

## 5D3) 제주 고산의 이산화탄소 자료확정 방법 고찰

### The Study of Data Processing Method for Carbon Dioxide Measured at Gosan, Jeju

김승연 · 유정아 · 이재범 · 임세라 · 홍유덕

국립환경과학원 기후변화연구과

#### 1. 서 론

현재 전 세계적으로 측정되고 있는 이산화탄소 농도는 24시간 연속 관측을 실시하는 연속 관측 방법과 주기적으로 샘플링을 실시하여 분석하는 2가지 형태로 분류할 수 있으며, 이중 연속 측정 자료의 경우 풍향의 변화에 따라 농도 분포가 다양하게 나타나므로, 전체 자료 중 적절한 기법을 통하여 배경대기 관측 자료를 선정하는 것이 필수적이다. 세계 온실가스 자료 센터(World Data Center for Greenhouse Gases, WDCGG)에 등록되어 있는 총 165개의 관측소 중, 약 59개의 관측소가 연속적인 관측 방법을 사용하고 있으며, 관측소별 적절한 기법을 통하여 배경대기 관측 자료를 선정하고 있다. 환경부 지구대기측정소에서도 제주 고산에서 2002년부터 온실가스(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFCs) 농도를 측정하고 있으며, 지정학적 위치상 동아시아 지역을 대표할 수 있는 지역급 관측소임에 따라 그 목적에 맞는 농도 자료를 산출해 내기 위해 자료확정 방법에 대한 연구를 수행하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 동아시아의 지역대기를 잘 반영하고 과도한 자료 삭제로 지역적 특성이 왜곡되지 않도록 국지적인 영향을 효율적으로 제거할 수 있는 여러 가지 자료확정 방법을 도출하고, 농도 및 회수율 비교, 고농도 사례 분석에 의한 적합성 여부 검사 등을 통해 제주 고산에 적합한 자료확정 방법을 선정해보고자 한다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 비교를 위해 다음과 같은 4가지 자료확정 방법론을 도출하였다. 방법 1은 지구대기측정소에서 기존에 사용하고 있던 제주 고산의 지역적 특성을 고려한 풍향·풍속 방법론이다. 그러나 고농도 사례 분석 결과, 여름철 정체대기에 의한 국지영향을 제대로 제거하지 못하는 문제점이 있었기 때문에(국립환경과학원, 2008), 장거리/국지적 영향 분류에 이용되었던 일반오염물질 조성비에 근거한 방법 2(SO<sub>2</sub>/NO<sub>2</sub>), 방법 3(CO/NO<sub>2</sub>)을 도출하였다. 또 다른 자료확정 방법은 기존 풍향·풍속방법의 단점을 개선한 개선 풍향·풍속방법(방법 4)으로, AGAGE(Advanced Global Atmospheric Gases Experiment) 통계적 오염분류 과정을 통해 청정대기와 오염대기의 분류 후(O'Doherty et al., 2001), 오염대기에 기존 풍향·풍속방법을 적용하고, 추가적으로 대기 정제에 의한 영향을 제거해주기 위해 풍속 3 m/s 이하의 이산화탄소 농도 자료는 제거해준다.

2007년 중 각 계절을 대표하는 2월(겨울), 5월(봄), 8월(여름), 11월(가을)을 중심으로, 제주 고산에서 측정된 이산화탄소 시간평균 농도 자료를 이용하여 방법별 월평균 농도 및 회수율을 비교하였으며, 고농도 사례 분석을 통해 적합성 여부를 검사하였다. 고농도 사례는 일반대기오염물질(SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>) 자료와 기상(풍향, 풍속, 기온, 강수, 해면기압, 습도) 자료, Hysplit 역궤적 분석 결과 및 일기도를 이용하여 비교 분석하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

2007년 이산화탄소 시간평균 자료로 계산된 월평균 농도 및 회수율 분석 결과는 표 1과 같다. 월평균 농도 결과를 비교해보면, 방법 2는 11월의 월평균 농도가 원시자료 농도보다 약 0.3 ppm 정도 높았으며, 방법 3은 5월의 월평균 농도가 원시자료보다 약 0.1 ppm 정도 높은 결과를 보였다. 반면, 방법 1과 4는 원시자료보다 대체로 낮은 경향을 나타냈다. 또한 2월과 5월은 방법 간 농도 차이가 1 ppm 이내로 크지

않으나, 8월에는 방법 1과 3의 농도 차이가 1.2 ppm 정도였으며, 11월에는 방법 2와 4의 농도가 3.0 ppm 정도 차이가 나는 것을 확인할 수 있다. 8월과 11월에 대해서는 고농도 사례 분석을 통해 그 원인을 살펴보았다. 4개월간 평균값을 살펴보면, 방법 2가 393.3 ppm으로 가장 높은 농도값을 보였고, 방법 1과 방법 3은 유사한 농도값을 보였으며, 방법 4가 392.2 ppm으로 가장 낮은 농도값을 보였다.

회수율 결과를 비교해보면, 방법 1의 경우는 5월과 8월의 회수율이 90% 이상이나 11월은 북동풍 계열의 바람이 많이 불기 때문에 회수율이 40% 밖에 되지 않는 것을 확인할 수 있어, 계절 편차가 큼을 알 수 있다. 방법 2와 3은 50~60% 정도의 회수율을 갖고 있는 것으로 나타나 가장 낮은 회수율을 보인 반면, 방법 4의 경우는 회수율이 77% 정도로 4가지 방법 중 가장 높은 회수율을 나타냈다. 분석 결과, 방법 2와 3은 일반오염물질 농도 자료가 결측시 온실가스 자료에도 영향을 주는 것으로 나타났다.

고농도 사례 분석을 통한 자료확정 방법별 비교 결과, 방법 1은 8월에 정체대기(풍속 3 m/s 이하)의 영향을 제대로 배제하지 못하고 있기 때문에 고농도를 보이며, 이로 인해 다른 방법에 비해 농도가 높게 나타났다(그림 1). 오염물질의 장거리 거동에 대한 특징을 이용한 방법 2와 3은 청정지역에서 기원한 기류의 경우, 오염물질농도가 모두 낮기 때문에 장거리 영향을 국지적 영향으로 잘못 판단하기도 하였다. 또한 11월에 방법 2가 고농도를 보인 이유로, 중국지역에서 발원하여 제주도를 거쳐 유입되는 기류가 장거리 사례로 분류되기 때문인 것으로 사료된다. 제주도를 거쳐 유입되기 때문에 국지적인 영향을 받은 사례로 판단할 수 있으나, 중국지역에서 발원하였기 때문에 SO<sub>2</sub> 농도가 상대적으로 높아져 장거리 사례로 분류된 것으로 보인다. 방법 4의 경우는 간혹 한반도를 통과하는 기류에 대해서는 분류 정확성이 높지는 않으나, 다른 방법들과 비교했을 때 장거리 영향을 포함하는 지역대기를 반영한 배경대기 자료 확보에 효율적이라고 판단된다.

Table 1. A comparison of monthly mean CO<sub>2</sub> concentrations and return rate at Gosan station in 2007 by QA/QC methods.

Methodology	FEB	MAY	AUG	NOV	Ave. of 4months
Raw data	396.9 (100%)	394.6 (100%)	387.3 (100%)	395.7 (99%)	393.6 (100%)
Background	394.3 (62%)	393.5 (87%)	383.3 (60%)	390.7 (35%)	390.4 (61%)
Pollution	401.5 (38%)	403.1 (13%)	393.1 (40%)	397.9 (64%)	398.9 (39%)
Method 1	396.0 (68%)	394.1 (91%)	386.7 (93%)	393.4 (40%)	392.6 (73%)
Method 2	396.8 (46%)	394.6 (54%)	385.8 (68%)	396.0 (54%)	393.3 (56%)
Method 3	395.8 (51%)	394.7 (67%)	385.5 (37%)	394.6 (47%)	392.7 (50%)
Method 4	396.0 (78%)	394.4 (96%)	385.6 (81%)	393.0 (53%)	392.2 (77%)

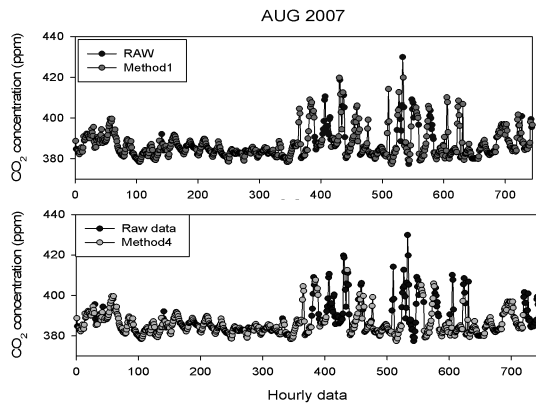


Fig. 1. A comparison of hourly mean CO<sub>2</sub> concentrations at Gosan station on August 2007 using (a) Method 1 and (b) Method 4.

### 참 고 문 헌

- 국립환경과학원 (2008) 한반도 배경대기 중 온실가스 농도 변동 특성 분석(II).
- O'Doherty, S. et al. (2001) In situ chloroform measurements at Advanced Global Atmospheric Gases Experiment atmospheric research stations from 1994 to 1998, Journal of Geophysical Research, 106, D17, 20429-20444.