

# 日立エアカーテンの特性とその使用方法

## Characteristic of Hitachi Air Curtain and Its Applications

Keeping pace with the diffusion of room cooling and warming equipment the downward flow type air curtain is being taken into use increasingly at the entrance of stores, factories, and the like, since, featuring low installation cost and relatively high thermal insulating efficiency, it contributes considerably to the economization of overall room cooling or warming outlay.

Hitachi, Ltd. has marketed recently a cross-flow fan type air curtain which allows to form a wide, two-dimensional flow with optional length in the axial direction. This article introduces general characteristics of this air curtain.

荒井 洋司\* Yoji Arai  
長谷川 健吾\* Kengo Hasegawa  
山崎 進\*\* Susumu Yamazaki

### 1 緒 言

エアカーテンは幅広い空気の噴流によって戸口全面をおおい、室内空気と外気とをしゃ断して熱の漏えい防止および塵埃(じんあい)、有害ガス、煙、虫などの侵入防止を行なう空気のドアであり、室外より室内が透視でき、開閉の必要がないため、人や品物の出入が多い商店や工場などで多く使用されている。このような役めを行なうエアカーテンは、昭和26年ドイツのシュツットガルト市で使用されて以来、その広範囲な有用性が注目され、ここ数年のうちに世界各国で試作され実施に移された。わが国では、昭和32年4月に東京の百貨店入口に設置されたが、最近空調設備の普及に伴い随所で使用されるようになってきた。エアカーテンは大別して空気循環式と吹流し式の二とおりあり、従来から用いられている上部吹出し、下部吹込みの空気循環式のものは、吹出し口幅が広く、吹出し風速は比較的小さいために人に不快感を与えることもなく、熱および外風のしゃ断に効果があるが設備費が高く、既存の建物では大々的な改造を余儀なくさせられるために、一般の使用には無理な点があった。これに対し吹流し式の簡便形エアカーテンは、熱しゃ断効果が比較的高く、なによりも取付けが簡単で付帯設備が少なく、設備費が安いことなどから一般商店、ビル、工場などで数多く使用されている。日立製作所では大きな普及性のある吹流し式エアカーテンで、しかも二次元流れのため軸方向に任意の長さがとれ、幅広い空気層を作るのに適した貫流ファン式日立エアカーテン(以下、エアカーテンと略す)を図1に示すように、すでに製品化して市場に供給しているが、今回このエアカーテンにつき、その一般的特性と使用方法について報告する。

### 2 エアカーテンの特性

#### 2.1 噴流特性

エアカーテンは、その吹出し口から出た噴流により冷暖房熱しゃ断、しゃ風、防塵、防臭、防虫など種々の役めを行なう。その空気噴流の流速は、距離が増すに従い減少してくるが、図2に示すように吹出し口からの距離によって3部分に分けられる。第1域は吹出し口から比較的距離の短い部分(吹出し口厚さの約5~6倍)で、ポテンシャルコア部といい、この部分では中心風速が吹出し風速と等しく一定である。また吹出し口から相当遠く離れた部分(吹出し口厚さの約25倍



図1 エアカーテン 商店の出入口に配した取付け例を示す。

Fig. 1 Hitachi Air Curtain Set

以上)を第3域(完全展開部)といい、中心速度は吹出し口からの距離に反比例して減少する。この両者の間に、中心速度が吹出し口からの距離の平方根にだいたい反比例して減少する第2域(遷移部)がある。長方形吹出し口の場合は、この部分で噴流がしだいに円形断面になってくる。エアカーテンはこのうちおもにポテンシャルコア部と遷移部を利用するもので、この部分の流れについては Reichardt が噴流特性式を提案し、新津氏らがこれを実験的に確かめた<sup>(1)</sup>。図3はこれらの関係を示すものであり、同図から吹出し口厚さに対する距離がわかれば、その位置における中心風速と吹出し風速との関係を知ることができる。

#### 2.2 熱しゃ断特性

室内外に温度差のある場合の自然対流は一般的に図4に示すようになる。このため入口を開放すると同図のように、下部から冷たい空気が室内に流入し、上部から暖かい空気が室

\* 日立製作所習志野工場

\*\* 日立製作所機械研究所



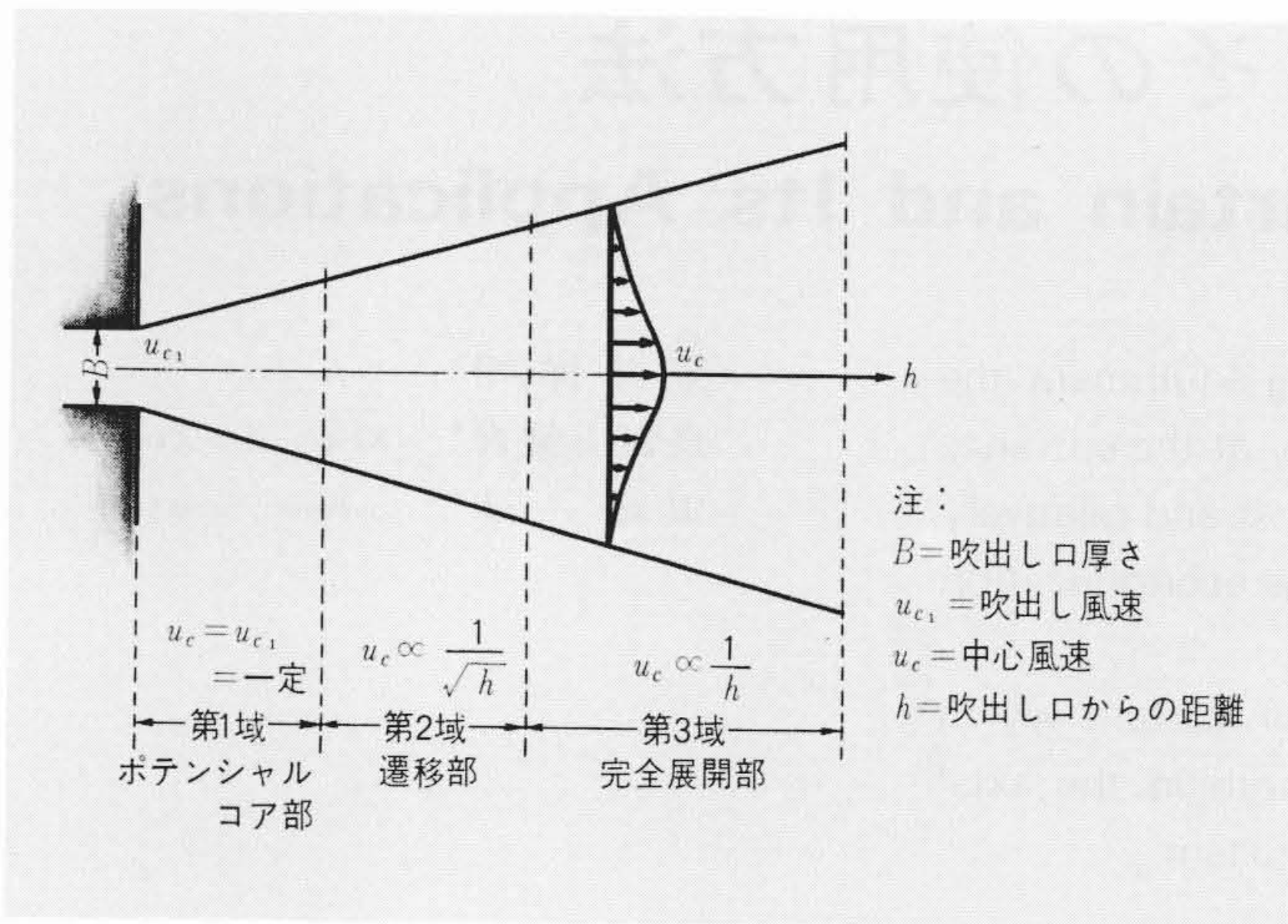


図2 噴流特性 吹出し口からの距離による噴流の特性を示した。

Fig. 2 Characteristic of Jet

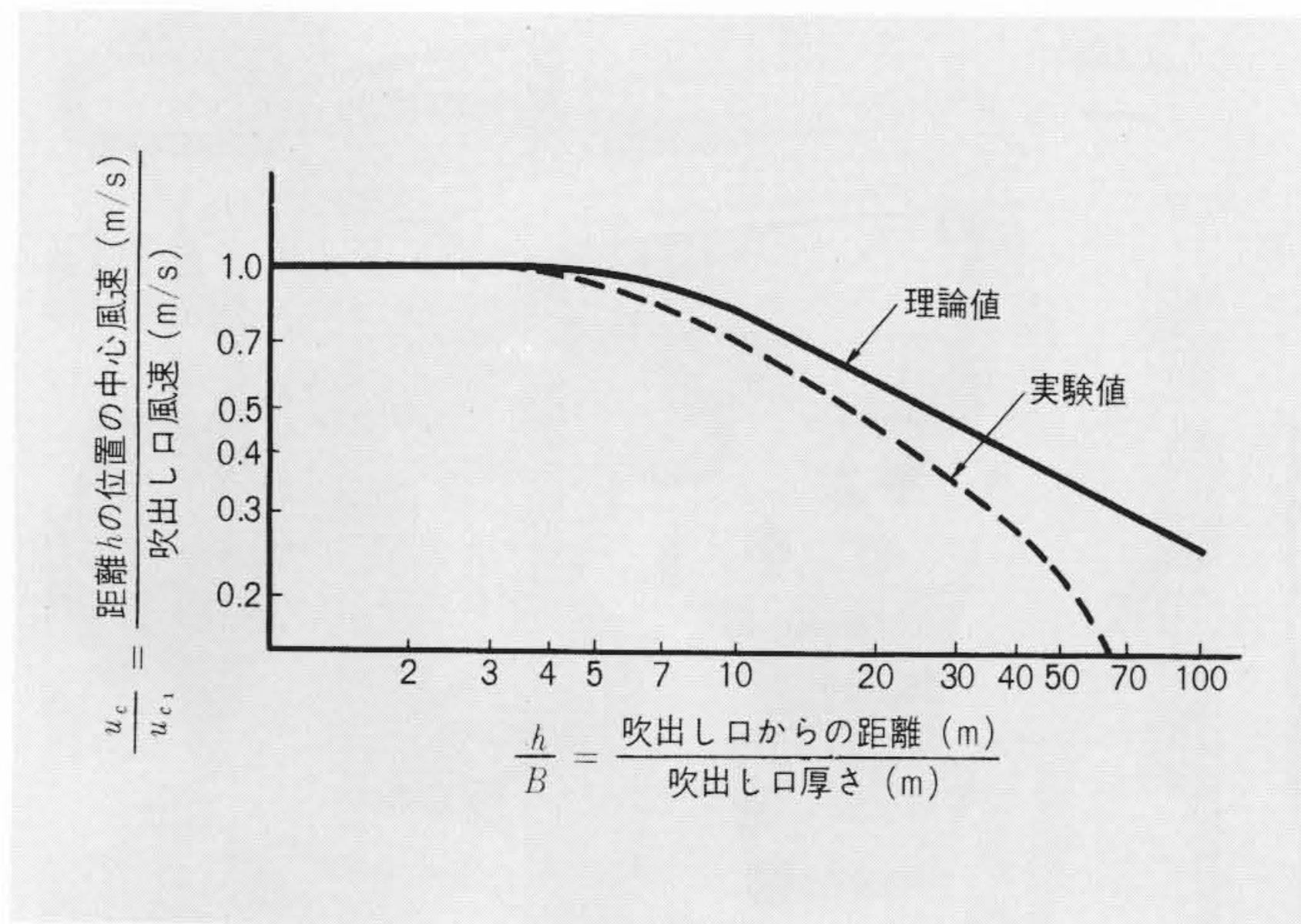


図3 噴流の中心風速 吹出し口からの距離が大きくなるに従い、噴流の中心風速は小さくなっていくが、これらの関係を理論値と実験値で示した。

Fig. 3 Air Velocity at the Center of Jet Flow

外へ流出することによって室内の熱が持ち出される。この自然対流によって流出する熱量は、温度差、入口高さおよび幅によって異なるが一例は図5に示すとおりである。同図によれば、たとえば高さ3m、幅1.2mの入口で、室内温度20℃、室外温度12℃の場合、約10,000kcal/hの熱量が失われることになる。この自然対流による熱流出を防ぐのがエアカーテンの最も一般的な使い方である熱しゃ断である。熱しゃ断効果をあげるには室内外温度差による流入圧力および流出圧力よりもエアカーテンの噴流圧力を強くする、すなわち吹出し風速を速くしていけばよいわけであるが、エアカーテンの噴流による流出熱量も考慮に入れる必要がある。自然対流による流出熱量は図6の破線で示すように吹出風速を速くしていけば減少するが、逆に噴流による流出熱量は同図の一点鎖線に示すように吹出し風速に比例して増加していく。

したがってエアカーテン使用時の実際の流出熱量は、それらの合成として実線に示すようになり、流出熱量が最低となる最適吹出し風速が存在する。同図で入口開放時の流出熱量を $Q_0$ エアカーテン使用時の流出熱量を $Q$ とすれば、エアカーテンの熱しゃ断効率は $1 - \frac{Q}{Q_0}$ で表わされ、日立製品例の場合は約85%程度とかなり高い値になる。

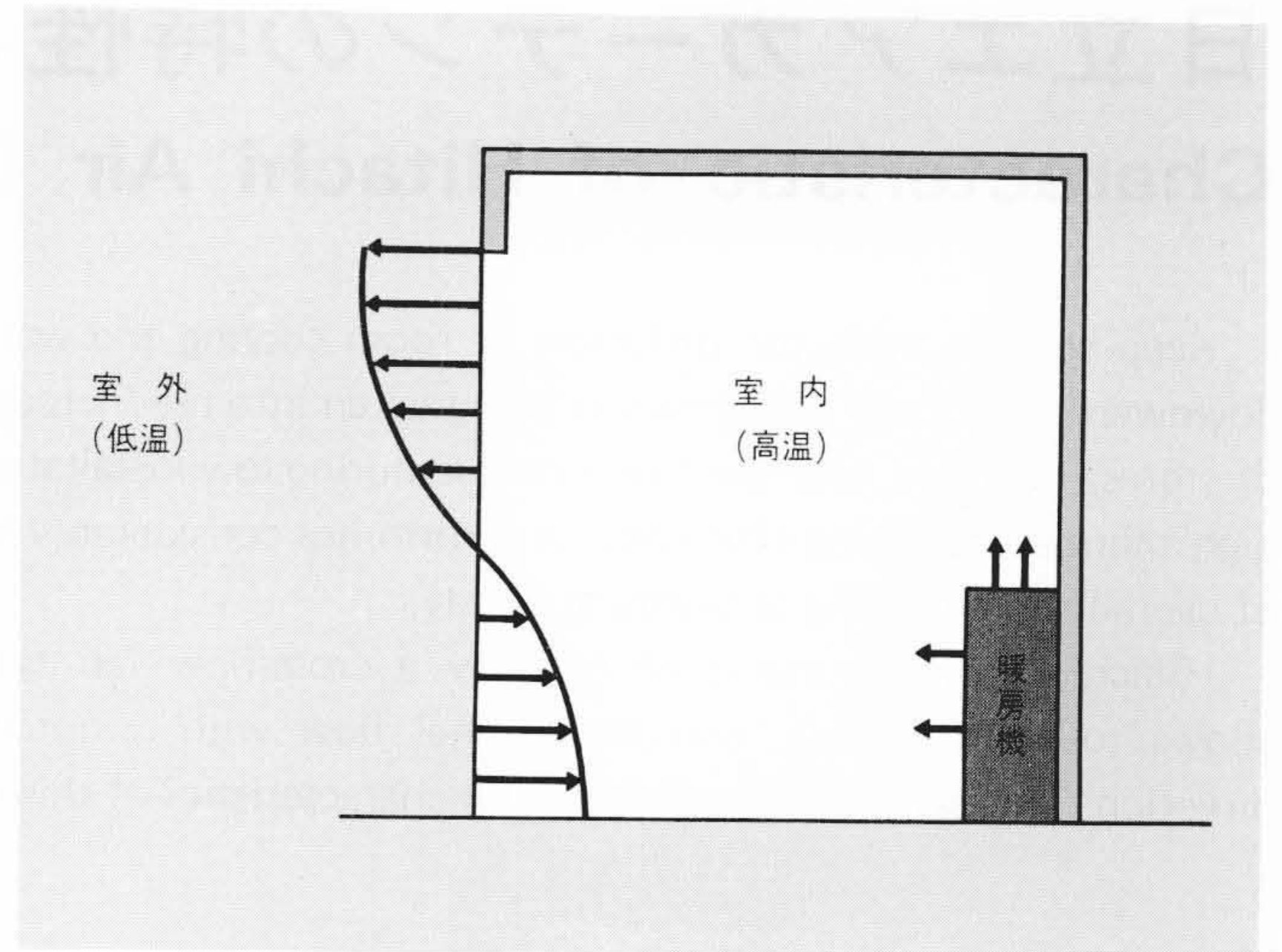


図4 開口における自然対流 室内外に温度差がある場合は、出入口を開放すると自然対流が生じ熱量が流出する。

Fig. 4 Natural Convection Through Open Entrance

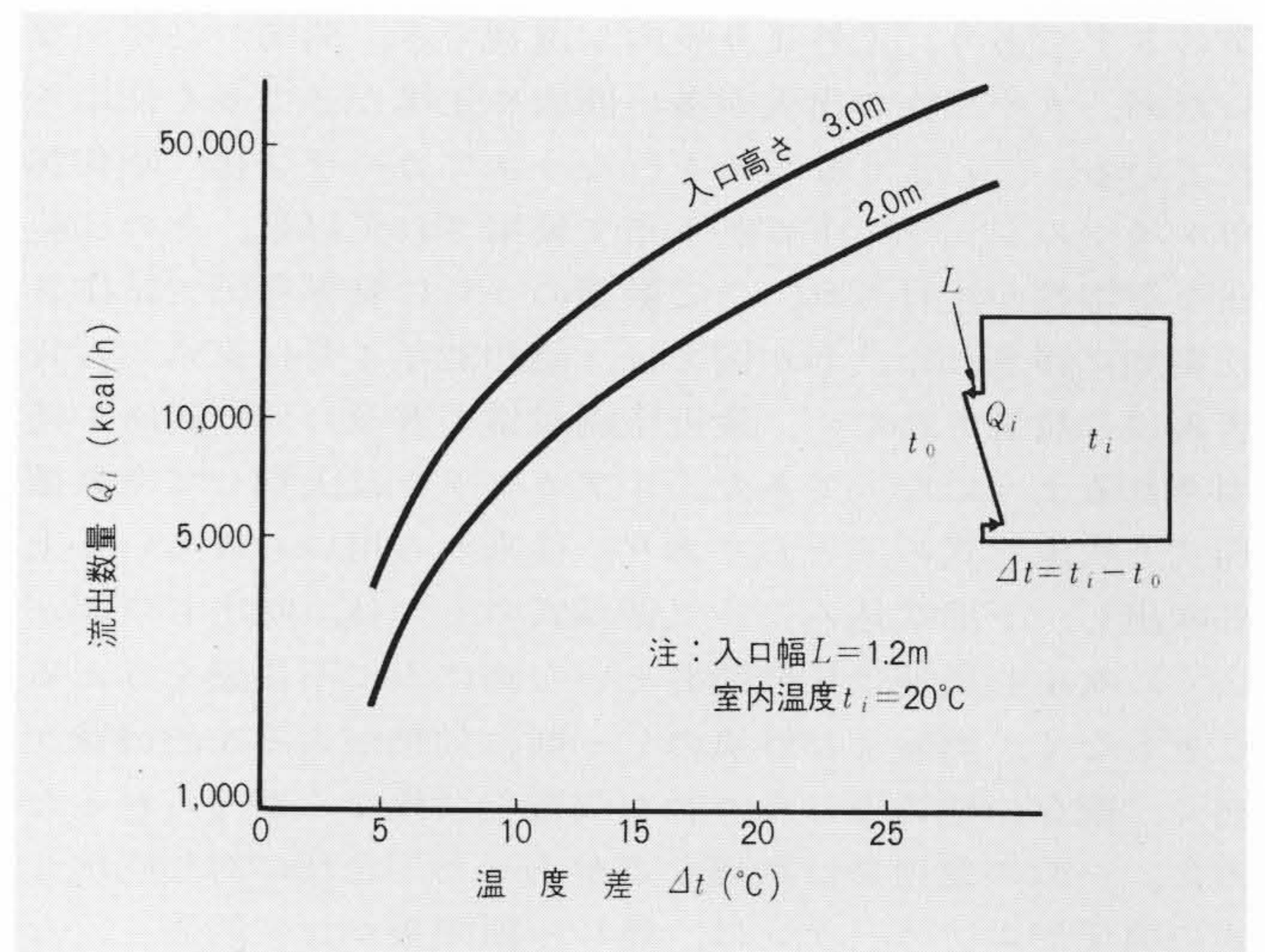


図5 自然対流時の流出熱量 室内外に温度差がある場合の自然対流による流出熱量を示す。

Fig. 5 Amount of Escaping Air Flow

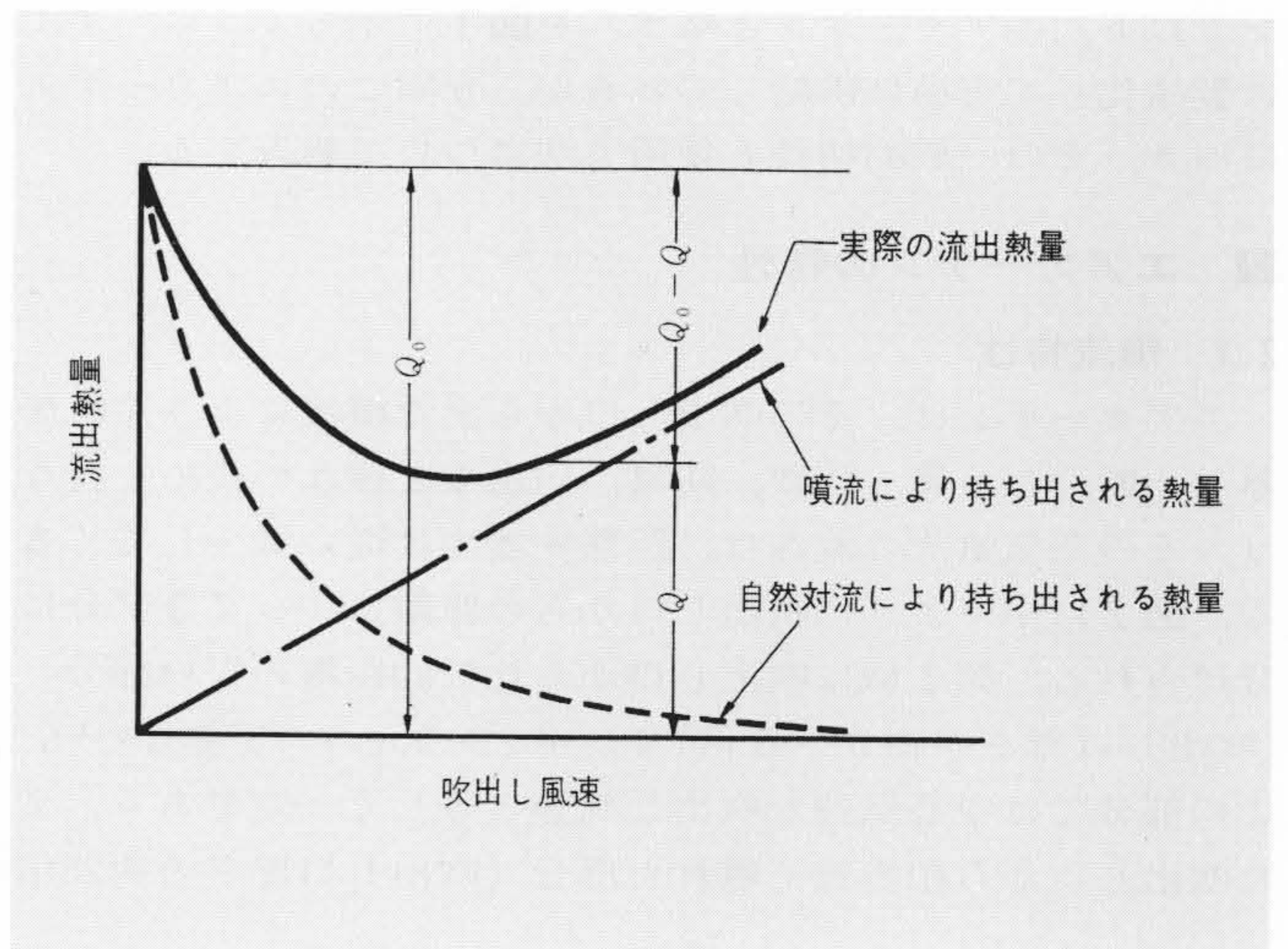


図6 熱しゃ断特性 エアカーテンの熱しゃ断特性を示す。

Fig. 6 Thermal Insulating Characteristics



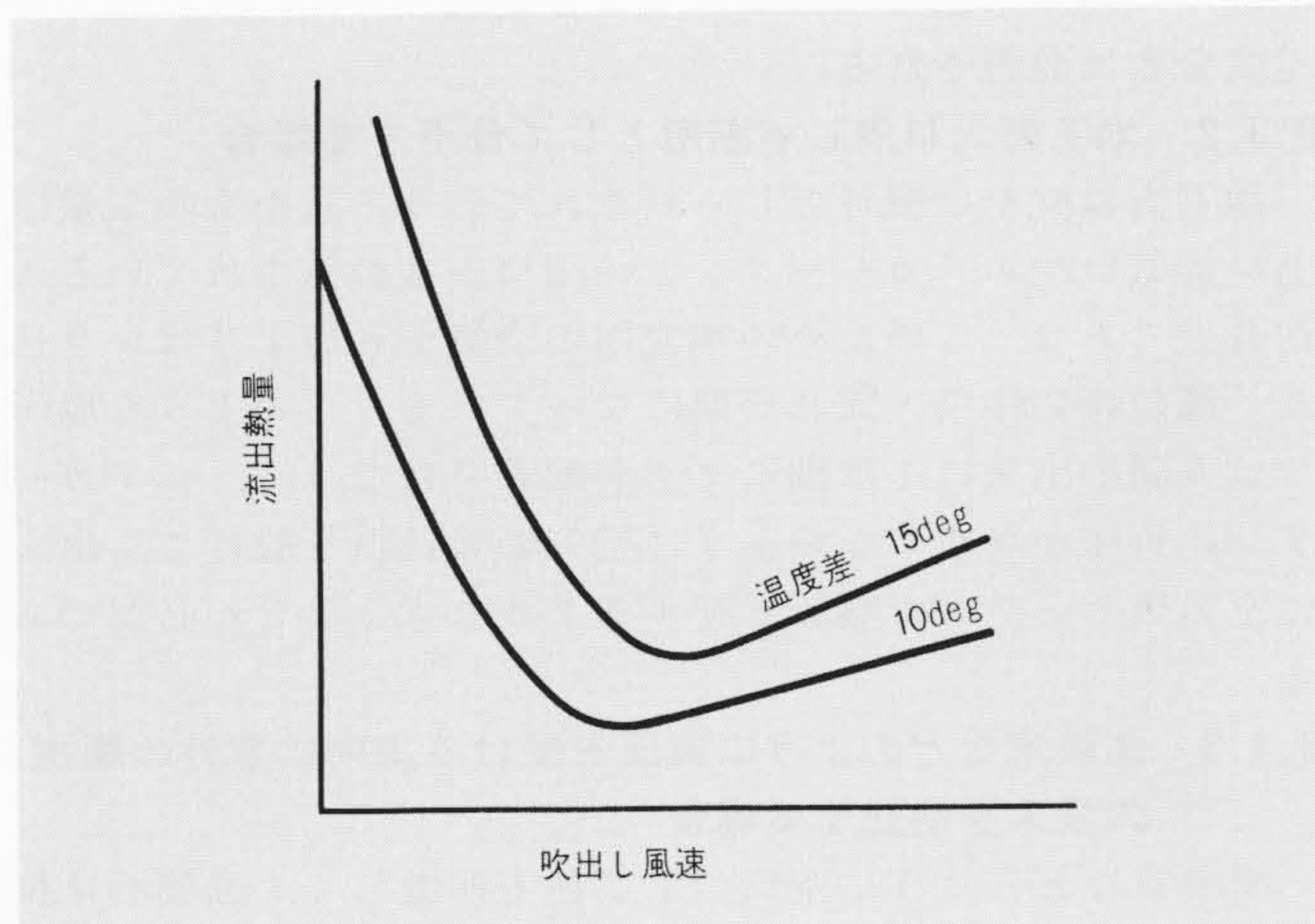


図7 温度差の影響 流出熱量の温度差による影響を示す。

Fig. 7 Effect of Temperature Difference

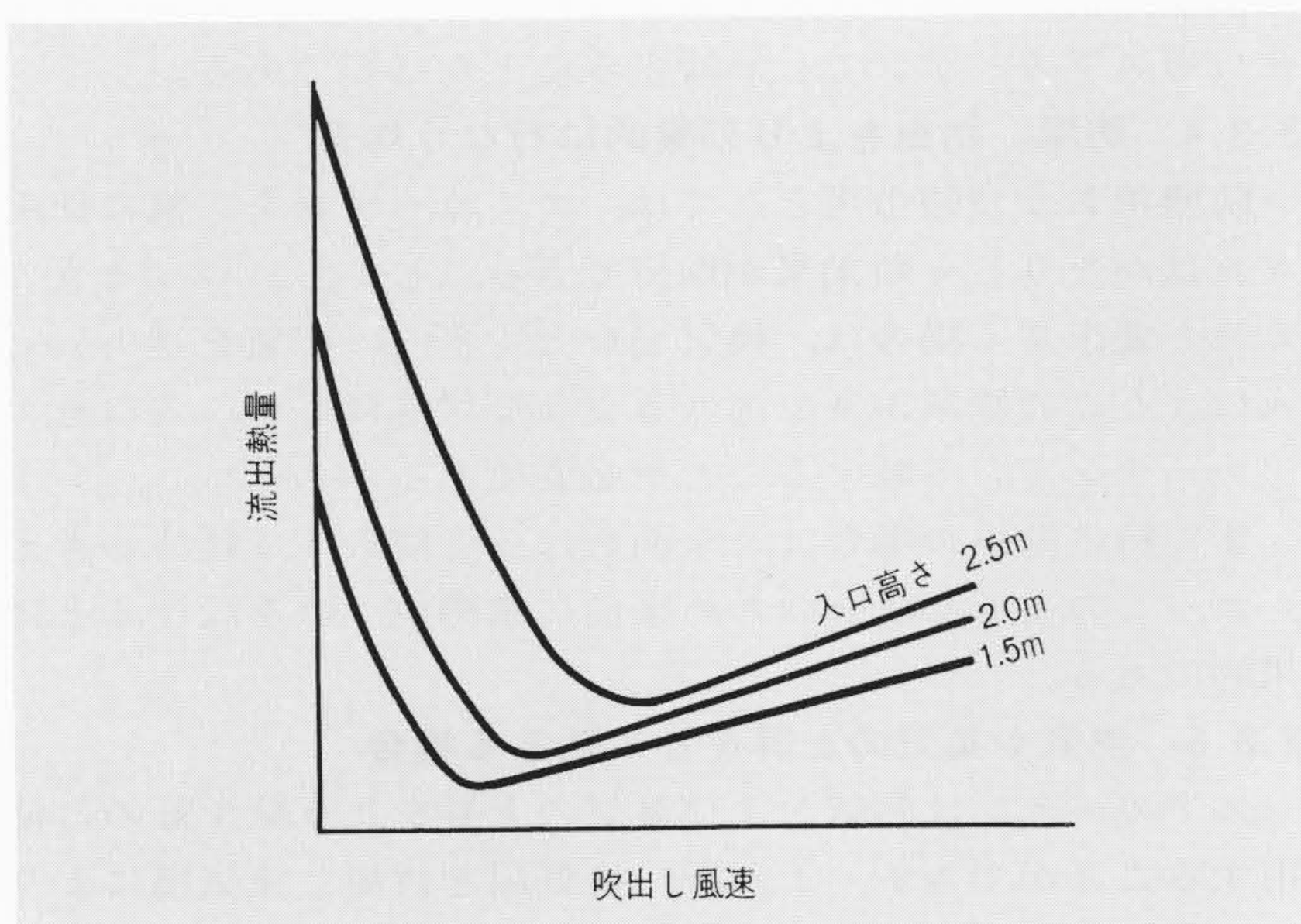


図8 入口高さの影響 流出熱量の入口高さによる影響を示す。

Fig. 8 Effects of Entrance Height

### 2.2.1 熱しゃ断特性に与える温度差の影響

図7は流出熱量の温度差による影響を示すものである。温度差が大きくなれば室内外圧力差も大きくなり、エアカーテンの噴流に対する側圧が増加することになる。したがって同じ吹出し風速では温度差に比例して流出熱量は増加し、また最適吹出し風速も温度差に比例して増加する。

### 2.2.2 熱しゃ断特性に与える入口高さの影響

図8は入口高さを変えたときの影響を示すものである。

流出熱量は大きく変化し、最適吹出し風速は入口高さにはほぼ比例して増加する。しかし最大熱しゃ断効率、入口高さが変わってもほとんど変化しない。

### 2.2.3 熱しゃ断特性に与える側風の影響

エアカーテンを建物の出入口に取り付けた場合、外風による側圧を受ける場合が多く、それに対する配慮が必要となる。エアカーテンが側風による側圧を受けると、その噴流は押されて図9に示すようにある曲率を持った円弧を描く。エアカーテンの噴流は吹出し口から離れるに従って弱くなるのでその風圧も小さくなり、ついにその風圧が側風の圧力よりも小さくなると、外気が室内に侵入し熱量が流出する。図10は、側風がある場合の流出熱量の変化を示すものである。側風により流出熱量は著しく増加し、したがってそれを押えるため、

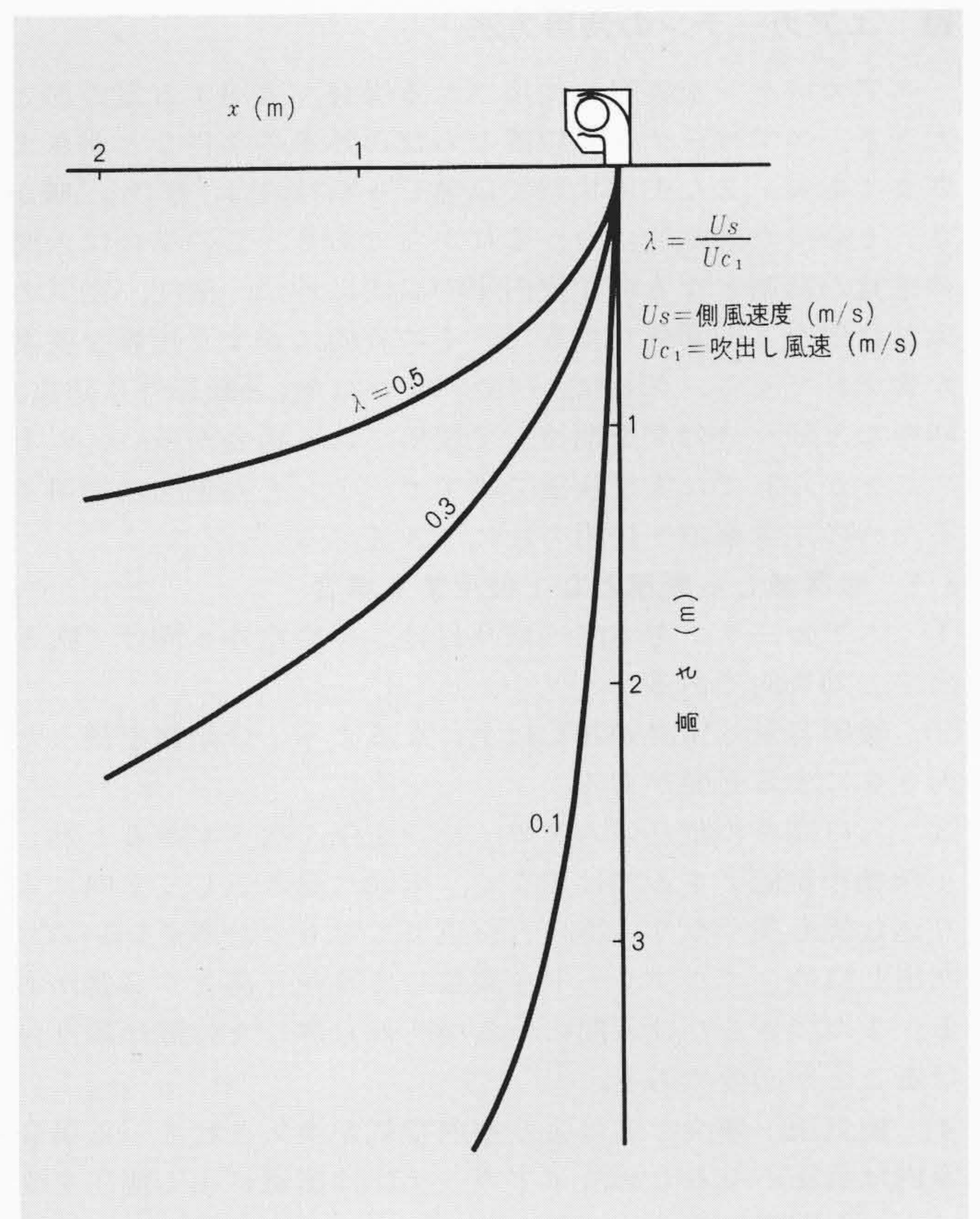


図9 側風による噴流の偏向 エアカーテンが側風を受けると、その噴流は押されて円弧を描く。

Fig. 9 Curvature of Jet Flow by Side Stream

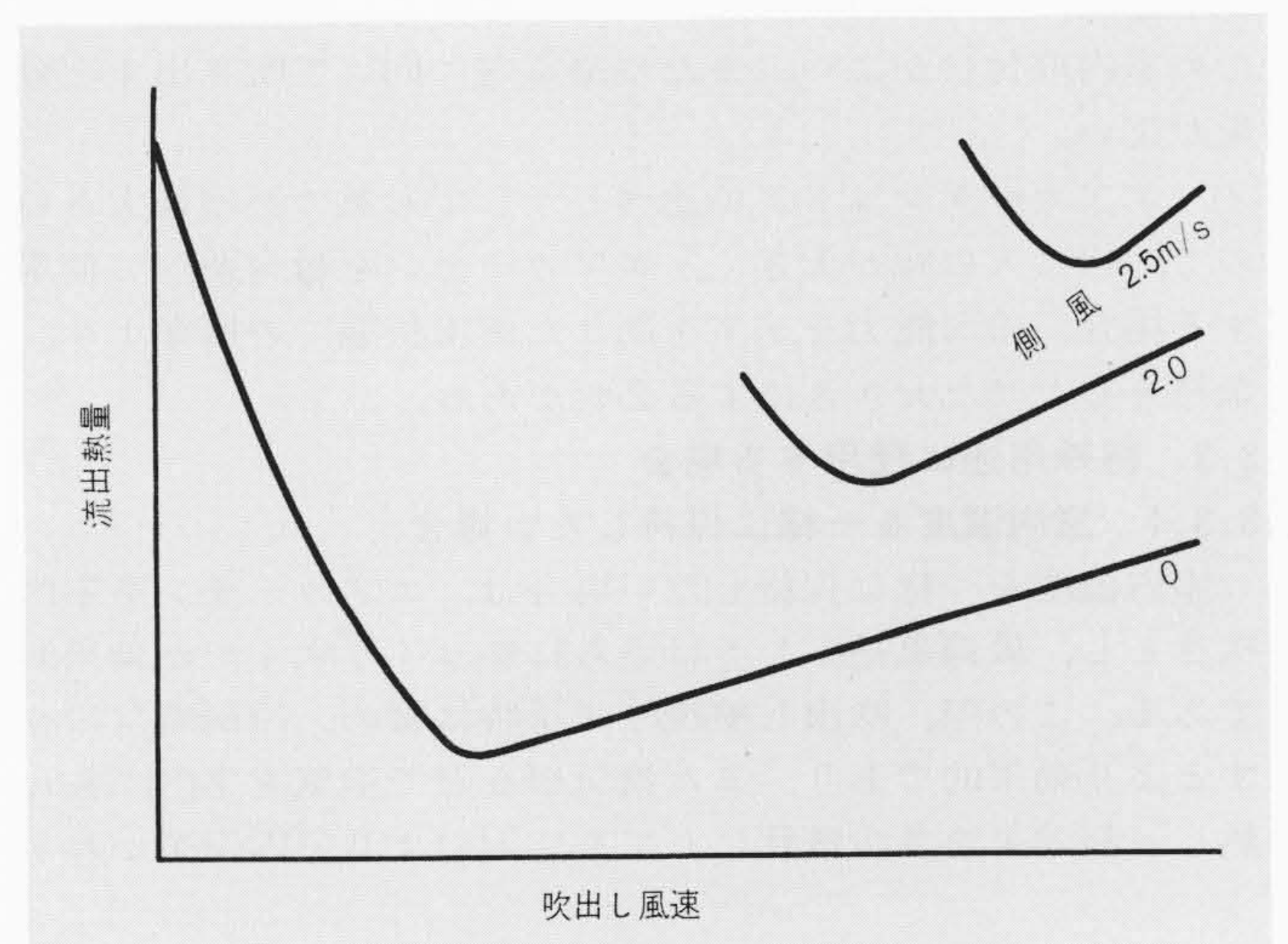


図10 側風の影響 流出熱量の側風による影響を示す。

Fig. 10 Effects of Side Stream

最適吹出し風速も側風にはほぼ比例させて大きくしなければならない。また側風がある場合、吹出し角度を大きくする配慮も必要であるが、あまり大きくしすぎると床面までの距離が長くなり、かえって側風に破られることになるため20度程度までが限度である。いずれにしても、エアカーテンは側風に対してけっして強いものではなく、瞬間的な突風に対しては破れることもあるので、適当な風よけを設けるか、瞬間的な破れは防ぐことができないと考える必要がある。



3 エアカーテンの使用方法

エアカーテンが実際に使用される場合、使用する室の形と大きさ、エアカーテンの位置ならびに外風の条件などがさまざまである。また実用状態では熱しゃ断特性は「寒さ」「暖かさ」といった感覚的につかまれがちであり、この場合は人間の感覚が問題となるので室内平均温度以外に、湿度、空気の流れ状態などが関係してきて、その評価にかなり複雑な要素が含まれてくる。さらにエアカーテンは熱しゃ断以外に防虫、防塵など種々の効果を期待して使用される場合が多い。以上のことから3.では実用状態でエアカーテンを効果的に使用するための注意事項と使用方法につき述べる。

3.1 暖房熱しゃ断用として使用する場合

- (1) エアカーテンを室内へ取り付け、やや室外へ向けて吹き出すと効果的である。
- (2) 暖房容量は室温が20℃以上になるよう十分余裕を持った大きさにする必要がある。
- (3) 入口高さの割りにエアカーテンを強く吹きすぎると熱しゃ断効果が低下するだけでなく、床面に巻き返して室内に入り込む風も多くなり、特に入口近くで足もとが寒くなるので、吹出し口のノズルブレードを調整して風速を落とす必要がある。またできるだけ人間のいる場所から離れた位置に取り付けることが必要である。
- (4) 換気扇、煙突などにより室内空気が換気されている場合室内は負圧となるため、エアカーテンは側風による側圧を受けたのと同様になる。このためエアカーテンは破られ、特に入口近くの室温が低下して寒くなる。この場合は、人の入口とは別に空気の吸込口を設け、エアカーテンに側圧がかからないようにする必要がある。

3.2 冷房熱しゃ断用として使用する場合

- (1) 室内、室外取付けの差はほとんどなく、冬季との併用のため室内取付けがよい。またやや室内に向けて吹き出すと効果がよい。
- (2) エアカーテンはドアに比べどうしても熱の逃げは大きいので、特に入口幅が大きく、エアカーテンを数台並べて使用する場合、冷房能力をドアを閉じた使用状態での標準より、余裕をもたせた大きさにする必要がある。

3.3 特殊用途に使用する場合

3.3.1 室内温度を一様に保持したい場合

室内温度を一様に保持したい場合は、エアカーテンを室内吹きとし、最適風速もしくはさらにゆっくり吹くのが効果的である。この際、吹出し噴流を暖房時は暖め、冷房時は冷やすとより効果的であり、また換気扇などで空気を室内に送り、熱しゃ断効果を多少犠牲にしても、入口より室内空気がわず

か逃げている状態でエアカーテンを使用すれば、入口近くの温度分布は改善される。

3.3.2 地下街入口熱しゃ断用として使用する場合

地下街は完全に屋外としゃ断されており、しかも吸気量以上に排気口やエスカレータなどの開口から排気されているのが普通であり、このための補充用の空気が入口よりはいり込み一種の煙突作用と同じ状態になっている。このような場所では人間の出入口とは別にダクト配管を行なって、エアカーテンに負圧がかからないように空気の吸込口を設けて、出入口をエアカーテンで熱しゃ断するようにすることが必要である。

3.3.3 塗装室などのように負圧を受ける室内に室外の塵埃の侵入を防止する場合

塗装室などのように空気のごれ方が激しく、強制的に換気を行わなければならない所では室内が負圧となっており、入口より室外の塵埃が外気と一緒に吸い込まれてしまう。このような場所では人間の出入り口とは別に、エアカーテンに負圧がかからないように空気の吸込口を設け、ここより換気量以上の清浄空気を圧入するようにしたうえで、人間の出入り口をエアカーテンでしゃ断することが必要である。

3.3.4 防塵、防虫をより効果的に行なう場合

防塵用および防虫用としては、エアカーテンを二重に使用すればかなりしゃ断効果が期待できる。しかし、いっそうの効果を要求する場合は、換気扇などで室内に空気を送り込み、入口よりこの空気が多少逃げるような状態にして、入口をエアカーテンでしゃ断することが必要である。

また特に防虫の場合は、床面をはって侵入する経路が考えられ、このような場合のため床面に水槽(そう)を設けると効果的である。

3.3.5 熱気や臭気の上昇をしゃ断する場合

エアカーテンは熱気および臭気の上昇をしゃ断するのに使用することができる。この際、換気扇と併用し換気扇によりエアカーテン噴流を吸い込み、外部へ排出するようにすれば熱気や臭気の拡散をより効果的に防止することができる。

4 エアカーテンの紹介

4.1 仕様と特性

エアカーテンの仕様は表1に、風速分布特性は図11に示すとおりである。

4.2 構造

図12はファン径90φエアカーテンの構造を示すものである。エアカーテンは、大別してファン、ケーシング、ノズル、側板、ガードおよび電動機の6部分から構成されている。

ファンは24～25枚の羽根を有するプラスチックもしくはア

表1 エアカーテンの仕様 貫流形エアカーテンの機種ならびに仕様を示す。  
Table 1 Specifications of Hitachi Air Curtain Sets

| 形 式        | 電 圧<br>(V) | 相 数 | 極 数 | 周波数<br>(Hz) | 消 費 電 力<br>(W) |       | 吹 出 し 風 速<br>(m/s) |     | 風 量<br>(m³/min) |         | 有効しゃ断距離<br>(m) | ファン径<br>(mm) | 全 長<br>(mm) | 重 量<br>(kg) |
|------------|------------|-----|-----|-------------|----------------|-------|--------------------|-----|-----------------|---------|----------------|--------------|-------------|-------------|
|            |            |     |     |             | 強              | 弱     | 強                  | 弱   | 強               | 弱       |                |              |             |             |
| AC-94 MSA  | 100        | 1   | 4   | 50/60       | 67/72          | 61/64 | 7/8                | 5/5 | 14/16           | 9.5/9.5 | 2.5            | 90           | 900         | 11          |
| AC-94 LSA  | "          | "   | "   | "           | 68/73          | 62/65 | "                  | "   | 17/19           | 11/11   | "              | "            | 1,200       | 15.5        |
| AC-156 MSB | "          | "   | 6   | "           | 89/110         |       | 8/10               |     | 24/29           |         | 3              | 150          | 900         | 26          |
| AC-156 LSB | "          | "   | "   | "           | 95/127         |       | "                  |     | 33/40           |         | "              | "            | 1,200       | 30          |
| AC-156 MTB | 200        | 3   | "   | "           | 68/86          |       | "                  |     | 24/29           |         | "              | "            | 900         | 26          |
| AC-156 LTB | "          | "   | "   | "           | 80/110         |       | "                  |     | 33/40           |         | "              | "            | 1,200       | 30          |
| AC-154 MTB | "          | "   | 4   | "           | 185/235        |       | 12/15              |     | 32/39           |         | 3.5            | "            | 900         | 26          |
| AC-154 LTB | "          | "   | "   | "           | 213/293        |       | "                  |     | 45/55           |         | "              | "            | 1,200       | 30          |



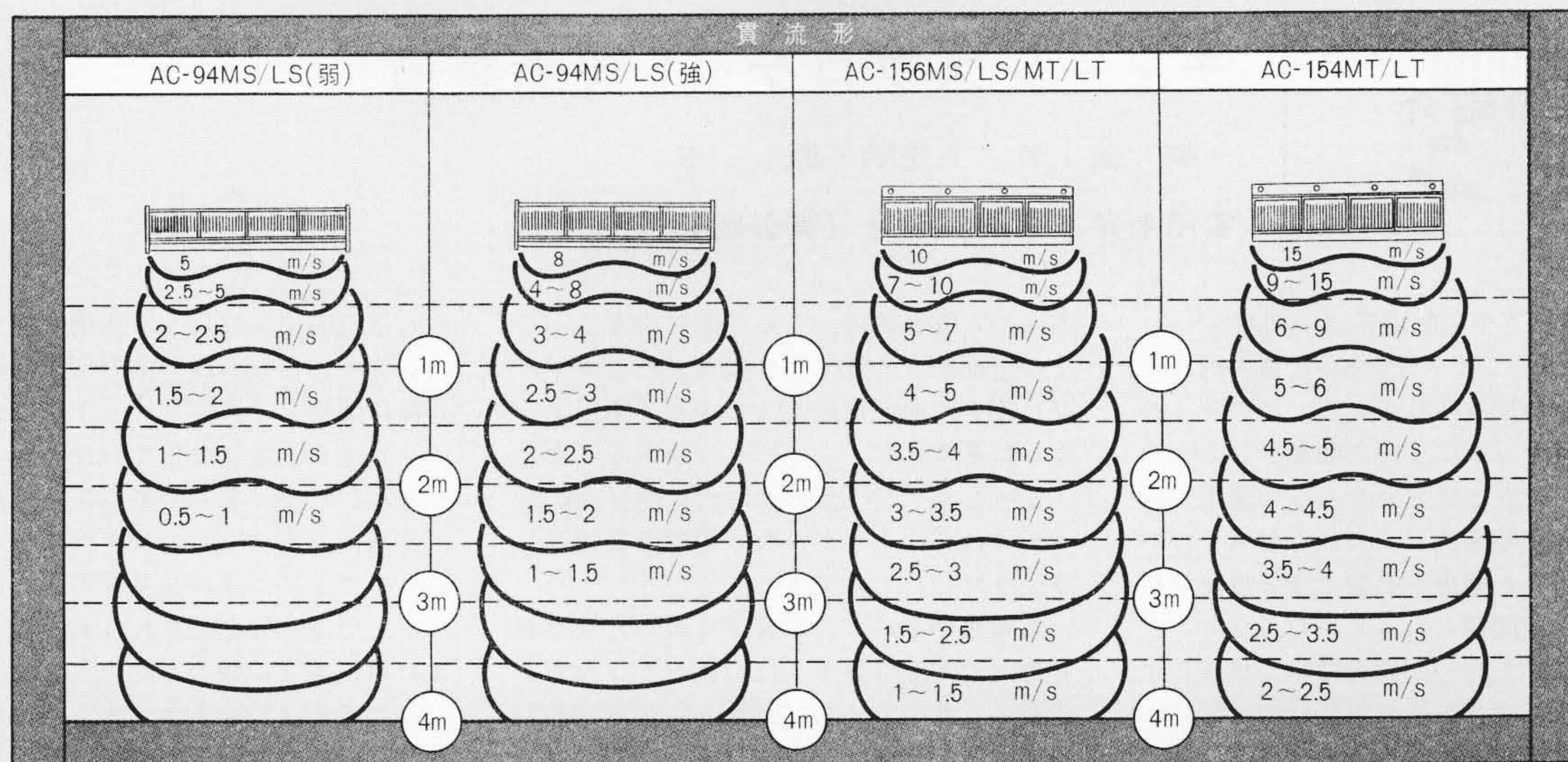


図11 風速分布図 貫流形エアカーテンの風速分布特性を示す。

Fig. 11 Profile Map of Jet Velocity

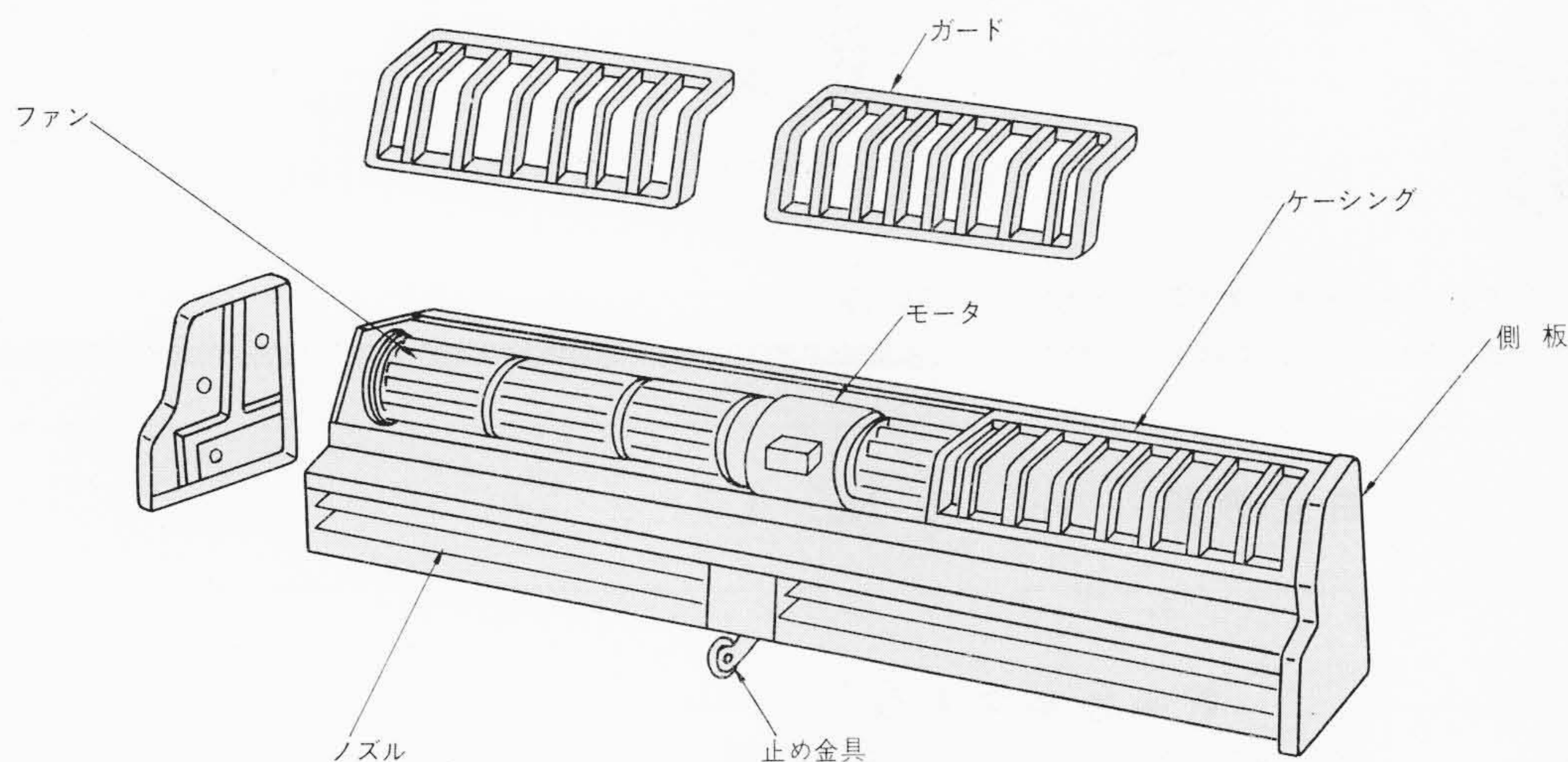


図12 ファン径90φ(900l) エアカーテンの構造 日立エアカーテンのうち、ファン径90φ、長さ900mm機種の構造を示す。

Fig. 12 Construction of Hitachi Air Curtain Set: Fan Diameter-90mm, length-900mm.

ルミニウム製の貫流ファンで、側板および電動機によってささえられており、これらを取り囲むケーシングにより通風路が形成されている。ガードはプラスチック製で、危険防止およびファンの保護のため吸込口に取り付けられており、吹出し口には風向調整可能なノズルが取り付けられている。

#### 4.3 特長と用途

軽量なため取り付けが簡単で、手軽に空気のドアができること、またクリーム色を基調とした清潔なデザインであることなどから主として次のような用途に使用される。

- (1) 人の出入りの多い一般商店、スーパーマーケット、オフィスなどで防塵、防臭、冷暖房の熱しゃ断用
- (2) 倉庫、工場などで冷暖房の熱しゃ断、防塵用、防虫用
- (3) 冷蔵庫、冷凍室などで冷気のしゃ断用

## 5 結 言

以上、従来の空気循環式エアカーテンに対して、安価で普及性のある吹流し式エアカーテンにつき、その一般的な特性と実際使用上の注意事項、特殊な使用方法などについて報告した。

熱しゃ断効果を左右する最適吹出し風速は、側風、室内外温度差、入口高さなどによって変わってくるが、実際の使用にあたっては、使用目的や取付け環境の実態をよく把(は)握し機種選定を行なえば、十分満足する効果が期待できる。

最後に終始指導および協力をいただいた日立製作所機械研究所の各位に対し深く感謝の意を表する。

#### 参考文献

- (1) 新津、加藤：「エアカーテンの性能および設計に関する研究」(第1報) 衛生工業協会誌、(昭33-10)
- (2) H. Reichardt: Ueber eine neue Theorie der freien Turbulenz. Z, A, M, M, 21.5(1954), 275
- (3) 新津、加藤：「エアカーテンの性能および設計に関する研究」(第4報) 衛生工業協会誌、(昭35-12)
- (4) L. G. Alexander: Momentum, Mass and Heat Transfer in Tree Tets, Chem, Engr, 4, (1957)
- (5) 岩田、長谷川ほか：「エアカーテンの熱遮断特性の検討」日立製作所研究報告、第205号(昭44-6)