

フローボリウム曲線による大気汚染地区の人体影響調査

川崎医科大学公衆衛生

岡 本 正

岡山大学医学部公衆衛生教室

目 黒 忠 道

(昭和50年11月28日受稿)

I はじめに

倉敷水島臨海工業地帯では昭和40年代に入ってから急に大気の汚染が進み、われわれも昭和46年以来経年的に一般住民の大気汚染の人体に及ぼす影響を調査してきた。この間倉敷市では大気汚染防止法に基づき厳しい規制を続けており、水島の大気汚染は漸次好転してきてはいるが、引続き昭和49年度もその人体影響を前年度と比較してその推移を把握するために筆者等の指導のもとに倉敷市は昨年度と略同様の調査を行なった。

従来の調査は一般住民の結核検診の受診者をそのまま調査対象としてきたため、その成績は必ずしも汚染地区、非汚染地区を代表するものといえ難かったので今年度は調査対象者の抽出方法をかえ、かつ呼吸機能検査もフローボリウム曲線を中心にして行なったのでその成績をここに報告する。

II 調査対象および調査方法

1. 調査対象

調査地区中汚染地区は倉敷市内で大気汚染の影響が最もあると考えられる水島地区の1福、3福、4福、5福、水島、本荘、郷内の7学区とし、非汚染地区には大気汚染の少ない万寿、菅生、西、大高、庄、琴東の6学区とした。

対象者は一般住民の定期結核検診(レントゲン間接撮影)の受診者のうちの40~60才の男女で、肺機能検査に耐えうるもので、女子は受診者の中から無作為抽出を行なって各学区共それぞれの地区の昭和45年の国勢調査の人口と調査者とが略等しい年代構成割合になるようにしたもので、汚染地区269人、非汚染地区184人である。男子の場合受診者数が少ない

ので特別の抽出方法は行わず、汚染地区147人、非汚染地区107人であり、男女の総計は707人である。

2. 調査期間

昭和49年5月17日より同7月24日までの間で17会場、17日間に実施した。

3. 調査方法

イ) 呼吸器症状問診

従来の調査との比較の意味からフレッチャー方式に整理して、Nは正常、Cはせき、Sはたんで3週間以上3ヶ月未満あるもの、C₃はせきのみ3ヶ月以上、S₃はたんのみが3ヶ月以上続くもので、C₃S、CS₃、C₃S₃はこれらの組合せである。CBとは慢性気管支炎でせき、たんが共に1年のうち3ヶ月以上、2年以上続くものをいい、喘息発作とはこの1、2年間に喘息発作のあったものをさすものとした。また有訴率、CB率の標準化は環境庁の示す公害保健関係調査等の方法によった。

ロ) 呼吸機能の調査はサンワのOST70B型を使用してフローボリウム曲線を測定したが、少なくとも2回以上実施し、ピークフローが鋭いピークで得られることを原則としてPF、 $\dot{V}_{75}$ 、 $\dot{V}_{50}$ 、 $\dot{V}_{25}$ 、 $\dot{V}_{10}$ 、 $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ 、 $\dot{V}_{25}/\dot{V}_{10}$ を求めた。

またこの検査で同時に描写出来るスパイロ曲線より1秒率とボルドウインの予測値に対する%VCを求めた。

III 成 績

1. 調査地区の環境測定の概要(図1)

調査地区のSO₂濃度は水島の工業地帯で最も汚染の著しい5福では昭和47年から48年にかけては月平均値が0.04ppmを上廻ることも多いが、水島地区に

ある市公害監視センターにおける値はそれより低く、また昭和48年9月以降すなわち石油ショックと共に急に低値を示すに至り、汚染地区と非汚染地区の差が殆どなくなり、その後昭和49年4月には再び水島地区が高値を示す兆が見えているが、調査時点の昭和49年6月では市公害監視センターの測定値も倉敷の値も殆ど差がない。またNO_xも同様の傾向であり、

昭和48年9月以降は西阿知（非汚染地区）と市公害監視センターと比較してみても差は極めて軽微となっている。

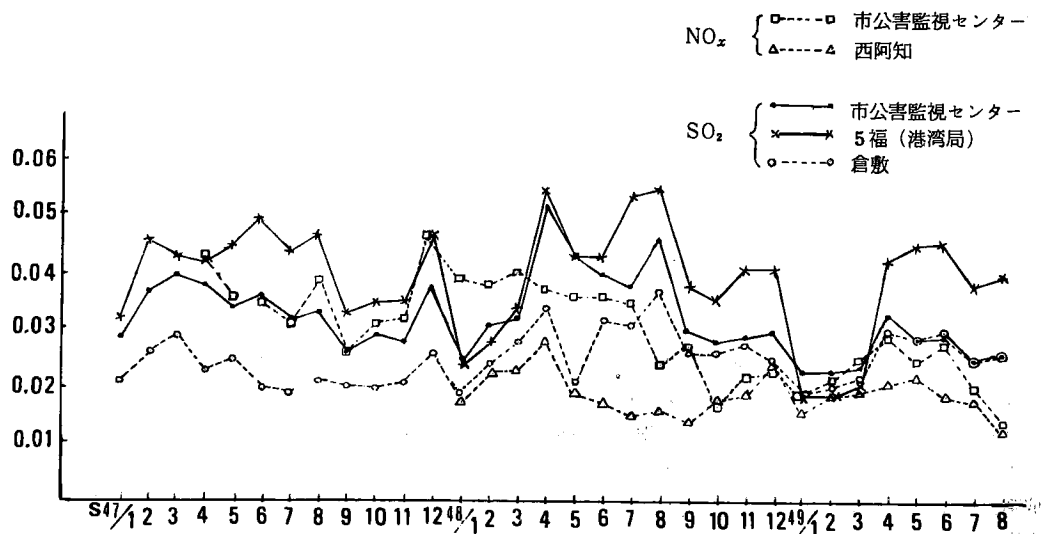
2. 調査者の性別、年代別内訳（表1）

男子は受診者の全員であるが、女子は各年代がそれぞれの地区の昭和45年の国勢調査人口と比較して表1のような割合である。

表1 調査者の性別、年代別内訳

地区	年 令 性 別 対象人員	40 代		50 代		60 代		合 計		総 合 計
		男 子	女 子	男 子	女 子	男 子	女 子	男 子	女 子	
汚 染 地 区	水 島 地 区 (地区人口に 対する割合%)	23	106 (2.6)	30	69 (2.6)	44	46 (2.6)	97	221 (2.6)	318
	児 島 地 区 (地区人口に 対する割合%)	9	20 (0.42)	10	16 (0.41)	31	12 (0.43)	50	48 (0.42)	98
	合 計	32	126	40	85	75	58	147	269	416
非 汚 染 地 区	倉 敷 地 区 (地区人口に 対する割合%)	24	64 (0.87)	18	48 (0.87)	35	38 (0.88)	77	150 (0.87)	227
	児 島 地 区 (地区人口に 対する割合%)	11	14 (0.29)	7	12 (0.31)	12	8 (0.29)	30	34 (0.29)	64
	合 計	35	78	25	60	47	46	107	184	291
国 調 人 口	水 島 地 区		4158		2695		1803		8656	
	児 島 地 区		4790		3907		2790		11487	
	倉 敷 地 区		7322		5497		4331		17150	

図1 SO₂, NO_x 濃度の推移 (導電率法)



3. 呼吸器症状の有訴 (表2)

問診による呼吸器症状の訴えでC_s, S_s, CS_s, C_sS, C_sS_s, CB, 喘息発作の合計を有訴としてみた有訴率(以下有訴率と呼ぶ)は汚染地区全体で16.6%, 非汚染地区で13.1%で, 汚染地区にやや高率ではあるが有意の差はなく, また女子のみについてみた値は汚染地区9.7%, 非汚染地区6.5%でこれも有意の差がなかった. 更に有訴率のうちのCB率のみを取出してみても男女合計でも, 女子のみの場合も

共に両地区間に有意の差はなかった. なお表示していないが年令, 性別を標準化した有訴率は汚染地区19.7%, 非汚染地区15.8%で, 同標準化CB率は汚染地区5.1%, 非汚染地区3.2%であった.

4. 呼吸機能について

a) スパイロの成績 (表3)

%VC, 1秒率共に全体の平均値は両地区間に差がなく, また1秒率70%以下のもの, すなわち換気区分で混合型および閉塞型合わせたものは汚染地区

表2. 年代別, 性別呼吸器症状の有訴

地区	年代	性別	有訴 数・率		N		C, S, CS		C _s , C _s S		S _s , S _s C		C _s S _s		CB		喘息発作		有訴		計	
			実数	率	実数	率	実数	率	実数	率	実数	率	実数	率	実数	率	実数	率	実数	率	実数	率
汚染地区	40 ~ 49	男	23	71.9	1	3.1					6	18.8			2	6.3			8	25.0	32	100
		女	108	85.7	7	5.5	2	1.6			8	6.3					1	0.8	11	8.7	126	100
		計	131	82.9	8	5.1	2	1.3			14	8.9			2	1.3	1	0.6	19	12.0	158	100
	50 ~ 59	男	27	67.5	2	5.0					3	7.5	1	2.5	7	17.5			11	27.5	40	100
		女	66	77.6	4	4.7					11	12.9	1	1.2	3	3.5			15	17.6	85	100
		計	93	74.4	6	4.8					14	11.2	2	1.6	10	8.0			26	20.8	125	100
	60 ~ 69	男	49	65.3	1	1.3	5	6.7			10	13.3	2	2.7	7	9.3	1	1.3	25	33.3	75	100
		女	52	89.7	2	3.4	1	1.7			1	1.7	2	3.4					4	6.9	58	100
		計	101	75.9	3	2.3	6	4.5			11	8.3	4	3.0	7	5.3	1	0.8	29	21.8	133	100
	計	男	99	67.3	4	2.7	5	3.4			19	12.9	3	2.0	16	10.9	1	0.7	44	29.3	147	100
		女	226	84.0	13	4.8	3	1.1			20	7.4	3	1.1	3	1.1	1	0.4	26	9.7	269	100
		計	325	78.1	17	4.1	8	1.9			39	9.4	6	1.4	19	4.6	2	0.5	70	16.6	416	100
非汚染地区	40 ~ 49	男	26	74.3	1	2.9	1	2.9			7	20.0							8	22.9	35	100
		女	70	89.7	4	5.1					2	2.6	1	1.3			1	1.3	4	5.1	78	100
		計	96	85.0	5	4.4	1	0.9			9	8.0	1	0.9			1	0.9	12	10.6	113	100
	50 ~ 59	男	18	72.0							6	24.0			1	4.0			7	28.0	25	100
		女	53	88.3	2	3.3	1	1.7			1	1.7			3	5.0			5	8.3	60	100
		計	71	83.5	2	2.4	1	1.2			7	8.2			4	4.7			12	14.1	85	100
	60 ~ 69	男	36	76.6			3	6.4			3	6.4			5	10.6			11	23.4	47	100
		女	42	91.3	1	2.2					3	6.5							3	6.5	46	100
		計	78	83.9	1	1.1	3	3.2			6	6.5			5	5.4			14	15.1	93	100
	計	男	80	74.8	1	0.9	4	3.7			16	15.0			6	5.6			26	24.3	107	100
		女	165	89.7	7	3.8	1	0.5			6	3.3	1	0.5	3	1.6	1	0.5	12	6.5	184	100
		計	245	84.2	8	2.7	5	1.7			22	7.6	1	0.3	9	3.1	1	0.3	38	13.1	291	100

表3 スパイロの成績

地区	人数	換気区分	I 型 (正常)	II 型 (拘束型)	III 型 (混合型)	IV 型 (閉塞型)	%VC 平均値%	1秒率 平均値%
汚染地区	416		359	39	13	5	97.4 ±15.3	83.1 ±7.4
	%		86.3	9.4	3.1	1.2		
非汚染地区	291		258	21	9	3	97.3 ±14.4	84.7 ±6.8
	%		88.7	7.2	3.1	1.0		

表4 年代別フローボリウム曲線(女子)

地区	年代	フローボリウム	PF	$\dot{V}_{75}$	$\dot{V}_{50}$	$\dot{V}_{25}$	$\dot{V}_{10}$	PF/Ht	$\dot{V}_{75}/Ht$	$\dot{V}_{50}/Ht$	$\dot{V}_{25}/Ht$	$\dot{V}_{10}/Ht$	$\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$	$\dot{V}_{25}/\dot{V}_{10}$
汚染地区	40代	$\bar{x}$	7.19	6.59	4.80	1.60	0.51	4.71	4.32	3.17	1.05	0.34	3.18	3.45
		σ	1.59	1.31	1.55	0.56	0.37	1.18	1.00	1.02	0.39	0.16	0.96	1.21
	50代	$\bar{x}$	6.45	5.72	3.97	1.32	0.40	4.30	3.81	2.64	0.88	0.27	3.29	**3.73
		σ	1.44	1.50	1.26	0.54	0.21	0.91	0.99	0.82	0.36	0.13	1.20	1.64
	60代	$\bar{x}$	5.94	5.31	3.69	1.10	0.38	4.00	3.57	2.48	0.74	0.25	*3.65	***3.37
		σ	1.34	1.37	1.31	0.56	0.35	0.86	0.90	0.88	0.37	0.24	1.30	1.06
非汚染地区	40代	$\bar{x}$	7.55	6.82	4.62	1.69	0.56	4.96	4.46	3.03	1.10	0.37	2.93	3.28
		σ	1.38	1.25	1.23	0.63	0.26	0.87	0.80	0.86	0.42	0.17	0.84	1.19
	50代	$\bar{x}$	6.84	6.15	3.97	1.31	0.43	4.55	4.08	2.64	0.87	0.30	3.12	**3.06
		σ	1.40	1.44	1.28	0.46	0.25	0.90	0.92	0.86	0.33	0.13	0.77	1.02
	60代	$\bar{x}$	5.76	5.08	3.05	1.00	0.41	3.88	3.54	2.14	0.71	0.29	*3.19	***2.53
		σ	1.47	1.50	1.03	0.37	0.13	0.97	1.25	0.93	0.41	0.16	0.99	0.70

*, **, *** は両地区間に $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$, $P \leq 0.001$ でそれぞれ有意の差のあることを示す。

表5 年代別フローボリウム曲線(男子)

地区	年代	フローボリウム	PF	$\dot{V}_{75}$	$\dot{V}_{50}$	$\dot{V}_{25}$	$\dot{V}_{10}$	PF/Ht	$\dot{V}_{75}/Ht$	$\dot{V}_{50}/Ht$	$\dot{V}_{25}/Ht$	$\dot{V}_{10}/Ht$	$\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$	$\dot{V}_{25}/\dot{V}_{10}$
汚染地区	40代	$\bar{x}$	10.30	9.36	5.91	2.51	0.86	6.21	5.62	3.55	1.51	0.52	2.93	3.30
		σ	2.25	2.41	2.03	1.43	0.77	1.29	1.39	1.19	0.88	0.48	1.58	1.40
	50代	$\bar{x}$	9.02	8.29	5.04	1.70	0.58	5.70	5.18	3.15	1.06	0.36	3.52	3.14
		σ	2.15	2.50	2.11	0.93	0.24	1.33	1.30	1.30	0.58	0.15	2.92	1.11
	60代	$\bar{x}$	7.99	7.15	4.43	1.50	0.65	***5.04	4.51	2.79	0.94	0.27	3.43	2.91
		σ	2.13	2.21	1.89	1.00	0.71	1.31	1.34	1.18	0.62	0.51	1.92	1.66
非汚染地区	40代	$\bar{x}$	10.60	9.50	5.55	1.98	0.66	6.43	5.79	3.47	1.20	0.40	2.85	3.14
		σ	1.75	2.19	1.96	0.62	0.25	1.10	1.12	0.94	0.40	0.17	0.75	0.87
	50代	$\bar{x}$	9.03	8.14	4.62	1.51	0.50	5.73	5.14	2.93	0.96	0.31	3.11	3.23
		σ	2.41	2.38	1.65	0.51	0.22	1.50	1.39	1.07	0.33	0.13	0.82	1.01
	60代	$\bar{x}$	8.79	7.60	4.40	1.42	0.53	***5.66	4.73	2.74	0.85	0.31	3.45	2.83
		σ	1.70	2.07	1.75	0.37	0.30	0.64	0.99	1.07	0.32	0.15	1.34	0.99

4.3%, 非汚染地区4.1%でこれも両地区間に差がなかった。

5. フローボリウムの成績(表4, 5)

女子では有意の差はなかったがPF, $\dot{V}_{75}$ は40代, 50代では汚染地区が低値を示し, $\dot{V}_{50}$ は40代, 60代では逆に高値を示し, $\dot{V}_{25}$ は一定の傾向がなかったが, $\dot{V}_{10}$ は汚染地区が小値を示した。 $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$, $\dot{V}_{25}/\dot{V}_{10}$ は共に各年代とも汚染地区が高値を示し, $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ の60才代, $\dot{V}_{25}/\dot{V}_{10}$ の50代および60代では有意の差がみられた。男子の場合も汚染地区のPFは低値を示

し, 殊に60才代のPF/身長は有意の差があった。また $\dot{V}_{50}$ が高値を示す傾向は女子と同様であるが, $\dot{V}_{25}$, $\dot{V}_{10}$ は女子と異り汚染地区の方が高値であった。しかしこれらはいずれも有意の差はなく, $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$, $\dot{V}_{25}/\dot{V}_{10}$ も汚染地区の方が高値であるものが多いがいずれも有意の差はなかった。

VI 考 察

水島臨海工業地帯の大気汚染は昭和45, 6年頃にはそれに伴う苦情件数も増加し, 農作物にも被害

が出るに至っており、また昭和46年以来経年行なっている一般住民の人体影響の調査でも明らかに非汚染地区と比較して異常がみられ、昨48年度の一般住民について汚染地区1433人、非汚染地区568人の調査成績でも有訴率は汚染地区20.4%、非汚染地区14.4%で有意の差がみられている⁴⁾。当時の水島地区は大気汚染の指標とされているSO₂濃度のみをみても月平均値が0.04 ppmを越えることも多く、非汚染地区と汚染度の差がみられた。ところが昭和49年9月以降は急にSO₂、NO_x濃度は共に低値を示し、今回の調査時点の昭和50年6月では5福以外は非汚染地区と殆ど差がなくなっている。このような環境濃度のもとにおいて行なった本調査では呼吸器症状の有訴率は汚染地区16.6%、非汚染地区13.1%で昭和48年度より低値を示し、かつ両地区間の有意の差はみられず、また受診者の中から無作為抽出を行なった女子のみの有訴率も同様に両地区間に差がなかった。

呼吸機能でスパイロの1秒率は両地区間に全く差がみられなかった。従来からスパイロの検査、殊にその1秒率は大気汚染による呼吸器症状の調査に好んで用いられて来ているが、低濃度汚染の場合、そしてそれはむしろ今日多くの各地でみられている大気汚染の実態でもあるが、そこにおこる末梢気道の極めて軽微な閉塞性病変の把握には必ずしも充分とはいえない。これについて既に穴戸ら⁵⁾、山内ら⁶⁾、佐々木^{7) 10)}らはその発見にフローボリューム曲線が最も有用であることを強調しており、われわれも倉敷市におけるその調査成績の一部を発表してきた¹¹⁾。本調査で男子の場合は地区を代表するとい難いので、結核検診受診者の中から無作為抽出した女子についてみるとそのフローボリューム曲線は各年代共一般に有意差はないにしても、PF、 $\dot{V}_{75}$ は汚染地区では非汚染地区より低値を示し、effort dependent の部

分に属する $\dot{V}_{50}$ はむしろ高値を示し、そしてeffort independent の部分は低値を示す傾向がみられた。従ってそれから導かれる $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ 、 $\dot{V}_{25}/\dot{V}_{10}$ は汚染地区が高値を示し、殊にこの傾向は汚染地区の高年令に至る程著明となり、非汚染地区と有意差を示した。即ちフローボリューム曲線で殊にその曲線性の増大、つまり $\dot{V}_{25}$ 、 $\dot{V}_{10}$ で下に凸になることを意味する指標である $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ 、 $\dot{V}_{25}/\dot{V}_{10}$ によると有訴率だけからは判定できないような場合でも汚染の影響を極めて敏感に明示しえた。

最近の水島の大気は大分きれいになったという表現もあるが、昭和49年度の調査では子細に検討すれば以上の如く尚若干の人体影響もみられ、今後引き続き観察を続けなければならないと思う。そして全国的にも今後は現在の水島のような形の大気汚染が問題になるのではなかろうかと考えるが、その人体影響の調査には是非フローボリューム曲線の検査を加えて行すべきことを強調したい。

V 結 語

昭和49年度の水島地区416人、その他の倉敷市内の非汚染地区291人について大気汚染の人体影響について調査し、次の成績を得た。

1) 水島地区の大気汚染は好転して非汚染地区との差が少なくなっている。

2) 呼吸器症状有訴率は水島地区が16.1%、その他の倉敷市の非汚染地区が12.9%で有意の差はなかった。

3) しかしながら呼吸器機能検査でフローボリューム曲線によれば $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ 、 $\dot{V}_{25}/\dot{V}_{10}$ は高年代では汚染地区と非汚染地区に有意の差がみられた。

4) このことから低濃度汚染における呼吸器障害の判定にフローボリュームの検査が極めて有用であるといえる。

文 献

- 1) 倉敷市衛生部：倉敷市における公害対策の概要第6報，1971。
- 2) 倉敷市公害対策部：倉敷市における公害対策の概要第7報，1972。
- 3) 環境庁企画調整局公害保健課編集：改訂公害保健読本，中央法規出版株式会社，東京，1974。
- 4) 倉敷市，岡山県倉敷東保健所：倉敷市における大気汚染に伴う健康調査，昭和48年度。
- 5) 穴戸昌夫，杉田暉道，樋口文夫，小城原新，阿部和男，織田正美，小室健，小松五郎：日本公衆衛生雑誌，21，57，1975。
- 6) 山内徹，辻義人：日本公衆衛生雑誌，22，265，1975。

- 7) 山林一：肺と心，**22**，47，1975.
- 8) 穴戸昌夫，杉田暉道，樋口文夫，小城原新，阿部和男，織田正美，小室健，小松五郎：日本公衆衛生雑誌，**22**，281，1975.
- 9) 佐々木孝夫：呼吸と循環，**23**，577，1975.
- 10) 滝島任，井上洋西，鈴木俊介，佐々木孝夫：診断と治療，**63**，268，1975.
- 11) 岡本正：岡山医学会雑誌，**88**，1，2号，1976に掲載予定.

**A study of the influence of air pollution on a human body
by Flow-volume curve**

Tadashi OKAMOTO

Department of Public Health, Kawasaki Medical College, Kurashiki City, Japan

Tadamichi MEGURO

Department of Public Health, Okayama University Medical School, Okayama City, Japan

A comparative study of the influence of air pollution on a human body was made between 416 inhabitants in the air-polluted area and 291 inhabitants in the non-air-polluted area, aged 40 to 69, in Mizushima Industrial Area. The condition of air pollution in Mizushima Districts, except some districts, has changed for the better since September in 1973, so there were found less differences between the study and the control areas in both of the values of SO_2 concentration and NO_x concentration. Accordingly, the incidence of a respiratory disease by air pollution was considered to have no significant difference in comparison with the control area. But, in the pulmonary function test, the values of $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ and $\dot{V}_{25}/\dot{V}_{10}$, especially, by the flow-volume curve were high significantly in the fifties and the sixties of age of the study area.