

特集●戸建て住宅の換気

戸建て住宅の気密性能と換気設備の計画

吉野 博*

戸建て住宅における気密性能に関して、調査結果を基に明らかにした後、換気計画を進めるにあたって前提条件となる暖房設備システム、室内空気質、室内温湿度、シュルタ性能に関して留意点を述べた。また、気密性能の高い住宅においては確実な給気・排気を行う必要があることを述べ、換気経路についても検討した。最後に、気密性能の指標として、すきまの単位床面積あたり有効開口面積と暖房設備システムをグレードで示し、それに対応する換気設備システムを位置付けた。

はじめに

従来、戸建て住宅の換気の問題は、集合住宅の換気の問題ほどには注意深く扱われることはなかった。なぜならば集合住宅の場合には、①シュルタ性能の向上に伴って住戸の気密性が増してきていること、②土地の有効利用のための間口節約により、換気の特に必要な台所・浴室・便所などが住戸の中央に設置されること、など換気に対する制約条件が厳しくなっているのに対して、戸建て住宅の場合には、①住戸の気密性が集合住宅ほど高くはなく、②台所・浴室・便所の配置はかなり自由で、ほとんどの場合に外壁に面して設置され、換気が容易に行える、からである。

しかしながら、昨今の省エネルギーに対する社会的な要請から、戸建て住宅においても暖房負荷を少なくするために断熱・気密化が急速に進みつつあり、今まで以上に換気に対して綿密な計画を行う必要が出てきた。また、

省エネルギーということで暖房として練炭火ばちを使用し、中毒事故を起こした例が何度か報道されたが**、気密性の高い住宅に対してはただ単に換気設備を設置するというだけではなく、暖房器具などの適切な使用方法を含めた正しい住まい方を示していくことが必要である。

以上の状況にかんがみて、本稿では戸建て住宅の気密性能がどの程度なのかを明らかにしたうえで、気密性能の高い住宅における換気計画上の留意点、気密性能に対応した換気設備システムについて示すこととする。

1. 戸建て住宅の気密性能

戸建て住宅の気密性能に関して、実測結果などを基に以下に示す。

1.1 部位別の気密性能

建物の気密性能は、図-1に示す方法で室内に空気を送り込み、そのときに生ずる室内外圧力差と送風量(建物すきまからの漏れ量に等しい)との関係から求めることができる。図-2, 3は、そのようにして求めたコンクリートプレハブ住宅における測定結果²⁾である。図-2は気

④ 壁面のすきま ⑤ 天井面のすきま ⑥ 間仕切り壁と天井・床の接合部のすきま ⑦ 間口壁と他の壁・天井・床の接合部のすきま ⑧ 窓壁と天井・床の接合部のすきま ⑨ ドアとドアわきの間のすきま ⑩ サッシのすきま ⑪ 住戸全体のサッシのすきま ⑫ サッシ付属の換気孔を開にしたときの開口 ⑬ 排気ダクトおよび配管用の開口

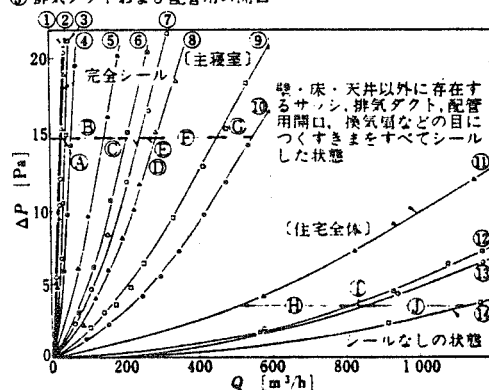


図-2 コンクリートプレハブ(A社)の各部位における圧力差と漏れ量(昭和50年1月、浜田山)²⁾

** 例えば、河北新報の昭和55年1月3日“親子ら3人豆炭中毒”、昭和55年1月23日“練炭コンロで中毒死”など

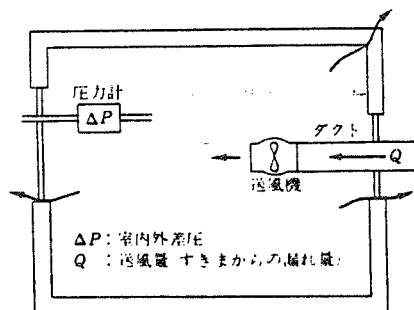


図-1 気密性能の測定方法

* 東北大学工学部建築学科 正会員

④ サッシのすきま ⑤ ドアのすきま ⑥ 換気口、開のときの開口 ⑦ 換気口のすきま(換気口は閉) ⑧ サッシのすきま ⑨ ドアのすきま(玄関・勝手口)

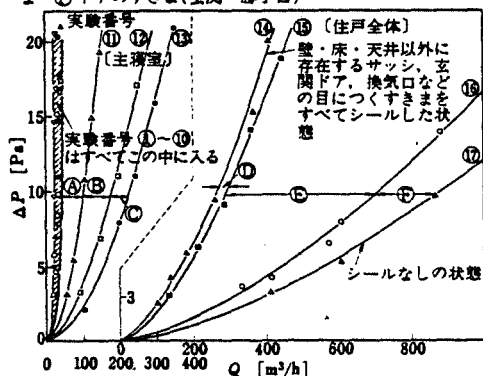


図-3 コンクリートプレハブ(B社)の各部位における圧力差と漏れ量(昭和50年11月, 目黒)²⁾

密性能の悪い住宅の例、図-3は比較的良好な住宅の例である。

主寝室における測定では、まず始めにビニルシートを内壁面全体にすきまなく張り巡らす。その後、部分的にビニルシートをはがしていき、そのたびごとに圧力差と漏れ量の関係を求めている。コンクリートプレハブA社の場合(図-2)には、シートをはがすたびに曲線が右にずれており、シートをはがした部分にすきまのあることが認められる。このことはすなわち、サッシや入口ドアのいわゆる換気計算で用いるすきま以外にも、目につかないところにすきまがあることを意味している。一方、B社(図-3)の場合には、サッシを覆ったビニルシートをはがすまでは、ほとんど曲線がずれることはなく、A社の住宅でみられたような建物のすきまは、ほとんどないと言える。

つぎに、住宅全体のすきまに関する測定の場合には、サッシや玄関ドアなどの目につくすきまをビニルシートで覆った状態から開始している。その結果を見ると、A社、B社ともにシールしていない部分にかなり多くのすきまが存在することがわかる。特にA社では、サッシすきまの約2倍に相当する大きさのすきまが認められる。したがって、サッシやドアおよび換気口のみを開口部として扱っていた今までの換気計算では、換気量や換気負荷を実際よりも相当少なく見積っていたことになる。

また、建物のすきまについては我が国だけではなく、英国・米国・スウェーデンなどでも問題にされており、英国での測定³⁾によれば、表-1に示すように各室ともサッシやドアのすきまより大きな開口面積に相当するすきまが、目につかない部分に存在することが報告されている。

表-1 窓・扉の開口部のすきまとその他の目につかないすきまの有効開口面積(英国)³⁾

	窓・扉の開口部 [m²]	目につかないすきま [m²]
居間・食堂	0.073	0.031
寝室1	0.025	0.037
寝室2	0.020	0.031
寝室3	0.026	0.036
寝室4	0.022	0.032
浴室	0.022	0.025
便所	0.018	0.019
台所	0.041	0.027

1.2 住戸全体のすきまの有効開口面積

すきまからの漏れ量 Q と室内外圧力差 ΔP との関係が、式(1)のように示されるとする*。

$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P} \quad \dots\dots (1)$$

ここで、

ΔP : 室内外圧力差 [Pa]

ρ : 空気密度 [kg/m³]

Q : 漏れ量 [m³/s]

αA : すきまの有効開口面積 [m²]

このとき便宜的に $\Delta P=10$ Pa(約1 mmAq)とし、そのときの実測値 Q から式(1)を用いて αA を求め、これをすきまの有効開口面積とする。そこで住戸全体に対する測定結果から αA を算定し、さらに αA を床面積で除した値を住宅の気密性能の指標として用いる。種々の住宅についてグレード表に示すと、表-2¹³⁾のようになる。

この表によれば、先に示した二つの住宅の気密性能はグレード1およびグレード2に相当する。また、北海道のコンクリートブロック造の気密化住宅³⁾はグレード4で、はるかに気密であることがわかる。またスウェーデンの例¹⁾では、住戸によるばらつきはあるもののグレード3,4に集中しており、かなり気密である。また米国の場合³⁾、温暖な気候にある住宅はグレード1,2、厳寒な気候の住宅はグレード4,5である。ちなみに、最近カナダや北米では、暖房設備の必要ないほどに断熱・気密化されたSuper Insulated Houseなるものが建設され始めているが³⁾、それらの住宅の気密性能はグレード5以上に相当するものと推定される。

以上のように、従来の住宅には、サッシやドア回りな

* 一般に、漏れ量 Q とすきま前後の差圧 ΔP 関係は、次式で表される。

$$Q = Q_0 (\Delta P)^{1/n}$$

ここで、

Q_0 : $\Delta P=1$ Paのときの漏れ量

n : すきま形状によって決まる定数

$n=1\sim2$ 。しかし、ここでは $n=2$ とした。

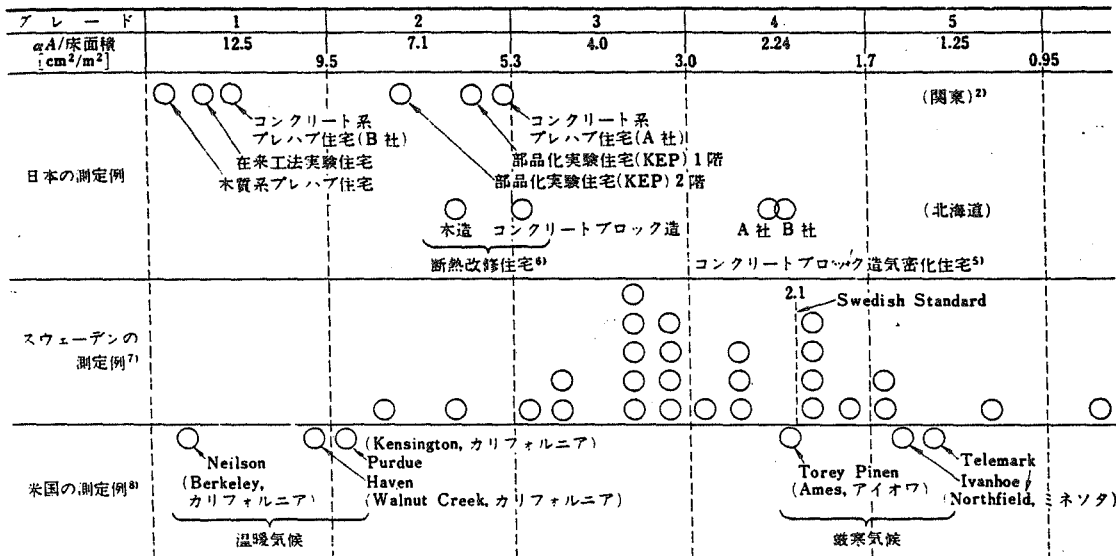
表-2 住戸全体のすきまの床面積あたり有効開口面積(αA /床面積)¹⁵⁾

表-3 換気計画上の前提条件

住宅設備 (換気設備を除く)	1) 暖房設備システムの種類 2) 給湯設備システムの種類 3) 炊事用熱源の種類
室内環境	1) 各室の温度・湿度 2) 室内空気質
住い方	1) 喫煙などによる汚染物質の発生の有無 2) 水蒸気の発生の有無
シールド	1) 建物外皮の気密性能 2) 内部間仕切りの気密性能 3) 平面形
屋外環境	1) 騒音レベル 2) 外部空気質 3) 風向・風速
エネルギー	1) 省エネルギーに対する社会的要請 2) エネルギー源の種類

どの換気計算で開口部として用いてきたすきまのほかにも、目につかないすきまがかなり存在することが明らかにされたが、省エネルギーの観点から建物が断熱気密化されれば、気密性能は従来よりも格段に向上するものと予想される。

2. 戸建て住宅における換気計画

2.1 換気計画上の前提条件

気密性能が向上しつつある戸建て住宅において、換気設備を適正に設置するためには、換気に関連する各種の条件を一つ一つ明確にしたうえで、換気計画を進めなければならない。表-3には、その前提条件となる項目を列

挙した。以下に主な項目の内容について示す。

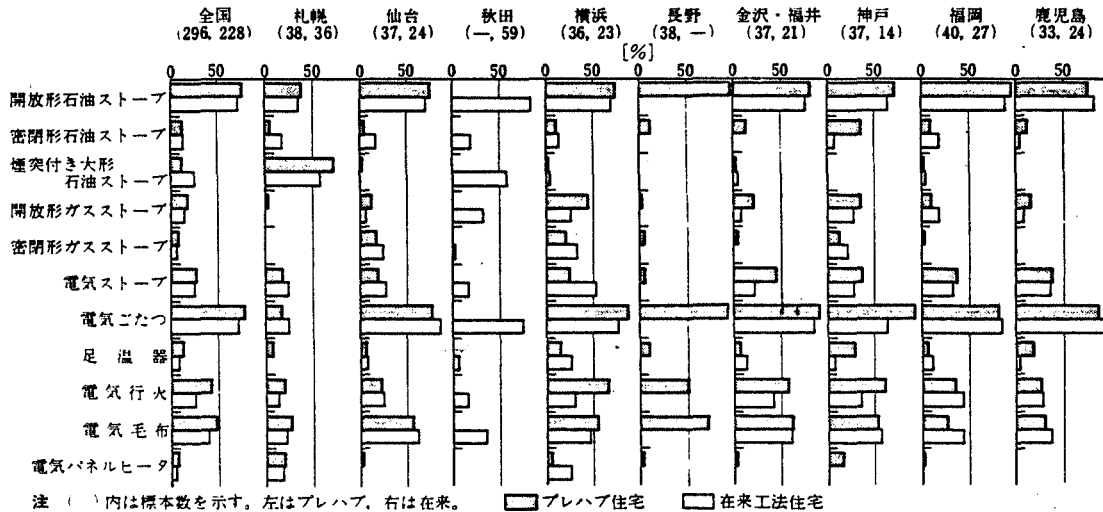
(1) 暖房設備システム

居室の換気が問題となるのは、主として暖房時である。そして、どのような暖房設備を選定するかによって換気計画が変わってくる。筆者らが、昭和52年8月に実施した全国10都市524戸を対象とした調査によれば、暖房設備の使用率は図-4のとおりである。北海道および東北地方北部を除くと、住宅における暖房設備としては開放形石油ストーブと電気こたつが最も普及している。開放形石油ストーブ使用時には換気することが必要であり、調査結果¹⁾でも、暖房時には70%前後の住宅が何らかの方法で換気に気を配っているようである。しかし、省エネルギーの観点から、住宅の気密化が進み、換気負荷を最小限に抑えるべきことや酸欠などの危険性を考慮すると、暖房器具としては燃焼のための換気が必要のない密閉形ストーブを選定すべきであろう。

密閉形ストーブは現在急速に普及しており、東北地方の戸建て住宅50戸を対象とした昭和54年12月から昭和55年1月の調査¹⁰⁾によれば、密閉形ストーブまたは中央式暖房の普及率は42%であった。

(2) 室内空気質

戸建て住宅において開放形ストーブを使用しても、従来特に問題が生じなかった理由は、住宅の気密性能が低かったからである。密閉形ストーブの使用を前提とすれば燃焼ガスの換気は考慮しなくてもよいが、建物の気密化に伴って別の問題が生じてくる。それは、断熱材などから発生するホルムアルデヒドやコンクリートから発生するラドンによる空気汚染である。これらの物質の発生

図-4 暖房設備の地域別使用率¹³⁾

量や許容値に関しては、米国などで研究中¹⁴⁾であり、その結果次第では、住宅居室の必要換気量が別の面から設定されることになるかも知れない*。

また、喫煙による空気汚染に対しては、喫煙時だけ窓を少し開けるとか、あるいは熱交換器付きの換気扇を設置して運転するなど、住み手の側で特別の配慮をもらう必要があろう。

(3) 各室の温度・湿度

冬期、戸建て住宅の中で十分暖房されている部屋は、ほとんどの場合に居間だけである。そのため、非暖房室の温度は外気温が 0°C のとき $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ と低い^{15), 16)}。

したがって、開放形ストーブの使用住戸では、非暖房室での結露が問題となっている。密閉形ストーブを使用している場合でも住宅が気密になれば、台所や浴室・洗面所で発生する水蒸気が温度の低い非暖房室へ侵入した場合、結露が生ずる。したがって、気密な住宅で結露を防止するには、水蒸気を発生源近くで速やかに除去することと、外壁の断熱性能を向上させて非暖房室の温度を高めることである。

(4) シェルタ

建物外皮の気密性能だけでなく、内部間仕切りの気密性の程度も換気計画に影響を及ぼす。特に、炊事時に大量の換気を行う必要のある台所と居間との間仕切りの気密性は問題で、それによって台所と居間を換気計画、1室として扱うか否かが決まってくる。

また、住宅の平面形状も換気計画に関連する条件であ

る。一つの部屋の2面が外壁であれば、その部屋だけで局所的な換気を行うことは比較的容易であるが、外壁が1面の場合には、住宅全体の換気経路の一部としてその部屋を扱わなければならないので、面倒になる。

2.2 換気経路

戸建て住宅には、各室に換気用小窓や換気口が設けられているものが多い¹⁷⁾が、換気経路が十分検討されたいえで、それらを設置している住宅は少ないようである。しかし、気密性能が高まれば今まで以上に確実な給気・排気を行う必要があり、そのためには換気経路を明確に定めなければならない。

居室の換気経路は、自然換気を前提とするか機械換気を前提とするかによって異なる。自然換気の場合には、室内外温度差による浮力や風力によって適当な換気が生ずるように、建物の一方から一方への空気の流れを考慮する。また、機械換気の場合には、各室の給気口から外気を導入し、廊下やホールを通過して排気口へと抜けるように計画する。ちなみに、先に紹介したSuper Insulated Houseでは、熱交換器を介して導入した外気をダクトによって各室に分配し、一方、台所・浴室・便所に設けた排気口に室内の汚れた空気を集め、ダクト・ファン・熱交換器を介して外部に排出する、いわば中央式換気システムを採用している。

台所における炊事時の換気は、水蒸気や燃焼ガスが発生するレンジ回りの部分だけで行われるように、給気口やフードを適切な位置に設ける必要がある。

また、浴室・便所については、換気扇が設置されている住戸は少ない¹⁷⁾が、気密性の高い住宅において換気口だけが設けられていると、台所で換気扇を運転した際に浴室・便所の換気口からも給気され、水蒸気や臭気が居

* 我が国では、従来から在室者の体臭を基準として必要換気量を $17\text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$ としている¹²⁾。また、ASHRAE Standard 90-75 "Energy Conservation in New Building Design"では、 $8.5\text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$ を規定している。

表-4 住宅の気密性能と暖房・換気設備システムのグレード

グ レード		1	2	3	4	5
住宅の気密性能 (住宅全体の単位床面積あたりすきまの有効開口面積 [cm ² /m ²])		12.5 ○ (かなりすきまあり)	7.1 ○ (ややすきまあり)	4.0 ◎ (やや気密)	2.24 ◎ (かなり気密)	1.25 ● (ほぼ完全気密)
暖房設備システム		局 所 方 式 ○ (移動形) 1) 開放形石油・ガスストーブ 2) 電気こたつ	局 所 方 式 ○ (固定形) 1) 半密閉形大形石油ストーブ 2) 密閉形石油・ガスストーブ	中央方式 ○◎ (居室のみ暖房)	中央方式 ◎ (全室暖房)	暖房設備なし ● (パッシブソーラシステム)
換気設備システム	居室	自然換気 ○ (窓の開閉による)	自然換気 ○ (換気口あり)	自然換気 ◎ (風量調整付き給気口)	機械換気 ◎ (室ごとに熱交換器付き。換気扇を設置)	中央式機械換気 ● (熱交換器付き)
	台所	機械換気 ○ (壁付き換気扇による。給気口なし)	機械換気 ○ (フード形換気扇による。給気口なし)	機械換気 ○◎ (フード形換気扇による。専用給気口あり)	機械換気 ◎ (フード形換気扇による。レンジ周辺で局所換気)	
	浴室 便所	自然換気 ○ (窓の開閉による)	自然換気 ○ (換気口あり)	機械換気 ○◎ (廊下から給気)	機械換気 ◎ (局所換気)	

注 ○ 現状のレベル ◎ 近い将来のレベル ● 将来のレベル

室や台所のほうに逆流するおそれがある。したがって、気密性の高い住宅では浴室・便所を常時機械換気して逆流を防ぎ、一方、居室の換気口から外気を導入することによって住宅全体を換気するという方式が望ましいであろう。

3. 気密性能と換気システム

2. で述べたことからわかるように、戸建て住宅においてどのような換気システムを選定すべきかは、建物の気密性能の程度と暖房設備のシステムによって、ほとんど決まるといってよい。そこで、気密性能の指標としてのすきまの単位床面積あたり有効開口面積・暖房設備システム・換気設備システムをそれぞれ分類し、グレード表に位置付けると表-4 のようになる²⁾。現状を○印、近い将来のレベルを◎印、将来のレベルを●印で示した。近い将来のかなり気密な住宅では、中央式暖房が普及すると想定した。その場合、換気については、機械装置を用いて積極的に換気量を制御していくことが必要である。またそのためには、設備を施すだけでなく、維持管理の方法を含めて、換気を考慮した住まい方を入居者に示さなければならない。

将来のレベルとしては、ほぼ完全気密で暖房設備の必要ないほど断熱された住宅(いわゆるパッシブソーラハウス)を想定している。その場合には、熱交換器を組み込んだ中央式換気システムが設置される必要がある。グレード5は将来のレベルとしたものの、北海道・東北地方北部の厳寒な気候条件の地域では、近い将来のレベル

として積極的に考える必要があろう。

おわりに

戸建て住宅の換気計画を行うには、まず前提条件を明確にする必要がある。その中で最も重要な条件が、建物の気密性能と暖房設備システムである。建物の気密性能は、省エネルギーの観点から急速に向上している。したがって、それに対応した適切な暖房設備を選定し、また、どの部屋においても確実な給気・排気が行われるように細心の注意を払って換気計画を進め、適切な換気システムを選定しなければならない。さらに、それらを維持していく入居者に対しても、換気に関する正しい住まい方を示していく必要があろう。

最後に、戸建て住宅の換気計画を行う際には、換気計画上の制約条件の厳しい集合住宅における換気設備実施例を大いに参考にすべきであることを述べ、本稿の結びとする。

参 考 文 献

- 1) 建設省建築研究所：住宅性能評価基準の開発(住宅設備の評価と選定システム)、昭和52年度総合技術開発プロジェクト(担当は(財)国土開発技術研究センターに設けられた設備システム委員会、委員長：東京大学生産技術研究所 村上周三)、(昭53-3)
- 2) 勝田高司・村上周三・吉野博：住宅設備の性能評価に関する研究——主としてエネルギー消費と住い方の観点から、東京大学生産技術研究所報告、(昭52-3)
- 3) D. J. Nevrala and D. W. Etheridge: Natural Ventilation in Well-Insulated Houses, Energy Conservation in Heat-

- ing, Cooling and Ventilating Buildings, Volume 1, Hemisphere Publishing Corp., (1978)
- 4) 橋崎正也：建物の開口部と換気，空気調和・衛生工学，54-4(昭55-4)
 - 5) 荒谷登・佐々木隆：気密化住宅の計画，日本建築学会北海道支部研究報告集，52(昭55-3)
 - 6) 旭ダウ(株)：断熱改修実験報告書，(昭54-6)
 - 7) Johnny Kronvall：Testing of Houses for Air Leakage Using a Pressure Method, ASHRAE Transaction, (1978), Part 1
 - 8) D. T. Grimsrud, M. H. Sherman, R. C. Diamond and R. C. Sonderegger：Air Leakage, Surface Pressures and Infiltration Rates in Houses, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, (1979-3)
 - 9) Gene Dallaire：Zero-energy houses：bold, low-cost breakthrough that may revolutionize housing, Civil Engineering-ASCE, (1980-5)
 - 10) 石川善美・長谷川房雄・吉野博：東北地方の住宅における温熱環境調査(その3)，冬の住い方に関するアンケート調査(主として青森，盛岡の場合)，日本建築学会大会学術講演梗概集，(昭55-9)
 - 11) C. D. Hollowell, J. V. Berk and G. W. Traynor：Impact of Reduced Infiltration and Ventilation on Indoor Air Quality in Residential Buildings, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, (1978-11)
 - 12) 日本建築学会設計計画パンフレット18，換気設計
 - 13) 吉野博・長谷川房雄・赤林伸一：東北地方の住宅における温熱環境調査(その1)青森市の木造独立住宅における冬の温湿度について，日本建築学会大会学術講演梗概集，(昭55-9)
 - 14) 赤林伸一・長谷川房雄・吉野博：東北地方の住宅における温熱環境調査(その2)盛岡市の木造独立住宅における冬の温湿度について，日本建築学会大会学術講演梗概集，(昭55-9)

- 15) 村上周三：住戸の気密性と換気・通風計画，日本建築学会，建築における省エネルギー，国際シンポジウム“建築と省エネルギー'79”，(昭54-10)

(昭和55. 7. 4 原稿受理)

Design of Ventilation System in Low Infiltration Detached House

Hiroshi Yoshino*

Synopsis The air-tightness of various houses is revealed by testing of pressurization method, and the equivalent open area of air infiltration per floor area is proposed as the index of air-tightness of a house.

Then, the heating system, indoor air quality, indoor temperature and humidity and house planning which affect the ventilation design, are discussed in connection with the air-tightness of a house. It is also stressed that in the low infiltration house, the outdoor air should be surely taken in and the polluted indoor air should be surely exhausted to outside.

Lastly, the ventilation systems are ranked corresponding to the graded equivalent open area and the graded heating system.

(Received July 4, 1980)

* Department of Architecture, Faculty of Engineering, Tohoku University, Member

日本建築設備年譜

建物の近代化に伴い既存の由緒ある建物がつぎつぎに姿を消し、それとともにかつて設備技術者が多大な努力を傾けた貴重な建築設備も、その建物とともに消え失せていく実情にあります。本学会では、こうした実情を遺憾とし、既設建物の設備調査委員会・同資料編纂小委員会を設置して、明治元年より順に年代を追って主として文献により建物設備の調査を進め、昭和30年まで一応の完結をみ、これを集大成したのが本書であります。これにより、これまでの建築設備方式や機器など、その技術の変遷過程をたどることができます。

B5判 本文233頁 資料編約80頁
収録 明治元年～昭和30年 建物数約800
定価 3 000円 会員特価 2 500円
送料 300円