

課題番号：5-1506

燃焼発生源における希釈法による
凝縮性一次粒子揮発特性の
評価法の確立

課題代表者

国立環境研究所 藤谷雄二

当課題は行政ニーズ(17-2)

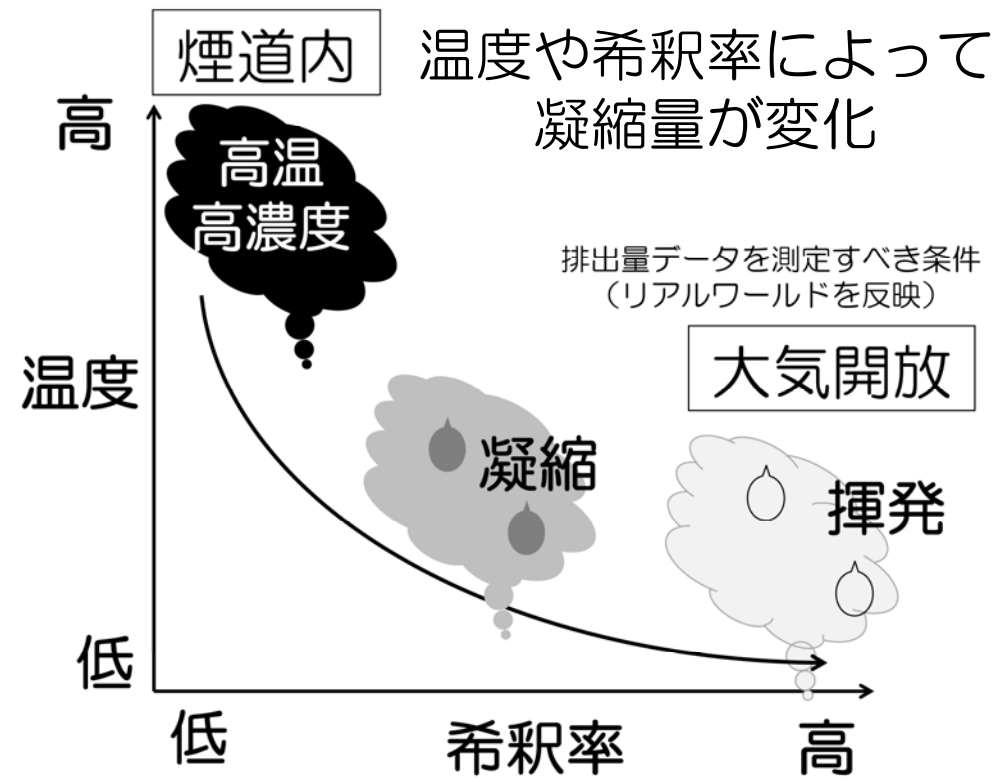
「固定煙源の凝縮性ダストを考慮した

PM2.5測定法の開発」に該当する。

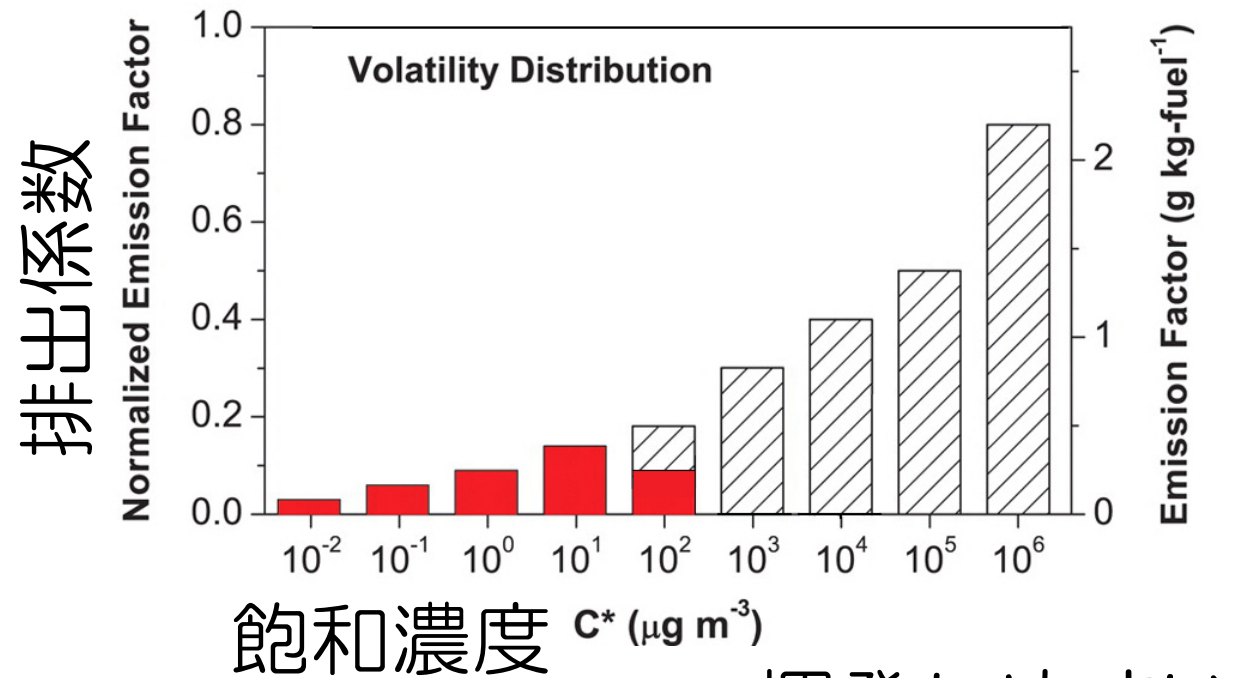
研究期間 平成27-29年度（3年間）

累積予算額 109,208千円

凝縮性ダスト



揮発性分布



→ 揮発しやすい

Robinson et al., Science, 2007

目的

燃烧発生源における一次エアロゾル（特に有機物）の
揮発性分布を得るための等温希釈法を確立する。

目標

発生源に応じた希釈手法・測定手法の提言を行う。

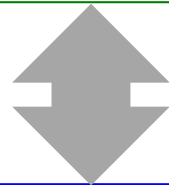
体制・各サブテーマ課題

サブ1 国立環境研究所

分担者：高見昭憲 佐藤圭 森野悠 伏見暁洋 田邊潔 近藤美則

希釈法および組成情報からの一次発生源の揮発性分布の導出

- 先端的リアルタイム測定法による揮発性分布導出法の確立
- 有機成分情報に基づく揮発性分布導出法の確立
- 揮発性分布を用いた大気モデルへの反映



揮発性分布の比較

- 煙道における粒子、ガス試料捕集
- 公定法によるPM_{2.5}排出量測定、凝縮性ダストの算出
- 簡易揮発特性測定法の確立
- 炭素、無機成分分析

捕集試料
の提供

粒子およびガス状成分の
有機物の網羅的分析

有機成分データの
提供

サブ2 日本環境衛生センター

分担者：高橋克行 加藤昌彦 吉村有史

発生源における粒子および
ガス状成分の捕集

サブ3 東京都環境科学研究所

分担者：星純也 加藤みか 石倉淳士（H26）
櫛島智恵子（H27～）

粒子およびガス状成分の
有機物の網羅的分析

本研究により得られた主な成果 (科学的意義・環境政策への貢献)

赤枠は実施事項

ケーススタディー
・ディーゼル車
・一般廃棄物焼却施設
・浄化槽汚泥乾燥焼却施設
(A重油燃烧)

揮発性分布を大気質モデルの排出量データに導入し、
PM_{2.5} (特に有機エアロゾル) 予測改善効果を確認

凝縮性ダストの測定法の提言

新規開発

精緻法・簡易法による
揮発性分布取得
(3燃料種)

揮発性分布の取得

行政貢献

精緻法
燃料種毎約30分類

低濃度煙源も適用可能

簡易法

固定発生源を対象に多くのデータを蓄積
(ただし得られる揮発性分布の範囲は限定的)

比較的安価に実施可能

固定発生源 (施設×業種×燃料種×排出低減対策) における
排出係数データの精緻化

PM_{2.5}排出量・大気中PM_{2.5}濃度予測の精緻化

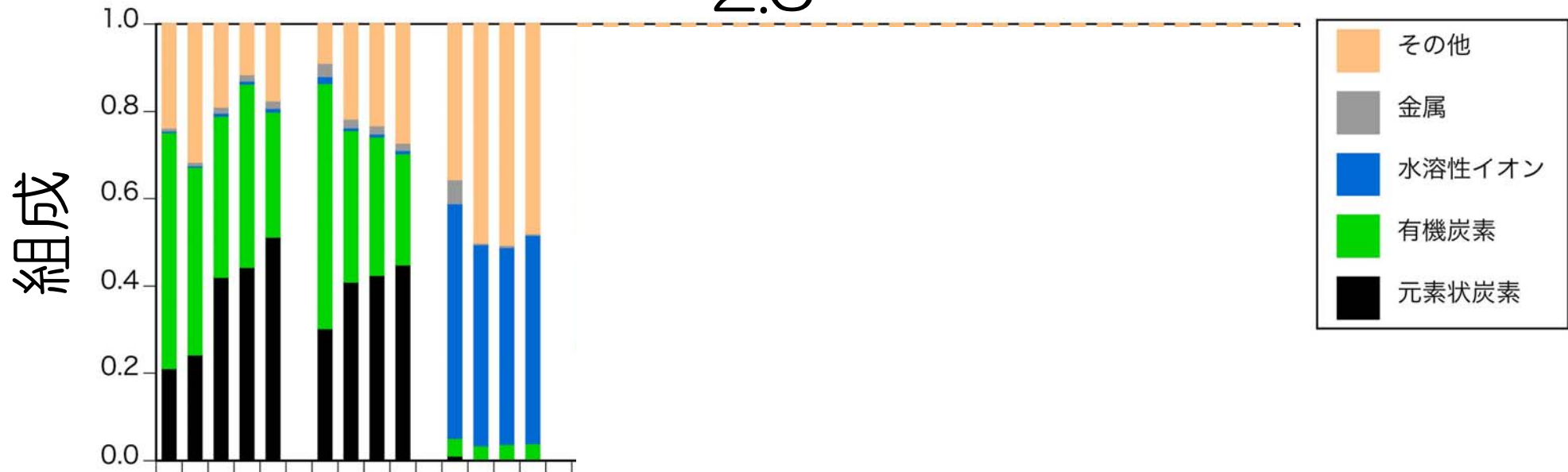
試験対象と排ガス特性



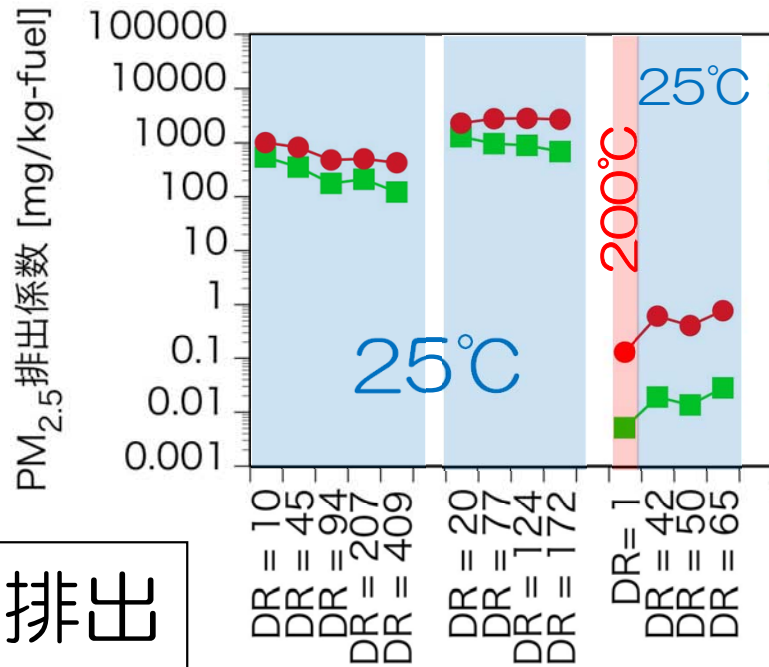
	H26 ディーゼル貨物車	H27 一般廃棄物焼却施設	H28 浄化槽汚泥乾燥焼却施設
燃料	軽油	一般廃棄物	し渣・汚泥＋A重油
処理規模	-	200 トン/日	110 kl/日
炉内温度 [°C]	2000	1000	700-800
後処理	酸化触媒	消石灰・バグフィルタ	サイクロン
煙道内流速 [m/sec]	1.8	13.0	16.0
煙道内水分量 [%]	-	19.8	8.4
煙道内排ガス温度 [°C]	25	200	160
煙道内PM ₁₀ [μg/m ³]	213.9	38.0	19507
希釈後試料空気温度 [°C]	25	25	25

PM_{2.5}特性

高橋ら、大気環境学会、2017



未発表データに付き図から除外



煙道粒子に対する
凝縮性粒子の濃度比

一般廃
棄物

排出
係数

定常運転 過渡運転
ディーゼル貨物車

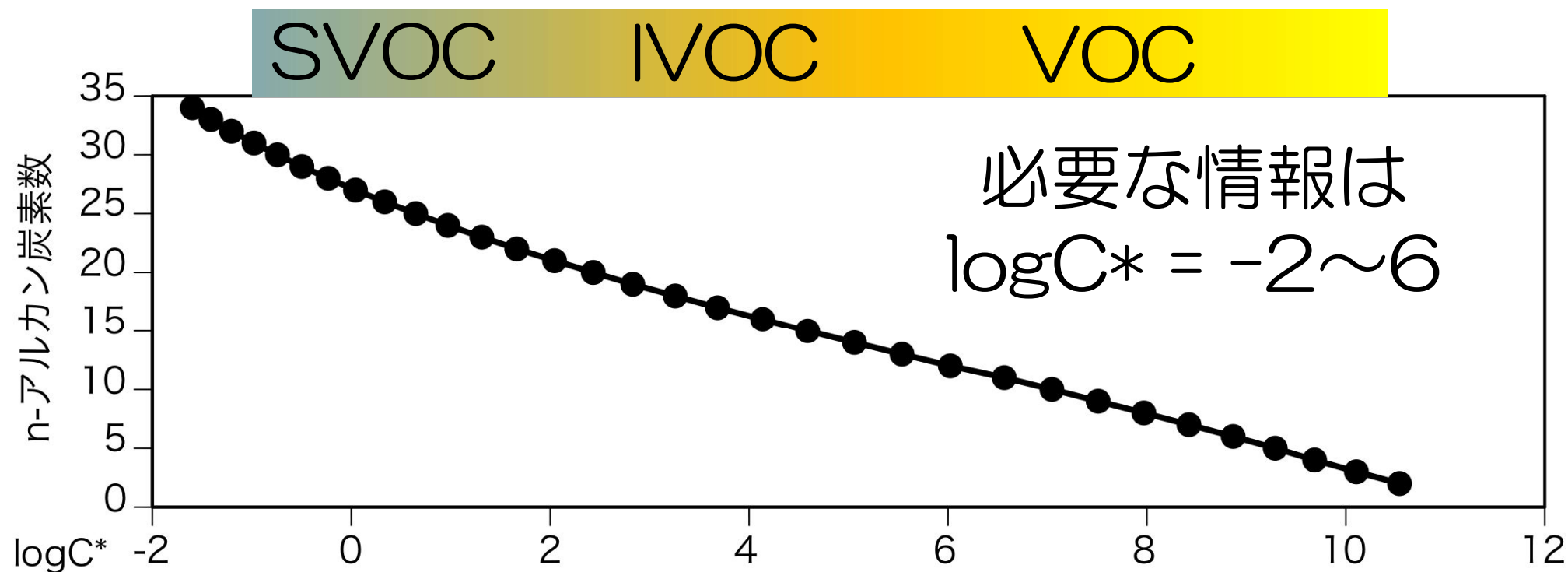
一般廃棄物

浄化槽汚泥+A重油

粒子 質量	4.50
有機 炭素	3.92

揮発性分布導出法

IVOC : intermediate VOC



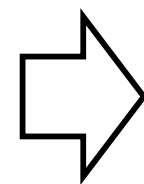
簡易法（等温希釈法+
フィルタ法+炭素分析）

等温希釈法+リアルタイム
粒子状有機物濃度

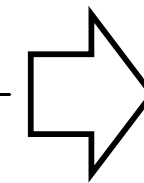
リアルタイムガス状有機物
濃度+物性情報

各種有機物粒子・ガス濃度+物性情報

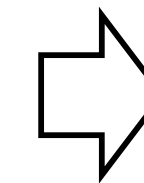
精緻法



簡易揮発特性測定法の確立



先端的リアルタイム
測定法による揮発性分布
導出法の確立



有機成分情報に基づく
揮発性分布導出法の確立

煙道



希釈
装置

清浄空気使用（活
性炭処理、HEPA
フィルター処理）

滞留
チャンバ

精緻法（データは浄化槽汚泥+A重油燃烧）

粒子・SVOC・ガス捕集

有機分析
ガス253物質
粒子132物質

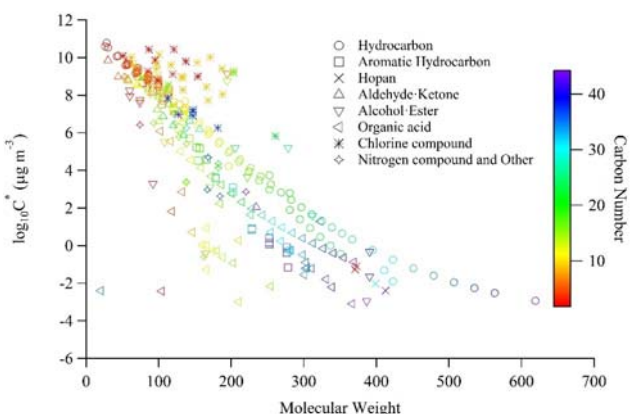
蒸気圧データ整備
（310物質）

Particle Gas
● Hydrocarbon
● Aromatic Hydrocarbon
● Hopan
● Aldehyde&Ketone
● Alcohol&Ester
● Organic acid
● Chlorine compound
● Nitrogen compound and Other

リアルタイム
測定

SVOC、IVOC

粒子状
有機物



未発表データに付き除外

分子量（各有機分子）と
C*の関係

藤谷ら、大気環境学会、2016

各有機分子の
粒子状ガス状濃度

粒子ガス分配比 X_p と
粒子状有機物濃度 C_{OA} の関係

$$X_p = \frac{C_{OA}}{C_{OA} + C_{SVOC}}$$

$-2 < \log C^* < 4$

統合

$0 < \log C^* < 6$

未発表データに付き除外

$$X_p = \sum_{i=1}^n f_i \left(1 + \frac{C_i^*}{C_{OA}} \right)^{-1}$$

先端的リアルタイム
測定法による揮発性分布

$-2 < \log C^* < 6$

未発表データに付き除外

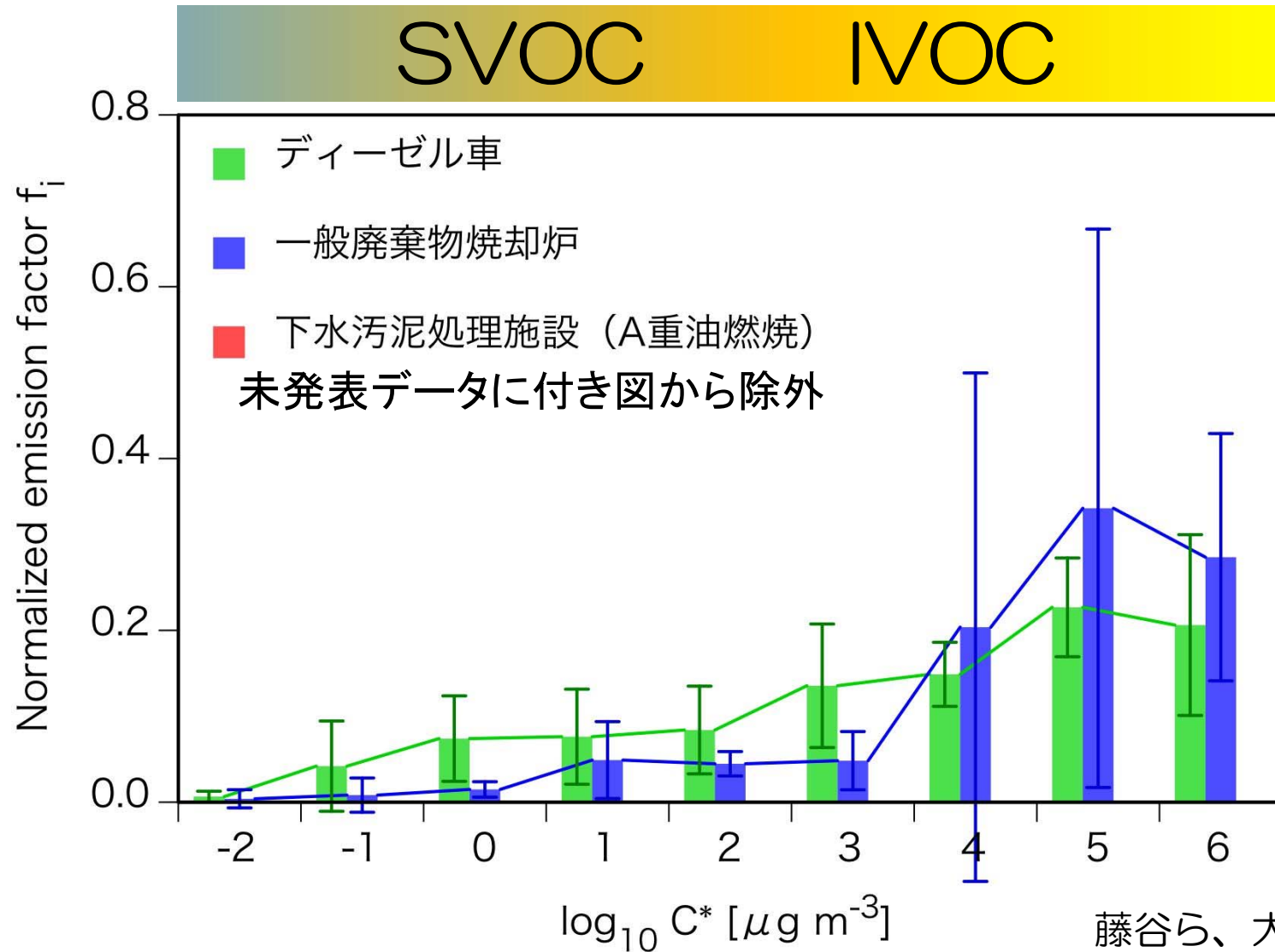
質量スペクトルとシグナル強度

有機成分情報に基づく
揮発性分布

$-2 < \log C^* < 6$

揮発性分布

(複数の発生条件・複数の手法で得られた平均値)



- リアルタイム測定
- 有機分析+実測蒸気圧
- 有機分析+SPARCによる蒸気圧
- 有機分析+Antoine式による蒸気圧

藤谷ら、大気環境学会、2016、2017

複数の精緻な手法により、揮発性分布が取得できた

簡易法（希釈法＋フィルター法＋炭素分析）

適用範囲：ある程度高濃度の発生源に限る
（煙道で有機炭素50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度）

煙道

希釈倍率
3点程度

希釈
装置

清浄空気使用（活
性炭処理、HEPA
フィルター処理）

滞留
チャンバ

フィルタ採取

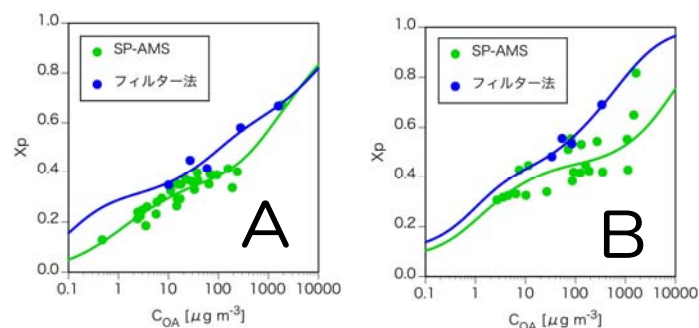
炭素分析

テフロンA（粒子） 石英A（SVOC）

PM2.5分級器

石英B（粒子＋SVOC）

粒子ガス分配比 X_p と
粒子状有機物濃度 C_{OA} の関係



$$X_p = \frac{C_{OA}}{C_{OA} + C_{svoc}}$$

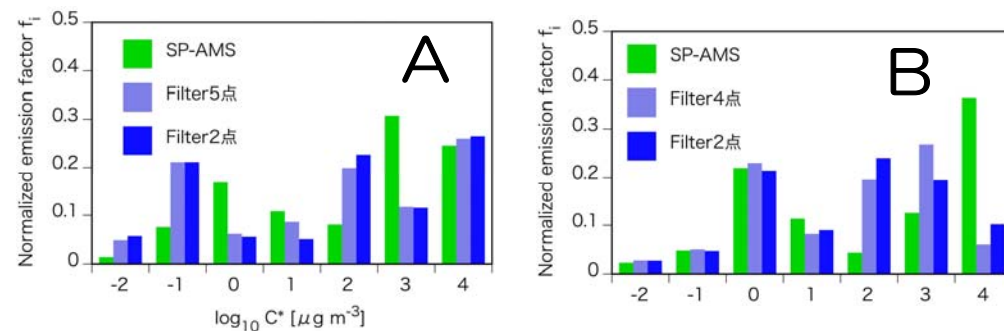
C 未発表データに
付き図から除外

フィッティング

$$X_p = \sum_{i=1}^n f_i \left(1 + \frac{C_i^*}{C_{OA}} \right)^{-1}$$

A：ディーゼル定常
B：ディーゼル過渡
C：浄化槽汚泥燃焼
廃棄物燃焼は低濃度のため
簡易法では取得できず

揮発性分布
（リアルタイム測定装置と簡易法の比較）



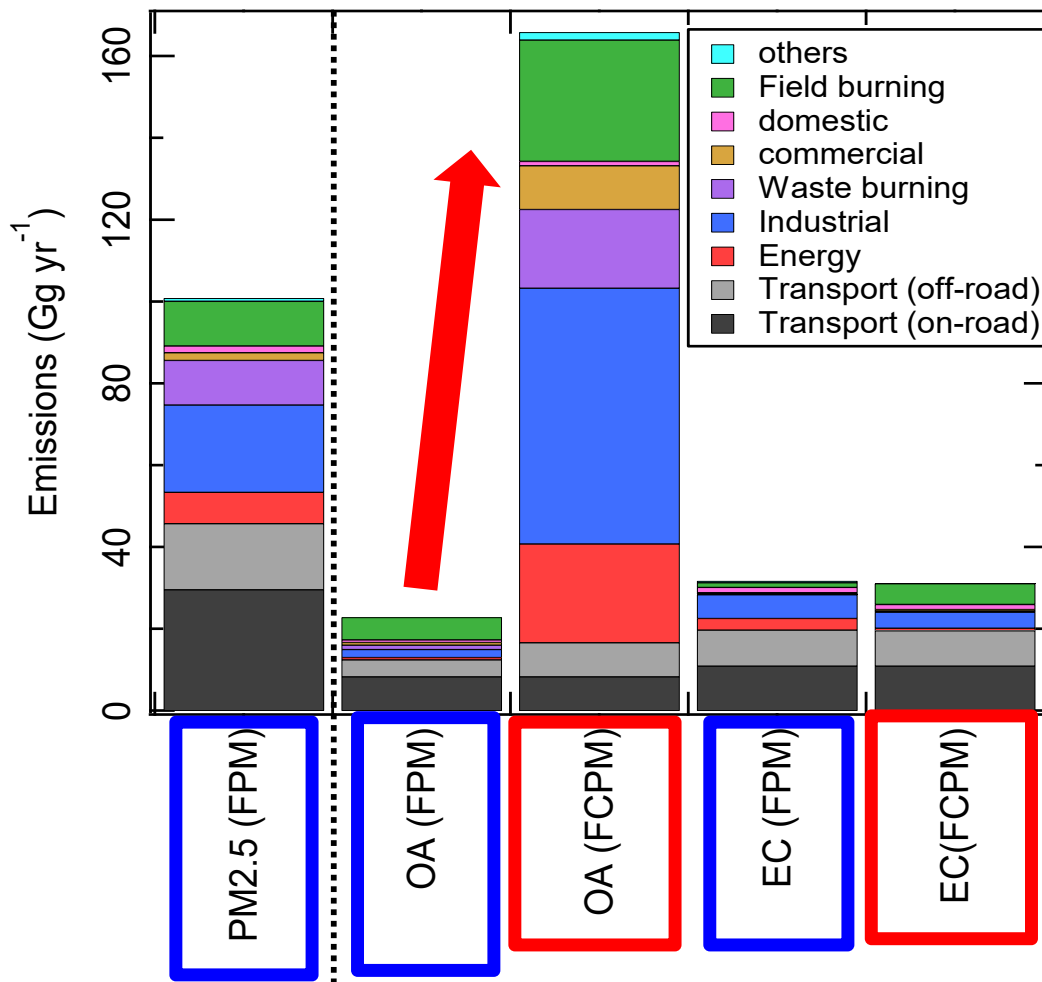
$$-2 < \log C^* < 4$$

C 未発表データに付き図から除外

IVOCはこの手法で取得できないため今後の課題

凝縮性ダストを含めたPM_{2.5}排出量推計と大気質モデルへの入力

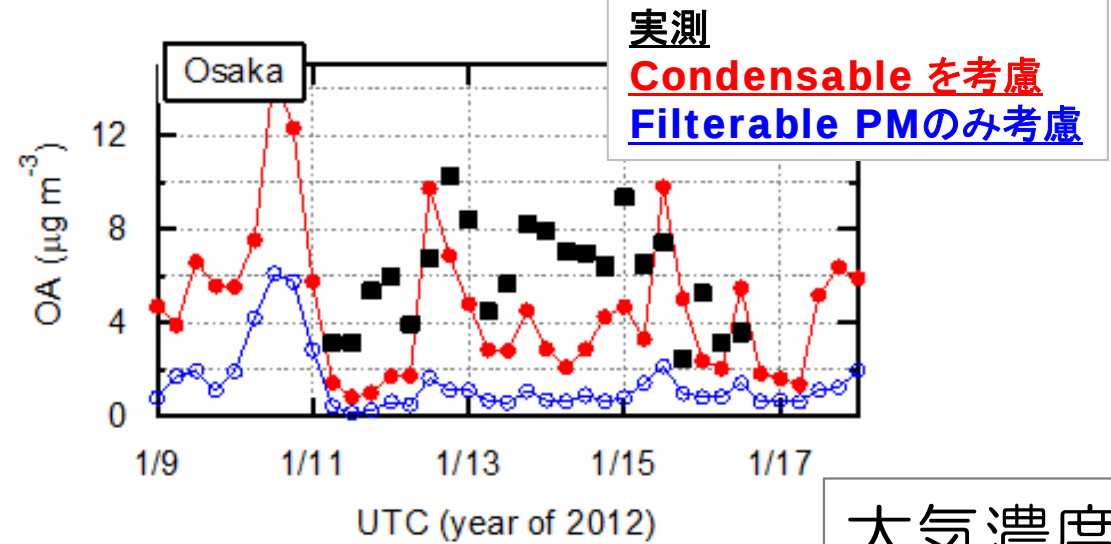
排出量データ



希釈無で測定

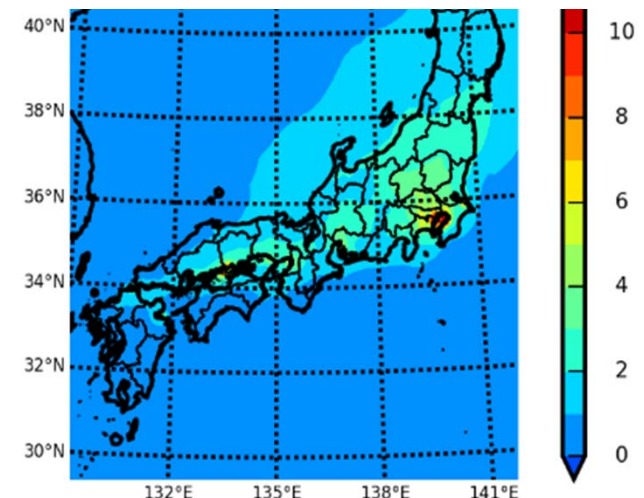
希釈有で測定

Filterable PM **Condensable PM**



大気濃度

夏季（凝縮性ダスト考慮有無の増分）



凝縮性ダストを考慮することで、冬季にOA再現性が向上。特に都市域・工業地帯においてOA濃度が増大

森野ら、大気環境学会、2017

- ✓ 凝縮性ダストによりOA排出量が7倍に増大。
- ✓ ECは凝縮性ダストを考慮しても変化なし。

国民との科学・技術対話

- 1) 国立研究開発法人国立環境研究所・夏の大公開、展示・研究紹介「燃烧発生源における希釈法による凝縮性一次粒子揮発特性の評価法の確立」
(27年7月18日(土)、国立環境研究所環境リスク研究棟、見学者200名以上)
- 2) 国立研究開発法人国立環境研究所・夏の大公開、展示・研究紹介「PM2.5を測ってみよう」
(27年7月18日(土)、国立環境研究所研究本館I棟、見学者200名以上)
- 3) 国立研究開発法人国立環境研究所・公開シンポジウム、研究紹介「東アジアの大気・海洋汚染」
(28年6月17日(金)、京都市ロームシアター京都、参加者250名以上)
- 4) 国立研究開発法人国立環境研究所・公開シンポジウム、研究紹介「東アジアの大気・海洋汚染」
(28年6月24日(金)、東京都メルパルクホール、参加者500名以上)
- 5) 出張講義「越境大気汚染とPM2.5とその影響」 (28年7月8日(金)、茨城県つくば市私立茗溪学園・高校1年生、聴講者約100名)
- 6) 国立研究開発法人国立環境研究所・夏の大公開、展示・研究紹介「燃烧発生源における希釈法による凝縮性一次粒子揮発特性の評価法の確立」
(28年7月23日(土)、国立環境研究所環境リスク研究棟、見学者500名以上)
- 7) 国立研究開発法人国立環境研究所・夏の大公開、展示・研究紹介「粒子をみてみよう！」
(28年7月23日(土)、国立環境研究所ナノ粒子健康影響実験棟、見学者400名以上)
- 8) 国立研究開発法人国立環境研究所・夏の大公開、展示・研究紹介「PM2.5を測ってみよう」
(28年7月23日(土)、国立環境研究所研究本館I棟、見学者200名以上)
- 9) 大気汚染とPM2.5を考える～PM2.5を正しく知ることで見えてくるもの～第7回低炭素まちづくりフォーラムin埼玉～つながろう広がろうエコの輪～
(平成28年12月10日(土)、埼玉大学、聴講者約20名)
- 10) 国立研究開発法人国立環境研究所・公開シンポジウム、研究紹介「PM2.5等による大気汚染 ―今後の対策に向けて―」
(29年6月16日(金)、滋賀県びわ湖ホール、参加者250名以上)
- 11) 国立研究開発法人国立環境研究所・公開シンポジウム、研究紹介「PM2.5等による大気汚染 ―今後の対策に向けて―」
(29年6月23日(金)、東京都メルパルクホール、参加者500名以上)
- 12) 国立研究開発法人国立環境研究所・夏の大公開、展示・研究紹介「燃烧発生源における希釈法による凝縮性一次粒子揮発特性の評価法の確立」
(29年7月22日(土)、国立環境研究所環境リスク研究棟、見学者500名以上)
- 13) 国立研究開発法人国立環境研究所・夏の大公開、展示・研究紹介「粒子をみてみよう！」
(29年7月22日(土)、国立環境研究所ナノ粒子健康影響実験棟、見学者400名以上)