

Chiba Campaign 2025

July 18th 2025

目的

粒子状物質であるBC（ブラックカーボン）、 $PM_{2.5}$ 、AEC（エアロゾル消散係数）の時系列変化とその特徴を、気象場（風速・風向・気温・気圧・湿度）やガス成分（ CO_2 、 NO_2 、 SO_2 ）とあわせて分析し、発生源特性、拡散・輸送過程、および大気汚染イベント発生時の振る舞いを考察する。

方法

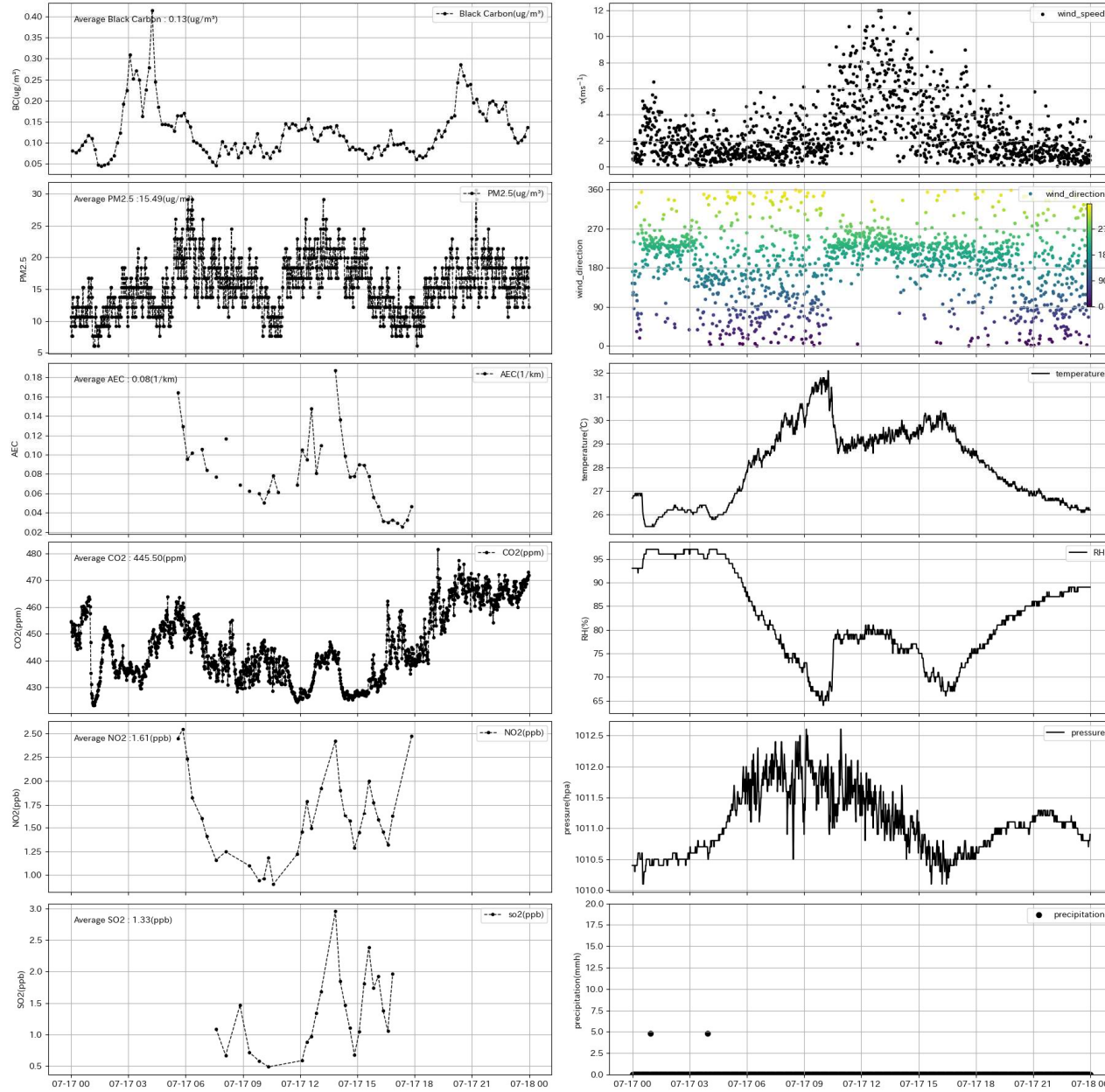
以下の観点から詳細に検討を行う。

- ・ 日内変動・季節変動・天気条件の影響を受けてどのように変動するかを把握する。
- ・ 各成分間の相関関係の解析による発生源特性の評価（例：BCと CO_2 、 NO_2 の同時変動）
- ・ ガス成分と粒子状成分の組み合わせによる排出源（交通、工場、バイオマス燃焼など）の推定

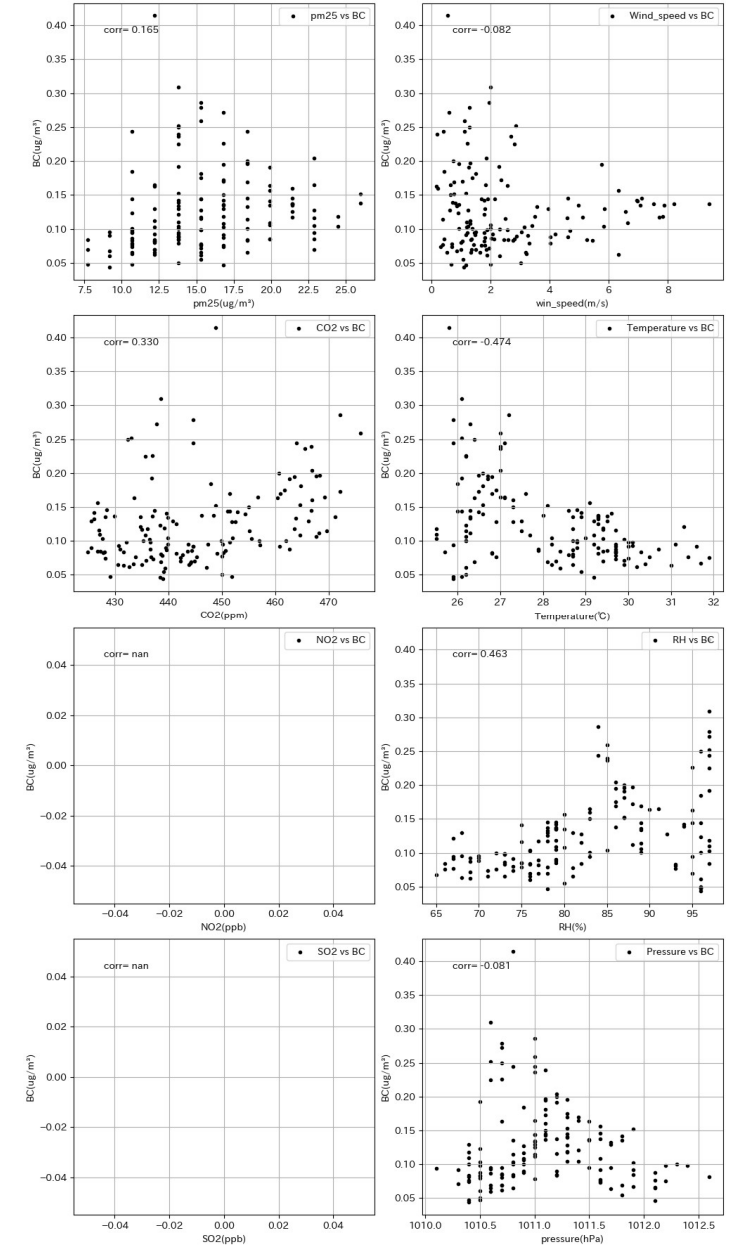
自身研究を日データで確認する。

- ・ 機械学習モデルにより、 ΔCO_2 、気象パラメータを説明変数としてBC濃度推定をする。
 - BC計測なしの場所への応用（広域へ拡張）
- ・ BC降水除去影響の考察（降水イベントがあった場合）
 - BCは降水除去の影響がほとんどなく、 CO_2 変動に依存する。

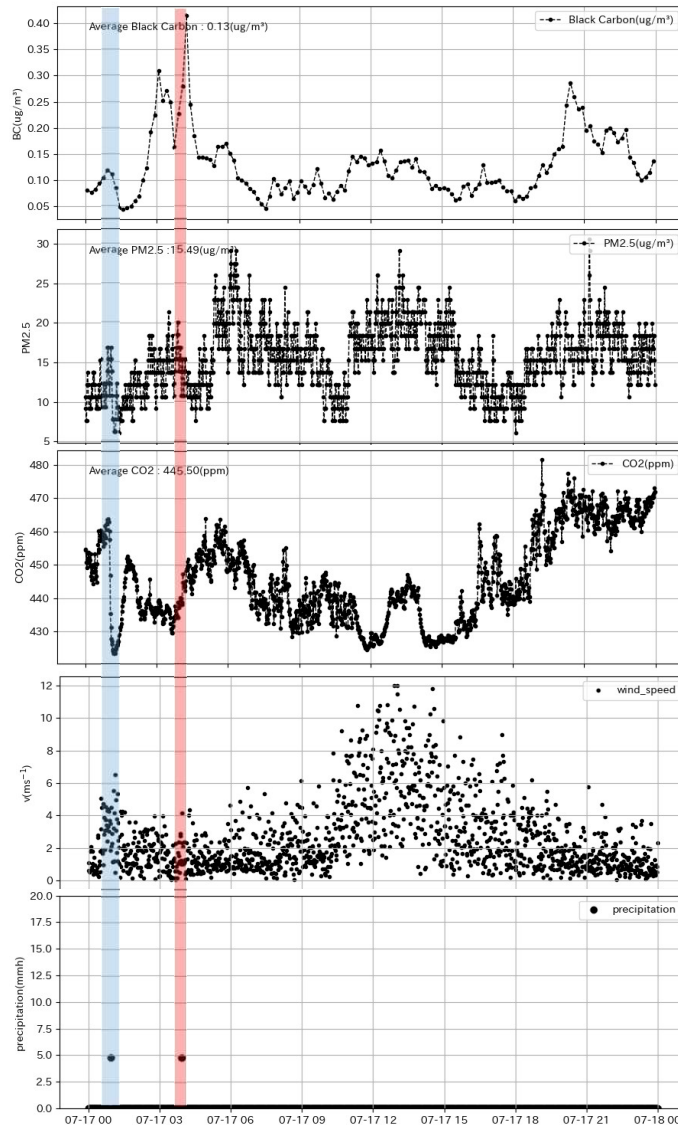
timeseries_2025_7_17



scatter_2025_7_17



July 17th 2025 Chiba Campaign



【BC変動】

- 夜と朝にかけてBC濃度高い。
- 日中のBC濃度が昨日に比べて少ない。
- 降水時にBC濃度高くなっている（CO2と類似）。

【PM2.5変動】

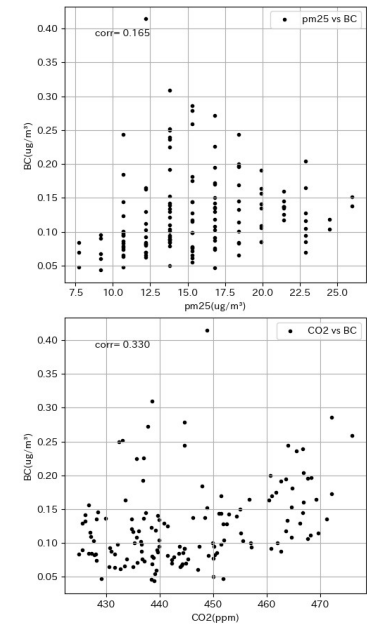
- 朝と夜の濃度変動はBCと類似。
- 日中はPM2.5の急激な変動が見られるが、BCとの相関は低い。
- 降水時はBCとは異なり、減少が見られる。

【CO2変動】

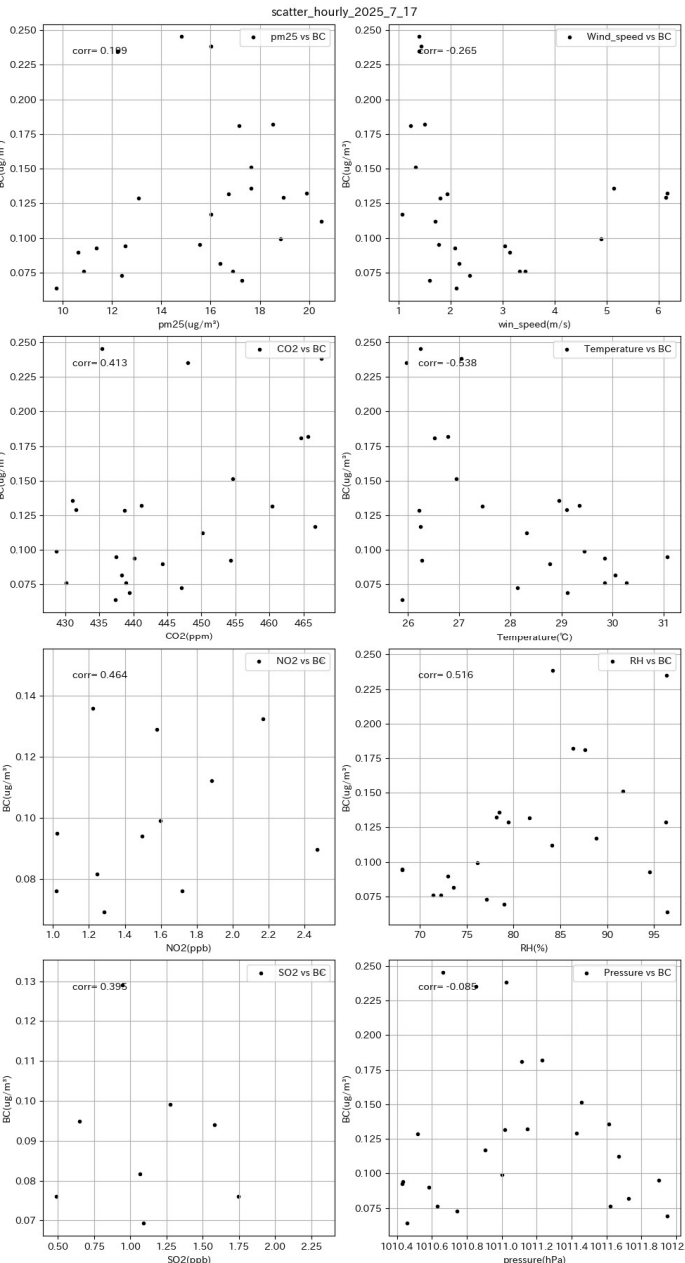
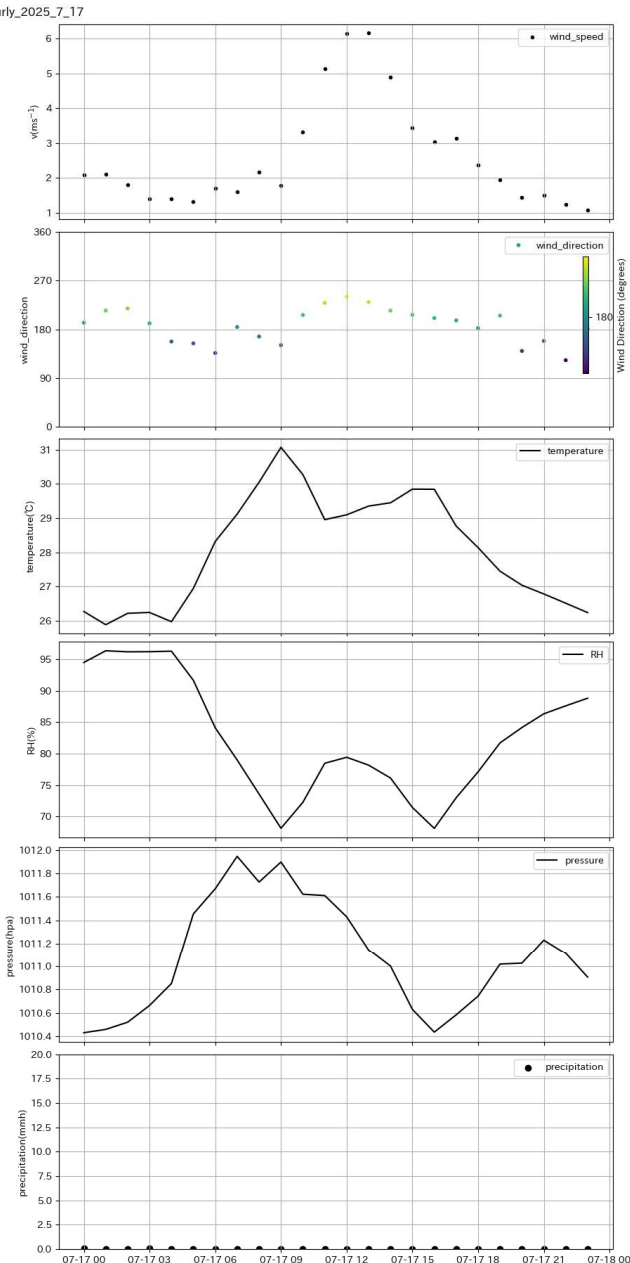
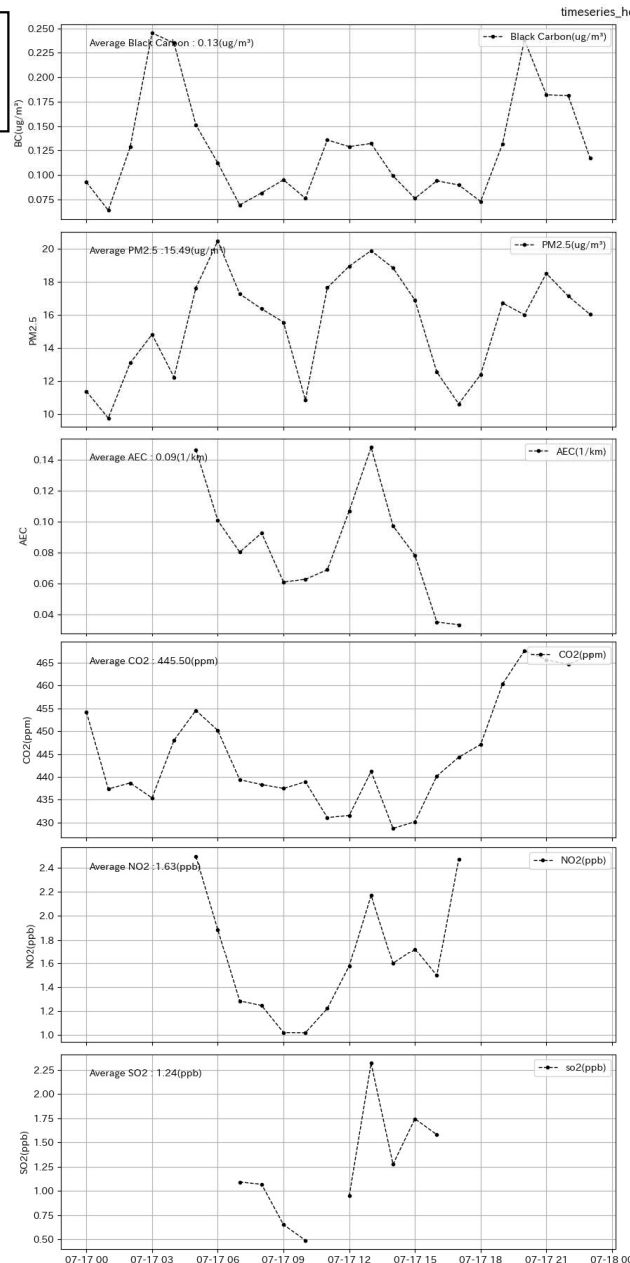
- CO2の変動はBCと、降水時において類似している。全体の相関はそれほど高くないが正の相関を示す。

【降水あり：降水除去】

- 青いラインでは、BC、PM2.5の減少が見られた。CO2の変動と類似している。
- 赤いラインでは、BCとPM2.5の変動が類似せず、BCは増加している。CO2が増加しているため、BCは降水除去ではなく大気塊の希釈によるものではないか。BCでは、降水時にも関わらず $0.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と高濃度があり、降水除去の影響が見られない。



1 時間平均
データ



BC予測モデルの構築 July 17th 2025

【目的】CO₂を説明変数とする
大都市のBCモデルを構築し、計
測機器未設置場所などへの広域
BC推定につなげる。

モデル
単回帰
重回帰
ランダムフォレスト
SVR

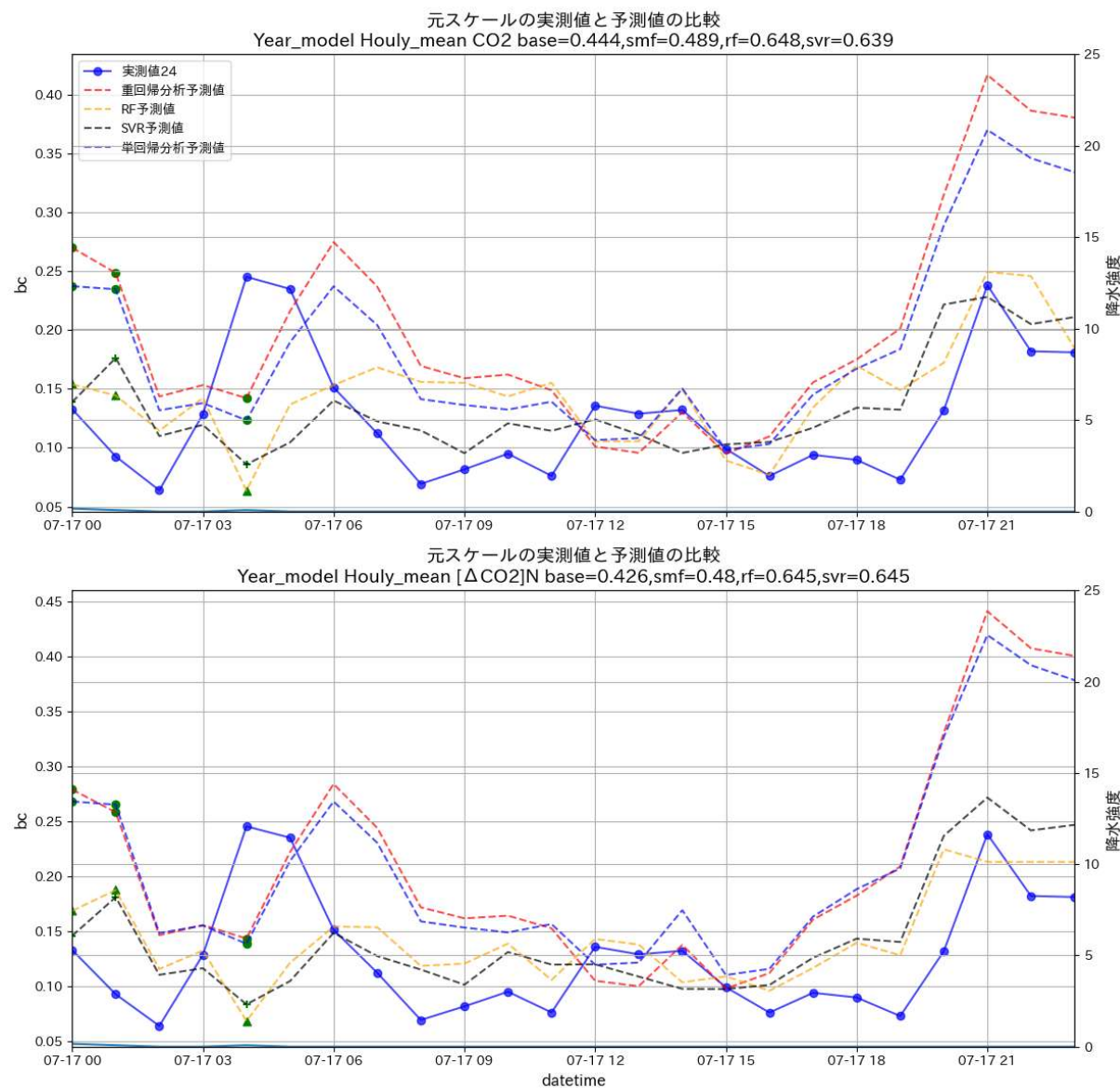
説明変数

CO₂または[ΔCO₂]_N、気象パラメータ
(気温・気圧・湿度・風速・風向)

上図：CO₂を使用(Li7810)
スコア0.648(RF)

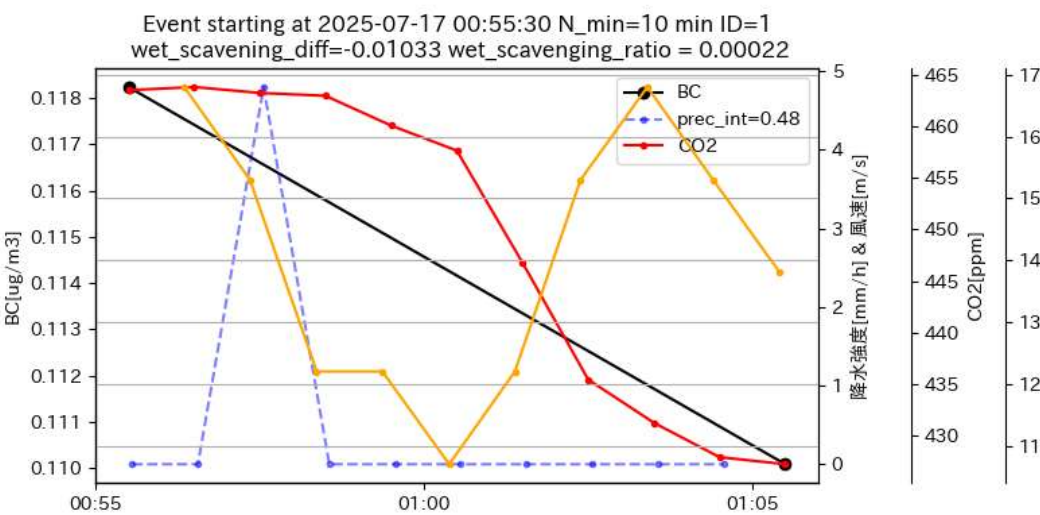
下図：ΔCO₂を使用
スコア0.645(RF)

今回は[ΔCO₂]_Nを使うとスコアが下がった。

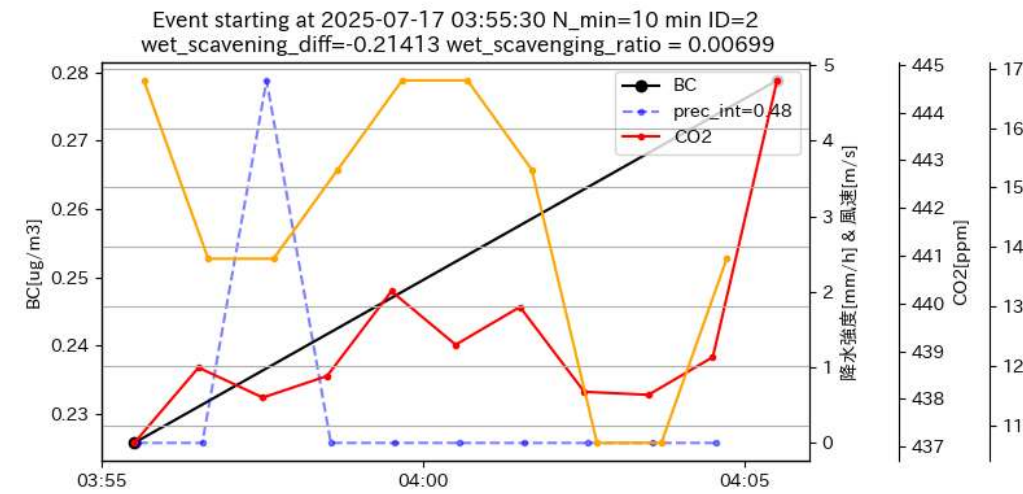


降水除去の影響考察 BC, PM2.5, CO2変動 July 17th 2025

BC減・CO2減



BC増・CO2増



【降水あり：降水除去】

- BC増加：1、BC減少：1
- どちらも降水強度が小さいため、降水除去の影響が見られない。CO2との変動と類似しており、気塊の希釈によるものと考えられる。

降水除去の影響考察 $\Delta BC / \Delta CO_2$

(BC前 - BC後) / (CO₂前 - CO₂後)を定義

- 雨などによるBCの減少が、本当に大気成分の変化（混合や希釈など）によるものなのか、あるいは降水除去特有の効果なのかを判断する指標として考えられます。
- CO₂は降水除去されないで、CO₂の減少は主に気団移動や混合・希釈の影響を示すと考えられるため、それとBCの減少量を比較する。
- 雨以外の大気希釈・気団移動などの影響を補正する。
- BC単独よりも信頼性を高める。

もし BC も CO₂ も同じ割合で減った場合：
→ それは降水ではなく「**希釈・気団移動**」だと考える。
BC が CO₂ より大きく減った場合：
→ その差分こそが「**降水除去**」だと考える。

Laakso et al. (2003, 2012)

新たな除去率の定義
割合型

$$\frac{BC_{前} - BC_{後}}{BC_{前}}$$

$$\Lambda_{補正} = \frac{\frac{BC_{前} - BC_{後}}{CO_2_{前} - CO_2_{後}}}{\frac{BC_{前}}{CO_2_{前}}}$$

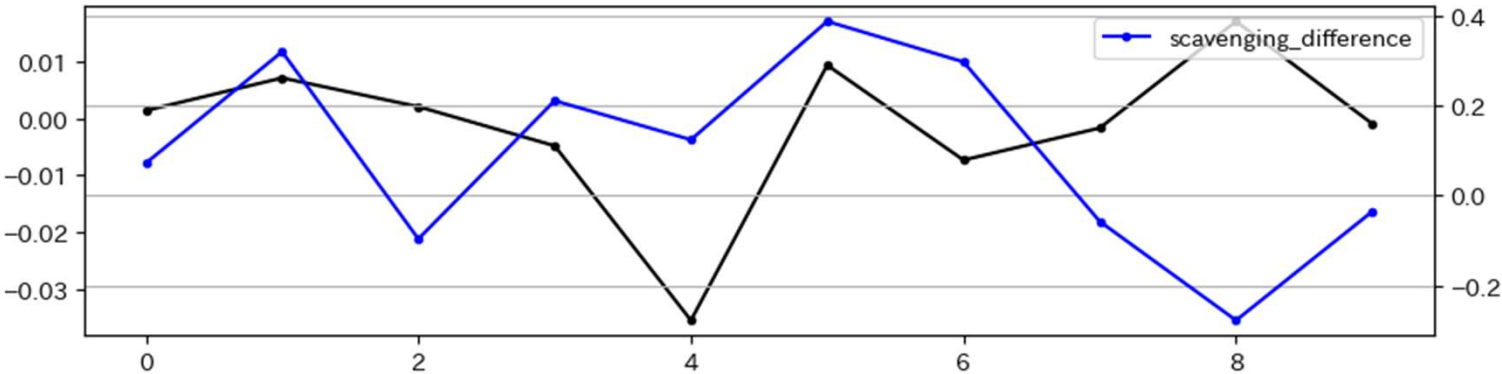
差分型

$$\frac{BC_{前} - BC_{後}}{CO_2_{前} - CO_2_{後}}$$

これらの値では、**変動の類似**
を捉えにくいので以下を提案。

$$\Lambda = \frac{\frac{BC_{前} - BC_{後}}{BC_{前}}}{\frac{CO_2_{前} - CO_2_{後}}{CO_2_{前}}}$$

CO₂で正規化（標準化）した BC の変動を見る



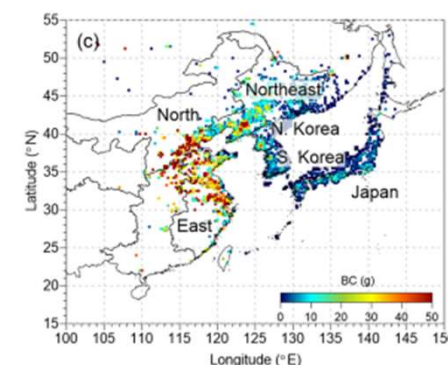
というBCの相対除去率とCO₂の相対除去率の比を取ること
で、類似度を見る。
CO₂の相対変化率で正規化することで、降水除去の影響を
数値化できるのではないかな。

参考文献：『Satellite (GOSAT-2 CAI-2) retrieval and surface (ARFINET) observations of aerosol black carbon over India』 2023

<https://acp.copernicus.org/articles/23/8059/2023/acp-23-8059-2023.pdf>

- (Kondo et al., 2020, ACP) で使われているBCとCOの比を使用し、BC/CO比を見ることで、その空気塊の起源や排出源の特徴を推定。
- COは大気中で除去されず、BCは湿性除去で減少しやすいためBC/CO比が下がっていけば「BCが途中で除去された」ことの指標になる。
- $TE = \Delta BC / \Delta CO$ の形で背景濃度との差分を取って比を求める。
- 輸送期間中（最大72時間）での積算降水量と結びつけて評価
- FLEXPARTという大気輸送モデルでバックトラジェクトリーをして、72時間前までのBC量を導出
- BCや降水量はERA5から取得し、その経路上での降水量を積算
- その場（オイラー的）ではなく、動く空気塊（ラグランジュ的）で評価
- BCは72時間積算降水量と相関して減少
- TE ($\Delta BC / \Delta CO$) が除去率評価に有効
- APTとTEの関係が指数関数的に減衰する形でフィッティング
- 「東アジアにおけるBCの湿性除去は、72時間積算降水量と強く関連し、 $\Delta BC / \Delta CO$ 比 (TE) を使って広域かつ定量的に評価できる。その結果はモデル改良や気候影響評価に有用である。

$$TE = \frac{[\Delta BC / \Delta CO]_{APT > 0}}{[\Delta BC / \Delta CO]_{APT = 0}}$$



ばらつきのある生データそのままではなく、
ビン平均+フィッティング曲線付き

