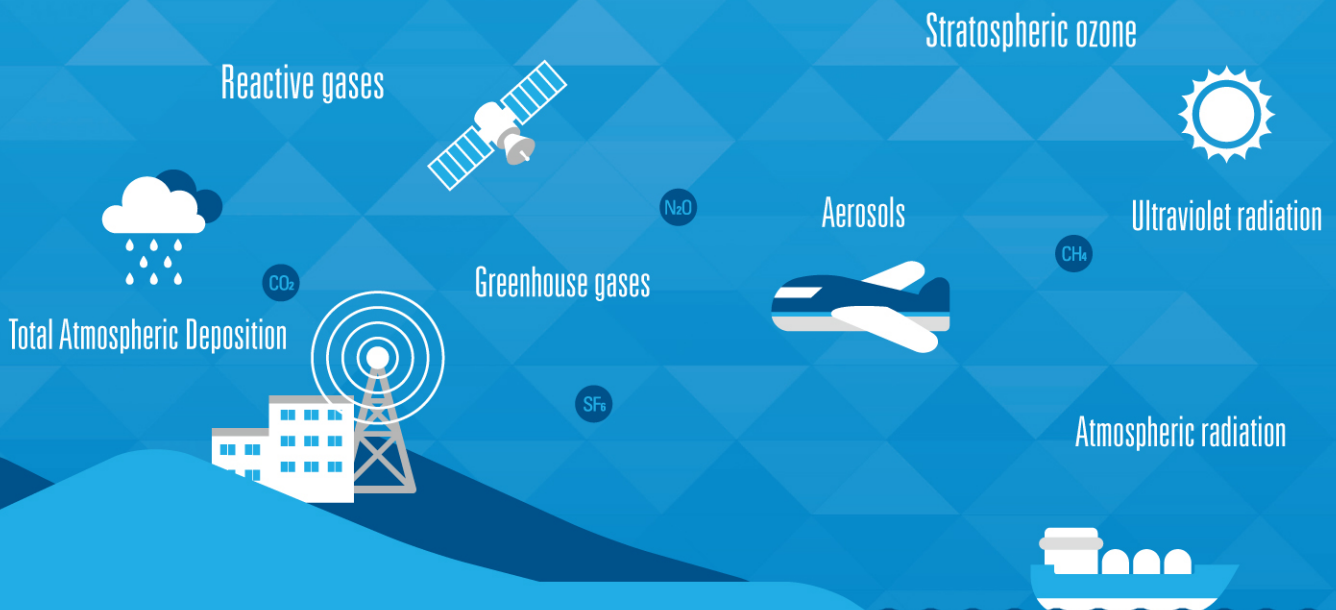


기후변화감시 기술노트 2016-03

국가승인 기후변화감시통계 업무 매뉴얼



Climate Change Monitoring Division

기후변화감시 기술노트 2016-03

국가승인 기후변화감시통계 업무 매뉴얼



기상청 Korea
Meteorological
Administration

발행일 : 2016년 3월

발행인 : 과장 김세원
기상연구관 이철규
기상사무관 정선애
기상주사 고훈영

발행처 : 기후변화감시과
서울특별시 동작구 여의대방로16길 61
전화 02-2181-0644

목 차

I. 기후변화감시통계	1
1. 개요	1
2. 입력 방법	4
II. 자체통계품질진단	9
1. 개요	9
2. 입력 방법	13
III. e-나라지표	17
1. 개요	17
2. 자체지표 현황	18
〈참고1〉 기상청 국가승인통계업무 현황	21
〈참고2〉 국가통계 제도 및 통계조정의 기본원칙	22
〈참고3〉 기후변화감시통계 품질개선 컨설팅 설문조사 결과	25
〈참고4〉 국외 주요 지구급 관측소의 온실가스 관측기술 및 통계처리 현황	37
기후변화감시 기술노트 발간 목록	69

I. 기후변화감시통계

1. 개요

□ 현황 및 작성 개요

- 기후변화감시통계는 기상청 소관 국가승인통계 중의 하나로 통계법에 근거하여 매년 자체 통계품질진단을 하고 통계청은 자체통계품질진단평가 실시

※ 통계법 제7조의 2(통계정보시스템의 구축 및 운영)에 따라 국가승인통계는 나라통계 시스템을 이용하여 통계 생산

○ 기후변화감시통계 작성 개요

- 작성기관 : 기상청 기후과학국 기후변화감시과

※ (전화번호) 02-2181-1635, (홈페이지) <http://www.kma.go.kr>

– 작성연혁

- 2006년 9월 13일: 최초 작성승인(승인번호: 제14103호)
- 2015년 7월 16일: 통계작성의 변경(통계청고시 제2015-220호)

- 법적근거: 기상법 21조(기후감시 및 영향조사), 시행규칙 제5조(지구대기감시 관측자료의 수집·분석 등)

- 작성목적: 한반도의 대기 조성 자료를 통한 기후변화의 원인물질 파악으로 기후변화 대책 수립과 기후변화에 대한 과학적 이해 확산에 기여

- 작성대상: 한반도 기후변화감시 관측자료

– 작성주기, 기준시점 및 조사(보고)기간

- 작성주기: 1년
- 대상기간(기준시점): 1년(1.1)
- 조사(보고)기간: 7.1~31

- 작성항목: 기후변화감시 관측자료 21종(온실가스 7종, 반응가스 4종, 에어로졸 1종, 성층권 오존/자외선 3종, 대기복사 5종, 강수화학 1종)

– 작성방법

- 작성형태: 보고
- 대상선정: 기타(세계기상기구 지구대기감시 프로그램의 권고 관측요소)
- 자료수집: 세계기상기구 지구대기감시 관측지침에 따라 수집된 관측자료에 대해 품질 보증과 품질관리를 거쳐 정보통신망을 통해 수집

– 조사체계(자체): 기후변화감시소 → 품질관리 → 추출 후 관측자료 통계

– 승인신청 계획(유/무)

– 결과공표(보고서 및 결과표 첨부)

- 공표주기: 1년
- 공표시기: 다음 연도 6월(단, 기후변화감시 통계 발표는 7월)
- 공표방법: 관보 공고 또는 인터넷 게재, 보고서 발간
- 공표범위: 국민

– 예산: ○○○천원(기상청)

– 기타(통계법상 통계 해당 여부 및 통계 작성승인 요청에 대한 의견 등): 없음

○ 기후변화감시 관측요소 및 통계현황

관측분야	연번	기후변화감시 관측요소	기후변화감시통계			
			관측요소	관측주기/통계	관측지점 (기후변화감시소)	비고
온실가스 (7)	1	이산화탄소(CO ₂)	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	2	메탄(CH ₄)	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	3	아산화질소(N ₂ O)	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	4	염화불화탄소(CFC)-11	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	5	염화불화탄소(CFC)-12	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	6	염화불화탄소(CFC)-113	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	7	육불화황(SF ₆)	○	월 · 연/평균	안면도	공표
반응가스 (4)	8	일산화탄소(CO)	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	9	오존(O ₃)	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	10	이산화황(SO ₂)	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	11	질소산화물(NOx)	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	12	PM10 질량농도	○	월 · 연/평균	안면도	공표
에어로졸 (11)	13	PMX 질량농도				미공표
	14	크기별 수농도(0.5~20μm)				미공표
	15	미세입자 크기별 수농도 (0.01~0.5μm)				미공표
	16	응결핵 수농도(0.01~3μm)				미공표
	17	광산란계수				미공표
	18	광흡수계수				미공표
	19	광학깊이				미공표
	20	연직분포				미공표
	21	이온성분(27개)				미공표
	22	원소성분(40개)				미공표
성층권 오존/자외선 (4)	23	오존전량	○	월 · 연/평균	포항	공표
	24	연직분포				미공표
	25	자외선A	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	26	자외선B	○	월 · 연/평균	안면도	공표
대기복사 (8)	27	태양상향복사	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	28	태양하향복사(전천일사)	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	29	산란일사	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	30	직달일사	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	31	지구상향복사	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	32	지구하향복사	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	33	순복사	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	34	파장별 일사				미공표
강수화학 (3)	35	산성도	○	월 · 연/평균	안면도	공표
	36	전기전도도				미공표
	37	강수이온성분				미공표
계	37	—	23			

* 기후변화감시 관련 용어 통일(2015. 3. 10.)로 기후변화감시통계 21종 → 23종

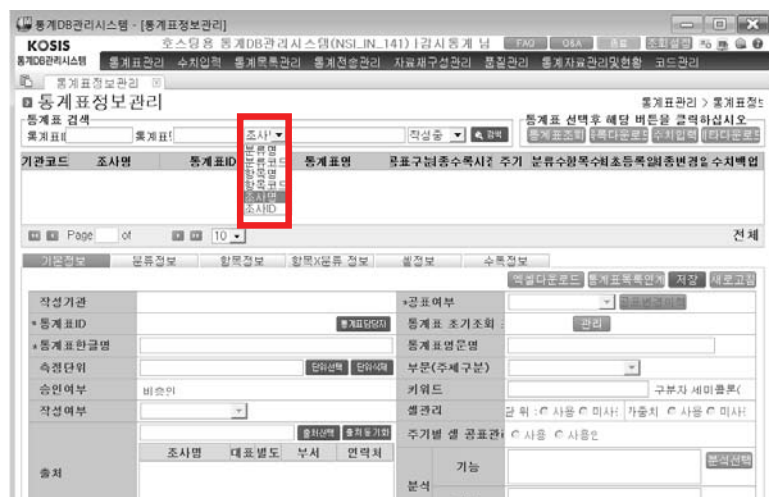
2. 입력 방법

□ 기후변화감시통계 자료 입력 방법

- 국가통계포털 <http://stat.kosis.kr/nsist> 접속
 - ※ 담당자 ID/PW 필요
- 통계DB입력관리 → 통계DB관리 시스템 클릭



- 통계DB관리시스템 → 통계표정보관리 → ‘조사명’ 선택 → ‘기후변화감시통계’ 입력 → 검색



↓

통계표정보관리

통계표 검색: 통계표명, 조사년, 통계표명, 국문영, 통계표 선택 후 해당 버튼을 클릭하십시오.

기관코드	조사명	통계표ID	통계표명	영문구분	수치저장	분류수준	수치입력	수치저장
141	기후변화감시통계	NDT_14103_A000	안면도 월평균 온실가스	201412(월)	M.Y	1	1	009-09-2015-04-2
141	기후변화감시통계	NDT_14103_A001	안면도 월평균 반송가스	201412(월)	M.Y	1	1	009-09-2015-04-3
141	기후변화감시통계	NDT_14103_A002	안면도 월평균 대기질	201412(월)	M.Y	1	1	009-09-2015-01-2

Page 1 of 1

전체 10, 1 - 10

기통정보, 분류정보, 항목정보, 항목X분류 정보, 설정정보, 수통정보

작성기관: 기상청

*통계표ID: DT_14103_A000

*통계표한글명: 안면도 월평균 온실가스

측정단위: [선택]

승인여부: 승인

작성여부: 작성중

출처: 기후변화감시통계

조사명: 대표별도 부서: 연역지

기후변화감시통계

기후변화감시통계

GIS 시스템 연계: 없음

*공표여부: 허위

통계표 초기조항: OF00000000

통계표영문명: [선택]

부문(수체구분): 선택

커워드: [선택]

생년월일: [선택]

주거별 생 공표권: [선택]

가능: [선택]

분석: [선택]

해의: [선택]

추천 통계 구분: N

- 검색 → 검색결과 ‘통계표명 리스트’ 선택 → ‘수치입력’ 클릭 → ‘주기’, ‘시점선택’ 입력 → 통계값 표를 클릭하여 수치입력 → ‘수치저장’ 클릭

통계표정보관리

통계표 검색: 통계표명, 조사년, 통계표명, 국문영, 통계표 선택 후 해당 버튼을 클릭하십시오.

기관코드	조사명	통계표ID	통계표명	영문구분	수치저장	분류수준	수치입력	수치저장
141	기후변화감시통계	NDT_14103_A000	안면도 월평균 온실가스	201412(월)	M.Y	1	1	009-09-2015-04-2
141	기후변화감시통계	NDT_14103_A001	안면도 월평균 반송가스	201412(월)	M.Y	1	1	009-09-2015-04-3
141	기후변화감시통계	NDT_14103_A002	안면도 월평균 대기질	201412(월)	M.Y	1	1	009-09-2015-01-2

Page 1 of 1

전체 10, 1 - 10

기통정보, 분류정보, 항목정보, 항목X분류 정보, 설정정보, 수통정보

작성기관: 기상청

*통계표ID: DT_14103_A000

*통계표한글명: 안면도 월평균 온실가스

측정단위: [선택]

승인여부: 승인

작성여부: 작성중

출처: 기후변화감시통계

조사명: 대표별도 부서: 연역지

기후변화감시통계

기후변화감시통계

GIS 시스템 연계: 없음

*공표여부: 허위

통계표 초기조항: OF00000000

통계표영문명: [선택]

부문(수체구분): 선택

커워드: [선택]

생년월일: [선택]

주거별 생 공표권: [선택]

가능: [선택]

분석: [선택]

해의: [선택]

추천 통계 구분: N

○ '통계전송관리' → '통합DB로 전송' → '통계전송' 클릭

7

○ 수정된 목록 선택 → ‘조회’ 클릭하여 수정 되었는지 확인 → ‘통계자료전송’ 클릭



통계청 담당부서: 통계서비스기획과(042-481-2418)

Ⅱ. 자체통계품질진단

1. 개요

□ 작성 개요

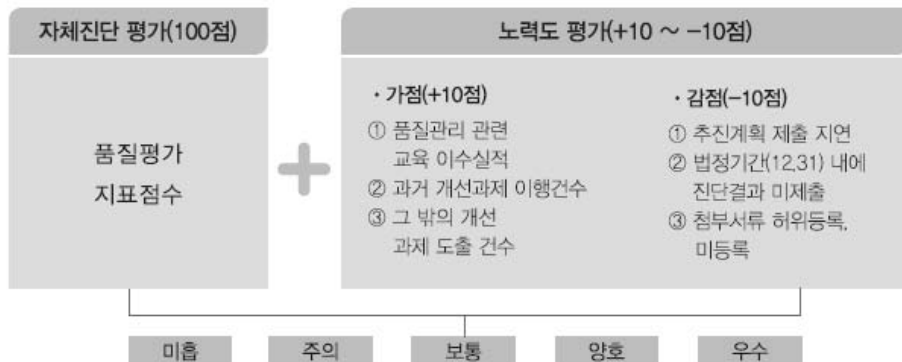
- **(배경)** 통계청은 국가통계 전반에 대한 품질진단을 수행하고 있으나, 외부에 의뢰하여 품질진단을 실시하는 것은 비용과 시간의 제약이 따름
→ 통계작성기관이 직접 소관 통계의 품질을 평가하고 개선할 수 있도록 자체통계품질 진단* 실시

* 자체통계품질진단: 각 통계작성기관의 통계담당자가 웹기반의 시스템을 통해 통계청이 개발하여 제공한 진단서를 체크리스트 방식으로 자가 진단하여 취약한 부분을 인식하고 직접 개선 과제를 도출·이행하여 담당통계의 품질을 제고

- 통계작성기관은 매년 자체통계품질진단을 실시하여야 하고, 그 계획은 3월 말까지, 진단 결과는 12월 말까지 통계청에 제출해야 함
 - ※ 통계법 제11조와 동법 시행령 제15조
 - ※ (13년) 평가제도* 도입 (14년) 품질수준에 대한 국회 등의 공개 요구에 따라 자체통계 품질진단결과 통계청 홈페이지, 국회 언론 등에 공개

* 자체통계품질결과 평가제: 국가승인통계 작성기관의 자율적인 품질진단 및 관리가 얼마나 내실있게 수행되고 있는지 객관화된 지표를 통해 평가하는 제도

- **(평가방법)** 자체진단 평가점수(100점), 노력도 평가점수(+10~-10점)를 합산하여 총점에 따라 5등급(우수·양호·보통·주의·미흡)으로 절대평가
- 평가지표 및 취득점수(5점 만점)



- ※ 자체진단 단계: 기획, 설계, 자료수집, 자료입력 및 처리, 자료분석 및 품질평가, 자료 제공 및 문서화, 자료관리

－ 평가 세부내용

평가기준	배점	상하한점수
· 법정기간(3.31일) 내에 추진계획 제출여부	· 3.31일 이후 ~ 6.30일 제출 : -1점 · 6.30일 이후 제출 ~ : -2점	-2점
· 품질관리 관련 교육 이수실적	· 상반기 품질관리 워크숍 : 2점 · 하반기 품질관리 워크숍 : 3점 · 통계교육원 품질관리 과정 : 3점 · 방문교육 : 2점	최대 +4점
	· '14년 평가결과가 '주의' 및 '미흡' 등급 통계담당자가 '15년 품질관리 교육 이수 실적이 없는 경우 : -1점	-1점
· 과거에 도출한 개선과제 이행건수	· 2건 이상 : +3점 · 1건 : +1.5점(※ 근거파일 첨부만 인정)	최대 +3점
· 그 밖의 통계 개선건수	· '통계작성 기획~사후관리 단계'의 개선사항 : <u>건당</u> +1.5점 (※ 과거 도출한 개선과제가 아닌 경우로써 통계협력과 변경승인을 받은 경우, 공문 및 이에 준하는 경우만 인정됨) · 인력 및 예산 확보 노력 : <u>건당</u> +1점 (※ 기관 간 주고받은 공문만 인정되며, 통계작성기관 내 모든 통계에 일괄적으로 적용되는 예산 확보 노력(전체 회의 등)의 경우 0.5점 부여)	최대 +3점
· 법정기간(12.31일) 내에 진단결과 미제출	· 12.31일 이후 제출 : -4점 (※ 통계책임관 결재가 완료된 경우만 제출로 인정)	-4점
· 첨부서류 허위등록, 미등록	<u>건당</u> -1.5점	최대 -3점

○ 자체통계품질진단 일정

- － 1~3월: 진단 시기, 개선과제 이행계획 등 수립
- － 4~5월: 해당 통계에 관련된 기초자료 보완
- － 5~6월, 9~10월: 상·하반기 실무교육 수강
- － 6~12월: 통계작성 절차에 따라 통계작성 기획부터 사후관리까지 총7장에 걸쳐 67개 항목에 대해 해당 내용 및 개선사항 이행 결과 등 입력

□ 기후변화감시통계 품질진단 현황

○ 자체 품질진단 결과표(2013~2015년)

(단위: 점)

구분	2013년	2014년	2015년
자체진단평가	64.4	86	93.6
노력도평가	0	2	8.5
총점/평가등급	64.4/주의	88/양호	102.1/우수

* 평가등급: 90점 이상(우수), 80점 이상~90점 미만(양호), 70점 이상~80점 미만(보통), 60점 이상~70점 미만(주의), 60점 미만(미흡)

* 2015년 전체(191개 기관 489종) 평균점수: 83.0점

* 평가결과 외부 공개(통계청 홈페이지 → 통계정책 → 통계품질관리 → 공지사항)

○ 품질차원별 진단결과 요약

통계	정확성	시의성	비교성	일관성	관련성	접근성	평균
기후변화감시통계	4.5	5.0	5.0	해당없음	4.3	5.0	4.6
전년도(2014년) 점수	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	해당없음	4.3
전년도 전체통계 평균	3.9	4.3	4.3	3.8	3.9	해당없음	4.0
전년도 보고통계 평균	3.5	4.4	4.4	4.2	3.9	해당없음	4.0

- 전년도 품질진단 평균점수(4.3)은 전체통계 평균점수(4.0)보다 높고, 보고통계 평균(4.0)보다 높은 것으로 진단되었음
- 금년도 품질차원별 평균점수는 4.6으로, 전년도 평균점수(4.3)보다는 상승하였음
- 품질차원 중 접근성, 비교성, 시의성 점수가 가장 높고(5.0), 관련성 점수가 가장 낮음(4.3)

○ 품질차원 각 항목별 점수

평가지표	문항내용	항목별 점수
정확성 측정하고자 하는 모집단의 특성이나 크기를 얼마나 정확하게 측정했는가를 평가, 미지의 참값과 추정된 값의 차이인 오차가 작을수록 정확성이 높은 통계임	3-3 보고 받은 자료 점검 단계	5
	4-1 자료 입력 지침서	5
	4-3 내용 검토 여부	5
	4-6 오류포함 정도	4
	6-1 보유지침서 정보	3
	7-1 사후점검	5
시의성 조사(작성)기준시점과 결과 공표시점 간의 차이를 나타내는 것으로 작성 기준시점과 결과 발표시점이 근접 할수록 시의성이 높은 통계임	5-6 정시성(공표 예정일자 준수)	5
	5-7 작성기준시점과 공표일간의 시차	5
비교성 동일한 통계에 대하여 기간이나 지역 간 또는 통계 부분 간 비교가 가능한지를 나타내는 것으로 포괄범위는 다르더라도 작성방법과 기준 등이 동일하다면 비교성이 높다고 할 수 있음	5-8 과거자료와의 시계열 비교	5
일관성 동일한 경제, 사회현상에 대해 서로 다른 기초자료나 작성방법에 의해 작성된 통계들이 얼마나 유사한가를 나타냄	5-10-1 다른 통계와의 일관성 평가	해당없음
관련성 통계자료가 포괄범위와 개념, 내용 등에 있어서 이용자 요구사항을 충족하는 정도를 말하는 것으로 등이 이용자 요구에 부합하도록 설정 되어 있는가?	1-4 이용자 파악 여부	5
	1-7 이용자 요구사항 파악 방법	5
	5-2 이용자 정보	2
	5-3 이용자 요구사항 충족성	5
접근성 통계작성 과정에서 통계목적의 정확한 설정, 이를 달성하기 위한 통계의 포괄범위와 개념, 작성범위 등이 이용자 요구에 부합하도록 설정되어 있는가?	6-2 공표 방법	5
	6-6 이용자 유의사항	5
	평균	4.6

2. 입력 방법

□ 자체통계품질진단 입력 방법

○ 시스템 접속



1. 나라통계 접속
(www.narastat.kr)

2. 통계정책관리 버튼 클릭



3. 통계정책관리시스템 창 활성화

4. 로그인
※ 새로운 담당자는 회원가입 후
☎ 070-7865-2771로
이용자 ID 승인을 요청해야 함

5. 품질관리 → 자체품질진단 선택
버튼 선택



6. 자체품질진단 메뉴구성
① 추진계획입력
② 진단서입력
③ 자체품질진단 담당관리
④ 자체품질진단 결과표
⑤ FAQ

[illegible]

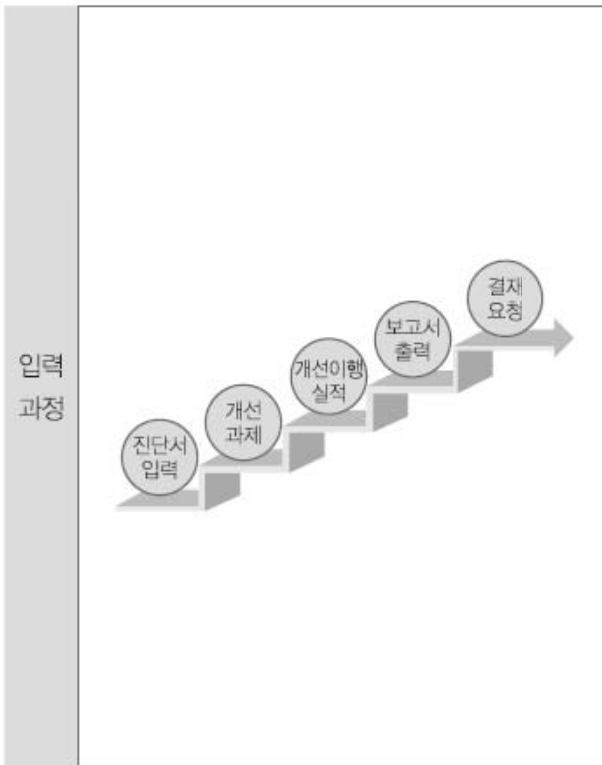
- 진단서입력
- 진단서 출력
- 개선과제
- 개선이행실적
- 보고서
- 결재요청

· 진단서입력

- 진단서 출력
- 개선과제
- 개선이행실적
- 보고서
- 결재요청

입력
과정

```
graph LR; A((진단서  
입력)) --> B((개선  
과제)); B --> C((개선이행  
실적)); C --> D((보고서  
출력)); D --> E((결제  
요청));
```



1. 진단서입력
 - 통계작성 담당자가 작성기획부터 사후관리까지 진행과정에 따라 체크리스트에 응답(필요시 근거 서류 첨부)
2. 개선과제
 - 진단서입력 내용을 바탕으로 개선 의견이 자동으로 도출
 - 자동으로 도출된 개선의견 중 1개 이상을 개선과제로 선택
 - 통계작성 담당자가 직접 개선과제 도출 가능
3. 개선이행실적
 - 과거 진단서에서 도출된 개선과제에 대한 이행실적 입력(근거서류 첨부)
4. 보고서 확인 및 결재 요청
 - 진단서입력부터 개선이행실적까지 입력한 내용을 확인
 - 작성기관의 통계책임관에게 결재를 요청

2. 개선과제

- 진단서입력 내용을 바탕으로 개선
의견이 자동으로 도출

- 자동으로 도출된 개선의견 중 1개 이상을 개선과제로 선택
- 통계작성 담당자가 직접 개선과제 도출 가능

- 과거 진단에서 도출된 개선과제에
-
- 대한 이행실적 입력(근거서류 첨부)

- 진단서입력부터 개선이행실적까지
입력한 내용을 확인

- 작성기관의 통계책임관에게 결재를 요청

※ 총7장에 걸쳐 67개 항목에 대해 해당 내용 및 개선사항 이행 결과 등 입력

○ 평가제 점수 확인

화면 구성

연도	기관명	통계청	자체진단 평가	노력도 평가	총점	평가 등급
2013		조식	76.0	1	76.0	보통

통계청

통계청장관실
· 자체품질진단 결과표
· 통계작성담당자
· 통계작성 결과
· 통계작성 실적
· 통계작성 실적

자체품질진단 → 자체품질진단 결과표

→ 평가제 점수 선택

① 자체진단 평가

– 통계작성담당자의 진단서 입력에 따른 평가문항 점수 합계

② 노력도 평가

– 법정기간내 추진계획 제출, 자체 통계품질진단 워크숍 참석, 개선 이행실적 건수 등

③ 총점

– 자체진단평가 + 노력도 평가

④ 평가등급

– 우수, 양호, 보통, 주의, 미흡으로 평가

노력도 점수 확인

연도	기관명	통계청	자체진단 평가	노력도 평가	총점	평가 등급
2013		조식	76.0	1	76.0	보통

노력도 점수 확인

· 법정기간내에 추진계획 제출여부
· 품질관리과 워크숍(교육) 참석
· 과거의 개선과제 이행건수
· 그 밖의 통계 개선건수
· 법정기간(12, 31)내에 진단서 미제출
· 진단서의 근거서류 허위등록 및 미등록

· 노력도 점수 확인

– 법정기간내에 추진계획 제출여부

– 품질관리과 워크숍(교육) 참석

– 과거의 개선과제 이행건수

– 그 밖의 통계 개선건수

– 법정기간(12, 31)내에 진단서

미제출

– 진단서의 근거서류 허위등록 및 미등록

☎ 통계청 담당부서: 품질관리과(042-481-2025)

Ⅲ. e-나라지표

1. 개요

□ 정의 및 연혁

- **(정의)** 국가정책 수립, 점검 및 정책성과의 측정 등을 목적으로 38개 중앙행정기관이 선정하고 관리하는 주요 지표와 이를 제공하는 웹기반의 통계정보시스템

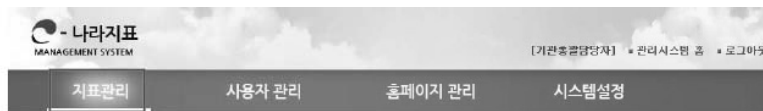
※ (1) 정식명칭: 국정모니터링시스템

(2) 근거: 국정모니터링시스템의 운영에 관한 규정(대통령훈령 제217호)

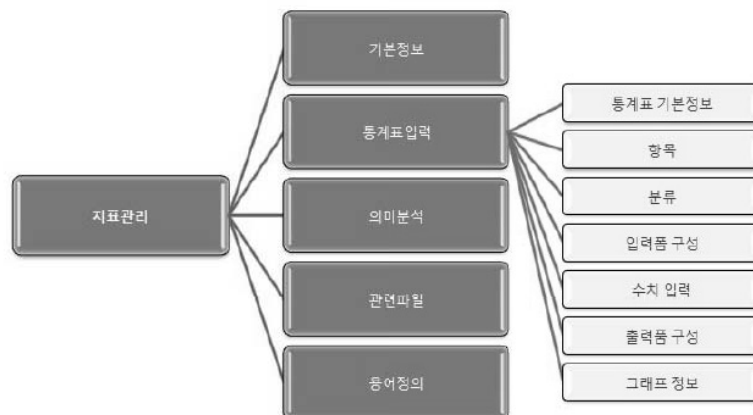
- **(연혁)** '15년 8, 9월 국무회의에서 VIP 지시, '07년 3월 e-나라지표 운영 관련 대통령 훈령 제정, '15년 6월 38개 부처 739개 나라지표와 139개 국가주요지표 서비스 중 (www.index.go.kr)

□ 지표관리

- 기본정보, 통계표입력, 의미분석, 관련파일, 용어정의로 구성되어, 지표 업데이트 등 지표 관련 모든 관리업무를 수행



- 지표관리는 기본정보, 통계표입력, 의미분석, 관련파일, 용어정의로 구성되어 있어, 지표 업데이트 등 지표 관련 모든 관리 업무를 수행하는 부분이다.



※ 지표담당자는 회원가입 후 e-나라지표로 로그인하여 관리시스템에서 인증서로 접속

2. 자체지표 현황

□ 자체지표명 및 주요 표출화면

○ 지표명: CO₂ 연평균 농도 변화 추이, PM10 연평균 농도 변화 추이

○ 주요 입력 표출화면

– 지표관리 화면

지표관리

사용자 관리

홈페이지 관리

시스템설정

지표관리

지표관리

지표관리

지표점검

지표 현황관리

부처명 기상청

지표수 : 2

전체

전체

검색

Excel

관리 번호	지표 구분	지표명	관련업데이트	담당자	입력 예정일	주기	최근 수정일	서비스
1399	e-나라	CO2 연평균 농도 ...	관련업데이트	김정수	2016-06-30	년	2016-01-26	Y
1398	e-나라	PM10 연평균 농도...	관련업데이트	김정수	2016-06-30	년	2016-01-26	Y

① CO₂ 연평균 농도 변화 추이 지표명 클릭 화면

지표관리

사용자 관리

홈페이지 관리

시스템설정

지표관리

지표관리

지표관리

지표점검

지표 현황관리

지표명 : CO2 연평균 농도 변화 추이

지표 관리번호 : 1399

지표서비스확인

기본정보

통계표입력

의미분석

관련파일

용어정의

지표명(한글)

CO2 연평균 농도 변화 추이

지표명(영문)

Annual mean CO2 concentration

소관부처

기상청

지표담당자

김정수

등록일

2006-03-01

지표구분

☒ e-나라지표 ☐ 국가주요지표

주제별분류(대)

환경

주제별분류(중)

생활환경과 오염

주제별분류(소)

기후대기오염

지표구분관리

☒ 승인통계 ☐ 행정자료 ☐ 외국자료

서비스여부

☒ 예 ☐ 아니오

관리주기

년

입력예정일

2016-06-30

최근수정일

2016-01-26

생산주기

매년

생산기관

기상청

자료출처

「지구대기감시 보고서」(매년 6월말 발간)

작성법

WMO 지구대기감시 관측자료 중 하나로 이산화탄소(CO2) 농도의 연평균 값
→ 실시간 농도 측정자료에는 배경대기의 변화 성분과 국지발생이나 소멸의 단주기 변화가 포함됨
→ 원시자료에서 시간평균 변환 과정을 거친 후 일평균 값에서 장기추세와 계절성분을 추출하여

② PM10 연평균 농도 변화 추이 지표명 클릭 화면

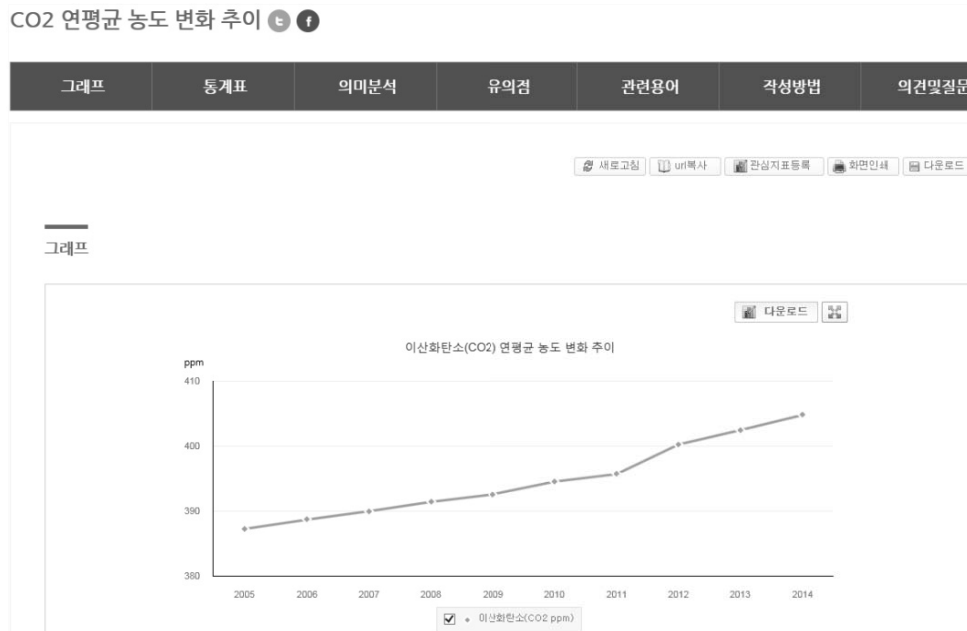
지표관리	사용자 관리	홈페이지 관리	시스템설정
지표관리 지표관리 > - 지표관리 - 지표점검 - 지표 현황관리			
지표명 : PM10 연평균 농도 변화 추이 지표 관리번호 : 1398 지표서비스확인			
기본정보 통계표입력 의미분석 관련파일 용어정의			
지표명(한글) : PM10 연평균 농도 변화 추이			
지표명(영문) : Annual mean PM10 concentration			
소관부처 : 기상청 지표담당자 : 김정수 등록일 : 2006-03-01			
지표구분 : ☒ e-나라지표 ☐ 국가주요지표			
주제별분류(대) : 환경 주제별분류(중) : 생활환경과 오염 주제별분류(소) : 기후-대기 오염			
지표구분관리 : ☒ 승인통계 ☐ 행정자료 ☐ 외국자료			
서비스여부 : ☒ 예 ☐ 아니오			
관리주기 : 년 입력예정일 : 2016-06-30 최근수정일 : 2016-01-26			
생산주기 : 매년			
생산기관 : 기상청			
자료출처 : 「지구대기감시 보고서」 (매년 6월말 발간)			
작성법 : WMO 지구대기감시 관측자료 중 하나로 β-ray PM10 장비에서 관측한 에어로졸 질량농도의 연평균 값			

- 홈페이지관리

지표관리	사용자 관리	홈페이지 관리	시스템설정																																
홈페이지관리 게시판관리 > - 운영자게시판 - 의견및질문 - 국가지표개선건의 통계지표현황 > - 부처별지표 검색로그분석 >																																			
☐ 운영자게시판 <table border="1"> <thead> <tr> <th>제목</th> <th colspan="3">e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>작성자</td> <td>시스템관리자</td> <td>소속부처</td> <td>통계청</td> </tr> <tr> <td>등록일</td> <td>2015-06-25</td> <td>조회수</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>공지</td> <td>전체</td> <td>부처/사용자</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>내용</td> <td colspan="3">e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년)을 첨부합니다.</td> </tr> <tr> <td>첨부파일</td> <td colspan="3"> e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년).pdf</td> </tr> <tr> <td>이전글 ▲</td> <td colspan="3">e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년)</td> </tr> <tr> <td>다음글 ▼</td> <td colspan="3">2013년 시스템 개선사업 의견수렴입니다. 많은 참여 바랍니다.</td> </tr> </tbody> </table>				제목	e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년)			작성자	시스템관리자	소속부처	통계청	등록일	2015-06-25	조회수	60	공지	전체	부처/사용자	-	내용	e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년)을 첨부합니다.			첨부파일	e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년).pdf			이전글 ▲	e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년)			다음글 ▼	2013년 시스템 개선사업 의견수렴입니다. 많은 참여 바랍니다.		
제목	e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년)																																		
작성자	시스템관리자	소속부처	통계청																																
등록일	2015-06-25	조회수	60																																
공지	전체	부처/사용자	-																																
내용	e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년)을 첨부합니다.																																		
첨부파일	e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년).pdf																																		
이전글 ▲	e-나라지표 관리자 메뉴얼(2015년)																																		
다음글 ▼	2013년 시스템 개선사업 의견수렴입니다. 많은 참여 바랍니다.																																		

○ 주요 출력 표출화면

– CO₂ 연평균 농도 변화 추이 그래프



– PM10 연평균 농도 변화 추이 그래프



 통계청 담당부서: 통계서비스기획과(042-481-2418)

〈참고1〉 기상청 국가승인통계업무 현황

□ 국가승인통계

- 통계작성기관이 통계청장의 승인을 얻어 작성하는 통계를 국가승인통계라고 하며, 통계법 제17조에 따라 통계청장이 지정·고시하는 **지정통계**와 그 외의 **일반통계**로 구분

□ 통계책임관 지정

- 통계법 제6조(통계책임관의 지정 및 운영) 및 시행령 제3조(통계책임관의 지정)에 따라 중앙행정기관은 고위공무원단에 속하는 공무원을 통계책임관을 지정 운영해야 함. **기상청은 기상서비스진흥국장이 통계책임관으로 지정되어** 있으며 업무보좌를 위해 국가기후데이터 센터 주무관을 통계실무자로 지정

□ 기상청 국가승인통계업무 현황

- 기상청 및 산하기관 작성하는 **국가승인통계**

순번	통계명	승인 번호	생산부서	통계 종류	작성 주기	비고
1	지상기상통계	14102	국가기후 데이터센터	일반 /보고	1년	
2	지진및지진해일 발생통계	14101	지진화산감시과	일반 /보고	1년	
3	기후변화감시통계	14103	기후변화감시과	일반 /보고	1년	
4	기상산업실태조사	42401	기상산업진흥원 (산업전략실)	일반 /조사	1년	신규 (' 15년)

※ 진흥원의 통계업무는 기상청의 관리를 받지 않고 자체 수행함

- 생산된 통계는 통계청 서비스창구인 **국가통계포털**(<http://kosis.kr>) 및 **e-나라지표**(<http://www.index.go.kr>)에 등록하여 대국민 개방
- 통계자료의 품질관리를 위해 연 1회 **자체통계품질진단** 계획(3월)과 실시(12월)를 하여 나라통계(<http://www.narastat.kr>)에 입력, 통계청은 평가 결과를 회신
- 국제기구 통계제공현황 연 2회(1월, 7월) 제출(2016년부터)

〈참고2〉 국가통계제도 및 통계조정의 기본원칙

□ 국가통계의 의의

- (정의) 정부정책의 수립평가 또는 경제사회 현상의 연구·분석에 활용할 목적으로 특정 집단에 관하여 작성하는 수량적 정보
- (성격) 공공재로서 정부부처, 기업, 일반 국민 모두가 공유하고 정확성, 시의성, 일관성 유지가 중요

□ 통계제도의 유형

- 통계제도란 한 나라가 국가통계를 작성, 보급하는 체제를 의미

구분	집중형	분산형
특징	○ 한 개의 전담기관이 여러 기관의 필요 통계를 모두 작성 ○ 각 기관간 통계의 연결기구 필요	○ 작성기관별로 필요통계를 직접 작성 ○ 통계 조정기관의 역할이 필요 ※ 한국은 집중형이 가미된 분산형
장점	○ 유사·중복 작성 사전 방지 ○ 균형적 발전과 체계화 용이	○ 업무 각 분야 전문지식 활용 가능 ○ 통계수요에 신속한 대응 가능
단점	○ 업무 각 분야 전문지식 활용 곤란 ○ 통계수요에 대한 신속한 대응 곤란	○ 유사통계의 중복작성으로 인력과 예산 낭비 우려, 통계 품질저하 우려
기타	○ 상설 연관관, 연락회의 등 ○ 캐나다, 스웨덴, 핀란드 등	○ 특정기관에서 통계조정기능을 수행 ○ 한국, 미국, 일본, 영국, 프랑스 등

□ 통계작성기관

- (범위) 중앙행정기관, 지방자치단체, 통계작성 지정기관

※ 근거: 통계법 제3조, 통계법 제15조

○ 통계작성 지정기관 지정요건

- 민법이나 그 밖의 다른 법률에 따라 설립된 법인일 것
- 작성·보급에 필요한 조진, 인력, 예산 확보
- 구체적으로 실현 가능한 통계의 작성·보급에 관한 계획

○ 통계작성 지정기관 지정의 취소 ※ 근거: 통계법 제16조

- 통계청장 재량으로 취소 가능 사유: 기관지정 요건 미충족, 무단 신규작성, 승인통계 무단변경·중지, 자료제출 요구 불응
- 반드시 취소 사유: 통계작성 지정기관이 취소 신청 시, 통계작성 승인취소로 소관통계가 없게 된 경우

□ 국가통계의 구분

○ (통계종류) 일반통계, 지정통계

- 통계청의 승인을 받은 공식통계 중에서 특히 중요한 통계는 지정통계가 되고, 나머지는 일반통계로 구분
- 지정통계로 지정 받기 위해서는 법적 요건을 갖추고 통계청장에 지정신청 ※ 근거: 법 제17조 제1항

1. 전국을 대상으로 작성하는 통계
 2. 지역발전을 위한 정책수립 및 평가의 기초자료가 되는 통계
 3. 다른 통계의 모집단 자료로 활용 가능한 통계
 4. 국제연합 등 국제기구에서 권고하는 통일된 기준 및 작성방법에 따라 작성하는 통계
 5. 그 밖에 지정통계로 지정할 필요가 있다고 통계청장이 인정하는 통계

○ 작성방법에 의한 분류

- 조사통계: 전수조사 또는 표본조사를 통해 작성
- 보고통계: 법령에 의한 개인, 단체의 신고, 보고, 신청, 인·허가 등과 같이 다른 행정 업무에 수반하여 수집된 자료로부터 작성
- 가공통계: 일차적으로 집계된 통계자료를 이용하여 2차 목적의 통계 작성

□ 통계조정의 기본원칙

- (통계작성기관) 유사중복 통계 작성 방지, (통계이용자) 통계 이용상 혼란 방지, (통계 응답자) 응답부담 경감
- 주요 승인업무의 종류: 작성승인, 변경승인, 중지승인, 미공표승인

□ **통계작성 승인** ※ 근거: 통계법 제18조, 통계법 시행령 제26조 및 제28조

- (승인절차) 통계작성기관이 새로운 통계를 작성하고자 할 때는 사전에 통계청장의 승인을 받아야 함
 - 1단계: 공문접수, 통계정책관리 시스템 입력(작성기관)
 - 2단계: 기준, 표본, 품질관리부서 등에 검토 의뢰 및 보완 요구
 - 3단계: 검토의견서 작성, 승인심사
 - 4단계: 결과통보 및 조정DB 입력
- 승인된 사항은 통계청장의 사전 변경승인 없이 통계작성기관에서 임의로 변경할 수 없음

- 1. 통계의 명칭 및 종류
- 2. 통계의 작성 목적
- 3. 통계작성의 대상, 사항
- 4. 작성의 기준시점 · 기간 및 주기
- 5. 통계작성의 방법
- 6. 자료수집 체계
- 7. 통계작성에 사용하려는 분류 또는 기준
- 8. 조사표, 보고서식 및 통계표 등 통계의 작성이나 공표관련 서식

- 승인요청 시기: 자료 수집을 시작하기 30일 전까지, 부득이한 사유가 있을 때에는 사유서를 첨부하여 15일 전까지
- 변경 · 중지 승인신청 시기: 조사 · 보고 등 자료 수집을 시작하기 20일 전까지, 부득이한 사유가 있을 때에는 사유서를 첨부하여 10일 전까지

□ **통계작성 후 조치사항**

- 통계 결과를 지체 없이 공표 ※ 근거: 통계법 제27조
 - 공표 시는 통계이용자가 통계를 정확하게 이용할 수 있도록 조사대상 · 방법 등 필요한 사항을 함께 공표
 - 통계를 공표한 때에는 그 결과를 지체 없이 통계청장에게 제출

〈참고3〉 기후변화감시통계 품질개선 컨설팅 설문조사¹⁾ 결과

□ 설문조사 개요

○ 조사 기간: 2015. 10. 30. ~ 11. 18.

○ 조사 대상: 기후변화 관련 기관, 학계, 산업체

– (적극 사용자) 15개 기관 33명, (잠정 사용자) 17개 기관 49명

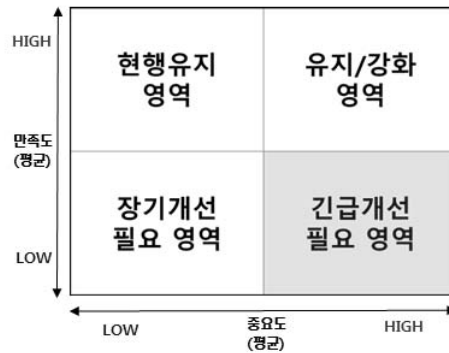
* 적극 및 잠정 사용자 구분: 지구대기감시보고서나 기후변화정보센터 홈페이지 1년 이내 사용 유무

설문 조사 응답자 현황

구 분	적극 사용자		잠정 사용자	
	기관명	응답자수	기관명	응답자수
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	1	한국환경공단	4
8	광주과학기술원	2	환경부	3
9	제주대학교	1	미래창조과학부	1
10	숙명여자대학교	7	한국환경정책평가연구원	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

1) 통계청 기후변화감시통계 품질개선 컨설팅 연구용역(' 15.9.16~12.15) 내 설문조사 실시

○ 분석 방법: IPA(Importance Performance Analysis)



○ 조사 내용

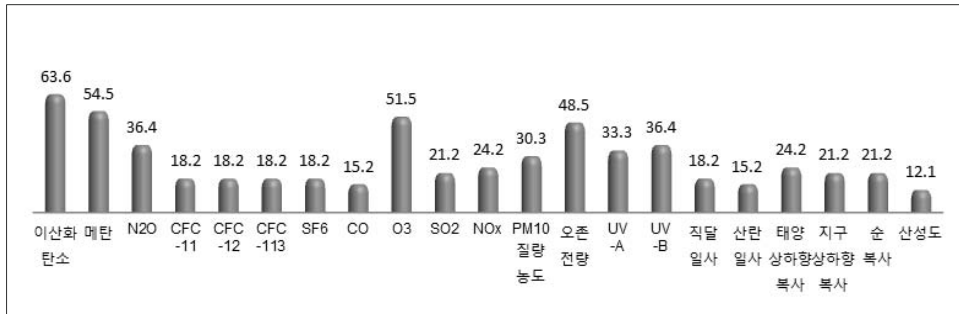
설문유형	구 분	세부 내용
적극 사용자 (설문A)	A. 응답자 정보	- 소속기관 및 부서 - 성명 및 연락처
	B. 기후변화감시 관측요소의 이용실태	- 21가지 기후변화감시 관측요소 이용여부 및 수집매체 - 기후변화감시 관측요소 이용 목적 및 이용 분야 - 기후변화감시 관측요소의 제공 방법에 대한 만족도 및 불만족 이유/개선사항
	C. 기후변화감시 관측요소의 중요도와 만족도	- 21가지 기후변화감시 관측요소의 중요도 및 만족도 - 기상청 제공 21가지 관측요소 외 19가지 미제공 관측요소 중 향후 제공받고 싶은 관측요소
	D. 기후변화감시 관측요소의 개선방향	- 40가지(미제공 19가지 포함) 관측요소 중 국민들이 기후 변화에 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 가능분야 - 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

□ (적극 사용자) 세부 설문조사 내용

○ 기후변화 요소 이용실태

－ 관측요소 이용비율

(단위: %)



* 응답자 Base: 전체 응답자(n=33)

－ 이용 여부 및 수집 매체

① 요소별 이용여부 및 수집 매체

연번	관측요소	이용비율	수집 매체 [중복응답]				
			이용자수 (명)	지구대기 감시보고서	기후변화 정보센터	국가 통계포털	그 외 수집매체
1	이산화탄소(CO ₂)	63.6	21	42.9	47.6	28.6	9.5
2	메탄(CH ₄)	54.5	18	55.6	50.0	22.2	5.6
3	아산화질소(N ₂ O)	36.4	12	50.0	58.3	25.0	8.3
4	염화불화탄소-11(CFC-11)	18.2	6	66.7	33.3	16.7	0.0
5	염화불화탄소-12(CFC-12)	18.2	6	66.7	33.3	16.7	0.0
6	염화불화탄소-113(CFC-113)	18.2	6	66.7	33.3	16.7	0.0
7	육불화황(SF ₆)	18.2	6	66.7	33.3	16.7	0.0
8	일산화탄소(CO)	15.2	5	60.0	20.0	20.0	20.0
9	오존(O ₃)	51.5	17	64.7	29.4	5.9	5.9
10	이산화황(SO ₂)	21.2	7	42.9	42.9	14.3	14.3
11	질소산화물(NO _x)	24.2	8	62.5	37.5	25.0	12.5
12	PM10 질량농도	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	자외선A	33.3	11	90.9	18.2	9.1	0.0
15	자외선B	36.4	12	91.7	16.7	8.3	0.0
16	직달일사	18.2	6	66.7	16.7	33.3	16.7
17	산란일사	15.2	5	60.0	20.0	40.0	0.0
18	태양 상하향복사	24.2	8	50.0	25.0	37.5	0.0
19	지구 상하향복사	21.2	7	42.9	28.6	42.9	0.0
20	순복사	21.2	7	42.9	28.6	42.9	0.0
21	산성도	12.1	4	75.0	25.0	25.0	0.0

② 사용자별 이산화탄소 수집 매체

구 분	응답 자수	(1) 이용여부		(2) 수집 매체 [중복응답]							
		이용한 적 있음		지구대기감시 보고서 책자		기후변화정보 센터 홈페이지		국가통계포털 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
소속	학계	19	47.4	9	44.4	4	33.3	3	33.3	3	11.1
	기관	14	85.7	12	41.7	5	58.3	7	25.0	3	8.3

* 기타 수집 매체: (학계) 세계온실가스자료센터, (기관) 기상청 홈페이지

③ 사용자별 이용 목적(중복 응답)

구 분	응답자 수	업무		개인연구	
		%	N	%	N
전 체	33	81.8	27	33.3	11
소속	학계	19	78.9	15	47.4
	기관	14	85.7	12	14.3

④ 이용 분야

구 분	이용분야
기후변화 감시 및 평가 (12개)	극지기후변화 연구
	기후변화 감시
	기후변화 감시
	기후변화 감시
	기후변화 대응 가축유전자원 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, UV, NO ₂
	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 NO ₂ 산출물과의 비교
	결측자료 메꾸기
	관측값 비교
	환경부 지구대기측정망 자료와의 비교

* 응답자 Base: 이용분야 응답자(n=31)

⑤ 제공 방법에 대한 만족도: 만족 51.5%, 보통 36.4%, 불만족 12.1%

: 만족은 50% 이상 차지, 불만족 의견은 학계에서만 나타남

※ 불만족 의견: 일별 시간별 자료 미 제공, 자료 이용 및 수집 방법에 대한 설명 부족

(단위: %, 점)

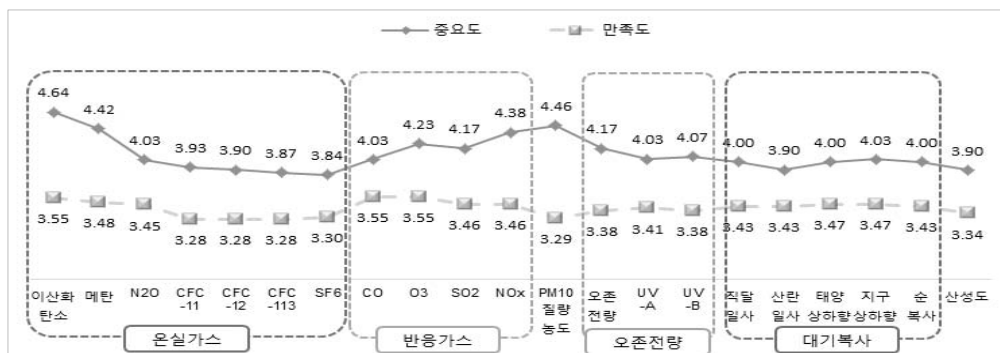
구 분		응답자 수	매우 만족	만족하는 편	보통	만족하지 않는 편	매우 불만족	5점 평균
전 체		33	0.0(0)	51.5(17)	36.4(12)	6.1(2)	6.1(2)	3.33
소속	학계	19	0.0	52.6	26.3	10.5	10.5	3.21
	기관	14	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	3.50

* 응답자 Base: 전체 응답자(n=33), ()의 수는 응답자 수를 의미하며, 5점 평균 점수가 클수록 만족도가 큼

○ 기후변화감시 요소의 중요도와 만족도

– 중요도와 만족도 순위

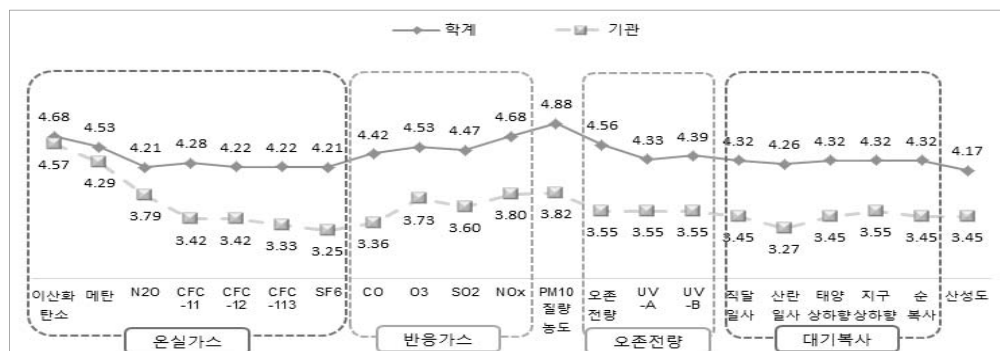
(단위: 점/5점)



* 응답자 Base: 전체 응답자(n=33), 중요도 및 만족도: 각각 '매우 높음' 과 '높음' 의 합산 점수 비율

– 사용자별 중요도

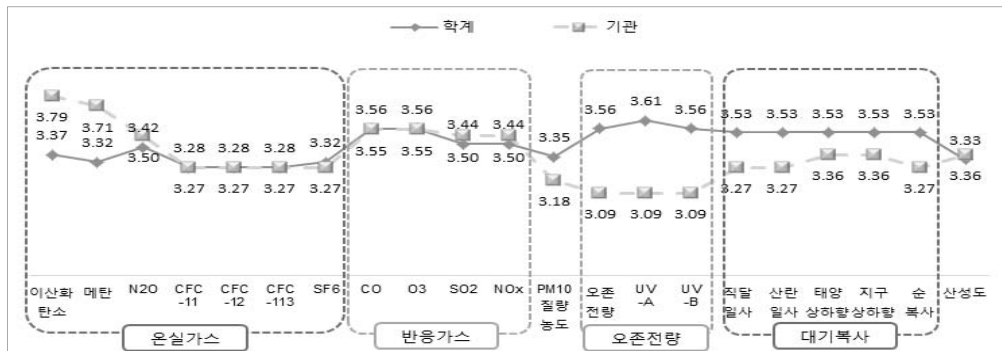
(단위: 점/5점)



* 응답자 Base: 전체 응답자(n=33)

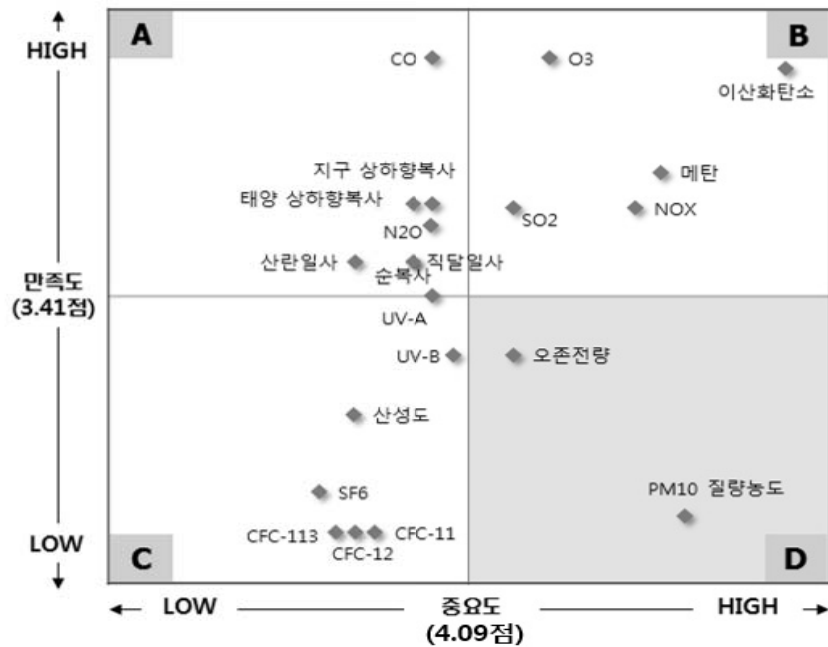
- 사용자별 만족도

(단위: 점/5점)



* 응답자 Base: 전체 응답자(n=33)

- 중요도 및 만족도 도식화



A: 현행유지 측정요소

C: 장기개선 필요 측정요소 → UV-A, UV-B, 산성도, SF6, CFC-11, CFC-12, CFC-113

B: 유지/강화 측정요소

D: 긴급개선 측정요소 → 오존전량, PM10 질량농도

－ 기후변화감시통계 21개 요소 외 제공받고 싶은 기후변화감시 요소

： 파장별 일사(48.5%), PM2.5(42.4%), 성층권오존 연직분포(42.4%), PM1.0(36.4%)

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
	PM10	36.4	12	52.6	10	14.3	2
	PM2.5	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
	광학PM10	18.2	6	26.3	5	7.1	1
	광학PM2.5	21.2	7	31.6	6	7.1	1
	광학PM1.0	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)

○ 개선 방향

－ 국민들이 기후변화에 대응하기 위해 홍보가 필요한 관측요소

： 학계에서는 PM10, 기관에서는 이산화탄소

－ 추가적으로 필요한 관측요소

① NH₃, H₂S ② 파장별 직달 및 산란일사(예: MRFRSR, 또는 자외선/가시광선/적외선으로 구별된 직달 및 산란일사) ③ NMHC, VOCs 등(환경부와 협업체계 구축필요) ④ 성층권 이상 영역에 대한 기온/풍향/풍속 등의 기상정보 ⑤ 에어로졸로 인한 복사 강제력 정보

－ 이해하기 쉬운 관측 용어로 개선

연번	어려운 용어(명칭)	개선방향
1	자외선-A, 자외선-B	일반인들은 이해하기 어려울 것 같음
2	직달일사 등 일반기상학 용어 전반	일본어 잔재로 국민 용어로 순화할 필요가 있음
3	직달일사	지표도달일사
4	직달일사	직접일사량
5	대부분 생소하고 어려움	부록에 별도의 용어 설명 게재
6	반응가스 중 오존	지표면오존

– 관측요소의 제공주기 및 통계 개선

연번	개선대상	개선사항
1	온실가스 6종	- 시간/일/월/연 평균값으로 제공받길 원함 - 자료처리 방법에 대해 상세히 알고 싶음
2	반응가스 4종과 에어로졸(PM10, PM2.5)	- 관련분야 연구를 위해 시간별 관측 데이터 필요 - 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 제공받길 원함
5	이산화탄소, 메탄, 아산화질소	- 30분 평균값 내지 1시간 평균값을 제공받기를 원함
6	PM10, PM2.5	- 환경부 측정망의 자료로 충분하므로 기상청의 중복 관측은 의미 없음
7	- 측정자료의 불확도 값	
8	- 일별 관측되는 자료는 일별 관측자료가 필요함	
9	- 위탁관측소 기관에 대해서는 관측 자료에 대한 접근성을 높여 자료가 빠른 시간 내에 다른 연구에도 활용될 수 있도록 하는 것이 필요함	
10	- 관측자료에 대한 일별 평균값 또는 하루 2회(낮과 밤)의 관측 자료 제공이 필요함 - 자료가 낮에만 측정되는 경우는 측정 시간을 명시해주는 것이 필요함	
11	- 월별 평균 자료는 관측 데이터를 검증하는데 사용할 수 없음, 상세한 일별 평균자료를 희망함	
12	- 관측자료의 정확도가 떨어지더라도 평균되지 않은 자료를 제공받길 원함	

* 응답자 Base: 해당질문 응답자(n=12)

○ 기후변화감시 요소의 향후 활용

– 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, PM10	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	자외선지수, 오존전량, 성층권오존 연직분포, 라돈	환경탐재체(GEMS)와의 연계 오염물질의 장거리 이동 연구에 활용
12	성층권오존 연직분포, 오존전량, 자외선-A/B	환경
13	성층권오존 연직분포, 중층대기 수증기	기후변화 모델링
14	성층권오존 연직분포, 수증기	기후변화 모델링, 대기화학반응
15	성층권오존 연직분포	환경, 기후변화 적응
16	PM1.0	대기환경
17	PM10	보건, 환경
18	PM10, 오존농도	보건, 환경
19	PM10, 오존농도	보건, 환경
20	PM10, PM2.5	보건, 환경
21	PM10, PM2.5, 오존, 수증기, 자외선	보건, 기후과학
22	PM2.5, 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)

– 장기 변동 분석이 필요한 관측요소

- ① (온실가스) 이산화탄소, 메탄, 아산화질소
- ② (반응가스) 이산화황, 질소산화물
- ③ (에어로졸) PM10, PM2.5 * 이벤트 관측자료의 화학조성
- ④ (자외선/오존) 자외선, 오존전량, 오존두께
- ⑤ (기타) 기온, 라돈

※ 국내 및 국외의 온실가스 장기 변동 추세 요구

연번	장기적 변동 분석이 필요한 관측요소
1	이산화탄소, 메탄
2	이산화탄소, 메탄, 아산화질소
3	이산화탄소, 메탄, 오존전량, 에어로졸, 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, PM10, PM2.5, 라돈(²²² Rn) (중국에서 발생하여 장거리 수송되는 대기오염 물질이 한반도 대기질에 미치는 영향 연구)
11	오존, 자외선, PM10, PM2.5
12	자외선, 성층권 오존
13	자외선 (대기 중의 운량과 에어로졸 광학두께에 따라 값이 다르게 나타남)
14	오존두께 (오존층 파약)
15	오존농도 (계절별로 달라짐)
16	이산화탄소, 오존, 자외선, 에어로졸
17	미세먼지를 포함한 미량물질 농도
18	온도
19	대류권 오존
20	측정기간이 충분한 자료에 대해서는 가능한 많은 데이터에 대해 장기적 변동 분석 수행 필요

* 응답자 Base: 해당질문 응답자(n=20)

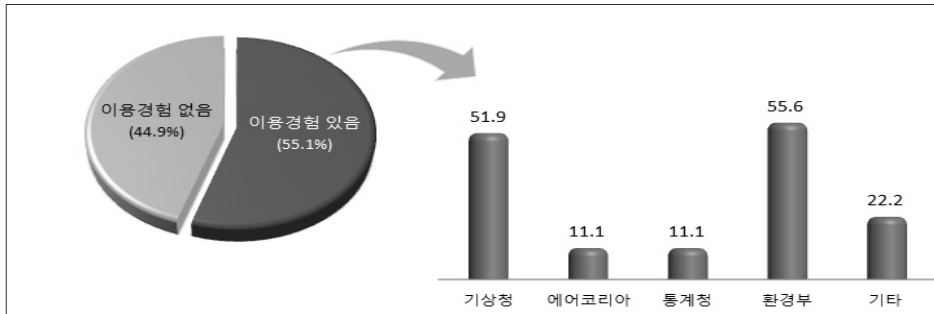
- 장기 변동 분석 자료의 발간 주기: 분기별(33.3%), 연도별(27.3%)
- 희망하는 정보제공 매체: 인터넷(69.7%), 방송(28.8%), 책자(19.7%)
- 기타 희망 의견
- ① 관측자료 접근성 및 활용성 향상 필요
 - 자료의 활용 방법 및 정보 수집 방법에 대한 안내
 - 기후변화에 대한 경각심 고취를 위해 적극적 홍보
 - 자료 및 변화 추이가 쉽게 접근 가능하도록 개선
 - ② 관측자료 이외에 추가 정보 제공 필요
 - 자료의 신뢰도 파악을 위한 정보 제공
 - 기후변화감시 위탁관측소 관측자료 공유
 - 장기 변동 분석 자료에 위성 관련 관측자료 포함

□ (잠정 사용자) 세부 설문조사 내용

○ 기후변화 관련 자료의 이용 경험

－ 이용 경험 및 수집 경로

(단위: %)

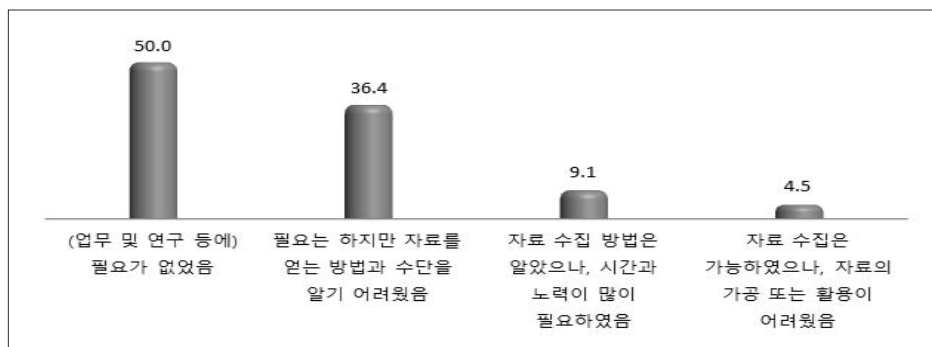


* 응답자 Base: 전체 응답자(n=49)

* 기타: 에너지경제연구원, 농촌진흥청, 국가기후변화적응센터, 산림청

－ 이용 경험이 없는 이유

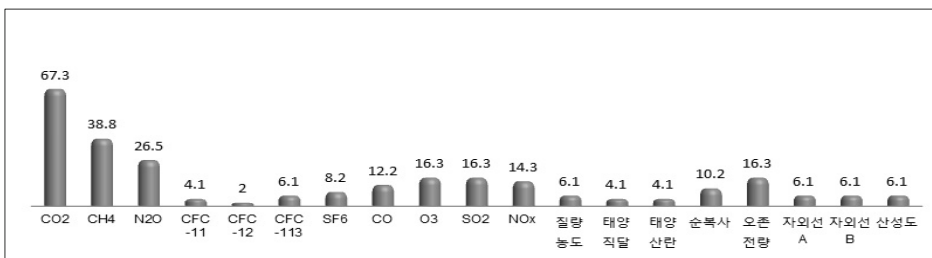
(단위: %)



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

－ 사용하거나 필요했었던 관측요소

(단위: %)



* 응답자 Base: 전체 응답자(n=45), 단 무응답 14.3%

○ 이해하기 어려운 용어 및 개선 방향

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 상하향, 지구 상하향, 오존전량	- 개선할 필요 있음
7	- 태양 상하향, 지구 상하향	- 개선할 필요 있음
8	- 태양 상하향	- 개선할 필요 있음
9	- 태양직달, 태양산란, 자외선-A, 자외선-B	- 개선할 필요 있음
10	- 태양직달, 태양산란 등	- 국민들이 이해하기 쉽게 용어 수정
11	- 대기복사 상하향	- 상하향의 개념이 상향과 하향을 같이 표기하는 용어인지 혼돈
12	- 화학식이 일반인들에게는 어려움	- 화학식과 화학물질명 동시 제시
13	- 화학식이 일반인들에게는 어려움	- 화학식으로 기재된 화학물질은 한글명을 병행 표기
14	- 화학식이 일반인들에게는 어려움	- 일반인이 원소기호를 알지 못하므로 알기 쉽게 한글로 풀어서 표현해주면 이해하기 쉬움
15	- 화학식이 일반인들에게는 어려움	- 용어 옆에 간단한 설명 필요
16	- 모든 용어가 일반인들에게는 어려움	- 용어에 보완설명 단어를 부여 (예) "온실가스(기후변화 유발물질)"등으로 개선
17	- 온실가스와 반응가스를 제외하고 이해하기 어려움	- 개선할 필요 있음

* 응답자 Base: 해당질문 응답자(n=17)

○ 기후변화감시 관측요소의 향후 활용

- 향후 유용하게 활용될 분야

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)

- 희망하는 정보제공 매체: 인터넷(77.6%), 방송(20.4%), 책자(16.3%)
- 기타 희망 의견

구분	기타 의견
적극적인 홍보 필요	- 적극적인 홍보가 필요
	- 홍보 필요
	- 통계라고 하면 기본적으로 통계청 또는 관련 정부부처 홈페이지부터 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	- 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 관측 요소 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	- 일반인 입장에서는 기후변화에 대한 인지도가 그렇게 높지 않기 때문에 많은 홍보 및 안내로 심각성을 알릴 필요가 있음
	- 기후변화에 따른 개인행동 외출시 주의사항 등 적극 알림이 필요
	- 방송이나 신문을 통해서 기후변화 측정결과를 정기적으로 발표하는 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 안내 바람
추가 필요 자료	- 미세입자에 관한 자료가 추가되면 보건 분야에 더 많은 정보 제공 가능
	- 수소불화탄소류(HFCs), 과불화탄소류(PFCs) 추가 조사검토
	- 보다 면밀한 자료 분석을 통해 예보 정확도 향상에 노력해 주기 바람
기타	- 기후변화정보센터(CCIC)는 대기 중 정보 외에도 해양, 토양 등을 망라하는 전 지구적 또는 국내지역 기후변화 정보센터로 변모하길 바람
	- 국립환경과학원과 중복되는 업무가 많아 협의를 통해 협업이 필요함
	- CCIC 외에 기후변화 감시센터 홈페이지도 원활히 운영되면 좋겠음
	- 온실가스 배경농도 측정에 관한 기술 노트가 보급되면 좋겠음

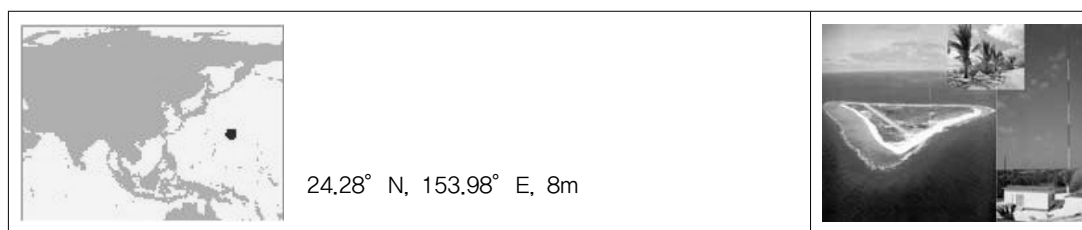
* 응답자 Base: 해당질문 응답자(n=19)

〈참고4〉 국외 주요 지구급 관측소의 온실가스 관측기술 및 통계처리 현황²⁾

□ 일본

일찍부터 기후변화 측정의 중요성을 인식하고 GAW 도쿄 사무소를 유치하고 있으며, 1990년부터 WDCGG를 유치 운영하고 있다. 2010년에 대대적인 기기 변경 작업이 이루어졌으나, 측정 원리는 변화시키지 않은 상태로 제조사만 변경하였다.

일본 Minamitorishima 관측소(지구급 관측소)



일본기상청 뿐만 아니라 Aichi Air Environmental Division, 사이타마현 환경과학센터, 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 지구급 관측소를 포함하여 다수의 지역급 관측소를 운영하고 있으며 Minamitorishima의 지구급 관측소에서는 25종의 각종 가스 및 대기 화학 변수를 측정하고 있다. 〈표 1〉에서 일본 Minamitorishima station(지구급 관측소) 관측 현황을 보여주고 있다. 온실 가스는 메탄, 일산화탄소, 이산화탄소, 오존을 풍속, 풍향, 상대습도, 기온 자료와 함께 연속 측정 방식으로 측정하고 1993년 1월 1일부터 현재까지 자료를 제공하고 있다.

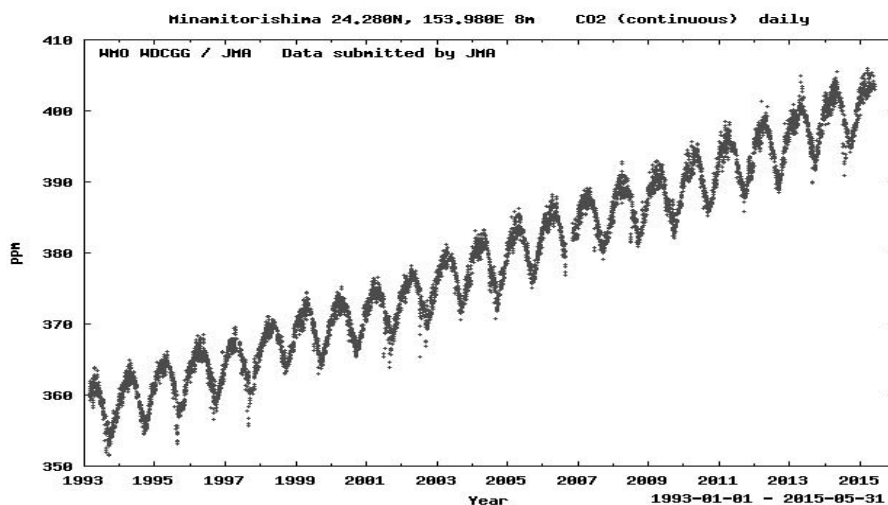
이산화탄소 측정은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어 왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 NDIR (non-dispersive infra-red radiation) 방법으로 측정한다. NDIR 방법은 가스를 측정할 때 사용되는 분광기로 선택성 검출기를 이용하여 시료 중의 특정 성분에 의한 적외선의 흡수량 변화를 측정하여 시료 중에 들어있는 특정 성분의 농도를 구하는 방법으로 2010년부터는 폐회로 가스 분석기인 미국 LiCor사의 LI7000을 사용하고 있다. 대기 중 수증기 제거를 위하여 Perma Pure dryer와 마그네슘 퍼클로라이드를 사용하고, 이 때 섭씨 5도, -50도, -70도에서의 이슬점에서 건조화를 수행한다. 1차 (primary) 표준 가스는 WMO

2) 통계청 기후변화감시통계 품질개선 컨설팅 연구용역(' 15.9.16~12.15) 내 국외 주요 지구급 기후변화감시소 통계 현황 발췌

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 자료센터 본부로 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 1>은 일본 Minamitorishima 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화를 보여주고 있다.

〈그림 1〉 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 만들어 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, -70도에서의 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 보정식을 결정한다. 시료채취 및 분석 주파수 즉, 디지털 신호로 샘플링하여 분석기로 10분마다 분석한다. 관측기기로부터 측정된 원시자료를 데이터 수집 시스템에 따라 수집하고, 원시자료(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 로그 파일에 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 수행하였다. 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 원시자료들을 데이터 수집 시스템에 따라 수집하고, 원시자료(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 보정식을 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. 관측 높이는 다른 온실가스와는 다르게 4m이며 Teflon 튜브를 이용하여 분당 10리터의 속도로 흡입 후 전기 냉각기를 이용하여 섭씨 5도에서 대기 중 수증기를 제거한 후에 매 10초마다 측정한다. 50, 100, 150ppb 오존 농도를 오존 생성기(TEI model 49C-PS)를 이용하여 만들고, 이를 사용하여 제로 보정과 스펜 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 원시자료들을 데이터 수집 시스템에 따라 수집하고, 원시자료(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 1〉 일본 Minamitorishima station(지구급 관측소) 관측 현황

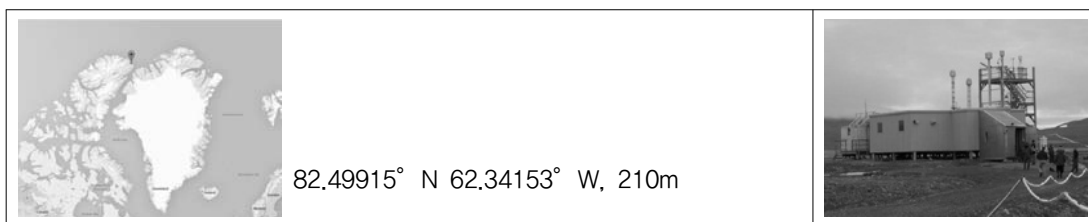
관측분야	관측요소	관측방법	
오존 (Ozone)	지표오존 (Surface ozone)		- 샘플링 높이: 8m - 시료채취 및 분석 주파수 : 이산 분석기로 샘플링. 매 10초마다 분석. 분당 1.5리터의 연속 흐름을 15초마다 분석.
	오존전량 (Total column ozone)	Dobson Brewer	
	연직오존분포 (Vertical ozone profile)	Umkehr method	
에어로졸 (Aerosol)	다중파장 광학깊이 (Multiwavelength optical depth, total aerosol)	Sunphotometry /Filter Radiometry	
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 3.5 리터의 연속 흐름을 30초마다 분석
강수화학 (Precipitation Chem)	산성도/알칼리도 (Acidity/Alkalinity)	unknown/unspecified ³⁾	
	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	

관측분야	관측요소	관측방법	
	수소이온(H^+) 또는 산도 (Hydrogen ion or pH)	unknown/unspecified	
	마그네슘이온(Mg^{++}) (Magnesium)	unknown/unspecified	
	수은이온(Hg) (Mercury)	unknown/unspecified	
	질산이온(NO_3^-) (Nitrate)	unknown/unspecified	
	아질산염이온(NO_2^-) (Nitrite)	unknown/unspecified	
	칼륨이온(K^+) (Potassium)	unknown/unspecified	
	나트륨이온(Na^+) (Sodium)	unknown/unspecified	
	황산이온(SO_4^-), 전체 (Sulphate, total)	unknown/unspecified	
대기복사 (Radiation)	산란태양복사 (Diffuse solar radiation)	Pyranometer (global solar, broadband)	
	직달태양복사 (Direct solar radiation)	Pyranometer (global solar, broadband)	
	전천태양복사 (Global solar radiation)		
	하향장파복사 (Long-wave radiation (downwelling))	Pyranometer (global solar, infrared)	

□ 캐나다

세계 오존 및 자외선자료센터 (World Ozone and Ultraviolet Data Center; WOUDC)를 캐나다 토론토에 유치하고 있으며 캐나다 Alert 지역 (82.49915° N 62.34153° W)에 지구급 관측소를 1986년부터 운영하고 있다.

캐나다 Alert 관측소(지구급 관측소)



3) 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. 이산화탄소는 1975년부터 그 이외 다른 온실 가스는 1990년대 후반부터 측정 자료를 제공한다. <표 2>에서 캐나다 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화를 보이고 있다.

이산화탄소 측정 및 통계 처리 방법 부분에서 이산화탄소 측정은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어 왔으며 세계자료센터에 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 NDIR (non-dispersive infra-red radiation) 방법과 플라스크에 샘플링 후 NDIR을 이용하는 2가지 방법으로 동시 측정하고 있다. NDIR 방법은 가스를 측정할 때 사용되는 분광기로 선택성 검출기를 이용하여 시료중의 특정 성분에 의한 적외선의 흡수량 변화를 측정하여 시료 중에 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
- 교정 가스, 표본 가스, 대상 가스 그리고 8개의 플라스크에는 같은 유량, 평형 그리고 평균 과정이 사용된다
- 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 방법에서 지리적으로 고정된 관측지에서의 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. 월별 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 짧아 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 늘리고, 장기간의 이산화탄소 측정의 일관성을 위하여 보정 과정과 통계 처리 과정을 최적화하는 방안을 사용한다. 최종 주변 농도의 이산화탄소 혼합비 값을 계산하기 위한 4개의 별도 처리 모듈(in MS Visual Basic)을 소개하고, 모듈은 데이터 수집 서버에서 순차적으로 수행되고, 다음 과정을 실행한다.

가. Module 1

- 가장 최근에 수집된 자료를 이전에 수집된 자료에 덧붙인다
- 모든 관측지에서 데이터 수집은 매 6시간마다 수행한다
- 각각 관측지에 매해 로거로 수집된 모든 원시자료의 정보를 포함한 하나의 원시자료 파일이 있다
- 이 모듈은 또한 모든 파일을 살펴보며 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 보정식과 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 초기 설정식을 사용한다
- 이 모듈은 최종적으로 유효한 보정 값을 포함한 보정 연혁표를 생산한다
- 각 사이트 마다 하나의 보정 table 파일이 존재한다
- 각 데이터의 수집 기간 이후에는 모든 수행된 보정 파일과 교정 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 연혁표 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 보정된 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 제로 보정이 되고(5시간 간격의 제로 탱크 유입을 빠져나가는 것을 통한 선형화를 기반) 그리고 작업탱크의 첫 스위프의 시작 때 구한 초기 압력과 온도에 대해 압력과 온도보정을 한다
 - ② 분석기의 2차 시스템 반응 함수는 다음의 경우에서 5시간 간격으로 매 5분마다 정해진다.
- 농도-시간 곡선으로부터의 작업 탱크에서 혼합비 값을 추출한다
- 5시간 스위프와 그 다음 5시간 스위프에서의 전압-시간 선형 식으로부터 보완된 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 스위프로 사용될 2번째 작업 탱크 주입의 스위프와 작업 탱크 스위프의 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 재생산 된다. 그러나 주입 이전의 과거의 플래그는 항상 보존되기 때문에 자료를 다시 재플래그 하지 않아도 된다
- 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, 교정, 대상 전압은 위의 2차 함수로 표준화된다
 - ③ 각각 5개의 교정 가스에서 플라스크 전압의 전후를 이용하여 전압시간의 선형 반응 함수를 계산한다
 - ④ 각 플라스크와 대상, 샘플 시간은 C1-C5의 보간 전압을 결정하는 교정 가스를 통해 각 5개의 선형 반응함수로 대체된다
 - ⑤ 전압-혼합비의 2차 반응 함수는 5개의 보간 교정 전압으로 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 방법에서 플라스크 데이터는 폐기할 것과 사용할 것을 구분하는 플래그로 분류된다. 자료 폐기의 원인은 3가지 범주로 나누어진다.

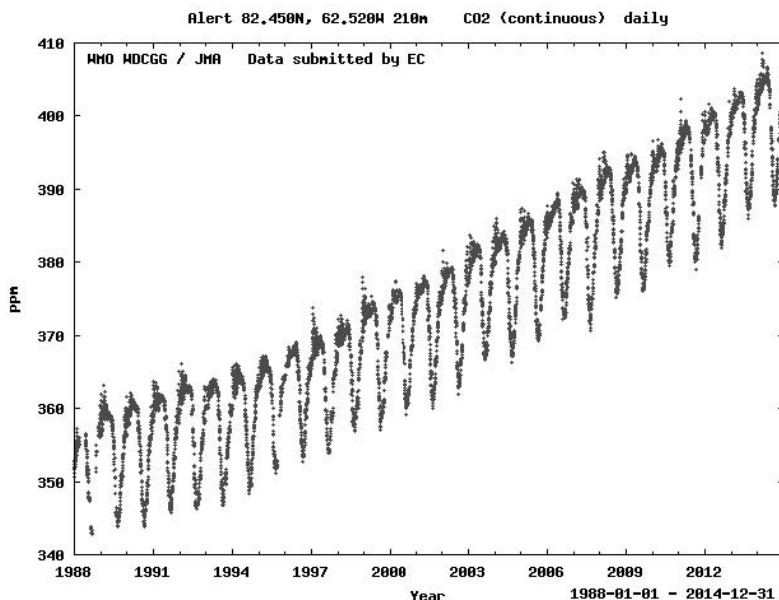
첫째, 확인되고 추론된 샘플링 혹은 분석적인 문제(예를 들어 샘플 오염, 잘못된 분석)로 인해 대기의 시간과 공간을 대표하지 못한다고 고려되는 샘플인 경우

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

셋째, 3-시그마 필터를 기반으로 플래그로 표시된 남아있는 특이값(지리적으로 고정된 관측지에서만)+된 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〉 캐나다 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화



메탄 측정에는 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유지한 국가에서 모두 채택하고 있는 GC-FID (Gas Chromatography-Flame Ionizer Detector) 방법으로 측정 하되 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 컨트롤이 있다. 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 플라스크 에서의 두 번의 유입을 포함한다. 그 후 다음 플라스크에서 두 번의 유입을 하고 모든 플라 스크가 분석될 때까지 계속 해서 반복한다. 8에서 12개의 플라스크는 단일 수행 동안 시스템에 연결되어 있다. 종종 4개 각각의 샘플의 제공을 반복하는 경우 모든 시퀀스는 각각의 플라 스크를 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 유지한 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 방법과 동일하다. 월별 평균 자료 처리는 플라스크로는 샘플링된 이산화탄소 농도 자료의 통계처리와 동일하다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리 이산화탄소 플라스크 자료 처리 방법과 동일하다. 이산화탄소의 탄소동위원소 및 산소 동위원소 관측 (이산화탄소 및 $C^{18}O_2$) 측정 및 통계 처리부분에서 이산화탄소의 탄소동위원소 및 산소 동위원소 측정은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유지한 국가에서 모두 채택하여 사용한 질량 분석기를 이용하여 플라스크로 샘플링하여 측정한 것이다. 측정에 대한 자세한 내용은 아래 논문⁴⁾(Huang et al., 2013)을 참조한다. 기타 측정 방법은 이산화탄소 측정 방법과 동일하다.

이산화탄소의 탄소동위원소 및 산소 동위원소 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 동일하다.

4) 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

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) 방법으로 플라스크 샘플링을 이용하여 측정하였다. GC-ECD 방법은 할로겐 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 방법에서 월별 평균 자료 처리는 플라스크로 샘플링된 이산화탄소 농도 자료의 통계처리와 동일하다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리는 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 할로겐 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 방법에서 월별 평균 자료 처리는 플라스크로 샘플링된 이산화탄소 농도 자료의 통계처리와 동일하게 되었다. 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리는 이산화탄소 플라스크 자료 처리 방법과 동일하다.

〈표 2〉 캐나다 Alert 관측소(지구급 관측소) 관측 현황

관측분야	관측요소	관측방법	
Ozone	Surface ozone		
	Total column ozone	Brewer	
		Dobson	
	Vertical ozone profile	## Sonde	
		ECC Sonde	
Aerosol	Carbonaceous/organic material (coarse), PM10	Thermo-optical analyzer (Sunset Labs)	
	Carbonaceous/organic material (fine)	Thermo-optical analyzer (Sunset Labs)	
	Light absorption coefficient, total aerosol	Filte + light attenuation (aethalometer)	
		Light absorption photometry	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Light scattering	
		Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, total aerosol	Light scattering	
		Nephelometry, integrating	

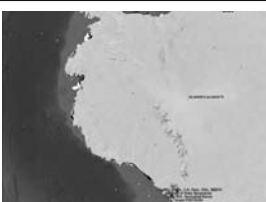
관측분야	관측요소	관측방법	
	Major inorganic components (fine)	Filter sampling + extraction + IC	
	Major inorganic components (TSP)	Filter sampling + extraction + IC	
	Mass concentration (total aerosol) or Mass TSP	Filter sampling + gravimetry	
	Number concentration	Condensation particle counter (CPC)	
		Optical particle counter (OPC)	
	Number size distribution, total aerosol	Differential mobility particle sizer (DMA, DMPS)	
	Other chemical components (coarse)	Filter sampling + extraction + other	
Greenhouse Gas	Vertical distribution of properties	Aerosol backscatter sonde	
	Vertical distribution of properties	Aerosol backscatter sonde	
	C ₂ Cl ₃ F ₃ (1,1,2-trichloro-1,2,2-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 (bromotrifluoromethane, Halon 1301)	GC-ECD	
	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	

관측분야	관측요소	관측방법	
	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	
Other Gas	NMHC	## Flask sampling	
	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]	

□ 미국

세계 강수화학자료센터 (World Data Center for Precipitation Chemistry; WDCPC)를 미국의 Silver Spring에 유치하고 있으며 총 5곳에서 지구급 관측소를 운영하고 있다.

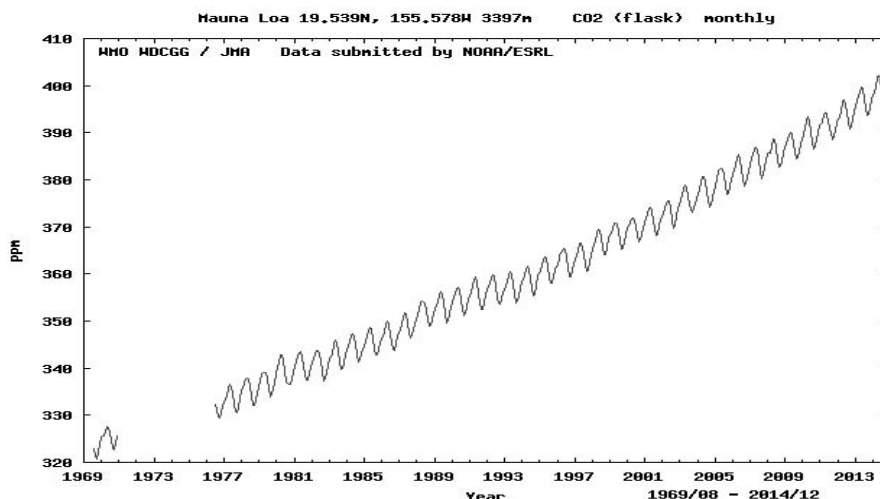
미국 기후변화감시 지구급 관측소

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

미국이 운영하고 있는 지구급 기후변화감시 관측소는 비슷한 측정 원리와 통계 자료 처리 방법을 사용하고 있으며, 따라서 가장 일반인들에게 유명하게 알려진 대표적 기후변화감시 측정소인 하와이의 마우나로아 관측지를 본문에서 예로 들어 설명한다. 미국이 운영하는 다른 지구급 관측소는 부록에 따로 정리하였다. 하와이의 마우나로아 지구급 관측소에서는 일본이나 캐나다에서 운영하고 지구급 관측소에 비하여 매우 다양한 온실 가스 및 대기 화학 변수들을

측정하고 있다. <표 3>는 미국 마우나로아 관측소 관측 현황을 나타내고 있다. 이산화탄소의 경우 1969년부터 측정 자료를 확보하고 있다. <그림 3>는 미국 마우나로아 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화를 나타내고 있다.

〈그림 3〉 미국 Mauna Loa 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화



이산화탄소 측정 및 통계 처리 방법은 다음과 같다. 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어 왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 NDIR (non-dispersive infra-red radiation) 방법과 플라스크에 샘플링 후 NDIR을 이용하는 2가지 방법으로 동시 측정한다. NDIR 방법은 가스를 측정할 때 사용되는 분광기로 선택성 검출기를 이용하여 시료 중의 특정 성분에 의한 적외선의 흡수량 변화를 측정하여 시료 중에 들어있는 특정 성분의 농도를 구하는 방법이다. WDCGG에 자세한 관측 정보는 제시되어 있지 않다. 연속관측을 위한 NDIR 장비는 과거 우리나라 안면도에서 측정시 사용해왔던 Siemens 장비이다. 이산화탄소 측정자료 통계 처리 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.

월별 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 평균 값을 계산한다. 플래그 된 파일은 곡선을 만드는 과정에서 제외한다. 특정 사이트는 자료의 부족이나 기록기간이 짧아 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 처음 두 칼럼에서의 배경 시간별 평균으로부터 일 평균값을 계산

한다. 평균값을 구하는데 하나의 시간 값만이 사용된 날에는 디폴트(-9.99) 표준편차로 할당한다. 월별 자료 처리 방법으로 월 평균값은 일 평균값으로부터 계산한다.

메탄 측정 및 통계 처리 방법 중 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. WDCGG에 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 물분율(-9999999)과 플래그(*..)로 표시한다. 자세한 사항은 Dlugokencky et al. (1995) 참고하길 바란다.

월별 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)를 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)를 참조하길 바란다.

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

월별 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.

이산화탄소 측정 자료의 통계 처리 방법에서 플라스크 자료의 폐기 결정을 위한 통계처리는 이산화탄소와 동일하다. 시간별 평균값은 각각 10분마다 주변으로부터의 유입된 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 통계처리는 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 해당 웹사이트(ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2c13/flask/README_surface_flask_co2c13.html)를 통해 정보를 얻을 수가 있다.

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 통계처리는 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 할로겐 화합물을 분석하는데 사용되는 기법으로 ECD를 사용할 때 특정 분자가 검출기를 통과할 때 샘플의 일부 전자를 포획하므로 측정되는 전류가 감소되는 것을 측정한다. 보다 자세한 보정 방법은 웹사이트(ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2c13/flask/README_surface_flask_co2c13.html)를 통해 더 정확한 정보를 얻을 수가 있다.

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

육불화황 측정 및 통계 처리 방법 중에서 육불화황 측정 방법은 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어 왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하여 사용한 GC-ECD (Gas Chromatography-Electron Capture Detector) 방법으로 연속 측정과 플라스크 샘플링을 이용하여 측정한다. GC-ECD 방법은 할로겐 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 방법에서 시간 별 데이터 처리 방법은 시간마다 원시자료를 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 육불화황과 통계 처리 방법과 동일하다.

〈표 3〉 미국 마우나로아 관측소(지구급 관측소) 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	

관측분야	관측요소	관측방법	
Aerosol	Light absorption coefficient, PM1.0	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, PM1.0	Nephelometry, integrating	
	Light backscattering coefficient, PM10	Nephelometry, integrating	
	Light backscattering coefficient, total aerosol	Nephelometry, integrating	
	Light scattering coefficient, PM1.0	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	C ₂ Cl ₃ F ₃ (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	GC-ECD	
		## 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	
		## Flask sampling	
	C ₂ H ₃ ClF ₂ (1-chloro-1,1-difluoroethane, HCFC-142b)	GC-ECD	
		GC-ECD	
	C ₂ H ₄ F 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	

관측분야	관측요소	관측방법	
	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	
		GC-ECD	
	SF ₆	GC-ECD	
		## Flask sampling	
Reactive Gas	C ₂ Cl ₄	## Flask sampling	
	C ₂ H ₆ (ethane)	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)	

관측분야	관측요소	관측방법	
	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)	
Radio Nuclide	UV Spectral	Brewer	
	¹⁴ 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]	

□ 독일

세계대기 원격탐사자료센터 (World Data Center for Remote Sensing of the Atmosphere; WDC-RSAT)를 독일의 Wessling에 유치하고 있으며 다수의 지구급 관측소를 운영하고 있다.

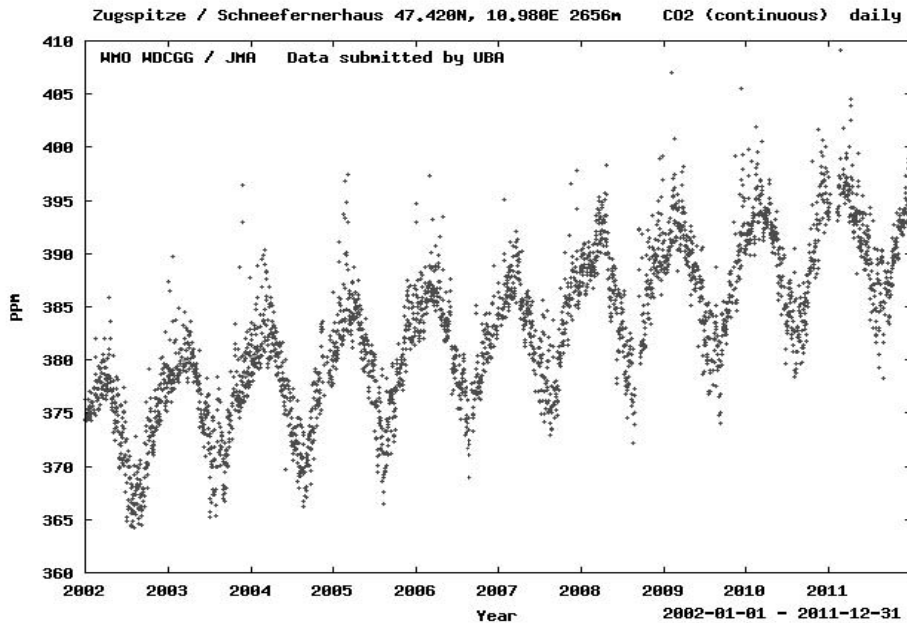
독일 기후변화감시 지구급 관측소

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

독일이 운영하고 있는 지구급 기후변화감시 관측소는 비슷한 측정 원리와 통계 자료 처리 방법을 사용하고 있으며, 따라서 본문에서는 Zugspitze-Schneefernerhaus 지구급 관측소를 예로 들어 설명한다.

Zugspitze-Schneefernerhaus 지구급 관측소에서는 대략 10가지 정도의 온실가스를 관측하고 있다. <표 4>에서 독일 Zugspitze-Schneefernerhaus 관측소의 관측 현황을 보이고 있다. <그림 4>에서 이산화탄소의 경우 2002년부터 측정 자료를 확보하고 있다.

〈그림 4〉 독일 Zugspitze-Schneefernerhaus 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화



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 방법에서 데이터 수집 시스템은 1분 평균 원시자료를 제공한다. 제로 및 보정 인자들과 자료 프로토콜은 원시자료를 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. 월별 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. WDCGG에 자세한 관측 정보는 제시되어 있지 않다. 연속관측을 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 방법에서 일산화탄소 측정 방법은 WDCGG에 연속 관측을 수행한다고 언급되어 있으나 자세한 측정 방법이나 원리는 제공하고 있지 않다. 일산화탄소 측정 자료의 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. WDCGG에 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 수집 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. 월별 자료 처리 방법으로 960개 이상의 선별된 30분 자료로 산술평균을 계산한다. 일별 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 4〉 독일 Zugspitze-Schneefernerhaus 관측소(지구급 관측소) 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 PM10	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 (peroxyacetylnitrate, 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	

□ 노르웨이

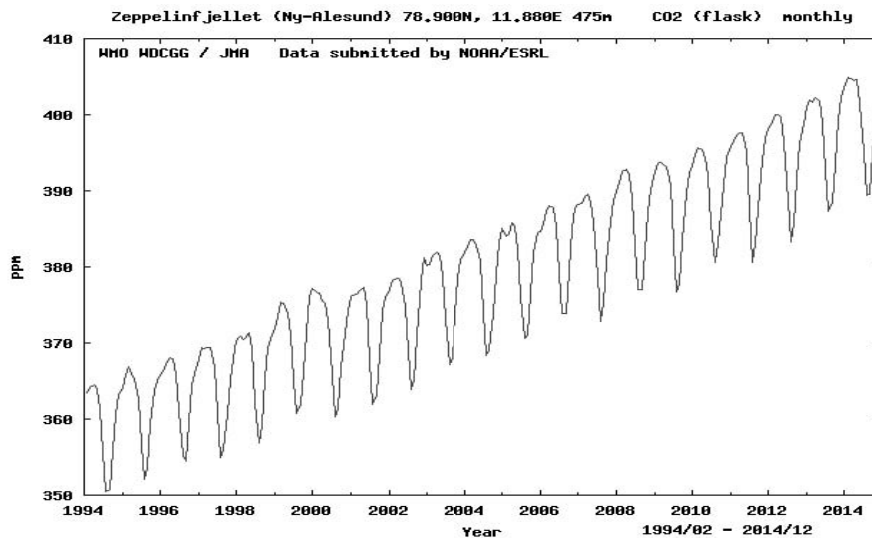
세계 에어로졸 자료 센터 (World Data Center for Aerosol; WDCA)를 노르웨이의 Kjeller에 유치하고 있으며 Ny Ålesund 지역에서 2곳의 지구급 관측소를 운영하고 있다.

노르웨이 기후변화감시 지구급 관측소

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

노르웨이의 경우 미국 해양대기국의 도움을 받아 온실가스 농도를 관측하고 있다. 본문에서는 Ny Ålesund의 Zeppelin Mountain 지구급 관측소를 예로 들어 설명하고 있다. 하와이의 마우나로아 관측소에서는 일본이나 캐나다에서 운영하고 지구급 관측소에 비하여 매우 다양한 온실 가스 및 대기 화학 변수들을 측정하고 있다. <표 5>는 노르웨이 Ny Ålesund 지구급 관측소 (Global station) 관측 현황을 보여주고 있다. <그림 5>에서 이산화탄소의 경우 1994년부터 측정 자료를 확보하고 있다.

<그림 5> 노르웨이 Ny Ålesund 지구급 관측소에서 측정된 이산화탄소 농도 변화



이산화탄소 측정 방법으로 지난 수십 년간 가장 많이 사용되어왔으며 세계자료센터를 유치한 국가에서 모두 채택하고 있는 NDIR (non-dispersive infra-red radiation) 방법으로 플라스크에 샘플링 후 측정하였다. NDIR 방법은 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 보정하고 연구실 표준 가스는 6개의 NOAA 표준으로 보정한다.

이산화탄소 측정 자료의 시간 별 자료 처리 방법은 2002년까지는 관측기기가 1분 평균값을 전달하고, 시간별로 보고되는 값은 적어도 5개의 1분 평균의 중간값이며, 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. 하지만 2004년부터는 시간 자료는 1분 평균으로부터 계산하고, 잘못된 데이터는 제거 된다(예를 들면 확인된 기기 에러, 오염, 교정 혹은 다른 점검). 일별 자료 처리 방법으로는 일 별 자료로 시간 별 데이터 때 사용 된 일분 평균값으로부터 계산하며, 월별 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 제시되어 있지 않고 있다.

메탄 측정 자료 통계 월 별 데이터 처리 방법에서 월별 평균은 각 관측지에서 고유한 샘플의 날짜와 시간을 포함한 이벤트 파일의 모든 유효한 관측값의 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 사용

한다. 일산화탄소 측정 자료의 통계 처리 방법은 메탄 측정 자료의 통계 처리 방법과 동일하다. 기타 온실가스 측정 자료의 통계 처리 방법은 다음과 같다.

〈표 5〉 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 (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	

관측분야	관측요소	관측방법	
Greenhouse Gas	C2Cl2F4 (1,2-dichlorotetrafluoroethane, CFC-114)	GC-MS	
	C2Cl3F3 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane, CFC-113)	GC-MS	
	C2ClF5 (1-chloro-1,1,2,2,2-pentafluoroethane, CFC-115)	GC-MS	
	C2F6 (hexafluoroethane, PFC-116)	GC-MS	
	C3F8 (octafluoropropane, PFC-218)	GC-MS	
	CCl2F2 (dichlorodifluoromethane, CFC-12)	Gas Chromatography (GC) [general]	
	CCl3F (trichlorofluoromethane, CFC-11)	GC-ECD	
	CCl4	GC-ECD	
	CF4 (tetrafluoromethane, carbon tetrafluoride, perfluoromethane, PFC-14)	GC-MS	
	CH3CCl3 (1,1,1-trichloroethane)	GC-ECD	
	CH ₄	## Flask sampling	
		Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)	
		GC-FID	
	¹³ CH ₄	## Flask sampling	
	CO ₂	Cavity ring-down spectroscopy (CRDS)	
		## Flask sampling	
		Non-dispersive IR (NDIR)	
	¹³ CO ₂	## Flask sampling	
	C ¹⁸ O ₂	## Flask sampling	
	N ₂ O	GC-ECD	
	SF ₆	GC-MS	
Reactive Gas	SO2F2 (sulphuryl fluoride)	GC-MS	
	Ammonia (NH ₃)	Ion Chromatography (IC) [general]	
	C ₂ H ₂ (ethyne, acetylene)	GC-FID	
	C ₂ H ₂ O ₂ (oxaldehyde, ethanedial)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C ₂ H ₄ (ethene)	GC-FID	
	C ₂ H ₆ (ethane)	GC-FID	
	C ₃ H ₆ (propene)	GC-FID	
	C ₃ H ₆ O (acetone, propanone)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C ₃ H ₆ O (propanal)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C ₃ H ₈ (propane)	GC-FID	
	C ₄ H ₆ (1,3-butadiene, butadiene)	GC-FID	

관측분야	관측요소	관측방법	
	C ₄ H ₈ (1-butene)	GC-FID	
	C ₄ H ₈ (sum of butenes)	GC-FID	
	C ₄ H ₈ O (butan-2-one, methylethylketone)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C ₄ H ₈ O (butanal isomers)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C ₅ H ₁₀ (sum of pentenes)	GC-FID	
	C ₅ H ₁₀ O (pentanal, valeraldehyde)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	C ₅ H ₈ (2-methyl-1,3-butadiene, isoprene)	GC-FID	
	C ₆ H ₁₂ (cyclohexane)	GC-FID	
	C ₆ H ₁₂ O (hexanal isomers)	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	
	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 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	

관측분야	관측요소	관측방법	
Radio Nuclide	Lead [^{210}Pb]		
	Radon [^{222}Rn]	GC-MS	
POPs	$^{13}\text{CH}_{10}$ (^9H -fluorene, fluorene), in air	GC-MS	
	$^{14}\text{CH}_{10}$ (anthracene), in aerosol and air	GC-MS	
	$^{14}\text{CH}_{10}$ (anthracene), in air	GC-MS	
	$^{14}\text{CH}_{10}$ (phenanthrene), in air	GC-MS	
	$\text{C}^{14}\text{H}_{10}$ (phenanthrene), in air and aerosol	NILU_O_3	
	$\text{C}^{16}\text{H}_{10}$ (pyrene), in air and aerosol	NILU_O_3	
	$\text{C}_{18}\text{H}_{12}$ (Benz(a)anthracene), in air	GC-MS	
	$\text{C}_{18}\text{H}_{12}$ (Benz(a)anthracene), in air and aerosol	NILU_O_3	
	C_6Cl_6 (hexachlorobenzene, HCB), in air	GC-MS	
	$\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$ (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, alpha-lindane, alpha-HCH), in air	GC-MS	
	$\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$ (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	

기후변화감시 기술노트 발간 목록

2014년도

1. 기후변화감시 기술노트 2014-01 : 통합 지구대기화학관측(IGACO)의 오존 및 자외복사 이행 계획
2. 기후변화감시 기술노트 2014-02 : GC- μ ECD를 활용한 대기 농도 수준의 SF₆ 분석 가이드라인
3. 기후변화감시 기술노트 2014-03 : 건조 공기 포집 및 안정도 평가를 위한 가이드라인
4. 기후변화감시 기술노트 2014-04 : 강수화학 국제비교실험 참가방법 및 결과
5. 기후변화감시 기술노트 2014-05 : WMO 지구대기감시(GAW) 전략계획(2012-2015) : WMO GAW 전략계획(2008-2015) 보강
6. 기후변화감시 기술노트 2014-06 : 표준 에어로졸 샘플링 시스템
7. 기후변화감시 기술노트 2014-07 : 총자외선지수 산출방법 및 프로그램
8. 기후변화감시 기술노트 2014-08 : 강수화학 측정자료의 분석 절차

2015년도

1. 기후변화감시 기술노트 2015-01 : 오존층에 관한 질문과 답변 20가지 : 2014년판
2. 기후변화감시 기술노트 2015-02 : WMO 육불화황 세계표준센터의 3차 표준가스 제조 방법
3. 기후변화감시 기술노트 2015-03 : Analytical Methods for Atmospheric SF₆ Using GC- μ ECD (WMO/GAW Report NO. 222)
4. 기후변화감시 기술노트 2015-04 : 강수화학(대기침적) 측정 및 분석 매뉴얼
5. 기후변화감시 기술노트 2015-05 : 대기조성의 측정

2016년도

1. 기후변화감시 기술노트 2016-01 : 온실가스 관측업무 매뉴얼
2. 기후변화감시 기술노트 2016-02 : 인체 비타민D 생성을 위한 태양자외선복사 노출시간 산정 및 서비스
3. 기후변화감시 기술노트 2016-03 : 국가승인 기후변화감시통계 업무 매뉴얼



서울특별시 동작구 여의대방로16길 61 기후변화감시과
대표전화 : 02-2181-0644 www.climate.go.kr