

よび試験階の階段室ドアと1階の階段室ドアを同時に開放した場合の結果も示した。排気量は、階段室ドア閉鎖(空調系統運転停止)の条件に対して、床構造間の圧力差が 25 N/m^2 (2.55 mmAq) および 50 N/m^2 (5.10 mmAq) となるように調整した。階段室ドアの寸法はすべて 0.914 m (3 ft) \times 2.13 m (7 ft) であり、開放時にはドアも最大限に開けた状態に保った。表-3 に掲げた風速および風量は熱線風速計による風速から得たものであるが、先に示したように(図-2 参照)、実際の値よりは恐らく小さく出ているであろう。

この一連の実験は、消防士が火災階への入口を確保するために階段室ドアを開放した場合における、排気系統の性能を評価する目的で行ったものである。排気されている階の階段室 No. 2 のドアを開放した場合、床構造間の圧力差は約 50% 減少し、1階階段室ドアを同時に開放した場合にはさらにかんりの低下がみられる。ただし、ビル D には階段室の中に1階と2階以上を仕切るドアが設けられているため、1階階段室ドア開放の影響はほとんどみられない。排気されている階の階段室ドア開口部における風量は全排気量の 20~42% であるが、1階階段室ドア開放時には 44~78% に増加する。これに反し、ビル D においては増加は極めてわずかしかみられない。

3. 結 論

火災階内外の所要圧力差を得るために必要な排気量は、周囲の空気漏れ特性と空調系統の運転モードに依存

する。階全体および各要素の漏れ空気量の値を求め、これらを表-3 に示した。空調系統の4種類の運転モードに対する必要排気量を、図-3~5,7 に示した。

最も多くの排気量を必要とするのは、空調系統の運転を停止した場合である。給気系を停止し、還気系は火災階だけ働かせるようにするか、または還気系の運転を停止して全階の還気口ダンパを閉鎖することによって必要排気量は少なくなった。給気用に 100% 外気を導入し、還気をすべて外気に排出する場合には、単独排気系統に対する必要排気量は、空調系統を停止した場合に比較して同じかまたはそれより少なくなった。必要排気量が最小となるのは、全階に 100% 外気を供給し、還気系については停止してダンパを閉鎖するか、あるいは火災階のみ排気系として働かせる場合である。この場合、火災階への給気を停止すると、必要排気量はさらに減少させ得るであろう。

四つのビルにおける実験結果により、大部分の高層ビルについて、火災階の排気量が約 6 回/h 以上あれば、火災の圧力による煙の伝ば(播)を防ぐための十分な火災階内外圧力差を形成できるものと思われる。設計者は排気ファンの容量を決定するにあたっては、多数階に及ぶ排気系に対して相当量となる排気シャフトへの漏れ量を考慮に入れなければならない。

消火活動中の火災階階段室ドアの開放は、火災階内外圧力差の相当な低下をもたらすであろう。しかしながら、これは階段室から火災階へ多量の気流を導き、消防士の火災階出入口確保の助けとなるであろう。

(昭和 55. 4. 11 原稿受理)

空気調和・衛生工学索引

内 容	空気調和・衛生工学第 36 巻第 1 号より第 46 巻第 12 号までの論説・研究論文・解説・資料・報文・抄録・設計参考データ・竣工設備などを分類し掲載した。
分類項目	基礎・総合計画・汎用機器および電気設備・材料・空気調和計画・空気調和機器・空気調和応用・給排水衛生計画・給排水衛生機器・給排水衛生特殊設備・給排水衛生応用・上下水道などの大項目の下に 123 項目に細分類整理してある。
体 裁	B 5 判 68 ページ
定 価	定価 500 円 会員特価 450 円 送料 250 円
申 込 先	空気調和・衛生工学会 〒160 東京都新宿区北新宿 1-8-1(中島ビル) 電話 東京(03)363-8261(代表)

住宅換気の問題点

エネルギー経済・断熱・必要外気量・保健衛生・開放式燃焼

Zur Problematik der Wohnungslüftung—Energieökonomie,
Wärmeschutz, Luftbedarf, Hygiene, Einzelfeuerstätten
o. Prof. Dr.-Ing. K. Gertis, Dipl.-Phys. R. Wiedenhoff,
Dr. med. L. Terhaag

(VDI-Berichte, Nr.317, 1979—Heiz-, Klima, Haustechnik
Jahrestagung Münster 1978 am 21 und 22 September)

田 中 辰 明*訳

訳者序

1979年10月29～31日に空気調和・衛生工学会と日本建築学会の共催で行われた、国際シンポジウム“建築と省エネルギー'79”に招待講師として参加されたドイツのゲルティス教授から、省エネルギーと換気はドイツでも議論のあるところであるとして表記講演会の記録を送っていただいた。

興味深い内容なので翻訳を行った次第である。

1. ゲルティス教授**の講演

皆さん住宅の換気の問題は、建物の断熱と密接な関係を持っています。石油危機以来、特にこの4年間は省エネルギーへの努力が強化されています。省エネルギーを図る方法には建物の断熱化がありますが、これはすでに“断熱政令”によって実現されています。そして、これに加えて換気負荷を減少させるということが大切になってきます。

この傾向によって、製造メーカーは窓や扉のすきま防止に力を入れ、最近では外気に対してほとんど密閉構造とも言える部屋を作っています。

このような技術発展の欠点として、もしかしたら人間にとって必要な新鮮空気が不足してしまうのではないかという問題が起こってきますし、特に開放式燃焼が行われている場合は問題です。このような住宅換気の問題に関して、私ども建築物理学者は興味深い議論に理性的妥協を与え、かつ定量的な言明を行う使命を負っています。

* (株)大林組技術研究所 正会員

** o. Prof. Dr.-Ing. K. Gertis, Essen

換気の量として—われわれの場合、室内空気と周囲空気との交換を言うのですが—いわゆる換気回数という毎時の換気量を室容積で除した値が使われています。窓や扉の状態で自然換気だけで換気回数がどのようになるかを表-1に示します。1行目の低いほうの値は今日窓の製造業者がすきま風係数を、木製窓わく(枠)であろうと合成樹脂窓わくまたは金属製窓わくであろうと、いかに極端に小さくしてしまったかを物語っています。私の測定でもすきま風係数 $a=0.01$ というのを記録しています。

一方、私どもの測定で換気回数 40 h^{-1} ということを経験したこともあります。これは建築物理学者として申し上げるなら、非常に大きな値と言うことができます。このような大きな値は、暖かい夏の日に窓を開放して、バルコニーの扉も開け放したようなときに、通風換気によって起こるものです。

人間にとってどのような空気状態が生理学上また保健衛生上望まれ、または許容されるかという問題については、全くさまざまな見解があります。人体から発生する臭気や蒸発物によって汚染される空気の尺度を示すため、比較のために空気中の炭酸ガス量、より正しく言えば二酸化炭素(CO_2)の量が使われてきました。

表-1 窓の状態による換気回数

窓の状態	換気回数 [h^{-1}]
窓全閉、扉全閉	0~0.5
窓やや開、巻上げよろい戸閉	0.3~1.5
窓やや開、巻上げよろい戸なし	0.8~4.0
窓半分開放	5~10
窓完全開放	9~15
窓・扉完全開放	40

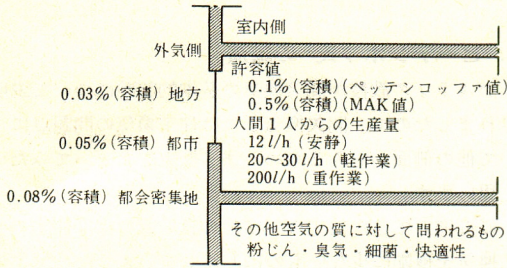


図-1 外気と室内の炭酸ガス濃度

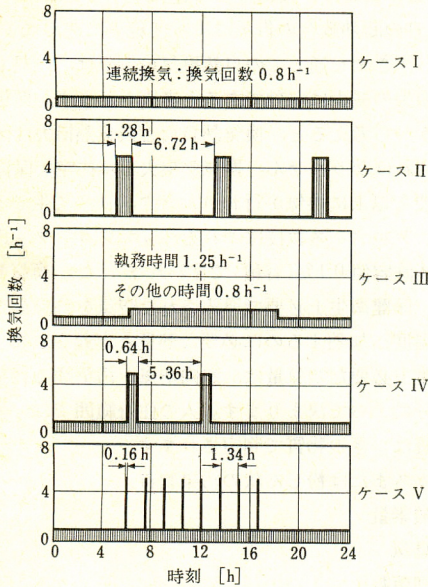


図-2 事務所のさまざまな換気法と換気回数概念図

最もよく知られているのは、ペッテンコッファ (Pettenkofer) 氏* による許容限界値 0.1% (容積) を超えてはいけないということです。他の文献によると、図-1 に示すように厳しい値を室内と室外に分けて示しています。このような低い値では都会の密集地のように外気の CO₂ 濃度が 0.08% のような所では、とても普通の自然換気では達成不可能です。

私どもの所で、連続換気と間欠換気によってどちらも換気総量は同じにしたのですが、エネルギー消費量と CO₂ 濃度がどのようになるかを観察したことがあります。間欠換気とはしばしば窓を開放して行ったのですが、その間隔をいろいろ変えて調査しています。

図-2 は、事務所建築のうち床面積 16 m² の個室の最も普通の自然換気の状態を示しています。換気回数 0.8

* 訳者注 Max Pettenkofer, ドイツ人で医師と衛生学者の中間の仕事をしていた医学博士。1818 年 12 月 3 日生, 1901 年 2 月 10 日死去。ミュンヘン市に氏を記念した Pettenkoferstr. という通りがある。

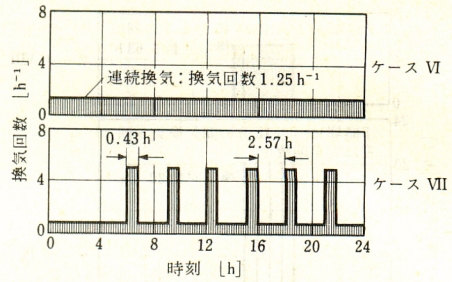


図-3 1 家族住宅の連続換気と間欠換気比較の概念図

表-2 間欠換気の省エネルギー量比較と CO₂ ガス量

ケース	省エネルギー率 [%]		CO ₂ 濃度	
	重構造	軽量構造		
事務所	I に対し II III に対し IV	10 2	23 4	許容されない 許容される
独立住宅	IV に対し V VI に対し VII	1 2	2 3	許容される

h⁻¹ の連続換気 (ケース I) に対し、四つの間欠換気のバリエーション (ケース II~V) が示されています。

ここで変化しているのは、つぎの事柄です。

- 1) 間欠換気の時間が 10 分 (ケース V) から約 12 時間 (ケース III) へ
- 2) 換気を停止する時間が 12 時間 (ケース III) から 1.34 時間 (ケース V) へ
- 3) 間欠換気を行っている間の換気回数が 1.25 h⁻¹ (ケース III) から 5.0 h⁻¹ (ケース II, IV, V) へ

同じく強制的な間欠換気を行っていないときの換気回数は、ケース II を例外としてどれも 0.8 h⁻¹ です。

独立住宅に関する同じような比較を図-3 に示します。この図においても 1 日の風量の合計は全く同じ場合を比較しています。言い換えれば、この図の線を入れたところの面積は同じということになります。

さて、ここで間欠換気のエネルギー経済的效果とその他の特徴に注目したいと思います。根本的には連続換気と間欠換気では時間的経過が異なります。連続換気の経過では定常的なものとしてとらえることができます。一方、間欠換気では非定常的な経過と言えます。間欠換気では風量がパルス的に変動することから、換気を行っている間の冷却効果、その後の暖房による温度の時刻変動ということが生じます。

表-2 では非定常的な計算結果を示しましたが、これは私どもの実測でも確認されています。

これによって、間欠換気は換気風量が同じ連続換気の場合と比較して、すべてのケースで省エネルギー的であると言えます。建築の様式や間欠換気の方式によって節約量は 1% から 23% になります。

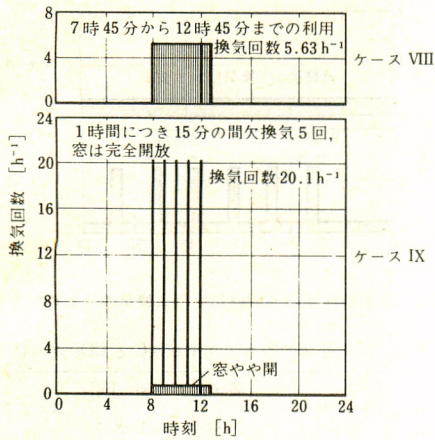


図-4 通常の教室の連続換気と間欠換気の比較

建築の様式によって間欠換気の間欠換気特性が表れます。軽量構造の建物の場合、コンパクトで重構造、かつ大きな熱慣性を持つ建物に対し、エネルギー節約量が大きくなります。

ケース II の場合、省エネルギー的には最も良い値が得られたのですが、ここでベッテンコッフ氏による CO_2 ガスの許容限界値を超えてしまうという欠点が出てきました。この問題を考えないと、間欠換気が省エネルギーに有効であることがわかります。私の講演の終わりに、ベッテンコッフ氏の許容値の問題が大変疑わしいということ報告したいと思います。

私どもは、30名の生徒を収容した普通の大きさで標準的な教室で調査をしました。この教室ではベッテンコッフ氏の CO_2 ガス許容値 0.1% (容積) を保つために連続換気で換気回数 5.63 h^{-1} が必要になります。同時に、私どもは10年以上私どもの学校で行った換気法をシミュレーションしてみました。すなわち授業中は窓を閉め、またはほんの軽く開閉窓を傾け、そして休憩時間中は扉を完全開放してしまうという方法です。両者の例を図-4に示しました。このような間欠換気を行い、時折の換気回数が 20 h^{-1} を超えるようになったのですが、 CO_2 濃度を算定したところ驚くような結果が得られました。

ベッテンコッフ氏の CO_2 ガス許容値に達したところか、これをはるかに上回ってしまったのです。学生の世代が過ぎ、このような古典的な窓換気でもほとんど問題なく学生が卒業していく……このようなとき、私はベッテンコッフ氏の許容値を本当に採用すべき値なのかと懐疑的に感じる次第です。

このような考えを公表し、つぎの講演者にバトンを渡したいと思います。

2. ビーデンホフ氏*の講演

ゲルティス教授が間欠換気的基本的問題について説明されましたので、間欠換気または住宅換気の問題点について他の側面からみるため、まず歴史をたどってみたいと思います。

最近増えてきた住宅の気密性の良い窓では、住宅の自然換気を極端に少ないものにしてしまいました。気密性の良い窓の採用は、まず州レベルでは“DIN 4108の補則**”の公示により、後になって連邦レベルでは1977年8月11日の断熱政令の告示によって着実に進んでいきました。すきまを通しての自然換気の制限は、一見して換気熱損失の減少に有効であると考えられます。保健衛生のほうから考えると、換気熱負荷と換気熱損失は区別されなければなりません。換気熱損失とは住宅で保健衛生上必要な以上に換気が行われたとき、初めて生じるものです。ゲルティス教授はこれをベッテンコッフ氏の CO_2 ガス許容値 0.1% (容積) で言われました。換気熱負荷とは、保健衛生上必要で導入された空気を外気温度から室内温度へ加熱するのに必要な熱量と定義されます。保健衛生上必要な空気量は、室内空気を汚染する汚染物質の成分によって決まります。人の住む範囲では、室内空気の質はつぎの物質で判定されます。

- 1) ガスまたは粉じん状の汚染物質
- 2) 酸素量
- 3) 臭気
- 4) 細菌数

室内空気を悪くする大きな要素に人間が存在することがあります。この場合、特に呼吸による CO_2 ガスの濃縮、人体からの蒸散、発汗や呼吸による臭気の生成が挙げられます。すべてこれらの要素は人間の熱生産と密接な相関があります。そして住宅では、このようにして起こる臭気の濃度は有害性とは全く関係のない CO_2 ガスの 0.1% (容積) の濃縮と一緒に起こるのです。

私は、ここでベッテンコッフ氏や1936年にヤグロウ氏が行った研究を思い起こします。体育を行ったり、臭気へ対しての感じ方などでこの値は変わってきます。普通の生活をする住居部分での必要新鮮空気量は、1名1時間あたり $30 \sim 50 \text{ m}^3$ です。休養や保養のために望ましい新鮮空気量は 50 m^3 です。しかし、私どもは単に保健衛生にのみ目をやるのではなく、エネルギー節約のことも考慮しなければいけません。私どもの考え方が理解できるようになったことを望みます。現在一般的である

* Dipl.-Phys. R. Wiedenhoff

** 田中辰明抄訳：断熱の新しい指針，空気調和・衛生工学，50-4(昭51-4)

住宅の大きさや居住密度を考慮し、換気回数 0.8 h^{-1} が保健衛生上も許容される値と存じます。

計算や数多くの実測から、自然換気のみによって特に気密度の高い窓を使った場合、年平均で 0.8 回の換気回数を得るのが不可能なことは確かめられています。ゲルティス教授は閉まった窓での換気回数 0.5 回について講演されました。

窓が閉まった部屋で 8~10 時間部屋を使用した後で CO_2 ガスの濃度を測定したら、0.3~0.45% (容積) の間になっていました。これは MAK 値*を少し下回っています。

私は、この MAK 値は健康人の 8 時間滞在に対して決められたものと言わざるを得ません。健康な人とは老人や病人に比べてずっと強い人を意味しています。

ですから今日一般的になってしまっている窓構造では、窓を開放することによっての換気が補足的に必要なになってきます。

室内空気の CO_2 ガス濃度が 0.1% (容積) を超えてはいけないという前提では、 CO_2 ガス平均濃度が 0.1% を下回るように換気をしなければいけません。このようなことからやや多目の外気を室内に導入する必要が生じ、エネルギー消費量も多くなり、換気熱負荷は必要な全熱消費量の 10~30% に達します**。このことに関し、私は論文を発表しており、皆様のお役に立つと思います。このような計算によって得られた見解は、スイスのハルトマン氏によって実測でも確認され証明されています*。ここで私が引用した文献によると、日射のある冬の日で換気熱損失は全熱損失の 50% にも達しています。全熱損失のうちの 50% ということは全く驚くべき値で、私もはこのことについてさらに討論しなければなりません。換気回数 0.8 回ですと、換気熱損失は全熱損失の 30% ということになります。

しかし、ここでテーマを個別式暖房の場合にも拡大しなければなりません。そして住宅内での燃焼に必要な空気量は非常に多いのです。人間が呼吸をして室内炭酸ガス濃度が 0.1% (容積) になっても、まだ酸素は明らかに 20% より多く含まれています。燃焼技術の観点から見

れば CO_2 ガス濃度 0.1% (容積) というのは全く低く、このためにさらに燃焼用空気を必要とします。しかし、その排ガスが煙突から捨てられることは許されません。

住宅換気の問題は、単に燃焼の問題に関係するだけではありません。気密性の良い窓は騒音防止、雨水の漏入防止という点からも文句なく受け入れられるものです。省エネルギーという観点から見れば、気密性の良い窓には換気装置が必要になります。これによって住宅なり部屋の基本的な換気が達成されます。ただ、間欠換気を採用するのは制限されるでしょう。通常の場合はもっと多くの換気を必要とします。窓は、さまざまな反対意見があるにしろ、今後とも開放されなければならないものです。私どもはここで、全体的視野を単に空調機や換気装置からの視野に制限したくありません。

私はここで、前の講演者のベッテンコッフ氏の CO_2 ガス 0.1% (容積) の考えに触れたいと思います。ベッテンコッフ氏は、この許容限界値を前世紀の終わりに定めて発表しました。当時の外気の CO_2 ガス濃度は 0.03% でした。この値は今日の市街地における値よりは良いものです。しかし、この差の 0.07% という値は今日でも通用します。仮に現在の外気の CO_2 ガス濃度が 0.08% であったとすると、室内の CO_2 ガス濃度は 0.15% に上昇します。といいますのは、 CO_2 ガス濃度というのは単に臭気の強さを示すインジケータに過ぎないのです。外気における基本の値が上がれば、連動して室内の値も上昇します。外気の CO_2 ガス濃度が 0.08% にも達しているということは言えません。もしこのような状態でしたら、他の有害物質が増大しているわけですから、もはや窓を開けての換気はできないのです。

3. 医学博士テルハーク氏**の講演

すでに皆様おわかりのように、私の前の講演者はお二人とも技術的見地から意見は一致しておりません。これに対し、私の医者立場からしてみますと、ことはもっと単純です。私の使命は空調技術者に考慮してもらわなければならない保健衛生上の見解を示すことです。今問題となっていることを、私はここで明確にしたいと思えます。

今までの講演で、快適性に関してしばしば議論された熱的快適性を考えるに、人間の健康を考慮したうえで、空気温度、室内の表面温度、空気の動き、湿度の正しい作用を知る必要があります。

もし今空気の湿度にのみ触れるなら、それで空気の一要素を引き出すこととなり、今日の話の核心に触れることとなるのです。これでもって今私どもが問題として

** Dr. med. L. Terhaag

* 訳者注：Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (作業環境における最大許容濃縮度) で、ドイツでの基準、米国で 1947 年に政府の産業衛生会議が決めた MAC 値 (Maximum Allowable Concentration) と対応している。約 300 種の物質について許容濃度を公表している。

** Wiedenhoff: Die Stoßlüftung von Wohnräumen aus energietechnischer Sicht, HLH, 28-12(1977), pp. 439~444

** Hartmann et al.: Luftwechselmeßwerte von ausgewählten Wohnbauten in der Schweiz, Klima+Kälte-ingenieur, 3(1978), pp. 95~99

いる部屋の換気、燃焼の問題、さらに根本的に汚染物質、空気中に全く含まれてはいけない、またはある許容値を超えてはいけない物質による空気の汚染といったことに触れることになるのです。この問題は三つのグループに分けられます。

最初のグループは個別式の開放燃焼ですが、この場合、保健衛生上からは全く考えられない臭気、燃焼器から生じて避けることのできない浮遊物質が生じます。さらに古い円筒状の鉄製暖炉を使っておられた方はおわかりのように、これを使うとちりと煙と臭気のために長い間部屋にいることさえできないのです。

通常、居室における臭気による負荷とは人体からの臭気によるものです。特に人体から出るCO₂ガス、炭酸ガスと呼ばれるものです。今日では以前ベッテンコッフ氏が見付けたようにCO₂ガス濃度は人体からの臭気の指標になっています。これは人間の呼吸から出るCO₂ガス濃度と臭気は正比例関係にあるからです。

皆様、私は“正比例関係”と言いました。これは人間がある時間に通常の2倍のCO₂ガスを出したとすると、その間にやはりほぼ2倍の臭気を出すということです。これはもちろん人によって異なります。この間に私どもの知識は広がったと思います。このCO₂ガスは換気としての部屋の調整の要素であり、固有の作用をしています。CO₂ガスが生物体の中で過度に蓄積されると、体内での酸素輸送が多かれ少なかれ妨げられます。このことは、血液中の酸素濃度低下に関係してきます。血液中に炭酸ガスが増加すると、血液中で酸素を運ぶヘモグロビン、すなわち赤血球が減少してきます。ですから、今日の学問知識ではCO₂ガス濃度は単に不快な人間の体臭の指標だけでなく、人体における酸素供給の影響をみる絶対的指標です。しかし、ここでベッテンコッフ氏の値、すなわち室内におけるCO₂ガス濃度0.1%(容積)はまた意味を持ってきます。室内のCO₂ガス濃度が0.1%または0.15%(容積)に達すると酸素の含有率——専門家はこれをpH値と呼んでいますが——が酸性のほうへ移行し始めます。これによって酸素の輸送がさらに妨げられるのです。これは少なくとも頭痛や意識の混濁の原因ともなり、人によって違いますが能率の低下を引き起こします。ですから、CO₂ガス濃度0.1%(容積)は二重の意味において換気の重大なポイントになります。もし人体の炭酸ガスと体臭が関係あるなら、外気が汚染され外気を取り入れてもCO₂ガス濃度が高まるような場合は、換気計算でそのことを考慮しなければいけません。

先に言いました湿度に関してお話ししましょう。臭気とCO₂ガスはまず人間から居室に放出されます。医学的見地からは暖房された部屋にとって、人間が水蒸気を発生

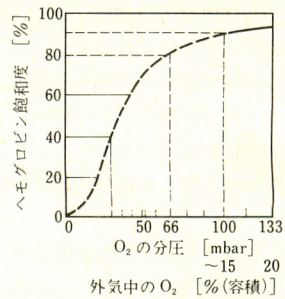


図-5 肺の中の酸素分圧によるヘモグロビンの酸素飽和度

するということは喜ばしいことです。湿度調整も行われるような完全空調された部屋でなければ、通常の暖房を行っている部屋の湿度、厳密に言いますと関係湿度は外が寒い時期に非常に低い値を示します。凍結が起こるような時期に空気温度を20~25°Cといった通常の温度に上げると、外気の状態によっても異なるのですが、相対湿度は30%から25%、さらに20%以下に下がります。夜間電力蓄熱形の暖炉を使用する場合は10~15%にもなります。これではアスワン地方の気候と同じです。皆様、私はアスワン地方と言いましたが、昔、肺切除を行った人たちは昼間の低湿度を治療の目的に利用するためによく北エジプトへ行ったものでした。この場合、肺を乾かすことをもくろんでいたのです。私どもの居室では呼吸器官や気管支を乾燥させる必要はありません。これによってさらに重要な換気の問題が提示されます。人工的に加湿をしない限り、換気回数を増すほど室内湿度の状態は保健衛生上好ましくないものになります。

開放式燃焼による暖房で特に私が言いたいのは、有害物質の問題です。十分な排気設備がないと致命的な一酸化炭素(COガス)、保健衛生上有害な亜硫酸ガス、窒素酸化物、悪性腫瘍(しゅよう)の原因ともなりかねない物質の発生をみます。これは一般的な換気の問題とか換気回数の設定とは無関係に起こります。

私の講演の終わりに際し、室内空気の酸素量の問題について述べます。物質の酸化過程で燃焼が起こる開放式燃焼装置では、暖房をする際に酸素が消費されるのは明らかです。しかし、燃焼のない室内調整が行われている場合にも室内空気の酸素不足の不満は多いのです。医師はよく大きな事務室で酸素不足による心筋梗塞(こうそく)患者の下に呼ばれます。皆様、しかし燃焼が正しく行われていたなら今言いましたような問題は生じません。他方、酸素消費が部屋に滞在する人間によってのみ行われたならば、同時に炭酸ガスの発生またその濃縮の問題が起こります。人は糖分を取ると酸素の消費が増大し、これに伴って室内に出すCO₂ガスの量も増大しま

す。有機体の中で脂肪が燃焼すると約1.5倍の酸素を必要とします。ですから、ベッテンコッフ氏のCO₂ガス濃度0.1%(容積)を基礎にすると、部屋からの酸素除去量も0.1%(容積)ということになります。皆様、図-5のカーブに見られるように、通常20%(容積)である空気中の酸素の減少は、血液中のヘモグロビンの酸素飽和度の関係が指数関数的であることから、体内での酸素輸送能力低減にほとんど関係しません。ですから、一般的条件では人間の呼吸による居室での酸素の減少ということは人体にとって実際には問題になりません。しかし、換気回数が極めて小さい場合や極めて長い間部屋に滞在するという場合は、条件が変わってきます。開放式燃焼が行われていて、かつその部屋へ新鮮空気が少ししか供給されないような場合も、酸素の割合は変化していきます。これは技術者が解決しなければならない問題です。一般的に住宅や、それと比較される作業環境の酸素の不足については計算される必要はありません。なぜなら、私どもは海面下にある潜水艦の中に座っているのではないからです。

4. 討 論

ゲルティス教授

私は、間欠換気が省エネルギーに寄与するという意見を代表しています。ビーデンホフさんは別な立場に立っておられました。テルハーク博士のご講演ももっともなものです。ベッテンコッフ氏の値は、単に部屋のCO₂ガス濃度を示すだけでなく、他の種々の過程の指標となるものです。実際、学校の教室ではこの値を超えてしまうでしょう。またビーデンホフさんの講演では、私どもの間欠換気が省エネルギーに役立つという試験や計算を明白にしてくださいました。ベッテンコッフ氏の値を正確にとらえるということは、医学の立場からは納得のいく回答が得られなかったように思います。

ビーデンホフ氏

ベッテンコッフ氏のCO₂ガス濃度0.1%(容積)という値は、私どもの住居で休養や病気の回復に役立つ雰囲気です。場合によっては、CO₂ガス濃度がそれ以上であっても生活できるということに異論を唱えるものではありません。

テルハーク博士

CO₂ガス濃度の決定的な許容値というもの生物学上存在しません。人間個人個人の差によってその許容値は流動的であればなりません。例えばMAK値では作業環境におけるCO₂ガス濃度(容積)を0.5%まで、すなわち古典的なベッテンコッフ氏の値の5倍まで認めています。この値は一般に0.1~0.15%に定められていま

た。ベッテンコッフ氏の値は体力的に弱い人間、貧血の人、心臓病患者、老人に当てはまる許容値です。

ゲルティス教授

建物外皮が気密になればなるほど換気熱損失の意味が大きくなります。すきま風係数 a 値が0.01と0.1の間であれば、他に換気用の開口は不要です。これで医学的に問題のないCO₂ガス濃度を保つことができます。

クリーガー教授*

窓が閉じられている場合、換気回数はどのくらいでなければならぬでしょうか。われわれは0.5 h⁻¹と今日考えていますが、現在の気密性の良い窓では0.5 h⁻¹よりはるかに小さいでしょう。私どもは0.8 h⁻¹で始めました(DIN 4108)。しかし、0.5 h⁻¹でも何も起こらず無事でした。今では0.3 h⁻¹から0.2 h⁻¹という値にきています。医学の見地から、窓が閉じられている場合の換気回数は、どの程度まで小さくできるのでしょうか。

テルハーク博士

今、保健衛生上重要な換気回数が話題になりました。ベッテンコッフ氏はCO₂ガス濃度を0.1%に保つのに1人あたり1時間32 m³の空気が必要だと計算しています。

シュブレンガー氏**

ベッテンコッフ氏の見解は、もう75年も前から知られていたことです。炭酸ガス濃度の問題も含めて、独立住宅ではつぎのようにすべきであると考えます。ちゅう房からの排気・換気を1日に3~4回行う、または他の部屋の中央式換気を、省エネルギーのため屋根裏の熱交換器または熱回収装置を通して行うことです。すべては自動化されて行うこともできましょう。このような装置は疑いなく作ることができます。すなわち、省エネルギーと快適性のために。

ボックホルト氏**

ゲルティス教授は、間欠換気で最大の省エネルギーが図れる、特に軽量構造の場合にそうであると言われました。この場合、すきま風係数がほとんど0であるという仮定があります。ですからCO₂ガス濃度は医学の見地から許容されない程度にまで上がっていくのです。ビーデンホフ氏はゲルティス教授とは違って、むしろ一般的な窓、5~10年昔の窓のような場合について話されました。この差異をどう調整したらよいでしょうか。さらに言いますと、0.8 h⁻¹という換気回数は全熱負荷の30%の換気熱負荷に相当します。自然換気をやめ、空調を行い、制御をし、これで湿度調整もすることになるので

* Prof. W. Krüger, München

** E. Sprenger, Berlin

** Dipl. Ing. H. Bockholt, Hamburg

しょうか。私はこれは少し不合理だと考えます。

ゲルティス教授

シュプレンガーさんの発言の完全機械化の問題は、たくさんある住宅ではまだ行われていないでしょう。私は断熱政令*では窓の気密性を急激に高めすぎてしまったと思います。ダンパや開口部で制御できる開口の開発が必要であると考えます。それは、もちろん雨水の漏入防止、騒音漏入防止、破損しないといったことを考慮したものでなければなりません。

開放式燃焼については議論の余地があります。断熱政令の立場から窓メーカーは外気の取入れが十分でないようにしてしまいました。もし制御可能な開口を使うことができたなら、開放式燃焼に十分必要な空気を供給することができるでしょう。建築物理学者としまして、私は開放式燃焼装置製造業者に必要新鮮空気取入れ装置も製造するように要求します。

* 田中辰明訳：建築物の省エネルギーのための断熱政令，空気調和・衛生工学，52-6(昭53-6)

ビーテンホフ氏

もしすきま風係数 0.1 という窓を全面的に使うと、80 m² の建物で入ってくる新鮮空気はわずか 2 m³/h に過ぎません。これでは人間にとって良いはずはなく、私どもは建築構造部の接合部など他のすきまに期待しなければなりません。開放式燃焼では 1 kW の発熱に対し 1.6 m³ の新鮮空気を必要とします。80 m² の建物の熱負荷が平均 6 kW とすると、10 m³/h の新鮮空気が燃焼のために必要なことになります。これだけでは人間にとって不十分ですから、保健衛生の立場からは 15~20 h⁻¹ といった値がさらに必要になります。

ウーゼマン教授**

皆様、討論を終わるに際して、断熱政令には疑問があることがわかったと言えましょう。この政令の要求は正当なものでしょうか。ご講演をくださった皆様、討論に参加してくださった皆様に謝意を表します。

(昭和 55. 5. 16 原稿受理)

** Prof. K. W. Usemann, Kaiserslautern

空気調和・衛生工学会規格 HASS 107-1977 空気調和設備工事標準仕様書

- 第Ⅰ編 一般事項 総則
- 第Ⅱ編 共通工事 仮設工事 土工事 コンクリート工事 左官工事 防水工事 鉄骨工事 防露・保温工事 塗装および防せい工事 電気工事
- 第Ⅲ編 熱源機器設備工事 冷凍機 冷却塔 ボイラおよび温風暖房機 燃焼装置 煙道ポンプ 熱交換器・タンクおよびヘッダ
- 第Ⅳ編 空気調和機器設備工事 送風機 熱交換器類 空気ろ過器 空気調和機器および付属品
- 第Ⅴ編 ダクト設備工事 材料および製作に関する一般事項 材料および付属品 ダクトの製作およびダクト付属品の取付け
- 第Ⅵ編 配管設備工事 一般事項 配管材料 配管付属品 計器 配管施工 試験・検査
- 第Ⅶ編 自動制御設備工事 一般事項 自動制御機器 中央管制盤・現場制御盤 計装用電気配管配線工事 計装用空気源装置および空気配管工事 試験・検査
- 第Ⅷ編 完成検査 一般事項 空気調和・換気設備の総合性能試験 排煙設備の総合性能試験

B 5 判 79 ページ 価格 会員 1300 円 (送料 250 円)
非会員 1500 円 (送料 250 円)



社団法人

空気調和・衛生工学会

〒160 東京都新宿区北新宿1丁目8番1号(中島ビル) 振替口座東京 6-216 電話東京(03)363-8261