

第22回環境学校

大気汚染の健康影響

2017年8月19日

島 正之

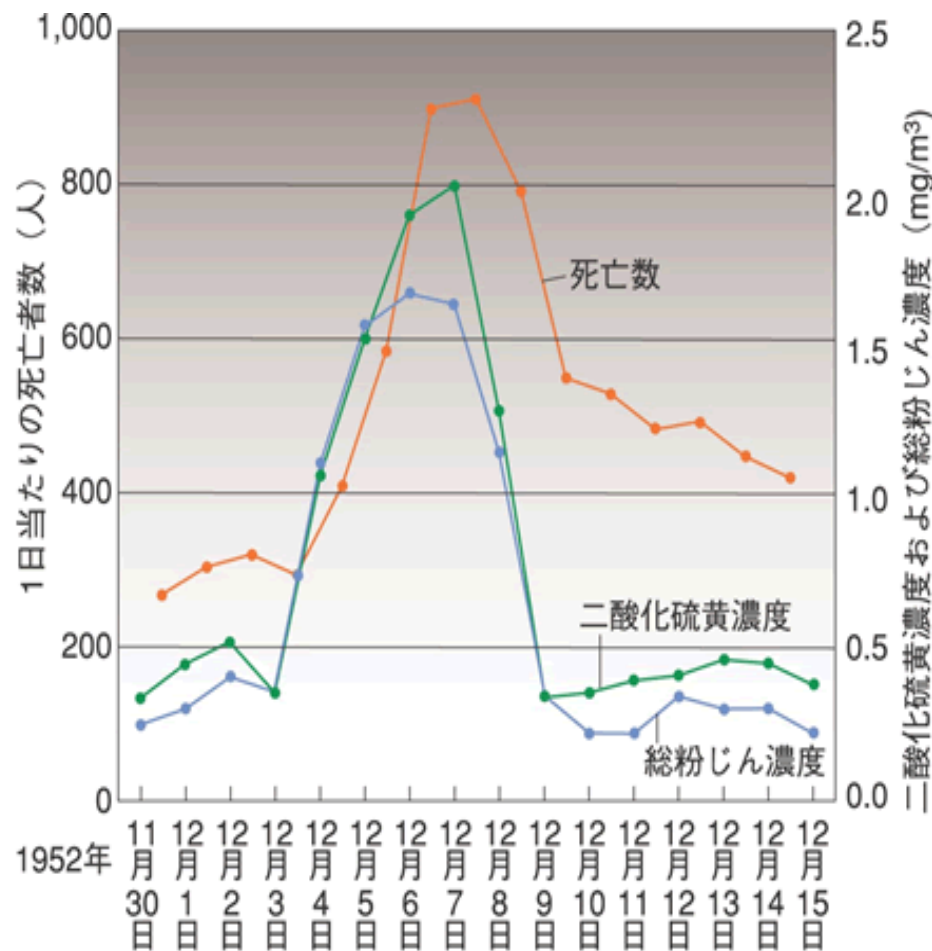
(兵庫医科大学公衆衛生学)

本日お話しする主な内容

- わが国における大気汚染
 - ◆ 主に工場に起因する大気汚染
 - ◆ 自動車排出ガスによる大気汚染
 - ◆ 大気汚染対策による改善効果
- 近年問題とされている大気汚染
 - ◆ 微小粒子状物質 (PM_{2.5})
 - ◆ 光化学オキシダント
 - ◆ 地球的規模の大気汚染

大気汚染の急性影響エピソード

- **ロンドンスモッグ事件**
(1952年12月)
- 石炭暖房によるスモッグ
 - 二酸化硫黄濃度: 最大 1.3 ppm
 - 総粉じん濃度: 最大
- 発生後2週間で約4,000名の過剰死亡(その後の影響を含め8,000名)
- 特に, 気管支炎による死亡の増加, 心疾患のある人への影響が大



出典: Wilkins E.T. ,Air pollution and the London fog of December, 1952. J.Royal. Sanitary Institute. 74(1):1-21(1954)

大気汚染の健康影響の程度



大気汚染の健康影響の種類

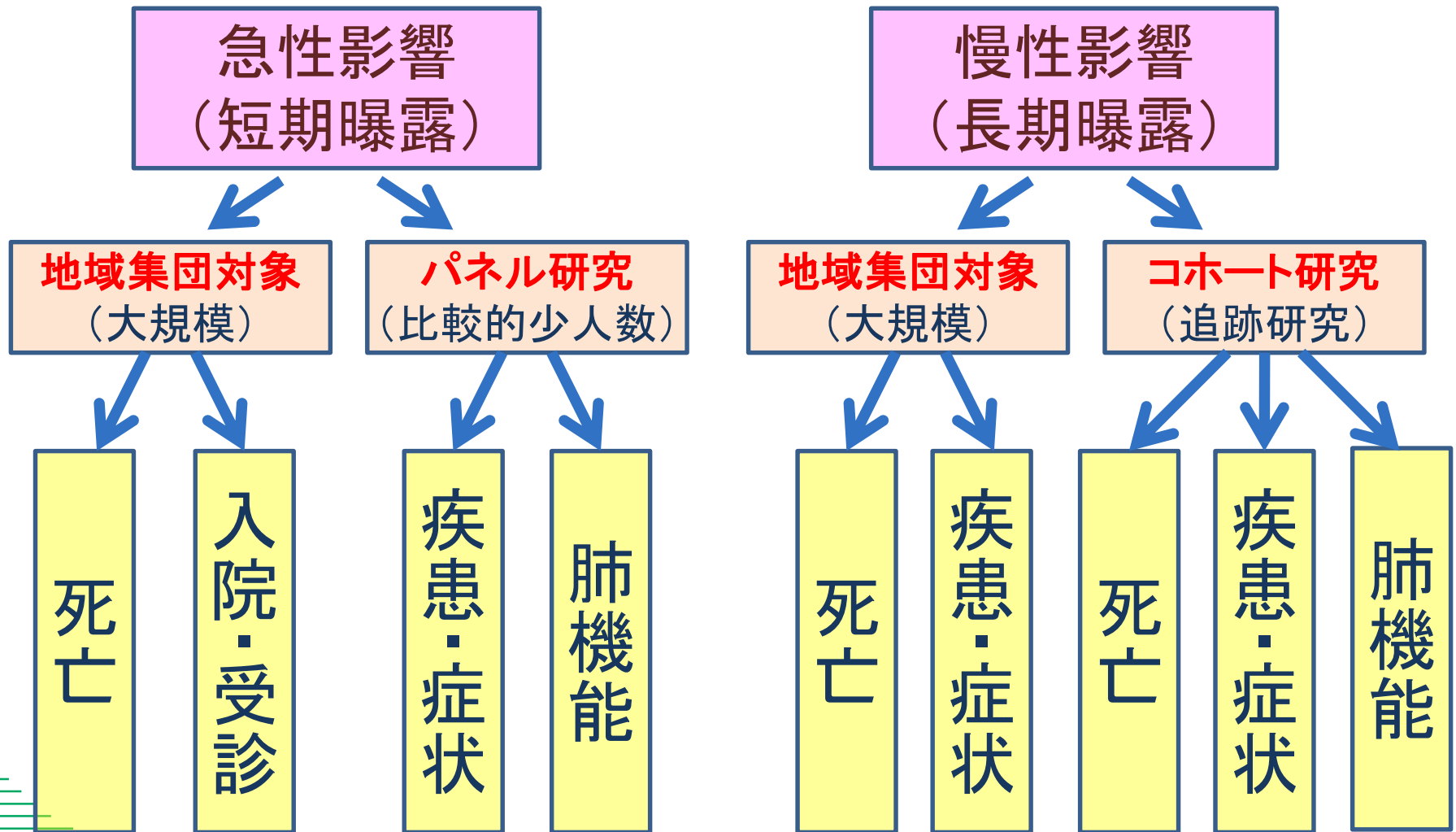
短期曝露による影響

- 日死亡
- 呼吸器系・心血管系疾患による入院、救急受診、外来受診
- 呼吸器系・心血管系の医薬品の使用
- 活動制限が必要な日数
- 仕事の欠勤、学校の欠席
- 急性症状(喘鳴、咳嗽、喀痰、呼吸器感染症)
- 生理機能の変化(肺機能など)

長期曝露による影響

- 心血管系・呼吸器系疾患による死亡
- 慢性呼吸器疾患の罹患および有病(喘息、慢性閉塞性肺疾患、慢性の病的変化)
- 慢性的な生理機能の変化
- 肺癌
- 慢性の心血管系疾患
- 子宮内発育の制限(低出生体重児、子宮内発育遅延)

大気汚染物質の健康影響に関する疫学研究のデザイン



日本における大気汚染

▶ 四日市喘息

- 1960年代 三重県四日市市の石油コンビナートから排出された二酸化硫黄による大気汚染
- 住民に気管支喘息, 慢性気管支炎, 肺気腫, 喘息性気管支炎が多発

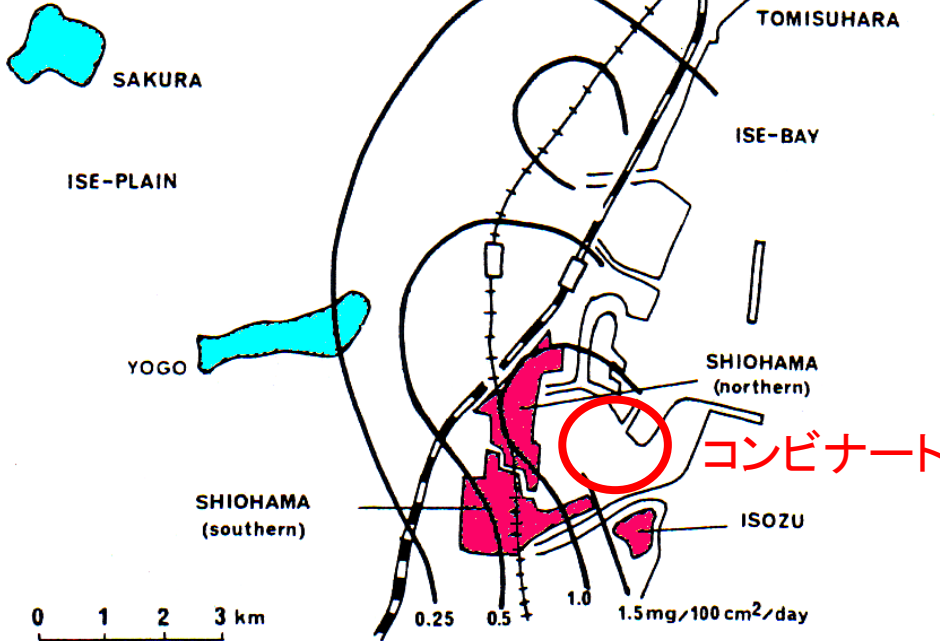
▶ 1960～70年代, 工業地帯を中心に, 全国的に大気汚染による健康被害

- 千葉, 東京, 横浜, 川崎, 富士, 名古屋, 大阪, 尼崎, 神戸, 倉敷など

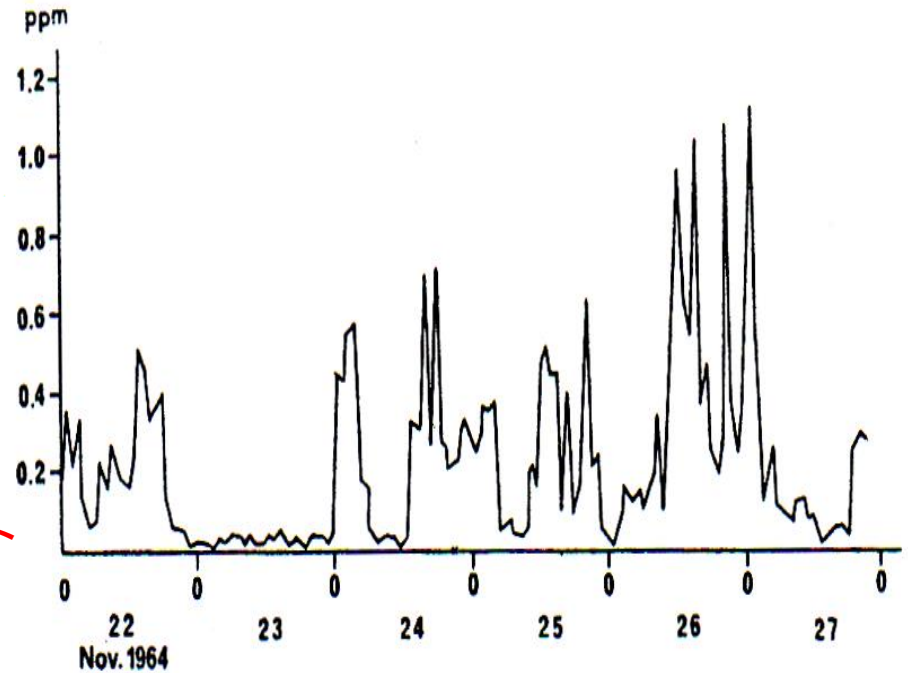


四日市における二酸化硫黄濃度

汚染地区
非汚染地区



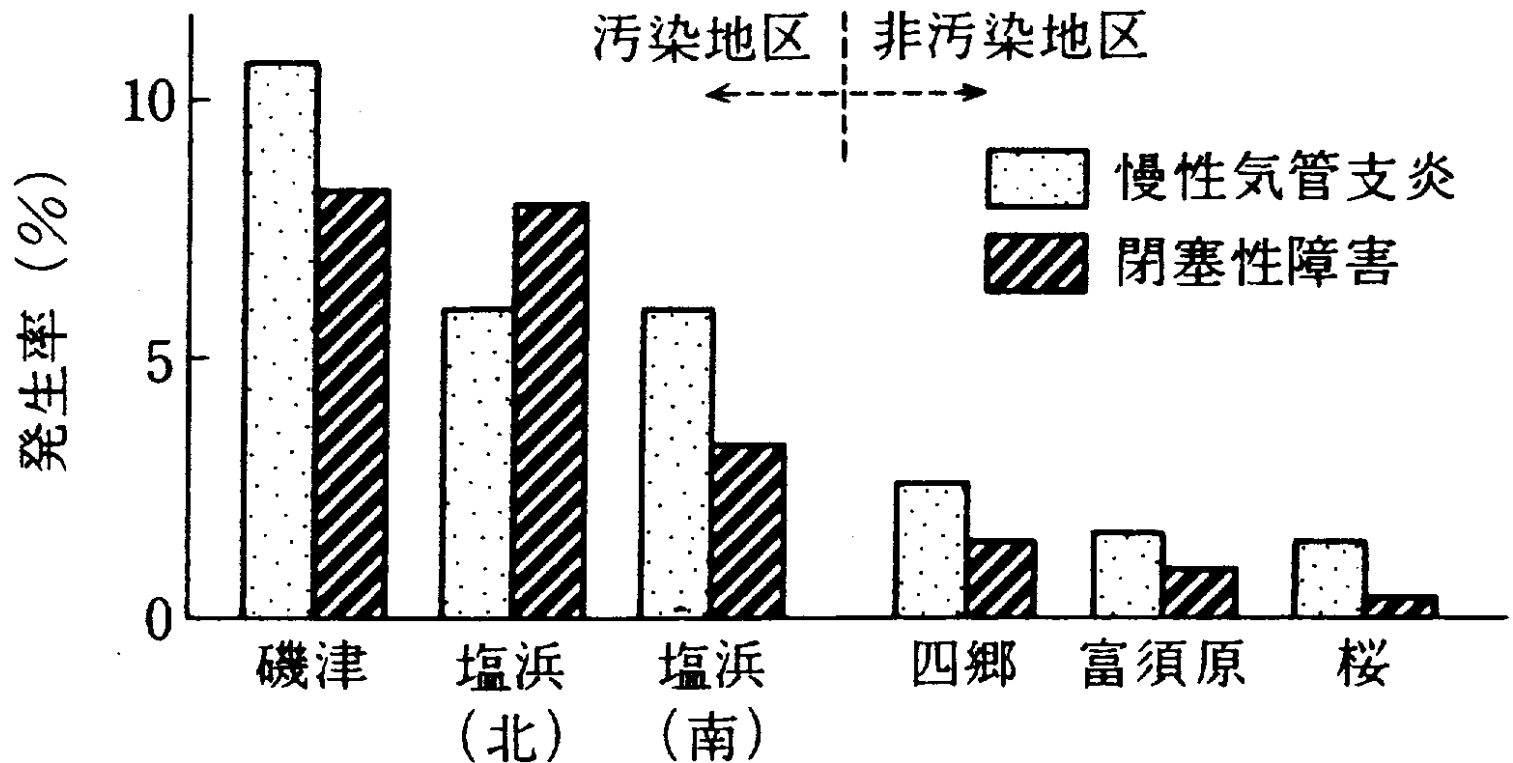
四日市市



磯津における二酸化硫黄濃度
(1964年11月24-27日)

慢性気管支炎・閉塞性肺障害有症率

四日市市(40歳以上の住民)

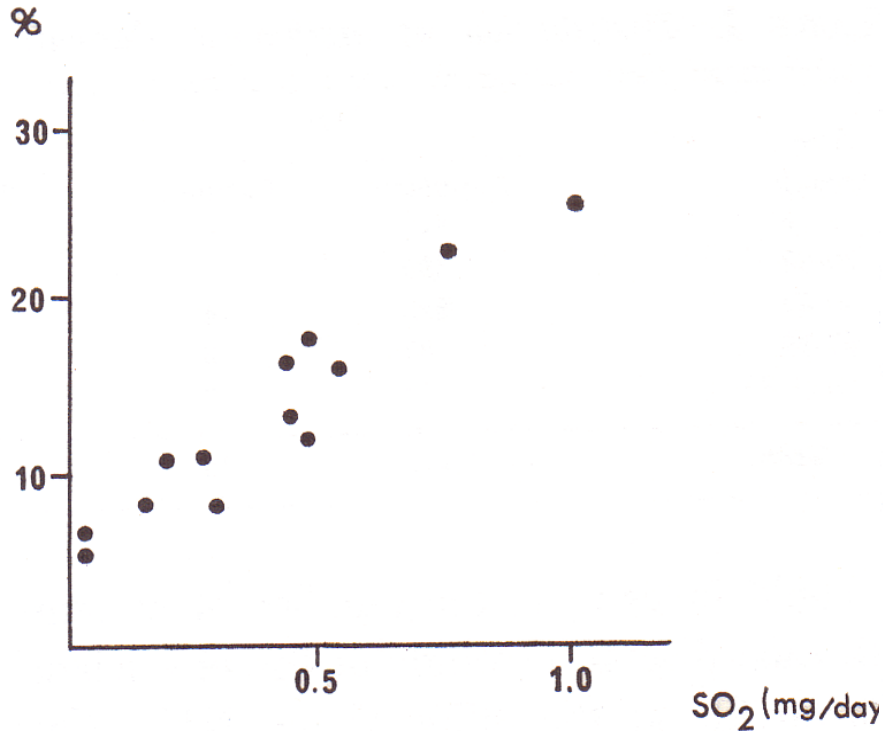


SO ₂ 濃度 (mg/日)	1.9	0.9	0.6	0.2	0.2	0.1
降下煤塵 (t/月)	13.5	15.1	12.6	5.2	7.6	2.3

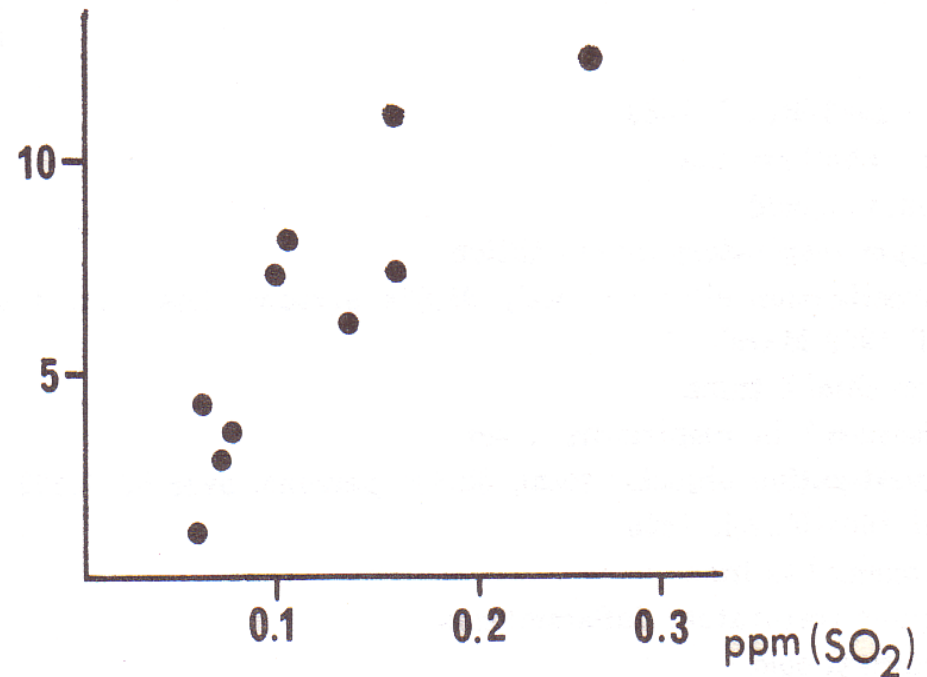
(吉田克己ほか、日衛誌、22: 323-335, 1967)

四日市喘息と硫黄酸化物の関係

気管支喘息年間累積受診率
と硫黄酸化物濃度の関係



週間の喘息発作数と
二酸化硫黄濃度の関係



50歳以上、1963年4月～1964年3月
対象は市内13地区の国保加入者

1963年1月～3月
対象は磯津地区の13名

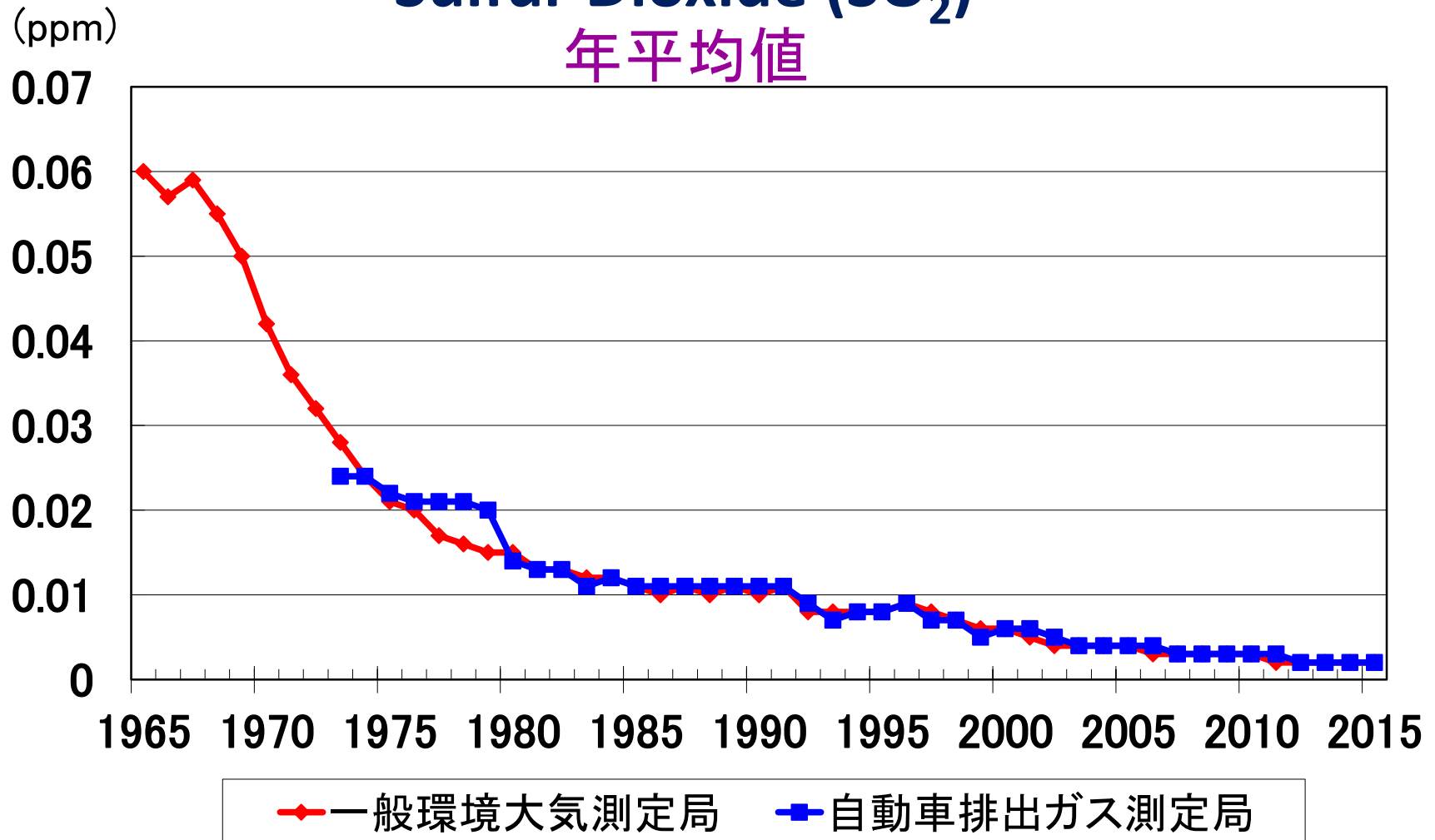
大気汚染対策

- 1967年 公害対策基本法
- 1969年 二酸化硫黄の環境基準制定(1973年改定)
 - その後、他の大気汚染物質についても順次制定
- 1972年 四日市公害訴訟判決(被害住民が勝訴)
- 1973年 公害健康被害補償法
- 大気汚染防止対策の推進
 - 硫黄酸化物の排出量規制
 - 企業における公害防止対策
 - 低硫黄重油の使用
 - 排煙脱硫装置、脱硝装置、集塵装置などの設置
 - 省エネルギー対策の推進

大気中二酸化硫黄濃度の推移

Sulfur Dioxide (SO₂)

年平均値

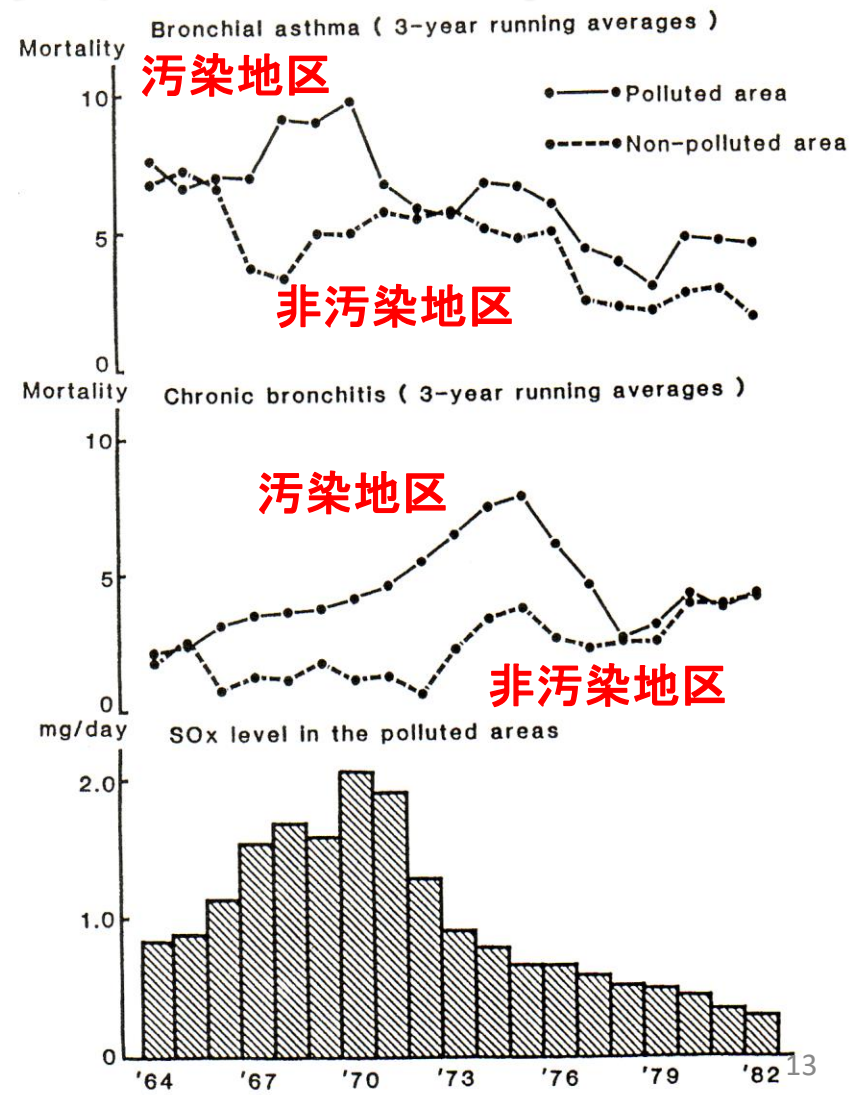


硫黄酸化物濃度と喘息および慢性気管支炎の死亡率

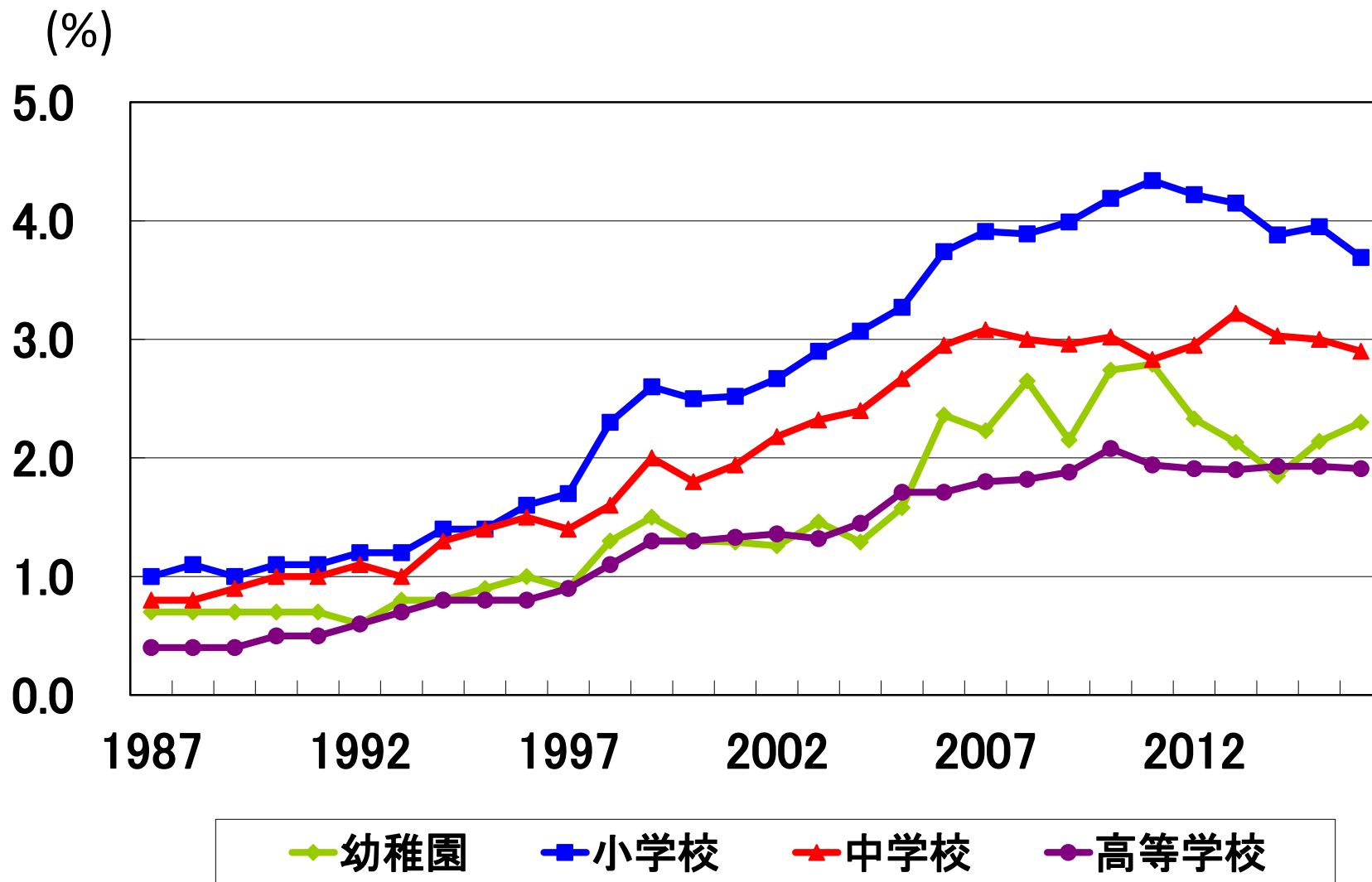
四日市保健所管内の
死因別年齢調整死亡率

上段：気管支喘息
中段：慢性気管支炎
下段：硫黄酸化物濃度
(年平均値)

(Imai, et al. Arch Environ Health
41: 29-35, 1986)



学校別喘息有病率の推移



疾病の成立モデル

病因

物理的要因

放射線, 騒音

化学的要因

有機溶剤, 重金属

生物的要因

細菌, ウイルス

宿主

性, 年齢

栄養

遺伝

習慣

免疫

体格

環境

物理的環境

化学的環境

生物学的環境

社会的環境

など

自動車排出ガスの健康影響

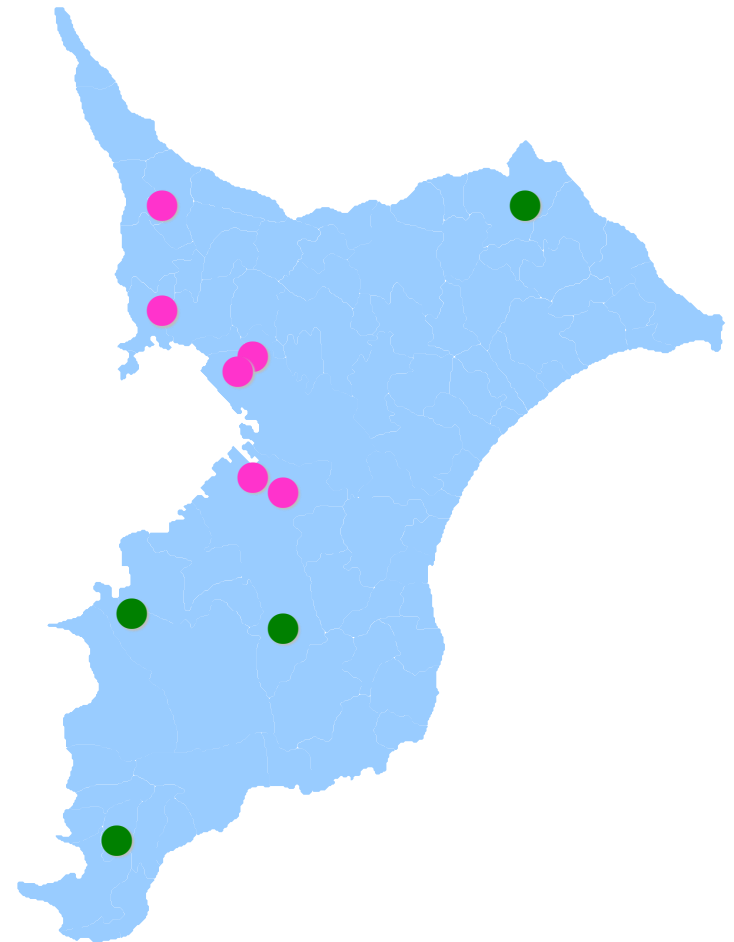
(千葉県におけるコホート研究、1985～2000年)

対象

- 千葉県内各地の10小学校
(在籍者数合計約6,000名)
 - 幹線道路に近接した都市部
 - 大気汚染源のない田園部

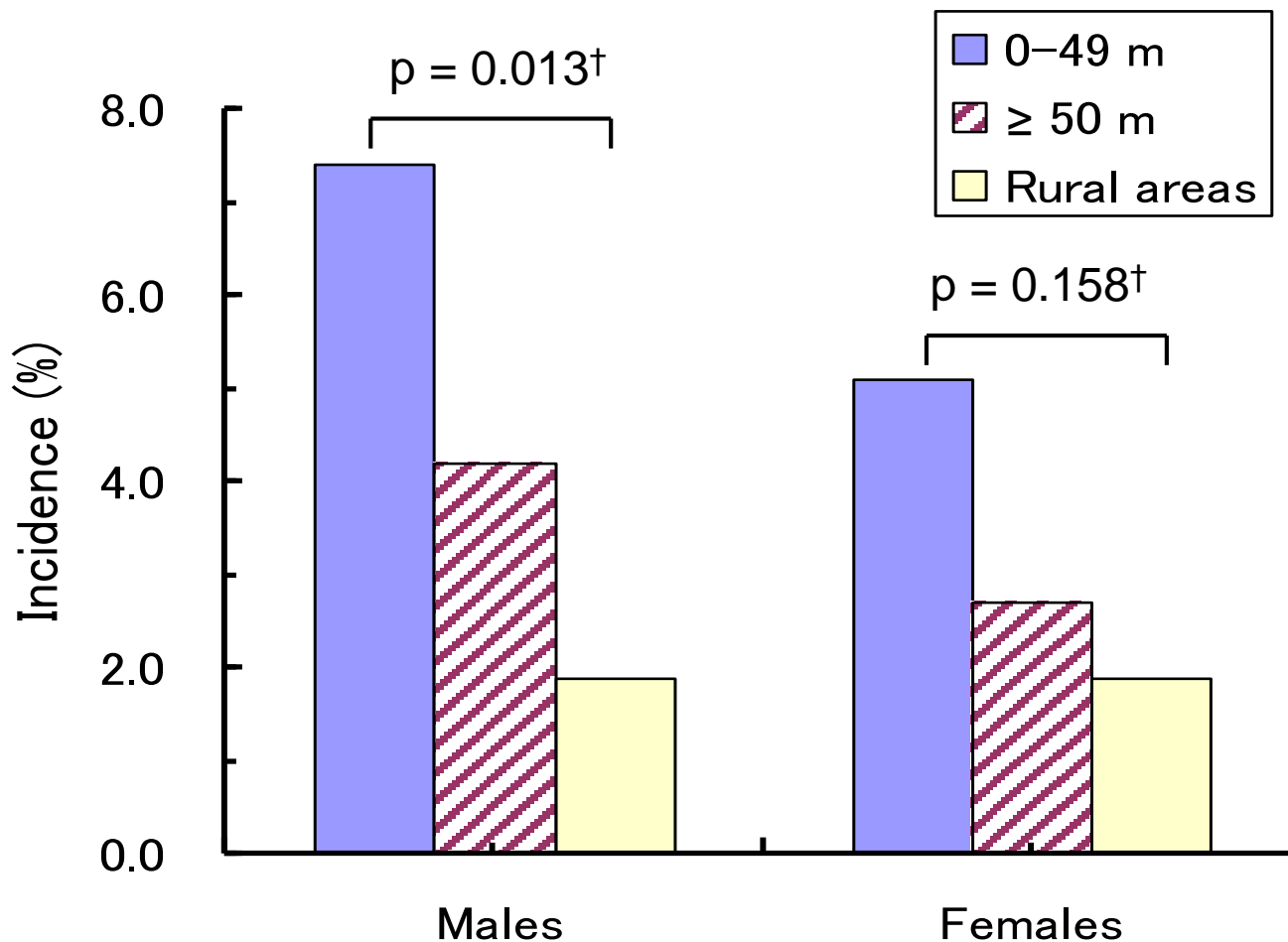
調査項目

- 呼吸器症状調査
- 肺機能検査
- 血液検査
- 家屋内環境測定



居住地区別喘息症状発症率

調査開始時に喘息症状のなかった1,858人を4年間追跡



(Shima, et al. J Epidemiol, 13: 108-119, 2003)

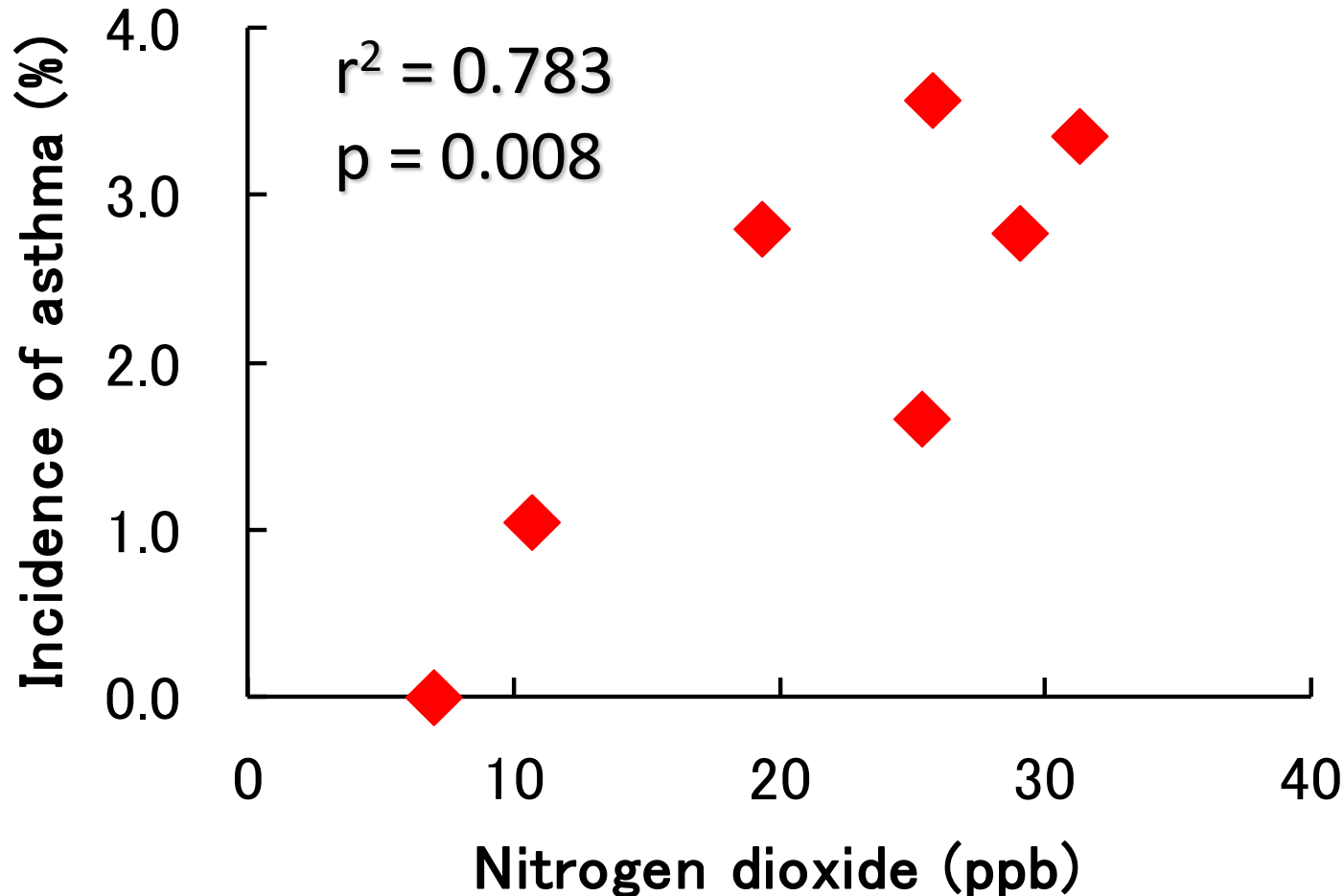
喘息症状発症に及ぼす因子

(多重ロジスティック回帰によるオッズ比)

		男子	女子
居住地域	0-49 m	3.77	4.03
	≥ 50 m	1.99	1.74
	田園部	1.00	1.00
学年(1学年増)		1.13	0.94
アレルギー疾患の既往		2.95	6.03
2歳以前の呼吸器疾患の既往		1.85	2.08
乳児期の母乳栄養		1.42	0.60
両親のアレルギー疾患の既往		2.82	1.20
母親の喫煙		1.74	2.15
家屋構造(鉄筋・鉄骨コンクリート)		0.92	0.40
冬季に非排気型暖房器具の使用		1.47	0.77

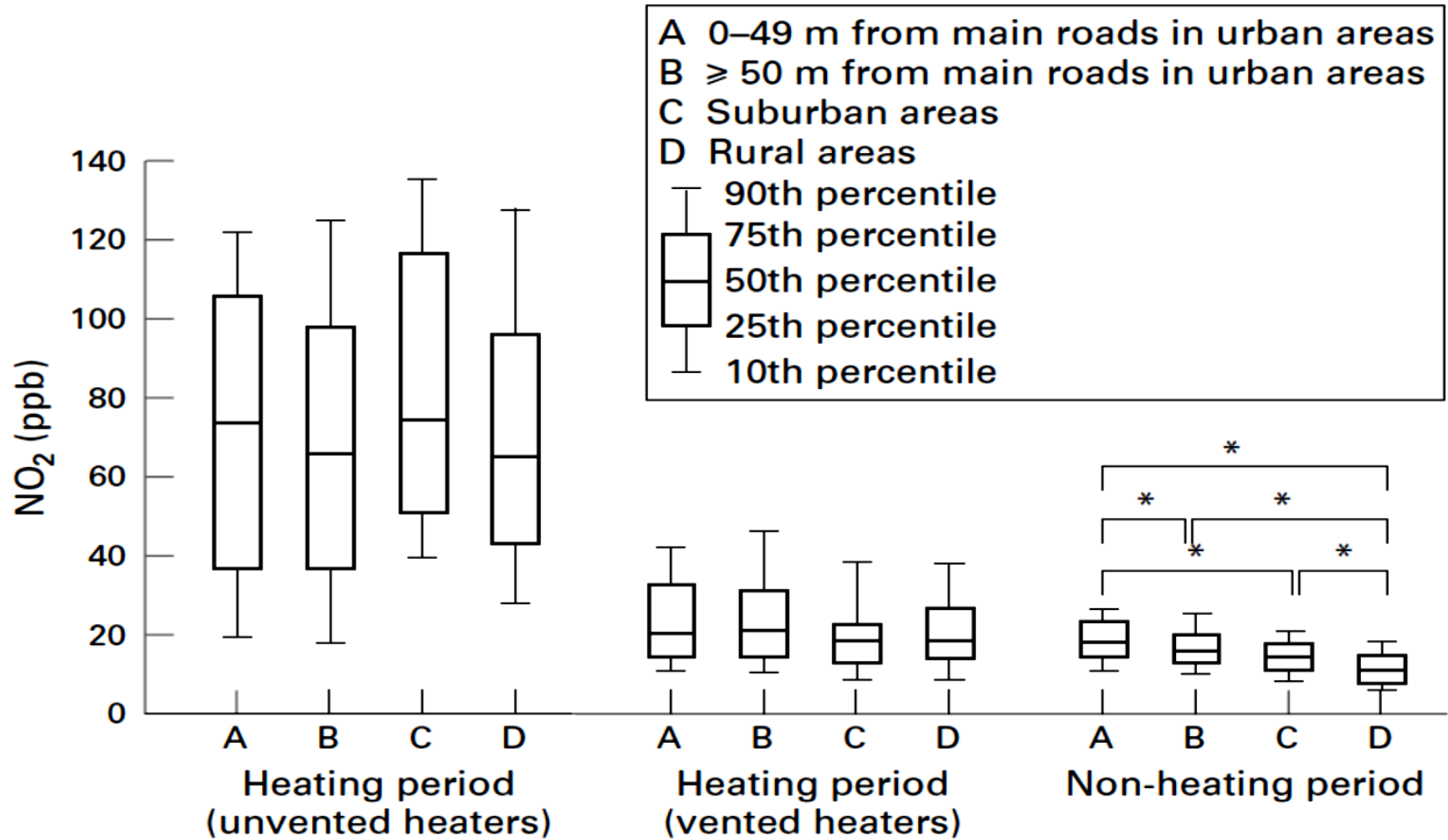
地域別喘息症状発症率

千葉県、1992～1994年



(Shima, et al. Int J Epidemiol 29: 862-870, 2000)

地域別の家屋内二酸化窒素濃度



A 0-49 m, B ≥ 50 m, C 近郊区, D 田園部

喘息症状発症に及ぼす要因

(多重ロジスティック回帰によるオッズ比)

		オッズ比
大気中二酸化窒素濃度	0.01 ppm増加	2.10
室内二酸化窒素濃度	0.01 ppm増加	0.87
アレルギー既往	あり	7.96
呼吸器疾患既往	あり	2.86
乳児期の栄養法	母乳	0.60
両親のアレルギー既往	あり	1.02
母親の喫煙	あり	0.51
暖房器具の種類	非排気型	1.26

千葉県における研究の要約

- 幹線道路から50m未満の沿道部に居住する小学生の気管支喘息症状の発症率は、アレルギー疾患の既往等の関連要因の影響を調整しても、有意に高かった。
- 屋外の二酸化窒素濃度が高い地域ほど喘息の発症率が高かった。
- 自動車排出ガスによる大気汚染は、小学生の喘息発症に関与する可能性が示唆された。

幹線道路沿道部の大気汚染 による健康影響

- 自動車排出ガスによる健康影響に関する疫学研究は国内外で実施されてきた。
- 交通量や住居から道路までの距離と、呼吸器疾患の有病率等との関連が報告されている。
- しかし、対象地域が限られており、必ずしも関連の一致性は認められていない。
- 自動車排出ガスへの曝露量が正確に評価されていない可能性も指摘されている。

局地的な大気汚染の健康影響に関する 疫学調査 (SORA: そらプロジェクト)

Study On Respiratory disease and Automobile exhaust

【目的】 自動車排出ガスへの曝露と気管支喘息及び慢性閉塞性肺疾患の発症の関係を評価する。

- ① 小学生対象のコホート調査 (2005～2010年)
- ② 幼児対象のコホート内症例対照研究 (2006～2010年)
- ③ 成人を対象とした調査 (2007～2010年)

* 環境省「そらプロジェクト」ホームページ
<http://www.env.go.jp/chemi/sora/>



学童コホート調査(2005～2010年)

- 目的

- 気管支喘息の発症等と道路沿道における自動車排出ガスへの曝露との関連性を明らかにする。

- 対象

- 関東・中京・関西の大都市圏の57校、約16,000人の小学生のうち、保護者の同意が得られた方。

- 方法：**前向きコホート研究**

- 4年間継続して呼吸器症状調査を行い、気管支喘息の発症等を評価する。

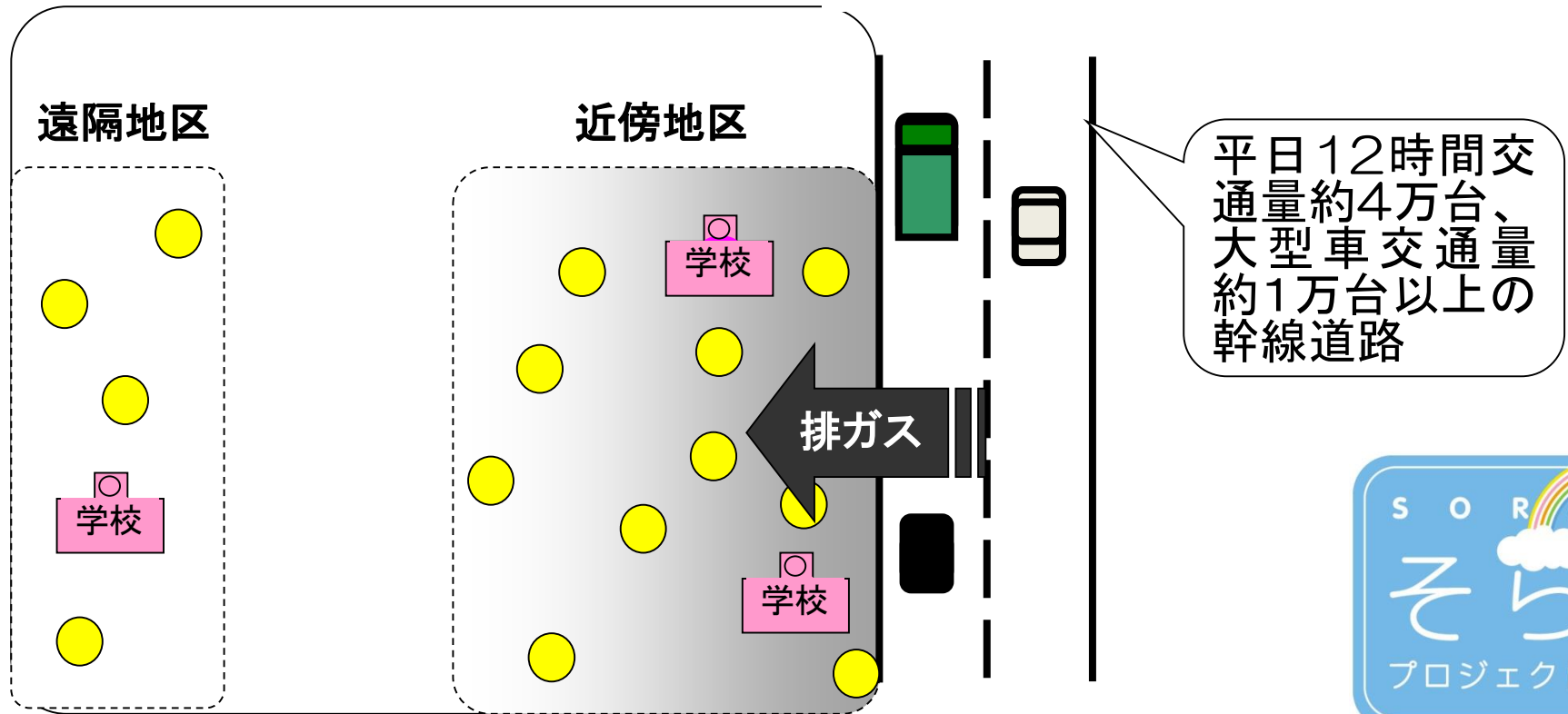


調査のイメージ

調査対象者（●）：小学1～3年生 約16,000人

調査地域

主要幹線道路



学童コホート調査の概要

児童の健康調査

質問票調査
血液検査

排出ガスへの曝露

児童の自宅・学校と道路との位置関係、生活時間帯等から、シミュレーションにより算出

喘息などに関連する因子

アレルギー物質の測定
(自宅・学校)
質問票調査
(自宅の建物構造等)

検証

- ・自宅・学校での大気汚染物質の測定
- ・児童が携帯型測定器を携帯して大気汚染物質の測定

自動車排出ガスへの曝露と喘息などとの関係を評価
→ 環境政策への活用



曝露評価指標

- 元素状炭素 (Elemental Carbon; EC)
 - 屋内外で自動車以外の発生源がほとんどなく、自動車排出ガスについての特異性が高い。
- 窒素酸化物 (Nitrogen Oxides; NO_x)
 - 大気拡散モデル、大気動態、個人曝露量測定などに関する知見が最も多く、かつ、都市部での寄与が大きい。

屋外連続測定

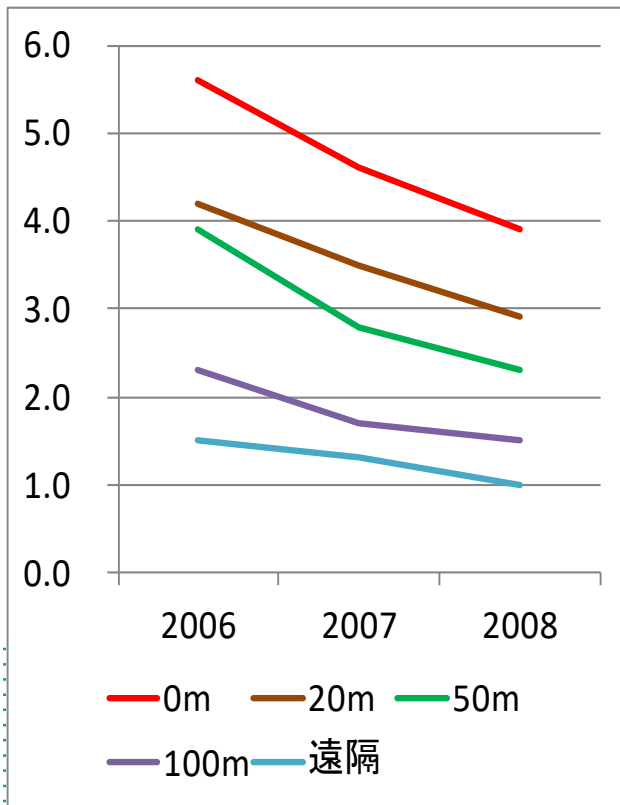
- 対象地域内の大気汚染状況を把握するため、大気汚染物質の連続測定を実施した。
- 観測地点：対象となる幹線道路の0m, 20m, 50m, 100mの4箇所, 及び遠隔地
- 以下の物質の連続測定を行った。
 - 微小粒子状物質 ($PM_{2.5}$)
 - 浮遊粒子状物質 (SPM)
 - 光学的ブラックカーボン (OBC)
 - 窒素酸化物 (NO, NO_2)



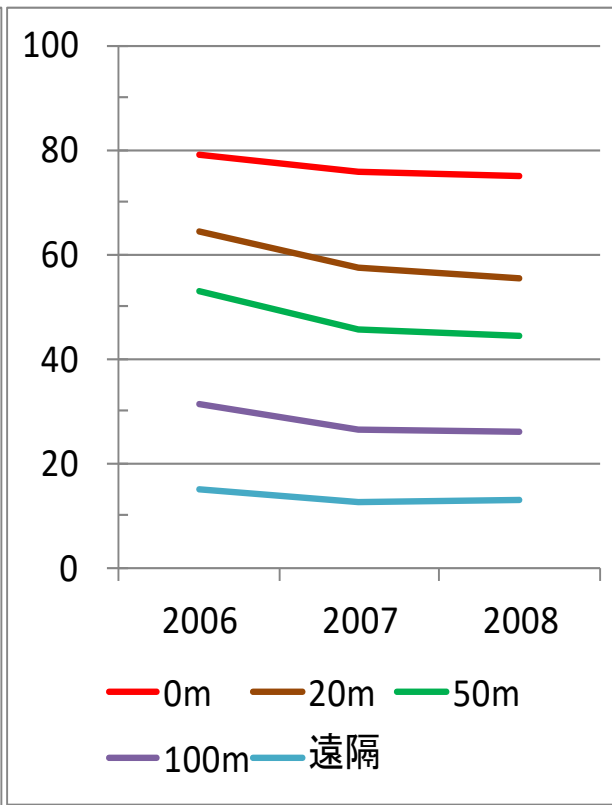
屋外連続測定結果の例

(兵庫県、国道43号線)

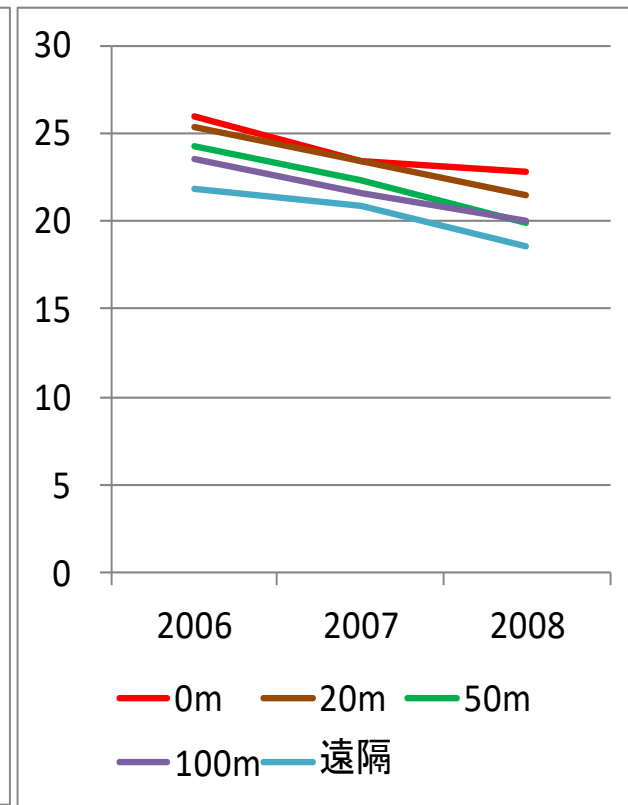
EC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



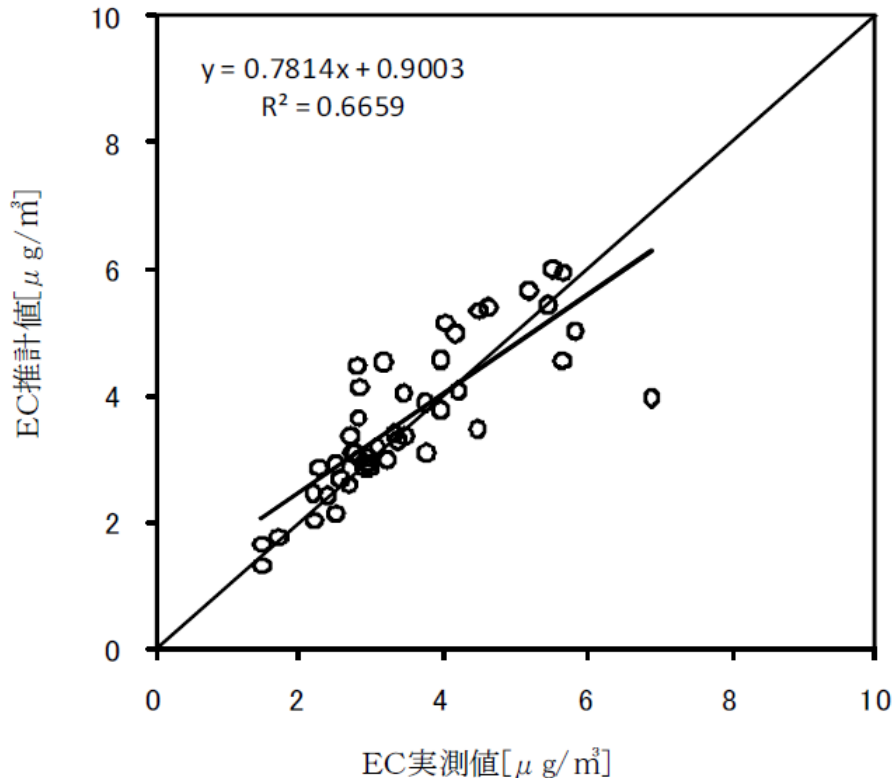
NOx [ppb]



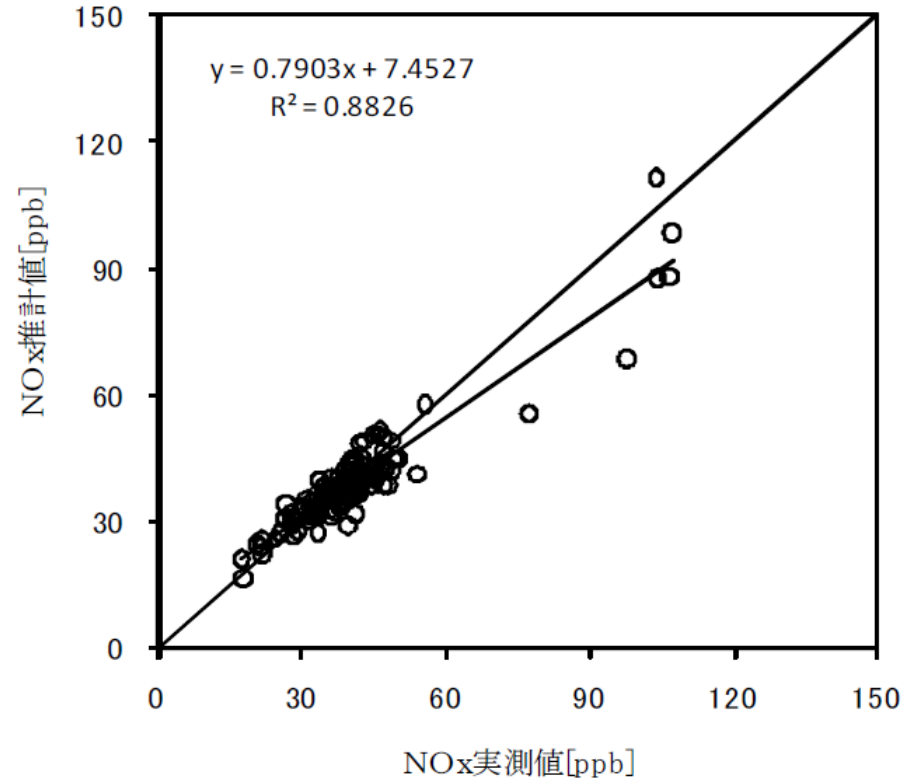
PM_{2.5} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



屋外濃度推計モデルの妥当性 (屋外連続測定結果との比較)

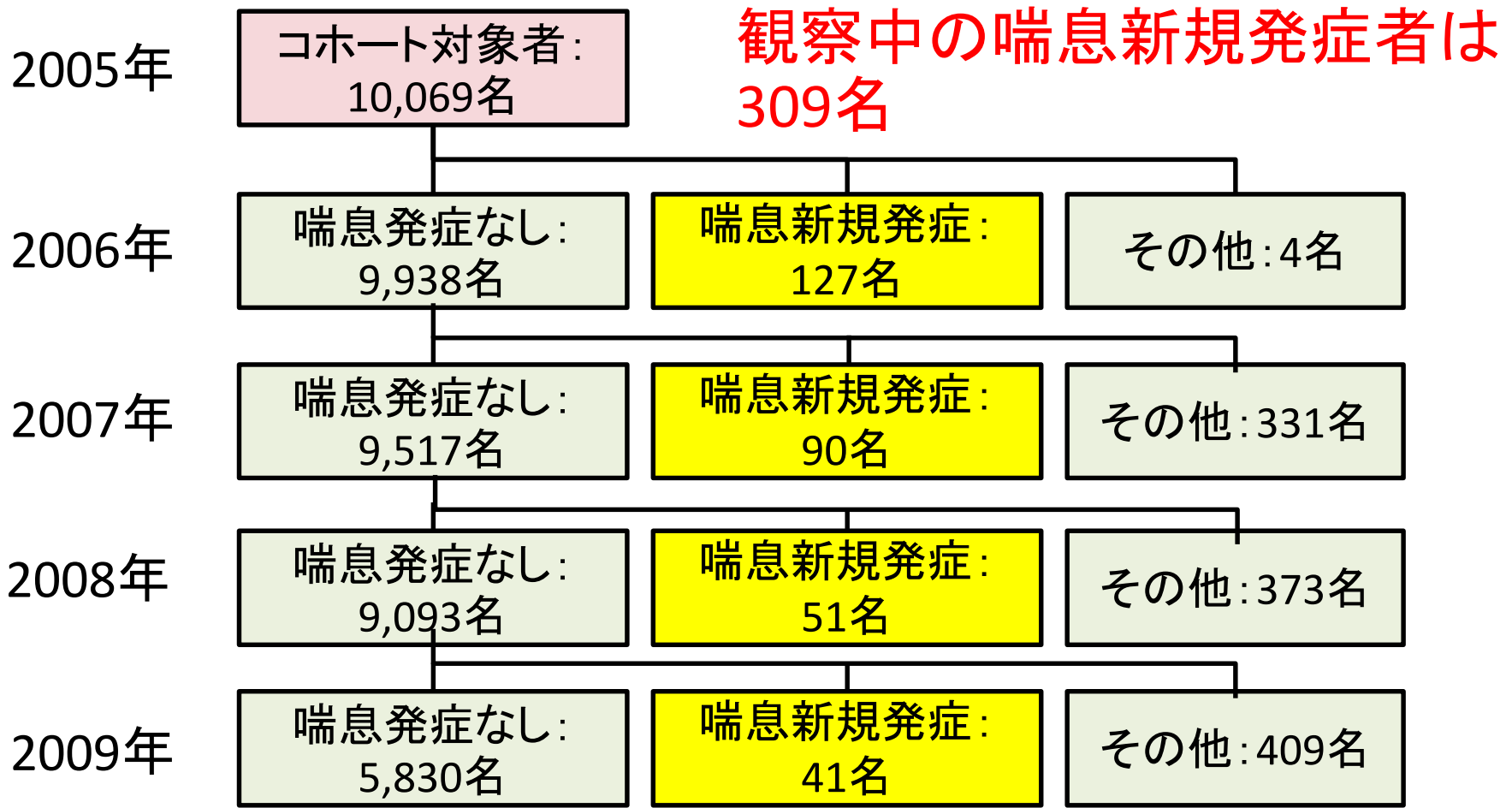


EC (2006年度)



NOx (2006年度)

年度別の喘息新規発症



※2009年には2,813名が小学校卒業により調査終了

※「その他」は喘息有無が欠測(無効を含む)、以降追跡なし

喘息新規発症率

- EC濃度帯別

EC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	合計	発症あり	発症率
全体	10,069	309	3.1%
3.3以上	892	36	4.0%
3.0~3.2	2,354	73	3.1%
2.8~2.9	1,807	41	2.3%
2.6~2.7	1,895	60	3.2%
2.3~2.5	1,951	58	3.0%
2.2以下	814	30	3.7%

※ ECは2004年度推計値

(Yamazaki, Shima, et al. J Expo Sci Environ Epidemiol 24: 372-379, 2014)

喘息新規発症の関連因子

- 離散時間モデル(EC個人曝露量との関連)

項目	分類	オッズ比 [95%CI]
EC (0.1 μ g/m ³ 増加)		1.07* [1.01–1.14]
性別 (女児 = 1.00)	男児	1.44* [1.09–1.90]
H17の学年 (1年生 = 1.00)	3年生	0.91 [0.64–1.30]
	2年生	1.02 [0.75–1.40]
ぜん鳴 (なし = 1.00)	あり	5.20* [3.82–7.06]
アレルギー疾患既往 (なし = 1.00)	あり	2.36* [1.62–3.43]
両親の喘息既往 (なし = 1.00)	あり	2.06* [1.54–2.76]
加湿器の使用 (なし = 1.00)	あり	1.15 [0.87–1.53]

EC濃度推計値と曝露リスク

地区	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	2004	2008
近傍 (0~50m未満)	3.1	1.7
近傍 (50m以上)	2.7	1.5
遠隔地区	2.3	1.3
0~50m未満と遠隔地区の差	0.8	0.4

- 気管支喘息発症リスク

EC $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 増加当たりオッズ比: 1.07

- 幹線道路沿道部における喘息発症リスク:

$$1.07^{(0.8/0.1)} = \mathbf{1.72} \text{ (2004)}, \quad 1.07^{(0.4/0.1)} = \mathbf{1.31} \text{ (2008)}$$

学童コホート調査の要約

- EC 及びNO_x 推計曝露量を指標とした自動車排出ガスへの曝露と喘息発症との間に関連性が認められた。
- EC 及びNO_x 濃度は、調査実施当初よりも終了時の方が大きく改善されていた。

幼児症例対照研究(2006～2010年)

- 対象

- 関東、中京、関西の大都市圏にある9市区の幼児
(約10万人)

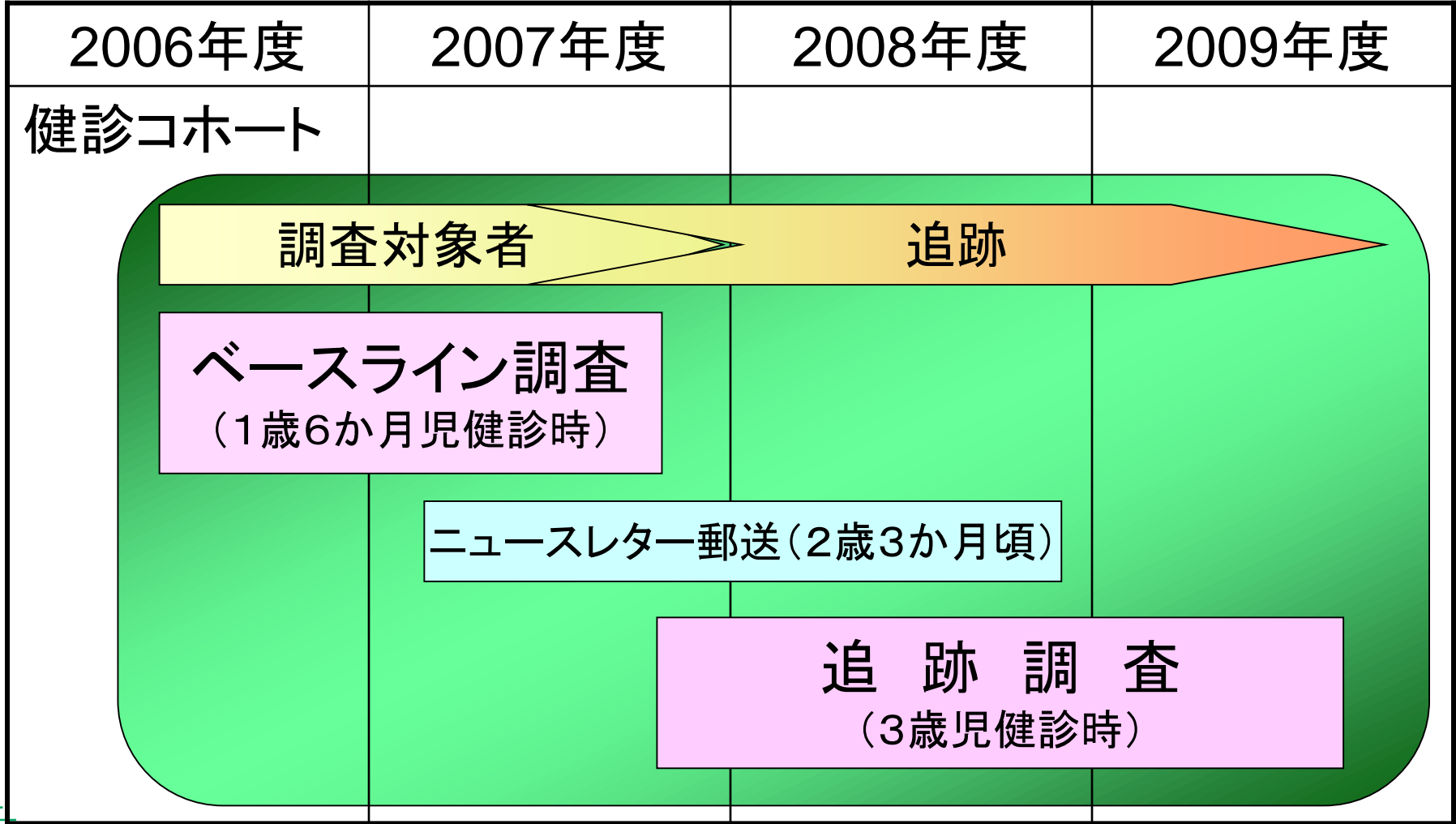
- 幼児を対象とする理由

- 気管支喘息は幼児期における発症が高率であるとされている。

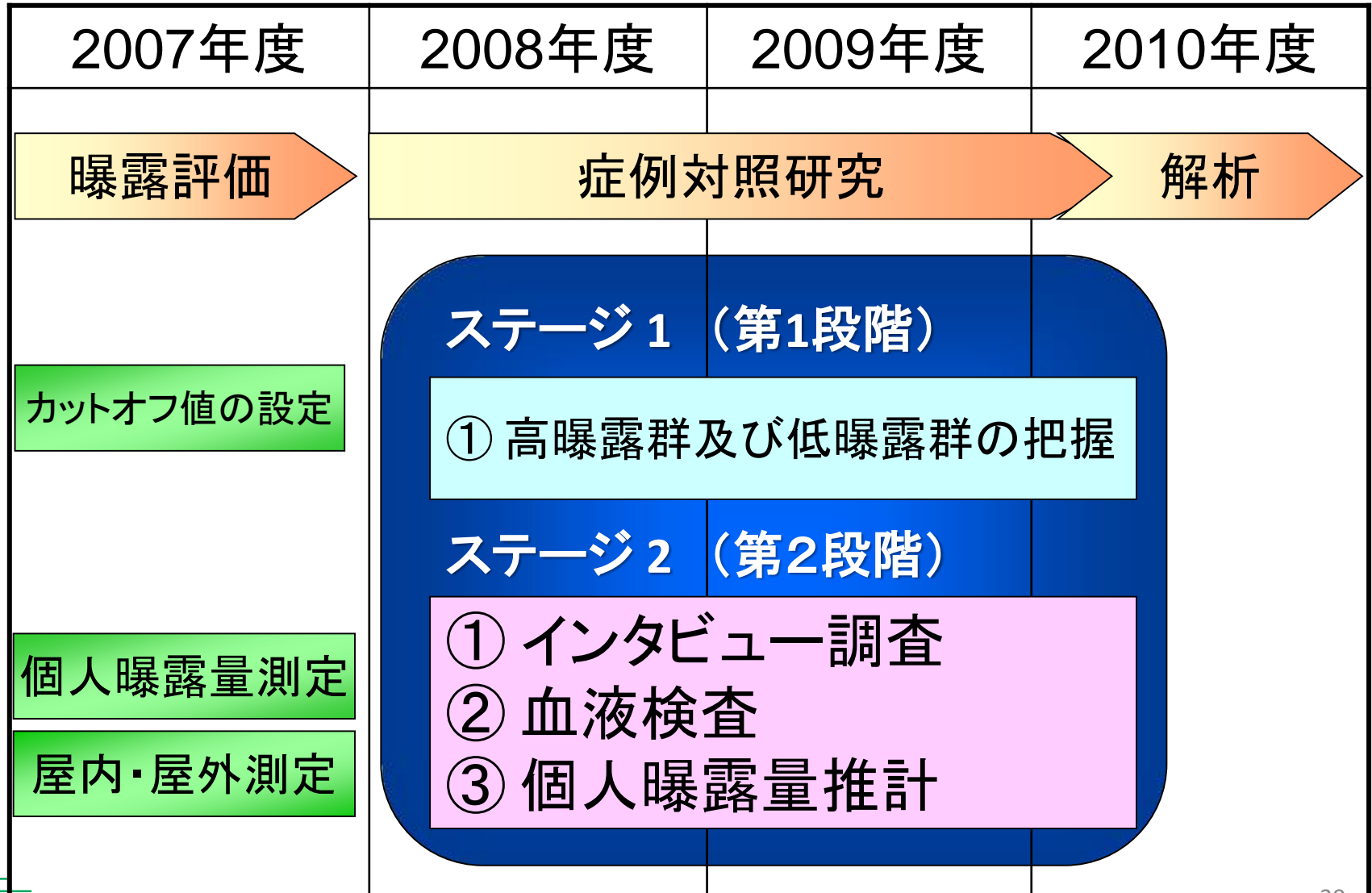
- 幼児は地域に密着して生活していることから、精度の高い曝露推計を行うことが可能である。

- 健診を通じて、調査が実施できる。

幼児症例対照研究の方法①



幼児症例対照研究の方法②



自動車排ガスへの曝露と 喘息発症との関連

	NOx	EC
Level 5 (96%以上)	4.21 [0.39, 45.73]	0.12 [0.01, 1.67]
Level 4 (76~95%)	0.91 [0.14, 5.86]	0.03 [0.00, 0.40]
Level 3 (51~75%)	1.88 [0.31, 11.24]	0.13 [0.02, 0.90]
Level 2 (26~50%)	3.30 [0.57, 18.92]	0.05 [0.00, 0.69]
Level 1 (25%以下)	1.00	1.00

窒素酸化物(NOx)、元素状炭素(EC)個人曝露推計濃度は、5つの濃度帯に区分し、最低濃度帯に対するオッズ比を求めた。

性、本人及び両親の既往歴、血清IgE、生活環境因子等を調整。

幹線道路からの距離帯と喘息発症との関連

	オッズ比
50 m 未満	1.30 [0.42, 3.99]
50 ~ 99 m	1.63 [0.57, 4.69]
100 m 以上	1.00

幹線道路から100 m以上の者に対するオッズ比を求めた。性、本人及び両親の既往歴、血清IgE、生活環境因子等を調整。

自動車排ガスへの曝露と 喘息症状持続との関連

	NOx	EC
Level 5 (96%以上)	6.02* [1.51, 23.92]	2.09 [0.61, 7.14]
Level 4 (76~95%)	0.91 [0.40, 2.09]	0.89 [0.38, 2.11]
Level 3 (51~75%)	1.56 [0.72, 3.38]	0.67 [0.32, 1.39]
Level 2 (26~50%)	1.44 [0.71, 2.93]	0.72 [0.33, 1.56]
Level 1 (25%以下)	1.00	1.00

窒素酸化物(NOx)、元素状炭素(EC)個人曝露推計濃度は、5つの濃度帯に区分し、最低濃度帯に対するオッズ比を求めた。性、本人及び両親の既往歴、生活環境因子等を調整。

幼児症例対照研究の要約

- EC及びNO_x推計曝露量を指標とした自動車排出ガスへの曝露と喘息発症との間に関連性は認められなかった。
- 1歳6か月時点での喘息症状が3歳まで持続するオッズ比は、NO_x推計曝露が高濃度のもので有意に高かった。

成人を対象とした調査(2007~2010年)

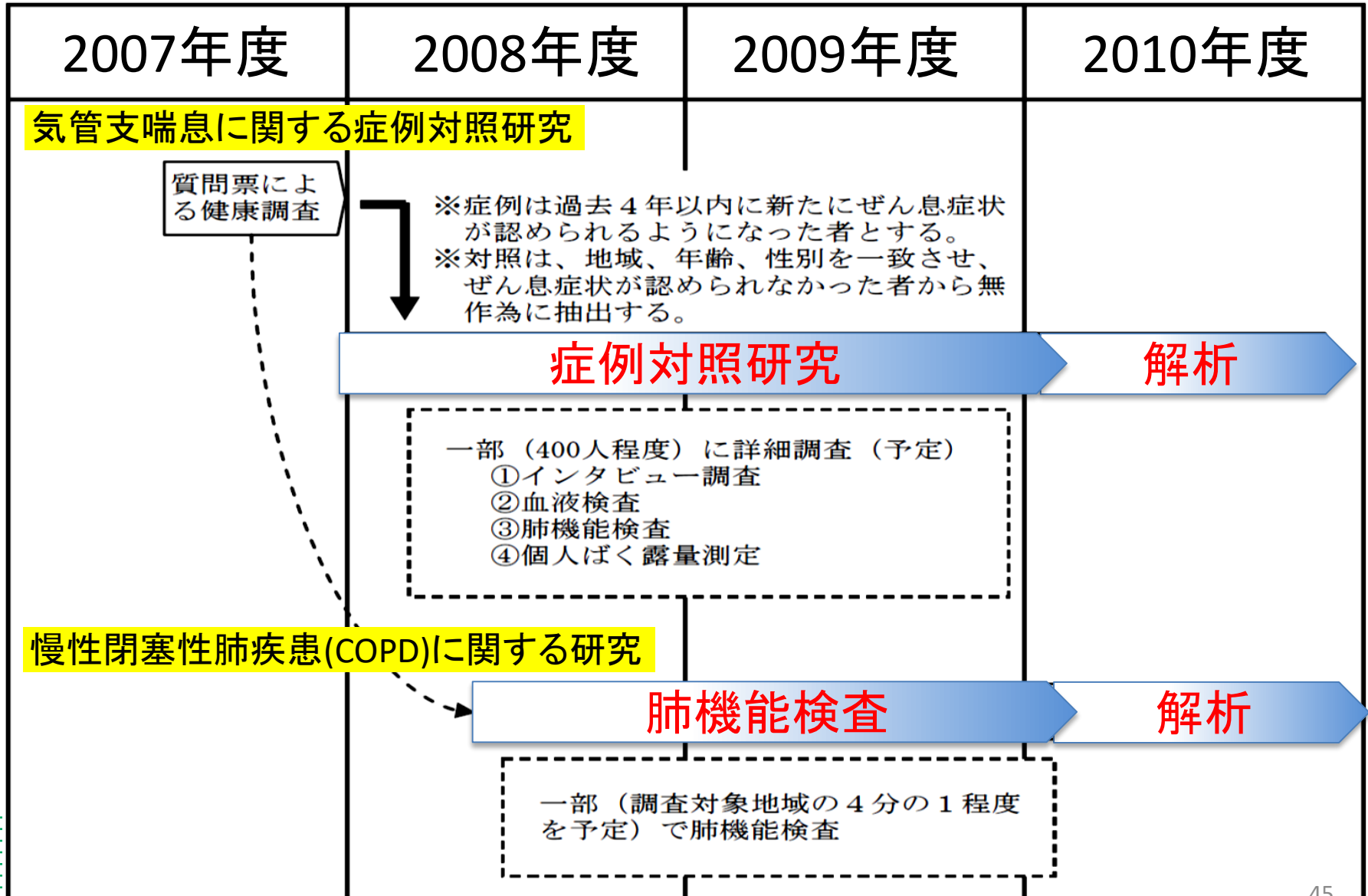
1) 喘息に関する症例対照研究

- 関東、中京、関西の3大都市圏の二十数万人の成人に対し、自記式質問票を送付して健康状態等を調査
- 自動車排ガスへの曝露と喘息発症との関係性を評価
 - 症例: 過去4年間に喘息症状を発症した方
 - 対照: 喘息症状が認められなかった方

2) 慢性閉塞性肺疾患に関する研究

- 調査対象地域の一部で肺機能検査を実施
- 慢性閉塞性肺疾患(COPD)と自動車排ガスの曝露との関係性を評価する

調査のスケジュール



喘息発症の関連因子

- 症例対照調査：EC個人曝露濃度帯との関連

項目	分類	オッズ比
EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.3-4.2	5.72 [0.87-37.81]
(1.4-2.1=1.00)	2.8-3.2	0.63 [0.15- 2.56]
	2.5-2.7	1.43 [0.48- 4.27]
	2.2-2.4	1.61 [0.57- 4.55]
持続性せき(なし=1.00)	あり	12.55** [3.97-39.68]
持続性たん(なし=1.00)	あり	3.40 [0.97-11.93]
暖房方法(その他=1.00)	非排気型	3.18* [1.43- 7.06]
ペット(犬)(なし=1.00)	あり	9.39* [3.16-27.92]

* : $P < 0.05$

非喫煙者の喘息発症の関連因子

- 症例対照調査：EC個人曝露濃度帯との関連

項目	分類	オッズ比
EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.3-4.2	13.86* [1.19-161.03]
(1.4-2.1=1.00)	2.8-3.2	3.26 [0.37- 29.02]
	2.5-2.7	2.57 [0.43- 15.41]
	2.2-2.4	2.34 [0.43- 12.80]
持続性せき(なし=1.00)	あり	37.83* [5.37-266.59]
持続性たん(なし=1.00)	あり	0.94 [0.09- 10.14]
暖房方法(その他=1.00)	非排気型	2.10 [0.62- 7.10]
ペット(犬)(なし=1.00)	あり	9.90* [1.97- 49.84]

* : $P < 0.05$

慢性閉塞性肺疾患の関連因子

- COPD (H20) : EC個人曝露濃度帯との関連

項目	分類	オッズ比
EC	0.1 μ g/m ³ 増加	0.999 [0.951-1.048]
性別(女性=1.00)	男性	1.58* [1.01 -2.48]
年齢(40歳代=1.00)	70歳代	4.91* [2.83 -8.53]
	60歳代	2.36* [1.40 -3.96]
	50歳代	1.32 [0.75 -2.30]
パックイヤー (なし=1.00)	60以上	5.02* [2.70 -9.34]
	60未満	3.99* [2.26 -7.04]
	40未満	2.42* [1.44 -4.05]
	20未満	1.59 [0.96 -2.65]

※パックイヤー：1日の喫煙箱数×喫煙年数、*：P<0.05

慢性閉塞性肺疾患の関連因子

- 肺炎既往のある者、道路からの距離帯別

項目	分類	オッズ比
幹線道路からの距離帯 (遠隔地区=1.00)	50 m 未満	3.83* [1.14 -12.83]
	50 m 以上	1.55 [0.48 - 5.01]
性別(女性=1.00)	男性	1.36 [0.39 - 4.77]
年齢(40歳代=1.00)	70歳代	4.68 [0.79 -27.85]
	60歳代	2.22 [0.38 -13.04]
	50歳代	2.85 [0.47 -17.10]
	60以上	16.30* [2.54 -104.65]
パックイヤー (なし=1.00)	60未満	6.57* [1.12 -38.44]
	40未満	2.29 [0.51 -10.22]
	20未満	3.74* [1.02 -13.74]

※パックイヤー：1日の喫煙箱数×喫煙年数、*：P<0.05₄₉

成人調査の要約

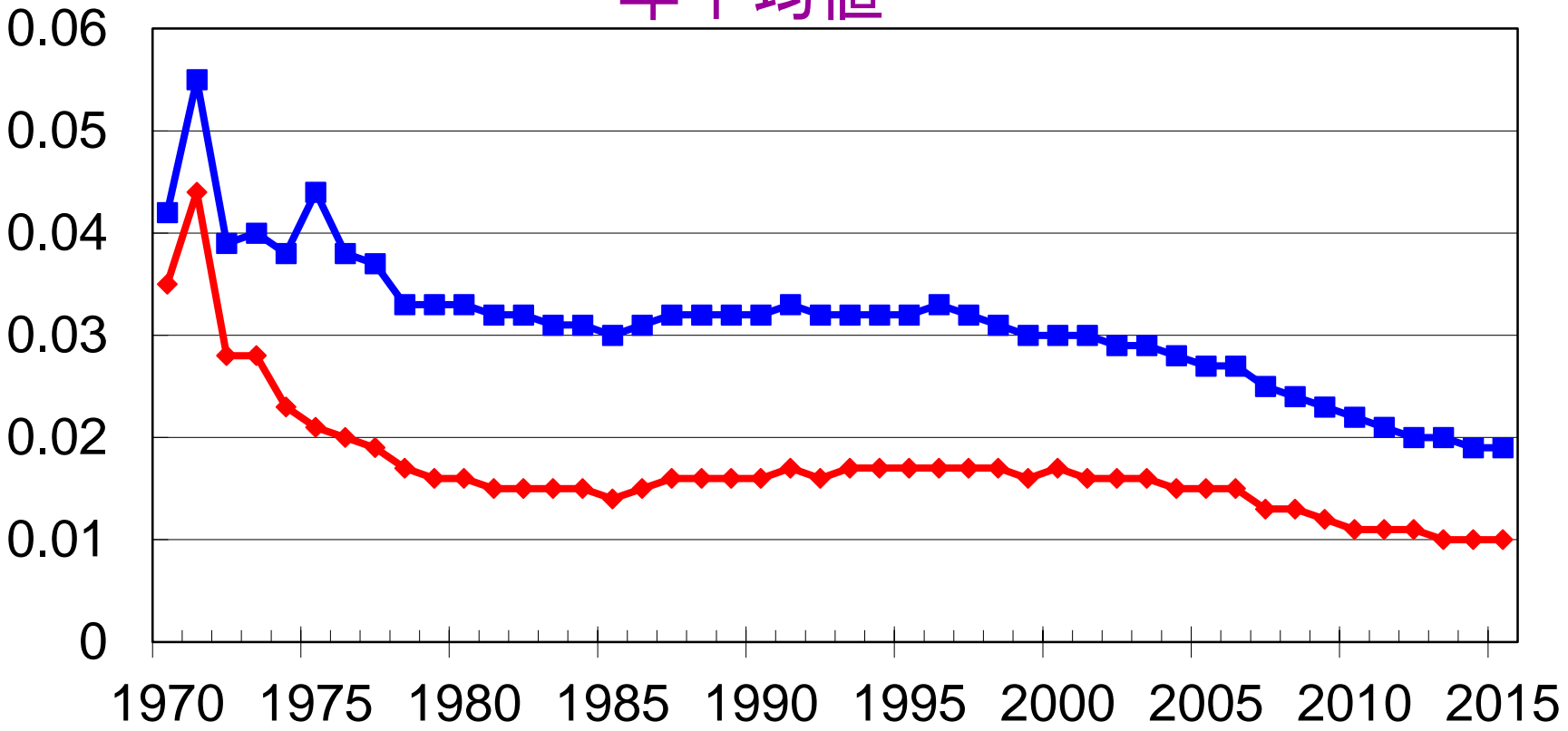
- 症例対照研究では、自動車排出ガスへの曝露の指標であるEC及びNO_x個人曝露濃度と喘息発症との関連性は認められなかった。
- 非喫煙者に限定した解析では、EC個人曝露濃度と喘息発症のオッズ比が有意であった。
- 肺機能検査の結果では、EC及びNO_x個人曝露推計値とCOPDとの関連は有意ではなかった。
- 肺炎の既往がある者に限定した解析では、幹線道路から50m未満に居住する者のCOPDのオッズ比が有意であった。

大気中二酸化窒素濃度の推移

Nitrogen Dioxide (NO₂)

年平均値

(ppm)



◆ 一般環境大気測定局 ■ 自動車排出ガス測定局

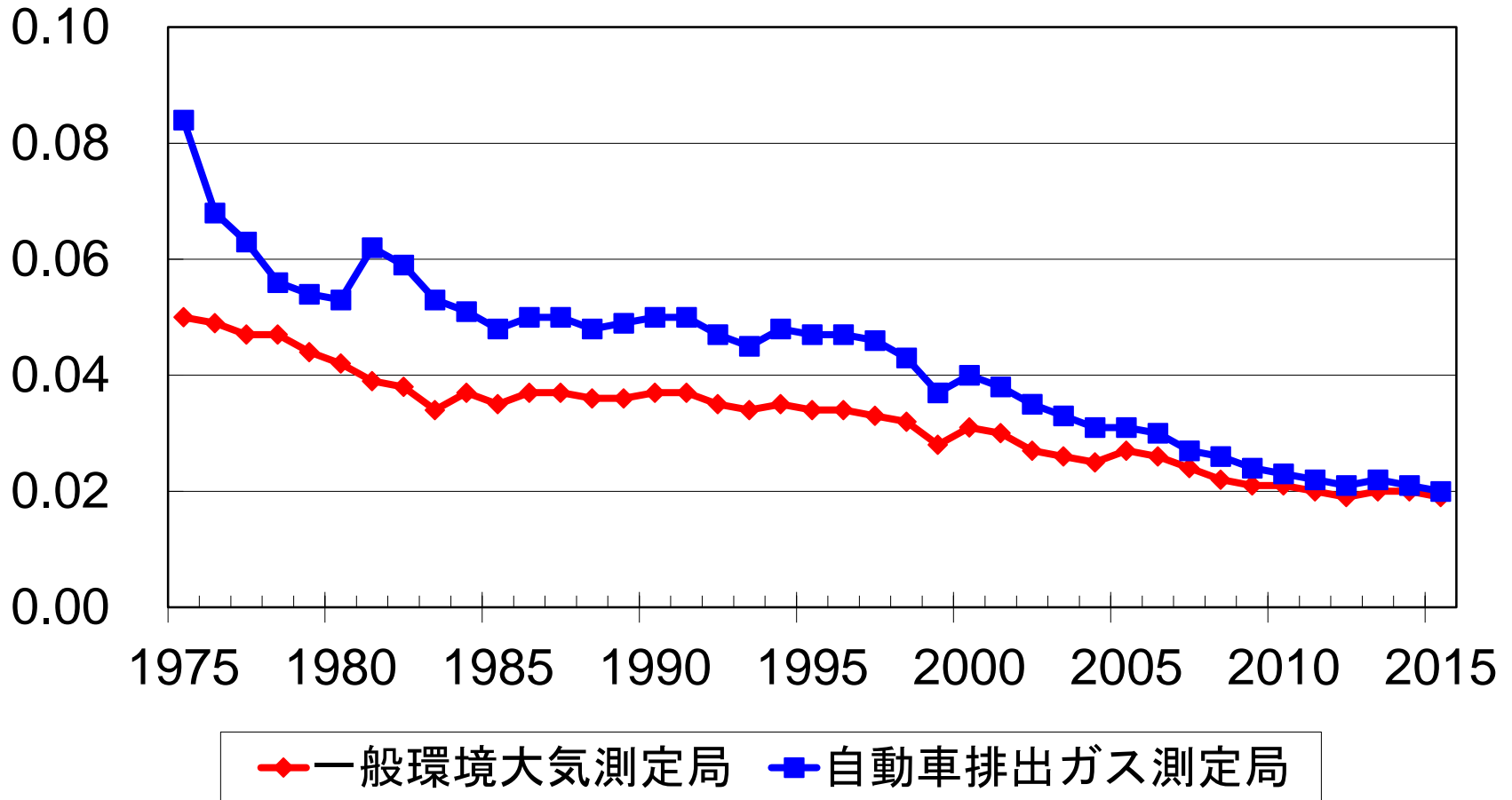
大気中浮遊粒子状物質濃度の推移

Suspended Particulate Matter (SPM)

大気中に浮遊する粒子状の物質のうち、粒径が $10\ \mu\text{m}$ 以下のもの

(mg/m^3)

年平均値



(資料: 環境省)

自動車排出ガス対策の効果

- 日本では、自動車NOx・PM法*などによる自動車排出ガス対策が進められ、大都市圏における大気環境は改善傾向にある。
- 大気汚染濃度の変動と呼吸器・アレルギー疾患有症率の推移との関連を示した研究は少ない。

そこで

全国で継続的に実施されている有症率調査の結果を用いて、大気汚染の改善と、小児の呼吸器・アレルギー疾患有症率との関連を検討した。

*「自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特定地域における 総量の削減等に関する特別措置法(自動車NOx・PM法)」

環境保健サーベイランス調査

■ 対象：全国約40の調査対象地域に居住する3歳児全員

■ 期間：1997年～2009年
(13年間)

■ 方法：『3歳児健診のお知らせ』とともに、ATS-DLD簡易質問票を郵送し、3歳児健診時に回収(回収率83.7%)

■ 解析対象：1997～2009年に継続的して調査が実施された28地域(延べ618,973人)

Year	Subjects	Responses	Response Rate (%)
1997	59,200	49,509	83.6
1998	62,068	53,120	85.6
1999	63,141	53,976	85.5
2000	63,820	54,473	85.4
2001	65,260	55,692	85.3
2002	67,829	57,680	85.0
2003	68,744	58,306	84.8
2004	67,225	56,528	84.1
2005	68,613	54,088	78.8
2006	67,952	55,374	81.5
2007	66,554	55,257	83.0
2008	64,106	53,765	83.9
2009	65,290	53,700	82.2
Total	849,802	711,468	83.7

解析対象地域(28地域)

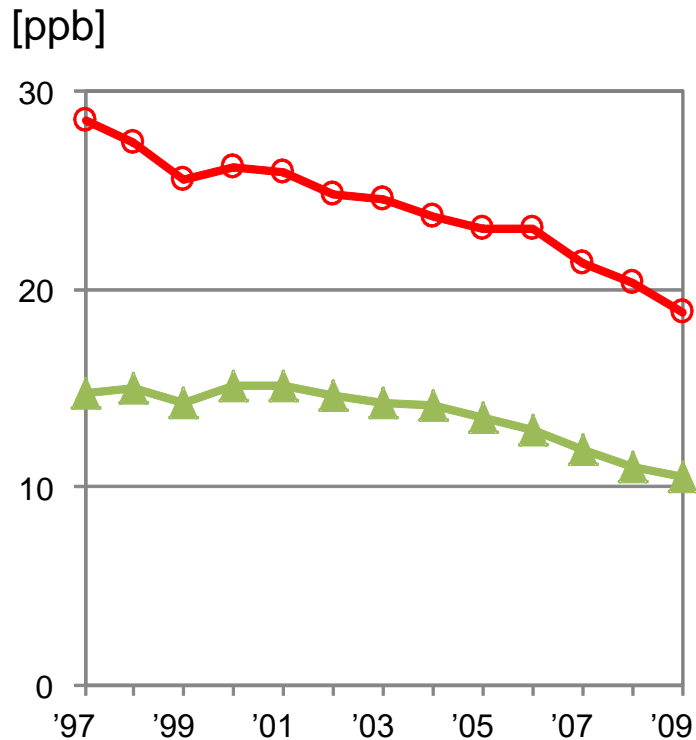
■ : 自動車NOx・PM法対策地域 (16)

その他: 非対策地域 (12)

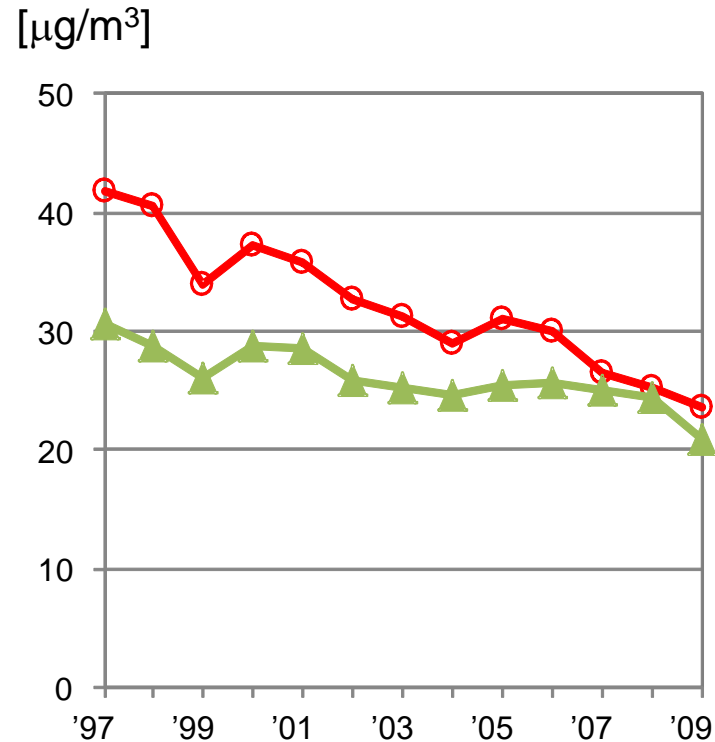


大気汚染濃度の経年変化

- 自動車NO_x・PM法対策地域
- ▲ 非対策地域

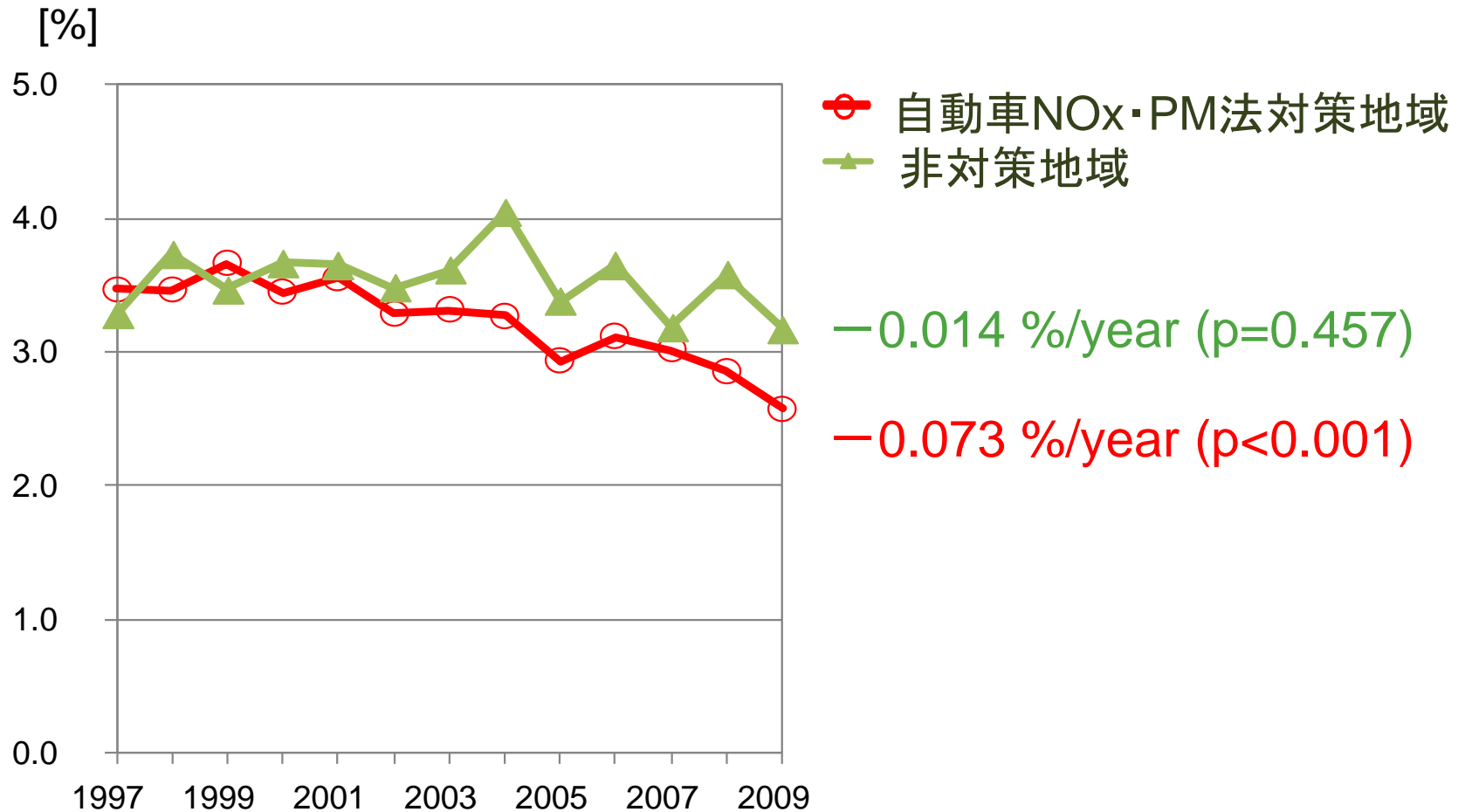


Nitrogen dioxide
(NO₂)



Suspended Particulate
Matter (SPM)

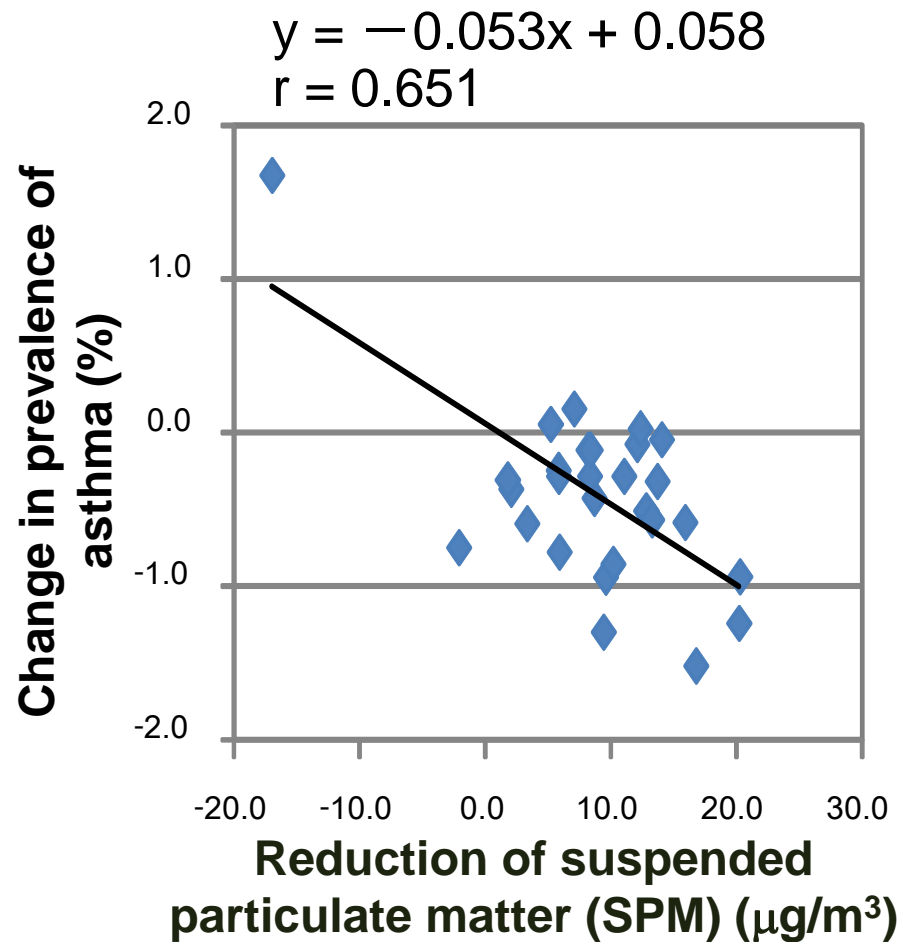
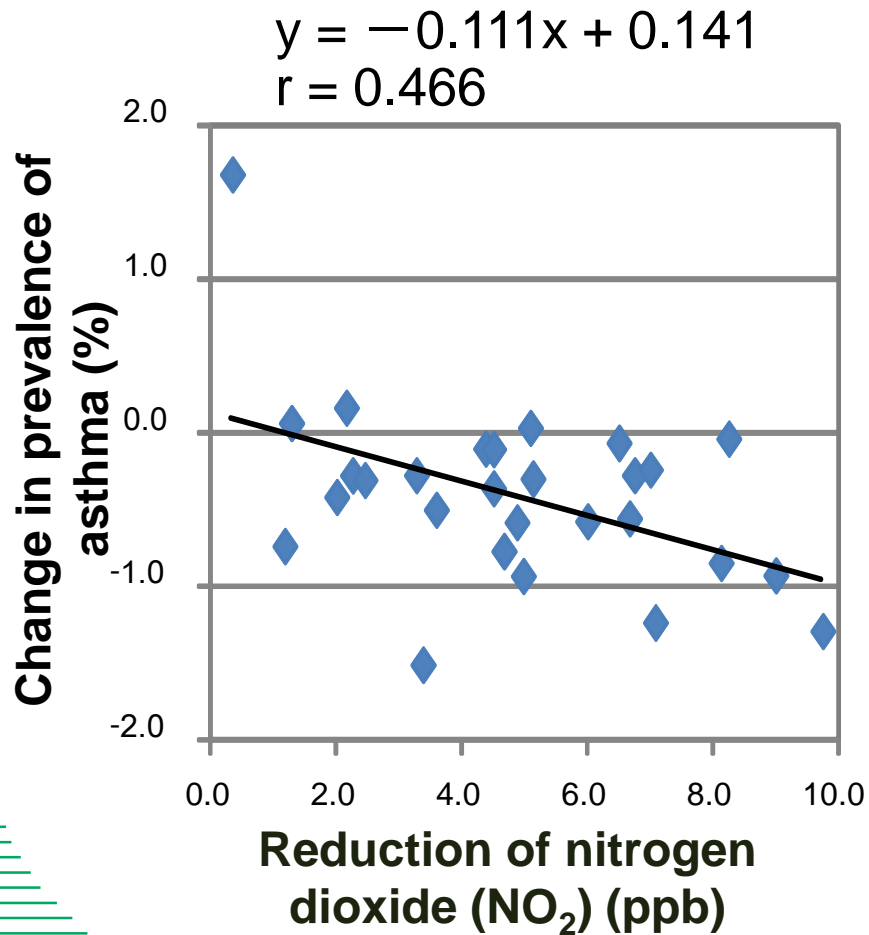
喘息有症率の経年変化



The prevalence of asthma

大気汚染濃度の低下と喘息有症率の変化の関連

(1997-2000年と2006-2009年の比較)



二酸化窒素濃度の低下と 喘息有症率の変化の関連

(1997-2000年と2006-2009年の比較)

	ぜん息 推定変化量 (%) (95% CI)
NO ₂ 濃度の減少量 (ppb)	-0.118 (-0.225 to -0.012)*
母親の喫煙の割合の変化 (%)	-0.013 (-0.128 to 0.101)
収入の変化 (千円/月)	-0.001 (-0.005 to 0.004)
両親アレルギー疾患既往歴の割合の変化 (%)	-0.096 (-0.260 to 0.068)
昼間保育所利用の割合の変化 (%)	0.002 (-0.052 to 0.056)
ペット飼育の割合の変化 (%)	-0.013 (-0.145 to 0.119)
乳児期まで人工栄養の割合の変化 (%)	-0.064 (-0.155 to 0.028)

* p<0.05

→ NO₂濃度の低下が大きいほど、喘息有症率の低下が顕著。

NO₂濃度が 1 ppb減少あたり、有症率は 0.118%低下。 59

浮遊粒子状物質濃度の低下と 喘息有症率の変化の関連

(1997-2000年と2006-2009年の比較)

	ぜん息 推定変化量 (%) (95% CI)
SPM 濃度の減少量 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0.050 (-0.080 to -0.020)*
母親の喫煙の割合の変化 (%)	-0.008 (-0.105 to 0.090)
収入の変化 (千円/月)	0.000 (-0.004 to 0.004)
両親アレルギー疾患既往歴の割合の変化 (%)	-0.079 (-0.224 to 0.066)
昼間保育所利用の割合の変化 (%)	0.003 (-0.453 to 0.051)
ペット飼育の割合の変化 (%)	-0.020 (-0.134 to 0.094)
乳児期まで人工栄養の割合の変化 (%)	-0.028 (-0.112 to 0.055)

* $p < 0.05$

→ SPM濃度の低下が大きいほど、喘息有症率の低下が顕著。

SPM濃度が $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 減少あたり、有症率は 0.050%低下。⁶⁰

本研究の要約

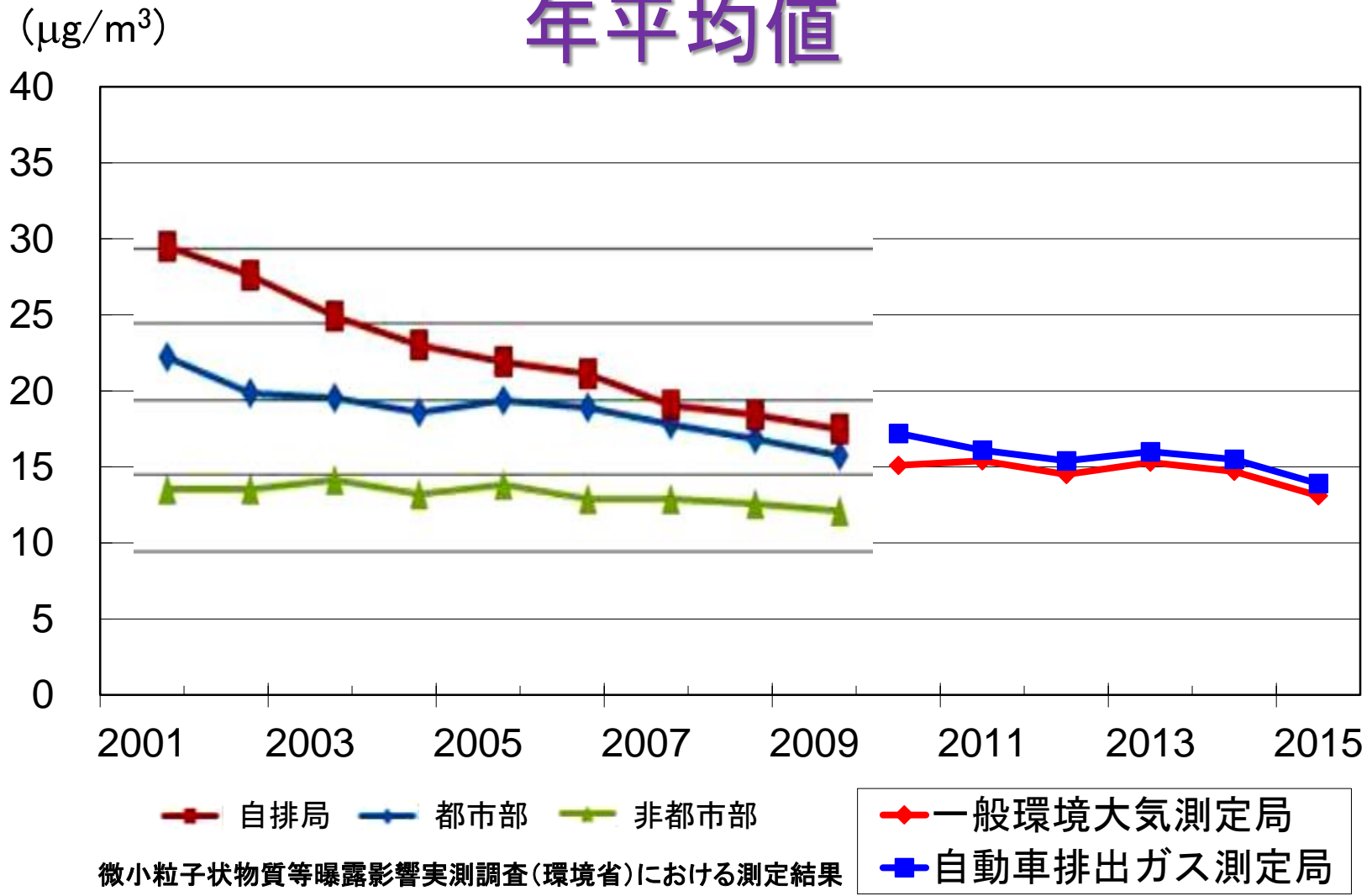
- 自動車NO_x・PM法に基づく自動車排出ガス対策の強化により、わが国の都市部では大気汚染が改善された。
- 大気汚染の改善が、3歳児の喘息有症率の減少に寄与した可能性が示唆された。

微小粒子状物質 (PM_{2.5})

- 大気中に浮遊する粒径2.5 μ m以下の微小粒子状物質(fine particulate matter; PM_{2.5})は、呼吸器系の深部まで到達しやすいことから健康影響が懸念される。
- 大気中PM_{2.5}は、人の呼吸器系、心血管系、生殖・発達などに対して広範な影響を及ぼすことが報告されている。

大気中PM_{2.5}濃度の推移

年平均値

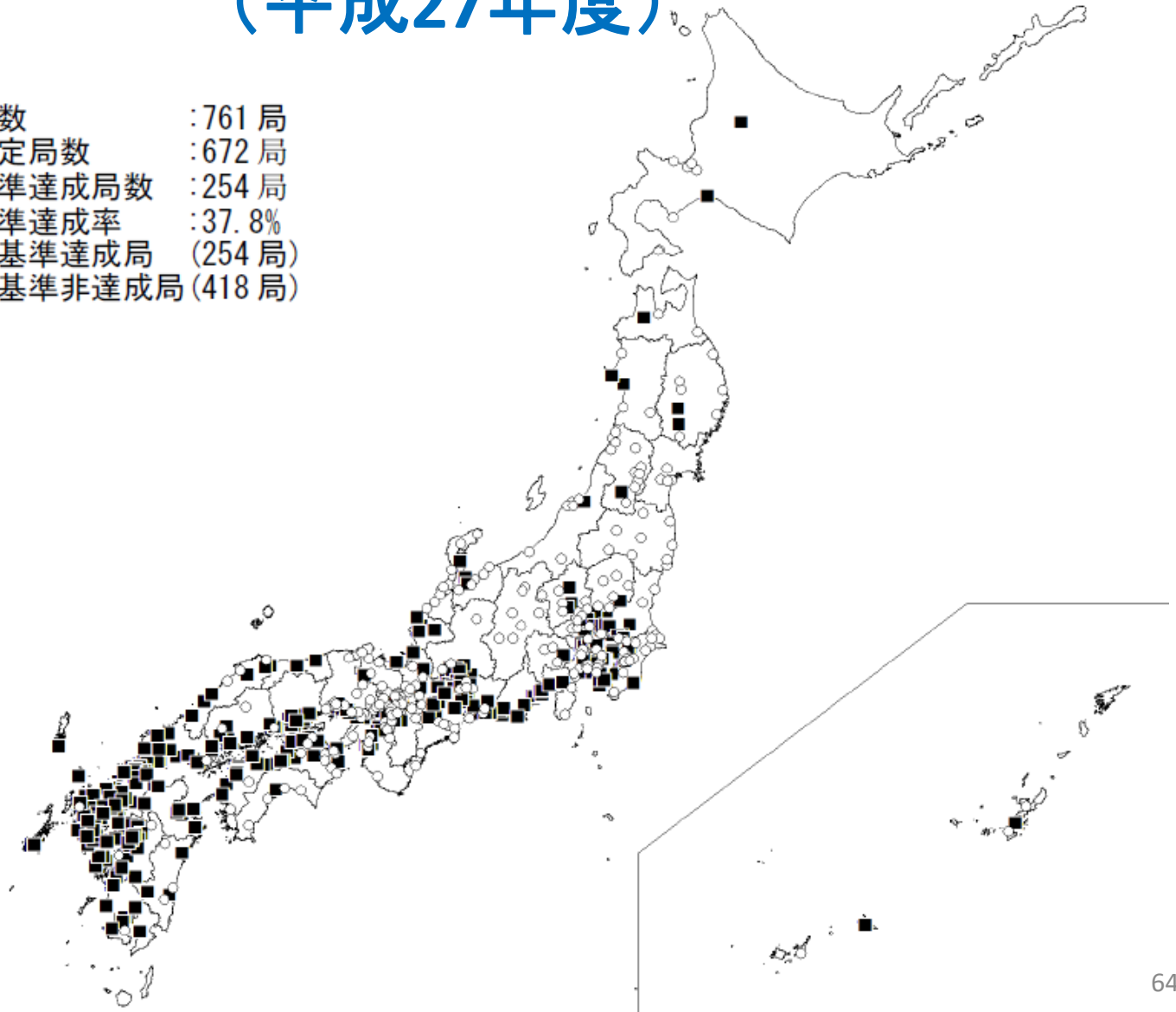


(資料:環境省)

PM_{2.5}の環境基準達成状況

(平成27年度)

測定局数 : 761 局
 有効測定局数 : 672 局
 環境基準達成局数 : 254 局
 環境基準達成率 : 37.8%
 ○環境基準達成局 (254 局)
 ■環境基準非達成局 (418 局)



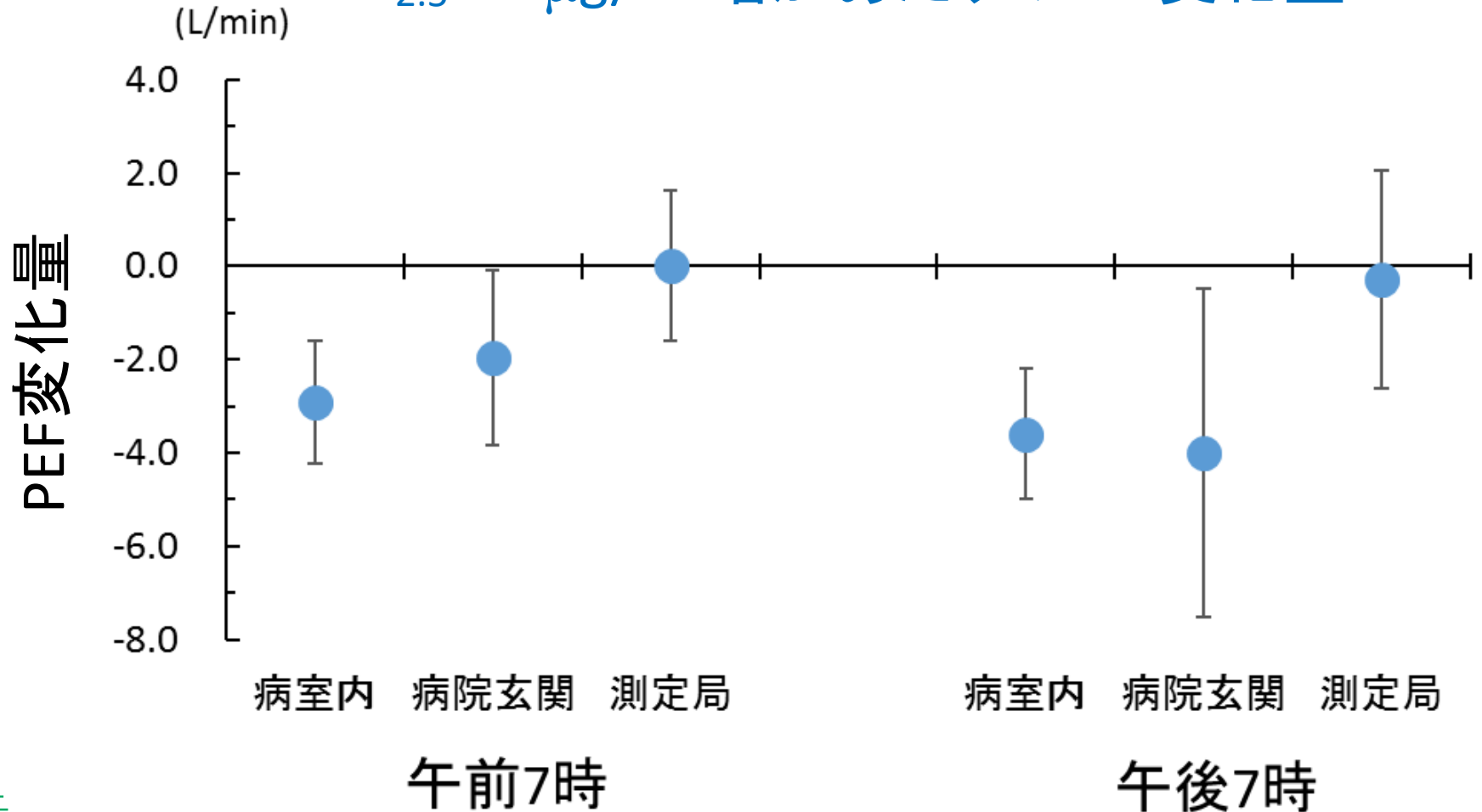
PM_{2.5}が喘息児に与える影響

- 対象
 - ◆ 千葉県の病院に長期入院中の小児気管支喘息患者
- 方法
 - ◆ 毎日朝と夜、ピークフロー値を測定し、喘鳴症状の有無を確認
 - ◆ PM_{2.5}濃度は病院近傍の大気環境測定局と病院の内外で測定
 - ◆ 性, 年齢, 身長, 気温の影響を調整し、毎日のピークフロー値及び喘鳴症状との関連を解析



PM_{2.5}濃度とPEF変化との関連

PM_{2.5} 10 μg/m³増加あたりのPEF変化量

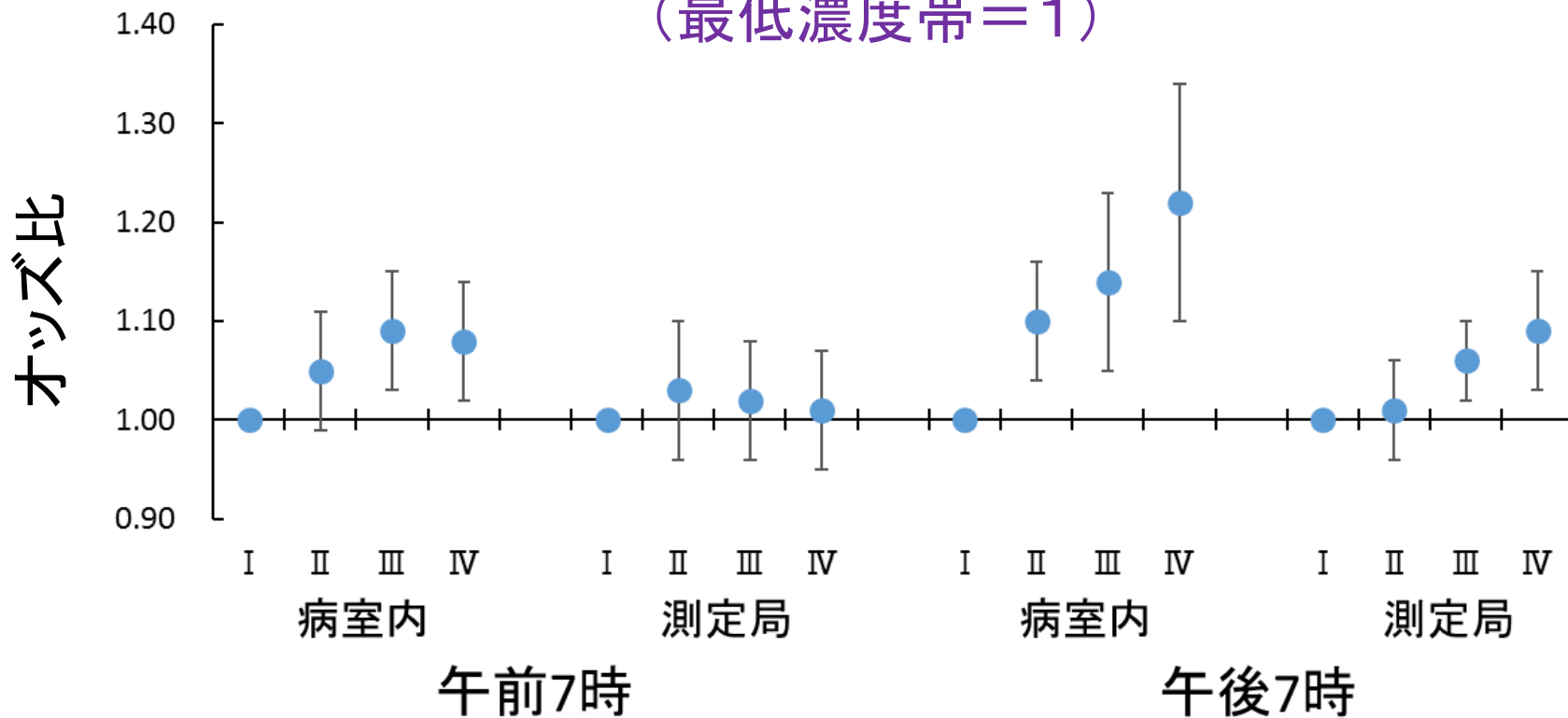


性、年齢、身長、期間中の成長、気温、相対湿度、NO₂濃度の影響を調整

PM_{2.5}濃度と喘鳴との関連

PM_{2.5}濃度の四分位別の喘鳴症状出現オッズ比

(最低濃度帯 = 1)



院内PM_{2.5}濃度 I : <11.0, II : 11.0-15.3, III : 15.4-27.9, IV : ≥28.0 μg/m³

測定局PM_{2.5}濃度 I : <13.9, II : 13.9-18.1, III : 18.2-23.5, IV : ≥23.6 μg/m³

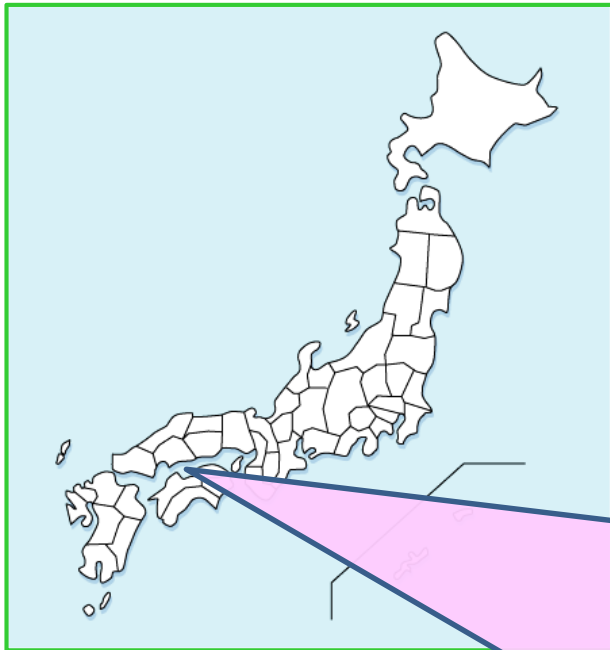
性、年齢、身長、気温、相対湿度の影響を調整

本研究の要約

- 喘息児のピークフロー値は、病室内及び病院玄関におけるPM_{2.5}濃度の増加により有意な低下が認められた。
- 喘鳴症状もPM_{2.5}濃度との関連が認められ、病室内PM_{2.5}濃度が11.0 µg/m³以上で有意に増大した。
- 健康評価の評価には、実際の生活環境におけるPM_{2.5}濃度を用いることが望ましい。

瀬戸内海の離島における研究

- 周辺に主要な大気汚染の発生源がない離島にて、大気環境測定と学生の肺機能検査を実施した。



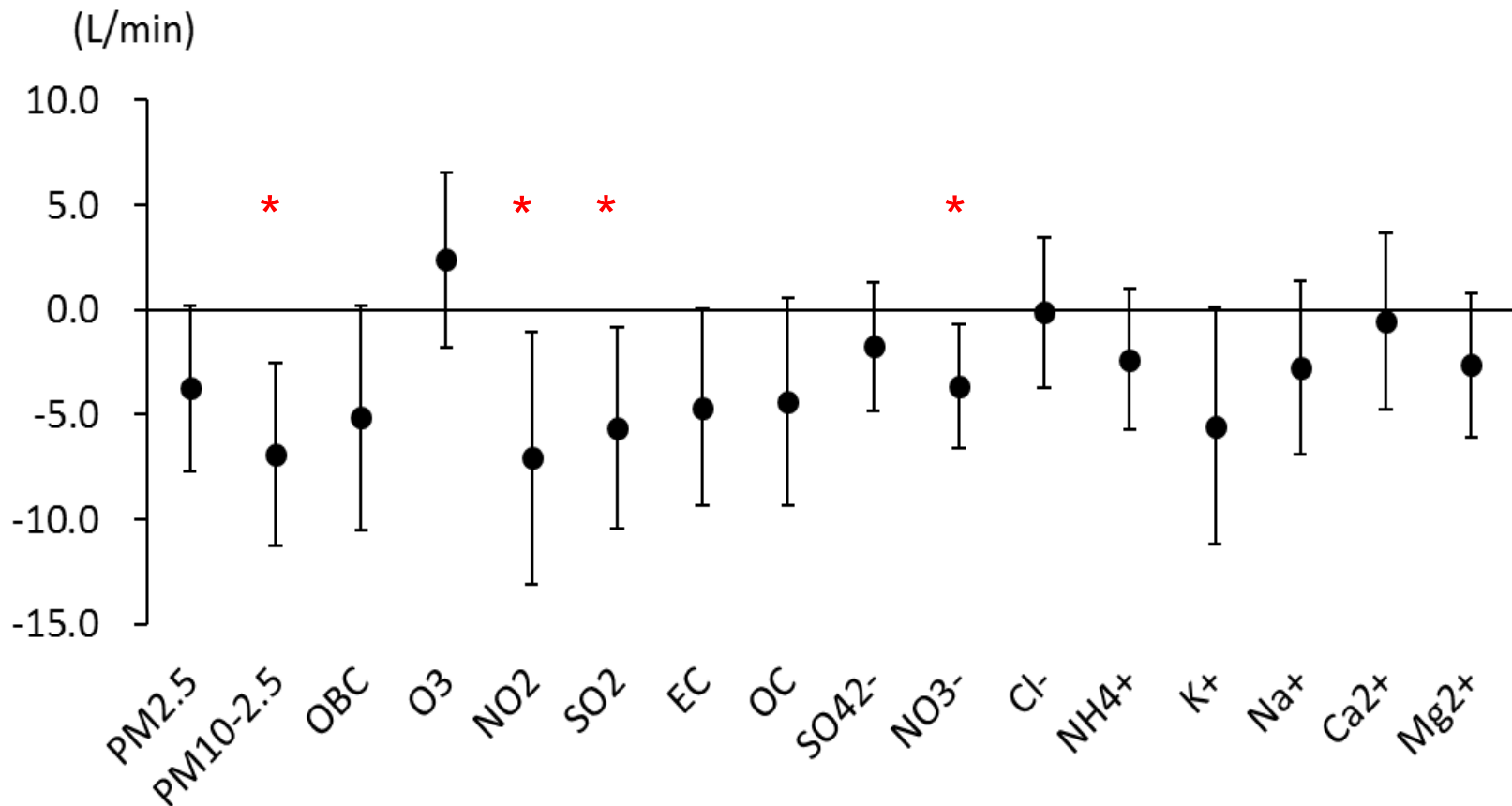
対象と方法

- 瀬戸内海の離島にある学校の学生(15～17歳、37名)を対象に、2013年10～11月の約1ヶ月間、以下の検査を行なった。
- 質問票を用いて、喘息及びアレルギー疾患の既往の有無を確認した。
- 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)を毎日測定した。
- 大気汚染濃度は、学校の屋上にて、微小粒子状物質(PM_{2.5})の連続測定を行った。

大気汚染と肺機能との関連

(2014年10~11月実施)

大気汚染物質及びPM_{2.5}のイオン成分濃度とPEFとの関連

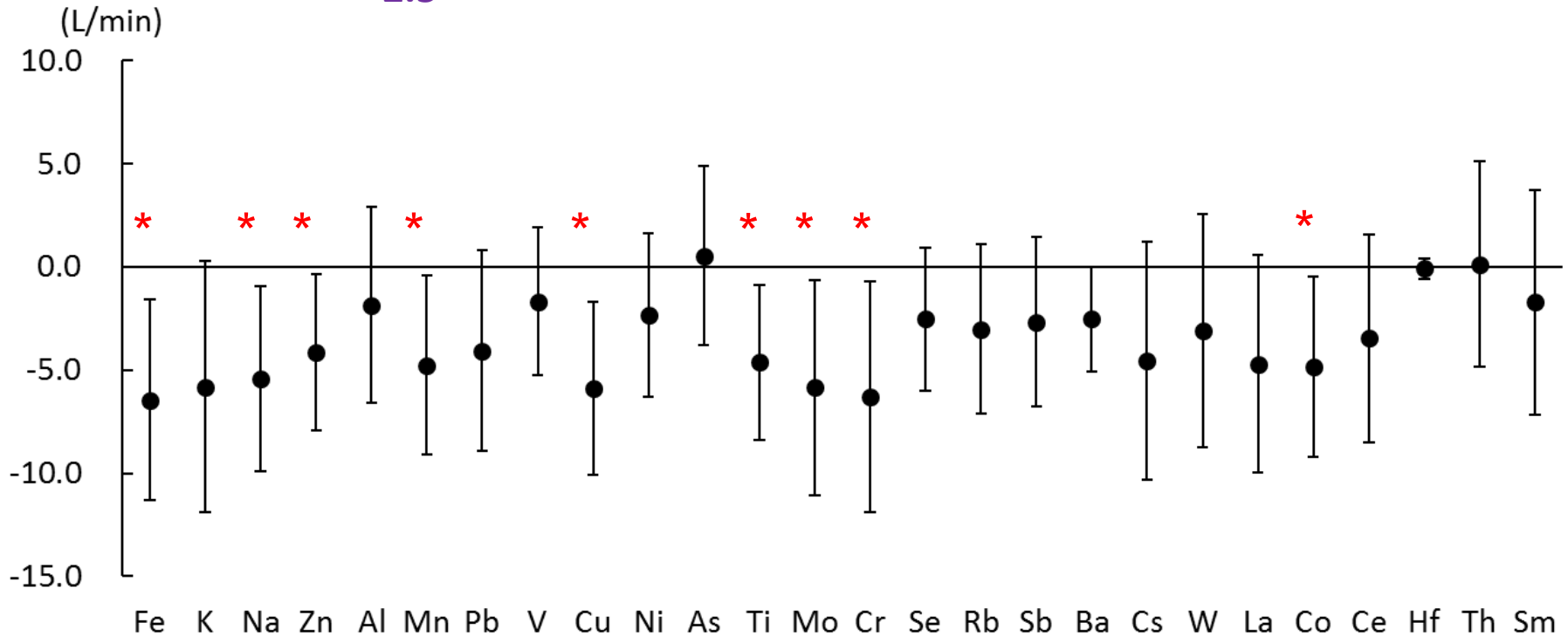


各物質の四分位濃度範囲(IQR)増加当たりの変化量 71

大気汚染と肺機能との関連

(2014年10~11月実施)

PM_{2.5}の元素成分濃度とPEFとの関連

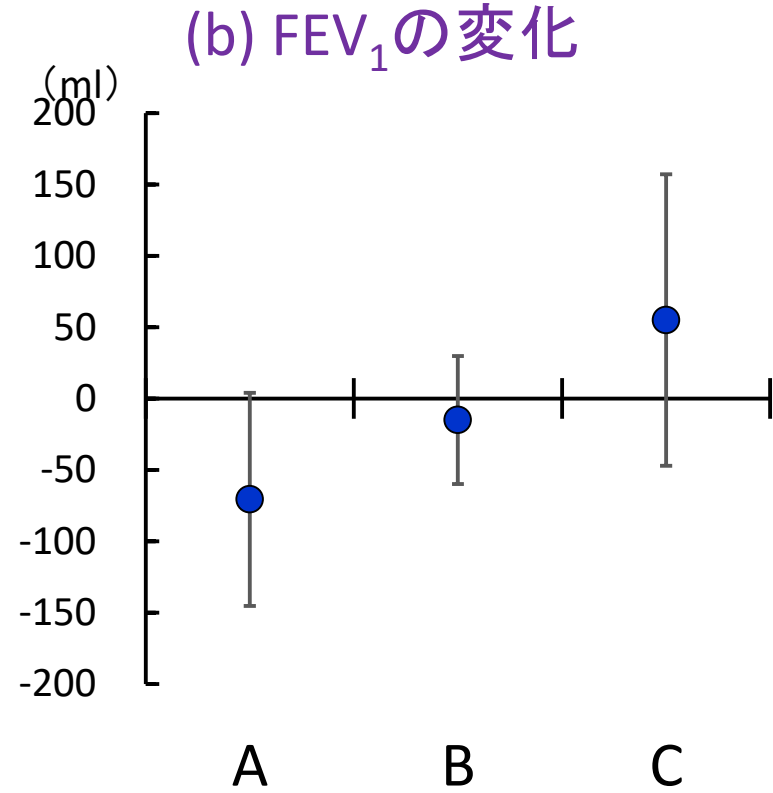
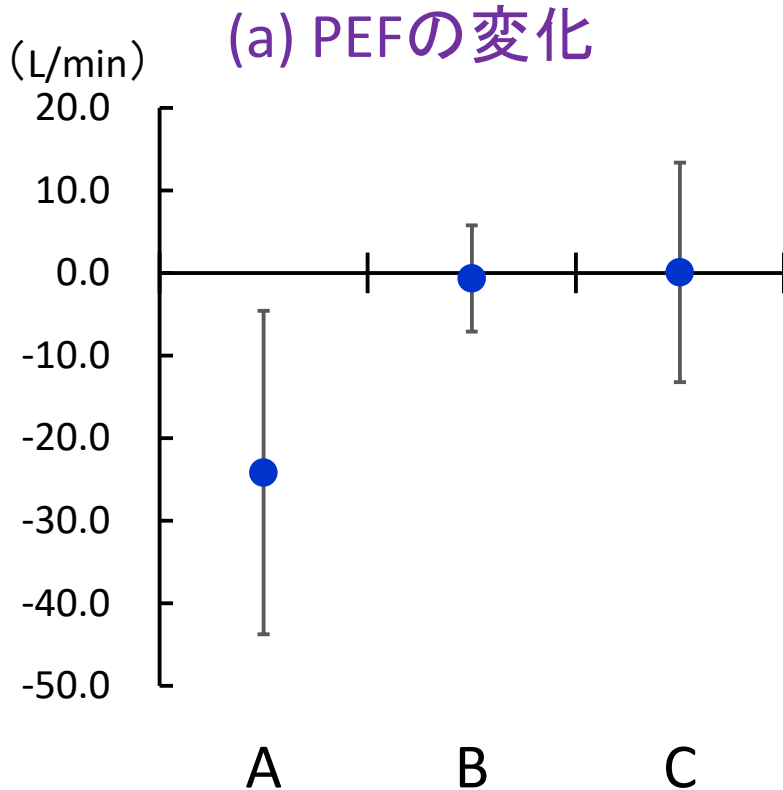


各物質の四分位濃度範囲(IQR)増加当たりの変化量

FEV₁の変動との関連もほぼ同様であった。

PM_{2.5}濃度と肺機能との関連

PM_{2.5} 10 μg/m³増加あたりの変化量



A: 喘息の既往あり (n = 9)

B: 喘息以外のアレルギー疾患の既往あり (n = 8)

C: 喘息、アレルギー疾患の既往なし (n = 20)

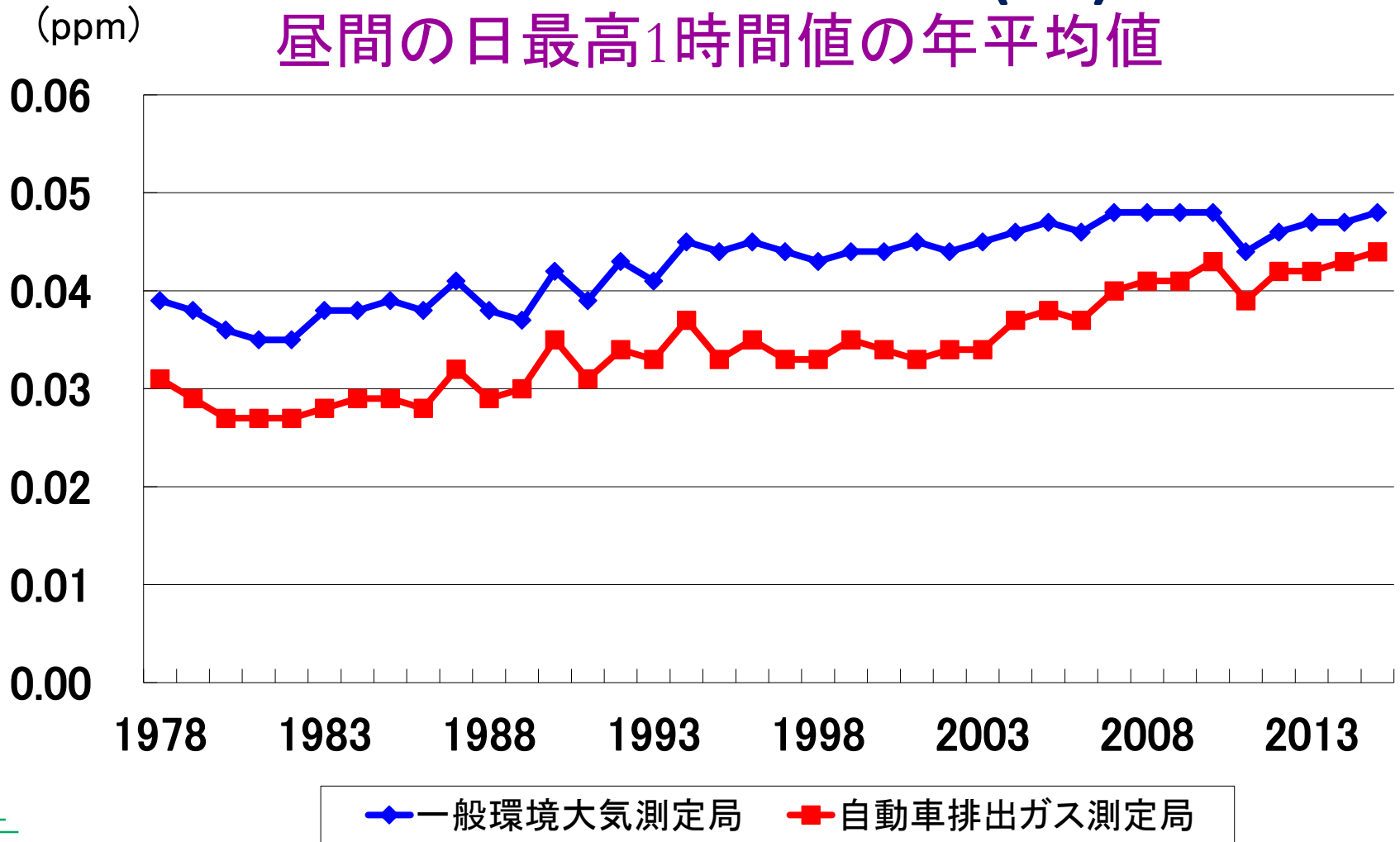
本研究の要約

- 毎日測定した肺機能は、検査前の大気汚染物質及びPM_{2.5}中のNO₃⁻、Fe、Na等の成分濃度の上昇により有意な低下が認められた。
- 喘息の既往を有する者は、大気汚染の影響を受けやすいことが示唆された。

光化学オキシダント濃度の推移

Photochemical Oxidant (Ox)

昼間の日最高1時間値の年平均値



(資料: 環境省)

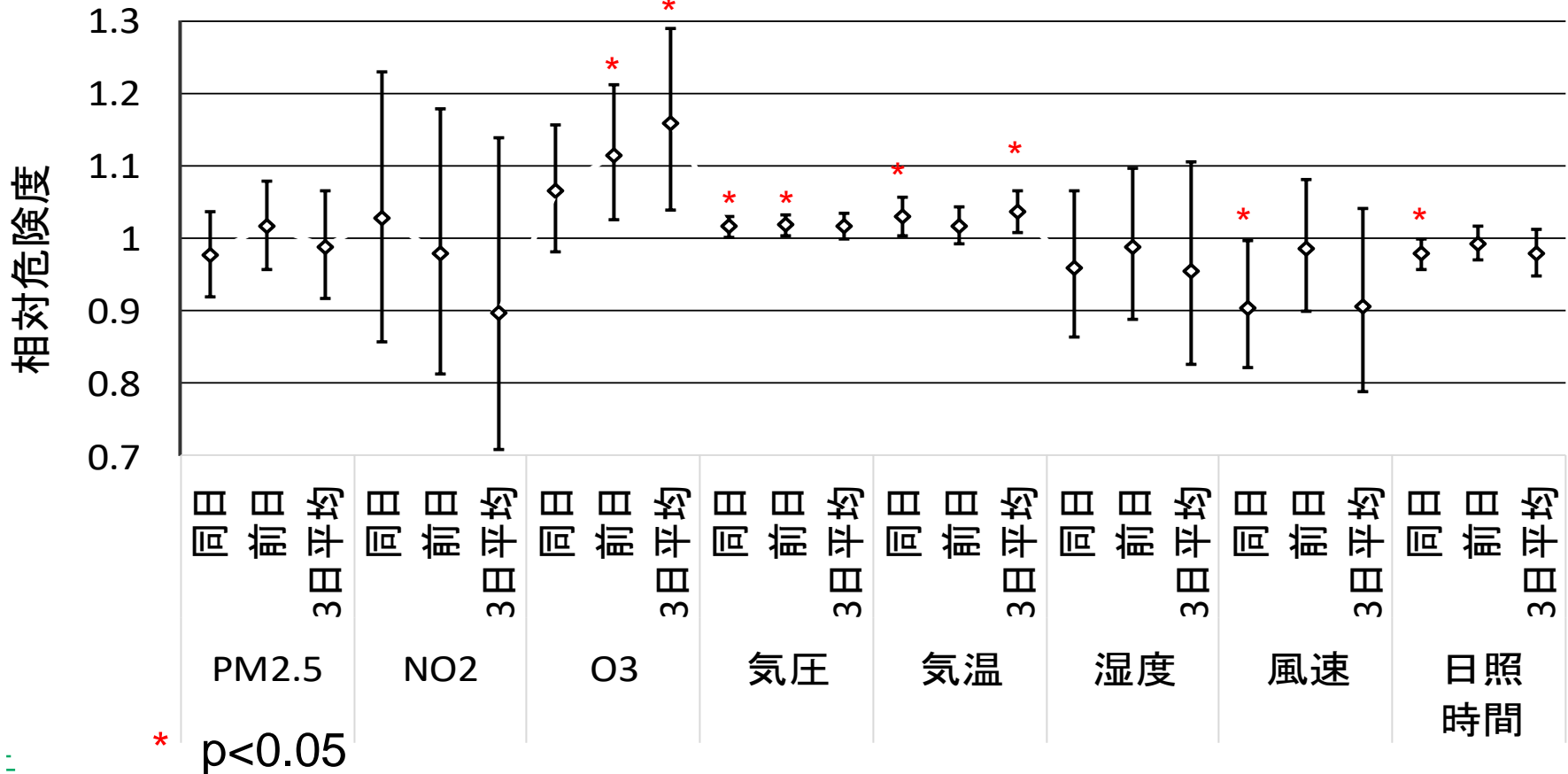
気管支喘息による受診との関連

- 対象：姫路市の急病センターの受診患者
 - 平日夜間(21時～翌日6時)に受診し、喘息と診断された患者
- 受診前の大気汚染濃度、気象因子との関連をケース・クロスオーバーデザインにより解析
 - 解析対象：粒子状物質($PM_{2.5}$)、二酸化窒素(NO_2)、オゾン(O_3)の日平均値
 - 気圧、湿度、気温、風速、日照時間の影響を考慮



喘息による受診に関連する因子

2010年4月～2013年3月の3年間



単位増加量はPM_{2.5}: 10μg/m³、NO₂: 10ppb、O₃: 10ppb、気圧: 1hPa、気温: 1°C、湿度: 10%、風速: 1m/s、日照時間: 1h

前日の大気汚染濃度との関連

(複数汚染物質モデルの解析結果)

2010年4月～2013年3月の3年間

汚染物質 (増加単位)	4-6月		7-8月		9-11月		12-3月	
	RR	95%CI	RR	95%CI	RR	95%CI	RR	95%CI
PM _{2.5} (10μg/m ³)	0.95	0.85-1.06	1.17	0.98-1.40	0.96	0.86-1.06	1.16	1.01-1.33
NO ₂ (10ppb)	1.16	0.83-1.62	0.76	0.38-1.53	1.17	0.80-1.72	0.86	0.49-1.51
O ₃ (10ppb)	1.17	1.01-1.35	1.09	0.93-1.27	0.98	0.80-1.20	1.22	0.81-1.83

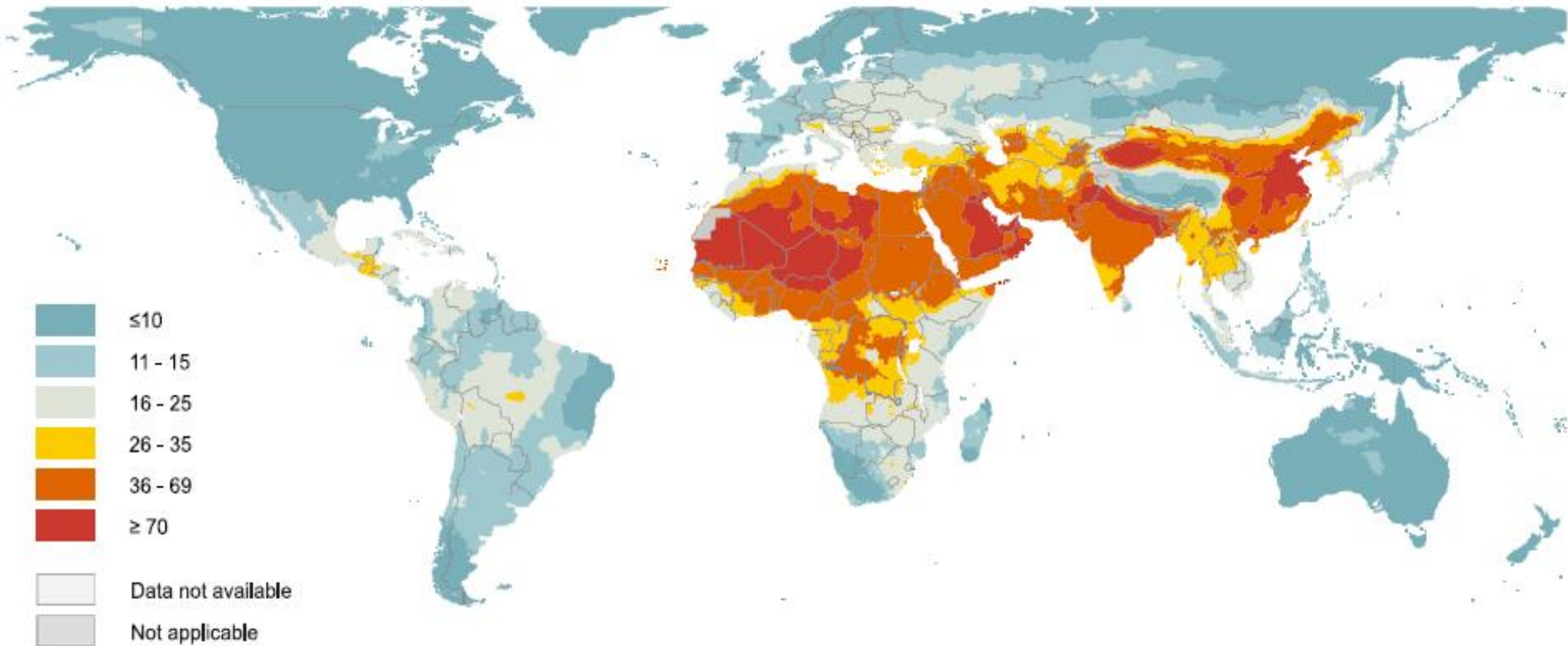
本研究の要約

- 小児の喘息による受診は、大気汚染濃度や気象条件との関連が示された。
- 年間を通じた解析では、大気中 O_3 濃度が増加すると、受診の増加が認められた。
- 季節別には、4～6月は O_3 、12～3月は $PM_{2.5}$ の増加と喘息による受診との関連が有意であった。

WHO releases country estimates on air pollution exposure and health impact

27 SEPTEMBER 2016 | GENEVA - A new WHO air quality model confirms that 92% of the world's population lives in places where air quality levels exceed WHO limits*. Information is presented via interactive maps, highlighting areas within countries that exceed WHO limits.

世界人口の92%は、大気汚染レベルがWHO指針値を超える地域に居住している。



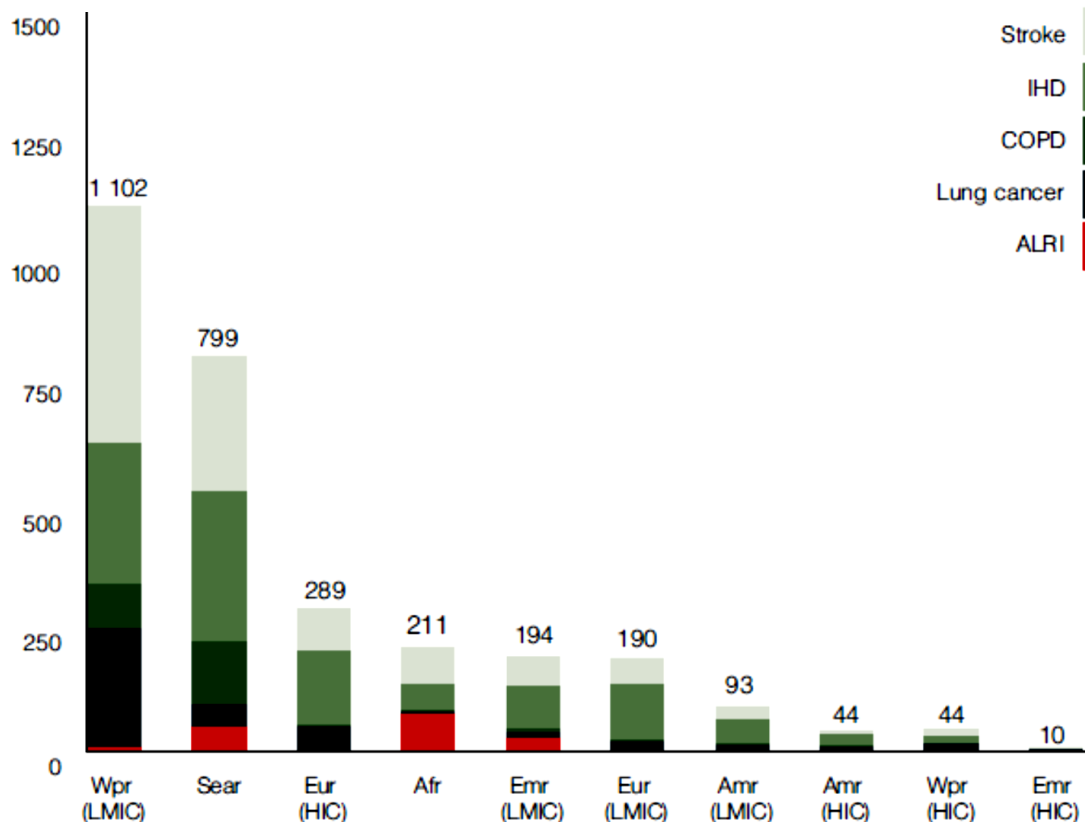
PM_{2.5}: Fine particulate matter of 2.5 microns or less. (World Health Organization 2016) 80

大気汚染による死亡者数

世界保健機関 (WHO) の推計(2012年)

- 全世界で約300万人が大気汚染により死亡
 - 西太平洋地域と南東アジア地域が多い。

推計死亡数(千人)



Afr: Africa

Amr: Americas

Emr: Eastern Mediterranean

Eur: Europe

Sear: South-East Asia

Wpr: Western Pacific

LMIC: Low- and middle-income countries

HIC: High-income countries

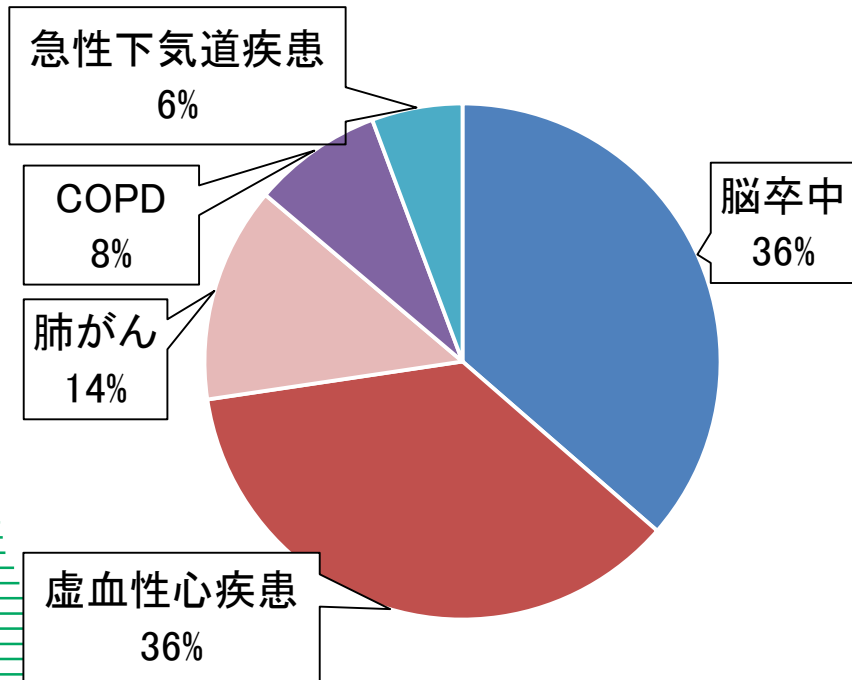
(World Health Organization 2016)

大気汚染による死亡原因

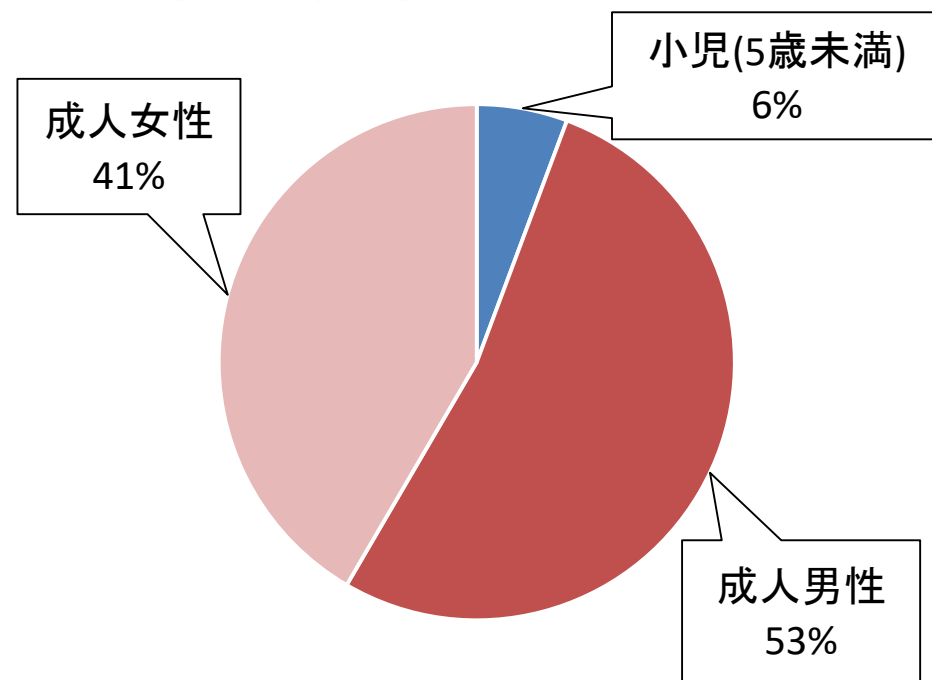
世界保健機関(WHO)の推計(2012年)

- 死因別には、虚血性心疾患(36%)、脳卒中(36%)、肺がん(14%)、慢性閉塞性肺疾患(COPD)(8%)が多い。
- 5歳未満の小児では急性下気道疾患のリスクも高い。

死因別死亡割合



性・年齢別死亡割合



Air pollution is an invisible killer.

We may not always see it, but air pollution is the cause of some of our most common illnesses.

大気汚染は目に見えないが、多くの疾患による死亡と関連している。

36%

of deaths from lung cancer

肺がん死亡の36%

35%

of deaths from COPD

(Pulmonary disease)

COPD死亡の35%

34%

of deaths from stroke

脳卒中死亡の34%

27%

of deaths from heart

disease

虚血性心疾患死亡の27%

おわりに

- わが国では、1960～70年代は主に工場、1980年代から自動車排出ガスによる大気汚染が顕在化し、小児の喘息発症などの健康影響が認められた。
- その後、様々な大気汚染対策によって環境濃度は低減し、健康影響も改善されてきた。
- 近年は、PM_{2.5}及び光化学オキシダントによる大気汚染が問題となっており、健康影響が懸念される。
- これらの物質は発生源が多様であり、広域的な大気汚染を引き起こしている。改善のためには国際的な取り組みが必要である。