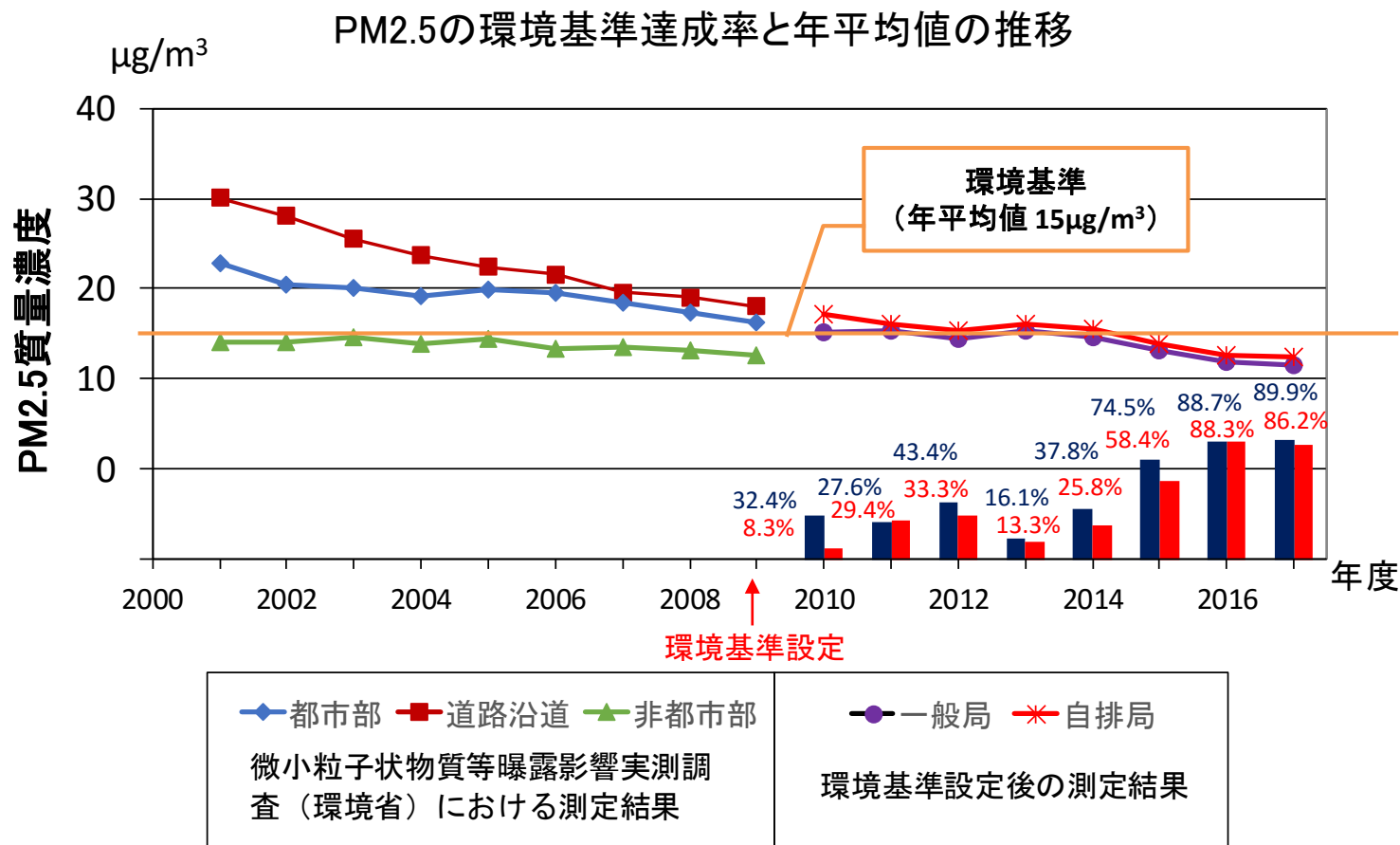


# 微小粒子状物質(PM2.5)の発生源別寄与割合等に係る 知見の整理

# 国内におけるPM2.5濃度と基準達成率の推移

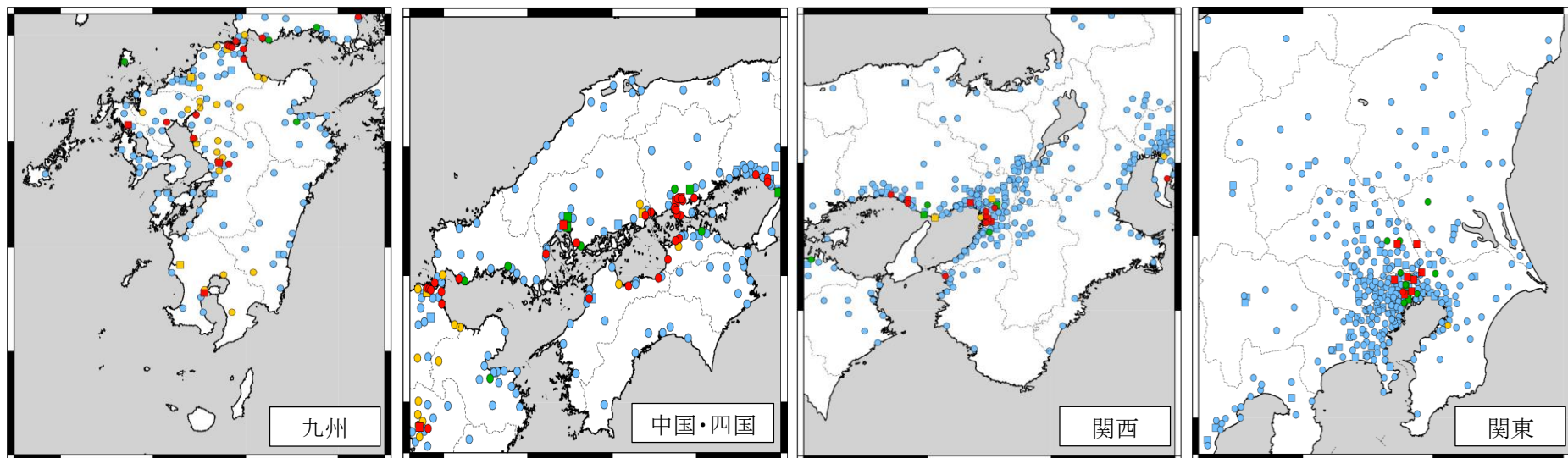
- 我が国のPM2.5濃度は、国内及び東アジア地域における様々な対策・取組の効果によって改善傾向（平成29年度の環境基準達成率は一般環境大気測定局（一般局）で89.9%、自動車排出ガス測定局（自排局）で86.2%）にある。
- 一方で、環境基準達成率が低い地域（関東地方、関西地方、中国・四国地方の瀬戸内海に面する地域、九州地方）が依然としてある。



# 国内におけるPM2.5濃度の地域的分布

- 平成29年度における地域別の傾向をみると、関東地方、関西地方の主に都市部で環境基準を達成していない地域がみられる他、中国・四国地方の瀬戸内海に面する地域、九州地方では依然として環境基準達成率の低い地域がある。
  - ✓ 関東地方では、都心部の自動車排出ガス測定局において環境基準非達成の測定局が多い。
  - ✓ 中国・四国地方では、瀬戸内工業地域や瀬戸内海に面する地域において環境基準非達成の測定局が多い。
  - ✓ 九州地方は長期基準値を超過している測定局が多い。

平成29年度のPM2.5環境基準達成状況(地域別)



■ 環境基準達成 ■ 短期基準のみ非達成 ■ 長期基準のみ非達成 ■ 短期・長期基準 非達成

○: 一般環境大気測定局、 □: 自動車排出ガス測定局

# PM2.5濃度に対する国内発生源と越境汚染の寄与割合

- PM2.5濃度に対する国内発生源と越境汚染の寄与割合の評価を行った既往研究で得られた知見を整理した(下表)。ここで、それぞれの寄与割合の計算方法、対象年、分類した地域、発生源の分類等が厳密には異なることに留意が必要である。
- 越境汚染の寄与は西日本で高く、東日本(東北・北海道を除く)で低くなる。
- 一方、国内発生源の寄与は東日本(東北・北海道を除く)で高く、西日本でも一定程度存在する。
- また、比較的近年を解析対象とする研究では、近年の中国での大気汚染対策の進展により越境汚染の影響が経年的に低下し、相対的に国内発生源の寄与が増加していることが指摘されている。

既往研究によるPM2.5質量濃度に対する越境汚染／国内発生源の寄与割合(%)※1

出典	対象年	九州	中国	四国	近畿	北陸	東海 甲信	関東	東北	北海道
茶谷ら(2011)※2	2005	—	—	—	48/50	—	41/57	31/68	—	—
Ikeda et al. (2015)※3	2010	71/21	70/25	68/23	57/36	61/33	48/46	39/51	63/30	73/19
板橋と速水(2016) ※4	2010	41/30	29/41	—	22/49	30/40	—	12/68	—	—
浦西ら(2018)※5	2010	54/18	—	—	41/28	—	39/29	32/37	—	—

※1 表中の値は「越境汚染の寄与又は感度/国内発生源の寄与又は感度」である。表に示した値以外にも計算対象領域全体に存在する船舶やその他の寄与又は感度が存在するため、合計は100%にならない。

※2 表中の国内発生源の寄与は自動車、自動車以外の燃焼及びNH<sub>3</sub>の合計。原典ではVOC、バイオマス燃焼も国内起源としての感度がわずかに存在する。

※3 表中の越境汚染の寄与は中国と朝鮮半島の合計。

※4 表中の越境汚染の寄与は中国と韓国の合計。長期基準を超過した測定局のみを対象にした寄与割合である。

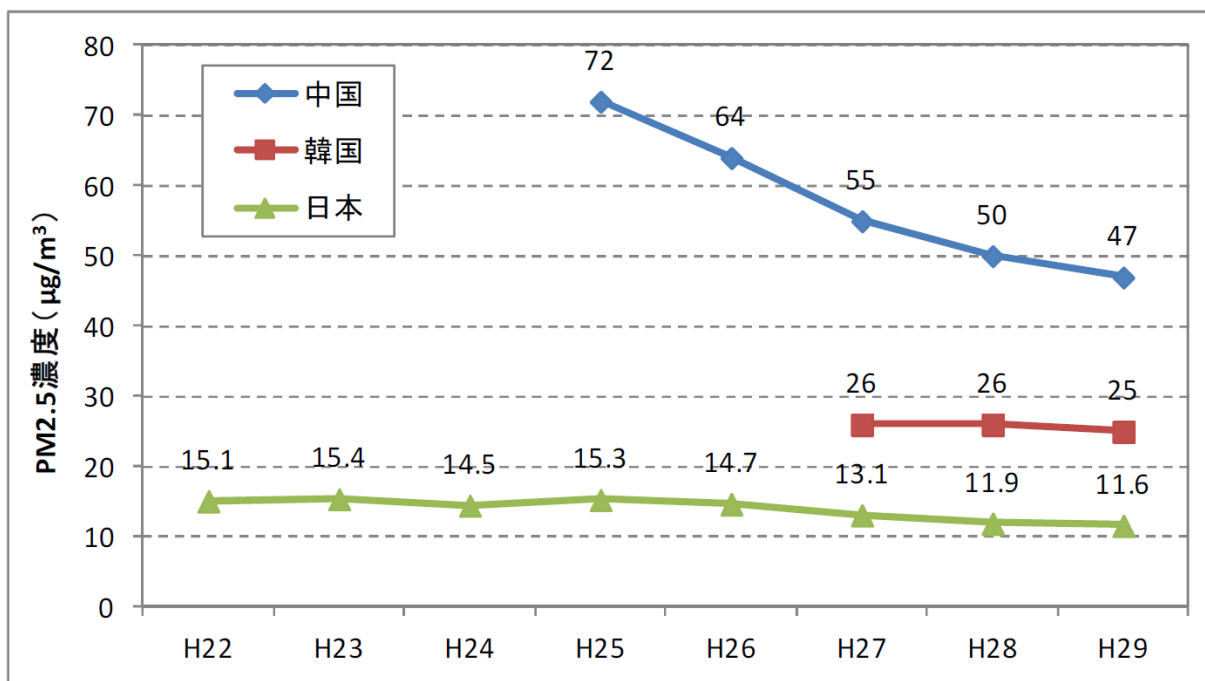
※5 表中の越境汚染の寄与は中国とインドを含む東アジア域の合計。

(出典: 第9回微小粒子状物質等専門委員会(平成31年3月25日開催)に加筆)

# 中韓におけるPM2.5濃度の推移

- 中国は、近年、年平均濃度の減少の程度は緩やかになっているものの、継続的に濃度が低下しており、平成25年度と比較すると平成29年度は35%削減。韓国については、平成29年度は僅かに改善した。
- 中国においては、2018年6月に策定された「青空保護勝利戦3年行動計画」に基づき、また、韓国においては、2017年9月に策定された「微細粉塵削減に向けたマスタープラン」に基づき、さらなる大気環境改善に向けた取組が進められる予定。

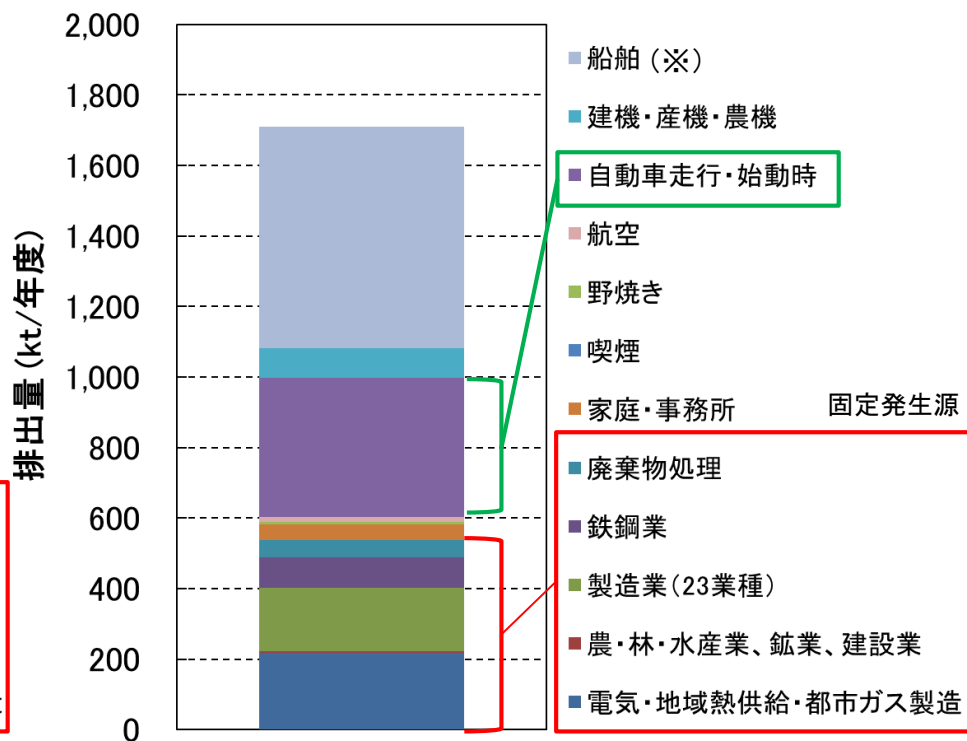
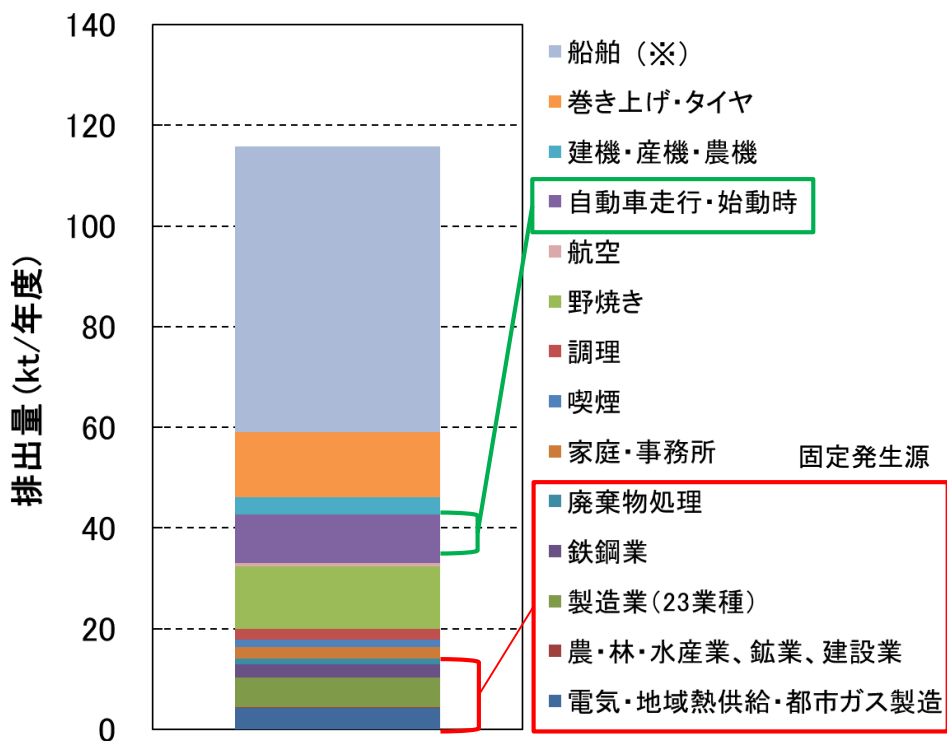
日中韓のPM2.5濃度(年平均値)の推移



注: 中国環境保護部及び韓国環境省公表データに基づき作成。中国は2013年から測定を継続している重点監視対象の74都市の平均値。日本は一般局の濃度。

# 国内におけるPM2.5及びNOxの排出状況

- 2015年度の一次粒子としてのPM2.5総排出量は11.6万トンであり、製造業等の固定発生源(1万4千トン)、自動車排出ガス(1万トン)、巻き上げ・タイヤ(1万3千トン)が主な発生源となっている。
- 2015年度のNOx総排出量は171万トンであり、製造業等の固定発生源(54万トン)、自動車排出ガス(40万トン)が主な発生源となっている。
- なお、船舶については、集計範囲がその他発生源と異なることに注意が必要。



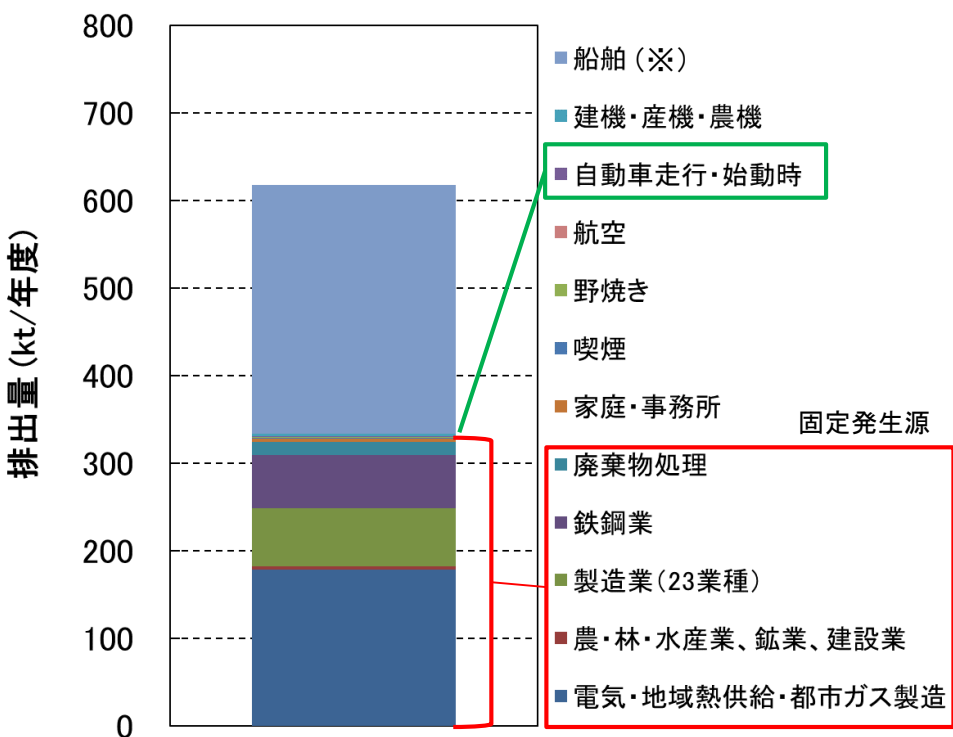
PM2.5(一次粒子)の発生源別排出量(2015年度)

NOxの発生源別排出量(2015年度)

※船舶排出量は、大気シミュレーションに活用できるように、日本海の大半・東シナ海の一部等、日本領海以外からの排出量も含まれている。なお、沖縄や小笠原諸島周辺等は対象外となっている。

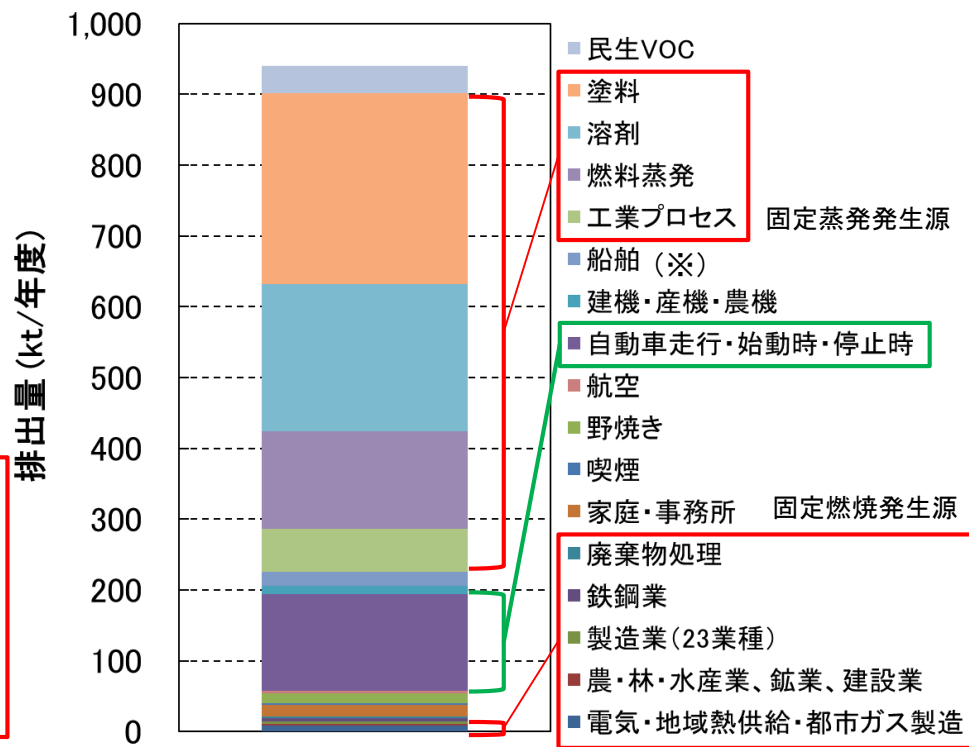
# 国内におけるSOx及びVOCの排出状況

- 2015年度のSOx総排出量(火山除く)は62万トンであり、製造業等の固定発生源(32万トン)、船舶(28万トン)が主な発生源となっている。
- 2015年度のVOC総排出量(植物除く)は94万トンであり、塗料使用時(27万トン)、溶剤使用時(21万トン)、燃料蒸発(14万トン)、自動車走行・始動時・駐車時(14万トン)が主な発生源となっている。
- なお、船舶については、集計範囲がその他発生源と異なることに注意が必要。



SOx(火山除く)の発生源別排出量(2015年度)

※船舶排出量は、大気シミュレーションに活用できるように、日本海の大半・東シナ海の一部等、日本領海以外からの排出量も含まれている。なお、沖縄や小笠原諸島周辺等は対象外となっている。

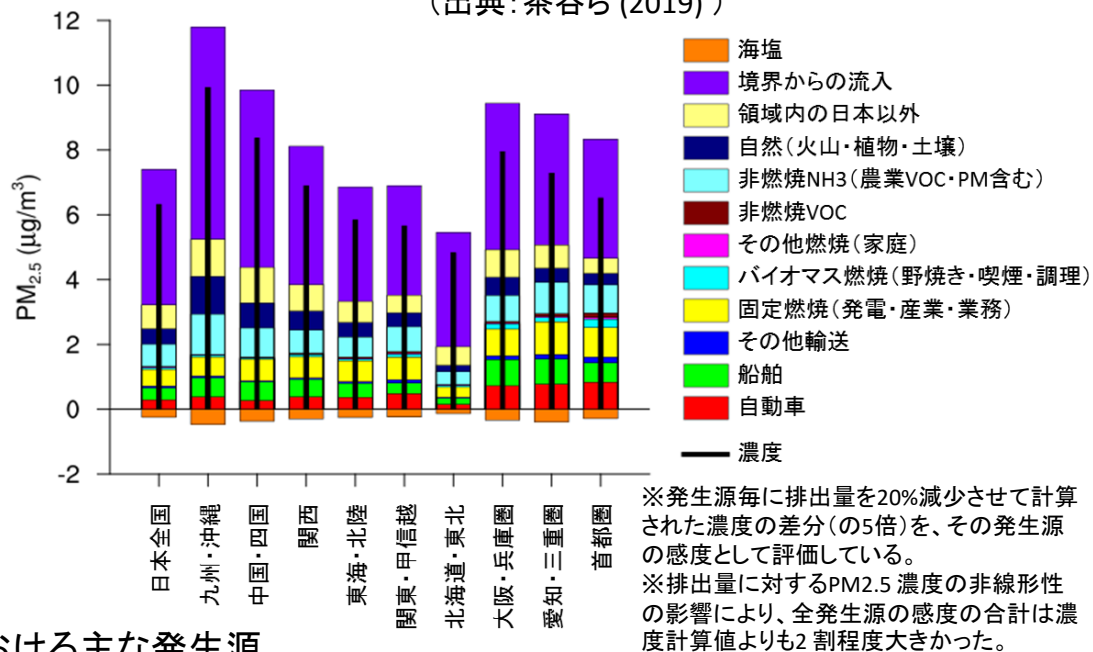


VOC(植物除く)の発生源別排出量(2015年度)

# 国内の発生源別寄与割合

- 茶谷ら(2019)が行った2016年度の発生源別寄与割合の評価結果では、地域毎に傾向が異なるものの、国内発生源については、自動車、固定燃焼、船舶等の感度が比較的大きかった。
- 板橋と速水(2016)については、環境基準の非達成局(2010年度)における地域別の非達成要因を分析。瀬戸内では製造業や船舶、関東では自動車や製造業の寄与が大きくなっているが、全体としては、自動車と製造業の寄与が大きいことが示された。

2016年度の全国のPM2.5濃度に対する発生源寄与割合  
(出典: 茶谷ら(2019))



## 各地域における2010年度の環境基準非達成局における主な発生源

地域	主な発生源
九州	長期基準と短期基準の非達成の要因として、いずれも国外の寄与が国内汚染の寄与よりも大きく、それは短期基準の非達成の要因の方がより顕著であった。
瀬戸内	長期基準と短期基準の非達成の要因として、いずれも国内の寄与が支配的であった。内訳としては製造業が卓越しており、船舶の寄与も大きかった。
近畿	長期基準と短期基準の非達成の要因として、いずれも国内の寄与が大きく、それは短期基準の非達成の要因の方がより顕著であった。内訳としては製造業と自動車で半分程度を占め、さらに船舶の寄与も大きかった。
関東	長期基準と短期基準の非達成の要因として、いずれも国内汚染の寄与が7割前後で支配的であった。長期基準の観点では自動車の寄与が最重要であると評価された一方で、短期基準の観点では自動車と製造業の双方が重要であると評価された。
北陸	国内外の寄与の両者が非達成の要因と評価されたが、短期基準の非達成の要因にはより中国の寄与が大きかった。国内汚染の寄与の中では自動車と製造業のほか、この地域で排出量が大きな飼料施肥の寄与も大きかった。

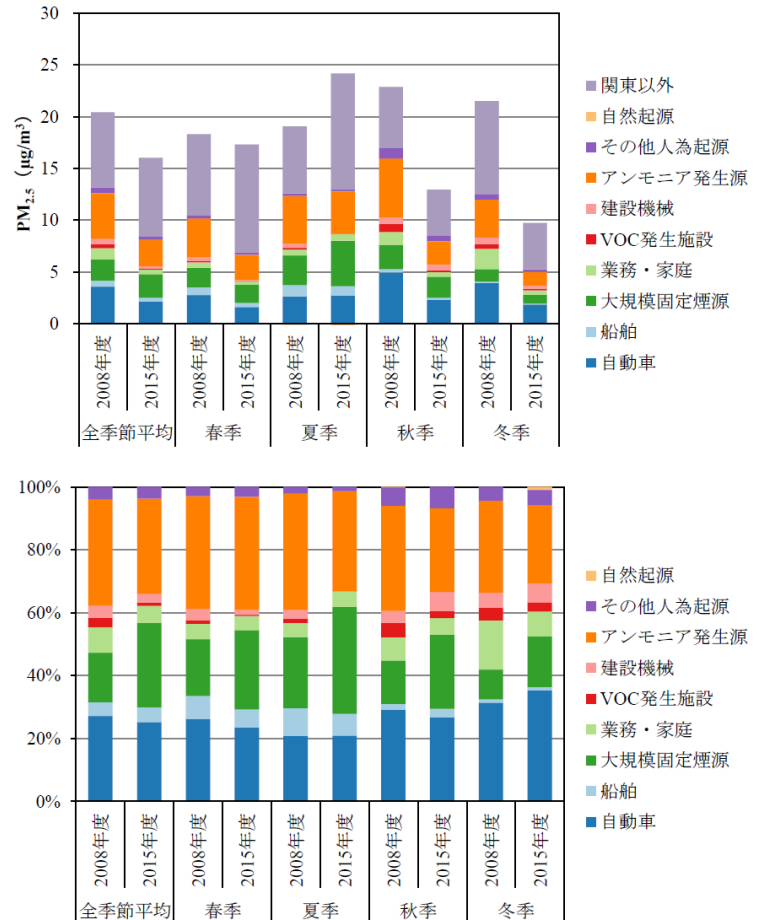
(出典: 板橋と速水(2016)を元に作成)



# 東京都における発生源別寄与割合

- 東京都(2019)が行った東京都内のPM2.5濃度に対する発生源寄与割合の評価結果では、2015年度は2008年度と比べて関東域内の発生源の寄与濃度が減少したことが示されている。これは、自動車排出ガス規制によるNOx排出削減の効果であると考えられる。
- 関東域内の発生源の中では、自動車及び大規模固定煙源の寄与割合が依然として高いことが示されている。
- アンモニア発生源については、NH<sub>3</sub>に係るPM2.5の生成反応として、NH<sub>3</sub>と硝酸(HNO<sub>3</sub>)による硝酸アンモニウム(NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>)の粒子化反応があるが、硝酸(HNO<sub>3</sub>)や原因物質であるNOxは、アンモニア発生源とは別の発生源(自動車や大規模固定発生源)から排出すると考えられ、ゼロアウト法による感度解析では、アンモニア発生源の寄与割合の変化を過大に評価している可能性があることに留意が必要。

## 東京都内のPM2.5濃度に対する発生源寄与割合の評価結果 (上:寄与濃度、下:関東域における発生源寄与割合)



※各発生源は、関東全域(東京都と関東6県)の寄与割合の合計で示した。  
 ※東京都内2地点(足立区、多摩市)における各年度のPM2.5成分分析実施期間中の平均PM2.5濃度に対する寄与割合を示した。  
 ※ここでの100%積み上げは、関東以外の排出を除いて、関東全域のみの各発生源の寄与割合で算出した。

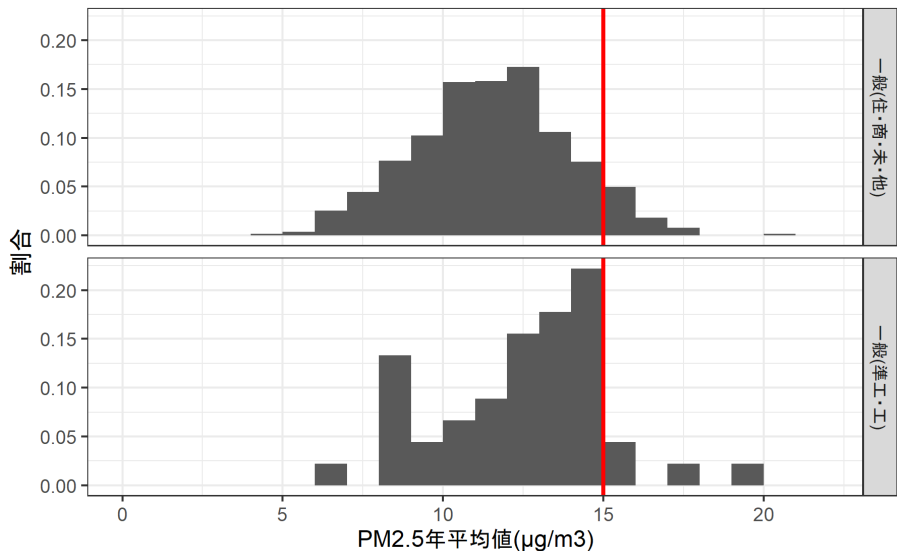
# 固定発生源によるPM2.5濃度への影響に係る解析結果①

● 全国の一般局を設置地点の用途地域に基づき区分し、PM2.5濃度(年平均値)を比較した結果、用途地域が準工業地域又は工業地域である一般局(全体の約5%)におけるPM2.5濃度の年平均値は、他の一般局と比較して高濃度域に分布する傾向が見られた。

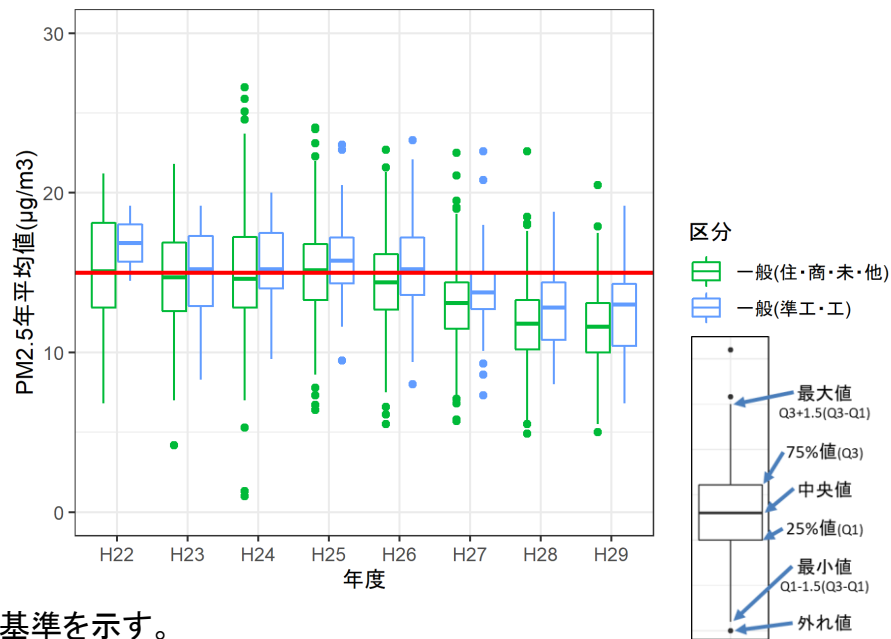
用途地域	一般局数(H29)
住居地域等	511
商業地域等	120
準工業地域	38
工業地域	7
未線引き区域	135
その他	17
合計	828

一般局を用途地域に基づき区分した場合のPM2.5濃度分布の比較結果(ヒストグラム)

平成29年度



一般局を用途地域に基づき区分した場合のPM2.5濃度分布の比較結果(経年変化)

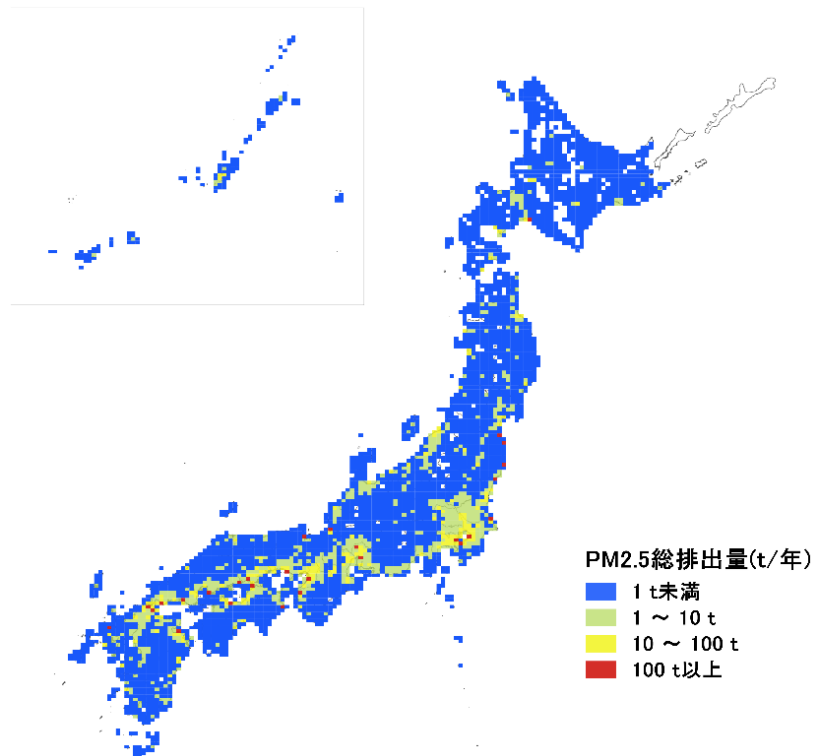


※赤い実線は環境基準を示す。

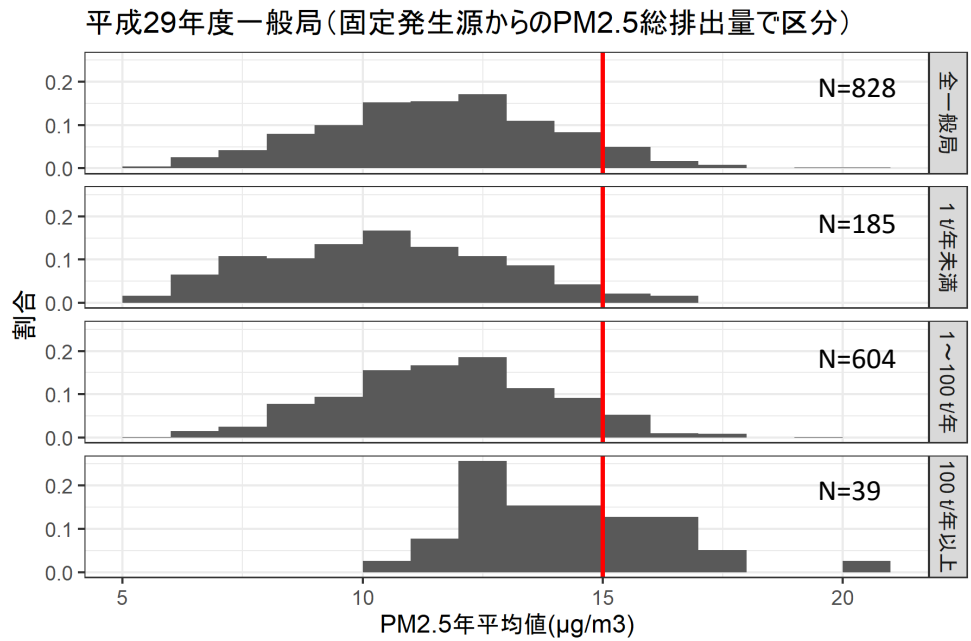
# 固定発生源によるPM2.5濃度への影響に係る解析結果②

● PM2.5等大気汚染物質排出インベントリ(環境省)を用いて、全国の一般局におけるPM2.5濃度(年平均値)と、同一2次メッシュ(約10 km四方)内の固定発生源からの一次粒子としてのPM2.5総排出量との関係を調べた結果、総排出量の多いメッシュ内の一般局ほど高濃度域に分布する傾向が見られた。

固定発生源からのPM2.5総排出量(一次粒子)の分布(2015年度)



同一2次メッシュ内の固定発生源からのPM2.5総排出量(一次粒子)とPM2.5年平均値との関係



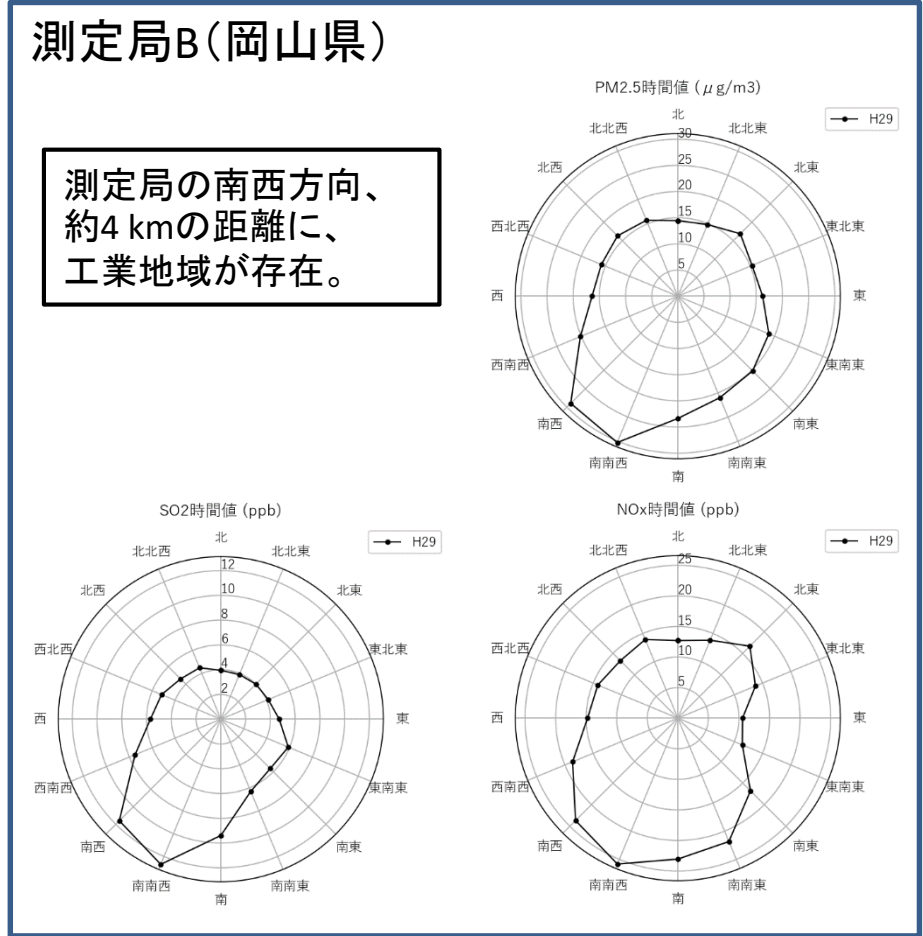
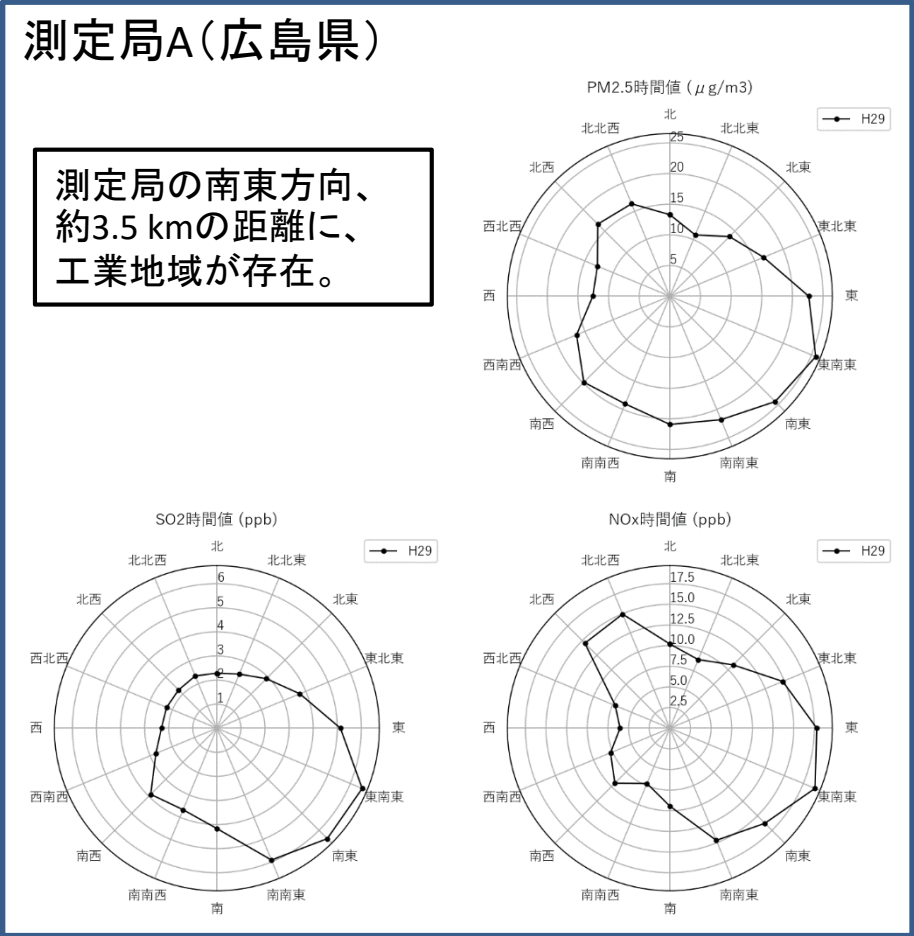
※赤い実線は環境基準を示す。

※固定発生源に対応する業種を、電気業、熱供給業、都市ガス製造業、農林業、水産業、鉱業、建設業、鉄鋼業、製造業(23業種)、一般廃棄物処理施設、産業廃棄物処理施設、とした。

(出典: H29常時監視データ、PM2.5等大気汚染物質排出インベントリ(2015年度)より作成)

# 固定発生源周辺の測定局における風向別濃度解析結果

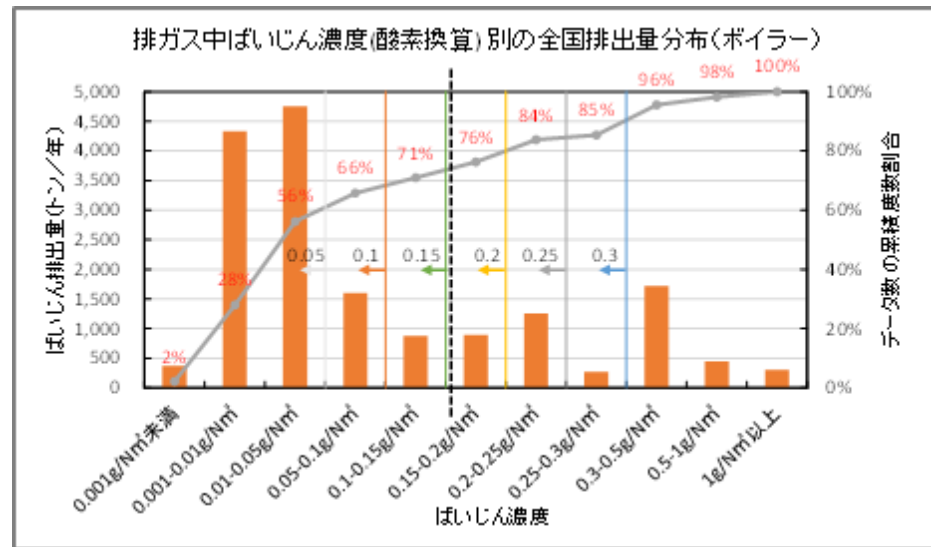
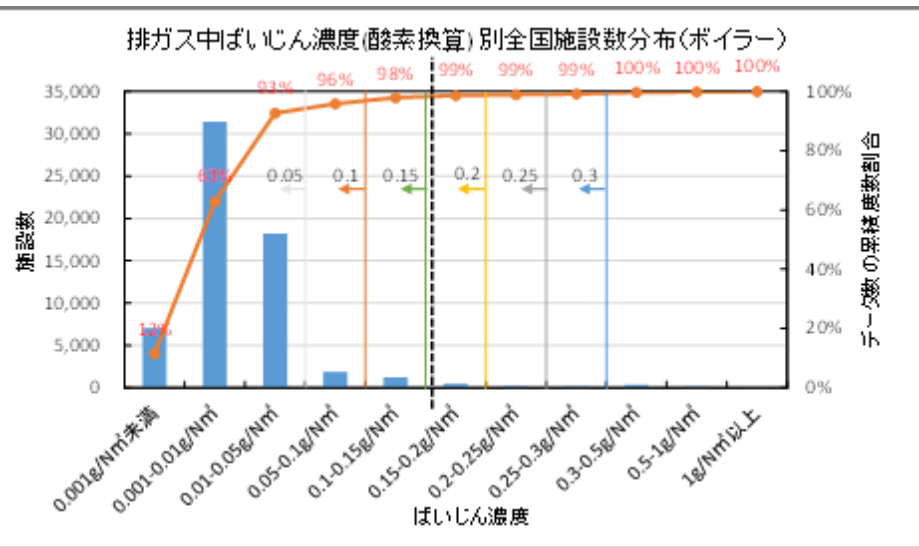
● 固定発生源の近傍の一般局において、風向別のPM2.5等の大気汚染物質濃度を解析した結果、固定発生源からの風向時に濃度が高い傾向を示す事例が見られた。



# ばい煙発生施設における排出実態調査結果

- 環境省が3年に一度実施している「大気汚染物質排出量総合調査」の結果を解析したところ、以下の特徴が明らかとなった。
  - 排出基準値よりも非常に低い排出濃度の施設がある一方で、排出基準値に近い排出濃度の施設も一定数存在する。
  - 濃度が相対的に高い排出施設数は比較的少ないものの、施設種ごとのばいじん又はNOxの総排出量に対してこれらの施設の排出量が占める割合が大きい施設種が存在する。

## 高濃度排出施設からの排出量が多い業種(ボイラー/ばいじん)の例 施設数分布(左)及び排出量分布(右)



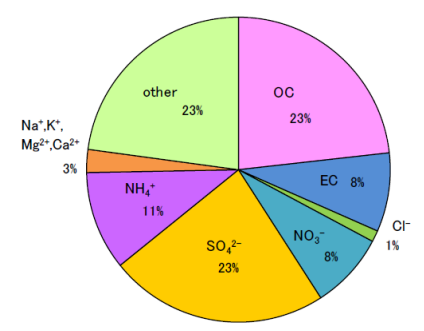
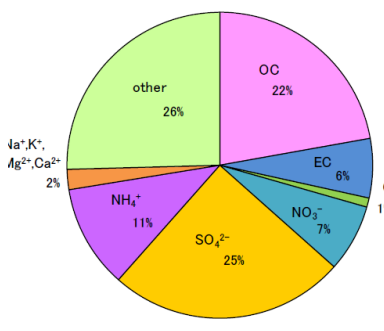
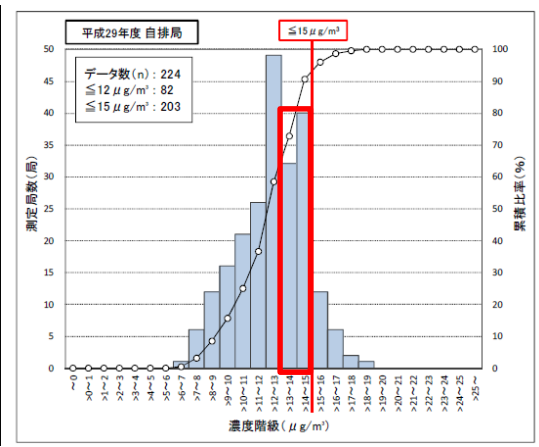
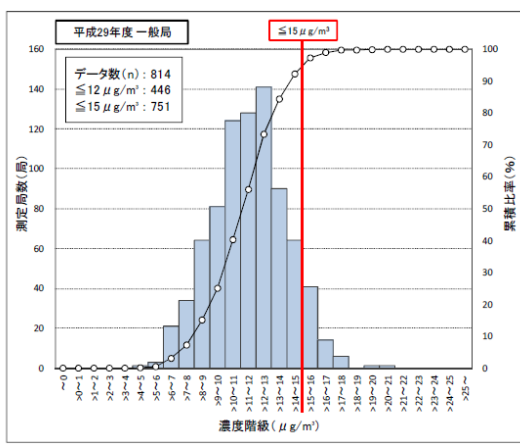
※図中の黒い点線の右側が排出濃度が高い上位1%の施設を指す。

# 一般環境大気測定局及び自動車排出ガス測定局の比較(平成29年度)

- 一般局に比べ自排局の方が比較的高濃度であり、環境基準(長期基準)である $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 付近の濃度の測定局が多い。
  - ・ ただし、気象等の影響により再び非達成になる可能性もあり得る。
- PM2.5の成分の比較では、自排局は、一般局に比べ、ECの割合が高い傾向が見られる。
  - ・ ECは、一般的に燃料の燃焼により発生する物質(スス)であり、自動車からも排出される。

PM2.5濃度(年平均値)のヒストグラム

地点分類別成分割合



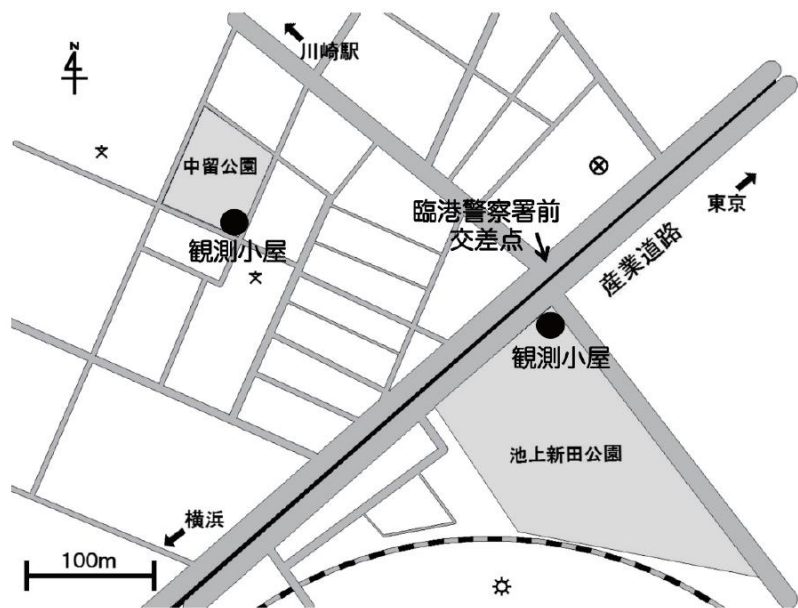
質量濃度  $12.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$   
 地点数: 115

質量濃度  $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$   
 地点数: 35

# 道路沿道におけるPM2.5濃度成分

- 道路沿道(池上)においては、後背地(中留)に比べ、微小粒子状物質に含まれるECの比率が高い。
- 2016年冬季の測定結果は、2015年冬季の測定結果とほぼ同様の傾向を示す。
- 但し、夏季のサンプリング期間中は、南風が卓越しており、交差点と後背地の両地点とも自動車以外の発生源の影響を受けた可能性があり、成分組成の違いが不明瞭になっている。

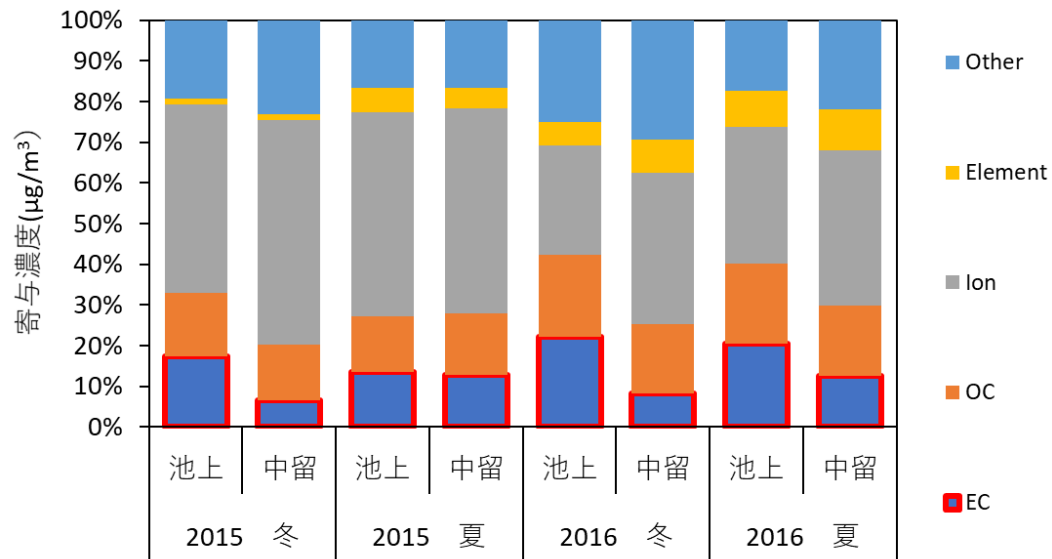
<調査地点の位置関係(道路沿道(池上)、後背地(中留))>



<測定期間>

連続測定期間	集中観測期間	捕集期間	SP-AMS測定期間
池上	池上・中留	池上・中留	池上
2014/11/1-2016/9/30	2015/1/7-2/9	2015/1/19-1/23	
	2015/7/23-8/24	2015/8/3-8/7	
	2016/1/7-2/8	2016/1/18-1/22	2016/1/15-2/15
	2016/7/21-8/23	2016/8/1-8/5	2016/7/28-8/31

道路沿道(池上)及び後背地(中留)におけるPM2.5成分割合

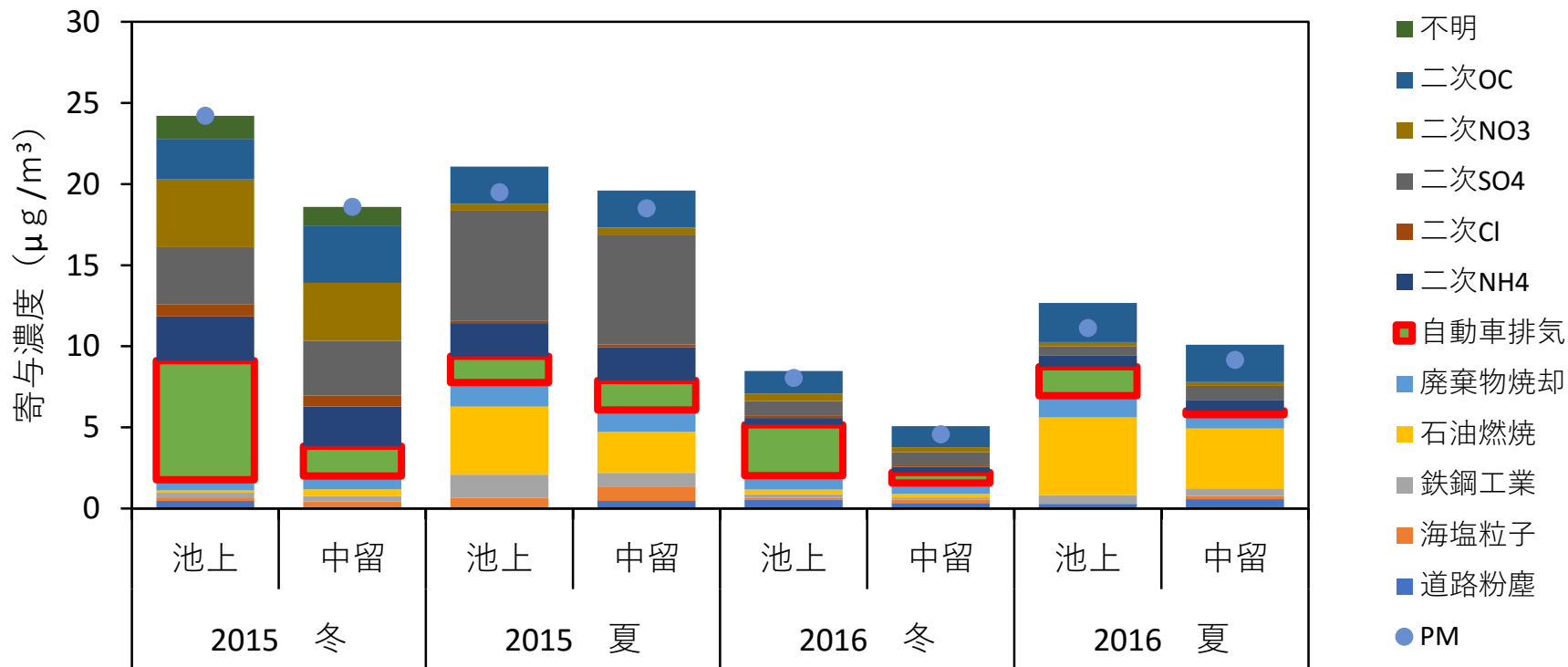


Element: 金属成分  
Ion: 硫酸イオンや硝酸イオン

# 道路沿道におけるPM2.5の発生源別寄与割合

- 道路沿道及び後背地において捕集したPM2.5に対してケミカルマスバランス(Chemical Mass Balance, CMB)法による発生源寄与解析を行い、PM2.5に対する各発生源の寄与割合を算出。
- 自動車の寄与率(平均)については、道路沿道(池上)は23%、後背地(中留)は11%である。  
(※二次生成物質については、硝酸アンモニウム等にも自動車由来の二次生成物質が含まれている可能性がある。)

道路沿道(池上)及び後背地(中留)におけるPM2.5の発生源寄与割合

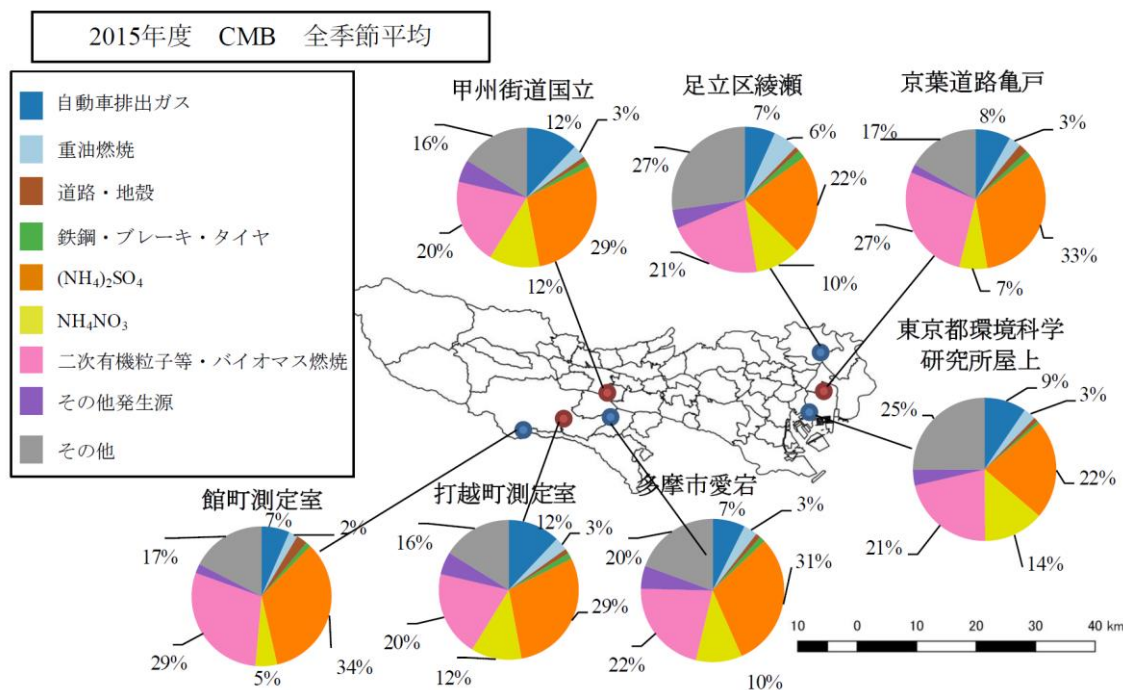




# 道路沿道以外の地点における発生源別寄与割合

- 東京都(2019)では、2015年度を対象としたCMB法による発生源寄与解析を実施。
- 一般局と自排局とを比較すると、自排局の方が自動車排出ガスの寄与割合が高い傾向が見られる。また、一般局においても、自動車排出ガスの寄与割合が1割程度あると考えられる。(※硝酸アンモニウム( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )等にも、自動車由来の二次生成物質が含まれている可能性がある。)

## 東京都におけるPM2.5の発生源寄与割合



※青点は一般局、赤点は自排局を示す(東京都環境科学研究所は常時監視測定局ではないが、ここでは一般局としている)。

※寄与割合の小さい発生源(石炭燃焼、海塩)を、「その他発生源」としている。

※CMB解析で分類されなかった濃度はその他とした。CMB解析では、二次有機粒子等とバイオマス燃焼の発生源は個々に区別されたが、他の解析との比較のため、二次有機粒子等とバイオマス燃焼の寄与を合算して示した。また、寄与割合の小さい発生源(海塩、廃棄物焼却、 $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ )は、その他発生源として示した。

- 日本国内のPM2.5濃度に対する越境大気汚染の寄与は低下しつつあり、相対的に国内発生源の寄与が高まっていることが示唆される。
- 日本国内のPM2.5濃度に対する国内発生源の寄与割合は、地域により差があるものの、概ね固定発生源と自動車の寄与が大きい。
- 工業地域に位置する一般局及び固定発生源からのPM2.5排出量が多いメッシュに含まれる一般局においては、その他の一般局と比較して、PM2.5濃度が高い傾向が見られる。
- 平成26年度ばい煙の高濃度排出施設に関する調査結果を解析した結果、ばいじん又はNO<sub>x</sub>の排出濃度が高く排出量も多い施設種が分かった。
- 自排局は一般局と比較してPM2.5濃度が高い傾向があり、成分としてはECの割合が高い。また、発生源寄与解析の結果、道路沿道では後背地と比較して自動車の寄与割合が高い。
- 道路沿道・道路沿道以外に関わらず、自動車及び固定発生源からの寄与が一定程度ある。