



2019. 9. 9.(월)

연구책임자 환경대학원 정수종 교수(02-880-5664) / 교신저자

**서울대 정수종 교수 연구팀,
인공위성을 이용한 전 세계 대도시 CO2 증가량 규명
- 대도시가 기후변화 유발요인이라는 객관적 증거 제시-**

- 서울대학교 환경대학원 정수종 교수(교신저자)와 미국 국립우주항공국 (NASA) 공동 연구팀은 인공위성 자료를 이용하여 전 세계 대도시에서 발생하는 이산화탄소 농도 증가량을 정량적으로 산출하여 세계적인 원격탐사 분야 학술지 Remote Sensing of Environment에 2019년 8월 발표하였다.
- 이산화탄소는 기후변화 유발물질로 인간 활동에 의한 인위적 요인이 주요한 배출원으로 알려져 있다. 특히 국가별 탄소 배출량 기준으로 분석한 결과 매해 늘어나는 탄소 배출량의 약 70%는 도시의 직접 및 간접배출에 의하여 설명되어진다고 한다. 그러나 실제 대도시 대기에서 이산화탄소의 농도가 얼마나 되는지 도시의 직접적인 기여가 얼마나 되는지 아직 정확히 밝혀지지 않았다. 몇몇 대도시들에서 지상관측을 통해 도시 대기 중 이산화탄소 농도를 측정하고 있으나, 도시별로 상이한 관측 시스템을 갖추고 있기에 전 세계를 대상으로 객관적인 비교가 힘든 상황이었다.
- 정수종 교수 연구팀은 미국 NASA 최초의 이산화탄소 관측 위성인 Orbiting Carbon Observatory-2 (OCO-2)의 2014~2018년 측정자료를 이용하여 전 세계 대도시들에 대한 이산화탄소의 ‘도시 증가량’ (urban enhancement), 즉 주위에서 대기수송을 통해 도시에 들어온 탄소가 아닌

도시 지역에서 국지적인 배출원을 통해 증가된 대기 중 농도를 산출하는 기법을 개발하여 전 세계 대도시들을 균등하게 비교할 수 있는 방법을 제시하고 실제 도시별 기여도를 산출하였다.

- 전 세계 대도시들을 대상으로 분석한 결과 잘 알려진 대도시 LA (2.04 ± 0.91 ppm), 서울 (1.47 ± 1.72 ppm), 광저우 (1.48 ± 1.11 ppm), 테헤란 (1.94 ± 1.54 ppm), 휴스턴 (1.50 ± 0.72 ppm) 등에서 높은 도시 증가량을 보였다. 한 가지 흥미로운 점은 **서울의 도시 증가량은 중국 최대의 공업지역 중 한 곳인 광저우 지역과 유사하게 나타났다.** 우리가 살고 있는 서울이 전 세계 Made in China의 대부분을 생산하는 Pearl River Delta 지역과 비슷하게 나타난 것이다.

세계 대도시 대기에서 직접 측정된 이산화탄소의 도시 증가량은 결국 인간의 정주 공간 그리고 경제, 산업의 중심지인 도시가 기후변화의 직접적 요인이라는 강력한 증거라고 할 수 있다. 뿐만 아니라 대도시의 온실가스 증가분이 높다는 것은 도시지역에서 미세먼지가 높을 수 있다는 것을 의미한다. 이는 이산화탄소와 미세먼지 유발 전구물질은 같은 탄소기반 물질이기 때문이다. 이러한 점에서 도시의 이산화탄소가 높다는 것은 기후변화와 대기질 모두에 함의를 가지고 있다.

- 지금까지 많은 국가들은 국가 탄소 배출량을 산정하기 위해 인벤토리 즉 통계적으로 정리된 자료를 이용하여 도시 또는 국가의 배출량을 산정해 왔다. 그러나 기후변화에 관한 정부간 협의체 IPCC는 올해 2019년부터 대기 관측 및 모델을 이용하여 배출량을 산정하는 권고안을 제시했다. 바로 본 연구에서 제시한 것처럼 대기에서의 직접 증가량을 산출해서 실제 배출이 얼마나 이루어지는지 과학적으로 검증하라는 것이다. 이미 미국, 일본, 유럽 연합, 중국 등은 자국의 독자 온실가스 위성을 통해 2 km이내의 지역까지 정밀하게 온실가스를 모니터링하고 있다.

이에 반해 한국은 세계 10위권 내의 탄소 배출 국가임에도 불구하고 아직 미국과 일본의 위성 자료를 이용하고 있다. 그리고 현재 미국과 일본의 위성 자료는 한국을 정밀하게 관측하고 있지 않기 때문에 미국과 일본의 자료를 쓰는 것도 여의치 않은 상황이다. 앞으로 한국도 배출원 지역 지상

관측의 확충 또는 독자 온실가스 위성의 확보를 통해 면밀한 온실가스 모니터링이 이루어져야 할 것이다.

○ 이 연구는 기상청 <기상지진 See-At 기술개발연구사업>의 지원으로 수행되었다.

[붙임] 1. 연구결과 2. 용어설명 3. 그림설명
4. 연구진 이력사항

연구결과

Working towards confident spaceborne monitoring of carbon emissions from cities using Orbiting Carbon Observatory-2

Lev D. Labzovskii^a, Su-Jong Jeong^{b*}(교신저자), Nicholas C. Parazoo^c

^aClimate Research Division, National Institute of Meteorological Sciences, Seogwipo, Korea

^bDepartment of Environmental Planning, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University, Seoul, Korea

^cJet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, USA
(Remote Sensing of Environment)

전 세계 대도시들은 화석연료 사용에 따른 탄소 배출량의 70%를 설명한다고 알려져 있지만, 실제 도시 대기에서의 농도 변화는 잘 알려져 있지 않다. 본 연구는 세계 최초로 미국 NASA의 온실가스 관측 위성인 Orbiting Carbon Observatory-2를 이용하여 전 세계 대도시 CO₂ urban enhancement를 정량화하고 도시에서의 화석연료기반 탄소 배출량과 비교 분석하였다. 전 지구 규모로 보았을 때 도시지역은 배경지역에 비하여 1.07 ± 0.80 ppm, 북반구 도시들은 1.05 ± 0.80 ppm, 남반구 도시들은 0.96 ± 0.80 ppm의 urban enhancement가 나타났다. 지역적으로 보았을 때 urban enhancement는 주로 동아시아, 북미, 남아시아, 유럽 4개 지역에서 두드러지게 나타났다. 도시별로 살펴보았을 때 잘 알려진 대도시 LA (2.04 ± 0.91 ppm), 서울 (1.47 ± 1.72 ppm), 광저우 (1.48 ± 1.11 ppm), 테헤란 (1.94 ± 1.54 ppm), 휴스턴 (1.50 ± 0.72 ppm) 등에서 높은 urban enhancement를 보였다. 산출된 도시 별 대기 urban enhancement를 도시별 보고 자료에 기반한 탄소 배출량자료와 비교 하였을 때 상당히 높은 상관성을 보였다. 즉 이것은 고해상도의 위성 관측 자료를 통한 대기 중 온실가스 증가량을 이용하면 통계 기반의 배출량 자료를 보완 할 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 현재 기후변화를 유발하는 탄소순환의 불확실성을 야기하는 요인으로 알려진 배출원 지역 이산화탄소의 거동을 이해하기 위하여 인공위성 자료가 중요한 역할을 할 것으로 기대한다.

용 어 설 명

1. urban enhancement

- 주위에서 대기 수송을 통해 도시에 들어온 탄소가 아닌 도시 지역에서 국지적인 배출원을 통해 증가된 대기 중 농도

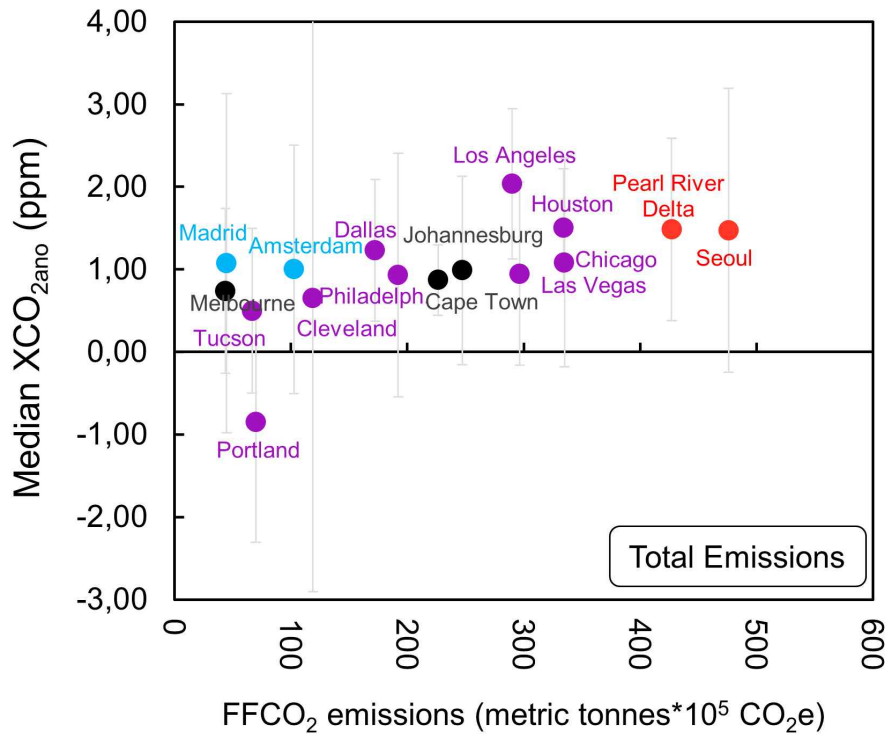
2. 배경지역

- 도시의 국지적인 인위적 배출의 영향을 받지 않는 청정대기라고 가정한 지역

3. Orbiting Carbon Observatory-2

- 미국 국립우주항공국에서에서 2014년에 발사한 전 지구 이산화탄소 모니터링 위성

그림 설명

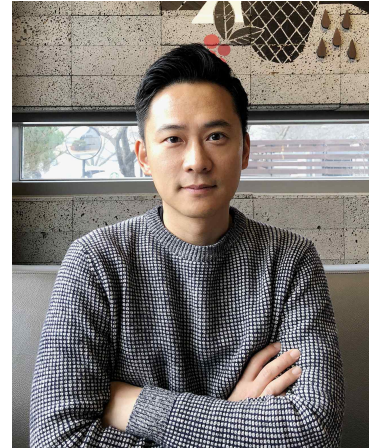


인공위성을 통해 산출한 CO₂ urban enhancement (도시의 국지적인 배출로 인한 대기 중 이산화탄소 증가량) (와이축)과 도시에서의 화석연료 사용에 따른 탄소배출량 (엑스축)

연구자 이력사항 [정수종 교수]

1. 인적사항

- 소 속 : 서울대학교 환경대학원 교수
- 전 화 : 02-880-5664
- E-mail : sujong@snu.ac.kr



2. 학력

- 1996 - 2001 부산대학교 학사
- 2002 - 2004 서울대학교 석사
- 2004 - 2010 서울대학교 박사

3. 경력사항

- 2010 - 2013 Princeton University 박사후연구원
- 2013 - 2016 NASA/Jet Propulsion Laboratory 연구원
- 2016 - 2018 중국 남방과기대 부교수
- 2018 - 서울대학교 환경대학원 환경계획학과 조교수

4. 기타 정보

- 한국기상학회 우수졸업 논문상 (2010)
- 중국 젊은 천인인재 One thousand talent of China (2017)
- 중국 심천시 해외고급인재 수상 (2016)