

化学反応・粒子の動力学・CFD連成解析による ストリートキャニオンにおける粒子の拡散予測

研究背景・目的

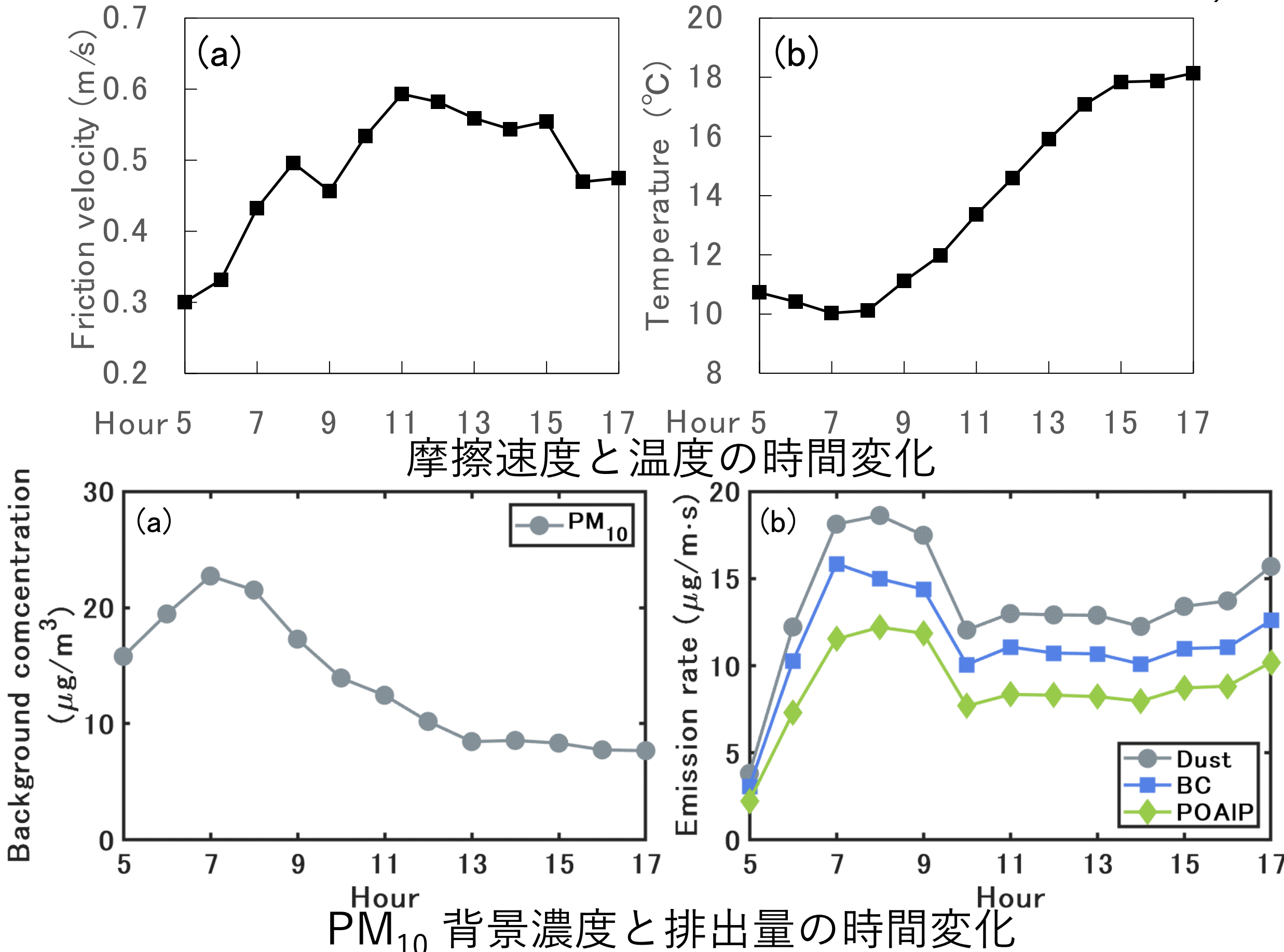
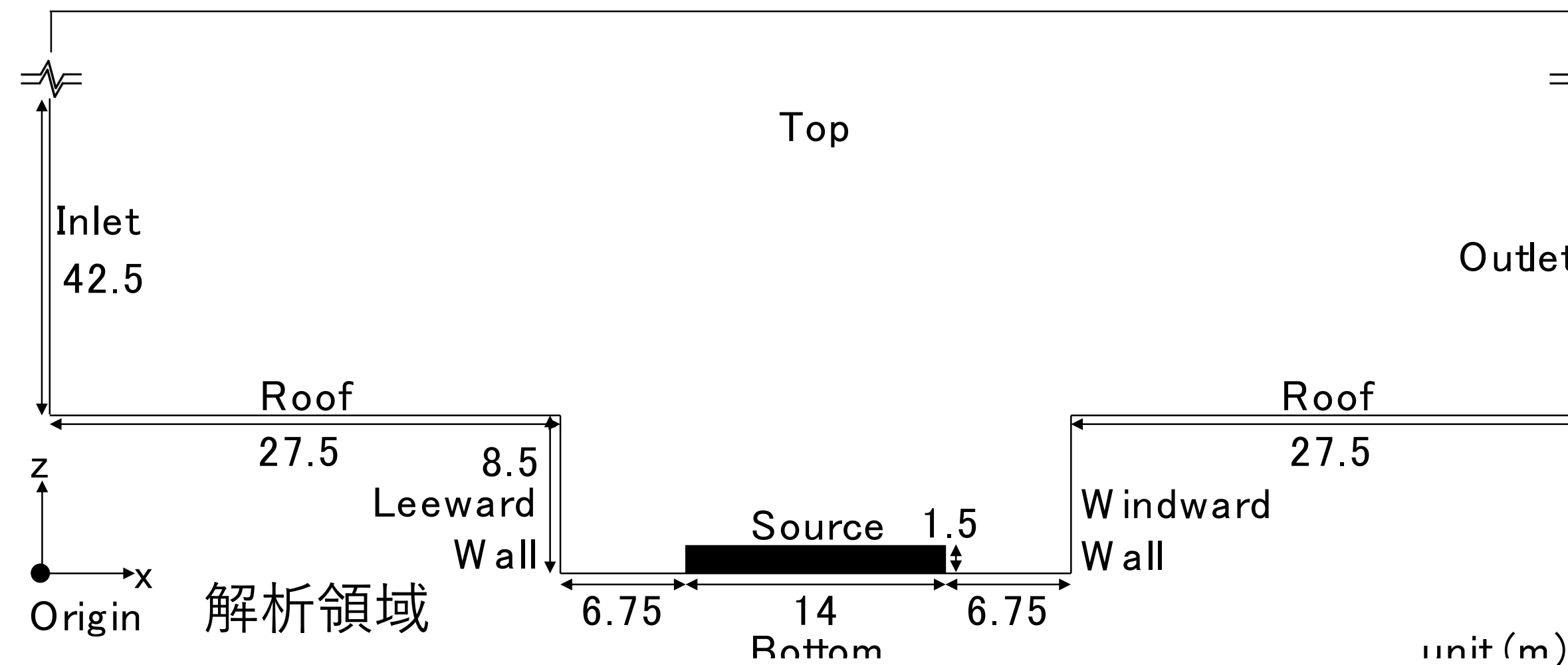
- 都市環境では二酸化窒素 (NO₂) などガスと粒子状物質 (Particle matter, PM) が歩行者の健康に悪影響を及ぼす。
- 従来の数値流体力学 (computational fluid dynamics, CFD) 手法では、汚染物質をパッシブスカラーと見なすため、NO₂や二次的な無機・有機エアロゾルなどの二次汚染物質の生成を再現できず、予測の不確実性につながる。
- 粒子拡散の解析精度を高めるため、CFDソフトウェア OpenFOAMを、ガスの化学反応・粒子の動力学を解析できるためのモジュラーボックスモデルであるSSH-Aerosolと連成した。

モデル概要

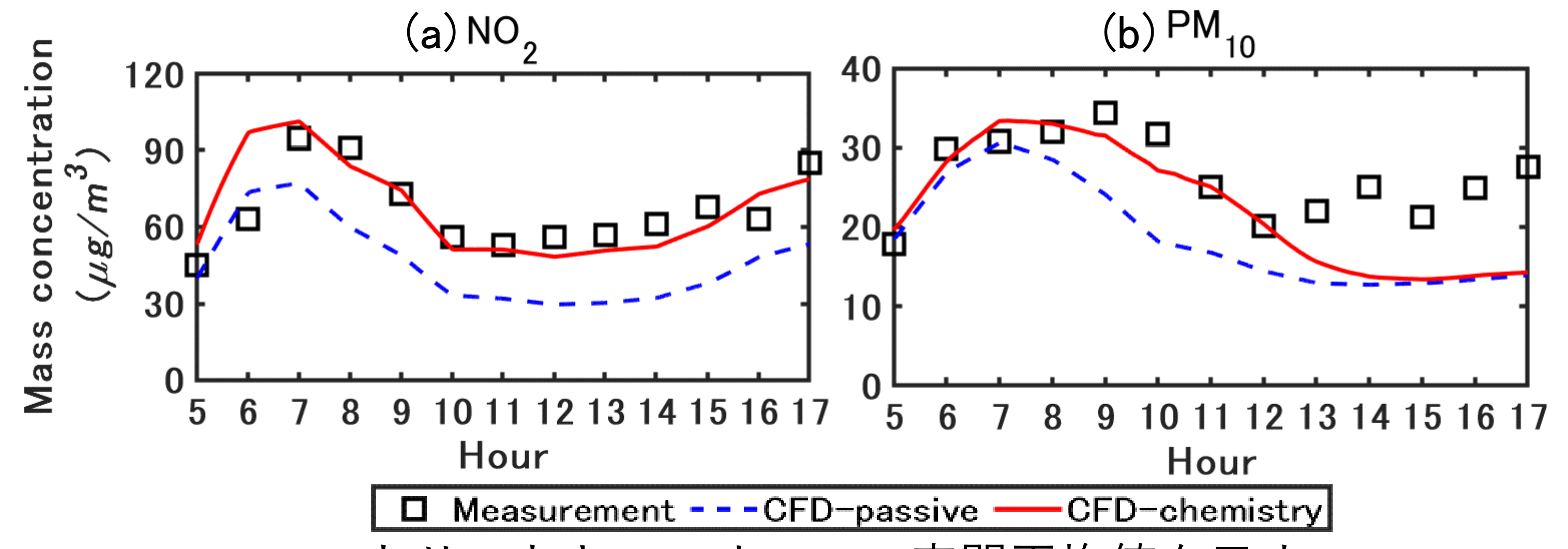
- 112種類のガスと40種類の粒子を考慮する。粒子の種類は、ダスト、ブラックカーボン、無機物 (ナトリウム、硫酸塩、アンモニウム、硝酸塩、塩化物)、一次有機エアロゾル (POA)、二次有機エアロゾル (SOA) である。
- 非定常レイノルズ平均ナビエ・ストークス (RANS) モデルを用い、流れ場の支配方程式とガス・粒子の質量分率の輸送方程式を解く。
- SSH-Aerosolは、気相化学とエアロゾルのダイナミクス (核生成、凝集、凝縮/蒸発) を解析できるモジュール式のボックスモデルである。

解析設定

場所	アルザス・ローヌ大通り, パリ, フランス
時間	2014年4月30日朝5時から夜5時
流入条件	Weather Research and Forecasting (WRF) モデルから取得された。log lawに従う
背景濃度	地域スケールの解析から取得された
自動車排出	COPERT排出係数から推定した

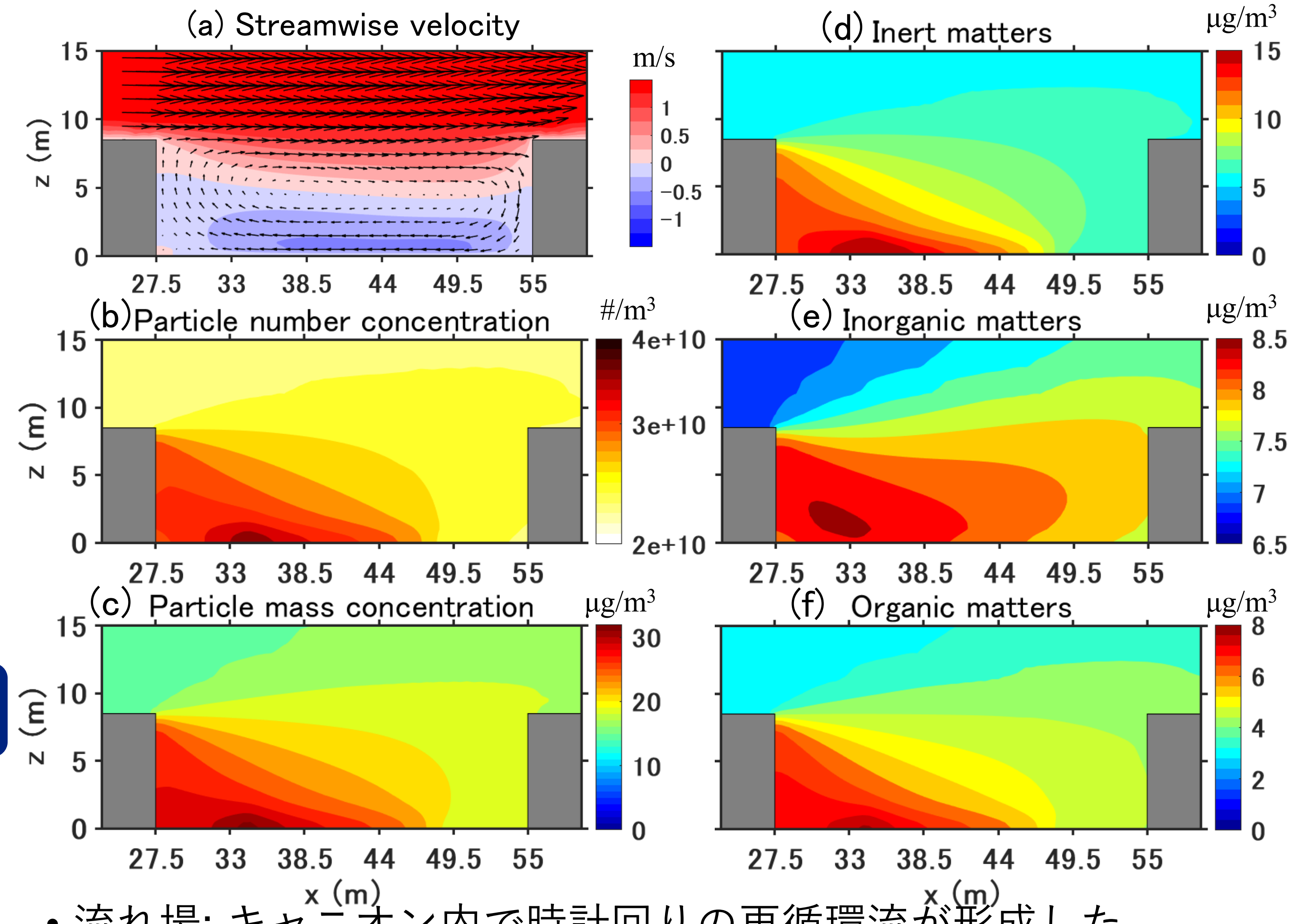


精度検証



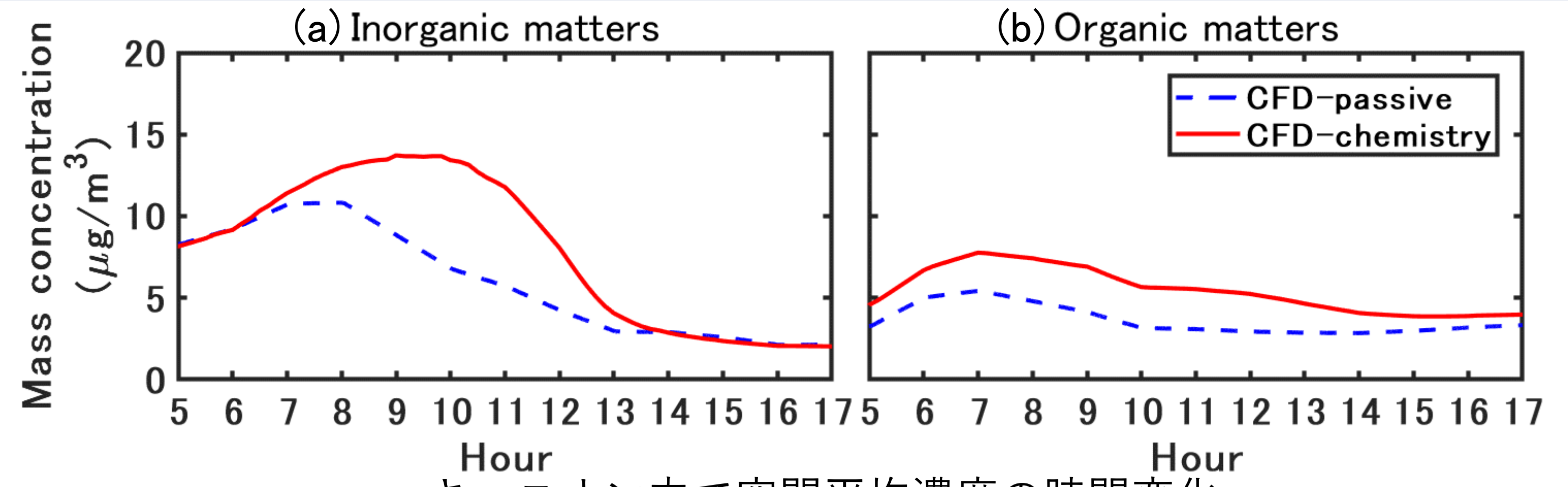
- ガスの化学反応を考慮するとNO₂をより正確に予測した。
- 無機物・有機物の気相から粒子相への凝縮を考慮することで、PM₁₀をより正確に予測した。

時間平均の流れ場・濃度場



- 流れ場: キャニオン内で時計回りの再循環流が形成した。
- 粒子の質量・粒子数の空間分布: 自動車排出付近に最大値、風上側では大きな値を示す。

粒子の動力学による影響



- 無機物の増加: 自動車排出によるアンモニア (NH₃) が大気中の硝酸 (HNO₃) と凝縮し、硝酸アンモニウム (NH₄NO₃) を生成した。
- 有機物の増加: 自動車排出による人為的な前駆体ガスと大気中のバイオジェニックな前駆体ガスが粒子相への凝縮した。

