

熱伝達率の研究 (第1報)

小林定教・宮野秋彦

建築学教室
(1971年9月13日受理)

Study of the Heat Transfer Coefficient. Part I

Sadanori KOBAYASHI and Akihiko MIYANO

Department of Architecture
(Received September 13, 1971)

We have tried to make our way of thinking about the heat transfer coefficient from the architectural point of view, and reported the results of a basic experiment concerning the relationship between the wind velocity and the heat transfer coefficient.

As the experimental results, we have been able to make clear that the distribution of the wind velocity produces a powerful effect on the heat transfer coefficient.

1. 緒言

建築物の冷暖房および空気調和の負荷計算における合理化ならびに精度向上に関する要求が高まるにつれて、近年にわかに構造体の表面熱伝達特性の早急な解明が認識されるようになった。

建築環境工学分野において熱伝導に関しては、すでに諸方面にわたり、かなり多くの実験および理論的な研究が行なわれている。

一方、これに反し建築学的熱伝達は、これに影響を与える因子も多く、実験を正確に行なうことが極めて困難である。そのため、十分な資料が出されていないのが現状である。

したがって、冷暖房空気調和の負荷計算において、この熱伝達率をいかに仮定するかによって熱負荷計算結果の精度が左右される恐れがある。

本研究は刻々変化する屋外気象条件下での建築学的熱伝達現象の解明を目的として、各種構造体の方位別、部位別および高さ別の熱伝達特性を始めとして、単体としての建築物、さらに、建築群および都市全体の熱伝達特性の解明に普遍し、また、都市域における建築群の造成に伴って、それらの地域において発生すると考えられる気流の収縮、拡散、停滞現象を解明し、さらに反射、蓄熱などによる熱的現象の影響をも含めて、都市の総合

熱伝達率とも称すべきものを求めんとするものである。

本報では、まず、表記の研究を遂行するに当たっての筆者などの考え方を明らかにし、あわせて気流性状と熱伝達率との関係について基礎的実験を行なったところを報告する。

2. 建築学的熱伝達率と風速のとりえ方について

この一連の研究を行なうに当たって建築学的熱伝達率を図一のごとく分類した。

図に示すごとく熱伝達率を屋内と屋外に関するものに大別する。

また、屋外熱伝達率は一つの建物、一つの部屋の熱負荷を対象とするもの(個別熱負荷)と、さらに広い範囲の地域冷暖房、都市設計を対象とする場合(都市熱負荷)とに分けることができる。

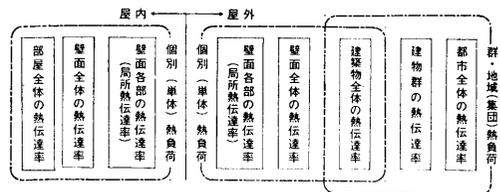


Fig. 1 Classification of the heat transfer coefficient from the architectural point of view.

これらのうち、現在までの研究は全てここにいう個別熱負荷に関するものであって、しかも、それらのほとんどは、比較的平滑な小試料面を対象とした局所熱伝達特性であったとみることができる。

したがって、上記したごとき地域熱負荷を対象とする屋外熱伝達特性の解明と平行して、屋内熱伝達の面では種々の表面粗度をもった壁面に対する熱伝達特性や、隅角部を有し、換気を伴ない、家具を内蔵する一つの部屋全体の総合的な熱伝達特性を解明することなども今後における重要な研究課題である。

次に、熱伝達率に影響を及ぼすと考えられる要因をとりまとめると図-2のごとくなる。

これらの個々の因子の影響については全て明らかにされているわけではないが、これらのうちで最も大きな影響を及ぼすものは経験的に気流特性であると考えられる。

従来、一般に建築学方面では対流熱伝達率を風速の関数で表わしているが、その場合の風速値は極めて観念的なものであって、実際にどの位置の風速を採用したらよいか明らかにされていない。

また、气象台測定風速と建物付近の風との相関については、伊藤直明、岡樹生、木村健一、後藤滋、佐藤鑑、関根孝、関根毅、前川甲陽、吉沢晋氏などの研究が進行中であるが今後になお多くの部分を残している。

図-3は上述の建築学的熱伝達率を論ずる場合に関係を有すると考えられる種々の風を系統的に画いたものであって、これらの風との関係について今後解明されなければならない主要な問題点は下記の通りである。

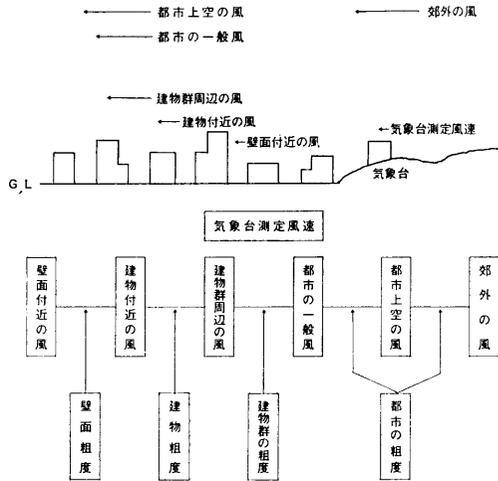


Fig. 3 Classification of the wind from the architectural point of view.

- a) どの位置の風速が熱伝達率に最も影響を与えるか
- b) 熱伝達率を風速の関数で表わす場合、どの位置の風速を採ったらよいか
- c) 熱伝達特性を論ずる場合の風速と气象台測定風速との相関性
- d) 都市、建物群、建築物および壁面の粗度と気流分布の関係
- e) 熱伝達率に及ぼす風速の乱れの影響
- f) 風洞実験の際の風と自然風との関係

3. 鉛直小試料壁面による基礎実験の結果とその検討

筆者などは、すでに過去2～3年間にわたり別の小試料壁面(30×30cm²)を対象として、壁面付近の風速分布および風向を種々変化せしめた場合について予備実験を行なってきた。

今回は、今後一連の実験、研究を行なうに当って、これらの結果に基づき、以下に述べるごとき基礎実験を行なったので報告する。

実験装置の主要部は図-4のごとく閉鎖型回流式風洞と試料板(0.5×1.8m²)を貼付けた恒温水槽よりなり、恒温実験室内に設置した。

風洞内表面および試料板表面には Al 箔(0.2%)を貼付け輻射の影響を極力少なくするよう留意した。

風洞内気温および実験室内気温は図-4のごとき方法で同一気温に保持した。

風速および温度分布は定常化後、熱線風速計、ならびにCC熱電対(共に0.3mmφ)を用い試料板上下中央位置法線方向で図に示す各測点について測定を行なっている。なお、測定分布は、試料表面近傍を比較的密に採り

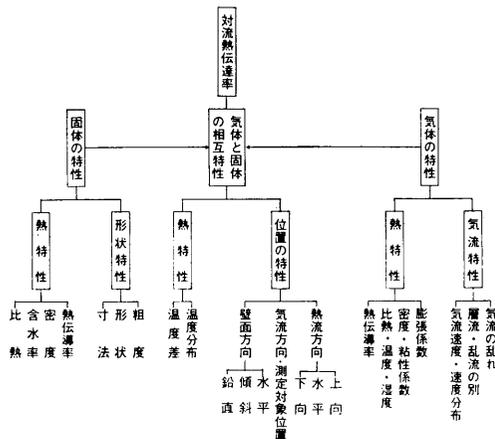
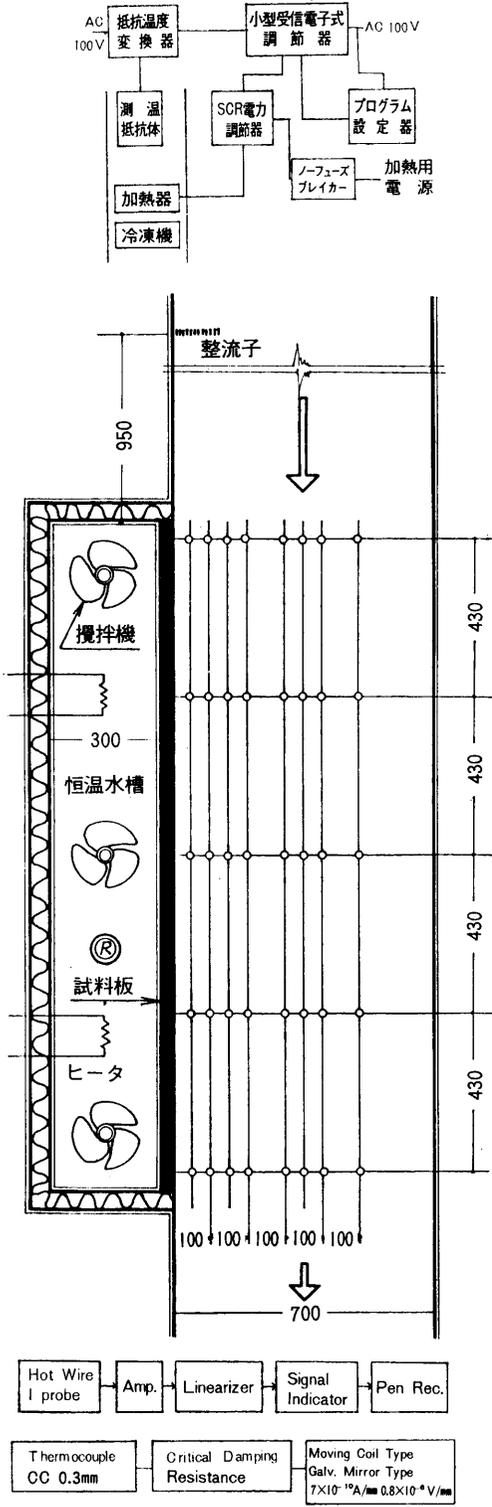


Fig. 2 Relationship between convection heat transfer coefficient and various factor of the surface coefficient.



試料板(厚さ 31.8mm) : ネオプレンゴム製(5.3mm×6枚重ね) 内部温度測定用熱電対 6本埋込み

Fig. 4 Experimental apparatus.

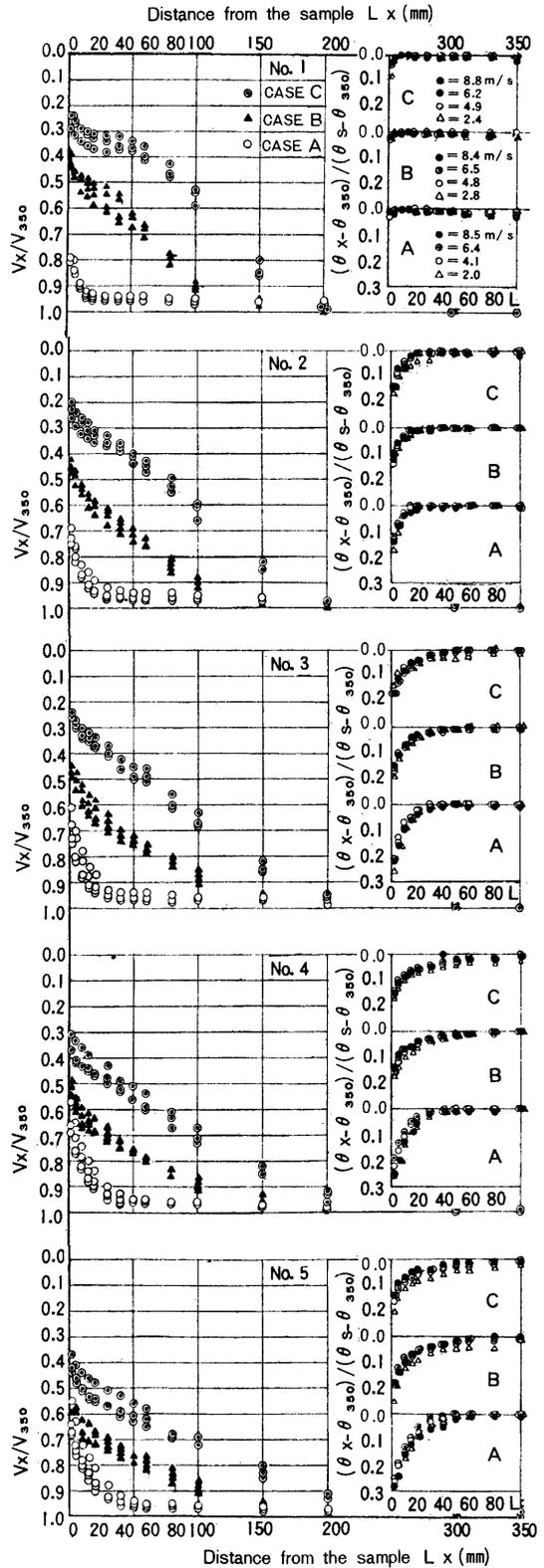


Fig. 5 $L_x - V_x/V_{350}$, $L_x - (\theta_x - \theta_{350})/(\theta_s - \theta_{350})$ relation.

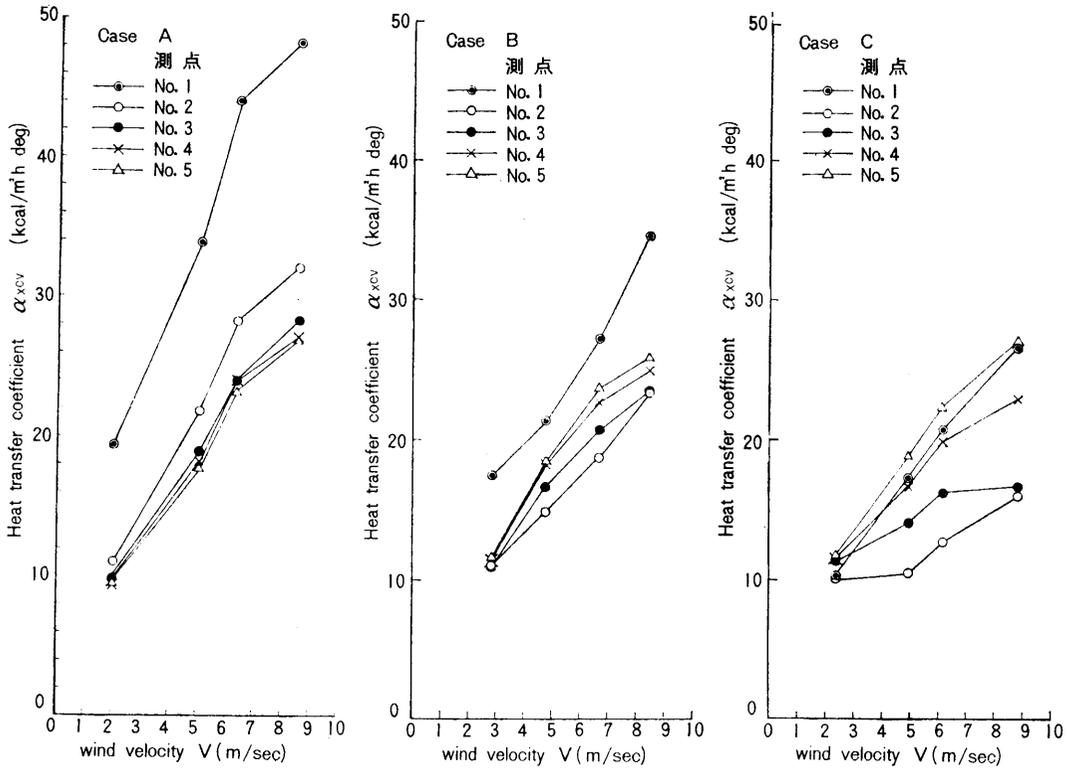


Fig. 6 Correlation between wind velocity V and local heat transfer coefficient.

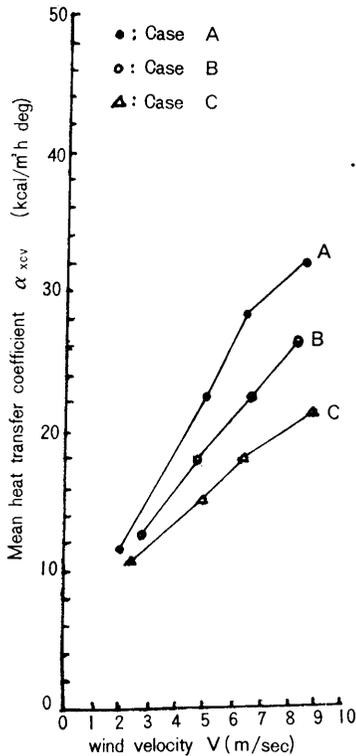


Fig. 7 Correlation between wind velocity and mean heat transfer coefficient.

500mm までの範囲を測定した。

風速分布のプロファイルを変化させるため試料板先端95 cmのところに種々の整流子(調整用金網)を設置した。

本報ではそれぞれプロファイルの異なる3種の風速分布につきそれぞれ主風速が約2, 4, 6および8 m/sの4段階に分けて実験を行なった。

各 case の風速, 温度比分布および風速と局所熱伝達率 α_{xcv} , 平均熱伝達率 α_{mcv} の関係を図-5, 図-6, 図-7 に示す。なお, α_{xcv} , α_{mcv} 算定に関する風速および気温は, 各測点法線方向 350mm の位置における値を採用した。

なお, 局所熱伝達率 α_{xcv} は次式によって求めた。

$\alpha_{xcv} = \Delta Q_x / \Delta F_x (\theta_{xs} - \theta_{xy})$ ここで θ_{xs} : 試料板先端から x のところの表面温度, θ_{xy} : 試料板から法線方向に y 離れたところの気温, ΔF_x : 試料板先端から x の微小面積, ΔQ_x : ΔF_x から単位時間に伝達される熱量

さらに試料板全体の平均熱伝達率は

$$\alpha_{mcv} = Q / HL (\theta_m - \theta_{my})$$

$$= \frac{1}{L} \int_0^L \alpha_{xcv} dx \quad \text{で求めることができる。}$$

ここで, H : 試料板の高さ, L : 試料板の長さ, Q : 試料板全体から単位時間に伝達される熱量 $Q = \int_0^L H \alpha_{xcv} (\theta_{xs} - \theta_{xy}) dx$, θ_m, θ_{my} : 試料板並びに空気平均温度。

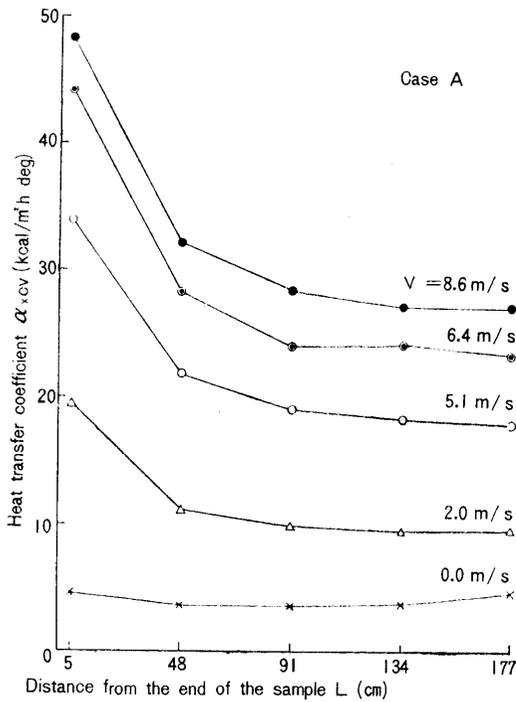


Fig. 8-1 Relationship between L_x and α_{xcv}

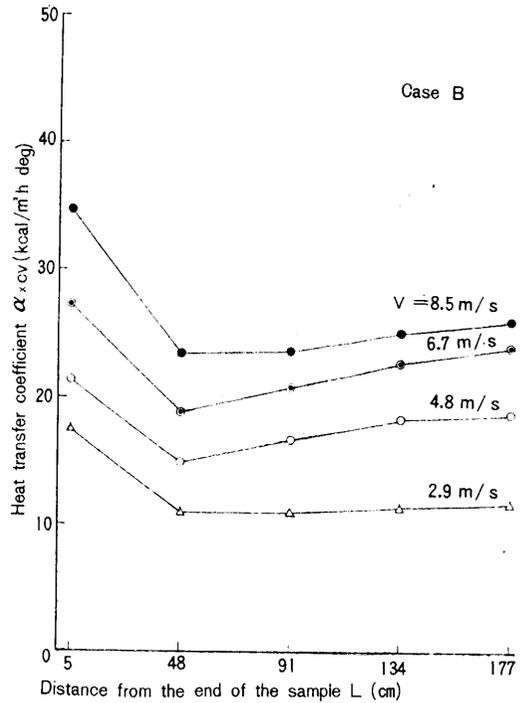


Fig. 8-2 Relationship between L_x and α_{xcv}

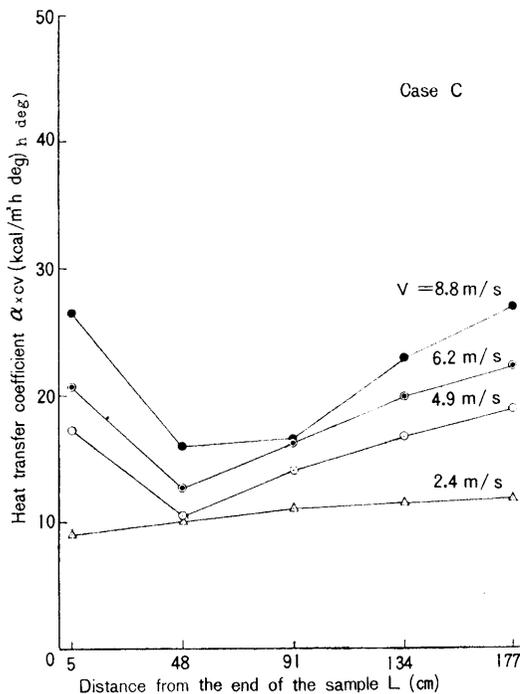


Fig. 8-3 Relationship between L_x and α_{xcv}

強制対流時の実験に先立ち試料板の特性を知るため、送風機停止時（ダクト内冷房のため0.15m/s程度の空気流動がある）の場合について実験を行なった。図より、試料板中央部の測点2, 3, 4の α_{xcv} 値は概ね3.7~3.9kcal/m²hdegとなるが両端の測点1, 5においては共にわずかに大となり4.5~5 kcal/m²hdeg程度の値を示している。

case A について（整流子のない場合）

熱伝達率は図に見られるごとく、風速の如何にかかわらず先端で最大値をとり、風下側に向って急激に減少の傾向をたどるが、先端より、約0.9m以上では、その減少割合は極めて小となり、概ね一定値に収斂するようと思われる。

風速比分布についてみると試料板先端から風下側に移るに従ってわずかながら試料板表面近傍の風速比が減少する傾向をたどる。また、気温分布比は試料板先端より各 case とも温度助走区間が始まり、風下側に移るにつれて温度境界層の発達がみられる。

case B, C について

この case は試料板の風上側 0.95m の位置に整流子を設け図にみられるごとく case A に比べ試料板表面近傍の風速比分布を小さくした場合である。図に見られるごとく、各測点の風速比分布は整流子の影響によって

case A とは逆に風下側ほど 試料板表面近傍の風速比分布が大となっている。

そのため局所熱伝達率 α_{loc} の最小値が測点 2 に出現するがその傾向は caseB より caseC の方が顕著である。また、測点 No. 1 の α_{loc} 値は風速分布の減少からもうかがわれるように caseA のときに比べかなり小さくなっている。

なお測点 2, 3, 4, 5 に関する α_{loc} 値が case A のときに比べて順位が逆転しているのは上記したごとき気流特性によるものと考えられる。

また、気温比分布についてみると試料板先端から風下側に行くに従い caseA 同様、漸次温度境界層が発達し測点 5 で最大値なる。

4. 結 言

以上、本報においては、この一連の研究を行なうに当

っての筆者の考え方を述べるとともに、主として、平面壁における熱伝達特性に及ぼす壁面の形状、寸法ならびに表面粗度の影響およびこれらと壁面近傍の風との相関について今後詳細な実験検討を行なうための基礎的実験の結果を報告した。

今後の問題点としては、壁面近傍風の実態を詳細かつ正確に知ることが先決であって、これに基づいて、壁面の熱伝達特性に及ぼす近傍風の影響を最も適切に把握することができる位置（上述したどの位置の風を採用するかということ）を知ることができるものとする。

また、今回の実験を通じても明らかなごとく、建築物に関する熱伝達率は、その対象となる壁体や建築物の規模・寸法によって、局所熱伝達率ははなはだしく異なるので、今後は、実大寸法による実験研究がより重視されるようになるものとする。