromethane)	## Flask sampling	
	CH3Br (methylbromide)	GC-MS	
	CH3Cl (methylchloride)	GC-MS	
	CO	## Flask sampling	
		GC-FID	
		Cavity-enhanced absorption spectroscopy (CEAS)	
	i-C4H10 (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C5H12 (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	n-C4H10 (n-butane)	GC-FID	
	n-C5H12 (n-pentane)	GC-FID	
NMHC	## Flask sampling		
Other Gas	H2	## Flask sampling	
Radiation	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	UV Spectral	Brewer	
Radio Nuclide	CO ₂ [C-14]	Mass Spectrometry (MS) [general]	
	Radon [Rn-222]	Filter sampling + alpha counting	
Meteo	Humidity	Hygrometer	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Wind direction	Wind vane	
	Wind speed	Anemometer [general]	

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	¹³ CO ₂ CH ₄ CO CO ₂ H ₂ N ₂ O	<ul style="list-style-type: none"> · 플라스크 데이터는 폐기할 것과 사용할 것을 구분하는 플래그로 분류된다. · 폐기의 원인은 3가지 범주로 나누어진다. <ul style="list-style-type: none"> (i) 확인되고 추론된 샘플링 혹은 분석적인 문제(예를 들어 샘플오염, 잘못된 분석)로 인해 대기의 시간과 공간을 대표하지 못한다고 고려되는 샘플 (ii) 샘플링 된 시점에서의 기상 조건에 있어서 “non-baseline” 인 것으로 고려되는 샘플 (iii) 3-시그마 필터를 기반으로 플래그로 표시된 남아있는 특이값(지리적으로 고정된 관측지에서만)

	<ul style="list-style-type: none"> · 완성도를 위해서, 데이터의 폐기 유무에 상관없이 모든 데이터가 이곳에 포함된다. · 어떤 폐기된 데이터는 주어진 데이터셋으로부터 반드시 제외되어야하는데 위의 (ii), (iii)로 플래그가 된 “non-baseline” 적용 데이터는 생화학적인 정보를 지니고 있을 수도 있기 때문에 반복적인 “baseline” 적용 시에는 주의. · 또한, 상기 데이터 선택은 3-시그마 필터에 의해 가릴 수 없는 데이터에 있어서 바람직할 수 있음.
CH4 CO	<ul style="list-style-type: none"> · 모든 관측지에서 자동화된 컨트롤과 샘플링 프로토콜은 Chemstation 소프트웨어 내의 방법과 순서대로 프로그램 되어 있다. · 6시간 시퀀스는 각각의 관측지에서 사용된 표준, 주변에서의 유입 프로그램의 시리즈로 구성. · 유입 프로토콜은 일반적으로 5번의 주변에서의 유입을 매 시간 반복하는 표준을 가짐. · 매 3번째 시간(6시간 시퀀스에서)에 두 번의 주변에서의 유입은 대상으로 한 탱크에서의 유입으로 대체. · 6시간 간격의 끝에 파일은 복사되고, 유입된 시간과 날짜에 따라 파일명 재설정 · 이는 각 유입에서 차후의 유입시 중복되지 않는 유일한 이름을 부여하게 해줌 · 후속처리를 위해 파일은 압축된 후 토론토로 전송(매 6시간마다) · GC 플라스크 분석 시스템의 자동화된 컨트롤, 샘플링 프로토콜은 ChemStation 소프트웨어 내의 방법과 순서대로 프로그램 되어 있다.
CH4 N2O SF6	<ul style="list-style-type: none"> · 유입 프로토콜은 일반적으로 시스템의 안정화를 위한 교류 표준탱크(고저)유입 시리즈(~15)로 구성. · 플라스크 샘플 분석의 시작은 두 개의 작업용 탱크에서 한번 추출된 하나의 플라스크에서의 두 번의 유입을 포함 · 그 후 다음 플라스크에서 두 번의 유입을 하고 모든 플라스크가 분석될 때까지 계속 해서 반복 · 8에서 12개의 플라스크는 단일 수행 동안 시스템에 연결되어 있다. · 종종 4개 각각의 샘플의 제공을 반복하는 경우 모든 시퀀스는 각각의 플라스크를 분석 · 대상 플라스크(농도가 알려진) 또한 가능한 편향과 시스템 에러를 추적하기 위해 시퀀스에 포함됨.
CB/CF2 CFCs CHCCB HCFCs	<ul style="list-style-type: none"> · ‘SampleDate’는 1994년 11월 이후의 데이터에만 샘플링의 정확한 시간(GMT)를 포함 (가장 오래된 데이터에 대한 ‘SampleDate’는 샘플 시간을 포함하여 업데이트 되지 않은 상태. 예를 들어 1993년 2월 10일 1020GMT에 채워진 플라스크에는 1993년 2월 10일 0000GMT에 해당하는 십진법의 날짜로 표기됨)
CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> · 최종주변 농도의 CO₂ 혼합비 값을 계산하기 위한 4개의 별도 처리 모듈(in MS Visual Basic)을 소개

	<p>· 모듈은 데이터 컬렉션 서버에서 순차적으로 수행되고, 다음 과정을 실행.</p> <p>Module 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가장 최근에 수집된 자료를 이전에 수집된 자료와 덧붙임. - 모든 관측지에서는 데이터 수집은 매 6시간마다 수행. - 각각 관측지에서 매해 로거로 수집된 모든 원자료의 정보를 포함한 하나의 원자료 파일이 있음. - 이 모듈은 또한 모든 파일을 살펴보며 모든 작업(매 11일 마다 캘리브레이션)과 관측소 탱크 캘리브레이션 자료를 추출 <p>Module 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5개의 관측소 탱크(각 관측소에서 전송 캘리브레이션을 한 이후 6달마다 업데이트)의 캘리브레이션 식과 대상 탱크와 4개의 업무의 개별적인 캘리브레이션을 자동으로 수행(매 11일마다 수행)한 시스템의 과거와 현재의 탱크의 일련 번호(탱크의 날짜, 시간 범위 포함)를 포함한 관측소의 초기설정 식을 사용. - 이 모듈은 최종적으로 유효한 캘리브레이션 값을 포함한 캘리브레이션 연혁표를 생산. - 각 사이트 마다 하나의 캘리브레이션 표 파일이 존재. - 각 데이터의 수집 기간 이후에는 모든 수행된 캘리브레이션 파일과 캘리브레이션 연혁 표 파일을 지운 뒤 재생산. - 이 지점에서 사용자에게 유일하게 요구되는 입력사항은 차후의 재처리 수행이 포함된 캘리브레이션 초기설정 표에서 플래그를 설정하는 것. - 캘리브레이션 파일의 삭제와 재생성은 가장 최근의 캘리브레이션 정보를 포함할 수 있게 해줌. <p>Module 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - 이 모듈은 각각의 업무와 대상 탱크(캘리브레이션 연혁 표 파일로부터) 모든 캘리브레이션 연혁에서 분리시키고 각 탱크의 모든 유효한 개별 캘리브레이션 값을 통해 2차방정식 함수에 맞춤. - 예를 들어, 이러한 새로운 철학을 주입한 때부터 시스템 상의 각 대상 탱크에는 여러 파일들이 있을 것. - 이 모듈은 또한 2차 함수의 곡선을 포함한 새로운 도표(일련번호에 따라 각 탱크마다 하나)와 각각의 유효한 캘리브레이션 값을 만들어 냄. - 새로운 탱크를 시스템에 가동시킬 때 인식시키기 위해 코드를 사용하거나 코드로 그 탱크의 새로운 캘리브레이션 플롯과 식을 자동적으로 만들어냄. - 캘리브레이션 탱크 도표가 생성된 이후, 모듈은 관측소의 업무와 초기설정 파일에서 탱크의 연혁을 포함한 대상 탱크 식의 2차 계수를 업데이트(덮어쓰기) - 이 모듈은 다른 것들 보다 캘리브레이션 플롯을 볼 때 유저의 개입이 불필요하며 만약 필요하다면 플래그 불량 캘리브레이션이 다음 재생산 단계에서 사
--	---

	<p>용되지 않도록 하게 하는 정도.</p> <p>Module 4</p> <ul style="list-style-type: none"> · 이 모듈은 피팅된 곡선으로부터 나온 캘리브레이션 된 4개의 업무 탱크를 기반으로 외부와 대상 탱크의 혼합비를 계산. · 혼합비는 작업 탱크의 스위프 사이의 5시간의 블록으로 계산. <p>·혼합비는 다음과 같이 계산</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 5시간 간격내의 모든 원 전압은 먼저 제로 보정이 됨(5시간 간격의 제로 탱크 유입을 빠져나가는 것을 통한 선형화를 기반) 그리고 작업 탱크의 첫 스위프의 시작 때 구한 초기 압력과 온도에 대해 압력과 온도 보정을 함. 2) 분석기의 2차 시스템 반응 함수는 다음의 경우에서 5시간 간격으로 매 5분마다 정해진다. <ul style="list-style-type: none"> - 농도-시간 곡선으로부터의 작업 탱크에서 혼합비 값을 추출 - 5시간 스위프와 그 다음 5시간 스위프에서의 전압-시간 선형 식으로부터 보간된 작업 탱크 전압을 추출 - 매 5분마다 분석기의 혼합비-전압의 2차 반응식을 계산 - 매 5분마다, 5시간을 주기의 주변이나 탱크의 혼합비는 온도와 압력으로 보정한 전압과 적절한 반응식으로부터 결정 3) 다음 5시간의 블록에서 첫 스위프로 사용될 2번째 작업 탱크 주입의 스위프와 작업 탱크 스위프의 매 5시간 블록마다 위의 과정을 반복. <ul style="list-style-type: none"> · 각 사이트에서 그들의 모든 탱크와 주변 유입(5분 해상도)에서 구해진 혼합비가 포함된 연간 파일을 생성. · 매 5분마다의 자료 기록은 원 전압, 보정/수정 전압, 플래그 정보, 반응 곡선에 대한 나머지 정보(4개의 작업 탱크에서 마이너스로 할당된 값), 그리고 모든 측정된 보조 정보를 포함한다. · 주위 데이터는 품질제어 루틴으로 나중에 플래그 된다. · 시간 별, 일 별, 월 별 그리고 연간 자료 기록은 유효한 외부 값으로부터 진행됨. · 이 진행된 자료 파일은 각 자료 수집단계 이전에 지워지고 연간 기록이 시작될 때 재생산된다. · 그러나 주입 이전의 과거의 플래그는 항상 보존되기 때문에 자료를 다시 재플
--	---

		<p>래그 하지 않아도 된다.</p> <p>· 이 전체적인 분석 철학은 자료가 늘 재생산되기 때문에 실시간에 가깝게 더 정확한 데이터를 제공하기 위한 능력을 제공하며, 그 것은 자료가 최근 표준 탱크 캘리브레이션이나 관측 척도로 수행하기 위한 변경이 일어나는 모든 그리고 어떤 최근 변화를 항상 반영하고 있다는 것을 확실하게 한다.</p> <p>· 다음은 전형적인 플라스크 수행의 분석 프로토콜이다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 흐름 선택 밸브는 표준가스의 포트하나로 설정. 2. 표준가스는 시스템을 통해서 $300\text{cm}^3/\text{min}$씩 140초 동안 흘러 내림 3. 샘플 셀 윗부분의 솔레노이드 밸브를 잠그고, 샘플 셀에서 25초동안 가스를 주변 기압과 똑같이 맞춘다. 4. 신호와 신호(볼트)의 표준편차는 15초마다 평균이 되고 데이터로거에 저장한다. 5. 흐름 선택 밸브는 다음 포트로 옮긴다. 6. 캘리브레이션 가스, 표본 가스, 대상 가스 그리고 8개의 플라스크에는 같은 유량, 평형 그리고 평균 과정이 사용됨. 7. 주변 기압 플라스크를 위해, 공기는 진공 펌프(CR21X가 펌프의 전원을 조정)로 플라스크에서 뽑아낸다. 8. 압력이 일정한 플라스크를 위해, 플라스크로부터의 공기가 펌프를 그냥 지나가더라도 펌프가 작동하지 않도록 수동으로 설정한다. <p>· 각각의 플라스크의 혼합비의 차후 계산은 PC의 BASIC 프로그램을 이용하여 수행한다.</p> <p>· 플라스크 혼합비는 다음에 따라 정해진다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 전압-시간의 2차 함수는 4개의 표본가스 반응을 이용하여 계산된다. 2. 플라스크, 캘리브레이션, 대상 전압은 위의 2차 함수로 표준화된다. 3. 각각 5개의 캘리브레이션 가스에서 플라스크 전압의 전후를 이용하여 전압-시간의 선형 반응 함수를 계산
--	--	--

		<p>4. 각 플라스크와 대상, 샘플 시간은 C1-C5의 보간 전압을 결정하는 캘리브레이션 가스를 통해 각 5개의 선형 반응함수로 대체된다.</p> <p>5. 전압-혼합비의 2차 반응 함수는 5개의 보간 캘리브레이션 전압 그에 할당된 혼합비를 이용한 각 플라스크로 계산된다.</p> <p>6. 각 플라스크와 대상 샘플의 혼합비는 2차 함수에 대한 그들 각각의 전압으로 대체됨으로써 결정된다.</p> <p>· 1987년 7월에서 1998년 4월까지의 플라스크 분석 기구로 측정된 CO₂ 혼합비는 보정이 적용.</p> <p>· 1987년 7월에서 1993년 11월 18일까지 측정된 샘플에는 +0.1ppm, 1993년 11월 19일부터 1998년 4월 10일까지 측정된 데이터에는 +0.24ppm만큼 보정.</p> <p>· 표류 기준 가스 실린더에 의한 보정은 1995년에서 2008년 4월까지 관측된 L3 시스템과 1998년에서 2007년 5월까지의 시스템 S2, L3의 모든 샘플에 적용.</p> <p>· 사이트에서 이전에 얻어진 파일들은 폐기하고 이 버전에 포함된 수정된 파일로 교체되어야 함.</p>
평균 처리	¹³ CO ₂ CH ₄ CO CO ₂ H ₂ N ₂ O	<p>· 월 별 데이터 처리 :</p> <p>- 지리적으로 고정된 관측지에서 자료는 by Thoning et al. (1989)에서 설명된 curve-fitting routines 방법으로 구해진 부드러운 곡선으로부터 구한 일 평균값으로부터 월 평균값을 계산 후 제공.</p>
	CH ₄	<p>· 시간 별 데이터 처리 :</p> <p>- 시간별 평균값은 각 관측지에서 시간 내의 유효한 관측값을 평균하여 계산 (최대 각각 5번의 주입).</p>
	CO	<p>· 시간 별 데이터 처리 :</p> <p>- 각각 10분마다의 주변으로부터의 유입 모두의 평균</p> <p>- 데이터는 시간의 끝에 보고됨</p>
	CO ₂	<p>· 시간 별 데이터 처리 :</p> <p>- 시간 별, 일 별, 월 별 그리고 연간 자료 기록은 각각의 유효한 5분 주변 자료 값으로부터 처리.</p>
	SF ₆	<p>· 월 별 데이터 처리 :</p> <p>- 월 평균은 각 관측지에서 각달의 유효한 관측결과와 평균으로 계산.</p>
	¹³ CH ₄ ¹³ CO ₂ C18O ₂ CH ₄ CO	<p>· 월 별 데이터 처리 :</p> <p>- 월 별 평균은 각 관측지에서 고유한 샘플의 날짜와 시간을 포함한 이벤트 파일의 모든 유효한 관측값의 평균으로부터 계산.</p> <p>- 평균값과 주의 값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 구해진 주 간격의 값들로부터 각 달의 평균값을 계산.</p>

	CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> - 플래그 된 파일은 곡선을 만드는 과정에서 제외. - 특정 사이트는 자료의 부족이나 기록기간이 짧기 때문에 적절한 곡선을 맞출 수 없기 때문에 월 평균 디렉토리에서 제외. - 만약 3달 혹은 그 이상의 연속적인 달의 데이터가 없을 경우 그 달의 월 평균값은 계산하지 않음.
--	-----------------	---

3. 미국 지구급 관측소 관측 현황

3.1 United States Barrow (AK) (Global station1)

- 관측소 위치정보

<United States Barrow (AK) Global station>



71.32301°N 156.61147°W, 11m



- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	ECC Sonde	
		UV spectrometry/radiometry	
	Total column ozone	Dobson	
	Vertical ozone profile	ECC Sonde	
Aerosol	CCN concentration spectra	Cloud condensation nuclei (CCN) counter	
	Light absorption coefficient, total aerosol	Filter + light attenuation (aethalometer)	
		Light absorption photometry	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating		

	Major inorganic components (coarse)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Major inorganic components (fine)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
	Number size distribution, total aerosol	Differential mobility particle sizer (DMA, DMPS)	
Greenhouse Gas	C2Cl3F3 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	## Flask sampling	
	C2Cl3F3 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	GC-ECD	
	C2H2F4 (1,1,1,2-tetrafluoroethane, HFC-134a)	GC-MS	
	C2H3Cl2F (1,1-dichloro-1-fluoroethane, HCFC-141b)	## Flask sampling	
	C2H3ClF2 (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	C2H4F2 (1,1-difluoroethane, HFC-152a)	GC-MS	
	CBrClF2 (Halon 1211)	GC-ECD	
		GC-MS	
	CBrF3 (bromotrifluoromethane, Halon 1301)	GC-ECD	
	CCl2F2 (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CCl3F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CCl4	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CH3CCl3 (1,1,1-trichloroethane)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CH4	## Flask sampling	
		GC-FID	
CH4 [C-13]	## Flask sampling		
CHClF2 (chlorodifluoromethane, HCFC-22)	## Flask sampling		
	GC-ECD		
CO2	## Flask sampling		
	Non-dispersive IR (NDIR)		
CO2 [C-13]	## Flask sampling		

	CO ₂ [O-18]	## Flask sampling	
	N ₂ O	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	SF ₆	GC-ECD	
## Flask sampling			
Reactive Gas	C ₂ Cl ₄	## Flask sampling	
	C ₂ H ₆ (ethane)	GC-FID	
	C ₃ H ₈ (propane)	GC-FID	
	CH ₂ Cl ₂ (dichloromethane)	## Flask sampling	
	CH ₃ Br (methylbromide)	GC-MS	
	CH ₃ Cl (methylchloride)	GC-MS	
		GC-ECD	
	CO	## Flask sampling	
		GC-HgO reduction/UV absorption	
	i-C ₄ H ₁₀ (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C ₅ H ₁₂ (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	n-C ₄ H ₁₀ (n-butane)	GC-FID	
	n-C ₅ H ₁₂ (n-pentane)	GC-FID	
Other Gas	H ₂	## Flask sampling	
Radiation	Direct solar radiation	Pyrheliometer (direct solar, broadband)	
	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Long-wave radiation (direction unspecified)	Pyrgeometer (global, infrared)	
	UV Erythemally weighted	UV spectrometry/radiometry	
	UV Multiband	UV/vis spectrometry/radiometry	
	UV Spectral	UV/vis spectrometry/radiometry	
Radio Nuclide	CO ₂ [C-14]	## Flask sampling	
Meteo	Precipitation	(Ruler for) rain gauge	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	## Numerical Model	
	Wind direction	Wind vane	
	Wind speed	Anemometer [general]	

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	CH ₄	<ul style="list-style-type: none"> · 분석용 관측 기기가 최상으로 작동하지 않았을 때 얻어진 관측 값을 제외하기 위해서 데이터는 먼저 규칙-기반 편집 알고리즘(Masarie et al., 1991)에 의해 편집. · 유효한 관측이 없는 시간은 디폴트 물분율(-9999999)과 플래그(*)로 표시. · 자세한 사항은 Dlugokencky et al. (1995) 참고.
	O ₃	· 관측기기의 결과는 5분 데이터와 관측기기 세부사항을 포함한 한 시간 기록

		<p>자료 두 개의 원자료 파일로 출력</p> <ul style="list-style-type: none"> · 이 파일들은 외부의 영향(정전, 제로 스팬 체크 등)을 받은 데이터들을 주간격으로 모아 처리하여 제거하도록 가공
	CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> · 1987년 7월에서 1998년 4월까지의 플라스크 분석 기구로 측정된 CO₂ 혼합비는 보정이 적용. · 1987년 7월에서 1993년 11월 18일까지 측정된 샘플에는 +0.1ppm, 1993년 11월 19일부터 1998년 4월 10일까지 측정된 데이터에는 +0.24ppm만큼 보정. · 표류 기준 가스 실린더에 의한 보정은 1995년에서 2008년 4월까지 관측된 L3 시스템과 1998년에서 2007년 5월까지의 시스템 S2, L3의 모든 샘플에 적용. · 사이트에서 이전에 얻어진 파일들은 폐기하고 이 버전에 포함된 수정된 파일로 교체 되어야 함. · 선별 과정은 지역에서 발생하거나 소멸하는 CO₂에 의해 오염되지 않았다고 생각되는 배경 혼합비를 구별하기 위해 수행. · 선별 과정은 관측소에 의존. · 'SampleDate'는 1994년 11월 이후의 데이터에만 샘플링의 정확한 시간(GMT)를 포함 (가장 오래된 데이터에 대한 'SampleDate'는 샘플 시간을 포함하여 업데이트되지 않은 상태. 예를 들어 1994년 2월 10일 1300GMT에 채워진 플라스크에는 그 날짜에 해당하는 십진법의 날짜로 표기됨)
	CHCCl3 CFCs HCFCs	<ul style="list-style-type: none"> · 'SampleDate'는 1994년 11월 이후의 데이터에만 샘플링의 정확한 시간(GMT)를 포함 (가장 오래된 데이터에 대한 'SampleDate'는 샘플 시간을 포함하여 업데이트되지 않은 상태. 예를 들어 1994년 2월 10일 1300GMT에 채워진 플라스크에는 그 날짜에 해당하는 십진법의 날짜로 표기됨)
평균 처리	¹³ CH ₄ ¹³ CO ₂ C ¹⁸ O ₂ CO CH ₄ CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 별 평균은 각 관측지에서 고유한 샘플의 날짜와 시간을 포함한 이벤트 파일의 모든 유효한 관측값의 평균으로부터 계산. - 평균값과 주의 값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 구해진 주 간격의 값들로부터 각 달의 평균값을 계산. - 플래그 된 파일은 곡선을 만드는 과정에서 제외. - 특정 사이트는 자료의 부족이나 기록기간이 짧기 때문에 적절한 곡선을 맞출 수 없기 때문에 월 평균 디렉토리에서 제외. - 만약 3달 혹은 그 이상의 연속적인 달의 데이터가 없을 경우 그 달의 월 평균값은 계산하지 않음.
	CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - QC 플래그의 처음의 두 칼럼에서의 배경 시간별 평균으로부터 일 평균값을 계산. - 평균값을 구하는데 하나의 시간 값만이 사용된 날에는 디폴트(-9.99) 표준편차로 할당 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 평균 값은 일 평균값으로부터 계산.
	O ₃	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균

		<ul style="list-style-type: none"> · 일 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균 · 월 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균
	CBrClF2	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 - 시간마다 원자료 측정. - 매 시간마다 하나의 공기 샘플 측정 · 일 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 일 중간값 계산 · 월 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 월 중간값 계산
	CFCs CHCCl3 CH3Cl HCFCs N2O SF6	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : 평균 없이 한 시간 공기 샘플. · 일 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 일 중간값 계산 · 월 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 월 중간값 계산
	CH4	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 - 개별의 측정(주로 시간당 4번)으로부터 각 시간별 평균 계산 - 유효한 시간별 평균 자료는 지역에서 생성되고 소멸되는(비배경값)것으로부터 지역을 대표할 수 있는 공기(배경값)으로 구분하기 위해 선별. - 시간별 배경 값은 선택 플래그 “..”으로 구별. - “.C.” 플래그는 비배경값에 할당 - 배경 조건을 결정하기 위한 기준은 관측지의 특성. - Barrow에서의 배경 기준은 바람이 깨끗한 지역(020~110도)에서 불어올 때와 풍속이 적어도 한 시간 전의 값이 포함되어 1m/s보다 빠를 때이다. - 자세한 사항은 Dlugokencky et al. (1995) 참조 · 일 별 데이터 처리 : - QC 플래그의 처음의 두 칼럼에서의 배경 시간별 평균으로부터 일 평균값을 계산. - 평균값을 구하는데 하나의 시간 값만이 사용된 날에는 디폴트(-9.99) 표준편차로 할당 · 월 별 데이터 처리 : - 일 별 평균값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 하루 간격으로 추출된 값을 이용하여 월 평 별 평균 계산

3.2 United States Trinidad Head (CA) (Global station2)

- 관측소 위치정보

<United States Trinidad Head (CA) Global station>



41.05410°N 124.15100°W, 107m



- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone		
	Vertical ozone profile	ECC Sonde	
Aerosol	Light absorption coefficient, total aerosol	Light absorption photometry	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Major inorganic components (coarse)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Major inorganic components (fine)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
Greenhouse Gas	C2Cl3F3 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	C2F6 (hexafluoroethane, PFC-116)	GC-MS	
	C2H2F4 (1,1,1,2-tetrafluoroethane, HFC-134a)	GC-MS	
	C2H3Cl2F (1,1-dichloro-1-fluoroethane, HCFC-141b)	GC-MS	
	C2H3Cl2F (1,1-dichloro-1-fluoroethane, HCFC-141b)	## Flask sampling	

C2H3ClF2 (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	## Flask sampling	
	GC-MS	
C2H4F2 (1,1-difluoroethane, HFC-152a)	GC-MS	
C2HF5 (pentafluoroethane, HFC-125)	GC-MS	
C3F8 (octafluoropropane, PFC-218)	GC-MS	
C3H2F6 (1,1,1,2,3,3-hexafluoropropane, HFC-236fa)	GC-MS	
C3H3F5 (1,1,1,3,3-Pentafluoropropane, HFC-245fa)	GC-MS	
C3HF7 (1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropane, HFC-227ea)	GC-MS	
C4H5F5 (1,1,1,3,3-pentafluorobutane, HFC-365mfc)	GC-MS	
C5H2F10 (1,1,1,2,2,3,4,5,5,5-decafluoropentane, HFC-43-10-mee)	GC-MS	
CBrClF2 (Halon 1211)	GC-MS	
CBrF3 (bromotrifluoroethane, Halon 1301)	GC-MS	
CCl2F2 (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	## Flask sampling	
	GC-ECD	
CCl3F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	GC-ECD	
	## Flask sampling	
CCl4	GC-ECD	
	## Flask sampling	
CF4 (tetrafluoromethane, carbon tetrafluoride, perfluoromethane, PFC-14)	GC-MS	
CH3CCl3 (1,1,1-trichloroethane)	GC-ECD	
CH3CCl3 (1,1,1-trichloroethane)	## Flask sampling	
CH4	## Flask sampling	
	GC-FID	
CHClF2 (chlorodifluoromethane, HCFC-22)	## Flask sampling	
	GC-MS	

	CHF3 (trifluoromethane, HFC-23)	GC-MS	
	CO ₂	## Flask sampling	
	CO ₂ [C-13]	## Flask sampling	
	CO ₂ [O-18]	## Flask sampling	
	N ₂ O	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	SF ₆	GC-MS	
## Flask sampling			
SO ₂ F ₂ (sulphuryl fluoride)	GC-MS		
Reactive Gas	C ₂ Cl ₄	GC-MS	
	C ₂ H ₆ (ethane)	GC-FID	
	C ₂ HCl ₃	GC-MS	
	C ₃ H ₈ (propane)	GC-FID	
	CH ₂ Cl ₂ (dichloromethane)	GC-MS	
	CH ₃ Br (methylbromide)	GC-MS	
	CHCl ₃ (chloroform)	GC-ECD	
	CO	## Flask sampling	
	i-C ₄ H ₁₀ (2-methylpropane , iso-butane)	GC-FID	
	i-C ₅ H ₁₂ (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	n-C ₄ H ₁₀ (n-butane)	GC-FID	
	n-C ₅ H ₁₂ (n-pentane)	GC-FID	
	Meteo	Transport calculations (e.g., trajectories)	## Numerical Model
Flextra			

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> · 1987년 7월에서 1998년 4월까지의 플라스크 분석 기구로 측정된 CO₂ 혼합비는 보정이 적용. · 1987년 7월에서 1993년 11월 18일까지 측정된 샘플에는 +0.1ppm, 1993년 11월 19일부터 1998년 4월 10일까지 측정된 데이터에는 +0.24ppm만큼 보정. · 표류 기준 가스 실린더에 의한 보정은 1995년에서 2008년 4월까지 관측된 L3 시스템과 1998년에서 2007년 5월까지의 시스템 S2, L3의 모든 샘플에 적용. · 사이트에서 이전에 얻어진 파일들은 폐기하고 이 버전에 포함된 수정된 파일로 교체 되어야 함.
	O ₃	<ul style="list-style-type: none"> · 조사된 모든 자료는 외부의 요인에 의한 영향을 제거. · 다른 모든 자료는 더욱더 완벽한 데이터셋을 위해 사용.
	CBClF ₂ CFCs CHCl ₃	<ul style="list-style-type: none"> · 'SampleDate'는 1994년 11월 이후의 데이터에만 샘플링의 정확한 시간 (GMT)를 포함 (가장 오래된 데이터에 대한 'SampleDate'는 샘플 시간을 포함하여 업데이트

	HCFCs	트 되지 않은 상태. 예를 들어 1993년 2월 10일 1020GMT에 채워진 플라스크에는 1993년 2월 10일 0000GMT에 해당하는 십진법의 날짜로 표기됨)
평균 처리	C2Cl4 C2HCl3 CBrClF2 CBrF3 CCl4 CFCs CH2Cl2 CH3Br CH3Cl CH4 CHCl3 HCFCs HFCs N2O PFCs SF6 SO2F2	· 월 별 데이터 처리 : “_pol”의 월 자료들은 사건이 일어났을 때의 모든 자료(오염, 오염되지 않은 것)를 이용하여 계산.
	¹³ CO ₂ C ¹⁸ O ₂ CH ₄ CO CO ₂ SF ₆	· 월 별 데이터 처리 : - 월 별 평균은 각 관측지에서 고유한 샘플의 날짜와 시간을 포함한 이벤트 파일의 모든 유효한 관측값의 평균으로부터 계산. - 평균값과 주의 값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 구해진 주 간격의 값들로부터 각 달의 평균값을 계산. - 플래그 된 파일은 곡선을 만드는 과정에서 제외. - 특정 사이트는 자료의 부족이나 기록기간이 짧기 때문에 적절한 곡선을 맞출 수 없기 때문에 월 평균 디렉토리에서 제외. - 만약 3달 혹은 그 이상의 연속적인 달의 데이터가 없을 경우 그 달의 월 평균값은 계산하지 않음.
	O ₃	· 시간 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균 · 일 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균 · 월 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균

3.3 United States Mauna Loa (HI) (Global station3)

- 관측소 위치정보

<United States Mauna Loa (HI) Global station>	
	
19.53623°N 155.57616°W, 3397m	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	ECC Sonde	
		UV spectrometry/radiometry	
	Total column ozone	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		Brewer	
		Dobson	
	Vertical ozone profile	Light detection and ranging (LIDAR)	
		Microwave radiometry	
Umkehr method			
## Sonde			
Aerosol	Light absorption coefficient, PM1	Filter + light attenuation (aethalometer)	
	Light absorption coefficient, PM10	Filter + light attenuation (aethalometer)	
	Light absorption coefficient, total aerosol	Filter + light attenuation (aethalometer)	
		Light absorption photometry	
	Light backscattering coefficient, PM1	Nephelometry, integrating	
	Light backscattering coefficient, PM10	Nephelometry, integrating	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, PM1	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, PM10	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Major inorganic components (coarse)	Filter sampling + extraction + IC	
	Multiwavelength optical depth, total aerosol	Sun-tracking photometry	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
Vertical distribution of properties	Light detection and ranging (LIDAR)		
Greenhouse Gas	C2Cl3F3 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	C2H2F4 (1,1,1,2-tetrafluoroethane, HFC-134a)	GC-MS	
	C2H3Cl2F (1,1-dichloro-1,1-fluoroethane, HCFC-141b)	## Flask sampling	
		## Flask sampling	
	C2H3ClF2 (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	GC-ECD	
C2H4F2	GC-MS		

	(1,1-difluoroethane, HFC-152a)		
	CBrClF2 (Halon 1211)	GC-ECD	
		GC-MS	
	CBrF3 (bromotrifluoroethane, Halon 1301)	GC-ECD	
	CCl2F2 (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CCl3F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	CCl4	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CH3CCl3 (1,1,1-trichloroethane)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	CH4	## Flask sampling	
		Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		GC-FID	
	CH4 [C-13]	## Flask sampling	
	CHClF2 (chlorodifluoromethane, HCFC-22)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CO ₂	## Flask sampling	
		Non-dispersive IR (NDIR)	
	CO ₂ [C-13]	Mass Spectrometry (MS) [general]	
		## Flask sampling	
	CO ₂ [O-18]	## Flask sampling	
	N2O	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		## Flask sampling	
		GC-ECD	
	SF6	GC-ECD	
		## Flask sampling	
Reactive Gas	C2Cl4	## Flask sampling	
	C2H6 (ethane)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		GC-FID	
	C3H8 (propane)	GC-FID	
	CH2Cl2 (dichloromethane)	## Flask sampling	
	CH2O (formaldehyde)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CH3Br (methylbromide)	GC-MS	
	CH3Cl (methylchloride)	GC-ECD	
	ClONO2 (chlorine nitrate)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CO	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		## Flask sampling	
	COF2 (difluoromethanal, carbonyl fluoride)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HCl (hydrochloric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HCN (formonitrile, hydrogen cyanide)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HF (hydrofluoric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	

	HNO ₃ (nitric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	i-C ₄ H ₁₀ (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C ₅ H ₁₂ (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	n-C ₄ H ₁₀ (n-butane)	GC-FID	
	n-C ₅ H ₁₂ (n-pentane)	GC-FID	
	NO ₂	UV/vis spectrometry/radiometry	
	SO ₂	Fluorescence [general]	
Other Gas	H ₂	## Flask sampling	
Precipitation Chem	Electric conductivity	Electric conductivity (EC meter)	
	Hydrogen ion (H ⁺) or pH	Potentiometry (pH meter)	
Radiation	Diffuse solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Direct solar radiation	Pyrheliometer (direct solar, broadband)	
	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Long-wave radiation (direction unspecified)	Pyrgeometer (global, infrared)	
	UV Broadband	Pyranometer (global solar, broadband)	
	UV Erythemally weighted	UV spectrometry/radiometry	
	UV Multiband	Sunphotometry/Filter Radiometry	
		Pyranometer (global solar, broadband)	
UV Spectral	Brewer		
Radio Nuclide	CO ₂ [C-14]	## Flask sampling	
	Radon [Rn-222]	## Filter sampling [general]	
Meteo	Humidity	Hygrometer	
	Precipitation	Tipping bucket rain gauge	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Temperature profile	Light detection and ranging (LIDAR)	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	## Numerical Model	
		Flextra	
	Watervapor profile	Microwave radiometry	
	Wind direction	Wind vane	
Wind speed	Anemometer [general]		

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	¹³ CO ₂	· 플라스크 데이터는 폐기할 것과 사용할 것을 구분하는 플래그로 분류된다.
	CH ₄	· 폐기의 원인은 3가지 범주로 나누어진다.
	CO	(i) 확인되고 추론된 샘플링 혹은 분석적인 문제(예를 들어 샘플오염, 잘못된 분석)로 인해 대기의 시간과 공간을 대표하지 못한다고 고려되는 샘플
	CO ₂	(ii) 샘플링 된 시점에서의 기상 조건에 있어서 “non-baseline” 인 것으로 고려되는 샘플
	H ₂	
	N ₂ O	

		<p>(iii) 3-시그마 필터를 기반으로 플래그로 표시된 남아있는 특이값(지리적으로 고정된 관측지에서만)</p> <ul style="list-style-type: none"> · 완성도를 위해서, 데이터의 폐기 유무에 상관없이 모든 데이터가 이곳에 포함된다. · 어떤 폐기된 데이터는 주어진 데이터셋으로부터 반드시 제외되어야 하는 데 위의 (ii), (iii)로 플래그가 된 “non-baseline” 적용 데이터는 생화학적 정보를 지니고 있을 수도 있기 때문에 반복적인 “baseline” 적용 시에는 주의. · 또한, 상기 데이터 선택은 3-시그마 필터에 의해 가릴 수 없는 데이터에 있어서 바람직할 수 있음.
	CH₃CF₂ CFCs CH ₃ Cl HCFCs	<ul style="list-style-type: none"> · ‘SampleDate’는 1994년 11월 이후의 데이터에만 샘플링의 정확한 시간(GMT)를 포함 (가장 오래된 데이터에 대한 ‘SampleDate’는 샘플 시간을 포함하여 업데이트 되지 않은 상태. 예를 들어 1993년 2월 10일 1020GMT에 채워진 플라스크에는 1993년 2월 10일 0000GMT에 해당하는 십진법의 날짜로 표기됨)
	CH ₄	<ul style="list-style-type: none"> · 분석용 관측 기기가 최상으로 작동하지 않았을 때 얻어진 관측 값을 제외하기 위해서 데이터는 먼저 규칙-기반 편집 알고리즘(Masarie et al., 1991)에 의해 편집. · 유효한 관측이 없는 시간은 디폴트 물분율(-9999999)과 플래그(*..)로 표시. · 자세한 사항은 Dlugokencky et al. (1995) 참고.
	O ₃	<ul style="list-style-type: none"> · 관측기기의 결과는 5분 데이터와 관측기기 세부사항을 포함한 한 시간 기록 자료 두 개의 원자료 파일로 출력 · 이 파일들은 외부의 영향(정전, 제로 스캔 체크 등)을 받은 데이터들을 주간격으로 모아 처리하여 제거하도록 가공
	CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> · 1987년 7월에서 1998년 4월까지의 플라스크 분석 기구로 측정된 CO₂ 혼합비는 보정이 적용. · 1987년 7월에서 1993년 11월 18일까지 측정된 샘플에는 +0.1ppm, 1993년 11월 19일부터 1998년 4월 10일까지 측정된 데이터에는 +0.24ppm만큼 보정. · 표준 기준 가스 실린더에 의한 보정은 1995년에서 2008년 4월까지 관측된 L3 시스템과 1998년에서 2007년 5월까지의 시스템 S2, L3의 모든 샘플에 적용. · 사이트에서 이전에 얻어진 파일들은 폐기하고 이 버전에 포함된 수정된 파일로 교체되어야 함. · 선별 과정은 지역에서 발생하거나 소멸하는 CO₂에 의해 오염되지 않았다고 생각되는 배경 혼합비를 구별하기 위해 수행. · 선별 과정은 관측소에 의존.
평균 처리	¹³ CO ₂ CH ₄ CO CO ₂ H ₂ N ₂ O	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 지리적으로 고정된 관측지에서 자료는 by Thoning et al. (1989)에서 설명된 curve-fitting routines 방법으로 구해진 부드러운 곡선으로부터 구한 일 평균값으로부터 월 평균값을 계산 후 제공.

$^{13}\text{CH}_4$ $^{13}\text{CO}_2$ C^{18}O_2 CH_4 CO CO_2	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 별 평균은 각 관측지에서 고유한 샘플의 날짜와 시간을 포함한 이벤트 파일의 모든 유효한 관측값의 평균으로부터 계산. - 평균값과 주의 값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 구해진 주 간격의 값들로부터 각 달의 평균값을 계산. - 플래그 된 파일은 곡선을 만드는 과정에서 제외. - 특정 사이트는 자료의 부족이나 기록기간이 짧기 때문에 적절한 곡선을 맞출 수 없기 때문에 월 평균 디렉토리에서 제외. - 만약 3달 혹은 그 이상의 연속적인 달의 데이터가 없을 경우 그 달의 월 평균값은 계산하지 않음.
C_2F_2 C_2F_4	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 <ul style="list-style-type: none"> - 시간마다 원자료 측정. - 매 시간마다 하나의 공기 샘플 측정 · 일 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 일 중간값 계산 · 월 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 월 중간값 계산
CFCs CH_3Cl CH_3C_3 HFCs N_2O SF_6	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : 평균값이 아닌 시간별 공기 샘플 · 일 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 일 중간값 계산 · 월 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 월 중간값 계산
CH_4	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 <ul style="list-style-type: none"> - 개별의 측정(주로 시간당 4번)으로부터 각 시간별 평균 계산 - 유효한 시간별 평균 자료는 지역에서 생성되고 소멸되는(비배경값)것으로부터 지역을 대표할 수 있는 공기(배경값)으로 구분하기 위해 선별. - 시간별 배경 값은 선택 플래그 “..”으로 구별. - “.C.” 플래그는 비배경값에 할당 - 배경 조건을 결정하기 위한 기준은 관측지의 특성. - Mauna Loa에서의 배경 기준은 주로 지역시간이 0000-0659 일 때인 “downslope” 기상 조건인 동안이다. - 자세한 사항은 Dlugokencky et al. (1995) 참조 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - QC 플래그의 처음의 두 칼럼에서의 배경 시간별 평균으로부터 일 평균값을 계산. - 평균값을 구하는데 하나의 시간 값만이 사용된 날에는 디폴트(-9.99) 표준편차로 할당 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 일 별 평균값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 하루 간격으로 추출된 값을 이용하여 월 평 별 평균 계산

	CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - QC 플래그의 처음의 두 칼럼에서의 배경 시간별 평균으로부터 일 평균값을 계산. - 평균값을 구하는데 하나의 시간 값만이 사용된 날에는 디폴트(-9.99) 표준편차로 할당 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 평균 값은 일 평균값으로부터 계산.
	O3	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균 · 일 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균 · 시간 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균

3.4 United States Samoa (Cape Matatula) (Global station4)

- 관측소 위치정보

<United States Samoa (Cape Matatula) Global station>	
	
14.24747°S 170.56451°W, 77m	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	UV spectrometry/radiometry	
	Total column ozone	Dobson	
	Vertical ozone profile	ECC Sonde ## Sonde	
Aerosol	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Mass concentration (total aerosol) or Mass TSP	## Filter sampling [general]	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
Greenhouse Gas	C2Cl3F3 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethan)	## Flask sampling	
		GC-ECD	

e, CFC-113)		
C2F6 (hexafluoroethane, PFC-116)	GC-MS	
C2H2F4 (1,1,1,2-tetrafluoroethane, HFC-134a)	GC-MS	
C2H3ClF2 (1,1-dichloro-1-fluoroethane, HCFC-141b)	## Flask sampling	
	GC-MS	
C2H3ClF2 (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	## Flask sampling	
	GC-ECD	
C2H3ClF2 (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	GC-MS	
C2H4F2 (1,1-difluoroethane, HFC-152a)	GC-MS	
C2HF5 (pentafluoroethane, HFC-125)	GC-MS	
C3F8 (octafluoropropane, PFC-218)	GC-MS	
C3H2F6 (1,1,1,2,3,3-hexafluoropropane, HFC-236fa)	GC-MS	
C3H3F5 (1,1,1,3,3-Pentafluoropropane, HFC-245fa)	GC-MS	
C3HF7 (1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropane, HFC-227ea)	GC-MS	
C4H5F5 (1,1,1,3,3-pentafluorobutane, HFC-365mfc)	GC-MS	
C5H2F10 (1,1,1,2,2,3,4,5,5,5-decafluoropentane, HFC-43-10-mee)	GC-MS	
CBrClF2 (Halon 1211)	GC-MS	
	GC-ECD	
CBrF3 (bromotrifluoroethane, Halon 1301)	GC-ECD	
	GC-MS	
CCl2F2 (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	## Flask sampling	
	GC-ECD	
CCl3F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	## Flask sampling	
	GC-ECD	
CCl4	GC-ECD	
	## Flask sampling	
CF4 (tetrafluoromethane, carbon tetrafluoride, perfluoromethane, PFC-14)	GC-MS	

	CH ₃ CCl ₃ (1,1,1-trichloroethane)	GC-ECD ## Flask sampling	
	CH ₄	GC-FID	
		## Flask sampling	
	CH ₄ [C-13]	## Flask sampling	
	CHClF ₂ (chlorodifluoromethane, HCFC-22)	GC-MS	
		## Flask sampling	
		GC-ECD	
	CHF ₃ (trifluoromethane, HFC-23)	GC-MS	
	CO ₂	Non-dispersive IR (NDIR)	
		## Flask sampling	
	CO ₂ [C-13]	## Flask sampling	
	CO ₂ [O-18]	## Flask sampling	
	N ₂ O	GC-ECD	
## Flask sampling			
SF ₆	GC-ECD		
	GC-MS		
	## Flask sampling		
SO ₂ F ₂ (sulphuryl fluoride)	GC-MS		
Reactive Gas	C ₂ Cl ₄	## Flask sampling	
		GC-MS	
	C ₂ H ₆ (ethane)	GC-FID	
	C ₂ HCl ₃	GC-MS	
	C ₃ H ₈ (propane)	GC-FID	
	CH ₂ Cl ₂ (dichloromethane)	## Flask sampling	
		GC-MS	
	CH ₃ Br (methylbromide)	GC-MS	
		GC-ECD	
	CHCl ₃ (chloroform)	GC-ECD	
	CO	## Flask sampling	
	i-C ₄ H ₁₀ (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C ₅ H ₁₂ (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
n-C ₄ H ₁₀ (n-butane)	GC-FID		
n-C ₅ H ₁₂ (n-pentane)	GC-FID		
Other Gas	H ₂	## Flask sampling	
Radiation	Diffuse solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Direct solar radiation	Pyrheliometer (direct solar, broadband)	
	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
Radio Nuclide	CO ₂ [C-14]	## Flask sampling	
Meteo	Precipitation	Tipping bucket rain gauge	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	## Numerical Model	
		## Numerical Model	
	Wind direction	Wind vane	

	Wind speed	Anemometer [general]	
--	------------	----------------------	--

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	CBrCF2 CFCs CHCCl3 HCFCs	<ul style="list-style-type: none"> · ‘SampleDate’는 1994년 11월 이후의 데이터에만 샘플링의 정확한 시간 (GMT)를 포함 (가장 오래된 데이터에 대한 ‘SampleDate’는 샘플 시간을 포함하여 업데이트 되지 않은 상태. 예를 들어 1993년 2월 10일 1020GMT에 채워진 플라스크에는 1993년 2월 10일 0000GMT에 해당하는 십진법의 날짜로 표기됨)
	CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 1987년 7월에서 1998년 4월까지의 플라스크 분석 기구로 측정된 CO2 혼합비는 보정이 적용. · 1987년 7월에서 1993년 11월 18일까지 측정된 샘플에는 +0.1ppm, 1993년 11월 19일부터 1998년 4월 10일까지 측정된 데이터에는 +0.24ppm만큼 보정. · 표류 기준 가스 실린더에 의한 보정은 1995년에서 2008년 4월까지 관측된 L3 시스템과 1998년에서 2007년 5월까지의 시스템 S2, L3의 모든 샘플에 적용. · 사이트에서 이전에 얻어진 파일들은 폐기하고 이 버전에 포함된 수정된 파일로 교체 되어야 함.
		<ul style="list-style-type: none"> · 선별 과정은 지역에서 발생하거나 소멸하는 CO2에 의해 오염되지 않았다고 생각되는 배경 혼합비를 구별하기 위해 수행. · 선별 과정은 관측소에 의존.
	O3	<ul style="list-style-type: none"> · 조사된 모든 자료는 외부의 요인에 의한 영향을 제거. · 다른 모든 자료는 더욱더 완벽한 데이터세트를 위해 사용.
평균 처리	C2Cl4C2HCl3 CBrCF2 CBrF3 CCl4 CFCs CHCl2 CH3Br CHCCl3 CH3Cl CH4 CHCl3 HCFCs HFCs N2O PFCs SF6 SO2F2	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : “_pol”의 월 자료들은 사건이 일어났을 때의 모든 자료(오염, 오염되지 않은 것)를 이용하여 계산.

$^{13}\text{CH}_4$ $^{13}\text{CO}_2$ $\text{C}^{18}\text{O}_2\text{CH}_4$ CO CO2 O3	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 별 평균은 각 관측지에서 고유한 샘플의 날짜와 시간을 포함한 이벤트 파일의 모든 유효한 관측값의 평균으로부터 계산. - 평균값과 주의 값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 구해진 주 간격의 값들로부터 각 달의 평균값을 계산. - 플래그 된 파일은 곡선을 만드는 과정에서 제외. - 특정 사이트는 자료의 부족이나 기록기간이 짧기 때문에 적절한 곡선을 맞출 수 없기 때문에 월 평균 디렉토리에서 제외. - 만약 3달 혹은 그 이상의 연속적인 달의 데이터가 없을 경우 그 달의 월 평균값은 계산하지 않음.
CBDF2	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 <ul style="list-style-type: none"> - 시간마다 원자료 측정. - 매 시간마다 하나의 공기 샘플 측정 · 일 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 일 중간값 계산 · 월 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 월 중간값 계산
CFCs CHCC3 CH3Cl HCFCs N2O SF6,	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : 평균이 아닌 시간별 공기 샘플 · 일 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 일 중간값 계산 · 월 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 월 중간값 계산
CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - QC 플래그의 처음의 두 칼럼에서의 배경 시간별 평균으로부터 일 평균값을 계산. - 평균값을 구하는데 하나의 시간 값만이 사용된 날에는 디폴트(-9.99) 표준편차로 할당 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 평균 값은 일 평균값으로부터 계산.
O3	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균 · 일 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균 · 월 별 데이터 처리 : 모든 값을 평균

3.5 United States South Pole (Global station5)

- 관측소 위치정보

<United States South Pole Global station>	
	
89.99695°S 24.80000°W, 2841m	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	Chemiluminescence (CL) [general]	
		UV spectrometry/radiometry	
		ECC Sonde	
	Total column ozone	Brewer	
		Dobson	
	Vertical ozone profile	Regener Sonde	
## Sonde			
Microwave radiometry			
Aerosol	Light backscattering coefficient, total aerosol	Light scattering	
		Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Light scattering	
		Nephelometry, integrating	
Number concentration	Condensation particle counter (CPC)		
Vertical distribution of properties	Aerosol backscatter sonde		
Greenhouse Gas	C2Cl3F3 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	C2H2F4 (1,1,1,2-tetrafluoroethane, HFC-134a)	GC-MS	
	C2H3Cl2F (1,1-dichloro-1,1,1-difluoroethane, HCFC-141b)	## Flask sampling	
		## Flask sampling	
C2H3CF2 (1-chloro-1,1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	GC-ECD		
C2H4F2 (1,1-difluoroethane)	GC-MS		

	e, HFC-152a)		
	CBrClF2 (Halon 1211)	GC-ECD	
		GC-MS	
	CBrF3 (bromotrifluoroethane, Halon 1301)	GC-ECD	
	CCl2F2 (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CCl3F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CCl4	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CH3CCl3 (1,1,1-trichloroethane)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	CH4	## Flask sampling	
	CH4 [C-13]	## Flask sampling	
	CHClF2 (chlorodifluoromethane, HCFC-22)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CO2	Non-dispersive IR (NDIR)	
		## Flask sampling	
	CO2 [C-13]	## Flask sampling	
		Mass Spectrometry (MS) [general]	
	CO2 [O-18]	## Flask sampling	
	N2O	GC-ECD	
		Microwave radiometry	
		## Flask sampling	
	SF6	## Flask sampling	
		GC-ECD	
Reactive Gas	C2Cl4	## Flask sampling	
	C2H6 (ethane)	GC-FID	
	C3H8 (propane)	GC-FID	
	CH2Cl2 (dichloromethane)	## Flask sampling	
	CH3Br (methylbromide)	GC-MS	
	CH3Cl (methylchloride)	GC-MS	
		GC-ECD	
	CO	## Flask sampling	
	HNO3 (nitric acid)	Microwave radiometry	
	i-C4H10 (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C5H12 (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	n-C4H10 (n-butane)	GC-FID	
	n-C5H12 (n-pentane)	GC-FID	
Other Gas	H2	## Flask sampling	
Radiation	Diffuse solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Direct solar radiation	Pyrheliometer (direct solar, broadband)	
	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Long-wave	Pyrgeometer (global, infrared)	

	radiation (direction unspecified)		
	UV Erythemally weighted	UV spectrometry/radiometry	
	UV Multiband	UV/vis spectrometry/radiometry	
	UV Spectral	UV/vis spectrometry/radiometry	
Radio Nuclide	CO2 [C-14]	## Flask sampling	
Meteo	Humidity		
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	## Numerical Model Flextra	
	Wind direction	Wind vane	
	Wind speed	Anemometer [general]	

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	¹³ CO2CH4 CO CO2 H2 N2O	<ul style="list-style-type: none"> · 플라스크 데이터는 폐기할 것과 사용할 것을 구분하는 플래그로 분류된다. · 폐기의 원인은 3가지 범주로 나누어진다. <ul style="list-style-type: none"> (i) 확인되고 추론된 샘플링 혹은 분석적인 문제(예를 들어 샘플오염, 잘못된 분석)로 인해 대기의 시간과 공간을 대표하지 못한다고 고려되는 샘플 (ii) 샘플링 된 시점에서의 기상 조건에 있어서 “non-baseline” 인 것으로 고려되는 샘플 (iii) 3-시그마 필터를 기반으로 플래그로 표시된 남아있는 특이값(지리적으로 고정된 관측지에서서만) · 완성도를 위해서, 데이터의 폐기 유무에 상관없이 모든 데이터가 이곳에 포함된다. · 어떤 폐기된 데이터는 주어진 데이터세트로부터 반드시 제외되어야 하는데 위의 (ii), (iii)로 플래그가 된 “non-baseline” 적용 데이터는 생화학적인 정보를 지니고 있을 수도 있기 때문에 반복적인 “baseline” 적용 시에는 주의. · 또한, 상기 데이터 선택은 3-시그마 필터에 의해 가릴 수 없는 데이터에 있어서 바람직할 수 있음.
	CB CF2 CFCs CHCC3 HCFCs HFCs	<ul style="list-style-type: none"> · ‘SampleDate’는 1994년 11월 이후의 데이터에만 샘플링의 정확한 시간 (GMT)를 포함 (가장 오래된 데이터에 대한 ‘SampleDate’는 샘플 시간을 포함하여 업데이트 되지 않은 상태. 예를 들어 1993년 2월 10일 1020GMT에 채워진 플라스크에는 1993년 2월 10일 0000GMT에 해당하는 십진법의 날짜로 표기됨)
	CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 1987년 7월에서 1998년 4월까지의 플라스크 분석 기구로 측정된 CO2 혼합비는 보정이 적용. · 1987년 7월에서 1993년 11월 18일까지 측정된 샘플에는 +0.1ppm, 1993년 11

		<p>월 19일부터 1998년 4월 10일까지 측정된 데이터에는 +0.24ppm만큼 보정.</p> <ul style="list-style-type: none"> · 표류 기준 가스 실린더에 의한 보정은 1995년에서 2008년 4월까지 관측된 L3 시스템과 1998년에서 2007년 5월까지의 시스템 S2, L3의 모든 샘플에 적용. · 사이트에서 이전에 얻어진 파일들은 폐기하고 이 버전에 포함된 수정된 파일로 교체 되어야 함.
	O3	<ul style="list-style-type: none"> · 선별 과정은 지역에서 발생하거나 소멸하는 CO2에 의해 오염되지 않았다고 생각되는 배경 혼합비를 구별하기 위해 수행. · 선별 과정은 관측소에 의존.
		<ul style="list-style-type: none"> · 관측기기의 결과는 5분 데이터와 관측기기 세부사항을 포함한 한 시간 기록 자료 두 개의 원자료 파일로 출력 · 이 파일들은 외부의 영향(정전, 제로 스펜 체크 등)을 받은 데이터들을 주간격으로 모아 처리하여 제거하도록 가공
평균 처리	¹³ CO2CH4 CO CO2 H2 N2O	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 지리적으로 고정된 관측지에서 자료는 by Thoning et al. (1989)에서 설명된 curve-fitting routines 방법으로 구해진 부드러운 곡선으로부터 구한 일 평균값으로부터 월 평균값을 계산 후 제공.
	¹³ CH4 ¹³ CO2 C ¹⁸ O2 CH4 CO CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 지리적으로 고정된 관측지에서 자료는 by Thoning et al. (1989)에서 설명된 curve-fitting routines 방법으로 구해진 부드러운 곡선으로부터 구한 일 평균값으로부터 월 평균값을 계산 후 제공. - 플래그된 자료는 곡선을 만드는 과정에서 제외 - 자료가 부족하거나 합리적인 곡선을 얻을만한 기간이 아닌 관측소에서의 월 자료는 제외 - 또한 3달 혹은 그이상의 자료가 없는 달이 계속 될 때 그 달은 월 평균값을 계산하지 않음.
	CF2	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 각 시간별 측정되는 단일 공기 샘플의 원 자료를 측정 · 일 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 일 중간값 계산 · 월 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 월 중간값 계산

	<p>CFCs CH₂Cl₂ CH₃Cl HCFCs N₂O SF₆</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : 평균이 아닌 시간별 공기 샘플 · 일 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 일 중간값 계산 · 월 별 데이터 처리 : 시간별 자료로부터 월 중간값 계산
	<p>CO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - QC 플래그의 처음의 두 칼럼에서의 배경 시간별 평균으로부터 일 평균값을 계산. - 평균값을 구하는데 하나의 시간 값만이 사용된 날에는 디폴트(-9.99) 표준편차로 할당 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 평균 값은 일 평균값으로부터 계산.
	<p>O₃</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : 모든 자료 · 일 별 데이터 처리 : 모든 자료 · 월 별 데이터 처리 : 모든 자료

4. 독일 지구급 관측소 관측 현황

4.1 Germany Zugspitze-Gipfel station (Global station1)

- 관측소 위치정보

<Germany Zugspitze-Gipfel Global Station>	
	
<p>47.42108°N 10.98590°E,</p> <p>2962m</p>	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	ECC Sonde	
	Total column ozone	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
Aerosol	Multiwavelength optical depth, total aerosol	Sun-tracking photometry	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
Greenhouse Gas	CH4	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		GC-FID	
	CO2	Non-dispersive IR (NDIR)	
	N2O	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
Reactive Gas	C2H6 (ethane)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CH2O (formaldehyde)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	ClONO2 (chlorine nitrate)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CO	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		Non-dispersive IR (NDIR)	
	COF2 (difluoromethanal, carbonyl fluoride)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HCl (hydrochloric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HCN (formonitrile, hydrogen cyanide)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HF (hydrofluoric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HNO3 (nitric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	NO	Chemiluminescence (CL) [general]	
	NO2	Catalytic conversion 'Mb' - CL	
	NOx	Chemiluminescence (CL) [general]	
	NOy	Chemiluminescence (CL) [general]	
SO2	Fluorescence [general]		
Radiation	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	UV Erythemally weighted	UV spectrometry/radiometry	
Radio Nuclide	Beryllium [Be-7]	Filter sampling + gamma spectrometry	
	CO2 [C-14]	Filter sampling + alpha counting	
	Krypton [Kr-85]	Beta counting	
	Radon [Rn-222]	Alpha counting	
Meteo	Humidity	Hygrometer	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	## Numerical Model	
		Flextra	
	Wind direction	Anemometer [general]	
Wind speed	Anemometer [general]		

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	CH4 CO CO2 NO NOx NOy O3	· 모든 값은 품질관리가 됨.
	CO2	· 1981-1984년의 값은 기기의 오작동일 때만 폐기. · 1985-1986년에는 기술적으로 무효한 데이터를 폐기 · 1987년에는 경험적 필터 기준이 지역적인 영향을 줄이기 위해 적용 - 진폭(최대값과 최소값의 차)이 겨울에 4ppm을 넘거나 여름에 9ppm을 넘으면 일 평균 값은 폐기 · 1988-1990년에는 없음. 필터되지 않은 자료가 보고됨.
평균 처리	CH4 CO CO2 NO NOx NOy O3	· 시간 별 데이터 처리 : - 기술적으로 편향된 자료들만 폐기(캘리브레이션이나 기기의 오작동에 의해서 발생할 때) · 일 별 데이터 처리 : - 하루에 적어도 2/3정도의 30분 값이 존재할 때 선별된 30분 자료로부터 산술 평균을 구함. · 월 별 데이터 처리 : - 한 달에 적어도 2/3정도의 일일 값들이 존재할 때 선별된 일일 값들로부터 산술평균을 구함.

4.2 Germany Zugspitze-Schneefernerhaus station (Global station2)

- 관측소 위치정보

<Germany Zugspitze-Schneefernerhaus Global Station>	
	<p>47.41650°N 10.97964°E,</p> <p>2671m</p>
	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone		
Aerosol	Carbonaceous/organic material (fine)	Multiangle absorption photometry (MAAP)	
	CCN concentration at single supersaturation	Cloud condensation nuclei (CCN) counter	
	Light absorption coefficient, total aerosol		
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Mass concentration (coarse) or Mass PM10	Filter + beta attenuation (betameter, beta gauge)	
	Number size distribution, total aerosol	Scanning mobility particle sizer (SMPS)	
Aerodynamic particle sizing spectrometer (APS)			
Greenhouse Gas	CH4	GC-FID	
	CO2	GC-FID	
	N2O	GC-FID	
	SF6	GC-FID	
Reactive Gas	Ammonia (NH3)	## Filter sampling [general]	
	C2H3O5N (peroxyacetylnitrate, PAN)	GC-ECD	
	CO	Non-dispersive IR (NDIR)	
		VUV fluorescence	
		GC-HgO reduction/UV absorption	
	NMHC	GC-FID	
	NO	Chemiluminescence (CL) [general]	
	NO2	Chemiluminescence (CL) [general]	
	NOx	Chemiluminescence (CL) [general]	
NOy	Chemiluminescence (CL) [general]		
SO2	Fluorescence [general]		
Other Gas	H2	GC-HgO reduction/UV absorption	

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	²²² Rn	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 취득 시스템이 2시간 평균 자료를 제공 · 잘못된 자료는 가스 흐름 감시, 가스 건조 시스템, 고 전압·압력·온도 조절에서의 오작동이나 다른 효과에 의해 발생 · 잘못된 자료는 폐기
	SO2	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 취득 시스템은 1분 평균 원자료를 제공

		<ul style="list-style-type: none"> · Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. · 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. · LDL(50ppt) 이하의 자료는 LDL의 50%로 설정. · 음의 LDL 이하의 자료는 폐기. · 10분 평균 자료는 6개 이상의 남아있는 자료로부터 산술평균으로 계산.
	CH4 CO CO2 N2O NO NO2 NOy SF6	<ul style="list-style-type: none"> · 모든 값은 품질관리가 됨.
	O3	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 취득 시스템은 1분 평균 원자료를 제공 · Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. · 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. · 30분 평균 자료는 15개 이상의 남아있는 자료로부터 산술평균으로 계산. · GAW에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산
평균 처리	SO2	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 시간별 자료는 40개 이상의 유효한 각각의 1분 산술 평균으로부터 계산. · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 일 별 자료는 16개 이상의 유효한 각각의 시간별 자료의 산술평균으로 계산 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 별 자료는 20개 이상(2월은 19개 이상)의 일 간 자료의 각각의 시간 자료의 산술평균으로 계산
	CH4	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 취득 시스템은 1분 평균 원자료를 제공 - Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. - 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. - 30분 평균 자료는 기본 자료의 2/3 이상이 사용 가능할 때 자료로부터 산술평균으로 계산. - WDCGG에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산

		<ul style="list-style-type: none"> · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 31개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균
	CO	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 취득 시스템은 1분 평균 원자료를 제공 - Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. - 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. - 30분 평균 자료는 15개 이상의 남아있는 자료로부터 산술평균으로 계산. - GAW에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 31개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균
	CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 취득 시스템은 5분 평균 원자료를 제공 - Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. - 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. - 30분 평균 자료는 기본 자료의 2/3 이상이 사용 가능할 때 자료로부터 산술평균으로 계산. - WDCGG에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 31개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균
	N2O	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 취득 시스템은 5분 평균 원자료를 제공 - Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. - 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. - 30분 평균 자료는 기본 자료의 2/3 이상이 사용 가능할 때 자료로부터 산술평균으로 계산.

		<ul style="list-style-type: none"> - WDCGG에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 31개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균
	NO	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 취득 시스템은 2.5분 평균 원자료를 제공 - Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. - 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. - 30분 평균 자료는 기본 자료의 2/3 이상이 사용 가능할 때 자료로부터 산술평균으로 계산. - GAW에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 31개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균
	NO2	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 취득 시스템은 2.5분 평균 원자료를 제공 - Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. - 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. - 30분 평균 자료는 기본 자료의 2/3 이상이 사용 가능할 때 자료로부터 산술평균으로 계산. - GAW에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 31개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균
	NOy	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 취득 시스템은 2.5분 평균 원자료를 제공 - Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. - 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생.

		<ul style="list-style-type: none"> - 30분 평균 자료는 남은 자료의 수가 15개 이상일 때 때 자료로부터 산술 평균으로 계산. - GAW에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 31개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균
	O3	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 유효하고 플래그 된 자료들은 자기기록 소프트웨어 툴 dafit으로 시간 별 자료나 일간 자료로 합쳐짐. - 이것은 모든 GAW에서 무료로 이용가능. - 이 툴은 자료의 품질 보증, 비준, 플래그, 집합, WDCGG로의 전달의 자동 화와 표준화를 용이하게 해줌. - 더 많은 정보와 자세한 설명은 www.gawstat.de 참조 - WDCGG로의 자동 전송과 관련된 기록은 2015년 11월 안에 완료 예정 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 67% 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 언급되지 않은 다른 기준이 적용된 1분 자료를 기초로 76% 이상의 선별 된 30분 자료로 산술평균
	PAN	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 수득 시스템은 매 10분마다 하나의 크로마토그램을 제공 - 정체 기간 동안 플롯, 테스트, 보정이 된 크로마토그램 자료가 변동을 보 여주고 만약 스프레드시트와 프로그램 된 절차의 표준화가 필요하면 재처리. - 이 방법으로 보정된 자료를 이용하여 생산. - 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향 에 의해 발생. - 30분 평균 자료는 전체 자료 중 남아있는 2/3 이상의 자료로부터 산술평 균으로 계산. - WDCGG에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 31개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균
	SF6	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 수득 시스템은 5분 평균 원자료를 제공 - Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환

	<p>하는데 사용.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. - 30분 평균 자료는 기본 자료의 2/3 이상이 사용 가능할 때 자료로부터 산술평균으로 계산. - WDCGG에 보고하기 위해 시간 평균은 30분 자료로부터 계산 <p>· 일 별 데이터 처리 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 31개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균 <p>· 월 별 데이터 처리 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균
--	---

4.3 Germany Hohenpeissenberg station (Global station3)

- 관측소 위치정보

<Germany Hohenpeissenberg Global Station>

	<p>47.80150°N 11.00962°E,</p> <p>985m</p>	
---	---	--

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	ECC Sonde	
		Potassium iodide (KI) method	
		Chemiluminescence (CL) [general]	
	Total column ozone	Brewer	
		Dobson	
	Vertical ozone profile	## Sonde	
Light detection and ranging (LIDAR)			
Brewer-Mast Sonde			
Aerosol	Light absorption coefficient, total	Multiangle absorption photometry (MAAP)	

	aerosol	Filter + light attenuation (aethalometer)	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Major chemical components (size fractionated)	Multistage impactor	
	Major inorganic components (coarse)	## Filter sampling [general]	
	Mass concentration (coarse) or Mass PM10	Continuous gravimetry	
	Mass concentration (total aerosol) or Mass TSP	Continuous gravimetry	
	Multiwavelength optical depth, total aerosol	Sun-tracking photometry	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
	Number size distribution, total aerosol	Scanning mobility particle sizer (SMPS)	
		Differential mobility particle sizer (DMA, DMPS)	
		Optical particle counter (OPC)	
	Vertical distribution of properties	Light detection and ranging (LIDAR)	
Greenhouse Gas	CH4	## Flask sampling	
		Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)	
	CO2	## Flask sampling	
		Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)	
	CO2 [C-13]	## Flask sampling	
CO2 [O-18]	## Flask sampling		
Reactive Gas	C2H2 (ethyne, acetylene)	GC-FID	
	C2H3O5N (peroxyacetylnitrate, PAN)	GC-FID	
	C2H4 (ethene)	GC-FID	
	C2H6 (ethane)	GC-FID	
	C3H4 (propyne)	GC-FID	
	C3H6 (propene)	GC-FID	
	C4H6 (1,3-butadiene, butadiene)	GC-FID	
	C4H8 (1-butene)	GC-FID	
	C5H10 (1-pentene)	GC-FID	
	C5H8 (2-methyl-1,3-butadiene, isoprene)	GC-FID	
	C6H12 (cyclohexane)	GC-FID	
	C6H14 (2-methylpentane)	GC-FID	
	C6H14 (n-hexane)	GC-FID	
	C6H6 (benzene)	GC-FID	
	C7H8 (toluene)	GC-FID	
C8H10 (ethylbenzene)	GC-FID		

	C8H10 (m-xylene)	GC-FID	
	C8H10 (p,m-xylene)	GC-FID	
	c-C4H8 (cis-2-butene)	GC-FID	
	c-C5H10 (cis-2-pentene)	GC-FID	
	CO	UV fluorescence	
		VUV fluorescence	
	H2O2 (hydrogen peroxide)	Fluorescence [general]	
	i-C4H10 (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C4H8 (2-methylpropene, iso-butene)	GC-FID	
	i-C5H12 (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	n-C4H10 (n-butane)	GC-FID	
	n-C5H12 (n-pentane)	GC-FID	
	n-C7H16 (n-heptane)	GC-FID	
	NO	Chemiluminescence (CL) [general]	
	NO2	Photolytic conversion - CL	
		Chemiluminescence (CL) [general]	
	NOx	Chemiluminescence (CL) [general]	
	NOy	Chemiluminescence (CL) [general]	
	ROOH	Fluorescence [general]	
	SO2	Fluorescence [general]	
	t-C4H8 (trans-2-butene)	GC-FID	
	t-C5H10 (trans-2-pentene)	GC-FID	
Precipitation Chem	Electric conductivity		
	Hydrogen ion (H+) or pH	Potentiometry (pH meter)	
	Inorganic ions - deprecated	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Trace metals - deprecated	ICP-MS	
Radiation	Diffuse solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Long-wave radiation (downwelling)	Pyrgeometer (global, infrared)	
	UV Spectral	Brewer	
UV/vis spectrometry/radiometry			
Radio Nuclide	CO2 [C-14]		
	Radon [Rn-222]	Alpha counting	
Meteo	Aerological soundings	## Sonde	
	Humidity	Hygrometer	
	Precipitation	Weighing type rain gauge	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	

	Temperature	Thermometer/-element	
	Temperature profile	Light detection and ranging (LIDAR)	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Wind direction	Wind vane	
	Wind speed	Anemometer [general]	

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	²²² Rn	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 취득 시스템은 1시간 평균 자료를 제공 · 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생.
	CO	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 취득 시스템은 2.5분 평균 원자료를 제공 · Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. · 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. · NDIR 분석기 : <ul style="list-style-type: none"> - 10개 이상(5개 이상의 제로모드와 5개 이상의 관측 모드)의 선별된 자료로부터 20분 평균 자료 생산(5분 제로 - 10분 측정 - 5분 제로 사이의 차이). · Resonance Fluorescence (RF) 분석기 : <ul style="list-style-type: none"> - 10분 평균 자료는 6개 이상의 남아있는 자료로부터 산술평균으로 계산
	H2O2	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 취득 시스템은 1분 평균 원자료를 제공 · Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. · 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생.
	NO NO2 NOx NOy ROOH SO2	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 취득 시스템은 1분 평균 원자료를 제공 · Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. · 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. · 10분 평균 자료는 6개 이상의 남아있는 자료로부터 산술평균으로 계산.
	O3	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 취득 시스템은 1분 평균 원자료를 제공 · Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. · 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생.

		<ul style="list-style-type: none"> · LDL(1ppt) 이하의 자료는 LDL의 50%로 설정. · 음의 LDL(<-1 ppb) 이하의 자료는 폐기. · 일반적으로 "master ozone analyzer" (TE 49C)으로부터 얻어진 데이터만 WDCGG에 보내짐. · 캘리브레이션이나 TE49 #306의 오작동으로 발생하는 데이터 기록에서의 공백은 다음의 전제조건을 만족한 경우 다른 관측 장비의 자료로부터 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 주요 관측 장비와 각각의 장비사이의 공백 이전의 마지막의 6개의 10분 평균값과 공백 이후의 첫 6개의 10분 평균값의 편차가 반드시 1%나 0.5ppb(중 큰 것) 보다 작은 경우 · 10분 평균 자료는 6개 이상의 남아있는 자료로부터 산술평균으로 계산.
	PAN	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 취득 시스템은 매 10분마다 PAN과 CCl4의 피크 높이, 피크 면적 그리고 보조데이터(흐름, 온도, 기타 시스템 변수)를 제공 · 통합은 수동으로 확인 · Zero/캘리브레이션 요소와 자료 프로토콜은 원자료를 교정된 자료로 전환하는데 사용. · 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생. · 부적절한 자료는 지역적인 영향이나 오작동 혹은 추적 물질이나 기상 자료 또는 관측지의 일지나 폐기된 것들의 정보와의 비교/상관계수로부터 인식되는 다른 영향에 의해 발생.
	VOCs	<ul style="list-style-type: none"> · 자료는 품질제어를 받음. · 탄화수소는 채류 시간에 의해 식별. · 권고된 VOC 캘리브레이션 혼합물(WMO GAW report No. 111)과 일치하는 28 탄화수소가 나열됨. · 정확도 값은 캘리브레이션의 범위 요소 k=2, 측정의 재현성, 피크의 중복과 기준치 잡음으로 인한 피크 적분 에러와 전체 확장된 불확실성을 포함(값은 "Rem-column에서 주어짐). · 평균값은 일일 값으로 적용되지 않음
	CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 1987년 7월에서 1998년 4월까지의 플라스크 분석 기구로 측정된 CO2 혼합비는 보정이 적용. · 1987년 7월에서 1993년 11월 18일까지 측정된 샘플에는 +0.1ppm, 1993년 11월 19일부터 1998년 4월 10일까지 측정된 데이터에는 +0.24ppm만큼 보정. · 표류 기준 가스 실린더에 의한 보정은 1995년에서 2008년 4월까지 관측된 L3 시스템과 1998년에서 2007년 5월까지의 시스템 S2, L3의 모든 샘플에 적용. · 사이트에서 이전에 얻어진 파일들은 폐기하고 이 버전에 포함된 수정된 파일로 교체 되어야 함.
평균 처리	²²² Rn	<ul style="list-style-type: none"> · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 일 별 자료는 16개 이상의 시간 자료에서 각각의 시간 자료로부터 산술평균

	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 별 자료는 20개(2월은 19개) 이상의 일일 자료에서 각각의 시간자료의 산술평균
CO	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - NDIR : 1개 이상의 자료로부터 선별된 20분 평균자료로 산술평균 - RF : 40개 이상의 각각의 유효한 1분 평균자료로부터 산술평균 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 16개 이상의 시간별 자료에서 각각의 시간자료의 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 별 자료는 20개(2월은 19개) 이상의 일일 자료에서 각각의 시간자료의 산술평균
H2O2 NO NO2 NOx NOy O3 ROOH SO2	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 시간평균은 40개 이상의 자료에서 각각의 유효한 1분 평균값을 산술평균 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 일평균은 16개 이상의 시간별 자료에서 각각의 시간값을 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 별 자료는 20개(2월은 19개) 이상의 일일 자료에서 각각의 시간자료의 산술평균
PAN	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 시간평균은 3개 이상의 자료에서 선별된 값으로 산술평균 · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 일평균은 16개 이상의 시간별 자료에서 각각의 시간값을 산술평균 · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 별 자료는 20개(2월은 19개) 이상의 일일 자료에서 각각의 시간자료의 산술평균
VOCs	<ul style="list-style-type: none"> · 일 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 가능하다면 하루마다 한 번(11:00~15:00, 대부분 13:00,CET)의 측정의 결과로 보고. · 월 별 데이터 처리 : 일 별 자료로부터 산술평균을 계산.
¹³ CO2 C ¹⁸ O2 CH4 CO CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 별 평균은 각 관측지에서 고유한 샘플의 날짜와 시간을 포함한 이벤트 파일의 모든 유효한 관측값의 평균으로부터 계산. - 평균값과 주의 값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 구해진 주 간격의 값들로부터 각 달의 평균값을 계산. - 플래그 된 파일은 곡선을 만드는 과정에서 제외. - 특정 사이트는 자료의 부족이나 기록기간이 짧기 때문에 적절한 곡선을 맞출 수 없기 때문에 월 평균 디렉토리에서 제외. - 만약 3달 혹은 그 이상의 연속적인 달의 데이터가 없을 경우 그 달의 월 평균값은 계산하지 않음.

4.4 Germany Neumayer station (Global station7)

- 관측소 위치정보

<Germany Neumayer Global Station>	
 <p style="margin-top: 10px;">70.66600°S 8.26600°W, 42m</p>	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	Potassium iodide (KI) method	
	Total column ozone	UV/vis spectrometry/radiometry	
		Differential optical absorption (DOAS)	
Vertical ozone profile	ECC Sonde Sonde		
Aerosol	Light absorption coefficient, total aerosol	Filter + light attenuation (aethalometer)	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Light scattering	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Light scattering	
		Nephelometry, integrating	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
Number size distribution, total aerosol			
Greenhouse Gas	CH4	GC-FID	
	CO2	Flask sampling	
Reactive Gas	NO2	UV/vis spectrometry/radiometry	
Radiation	Diffuse solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Direct solar radiation	Pyrheliometer (direct solar, broadband)	
	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	

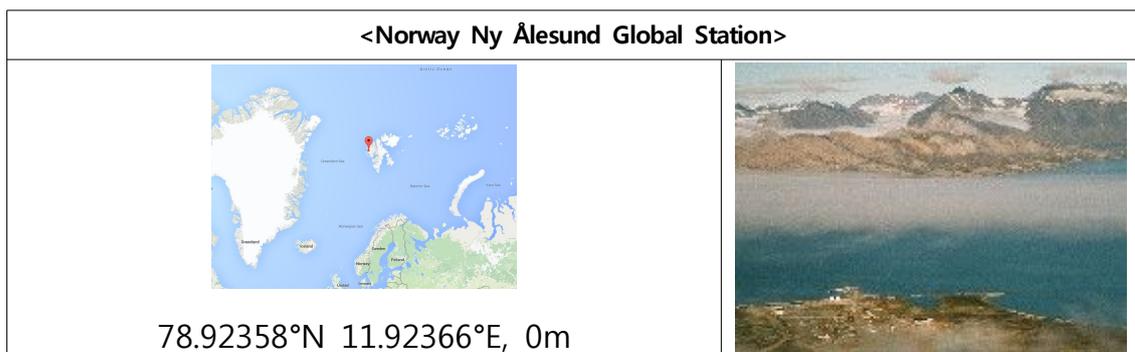
	Long-wave radiation (direction unspecified)	Pyrgeometer (global, infrared)	
	UV Broadband		
Radio Nuclide	CO2 [C-14]	Flask sampling	
	Radon [Rn-222]	Filter sampling + alpha counting	
Meteo	Aerological soundings		
	Pressure		
	Temperature	Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Wind direction	Wind vane	
	Wind speed	Anemometer [general]	

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	O3	· 원자료의 해상도는 2000년 이전은 3분, 2000년 이후는 1분 · 진단 값이 0인 기간 동안에 얻어지는 자료에는 캘리브레이션이나 기기의 오작동이 제거됨.
평균 처리	O3	· 시간 별 데이터 처리 : - 유효한 1분 평균 자료로부터 1시간 평균 계산

5. 노르웨이 지구급 관측소 관측 현황

5.1 Norway Ny Ålesund station (Global station9)

- 관측소 위치정보



- 관측 프로그램

관측 분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Total column ozone	UV/vis spectrometry/radiometry	
		Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		Dobson	
		Brewer	
		SAOZ	
	Vertical ozone profile	Light detection and ranging (LIDAR)	
		## Sonde	
		Microwave radiometry	
ECC Sonde			
Aerosol	Multiwavelength optical depth, total aerosol		
	Vertical distribution of properties	Light detection and ranging (LIDAR)	
Aerosol backscatter sonde			
Greenhouse Gas	CH4	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	N2O	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
Reactive Gas	C2H6 (ethane)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CH2O (formaldehyde)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	ClO (chlorine monoxide)	Microwave radiometry	
	ClONO2 (chlorine nitrate)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CO	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	COF2 (difluoromethanal, carbonyl fluoride)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HCl (hydrochloric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HCN (formonitrile, hydrogen cyanide)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HF (hydrofluoric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HNO3 (nitric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
NO2	UV/vis spectrometry/radiometry		
Radiation	Global solar radiation		
Meteo	Humidity		
	Precipitation		
	Pressure		
	Temperature		
	Temperature profile	Light detection and ranging (LIDAR)	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Wind direction		
	Wind speed		

5.2 Norway Zeppelin Mountain (Ny Ålesund) station (Global station10)

- 관측소 위치정보

<Norway Zeppelin Mountain (Ny Ålesund) Global Station>	
 <p>78.90669°N 11.88934°E, 475m</p>	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	UV spectrometry/radiometry	
Aerosol	Ammonium (NH ₄ ⁺), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Arsenic (As), total aerosol	ICP-MS	
	Cadmium (Cd), total aerosol	ICP-MS	
	Calcium (Ca ⁺⁺), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Chloride (Cl ⁻), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Chromium (Cr), total aerosol	ICP-MS	
	Cobalt (Co), total aerosol	ICP-MS	
	Copper (Cu), total aerosol	ICP-MS	
	Lead (Pb), total aerosol	ICP-MS	
	Light absorption coefficient, total aerosol	Particle soot absorption photometer (PSAP)	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Magnesium (Mg ⁺⁺), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Manganese (Mn), total aerosol	ICP-MS	
Mass concentration (size fractionated)	Multistage impactor		
Mercury (Hg), total aerosol			
Multiwavelength optical depth, total aerosol	Sunphotometry/Filter Radiometry		

	Nickel (Ni), total aerosol	ICP-MS	
	Nitrate (NO ₃ -), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
	Number size distribution, total aerosol	Differential mobility particle sizer (DMA, DMPS)	
	Potassium (K+), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Sodium (Na+), total aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Sulphate (SO ₄ =), corrected	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Sulphate (SO ₄ =), total	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Sum of ammonia (NH ₃) and ammonium (NH ₄ +), in air and aerosol	Capillary electrophoresis (CE)	
		Colorimetry (indophenol, Bertholet)	
		Ion Chromatography (IC) [general]	
	Sum of nitric acid (HNO ₃) and nitrate (NO ₃ -), in air and aerosol	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Vanadium (V), total aerosol	ICP-MS	
	Zinc (Zn), total aerosol	ICP-MS	
Greenhouse Gas	C ₂ Cl ₂ F ₄ (1,2-dichlorotetrafluoroethane, CFC-114)	GC-MS	
	C ₂ Cl ₃ F ₃ (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	GC-MS	
	C ₂ ClF ₅ (1-chloro-1,1,2,2,2-pentafluoroethane, CFC-115)	GC-MS	
	C ₂ F ₆ (hexafluoroethane, PFC-116)	GC-MS	
	C ₃ F ₈ (octafluoropropane, PFC-218)	GC-MS	
	CCl ₂ F ₂ (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	Gas Chromatography (GC) [general]	
	CCl ₃ F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	GC-ECD	
	CCl ₄	GC-ECD	
	CF ₄ (tetrafluoromethane, carbon tetrafluoride, perfluoromethane, PFC-14)	GC-MS	
	CH ₃ CCl ₃ (1,1,1-trichloroethane)	GC-ECD	
	CH ₄	## Flask sampling	
		Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)	
		GC-FID	
	CH ₄ [C-13]	## Flask sampling	
CO ₂	Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)		

		## Flask sampling	
		Non-dispersive IR (NDIR)	
	CO2 [C-13]	## Flask sampling	
	CO2 [O-18]	## Flask sampling	
	N2O	GC-ECD	
	SF6	GC-MS	
	SO2F2 (sulphuryl fluoride)	GC-MS	
Reactive Gas	Ammonia (NH3)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	C2H2 (ethyne, acetylene)	GC-FID	
	C2H2O2 (oxaldehyde, ethanedial)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C2H4 (ethene)	GC-FID	
	C2H6 (ethane)	GC-FID	
	C3H6 (propene)	GC-FID	
	C3H6O (acetone, propanone)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C3H6O (propanal)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C3H8 (propane)	GC-FID	
	C4H6 (1,3-butadiene, butadiene)	GC-FID	
	C4H8 (1-butene)	GC-FID	
	C4H8 (sum of butenes)	GC-FID	
	C4H8O (butan-2-one, methylethylketone)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C4H8O (butanal isomers)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C5H10 (sum of pentenes)	GC-FID	
	C5H10O (pentanal, valeraldehyde)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C5H8 (2-methyl-1,3-butadiene, isoprene)	GC-FID	
	C6H12 (cyclohexane)	GC-FID	
	C6H12O (hexanal isomers)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C6H14 (2-methylpentane)	GC-FID	
	C6H14 (3-methylpentane)	GC-FID	
	C6H14 (n-hexane)	GC-FID	
	C6H6 (benzene)	GC-FID	
	C7H6O (benzene carbaldehyde)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C7H8 (toluene)	GC-FID	
	C8H10 (ethylbenzene)	GC-FID	
	C8H10 (o-xylene)	GC-FID	
	C8H10 (p,m-xylene)	GC-FID	
c-C4H8 (cis-2-butene)	GC-FID		

	CH ₂ O (formaldehyde)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	CH ₃ CHO (acetaldehyde, ethanal)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	CO	GC-HgO reduction/UV absorption	
		## Flask sampling	
	HNO ₃ (nitric acid)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	i-C ₄ H ₁₀ (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C ₅ H ₁₂ (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	i-C ₇ H ₁₆ (2-methylhexane, isoheptane)	GC-FID	
	n-C ₄ H ₁₀ (n-butane)	GC-FID	
	n-C ₅ H ₁₂ (n-pentane)	GC-FID	
	n-C ₇ H ₁₆ (n-heptane)	GC-FID	
	NO ₂	Colorimetry (Griess)	
		Impregnated filter	
	SO ₂	Ion Chromatography (IC) [general]	
		Impregnated filter	
	t-C ₄ H ₈ (trans-2-butene)	GC-FID	
Other Gas	H ₂	## Flask sampling	
Radio Nuclide	Lead [Pb-210]		
	Radon [Rn-222]	GC-MS	
POPs	C ₁₃ H ₁₀ (9H-fluorene, fluorene), in air	GC-MS	
	C ₁₄ H ₁₀ (anthracene), in aerosol and air	GC-MS	
	C ₁₄ H ₁₀ (anthracene), in air	GC-MS	
	C ₁₄ H ₁₀ (phenanthrene), in air	GC-MS	
	C ₁₄ H ₁₀ (phenanthrene), in air and aerosol	NILU_O_3	
	C ₁₆ H ₁₀ (pyrene), in air and aerosol	NILU_O_3	
	C ₁₈ H ₁₂ (Benz(a)anthracene), in air	GC-MS	
	C ₁₈ H ₁₂ (Benz(a)anthracene), in air and aerosol	NILU_O_3	
	C ₆ Cl ₆ (hexachlorobenzene, HCB), in air	GC-MS	
	C ₆ H ₆ Cl ₆ (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, alpha-lindane, alpha-HCH), in air	GC-MS	
	C ₆ H ₆ Cl ₆ (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, gamma-lindane, gamma-HCH), in air	GC-MS	

Meteo	Humidity	Hygrometer	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Electric conductivity (EC meter)	
		Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Wind direction	Wind vane	
	Wind speed	Cup anemometer	

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 수집 시스템에 따라 1분간 평균한 자료로써 원자료를 저장. · 분 평균은 보정자료와 폭의 표준에 선형화를 이용해 물리적인 단위로 전환.
	O3	<ul style="list-style-type: none"> · 매 5초마다 감시하고, 1분, 5분의 값을 기록한다. · 매 시간마다의 값만이 저장된다.
평균 처리	C2Cl4 C2HCl3 CBrClF2 CBrF3 CFCs CHCl2 CH3Br CHCl3 CHCl3 CHCl3 HFCs SF6 SO2F2	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : “_poi”의 월 자료들은 사건이 일어났을 때의 모든 자료(오염, 오염되지 않은 것)를 이용하여 계산.
	CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 시간 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 2002년까지 : <ul style="list-style-type: none"> - 관측기기가 1분 평균값을 전달 - 시간별로 보고되는 값은 적어도 5개의 1분 평균의 중간값. - 시간별로 편차가 0.2 ppm 이하일 때의 자료만 보고. - 1분 사용이 불가능한 일부 기간에는, 스트립 차트로부터의 자료를 대신 읽어온다. - 이 경우에는 표준편차가 보고되지 않고, 값이 더 높은 불확실성을 갖게 된다. - 2004년부터 <ul style="list-style-type: none"> - 시간 자료는 1분 평균으로부터 계산. - 잘못된 데이터는 제거됨.(예를 들면 확인된 기기 에러, 오염, 캘리브레이션 혹은 다른 점검) · 일 별 데이터 처리 : 일 별 데이터는 시간 별 데이터 때 사용 된 일본 평균값으로부터 계산 · 월 별 데이터 처리 :

	$^{13}\text{CH}_4^{13}\text{CO}_2^{18}\text{O}$ CO_2	<p>일 별 데이터는 시간 별 데이터 때 사용 된 일분 평균값으로부터 계산</p> <p>· 월 별 데이터 처리 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 월 별 평균은 각 관측지에서 고유한 샘플의 날짜와 시간을 포함한 이벤트 파일의 모든 유효한 관측값의 평균으로부터 계산. - 평균값과 주의 값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 구해진 주 간격의 값들로부터 각 달의 평균값을 계산. - 플래그 된 파일은 곡선을 만드는 과정에서 제외. - 특정 사이트는 자료의 부족이나 기록기간이 짧기 때문에 적절한 곡선을 맞출 수 없기 때문에 월 평균 디렉토리에서 제외. - 만약 3달 혹은 그 이상의 연속적인 달의 데이터가 없을 경우 그 달의 월 평균값은 계산하지 않음.
--	--	---

부록2. 국외 기타 국가 지구급 기후변화감시 측정 및 통계 처리 현황

1. 유럽 지구급 관측소 관측 현황

1.1 Switzerland Jungfraujoch station (Global station1)

- 관측소 위치정보

<Switzerland Jungfraujoch Global station>	
	
46.54749°N 7.98509°E, 3850m	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
오존 (Ozone)	지표오존 (Surface ozone)		
	오존전량 (Total column ozone)	UV/vis spectrometry/radiometry	
		Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
에어로졸 (Aerosol)	Ammonium(NH4+)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Ammonium nitrate(NH4NO3)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Acetate(C2H3O2)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Ethanedioate(C2O4)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Calcium(Ca++)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Methanesulphonate (CH3O3S-)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Choloride(Cl-)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Formate(HCOO)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Fluoride(F-)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Hygroscopic growth factor		
	Light absorption coefficient	Filter + light attenuation (aethalometer)	
	Light	Nephelometry, integrating	

	backscattering coefficient		
	Light scattering coefficient	Nephelometry, integrating Light scattering	
	Magnesium(Mg+)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Major inorganic components (coarse)		
	Mass concentration (coarse)	Gravimetry [general] Filter sampling + gravimetry	
	Multiwavelength optical depth		
	Nitrate (NO ₃ -)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
	Number size distribution	Scanning mobility particle sizer (SMPS)	
	Potassium (K+)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	Sulphate (SO ₄ =)	X-ray fluorescence (XRF) Ion Chromatography (IC) [general]	
온실가스 (Greenhouse Gas)	C ₂ F ₆ (hexafluoroethane)	GC-MS	
	C ₃ F ₈ (octafluoropropane)	GC-MS	
	CCl ₂ F ₂ (dichlorodifluoro methane)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CCl ₃ F (trichlorofluoromethane)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CF ₄ (tetrafluoromethane, carbon tetrafluoride, perfluoromethane)	GC-MS	
	CH ₄	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		GC-FID	
		Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)	
	CH ₄ [C-13]	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CO ₂	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		Non-dispersive IR (NDIR)	
		Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)	
	CO ₂ [C-13]	Quantum cascade laser (QCL) spectroscopy	
	CO ₂ [O-18]	Quantum cascade laser (QCL) spectroscopy	
	N ₂ O	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
GC-ECD			
SF ₆	GC-MS		
	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)		
	GC-ECD		
SO ₂ F ₂ (sulphuryl fluoride)	GC-MS		
반응가스 (Reactive Gas)	C ₂ H ₂ (acetylene)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	C ₂ H ₃ O ₅ N (peroxyacetylnitrate, PAN)	GC-ECD	
	C ₂ H ₆ (ethane)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	

		GC-MS	
	CH ₂ O (formaldehyde)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	ClONO ₂ (chlorine nitrate)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	CO	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		Non-dispersive IR (NDIR)	
		GC-FID	
	COF ₂ (difluoromethanal, carbonyl fluoride)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HCl (hydrochloric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HCN (formonitrile, hydrogen cyanide)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HF (hydrofluoric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	HNO ₃ (nitric acid)	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	NO	Chemiluminescence (CL) [general]	
		Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	NO ₂	Chemiluminescence (CL) [general]	
		Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
		UV/vis spectrometry/radiometry	
	NO _x	Chemiluminescence (CL) [general]	
	NO _y	Chemiluminescence (CL) [general]	
	SO ₂	UV fluorescence	
		Ion Chromatography (IC) [general]	
		Colorimetry (thorin)	
	H ₂	GC-HgO reduction/UV absorption	
강수화학 (Precipitation Chem)	암모늄(NH ₄ ⁺) (Ammonium)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	칼슘(Ca ⁺⁺) (Calcium)	Atomic absorption spectrophotometry (AAS)	
		Ion Chromatography (IC) [general]	
	염화(Cl ⁻) (Chloride)	Colorimetry (mercury thiocyanate+iron alum)	
		Ion Chromatography (IC) [general]	
	전기 전도도 (Electric conductivity)	Electric conductivity (EC meter)	
	수소이온(H ⁺) 또는 산도 (Hydrogen ion or pH)	Potentiometry (pH meter)	
	마그네슘(Mg ⁺⁺) (Magnesium)	Ion Chromatography (IC) [general]	
		Atomic absorption spectrophotometry (AAS)	
	질산염(NO ₃ ⁻) (Nitrate)	Ion Chromatography (IC) [general]	
		Colorimetry (Griess)	
칼륨(K ⁺) (Potassium)	Ion Chromatography (IC) [general]		
나트륨(Na ⁺) (Sodium)	Ion Chromatography (IC) [general]		
황산염(SO ₄ ⁻) (Sulphate)	Colorimetry (thorin)		
	Ion Chromatography (IC) [general]		

대기복사 (Radiation)	직달태양복사 (Direct solar radiation)	Pyrheliometer (direct solar, broadband)	
	지구태양복사 (Global solar radiation)	Pyranometer (global solar, broadband)	
	하향장파복사 (Long-wave radiation (downwelling))	Pyrgeometer (global, infrared)	
	Long-wave radiation (direction unspecified)	Pyrgeometer (global, infrared)	
	UV Broadband	UV spectrometry/radiometry	
	UV Spectral	Sunphotometry/Filter Radiometry	
Radio Nuclide	Beryllium [Be-7]	Filter sampling +Filter sampling	
	Radon [Rn-222]		
POPs	C13H10 (9H-fluorene, fluorene), in air	GC-MS	
	C14H10 (anthracene), in aerosol and air	GC-MS	
	C14H10 (anthracene), in air	GC-MS	
	C14H10 (phenanthrene), in air	GC-MS	
	C16H10 (pyrene), in air and aerosol	GC-MS	
	C18H12 (Benz(a)anthracene), in air	GC-MS	
	C6Cl6 (hexachlorobenzene, HCB), in air	GC-MS	
	C6H6Cl6 (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, alpha-lindane, alpha-HCH), in air	GC-MS	
	C6H6Cl6 (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, gamma-lindane, gamma-HCH), in air	GC-MS	
Meteo	Humidity		
	Precipitation	Gravimetry [general]	
	Pressure		
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Watervapor profile	Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	
	Wind direction		
Wind speed			

1.2 Finland Pallas station (Global station2)

- 관측소 위치정보

<Finland Pallas Global Station>	
	
67.97361°N 24.11583°E, 560m	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법
오존 (Ozone)	Surface ozone	
에어로졸 (Aerosol)	Light absorption coefficient, total aerosol	Filter + light attenuation (aethalometer)
	Light backscattering coefficient(total aerosol, PM10)	Nephelometry, integrating
		Light scattering
	Light scattering coefficient, PM10	Light scattering
	Light scattering coefficient, total aerosol	Light scattering
		Nephelometry, integrating
	Mass concentration (coarse) or Mass PM10	Filter + beta attenuation (betameter, beta gauge)
	Mercury (Hg), total aerosol	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
Number size distribution, total aerosol	Differential mobility particle sizer (DMA, DMPS)	
	Optical particle counter (OPC)	
Greenhouse Gas	CBrF3 (bromotrifluoromethane, Halon 1301)	GC-ECD
		## Flask sampling
	CH4	GC-FID
		## Flask sampling
	CO2	Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)
		Non-dispersive IR (NDIR)
		## Flask sampling
CO2 [C-13]	## Flask sampling	
CO2 [O-18]	## Flask sampling	
N2O	GC-ECD	
Reactive Gas	C2H2 (ethyne, acetylene)	GC-FID
	C2H4 (ethene)	GC-FID

	C ₂ H ₆ (ethane)	GC-FID	
	C ₃ H ₆ (propene)	GC-FID	
	C ₃ H ₈ (propane)	GC-FID	
	C ₄ H ₆ (1,3-butadiene, butadiene)	GC-FID	
	C ₄ H ₈ (1-butene)	GC-FID	
	C ₆ H ₁₂ (cyclohexane)	GC-FID	
	C ₆ H ₁₄ (2-methylpentane)	GC-FID	
	C ₆ H ₁₄ (3-methylpentane)	GC-FID	
	C ₆ H ₁₄ (n-hexane)	GC-FID	
	C ₆ H ₆ (benzene)	GC-FID	
	C ₇ H ₈ (toluene)		
	C ₈ H ₁₀ (ethylbenzene)		
	c-C ₄ H ₈ (cis-2-butene)	GC-FID	
	c-C ₅ H ₁₀ (cis-2-pentene)	GC-FID	
	CO	## Flask sampling	
		GC-FID	
	i-C ₄ H ₁₀ (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C ₄ H ₈ (2-methylpropene, iso-butene)	GC-FID	
	i-C ₅ H ₁₂ (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	n-C ₄ H ₁₀ (n-butane)	GC-FID	
	n-C ₅ H ₁₂ (n-pentane)	GC-FID	
	n-C ₇ H ₁₆ (n-heptane)	GC-FID	
	NO ₂	Chemiluminescence (CL) [general]	
	SO ₂	UV spectrometry/radiometry	
	t-C ₄ H ₈ (trans-2-butene)	GC-FID	
Radio Nuclide	Radon [Rn-222]	Beta counting	
Pops	C ₁₃ H ₁₀ (9H-fluorene, fluorene), in air	GC-MS	
	C ₁₄ H ₁₀ (phenanthrene), in air	GC-MS	
	C ₆ Cl ₆ (hexachlorobenzene, HCB), in air	GC-MS	
	C ₆ H ₆ Cl ₆ (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, alpha-lindane, alpha-HCH), in air	GC-MS	
	C ₆ H ₆ Cl ₆ (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, gamma-lindane, gamma-HCH), in air	GC-MS	

Meteo	Humidity	Hygrometer	
	Precipitation	GC-FID	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Wind direction	Wind vane	
	Wind speed	Anemometer [general]	

1.3 Finland Sodankylä station (Global station3)

- 관측소 위치정보

<Finland Sodankylä Global Station>

 67.36380°N 26.63040°E, 180m	
---	---

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	UV spectrometry/radiometry	
	Total column ozone	UV/vis spectrometry/radiometry	
		SAOZ	
		Brewer	
	Vertical ozone profile	Light detection and ranging (LIDAR)	
	## Sonde		
	ECC Sonde		
Aerosol	Vertical distribution of properties	Light detection and ranging (LIDAR)	
		Aerosol backscatter sonde	
Reactive Gas	NO2	UV/vis spectrometry/radiometry	
Radiation	Diffuse solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	

	Long-wave radiation (direction unspecified)		
	UV Broadband		
	UV Spectral	Brewer	
Radio Nuclide	Beryllium [Be-7]	Filter sampling + gamma spectrometry	
	Lead [Pb-210]	Filter sampling + alpha counting	
	Radon [Rn-222]	Beta counting	
Meteo	Aerological soundings	## Sonde	
	Humidity		
	Precipitation		
	Pressure		
	Temperature		
	Temperature profile	Light detection and ranging (LIDAR)	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Wind direction		
Wind speed			

1.4 Ireland Mace Head station (Global station7)

- 관측소 위치정보

<Ireland Mace Head Global Station>	
	
53.32583°N 9.89944°W, 5m	

- 관측 프로그램

관측	관측요소	관측방법
----	------	------

분야			
Ozone	Surface ozone		
Aerosol	Carbonaceous/organic material (coarse), PM10	Thermo-optical analyzer (Sunset Labs)	
		Filter sampling + combustion + IC	
	CCN concentration at single supersaturation	Twomey static thermal diffusion chamber	
	Elemental carbon (coarse), PM10	Thermo-optical analyzer (Sunset Labs)	
	Hygroscopic growth factor, 165 μm equivalent		
	Light absorption coefficient, total aerosol	Multiangle absorption photometry (MAAP)	
		Filter + light attenuation (aethalometer)	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol		
	Major inorganic components (coarse)		
	Mass concentration (coarse) or Mass PM10	Thermo-optical analyzer (Sunset Labs)	
	Mass concentration (medium), PM2.5		
	Mass concentration (total aerosol) or Mass TSP	Continuous gravimetry	
	Multiwavelength optical depth, total aerosol	Sun-tracking photometry	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
Number size distribution, total aerosol	Scanning mobility particle sizer (SMPS)		
	Optical particle counter (OPC)		
	Differential mobility particle sizer (DMA, DMPS)		
Total carbon (coarse), PM10	Thermo-optical analyzer (Sunset Labs)		
Greenhouse Gas	C2Cl3F3 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	C2H2F4 (1,1,1,2-tetrafluoroethane, HFC-134a)	GC-MS	
	C2H3Cl2F (1,1-dichloro-1-fluoroethane, HCFC-141b)	## Flask sampling	
		GC-MS	
	C2H3ClF2 (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	## Flask sampling	
		GC-MS	
C2H4F2 (1,1-difluoroethane, HFC-152a)	GC-MS		
C2HF5 (pentafluoroethane, HFC-125)	GC-MS		
C4H5F5 (1,1,1,3,3-pentafluorobutane)	GC-MS		

	tane, HFC-365mfc)		
	CBrClF2 (Halon 1211)	GC-MS	
	CBrF3 (bromotrifluoromethane , Halon 1301)	GC-MS	
		GC-ECD	
	CCl2F2 (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	CCl3F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	CCl4	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CH3CCl3 (1,1,1-trichloroethane)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CH4	## Flask sampling	
		GC-FID	
	CH4 [C-13]	## Flask sampling	
	CHClF2 (chlorodifluoromethane, HCFC-22)	## Flask sampling	
		GC-MS	
	CHF3 (trifluoromethane, HFC-23)	GC-MS	
	CO2	Non-dispersive IR (NDIR)	
		## Flask sampling	
	CO2 [C-13]	## Flask sampling	
	CO2 [O-18]	## Flask sampling	
	N2O	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	SF6	## Flask sampling	
		GC-MS	
	SO2F2 (sulphuryl fluoride)	GC-MS	
Reactive Gas	C2Cl4	GC-MS	
	C2H2O2 (oxaldehyde, ethanedial)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C2H6 (ethane)	GC-FID	
	C2HCl3	GC-MS	
	C3H6O (acetone, propanone)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C3H6O (propanal)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C3H8 (propane)	GC-FID	
	C4H8O (butan-2-one, methyl ethyl ketone)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C4H8O (butanal isomers)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C5H10O (pentanal, valeraldehyde)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C6H12O (hexanal isomers)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C7H6O (benzene carbaldehyde)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	

	CH ₂ Cl ₂ (dichloromethane)	GC-MS	
	CH ₂ O (formaldehyde)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	CH ₃ Br (methylbromide)	GC-MS	
	CH ₃ CHO (acetaldehyde, ethanal)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	CH ₃ Cl (methylchloride)	GC-MS	
	CHCl ₃ (chloroform)	GC-ECD	
		GC-MS	
	CO	## Flask sampling	
		GC-HgO reduction/UV absorption	
	i-C ₄ H ₁₀ (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C ₅ H ₁₂ (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	n-C ₄ H ₁₀ (n-butane)	GC-FID	
	n-C ₅ H ₁₂ (n-pentane)	GC-FID	
Other Gas	H ₂	## Flask sampling	
		GC-HgO reduction/UV absorption	
Radiation	UV Broadband	UV spectrometry/radiometry	
Radio Nuclide	Radon [Rn-222]	Adsorption - scintillation counting	
POPs	C ₁₃ H ₁₀ (9H-fluorene, fluorene), in air	GC-MS	
	C ₁₄ H ₁₀ (anthracene), in aerosol and air	GC-MS	
	C ₁₄ H ₁₀ (anthracene), in air	GC-MS	
	C ₁₄ H ₁₀ (phenanthrene), in air	GC-MS	
	C ₁₆ H ₁₀ (pyrene), in air and aerosol	GC-MS	
	C ₁₈ H ₁₂ (Benz(a)anthracene), in air	GC-MS	
	C ₆ Cl ₆ (hexachlorobenzene, HCB), in air	GC-MS	
	C ₆ H ₆ Cl ₆ (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, alpha-lindane, alpha-HCH), in air	GC-MS	
	C ₆ H ₆ Cl ₆ (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, gamma-lindane, gamma-HCH), in air	GC-MS	
Meteo	Humidity	Hygrometer	
	Precipitation	Tipping bucket rain gauge	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	

	Wind direction	Wind vane	
	Wind speed	Anemometer [general]	

1.5 Italy Monte Cimone station (Global station8)

- 관측소 위치정보

<Italy Monte Cimone Global Station>

	
<p>44.16667°N 10.68333°E, 2165m</p>	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone		
Aerosol	Ammonium (NH ₄ ⁺), total aerosol		
	Calcium (Ca ⁺⁺), total aerosol		
	Carbonaceous/organic material (coarse), PM10		
	Chloride (Cl ⁻), total aerosol		
	Light absorption coefficient, total aerosol	Multiangle absorption photometry (MAAP)	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Magnesium (Mg ⁺⁺), total aerosol		
	Nitrate (NO ₃ ⁻), total aerosol		
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
	Number size distribution, total aerosol	Differential mobility particle sizer (DMA, DMPS)	
		Optical particle counter (OPC)	
	Potassium (K ⁺), total aerosol		
Sodium (Na ⁺), total aerosol			
Sulphate (SO ₄ ⁼), total			
Greenhouse Gas	C ₂ H ₂ F ₄ (1,1,1,2-tetrafluoroethan)	GC-MS	

	e, HFC-134a)		
	C ₂ H ₃ ClF ₂ (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	GC-MS	
	C ₂ H ₄ F ₂ (1,1-difluoroethane, HFC-152a)	GC-MS	
	C ₂ H ₅ F ₅ (pentafluoroethane, HFC-125)	GC-MS	
	CBrClF ₂ (Halon 1211)	GC-MS	
	CBrF ₃ (bromotrifluoromethane, Halon 1301)	GC-MS	
	CCl ₂ F ₂ (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	GC-MS	
	CCl ₃ F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	GC-MS	
	CH ₃ CCl ₃ (1,1,1-trichloroethane)	GC-MS	
	CH ₄	GC-FID	
	CHClF ₂ (chlorodifluoromethane, HCFC-22)	GC-MS	
	CO ₂	Non-dispersive IR (NDIR)	
	N ₂ O	GC-ECD	
	SF ₆	GC-ECD	
Reactive Gas	C ₂ Cl ₄	GC-MS	
	C ₂ H ₂ (ethyne, acetylene)		
	C ₃ H ₆ (propene)		
	C ₃ H ₈ (propane)		
	C ₆ H ₆ (benzene)		
	C ₇ H ₈ (toluene)		
	C ₈ H ₁₀ (ethylbenzene)		
	CH ₃ Br (methylbromide)	GC-MS	
	CH ₃ Cl (methylchloride)	GC-MS	
	CO	GC-HgO reduction/UV absorption GC-FID Non-dispersive IR (NDIR)	
SO ₂	UV fluorescence		
Other Gas	H ₂	GC-HgO reduction/UV absorption	
Precipitation Chem	Acidity/Alkalinity		
	Ammonium (NH ₄ ⁺)		
	Calcium (Ca ⁺⁺)		

	Chloride (Cl-)		
	Electric conductivity		
	Fluoride (F-)		
	Hydrogen ion (H+) or pH		
	Magnesium (Mg++)		
	Nitrate (NO3-)		
	Potassium (K+)		
	Sodium (Na+)		
	Sulphate (SO4=), total		
Radiation	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
Meteo	Humidity	Hygrometer	
	Precipitation		
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Wind direction	Anemometer [general]	
	Wind speed	Anemometer [general]	

1.6 France Puy de Dôme station (Global station11)

- 관측소 위치정보

<France Puy de Dôme Global Station>	
	
45.77230°N 2.96580°E, 1465m	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법		
Ozone	Surface ozone	UV spectrometry/radiometry		
Aerosol	Carbonaceous/organic material (coarse), PM10			
	Elemental carbon, PM2.5			
	Hygroscopic growth factor, 110 μm equivalent			
	Hygroscopic growth factor, 165 μm equivalent			
	Hygroscopic growth factor, 35 μm equivalent			
	Hygroscopic growth factor, 50 μm equivalent			
	Hygroscopic growth factor, 75 μm equivalent			
	Hygroscopic growth factor, total aerosol			
	Light absorption coefficient, total aerosol			
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating		
	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating		
	Number concentration		Condensation particle counter (CPC)	
			Scanning mobility particle sizer (SMPS)	
Number size distribution, total aerosol		Scanning mobility particle sizer (SMPS)		
Greenhouse Gas	CH4			
	CO2	Non-dispersive IR (NDIR)		
Reactive Gas	CO			
	SO2	UV fluorescence		
		Ion Chromatography (IC) [general]		

2. 중국 지구급 관측소 관측 현황

2.1 China Mt. Waliguan (Global station1)

- 관측소 위치정보

<China Mt. Waliguan Global station>




36.28750°N 100.89630°E, 3810m

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
오존 (Ozone)	Surface ozone	UV spectrometry/radiometry	
	Total column ozone	Brewer	
에어로졸 (Aerosol)	Light absorption coefficient, total aerosol	Filter + light attenuation (aethalometer)	
		Light absorption photometry	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Multiwavelength optical depth, total aerosol	Pyrheliometer (direct solar, broadband)	
	Sunphotometry/Filter Radiometry		
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
온실가스 (Greenhouse Gas)	CH4	## Flask sampling	
	CH4 [C-13]	## Flask sampling	
	CO2	## Flask sampling	
		GC-FID	
	CO2 [C-13]	## Flask sampling	
CO2 [O-18]	## Flask sampling		
반응가스 (Reactive Gas)	CO	## Flask sampling	
	SO2	## Filter sampling [general]	
강수화학 (Precipitation Chem)	Electric conductivity		
	Hydrogen ion (H+) or pH		
	Inorganic ions - deprecated	Ion Chromatography (IC) [general]	
대기복사 (Radiation)	Diffuse solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Direct solar radiation	Pyrheliometer (direct solar, broadband)	
	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Long-wave	Pyranometer (global solar, broadband)	

	radiation (direction unspecified)		
Meteo	Humidity		
	Pressure		
	Temperature		
	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	
	Wind direction		
	Wind speed		

3. 호주 지구급 관측소 관측 현황

3.1 Australia Cape Grim (Global station1)

- 관측소 위치정보

<Australia Cape Grim Global station>

	
<p>40.68222°S 144.68834°E, 94m</p>	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법		
Ozone	Surface ozone	UV spectrometry/radiometry		
Aerosol	CCN concentration at single supersaturation	Cloud condensation nuclei (CCN) counter		
	Light absorption coefficient, total aerosol	Multiangle absorption photometry (MAAP)		
	Light scattering coefficient, PM1	Nephelometry, integrating		
	Major inorganic components (coarse)		Multistage impactor	
			IR photometry [general]	
			## Filter sampling [general]	
	Number concentration		Condensation particle counter (CPC)	
Number size distribution, total aerosol		Electrostatic classifier		
Other chemical components		## Filter sampling [general]		

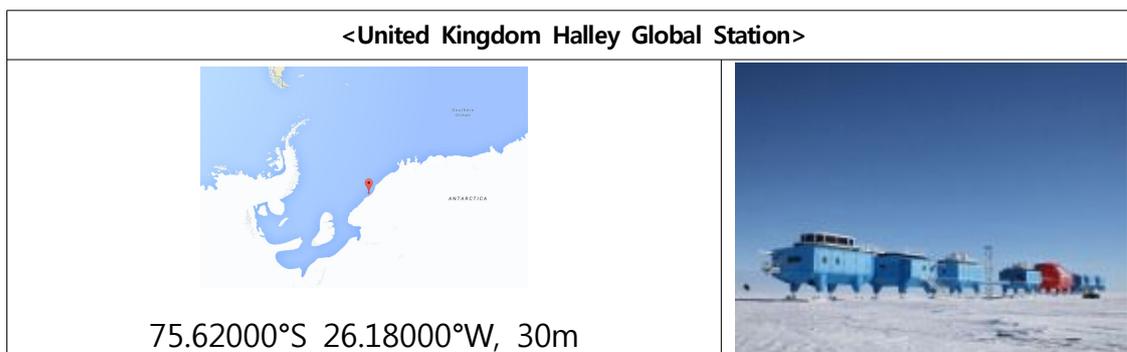
	(coarse)		
Greenhouse Gas	C2Cl3F3 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	C2F6 (hexafluoroethane, PFC-116)	GC-MS	
	C2H2F4 (1,1,1,2-tetrafluoroethane, HFC-134a)	GC-MS	
	C2H3Cl2F (1,1-dichloro-1-fluoroethane, HCFC-141b)	## Flask sampling	
		GC-MS	
	C2H3ClF2 (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	## Flask sampling	
		GC-MS	
	C2H4F2 (1,1-difluoroethane, HFC-152a)	GC-MS	
	C2HF5 (pentafluoroethane, HFC-125)	GC-MS	
	C3F8 (octafluoropropane, PFC-218)	GC-MS	
	C4H5F5 (1,1,1,3,3-pentafluorobutane, HFC-365mfc)	GC-MS	
	CBrClF2 (Halon 1211)	GC-MS	
	CBrF3 (bromotrifluoroethane, Halon 1301)	GC-MS	
		GC-ECD	
	CCl2F2 (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	CCl3F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	CCl4	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	CF4 (tetrafluoromethane, carbon tetrafluoride, perfluoromethane, PFC-14)	GC-MS	
	CH3CCl3 (1,1,1-trichloroethane)	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	CH4	GC-FID	
		## Flask sampling	
	CH4 [C-13]	## Flask sampling	
	CHClF2 (chlorodifluoromethane, HCFC-22)	## Flask sampling	
GC-MS			
CHF3 (trifluoromethane, HFC-23)	GC-MS		
CO2	## Flask sampling		
	Non-dispersive IR (NDIR)		
CO2 [C-13]	## Flask sampling		

		Mass Spectrometry (MS) [general]	
	CO2 [O-18]	## Flask sampling	
	N2O	GC-ECD	
		## Flask sampling	
	SF6	## Flask sampling	
		GC-ECD	
	SO2F2 (sulphuryl fluoride)	GC-MS	
Reactive Gas	C2Cl4	## Flask sampling	
		GC-MS	
	C2H6 (ethane)	GC-FID	
	C2HCl3	GC-MS	
	C3H8 (propane)	GC-FID	
	CH2Cl2 (dichloromethane)	## Flask sampling	
		GC-MS	
	CH3Br (methylbromide)	GC-MS	
	CH3Cl (methylchloride)	GC-MS	
	CHCl3 (chloroform)	GC-ECD	
		GC-ECD/FID	
		## Flask sampling	
	CO	GC-HgO reduction/UV absorption	
i-C4H10 (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID		
i-C5H12 (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID		
n-C4H10 (n-butane)	GC-FID		
n-C5H12 (n-pentane)	GC-FID		
Other Gas	H2	## Flask sampling	
Precipitation Chem	Electric conductivity		
Radiation	Diffuse solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Direct solar radiation	Pyrheliometer (direct solar, broadband)	
	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Long-wave radiation (direction unspecified)	Pyrgeometer (global, infrared)	
	UV Broadband	UV/vis spectrometry/radiometry	
	UV Spectral	UV spectrometry/radiometry	
Radio Nuclide	Radon [Rn-222]		
Archived Sample	Integrated air samples	## Flask sampling	
Meteo	Humidity		
	Precipitation	Tipping bucket rain gauge	
	Pressure	Barometer/Pressure sensor	
	Temperature	Thermometer/-element	
	Transport calculations (e.g., trajectories)	## Numerical Model	
		Flextra	
	Wind direction	Wind vane	
Wind speed			

4. 영국 지구급 관측소 관측 현황

4.1 United Kingdom Halley station (Global station13)

- 관측소 위치정보



- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Total column ozone	Dobson	
	Vertical ozone profile	Umkehr method	
Greenhouse Gas	CH ₄	Flask sampling	
	CO ₂	Flask sampling	
	CO ₂ [C-13]	Flask sampling	
	CO ₂ [O-18]	Flask sampling	
Reactive Gas	C ₂ H ₆ (ethane)	GC-FID	
	C ₃ H ₈ (propane)	GC-FID	
	CO	Flask sampling	
	i-C ₄ H ₁₀ (2-methylpropane, iso-butane)	GC-FID	
	i-C ₅ H ₁₂ (2-methylbutane, iso-pentane)	GC-FID	
	n-C ₄ H ₁₀ (n-butane)	GC-FID	
	n-C ₅ H ₁₂ (n-pentane)	GC-FID	
Other Gas	H ₂	Flask sampling	

Radiation	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
-----------	------------------------	---------------------------------------	--

부록3. 국외 국가 지역급 기후변화감시 측정 및 통계 처리 현황

1. 일본 지역급 관측소 관측 현황

1.1 Japan Kagoshima station (Regional station 1)

- 관측소 위치정보

<Kagoshima Regional station>	
 <p style="margin-top: 10px;">31.55000°N, 130.55000°E, 31 m</p>	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
오존 (Ozone)	오존전량 (Total column ozone)	Dobson	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Carbon-Iodine Sonde	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Umkehr method	
대기복사 (Radiation)	직달태양복사 (Direct solar radiation)	Pyranometer(direct solar, broadband)	
	지구태양복사 (Global solar radiation)	Pyranometer(global solar, broadband)	
	UV Spectral	Brewer	

1.2 Japan Naha station (Regional station 2)

- 관측소 위치정보

<Naha Regional station>	
 <p style="margin-top: 10px;">26.20000°N, 127.68333°E, 27 m</p>	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
오존 (Ozone)	오존전량 (Total column ozone)	Brewer	
	오존전량 (Total column ozone)	Dobson	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Carbon-Iodine Sonde	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	ECC Sonde	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Umkehr method	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Umkehr method	
대기복사 (Radiation)	직달태양복사 (Direct solar radiation)	Pyranometer(direct solar, broadband)	
	지구태양복사 (Global solar radiation)	Pyranometer(global solar, broadband)	
	UV Spectral	Brewer	

1.3 Japan Ryori station (Regional station 3)

- 관측소 위치정보

<Ryori Regional station>	
	 39.03°N, 141.82°E, 260m

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
오존 (Ozone)	지표오존 (Surface ozone)	UV spectrometry/radiometry	- 샘플링 높이 : 8m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 매 10초마다 분석. 분당 1.5리터의 연속 흐름을 15 초마다 분석.
에어로졸 (Aerosol)	다중파장 광학깊이 (Multiwavelength optical depth, total aerosol)	Sun-tracking photometry	
	연직분포특성 (Vertical distribution of properties)	Light detection and ranging(LIDAR)	
온실가스 (Greenhouse Gas)	프레온가스 (C2Cl3F3)	GC-ECD	- 샘플링 높이 : 7m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 샘플링마다 한시간을 분석.
	프레온가스 (CCl2F2)	GC-ECD	
	프레온가스 (CCl3F)	GC-ECD	
	프레온가스 (CCl4)	GC-ECD	
	사염화탄소 (CH3CCl3)	GC-ECD	
	메탄 (CH4)	GC-FID	- 샘플링 높이 : 20m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 10분마다 분석. 분당 3.5리터

			의 연속 흐름을 30초마다 분석. - 샘플링 높이 : 20m - 시료채취 및 분석 주파수 : 분당 0.5리터의 연속 흐름을 30초마다 분석
	이산화탄소 (CO2)	Non-dispersive IR(NDIR)	- 샘플링 높이 : 7m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 샘플링마다 한시간을 분석.
	아산화질소 (N2O)	GC-ECD	- 샘플링 높이 : 20m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 10분마다 분석. 분당 3.5리터의 연속 흐름을 30초마다 분석
반응가스 (Reactive Gas)	일산화탄소 (CO)	GC-HgO reduction/UV absorption	
강수화학 (Precipitation Chem)	산성도/알칼리도 (Acidity/Alkalinity)	unknown/unspecified	
	암모늄(NH4+) (Ammonium)	unknown/unspecified	
	카드뮴(Cd) (Cadmium)	unknown/unspecified	
	칼슘(Ca++) (Calcium)	unknown/unspecified	
	염화(Cl-) (Chloride)	unknown/unspecified	
	전기 전도도 (Electric conductivity)	unknown/unspecified	
	수소이온(H+) 또는 산도 (Hydrogen ion or pH)	unknown/unspecified	
	마그네슘(Mg++) (Magnesium)	unknown/unspecified	
	수은(Hg) (Mercury)	unknown/unspecified	
	질산염(NO3-) (Nitrate)	unknown/unspecified	
	아질산염(NO2-) (Nitrite)	unknown/unspecified	
	칼륨(K+) (Potassium)	unknown/unspecified	
	나트륨(Na+) (Sodium)	unknown/unspecified	
황산염(SO4-),전체 (Sulphate, total)	unknown/unspecified		

* unknown/unspecified : 자료수집시 명시되어있지 않거나 사례조사범위 내에서 알려지지 않음.

1.4 Japan Sapporo station (Regional station 4)

- 관측소 위치정보

<Sapporo Regional station>	
	
43.06000°N, 141.33333°E, 26 m	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
오존 (Ozone)	오존전량 (Total column ozone)	Dobson	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Carbon-Iodine Sonde	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	ECC Sonde	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Umkehr method	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Umkehr method	
에어로졸 (Aerosol)	연직분포특성 (Vertical distribution of properties)	Light detection and ranging(LIDAR)	
대기복사 (Radiation)	태양복사확산 (Diffuse solar radiation)	Pyranometer(global solar, broadband)	
	직달태양복사 (Direct solar radiation)	Pyranometer(direct solar, broadband)	
	지구태양복사 (Global solar radiation)	Pyranometer(global solar, broadband)	
	하향장파복사 (Long-wave radiation (downwelling))	Pyranometer(global solar, infrared)	
	UV Spectral	Brewer	

1.5 Japan Tateno station (Regional station 5)

- 관측소 위치정보

<Tateno Regional station>	
	
36.05°N, 140.13°E, 25m	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
오존 (Ozone)	오존전량 (Total column ozone)	Dobson	- 샘플링 높이 : 1988.08-1993.03 -> 4.5m 1993.04-200104 -> 2m 201105- -> 5m - 시료채취 및 분석 주파수 : 분 및 데이터 당 1.5리터의 연속 흐름을 15초마다 분석.
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Carbon-Iodine Sonde	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	ECC Sonde	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Light detection and ranging(LIDAR)	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Umkehr method	
에어로졸 (Aerosol)	연직분포특성 (Vertical distribution of properties)	Light detection and ranging(LIDAR)	
온실가스 (Greenhouse)	메탄 (CH4)	GC-FID	

Gas)		Fourier-transform IR spectroscopy(FTIR)	
	이산화탄소 (CO2)	Non-dispersive IR(NDIR)	
		Fourier-transform IR spectroscopy(FTIR)	
대기복사 (Radiation)	태양복사확산 (Diffuse solar radiation)	Pyranometer(global solar, broadband)	
	직달태양복사 (Direct solar radiation)	Pyranometer(direct solar, broadband)	
	지구태양복사 (Global solar radiation)	Pyranometer(global solar, broadband)	
	UV Spectral	Brewer	

1.6 Japan Yonagunijima station (Regional station 6)

- 관측소 위치정보

<Yonagunijima Regional station>



24.47°N, 123.02°E, 30m



- 관측 프로그램

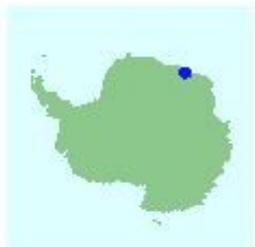
관측분야	관측요소	관측방법	
오존 (Ozone)	지표오존 (Surface ozone)		- 샘플링 높이 : 8m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 매 10초마다 분석. 분당 1.5리터의 연속 흐름을 15 초마다 분석.
에어로졸 (Aerosol)	다중파장 광학깊이 (Multiwavelength optical depth, total aerosol)		
	다중파장 광학깊이 (Multiwavelength	Sun-tracking photometry	

	optical depth, total aerosol)		
온실가스 (Greenhouse Gas)	메탄 (CH4)	GC-FID	- 샘플링 높이 : 20m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 10분마다 분석. 분당 3.5리터의 연속 흐름을 30초마다 분석.
	이산화탄소 (CO2)	Non-dispersive IR(NDIR)	- 샘플링 높이 : 20m - 시료채취 및 분석 주파수 : 분당 0.5리터의 연속 흐름을 30초마다 분석
반응가스 (Reactive Gas)	일산화탄소 (CO)	GC-HgO reduction/UV absorption	- 샘플링 높이 : 20m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 10분마다 분석. 분당 3.5리터의 연속 흐름을 30초마다 분석

1.7 Japan Syowa station (Regional station 7)

- 관측소 위치정보

<Syowa Regional station>

 <p>69.00°S, 39.58°E, 16m</p>	
--	--

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법
오존 (Ozone)	지표오존 (Surface ozone)	- 샘플링 높이 : 4m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 12초마다 분석 (1997.01-2010.01)/15초마다

			분석 (2010.02-)
	오존전량 (Total column ozone)	UV/vis spectrometry/radiometry	
	오존전량 (Total column ozone)	Dobson	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Umkehr method	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Carbon-Iodime Sonde	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	ECC-Sonde	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Umkehr method	
온실가스 (Greenhouse Gas)	메탄 (CH ₄)	Flask sampling	- 샘플링 유형 : 플라스크 - 시료채취 및 분석 주파수 : 주간 - 측정방법 : 가스 크로마토 그래피(FID)
	이산화탄소 (CO ₂)	Non-dispersive IR(NDIR)	- 샘플링 유형 : 플라스크
		Flask sampling	- 시료채취 및 분석 주파수 : 주간 - 측정방법 : 질량 분석
	이산화탄소 (CO ₂ [C-13])	Flask sampling	- 샘플링 유형 : 플라스크 - 시료채취 및 분석 주파수 : 주간 - 측정방법 : NDIR
이산화탄소 (CO ₂ [O-18])	Flask sampling	- 샘플링 유형 : 플라스크 - 시료채취 및 분석 주파수 : 주간 - 측정방법 : 질량분석	
반응가스 (Reactive Gas)	C ₂ H ₆ (ethan, VOCs)	GC-FID	- 샘플링 유형 : 플라스크
	C ₃ H ₈ (propane, VOCs)	GC-FID	- 측정방법 : 가스 크로마토 그래피(FID)
	일산화탄소 (CO)	Flask sampling	- 샘플링 유형 : 플라스크 - 시료채취 및 분석 주파수 : 주간 - 측정방법 : GC-HGO
	I-C ₄ H ₁₀ (2methylpropane, iso-butane, VOCs)	GC-FID	- 샘플링 유형 : 플라스크 - 측정방법 : 가스 크로마토 그래피(FID)
	I-C ₅ H ₁₂ (2methylpropane, iso-pentane, VOCs)	GC-FID	
	n-C ₄ H ₁₀ (n-butane, VOCs)	GC-FID	
	n-C ₅ H ₁₂	GC-FID	

	(n-pentane,VOCs) 아산화질소 (NO2)	UV/vis spectrometry/radiometry	
다른가스 (Other Gas)	수소 (H2)	Flask sampling	- 샘플링 유형 : 플라스크 - 시료채취 및 분석 주파수 : 주간 - 측정방법 : 가스 크로마토 그래피(FID)
복사 (Radiation)	UV Spectral	Brewer	

2. 유럽 지역급 관측소 관측 현황

2.1 Russian Federation (Regional station1)

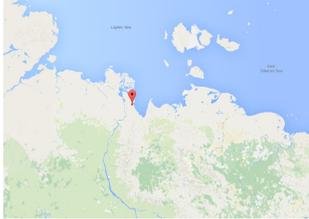
- 관측소 위치정보

<Russian Federation St. Petersburg Regional station>	
	
59.96667°N 30.30000°E, 60m	
러시아는 지구급 관측소가 존재하지 않아 The World Radiation Data Centre (WRDC)가 위치한 St. Petersburg 지역급 관측소로 대체	

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Total column ozone	Filter Instrument	
Radiation	Diffuse solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	
	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	

2.2 Russian Federation Tiksi (Regional station2)

- 관측소 위치정보

<Russian Federation Tiksi Regional station>	
 <p style="margin-top: 10px;">71.58617°N 128.91882°E, 8m</p>	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Total column ozone	Filter Instrument	
Greenhouse Gas	CH4	GC-FID	
	CO2	Non-dispersive IR (NDIR)	

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 동시에 샘플한 두개의 플라스크에서의 CO2농도의 차이가 1ppm보다 같거나 작을 때 데이터 사용 · 혹은, 일 간 자료가 부드러운 농도 곡선에서 2σ(표준편차)이상 만큼 차이가 나지 않을 경우에는 두 개의 측정값 중 작은 값을 사용 · 기술적으로 불가능한 데이터는 제외 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> · 1987년 7월에서 1998년 4월까지의 플라스크 분석기구를 통해 측정된 CO2 혼합비는 보정처리됨. · 1987년 7월부터 1993년 11월 18일까지 측정된 샘플값은 +0.1ppm만큼 보정, 1993년 11월 19일에서 1998년 4월 10일 까지 측정된 샘플값은 +0.24ppm 만큼 보정. · L3 시스템에서의 1995년부터 2008년 4월까지, S2와 L3에서 측정된 1998년에서 2007년 5월까지 측정된 모든 샘플은 표류 표준 가스 실린더로 보정됨.

		<ul style="list-style-type: none"> · 이 관측소에서 이전에 얻어진 파일들은 폐기되거나 이번 버전에 포함된 파일로 대체될 수 있음.
	CH4	<ul style="list-style-type: none"> · 동시에 샘플한 두개의 플라스크에서의 CH4농도의 차이가 6ppb보다 같거나 작을 때 데이터 사용 · 혹은, 일 간 자료가 부드러운 농도 곡선에서 2σ(표준편차)이상 만큼 차이가 나지 않을 경우에는 두 개의 측정값 중 작은 값을 사용 · 기술적으로 불가능한 데이터는 제외
평균 처리	CO2 CH4	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 플래그로 처리된 사건 자료에 따라 선별된 자료로 산술 평균
		<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 각 관측소에서의 월 별 평균은 이벤트 파일의 모든 유효한 관측 결과의 첫 번째 평균으로 계산 - 평균값과 주의 값에 맞춰진 부드러운 곡선(Thoning et al., 1989)에서 구해진 주 간격의 값들로부터 각 달의 평균값을 계산. - 플래그된 자료는 곡선을 만드는 작업에서 제외. - 만약 3달 혹은 그 이상의 연속적인 달 동안 데이터가 없을 경우 그 달의 월 평균값은 계산하지 않음.

2.3 Russian Federation Kotelnjy Island (Regional station3)

- 관측소 위치정보

<Russian Federation Kotelnjy Island Regional station>

	
76.00000°N 137.87000°E, 5m	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Total column ozone	Filter Instrument	
Greenhouse Gas	CO2	Non-dispersive IR (NDIR)	
Radiation	Global solar	Pyranometer	(global solar,

	radiation	broadband)	
--	-----------	------------	--

관측분야	관측요소	통계 처리
데이터 처리	CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 동시에 샘플한 두개의 플라스크에서의 CO2농도의 차이가 1ppm보다 같거나 작을 때 데이터 사용 · 혹은, 일 간 자료가 부드러운 농도 곡선에서 2σ(표준편차)이상 만큼 차이가 나지 않을 경우에는 두 개의 측정값 중 작은 값을 사용 · 기술적으로 불가능한 데이터는 제외
평균 처리	CO2	<ul style="list-style-type: none"> · 월 별 데이터 처리 : <ul style="list-style-type: none"> - 월 별 데이터는 선별된 자료로 산술평균

3. 중국 지역급 관측소 관측 현황

3.1 China Hok Tsui / Cape d Aguilar (Regional station1)

- 관측소 위치정보

<China Hok Tsui / Cape d Aguilar Regional station>	
	
22.20954°N 114.25789°E, 60m	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	UV spectrometry/radiometry	
	Total column ozone	Brewer	
Greenhouse Gas	CO2	Non-dispersive IR (NDIR)	
Reactive Gas	CO	Non-dispersive IR (NDIR)	
Radiation	UV Spectral	Brewer	

3.2 China King's Park (Regional station2)

- 관측소 위치정보

<China King's Park Regional station>

 <p style="text-align: center;">22.31190°N 114.17287°E, 65m</p>	
--	--

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Vertical ozone profile	ECC Sonde	
Greenhouse Gas	CO ₂	Non-dispersive IR (NDIR)	
Radiation	Global solar radiation	Pyranometer (global solar, broadband)	

3.3 China Linan (Regional station3)

- 관측소 위치정보

<China Linan Regional station>

 <p style="text-align: center;">30.18000°N 119.44000°E, 139m</p>	
---	--

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	UV spectrometry/radiometry	
	Total column ozone	Brewer	
Greenhouse Gas	CH ₄	GC-FID	

	CO2	## Flask sampling	
Reactive Gas	NOx	Chemiluminescence (CL) [general]	
Meteo	Transport calculations (e.g., trajectories)	## Numerical Model	

3.4 China Longfengshan (Regional station4)

- 관측소 위치정보

<China Longfengshan Regional station>

 <p>44.73000°N 127.60000°E, 331m</p>	
---	--

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Total column ozone	Brewer	
Greenhouse Gas	CH4	GC-FID	
	CO2	## Flask sampling	
Reactive Gas	NOx	Chemiluminescence (CL) [general]	

3.5 China Shangdianzi (Regional station5)

- 관측소 위치정보

<China Shangdianzi Regional station>

 <p>40.65000°N 117.11660°E, 287m</p>	
---	--

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone	UV spectrometry/radiometry	
Greenhouse Gas	C2Cl3F3 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	GC-ECD	
	CH4	## Flask sampling	
	CO2	## Flask sampling	
Reactive Gas	CO	Non-dispersive IR (NDIR)	
	NOx	Chemiluminescence (CL) [general]	
	SO2	Fluorescence [general]	
Meteo	Transport calculations (e.g., trajectories)	Flextra	

3.6 China Yuen Ng Fun (Regional station6)

- 관측소 위치정보

<China Yuen Ng Fun Regional station>	
	
22.37944°N 114.33611°E, 86m	

- 관측 프로그램

관측분야	관측요소	관측방법	
Aerosol	Mass concentration (total aerosol) or Mass TSP	## Filter sampling [general]	
	Multiwavelength optical depth, total aerosol	Sunphotometry/Filter Radiometry	
Precipitation Chem	Acidity/Alkalinity	(Ruler for) rain gauge	

부록 4. 관측 방법 개요

관측방법	설명
Spectrometer	· 물질이 방출 또는 흡수하는 빛의 스펙트럼을 계측하는 장치
Dobson	· 1920년 Dobson에 의해 디자인 된 관측기기로 석영 프리즘을 이용하여 들어오는 빛의 파장을 선택하는 분광 광도계
Brewer	· 1970년에 발명되었고 측정원리는 Dobson과 같지만 더 최신기술을 사용 홀로그래픽 격자(Holographic grating)로 파장 선택을 하며 완전히 자동화 되어 컴퓨터로 자료까지 저장
Umkehr method	· C-pair 파장 측정 시리즈를 이용하여 오존의 연직 분포를 측정
UV spectrometry	· 분광기(分光器)는 전자기 스펙트럼의 특정 부분의 빛의 특성을 조사하는 기구로 흔히 물질을 확인하기 위한 분광 분석에 사용 · 보통 빛의 세기를 측정하지만 편광을 측정할 때도 있음
Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR)	· 푸리에 변환 적외선 분광기(FTIR)은 고체, 액체, 기체의 흡수, 방출, 광전도율 혹은 라만 산란에 의한 적외선 스펙트럼을 얻는 기술을 의미. FTIR 분광기는 동시에 넓은 범위를 고 해상도의 데이터를 얻을 수 있음.
SAOZ	· SAOZ(SYSTEME D'ANALYSE PAR OBSERVATION ZENITHALE)는 자외선-가시광선 다이오드 배열 분광계로 80년대 말 성층권 오존을 감시하기 위해 만들어짐
Aerodynamic particle sizing spectrometer (APS)	· 공기역학적 입자 크기 분석기(Aerodynamic particle sizing spectrometer)는 빛의 산란 강도를 이용하여 입자의 공기역학적 크기를 측정
Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)	· CRDS는 거울에서의 레이저 반사를 이용하여 절대 광학 감쇠(빛의 산란, 흡수) 측정을 가능하게 하는 매우 높은 민감도의 광학 분광기 기술
Atomic absorption spectrophotometry (AAS)	· 원자흡광광도법은 시료 물질이나 시료 물질의 용액 또는 여기에 적당한 시약을 넣어 발색(發色)시킨 용액의 빛의 흡수율을 측정하여 시료 중 목적 성분을 측정하는 방법
gamma spectrometry	· 각 포톤에서의 에너지 대비 감마선의 크기를 측정하는 기기
Chromatography	· 혼합물의 시료에서 매질 내에서의 이동도 차이를 이용해서 그 성분을 분리, 분석하는 방법.
Gas Chromatography (GC)	· 기체 또는 고온으로 기화시킨 시료를 적당한 충전제로 채운 관 속에 질소나 헬륨과 같은 불활성기체와 같이 흐르게 하여 성분의 분리를 하는 방법
High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	· 고압에 견뎌 낼 수 있는 칼럼에 균일한 크기의 대단히 미세한 구형 입자를 충전한 후 송액(送液)펌프를 사용하여 고속으로 용액을 유출시켜 시행하는, 시료분석을 하는 정량분석법의 일종.
Ion Chromatography(IC)	· 이온 크로마토그래피는 물질의 친화성을 이용하여 이온과 유극분자로 분리하여 측정하는 방법.
GC-FID	· 가스 크로마토그래피 - 불꽃 이온화 검출기 또는 GC-FID에서 FID는 일반적으로 시료를 수소/공기 화염에 통과시켜 유기 분자를 산화시키고 하전 입자(이온)를 만들고 이온을 포집해 전기 신호를 생성한 다음 이를 측정

GC-ECD	<ul style="list-style-type: none"> · 가스 크로마토그래피 - 전자 포획 검출기 또는 GC-ECD는 할로겐 화합물을 분석하는데 사용되는 기법 · ECD를 사용할 때 특정 분자가 검출기를 통과할 때 샘플의 일부 전자를 포획하므로 측정되는 전류가 감소되는 것을 측정
GC-MS	<ul style="list-style-type: none"> · GC로 분리한 물질의 원자질량을 질량분석(MS)를 통해 측정하는 방법
Fluorescence	<ul style="list-style-type: none"> · 형광 측정법 형광 물질을 포함한 시료에 자외선을 쬐이고 발생하는 형광의 강도를 측정하여 정량
UV fluorescence	<ul style="list-style-type: none"> · 자외선 파장대를 사용한 형광분석
VUV fluorescence	<ul style="list-style-type: none"> · 장파장측의 절반(200nm ~ 100nm)의 파장대인 VUV를 이용하여 형광분석
X - r a y fluorescence (XRF)	<ul style="list-style-type: none"> · 형광 X - 선을 측정하여 물질을 정성·정량하는 방법.
radiometry	<ul style="list-style-type: none"> · 라디오메트리는 가시광선을 포함하는 전자기 복사를 측정하는 기술들을 의미. · 물체의 온도 측정 혹은 복사 플럭스 측정을 통해 가스를 측정
Filter Radiometry	<ul style="list-style-type: none"> · 필터 방사계는 빛 탐지기(optical detector), 필터의 역할을 하는 파장 선택 기기(wavelength selection device), 조리개(빛이 수집되는 구조를 정의할 방법)로 구성. · 특정 스펙트럼 띠의 빛의 세기를 측정.
M i c r o w a v e radiometry	<ul style="list-style-type: none"> · 마이크로파 라디오미터는 마이크로파 파장대(수 mm~수 cm)을 이용하여 측정하는 라디오미터.
Optical particle counter (OPC)	<ul style="list-style-type: none"> · 입자가 빛의 빔을 통과할 때 빛이 산란되는 것을 이용하여 입자의 수를 측정하는 광학 측정기구.
Condensation particle counter (CPC)	<ul style="list-style-type: none"> · 입자계수기(Condensation particle counter)는 입자를 탐지하고 수를 측정하는 기기로 단일 팽창이나, 열확산, 찬 공기와 뜨거운 공기의 혼합 등을 이용하여 입자가 응결함으로써 작용하게 하여 크기를 키워 입자의 수를 측정.
C l o u d condensation nuclei (CCN) counter	<ul style="list-style-type: none"> · 구름 응결핵 계수기는 특정 과포화 상태에서 구름 방울을 형성 할 수 있는 에어로졸을 측정하는 기기
Sonde	<ul style="list-style-type: none"> · 높은 지역, 지표아래 등의 지역에서 여러 기기로서 지역의 물리적인 상태를 측정하는 것.
ECC Sonde	<ul style="list-style-type: none"> · ECC Sonde는 외부 전위를 필요로 하지 않고, 장치 안의 양극과 음극 사이의 요오드화 칼륨의 농도 차이로 기전력을 획득. 오존이 센서로 들어오게 되면 농도 차가 달라지게 되는 것을 이용하여 측정
A e r o s o l backscatter sonde	<ul style="list-style-type: none"> · 기상 풍선에서 사용하는 기기로 공기 입자, 에어로졸, 구름 입자 등에서 후반산란 되는 빛을 측정
Sunphotometry	<ul style="list-style-type: none"> · 태양광도측정기(Sunphotometry)는 광도계의 일종으로 태양을 추적하며 태양 직사광 휘도를 측정.
Sun-tracking photometry	<ul style="list-style-type: none"> · 태양 추적 광도기는 스펙트럼 필터와 방위/천정각을 조정하는 마이크로프로세서로 구성되어 태양과 하늘의 복사를 측정하여 수증기, 오존, 에어로졸 등을 측정
M u l t i a n g l e absorption photometry (MAAP)	<ul style="list-style-type: none"> · 다각도흡수 광도계는 에어로졸의 빛 흡수를 통해 블랙 카본(BC)의 질량을 측정
Particle soot absorption photometer	<ul style="list-style-type: none"> · 매연 입자 흡수 광도계(Particle soot absorption photometer)는 실시간에 가깝게 빛흡수 계수를 측정

(PSAP)	· 입자의 흡착에 의해 빛의 전파에 영향을 줘 빛의 흡수계수가 변하는 걸 측정
aethalometer	· aethalometer는 부유입자에서 빛을 흡수하는 검은 입자들을 측정하는 기구.
Nephelometry	· 혼탁측정기(Nephelometry)란 액체나 가스 콜로이드에 있는 부유 입자의 농도를 측정하는 방법으로 빛의 빔과 빛 검출기로 측정
Scanning mobility particle sizer (SMPS)	· 이동성 입자 주사 정립기(Scanning mobility particle sizer)는 2.5nm~1000nm의 에어로졸 입자의 크기와 수를 측정하는 기기.
Differential mobility particle sizer(DMA DMS)	· 미분형 이동도 분석장치(Differential mobility particle sizer)는 전하된 입자의 이동성 측정을 통하여 입자의 크기와 수를 측정
Filter sampling	· 필터는 에어로졸, 부유성 고형물 등을 공기로부터 직접 샘플링 하여 측정하는 기기.
Flask sampling	· 플라스크에 공기를 샘플하여 측정하고자 하는 공기에 따라 각각의 공기를 측정(예를 들어, CO2는 NDIR 흡수를 이용하여 측정)
Light detection and ranging(LIDAR)	· 레이저를 발사하여 산란되거나 반사되는 레이저가 돌아오는 시간과 강도, 주파수의 변화, 편광 상태의 변화 등으로부터 측정 대상물의 거리와 농도, 속도, 형상 등 물리적 성질을 측정하는 기법 및 그 장치
Gravimetry	· 중량 측정법(Gravimetry)은 입체의 질량을 직접적으로 측정하는 방법.
ICP-MS	· 유도결합플라즈마 질량분석법(ICP/MS)은 극미량 분석을 위해 이온생성장치인 ICP와 생성된 이온을 검출하는 질량분석기로 이루어져 있으며 80여 원소를 ppt 수준까지 정성은 물론 정량까지 할 수 있는 분석방법
Non-dispersive IR(NDIR)	· 비분산 적외선 관측법은 가스를 측정할 때 사용되는 분광기로 선택성 검출기를 이용하여 시료중의 특정 성분에 의한 적외선의 흡수량 변화를 측정하여 시료 중에 들어있는 특정 성분의 농도를 구하는 방법
Colorimetry	· 측정법은 미지 시료용액 및 기지 표준용액에 적당한 시약을 가하는 등으로 착색시켜 양자의 색깔의 농도와 색조를 투과광이나 반사광으로 비교하여 정성·정량하는 방법
Electric conductivity (EC meter)	· 전기 전도율 측정법은 용액의 전기전도율을 측정하는 것
Potentiometry	· 전위차분석기는 전기화학 반응으로 생기는 두 전극 간의 전위차를 측정하면서 하는 분석하는 기기.
Pyranometer	· 일사계는 전체적인 또는 간접적인 태양복사선을 측정하는 기구
scintillation counting	· 샘플에 존재하는 방사성 동위원소를 측정하는 기술로 방사선의 들뜸작용으로 물질이 일으키는 발광(scintillation)을 광전자증 배관에 의해 전류로 변환시켜 전기적 충격으로서 검출하고, 방사선량과 에너지의 분포를 계측
Barometer	· 기압계
Hygrometer	· 습도계
Thermometer	· 온도계
Wind vane	· 풍향기
Anemometer	· 풍속계
Weighing type rain gauge	· 무게를 기록하는 저장 창고가 있어 무게를 통해 강수량을 측정
Tipping bucket rain gauge	· 시소 형태의 컨테이너로 구성되어 하나의 컨테이너에 일정량 이상의 물이 차면 시소가 기울어지면서 전기 신호를 발생시켜 강수량을 측정

기후변화감시 측정 요소의 중요도 및 만족도 설문조사 (A)

안녕하십니까?

기상청은 기후변화의 원인물질에 대한 측정자료와 분석결과를 승인통계(법 18조)에 의한 기후변화감시통계로 국민들에게 제공해 오고 있습니다. 이 정보는 기후변화에 대한 과학적 이해의 폭을 넓여 기후변화 대응을 위한 중요한 자료이자 기후변화가 사회·경제적으로 미칠 수 있는 영향을 파악하는 국가정책 자료로 활용됩니다.

본 설문은 '기후변화감시 측정 요소'의 중요도 및 만족도 등을 조사하여 향후 서비스 발굴과 개선을 위한 기초자료로 활용될 것입니다. 여러분의 솔직하고 성의 있는 답변을 부탁드립니다.

설문에 대한 문의사항이 있으신 경우, 아래의 문의처로 연락주시기 바랍니다.

감사합니다.

2015년 11월

- 주관부처 : 통계청
- 연구기관 : (사)한국통계학회
- 조사기관 : (주)코리아데이터네트웍

<문의 및 회신처>

(주)코리아데이터네트웍 이해경 차장 (tel. 02-548-5141)

fax. 02-512-0777, e-mail. kdn21@kdn21.co.kr

※ 설문을 원활하게 진행하기 위하여 기후변화감시 측정요소 설명자료 등을 첨부드리오니, 참고하셔서 답해주시기 바랍니다. ([별첨] 설문지 첨부자료.pdf)

A 응답자 정보

응답자 소속기관명		부서	
응답자 성명		연락처	

개인정보 수집 및 활용 동의서

귀하께서 응답하신 내용은 통계법 제33조(비밀의보호조항)에 따라 절대 비밀이 보장되며, 제공해주신 개인정보(성명, 소속기관, 연락처 등)는 본인확인 절차와 답례품 발송에만 활용됩니다.

귀하께서는 본 정보의 수집/활용에 관한 동의를 거부하실 수 있으며, 개인정보의 수집/활용에 동의하실 경우에만 조사를 진행 하겠습니다. 수집된 정보는 조사 완료 6개월 후 폐기될 예정입니다.

(*) 본인은 본 동의서의 내용을 이해하였으며, (주)코리아데이터네트워크가 본인의 개인정보에 대하여 수집/활용하는 것에 동의합니다.

동의서명 _____

※ 통계법 제33조(비밀의 보호)

- ① 통계의 작성과정에서 알려진 사항으로서 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.
- ② 통계의 작성을 위하여 수집된 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 자료는 통계작성 외의 목적으로 사용되어서는 아니 된다.

B 기후변화감시 측정요소의 이용실태

※ 문1 ~ 문4는 기후변화감시 측정요소의 이용실태와 관한 질문입니다. 현재까지 이용하신 경험을 바탕으로 응답하여 주시기 바랍니다.

문1. 다음은 현재 기상청에서 제공하고 있는 21가지 기후변화감시 측정요소입니다. 귀하께서 이용하신 측정요소 및 수집 매체에 체크하여 주시기 바랍니다.(중복응답 가능, [첨부1] 참고).

연번	측정요소	이용 여부	수집 매체			
			지구대기 감시보고서 책자	기후변화 정보센터 홈페이지	국가 통계포탈 홈페이지	그 외 수집 매체
1	이산화탄소 (CO ₂)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
2	메탄 (CH ₄)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
3	N ₂ O (아산화질소)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
4	CFC-11(염화불화탄소-11)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
5	CFC-12(염화불화탄소-12)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
6	CFC-113(염화불화탄소-113)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
7	SF ₆ (육불화황)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
8	CO	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
9	O ₃	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
10	SO ₂	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
11	NO _x	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
12	PM ₁₀ 질량농도(μgm ⁻³)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
13	오존전량 (DU)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
14	UV-A (mWm ⁻²)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
15	UV-B (mWm ⁻²)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
16	직달일사 (Wm ⁻²)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
17	산란일사 (Wm ⁻²)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
18	태양 상/하향복사(Wm ⁻²)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
19	지구 상하향복사(Wm ⁻²)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
20	순복사 (Wm ⁻²)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()
21	산성도 (pH)	<input type="checkbox"/>	①	②	③	④ ()

문2. 귀하께서는 기후변화감시 측정요소를 어떠한 목적으로 이용하고 계십니까? 해당 분야를 함께 기입하여 주시기 바랍니다.

(1) 목 적 : ① 업무 ② 개인연구 ③ 기타 (자세히:)

(2) 이용분야 : _____

문3. 귀하께서는 기후변화감시 측정요소의 제공 방법에 어느 정도 만족하고 계십니까?

- ① 매우 만족스럽다 ② 만족하는 편이다 ③ 보통이다
 ④ 만족하지 않는 편이다 ⑤ 매우 불만족스럽다

문4. (문3에서 ④와 ⑤에 응답한 경우) 귀하께서 기후변화감시 측정요소의 제공 방법에 만족하지 않으시는 이유는 무엇입니까? 어떻게 개선되기를 바라시는지 함께 응답하여 주시기 바랍니다.

C 기후변화감시 측정요소의 중요도

※ 문5 ~ 문6은 기후변화감시 측정요소의 중요도와 만족도에 대한 질문입니다.

문5. 다음은 위 21가지 측정요소를 기후변화 유발 원인물질 분야에 따라 구분한 것입니다.

귀하께서는 각 원인물질별로 해당 요소들이 어느 정도 중요하다고 생각하시는지요? 또한 측정요소별 제공정보에 대해 어느 정도 만족하시는지 응답하여 주시기 바랍니다.

연번	온실가스 측정요소	중요도					만족도				
		매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
1	이산화탄소(CO ₂)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
2	메탄(CH ₄)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
3	N ₂ O(아산화질소)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
4	CFC-11(염화불화탄소-11)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
5	CFC-12(염화불화탄소-12)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
6	CFC-113(염화불화탄소-113)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
7	SF ₆ (육불화황)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤

연번	반응가스 측정요소	중요도					만족도				
		매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
8	CO	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
9	O ₃	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
10	SO ₂	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
11	NO _x	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤

연번	에어로졸 측정요소	중요도					만족도				
		매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
12	PM10 질량농도($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤

연번	오존전량 측정요소	중요도					만족도				
		매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
13	오존전량(DU)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
14	UV-A($\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
15	UV-B($\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤

연번	대기복사 측정요소	중요도					만족도				
		매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
16	직달일사($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
17	산란일사($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
18	태양상/하향복사($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
19	지구 상하향복사($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
20	순복사($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤

연번	강수화학 측정요소	중요도					만족도				
		매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
21	산성도	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤

문6. 기상청에서는 위 21가지 측정요소 외에도 다음과 같이 19가지 요소도 측정하고는 있으나, 연구 성격이 강하고 이해하기 어렵다고 판단되어 현재는 제공하지 않고 있습니다. 만약 이 요소들 중 향후 제공받고 싶으신 요소들이 있으시다면 해당 요소들을 선택하여 주시기 바랍니다.

분야	요소			
에어로졸 (13종)	① 부피농도	② 수농도	③ 총수농도	④ TSP
	⑤ PM ₁₀	⑥ PM _{2.5}	⑦ 연직분포	⑧ 광산란계수
	⑨ 광흡수계수	⑩ 광학PM ₁₀	⑪ 광학PM _{2.5}	⑫ 광학PM _{1.0}
	⑬ 광학깊이			
대기복사 (1종)	⑭ 파장별 일사			
성층권 오존 / 자외선 (1종)	⑮ 성층권오존 연직분포			
강수화학 (2종)	⑯ 전기전도도	⑰ 이온성분(9)		
기타 (2종)	⑱ 라돈	⑲ 중층대기 수증기		

D 기후변화감시 측정요소의 개선방향

※ 다음 문7 ~ 문10은 기후변화감시 측정요소의 개선방향에 대한 질문입니다. [첨부 2]의 기후변화감시 측정요소 현황을 참고하여 응답하여 주시면 감사하겠습니다.

문7. 귀하께서 생각하기에 40가지(미제공 19가지 포함) 기후변화감시 측정요소 중 국민들이 기후변화에 대응하기 위해 가장 필요한 요소는 무엇이라고 생각하십니까?

1 이산화탄소 (CO ₂)	11 NO _x	21 산성도 (pH)	31 광학PM ₁₀
2 메탄 (CH ₄)	12 PM ₁₀ 질량농도 (μg m ⁻³)	22 부피농도	32 광학PM _{2.5}
3 N ₂ O (아산화질소)	13 오존전량 (DU)	23 수농도	33 광학PM _{1.0}
4 CFC-11(염화불화탄소-11)	14 UV-A (mW m ⁻²)	24 총수농도	34 광학깊이
5 CFC-12(염화불화탄소-12)	15 UV-B (mW m ⁻²)	25 TSP	35 파장별 일사
6 CFC-113(염화불화탄소-113)	16 직달일사 (W m ⁻²)	26 PM ₁₀	36 성층권오존 연직분포
7 SF ₆ (육불화황)	17 산란일사 (W m ⁻²)	27 PM _{2.5}	37 전기전도도
8 CO	18 태양 상/하향복사 (W m ⁻²)	28 연직분포	38 이온성분(9)
9 O ₃	19 지구 상하향복사 (W m ⁻²)	29 광산란계수	39 라돈
10 SO ₂	20 순복사 (W m ⁻²)	30 광흡수계수	40 중층대기 수증기

문8. 위 40가지 요소 외에 기후변화 유발 원인물질 감시를 위해 추가적으로 측정 및 제공이 필요하다고 생각하시는 측정요소가 있으시다면 간략히 기입하여 주시기 바랍니다.

문9. 위 측정요소들 중 귀하께서 이해하시기 어렵거나 다른 연구자들이 이해하기 어려울 것이라고 생각되시는 용어(명칭)가 있다면 어떻게 개선(표현)되는 것이 바람직하다고 생각하십니까?

(예시: 오존전량 → 오존층 두께)

문10. 귀하께서는 현재 제공되고 있는 기후변화감시 측정요소들의 제공주기와 통계값이 적절하다고 생각하십니까? 만약 적절하지 않다면 개선이 필요한 측정요소와 바람직하다고 생각하시는 개선방향을 기입하여 주시기 바랍니다.

(예시: 기후변화감시 측정요소 중 이산화탄소(CO₂)의 제공주기/통계가 월·연/평균값으로 제공됨 → 이산화탄소(CO₂)의 제공주기를 일별 평균값으로 제공 받기를 원함)

E 기후변화감시 측정요소 향후 활용

※ 다음 문11 ~ 문13은 기후변화감시 측정요소의 향후 활용에 대한 질문입니다. 각 문항 별로 지침에 따라 [첨부 3]과 [첨부 4]를 참고하여 응답하여 주시면 감사하겠습니다.

문11. 귀하께서는 위 40가지 측정요소들이 향후에 어느 분야에서 유용하게 활용될 것이라고 생각하십니까? 귀하께서 생각하시는 유용한 측정요소와 활용 가능 분야를 간략하게 기입하여 주십시오. (예시: 측정요소 - 전기전도도, 활용분야 - 보건, 환경 등)

(기후변화감시 측정요소의 활용과 관련하여 [첨부 3]을 참고하여 주시기 바랍니다.)

(1) 측정요소 :	(2) 활용분야 ;
------------	------------

문12. 기상청은 앞으로의 기후변화에 대응하기 위하여 이산화탄소(CO₂), 오존(O₃), 자외선 등 주요 기후변화감시 측정요소의 장기적 변동을 분석하여 국민들에게 서비스하고자 계획하고 있습니다. 귀하께서 장기적 변동 분석이 필요하다고 생각하시는 측정요소는 무엇입니까? 그 이유를 함께 기입하여 주시기 바랍니다.
 (기후변화감시 측정요소의 장기적 변동 분석은 [첨부 4]를 참고하시기 바랍니다.)
 (예시: 자외선지수 행동요령별 위험단계 횟수, 산성비 일수, 전지구 온실가스 농도, 오존 두께(북극, 중위도, 남극))

문13. 향후 기후변화감시 측정요소의 장기 변동 분석 자료가 발간될 경우, 어느 정도의 주기로 발간되는 것이 적절하다고 생각하십니까?

- ① 주별 ② 월별 ③ 분기별 ④ 연도 별 ⑤ 기타()

문14. 현재 기상청에서는 기후변화감시 측정요소를 이용하여 각종 유용한 정보를 생산하고, 다양한 매체를 통하여 공표하고 있습니다. 귀하께서는 이들 정보를 주로 어떠한 매체를 통해 접하며, 또한 향후 정보를 제공받기를 원하시는 매체는 무엇입니까?

(기후변화감시 측정요소를 이용한 정보의 제공 매체는 [첨부 5]를 참고하시기 바랍니다.)

구분	방송 (뉴스)	신문	인터넷	책자	기타
(1) 주로 사용하는 정보 매체	①	②	③	④	⑤ ()
(2) 향후 정보를 제공받기 원하는 정보 매체	①	②	③	④	⑤ ()

문15. 설문 내용 외에도 귀하께서 기후변화감시 관련 자료 및 측정요소와 관련하여 추가적인 의견이나 필요하다고 생각하시는 점을 간략하게 기입하여 주시면 감사하겠습니다.

설문에 응해주셔서 감사합니다. 귀하의 소중한 의견을 반영하여 기후변화감시자료를 더욱 유용하게 서비스하기 위해 노력하겠습니다.

기후변화감시 측정 요소의 중요도 및 만족도 설문조사 (B)

안녕하십니까?

기상청은 기후변화의 원인물질에 대한 측정자료와 분석결과를 **승인통계(법18조)**에 의한 기후변화감시통계로 국민들에게 제공해 오고 있습니다. 이 정보는 기후변화에 대한 과학적 이해의 폭을 넓여 기후변화 대응을 위한 중요한 자료이자 기후변화가 사회·경제적으로 미칠 수 있는 영향을 파악하는 국가정책 자료로 활용됩니다.

본 설문은 '기후변화감시 측정 요소'의 **중요도** 및 **만족도** 등을 조사하여 향후 서비스 발굴과 개선을 위한 기초자료로 활용될 것입니다. 여러분의 솔직하고 성의 있는 답변을 부탁드립니다.

설문에 대한 문의사항이 있으신 경우, 아래의 문의처로 연락주시기 바랍니다.

감사합니다.

2015년 11월

주관부처 : 통계청

연구기관 : (사)한국통계학회

조사기관 : (주)코리아데이터네트워크

<문의 및 회신처>

(주)코리아데이터네트워크 이해경 차장 (tel. 02-548-5141)

fax. 02-512-0777, e-mail. kdn21@kdn21.co.kr

※ 설문을 원활하게 진행하기 위하여 기후변화감시 측정요소 설명자료 등을 첨부드리오니, 참고하셔서 답해주시기 바랍니다. ([별첨] 설문지 첨부자료.pdf)

A 응답자 정보

응답자 소속기관명		부서	
응답자 성명		연락처	

개인정보 수집 및 활용 동의서

귀하께서 응답하신 내용은 통계법 제33조(비밀의보호조항)에 따라 절대 비밀이 보장되며, 제공해주신 개인정보(성명, 소속기관, 연락처 등)는 본인확인 절차와 답례품 발송에만 활용됩니다.

귀하께서는 본 정보의 수집/활용에 관한 동의를 거부하실 수 있으며, 개인정보의 수집/활용에 동의하실 경우에만 조사를 진행 하겠습니다. 수집된 정보는 조사 완료 6개월 후 폐기될 예정입니다.

(*) 본인은 본 동의서의 내용을 이해하였으며, (주)코리아데이터네트워크가 본인의 개인정보에 대하여 수집/활용하는 것에 동의합니다.

동의서명 _____

※ 통계법 제33조(비밀의 보호)

- ① 통계의 작성과정에서 알려진 사항으로서 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.
- ② 통계의 작성을 위하여 수집된 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 자료는 통계작성 외의 목적으로 사용되어서는 아니 된다.

A 기후변화감시 측정요소의 이용경험

※ 먼저 문1 ~ 문4는 기후변화감시 관련 자료의 이용경험과 관련한 질문입니다. 현재 이용하고 계시거나 과거에 이용하신 경험을 바탕으로 응답하여 주시기 바랍니다. ([첨부 1] 참고)

문1. 귀하께서는 기후변화와 관련된 자료를 이용해 보신 적이 있으십니까?

- ① 예 (문2로 이동) ② 아니오 (문1-1로 이동)

문1-1. (문1에서 '② 아니오'라고 응답한 경우) 귀하께서 기후변화와 관련된 자료에 대한 사용경험이 없으신 이유는 무엇입니까?

- ① (업무 및 연구 등에) 필요가 없었음 (문3으로 이동)
- ② 필요는 하지만 자료를 얻는 방법과 수단을 알기 어려웠음 (문1-2로 이동)
- ③ 자료 수집 방법은 알았으나, 시간과 노력이 많이 필요하였음 (문1-2로 이동)
- ④ 자료 수집은 가능하였으나, 자료의 가공 또는 활용이 어려웠음 (문3으로 이동)
- ⑤ 기타() (문3으로 이동)

문1-2. (문1-1에서 ②와 ③에 응답한 경우) 만약 기후변화 관련 자료의 수집이 용이해 진다면 귀하께서는 이들 자료를 향후 업무나 연구 등에 사용하실 의향이 있으십니까?

- ① 예 (문3으로 이동) ② 아니오 (문1-3으로 이동)

문1-3. (문1-2에서 '② 아니오'에 응답한 경우) 귀하께서 기후변화 관련 자료를 수집이 용이해 지더라도 사용하지 않으시려는 이유는 무엇입니까? (응답 후 문3으로 이동)

문2. (문1에서 ‘① 예’에 응답한 경우) 귀하께서는 기후변화와 관련된 자료를 어떠한 경로로 수집하여 이용하셨습니까?

- ① 기상청 ② 에어코리아 ③ 통계청 ④ 환경부 ⑤ 기타()

문3. 현재 기상청에서는 총 40가지 “기후변화감시 측정요소” 중 연구 성격이 강하고 이해하기 어려운 측정요소를 제외하고 아래와 같이 21가지를 제공하고 있습니다. 이들 중 귀하께서 업무 또는 연구 등의 목적으로 사용하시거나, 필요하셨던 측정요소를 선택하여 주십시오(각 요소별 자세한 설명은 [첨부 2]를 참고하여 주시기 바랍니다).

분야	요소			
온실가스	① CO ₂	② CH ₄	③ N ₂ O	④ CFC-11
	⑤ CFC-12	⑥ CFC-113	⑦ SF ₆	
반응가스	⑧ CO	⑨ O ₃	⑩ SO ₂	⑪ NO _x
에어로졸	⑫ 질량농도			
대기복사	⑬ 태양직달	⑭ 태양산란	⑮ 태양 상하향	⑯ 지구 상하향
	⑰ 순복사			
오존전량	⑰ 오존전량	⑱ 자외선A	⑳ 자외선B	
강수화학	㉑ 산성도			

문4. 위 측정요소들 중 귀하께서 이해하시기 어렵거나 다른 연구자들이 이해하기 어려울 것이라고 생각되시는 용어(명칭)가 있다면 어떻게 개선(표현)되는 것이 바람직하다고 생각하십니까?

(예시: 오존전량 → 오존층 두께)

C 기후변화감시 측정요소 향후 활용

※ 다음 문5 ~ 문6은 기후변화감시 관련 자료의 개선방향 및 향후 활용과 관련한 질문입니다. 각 문항별로 지침에 따라 [첨부 3]과 [첨부 4]를 참고하여 응답하여 주시면 감사하겠습니다.

문5. 귀하께서는 위 측정요소들을 포함하여 기후변화와 관련한 자료들이 향후에 어느 분야에서 유용하게 활용될 것이라고 생각하십니까? (예시: 보건, 환경 등)
(기후변화감시 측정요소의 활용과 관련하여 [첨부 3]을 참고하여 주시기 바랍니다.)

부록6. 기후변화감시 측정자료 제공 현황

① 지구대기감시보고서



지구대기감시보고서
Report of Global Atmosphere Watch 2013

지구대기감시보고서 표지

지구대기감시 관측 자료

□ 연면도 온실가스 평균 자료

연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
1999	371.9	372.6	374.4	374.6	373.5	369.5	365.4	361.6	365.0	369.8	372.9	373.8	370.7
2000	375.6	376.7	377.4	378.0	375.7	371.6	368.3	366.6	368.5	373.0	376.3	377.7	373.8
2001	378.6	379.6	380.6	381.2	379.8	375.7	374.4	369.5	371.3	379.3	379.4	379.4	376.9
2002	380.3	381.5	382.8	383.8	382.1	378.5	374.8	372.7	374.4	379.3	383.1	383.7	379.7
2003	384.5	386.5	387.3	387.1	385.4	380.9	376.7	374.8	376.3	381.5	384.9	385.1	382.6
2004	389.9	388.8	387.8	388.5	386.8	383.4	378.9	376.4	379.1	383.1	386.5	388.4	384.3
2005	388.9	390.2	391.5	391.1	389.9	386.0	383.8	379.2	381.1	385.5	390.2	391.6	387.2
2006	391.4	391.7	392.3	392.9	391.8	387.9	383.2	380.9	382.9	387.2	390.3	391.5	388.7
2007	392.1	392.9	393.9	394.4	392.6	388.7	384.6	382.4	384.3	388.7	391.7	392.9	389.9
2008	393.3	393.9	395.7	396.6	394.5	390.7	386.2	383.5	385.6	389.8	392.8	394.3	391.4
2009	394.8	395.4	396.3	397.3	395.6	390.8	386.5	384.1	386.3	392.0	394.8	395.9	392.5
2010	397.3	398.0	397.7	397.7	396.3	393.9	389.6	387.6	389.4	393.6	396.4	397.4	394.5
2011	398.6	398.9	398.5	399.7	398.7	394.6	390.9	388.0	389.5	394.7	397.3	398.8	395.7
2012	402.0	403.4	404.0	404.4	403.2	399.4	394.5	392.2	394.2	399.3	403.0	403.1	400.2
2013	404.3	405.7	406.3	406.8	405.2	401.2	397.4	394.9	396.2	401.4	404.5	405.5	402.4

연도별 평균 자료 (단위: ppm)

연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
1999	-	1860	1871	1880	1896	1894	1879	1910	1900	1918	1887	1863	1883
2000	1848	1862	1874	1896	1841	1859	1869	1882	1874	1898	1884	1822	1862
2001	1877	1885	1877	1863	1851	1861	1882	1916	1910	1896	1890	1878	1882
2002	1883	1887	1879	1864	1880	1906	1882	1908	1921	1890	1885	1897	1890
2003	1908	1889	1882	1872	1910	1916	1909	1910	1919	1905	1891	1878	1899
2004	1889	1894	1881	1875	1880	1890	1879	1917	1917	1915	1889	1890	1894
2005	1879	1879	1880	1868	1873	1896	1872	1891	1928	1907	1876	1870	1885
2006	1862	1876	1875	1863	1879	1901	1886	1884	1903	1889	1875	1913	1890
2007	1897	1887	1879	1878	1885	1889	1893	1906	1919	1907	1895	1899	1891
2008	1899	1894	1901	1891	1879	1915	1877	1850	1848	1904	1902	1892	1888
2009	1904	1916	1901	1897	1884	1891	1908	1928	1929	1901	1903	1915	1906
2010	1903	1898	1903	1888	1881	1957	1918	1889	1930	1944	1931	1930	1914
2011	1916	1949	1911	1913	1918	1919	1908	1946	1940	1947	1944	1938	1929
2012	1946	1937	1933	1920	1936	1929	1930	1950	1955	1946	1937	1956	1938
2013	1967	1959	1969	1954	1954	1968	1932	1936	1979	1963	1948	1955	1957

연도별 평균 자료 (단위: ppb)

② 관보

● 기상청공고제2015-29호

2014년 지구대기감시 관측자료 분석결과

「기상법」 제21조, 같은 법 시행규칙 제5조(지구대기감시 관측자료의 수집·분석 등) 제4항의 규정에 따라 대기 중의 주요 온실가스 농도, 오존전량, 황반자외선 복사량, 에어로졸 질량농도를 다음과 같이 공고합니다.

2015년 6월 26일

기 상 청 장

□ 오존전량 : 서울 (1985~2014년) [단위 : Dobson Unit (DU)]

연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
1985	334	344	336	353	334	330	291	280	276	281	308	334	317
1986	362	386	380	358	340	330	303	292	293	298	291	300	328
1987	334	360	369	362	344	335	307	301	290	280	288	315	324
1988	330	331	347	360	330	322	285	285	287	271	301	319	313
1989	318	325	350	344	354	321	301	286	288	285	292	320	315
1990	347	337	348	351	337	319	293	279	292	298	298	334	319
1991	335	337	333	343	325	309	299	288	295	295	300	312	315
1992	333	338	345	371	360	341	314	295	286	286	292	308	324
1993	315	318	337	341	328	324	313	293	293	297	293	321	314
1994	357	350	380	339	356	337	294	290	307	292	296	299	325
1995	332	349	361	344	361	338	297	283	286	283	305	323	322
1996	342	363	-	364	363	323	306	285	298	294	294	320	323
1997	343	350	340	334	344	338	308	287	296	307	302	319	322
1998	355	363	365	357	340	359	307	305	299	290	307	302	329

<주요 공고 내용>

- 주요 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O, CFC-11, 12,113, SF₆) 농도
- 성층권 오존전량(서울, 포함)
- 황반자외선(EUV-B) 복사량
- 에어로졸(PM₁₀) 질량농도

※ [기상법] 시행규칙 제5조제4항에 따라 지구대기감시 관측자료의 분석결과를 다음 연도 6월까지 관보 또는 인터넷 등을 이용하여 공고하여야함

③ 기상청 기후변화정보센터(http://www.climate.go.kr)



④ 통계청 국가통계포탈(http://kosis.kr)

통계청 국가통계포탈

안면도 월평균 온실가스

자료갱신일 : 2015-04-30 / 수록기간 : 월, 년 1999.01 ~ 2013.12 / 문의처 : 070-7850-7109

출처 : 기상청, 기후변화감시체계

온실가스유형별	2013. 12	2013. 11	2013. 10	2013. 09	2013. 08	2013. 07
이산화탄소 (ppm)	405.5	404.5	401.0	396.2	394.9	397.4
메탄 (ppb)	1,955.0	1,948.0	1,963.0	1,979.0	1,936.0	1,932.0
아산화질소 (ppb)	327.5	326.7	326.2	327.2	326.7	324.6
염화불화탄소11 (ppt)	234.1	234.9	235.6	236.2	236.7	237.0
염화불화탄소12 (ppt)	508.8	509.7	510.8	511.9	512.9	514.0
염화불화탄소13 (ppt)	72.5	72.7	72.9	73.1	73.4	73.7
육불화황 (ppt)	8.7	8.7	8.7	8.8	8.6	8.5

⑤ 통계청 e-나라지표(http://www.index.go.kr)

e-나라지표

- 부처별지표
- 주요 온실가스 연평균 농도 변화 추이
- 에어리얼 연평균 농도 변화 추이

부처별지표

주요 온실가스 연평균 농도 변화 추이

에어리얼 연평균 농도 변화 추이

부처별지표 검색 화면

기후변화감시 관련 지표(2)

부록7. 기후변화감시 측정요소 현황 및

측정요소 설명

분야	연번	기후변화감시 측정요소	제공주기/통계	기후변화감시통계
온실가스 (7)	1	CO ₂ (ppm)	월·연/평균	○
	2	CH ₄ (ppb)	월·연/평균	○
	3	N ₂ O(ppb)	월·연/평균	○
	4	CFC-11(ppt)	월·연/평균	○
	5	CFC-12(ppt)	월·연/평균	○
	6	CFC-113(ppt)	월·연/평균	○
	7	SF ₆ (ppt)	월·연/평균	○
반응가스 (4)	8	CO(ppb)	월·연/평균	○
	9	O ₃ (ppb)	월·연/평균	○
	10	SO ₂ (ppb)	월·연/평균	○
	11	NO _x (ppb)	월·연/평균	○
에어질 (14)	12	PM ₁₀ 질량농도 (μg m ⁻³)	월·연/평균·연/표준편차	○
	13	부피농도(0.5~20μm)(μm ⁻³)	월·연/자료수,평균,표준편차 최댓값,최솟값	
	14	수농도(0.01~0.5μm)(개 m ⁻³)	"	
	15	총수농도(0.01~3μm)(개 m ⁻³)	"	
	16	TSP Mass/Ion	관측값	
	17	PM ₁₀ Mass/Ion	관측값	
	18	PM _{2.5} Mass/Ion	관측값	
	19	연직분포	관측값	
	20	광산란계수(Mm ⁻¹)	월·연/자료수,평균,표준편차 최댓값,최솟값	
	21	광흡수계수(Mm ⁻¹)	"	
	22	광학PM ₁₀	관측값	
	23	광학PM _{2.5}	관측값	
	24	광학PM ₁₀	관측값	
	25	광학깊이	관측값	
오존층권외선 (3)	26	오존전량(DU)	월·연/평균·연/표준편차	○
	-	성층권오존 연직분포	관측값	
	27	UV-A(mWm ⁻²)	월·연/평균	○
	28	UV-B(mWm ⁻²)	월·연/평균	○
대기복사 (6)	29	파장별 일사	관측값	
	30	직달일사(Wm ⁻²)	월·연/평균	○
	31	산란일사(Wm ⁻²)	월·연/평균	○
	32	태양 상향복사(Wm ⁻²)	월·연/평균	○
		태양 하향복사(Wm ⁻²)	태양 상하향복사(Wm ⁻²)	
	33	지구 상하향복사(Wm ⁻²)	월·연/평균	○
34	순복사(Wm ⁻²)	월·연/평균	○	
강수화학 (3)	35	산성도(pH)	월·연/자료수,평균	○
	36	전기전도도(μScm ⁻¹)	월·연/자료수,평균	
	37	이온성분(9)(μeqL ⁻¹)	월·연/자료수,평균	
기타	-	라돈(²²² Rn)	관측값	
	-	중층대기 수증기	관측값	
계	40	-	-	21

[온실가스]

- 온실가스 설명 및 측정요소 종류 설명

온실가스는 대부분의 태양복사를 투과시키고 지표면이 방출하는 장파복사를 흡수하는 기체를 말합니다. 이들은 긴 체류시간으로 한번 배출되면 지속적으로 누적되어 지구온난화를 가속화시키는 역할을 하고 있습니다.

※ 기후변화협약관련 제3차 당사국총회(1997)에서 규정한 6대 온실가스 : CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆

<온실가스분야 측정요소 설명>

온실가스	설 명
이산화탄소 (Carbon dioxide, CO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> - 자연(동식물 호흡과정, 유기물 부패, 화산활동 등) 및 인위적 기원으로 대기 중에 배출됨 - 인위적인 CO₂ 배출량의 80~85%는 화석연료의 사용에 따른 것이고, 나머지 15~20%는 산림훼손 등 토지이용의 변화가 차지함 - 식물이 빛에너지를 화학에너지로 변환하는 과정인 광합성 작용으로 제거됨
메탄 (Methane, CH ₄)	<ul style="list-style-type: none"> - 주로 습지에서 배출되며, 직·간접적인 인간 활동으로 농업, 축산, 생물체(Biomass) 분해, 폐기물 매립 및 처리, 석탄 채굴 및 석유 시추, 가스파이프의 누출 등으로 주로 발생함 - 대기 중 수산화이온라디칼(OH·)과의 화학반응에 의해 주로 소멸됨
아산화질소 (Nitrous Oxide, N ₂ O)	<ul style="list-style-type: none"> - 농장의 비료사용, 산업 활동과 폐수·폐기물의 소각과정에서 배출되며, 전체배출량의 약 15%가 인간 활동에 따른 것임. 대부분 북반구에 위치함 - 성층권에서 광해리에 의해 분해·소멸됨
염화불화탄소류 (Chlorofluorocarbon s, CFCs)	<ul style="list-style-type: none"> - 몬트리올 의정서 규제물질(1989년) : CFC-11(CCl₃F), CFC-12(CCl₂F₂), CFC-113(CCl₂FCF₃) 등 - 냉매, 발포제, 충전제, 세정제로 주로 사용되며, 연소성이 없고 독성이 없음 - 화학적으로 매우 안정적이기 때문에 대류권에서 이들 화합물을 효과적으로 제거하는 반응 기작이 존재하지 않음 - 대류권에서 성층권으로 이동하여 성층권에서 광분해 되는데 이것이 유일한 소멸 기작이며, 성층권에서 광분해 될 때 성층권 오존을 파괴함 - 지속적인 배출에 의해서 농도가 꾸준히 증가하였으나, 몬트리올 의정서 발표 이후 현재 감소추세에 있음
육불화황 (Sulfur hexafluorid e, SF ₆)	<ul style="list-style-type: none"> - 반도체 생산, 액정모니터 제작, 금속산업, 전기·전자산업, 자동차 생산 공정 등 산업 활동에서 배출됨 - 중간권에서 광해리에 의해 분해됨 - 최근 농도가 증가 추세에 있음

[반응가스]

- 반응가스 설명 및 측정요소 종류 설명

반응가스는 보통 대기질에 영향을 미치는 항목으로 기후변화와는 무관하게 알려져 왔으나 기후변화에 큰 영향을 미칩니다.

오존(O₃)은 적외선 복사를 흡수하기 때문에 온실가스의 역할을 직접적으로 하고 반응가스 중 SO₂나 NO_x는 지구냉각화를 일으키는 황산 및 질산 에어로졸을 생성하는 전구체입니다. 이처럼 반응가스는 대기질 뿐 아니라 온실효과에 직간접적으로 영향을 미칩니다.

<반응가스분야 측정요소 설명>

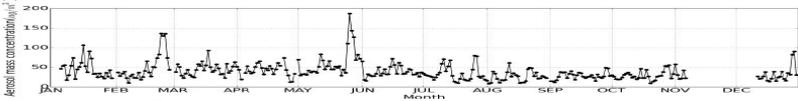
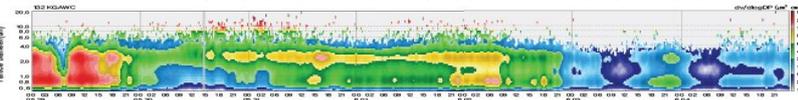
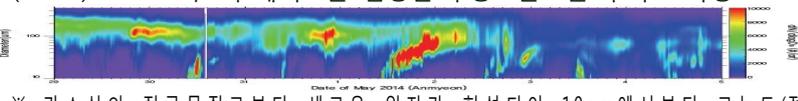
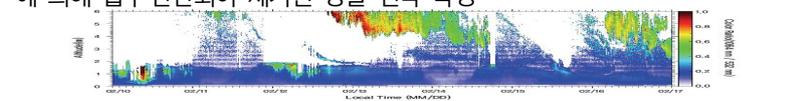
반응가스	설 명
일산화탄소 (CO)	<ul style="list-style-type: none"> - OH·라디칼과의 반응으로 이산화탄소 등 온실가스 농도에 영향을 줌 - 화석연료나 탄소화합물의 불완전연소, 자동차의 AFR이 적은 공회전(Idling), 메탄 등 탄화 수소 계열 물질의 산화과정, 화산폭발, 산불, 해수 중의 미생물 작용 등에 의해 생성 - OH·라디칼과의 반응에 의해 소멸 - 무색, 무취, 무미의 기체로 Hb과 친화력이 산소보다 200~300배 강하여 질식성이 있음 - 대기 중 체류시간은 1 ~ 수개월임
지표오존 (O ₃)	<ul style="list-style-type: none"> - 산업활동과 자동차 등의 인위적인 활동에서 나오는 질소산화물과 탄화수소의 광화학반응에 의해서 생성되어 광화학스모그의 원인물질일 뿐 아니라 장파복사에너지 흡수하는 온 실가스로 작용 - 기온, 풍향, 풍속, 습도, 복사량 등 기상조건이 O₃의 형성과 소멸에 크게 영향을 미치며, OH·라디칼과의 반응에 의해 소멸됨 - 무색, 무미, 해초냄새를 내는 산화력이 강한 기체로 시각장애와 폐수종, 폐출혈 등을 일으킴 - 대기 중의 농도는 0.01~0.03 ppm 이고, 사람의 감각기관인눈, 귀, 입, 코, 피부 등으로 조 사하는 관능으로는 감지되지 않음 - 대기 중 체류시간은 약 1주일 ~ 1개월
이산화황 (Sulfur dioxide, SO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> - 아황산가스라고도 하며, 화석연료 연소, 산불, 화산 등에서 배출됨. 황산(H₂SO₄)이나 황화 합물 에어로졸의 전구물질임 - OH 라디칼과의 산화반응이나 액상의 표면에 침적되어 소멸함 - 무색의 자극성이 강한 기체로 액화되기 쉬우며, 기관지염, 천식, 폐기종, 폐쇄성 질환을 일으킴 - 체류시간은 수 시간 ~ 1주일임
질소산화물 (Nitrogen Oxides, NO _x)	<ul style="list-style-type: none"> - OH 라디칼과 반응하여 메탄이나 일산화탄소 등의 농도를 변화시킴 - 자동차 배기가스, 화석연료 연소, 생물체 소각, 산불, 번개, 토양 등에서 발생함 - 질산(HNO₃)이나 유기물 질소화합물로 변환되어 건습성 침적으로 소멸됨 - 체류시간은 수 시간 ~ 1주일임

[에어로졸]

- 에어로졸 설명 및 측정요소 종류 설명

에어로졸은 대기 중에 부유하는 구름과 강수를 제외한 고체상, 액체상 물질인데, 화산이나 자연상태, 바다 등 자연에서는 물론 제품 생산, 자동차배기가스, 에너지 생산 시 인공적으로 발생합니다. 대기 중에 부유하여 지표면으로 들어오는 태양복사 에너지를 차단하거나 흡수해 기후변화를 유발시키는 강제력으로 작용하기도 합니다.

<에어로졸분야 측정요소 설명>

에어로졸	(측정장비) 설명
PM ₁₀ 질량농도 ($\mu\text{g m}^{-3}$)	- (β -ray PM10) 직경 10 μm 이하 에어로졸 질량농도를 5분 주기로 측정  ※ 에어로졸 질량농도(안면도)
부피농도 (0.5~20 μm) ($\mu\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	- (APS) 0.5~20 μm 의 에어로졸 입경별 수농도를 5분 주기로 측정  ※ 가로축은 날짜와 시간을, 세로축은 입자별 부피농도를 나타냄 (색상별로 황사: 황색, 오염물질: 연한 청색, 해무(안개): 짙은 청색)
수농도 (0.01~0.5 μm) (개 m^{-3})	- (SMPS) 0.01~0.5 μm 의 에어로졸 입경별 수농도를 5분 주기로 측정  ※ 가스상의 전구물질로부터 새로운 입자가 형성되어 10nm에서부터 고농도(적색)가 점차 입자가 커지면서 바나나 모양으로 확산됨
총수농도 (0.01~3 μm) (개 m^{-3})	- (CPC) 0.01~3 μm 수농도
PM ₁₀ Mass/Ion	- (고용량 포집기) 매주 1회 24시간 동안 펌프 가동, 필터로 직경 10 μm 이하인 에어로졸 포집 후 화학특성 분석
PM _{2.5} Mass/Ion	- (저용량 포집기) 매주 1회 24시간 동안 펌프 가동, 필터로 직경 2.5 μm 이하인 에어로졸 포집 후 화학특성 분석
연직분포	- (에어로졸 라이더) 에어로졸 연직분포 측정
광산란계수 (Mm^{-1})	- (네펠로미터) 3개 파장(450nm, 550nm, 700nm)의 빛을 포집된 공기에 주사하고 입자와 가스분자에 의한 산란 양을 적분하여 5분 간격으로 측정
광흡수계수 (Mm^{-1})	- (에셀로미터) 7개 파장(370nm, 470nm, 520nm, 590nm, 660nm, 880nm, 950nm)의 빛을 투과시켜 빛이 감쇠되는 정도를 측정
광학PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM _{1.0}	- (광학PMx) 각각 직경 10 μm , 2.5 μm , 1.0 μm 이하 질량농도 측정
광학깊이 (AOD)	- (태양광도계) 태양복사가 대기 상한에서 지표까지 도달하는 동안 에어로졸에 의해 흡수·산란되어 제거된 양을 연속 측정  ※ 일반적으로 입자의 크기가 크면 작은 입자에 비해 1065nm의 빛을 더 많이 산란시킴. 따라서 입자의 크기가 클수록 파장신호비가 증가함

[성층권 오존/자외선]

- 성층권 오존/자외선 설명 및 측정요소 종류 설명

성층권 오존은 자외선을 차단하는 역할을 하지만 인체에 직접 닿을 경우 호흡기와 피부, 눈, 코 등에 손상을 줍니다. 자외선 A는 피부노화와 주름 등의 원인이 되며, 자외선 B는 피부암, 백내장, 홍반 등을 유발합니다.

<성층권 오존/자외선분야 측정요소 설명>

측정자료	설 명
오존전량(DU)	<ul style="list-style-type: none"> - 지구 대기에 존재하는 오존의 약 90%를 차지하며 태양으로부터 오는 치명적인 자외선을 흡수해 지상의 생태계가 유지될 수 있도록 함 - 성층권에 존재하는 오존은 대기에 도달하는 태양 복사 중에서 자외선 영역을 흡수해 산소 분자와 원자로 분해됨. 이 과정에서 인간과 생태계에 피해를 주는 자외선을 차단함(성층권 25km 고도에서 오존농도는 15 ppm으로 지상의 50~100배 정도 높게 나타남) - 1974년 모리나와 로우랜드 박사가 성층권 오존이 프레온가스에 의해 파괴된다는 연구결과를 발표하면서 성층권 오존층에 대한 관심을 갖게 되었고, 1985년에 영국 남극조사팀에 의해 프레온가스(염화불화탄소)가 성층권 오존층 파괴의 주범이라는 사실이 밝혀지면서 관심은 더욱 고조됨
성층권 오존 연직분포	<p>- 오존 연직분포는 연직 공기 기둥에 존재하는 각 층의 오존정보로 오존 생성의 광화학과정에 의해서 결정됨</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-left: 20px;"> <p>* 2014년 포항 오존존데를 이용하여 측정된 포항 상공 오존분압의 월평균 연직분포</p> <p>* 월별 고도는 차이가 있지만 고도 약 16~30km 부근에 고농도 오존층이 존재</p> <p>* 1~4월에 거쳐 20~24km 부근에 최대 농도가 나타나고 9~10월 약 24km 부근 고도에서 농도가 가장 약하게 나타남</p> </div> </div>
자외선 A	<p>- 자외선 A(320~400 nm) : 90% 이상이 지표에 도달, 파장이 길어 유리창 통과. 흐린 날과 비 오는 날에도 발생. 표피상피보다 더 깊게 침투하여 장기간 노출 시 주름과 노화에 영향</p>
자외선 B	<p>- 자외선 B(280~320 nm) : 10% 미만이 지표에 도달, 맑은 날의 태양 남중시간을 정점으로 함. 에너지가 강해 벼를 비롯한 식물의 성장을 저해하고 해양에서의 어패류를 감소. 표피·상피 까지 침투해 장기간 노출시 피부암, 백내장 유발</p>

[대기복사]

- 대기복사 설명 및 측정요소 종류 설명

기후시스템 내에서 일어나는 현상인 바람, 비, 구름 등은 지표면과 대기시스템 내에서 일어나는 에너지 전달과 변화의 결과로 나타납니다. 이러한 기후의 모든 과정은 태양으로부터 대기권에 복사에너지 형태, 즉 복사로 도달될 때부터 시작됩니다. 지구에 도달하는 태양복사에너지는 7%가 자외영역, 43%가 가시영역, 49%가 적외영역으로 이루어져 있습니다.

지구가 받는 태양복사량과 지구에서 나가는 태양복사 및 지구복사량의 합은 균형을 이루고 있습니다. 만일 복사평형이 유지되지 않을 경우 대기와 지표가 흡수하는 복사량이 기온에 큰 영향을 미쳐 이상기후가 나타나게 됩니다. 또한 입사되는 태양에너지는 모두 통과시키지만 이를 방출하는 지구복사는 완전히 방출되지 못하여 대기의 온도를 상승시키는 온실효과가 발생합니다.

<대기복사분야 측정요소 설명>

대기복사	설 명
직달일사	- 대기 중에 산란 또는 흡수되지 않는 태양복사
산란일사	- 직달일사는 막고 대기로부터 반사 또는 산란되는 일사량 측정
태양상하향복사	- 태양복사량의 변화량 측정하기 위해 측정장비를 상하향으로 설치 - 태양 하향복사는 전천일사라고도 부르며, 수평면 직달일사와 산란일사의 합으로 나타냄
지구상하향복사	- 지구복사량 측정을 위해 적외선 파장대를 측정할 수 있는 측정장비를 상하향으로 설치 - 지구복사는 지표나 대기에서 방출되는 장파복사를 말하며 일변화 폭이 태양복사에 비해 크지 않음, 지구복사 에너지량은 입사되는 복사에너지량보다 지면에서 대기로 방출하는 복사 에너지량이 큼
순복사	- 태양복사와 지구복사의 차이

[강수화학 및 기타]

- 대기복사 설명 및 측정요소 종류 설명

대기 중에 부유하는 오염물질은 습성과 건성 강하물로 지면에 떨어집니다. 습성 강하물은 비, 눈, 우박 등의 강수에 의해 오염물질이 지면으로 떨어지는 것이고, 건성 강하물은 중력에 의해 입자나 가스 상의 물질이 지면으로 떨어지는 것입니다. 따라서 습성과 건성 강하물의 화학성분을 분석하면 대기 중의 강수성분이나 오염물질을 감시할 수 있습니다.

pH 5.6 이하의 비를 산성비라고 하는데 일반적으로 pH가 5.6보다 낮으면 빗물에 질산 또는 황산이 포함되어 있다고 추정할 수 있고 심각한 문제를 초래할 수 있습니다.

<강수화학분야 측정요소 설명>

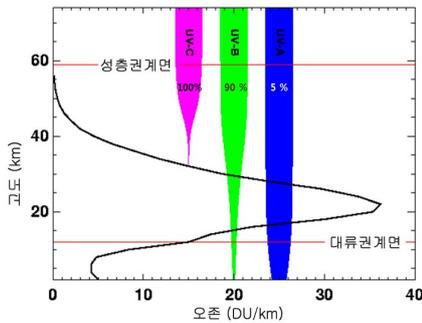
강수화학	설 명
산성도	<ul style="list-style-type: none"> - 산성비(Acid rain) : 빗물의 pH가 정상보다 낮을 때 산성비라고하며, 빗물의 pH가 5.6 이하인 경우를 말함 - 자연상태의 오염되지 않은 대기 중에 존재하는 CO₂가 빗방울에 흡수될 때 헨리상수, 액 상평형상수, CO₂ 분압 등을 고려하면, 수소이온의 몰농도는 [H⁺] = 2.5×10⁻⁶ M ⇒ pH = - log[H⁺] = 5.6 - 대기 중 이산화황(SO₂), 질소산화물(NO_x), 염화수소(HCl), 탄화수소(HC) 등이 빗방울에 흡수 되어 황산(H₂SO₄), 질산(HNO₃), 염산(HCl), 유기산(Organic acid)등의 산성 물질로 변환됨

<기타분야 측정요소 설명>

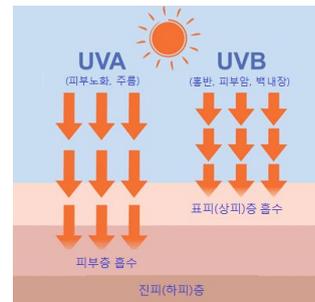
기타	설 명
전기전도도	설명자료 없음
이온성분	- 불소(F ⁻), 황산염(SO ₄ ²⁻), 질산염(NO ₃ ⁻), 염화물(Cl ⁻), 암모늄(NH ₄ ⁺), 나트륨(Na ⁺), 칼륨(K ⁺), 마그네슘(Mg ²⁺), 칼슘(Ca ²⁺)

부록8. 기후변화감시 측정요소 자료의 활용 예시

- 자외선 : 자외선 복사량을 강하게 쬐면 피부에 악영향을 미치기도 하여 세계보건기구(WHO)에서 1급 발암물질로 지정



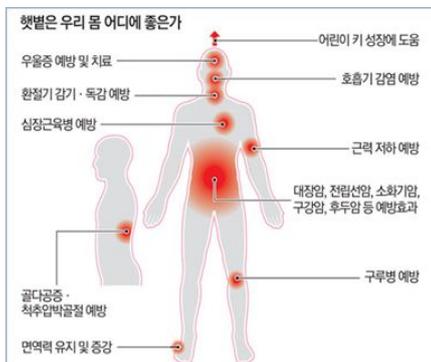
<성층권에서 자외선 흡수량 >



<UV-A와 UV-B의 피부 침투 정도>

※ 태양의 자외선은 자외선 A(UV-A), B(UV-B), C(UV-C)로 구별되며, 성층권 오존층을 통과하면서 자외선-C는 모두 흡수되고, 자외선-B는 10%만이, 자외선-A는 95%가 지표에 도달

- 자외선의 긍정적인 효과



- ① 자외선 B의 긍정적인 효과 : 체내에 필요한 **비타민 D**를 80% 가량 피부 내에서 **합성**
- ② **비타민 D**의 효능 : 뼈 성장과 건강에 필요한 칼슘과 인의 흡수를 돕고 다양한 화학반응을 유도
(우리나라 남성 87% 여성 93%가 **비타민 D** 부족 /보건복지부 통계)

※ ① (자외선의 부정적인 영향) 기존의 자외선 B에 자외선 A를 추가 반영한 총자외선지수 개발 위험 단계별 행동요령 제시-공유

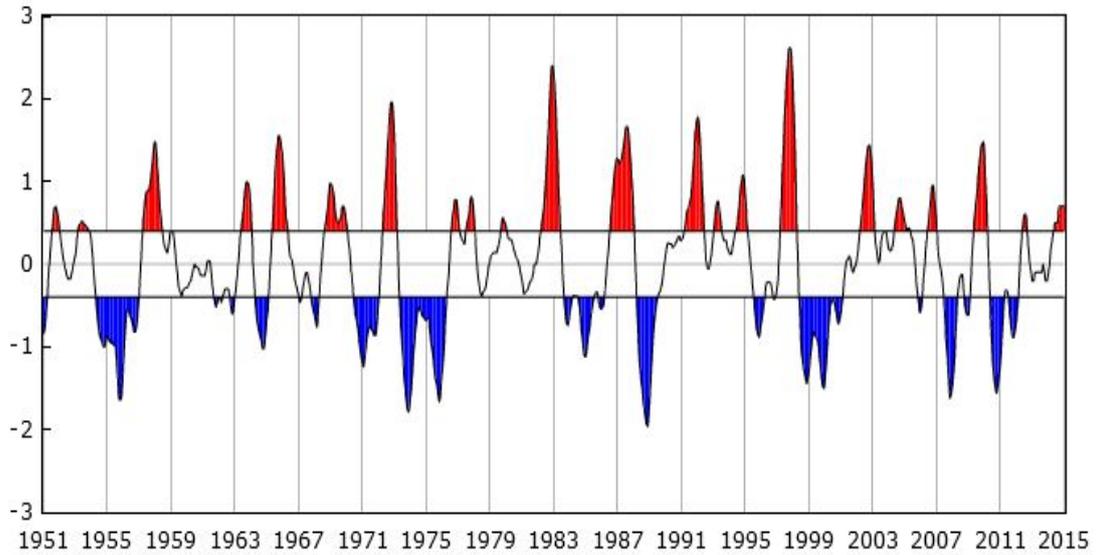
② (자외선의 긍정적인 영향) 건강자외선지수 개발 비타민 D 생성에 필요한 자외선 노출의 최소시각 정보 제공, 비타민 D 부족으로 야기되는 질병 예방에

도움

- 자외선지수 서비스

<p>2015년 07월 30일(목) 13:20 관측</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>단계</th> <th>행동요령</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>위험 (11이상)</td> <td>햇볕에 노출 시 수십 분 이내에도 피부 화상을 입을 수 있어 가장 위험함. 가능한 실내에 머물러야 함. 외출 시에는 긴 소매 옷을 입고 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 정기적으로 발라야 함.</td> </tr> <tr> <td>매우 높음 (8~10)</td> <td>햇볕에 노출 시 수십 분 이내에도 피부 화상을 입을 수 있어 매우 위험함. 햇볕이 강한 오전 10시부터 오후 3시까지 외출을 피하고 실내나 그늘에 머물러야 함. 외출 시에는 긴 소매 옷을 입고 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 정기적으로 발라야 함.</td> </tr> <tr> <td>높음 (6~7)</td> <td>햇볕에 노출 시 1~2시간 내에도 피부 화상을 입을 수 있어 위험함. 원한다면 그늘에 머물러야 함. 외출 시에는 긴 소매 옷을 입고 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 정기적으로 발라야 함.</td> </tr> <tr> <td>보통 (3~5)</td> <td>2~3시간 내에 햇볕에 노출 시에 피부 화상을 입을 수 있음. 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 발라야 함.</td> </tr> <tr> <td>낮음 (2이하)</td> <td>햇볕 노출에 대한 보호조치가 필요하지 않음. 그러나 햇볕에 민감한 피부를 가진 분은 자외선 차단제를 발라야 함.</td> </tr> </tbody> </table> <p>*자외선 노출 시간에 따른 피부 화상은 개인에 따라 차이가 있을 수 있습니다. *햇볕에 민감한 피부를 가진 분은 위에서 지시된 보호조치보다 강한 보호조치가 필요합니다. *자외선 차단제는 햇볕에 노출 되기 30분 전에, 2시간 마다 바르십시오.</p>	단계	행동요령	위험 (11이상)	햇볕에 노출 시 수십 분 이내에도 피부 화상을 입을 수 있어 가장 위험함. 가능한 실내에 머물러야 함. 외출 시에는 긴 소매 옷을 입고 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 정기적으로 발라야 함.	매우 높음 (8~10)	햇볕에 노출 시 수십 분 이내에도 피부 화상을 입을 수 있어 매우 위험함. 햇볕이 강한 오전 10시부터 오후 3시까지 외출을 피하고 실내나 그늘에 머물러야 함. 외출 시에는 긴 소매 옷을 입고 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 정기적으로 발라야 함.	높음 (6~7)	햇볕에 노출 시 1~2시간 내에도 피부 화상을 입을 수 있어 위험함. 원한다면 그늘에 머물러야 함. 외출 시에는 긴 소매 옷을 입고 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 정기적으로 발라야 함.	보통 (3~5)	2~3시간 내에 햇볕에 노출 시에 피부 화상을 입을 수 있음. 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 발라야 함.	낮음 (2이하)	햇볕 노출에 대한 보호조치가 필요하지 않음. 그러나 햇볕에 민감한 피부를 가진 분은 자외선 차단제를 발라야 함.	<p>서울 2015년 8월 26일(수) 13:20 관측</p>
단계	행동요령													
위험 (11이상)	햇볕에 노출 시 수십 분 이내에도 피부 화상을 입을 수 있어 가장 위험함. 가능한 실내에 머물러야 함. 외출 시에는 긴 소매 옷을 입고 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 정기적으로 발라야 함.													
매우 높음 (8~10)	햇볕에 노출 시 수십 분 이내에도 피부 화상을 입을 수 있어 매우 위험함. 햇볕이 강한 오전 10시부터 오후 3시까지 외출을 피하고 실내나 그늘에 머물러야 함. 외출 시에는 긴 소매 옷을 입고 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 정기적으로 발라야 함.													
높음 (6~7)	햇볕에 노출 시 1~2시간 내에도 피부 화상을 입을 수 있어 위험함. 원한다면 그늘에 머물러야 함. 외출 시에는 긴 소매 옷을 입고 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 정기적으로 발라야 함.													
보통 (3~5)	2~3시간 내에 햇볕에 노출 시에 피부 화상을 입을 수 있음. 모자와 선글라스를 쓰며 자외선 차단제를 발라야 함.													
낮음 (2이하)	햇볕 노출에 대한 보호조치가 필요하지 않음. 그러나 햇볕에 민감한 피부를 가진 분은 자외선 차단제를 발라야 함.													
<p>총자외선지수</p>	<p>단계별 행동요령</p>	<p>건강자외선지수</p>												

부록9. 기후변화감시 측정요소의 장기적 변동 예시



<그림> 전지구 해수면온도 현황

위 그림은 엘니뇨와 라니냐 발생과 연관성이 높은 해수면온도의 측정 자료들을 장기적 변동을 확인하기 위한 그림이다. 해수면온도 편차값은 5개월 이동 평균하였다.