

# MG5 大阪府における二酸化炭素排出量モニタリングのための 観測ネットワークデザイン

An Observation Network Design for Monitoring Carbon Dioxide Emissions from Osaka, Japan

指導教員 町村尚准教授・地球循環共生工学領域

28H18057 林田峻征 (Takayuki HAYASHIDA)

**Abstract:** The Paris Climate Agreement recognizes subnational entities, such as state governments, cities, and private sectors, as key players in the climate mitigation activities. In order to support the greenhouse gas (GHG) emission monitoring that is traditionally based on the compilation of emission inventories, the science community has been exploring the use of atmospheric measurements to provide an alternative, objective approach. In this study, an Observation System Simulation Experiment (OSSE) system was proposed in order to design an optimal observation network for monitoring CO<sub>2</sub> emissions from Osaka. The system thus allows us to examine the CO<sub>2</sub> signal sensitivity at candidate observation points in response to difference emission scenarios. Finally, this study estimates the cost for running different observation networks as a function of the emission change detectability with a hope of providing a science-based guidance to subnational emission monitoring.

**Keywords:** atmospheric transportation model, emission inventory, vegetation model, OSSE

## 1. 背景・目的

パリ協定では検証可能な温室効果ガス排出量と排出削減の報告が義務付けられ、近年では大気観測で都市部の排出量をモニタリングする手法の開発が試みられている。例えば、Los Angeles では既に CO<sub>2</sub> 観測ネットワークで排出量をモニタリングしつつ、人為起源 CO<sub>2</sub> 排出インベントリと大気輸送モデルを組み合わせたシミュレーション実験 (Observation System Simulation Experiment, OSSE) を用いて観測ネットワークの性能が評価されている。一方で、日本では都市部での大気汚染物質を対象とした観測ネットワークは確立されているが、CO<sub>2</sub> の観測ネットワークは整備されていない。そこで本研究では大阪府を対象に OSSE システムを開発し、CO<sub>2</sub> 排出量モニタリングのための最適な観測ネットワークを提案することを目的とする。

## 2. 研究手法

### 2.1 OSSE システムの開発

本システムは領域化学輸送モデル WRF-Chem (Weather Research and Forecasting model coupled to Chemistry) を中心に高解像度人為起源 CO<sub>2</sub> 排出インベントリ MORI-Grid2014<sup>2)</sup>、陸域生物圏モデル BEAMS<sup>3)</sup>から構成されている。WRF-Chem の計算条件を表 1 に示す。

表 1 WRF-Chem の計算条件

項目	設定
中心緯度経度	34.675° N, 135.6° E
水平格子	domain1 : 100×100 (3km) domain2 : 91×91 (1km)
鉛直層	30層
土地利用データ	MODISデータ
初期・境界条件	NCEP客観解析データ
計算期間	2014年02月01日0時～02月28日12時 (UTC)

### 2.2 観測ネットワークのデザイン

大気常時監視測定局に CO<sub>2</sub> 濃度の観測器を設置することを想定し、植生の影響が小さく人為起源の排出強度の変動 (一例として火力発電所からの排出を 30%, 道路交通からの排出を 30%, 民生家庭部門からの排出を 40%削減) に対する感度が高く独立性が高い測定局を選択した。まず、(1) 総 CO<sub>2</sub> 濃度変動における人為起源の寄与が 0.7 より大きく、(2) 排出削減を 2 ppm より大きい濃度差で検知できる測定局を抽出した。ただし (3) 観測される時別 CO<sub>2</sub> 濃度の測定局の相関が 0.8 より大きい場合、最も独立性が高い局を選択した。次に、人為起源排出量のうちネットワークの観測範囲内の排出量の割合を排出源網羅率と定義し、観測器一台の費用を 300 万円と仮定して排出源網羅率と観測器の費用の関係を算出した。

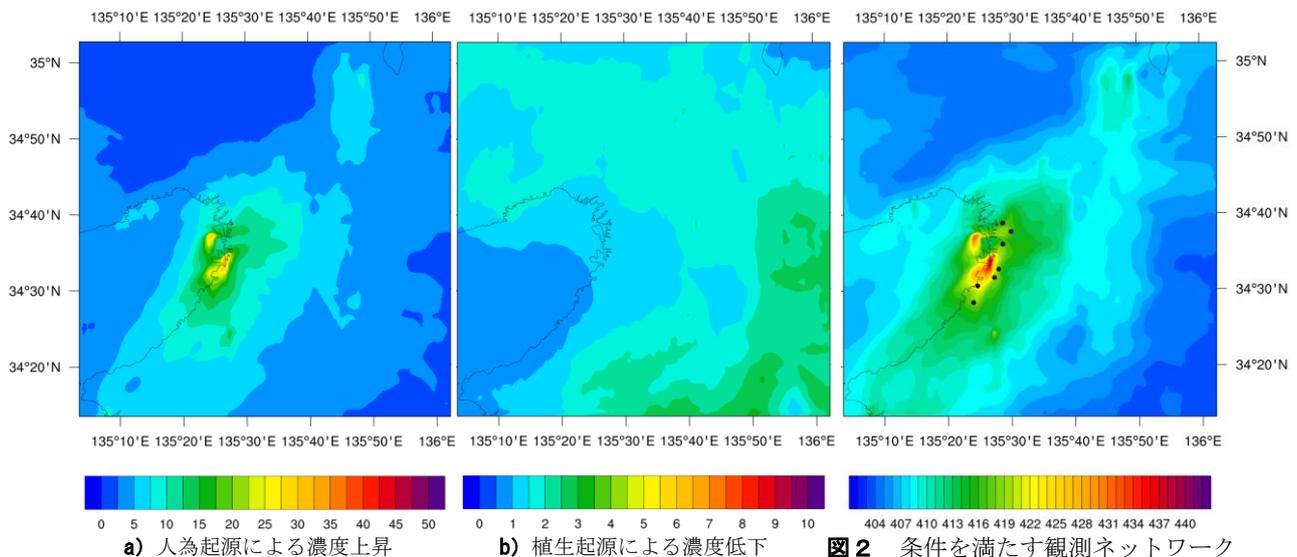


図1 濃度変動の昼間平均 (13~17 JST) [ppm]

図2 条件を満たす観測ネットワーク (黒点) と大気中の CO<sub>2</sub> 濃度の 昼間平均 (13~17 JST) [ppm]

### 3. 結果・考察

#### 3. 1 人為起源 CO<sub>2</sub> 検知のための濃度変動解析

図1に a) 人為起源 CO<sub>2</sub> 排出による濃度上昇と b) 植生起源 CO<sub>2</sub> 吸収による濃度低下を示す. 都市部では人為起源 CO<sub>2</sub> 排出の影響が強く, 最大で約40 ppmの濃度が上昇した. 対照的に, 郊外部では植生の光合成・呼吸が少ない冬季にも関わらず, 植生起源 CO<sub>2</sub> 吸収の影響が強く, 最大で約 4 ppm の濃度が低下した. この結果から, 人為起源 CO<sub>2</sub> を検知するためには, 排出源に近い都市部の測定局を選択する必要性が示された.

#### 3. 2 提案された観測ネットワーク

図2に選択された7点の測定局と人為・植生起源による濃度変化を考慮した大気中の CO<sub>2</sub> 濃度の分布を示す. 人為起源の排出削減量をモニタリングするには, 発電所や市街地のような高い CO<sub>2</sub> 濃度を示す地点で観測する必要があることが示された. 図3に排出源網羅率と観測器費用の関係を示す. 提案された測定局のうち, 排出源網羅率が高い3局に観測器を設置することで, 900万円の観測器の費用で人為起源の排出削減量の約 64%までを観測範囲内にとらえることが可能であると示された. しかし, 観測点を4局以上に増やしても排出源網羅率の増加量が小さいため, すべての排出源をモニタリングするためには大気常時監視測定局以外にも観測点を設置することが必要であることが示された. ここで提案された観測ネットワークは既存の観測点を使用しているため考慮されていないが, 新たに観測点を設置する際には設置にかかる費用が必要になるため, 排出源網羅率を向上させるためにはさらに費用が必要になると考えられる.

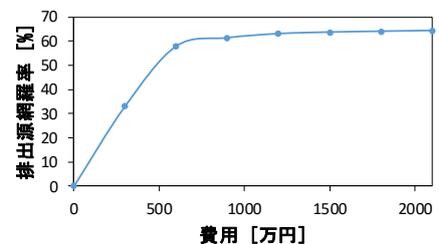


図3 排出源網羅率と観測器費用の関係

### 4. 今後の課題

観測点の建設・機器・維持管理費用の制約下で排出源網羅率を最大化する地上観測ネットワークの提案と, 衛星・航空機 CO<sub>2</sub> モニタリングへの応用を今後の課題とする.

#### 参考文献

- 1) Feng, S. et al. : Los Angeles megacity: a high-resolution land-atmosphere modelling system for urban CO<sub>2</sub> emissions, *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 9019-9045, <https://doi.org/10.5194/acp-16-9019-2016>, 2016.
- 2) 森豊 : 大阪府における高時空間分解能人為起源二酸化炭素排出インベントリの開発, < <http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seege/seege/material/2016/mori.pdf>>, [2020. 01. 23 参照].
- 3) Sasai, T. et al. : Estimation of net ecosystem production in Asia using the diagnostic-type ecosystem model with a 10 km grid-scale resolution, *J. Geophys. Res. Biogeosci.*, 121, 1484-1502, doi:10.1002/2015JG003157.