環境省「サーベイランス調査」と「ソラダス」にみる NO₂ 大気汚染とぜん息有症率の関係

西川榮一*

NO₂ pollution effect to asthma prevalence shown by Ministry of the Environment “Reports of environmental health surveillance for air pollution” and by citizens’ initiative “SORADASU”

Eiichi NISHIKAWA

摘 要

3歳児と6歳児を対象に、環境省は毎年大規模な大気汚染健康影響調査（「サーベイランス調査」）を実施している。その年度報告書をみると「大気汚染物質濃度が高くなるほどぜん息有症率が高くなるような関連性を示す結果はみられなかった」とまとめられている。このまとめに疑問を感じ、本稿で同報告書におけるデータの取り扱い、NO₂濃度とぜん息有症率の関連性に関する解析について調べた。その結果同報告書のまとめとは異なり、NO₂濃度とぜん息有症率は明らかな正の相関関係にあることがわかった。なぜ環境省報告書と本稿で異なった結果になるのか、その原因も調べた。大阪では、住民らによって「ソラダス」と呼ばれる環境調査が続けられているが、その調査においてもNO₂濃度とぜん息有症率の間に、正の相関関係が見出されていることを紹介した。そして「サーベイランス調査」と「ソラダス」、両調査が示す結果から現在のNO₂大気汚染が提起する課題について述べた。

キーワード：大気汚染健康影響、環境省「サーベイランス調査」、二酸化窒素濃度、ぜん息有症率、大阪住民調査「ソラダス」

1. 緒 言

「大気汚染に係る環境保健サーベイランス調査」（以下では「サーベイランス調査」と略記する）とは、環境省による疫学調査のことで、3歳児（1996年度から）および6歳児（2004年度から）、それぞれ8～9万人を対象に、北海道旭川市から沖縄県那覇市に至る全国38地域（6歳児2014年度の場合）において、毎年実施されている広域かつ長年にわたる極めて大規模な継続調査である。したがってその結果は大気汚染対策や健康被害対応など大気環境行政にも少なからず影響すると思われる。

「サーベイランス調査」の結果は毎年報告書が作成され、環境省ウェブサイトでも公開されている。2014年度の調査報告書（環境省環境保健部2016、以下本稿では「調査報告H26」と略称する）をみると、その結論部分で「3歳児調査、6歳児調査のいずれでも大気汚染物質濃度が高くなるほどぜん息有症率が高くなるような関連性を示す結果はみられなかった。」とまとめられている。調査された大気汚染物質には二酸化窒素（NO₂）も含まれている。しかしNO₂は呼吸器系に健康影響をもたらすとして重視されてきた。早くから環境基準が定められ、現在もお自動車NO_x・PM法などさまざま

* 元・神戸商船大学，〒594-0031 大阪府和泉市伏屋町4-3-22，e-nishikawa@dab.hi-ho.ne.jp

表1 「サーベイランス調査」の調査方法および解析方法の概要

調査の対象および調査方法	
調査対象者	3歳児（1996年度から）と6歳児（2004年度から）それぞれ8万～9万人、毎年度継続調査
調査対象地域	北海道旭川市～沖縄県那覇市 38地域（6歳児2014年度の場合）
① 環境調査	各調査対象地域3次メッシュの大気汚染物質（SO ₂ 、NO ₂ 、NO _x 、SPM）の年平均濃度（「調査報告」は 背景濃度 と呼んでいる）を、一般環境大気測定局のデータを基に推定で求める
② 健康調査	ATS-DLD質問票に基づいた調査票を用い、3歳児は健診診査において、6歳児は小学校でデータを収集。住所から対象者の3次メッシュを特定している。
データの解析方法	
データ分析の枠組み	当該年度単年データの分析、および単年でなく継続調査されてきた年次データ全体をまとめた分析を行っている 行われている解析方法は、地域データを利用した地域横断的解析と年次データを利用した経年縦断的解析 に大別できる
地域データによる地域横断的解析	各調査地域の①と②のデータの 組合せ解析 によって背景濃度と呼吸器系症状有病率との関係を調べる。解析は下記の3つの方法
	解析A 対象者別背景濃度区分と呼吸器系症状有病率との関係
	解析B 調査地域ごとの対象者別背景濃度平均値と呼吸器系症状有病率との関係を調べている（本稿ではこれら調査地域ごとのデータを 地域データ と呼ぶ）
	解析C オッズ比による検討
年次データによる経年縦断的解析	解析D 年次データを利用して汚染物質濃度や有病率などの経年の動向を見ている。 組合せ解析は行っていない
	解析E 3歳児と6歳児データを利用して対象者の追跡調査を行ってぜん息発症率を調べている

な対策が講じられてきている汚染物質である。しかるになぜNO₂の健康影響を否定するかのような結果が得られたのか、「調査報告 H26」を調べてみた。著者が調べた内容の簡単な要旨はすでに別報（西川 2018）に述べてあるが、ここでは内容全体を詳細に報告する。これが本稿1つめの目的である。

大阪では「ソラダス」と呼ばれるNO₂測定運動が行われている（久志本ら 2013）。この運動は、NO₂簡易測定法（西川ら 1999）を用い、住民の手で大阪府全域にわたって大気中のNO₂濃度を測定する運動である。およそ5年ごとに取り組まれ、2016年には第8回が実施された。「ソラダス」ではNO₂測定と並行して、ATS-DLD 質問票¹⁾に基づいたぜん息など呼吸器系の健康状態をたずねる健康アンケートも行われてきた。最近では測定対象地域全域から健康アンケート回答が収集されるようになったので、NO₂濃度測定データと健康状態の関係を調べることが可能になってきた（久志本 2018）。「ソラダス」は大阪住民の自主運動で、「サー

ベイランス調査」とは関係なく実施されてきた測定運動であるが、両者は基本的には同じとみられる調査方法が取られており興味深い。そこで「ソラダス」のデータによって得られたNO₂濃度とぜん息有病率の関係について述べる。これが本稿2つめの目的である。

そして「サーベイランス調査」だけでなく、「ソラダス」も合わせて、2つの調査結果が示すNO₂濃度とぜん息有病率の関連について検討し、現在のNO₂汚染がどのような問題を提起しているのか考えてみたい。これが本稿3つめの目的である。

2. 「サーベイランス調査」の調査方法とデータの分析

2.1 「サーベイランス調査」の枠組み

「調査報告 H26」をみて「サーベイランス調査」の枠組みをまとめると表1となる。環境調査は4つの汚染物質NO₂、NO_x、SO₂、SPMのデータを収集している。健康調査は呼吸器系症状の質問とと

表2 調査対象地域の要目および『地図表示』から読み取った特徴

調査対象地域	面積 km ²	大気測定 局***	対象者・有症者の分布状態、局所的 汚染源など*	18℃デグリー リーデー**	ブロック
小樽市	244	3地点	対象者、有症者が部分域に分布	3648	北海道
旭川市	748	5地点	対象者、有症者が部分域に分布	4237	北海道
釧路市	1363	2地点	対象者、有症者が部分域に分布	4393	北海道
八戸市	306	4地点	対象者、有症者が部分域に分布	3138	東北
秋田市	906	7地点	対象者、有症者が部分域に分布	2667	東北
横手地域	861	1地点	有症者が道路近傍メッシュに多い	3107	東北
佐野市	356	2地点	対象者は部分域に分布、その中で 有症者は道路近傍メッシュに多い	2237	関東
草加市	27.5	1地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1950	関東
千葉市中央・花見川区	79	6地点	花見川区は有症者が道路近傍メッ シュに多い、中央区は前面に製鉄 所など臨海工業域	1898	関東
柏・我孫子市	158	3地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	2018	関東
墨田区	13.8	なし	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1742	関東
中野区	15.6	1地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1742	関東
横浜市鶴見区	33.2	2地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1668	関東
川崎市幸区	10	1地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1668	関東
相模原市	329	5地点	対象者が東部の部分域に分布	1900	関東
高岡市	210	2地点	対象者は東半分域に分布	2216	甲信北陸
甲府市	212	1地点	対象者は中心域に分布	2078	甲信北陸
松本市	978	1地点	対象者が中心域に分布	2844	甲信北陸
岐阜市	204	3地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1798	中部東海
大垣市	207	2地点	対象者が東部域に多い	1791	中部東海
名古屋市港・南区	64	2地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1773	中部東海
安城市	86	3地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1913	中部東海
東海市	43.4	5地点	前面に臨海域に製鉄工場地域	1741	中部東海
四日市市	206	7地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1835	中部東海
大阪市淀川・西淀川区	26.9	2地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1650	関西
堺市堺区	23.7	2地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1774	関西
大東市	18.3	1地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	2000	関西
神戸市灘・兵庫区	47.3	3地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1679	関西
尼崎市	50.7	3地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1679	関西
西宮・芦屋市	118	9地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1679	関西
和歌山市	209	7地点	対象者も有症者も海側に分布。臨 海域に製鉄工場地域	1549	関西
広島市安佐南区	117	2地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1800	中国
宇部・山陽小野田市	420	5地点	対象者が南部臨海域に多い。臨海 域にセメントなど工場群	1801	中国
北九州市八幡西区	83.1	2地点	北部近傍に金属・製鉄関連工場地帯	1646	九州沖縄
福岡市南区	31	1地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	1455	九州沖縄
島原地域	467	1地点	有症者は対象者分布の中の道路沿 道メッシュに多い	1383	九州沖縄
大分市	502	12地点	対象者は海側に多く、前面に製 鉄など臨海工場地帯	1575	九州沖縄
那覇市	39.6	1地点	対象者も有症者もほぼ全域に分布	58	九州沖縄

*) 「調査報告H26」に示されている『地図表示』から、著者が読み取った内容

**) 18℃デグリーデーは、基準温度を18℃とし、日平均気温が10℃以下の日の、18℃と日平均気温との差の積算値。データはHEAT20(2017)から引用。

***) 設置測定局のうち実際に2014年度の年平均値が示されている測定局の地点数

もに、住所と居住歴、住居の構造、喫煙、暖房方法、ペットの有無、アレルギー症既往歴など関連するさまざまな属性についても質問している。データの解析は38か所の調査対象地域のデータを利用する地域横断的解析と、蓄積されてきた年次データ(2014年度までで3歳児は18年分、6歳児は11年

分)を利用する経年縦断的解析に大別できる。

「調査報告 H26」では3歳児、6歳児、性別、さまざまな呼吸器系症状、NO₂のほかNO_x、SO₂、SPMの大気汚染物質など多岐にわたるケースについて分析されているが、どのケースも同じ方法、内容で解析されている。本稿では、主に6歳児に

関する NO₂ 濃度とぜん息有症率のデータを取り上げることで、「調査報告 H26」のデータ収集やその解析方法について調べることにする。

38 調査対象地域の要目などを表 2 に示す。「調査報告 H26」には『地図表示』として、3 次メッシュの格子線を入れた各調査対象地域の地図を示し、各メッシュの NO₂ 濃度は塗りつぶしのカラーで表し、対象者および有症者の数は円グラフのサイズで表し、そして一般大気測定局の位置も記入したカラー図面が掲載されている。表 2 の左から 4 つめの欄（対象者・有症者の分布状態、局所的汚染源など）は、この『地図表示』から著者が読み取った各地域の特徴である。「サーベイランス調査」の大きな特徴の 1 つは、調査対象地域が広域にわたっていることである。表 2 に示した 18℃ デGREEー値²⁾は各地域の気候条件を表す指標の 1 つとして著者が加えたものである。

2.2 データの収集、取扱いに関する問題点

表 1、表 2 をみると、いくつかの問題点が指摘される。

① 3 次メッシュの濃度推定は精度が低く、かつ局所的な汚染が的確に捉えられていない

3 次メッシュ（約 1 km 四方の格子区画）の濃度は、一般環境大気測定局の年平均データを基にして、空間的に補間する方法で推定されている。この方法では、調査対象地域全体の平均濃度は測定局のデータが反映されるだろう。しかしメッシュ数（km² 面積にほぼ等しい）と比べて、データ利用可能な一般大気環境測定局の数は表 2 にみるようにわずかであり、各メッシュの濃度推定の精度は高くないと考えられる。またこの方法では幹線道路沿道など局所的な汚染は的確に捉えられない。

② 有症率のデータに対する局所的汚染影響の有無を検討する必要がある

調査対象地域内で自動車交通など局所的な汚染があって健康影響が生じている場合、健康調査のデータにはその影響が反映されるだろう。しかし環境調査のデータには、①に述べたように沿道局所汚染は的確に捉えられていないから、健康影響と汚染濃度との関係を正しく解析できないおそれがある。

③ アレルギー症既往歴の影響の調整には注意を要する

健康調査では性別、喫煙、家屋構造、暖房、ペット、アレルギー症既往歴など、大気汚染以外のさまざまな影響要因のデータが収集されている。解析 C のオッズ比の場合はそれらの影響が検討されているが、他の解析ではほとんど検討されていない。ただし性別およびアレルギー症既往歴については考慮されている。性別についてはデータを男女別に分けて分析している。アレルギー症既往歴については以下の方法がとられている。

「調査報告 H26」は、対象者のアレルギー症既往歴の有無を①本人・親ともになし、②親のみあり、③本人のみあり、④本人・親ともにあり、の 4 タイプに分けてぜん息有症率に対するアレルギー症既往歴の影響を調べている。たとえば 6 歳児 2014 年度の場合の結果をみるとタイプ別ぜん息有症率は（タイプ①を 1 とした相対値）、② 2.1、③ 2.45、④ 4.46 となっており、タイプによって大きく変化している。このことは、調査対象地域のぜん息有症率に対して、各タイプの人数割合が影響を及ぼしていることを意味する。そこで「調査報告 H26」は、個々の調査対象地域のぜん息有症率を、各タイプの人数割合が全調査対象地域の平均人数割合に相応するように調整している。「調査報告 H26」はこのような方法で調整した有症率を調整率と呼んでいる。取り上げたアレルギー症は、

本人；アレルギー性鼻炎、じんましん、アトピー性皮膚炎、アレルギー性結膜炎の 4 症、

親；小児ぜん息、気管支ぜん息、アトピー性皮膚炎、花粉症の 4 症

であり、4 症のうちどれか 1 つでも既往歴があれば既往歴ありとしている。この調整方法は、取り上げたアレルギー症の既往歴と NO₂ 濃度との間に相関が存在しなければ適用可能である。しかし「調査報告 H26」に示されているアレルギー症既往歴のデータをみると図 1 のようであり、本人のアレルギー性鼻炎既往歴、親の花粉症既往歴は NO₂ 濃度によって変化し、NO₂ 濃度の低いところで低下が大きい。このため NO₂ 濃度の低い調査対象地域では調整率が高くなっている。とくに花粉症の影響が大きい。アレルギー症既往歴については何らかの調整が必要であろうが、「調査報告 H

図1 調査地域ごとの各アレルギー症既往歴および総アレルギー症既往歴と調査地域平均NO₂濃度との関係。(「調査報告 H26」付録データから著者が作図)

26」の方法を適用するとしてもアレルギー症既往歴とNO₂濃度との間に相関がない範囲に限るべきであろう。

④調査対象地域の地域特性がもたらす交絡影響が考慮されていない

調査対象地域は北海道～沖縄県にわたっており、地域特性がもたらす交絡要因を考慮する必要があると思われるが、「調査報告 H26」ではほとんど検討されていない。たとえば気候の相違である。表2にはその1つの指標として18℃デGREEーの値を示したが、その相違は暖房や換気の状態に影響するから、屋内空気汚染や曝露程度に関わって健康影響をもたらす可能性があろう。

図2 地域データでみたNO₂濃度とぜん息有症率(調整率)の関係。
(6歳児2014単年度、「調査報告 H26」から引用)

3. 「調査報告 H26」のNO₂濃度とぜん息有症率の組合せ解析を調べる

3.1 地域データを利用したNO₂濃度とぜん息有症率の地域横断的組合せ解析(表1解析B)

図2は「調査報告 H26」に示された組合せ解析の1つで、38調査対象地域それぞれのデータを利用したNO₂濃度とぜん息有症率の散布図である。「調査報告 H26」はこの図などに基づいて、冒頭引用したように、NO₂濃度が高くなるとぜん息有症

図3 地域データでみたNO₂濃度とぜん息有症率(調整率)の関係。
(6歳児2014単年度、図2の38地域を8ブロックに区別して表示)

率が高くなるような関連性はみられなかったとしている。確かに図をみると、男児、女児、男女全体のいずれもバラバラに散らばっている。小野(2014)は負の相関(NO₂濃度が高くなるとぜん息有症率が低下する)がみられたとさ述べている。

図2は38地域のデータが区別なく一括でプロットされたものであるが、38の調査対象地域は広域に分散しており、気候条件も大きく異なる。そこで38地域を、気候条件を考慮して表2に示した8

ブロックに分けてプロットしてみると図3となる。NO₂濃度が同じレベルでもブロックや地域によって有症率は大きく異なり、地域特性による交絡要因が影響していることをうかがわせる。図3をみて気候は主要因の1つと推測されるが、他にも人口、道路網、土地利用などさまざまな要因が考えられる。

8ブロックの中で▲関東、◆中部東海、●関西ブロックの有症率は同じレベルにあり、かつNO₂濃度が高くなると有症率も高くなる傾向が読み取れ、注目される。なお男児と女児を比べると、女児の有症率は男児より低いのだが、上述した有症率の分布の様子は男児と女児で大差ないとみられよう。

以上のように地域データには地域特性がもたらす交絡影響が含まれており、それを考慮しないままの図2では、NO₂濃度とぜん息有症率の関連性を正しく読み取るのは難しい。地域データを利用して組合せ解析を行うのであれば、地域特性がもたらす交絡影響を回避する必要がある。

3.2 対象者別NO₂濃度区分とぜん息有症率の関係(表1解析A)

「調査報告H26」では表1に示した解析A、すなわち全対象者を、調査対象地域に関係なく、それぞれが居住する3次メッシュの濃度ランクによって区分し、濃度ランクとぜん息有症率の関係を調べている。図4がその結果であるが、男児、女児、男女全体ともNO₂濃度に対するぜん息有症率の変化は同じ傾向を示している。図4をみて「調査報告H26」は、2014単年度データについては「濃度区分が高くなるほどぜん息有症率が高くなる傾向はみられなかった。窒素酸化物(NO₂, NO_x)においては、一定レベル以上の大気汚染物質濃度を示す地域においてぜん息有症率が高い地域がみられる一方、濃度レベルの低い地域でもぜん息有症率が高い地域がみられた。前者は関東、関西の大都市で、後者は九州・沖縄地区であるが、これらの傾向は3歳児調査および6歳児調査において一貫してみられている」、また図4下図の11年間をまとめたデータについては「大気汚染物質濃度が高い地域の方が低い地域よりぜん息有症率が高くなる傾向はみられず、大気汚染物質濃度の低い地域においても大気汚染物質濃度が高い地域と同程

(6歳児2014単年度、図2の38地域を8ブロックに区別して表示)

図4 対象者別 NO₂ 濃度ランクとぜん息有症率（調整率）の関係。
（「調査報告 H26」付録データから著者が作図）

度、またはそれ以上の有症率を示す地域がみられた」（下線は引用者が加えた）と述べ、NO₂ 影響はみられないと読み取れるような評価をしている。

しかし図4に示されたデータは、上述した地域特性がもたらす交絡影響が除かれていない。図4でNO₂ 濃度の低い、とくに10 ppb以下のデータは、図3をみればわかるように、多くは北海道、東北などNO₂ 濃度は低いがぜん息有症率は高い地域のデータであり、既述のように、それらは地域特性の影響やアレルギー症既往歴の調整の影響によって有症率が高くなっている。したがって10 ppb以下のレベルのデータは区別すべきである。このような影響を考慮しないまま、図4によってNO₂ 濃度とぜん息有症率の関係を評価するのは不適切である。

3.3 年次データを利用した NO₂ 濃度とぜん息有症率の経年縦断的組合せ解析

地域データには地域特性がもたらす交絡影響が含まれていることがわかった。その点年次データを利用した経年縦断的解析であれば、同じブロックあるいは同じ調査対象地域についての解析であるから、地域特性に起因する交絡影響を回避できる可能性が高い。「サーベイランス調査」では長期継続調査によって年次データが蓄積されており、経年縦断的解析が可能である。

「調査報告 H26」は年次データを用いて、汚染物質濃度やぜん息有症率の経年的推移を調べているが（表1の解析D）、しかしNO₂ 濃度とぜん息有症率の関係を調べる経年縦断的組合せ解析は行っていない。そこで本稿で年次データを利用して6歳児データについて組み合わせ解析を行った。なお図2~4では男児、女児、男女全体それぞれの

図5 2004～2014年11年間の年次データでみた8ブロック別のNO₂平均濃度とぜん息有症率(調整率)の関係。

データについてもみてきたが、NO₂濃度に対する変化の傾向は男児、女児ほとんど同じなので、以下では男女全体のデータだけを示すことにする。

図5がその結果で、11年間(2004～2014年度)の年次データを用いてブロックごとのNO₂平均濃度とぜん息有症率を求め、両者の経年変化の関係をみたものである。この11年間、どのブロックも、増減の変動はあるが、全体としてはNO₂濃度の減少に伴ってぜん息有症率が低下してきた経過が読み取れる。そして地域データでみた図2とは大きく異なり、年次データでみるとNO₂濃度とぜん息有症率の間には明瞭な正の相関が表れている。

各ブロックを比較すると、同レベルのNO₂濃度に対して北海道、東北、甲信・北陸、九州・沖縄のぜん息有症率が高く、中間に中国ブロックがあって、低いブロックとして関東、中部・東海、関西が位置している。このようなブロック間の差異は、図3に表れていた調査対象地域間のそれと同じであるが、年次データでみると一層明らかである。有症率が高いブロックをみると、北海道、東北、甲信・北陸と3つまでが寒冷地域である。また関東、中部東海、関西はぜん息有症率とNO₂濃度との関係はほぼ同じ変化を示し、NO₂濃度の低下とともにぜん息有症率も低下してきた経過が明瞭に読み取れる。

ブロックに分けないで、38調査対象地域のデータ全部を1つにまとめたNO₂平均濃度とぜん息有

図6 年次データでみた全調査対象地域の平均NO₂濃度とぜん息有症率(調整率)の関係。(3歳児は1997～2014, 6歳児は2004～2014の年次データ、「調査報告H26」の付録データを用いて著者が作図)

図7 2004～2014年度11年間の年次データでみた調査対象地域別のNO₂濃度とぜん息有症率(調整率)の関係。(いくつかの地域の例)

症率の関係を、年次データでみると図6となる。図6には6歳児と合わせて3歳児のデータも示してあるが、いずれも正の相関関係にあることは明らかであろう。

38か所の調査対象地域1つ1つについても、それぞれの年次データを用いてNO₂濃度とぜん息

表3 調査対象地域ごとに年次データでみたNO₂濃度とぜん息有症率(調整率)との相関係数および有意水準

調査対象地域	6歳児(調整率、男女全体)			3歳児(調整率、男女全体)		
	回帰係数	P値	* (P<0.05)	回帰係数	P値	* (P<0.05)
小樽市	0.33	0.099		0.33	0.0002	*
旭川市	0.6	0.085		0.13	0.042	*
釧路市	0.88	0.29				
八戸市	0.43	0.043	*	0.3	0.0011	*
秋田市	0.48	0.040	*	0.49	3.4×10 ⁻⁶	*
横手地域	0.36	0.16		0.49	0.0001	*
佐野市	0.31	0.026	*	0.2	0.013	*
草加市	0.23	0.0009	*	0.14	0.0003	*
千葉市中央・花見川区	0.64	6.4×10 ⁻⁶	*	0.41	2.9×10 ⁻⁵	*
柏・我孫子市	0.47	0.0005	*	0.31	7.9×10 ⁻⁷	*
墨田区	0.39	4.8×10 ⁻⁶	*	0.17	4.2×10 ⁻⁵	*
中野区	0.45	0.0006	*	0.15	1.7×10 ⁻⁵	*
横浜市鶴見区	0.22	0.0029	*	0.17	3.6×10 ⁻⁷	*
川崎市幸区	0.3	0.0002	*	0.17	0.0012	*
相模原市	0.18	0.0001	*	0.12	1.3×10 ⁻⁵	*
高岡市	0.46	0.15		0.39	8.9×10 ⁻⁵	*
甲府市	0.1	0.30		0.03	0.56	
松本市	0.01	0.92		0.01	0.91	
岐阜市	0.12	0.033	*	0.11	0.10	
大垣市	0.15	0.029	*	0.08	0.053	
名古屋市港・南区	0.16	0.0009	*	0.1	0.0018	*
安城市	0.04	0.27		0.04	0.11	
東海市	0.23	0.005	*	0.15	0.0018	*
四日市市	0.21	0.041	*	0.19	0.0011	*
大阪市淀川・西淀川区	0.29	0.0013	*	0.23	2.6×10 ⁻⁵	*
堺市堺区	0.13	0.18		0.04	0.35	
大東市	0.1	0.20		0.08	0.053	
神戸市灘・兵庫区	0.24	0.31		0.12	0.002	*
尼崎市	0.39	0.0029	*	0.02	0.72	
西宮・芦屋市	0.28	0.011	*	0.1	0.015	*
和歌山市	0.43	0.003	*	0.04	0.62	
広島市安佐南区	0.23	8.0×10 ⁻⁵	*	0.16	2.0×10 ⁻⁶	*
宇部・山陽小野田市	0.39	0.10		0.12	0.18	
北九州市八幡西区	0.31	0.031	*	0.23	0.0052	*
福岡市南区	0.4	0.0037	*	0.23	7.3×10 ⁻⁵	*
島原地域	0.39	0.0039	*	0.28	0.0004	*
大分市	0.35	0.0054	*	0.23	0.0002	*
那覇市	0.34	0.038	*	0.27	0.037	*
全地域	0.3	3.4×10 ⁻⁵	*	0.17	1.0×10 ⁻⁹	*

有症率との相関の有無を調べた。図7はいくつかの地域の例であるが、明瞭な正の相関関係が読み取れる。全地域について相関性を調べた結果は表3のようであり、多くの地域で正の有意な相関が認められた。表3には3歳児の結果も示してあるが、6歳児同様に明瞭な相関関係にあることがわかった。NO₂濃度の減少傾向が続いているのは、

この間の窒素酸化物汚染対策の効果だと考えると、「サーベイランス調査」のデータはNO₂濃度の低下とともに、ぜん息有症率が低下してきた経過をよく捉えている。

Hasunuma, H, et al. (2014) は、「サーベイランス調査」の3歳児のデータを用いて独自の解析を行っている。自動車NO_x・PM法の対象地域と非

図8 図3において寒冷気候地域（□囲み）および大規模な製鉄所・工業地帯が近接している地域（○囲み）を表示した図。

対象地域に分けて汚染データの経年変化を比較し、非対象地域より対象地域の方が濃度の減少が大きいことを明らかにし、それは同法による削減対策の効果だと評価している。そしてその濃度とぜん息有症率についてオッズ比の分析を行い、有症率と濃度の間に有意な正の相関がみられると述べている。

図5、図6、図7をみて注目されるべきは、NO₂年平均濃度が20 ppb以下に低下してもなお同じ傾向で、ぜん息有症率が低下していることである。これはNO₂汚染が現行環境基準ゾーンの下限レベルより低くなってもなお、ぜん息などへの健康影響が生じている可能性を暗示している。

3.4 もう一度図3（地域データによる地域横断的組合せ解析）を調べる

年次データによる経年縦断的解析では、地域特性がもたらす交絡影響を回避できたため、NO₂濃度とぜん息有症率は明瞭な正の相関関係にあることが明らかとなった。そこで図3において地域特性がどのように影響しているのか、もう一度吟味した。その結果が図8である。取り上げた地域特性の要因は2つ、1つは気候条件である。寒冷地域では屋外大気汚染だけでなく、暖房や調理、換気状態による屋内汚染も影響すると考えられたからである（神ら1997、森ら1986、奥平・田中2005、

鈴木ら2016）。ここでは表2に示した18℃デグリーデー値1)が2200以上となる地域を寒冷地域とみなし、図8において、それら地域のデータを□で囲んだ。もう1つは製鉄所など大きな工業地帯の存在である。「調査報告H26」の『地図表示』をみると千葉市中央区・花見川区など全部で6か所あり、○で囲んだデータである。他にも地域特性はさまざまあり、とくに自動車交通の影響は小さいと思われる。『地図表示』からは自動車交通の影響は特定できなかったため、ここでは取り上げなかったが、調査が必要である。

図8をみると、上記2つの要因だけでも、ぜん息有症率の高い地域、とくにNO₂濃度の低い地域のほとんどが該当していることがわかる。ただ図中の島原地域、那覇市は、これら2つの要因には該当しないがぜん息有症率は例外的に高かった。データ採取のあり方、アレルギー既往歴調整の問題、他の汚染物質の影響など他の要因を調べる必要があろう。

那覇市と島原地域を除く、□や○で囲まれているデータを見ると、NO₂濃度が高くなればぜん息有症率が高くなる傾向が明瞭に読み取れる。とくに注目されるのは、関東、中部・東海、関西に属する調査対象地域の分布で、年次データでみた図5のそれら3ブロックの分布と同様の傾向を示していることである。したがって地域データによる地域横断的解析でも、気候条件などの地域特性を考慮すれば、年次データによる経年縦断的解析と矛盾しない。

「サーベイランス調査」が実施されるようになったのは、中央公害対策審議会の答申（中公審1986）の中で「環境保健サーベイランス・システムの構築」が提言されたことによる。そこには「疫学調査においても、一定の地域人口集団に対する縦断的・長期的観察が必要となる。すなわち、現在の我が国の大気汚染の健康影響、特に慢性閉塞性肺疾患に対する影響は、大気汚染以外の要因と比べて主たるものとは考えられないため、従来多く行われてきた横断型の調査のみでは、交絡現象等により、十分な評価究明が困難となっている」（下線は引用者による）とあり、提言においてすでに経年縦断的解析の必要性が強調されていたのである。現在では十分な年次データが蓄積され、提言に応えること

ができる段階に達している。「サーベイランス調査」データの適正な分析と評価が望まれる。

3.5 オッズ分析による検討について

「調査報告 H26」はオッズ比³⁾による検討(表1の解析 C)も行っている。ただ 38 調査地域すべての対象者を一括した集団を対象に解析している。このため対象者に対応させる NO₂ 濃度は、調査地域に関係なく、対象者が居住する 3 次メッシュのデータであり、地域特性がもたらす交絡影響は除去されないままである。オッズ比による検討は重要な解析であるが、地域特性の交絡影響が入ったままでは、的確な結果は得られない。したがって本稿では、「調査報告 H26」のオッズ比による検討の内容には言及しないことにした。オッズ比による検討は、調査地域ごと、あるいはブロック分けするなど、地域特性の影響を回避する必要がある。

4 「ソラダス」にみる NO₂ 濃度とぜん息有症率の関係

4.1 「ソラダス」の調査方法

NO₂ 濃度の測定は、天谷式簡易測定法の 3 型捕集管(西川ら 1999)を用いている。大阪府全域の 3 次メッシュ(ただし大阪市域だけは 3 次メッシュをさらに 4 分割した約 500 m 四方の区画)に、メッシュ当り捕集管 5 個を分散設置し、5 個の平均値でそのメッシュの NO₂ 濃度としている。全メッシュいっせいで測定であり、得られるデータは 1 日平均濃度である。「サーベイランス調査」は推定濃度であるが、「ソラダス」は実測データである。健康アンケートは ATS-DLD 質問票に基づいた健康アンケート用紙を作成し、NO₂ 測定参加者およびその家族や周辺の人たちを対象に配布回収している。捕集管設置数は「ソラダス」2012、2016 でそれぞれ 7180 個、6982 個、健康アンケート有効回答数はそれぞれ 4444 人、4873 人であった⁴⁾。

4.2 「ソラダス」の主な調査結果

NO₂ 濃度測定結果をみると大阪市の濃度が最も高く、大阪市を中心に周辺に向かって濃度が低下していく分布をしている。このような分布態様は「ソラダス」開始以来約 40 年続いている。図 9 は府域を大阪市、大阪市隣接 10 市、およびその他地

図 9 大阪府を 3 つの地域に分けた場合の NO₂ 平均濃度とぜん息有症率。(大阪から公害をなくす会ウェブサイト資料から引用)

図 10 大阪府行政区を 8 つの群に分割した場合の、各群の NO₂ 平均濃度とぜん息有症率との関係。(大阪から公害をなくす会ウェブサイト資料から引用)

域に 3 区分した場合の NO₂ 濃度とぜん息有症率の変化である。「ソラダス 2016」ではほぼ行政区全体から健康アンケートが回収されたので、3 区分よりさらに細かく区分して有症率を求めることができた。行政区を NO₂ 濃度の順に並べ、8 つの濃度グループに区分した。図 10 はその結果である

が、NO₂ 濃度とぜん息有症率との間に正の相関関係が認められた。

4.3 「サーベイランス調査」と「ソラダス」が示す NO₂ 汚染の現状

「サーベイランス調査」と「ソラダス」、いずれのデータにおいても、NO₂ 濃度とぜん息有症率の間に正の相関が存在することが見いだされた。互いに無関係に行われた調査が同様の結果を示しているわけで、両調査によって、現在もなお、ぜん息に対して NO₂ 汚染が影響している可能性が否定できないことが明らかになった。

2つの調査が示す、なお注目すべき結果は、NO₂ 濃度とぜん息有症率の正の相関関係が、年平均濃度 20 ppb (NO₂ 環境基準のゾーン下限に相当) 以下になっても認められることである。これについては3つの要因が考えられる。

① NO₂ 汚染の健康影響が現行環境基準よりもっと低い濃度まで存在する、

② 平均濃度は低い、その地域内に局所高濃度汚染が存在し、その健康影響が表れている、

③ 複数の汚染物質による複合影響が存在し、その健康影響が表れている。

①については、NO₂ の環境基準は当初日平均値 0.02 ppm であったものが、1978 年に日平均値 0.04 ~ 0.06 ppm に緩和された経緯があり、これを考慮すれば可能性はぬぐえない。

②については、現在の常時監視局網では局所高濃度汚染が捉えきれていない。環境省の「環境大気常時監視マニュアル第5版」では、都道府県ごとの測定局の総数は、人口 75,000 人当たり、あるいは可住地面積 25 km² 当たり 1 つとして、どちらか少ない方の数としている。大阪府を例にとると、可住地面積約 1320 km²、人口約 886 万人で、一般環境測定局と自動車排出ガス測定局合わせて常時測定局が 104 局設置されており、面積当たりで上記マニュアルを満足している。最近ではこれら常時測定局の NO₂ 測定値はすべて環境基準上限値以下になってきている。しかし「ソラダス」の NO₂ 測定結果では環境基準上限を超す局所高濃度汚染地点が見いだされている（大阪から公害をなくす会ウェブサイト）。このことは、現在の常時測定網のデータだけによって、大阪全域の NO₂ 汚染が環

境基準をクリアしたと評価するのは早計であり、高濃度局所汚染を把握できるような監視網の工夫強化が必要であることを示している。

③については、現在の大気汚染の主要な汚染源は、化石燃料の燃焼排ガスであり、NO₂ 汚染が存在するということは同時に硫黄酸化物、粒子状物質、オキシダント原因物質などさまざまな物質による汚染も生じていることを意味しており、NO₂ 自体の健康影響に加えて、これら物質による複合影響も考えられる。NO₂ 濃度が環境基準以下になったから健康影響は生じないはずとみるのではなく、NO₂ 濃度は複合汚染の指標という視点に立つ必要がある。

いずれにしても、現在の NO₂ 濃度レベルでもぜん息などへの健康影響が生じていることは否定できず、汚染の抑制・防止対策だけでなく、健康被害に対する医療助成などの施策も検討されるべきであろう。

5. 結 言

環境省による「サーベイランス調査」と大阪の住民らによる環境調査「ソラダス」、両調査が示す NO₂ 濃度とぜん息有症率の関係について調べた。そして両調査結果からみた現在の NO₂ 汚染が提起する問題について述べた。本稿で明らかになった点をまとめると以下のとおりである。

1 つは、「サーベイランス調査」は広域、長期にわたるデータが収集、蓄積されており、NO₂ 濃度とぜん息有症率の関連性を調べる解析は、調査対象地域ごとの地域データによる地域横断的解析、年次データによる経年縦断的解析、いずれも可能である。しかし大気汚染物質濃度とぜん息有症率との間に関連がみられなかったとする「調査報告 H26」のまとめは、地域横断的解析のみに基づいたものであり、しかもその解析では気候条件など地域特性がもたらす交絡影響について検討されていないことがわかった。そこで気候条件など地域特性がもたらす交絡影響の考慮、および「調査報告 H26」では行われていない年次データによる経年縦断的解析を行ったところ、「調査報告 H26」のまとめとは全く異なり、「サーベイランス調査」のデータには、NO₂ 濃度とぜん息有症率の間に明瞭な正の相関関係が見いだされることがわかった。

2つは、「ソラダス」では3次メッシュのNO₂濃度が測定され、並行して実施された呼吸器系に関する健康アンケートによってぜん息有症率のデータが得られている。これらデータの解析によって、NO₂濃度とぜん息有症率の間に正の相関関係が見いだされている。

3つは、「サーベイランス調査」と「ソラダス」、互いに関係なく実施された2つの調査によって、NO₂濃度とぜん息有症率の間に正の相関関係が存在すること、しかもその相関関係が現行環境基準の下限よりも低いレベルまで続いていることが見いだされた。このことは、現在のNO₂汚染レベルでも、ぜん息などへの健康影響の存在が否定できないことを意味しており、注目される。

中央公害対策審議会の答申（中公審1986）の提言では「サーベイランス・システムは、①環境モニタリング、②健康モニタリング、③①および②からの情報を中心とするデータ・知見の集積、解析、評価、④これらに基づく適切な対策の立案、実施、の4つからなる」と述べられている。これまで実施されてきた「サーベイランス調査」は③までであり、毎年の報告書にも④について具体的な記述はみられない。しかし本稿で明らかになったことを受ければ、④が現実の課題として取り組まれるべきであろう。提言では加えて「順次着目する環境因子、健康因子とも拡大していくべきと考える。さらに、このサーベイランス・システムにおいては、専門委員会報告で留意事項とされた、局地的汚染の健康影響の評価がまず重視されるべき」と指摘されている。この指摘も含めて「サーベイランス・システム」の充実強化が望まれる。

注

1) ATS-DLD 質問票に基づいた健康調査について、「調査報告 H26」の用語説明は以下である。1978 年に米国胸部疾患協会（American Thoracic Society）が米国立心臓・血液 研究所の肺疾患部門（National Heart, Lung, Blood Institute, Division of Lung Disease）の委託により開発した ATS-78 標準質問票をもとに、環境庁委託研究で日本語版が作成され、多くの地域におけるパイロット調査の結果を踏まえて改良されたものが、いわゆる環境庁版 ATS 呼吸器症状質問票である。平成 8 年より開始した本調査では、調査対象者への負担を軽減し、協力率を向

上するため、パイロット調査により妥当性を検証した簡易質問票を使用している。

2) 18℃デグリーデーとは、基準温度を 18℃とし、日平均気温が 10℃以下となる初日から終日までの期間（暖房期間）の間の 18℃と日平均気温との差の積算値のことで、暖房負荷を表す指標の 1 つ。データは、HEAT 20 ウェブサイト気象データ資料から引用した。

3) オッズ比について、「調査報告 H26」の用語説明は以下である。ある事象の確率（p）と起こらない確率（1-p）との比（ $p/(1-p)$ ）をオッズという。オッズ比とは、ある疾患などへの罹りやすさを 2 つの群で比較して示す統計学的な尺度で、群 1 のオッズ（ $p_1/(1-p_1)$ ）と群 2 のオッズ（ $p_2/(1-p_2)$ ）の比（ $p_1/(1-p_1) / p_2/(1-p_2)$ ）で定義される。オッズ比が 1 とは、ある疾患への罹りやすさが両群で同じということであり、1 より大きいとは、疾患への罹りやすさがある群で高いことを意味する。逆にオッズ比が 1 より小さいとは、ある群において疾患に罹りにくいことを意味する。

4) 「ソラダス」全般および「ソラダス 2016」の詳細については、大阪から公害をなくす会のウェブサイトをご覧ください（URL は文末に記載）。

引用文献

中央公害対策審議会（1986）「公害健康被害補償法 第一種地域のあり方等について」Ⅶ章の 4、今後の環境保健に関する施策。

Hasunuma, H, Ishimaru, Y., Yoda, Y., Shima, M. (2014), “Decline of ambient air pollution levels due to measures to control automobile emissions and effects on the prevalence of respiratory and allergic disorders among children in Japan”, *Environmental Research*, NO.131, pp.111-118.

神 和夫・小林 智・堀 義宏・都築俊文（1997）「冬季における札幌市の住宅内外の二酸化窒素濃度と個人曝露濃度」『北海道衛研所報』47 号, pp.52-56.

環境省環境保健部（2016）『平成 26 年度 大気汚染に係る環境保健サーベイランス調査報告』。

久志本俊弘・西川榮一・喜多善史・岩本智之・中村 毅・中森芳明・後藤隆雄・長野晃（2013）「住民による大阪府全域の大気汚染測定運動ソラダス」『人間と環境』第 39 巻第 3 号, pp.19-26.

- 久志本俊弘 (2018) 「大阪での住民による NO₂ 簡易測定の経過と健康影響調査—NO₂ 濃度と健康影響との相関」『日本の科学者』第 53 巻第 5 号, pp.4-9.
- 森 忠司・吉川政雄・松下秀鶴 (1986) 「NO₂ の個人被曝量に及ぼす各種生活空間の影響」『大気環境学会誌』第 21 巻第 5 号, pp.446-453.
- 西川榮一・伊藤幸二・久志本俊弘・後藤隆雄・長野 晃 (1999) 「天谷式 NO₂ サンプラーの捕集特性と精度評価」『人間と環境』第 25 巻第 3 号, pp.102-114.
- 西川榮一 (2018) 「「サーベイランス調査」にみる NO₂ 汚染の健康影響」『日本の科学者』第 53 巻第 5 号, pp.10-11.
- 奥平純子・田中恒雄 (2005) 「居住環境における二酸化窒素の挙動」『室内環境学会誌,』第 8 巻第 1 号, pp.27-34.
- 小野雅司 (2014) 「大気汚染と環境保健サーベイランス調査—調査の概要と結果について—」『アレルギー・免疫』第 21 巻第 10 号, pp.54-65.
- 鈴木義史・橘 健太・丸尾容子・柳沼 優・菊池 蓮・中野智保 (2016) 「仙台市の家庭における冬季室内二酸化窒素濃度の調査」『室内環境』第 19 巻第 2 号, pp.121-130.
- 平成 26 年度 大気汚染に係る環境保健サーベイランス調査報告の URL
http://www2.env.go.jp/library/opac/Holding_list/search?rgtn=221292 (2017.10.10 閲覧).
- HEAT 20: 2020 年を見据えた住宅の高断熱化技術開発委員会のウェブサイト資料
http://www.heat20.jp/2015_Reference_Weather_data.pdf (2017.10.10 閲覧).
- 大阪から公害をなくす会: 第 8 回大阪 NO₂ 簡易測定運動 (ソラダス 2016) 調査報告
<http://oskougai.com/modules/maincontents/content0073.html> (2017.10.10 閲覧).
 (2018 年 9 月 13 日受付, 2019 年 4 月 11 日受理)