

●事務所建築の室内環境と空調熱負荷の実態調査

換 気 量

中沢 康 明*・ 檜 崎 正 也**

- 1) 風速測定による換気量：取入れ外気量、還気風量、階段室との換気量を、いずれも熱線風速計を用いて測定した。還気風量は各測定期間中ほぼ安定した値を得たが、取入れ外気量および階段室-事務室間の流出入空気量は、測定期・時刻によって大きな変化を示した。
- 2) トレーサガス法による換気量：CO₂ガスをトレーサガスとして、事務室の換気量を推定した。この際、隣室(階段室)と外気のCO₂濃度の変動を考慮した計算法を採った。空調作動時の換気回数はほぼ4~5回/hで、これは湯沸し室・便所・打合せ室からの排気量と階段室への流出量の合計にほぼ等しい。空調停止時の自然換気量はほぼ1~2回/hであった。

1. 風速測定による換気量の測定結果

取入れ外気量、還気風量、階段室を含む隣室との換気量を、いずれも熱線風速計を用いて測定した。

事務室を中心とする換気経路を図-1に示す。

1.1 取入れ外気量

外気に面した外気取入れ口(0.68m×1.015m)を糸で格子状に分割し、各分割部分の中心部の風速を測定し、その平均風速×開口面積によって空調中の取入れ外気量を算出した。

各測定期(昭和49年9月、昭和50年2月と7、8月)の平均風速、および取入れ外気量を表-1に示す。

昭和49年9月の測定結果は、測定日による変動が比較的少ないのに対して、昭和50年7、8月は最小1090m³/h、最大4446m³/hと非常に大きな差異が見られた。冬期の測定値も1160~3036m³/hと大きな差異が見られるが、2月21日の最大値を除外すれば、1500m³/h前後のほぼ安定した値が得られた。

* 京都工芸繊維大学工学部建築学科 正会員

** 大阪大学工学部建築工学科 正会員

1.2 還 気 風 量

還気グリルを分割し、各分割部分の中心部における風速を測定し、それらの平均風速×グリル有効面積(1.52m²)によって風量を算出した。結果を表-2に示す。

表-2に見るように、各測定期ともにほぼ安定した測定値が得られ、冷房期においては10000~11000m³/h、暖房期には約6000m³/hの値が記録された。

1.3 事務室-隣室間の流出入空気量

(1) 社内打合せ室

打合せ室へはアネモスタットによって調整空気が給気されているが、この給気量の測定は直接には行わず、排気口およびドアグリルの風量を測定し、これらの値から給気量を算出した。なお、この測定は8月2日と2月22日の2日間についてのみ行った。

結果を表-3に示す。

(2) 階 段 室

東西階段室入口を格子状に糸で区分し、各区分の風速

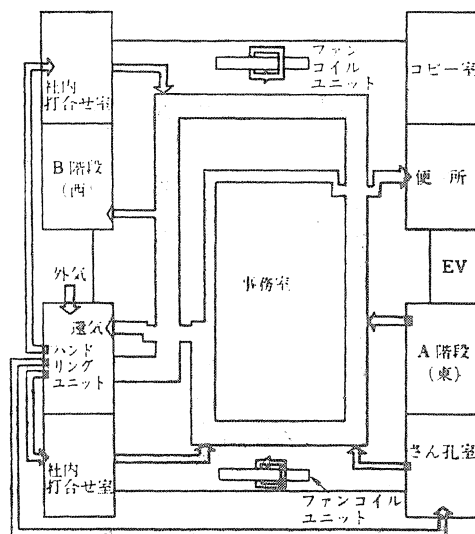


図-1 換気経路

28 換気量●中沢康明・橋崎正也

表-1 平均風速および取入れ外気量

	昭和49年9月						
	9日	10日	11日	12日	13日	14日	平均
風速 [m/s]	0.77	0.72	0.74	0.80	0.74	0.72	0.75
風量 [m³/h]	1913	1789	1839	1988	1839	1789	1860
	昭和50年2月						
	17日	18日	19日	20日	21日	22日	平均
風速 [m/s]	0.47	0.57	0.51	0.62	1.22	0.75	0.69
風量 [m³/h]	1160	1410	1270	1550	3036	1853	1713
	昭和50年7,8月						
	7月28日	29日	30日	31日	8月1日	2日	平均
風速 [m/s]	1.79	0.75	0.70	0.91	0.88	0.44	0.91
風量 [m³/h]	4446	1856	1740	2258	2183	1090	2262

表-2 平均風速および還気風量

	昭和49年9月						
	9日	10日	11日	12日	13日	14日	平均
風速 [m/s]	1.86	1.88	1.98	2.06	2.00	1.82	1.93
風量 [m³/h]	10203	10286	10862	11273	10971	10602	10706
	昭和50年2月						
	17日	18日	19日	20日	21日	22日*	平均
風速 [m/s]	1.11	1.21	1.20	1.10	1.04	1.08	1.12
風量 [m³/h]	6085	6627	6539	5992	5680	5911	6139
	昭和50年7,8月						
	7月28日	29日	30日	31日	8月1日	2日*	平均
風速 [m/s]	1.66	1.99	1.88	1.96	1.96	1.74	1.87
風量 [m³/h]	9085	10929	10290	10748	10764	9508	10221

注 * グリルに入口ノズルの形状を模したベニヤわくを取り付け、グリルへの流れを平行流に近付けたうえで測定した値。

表-3 北・南打合せ室給排気量

	測定日	測定箇所	測定時刻	平均風速 [m/s]	風量 [m³/h]	備考
北打合せ室	8月2日	排気口	11:50~11:55	0.98	387	流れ方向事務室→打合せ室 算出値
		ドアグリル	12:10~12:15	0.13	79	
		給気	—	—	308	
	2月22日	排気口	—	—	—	排気口閉鎖
南打合せ室	8月2日	ドアグリル	13:00~	0.42	258	打合せ室→事務室
		給気	—	—	258	
		排気口	12:20~12:25	0.93	366	
	2月22日	ドアグリル	12:32~12:36	0.07	42	打合せ室→事務室 算出値
		給気	—	—	408	
		排気口	—	—	—	
	2月22日	ドアグリル	13:00~	0.17	101.5	排気口閉鎖 打合せ室→事務室
		給気	—	—	101.5	
		排気口	—	—	—	

を測定した。ただし、階段室入口は人の出入りがあり、測定は1日1~2回に限定されたこと、および煙を用いた空気流動性状の観察によって、階段室→事務室への全面的な流入、あるいは部分的な流入と流出などの現象

が同一の日において認められており、したがって得られた測定値を1日の平均的な値とはみなし難いが、一応の目安として表-4に示す。

表に見るように、全体としては東階段室は階段室→事

表-4 階段室入口風量

	測定日	測定時間	事務室→階段室		階段室→事務室		正味風量 [m³/h]
			風速 [m/s]	風量 [m³/h]	風速 [m/s]	風量 [m³/h]	
東 階 段 室	9月11日	14:00~14:35	—	—	0.17	1 224	1 224*
	9月12日	11:00~12:00	—	—	0.12	829	829*
	9月12日	11:10~12:05	—	—	0.16	1 167	1 167*
	9月14日		0.12	207	0.19	993	786*
	2月18日	13:52~14:10	—	—	0.55	3 930	3 930*
	2月19日	14:52~15:10	—	—	0.64	4 602	4 602*
	2月20日	14:58~15:20		62	0.26	1 817	1 755*
	2月21日	14:21~14:33	—	—	0.31	2 208	2 208*
	7月28日	17:30~17:47	—	—	0.11	748	748*
	7月29日	14:02~14:25	—	—	0.13	927	927*
	7月30日	12:10~12:25	0.22	958	0.17	462	496**
	7月31日	12:06~12:25	0.22	693	0.28	1 094	401*
	8月1日	13:05~13:18	0.19	620	0.19	734	114*
西 階 段 室	9月11日	14:40~15:00	0.24	1 095	—	—	1 695**
	9月12日	14:45~15:14	0.12	1 334	0.13	118	1 216**
	9月13日	14:05~14:30	0.23	1 020	0.10	272	748**
	9月14日	14:17~14:40	0.16	833	0.25	450	383**
	2月18日	14:20~14:30	0.54	3 843	—	—	3 843**
	2月19日	14:20~14:40	0.66	4 680	—	—	4 680**
	2月20日	15:27~15:47	0.29	1 884		160	1 724**
	2月21日	14:37~14:49	0.36	2 580	—	—	2 580**
	7月28日	17:06~17:27	0.22	1 597	—	—	1 597**
	7月29日	14:36~14:53	0.35	2 516	—	—	2 516**
	7月30日	12:33~12:53	0.28	1 585	0.08	115	1 470**
	7月31日	12:22~12:33	0.27	1 953	—	—	1 953**
	8月1日	12:15~12:32	0.28	1 572	0.21	297	1 275**

注 * 事務室へ ** 階段室へ

表-5 階段室平均風量 [m³/h]

	9月11~14日	2月18~21日	7月28日~8月1日
東階段室	1 002(事務室へ)	3 124(事務室へ)	548*(事務室へ)
西階段室	1 011(階段室へ)	3 207(階段室へ)	1 762(階段室へ)

注 * 7月30日の階段室への風量を除外。

務室、西階段室はその逆(事務室→階段室)の空気流動があったと見ることができるが、日によってはこの流動方向と逆の流れが生じており(7月30日、東階段)、換気量の評価に関して重要な経路でありながら、実態把握の最も困難な測定項目であった。

表-4のように、日によって測定値に大きな差異があるが、参考までに各測定期の平均風量を表-5に示す。

この結果から9月期と2月期においては、東階段室から流入したとほぼ同量の空気が西階段室へ流出し、この間の流入のバランスがとれているが、7,8月期においては、東階段室から流入した風量の約3倍の空気が西階段室へ流出し、9月,2月期と大きな違いを見せている。

図-2は、8月1日の各階段室入口での空気流動を煙

を用いて観察した結果を示したものであるが、図に見るように各階は互いに影響し合っており、それぞれ異なった流動性状を示しており、測定結果に大きな差異が生じているのは、このような複雑な換気経路に起因するものと考えられる。

1.4 む す び

還気風量は各測定期間中は安定した値を示し、冷房期では約10 000 m³/h、暖房期は約6 000 m³/hであった。

これに対して、取入れ外気量、階段室-事務室流入空気量は、測定期・時刻によって大きく変化し、また各風量ともに連続測定を行い得なかったことにより、これらの測定結果をもって代表的な風量とするには無理が伴うが、これらを前提としたうえで各測定期間の平均値を

用いた事務室流入空気の出支は、表-6 のようになる。
(中沢康明記)

2. トレーサガス法による換気量

空調時には給気と排気による強制換気と東・西両側の階段室とエレベータシャフト、そして窓すきまなどからの自然換気がある。したがってこれら換気経路すべてにわたって風量を測定することは難しい。ゆえに、室全体の平均の換気量を CO_2 ガスの濃度変化より算定した。

まず事務室では、図-3 に示す換気経路があると考えられる。取入れ外気はそのまま室内に流入するが、階段室からの漏入空気は上階または下階の室内空気と外気が混合し、濃度変化をして侵入する。この濃度は、ほぼ外気より 0.02% 高いことが測定によって確かめられた。また、南・北面にある大きな窓サッシのすきまから外気が侵入することも考えられるが、この流入量は室内・外圧力差の測定値とサッシの気密性能から判断し、極めて小さく無視できる。ゆえに室には、強制換気として取入れ口か

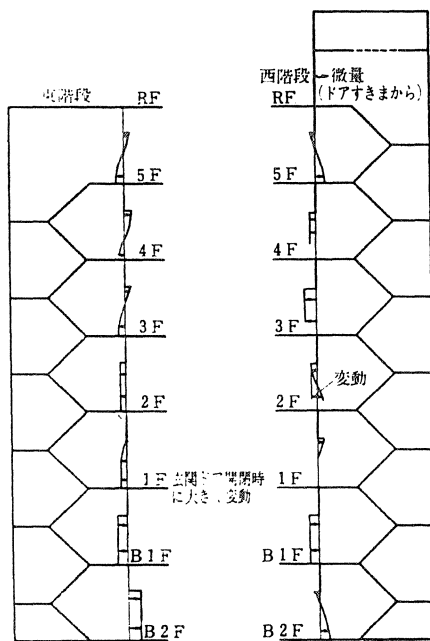


図-2 階段室風向(8月1日, 15:25~16:00)

表-6 事務室流入空気

測定期	流入空気 [m³/h]		流出空気 [m³/h]		還気 [m³/h]	供給空調空気** [m³/h]
	取入れ外気	東階段室から	西階段室へ	その他*		
昭和49年9月	1860	1002	1011	1851	10706	12566
昭和50年2月	1713	3124	3207	1630	6139	7852
昭和50年7,8月	2262	548	1762	1048	10221	12483

注 * 便所・エレベータ室などへの流出空気。取入れ外気量および階段室流入空気量による算出値。

** 供給空調空気量 = 取入れ外気量 + 還気量

ら外気が風速測定で得た風量で給気される。一方、自然換気としての漏入空気は、そのほとんどが階段室から侵入すると考える。

2.1 換気量の算定法

瞬時一様拡散の仮定をおくと、 t 時間後の室内ガス濃度は式(1)で表される。

$$\left. \begin{aligned} C_t &= C_m + (C_{i0} - C_m) \exp(-n_1 t) \\ &\quad + \frac{K}{n_1 V} \{1 - \exp(-n_1 t)\} \\ C_m &= \frac{\{C_o n_o + C_e (n_1 - n_o)\}}{n_1} \end{aligned} \right\} \dots\dots (1)$$

ここで、

C_{i0}, C_t : $t=0$ と t 時間後の室内ガス濃度 [m^3/m^3]

C_o : 外気的气体濃度

C_m : 外気と漏入空気の混合濃度

C_e : 階段室から漏入空気的气体濃度

K : 室内ガス発生量 [m^3/h]

V : 室容積 [m^3]

n_o : 取入れ外気風量の換気回数 [$1/\text{h}$]

n_1 : 室全体の換気回数 (n_o と漏入空気の換気回数を加えたもの)

計算は、式(1)の連立方程式を満足する n_1 の値を逐次近似で求める方法を採用した。なお、式(1)は C_o と C_e が一定の場合であるが、実際には濃度変化がある。そこで、この変動を考慮してつぎのように計算した。

図-4 のように、 t_0 時刻の C_{i0} と C_o が $t=t_0+m\Delta t$ 時刻に C_t と C_{om} に変化したとする。その間 C_o は直線的に変化すると仮定し、 m 等分した各時刻の C_o 平均値を $C_{o1}, C_{o2}, \dots, C_{om}$ とすると、 Δt 時間ごとの室内濃度 C_t は式(2)から求まる。

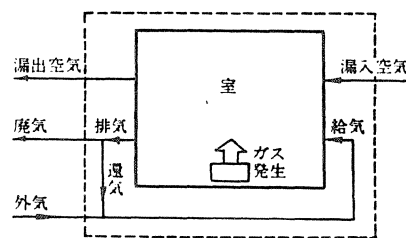


図-3 換気経路

$$\left. \begin{aligned}
 C_{i1} &= C_{o1}' + (C_{i0} - C_{o1}') \exp(-n_1 \Delta t) + \frac{K_1}{n_1 V} \{1 - \exp(-n_1 \Delta t)\} \\
 C_{i2} &= C_{o2}' + (C_{i1} - C_{o2}') \exp(-n_1 \Delta t) + \frac{K_2}{n_1 V} \{1 - \exp(-n_1 \Delta t)\} \\
 &\vdots \\
 C_{im} &= C_{om}' + \{C_{i(m-1)} - C_{om}'\} \exp(-n_1 \Delta t) + \frac{K_m}{n_1 V} \{1 - \exp(-n_1 \Delta t)\}
 \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

測定値 C_{i0} と C_i , 各 Δt 時刻ごとの C_o の平均値 (C_{o1}' , C_{o2}' , ..., C_{om}'), そして在室者と喫煙者の員数から算出した室内 CO_2 発生量 K_i を式 (2) に代入し, n_1 を求めた。

なお, 在室者 1 人あたりの CO_2 発生量は男子で 20 l/h・人, 女子で 18 l/h・人, また喫煙による CO_2 発生量は喫煙長さに比例すると考え, 単位長さあたりの発生量は 55 ml/min と仮定し, 各時間ごとの発生量は総喫煙長さと喫煙者数から推定した。

2.2 空調時の換気量

取入れ外気量は, 風速測定から得た各シーズンごとの平均値を採った。各シーズンごとの換気量の経時変化を図-5~7 に示す。換気量の変動は大きく, 安定しない。しかも始業時・昼食前後・終業時に変動は激しく, また換気量も幾分大きくなる傾向がある。これは人の出入りが激しいためと思う。ほぼ, 換気量は 2 月で 2~5 回/h, 7 月で 4~8 回/h, 8 月で 3~5 回/h であった。

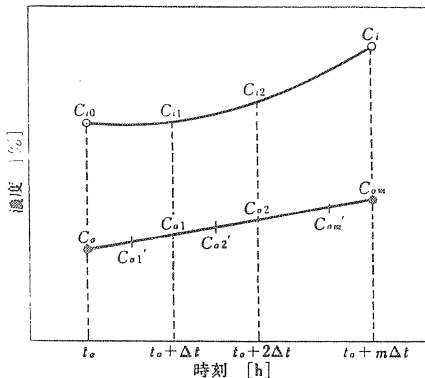


図-4 変動外気濃度の決め方

風速測定から階段室への流出量が得られているが, これに打合せ室・湯沸し室・便所の排気ファンによる排気量を加えた流出量合計は, 2 月で 3.6~6.7 回/h, 7 月で 3.7~4.6 回/h である。

そこで, 2 月では CO_2 ガス濃度から推定された換気量と流出量合計はほぼ近似している。しかし, 7 月では CO_2 ガスから得た換気量のほうが幾分大きくなっている。

全体として空調時には, 取入れ外気量 1.0~1.2 回/h に階段室からの漏入量を加えた全換気量の平均は, 4~5 回/h 程度である。この量は, 階段室への流出量に打合せ室・湯沸し室・便所の排気量を加えたものにほぼ等しい。

2.3 空調停止時の換気量

空調を停止した後, CO_2 ガス濃度の変動は比較的滑らかに減衰する。このときの換気量を, 前と同様の方法で求めた。これを表-7 に示す。日によって違うが, 窓閉鎖時の自然換気量は相当大きく, ほぼ 1~2 回/h とみて

表-7 空調停止時の換気量(昭和 51 年 8 月)

日	時	室内		外気濃度 [ppm]	換気回数 [回/h]
		初期濃度 [ppm]	最終濃度 [ppm]		
2 日	19:45~21:00	690	350	320	2.0
5 日	20:30~21:00	470	410	390	2.8
6 日	19:20~19:40	660	500	300	1.8
6 日	19:40~20:00	500	440	300	1.1
6 日	20:00~20:30	440	360	300	1.7

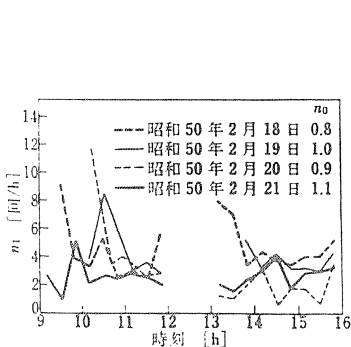


図-5 暖房時の換気量

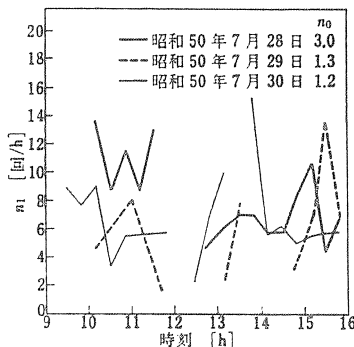


図-6 冷房時の換気量

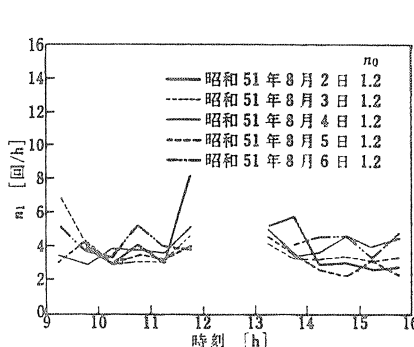


図-7 冷房時の換気量

大過ない。

2.4 む す び

CO₂ ガスをトレーサガスとし、隣室と外気の濃度変動を考慮し、事務室の換気量を算出した。その結果は、以下のとおりであった。

- 1) 空調作動時の換気量はほぼ 4~5 回/h
- 2) 空調停止時の換気量はほぼ 1~2 回/h

(橋崎正也記)

(昭和 54. 9. 1 原稿受理)

Ventilation Rates

Yasuaki Nakazawa*

Masaya Narasaki**

Synopsis

- 1) The flow rates of the inlet outdoor air, the return air, and ventilation between the main room and adjacent rooms were measured with an anemometer.

The return air flow rates remained constant, but the ventilation rates varied widely during the measurement periods.

- 2) Carbon dioxide was used as the tracer gas to determine the ventilation rates in the office. These calculations were made by considering the changes in the gas concentration in the adjacent rooms (to staircase well) and the outdoor air. During air conditioning, the ventilation rates in the room were 4.0~5.0 room air changes per hour, and were equal to the overall exhaust rates from the adjacent rooms and to the staircase well. At no air conditioning, the natural ventilation rates were about 1.0~2.0 room air changes per hour.

(Received Sept. 1, 1979)

* Department of Architecture, Faculty of Industrial Arts, Kyoto Technical University, Member

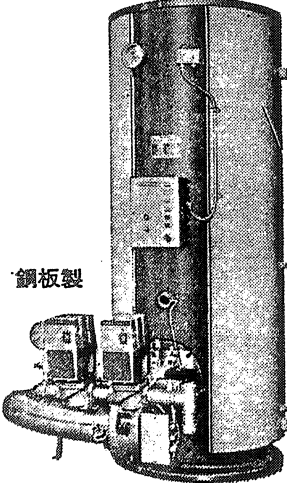
** Department of Architectural Engineering, Faculty of Engineering, Osaka University, Member

低騒音で安定燃焼

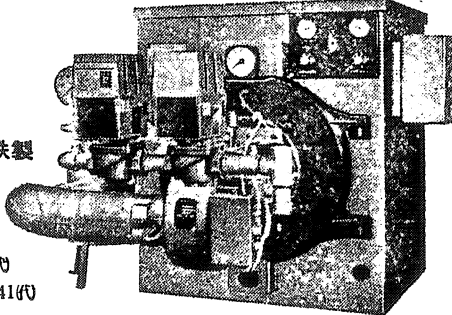
音圧バランス方式 省エネルギー
暖房・給湯 ● ガス焚・オイル焚

巴ボイラ

画期的な音圧エネルギー・バランス方式は……………
燃焼に伴う音圧エネルギーをノイズロールでバランスさせて最も安定した低圧ソフトフレイムの静かな完全燃焼炎を作りだします。



鋼板製



鋳鉄製

本社 〒101 東京都千代田区神田鍛冶町3-3 ☎(03)254-2611(代)

支店 〒530 大阪市北区曽根崎新地1-3-17 ☎(06)344-1441(代)

営業所／仙台・名古屋・福岡

出張所／札幌・青森・静岡・金沢・岡山・広島・高松・松山・北九州・熊本

 株式会社 **巴 商 会**