

BB3 大気質モデルを用いた船舶燃料油硫黄分規制強化による瀬戸内 地域の大気質改善効果の評価

Evaluation of the contribution of stricter regulation on sulfur content in marine fuel to air quality improvement in Setouchi region by using air quality model

共生環境評価領域

08E17057 平井賢治 (Kenji HIRAI)

Abstract: Under the regulations of MARPOL Annex VI, the maximum sulfur content in marine fuel oil was reduced from 3.5% to 0.5% after 2020. This study used an air quality model called CMAQ to evaluate the contribution of the stricter regulation to air quality improvement in Setouchi region with heavy ship traffic volume. The model approximately captured higher concentrations of SO₂ and PM_{2.5} in Setouchi region than in the surrounding areas. The contribution of the regulation in Setouchi region was about twice as large as that in the surrounding areas. In addition, the contribution in a period with low atmospheric ventilation efficiency was more than twice as large as that for annual average.

Keywords: PM_{2.5}, CMAQ, Ship emissions, Air quality simulation

1. はじめに

日本における PM_{2.5} 濃度は減少傾向にあるが、瀬戸内地域では他地域に比べて PM_{2.5} の環境基準達成率が低い。瀬戸内地域は、排出特性である船舶航行および大規模煙源の集中と、気象特性による空気塊の滞留の影響によって、地域的な高濃度大気汚染が発生しやすいと考えられる。2020 年 1 月以降、MARPOL 条約付属書VIの規制により船舶燃料油中の硫黄分の上限が 3.5%から 0.5%へ引き下げられた。この規制強化により船舶の排出が減少し、大気質の改善が予想される。そこで本研究では、瀬戸内地域において大気質シミュレーションを行い、船舶燃料油硫黄分規制強化による大気質改善効果の評価した。

2. 方法

気象モデルには WRF v3.8、大気質モデルには CMAQ v5.2.1 を用いた。計算期間は、2019 年 1 月～2019 年 12 月の 1 年間とした。計算領域は、東アジア領域、九州～関東領域、瀬戸内周辺領域の 3 領域とした。本研究では、瀬戸内地域として概ね山口県から岡山県、および愛媛県から徳島県の瀬戸内海沿岸から 5 km 未満の範囲を設定し、比較対象のその他中国四国地域として瀬戸内海沿岸から 20 km 以上離れた地域を設定した。日本における人為起源排出量の作成には、船舶は GLIMMS-AQ インベントリ¹⁾、その他の排出部門は J-STREAM インベントリ²⁾を用いた。船舶規制強化による大気質改善効果は、規制前と規制後の 2 つのケースにおける濃度計算値の差で評価した。日本における船舶排出について、規制前は 2015 年基準の排出量を、規制後はそこに 2020 年燃料硫黄分規制強化を適用した排出量を用いた。瀬戸内周辺領域における規制前と規制後の排出量は、SO₂ でそれぞれ 207 Gg y⁻¹ と 158 Gg y⁻¹ (24%減)、一次 PM_{2.5} でそれぞれ 27 Gg y⁻¹ と 20 Gg y⁻¹ (26%減) となった。また、瀬戸内周辺領域の第 1 層に一樣に定常放出したトレーサー (反応・沈着なし) の濃度によって空気塊の滞留性を評価し、大気質改善効果との関係を調べた。各地域における大気質モデルの再現性および船舶規制強化による大気質改善効果は、PM_{2.5} 濃度が測定された一般局において評価した。さらに、濃度低減効果の PM_{2.5} 環境基準達成状況への影響について、計算された年平均値と年間 98%値の濃度低減効果を 2018 年度の環境基準達成状況に適用して評価した。

3. 結果と考察

瀬戸内地域とその他中国四国地域における年平均 SO_2 濃度はそれぞれ、観測で 2.4 ppb と 0.7 ppb、規制前で 3.6 ppb と 1.1 ppb となった。同様に $\text{PM}_{2.5}$ 濃度は、観測で $12.4 \mu\text{g m}^{-3}$ と $9.8 \mu\text{g m}^{-3}$ 、規制前で $9.9 \mu\text{g m}^{-3}$ と $7.9 \mu\text{g m}^{-3}$ となった。 SO_2 濃度および $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の地域差については、変動の傾向が概ね捉えられていた。船舶規制強化による大気質改善効果（規制前-規制後）として、図 1 に瀬戸内周辺領域における年平均 SO_2 および $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の低減効果の空間分布を示す。瀬戸内海の航路・港湾において濃度の低減効果が大きく、 SO_2 で 1.5~2.5 ppb 程度、 $\text{PM}_{2.5}$ で $0.7\sim 1.0 \mu\text{g m}^{-3}$ 程度の濃度低減効果が見られる。 SO_2 と $\text{PM}_{2.5}$ のいずれも航路・港湾から離れた陸部では濃度低減効果が小さくなっているが、 SO_2 と比較して $\text{PM}_{2.5}$ はより広範囲に渡り濃度低減効果が見られる。これは、 $\text{PM}_{2.5}$ の二次生成の寄与が大きいためと考えられる。図 2 に船舶規制強化による SO_2 および $\text{PM}_{2.5}$ の濃度低減効果について、年平均値、瀬戸内地域の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度上位 5% の日における平均値、滞留性上位 5% の日（瀬戸内地域におけるトレーサー濃度上位 5% の日）における平均値を示す。滞留性上位 5% の日における濃度低減効果は年平均の 2 倍以上となり、滞留性の高い条件下では、2020 年船舶燃料油規制による大気質改善効果が大きいと考えられる。瀬戸内地域における $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の年間 98% 値は船舶規制により $1.1 \mu\text{g m}^{-3}$ 減少し、この濃度低減効果により、環境基準非達成局の数は 18 局から 12 局に減少すると推計された。

4. 結論

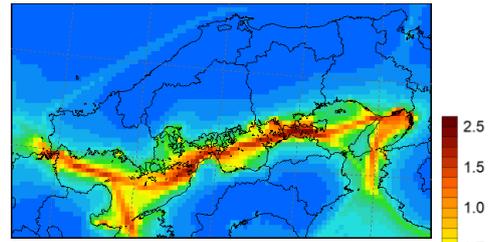
本研究の結論を、以下にまとめる。

- 船舶規制強化による大気質改善効果は、船舶排出の影響を強く受ける瀬戸内地域で大きくなった。
- $\text{PM}_{2.5}$ 濃度や滞留性が高い日において、 SO_2 および $\text{PM}_{2.5}$ の濃度低減効果は大きくなった。
- 船舶規制に伴う濃度低減効果によって、環境基準非達成局数は 18 局から 12 局に減少した。

参考文献

- 1) 櫻井 達也, 伊藤 美羽: 2020 年船舶燃料油硫黄分規制強化による $\text{SO}_x \cdot \text{PM}$ 排出量削減効果の算定, 第 61 回大気環境学会年会, B6-01, 2020.
- 2) Satoru Chatani, Hikari Shimadera, Syuichi Itahashi, and Kazuyo Yamaji: Comprehensive analyses of source sensitivities and apportionments of $\text{PM}_{2.5}$ and ozone over Japan via multiple numerical techniques, Atmospheric Chemistry and Physics, 20, 10311-10329, 2020.

SO_2 (ppb)



$\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g m}^{-3}$)

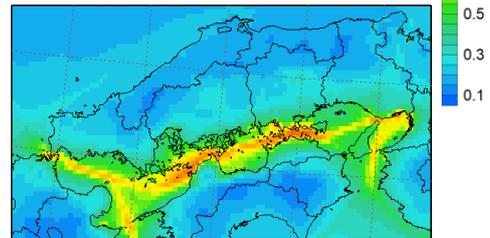


図 1 瀬戸内周辺領域における年平均 SO_2 (上) および $\text{PM}_{2.5}$ (下) 濃度の船舶規制強化による低減効果 (規制前-規制後)

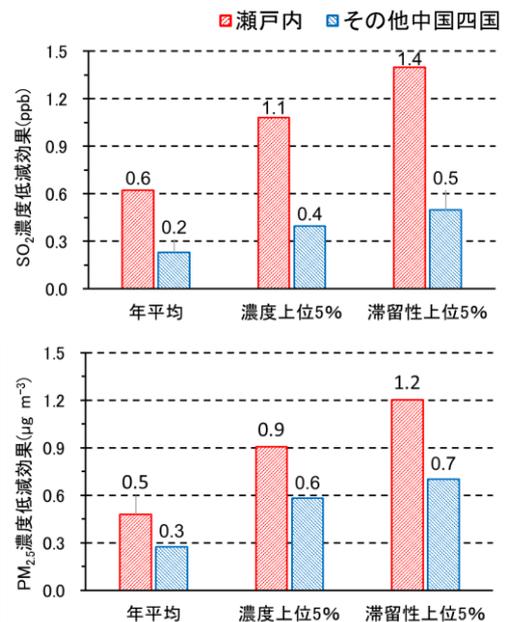


図 2 年平均、濃度上位 5%、滞留性上位 5% の日における SO_2 (上) および $\text{PM}_{2.5}$ (下) 濃度低減効果