

PF1) 대기중의 온실가스 SF₆ 측정시스템 개발

Development of Measurement System for Green House Gas: SF₆

이정순 · 문동민 · 이진복 · 강남구 · 김광섭 · 민들레 · 김진석
한국표준과학연구원 환경측정연구단

1. 서론

지구온난화가 심화되면서 국제적으로 기후변화협약에서는 한층 강제력 있는 온실기체의 감축목표를 권고하고 있다. 1998년에 교토 기후협약에 가입하고 2004년 러시아의 가입으로 인한 교토의정서의 체결로 전 세계적으로 온실가스 감축에 대한 구체적인 계약 및 배출규제가 이루어지고 2007년 우리나라도 실제적인 온실가스 감축목표의 결정 및 이를 위한 실질적 감축 규제를 받아야 한다. 따라서 온실가스 배출량에 대한 정확한 측정을 통한 감축안의 실행 및 측정에 대한 최고능력을 확보하여 감축안 실행 의지에 대한 국제적인 신뢰성 입증 등의 능동적 대처방안이 수행되어야 한다. 2007년부터 기 개발된 PFCs 국가 표준가스를 기반으로 반도체 산업이 국가 경제의 기반이 되는 동북아 지역에서 가장 많이 배출되는 PFCs 온실기체 중의 배경대기 극미량 농도의 SF₆ 온실가스를 지속적으로 관측하고 정확한 측정에 기반을 둔 세계 최고 수준의 측정 자료를 생산함으로써 온실가스 측정관련 세계 선도적 역할을 수행하는 것이 중요하다. SF₆의 배경대기 농도 값은 전 세계적으로 약 19개 기관에서만 측정 데이터를 생산하고 있는 실정이다.

국제환경규범인 기후변화협약 이행에 효과적으로 대응하고 온실가스 측정기관으로서의 국제적 신뢰성 및 선도적 역할을 수행하기 위하여 일차적으로 세계적으로 인정받을 수 있는 온실가스 측정 및 측정 자료 생산이 요구되고 있다. 이에 부응하기 위하여 신뢰성 있는 온실가스의 측정이 요구되고 있으며, 반도체 및 디스플레이 산업 강국으로서 우리나라는 반도체 공정 가스로서 다량 사용되는 SF₆ 온실가스에 측정 및 실태관리에 특별한 관심을 기울일 필요가 있음은 두말할 나위가 없다.

본 연구의 목적은 반도체 다량 이용하고 있는 SF₆ 가스의 대기중 관측을 위한 관측시스템의 개발 결과를 제시하고자 한다. 이를 통하여 국내에서 배출되는 지구온난화 가스인 SF₆를 지구대기감시관측센터(GAW: Global Atmospheric Watch center)에서 상시 현장 관측할 수 있는 시스템을 구축하여 관측 결과를 통하여 국내 SF₆ 가스의 배출 현황을 파악하여 추후 이의 개선 및 규제 협약 대응에 기여하고자 한다.

2. 실험기기 및 방법

배경 대기 중 약 6pmol/mol 농도 수준으로 존재하는 SF₆를 측정하는데 있어서 세계기상기구(WMO)가 요구하는 측정 정확도는 불확도 $\pm 2.0\%(k=2)$ 수준이다. 일반적으로 SF₆를 포함한 할로젠족 원소를 선택적으로 검출하는 검출기인 GC/ECD 만을 이용한다면 SF₆를 직접적으로 측정할 수 없다 이러한 이유로 본 실험에서는 GC로의 시료의 주입전에 전처리로서 저온 농축시스템을 이용한 분석시스템을 구축하였다.

WMO에서 권고하는 $\pm 2\%$ 불확도 수준으로 SF₆를 분석하기 위하여 최적의 분석조건이 요구됨과 동시에 정확한 표준가스가 필요하다. 본 연구에서는 공기 중에 pmol/mol 수준으로 존재하는 SF₆를 분석하기 위하여 중량법(국제 가스제조 표준법)을 이용하여 고순도의 SF₆를 6단계 회석과정을 통하여 직접 제조하여 분석에 사용하였다. 그리고 3~13pmol/mol의 영역에서 각기 다른 다섯 농도의 SF₆ 표준물질을 이용하여 pmol/mol 수준의 영역에서 GC/ECD의 SF₆에 대한 선형성을 평가하였다.

3. 연구결과 및 결론

현장 측정 SF₆ 연속관측시스템은 가스크로마토그래프(GC/ECD) 전단에 저온농축장치를 연결하여 대기시료를 농축시키는 과정을 채택한 방식으로 저온농축기, 분석기 및 자료저장시스템의 3단계로 구성된다. 저온농축방법

은 -80°C 이하의 환경조건에서 공기를 흡착관에 저온 농축시켜 다량의 시료를 고온 환경에서 탈착시켜 분석하는 것으로 이때의 분석 조건은 표 1과 같다. 자료는 매 정시마다 생산하고 6시간마다(4회/일) 한국표준과학연구원에서 제조한 표준가스(6.54pmol/mol/Air)를 주입하여 검정을 진행하면서 대기중의 SF₆ 관측을 진행하고 있다. 지구대기감시센터(안면도 소재)에서 2007년 1월 1일부터 대기 중 SF₆ 농도를 연속적으로 모니터링한 결과를 토대로 안면도 2007년도 시간별 SF₆ 농도와 독일의 Schauinsland의 관측소에서 관측한 2006년 SF₆ 농도를 비교한 결과는 그림 1에 나타나 있다. 각기 다른 두 지역에서 측정된 SF₆의 값을 비한 결과, 안면도는 7.59pmol/mol의 평균 농도를, Schauinsland의 6.537pmol/mol를 나타냈다. 결과적으로 안면도의 SF₆ 농도수준이 높게 나타났다. 한가지 다른 점은 안면도는 10pmol/mol 이상의 고농도의 발생빈도가 높음을 확인할 수 있었다. 만일 고농도의 경우를 제외한다면, 안면도의 SF₆ 평균 농도는 6.49pmol/mol로서 비로소 독일의 측정값과 비슷한 수준임을 알 수 있었다.

본 연구를 통하여 개발된 SF₆ 분석시스템은 현재 안면도의 대기관측소에 설치되어 운영되고 있다. 따라서 한반도의 SF₆ 농도는 지속적으로 감시할 수 있게 되었으며, 관측값 또한 측정 소급성과 신뢰성을 확보할 수 있게 되었다. 고농도부터 극미량의 농도까지 측정할 수 있는 기술을 보유하게 되어 앞으로 배출가스의 저감과 저감효율의 측정 및 배출량 산정 등과 관련된 청정개발체계에 대비할 수 있게 되었다는데 그 의의가 있다고 사료된다. 그리고 한반도 온실가스의 추적연구에도 중요한 관측결과를 제공할 수 있으리라 기대된다.

Table 1. Analytical conditions of SF₆.

항목	분석 조건
검출기/검출기 온도	ECD / 375°C
분리관	Activated alumina 4m, 80/100, 1/8" ss
오븐 온도	35°C → 200°C
시료 유량	100ml/min
운반가스/유량	CH ₄ 5%/Ar 95%/28ml/min(aux:4:39psi)

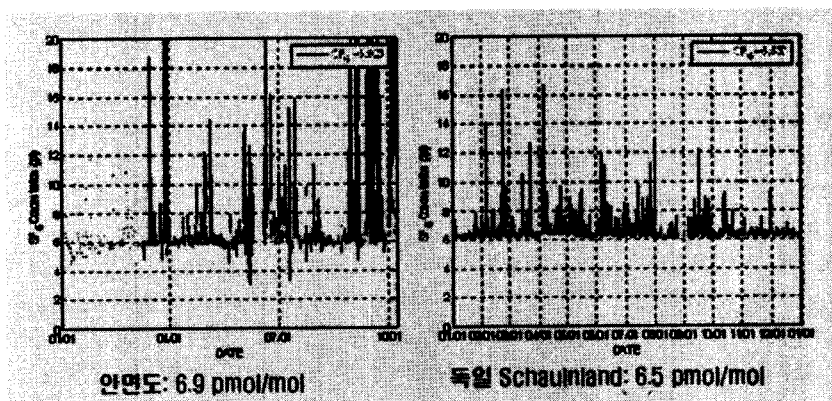


Fig. 1. 안면도와 독일의 SF₆ 측정 결과.

참 고 문 헌

- Global Atmosphere Watch Measurements Guide (WMO TD No. 1073).
 Ravishankara, A.R. et al. Atmospheric lifetimes of long-lived halogenated species. Science, 259, 194-199.