

超高層集合住宅の換気システムに関する研究

寺澤 正浩

1 研究目的

近年、住宅の室内環境に対する居住者の要求は高級化し、健康で快適な室内居住環境が求められている。これらの要求に伴い、建物や設備の質的向上が推進されている。

現在の集合住宅の住戸形態は、居室を南面に配置し、ユーティリティ部分（台所、浴室、便所等）を中央に配したセンターコア型住宅が主流である。このコア部分には窓を設置することが困難な為、機械換気設備が必要不可欠である。この部分の換気方式には、逆流の防止や施工の簡易さから専ら各戸排気システムが用いられている。昭和40年代には共用排気システムが主流であり、共用から各戸へという変化は、生活習慣や住戸形態に最適な換気システムは何かという検討の結果もたらされたものである。しかし、建物の高層化に伴い、梁貫通や下り天井等の点から共用排気システムが再び

表1 超高層実験タワー概要

形状	平面:13m×13m 高さ:108m 階数:35階建 一辺が5mの八角形
構造	鉄骨造
設備	エレベータ、給排水、電気、避雷針他

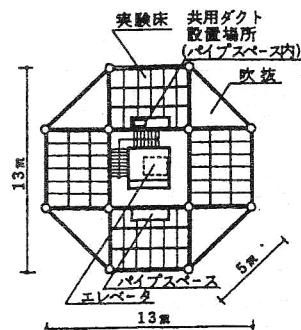


図1 超高層実験タワー
平面図

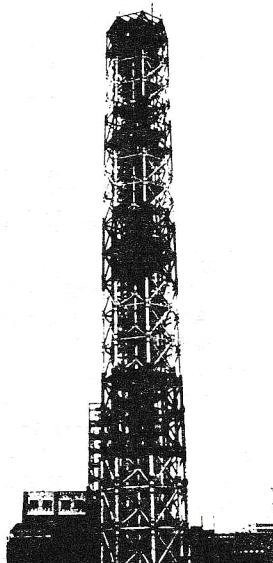


写真1 超高層実験タワー 外観

検討されている。更に、近年の換気設備機器の発展、換気計画に関する研究にも著しい進展が認められ、共用排気システムが新たな可能性を持って再生しうる余地があると考えられる。

本研究では共用排気ダクトを対象とした実験によりその基本性能及び超高層集合住宅への適用性を確認する。更に、実験的に建設した共用排気システムと各戸排気システムが混在する住棟を対象としてアンケート調査を行い換気システムの現状を把握し、今後の超高層住宅における共用排気システムの可能性の検討を行うことを目的とする。

2 超高層タワーを用いた実大実験

2.1 実験装置(図1、2、表1、写真1)：

実験には住宅・都市整備公団八王子試験場にある超高層実験タワーに設置した36階建て相当の共用排気ダクト実験装置を使用する。共用ダクトの代表階には住戸を模擬化

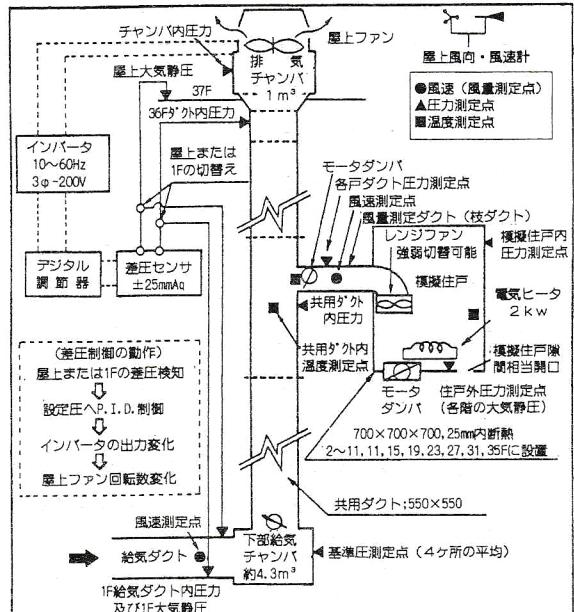


図2 実験装置と測定点

したチャンバを設置する。チャンバ内には実物のレンジファンと電気ヒータが設置されており、厨房をモデル化している。屋上排気ファン風量はインバータで制御する。

2.2 実験方法(表2)：屋外風向・風速、高さ方向の圧力・温度分布を測定する。ダクト内圧力は各階の大気静圧基準に換算する。

なお、共用排気ダクトの基本性能に関する実験は平成4年12月15日～21日に、屋上排気ファンの風量自動制御に関する実験は平成5年10月10日～15日に行つた。

2.3 実験条件(表3～6)：共用排気ダクトの基本性能の実験ケースを表3に、屋上排気ファンの風量自動制御の実験ケースを表4に示す。測定項目は以下の通りである。

①共用ダクトの基本性能(表6)。

②最大同時使用率時におけるダクト内圧力、温度、風量。

③屋上排気ファンの自動制御を行う場合の最適な圧力検知位置。

④各戸レンジファンの運転台数の変化によるダクト内圧力の応答時間。なお、運転台数は表5に示すタイムテーブルによる。

2.4 ダクト内圧力過渡応答特性の解析方法(図3、4)：各戸レンジファンの運転状態の変化における応答特性は以下の方法により定量化して評価する。

①応答時間：インバータ周波数が定常に達するまでの時間(図3)及びダクト内圧力が定常圧に対し±1mmAqの範囲内に達するまでの時間(図4)を求める。

②オーバーシュート幅：共用ダクト内圧力が定常に達した時点での最大圧力幅を求める。また、5分間で定常に達しない場合は5分後の圧力幅を用いる。

2.5 実験結果(図5～10、表6～8)

①共用ダクトの基本性能(表6)：本実験で使用した共用ダクトは、既存建物における

表2 測定項目と測定法

測定項目	測定器・測定方法・測定点数
外 部 風向風速	実験タワー屋上に設置(G.L.約115m)されている三杯型風速計と矢羽型風向計にて測定。1点。
各部圧力	精密微差圧変換器を8台使用。 共用ダクト内、模擬住戸内、枝ダクト、各階大気静圧他で計69点。
温 度	T型熱電対で測定。計89点。
風 量	各住戸の排気風量と共用ダクトの給排気風量は、各ダクトの中心風速をサーミスタ風速計で測定し、予め測定した風速と風量の関係から求める。18点。

表3 基本性能実験ケース

実験 No.	屋上ファン 運転周波数	レンジファン運転状況 (同時 使用戸数)	電 気 ヒータ	下 部 給気口
1	50Hz	2~11, 15, 19, 23F(13戸), 強運転	2kW	開放
2	50Hz	同 上 , 弱運転	2kW	開放
3	50Hz	同 上 , 強運転	停止	開放

表4 屋上排気ファンの制御方法

実験No.	ダクト内圧力の検知位置と制御圧力
4	36階のダクト内圧力を同じ高さの大気静圧に比べて-3mmAqなるように制御する。
5	1階の給気ダクト入口の内外圧力差を±0mmAqになるように制御する。

注)換気方式はPush-Pull方式。各戸レンジファンは強運転。模擬住戸内電気ヒータON。下部給気口(1F)開放。

表5 各戸レンジファンの運転台数の変化

運転戸数(戸)	0 → 1 → 13 → 4 → 16 → 1
運 転 階(階)	- 2 2~23 2, 3, 4, 35 2~35 35

注)切替は5分間隔とする。

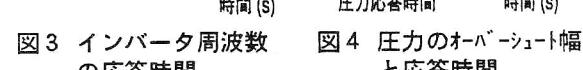
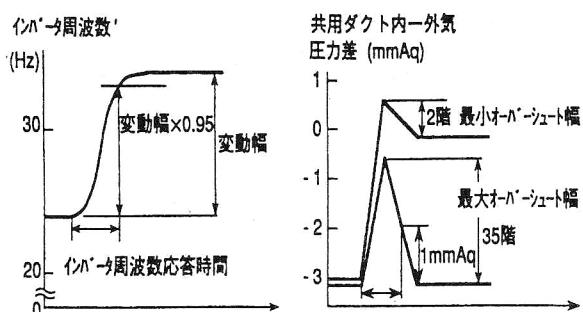


図3 インバータ周波数の応答時間

図4 圧力のオーバーシュート幅と応答時間

表6 共用ダクトの基本性能

氣密性	$Q=35.07\Delta P^{1/1.12}$ [$\Delta P=1\text{mmAq}$ の時 $aA'=24.13\text{cm}^2$, 1階(階高3m)当りの $aA'=0.67\text{cm}^2/\text{階}$]
性能	$Q=72.27\Delta P^{1/1.56}$ [$\Delta P=1\text{mmAq}$ の時 $aA'=49.72\text{cm}^2$, 1階(階高3m)当りの $aA'=1.38\text{cm}^2/\text{階}$]
直管部の圧力損失	$Q=24.2 \times 10^3 (\Delta P/\Delta L)^{1/1.818}$, [$\Delta P/\Delta L$:圧力勾配(mmAq/m)]
摩擦損失係数	$\lambda=0.029$ (屋上ファン50Hz運転時)
下部給気口圧力損失	$Q=1248\Delta P^{1/1.95}$

る共用ダクトと比較し十分気密である。

②実験No.1(図5)：強運転時には35階の共用ダクト内圧力が-9mmAqに低下する。

③実験No.2(図6)：弱運転時には下部給気風量が増加し低層部で負圧となる。

④実験No.3(図7)：35階共用ダクト内圧力は-11mmAqとなる。実験No.1と比較し2mmAq程度負圧側に移行する。これは実験No.1がヒータ使用による浮力の影響を受けているためと考えられる。

⑤各戸排気風量：強運転時では約450m³/h、弱運転時では約310m³/hで安定する。

⑥実験No.4(36階を-3mmAq制御した場合、図8、表7)：1住戸のみ運転した場合の高さ方向のダクト内圧力差は0~1mmAqの範囲で安定し良好である。また、1戸→0戸の変化時ではオーバーシュートはほとんど見られない。1戸→13戸の変化時ではダクト内圧力応答時間は最大30秒程度、周波数の応答時間は139秒、オーバーシュート幅は1.1mmAqである。13戸→4戸の変化時では同様にそれぞれ40秒程度、122秒、0.9mmAqである。実際の住戸の各戸レンジファンの運転状況を考慮すれば、ダクト上部の圧力制御により安定した排気性能を確保できる。

⑦実験No.5(1階を±0mmAq制御した場合、図9、表7)：1住戸のみ運転した場合のダクト内圧力分布は1~2mmAqの範囲で実験No.4よりも不安定である。1戸→0戸の変化時ではオーバーシュートはほとんど見られない。また、1戸→13戸および13戸→4戸への変化時においてダクト内圧力と周波数は5分で定常には達しない。オーバーシュート幅は、それぞれ3.1mmAq(1戸→13戸)、5.8mmAq(13戸→4戸)を示し、実験No.4よりも大きい値を示す。

⑧電力消費量(図10、表8)：屋上排気ファン

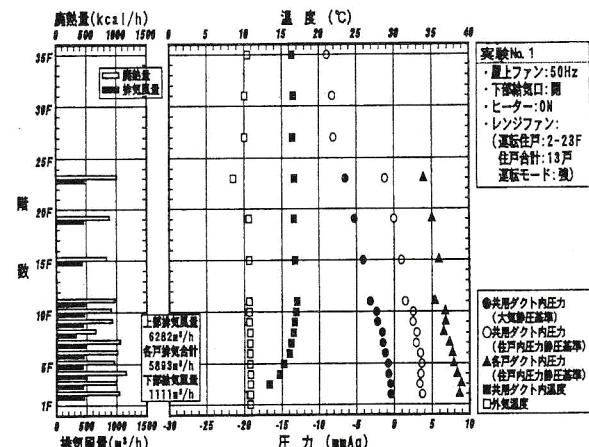


図5 実験No.1の排気風量・廃熱量及び圧力・温度

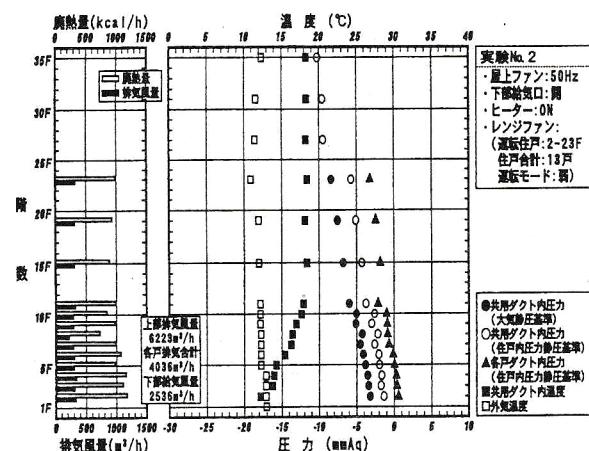


図6 実験No.2の排気風量・廃熱量及び圧力・温度

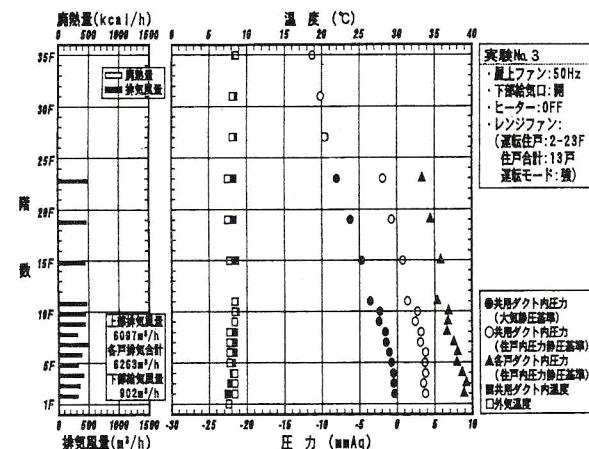


図7 実験No.3の排気風量・廃熱量及び圧力・温度

表7 ダクト内圧力とインバータ周波数の応答特性

実験 No.	1戸→13戸			13戸→4戸		
	ダクト内 圧力応答 時間(s)	インバータ 周波数応答 時間(s)	オーバー シート幅 (mmAq)	ダクト内 圧力応答 時間(s)	インバータ 周波数応答 時間(s)	オーバー シート幅 (mmAq)
4	約30	139	1.1	約40	122	0.9
5	※	※	3.1	※	※	5.8

注)※: 5分以内にダクト内圧力が定常に達しない状態。

を自動制御運転した場合の一日の電力消費量を各戸ファンの同時使用率を仮定し推定する。定格入力で一日運転した場合に比較して、住戸の運転状態に応じてインバータにより屋上ファンの回転数制御をした場合、電力消費量を80%程度削減できる。

表8 屋上排気ファンの電力消費量比較

屋上ファン制御状態	常時定格運転	インバータ制御運転
1日の電力消費量 (比率)	20.9kw·h/日 (100%)	4.2kw·h/日 (20%)

計算 屋上ファンの定格入力は3φ-200V-0.87kW(50Hz)。住戸の同時使用率は、参考文献1)より十分安全率を見込んで図10のように設定し、運転住戸に対するファンの入力は実験時の排気風量とファンの性能線図より求める。

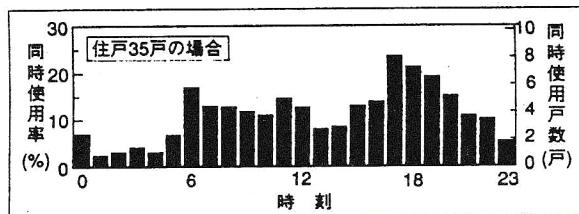


図10 各戸レンジファンの同時使用率
(参考文献1)より算出)

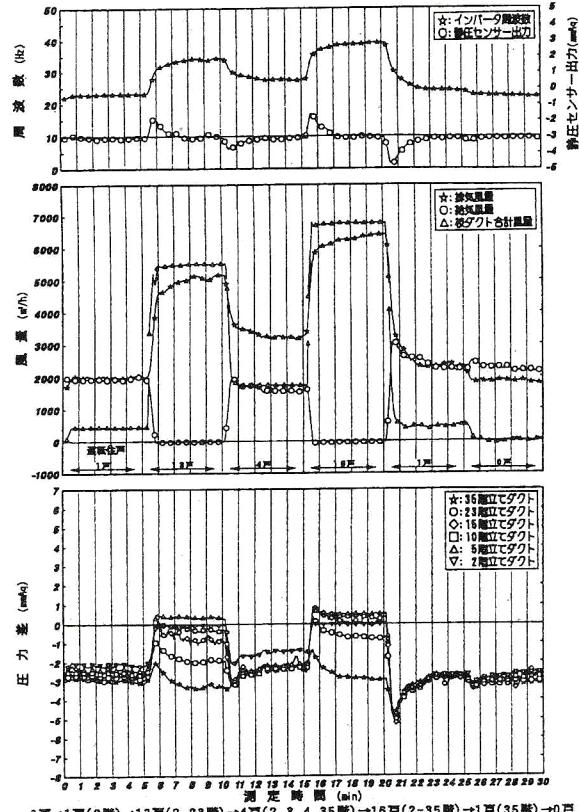


図8 実験No.4の応答特性(上部-3mmAq制御)
・制御用圧力(36F外内圧と同高度大気静圧の差)の検出値
・各階のダクト内圧力と同じ高さの大気静圧との差

3 アンケート調査結果

3.1 対象住戸：住宅・都市整備公団の賃貸住宅（東京都日野市）を対象とする。対象建物は、共用排気システムと各戸排気システムの混在する14階建ての集合住宅である。調査対象は、共用排気住戸13戸と各戸排気住戸45戸の計58戸である。

3.2 調査方法(表9)：アンケート用紙を各住戸に配布し、1週間後に回収する。配布数58戸に対して有効回答数は52戸であり、回収率は90%である。共用排気住戸13戸については回収率100%である。調査期間は平成3年2月である。

表9 アンケート調査対象住戸

排気システム	配布住戸	床面積(m ²)
共用排気システム	13戸(回収数13戸)	79(3LDK, H1タイプ)
	13戸(回収数11戸)	92(3LDK, J1タイプ)
各戸排気システム	13戸(回収数10戸)	38(1DK, A1タイプ)
	13戸(回収数12戸)	64(3DK, G1タイプ)
計	6戸(回収数6戸)	99(4LDK, K2タイプ)
	58戸(回収率90%)	

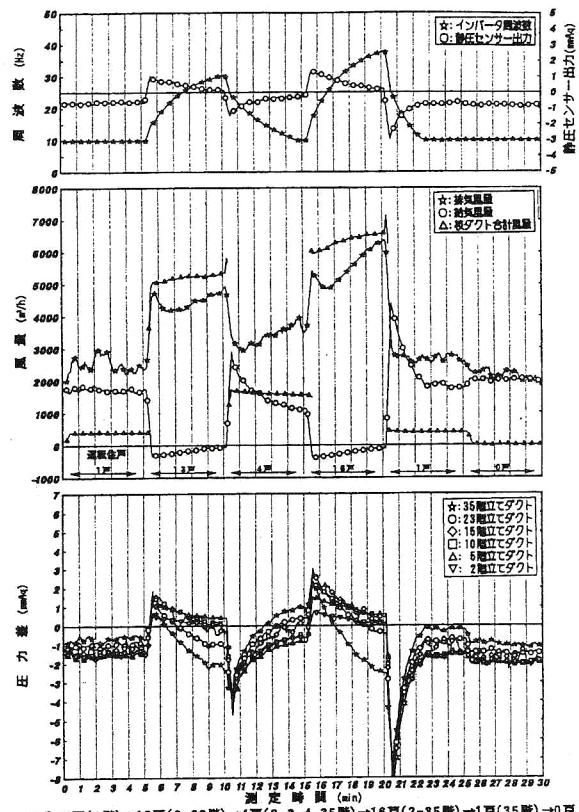


図9 実験No.5の応答特性(上部土0mmAq制御)
・制御用圧力(1F給気外入口の内外圧力差)の検出値
・各階のダクト内圧力と同じ高さの大気静圧との差

3.3 調査内容：①台所の使用実態、②換気設備の使用状況、③問題点、④満足度、⑤ヒアリング調査(対象：共用排気住戸2住戸)

3.4 調査結果(図11～17、表10)

①台所の使用頻度(図11)：全体の約半数の住戸が「毎日3食使用する」と回答している。また、残りの殆どの住戸は「毎日2食程度」と回答している。

②台所の換気扇の使用状況(図12、13)：全体で約83%の住戸が「ガスコンロ使用時には必ず換気扇を運転する」と回答している(図12)。また、料理をしていない時にも「居間や台所の状況によっては換気扇を運転する」と回答した住戸が約54%と最も多い(図13)。

③台所換気扇の問題点(図14～17、表10)：共用排気住戸では「強運転の場合の風量が過大である」と回答した住戸が約23%と各戸排気住戸(7.7%)に比べ多い。これは各戸レンジファンの能力が過大であることを示している(図14)。また、共用排

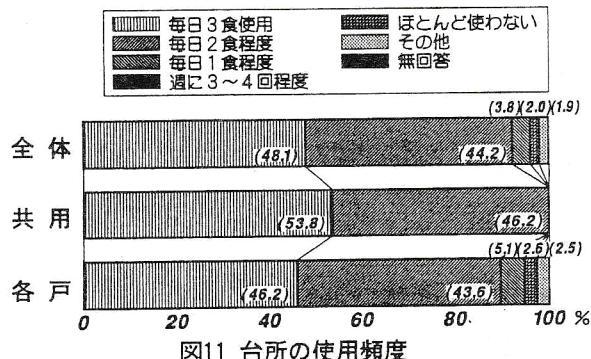


図11 台所の使用頻度

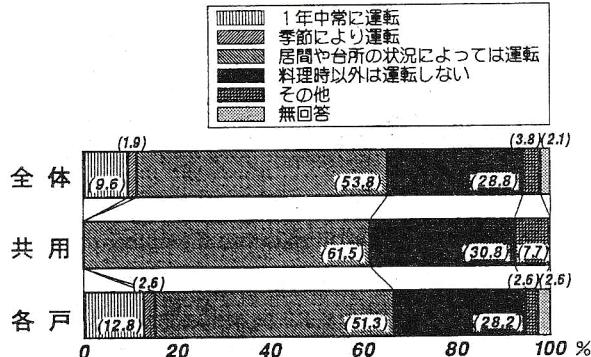


図13 料理をしていない時の台所換気扇の使用頻度

気住戸では「他住戸からの臭いを感じる」と回答した住戸が約23%と多い(図15)。共用排気住戸を対象としたヒアリング調査(表10)によれば、この臭いは窓から侵入していると想定され、共用ダクトからの臭いの逆流での可能性は少ないと考えられる(図16)。各戸排気住戸では排気した自分の家の臭いの侵入もあり、他の住戸の臭いがそれ程気にならない為と考えられる。これに対して、共用排気住戸では他の住戸の臭いのみ侵入してくる為にこの様な指摘が多いと考えられる。更に、自由解答では各戸排気住戸では「バルコニーへの排気により洗濯物に汚れや臭いが付着する事が多い」との指摘がある。共用排気住戸では「運転時の騒音が大きい」との指摘が多く、共用ダクトからの音の伝播という共用排気特有の問題点は指摘されていない。また、各戸排気住戸では「換気扇から外の音が聞こえる」等の指摘が多い(図17)。

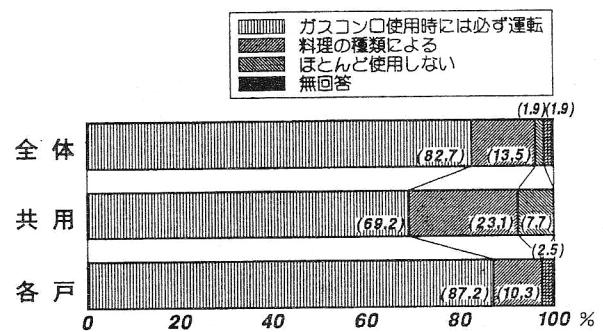


図12 調理時の台所換気扇の使用頻度

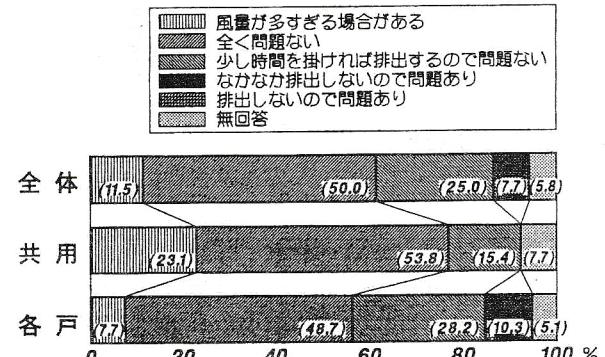


図14 台所換気扇の能力(強運転時)

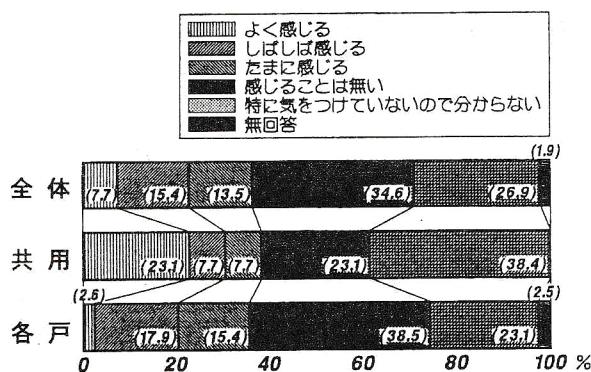


図15 台所での他の住戸の臭いを感じる頻度

表10 ヒアリング調査結果(共用排気住戸について)

項目	住戸A (4階)	住戸B (12階)
台所	<ul style="list-style-type: none"> 料理は頻繁に行っている。 レジン、ワックス油物は「強」 その他は「中」、「弱」は殆ど使用しない。 料理以外で換気扇は使用しない。 換気扇から臭いの侵入は無い。 隣戸の排気口が「うるさい」に有る為、風向により臭いを感じることがある。 ジャム等を料理した時に、「中」で運転しても部屋中が湿った感じがする。 見に来ると言うので換気扇も掃除した(油の付着は少ない)。 	<ul style="list-style-type: none"> 料理時は必ず換気扇使用。 「中」で使うことが多い。 「強」は音がうるさい。 グリスフィルタ裏面にかびの纖維の不織布を使用している。 料理の臭いは両隣からすることがある(「うるさい」よく感じる)。 弁当のために油物をよくする。
浴室	<ul style="list-style-type: none"> 入浴中は季節を問わず換気扇を使わない。 入浴後は換気扇を運転するが湯気がこもる。 洗面所の天井が高いので湯気がこもる感じがする。 浴室に黒、赤のかびが生えている。 	<ul style="list-style-type: none"> 入浴中は換気扇を使わない。 入浴後は朝まで換気扇を運転する(タイマー故障のため連続運転)。 浴室にかびの発生はない。
音	<ul style="list-style-type: none"> 立入り外から音の侵入はない。 上階の音(特に排水音)が気になる。 	<ul style="list-style-type: none"> 換気扇から他住戸の音がするとはない。 他住戸の換気扇の音も聞こえない。 笛なりがひどい(玄関上の給気ダクト-故障の為)。

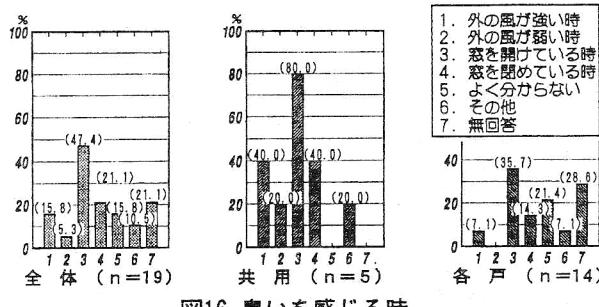


図16 臭いを感じる時

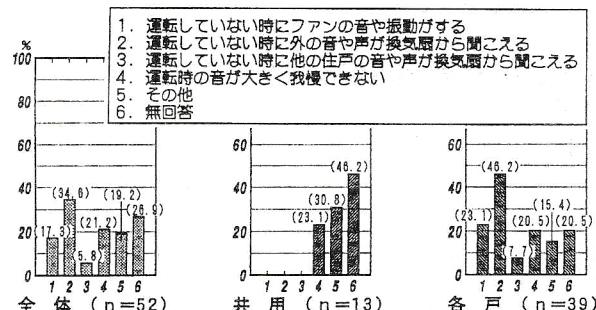


図17 台所換気扇の音

4 結論

①共用ダクトの相当開口面積は、減圧法で 24.13cm^2 (加圧法で 49.72cm^2)、ダクト単位面積当たり $0.1\text{cm}^2/\text{m}^2$ (同 $0.23\text{cm}^2/\text{m}^2$)である。東京都日野市での実測値(参考文献2))はそれぞれ 36.5cm^2 、 $0.38\text{cm}^2/\text{m}^2$ となり、今回の実験装置は十分気密である。

②基本性能実験よりダクト内圧力は住戸内圧力より低く逆流は生じないと考えられる。また、屋上ファンの排気量を低減し、ダクト内圧力が過度の負圧になることを避ける必要がある。

③共用ダクト上部(36階)を -3mmAq 制御する方が下部(1階)を $\pm 0\text{mmAq}$ に制御する場合よりも良好な特性(ダクト内の圧力変動が小さい、圧力の安定性が良い、応答時間が短い、オーバーシュート幅が短い)を示しており、圧力検知位置は共用ダクト上部に設置するのが望ましい。

④屋上ファンの自動制御により、定格運転時に比べ電力消費量を約1/5に削減できる。

⑤今回調査した共用排気住戸では排気風量の過剰の指摘が多い。

⑥各戸排気住戸ではバルコニー側の壁面に排気する為、どの住戸でも他住戸からの臭いが窓から侵入するとの指摘が多い。

⑦換気に関する一般的な問題点として、各戸排気ファンの騒音のレベルの高さが指摘された。

⑧本研究より超高層集合住宅の換気システムとして、共用排気システムの有効性が確認された。

参考文献

- 1) 村上、山田他;高層住宅における厨房ガス同時使用率に関する調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987年10月
- 2) 奥水、村上他;集合住宅における共用排気ダクト内の空気流動特性に関する研究その3、日本建築学会大会学術講演梗概集、1990年10月
- 3) 深尾、村上他;同上その4、日本建築学会大会学術講演梗概集、1993年9月
- 4) 赤林、村上他;同上その5、日本建築学会大会学術講演梗概集、1993年9月
- 5) 深尾、村上、赤林;同上その6、日本建築学会大会学術講演梗概集、1994年9月
- 6) 村上、赤林他;集合住宅における共用排気システムに関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1993年9月

指導教官：赤林伸一助教授