

環境研究総合推進費【5-1456】

大気環境の異なる地域における PM_{2.5}及びオゾンの呼吸器系への 影響に関する疫学研究

研究代表者： 島 正之（兵庫医科大学）

研究実施期間：平成26～28年度

累積予算額： 98,539千円

研究体制

(1) 都市域におけるPM_{2.5}及びオゾンの喘息発作への影響に関する疫学研究

兵庫医科大学

島 正之

(2) 大気清浄地区における越境大気汚染の呼吸器への影響に関する研究

国立弓削商船高等専門学校

高木 洋、伊藤 武志

(3) 大気中PM_{2.5}の成分測定による環境挙動の解明に関する研究

(財)ひょうご環境創造協会兵庫県環境研究センター

平木隆年、中坪良平、堀江洋佑

研究目的

- PM_{2.5}の主要成分を連続的に測定し、喘息発作、肺機能の変化との関連を評価する。
- 大気環境の特徴が異なる2地域で、健康影響評価と大気環境測定を実施し、越境汚染の影響も考慮して、PM_{2.5}及びオゾン等の発生源の相違と呼吸器系への影響を解明する。

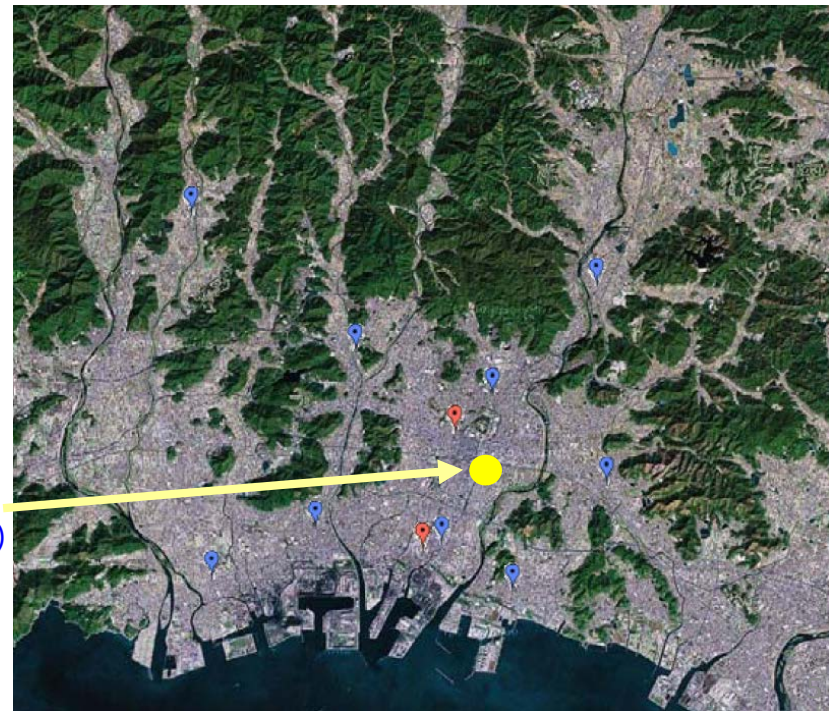
サブテーマ(1)

都市域におけるPM_{2.5}及びオゾンの喘息発作への影響に関する疫学研究

- 長期的に喘息調査を行っている姫路市において、大気中粒子状物質の粒径別質量濃度及び化学成分濃度の連続測定を行い、1週間毎の喘息発作及び1日毎の喘息による受診との関連性を明らかにする。
- 市内11で常時監視されている大気汚染物質濃度との関連も検討する。

大気環境測定

- 市中心部にエアロゾル成分自動分析装置 (ACSA-14、紀本電子) を設置し、連続測定。
 - 微小粒子状物質 (PM_{2.5})、粗大粒子 (PM_{10-2.5})
 - 元素状炭素 (OBC; Optical Black Carbon)
 - 粒径別主要化学成分 (SO₄²⁻, NO₃⁻, WSOC, H⁺)
- 姫路市の常時監視 (11か所) の結果も用いた。
 - このうち7か所でPM_{2.5}を測定



測定地点
(兵庫県姫路総合庁舎)

青: 一般環境大気測定局 (9カ所)

赤: 自動車排出ガス測定局 (2カ所)

喘息発作に関するデータ

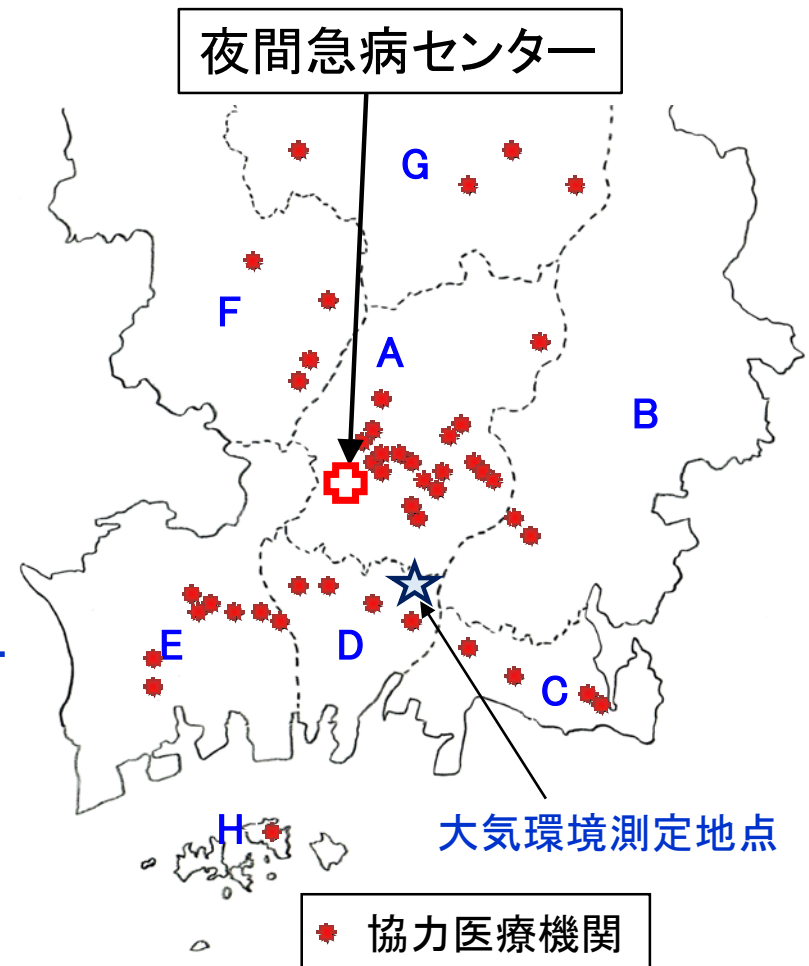
- 姫路市医師会の協力により、以下のデータを収集

① 46医療機関における 1週間毎の喘息発作数

- 性・年齢・居住地区別
- 1995年から継続して実施
- 年間約13,000件

② 夜間急病センターの1日 毎の喘息による受診患者

- 性・年齢・居住地区別
- 年間約 1,200件



解析方法

- 1週間毎または1日毎の喘息発作数を従属変数とし、気圧、気温、湿度、日照時間、季節、年度等の影響を調整して、大気汚染濃度及び粒径別成分濃度との関係を解析した。

- 1週間毎の喘息発作数

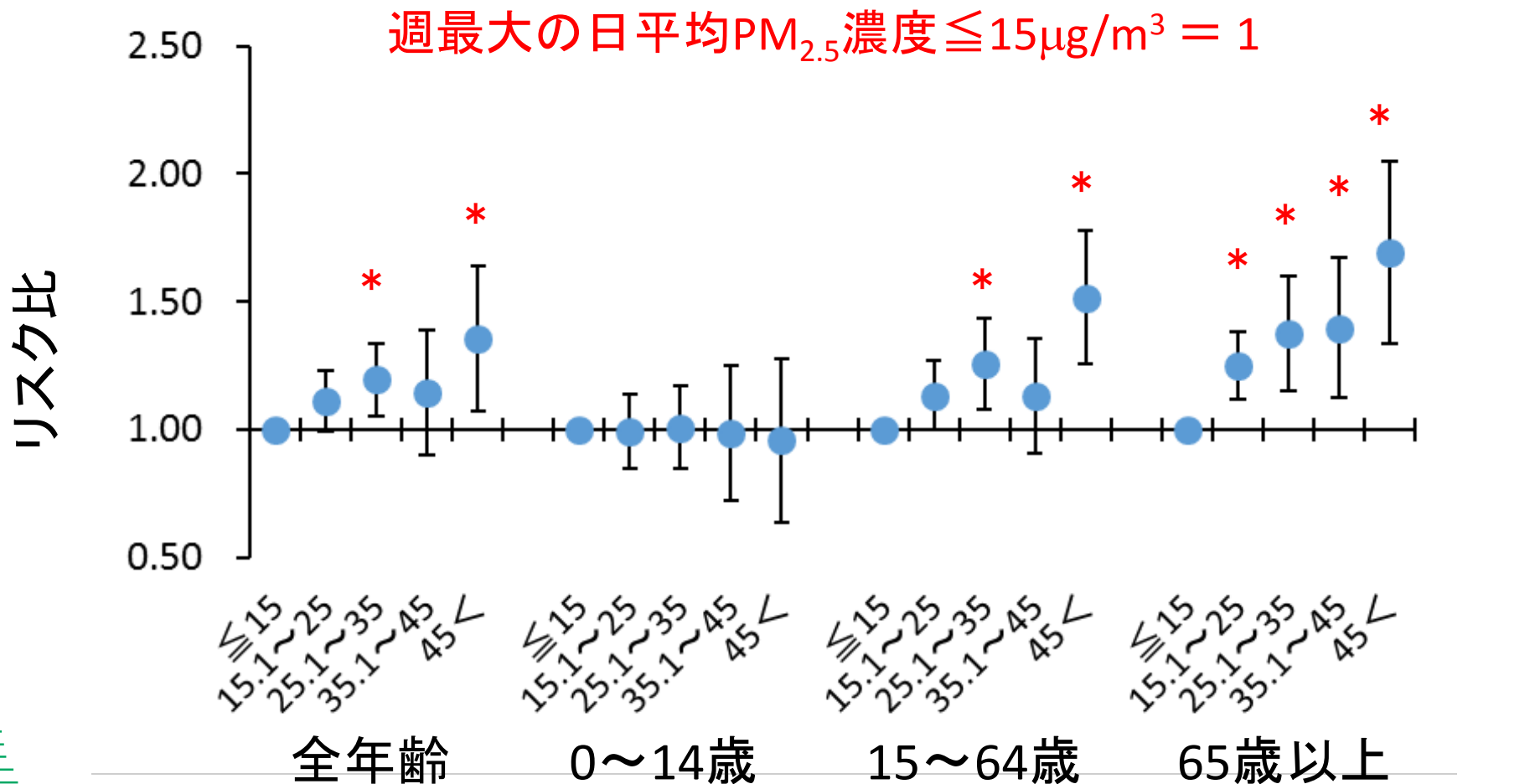
- ① 各地区のPM_{2.5}濃度との関連
- ② 市中心部の成分濃度との関連
- ③ 各地区のオゾン濃度との関連

- 1日毎の喘息受診数

- ① 大気汚染常時監視結果との関連
- ② 市中心部の成分濃度との関連

PM_{2.5}濃度と喘息発作の関連

(2012～2016年度、各地区の前週の最大濃度との関連)

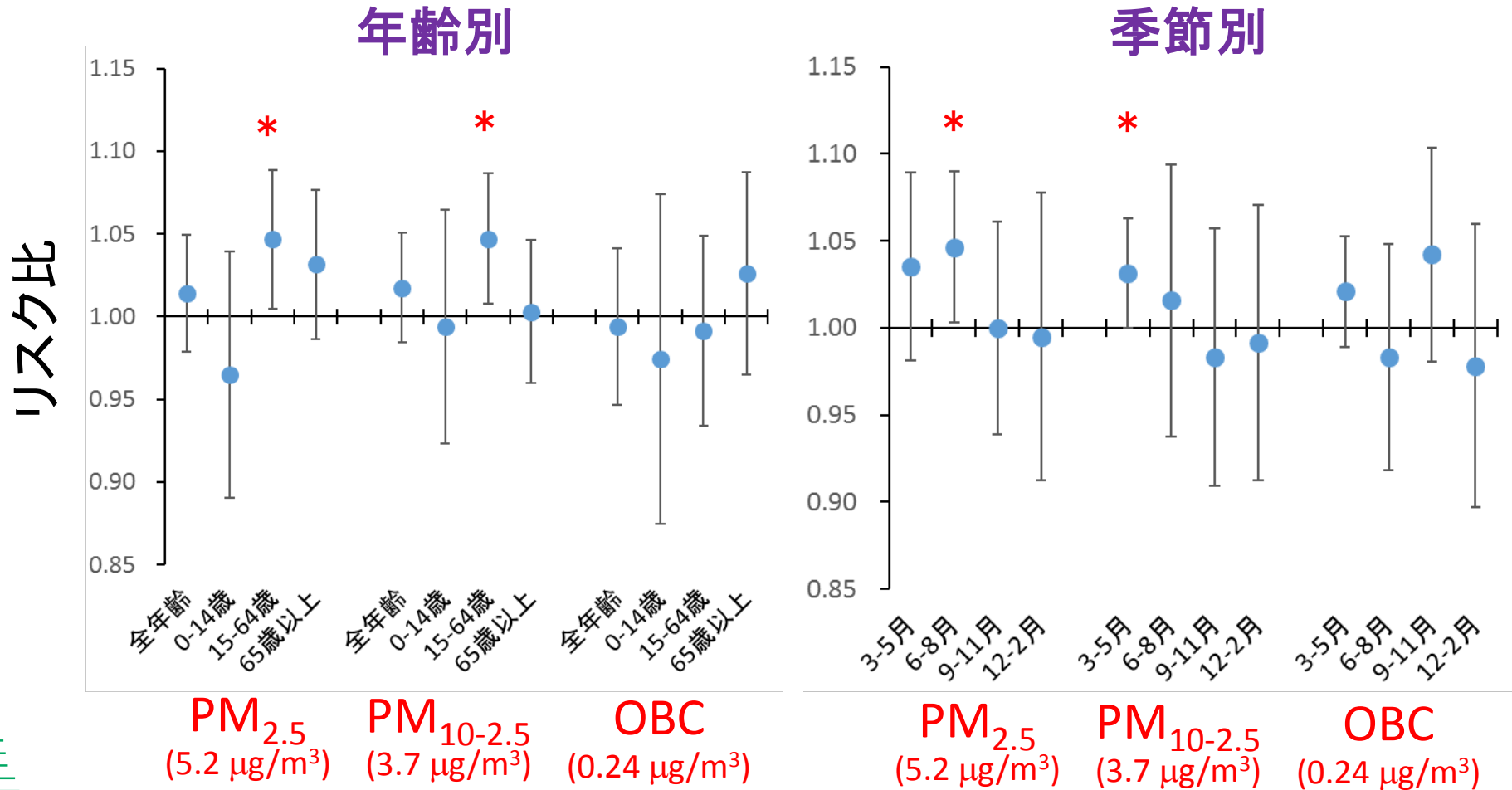


(気温、湿度、気圧、日照時間、季節、年度を調整) * ; p<0.05

注:2016年度は、4～12月の速報値

粒子状物質質量濃度と喘息発作の関連

(ACSA-14による測定、2014年6月～2016年12月)

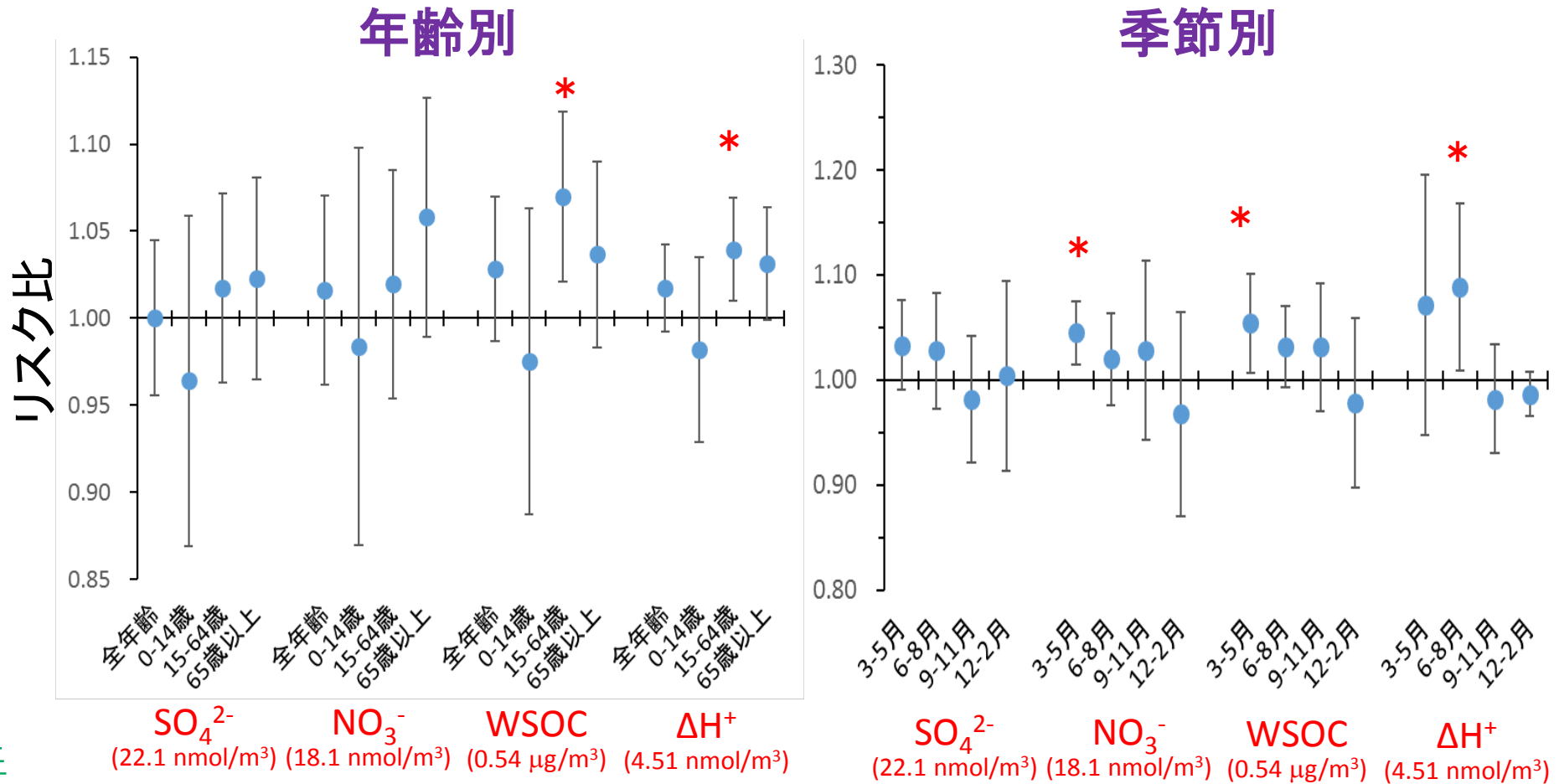


()内に示した四分位範囲増加当たり * ; p<0.05

気圧、気温、湿度、日照時間、季節、年度の影響を調整

微小粒子中成分濃度と喘息発作の関連

(ACSA-14による測定、2014年6月～2016年12月)



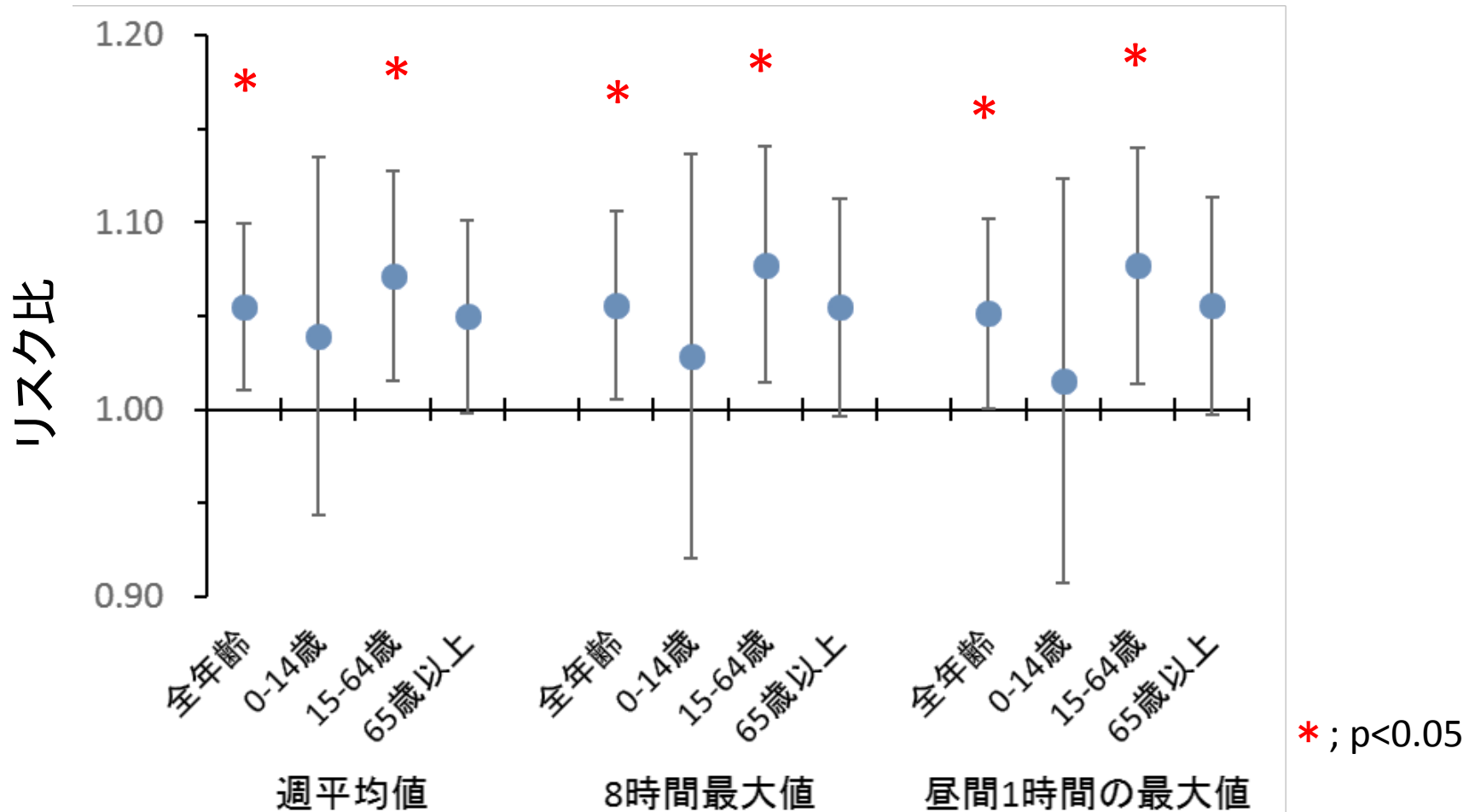
()内に示した四分位範囲増加当たり

* ; p<0.05

気圧、気温、湿度、日照時間、季節、年度の影響を調整

オゾン濃度と喘息発作の関連

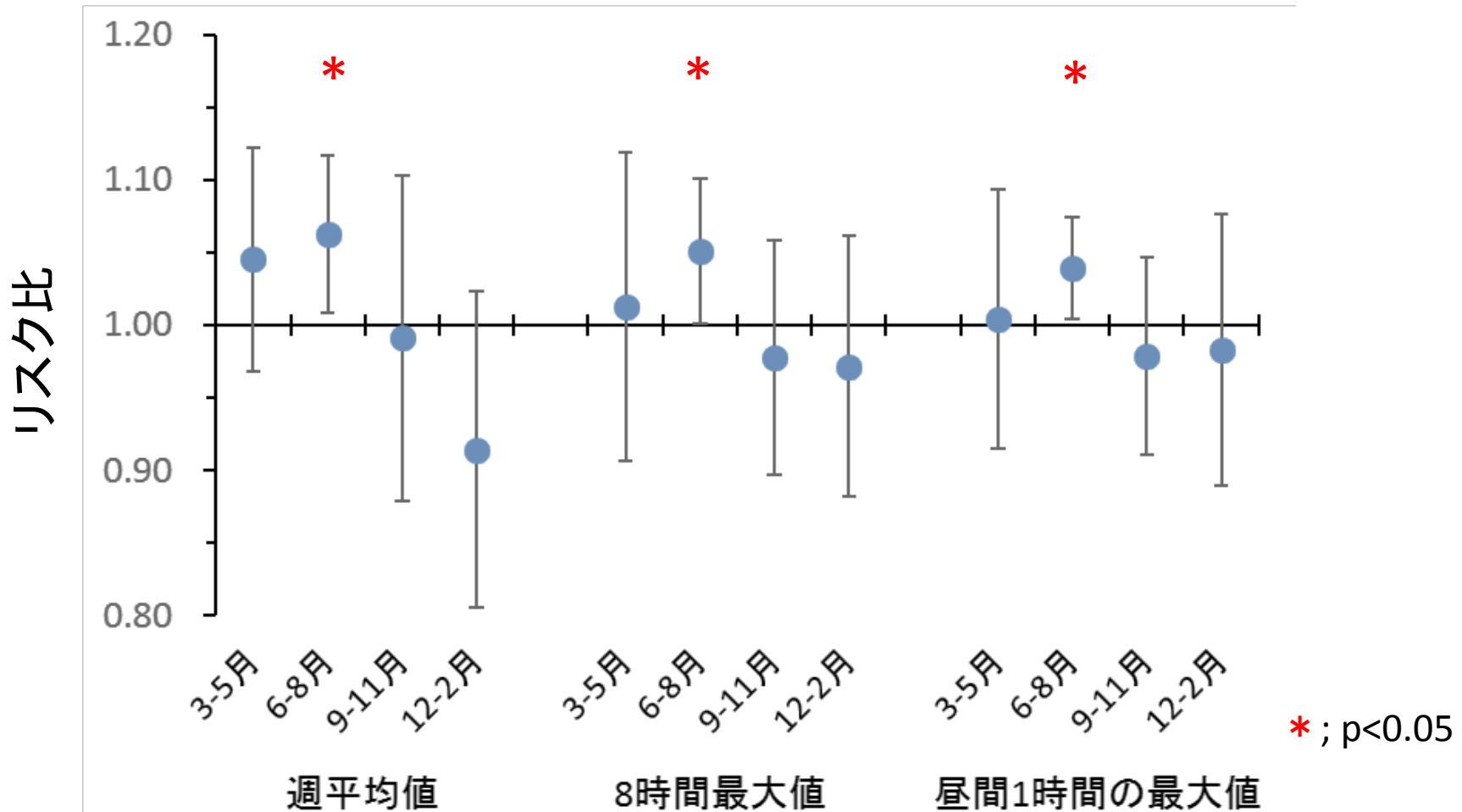
(全年齢・年齢別、2014年4月～2016年12月)



- 各濃度の四分位範囲増加当たりのリスク比と95%信頼区間
- 二酸化窒素濃度、気圧、気温、湿度、日照時間、季節を調整

オゾン濃度と喘息発作の関連

(全年齢・年齢別、2014年4月～2016年12月)



- 各濃度の四分位範囲増加当たりのリスク比と95%信頼区間
- 二酸化窒素濃度、気圧、気温、湿度、日照時間を調整

大気汚染と1日毎の喘息受診の関連

(ケースクロスオーバーデザイン、2014～2015年度)

		単位量	相対危険度	95%CI	
PM _{2.5}	前日	10μg/m ³	1.01	0.88	1.15
	3日平均		0.91	0.76	1.09
硫酸イオン	前日	10nmol/m ³	0.98	0.94	1.02
	3日平均		0.94	0.89	0.99
硝酸イオン	前日	10nmol/m ³	1.04	0.95	1.14
	3日平均		0.99	0.88	1.12
水溶性有機炭素	前日	1μgC/m ³	1.27	0.99	1.63
	3日平均		1.08	0.81	1.43
水素イオン	前日	10nmol/m ³	1.23	1.00	1.50
	3日平均		1.05	0.82	1.34
O ₃	前日	10ppb	1.13	1.02	1.24
	3日平均		1.24	1.06	1.46

成分はPM_{2.5}中の濃度との関連

気圧、気温、湿度、風速、日照時間で調整

サブテーマ(1)の成果

- 大気中PM_{2.5}濃度の増加に伴って、15歳以上では喘息発作数が有意に増加したが、小児では関連が認められなかった。
- 成分では、PM_{2.5}中WSOC及びH⁺濃度、PM_{10-2.5}中WSOC濃度と喘息発作の関連が有意であった。
- 季節別では、春季にPM_{2.5}中NO₃⁻及びWSOC、夏季にH⁺濃度と喘息との関連が有意であった。
- 大気中オゾン濃度が上昇すると喘息発作は増加し、年齢別では15～64歳、季節別では夏季に関連が強かった。
- PM_{2.5}中H⁺濃度及びオゾン濃度が上昇すると、1日毎の喘息による救急受診が増加することも明らかとなった。

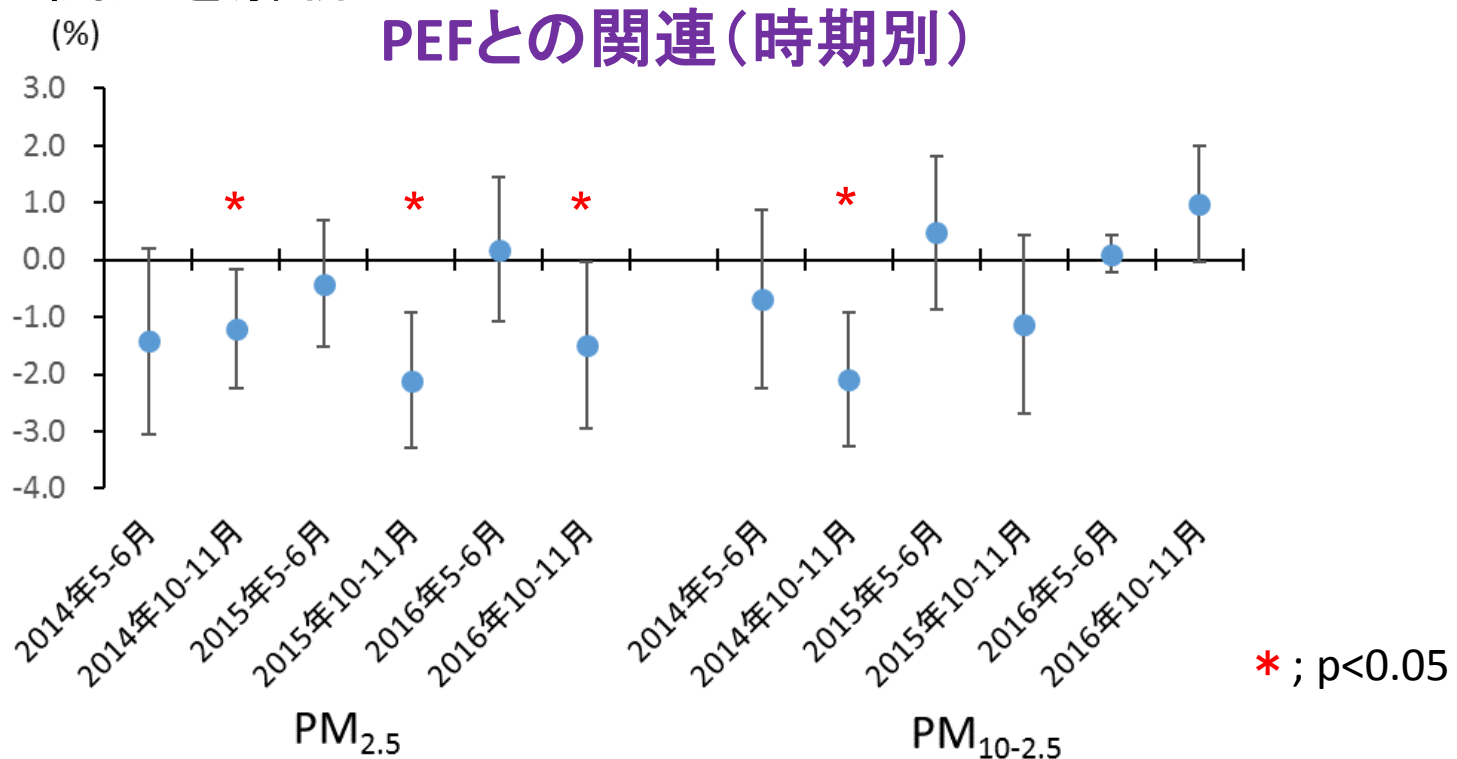
サブテーマ(2)

大気清浄地区における越境大気汚染の呼吸器への影響に関する研究

- 愛媛県弓削島にて、大気環境測定とともに、学生の呼吸器症状調査と肺機能検査を行う。
- 一部の学生に、年2回、各4週間、毎日肺機能検査を実施し、大気汚染の影響を評価する。
- 呼吸器症状がある者を対象に、気道炎症の指標である呼気一酸化窒素(FeNO)濃度の測定と肺機能検査を定期的 to 実施する。

大気汚染と肺機能との関連

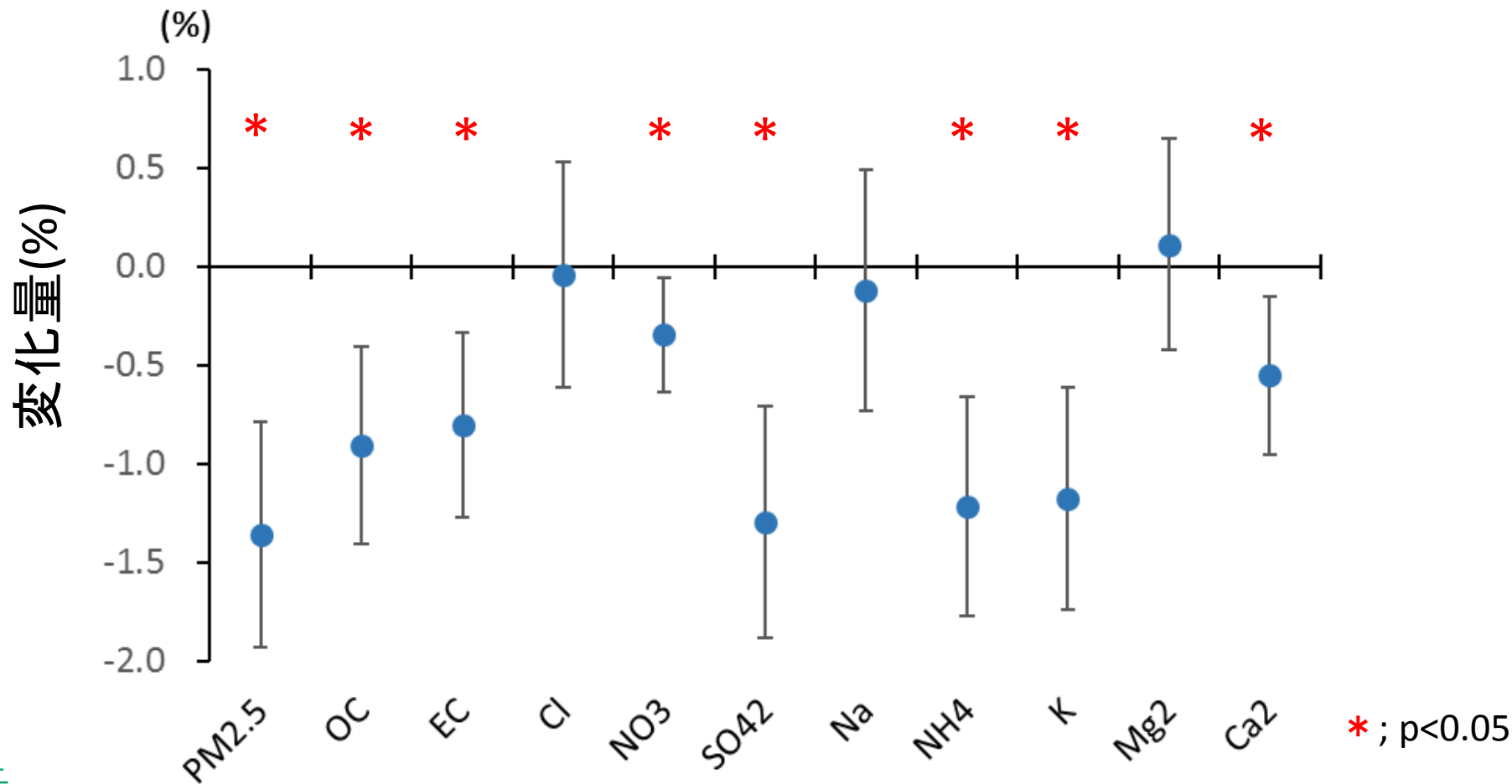
- 対象: 48名 (男子32名、女子16名)
- 毎年5~6月、10~11月の約1ヶ月間、電子式ピークフローメーターを用いて最大呼気流量(PEF)と1秒量(FEV₁)を毎朝測定
- 学校屋上で測定した大気汚染物質の検査前24時間の平均濃度との関連を解析



各物質の四分位濃度範囲(IQR)増加当たりの変化量

PM_{2.5}成分濃度とPEFの関連

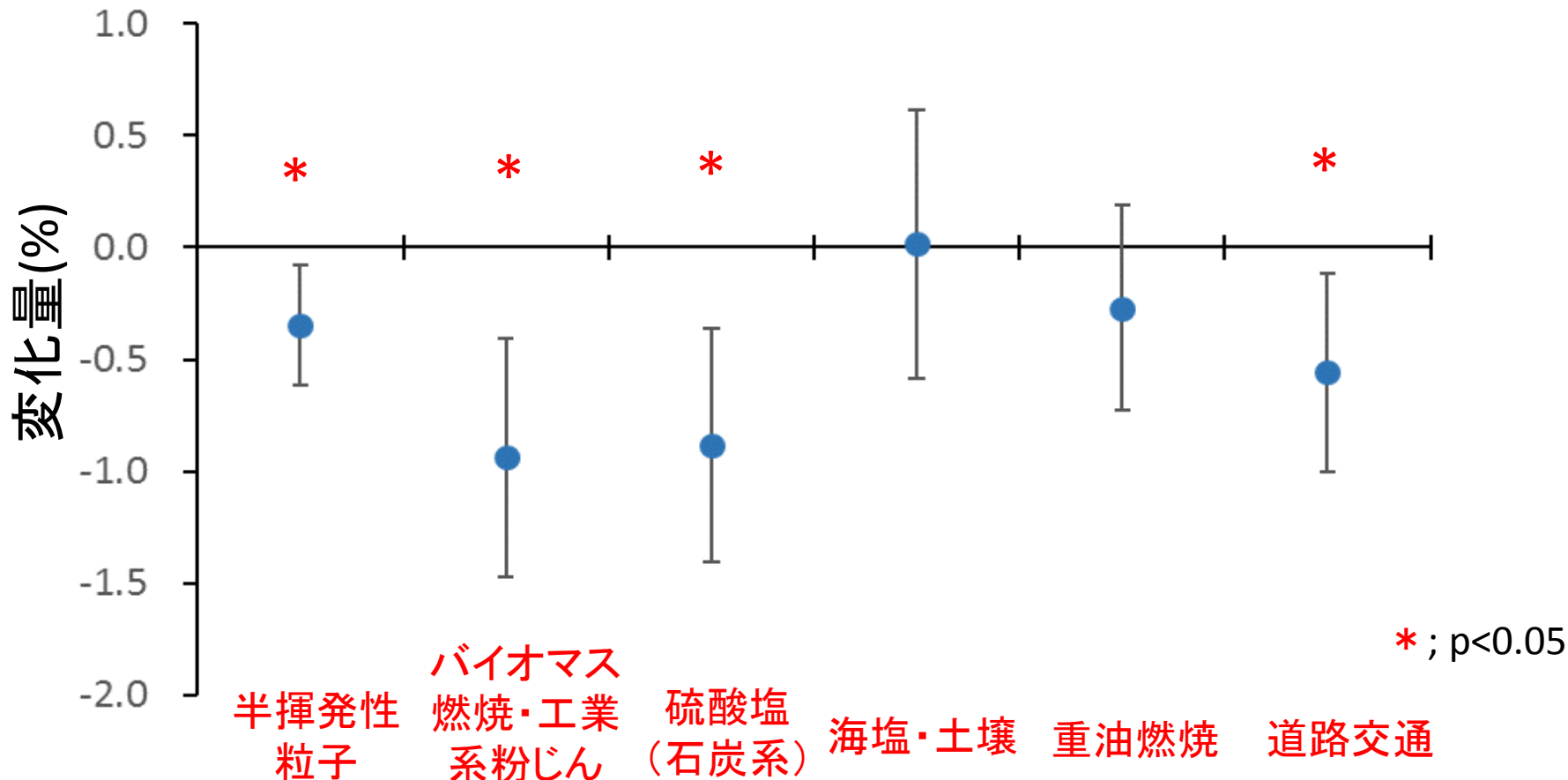
(2014年10月～2016年10月、全期間)



混合効果モデルにより、性別、身長、気温、湿度、調査時期を調整
各成分の四分位範囲濃度増加当たりの変化量(%)

PM_{2.5}発生源因子とPEFの関連

(%) (2014年10月～2016年10月、全期間)

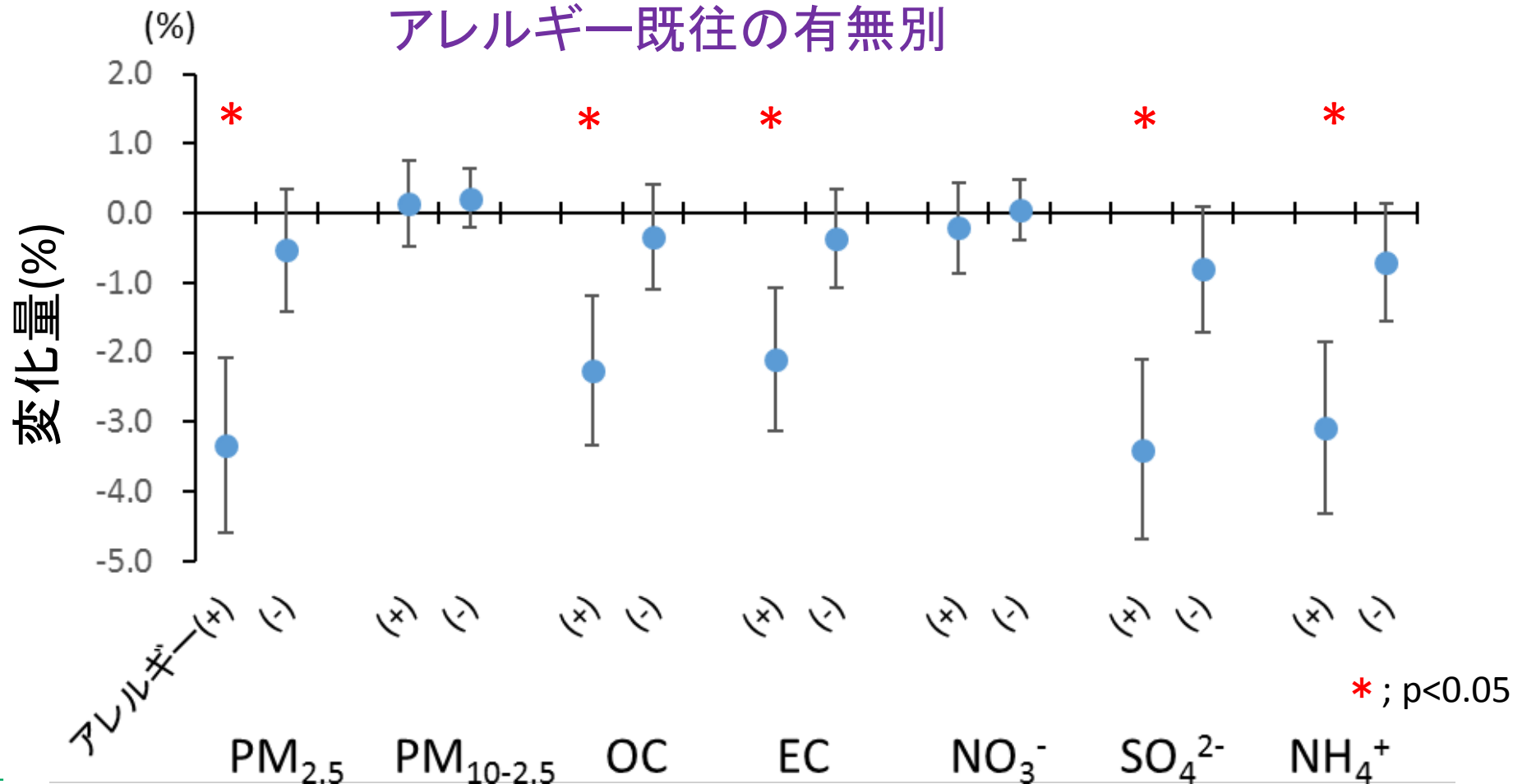


混合効果モデルにより、性別、身長、気温、湿度、調査時期を調整
サブテーマ(3)でのPositive Matrix Factorization (PMF)解析結果による
各因子の四分位範囲濃度増加当たりの変化量(%)

PM_{2.5}成分濃度とFEV₁の関連

(2014年10月～2016年10月、全期間)

アレルギー既往の有無別



混合効果モデルにより、性別、身長、気温、湿度、調査時期を調整
各成分の四分位範囲濃度増加当たりの変化量 (%)

サブテーマ(2)の成果

- 瀬戸内海の離島である弓削島において、学生が毎日測定した肺機能値は、検査前24時間の大気汚染物質、PM_{2.5}中の多くの成分濃度の上昇により有意な低下が認められた。
- PM_{2.5}の発生源との関連では、半揮発性粒子、バイオマス燃焼・工業系粉じん、硫酸塩(石炭系)、道路交通との関連が有意であった。
- アレルギーの既往を有する者は、大気汚染物質の影響を受けやすいことが示された。

サブテーマ(3)

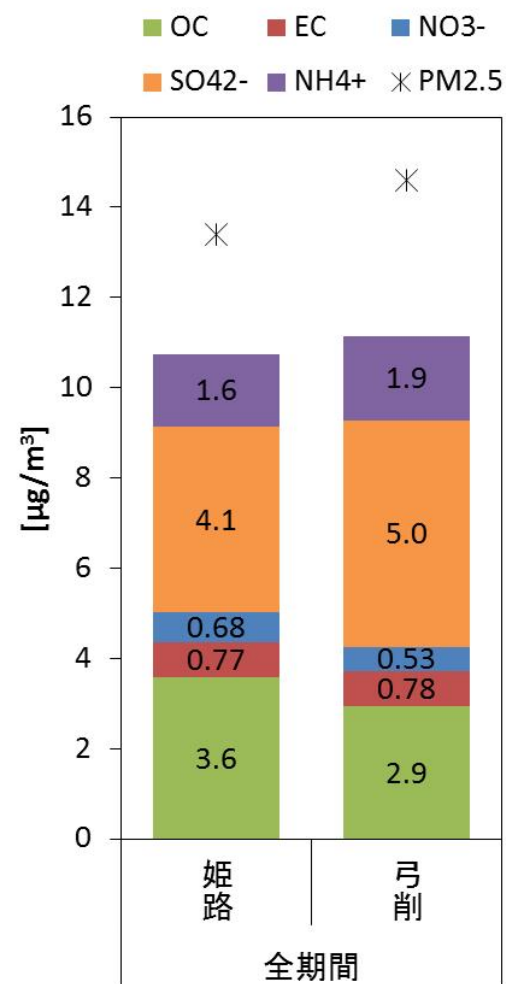
大気中PM_{2.5}の成分測定による 環境挙動の解明に関する研究

- 姫路市と弓削島にて、環境省全国一斉調査期間に合わせて、年4回、各季節に14日間ずつ、24時間単位でPM_{2.5}の質量及び成分濃度を測定した。
- PM_{2.5}成分濃度にレセプターモデルを適用し、両地点の大気汚染に寄与する発生源とその寄与濃度を推定した。
- シミュレーションモデルによりPM_{2.5}に及ぼす越境移流の影響を定量的に明らかにした。

主要成分濃度の期間平均値

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

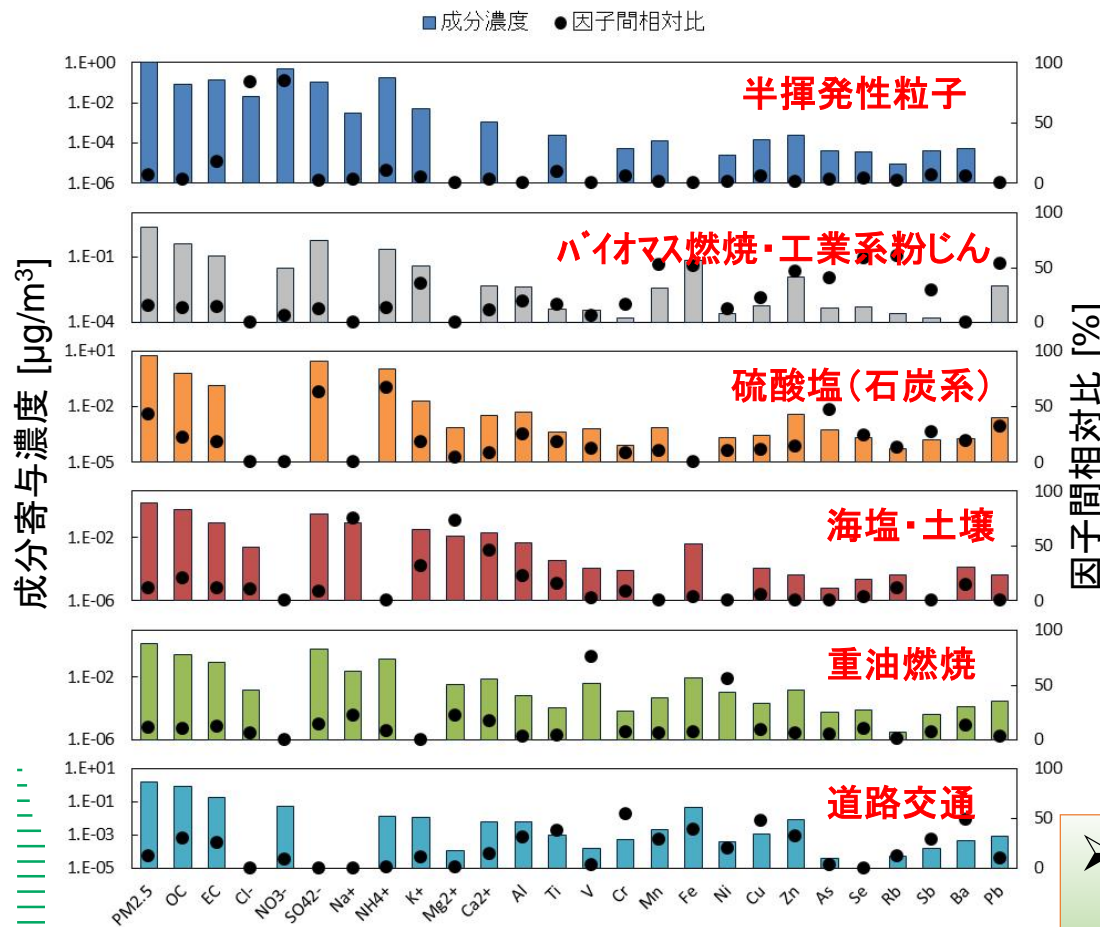
季節	地点	PM _{2.5}	OC	EC	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺
春季	姫路	14.6	3.9	0.75	0.61	4.1	1.6
	弓削	15.3	3.4	0.82	0.54	4.5	1.7
夏季	姫路	14.6	4.0	0.69	0.068	5.8	2.0
	弓削	16.2	3.0	0.67	0.047	6.9	2.3
秋季	姫路	11.8	3.7	0.82	0.67	2.7	1.1
	弓削	13.3	2.9	0.81	0.51	3.8	1.4
冬季	姫路	12.8	2.5	0.9	1.7	3.6	1.8
	弓削	13.4	2.4	0.84	1.3	4.5	1.9
全期間	姫路	13.4	3.6	0.77	0.68	4.1	1.6
	弓削	14.6	2.9	0.78	0.53	5.0	1.9



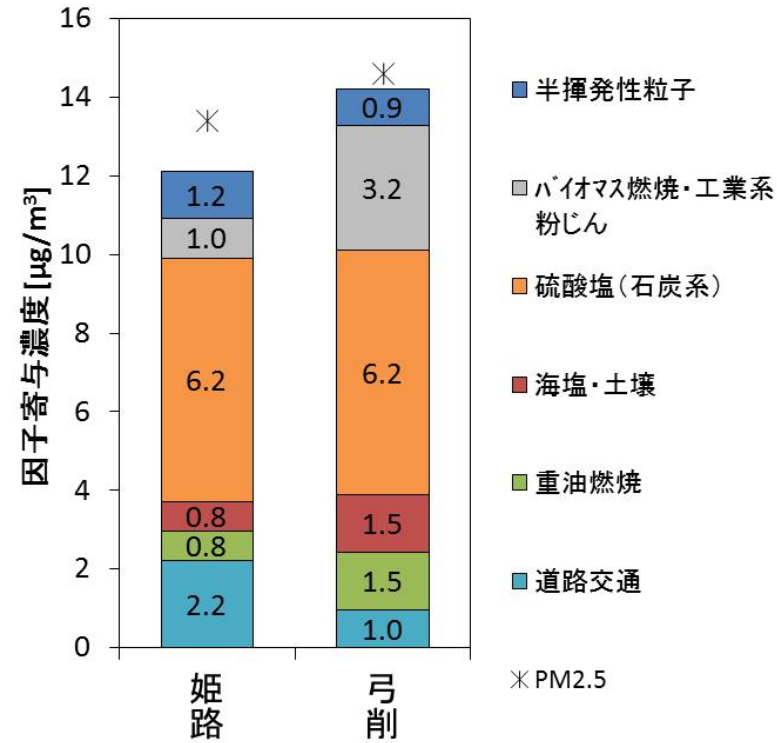
- PM_{2.5}、SO₄²⁻、NH₄⁺濃度は、姫路よりも弓削で高い。
- OC及びNO₃⁻濃度は、弓削よりも姫路で高い。

PM_{2.5}の発生源解析

- 成分濃度データを用いてPositive Matrix Factorization (PMF) 解析を行い、PM_{2.5}の発生源と寄与濃度を推定した。



発生源因子の成分組成プロファイル



発生源因子の寄与濃度

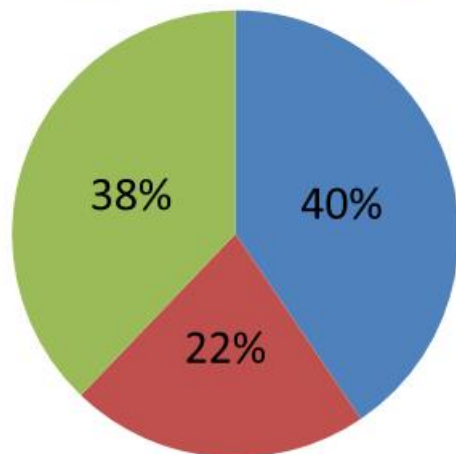
➤ 硫酸塩(石炭系)に次ぎ、姫路では道路交通、弓削ではバイオマス燃焼・工業系粉じんの寄与濃度が高い。²³

越境移流の定量的評価

- シミュレーションモデル(WRF/CMAQ)による発生源感度解析※を実施し、PM_{2.5}に及ぼす越境移流(東アジア人為起源)及び船舶の影響を定量的に評価した。

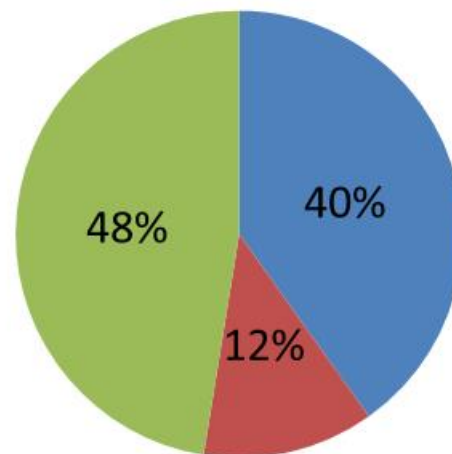
※各発生源の排出量を調整してPM_{2.5}濃度を再現する方法

弓削 ■ 東アジア ■ 船舶 ■ その他



(PM_{2.5}: 9.1 μ g/m³)

姫路 ■ 東アジア ■ 船舶 ■ その他



(PM_{2.5}: 11.0 μ g/m³)

- 越境移流の割合は、姫路と弓削で40%と同程度だったが、船舶の割合は弓削で大きく、弓削では周辺の海域を航行する船舶排ガスの影響を強く受けている可能性がある。

サブテーマ(3)の成果

- 姫路市及び弓削島においてPM_{2.5}成分の並行観測を実施した。
- PMFによるPM_{2.5}の発生源解析では、両地点とも硫酸塩(石炭系)の寄与濃度が最も高く、次いで姫路では道路交通、弓削ではバイオマス燃焼・工業系粉じんの寄与濃度が高かった。
- シミュレーションモデルによる発生源感度解析から、PM_{2.5}に及ぼす越境移流の影響は姫路と弓削で同程度だったが、弓削では船舶の影響を強く受けている可能性があった。

本研究により得られた成果

- PM_{2.5}、オゾン等の濃度が上昇すれば、喘息発作が増加し、学生の肺機能が低下することが明らかとなった。
- 大気汚染物質の影響は、年齢や季節によって異なり、アレルギーの既往を有する者は影響を受けやすいことが示唆された。
- PM_{2.5}の発生源解析では、姫路、弓削ともに硫酸塩（石炭系）の寄与濃度が最も高く、次いで姫路では道路交通、弓削ではバイオマス燃焼・工業系粉じんの寄与濃度が高かった。
- 硫酸塩（石炭系）等の成分は、肺機能の低下を生じることが示された。
- わが国における今後のPM_{2.5}等の大気汚染対策を進める上で重要な知見を得ることができたと考える。

研究成果を用いた、日本国民との科学・科学技術対話の活動(研究開始～プレゼン前日まで)

①地域の科学講座・市民講座での研究成果の講演

実施日	主催者名	講座名	開催地	参加者数	講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等
H.27.2.3.	東京都環境局	社会人を対象とした環境学習講座	東京都	約100名	<ul style="list-style-type: none"> ・PM2.5が喘息などの呼吸器疾患に対して短期的及び長期的に及ぼす影響につき講演。 ・参加者から、最近の日本におけるPM2.5の動向につき質問があった。
H29.2.21.～22.	公益財団法人兵庫県生きがい創造協会	兵庫県阪神シニアカレッジ	兵庫県	約100名	<ul style="list-style-type: none"> ・PM2.5が喘息に及ぼす影響には個人差があるという成果につき講演。 ・参加者から健康影響の予防につき質問があった。

②大学・研究機関の一般公開での研究成果の講演

実施日	主催者名	講座名	開催地	参加者数	講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等
H29.1.28.	金沢大学	国際交流シンポジウム	石川県	80名	<ul style="list-style-type: none"> ・大気汚染物質が喘息に及ぼす影響につき講演。 ・参加者から日本におけるオゾンの状況につき質問があった。

③一般市民を対象としたシンポジウム、博覧会、展示場での研究成果の講演・説明

実施日	主催者名	シンポ名	開催地	参加者数	講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等
H26.12.26.	兵庫医科大学(主催)	一般公開シンポジウム	大阪府	50名	<ul style="list-style-type: none"> ・本研究で得られた喘息と大気汚染物質との関連、及び日本と中国におけるPM2.5の状況につき講演。 ・参加者から大気汚染の健康影響の評価方法につき質問があった。
H28.2.27.	兵庫医科大学(主催)	一般公開シンポジウム	大阪府	60名	<ul style="list-style-type: none"> ・PM2.5及びオゾンについての状況と発生源、健康影響との関連について本研究で得られたにつき講演。 ・参加者から今後の研究の展望につき質問があった。

本課題の成果に係る「査読付」論文(国際誌・国内誌)の発表

執筆者名	発行年	論文タイトル	ジャーナル名等
Nakatsubo R, Horie Y, et al.	2014	Estimate of regional and broad-based sources for PM _{2.5} collected in an industrial area of Japan	Asian J Atmos Environ 8 (3), pp.126-139
Yamazaki S, Shima M, et al.	2015	Exposure to air pollution and meteorological factors associated with children's primary care visits at night due to asthma attack: case-crossover design for 3-year pooled patients.	BMJ open 5, e005736.

他3本。以上は全て、脚注又は謝辞に「環境省」・「環境研究総合推進費」・「課題番号」を記載。

本課題の成果に係る「査読付論文に準ずる成果発表」論文の発表 又は 本の出版

執筆者名	発行年	タイトル	ジャーナル・出版社名等
島 正之	2015	微小粒子状物質(PM2.5)および黄砂の呼吸器系への影響	最新医学、70 (7) pp. 1233-1239
島 正之	2015	大気汚染と呼吸器・アレルギー疾患	日本医事新報、4766, pp. 24-29

他10本・冊。

マスコミ発表(プレスリリース、新聞掲載、TV出演、報道機関への情報提供等)

種類	年月	概要	その他特記事項(あれば)
神戸新聞	2015.1.25	本研究で得られた喘息発作とPM2.5中硫酸イオン成分との関連について報道された。	

以上は全て「環境省」・「環境研究総合推進費」・「課題番号」の掲載を情報提供先に依頼。

国内外における口頭発表(学会等)

学会等名称	年月	発表タイトル	その他特記事項(あれば)
第56回大気環境学会年会	2015.9	瀬戸内海の離島及び沿岸の都市部で採取したPM _{2.5} の発生源解析	
ISEE and ISES - Asia Chapter 2016	2016.6	Association of ambient particulate matter and its ionic composition with pulmonary function among healthy students in a remote island of Japan.	

他16件。 以上は全て「環境省」・「環境研究総合推進費」・「課題番号」を明示。

知的財産権

なし

行政ニーズに即した 環境政策への貢献事例

なし

行政ニーズに即した 今後の環境政策への貢献「見込み」

概要(簡潔に)	その他特記事項(あれば)
成果の一つであるPM2.5濃度と喘息発作及び肺機能との関連は、PM2.5高濃度時に国民に対して有効な注意喚起を行うことに貢献できる可能性がある。	
成果の一つであるオゾン濃度と喘息発作及び肺機能との関連は、我が国における光化学オキシダントに係る環境基準の見直しに貢献できる可能性がある。	
成果の一つであるPM2.5の発生源解析の結果はPM2.5の高濃度現象を理解し、有効な大気汚染に貢献できる可能性がある。	

健康影響評価

サブテーマ② 弓削商船高専



- 呼吸器症状・肺機能検査 (全員・年1回)
- 毎日の肺機能測定 (年2回、各4週間)
- 呼気NOによる気道炎症評価 (月1回)

- 姫路市夜間休日急病センター喘息受診調査 (通年、1日毎)
- 気管支喘息発作数調査 (1週間毎)

姫路市医師会
連携

サブテーマ① 兵庫医科大学

大気環境評価

- 大気中粒子状物質 (PM_{2.5}, PM_{10-2.5}, 元素状炭素)、オゾン、窒素酸化物濃度連続測定 (校舎屋上)
- PM_{2.5} 主要成分の日単位測定 (年2回、各4週間、肺機能測定期間)

- 大気常時監視データ (市内11測定局、うち7か所でPM_{2.5}測定が実施)
- 粒子状物質の主要化学成分連続自動測定 (市中心部)

姫路市
協力

PM_{2.5} の24時間単位のろ過捕集によるイオン、炭素、元素成分の測定 (両地区、各季節、14日間)

環境挙動の解明

サブテーマ③ 兵庫県環境研究センター