

# 地方環境研究所間の連携観測による 瀬戸内海地域のPM<sub>2.5</sub>濃度上昇要因の解明

本研究は、国立環境研究所Ⅱ型共同研究  
(1618AH003、1921AH001、2224AH001) により実施した  
「閉鎖性海域周辺におけるPM<sub>2.5</sub>高濃度現象」等解析の一部です。

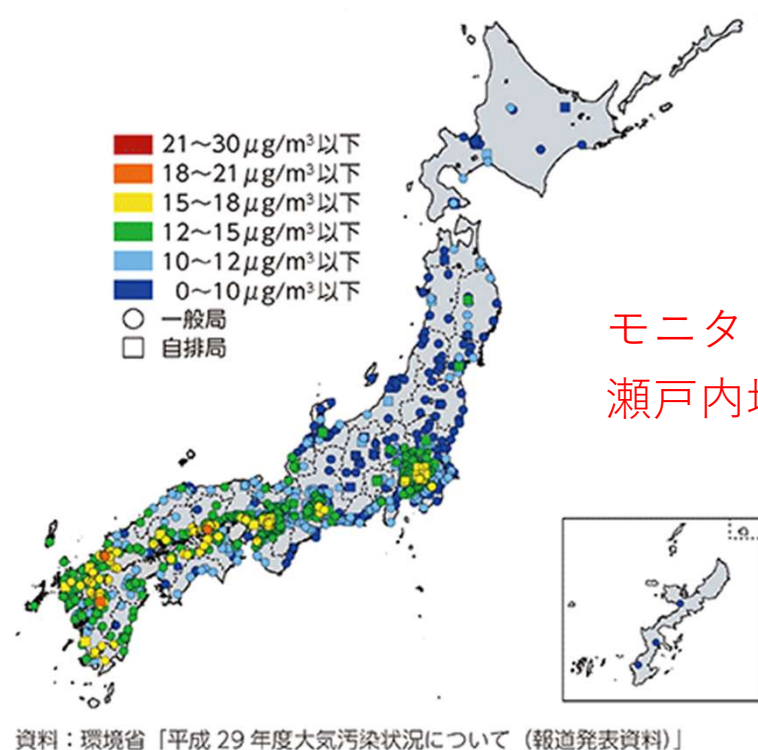
\* 本資料の公開にあたり、一部の結果を非表示にしています。  
結果について興味のある方は著者までお問い合わせください。

# 背景

- 2009年：PM<sub>2.5</sub>環境基準 年平均：15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  1日平均：35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （250日以上）
- 2011年：常時監視成分分析 14日間×四季＝56日間
- 2013年：越境汚染が世間から注目



2014年度のPM<sub>2.5</sub>濃度年平均値



2017年度のPM<sub>2.5</sub>濃度年平均値

# 背景

- 瀬戸内海周辺地域にPM<sub>2.5</sub>濃度の上位局が多く存在する傾向
- 沿岸部の発生源と地形要因による気塊の滞留が起因していると推測
- 主要発生源として船舶排ガスが懸念された
- 2016年：国際海事機関（IMO）  
船舶燃料油規制強化（Global Sulphur Cap 2020）  
燃料油の硫黄分含有量 3.50%→0.50% （2020/1/1から）

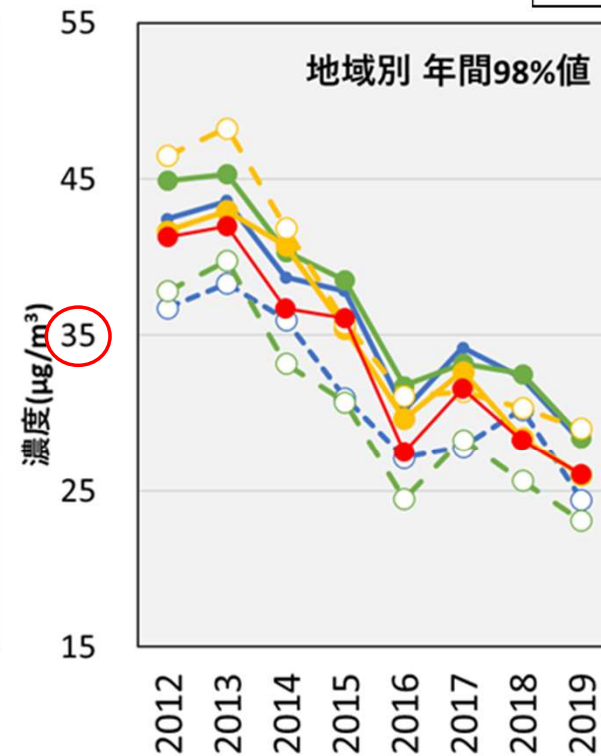
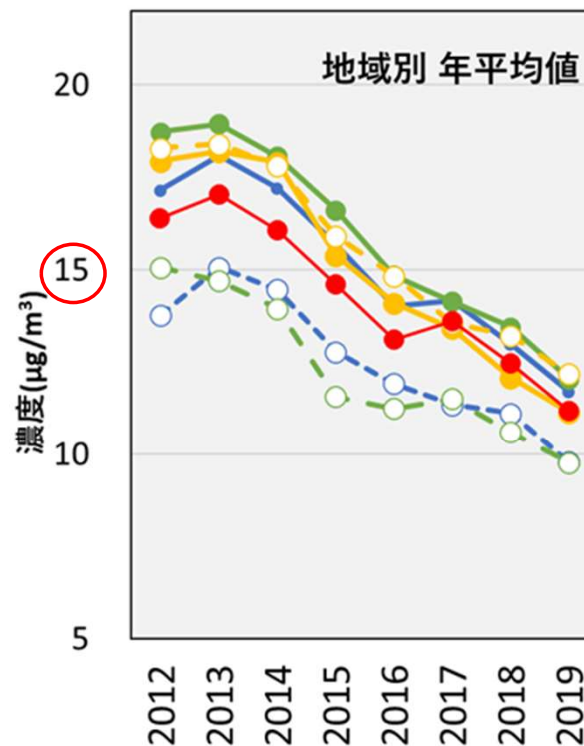
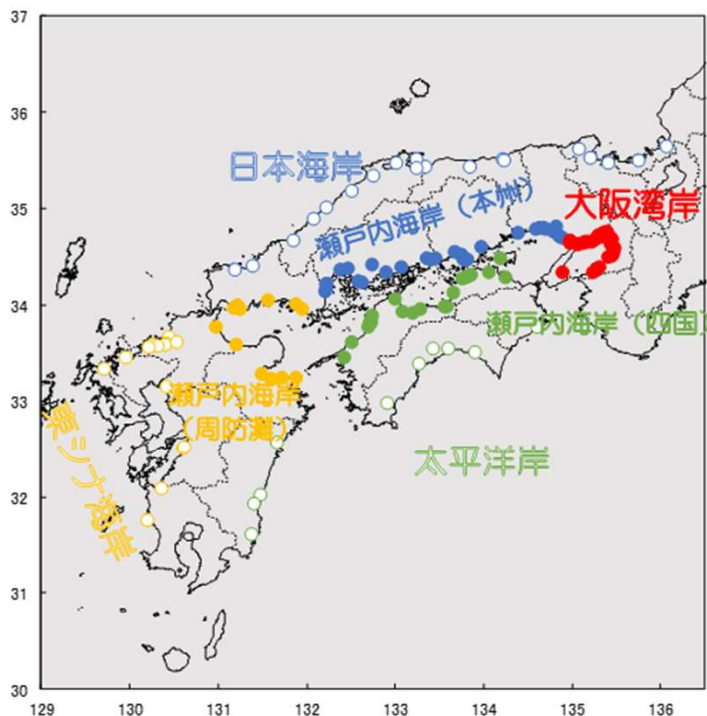
## 国立環境研究所Ⅱ型共同研究（2016年）「閉鎖性海域周辺におけるPM2.5高濃度現象」 GSC2020の規制効果の検証と大気質の変化

- 瀬戸内地域を中心に常時監視モニタリングデータの解析  
PM<sub>2.5</sub>質量濃度、成分濃度
- 規制強化前後のPM<sub>2.5</sub>前駆体ガスの連携観測（2017年～2021年）
- 船舶による海上観測 → 海上でも沿岸部と同程度かやや高い濃度レベルのPM2.5
- 常時監視測定局の詳細解析 → 近距離測定局でも濃度差、沿岸部からの風で輸送

# 常時監視モニタリングデータの解析 質量濃度



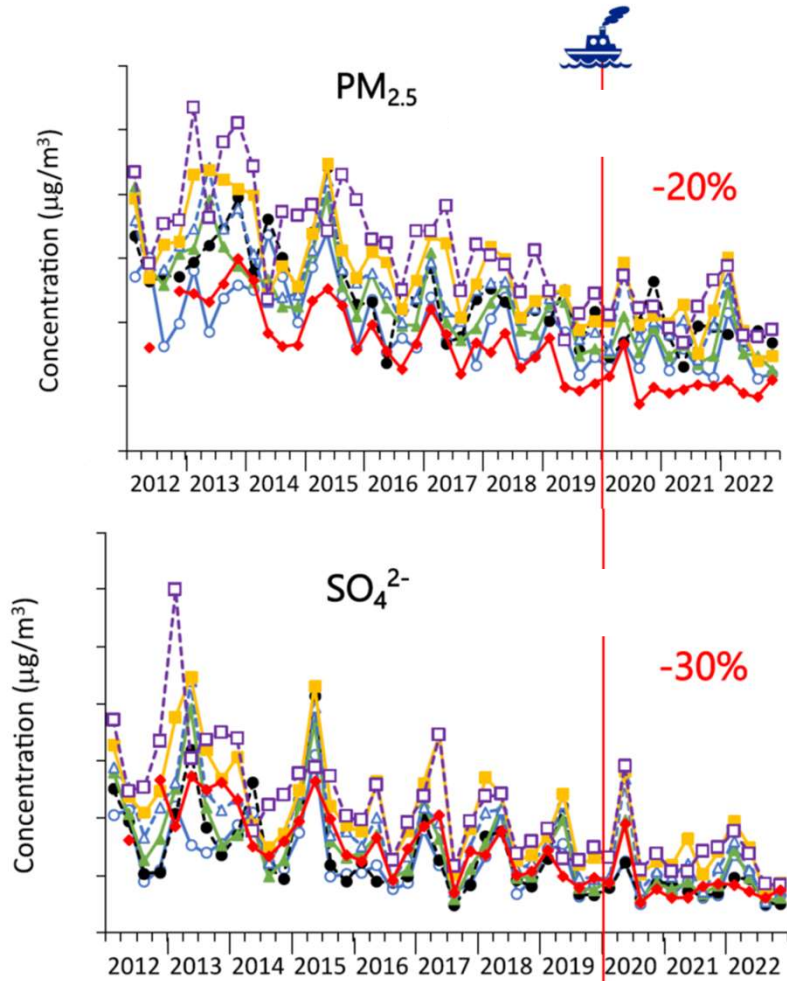
## ● 自動測定器によるPM<sub>2.5</sub>質量濃度



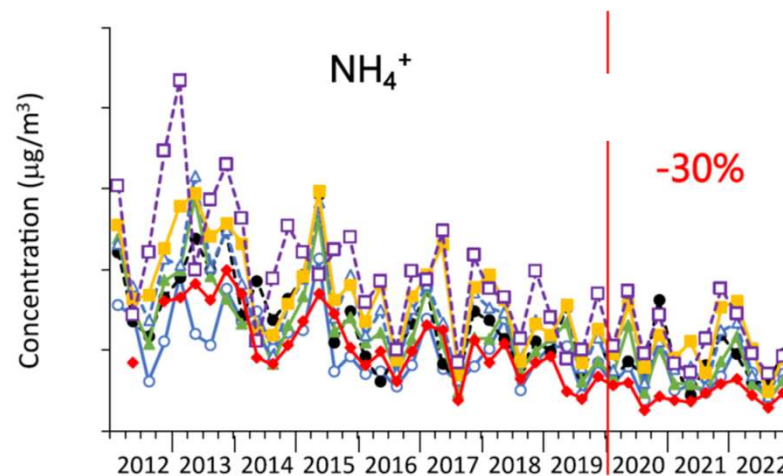
- 瀬戸内地域の年平均値は日本海沿岸や太平洋沿岸部よりも2~3μg/m<sup>3</sup>高い
- 日平均値は都市化が進む大阪湾岸よりも高い傾向

# 常時監視モニタリングデータの解析 成分濃度

- 2012～2022年度の全国の成分分析結果を地域・四季毎に平均化

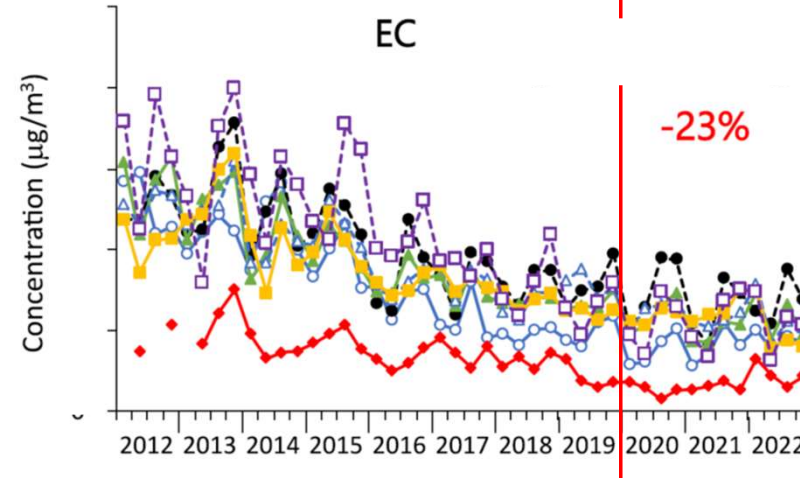
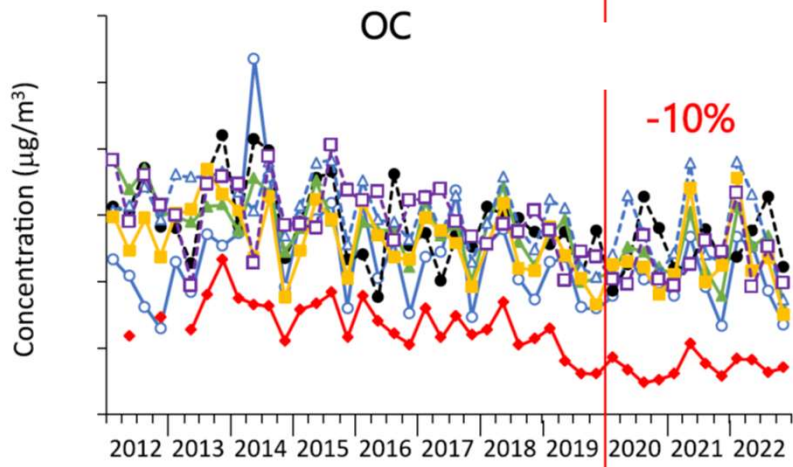
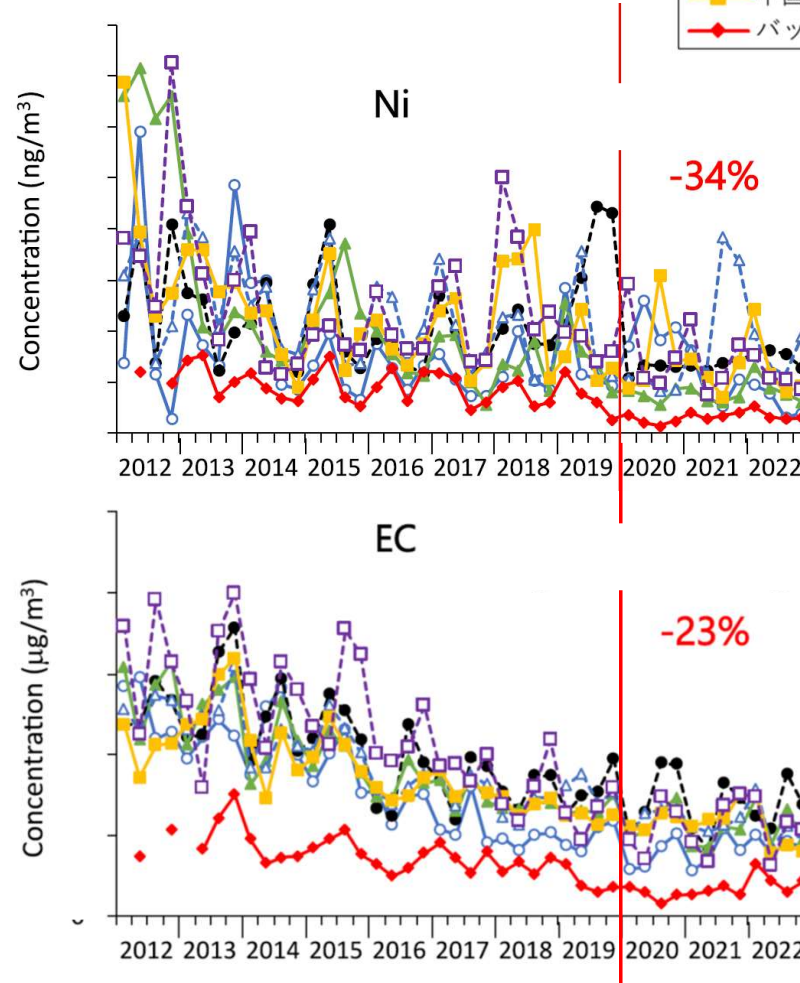
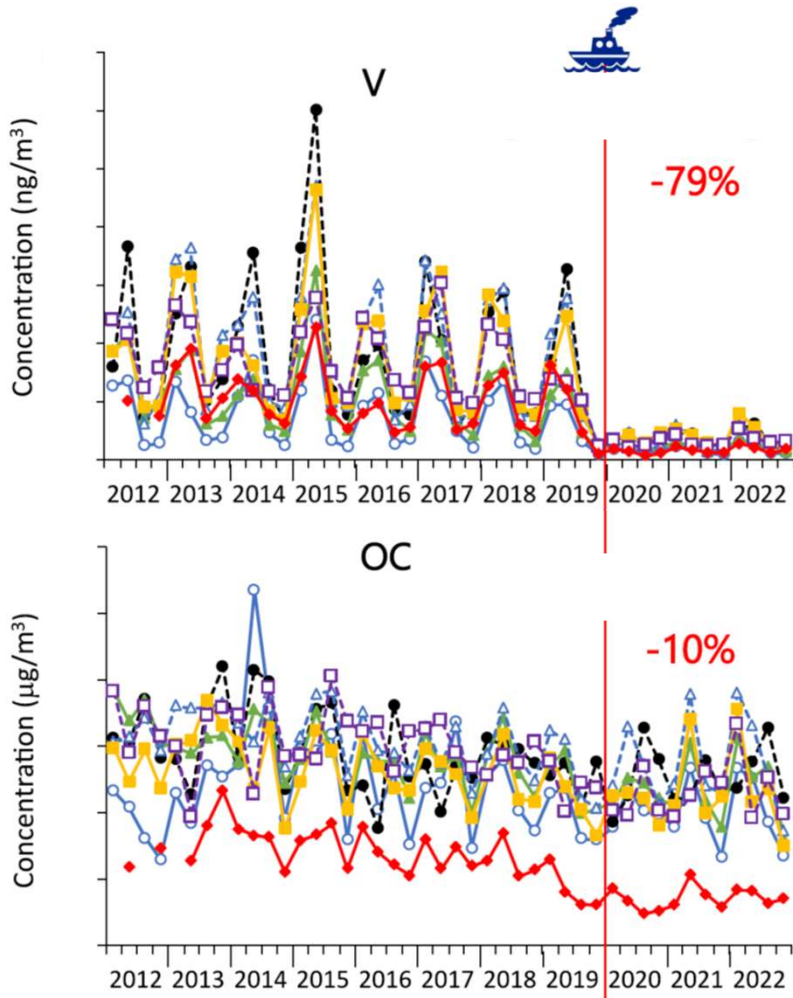


- 規制前（2017～19）と規制後（2020～22）バックグラウンドを含む全国でPM<sub>2.5</sub>濃度\*は20%減  
\* フィルタ捕集法による56日/年の平均濃度



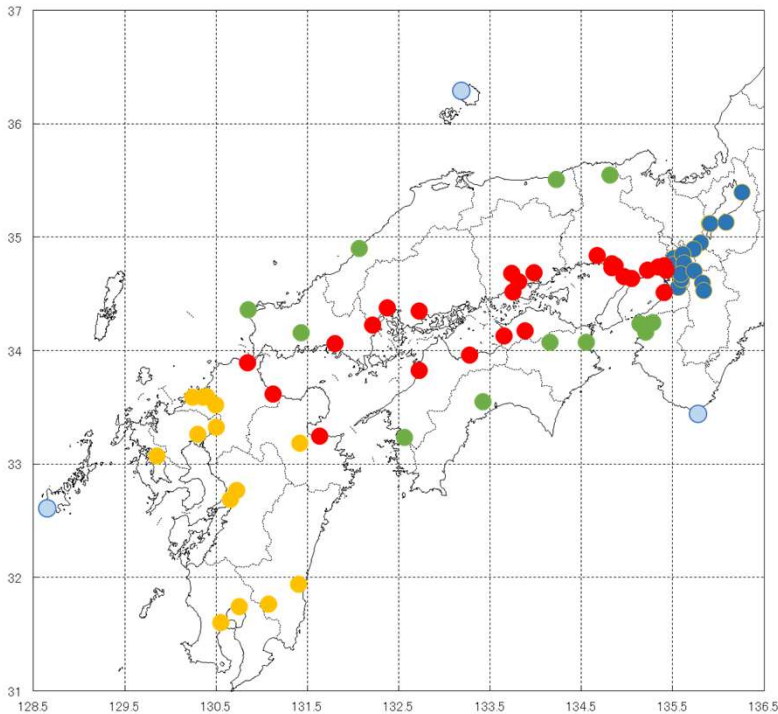
# 常時監視モニタリングデータの解析 成分濃度

- 重油燃焼の指標成分 ( $\text{SO}_4^{2-}$ 、V、Ni、OC、EC)



# 常時監視モニタリングデータの解析 PMF

## ● 発生源解析 (PMFモデル)



✓ 成分データ：2017～2021年度の継続測定局  
西ノ島火山影響日を除外  
13042データ

✓ 地域区分：左図

✓ モデル：EPA PMF5.0

✓ 成分：25成分

Strong :  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ , Al, V, Mn, Fe, Zn, Pb, OC, EC

Weak :  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , Ti, Cr, Ni, Cu, As, Rb, Mo, Sb, Ba

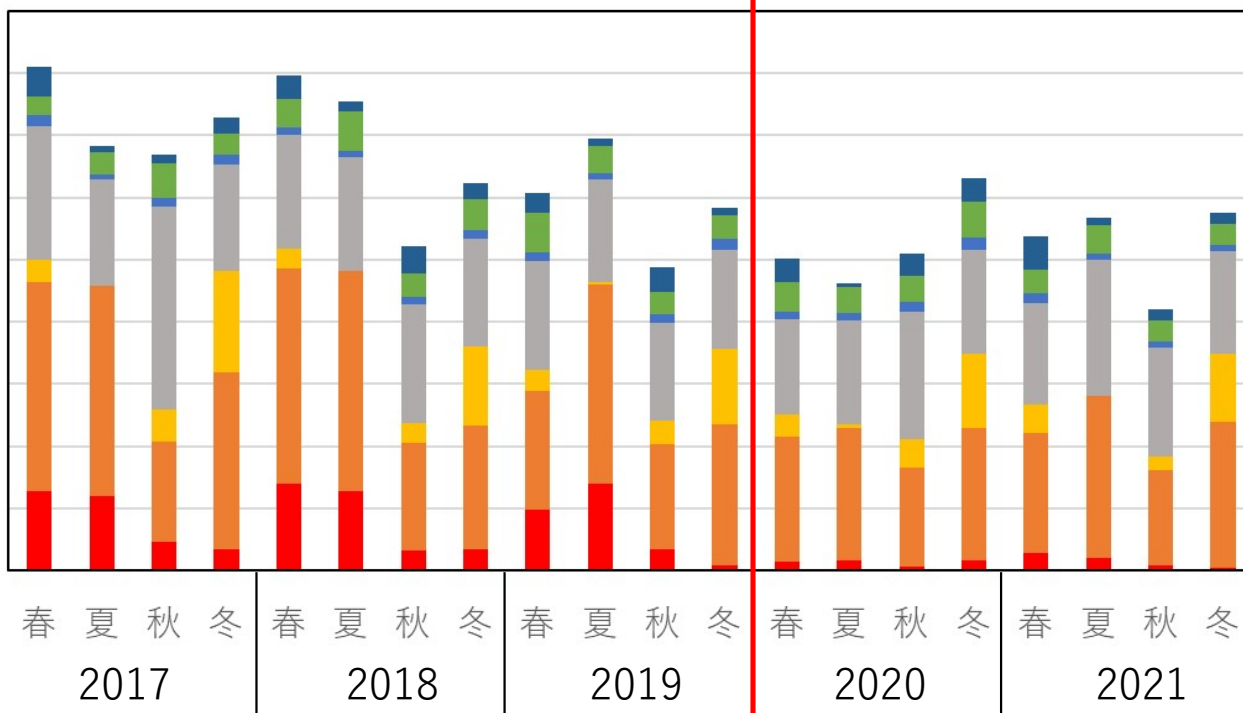
✓ 測定誤差：10%

✓ モデル外不確かさ：10%

✓ 因子数：7

# 常時監視モニタリングデータの解析 PMF

瀬戸内地域



● PM<sub>2.5</sub>濃度  
(-21%)

\* 嶋寺らは2015年比で-60%と推定

● C重油寄与濃度  
(-82%)

● 硫黄系二次生成寄与濃度  
(-21%)

● これらでPM<sub>2.5</sub>濃度低下の87%説明

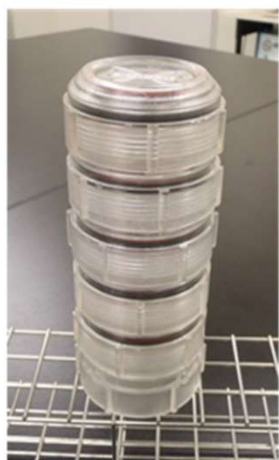
● 船舶燃料油規制の効果が明らか  
切り替え後燃料燃焼の寄与は不明

\*嶋寺ら、Journal of the JIME, 2022, 57, 41-47

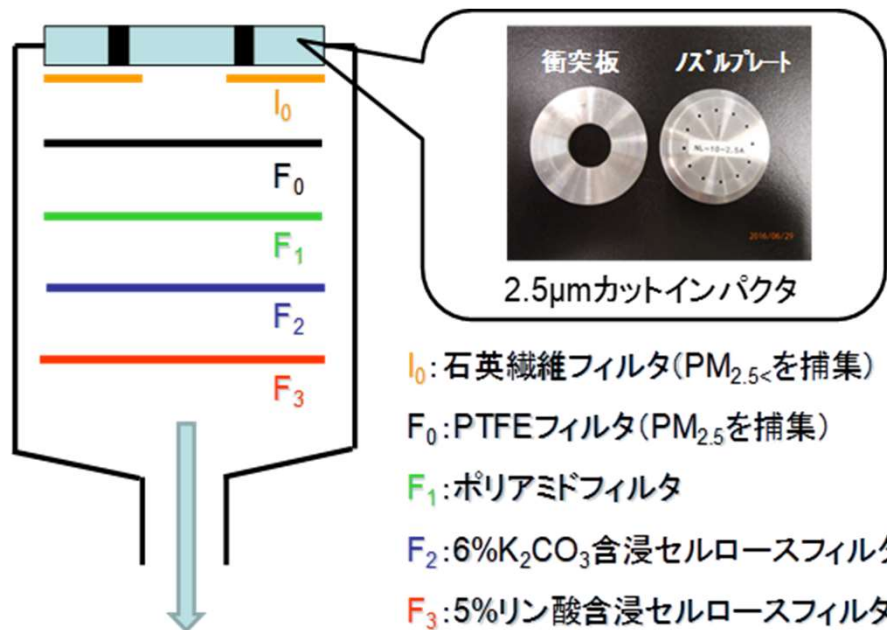


# 規制強化前後のPM<sub>2.5</sub>前駆体ガスの連携観測

## ● フィルターパック法による粒子、ガス成分の測定



NILUフォルダの外観



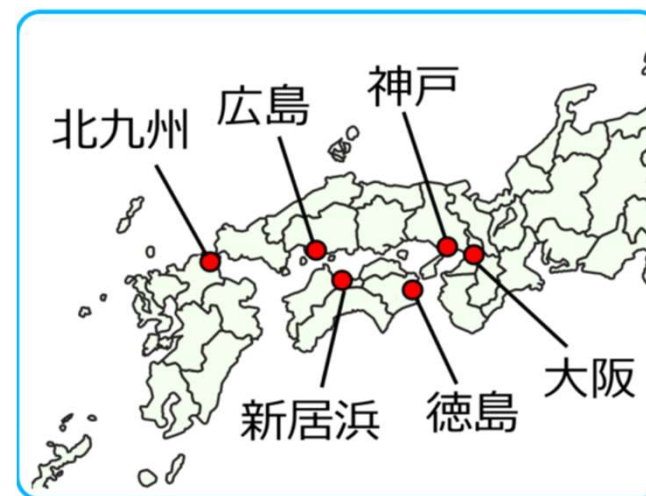
- I<sub>0</sub>: 石英繊維フィルタ(PM<sub>2.5<</sub>を捕集)
- F<sub>0</sub>: PTFEフィルタ(PM<sub>2.5</sub>を捕集)
- F<sub>1</sub>: ポリアミドフィルタ
- F<sub>2</sub>: 6%K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>含浸セルローズフィルタ
- F<sub>3</sub>: 5%リン酸含浸セルローズフィルタ

### 測定ガス

- F<sub>1</sub>: HNO<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>、HCl、NH<sub>3</sub>
- F<sub>2</sub>: SO<sub>2</sub>、HCl
- F<sub>3</sub>: NH<sub>3</sub>

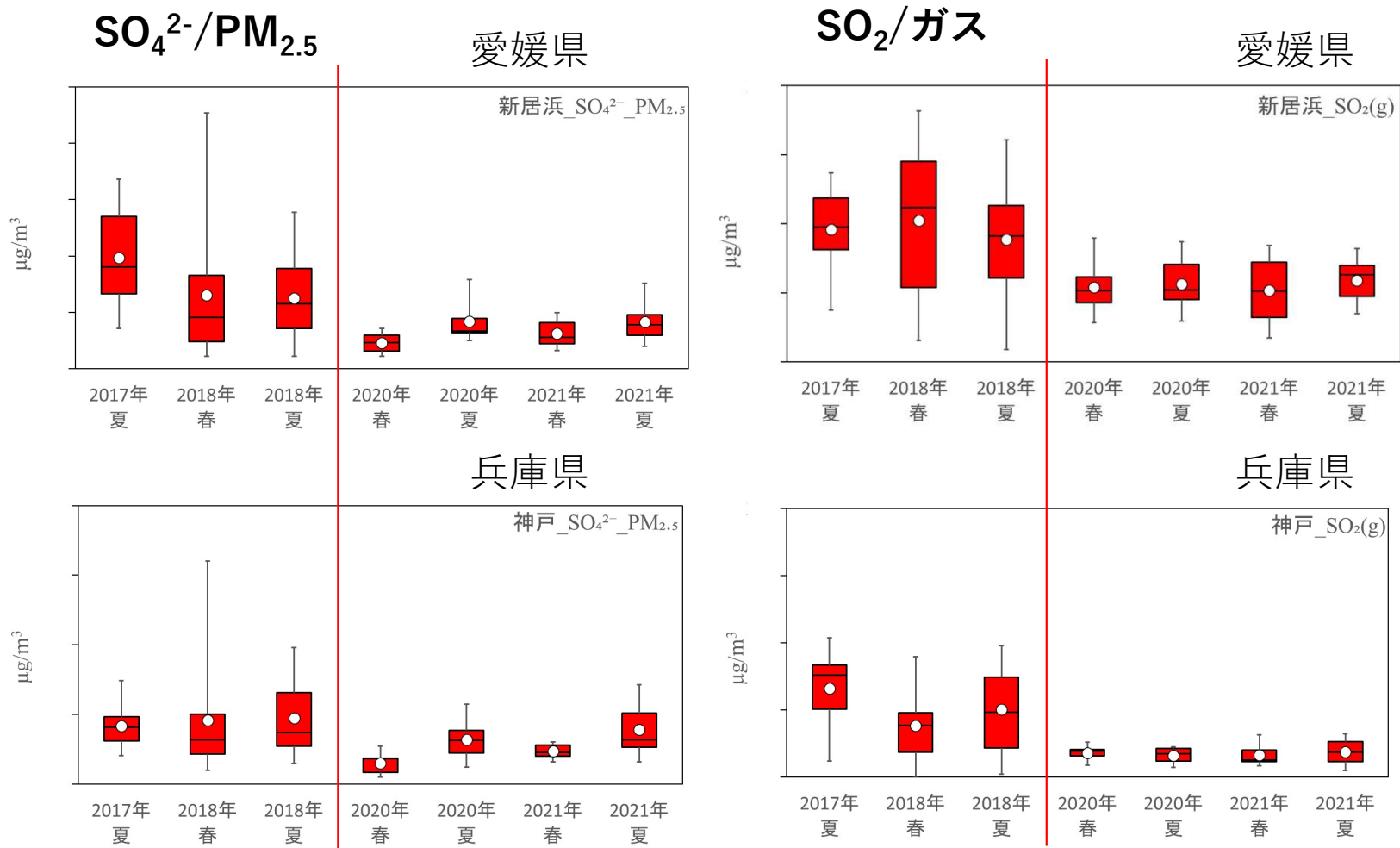
II型報告書より

- ✓ 方法：全環研・酸性雨全国調査実施要領  
PM<sub>2.5</sub>成分測定マニュアル
- ✓ 期間：規制前(2017-18)と規制後(2020-21)  
春季と夏季  
24時間毎、または6時間毎
- ✓ 測定地点：愛知県、名古屋市、奈良県、  
大阪市、和歌山県、神戸市、  
徳島県、岡山県、愛媛県、  
広島県、福岡県、北九大





# 前駆体ガスの連携観測 SO<sub>2</sub>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>



6地点平均

- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/PM<sub>2.5</sub>  
(-40%)

- SO<sub>2</sub>/ガス  
(-56%)

\* 春と夏のみだと、嶋寺らの推定値1.7 μg/m<sup>3</sup>よりも低下

\* 嶋寺ら、Journal of the JIME, 2022, 57, 41-47

# 前駆体ガスの連携観測 NH<sub>3</sub>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/PM<sub>2.5</sub>

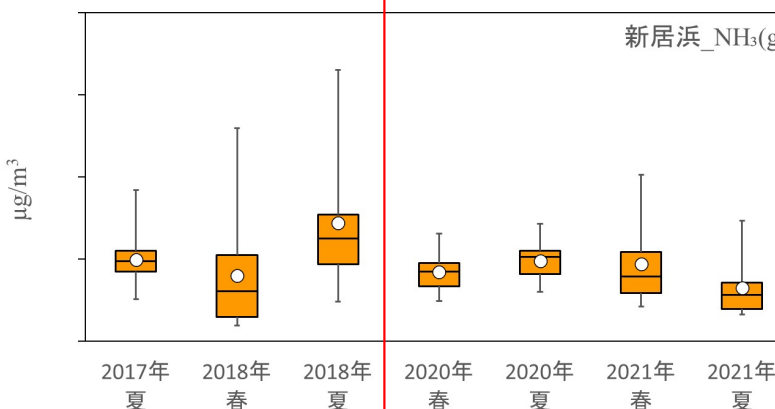
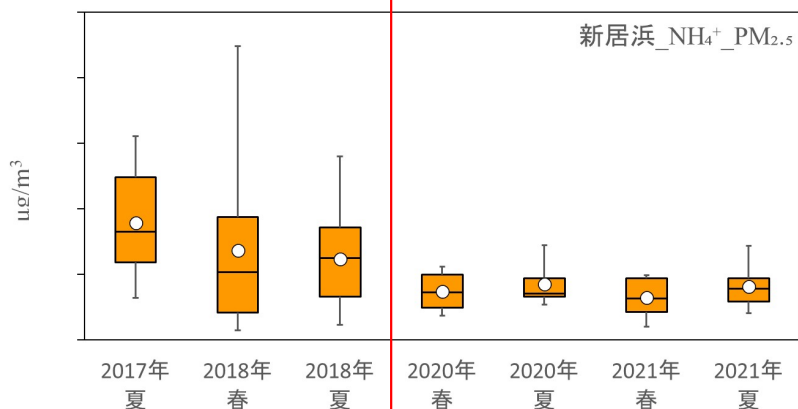
愛媛県

NH<sub>3</sub>/ガス

愛媛県

5地点平均 (\*愛媛県除く)

\* 愛媛県は特異的にNH<sub>3</sub>濃度高い



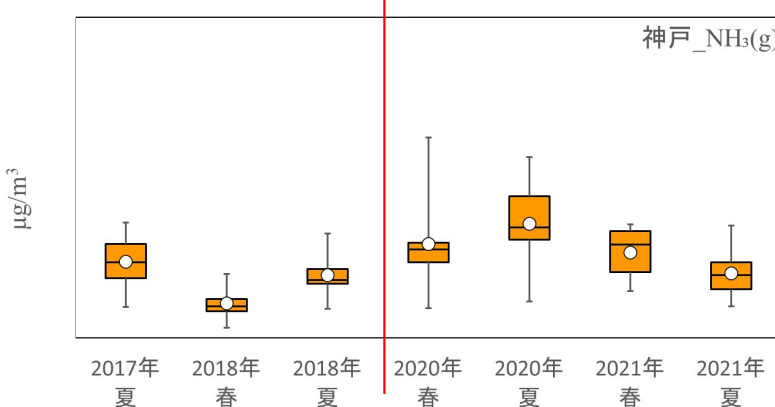
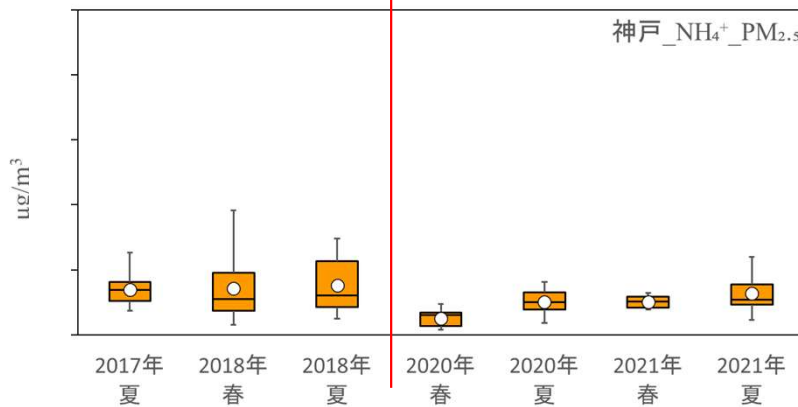
• NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/PM<sub>2.5</sub>  
(-18%)

• NH<sub>3</sub>/ガス  
(+27%)

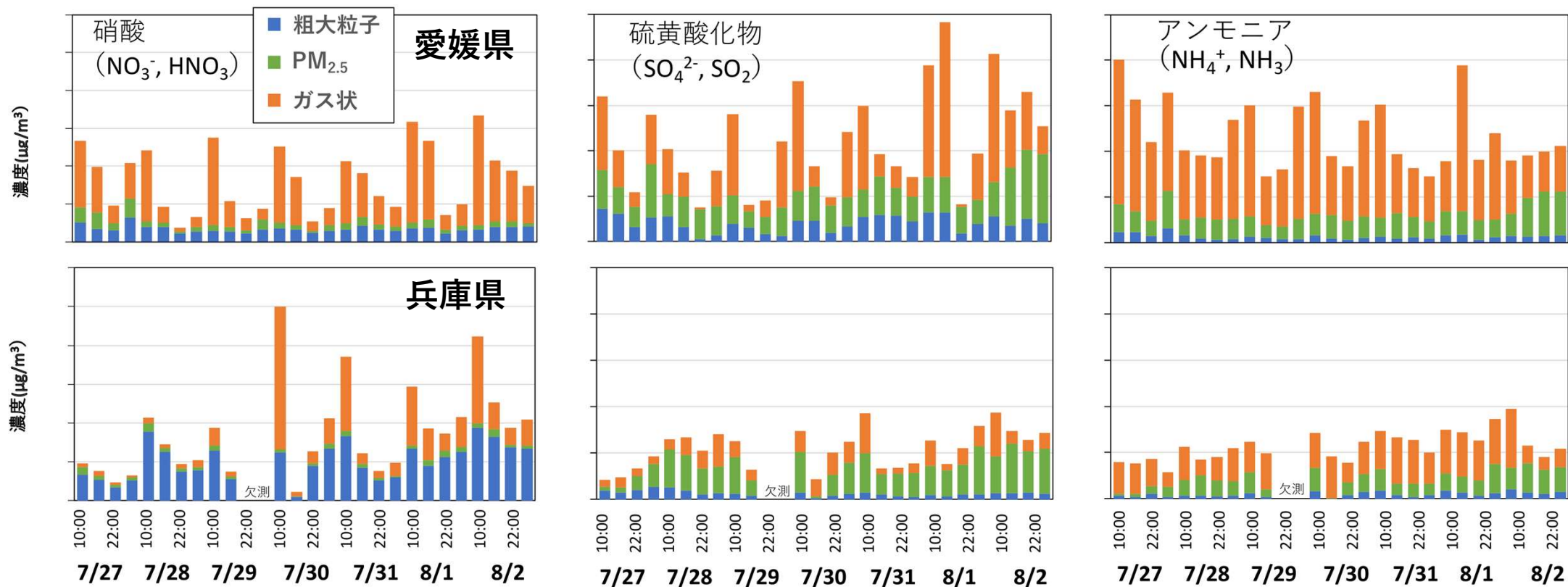
兵庫県

兵庫県

• 硫酸化物の低下により  
NH<sub>3</sub>の粒子化が抑制



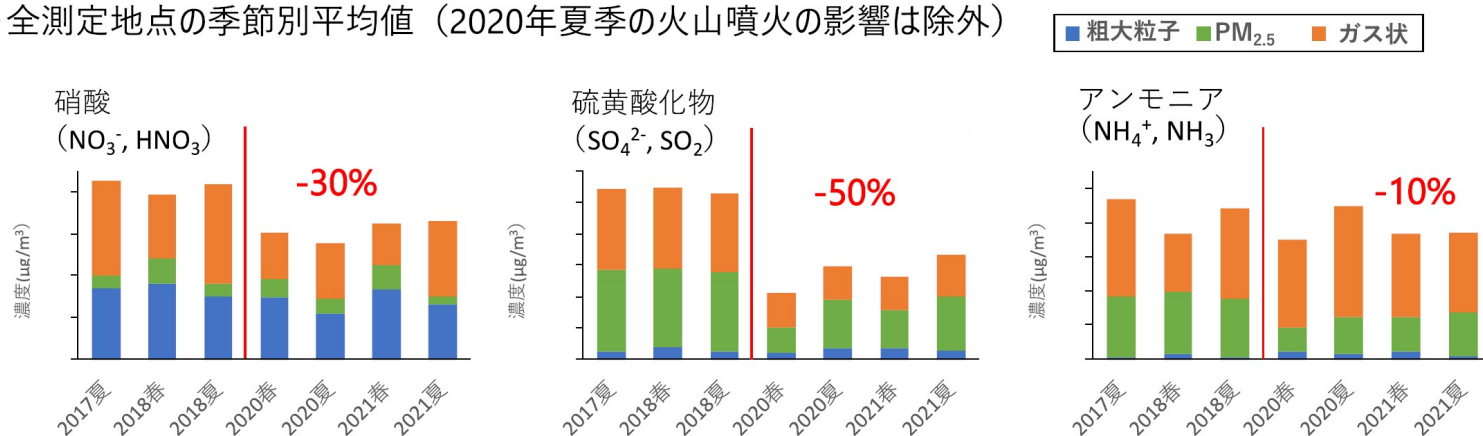
# 前駆体ガスの連携観測 6時間毎



- 愛媛県新居浜市と兵庫県神戸市では硝酸の粒子化率が異なる  
 \*粗大粒子中の硝酸は海塩粒子の寄与が示唆 (古川ら、2024、大気環境学会年会講演要旨集、p155)
- 愛媛県では $\text{SO}_2$ ガスが午前中に上昇、 $\text{NH}_3$ ガスが高濃度に存在する

# まとめとこれから

- 各地の常時監視モニタリングデータの解析
  - ・ 船舶燃料油規制の前後でPM<sub>2.5</sub>濃度は低下し、成分組成は大きく変化
  - ・ C重油燃焼と硫黄系二次生成粒子の寄与濃度が減少し、PM<sub>2.5</sub>濃度低下の87%を占めた
  - ・ 燃料油切替後の船舶排ガスの評価手法・指標成分には課題を残す
- 規制強化前後のPM<sub>2.5</sub>前駆体ガスの連携観測
  - ・ 全測定地点の季節別平均値（2020年夏季の火山噴火の影響は除外）



- PM<sub>2.5</sub>基準値に関する国外動向
  - ・ WHO : 年平均 5 µg/m<sup>3</sup>、24時間 15 µg/m<sup>3</sup> (2021年)
  - ・ 米国 : 年平均 9 µg/m<sup>3</sup>、24時間 35 µg/m<sup>3</sup> (2024年)
  - ・ EU : 年平均 10 µg/m<sup>3</sup> (2030年目標)
- 地環研連携研究の困難さは増すばかり、、、