

# 日本における漏気量・漏気負荷の地域特性に関する検討

## 住宅の換気・通風に関する実験的研究 その3

### NUMERICAL ESTIMATION OF REGIONAL CHARACTERISTICS OF INFILTRATION LOAD IN JAPAN

#### Experimental study on natural ventilation detached house Part 3

高倉秀一\*, 赤林伸一\*\*, 須山喜美\*\*\*, 水谷国男\*\*\*\*, 青木大明\*\*\*\*\*

*Shuichi TAKAKURA, Shin-ichi AKABAYASHI, Yoshimi SUYAMA,*

*Kunio MIZUTANI and Taimei AOKI*

The distribution of the infiltration loads of the model detached house and its energy consumption costs for the air-conditioning in Japan are numerically estimated. The distribution of infiltration loads, calculated from the coefficients of wall surface windpressure by means of the wind tunnel experiment, the wind velocity and the outdoor temperature accounting the annual meteorological data which precisely covers all over Japan, well presents not only the regional characteristics of the infiltration loads in Japan, but also the regional effectiveness of the airtightness of the house. Observing the distributions, follows are introduced:

1. In winter season, very large amount of the infiltration loads for heating is estimated at the northern half of Japan and the seashore area along Japan Sea.

2. In summer season, and large amount of the infiltration loads for cooling is estimated at southern part of Japan and at several large plains.

3. The distribution of the energy consumption costs for the air-conditioning is rather similar to the distribution of the infiltration loads in winter season. Thus, it is concluded that the airtightness of the house is very effective to reduce the infiltration load in Hokkaido, Tohoku, Hokuriku area.

*Keywords : Infiltration, Infiltration Loads, Distribution,  
Regional Characteristics, Numerical Estimation  
漏気量、漏気負荷、分布マップ、地域特性、数値解析*

#### 1. 序

近年、室内環境の質の向上や省エネルギーに寄与するとの観点から寒冷地を中心に高断熱・高気密の住宅が急速に普及している。しかしながら、これら住宅に適用される断熱性能や気密性能の基準に関しては、大まかな地域区分に基づく住宅金融公庫の断熱仕様を準用している場合が多い。このうち、断熱性能に関しては、外気温や日射量の統計値から暖冷房負荷を算出することでより細かな地域特性を考慮した要求性能を比較的容易に決定することができる。一方、気密性能に関しては外気温以外に屋外の風速も室の換気性状(漏気の状態)に影響を与えるため、外部風速の状況を考慮することもその要求性能を決定するための重要な要素となる<sup>\*1)</sup>。すなわち、冬季の場合、外部風速が速く外気温の低い地域では、気密性能の向上が暖房負荷の低減に大きく寄与するものと考えられ、これに対し、外気温が低くても風の弱い地域や風が強くても外気温の高い地域では、気密性能の向上は暖房負荷の低減には相対的に寄与しないものと考えら

れる。また、夏季の場合、室内設定温度と外気温の差が冬季ほど大きくないため、冷房負荷がそれほど大きくなり、必ずしも気密性能の向上を第一義に考える必要のないことが予想される。

筆者らは住宅の自然換気や通風と室内環境に関する一連の研究<sup>\*2~\*4)</sup>を行っており、既報(その1)<sup>\*5)</sup>では、住宅の風力による自然換気量と気密性能の関係を風洞実験により明らかにした結果を報告した。更に、前報(その2)<sup>\*6)</sup>では、全国26地点を対象に屋外気候と室内環境の関係を解析し、求められる断熱・気密性能を整理した結果に関して報告した。本報では、気候特性に対応した断熱・気密性能の向上の必要性を検討する際の判断基準を提供することを目的として、気象庁AMeDASにより全国840地点にて観測された外気温、風向、風速のデータに基づいて住宅の漏気量・漏気負荷を算出して、これらの地域特性を明らかにした結果に関して報告する。なお、米国ASHRAE基準119-1988(RA94)<sup>\*7)</sup>においても漏気量度日や地域に推奨される気密性能を示した図表が提示

\* ㈱間組技術研究所 主任研究員

\*\* 新潟大学工学部建築学科 助教授・工博

\*\*\* ㈱間組技術研究所 主任研究員・工博

\*\*\*\* 三建設備工業(株)つくば総合研究所  
主任研究員・学博

\*\*\*\*\* ㈱間組技術研究所 研究員

Senior Researcher, Technical Research Institute, Hazama Corp.

Assoc. Prof., Faculty of Engineering, Niigata Univ., Dr. Eng.

Senior Researcher, Technical Research Institute, Hazama Corp.,  
Dr. Eng.

Senior Researcher, Tsukuba Research Institute, Sanken  
Environmental Engineering Co., Ltd.

Researcher, Technical Research Institute, Hazama Corp.

されているが、これは米国国内を対象としたものであり、また、室内外に一定の圧力差を仮定した漏気量の計算法<sup>\*)</sup>に基づくものである。これらの点に関して、本報では、風洞実験結果に基づく室内外圧力差、外部風速、室内外温度差を考慮し、日本国内を対象とした算出結果を示しており、ASHRAE基準とは異なる性質のものである。

## 2. 漏気量・漏気負荷の算出

以下の過程で漏気量・漏気負荷を算出する。

### 2.1 検討対象住宅と風圧係数の測定

検討対象とした戸建低層住宅の形状を図1に示す。本住宅は小屋裏、床下及び軒下に換気口300cm<sup>2</sup>を有する切妻屋根の1階建て住宅である。住宅の1/50模型を用いて風洞実験を行い、風向を30°毎に変化させた場合の壁面風圧係数を測定する<sup>\*)</sup>。本研究では室内外の風圧係数差が最大となる周辺街区建蔽率0%（建物単独で建て

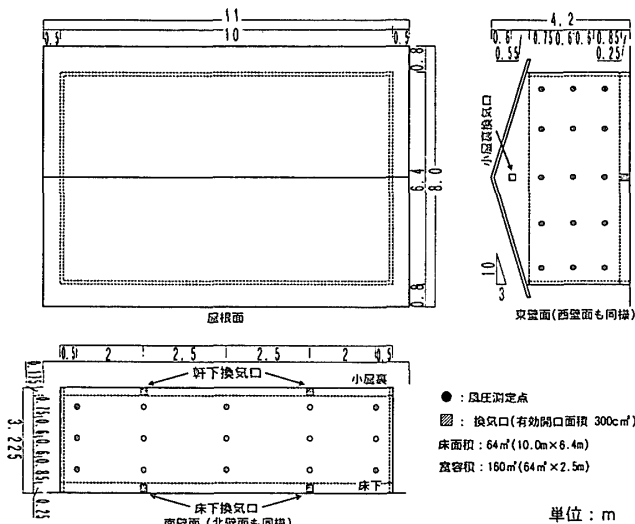


図1 対象とした低層住宅モデル

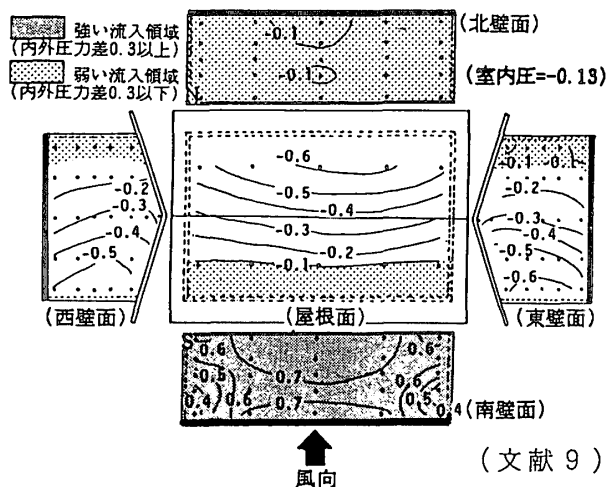
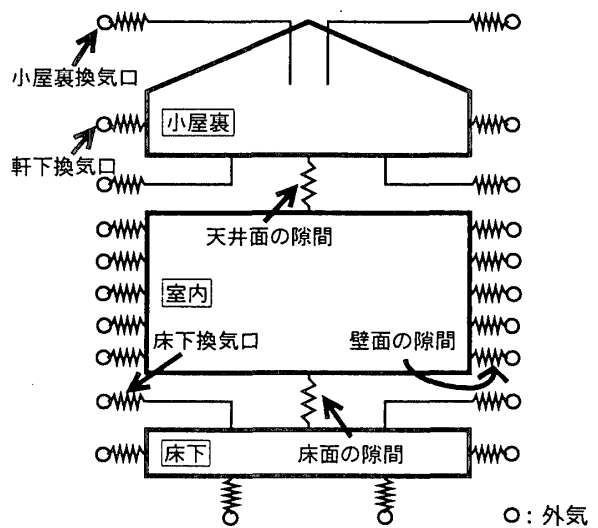


図2 低層住宅モデルにおける風圧係数分布 (建蔽率0%、風向0°、隙間特性n=2.0)

いる状況)の場合の壁面風圧係数をもとに、建物の隙間等を通して出入りする屋外風と室内外温度差による換気量(以下漏気量と称す)を算出する。壁面風圧係数の分布の一例として風向角0°における壁面風圧係数分布を図2に示す。風向角0°の場合、室内圧に対し風向に正対する面(南面)で大きな正圧となり室内への空气の強い流入が起こり、また、背面でもやや正圧となり流入が起こる。他の風向角における壁面風圧係数分布は参考文献9を参照されたい。なお、本研究で対象とした模型の換気回数(風向0°)は、建蔽率0%の時に比較して建蔽率20%に変化させると約2/3に減少する<sup>\*)</sup>。

### 2.2 住宅の気密性能の仮定と漏気量の算出

住戸壁面の気密性能は地域の特性がより明確になるよ



隙間面積の振り割り

面積(m <sup>2</sup> )	隙間の割合(%)	面積(m <sup>2</sup> )	隙間の割合(%)		
天井面	64.0	30.48	東壁面	16.0	7.62
床面	64.0	30.48	西壁面	16.0	7.62
			南壁面	24.0	11.91
			北壁面	24.0	11.91

図3 対象とした換気回路網

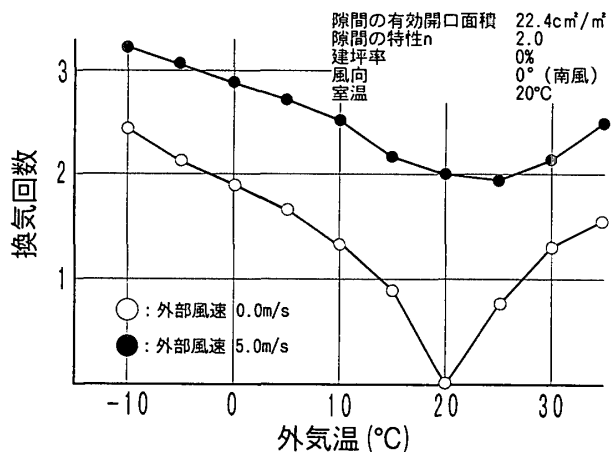


図4 外気温が変化した場合の換気回数

うに、村上、吉野による分類でグレード6<sup>(10)</sup>に分類される $\alpha A=22.4\text{cm}^2/\text{m}^2$ を仮定する。これをもとに外壁面の風圧係数測定点に隙間を割り当て、前項にて測定された壁面風圧係数を入力条件とした換気回路網計算を行ない、風向別の換気量を算出する。なお、 $\alpha A$ と漏気量はほぼ比例関係にあるため、高い気密性能の場合も本算出結果から高い精度での予測が可能である。図3に換気回路網計算に用いたダイヤグラムを示す。換気回路網計算では小屋裏、室内、床下に圧力節点を設け、隙間面積は各壁面(測定点15点)、床面(1点)、天井面(1点)における各風圧測定点の受け持っている面積の重み付けにより割り振るものとする。また、室温は20℃で一定と仮定して外気温と室温の温度差を5℃毎に変化させた10段階、屋外風速は0~15m/sの範囲で12段階に変化させ、風洞実験による30°毎の風向毎に漏気量を算出する。なお、漏気量は比較の便により室容積で除して換気回数

として示す。

図4に一例として住宅側面(南面)に屋外風が正対する場合の漏気量の算出結果を示す。外気温20℃において、屋外風速0m/sの場合に漏気量0、屋外風速5m/sの場合には換気回数2回程度の漏気量となる。

### 2.3 気象データを用いた漏気量の算出

気象庁AMeDAS<sup>(11)</sup>により1978~1990年の13年間に観測された気象データのうち、風向、風速、気温の観測値を有する全国約840地点(25 四方に1点程度、北海道日高山脈にてやまばら)における各時刻の漏気量を算出する。なお、室内の設定室温は次項の通りと仮定し、室内外の温度差に着目して前項の各水準・各温度差の算出結果のテーブルを作成し、これより各風速、風向に関して漏気量を補間して算出する。また、観測値の風速に関しては、風速の鉛直プロファイルをベキ指数分布とし、ベキ指数 $\alpha=1/4$ として各観測点の標高上の建物の軒高

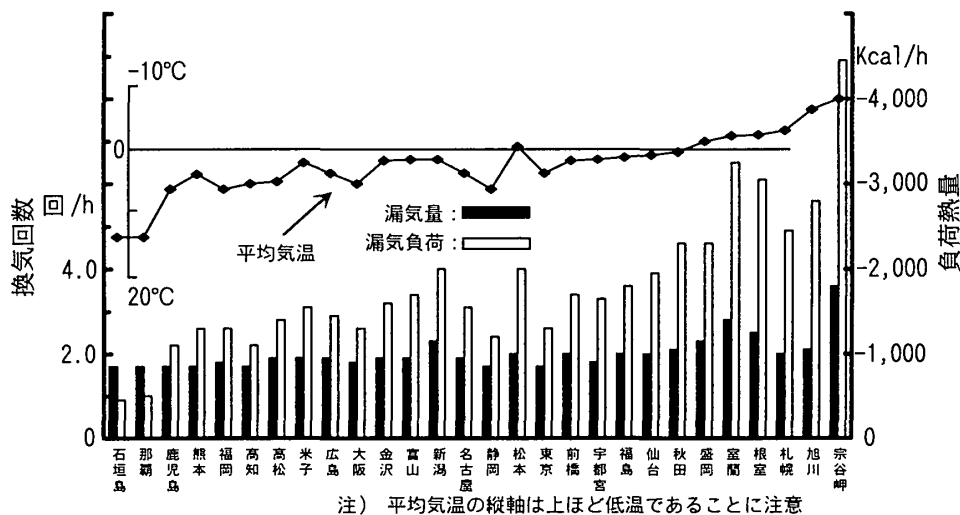


図5 主要都市の1月における漏気量および漏気負荷

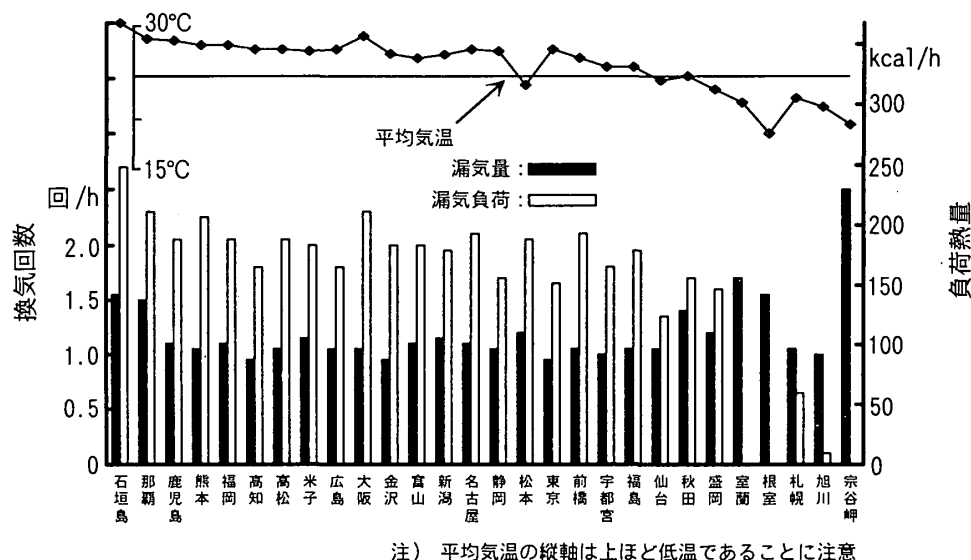


図6 主要都市の8月における漏気量および漏気負荷

風速（地上4.2mにおける風速）に換算して使用する。

## 2.4 冷暖房条件の設定と漏気負荷の算出

冬季の設定室温は22℃とし、日平均気温が18℃<sup>(\*)</sup>以下となる日を暖房日とする。夏季の設定室温は25℃とし、日平均気温が22℃以上の日を冷房日として外気温が設定室温より高くなった場合に冷房を行うものとする。室温と外気温の差並びに漏気量から各時刻の漏気負荷を算出する。なお、暖房日にはあるが設定室温より外気温の高い時刻、冷房日にはあるが、設定室温より外気温の低い時刻は各漏気負荷の算出より除外する。漏気量並びに漏気負荷算出対象とした13年間の該当時間（月別又は年間）分を積算し、それぞれの該当時間数で除した時間当たりの平均値を算出する。

## 3. 漏気量・漏気負荷の状況

### 3.1 主要各都市の最大漏気量・漏気負荷

#### (1) 冬季における暖房時の漏気量・漏気負荷

冬季では、月別の暖房時の漏気量・漏気負荷は概ね1月に最大となる。1月における全国主要26都市等の1時間当たりの暖房時の漏気量（室気積で除した換気回数で示す）、漏気負荷、平均外気温の状況を図5に示す。暖房時漏気量は1.5~2.5回/h（0.023~0.039回/m<sup>3</sup>・h：床

凡例：漏気量

■	1.4~1.6 回/h(0.022~0.025 回/m <sup>3</sup> ・h)
■	1.6~1.8 回/h(0.025~0.028 回/m <sup>3</sup> ・h)
■	1.8~2.0 回/h(0.028~0.031 回/m <sup>3</sup> ・h)
■	2.0~2.2 回/h(0.031~0.034 回/m <sup>3</sup> ・h)
■	2.2~ 回/h(0.034~ 回/m <sup>3</sup> ・h)

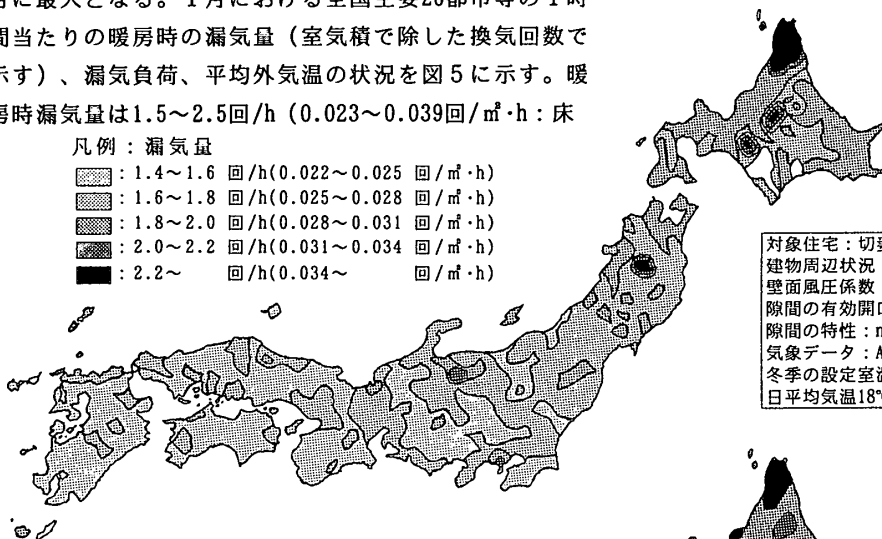


図7 暖房時の全国の漏気量マップ

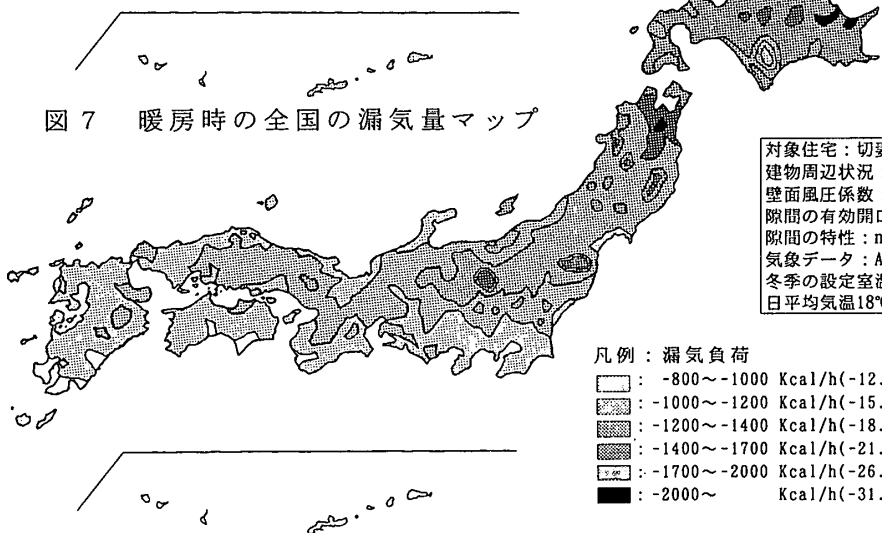


図8 暖房時の全国の漏気負荷マップ

面積基準、以下同様)の範囲内に入る。暖房時漏気負荷は470kcal/h~4,400kcal/h (7.34~68.75kcal/m<sup>2</sup>・h)の範囲となる。漏気負荷は外気温に強く影響されるが、局所的にはその地点の外部風速の強弱による漏気量の多少に伴って差異を生ずる。前報<sup>(\*)</sup>に示された各都市の全暖房負荷と比較すると、暖房時の漏気負荷は全体負荷の13%(鹿児島)~16%(札幌)程度となる。

#### (2) 夏季における冷房時の漏気量・漏気負荷

夏季では、月別の冷房時の漏気量・漏気負荷は概ね8月に最大となる。8月における全国主要26都市等の1時間当たりの漏気量（換気回数で示す）、漏気負荷、平均外気温を図6に示す。漏気量は1.0~1.6回/h（0.016~0.025回/m<sup>3</sup>・h）の範囲内に入る。漏気負荷は0~250kcal/h（0~3.91kcal/m<sup>2</sup>・h）の範囲となる。冷房時の漏気量・漏気負荷とも暖房時の漏気量・漏気負荷より総じて小さい。宗谷岬、根室、室蘭で漏気量は多いが、これらの地域では8月でも暖房が必要とされるため冷房時の漏気負荷は0となる。

対象住宅：切妻平屋(床面積64m<sup>2</sup>、室容積160m<sup>3</sup>)  
 建物周辺状況：単独建物(建蔽率0%)  
 壁面風圧係数：風洞実験による  
 隙間の有効開口面積：αA=22.4cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>  
 隙間の特性：n=2.0  
 気象データ：AMeDAS, 1978~1990年  
 冬季の設定室温：22℃とし、  
 日平均気温18℃以下となる日を暖房日

対象住宅：切妻平屋(床面積64m<sup>2</sup>、室容積160m<sup>3</sup>)  
 建物周辺状況：単独建物(建蔽率0%)  
 壁面風圧係数：風洞実験による  
 隙間の有効開口面積：αA=22.4cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>  
 隙間の特性：n=2.0  
 気象データ：AMeDAS, 1978~1990年  
 冬季の設定室温：22℃とし、  
 日平均気温18℃以下となる日を暖房日

凡例：漏気負荷

■	-800~-1000 Kcal/h(-12.50~-15.63 Kcal/m <sup>2</sup> ・h)
■	-1000~-1200 Kcal/h(-15.63~-18.75 Kcal/m <sup>2</sup> ・h)
■	-1200~-1400 Kcal/h(-18.75~-21.88 Kcal/m <sup>2</sup> ・h)
■	-1400~-1700 Kcal/h(-21.88~-26.56 Kcal/m <sup>2</sup> ・h)
■	-1700~-2000 Kcal/h(-26.56~-31.25 Kcal/m <sup>2</sup> ・h)
■	-2000~ Kcal/h(-31.25~ Kcal/m <sup>2</sup> ・h)

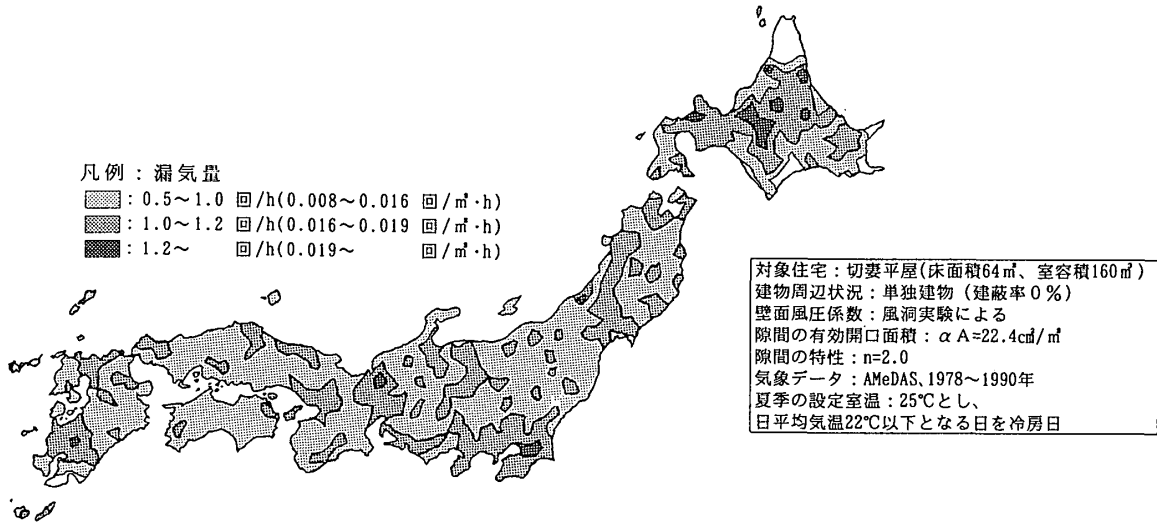


図9 冷房時の全国の漏気量マップ

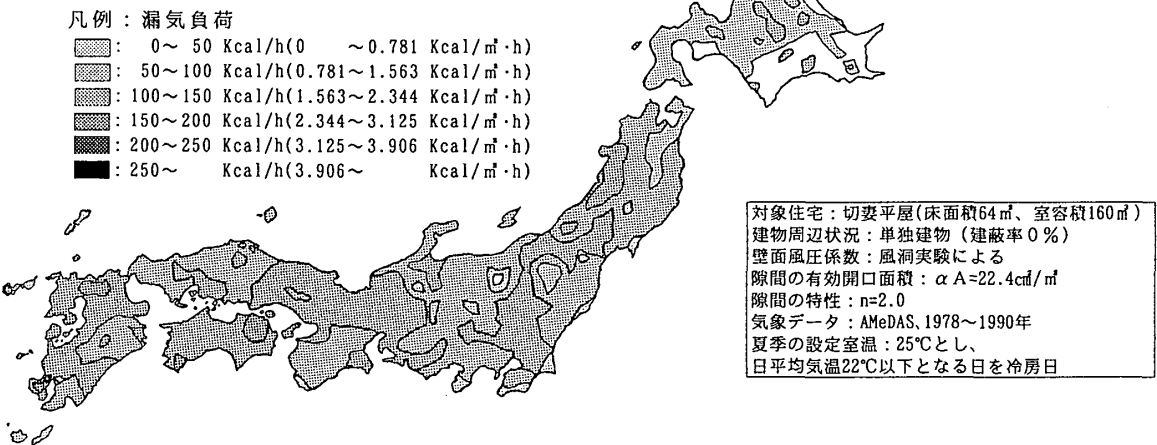


図10 冷房時の全国の漏気負荷マップ

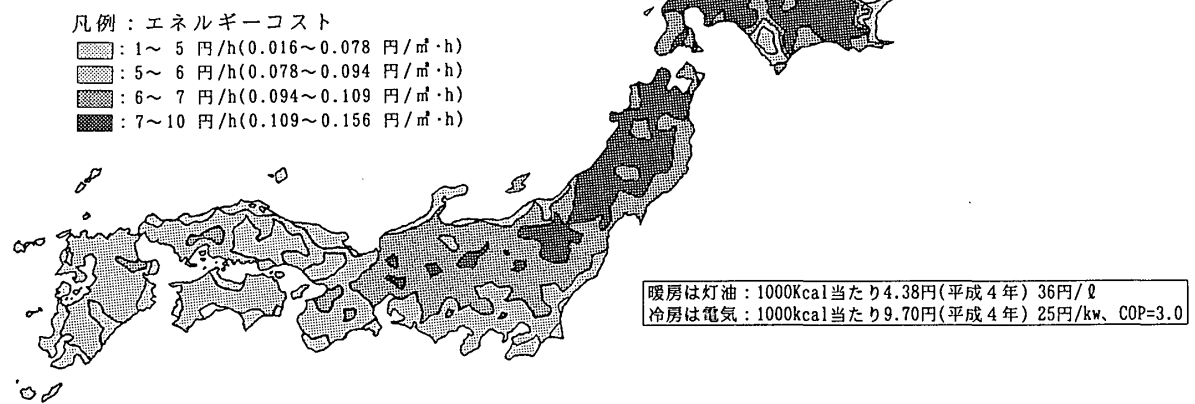


図11 年間の漏気負荷によるエネルギーコストマップ

### 3. 2 年間の漏気量・漏気負荷の地域特性

#### (1) 暖房時における全国の漏気量・漏気負荷の分布

暖房時における全国の漏気量、漏気負荷の分布（年間平均）を図7、8に示す。暖房期間全体の平均のため分布値は前述の月別値より小さくなる。日本の最北端（宗谷岬）にて漏気量・漏気負荷とも最大となる。沿岸地域では内陸部に比べ漏気量が多くなる地域が全国各地にあるものの、本州の南半分では漏気負荷は相対的に小さい。東北地方以北及び日本海側では漏気量、漏気負荷とも大きくなる。また、本州中央の高地では漏気負荷のみが大きくなる傾向を有する。

#### (2) 冷房時における全国の漏気量・漏気負荷の分布

冷房時における全国の漏気量、漏気負荷の分布を図9、10に示す。冷房期間全体の平均のため分布値は前述の月別値より小さくなる。日本の最南端（石垣島）で漏気量・漏気負荷とも最大となる。北海道北側沿岸地域では外気温が低く、冷房時の漏気負荷は算出されない。漏気量は南北方向にはそれほど関係なく分布するが、平野部で多くなるという傾向を有する。一方、漏気負荷は南方ほど大きくなる傾向を有し、特に平野部（関東、大阪、仙台、筑紫）で漏気量の増大と相俟って大きくなる。

### 4. 気密性能の向上の有効な地域

前章にて算出された冬季及び夏季の漏気負荷の算出値を用いてこれに要する冷暖房エネルギー費を算出した結果を図11に示す。図11では、暖房は灯油（1,000kcal当たり4.38円：1992年。36円/ℓを想定）で、冷房は電気（1,000kcal当たり9.70円：1992年。25円/kWh、成績係数3.0を想定）で行なうものとして、冬季・夏季の漏気負荷から算出されるエネルギー費冷暖房実施期間を考慮、合算して全国分布として示してある。前述の冬季・夏季の漏気負荷の分布では大小の分布状況は南北でほぼ反対となる。また、エネルギーの単価は夏季の約半分であるものの、冬季の負荷の割合が相対的に大きいために、漏気による負荷を補償するための冷暖房に関する総エネルギー費の分布は冬季の漏気負荷分布に準じた様相となる。

すなわち、北海道の北部・西部・東部、本州の東北・北陸地方及び中部地方の日本海側の地域では漏気量、漏気負荷、年間の漏気によるエネルギー費が高くなる傾向を有し、これらの地域では住宅の気密性能の向上が、暖房負荷の低減により有効に寄与するものと考えられる。

### 5. まとめ

風洞実験結果及びAMeDASデータをもとに全国の漏気量分布・漏気負荷分布・冷暖房エネルギー費分布マップを提示し、その地域特性について定量的な検討を行なった。さらに、漏気量・漏気負荷分布・冷暖房エネルギー費分布の地域特性から住宅の気密性能の向上が暖房負荷の低

減に有効と考えられる地域を検討した。この結果、北海道の北部・西部・東部、本州の東北・北陸地方及び中部地方の日本海側の地域では漏気量、漏気負荷、年間の漏気によるエネルギー費が高くなる傾向を有し、これらの地域では住宅の気密性能の向上が、暖房負荷の低減により有効に寄与することが判明した。

本報では、冬季・夏季の顕熱による漏気負荷を対象とした検討結果を示した。今後は住宅の換気・通風に関する研究として、潜熱を含めた換気負荷の検討や必要換気量と室内空気質等の観点からのより広範な検討を行う予定である。

### 謝辞

本研究は（財）住宅建築省エネルギー機構内に設けられた住宅室内環境水準向上検討委員会、断熱気密部会、気密グループ（主査吉野博、東北大学教授）で行なった研究の一部である。本報の著者以外の委員は石川善美（東北工業大学助教授）、内海康雄（宮城高専助教授）、福島明（北海道寒地研究所）の各氏である。本研究成果の公表の機に際し、ここに記して関係者各位に心から謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 赤林伸一、水谷国男、桑原亮一：気候特性に対応した住宅の居住性能に関する研究、その1、その2、日本建築学会北陸支部研究報告集、1990年7月
- 2) 村上周三、赤林伸一、他：接近流の気流性状が建物の換気通風に及ぼす影響に関する研究、その1、第9回風工学シンポジウム論文集、1986年12月
- 3) 村上周三、赤林伸一、他：住宅の自然通風に関する実験的研究、その1、日本建築学会計画系論文報告集、No.372、昭和62年2月
- 4) 村上周三、赤林伸一：トレーサーガス法を利用した住宅の自然通風に関する風洞実験、日本風工学会誌、第33号、昭和62年3月
- 5) 赤林伸一、村上周三、水谷国男、高倉秀一：住宅の換気通風に関する実験的研究、その1、日本建築学会計画系論文報告集、No.456、1994年2月
- 6) 赤林伸一、水谷国男、高倉秀一、須山喜美、桑原亮一：住宅の換気通風に関する実験的研究、その2、日本建築学会計画系論文報告集、No.464、1994年10月
- 7) ANSI/ASHRAE 119-1988(RA94), ASHRAE STANDARD, Air Leakage Performance for Detached Single-Family Residential Buildings, American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc
- 8) ASTM E779-87 (92-E01), Standard Test Method for Determinating Air Leakage Rate by Fan Pressurization, American Society for Testing and Materials, 1987.
- 9) 大和田淳、村上周三、赤林伸一：接近流の気流性状が建物の換気通風に及ぼす影響に関する研究(105)、日本建築学会関東支部研究報告集、昭和61年
- 10) 村上周三、吉野博：住宅の気密性能に関する調査研究、日本建築学会論文報告集、第325号、昭和58年3月
- 11) 気象庁編：地域気象観測システム観測所一覧表、昭和56年3月
- 12) 松尾颯、村上周三、宮田紀元、鎌田元康、坂本雄三：現代の気象テクノロジー7 建築と気象、朝倉書店、1986年3月

(1995年5月10日原稿受理、1995年9月26日採用決定)