

令和元年度環境研究総合推進費【5-1951】【委託費（環境問題対応型研究）】

J P M E E R F 2 0 1 9 5 0 5 1

重点課題 主：【重点課題14】化学物質等の包括的なリスク評価・管理の推進に係る研究

副：【重点課題15】大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び評価・解明に関する研究

多環芳香族炭化水素類を含む粒子状物質が関与する新しい慢性咳嗽疾患に関する環境疫学的研究

研究代表機関 金沢大学

研究代表者 中村裕之

(金沢大学医薬保健研究域医学系衛生学・公衆衛生学)

<研究分担機関> 国立病院機構 福岡病院、金沢大学、
国立研究開発法人 国立環境研究所

<研究協力機関> 岡山大学、長崎大学、国立病院機構相模原病院

多環芳香族炭化水素類を含む粒子状物質が関与する 新しい慢性咳嗽疾患に関する環境疫学的研究

1. はじめに（研究背景等）
2. 研究開発目的
3. 研究目標
4. 研究開発内容
- 5-1. 成果の概要
- 5-2. 環境政策等への貢献
- 5-3. 研究目標の達成状況
6. 研究成果の発表状況

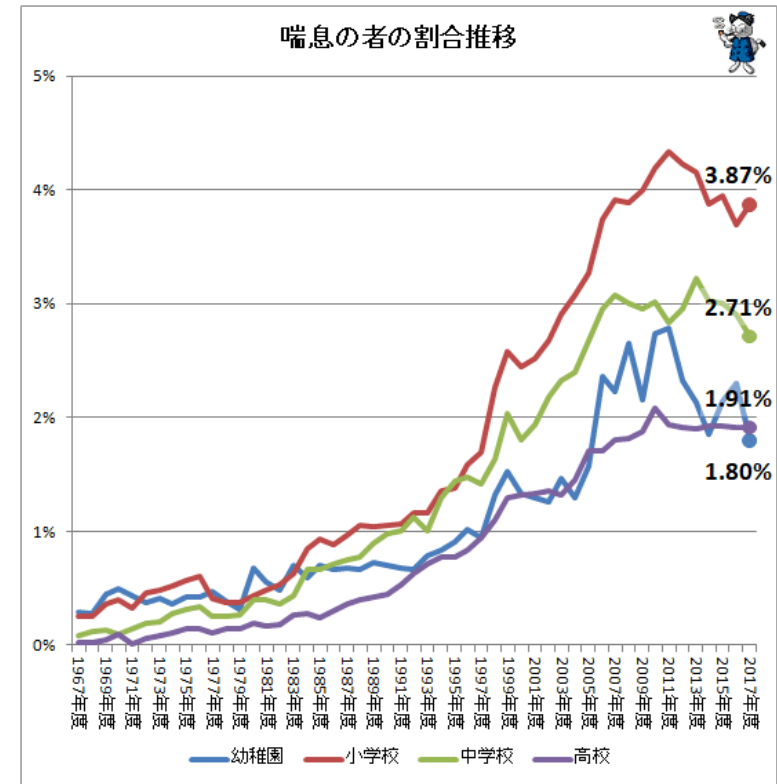
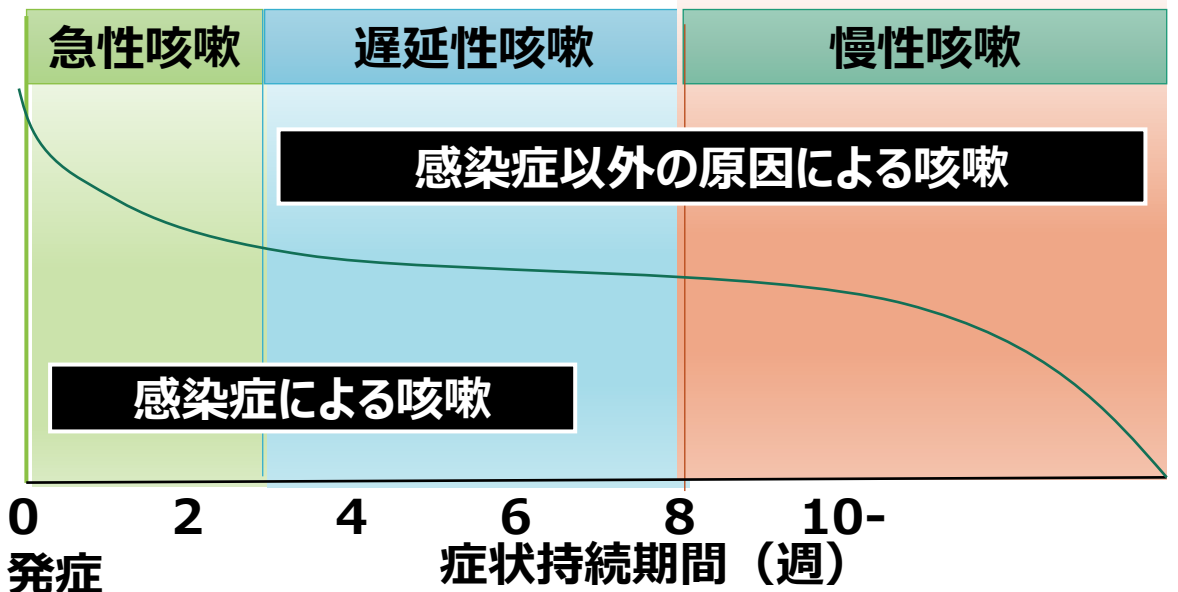
慢性咳嗽（がいそう）疾患とは

慢性咳嗽とは、8週間以上継続する咳嗽を指す。従来、慢性気管支炎や感染後咳嗽あるいは典型的な気管支喘息症があり、特に気管支喘息症と環境中の粒子状物質の関連が注目されてきた。

環境中の粒子状物質による慢性咳嗽疾患の社会問題

咳喘息、アトピー性咳嗽や副鼻腔気管支症候群など、典型的な気管支喘息とは異なる**新たな慢性咳嗽疾患**が昨今、増加しており、これらがPM含有有害物質によってもたらされている可能性が指摘されている。**多環芳香族炭化水素類**を含む粒子状物質の新しい慢性咳嗽疾患に対する影響を環境疫学的に調べ、行政上の予防策を講ずることは環境医学上の喫緊の課題である。

文部科学省学校保健統計調査



なぜ PAH類 か？

– PMを構成するPAH類の動態の違いから呼吸器疾患因子を探る –

PAH類の
健康影響

循環器系疾患
心筋梗塞 など

内分泌かく乱
J. Health Sci. (2008), (2011)

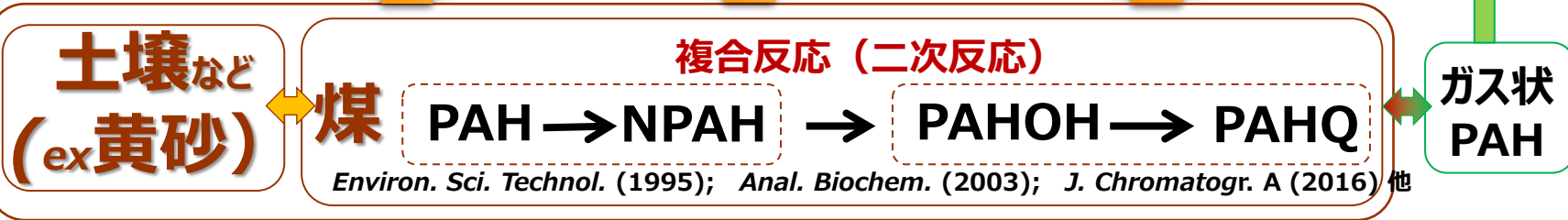


活性酸素種過剰産生
J. Health Sci. (2009)

呼吸器系疾患
喘息, がん など

遺伝子変異/発がん
Polycycl. Aromat. Comp. (2012)

代謝活性化



PAH類の存在様態
/化学反応

粒子状物質(PM)/
PAH類の発生源

PM (粒子状物質)

Atmos. Environ. (2005)

[NPAH]/[PAH]

小 ←

→ 大



砂嵐



野焼き



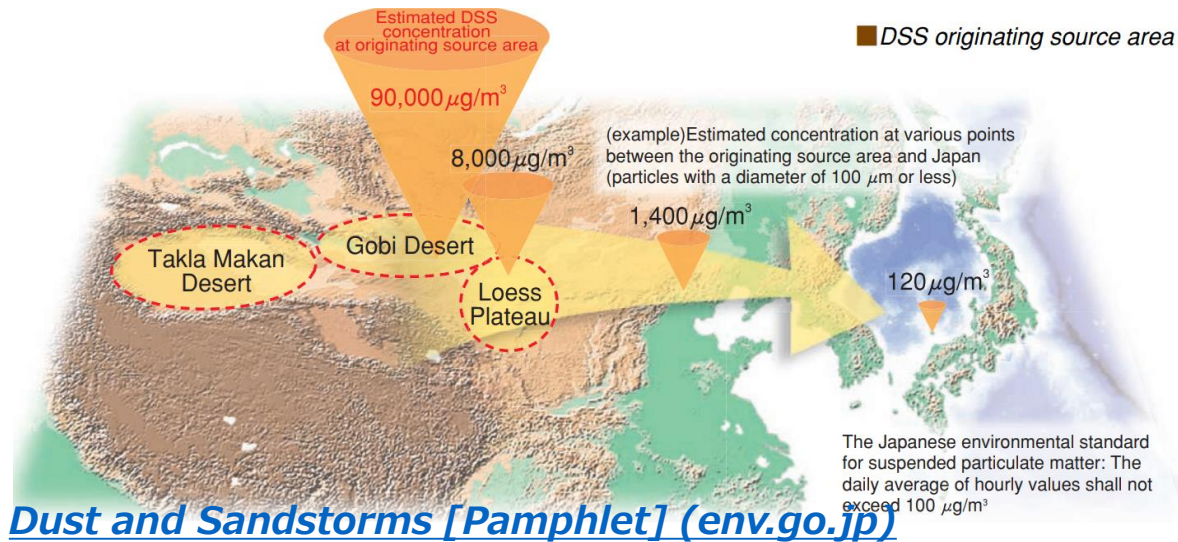
工場/暖房



自動車

(略号) : PAH: 多環芳香族炭化水素, NPAH: PAHニトロ体, PAHOH: PAH水酸化体, PAHQ: PAHキノン体

大陸からの黄砂(ASD)の輸送ルートからみたPAHsとTSP



Dept. of Hygiene and Public Health, Kanazawa University

ASDと大気中化学物質による健康影響研究

Cough

Atmos. Environ. (2016) 140 34-41
Int. J. Environ. Res. Public Health (2016) 13 800
Int. J. Environ. Res. Public Health (2016) 13 110
Atmos. Environ. (2014) 92 506-513

Itchy eyes

Int. J. Environ. Res. Public Health (2016) 13 110

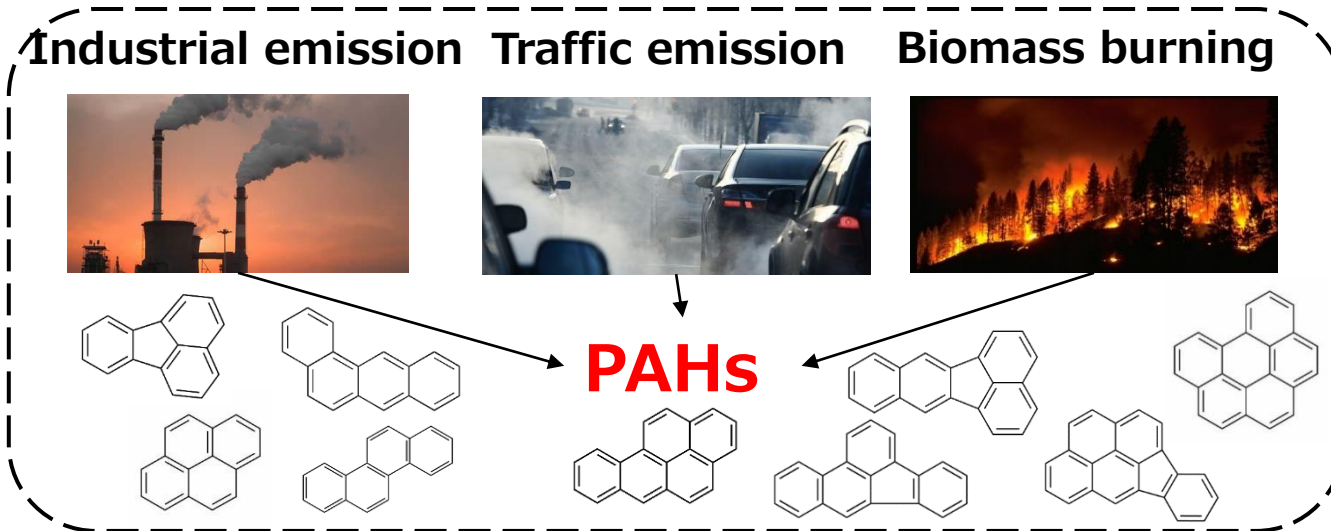
Allergy

Atmos. Environ. (2014) 97 537-543

目的1:大陸からの黄砂(ASD)の輸送ルートからみた金沢と福岡PAHsとTSPレベルの違いを明らかにする

Funded by Environment Research and Technology Development Fund (JPMEERF20195051)

大陸からの黄砂は東アジアに有害化学物質を運んでいる



PAHs: polycyclic aromatic hydrocarbons; TSP: total suspended particles

多環芳香族炭化水素類を含む粒子状物質が関与する 新しい慢性咳嗽疾患に関する環境疫学的研究

1. はじめに（研究背景等）
2. 研究開発目的
3. 研究目標
4. 研究開発内容
- 5-1. 成果の概要
- 5-2. 環境政策等への貢献
- 5-3. 研究目標の達成状況
6. 研究成果の発表状況

研究の目的と目標

目的

- 1.慢性咳嗽の原因は越境輸送PMにあるか？
- 2.PMのどんな成分が慢性咳嗽発症/増悪の本体か？
- 3.慢性咳嗽の原因物質の飛来を予測できるか？

研究目標

- 1.金沢・能登半島と福岡・福江島の異なる地域でPM（PAH類，黄砂）の発生と輸送を広域的に解析する
- 2.越境輸送PM（PAH類，黄砂）と慢性咳嗽（気管支喘息、咳喘息、アトピー性咳嗽）の関係を解明する
- 3.小児および成人におけるPM成分と慢性咳嗽疾患との因果関係を明らかにすることによって、環境基準への提言を含めて新しい予防法を開発する

多環芳香族炭化水素類を含む粒子状物質が関与する 新しい慢性咳嗽疾患に関する環境疫学的研究

1. はじめに（研究背景等）
2. 研究開発目的
3. 研究目標
- 4. 研究開発内容**
- 5-1. 成果の概要
- 5-2. 環境政策等への貢献
- 5-3. 研究目標の達成状況
6. 研究成果の発表状況

サブテーマと組織

【サブテーマ1】

中村（研究代表者、金沢大学医学系）
能登半島と金沢における環境疫学研究

【サブテーマ2】

小田嶋（国立病院機構 福岡病院）
長崎福江と福岡における環境疫学研究



金沢大学附属病院患者

国立福岡病院患者

病院疫学
＜都市部＞



石川県志賀町住民

長崎県福江島住民

住民疫学
＜非都市部＞

【サブテーマ3】

早川（金沢大学環日本海域環境研究センター）
能登半島と金沢における物理化学解析

【サブテーマ4】

高見（国立環境研究所）
長崎福江と福岡における物理・化学解析

臨床情報・疫学情報（サブテーマ1と2から）
家族歴、現病歴・現症、生活習慣（喫煙、飲酒、栄養、運動など）、治療歴、呼吸器疾患（喘息、咳喘息、アトピー性咳嗽、肺がん）、併存疾患（アレルギー、循環器疾患、肥満症など）、病態検査（アレルギー検査（RIST, RASTなど）、呼気NO、ピークフロー）

データベース
構築

環境情報（サブテーマ3と4から）
PM_{2.5}/PM₁₀, SO_x, NO_x, CO, O₃, ライダー観測, PAH, NPAH, PAHOH, PAHQ、気象条件など
【解析】一次発生源の寄与を推計、極東アジアの燃焼由来PMの広域分布マップを作成し、最新PAH類動態シミュレーション式を導出

【総合解析】 Nested case-control study（トリプルコントロール）及び一般化線形方程式モデル（曝露と症状および呼吸機能のlagモデル）を中心に

田舎：福江
都会：福岡



田舎：能登
都会：金沢

SPM: suspended particulate matter
PM2.5: particulate matter w/ aerodynamic diameter $\leq 2.5\mu\text{m}$

サンプリングと測定法



High-volume air sampler



Liquid-liquid extraction



High-performance liquid chromatography / fluorescent detector

臨床診断と症状および呼吸機能モニタリング

臨床診断

- ・気道過敏性テスト
- ・呼吸機能測定
(ピークフロー値、一秒量、呼気NOなど)
- ・カプサイシンテスト
- ・血中IgE (RAST, RIST)

特異的臨床診断

気管支喘息：喘鳴、気道過敏性

咳喘息：気道過敏性

アトピー咳嗽：たばこの煙、冷気、線香の煙

ピークフロー検査 (呼吸機能モニタリング)



アレルギー日記 (症状モニタリング)

平成25年 ※この日記は症状のない方もぜひご記入ください

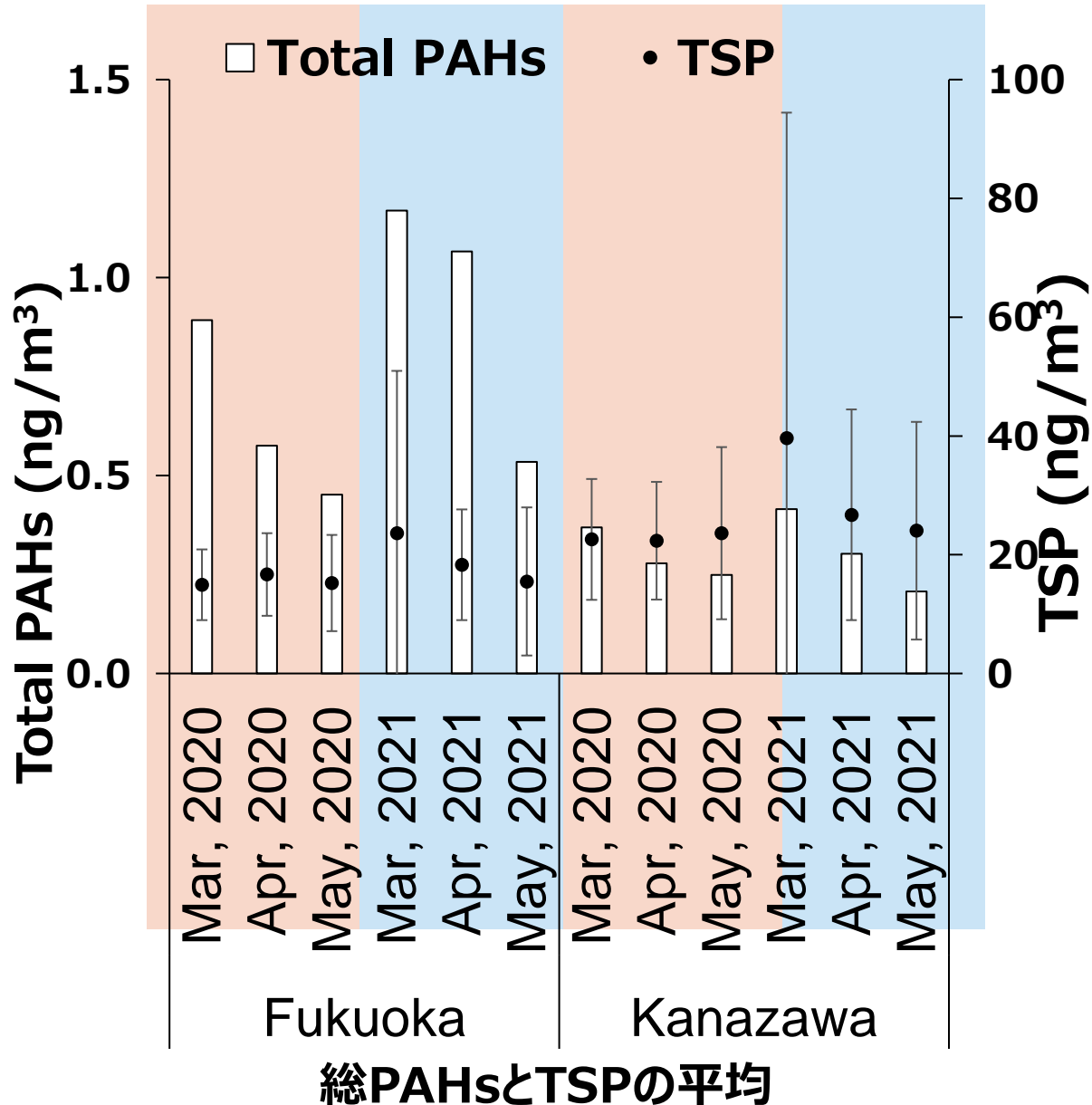
症状	日付	9/30 (月)			10/1 (火)			10/2 (水)		
		朝	昼	夜	朝	昼	夜	朝	昼	夜
外出	外出した場合○		○		○	○		○	○	
マスク	使用した場合○		○		○	○		○	○	
花粉症の薬(内服・点鼻・点眼)	使用日に○									○
ステロイド内服薬 (プレドニン・リンデロン)						○				
全く症状なし	何も症状がなかった場合に○	○								
↓ 一つでも症状があった方は以下へ										
くしゃみ	なし									○
	少ない (5回以下)									
	多い (6回以上)									
鼻みず	なし									○
	少ない (5回以下)									
	多い (6回以上)									
鼻づまり		なし・あり		なし	あり		なし	あり		
鼻のかゆみ		なし・あり		なし	あり		なし	あり		
眼のかゆみ		なし・あり		なし	あり		なし	あり		
眼の不快感 (かゆみ以外)	眼の不快感の例) 眼がゴロゴロする 眼が痛い				なし	あり		なし	あり	
皮膚のかゆみ		なし・あり		なし	あり		なし	あり		
せき回数	なし									○
	少ない (5回以下)									
	やや多い (6~10回)									
	多い (11回以上)									
せき強さ	軽い									○
	やや強い									
	強い									
たん量	なし									
	少ない					○				○
	多い									
夜間睡眠	安眠できた					○				○
	あまり眠れなかった									
	全く眠れなかった									
ぜんそく発作	症状あった場合○					○				
ぜいぜい、ヒューヒュー						○	○			
胸づまり感						○				○
ピークフロー	朝 吸入前		320		310		350			
	夜 吸入前		330		320		330			
発作薬(サルタノール・メブチン)	使用日に○					○				

目的2: 小児および成人におけるPM成分と新しい慢性咳嗽疾患との因果関係の解明による慢性咳嗽の予防法の開発 (「咳嗽に関するガイドラインの改訂」を含む)

多環芳香族炭化水素類を含む粒子状物質が関与する 新しい慢性咳嗽疾患に関する環境疫学的研究

1. はじめに（研究背景等）
2. 研究開発目的
3. 研究目標
4. 研究開発内容
- 5-1. 成果の概要**
- 5-2. 環境政策等への貢献
- 5-3. 研究目標の達成状況
6. 研究成果の発表状況

サブテーマ1 能登半島と金沢における環境疫学研究（金沢大学）



TSP: Fukuoka < Kanazawa
 Total PAHs: Fukuoka > Kanazawa
 2020 < 2021

2021年春に黄砂現象が起こった

総PAHsとTSPの相関

Total PAHs	TSP		** p < 0.01	
	Fukuoka		Kanazawa	
	non-ASD	ASD	non-ASD	ASD
	0.321**	0.059	0.521**	0.526**

PAHsとTSPの発生源は異なっている

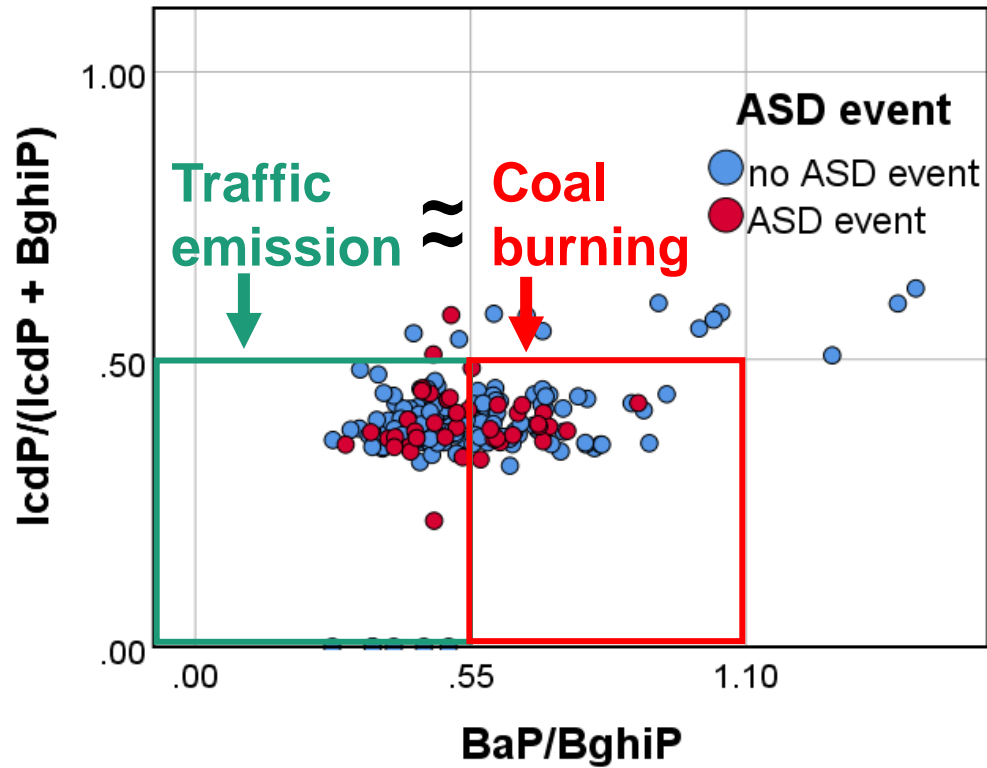
福岡と金沢の黄砂日と非黄砂日のPAHとTSPの比較

Air pollutants	Fukuoka					Kanazawa					<i>p</i> -value (Fukuoka vs. Kanazawa)
	no ASD (n=143)		ASD (n=41)		<i>p</i> - value	no ASD (n=150)		ASD (n=33)		<i>p</i> - value	
	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD		
Flt (ng/m ³)	0.16	0.18	0.18	0.25	0.414	0.06	0.03	0.09	0.04	<0.001	<0.001
Pyr (ng/m ³)	0.12	0.12	0.14	0.16	0.431	0.05	0.02	0.07	0.03	<0.001	<0.001
BaA (ng/m ³)	0.03	0.04	0.03	0.04	0.525	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	<0.001
Chr (ng/m ³)	0.08	0.08	0.09	0.11	0.427	0.02	0.01	0.04	0.02	<0.001	<0.001
BbF (ng/m ³)	0.12	0.11	0.13	0.13	0.534	0.04	0.02	0.06	0.03	<0.001	<0.001
BkF (ng/m ³)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.791	0.01	0.01	0.02	0.01	<0.001	<0.001
BaP (ng/m ³)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.870	0.02	0.01	0.03	0.01	<0.001	<0.001
BghiP (ng/m ³)	0.10	0.08	0.11	0.09	0.492	0.04	0.02	0.06	0.02	<0.001	<0.001
IcdP (ng/m ³)	0.06	0.05	0.07	0.05	0.781	0.03	0.02	0.04	0.02	<0.001	<0.001
ΣPAHs(ng/m ³)	0.76	0.73	0.85	0.92	0.503	0.28	0.15	0.43	0.18	<0.001	<0.001
TSP (μg/m ³)	14.10	7.12	28.85	23.2	<0.001	20.4	9.13	54.57	51.17	0.001	<0.001

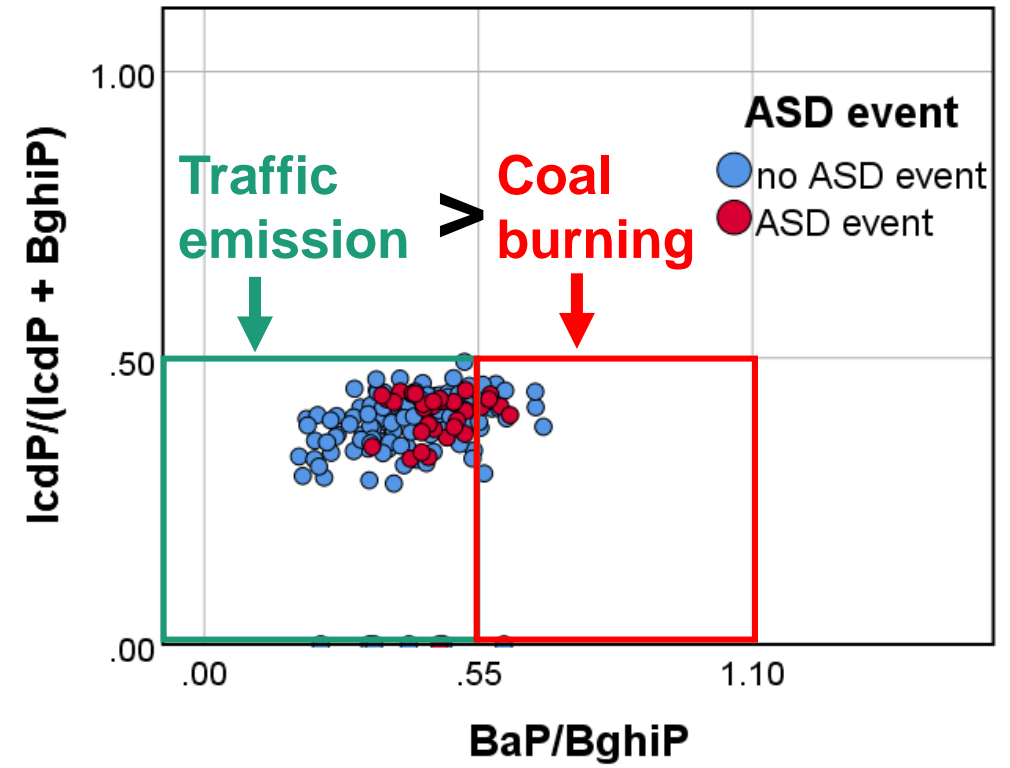
福岡は黄砂日と非黄砂日のPAHとTSPは、いずれも金沢とは大きく異なる

福岡と金沢の黄砂日と非黄砂日のPAH発生源指標の分布の比較

福岡



金沢

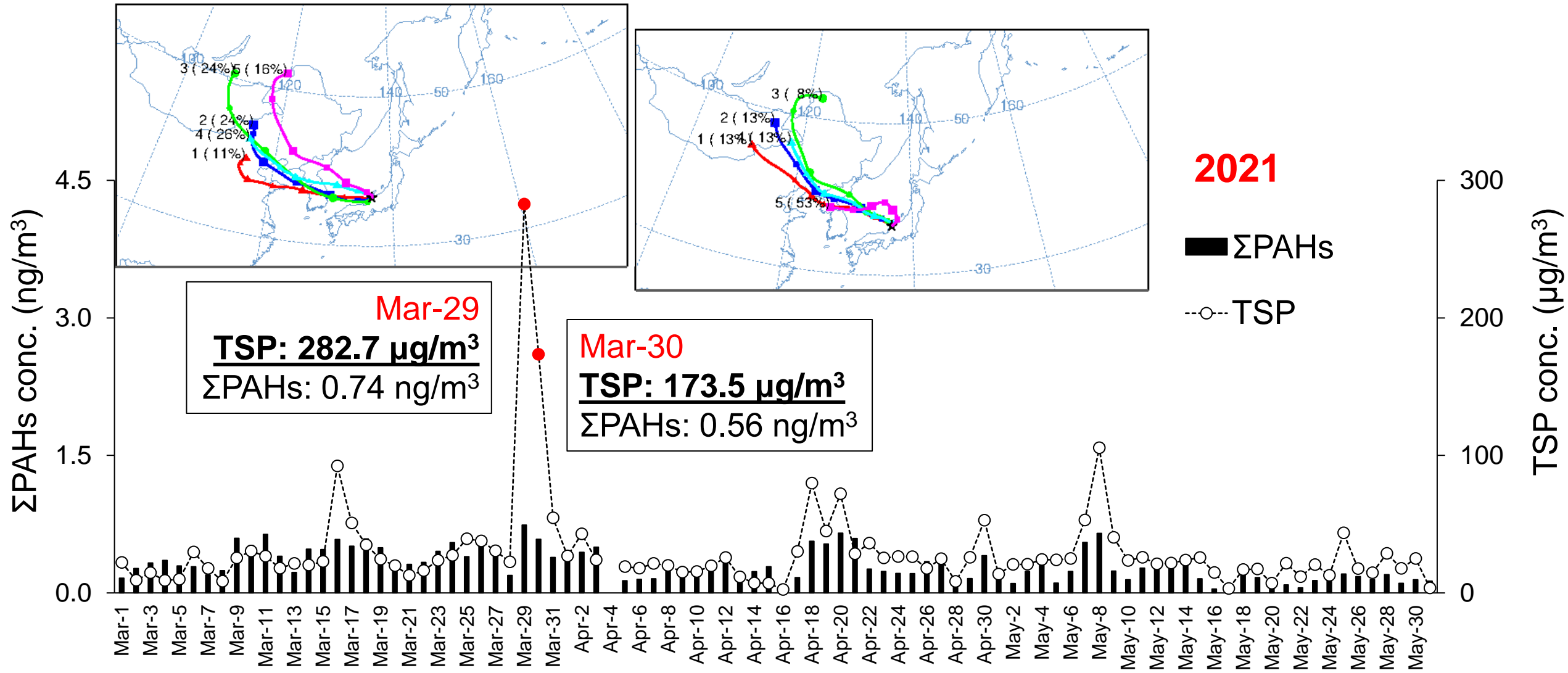


石炭燃焼は冬季（3月）の暖房と春季（4-5月）と経済的燃焼により発生

交通車両からの排出はローカル由来が主だが、一部大陸由来の石炭燃焼由来

福岡：ローカル（北九州工業地帯）と大陸由来の石炭燃焼
金沢：ローカルからの交通車両由来と大陸由来の石炭燃焼

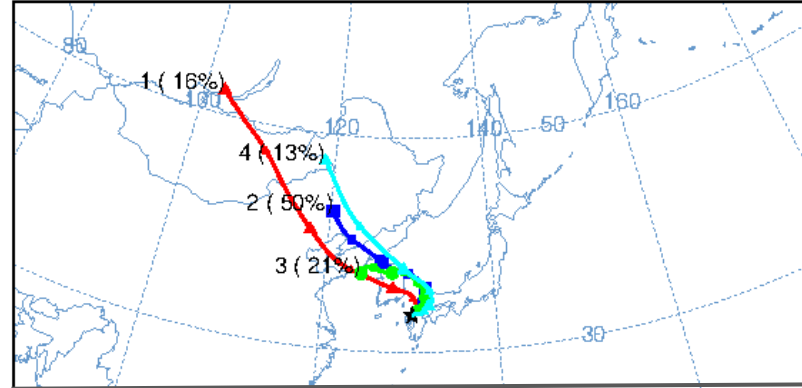
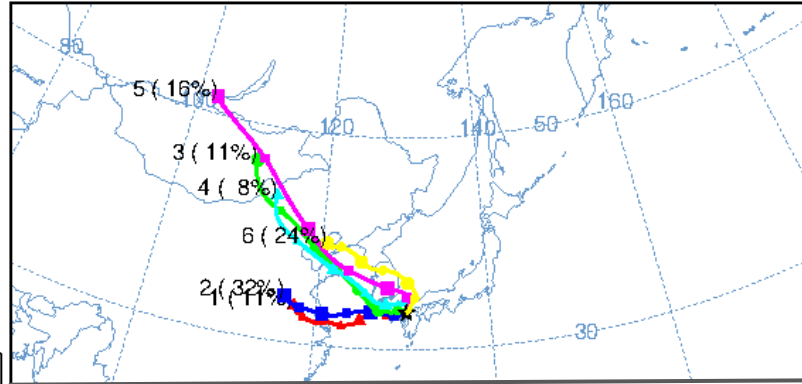
黄砂期の長距離輸送ルート (金沢)



金沢の黄砂期の長距離輸送ルートは、 Bohai Economic Rim (中国環渤海経済圏; industrial emission) に由来すると推定した

黄砂期の長距離輸送ルート (福岡)

*Backward trajectory
from HYSPLIT model v5



2021

■ Total PAHs

○ TSP

ΣPAHs conc. (ng/m³)

4.5
3.0
1.5
0.0

Mar-29
TSP: 153.8 μg/m³
ΣPAHs: 1.22 ng/m³

Mar-30
TSP: 29.4 μg/m³
ΣPAHs: 2.25 ng/m³

300
200
100
0

TSP conc. (μg/m³)

Mar-1 Mar-3 Mar-5 Mar-7 Mar-9 Mar-11 Mar-13 Mar-15 Mar-17 Mar-19 Mar-21 Mar-23 Mar-25 Mar-27 Mar-29 Mar-31 Apr-2 Apr-4 Apr-6 Apr-8 Apr-10 Apr-12 Apr-14 Apr-16 Apr-18 Apr-20 Apr-22 Apr-24 Apr-26 Apr-28 Apr-30 May-2 May-4 May-6 May-8 May-10 May-12 May-14 May-16 May-18 May-20 May-22 May-24 May-26 May-28 May-30

福岡の黄砂期の長距離輸送ルートは、 Bohai Economic Rim (中国環渤海経済圏; industrial emission) とYangtze River Delta (長江デルタ; traffic emission)に由来すると推定した

同じ地方および都市部、田舎同志の比較

	PM	Pyr	1-NP	Pc
福江/福岡	1.1	0.6	1.3	1.5
能登/金沢	0.4	0.7	0.2	0.7
福江/能登	3.0	2.5	10.8	6.1
福岡/金沢	1.1	2.7	1.2	1.9

- 福江は農村部であるにもかかわらず福岡よりも大気汚染物質濃度(Pyrを除く)が高かった。その理由として長距離輸送大気汚染による影響が考えられる。
- 能登は田舎であるため、金沢よりも大気汚染物質濃度が低かった。
- 農村部の比較（福江と能登）では、福江は能登に比べてすべての大気汚染物質濃度が極端に高かった。
- 都市部では、福岡は金沢に比べて大気汚染物質濃度が高かった。

地域ごとの患者背景

	金沢 (n=59)		福岡 (n=39)		p値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
年齢, 歳	55.3	20.7	13.1	11.4	<0.001
男性, n	17	28.8	22	56.4	0.006
喘息あり	21	35.6	39	100	<0.001
身長, cm	156.2	15.0	139.0	19.1	<0.001
体重, kg	57.8	18.5	36.2	13.4	<0.001
BMI, kg/m ²	23.9	5.2	18.2	4.7	<0.001
有症状割合, %	0.300	0.370	0.113	0.279	0.005

有症状割合は、「咳あり」日数／観察日数で表した。

咳の頻度による患者背景

	咳なし群(n=55)		咳あり群(n=43)		p値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
年齢, 歳	32.7	26.8	45.9	26.2	0.016
男性, n	25	45.5%	14	32.6%	0.196
喘息あり	39	70.9%	21	48.8%	0.026
身長, cm	146.4	20.7	153.1	15.4	0.076
体重, kg	47.3	21.8	52.1	16.9	0.243
BMI, kg/m ²	21.8	6.6	21.5	4.6	0.83
有症状割合, %	0.01	0.02	0.51	0.37	<0.001

群は、各地域における「咳あり」日数／観察日数の中央値で2分類した。

地域ごとの咳の頻度による患者背景

	金沢 (n=59)					福岡 (n=39)				
	咳なし群(n=29)		咳あり(n=30)		p値	咳なし群(n=26)		咳あり群(n=13)		p値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
年齢, 歳	49.2	25.0	61.3	13.3	0.026	14.4	13.4	10.5	5.0	0.332
男性, n	9	31.0%	8	26.7%	0.711	16	61.5%	6	46.2%	0.361
喘息あり	13	44.8%	8	26.7%	0.145	26	100%	13	100%	
身長, cm	153.0	20.1	159.0	7.5	0.150	138.7	18.9	139.5	20.2	0.897
体重, kg	55.6	24.2	59.9	11.1	0.395	37.3	13.1	34.2	14.3	0.520
BMI, kg/m ²	24.3	6.7	23.6	3.6	0.634	19.1	5.5	16.7	2.3	0.132
有症状割合	0.01	0.02	0.58	0.33	<0.001	0.00	0.00	0.34	0.40	0.011

群は、各地域における「咳あり」日数／観察日数の中央値で2分類した。

咳に対するPAH類の影響（全体） - Lag 0モデル

	回帰係数	95%信頼区間		p値
TSP	-0.001	-0.007	0.005	0.740
Total PAHs	-0.008	-0.247	0.231	0.949
Flt	0.229	-0.771	1.228	0.654
Pyr	0.225	-1.293	1.742	0.772
BaA	-2.629	-9.891	4.633	0.478
Chr	0.216	-1.818	2.249	0.835
BbF	-0.527	-1.705	0.65	0.380
BkF	-0.593	-4.829	3.643	0.784
BaP	-1.033	-3.763	1.696	0.458
BghiP	0.415	-2.118	2.948	0.748
IcdP	-0.801	-3.449	1.847	0.553
Flt/(Flt+Pyr)	0.866	-0.267	1.999	0.134
BaA/(BaA+Chr)	-0.342	-0.898	0.215	0.229
BaP/BghiP	-0.362	-0.715	-0.009	0.044
IcdP/(IcdP+BghiP)	-0.867	-1.634	-0.100	0.027

共変量: 地域, 性別, 年齢, 喘息の有無, BMI, SO₂, NO₂, PM_{2.5}

咳に対するPAH類の影響（全体） - Lag 1モデル

	回帰係数	95%信頼区間		p値
TSP	-0.003	-0.008	0.003	0.325
Total PAHs	0.069	-0.164	0.302	0.561
Flt	0.487	-0.539	1.514	0.352
Pyr	0.782	-0.755	2.318	0.319
BaA	-0.357	-11.053	10.340	0.948
Chr	0.673	-1.382	2.728	0.521
BbF	-0.006	-1.178	1.167	0.992
BkF	0.870	-3.328	5.069	0.685
BaP	-0.019	-2.757	2.719	0.989
BghiP	0.696	-1.429	2.821	0.521
IcdP	-0.336	-2.549	1.877	0.766
Flt/(Flt+Pyr)	0.457	-0.690	1.603	0.435
BaA/(BaA+Chr)	-0.255	-0.855	0.345	0.404
BaP/BghiP	-0.218	-0.517	0.081	0.153
IcdP/(IcdP+BghiP)	-0.787	-1.670	0.096	0.081

共変量: 地域, 性別, 年齢, 喘息の有無, BMI, SO₂, NO₂, PM_{2.5}

咳に対するPAH類の影響（全体） - Lag 2モデル

	回帰係数	95%信頼区間		p値
TSP	-0.003	-0.009	0.004	0.410
Total PAHs	0.085	-0.134	0.304	0.446
Flt	0.424	-0.501	1.349	0.369
Pyr	0.782	-0.616	2.180	0.273
BaA	3.379	-5.783	12.54	0.470
Chr	0.724	-1.106	2.555	0.438
BbF	0.322	-0.865	1.509	0.594
BkF	1.082	-2.749	4.913	0.580
BaP	0.077	-2.327	2.480	0.950
BghiP	0.757	-1.525	3.040	0.515
IcdP	0.106	-2.061	2.273	0.923
Flt/(Flt+Pyr)	0.209	-0.870	1.288	0.704
BaA/(BaA+Chr)	-0.189	-0.769	0.391	0.523
BaP/BghiP	-0.236	-0.508	0.036	0.089
IcdP/(IcdP+BghiP)	-0.544	-1.227	0.138	0.118

共変量: 地域, 性別, 年齢, 喘息の有無, BMI, SO₂, NO₂, PM_{2.5}

咳に対するPAH類の影響（全体） - Lag 3モデル

	回帰係数	95%信頼区間		p値
TSP	0	-0.006	0.006	0.973
Total PAHs	0.143	-0.051	0.338	0.149
Flt	0.535	-0.250	1.321	0.182
Pyr	1.056	-0.152	2.265	0.087
BaA	8.940	-0.289	18.168	0.058
Chr	0.991	-0.598	2.581	0.222
BbF	0.506	-0.578	1.590	0.360
BkF	1.842	-1.608	5.292	0.295
BaP	0.972	-1.361	3.304	0.414
BghiP	1.574	-0.666	3.814	0.168
IcdP	0.950	-1.170	3.069	0.380
Flt/(Flt+Pyr)	0.457	-0.659	1.572	0.422
BaA/(BaA+Chr)	-0.221	-0.754	0.312	0.417
BaP/BghiP	-0.128	-0.382	0.127	0.325
IcdP/(IcdP+BghiP)	-0.234	-0.879	0.411	0.477

共変量: 地域, 性別, 年齢, 喘息の有無, BMI, SO₂, NO₂, PM_{2.5}

咳に対するPAH類の影響（全体） - lag 4モデル

	回帰係数	95%信頼区間		p値
TSP	-0.004	-0.010	0.001	0.133
Total PAHs	0.193	-0.038	0.423	0.101
Flt	0.762	-0.230	1.753	0.132
Pyr	1.382	-0.089	2.853	0.066
BaA	8.609	1.497	15.721	0.018
Chr	1.396	-0.567	3.358	0.163
BbF	0.704	-0.378	1.786	0.202
BkF	3.121	-0.917	7.159	0.130
BaP	1.982	-0.623	4.588	0.136
BghiP	2.055	-0.245	4.355	0.080
IcdP	0.807	-1.498	3.111	0.493
Flt/(Flt+Pyr)	0.774	-0.281	1.829	0.150
BaA/(BaA+Chr)	-0.277	-0.774	0.219	0.274
BaP/BghiP	0.047	-0.206	0.300	0.714
IcdP/(IcdP+BghiP)	-0.638	-1.285	0.008	0.053

共変量: 地域, 性別, 年齢, 喘息の有無, BMI, SO₂, NO₂, PM_{2.5}

咳に対するPAH類の影響（全体） - lag 5モデル

	回帰係数	95%信頼区間		p値
TSP	0	-0.006	0.005	0.89
Total PAHs	0.148	-0.076	0.372	0.196
Flt	0.441	-0.466	1.349	0.34
Pyr	1.001	-0.401	2.403	0.162
BaA	9.44	0.716	18.165	0.034
Chr	0.637	-1.244	2.518	0.507
BbF	0.757	-0.415	1.929	0.206
BkF	1.762	-2.167	5.691	0.379
BaP	0.748	-1.893	3.39	0.579
BghiP	2.255	-0.059	4.568	0.056
IcdP	1.1	-1.522	3.723	0.411
Flt/(Flt+Pyr)	0.821	-0.382	2.023	0.181
BaA/(BaA+Chr)	-0.381	-0.961	0.2	0.199
BaP/BghiP	-0.274	-0.578	0.030	0.078
IcdP/(IcdP+BghiP)	-0.894	-1.586	-0.201	0.011

共変量: 地域, 性別, 年齢, 喘息の有無, BMI, SO₂, NO₂, PM_{2.5}

咳に対するPAH類の影響 (地域毎, GEE)

	金沢				福岡			
	回帰係数	95%信頼区間		p値	回帰係数	95%信頼区間		p値
TSP	-0.002	-0.009	0.006	0.685	-0.003	-0.013	0.007	0.541
Total PAHs	-0.007	-0.752	0.739	0.986	0.004	-0.268	0.275	0.978
Flt	0.982	-1.9	3.864	0.504	0.165	-1.023	1.353	0.785
Pyr	0.969	-3.041	4.98	0.636	0.129	-1.678	1.935	0.889
BaA	-27.649	-62.584	7.286	0.121	-1.717	-8.669	5.234	0.628
Chr	0.629	-6.25	7.507	0.858	0.408	-2.042	2.858	0.744
BbF	0.019	-5.621	5.658	0.995	-0.59	-1.903	0.723	0.379
BkF	-1.134	-16.801	14.532	0.887	-0.184	-4.993	4.626	0.940
BaP	-5.956	-14.143	2.232	0.154	0.112	-3.032	3.257	0.944
BghiP	-1.967	-7.424	3.491	0.480	1.297	-1.729	4.323	0.401
IcdP	-2.446	-9.716	4.823	0.509	-0.253	-3.238	2.732	0.868
Flt/(Flt+Pyr)	1.154	-0.56	2.867	0.187	0.8	-1.079	2.68	0.404
BaA/(BaA+Chr)	-0.468	-1.266	0.329	0.250	-0.209	-1.056	0.638	0.629
BaP/BghiP	-0.668	-1.425	0.089	0.084	-0.282	-0.733	0.168	0.219
IcdP/(IcdP+BghiP)	0.074	-2.233	2.381	0.950	-0.992	-2.025	0.041	0.060

共変量: 性別, 年齢, 喘息の有無, BMI, SO₂, NO₂, PM_{2.5}

一般化線形方程式（GEE）の結果のまとめ

- Lag0のモデルの結果は、BaP/BghiPとIcdP/(IcdP+BghiP)が咳の頻度と有意な負の相関を示した。このことは、ローカルな交通車両由来のPAHが咳の発症と関係することが示唆された。
- 福岡ではIcdP/(IcdP+BghiP)の負の回帰係数が大きかったことから、福岡では大陸での石炭燃焼由来のPAHが一部、原因と考えられた。この場合、福岡の黄砂期の長距離輸送ルートは、中国環渤海経済圏と長江デルタに由来すると推定された。
- Lag4モデルで示されたベンズ[a]アントラセン（BaA）およびピレン（Pyr）が有意なあるいはその傾向を示す正の相関を認めた結果はPAHと慢性咳嗽との関係についてはPAHの一部が慢性咳嗽の危険因子の可能性を示している。

サブテーマ2 長崎福江と福岡の環境疫学研究（国立福岡病院）

国立病院機構福岡病院小児科；小田嶋 博、松崎寛司

協力者：福岡病院臨床研究部 竹山信子、小島 薫、小田真紀子、同上看護部 池田奈央、五島中央病院小児科；小屋松 淳、同内科 池谷千章、時任高諄、山内診療所；宮崎岳大、三井楽診療所 田中孝和、井上内科・小児科医院；井上憲一、池田内科 池田秀樹、長崎大学第2内科 尾長谷 靖、国立環境研究所、金沢大学の皆様

対象：及び方法

被検者：福岡病院・五島中央病院・他、受診者
 登録患者数：福岡150、五島20
 2022年3月回収数：合計84名

大気汚染物質：福岡病院、五島中央病院屋上で毎日採取：測定→イオン⇒国立環境研究所
 多環芳香族炭化水素⇒金沢大学

症状とピークフロー(PEF)日誌毎日記録

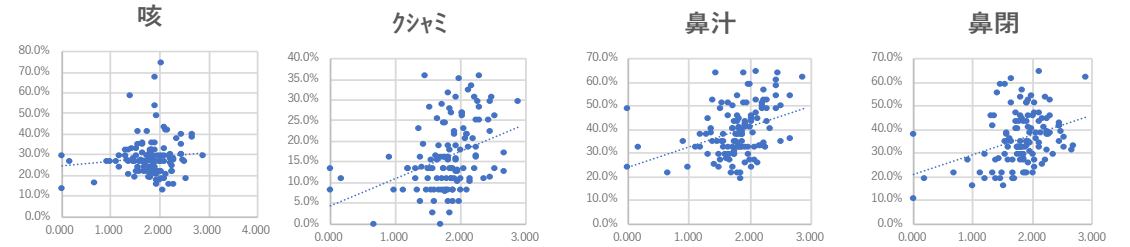
関係検討

結果

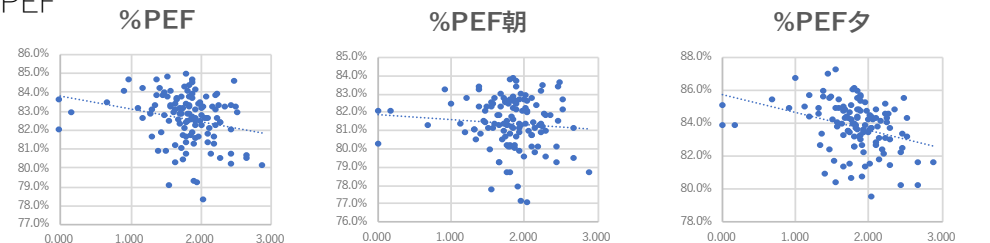
症状と単相関で有意であった汚染物質

	咳	クシャミ	鼻水	鼻閉	%PEF		
					平均	朝	夕
Cl ⁻	0.23*	0.26**	0.37**	0.41**	-0.33**	-0.18	-0.40**
NO ₃ ⁻	0.08	0.40**	0.41**	0.31**	-0.25**	-0.08	-0.35
Na ⁺	-0.29	-0.26	-0.36	-0.30	0.26	0.18	0.30**
K ⁺	0.09	0.07	0.11	0.16	0.24**	0.19*	0.26**
Ca ²⁺	0.02	0.12	0.12	0.34**	-0.21*	-0.13	-0.22*
TPAHs	0.15	0.20*	0.21*	0.21*	-0.10	0.00	-0.19*

NO₃⁻と症状



NO₃⁻と%PEF



* : p < 0.05、 ** : p < 0.01、 Spearman's test、 2020年2月1日～5月31

結果 2

単相関で有意であった汚染物質で多変量解析

Coefficients:

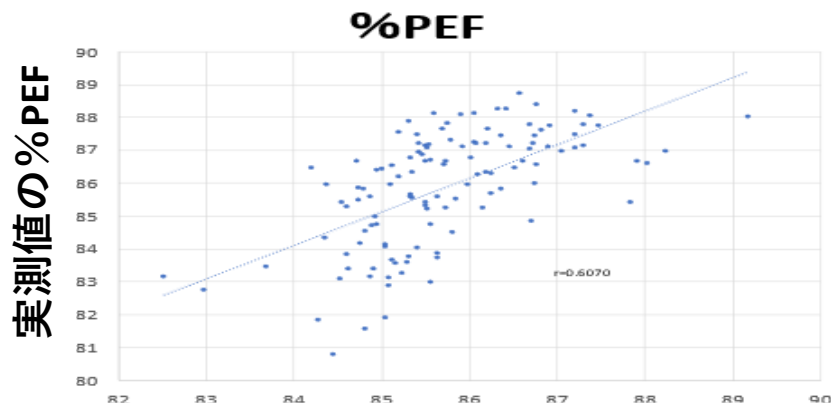
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	84.6100	0.4082	207.262	< 2e-16 ***
NO ₃ ⁻	-0.6793	0.1446	-4.697	7.31e-06 ***
Na ⁺	3.1586	0.7245	4.359	2.84e-05 ***
K ⁺	4.6089	1.1254	4.095	7.83e-05 ***
Ca ²⁺	-53.1571	22.4445	-2.368	0.0195 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.394 on 116 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.3694, Adjusted R-squared: 0.3476
 F-statistic: 16.99 on 4 and 116 DF, pvalue: 5.462e-11

$$\%PEF = 84.6 - 0.68 \times NO_3^- + 3.16 \times Na^+ + 4.61 \times K^+ - 53.16 \times Ca^{2+}$$

予測式で計算された値と実測値の関係



予測式で計算された%PEF

まとめ

- ①気道症状および肺機能 (%PEF)に対してCl⁻、NO₃⁻、TPAHなどは悪化因子として関与していた。
- ②現在の濃度でも大気汚染物質は健康影響があると推定され注意が必要である。
- ③今回の結果にはコロナウイルス対応の影響が推定されるが、マスク着用は汚染物質の影響を修飾（予防）する可能性がある。

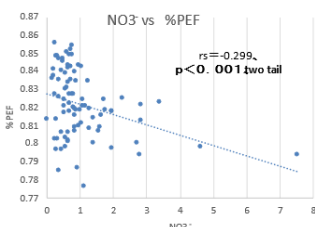
結果 3

大気汚染に対してマスク有効の可能性

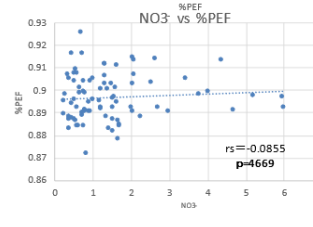
2020年は途中から学校の臨時休校要請（2月26日）、マスクの不足から充足へ（6月20日）、また緊急事態宣言などのコロナ対策が行われた。



%PEF	2020.1.30~5.20		2021.1.30~4.30	
との相関	rs	p	rs	p
Cl ⁻	0.312	0.034**	0.031	0.781
NO ₃ ⁻	0.299	0.005**	0.081	0.467



2020年1月30日～5月20日



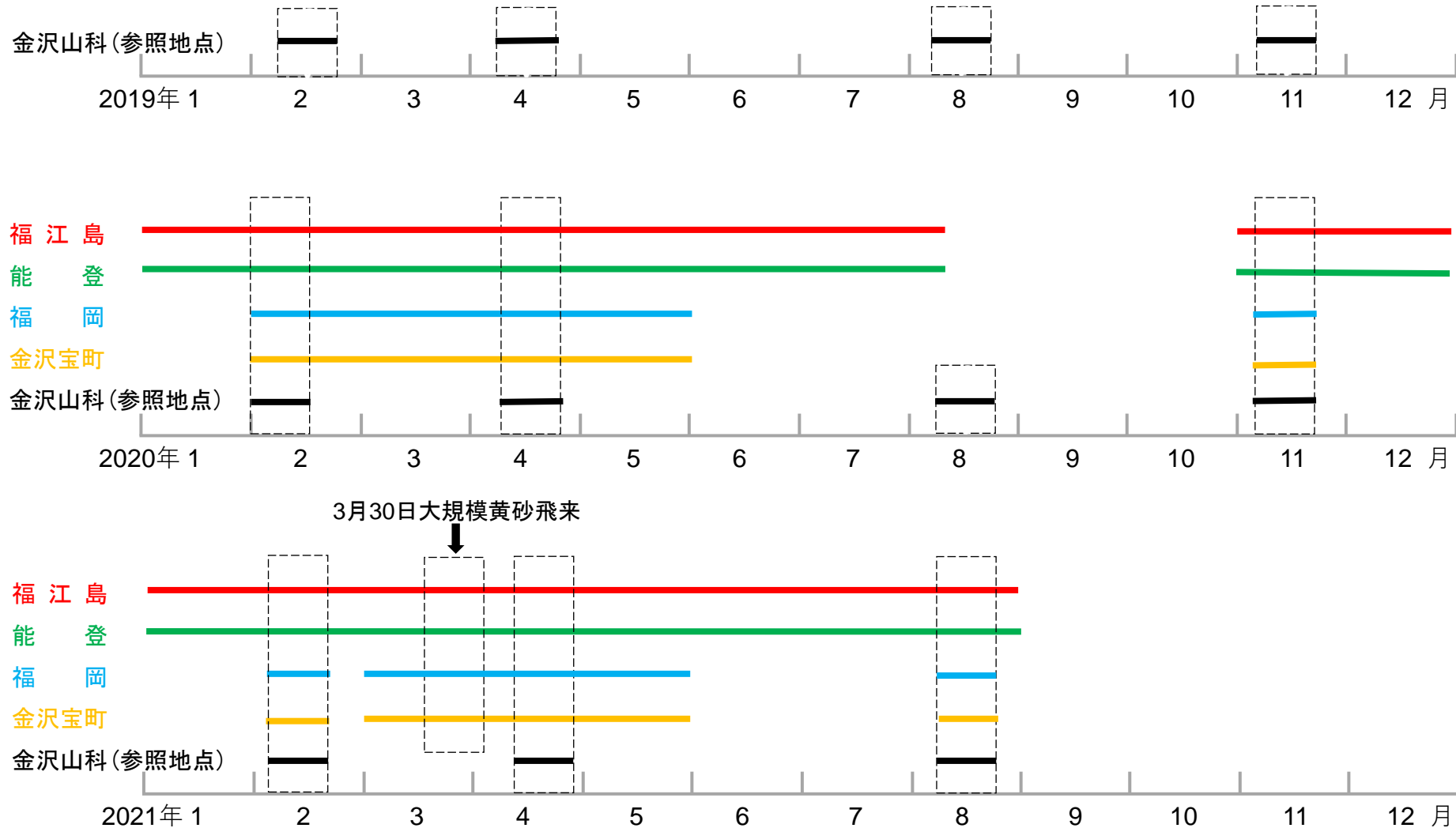
2021年1月30日～4月30日

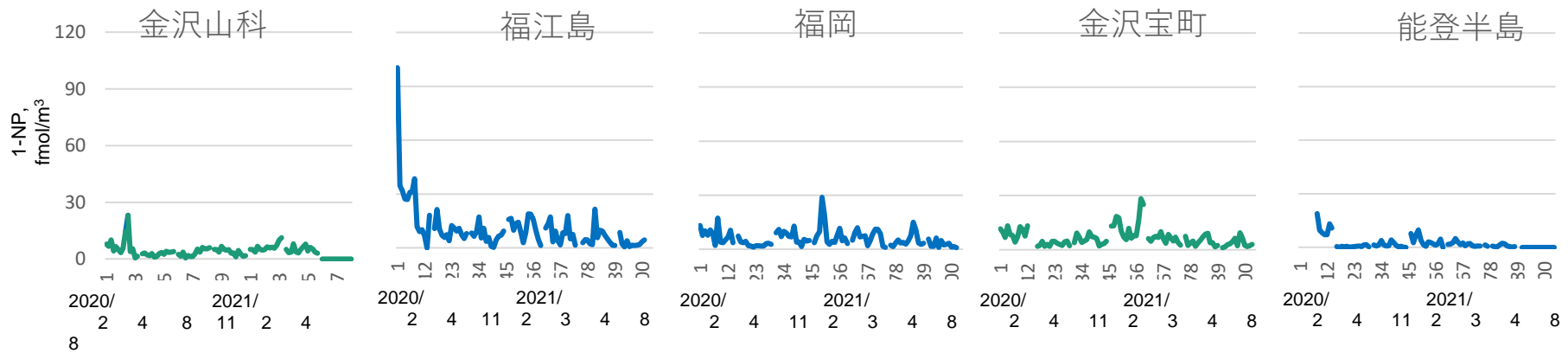
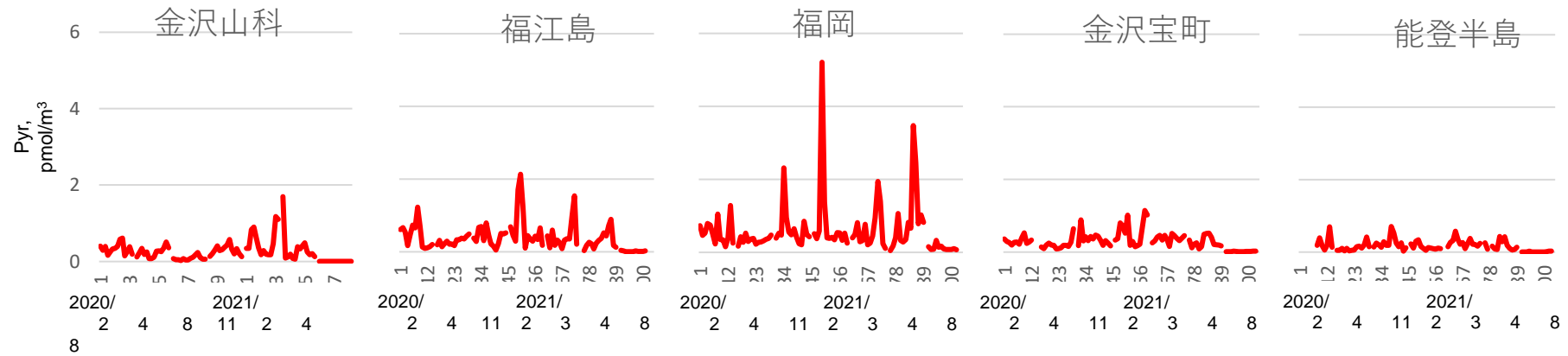
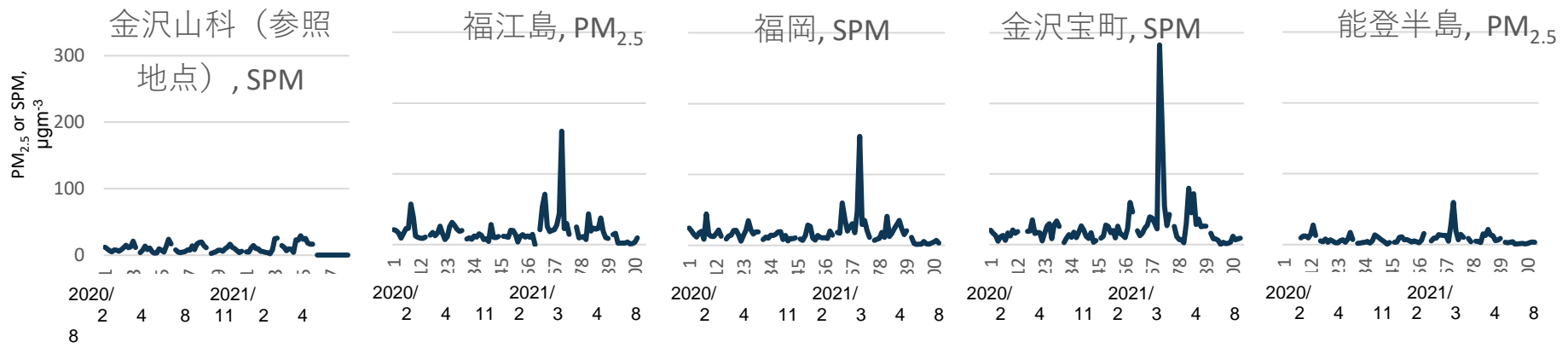
先行研究で家族は大気汚染の予防にマスクが最も有効と答えている。2020年と2021年ではマスクの使用は20%から80%になっている。この2020年と2021年の同季節でのCl⁻、NO₃⁻夫々の平均は0.04 ± 0.04 vs 0.08 ± 0.07、1.04 ± 0.65 vs 1.46 ± 0.87と汚染物質濃度はむしろ上昇しているが、濃度と%PEFとの有意な相関は2021年ではみられなくなっている（左表、及び 下図NO₂vs%PEF参照）。

サブテーマ3 能登半島と金沢における物理・化学解析研究（金沢大学）

PAH, NPAH分析

- PM_{2.5}若しくはSPM捕集期間（参照地点の金沢山科以外）：2020年1月1日～2022年3月31日
- 実線はPAH分析, 点線ボックスはNPAH分析期間





PM_{2.5}, SPM, Pyr 及び1-NPの毎日濃度推移

表 PM_{2.5}, SPM, Pyr 及び1-NPの毎日濃度：項目間の相関

福江島	2020-2021	黄砂期 (3~5月)	福岡	2020-2021	黄砂期 (3~5月)
PM _{2.5} - Pyr	0.2171	0.0926	SPM - Pyr	0.278	0.1678
PM _{2.5} - 1-NP	0.2228	0.6883	SPM - 1-NP	0.317	0.5110

金沢宝町	2020-2021	黄砂期 (3~5月)	能登半島	2020-2021	黄砂期 (3~5月)
SPM - Pyr	0.2812	0.3690	PM _{2.5} - Pyr	0.5256	0.4797
SPM - 1-NP	0.1053	0.1582	PM _{2.5} - 1-NP	0.2437	0.3382

黄砂飛来によるSPM, PM_{2.5}濃度の上昇は、必ずしもPAH濃度の上昇を伴わない。

表 PM_{2.5}, SPM及びPyr の毎日濃度：地点間の相関

PM _{2.5} /SPM	福江島	福岡	金沢宝町	能登半島	Pyr	福江島	福岡	金沢宝町	能登半島	1-NP	福江島	福岡	金沢宝町	能登半島
福江島					福江島					福江島				
福岡	0.9141				福岡	0.5283				福岡	0.3350			
金沢宝町	0.6943	0.7665			金沢宝町	0.3649	0.2363			金沢宝町	0.1649	0.3764		
能登半島	0.6933	0.7827	0.8294		能登半島	0.2035	0.2133	0.4932		能登半島	0.5701	0.4073	0.4946	

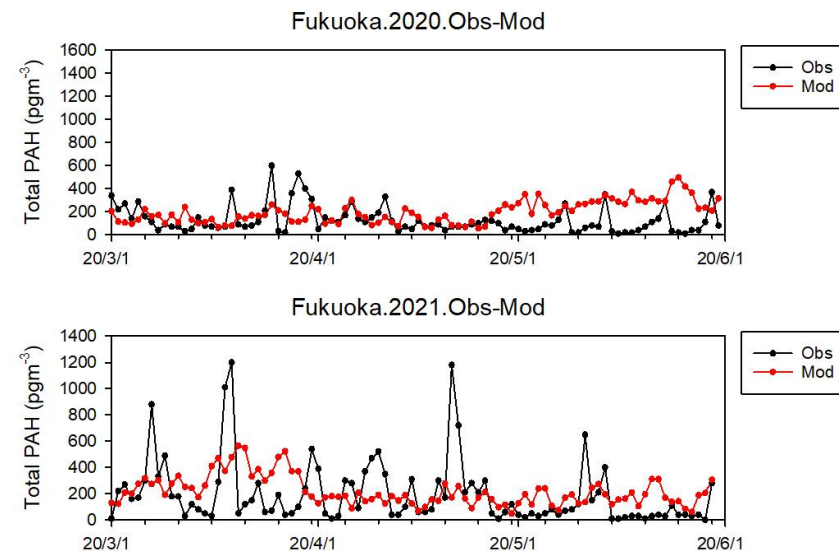
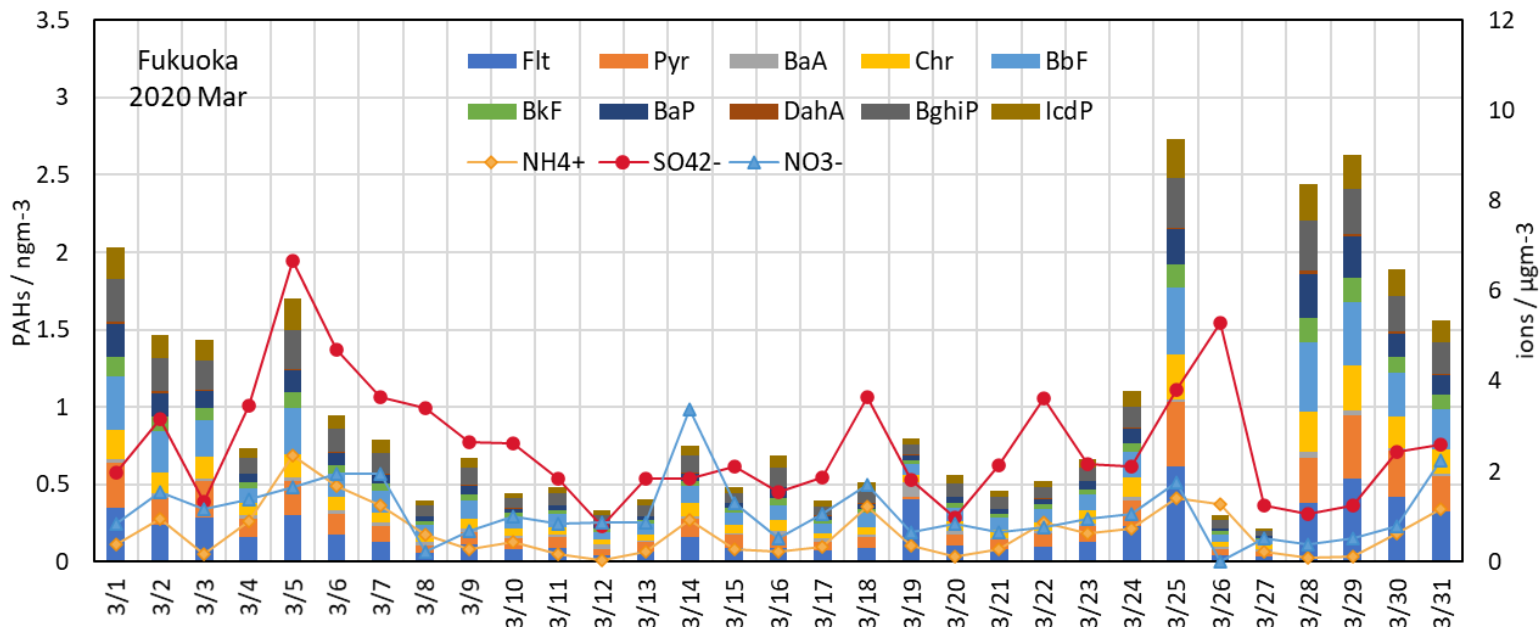
表 PM_{2.5}, SPM及びPyr の季節濃度：地点間の相関

PM _{2.5} /SPM	福江島	福岡	金沢宝町	能登半島	Pyr	福江島	福岡	金沢宝町	能登半島	1-NP	福江島	福岡	金沢宝町	能登半島
福江島					福江島					福江島				
福岡	0.9615				福岡	0.4284				福岡	0.4590			
金沢宝町	0.8778	0.9423			金沢宝町	0.9198	0.5604			金沢宝町	0.5242	0.8255		
能登半島	0.7134	0.7803	0.6190		能登半島	0.9774	0.5183	0.9592		能登半島	0.9576	0.4914	0.4389	

- 黄砂飛来によるSPM, PM_{2.5}の毎日濃度推移には地点間の相関があったが、PAH、NPAHの毎日濃度推移にはなかった。
 - しかし、季節毎の平均濃度の推移にはいずれも地点間の相関があった。
- (要因) 距離の違いによる輸送機序の違い。NP法でPAH、NPAHの発生源は地点毎に異なる中国 + 国内を解明。

サブテーマ4：長崎福江と福岡における物理・化学解析研究（国立環境研究所）

- 長崎県五島市（五島中央病院）と福岡県福岡市（福岡病院）において大気粒子を捕集し、金沢大学でのPAH類の分析に試料を提供した。金沢大のPAH輸送モデルの検証を行った。



福岡市のフィルターサンプル観測結果

各成分に特徴的な高濃度日をまとめた

後方流跡線解析によると

- 3/26の硫酸イオン (SO_4^{2-}) のみ高い時は南風で火山の影響があると思われる。
- 3/26以外は中国韓国経由が多い。
- PAHとほかの物質との輸送経路の違いは（火山由来をのぞいて）見られない。

2020年3月の福岡市における各成分の高濃度日まとめ

PM2.5：3/5-6, 3/14-15,

SO4：3/5, 3/26

NO3：3/14

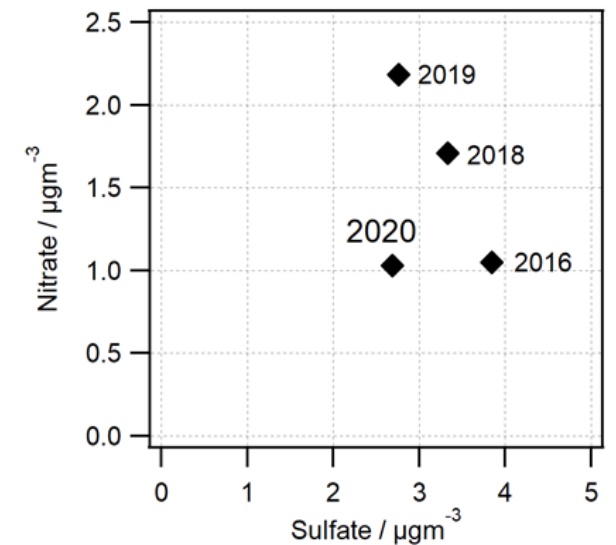
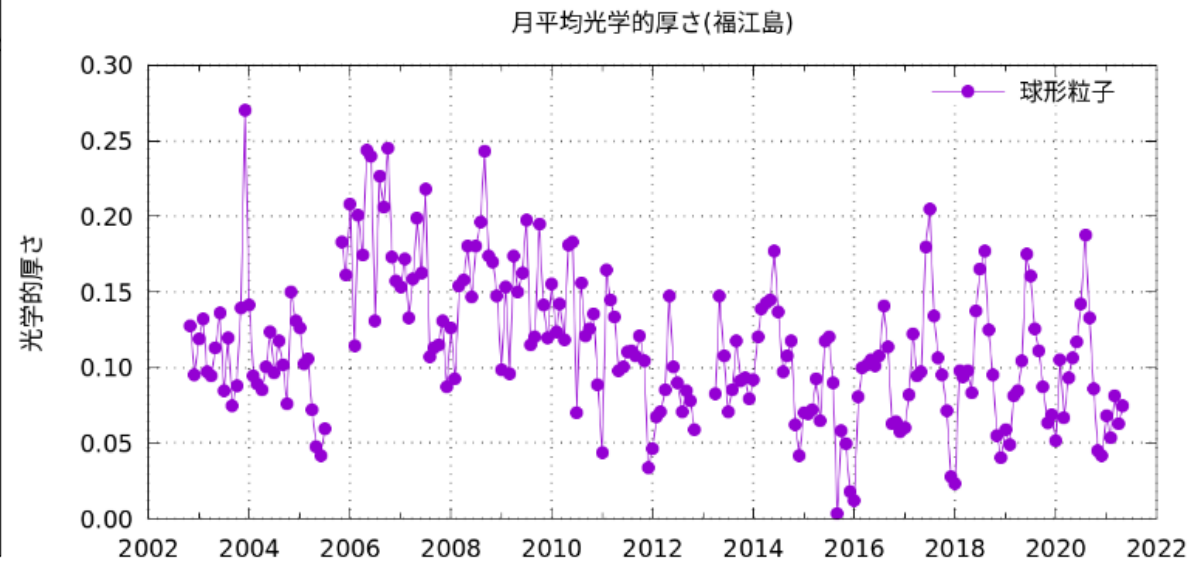
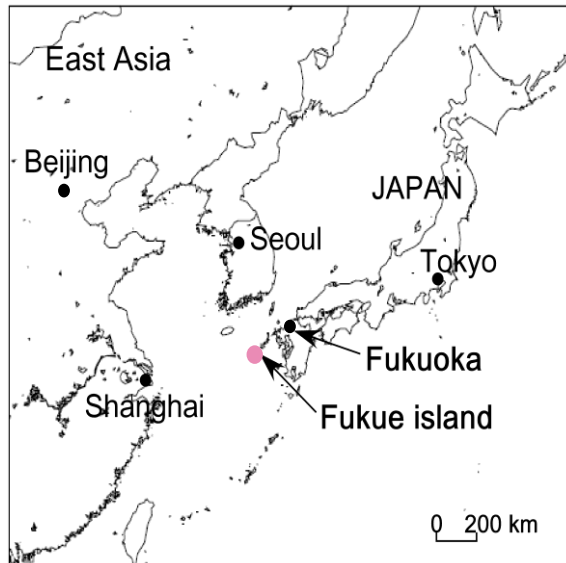
PAH：3/1-3, 3/5, 3/25, 3/28-31

福岡市におけるPAHの観測とモデルの比較

福岡のデータでは高濃度部分の再現性があまりよくないという結果になった。福岡の結果は日本国内の都市などの発生源の影響を受けていることを示している。

サブテーマ4：長崎福江と福岡における物理・化学解析研究 国立環境研究所

- 福江観測所（五島市）や福岡大学（福岡市）などにおいてエアロゾル化学成分自動測定機（ACSM）やライダーなどによる大気汚染物質の観測を実施し、観測結果を福岡病院や金沢大学に提供し、疫学研究に利活用された。
- 測定装置： ハイボリュームサンプラー、ライダー、ACSM、オゾン計、SO₂計、NO_x計、常時監視局データなど



福岡、五島市（福江島）の位置

五島市（福江島）のライダー観測結果

球形粒子光学的厚さは2007年から2016年頃まで減少傾向にあり、その後は横ばいとなっている。
20年前に比べ、越境大気汚染による粒子状物質は減少している。

五島市（福江島）でのACSMによる春季（2-4月）の化学組成観測結果

2019年までは硫酸イオンが減少し、硝酸イオンが増加していたが、2020年以降は硝酸イオンが減少した。

本結果のまとめ

- BaP/BghiPとIcdP/(IcdP+BghiP)が咳の頻度と有意な負の相関を示し、ベンズ[a]アントラセン (BaA) およびピレン (Pyr) が有意なあるいはその傾向を示す正の相関を認めた。このことは、ローカルな交通車両由来のPAHが咳の発症と関係することが示唆された。
- 福岡ではIcdP/(IcdP+BghiP)の負の回帰係数が大きかったことから、福岡では大陸での石炭燃焼由来のPAHが一部、原因と考えられた。この場合、福岡の黄砂期の長距離輸送ルートは、中国環渤海経済圏と長江デルタに由来すると推定された。
- Pyrと1-NP及びP_c濃度の季節変化はわが国の4地点（金沢、能登、福岡、福江）に共通する季節的な気象要因に依存するが、毎日の発生源状況や気象条件に伴う気流ルートの影響を受けるという違いがあり、慢性咳嗽疾患の増悪に影響する環境因子に関する重要な事実であると考えられた。
- イオン、PAHの一部は患者のピークフロー値および咳との間に関連が認められた。

多環芳香族炭化水素類を含む粒子状物質が関与する 新しい慢性咳嗽疾患に関する環境疫学的研究

1. はじめに（研究背景等）
2. 研究開発目的
3. 研究目標
4. 研究開発内容
- 5-1. 成果の概要
- 5-2. 環境政策等への貢献
- 5-3. 研究目標の達成状況
6. 研究成果の発表状況

見込まれる環境政策への貢献

(環境政策に活用できる新たな知見・技術・提言)

多環芳香族炭化水素類(PAH)と慢性咳嗽との関係について: PAHの一部が慢性咳嗽の危険因子の可能性

○PAH濃度と咳の頻度との関係ではBaP/BghiP、IcdP/(IcdP+BghiP)が有意な正の相関 ($P < 0.05$) を示し、ローカルな交通車両由来のPAHが咳の発症と関係することが示唆された。

○ベンズ[a]アントラセン (BaA) およびピレン (Pyr) が有意なあるいはその傾向を示す正の相関を認めた結果はPAHと慢性咳嗽との関係についてはPAHの一部が慢性咳嗽の危険因子の可能性を示している。

○慢性咳嗽に対する医学的な予防の観点からは、PAHに対する環境基準を設定する必要があることを示唆する結果であった。福岡における結果は大陸からの影響もあるため、特に小児における慢性咳嗽を予防するためには輸送ルートを検討した予防法の確立も急がれる。

多環芳香族炭化水素類を含む粒子状物質が関与する 新しい慢性咳嗽疾患に関する環境疫学的研究

1. はじめに（研究背景等）
2. 研究開発目的
3. 研究目標
4. 研究開発内容
- 5-1. 成果の概要
- 5-2. 環境政策等への貢献
- 5-3. **研究目標の達成状況**
6. 研究成果の発表状況

多環芳香族炭化水素類を含む粒子状物質が関与する 新しい慢性咳嗽疾患に関する環境疫学的研究

1. はじめに（研究背景等）
2. 研究開発目的
3. 研究目標
4. 研究開発内容
- 5-1. 成果の概要
- 5-2. 環境政策等への貢献
- 5-3. 研究目標の達成状況
- 6. 研究成果の発表状況**

<査読付き論文> 英文誌、28本 ; 和文誌、1本

1. W.L. XING, L. YANG, H. ZHANG, X. ZHANG, Y. WANG, P.C. BAI, L.L. ZHANG, K. HAYAKAWA, S. NAGAO and N. TANG: *J. Environ. Sci. (China)*, (2022) (IF:5.565), Variations in traffic-related polycyclic aromatic hydrocarbons in PM_{2.5} in Kanazawa, Japan, after the implementation of a new vehicle emission regulation. (Accepted)
2. K. HAYAKAWA, N. TANG and A. TORIBA: *Appl. Sci.*, 12, 2149 (2022) (IF:2.679), Long-term and seasonal changes in sources of urban atmospheric particulates in the Western Pacific.
3. W.L. XING, L. YANG, H. ZHANG, X. ZHANG, Y. WANG, P.C. BAI, L.L. ZHANG, K. HAYAKAWA, S. NAGAO and N. TANG: *Atmospheric Pollut. Res.*, 12, 12, 101233 (2021) (IF:4.352), Variations in traffic-related water-soluble inorganic ions in PM_{2.5} in Kanazawa, Japan, after the implementation of a new vehicle emission regulation.
4. C.-T. PHAM, B.-T. LY, T.-D. NGHIEM, T.H.-P. PHAM, N.-T. MINH, N. TANG, K. HAYAKAWA and A. TORIBA: *Air Qual. Atmos. Health*, 14, 4, 1757–1771 (2021) (IF:3.763), Emission factors of selected air pollutants from rice straw burning in Hanoi, Vietnam.
5. A.E. MARGOLIS, D. PAGLIACCIO, B. RAMPHAL, S. BANKER, L. THOMAS, M. ROBINSON, M. HONDA, T. SUSSMAN, J. POSNER, K. KANNAN, J. HERBSTMAN, V. RAUH and R. MARSH: *Environment Int.*, 155, 106516 (2021) (IF: 7.577), Prenatal environmental tobacco smoke exposure alters children's cognitive control circuitry: A preliminary study.
6. L. YANG, L. ZHANG, L. CHEN, C. HAN, T. AKUTAGAWA, O. ENDO, M. YAMAUCHI, A. NERODA, A. TORIBA and N. TANG: *Environ. Pollut.*, 287, 117360 (2021) (IF: 6.793), Polycyclic aromatic hydrocarbons and nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in five East Asian cities: Seasonal characteristics, health risks, and yearly variations.
7. K. HAYAKAWA, N. TANG, A. MATSUKI, Y. INOMATA, A. TORIBA and G. NAGATO: *Chemosphere*, 280, 130662 (2021) (IF: 5.778), Calculating source contributions to urban atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons using 1-nitropyrene and pyrene: An application to an Asian dust event.
8. Y. INOMATA, M. TAKEDA, N. THAO, M. KAJINO, T. SETO, H. NAKAMURA and K. HAYAKAWA: *Atmosphere*, 12, 9, 1163 (2021) (IF:2.682), Particulate PAH Transport Associated with Adult Chronic Cough Occurrence Closely Connected with Meteorological Conditions: A Modelling Study.
9. E. ITO, T. TAMADATE, Y. INOMATA and T. SETO: *Aerosol Sci. Technol.*, 55, 11, 1239-1248 (2021) (IF:2.908), Water-based particle size magnifier for wet sampling of aerosol particles.
10. M. KAJINO, M. DEUSHI, T.T. SEKITAMA, N. OSHIMA, K. YUMIMOTO, T.Y. TANAKA, J. CHING, A. HASHIMOTO, T. YAMAMOTO, M. IKEGAMI, A. KAMADA, M. MIYASHITA, Y. INOMATA, S. SHIMA, P. KHATRI, A. SHIMIZU, H. IRIE, K. ADACHI, Y. ZAIZEN, Y. IGARASHI, H. UEDA, T. MAKI and M. MIKAMI: *Geosci. Model Dev.*, 14, 4, 2235-2264 (2021) (IF:5.24), Comparison of three aerosol representations of NHM-Chem (v1.0) for the simulations of air quality and climate-relevant variables.
11. L. ZHANG, L. YANG, J. BI, Y. LIU, A. TORIBA, K. HAYAKAWA, S. NAGAO and N. TANG: *Environ. Pollut.*, 274, 116527 (2021) (IF: 6.793), Characteristics and unique sources of polycyclic aromatic hydrocarbons and nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in PM_{2.5} at a highland background site in northwestern China.
12. Q.Y. ZHOU, L.L. ZHANG, L. YANG, X. ZHANG, W.L. XING, M. HU, B. CHEN, C. HAN, A. TORIBA, K. HAYAKAWA and N. TANG: *Chemosphere*, 264, Pt1, 128427 (2021). (IF:5.778), Long-term variability of inorganic ions in TSP at a remote background site in Japan (Wajima) from 2005 to 2015.
13. X. ZHANG, L. YANG, H. ZHANG, W. XING, Y. WANG, P. BAI, L. ZHANG, K. HAYAKAWA, A. TORIBA, Y. WEI and N. TANG: *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 6, 3124 (2021) (IF:2.849), Assessing approaches of human inhalation exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: A Review
14. L. YANG, H. ZHANG, X. ZHANG, W. XING, Y. WANG, P. BAI, L. ZHANG, K. HAYAKAWA, A. TORIBA and N. TANG: *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 4, 2177 (2021) (IF:2.849), Exposure to Atmospheric Particulate Matter-Bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Their Health Effects: A Review.
15. H. ZHANG, L. YANG, X. ZHANG, W. XING, Y. WANG, P. BAI, L. ZHANG, Y. LI, K. HAYAKAWA, A. TORIBA and N. TANG: *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 6, 3017 (2021) (IF:2.849), Characteristics and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons and nitro-PAHs in Xinxiang, China in 2015 and 2017.

<査読付き論文> 英文誌、29本 ; 和文誌、1本

16. H. ZHANG, L. ZHANG, L. YANG, Q. ZHOU, X. ZHANG, W. XING, K. HAYAKAWA, A. TORIBA and N. TANG: Chem. Pharm. Bull., 69, 3, 237-245 (2021) (IF:1.416), Impact of COVID-19 outbreak on the long-range transport of common air pollutants in KUWAMS.
17. K. HAYAKAWA, N. TANG, W. XING, P. OANH, P.K., A. HARA and H. NAKAMURA: Atmosphere, 12, 256. (2021) (IF:2.397), Concentrations and sources of atmospheric PM, polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in Kanazawa, Japan.
18. A. TORIBA and K. HAYAKAWA: Biomed. Chromatogr., 35, 1 (Special Issue: 2021 Review and Perspectives Issue), e5038 (2021) (IF:1.902), What is necessary for next-generation atmospheric environmental standards? Recent research trends for PM_{2.5}-bound polycyclic aromatic hydrocarbons and their derivatives.
19. L. YANG, Q. ZHOU, H. ZHANG, X. ZHANG, W. XING, Y. WANG, P. BAI, M. YAMAUCHI, T. CHOJI, L. ZHANG, K. HAYAKAWA, A. TORIBA and N. TANG: Int. J. Environ. Res. Public Health, 18, 2, 688 (2021) (IF:2.849), Atmospheric Behaviour of Polycyclic and Nitro-Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Water-Soluble Inorganic Ions in Winter in Kirishima, a Typical Japanese Commercial City.
20. L. YANG, L. ZHANG, Q. ZHOU, X. ZHANG, W. XING, Q. WU, Z. ZHOU, R. CHEN, A. TORIBA, K. HAYAKAWA and N. TANG: J. Environ. Sci. (China), 99, 72-79 (2021) (IF:3.556), Yearly variation in characteristics and health risk of polycyclic aromatic hydrocarbons and nitro-PAHs in urban shanghai from 2010-2018.
21. L. ZHANG, L. YANG, H. ZHANG, Q. ZHOU, X. ZHANG, W. XING, A. TORIBA, K. HAYAKAWA and N. TANG: Aerosol Air Qual. Res., 20, 10, 2035-2046 (2020) (IF:2.735), Impact of the COVID-19 outbreak on the long-range transport of particulate PAHs in East Asia.
22. K. HAYAKAWA, N. TANG, A. TORIBA and G. NAGATO: Environ. Pollut., 265 (Part B), 114730 (2020) (IF:6.793), Calculating sources of combustion-derived particulates using 1-nitropyrene and pyrene as markers.
23. L. YANG, L. ZHANG, H. ZHANG, Q. ZHOU, X. ZHANG, W. XING, A. TAKAMI, K. SATO, A. SHIMIZU, A. YOSHINO, N. KANEYASU, A. MATSUKI, K. HAYAKAWA, A. TORIBA and N. TANG : Int. J. Environ. Res. Public Health, 17, 21, 8224 (2020) (IF:2.849), Comparative analysis of PM_{2.5}-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), nitro-PAHs (NPAHs), and water-soluble inorganic ions (WSIIs) at two background sites in Japan.
24. L. ZHANG, X. ZHANG, W. XING, Q. ZHOU, L. YANG, R. NAKATSUBO, Y. WEI, J. BI, M. SHIMA, M., A. TORIBA, K. HAYAKAWA and N. TANG: Environ. Pollut., 263 (Pt A), 114454 (2020) (IF: 5.714), Natural aeolian dust particles have no substantial effect on atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a laboratory study based on naphthalene.
25. X. ZHANG, L. ZHANG, L. YANG, Q. ZHOU, W. XING, A. TORIBA, K. HAYAKAWA, Y. WEI and N. TANG: Int. J. Environ. Res. Public Health, 17, 3, 957 (2020) (IF: 2.8491), Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and common air pollutants at wajima, a remote background site in Japan.
26. W. XING, L. ZHANG, Y. L. YANG, Q. ZHOU, X. ZHANG, A. TORIBA, K. HAYAKAWA and N. TANG: Int. J. Environ. Res. Public Health, 17, 3, 805 (2020) (IF: 2.8491), Characteristics of PM_{2.5}-bound polycyclic aromatic hydrocarbons and nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons at a roadside air pollution monitoring station in Kanazawa, Japan.
27. I. UNO, Z. WANG, S. ITAHASHI, K. YUMIMOTO, Y. YAMAMURA, A. YOSHINO, A. TAKAMI, M. HAYASHI, M. HAYASAKI, and B-G. KIM: Scientific Reports, 10, 6450 (2020) Paradigm shift in aerosol chemical composition over regions downwind of China.
28. A. YOSHINO, A. TAKAMI, K. HARA, C. NISHITA-HARA, M. HAYASHI, and N. KANEYASU: Atmosphere, 12, 431 (2021) Contribution of Local and Transboundary Air Pollution to the Urban Air Quality of Fukuoka, Japan.
29. K. O. Pham, A. Hara, J. Zhao, K. Suzuki, A. Matsuki, Y. Inomata, H. Matsuzaki, H. Odajima, K. Hayakawa, H. Nakamura Applied Sciences, 12 (11), 10.3390/app12115404 (2022) (IF:2.679), Different Transport Behaviors between Asian Dust and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Urban Areas: Monitoring in Fukuoka and Kanazawa, Japan

<知的財産権>

早川和一：株式会社島津製作所；「大気中の微粒子の発生源の特定方法」、国際特許出願

PCT/JP2019/019436、令和元年5月16日

WO 2020/217543 A1; 米国国内移行2021年10月18日US 62/838,078; 中国国内移行2021年10月18日CN 113711007 A

Thank you for your attention.

