

### PF3) 온실가스 플라스크 분석시스템을 이용한 한반도 배경대기 중 이산화탄소 농도 측정에 관한 연구

## Analysis of Atmospheric CO<sub>2</sub> in Korean Peninsula using Greenhouse<sup>®</sup> Gas Flask Analysis System

박기준 · 최병철 · 최재천<sup>1)</sup> · 김진석<sup>2)</sup>

기상청 기상연구소 지구대기감시관측소, <sup>1)</sup>기상청 기후국 기후정책과,

<sup>2)</sup>한국표준과학연구원 물질량표준부 가스분석표준그룹

### 1. 서 론

산업혁명 이후 대기 중에 증가된 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 염화불화탄소(CFCs) 등의 온실가스는 기후변화에 있어서 양(positive)의 복사강제력(radiative forcing)으로 작용하고 있으며, 이러한 온실가스 중에서도 CO<sub>2</sub>는 온실효과를 유발하는 기여도가 약 55 %로서 CFCs(24 %), N<sub>2</sub>O(6 %) 보다 매우 높은 것으로 나타났다. 또한 CO<sub>2</sub>는 다른 온실가스에 비하여 대기 중에 다량으로 존재할 뿐만 아니라 발생량과 소모량을 추정하는데 어려움이 많고, 주요 발생원이 인류의 산업 발달에 원동력이 되는 석탄 및 석유와 같은 화석연료의 소비이므로 인류의 성장 발달과 더불어 가장 중요시되는 온실가스로 지적된 바 있다(Chung and Tans, 2000). 따라서 대기 중의 CO<sub>2</sub> 증가는 지구온난화를 초래하여 해수면의 상승, 사막화, 생태계의 변화 등을 초래하므로 지구온난화 방지를 위한 체계적인 대책 수립을 위하여 지속적인 감시와 관측은 필수적이라 할 수 있다.

사람들의 활동에 의해 대기 중의 CO<sub>2</sub> 농도가 변화할 수 있음이 분명히 확인된 것은 스크립스 해양연구소의 Keeling에 의해서이다. 1957년 미국 스크립스 해양연구소의 Keeling이 마우나 로아에서 시작한 CO<sub>2</sub> 관측(Jack C. Pales et al., 1965)을 효시로 하여 미국의 NOAA/CMDL 프로그램, ALE/GAGE/AGAGE 등의 국제적인 관측망 등을 예로 하여 많은 나라가 함께 참여하는 가운데 이들 가스들의 대기 중 농도변화를 감시하는 연구가 꾸준히 계속되고 있다. 이렇게 국제적인 협조 하에 활발히 진행되고 있는 연구는 지구 온난화에 대하여 과학적·기술적 평가 수행 및 예측을 시도하여 인류가 대처해야 할 방안을 모색하기 위한 전지구적 공동 노력이라 할 수 있다. 또한 실제 이러한 결과들은 1992년 리우 「국제 연합 환경 개발 회의」 및 뒤를 이은 당사국 기후 회의에서 환경과 조화를 이룬 개발을 이루기 위한 국제적 공동 보조를 맞추는 국제협약 채택 등에 있어서 중요한 기본 자료로 이용되어오고 있다.

특히 플라스크를 이용하여 대기시료를 채취하여 분석하는 가장 대표적인 기관은 미국의 NOAA /CMDL로서 전 세계에 약 40여 개의 플라스크 샘플링 관측망을 운영하고 있다. 그리고 우리나라에서는 1990년부터 기상청/기상연구소에서 연구사업의 일환으로 제주도 고산에서 주 1회 플라스크 샘플링 방법으로 공기시료를 채취하여 미국 Scripps 해양연구소에서 CO<sub>2</sub> 농도를 분석하였다(박미경, 1997). 또 한국교원대학교에서는 NOAA/CMDL의 CO<sub>2</sub> 관측망의 하나인 충남 태안군 파도리 관측지점을 운영하고 있다(Bakwin et al., 1998).

본 연구도 플라스크를 이용하여 채취한 공기시료에서 대표적인 지구온난화가스인 CO<sub>2</sub>의 농도를 분석할 수 있는 시스템을 이용하여 배경대기 지역(제주고산, 안면도, 대관령)에서 채취한 플라스크 샘플링 자료의 분석을 통하여 한반도 배경대기 지역의 농도를 알아보았다.

### 2. 자료 및 연구방법

플라스크를 이용하여 지구 온난화의 대표적인 가스인 CO<sub>2</sub>의 분석을 위해서 다음과 같이 세 분야의 연구가 수행되었다. 시료를 채취하는 시스템과 이 시료를 분석하는 시스템, 그리고 이 사이 시료 분석을 위해 전처리 하는 시스템으로 나뉘어 진다. 대기 시료의 채취는 펌프를 이용하여 연속적으로 시료를 끌어들이며 측정하는 방법과 플라스크를 이용하여 단일 채취하는 방법으로 나눌 수 있으며 이 시료는 1기압 이상의 압력으로 채취되기 때문에 채취 전 플라스크를 진공으로 유지하여야하는 어려움이 없으며 또한

오염의 영향을 줄일 수 있는 장점이 있다. 분석 시스템은 CO<sub>2</sub> 농도를 측정하는 비분산 적외선 분석기(Non-Dispersive Infra-Red; NDIR) 시스템으로 구분되어진다. 이 모든 과정은 분석 중의 시료의 오염을 최대한 줄이고 손쉽게 분석 시스템으로 이동시키기 위하여 전처리 시스템을 거치게 된다.

본 연구에서는 NOAA가 현재 사용하고 있는 고압시료 채취법을 이용한다. 2.5L의 유리 재질의 시료 채취병이 두 개의 유리코크로 연결되어 있으며 이는 진공시스템과 유리 연결구를 통해 연결되게 된다. 시료 채취시에 테플론 튜브를 이용하여 시료의 오염을 최소화 하며 펌프를 사용하기 때문에 상압으로 시료채취가 가능하여 시료 분석 시 충분한 유량을 줄 수 있다.

NDIR은 CO<sub>2</sub>를 연속적으로 측정하는데 가장 많이 사용되는 장비이다. 적외선은 기체를 통과할 때 기체 분자들에 의해 흡수된다. 대기중의 3~5 $\mu$ m의 적외선 파장을 흡수하는 대표적인 기체이며, 이것을 NDIR 분석장치로 CO<sub>2</sub>를 분석한다. 제로가스를 기준시료로 사용하여 기준용기에 계속 흘려준 후 CO<sub>2</sub> 표준가스들로 보정 작업을 하여 측정하고자하는 시료의 농도를 추정하는데 사용한다. 이 모든 과정에서 사용되어지는 가스들의 수분은 네피온 튜브에 의해 제거되어지며 기체탱크 내의 압력을 조절해주는 압력조절기에서 나오는 기체들은 두 단계의 미세 유속/압력 조절기를 거쳐서 모든 기체가 같은 속도로 기준용기(reference cell)와 시료용기(sample cell)에 주입되도록 한다.

이러한 일련의 과정은 컴퓨터에 의해 제어되어진다. NDIR로부터 얻어지는 자료는 RS-232C 통신을 통해 컴퓨터에 저장되어지며 표준기체와 시료의 주입을 위한 밸브의 제어 또한 자동으로 이루어져 시료의 농도 자료와 계산 또한 컴퓨터로 바로 확인 할 수 있도록 되어 있다.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 플라스크 대기 샘플링 장치를 이용하여 한반도 배경대기지역(제주 고산, 안면도, 대관령)의 시료 채취를 통하여 대표적인 지구온난화 물질인 CO<sub>2</sub>의 농도를 측정하여보았다.

표 1은 2004년 한반도 배경대기 지역에서 플라스크 샘플링 시스템으로 채취된 대기 시료의 이산화탄소 농도이다.

Table 1. Concentration of Atmospheric CO<sub>2</sub> at background atmosphere areas of Korean peninsula, 2004.

	Flask No.	Date and time	Concentration (ppm)	Avg.
Jeju-Gosan	TA01	2004.05.27 15:00	382.4 $\pm$ 0.08	382.5
	TA04		382.6 $\pm$ 0.05	
Anmyeon	Continuous	2004.05.27 15:00	380.3	380.3
Daegwallyeong	TA03	2004.06.30 16:00	366.90 $\pm$ 0.07	366.87
	TA04		366.84 $\pm$ 0.06	
Anmyeon	Continuous	2004.06.30 16:00	386.0	386.0

### 사 사

본 연구는 기상청/기상연구소/지구대기감시관측소의 기본 사업비, 과학기술부에서 시행하는 국가지정 연구실 사업의 하나인 “한반도 기후변화 감시 기술개발” 연구과제 및 기상청 연구용역 사업의 하나인 “온실가스측정용 국가표준가스(CFCs) 국산화기술개발 3차 사업”으로 수행된 내용입니다.

### 참 고 문 헌

- 박미경 (1997) 한반도 대기중의 CO<sub>2</sub> 분포에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사논문, 120pp.
- Bakwin, P. S., P.P. Tans, D.F. Hurst, and C. Zhao (1998) Measurements of carbon dioxide on very tall towers: results of the NOAA/CMDL program, *Tellus*, 50B, 401-415.
- Chung, Y.S. and P. Tans(2000) Monitoring greenhouse gases at Tae-Ahn Peninsula, Korea. *J. of Korean Meteor. Soc.*, 36(1), 25-34.
- Jack C. Pales, and Charles D. Keeling(1965)The concentration of atmospheric carbon dioxide in Hawaii. *J. Geophys. Res.*, 70(24), 6053-6076.