

4B4) 안면도에서의 할로겐화탄소 및 육불화황의 농도 특성

The Characteristics of Halocarbon and Sulfur Hexafluoride Concentration in Anmyeon

김정식 · 유희정 · 구태영 · 문동민¹⁾ · 이진복¹⁾ · 김명수 · 민들레¹⁾
기상청 기후국 기후변화감시센터, ¹⁾한국표준과학연구원

1. 서 론

CFCs는 비자연적 발생의 대표적인 온실가스로서 최초의 CFC 계열 온실가스는 1982년 Midgley에 의하여 합성된 CFC-12이다. 이후 freon 등의 상품명으로 제조되기 시작하였고, 특히 50년대 이후 냉매, 에어컨 분사제, 보조단열재 등 다양한 용도로 사용되면서 대기 중 그 농도가 급격하게 증가하였다(김경렬 등, 1994). CFCs는 1990년 몬트리올 의정서에 의해 규제가 강화되면서 단계적으로 그 사용이 감소하였고, 2010년 이후부터는 사용 금지 물질로 지정 되었다. CFC-11(반감기 45년)과 CFC-113(반감기 85년)의 농도는 자정작용 및 사용 규제에 의해 현재 감소하는 중이다(IPCC 2007). 반감기가 100년으로 CFC-11과 CFC-113에 비하여 상대적으로 반감기가 긴 CFC-12(반감기 100년)는 현재 농도의 변화 없이 그 상태를 유지하고 있다. CFC-11, -12, -113의 최근 대기 중 농도는 전 지구적으로 각각 250, 540, 80 ppt 수준을 보이고 있다.

육불화황(SF₆)은 교토 의정서의 규제대상 물질로 지정되어 있으며, CFCs와 동일하게 인위적 요인에 의해서만 발생하는 온실가스이다. SF₆의 농도는 다른 온실가스의 농도에 비하여 상대적으로 낮지만 그 증가율은 급격히 커지고 있다. SF₆는 LCD모니터 제작, 자동차 생산 공정 등에서 주로 발생하며, 가스 차단기, 소화기, 폭발 방지물 등에도 사용된다. SF₆의 반감기는 3,200년으로 대기 중 수명이 상당히 길고 강한 적외선 흡수원으로써 동일 질량 농도의 CO₂에 비해 22,200배 이상 강력한 온실가스이다(IPCC, 2001). SF₆의 전지구적 평균 농도는 6ppt를 초과하는 수준을 보이고 있다.

기상청 기후변화감시센터는 지구대기감시의 일환으로 1998년부터 안면도에서 대기 중 온실가스(CO₂, N₂O, CFC-11, CFC-12)의 정주기 관측을 수행하고 있으며, 2007년 1월 1일부터 CFC-113과 SF₆를 추가로 관측하고 있다. 본 연구에서는 CFCs와 SF₆ 연속관측시스템 측정결과에서 나타난 특성들을 소개하고자 한다.

2. 관측방법 및 분석방법

대기 중의 CFCs와 SF₆의 농도를 측정하기 위하여 40m 관측탑 상단에 공기흡입구를 설치하고 진공펌프를 이용하여 대기시료를 연속적으로 유입하였다. 유입된 대기시료 중에 포함된 수분은 2단계 제습장치(5℃, -30℃)를 통하여 제거되었다. CFCs는 Res-Sil C Column을 사용하는 가스크로마토그래프(Gas Chromatograph; GC)-전자포획형검출기(Electron Capture Detector; ECD)를 통하여 분석 되었으며, SF₆는 GC-ECD 전단에 저온농축장치를 연결하여 대기시료를 농축시킨 후 Activated Alumina Column을 이용하여 분석 되었다. 저온농축방법은 -90℃ 이하의 환경조건에서 공기를 흡착관에 저온·농축시키고 분석 시 농축된 시료를 고온에서 탈착시켜 분석기에 자동으로 주입하는 방식이다.

가스크로마토그래프의 분석 조건은 표 1과 같다. 자료는 매 정시마다 생산되고 있으며 매 6시간마다(4회/일) NOAA/GMD와 한국표준과학연구원에서 제조한 표준가스(CFC-11: 246.4ppt, CFC-12: 530.9ppt, CFC-113: 78.4ppt, SF₆: 6.315ppt)를 주입하여 검정을 수행하고 있다.

CFC-11과 CFC-12농도의 추세분석은 매 시간마다 생산된 자료를 사용하여 수행되었다. 정확한 분석을 위하여 1차적으로 기기 및 관측 오류에 의한 오차들이 제거 되고 2차적으로 일평균 자료의 생산 과정에서 지역적 오염원에 의한 순간적인 극값들을 제거한 후 digital filtering(계절변동 성분과 장기변동 성분의 잔차 이용)기법을 이용하여 월평균 자료를 생산하였다. CFC-113과 SF₆는 2007년 1월부터 관측

이 개시되었기 때문에 trend 분석은 수행되지 못하였다.

Table 1. Analytical conditions of CFCs and SF₆.

| Condition | Gas Chromatograph | Gas Chromatograph |
|------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Item | CFCs | SF ₆ |
| Detector | Electron Capture Detector | Electron Capture Detector |
| Flow rate | 60ml/min | 90ml/min |
| Carrier Gas | CH ₄ /Ar (5%/95%) | N ₂ |
| Oven Temperature | 40°C→140°C | 35°C→200°C |
| Column | Res-sil C 4m, 80/100 1/8" ss | Activated Alumina 4m, 80/100 1/8" ss |

3. 결 과

기상청 기후변화감시센터(안면도 소재)에서는 1998년 2월부터 대기 중 CFC-11, CFC-12 농도를 연속적으로 모니터링하고 있으며, 2007년 1월 1일부터 대기 중 CFC-113, SF₆ 농도를 연속적으로 모니터링하고 있다. 그림 1은 1998년 2월부터 2007년 12월까지 안면도에서 측정된 일평균 (a) CFC-11농도, (b) CFC-12 농도, 전 지구급 관측소에서 분석된 (c) CFC-11, CFC-12농도를 나타낸 것이다. 안면도에서 관측된 CFC-11과 -12의 평균 농도는 각각 247.4, 536.8ppt로써 전지구 평균과 비슷한 농도 수준을 나타냈다.

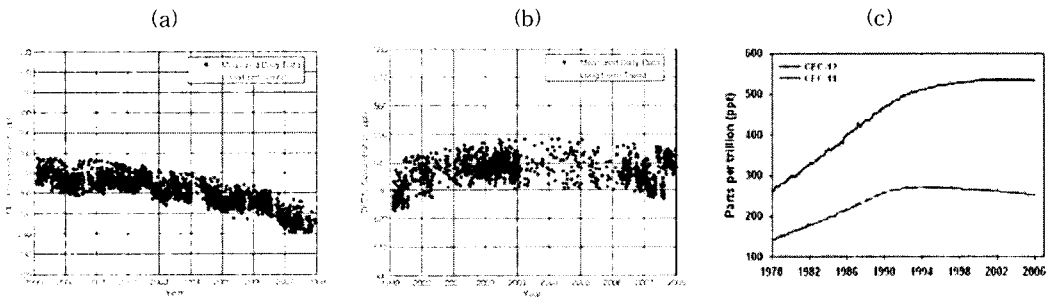


Fig. 1. Long-term variation of the concentrations of (a) CFC-11 and (b) CFC-12 at Anmyeon-do from 1998 to 2007, and (c) the globally averaged concentration of CFC-11 and -12 from the NOAA Global Monitoring Division from 1978 to 2006.

그림 2는 2007년 1월부터 2007년 12월까지 안면도에서 측정된 (a) CFC-113과 (b) SF₆의 시간 평균 농도와 하와이 마우나로아 관측소의 (c) CFC-113와 (d) SF₆농도를 나타낸 것이다. 안면도에서 관측된 CFC-113의 평균 농도는 77.9ppt로 마우나로아와 비슷한 농도 수준을 나타내었고, SF₆의 평균 농도는 6.5 ppt로 마우나로아보다 약간 높은 수준을 나타냈지만, 북동풍이 부는 경우 10ppt 이상의 고농도를 나타내는 경우가 많이 발생하였다.

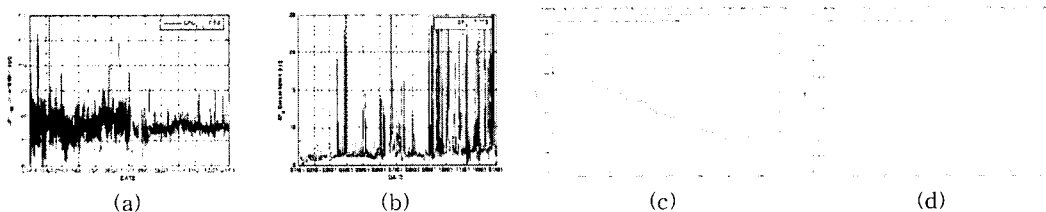


Fig. 2. Long-term variation of the concentrations of (a) CFC-113 and (b) SF₆ at Anmyeon-do of 2007, and (c) CFC-113 and (d) SF₆ at Mauna loa station in Hawaii from 1999 to 2006(provided by WDCGG).

사 사

이 논문은 기상청 용역사업인 「온실가스 측정 표준기법 개발 및 분석시스템 자동화 구축」 사업 및 기후변화감시센터 기본연구사업의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

김경렬, 민동하, 박미경, 김은희, 최상화, 조하만, 남재철 (1994) 관악산 대기 중의 CFC-12 및 CFC-11 모니터링에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 10(1), 41-48.

IPCC (2001) Climate Change 2001: The Scientific Basis, Cambridge, England, Cambridge University Press.

IPCC (2007) Climate Change 2007: Synthesis Report, IPCC 4th assessment report.